This PDF is provided by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an officially produced electronic file.

Ce PDF a été élaboré par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'une publication officielle sous forme électronique.

Este documento PDF lo facilita el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un archivo electrónico producido oficialmente.

هذه النسخة بنسق PDF مقدمة من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) جرى إلكتروني ملف من مأخوذة وهي ، قسم المكتبة والمحفوظات، إعداده رسمياً.

本 PDF 版本由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案服务室提供。来源为正式出版的电子文件。

Настоящий файл в формате PDF предоставлен библиотечно-архивной службой Международного союза электросвязи (МСЭ) на основе официально созданного электронного файла.



无线电规则

引证归并的ITU-R建议书

2012年版

4

无线电规则

引证归并的 ITU-R 建议书

2012 年版



© ITU 2012
版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

秘书处的说明

本《无线电规则》修订版是对国际电信联盟《组织法》和《公约》的补充，其中包括1995年、1997年、2000年、2003年、2007年和2012年世界无线电通信大会（WRC-95、WRC-97、WRC-2000、WRC-03、WRC-07、WRC-12）的各项决定。本规则的多数条款应从2013年1月1日起生效；其余条款应从《无线电规则》修订版第**59**条规定的特别生效日期起生效。

在编制2012年版《无线电规则》时，秘书处更正了在WRC-12上注意到并由WRC-12批准更正的几处印刷错误。

本版采用与2001年版《无线电规则》相同的编号方案，具体如下：

关于“条”的编号：本版沿用标准序列编号法。在“条”的编号后无任何缩略语（如“（WRC-97）”、“（WRC-2000）”、“（WRC-03）”、“（WRC-07）”或“（WRC-12）”）。因此，在本《无线电规则》的任何条款（如第**13**条的第**13.1**款）中、在本版第2卷所含附录的案文（如附录**2**第1节）中、在本版第3卷所含决议的案文（如第**1**号决议**（WRC-97，修订版）**）中以及在本版第3卷所含建议的案文（如第**8**号建议）中，除非另有规定，否则对某“条”的任何提及均被视为对本版中相关“条”的案文的提及。

关于“条”中“款”的编号：本版沿用表明“条”的编号和该“条”中相应“款”的编号的复合编号法（如第9.2B款意为第**9**条第2B款）。此“款”结尾处的缩略语“（WRC-12）”、“（WRC-07）”、“（WRC-03）”、“（WRC-2000）”或“（WRC-97）”意为相关“款”酌情由WRC-12、WRC-07、WRC-03、WRC-2000或WRC-97做过修改或增加。若“款”后无缩略语，意为该“款”与WRC-95通过的简版《无线电规则》的条款相同，且其完整案文包含在WRC-97的第2号文件中。

关于附录的编号：本版沿用标准序列编号法，并在附录编号后酌情增加了适当的缩略语（如“（WRC-97）”、“（WRC-2000）”、“（WRC-03）”、“（WRC-07）”或“（WRC-12）”）。在本《无线电规则》的任何条款中、在本版第2卷所含附录的案文中以及在本版第3卷所含决议和建议的案文中，如案文中没有明确描述（如：由WRC-12修改的附录**4**），则规定在提及某附录时均采用标准形式（如：“附录**30（WRC-12，修订版）**”）。在由WRC-12部分修改过的附录案文中，由WRC-12做过修改的条款通过相关案文结尾处的缩略语“（WRC-12）”加以说明。如果在本版案文中，在附录编号后引用一附录，但没有缩略语（如，第**13.1**款），或没有其它描述，此类引用被视为对出现在本版中相关附录案文的引用。

在《无线电规则》案文中，符号“↑”用于表示与上行链路相关的数量。类似地，符号“↓”用于表示与一条下行链路相关的数量。

缩略语一般用于世界无线电行政大会和世界无线电通信大会的名称。这些缩略语如下。

缩 略 语	大　会
WARC Mar	处理有关水上移动业务事宜的世界无线电行政大会（1967年，日内瓦）
WARC-71	世界空间电信无线电行政大会（1971年，日内瓦）
WMARC-74	世界水上无线电行政大会（1974年，日内瓦）
WARC SAT-77	世界卫星广播无线电行政大会（1977年，日内瓦）
WARC-Aer2	世界航空移动（R）业务无线电行政大会（1978年，日内瓦）
WARC-79	世界无线电行政大会（1979年，日内瓦）
WARC Mob-83	世界移动业务无线电行政大会（1983年，日内瓦）
WARC HFBC-84	规划划分给广播业务的HF频带的世界无线电行政大会（1984年，日内瓦）
WARC Orb-85	有关对地静止卫星轨道的使用及该轨道上空间业务的规划的世界无线电行政大会（第一次会议，1985年，日内瓦）
WARC HFBC-87	规划划分给广播业务的HF频带的世界无线电行政大会（1987年，日内瓦）
WARC Mob-87	世界移动业务无线电行政大会（1987年，日内瓦）
WARC Orb-88	有关对地静止卫星轨道的使用及该轨道上空间业务的规划的世界无线电行政大会（第二次会议，1988年，日内瓦）
WARC-92	处理频谱某些部分频率划分的世界无线电行政大会（1992年，马拉加 — 托雷莫利诺斯）
WRC-95	世界无线电通信大会（1995年，日内瓦）
WRC-97	世界无线电通信大会（1997年，日内瓦）
WRC-2000	世界无线电通信大会（2000年，伊斯坦布尔）
WRC-03	世界无线电通信大会（2003年，日内瓦）
WRC-07	2007年世界无线电通信大会（2007年，日内瓦）
WRC-12	2012年世界无线电通信大会（2012年，日内瓦）
WRC-15	2015年世界无线电通信大会[1]

1　该大会日期尚未落实。

第 4 卷

引证归并的 ITU-R 建议书*

目　　录

页码

ITU-R TF.460-6 建议书	标准频率和时间信号发射	1
ITU-R M.476-5 建议书	水上移动业务中的直接印字电报设备	7
ITU-R M.489-2 建议书	以频道间隔 25 kHz 用于水上移动业务的 VHF 无线电话设备的技术特性	19
ITU-R M.492-6 建议书	水上移动业务中使用直接印字电报设备的使用程序	21
ITU-R P.525-2 建议书	计算自由空间损耗	31
ITU-R P.526-11 建议书	绕射传播	35
ITU-R M.541-9 建议书	水上移动业务中使用数字选择性呼叫设备的操作程序	73
ITU-R M.585-6 建议书	水上移动业务标识的指配和使用（见附件 1）	111
ITU-R M.625-3 建议书	水上移动业务中使用自动识别的直接印字电报设备	121
ITU-R M.633-4 建议书	通过在 406 MHz 频带卫星系统工作的卫星紧急位置指示无线电信标（卫星 EPIRB）的传输特性	181
ITU-R S.672-4 建议书	在使用对地静止卫星的卫星固定业务中用做设计指标的卫星天线辐射方向图	183
ITU-R M.690-1 建议书	工作在 121.5 MHz 和 243 MHz 载波频率的应急示位无线电信标（EPIRB）的技术特性	209
ITU-R P.838-3 建议书	预测方法中使用的雨天衰减的具体模型	211
ITU-R M.1084-4 建议书	在水上移动业务中提高 156-174 kHz 频带使用效率的临时解决方法（见附件 4 的表 1 和 3）	219
ITU-R SM.1138-2 建议书	必要带宽的确定及其计算举例与相应的发射标志的举例	231

* 在 2001 年 1 月 1 日通过的一些建议书中，在相关建议书根据标准程序得到修正前，引用《无线电规则》文本时的前缀“S”仍予以保留。

ITU-R SA.1154 建议书	保护空间研究（SR）、空间操作（SO）和卫星地球探测业务（EES）的条款以及促进与 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带内的移动业务共用的条款	239
ITU-R M.1171 建议书	水上移动业务中无线电话的使用程序	269
ITU-R M.1172 建议书	水上移动业务的无线电通信中所用的各种缩写和信号	279
ITU-R M.1173 建议书	1 605.5 kHz 至 4 000 kHz 和 4 000 kHz 至 27 500 kHz 频带无线电话水上移动业务用的单边带发信机的技术特性	313
ITU-R M.1174-2 建议书	450 至 470 MHz 频段船上通信使用的设备的技术特性	315
ITU-R M.1187-1 建议书	1-3 GHz 频率范围内采用圆轨道的卫星移动业务网络潜在受影响区的计算方法	317
ITU-R S.1256 建议书	确定卫星移动业务中非对地静止卫星系统的馈电链路在空间到地球方向上对 6 700-7 075 MHz 频带对地静止卫星轨道产生的最大累积功率通量密度的方法	323
ITU-R RS.1260-1 建议书	星载有源遥感器与其他无线电业务共用 420-470 MHz 频段的可能性	331
ITU-R BO.1293-2 建议书	卫星广播系统数字发射中对干扰的保护掩蔽和相关计算方法	347
ITU-R S.1340 建议书	卫星移动业务馈电链路与航空无线电导航业务之间在 15.4-15.7 GHz 频带地球到空间方向上的共用	359
ITU-R S.1341 建议书	卫星移动业务馈电链路与航空无线电导航业务之间空间到地球方向上在 15.4-15.7 GHz 频带的共用及对 15.35-15.4 GHz 频带射电天文业务的保护	375
ITU-R S.1428-1 建议书	用于在 10.7 GHz 和 30 GHz 之间的频带内涉及非 GSO 卫星的平共处干扰评估的参考 FSS 地球站的辐射方向图	389
ITU-R BO.1443-2 建议书	由 RR 附录 30 所涵盖的频带内用于涉及 non-GSO 卫星的干扰评估的参考 BSS 地球站天线方向图	393
ITU-R M.1583-1 建议书	非对地静止卫星移动业务或卫星无线电导航业务系统与射电天文望远镜站址之间干扰的计算	401
ITU-R S.1586-1 建议书	在射电天文台址由非对地静止卫星固定业务系统产生的无用发射电平的计算	409
ITU-R F.1613 建议书	为了确保对 5 250-5 350 MHz 频带卫星地球探测业务（有源）和空间研究业务（有源）系统的保护，对在第三区固定业务中的固定无线接入系统的操作和部署的要求	417
ITU-R RA.1631 建议书	用于非 GSO 系统和射电天文业务电台之间基于 epfd 概念的兼容性分析的基准射电天文天线的方向性图	433
ITU-R RS.1632 建议书	卫星地球探测业务（有源）和移动业务中无线接入系统（包括无线本地网）之间在 5 250-5 350 MHz 频段的共用	437

页码

ITU-R M.1638 建议书　用于工作在 5 250 和 5 850 MHz 之间频带内的无线电定位、航空无线电导航和气象雷达共用研究的特性和保护准则 …… 465

ITU-R M.1642-2 建议书　在一个航空无线电导航业务台站上的来自工作在 1 164-1 215 MHz 频带的所有无线电导航卫星业务系统的最大集合等效功率通量密度的估算方法 …… 475

ITU-R M.1643 建议书　包括采用 14-14.5 GHz（地对空）频带内卫星固定业务网络转发器在内的卫星航空移动业务的航空器地球站的技术和操作要求 …… 491

ITU-R M.1652-1 建议书　旨在保护 5 GHz 频段无线电测定业务而对无线局域网在内的无线接入系统进行动态频率选择（见附件 1） …… 497

ITU-R M.1827 建议书　5 091-5 150 MHz 频段限于机场地面应用的航空移动（R）业务（AM(R)S）电台和限于航空安全（AS）应用的航空移动业务（AMS）电台的技术和操作要求 …… 515

ITU-R M.2013 建议书　在 1 GHz 附近运行的非国际民航组织航空无线电导航系统的技术特性和保护标准 …… 521

引证归并的 ITU-R 建议书的规则性条款（包括脚注和决议）交叉引证表 …… 531

ITU-R TF.460-6建议书*

标准频率和时间信号发射

（ITU-R 102/7号研究课题）

（1970-1974-1978-1982-1986-1997-2002年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 世界无线电行政大会（1979年，日内瓦）把下列频率划分给标准频率和时间信号业务：20 kHz ±0.05 kHz，2.5 MHz ±5 kHz（第一区2.5 MHz ±2 kHz），5 MHz ±5 kHz，10 MHz ± 5 kHz，15 MHz ± 10 kHz，20 MHz ± 10 kHz以及25 MHz ± 10 kHz；

b) 在其他频带发射附加标准频率和时间信号；

c) 《无线电规则》第26条的规定；

d) 无线电通信第7研究组仍然需要同下列组织进行密切合作：国际海事组织（IMO）、国际民航组织（ICAO）、度量衡大会（CGPM）、国际度量衡局（BIPM）、国际地球旋转业务（IERS）以及国际科学协会委员会（ICSU）的相关协会；

e) 维护全球范围内的标准频率和时间信号发射的协作的需要；

f) 依据第13届度量衡大会（1967年）的规定，按秒散播标准频率和时间信号的需要；

g) 仍然需要使世界时准确度的误差达到1/10秒，

建议

1 所有标准频率和时间信号发射尽可能严格地符合协调世界时（UTC）（见附件1）；时间信号偏移UTC不得超过毫秒；标准频率偏移不得超过$1/10^{10}$，从每个发射电台发射出的时间信号应该与载波相位具有既知关系；

2 标准频率和时间信号发射以及其他计划用于科学应用的时间信号发射（专用于特殊系统的发射可能除外）应包括关于UT1 – UTC和TAI – UTC之间的差别的信息（见附件1）。

---

* 应提请IMO、ICAO、CGPM、BIPM、IERS、国际大地测量学和地球物理学协会（IUGG）、国际无线电科学协会（URSI）以及国际天文学协会（IAU）注意本建议书。

附 件 1

时 标

A 世界时（UT）

世界时（UT）在地球旋转的基础上对时标进行的一般标示。

在应用中即使是几百分之几秒的误差也是难以忍受的，因此有必要明确应该被采用的UT的形式：

UT0 是通过直接的天文学观察而获得的原始子午线的平均太阳时；

UT1 是因地球小幅度运动相对于旋转轴产生效果而对UT0进行的修正（极性变动）；

UT2 是因以地球旋转速度出现的小幅度季节变动产生效果而对UT1进行的修正；

UT1 本建议书采用的是UT1，这是因为UT1直接与地球围绕其日旋转轴旋转的角坐标相对应。

上述名词和所涉及概念的简明定义可在IERS出版物中查找（法国，巴黎）。

B 国际原子时（TAI）

以秒为基础（SI）、体现在旋转的地球体上的国际原子时（TAI）的参考量程是由BIPM根据合作机构提供的时钟数据建立起来的。呈持续量程状，如始自1958年1月1日的天、时、分、秒数（CGPM于1971年采用）。

C 协调世界时（UTC）

UTC是BIPM由IERS协助维护的时间量程，该时间量程是协调地散播标准频率和时间信号的基础。它与TAI在速度上严格一致，但有若干整秒的差别。

UTC量程的调整是通过秒的插入或删除实现的（正跳秒或负跳秒），以此来保证同UT1大体一致。

D DUT1

随时间信号散播出来的UT1与UTC之间可预测的差值即DUT1；DUT1 $\approx$ UT1 – UTC。DUT1可被看做修正项，将增添到UTC，从而更接近UT1。

DUT1的值由IERS以0.1秒的整数倍形式给出。

下列选择性规则亦适用：

1 公差

1.1 DUT1量值不超过0.8 s。

1.2 UTC与UT1的偏差不超过±0.9 s（见注1）。

1.3 （UTC加DUT1）的偏差不超过±0.1 s。

注1 – DUT1最大值与UTC与UT1之间最大偏差之间的差表示（UTC+DUT1）与UT1之间的允许偏差，对于IERS来说，它可预防地球旋转速度发生的不可预测的变化。

2 跳秒

2.1 一次正跳秒或负跳秒应发生于UTC月份的最后一秒，但第一选择应是12月末和6月末，第二选择是3月末和9月末。

2.2 正跳秒始于23时59分60秒，结束于下个月第一天的0时0分0秒。负跳秒情况下，23时59分58秒后一秒为下个月第一天的0时0分0秒（见附件3）。

2.3 IERS应该决定并至少提前8周公布跳秒的实施。

3 DUT1值

3.1 要求IERS决定DUT1值及其采用日期，并提前一个月发布有关信息。在地球旋转速度突然改变的特殊情况下，IERS应至少比采用日期提前两周进行纠正。

3.2 各管理部门和组织应采用IERS确定的DUT1值来进行标准频率和时间信号发射，并要求各主管部门和组织尽可能地在期刊和公告等媒体中广泛传播该信息。

3.3 当DUT1由编码传播时，编码应符合下列原则（下文中的§3.4除外）：

– DUT1值的大小由加重秒标的数量确定，DUT1标记由加重秒标相对于分标的位置确定。没有加重标记意味着DUT1=0；

– 如果可与发射格式相兼容，每认定秒后都应发射编码信息。每小时前5个认定秒中的每秒过后都应把编码信息作为绝对最小值交替发射出去。

有关编码的细节部分见附件2。

3.4 主要为自动解码设备而设计并与解码设备共同使用的DUT1信息可有不同的代码，但应该在每认定秒过后发射，假如这与发射格式相兼容。每小时前5个认定秒中的每秒过后都应把编码信息作为绝对最小值交替发射出去。

3.5 可能在§3.3和§3.4中为DUT1编码信息而标示的那部分时间信号发射中发射的其他信息应具有截然不同的格式才不至于同DUT1混淆。

3.6 此外，也可能通过其他方式，如海事公报、天气预报等，使UT1 – UTC具有同样的准确度。也可以通过上述方式公布未来的跳秒信息。

3.7 求IERS继续拖后公布UT1 – UTC以及UT2 – UTC之间误差的确切值。

E DTAI

与时间信号同时播发的差值TAI – UTC被称做DTAI。DTAI = TAI – UTC是为了得到TAI而加到UTC上的一个修正项。

TAI – UTC的值在BIPM通函T上公布。IERS应在引入跳秒（见§D.2）的相同通知中宣布以秒的整数倍表示的DTAI。

附 件 2

DUT1传输码

DUT1的正值可通过加重若干个分标之后的连续秒标*n*来表示，从秒标1至秒标*n*，包括秒标1和秒标*n*；*n*是从1至8包括1和8的整数。

$$DUT1 = (n \times 0.1)\ s$$

DUT1的负值可通过加重若干个分标之后的连续秒标*m*来表示，从秒标9至秒标（8+*m*），包括秒标9和秒标（8+*m*），*m*是1至8包括l和8的整数。

$$DUT1 = -(m \times 0.1)\ s$$

DUT1的0值由加重秒标的空缺表示。

例如，可通过加长、倍增、分离正常的秒标或对正常秒标进行调音来加重相应的秒标。

举例：

图 1

DUT1 = +0.5 s

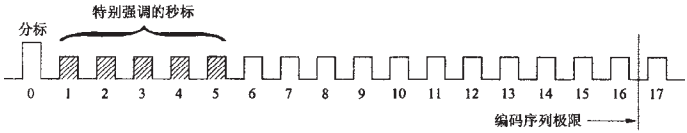
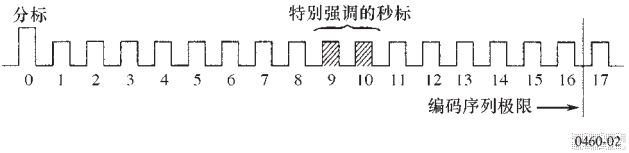


图 2

DUT1 = – 0.2 s



附 件 3

跳秒前后发生事件记时

跳秒前后发生事件的记时是通过下列数字所表示的方式实现的：

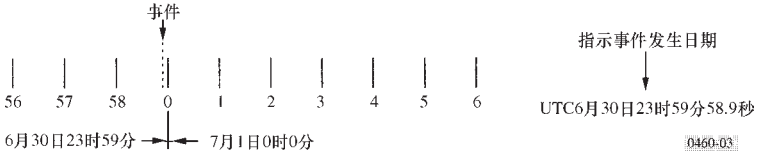
图 3

正跳秒



图 4

负跳秒



ITU-R M.476-5 建议书*

水上移动业务中的直接印字电报设备**

（ITU-R 5/8 号研究课题）

（1970-1974-1978-1982-1986-1995 年）

摘要

本建议书在附件 1 中提供了用于现有直接印字电报设备的检错和纠错系统的特性，附件 1 中包含水上移动业务中所采用的传输、编码和操作方式的技术特性。新设备应遵循 ITU-R M.625 建议书。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 移动电台和移动电台之间或者移动电台和海岸电台之间需要进行相互联系，配备采用国际电报 2 号码的起止设备，通过无线电报电路传输；

b） 水上移动业务中的直接印字电报可列成下述几类；

b.a 船舶和海岸电台之间的电报业务；

b.b 船舶和经由海岸电台延伸的电台（船主电台）的电报业务；

b.c 船舶和（国际）用户电报网的用户之间的用户电报业务；

b.d 从海岸电台至一艘或多艘船舶的广播电报业务；

b.e 两艘船舶之间或一艘船舶与若干艘其他船舶之间的电报业务；

c） 这些类别在性质上不同，因而可以要求不同等级的传输质量；

d） 在上述 b.a、b.b 和 b.c 给出的类别中，可以要求比 b.d 和 b.e 类有更高的传输质量，因为数据可通过 b.a，b.b 和 b.c 类的业务传送，而通过 b.d 类的业务传送和通过 b.e 类的广播业务传送的电文一般是明码，其传输质量允许比传送编码信息所要求的低；

---

* 应提请国际海事组织（IMO）和国际电联电信标准化部门（ITU-T）注意本建议书。

** 为了提供现有设备的有关信息保留了本建议书，以后可能删去本建议书。新的设备应符合 ITU-R M.625 建议书，ITU-R M.625 建议书提供了识别信号的交换，使用 9 位水上移动业务识别信号，并且与按照本建议书制造的现有设备兼容。

秘书处注：本建议书引用的《无线电规则》是由 1995 年世界无线电通信大会修订的《无线电规则》；《无线电规则》的这些条款从 1998 年的 6 月 1 日起生效。与现行《无线电规则》相应的出处也尽量在方括号内给出。

e） b.d 类业务和 b.e 类广播业务不能使用 ARQ 方式，因为原理上没有返回路径；

f） 根据业务的性质，这几类业务不允许使用 ARQ，应采用另一种方式，即前向纠错（FEC）方式；

g） 同步和定相的时间应尽可能短，不超过 5 s；

h） 大部分船舶电台不会轻易允许同时使用无线电发信机和无线电收信机；

j） 船上的设备应是既不复杂也不昂贵，

建议

1 当水上移动业务中的直接印字电报采用检错和纠错系统时，应使用相同码的 7 单元 ARQ 系统或 7 单元前向作用纠错和时间分集指示系统；

2 按照 § 1 设计的设备应满足附件 1 中所列的特性。

附 件 1

1 概述（方式 A，ARQ 和方式 B，FEC）

1.1 方式 A（ARQ）和方式 B（FEC）的系统是一个采用本附件 § 2 中所列的 7 单元检错码的单路同步系统。

1.2 无线链路的 FSK 调制率为 100 Bd。控制调制率的设备时钟准确度应优于 30×10^{-6}。

注 1 — 某些现有设备可能不满足这一要求。

1.3 终端输入和输出必须符合调制率为 50 Bd 的 5 单元起止 ITU-T 国际电报 2 号码。

1.4 发射类别为 F1B 或 J2B 的无线链路上的频移为 170 Hz。当用音频信号施加到单边带发信机的输入端来影响频移时，提供给发信机的音频频谱的中心频率应为 1 700 Hz。

注 1 — 目前若干设备在业务上使用中心频率 1 500 Hz。这些设备可以要求采取特殊措施，以实现兼容。

1.5 发信机和收信机的无线电频率容差应与 ITU-R SM.1137 建议书相一致。最理想的是收信机采用最小实用带宽（见 ITU-R M.585 号报告）。

注 1 — 收信机的带宽应最好取 270 Hz 至 340 Hz。

2 变换表

2.1 通信信息信号

表 1

序号	数字	数字	国际电报2号码	7单元发射信号(1)
1	A	–	ZZAAA	BBBYYYB
2	B	?	ZAAZZ	YBYYBBB
3	C	:	AZZZA	BYBBBYY
4	D	⊠(3)	ZAAZA	BBYYBYB
5	E	3	ZAAAA	YBBYBYB
6	F	(2)	ZAZZA	BBYBBYY
7	G	(2)	AZAZZ	BYBYBBY
8	H	(2)	AAZAZ	BYYBYBB
9	I	8	AZZAA	BYBBYYB
10	J	音响信号	ZZAZA	BBBYBYY
11	K	(	ZZZZA	YBBBBYY
12	L	)	AZAAZ	BYBYYBB
13	M	.	AAZZZ	BYYBBBY
14	N	,	AAZZA	BYYBBYB
15	O	9	AAAZZ	BYYYBBB
16	P	0	AZZAZ	BYBBYBY
17	Q	1	ZZZAZ	YBBBYBY
18	R	4	AZAZA	BYBYBYB
19	S	’	ZAZAA	BBYBYYB
20	T	5	AAAAZ	YYBYBBB
21	U	7	ZZZAA	YBBBYYB
22	V	=	AZZZZ	YYBBBBY
23	W	2	ZZAAZ	BBBYYBY
24	X	/	ZAZZZ	YBYBBBY
25	Y	6	ZAZAZ	BBYBYBY
26	Z	+	ZAAAZ	BBYYYBB
27	← （回车）		AAAZA	YYYBBBB
28	≡ （移行）		AZAAA	YYBBYBB
29	↓ （转为字母键）		ZZZZZ	YBYBBYB
30	↑ （转为数字键）		ZZAZZ	YBBYBBY
31	空格		AAZAA	YYBBBYB
32	未穿孔带		AAAAA	YBYBYBB

(1) B 表示较高的发射频率，Y 表示较低的发射频率。

(2) 目前还未指配（见 ITU-T F.1 建议书的 C8）。然而，接收这些信号不应触发重复请求。

(3) 图示的符号是✠ 的一种简图，当设备允许时也可采用（ITU-T F.1 建议书）。

2.2 业务信息信号

表 2

方式 A（ARQ）	发射信号	方式 B（FEC）
控制信号 1（CS1）	BYBYYBB	
控制信号 2（CS2）	YBYBYBB	
控制信号 3（CS3）	BYYBBYB	
空闲信号 β	BBYYBBY	
空闲信号 α	BBBBYYY	定相信号 1
信号重复	YBBYYBB	定相信号 2

3 特性

3.1 方式 A（ARQ）（见图 1 和图 2）

这是一个同步系统，从一个信息发送台（ISS）向一个信号接收台（IRS）发射三个字符组。这两个台可在控制信号 3（见 § 2.2）的控制下转换它们的功能。

3.1.1 主台和副台的安排

3.1.1.1 最初建立电路的电台（呼叫台）是“主”台，而被呼叫的电台是“副”台。

在维持已建立的电路的整个时间内，主台和副台的地位保持不变，而不管在任何给定的时间内该台是信息发送台（ISS）还是信息接收台（IRS）；

3.1.1.2 主台的时钟还控制整个电路（见电路时序图，图 1）；

3.1.1.3 基本定时周期是 450 ms。对于每一个台，该周期是由发射时间和紧跟着进行接收的发送停歇时间组成的；

3.1.1.4 主台发射时间分配器受主台的时钟控制；

3.1.1.5 副台接收时间分配器受所接收的信号控制；

3.1.1.6 副台发射时间分配器锁相于副台接收时间分配器，即接收信号的终止和发射信号开始之间的时间间隔（见图 1 中的 t_E）是恒定的；

3.1.1.7 主台接收时间分配器由所接收的信号控制。

3.1.2 信息发送台（ISS）

3.1.2.1 将欲发射的信息编成三个字符一组（3×7 信号元），如果需要，字组包括在没有有用的通信信息时传输“空闲信号β”，以完成和填满字组；

3.1.2.2 发射一个“字组”的时间为 210 ms，之后为 240 ms 的发射停歇，新发射的字组保存在存储器中，直到信息接收台（IRS）接收到确认正确的适当的控制信号为止；

3.1.2.3 利用本机编号装置将连续的字组交替地编为“组 1”和“组 2”。第一个字组编为“组 1”还是“组 2”，取决于新接收到的控制信号是控制信号 1 还是控制信号 2，在接收到以下信号时，中断连续字组的编号；

— 要求重复，或

— 残缺信号，或

— 控制信号 3（见 § 2.2）；

3.1.2.4 在接收到控制信号 1 时（见 § 2.2），发射信息字组 1；

3.1.2.5 在接收到控制信号 2 时（见 § 2.2），发射信息字组 2；

3.1.2.6 在接收到残缺信号 2 时（见 § 2.2），发射三个“信号重复”的字组。

图 1

方式 A 操作

发射选择性呼叫 32610 Q(RQ)C XT(RQ)

（见 ITU-R M.491 建议书§2、§3）

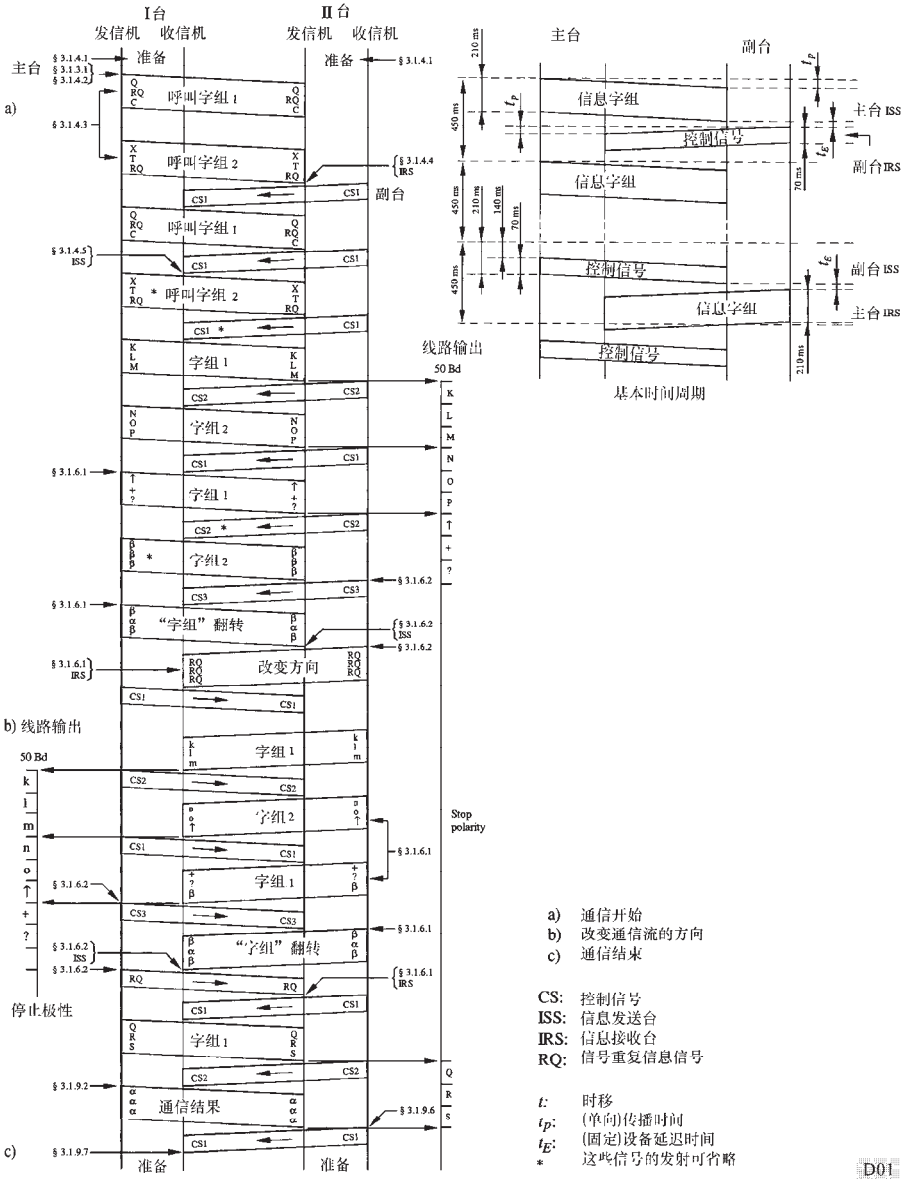
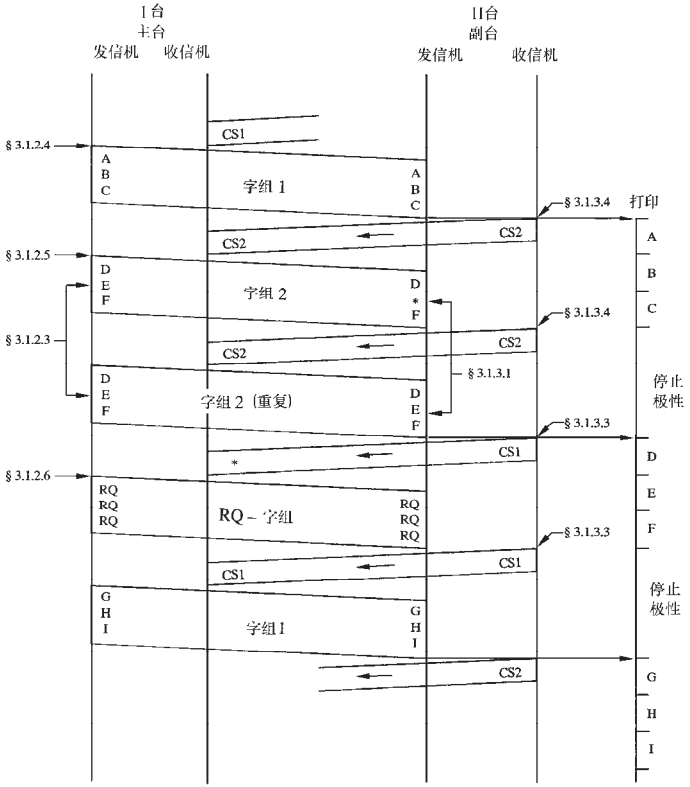


图 2

错误接收情况下的方式 A



＊ 检测出错误符号

D02

3.1.3 信息接收台（IRS）

3.1.3.1 用一个本机编号装置将接收到的三个字符为一组的字符交替地编为“组 1”和“组 2”。在接收到以下字组时，中断编号：

— 在字组中，有一个或多个字符残缺；或

— 至少包含一个“信号重复”的字组；（见 § 3.1.2.6）

3.1.3.2 在接收到每一字组后，发射一个持续时间为 70 ms 的控制信号，之后为 380 ms 的发射停歇时间；

3.1.3.3 接收到以下字组时，发射控制信号 1：

— 一个完整的“字组 2”，或

— 一个残缺的“字组 1”，或

— 至少包含一个“信号重复”的“字组 1”；

3.1.3.4 接收到以下字组时，发射控制信号 2：

— 一个完整的“字组 1”，或

— 一个残缺的“字组 2”，或

— 至少包含一个“信号重复”的“字组 2”。

3.1.4 定相

3.1.4.1 尚未建立电路时，两个台都处于“准备”状态。处于准备状态时，既没有指定两个台中的哪一个是 ISS 或 IRS，也没有指定是主台还是副台；

3.1.4.2 要求建立电路的台发出“呼叫”信号。此呼叫信号由两个字组组成，每个字组包含三个信号（见注 1）；

3.1.4.3 呼叫信号包括：

— 在第一个字组中：“信号重复”处于第二个字符位置，信息信号（见注 2）的任何组合处于第一个和第三个字符位置；

— 在第二个字组中：“信号重复”处于第三个字符位置上，32 个信息信号（见注 2）的任何组合处于第一和第二个字符位置；

3.1.4.4 一接收到相应的呼叫信号，被呼叫台从准备状态转换到 IRS 状态，并发射控制信号 1 或控制信号 2；

3.1.4.5 一接收到两个连续相同的控制信号，呼叫台转变为 ISS，并按照 § 3.1.2.4 和 § 3.1.2.5 工作。

注 1 — 使用两个字组的呼叫信号的电台应根据《无线电规则》第 S19.37、S19.83 和 S19.92 到 S19.95 款[第 2088、2134 和 2134 到 2146 款] 指定一个编号；

注 2 — 对于各船舶，这些信号的组合及其分配需征得国际同意（见 ITU-R M.491 建议书）。

3.1.5 重定相（注 1）

3.1.5.1 当接收到连续残缺的信息字组或控制信号时，该系统在由使用者决定的预定时间（最好预定时间为 450 ms 为一周期共 32 个周期的时间）进行连续接收后，回到“准备”状态；在中断时间内，主台立即开始按与 § 3.1.4 同样的方式进行重定相；

3.1.5.2 如果在中断时间内，副台处在 IRS 状态，在定相后返转的控制信号应保持与中断前最后一次发生的控制信号相同，以避免在通信恢复后，丢失一个信息字组（某些现有设备可能不符合这一要求）；

3.1.5.3 然而，如果在中断时间内，副台处于 ISS 状态，在接收到相应的呼叫字组后，发射；

— 控制信号 3；或

— 符合 § 3.1.4.4 的控制信号 1 或 2，之后发射控制信号 3，开始转换到 ISS 状态；

3.1.5.4 如果在 § 3.1.9.1 的暂停时间间隔内，没有完成重定相，那么该系统回到准备状态，不再进行重定相的尝试。

注 1 — 某些海岸电台不提供重定相（也见 ITU-R M.492 建议书）。

3.1.6 转换

3.1.6.1 信息发送台（ISS）

— 为开始改变通信流的方向，发射信息号序列转为“数字键” — “+”（“字母 Z”） — “问号”（“字母 B”）（见注 1），如果需要用一个或多个“空闲信号β”来完成一个字组”；

— 接收到控制信号 3，发射包括“空闲信号β” — “空闲信号α” — “空闲信号β”的字组；

— 接收到“信号重复”，接着转换为 IRS。

3.1.6.2 信息接收台（IRS）

— 发射控制信号 3：

a） 当该电台希望转换到 ISS 时，

b） 在接收到一组“数字键” — “+”（字母 Z） — “问号”（字母 B）为结束的信息信号序列时（见注 1）或是接收下述字组时。在后一种情况下，IRS 将忽略在最后一个字组中是否有一个或多个字符残缺；

— 在接收到信号序列“空闲信号β” — “空闲信号α” — “空闲信号β”的字组后，接着转换成 ISS；

— 转换到 ISS 后，作为主台时发射一个“信号重复”，或作为副台时发射由三个“信号重复”组成的一个字组。

注 1 — 在用户电报网络中，电传打印机处在数字挡时，发送 No.26 组合 — No.2 组合信号序列，该信号序列用来反转信息流的方向。因此，为了保证该系统的正确衔接，要求 IRS 始终监视通信信息流是处于字母挡还是数字挡。

3.1.7 线路输出

3.1.7.1 调制速率为 50 Bd 时，提供给线路输出端的信号是一个 5 单元起止码。

3.1.8 应答

3.1.8.1 WRU（你是谁？）序列由国际电报 2 号码的序列 30 和 4 组成，它用来请求终端识别。

3.1.8.2 信息接收台（IRS）一接收到含有 WRU 序列的字组，就启动电传打印机应答码发生器；

— 按照 § 3.1.6.2 改变通信流的传输方向；

— 发射从电传打印机应答码发生器得到的信息字符信号；

— 在发射 2 组“空闲信号β”以后（在完成应答码后或没有应答码时），按照 § 3.1.6.1 改变通信流的传输方向。

注 1 — 某些现有设备可能不符合这一要求。

3.1.9 通信结束

3.1.9.1 在接收到连续残缺的信息字组或控制信号时，该系统在预先确定的连续重复时间后，回到“准备”状态，这就使得已建立电路的终止（最好的预定时间是 450 ms 为一周期的 64 个周期的持续时间）；

3.1.9.2 想要终止已建立的电路的电台，发射一个“通信信号结束”；

3.1.9.3 “通信信号结束”是由包含三个“空闲信号α”的字组组成；

3.1.9.4 “通信信号结束”由 ISS 发射；

3.1.9.5 如果一个 IRS 想要终止已建立的电路，IRS 就必须按照 § 3.1.6.2 转换为 ISS；

3.1.9.6 IRS 在接收到一个“通信信号结束”后，发射适当的控制信号，并回到“准备”状态；

3.1.9.7 在接收到一个确认无残缺的“通信信号结束”时，ISS 回到“准备”状态；

3.1.9.8 当“通信信号结束”按预定的次数发射（见注 1）以后，没有接收到确认无残缺的“通信信号结束”时，ISS 回到准备状态而 IRS 按照 § 3.1.9.1 暂时停止接收。

注 1 — 最好预定次数是发射“通信信号结束”4 次。

3.2 方式 B，前向纠错（FEC）（见图 3、4）

这是一个同步系统，从一个集合 B 方式（CBRS）发射的电台向若干个以集合 B 方式（CBRS）接收的电台，或从一个以选择 B 方式（SBSS）发射的电台向一个以选择 B 方式（SBRS）接收的电台发射一不中断的字符流。

3.2.1 以集合或选择 B 方式发射的电台（CBSS 或 SBSS）

3.2.1.1 每一个字符发射 2 次：首先发射一专用字符（DX），接着发射 4 个其他字符，然后重发第一个字符（RX），以便在 280 ms 的时间间隔内实现时间分集接收；

3.2.1.2 作为电文或呼叫符号的开始，交替发射定相信号 1（见 § 2.2）和定相信号 2（见 § 2.2），而定相信号 1 是在 RX 位置发射，定相信号 2 是在 DX 位置发射。至少应发射 4 对这样的信号（定相信号 1 和定相信号 2）。

3.2.2 以集合 B 方式发射的电台（CBSS）

3.2.2.1 在以相同传输的两个电文间隔期间，分别在 RX 和 DX 位置发射定相信号 1 和定相信号 2。

3.2.3 以选择 B 方式发射的电台（CBSS）

3.2.3.1 在发射了若干个按要求的定相信号（见 § 3.2.1.2）后，发射所选择的电台的呼叫信号，这呼叫信号是一个 4 个字符的序列，代表被呼叫电台的数字码。这种发射按 § 3.2.1.1 所规定的时间分集方式进行。

3.2.3.2 以 3 B/4Y 比发射呼号和所有另外的信号，即把表 1“7 单元发射信号”栏中的有关信号反转。因而，所有的信号，即通信信息信号和业务信息信号，在发射定相信号后，都以 3 B/4Y 比发射；

3.2.3.3 在由通信信息信号组成的电文之间的空闲时间内，发射业务信息信号“空闲信号β”。

3.2.4 以集合或选择 B 方式接收的电台（CBRS 或 SBRS）

3.2.4.1 校核两个字符（DX 和 RX），打印无残缺的 DX 和 RX，或如果 DX 和 RX 都残缺，打印出一错误符号或空格。

3.2.5 定相

3.2.5.1 不接收时，系统处在如 § 3.1.4.1 所述的“准备”状态；

3.2.5.2 在接收序列“*定相信号 1*” — “*定相信号 2*”或序列“*定相信号 2*” — “*定相信号 1*”时，定相信号 2 决定 DX 的位置，定相信号 1 决定 RX 的位置。而且至少有一个以上的定相信号处于合适的位置上，该系统就从“准备”状态转换为 CBRS 状态；

3.2.5.3 作为 CBRS 开始工作时，在接收到代表其选择性呼叫号码的转换字符后，该系统转换为 SBRS（被选择呼叫的接收台）状态；

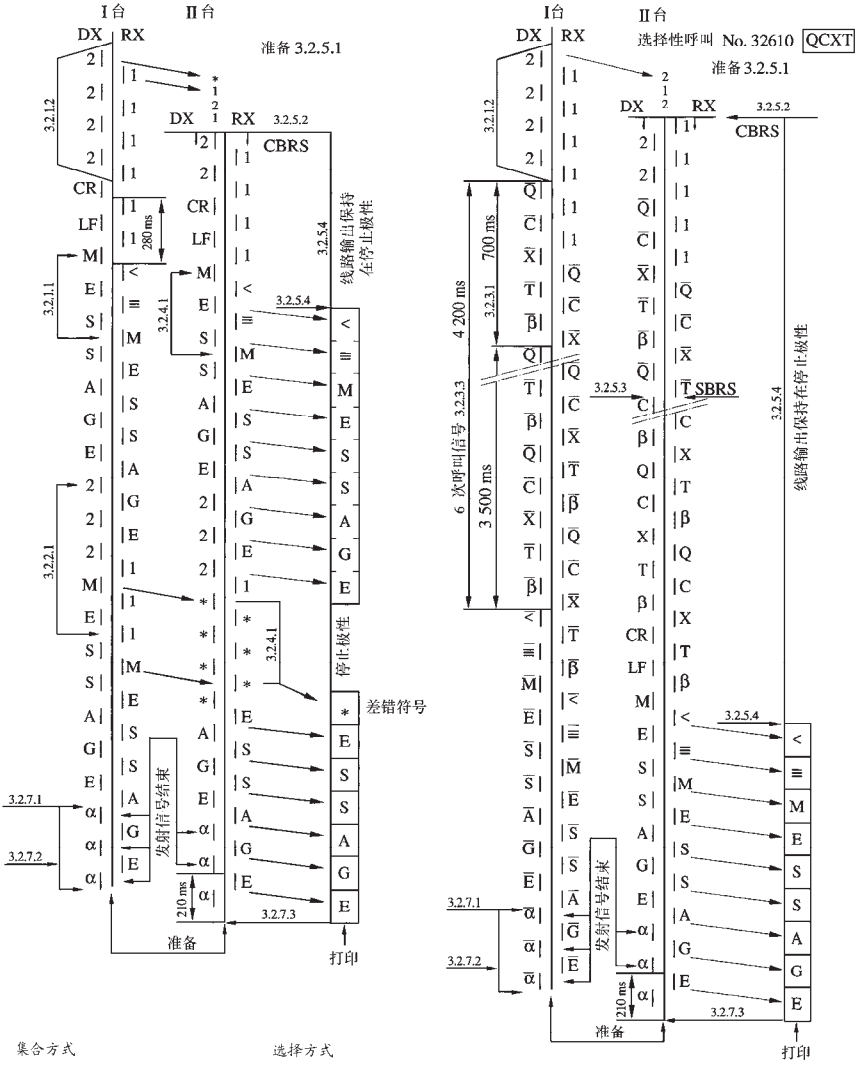
3.2.5.4 已经转换到 CBRS 或 SBRS 状态后，该系统向线路输出端提供连续的停止极性，直到收到“回车”信号或者收到“移行”信号为止；

3.2.5.5 作为 SBRS 开始工作时，译码器把所有依次收到的信号重新反转为 3Y/4B，以便把这些信号以正确的比率提供给 SBRS，而所有其他电台仍保持相反的比率 3B/4Y；

3.2.5.6 如果在预定时间内，接收到的残缺信号百分比已达到预定值，那么 CBRS 和 SBRS 两台都回到准备状态。

图 3

方式 B 操作



集合方式

1: 定相信号 1

2: 定相信号 2

<: 回车 (CR)

=: 移行 (LF)

* 检测出的信号

跨线符号（例如 $\overline{M}$）以 3B/4Y 比发射

选择方式

CBSS: 方式 B — 集合发送

CBRS: 方式 B — 集合接收

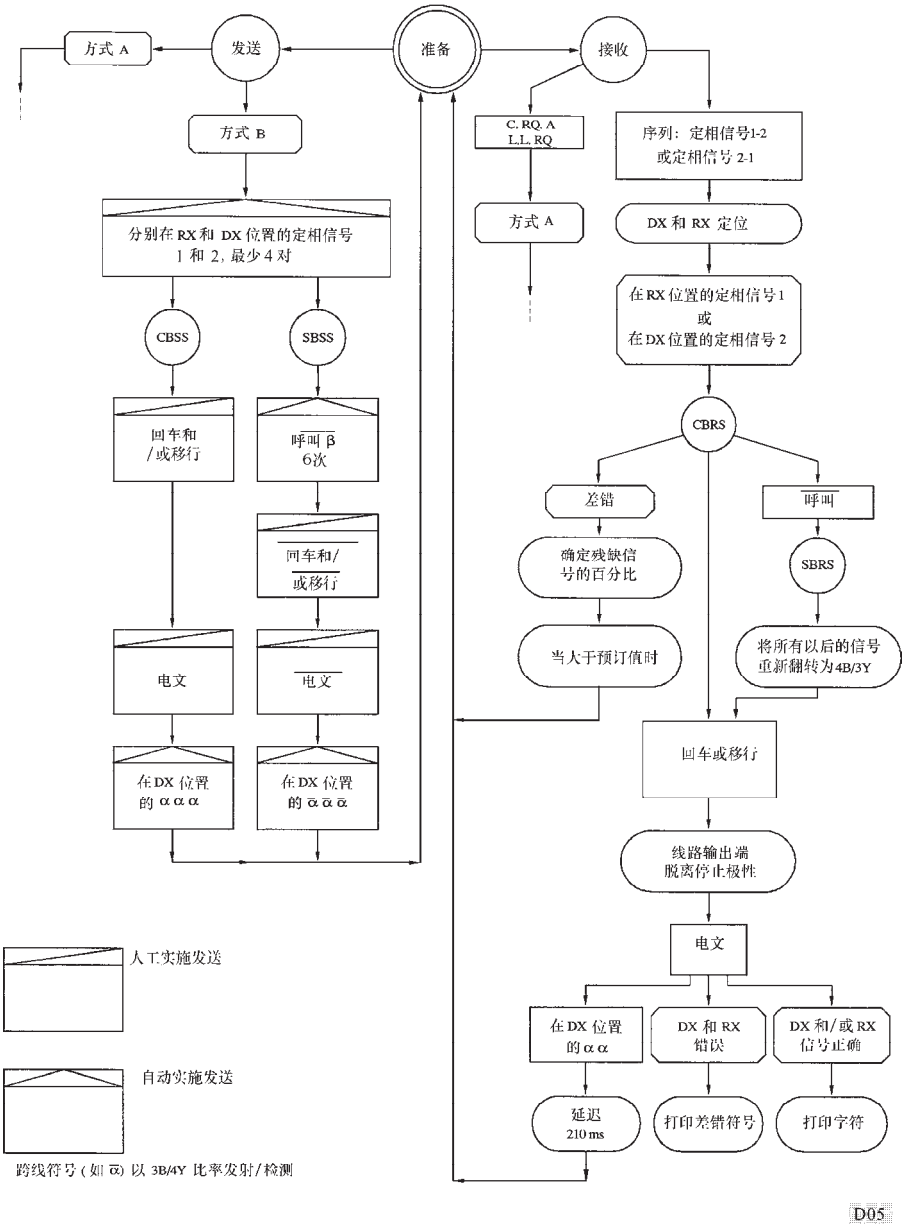
SBSS: 方式 B — 选择发送

SBRS: 方式 B — 选择接收

D04

图 4

方式 B 工作的流程图



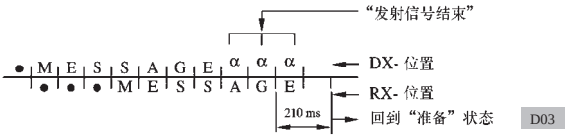
3.2.6 线路输出

3.2.6.1 提供给线路输出终端的信号是一个 5 单元 ITU-T 国际电报 2 号码的起止信号，调制速率为 50 Bd。

3.2.7 发射结束

3.2.7.1 用 B 方式（CBRS 或 SBRS）发送的电台想要终止发射“发射结束信号”；

3.2.7.2 在 DX 位置发射的最后通信信息信号，立即发射“发射结束信号”，“发射结束信号”是由只在 DX 位置连续发射的 3 个“空闲信号α”（见 § 2.2）组成。此后，该电台就终止发射，并恢复到“准备”状态；



3.2.7.3 CBRS 或 SBRS 在 DX 位置接收到至少两个连续的“空闲信号α”以后，经过不少于 210 ms 的时间，恢复到“准备”状态。

ITU-R M.489-2 建议书*

以频道间隔 25 kHz 用于水上移动业务的 VHF 无线电话设备的技术特性

（1974-1978-1995 年）

摘要

本建议书描述了当用于《无线电规则》的附录 18［附录18］的 25 kHz 频道时的用于水上移动业务的 VHF 无线电话发信机和收信机（或收发信机）的技术特性。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 世界无线电行政大会（1979 年，日内瓦）第 308 号决议规定：

— 所有的水上移动 VHF 无线电话设备从 1983 年 1 月 1 日起将遵守 25 kHz 标准；

b） 《无线电规则》附录 S18［附录 18］给出了用于水上移动业务的 25 kHz 频道间隔的发送频率表；

c） 在第 42 号意见中，请国际电工委员会（IEC）就任何用于陆地移动业务中的无线电设备的测量方法给国际电联无线电通信部门以建议；而且这些测量方法也可适用于水上移动业务中使用的无线电设备；

d） 有必要指定工作于水上移动业务中的以 25 kHz 为频道间隔的 VHF 无线电话设备的技术特性，

建议

1 工作在由《无线电规则》附录 S18［附录 18］指定的频率上的用于水上移动业务的 VHF（米制）FM 无线电话设备应该满足以下特性。

1.1 普通特性

1.1.1 发射类别应该是 F3E/G3E。

1.1.2 必要带宽应该是 16 kHz。

1.1.3 只使用相位调制（有 6 dB/倍频程的预加重特性的频率调制）。

---

* 应提请国际海事组织（IMO）和国际电联电信标准化部门（ITU-T）注意本建议书。

秘书处注：本建议书引用的《无线电规则》是由 1995 年世界无线电通信大会修订的《无线电规则》。《无线电规则》的这些条款从 1998 年 6 月 1 日起生效。与现行《无线电规则》相应的出处也尽量在方框号内给出。

1.1.4 对应于 100％调制的频偏应尽可能接近 ± 5 kHz。不论在什么情况下频偏不应超过 ± 5 kHz。应该使用偏离限制电路以使达到的最大频偏独立于输入的音频频率。

1.1.5 使用双工或半双工系统时，无线电设备的性能应符合本建议书的要求。

1.1.6 设备应被设计成在指定频道间的频率改变能在 5 s 内执行。

1.1.7 在源端，发射应该是垂直极化的。

1.1.8 使用数字选呼的电台应该有以下能力：

a） 可以敏感地判定在 156.525 MHz（第 70 频道）上存在的信号；且

b） 当该频道被呼叫占用时，自动防止除了遇险和安全呼叫之外的呼叫的发送。

1.2 发信机

1.2.1 海岸电台发信机的频率容差不应超过 5×10^{-6}。船舶电台发信机的频率容差不应超过 10×10^{-6}。

1.2.2 依照《无线电规则》附录 S3［附录 8］的条款，发信机在无抗负载上测量的离散频率的杂散辐射应与正常输出阻抗时的相等。

1.2.3 海岸电台的载波功率通常不应超过 50 W。

1.2.4 船舶电台发信机的载波功率不应超过 25 W。在一个小范围内使用时，应设法容易地将功率减少到 1 W 或更少，除了工作在 156.525 MHz（第 70 频道）的数字选呼设备的功率降低设备是可选择的（可参考 ITU-R M.541 建议书中的建议 3.7）。

1.2.5 音频频带的上限不应超过 3 kHz。

1.2.6 机柜辐射功率不应超过 25 μW。在某些无线电环境中可能要求更低的值。

1.3 收信机

1.3.1 按在收信机输出端的给定的参考信噪比，参考灵敏度应等于或小于 2.0 μV 有效值。

1.3.2 邻频道选择性至少应为 70 dB。

1.3.3 杂散响应抑制比至少应为 70 dB。

1.3.4 射频频率的互调抑制比至少应为 65 dB。

1.3.5 在天线端口测量的在离散频率上的传导杂散发射的功率不应该超过 2.0 nW。在某些无线电环境中可能要求更低的值。

1.3.6 在直到 70 MHz 的任何频率上任何机柜的辐射型杂散发射的有效辐射功率不应超过 10 nW。在 70 MHz 以上，直到 100 MHz 的频率上，杂散发射应不超过 10 nW 并多于 6 dB/倍频程的斜率衰减。在某些无线电环境中可能要求更低的值；

2 也应该参考 ITU-R SM.331 建议书和 ITU-R SM.332 建议书和 IEC 有关测量方法的出版物。

ITU-R M.492-6 建议书*

水上移动业务中使用直接印字电报设备的使用程序

（ITU-R 5/83 号研究课题）

（1974-1978-1982-1986-1990-1992-1995 年）

摘要

本建议书在附件 1 中提供了操作程序，该操作程序便于在全自动或半自动的选择性 ARQ 模式下在一个船舶电台和一个海岸电台之间以及在广播 FEC 模式下在若干船舶电台或一个船舶电台之间的直接印字电报设备信息的传送。它也规定了符合 ITU-R M.476 建议书和 ITU-R M.625 建议书的技术特性的设备间的互联。附件 1 包含呼叫建立的程序。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 窄带直接印字电报业务正在使用 ITU-R M.476 建议书、ITU-R M.625 建议书、ITU-R M.692 建议书所述的设备工作；

b） 经改善的提供自动识别和能使用 9 位船舶电台标识的窄带直接印字电报系统已在 ITU-R M.625 建议书中叙述；

c） 这种业务所需的操作程序应当取得一致；

d） 这些程序对所有业务和所有波段都应尽可能相似（除了 HF 和 MF 波段以外的波段都可要求不同的操作程序）；

e） 大量的设备符合现有的 ITU-R M.476 建议书；

f） 至少在过渡期间，要求符合 ITU-R M.476 建议书和 ITU-R M.625 建议书的设备之间能够互联，

建议

1 在水上移动业务中，使用符合 ITU-R M.476 建议书或 ITU-R M.625 建议书的窄带直接印字电报设备，在 MF 和 HF 波段应遵守附件 1 给出的操作程序；

2 当在安排给水上移动业务的任何波段上使用直接印字电报或相似的系统，通过预先安排，呼叫会在系统合适的工作频率上发起。

---

* 应提请国际海事组织（IMO）和国际电联电信标准化部门（ITU-T）注意本建议书。

附 件 1

操 作 程 序

1 模式 A（ARQ）

1.1 在 ARQ 方式中，用于建立一个船舶电台和一个海岸电台之间的窄带直接印字电报通信方法应是全自动或半自动的，这就是说一个船舶电台应在一个海岸电台的接收频率上直接接通海岸电台，而一个海岸电台应在海岸电台的发射频率上直接接通一个船舶电台。

1.2 然而，必要时，不排除用莫尔斯电报、无线电话或其他手段进行预先联系。

1.3 可以用手动、半自动或自动方法实现和专用电路上的远端电传机打印机电台或国际用户电报网络中的用户联系。

注 1 — 在引用国际自动业务之前，必须就编号方案、通信路由及费用达成协议。这应由 ITU-T 和 ITU-R 来考虑。

注 2 — ITU-R M.476 建议书（见 § 3.1.5）和 ITU-R M.625 建议书（见 § 3.8）对在通信中断的情况下，通过重定相自动重新建立无线电路做出了规定。然而，据报导，在某些国家，当无线电路延伸到公众交换网络或某种自动交换设备或存发设备时，这一程序已经产生了技术上和操作上的问题。为此，如果采用重定相程序，某些海岸电台就不接收消息。

注 3 — 当通过海岸电台以 ARQ 模式与国际电报网络建立连接时，应满足 ITU-T 建议书 U.63 中规定的总体要求。

1.4 通过预先安排，当从一个海岸电台到一个船舶电台或两个船舶电台之间的通信需要无人操作时，接收的船舶电台应当有一台调谐到其他电台发射频率的收信机和一台调谐到或能自动调谐到适当频率的发信机，该发信机应能随时在这一频率上发射。

1.5 按照 ITU-R M.476 建议书和 ITU-R M.625 建议书的规定，应通过开始呼叫的海岸电台或船舶电台对无人操作的船舶电台进行选择性的呼叫。有关船舶电台应存储有用的信息，以便按呼叫台指令自动发射。

1.6 呼叫台开始发射“翻转”信号时，应发射船舶信息存储器中的任何有用信息。

1.7 通信结束时，应发射“通信结束”信号，随后船舶设备应自动回到“待机”状态。

1.8 当一个频道空闲时，海岸电台可发射“空闲频道”信号用于指示。该“空闲频道”应最好限制为每 HF 波段只有一个频道，并且它们的持续时间应保持尽可能短。按照《无线电规则》第 18 条和考虑到适用于 HF 波段的窄带直接印字合适频率的重负荷，在未来计划的系统中不使用“空闲频道”信号。

1.9 “空闲频道”信号的格式应由 ITU-R M.476 建议书附件 1 § 2 和 ITU-R M.625 建议书附件 1 § 2 所列的 7 单元纠错码信号组成。3 个这样的信号组成一个字组，中间的信号是“信号重复”（RQ），这个字组的第一个信号是 VXKMCF TBOZA 中任一个，第三个信号是 VMPCYFS OIRZDA（见 ITU-R M.491 建议书）中的任一个。这些信号应在国际电联海岸电台表中列出。

新的信号选择应优先选择与那个海岸电台的 4 位识别号的前二位相一致。如果由于所需要的字符在以上表中未列出而不可能，或者如果由于这种组合已被另一个海岸电台使用而不希望这种选择，那么优先选择上面表中每行第二部分所列出的那些字符组合，即对“空闲频道”字组的第一个信号选择 TBOZA，对第三个信号选择 OIRZDA。字组的信号以 100 Bd 的调制率发射，间隔 240 ms。对于人工系统，这个“空闲频道”信号应由无信号周期或者一个信号或多个信号来中断，这将使操作者用耳朵确认出“空闲频道”信号状态。一个用听觉确认的信号，如莫尔斯信号，可以单独用做人工系统的“空闲频道”信号。在中断前至少应发送 7 单位信号的 8 个分组。

1.10 在单频率工作情况下，如 ITU-R M.692 建议书所描述的，空闲频道信号当至少出现 3 s 的监听时间应中断。

1.11 船舶电台之间和船舶电台和海岸电台间建立呼叫的一般操作程序由以下给出，规定的程序在附录 1 中给出。

1.12 手动程序

1.12.1 船舶电台到海岸电台

1.12.1.1 船舶电台的操作员通过 A1A 莫尔斯电报、电话或其他使用常规呼叫程序的手段与海岸电台建立通信。然后操作员请求直接印字通信，根据使用的频率交换信息，并向船舶电台给出依照 ITU-R M.476 建议书或 ITU-R M.625 建议书指配的直接印字可选呼叫号码，或者依照表 VII A 的序言指定的船舶电台标识。

1.12.1.2 然后海岸电台的操作员在相互认同的频率上使用合适的船舶标识建立直接印字通信。

1.12.1.3 船舶电台的操作员也可以按预定的海岸电台接收频率使用直接印字设备呼叫海岸电台，海岸电台的识别酌情依照 ITU-R M.476 建议书或 ITU-R M.625 建议书指配，或者依照表 VII A 的序言指配的海岸电台标识。

1.12.1.4 然后海岸电台的操作员在相应的海岸电台发送频率建立直接印字通信。

1.12.2 海岸电台到船舶电台

1.12.2.1 海岸电台的操作员通过 A1A 莫尔斯电报、电话或其他使用常规呼叫程序的手段与船舶电台建立通信。

1.12.2.2 船舶电台的操作员应遵循 § 1.12.1.1 或 § 1.12.1.3 的程序。

1.12.3 船舶电台之间

1.12.3.1 主叫船舶电台的操作员通过 A1A 莫尔斯电报、电话或其他使用常规呼叫程序的手段，与被叫船舶电台建立通信。操作员然后请求直接印字通信并根据将使用的频率交换信息，并向船舶电台给出依照 ITU-R M.476 建议书或 ITU-R M.625 建议书指配的直接印字可选呼叫号码，或者依照表 VII A 的序言指配的船舶电台标识。

1.12.3.2 被叫的船舶电台的操作员使用适当的主叫船舶标识在相互认同的频率上建立直接印字通信。

1.13 自动操作程序

1.13.1 船舶电台到海岸电台

1.13.1.1 在预定的海岸电台接收频率上，船舶电台呼叫海岸电台，使用直接印字设备和依照 ITU-R M.476 建议书或 ITU-R M.625 建议书指配的海岸电台识别信号，或者依照表 VII A 的序言指配的海岸电台标识。

1.13.1.2 海岸电台的直接印字设备自动或在人工控制下检测呼叫并在相应的海岸电台发送频率上直接做出响应。

1.13.2 海岸电台到船舶电台

1.13.2.1 在预定的海岸电台发送频率上海岸电台呼叫船舶电台，使用直接印字设备和依照 ITU-R M.476 建议书或 ITU-R M.625 建议书指配的船舶电台直接印字选择呼叫号码，或者依照表 VII A 的序言指配的船舶电台标识。

1.13.2.2 船舶电台的直接印字设备调整到接收预定的海岸电台发送频率上检测呼叫，因此，回复可按以下方式之一给出：

a） 船舶电台可以立即在相应的海岸电台接收频率上回复或在后一阶段使用 § 1.12.1.3 中所示程序；或

b） 船舶电台发信机在相应的海岸电台收信频率上自动启动，其直接印字设备通过发送相关的信号来表示已准备好自动接收信息。

1.14 电文格式

1.14.1 利用海岸电台提供合适的方式，信息可在电报网络内交换：

a） 在通话模式，相关电台被直接连接，使用自动或人工控制；或

b） 在存储—转发模式，在被叫电台建立电路前信息存储在海岸电台，使用自动或人工控制。

1.14.2 在岸到船方向上，消息格式应与常规电报网络一致（也见附录 1，§ 2）。

1.14.3 在船到岸方向上，消息格式应与在附录 1 的 § 1 中的规定的操作程序一致。

2 方式 B（FEC）

2.1 通过预先安排，电文可以用方式 B 从一个海岸电台或一个船舶电台发往若干个船舶电台或单一船舶电台。如果需要，可先发送有关船只的选择性呼叫码，这通常发生在：

2.1.1 接收的船舶电台不允许或不能使用其发信机，或

2.1.2 欲对于多于一条船只进行通信，或

2.1.3 需要方式 B 的无人接收，而不需要自动确认。

在这种情况下，船舶电台收信机应调谐到合适的海岸电台或船舶电台的发射频率上。

2.2 所有方式 B 的电文都应以“回车”和“移行”信号开始。

2.3 船舶电台用方式 B 接收定相信号时，电传机应自动启动，而在接收到发射停止信号时应自动停止。

2.4 船舶电台通过 A1A 莫尔斯电报、电话或其他形式，能确认方式 B 电文的接收。

3 依照 ITU-R M.476 建议书和 ITU-R M.625 建议书的设备之间的互联

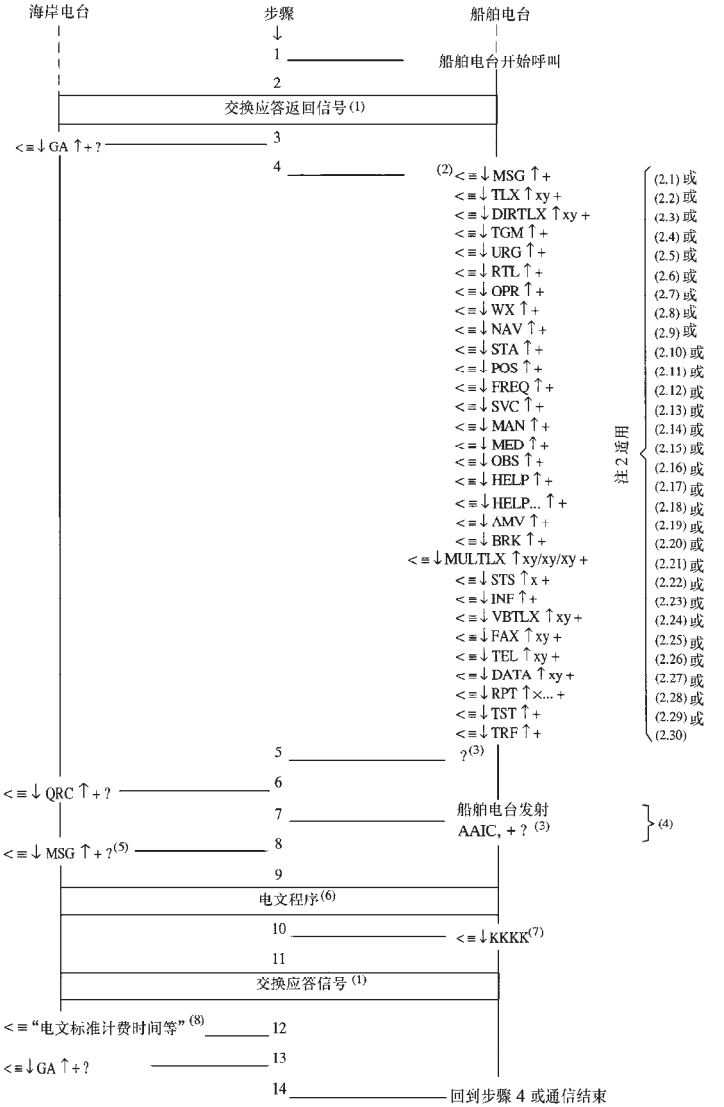
3.1 ITU-R M.625 建议书对与符合 ITU-R M.476 建议书的设备的自动互联做出了规定。确定一个或者两个电台是否为 ITU-R M.476 建议书类型的准则是呼叫信号的长度和呼叫字组的组合。

3.2 如果两个电台均符合 ITU-R M.625 建议书，那么自动的电台识别是自动呼叫建立程序的一部分。然而，如果一个或者两个电台符合 ITU-R M.476 建议书，那么不发生自动的电台识别。由此，并因 ITU-R M.625 建议书对直接印字设备呼叫信号使用 9 位船舶电台标识，最理想的是所有新设备在最早实用时间上应符合 ITU-R M.625 建议书。

3.3 为了实现和大量现有设备完全兼容，需要对每一个新电台指配 9 位和 5 位（或 4 位）两个标识（即 7 位和 4 位信号呼叫信号）。船舶和海岸电台表应包含这两者。

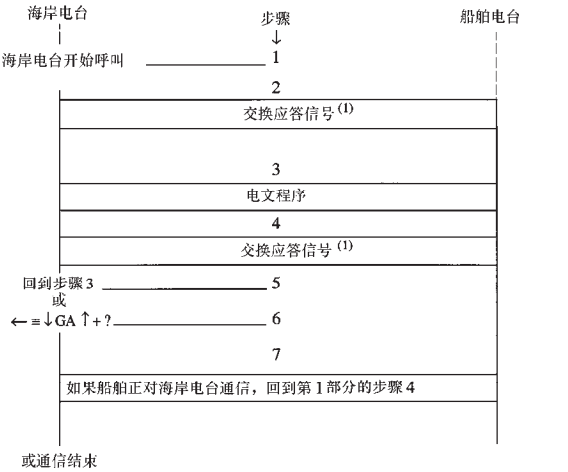
附 录 1

1 在船舶电台到海岸电台方向上建立呼叫的程序



2 在海岸电台到船舶电台方向上建立呼叫的程序

在预定的时间里由于无线电传播条件可能不允许建立呼叫这一事实，海岸电台到船舶方向上的使用可能需要使用存储—转发模式。



关于 §1 和 §2 的注：

(1) a）在自动操作时，由海岸电台发起和控制应答—返回交换。对于船舶电台建立的呼叫，人工操作时的应答—返回交换可以由船舶电台发起。

对于海岸电台建立的呼叫，人工操作时的应答—返回交换由海岸电台发起，从而定义交换发生的次序。

b）应答—返回码参见 ITU-T F.130 建议书对船舶电台的定义和 ITU-T F.60 建议书对海岸电台的定义。

(2) 海岸电台不需要提供所有指定的设备。然而，在提供专用设备的场合，应该使用指定的设备码。设备码“HELP”应总是可用的。

(2.1) MSG 表示船舶电台需要立即接收在海岸电台发送的适用于它的任何电文。

(2.2) TLX ↑ xy 表示下面的电文是为了和设置在海岸电台的存储—转发设备直接连接。

y 表示用户的国内用户电报号码。

x 用在适合于表示其前面为 0 的国家码（ITU-T F.69 建议书）的地方（当适用时）。
（在存储—转发系统远离海岸电台的地方，只可以使用 TLX）。
作为任选项目，可以用 TLXA 代替 TLX，TLX 表示当消息已发送到指定的电传号码时，船舶希望得到通知（使用正常的岸到船程序）。

(2.3) DIRTLX ↑ xy 表示要求直接用户电报联系。

y 表示用户的国内用户电报号码。

x 用在适合于表示其前面为 0 的国家码（ITU-T F.69 建议书）的地方（当适用时）。

RDL+可以任选用于指出应被重拨的最后 DIRTLX ↑ xy 用户电报号码。

(2.4) TGM 表示下面的电文是无线电报。

（2.5） URG 表示船舶电台需要和人工台的操作者立即联系并启动可闻告警。此码应只在紧急情况下使用。

（2.6） RTL 表示下面的电文是无线电用户电报信件。

（2.7） OPR 表示要求和用手动辅助的操作者联系。

（2.8） WX 表示船舶电台需要立即接收气象信息。

（2.9） NAV 表示船舶电台需要立即接收航行警告。

（2.10） STA 表示船舶电台需要立即接收由那个船舶电台发送的所有存储—转发电文的状态报告，但是此船舶电台已不接收重发射和非送达信息（也见（6））。STA↑x 也可以用在船舶电台需要立即接收这种电文的状态报告，这里 x 表示海岸电台提供的电文资料。

（2.11） POS 表示下面的电文包括船只的位置。某些主管部门应用这些信息帮助后续自动发射或接收电文（如，计算最佳通信频率和/或使用合适的定向天线）。

（2.12） FREQ 表示下面电文指示船只正在值守的频率。

（2.13） SVC 表示下面电文是业务电文（为引起后面人员的注意）。

（2.14） MAN 表示下面电文是要存储起来，并且通过人工操作转送到一个不能自动接入的国家。

（2.15） MED 表示紧接的是一个紧急医疗电文。

（2.16） OBS 表示下面的电文要发送到气象组织。

（2.17） HELP 表示船舶电台需要立即接收该系统内可利用的设备表。

（2.18） 如果在海岸电台单个设备程序的使用中需要信息，对特定程序细节的请求可以通过设备码 HELP 后跟该信息需要的合适设备码得到，如：<≡HELP DIPRTLX↑+表示船舶电台在经海岸电台请求与电报网络用户间的对话方式连接的程序中需要信息。

（2.19） AMV 表示下面的电文要发送到 AMVER 组织。

（2.20） BRK 表示所使用的无线电路径将立即中断（在船只操作人员只能使用电传打印机控制 ARQ 设备的地方使用）。

（2.21） MULTLX↑xy/xy/xy + 表示以下消息是一个多地址消息，该消息用于立刻连接到位于海岸电台的一个存储和转发设备。

y 表示该用户的国内电传号码。

在 x 可用的地方，它表示国家码（ITU-T F.69 建议书），其前面插入 0（当可用时）。

每个以“/”分开的 xy 表示该信息将要转发到的一个电传号码。至少应有两个分开的电传号码。

作为任选项目，可以用 MULTLXA 代替 MULTLX，MULTLX 表示当消息已发送到指定的电传号码时，船舶希望得到通知（使用正常的岸到船程序）。

（2.22） STS↑x+指出以下消息将使用海岸电台的存储和转发设备发送到船舶。x 表示船舶的 5 位或 9 位标识。

（2.23） IN5F 表示船舶电台需要立即接收海岸电台数据库的信息。有些主管部门多个不同的数据库信息，在这种情况下，INF 返回一个目录清单和一个用于选择所需信息的序列设备码。

（2.24） VBTLX↑xy 表示以下信息应由海岸电台转发到一个话音存储（话音消息）电话号码，以便以后收信人取回话音信息，另外还表示该消息应转发到电传号码 xy。话音存储电话号码应包含在消息电文的首行。

（2.25） FAX↑xy 表示以下消息应经由 PSTN 以传真方式转发到电话号码 xy。

（2.26） TEL↑xy 表示以下消息必须由海岸电台打电话到电话号码 xy。

（2.27） DATA↑xy 表示以下消息应由使用数据设备的海岸电台转发到用户号码 xy（经 PSTN）。

（2.28） PRT↑xy...表示船舶需要接收一个特殊识别信息（即以前在 FEC 方式下曾发送过），使用 ARQ 方式，如果自动重发仍可行的话。x...用于消息标识。

（2.29） TST 表示船舶需要接收一个自动发送的测试文本（如“the quick brown fox...”）。

（2.30） TRF 表示船舶需要接收一个关于海岸电台当前适用的费率信息，该信息是自动发送的。

(3) “?”符号在海岸电台为自动方式的地方无需使用，它仅要求用于人工系统。

(4) 在海岸电台需要相关结算权限识别码（AAIC）信息的场合，该信息应由船舶操作者在收到来自海岸电台的<= ↓ QRC ↑+组合时提供。

某些海岸电台可能需要附加信息，例如船名、呼叫标识，等等。

(5) 该序列可前置于需要适当的提示或设备选择信息，若是恰当，还有船舶电台所回复的结果的场合，若不可用（例如在设备码 WX、NAV、STA、MSG 或 HELP 是按步骤 4 的输入的场合），可能被删除。在设备码 DIRTLX ↑ XY 是按步骤 4 的输入的情况下，该序列可由远端应答返回或任何从电报网中收到的服务信号（如 NC、OCC 等）代替。

(6) 电文程序取决于所采用的设备：

对存储—转发系统远离海岸电台的 TLX，可以应用 ITU-T F.72 建议书。存储—转发系统置于海岸电台，在这步骤发送的全部电文信息内容将转送到由 XY 给出用户电报号码的用户。

对 DIRTLX，见 ITU-T F.60 建议书。

对 TGM，见 ITU-T F.1 建议书和 F.31 建议书。

对 SVC 和 MED，电文通常是简单的用户电报而不要求专门的电文程序。

对 RTL，电文将是明文，但是应包括收件人的邮政地址。

对 STA，按 ITU-T F.72 建议书的 § 11.3 和 § 11.4，向船舶返回合适的状态信息。

对 POS 和 FREQ，可以应用专门的国内程序。

(7) 4 K 的“KKKK”（在字母情况下为 4 个 No. 11 信号组合）序列表示应拆除任何网络联系，而应保持无线路径，并且应立即进行程序的第 11 步。在该程序的其他地方可能应用该序列，在这种情况下，程序返回到步骤 3。

(8) 这个步骤是任选的，并且不可能适用于所有设备。

ITU-R P.525-2建议书*

计算自由空间损耗

（1978-1982-1994年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 自由空间传播是无线电工程的基准，

建议

1 将附件1中的方法用于计算自由空间的损耗。

附件 1

1 引言

鉴于自由空间传播经常被其它案文引用，本附件介绍了相关公式。

2 电信链路的基本公式

自由空间传播可使用两种不同的方法计算，每种方法均适用于一种特定类型的业务。

2.1 点到区链路

如果发射机服务于若干随机分布的接收机（广播、移动业务），则场强的计算应在与发射机有适当距离的位置进行，其计算表达式如下：

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d} \qquad (1)$$

式中：

e : r.m.s.场强（V/m）（见注1）

p : 该点方向发射机的等效全向辐射功率（e.i.r.p.）（W）（见注2）

d : 发射机与该点间的距离（m）

使用实用单位的公式(2) 经常会取代公式 (1)：

$$e_{\mathrm{mV/m}} = 173\frac{\sqrt{P_{\mathrm{kW}}}}{d_{\mathrm{km}}} \qquad (2)$$

---

* 无线电通信第3研究组根据ITU-R第44号决议于2000年对此建议书进行了编辑性修正。

在自由空间条件下工作的天线波动势可通过公式 (1)中的e和d相乘得出，单位为伏特。

注 *1* – 如果该波为椭圆极化且并非线性，同时如果沿两个正交轴的电场要素用e_x和e_y表示，则公式(1)中的左边一项应用$\sqrt{e_x^2 + e_y^2}$代替，且仅当轴的比例已知时方可减去e_x和e_y。旋转极化的情况下，应用$e\sqrt{2}$取代e。

注 *2* – 如果天线位于地面并使用垂直极化的方式在相对低的频率工作，则通常仅在上半空间考虑辐射问题。在确定e.i.r.p.时应顾及这一问题（见ITU-R P.368建议书）。

2.2 点对点链路

对于点对点链路，应使用下述公式计算全向天线间的自由空间衰减，即自由空间基本传输损耗（符号：*Lbf* 或 *A*0）：

$$L_{bf} = 20 \log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) \quad \text{dB} \tag{3}$$

式中：

L_{bf}: 自由空间基本传输损耗（dB）
d: 距离
λ: 波长，且
d和λ使用相同的单位表达。

公式(3)亦可使用频率来代替波长。

$$L_{bf} = 32.4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{dB} \tag{4}$$

式中：

f: 频率（MHz）
d: 距离（km）

2.3 层波特性之间的关系

某点的层波（或可被视作层波的波）特性之间亦存在着关系：

$$s = \frac{e^2}{120\pi} = \frac{4\pi p_r}{\lambda^2} \tag{5}$$

式中：

s: 功率通量密度（W/m^2）
e: r.m.s.场强（V/m）
p_r: 该点处全向天线的可用功率（W）
λ: 波长（m）。

3 雷达系统的自由空间基本传输损耗（符号：L_br或A_{0r}）

雷达系统代表了一种特殊情况，因为无论从发射机到目标还是从目标至接收机之间的信号传播都会产生损耗。对于发射机和接收机共用天线的雷达，雷达的自由空间基本传输损耗*Lbr*可表示为：

$$L_{br} = 103.4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{dB} \tag{6}$$

式中：

σ: 雷达目标的横截面（m^2）

d: 雷达与目标之间的距离（km）

f: 系统的频率（MHz）。

某对象的雷达目标横截面是总全向等效散射功率与输入功率密度之比。

4 转换公式

在自由空间传播的基础上，可使用下述公式。

给定全向发射功率的场强：

$$E = P_t - 20 \log d + 74.8 \tag{7}$$

给定场强的全向接收功率：

$$P_r = E - 20 \log f + 167.2 \tag{8}$$

给定全向发射功率和场强的自由空间基本发射损耗：

$$L_{bf} = P_t - E + 20 \log f + 167.2 \tag{9}$$

给定场强的功率通量密度：

$$S = E - 145.8 \tag{10}$$

式中：

Pt: 全向发射功率（dB(W)）

Pr: 全向接收功率（dB(W)）

E: 电场强度（dB (μV/m)）

f: 频率（GHz）

d: 无线电路径长度（km）

Lbf: 自由空间基本传输损耗（dB）

S: 功率通量密度（dB(W/m^2)）。

注意，可通过公式(7)和(9) 导出公式 (4)。

ITU-R P.526-11建议书

绕射传播

（ITU-R第202/3号课题）

（1978-1982-1992-1994-1995-1997-1999-2001-2003-2005-2007-2009年）

范围

本建议书介绍了多个模式，以方便读者对收到的场强的绕射效应进行评估。这些模式适用于各种障碍类型以及不同路径的几何图形。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 需要提供工程资料以计算绕射路径上的场强，

建议

1 应用附件1中说明的方法，计算绕射路径中的场强，路径可包括球形地球表面或是有着各种障碍的不规则地形。

附件1

1 引言

虽然，绕射只发生于大地或其他障碍物的表面，但必须考虑到传输路径上平均的大气层折射，以估计位于路径中垂直面内的几何参数（绕射角、曲率半径、障碍高度）。为此，必须以合适的地球等效半径循迹路径剖面（ITU-R P.834建议书）。如果得不到可用的其他信息，可用8 500 km的地球等效半径作为依据。

2 基本概念

无线电波在地球表面上的绕射受地形不规则度的影响。就此而言，在对这种传播机理进一步研究预测方法之前，本节内将给出几个基本概念。

2.1 菲涅耳椭圆和菲涅耳区

研究A与B两点之间的无线电波传播时，借助于以称为菲涅耳椭圆的椭圆曲线族划分干涉空间，所有菲涅耳椭圆的焦点都在A和B上，以使椭圆上的任何点M满足关系式：

$$AM + MB = AB + n\frac{\lambda}{2} \tag{1}$$

其中，n是表征椭圆全体数目的值，n=1对应于第一菲涅耳椭圆，依此类推；λ为波长。

作为一个实际规则，假定传播发生于视距（LoS）内，即，如果在第一菲涅耳椭圆内没有障碍，则忽略绕射现象。

在发射机与接收机之间的一个点上，椭圆的半径可近似用前后一致的单位表示为：

$$R_n = \left[\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}\right]^{1/2} \tag{2}$$

或者，按实际单位，有：

$$R_n = 550\left[\frac{n d_1 d_2}{(d_1 + d_2) f}\right]^{1/2} \tag{3}$$

其中，f为频率（MHz），d_1和d_2分别为计算椭圆半径（m）的点与发射机和接收机之间的距离（km）。

对于由一个平面与椭圆曲线族相交的区域，在某些问题上要考虑其菲涅耳区。其中，阶序n的菲涅耳区是从n和$n-1$的椭圆上分别得到的两个曲线之间的部分。

2.2 半阴影区宽度

从明亮到阴暗的过渡区确定出半阴影区。该过渡区发生于沿几何阴暗区边界内的窄条（半阴影宽度）上。图1示出在平滑的圆形地球面之上高度h处设置发射机场合下的半阴影区宽度（W），它由下面公式给出：

$$w = \left[\frac{\lambda a_e^2}{\pi}\right]^{1/3} \quad \text{m} \tag{4}$$

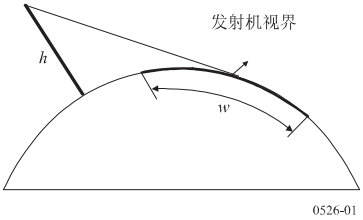
其中：

λ: 波长（m）

a_e: 地球有效半径（m）。

图 1

半阴影宽度的确定



2.3 绕射区

发射机的绕射区从视距（LoS）距离上延伸，直至完全超出发射机视界之外；视距距离的路径间隔等于第一菲涅耳区半径（R_1）的60%，而发射机视界之外指对流层散射机理起支配作用的地方。

2.4 障碍物表面平滑度标准

其中：

如果障碍物表面的不规则度不超出下面公式的Δh，

$$\Delta h = 0.04\left[R\lambda^2\right]^{1/3} \quad \text{m} \tag{5}$$

其中：

R: 障碍物曲率半径（m）

λ: 波长（m）

则可以认为障碍物是平滑的，能应用第3节和第4.2节中所述的方法计算衰减。

2.5 孤立的障碍物

如果障碍物本身与周围地形之间没有相互影响，则可以认为该障碍物是孤立的。换言之，路径衰减仅由障碍物导致，其余的地形并无任何作用。这必须满足下面的条件：

– 在每个终端和障碍物顶部关联的各半阴影区之间没有重叠区域；

– 障碍物两侧处的路径间隔至少应为0.6倍第一菲涅耳区半径；

– 障碍物两侧没有镜面反射。

2.6 地形类型

依据用以确定地形不规则程度的参数Δh（见ITU-R P.310建议书）的数值，可将地形分为三种类型：

a) 平坦地形

如果地形不规则度等于或低于0.1R的量级，则地球的该表面可认为是平坦的；其中R是传播路径中第一菲涅耳区半径的最大值。此种场合下，预测模型是以圆形地球上的绕射（第3节）为基础的。

b) 孤立的障碍物

传播路径的地形剖面由一个或多个孤立的障碍物构成。此种场合下，依据对传播路径中遇到的障碍物特性的理想化，应采用第4节中说明的预测模型。

c) 起伏地形

剖面中包含若干小山丘，但其中没有一个形成突出的障碍。在工作频率范围内，ITU-R P.1546建议书适合用于预测场强，但它不是一种绕射方法。

2.7 菲涅耳积分

复数菲涅耳积分由下面公式给出：

$$F_c(\nu) = \int_0^{\nu} \exp\left(j\frac{\pi s^2}{2}\right) ds = C(\nu) + jS(\nu) \tag{6}$$

其中，j为复数运算符，等于$\sqrt{-1}$；$C(\nu)$和$S(\nu)$是菲涅耳积分的余弦项和正弦项，定义为：

$$C(\nu) = \int_0^{\nu} \cos\left(\frac{\pi s^2}{2}\right) ds \tag{7a}$$

$$S(\nu) = \int_0^{\nu} \sin\left(\frac{\pi s^2}{2}\right) ds \tag{7b}$$

通过具体值的积分可以得出复数菲涅耳积分$F_c(\nu)$的估值，或是应用下面公式能在大多数情况下给出足够精确的正值ν：

$$F_c(\nu) = \exp(jx)\sqrt{\frac{x}{4}}\sum_{n=0}^{11}\left[(a_n - jb_n)\left(\frac{x}{4}\right)^n\right] \quad \text{对于 } 0 \le x < 4 \tag{8a}$$

$$F_c(\nu) = \left(\frac{1+j}{2}\right) + \exp(jx)\sqrt{\frac{4}{x}}\sum_{n=0}^{11}\left[(c_n - jd_n)\left(\frac{4}{x}\right)^n\right] \quad \text{对于 } x \ge 4 \tag{8b}$$

其中：

$$x = 0.5\,\pi\,\nu^2 \tag{9}$$

以及，a_n，b_n，c_n和d_n为Boersma系数，给出如下：

a_0	= +1.595769140	b_0	= -0.000000033	c_0	= +0.000000000	d_0	= +0.199471140
a_1	= -0.000001702	b_1	= +4.255387524	c_1	= -0.024933975	d_1	= +0.000000023
a_2	= -6.808568854	b_2	= -0.000092810	c_2	= +0.000003936	d_2	= -0.009351341
a_3	= -0.000576361	b_3	= -7.780020400	c_3	= +0.005770956	d_3	= +0.000023006
a_4	= +6.920691902	b_4	= -0.009520895	c_4	= +0.000689892	d_4	= +0.004851466
a_5	= -0.016898657	b_5	= +5.075161298	c_5	= -0.009497136	d_5	= +0.001903218
a_6	= -3.050485660	b_6	= -0.138341947	c_6	= +0.011948809	d_6	= -0.017122914
a_7	= -0.075752419	b_7	= -1.363729124	c_7	= -0.006748873	d_7	= +0.029064067
a_8	= +0.850663781	b_8	= -0.403349276	c_8	= +0.000246420	d_8	= -0.027928955
a_9	= -0.025639041	b_9	= +0.702222016	c_9	= +0.002102967	d_9	= +0.016497308
a_{10}	= -0.150230960	b_{10}	= -0.216195929	c_{10}	= -0.001217930	d_{10}	= -0.005598515
a_{11}	= +0.034404779	b_{11}	= +0.019547031	c_{11}	= +0.000233939	d_{11}	= +0.000838386

注意到下面的公式，可以给出负值的v估值$C(v)$和$S(v)$：

$$C(-v) = -C(v) \tag{10a}$$

$$S(-v) = -S(v) \tag{10b}$$

3 圆形地球上的绕射

借助于经典的余数数列公式可以计算圆形地球上因绕射造成的附加传输损耗。从国际电联可以得到计算机程序 GRWAVE，它给出完整的方法。该程序中输出的一个子集（天线贴近地面并在低的频率上）在 ITU-R P.368 建议书中给出。

以下分节对可能用于 10 MHz 或更高频率的数字和列线图方式做了说明。对低于 10 MHz 的频率，须一成不变地使用 GRWAVE。3.1 节提出了视界上路径。3.1.1 节是一种数字方法。而 3.1.2 节则是一种列线图方法。3.2 节列出的方法适用于 10 MHz 或更高频率上任意距离的光滑地表的情况。这里使用的是 3.1.1 节提出的数字方法。

3.1 视界上路径的绕射损耗

视界上的长距离内，只有余数数列中的第一项是重要的。即使是靠近或是处在视界上，仅考虑数列第一项的这种近似在大多数场合下都能应用，最大误差约2 dB。

这第一项可以写成距离项F与两个天线高度增益项G_T和G_R之积。第3.1.1和3.1.2节说明如何从简单公式或者从诺谟图中得到这些数据项。

3.1.1 数值计算

3.1.1.1 地球表面电特性的影响

地球表面电特性影响绕射损耗的程度可通过计算地球表面导纳的归一化系数K予以确定，K值的公式如下给出：

在独立单位中：

$$K_H = \left(\frac{2\pi a_e}{\lambda}\right)^{-1/3} \left[(\varepsilon - 1)^2 + (60\lambda\sigma)^2\right]^{-1/4} \qquad \text{对于水平极化} \tag{11}$$

和

$$K_V = K_H \left[\varepsilon^2 + (60\lambda\sigma)^2\right]^{1/2} \qquad \text{对于垂直极化} \tag{12}$$

或者，在实际单位中有：

$$K_H = 0.36(a_e f)^{-1/3} \left[(\varepsilon - 1)^2 + (18000\sigma/f)^2\right]^{-1/4} \tag{11a}$$

$$K_V = K_H \left[\varepsilon^2 + (18000\sigma/f)^2\right]^{1/2} \tag{12a}$$

其中：

a_e： 地球有效半径（km）

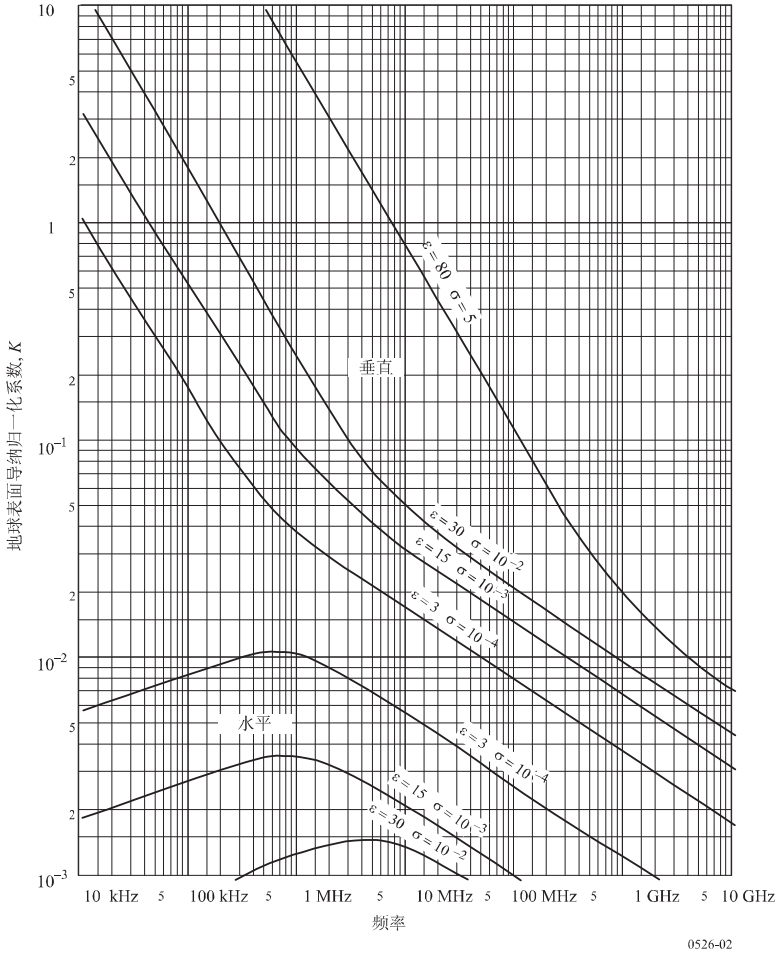
ε： 有效相对介电常数

σ： 有效电导率（S/m）

f： 频率（MHz）。

典型K值在图2中示出。

图2
K值的计算



如果 K 小于 0.001, 地球的电特性就不重要。当 K 值大于 0.001 但小于 1 时，可采用 3.1.1.2 节中的适用公式。当 K 值大于大约 1 时，利用 3.1.1.2 节方式计算的绕射场强不同于计算机程序 GRWAVE 给出的结果，而且差异会随 K 值的增加而迅速扩大。GRWAVE 须用于大于 1 的 K 值。只有在海上频率低于 10 MHz 和陆上频率低于 200 kHz 的情况下，集化才会出现这种情况。而 3.1.1.2 节涉及的方法则适用于所有其它情况。

3.1.1.2 绕射场强公式

相对于自由空间场强E_0绕射场强E由下面的公式给出：

$$20\log\frac{E}{E_0} = F(X) + G(Y_1) + G(Y_2) \quad \text{dB} \tag{13}$$

其中，X是在归一化高度Y_1和Y_2的两天线之间路径的归一化长度（其中，$20\log\frac{E}{E_0}$ 通常为负值）。

在独立单位中有：

$$X = \beta\left(\frac{\pi}{\lambda a_e^2}\right)^{1/3} d \tag{14}$$

$$Y = 2\beta\left(\frac{\pi^2}{\lambda^2\ a_e}\right)^{1/3} h \tag{15}$$

或者，在实际单位中有：

$$X\ = 2.188\,\beta\, f^{1/3} a_e^{-2/3}\ d \tag{14a}$$

$$Y = 9.575\times10^{-3}\,\beta\, f^{2/3}\ a_e^{-1/3}\ h \tag{15a}$$

其中：

d: 路径长度（km）

a_e: 地球有效半径（km）

h: 天线高度（m）

f: 频率（MHz）。

β是与地面类型和极化方式有关的参数。β与K的关系可由下面的半经验公式给出：

$$\beta\ =\ \frac{1\ +\ 1.6\,K^2\ +\ 0.67\,K^4}{1\ +\ 4.5\,K^2\ +\ 1.53\,K^4} \tag{16}$$

对于水平极化，在所有频率上β值可取为1。对于垂直极化，陆地上的20 MHz之上或者海面上的300 MHz之上，β值可取为1。

对于垂直极化，陆地上的 20 MHz 之下或者海面上的 300 MHz 之下，必须计算β与 K 之间的函数关系。然而，此时可以不考虑ε，写成：

$$K^2 \approx 6.89 \frac{\sigma}{k^{2/3} f^{5/3}} \tag{16a}$$

其中，σ表示为S/m，f（MHz），而k是地球半径的相乘系数。

距离数据项由下面的公式给出:

$$F(X) = 11 + \log(X) - 17.6\,X \qquad \text{对于 } X \geq 1.6 \tag{17a}$$

$$F(X) = -20\log(X) - 5.6488X^{1.425} \qquad \text{对于} X < 1.6 \tag{17b}$$

天线高度增益项$G(Y)$由下面的公式给出：

$$G(Y) \cong 17.6(B - 1.1)^{1/2} - 5\log(B - 1.1) - 8 \qquad \text{对于 } B > 2 \tag{18}$$

$B < 2$时，$G(Y)$值是第3.1.1.1节中计算的K值的函数：

$$G(Y) \cong 20\log(B + 0.1B^3) \qquad \text{对于 } 10K < B \leq 2 \tag{18a}$$

$$G(Y) \cong 2 + 20\log K + 9\log(B/K)\left[\log(B/K) + 1\right] \qquad \text{对于 } K/10 < B \leq 10K \tag{18b}$$

$$G(Y) \cong 2 + 20\log K \qquad \text{对于 } B \leq K/10 \tag{18c}$$

其中：

$$B = \beta Y \tag{18d}$$

公式 (18) 至 (18c) 是根据 $K < 0.2$ 的假设制定的。如果 $K > 0.2$ ，则应注意界定每个公式适用性的不等式意味着从公式 (18) 至 (18b) 或 (18c) 的转换，因为 Y 会随 K 值而变化。在这种情况下， $G(Y)$ 值在转化时会出现不连续状况。对于 Y 和 K ，由于从不等式可以看出在 (18) 至(18c) 当中有多个公式适用，建议首先选用公式 (18) ，而不是公式 (18a) 至 (18c)。请注意，即使数值 $K < 0.2$ ，也可能在 (18a) 至 (18b) 公式之间出现高达 3 dB 的不连续状况。

公式 (13) 给出的绕射场强公式的准确性，被固有近似局限于只使用余数数列的第一项。就受公式限制的 X、Y_1 和 Y_2 值而言，公式 (13) 的准确度优于2 dB:

$$X - (\beta Y_1)^{1/2}\Delta(Y_1, K) - (\beta Y_2)^{1/2}\Delta(Y_2, K) > X_{lim} \tag{19}$$

其中：

$$X_{lim} = 1.096 - 1.280(1 - \beta) \tag{19a}$$

$$\Delta(Y, K) = \Delta(Y, 0) + 1.779(1 - \beta)\left[\Delta(Y, \infty) - \Delta(Y, 0)\right] \tag{19b}$$

$\Delta(Y,0)$ 和 $\Delta(Y,\infty)$ 的公式如下：

$$\Delta(Y,0) = 0.5\left[1 + \tanh\left(\frac{0.5\log(\beta Y) - 0.255}{0.3}\right)\right] \tag{19c}$$

$$\Delta(Y,\infty) = 0.5\left[1 + \tanh\left(\frac{0.5\log(\beta Y) + 0.255}{0.25}\right)\right] \tag{19d}$$

因此，公式 (13)适用的最小距离 d_{min} 的公式为:

$$X_{min} = X_{lim} + (\beta Y_1)^{1/2}\Delta(Y_1,K) + (\beta Y_2)^{1/2}\Delta(Y_2,K) \tag{19e}$$

而且 d_{min} 是利用公式(14a) 从X_{min} 得出的。

3.1.2 诺谟图计算

在相同的近似条件下（余数数列第一项的数值是最主要的），也可应用下面公式进行计算：

$$20\log\frac{E}{E_0} = \mathrm{F}(d) + \mathrm{H}(h_1) + \mathrm{H}(h_2) \quad \text{dB} \tag{20}$$

其中：

E： 接收场强

E_0： 同一距离上自由空间的场强

d： 路径两端点之间的距离

h_1和h_2： 天线在圆形地球上方的高度。

函数F（与距离相关联）和H（与高度增益相关联）由诺谟图在图3、4、5和6中给出。

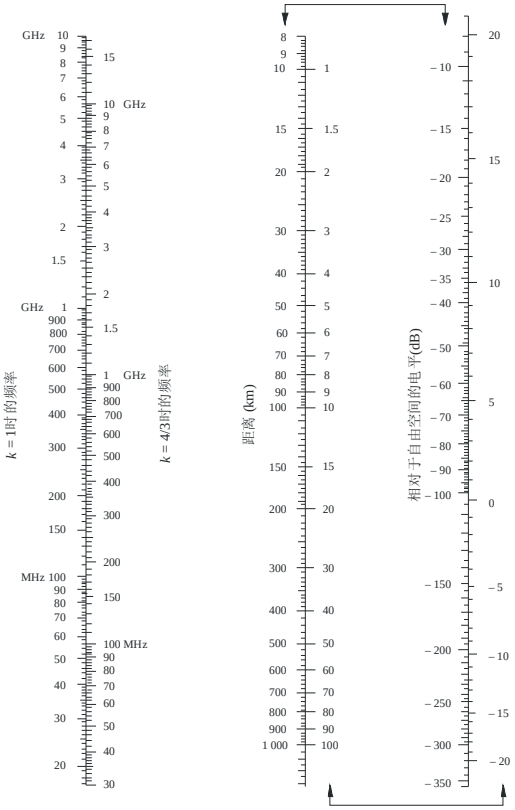
这些诺谟图（图3至图6）对于k=1和k=4/3，以及对于约30 MHz以上的频率，直接给出相对于自由空间的接收电平。这里，k为地球有效半径系数，在ITU-R P.310建议书内规定。然而，对于k为其他值的接收电平，需应用k=1的频率刻度进行计算，但应将涉及的频率替换以假想频率，在图3和图5中假想频率等于f/k^2，在图4和图6中等于$f/\sqrt{k}$ 。

非常贴近地面的地方，场强实际上与天线高度无关。对于海面上的垂直极化电波，这一现象特别重要。因此，图6中包括一条粗黑的垂直线AB。如果直线与粗黑线AB相交，则真正的高度应由较大的值取代，以使得直线恰好在A点处接触该界限线的顶部。

注1 – 相对于自由空间的衰减由公式（20）中得到的负值给出。如果公式（20）给出的值高于自由空间场强，则该方法无效。

注2 – AB 线的效应被纳入3.1.1节给出的数字方式。

图 3
图形地球上的绕射–距离效应



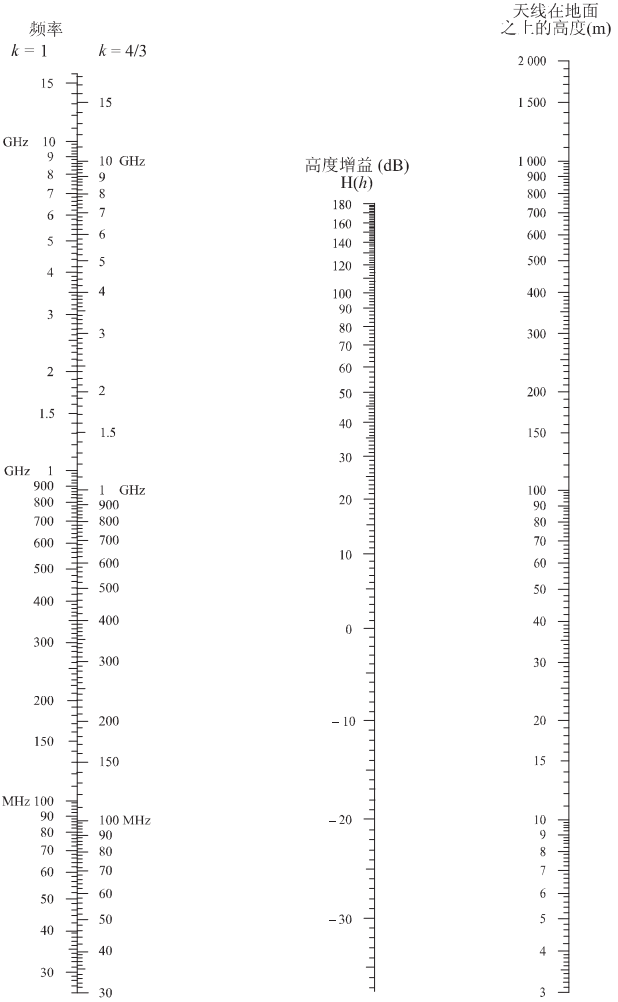
陆地上和海面上的水平极化波
陆地上的垂直极化波

（由箭头结合的刻度应一起使用）

0526-03

图 4

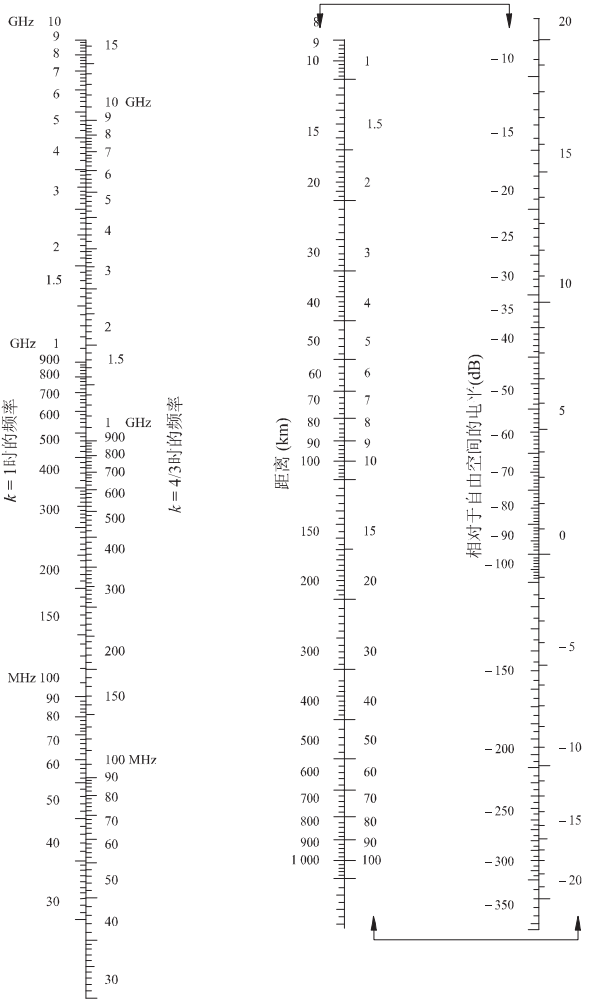
圆形地球上的绕射–天线高度增益



水平极化波–陆地上和海面上
垂直极化波–陆地上

0526-04

图5
圆形地球上的绕射–距离效应

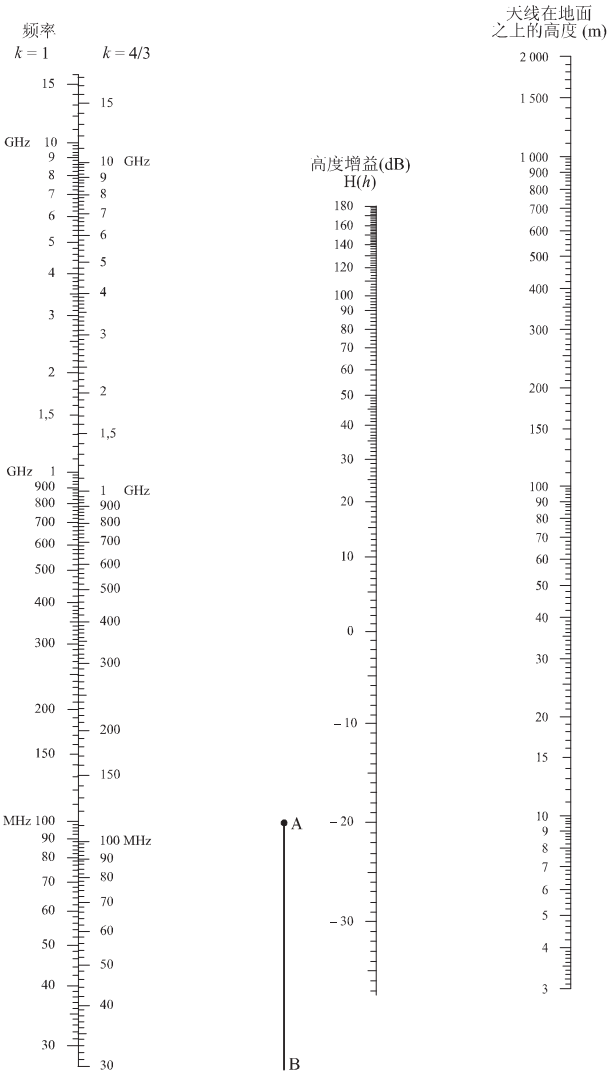


海面上的垂直极化波
（由箭头结合的刻度应一起使用）

0526-05

图 6

圆形地球上的绕射–天线高度增益



垂直极化波–海面上

3.2 10 MHz或更高频率上任意距离的绕射损耗

以下的递进程序应该用于 10 MHz 或更高频率上任意长度的圆形地球路径。该方法对于视界上的情况采用 3.1.1 节中的计划方法，否则则采用基于理论的地球有效半径的内插程序。

该程序采用独立的平位，其过程如下：

计算下式给出的边际视距内距离：

$$d_{los} = \sqrt{2a_e}\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right) \tag{21}$$

如$d \geq d_{los}$，则采用 3.1.1节的方法计算绕射损耗。无需进一步计算。

否则则继续：

计算曲面地表路径和天线间射线之间最小间距高度 h （见图7），公式如下：

$$h = \frac{\left(h_1 - \frac{d_1^2}{2a_e}\right)d_2 + \left(h_2 - \frac{d_2^2}{2a_e}\right)d_1}{d} \tag{22}$$

$$d_1 = \frac{d}{2}(1 + b) \tag{22a}$$

$$d_2 = d - d_1 \tag{22b}$$

$$b = 2\sqrt{\frac{m+1}{3m}}\cos\left\{\frac{\pi}{3} + \frac{1}{3}\arccos\left(\frac{3c}{2}\sqrt{\frac{3m}{(m+1)^3}}\right)\right\} \tag{22c}$$

$$c = \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} \tag{22d}$$

$$m = \frac{d^2}{4a_e(h_1 + h_2)} \tag{22e}$$

计算绕射损耗 h_{req}所需的间距，公司如下：

$$h_{req} = 0.552\sqrt{\frac{d_1\, d_2\, \lambda}{d}} \tag{23}$$

如 $h > h_{req}$，路径的绕射损耗为零。无需进一步计算。

否则需继续：

计算经修改的地球有效半径 a_{em}, 以便在距离 d 上获得边际视距，公式如下：

$$a_{em} = 0.5\left(\frac{d}{\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}}\right)^2 \tag{24}$$

利用 3.1.1 节所给的方法，为以经修改的地球有效半径 a_{em} 取代地球有效半径 a_e 的路径计算绕射损耗，并将这一损耗确定为 A_h。

如A_h 为负，路径的绕射损耗则为零。无需进一步计算。否则计算内插绕射损耗A (dB)，公式如下：

$$A = \left[1 - h/h_{req}\right]A_h \tag{25}$$

4 孤立障碍物上的绕射

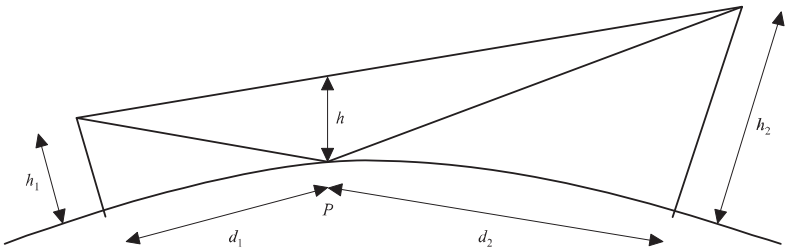
许多传播路径上遇到一个障碍或几个分离的障碍时，对此类障碍造成的损耗进行估值是有用的。为进行此种计算，需要将障碍物形状加以理想化，假设厚度可忽略的障碍物像刀刃，或是假设厚而圆滑的障碍物在顶部具有能明确确定的曲率半径。当然，真正的障碍物具有较复杂的形状，因而本建议书中提出的假设应只看作是一种近似。

在终端之间的直接路径远短于绕射路径的那些场合下，必需计算由较长路径引起的附加传输损耗。

下面给出的数据适用于电波波长与障碍物尺寸相比显得相当小时，也即主要适用于VHF波段内较短的波长（f >30 MHz）上。

图 7

路径间隔



P: 反射点

4.1 单个刀刃形障碍物

此种极为理想的场合下（图8a）和8b）），全部几何参数均综合在通常以ν标记的单个归一化、无量纲的参数中，ν可假设是根据所选择的几何参数的另一种等效形式：

$$\nu = h\sqrt{\frac{2}{\lambda}\left(\frac{1}{d_1}+\frac{1}{d_2}\right)} \tag{26}$$

$$\nu = \theta\sqrt{\frac{2}{\lambda\left(\frac{1}{d_1}+\frac{1}{d_2}\right)}} \tag{27}$$

$$\nu = \sqrt{\frac{2\,h\,\theta}{\lambda}} \qquad （\nu的符号决定于h和\theta） \tag{28}$$

$$\nu = \sqrt{\frac{2\,d}{\lambda}\cdot\alpha_1\alpha_2} \qquad （\nu的符号决定于\alpha_1和\alpha_2） \tag{29}$$

其中：

h： 连结路径两端的直线上方障碍物顶部的高度，若高度低于该直线，h为负值

d_1和d_2： 障碍物顶部与路径两端之间的距离

d： 路径长度

θ： 绕射角（弧度）；其符号与h的符号相同；θ角假定小于约0.2弧度，或者大致为12°

α_1和α_2： 从一端看出去时障碍物顶部与另一端之间形成的夹角；α_1和α_2的符号与上面公式中h的符号相同。

注1 – 公式（26）至（29）内包含的h、d、d_1、d_2和λ应有独立的单位。

图 8

几何参数

(θ, α_1, α_2, d, d_1, d_2 和 R的定义见第4.1节和 4.2节)

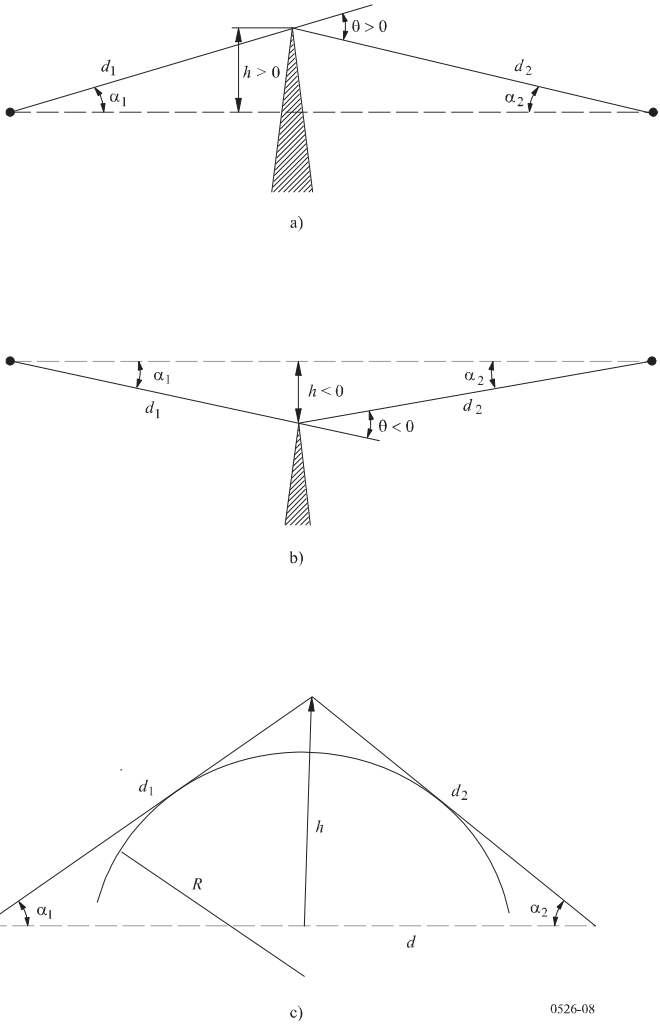


图9示出绕射损耗$J(\nu)$(dB)与ν的函数曲线关系。

$J(\nu)$的公式如下：

$$J(\nu) = -20 \log \left(\frac{\sqrt{[1 - C(\nu) - S(\nu)]^2 + [C(\nu) - S(\nu)]^2}}{2} \right) \quad (30)$$

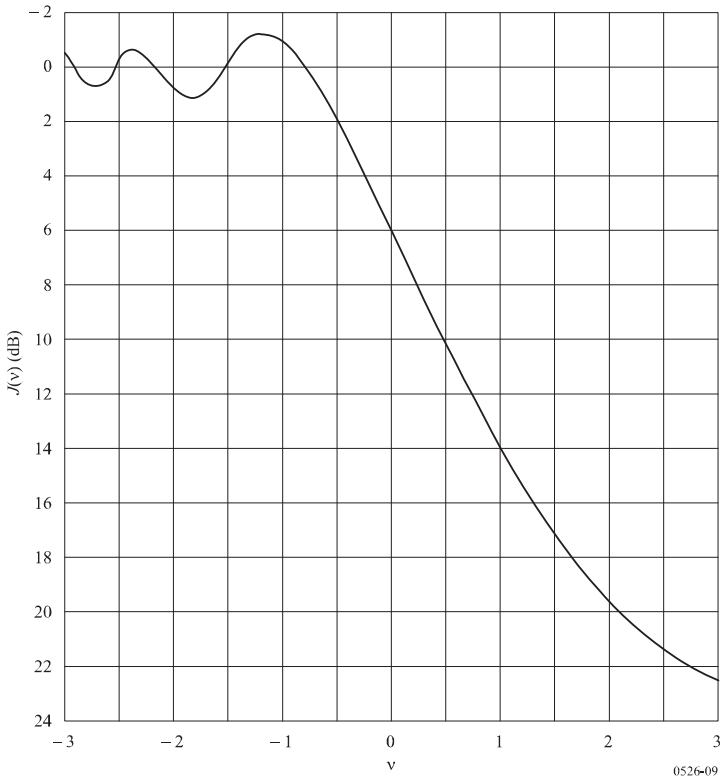
其中，$C(\nu)$和$S(\nu)$分别是第2.7节中定义的复数菲涅耳积分$F(\nu)$中的实部和虚部。

ν大于−0.78时，从下面的表达式中可得到$J(\nu)$的近似值：

$$J(\nu) = 6.9 + 20\log\left(\sqrt{(\nu - 0.1)^2 + 1} + \nu - 0.1\right) \quad \text{dB} \tag{31}$$

图9

刀刃形障碍物绕射损耗



4.2 单个圆形障碍物

半径R的圆形障碍物的几何形状在图8c）中示出。需要指出，基线之上的距离d_1、d_2和高度h都是对顶点测量的，在障碍物上方投影线于顶点处相交。此种几何形状造成的绕射损耗可如下地计算：

$$A = J(\nu) + T(m,n) \quad \text{dB} \tag{32}$$

其中：

a) $J(\nu)$为顶点处等效刀刃形障碍物尖峰造成的Fresnel-Kirchoff损耗。从公式（26）至（29）的任一个公式中可计算出无量纲参数ν的值。例如，按实际单位，公式（26）可写成：

$$\nu = 0.0316 h \left[\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2} \right]^{1/2} \tag{33}$$

其中，h和λ单位为m，d_1和d_2单位为km。

从图9或公式（27）中可得到$J(\nu)$。需要指出，对于阻挡视距传播的障碍，ν值为正，公式（27）有效。

b) $T(m,n)$是由障碍物的曲率造成的附加衰减，计算式为：

$$T(m,n) = 7.2m^{1/2} - (2 - 12.5n)m + 3.6m^{3/2} - 0.8m^2 \quad \text{dB} \quad \text{对于 } mn \le 4 \tag{34a}$$

$$T(m,n) = -6 - 20 \log (mn) + 7.2m^{1/2} - (2 - 17n)m + 3.6m^{3/2} - 0.8m^2 \quad \text{dB} \quad \text{对于 } mn > 4 \tag{34b}$$

以及

$$m = R \left[\frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2} \right] \Big/ \left[\frac{\pi R}{\lambda} \right]^{1/3} \tag{35}$$

$$n = h \left[\frac{\pi R}{\lambda} \right]^{2/3} \Big/ R \tag{36}$$

R、d_1、d_2、h和λ具有独立单位。

注意当R趋向零时，$T(m,n)$也趋向零。因此，对于半径为零的圆柱体，公式（32）简化成刀刃形障碍物上的绕射。

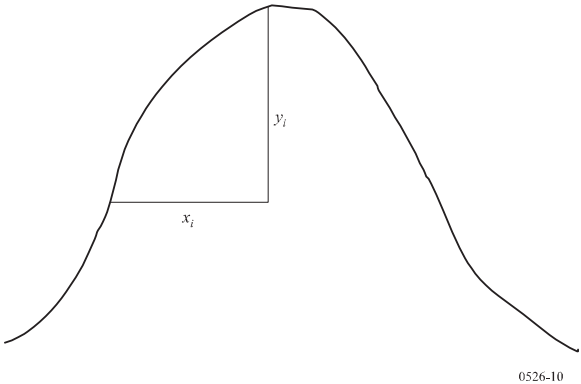
障碍物曲率半径可对应于一种抛物体最高点处的曲率半径，只要该抛物体在顶部附近能与障碍物剖面适配。该抛物体能与障碍物剖面适配时，在此计算方法中要应用的对最高点的最大垂直距离，应在障碍物所处之处具有第一菲涅耳区半径值的量级。此种计算方法的例子在图10中示出，其中：

$$y_i = \frac{x_i^2}{2r_i} \tag{37}$$

其中，r_i是与峰脊垂直剖面上样本i相对应的曲率半径。在有N个样本的场合下，障碍物曲率半径的中值由下面公式给出：

$$r = \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} \frac{x_i^2}{2y_i} \tag{38}$$

图10
障碍物垂直剖面



4.3 双重孤立的刀刃形障碍物

可以将单个刀刃形障碍物绕射理论构成的方法继续用于两个障碍物上，第一个障碍物的顶部起电波源的作用，在第二个障碍物上绕射（见图11）。第一绕射路径由距离a、b和高度h'_1确定，给出损耗L_1(dB)。第二绕射路径由距离b、c和高度h'_2确定，给出损耗L_2(dB)。L_1和L_2用第4.1节中的公式进行计算。考虑到两个刀刃形障碍物之间有距离b，必须加上校正项L_c（dB）。L_c可以用下面公式进行估值：

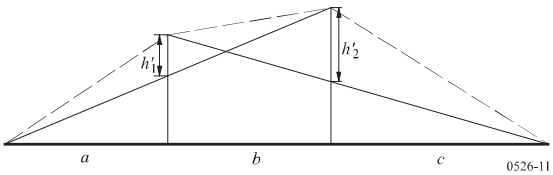
$$L_c = 10\log\left[\frac{(a+b)\,(b+c)}{b(a+b+c)}\right] \tag{39}$$

L_1和L_2中的每一个都超过大约15 dB时，该公式有效。于是，总绕射损耗由下面公式给出：

$$L = L_1 + L_2 + L_c \tag{40}$$

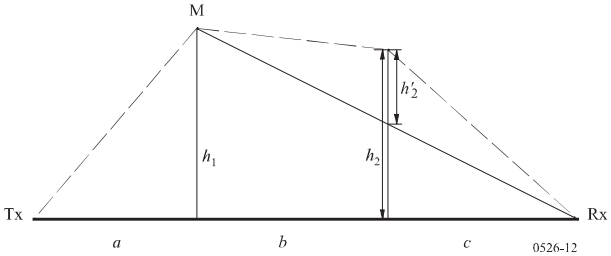
当两个刀刃形障碍物给出类似的损耗时，上面的方法特别有用。

图 11
双重孤立的刀刃形障碍物



如果其中一个刀刃形障碍物占主导地位（见图12），则第一绕射路径由距离a、b+c和高度h_1确定，第二绕射路径由距离b、c和高度h'_2确定。

图 12
主, 副障碍物的绕射计算



可以将单个刀刃形障碍物绕射理论构成的方法继续用于两个障碍物上。首先，由较高的h_1/r比确定主障碍物M；其中h如图12所示是直接路径$TxRx$之上的主障碍物高度，r是公式（2）中给出的第一菲涅耳椭圆半径。于是，可应用子路径MR之上的副障碍物高度h'_2计算由副障碍物造成的损耗。考虑到两个刀刃形障碍物之间的间隔以及它们的高度，必须减去一个校正项T_c(dB)。T_c(dB)可由下面公式进行估值：

$$T_c = \left[12 - 20 \log_{10} \left(\frac{2}{1 - \frac{\alpha}{\pi}} \right) \right] \left(\frac{q}{p} \right)^{2p} \tag{41}$$

其中：

$$p = \left[\frac{2}{\lambda} \frac{(a+b+c)}{(b+c)a} \right]^{1/2} h_1 \tag{42a}$$

$$q = \left[\frac{2}{\lambda} \frac{(a+b+c)}{(a+b)c} \right]^{1/2} h_2 \tag{42b}$$

$$\tan \alpha = \left[\frac{b(a+b+c)}{ac} \right]^{1/2} \tag{42c}$$

h_1和h_2是直接路径发射机—接收机之上的刀刃形障碍物高度。

总绕射损耗由下面公式给出：

$$L = L_1 + L_2 - T_c \tag{43}$$

同样的方法可以适用于第4.3节中述及的圆形障碍物场合下。

在绕射障碍物能清楚地认定为平坦屋顶的建筑物场合下，采用单个刀刃形障碍物作为近似状态是不够的。必须计算两个分量的相量和：一个是经受双重刀刃形障碍物的绕射，另一个是受到的来自屋顶面的附加反射。事实已表明，在屋顶面反射率以及屋顶面与侧墙之间的任何高度差不能精确知道的情况下，可以忽略屋顶面的反射分量，由双重刀刃形障碍物模型能够对绕射场强做出很好的预测。

4.4 多个孤立的障碍物

在不规则地形上形成有一个或多个阻挡视距传播的障碍物场合下，对绕射的计算建议采用两种方法。第一种方法中假定，每一个障碍物可由一个圆柱体代表，圆柱体的半径等于障碍物顶部的曲率半径。当通过峰脊的精确垂直剖面能得到时，这种方法是可行的。

第二种方法对应于一种经验的解决办法，假定是刀刃形障碍物加上一个校正，以补偿因曲率半径不为零而产生的较高损耗。计算中通过地球有效半径的概念将地球曲率考虑在内（见ITU-R P.452建议书中第4.3节）。该方法适用的场合是当需要单一通用程序兼用于陆地或海面的大地路径上以及应用于视距和超视距路径上时。

需得到由海拔值的地面高度样本集合构成的无线电路径剖面，样本集合沿无线电路径的区间排序中，第一个和末一个是发射机和接收机的海拔高度，并有对应的自发射机起的水平距离集合。每一组高度和距离构成的数据对应作为一个剖面点，给予一个指数，指数值从路径的一端起至另一端止依次加1。虽然，这种做法对计算绕射损耗并非必要的，但在下面的说明中假定，从发射机至接收机各指数递增。这是优选的方式，但对于水平方向有等间隔的剖面样本来说不是必要的。

4.4.1 级联圆柱体方法

需得到海拔高度的样本集合，应用于地形高度剖面。第一个和最后一个是发射机和接收机两端点的海拔高度。距离和高度值的表述由从1到N存储于一个阵列内的指数给出，N为剖面上样本的数目。

下面说明系统使用下标符号的含义：

h_i：第i个样本点的海拔高度

d_i：第i个样本点与发射机的距离

d_{ij}：第i个到第j个样本点间的距离。

方法的第一步是进行剖面的“延伸样本串”分析，它可对发射机到接收机剖面上延伸的样本串所接触的样本点进行标识。

可以按下面的程序做到这一点，其中，所有的高度和距离值都有独立单位，所有角度都以弧度为单位。方法中包括计算上的近似假设，它对较小水平倾角的无线电路径有效。如果路径的电波射线斜率超过大约5°，则采用更准确的几何学较适当。

从剖面上的一端开始到另一端终止，从当前一个样本串点看出去，对本地水平线之上最大仰角的剖面点标识为各个样本串点。自点s看出去，第i个剖面样本（$i>s$）的仰角为：

$$e = \left[(h_i - h_s) / d_{si}\right] - \left[d_{si} / 2a_e\right] \quad (44)$$

其中：

a_e：地球有效半径，

$= k \times 6\,371$ (km)

以及

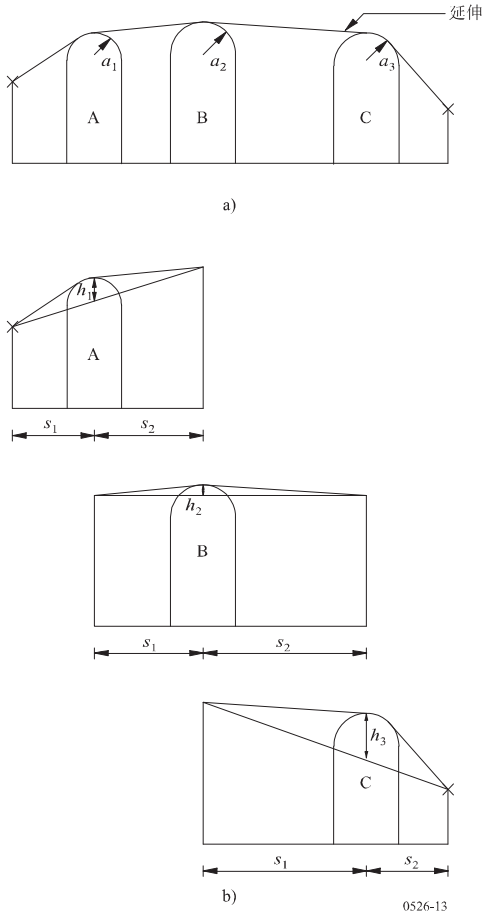
k：地球有效半径系数。

现在，实行一种测试以确定两个或多个样本串点的任何组群是否可代表同样的地形障碍。对于间隔为250 m或小些的样本点，除发射机和接收机之外，接连的剖面样本的样本串点任何组群，应按一个障碍予以对待。

如图13中所示，每个障碍现以圆柱体建模。每一个单个的圆柱体几何图分别对应于图8c）。注意图13中每个圆柱体的相关距离s_1、s_2是各顶点间在水平方向上测量得的，而对于近乎水平的射线，这些距离近似于图8c）中的倾斜距离d_1和d_2。对于水平倾角大于约5°的射线，需将s_1和s_2设定为顶点间的倾斜距离d_1和d_2。

图 13

级联园柱体模型：**a)**全部问题；**b)**细节



类似地，图13中每个圆柱体的高度*h*是在垂直方向上测量得的、从圆柱体顶点到连接相邻顶点或终端的直线之间的距离。每个圆柱体的*h*值对应于图8c）中的*h*。又，对于近乎水平的射线，圆柱体高度可按垂直线计算，而对于较陡的射线角度，需要对其圆柱体基线做出法线以计算*h*。

图14说明了由一个以上样本串点构成障碍物的几何图。下面说明各样本串点的含义：

w: 发射机一侧障碍中最初的样本串点或即是端点，它实际不是障碍物的一部分

x: 构成障碍物部分的样本串点，它最靠近发射机

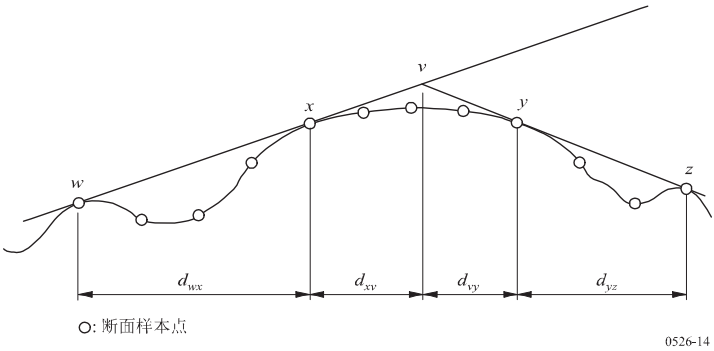
y: 构成障碍物部分的样本串点，它最靠近接收机

z: 接收机一侧障碍中最末的样本串点或即是端点，它实际不是障碍物的一部分

v: 障碍物之上关联的射线相交形成的顶点。

图 14

多点障碍物的几何图



字母*w*、*x*、*y*和*z*也都是剖面内距离和高度样本陈列中的指数。对于由孤立的样本串点构成的障碍物，*x*和*y*有相同的值，可称为剖面点，它与顶点一致。注意对于级联圆柱体，点*y*和*z*属于一个圆柱体，而点*w*和*x*属于下一个圆柱体，等等。

使圆柱体适合于通用地形剖面的逐步分析方法在附录1中说明。每一个障碍由*w*、*x*、*y*和*z*加以表征。然后，应用附录1中的方法以得到圆柱体参数s_1、s_2、*h*和*R*。如此对剖面进行建模后，路径的绕射损耗可按三项之和进行计算：

– 圆柱体上方绕射损耗之和；

– 圆柱体之间（以及圆柱体与相邻终端之间）子路径绕射损耗之和；

– 校正项。

相对于自由空间损耗的总绕射损耗（dB）可写成下面公式：

$$L_d = \sum_{i=1}^{N} L'_i + L''(w\,x)_1 + \sum_{i=1}^{N} L''(y\,z)_i - 20\log C_N \quad \text{dB} \tag{45}$$

其中：

L'_i：按第4.2节方法计算的第i个圆柱体上的绕射损耗

$L''(w\,x)_1$：第一圆柱体的点w与x之间路径的子路径绕射损耗

$L''(y\,z)_i$：所有圆柱体的点y与z之间路径段的子路径绕射损耗

C_N：相继圆柱体上计算由于绕射造成的扩散损耗时的校正系数。

附录2中给出一种方法，用以对障碍物之间路径中的每一视距段计算L''子路径绕射损耗。

校正系数C_N应用下面公式进行计算：

$$C_N = (P_a / P_b)^{0.5} \tag{46}$$

其中：

$$P_a = s_1 \prod_{i=1}^{N} [(s_2)_i] \left(s_1 + \sum_{j=1}^{N} [(s_2)_j] \right) \tag{47}$$

$$P_b = (s_1)_1 (s_2)_N \prod_{i=1}^{N} [(s_1)_i + (s_2)_i] \tag{48}$$

圆括号内的下标指示单个圆柱体。

4.4.2 级联刀刃形障碍物方法

方法中依据的程序，依照路径剖面而重复使用1至3次。程序内包括：在剖面中给定的路径段内寻找样本点。如第4.1节中的说明，该点具有最大值的几何参数ν。所考虑剖面的路径段由样本点指数a到样本点指数b(a<b)做出规定。如果a+1=b，则没有中间样本点，此时所考虑路径段的绕射损耗为零。否则，对该结构适合于计算ν_n(a<n<b)，并选择具有最高ν值的样本点。第n剖面点的ν值由下面公式给出：

$$\nu_n = h\sqrt{2d_{ab}/\lambda d_{an} d_{nb}} \tag{49}$$

其中：

$$h = h_n + [d_{an}\, d_{nb}/2\, r_e] - [(h_a\, d_{nb} + h_b\, d_{an})/d_{ab}] \tag{49a}$$

h_a, h_b, h_n：图15中所示的垂直高度

d_{an}, d_{nb}, d_{ab}：图15中所示的水平距离

r_e：地球有效半径

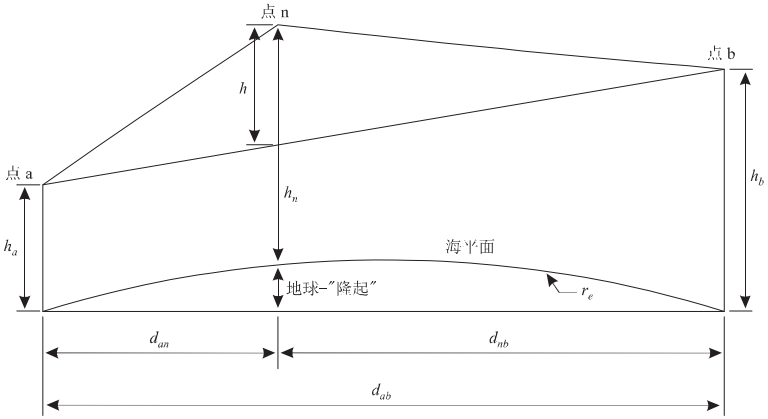
λ：波长

所有h、d、r_e和λ都有独立单位。

然后，对于$\nu > -0.78$，按照公式（31）得出绕射损耗作为刀刃形障碍物造成的损耗$J(\nu)$。如果不满足$\nu > -0.78$的条件，则损耗为零。

注意公式（49）可以从公式（26）中直接导出。公式（49a）的几何关系在图15中示出。公式（49a）中的第二项是由于地球曲率而在点n处给出附加高度的一种良好近似。

图 15
单个刀刃形障碍物几何图



上面的程序首先应用于从发射机到接收机的整个剖面上。具有最大ν值的样本点称为主刀刃形障碍物p，相应的损耗为$J(\nu_p)$。

如果$\nu_p > -0.78$，该程序再应用两次：

– 从发射机到点p，以得到ν_t以及$J(\nu_t)$；

– 从点p到接收机，以得到ν_r以及$J(\nu_r)$。

然后，由下面的公式给出路径中额外的绕射损耗：

$$L = J(\nu_p) + T\,[J(\nu_t) + J(\nu_r) + C] \qquad \text{对于 } \nu_p > -0.78 \qquad (50a)$$

$$L = 0 \qquad \text{对于 } \nu_p \le -0.78 \qquad (50b)$$

其中：

C： 经验校正量

$$C = 10.0 + 0.04D \qquad (51)$$

D： 总路径长度（km）

以及

$$T = 1.0 - \exp\,[-J(\nu_p)/6.0] \qquad (52)$$

需要指出，对于超视距路径，上面的程序是以限制为最多三个刀刃形障碍物的Deygout方法为基础。对于视距路径，它与Deygout方法在结构上的差别在于，在主刀刃形障碍物产生非零绕射损耗的情况下，仍然要用到两个副刀刃形障碍物。

由于为主要或附属边缘选择的分布点不同，通过该方法产生的作为有效地球半径函数的预测绕射损耗可能不具延续性。要产生作为有效地球半径函数的绕射损耗的平滑且少有变化的预测，主要边缘（如其在两侧均有附属边缘）可首先作为有效地球半径的中值。然后，再用这些边缘计算有效地球半径其它取值情况下的绕射损耗，无需重复点定位程序。但是，当有效地球半径大于或小于中值时，使用该方法可能不够准确。

ITU-R P.452-12建议书在绕射模型中使用了级连刀刃方法。用两个有效地球半径计算绕射损耗：中值和平均年份中超过β_0%的值，地球弯曲因数为3。参数β_0代表异常传播控制整体结果的时间百分比。基于反向辅助累积标称分布，使用内插程序计算在β_0和50%时间比例内未超出的绕射损耗。但是，当计算在β_0%时间内的绕射损耗时，ITU-R P.452建议书使用位于中值的主要边缘（如其具有附属边缘）。这样可以避免下列情况的发生，即由于这些边缘的变化，分布细节稍有改动就可能造成β_0%时间范围内绕射损耗的巨大变化。

5 薄屏蔽上的绕射

下面的方法中假定，障碍物的形状为薄的屏蔽。此种方法可以应用于围绕障碍物或是穿过孔径的电波传播。

5.1 有限宽度的屏蔽

通过将有限宽度的人为屏蔽横挡于电波传播方向上，能够在接收地点（例如，小地球站）达到干扰抑制。此种场合，考虑存在三个刀刃形障碍物，也即屏蔽的顶部和两侧，能够计算屏蔽阴影区的场强。三个独立的障碍形成的建设性和破坏性干扰会使场强随波长量级的距离变化而快速起伏。下面的简化模型可以给出位置函数的平均和最小绕射损耗的估值。它包括单个干扰的幅度相加以得到最小绕射损耗估值，以及功率的相加以得到平均绕射损耗估值。对其模型已做出测试，与应用均匀绕射理论（UTD）和高精度测量得到的结果进行对比。

步骤*1*：应用公式（26）至（29）中的任一个对三个刀刃形障碍物之每一个（顶部、左侧和右侧）计算几何参数ν。

步骤*2*：按公式（31）计算与每一个刀刃形障碍物关联的损耗系数$j(\nu) = 10^{J(\nu)/20}$。

步骤*3*：按下面公式计算最小绕射损耗J_{min}：

$$J_{min}(\nu) = -20 \log\left[\frac{1}{j_1(\nu)} + \frac{1}{j_2(\nu)} + \frac{1}{j_3(\nu)}\right] \quad \text{dB} \tag{53}$$

或者，另一种情况下，

步骤*4*：按下面公式计算平均绕射损耗J_{av}：

$$J_{av}(\nu) = -10 \log\left[\frac{1}{j_1^2(\nu)} + \frac{1}{j_2^2(\nu)} + \frac{1}{j_3^2(\nu)}\right] \quad \text{dB} \tag{54}$$

5.2 矩形孔径和复合孔径或屏蔽的绕射

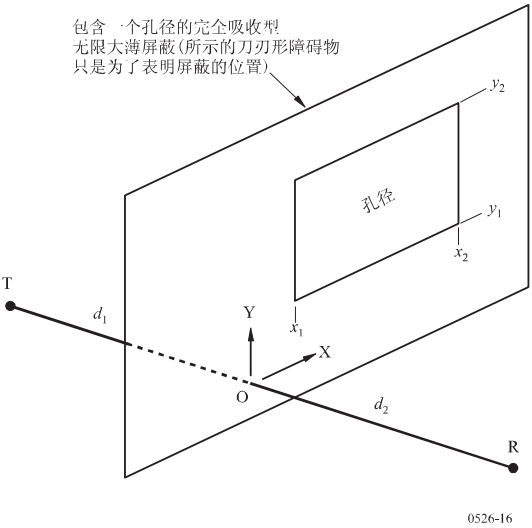
下面说明的方法可用于预测由薄屏蔽上的矩形孔径或是完全吸收的薄屏蔽造成的绕射损耗。可以将方法扩展到包括几个矩形孔径或是有限的屏蔽上，因而是第5.1节内所述有限宽度屏蔽的另一种计算方法。

5.2.1 单个矩形孔径的绕射

图16示出在有一个矩形孔径无限大的完全吸收薄屏蔽的几何图。

图 16

单个矩形孔径的几何图



孔径刀刃的位置x_1、x_2、y_1和y_2以直角坐标示出，原点处于自发射机*T*到接收机*R*的直线穿过屏蔽面的交点处，电波传播平行于*Z*轴。发射机*T*和接收机*R*两者在屏蔽面之后和之前的距离分别为d_1和d_2。

接收机上的场强e_a以自由空间的归一化线性单位给出，其复数形式为：

$$e_a(x_1,x_2,y_1,y_2) = 0.5(C_x\, C_y - S_x\, S_y) + \mathrm{j}\ 0.5\ (C_x\, S_y + S_x\, C_y) \tag{55}$$

其中：

$$C_x = C(\nu_{x2}) - C(\nu_{x1}) \quad (56a)$$

$$C_y = C(\nu_{y2}) - C(\nu_{y1}) \quad (56b)$$

$$S_x = S(\nu_{x2}) - S(\nu_{x1}) \quad (56c)$$

$$S_y = S(\nu_{y2}) - S(\nu_{y1}) \quad (56d)$$

在公式（22）中以x_1、x_2、y_1和y_2分别代替h，得到4个ν值，$C(\nu)$和$S(\nu)$给出于公式（7a）和（7b）中，并可应用公式（8a）和（8b）从复菲涅耳系数中做出估值。

相应的绕射损耗L_a由下面公式给出：

$$L_a = -20 \log (e_a) \quad \text{dB} \quad (57)$$

5.2.2 复合孔径或屏蔽的绕射

用于单个矩形孔径的方法可如下地扩展：

由于在对公式（51）的自由空间进行归一化的线性单位中，自由空间场强表示为1.0+j.0.0，所以，由单个矩形屏蔽（对地悬浮）的归一化复场强e_s由下面公式给出：

$$e_s = 1.0 - e_a \quad (58)$$

其中，e_a的计算应用公式（55），按照与屏蔽上同样尺寸和位置的孔径进行分析。

– 由几个矩形孔径或孤立屏蔽的组合产生的归一化场强，可通过将公式（55）或（58）的结果相加进行计算。

– 任意形状的孔径或屏蔽可以用矩形孔径或屏蔽的合适组合做出近似。

– 由于ν趋向无限时C（ν）和S（ν）的积分收敛于0.5+j 0.5，故公式（50）可应用于在一个或几个方向上无限延伸的矩形孔径中。

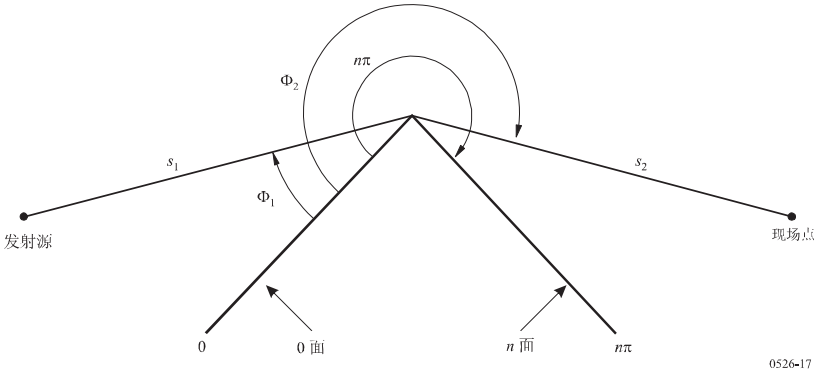
6 有限传导楔上的绕射

下面说明的方法能用于预测由有限传导楔造成的绕射损耗。合适的应用场合是当建筑物边角周围或是屋顶脊梁上、或是地形方面能由楔形山丘表征其产生的绕射时。方法中要求知道障碍楔的导电率和相对介电常数，并假定不发生穿过楔形材料的透射。

该方法基于均匀绕射理论（UTD）。它考虑到阴影区域和视距区域两者内的绕射，对这类区域间的平滑过渡给出计算方法。

有限传导楔形障碍的几何图在图17中示出。

图 17
UTD楔绕射场合的几何图



现场点上电场的UTD公式专门以二维表示：

$$e_{UTD} = e_0 \frac{\exp(-\mathrm{j}ks_1)}{s_1} D^{\perp\!\!\!|\,|} \cdot \sqrt{\frac{s_1}{s_2(s_1+s_2)}} \cdot \exp(-\mathrm{j}ks_2) \tag{59}$$

其中：

e_{UTD}： 现场点上的电场

e_0： 相对的发射源幅度

s_1： 发射源点到绕射脊的距离

s_2： 绕射脊到现场点的距离

k： 波数$2\pi/\lambda$

$D^{\perp\!\!\!|\,|}$： 取决于绕射脊上入射电场极化（平行或垂直于入射平面）的绕射系数

s_1、s_2和λ具有独立单位。

有限传导楔的绕射系数，由下面公式给出：

$$D^{\perp\!\!\!|\,|} = \frac{-\exp(-\mathrm{j}\pi/4)}{2n\sqrt{2\pi k}} \left\{ \begin{aligned} &\cot\left(\frac{\pi + (\Phi_2 - \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^+(\Phi_2 - \Phi_1)) \\ &+ \cot\left(\frac{\pi - (\Phi_2 - \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^-(\Phi_2 - \Phi_1)) \\ &+ R_0^{\perp\!\!\!|\,|} \cdot \cot\left(\frac{\pi - (\Phi_2 + \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^-(\Phi_2 + \Phi_1)) \\ &+ R_n^{\perp\!\!\!|\,|} \cdot \cot\left(\frac{\pi + (\Phi_2 + \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^+(\Phi_2 + \Phi_1)) \end{aligned} \right\} \tag{60}$$

其中：

Φ_1： 入射角，从入射面（0面）上测量

Φ_2： 绕射角，从入射面（0面）上测量

n： 传导楔处部角，π弧度的倍数（实际角=$n\pi$（弧度））

$j = \sqrt{-1}$

其中$F(x)$是菲涅耳积分：

$$F(x) = 2j\sqrt{x} \cdot \exp(jx) \cdot \int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-jt^2)\, dt \tag{61}$$

$$\int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-jt^2)\, dt = \sqrt{\frac{\pi}{8}}(1 - j) - \int_{0}^{\sqrt{x}} \exp(-jt^2)\, dt \tag{62}$$

该积分可以用数值积分进行计算。

另一种方法，可以用下面公式有效地近似：

$$\int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-jt^2)\, dt = \sqrt{\frac{\pi}{2}} A(x) \tag{63}$$

其中：

$$A(x) = \begin{cases} \dfrac{1 - j}{2} - \exp(-jx)\sqrt{\dfrac{x}{4}} \displaystyle\sum_{n=0}^{11} \left[(a_n + jb_n)\left(\frac{x}{4}\right)^n \right] & \text{if } x < 4 \\ -\exp(-jx)\sqrt{\dfrac{4}{x}} \displaystyle\sum_{n=0}^{11} \left[(c_n + jd_n)\left(\frac{4}{x}\right)^n \right] & \text{otherwise} \end{cases} \tag{64}$$

系数a、b、c、d在第2.7节中给出：

$$L = \frac{s_2 \cdot s_1}{s_2 + s_1} \tag{65}$$

$$a^{\pm}(\beta) = 2\cos^2\left(\frac{2n\pi N^{\pm} - \beta}{2}\right) \tag{66}$$

其中：

$$\beta = \Phi_2 \pm \Phi_1 \tag{67}$$

在公式（62）中，$N^{\pm}$是最接近满足下面公式的整数。

$$N^{\pm} = \frac{\beta \pm \pi}{2n\pi} \tag{68}$$

$R_0^{\perp}, R_n^{\perp}$是竖向极化或平行极化的反射系数，由下面两公式分别给出：

$$R^{\perp} = \frac{\sin(\Phi) - \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}}{\sin(\Phi) + \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}} \tag{69}$$

$$R^{\parallel} = \frac{\eta \cdot \sin(\Phi) - \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}}{\eta \cdot \sin(\Phi) + \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}} \tag{70}$$

其中：

对于R_0，$\Phi=\Phi_1$；对于R_n，$\Phi=(n\pi-\Phi_2)$

$$\eta = \varepsilon_r - j\times 18\times 10^9\sigma/f$$

ε_r： 楔形材料相对介电常数

σ： 楔形材料电导率（S/m）

f： 频率（Hz）。

注意必要时可以使传导楔的两侧面有不同的电性能。

在阴影边界和反射边界处，公式（60）中的余切函数之一会变成奇异式。

然而，$D^{\perp}_{\parallel}$仍为有限值，可以方便地计算。对于小的ε，包含奇异余切函数的数据项由下面公式给出：

$$\cot\left(\frac{\pi\pm\beta}{2n}\right)\cdot F(kLa^{\pm}(\beta)) \cong n\cdot\left[\sqrt{2\pi kL}\cdot \text{sign}(\varepsilon) - 2kL\varepsilon\cdot\exp(j\pi/4)\right]\cdot\exp(j\pi/4) \tag{71}$$

其中，ε由下面的公式规定：

$$\varepsilon = \pi+\beta-2\pi nN^{+} \qquad \text{对于} \quad \beta=\Phi_2+\Phi_1 \tag{72}$$

$$\varepsilon = \pi-\beta+2\pi nN^{-} \qquad \text{对于} \quad \beta=\Phi_2-\Phi_1 \tag{73}$$

计算反射射线时只要应用相同的反射系数，在阴影边界和反射边界处得到的绕射系数将是连续的。

因绕射射线产生的电场e_{LD}由下面公式给出，当$(\Phi_2-\Phi_1)<\pi$ 时要加上视距射线产生的电场：

$$e_{LD} = \begin{cases} e_{UTD} + \dfrac{\exp(-jks)}{s} & \text{对于} \quad \Phi_2 < \Phi_1 + \pi \\ e_{UTD} & \text{对于} \quad \Phi_2 \geq \Phi_1 + \pi \end{cases} \tag{74}$$

其中：

s： 发射源与现场点之间的直线距离。

注意$(\Phi_2-\Phi_1)=\pi$时，公式（60）中的第二个余切项将变成奇异式，须采用公式（71）给出的另一种近似式。

相对于不存在楔形障碍时现场点上会有的场强（dB）（也即相对于自由空间的场强，dB），现场点上的场强借助于将公式（55）中的e_0设定为单位值，然后按下面公式进行计算：

$$E_{UTD} = 20\log\left(\left|\frac{s\cdot e_{UTD}}{\exp(-jks)}\right|\right) \tag{75}$$

其中：

s： 发射源与现场点之间的直线距离。

需要指出，n=2和反射系数为零时，应得到如图9所示的刀刃形障碍物绕射损耗的相同的结果。

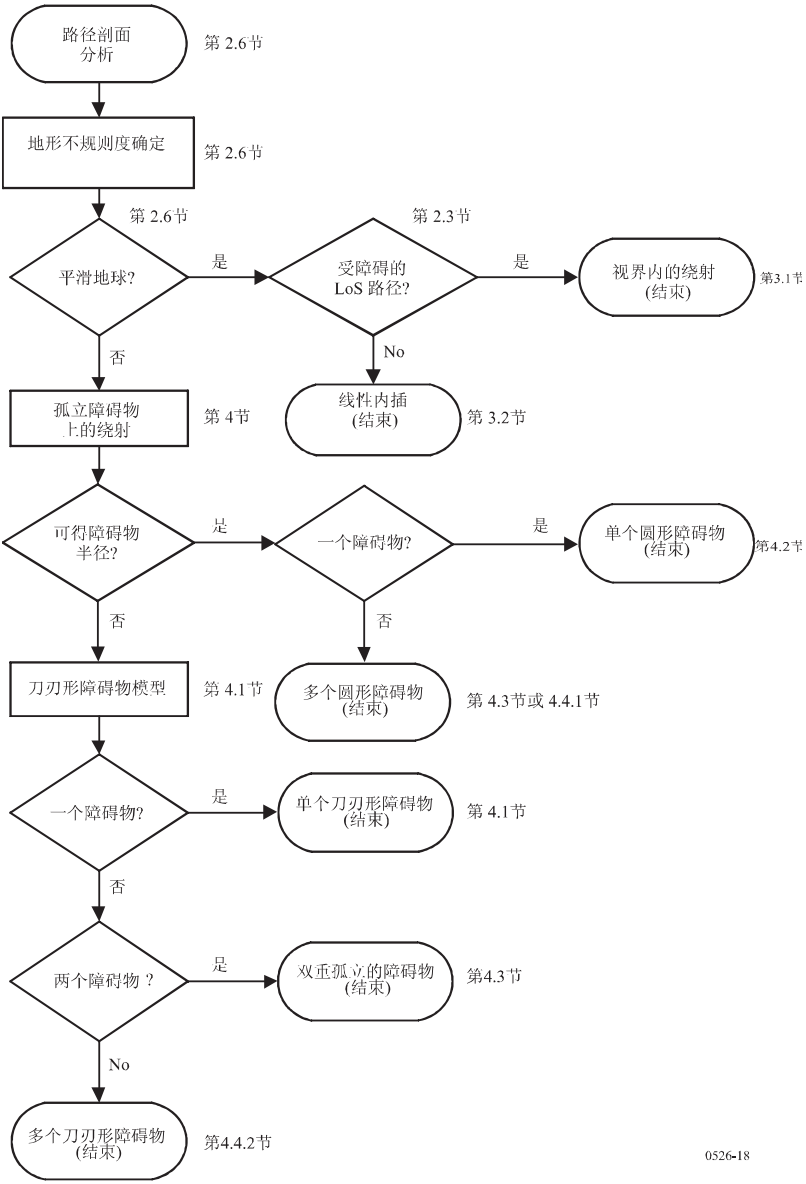
从国际电联无线电通信局可以得到UTD方程式运算的MathCAD版本。

7 绕射传播运算流程

第3节和第4节中提及的绕射损耗的计算，其一般流程在图18中示出。该流程图对各种场合下采用的步骤做出概括。

图 18

绕射传播运算流程



附件1的
附录1

圆柱体参数的计算

下面的方法可应用于计算图8c）中示出的圆柱体参数以及图14中每一个地形障碍的参数。计算中采用独立单位，所有角度的单位为弧度。对水平倾角5°之内的无线电路径，可以应用近似公式进行计算。

1 绕射角和顶点位置

虽然这两个数据没有直接用做圆柱体参数，但需要知道圆柱体上的绕射角和顶点位置。

障碍物上的绕射角由下面公式给出：

$$\theta = \alpha_w + \alpha_z + \alpha_e \tag{76}$$

其中，α_w和α_z是分别从点w和z看出去、对本地地平线上点x和y的仰角，它们由下面的公式给出：

$$\alpha_w = (h_x - h_w) / d_{wx} - d_{wx} / 2a_e \tag{77}$$

$$\alpha_z = (h_y - h_z) / d_{yz} - d_{yz} / 2a_e \tag{78}$$

又，α_e是点w和z之间的大圈距离对向的角度，由下面公式给出：

$$\alpha_e = d_{wz} / a_e \tag{79}$$

从点w到顶点的距离，根据障碍物是由单个剖面样本点或是由一个以上剖面样本点予以表示而做出相应的计算。

对于单个样本点的障碍，有下面公式：

$$d_{wv} = d_{wx} \tag{80}$$

对于多个点的障碍，有必要保护其免受很小角度值的绕射：

$$d_{wv} = \left[(\alpha_z + \alpha_e / 2)\, d_{wz} + h_z - h_w\right] / \theta \qquad \text{对于 } \theta \cdot a_e \geq d_{xy} \tag{81a}$$

$$d_{wv} = (d_{wx} + d_{wy}) / 2 \qquad \text{对于 } \theta \cdot a_e < d_{xy} \tag{81b}$$

从顶点v起到点z的距离由下面公式给出：

$$d_{vz} = d_{wz} - d_{wv} \tag{82}$$

海平面上顶点的高度，根据障碍物是由单个剖面样本点或是由一个以上剖面样本点予以表示而做出相应的计算。

对于单个样本点的障碍，有下面公式：

$$h_v = h_x \tag{83}$$

对于多个点的障碍，有下面公式：

$$h_v = d_{wv}\, \alpha_w + h_w + d_{2,wv} / 2a_e \tag{84}$$

2 圆柱体系数

现在，对于样本串分析中定义的每一个地形障碍可计算在图8c）中示出的圆柱体参数：

d_1和d_2分别是障碍物的发射机侧和接收机侧相对于起作用障碍物（或终端）顶点的距离，

并有：

$$h = h_v + d_{wv}\, d_{vz} / 2a_e - (h_w\, d_{vz} + h_z\, d_{wv}) / d_{wz} \quad (85)$$

为了计算圆柱体半径，进一步应用两个剖面样本点：

p: 在发射机一侧与x相邻的点；

以及：

q: 在接收机一侧与y相邻的点。

因此，剖面指数p和q由下面的式子给出：

$$p = x - 1 \quad (86)$$

以及：

$$q = y + 1 \quad (87)$$

如果p或q给定的点为一个终端，则对应的h值应是该点处的地形高度，而不是天线的海拔高度。

对于圆柱体半径的计算，应是在考虑到地球的曲率下将剖面段$p-x$与$y-q$之间斜率的差值除以p与q间的距离。

该计算中需要的剖面样本点之间的距离为：

$$d_{px} = d_x - d_p \quad (88)$$

$$d_{yq} = d_q - d_y \quad (89)$$

$$d_{pq} = d_q - d_p \quad (90)$$

$p-x$与$y-q$剖面段之间斜率的差值由下面公式给出，单位为弧度：

$$t = (h_x - h_p) / d_{px} + (h_y - h_q) / d_{yq} - d_{pq} / a_e \quad (91)$$

其中，a_e为地球有效半径。

现在，圆柱体半径由下面公式给出：

$$R = \left[d_{pq} / t\right] \left[1 - \exp(-4\nu)\right]^3 \quad (92)$$

其中，ν是公式（32）中无量纲的刀刃形障碍物参数。

公式（92）中，第二个系数是应用于圆柱体半径上的一个经验性平滑函数，用以避免LoS障碍在一定程度上的不连续性。

附件1的
附录2

子路径绕射损耗

1 引言

本附录给出一种方法，用于计算绕射路径中LoS子路段的子路径绕射损耗。绕射路径用级联圆柱体建模，每一个圆柱体由图13和14中示出的剖面点的*w*、*x*、*y*和*z*表征。对总路径中由*w*和*x*或者*y*和*z*表示的样本点之间的每个子路段，计算其子路径绕射损耗。这些是路径中障碍物之间或是终端与障碍物之间的LoS路段。

该方法也能应用于带有子路径绕射的LoS路段中。此种场合下，它适用于整个路径。

2 方法

对于指数为*u*和*v*的剖面样本点之间的视距剖面路段，首要工作是识别除*u*和*v*之外将会在*u*到*v*的射线行程中使第一菲涅耳区内产生最大障碍成分的剖面样本点。

为了避免选择出已经建模成圆柱体的地面障碍之一内的主体部分，将*u*与*v*之间的剖面限制为两个附加指数*p*和*q*之间的路段，对它们如下地设定：

– 设定$p = u + 1$。

– 如果$p < v$和$h_p > h_{p+1}$，则*p*加l，并重复计算；

– 设定$q = v - 1$。

– 如果$q > u$和$h_q > h_{q-1}$，则*q*减1，并重复计算。

如果$p=q$，则子路径障碍损耗设定为零。否则，计算如下地向前进行。

现在，需找出由独立单位的h_z/F_1给出的归一化间隔C_F的最小值。

h_z：剖面样本点*i*上射线的高度

F_1：第一菲涅耳区的半径。

最小的归一化间隔可写成下面公式：

$$C_F = \min_{i=p}^{q} \left[(h_z)_i / (F_1)_i \right] \tag{93}$$

其中：

$$(h_z)_i = (h_r)_i - (h_t)_i \tag{94}$$

$$(F_1)_i = \sqrt{\lambda \cdot d_{ui} \cdot d_{iv} / d_{uv}} \tag{95}$$

$(h_r)_i$是在第i个剖面样本点处连结u和v点处海平面的直线上方射线的高度，由下面公式给出：

$$(h_r)_i = (h_u \cdot d_{iv} + h_v \cdot d_{ui}) / d_{uv} \quad (96)$$

$(h_t)_i$是在第i剖面样本点处连结u和v点之海平面的直线上方的地形高度，由下面公式给出：

$$(h_t)_i = h_i + d_{ui} \cdot d_{iv} / 2a_e \quad (97)$$

最大子路经障碍刃形绕射的几何参数，是利用归一化间隔最小值计算得出的：

$$\nu = -C_F \cdot \sqrt{2}$$

子路经绕射损耗“L”是从公式（31）或图9得出的。

某些应用不宜包括子路经绕射增强。在这种情况下，“L”值应在否则为负数时设置为零。

ITU-R M.541-9建议书*

水上移动业务中使用的数字选择呼叫设备的操作程序

（1978-1982-1986-1990-1992-1994-1995-1996-1997-2004年）

摘要

本建议书包括数字选择呼叫设备（DSC）的操作程序，该设备的技术特性在ITU-R M.493建议书中给出。本建议书包括五个附件。附件1和2分别描述了遇险和安全呼叫以及非遇险和安全呼叫的规定和程序。附件3和4描述了船舶电台和海岸电台的操作程序。附件5列出了用于DSC的频率。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 数字选择呼叫（DSC）将如ITU-R M.493建议书所述，进行使用；

b) 1974年《国际海上人命安全公约》（SOLAS）修正案第四章对全球水上遇险和安全系统（GMDSS）的要求是以用于遇险告警和呼叫的DSC的使用为基础的，且对于该系统的使用而言，操作程序是必要的；

c) 就可行性而言，所有波段上的各种通信类型的操作程序均应当是相似的；

d) 除了《无线电规则》（RR）中用现有的方法和程序发送遇险呼叫的规定外，DSC可提供发射遇险呼叫的一个有用的补充方法；

e) 应规定告警必须被启动的条件，

建议

1 用于水上移动业务中DSC的设备的技术特性应符合相关ITU-R建议书；

2 在MF、HF和VHF波段，DSC所遵循的操作程序应符合规定遇险和安全呼叫的附件1以及规定其他呼叫的附件2；

3 在配备了DSC的电台，应对下述情况做出规定：

3.1 将地址、呼叫类型、类别和各种电文以人工方式输入DSC序列；

3.2 验证并在必要时对这种人工生成的序列进行修改；

---

* 应提请国际海事组织（IMO）和国际电联电信标准化部门（ITU-T）注意本建议书。

3.3 一种专用可闻告警和用来指示收到遇险和紧急呼叫或带有遇险类别的呼叫的视频显示。禁止这种告警和显示是不被允许的。应做出规定以确保它们只能被以人工方式重新设置；

3.4 用于除遇险和紧急以外的呼叫的可闻告警和视频显示。可闻告警能够被禁止；

3.5 此种视频显示器用于显示：

3.5.1 接收到的呼叫地址的类型（至全部电台，至一组电台、地理区域、单个电台）；

3.5.2 类别；

3.5.3 主叫电台的识别符；

3.5.4 数字型或字母数字型信息，例如频率信息和遥控指令；

3.5.5 “序列结束”字符的类型；

3.5.6 错误检测，若有的话；

3.6 监听用于数字选择呼叫目的的频道，以确定信号的存在，且除遇险、紧急和非测试安全呼叫外，为自动禁止在频道空闲前发送DSC呼叫提供设备；

4 设备应操作简便；

5 附件3和4给出的操作程序，是以附件1和2以及《无线电规则》中的相关程序为基础的，应被用做船舶电台和海岸电台的指南；

6 使用DSC的用于遇险和安全目的频率包含在本建议书的附件5中（见《无线电规则》附录15）。

注1 – 下列定义贯穿于本建议书：

单频：发射和接收使用同一频率。

成对频率：成对结合的频率；每对频率由一个发送频率和一个接收频率组成。

国际DSC频率：《无线电规则》指配给DSC在全球专用的频率。

国内DSC频率：指配给允许进行DSC的单一海岸电台或一组电台使用的频率（这可以包括工作频率以及呼叫频率）。这些频率的使用必须符合《无线电规则》。

船舶电台的DSC自动操作：采用自动可调谐发信机和收信机的操作方式，适合于无人操作，可以在收到DSC时进行自动呼叫确认并自动转到相关工作频率上。

试呼：在相对短的时间内（如几分钟），在一个或多个频率上发往同一个电台的一个或有限多个呼叫序列。如果呼叫序列末端包含RQ符号且在此时间间隔内未收到确认信号，则试呼被视为失败。

附件1

有关遇险、紧急和安全呼叫的规定和程序

1 引言

1974年《SOLAS国际公约》的1988年修正案所采用的GMDSS的地面部分是以基于遇险和安全通信的DSC的使用为基础的。

1.1 呼叫方式

在遇险、紧急或安全情况下，《无线电规则》第VII章的规定适用于DSC的使用。

2 DSC遇险告警

如《无线电规则》确定（见《无线电规则》第VII章），DSC遇险告警规定了告警、自我识别和包含遇险时间和性质在内的船舶位置。

3 DSC遇险告警程序

3.1 由遇险的移动单元进行的发送

3.1.1 DSC设备应能够被预先设定，以便能至少在一个遇险告警频率上发送遇险告警。

3.1.2 须按照ITU-R M.493建议书组成遇险告警；应酌情输入船舶位置信息，遇险发生的时间和遇险性质。如果不能输入船舶位置，则位置信息信号将以数字9重复十次的方式自动发送。如果不能包括遇险时间，则时间信息信号将以数字8重复四次的方式自动发送。

3.1.3 遇险告警尝试

在MF和HF波段，遇险告警尝试可按单频或多频试呼进行发送。在VHF波段只能使用单频试呼。

3.1.3.1 单频试呼

遇险告警尝试可在一个频率上按5个连续呼叫发送。为避免呼叫碰撞和确认丢失，这种试呼可在从发起呼叫开始经过$3\frac{1}{2}$至$4\frac{1}{2}$分钟之间的随机延时之后，在同一频率上再次进行发送。这就使所接收到的随机到达的确认信号不被重复发送所阻塞。每次重复发送应自动产生随机延时，但是，应能够用人工方法消除自动重复。

在MF和HF波段，单频试呼可以从发起呼叫开始经过$3\frac{1}{2}$至$4\frac{1}{2}$分钟之间的随机延时之后在不同的频率上重复发送。但是如果一个电台能够在除使用中的发送频率以外的所有遇险频率上连续接收确认信号，则单频试呼可在无此延时的情况下在不同频率上重复。

3.1.3.2 多频试呼

遇险告警尝试可在分散于最大值为6个（MF波段1个，HF波段5个）的遇险频率上按高达6个连续呼叫（见注1）进行发送。发送多频遇险告警尝试的电台应能够在除使用中的发送频率以外的所有频率上连续地接收确认信号，或能在1分钟内完成试呼。

从前一试呼开始起，可以在$3\frac{1}{2}$到$4\frac{1}{2}$分钟的随机时延后重复多频试呼。

注1 – VHF呼叫可与MF和HF呼叫同时发送。

3.1.4 遇险

在遇险情况下，操作者应：

3.1.4.1 输入随后的通信所需的方式，如果时间允许，输入船舶位置以及遇险发生的时间（见注1）和遇险性质（见注1）；

注1 – 如果这些不能自动提供的话。

3.1.4.2 选择所用的遇险频率（参见§3.1.4.1的注1）；

3.1.4.3 用专用遇险键启动遇险告警尝试。

3.2 接收

DSC设备应能在适当的DSC遇险告警频率上保持24小时的可靠监测。

3.3 遇险告警的确认

遇险告警确认应能人工发起。

确认信号应在与接收遇险告警相同的频率上发送。

3.3.1 遇险告警通常只由合适的海岸电台通过DSC进行确认。此外，海岸电台应监测无线电话，如果所收到遇险告警中“随后通信方式”信号表明为电传打印机，则也要在窄带直接印字报设备（NBDP）上监测（见ITU-R M.493建议书）。在两种情况下，无线电话和NBDP频率应是与接收遇险告警的频率相关联的频率。

3.3.2 海岸电台对在MF和HF发送的DSC遇险告警的确认信号应在收到遇险告警后经过最少1分钟、最多$2\frac{3}{4}$分钟的延时之后发起。这就使得单频或多频试呼范围内的所有呼叫能够完成，并使海岸电台有足够的时间对遇险告警做出响应。由海岸电台在VHF给出的确认信号一经可行即应发送。

3.3.3 遇险告警的确认信号由单频DSC确认呼叫组成，该呼叫的接收地址应为“所有船舶”并包含遇险告警已被确认的船舶的识别码（见ITU-R M.493建议书）。

3.3.4 从另一艘船舶接收遇险告警的船舶应在相关的无线电话遇险和安全业务频率上进行监测并用无线电话确认呼叫。

如果船载电台在MF或VHF频道上连续收到DSC遇险告警，则应发送DSC确认信号来终止呼叫，但只有在与救援协调中心或海岸电台协商后，并得到指示应终止呼叫的情况下才可如此行事。

3.3.5 在收到DSC遇险确认时，应自动终止遇险告警尝试的自动重复。

3.3.6 当不能用无线电话成功进行遇险、紧急和安全业务时，受影响的电台可表明其意图，即在相关的NBDP电报频率上进行随后通信。

3.4 遇险中继

遇险中继呼叫应该人工发起。

3.4.1 遇险中继呼叫应使用符合ITU-R M.493建议书的遥控信号“遇险中继”，并且该试呼应遵照§3.1.3至§3.1.3.2所述的关于遇险告警的程序，以单一呼叫形式在单一频率上用人工方式发出的告警除外。

3.4.2 任何船舶，在未被海岸电台确认的HF频道收到遇险呼叫5分钟之内，均应向合适的海岸电台发送遇险中继呼叫。

3.4.3 由海岸电台或船舶电台发送给多艘船舶的遇险中继呼叫应由船舶电台用无线电话予以确认。由船舶电台发送的遇险中继呼叫应由海岸电台依照§3.3至§3.3.3给出的遇险确认程序发送一个“遇险中继确认”呼叫来确认。

4 DSC紧急和安全呼叫程序

4.1 工作于遇险和安全呼叫频率的DSC应用于海岸电台向船舶电台及船舶电台向海岸电台和/或船舶电台通知即将进行紧急、重要的导航和安全电文的发送，此类发送在常规时间进行的情况除外。该呼叫应指示出用于随后的紧急、重要的导航和安全电文发送的工作频率。

4.2 医疗运输的通告与标识应用DSC技术使用适当的遇险和安全呼叫频率来完成。此类呼叫应使用“紧急”类别以及“医疗运输”遥控指令，并且应发至VHF上的所有船舶及MF/HF上的地理区域。

4.3 紧急和安全呼叫的操作程序应符合附件3的相关部分及§2.1或§2.2和3.1或3.2的规定。

5 用于遇险和安全呼叫的设备的测试

应采用其他方式尽可能避免在DSC遇险和安全呼叫专用频率上进行测试。VHF、MF和HF波段的呼叫测试应按照ITU-R M.493建议书进行，并由被叫对呼叫电台予以确认。通常，在所涉及的两个电台之间不会再有进一步的通信。

附件2

有关非遇险和安全类呼叫的规定和程序

1 频率/频道

1.1 通常，成对频率应使用于HF和MF波段，在这种情况下要在与接收到的呼叫所在频率成对的频率上发送一个确认信号。在国内业务的例外情况下，可使用单频。若同一呼叫在几个呼叫频道上被收到，须选出最合适的频道来发送确认信号。单频频道应用于VHF波段。

1.2 国际呼叫

《无线电规则》附录17 A部分和本建议书附件5所列出的频率对应被用于国际DSC呼叫。

1.2.1 在HF和MF波段，国际DSC频率应只用于岸到船的呼叫以及来自适于自动DSC操作的船舶的相关的呼叫确认，在这种场合我们知道相关的船舶并未侦听海岸电台的国内频率。

1.2.2 所有在HF和MF波段的船到岸的DSC呼叫最好在海岸电台的国内频率上完成。

1.3 国内呼叫

海岸电台应避免将国际DSC频率用于可以安排使用国内频率的呼叫。

1.3.1 船舶电台应不断监听适当的国内和国际频道（应采取适当的措施保持国内和国际频道的负载平均）。

1.3.2 敦促主管部门寻求各种方法并通过谈判获得提高DSC可用频道的使用率的条件和条款，例如：

- 海岸电台发信机的联合和/或协调使用；
- 通过在所监听的适当频率（频道）上向船舶提供信息并且借助于在船舶电台所监听的频率上从船舶发往所选择的若干个海岸电台的信息，使呼叫成功率达到最优。

1.4 呼叫方法

1.4.1 由本节给出的程序可应用于DSC技术的使用，但遇险、紧急或安全的情况除外，后者适用《无线电规则》第VII章的规定。

1.4.2 呼叫须包含表示该呼叫所发往的一个或多个电台的信息以及主叫电台的标识。

1.4.3 呼叫还应包含表示所要建立的通信类型的信息，并可包括补充信息，如所建议的工作频率或频道；在来自海岸电台的呼叫中（其呼叫具有一定的优先权），这类信息是必须包含的。

1.4.4 按照《无线电规则》第52.128至52.137款或第52.145至52.153款的规定选择的合适的数字选择呼叫频道须用于该呼叫。

2 操作程序

呼叫序列的技术格式须符合ITU-R的相关建议书。

须对请求确认的DSC使用DSC技术发送适当的确认信号来做出回答。

确认既可人工发起也可自动发起。在确认被自动发送时，它须符合ITU-R的相关建议书。

确认序列的技术格式须符合ITU-R的相关建议书。

为保证海岸电台和船舶电台之间的通信，海岸电台须最终确定所使用的工作频率或频道。

转发话务和对无线电话工作的控制须按照ITU-R M.1171建议书进行。

典型的DSC呼叫和确认序列包含下列信号（见ITU-R M.493建议书）：

典型的DSC呼叫和确认序列的组成

信号	组成方式
— 格式指示符	操作员选择
— 地址	操作员输入
— 类别（常规）	自动选择
— 自标识	预编程
— 遥控信息	操作员选择
— 频率信息（酌情）	操作员选择或输入
— 电话号码（只适用半自动或全自动船至岸连接）	操作员输入
— 序列结束信号	自动选择。

2.1 海岸电台向船舶电台发起呼叫（见注1）

图1和图2分别以流程图和时间序列框图具体说明以下的程序。

注1 – 有关仅适用于半自动/自动业务的进一步详细程序，请见ITU-R M.689和ITU-R M.1082建议书。

2.1.2 如果主叫用户和海岸电台间有直接连接，则海岸电台请求主叫用户回答船舶的大致位置。

2.1.3 如果主叫不能指示船舶的位置，则海岸电台操作员利用海岸电台的可用信息尽力寻找其位置。

2.1.4 海岸电台通过检查确定该呼叫是否更适合通过另一海岸电台进行（见§1.3. 2）。

2.1.5 海岸电台通过检查确定DSC的发送是否不恰当或受到限制（例如，船舶未配备DSC或被禁止）。

2.1.6 假设DSC是适当的，则海岸电台按下列方式组成呼叫序列：

— 选择格式指示符，

— 输入船舶地址，

— 选择类别，

— 选择遥控指令信息，

— 如果合适，在序列的电文部分插入工作频率信息，

— 通常选择“序列结束”信号“RQ”。但是，如果海岸电台知道船舶电台不能做出响应或呼叫是对一组船舶的，则频率将被省略，且序列应以127结束，在这种情况下，下面与确认有关的程序（§2.1.13至§2.1.15）是不适用的。

图1

岸对船方向呼叫操作程序流程图

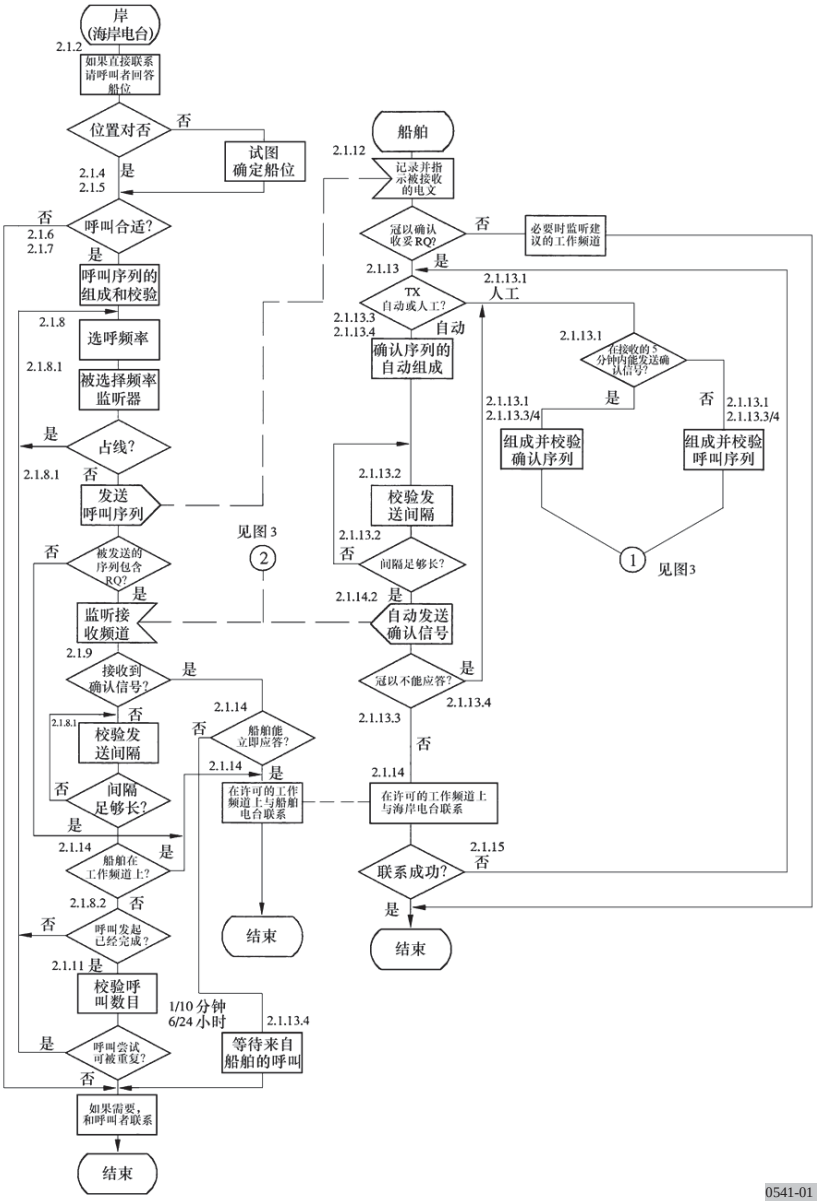
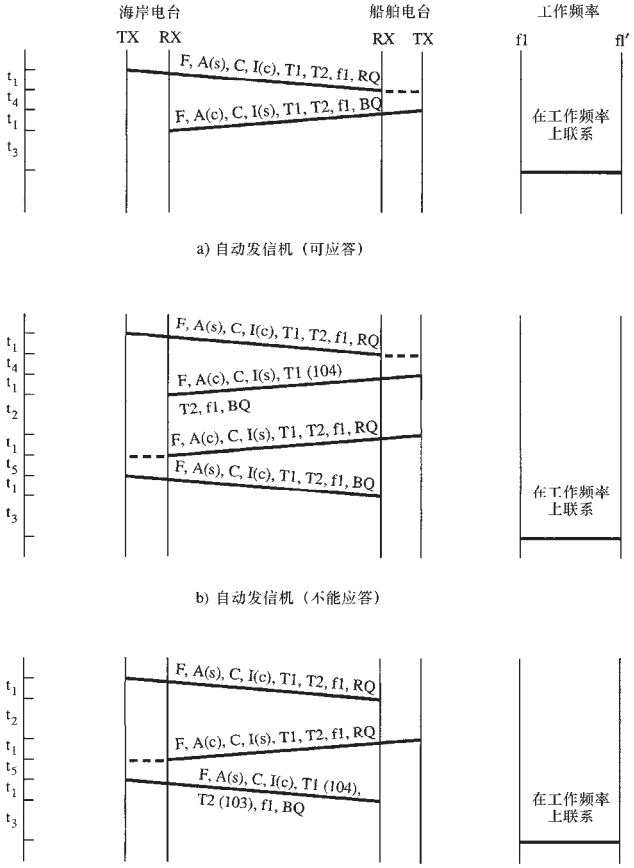


图2

岸对船方向呼叫时序图示例



t_1：DSC序列的发送时间

t_2：操作员进入无线电室后，本船DSC接收的和发送之间的间隔（以几分钟到几小时）

t_3：从呼叫到工作频率的过渡时间，如果需要，包括工作频道的清除时间（排队等候时间）海岸电台准备确认的时间

t_4：按§2.1.13.2的定义

t_5：海岸电台准备确认时间（见§2.2.6）

F ：格式指示符

A ：被叫电台地址

I ：主叫电台自识别 { 后缀（c）或（s）；分别表

C ：类别

T_1 ：第一遥控信号，（104）表示不能应答

T_2 ：第二遥控信号，（103）表示排队

f_1，f_1' ：工作频率

RQ，BQ：序列结束信号

0541-02

2.1.7 海岸电台证实呼叫序列。

呼叫只在适当的单频呼叫频道或频率上一次性被发送。只有在例外的情况下，呼叫才在一个以上的频率上同时发送。

2.1.8 海岸电台操作员选择最适合船舶位置的呼叫频率。

2.1.8.1 在尽可能检测到没有进行中的呼叫后，海岸电台操作员在某一选定的频率上发送序列。为保证来自船舶电台的确认信号的接收，在任一频率上的发送均应被限制在2个呼叫序列以内，其相互间隔至少45秒。

2.1.8.2 如果合适，可发送“试呼”，其中可包含以不小于5分钟的间隔在其他频率上按照与§2.1.8.1所述规律相同的规律对同一呼叫序列进行的发送（必要时改变工作频率信息以对应与呼叫频率相同的波段）。

2.1.9 如果收到确认信号，不应进一步发送呼叫序列。

海岸电台将在其所建议的工作频道或频率上发送业务。

2.1.10 对所收到的呼叫的确认，只在收到以确认请求结束的呼叫序列时，才被发送。

2.1.11 当所呼叫的电台不做应答时，通常只有在至少15分钟间隔之后才重复试呼。同一试呼每24小时中不应被重复超过五次。一个试呼总的频率占用时间通常不应超过1分钟。

下列程序适用于船舶：

2.1.12 当船舶电台收到呼叫序列时，接收的电文应被显示出来。

2.1.13 当接收到的呼叫序列包含序列结束信号RQ时，应组成并发送确认信号。

格式指示符和类别信息应与收到的呼叫序列相同。

2.1.13.1 如果船舶电台未配备进行DSC自动操作的手段，则船上操作员使用§2.2所述的船对岸呼叫程序，在收到呼叫序列延时至少5秒但不长于$4\frac{1}{2}$分钟后发出确认信号。但是发送序列应在“RQ”信号的位置包含一个“BQ”序列结束信号。

如果这样的确认信号不能在收到呼叫序列5分钟之内发送，则船舶电台应使用§2.2所述的船到岸呼叫程序向海岸电台发送一个呼叫序列。

2.1.13.2 如果船舶电台配备了DSC自动操作手段，则船舶电台自动发送一个带“BQ”序列结束信号的确认。在收到完整的呼叫序列之后，开始确认序列的发送对HF和MF波段应在30秒之内、对VHF波段应在3秒之内。

2.1.13.3 如果船舶能够立即应答，则确认序列应包含与所收到的呼叫序列相同的遥控信号，说明其能够做出应答。

如果在呼叫中没有建议工作频率，则船舶电台应在其确认序列中包含工作频率的建议。

2.1.13.4 如果船舶不能立即应答，则确认序列应包含遥控信号104（无法应答），伴随给出附加信息的第2个遥控信号（见ITU-R M.493建议书）。

稍后在船舶能够接受所提供的业务时，船上操作员应用§2.2所述的船对岸呼叫程序向海岸电台发起呼叫。

2.1.14 如果呼叫被确认并说明能够立即应答，且建立了海岸电台和船舶电台之间在达成共识的工作频道上的通信，则可认为DSC呼叫程序已完成。

2.1.15 如果船舶电台发送的确认未被海岸电台收到，则将导致海岸电台重复该呼叫（依照§2.1.11）。在这种情况下，船舶电台应发送一个新的确认。如果未收到重复呼叫，则船舶电台应按照§2.1.13.1发送一个确认或呼叫序列。

2.2 船舶电台向海岸电台发起呼叫（见注1）

图3和图4分别以流程图和时间序列框图具体说明以下程序。

作为对最初从海岸电台收到的呼叫的延时响应（见§2.1.13.1）以及为了从船舶电台发起业务，也应该遵循本程序。

注1 － 有关只适用于半自动/自动业务的进一步详细程序，请参见ITU-R M.689和ITU-R M.1082建议书。

2.2.1 船舶电台按下列方式组成呼叫序列：

- 操作员选择格式指示符，
- 操作员输入地址，
- 自动选择类别，
- 对自我标识进行预编程，
- 操作员选择遥控信息，
- 如果合适，操作员在序列电文部分插入（选择或输入）工作频率信息，或输入位置信息（仅用于MF/HF），
- 操作员输入需要的电话号码（仅用于半自动/自动连接），
- 自动选择“序列结束”信号RQ。

图3

船对岸方向呼叫操作程序流程图

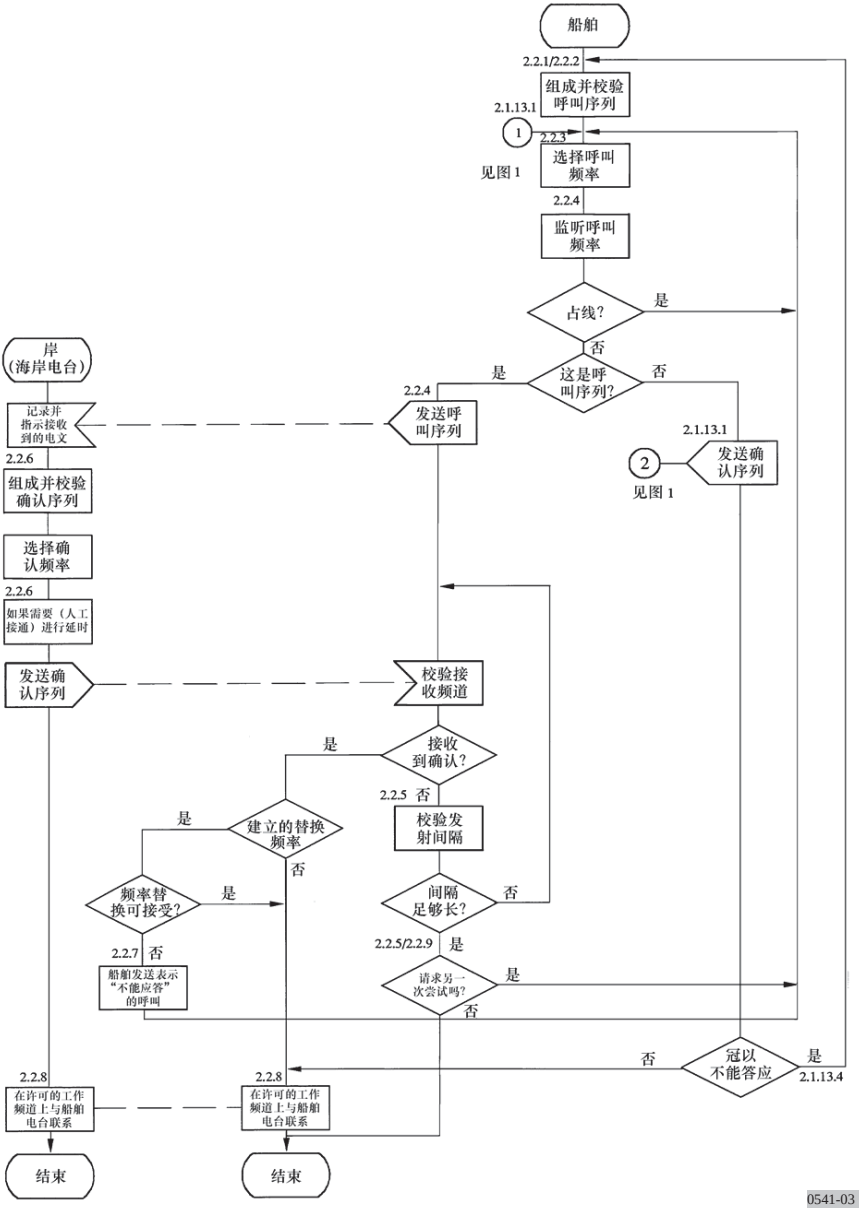
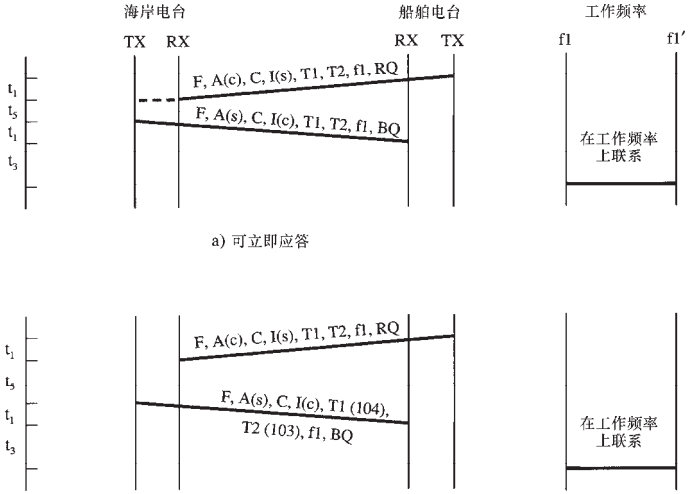


图4

船对岸方向呼叫时序图示例



在图2和图4中使用下列符号：

t_1 ： DSC序列的发射时间

t_3 ： 从呼叫到工作频率的过渡时间、如果需要、包括工作频道清除时间（排队等候时间）

t_5 ： 海岸电台准备确认的时间（见§2.2.6）

F ： 格式指示符

A ： 被叫电台地址

I ： 主叫电台自识别 { 后缀（c）或（s）分别表示海岸电台或船舶电台

C ： 类别

T1 ： 第一遥控信号，（104）表示不能应答

T2 ： 第二遥控信号，（103）表示排队

f_1，f_1' ： 工作频率

RQ，BQ： 序列结束信号

0541-04

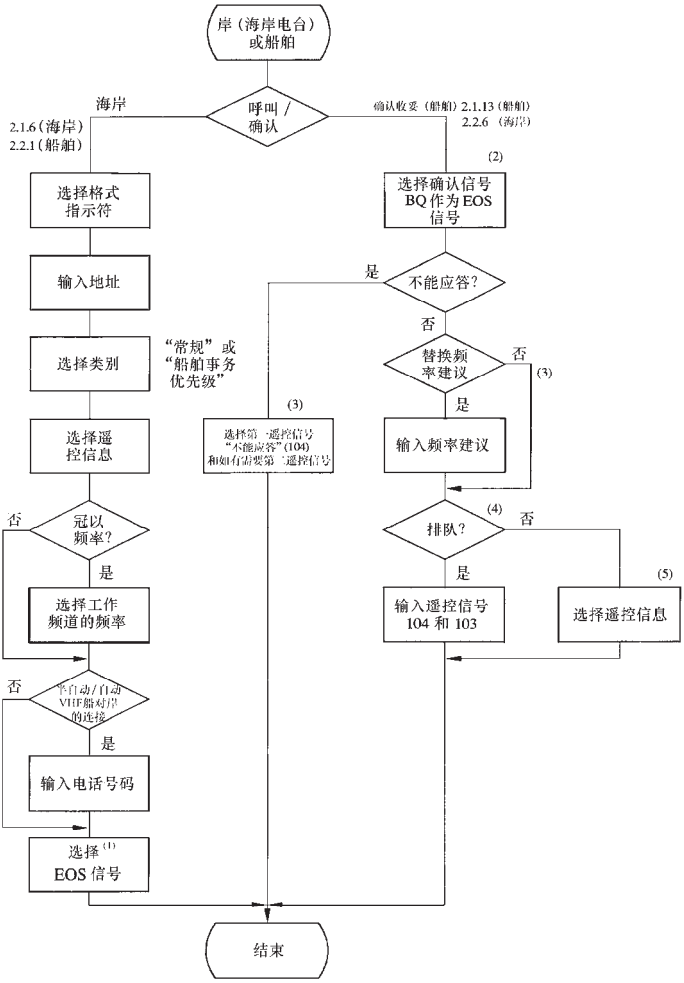
2.2.2 船舶检验呼叫序列。

2.2.3 船舶选择最适合的单频呼叫频率，最好使用国内为海岸电台指配的呼叫频道，为此它须在所选频率上发送一个单一呼叫序列。

2.2.4 船舶在尽可能检测出在所选频率上无正在进行中的呼叫之后，在该频率上进行序列的发送。

图5

呼叫和确认序列的组成程序（对除遇险和安全呼叫以外的其他呼叫）



（1）通常确认信号RQ自动被选择为对单个电台的呼叫序列的EOS信号。

（2）格式指示符和类别自动从所接收的呼叫中转换。所接收到序列的自识别码通过选择确认信号BQ自动转换成确认序列的地址部分。

（3）频率信息自动从所接收的呼叫中转换。

（4）该程序只适用于海岸电台。

（5）在能应答并且无排队时，那么遥控信息自动从所接收的呼叫中转换。

0541-05

2.2.5 如果被叫电台不做应答，则发自船舶电台的呼叫序列对人工连接至少在5分钟之后，对半自动/自动VHF或MF/HF连接情况分别至少在5秒或25秒之后，才能进行重复。如果合适，可在备选的频率上进行这些重复发送。任何向同一海岸电台的重发均应经过至少15分钟才能进行。

2.2.6 海岸电台对人工连接应在至少5秒但不大于$4\frac{1}{2}$分钟的延时之后发送一个确认序列（在尽可能检测到所选频率上无正在进行中的呼叫后），对半自动或自动连接应在3秒之内，其中包含格式指示符、船舶地址、类别、海岸电台自识别，及：

— 如果能在所建议的工作频率上立即应答，则与呼叫请求中相同的遥控和频率信息；

— 如果船舶电台没有建议工作频率，则确认序列应包含频道/频率建议；

— 如果不能在所建议的工作频率上立即应答但能在备选频率上立即应答，与呼叫请求中相同的遥控指令信息，但不包括备选频率；

— 如果不能立即应答，带有给出附加信息的第二遥控信号的遥控信号104，仅针对人工连接，该第二遥控信号可包含排队说明。

还应包含序列结束信号BQ。

2.2.7 对人工连接，如果根据§2.2.6建议了工作频率但其对船舶电台又是不可接受的，则船舶电台应立即向海岸电台发送一个新的呼叫，要求给出备选频率。

2.2.8 如果确认信号被收到，则不应进一步发送呼叫序列。当收到表示能够应答的确认信号时，DSC程序就已完成，海岸电台和船舶电台都应在达成共识的工作频率上且无进一步DSC呼叫交换的情况下进行通信。

2.2.9 如果海岸电台发送了确认信号而船舶电台未接收到，则船舶电台应根据§2.2.5进行重复呼叫。

2.3 船舶电台向船舶电台发起呼叫

船对船的呼叫程序应与§2.2给出的程序相似，即，接收的船舶电台酌情采用用于海岸电台的程序进行应答，但就§2.2.1而言，主叫船舶需在呼叫序列的电文部分插入工作频率信息。

附件3

在MF、HF和VHF上的船舶DSC通信操作程序

引言

在MF和VHF上的DSC通信程序在以下§1至§5描述。

在HF上的DSC通信程序总体上与MF和VHF的相同，在HF进行DSC通信时要考虑的特殊情况在以下§6节描述。

1 遇险

1.1 DSC遇险告警的发送

依主台来看，如果船舶或个人处于遇险状态并且要求立即救助，则应发送遇险告警。

DSC遇险告警应尽可能包含船舶的最后已知位置和时间（用UTC）。位置和时间可由船舶的导航设备自动包含，也可人工插入。

DSC遇险告警按下列方式发送：

— 将发信机调谐到DSC遇险频道（在MF为2 187.5 kHz，在VHF为第70频道（见注1））。

注1 — 为了在2 187.5 kHz发送DSC告警，某些水上MF无线电话发信机须调谐到比2 187.5 kHz低1 700 Hz的频率上，即2 185.8 kHz。

— 如果时间允许，根据DSC设备制造商的使用说明，在DSC设备键盘上键入或选择：

  — 遇险性质，

  — 船舶的最后已知位置（经度和纬度），

  — 位置有效的时间（UTC），

  — 随后的遇险通信类型（电话）；

— 发送DSC遇险告警；

— 在等待DSC遇险确认的同时，通过将发信机和无线电话收信机调谐于同一波段的遇险业务频道，即MF的2 182 kHz、VHF的第16频道，为随后的遇险业务做准备。

1.2 接收遇险告警后的行动

由于使用DSC的DSC遇险告警确认通常只能由海岸电台做出，因此接收另一船舶遇险告警的船舶通常不应用DSC确认告警。

如果船舶电台继续在MF或VHF频道上收到DSC遇险告警，则应在与救援协调中心或海岸电台协商并得到相关指示后，使用DSC发出确认来终止呼叫。

如果船舶在一个或多个海岸电台覆盖范围之内，为给海岸电台留出时间首先确认DSC遇险告警，接收另一船舶遇险告警的船舶还应将通过无线电话进行遇险告警的确认延迟一小段时间。

接收另一船舶遇险告警的船舶须：

- 在遇险频道（MF为2 187.5 kHz，VHF为第70频道）上监测遇险确认的接收；
- 将无线电话收信机调谐于与接收DSC遇险告警相同的波段的遇险业务频率，即MF为2 182 kHz，VHF为第16频道，为接收随后的遇险通信做好准备；
- 通过与接收DSC遇险告警相同的波段的遇险业务频率，即MF为2 182 kHz，VHF为第16频道，用无线电话发送下列内容，确认收到遇险告警：
  - “MAYDAY”，
  - 重发3次遇险船舶的9位数字识别码，
  - “this is”，
  - 重发3次本船9位数字识别码或呼号或其他标识，
  - “RECEIVED MAYDAY”。

1.3 遇险业务

当收到DSC遇险呼叫确认时，遇险船舶应通过无线电话在遇险业务频率上（MF为2 182 kHz，VHF为第16频道）按下列方式进行遇险业务：

- “MAYDAY”，
- “this is”，
- 船舶的9位数字识别码及呼号或其他标识，
- 船舶的经纬度位置或其他已知地理位置参考，
- 遇险的性质和所需要的救助，
- 任何有助于救援的其他信息。

1.4 DSC遇险中继呼叫的发送

在VHF或MF频道上收到DSC遇险告警的任何船舶均不允许发出针对所有船舶的DSC遇险中继。如果在相关频道（MF为2 182 kHz，VHF为第16频道）上不存在耳闻监测，则应通过发送单独的DSC遇险中继呼叫与海岸电台联系。

1.4.1 代表他人发送DSC遇险中继呼叫

获悉另一船舶遇险的船舶须发送DSC遇险中继呼叫，如果：

— 遇险船舶本身不能发送遇险告警，

— 船主认为需要进一步的帮助。

DSC遇险中继呼叫按下列方式发送：

— 将发信机调谐于DSC遇险频道（MF为2 187.5 kHz，VHF为第70频道），

— 在DSC设备上选择遇险中继呼叫格式，

— 在DSC设备键盘上键入或选择：

  — 全体船舶呼叫（VHF）。相关海岸电台的地理区域呼叫（MF/HF）或9位数字识别码，

  — 遇险船舶的9位数字识别码（如知道），

  — 遇险性质，

  — 遇险船舶的最后位置（如知道），

  — 位置的有效时间（UTC）（如知道），

  — 随后的遇险通信类型（电话）；

— 发送DSC遇险中继呼叫；

— 在等待DSC遇险确认的同时，将发信机和无线电话收信机调谐于与遇险业务频道相同的波段，即MF为2 182 kHz，VHF为第16频道，为随后的遇险业务做准备。

1.5 从海岸电台接收的DSC遇险中继呼叫的确认

海岸电台在收到并确认DSC遇险告警之后，如有必要，可针对全体船舶（仅用于VHF）、在特定地理区域的所有船舶（仅用于MF/HF）或某一船舶以DSC遇险中继呼叫形式重发接收到的信息。

接收由海岸电台发送的遇险中继呼叫的船舶不得使用DSC确认呼叫，但应在与接收中继呼叫相同的波段的遇险业务频道上，即MF为2 182 kHz、VHF为第16频道，用无线电话确认收到呼叫。

在与接收中继呼叫相同的波段的遇险业务频率上用无线电话发送下列内容，确认收到遇险中继呼叫：

— “MAYDAY”，

— 主叫海岸电台的9位数字识别码，或呼号或其它标识，

— “this is”，

— 本船的9位数字识别码或呼号或其他标识，

— “RECEIVED MAYDAY RELAY”。

1.6 从另一船舶接收的DSC遇险中继呼叫的确认

从另一船舶接收到遇险中继呼叫的船舶须遵循与遇险告警的确认相同的程序，即以上§1.2给出的程序。

1.7 无意遇险告警的取消

发送无意遇险告警的电台须采用下列程序取消遇险告警：

1.7.1 立即在与每一个“遇险告警”发送DSC频道相关的电话遇险业务频道上取消遇险可闻告警。

1.7.2 监测与发送遇险呼叫DSC频道相关的电话遇险业务频道，并酌情对与该呼叫有关的任何通信做出响应。

2 紧急呼叫

2.1 紧急电文的发送

紧急电文的发送须分两步进行：

— 发出紧急电文通告，

— 发送紧急电文。

通过在DSC遇险呼叫频道（MF为2 187.5 kHz，VHF为第70频道）发送DSC紧急呼叫进行通告。

紧急电文在遇险业务频道上发送（MF为2 182 kHz，VHF为第16频道）。

DSC紧急呼叫的接收地址可以是VHF上的所有电台，MF/HF上的特定地理区域或指定电台。紧急电文的发送频率须包含在DSC紧急呼叫中。

紧急电文的发送按下列方式进行：

通告：

— 将发信机调谐于DSC遇险呼叫频道（MF为2 187.5 kHz，VHF为第70频道）；

— 在DSC设备上选择适当的呼叫格式（全体船舶（仅用于VHF）、地理区域（仅用于MF/HF）或个别电台）；

— 根据DSC设备制造商的说明，在DSC设备键盘上键入或选择：

  — 指定电台的9位数字识别码或特定区域，

  — 呼叫类别（紧急），

  — 发送紧急电文的频率或频道，

  — 给出紧急电文所用的通信类型（无线电话）；

— 发送DSC紧急呼叫。

紧急电文的发送：

— 将发信机调谐于DSC紧急呼叫所指示的频率或频道；

— 按下列方式发送紧急电文：

  — “PAN PAN”，重复3次，

  — “所有电台”或被叫电台，重复3次，

  — “this is”，

  — 本船的9位数字识别码及呼号或其他标识，

  — 紧急电文文本。

2.2 紧急电文的接收

接收向一个以上船舶通告紧急电文的DSC紧急呼叫的船舶不得确认DSC呼叫的接收，但应将无线电话调谐于呼叫所指示的频率并收听紧急电文。

3 安全

3.1 安全电文的发送

安全电文的发送须分两步进行：

— 发出安全电文通告，

— 发送安全电文。

通过在DSC遇险呼叫频道（MF为2 187.5 kHz，VHF为第70频道）上发送DSC安全呼叫，进行通告。

安全电文通常在与DSC呼叫发送频率相同波段的遇险和安全业务频道发送，即MF为2 182 kHz，VHF为第16频道。

DSC安全呼叫的接收地址可以是所有船舶（仅用于VHF）、特定地理区域内的船舶或指定电台。

安全电文的发送频率必须包含在DSC呼叫中。

安全电文的发送按下列方式进行：

通告：

- 将发信机调谐于DSC遇险呼叫频道（MF为2 187.5 kHz，VHF为第70频道），
- 在DSC设备上选择适当的呼叫格式（所有船舶（仅用于VHF）、地理区域（仅用于MF/HF）呼叫或个别电台）；
- 根据DSC设备制造商的使用说明，在DSC设备键盘上键入或选择：
  - 指定台的指定区域或9位数字识别码，
  - 呼叫类别（安全），
  - 发送安全电文的频率或频道，
  - 给出安全电文的通信类型（无线电话）；
- 发送DSC安全呼叫。

安全电文的发送：

- 将发信机调谐于DSC安全呼叫所指示的频率或频道，
- 按下列方式发送安全电文：
  - “安全”，重复3次，
  - “所有电台”或被叫电台，重复3次，
  - “this is”，
  - 本船的9位数字识别码及呼号或其他标识，
  - 安全电文文本。

3.2 安全电文的接收

接收向一个以上船舶通告安全电文的DSC紧急呼叫的船舶不得确认DSC安全呼叫的接收，但应将无线电话调谐于呼叫中所指示的频率并收听安全电文。

4 公众通信

4.1 用于公众通信的DSC频道

4.1.1 VHF

VHF波段DSC第70频道用于遇险和安全DSC及公众通信DSC。

4.1.2 MF

与DSC遇险和安全呼叫频道2 187.5 kHz不同的国际和国内DSC频道用于MF波段的公众通信数字选择呼叫。

在MF上为进行公众通信用DSC呼叫海岸电台的船舶电台最好使用海岸电台的国内DSC频道。

用于公众通信的国际DSC频道通常可用于不同国籍的船舶和海岸电台之间的通信。船舶的发送频率为2 189.5 kHz，接收频率为2 177 kHz。

2 177 kHz频率也用于船舶间一般通信的DSC。

4.2 为进行公众通信向海岸电台或另一船舶电台发送的DSC呼叫

为进行公众通信向海岸电台或另一船舶进行的DSC呼叫按下列方式发送：

- 将发信机调谐于相关的DSC频道；
- 在DSC设备上选择呼叫指定电台的格式；
- 根据DSC设备制造商的使用说明，在DSC设备键盘上键入或选择：
  - 被叫电台的9位数字识别码，
  - 呼叫类别（常规），
  - 随后的通信类型（通常为无线电话），
  - 如呼叫另一船舶，所建议的工作频道。对工作频率的建议不得包含在对海岸电台的呼叫中；海岸电台将在其DSC确认信号中指示一个空闲工作频道；
- 发送DSC呼叫。

4.3 重复呼叫

如果在5分钟内未收到确认信号，用于公众通信的DSC呼叫可在同一或另一DSC频道上重发。

如果仍未收到确认信号，进一步的试呼应延时至少15分钟进行。

4.4 对所收到呼叫的确认和对业务接收的准备

当收到来自海岸电台或另一船舶的DSC呼叫时，按下列方式进行DSC确认信号的发送：

- 将发信机调谐于接收呼叫的DSC频道的发信频率上，
- 在DSC设备上选择确认格式，
- 发送指示能否如呼叫中所建议的方式进行通信的确认信号（通信类型和工作频率），
- 若能如所指示进行通信，则将发信机和无线电话收信机调谐于所指示的工作频率上并准备接收业务。

4.5 确认信号的接收和进一步的行动

当收到指示被叫电台能够接收业务的确认信号时，应准备按下列方式发送业务：

— 将发信机和收信机调谐于所指示的工作频率；

— 通过下列手段在工作频道上开始进行通信：

  — 被叫电台的9位数字识别码或呼号或其他标识，

  — “this is”，

  — 本船的9位数字识别码或呼号或其他标识。

如果海岸电台的确认信号指示海岸电台不能立即接收业务则通常将由该船负责稍后再次呼叫。

如果该船在响应另一船舶的呼叫时，收到指示后者不能立即接收业务的确认信号，则通常由被叫船舶在做好接收业务的准备后，负责向主叫船舶发送一个呼叫。

5 对遇险和安全设备的测试

应采用其他方式尽可能避免在专用的DSC遇险和安全呼叫频率2 187.5 kHz上进行测试。

测试呼叫应由船舶电台发送并由被叫海岸电台确认。通常，在所涉及的两个电台之间不会有进一步的通信。

对电台发出的VHF和MF测试呼叫按下列方式发送：

— 将发信机调谐于DSC遇险和安全呼叫频率（即第70频道和2 187.5 kHz），

— 根据DSC设备制造商的说明，在DSC设备上为测试呼叫键入或选择格式，

— 键入被叫电台的9位数字识别码，

— 在尽可能检测到在该频率上无正在进行中的呼叫之后，发送DSC呼叫，

— 等待确认。

6 HF上的DSC通信的特殊条件和程序

概述

HF上的DSC通信程序与MF/VHF上的DSC通信的相关程序相同，但增加了下述§6.1至§6.3段所述程序。

在HF上进行DSC通信时，应适当考虑§6.1至§6.3所述的特殊条件。

6.1 遇险

6.1.1 DSC遇险告警的发送

DSC遇险告警应发向海岸电台 — 例如HF波段为A3和A4海区 — 在MF与/或VHF波段为附近其他船舶。

DSC遇险告警应尽可能包括该船的最后已知位置和有效时间（UTC）。如果位置和时间不能从该船的导航设备自动插入，则应人工插入。

船到岸的遇险告警

HF波段的选择

当选择HF波段进行DSC遇险告警发送时，应考虑当前季节和时间内HF无线电波的传播特性。

一般来说，8 MHz水上波段的DSC遇险频道（8 414.5 kHz）是合适的首选。

在一个以上的HF波段发送DSC遇险告警通常将增加告警被海岸电台收到的成功率。

DSC遇险告警可以两种不同的方式在若干HF波段上发送：

a) 在一个HF波段发送DSC遇险告警，并等待几分钟来接收海岸电台的确认信号；

若在3分钟内未收到确认信号，则通过在另一个合适的HF波段上发送DSC遇险告警重复该过程。

b) 呼叫间无停顿或短暂停顿地在多个HF波段发送DSC遇险告警，无需等待呼叫间的确认。

建议在时间许可时，在所有情况下均遵循程序a)；这将更易于选择合适的HF波段与在相应的遇险业务频道上的海岸电台进行随后通信。

发送DSC遇险告警（见注1）：

— 将发信机调谐于所选的HF DSC遇险频道（4 207.5、6 312、8 414.5、12 577、16 804.5 kHz）（见注2）；

— 按照§1.1所述的指南在DSC设备键盘上键入或选择相关信息。

— 发送DSC遇险告警。

注1 — 船对船的遇险告警通常应使用§1.1所述的MF/VHF遇险告警发送程序，在MF和/或VHF做出。

注2 — 为在正确的频率上发送DSC遇险告警，某些水上HF发信机须调谐到比以上给出的DSC频率低1 700 Hz的频率上。

在特殊情况下（例如在热带地区），HF上DSC遇险告警的发送，除了船对岸告警，也可用于船对船告警。

6.1.2 准备随后的遇险业务

在适当的DSC遇险频道（HF、MF和/或VHF）上发送完DSC遇险告警之后，将无线通信机调谐于相应的遇险业务频道（酌情为HF、MF和/或VHF），准备随后的遇险业务。

如果发送多频率试呼，则相应遇险业务频率应为8 291kHz。

如果§6.1.1所述的方式b)用于在多个HF波段上发送DSC遇险告警，则应：

— 考虑在哪个HF波段上成功收到了由海岸电台发出的确认信号；

— 如果在一个以上的HF波段接收到了确认信号，则在这些波段之一开始进行遇险业务的发送，但如果没有从海岸电台收到响应，则应依次使用其他波段。

遇险业务频率为（见《无线电规则》附录15，表15-1）：

HF（kHz）：

电话	4 125	6 215	8 291	12 290	16 420
电传	4 177.5	6 268	8 376.5	12 520	16 695

MF（kHz）：

电话	2 182
电传	2 174.5

VHF：第16频道（156.800 MHz）。

6.1.3 遇险业务

在MF/HF上用无线电话进行遇险业务时，应使用§1.3所述的程序。

在MF/HF上用无线电传进行遇险业务时，须使用下列程序：

— 须使用前向纠错方式（FEC）；

— 所有电文之前均须有：

  — 至少一个回车，

  — 换行，

  — 一个字母键位，

  — 遇险信号MAYDAY；

— 遇险船舶应按下列方式在适当的遇险电传业务频道上进行电传业务：

  — 回车，换行，字母键位，

  — 遇险信号“MAYDAY”

  — “this is”，

  — 该船的9位数字识别码及呼号或其他标识，

  — 船舶位置（若未包含在DSC遇险告警中），

  — 遇险性质，

  — 任何有利于救援的其他信息。

6.1.4 收到来自另一船舶的HF DSC遇险告警时的行动

收到来自另一船舶的HF DSC遇险告警的船舶不得确认告警，但应：

— 监测来自海岸电台的DSC遇险确认的接收；

— 在等待接收来自海岸电台的DSC遇险确认的同时：

  将HF无线通信机（发信机和收信机）调谐于与接收DSC遇险告警同一HF波段的遇险业务 频道，准备接收随后的遇险通信，同时观察下列情况：

  — 若DSC告警中指示了无线电话方式，则应将HF无线通信机调谐于相关HF波段的无线电话遇险业务频道；

  — 若DSC告警中指示了电传方式，则应将HF无线通信机调谐于相关HF波段的无线电传遇险业务频道。能这样做的船舶还应监测相应的无线电话遇险频道；

  — 若DSC遇险告警在一个以上的HF波段收到，则应将无线通信机调谐于实际情况下被认为最佳的HF波段中的相关遇险业务频道。若成功地在8 MHz波段接收到DSC遇险告警，则在多数情况下，该波段可能是合适的首选；

  — 若在1至2分钟内在HF频道未收到遇险业务，则应将HF无线通信机调谐于实际情况下被认为合适的另一HF波段的相关遇险业务频道；

  — 若在5分钟内未收到来自海岸电台的DSC遇险确认，并且未监测到海岸电台与遇险船舶间正在进行遇险通信，则应：

    — 用适当的无线通信方式通知救援协调中心（RCC），

    — 发送DSC遇险中继告警。

6.1.5 DSC遇险中继呼叫的发送

在认为适合发送DSC遇险中继呼叫的情况下：

— 应人工发起HF上的遇险中继呼叫；

— 遵照以上§6.1.1所述程序将发信机调谐于相关的DSC遇险频道（在单频上以人工方式发出的单一呼叫除外）；

— 遵照§1.4所述的说明在DSC设备键盘上键入或选择呼叫格式和相关信息；

— 发送DSC遇险中继呼叫。

6.1.6 收自海岸电台的HF DSC遇险中继呼叫的确认

在HF上接收来自海岸电台的DSC遇险中继呼叫的船舶（呼叫接收地址为指定区域内的所有船舶），不得使用DSC确认收到中继告警，但可在与DSC遇险中继呼叫接收波段相同的波段中的电话遇险业务频道使用无线电话来确认。

6.2 紧急呼叫

在HF上发送的紧急电文通常接收地址应为：

— 指定地理区域内的所有船舶，

— 或指定的海岸电台。

紧急电文的通告通过是在适当的DSC遇险频道上发送带有紧急类别的DSC呼叫来完成的。

HF上紧急电文本身的发送是在与DSC通告发送波段相同的波段中的适当遇险业务频道上通过无线电话或无线电传完成的。

6.2.1 在HF上发送紧急电文的DSC通告

— 挑选最合适的HF波段，要考虑到当前季节和时间内HF无线电波的传播特性。在多数情况下，8 MHz波段是合适的首选；

— 将HF发信机调谐于所选HF波段的DSC遇险频道；

— 酌情在DSC设备上键入或选择地理区域呼叫或单个呼叫的呼叫格式；

— 在区域呼叫情况，键入相关地理区域的说明具体信息；

— 按照§2.1所述说明，在DSC设备键盘上键入或选择相关信息，包括发送紧急电文的通信类型（无线电话或无线电传）；

— 发送DSC呼叫；且

— 如果DSC呼叫的接收地址为指定的海岸电台，则等待来自该海岸电台的DSC确认信号。若在几分钟内未收到确认信号，则应在另一被认为合适的HF频率上重发DSC呼叫。

6.2.2 紧急电文的发送及随后的行动

— 将HF发信机调谐于DSC通告中所指示的遇险业务频道（电话或电传）；

— 若紧急电文用无线电话发送，则应遵循§2.1所述程序；

— 若紧急电文用无线电传发送，则须采用下列程序：

  — 除非紧急电文的接收地址为无线电传识别码已知的单个电台，否则应使用前向纠错方式（FEC）；

  — 通过以下方法开始电传电文：

    — 至少一个回车，换行，一个字母键移，

    — 紧急信号“PAN PAN”，

    — “this is”，

    — 该船的9位数字识别码及呼号或该船的其他标识，

    — 紧急电文的文本。

接收地址为指定区域内所有配备HF设备的船舶的紧急电文的通告和发送可根据实际情况在多个被认为合适的HF波段重发。

6.3 安全

DSC安全通告的发送程序和安全电文的发送程序与§6.2所描述的紧急电文发送程序相同，但：

— 在DSC通告中，须使用SAFETY类别，

— 在安全电文中，须使用安全信号“SECURITY”，而非紧急信号“PAN PAN”。

附件4

在MF、HF和VHF上进行DSC通信的海岸电台的操作程序

引言

在MF和VHF上进行DSC通信的程序在以下§1至§5节予以阐述。

在HF上进行DSC通信的程序总的来说与MF和VHF上的通信相同。在HF进行DSC通信时，要考虑的特殊情况描述于下面§6。

1 遇险（见注1）

1.1 DSC遇险告警的接收

遇险告警的发送表明移动单元（船舶、飞行器或其他机动车辆）或个人处于遇险状态并且需要立即救助。遇险告警是使用遇险呼叫格式的数字选择呼叫。

接收遇险告警的海岸电台须确保一经可能即向RCC发送该遇险告警。遇险告警的接收一经可能即须由合适的海岸电台予以确认。

注1 － 这些程序假定RCC远离DSC海岸电台；若情况并非如此，应在本地做出适当修正。

1.2 DSC遇险告警的确认

海岸电台须在接收呼叫的遇险呼叫频率上发送确认信号，并应将其接收地址设为所有船舶。确认信号应包含其遇险告警被确认的船舶的识别码。

DSC遇险告警的确认按下列方式发送：

- 使用调谐于遇险告警接收频率上的发信机；
- 根据DSC设备制造商的使用说明，在DSC设备键盘键入或选择（见注1）：
  - 遇险告警确认，
  - 遇险船舶的9位数字识别码，
  - 遇险性质，
  - 遇险坐标，
  - 位置有效时间（UTC）。

  注1 － 这种信息的一些或全部可由设备自动包含；
- 发送确认信号；
- 对无线电话进行监听，准备处理随后的遇险业务（若接收到的遇险告警中的“随后通信方式”信号表明为电传打字机，而若海岸电台配置有NBDP，则也为NBDP）。在两种情况下，无线电话和NBDP频率都应是与遇险告警接收频率相关的频率（MF为2 182 kHz（用于无线电话）和2 174.5 kHz（用于NBDP），VHF为156.8 MHz/第16频道（用于无线电话）VHF上没有用于NBDP的频率）。

1.3 DSC遇险中继呼叫的发送

在下列任何情况下，海岸电台均须开始并发送遇险中继呼叫：

- 当移动单元的遇险用其他方法通知给海岸电台并且RCC要求对船舶进行广播告警时；
- 当负责海岸电台的人认为需要进一步的帮助时（在这种情况下，建议与相关RCC密切合作）。

在上述情况下，海岸电台须酌情发送接收地址为所有船舶（仅用于VHF）、某一地理区域（仅用于MF/HF）或指定船舶的岸对船遇险中继呼叫。

遇险中继呼叫须包含遇险移动单元的识别码及其位置和其他有利于救援的信息。

遇险中继呼叫按下列方式发送：

— 使用调谐于DSC遇险告警接收频率上的发信机（MF为2 187.5 kHz，VHF为156.525 MHz/第70频道）；

— 根据DSC设备制造商的使用说明，在DSC设备键盘上键入或选择（见本附件§1.2注1）：

  — 遇险中继呼叫，

  — 格式规定符（所有船舶（仅用于VHF）、一个地理区域（仅用于MF/HF）或单个电台），

  — 如果合适，船舶的地址或地理区域，

  — 遇险船舶的9位数字识别码（若已知），

  — 遇险性质，

  — 遇险坐标，

  — 位置有效的时间（UTC）；

— 发送遇险中继呼叫；

— 切换到同一波段的遇险业务频道，即MF为2 182 kHz，VHF为156.525 MHz/第16频道，准备接收船舶电台的确认并准备处理随后的遇险业务。

1.4 遇险中继呼叫的接收

如果遇险中继呼叫从船舶电台接收，接收遇险呼叫的海岸电台须确保一经可能即向RCC发送该呼叫。遇险中继呼叫的接收一经可能即由合适的海岸电台使用接收地址为该船舶电台的DSC遇险中继确认信号来确认。如果遇险中继呼叫从海岸电台接收，其他海岸电台通常将不必采取进一步的行动。

2 紧急呼叫

2.1 DSC通告的发送

紧急电文的通告须使用DSC和紧急呼叫格式在一个或多个遇险和安全呼叫频率上完成。

DSC紧急呼叫的接收地址可以是所有船舶（仅用于VHF）、一个地理区域（仅用于MF/HF）或指定的船舶。紧急电文在通告之后的发送频率须包含在DSC紧急呼叫中。

DSC紧急呼叫按下列方式发送：

— 使用调谐于DSC遇险呼叫频率上的发信机（MF为2 187.5 kHz，VHF为156.525 MHz/第70频道）；

— 根据DSC设备制造商的说明，在DSC设备键盘键入或选择（见本附件§1.2注1）：

  — 格式规定符（所有船舶呼叫（VHF）、一个地理区域（仅用于MF/HF）或单个电台），

  — 如果合适，船舶的地址或地理区域，

  — 呼叫类别（紧急），

  — 紧急电文的发送频率或频道，

  — 发送紧急电文的通信类型（无线电话）；

— 发送紧急呼叫。

在DSC通告之后，紧急电文将在DSC呼叫中指定的频率上发送。

3 安全

3.1 DSC通告的发送

安全电文的通告须使用DSC和安全呼叫格式在一个或多个遇险和安全呼叫频率上完成。

DSC安全呼叫的接收地址可以是所有船舶（仅用于VHF）、一个地理区域（仅用于MF/HF）或指定的船舶。安全电文在通告之后的发送频率须包含在DSC安全呼叫中。

DSC安全呼叫按下列方式发送：

— 使用调谐于DSC遇险告警频率上的发信机（MF为2 187.5 kHz，VHF为156.525 MHz/第70频道）；

— 根据DSC设备制造商的说明，在DSC设备键盘键入或选择（见本附件§1.2注1）：

  — 格式规定符（所有船舶（仅用于VHF）、一个地理区域（仅用于MF/HF）或单个电台），

  — 如果合适，船舶的地址或地理区域，

  — 呼叫类别（安全），

  — 发送安全信息的频率或频道，

  — 发送安全信息的通信类型（无线电话）；

— 发送DSC安全呼叫。

在DSC通告之后，安全信息将在DSC呼叫中指定的频率上发送。

4 公众通信

4.1 用于公众通信的DSC频率/频道

4.1.1 VHF

156.525 MHz/第70频道用于DSC的遇险和安全呼叫，但也可以用于该目的以外的通信，如公众通信。

4.1.2 MF

公众通信使用国内和国际频率，这些频率与用于遇险和安全目的的频率不同。

当通过DSC呼叫船舶电台时，海岸电台应按以下优先顺序使用：

- 海岸电台保持监视的国内DSC频道；
- 国际DSC呼叫频道，海岸电台以2 177 kHz发送，以2 189.5 kHz接收。为了减小该频道的干扰，通常海岸电台呼叫其他国家的船舶或在不知道船舶电台保持监视的DSC频率时对其加以使用。

4.2 DSC到船舶呼叫的发送

DSC呼叫按以下方法进行发送：

- 使用调谐至适当呼叫频率的发信机；
- 根据DSC设备制造商的使用说明，在DSC设备键盘上键入或选择（参见本附件§1.2的注1）：
  - 被呼叫船舶电台的9位识别码，
  - 呼叫类别，
  - 随后通信类型（无线电话），
  - 工作频率信息；
- 在尽可能检测到没有呼叫进行时，发送该DSC呼叫。

4.3 重复呼叫

海岸电台可能在同一呼叫频率上两次发送该呼叫，两次呼叫的间隔至少为45秒，前提是海岸电台在此间隔内没有接收到确认。

如果被呼叫的电台在第二次发送后不做确认，则该呼叫可在至少30分钟后在同一频率上发送或在至少5分钟后在另一呼叫频率上发送。

4.4 准备业务交换

当接收到DSC确认且被叫船舶电台可使用所建议的工作频率时，海岸电台则调谐至该工作频率或频道并准备接收业务。

4.5 对接收到的DSC呼叫的确认

通常，确认须在与接收呼叫频率成对的频率上发送。如果在几个呼叫频道上接收到同一呼叫，则须选择最合适的频道发送确认。

DSC呼叫的确认按以下方法发送：

- 使用调谐至适当频率的发信机；
- 按照DSC设备生产厂商的使用说明，在DSC设备键盘上键入或选择（参见本附件§1.2的注1）：
  - 格式规定符（个别电台）
  - 呼叫船舶的9位识别码，
  - 呼叫类别，
  - 如果能够立即接受船舶电台建议的工作频率，则其频率信息与接收呼叫的频率信息相同，
  - 如果呼叫船舶电台未建议工作频率，则确认中应包含频道/频率建议，
  - 如果不能接受建议的工作频率，但能够立即接受另一备选频率，则该频率作为工作频率，
  - 如果不能立即接受，则输出该信息；
- 在至少5秒但不超过 $4\frac{1}{2}$ 分钟后发送该确认（检测到在所选的频率上没有呼叫进行后）。

发送确认后，海岸电台调谐至该工作频率或频道并准备接收业务。

5 测试用于遇险和安全呼叫的设备

根据ITU-R M.493表4.7进行VHF、MF和HF测试呼叫。

DSC测试呼叫的确认

海岸电台应确认测试呼叫。

6 在HF上进行DSC通信的特殊条件和程序

概述

在HF上进行DSC通信的程序与在MF/VHF上进行DSC通信的相应程序相同，一些补充程序在以下的§6.1至§6.3加以说明。

在HF上进行DSC通信时，应充分考虑§6.1至§6.3所述的特殊条件。

6.1 遇险

6.1.1 HF上DSC遇险告警的接收和确认

遇险船舶可以在某些情况下在若干HF波段上发送DSC遇险告警，各呼叫间仅有很短的间隔。

海岸电台须在所有HF DSC收到DSC告警的遇险频道上发送DSC确认，以尽可能确保遇险船舶和收到该DSC告警的所有船舶均收到该确认。

6.1.2 遇险业务

作为一般规则，遇险业务应在与接收到DSC告警相同的波段上的适当遇险业务频道（无线电话或NBDP）上发起。

对于通过NBDP进行的遇险业务，应采用以下规则：

— 所有电文前须插入至少一个回车、换行、一个字母键位和遇险信号MAYDAY；

— 通常应使用FEC广播方式。

6.1.3 HF上DSC遇险中继呼叫的发送

当选择HF波段发送DSC遇险中继呼叫时，应考虑HF的传播特性。

要求装备有HF DSC遇险和安全设备的、加入《IMO公约》的船舶在8 MHz波段的DSC遇险频道和至少一个其他HF DSC遇险频道上保持连续的自动DSC监听。

为了避免无法在船上确定随后建立通信和进行遇险业务的波段的情况，HF DSC遇险中继呼叫每次应在一个HF波段上发送，且与应答船舶的随后通信应在另一个HF波段上最终重复DSC遇险中继呼叫前建立。

6.2 紧急呼叫

6.2.1 在HF上发送紧急通告和电文

对于通过NBDP发送的紧急电文，应采用以下规则：

— 紧急电文前应插入至少一个回车、换行、一个字母键位、紧急信号PANPAN和海岸电台的识别码；

— 通常应使用FEC广播方式。

仅当认为ARQ方式在实际情况中有利且假定船舶的无线电传号码已知时才使用ARQ方式。

6.3 安全

6.3.1 在HF上发送安全通告和电文

对于通过NBDP发送的安全电文，应采用以下规则：

— 安全电文前须插入至少一个回车、换行、一个字母键位、安全信号SECURITE和海岸电台的识别码；

— 通常应使用FEC广播方式。

仅当认为ARQ方式在实际情况中有利且假定船舶的无线电传号码已知时才使用ARQ方式。

附件5

用于DSC的频率

1 用于DSC遇险、紧急和安全目的的频率如下（《无线电规则》附录15）：

2 187.5	kHz
4 207.5	kHz
6 312	kHz
8 414.5	kHz
12 577	kHz
16 804.5	kHz
156.525	MHz（注1）

注1 — 156.525 MHz频率除用于遇险、紧急和安全外，也可用于DSC。

2 国际上可指配给船舶和海岸电台的、用于DSC及非遇险、紧急和安全目的的频率如下（见注2）：

2.1 船舶电台（见注2）

458.5			kHz
2 177（注2）	2 189.5		kHz
4 208	4 208.5	4 209	kHz
6 312.5	6 313	6 313.5	kHz
8 415	8 415.5	8 416	kHz
12 577.5	12 578	12 578.5	kHz
16 805	16 805.5	16 806	kHz
18 898.5	18 899	18 899.5	kHz
22 374.5	22 375	22 375.5	kHz
25 208.5	25 209	25 209.5	kHz
		156.525	MHz

2.2 海岸电台（见注2）

455.5			kHz
2 177			kHz
4 219.5	4 220	4 220.5	kHz
6 331	6 331.5	6 332	kHz
8 436.5	8 437	8 437.5	kHz
12 657	12 657.5	12 658	kHz
16 903	16 903.5	16 904	kHz
19 703.5	19 704	19 704.5	kHz
22 444	22 444.5	22 445	kHz
26 121	26 121.5	26 122	kHz
		156.525	MHz

注2－ 以下成对频率（kHz）（用于船舶电台/海岸电台）– 4 208/4 219.5、6 312.5/6 331、8 415/8 436.5、12 577.5/12 657、16 805/16 903、18 898.5/19 703.5、22 374.5/22 444和25 208.5/26 121是用于DSC的首选国际频率（见《无线电规则》附录17A部分，脚注j)和l)）。

注3－ 2 177 kHz频率仅用于船舶电台进行船舶间呼叫。

3 除以上§2中列出的频率以外，以下波段的相关工作频率亦可用于DSC：

415-526.5	kHz	（1区和3区）
415-525	kHz	（2区）
1 606.5-4 000	kHz	（1区和3区）
1 605-4 000	kHz	（2区）（关于1 605-1 625 kHz波段，见《无线电规则》第5.89款）
4 000-27 500	kHz	
156-174	kHz	

ITU-R M.585-6建议书*

水上移动业务标识的指配和使用

（1982-1986-1990-2003-2007-2009年-2012年）

范围

本建议书为各主管部门指配和维护水上移动业务的标识资源提供了指南。本建议书描述了使用全球海上遇险和安全卫星业务系统（GMDSS）的船舶指配的限制。

附件1描述了船舶电台、海岸电台、参与搜救的作业的航空器和其他安全相关的通信、航标自动识别系统（AIS）及与母船配套的船只所使用的格式。

附件2描述了标识其他水上业务的格式，例如带有数字选择呼叫（DSC）和全球卫星导航系统（GNSS）的手持VHF收发器、搜救AIS应答器（AIS-SART）、落水人员报警装置（MOB）和应急示位无线电信标（EPIRB）-AIS。

附件3为各主管部门指配、管理和维护水上移动业务的标识资源提供了详细的指南。该指南进一步指出主管部门重复使用MMSI指配，尤其是重复使用那些尾端为三个零的MMSI指配方法。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 需要格式化标识，用于水上移动业务的安全和通信目的；

b) 水上移动业务的标识符是基于9位数字结构的；

c) MMSI是一种类型的9位数字标识符；

d) 指配给特殊用途设备的标识包括第二种类型的9位数字标识符；

e) 指配给本建议书附件1中指明台站的唯一标识应是MMSI；

f) 本建议书附件2中指明的其他特殊用途的水上设备使用的标识不必是唯一的，且不是MMSI指配的；

g) 需要所有水上标识用于自动无线电通信系统；

h) 指配给船舶电台、海岸电台、参与搜救作业的航空器、其他安全相关通信、航标、与母船配套的船只及用于建立群呼的标识应具有类似的性质；

i) 可以使用MMSI通过公众交换网络选择通往适当海岸电台的路由并建立一个通往船舶的电话呼叫；

---

* 应提请国际航标灯塔协会（IALA）、国际民用航空组织（ICAO）、国际航道测量组织（IHO）、国际海事组织（IMO）和国际海事无线电委员会（CIRM）注意本建议书。

j) 很多国家的公众交换网对拨打或键入的用来表示被叫船舶电台和路由海岸电台的最大位数有限制，这将影响完整地将MMSI直接转译成为符合ITU-T E.164建议书的船舶可拨打号码；

k) 无论采用何种限制，为发展自动的海岸至船舶的操作，限制应尽可能减少；

l) 卫星移动系统使水上系统得以参与国际公众通信电信系统或与其以全自动的方式相互联网，使用标识、名称和地址方案；

m) 目前参与GMDSS的卫星移动系统的信令和路由特性要求使用这些网络的船舶拥有尾端为三个零的MMSI；

n) 为未来参与GMDSS的卫星移动系统设计的号码方案将满足国际公众通信业务的需求但不太可能提供将任何部分的MMSI纳入一个船舶可拨打号码的设施，

注意到

本建议书中涉及的所有设备均为《无线电规则》第**1.61**款中规定的相关台站，

建议

1 符合1974年修正的《国际海上人命安全公约》的船舶及配备包括AIS、DSC和/或装载GMDSS的报警设备等自动无线电通信系统的其它船舶应按照本建议书附件1酌情分配到水上移动业务标识；

2 其他特殊用途水上业务使用的水上标识应该按附件2中规定的进行指配；

3 按照ITU-R M.493建议书，使用数字选择呼叫设备参与搜救作业的船舶电台、包括配备DSC和GNSS的手持VHF收发器、海岸电台和航空器应使用其9位数字标识，当作10位的地址/自我标识（在标识后加一位零）（亦见ITU-R M.1080建议书）；

4 按照ITU-R M.1371建议书，使用AIS设备的船舶电台、海岸电台和非船载电台应使用其9位数字标识；

5 为确保与GMDSS的兼容，国际电信业务中船载地球站的号码、名称和地址应由相关电信服务提供商提供给所有经授权的实体；

6 在水上移动业务中标识的指配、管理和维护应咨询本建议书附件3中的指南。

附件1

水上移动业务标识

第1部分

船舶电台标识的指配

1 应给参与在建议1中提到的水上无线电业务的船舶指配一个唯一的九位船舶电台标识，其格式为M1I2D3X4X5X6X7X8X9，其中前三位表示水上标识位（MID），X为从0至9的任何数字。MID表示管辖所标识的船舶电台的主管部门。

2 最大的数字可能会有限制，这些数字可以在有些国家用于船舶电台标识目的的用户电报和/或电话网络上传送。

3 在许多国家，国内网络上传送的用来确定船舶电台标识的最大位数是六位。在网络上传送的代表船舶电台标识的数字在本文和有关ITU-R建议书中称为“船舶电台号码”。使用下述技术应使这些国家的海岸电台能把呼叫自动接至船舶电台。

为了得到所需要的九位船舶电台标识，由海岸电台把一串零通过公众交换电话网加到船舶电台号码尾端，以实现由海岸电台始发的电话呼叫，例如：

船舶电台号码	船舶电台标识
$M_1I_2D_3X_4X_5X_6$	$M_1I_2D_3X_4X_5X_60_70_80_9$

4 根据上文及相关ITU-T建议书的规定，已为国际海事卫星组织标准B、C和M系统制定了号码计划，要求对配备标准B、C和M船舶地球站的船舶指配以三个零结尾的MMSI。

5 上述限制不一定适用于国际海事卫星组织标准C系统，因为这些系统不是公众交换电话网的可拨号终端，而只是数据终端。

6 对于国际海事卫星组织的标准B和M系统，只要上述限制适用，可能受到上述限制影响的船舶只能分配到$X_7X_8X_9 = 000$的船舶电台标识。

7 同时呼叫一只以上船舶的船舶电台群呼标识格式如下：

$$0_1M_2I_3D_4X_5X_6X_7X_8X_9$$

其中第一个数字为零，X为0至9中的任何数字。MID只表示指配船舶电台群呼标识的主管部门的领地或地理区域，因此，不影响向包括一个船籍以上的船队发送群呼。

8 随着全球卫星移动系统的发展，船舶地球站可以参与国际公用通信电信业务。具有该功能的船舶地球站可以分配到与船舶电台MMSI无任何直接通信的国际电信号码。有权力指配与这些船舶地球站相关的号码、名称和地址的机构应通过适当的数据库，维护与MMSI

之间的交叉引证关系。对于GMDSS，这些关系详情应提供给诸如援救协调中心（RCC）等授权实体[1]，但不局限于此。这种提供应在每年365天每天24小时内自动进行。

第2部分

海岸电台标识的指配

1 参与建议3中水上无线电业务的海岸电台和其它陆地电台应按格式$0_1 0_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$分配到一个唯一的九位海岸电台标识，其中3、4和5位表示MID，X为0至9中的任何数字。MID代表管辖海岸电台或海岸地球站的主管部门。

2 由于很多国家的海岸电台数量减少，主管部门可能希望将上述格式的MMSI分配给港口无线电台、实验电台、系统标识和其它参与水上无线电业务的电台。有关电台应置于陆上或岛上，以便使用00MIDXXXX格式。

3 有关主管部门可能希望使用六位，从而进一步区分此类MMSI在如下应用中的具体使用：

a) 00MID1XXX 海岸无线电台

b) 00MID2XXX 港口无线电台

c) 00MID3XXX 实验电台等

4 这一格式为各类电台创建多组999个号码，但是，这种方法具有可选性，仅供指导。如果有关主管部门希望扩大方案，还有很多其它可能性。

5 为同时呼叫一个以上海岸电台的海岸电台群呼标识作为海岸电台标识的一个子集采用以下格式：

$$0_1 0_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$$

其中前两个数字为零，X为从0至9的任何数字。MID仅表示分配海岸电台群呼标识的主管部门的领地或地理区域。按照ITU-T有关建议书的规定，标识可分配给仅位于一个地理区域的主管部门电台。

---

[1] 国际海事组织第A.1001(25)号决议规定，这些系统中的遇险优先通信应尽可能自动路由至一个RCC。

6 $0_1 0_2 M_3 I_4 D_5 0_6 0_7 0_8 0_9$组合应预留作为海岸电台群呼标识，指该主管部门内的所有00MIDXXXX电台。该主管部门可能希望使用附加群呼标识进一步增强使用（即00MID1111等）。

7 对于GMDSS，这些MMSI指配的详细情况应提供给诸如RCC等授权实体，但不局限于此。这种提供应在每年365天每天24小时内自动进行。

8 $0_1 0_2 9_3 9_4 9_5 0_6 0_7 0_8 0_9$组合预留作为所有海岸电台标识，指所有VHF 00XXXXXXX电台。它不适用于MF或HF海岸电台。

第3部分

航空器标识的指配

1 当航空器与水上移动业务电台进行搜救工作和其他安全相关通信需要使用水上移动业务标识时，负责主管部门应以$1_1 1_2 1_3 M_4 I_5 D_6 X_7 X_8 X_9$格式向航空器分配一个唯一的九位标识，其中4、5和6位表示MID，X为0至9中的任何数字。MID表示管辖航空器呼叫标识的主管部门。

2 上述格式中每个MID将容纳999个航空器。如有关主管部门拥有999个以上搜救（SAR）航空器，他们可在国际电联已分配的情况下使用附加国家代码。

3 有关主管部门可使用第七位数字区分此类MMSI在以下应用中的具体使用：

a) 111MID1XX 定翼机

b) 111MID5XX 直升机

4 该格式方案为每类电台创建多组99个号码，但是，该方法具有可选性。

5 $1_1 1_2 1_3 M_4 I_5 D_6 0_7 0_8 0_9$组合应预留作为航空器组标识，指主管部门内的所有111MIDXXX电台。有关主管部门可能通过附加群呼标识（即111MID111等）进一步增强使用。

6 为搜救工作，这些MMSI指配细节应提供给诸如RCC等授权实体，但不局限于此。这种提供应在每年365天每天24小时内自动进行。

7 分配给航空器的MMSI亦应通过国际电联MARS数据库提供（见RR第**20.16**款）。

第4部分

自动识别系统航标标识的指配

1 当海上导航辅助电台需要自动标识方法时，负责主管部门应采用$9_1 9_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$格式分配一个唯一的9位号码，其中3、4和5位代表MID，X为0至9的任何数字。MID表示管辖航标呼叫标识的主管部门。

2 上述格式适用于ITU-R M.1371建议书最新版本中列出的所有类型的航标（AtoN），见AIS信息21参数“航标类型”和该参数的相关表格。此种格式被用于所有AIS电台，传送A至N相关信息。如一个AIS基站配备有AIS A至N电台，则与基站操作相关的信息应分配到一个采用附件2给出的格式的标识号码。

3 上述格式方案将在每个MID中容纳10 000 A至N。如果有关主管部门拥有的不止10 000，在国际电联已分配的情况下可使用附加国家代码（MID），给出超出10 000的标识。

4 有关主管部门可使用六位数字区分MMSI在以下应用中的具体使用：

a) 99MID1XXX 物理AIS AtoN

b) 99MID6XXX 虚拟AIS AtoN

5 该格式方案为每类电台创建多组999个号码，但是该方法具有可选性，仅供指导。

6 除按上文所述使用六位数区分具体的航标外，第七位可用来满足国内需求，定义AIS A至N所处位置或按照有关主管部门规定而使用的AIS A至N的类型。

7 这些MMSI指配的详细内容应提供给国际航标和灯塔协会（IALA）及相关国家机构，但不局限于此。

8 国际电联MARS数据库亦应能够提供分配给航标的MMSI（见RR第**20.16**款）。

第5部分

母船配套船只标识的指配

1 母船配套船只需要唯一的标识。这些参与水上移动业务的船只应按$9_1 8_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$格式分配到一个唯一的九位号码，其中3、4和5位代表MID，X为从0至9中的任何数字。MID表示管辖母船配套船只呼叫标识的主管部门。

2 此号码格式仅对母船配套船只上的装置有效。一船只可能配备多个装置，它们由分配到船只的MMSI表示。这些装置可能放在救生艇、救生伐、救生船或其它与母船配套的船只上。

3 每个与母船配套的船只应分配到一个唯一的MMSI，并应单独注册，与母船的MMSI相互关连。

4 上述格式方案可在每个MID中容纳与母船配套的10 000个船只。如有关主管部门拥有的设备不止10 000，可在国际电联已分配的情况下使用附加国家代码（MID），给出超出10 000的标识。

5 与母船配套的船只分配到的MMSI亦应通过国际电联MARS数据库提供（见RR第**20.16**款）。

附件2

用于特殊用途的其他水上业务的水上标识

这些标识使用MID编号资源，但在以下各个部分都规定了特殊用途。

第1部分

配备数字选择呼叫和全球卫星导航系统的手持VHF收发器的标识指配

1 配备DSC和GNSS的手持VHF收发器可以要求一个唯一标识，表明该设备电池容量有限且覆盖范围有限。在应急情况下，该标识可以给出附加信息。

2 配备DSC和GNSS的手持VHF收发器应该为水上移动业务专用。

3 应指配给参与水上移动业务的配备DSC和GNSS的手持VHF收发器一个唯一的9位数号码，格式为$8_1M_2I_3D_4X_5X_6X_7X_8X_9$，其中第2、3和4位表示MID而X为0至9的任何数字。MID表示给手持收发器指配标识的主管部门。

$$8_1M_2I_3D_4X_5X_6X_7X_8X_9$$

4 指配和登记这些标识的程序和标准应留待主管部门考虑。

5 应观察登记该标识的某些最基本程序：

a) 该类别中的所有标识应由相应的国家主管部门登记，而本地RCC或MRCC应该每周7天每天24小时都能够获取数据。在有自动遇险优先的系统中，该信息应自动转发给RCC；

b) 重新使用该标识应遵循本建议书附件3中的指南。

6 主管部门可以使用第5位数字来区分水上标识中的某些具体应用/用户之间的差别。然而，该方法是选用的，且只能供国内使用。

第2部分

使用自由格式数字标识的设备

这些标识使用3位数字前缀（由水上标识数字表划分），用于标识水上无线电设备，例如AIS-SART、MOB、EPIRB-AIS和需要标识的类似设备。

1 自动识别系统 – 搜救应答器

该AIS-SART应使用一个标识：

$$9_17_20_3X_4X_5Y_6Y_7Y_8Y_9$$

（其中X_4X_5 = 生产厂商ID 01至99；$Y_6Y_7Y_8Y_9$ = 序列号0000至9999。当达到9999时，生产厂商应以0000重新开始序列编号。）

2 落水人员告警装置

MOB（落水人员告警）装置发送DSC和/或AIS应使用以下标识：

$$9_17_22_3X_4X_5Y_6Y_7Y_8Y_9$$

（其中X_4X_5 = 生产厂商ID 01至99；$Y_6Y_7Y_8Y_9$ = 序列号0000至9999。当达到9999时，生产厂商应以0000重新开始序列编号。）

3 应急示位无线电信标 – 自动识别系统

EPIRB-AIS应使用以下标识：

$$9_1 7_2 4_3 X_4 X_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9$$

（其中X_4X_5 = 生产厂商ID 01至99；$Y_6Y_7Y_8Y_9$ = 序列号0000至9999。当达到9999时，生产厂商应以0000重新开始序列编号。）

EPIRB-AIS的用户标识指示EPIRB-AIS归属设备的标识，而不是船舶的MMSI。

附件3

水上标识的指配、管理和维护

第1部分

水上移动业务标识

各主管部门应采取以下措施管理有限的标识资源，特别是重复使用尾端有三个零的MMSI，从而避免耗尽MID和相应的MMSI系列资源：

a) 为标识指配和注册实施有效国家程序；

b) 按照RR第**20.16**款，定期向无线电通信局提供最新指配MMSI号码，

c) 确保当使用一主管部门注册旗标的船舶改为另一主管部门旗标时，船舶电台标识的所有分配方法，包括MMSI，应得到适当重新分配，同时应将此变化尽快通知无线电通信局（见《无线电规则》第**20.16**款）。

d) 在国际电联业务出版物列表V的连续两个版本中都没有出现的MMSI指配或在两年后（取较长时间者），可以考虑重新使用MMSI指配。

第2部分

用于特殊用途的其他水上业务的水上标识

当分配水上标识给配备DSC和GNSS的手持VHF收发器时，主管部门应采取所有可能的措施有效管理有限的标识资源。

a) 附件2第1部分中的格式方案用于指配VHF收发器标识，将给每个MID配给100 000个VHF收发器。当相关主管部门已经给100 000个配备DSC和GNSS的VHF收发器指配了标识，可以使用一个附加的国家代码（MID），如果已经由国际电联指配，再进一步给出100 000个标识。

b) 当主管部门已经用尽了其划分MID资源的80%以上，因而决定需要一个额外划分的MID时，该主管部门应向无线电通信局主任提交正式的书面申请，以请求划分一个额外的MID。

ITU-R M.625-3 建议书*

水上移动业务中使用自动识别的直接印字电报设备**

（ITU-R 5/8 号研究课题）

（1986-1990-1992-1995 年）

摘要

本建议书在附件 1 中规定了直接印字电报设备的特性，此设备在选择性通信中使用 7 单元的 ARQ 方式，在广播模式和自动识别中使用 7 单元的 FEC 方式，在新开发的设备中使用广播模式和 FEC 方式以使其与遵循 ITU-R M.476 建议书的现有设备兼容。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 船舶电台和船舶电台或船舶电台和海岸电台之间需要进行互联，配备采用国际电报 2 号码的起止设备，通过无线电报电路传输；

b） 水上移动业务中的直接印字电报设备用于：

— 船舶电台和（国际）用户电报网的用户之间的用户电报和/或电报业务；

— 船舶电台和海岸电台之间或两个船舶电台之间的电报业务；

— 船舶电台和由海岸电台延伸的电台（船主电台）之间的电报业务；

— 由海岸电台或船舶电台向一艘或多艘船舶电台广播方式的电报业务；

c） 广播方式不能利用 ARQ 方法的优点，因为没有采用返回路径；

d） 对于广播方式，应采用前向纠错（FEC）方法；

e） 同步和定相的时间应尽可能短；

f） 大部分船舶电台已不轻易许可同时使用无线电发信机和收信机；

g） 采用按照 ITU-R M.476 建议书的检错和纠错方法的直接印字电报系统现处在实际运用阶段；

h） 增加使用直接印字电报设备已经强调在建立或重新建立电路时清晰识别两个电台的重要性；

j） 清晰识别可通过 7 单元级的 ARQ 设备间的自识别信号的交换来实现；

k） 《无线电规则》附录 43、ITU-R M.585 建议书和 ITU-T E.210 建议书和 F.120 建议书提出了一个指配水上移动业务标识的综合系统；

---

* 应提请国际海事组织（IMO）和国际电联电信标准化部门（ITU-T）注意本建议书。

** 最新开发的设备应遵循当前建议书，该建议书规定了与按照 ITU-R M.476 建议书开发的现有设备的兼容性。

秘书处的说明：在 1995 年世界无线电通信大会（WRC-95）重新调整《无线电规则》时，本建议书所提及的附录 43 被删除，其内容移至《无线电规则》的其它部分。

l） 基于遇险、安全及其他通信目的考虑，为每个船舶电台指配惟一的标识，地址容量应允许按照《无线电规则》附录 43 的条款使用水上移动业务标识；

m） 按照 ITU-R M.476 建议书制造的设备不能提供§k）中提到的水上移动业务标识的使用；

n） 有必要规定与按照 ITU-R M.476 建议书制造的设备在一定程度上的兼容性，然而用按照 ITU-R M.476 建议书制造的设备建立电路时，不能实现两个电台的清晰识别，

建议

1 对于水上移动业务的直接印字电报电路，应采用 7 单元 ARQ 方式；

2 对于广播方式的直接印字电报业务，应采用 7 单元前向作用纠错方式，使用时间分集；

3 照§1 和§2 设计的设备应采用自动识别方式，并符合附件 1 的特性。

附 件 1

目 录

		页码
1	概述（方式 A（ARQ）和方式 B（FEC））	4
2	变换表	4
2.1	概述	4
2.2	通信信息信号	4
2.3	业务信息信号	4
2.4	识别信号、校验和号及校验和信号	6
2.5	校验和信号的产生	6
3	方式 A（ARQ）特性	7
3.1	概述	7
3.2	主台和副台的安排	7
3.3	信息发送台（ISS）	7
3.4	信息接收台（IRS）	7
3.5	定相程序	8
3.6	自动识别	9
3.7	通信流程	11
3.8	重定相程序	12
3.9	业务字组和业务信息信号概要	14
4	方式 B（FEC）特性	14
4.1	概述	14
4.2	发送台（CBSS 和 SBSS）	14
4.3	接收台（CBRS 和 SBRS）	15
4.4	定相程序	15
4.5	选择性呼叫程序（选择 B 方式）	15
4.6	通信流程	15

页码

附录 1 — SDL 流程图（方式 A） ····· 27

附录 2 — 在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别定相程序（呼叫台） ····· 31

附录 3 — 在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别重定相程序（呼叫台） ····· 34

附录 4 — 在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别定相程序（呼叫台） ····· 37

附录 5 — 在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别重定相程序（呼叫台） ····· 38

附录 6 — 在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别定相程序（被呼叫台） ····· 39

附录 7 — 在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别重定相程序（被呼叫台） ····· 42

附录 8 — 在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别定相程序（被呼叫台） ····· 45

附录 9 — 在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别重定相程序（被呼叫台） ····· 46

附录 10 — 在 4 位信号呼叫标识和 7 位信号呼叫标识情况下的通信流程（电台处于 ISS 位置） ····· 47

附录 11 — 在 4 位信号呼叫标识和 7 位信号呼叫标识情况下的通信流程（电台处于 IRS 位置） ····· 50

附录 12 — 状态概图 ····· 52

图 1 — 在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别定相程序（呼叫台）和电台处于 ISS 位置的通信流程 ····· 52

图 2 — 在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别重定相程序（呼叫台）和电台处于 ISS 位置的通信流程 ····· 53

图 3 — 在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别定相程序（呼叫台）和电台处于 ISS 位置的通信流程 ····· 54

图 4 — 在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别重定相程序（呼叫台）和电台处于 ISS 位置的通信流程 ····· 55

图 5 — 在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别定相程序（被呼叫台）和电台处于 IRS 位置的通信流程 ····· 56

图 6 — 在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别重定相程序（被呼叫台）和电台处于 IRS 位置的通信流程 ····· 57

图 7 — 在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别定相程序（被呼叫台）和电台处于 IRS 位置的通信流程 ····· 58

图 8 — 在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别重定相程序（被呼叫台）和电台处于 IRS 位置的通信流程 ····· 59

1 概述（方式 A（ARQ）和方式 B（FEC））

1.1 本系统在方式 A（ARQ）和方式 B（FEC）时是一个采用 § 2.2 和 § 2.3 中所列的 7 单元恒比检错码的单频道同步系统。

1.2 无线链路的 FSK 调制速率为 100 Bd。控制调制速率的设备时钟准确度应等于或优于 30×10^{-6}。

1.3 发射类别为 F1B 或 J2B 的无线电路上的频移为 170 Hz。当用音频信号施加到单边带发信机的输入端来影响频移时，适用于发信机的音频频谱的中心频率应为 1 700 Hz。

1.4 发信机和收信机的无线电频率容差应与 ITU-R M.1137 建议书相一致。最理想的是收信机采用最小实用的带宽（见 ITU-R M.585 号报告）。

注 1 — 收信机的 6 dB 带宽应最好取 270 Hz 至 340 Hz 之间。

1.5 为直接连到国际用户电报网，本电路的输入和输出信号应为国际电报 2 号码的 5 单元起止码，调制速率为 50 Bd。

1.6 按照本建议书设计的设备可能包含有高速率的数字电路。应特别注意的是避免对设备的干扰，以及对来自船上其他设备或电子线路干扰减小到最小敏感度（见 ITU-R M.218 建议书）。

1.7 以方式 A（ARQ）工作时，被呼叫台在接收信号结束和开始发射信号之间，采用恒定的时间间隔（图 1 中的 t_E）。在长距离传输的情况下，必要的是 t_E 尽可能短。然而，在短距离情况下，可能最理想的是采用较长的时间间隔，例如 20-40 ms，以适应在呼叫台的收信机降低的灵敏度。在被呼叫台，ARQ 设备或无线电设备应尽可能采用这个时间间隔。

2 变换表

2.1 概述

在本系统中使用了几类“信号”，例如：

— 通信信息信号，

— 业务信息信号（控制信号、空闲信号、信号重复），

— 识别信号，

— 校验和信号。

2.2 通信信息信号

在通信期间利用这些信号从信息发送台向一个或多个信息接收台传送电文信息。表 1 列出了可使用的通信信息信号。

2.3 业务信息信号

利用这些信号来控制产生经无线电传输的程序，这些信号不是发送电文的组成部分。业务信息信号通常不打印出来，也不显示。表 2 列出了可使用的业务信息信号。

表 1

序号	通信信息信号		国际电报 2 号码 (1)	7 单元发射信号 (2)
	字母	数字	比特位置 (3) 1 2 3 4 5	比特位置 (3) 1 2 3 4 5 6 7
1	A	–	ZZAAA	BBBYYYB
2	B	?	ZAAZZ	YBYYBBB
3	C	:	AZZZA	BYBBBYY
4	D	☒ (4)	ZAAZA	BBYYBYB
5	E	3	ZAAAA	YBBYBYB
6	F	(5)	ZAZZA	BBYBBYY
7	G	(5)	AZAZZ	BYBYBBY
8	H	(5)	AAZAZ	BYYBYBB
9	I	8	AZZAA	BYBBYYB
10	J	⍾（音频信号）	ZZAZA	BBBYBYY
11	K	(	ZZZZA	YBBBBYY
12	L	)	AZAAZ	BYBYYBB
13	M	.	AAZZZ	BYYBBBY
14	N	,	AAZZA	BYYBBYB
15	O	9	AAAZZ	BYYYBBB
16	P	0	AZZAZ	BYBBYBY
17	Q	1	ZZZAZ	YBBBYBY
18	R	4	AZAZA	BYBYBYB
19	S	’	ZAZAA	BBYBYYB
20	T	5	AAAAZ	YYBYBBB
21	U	7	ZZZAA	YBBBYYB
22	V	=	AZZZZ	YYBBBBY
23	W	2	ZZAAZ	BBBYYBY
24	X	/	ZAZZZ	YBYBBBY
25	Y	6	ZAZAZ	BBYBYBY
26	Z	+	ZAAAZ	BBYYYBB
27	← （回车）		AAAZA	YYYBBBB
28	≡ （移行）		AZAAA	YYBBYBB
29	↓ （转为字母键）		ZZZZZ	YBYBBYB
30	↑ （转为数字键）		ZZAZZ	YBBYBBY
31	△ （空格）		AAZAA	YYBBBYB
32	□未穿孔带		AAAAA	YBYBYBB

(1) A 表示起始极性，Z 表示停止极性（见 ITU-R M.490 建议书）。

(2) B 表示较高的发射频率，Y 表示较低的发射频率（见 ITU-R M.490 建议书）。

(3) 在位置 1 的位先被传输；B = 0，Y = 1。

(4) 图示的符号*的一种简图。此符号当设备允许时也可采用（ITU-T F.1 建议书，§ C9）。

(5) 目前还未指配（见 ITU-T F.1 建议书，§ C8）。然而，接收这些信号不应触发请求重复。

表 2

方式 A（ARQ）	发射信号	方式 B（FEC）
控制信号 1（CS1）	BYBYYBB	
控制信号 2（CS2）	YBYBYBB	
控制信号 3（CS3）	BYYBBYB	
控制信号 4（CS4）	BYBYBBY	
控制信号 5（CS5）	BYYBYBB	
空闲信号 β	BBYYBBY	空闲信号 β
空闲信号 α	BBBBYYY	定相信号 1，空闲信号 α
信号重复（RQ）	YBBYYBB	定相信号 2

2.4 识别信号、校验和号及校验和信号

在自动识别程序中，应用识别信号、校验和号及校验和信号是为了提供在建立或重新建立无线电路期间，清晰地和确切地相互识别有关系的电台的方法。表 3a 中表明了发射的识别信号及其等效号码之间的关系；表 3b 表示了从校验和号转换为发射的校验和信号之间的关系。

表 3a

识别信号（IS）	等效号（N）
A	19
B	11
C	6
D	18
E	13
F	8
I	15
K	3
M	4
O	14
P	5
Q	2
R	16
S	9
T	10
U	12
V	0
X	1
Y	7
Z	17

表 3b

校验和号（CN）	校验和信号（CK）
0	V
1	X
2	Q
3	K
4	M
5	P
6	C
7	Y
8	F
9	S
10	T
11	B
12	U
13	E
14	O
15	I
16	R
17	Z
18	D
19	A

2.5 校验和信号的产生

按照表 3a，识别信号 IS1、IS2、IS3、IS4、IS5、IS6 和 IS7 被分别转换为其等效号 N1、N2、N3、N4、N5、N6 和 N7。把 N1、N2 和 N3 三个数相加，利用模 20 加法将和转换为一个校验和号 CN1。重复这一过程，N3、N4 和 N5 相加得校验和号 CN2、N5、N6 和 N7 相加得校验和号 CN3，如下：

$$N1 \oplus N2 \oplus N3 = CN1$$

$$N3 \oplus N4 \oplus N5 = CN2$$

$$N5 \oplus N6 \oplus N7 = CN3$$

这里，⊕表示模 20 加法。

按照表 3b，最后的转换是从校验和号 CN1、CN2 和 CN3 分别转变为“校验和信号 1”、“校验和信号 2”和“校验和信号 3”。

例：

电台 364775427 的 7 位识别信号为 P E A R D B Y（见 ITU-R M.491 建议书）。

校验和推导如下：

P E A R D B Y → 5 13 19 16 18 11 7

15 ⊕ 13 ⊕ 19 = 17（37-20）

19 ⊕ 16 ⊕ 18 = 13（53-20-20）

18 ⊕ 11 ⊕ 7 = 16（36-20）

17 13 16 → Z E R

这里，⊕表示模 20 加法。

结果：

CK1 变为“Z”（序号 26，见表 1）

CK2 变为“E”（序号 5，见表 1）

CK3 变为“R”（序号 18，见表 1）

3 方式 A（ARQ）特性

3.1 概述

本系统以同步方式工作，从一个信息发送台（ISS）向一个信息接收台（IRS）发射三个信号字组。在接收到表示正确接收或请求字组重发的每一字组后，从 IRS 向 ISS 发送控制信号。这些电台可以相互转换它们的功能。

3.2 主台和副台的安排

3.2.1 最初建立无线电路的电台（呼叫台）是“主”台，而被呼叫电台是“副”台。在维持所建立的无线电路的整个时间内，主台和副台的地位保持不变，而不管在任何给定的时间内该台是信息发送台（ISS）还是信息接收台（IRS）。

3.2.2 主台的时钟控制整个电路的定时（见电路时序图，图 1），这种时钟的准确度应等于或优于 30×10^{-6}。

3.2.3 基本定时周期为 450 ms，对于每一个台，该周期是由发射时间和紧跟着进行接收的发送停歇时间组成的。

3.2.4 主台发射时间受主台时钟的控制。

3.2.5 副台的时钟控制时间锁相于从主台接收的信号，即接收信号终止和发射信号开始之间的时间间隔（图 1 中的 t_E）是恒定的（见 § 1.7）。

3.2.6 主台接收时序锁相于来自副台的接收信号。

3.3 信息发送台（ISS）

3.3.1 ISS 将被发送的信息编成三个信号的字组（3×7 信号元）。

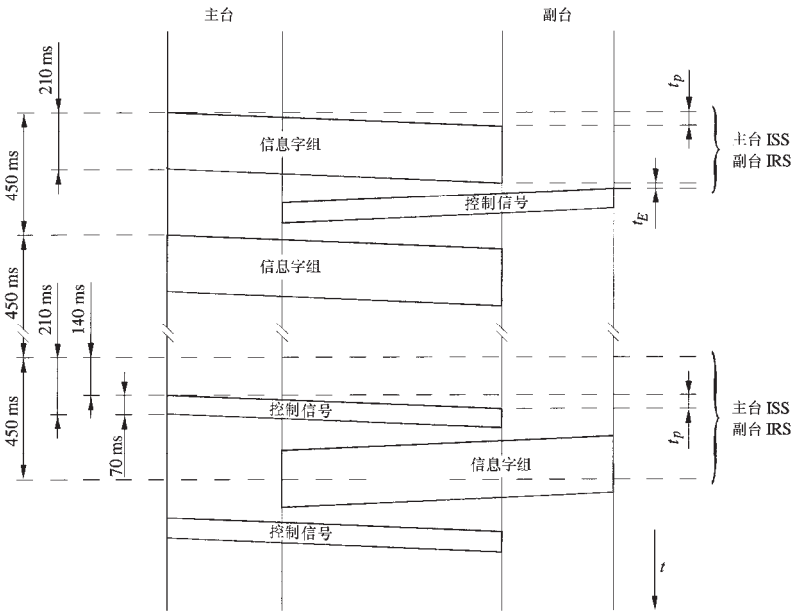
3.3.2 ISS 以 210 ms（3×70 ms）发送一个字组，之后为 240 ms 发射停歇时间。

3.4 信息接收台（IRS）

3.4.1 在接收到每一字组后，IRS 发送一个持续时间为 70 ms 的信号（7 位信号元），之后为 380 ms 的发射停歇时间。

图 1

基本时序图



t_p: (单向) 传播时间
t_E: 设备延迟 (也见 § 1.7)

D01

3.5 定相程序

3.5.1 尚未建立电路时，两个台都处于“准备”状态。在这种状态下，既没有指定两个台中的哪一个是主台还是副台，也没有指定是 ISS 还是 IRS。

3.5.2 “呼叫信号”包含或是 4 个或是 7 个相应的识别信号，该识别信号列在表 3a 中。应按 ITU-R M.491 建议书组成这些“呼叫信号”。

3.5.2.1 设备应能以 4 位信号标识和 7 位信号标识两种程序工作，并应能对两者均自动采用相应的程序。这可用接收来自呼叫台的“呼叫信号”组成或是用提供给呼叫台设备的数字号（4、5 或 9）来表示，以识别被呼叫的电台。

3.5.3 “呼叫信号”（注 1）包括：

— 在“呼叫字组 1”中：第一、二和三个字符分别为第一识别信号、业务信息信号“信号重复”和被呼叫台的第二识别信号；

— 在“呼叫字组 2”中：第一、二和三个字符分别为：

  — 在 4 位信号呼叫标识的情况下：被呼叫台的第三和第四位识别信号和“信号重复”；或为

  — 在 7 位信号呼叫标识的情况下：“信号重复”和被呼叫台的第三和第四位识别信号；

— 在 7 位信号呼叫标识的情况下，在“呼叫字组 3”中：被呼叫台的最后三位识别信号。

注 1 — 使用两个字组的呼叫信号的电台应根据《无线电规则》第 2088、2134 和 2143 到 2146 款指定一个编号。

能使用三字组呼叫信号的电台和其他使用三字组呼叫信号的电台通信时使用水上识别数字，与《无线电规则》附录 43 一致。

3.5.4 要求建立电路的电台变为主台，并发送“呼叫信号”直至接收到适当的控制信号；然而，如果在 128 个周期（128×450 ms）内没有建立起电路，该台就变成“准备”状态，并且在再一次发送相同的“呼叫信号”以前，至少等待 128 个周期的时间。

3.5.5 被呼叫台变为副台，并从“准备”状态变为 IRS 状态：

— 在 4 位信号呼叫标识的情况下，接着连续接收到“呼叫字组 1”和“呼叫字组 2”，之后发送“控制信号 1”直至接收到第一个信息字组；

— 在 7 位信号呼叫标识的情况下，接着连续接收到三个呼叫字组，之后发送“控制信号 4”直至接收到“识别字组 1”。

3.5.6 接收到两个连续的相同信号“控制信号 1”或“控制信号 2”以后，呼叫台变为 ISS 状态，并且在没有自动识别时，继续直接发送通信信息（见 § 3.7）。

注 1 — 按照 ITU-R M.476 建议书制造的设备，在接收到合适的“呼叫信号”后，发送“控制信号 1”或“控制信号 2”。

3.5.7 在定相程序期间，接收到“控制信号 3”以后，呼叫台立即变为“准备”状态，并在再一次发送相同的“呼叫信号”之前要等待 128 个周期。

注 1 — 如果被呼叫台重新定相，并且在中断的时刻处于 ISS 状态，那么按照 ITU-R M.476 建议书制造的设备，在接收到合适的“呼叫信号”后，可发送“控制信号 3”。

3.5.8 在定相程序期间，接收到“控制信号 5”以后，呼叫台开始按照 § 3.7.14“终止通信”程序，在再一次发送相同的“呼叫信号”之前，至少要等待 128 个周期。在这一等待时间里，该台处于“准备”状态。

3.6 自动识别

仅用在 7 位信号呼叫标识的情况。

3.6.1 在接收到“控制信号 4”以后，呼叫台变为 ISS 状态，并开始识别程序。在识别周期中，两台的标识信息进行交换，ISS 发射其识别字组，而 IRS 按照 § 2.5 返回取自其标识的校验和信号。在收到每一个校验和信号后，呼叫台把这个信号和从本机呼叫字组发送的识别信号中取得的相应校验和信号进行比较。如果它们相同，那么呼叫台继续下一个程序，反之进行 § 3.6.12 程序。

3.6.2 ISS 在第一、二和三个字符位置的地方分别发送包含其自己第一位识别信号、“空闲信号α”和第二位识别信号的“识别字组 1”。

3.6.3 一接收到“识别字组 1”，被呼叫台就发送“校验和信号 1”，该信号取自其标识。

3.6.4 一接收到“校验和信号 1”，呼叫台就分别在第一、二和三个字符位置的地方，发送包含“空闲信号α”及其第三位和第四位识别信号的“识别字组 2”。

3.6.5 一接收到“识别字组 2”，被呼叫台就发送“校验和信号 2”，该信号取自其标识。

3.6.6 接收到“校验和信号 2”，呼叫台就在第一、二和三个字符的地方分别发送包含其第五、第六和第七位识别信号的“识别字组 3”。

3.6.7 接收到“识别字组 3”，被呼叫台就发送“校验和信号 3”，该信号取自其标识。

3.6.8 接收到最后的校验和信号，呼叫台就发送包含有三个“信号重复”信号的“终止识别字组”。

3.6.9 接收到“终止识别字组”，被呼叫台就发送：

— “控制信号 1”，这样，按照 § 3.7 开始通信流程；或

— “控制信号 3”，如果要求被呼叫台在 ISS 状态开始通信流程（按照 § 3.7.11）。

3.6.10 接收到“控制信号 1”，呼叫台就结束识别周期，并按照 § 3.7 通过发射“信息字组 1”开始通信流程。

3.6.11 接收到“控制信号 3”，呼叫台就结束识别周期，并按照 § 3.7.11 用转换程序开始通信流程。

3.6.12 如果收到的校验和信号与本机取得的校验和信号不同，呼叫台重新发射先前的识别字组。

接收到这种校验和信号，被呼叫台再发适当的校验和信号。呼叫台再次进行比较。如果它们还不相同，并且接收到的校验和信号和前一次相同，那么呼叫台就按照 § 3.7.14 开始“通信终止”程序；反之，呼叫台再一次发射先前的识别字组。由于接收到错误的校验和信号，任何识别字组的重发不应多于四次，之后，如果仍没有接收到所需的校验和信号，呼叫台就回复到“准备”状态。

3.6.13 如果考虑到 § 3.6.18 中所述的时间限制，由于残缺的接收，呼叫台没有接收到：

— “控制信号 4”，它就继续发射“呼叫信号”；

— “校验和信号 1”，它就重新发射“识别字组 1”；

— “校验和信号 2”，它就重新发射“识别字组 2”；

— “校验和信号 3”，它就重新发射“识别字组 3”；

— “控制信号 1”或“控制信号 3”，它就重新发射“终止识别字组”。

3.6.14 考虑到 § 3.6.18 中所述的时间限制，如果由于残缺的接收，被呼叫台在识别周期内没有接收到字组，它就发射“信号重复”。

3.6.15 如果在识别周期内呼叫台接收到“信号重复”，它就重新发射先前的字组。

3.6.16 考虑到 § 3.6.18 中所述的时间限制，如果由于呼叫台重新发射识别字组，不与被呼叫台接收到的识别信号相同，被呼叫台就发送“信号重复”，直到接收到两个相同的连续识别字组为止，之后就发送相应的校验和信号。

3.6.17 如果在识别周期内被呼叫台接收到“终止通信字组”（包括三个“空闲信号α”），它就发送“控制信号 1”并回复到“准备”状态。

3.6.18 在识别周期期间，接收的信号连续残缺时，在连续重复 32 个周期之后，两个台都回复到“准备”状态。

3.6.19 在连接电路的持续时间内（见 § 3.7.1），每一个台应保留对方台的标识，并且这种信息应当在本机容易得到，例如通过显示或在外部使用的单独输出电路上得到。然而这种标识信息不应在网络输出线路上出现。

3.7 通信流程

3.7.1 在通信流程开始后的全部时间内以及电台回复到“准备”状态之前，该台应保留下述信息：

— 无论它是处于主台还是副台的状态；

— 对方电台的标识（可应用时）；

— 无论它是处于 ISS 还是 IRS 状态；

— 无论通信流程是处于字母情况还是数字情况。

3.7.2 ISS 以字组发送通信信息，每个字组由三个信号组成。如果必要，当没有通信信息时，可用“空闲信号β”完成或填充信息字组。

3.7.3 ISS 在存储器内保留要发送的信息字组，直到 IRS 收到相应的证实正确接收的控制信号为止。

3.7.4 为了内部使用，根据首次发射的控制信号，IRS 把接收到的信息字组交替地编为“信息字组 1”和“信息字组 2”。该编号在接收下述信息时中断：

— 在信息字组中有一个或几个信号残缺；或

— 包含有至少一个“信息重复”的信息字组。

3.7.5 IRS 在接收到下述信息时发送“控制信号 1”：

— 没有残缺的“信息字组 2”；或

— 残缺的“信息字组 1”；或

— 包括有至少一个“信息重复”的“信息字组 1”。

3.7.6 IRS 在接收到下述信息时发送“控制信号 2”：

— 没有残缺的“信息字组 1”；或

— 残缺的“信息字组 2”；或

— 包括有至少一个“信息重复”的“信息字组 2”。

3.7.7 为了内部使用，ISS 把连续的信息字组交替地编为“信息字组 1”和“信息字组 2”。第一个字组应被编为“信息字组 1”还是“信息字组 2”，取决于所接收的控制信号是“控制信号 1”还是“控制信号 2”。该编码在接收到下述信号时中断：

— 请求重复；或

— 残缺的控制信号；或

— “控制信号 3”。

3.7.8 接收到“控制信号 1”，ISS 就发送“信息字组 1”。

3.7.9 接收到“控制信号 2”，ISS 就发送“信息字组 2”。

3.7.10 接收到残缺的控制信号，ISS 就发送包含有三个“信号重复”的字组。

3.7.11 转换程序

3.7.11.1 如果要求 ISS 开始改变通信流程的方向，该台就发送信号序列（“ ↑ ”（No. 30），“+”（No. 26），“？”（No. 2））如果需要的话，用一个或几个“空闲信号β”完成信息字组。

3.7.11.2 接收到信号序列（“+”，“？”（No. 26 和 No. 2））随以数字的通信流程之后，IRS 就发送“控制信号 3”，直到接收到包含有“空闲信号β”、“空闲信号α”，“空闲信号β”的信息字组时为止。

注 1 — 在信号“+”和“？”之间，“空闲信号β”的存在，不应抑制 IRS 的响应。

3.7.11.3 如果要求 IRS 开始改变通信流程的方向，该台就发送“控制信号 3”。

3.7.11.4 一接收到“控制信号 3”，ISS 就在第一、第二和第三字符位置分别发送包含有“空闲信号β”、“空闲信号α”和“空闲信号β”的信息字组。

3.7.11.5 一接收到包含有业务信息信号“空闲信号β”、“空闲信号α”和“空闲信号β”的信息字组后，IRS 就转变为 ISS，并发送：

— 包含有三个“信号重复”的信息字组，如果它是副台的话；或

— “信号重复”，如果它是主台的话，

考虑到§3.7.12.1 所述的时间限制，直到接收到“控制信号 1”或控制信号 2”时为止。

3.7.11.6 ISS 在接收到下述信息后，转变为 IRS：

— 包含三个“信息重复”的信息字组，如果它是主台的话；或

— 一个“信号重复”，如果它是副台的话，

并发送“控制信号 1”或“控制信号 2”，这分别取决于前面的控制信号是“控制信号 2”还是“控制信号 1”。之后，通信流程开始按合适的方向进行。

3.7.12 暂停程序

3.7.12.1 当接收到的信息字组或控制信号是连续残缺时，按照§3.8 在连续重复 32 个周期之后，两个台到“重定相”状态。

3.7.13 应答程序

3.7.13.1 如果需要 ISS 请求终端识别，该台就发送信号“↑”（No. 30）和“☒”（No. 4），如果必要，接着用一个或几个“空闲信号β”来完成信息字组。

3.7.13.2 一接收到包含有通信信息信号“☒”（No. 4）随以数字的通信流程的信息字组后，IRS：

— 按照§3.7.11 改变通信流程的方向；

— 发射取自电传机应答码发生器的通信信息信号；

— 在应答码结束之后，或在没有应答码情况下，发送三个“空闲信号β”的两个信息字组；

— 按照§3.7.11 变换通信流程方向，并且回复到 IRS。

3.7.14 通信结束程序

3.7.14.1 如果要求 ISS 终止建立的电路，它就发送包含有三个“空闲信号α”的“通信结束字组”，直到接收到相应的“控制信号 1”或“控制信号 2”时为止。然而，“通信结束字组”发送的次数限制为四次，之后，ISS 回复到“准备”状态。

3.7.14.2 一接收到“通信结束字组”，IRS 就发送表示正确接收到这个字组的相应控制信号，并回到“准备”状态。

3.7.14.3 一接收到证实无残缺接收“通信结束字组”的控制信号后，ISS 就回复到“准备”状态。

3.7.14.4 如果要求 IRS 终止已建立的电路，那么按照§3.7.11，在可能终止电路前，它就首先转变到 ISS 状态。

3.8 重定相程序

3.8.1 如果在通信流程期间，接收到的信息字组或信号是残缺的，那么在连续重复 32 个周期之后，两个台都变为“重定相”状态。重定相是指先前的电路，由于连续重复（见§3.7.12）的结果立即中断，而自动重新建立该电路的过程。

注 1 — 一些海岸电台没有提供重定相。因此，将有可能在重定相程序中被禁止。

3.8.2 在变成“重定相”状态之后，主台立即开始重定相程序。这程序和定相程序相同。然而，在 7 位信号呼叫标识代替“控制信号 4”的情况下，重定相的副台在接收到由重定相的主台发射的相应“呼叫信号”后，将发射“控制信号 5”。

3.8.3 当主台接收到“控制信号 5”时，按 § 3.6 所列的相同方法进行自动识别。然而，一接收到包含有三个“信号重复”的“结束识别字组”：

3.8.3.1 如果在中断的时间内，副台处于 IRS 状态，它发送：

— “控制信号 1”，如果在中断发生以前最后正确接收到的字组为“信号字组 2”；或

— “控制信号 2”，如果在中断发生以前最后正确接收到的字组为“信号字组 1”。

3.8.3.2 如果在中断的时间，副台处于 ISS 状态，它就发送“控制信号 3”，开始转变为 IRS 状态。在完成转换时，即在主台正确接收到包含有三个“信号重复”的字组后，主台发送：

— “控制信号 1”，如果在中断发生以前最后正确接收到的字组为“信号字组 2”；或

— “控制信号 2”，如果在中断发生以前最后正确接收到的字组为“信号字组 1”。

3.8.4 在重定相程序期间，一接收“控制信号 4”，主台就发送一个包含有三个“空闲信号α”的“通信结束字组”，之后，它继续重定相尝试。

3.8.5 接收到每一识别字组，副台就把接收到的识别信号与先前存储的主台识别号进行比较，并且：

— 如果这两个识别信号相同，副台就继续用发送相当的校验和信号的程序；

— 如果这两个识别信号不同，副台就按照 § 3.7.14 开始“通信结束”程序，并保持“重定相”状态。

3.8.6 接收到包含有三个“空闲信号α”的字组，副台就发送一个“控制信号 1”，并保持“重定相”状态。

3.8.7 在 4 位信号呼叫标识的情况下，重定相的主台：

— 根据接收到两个连续信号“控制信号 1”或“控制信号 2”，如果副台处于 IRS 状态，就直接继续发送通信信息，或如果处于 ISS 状态，就按照 § 3.7.11.1 开始转换程序；

— 根据接收到两个连续信号“控制信号 3”，如果副台处于 ISS 状态，就按照 § 3.7.11.4 直接进行转换程序。

3.8.8 在 4 位信号呼叫标识的情况下，副台一接收到相应的“呼叫信号”即发送：

— 如果在中断时间副台处于 IRS 状态：

  — “控制信号 1”，如果副台在发生中断前已经正确接收到“信息字组 2”；或

  — “控制信号 2”，如果副台在发生中断前已经正确接收到“信息字组 1”；

— 如果在中断时间副台处于 ISS 状态，“控制信号 3”使之开始转换为 ISS 状态。

3.8.9 如果在 32 个周期的暂停间隔时间内不能完成重定相，两个台就都回到“准备“状态，并不再进行重定相尝试。

3.9 业务字组和业务信息信号概要

3.9.1 业务字组

X_1 - RQ - X_2：包含第一和第二位识别信号的“呼叫字组 1”。

X_3 - X_4 - RQ：对于 4 位信号呼叫标识，包含第三和第四位识别信号的“呼叫字组 2”。

RQ - X_3 - X_4：对于 7 位信号呼叫标识，包含第三和第四位识别信号的“呼叫字组 2”。

X_5 - X_6 - X_7：对于 7 位信号呼叫标识，包含第五、第六和第七位识别信号的“呼叫字组 3”。

Y_1 - α - Y_2：包含自识别信号 1 和 2 以及请求第一次校验和信号的“识别字组 1”。

α - Y_3 - Y_4：包含自识别信号 3 和 4 以及请求第二次校验和信号的“识别字组 2”。

Y_5 - Y_6 - Y_7：包含自识别信号 5，6 和 7 以及请求第三次校验和信号的“识别字组 3”。

RQ - RQ - RQ：如果出现在自动识别程序内，表示自动识别程序的结束，并请求相应的控制信号。在通信流程期间，表示请求重复前一个控制信号，或在转换程序中表示对β-α-β的响应。

β - α - β：改变通信流程方向的字组。

α - α - α：开始通信流程方向的字组。

3.9.2 业务信息信号

CS1：请求“信息字组 1”或在定相/重定相期间已正确接收到“呼叫信号”（仅在 4 位信号呼叫标识的情况下）。

CS2：请求“信息字组 2”。

CS3：IRS 要求改变通信流程方向。

CS4：在定相期间已正确接收到“呼叫信号”。

CS5：在重定相期间已正确接收到“呼叫信号”。

RQ：请求重发前一个识别码或信息字组，或在转换程序中，对β - α - β响应。

4 方式 B（FEC）特性

4.1 概述

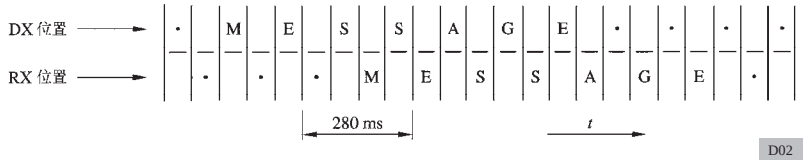
本系统以同步方式工作，发送不中断的、稳定的信号，这些信号从以集合 B 方式的发送台（CBSS）发向若干个以集合 B 方式的接收台（CBRS），或从以选择 B 方式的发送台（SBSS）发向一个或几个选择 B 方式的接收台（SBRS）。

4.2 发送台（CBSS 和 SBSS）

以集合 B 方式和选择 B 方式两种情况的发送台发送每一个信号两次：首先发射（DX）一个特殊信号，接着发射其他四个信号，之后再发射（RX）第一个信号，以便在 280 ms（4×70 ms）的时间间隔内实现时间分集接收（见图 2）。

图 2

时间分集发射



4.3 接收台（CBRS 和 SBRS）

以集合 B 方式和选择 B 方式两种情况的接收台检查两种信号（DX 和 RX），并使用不残缺的一种信号。当两种信号都不残缺但又不相同时，那么应认为两种信号均为残缺。

4.4 定相程序

4.4.1 当没有建立电路时，两个台都处于“准备”状态，并且没有指定两个台中的一个是发送台还是接收台。

4.4.2 要求发射信息的台成为发送台，并交替地发送“定相信号 2”和“定相信号 1”，从而在 DX 位置发射的是“定相信号 2”，在 RX 位置发射的是“定相信号 1”。至少应发射 16 对这样的信号。

4.4.3 一接收到信号序列“定相信号 1” — “定相信号 2”或信号序列“定相信号 2” — “定相信号 1”，其中，“定相信号 2”决定 DX 的位置，而“定相信号 1”决定 RX 的位置，并在适当位置上至少有两个进一步的定相信号，该台就转变成 CBRS 状态，并向线路输出端提供连续的暂止极性，直到接收到通信信息信号“←”（No. 27）或是“≡”（No. 28）时为止。

4.5 选择性呼叫程序（选择 B 方式）

4.5.1 在发射所需的若干定相信号后，SBSS 就发送“呼叫信号”，此呼叫信号由六个发送序列组成，每个序列包含被选择台的识别信号，接着是“空闲信号β”。按照 § 4.2，利用时分方式进行发射。

4.5.2 SBSS 发送“呼叫信号”，并以 3B/4Y 比发送所有进一步的信息信号，即关于表 1 和表 2 的信息信号和表 3a 的识别信号的转换。

4.5.3 “呼叫信号”含有 4 位或 7 位可用的识别信号。表 3a 列出了识别信号。这些“呼叫信号”的组成应符合 ITU-R M.491 建议书。

4.5.4 紧接着无残缺地接收一个完整的代表它转换为识别信号的信号序列后，CBSS 变为 SBRS 状态，并继续向线路输出端提供停止极性，直到接收到通信信息号“←”（No. 27）或是“≡”（No. 28）时为止。

4.5.5 处于 SBRS 状态的台接收以 3B/4Y 比接收到的连续信息信号，所有其他台回复到“准备”状态。

4.6 通信流程

4.6.1 在直接发送第一次通信信号以前，发送台发送信息信号“←”（No. 27）或是“≡”（No. 28），开始发射通信信息。

4.6.2 在信息流程中断期间，CBSS 分别在 RX 和 DX 位置发送“定相信号 1”和“定相信号 2”。在通信流程期间，在 DX 位置上每发送 100 个信号，至少应出现一个有 4 个连续定相信号对的序列。

4.6.3 在信息流程中断期间，SBSS 发送“空闲信号β”

4.6.4 一接收到通信信息信号“←”（No. 27）或是“≡”（No. 28），接收台开始打印接收到的通信信息信号。

注 1 — 在 § 4.6.4 和 § 4.6.5 中使用的术语“打印”表示通信信息信号传输给输出设备。

4.6.5 接收台检查在 DX 和 RX 位置接收到的两种信号：

— 打印无残缺的 DX 或 RX 信号；或

— 如果 DX 和 RX 信号残缺，或者似乎不残缺但不相同时，打印“δ”（No. 31）或者一个“错误字符”（使用者规定）。

4.6.6 如果在预定的时间内，接收到残缺信号的百分数达到预定值，接收台就回复到“准备”状态。

4.6.7 发射结束

4.6.7.1 以 B 方式（CBSS 或 SBSS）发送的台在最后发射的通信信息信号以后，应立即发送至少 2 s 的连续“空闲信号α”来结束发射，此后该台回复到“准备”状态。

4.6.7.2 在 DX 位置接收到至少两个连续的“空闲信号α”之后，接收台回复到“准备”状态的时间不少于 210 ms。

图 3

关于 7 位信号呼叫标识（方式 A）的自动识别定相程

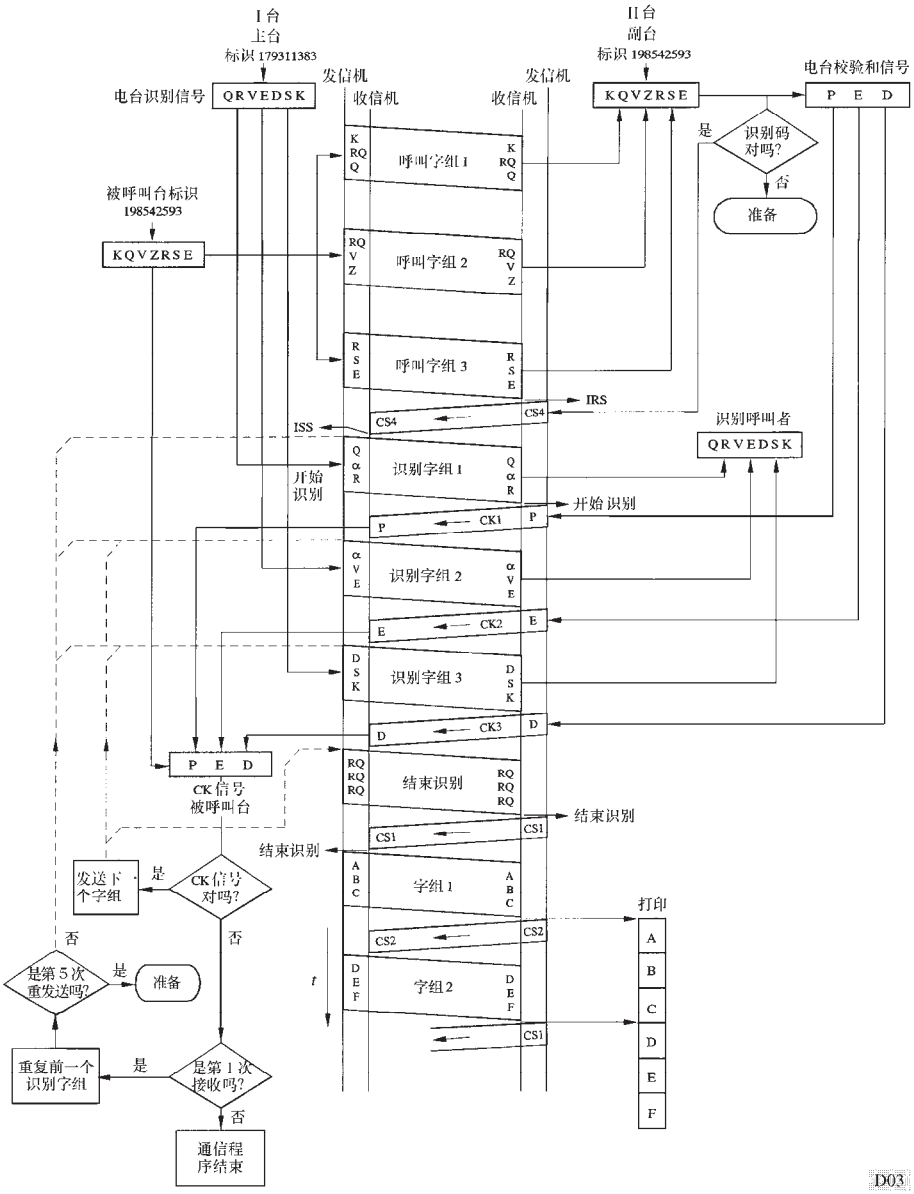


图 4

关于 7 位信号呼叫标识的自动识别重定相和程序（II 台是 ISS）

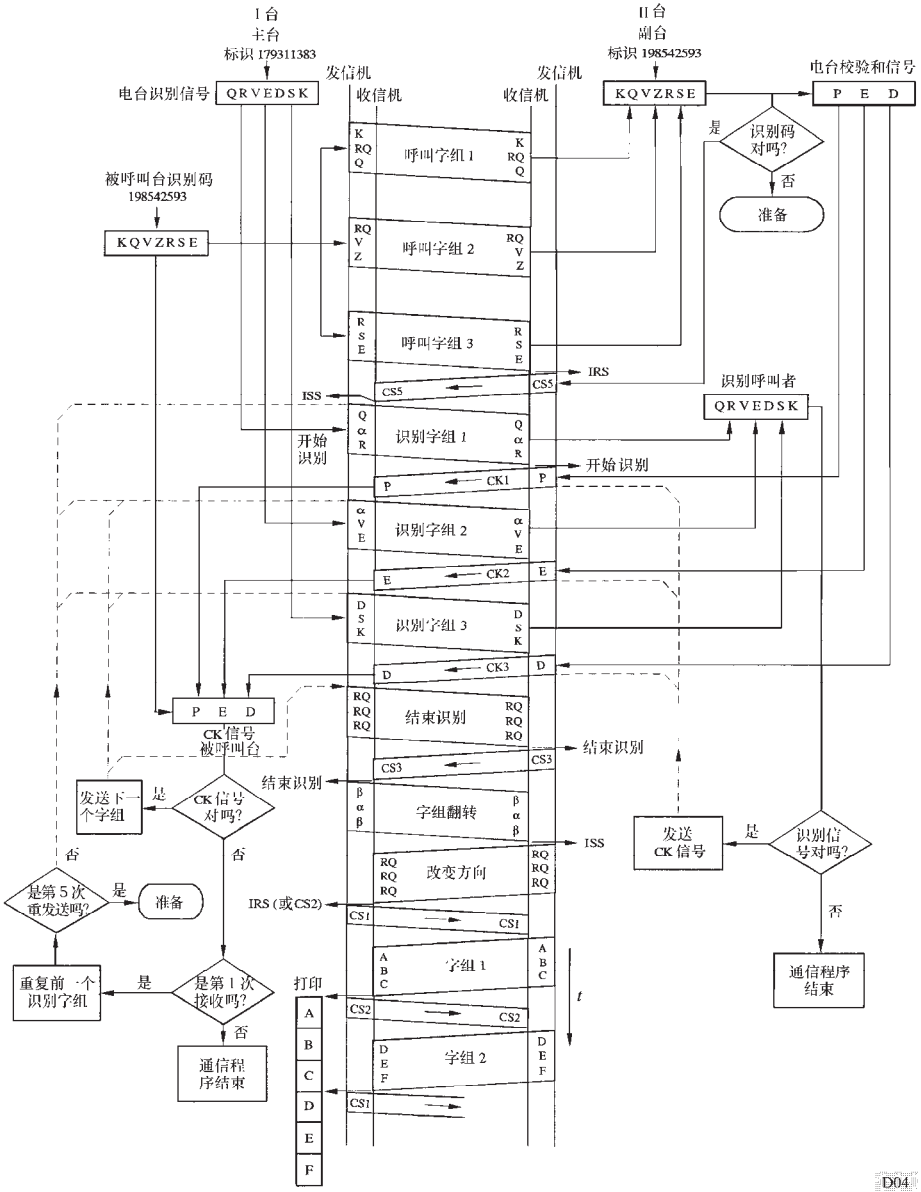


图 5

关于变换程序和通信结束的通信流 EINE PAGE

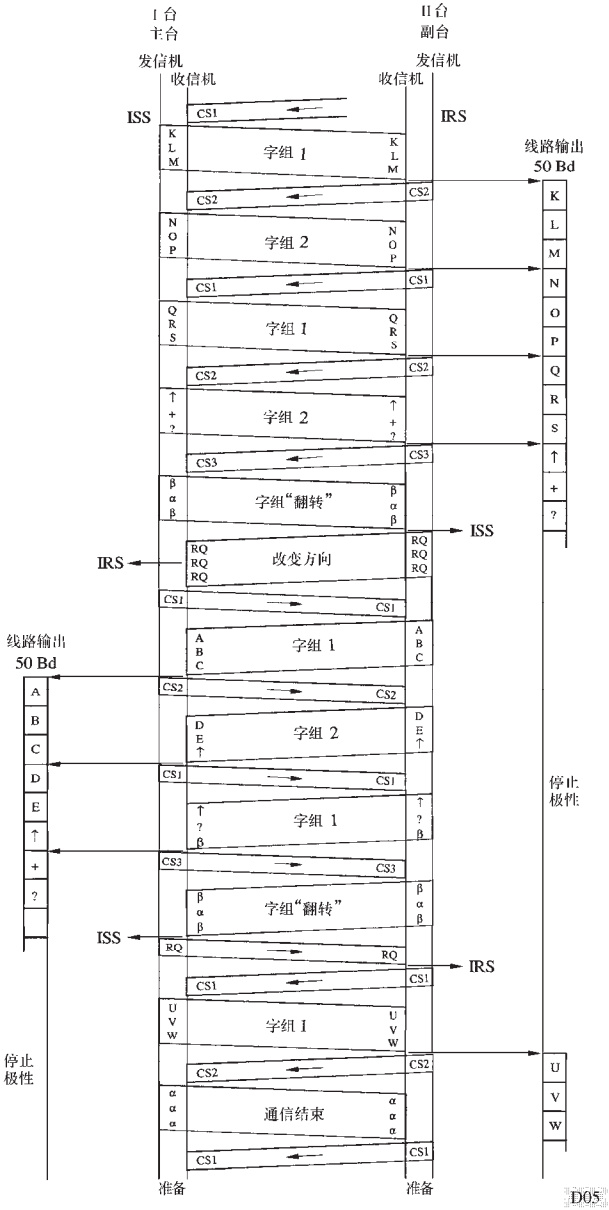


图 6

7 位信号呼叫标识在残缺接收情况下的自动识别定相程序

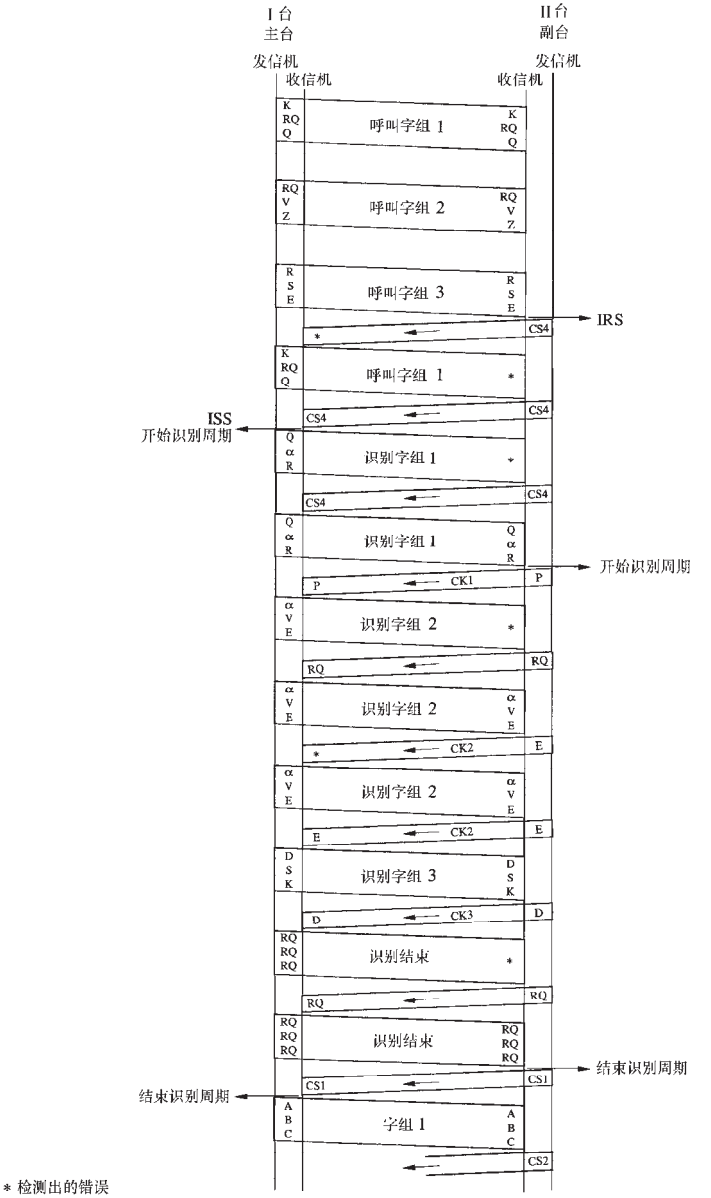
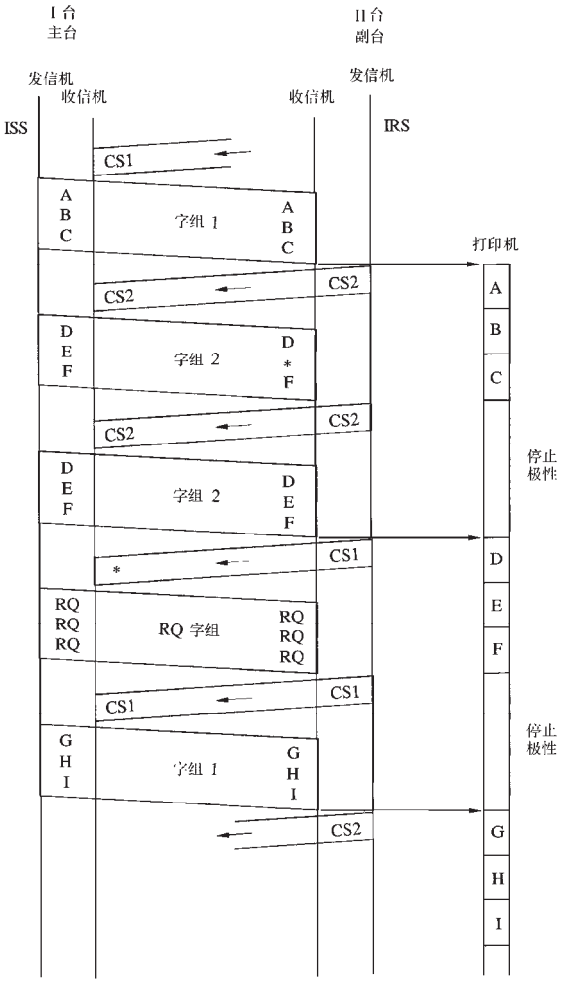


图 7

残缺接收情况下的通信流程

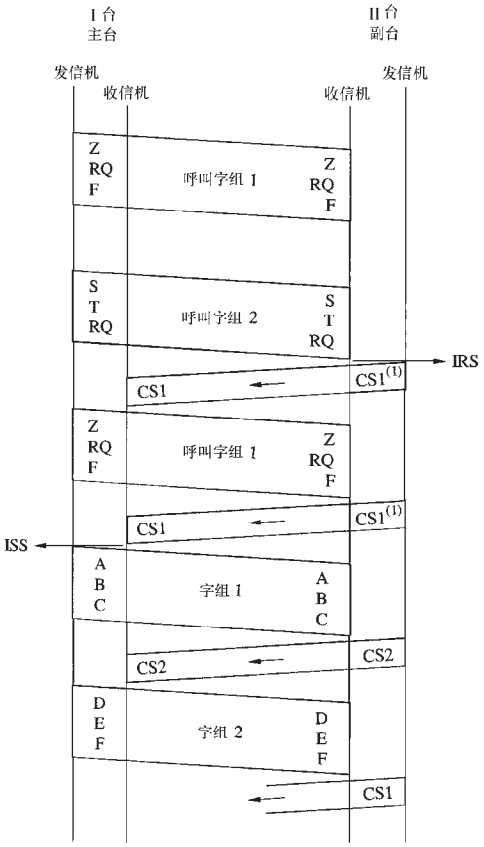


* 检测出的错误

D07

图 8

4 位信号呼叫标识情况下的定相程序

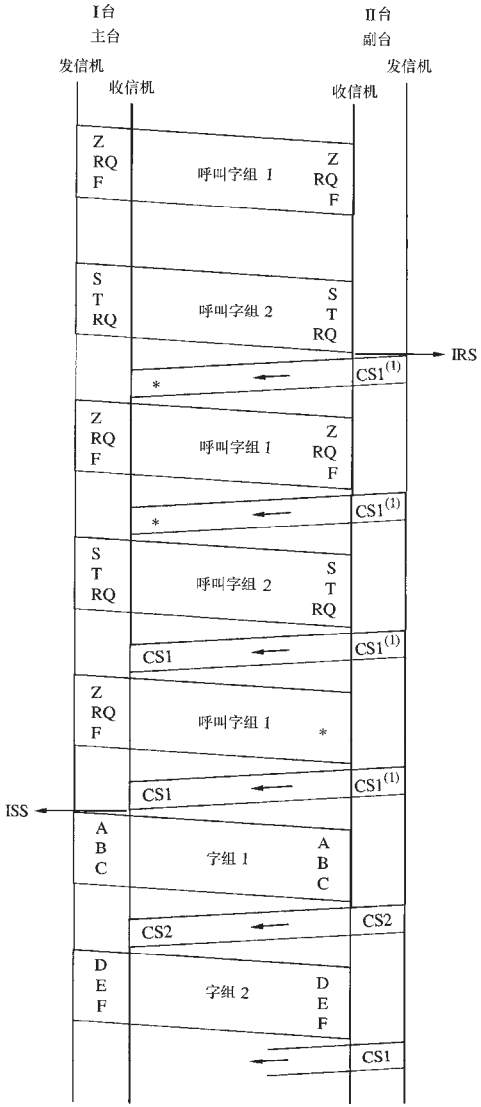


(1) 当某设备按照 ITU-R M. 476 建议书制造时这可能是 CS2。

D08

图 9

4 位信号呼叫标识残缺接收情况下的定相程序



* 检测出的错误

(1) 当某设备按照 ITU-R M.476 建议书制造时这可能是 CS2。

D09

图 10

集合方式 B 操作

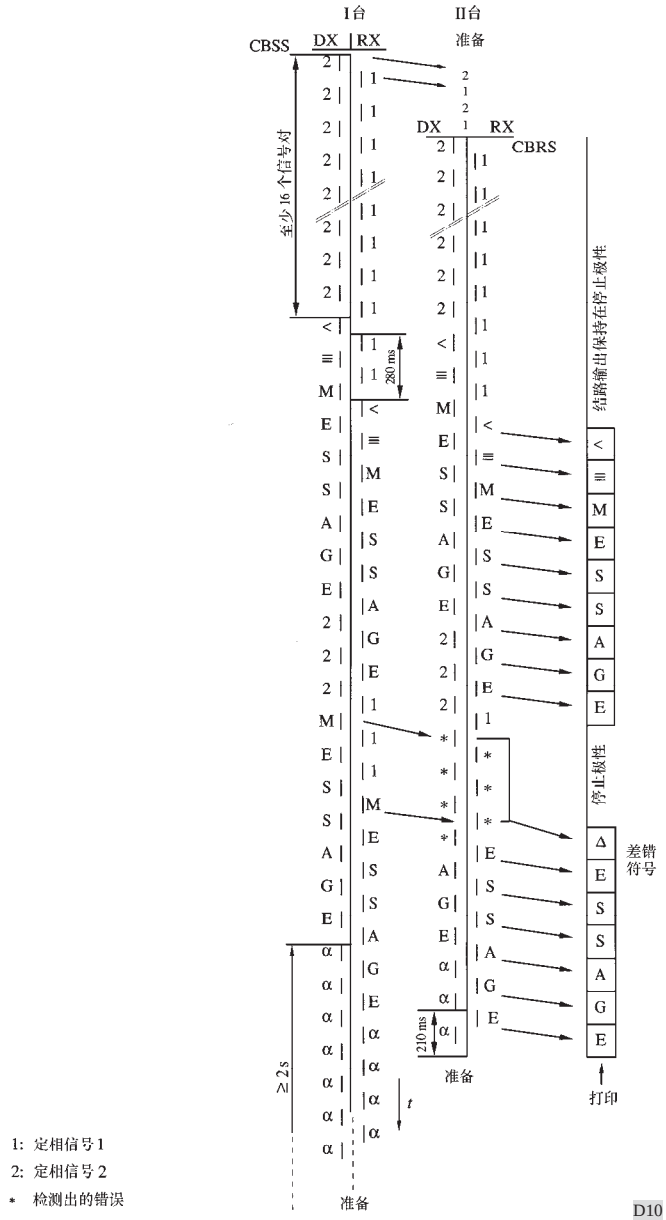

I台
II台
CBSS
DX
RX
准备
DX
RX
CBRS
至少 16 个信号对
280 ms
210 ms
结路输出保持在停止极性
停止极性
差错符号
≥ 2 s
t
准备
打印
1: 定相信号 1
2: 定相信号 2
* 检测出的错误
D10

图 11

4 位信号呼叫标识情况下的选择方式 B 操作

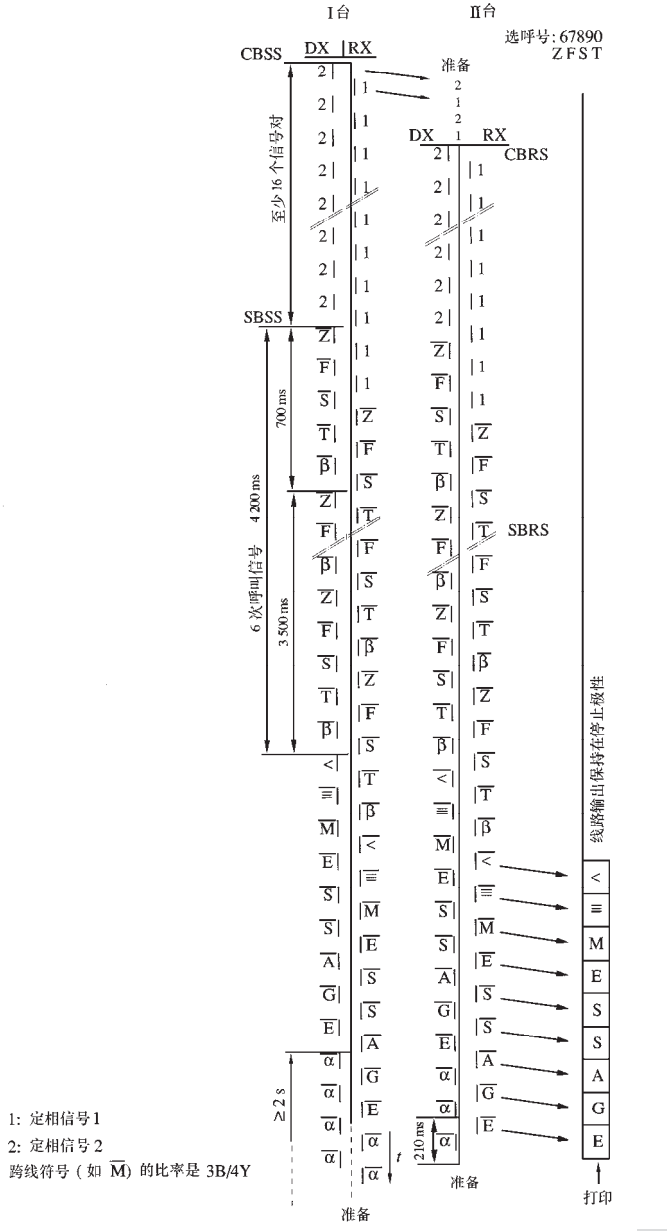
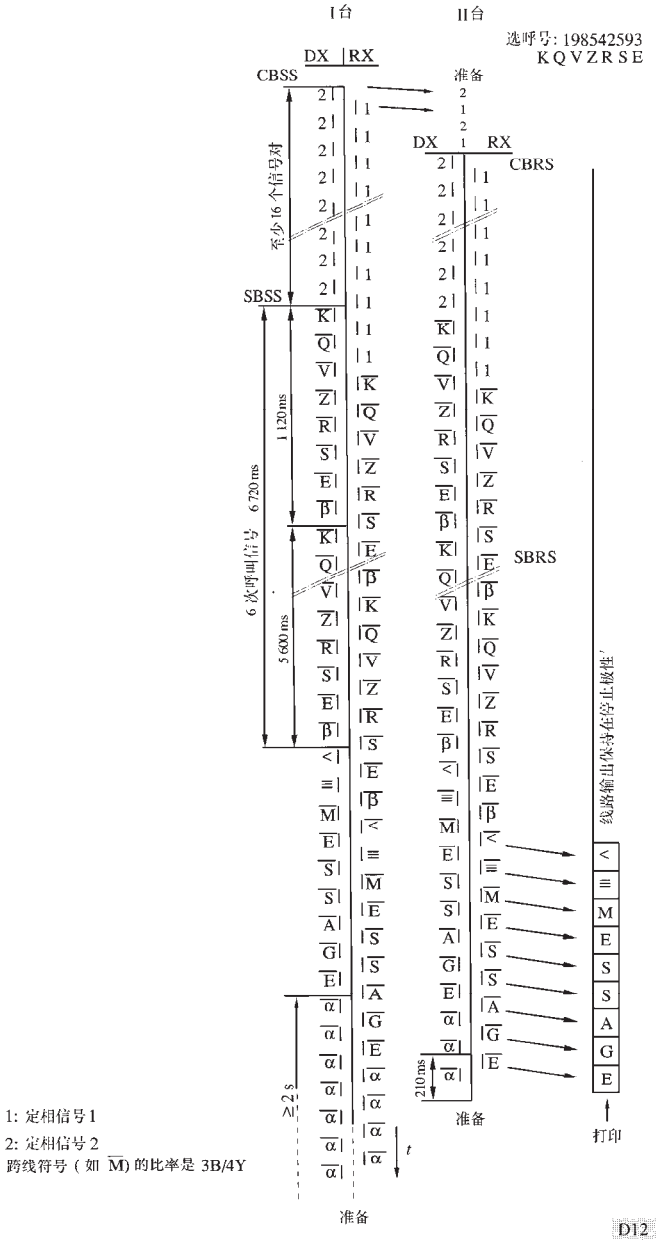


图 12

7 位信号呼叫标识情况下的选择方式 B 操作



附件 1 的附录

附 录 1

SDL 流程图（方式 A）

1 概述

功能规格描述语言（SDL）在 ITU-T Z.100 建议书中描述。

下列符号已被使用*：



状态

D13

— “状态”系指某个过程的动作挂起而等待输入的情形。



外部输入



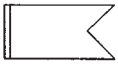
内部输入

D14

— “状态”系指某个过程的动作挂起而等待输入的情形。



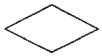
外部输入



内部输入

D14

— “输入”是一个输入信号，此信号由某一过程识别。



判定

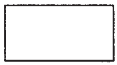
D16

* 秘书处注：
下列图形符号代表“连接符”：



这里：
n： 连接符参考号。
x： 图页号。
y： 附录编号（当出现在同一附录内时可省略）。
z： 出现的次数。

— “判定”是一种提出问题并可立刻得到问题的解答并选择几条路径中的一条来继续该序列的动作。



— “任务”指即不是判定也不是输出的动作。

2 在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别定相程序（呼叫台）

2.1 该 SDL 图在附录 2 中给出。

2.2 在这些图中使用下列监控计数器：

计数器	超时	状态	图
n_0	128 周期	02，03，04	1
n_1	128 周期	00	1
n_2	32 周期	05，06，07，08	2，3

3 在 4 位信号呼叫标识情况下的自动识别重定相程序（呼叫台）

3.1 该 SDL 图在附录 3 中给出。

3.2 在这些图中使用下列监控计数器：

计数器	超时	状态	图
n_5	32 周期	00，02，03，04	1
		05，06，07，08	2，3
n_1	128 周期		1
n_2	32 周期	05，06，07，08	2，3

4 在 4 位信号呼叫标识情况下无自动识别定相程序（呼叫台）

4.1 该 SDL 图在附录 4 中给出。

4.2 在这些图中使用下列监控计数器：

计数器	超时	状态	图
n_0	128 周期	02，03	1
n_1	128 周期	00	1

5 在 4 位信号呼叫标识情况下无自动识别重定相程序（呼叫台）

5.1 该 SDL 图在附录 5 中给出。

5.2 在这些图中使用下列监控计数器：

计数器	超时	状态	图
n_5	32 周期	00，02，03	1
n_1	128 周期		1

6 在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别定相程序（被呼叫台）

6.1 该 SDL 图在附录 6 中给出。

6.2 在这些图中使用下列监控计数器：

计数器	超时	状态	图
n_2	32 周期	05，06，07，08	2，3

7 在 7 位信号呼叫标识情况下自动识别重定相过程（被呼叫台）

7.1 该 SDL 图在附录 7 中给出。

7.2 在这些图中使用下列监控计数器：

计数器	超时	状态	图
n_5	32 周期	00，01，02，03，04	1
		05，06，07，08	2，3
n_2	32 周期	05，06，07，08	2，3

8 在 4 位信号呼叫标识情况下无自动识别定相过程（被呼叫台）

8.1 该 SDL 图在附录 8 中给出。

9 在 4 位信号呼叫标识情况下无自动识别重定相过程（被呼叫台）

9.1 该 SDL 图在附录 9 中给出。

9.2 在这些图中使用下列监控计数器：

计数器	超时	状态	图
n_5	32 周期	00，01，03	1

10 在 4 位信号呼叫标识和 7 位信号呼叫标识情况下通信流程（电台处于 ISS 位置）

10.1 该 SDL 图在附录 10 中给出。

10.2 在这些图中使用下列监控计数器：

计数器	超时	状态	图
n_3	32 周期	09，10，13	1，3
n_4	4 周期	11，12	2
n_1	128 周期	12	2
n_5	32 周期	11，12，13，14	2，3

11 在 4 位信号呼叫标识和 7 位信号呼叫标识情况下通信流程（电台处于 IRS 位置）

11.1 该 SDL 图在附录 11 中给出。

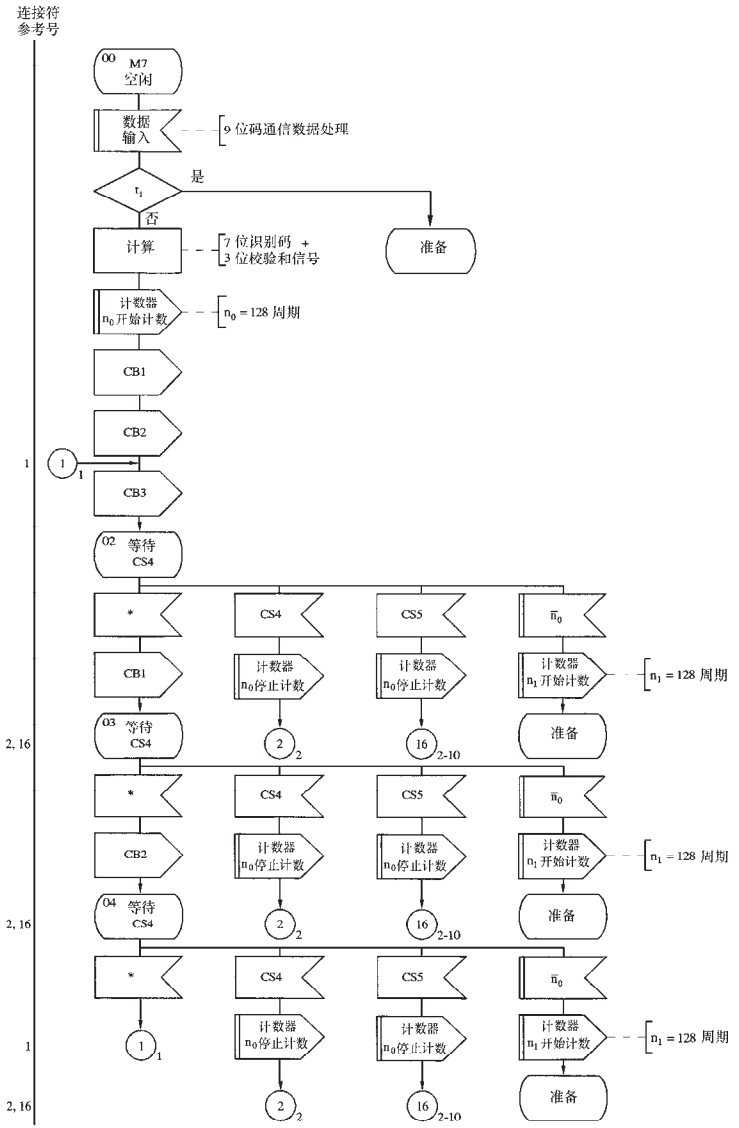
11.2 在这些图中使用下列监控计数器：

计数器	超时	状态	图
n_3	32 周期	09，10，11	1，2
n_5	32 周期	09，10，11，12	1，2

附 录 2

在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别定相程序（呼叫台）

图 1（共 3 幅）



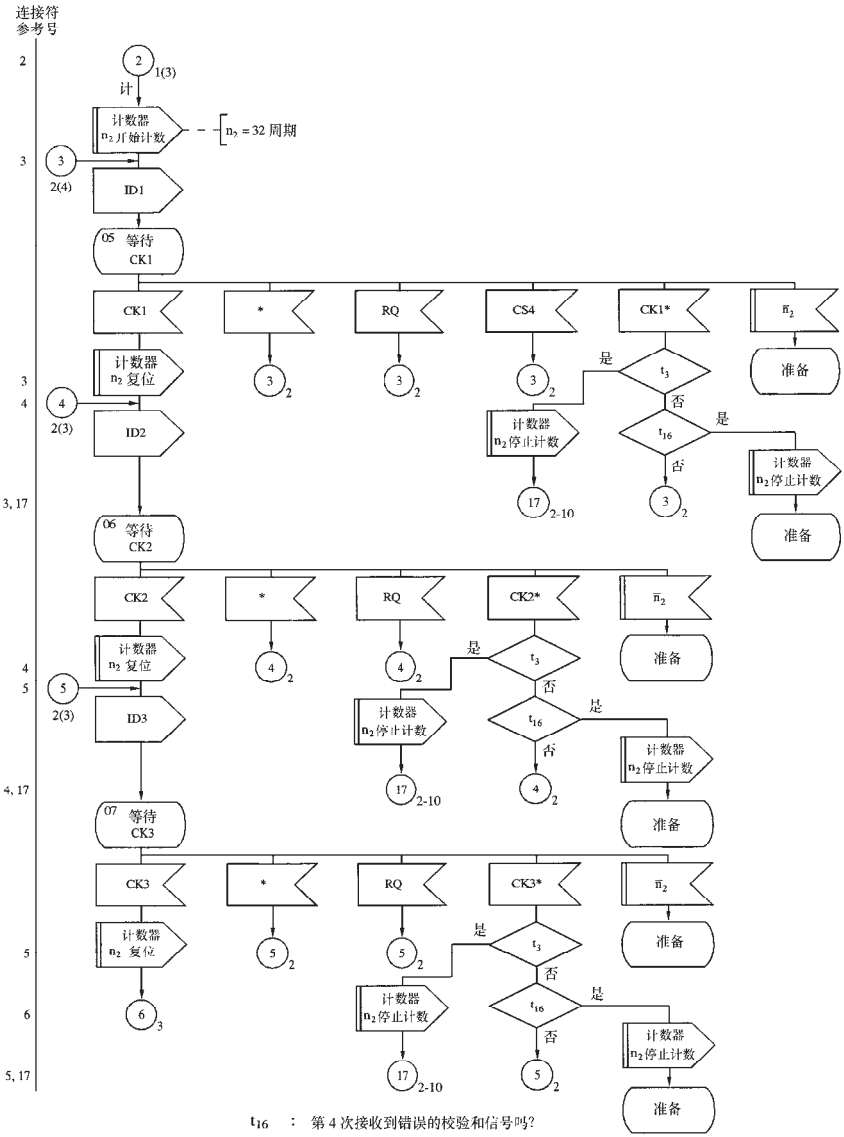
t_1: 呼叫识别码与前一个相同及 $n_1 > 0$?

* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D18

附 录 2

图 2（共 3 幅）



t_{16} ： 第 4 次接收到错误的校验和信号吗?

t_3 ： 前一周期有相同的校验和信号吗?

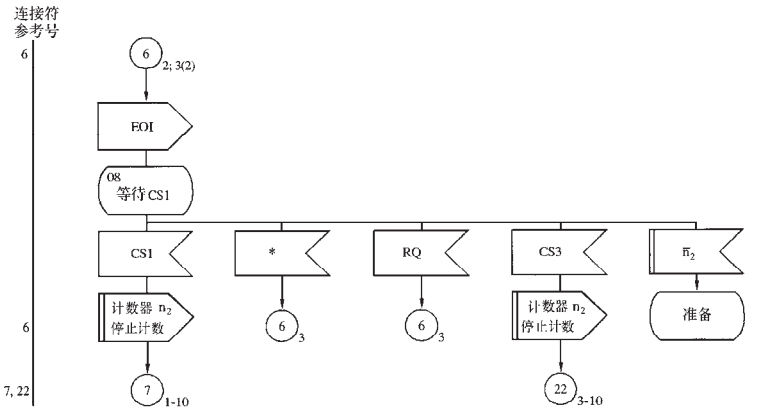
CKn*: 错误的校验和信号

* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D19

附 录 2

图 3（共 3 幅）

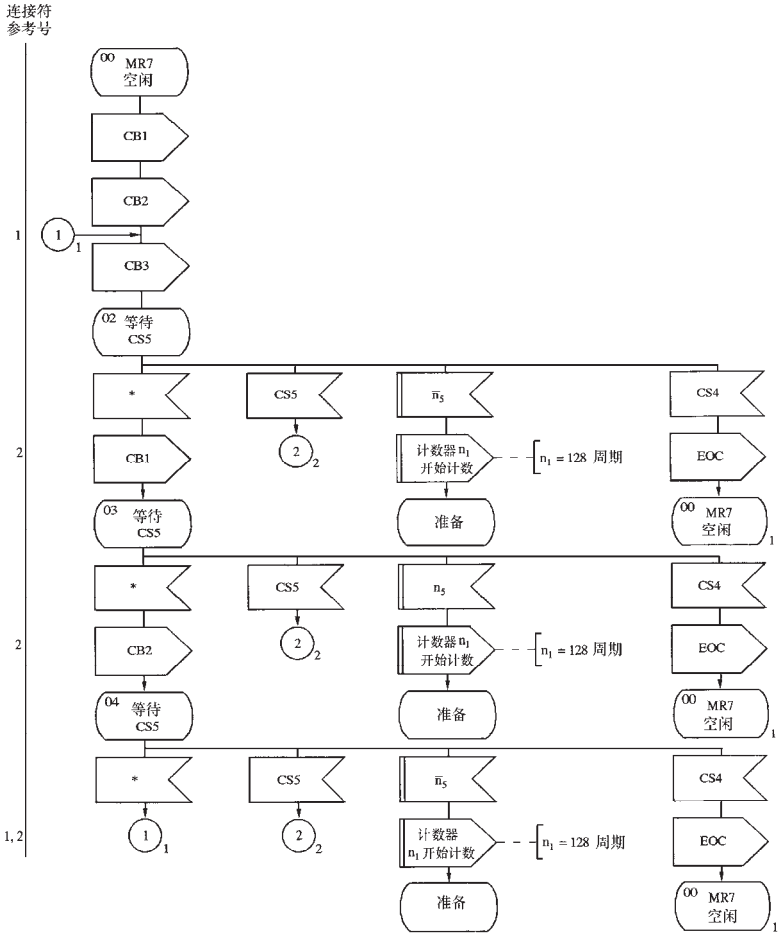


* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

附 录 3

在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别重定相程序
（呼叫台）

图 1（共 3 幅）

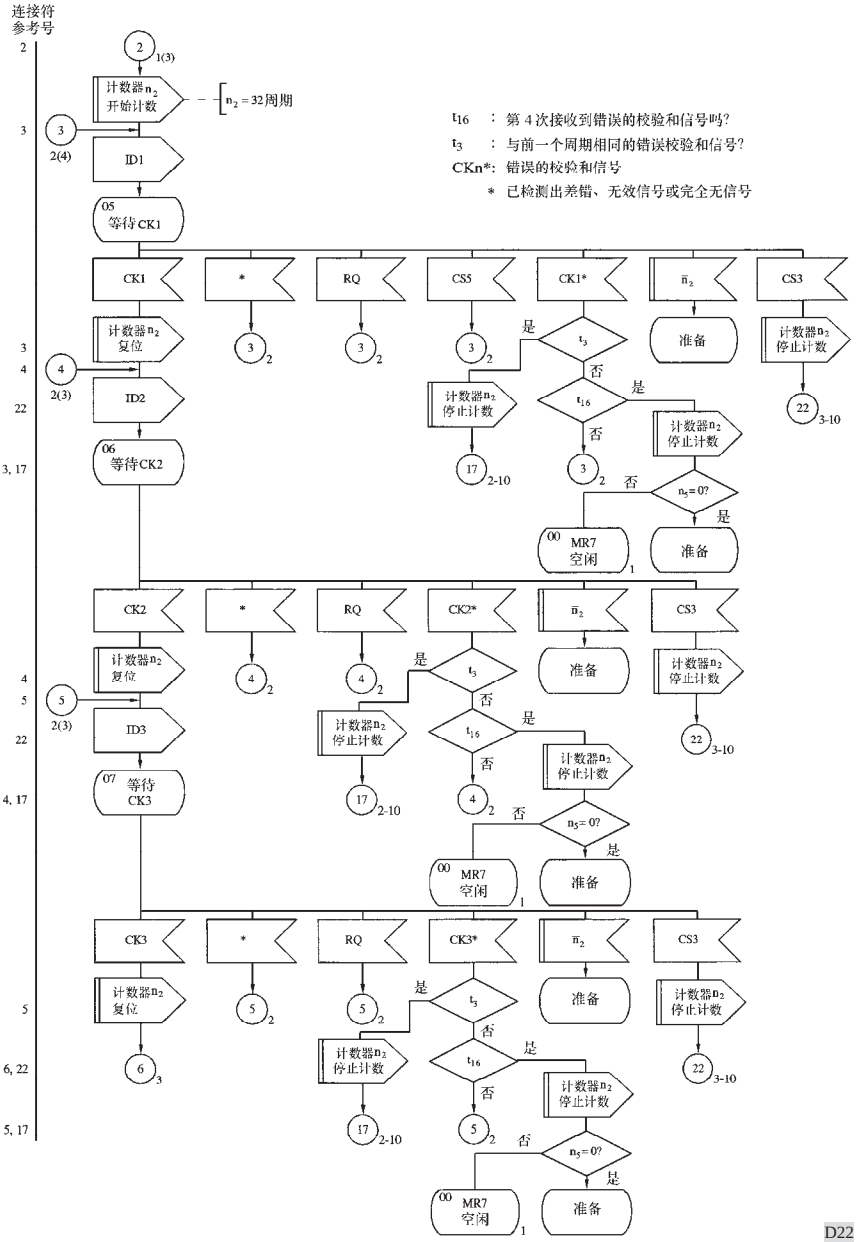


* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D21

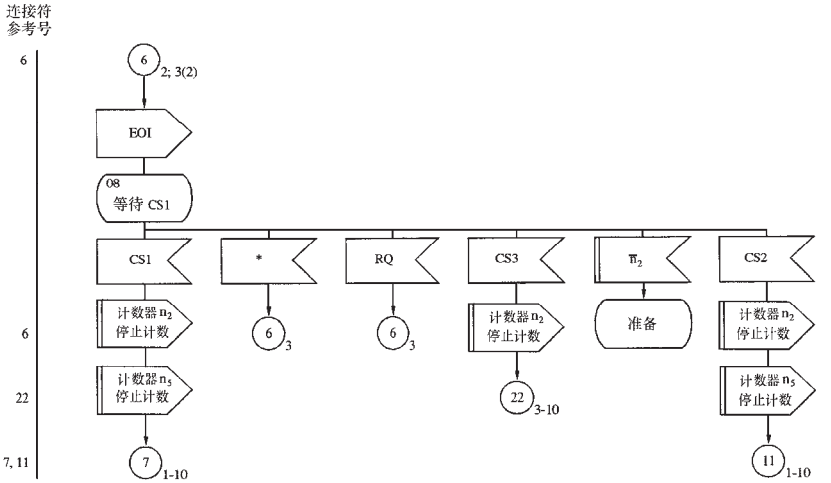
附 录 3

图 2（共 3 幅）


连接符参考号
t_{16} ： 第 4 次接收到错误的校验和信号吗?
t_3 ： 与前一个周期相同的错误校验和信号?
CKn*: 错误的校验和信号
* 已检测出差错、无效信号或完全无信号
计数器n_2开始计数
n_2 = 32周期
ID1
05 等待CK1
CK1
计数器n_2复位
ID2
06 等待CK2
CK2
ID3
07 等待CK3
CK3
RQ
CS5
CK1*
CK2*
CK3*
CS3
准备
计数器n_2停止计数
n_5= 0?
00 MR7 空闲
是
否
D22

附 录 3

图 3（共 3 幅）



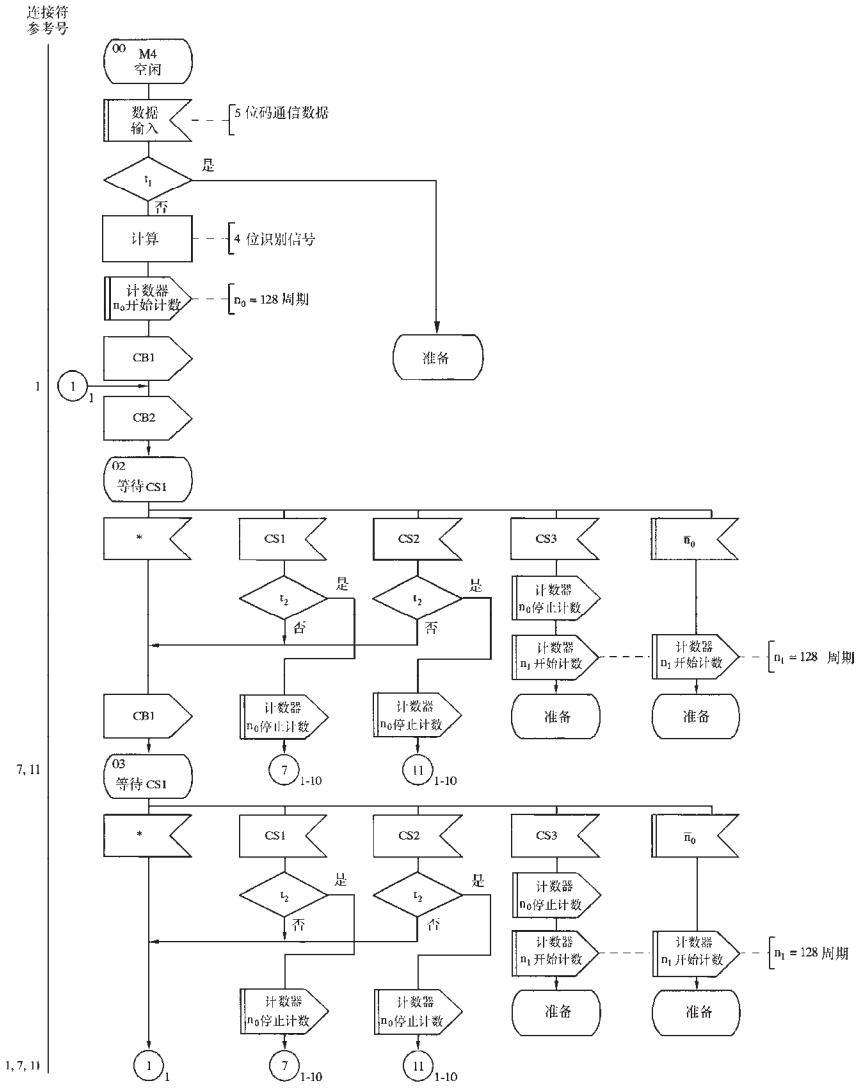
* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D23

附 录 4

在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别定相程序（呼叫台）

图 1（共 1 幅）



t_1：呼叫识别码与前一个相同以及 $n_1 > 0$?

t_2：与前一个周期相同的控制信号

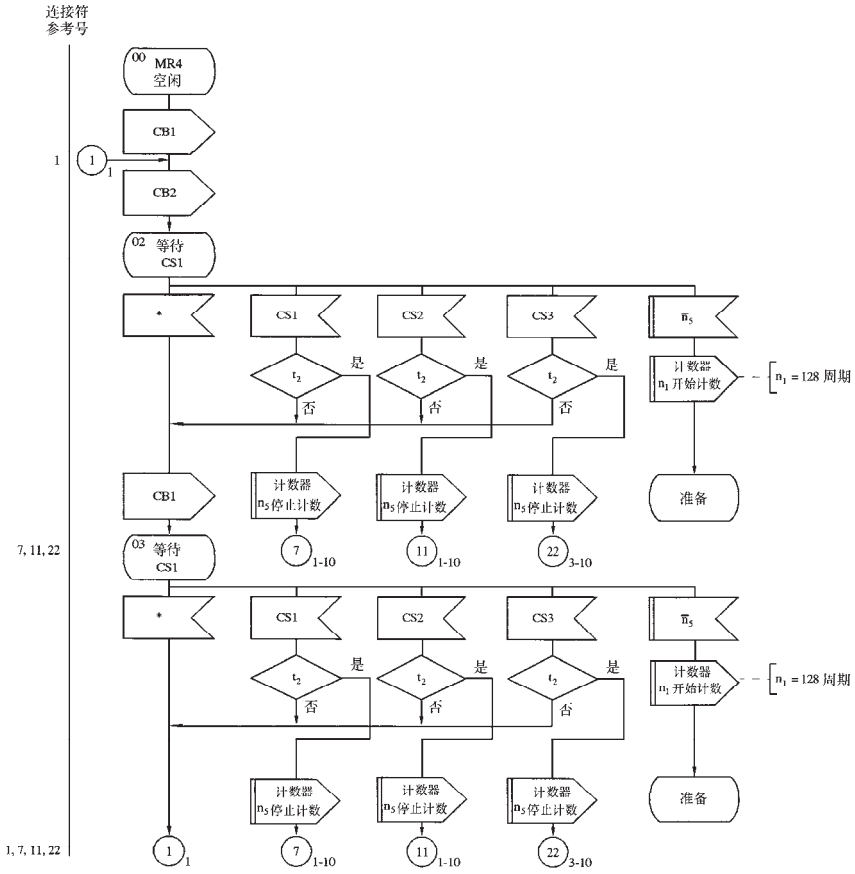
* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D24

附 录 5

在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别重定相程序
（呼叫台）

图 1（共 1 幅）



t_2：与前一个周期相同的控制信号?

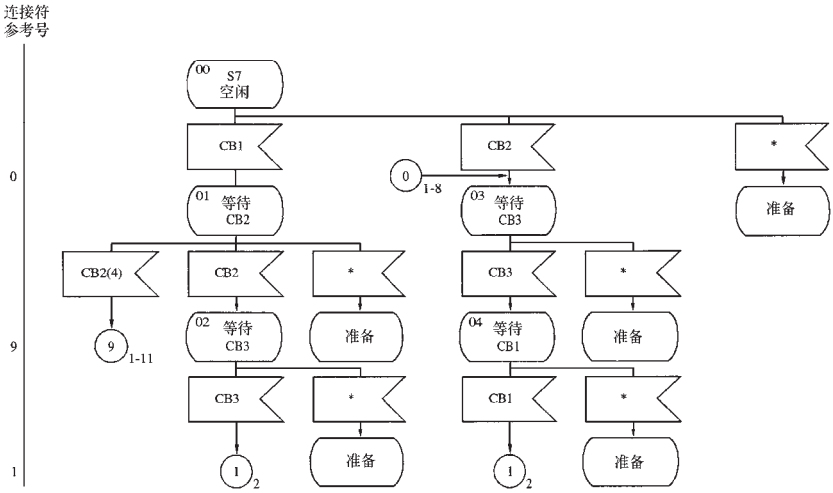
* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D25

附 录 6

在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别定相程序
（被呼叫台）

图 1（共 3 幅）

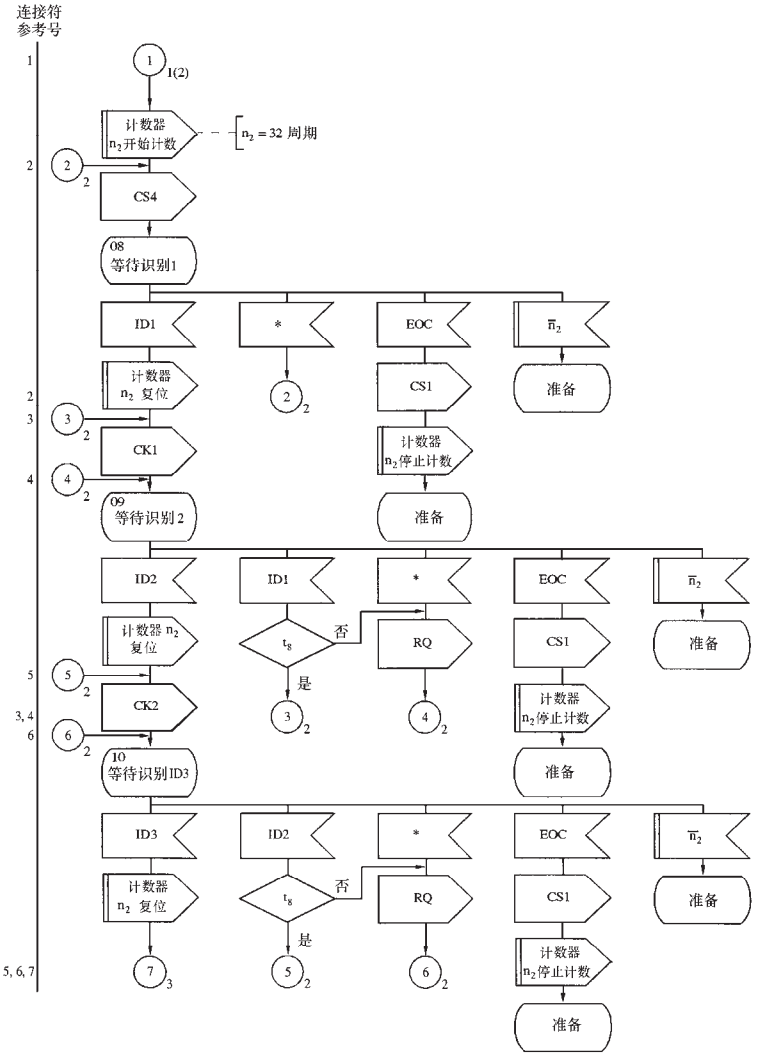


* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D26

附 录 6

图 2（共 3 幅）

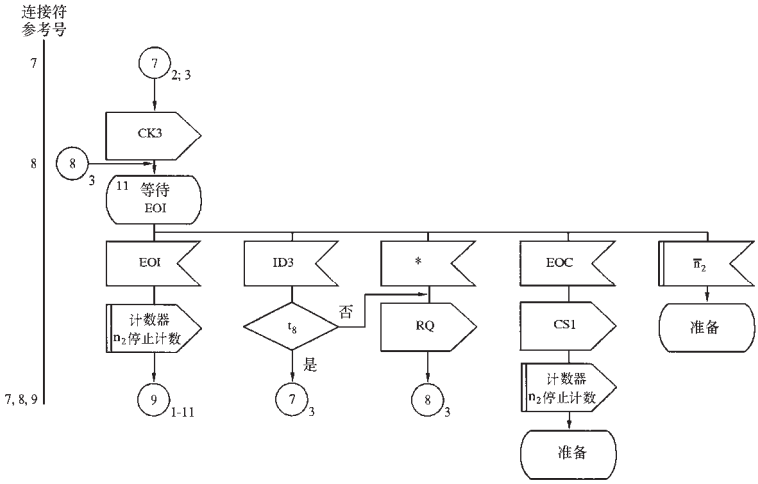


t_3: 与前一个周期相同的识别字组吗?

* 已检测出差错、无效信号或完全无信号 D27

附 录 6

图 3（共 3 幅）



t_3: 与前一个周期相同的识别字组吗?

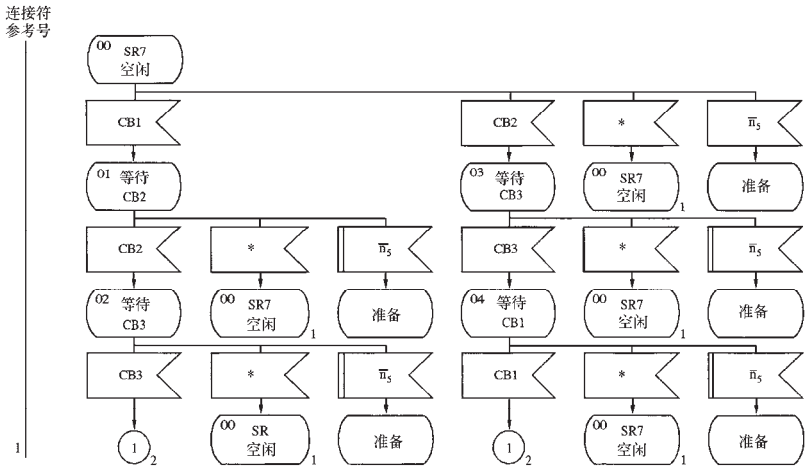
* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D28

附 录 7

在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别重定相程序
（被呼叫台）

图 1（共 3 幅）

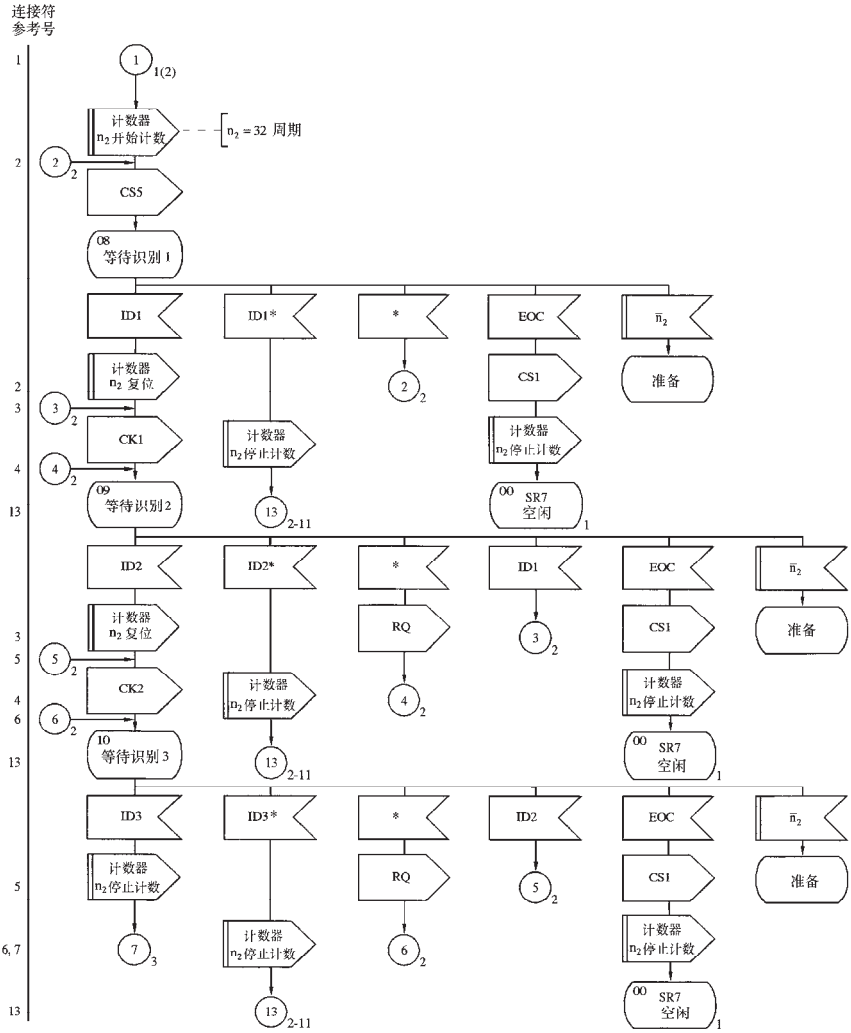


D29

* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

附 录 7

图 2（共 3 幅）



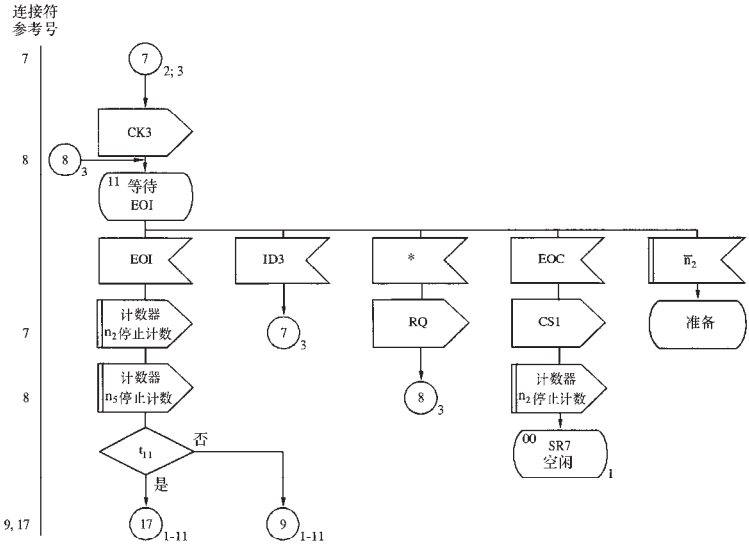
IDn*： 错误的识别信号

* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D30

附 录 7

图 3（共 3 幅）



t_{11}: 出现中断的瞬间，字组 2 是前一个接收到的字组吗?

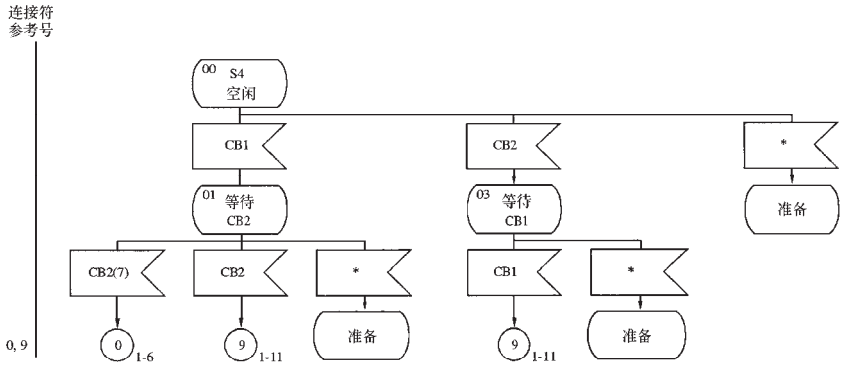
* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D31

附 录 8

在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别定相程序
（被呼叫台）

图 1（共 1 幅）

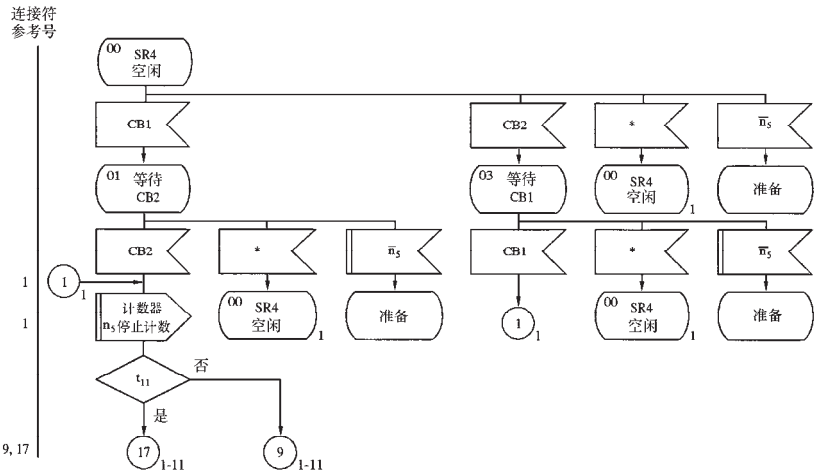


* 已检测出差错、无效信号或完全无信号 D32

附 录 9

在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别重定相程序
（被呼叫台）

图 1（共 1 幅）



t_{11}：出现中断的瞬间，字组 2 是前一个接收到的字组吗?

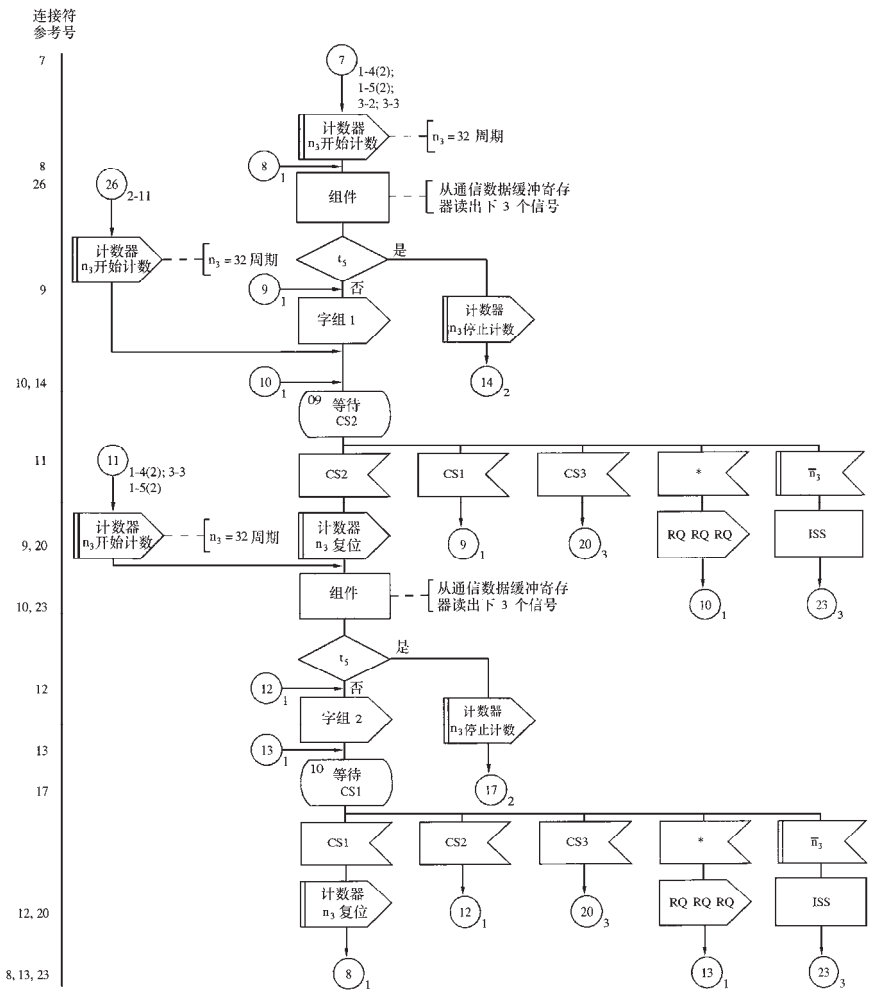
* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D33

附 录 10

在 4 位信号呼叫标识和 7 位信号呼叫标识情况下的通信流程（电台处于 ISS 位置）

图 1（共 3 幅）



t_5：数据字组包含“通信结束”电文吗?

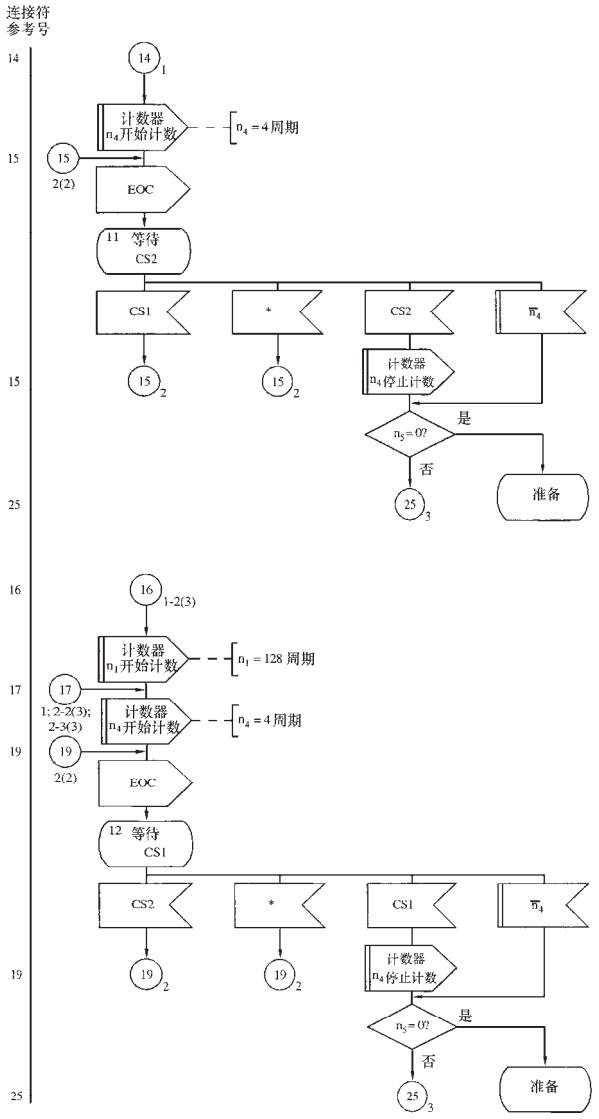
ISS: 注意：出现中断的瞬间，电台为 ISS

* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D34

附 录 10

图 2（共 3 幅）

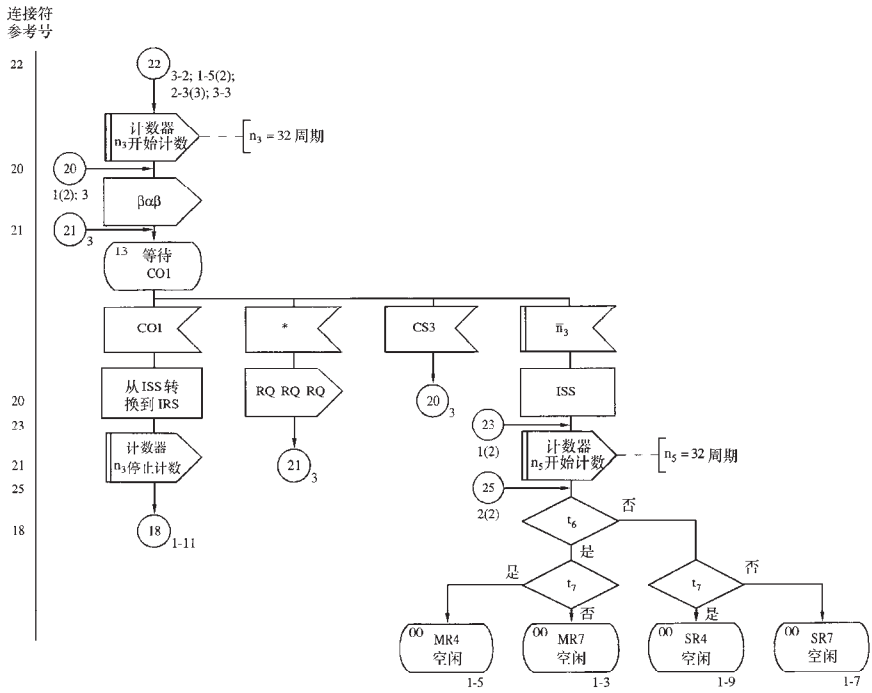


* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D35

附 录 10

图 3（共 3 幅）



t_6 ： 电台是主台吗？

t_7 ： 电台是工作在 4 位呼叫标识吗?

ISS： 注：出现中断的瞬间，电台为 ISS

CO1: 如果 ISS 是:

— 主台，则为 “RQ RQ RQ”

— 副台，则为 “RQ”

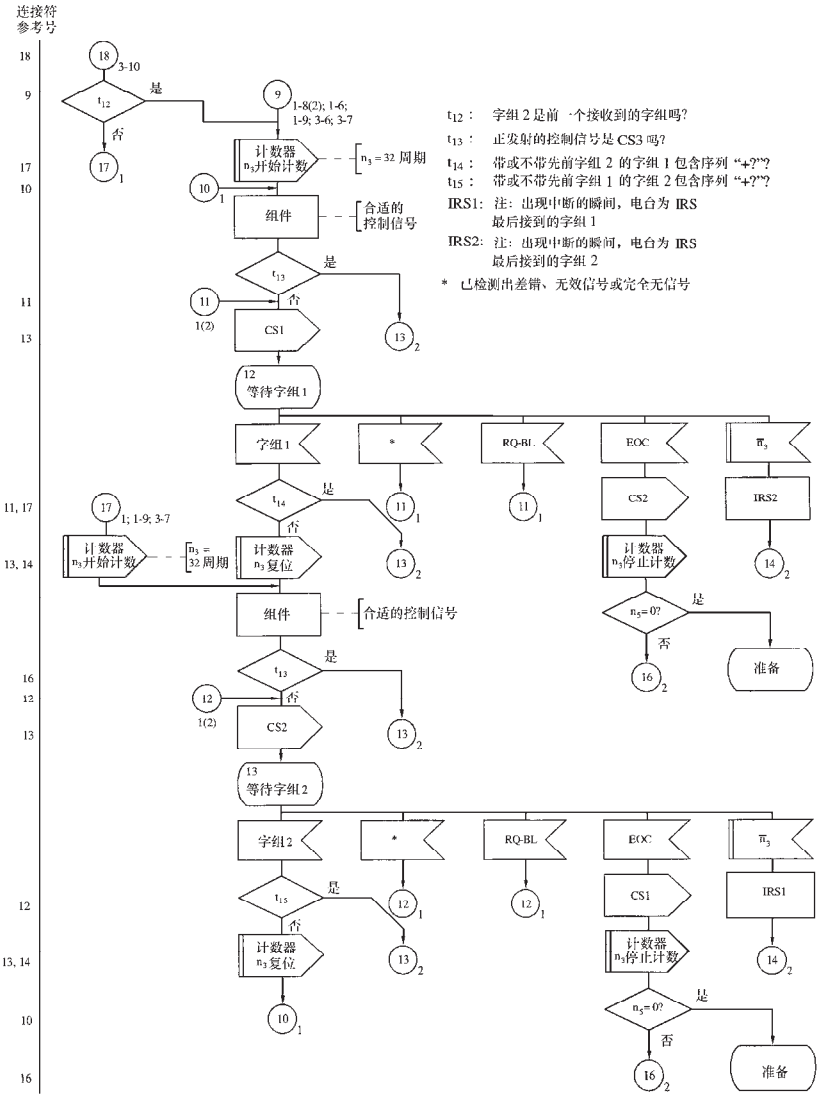
* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D36

附 录 11

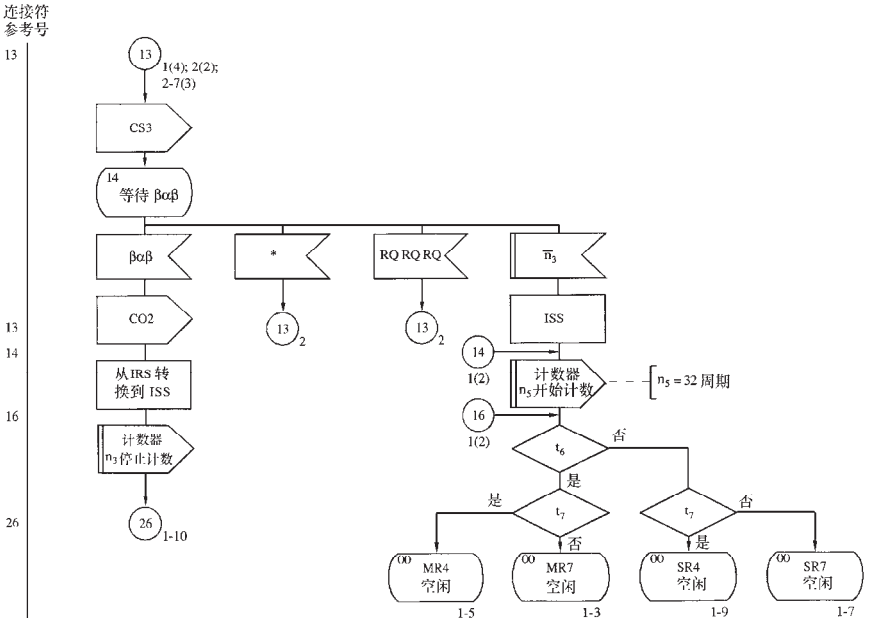
在 4 位信号呼叫标识和 7 位信号呼叫标识情况下的通信流程（电台处于 IRS 位置）

图 1（共 2 幅）



附 录 11

图 2（共 2 幅）



t_6 ：电台是主台吗？

t_7 ：电台是工作在 4 位呼叫标识吗?

CO2: 如果 IRS 是：

— 主台，则为 “RQ”

— 副台，则为 “RQ RQ RQ”

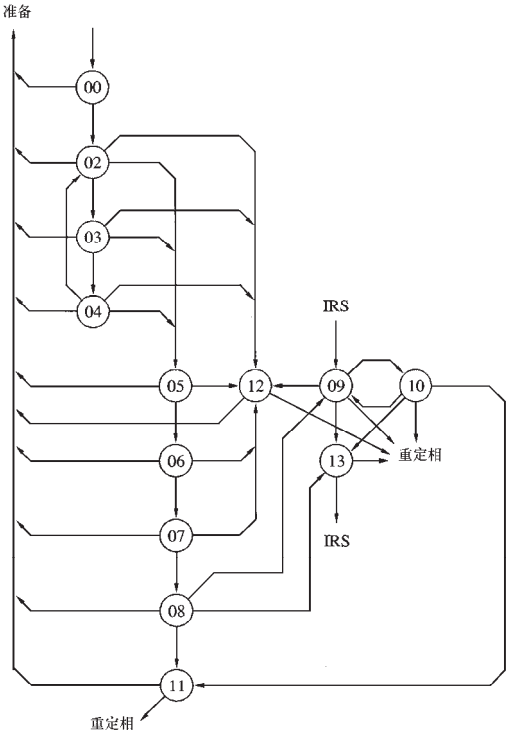
* 已检测出差错、无效信号或完全无信号

D38

附 录 12

在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别定相程序（呼叫台）和电台处于 ISS 位置的通信流程（状态概图）

图 1（共 8 幅）



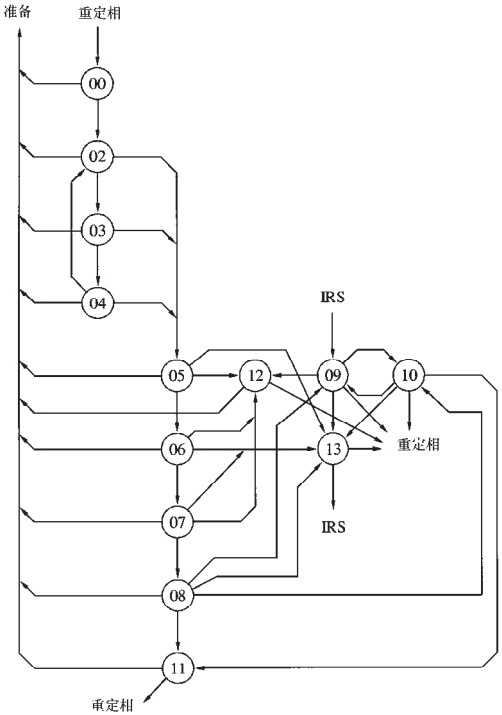
状态号	状态描述	参考图	计数器运行	监控计数器
00	M7 空闲	1-2	n_1	n_0 = 128 周期
02	等待 CS4	1-2	n_0	n_1 = 128 周期
03	等待 CS4	1-2	n_0	n_2 = 32 周期
04	等待 CS4	1-2	n_0	n_3 = 32 周期
05	等待 CK1	2-2	n_2	n_4 = 4 周期
06	等待 CK2	2-2	n_2	
07	等待 CK3	2-2	n_2	
08	等待 CS1	3-2	n_2	
09	等待 CS2	1-10	n_3	
10	等待 CS1	1-10	n_3	
11	等待 CS2	2-10	n_4	
12	等待 CS1	2-10	n_1, n_4	
13	等待翻转	3-10	n_3	

D39

附 录 12

在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别重定相程序（呼叫台）和电台处于 ISS 位置的通信流程（状态概图）

图 2（共 8 幅）



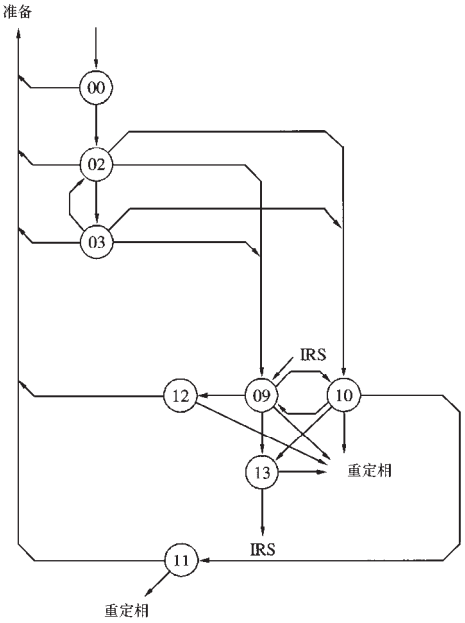
状态号	状态描述	参考图	计数器运行	监控计数器
00	MR7 空闲	1-3	n_5	n_1 = 128 周期
02	等待 CS5	1-3	n_5	n_2 = 32 周期
03	等待 CS5	1-3	n_5	n_3 = 32 周期
04	等待 CS5	1-3	n_5	n_4 = 4 周期
05	等待 CK1	2-3	n_2,n_5	n_5 = 32 周期
06	等待 CK2	2-3	n_2,n_5	
07	等待 CK3	2-3	n_2,n_5	
08	等待 CS1	3-3	n_2,n_5	
09	等待 CS2	1-10	n_3,n_5	
10	等待 CS1	1-10	n_3,n_5	
11	等待 CS2	2-10	n_4,n_5	
12	等待 CS1	2-10	n_1,n_4,n_5	
13	等待翻转	3-10	n_3,n_5	

D40

附 录 12

在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别定相程序（呼叫台）和电台处于 ISS 位置的通信流程（状态概图）

图 3（共 8 幅）

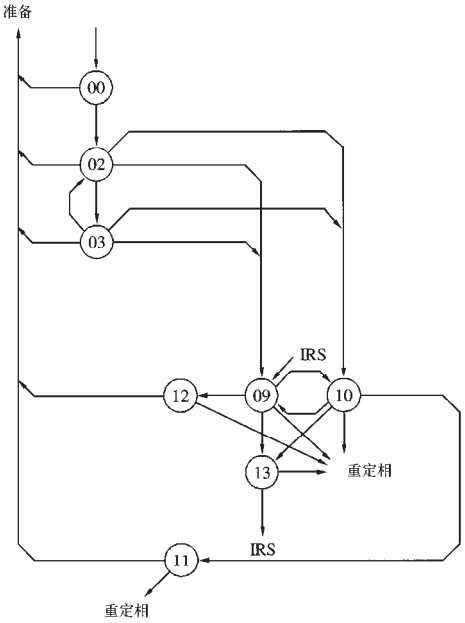


状态号	状态描述	参考图	计数器运行	监控计数器
00	M4 空闲	1-4	n_1	n_0 = 128 周期
02	等待 CS1	1-4	n_0	n_1 = 128 周期
03	等待 CS1	1-4	n_0	n_3 = 32 周期
09	等待 CS2	1-10	n_3	n_4 = 4 周期
10	等待 CS1	1-10	n_3	
11	等待 CS2	2-10	n_4	
12	等待 CS1	2-10	n_1,n_4	
13	等待翻转	3-10	n_3	D41

附 录 12

在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别重定相程序（呼叫台）和电台处于 ISS 位置的通信流程（状态概图）

图 4（共 8 幅）



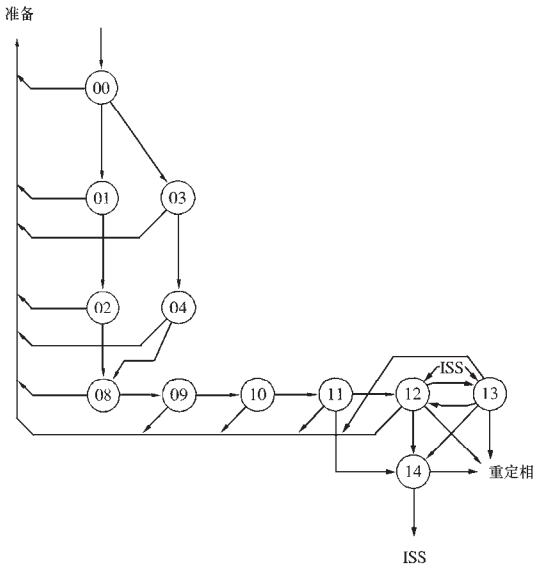
状态号	状态描述	参考图	计数器运行	监控计数器
00	M4 空闲	1-4	n_1	n_0 = 128 周期
02	等待 CS1	1-4	n_0	n_1 = 128 周期
03	等待 CS1	1-4	n_0	n_3 = 32 周期
09	等待 CS2	1-10	n_3	n_4 = 4 周期
10	等待 CS1	1-10	n_3	
11	等待 CS2	2-10	n_4	
12	等待 CS1	2-10	n_1,n_4	
13	等待翻转	3-10	n_3	

D42

附 录 12

在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别定相程序（被呼叫台）和电台处于 IRS 位置的通信流程（状态概图）

图 5（共 8 幅）



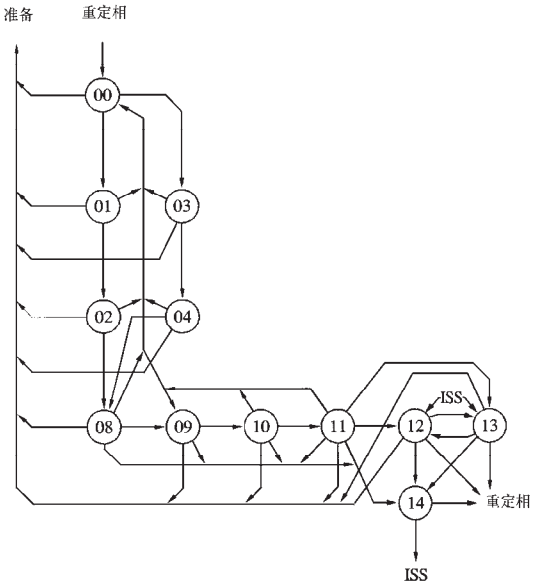
状态号	状态描述	参考图	计数器运行	监控计数器
00	S7 空闲	1-6		n_2 = 32 周期
01	等待 CB2	1-6		n_3 = 32 周期
02	等待 CB3	1-6		
03	等待 CB3	1-6		
04	等待 CB1	1-6		
08	等待 ID1	2-6	n_2	
09	等待 ID2	2-6	n_2	
10	等待 ID3	2-6	n_2	
11	等待 EOI	3-6	n_2	
12	等待字组 1	1-11	n_3	
13	等待字组 2	1-11	n_3	
14	等待 βαβ	2-11	n_3	

D43

附 录 12

在 7 位信号呼叫标识情况下的自动识别重定相程序（被呼叫台）和电台处于 IRS 位置的通信流程（状态概图）

图 6（共 8 幅）



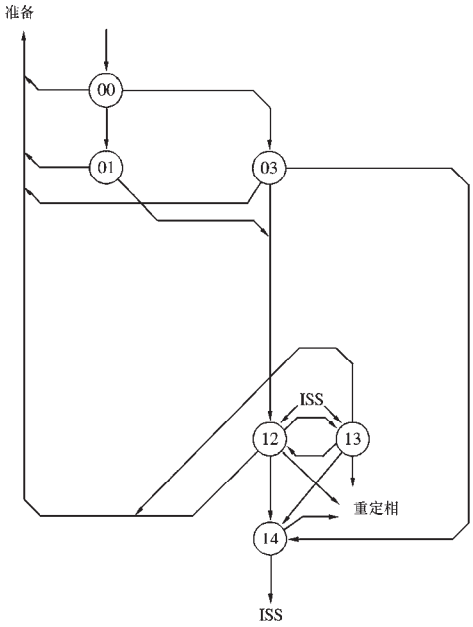
状态号	状态描述	参考图	计数器运行	监控计数器
00	SR7 空闲	1-7	n_5	n_2 = 32 周期
01	等待 CB2	1-7	n_5	n_3 = 32 周期
02	等待 CB3	1-7	n_5	n_5 = 32 周期
03	等待 CB3	1-7	n_5	
04	等待 CB1	1-7	n_5	
08	等待 ID1	2-7	n_2, n_5	
09	等待 ID2	2-7	n_2, n_5	
10	等待 ID3	2-7	n_2, n_5	
11	等待 EOI	3-7	n_2, n_5	
12	等待字组 1	1-11	n_3, n_5	
13	等待字组 2	1-11	n_3, n_5	
14	等待 βαβ	2-11	n_3, n_5	

D44

附 录 12

在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别定相程序（被呼叫台）和电台处于 IRS 位置的通信流程（状态概图）

图 7（共 8 幅）



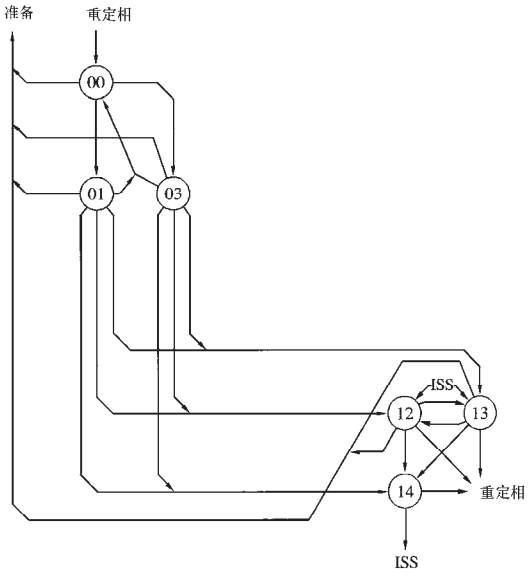
状态号	状态描述	参考图	计数器运行	监控计数器
00	S4 空闲	1-8		n_3 = 32 周期
01	等待 CB2	1-8		
03	等待 CB1	1-8		
12	等待字组 1	1-11	n_3	
13	等待字组 2	1-11	n_3	
14	等待 βαβ	2-11	n_3	

D45

附 录 12

在 4 位信号呼叫标识情况下的无自动识别重定相程序（被呼叫台）和电台处于 IRS 位置的通信流程（状态概图）

图 8（共 8 幅）



状态号	状态描述	参考图	计数器运行	监控计数器
00	SR4 空闲	1-9	n_5	n_2 = 32 周期
01	等待 CB2	1-9	n_5	n_3 = 32 周期
03	等待 CB1	1-9	n_5	n_5 = 32 周期
12	等待字组 1	1-11	n_3, n_5	
13	等待字组 2	1-11	n_3, n_5	
14	等待 βαβ	2-11	n_3, n_5	

D46

ITU-R M.633-4*建议书

通过在406 MHz频带卫星系统工作的卫星紧急位置指示无线电信标（卫星EPIRB）的传输特性

（1986-1990-2000-2004-2010年）

范围

本建议书介绍了在406 MHz频带工作的卫星紧急位置指示无线电信标系统（卫星EPIRB）的传输特性。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 卫星EPIRB可用于海上、陆地和航空环境的遇险告警；

b) 具有共同特性的卫星EPIRB可在各种工作环境中应用；

c) 卫星EPIRB是国际海事组织（IMO）全球海上遇险与安全系统（GMDSS）的主要告警方式之一；

d) 所有适用于1974年通过（并经1988年修改）的《海上人命安全国际公约》（SOLAS）第IV章的船只，规则IV/7.1.6已要求它们从1993年8月1日起都应携带卫星EPIRB；

e) SOLAS规则IV/7.1.6制定了关于需携带在406 MHz频带工作的卫星EPIRB的要求；

f) 《国际民航空公约》附件6第一、二和三部分适用的所有飞机和直升机都必须至少配备一部分在406 MHz频带工作的卫星EPIRB（请参照国际民航组织文件有关应急定位器发射机 (ELT) 的部分），

注意到

a) 在轨运行的Cospas-Sarsat卫星目前和规划的可用性；

b) Cospas-Sarsat地面系统目前和预期的可用性，

* 本建议书应提请国际海事组织（IMO）、国际民用航空组织（ICAO）、国际移动卫星组织（IMSO）以及Cospas-Sarsat秘书处的注意。

建议

1 通过在406 MHz频带卫星系统工作的卫星EPIRB的传输特性和数据格式应符合Cospas-Sarsat文件C/S T.001（2009年10月第3期修订10，题为“406 MHz Cospas-Sarsat 遇险信标的技术要求”）。

注1 – 文件C/S T.001（2009年10月第3期修订10）可向Cospas-Sarsat秘书处（mail@cospas.sarsat.int）或Cospas-Sarsat网站免费索取（http://www.cospas-sarsat.org/）。

ITU-R S.672-4 建议书*

在使用对地静止卫星的卫星固定业务中用做设计指标的卫星天线辐射方向图

（1990-1992-1993-1995-1997 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 采用具有最佳有效辐射方向图的空间站天线将导致最有效地利用射频频谱和对地静止轨道；

b） 单馈源椭圆（或圆）形和多馈源成形波束天线两者都用于运行的空间站；

c） 虽然空间站天线的设计正在改进，但在基准辐射方向图能被采纳供协调使用之前，仍需要进一步的资料；

d） 空间站天线辐射方向图设计指标的采纳，将促进有效利用轨道的天线的制造和使用；

e） 为协调之用，只需规定空间站天线在有潜在干扰的方向上的辐射特性；

f） 为了扩大应用范围，数学表达式应尽可能简单，与实际预测相一致；

g） 然而，这些表达式应考虑到实际天线系统的特性，并能适应新兴的各项技术；

h） 由于测量上的困难，航天器天线的造型在大的偏离轴线角时会出现误差；

j） 运载工具有尺寸约束，使航天器天线的 D/λ 值受到限制，尤其是在诸如 6/4 GHz 频带的一些较低频率上；

k） 可用于定义空间站基准天线方向图的空间站天线方向图参数，诸如参考点、覆盖面积、等效峰值增益等，见附件 1；

l） 为了制出覆盖等值线，已开发了两种计算机程序（见附件 2），

* 无线电通信第 4 研究组于 2001 年按照 ITU-R 第 44 号决议 （RA-2000）对本建议书进行了编辑性修正。

建议

1 对于卫星固定业务中单馈源的圆形或椭圆形波束航天器天线，在覆盖区之外，下列辐射方向图应用做设计指标：

$$G(\psi) = G_m - 3\,(\psi/\psi_b)^{\alpha} \quad \text{dBi} \quad \text{对于} \quad \psi_b \le \psi \le a\,\psi_b \tag{1}$$

$$G(\psi) = G_m + L_N + 20\log z \quad \text{dBi} \quad \text{对于} \quad a\,\psi_b < \psi \le 0.5b\,\psi_b \tag{2a}$$

$$G(\psi) = G_m + L_N \quad \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0.5b\,\psi_b < \psi \le b\,\psi_b \tag{2b}$$

$$G(\psi) = X - 25\log\psi \quad \text{dBi} \quad \text{对于} \quad b\,\psi_b < \psi \le Y \tag{3}$$

$$G(\psi) = L_F \quad \text{dBi} \quad \text{对于} \quad Y < \psi \le 90° \tag{4a}$$

$$G(\psi) = L_B \quad \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 90° < \psi \le 180° \tag{4b}$$

式中：

$$X = G_m + L_N + 25\log(b\,\psi_b) \quad \text{和} \quad Y = b\,\psi_b\,10^{0.04(G_m + L_N - L_F)}$$

$G(\psi)$: 偏离主波束方向角度 ψ 上的增益（dBi）

G_m: 主瓣的最大增益（dBi）

ψ_b: 3 dB 波束宽度的一半，指低于 Gm 3 dB 的平面上（°）

L_N: 相对于系统设计所要求峰值增益的近轴旁瓣电平（dB）

L_F = 0 dBi 远旁瓣电平（dBi）

z: 辐射波束的（主轴/次轴）

L_B: $15+L_N+0.25\,G_m+5\log z$ dBi 或 0 dBi 及更高。

注 1 — 适用于椭圆形波束的方向图需实验检验。表 1 中的 a 值是暂时的。

表 1

L_N（dB）	a	b	α
–20	$2.58\ \sqrt{(1 - \log z)}$	6.32	2
–25	$2.58\ \sqrt{(1 - 0.8\log z)}$	6.32	2
–30	–	6.32	–

表 1 给出 L_N = –20 dB 和–25 dB 的旁瓣电平时 a，b 和α的数值。L_N = –30 dB 时的 a 和α的数值需要进一步研究。邀请管理部门提供数据，以确定 L_N = –30 dB 时的 a 和α值；

2 对于卫星固定业务中的多馈源成形波束航天器天线，用做设计指标的辐射方向图，应根据天线类别和扫描比的范围从下列各公式中选择。

天线类别的定义

— A 类天线的定义:

A 类天线为其视轴位于覆盖区域之内的天线。

— B 类天线的定义：

B 类天线为其视轴位于一个或多个波束覆盖区之外的天线。

扫描比的定义

扫描比有两种定义：

§ 2 中的扫描比 6 定义为，覆盖区中心（定义为最小面积椭圆的中心）和覆盖区边缘的一个点之间的角距离除以分波束的波束宽度。

§ 2.2 和 2.3 中的扫描比 S 定义为，天线视轴与覆盖区边缘的一个点之间的角距离除以分波束的波束宽度。

在初始确定哪些建议项可应用于一副具体的 A 类天线时，应采用δ扫描比定义；

2.1 对于扫描比值δ≤ 3.5 的 A 类天线:

$$G_{\mathrm{dBi}}(\Delta\psi)=\begin{cases} G_{ep}+0.256-13.065\left(\dfrac{\Delta\psi}{Q\,\psi_0}+0.5\right)^2 & \text{对于} \quad 0\le\dfrac{\Delta\psi}{\psi_0}\le 0.8904\,Q \\ G_{ep}-25 & \text{对于} 0.8904\,Q<\dfrac{\Delta\psi}{\psi_0}\le 1.9244\,Q \\ G_{ep}-25+20\log\left(\dfrac{1.9244\,Q\,\psi_0}{\Delta\psi}\right) & \text{对于} 1.9244\,Q<\dfrac{\Delta\psi}{\psi_0}\le 18/\psi_0 \end{cases}$$

式中：

$\Delta\psi$： 凸状覆盖等值线到覆盖区外一个点在垂直于等值线各边方向上的角度（ ° ）

G_{ep}: 等效峰值增益（dBi）

$= G_e + 3.0$

ψ_0: 分波束的半功率宽度（ ° ）

$= 72(\lambda/D)$

λ: 波长（m）

D: 反射器的实际直径（m）

$$Q = 10^{\left(\frac{0.000075\,(\delta\,-\,1/2)^2}{[(F/D_p)^2\,+\,0.02)]^2}\right)}$$

δ: § 2 中所定义的扫描比

F/D_p: 反射器焦距 F 与主抛物面直径 D_p 之比

$D_p = 2(d + h)$

d：计划的偏置抛物面口面直径

h：反射器边缘的偏置高度；

2.2 对于扫描比值 $S \geq 5$ 的 A 类天线：

$$G_{\mathrm{dBi}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_e - B\left[\left(1 + \dfrac{\Delta\psi}{\psi_b}\right)^2 - 1\right] & \text{对于} \quad 0^\circ \leq \Delta\psi \leq C\,\psi_b \\ G_e - 22 & \text{对于} \quad C\,\psi_b < \Delta\psi \leq (C + 4.5)\,\psi_b \\ G_e - 22 + 20\log_{10}\left[\dfrac{(C + 4.5)\,\psi_b}{\Delta\psi}\right] & \text{对于} \quad (C + 4.5)\,\psi_b < \Delta\psi \leq 18^\circ \end{cases}$$

式中：

$\Delta\psi$：凸状覆盖等值线在垂直于等值线各边方向上的角度（°）

G_e：覆盖区边缘的增益（dBi）

$B = B_0 - (S - 1.25)\Delta B$ 对于 $S \geq 5$

$B_0 = 2.05 + 0.5(F/D - 1) + 0.0025\,D/\lambda$

$\Delta B = 1.65(D/\lambda)^{-0.55}$

ψ_b：小波束半径

$= 36\,\lambda/D$

λ：波长（m）

D：反射器的实际直径（m）

$$C = \sqrt{1 + \frac{22}{B}} - 1$$

S：§ 2 中定义的扫描比

F/D：焦距与天线实际直径之比；

2.3 对于仅使用扫描比 S（对于 $S \geq 0$）的 B 类天线：

$$G_{\mathrm{dBi}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_e - B\left[\left(1 + \dfrac{\Delta\psi}{\psi_b}\right)^2 - 1\right] & \text{对于} \quad 0^\circ \leq \Delta\psi \leq C\,\psi_b \\ G_e - 17 + 18.7012\log_{10}\left(\cos\left[\dfrac{\Delta\psi - C\,\psi_b}{\psi_b}\right]\right) & \text{对于} \quad C\,\psi_b < \Delta\psi \leq (C+1)\,\psi_b \\ G_e - 22 & \text{对于} \quad (C+1)\,\psi_b < \Delta\psi \leq (C+4.5)\,\psi_b \\ G_e - 22 + 20\log_{10}\left[\dfrac{(C+4.5)\psi_b}{\Delta\psi}\right] & \text{对于} \quad (C+4.5)\,\psi_b < \Delta\psi \leq 18^\circ \end{cases}$$

式中：

$\Delta\psi$：凸状覆盖等值线在垂直于等值线各边方向上的角度（°）

G_e：覆盖区边缘的增益（dBi）

$B = B_0 - (S - 1.25)\Delta B$ 对于 $S \geq 0$

$B_0 = 2.05 + 0.5(F/D - 1) + 0.0025\,D/\lambda$

$\Delta B = 1.65(D/\lambda)^{-0.55}$

ψ_b：小波束半径

$= \quad 36\,\lambda/D$

λ： 波长（m）

D： 反射器的实际直径（m）

$$C = \sqrt{1 + \frac{17}{B}} - 1$$

S： §2 中定义的扫描比

F/D： 焦距与天线实际直径之比；

2.4 对于扫描比值$\delta > 3.5$和$S < 5$的 A 类天线，设计指标尚在研究之中。特别是需要研究把§2.1 和§2.2 中给出的方程式延伸到此范围。附件 1 中描述了可把设计指标延伸到此范围的一种可能的方法。扫描比δ和 S 的定义以及它们的应用参见§2；

2.5 下列注解应视为§2.1 和§2.2 的一部分：

注 1 — 覆盖区应定义为围绕服务区的多边形各点所连成的等值线，采用附件 2 中给出的方法。

注 2 — 对于在连成的覆盖等值线以外的–3 dB 增益等值线的截面，设计指标图应始于–3 dB 等值线。

注 3 — 本建议书应仅适用于干扰敏感系统的方向，也就是说，不必应用于对其他网络不存在干扰可能性的方向）（例如离开地球边缘、无人居住的海洋区域）。截面的 10%可能超过设计指标图。

注 4 — 本建议书不适用于双频带天线。使用引起相位误差的反射器作波束拓宽的天线属于此类，并需做进一步研究。

附 件 1

卫星固定业务中的卫星天线方向图

1 卫星天线基准辐射方向图

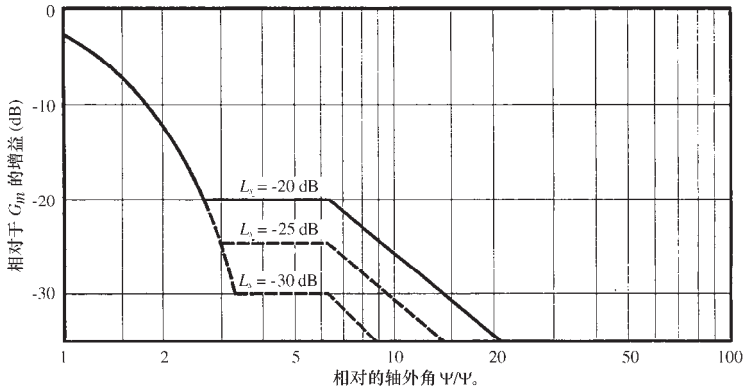
1.1 单馈源圆波束

卫星天线的辐射方向图在主瓣区和较远的旁瓣区都很重要。因而，从主瓣 –3 dB 等值线起始的合理的方向图可分为 4 个区域，如图 1 所示。

然而，在试图将要求的方向图用于非圆形波束时就出现了困难。因此，要求各主管部门除了提供简单圆形波束外还需提供实测的天线辐射方向图。

图 1

辐射方向图包络函数



$G(\psi) = G_m - 3\,(\psi/\psi_0)^2$ dBi 对于 $\psi_0 < \psi < a\ \psi_0$ (I)

$G(\psi) = G_m + L_s$ dBi 对于 $a\ \psi_0 < \psi \le b\ \psi_0$ (II)

$G(\psi) = G_m + L_s + 20 - 25 \log(\psi/\psi_0)$ dBi 对于 $b\ \psi_0 < \psi \le \psi_1$ (III)

$G(\psi) = 0$ dBi 对于 $\psi_1 < \psi$ (IV)

式中

$G(\psi)$: 偏离轴线角（ψ）上的增益（dBi）

G_m: 主瓣中的最大增益（dBi）

ψ_0: 在有关平面上 3 dB 波束宽度的一半（低于 G_m 3 dB）（°）

ψ_1: 当方程（III）中的 G（ψ）等于 0 dBi 时（ψ）的值

L_s: 相当于峰值增益所要求的近轴旁瓣电平（dB）

a、b: 其数值给出如下：

L_s	a	b
-20	2.58	6.32
-25	2.88	6.32
-30	3.16	6.32

0672-01

1.2 单馈源椭圆波束

图 1 中的函数定义了一个其第一旁瓣处在相对于峰值增益–20 dB 电平上的最大包络，此方向图适用于设计比较简单的天线。然而，为了更好地利用轨道容量，希望将此电平降低到 –30 dB，并使用设计更为完善的天线。进行广播卫星业务规划的世界无线电行政会议，日内瓦，1977（WARC BS-77）通过的用于广播卫星天线的方

向图满足了这种要求，目前正在实现之中，因而应能适用于上述情况。希望能进行一些其他的研究，以确定在一般实际应用中，特别是就 6/4 GHz 频带而言，是否有可能实现这些降低的旁瓣电平。

1.3 多馈源成形波束

适用于成形波束的类似方向图不但必须基于对若干成形波束的分析，而且还必须基于理论上的考虑。必须规定的其他参数有基本小波束的直径和第一旁瓣电平等。此外，截面和测量角度的方法是方向图定义的一部分。

制定这样一个基准的重要条件是，从所有类型天线包括最复杂的成形波束天线的覆盖区的边缘获得的鉴别力，它是从轨道上见到的覆盖区夹角的函数。成形波束天线的辐射方向图是独特的，它主要取决于下列操作因素和技术因素：

— 覆盖区的形状；

— 卫星的经度；

— 最大的天线孔径；

— 馈源设计和照射锥度；

— 归一化的反射器口面直径（D/λ）；

— 焦距与口面直径的比值（F/D）；

— 频率再用的次数和独立的波束口；

— 使用的馈源单元数；

— 带宽 ；

— 极化正交的要求；

— 提供的全角覆盖区；

— 馈源单元相位和幅度激励的稳定性；

— 再配置能力的要求；

— 必须提供波束覆盖区的轨道位置数；

— 所达到的反射器表面容差；

— 波束指向（即从通过地面跟踪信标定位的卫星或独立波束产生）；

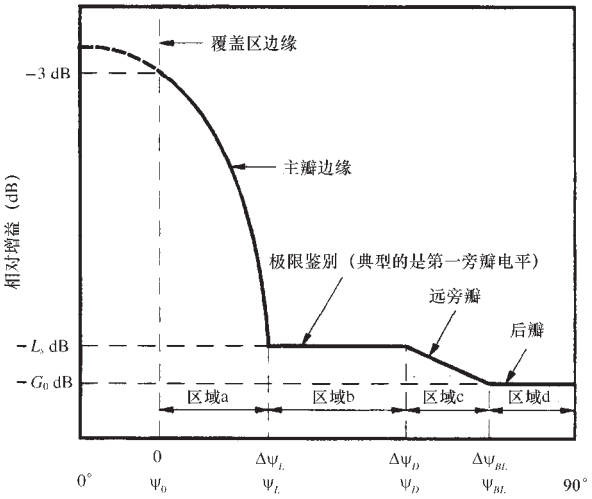
— 由于与具体反射器或天线配置（即单反射器、双反射器、无焦轴的成形反射器系统、直接辐射阵等）有关的扫描偏差而造成分波束劣化。

鉴于这种情况，为成形波束天线制作单一的基准辐射方向图可能存在一些困难。

图 1 的基准方向图对于成形波束天线并不令人满意，因为基准方向图的关键参数是 ψ_0（–3 dB 半波束宽度），而成形波束的波束中心不够明确，基本上与波束外响应不相干。以图 2 所示的由 4 个部分组成的简单基准方向图作为基准方向图的基础也许更符合要求。本方向图的边缘斜度为平均等值线之外角距离的函数。

图 2

基准辐射方向图的可能形状



$\Delta\psi$：相对于覆盖区边缘的偏离轴线角度（假定为等效于 −3 dB等值线）
ψ：相对于参考点的偏离轴线角度

0672-02

测量此角距离的特定方向也是一个需要定义的参数。一种方法是从与覆盖区最接近地相吻合的恒定增益等值线垂直地测量该角。在增益等值线有几部分是凹形的情况，诸如出现成月牙形的方向图时，这种方法用起来就有困难。对这种方向图，离开等值线的正交方向可能再次与覆盖区相交。从天线设计观点来看，在方向图凹形部分要实现明确的鉴别，其困难随凹度而增加。回避这些问题的另一种方法是用无凹度的等值线限定覆盖区的范围，然后从这等值线垂直地测量各个角度，这等值线被看做覆盖区的边缘。用其他方法确定测量方向是可能的，例如外接椭圆的中心可用做参考点（见 § 2.1 和 § 2.2），但是任何基准方向图都要有一个明确的定义。

一旦方向确定，辐射方向图可分成 4 个有关的区域：

区域 a: 主瓣边缘（覆盖区边缘到极限鉴别角）

该区域被假定为覆盖那些认为是邻近的覆盖区域。卫星网络之间所要求的隔离应从卫星天线的鉴别力和轨道间隔的组合而求得。

可适用于此区域的一种简单函数其形式与图 1 方程式（I）中给出的形式相类似。

区域 b: 非邻近覆盖区域

此区域开始于辐射方向图产生足够的鉴别力处以至几乎同一位置的卫星能对非邻近区域起作用（图 2 中的$\Delta\psi_L$）。极限鉴别（L_S）可介于–20 dB 和–30 dB 之间。

区域 c: 远旁瓣区域

区域 d: 后瓣区域

上述的每一个区域都包含高阶旁瓣，并适用于彼此隔开非常宽的服务区域，而在双向使用的那些频带内，可适用于部分轨道。在后一种情况下，当考虑很大的偏离轴线角时，必须小心谨慎，因为来自航天器舱的不可预测的反射和来自主反射器的溢出信号可能具有重大的影响。在取得更多信息之前，建议最小增益包络为 0 dBi（图 2 中的区域 d）。

2 成形波束辐射方向图模型

在天线实际设计之前，为了模拟成形波束，可使用简化的基准方向图。下面给出可生成这种方向图及其相关参数的两个模型。这两个模型适用于计算机辅助的干扰研究，并配合以卫星为中心的地图，可供人工应用。这些模型形成一个或多个建议的方向图的基础。然而，最好是只在干扰敏感系统的方向应用综合的方向图的“分布图”。这就是说，它们不应该应用在对其他网络不存在干扰可能性的方向上（即离开地球边缘、无人居住的海洋区域等）。

2.1 覆盖区的表示法

过去对卫星固定业务天线服务区提出过多种表示方法。其中一种方法是，在从卫星上看与服务区在地理上（恒定增益等值线）垂直的方向测量覆盖区外的角距离。实际上，增益等值线设计为尽可能接近地吻合服务区，因此使用服务区和恒定增益等值线之间的区别估计不会很大。然而，在增益等值线的有些部分是凹形的某些情况下，例如成月牙形的方向图时，使用这种方法会出现困难。对于这类方向图，离开等值线的正交方向可能与覆盖区再次相交，从而产生双重性（见图 3a））。这种表示法的另一个困难是，对于覆盖区外的一个给定位置，服务区可能有不止一个点，把观察位置连接到服务区该点的直线是与该点的服务区等值线相垂直的（见图 3a））。

然而，已研究出一种方法能回避上述的那些困难，这方法是使用垂直于覆盖区和有凹面的方向图的角度测量。这种方法包含许多图解结构，并在附件 2 中逐步地加以描述。

另外，这些步骤可使用仅有凸状的覆盖等值线来简化。为了产生仅有凸状的覆盖等值线，所进行的步骤与附件 2 所述的相同，只是仅考虑一些凸角，即圆圈落在覆盖等值线内部的那些凸角。结果产生的覆盖等值线示于图 3b）。

成形波束方向图的另一种表示方法，是使用一个最小面积椭圆确定实际的覆盖区范围。从椭圆的边缘与椭圆周围垂直的方向测量角距离。它的优点是，编制高效的计算机程序以确定此类角测量的过程较为容易。然而，这种表示法往往会相当大地过高估计由实际的服务区所确定的区域。

另一种方法是混合法，为成形波束覆盖区的表示给出了明确的定义。在这种方法中，外接地理覆盖区能最小面积椭圆被用来定义覆盖区的中心。覆盖区中心不一定表示波束中心，仅用于确定方向图一些截面的轴。一旦覆盖区的中心得到确定。最小面积椭圆就无进一步的意义了。

然后使用凸多边形来确定覆盖区的边界。构成多边形的边数是根据应尽可能紧地外接覆盖区和应为凸状这两个标准来确定的。服务区表示法的典型例子示于图 3c）。角方向与覆盖区的中心成径向。

对于覆盖区外的观察位置，应用模板的方向和角距以覆盖区中心为基准被明确地定义。然而，当关于覆盖等值线的径向角与法线明显地偏离时，此方法往往会低估覆盖区外增益等值线之间的角距。

总之，就精确度和制作简便而言，最可接受的方法似乎是使用全凸状的覆盖等值线并沿着与等值线各边垂直的方向测角距，如图 3b）所示。

2.2 等效峰值增益

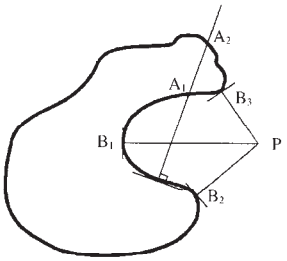
在某些不需要修整波束来补偿整个服务区传播条件变化的情况下，覆盖区等值线上获得的最小覆盖区增益被认为是小于等效峰值增益（G_{ep}）3 dB。实际上，有效峰值增益可能高于或低于等效峰值增益，而且不一定出现在轴上。

在某些情况下，服务区传播条件可能出现很大的变化或服务要求可能允许对服务区内的波束做特殊修整。在这些情况下，可计算出多边形每个顶点上所需的最小相对增益（相对于覆盖区等值线上的平均增益），然后，基于波束轴方位角的线性内插可用于确定中间方位角上的相对增益。在此情况下，覆盖区等值线上的增益与方向有关。

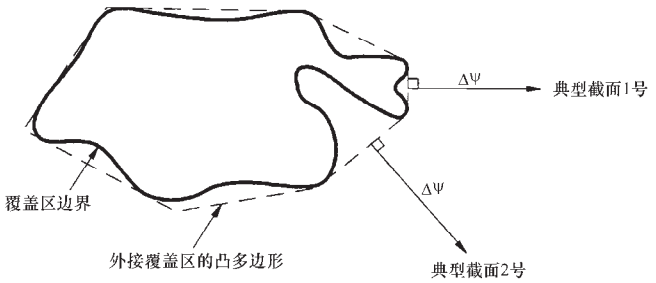
注意，对于成形波束，覆盖区范围内的增益变化与覆盖边缘以外的增益滚降无关。覆盖区范围内的天线性能（包括增益）与进入邻近系统的干扰无关。所以，在成形波束基准方向图中无需表征覆盖区范围内的增益变化。

图 3

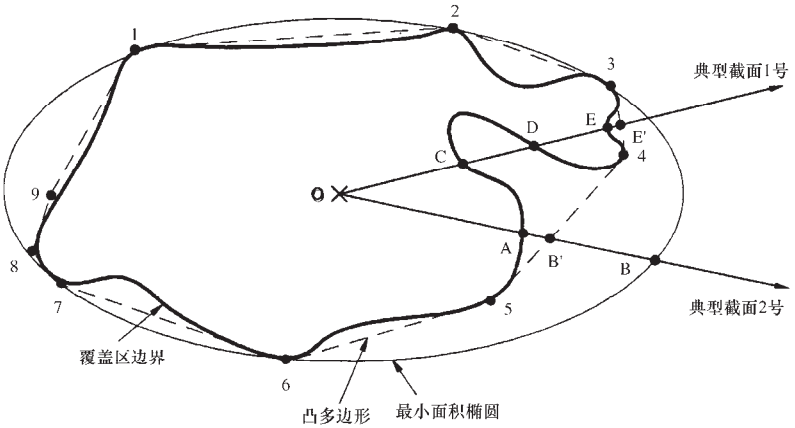
覆盖区的各种表示法



a)



b) 从（凸形）覆盖等值线测量ΔΨ角



c)

0672-03

2.3 基本的小波束尺寸

旁瓣电平用孔径照射函数求得。鉴于下式的照射函数：

$$f(x) = \cos^N\left(\frac{\pi}{2} \cdot x\right) \qquad |x| \leq 1 \tag{5}$$

当 $N > 0$ 时，在孔径边缘处为零。基本的小波束半径作为旁瓣电平（dB）和 D/λ比值的一个函数，在整个相关范围内近似为：

$$\psi_b = (16.56 - 0.775\, L_s)\lambda/D \qquad \text{度} \tag{6}$$

式中 L_S 是第一旁瓣的相对电平（dB）。

此表达式说明天线直径、旁瓣电平和主瓣边缘区域斜度之间的折衷。该表达式是用曲线配合各种旁瓣电平计算所得结果而推导出来的。此关系已用做下面叙述的模型的出发点。

2.4 同极化方向图模型的研制

这里描述根据对若干运行中的成形波束天线（Brazilsat，Anik-C，Anik-E，TDRSS，Intelsat-V，G-Star，Intelsat-VI，Intelsat-VII，Cobra）进行的测量和理论研究概括出的未来成形波束天线的一般性的同极化方向图。

以前的模型做法看来都未对波束展宽效应定量。下面各个模型包括两种独立处理这些效应的方法，它们对精确地预测成形波束天线的性能是必不可少的。

2.4.1 第一种模型

本节中的成形波束方向图是按第一参数和第二参数给出的。第一参数为小波束的尺寸、有关方向上的覆盖区域宽度以及峰值旁瓣电平。第二参数为阻塞参数、表面偏移和所扫描的波束宽度的数目。第二参数对天线辐射的效应是展宽主波束和增大旁瓣电平。尽管在波束展宽中，主要的参数是所扫描的波束宽度的数目，为完整起见，这里给出了其他两种参数的效应。然而，阻塞对旁瓣电平的效应不应忽视。虽然，由于实际限制，卫星天线设计要求保持无阻塞标准是不错的，但是一般有少量的边缘阻塞。尤其是，对于应用共同孔径的线性双极化天线，如同 Anik-E、G-Star、Anik-C、Brazilsat 等用的双栅式反射器的情况一样，很可能出现边缘阻塞。这是因为出于隔离需要和为了获得容纳两套喇叭所需的容量，要把两个重叠的反射器的焦点分开。

在远旁瓣区域之内，几乎没有已测得的资料可用做建立模型的基础。航天器结构的反射、馈源阵的溢出和

馈源组的直接辐射会使大的偏离轴线角上产生不确定性，并可能使理论设计失效。在此区域中进行测量也极为困难，因而需要做进一步研究，以便对此区域的模型获得信心。在过渡期间，建议最小的增益应稳定在 0 dBi。

应该指出，建议的方向图仅打算应用于与旁瓣电平有关的方向。在非关键的方向上，例如朝向大洋区域或超出地球边缘或与干扰无关系的任何方向，此方向图不一定是具有代表性的模型。

一般的同极化模型 1

表征卫星成形波束天线覆盖区外的辐射方向图包络的三段模型，建议如下：

主瓣边缘区域：

$$G_{\mathrm{dBi}}(\Delta\psi) = G_{ep} + U - 4V\left(\frac{\Delta\psi}{Q\,\psi_0} + 0.5\right)^2 \qquad \text{对于} \qquad 0 \le \Delta\psi \le W \cdot Q \cdot \psi_0$$

近轴旁瓣区域:

$$G_{\mathrm{dBi}}(\Delta\psi) = G_{ep} + SL \qquad \text{对于} \quad W \cdot Q \cdot \psi_0 \le \Delta\psi \le Z \cdot Q \cdot \psi_0$$

远轴旁瓣区域:

$$G_{\mathrm{dBi}}(\Delta\psi) = G_{ep} + SL + 20\log(Z \cdot Q \cdot \psi_0/\Delta\psi) \qquad \text{对于} \quad Z \le \Delta\psi \le 18$$

式中：

$\Delta\psi$：　与覆盖边缘的夹角（°）

$G_{\mathrm{dBi}}(\Delta\psi)$：　在$\Delta\psi$的增益（dBi）

G_{ep}：　等效峰值增益

$G_{ep} = G_e + 3.0$（dBi）

ψ_0：　小波束的半功率直径（°）

$\psi_0 = (33.12 - 1.55\,SL)\,\lambda/D$

λ：　波长（m）

D：反射器直径（m）

SL：　相对于峰值的旁瓣电平（dB）

$U = 10\log A$, $V = 4.3429\,B$ 为主波束参数

$B = [\ln(0.5/10^{0.1SL})] / [[(16.30 - 3.345\,SL)/(16.56 - 0.775\,SL)]^2 - 1]$

$A = 0.5\exp(B)$

$W = (-0.26 - 2.57\,SL)/(33.12 - 1.55\,SL)$

$Z = (77.18 - 2.445\,SL)/(33.12 - 1.55\,SL)$

Q：由于第二效应而引起的波束展宽因子：

$$Q = \exp[(8\pi^2(\varepsilon/\lambda)^2] \cdot [\eta_i(\Delta)]^{-0.5} \cdot 10^{\left(\frac{0.000075(\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0.02]^2}\right)} \qquad (7)$$

方程式（7）中的变量定义为:

ε：　均方根值表面误差

Δ:　阻塞参数（阻塞面积和孔径面积比值的平方根）

δ： 偏离轴线方向所扫描的波束宽度的数目

$= \theta_0 / \psi_0$

θ_0：定义为最小面积椭圆中心的覆盖区中心与覆盖区边缘之间的角距

$$\eta_i \ (\Delta) = 1 - \Delta^2 \qquad \text{对于中心阻塞}$$

$$= [1 - [1 - A(1 - \Delta)^2]\Delta^2]^2 \qquad \text{对于边缘阻塞} \qquad (8)$$

在方程式（8）中，A 是反射器上一次照射函数（$1 - Ar^2$）中的基座高度，r 是从反射器孔径平面中心的归一化距离（在边缘上 $r=1$）。在方程式（7）中，F/D_p 是焦距对主抛物面直径之比。对于卫星天线的实际设计，此比值的范围为 0.35–0.45。

极远旁瓣的增益取决于航天器结构的馈源阵的溢出、反射和衍射效应。这些效应取决于各种不同的设计，因而难以归纳。

如方程式（7）所给出的那样，波束展宽因子 Q 取决于均方根值表面误差 e、阻塞参数Δ、所扫描的波束数δ以及 F/D_p 比值。但实际上，ε 和δ对波束展宽的效应一般不大，因而可忽略不计。所以，方程式（7）可简化为：

$$Q = 10^{\left(\frac{0.000075 (\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0.02]^2} \right)} \qquad (9)$$

式中：

$$D_p = 2(d + h)$$

d： 偏置抛物面设计的孔径直径

h： 反射器边缘的偏置高度。

方程式（9）清楚地说明波束展宽对所扫描的波束数和卫星天线 F/D_p 比值的依赖关系。δ高达 9 个波束宽度时此表达式依然有效，甚至对 14/11 GHz 频带的全球覆盖也绰绰有余。对于加拿大、美国或中国那样大的服务区，应用本模型时，δ值在 6/4 GHz 频带一般为一到两个波束，在 14/11 GHz 频带约为四个波束。因此，对大多数系统而言，Q 值一般小于 1.1。也就是说，波束展宽效应一般约为成形波束天线基本小波束宽度的 10%。

如忽略不计因阻塞和反射器表面误差而引起的主波束展宽，并假定反射器 F/D_p 在最坏情况时的比值为 0.35，波束展宽因子 Q 可简化为：

$$Q = 10^{0.0037 (\delta - 1/2)^2}$$

在 6/4 GHz 频带内，使用直径约 2 m 的多喇叭固态反射器天线能不费力地获得 –25 dB 旁瓣电平，与 PAM-D 型发射一致。为了实现 30 dB 鉴别力，假如要保护或控制相当大的角度范围，可能必须采用较大的天线直径。

在 14/11 GHz 卫星固定业务频带内，用 2 m 天线和比较完善的馈源设计，一般可达到 30 dB 鉴别力。

上列基准方向图的一些方程式与所应用基准方向图的各单独截面方向上覆盖区边缘的分波束扫描角有关。在基准方向图用做设计指标时，最好采用具有最小参数依赖关系的简单方向图。因此，应该选择能典型地包含各种卫星覆盖区的一个或几个 Q 值，并把该值并入上述方程。

对于典型的国内卫星服务区，如与很大的区域性覆盖区相比较，可实现更陡的主波束下降率；相反，满足区域性覆盖的基准方向图对于国内卫星覆盖将会太宽松。

因而建议对于卫星固定业务天线将模型 1 简化为下面的两种情况。对这些情况，旁瓣坪电平假定为–25 dB。

a) 小覆盖区(δ＜3.5)

大部分国内卫星覆盖区属于此类型。波束展宽因子 Q 取为 1.10，扫描造成的适度劣化的小覆盖区基准方向图表示为：

$$G_{\mathrm{dBi}}(\Delta\psi)=\begin{cases} G_{ep}+0.256-\dfrac{10.797}{\psi_0^2}(\Delta\psi+0.55\,\psi_0)^2 & \text{对于 } 0\le\Delta\psi\le 0.9794\psi_0 \\ G_{ep}-25 & \text{对于 } 0.9794\psi_0<\Delta\psi\le 2.1168\psi_0 \\ G_{ep}-25+20\log(2.1168\psi_0/\Delta\psi) & \text{对于 } 2.1168\psi_0<\Delta\psi\le 18 \end{cases}$$

b) 大覆盖区(δ＞3.5)

大覆盖区的实例是 INTELSAT 和 INMARSAT 的半球波束和全球覆盖区。为了表示由于大扫描而造成方向图的劣化，Q 因子值取为 1.3。适用于这些覆盖区（δ＞3.5）的基准方向图定义为：

$$G_{\mathrm{dBi}}(\Delta\psi)=\begin{cases} G_{ep}+0.256-\dfrac{7.73}{\psi_0^2}(\Delta\psi+0.65\,\psi_0)^2 & \text{对于 } 0\le\Delta\psi\le 1.1575\psi_0 \\ G_{ep}-25 & \text{对于 } 1.1575\psi_0<\Delta\psi\le 2.5017\psi_0 \\ G_{ep}-25+20\log(2.5017\psi_0/\Delta\psi) & \text{对于 } 2.5017\psi_0<\Delta\psi\le 18 \end{cases}$$

2.4.2 第二种模型

提供可适用于一系列不同卫星天线而不影响任何特定的设计或系统的较简单方向图，将有很多困难。为此，这里模型 2 所提出的样板并不用来描述单一的独特包络，而用来描述一种一般的形状。该样板不仅考虑到可适用于单一的天线，而且也作为用来描述适宜于许多不同用途的天线的一系列样板的总体表示。

在研究过程中，曾试图充分考虑远离成形波束天线视轴所扫描的分波束中导致的波束展宽。为把考虑中的分小波束周围的邻近小波束之间的干扰效应和相互耦合效应都包括进去，也作了精心的尝试。为了防止公式化时出现复杂性，已考虑了沿着分小波束扫描方向的两个附加的相邻小波束。同样被考虑的

是波束展宽随 F/D 比值的变化，在 $0.70 \le F/D \le 1.3$ 范围内进行了测试，并对俯仰面和方位面之间的平均扫描面做了模型。假如仅按方位面制成模型，可能出现比预测更陡的特性。在模型中所做的其他假设如下：

— 对应于各单独天线阵单元的分波束的边界，假定为与成形覆盖波束理想的–3 dB 等值线相对应;

— 分小波束半径 ψ_b，6 由方程式（6）给出，并与–4 dB 的孔径边缘斜度相对应；

— 控制主波束区域的 B 值，作为分波束扫描角、天线直径 D 以及天线反射器 F/D 比值的一个函数来直接制作模型。

本模型中使用的 F/D 值是焦距与反射器实际直径之比。此模型适用于 120 λ以下的反射器直径、13 个波束宽度以下的波束扫描，并表明对取自 4 个不同天线的约 34 个方向图截面具有良好的相关性。

认识到将来有朝一日可能要求对天线性能采用更严格的控制，本模型提供两个简单的改善因子 K_1 和 K_2，如以改进目前达到的总方向图。

一般的同极化模型 2

下面描述了用于不同区域的方程式和相应的轴外增益值。这些增益值在垂直于覆盖区各点上测得，这种技术与附件 2 中所述的覆盖区定义类似。

目前，K_1 和 K_2 值应取为 1，$K_1=K_2=1$。

在此模型中所用的方程式归一化到–20 dB 的第一旁瓣（L_s）。最后，将给定应用所选择的第一旁瓣电平的特定值代入。

a) 主瓣边缘区域:($0° \le \Delta\psi < C\psi_b$)

在此区域中，增益函数由下式给出：

$$G(\Delta\psi)=G_e-K_1B\left[\left(1+\frac{\Delta\psi}{\psi_b}\right)^2-1\right] \quad \text{dBi} \qquad (10)$$

式中：

$G(\Delta\psi)$： 基准方向图增益（dBi）

G_e： 覆盖边缘的增益（dBi）

$\Delta\psi$： 在垂直于等值线各边的方向上与（凸状）覆盖等值线形成的夹角（°）

$\psi_b = 32\lambda/D$ 是小波束半径（°）（对应于方程式（6）中的 L_s =–20 dB）

$B = B_0–（S–1.25）\Delta B$ 对于 $S \ge 1.25$ 及

$B=B_0$ 对于 $S<1.25$

$B_0 = 2.05+0.5(F/D-1)+0.0025\ D/\lambda$

$\delta B = 1.65(D/\lambda)^{-0.55}.$

为了保持一般性，下面给出了俯仰面和方位面的方程式。

方位面： $B_0 = 2.15+T$

俯仰面： $B_0=1.95+T$

其中 $T=0.5$（$F/D-1$）$+0.0025\ D/\lambda$

方位面: $\delta B = 1.3(D/\lambda)^{-0.55}$

俯仰面： $\delta B = 2.0(D/\lambda)^{-0.55}$

D： 实际天线直径（m）

λ： 波长（m）

S： 在分波束的半功率波束宽度中，天线视轴和覆盖边缘点之间的角偏移 A，如图 4 中所示，即 $S_1=A_1/2\,\psi_b$ 和 $S_2=A_2/2\,\psi_b$

$$C = \sqrt{1 + \frac{(20\ K_2\ - 3)}{K_1\ B}}\ - 1$$

并对应于在 G（$\Delta\psi$）以–20 K_2（dB）电平相对于等效峰值增益 G_{ep}，即 G（$\Delta\psi$）$=G_e+3-20\ K_2$.时的极限值。

b) 近旁瓣区域: $C\ \psi_b \le \Delta\psi < (C+0.5)\ \psi_b$

此区域故意保持得非常狭窄，其理由如下。–20 dB 数量级的高第一旁瓣仅发生在某些平面中，接着就是单调地下降的旁瓣。在波束展宽发生的区域中，第一旁瓣与主瓣合并（该主瓣已通过 B 进行波束边缘的模型化）。所以，为了不过高估计辐射电平，此区域必须保持得很窄。（对于 B 类天线，此区域已略微展宽，增益函数已做了修改。）此区域中的增益函数是恒定的，由下式给出：

$$G(\Delta\psi)=G_e+3-20\ K_2 \qquad (11)$$

c) 中间旁瓣区域: $(C+0.5)\ \psi_b \le \Delta\psi < (C+4.5)\ \psi_b$

这区域以单调地下降的旁瓣为特征。较典型的是，其包络在 $4\,\psi_b$ 宽度上减少约 10 dB。因此，此区域由下式给出：

$$G\ (\Delta\psi)\ =\ G_e\ +\ 3\ -\ 20\ K_2\ +\ 2.5\left[(C\ +\ 0.5)\ -\ \frac{\Delta\psi}{\psi_b}\right] \qquad \text{dBi} \qquad (12)$$

上述表达式从（$C+0.5$）ψ_b 时的 $G_e+3-20\ K_2$ 降低到（$C+4.5$）ψ_b 时的 $G_e+3-10-20\ K_2$

d) 大角度旁瓣区域: $(C+4.5)\ \psi_b \le \Delta\psi < (C+4.5)\ \psi_b\ D$,

式中 $D=10^{[（G_e-27）/\ 20]}$

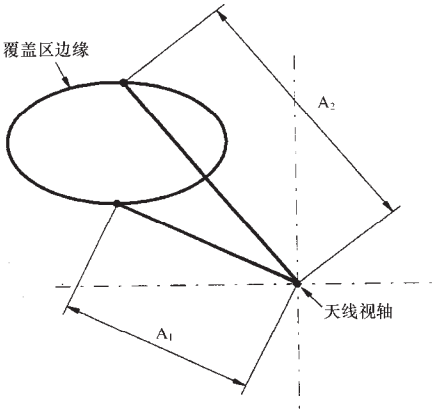
这对应于由反射器边缘衍射所支配的区域，并且每倍频程它降低约 6 dB。于是此区域描述为：

$$G(\Delta\psi)=G_e+3-10-20\,K_2+20\log\left[\frac{(C+4.5)\,\psi_b}{\Delta\psi}\right]\quad\text{dBi}\qquad(13)$$

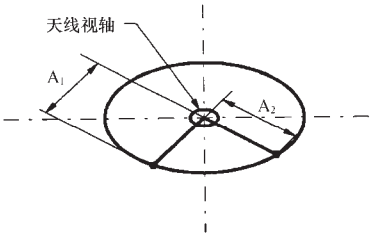
在此区域中，G（$\Delta\psi$）从（$C+4.5$）ψ_b 时的 $G_e+3-16-20\,K_2$ 下降到 2（$C+4.5$）ψ_b 时的 $G_e+3-10-20\,K_2$。上限与 $G(\Delta\psi)$=3 dBi 处相对应。

图 4

覆盖区示意图



a) 覆盖区外的视轴



b) 覆盖区内的视轴

A1、A2：覆盖区边缘上的两个点与天线视轴的角度偏移（°）

0672-04

e) **极远旁瓣区域:$(C+4.5)\psi_b \, D \le \Delta\psi \le 90$,**

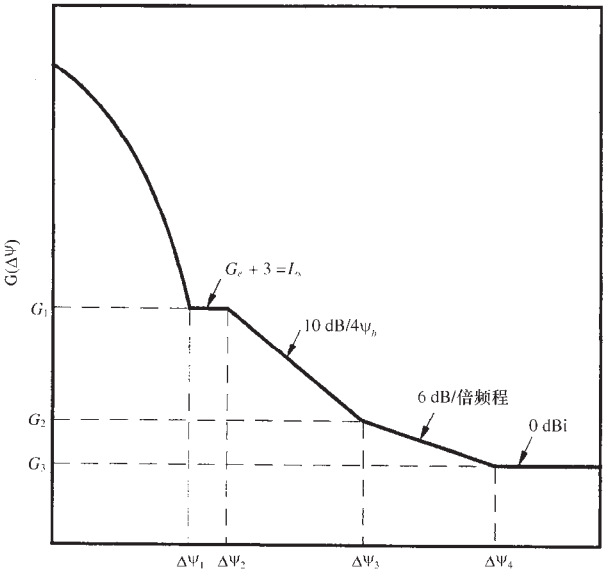
其中 $D = 10^{[(G_e - 27)/20]}$

$$G(\Delta\psi)=3 \quad \text{dBi} \tag{14}$$

这些区域在图 5 中描述。

图 5

所建议的模型 2 中各种不同区域



L_A：第一旁瓣电平

0672-05

此模型也可推广到简单圆波束、椭圆波束的情况以及成形反射器天线。涉及这些情况时，把上述一般模型中的 B 值做一调整：

— 对于简单的圆波束和椭圆波束，B 的修正值为：B=3.25

— 对于成形反射器，下列参数修正为：

$$B = \begin{cases} 1.3 & \text{对于} \quad 0.5 \le S \le 0.75 \\ 1.56 - 0.34\,S & \text{对于} \quad 0.75 < S \le 2.75 \\ 0.62 & \text{对于} \quad S > 2.75 \end{cases}$$

式中:

S: （离覆盖中心的角偏移）/2ψ_b

$\psi_b = 40\lambda/D$

$K_2 = 1.25$

应当指出，成形反射器天线的建议值与可供利用的有关简单天线结构型式的资料一致。这种新技术正在迅速发展，所以这些值应看做是暂行的。此外，为了证实可获得的旁瓣坪电平，可能需要做额外的研究。

改善因子 K_1 和 K_2 的使用

改善因子 K_1 和 K_2 不用来表示模型中的任何物理过程，而是简单的常数，用于调整天线方向图的总形态而不改变其实质。

从现有的值 1 起增加 K_1 值，将使主波束滚降陡峭度增加。

参数 K_2 从 1 起增加，则可用于调整旁瓣坪区域的电平。

2.5 成形波束方向图的滚降特性

成形波束天线的主波束滚降特性，主要决定于天线的尺寸。从覆盖区边缘到增益下降 22 dB（相对于边缘增益）的点的角距$\Delta\psi_L$，是规划轨道时的有用参数。它与天线尺寸的关系如下：

$$\Delta\psi_L = C\ (\lambda/D)$$

对于几乎不进行成形或不进行成形的中心波束，在–25 dB 峰值旁瓣电平时，C 值为 64。然而，对于扫描波束，C 的典型值根据主波束展宽的程度在 64-80 范围。

2.6 中等扫描比的基准方向图

建议项 2.1 和 2.2 有两个用于卫星固定业务的卫星天线基准方向图。一个用于扫描比小于 3.5 的小覆盖区，另一个用于扫描比大于 5.0 的宽覆盖区。然而，对于中等扫描比（$3.5 < \delta < 5.0$），卫星天线的辐射方向图尚未规定。

为了充分利用此建议，应该规定介于 3.5 至 5.0 之间的中等扫描比天线的辐射方向图。一个途径是重新规定两个模型中的任一模型以覆盖其他区域。然而，作为过渡解决办法，提议用一个类似于建议 2.1 和 2.2 中使用的参数所规定的基准方向图把这两个模型连接起来。

基于这个方法，研制了一种只适用于 A 类天线的新基准方向图，它能分别满足目前$\delta=3.5$ 和$\delta=5.0$ 的小覆盖区和大覆盖区的原有方向图。它被定义为波束展宽因子 Q_i 的函数。该 Q_i 是成形波束（$\delta > 1/2$）

和锐锥形波束（δ=1/2）的主波束滚降区域上限之比。对于 3.5＜δ＜5.0 范围内的中等扫描比，Q_i 值内推为：

$$Q_i = Q + \left(\frac{C}{1.7808} - Q\right)\left(\frac{\delta - 3.5}{1.5}\right)$$

式中：

$$Q = 10^{\left(\frac{0.000075\,(\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0.02]^2}\right)}$$

$$C = \sqrt{1 + \frac{22}{B}} - 1$$

$$B = 2.05 + 0.5\,(F/D - 1) + 0.0025\,D/\lambda - (\delta - 1.25)\,1.65\,(D/\lambda)^{-0.55}$$

中等扫描比（3.5＜δ＜5.0）的基准方向图定义为：

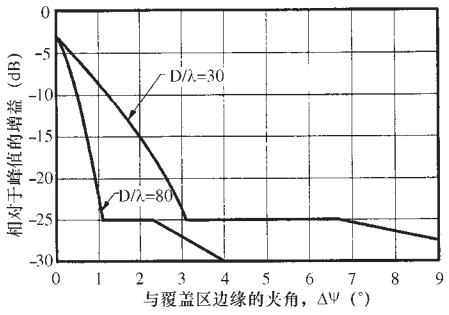
$$G_{\mathrm{dBi}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0.256 - 13.065\left(\dfrac{\Delta\psi}{Q_i\,\psi_0} + 0.5\right)^2 & \text{对于 } 0 \le \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le 0.8904\,Q_i \\ G_{ep} - 25 & \text{对于 } 0.8904\,Q_i < \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le 1.9244\,Q_i \\ G_{ep} - 25 + 20\log\left(\dfrac{1.9244\,Q_i}{\Delta\psi}\right) & \text{对于 } 1.9244\,Q_i < \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le \dfrac{18}{\psi_0} \end{cases}$$

上述方程式中的变量已在建议 2.1 和 2.2 中定义。

图 6 示出在δ=4.25 和两个不同的 D/λ 值时的新基准方向图实例。

图 6

建议的中等扫描比(3.5＜δ＜5.0)的基准方向图



D/λ：曲线的参数
δ=1.25
F/D=1，F/D_p=0.35

0672-06

为了使此模型用于中等扫描比区域有充分根据，需要进一步研究。

附 件 2

1 覆盖区等值线的定义和覆盖区周围增益等值线

1.1 覆盖区等值线的定义

一个覆盖区可用从卫星上看到的一系列地理点来定义。合理定义覆盖区所需的点数是该区域复杂性的函数。这些点是可以移位的，以说明由于服务弧的原因而引起的天线指向容限和变化。连接相邻的点组成一个多边形。遵循下列两个准则在此多边形周围绘制覆盖区等值线：

— 覆盖区等值线的曲率半径应≥ψ_b;

— 覆盖区等值线直线段之间的间隔应＞2ψ_b（见图 7）。

假如该覆盖区多边形可包括在半径为ψ_b的圆内，此圆周即是覆盖区等值线。此圆的中心是恰好包含覆盖区等值线的最小半径圆的中心。假如覆盖区多边形不能包括在半径为ψ_b的圆内，则按以下的步骤进行：

第 1 步: 当覆盖区多边形的所有内角＜180°时，画出半径为ψ_b的圆，其中心在距离（ψ_b）的内角平分线上。假如所有的角均小于 180°（无凹状），则不用进行下面的第 2 和第 4 两步。

第 2 步: a） 当所有内角＞180°时，画出半径为ψ_b的圆，该圆与连接到覆盖点的线相切，其中心则是在外角平分线上。

b） 假如此圆并非全部在覆盖区多边形之外，则画出半径为ψ_b的圆，该圆与覆盖多边形在其最近两点上相切并全部在覆盖区多边形外面。

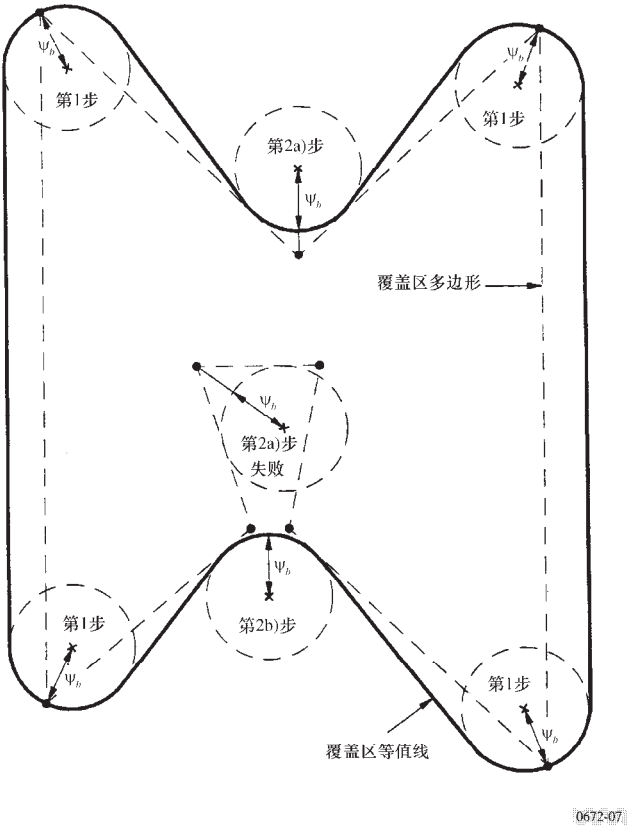
第 3 步: 画出与第 1 和第 2 步中的圆的部分相切的直线段，这些部分最接近于覆盖区多边形，但在其外面。

第 4 步: 假如从第 3 步所得的任何两条直线段之间的内部距离小于2ψ_b,应调整覆盖区多边形上的控制点，使得再次应用第 1 至第 3 步后得到的两个直线段之间的内部距离等于2ψ_b。

这种制作技术的一个实例示于图 7。

图 7

覆盖区等值线的绘制



1.2 覆盖区等值线周围的增益等值线

正如附件 1 中所指出的那样，覆盖区等值线出现凹状时便发生困难。使用垂直于覆盖区等值线所测得的$\Delta\psi$将导致各法线相交，并有可能导致与覆盖区等值线相交。

为了解决这个问题和其他诸问题，建议采用一种由两个步骤组成的过程。假如在覆盖区等值线中无凹状，下述的第 2 步可省略。

第 1 步: 对于各个$\Delta\psi$，画出等值线，使该等值线和覆盖区等值线之间的角距离决不小于$\Delta\psi$。

这可通过从覆盖区等值线上的各点画出一些$\Delta\psi$大小的圆弧来实现。这些圆弧的外包络就是合成的增益等值线。

覆盖区等值线呈直线或凸状之处，这条件可通过测量覆盖区等值线的法线得到满足。在此情况时，不会发生诸法线的相交。

使用第 1 步中所述的过程解决了凹状区中的这些绘制问题。但是从现实观点出发，某些有问题的区域仍然存在。如附件 1 中所指出的那样，凹状区中的旁瓣控制可能随着凹度的增加而变得越发困难，方向图截面趋向于展宽，并且使用第 1 步后增益等值线的斜度可能存在不连续性。

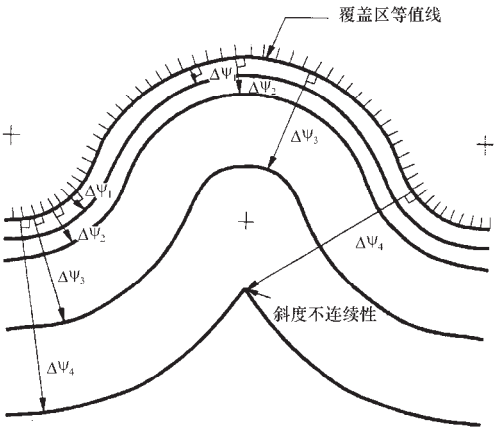
要求增益等值线的曲率半径不论从增益等值线内部或外部看去都不得小于（$\psi_b+\Delta\psi$），或许是合理的。如果覆盖区等值线呈直线或凸状，此条件通过第 1 步过程得到满足，但在覆盖区等值线的凹状区域中并非如此。呈直线或凸状的覆盖区等值线的曲率半径的焦点都在增益等值线之内。在凹状区域中，使用第 1 步可导致从增益等值线外侧看曲率半径小于（$\psi_b+\Delta\psi$）。

图 8 示出在凹状区域中第 1 步过程的一个实例。为方便绘制，覆盖区等值线使用了半圆形线段。注意斜度的不连续性。

为了解决上述的一些问题和消除任何斜度的不连续性，在有凹状存在的情况下，建议进行第 2 步。

图 8

在凹状覆盖区等值线中由第 1 步绘制出的增益等值线



0672-08

第 2 步：在用第 1 步绘制出的增益等值线区域内，从该等值线外侧看到的曲率半径小于（$\psi_b+\Delta\psi$）部分的增益等值线应当用半径等于（$\psi_b+\Delta\psi$）的等值线取代之。

图 9 示出应用于图 8 凹状的第 2 步过程的一个实例。为了说明起见，给出相对增益等值线的值，假定的 ψ_b 如图所示以及 B=3 dB。

这种制作方法无含糊之处，并可在凹状区中获得合理的预期等值线。然而，困难在于产生实现此方法的软件，另外它不完全适用于小覆盖区。为此将继续进一步工作来完善这种方法。

为了在没有展开等值线的情况下求得特定点上的增益值，使用下面的程序。

通过确定垂直于覆盖区等值线所测得的角$\Delta\psi$和从适合的方程式（10）、（11）、（12）、（13）或（14）中算出增益，能求得不在凹状区附近各点的增益值。凹区中一个点上的增益可确定如下。

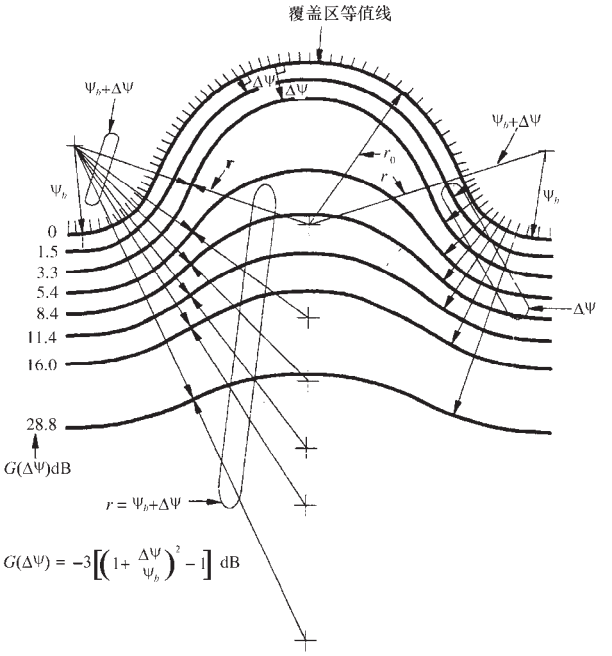
首先进行一个简单的测试。跨过覆盖区凹状画一条直线，使该直线在两点上与覆盖区边缘相切而无任何地方与之相交。在正切点上画出覆盖等值线的法线。假如考虑的点落在两条法线之间的覆盖区外，则那点上的天线鉴别力可能因覆盖区凹状而受到影响。于是需按下述方法进行：

测定所考虑的点和覆盖区等值线之间的最小角$\Delta\psi$。画出半径为（$\psi_b+\Delta\psi$）的圆，其圆周以这样的方式包含着此点，以致于当该圆全部落在覆盖区外时，它与覆盖区等值线上任何点的角距变得最大。称此最大的角距为$\Delta\psi'$。$\Delta\psi'$值可为 0-$\Delta\psi$之间的任何值，它不能大于$\Delta\psi$，但可等于$\Delta\psi$。于是，使用$\Delta\psi'$而不使用$\Delta\psi$，根据需要从适合的方程式（10）、（11）、（12）、（13）或（14），求出所考虑之点的天线鉴别力。

根据上述方法已编制了用于产生覆盖区等值线的两种计算机程序，并可在无线电通信局得到这些程序。

图 9

凹状覆盖区等值线中增益等值线的绘制 — 第 1 步加第 2 步



$r = \Psi_b+\Delta\Psi$

$r_0 = 1.9\Psi_b$

r_0： 覆盖区等值线凹状区的曲率半径

r： 曲率半径

0672-09

ITU-R M.690-1 建议书*

工作在 121.5 MHz 和 243 MHz 载波频率的应急示位无线电信标（EPIRB）的技术特性

（ITU-R 31/8 号研究课题）

（1990-1995 年）

摘要

本建议书包括拟工作在 121.5 MHz 和 243 MHz 载波频率的应急示位无线电信标（EPIRB）应遵循的技术特性。

拟用于航空运输的 EPIRB 的其他特性，在《国际民航公约》相应的附件中描述。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 《无线电规则》规定了应急示位无线电信标（EPIRB）的信号用途；

b） 批准工作在 121.5 MHz 和 243 MHz 载波频率的 EPIRB 的主管部门应确保这种 EPIRB 遵守相关的 ITU-R 建议书和 ICAO 的标准和推荐的做法，

建议

1 工作在 121.5 MHz 和 243 MHz 载波频率的应急示位无线电信标（EPIRB）的技术特性应符合附件 1。

附 件 1

工作在 121.5 MHz 和 243 MHz 载波频率的应急示位无线电信标（EPIRB）的技术特性

工作在 121.5 MHz 和 243 MHz 载波频率的 EPIRB 的技术特性应遵守以下条件（见注 1）：

a） 在正常天线条件和位置上的发射应是垂直极化的并且在水平面基本是全向的；

b） 载波频率应是幅度调制的（33%的最小占空因数），具有最小 0.85 的调制深度；

c） 发射信号是用在 1 600 Hz 和 300 Hz 之间不小于 700 的范围内向下的音频扫描对载波频率进行调幅得到的音频特征信号，扫描重复率为每秒 2-4 次；

* 应提请国际民用航空组织（ICAO）和 COSPAS-SARSAT 秘书处注意本建议书。

d） 发射应包括清楚定义的不同于调制边带分量的载波频率；特别是，在每次发射中应在下列频率范围内包括至少 30％的功率：

在 121.5 MHz 上，载波频率的±30 Hz；

在 243 MHz 上，载波频率的±60 Hz；

e） 发射类别应是 A3X；然而，符合以上 b）、c）和 d）要求的任何调制类型也可以使用，只要它不损害无线电信号的精确定位。

注 1 — 航空器上 EPIRB 的其他特性，在《国际民航公约》相应的附件中描述。

ITU-R P.838-3 建议书

预测方法中使用的雨天衰减的具体模型

（ITU-R 201/3号研究课题）

(1992-1999-2003-2005)

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 由于降雨强度的关系，有必要计算由于下雨带来的衰减，

建议

1 使用下列程序。

具体的衰减γ_R (dB/km)可以从降雨强度R (mm/h)的幂次律关系中算出：

$$\gamma_R = kR^{\alpha} \tag{1}$$

作为频率范围为1至1 000 GHz的频率f (GHz)的函数，系数k和α的值由下列等式确定，这些等式是通过从离散计算中获得的从曲线拟合到幂次律系数来推出的：

$$\log_{10} k = \sum_{j=1}^{4} a_j \exp\left[-\left(\frac{\log_{10} f - b_j}{c_j}\right)^2\right] + m_k \log_{10} f + c_k \tag{2}$$

$$\alpha = \sum_{j=1}^{5} a_j \exp\left[-\left(\frac{\log_{10} f - b_j}{c_j}\right)^2\right] + m_\alpha \log_{10} f + c_\alpha \tag{3}$$

其中：

f： 频率 (GHz)

k： k_H或k_V

α： α_H或α_V。

水平极化的系数k_H 的常数值在表1中给出，而垂直极化的系数k_V的常数值在表2中给出。表3给出了水平极化的系数α_H的常数值，而表4给出了垂直极化的系数α_V的常数值。

表 1
k_H 系数

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	–5.33980	–0.10008	1.13098	–0.18961	0.71147
2	–0.35351	1.26970	0.45400		
3	–0.23789	0.86036	0.15354		
4	–0.94158	0.64552	0.16817		

表 2
k_V 系数

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	–3.80595	0.56934	0.81061	–0.16398	0.63297
2	–3.44965	–0.22911	0.51059		
3	–0.39902	0.73042	0.11899		
4	0.50167	1.07319	0.27195		

表 3
α_H系数

j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	–0.14318	1.82442	–0.55187	0.67849	–1.95537
2	0.29591	0.77564	0.19822		
3	0.32177	0.63773	0.13164		
4	–5.37610	–0.96230	1.47828		
5	16.1721	–3.29980	3.43990		

表 4
α_V系数

j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	–0.07771	2.33840	–0.76284	–0.053739	0.83433
2	0.56727	0.95545	0.54039		
3	–0.20238	1.14520	0.26809		
4	–48.2991	0.791669	0.116226		
5	48.5833	0.791459	0.116479		

对于线极化和圆极化中所有的路径几何，可以通过等式（2）和（3）中给定的值由下列等式计算出等式（1）中的系数：

$$k = [k_H + k_V + (k_H - k_V)\cos^2\theta \cos 2\tau]/2 \tag{4}$$

$$a = [k_H a_H + k_V a_V + (k_H a_H - k_V a_V)\cos^2\theta \cos 2\tau]/2k \tag{5}$$

此处θ是路径斜角，τ是相对水平位置的极化斜角（对于圆极化，τ=45°）。

可以在图1至4中快速查阅系数k和α的图形显示，表5列出了在给定频率上的系数的数值。

图 1
水平极化的系数

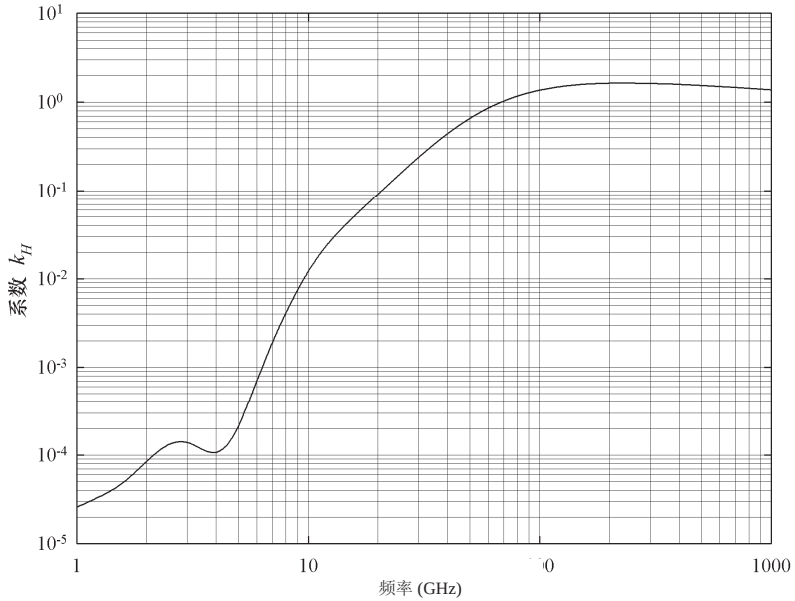


图 2
水平极化的系数α

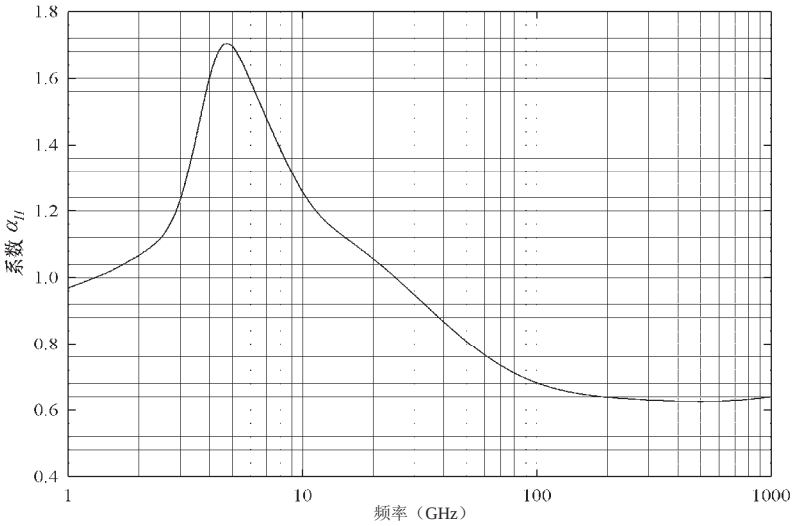


图 3
垂直极化的系数k

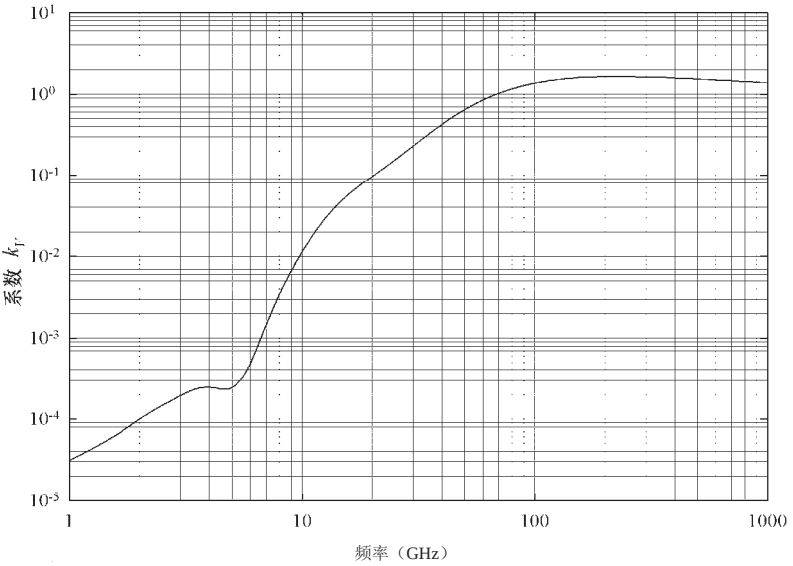


图 4
垂直极化的系数α

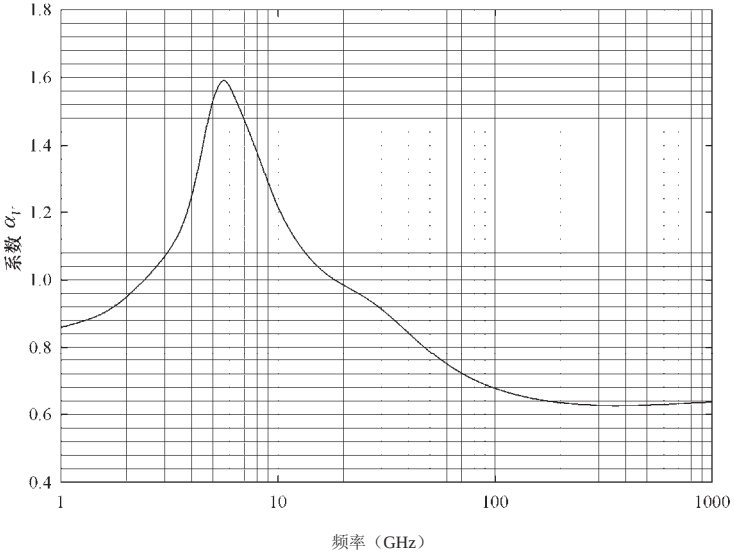


表 5
使用等式 (4)、(5) 和 (1) 以及与频率相关的系数估算具体的雨天衰减

频率(GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
1	0.0000259	0.9691	0.0000308	0.8592
1.5	0.0000443	1.0185	0.0000574	0.8957
2	0.0000847	1.0664	0.0000998	0.9490
2.5	0.0001321	1.1209	0.0001464	1.0085
3	0.0001390	1.2322	0.0001942	1.0688
3.5	0.0001155	1.4189	0.0002346	1.1387
4	0.0001071	1.6009	0.0002461	1.2476
4.5	0.0001340	1.6948	0.0002347	1.3987
5	0.0002162	1.6969	0.0002428	1.5317
5.5	0.0003909	1.6499	0.0003115	1.5882
6	0.0007056	1.5900	0.0004878	1.5728
7	0.001915	1.4810	0.001425	1.4745
8	0.004115	1.3905	0.003450	1.3797
9	0.007535	1.3155	0.006691	1.2895
10	0.01217	1.2571	0.01129	1.2156
11	0.01772	1.2140	0.01731	1.1617
12	0.02386	1.1825	0.02455	1.1216
13	0.03041	1.1586	0.03266	1.0901
14	0.03738	1.1396	0.04126	1.0646

频率(GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
15	0.04481	1.1233	0.05008	1.0440
16	0.05282	1.1086	0.05899	1.0273
17	0.06146	1.0949	0.06797	1.0137
18	0.07078	1.0818	0.07708	1.0025
19	0.08084	1.0691	0.08642	0.9930
20	0.09164	1.0568	0.09611	0.9847
21	0.1032	1.0447	0.1063	0.9771
22	0.1155	1.0329	0.1170	0.9700
23	0.1286	1.0214	0.1284	0.9630
24	0.1425	1.0101	0.1404	0.9561
25	0.1571	0.9991	0.1533	0.9491
26	0.1724	0.9884	0.1669	0.9421
27	0.1884	0.9780	0.1813	0.9349
28	0.2051	0.9679	0.1964	0.9277
29	0.2224	0.9580	0.2124	0.9203
30	0.2403	0.9485	0.2291	0.9129
31	0.2588	0.9392	0.2465	0.9055
32	0.2778	0.9302	0.2646	0.8981
33	0.2972	0.9214	0.2833	0.8907
34	0.3171	0.9129	0.3026	0.8834
35	0.3374	0.9047	0.3224	0.8761
36	0.3580	0.8967	0.3427	0.8690
37	0.3789	0.8890	0.3633	0.8621
38	0.4001	0.8816	0.3844	0.8552
39	0.4215	0.8743	0.4058	0.8486
40	0.4431	0.8673	0.4274	0.8421
41	0.4647	0.8605	0.4492	0.8357
42	0.4865	0.8539	0.4712	0.8296
43	0.5084	0.8476	0.4932	0.8236
44	0.5302	0.8414	0.5153	0.8179
45	0.5521	0.8355	0.5375	0.8123
46	0.5738	0.8297	0.5596	0.8069
47	0.5956	0.8241	0.5817	0.8017
48	0.6172	0.8187	0.6037	0.7967
49	0.6386	0.8134	0.6255	0.7918
50	0.6600	0.8084	0.6472	0.7871
51	0.6811	0.8034	0.6687	0.7826
52	0.7020	0.7987	0.6901	0.7783
53	0.7228	0.7941	0.7112	0.7741
54	0.7433	0.7896	0.7321	0.7700
55	0.7635	0.7853	0.7527	0.7661
56	0.7835	0.7811	0.7730	0.7623

频率(GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
57	0.8032	0.7771	0.7931	0.7587
58	0.8226	0.7731	0.8129	0.7552
59	0.8418	0.7693	0.8324	0.7518
60	0.8606	0.7656	0.8515	0.7486
61	0.8791	0.7621	0.8704	0.7454
62	0.8974	0.7586	0.8889	0.7424
63	0.9153	0.7552	0.9071	0.7395
64	0.9328	0.7520	0.9250	0.7366
65	0.9501	0.7488	0.9425	0.7339
66	0.9670	0.7458	0.9598	0.7313
67	0.9836	0.7428	0.9767	0.7287
68	0.9999	0.7400	0.9932	0.7262
69	1.0159	0.7372	1.0094	0.7238
70	1.0315	0.7345	1.0253	0.7215
71	1.0468	0.7318	1.0409	0.7193
72	1.0618	0.7293	1.0561	0.7171
73	1.0764	0.7268	1.0711	0.7150
74	1.0908	0.7244	1.0857	0.7130
75	1.1048	0.7221	1.1000	0.7110
76	1.1185	0.7199	1.1139	0.7091
77	1.1320	0.7177	1.1276	0.7073
78	1.1451	0.7156	1.1410	0.7055
79	1.1579	0.7135	1.1541	0.7038
80	1.1704	0.7115	1.1668	0.7021
81	1.1827	0.7096	1.1793	0.7004
82	1.1946	0.7077	1.1915	0.6988
83	1.2063	0.7058	1.2034	0.6973
84	1.2177	0.7040	1.2151	0.6958
85	1.2289	0.7023	1.2265	0.6943
86	1.2398	0.7006	1.2376	0.6929
87	1.2504	0.6990	1.2484	0.6915
88	1.2607	0.6974	1.2590	0.6902
89	1.2708	0.6959	1.2694	0.6889
90	1.2807	0.6944	1.2795	0.6876
91	1.2903	0.6929	1.2893	0.6864
92	1.2997	0.6915	1.2989	0.6852
93	1.3089	0.6901	1.3083	0.6840
94	1.3179	0.6888	1.3175	0.6828
95	1.3266	0.6875	1.3265	0.6817
96	1.3351	0.6862	1.3352	0.6806
97	1.3434	0.6850	1.3437	0.6796
98	1.3515	0.6838	1.3520	0.6785

频率(GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
99	1.3594	0.6826	1.3601	0.6775
100	1.3671	0.6815	1.3680	0.6765
120	1.4866	0.6640	1.4911	0.6609
150	1.5823	0.6494	1.5896	0.6466
200	1.6378	0.6382	1.6443	0.6343
300	1.6286	0.6296	1.6286	0.6262
400	1.5860	0.6262	1.5820	0.6256
500	1.5418	0.6253	1.5366	0.6272
600	1.5013	0.6262	1.4967	0.6293
700	1.4654	0.6284	1.4622	0.6315
800	1.4335	0.6315	1.4321	0.6334
900	1.4050	0.6353	1.4056	0.6351
1 000	1.3795	0.6396	1.3822	0.6365

ITU-R M.1084-4 建议书*,**

在水上移动业务中提高 156-174 kHz 频带使用效率的临时解决方法

（ITU-R 96/8 研究课题）

（1994-1995-1997-1998-2001 年）

ITU 无线电通信全会，

考虑到

a) 移动业务世界无线电行政大会（1987 年，日内瓦）（WARC Mob-87）的第 318 号建议寻求最好的方法来提高无线电规则（RR）附录 18（S18）水上移动通信的 VHF 频谱的使用效率；

b) 共同的国际系统对于确保海上人命安全的水上通信系统是必不可少的；

c) 在频谱使用效率的长期最佳效益的获得是通过使用最新的数字技术和窄带发射技术；

d) 新技术的引入或频带的重新规划是个重大的过程，它包含一个长期的过渡时期；

e) 任何新的设备必须能与遵守 ITU-R M.489 建议的广泛使用的设备兼容或共存；

f) 新技术的引入不能中断所有用户在《无线电规则》附录 18（S18）中 VHF 波段水上移动遇险和安全通信的连续可用性；

g) 拥塞在 VHF 波段上的水上移动通信已经成为一个很严重的问题并且在世界的一些地方不断扩大；

h) 由于这些需要，主管部门决定采取措施以解决本地拥塞问题；

j) 世界无线电通信大会（WRC）将在 WRC-97 上考虑对附录 18（S18）进行修改；

k) 12.5 kHz 信道的实现需要一个标准的信道编号设计；

l) 主管部门计划实现两个频道的单频运行来减轻当前的信道拥塞；

---

* 本建议应提请国际海事组织（IMO）注意。

** 秘书处的说明：只有本建议书附件 4 的表 1 和 3 被视为引证归并。

m) 根据 ITU-R M.1371 建议书，这种临时解决方法由标准的通用自动识别系统采用，以满足 IMO 的航船携载要求。

建议

1 主管部门紧急需要解决拥塞问题，应将实现两个频道的单频运行作为一个临时过渡方法；

2 由于主管部门紧急需要解决拥塞问题，变为 12.5 kHz 的模拟频率调制（FM）是一种简单的临时方案来提高频谱的利用率，但对当前运行的系统也有影响，特别是涉及使用 25 kHz 信道间隔的国际船舶电台；

3 当主管部门采用 12.5 kHz 的模拟 FM 信道作为一种临时方法，应避开遇险和救生信道而不影响国际船舶电台的安全；

4 参照建议 2 和 3 的临时安排应不损害正在研究的长期解决方法的实现，这些研究可能在先进技术和非 12.5 kHz 带宽信道的使用方面得到结果；

5 参照建议 2 和 3 的临时安排应不损害国际组织长期使用的单频国际系统在遇险和救生通信的实现；

6 计划采用窄带信道来解决当前的拥塞问题的主管部门应把附件 2 作为从 25 kHz 信道转向窄带的指导；

7 计划采用窄带信道解决目前阻塞问题的主管部门应使用在考虑《无线电规则》附录 S18 规定的同时又能满足附件 1 所给定的技术参数的设备；

8 在临时的基础上在 12.5 kHz 频偏间隔上实现内插的窄带信道主管部门应把附件 3 做为一种可能实现的方案的实例（不同实例的方案也可用其他特性来提供而不按照附件 3 中所述）；

9 在 12.5 kHz 上实现窄带信道的主管部门对新信道编号时应考虑附件 4；

10 实现两个频率信道的单频运行的主管部门对信道编号时应考虑附件 4，§ 3；

11 主管部门应尽可能参考最新的数字或窄带技术来满足未来运作的要求以有效使用 156-174 MHz 频带。

附 件 1

设计工作于 12.5kHz 信道间隔的设备的技术特性

使用实现下列参数（见注 1）的设备必须满足《无线电规则》附录 18 的规定：

– 海岸电台和船舶电台发射机的频率容限应不超过 5×10^{6}；

– 频偏应不超过±2.5 kHz。

注 1 – 特说明，其它特性基于欧洲电信标准协会（ETSI）所出版的欧洲电信标准（ETS）300 086。

附 件 2

水上移动通信转向窄带信道

1 简介

本附件设想了在未来水上移动业务中如何使用线性或数字调制转向间隔为 5 kHz 或 6.25 kHz 的窄带信道。从当前使用的 25 kHz 信道间隔及从以后被主管部门作为临时解决方法的 12.5 kHz 信道间隔转向窄带信道的设想已经给出。

2 转向窄带信道的含义

2.1 转向

从 25 kHz 或 12.5 kHz 转向 5 kHz 或 6.25 kHz 的最可实行的且是最小破坏性的方法是通过把窄带信道内插到宽带信道中并且在所有情况下都可使用的类似的技术。但是，使用 5 kHz 和/或 6.25 kHz 的线形和数字调制技术与当前的 FM 设备不兼容，所以在这切换期间，要求双模或另外的设备。

2.2 内插

2.2.1 在 25 kHz 信道的内插

图 1 和 2 描述了怎样在现存的 25 kHz 信道上内插 5 kHz 或 6.25 kHz 的信道。在切换期间，海岸电台和船舶电台要求装备窄带设备并在信道可用时转转向新的窄带信道上。在转移期间，窄带信道的数目逐步地增加，而可用的 25 kHz 信道数相应的减少。

对于一个特定的数据所有剩下的 25 kHz 信道将全部被新的信道所取代。

从 25 kHz 信道的转向是相当直接的，但一些信道或信道边缘可能需要重新排列。

图 1

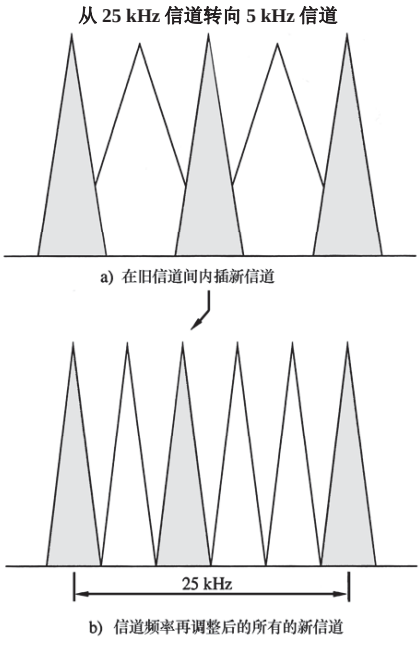
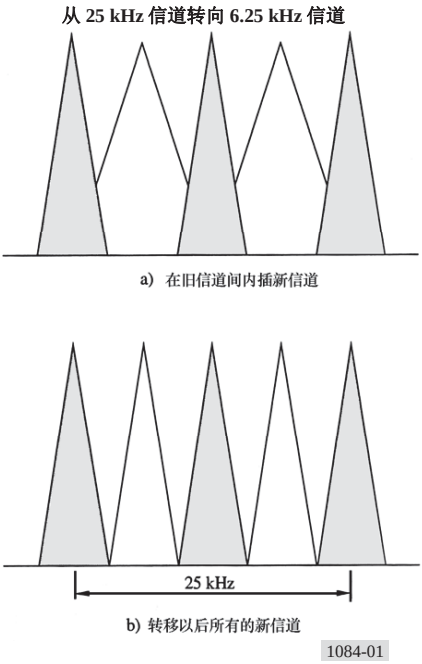


图 2



2.2.2 在 12.5 kHz 信道上内插

图 3 和 4 显示了在任何临时的 12.5 kHz 信道上内插 5 kHz 或 6.25 kHz 信道的原理，这和在 25 kHz 上的内插几乎相同。但是，当 5 kHz 作为在 25 kHz 频带中央初始内插的信道时不得不移动 2.5 kHz，此时使得最后转移时变得比较复杂。

2.2.3 在 25 kHz 信道和 12.5 kHz 信道上内插

如果一些主管部门要把转向 12.5 kHz 信道间隔作为一种临时解决方法，并且如果在 25 kHz 信道上内插 12.5 kHz 信道，将来再转向 5 kHz 或 6.25 kHz 信道间隔将会变得更复杂。如图 5 所示，新的 5 kHz 或 6.25 kHz 信道将一个或其他的更宽的带宽信道相重叠。

图 3

从 12.5 kHz 转向 5 kHz 信道

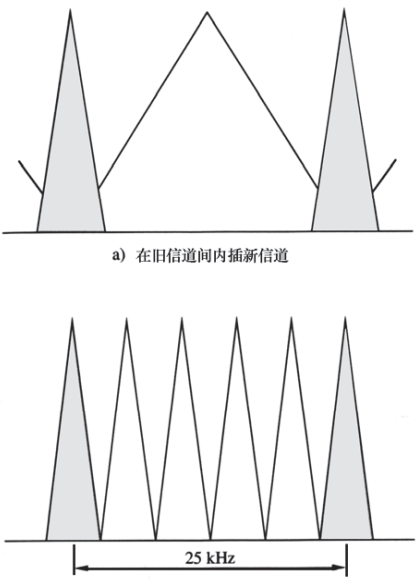


图 4

从 12.5 kHz 转向 6.25 kHz 信道

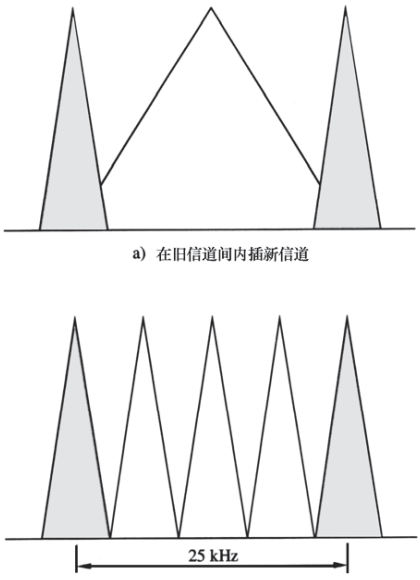
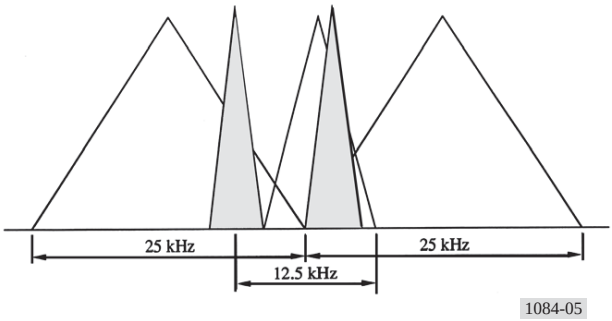


图 5

在 25 kHz 信道间已经插入的 12.5 kHz 信道的顶上插入新的 5 kHz 或 6.25 kHz 信道，增加发送信号的重叠。有两种可选的情况显示如上



3 干扰

不得不做内插过程以减少相互的干扰。在内插的线性调制和 12.5 kHz FM 之间的干扰和同道特性已经测量出来。对于窄带数字语音没有类似的出版的信息。然而有理由来假定在 25 kHz 信道内插 5 kHz 或 6.25 kHz 信道会导致内插后的信道比在 12.5 kHz 信道间隔时有更少的干扰和更好的同道特性。

4 总结

转向 5 kHz 或 6.25 kHz 的路径是类似的。但是，从 25 kHz 直接变换比通过一个 12.5 kHz 的临时步骤变换要简单，表现在：

– 它需要更少的信道规划和中心频率再排列；

– 如果作为短期解决办法，已经在 25 kHz 信道中插入 12.5 kHz 信道，应避免信道重叠。

– 造成干扰的可能性更小。

显而易见，插入信道需要仔细地规划，频率规划工具的使用就显得很重要。需要更进一步的测量和研究，来提供需要的信息。

附 件 3

在 12.5 kHz 信道间隔内插入窄带信道的一种实现方法

当 12.5 kHz 操作已经用在数字选呼（DSC）操作（见注 1）中和 25 kHz 用于单一设备时使用该方法。

注 1 – DSC 操作的实现完全遵照 ITU-R M.493、ITU-R M.541、ITU-R M.821 和 ITU-R M.825 建议。

1 接收机性能

1.1 对于峰值偏离 2 kHz 的 1 kHz 窄带调制音，在接收机输出端的信号加噪声加失真比上噪声加失真(SINAD)为 12 dB 时对应的灵敏度应≤0.3 μV。

1.2 对于 12.5 kHz 的邻道间隔，邻道抑制至少应为 70 dB。

1.3 寄生响应和带外抑制比至少为 75 dB。

1.4 射频互调抑制比至少为 75 dB。

1.5 天线口上检测的任何离散频率上的寄生辐射功率都不应超过 2.0 nW。

1.6 在载频的±70 MHz 的频率上任何机柜寄生频率的有效发射功率(e.r.p.)不应超过 10 nW。当超过载频的 70 MHz 直到 1 000 MHz 时，寄生发射将不超过 10 nW 加 – 6 dB/倍频程。

1.7 对于有 DSC 和 C4FM 功能的接收机(无论发射和接收，C4FM(连续包络 4 级 FM)数字调制在使用时和 CQPSK(兼容的四相移键控)调制相一致)。

1.7.1 在 25 kHz 信道上的 DSC，接收机必须有在 0.3 μV 能无差错接收任何 DSC 数据包的能力。

1.7.2 在插入(以 12.5 kHz 偏置)信道上的 DSC 操作，在减少的最大为±2.5 kHz 偏移时，接收机必须有能在 0.3 μV 无差错接收任何 DSC 数据包的能力。

1.7.3 对于 9 600 bit/s 的 C4FM 调制，接收机必须有能在 0.5 μV 无错接收 512 字节数据包的能力。（FEC）可以被用来完成无错接收。

2 发射机性能

2.1 海岸电台发射机的频率容限不超过 $1/10^6$，对于船舶电台不超过 $5/10^6$。

2.2 当用无反射负载测试发射机，其阻抗等于正常输出阻抗时，离散频率的杂散将符合《无线电规则》附录 8（S3）。

2.3 海岸电台的载波发射功率不超过 50 W(e.r.p.)。

2.4 船舶电台的载波发射功率不超过 25 W，并用于短程通信时打算降到 1 W 或更低。

2.5 当在 NBFM 的 12.5 kHz 信道发送信号时频偏不超过±2.5 kHz。在这个信道上所占的带宽不超过 11 kHz 频偏限制电路的使用使得最大频偏的获得独立于输入的音频频率。如果采用调制切换，±5 kHz 偏移量将被使用于 25 kHz 的宽带频率调制（WBFM）。

2.6 音频频率带宽的上限不超过 3 kHz。

2.7 机柜辐射功率不超过 25 μW。

2.8 声音发送将采用标准水上 VHF FM 6 dB/倍频程的预加重方法，这对于确保可靠、安全、共同操作的远洋和水路通信是必须的。

2.9 具有 DSC 和 C4FM 能力的发射机

2.9.1 具有 DSC 的发射机至少应符合 ITU-R M.493、ITU-R M.541 和 IMO A.803（19）建议的要求。基站提供监测 VHF 信道，使 DSC 确定当前的信号（除了遇险和救生信号），并自动阻止一个 DSC 呼叫的能力直到信道空闲。

2.9.2 当使用信道 70 时，DSC（1 200 bit/s）可以在任何时候被使用。信道 70 将不应作为任何用途的工作信道。这个信道保留用于国际遇险和救生信道。传送其他数据例如：数据信息、安全监测、船只搜寻，自动停靠监督（ADS）将在另一个工作信道中实现。

2.9.3 通用数据发送应在 25 kHz 信道和窄带插入信道（125 kHz 旁支）都可实现，并且应利用 DSC 协议取得尽可能广的应用。增强 DSC 协议是发展的，维持常规控制的和以确保不同制造商的设备的协同工作能力的需要。

2.9.4 DSC（1 200 bit/s）在窄带插入（12.5 kHz）信道的上工作的最大频偏是±2.5 kHz。

2.9.5 高速率（9 600 bit/s）数据发送使用 C4FM 调制并经过基带滤波成形处理。

2.9.5.1 在 12.5 kHz 偏置频率信道的 C4FM 调制

C4FM 调制器由奈奎斯特升余弦滤波器级、级连的成形滤波器和级连的频率调制器组成。

2.9.5.2 *C4FM* 奈奎斯特滤波器

信息的双比特（如：4 800 符号/秒）是被在符合奈奎斯特准则最小码间干扰的升余弦滤波器滤波。滤波器在$|f|<2\,880$ Hz 上的群延时是平坦的。滤波器幅度响应是：

约等于 1	对于	$\lvert f\rvert < 1\,920$ Hz
$0.5 + 0.5 \cos(2\pi f / 1\,920)$	对于	$1\,920 \text{ Hz} < \lvert f\rvert < 2\,880$ Hz
0	对于	$\lvert f\rvert \geq 2\,880$ Hz

2.9.5.3 C4FM 成形滤波器

成形滤波器在$|f|<2\,880$ Hz 的通带上有一个平坦的群延时。这个滤波器在$|f|<2\,880$ Hz 的幅度响应是$(\pi f/4\,800)/\sin(\pi f/4\,800)$。

2.9.5.4 C4FM 频率调制器

双比特 01 的频偏是+1.8 kHz，双比特 00 的频偏是+0.6 kHz，双比特 10 的频偏是– 0.6 kHz，双比特 11 的频偏是–1.8 kHz。

附 件 4

在 VHF 水上波段的双工信道单工操作和插入信道的信道号分配

1 以 12.5 kHz 偏置插入窄带信道的信道号分配：

信道号			船舶电台	船舶电台和海岸电台	海岸电台
第一个25 kHz信道	插入12.5 kHz信道	第二个25 kHz 信道			
		60	156.025		160.625
	260		156.0375		160.6375
01			156.050		160.650
	201		156.0625		160.6625
		61	156.075		160.675
	261		156.0875		160.6875
02			156.100		160.700
	202		156.1125		160.7125
		62	156.125		160.725
	262		156.1375		160.7375
03			156.150		160.750
	203		156.1625		160.7625
		63	156.175		160.775
	263		156.1875		160.7875
04			156.200		160.800
	204		156.2125		160.8125
		64	156.225		160.825
	264		156.2375		160.8375
05			156.250		160.850
	205		156.2625		160.8625
		65	156.275		160.875
	265		156.2875		160.8875
06				156.300	
	206		156.3125		160.9125
		66	156.325		160.925
	266		156.3375		160.9375
07			156.350		160.950
	207		156.3625		160.9625
		67		156.375	
	267			156.3875	
08				156.400	
	208			156.4125	
		68		156.425	
	268			156.4375	

信道号			船舶电台	船舶电台和海岸电台	海岸电台
第一个25 kHz信道	插入12.5 kHz信道	第二个25 kHz 信道			
09				156.450	
	209			156.4625	
		69		156.475	
	269			156.4875	
10				156.500	
	210			156.5125	DSC保护频带
		70		156.525	**DSC呼叫、遇险和安全**
	270			156.5375	DSC保护频带
11				156.550	
	211			156.5625	
		71		156.575	
	271			156.5875	
12				156.600	
	212			156.6125	
		72		156.625	
	272			156.6375	
13				156.650	
	213			156.6625	
		73		156.675	
	273			156.6875	
14				156.700	
	214			156.7125	
		74		156.725	
	274			156.7375	
15				156.750	
	215			156.7625	
		75		156.775	保护带
	275			156.7875	保护带
16				**156.800**	**呼叫、遇险和安全**
	216			156.8125	保护带
		76		156.825	保护带
	276			156.8375	
17				156.850	
	217			156.8625	
		77		156.875	
	277			156.8875	
18			156.900		161.500
	218		156.9125		161.5125
		78	156.925		161.525
	278		156.9375		161.5375
19			156.950		161.550
	219		156.9625		161.5625

信道号			船舶电台	船舶电台和海岸电台	海岸电台
第一个25 kHz信道	插入12.5 kHz信道	第二个25 kHz 信道			
		79	156.975		161.575
	279		156.9875		161.5875
20			157.000		161.600
	220		157.0125		161.6125
		80	157.025		161.625
	280		157.0375		161.6375
21			157.050		161.650
	221		157.0625		161.6625
		81	157.075		161.675
	281		157.0875		161.6875
22			157.100		161.700
	222		157.1125		161.7125
		82	157.125		161.725
	282		157.1375		161.7375
23			157.150		161.750
	223		157.1625		161.7625
		83	157.175		161.775
	283		157.1875		161.7875
24			157.200		161.800
	224		157.2125		161.8125
		84	157.225		161.825
	284		157.2375		161.8375
25			157.250		161.850
	225		157.2625		161.8625
		85	157.275		161.875
	285		157.2875		161.8875
26			157.300		161.900
	226		157.3125		161.9125
		86	157.325		161.925
	286		157.3375		161.9375
27			157.350		161.950
	227		157.3625		161.9625
		87	157.375		161.975
	287		158.3875		161.9875
28			157.400		162.000
	228		157.4125		162.0125
		88	157.425		162.025

2 从当前的 25 kHz 信道间隔插入 12.5 kHz 间隔频率信道后移向 6.25 kHz 信道间隔的扩展信道编号安排（该信道编号方式为一个例子）：

信道号 (6.25 kHz 间隔)	船舶电台	船舶电台和海岸电台	海岸电台
60	156.025		160.625
160	156.03125		160.63125
260	156.0375		160.6375
360	156.04375		160.64375
01	156.050		160.650
101	156.05625		160.65625
201	156.0625		160.6625
301	156.06875		160.66875
61	156.075		160.675

3 简单的双工信道中单工工作时的信道编号安排（该信道编号序列为一个例子）：

信道号	船舶电台	船舶电台和海岸电台	海岸电台
正常的双工操作：			
60	156.025	–	160.625
单工工作的船舶电台频率：			
1060 (见注 1)	–	156.025	–
单工工作的海岸电台频率：			
2060 (见注 1)	–	160.625	–

注 1 – 该种对双工信道在单工工作时的标号方法符合 ITU-R M.493 建议，附件 1，表 13。

4 信道为 25 kHz 的窄带工作（12.5 kHz）时的信道编号安排（该信道编号序列为一个例子）：

信道号	船舶电台	船舶电台和海岸电台	海岸电台
正常的双工操作：			
60	156.025	–	160.625
信道为25 kHz时的窄带工作（12.5 kHz）			
460	156.025	–	160.625

ITU-R SM.1138-2建议书

必要带宽的确定及其计算举例与相应的发射标志的举例

（1995-2007-2008年）

范围

此建议书确定了各类信号的振幅、频率和脉冲调制的必要发射带宽。同时也提供了发射的抽样计算和标志。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 频率指配需要确定发射的必要带宽；

b) 必要带宽是所有自动频谱管理系统的关键数据元素，

建议

1 附件1中所列的公式应根据《无线电规则》（RR）的要求用于计算必要带宽。

附件1

必要带宽的确定及其计算举例与相应的发射标志的举例

1 在估算某个发射可能引起的干扰时，必要带宽不是惟一需要考虑的发射特性。

2 在制定该表时，采用了下列术语：

B_n: 以赫兹表示的必要带宽

B: 以波特表示的调制速率

N: 在传真中，每秒钟传输的最大可能的黑加白像元数

M: 以赫兹表示的最高调制频率

C: 以赫兹表示的副载波频率

D: 峰值频偏，即瞬时频率的最高值与最低值差数的一半。以赫兹表示的瞬时频率等于以弧度表示的相位随时间的变化率除以2 π

t: 以秒表示的脉冲半幅度点的持续时间

t_r: 以秒表示的脉冲自10%幅度至90%幅度之间的上升时间

K: 按照发射类别和可容许的信号失真度而变动的一个总值因数。对正交频分复用多载波信号，K为ITU-R SM.328建议书公式（52）中确定的有效子载波的数目

N_c: 多路复用无线电系统的基带信道数

f_p: 连续导频副载波频率（Hz）（用来检验频分复用系统性能的连续信号）

N_s: 两个子载波间的频率间隔（kHz）。

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
I. 无调制信号			
连续波发射	–	–	无
II. 调幅			
1. 含有量化或数字信息的信号			
连续波电报，莫尔斯电码	$B_n = BK$ $K = 5$ 对于衰落电路 $K = 3$对于非衰落电路	每分钟25字 $B = 20$, $K = 5$ 带宽：100 Hz	100HA1AAN
用开关键控、单音调制载波的电报，莫尔斯电码	$B_n = BK + 2M$ $K = 5$ 对于衰落电路 $K = 3$对于非衰落电路	每分钟25字e $B = 20$, $M = 1\,000$, $K = 5$ 带宽：2 100 Hz = 2.1 kHz	2K10A2AAN
采用序列单频编码的选呼信号，单边带全载波	$B_n = M$	最高编码频率：2 110 Hz $M = 2\,110$ 带宽：2 110 Hz = 2.11 kHz	2K11H2BFN
采用移频调制副载波的直接打印电报，能纠错，单边带，抑制载波（单路）	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$	$B = 50$ $D = 35$ Hz（70 Hz 移频） $K = 1.2$ 带宽：134 Hz	134HJ2BCN
电报，话频多路，纠错，某些信道是时分复用，单边带，减幅载波	B_n =最高中心频率 $+ M + DK$ $M = \frac{B}{2}$	15 路： 最高中心频率为： 2 805 Hz $B = 100$ $D = 42.5$ Hz（85 Hz 移频） $K = 0.7$ 带宽：2 885 Hz = 2.885 kHz	2K89R7BCW
2. 电话（商用质量）			
电话，双边带（单路）	$B_n = 2M$	$M = 3\,000$ 带宽： 6 000 Hz = 6 kHz	6K00A3EJN
电话，单边带，全载波（单路）	$B_n = M$	$M = 3\,000$ 带宽： 3 000 Hz = 3 kHz	3K00H3EJN
电话，单边带，抑制载波（单路）	$B_n = M$ – 最低调制频率	$M = 3\,000$ 最低调制频率 = 300 Hz 带宽：2 700 Hz = 2.7 kHz	2K70J3EJN

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
2.电话（商用质量）（续）			
采用单独的调频信号控制解调后的语言信号电平的电话，单边带，减幅载波（压缩扩展式短波电话）（单路）	$B_n = M$	最高控制频率 = 2 990 Hz M = 2 990 带宽：2 990 Hz = 2.99 kHz	2K99R3ELN
保密电话，单边带，抑制载波（2路或多路）	$B_n = N_c M$ –最低话路的调制频率	N_c = 2 M = 3 000 最低调制频率 = 250 Hz 带宽：5 750 Hz = 5.75 kHz	5K75J8EKF
电话，独立边带（2路或多路）	B_n =每个边带的M值之和	2 路 M = 3 000 带宽：6 000 Hz = 6 kHz	6K00B8EJN
3. 声音广播			
声音广播，双边带	$B_n = 2M$ 依据所要求的音质，M值可在4 000至10 000间变化	语言和音乐 M = 4 000 带宽：8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3EGN
声音广播，单边带，减幅载波（单路）	$B_n = M$ 依据所要求的音质，M值可在4 000至10 000间变化	语言和音乐 M = 4 000 带宽：4 000 Hz = 4 kHz	4K00R3EGN
声音广播，单边带，抑制载波	$B_n = M$ – 最低调制频率	语言和音乐 M = 4 500 最低调制频率 = 50 Hz 带宽：4 450 Hz = 4.45 kHz	4K45J3EGN
4. 电视			
电视，图像和伴音	参考ITU-R关于通用电视系统带宽的各文件	行数：625 标称视频带宽= 5 MHz 相对于视频载波的伴音载波：5.5 MHz 总的图像带宽：6.25 MHz 包括保护频带在内的调频伴音带宽：750 kHz 射频信道带宽：7 MHz	6M25C3F -- 750KF3EGN
5. 传真			
采用减幅载波单边带发射的副载波调频的模拟传真，单色	$B_n = C + \frac{N}{2} + DK$ K = 1.1 （典型值）	N = 1 100对应于合作指数为352和圆筒转速为60转/分。合作指数等于滚筒的直径乘以单位长度的行数。 C = 1 900 D = 400 Hz 带宽：2 890 Hz = 2.89 kHz	2K89R3CMN
模拟传真；调制主载波的音频副载波调频，单边带，抑制载波	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ K = 1.1 （典型值）	N = 1 100 D = 400 Hz 带宽：1 980 Hz = 1.98 kHz	1K98J3C --

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
6. 混合发射			
双边带，电视中继	$B_n = 2C + 2M + 2D$	视频限制在5 MHz，音频为对6.5 MHz，调频副载波，副载波偏差= 50 kHz: $C = 6.5 \times 10^6$ $D = 50 \times 10^3$ Hz $M = 15\,000$ 带宽：13.13×10^6 Hz = 13.13 MHz	13M1A8W --
双边带无线电接力系统，频分复用	$B_n = 2M$	10个话路占用1 kHz至164 kHz的基带； $M = 164\,000$ 带宽：328 000 Hz = 328 kHz	328KA8E --
携带音频的 VOR 双边带 发射（VOR=VHF全向无线电指向标	$B_n = 2C_{max} + 2M + 2DK$ $K = 1$ （典型值）	对主载波进行调制的有: – 30 Hz副载波 – 9 960 Hz音产生的载波 – 一个话路 – 连续莫尔斯识别信号的1 020 Hz键控音 $C_{max} = 9\,960$ $M = 30$ $D = 480$ Hz 带宽：20 940 Hz = 20.94 kHz	20K9A9WWF
独立边带；几路能纠错的报路和几路保密话路在一起； 频分复用	B_n = 每个边带M值之和	通常，混合系统是按照标准化通路方案（例如，ITU-R F.348建议书）工作的。 3个话路和15个报路需要带宽： 12 000 Hz = 12 kHz	12K0B9WWF
7. 标准频率和时间信号 7.1 高频（声音）			
声音通告，双边带	$B_n = 2M$	语音 $M = 4\,000$ 带宽：8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3XGN
7.2. 高频（时间码）			
电报时间码	$B_n = BK + 2M$	$B = 1$/s $M = 1$ $K = 5$ 带宽：7 Hz	7H00A2XAN
7.3. 低频（时间码）			
电报时间码	$B_n = BK + 2M$	$B = 1$/s $M = 1$ $K = 3$ 带宽：5 Hz	5H00A2XAN

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
III-A. 调频			
1. 含有量化或数字信息的信号			
无纠错的电报（单路）	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1.2$ （典型值）	$B = 100$ $D = 85$ Hz（170 Hz 移频） 带宽：304 Hz	304HF1BBN
电报，窄带直接打印、能纠错（单路）	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1.2$ （典型值）	$B = 100$ $D = 85$ Hz（170 Hz 移频） 带宽：304 Hz	304HF1BCN
选呼信号	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1.2$ （典型值）	$B = 100$ $D = 85$ Hz（170 Hz 移频） 带宽： 304 Hz	304HF1BCN
四频双工电报	$B_n = 2M + 2DK$ B: 快速信道的调制率（Bd）。 如果频道同步于： $M = \frac{B}{2}$（否则，$M = 2B$） $K = 1.1$ （典型值）	相邻频率间隔= 400 Hz 同步频道 $B = 100$ $M = 50$ $D = 600$ Hz 带宽：1 420 Hz = 1.42 kHz	1K42F7BDX
2. 电话 （商用质量）			
商用电话	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ （典型值，但在某些情况下，可能需要较高的K值）	用于商用电话的一般情况， $D = 5\,000$ Hz $M = 3\,000$ 带宽：16 000 Hz = 16 kHz	16K0F3EJN
3. 声音广播			
声音广播	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ （典型值）	单声 $D = 75\,000$ Hz $M = 15\,000$ 带宽：180 000 Hz = 180 kHz	180KF3EGN
4. 传真			
直接对载波调频的传真；黑白	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1.1$ （典型值）	$N = 1\,100$ 像素/秒 $D = 400$ Hz 带宽： 1 980 Hz = 1.98 kHz	1K98F1C --
模拟传真	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1.1$ （典型值）	$N = 1\,100$ 像素/秒 $D = 400$ Hz 带宽：1 980 Hz = 1.98 kHz	1K98F3C --

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
5.混合发射 （见表 III-B）			
无线电接力系统， 频分复用	$B_n = 2f_p + 2DK$ $K = 1$ （典型值）	60 个话路占用 60 kHz 至 300 kHz 的基带； 每路均方根 (rms) 频偏：200 kHz 在 331 kHz 上的连续性导 频使主载波产生 100 kHz rms 频偏。 $D = 200 \times 10^3 \times 3.76 \times 2.02$ $= 1.52 \times 10^6$ Hz $f_p = 0.331 \times 10^6$ Hz 带宽：3.702×10^6 Hz = 3.702 MHz	3M70F8EJF
无线电接力系统， 频分复用	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ （典型值）	960个话路占用60 kHz至4 028 kHz的基带；每路rms频偏：200 kHz在4 715 kHz上的连续性导频使主载波产生140 kHz rms频偏。 $D = 200 \times 10^3 \times 3.76 \times 5.5$ $= 4.13 \times 10^6$ Hz $M = 4.028 \times 10^6$ $f_p = 4.715 \times 10^6$ $(2M + 2DK) > 2 f_p$ 带宽：16.32×10^6 Hz = 16.32 MHz	16M3F8EJF
无线电接力系统， 频分复用	$B_n = 2f_p$	600个话路占用60 kHz至2 540 kHz基带；每路rms频偏：200 kHz在8 500 kHz上的连续性导频使主载波产生140 kHz rms频偏。 $D = 200 \times 10^3 \times 3.76 \times 4.36$ $= 3.28 \times 10^6$ Hz $M = 2.54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8.5 \times 10^6$ $(2M + 2DK) < 2 f_p$ 带宽：17×10^6 Hz = 17 MHz	17M0F8EJF
带有辅助电话复用副载波的立体声广播	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ （典型值）	导频音系统； $M = 75\,000$ $D = 75\,000$ Hz 带宽：300 000 Hz = 300 kHz	300KF8EHF

III-B. 调频频分复用（FM/FDM）的多路发射中，
计算D值即峰值频偏时所用的倍增因数

对于FM/FDM系统，其必要带宽为：

$$B_n = 2M + 2DK$$

在B_n的计算公式中的D值，即峰值频偏，等于每路rms频偏乘以下面所列的一个适当的“倍增因数”。

如果连续性导频f_p高于最高调制频率M，则通用公式变为：

$$B_n = 2f_p + 2DK$$

如果由导频产生的主载波的调制指数小于0.25，且由导频产生的主载波的rms频偏小于或等于每路rms频偏值的70%，则通用公式变为：

$$B_n = 2f_p \quad \text{或} \quad B_n = 2M + 2DK$$

选用二者之中较大的一个。

	倍增因数[1]
电话通路数 N_c	（峰值因数）×antilog $\left[\frac{\text{上述调制参考电平的dB值}}{20}\right]$
$3 < N_c < 12$	4.47×antilog $\left[\frac{\text{由主管部门批准，由设备厂商或电台受权人指定的dB值}}{20}\right]$
$12 \le N_c < 60$	$3.76 \times \text{antilog}\left[\frac{2.6 + 2\log N_c}{20}\right]$
	倍增因数[2]
电话通路数 N_c	（峰值因数）× antilog $\left[\frac{\text{上述调制参考电平的dB值}}{20}\right]$
$60 \le N_c < 240$	$3.76 \times \text{antilog}\left[\frac{-1 + 4\log N_c}{20}\right]$
$N_c \ge 240$	$3.76 \times \text{antilog}\left[\frac{-15 + 10\log N_c}{20}\right]$

[1] 在上表中，在乘数3.76和4.47分别对应于11.5和13.0 dB的峰值因数。

[2] 上表中，乘数3.76对应于11.5 dB的峰值因数。

发射说明	必要带宽		发射标志
	公式	抽样计算	
IV. 脉冲调制			
1. 雷达			
未调制脉冲发射	$B_n = \frac{2K}{t}$ *K*值取决于脉冲宽度与脉冲上升时间的比值。通常，它的值在1至10之间，在许多情况下不需超过6	一次雷达 距离分辨率= 150 m K = 1.5（t ~ t_r的三角脉冲，只考虑从最强降至 27 dB 的分量） 因此： $t = \frac{2 \times (\text{距离分辨率})}{\text{光速}}$ $= \frac{2 \times 150}{3 \times 10^8}$ $= 1 \times 10^{-6}$ s 带宽：3×10^6 Hz = 3 MHz	3M00P0NAN
2. 混合发射			
无线电接力系统	$B_n = \frac{2K}{t}$ K = 1.6	由36个话路的基带进行脉位调制；脉冲为半幅宽度= 0.4 μs 带宽：8×10^6 Hz = 8 MHz （带宽与话路数无关）	8M00M7EJT
3. 标准频率和时间信号 3.1高频（猝发音）			
用于信号测量(epoch measurement)的刻度	$B_n = 2/t_r$	t_r = 1 ms 带宽：2 000 Hz = 2 kHz	2K00K2XAN
3.2 低频（时间码）			
用于信号测量的时间码前缘	$B_n = 2/t_r$	t_r = 1 ms 带宽 = 2 000 Hz = 2 kHz	2K00K2XAN
V.杂项			
正交频分复用(OFDM)或编码OFDM(COFDM)	$B_n = N_s \cdot K$	使用了53个有效子载波两两间隔312.5 kHz (K = 53, N_s = 312.5 kHz)。数据子载波可为BPSK、QPSK、调制QAM B_n = 312.5 kHz × 53 = 16.6 MHz	16M6W7D

ITU-R SA.1154 建议书[*, **]

保护空间研究（SR）、空间操作（SO）和卫星地球探测业务（EES）的条款以及促进与 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带内的移动业务共用的条款

（1995 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 根据《无线电规则》（RR）第 5.391 和 5.392 款，2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带划分给空间科学业务（SR、SO、EES）、固定业务（FS）和移动业务（MS）三类业务主用；

b） 处理频谱某些部分频率划分的世界无线电行政大会（1992 年，马拉加—托雷莫利诺斯）（WARC-92）在其第 211 号决议中请原 CCIR 继续研究合适的条款以保护工作于 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带内的空间科学业务免受移动业务电台发射的有害干扰，并对下届有权的大会报告研究结果；

c） 处于低地球轨道（LEO）上的诸空间电台在这些频带内对 SR、SO 和 EES 业务有不断增加的应用；

d） 在 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带内引入将来高密度的或常规的陆地移动系统时，会造成对 SR、SO 和 EES 业务来说不可接受的干扰；进一步的资料见附件 1；

e） 研究指出，诸如附件 2 内说明的那些特定的低密度移动系统，它们可与 SR、SO 和 EES 业务共用 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带；

f） 某些国家其空间科学业务在不受限制下与低密度移动电子新闻采集（ENG）系统（见附件 3）和航空移动遥测系统（见附件 4）已成功地共用许多年，然而，考虑到这些系统预期的增长，到将来可能需要加以限制；

g） 当对地静止数据中继卫星（DRS）空间飞行器跟踪低地球轨道空间飞行器时，其高增益天线指向地球，所以，空间科学业务工作于 2 200-2 290 MHz 频带内比之工作于 2 025-2 110 MHz 频带内更易受到干扰；

h） 在三种空间科学业务中 SR 业务要求的保护标准最严格，对 SR、SO 和 EES 业务都需提供充分的保护；

[*] 应提请无线电通信第 4 研究组、第 8 研究组和第 9 研究组注意本建议书。

[**] 按照 ITU-R 44 号决议，无线电通信第 7 研究组于 2003 年对本建议书进行了编辑性修正。

j） ITR-U SA.609 建议书（第 1、1.1、1.2 和 2 节）中规范了 SR 业务的保护标准；

k） ITU-R SA.609 建议书的保护标准已反复地应用于共用研究中，得到广泛认可；

l） 对于地对空、空对地和空对空无线电通信 SR、SO 和 EES 业务都使用 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带。空对空链路通常包括应用 ITU-R SA.1020 建议书和 ITU-R SA.1018 建议书内假想参考系统中说明的 DRS。共用标准应该考虑到工作于 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带内的 DRS 无线电通信链路的保护要求；

m） 关于 SR、SO 和 EES 业务的保护，大多数场合对于地对空和空对地链路考虑 6 dB 的 *N*/*I* 将造成 1 dB 保护劣化已足够；

n） 顾及空对空链路只有 2 dB 或更小的典型低余量值，对于 DRS 空对空链路考虑 10 dB 的 *N*/*I* 将造成 0.4 dB 保护劣化是必要的；

o） 所考虑的频带由 FS（固定业务）和 MS（移动业务）共用。假定每种业务对空间飞行器的总干扰各承担一半。由于可期望的协调，假定仅两种业务之一干扰地球站；

p） DRS 空间飞行器通常位于对地静止（GSO）轨道上；

q） 在去往低地球轨道空间飞行器和 GSO 空间飞行器两者的 SR、SO 和 EES 地对空链路都使用 2025-2110MHz 频带。该频带也应用于 SR、SO 和 EES 空对空链路，通常应用于 DRS 空间飞行器到低地球轨道空间飞行器的无线电通信中；

r） 在来自低地球轨道空间巨行器和 GSO 空间飞行器两者的 SR、SO 和 ESS 空对地链路中应用 2200-2290MHz 频带。该频带也应用于 SR、SO 和 ESS 空对空链路，通常应用于低地球轨道空间飞行器到 DRS 空间飞行器的无线电通信中；

s） 关于移动系统密度的术语，涉及系统的数目和系统内的人口分布，

认识到

1 对全世界工作于 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带内的移动电台的最大数目做出规范以使集总干扰电平不超出共用的标准，便可能构成有效的技术解决办法。然而，此种解决办法的实施可能是不现实的，

进一步认识到

1 要促进共用，需采用特定移动系统技术和操作特性的独特组合，此类移动系统与 SR、SO 和 ESS 业务之间的共用能够用定性和定量两方面术语来描述，

建议

1 下面的规定适合于保护 SR、SO 和 ESS 业务在 2025-2110MHz 频带内免受自移动系统发射的集总干扰；

1.1 除了空对空链路场合外，空间飞行器接收机输入端上的集总干扰在 0.1%以上的时间内不应超过 –180 dB（W/kHz）；

1.2 在空对空链路场合下，空间飞行器接收机输入端上的集总干扰在 0.1%以上的时间内不应超过 –184 dB（W/kHz）；

2 下面的规定适合于保护 SR、SO 和 ESS 业务在 2 200-2 290 MHz 频带内免受自移动系统发射来的集总干扰；

2.1 地球站中接收机输入端上的集总干扰在 0.1%以上的时间内不应超过–216 dB（W/Hz）；

2.2 DRS 空间飞行器输入端上的集总干扰在 0.1%以上的时间内不应超过–184 dB（W/kHz）；

3 高密度或常规类型的移动系统不应采用 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带，因为如附件 1 中所确认，它们将对 SR、SO 和 EES 业务中造成不能接受的干扰；

4 新的移动系统应以这样的方式引入，在长时期内它们在全世界的利用不致造成集总干扰超过上面第 1 和第 2 节的规定给定的数值；

5 诸如低功率谱密度、低的全世界人口密度和间歇地传输（见附件 2）等技术参数和操作参数，对于引入新的移动系统为优选的；

6 在 2 025-2 110 MHz 频带内考虑引入新的低密度移动系统时，应使用类同于附件 3 中所说明的那些技术特性和操作特性作为指南；

7 在 2 200-2 290 MHz 频带内考虑引入新的低密度移动系统时，应使用类同于附件 4 中所说明的那些技术特性和操作特性作为指南。

附 件 1

空间研究/空间操作和高密度陆地移动系统的兼容性研究

1 引言

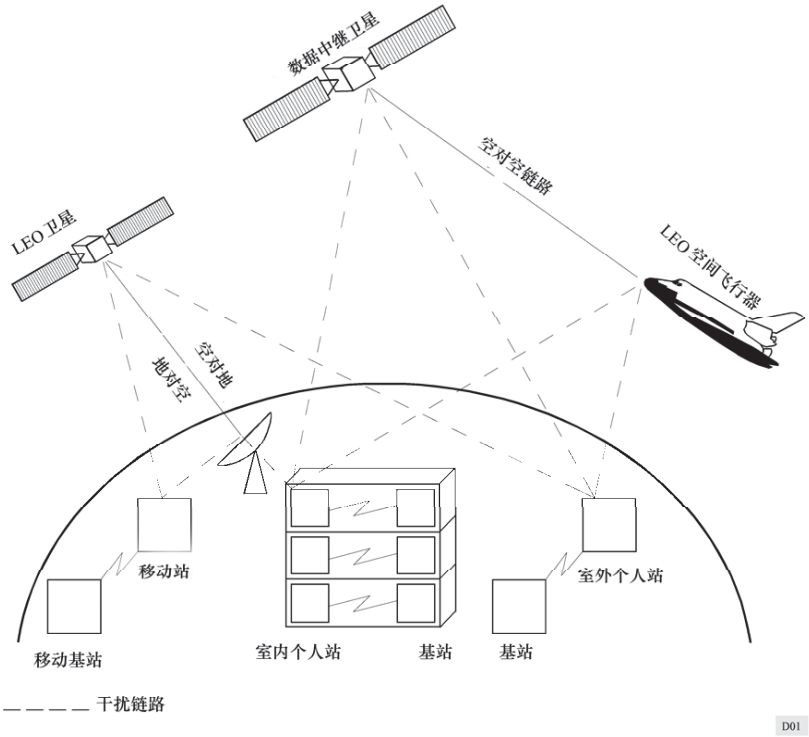
在高密度移动系统和常规的陆地移动系统与空间业务两方面之间的频带共用是不可行的。本附件以得出本结论的文稿为基础，提出了根本的分析。本研究报告中考虑的移动系统是将来的公众陆地移动通信系统（FPLMTS）。所使用的模型也适用于常规类型的移动系统。

2 025-2 110 MHz 和 2200-2290 MHz 频带广泛用于全世界的空间操作、卫星地球探测和空间研究，各航天机构为相互支持达成了众多的国际协议。由于发射机与接收机之间距离远，接收机上的信号电平非常低。因此，这些业务对干扰十分敏感，如《无线电规则》和 ITU-R 建议书中所规范的，要求高的保护等级。

图 1 示明所考虑的各种链路和产生的干扰构成形式。对于个人站和移动站只是考虑话音业务。对来自基站的附加干扰尚未研究。

图 1

FPLMTS 单元与空间业务之间的干扰构成形式



现在，对频率管理部门已提出挑战，对于目前划分的空间业务要满足新的指配需求，以使得对已有指配其干扰影响最小。由此，与附加的用户实现业务内频带共用变得越加困难。

移动业务场合下，天线方向性图是准全方向性的，可设想到，几千万个移动发射机将给出很高的累加干扰电平。由于 FPLMTS 单元定义为“移动运行”的，所以，不可能进行协调的理由十分显然。可以论证，对于实际上考虑到的每种干扰构成形式来说，与这类移动系统间的频带共用是不可行的。

2 无线电的管理和频带占用情况

2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带在所有国际电联区域内是在同为主用的基础上划分给 SR、SO 和 EES 业务与移动业务的。

地球站的最大可容许干扰电平规定于《无线电规则》中附录 7 的表 8b 内以及 ITU-R SA.363 建议书和 ITU-R SA.609 建议书内。地球站的天线一览表基于《无线电规则》附录 8 中附件III内规范的辐射方向性图。地球站天线的最小仰角符合《无线电规则》第 21.15 和 21.14 款。空间飞行器接收机的干扰电平规范于 ITU-R SA.609 建议书和 ITU-R SA.363 建议书内。

在 2 025-2 110 MHz 频带内，当前有 300 多个指配。在 2 200-2 290 MHz 频带内，指配数目在 350 个以上。对于空对空链路，当前有 6 个划分用于数据中继系统，并有许多附加划分在进行中，用于国际空间站计划以及用于欧洲和日本的数据中继卫星计划内。

显然，考虑中的频带在空间业务中承载着应用的重担，这使得大量的卫星和地球站会受到工作在这些频带内的陆地移动业务的影响。

3 陆地移动业务（FPLMTS）的系统假设

可以预见到，将来的移动通信系统其业务范围很宽广。可设想到，工作于 2 GHz 频带附近的业务之一是将来的公众陆地移动通信系统（FPLMTS）。对这类业务指定的带宽为 230 MHz。

FPLMTS 处在规划阶段，初始考虑点是用户数量、业务量密度和功率电平。无线电通信第 8 研究组对功率电平、带宽要求和业务量密度等提供比较详细的假设，所提供的系统假设其概要列出于表 1。

表 1

系统假设的概要

	室外移动站	室外个人站	室内个人站
基站天线高度（m）	50	< 10	< 3
市区每平方公里业务量密度（E/km^2）	500 (0.25)	1 500 (1.2)	20 000 (1.2)
蜂窝小区面积(km^2)	0.94	0.016	0.0006
每信道双工带宽(kHz)	25	50	50
每蜂窝小区业务量(E)	470	24	12
每蜂窝小区信道数	493	34	23
话音业务带宽(MHz)	111	27	24
台站功率范围(W)	1-5	0.02-0.05	0.003-0.01
语言编码码率(kbit/s)	8	(16)	(16)
业务量峰 — 均比	(3)	3	(3)
每站的峰值业务量密度(E)	0.1 (0.04)	0.04 (0.1)	0.2 (0.1)
用户渗透率(%)	50 (10)	80 (20)	(20)

某些场合下已经发现，就平均的干扰估计来说对 FPLMTS 的假设太乐观，尤其是关于业务量密度（E，占线小时）和用户普及率（%），必须以括号内列出的数值取代。就原来的 FPLMTS 数据而言，干扰超量值会较高。在没有数据可予应用的场合，使用括号内的数目进行计算。

这里只是考虑了话音业务，但可以预期，非话音业务将得出很相似的数值。

供解析用的业务量密度的假设基于对欧洲所得到的数字。在全部欧洲共同市场国家内，人口方面当前是 230 万平方公里内居住着大约 3 亿 2 千 3 百万人。这可以得出，以每平方公里平均 140 人用做对地球站干扰的计算基础。

空间飞行器接收机中干扰情况用的业务量密度假设，可以按类同的方法导出。对地静止空间飞行器“看到”如图 3 中指明的区域内，到 2000 年末大致有 40 亿人口居住。空间飞行器的最低轨道高度为 250 km。图 4 示明在轨道高度分别为 250 km 和 750 km 上飞行的空间飞行器能看到的区域。250 km 轨道的干扰接收面积已经有 960 万平方公里。在该区域内居住的人口估计 6 亿人以上。图 5 示明，在大约 29° 低倾角轨道上典型的航天飞机类轨道内的干扰接收区域。

对于所有的 FPLMTS 业务，已经考虑通过窗户、墙壁、大楼和树木等传输路径引入的环境衰减。假定典型的衰减量为：窗户 6.6 dB，墙壁和天花板 27 dB。可以认为，大部分但不是全部的室内个人单元的信号将被衰减。这里，剩余下小量百分比的移动终端会通过打开的窗户、阳台、露台或其他“开放的”场所向外辐射。对该方面的研究可以假定，大约 5%移动单元的信号几乎没有衰减，大约 25%

移动单元的信号被玻璃衰减。剩余 70％移动单元来的干扰可认为是轻微的。因此，对于室内个人移动单元来说，已考虑 10 dB 的平均衰减。室外个人移动单元和移动站单元发出的信号只当信号通过大楼和树木时才受到衰减。这种情况往往发生于低的仰角时，对于较高的仰角就不再这样。可以认为，主要的干扰来自靠近卫星底下地点也即具有高仰角的移动单元，预期平均衰减不大于 3 dB。

由于尚无足够的技术资料可予应用，本文件内未研究由基站造成的干扰。显然，对此可预期有同等量级的衰减值。

4 空间业务的保护要求

4.1 地球站的保护要求

地球站接收机上的最大干扰电平取决于运行的业务，并与《无线电规则》附录 7 的表 8b 和 ITU-R SA.363 建议书一致。这些数值和相应的最小仰角Θ_r 如下所列：

1．空间运用：−184.0 dB(W/kHz), $\Theta_r = 3°$

2．空间探索：–216.0 dB(W/Hz), $\Theta_r = 5°$

对于空间操作（SO）和空间研究（SR）任务的典型支持，使直径 5.5 m 至 15 m 的天线在工作中通常支持到并可超出对地静止轨道。图 2 示明所考虑地球站的天线增益特性。天线辐射图基于《无线电规则》附录 8 的附件Ⅲ。

4.2 空间飞行器接收机的保护要求

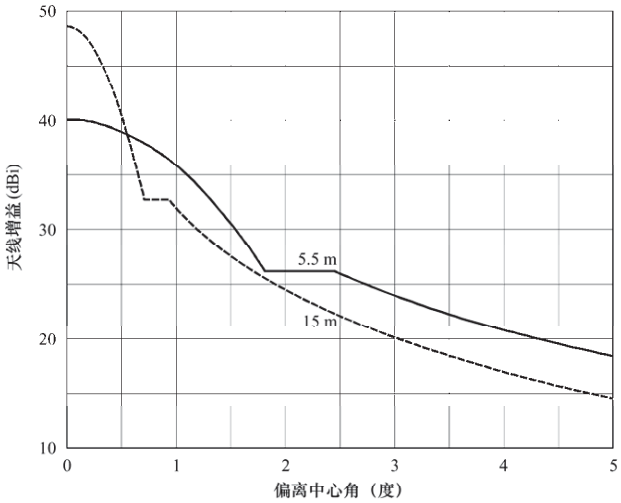
空间飞行器接收机典型的系统噪声温度在 800 K 范围左右，给出大约−200 dB（W/Hz）的噪声频谱密度。某些严格的空间研究任务要求噪声温度降低至 600 K。

ITU-R SA.609 建议书做出规范，在 0.1％以上的时间内接收机输入端上的干扰电平不应超过–177 dB（W/kHz）。至于在该频带内的固定、移动和空间业务，假定每种业务各承担总干扰中的三分之一。结果，–182 dB（W/kHz）等效于容许来自移动业务造成的干扰为–212 dB（W/Hz）。这一数字与建议 1.1、1.2 和 2.2 中的保护标准很好地相配。

准全方向性天线的平均增益为 0 dBi 左右，最小增益偶或低于–6 dBi。在紧急场合，或者因技术或运行的原因例如是空间飞行器发射时以及初期入轨阶段内不能应用其他天线的场合下，需要此种准全方向性天线与空间飞行器建立链路。这一点也适用于通信卫星。因此，对于 0 dBi 的天线，在天线输入端上来自各移动单元的可接受干扰是–212 dB（W/Hz）。

图 2

卫星地球站的典型天线特性



在例如是数据中继卫星上高增益天线指向低地球轨道卫星的空对空链路内，情况更严重。应用像上面那样相同的假设，但采用 35 dBi 的典型天线增益，结果，在天线输入端上可接受的干扰电平是–247 dB（W/Hz）。

ITU-R SA.363 建议书对空间操作（SO）规定了 20 dB 的 *C/I* 保护比。近几年来，许多空间机构引入信道编码技术以节省发射机功率，由此也减小对其他系统的干扰。因而，必须区分清不编码传输机编码传输两种情况：

— 不编码传输需要 9.6 dB 的 E_S/N_0 以达到 10^{-5} 的误比特率。加上典型的余量 3 dB，结果是需要 12.6 dB 的 *C/N*。因此，总的干扰—噪声比 *I/N* 是–7.4 dB。对移动业务容许它承担总干扰的三分之一时，得出 I_m/N 为–12.4 dB。对于典型的噪声功率密度–200 dB（W/Hz）来说，可接受的干扰是–212.4 dB（W/Hz）。

— 采用标准卷积编码的编码传输需要 1.5 dB 的 E_s/N_o 以达到 10^{-5} 的误比特率。加上典型的余量 3 dB，结果是需要 4.5 dB 的 *C/N*。因此，总的 *I/N* 是–15.5 dB。对移动业容许它承担总干扰的三分之一时，得出 I_m/N 为–20.5 dB。对于典型的噪声功率密度–200 dB（W/Hz）来说，可接受的干扰是–217.5 dB（W/Hz），它比 ITU-R SA.609 建议书中的保护值低 5 dB。

虽然编码传输需要较高的保护等级，但在本研究中采用–212 dB（W/Hz）的保护标准，它与 ITU-R SA.609 建议书和 ITU-R SA.363 建议书中规范的数值是一致的。

5 干扰分析

5.1 地对空链路（2 025-2 110 MHz）

5.1.1 对空间飞行器造成的干扰

本分析中考虑的地对空链路基于 250 km 至 36 000 km 之间的轨道高度，因为全部空间飞行器的 90% 以上运行于对地静止轨道或者低于对地静止轨道。

图 3 示出对地静止空间飞行器通过准全方向性天线可从那里接收到信号的地区。该空间飞行器任意选择的轨道位置为 10° W。可以估计，在最坏情况下空间飞行器能看到的地区内包含有地球上全部移动终端的 70%以上。

图 3

对地静止卫星的干扰接收区域

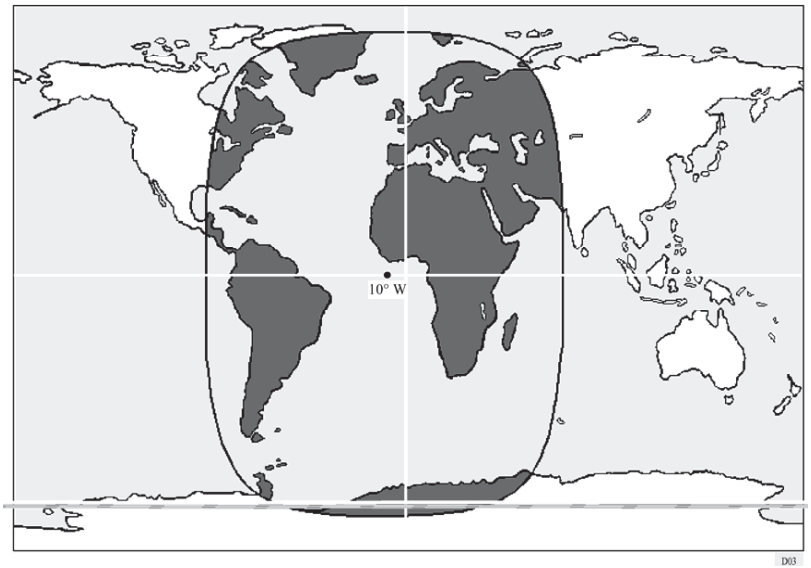
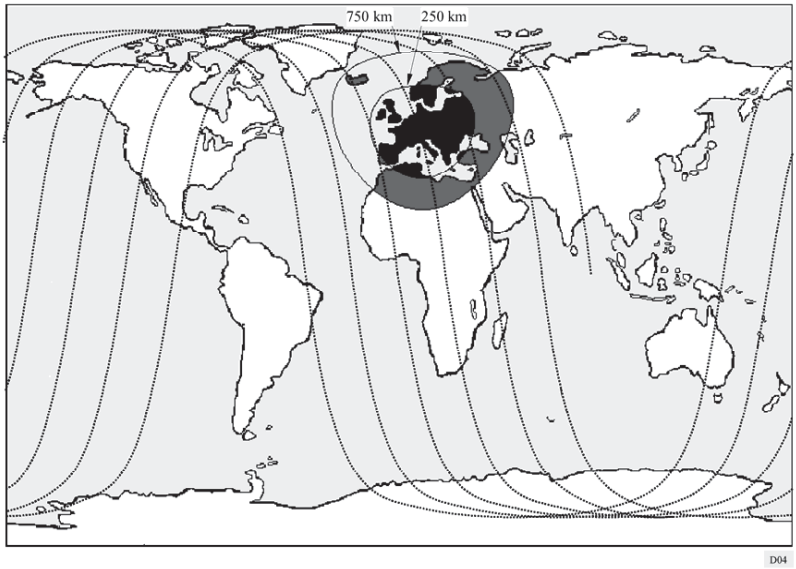


图 4 示出轨道高度在 250 km 至 750 km 之间的低地球轨道卫星可从那里接收到信号的地区。空间飞行器的位置在本场合下假定是在欧洲中部的上方。形成的“窗口”将沿虚线给出的地面轨迹移动。显然，空间飞行器能看到的很大区域内可能有着几百万正在通信发射的移动终端。

图 5 示出具有典型倾角 29° 的航天飞机类空间飞行器将从哪里接收到干扰的全部地区。

图 4

低地球轨道的干扰接收区（*i*=98°）



干扰面积 A_i 由下式确定：

$$A_i = \frac{2\pi R^2 h}{R+h}$$

式中：

R：地球半径，6 378 km；

h：轨道高度，250 km 至 36 000 km。

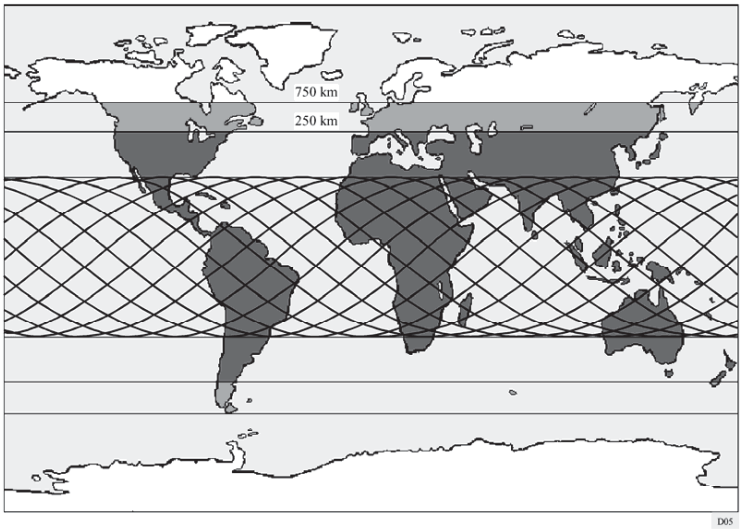
在 250 km 海拔高度上，空间飞行器将接收到来自 960 万平方公里面积内的干扰。轨道高度 750 km 时，这个数字增加至 2 700 万平方公里。对地静止卫星能看到的最大面积是 2 亿 1 千 7 百万平方公里。

由空间飞行器天线从单个移动发射机上接收到的干扰频谱密度电平 P_i 可如下式计算：

$$P_i = \frac{E_i c^2}{B_i (4\pi x f)^2}$$

图 5

低地球轨道的干扰接收区（*i*=29°）



在干扰区内来自全部移动终端的累加干扰 $P_{\Sigma i}$ 由下式给出：

$$P_{\Sigma i} = \int_{x=h}^{d_m} \frac{n_a p_i B_i h^2 dA(x)}{B_m A_i x^2} \mathrm{d}x = \frac{n_a E_i c^2}{(4\pi f)^2 B_m A_i} \int_{x=h}^{d_m} \frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{x^2} \mathrm{d}x$$

$$A_{(x)} = \frac{\pi R(x^2 - h^2)}{R + h}$$

$$\frac{dA_{(x)}}{\mathrm{d}x} = \frac{2\pi R}{R + h} x$$

$$d_m = \sqrt{(R+h)^2 - R^2}$$

$$P_{\Sigma i} = \frac{n_a E_i c^2}{(4\pi f)^2 B_m R h} [\ln(d_m) - \ln(h)]$$

式中：

P_i： 干扰源的功率密度

E_i： 干扰源的 e.i.r.p.

x： 到干扰源的距离

f： 发射频率；

n_a： 工作的移动终端数目；

c： 光速；

B_i： 一个移动终端的带宽；

B_m： 移动业务的带宽；

d_m： 到干扰源的最大距离。

为简化起见，假定在可供应用的带宽内以及在干扰区内工作的移动终端有均等的使用分布。表 2 中列出详细的假设以及产生的干扰电平。必然得出结论，这些链路的频带共用是不可能的，因为产生的干扰电平比上面提到的可接受电平高几个数量级。

5.1.2 对移动单元造成的干扰

移动单元如果与发射信号的地球站之间的间隔在一定距离之内，将接收到该地球站来的有害的干扰。用于支持近地卫星的最大 e.i.r.p.电平的范围典型地为 66 dBW 至 78 dBW。

考虑到如图 2 中所示在水平方向上的天线增益，并考虑到按电波传播原理，事实上天线朝所有方向辐射电波，在天线背后有最低的增益规范–10 dBi（5.5 m 天线为–6 dBi），则在水平方向上围绕天线可预期有下表的 e.i.r.p.电平。e.i.r.p.密度电平极大地取决于传输的数据率。对于 SO 业务，最大数据率通常为几个 kbit/s，而对于 SR 业务，必须考虑到数据率范围会从至少的 1 kbit/s 到 100 kbit/s。

天线直径（m）	e.i.r.p.范围（dBW）	e.i.r.p.密度范围（dB（W/4 kHz））
5.5（3°）	20-50	14-47
15（3°）	19-50	13-47

对 FPLMTS 单元并不知道保护电平，但其系统将受到自我干扰的限制而不是噪声的限制。假设可以接受大约–150 dB（W/4 kHz）的干扰电平，并假设由于信号绕射有进一步的某些损耗，则可能需要有远到 100 km 的保护地带，以使得移动单元能满意地工作。

5.2 空对地链路（2 200-2 290 MHz）

对于这类链路，必须在各种业务之间做出区别。最严格的业务是空间探索，但空间运用和地球勘察的结果事实上十分相似。

对于卫星地球站周围的移动发射机其分布情况难以做出假设，因为它们的分布很大程度上取决于地球站的位置。已经假定，平均分布是基于欧洲共同市场国家内居民的数目。根据 230 万平方公里内居住有人口 3 亿 2 千 3 百万，平均人口密度为每平方公里 140 人。对个人站而言，得到的平均业务量密度为 2.8 E/km^2，对于移动站，平均业务量密度为 0.56 E/km^2。

表 2

地对空链路（2 025-2 110 MHz）

	室内个人站		室外个人站		移 动 站	
空间飞行器轨道高度	250	36 000	250	36 000	250	36 000
单个 FPLMTS 单元的 e.i.r.p.（W）	0.003	0.003	0.020	0.020	1.00	1.00
话音通信频道带宽（kHz）	50.0	50.0	50.0	50.0	25.0	25.0
单个 FPLMITS 单元的 e.i.r.p.密度（dB（W/Hz））	–72.2	–72.2	– 64.0	– 64.0	– 44.0	– 44.0
空间（扩散）损耗（dB）	146.7	189.8	146.7	189.8	146.7	189.8
单个单元的干扰（dB（W/Hz））	–218.9	–262.1	–210.7	–253.8	–190.7	–233.8
可接受的干扰密度（dB（W/Hz））	–212.0	–212.0	–212.0	–212.0	–212.0	–212.0
超出一个单元的干扰（dB）	– 6.9	–50.1	1.3	– 41.8	21.3	–21.8
空间飞行器能看到的干扰区域（10^6/km^2）	9.64	217.13	9.64	217.13	9.64	217.13
区域内人口总数（10^6）	600	4 000	600	4 000	600	000
业务的订户百分数（%）	20.0	20.0	20.0	20.0	10.0	10.0
每平方公里内平均总单元数	12.4	3.7	12.4	3.7	6.2	1.8
区域内工作单元百分数（%）	10.0	10.0	10.0	10.0	4.0	4.0
区域内同时工作单元数（10^6）	12.0	80.0	12.0	80.0	2.4	16.0
每平方公里平均工作单元之业务量（E/km^2）	1.24	0.37	1.24	0.37	0.25	0.07
设想的业务带宽（话音信道）（MHz）	24	24	27	27	111	111
每信道工作单元数	25 000	166 667	22 222	148 148	541	3 604
环境衰减（大楼、树木）（dB）	10.0	10.0	3.0	3.0	3.0	3.0
全部工作单元来的累加干扰（dB（W/Hz））	–196	–221	–181	–206	–177	–202
平均超出的可接受干扰（dB）	16.0	–8.5	30.7	6.2	34.6	10.1
峰值通信期间增加的干扰（dB）	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
较高功率电平时增加的干扰（dB）	5.2	5.2	4.0	4.0	7.0	7.0
高密度区域内增加的干扰（dB）	5.3	0.0	5.3	0.0	5.3	0.0
最坏情况下超出的可接受干扰（dB）	31.5	1.7	45.0	15.2	51.8	22.1

在假定与地球站有直视线（LOS）连接的、围绕地球站距离 1-10 km 的范围内，干扰将合成在一起。对于大多数的地球站位置来说，不能够排除有的移动终端甚至接近到大于 1 km。当然，从比 10 km 更远的移动终端上也会接收到附加的干扰，但为了简化起见这里不予考虑。天线增益随方位角变化，在 360° 范围内将增益合成起来以便求得天线平均增益值。

累加干扰由下式确定：

$$P_{\Sigma i} = \int_{x=d_1}^{d_2} \frac{md_a P_i B_i \mathrm{d}A_{(x)}}{B_m} \mathrm{d}x = \frac{md_a E_i c^2}{(4\pi f)^2 B_m} \int_{x=d_1}^{d_2} \frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{x^2} \mathrm{d}x$$

$$A_{(x)} = \pi x^2$$

$$\frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{\mathrm{d}x} = 2\pi x$$

$$P_{\Sigma i} = \frac{md_a E_i c^2}{8\pi f^2 B_m} [\ln(d_2) - \ln(d_1)]$$

式中：

md_a： 平均移动单元密度；

d_1： 围绕地球站的最小半径；

d_2： 围绕地球站的最大半径。

表 3a 和 3b 上列出了所考虑的空间业务的详细结果。最坏情况的结果来自于移动单元的发射正对主波束的方向。尽管单个站的距离可能近得多，但代表性的假定是它在 10 km 的距离上发射。可以得出的主要结论是，即使假定围绕天线的平均增益技术规范为几个 dBi，对空间业务进行简化式干扰计算也是不适宜的，产生的干扰电平将在可接受电平之上高出几个数量级；因此，共用频带是不可能的。

5.3 空对空链路（2 025 – 2 110 MHz）

这一类别内最严格的场合是在例如数据中继卫星的对地静止卫星与低地球轨道卫星之间建立的链路上。低地球轨道卫星的轨道高度通常在 250 km 至 1 000 km 之间。

例如，此种链路的代表性场合是载人航天飞机，其轨道高度大约 400 km。这里，空间飞行器带有全方向性天线是绝对必要的，以便在每次飞越上空阶段、尤其是紧急情况下，能得到可靠的指令和进行通信。

由于地球上的功率通量密度的限制，对数据中继卫星可以向地球辐射亦即向低轨道卫星辐射的 e.i.r.p. 也设定了界限值。这使链路余量十分紧凑，即使是低电平的干扰也显得极严重。

计算出的干扰电平如此地高，以致对于低轨道空间飞行器的任何数据链路或通信链路完全无效。由于功率通量密度的限制，增大对地静止卫星上发射信号的 e.i.r.p.是不可行的。因此，不可能与陆地移动通信共用频带。

表 4 上列出详细的结果。

表 3

空对地链路（2 200-2 290 MHz）

表 3a：空间运用业务	室内个人站		室外个人站		移 动 站	
地球站平均水平增益（5.5 m）（dBi）		7.5		7.5		7.5
地球站最大水平增益（3°）（dBi）	24.0		24.0		24.0	
每平方公里工作单元业务量（E/km^2）		2.800		2.800		0.560
每平方公里每信道工作单元密度		0.0058		0.0052		0.0001
单个 FPLMTS 单元的 e.i.r.p.（W）	0.003	0.003	0.020	0.020	1.000	1.000
单个 FPLMTS 单元的 e.i.r.p.密度（dB（W/Hz））	–72.2	–72.2	– 64.0	– 64.0	– 44.0	– 44.0
接收机输入端可接受的干扰密度（dB（W/kHz））	–184.0	–184.0	–184.0	–184.0	–184.0	–184.0
天线输入端可接受的干扰密度（dB（W/kHz））	–208.0	–191.5	–208.0	–191.5	–208.0	–191.5
1-10 km 之间移动单元的干扰（dB（W/kHz））		–152.4		–144.7		–140.9
10 km 距离（LOS）上 1 个单元的干扰（dB（W/kHz））	–161.5		–153.3		–133.3	
超出的可接受干扰（dB）	46.5	39.1	54.7	46.8	74.7	50.6

表 3b：空间探索业务	室内个人站		室外个人站		移动站	
地球站平均水平增益（15 m）（dBi）		2.4		2.4		2.4
地球站最大水平增益（5°）（dBi）	14.5		14.5		14.5	
每平方公里工作单元业务量（E/km^2）		2.800		2.800		0.560
每平方公里每信道工作单元密度		0.0058		0.0052		0.0001
单个 FPLMTS 单元的 e.i.r.p.（W）	0.003	0.003	0.020	0.020	1.000	1.000
单个 FPLMTS 单元的 e.i.r.p.密度（dB（W/Hz））	–72.2	–72.2	– 64.0	– 64.0	– 44.0	– 44.0
接收机输入端可接受的干扰密度（dB（W/Hz））	–220.0	–220.0	–220.0	–220.0	–220.0	–220.0
天线输入端可接受的干扰密度（dB（W/Hz））	–234.5	–222.4	–234.5	–222.4	–234.5	–222.4
1-10 km 之间移动单元的干扰（dB（W/Hz））		–182.4		–174.7		–170.9
10 km 距离上 1 个单元的最大干扰（dB（W/Hz））	–191.5		–183.3		–163.3	
超出的可接受干扰（dB）	43.0	40.0	51.2	47.7	71.2	51.5

表 4

空对空链路（2 025-2 110 MHz）

	室内个人站		室外个人站		移　动　站	
空间飞行器轨道高度（km）	250	750	250	750	250	750
单个 FPLMTS 单元的 e.i.r.p.（W）	0.003	0.003	0.020	0.020	1.00	1.00
话音通信频道带宽（kHz）	50.0	50.0	50.0	50.0	25.0	25.0
单个 FPLMTS 单元的 e.i.r.p.密度（dB（W/Hz））	–72.2	–72.2	– 64.0	– 64.0	– 44.0	– 44.0
空间（扩散）损耗（dB）	146.7	156.2	146.7	156.2	146.7	156.2
单个移动单元的干扰（dB（W/Hz））	–218.9	–228.4	–210.7	–220.2	–190.7	–200.2
可接受的干扰密度（dB（W/Hz））	–212.0	–212.0	–212.0	–212.0	–212.0	–212.0
超出一个单元的干扰（dB）	– 6.9	–16.4	1.3	–8.2	21.3	11.8
空间飞行器能看到的干扰区域（10^6/km^2）	9.64	26.89	9.64	26.89	9.64	26.89
区域内人口总数（10^6）	600	800	600	800	600	800
业务的订户百分数（%）	20.0	20.0	20.0	20.0	10.0	10.0
每平方公里内平均总单元数	12.4	5.9	12.4	5.9	6.2	3.0
区域内工作单元百分数（%）	10.0	10.0	10.0	10.0	4.0	4.0
区域内同时工作单元数（10^6）	12.0	16.0	12.0	16.0	2.4	3.2
每平方公里平均工作单元业务量（E/km^2）	1.24	0.59	1.24	0.59	0.25	0.12
设想的业务带宽（话音信道）（MHz）	24	24	27	27	111	111
每信道工作单元数	25 000	33 333	22 222	29 630	541	721
环境衰减（大楼、树木）（dB）	10.0	10.0	3.0	3.0	3.0	3.0
全部工作单元来的累加干扰（dB（W/Hz））	–196.0	–200.9	–181.3	–186.2	–177.4	–182.3
平均超出的可接受干扰（dB）	16.0	11.1	30.7	25.8	34.6	29.7
峰值通信期间增加的干扰（dB）	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
较高功率电平时增加的干扰（dB）	5.2	5.2	4.0	4.0	7.0	7.0
高密度区域内增加的干扰（dB）	5.3	3.0	5.3	3.0	5.3	3.0
最坏情况下超出的可接受干扰（dB）	31.5	24.3	45.0	37.8	51.8	44.6

5.4 空对空链路（2 200-2 290 MHz）

该频带使用于从低轨道卫星到对地静止数据中继卫星的数据链路中，以及使用于低轨道卫星之间的并最终也是宇航员之间的短范围通信中。因此，必须考虑到轨道高度在 250 km 至 36 000 km 之间。

原理上，可以适用上面列出的相同假设，例外的是，对地静止卫星使用高增益天线对低的轨道器构成链路。结果，天线输入端上可接受的干扰电平很低。天线波束宽度通常只是几度，所以，能够接收到比 250 km 轨道的覆盖范围稍小些的地区内来的干扰。图 6 给出一个典型的地区例子，当跟踪低地球轨道器（LEO）时数据中继卫星将从该地区上接收到干扰。

图 6

数据中继卫星天线和 250 km LEO 的覆盖范围

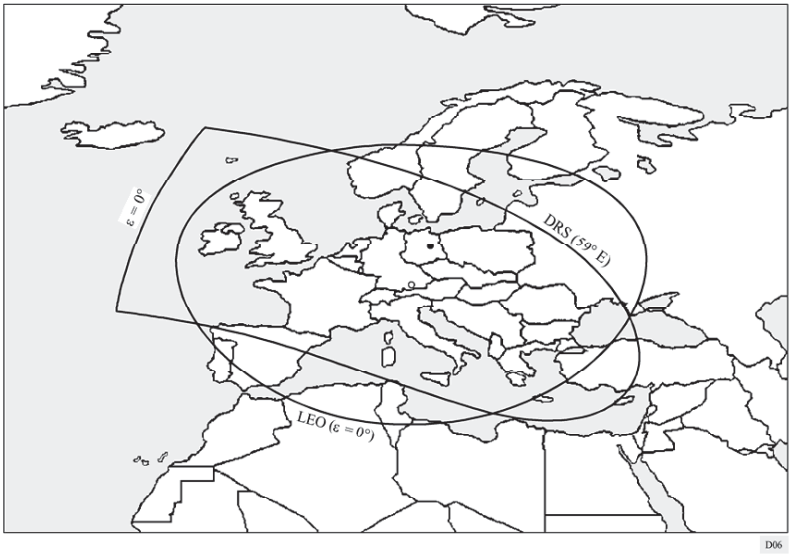


表 5 上列出详细的结果。然而，此种场合下共用频带也是不可能的。

5.5 所有链路的最坏情况

上面应用于干扰研究的假设是基于：在干扰区内移动单元平均分布；移动单元有平均的活动度；FPLMTS 单元为最小功率电平以及所有可应用的频道有同等的占用度。由此，产生的干扰超出值是在低端的平均数上。

表 5

空对空链路（2 200-2 290 MHz）

	室内个人站		室外个人站		移 动 站	
空间飞行器轨道高度（km）	250	36 000	250	36 000	250	36 000
单个 FPLMTS 单元的 e.i.r.p.（W）	0.003	0.003	0.020	0.020	1.000	1.000
话音通信频道带宽（kHz）	50.0	50.0	50.0	50.0	25.0	25.0
单个 FPLMTS 单元的 e.i.r.p.密度（dB（W/Hz））	–72.2	–72.2	–64.0	–64.0	–44.0	–44.0
空间（扩散）损耗（dB）	146.7	189.8	146.7	189.8	146.7	189.8
单个移动单元的干扰（dB（W/Hz））	–218.9	–262.1	–210.7	–253.8	–190.7	–233.8
可接受的干扰密度（dB（W/Hz））	–212.0	–247.0	–212.0	–247.0	–212.0	–247.0
超出一个单元的干扰（dB）	–6.9	–15.1	1.3	–6.8	21.3	13.2
空间飞行器能看到的干扰区域（10^6/km^2）	9.64	8.00	9.64	8.00	9.64	8.00
区域内人口总数（10^6）	600	500	600	500	600	500
业务的订户百分数（%）	20.0	20.0	20.0	20.0	10.0	10.0
每平方公里内平均总单元数	62.2	62.5	62.2	62.5	62.2	62.5
区域内工作单元百分数（%）	10.0	10.0	10.0	10.0	4.0	4.0
区域内同时工作单元数（10^6）	12.0	10.0	12.0	10.0	2.4	2.0
每平方公里平均工作单元业务量（E/km^2）	1.24	1.25	1.24	1.25	0.25	0.25
设想的业务带宽（话音信道）（MHz）	24	24	27	27	111	111
每信道工作单元数	25 000	20 833	22 222	18 519	541	450
环境衰减（大楼、树木）（dB）	10.0	10.0	3.0	3.0	3.0	3.0
全部工作单元来的累加干扰（dB（W/Hz））	–196.0	–218.9	–181.3	–211.1	–177.4	–207.3
平均超出的可接受干扰（dB）	16.0	27.2	30.7	34.9	34.6	38.8
峰值通信期间增加的干扰（dB）	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
较高功率电平时增加的干扰（dB）	5.2	5.2	4.0	4.0	7.0	7.0
高密度区域内增加的干扰（dB）	5.3	0.0	5.3	0.0	5.3	0.0
最坏情况下超出的可接受干扰（dB）	31.5	37.4	45.0	43.9	51.8	50.8

如果空间飞行器飞经大城市上空或是欧洲人口密集的地区，由于大量移动单元到空间飞行器的距离较短，累加的干扰将显著增加。考虑到大的城区和城郊地区，可以假定，空间飞行器观看到的全部移动单元的 20%靠近卫星底下的地点。很可能，在比如巴黎和伦敦等大城市内业务量密度达到每一大楼楼层 20 000 E/km^2。这将造成干扰增大，750 km 轨道为 3 dB，250 km 轨道为 5 dB。对于对地静止轨道并不认为干扰增加，因为不大可能在靠近赤道地方会见到移动单元高度聚集。

在峰值活动度时间内也会发生干扰增加情况。可以认为，业务量密度增大到 3 倍。这将导致干扰可能增大 4 dB 至 7 dB。较高干扰的另一个原因可能在于各信道不等的占用度，但由于难以进行估计，本研究中并未考虑它。

对于地对空链路和两种空对空链路可以得出结论，最坏情况下的干扰会比平均值高 9 dB 至 16 dB。

空对地链路的状况稍微不同。最坏情况是地球站附近的移动单元在靠近主波束方向发射信号。假定移动单元与地球站相距 10 km，对应的干扰电平将高出规范的保护电平 43-75 dB。

6 结论

对于做出分析的所有链路在表 6 内列出干扰超出量的概略。表中，较低的值基于平均干扰超出量，较高的值是考虑到最坏情况，它基于在人口密集区域内增大的移动单元密度、所规定的运行功率的上限以及高的通信活动度时间。对于另一个使干扰增大的根源也即不等的频道占用度，未予以考虑。

表 6

所考虑的所有链路和所有移动单元的干扰概略

干扰超出量（dB）	室内个人站	室外个人站	移动站
地对空（2 025-2 110 MHz）	16-32	31-45	35-52
空对地（2 200-2 290 MHz）	39-47	47-55	51-75
空对空（2 025-2 110 MHz）	16-32	31-45	35-52
空对空（2 200-2 290 MHz）	27-37	35-45	39-52

上面已给出在 FPLMTS 类型的陆地移动系统与空间运用、空间探索和地球勘察业务之间的干扰分析。就本建议中考虑的所有类型的链路而言，与这种移动系统和类似的高密度移动系统共用频带是不可行的，产生的干扰电平将比 RR 中和 ITU-R 建议书中规范的可接受电平高几个数量级。

附 件 2

移动系统特性研究以促使与空间科学业务实现无线电频率兼容的概要

1 引言

本附件概括了关于移动系统技术和运行特性的研究结果，可以与 SR、SO 和 EES 系统兼容地工作于 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带内。

可促进频带共用的移动系统的特性是：

— 辐射的功率频谱密度低；

— 间歇性质的发射；

— 使用定向发射天线；

— 根据应用状态的效果自我限制移动站数目。

下面各节中将给出对于这几项总体特性所涉及的不同假设组合和数值范围方面的研究。关于移动系统与空间科学系统之间在 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带内的兼容性的进一步研究，需要更好地规定干扰环境。

2 e.i.r.p.和天线增益研究概要

移动业务在 2 025-2 110 MHz 和 2 200-2 290 MHz 频带内引入的技术要求导引出这样的建议，e.i.r.p.限制为 28 dBW 以及天线增益最小为 24 dBi，以便有助于与空间科学业务共用频带。研究的开展是根据此类移动系统对空间探索业务的干扰效应进行的。

在研究中采用的模型这样假设，定向的移动终端在全球均匀分布，天线增益为 22 至 26.5 dBi，e.i.r.p. 为 28 至 37 dBW。空间飞行器的轨道高度考虑为 250 km 至 36 000 km。

研究结果表明，空间科学工作于 2 200-2 290 MHz 频带内比之工作于 2025-2110MHz 频带内对干扰显著地较为敏感。对天线增益灵敏度进行了分析。在恒定的 e.i.r.p.电平场合下，如图 7 中所示，干扰概率随天线增益增高而降低。图中还示明，随着 e.i.r.p.线性地增高，干扰概率的非线性特性增大。

研究结果的最后结论是，所建议的 e.i.r.p.限制为 28 dBW 和天线增益应超过 24 dBi 这两个条件是充分的，能够与全世界上大约 1 000 个此种类型的移动系统共用频带。

3 某些移动系统带来的干扰的研究概要

开展研究时，考虑如表 7 中所示的 4 种可能的情况，它们涉及对空间科学业务系统的干扰。

研究中使用的系统的特性在下面讨论。

3.1 系统特性

3.1.1 接收特性

3.1.1.1 数据中继特性

接收天线（假定跟踪可视见的 LEO 空间飞行器）：

— 视轴增益=34 dBi；

— 偏离波束特性，如 ITU-R S.672 建议书中的规定，对于单个馈源圆极化波束根据参考辐射图确定（旁瓣电平大约–20 dB）。

图 7

各种 ENG 系统特性的干扰概率

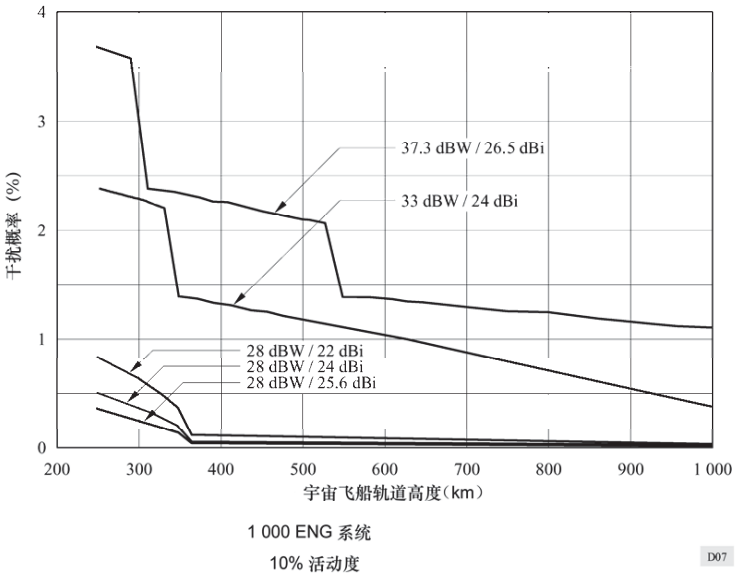


表 7

	2 025-2 110 MHz	2 200-2 290 MHz
空间业务 数据中继	空对空 （正向） （1）	空对空 （回传） （3）
空间业务 直接到地	地对空 （2）	空对地 （4）
移动	定向性	全方向性

3.1.1.2 LEO 空间飞行器（指向 DRS）

接收天线（假定跟踪可视见的对地静止中继卫星）：

— 视轴增益=25 dBi；

— 偏离波束特性，如 ITU-R S.672 建议书中的规定，对于单个馈源圆极化波束根据参考辐射图确定（旁瓣电平大约–20 dB）；

— 轨道海拔高度=300 km；

— 倾角=29°。

3.1.1.3 LEO 空间飞行器（指向地球）

接收天线为全方向性（增益=0 dBi）：

— 轨道海拔高度=300 km；

— 倾角 29°。

3.1.1.4 地球站

接收天线（假定跟踪可视见的 LEO 空间飞行器）：

— 视轴增益=45 dBi；

— 偏离波束特性，根据《无线电规则》中附录 28 和 29 内规定的特性。

3.1.2 发射特性

3.1.2.1 移动终端（定向性） — ENG

— 天线视轴增益=25 dBi；

— 进入天线的功率频谱密度= –38 dB（W/kHz）；

— 偏离波束特性，根据《无线电规则》中附录 28 和 29 内规定的特性。

3.1.2.2 移动终端（全方向性）

— 天线增益=0 dBi；

— 进入天线的功率频谱密度=–42 dB（W/kHz）。

3.2 归纳和结论

应用上面示明的技术特性，对表 7 中所示的情况评估 4 种几何结构配置。概率分析结果概括于表 8 内。

表 8

参 考	事 项	相对于标准的最大干扰电平（dB）	超出概率标准（%）
1A	LEO 内的 ENG（指向 DRS）	+31.0	0.65
1B		+ 7.5	0.20
1C		+6.5	0.15
1D		+6.5	0.15
2A	LEO 内的 ENG（指向地球）	+2.5	0.20
2B		+2.5	0.04
2C		+2.5	0.045
2D		+2.5	0.035
3A	DRS 内的全方向性天线	–16.5	2.50 (1)
3B		–16.5	1.50 (1)
3C		–15.0	0.15 (1)
3D		–15.0	0.50 (1)
4A	地球站内的全方向性天线	+48.5	1.00
4B		+48.0	0.55

(1) 最大干扰电平的概率。

3.2.1 2 025-2 110 MHz 频带内定向的移动终端对 LEO 空间飞行器（指向 DRS）的干扰

表 8 中的数值指出，各种几何结构配置下单个 ENG 终端会超出可供应用的保护标准。然而，考虑到大多数的配置情况时，如果 ENG 发射功率降低 1 dB，保护标准被超过的概率将减小至 0.1%。当然，对于较严格的几何结构配置来说并不是这样的，所以，在地面 ENG 终端的选址上需要设定某些约束。

3.2.2 2 025-2 110 MHz 频带内定向的移动终端对 LEO 空间飞行器（指向地球）的干扰

结果指出，可以接受两个或三个空间上隔离的同频道移动终端。这表明，可接受 100 至 150 个 ENG 终端的集合，不必顾及最坏情况的几何结构配置。

3.2.3 2 200-2 290 MHz 频带内全方向性移动终端对对地静止数据中继卫星（跟踪 LEO 空间飞行器）的干扰

表 8 中给出的数值表明，来自单个全方向性移动终端的干扰功率电平都很好地处在容许的保护标准内。

然而，发生这类电平的概率高，因此，多个终端会引起干扰电平聚合，恰能超过容许的功率电平，从而就占有度的概率而言将会超过容许的电平许多倍。

3.2.4 2 200-2 290 MHz 频带内全方向性移动终端对地球站（跟踪 LEO 空间飞行器）的干扰

假定没有直视线路径，因而基本的传输损耗与三次幂规律成反比，单个全方向性移动终端可以工作在地球站的 0.5 km 范围内（地球站仰角大于 5°）。

附 件 3

工作在 2 025-2 110 MHz 频带内的某些电子新闻采集（ENG）系统的说明

1 引言

本附件给出由主管部门促使与 SR、SO 和 EES 业务共用的特定 ENG 系统在其工作中应用的独特技术和运行特性方面的信息。

2 特性/ENG 系统说明

ENG 系统包括移动的观察点式和可搬移式两种，它们能够从各种样地点和活动场所上给出视频信号。ENG 系统用于就地转播新闻事件或访谈，以及体育或娱乐事件中的视频实况。由于就地视频的重要性，美国城市区域内的大多数本地电视台运行着 ENG 系统。用于就地转播的可搬移式 ENG 系统通常安装在转播车内，工作中转播车以静止模式将视频传送至固定的接收点。这类系统可以在整个地理区域内提供可移动性的新闻转播。

3 ENG 系统和环境

本节说明 ENG 系统中两种普通的运行模式。

3.1 可搬移式

上一节中说明的可搬移式 ENG 系统用于新闻、体育和娱乐广播等就地视频的实况传输或录播。可搬移式 ENG 系统一般安装在转播车内，发射机工作于大约 10.8 dBW 的功率上。这类系统使用 20-22 dBi 增

益的定向天线，安装于高度可达 15 m 的气压式桅杆的顶部。ENG 系统的电波可采用线极化或圆极化方式，以便在各 ENG 系统相互之间提供附加的干扰保护。许多 ENG 系统（大概 30%-50%）发送中有高达 5 dB 的传输线损耗。

3.2 观察点式

由于希望得到实况图像，并由于视频记录器在尺寸和结实性上难以满足要求，需要使用小型、轻量的微波发射机以便移动到并紧靠近视频事件场所。此类发射机通常可工作到 5 dBW 的功率。这类系统主要使用 0-3 dBi 增益的全方向性天线，可采用线极化或圆极化的电波。

小型观察点式系统通常用以取代而不是用以添补同频道上的可搬移式 ENG 系统的工作。观察点式系统通常不能与可搬移式系统同时工作，因为可搬移式系统会对观察点式系统的接收机造成过大的干扰。

表 9 给出工作于 2 025-2 110 MHz 频带内的典型 ENG 系统的特性。

表 9

美国在用的典型的 2 GHz ENG 系统

应 用 类 型	发射机位置	发 射 功 率	天线增益（dBi）	接收机位置
可搬移式 ENG（转播车）	转播车桅杆	12 W	22	高塔
临时固定的链路	屋顶	12 W	25	屋顶
大会	会议厅地面	100 mW	0-5	厅堂吊架
观察点式（例如，滑雪者）	身上/头盔上	100 mW	0	小山旁或直升飞机
体育场所				
比赛场地	现场	1 W	12	新闻记者席
高尔夫球场（系统 1）	高尔夫球场	3 W	16	系留小飞船
高尔夫球场（系统 2）	高尔夫球场	12 W	12	升降架
赛道摄像	车内	3 W	7	直升飞机
直升飞机	中继直升飞机	12 W	7	地面接收
马拉松				
摩托车	摩托车	3 W	7	直升飞机
中继车辆	采拾车	12 W	12	直升飞机
直升飞机	中继直升飞机	12 W	7	屋顶

4 运行特性

所有 ENG 系统不能够同时工作。由于 ENG 系统对干扰敏感，通常只可能在同一时间内对每个接收点的每频道给出一个传输。在美国，大多数的电视市场包含多个接收点，容许在一个频道内同时进行传输。不过，在最大的市场内最忙的频道中只可能同时传输 6 路，而大多数市场内的传输数目不超过 2 个，在单个频道内同时传输 2 路以上的情况极少发生。事实上，只在最大的电视市场内存在多个 ENG 接收点和多个系统，而大多数区域里每频道内极少有或者根本没有 ENG 同时工作。

虽然天天要使用，但可搬移式 ENG 系统主要在非假日时运行，传输本地新闻广播，通常是本地时间 1 200-1 230、1 700-1 900 和 2 300-2 330 时工作。大多数电视市场在 1 500-1 700 的下午新闻时间之前，ENG 系统也有很大的应用。各电视市场内 0600-0900 时段流行的本地早晨节目在增长，这些节目也在应用 ENG 系统。可搬移式 ENG 发射机大致每天工作两次。广播工程师估计，每当 ENG 工作时，每次平均工作 15 分钟，但可能在大约 5 分钟直至或许 5 小时长度的时间内变化。

5 频谱应用和特性

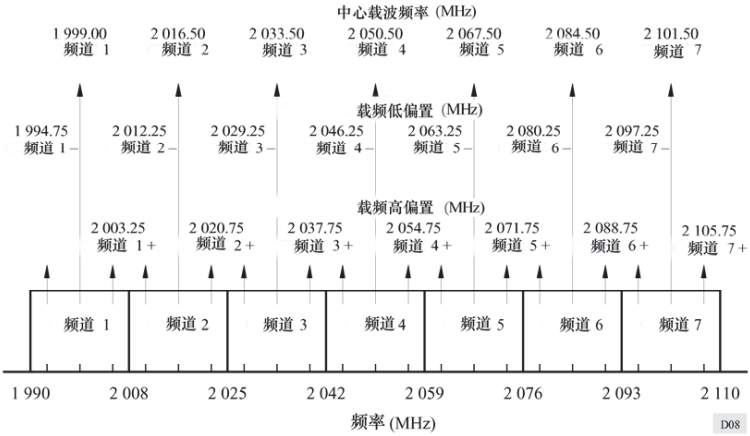
由于有良好的电波传播特性，1 990-2 110MHz 频带可用做主要的 ENG 频带。频带内包括在较高频率上发生的较低电平的叶状衰减，以及能依靠“大楼反弹”信号而使得尽管有不可避免的路径阻挡仍能获得电波到达固定接收点的临时路径。

在美国，如图 8 中所示，将 1 990-2 110 MHz 的 ENG 频带分 7 个频道，除第 1 频道带宽 18 MHz 外其余均为 17 MHz 带宽。ENG 系统通常工作在每个频道的中央，但也可采用载频低偏置和高偏置的频道方式。因此，可以有 21 个载波频率，但全部载波频率不能同时使用。ENG 系统可以工作在中央频道、低偏置频道、高偏置频道或是同时的低偏置或高偏置频道上，任何时间上这取决于需求和邻频道应用。由于 ENG 系统对干扰敏感，通常只可能于同一时间内在每接收点的每一频道中传输一路。

ENG 系统采用调频（FM）方式传输视频信号。实际上，绝不会发射未被视频信号调制的载波。

图 8

美国在用的 ENG 频道规划



附 件 4

在 2 200-2 290 MHz 频带内工作的某些航天移动遥测系统的说明

1 引言

由主管部门管控的航天移动遥测系统包含有在少量特定地区内小数目的受控制和短时间工作的发射机。

在任何 1 000 km 半径内同时工作的发射系统的数目很少超过 15 个。任何 1 000 km 半径内在任何 3 MHz 带宽中，卫星方向上最大 e.i.r.p.很少超过 10 W。

2 航天移动遥测系统的技术特性

自从 20 世纪 60 年代后期以来，航天遥测一直应用 2 200-2 290 MHz 频带测试导弹、空间运载火箭、航空飞行器以及它们的子系统。然而，这些测试中大多数的时间短于 10 分钟，某些测试则持续几个小时。遥测工作可以在一天的任何小时内发生，最大使用量是在白天期间。大多数飞行测试发生于由美国政府管控的一个（或多个）测试范围内。

根据被测试的火箭，使遥测发射系统的特性最佳化。所以，这类特性是随火箭的不同有着很大差异，并没有“典型的”遥测发射系统。遥测系统的有效辐射功率通常为 1 W 至 5 W。所需的功率电平决定于待传输的信息量、发射系统与接收系统之间的最大范围、所需的数据质量和接收系统的灵敏度。遥测发射天线通常采用线极化，典型地设计为具有准各向同性的覆盖，因为受测试火箭的定向相对于遥测接收天线会迅速变化。由于接收天线要跟踪飞行的火箭，接收机上的信号电平将发生大的变动。这类“衰落”的原因在于火箭天线辐射图中的零点以及诸如多径和渠道效应等电波传播的不规则性。衰落时信号电平的下降会超过 30 dB。所以，在最佳飞行状态时期要求接收信号电平显著地总在门限值之上，以避免信号衰落时数据丢失。

遥测数据的格式和速率随火箭的不同而显著地变化。大多数遥测发射系统采用调频或调相的调制方式。输入至发射机的信号可以是数字信号、模拟信号或是数字和模拟的组合。从 1 MHz 之下到 10 MHz 之上，遥测发射系统的 99%功率带宽随频率变化。

对于可接受的数据质量，需要的信噪比（SNR）预检测值在 9 dB 与 15 dB 之间。被测试的火箭与遥测接收站之间的最大距离通常为 20 km 至 400 km（某些测试的最大距离范围大于 3 000 km）。典型的接收机带宽为 0.5 MHz 至 10 MHz（这些数值在加大）。接收系统的噪声温度在 200 K 至 500 K 之间。接收天线的主瓣增益，在某些短距离移动系统中为 6 dBi，采用大的天线时高于 50 dBi。较大的天线可自动跟踪测试的火箭，而较小的天线（增益小于 20 dBi）通常指向发射机方向。接收天线的旁瓣取决于接收天线的尺寸和设计。大多数遥测接收天线的直径在 2.44 m（8 英尺）到 10 m（32.8 英尺）之间。

3 频谱考虑

在美国，航天移动遥测系统供应商将 2 200-2 290 MHz 频带划分成每一个带宽为 1 MHz 的 90 个频道。当需要更宽的带宽时，一起指配以多个频道。

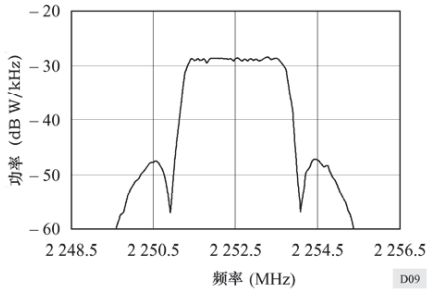
航天遥测工作当前由各方面用户之间的协调进行保护。美国的领土划分成坐标地区，地区频率协调者在这些地区内指配和调度频率的使用。

在 2 200-2 290 MHz 频带内，同位置的卫星地球站与航天遥测发射点之间可能存在重大干扰。通过在该频率带内对每种业务控制它们发射的时间、频率和地点，可以减轻干扰问题。频率干扰控制中心须应付实时的变化，并寻找和识别任何非授权的发射。

图 9 中示明样例的辐射功率频谱密度。该图表示一个遥测系统的额定功率频谱密度。图中的数字并非是典型的、最好的情况或最坏的情况，只是当前航天移动遥测系统使用的最普遍类型系统的频谱特性例子。某些航天移动遥测系统在测试飞行阶段中可能有离散的频谱成分，所以，最大频谱密度（dB（W/kHz））可能显著地高于图 9 中所示的数值。

图 9

频谱样例



2 200-2 290 MHz 频带内，1 000 km 半径里来自所有航天移动遥测系统任一方向上的最大聚合辐射功率将小于 100 W。任何 3 MHz 带宽内的最大聚合辐射功率在任何 1 000 km 半径的任何方向上极少超过 10 W。

ITU-R M.1171 建议书*

水上移动业务中无线电话的使用程序

（1995 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 有必要描述水上移动业务中的无线电话的标准程序，

建议

1 水上移动业务中的无线电话应按附件 1 实现。

附 件 1

第 I 节 引言

§ 1. 无线电话电台应尽可能配备从发送到接收和从接收到发送的瞬时切换设备。该设备对参与船舶电台和陆地电话用户间通信的所有电台是必需的。

§ 2. （1） 装有无线电话的船舶电台可以通过无线电话接收和发送无线电报。提供这种业务并对公众通信开放的海岸电台应在海岸电台列表中示出。

（2） 为方便无线电通信，将使用 ITU-R M.1172 建议书中给出的业务缩写。

第 II 节 无线电话呼叫

§ 3. 本节中有关呼叫间隔的条款在电台工作于遇险、紧急或安全情况下不适用。

§ 4. （1） 通常，与海岸电台建立通信取决于船舶电台。为达此目的，船舶电台仅当其进入海岸电台的服务区时才可以呼叫海岸电台，也就是说，在该服务区内，用适当的频率，海岸电台可以接收到船舶电台的信号。

（2） 但是和船舶电台通信的海岸电台如果认为该船舶电台处在监听状态，并在它的服务区以内，它就可以呼叫该船舶电台。

* 应提请国际海事组织（IMO）和国际电联电信标准化部门（ITU-T）注意本建议书。

秘书处注：本建议书引用的《无线电规则》是由 1995 年世界无线电通信大会修订的《无线电规则》。《无线电规则》的这些条款从 1998 年 6 月 1 日起生效。与现行《无线电规则》相应的出处也尽量在方括号内给出。

§ 5. （1） 另外，每一海岸电台应尽可能的以话务列表的方式发送其呼叫，该话务列表由呼号或以字母次序排列的所有正在通话的船舶电台的其他标识。这些呼叫应按有关主管部门确定的不小于 2 小时且不大于 4 小时的时间间隔内进行。

（2） 海岸电台应在适当的频带内，在其正常工作频率上发送其话务列表。该发送应前置一个对所有电台的一般呼叫。

（3） 通知话务列表的对所有电台的一般呼叫在呼叫频率上以下列形式发送：

— 不超过 3 次的“Hello all ships”或 CQ（读做 CHARLIE QUEBEC）；

— 字“THIS IS”（或在语言困难时读做 DELTA ECHO 的 DE）；

— 不超过 3 次的“…Radio”；

— “Listen for my traffic list on…kHz”。

在任何情况下，该前置信号不允许重复。

（4） 然而，在 156 MHz-174 MHz 的频带内，当建立联系的条件良好时，在前述 § 5.（3）中所描述的呼叫可由下列信号代替：

— 一次“Hello all ships”或 CQ（读做 CHARLIE QUEBEC）；

— 字“THIS IS”（或在语言困难时读做 DELTA ECHO 的 DE）；

— 2 次的“…Radio”；

— “Listen for my traffic list on channel…”。

在任何情况下，该前置信号不允许重复。

（5） 当使用频率 2 182 kHz 或 156.8 MHz 时，必须遵从 § 5.（3）的规定。

（6） 海岸电台发送其话务列表的时间及为达此目的的频率和发射类别应在海岸电台列表中标明。

（7） 船舶电台应尽可能地监听海岸电台发送来的话务列表。一旦监听到在该列表中的呼叫标记或其他标识，应尽快应答。

（8） 当通信不能立即发送时，海岸电台应通知每一个船舶电台工作可能开始的时间，如果需要，还应包括其所用的频率和发射类别。

§ 6. 当一个海岸电台同时收到多个船舶电台的呼叫时，海岸电台决定这些电台通信的顺序。该决定应基于处于工作状态的船舶电台的无线电报或无线电话呼叫的优先级（见《无线电规则》第 S53.1［4441］款）和允许每一个主叫电台可以清除的最大可能的通信数的需求。

§ 7. （1） 当被叫电台不响应在 2 分钟的时间间隔内发送了 3 次的呼叫，呼叫应当终止。

（2） 但是，如果被叫电台不响应，该呼叫可以在 3 分钟的时间间隔内重复。

（3） 在被叫海岸电台可以进行可靠 VHF 通信的地方，当确知通信在海岸电台一端中断时，主叫船舶电台应尽快重复呼叫。

（4） 在水上移动业务电台与航空器电台通信的情况下，呼叫可以在 5 分钟之后重新开始。

（5） 在重新开始呼叫之前，主叫电台应确知被叫电台没有和别的电台通信。

（6）如没有理由相信会对其他进行中的通信产生有害干扰，上面§7.（4）的条款不能应用。在这种情况下，呼叫在2分钟内发送3次，可以在不少于3分钟的时间间隔后重复一遍。

（7）但是，在重新呼叫之前，主叫电台应确认后续的呼叫不会对其他进行的通信及没有与其他电台通信的被叫电台产生干扰。

（8）船舶电台在呼叫之间不发送载波。

§8. 当控制船舶电台的主管部门或私营代理机构的名称和地址不在所给的台站列表中或者和列表中所给的名称不一致时，作为例行程序，船舶电台有责任向与之通信的海岸电台提供这方面所需要的信息。

§9. （1）海岸电台可以使用缩写TR（读做TANGO ROMEO）要求船舶电台提供以下信息：

a） 位置，可能的话还有航线和速度；

b） 停靠的下一个港口。

（2）船舶电台在适当情况下，不需要海岸电台事先请求可引用在前述§9.（1）中的信息，在此信息之前置以TR。这些信息条款经船长或船舶负责人授权提供。

第III节 呼叫、呼叫响应的方法和不用数字选呼方法时的通信准备信号

A. 呼叫方法

§10. （1）呼叫由以下部分组成：

— 呼号或被叫电台的其他标示，不超过3次；

— 字THIS IS（或在语言困难时读做DELTA ECHO的DE）；

— 主叫电台的呼号或其他标示，不超过3次。

（2）但是，在156 MHz-174 MHz之间的频带内，当建立联系的条件良好时，上面§10.（1）中的信号将被以下内容代替：

— 被叫电台的呼号，仅一次；

— 字THIS IS（或在语言困难时读做DELTA ECHO的DE ）；

— 主叫电台的呼号或其他标示，2次。

（3）当呼叫一个工作在多于一个频道的VHF海岸电台时，船舶电台在工作频道上的呼叫应包括呼叫中使用的频道号。

（4）当联系建立起来之后，呼号或其他标示在其后仅发送一次。

（5）当海岸电台装备了ITU-R M.541建议书中的选呼设备，船舶电台装备了该选呼的接收设备，海岸电台将通过适当的编码信号呼叫船舶电台。船舶电台将使用§10.（1）方式的语音呼叫海岸电台（也见ITU-R M.257建议书的附件2）。

§11. 在领水内的船舶电台的内部通信呼叫应由以下部分组成：

a）来源于主台：

— 指示子台的后跟单字（ALFA，BRAVO，CHARLIE等）的船舶电台名称，不超过3次；

— 字THIS IS；

— 后跟字CONTROL的船名；

b） 来源于子台：

— 后跟词 CONTROL 的船名，不超过 3 次；

— 字 THIS IS；

— 指示子台的后跟单字（ALFA、BRAVO、CHARLIE 等）的船名。

B. 呼叫和准备信号的频率

B1. 在 1 605 kHz 和 4 000 kHz 间的频带

§ 12. （1）无线电话船舶电台呼叫海岸电台应用以下优先选择顺序：

a） 海岸电台守候的工作频率；

b） 2 182 kHz 的载波频率；

c） 在第一、三区和格陵兰，当 2 182 kHz 的载波频率用做遇险呼叫时，使用 2 191 kHz 的载波频率（指配的频率为 2 192.4 kHz）；

d） 在第二区除格陵兰外，用载波频率 2 191 kHz 作为补充呼叫频率，因为在该地区 2 182 kHz 的频率很繁忙；

（2）无线电话船舶电台呼叫另一船舶电台时应当使用下列频率：

a） 载波频率 2 182 kHz；

b） 船与船之间的通信频率（无论何时何地，只要通信密度高且能够预先安排的话）；

（3）按 § 12.（6）的条款，海岸电台要么在它们自己国家要求的工作频率上呼叫国内船舶电台，要么在 2 182 kHz 载波频率上呼叫单个船舶电台。

（4）但是，船舶电台应同时在 2 182 kHz 载波频率和可能产生呼叫的工作频率上保持监听。

（5）通常，海岸电台应在 2 182 kHz 载波频率上呼叫另一国籍的无线电话船舶电台。

（6）海岸电台可以呼叫装备接收 ITU-R M.257 和 ITU-R M.541 建议书的选呼的船舶电台。

B2. 4 000 kHz 和 27 500 kHz 间的频带

§ 13. （1）用无线电话呼叫海岸电台的船舶电台应使用在《无线电规则》第 S52.221［4375］款提到的一种呼叫频率，或和海岸电台有关的工作频率。这与《无线电规则》附录 S17，B 部分的第 I 节［附录 16，第 A 节］一致。

（2）海岸电台用无线电话呼叫船舶电台应使用在《无线电规则》第 S52.222［4376］款提到的一种呼叫频率，它是在海岸电台列表中示出的一种工作频率，或者是和第 S52.221.2 和 S52.221.3 款规程一致的 4 125 kHz 或 6 215 kHz 载波频率。

（3）建立无线电话通信的基本操作也可以用适于无线电报的过程以无线电报实现。

（4）§ 13.（1）和 § 13.（2）的条款不能用于海岸电台和船舶电台间使用在《无线电规则》附录 S17，B 部分第 I 节［附录 16，第 B 节］指明的单工频率的通信。

B3. 156 MHz-174 MHz 间的频带

§ 14. （1）在 156 MHz 到 174 MHz 间的频带，一般地，船舶电台与船舶电台之间和海岸电台到船舶电台之间的呼叫应当在 156.8 MHz 的频率上。但是，海岸电台到船舶电台之间的呼叫可以在工作频道或依照《无线电规则》第 S52.236 款实现的双频呼叫频道。除遇险、紧急或安全通信之外，当 156.8 MHz 的频率可用时，只要可能船舶电台到海岸电台之间的通信应在一个工作频道或依照《无线电规则》第 S52.236［4391］款实现的双频呼叫频道进行。船舶电台希望加入到一个港口工作业务，或船舶电台移动业务应在一个港口工作或船舶电台移动工作频率上呼叫，该工作频率在海岸电台列表中加粗表示。

（2）当 156.8 MHz 用于遇险、紧急或安全通信时，希望加入到港口工作业务的船舶电台可以在 156.6 MHz 或另一在海岸电台列表中加粗表示的港口工作频率上建立联系。

B4. 呼叫一个提供导航服务的电台的过程

§ 15. 一个呼叫提供导航服务的电台的无线电台船舶电台应按照下列优先次序进行该呼叫：

a） 在 156 MHz-174 MHz 的频带内一个适当的频道；

b） 在 1 605 kHz-4 000 kHz 的频带间的一个工作频率；

c） 采用 2 182 kHz 为载波频率，然后仅需决定使用的工作频率。

C. 呼叫的应答形式

§ 16. 呼叫应答由以下部分组成：

— 主叫电台的呼号或其他标示，不超过 3 次；

— 字 THIS IS（或在语言困难时读做 DELTA ECHO 的 DE）；

— 被叫电台的呼号或其他标示，不超过 3 次；

D. 应答频率

D1. 1 605 kHz-4 000 kHz 之间的频带

§ 17. （1）当船舶电台在载频 2 182 kHz 上被呼，除非主叫电台指示另一频率，否则它应在同一载频上应答。

（2）当船舶电台被以 ITU-R M.257 建议书推荐的选呼方式呼叫时，它应在海岸电台监听的频率上应答。

（3）当一个船舶电台被同一国籍的海岸电台在工作频率上呼叫时，一般地它应在海岸电台所使用的呼叫频率相应的工作频率上应答。

（4）当船舶电台在呼叫海岸电台或另一船舶电台时，如果与呼叫频率无关时，它应指明要求应答的频率。

（5）与另一国籍的海岸电台频繁交换话务的船舶电台可使用有关主管部门认可的与海岸电台国籍相同的船舶电台相同的过程来应答。

（6） 通常，海岸电台应当应答：

a） 在载波频率 2 182 kHz 上响应 2 182 kHz 的呼叫，除非主叫电台指定了另一频率；

b） 在工作频率上回应在一个工作频率上的呼叫。

c） 在工作频率上回应第一和三区及格陵兰等地方在 2 191 kHz（指配的频率为 2 192.4 kHz）上的呼叫。

D2. 4 000 kHz 到 27 500 kHz 的频带

§ 18. （1）海岸电台呼叫的船舶电台应在《无线电规则》第 S52.221［4375］款提到的一个呼叫频率上应答，或者和海岸电台一致的工作频率，这与《无线电规则》附录 S17，B 部分的第 I 节［附录 16，第 A 节］一致。

（2） 被船舶电台呼叫的海岸电台应用在《无线电规则》第 S52.222［4376］款中提到的呼叫频率，或在海岸电台列表中指示的一个工作频率回答。

（3） 在 4 125 kHz 载波频率上的被叫电台，除非主叫电台指定了另外的频率，被叫电台应以同样的频率回答。

（4） 在 6 215 kHz 载波频率上被叫的电台，除非主叫电台指定了另外的频率，被叫电台应以同样的频率回答。

（5） §18.（1）和§18.（2）的条款不能用于使用《无线电规则》附录 S17，B 部分第 I 节中指明的单工频率在船舶电台和海岸电台间的通信。

D3. 156 MHz-174 MHz 间的频带

§ 19. （1） 当一个电台在 156.8 MHz 的频率上被叫时，除非主叫电台指定了另外的频率，它将在相同的频率上回答。

（2） 当一个对公众通信开放的海岸电台用双频频道以语音方式或 ITU-R M.257 建议书附件 2 的选呼方式呼叫一船舶电台时，船舶电台应在与海岸电台相关的频率上用语音方式响应；相反，海岸电台应在与船舶电台相关的频率上回答船舶电台。

E. 用于话务的频率说明

E1. 1 605 kHz 和 4 000 kHz 间的频带

§ 20. 如果通信联系建立在 2 182 kHz 载波频率上，海岸电台和船舶电台应转换到工作频率上以交换话务信息。

E2. 4 000 kHz 和 27 500 kHz 间的频带

§ 21. 在船舶电台和海岸电台或另一船舶电台之间在此选择频带内的呼叫频率上建立联系之后，话务信息应在它们各自的工作频率上交换。

E3. 156 MHz 和 174 MHz 间的频带

§ 22. （1）无论何时，公众通信业务海岸电台和船舶电台在 156.8 MHz 或者一个双频呼叫频道（参见《无线电规则》第 S52.237［4392］款）上建立联系后，电台应转换到一对正常的工作频率上以交换话务。主叫电台应以 MHz 为单位或优先地使用频道指示符指示它要转换的频率。

（2）当海岸电台在 156.8 MHz 的频率上和船舶电台建立港口操作业务联系时，船舶电台应指明特殊的服务要求（如航行信息、码头指令等），海岸电台也要指明它要进行话务交换的以 MHz 为单位的频道的频率，或更合适的频道指示符。

（3）当海岸电台在 156.8 MHz 的频率上和船舶电台建立船只移动业务联系时，海岸电台将指明它要进行话务交换的以 MHz 为单位的频道的频率，或更合适的频道指示符。

（4）当船舶电台与另一船舶电台在 156.8 MHz 的频率上建立联系时，应指明它希望进行话务交换以 MHz 为单位的频道频率，或更合适的频道指示符。

（5）但是，当所有的船只都在接收发送范围之内时，有关航海安全的不超过一分钟的简短的话务交换不需要在工作频率上发送。

（6）正在接收与航海安全有关的发送的电台应监听该消息，直到它们确知该消息与其无关为止。它们不能进行任何可能干扰该消息的发送。

F. 话务通信使用频率的约定

§ 23. （1）如果被叫电台同意主叫电台的呼叫，它将发射：

a） 一个指示信号，从该时刻开始在主叫电台的工作频率或频道上监听；

b）一个指示表示准备接收主叫电台话务。

（2）如果被叫电台与主叫电台的工作频率或频道不一致，它将发送一个建议的工作频率或频道指示。

（3）为在船舶电台和海岸电台之间通信，海岸电台应最终决定使用的频率或频道。

（4）当主叫电台用于话务的工作频率或频道达成一致时，被叫海岸电台将指示已准备好接收话务。

G. 话务指示

§ 24. 当主叫电台希望交换多于一个的无线电话呼叫或发送一个或多个无线电报时，与被叫电台建立联系之后，应当表明这点。

H. 接收难点

§ 25. （1）如果被叫电台不能立即接收话务，它应像 § 16 中说明的那样回答，后跟“Wait……minutes”（或在语言困难时读做 ALFA SIERRA……（分钟）的）AS 表明以分钟表示的可能的等待时间。如果该可能的等待时间超过 10 分钟，就要说明延误的原因。当然被叫电台也可以用适当的方法表明它不准备立即接受话务。

（2）当一个电台收到不能确认是否是对它的呼叫时，它将不响应该呼叫直到该呼叫重发并能理解。

（3）当一个电台收到对它的呼叫，但是主叫电台的标识不确定时，它将立即应答以请求重复该主叫电台的呼叫标记或其他标识。

第 IV 节　话务前转（选路）

A.　话务频率

§ 26.　（1）每一个电台应在呼叫建立时的频带内的一个工作频率上发送其话务（无线电话呼叫或无线电报）。

（2）除了正常的在海岸电台列表中粗体打印的工作频率外，依照《无线电规则》第 S52［60］条中的建议，一个海岸电台可以使用在同样的频带内的一个或多个辅助频率。

（3）除了遇险话务（见《无线电规则》附录 S13（第九章））外，保留的呼叫频率应禁止用于话务。

（4）当在话务频率上建立联系之后，在发送无线电报或无线电话呼叫之前应发送以下消息：

— 被叫电台的呼号或其他标示；

— 字 THIS IS（或在语言困难时读做 DELTA ECHO 的 DE）；

— 主叫电台的呼号或其他标示。

（5）不需要发送一次以上呼号或其他需要的标示。

B.　无线电话呼叫的建立和无线电报的发送

B1.　无线电话呼叫的建立

§ 27.　（1）在建立无线电话呼叫中，海岸电台应尽快地与电话网建立连接。其间，船舶电台应保持监视由海岸电台指定的相应的工作频率。

（2）但是，如果连接不能快速建立，海岸电台应当通知船舶电台。后者应该：

a）　要么保持适当的频率监视直到有效的链路被建立；或

b）　要么以后再按双方相互约定的时间联系海岸电台。

（3）当一个无线电话呼叫完成后，如果双方电台中任一方都没有进一步的呼叫发生，应当按照§ 29.（3）中描述的过程进行。

B2.　无线电报的发送

§ 28.　（1）无线电报的发送应如下进行：

— 无线电报的开始：从……（船舶或航空器的名称）；

— 数字……（无线电报的序号）；

— 词……的字数；

— 日期……；

— 时间……（无线电报在船舶或航空器上被递交的时间）；

— 业务指示（如果有）；

— 地址……；

— 文本……；

— 签名……（如果有）；

— 无线电报结尾，结束。

（2） 通常，船舶电台发送的各种无线电报应当按日排序；数字 1 指每天发送给每个独立的船舶电台的第一份无线电报。

（3） 在无线电报里开始的一系列数字，在无线电话里应继续，反之亦然。

（4） 每一个无线电报发送电台应仅发送一次。但是，如果需要，它可以由发送电台或接收电台全部或部分地重复发送。

（5） 在发送数字组的过程中，每一个数字应独立地读出。每组数字或一系列组发送时应在其前面置以词“in figures”。

（6） 在字母中所写的数字，应像所写的那样读出，它们的发送应前置以词“in letters”。

B3. 应答确认

§ 29. （1） 无线电报或一系列的无线电报的应答确认，应由接收电台以下列方式进行：

— 发送电台的呼号或其他标示；

— 字 THIS IS（或在语言困难时读做 DELTA ECHO 的 DE）；

— 接收电台的呼号或其他标示；

— “Your No……received，over”（或在语言困难的情况下，读做 ROMEO…（号码）的 R，读做 KILO 的 K）；或者

— “Your No…… to No……received，over”（或在语言困难的情况下，读做 ROMEO…（号码）的 R，读做 KILO 的 K）。

（2） 在未收到确认信号之前，无线电报或无线电报序列不应当被清除。

（3） 两电台的工作结束应由任何一方使用词“Out”指明（或在语言困难时读做 VICTOR ALFA 的 $\overline{\text{VA}}$ ）。

第 V 节 工作的持续时间和控制

§ 30. （1） 在海岸电台和船舶电台通信中，船舶电台应遵从海岸电台对发送时间和次序、频率选择、工作的持续时间及工作的暂停等有关的所有问题的指令。

（2） 在船舶电台之间的通信中，被叫电台以上面 § 30.（1）所说的方式控制工作。但是，如果海岸电台发现需要介入时，船舶电台应遵从海岸电台的命令。

ITU-R M.1172 建议书*

水上移动业务的无线电通信中所用的各种缩写和信号

（1995 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 有必要描述水上移动业务中所用的各种缩写和信号，

建议

1 水上移动业务的无线通信中的各种缩写和信号应按附件 1 的方式使用。

附 件 1

水上移动业务的无线通信中所用的各种缩写及信号

第 I 节 Q 编码

引 言

1 该附件中所列的组序列范围从 QOA 到 QUZ。

2 QOA 到 QQZ 的序列保留用于水上移动业务。

3 一定的 Q 编码缩写根据其后的缩写，字母 C 或字母序列 NO（在无线电话中读做：CHARLIE 或 NO）给出肯定或否定的意思。

4 Q 编码缩写的含义可以由附加其他适当的组、呼叫标记、位置名、数字、号码等加以扩展或完善。可选项填充在圆括号中的空白处。在空白出现的地方填充的任何数据将按下表所示的同样次序发送出去。

5 当 Q 编码缩写后跟一个无线电报的问号和无线电话的 RQ（ROMEO QEUBEC）时，编码缩写以提问形式给出。当一个缩写用做提问，并且后续附加或补充信息，问号（或 RQ）应跟在这个信息后。

6 Q 编码缩写有以序号表示的若干个含义时，其后应跟随适当的数字以指示其准确的含义。该数字应在缩写后立即发送。

7 除非另外在问题或应答中指明外，所有时间都以协调世界时（UTC）给出。

8 跟在 Q 编码缩写后的一个星号意味着该信号有与国际信号编码中的信号类似的含义。

* 应提请国际海事组织（IMO）注意本建议书。

可用的水上移动业务缩写词

A. 以字母顺序排列的缩写表

缩　写	问　　题	答案或建议
QOA	你500 kHz上收到了应急示位无线电信标信号了吗?	我在 500 kHz 上收到了应急示位无线电信标信号。
QOB	你能用无线电话（2 182 kHz）通信吗?	我能用无线电话（2 182 kHz）通信。
QOC	你能用无线电话(第 16 频道 — 频率为 156.80 MHz）通信吗?	我能用无线电话(第 16 频道 — 频率为 156.80 MHz）通信。
QOD	你能和我用…通信吗? 0. 荷兰语 5. 意大利语 1. 英语　6. 日语 2. 法语　7. 挪威语 3. 德语　8. 俄语 4. 希腊语 9. 西班牙语?	我能和你用…通信。 0. 荷兰语 5. 意大利语 1. 英语　6. 日语 2. 法语　7. 挪威语 3. 德语　8. 俄语 4. 希腊语 9. 西班牙语
QOE	你收到了由…（*名称和/或呼叫标记*）发送的安全信号了吗?	我已经收到了由…（*名称和/或呼叫标记*）发送的安全信号。
QOF	我的信号的商用质量怎么样?	你的信号的商用质量是… 1. 非商用 2. 接近商用 3. 商用。
QOG	你有多少带子要发送?	我有…带子要发送。
QOH	我可以发送…秒的定相信号吗?	请发送…秒的定相信号。
QOI	我可以发送我的带子吗?	请发送你的带子。
QOJ	你将在…kHz（或 MHz）上监听应急示位无线电信标信号吗?	我正在…kHz（或 MHz）上监听应急示位无线电信标信号。

缩　写	问　　题	答案或建议
QOK	你在…kHz（或 MHz）上收到了应急示位无线电信标信号了吗？	我在…kHz（或 MHz）上收到了应急示位无线电信标信号。
QOL	你的船舶适于接收选呼吗？如果可以，你的选呼号码或信号是什么？	我的船适于接收选呼。我的选呼号码或信号是…。
QOM	你的船舶在什么频率上可以收到选呼？	我的船舶可以在下述频率…上接收选呼（如果必要可加上时间期限）。
QOO	你可以在任何工作频率上发送吗？	我可以在任何工作频率上发送。
QOT	你能听到我的呼叫吗？在我们可以交换话务之前，大约的延迟是多少分钟?	我能听到你的呼叫；大约的延迟是…分钟。
QRA	你的船（或电台）的名称是什么？	我的船（或电台）的名称是…。
QRB	你离我的电台大约有多远？	我们电台之间的距离是大约…海里（或公里）。
QRC	你电台的费用记在哪个私营企业（或国家主管部门）的账上？	我电台的费用记在私营企业…（或国家主管部门）的账上。
QRD	你来自哪里，前往哪里？	我来自…，前往…。
QRE	你估计到达…（或经过…）（地点）的时间是什么？	我估计到达…（或经过…）（地点）的时间是…点钟。
QRF	你正在返回…（地点）吗？	我正在返回…（地点）。 或 返回…（地点）。

缩 写	问 题	答案或建议
QRG	你能告诉我，我的（或…的）准确频率吗？	你的（或…的）准确频率是…kHz（或 MHz）。
QRH	我的频率变化了吗？	你的频率变化了。
QRI	我发送的音质如何?	你发送的音质… 1. 好 2. 不稳定 3. 坏。
QRJ	你有多少个无线电话呼叫要挂发？	我有…个无线电话呼叫要挂发。
QRK	我（或…（名称和/或呼叫标记）的信号）可懂度如何？	你（或…（名称和/或呼叫标记））的信号可懂度是… 1. 坏 2. 差 3. 一般 4. 好 5. 极好。
QRL	你忙吗？	我很忙（或我正忙于…（名称和/或呼叫标记））。请勿打扰。
QRM	我的发送被干扰了吗？	你的发送被…干扰。 1. 零 2. 轻微 3. 中度 4. 严重 5. 非常严重。
QRN	你被静电干扰吗？	我被…静电干扰。 1. 零 2. 轻微 3. 中度 4. 严重 5. 非常严重。

缩 写	问 题	答案或建议
QRO	我可以提高发射功率吗？	提高发射功率。
QRP	我可以降低发射功率吗？	降低发射功率。
QRQ	我可以快点发送吗？	快点发送（…字/分钟）。
QRR	你准备好进行自动操作了吗？	我准备好进行自动操作。每分钟发送…字。
QRS	我可以慢点发送吗？	慢点发送（…字/分钟）。
QRT	我可以停止发送吗？	停止发送。
QRU	你有什么事情要告诉我吗？	我没什么事情告诉你。
QRV	你准备好了吗？	我准备好了。
QRW	我可以通知…你正在…kHz（或 MHz）频率上呼叫他吗？	请通知…我正在…kHz（或 MHz）频率上呼叫他。
QRX	你将在什么时候再次呼叫我？	我将在…点钟，在…kHz（或 MHz）频率上再次呼叫你。
QRY	我的次序是多少？（与通信有关的次序。）	你的次序是…号（或按照任何其他指示）。（与通信有关的次序。）
QRZ	谁在呼叫我？	…在…kHz（或 MHz）频率上呼叫你。
QSA	我（或…（名称和/或呼叫标记）的信号的强度如何？	你（或…（名称和/或呼叫标记）的信号的强度是… 1. 刚可觉察到 2. 弱 3. 基本可以 4. 好 5. 非常好。

缩 写	问 题	答案或建议
QSB	我的信号在衰落吗？	你的信号正在衰落。
QSC	你是低话务的船舶电台吗？	我是低话务的船舶电台。
QSD	我的信号被破坏了吗？	你的信号被破坏了。
QSE*	救生艇估计漂移了多远？	救生艇估计漂移了…（数字和单位）。
QSF*	你实施营救了吗？	我已实施了营救，现在正驶向…基地（带着受伤的…人，需要救护车）。
QSG	我可以一次发送…份电报吗？	可以一次发送…份电报。
QSH	你能用你的测向装置返航了吗？	我能用我的测向装置在…（名称和/或呼叫标记）上返航。
QSI		在你的发射中我不能够插入。 或 你能否告知…（名称和/或呼叫标记）在他的发射中在…kHz（或 MHz）我不能插入。
QSJ	你的…费用是多少，包括内部费用?	我的…费用包括内部费用是…法郎。
QSK	在你的信号中你能听到我吗?如果能听到的话我可以插入吗？	在我的信号中我能听到你，可插入我的发射。
QSL	你能确认收到吗？	我确认收到。

缩　写	问　　题	答案或建议
QSM	我可以重发我最后发给你的电报（或某个以前发过的电报）吗？	重发你最后发给我的电报（或号码…的电报）。
QSN	你能在…kHz（或 MHz）频率上听到我（或…（名称和/或呼叫标记））吗？	我能在…kHz（或 MHz）频率上听到你（或…（名称和/或呼叫标记））。
QSO	你可以直接（或通过中继）和…（名称和/或呼叫标记）通信吗？	我可以直接（或通过…中继）和…（名称和/或呼叫标记）通信。
QSP	你可以免费中继到…（名称和/或呼叫标记）吗？	我可以免费中继到…（名称和/或呼叫标记）。
QSQ	你的船上有医生（或…（人名）在船上）吗？	我的船上有医生（或…（人名）在船上）。
QSR	我可以在呼叫频率上重发呼叫吗？	在呼叫频率上重发呼叫；没有听到你（或有干扰）。
QSS	你使用什么工作频率？	我将用…kHz（或 MHz）的工作频率（在高频频带内，一般仅需给出频率的后 3 位）。
QSU	我可以在该频率（或…kHz（或 MHz））上（以…的发射类别）发送或应答吗？	在该频率（或…kHz（或 MHz））上（以…的发射类别）发送或应答。
QSV	我可以在该频率（或…kHz（或 MHz））上发送用于调整一系列的 V（或标记）吗？	在该频率（或…kHz（或 MHz））上发送用于调整一系列的 V（或标记）。

缩 写	问 题	答案或建议
QSW	你要在该频率（或…kHz（或 MHz）上（以…的发射类别））发送吗？	我将要在该频率（或…kHz（或 MHz）上（以…的发射类别））发送。
QSX	你将在…kHz（或 MHz），或…频带/…频道上监听…（名称和/或呼叫标记）吗？	我正在…kHz（或 MHz），或…频带/…频道上监听…（名称和/或呼叫标记）。
QSY	我可以换到另一个频率上发送吗？	换到另一个频率（或在…kHz（或 MHz））上发送。
QSZ	我可以发送每个字或组一次以上吗？	发送每个字或组两次（或…次）。
QTA	我可以取消号码为…的电报（或消息）吗？	取消号码为…的电报（或消息）。
QTB	你同意我统计的字数吗？	我不同意你统计的字数；我将重发每个字或组的第一个字母或数字。
QTC	你有多少份电报要发送？	我有…份电报要发送给你（或…（名称或呼叫标记））。
QTD*	营救船或救援航空器找回了什么？	…（标识）找回了… 1. …（数字）幸存者 2. 残骸 3. …（数字）尸体。
QTE	我离你的准确方位是什么？	在…点钟你离我的准确方位是…度。
	或	或
	我离…（名称和/或呼叫标记）的准确方位是什么？	在…点钟你离…（名称和/或呼叫标记）的准确方位是…度。
	或	或

缩　写	问　　题	答案或建议
QTE（续.）	…（名称和/或呼叫标记）离…（名称和/或呼叫标记）的准确方位是什么？	在…点钟…（名称和/或呼叫标记）离…（名称和/或呼叫标记）的准确方位是…度。
QTF	你能按照你控制的测向电台测出的方位给出我的位置吗？	按照我控制的测向电台测出的方位给出你的位置为经度…，纬度…（或其他位置指示），类别…，在…点钟。
QTG	你能在…kHz（或 MHz）频率上发送历时 10 秒钟的长划（或载波）2 次，每次后跟着你的呼叫标记（或名称）（重复…次）吗？ 或 你能请求…（名称或呼叫标记） 在…kHz（或 MHz）频率上发送历时 10 秒钟的长划（或载波）2 次，每次后跟他的呼叫标记（和/或名称）（重复…次）吗？	我将在…kHz（或 MHz）频率上发送历时 10 秒钟的长划（或载波）2 次，每次后跟着我的呼叫标记（或名称）（重复…次）。 或 我已请求…（名称或呼叫标记）在…kHz（或 MHz）频率上发送历时 10 秒钟的长划（或载波）2 次，每次后跟着他的呼叫标记（和/或名称）（重复…次）。
QTH	你的位置的经度或纬度（或按照任何其他指示）是什么？	我的位置在…经度，…纬度（或按照任何其他指示）。
QTI*	你准确的航线是什么？	我准确的航线是…度。

缩 写	问 题	答案或建议
QTJ*	你的速度是多少?	我的速度是…节（或…千米/小时或…海里/小时）。
	（分别要求船只在水中的速度和航空器在空中的速度。）	（分别指明船只在水中的速度和航空器在空中的速度。）
QTK*	你的航空器相对于地球表面的速度是多少?	我的航空器相对于地球表面的速度是…节（或…千米/小时或…海里/小时）。
QTL*	你准确的机首方向是什么?	我准确的机首方向是…度。
QTM*	你的磁性机首方向是什么?	我的磁性机首方向是…度。
QTN	你什么时间离开…（地点）?	我…点钟离开…（地点）。
QTO	你离开码头（或港口）了吗?	我已经离开码头（或港口）。
	或	或
	你在空中吗?	我在空中。
QTP	你正要进入码头（或港口）吗?	我正要进入码头（或港口）。
	或	或
	你正要降落（或着陆）吗?	我正要降落（或着陆）。
QTQ	你能用国际信号码(INTERCO)和我的电台通信吗?	我将用国际信号码（INTERCO）和你的电台通信。
QTR	现在准确时间是什么?	现在准确时间是…点钟。
QTS	你能将你的呼叫标记（和/或名称）发送…秒吗?	我将把我的呼叫标记（和/或名称）发送…秒。
QTT		后跟的标识信号被添加在另一个发送中。

缩　写	问　　题	答案或建议
QTU	你的电台在什么时间打开？	我的电台从…到…点钟是打开的。
QTV	我可以替你在…kHz（或 MHz）频率上（从…到…点钟）监听吗？	替我在…kHz（或 MHz）频率上（从…到…点钟）监听。
QTW*	幸存者的情况怎样？	幸存者正处于…状态并急需…。
QTX	为与我进一步通信，你可以将你的电台打开直到进一步的通知（或直到…点钟）吗？	为与你进一步通信，我将打开电台直到进一步的通知（或直到…点钟）。
QTY*	你正驶向出事地点吗？如果是，可望何时到达？	我正驶向出事地点，可望（在…（日期））…点钟到达。
QTZ*	你在继续搜索吗？	我在继续搜索…（航空器、船、救生艇、幸存者和残骸）。
QUA	你有…（名称和/或呼叫标记）的消息吗？	这是…（名称和/或呼叫标记）的消息。
QUB*	你能按下列顺序告知我有关信息吗：用真度数表示的风向和地面风的速度；能见度；目前的天气；和在…（观测地点）地面上空云量、云层的型态和高度?	你所要求的信息： … （应指示所用的速度和距离的单位。）

缩 写	问 题	答案或建议
QUC	你从我处（或从…（名称和/或呼叫标记））收到的最后一条消息的号码（或其他标识）是什么？	我从你处（或从…（名称和/或呼叫标记））收到的最后一条消息的号码（或其他标识）是…。
QUD	你收到由…（名称和/或呼叫标记）发送的紧急信号了吗？	我收到了由…（名称和/或呼叫标记）在…点钟发送的紧急信号。
QUE	你能讲…（语言）吗，必要时可通过翻译?如果可以，用哪个频率？	我可以在…kHz（或 MHz）上用…（语言）。
QUF	你收到由…（名称和/或呼叫标记）发送的遇险信号了吗？	我收到了…（名称和/或呼叫标记）…点钟发送的遇险信号。
QUH*	你能告诉我海平面的当前大气压力吗？	海平面的当前大气压力是…（单位）。
QUM	我可以恢复正常工作吗？	可以恢复正常工作。
QUN	1. 当对所有电台时： 在我附近…的船只 或 （在纬度…，经度…附近） 或 （在…附近） 请指示他们的位置、准确的航线和速度好吗？ 2. 当对单个电台时： 请指示你的位置、准确的航线和速度。	我的位置、准确的航线和速度是…。

缩 写	问 题	答案或建议
QUO*	要我在纬度…经度…（或按照任何其他指示）附近搜索…吗? 1. 航空器 2. 船只 3. 救生艇	请在纬度…经度…（或按照任何其他指示）附近搜索… 1. 航空器 2. 船只 3. 救生艇
QUP*	指示你的位置? 1. 探照灯 2. 黑色烟迹 3. 烟火灯	我的位置由… 1. 探照灯 2. 黑色烟迹 3. 烟火灯
QUR*	幸存者… 1. 收到救生装备了吗? 2. 被营救船搭救起了吗? 3. 被地面营救队遇到了吗?	幸存者… 1. 正由…空投救生装备 2. 已被营救船搭救起了 3. 被地面营救队遇到。
QUS*	你看见幸存者或残骸了吗，如果看见了，在什么位置?	看见 1. 水中的幸存者 2. 救生艇中的幸存者 3. 残骸 在纬度…，经度…位置（或按照任何其他指示）。
QUT*	事故的位置标记了吗?	事故的位置由…标记。 1. 带火焰或烟的浮舟 2. 海标 3. 海标染料 4. …（指定其他标志）

缩 写	问 题	答案或建议
QUU*	我可以将船或航空器引导到我的位置吗？	请引导船或航空器…（名称和/或呼叫标记） 1. 在…kHz（或 MHz）发送你的呼叫标记和长划 驶往你处。 2. 在…kHz（或 MHz）发送达到你处的准确航迹。
QUW*	你是在标志为…（标志或经纬度）的搜索区吗？	我正在 …（标志）搜索区。
QUX	你有有效的航行警告或大风警告吗？	我有以下的有效航行警告或大风警告：…
QUY*	救生艇的位置标记了吗？	救生艇的位置…点钟由…标记。 1. 带火焰或烟的浮舟 2. 海标 3. 海标染料 4. …（指定其他标志）。
QUZ	我可以恢复受限工作吗？	危险情况仍然存在；可以恢复受限工作。

B. 按问题、答案或建议的性质排列的信号表

缩　写	问　　题	答案或建议
	名称	
QRA	你的船（或电台）的名称是什么？	我的船（或电台）的名称是…。
	路线	
QRD	你来自哪里，前往哪里？	我来自…，前往…。
	位置	
QRB	你离我的电台大约有多远？	我们电台之间的距离大约是…海里（或千米）。
QTH	你的位置的经度和纬度（或按照任何其他指示）是什么？	我的位置在…经度，…纬度（或按照任何其他指示）。
QTN	你什么时间离开…（地点）？	我…点钟离开…（地点）。
	信号质量	
QOF	我的信号的商用质量怎么样？	你的信号的商用质量是… 1. 非商用 2. 接近商用 3. 商用。
QRI	我发送的音质如何？	你发送的音质… 1. 好 2. 不稳定 3. 坏。

缩 写	问 题	答案或建议
	信号质量（续）	
QRK	我（或…（名称和/或呼叫标记））的信号可懂度如何？	你（或…（名称和/或呼叫标记））的信号可懂度是… 1. 坏 2. 差 3. 一般 4. 好 5. 极好。
	信号强度	
QRO	我可以提高发射功率吗？	提高发射功率。
QRP	我可以降低发射功率吗?	降低发射功率。
QSA	我（或…（名称或呼叫标记））的信号的强度如何？	你（或…（名称或呼叫标记））的信号的强度是… 1. 刚可觉察到 2. 弱 3. 基本可以 4. 好 5. 非常好。
QSB	我的信号在衰落吗？	你的信号正在衰落。
	键控	
QRQ	我可以快点发送吗？	快点发送（…字/分钟）。
QRR	你准备好进行自动操作了吗？	我准备好进行自动操作。每分钟发送…字。

缩 写	问 题	答案或建议
	键控（续）	
QRS	我可以慢点发送吗？	慢点发送（…字/分钟）。
QSD	我的信号被破坏了吗？	你的信号被破坏了。
	干扰	
QRM	我的发送被干扰了吗？	你的发送被…干扰。 1. 零 2. 轻微 3. 中度 4. 严重 5. 非常严重。
QRN	你被静电干扰吗？	你被…静电干扰。 1. 零 2. 轻微 3. 中度 4. 严重 5. 非常严重。
	频率调整	
QRG	你能告诉我，我的（或…的）准确频率吗？	你的（或…的）准确频率是…kHz（或 MHz）。
QRH	我的频率变化了吗？	你的频率变化了。
QTS	你能将你的呼叫标记（和/或名称）发送…秒吗？	我将把我的呼叫标记（和/或名称）发送…秒。
	频率选择和/或发射类别	
QOO	你可以在任何工作频率上发送吗？	我可以在任何工作频率上发送。

缩 写	问 题	答案或建议
	频率选择和/或发射类别（续）	
QSN	你能在…kHz（或 MHz）频率上听到我（或…（名称和/或呼叫标记））吗？	我能在…kHz（或 MHz）频率上听到你（或…（名称和/或呼叫标记））。
QSS	你使用什么工作频率？	我将用…kHz（或 MHz）的工作频率（在高频频带内，一般仅需给出频率的后 3 位）。
QSU	我可以在该频率（或…kHz（或 MHz））上（以…的发射类型）发送或应答吗？	在该频率（或…kHz（或 MHz））上（以…的发射类型）发送或应答。
QSV	我可以在该频率（或…kHz（或 MHz））上发送用于调整的一系列的 V（或标记）吗？	在该频率（或…kHz（或 MHz））上发送用于调整的一系列的 V（或标记）。
QSW	你要在该频率（或…kHz（或 MHz））上（以…的发射类型）发送吗？	我将要在该频率（或…kHz（或 MHz））上（以…的发射类型）发送。
QSX	你将在…kHz（或 MHz），或…频带/…频道上监听…（名称和/或呼叫标记）吗？	我正在…kHz（或 MHz），或…频带/…频道上监听…（名称和/或呼叫标记）。
	频率改换	
QSY	我可以换到另一个频率上发送吗？	换到另一个频率（或在…kHz（或 MHz））上发送。
	建立通信	
QOA	你能用无线电报（500 kHz）通信吗？	我能用无线电报（500 kHz）通信。

缩 写	问 题	答案或建议
	建立通信（续）	
QOB	你能用无线电话（2 182 kHz）通信吗？	我能用无线电话通信（2 182 kHz）。
QOC	你能用无线电话（第 16 频道 — 频率为 156.80 MHz）通信吗？	我能用无线电话（第 16 频道 — 频率为 156.80 MHz）通信。
QOD	你能和我用…通信吗？ 0. 荷兰语 5. 意大利语 1. 英语 6. 日语 2. 法语 7. 挪威语 3. 德语 8. 俄语 4. 希腊语 9. 西班牙语	我能和你用…通信。 0. 荷兰语 5. 意大利语 1. 英语 6. 日语 2. 法语 7. 挪威语 3. 德语 8. 俄语 4. 希腊语 9. 西班牙语
QOT	你能听到我的呼叫吗?在我们可以交换话务前大约的延迟是多少分钟？	我能听到你的呼叫；大约的延迟是…分钟。
QRL	你忙吗？	我很忙（或我正忙于…（名称和/或呼叫标记））。请勿打扰。
QRV	你准备好了吗？	我准备好了。
QRX	你将在什么时候再次呼叫我？	我将在…点钟，在…kHz（或 MHz）频率上再次呼叫你。
QRY	我的次序是多少？（与通信有关的次序。）	你的次序是…号（或按照任何其他指示）。（与通信有关的次序。）
QRZ	谁在呼叫我？	…（在…kHz（或 MHz）频率上）呼叫你。
QSC	你是低话务的船舶电台吗？	我是低话务的船舶电台。

缩 写	问 题	答案或建议
	建立通信（续）	
QSR	我可以在呼叫频率上重发呼叫吗？	在呼叫频率上重发呼叫；没有听到你（或有干扰）。
QTQ	你能用国际信号码（INTERCO）和我的电台通信吗？	我将用国际信号码（INTERCO）与你的电台通信。
QUE	你能讲…（语言）吗，必要时可通过翻译?如果可以，用哪个频率？	我可以在…kHz（或 MHz）上用…（语言）。
	选呼	
QOL	你的船舶适于接收选呼吗？如果可以，你的选呼号码或信号是什么？	我的船舶适于接收选呼。我的选呼号码或信号是…。
QOM	你的船舶在什么频率上可以收到选呼？	我的船舶可以在下述频率…上接收选呼…（如果必要可加上时间期限）。
	时间	
QTR	现在准确时间是什么？	现在准确时间是…点钟。
QTU	你的电台在什么时间打开？	我的电台从…到…点钟是打开的。
	收费	
QRC	你电台的费用记在哪个私营企业（或国家主管部门）的账上？	电台的费用记在私营企业…（或国家主管部门）的账上。

缩　写	问　　题	答案或建议
	收费（续）	
QSJ	你的…费用是多少，包括内部费用？	我的…费用包括内部费用是…法朗。
	转接	
QRW	我可以通知…你在…kHz（或 MHz）频率上呼叫他吗？	请通知…我在…kHz（或 MHz）频率上呼叫他。
QSO	你可以直接（或通过中继）与…（名称和/或呼叫标记）通信吗？	我可以直接（或通过中继）与…（名称和/或呼叫标记）通信。
QSP	你可以免费中继到…（名称和/或呼叫标记）吗？	我可以免费中继到…（名称和/或呼叫标记）。
QSQ	你的船上有医生（或…（人名）在船上）吗？	我的船上有医生（或…（人名）在船上）。
QUA	你有…（名称和/或呼叫标记）的消息吗？	这是…（名称和/或呼叫标记）的消息。
QUC	你从我处（或从…（名称和/或呼叫标记））收到的最后一条消息的号码（或其他标识）是什么？	我从你处（或从…（名称和/或呼叫标记））收到的最后一条消息的号码（或其他标识）是…。
	通信交换	
QOG	你有多少带子要发送？	我有…带子要发送。
QOH	我可以发送…秒的定相信号吗？	请发送…秒的定相信号。

缩 写	问 题	答案或建议
	通信交换（续）	
QOI	我可以发送我的带子吗？	请发送你的带子。
QRJ	你有多少个无线电话呼叫要挂发？	我有…个无线电话呼叫要挂发。
QRU	你有什么事情要告诉我吗？	我没什么事情告诉你。
QSG	我可以一次发送…份电报吗？	可以一次发送…份电报。
QSI		在你的发射中我不能够插入。 你能否告知…（名称和/或呼叫标记）在他的发射中（在… kHz（或 MHz））我不能插入。
QSK	在你的信号中你能听到我吗?如果能听到的话我可以插入吗？	在我的信号中我能听到你，可插入我的发射。
QSL	你能确认收到吗？	我确认收到。
QSM	我可以重发我最后发给你的电报（或某个以前发过的电报）吗？	重发你最后发给我的电报（或号码…的电报）。
QSZ	我可以发送每个字或组一次以上吗？	发送每个字或组两次（或…次）。
QTA	我可以取消号码为…的电报（或消息）吗?	取消号码为…的电报（或消息）。
QTB	你同意我统计的字数吗?	我不同意你统计的字数；我将重发每个字或组的第一个字母或数字。

缩 写	问 题	答案或建议
	通信交换（续）	
QTC	你有多少份电报要发送？	我有…份电报要发给你（或…（名称和/或呼叫标记））。
QTV	我可以替你在…kHz（或 MHz）频率上（从…到…点钟）监听吗？	替我在…kHz（或 MHz）频率上（从…到…点钟）监听。
QTX	为与我进一步通信，你可以将你的电台打开直到进一步的通知（或直到…点钟）好吗？	为与你进一步通信，我将打开电台直到进一步的通知（或直到…点钟）。
	移动	
QRE	你估计到达…（或经过…）（地点）的时间是什么？	我估计到达…（或经过…）（地点）的时间是…点钟。
QRF	你正在返回…（地点）吗？	我正在返回…（地点）。 或 返回…（地点）。
QSH	你能用你的测向装置返航吗？	我能用我的测向装置（在…（名称和/或呼叫标记）上）返航。
QTI*	你准确的航线是什么？	我准确的航线是…度。
QTJ*	你的速度是多少？ （分别要求船只在水中的速度和航空器在空中的速度。）	我的速度是…节（或千米/小时或…海里/小时）。 （分别指明船只在水中的速度和航空器在空中的速度）。

缩　写	问　　题	答案或建议
	移动（续）	
QTK*	你的航空器相对于地球表面的速度是多少？	我的航空器相对于地球表面的速度是…节（或…千米/小时或…海里/小时）。
QTL*	你准确的机首方向是什么？	我准确的机首方向是…度。
QTM*	你的磁性机首方向是什么？	我的磁性机首方向是…度。
QTN	你什么时间离开…（地点）？	我…点钟离开…（地点）。
QTO	你离开码头（或港口）了吗？ 或 你在空中吗？	我已经离开码头（或港口）。 或 我在空中。
QTP	你正要进入码头（或港口）吗？ 或 你正要降落（或着陆）吗？	我正要进入码头（或港口）。 或 我正要降落（或着陆）。
QUN	1. 当对所有电台时： 在我附近…的船只 或 （在纬度…经度…附近） 或 （在…附近） 请指示他们的位置、准确的航线和速度好吗？ 2. 当对单个电台时： 请指示你的位置、准确的航线和速度。	我的位置、准确的航线和速度是…。

缩　写	问　　题	答案或建议
	气象状态	
QUB*	你能按下列顺序告知我有关信息吗：用真度数表示的风向和地面风的速度；能见度；目前的天气；和在…（观测地点）地面上空云量、云层的型态和高度?	你所要求的信息： （应指示所用的速度和距离的单位。）
QUH*	你能告诉我海平面的当前大气压力吗?	海平面的当前大气压力是…（单位）。
QUX	你有有效的航行警告或大风警告吗?	我有以下的有效航行警告或大风警告：…
	无线电测向	
QTE	我离你的准确方位是什么？ 或 我离…（名称和/或呼叫标记）的准确方位是什么？ 或 …（名称和/或呼叫标记）离…（名称和/或呼叫标记）的准确方位是什么？	在…点钟你离我的准确方位是…度。 或 在…点钟你离…（名称和/或呼叫标记）的准确方位是…度。 或 在…点钟…（名称和/或呼叫标记）离…（名称和/或呼叫标记）的准确方位是…度。

缩　写	问　　题	答案或建议
	无线电测向（续）	
QTF	你能按照你控制的测向电台测出的方位给出我的位置吗？	按照我控制的测向电台测出的方位给出你的位置为经度…，纬度…（或其他位置指示），类别…，在…点钟。
QTG	你能在…kHz（或 MHz）频率上发送历时 10 s 的长划（或载波）2 次，每次后跟你的呼叫标记（或名称）（重复…次）吗？ 或 你能请求…（名称和/或呼叫标记）在…kHz（或 MHz）频率上发送历时 10 s 的长划（或载波）2 次，每次后跟他的呼叫标记（和/或名称）（重复…次）吗？	我将在…kHz（或 MHz）频率上发送历时 10 s 的长划（或载波）2 次，每次后跟我的呼叫标记（或名称）（重复…次）。 或 我已请求…（名称和/或呼叫标记）在…kHz（或 MHz）频率上发送历时 10 s 的长划（或载波）2 次，每次后跟他的呼叫标记（和/或名称）（重复…次）。
	工作的暂停	
QRT	我可以停止发送吗？	停止发送。
QUM	我可以恢复正常工作吗？	可以恢复正常工作。
QUZ	我可以恢复受限工作吗？	危险情况仍然存在；可以恢复受限工作。
	安全	
QOE	你接到了由…（名称和/或呼叫标记）发送的安全信号了吗？	我已经接到了…（名称和/或呼叫标记）发送的安全信号。

缩　写	问　　题	答案或建议
	安全（续）	
QUX	你有有效的航行警告和大风警告吗？	我有以下的有效航行警告和大风警告：…
	紧急事件	
QUD	你收到由…（名称和/或呼叫标记）发送的紧急信号了吗？	我收到了由…（名称和/或呼叫标记）…点钟发送的紧急信号。
	遇险	
QOJ	你将在…kHz（或 MHz）上监听应急示位无线电信标信号吗?	我正在…kHz（或 MHz）上监听应急示位无线电信标信号。
QOK	你在…kHz（或 MHz）上收到了应急示位无线电信标信号了吗？	我在…kHz（或 MHz）上收到了应急示位无线电信标信号。
QUF	你收到由…（名称和/或呼叫标记）发送的遇险信号了吗？	我收到了…（名称和/或呼叫标记）…点钟发送的遇险信号。
QUM	我可以恢复正常工作吗？	可以恢复正常工作。
QUZ	我可以恢复受限工作吗？	危险情况仍然存在；可以恢复受限工作。
	搜索和营救	
QSE*	救生艇估计漂移了多远？	救生艇估计漂移是…（数字和单位）。

缩 写	问 题	答案或建议
	搜索和营救（续）	
QSF*	你实施营救了吗？	我已实施了营救，现在正驶向…基地（带着受伤的…人，需要救护车）。
QTD*	营救船或救援航空器找回了什么？	…（标识）找回了… 1. … （数字）幸存者 2. 残骸 3. …（数字）尸体。
QTW*	幸存者的情况怎样？	幸存者正处于…状态并急需…。
QTY*	你正驶向出事地点吗?如果是，可望何时到达？	我正驶向出事地点，可望（在…（日期））…点钟到达。
QTZ*	你在继续搜索吗？	我在继续搜索…（航空器、船、救生艇、幸存者和残骸）。
QUN	1. 当对所有电台时： 在我附近的船只 或 （在纬度…，经度…附近） 或 （在…附近） 请指示他们的位置、准确的航线和速度好吗? 2. 当对单个电台时： 请指示你的位置、准确的航线和速度。	我的位置、准确的航线和速度是…。

缩 写	问 题	答案或建议
	搜索和营救（续）	
QUO*	要我在纬度…经度…（或按照任何其他指示）附近搜索…吗? 1. 航空器 2. 船只 3. 救生艇	请在纬度…经度…(或按照任何其他指示)附近搜索… 1. 航空器 2. 船只 3. 救生艇。
QUP*	请通过… 1. 探照灯 2. 黑色烟迹 3. 烟火灯 指示你的位置?	我的位置由… 1. 探照灯 2. 黑色烟迹 3. 烟火灯 指示。
QUR*	幸存者… 1. 收到救生装备了吗? 2. 被营救船搭救起了吗? 3. 被地面营救队遇到了吗?	幸存者… 1. 正由…空投救生装备 2. 已被营救船搭救起了 3. 被地面营救部队遇到。
QUS*	你看见幸存者或残骸了吗?如果看见了,在什么位置?	看见 1. 水中的幸存者 2. 救生艇中的幸存者 3. 残骸 在纬度…，经度…位置（或按照任何其他指示）。
QUT*	事故的位置标记了吗?	事故的位置由…标记。 1. 带火焰或烟的浮舟 2. 海标 3. 海标染料 4. …（指定其他标志）。

缩　写	问　　题	答案或建议
	搜索和营救（续）	
QUU*	我可以将船或航空器引导到我的位置吗？	请引导船或航空器…（名称和/或呼叫标记） 1. 在…kHz（或 MHz）发送你的呼叫标记和长划驶往你处。 2. 在…kHz（或 MHz）发送达到你处的准确航迹。
QUW*	你是在标志为…（标志或经纬度）的搜索区吗？	我正在 …（标志）搜索区。
QUY*	救生艇的位置标记了吗？	救生艇的位置…点钟由…标记。 1. 带火焰或烟的浮舟 2. 海标 3. 海标染料 4. …（指定其他标志）。
QUZ	我可以恢复受限的工作吗？	危险情况仍然存在；可以恢复受限工作。
	指示	
QTT		后跟的标识信号被添加在另一个发送中。

第 II 节　各种缩写和信号

缩写或信号	定　义
AA	凡在…之后（用于无线电报中的问号之后或无线电话中的 *RQ* 之后（在语言困难时）或在 *RPT* 之后，请求重发）。
AB	凡在…之前（用于电报中的问号之后或电报中的 *RQ* 之后（在语言困难时）或在 *RPT* 之后，请求重发）。
ADS	地址（用于电报中的问号之后或无线电话中的 *RQ* 之后（在语言困难时）或在 *RPT* 之后，请求重发）。
$\overline{\text{AR}}$	发射结束。
$\overline{\text{AS}}$	等待周期。
BK	发射过程中用于中断的信号。
BN	凡在…和…之间（用于无线电报中的问号之后或无线电话中的 *RQ* 之后（在语言困难时）或在 *RPT* 之后，请求重发）。
BQ	对 RQ 的应答。
$\overline{\text{BT}}$	标记同一发射不同部分的分隔信号。
C	是或“前一组的意义应得到肯定”。
CFM	确定（或我确定）。
CL	本台现在关机。
COL	检验（或本台检验）。
CORREC-TION	取消我的最后一个字或组。正确的字或组如下（用于无线电话，读做 *KOR-REK-SHUN*）。
CP	对两个或更多指定电台的通用呼叫（见 *ITU-R M.1170* 建议书）。
CQ	对所有电台的通用呼叫。
CS	呼叫标记（用于询问一个呼叫标记）。

注：当用于无线电话中时，几个字母上加一上杠构成一个信号表示这些字母将作为一个信号发送。

缩写或信号	定　义
DE	“发自…”（用在呼叫电台的名称或其他标识前）。
DF	…点钟你的方位是…度，在本台的一个不确定的扇区，可能有…度的误差。
DO	方位可疑。稍后（或在…点钟）请求提供另一方位。
DSC	数字选呼。
E	东（基本指向）。
ETA	估计到达时间。
INTERCO	下面是信号国际码组（用于无线电话，读做 *IN-TER-CO*）。
K	请求发射。
$\overline{\text{KA}}$	启动信号。
KTS	每小时的海里数（节）。
MIN	分钟。
MSG	前缀，指示来自船主的有关操作或航行的消息。
MSI	水上安全信息。
N	北（基本指向）。
NBDP	窄带直接打印电报。
NIL	本台没什么要发给你台。
NO	不（否定）。
NW	现在。
NX	海员注意（或下面请海员注意）。
OK	本台同意（或正确）。
OL	海上信件。
P	指示私人无线电报的前缀。
PBL	导言（用于无线电报中的问号之后或无线电话中的 *RQ* 之后（在语言困难时）或在 *RPT* 之后，请求重发）。
PSE	请。
R	已接收到。

缩写或信号	定　义
RCC	营救协调中心。
REF	关于…（或参考…）。
RPT	重发（或本台重发）（或重发…）。
RQ	请求指示。
S	北（基本指向）。
SAR	搜索和营救。
SIG	签名（用于无线电报中的问号之后或无线电话中的 *RQ* 之后（在语言困难时）或在 *RPT* 之后，请求重发）。
SLT	水上无线电书信。
SVC	指示公务电报的前缀。
SYS	参考你台的公务电报。
TFC	业务。
TR	由陆地电台使用，请求一个移动电台告知其位置或停靠的下一个港口，也用做应答的前缀。
TU	谢谢。
TXT	正文（用于无线电报中的问号之后的无线电话中的 *RQ* 之后（在语言困难时）或在 *RPT* 之后，请求重发）。
$\overline{\text{VA}}$	工作的结束。
W	西（基本指向）。
WA	…后的字（用于无线电报中的问号之后或无线电话中的 *RQ* 之后（在语言困难时）或在 *RPT* 之后，请求重发）。
WB	…前的字（用于电报中的问号之后或电报中的 *RQ* 之后（在语言困难时）或在 *RPT* 之后，请求重发）。
WD	字或组。
WX	天气预报（或下面是天气预报）。
XQ	用于指示业务记录的传送的前缀。
YZ	下面的文字用明文。

ITU-R M.1173 建议书*

1 605.5 kHz 至 4 000 kHz 和 4 000 kHz 至 27 500 kHz 频带无线电话水上移动业务用的单边带发信机的技术特性

（1995 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 有必要描述使用 1 605.5 kHz 至 4 000 kHz 和 4 000 kHz 至 27 500 kHz 频带的单边带发信机的技术特性，

建议

1 1 605.5 kHz 至 4 000 kHz 和 4 000 kHz 至 27 500 kHz 频带的无线电话水上移动业务用的单边带发信机的设计应满足附件 1 的要求。

附 件 1

1 605.5 kHz 至 4 000 kHz 和 4 000 kHz 至 27 500 kHz 频带无线电话水上移动业务用的单边带发信机的技术特性

1 载波功率：

对于 J3E 类发射载波功率应比峰值包络功率至少低 40 dB。

2 海岸电台和船舶电台只可使用上边带。

3 传输音频带宽为 350 Hz 至 2 700 Hz，允许幅度变化范围为 6 dB。

4 载波频率应保持在 ITU-R SM.1137 建议书指定的容差范围内。

5 载波的无用频率调制要足够低以防止有害的畸变。

---

* 应提请国际海事组织（IMO）注意本建议书。

秘书处注：本建议书引用的《无线电规则》（RR）是由 1995 年世界无线电通信大会修订的《无线电规则》。《无线电规则》的这些条款从 1998 年 6 月 1 日起生效。与现行《无线电规则》相应的出处也尽量在方括号内给出。

6 当使用 H3E 或 J3E 类发射时，以任何离散频率提供给天线发射口的无用发射功率，当发信机工作在全峰值包络功率时，应符合下表要求：

a） 1982 年以前安装的发信机：

无用辐射频率[1]和指配发射频率[4]之间的间隔Δ（kHz）	低于峰值包络功率的最小衰减
1.6 <Δ ≤ 4.8	28 dB
4.8 < Δ ≤ 8	38 dB
8 < Δ	43 dB 且无超出 50 mW 功率的无用辐射

对于使用载波抑制发信的发信机，当考虑带外发射[2]和杂散发射[3]，它们是调制过程的结果但并未落入带外发射频谱，可以用两个有一定频率间隔、其间隔使得交调产物产生在离指定频率[4]1.6 kHz 的双音频信号的方式测试它与本规则的兼容性。

b） 1982 年 1 月 1 日以后安装的发信机：

无用发射频率[1]和指配发射频率[4]（kHz）之间的间隔Δ	低于峰值包络功率的最小衰减
1.5 < Δ ≤ 4.5	31 dB
4.5 < Δ ≤ 7.5	38 dB
7.5 < Δ	43 dB 且没有超出 50 mW 功率的无用辐射

对于使用载波抑制发射的发信机，当考虑带外辐射[2]和杂散发射[3]，它们是调制过程的产物但并未落入带外发射频谱，可以用两个有一定频率间隔、其间隔使得交调产物产生在离指定频率[4]1.5 kHz 的双音频信号的方式测试它与本规则的兼容性。

---

1 无用发射：见《无线电规则》第 S1.146［140］款。

2 带外发射：见《无线电规则》第 S1.144［138］款。

3 杂散发射：见《无线电规则》第 S1.145［139］款。

4 指配频率比载波频率高 1 400 Hz：见《无线电规则》第 S52.177［No. 4325］款。

ITU-R M.1174-2建议书*

450 至 470 MHz 频段
船上通信使用的设备的技术特性

（1995-1998-2004 年）

摘要

本建议书描述了符合《无线电规则》（RR）第 S5.287 款规定的水上移动业务中船上通信所用的设备的技术特性。这些规定是为 25 kHz 或 12.5 kHz 频道间隔而制定的。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 有必要描述450至470 MHz频段船上通信设备的特性；

b） 频率的可用性最近已有了变化；

c） 第341号决议（WRC-97），

建议

1 水上移动业务中 450 至 470 MHz 频段船上通信使用的发信机和收信机应符合附件 1 中的技术特性。

附 件 1

450 至 470 MHz 频段
船上通信使用的设备的技术特性

1 该设备应有足够的频道为所需使用的区域提供满意的服务。

2 有效的辐射功率应限制在满足工作所需的最低水平，但在任何情况下不应超过 2 W。在可以使用的地方，应安装一个适当的设备以容易地减少发射功率至少 10 dB。

3 当设备安装在船上的固定点时，天线超出驾驶台的高度不应超过 3.5 m。

---

* 应提请国际海事组织（IMO）和国际海事无线电委员会（CIRM）注意本建议书。

	25 kHz 频道	12.5 kHz 频道
4	只可使用 6 dB/倍频程预加重频率调制（相位调制）。	只可使用 6 dB/倍频程预加重频率调制（相位调制）。
5	对应于 100％调制的频率偏差应尽可能接近±5 kHz。任何情况下频率偏差不得超过±5 kHz。	对应于 100％调制的频率偏差应尽可能接近±2.5 kHz。任何情况下频率偏差不得超过±2.5 kHz。
6	频率容差应为 5×10^{-6}。	频率容差应为 2.5×10^{-6}。
7	音频带宽应限制在 3 000 kHz。	音频带宽应限制在 2 550 kHz。

8 控制、遥测和其他非音频信应采用适当的编码方式使得有干扰信号时错误响应概率最小。《无线电规则》第 S5.287 款中为船上通信指定的频率也可用单频或双频单工方式。

9 当用于双工方式时，发信机的基波频率应从较低端选取，以提高可操作性。

10 当需要在船上使用中继电台时，应使用下列频率对（也见《无线电规则》第 5.287 和 5.288 款）：

457.525 MHz 和 467.525 MHz

457.550 MHz 和 467.550 MHz

457.575 MHz 和 467.575 MHz

457.5375 MHz 和 467.5375 MHz

457.5625 MHz 和 467.5625 MHz

11 频率

《无线电规则》第 S5.287 款中的频率（须遵守国家规则）是：

对于 25 kHz 或 12.5 kHz 频道间隔：

457.525 MHz

457.550 MHz

457.575 MHz

467.525 MHz

467.550 MHz

467.575 MHz

对于拟工作在 12.5 kHz 频道间隔的设备，《无线电规则》第 S5.287 款涉及的附加频率是：

457.5375 MHz

457.5625 MHz

467.5375 MHz

467.5625 MHz

ITU-R M.1187-1建议书

1-3 GHz频率范围内采用圆轨道的卫星移动业务网络潜在受影响区的计算方法

（ITU-R第83/8号课题和ITU-R第201/8号课题）

（1995-2006年）

范围

本建议书定义了术语“激活业务弧”，提供了在给1-3 GHz的MSS系统的空间站分配频率时“受影响区”的计算方法，以帮助识别其指配会包含在该“受影响区”内的那些主管部门。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 有必要就非对地静止（非GSO）卫星系统的协调方法、所需的轨道数据和共用准则制定建议书；

b) 实施这些MSS划分的非GSO卫星系统具有不同的星群、高度和不同的倾角；

c) 需要定义“激活业务弧”；

d) 需要规定包括MSS的其它业务可能受到影响的区域，在这些区域中可按本建议书中未规定的相关准则和方法去进行协调；

e) 需要进一步定义操作在1-3 GHz的MSS的“受影响区”（不应与“协调区”混淆）的概念，

认识到

1 《无线电规则》（RR）第三章中包括对《无线电规则频率划分表》所含的、1-3GHz频率范围内某些频段的MSS系统进行协调的程序，

建议

1 “激活业务弧”应定义为：描述处于发送或接收状态的卫星在MSS星座中的轨道点轨迹。MSS运营商利用那些为特定服务区实现其服务目标的系统特有特性（诸如星座轨道、空间飞行器天线特性、等效全向辐射功率（e.i.r.p.））来求出这一弧段；

2 当公布了一个特定的激活业务弧时，附件1中的方法可用来帮助识别那些其指配可能包括在附件1中定义的、“受影响区”内的主管部门（见注1）。

注 1 – 该方式通过考虑更确切的MSS系统技术特性可进一步得到改善。

附件1

1-3 GHz频率范围内采用圆轨道的MSS网络潜在受影响区的计算方法

1 引言

本附件规定了计算“受影响区”的方法。该受影响区应被用于识别同频MSS和可能受MSS网络操作影响的其他主管部门的等同或更高地位的其他业务。首先绘制出卫星为覆盖其服务区而激活的点所对应的卫星轨道弧段上各点的轨迹。其次绘制出对应地球表面的星下点位置。最后受影响区规定为在空间飞行器的可见度范围内的区域并也是指星下位置的周边。

这一计算受影响区的方法确定其同频指配可能受影响的主管部门。

我们认识到，可采用其它确定由于可能使用一个MSS空间站和其相应的服务区使其主管部门的频率指配受影响的方法，并且认为这一纳入ITU-R建议书的方法并不作为强制性使用的方法。

该计算受影响区方法的使用并不改变该区域内无线电业务的地位（主要业务或次要业务）。

2 受影响区的计算

令图1中绘出的四边形A表示需要用来为一个有代表性的MSS系统的主管部门服务的激活星下区域。注意该星下区域无需与主管部门的边界重合。图1中画出的距离D是从A的外边缘至卫星视野（FOV）点的距离。FOV的定义可扩展为从卫星观察的可视范围的极限。那么总的受影响区就是从星下区域外边缘至距离*D*之间计算出的整个区域。对于圆轨道星座，距离*D*是随卫星高度增加而加大的恒定大圆的距离。

2.1 受影响区包络宽度的计算

这一节介绍计算绘制激活星下区域的外周边所用的距离以确定受影响区的方法。

图2说明外周边距离*D*的计算，该距离是从星下区域A的边缘至激活区外边缘的卫星的FOV的距离。受影响区定义如下：

受影响区：通过确定至激活星下区域A的边缘的距离和确定至对应激活业务弧边缘处卫星观察的最大视野的激活星下子区域边缘的距离*D*求出的地球表面的区域。这一区域也包括激活星下区域中的主管部门。

激活业务弧和激活星下区域的定义如下：

激活业务弧：请参见建议1中的定义。

激活星下区域：从激活业务弧指向地球表面的天底投影。以地心坐标（纬度/经度）确定该区域的边缘。

图1

服务于一个主管部门需要的激活星下区域和其对应的受影响的表示

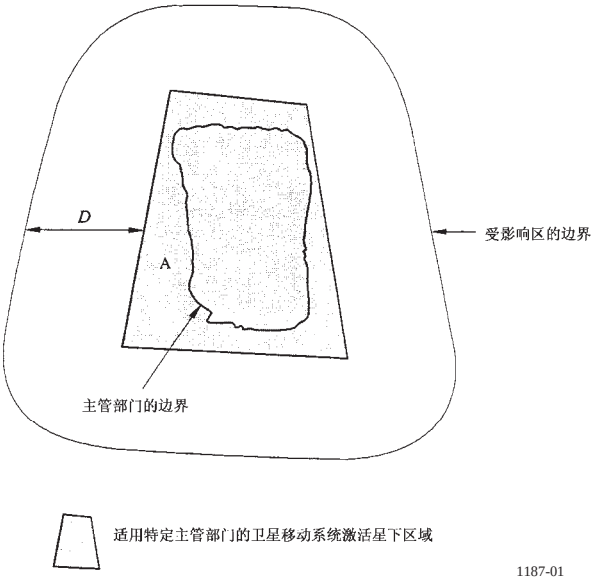
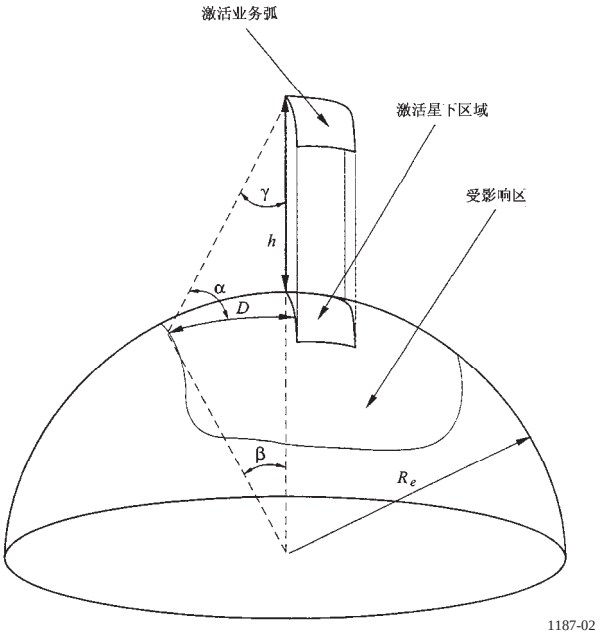


图2

计算星下区域周围包络距离*D*所需的几何图形



变量的定义：

R_e： 地球半径

h: 卫星的海拔高度

γ: 从星下外边缘处的卫星至卫星视野范围之间的天底角

β: 从星下区域边缘至卫星视野范围之间的地心角

α: 仰角

D： 从激活星下区域边缘至0° 仰角点（最大视野限度）之间的地球表面距离。

计算距离D的公式：

$$\beta = \cos^{-1}[R_e/(R_e + h)] \quad (1)$$

$$D = R_e \beta \qquad \text{半径} \quad (2)$$

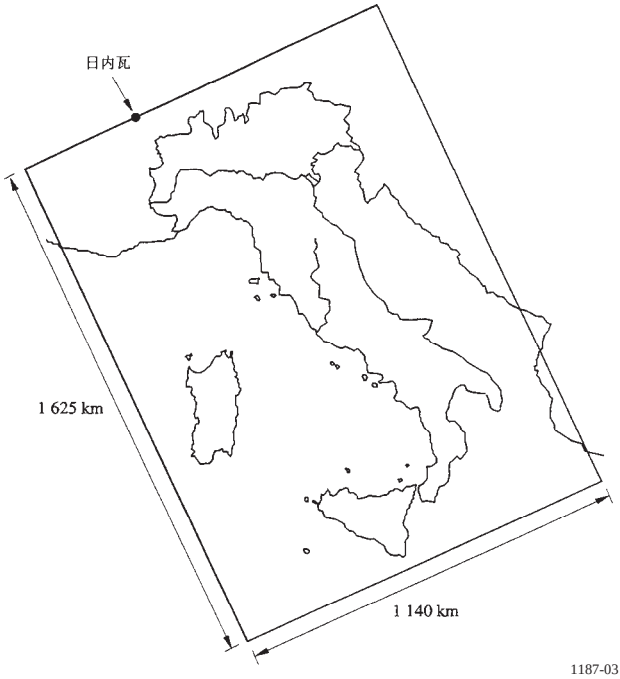
一旦算出D，可用D与星下区域结合确定受影响区。

2.2 计算受影响区举例

本节给出一个如何计算计划在一个主管部门管辖的地域内提供服务的卫星移动系统的受影响区的例子。例子中的主管部门为意大利，图3表示用LEO A（见ITU-R M.1184号建议书）卫星移动系统向意大利提供业务的星下区域。

图3

假设用于意大利时的星下激活区域



计算受影响区所需的参数为：

卫星高度： 780 km

地球半径： 6 367 km

星下区域的宽度： 1 140 km

星下区域的长度： 1 625 km

注意选择星下激活区域假设了服务区是意大利主管部门且仅作为举例。任何用于意大利的卫星移动系统的实际的星下区域，可能根据卫星网络系统特定的特性而有很大的差别。

此时用公式(1)和(2)，$\beta = 27°$，$D = 3000$ km，因此加在星下区域周围的D是3 000 km。对于图3中列举的星下区域，受影响区会扩展至苏丹的西北部、俄罗斯的西部（包括莫斯科）、挪威北部和毛里塔尼亚。

ITU-R S.1256 建议书

确定卫星移动业务中非对地静止卫星系统的馈电链路在空间到地球方向上对 6 700-7 075 MHz 频段对地静止卫星轨道产生的最大累积功率通量密度的方法

（ITU-R 206/4 号研究课题）

（1997 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 6 700-7 075 MHz 频段在主用的基础上是被指配给空间到地球方向的卫星固定业务（FSS），供卫星移动业务（MSS）中非对地静止卫星网络的馈电链路使用；

b） 6 700-7 075 MHz 频段在主用的基础上也是被指配给地球到空间方向的 FSS，而依据《无线电规则》（RR）附录 30B 的指配计划 6 725-7 025 MHz 频段是用于对地静止卫星网络；

c） 根据 RR 的第 22.5A 条，由 FSS 中一个非对地静止卫星系统在对地静止卫星轨道（GSO）的±5°内产生的最大量累积功率能量密度（pfd）在任何 4 kHz 频段内不应超过− 168 dB（W/m^2）；

d） 世界无线电通信大会（1995 年，日内瓦）（WRC-95）的第 115 号决议请 ITU-R 建立一种确定一个非对地静止卫星网络在 GSO 上产生的最大累积功率通量密度的方法；

e） 卫星移动业务的非对地静止卫星网络有如在第 46 号决议（WRC-95 修订版）的附件 1 的§A.3 vii）中所规定的可用的轨道和传输参数，

建议

1 应遵循附件 1 中给出的方法来确定空间到地球方向上来自工作在 6 700-7 075 MHz 频段的一个非对地静止卫星网络的馈电链路在 GSO 的±5°倾角内的任何位置上产生的最大累积功率通量密度电平 dB（W/m^2）在任何 4 kHz 频段内）。

附 件 1

方 法

1 方法的描述

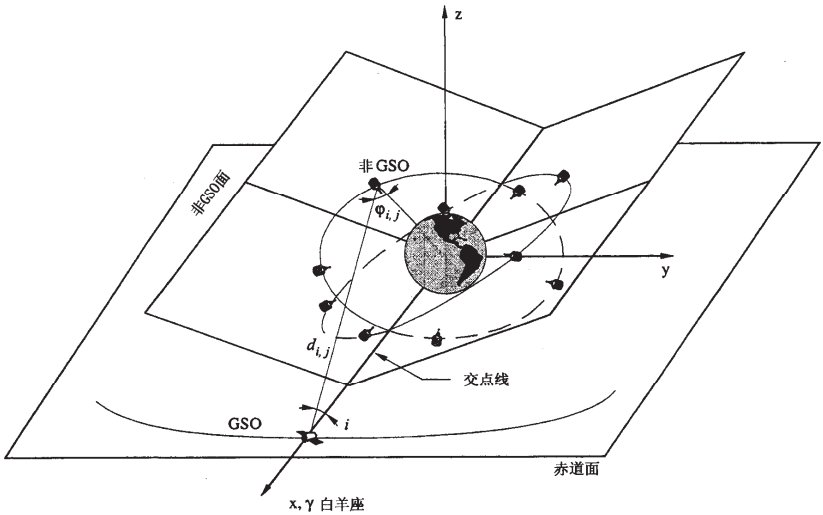
为了计算一个非对地静止轨道卫星（非 GSO）网络在 GSO 的单个测试位置上产生的累积 pfd，需要建立整个非 GSO 星座的计算机模型和在 CSO 上的一个测试位置。

注意到在通常情形中，基本上一颗 GSO 卫星将以约 T_{GSO}=24 小时的周期沿对地静止轨道运动而一颗非 GSO 卫星的轨道周期（$T_{非GSO}$）将不一定是 T_{GSO} 的约数，可能需要全面、费时的统计仿真来评估将导致在 GSO 位置上产生最大 pfd 电平的最差情形。

一种简单且很不费时的仿真能被用来评估任何 GSO 位置上的最大 pfd。不是考虑一颗实际的沿轨道运动的 GSO 卫星，而是考虑在 GSO 上的一个固定测试位置，其轨道位置是相对于一个 Oxyz 笛卡尔参照系（见图 1）而不是相对于旋转的地球参照系固定的。在此条件下，既然非 GSO 卫星有一个轨道周期 $T_{非GSO}$，这意味着从固定的 GSO 测试位置看（见图 1），非 GSO 卫星的位置在每个轨道周期 $T_{非GSO}$ 内将至少重复一次。此外，在非GSO卫星均匀分布在每个轨道面上的情况中，非GSO卫星的相同几何配置将以一个等于 $T_{非GSO}/N_s$（其中 N_s 是均匀分布在一个轨道面上的非 GSO 卫星的数目）的周期重复。根据这些基本的考虑，GSO 测试位置上的累积 pfd 电平（对能见的非 GSO 卫星累计）将具有在此周期内重复的值。

图 1

计算 的 非 星座几何：ΔΩ °



1256-01

累积 pfd 能以每个时间步长计算，并且对于选定的 GSO 测试位置在从 T_0 到 $T_0 + T_{非GSO}/N_s$ 的模拟时间内能导出一个最大的累积 pfd。

对于图 1 中特定的 GSO 测试位置得到的值不一定是最大 pfd 电平。为了找到最高可能的最大累积 pfd 电平，必须通过增加 GSO 测试位置与非 GSO 交点线之间的夹角ΔΩ（见图 2）来对其他 GSO 测试位置重复相同的步骤。此第二次迭代是对 0°和$\Delta\Omega_{max} = 360^\circ/N_p$之间的ΔΩ 的角度进行的，其中 N_p 是非 GSO 卫星轨道面的数目。在 N_p 是偶数的情况下（如每个 LEO-F 和 LEO-D）$\Delta\Omega_{max} = 180^\circ/N_p$。

此方法也适用于不符合前述轨道要求的任何非 GSO 星座（如不均匀的卫星分布、椭圆轨道）。在这些情形中，时间仿真将以一个等于星座构造的最小可重复性周期的时间间隔来执行，在许多情形中，此时间间隔等于星座周期 $T_{非GSO}$。

§2 报导了获得一个给定的非 GSO 网络在 GSO 的一个给定测试位置上产生的累积 pfd 电平所需的所有基本方程式，并且图 3 给出了这里所描述的方法的软件实现的流程图。

图 2

计算 的 非 星座几何：$\Delta\Omega \neq 0°$

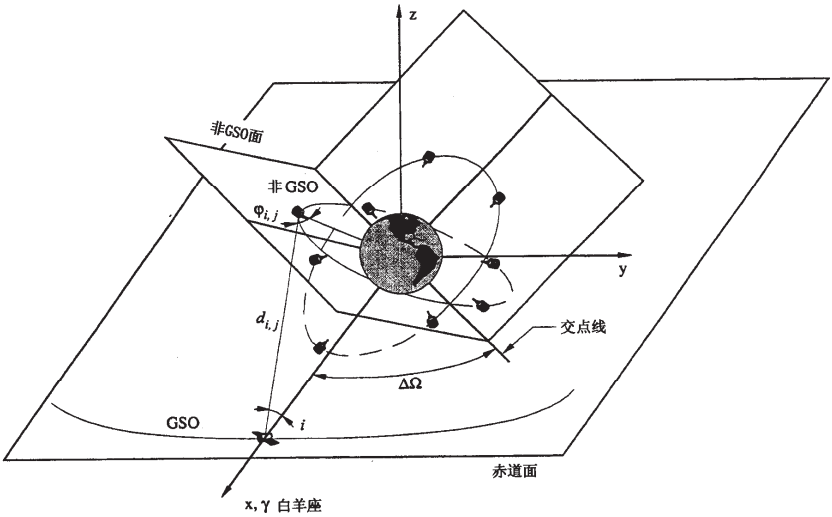
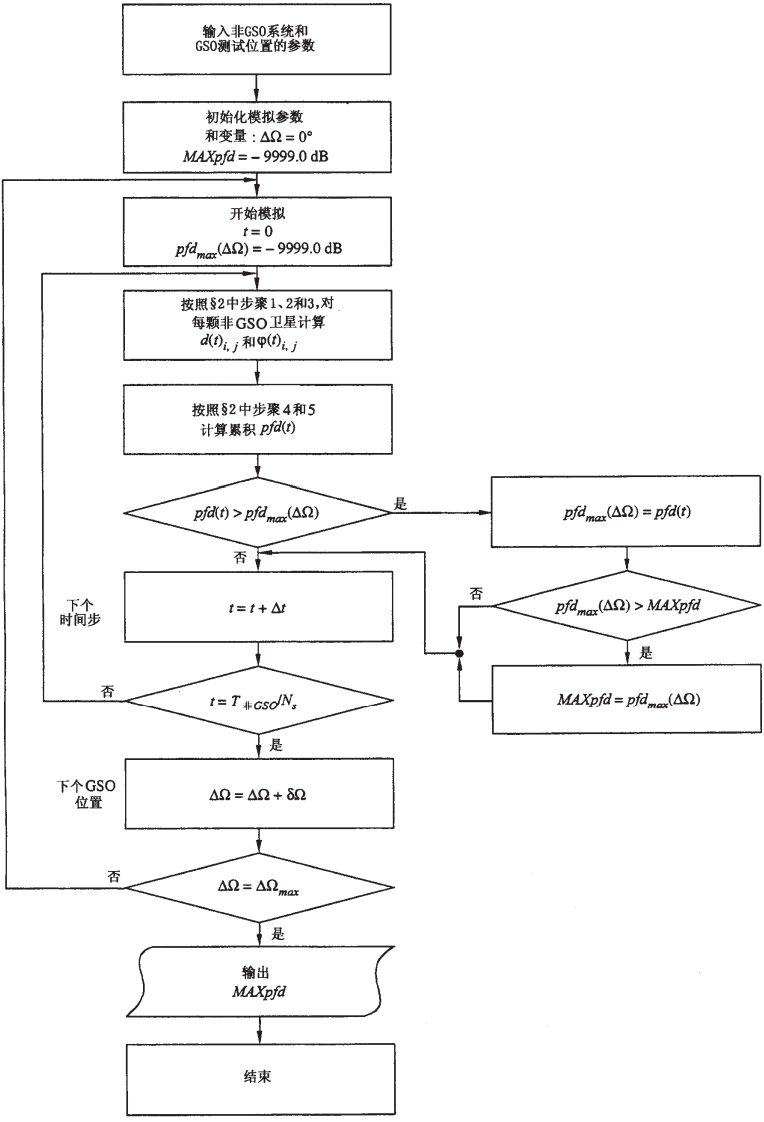


图 3

方法流程图

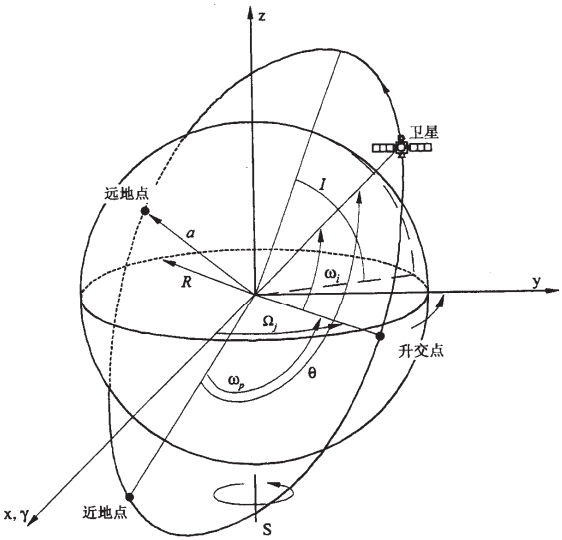

输入非GSO系统和GSO测试位置的参数
初始化模拟参数和变量：ΔΩ = 0°
MAXpfd = – 9999.0 dB
开始模拟
t = 0
pfd_max(ΔΩ) = – 9999.0 dB
按照§2中步骤1、2和3，对每颗非GSO卫星计算 d(t)_i, j 和 φ(t)_i, j
按照§2中步骤4和5计算累积 pfd(t)
pfd(t) > pfd_max(ΔΩ)
是
pfd_max(ΔΩ) = pfd(t)
否
下个时间步
t = t + Δt
否
pfd_max(ΔΩ) > MAXpfd
是
MAXpfd = pfd_max(ΔΩ)
否
t = T_GSO/N_s
是
下个GSO位置
ΔΩ = ΔΩ + δΩ
否
ΔΩ = ΔΩ_max
是
输出 MAXpfd
结束
1256-03

基本模拟步骤

第 1 步： 非 GSO 卫星的轨道位置

图 4

非 轨道和参照系



1256-04

图 4 指出了在任意时刻完整估计任何非 GSO 卫星在其轨道上的位置所需的各种参数。这些参数参考自第 46 号决议（WRC-95 修订版）附件 1 的§A.3 vii）：

a： 半长轴，圆轨道情形中半长轴是固定的且等于轨道半径

I： 相对于赤道面的轨道倾角

Ω_j： 第 j 个轨道面的升交点的赤经，在赤道面内从春分点至卫星南北跨越赤道面的点的方向进行逆时针测量（$0° \le \Omega_j < 360°$）

ω_p：近地点幅角，对于圆轨道，近地点等于远地点，因而ω_p能赋予 0°

ω_i：第 i 颗卫星在基准时间 $t = 0$ 时在其轨道面内的初始相位角，从升交点进行测量（$0° \le \omega_i < 360°$）

θ： 卫星的真近点角。

对于使用圆轨道的非 GSO 卫星的一个星座，a 和 I 是固定的，并且 ω_p 等于零，因而每颗卫星的位置的变化将由Ω和θ来定义。

对于一条圆轨道，卫星的角速度是固定的，于是一颗卫星的角位置等于其真近点角，且由下式给出：

$$\theta(t)_{i,j} = \frac{360^\circ}{T}\ t + \omega_{i,j} \tag{1}$$

式中 $i = 1$ 到 N_s 并且 $j = 1$ 到 N_p 其中 N_s 是每个轨道面内卫星的数目，N_p 是轨道面的数目，T 是由下式给出的以秒计的轨道周期：

$$T = 2\pi\ \sqrt{a^3/\mu} \tag{2}$$

其中μ是地心重力常数，等于 3.986 E14（m^3s^{-2}）。

不同的Ω_j值将决定于星座的几何关系并且以第 46 号决议（WRC-95 修订版）附件 1 的 A.3 vii）中得到的要素集来给出。相同的原则适用于$\omega_{i,j}$的值。

如果对于每颗卫星知道其真近点角$\theta_{i,j}(t)$和升交点的赤经Ω_j，则其地心坐标由下式给出：

$$x(t)_{i,j} = a\left[\cos\Omega_j\ \cos\theta(t)_{i,j} - \cos I\ \sin\Omega_j\ \sin\theta(t)_{i,j}\right] \tag{3}$$

$$y(t)_{i,j} = a\left[\sin\Omega_j\ \cos\theta(t)_{i,j} + \cos I\ \cos\Omega_j\ \sin\theta(t)_{i,j}\right] \tag{4}$$

$$z(t)_{i,j} = a\left[\sin I\ \sin\theta(t)_{i,j}\right] \tag{5}$$

GSO 测试位置相对于非 GSO 星座交点线的位置由$\Delta\Omega$决定(见§1)。因而在方程式(3)、(4)和(5)中$\Omega_j = \Omega_{j,0} + \Delta\Omega$，其中$\Delta\Omega$范围为 0 到$\Delta\Omega_{max}$(见§1)，并且对于$\Delta\Omega$=0 有$\Omega_{j,0}$=$\Omega_j$。

第 2 步：非 GSO 卫星与 GSO 上测试位置之间的距离 x_{GSO}，y_{GSO} 和 z_{GSO} 是 GSO 测试位置的地心坐标，被表示为：

$$x_{GSO} = a_{GSO} \cdot \cos I_{GSO} \tag{6}$$

$$y_{GSO} = 0 \tag{7}$$

$$z_{GSO} = a_{GSO} \cdot \sin I_{GSO} \tag{8}$$

其中：

a_{GSO}： 对地静止轨道的半长轴（42 164 km）

I_{GSO}： 对地静止轨道的倾角（$-5^\circ \le I_{GSO} \le 5^\circ$）。

由于在方程式（3）、（4）和（5）中通过增加偏移量$\Delta\Omega$较容易改变Ω_j，这些方程式在模拟过程中保持不变。

一颗非 GSO 卫星与 GSO 测试位置之间的距离就能用毕达哥拉斯定理计算：

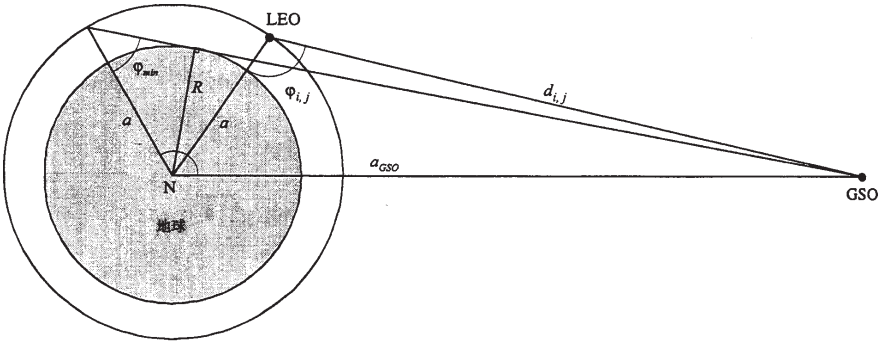
$$d(t)_{i,j} = \sqrt{\left(x_{GSO} - x(t)_{i,j}\right)^2 + y(t)_{i,j}^2 + \left(z_{GSO} - z(t)_{i,j}\right)^2} \tag{9}$$

第 3 步：到 GSO 测试位置的非 GSO 天线轴外角的计算

图 5 给出了以二维图表示的相对于 GSO 上测试位置的非 GSO 卫星轴外角的几何关系。

图 5

$\varphi_{i,j}$ 的计算



1256-05

非 GSO 天线轴外角能使用卡诺定理（也称“余弦”定理）来确定：

$$\varphi(t)_{i,j} = \arccos\left(\frac{a^2 + d(t)_{i,j}^2 - a_{GSO}^2}{2\,a\,d(t)_{i,j}}\right) \quad (10)$$

第 4 步：指向 GSO 上测试位置的非 GSO 轴外天线增益的计算

根据方程式（10）中计算得到的轴外角，对于每颗能见卫星计算轴外天线增益 G（$\varphi(t)_{i,j}$）是可能的。然而，正如图 5 中所看到的，只有在$\varphi(t)_{i,j}$高于下式给出的最小值时这才是必要的：

$$\varphi_{min} = \arcsin\left(R/a\right) \quad (11)$$

第 5 步：指向 GSO 测试位置的累积 pfd 电平的计算

累积 pfd 电平能被表示为：

$$pfd(t) = \frac{P_{peak,4\,kHz}}{4\pi} \sum_{i\cdot j=1至N(t)_v} \frac{G(\varphi(t)_{i,j})}{d(t)_{i,j}^2} \text{ 对于} \varphi(t)_{i,j} \geq \varphi_{min} \quad (12)$$

其中：

$P_{峰值,4\,kHz}$：　在非 GSO 卫星天线输入端的最差 4 kHz 频带内的峰值功率，假定对于所有非 GSO 卫星是固定的和相同的

$N(t)_v$：　在时刻 t 从 GSO 测试位置观察到的能见的非 GSO 卫星的数目。

3 总的模拟步长数和模拟步进量

需要两种模拟步长来计算一个非 GSO 网络指向 GSO 的最大累积 pfd，时间步长Δt 和赤经步长$\delta\Omega$。

由于没有直接的来自非 GSO 卫星的成一直线的干扰（无论它们使用等通量低增益天线或者干扰来自发射天线的旁瓣），各种模拟（对于 LEO-D 和 LEO-F）显示一个不超过 0.5。的角步长对于得到有效结果是足够了。因而计算步长将是

$$\Delta t = \frac{T\,(\mathrm{s}) \times 0.5^\circ}{360^\circ}$$

$$\delta\Omega = 0.5^\circ$$

对于每个 GSO 测试位置的总模拟时间和 GSO 测量位置的总数目在§1 中给出。

ITU-R RS.1260-1 建议书*

星载有源遥感器与其他无线电业务共用 420-470 MHz 频段的可能性

（ITU-R 218/7 号研究课题）

（1997-2003 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 合成孔径雷达（SAR）能够测量土壤湿度、森林生物量，能够检测深埋地下的诸如断层、裂缝、向斜和背斜的地质结构， 还能够测绘南极冰带的厚度，以及干旱、半干旱地区的地质水文特性；

b） 安装在航空器上的实验合成孔径雷达已经显示出其进行这些测量的潜力；

c） 这些星载合成孔径雷达必须工作在 500 MHz 以下，才能够穿透世界各地茂密的植被和地表；

d） 1992 年里约热内卢联合国环境和发展大会（UNCED）强调了监测森林的必要性；

e） 为了满足卫星地球探测业务(有源)的要求，第 727 号决议(WRC-2000 修订版)寻求在 420-470 MHz 频率范围内为卫星地球探测业务（有源）提供最多 6 MHz 带宽的频谱；

f） 目前 420-470 MHz 频段划分了无线电定位业务、固定业务、业余业务、空间操作业务和移动业务；

g） 在业余业务中，弱信号操作（包括地—月—地）工作的中心频率在 432 MHz 附近，卫星业余业务（包括上行链路和下行链路）的工作频率在 435-438 MHz 频段内；

* 注：以下主管部门 — 沙特阿拉伯、吉布提、埃及、阿拉伯联合酋长国、约旦、科威特、摩洛哥、毛利塔尼亚、阿拉伯叙利亚共和国、突尼斯和也门 — 反对批准本建议书。更多细节请参考有关的 RA-03 摘要纪录。

h） 这些频段的使用构成还包括：

— 风廓线雷达一般使用 440-450 MHz 频段，一旦风廓线雷达同其他的应用不兼容时，使用 420-435 MHz 和 438-440 MHz 频段（第 217 号决议（WRC-97））；

— 运载火箭接受安全自毁指令的接收机，工作在 449.75-450.25 MHz 的频段内（《无线电规则》第 5.286 款），在美国和巴西其工作在 421.0、425.0、427.0、440.0 和 445.0 MHz 频率附近，在 2 区的法国海外省和在印度，其工作在 433.75-434.25 MHz 的频段内 （《无线电规则》第 5.281 款》；

j） 某些星载合成孔径雷达产生在地球表面的功率通量密度值会超过为保护划分在该频段内的固定业务和陆地移动业务所允许的功率通量密度值；

k） 由于会对星载有源遥感器产生干扰，星载有源遥感器与风廓线雷达共用同一频段是不大可能的；

l） 通过有效的技术和操作手段（参照本建议书附件 1 中的定义），合成孔径雷达和业余业务 （在 1 区为主要业务，在 2 区和 3 区为次要业务，但《无线电规则》第 5.278 款指明的除外） 可以在 430-440 MHz 频段内共用；

m） 另外，《无线电规则》第 5.274、5.275、5.276、5.277、5.27、5.281 和 5.283 款列出了 430-440MHz 内的部分频段以主要业务的地位用于固定、移动通信、空间操作和/或者业余业务的国家；

n） 一些共用研究显示，某些被提议用于卫星地球探测业务（EESS）的合成孔径雷达能够与部分发射方式（例如 FM 和时分多址（TDMA））业余无线电业务共用同一频段，但是对于连续波形和单边带操作方式的业余无线电业务来说，要实现共用非常困难；

o） ITU-R M.1462 建议书中包含了工作在 420-450 MHz 频段内的无线电定位业务雷达（机载、船载和空中目标跟踪）的技术和操作性以及保护标准；

p） 在 420-450 MHz 频段内，如果星载合成孔径雷达在地面雷达的视线内（也就是在雷达的可见地平线之上），会给地面空中目标跟踪雷达造成潜在的不可接受的干扰；

q） 某些星载合成孔径雷达会被地面空中目标跟踪雷达跟踪，导致在星载合成孔径雷达处合成的无用接收功率电平达到其最大的功率处理容量值；

r） 某些星载合成孔径雷达会对工作在 420-450 MHz 频段内的机载和船载雷达造成潜在的不可接受的干扰，干扰的可能性和严重性高度取决于合成孔径雷达的特性；

s） 即使是很短的持续时间，合成孔径雷达对运载火箭接受安全自毁指令的接收机造成的任何有害干扰都会危及生命和财产的安全；

t） 卫星地球探测业务 EESS（有源）工作在较低频率时传感器实现复杂，很少有这种平台同时工作在轨道上。

建议

1 在 420-470 MHz 频段内，现有的星载有源遥感器如果工作在业余业务、卫星业余业务、固定业务、无线电定位、空间操作、移动业务和卫星移动业务所使用的频段，应遵守本建议书附件 1 中的技术和操作限制条件；

2 对于工作频率在 420-450 MHz 之间的现有星载有源遥感器，除非为了确认符合受影响的主管部门之间达成的协议而逐例进行了深入分析，考虑了雷达接收机在处理无用合成孔径雷达信号时的影响，并且尽可能进行了现场测试，否则不应在表 2 所列地面空中目标跟踪雷达的视线内投入工作；

3 工作在 420-450 MHz 频段内星载合成孔径雷达应被设计为可以承受被地面空中目标跟踪雷达跟踪时产生的无用信号功率电平；

4 在 420-432 MHz 和 438-450 MHz 频段内，为保证星载合成孔径雷达和风廓线雷达能正常工作，两者在频率和空间上都应保持相当的间隔；

5 星载有源传感器的频段是通过这样一种方法选出的，就是不能与考虑到 h）中所列出的运载火箭接受安全自毁指令接收频段相重叠；

6 如果建议 5 难以实施，工作在已划分给运载运载火箭接受安全自毁指令接收频段的频率范围内的星载有源传感器，在距运载火箭指令使用地点的特定距离内是不能进行操作的，以避免来自星载有源传感器的干扰进入运载火箭接收机。

附 件 1

工作在 420-470 MHz 频段内卫星地球探测业务（有源）的技术和操作限制条件

为了保护工作在现有业务中无线电台（站），在 420-470 MHz 频段内的卫星地球探测业务（EESS）（有源）所用的合成孔径雷达的发射应该满足本附件中的技术和操作限制条件。

下面的限制条件以 ITU-R 的研究为基础。附件 2 则提供了星载有源遥感器和其他无线电业务在 420-470 MHz 频段内共用可行性的资料。

1 技术要求

表 1

在 420-470 MHz 频段内 EESS(有源)仪器的技术限制条件

参 数	值
天线主瓣方向在地表的功率通量密度峰值	–140 dB（W/（$m^2 \cdot Hz$））
天线主瓣方向在地表的最大平均功率通量密度	–150 dB（W/（$m^2 \cdot Hz$））
天线第一旁瓣方向在地表的最大平均功率通量密度	–170 dB（W/（$m^2 \cdot Hz$））

2 操作限制条件

对于工作在 420-450 MHz 频段内的 EESS（有源），除非为了确认兼容性进行了深入分析，考虑了雷达接收机在处理无用合成孔径雷达信号时的影响，并且尽可能进行了现场测试，否则不应在表 2 所列地面空中目标跟踪雷达视线内发射信号。

由于上面的限制条件，设计 EESS（有源）仪器时，在国际电联的规则或者国家规则不允许其工作的地理地区或国家，应能实现程序关闭所有的射频发射。

EESS（有源）仪器的工作性能应该是以探测活动为导向的，目标指向特定的地理区域，并应将仪器的有源发射时间限制为探测目标所需的最短时间。因此，由仪器实施的测量不需该仪器连续工作，可以预计对同一地区的连续测量会间隔几个月。

在探测活动方式下的操作的占空因数最大为 15%（通常为 10%）。而在其他模式下，传感器将会被关闭。

图 1

550 km 轨道上合成孔径雷达在地面空中目标跟踪雷达周围禁入区举例

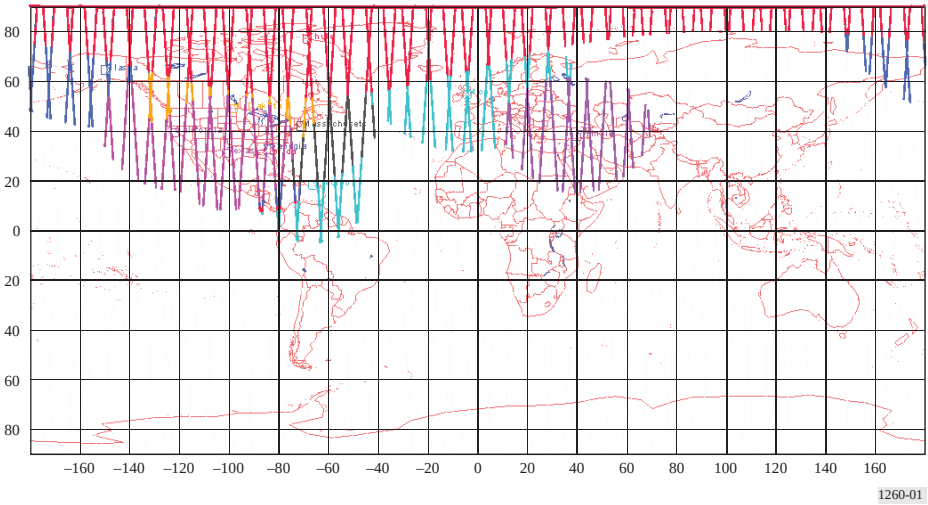


表 2

工作在 430-440 MHz 频段的空中目标跟踪雷达

雷 达 位 置	纬　　度	经　　度
马萨诸塞（美国）	北纬 41.8º	西经 70.5º
德克萨斯（美国）	北纬 31.0º	西经 100.6º
加利福尼亚（美国）	北纬 39.1º	西经 121.5º
佐治亚（美国）	北纬 32.6º	西经 83.6º
佛罗里达（美国）	北纬 30.6º	西经 86.2º
北达科他（美国）	北纬 48.7º	西经 97.9º
阿拉斯加（美国）	北纬 64.3º	西经 149.2º
图勒（格陵兰岛）	北纬 76.6º	西经 68.3º
Fylingdales Moor （英国）	北纬 54.5º	西经 0.4º
皮林奇利克（土耳其）	北纬 37.9º	东经 40.0º

3 在 420-470 MHz 频段内现有无线电业务的保护标准

本节中涉及的保护标准并非全部都包括在ITU-R建议书内。其中有些保护标准源自ITU-R的研究报告。表3反映的是本建议书形成期间能够获得的资料。

应注意，今后描述任何给定业务保护标准的任何建议书，应在表中列出的源自ITU-R研究报告的数值之前优先考虑。

表 3

420-470 MHz 范围内无线电业务的保护标准

频段范围 (MHz)	ITU-R 业务	第 4 和 5 栏标准所应用的地理地区	超越标准的最大时间百分比(1)	接收电台的干扰标准	来　源
430-440	业余	考虑到 l）中规定区域的地面业余无线电台的视距范围内	1%	pfd = −204 dB（W/（m^2 · Hz））(2)	ITU-R 研究报告
435-438	卫星业余	考虑到 l）中规定区域的业余卫星地球站的视距范围内	1%	pfd = −197 dB（W/（m^2 · Hz））	ITU-R 研究报告
435-438	卫星业余	业余空间电台接收机的视距范围内	1%	pfd = −187 dB（W/（m^2 · Hz））	ITU-R 研究报告
420-470 (3)	固定	包括考虑到 m）中规定区域的电台在内的固定业务电台的视距范围内	不可用	$(I/N)_{MEAN}$ = −20 dB（等效于 1%性能损失）	ITU-R F.758 和 ITU-R F.1108 建议书
420-432 和 438-450	无线电定位	风廓线雷达的视距范围内	(4)	$(I/N)_{PEAK}$ = −6 dB	ITU-R M.1462 建议书
420-450	空间操作	考虑到 m）中规定区域的运载火箭接受安全自毁指令接收机的视距范围内	需要频率或空间的隔离		ITU-R 研究报告

表 3（完）

频率范围 (MHz)	ITU-R 业务	第 4 和 5 栏标准所应用的地理地区	超越标准的最大时间百分比(1)	接收电台的干扰标准	来　源
420-450	无线电定位	地面空中目标跟踪雷达的视距范围内（5）	（4）	$(I/N)_{PEAK}$ = −6 dB	ITU-R M.1462 建议书
420-450	无线电定位	船载雷达的视距内	（4）	$(I/N)_{PEAK}$ = −6 dB	ITU-R M.1462 建议书
420-450	无线电定位	机载雷达的视距内	（4）	$(I/N)_{PEAK}$ = −6 dB	ITU-R M.1462 建议书
420-470（3）	移动通信	考虑到 m）中规定区域的移动电台的视距内	0.1%	pfd = −204 dB（W/（m^2 · Hz））（2）	ITU-R 研究报告

（1） 应考虑工作在频率范围内的所有有源合成孔径雷达。

（2） 在 430-440 MHz 频段内规定的最大集总功率通量密度是基于业余无线电接收天线平均旁瓣所接收到的最大允许干扰电平的。

（3） 只有脚注内的一些国家才将 430-440 MHz 频率范围划分给固定和移动业务。

（4） ITU-R M.1462 建议书中的标准是基于保护无线电定位系统免受类似于噪声的干扰。通过使用信号处理技术将无用脉冲发射滤除，即使干扰电平大于 ITU-R M.146 建议书中的值，无线电定位系统和星载有源遥感器也可能在该频段内共用。ITU-R M.1372 建议书对一些此类干扰抑制技术做了描述。

（5） 工作频率在 420-450 MHz 之间的卫星地球探测业务（有源），除非为了确认符合受影响的主管部门之间达成的协议而逐例进行了深入分析，考虑了雷达接收机在处理无用合成孔径雷达信号时的影响，并且尽可能进行了现场测试，否则不应在表 2 所列地面空中目标跟踪雷达的视距范围内投入工作。

附　件　2

干扰的评估和减缓的方法

1　引言

本附件中介绍的方法可以对在共用频段的情况下，工作在 420-470 MHz 频段内的其他业务是否会因接收到星载有源遥感器的无用信号而导致工做出现问题做出估计。另外本附件中的很多内容摘自 ITU-R SA.1280 建议书《为减缓对工作在 1-10 GHz 频段内地面雷达的潜在干扰星载有源遥感器发射特性的选择》的附件 1。这些计算强调了为改善共用状况可以选择的若干传感器参数。

2 对其他业务的干扰计算

其他业务接收到的来自星载有源遥感器的平均干扰信号的功率通量密度 I_{pfd}（dB（W/（m^2 · Hz））和平均干扰信号功率电平 I（dBW），可由下式计算得到：

$$I_{pfd} = 10 \log P_t + 10 \log (\tau\, PRF) + G_t - (130.99 + 20 \log R + 10 \log B) + OTR - PG \quad (1a)$$

$$I = 10 \log P_t + 10 \log (\tau\, PRF) + G_t + G_r - (32.44 + 20 \log (f\, R)) + OTR - PG \quad (1b)$$

式中：

P_t: 星载有源遥感器峰值发射功率（W）

τ: 星载有源遥感器脉冲宽度（s）

PRF: 星载有源遥感器脉冲重复频率（Hz）

G_t: 星载有源遥感器相对于其他业务方向上的天线增益（dBi）

R: 传感器和雷达的斜线距离（km）

B: 传感器带宽（MHz）

OTR: 接收机调谐抑制度（dB）

PG: 处理增益（dB）， 由于接收机的信号处理对干扰信号的抑制度（如未知就假设为 0）

f: 频率（MHz）。

方程（1a）可计算得到平均干扰信号的功率通量密度，（1b）则能计算平均干扰信号的功率电平。只有在能够确定情况适当时才使用平均干扰信号功率电平。例如，雷达对接收信号做快速傅里叶变换（FFT）通过大量的二进制处理会将不同的脉冲信号均衡，以得到平均干扰信号电平。带内抑制项可由下面计算得到：

$$OTR = 10 \log (B_r / B_t) \quad \text{如 } B_r \le B_t \quad (2a)$$

$$= 0 \quad \text{如 } B_r > B_t \quad (2b)$$

式中：

B_r: 接收机带宽

B_t: 干扰信号发射带宽

如果干扰信号峰值更起作用，那么方程（1）的第 2 项应该去掉，而带内抑制项可由下式计算得到:

没有频率调制的输入脉冲：

$$OTR = 20 \log (B_r \tau) \quad \text{如 } B_r \tau < 1 \quad (3a)$$

$$= 0 \quad \text{如 } B_r \tau > 1 \quad (3b)$$

频率调制后的输入脉冲：

$$OTR = 10 \log\left(\frac{B_r^2 \tau}{B_c}\right) \quad \text{如} \quad \frac{B_r^2 \tau}{B_c} < 1 \tag{4a}$$

$$= 0 \quad \text{如} \quad \frac{B_r^2 \tau}{B_c} > 1 \tag{4b}$$

式中：

B_r：其他业务使用接收机的中频段宽

B_c：星载有源遥感器的线性带宽

τ：传感器脉冲宽度

3 其他业务的干扰标准

表 1 列出了其他业务的特定系统的特定标准，是以接收站处的最大总功率通量密度限值（dB（W/（m^2 • Hz））和超越此限值的最大时间百分比来讲的。另外有些例子可以采用下面介绍的不同标准。

3.1 无线电定位业务中的警戒雷达

假设警戒雷达接收信噪比在长于单次扫描时间时（按 10 秒计算）的恶化不会超过 0.5 dB。这等效于接收机中频部分干扰噪声功率比 *I*/*N* 为－9 dB。那么对于警戒雷达，其更关注的是平均干扰信号的功率电平。

3.2 无线电定位业务中的跟踪雷达

跟踪雷达经常使用“距离闸”来阻止特定距离目标外的回波。因此在确定跟踪雷达对干扰脉冲序列敏感度的一个重要考虑是与距离闸重合的干扰脉冲分量。而干扰脉冲与距离闸的重合度取决于有用信号的 PRF 和干扰信号的 PRF 是否整数倍相关（是为情况 1，否为情况 2），重合脉冲分量可以从下面的式子中得到：

$$f_c = \frac{GCF(PRF_i, PRF_g)}{PRF_g} \quad \text{情况 1} \tag{5a}$$

$$f_c = PRF_i(\tau_g + \tau_i) \quad \text{情况 2} \tag{5b}$$

式中：

PRF_i：干扰 PRF

PRF_g：门 PRF

$GCF(PRF_i, PRF)_g$：PRF_i 和 PRF_g 的最大公因子

τ_i：干扰脉冲宽度

τ_g：闸宽

注意当$\tau_i > \tau_g$而且有用信号的 PRF 和干扰信号的 PRF 不是以整数倍相关（情况 2），f_c近似等于干扰脉冲的工作周期。这种情况被视为典型情况，可以用来确定跟踪雷达的恶化门限。

为了得到关心目标的高精度位置信息，跟踪雷达可以使用主波束很窄的高增益天线。伺服系统是由天线瞄准目标时的角度误差所产生的误差信号来驱动的，因此此系统可以使天线的主波束始终对准目标。干扰信号进入雷达则会增加偏差。

跟踪雷达的恶化门限可以表示成干扰脉冲重合分量 f_c 和中频输出信扰比 S/I 的函数：

$$f_c = \frac{a^2 - 1}{\dfrac{90 B_r \tau}{(S/I - 1)} - 1} \qquad \text{对于 } S/I > 1 \qquad (6a)$$

$$f_c = \frac{a^2 - 1}{\dfrac{90 B_r \tau}{(S/I - 1)} - 1} \qquad \text{对于 } S/I < 1 \qquad (6b)$$

式中：

a： 总跟踪误差及由干扰导致的恶化的因数（例如，由于干扰的存在，$a = 1.1$ 允许增加 0.1%或 10%）

B_r： 雷达中频滤波器的 3 dB 带宽

τ： 目标脉冲的长度 （对跟踪雷达来说，$B_r \tau \cong 1$）

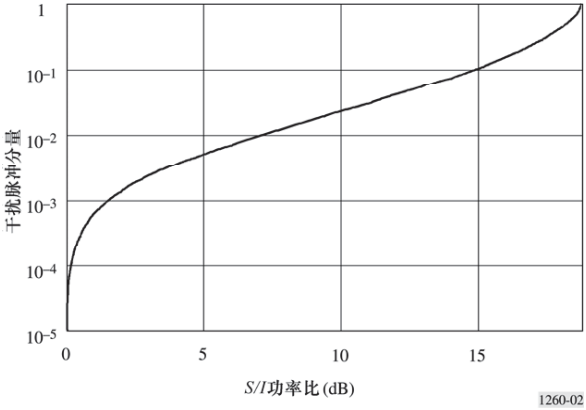
S/I： 雷达中频输出信噪比 S/I（dB）。

图 2 是脉冲重合分量与雷达中频输出的信噪比 S/I 关系的图表，允许由干扰引起的 10%的跟踪误差的增长。脉冲重合分量近似等于传感器工作周期（6%），因此 13 dB 的信噪比对应于 10%的跟踪误差。假设信噪比 S/I 必须在超过 3 秒的时间内≥ 13 dB。由于干扰标准是基于干扰脉冲与距离闸重合所形成的，因此这一标准必须以干扰信号峰值功率为指标。

图 2

雷达信噪比与脉冲重合分量的函数关系

(10%的跟踪误差增长)



4 举例分析星载有源遥感器对其他业务的干扰

4.1 技术特性

4.1.1 星载有源遥感器

表 4 给出的具有代表性的在后面分析中会用到的星载有源遥感器技术特性。

表 4

星载合成孔径雷达 1（SAR1）的特性

参　数	值
轨道高度（千米）	750
轨道倾斜角（度）	98.4
峰值射频发射功率（瓦）	400
平均射频发射功率（瓦）	4.4
脉冲宽度（微秒）	50
PRF（赫兹）	2200
脉冲调制	线性调频
脉冲带宽（MHz）	4.8
天线峰值增益（dB）	27.9
天线方向角（度）	37（相对于天顶角）
天线第 1 旁瓣（dB）	–17.6（相对于峰值）
天线第 5 旁瓣 （dB）	–34（相对于峰值）

4.1.2 机载雷达

ITU-R M.1462 建议书描述了工作在 420-450 MHz 频段的雷达特性和保护标准。通过前面的分析，可以得出这样的结论：星载有源遥感器在技术上与高灵敏度地面空中目标跟踪雷达不能兼容。

通过计算机仿真可以分析星载合成孔径雷达和机载雷达在这一频段是否兼容。与此类似，可以得到船载雷达与空间雷达的兼容性结论。本建议书的草稿修订版本列出了带宽为 1 MHz，增益为 22 dBi 的平面阵列天线的机载雷达。为了便于分析，假设天线是从 0º 仰角的方位上开始扫描的。此类雷达的保护标准是干扰噪声功率比不超过–6 dB。

4.2 分析方法和结论

4.2.1 计算机仿真

4.2.1.1 处理增益

星载合成孔径雷达对无线电定位业务的潜在干扰分析假设没有增益处理（也就是说，能够通过接收机的信号处理抑制干扰）。对于无线电定位系统来说，检查接收机对脉冲干扰信号（如来自合成孔径雷达的信号）的潜在响应是合适的。

雷达抗脉冲干扰信号的技术细节通常是不公布的。然而，许多现代的雷达接收机，特别是那些需要在非常混乱环境里执行警戒任务的，它们能从混乱的背景中通过数字多普勒处理来解析目标。对脉冲干扰信号进行傅里叶变换其效果相当于通过邻近的区域/多普勒二进制处理将脉冲峰值功率均衡，从而产生干扰功率均化的效果。

4.2.1.2 雷达干扰标准

I/N = –6 dB 是 ITU-R M.1462 建议书中规定的机载雷达保护标准。干扰功率在任何时刻和持续时间内都不能超过这个值。特别是对于那些分析中用到的警戒雷达如机载雷达，即使在允许的时间百分数内干扰功率超过该值也是不能使用此概念的。可以将数据丢失或者容许目标丢失的概念应用于通信链路或传感器系统，但目标检测（基本和关键的雷达系统功能）在时间上是实时的，长期的丢失目标关系不大。

一个被用在 ITU-R 中很多类似的分析方法，就是检验仿真结果，此方法假设警戒雷达在超过单个天线扫描周期的时段内性能不会下降。这意味着，在其他方式下可以成功完成探测的第一个扫描周期内，目标可能不会被发现。在此分析中，机载雷达的天线旋转时间以 10 s 为一周期。这样的话，对超过 10 s 时干

扰与噪声比不应大于–6 dB（基于此假设，在没有干扰的情况下，一个运动速度为 800 km/h 的物体在探测到之后又移动了大约 2 km 是应该发生的，这种假设是否能被接受取决于具体的情况）。由检验仿真结果（用到达雷达的干扰信号峰值和平均功率）可知，星载合成孔径雷达和机载雷达很难在此频段内共用。

4.2.1.3 计算机仿真结果

使用合成孔径雷达 1 模型（见表 5）进行仿真。表 6 给出了在预期的星载合成孔径雷达 1 对无线电定位业务系统的干扰环境下计算机仿真结果。所有的仿真都是以 2 秒的时间步进 60 天的周期进行的。请注意对应于干扰发生的时间百分比的两种结果也在表 6 中给出。

第一个是在一个或多个合成孔径雷达处于地球站视距内（比如，高于地平线）的情况下超出干扰标准的时间百分比；第二个是整个仿真周期内超出干扰标准的时间百分比（比如，包含合成孔径雷达不在某些地球站直视范围内的时间）。

表 5

P 频段合成孔径雷达 1 主瓣和旁瓣在地表产生的峰值/平均功率通量密度干扰值

参　　数	值	dB
发射功率（瓦）	400.00	26.02
天线主瓣峰值增益（dBi）	27.90	27.90
天线旁瓣功率（dBi）	–6.10	–6.10
1/（4π）	7.96×10^{-2}	–10.99
1/（距离）^{2}（km）	972.80	–119.76
1/带宽（MHz）	1/4.80	–66.81
脉冲宽度（μs）	50	
PRF（Hz）	2 200	
主瓣峰值功率密度（dBW）		–75.86
旁瓣峰值功率密度（dBW）		–109.86
主瓣峰值功率通量密度（dB（W/（$m^2 \cdot$ Hz）））		–143.6
主瓣平均功率通量密度（dB（W/（$m^2 \cdot$ Hz）））		–153.2
旁瓣峰值功率通量密度（dB（W/（$m^2 \cdot$ Hz）））		–177.6
旁瓣平均功率通量密度（dB（W/（$m^2 \cdot$ Hz）））		–187.2

表 6

计算机仿真结果

接收机	标准	合成孔径雷达 1
机载雷达	最恶劣的 *I*/*N*（dB）	36.2
	平均 *I*/*N*（dB）	–4.4
	I/*N* > –6 dB 的时间百分比（%） （合成孔径雷达可见）%	12.0
	I/*N* > –6 dB 的时间百分比（%） （所有探测时间）%	0.6
	最长时间 *I*/*N* > –6 dB 的（分）	4.8
	平均时间 *I*/*N* > –6 dB（秒）	7.3
	I/*N* > –6 dB 次数（次）	3 823

5 此方法的使用步骤

在星载有源遥感器的设计阶段，其平均功率通量密度就应该得到验证。为了改善和其他业务之间的共用状况，方程（1）到（4）可被检验以决定在星载有源遥感器的设计阶段可潜在被调整的参数。除此之外，发射功率、天线增益（特别是旁瓣指标）、脉冲宽度、重复频率和线性带宽都是需要进行调整候选参数。

在分析星载有源遥感器和特殊应用系统之间的兼容性时，由于原先的分析是假设没有处理增益的，如有接收系统处理增益要尽可能地考虑。但并不是所有的接收站都有处理增益，所以一般情况下前面的假设是合理的。

以工作在 420-450 MHz 频段的两个雷达为例：

— 跟踪雷达，中频段宽为 0.1 MHz（雷达 1）

— 机载截获雷达，中频段宽为 1 MHz（雷达 2）。

如果表 4 中星载有源遥感器的脉冲宽度和线性带宽能以表 7 中的值工作，此举可以显著地降低无用信号功率电平。

表 7

通过脉冲宽度和线性带宽的调整使接收到的
传感器无用信号功率下降的示例

	合成孔径雷达 1 的新参数		Δ OTR (dB)	Δ P_{avg} (dB)	Δ I (dB)
	τ (μs)	B_c (MHz)			
雷达 1	25	6	–4.0	无 (1)	–4.0
雷达 2	25	6	–0.0	–3.0	–3.0

(1) 对于机载雷达和跟踪雷达分别用平均干扰信号功率和峰值干扰信号功率相信是合理的。

6 结论

以上分析显示，改善现有星载有源遥感器的发射性能可以降低发射功率通量密度，从而提高了星载有源遥感器与其他无线电业务的兼容性。传感器的发射功率、天线增益模式、脉冲宽度、PRF 和线性带宽（如果调制方式为调频）都可以调整以改善兼容性。

ITU-R BO.1293-2 建议书

卫星广播系统数字发射中对干扰的保护掩蔽和相关计算方法

（ITU-R 223/11 号研究课题）

（1997-2000-2002 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 对于广播卫星业务（BSS）和相关馈源（上行）链路中的电视信号，保护率和相关的保护掩蔽是首要的特性；

b） 在固定的频率偏差和给定信号类型的基础上，通过应用保护率数值和干扰计算方法已制定《无线电规则》（RR）中附录 30 和 30A 的规划；

c） 在实现这些规划时，提交给无线电通信局（BR）的新系统内建议使用新的信号类型，它们能做到不用保护掩蔽，并且只需有限的干扰计算方法；

d） BR 要求无线电通信部门第 6 研究组提供附加的计算方法和保护标准，以估计来自新信号类型的干扰、以及对新信号类型的干扰；

e） 对第一区和第三区修订《无线电规则》附录 30 和 30A 规划时，其保护掩蔽的定义和相关计算方法提供出十分有用的技术信息；

f） 各个主管部门和组织目前已完成一些研究，使得建议的干扰计算方法生效，

认识到

a） 保护掩蔽可以扩展保护率的有用度，而保护掩蔽本身与固定频率偏差相关联；

b） 借助于应用附件 3 中给出的方法，能够导出数字辐射之间干扰计算用的合适的保护掩蔽；

c） 在数字调制机新的第一与第三区一览表的基础上，世界无线电通信大会（2000 年，伊斯坦布尔）（WRC-2000）对于第一和第三区已确立新 BSS 和相关的馈源（上行）链路规划，由此更新了附录 30 和 30A；

d） 授权各主管部门在任何时间实现他们的规划任务，在规划所依据的特性方面并无任何进一步的限制，

建议

1 在附录 30 和 30A 的第 4 和第 5 条下实现任何的 EPM/OEPM 兼容性分析时，应适用附件 1；

2 对于建议 1 中涉及的兼容性分析，应当使用附件 2 内提供的 EPM/OEPM 所关联的干扰计算方法。

注 1 — 对于采用所有数字场相键控辐射类型的 BSS 网络，在主管部门间做出双边协调的兼容性分析时，可以应用附件 3 中给出的获得保护掩蔽的计算方法。

注 2 — 需要进一步研究，以开发对其他辐射类型之间干扰用的保护掩蔽（也即模拟对模拟的干扰、数字对模拟的干扰以及模拟对数字的干扰）。在这些保护掩蔽得以应用的此种时间到来之前，当干扰为数字信号时，在计算各辐射之间的干扰上应当采用附件 1 内说明的方法。

附 件 1

无合适的保护掩蔽时数字干扰的计算

采用附件 2 的计算方法时，对于所考虑的数字干扰情况希望应用最合适的保护掩蔽（也即附件 2 中 D_i（fo_i）有最合适的值）。例如，对于数字辐射中的数字干扰，使用附件 3 内给定的计算方法能够导出该保护掩蔽。

对于数字对模拟的干扰场合，需要进一步研究以得出适宜的通用保护掩蔽。

在这些保护掩蔽得以应用的此种时间到来之前，应当使用下面给定的方法来计算两个辐射之间的干扰，这里的干扰源是数字辐射。

$D(fo)$值如下地计算

$$D(fo) = 10 \log_{10}\left(B/b(fo)\right) + K$$

式中：

$b(fo)$： 干扰载波与所需载波之间的重叠带宽（MHz）；

B： 干扰数字载波的必需带宽（MHz）；

K： 正的加权系数。

一般地，诸如附件 3 中给定的保护掩蔽计算方法，要对 *K* 值给出数量，*K* 值可变化，这取决于所需信号和干扰信号的参数，以及两个信号之间的频率偏差（事实上，附件 3 的方法未显性地计算系数 *K* 而是直接计算 $D(f_o)$值）。

没有适宜的保护掩蔽能直接或间接地给出系数 *K* 的数量时，应假定 *K*=0，这对应于最坏的情况。

附 件 2

附件 1 和 3 关联的干扰计算方法*

1 引言

本附件的目的是在考虑不同类别的干扰下（例如，同频道干扰和邻频道干扰等），规定一种通用方法来计算 BSS 规划中的干扰状况。

下面规定的、与合适的保护掩蔽计算方法相关联的通用干扰计算方法，应使用来确立必需的值用以估计 BSS 规划中不同辐射之间的干扰状况。

2 术语、符号和运算符

为了简化本附件，并便于理解，定义下面的术语、符号和运算符：

se（单输入）： 所考虑的单个干扰载波

ag（聚合输入）：所考虑的全部干扰载波

eq（等效）： 同频率和频率偏置干扰的组合

ov（总体）： 馈源链路（上行，up）和下行链路（dn）干扰的组合

f_o： 频率偏置，两个载波中心频率之差

C/*I*： 载波对干扰比（dB）

PR： 保护率（dB）

EPM： 等效保护余量（dB）

OEPM： 总体等效保护余量（dB）

* 已制定的本方法用以实现兼容性分析任务，它提交给 BR 作为《无线电规则》中附录 30 和 30A 的条款，其参数不同于在确立的规划中所使用的那些参数（信道带宽、中心频率和辐射类型等）。

X： 馈源链路中的干扰导致的总体 C/I 下降（dB）

运算符 ⊕： $A \oplus B = -10 \log\left(10^{-A/10} + 10^{-B/10}\right)$

运算符 ©： $A \copyright B = -10 \log\left(10^{-A/10} - 10^{-B/10}\right)$

运算符 Σ⊕： $\sum_{n=1}^{N} \oplus A_n = -10 \log\left(10^{-A_1/10} + 10^{-A_2/10} + \ldots + 10^{-A_n/10}\right)$

3 干扰计算方法

为了计算规划任务中的干扰状况，需要两个主要元素：

— 等效聚合输入载波对干扰比，$C/I_{eq,ag}$，上行和下行链路内分别为 $C/I_{eq,ag,up}$ 和 $C/I_{eq,ag,dn}$。

— 所需载波的总体同频道（或同频率）保护率，PR_{ov}。

此外，需要定义 EPM（见注 1）和 OEPM。

注 1 — 本方法应用于第 2 区域 BSS 规划的场合，不需要 EPM。

3.1 第一元素，也即等效聚合输入载波对干扰比，对于上行和下行链路如下地计算：

$$C/I_{eq,\,ag,\,up} = \sum_{i=1}^{m} \oplus \left(C/I_{i,\,se,\,up} + D_i(fo_i)\right)$$

$$C/I_{eq,\,ag,\,dn} = \sum_{i=1}^{n} \oplus \left(C/I_{i,\,se,\,dn} + D_i(fo_i)\right)$$

式中：

m： 馈源链路中干扰载波数目；

n： 下行链路中干扰载波数目；

fo： 所需载波中心频率与一个干扰载波中心频率间的频率偏差，正或负值（MHz）；

$D(fo)$：无频率偏差（也即中心频率差 0 MHz）时合适的保护掩蔽值与中心频率偏差 f_o MHz 时保护掩蔽值之间的差值（dB）。

在数字所需载波和数字干扰载波的场合，无论线性或非线性频道，$D(f_o) = -I(f_o)$，这里，$I(f_o)(\equiv I(\Delta f))$，定义于附件 3 内。

对于所需载波与干扰载波的其他组合类型（数字干扰模拟），合适的保护掩蔽尚待规定。在这些保护掩蔽得以应用的此种时间到来之前，应当将附件 1 中给定的模型用于估算 $D(f_o)$。

根据这类第一元素，可以如下地计算总体等效聚合输入载波对干扰比（标记为 $C/I_{ov,eq,ag}$）：

$$C/I_{ov,\,eq,\,ag} \;=\; C/I_{eq,\,ag,\,up} \;\oplus\; C/I_{eq,\,ag,\,dn}$$

3.2 第二主要元素，也即总体保护率 PR_{ov}，是与所需载波类型相关联的。

除该第二元素外，可以分别定义馈源链路保护率 PR_{up} 和下行链路保护率 PR_{dn}。假定下行链路保护率上有一给定增量 X 用以顾及馈源链路中的干扰，则 PR_{up} 和 PR_{dn} 定义如下：

$$PR_{dn} = PR_{ov} + X$$

$$PR_{up} = PR_{ov} \copyright PR_{dn}$$

3.3 EPMup、EPMd$_n$ 和 OEPM 的定义

$$OEPM = C/I_{ov,\,eq,\,ag} - PR_{ov}$$

$$EPM_{up} = C/I_{eq,\,ag,\,up} - PR_{up}$$

$$EPM_{dn} = C/I_{eq,\,ag,\,dn} - PR_{dn}$$

附 件 3

各种数字载波类型之间干扰上的保护掩蔽计算

1 方法

假定，用于干扰计算中的干扰数字载波可以建模为白噪声源，后面跟随一个升余弦平方根脉冲成形滤波器。该滤波器的滚降系数 α_i 可以在 $0 \le \alpha_i \le 1$（0%到 100%的滚降）范围内自由规定。对于干扰的数字信号而言，滤波器的 3 dB 带宽由传输符号率 R_i 规定。

影响所需数字信号的数字干扰电平取决于：

— 所需信号与干扰信号之间的频率偏差 Δf；

— 接收机的滤波器特性；

— 携载干扰信号的传输频道的特性。

接收机的滤波器也建模为滚降系数α_w($0\le\alpha_w\le1$)的升余弦平方根滤波器，其 3 dB 带宽所需的信号符号率R_w规定。

干扰信号的高功率放大会导致频谱旁瓣再增长。对于低值的Δf，由旁瓣造成的干扰可以忽略，但当频率偏差增大时，干扰将显著增加。

只需考虑前两个旁瓣。在所有实际的传输方案中，由高阶旁瓣造成的干扰可以忽略。

相对于频谱主瓣调整每个旁瓣的电平，以反映非线性频道的特性。每个旁瓣的相对电平包含 L_s 和 X 两个分量：

— 分量 L_s 的值取决于高功率放大器（HPA）的非线性特性，并取决于放大器的激励电平（功率回退）。每个旁瓣的 L_s 值是不相同的。

— 分量 X 的值表明 HPA 输出端的滤波效应。对于频谱上的所有旁瓣假定该衰减值相同。这种近似是留有余地的，因为 HPA 后置滤波器的滤波特性不是平坦的，其滚降随着与频道中心频率间频率偏差的增加而增大。

参数 L_s 和 X 以 dB 为单位。

参数 R_i 和 R_w 以 MS/s（兆符号/秒）为单位。所需信号和干扰信号的总带宽分别由 $R_w(1+\alpha_w)$MHz 和 $R_i(1+\alpha_i)$MHz 给出。频率差值参数Δf以 MHz 为单位。接收机滤波器输出中的干扰假定是噪声状的。

一种公共算法用来计算对接收机输入的所需信号功率，以及计算由频谱主瓣和每一个频谱旁瓣给出的干扰功率。计算各个功率成分的步骤如下所列（下面所使用的名词的定义参见第 3 节）：

a） 对于待计算的功率成分（所需信号，干扰信号频谱主瓣或干扰信号频谱旁瓣），并输入参数（R_i、R_w、α_i、α_w、δf、L_s 和 X）设定于合适值上；

b） 计算 9 对界限值（U_n，L_n，n=1，…，9）；

c） 计算 5 个功率成分项（C_m，m=1，…，5）；

d） 计算总接收功率 P：

$$P = 10^{\frac{L_S - X}{10}} \sum_{m=1}^{5} C_m$$

对于 C/I 为 0 dB 的参考链路（也即，假定所需载波功率与干扰载波功率相等），在接收机滤波器输出端测量的、并以所需载波功率 i 相对值表示的干扰功率电平 $I(\Delta f)$，如下地计算：

步骤 *1*：应用上面的算法并如下地设定输入参数值，在接收机滤波器输出端计算所需信号功率 P_w：

$$R_i = R_W, \quad \alpha_i = \alpha_W, \quad \delta f = 0, \quad L_S = 0, \quad X = 0$$

步骤 *2*：应用同样的算法并如下地设定输入参数，在接收机滤波器输出端计算频谱主瓣给出的干扰信号功率 P_0：

$$\delta f = \Delta f, \quad L_S = 0, \quad X = 0$$

步骤 *3*：以如下的输入参数设定来计算频谱第一旁瓣给出的干扰信号功率 P_1：

$$\delta f = |\Delta f| - R_i, \quad L_S = L_1 \neq 0, \quad X \neq 0$$

L_s 的值取决于 HPA 的非线性特性和 HPA 的激励电平。X 的值取决于 HPA 后置滤波器的带外衰减特性。

步骤 *4*：以如下的输入参数设定来计算频谱第二旁瓣给出的干扰信号功率 P_2：

$$\delta f = |\Delta f| - 2R_i, \quad L_S = L_2 \neq L_1 \neq 0, \quad X \neq 0$$

L_s 的值也取决于 HPA 的非线性特性和 HPA 的激励电平。X 的值与步骤 3 中的相同。

步骤 *5*：对于给定的信号参数和频率偏差，计算相对干扰功率：

$$I(\Delta f) = 10 \log \left(\frac{P_0 + P_1 + P_2}{P_w} \right) \text{dB}$$

2 保护掩蔽计算例子

作为一个（随意的）例子，假定所需信号参数和干扰信号参数如下：

所需数字信号：

符号率，R_w=27.5MS/s

滚降系数，α_w=0.35（35％余弦滚降）。

干扰数字信号：

符号率，R_i=27.5MS/s

滚降系数，α_i=0.35（35％余弦滚降）。

旁瓣电平：

第一旁瓣电平，L_{S1} = –17.0 dB

第二旁瓣电平，L_{S2} = –27.5 dB。

HPA 后置滤波：

旁瓣衰减，X_f = 12.0 dB。

所需信号与干扰信号之间的频率偏差Δf假定为 38.36 MHz。根据本附件第 1 节中说明的、并将在本附件第 3 节中详述的计算方法的应用，可给出如下的结果：

步骤 *1*：在接收机滤波器输出端计算所需信号功率 P_W：

$R_i = R_W, \quad \alpha_i = \alpha_W, \quad L_S = 0, \quad X = 0, \quad \delta f = 0$

$L_1 = U_8 = U_9 = -8.937$

$U_1 = L_2 = U_2 = L_3 = U_3 = L_4 = U_4 = L_5 = U_5 = L_6 = L_7 = L_8 = L_9 = 8.937$

$U_6 = U_7 = 18.563$

$C_1 = 0.825, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0.088, \quad C_5 = 0$

$P_W = 0.913$

步骤 *2*：在接收机滤波器输出端计算频谱主瓣给出的干扰信号功率 P_0：

$L_S = 0, \quad X = 0, \quad \delta f = \Delta f$

$L_1 = L_3 = L_4 = 29.422, \quad U_1 = L_2 = L_5 = L_7 = 8.937, \quad L_6 = L_9 = 47.297, \quad L_8 = -18.563$

$U_9 = -8.937, \quad U_2 = U_5 = -29.422, \quad U_3 = U_4 = U_6 = 18.563, \quad U_7 = U_8 = -19.797$

$C_1 = 0, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$

$P_0 = 0$

步骤 *3*：在接收机滤波器输出端计算频谱第一旁瓣给出的干扰信号功率 P_1：

$L_S = L_{S1}, \quad X = X_f, \quad \delta f = |\Delta f| - R_i$

$L_1 = 1.923, \quad U_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_7 = 8.937, \quad U_2 = U_5 = L_8 = -1.923$

$U_3 = U_4 = U_6 = 18.563, \quad L_6 = L_9 = 19.797, \quad U_7 = 7.703, \quad U_8 = U_9 = -8.937$

$C_1 = 0.605, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$

$P_1 = 7.618 \times 10^{-4}$

步骤 *4*：在接收机滤波器输出端计算频谱第二旁瓣给出的干扰信号功率 P_2：

$L_S = L_{S2}, \quad X = X_f, \quad \delta f = |\Delta f| - 2R_i$

$L_1 = U_8 = U_9 = -8.937, \quad U_1 = U_3 = U_4 = L_9 = -7.703, \quad L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_6 = 8.937$

$U_2 = U_5 = U_7 = 18.563, \quad L_7 = L_8 = 25.578, \quad U_6 = 1.922$

$C_1 = 0.395, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$

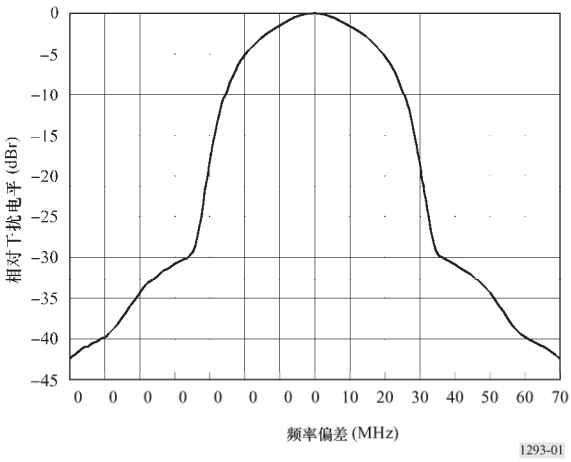
$P_2 = 4.431 \times 10^{-5}$

步骤 5：计算总的干扰功率与所需信号功率之比：

$$I(\Delta f) = -30.5 \text{ dB}$$

按照本程序，对于一定的频率偏差范围可得到图 1 中给出的保护掩蔽例子。

图 1



3 算法：接收信号（有用信号或干扰信号）功率计算

3.1 界限值

$$A = (1 - \alpha_w)\frac{R_w}{2} \qquad B = (1 + \alpha_w)\frac{R_w}{2} \qquad C = (1 - \alpha_i)\frac{R_i}{2} \qquad D = (1 + \alpha_i)\frac{R_i}{2}$$

$L_1 = max\,(-A;\ \delta f - C)$ $L_4 = max\,(A;\ \delta f - C)$ $L_7 = max\,(A;\ -\delta f + C)$

$U_1 = min\,(A;\ \delta f + C)$ $U_4 = min\,(B;\ \delta f + C)$ $U_7 = min\,(B;\ -\delta f + D)$

$L_2 = max\,(-A - \delta f\ ;\ C)$ $L_5 = max\,(A;\ -\delta f - C)$ $L_8 = max\,(-B;\ -\delta f + C)$

$U_2 = min\,(A - \delta f\ ;\ D)$ $U_5 = min\,(B;\ -\delta f + C)$ $U_8 = min\,(-A;\ -\delta f + D)$

$L_3 = max\,(-A + \delta f\ ;\ C)$ $L_6 = max\,(A;\ \delta f + C)$ $L_9 = max\,(-B;\ \delta f + C)$

$U_3 = min\,(A + \delta f\ ;\ D)$ $U_6 = min\,(B;\ \delta f + D)$ $U_9 = min\,(-A;\ \delta f + D)$

注 1：

max（*a*；*b*）：*a* 和 *b* 的最大值

min（*a*；*b*）：*a* 和 *b* 的最小值

δf =干扰信号频率 – 所需信号频率

3.2 函数

当 $1 \le n \le 3$：

$$p_n(a,b) = f_n(a) - f_n(b) \quad \text{对于 } a > b$$
$$= 0 \quad \text{对于 } a \le b$$

$$f_1(x) = \left(\frac{x}{R_i} \right) \qquad f_2(x) = \frac{\alpha_i}{2\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_i}{\alpha_i R_i} \right) \qquad f_3(x) = \frac{\alpha_w R_w}{2\pi R_i} \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w} \right)$$

当 $4 \le n \le 5$：

$$p_n(a,b,\delta f) = f_n(a,\delta f) - f_n(b,\delta f) \quad \text{对于 } a > b$$
$$= 0 \quad \text{对于 } a \le b$$

$$f_4(x,y) = f_{4a}(x,y) \quad \text{对于} \quad \alpha_w R_w = \alpha_i R_i$$
$$= f_{4b}(x,y) \quad \text{对于} \quad \alpha_w R_w \ne \alpha_i R_i$$

$$f_5(x,y) = f_{5a}(x,y) \quad \text{对于} \quad \alpha_w R_w = \alpha_i R_i$$
$$= f_{5b}(x,y) \quad \text{对于} \quad \alpha_w R_w \ne \alpha_i R_i$$

$$f_{4a}(x,y) = \frac{1}{16\pi R_i} \left(2\pi\, x \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y + R_i - R_w}{\alpha_i R_i} \right) - \alpha_i R_i \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{4x - 2y - R_i - R_w}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

$$f_{4b}(x,y) = \frac{\alpha_i \alpha_w R_w}{4\pi \left(\alpha_i^2 R_i^2 - \alpha_w^2 R_w^2 \right)} \left(\alpha_i R_i \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w} \right) \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y - 2x + R_i}{\alpha_i R_i} \right) + \alpha_w R_w \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w} \right) \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y - 2x + R_i}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

$$f_{5a}(x,y) = \frac{1}{16\pi R_i} \left(\alpha_i R_i \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{4x - 2y - R_i + R_w}{\alpha_i R_i} \right) - 2\pi\, x \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y + R_i + R_w}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

$$f_{5b}(x,y) = \frac{\alpha_i \alpha_w R_w}{4\pi \left(\alpha_i^2 R_i^2 - \alpha_w^2 R_w^2 \right)} \left(\alpha_i R_i \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x + R_w}{\alpha_w R_w} \right) \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - 2y - R_i}{\alpha_i R_i} \right) - \alpha_w R_w \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x + R_w}{\alpha_w R_w} \right) \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - 2y - R_i}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

3.3 功率成分

$$C_1 = p_1(U_1, L_1) + \frac{1}{2} \sum_{n=2}^{5} p_1(U_n, L_n) + \frac{1}{4} \sum_{n=6}^{9} p_1(U_n, L_n)$$

$$C_2 = p_2(U_2, L_2) + p_2(U_3, L_3) + \frac{1}{2} \left[p_2(U_6 - \delta f,\ L_6 - \delta f) + p_2(U_7 + \delta f,\ L_7 + \delta f) + p_2(U_8 + \delta f,\ L_8 + \delta f) + p_2(U_9 - \delta f,\ L_9 - \delta f) \right]$$

$$C_3 = p_3(U_4, L_4) + p_3(U_5, L_5) + \frac{1}{2} \left[p_3(U_6, L_6) + p_3(U_7, L_7) + p_3(-L_8, -U_8) + p_3(-L_9, -U_9) \right]$$

$$C_4 = p_4(U_6, L_6, \delta f) + p_4(U_7, L_7, -\delta f)$$

$$C_5 = p_5(U_8, L_8, -\delta f) + p_5(U_9, L_9, \delta f)$$

3.4 总接收信号功率

$$\text{功率} = 10^{\frac{L_S - X}{10}} \sum_{m=1}^{5} C_m$$

附件 3 的
附录 1

对数字辐射相关参数的通告

附件 3 中说明的用于计算数字辐射之间干扰之保护掩蔽的方法，在应用上需要对每一个数字辐射关联的参数给出通告。这些参数是：

— 数字调制类型（该方法只适用于相移键控信号）；

— 传输符号率（MS/s）；

— 数字脉冲成形滤波器滚降系数（假定是余弦滚降滤波器或是与之近似的滤波器），滚降系数值在 0 至 1 范围内；

— 第一和第二旁瓣的相对电平 L_{S1} 和 L_{S2}（dB）；

— 由 HPA 后置滤波器产生的旁瓣衰减 X（dB）。

前三项在《无线电规则》中附录 4 内已有要求。此外，后两项已被建议由将来的有权大会添加入 RR 的附录 4 中。

大多数下行链路数字电视载波信号占用整个转发器带宽，并且转发器工作于饱和状态以获得最大的下行链路功率。研究表明，在这些情况下适宜的旁瓣相对电平分别为–18 dB 和–30 dB。此外，由于星载 HPA（行波管放大器，TWTA）的输出端上总有（输出复用器）滤波，参数 X 不为零。X 的精确值随系统的不同而变化。12 dB 的值显得是留有余地的最小值，通过做到有同极化毗邻频道的全新系统，可超过此最小值。

在上行链路中，通常没有 HPA 后置滤波器，但 HPA 工作于功率回退状态以控制带外旁瓣电平。而在 BSS 系统的馈源链路中，–29 dB 和–39.5 dB 的旁瓣电平不大可能被超出。

ITU-R S.1340 建议书[*、**]

卫星移动业务馈电链路与航空无线电导航业务之间在 15.4-15.7 GHz 频带地球到空间方向上的共用

（ITU-R 243/4 号研究课题）

（1997 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 世界无线电行政会议（1995 年，日内瓦）（WARC-95）的第 117 号决议要求由 ITU-R 对在 15.45-15.65 GHz 频带的卫星移动业务（MSS）馈电链路（地球到空间）和航空无线电导航业务之间的共用情形进行研究；

b） 频带 15.4-15.7 GHz 在主用的基础上分配给了航空无线电导航业务并且《无线电规则》（RR）的第 S4.10 款适用；

c） WRC-95 已经增加了对 15.45-15.65 GHz 频带卫星固定业务（FSS）的分配，用于 MSS 中非对地静止（非 GSO）卫星网络的地球到空间方向的馈电链路；

d） MSS 中非 GSO 卫星系统的馈电链路（地球到空间）的要求需在此频带内予以满足；

e） 航空无线电导航业务的各站的辐射会对卫星引起不能接受的干扰。

f） 为了限制对非 GS0 卫星的干扰，敦促操作航空无线电导航业务各站的主管部门限制平均 e.i.r.p.到 42 dBW；此值由 ITU-R 在审查和研究（见《无线电规则》第 S5.511C 款）；

g） 不认为航空无线电导航站的辐射与馈电链路空间站的协调是可行的；

h） 馈电链路地球站的辐射沿地球表面的传播会对航空无线电导航站引起有害干扰；

j） 根据《无线电规则》第 S5.511C 款已经对卫星固定业务施加了一定的限制以保护航空无线电导航业务；

k） 此频带被航空无线电导航业务相当广泛地使用于机载、陆基和海基站；

l） 根据《无线电规则》第 S5.511B 款不允许飞机站在 15.45-16.45 GHz 频带内发射；

[*] 应提请无线电通信第 8 研究组注意本建议书。

[**] 无线电通信第 4 研究组于 2001 年按照 ITU-R 44 号决议（RA-2000）对本建议书进行了编辑性修正。

m） 航空无线电导航站的技术和操作特性是广为所知的；

n） 馈电链路的技术和操作特性没有被较好地定义；

o） 为保护航空无线电导航站，需要一些方法来确定馈电链路地球站和航空无线电导航站之间所要求的协调和间隔距离；

p） 关于前面的考虑已经进行了研究，

建议

1 MSS 的馈电链路应该限制在频带 15.43-15.63 GHz 中（见注 1）；

2 以有效 e.i.r.p.（E_{eff}）表示的航空无线电导航站的辐射不应超过如下值：

2.1 对带宽大于 3 MHz 的飞机着陆控制系统和馈电链路：

$$E_{eff} = \begin{cases} 53 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 0 \le \varphi < 8 \\ 53 - 0.833\,(\varphi - 8) & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 8 \le \varphi < 14 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 14 \le \varphi < 32 \\ 48 - 9\,(\varphi - 32) & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 32 \le \varphi < 34 \\ 30 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 34 \le \varphi < 40 \\ 30 - 0.2\,(\varphi - 40) & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 40 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

2.2 对带宽大于 1 MHz 的通用飞机雷达和馈电链路：

$$E_{eff} = \begin{cases} 62 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 0 \le \varphi < 20 \\ 62 - 0.56\,(\varphi - 20)^2 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 20 \le \varphi < 25 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 25 \le \varphi < 29 \\ 71.86 - 25 \log\,(\varphi - 20) & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 29 \le \varphi < 68 \\ 29.8 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 68 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

其中：

$$E_{eff} = E_p - 15 \log (1+5/PW) \quad \text{dBW}$$

E_{eff}： 象干扰源一样对一个调相信号产生与连续噪声相同的干扰电平的 e.i.r.p.

E_p： 航空无线电导航站的峰值脉冲 e.i.r.p.（dBW）

PW： 航空无线电导航站的脉冲宽度（μs）

φ： 高于本地水平面的仰角（°）；

3 地球到空间方向上的馈电链路应该设计成操作在建议 2 中定义的干扰环境中；

4 根据建议 2 和 3 对航空无线电导航站的辐射与卫星接收站进行协调是不需要的；

5 馈电链路地球站向本地水平面发射的 e.i.r.p.不应超过 54 dB（W/MHz）（见注 2）；

6 附件 1 中描述的地面雷达不应工作在 15.43-15.63 GHz 频带；

7 保护航空无线电导航站不受馈电链路地球站辐射的有害干扰所需的协调距离为：

— 对于飞机着陆控制系统（ALS）离飞机着陆面 515 km；

— 离使用通用雷达（MPR）的飞机 600 km；

— 对于雷达传感和测量系统离飞机着陆面 270 km；

8 附加信息包含在附件 1、2 和 3 中。

注 1 — 建议 1 中给出的频带稍微不同于 WRC-95 分配的。建议中的此差别是为了便于非 GSO MSS 馈电链路和航空无线电导航业务之间的共用。建议 1 将在稍后时间根据未来 WRC 的成果被复审

注 2 — 为了考虑 ITU-R RA.769 建议书中给出的射电天文业务的门限电平，可能对 MSS 地球到空间馈电链路作附加的设计和操作限制。

附 件 1

15.4-15.7 GHz 频带的航空无线电导航系统

1 地面雷达（SBR）

陆基和船载 SBR 用于在机场和其他飞机着陆区表面上的飞机和其他运载工具的检测、定位和移动。

1.1 天线方向图

— 标称的 3 dB 波束宽度： 垂直<3.5°，–31°的反余割
水平 0.35°

— 频率范围：15.65-16.7 GHz

— 极化：圆形

— 典型增益：43 dBi

— 最大旁瓣电平：低于峰值增益 25 dB

— 最大后瓣电平：低于峰值增益 35 dB

— 垂直倾斜范围：±1.5°

— 最大水平扫描范围：360°。

1.1.1 天线仰角包络方向图

根据测量数据和旁瓣电平规范及指向+1.5°的峰值增益，一个仰角包络增益方向图定义如下，其中φ是仰角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}43 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0\le\varphi<4\\ 43-5(\varphi-4) & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 4\le\varphi<9\\ 18 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 9\le\varphi<16\\ 43.2-21\log\varphi & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 16\le\varphi<48\\ 8 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 48\le\varphi\le90\end{cases}$$

1.1.2 天线方位包络方向图

根据测量数据和旁瓣电平规范，方位增益方向图定义如下，其中φ是相对方位角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}43-110\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0\le\varphi<0.4767\\ 18 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 4.4767\le\varphi<0.72\\ 17.07-6.5\log\varphi & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0.72\le\varphi<48\\ 8 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 48\le\varphi\le180\end{cases}$$

1.2 其他特性

1.2.1 发射

— 峰值 e.i.r.p.：86 dBW

— 脉冲重复频率：8 192 Hz

— 脉冲宽度：0.04 μs

— 脉冲 3.5 dB 宽度：25 MHz。

1.2.2 接收

— 典型天线增益：43 dBi

— 典型噪声系数：6.2-6.9 dB。

2 飞机着陆控制系统（ALS）

这些 ALS 是通用系统并且用于船上、用做便携式或永久性陆基系统及用于航天飞机着陆控制。微波扫描波束着陆控制系统（MSBLS）就是这样一个系统。某些特性则随特定应用而变。

2.1 地面站天线方向图

对于包括 MSBLS 在内的所有应用，天线方向图都是类似的。扫描范围随应用而变。下面给出的扫描范围覆盖所有应用。

ALS 的天线设备包括一副仰角天线和一副方位角天线。

ALS 的仰角天线部分用于向飞机发射垂直角数据。

— 标称的 3 dB 波束宽度：垂直 1.3°
水平 40°

— 频率范围：15.4-15.7 GHz

— 极化：水平和垂直

— 典型增益：28 dBi

— 最大旁瓣电平：在两个平面内均低于峰值增益 17 dB

— 最大垂直扫描范围：0 到 30°。

ALS 的方位角天线部分用于向飞机发射方位角信息。

— 标称的 3 dB 波束宽度：垂直 2.0°
水平 6.5°

— 垂直方向图被阻流以便在水平面 20°以上获得至少 20 dBi 的增益。

— 频率范围：15.4-15.7 GHz

— 极化：水平和垂直

— 典型增益：33 dBi

— 最大旁瓣电平：在两个平面内均低于峰值增益 17 dB

— 最大水平扫描范围：±35°。

2.1.1 组合的天线仰角包络方向图

基于测量数据的组合的垂直包络增益方向图定义如下，其中φ是仰角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}33 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0\le\varphi<8\\ 33-0.833\,(\varphi-8) & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 8\le\varphi<14\\ 28 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 14\le\varphi<32\\ 28-9\,(\varphi-32) & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 32\le\varphi<34\\ 10 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 34\le\varphi<40\\ 10-0.2\,(\varphi-40) & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 40\le\varphi\le90\end{cases}$$

2.1.2 方位天线方向图

仰角天线的方位包络方向图定义如下，其中φ是相对方位角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}28-0.0062\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0\le\varphi<70\\ -2.37 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 70\le\varphi\le180\end{cases}$$

方位天线的方位包络方向图定义如下，其中φ是相对方位角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}33-2\,\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0\le\varphi<3\\ 15 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 3\le\varphi<5\\ 32.5-25\log\varphi & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 5\le\varphi<48\\ -9.53 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 48\le\varphi\le180\end{cases}$$

2.2 其他特性

2.2.1 发射

— 峰值 e.i.r.p.：71 dBW

— 脉冲重复频率：3 334 Hz

— 脉冲宽度：0.333 μs

— 脉冲 3.5 dB 带宽：3 MHz。

2.2.2 接收

— 典型天线增益：8 dBi

— 典型噪声系数：8 dB。

3 飞行器多用途雷达（MPR）

飞机 MPR 是一部无线电导航、无线电定位和气象雷达。

3.1 天线方向图

此天线是一个直径约 0.3 m 的抛物反射面，它关于飞机的航向和姿态做垂直和水平扫描：

— 标称的 3 dB 波束宽度：4.5°

— 频率范围：15.4-15.7 GHz

— 极化：垂直

— 典型增益：30 dBi

— 最大水平扫描范围：± 45°

— 最大垂直扫描范围：± 20°。

天线的包络方向图定义如下，其中φ是相对方位角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}30 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0\le\varphi<20\\ 30-0.56\,(\varphi-20)^2 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 20\le\varphi<25\\ 16 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 25\le\varphi<29\\ 39.86-25\log(\varphi-20) & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 29\le\varphi<68\\ -2.17 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 68\le\varphi\le180\end{cases}$$

3.2 其他特性

3.2.1 发射

— 峰值 e.i.r.p.：70 dBW

— 脉冲重复频率：800 Hz

— 脉冲宽度：2 μs

— 脉冲 3.5 dB 带宽：0.5 MHz。

3.2.2 接收

— 典型天线增益：30 dBi

— 典型噪声系数：8 dB。

4 雷达传感和测量系统（RSMS）

使用 15 GHz 雷达技术的测量技术特别适合于包括直升机在内的较小飞机，它具有紧凑、轻便、有好的天线方向性的设备以及比许多运行中的无线电导航应用（由于传播或其他原因在较低频率上不能适用）更能满足要求的性能等优点。对于高度测量模式中的使用，此较高的频带便于系统设计，如较低的交叉耦合和不存在三角测量效应，这对于非常低的（度量）间隔的准确测量尤其重要。对于某些操作应用，它们给出了仅仅是可行的技术解决方案。

使用这些技术的系统广泛使用在对飞机操作的安全性作重要贡献的世界的一些部分。高度和地面距离的测量当用于协助着陆的最后阶段时是飞机操作中最关键的参数之一。高的准确性和无干扰操作对成功和安全性的加强是非常重要的。

RSMS 主要使用在低于约 1 500 m 标称高度的低层操作。垂直向上发射和接收的一个天线支架使用在绝大多数应用中。采用功率随高于地形的高度成比例地降低来减小散射和其他不希望的影响。

4.1 RSMS 特性

4.1.1 发射机

— 频率范围：15.63-15.65 GHz

— 峰值功率：30 dBmW

— 天线增益：13 dBi，后瓣< 5 dBi

— PRF（脉冲重复频率）：58 kHz

— 脉冲长度（最大）：500 ns

— 占空周期（最大）：3%

— 脉冲 3.5 dB 带宽：2 MHz。

4.1.2 接收机

— 天线增益：13 dBi，后瓣< 5 dBi

— 噪声系数：6 dB。

附 件 2

15.4-15.7 GHz 频带内航空无线电导航业务的辐射准则及与 MSS 馈电链路（地球到空间）的共用可行性

1 引言

保护非 GSO 卫星免受不能接受的干扰的一个基本办法是设立对来自航空无线电导航站 e e.i.r.p.的最大限值和对来自馈电链路地球站辐射的最小 e.i.r.p.限值。

作为选择，只设立对航空无线电导航站的最大 e.i.r.p.限值，它定义了馈电链路必须能工作的干扰环境。此选择在于比较简单并允许对馈电链路设计和操作有最大自由度等方面显得更有吸引力。此方法在下一节中介绍。

这些方法中的任一种对于消除协调的需要来说都是一种有效的途径。协调对于此情形不切实际。

2 航空无线电导航系统的特性

在此频带内工作的几个系统已经被标识。这包括在陆地和船只上使用的在飞机着陆区用于飞机和其他运载工具的检测、定位和移动的地面雷达（SBR）、ALS，MPR 和 RSMS。这些系统的天线方向图在确定作为仰角的一个函数的 e.i.r.p.时是一个重要的因素。天线包络增益方向图和其他有关特性在附件 1 中给出。

3 分析

3.1 对数字载波的脉冲干扰

第 4/4 任务组研究了雷达对数字载波的干扰。测量是对工作在 1×10^{-6} 误比特率（BER）的 3/4 率前向纠错（FEC）编码的 QPSK 数字载波在一个大范围的雷达脉冲重复频率（PRF）（1-100 kHz）和占空周期 d,（0.01%-100%）及从 2 Mbit/s 到 45 Mbit/s 的数据速率上进行的。由测量数据开发了一个经验方程式，它能用来把峰值脉冲式雷达 e.i.r.p. E_P,与一个有效 e.i.r.p.，E_{eff} 即会产生相同干扰电平的一个

e.i.r.p.关联连起来（见 ITU-R S.1068 建议书）。实际的平均 e.i.r.p., E_{ave} 等于峰值 e.i.r.p 乘以占空周期。在这些条件下，经验方程式为：

$$E_{eff} = E_p - 15 \log(1+0.5(PRF / d)) \quad \text{dBW} \quad (1)$$

其中 *PRF* 是以 kHz 为单位而 *d* 是以百分比为单位。

由于脉冲宽度 *PW* 等于（*d* / *PRF* ），方程式（1）可以表示为：

$$E_{eff} = E_p - 15 \log(1 + 5 / PW) \quad \text{dBW} \quad (2)$$

其中 *PW* 是以微秒为单位。

以一个$[(\sin x) / x]^2$ 功率谱密度函数，峰值功率密度比在 2/PW 带宽上平均的功率密度高约 3.5 dB。3.5 dB 带宽（BW）（MHz）接近为 1 / *PW*。据此，对小于 1 / *PW* 的馈电链路载波带宽（BW）（MHz）的有效 e.i.r.p.密度 E_{eff} / MHz 为：

$$E_{eff} / \text{MHz} = E_p - 10 \log(2 / PW) + 3.5 - 15 \log(1+5 / PW) \quad \text{dBW} \quad (3)$$

并且对（*BW* ）等于或大于（1 / *PW* ），在（BW）上平均的（E_{eff} / MHz）为：

$$E_{eff} / \text{MHz} = E_p - 10 \log (2 / PW) + 3.5 - 15 \log (1+5 / PW) - 10 \log [(BW) (PW)] \quad \text{dBW} \quad (4)$$

3.2 航空无线电导航站的辐射极限

SBR 能够容纳在频带 15.63-15.7 GHz 中。通过把 15.45-15.65 GHz 频带偏移到 15.43-15.63 GHz。对地球到空间方向上的馈电链路的干扰不必考虑。

MPR 的主要工作区是在海洋上空，在大部分情形中，它在馈电链路地球站的协调距离之外，因而，不需要与馈电链路地球站协调。这样，15.4-15.7 GHz 频带的 MPR 的工作即使使用地理限制仍将被允许（见附件 3）。RSMS 当前工作在 15.4-15.7 GHz 频带并且也可能使用地理限制。

用于方程式（2）、（3）和（4）的关于 ALS、MPR 和 RSMS 航空无线电导航系统的参数值在附件 1 中与天线包络增益函数一起给出。根据此信息，E 的值可以作为仰角的一个函数而予以计算。峰值 e.i.r.p. 和 *PW* 受方程式（2）、（3）和（4）的限制。仰角φ是以度为单位。

3.2.1 ALS E_{eff} 极限

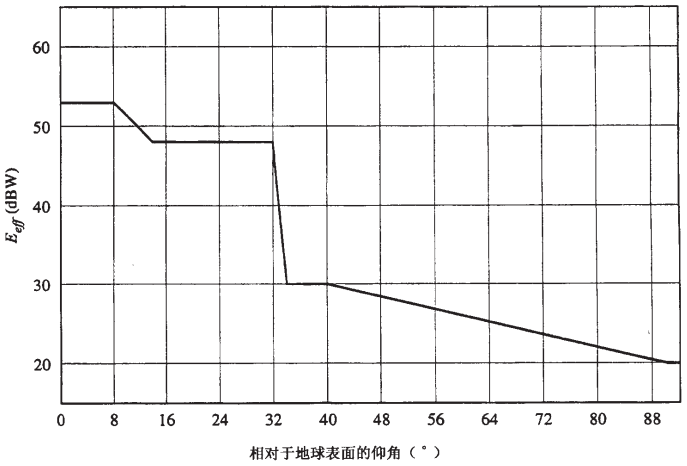
对大于 3 MHz 的馈电链路载波带宽：

$$E_{eff} = \begin{cases} 53 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 0 \le \varphi < 8 \\ 53 - 0.833\,(\varphi - 8) & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 8 \le \varphi < 14 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 14 \le \varphi < 32 \\ 48 - 9\,(\varphi - 32) & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 32 \le \varphi < 34 \\ 30 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 34 \le \varphi < 40 \\ 30 - 0.2\,(\varphi - 40) & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 40 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

此函数如图 1 所示。

图 1

ALS 有效 e.i.r.p. E_{eff} 极限



1340-01

3.2.2 MPR E_{eff} 极限

对大于 1 MHz 的馈电链路载波带宽：

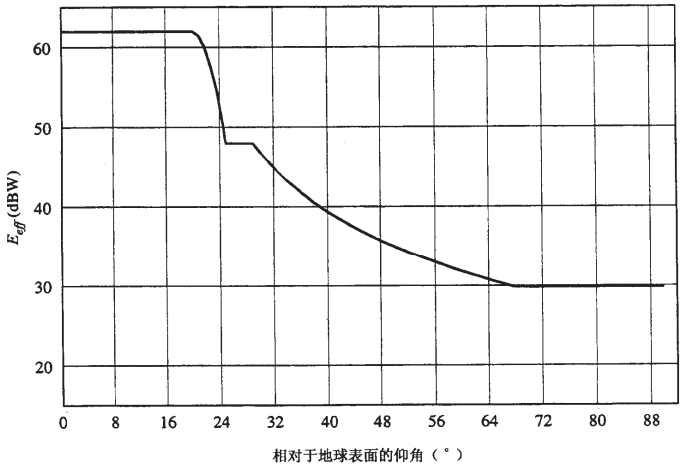
$$E_{eff} = \begin{cases} 62 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 0 \le \varphi < 20 \\ 62 - 0.56\,(\varphi - 20)^2 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 20 \le \varphi < 25 \\ 48 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 25 \le \varphi < 29 \\ 71.86 - 25 \log\,(\varphi - 20) & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 29 \le \varphi < 68 \\ 29.8 & \text{dBW} \quad \text{对于} \quad 68 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

此函数如图 2 所示。

仰角高于 0° 的 RSMS 的 E_{eff} 为–13.1 dBW。

图 2

MPR 有效 e.i.r.p.E_{eff}极限



1340-02

3.3 对馈线链路上行通路 e.i.r.p.的影响

对航空无线电导航站引起的上行通路干扰的防护可以通过提供足够的地球站上行通路 e.i.r.p.来达到。

对于干扰一个 3/4 率 FEC QPSK 载波的情况，根据 3.1 节中描述的测量方法，与 1×10^{-6} 的 BER 对应的载波与干扰比 C / I 约为 9 dB。此 C / I 是对于来自其他源的干扰不太显著的条件。由于一个无线电导航站正在工作且其天线的–3 dB 轮廓线与一颗卫星正连在一起的时间百分比非常低，假设对于此小时间百分比 9 dB 的 C / I 是能够忍受的。对于一条未编码的 QPSK 载波，C / I 约为 12 dB。

通过假设在任何一个时间只有一种类型的一项会发生，就能计算出克服这些作为馈电链路载波带宽的函数的干扰包络所需的上行通路 e.i.r.p.。通常，在印到 70 dBW 范围内的 e.i.r.p.值可能是需要的。

4 摘要

— § 3.2 中给出的有效 e.i.r.p.极限与现有的航空无线电导航系统的营运是一致的。

— 规定必须由 MSS 馈电链路接受的最大干扰环境，给了馈电链路设计者和运行者最大限度的灵活性来满足它们的业务要求并且消除了可能在规定最小 e.i.r.p.中涉及到的规定轨道高度、卫星天线方向图等任何需要。

— 为在§ 3.3 中给出的地球到空间方向上最大干扰环境中工作所需的最小馈电链路地球站 e.i.r.p.是容易实现的。

附 件 3

运行在地球到空间方向上的 MSS 中的馈电链路地球站与航空无线电导航业务站之间在 15.4-15.7 GHz 频带内的协调距离

1 航空无线电导航系统特性

在此频带内工作的几个系统已经被标识。这包括飞机着陆控制系统（ALS）和机载多用途雷达（MPR）。确定协调距离所必需的特性和分析在下节中给出。

2 协调距离

2.1 分析

确保运行航空无线电导航业务的站不受 MSS 馈电链路地球站干扰所必需的协调距离 D_C，按照下面各段中所示的方法计算。

$$D_c = D_{fsl} + D_{oth} + D_{as} \quad \text{km} \tag{5}$$

其中：

D_{fsl}： 总的无线电视线距离（km）

D_{oth}： 与超过水平损耗所需的相对应的水平距离（km）

D_{as}： 从飞机到着陆面的距离（km）（适用于 ALS 和 RSMS）

$$D_{fsl} = (2r\,h_1)^{0.5} + (2r\,h_2)^{0.5} \quad \text{km} \tag{6}$$

其中：

r： 地球半径，取几何尺寸的 4/3 以考虑大气折射（8 500 km）

h_1： ARNS S 站高度（km）

h_2： 馈电链路地球站高度（km）

$$L_{oth} = E_{esd} + 168.6 - L_{fsl} + G / T - I / N \quad \text{dB} \tag{7}$$

其中：

L_{oth}： 加在 L_{fsl} 上的水平面上的传播损耗（dB）（此函数在下面及图 1 中给出，它是从 ITU-R P. 528 建议书关于 15 GHz 的 5%函数导出的；即损耗超过 95%的时间）（dB）

E_{esd}： 指向水平的馈电链路地球站最大 e.i.r.p.密度（这取为 54 dB（W/MHz））

L_{fsl}： 对 D_{fsl} 计算的自由空间损耗（dB）

G / T： ARNS 站的增益/噪声温度（dB）

I / N： ARNS 站的能接受的干扰/噪声（dB）。

作为 D_{oth} 的函数的 L_{oth} 的值在表 1 中指出。

表 1

D_{oth} （km）	L_{oth} （dB）	D_{oth} （km）	L_{oth} （dB）	D_{oth} （km）	L_{oth} （dB）
0	0	175	78	350	104
25	24	200	82	375	107
50	45	225	86	400	110
75	57	250	90	425	113
100	64	275	94	450	116
125	69	300	98	475	118
150	74	325	101	500	120

对于已给出的那些 L_{oth} 值之间的值，D_{oth} 的值可以由下式外推：

$$D_{oth} = D_{ith} + 25[(L_{oth} - L_{ith})/(L_{jth} - L_{ith})] \quad \text{km} \tag{8}$$

其中：

L_{ith}：表 1 中 L_{oth} 的下个较低值，根据由方程式（7）确定的 L_{oth}

L_{jth}：表 1 中 L_{oth} 的下个较高值，根据由方程式（7）确定的 L_{oth}。

2.2 计算的协调距离

给定方程式和计算方法加上§ 2.1 中的某些参数值和其他必要的参数值，计算出的协调值在表 2 中指出。

表 2

参数	ALS	MPR	RSMS
h_1 （km）	7.6	15	1.5
h_2 （km）	0.01	0.01	0.01
D_{fsl} （km）	372	518	172.7
D_{as} （km）	100	0	40
L_{fsl} （dB）	167.7	170.6	160.9
G / T （dB）	–22.7	–2.0	–24.4
I / N （dB）	–10	–10	–10
L_{oth} （dB）	42.2	60	47.3
D_{oth} （km）	46.7	85.7	54.8
D_C （km）	518.7	603.7	267.5

对于 MPR 可以使用 600 km 的协调距离。主导的 MPR 操作模式是在海洋区上空，在大部分情形中将处在馈电链路地球站的 600 km 之外而这不需要协调.如果馈电链路地球站处在内陆,海洋上空的操作区将增强。

2.3 地球站极限的降低

降低指向馈电链路地球站地平线的最大 e.i.r.p.密度的极限将减小协调距离。使用图 3 中的函数，协调距离与 E_{esd} 的关系曲线就如表 3 中所指出。

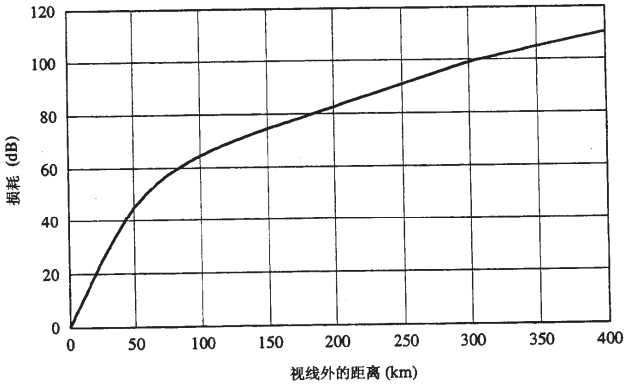
表 3

E_{esd} （dB（W/MHz））	ALS （km）	MPR （km）	RSMS （km）
54	519	604	268
44	507	573	254
34	495	561	242
24	485	549	231

显然，对于长的视线距离的 ALS、MPR 和 RSMS 的协调距离对发向地平线的 e.i.r.p.密度不是很敏感。

图 3

在视距自由空间损耗上加的损耗



1340-03

3 摘要

— 一个馈电链路地球站在本地水平面上的最大辐射应该限制于 54 dB（W/MHz）。

— 根据此限制，需要约 515 km 的协调门限距离来保护运行航空无线电导航业务的 ALS 站免受来自馈电链路地球站辐射的不能接受的干扰。对于 MPR 此协调门限距离约为 600 km 而对于 RSMS 约为 270 km。

— 通过降低最大可允许的来自馈电链路地球站的辐射并不能明显地减小对于 ALS、MPR 和 RSMS 的协调门限距离。

上述方法可以与其他缓解技术结合使用以使协调时的间隔距离最小。

4 减小协调距离中间隔距离的缓解因子

下列事项应予以考虑，这对于处在协调距离内的运行地球到空间方向的馈电链路地球站来说是需要的：

— 典型地，馈电链路地球站将具有小于 1° 的天线波束宽度并且在高于 5° 的仰角运行。这将降低指向航空无线电导航站的 e.i.r.p 从而减小间隔距离。

— 如果 ALS 飞机着陆控制系统的水平扫描极限没有包含指向馈电链路地球站的方位，则飞机着陆控制系统所在的空域不与馈电链路地球站成一直线，这能够潜在地减小间隔距离达 100 km。

— 为了在航空无线电导航站方向上提供额外的隔离，使用了在馈电链路地球站天线周围专门建造的一个土墩。

— 可以考虑馈电链路地球站的地理位置以利用自然地形阻挡，而这将增加传播路径损耗。

— 当飞机处在飞机着陆控制系统的空域中并且正在使用着陆控制系统时，任何的飞机天线会存在鉴别力。

ITU-R S.1341 建议书*

卫星移动业务馈电链路与航空无线电导航业务之间空间到地球方向上在15.4-15.7 GHz 频带的共用及对 15.35-15.4 GHz 频带射电天文业务的保护

（ITU-R 242/4 号研究课题）

（1997 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 世界无线电通信大会（1995 年，日内瓦）的第 116 号决议（WRC-95）要求由 ITU-R 对 15.4-15.7 GHz 频带的卫星移动业务（MSS）馈电链路（空间到地球）和航空无线电导航业务之间的共用情形进行研究；

b） 频带 15.4-15.7 GHz 在主用的基础上分配给了航空无线电导航业务并且《无线电规则》（RR）的第 953 条（S4.10）适用；

c） WRC-95 已经增加了此频带对卫星固定业务的分配，用于 MSS 中非对地静止（非 GSO）网络的空间到地球方向的馈电链路；

d） 非 GSO 卫星系统的馈电链路（空间到地球）的要求需在此频带内予以满足；

e） 卫星的辐射会对航空无线电导航业务的各站引起有害干扰。

f） 根据《无线电规则》的第 S5.511A 条，为保护航空无线电导航业务，对非对地静止空间站的辐射施加功率通量密度（pfd）的限制，由 ITU-R 审查；

g） 不认为航空无线电导航站的辐射与馈电链路空间站的协调是可行的；

h） 航空无线电导航站的辐射沿地球表面的传播会对馈电链路地球站引起不能接受的干扰

j） 为了保护馈电链路地球站，需要一些方法来确定馈电链路地球站和航空无线电导航站之间所要求的协调和间隔距离；

k） 根据《无线电规则》第 S5.511B 条不允许飞机站在 15.45-15.65 GHz 频带发射；

l） 此频带被航空无线电导航业务相当广泛地使用于机载、陆基和海基站；

m） 航空无线电导航站的技术和操作特性是合理地较好定义的；

n） 馈电链路的技术和操作特性没有被较好地定义；

o） 此频率范围的卫星系统通常不以低的地球站天线仰角操作；

p） 关于§ o 已经进行了研究；

* 应提请无线电通信第 7 和 8 研究组的注意本建议书。

q） 15.35-15.4 GHz 的邻近频带被分配给了射电天文业务和其他的无源业务并且保护它们不受由空间站辐射引起的有害干扰是需要的（见《无线电规则》第 S5.511A 条）；

r） 根据第 S5.340 条，除了第 S5.341 条中提供的那些外，在频带 15.35-15.4 GHz 的所有辐射是禁止的；

s） ITU-R RA.769 建议书对射电天文业务提供了有害干扰的门限电平；

建议

1 MSS 的馈电链路应该限制于频带 15.43-15.63 GHz（注 1）；

2 在§2.2 给出的条件下（注 2），对于所有条件和所有调制方法，规定由非 GSO 卫星的一个空间系统的馈电链路的辐射在地球表面产生的 pfd 不应超过 2.1 中给出的值；

2.1 在频带 15.43-15.63 GHz，其中φ是高于本地水平面的到达角（°）：

-127	dB(W/m^2)在1 MHz内	对于	$0 \le \varphi < 20$
$-127+0.56(\varphi - 20)^2$	dB(W/m^2)在1 MHz内	对于	$20 \le \varphi < 25$
-113	dB(W/m^2)在1 MHz内	对于	$25 \le \varphi < 29$
$-136.9+25\log(\varphi - 20)$	dB(W/m^2)在1 MHz内	对于	$29 \le \varphi < 31$
-111	dB(W/m^2)在1 MHz内	对于	$31 \le \varphi \le 90$

2.2 这些极限与 pfd 有关，可以根据假设的自由空间传播条件来获得；

3 根据建议 2 中给出的 pfd 极限，卫星辐射与航空无线电导航业务接收站的协调是不需要的；

4 附件 1 中描述的地面雷达不应工作在 15.43-15.63 GHz 频带；

5 基于在本地水平面 11.5 dBi 的地球站天线增益，航空无线电导航业务站的辐射与 MSS 馈电链路地球站的协调的门限距离为：

— 离飞机着陆控制系统（ALS）的地面段 150 km；

— 离使用通用雷达的飞机 600 km；

— 对于雷达传感和测量系统离飞机着陆面 60 km；

6 应该限制馈电链路地球站工作在高于本地水平面至少 5° 的角度上。

7 对于所有条件和所有调制方法，非 GSO 卫星的一个空间系统的馈电链路的辐射应该考虑到在 ITU-R RA.769 建议书中为 15.35-15.4 GHz 频带的射电天文业务给出的门限电平（见注 3）；

8 附加信息包含在附件 1、2 和 3 中。

注 1 — 建议 1 中给出的频带稍微小于 WRC-95 为非 GSO MSS 馈电链路分配的。建议此差别是为了便于非 GSO MSS 馈电链路和航空无线电导航业务之间的共用。建议 1 将在稍后时间根据未来 WRC 的成果被复审。

注 2 — 以建议 2.1 中给出的暂定的 pfd 极限来设计和操作空间到地球方向的馈电链路的可行性还没有被研究。此定外，建议 2.1 中给出的暂定的 pfd 值应该复审以确保对 ARNS 的保护。

注 3 — 按照建议 7，为了考虑 ITU-R RA.769 建议书中给出的射电天文业务的门限电平，可以在 MSS 空间到地球馈电链路上做额外的设计和操作的限制。

附 件 1

15.4-15.7 GHz 频带的航空无线电导航系统

1 地面雷达（SBR）

陆基和船载 SBR 用于在机场和其他飞机着陆区域面上的飞机和其他运载工具的检测、定位和移动。

1.1 天线方向图

— 标称的 3 dB 波束宽度：垂直<3.5°，–31°的反余割
水平 0.35°；

— 频率范围：15.65-16.7 GHz;

— 极化：圆形；

— 典型增益：43 dBi；

— 最大旁瓣电平：低于峰值增益 25 dB；

— 最大后瓣电平：低于峰值增益 35 dB；

— 垂直倾斜范围：±1.5°；

— 最大水平扫描范围：360°

1.1.1 天线仰角包络方向图

根据测量数据和旁瓣电平规范及指向+1.5° 的峰值增益，一个仰角包络增益方向图定义如下，其中是φ倾角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}43 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0 \le \varphi < 4 \\ 43-5(\varphi-4) & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 4 \le \varphi < 9 \\ 18 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 9 \le \varphi < 16 \\ 43.2-21\log\varphi & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 16 \le \varphi < 48 \\ 8 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 48 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

1.1.2 天线方位包络方向图

根据测量数据和旁瓣电平规范，方位增益方向图定义如下，其中平是相对方位角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}43-110\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0 \le \varphi < 0.4767 \\ 18 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0.4767 \le \varphi < 0.72 \\ 17.07-6.5\log\varphi & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0.72 \le \varphi < 48 \\ 8 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 48 \le \varphi \le 180 \end{cases}$$

1.2 其他特性

1.2.1 发射

— 峰值 e.i.r.p.：86 dBW

— 脉冲重复频率：8 192 Hz

— 脉冲宽度：0.04 μs

— 脉冲 3.5 dB 带宽：25 MHz。

1.2.2 接收

— 典型天线增益：43 dBi

— 典型噪声系数：6.2-6.9 dB。

2 飞机着陆控制系统（ALS）

这些 ALS 是通用的系统，用于船上、用做便携式或永久性陆基系统以及用于航天飞机着陆控制。微波扫描波束着陆控制系统（MSBLS）就是这样一个系统。某些特性随特定应用而变。

2.1 地面站天线方向图

对于包括 MSBLS 在内的所有应用，天线方向图都是类似的。扫描范围随应用而变。下面给出的扫描范围覆盖所有应用。

ALS 的天线设备包括一副仰角天线和一副方位天线。

ALS 的仰角天线部分用于向飞机发射垂直角数据。

— 标称的 3 dB 波束宽度： 垂直 1.3°
水平 40°

— 频率范围：15.4-15.7 GHz

— 极化：水平和垂直

— 典型增益：28 dBi

— 最大旁瓣电平：在两个平面内均低于峰值增益 17 dB

— 最大垂直扫描范围：0°-30°。

ALS 的方位天线部分用于向飞机发射方位信息。

— 标称的 3dB 波束宽度： 水平 2.0°
垂直 6.5°

— 垂直方向图被阻流以便在水平面 20°以上获得至少 20 dBi 的增益。

— 频率范围：15.4-15.7 GHz

— 极化：水平和垂直

— 典型增益：33 dBi

— 最大旁瓣电平：在两个平面内均低于峰值增益 17 dB

— 最大水平扫描范围：±35°。

2.1.1 组合的天线仰角包络方向图

基于测量数据的组合的垂直包络增益方向图定义如下，其中φ是仰角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases} 33 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0 \le \varphi < 8 \\ 33 - 0.833(\varphi - 8) & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 8 \le \varphi < 14 \\ 28 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 14 \le \varphi < 32 \\ 28 - 9(\varphi - 32) & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 32 \le \varphi < 34 \\ 10 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 34 \le \varphi < 40 \\ 10 - 0.2(\varphi - 40) & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 40 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

2.1.2 方位角天线方向图

仰角天线的方位包络方向图定义如下，其中φ是相对方位角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}28-0.0062\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0\le\varphi< 70\\ -2.37 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 70\le\varphi\le 180\end{cases}$$

方位角天线的方位包络方向图定义如下，其中φ是相对方位角（°）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}33-2\varphi^2 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0\le\varphi< 3\\ 15 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 3\le\varphi< 5\\ 32.5-25\log\varphi & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 5\le\varphi< 48\\ -9.53 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 48\le\varphi\le 180\end{cases}$$

2.2 其他特性

2.2.1 发射

— 峰值 e.i.r.p.：71 dBW

— 脉冲重复频率：3 334 Hz

— 脉冲宽度：0.333 μs

— 脉冲 3.5 dB 带宽：3 MHz。

2.2.2 接收

— 典型天线增益：8 dBi

— 典型噪声系数：8 dB。

3 飞机多用途雷达（MPR）

飞机 MPR 是一种无线电导航、无线电定位和气象雷达。

3.1 天线方向图

此天线是一个直径约 0.3 m 的抛物反射面，它关于飞机的航向和姿态的垂直和水平扫描：

— 标称的 3 dB 波束宽度：4.5°

— 频率范围：15.4-15.7 GHz

— 极化：垂直

— 典型增益：30 dBi

— 最大水平扫描范围 ±45°

— 最大垂直扫描范围 ±20°。

天线的包络方向图定义如下，其中φ是相对方位角（度）：

$$G(\varphi)=\begin{cases}30 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0\le\varphi< 20\\ 30-0.56(\varphi-20)^2 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 20\le\varphi< 25\\ 16 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 25\le\varphi< 29\\ 39.86-25\log(\varphi-20) & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 29\le\varphi< 68\\ -2.17 & \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 68\le\varphi\le 180\end{cases}$$

3.2 其他特性

3.2.1 发射

— 峰值 e.i.r.p.：70 dBW

— 脉冲重复频率：800 Hz

— 脉冲宽度：2 μs

— 脉冲 3.5 dB 带宽：0.5 MHz。

3.2.2 接收

— 典型天线增益：30 dBi

— 典型噪声系数：8 dB。

4 雷达传感和测量系统（RSMS）

使用 15 GHz 雷达技术的测量技术特别适合于包括直升机在内的较小飞机，它具有紧凑、轻便、有好的天线方向性的设备以及比许多运行中的无线电导航应用（由于传播或其他原因在较低频率上不能适用）更能满足要求的性能等优点。对于高度测量模式中的使用，此较高的频带便于系统设计，如较低的交叉耦合和不存在三角测量效应，这对于非常低的（度量）间隔的准确测量尤其重要。对于某些操作应用，他们给出了仅仅是可行的技术解决方案。

使用这些技术的系统广泛使用在对飞机操作的安全性作重要贡献的世界的一些部分。高度和地面距离的测量当用于协助着陆的最后阶段时是飞机操作中最关键的参数之一。高的准确性和无干扰操作对成功和安全性的加强是非常重要的。

RSMS 主要使用在低于约 1 500 m 标称高度的低层操作。垂直向上发射和接收的一个天线支架使用在绝大多数应用中。采用功率随高于地形的高度成比例地降低来减小散射和其他不希望的影响。

4.1 RSMS 特性

4.1.1 发射机

— 频率范围：15.63-15.65 GHz

— 峰值功率：30 d BmW

— 天线增益：13 dBi，后瓣<5 dBi

— PRF：58 kHz

— 脉冲长度（最大）：500 ns

— 占空周期（最大）：3%

— 脉冲 3.5 dB 带宽：2 MHz。

4.1.2 接收机

— 天线增益：13 dBi，后瓣< 5 dBi

— 噪声系数：6 dB。

附 件 2

航空无线电导航业务的保护准则及与 MSS 馈电链路（空间到地球）在 15.4-15.7 GHz 频带的共用可行性和 15.35-15.4 GHz 频带射电天文业务的保护（地面雷达（SBR），使用在陆地和船只上用于在飞机着陆区域上飞机和其他运载工具的检测、定位和移动）

1 航空无线电导航系统的特性

在此频带内工作的几个系统已经被标识。这包括陆基和船载的表面检测雷达（SBR）、ALS、MPR 和 RSMS。这些系统的天线方向图在确定作为仰角的一个函数的 pfd 时是一个重要的因素。天线包络增益方向图和其他有关特性在附件 1 中给出。

2 分析

2.1 最差情形 pfd 极限

对于此情形，计算 pfd 极限的一般表达式为：

$$pfd \le -217.6 + 10 \log B - 20 \log \lambda - G/T + I/N \qquad \text{dB}(\text{W/m}^2) \text{ 在} B\text{内} \qquad (1)$$

其中：

B： 带宽（Hz）

λ： 波长（m）

G/T：天线增益/噪声温度（dB）

I/N：允许的干扰/噪声（dB）

由于这些系统运行在 ARNS 并且认为是安全业务系统，其保护要求可能比其他业务更严格。假设–10dB 的 I/N 极限值，方程式（1）对于附件 1 中给出的 SBR 参数的解导致在 1 MHz 内的–146 dB（W/m^2）的 pfd 极限值。方程式(1)对于附件 1 中给出的系统参数的解，对于 MS 和 RSMS 导致 1 MHz 内的–111 dB(W/m^2）的 pfd 极限值，并且对于 MPR 为 1 MHz 内的–133 dB（W/m^2）。这些值是基于这些系统的最大天线增益。

1 MHz 内的–146 dB（W/m^2）的 pfd 极限值意味着使用非常大的被认为不切实际的地球站天线（直径大于 15 m）（见§2.3）。然而，SBR 可以在 15.63-15.7 GHz 频带内满足而且这将去除 15.43-15.63 GHz 的馈电链路频带的该限制。

MPR 的主要工作区域是在海洋上空，在大部分情形中它在馈电链路地球站的协调距离之外，从而不需要与馈电链路地球站的协调。因此，MPR 在 15.4-15.7 GHz 频带的工作即使使用地理限制仍将被允许（见附件 3）。

RSMS 不施加明显的 pfd 限制，但可能使用地理限制。

低的到达仰角上的 1 MHz 内–133 dB（W/m^2）的 pfd 极限值可能过度限制 MSS 馈电链路地球站的实现。1 MHz 内–127 dB（W/m^2）的 pfd 导致地球站天线直径为 1 MHz 内–133 dB（W/m^2）的 pfd 的天线直径的一半。

（见 2.3。）由于 MPR 使用一个窄波束扫描天线，当其主波束是指向一颗卫星时干扰将发生一小段时间。此外，MPR 的正常操作不必认为是一种安全业务。这样，在短时间内能容忍系统噪声中的最多 40%的增加量，这导致 1 MHz 内一个–127 dB（W/m^2）的 pfd 极限。

2.2 pfa 极限与到达角的关系

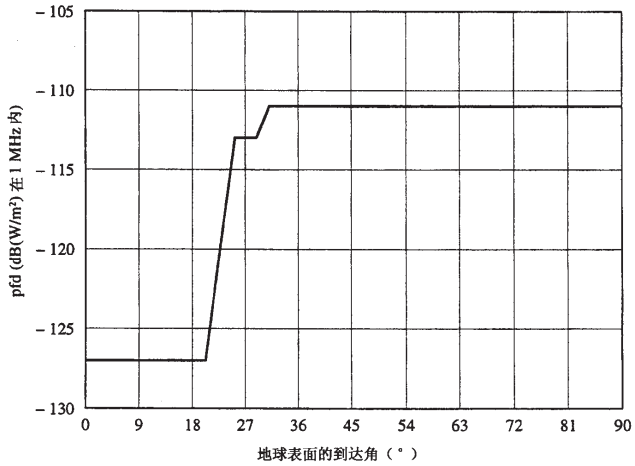
由 2.1，AIS 和 MPR 应工作在 15.4-15.7 GHz 频带，包括与馈电链路共用的 15.43-15.63 GHz 频带。

把 2.1 中的 pfd 值与附件 1 的第 2 和 3 节中给出的天线增益函数组合就能获得下面给出的 pfd 极限并且示于图 1，其中φ是以度为单位，即：

$$pfd = \begin{cases} \le -127 & \text{dB(W/m}^2\text{)在1 MHz内} \quad \text{对于} \quad 0 \le \varphi < 20 \\ \le -127+0.56(\varphi-20)^2 & \text{dB(W/m}^2\text{)在1 MHz内} \quad \text{对于} \quad 20 \le \varphi < 25 \\ \le -113 & \text{dB(W/m}^2\text{)在1 MHz内} \quad \text{对于} \quad 25 \le \varphi < 29 \\ \le -136.9+25\log(\varphi-20) & \text{dB(W/m}^2\text{)在1 MHz内} \quad \text{对于} \quad 29 \le \varphi < 31 \\ \le -111 & \text{dB(W/m}^2\text{)在1 MHz内} \quad \text{对于} \quad 31 \le \varphi \le 90 \end{cases}$$

图 1

最大卫星 pfd 极限(ALS，MPR 和 RSMS)



1341-01

2.3 对馈线链路参数的影响

卫星辐射将始终以低的到达角出现在地球表面。在低角度时，pfd 极限为在 l MHz 内-127 dB（W/m^2）。对于一个给定的 pfd，地球站天线的直径 *D* 可以由下式计算：

$$D = \left[(C/N)_t \, (k \, T \, B / pfd) \, (4M / \pi \eta) \right]^{0.5} \text{m} \qquad (2)$$

其中：

$(C/N)_t$：门限载波噪声比

k：玻耳兹曼常数

T：接收系统噪声温度（K）

B：就如 pfd 中使用的以（地）表示的带宽

M：余量

η：天线孔径效率

MSS 馈电链路地球站典型地设计为提供约 99.99%的链路可用度。对于低于 20° 仰角的工作（根据工作的降雨气候区），降雨衰落余量的要求与为满足 1 MHz 内–127 dB（W/m^2）的 pfd 极限的要求相结合可能会限制 15.43-15.63 GHz 频带内 MSS 馈电链路地球站的实现。

假设在方程式（2）中 12 dB 的$(C/N)_t$，24 dB（K）的 *T* 值，0.6 的η和 1 MHz 内–127 dB（W/m^2）、1 MHz 内–133 dB（W/m^2）及 1 MHz 内–146 dB（W/m^2）的 pfd 值，得到下列 *D* 值：

表 1

M（dB）	pfd		
	1 MHz 内–127 dB（W/m^2）	1 MHz 内–133 dB（W/m^2）	1 MHz 内–146 dB（W/m^2）
	D（m）	*D*（m）	*D*（m）
7	1.7	3.4	15
10	2.4	4.8	22
13	3.4	6.8	30.4
16	4.8	9.6	43
19	6.8	13.6	61
22	9.6	19.2	86
25	13.6	27.1	121
28	19.2	38.3	171

2.4 在 15.35-15.4 GHz 频带非 GSO 卫星对射电天文接收机的干扰

ITU-R RA.769 建议书对在频带 15.35-15.4 GHz 内的主要的射电天文业务提供了有害干扰的门限电平。这些电平在地球表面上为 1 MHz 内–156 dB（W/m^2）和 l 地内–233 dB（W/m^2）。假设每 Hz 值能被外推到一个 MHz，这将为 1 MHz 内–173 dB（W/m^2）。在 15.43-15.63 GHz 频带，1 MHz 内–127 dB（W/m^2）的值适用于最高约 20° 的达到角，高于 30° 此值将上升到 1 MHz 内–111 dB（W/m^2）。在 15.4 GHz 这需要约 46 dB

的隔离而高于 30° 上升到 62 dB。62 dB 的值能用一个通带为 50 MHz 的 6 极点 30 MHz 滤波器（波纹 0.1 dB）来获得。空间到地球链路的运行非常靠近 15.4 GHz 似乎并不可能。然而，如果 15.4-15.43 GHz 频带没有被馈电链路使用，则在该带通滤波器中有一个 30 MHz 的保护带，并且可以采用其他手段来保护 15.35-15.4 GHz 频带的射电天文业务。

馈电链路的带外辐射电平应该考虑 15.35-15.4 GHz 频带的射电天文业务的需要。

3 摘要

第 2.2 节中给出的 pfd 极限对于保护航空无线电导航业务免受运行在 15.4-15.7 GHz 频带空间到地球方向上的馈电链路的干扰是必要的。

附 件 3

在 15.4-15.7 GHz 频带运行在空间到地球方向上的 MSS 馈电链路地球站与航空无线电导航业务站之间的协调距离

1 航空无线电导航系统特性

在此频带内工作的几个系统已经被标识。这包括 ALS 和 MPR。确定协调门限距离所必需的特性和分析在下面几节中给出。

2 协调距离

2.1 分析

确保不发生航空无线电导航业务站对 MSS 馈电链路地球站造成潜在的不能接受的干扰所必需的协调距离 D_c，可以按照下面各段中所示的方法计算。

$$D_c = D_{fsl} + D_{oth} + D_{as} \quad \text{km} \tag{3}$$

其中：

D_{fsl}：总的无线电视线距离（km）

D_{oth}：与超过水平损耗所需的相对应的水平距离（km）

D_{as}：离飞机着陆面的距离（适用于 ALS 和 RSMS）

$$D_{fsl} = (2r\,h_1)^{0.5} + (2r\,h_2)^{0.5} \quad \text{km} \tag{4}$$

其中：

r：地球半径，取几何尺寸的 4/3 以考虑大气折射（8 500 km）

h_1：ARNS 站高度（km）

h_2：馈电链路地球站高度（km）

$$L_{oth} = E_{eff}/\text{MHz} + 168.6 - L_{fsl} + G(\varphi) - 10\log T - I/N \quad \text{dB} \tag{5}$$

其中：

L_{oth}：加在 L_{fsl} 上的水平面上传播损耗（dB）。（此函数在下面及图 2 中给出，它是从 ITU-R P.528 建议书中关于 15 GHz 的 5%函数导出的；即损耗超过 95%的时间。）

E_{ef}/MHz：指向水平的 ARNS 站的最大有效 e.i.r.p.密度（见 ITU-R S.1340 建议书的附件 2）

L_{fsl}：对 D_{fsl} 计算的自由空间损耗（dB）

G（φ）：作为高于水平面角度φ的一个函数的馈电链路天线的增益（dBi）

T：地球站的噪声温度（K）

I/N：馈电链路地球站能接受的干扰/噪声（dB）。

对应于一个 L_{oth} 值的 D_{oth} 的值由下列表 2 确定。

表 2

D_{oth} （km）	L_{oth} （dB）	D_{oth} （km）	L_{oth} （dB）	D_{oth} （km）	L_{oth} （dB）
0	0	175	78	350	104
25	24	200	82	375	107
50	45	225	86	400	110
75	57	250	90	425	113
100	64	275	94	450	116
125	69	300	98	475	118
150	74	325	101	500	120

对于表 2 中给出的那些 L_{oth} 值之间的值，可以由下式外推出 D_{oth} 值的值：

$$D_{oth} = D_{ith} + 25\,[(L_{oth} - L_{ith}) / (L_{jth} - L_{ith})] \quad \text{m} \qquad (6)$$

其中：

L_{ith}：表中 L_{oth} 的下个较低值，根据由方程式（5）确定的 L_{oth}

L_{jth}：表中 L_{oth} 的下个较高值，根据由方程式（5）确定的 L_{oth}

2.2 计算的协调距离

表 3 中的参数用于确定协调距离。

如果水平面是在地球站天线的旁瓣中，则

$$L_{oth}(\text{dB}) = 87.2 - 25 \log \varphi \quad \text{对于 ALS} \qquad (7)$$

$$L_{oth}(\text{dB}) = 75.0 - 25 \log \varphi \quad \text{对于 MBR}$$

旁瓣包络增益取为 $29 - 25 \log\varphi$，以 dBi 为单位，其中φ是度。

对 L_{oth} 使用方程式（7）并且由方程式（6）和（3）确定相应的距离，表 4 给出了关于 ALS 和 MPR 的结果。RSMS 距离是在视线内。

表 3

参　数	ALS	MBR	RSMS
h_1(km)	0.01	15	1.5
h_2(km)	0.01	0.01	0.01
D_{fsl}(km)	26	518	25 (1)
D_{as}(km)	0	0	40
L_{fsl}(dB)	145	171	NA
10 log T(dB(K))	24	24	24
I/N(dB)	–10	–10	–10
E_{eff} /MHz(dBW)	48.2	62	–13.1
L_{oth}(dB)	69.7	57.4	0
D_{oth}(km)	129	77	0
D_c(km)	155	595	65

(1) 这是基本对一个 3.2° 的地球站到达角的自由空间传播。

表 4

仰角φ（°）	协调距离（km）		
	ALS	MPR	RSMS
5	155	595	65
10	120	578	54
15	104	569	47
20	96	565	
25	91	562	
30	87	560	

MPR 的主运行模式是在海洋区上空，它在大部分情形中将处在馈电链路地球站的 600 km 之外而这将不需要协调。如果馈电链路地球站处在内陆，海洋上空的运行区将被增强。

3 减小协调门限距离内间隔距离的缓解因子

下列事项应该予以考虑，这对于处在协调门限距离内的运行空间到地球方向的馈电链路地球站来说是需要的：

— 典型地，馈电链路地球站将具有小于 1° 的天线波束宽度并且在高于 5° 的仰角运行。这样，相对于地面干扰辐射，能够获得相当大的地球站天线隔离度。

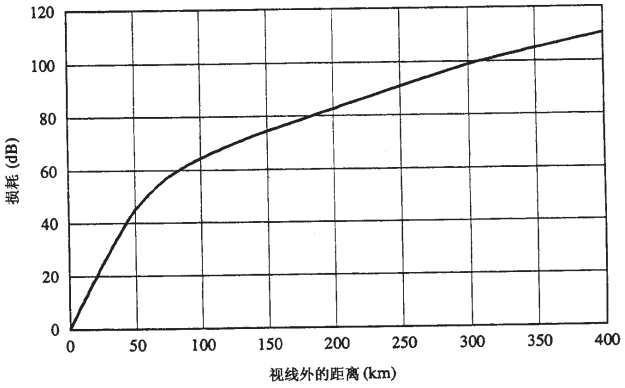
— 根据它们的操作，地面的航空无线电导航站可能也提供额外的天线隔离度。这对于水平扫描极限不包括指向地球站的方位的 ALS 尤其准确（见附件 1）。

— 馈电链路地球站天线周围专门建造一个土墩的使用对馈电链路地球站提供了额外的接收隔离。

— 可以考虑馈电链路地球站的地理位置以利用自然地形阻挡，而这将增加传播路径损耗。

图 2

在视距自由空间损耗上加的损耗



4 摘要

— 本附件给出了一种方法用于确定在 15.4-15.7 GHz 频带为保护馈电链路地球站免受航空无线电导航站干扰所需的协调距离。

— 此方法也能与干扰减缓技术结合使用以使协调过程中的间隔距离最小。

— 由于有 5° 仰角的限制，因此只有馈电链路地球站天线的旁瓣指向水平面，从着陆表面测量在 150 km 量级的协调距离对于 ALS 和 60 km 对于 RSMS 是合理的。

— MPR 能在离馈电链路地球站超过 600 km 的距离上运行而不经协调，（如，在海洋区上空）。

ITU-R S.1428-1 建议书

用于在 10.7 GHz 和 30 GHz 之间的频带内涉及非 GSO 卫星的平共处干扰评估的参考 FSS 地球站的辐射方向图

（ITU-R 42/4 号研究课题）

（2000-2001 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） FSS 的 ITU-R S.465 建议书中为地球站天线规定了一个代表旁瓣峰值包络的参考辐射方向图；

b） 对于涉及非移动接收机和单个非移动源的干扰计算来说，峰值包络天线参考方向图对于确保涵盖最差情况是必需的，并且在 FSS 中这种情况在过去是占主导地位的；

c） 对于其位置随时间变化较大的多个干扰源或接收机的情况中，接收到的干扰的电平毫无疑问是分别决定于受害者或源的增益方向图中的凹点及峰值，并且在 FSS 中这种情况的发生正在迅速增加；

d） 对于 FSS 地球站，需要合适的参考辐射方向图用于计算来自移动源或接收机的干扰；

e） 为方便在干扰的计算机仿真中的使用，参考方向图应该涵盖包括主轴在内的所有平面中的所有从 0°到±180°的离轴角；

f） 对于所有可行的 FSS 地球站天线，参考方向图应该同时与天线理论和测量结果相一致；

g） 对于不同范围的 D/λ 和不同的 FSS 频带建立不同的参考方向图可能是合适的；

h） 为了规定天线性能，ITU-R S.580 建议书中的峰值包络参考方向图是合适的；

j） 参考方向图的使用应该导致这样一些干扰电平，它们对于由满足相关 ITU-R 天线方向图建议的天线所接收到的来说是有代表性的，

建议

1 对于涉及 FSS 干扰的移动源或接收机的计算，应该采用下列参考地球站辐射方向图：

对于 $20 \le \frac{D}{\lambda} \le 25$:

$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\varphi\right)^2$ dBi 对于 $0 < \varphi < \varphi_m$

$G(\varphi) = G_1$ 对于 $\varphi_m \le \varphi < \left(95\frac{\lambda}{D}\right)$

$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$ dBi 对于 $95\frac{\lambda}{D} \le \varphi < 33.1°$

$G(\varphi) = -9$ dBi 对于 $33.1° < \varphi \le 80°$

$G(\varphi) = -5$ dBi 对于 $80° < \varphi \le 180°$

对于 $25 < \frac{D}{\lambda} \le 100$：

$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\varphi\right)^2$ dBi 对于 $0 < \varphi < \varphi_m$

$G(\varphi) = G_1$ 对于 $\varphi_m \le \varphi < \left(95\frac{\lambda}{D}\right)$

$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$ dBi 对于 $95\frac{\lambda}{D} \le \varphi \le 33.1°$

$G(\varphi) = -9$ dBi 对于 $33.1° < \varphi \le 80°$

$G(\varphi) = -4$ dBi 对于 $80° < \varphi \le 120°$

$G(\varphi) = -9$ dBi 对于 $120° < \varphi \le 180°$

其中：

D： 天线直径

λ： 波长以相同单位来表示*

φ： 天线的轴外角（度）

$G_{max} = 20 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) + 7.7$ dBi

$G_1 = 29 - 25 \log \left(95\frac{\lambda}{D}\right)$

$\varphi_m = \frac{20\lambda}{D}\sqrt{G_{max} - G_1}$ 度

* D 是非对称天线的等效直径。

对于 $\frac{D}{\lambda} > 100$:

$$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\varphi\right)^2 \quad \text{dBi} \quad \text{对于 } 0 < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{对于} \varphi_m \le \varphi < \varphi_r$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{对于} \varphi_r \le \varphi < 10°$$

$$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{对于 } 10° \le \varphi < 34.1°$$

$$G(\varphi) = -12 \quad \text{dBi} \quad \text{对于 } 34.1° \le \varphi < 80°$$

$$G(\varphi) = -7 \quad \text{dBi} \quad \text{对于 } 80° \le \varphi < 120°$$

$$G(\varphi) = -12 \quad \text{dBi} \quad \text{对于 } 120° \le \varphi \le 180°$$

其中:

$$Gmax = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda}\right) + 8.4 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{dBi}$$

$$\varphi m = \frac{20\lambda}{D}\sqrt{G_{max} - G_1} \quad \text{度}$$

$$\varphi r = 15.85 \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{-0.6} \quad \text{度}$$

注 1 — 为了计算或计算机仿真各种极化上多个干扰源在天线输出端的总功率，应该假设在最多 30° 的轴外角上和最多 120° 的溢出区域内的交叉极化分量的影响是可以忽略的。在这些角度区域之外，即使抛物面天线只有非常小的极化隔离，为了计算非 GSO/GSO 干扰，交叉极化分量的影响也能够被忽略。此假设可以被认为是进一步研究了各种极化上的多个信号影响远旁瓣和后瓣区域中接收到的总功率的方式。

注 2 — 本建议书是基于抛物面天线的范围来研究的。把建议的参考方向图应用到平面阵列天线还需要作进一步的研究。

注 3 — 当将来能够得到 20/30 GHz 范围中有关天线的测量性能的数据时，此建议书可能需要修改。

注 4 — 在本建议书中，术语“移动”的使用当应用于 FSS 地球站时指的是跟踪 FSS 中的地球站而不是一个移动地球站。

ITU-R BO.1443-2 建议书

由RR附录30所涵盖的频带内用于涉及non-GSO卫星的干扰评估的参考BSS地球站天线方向图*

（ITU-R 73/6号研究课题）

（2000-2002-2006）

范围

本建议书是用来提供卫星广播业务（BSS）的三维参考地球站天线方向图，它能够被用于计算由non-GSO FSS卫星在BSS地球站天线中产生的干扰。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 对于BSS中的地球站天线，RR附录30的附件5中用于GSO BSS接收天线的参考天线辐射方向图被用于开发BSS计划并且规定一种表示旁瓣包络的参考辐射方向图；

b) 这样的参考辐射方向图对于涉及固定或可搬移BSS接收机和GSO卫星的干扰计算以确保对BSS计划的适当保护是必要的；

c) 在有多个其位置随时间变化相当大的干扰源的情况中，接收到的干扰的电平必然决定于受害BSS地球站天线的增益方向图的波谷以及波峰；

d) 对于BSS地球站，在评估来自non-GSO FSS系统的干扰的过程中，需要使用适当的参考辐射方向图；

e) 为便于干扰的计算机模拟，参考方向图应该在所有平面中涵盖从0° 到 ±180°的所有轴外角；

f) 对于范围广泛的消费者BSS地球站天线，参考方向图应该与测量的结果一致；

g) 为不同范围的天线尺寸设立不同的参考方向图是合适的；

h) 在建立non-GSO干扰的模型时，方向图可能会展示出也许是重要的特性，例如，在小的偏馈天线的情形中，

* 本建议书中包含的方向图的依据，包括分析和描绘（衡量数据集对于建议的方向图的适合程度的）数据的方法包括在ITU-R BO.2029号报告—“卫星广播业务地球站天线方向图测量及相关分析”中。该报告连同用于进行图形分析的原始数据集和总分析表一起被包含在可以从国际电联获得的CD-ROM中。

建议

1 为了计算由non-GSO FSS卫星在BSS地球站天线中产生的干扰，应该采用附件1中描述的参考地球站天线辐射方向图；

2 附件2中描述的方法用于把受观察的non-GSO卫星的相对方位角和仰角变换到与三维天线方向图所采用的相同的坐标系中；

3 下列注解被视为本建议书的一部分：

注1 — 交叉极化辐射方向图在non-GSO干扰计算中可能是很重要的。该问题有待进一步研究。

注2 — 本建议书是基于对抛物面天线的测量和分析。如果新的地球站天线被开发出来或被考虑用于BSS，则本建议书中的参考天线方向图应该相应地被更新。

附 件 1

参考BSS天线辐射方向图

对于 $11 \le D/\lambda \le 25.5$

$$G(\varphi) = G_{max} - 2.5\times10^{-3}\left(\frac{D\varphi}{\lambda}\right)^2 \quad \text{对于} \quad 0 \le \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{对于} \quad \varphi_m \le \varphi < 95\lambda/D$$

$$G(\varphi) = 29 - 25\log(\varphi) \quad \text{对于} \quad 95\lambda/D \le \varphi < 36.3°$$

$$G(\varphi) = -10 \quad \text{对于} \quad 36.3° \le \varphi < 50°$$

对于 $56.25° \le \theta < 123.75°$

$$G(\varphi) = M_1 \cdot \log(\varphi) - b_1 \quad \text{对于} \quad 50° \le \varphi < 90°$$

$$G(\varphi) = M_2 \cdot \log(\varphi) - b_2 \quad \text{对于} \quad 90° \le \varphi < 180°$$

其中：

$$M_1 = \frac{2 + 8\cdot\sin(\theta)}{\log\left(\frac{90}{50}\right)} \quad \text{且} \quad b_1 = M_1 \cdot \log(50) + 10$$

其中：

$$M_2 = \frac{-9 - 8\cdot\sin(\theta)}{\log\left(\frac{180}{90}\right)} \quad \text{且} \quad b_2 = M_2 \cdot \log(180) + 17$$

对于 $0° \le \theta < 56.25°$ 和$123.75° \le \theta < 180°$

$$G(\varphi) = M_3 \cdot \log(\varphi) - b_3 \qquad \text{对于} \quad 50° \le \varphi < 120°$$

$$G(\varphi) = M_4 \cdot \log(\varphi) - b_4 \qquad \text{对于} \quad 120° \le \varphi < 180°$$

其中：

$$M_3 = \frac{2 + 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \qquad \text{且} \qquad b_3 = M_3 \cdot \log(50) + 10$$

其中：

$$M_4 = \frac{-9 - 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \qquad \text{且} \qquad b_4 = M_4 \cdot \log(180) + 17$$

对于$180° \le \theta < 360°$

$$G(\varphi) = M_5 \cdot \log(\varphi) - b_5 \qquad \text{对于} \quad 50° \le \varphi < 120°$$

$$G(\varphi) = M_6 \cdot \log(\varphi) - b_6 \qquad \text{对于} \quad 120° \le \varphi < 180°$$

其中：

$$M_5 = \frac{2}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \qquad \text{且} \qquad b_5 = M_5 \cdot \log(50) + 10$$

其中：

$$M_6 = \frac{-9}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \qquad \text{且} \qquad b_6 = M_6 \cdot \log(180) + 17$$

其中：

D： 天线直径

λ： 用与直径相同的单位表示的波长

G： 增益

φ： 相对于视轴的天线的轴外角（度）

θ： 天线的平面角（度）（0°方位角是水平面）。

$$G_{max} = 20 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) + 8.1 \qquad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log\left(95 \frac{\lambda}{D}\right) \qquad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{\lambda}{D} \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0.0025}} \qquad \text{度}$$

对于 $25.5 < D/\lambda \le 100$

$$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2 \quad \text{dBi} \quad \text{对于} \quad 0 \le \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{对于} \quad \varphi_m \le \varphi < (95\lambda/D)$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{对于} \quad (95\lambda/D) \le \varphi < 33.1°$$

$G(\varphi) = -9$ dBi 对于 33.1° $< \varphi \le 80°$

$G(\varphi) = -4$ dBi 对于 80° $< \varphi \le 120°$

$G(\varphi) = -9$ dBi 对于 120° $< \varphi \le 180°$

其中：

$G_{max} = 20 \log (D/\lambda) + 8.1$ dBi

$G_1 = 29 - 25 \log (95\lambda/D)$ dBi

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0.0025}}$$

对于$D/\lambda > 100$

$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$ dBi 对于 0 $< \varphi < \varphi_m$

$G(\varphi) = G_1$ 对于 φ_m $\le \varphi < \varphi_r$

$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$ dBi 对于 φ_r $\le \varphi < 10°$

$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$ dBi 对于 10° $\le \varphi < 34.1°$

$G(\varphi) = -12$ dBi 对于 34.1° $\le \varphi < 80°$

$G(\varphi) = -7$ dBi 对于 80° $\le \varphi < 120°$

$G(\varphi) = -12$ dBi 对于 120° $\le \varphi < 180°$

其中：

$G_{max} = 20 \log (D/\lambda) + 8.1$ dBi

$G_1 = -1 + 15 \log (D/\lambda)$ dBi

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0.0025}}$$

$\varphi_r = 15.85 (D/\lambda)^{-0.6}$ 度

附 件 2

使用三维天线模型的几何变换

θ的定义

θ 定义为non-GSO卫星相对于天线模型的零度平面的平面角（相应于标准的底部安装的偏置馈源组）。就如地球站看到的，θ = 0的线是指向右侧，并且θ在逆时针方向上增加。

计算方法

图1示出了一种计算平面角θ的几何方法。尽管在计算三角值时通常必须被变换为弧度，但所有的计算都是用度来给出的。

输入

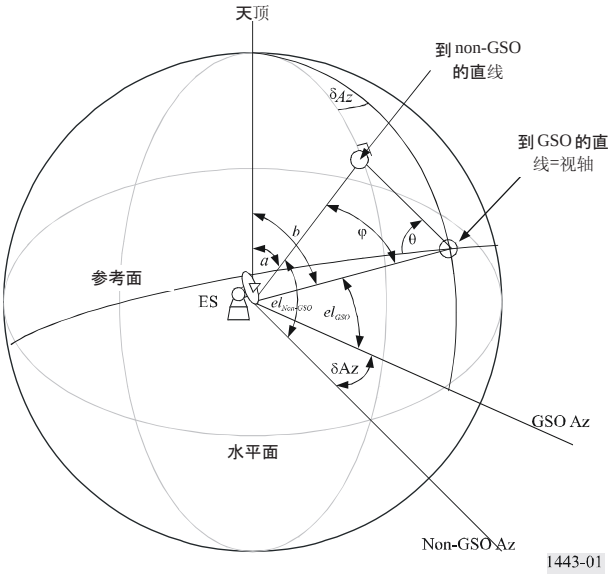
GSO卫星 (az, el)

Non-GSO卫星 (az, el)

注1 — 所要求的是方位上的差异，因此，如果能得到该差值，则实际的方位角就不再需要。

下节给出如何由每个站的矢量来计算这些参数。

图 1



由图1：

$$a = 90 - el_{non-GSO}$$

$$b = 90 - el_{GSO}$$

$$\delta Az = Az_{non-GSO} - Az_{GSO}$$

δAz 应该被置于{–180 到 +180}的范围内。

则，通过使用球面几何公式就能够计算轴外角φ（卫星之间以地球站为中心的间隔角）：

$$\cos(c) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)\cos(C)$$

其中 $C = \delta Az$ 并且 $c = \varphi$。

能够使用相同的公式定义角B：

$$\cos(B) = \frac{\cos(b) - \cos(c)\cos(a)}{\sin(c)\sin(a)}$$

由此，可以导出平面角θ：

如果 ($\delta Az > 0$且$B < 90$) $\theta = 90 - B$

如果 ($\delta Az > 0$且 $B > 90$) $\theta = 450 - B$

如果 ($\delta Az < 0$) $\theta = 90 + B$

在两颗卫星有相同的方位角的情况中，得到$\delta Az = 0$，则

$$\varphi = \left| el_{GSO} - el_{non-GSO} \right|$$

如果 $el_{GSO} > el_{non-GSO}$ $\theta = 270$

否则 $\theta = 90$

样例数据

对于下列位置：

站	纬度 (度)	经度 (度)	高度 (km)
地球站	10	20	0
GSO 卫星	0	30	35 786.055
Non-GSO 卫星	0	–5	1 469.200

则，对于地球站，能够计算下列的方位角/仰角(相对于地球站水平和正北方向)：

站	方位角 (度)	仰角 (度)
GSO 卫星	134.5615	73.4200
Non-GSO 卫星	–110.4248	10.0300

因此，偏轴角和平面角为：

站	φ (轴外角) (度)	^(平面角) (度)
Non-GSO 卫星	87.2425	26.69746

方位角和仰角的计算

由涉及到的矢量，能够使用下列矢量计算方位角和仰角。

假定：

地球站的位置矢量： $\underline{r}_G$

GSO卫星的位置矢量： $\underline{r}_S$

non-GSO卫星的位置矢量： $\underline{r}_N$

则得到：

从地球站到GSO的矢量 $\underline{r}_{GS} = \underline{r}_S - \underline{r}_G$

从地球站到non-GSO的矢量 $\underline{r}_{GN} = \underline{r}_N - \underline{r}_G$

地球站位置矢量的单位矢量 $\hat{\underline{r}}_G$

这样，仰角为：

$$el_S = 90 - \angle(\underline{r}_{GS}, \underline{r}_G)$$

$$el_N = 90 - \angle(\underline{r}_{GN}, \underline{r}_G)$$

为计算方位中的差异，把从地球站到GSO/non-GSO的矢量变换为在垂直于天顶矢量的水平面中，即

$$\underline{r}'_{GS} = \underline{r}_{GS} - (\hat{\underline{r}}_G \cdot \underline{r}_{GS})\hat{\underline{r}}_G$$

$$\underline{r}'_{GN} = \underline{r}_{GN} - (\hat{\underline{r}}_G \cdot \underline{r}_{GN})\hat{\underline{r}}_G$$

则：

$$\delta Az = \angle(\underline{r}'_{GS}, \underline{r}'_{GN})$$

δAz 的符号与两颗卫星的经度差的符号相同。

ITU-R M.1583-1建议书*

非对地静止卫星移动业务或卫星无线电导航业务系统与射电天文望远镜站址之间干扰的计算

（ITU-R 第236/8号课题）

（2002-2007年）

范围

本建议书描述了用于计算因一射电天文站址的非对地静止轨道（non-GSO）移动卫星业务系统或卫星无线电导航业务系统产生的干扰导致的数据损耗量的方法。此方法是根据射电天文站址所考虑的有源系统产生的等效功率通量密度（epfd）计算的。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 在一些情况下，射电天文业务和空间业务（空对地）被划分给相邻或附近的频段；

b) 射电天文业务的基础是利用比通常用于其它无线电业务的接收低很多的功率接收发射；

c) 由于这些接收功率较低，射电天文业务通常比其它业务更易受到来自无用发射的干扰；

d) 由于非对地静止（非GSO）卫星系统的特性，特别是干扰时间不同的特性，难以采用类似评估对地静止（GSO）卫星的方式对此类卫星对射电天文望远镜的干扰进行评估，

做出建议

1 确定一射电天文站址的非对地静止卫星无线电导航业务（RNSS）或卫星移动业务（MSS）系统产生的无用发射时，应根据附件1中所描述的方法进行；

2 当进行该确定时，应将ITU-R RA.1631建议书中所描述的天线图用于射电天文天线的模式；

3 亦应根据附件2中描述的方法，对超出等效功率通量密度（epfd）门限值的百分比予以确定。

* 此建议书应提请无线电通信第7研究组的注意。

附件1

在射电天文站址的一非对地静止卫星无线电导航业务或卫星移动业务产生的无用发射的计算

在此所述的基于“等效功率通量密度”（epfd）概念的方法，旨在用于计算一非对地静止卫星无线电系统对射电天文望远镜产生的功率通量密度值（pfd），同时考虑到卫星系统和射电天文望远镜天线的特点。等效功率通量密度值为所有卫星发射的集总值，其表述方式为射电天文望远镜波束中心（主要波束的峰值）的单一等效源的功率通量密度。

1 所需参数

鉴于非对地静止卫星系统的具体特性，显然，来自此类卫星的、对射电天文望远镜的干扰不能像对对地静止轨道卫星那样进行评估。需采用统计方法进行，统计时需考虑到非对地静止卫星的动态情况。

在积分时间（2 000秒）段内对来自于卫星的、对射电天文望远镜干扰的评估应基于统计数字的计算，并应考虑到卫星和射电天文望远镜两方面的参数。

非对地静止轨道卫星系统的参数：

– 在射电天文台天空的可见卫星数量；

– 卫星的详细轨道特性；

– 在所考虑的射电天文频段内，每颗卫星对射电天文望远镜发射的功率通量密度，该值可以采用无用发射模板的模式预测。

射电天文望远镜的参数：

– 天线位置；

– 天线图和天线增益；

– 指向方向的实际范围；

– 波束中心的指向方向；

– 射电天文台天线的波束中心和发射卫星方向之间的离轴角；

– 积分时间（2 000秒）。

2 射电天文站址等效功率通量密度的计算

在非对地静止轨道卫星方向（与对地静止轨道相反）的射电天文望远镜的接收增益因时间不同而不同，主要原因是由于卫星的移动和射电天文望远镜旁瓣方向性图因角度变化引起的明显变化。有时在卫星方向天文望远镜的增益远高于0 dBi；而其它时间该增益值则低于0 dBi。

此外，在非对地静止轨道系统有多个卫星的情况下，它们所有的值均必须包括在内而且得到适当考虑。

这可以利用原定义的等效功率通量密度（epfd）概念进行，以便评估GSO系统和非GSO系统之间的可能共用条件。在下节中，将针对一个可能受到非GSO卫星干扰的射电天文台的案例，进一步说明上述概念。

2.1 等效功率通量密度的定义

当一天线在其参考带宽内、从不同方向、在不同距离同时从各发射机接收到不同的入射功率通量密度时，等效功率通量密度则为，如果是从最大增益方向的天线远场的一个单一发射机收到的功率通量密度，则可在接收机的输入方产生相同功率，如同从不同发射机的集总值实际收到的功率一样。

瞬时等效功率通量密度采用以下公式计算：

$$epfd = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,max}} \right] \quad (1)$$

其中：

N_a：从射电天文望远镜可见的非GSO空间电台的数量

i：所考虑的非GSO空间电台的指数

P_i：在参考带宽的非GSO系统中考虑的发射空间电台的天线输入处的无用发射RF功率（dBW）（或在有源天线的情况下的RF放射功率）

θ_i：在所考虑的非GSO系统发射空间电台的波束中心和射电天文望远镜方向之间的离轴角（度）

$G_t(\theta_i)$：在射电天文望远镜方向的非GSO系统中考虑的空间电台的发射天线增益（作为一种比例）

d_i：在射电天文望远镜和非GSO系统中考虑的发射台站之间的距离（米）

φ_i：在射电天文望远镜指向和非GSO系统中的发射空间电台之间的离轴角（度）

$G_r(\varphi_i)$：在所考虑的非GSO系统的发射空间电台方向，射电天文望远镜的接收天线增益（作为一种比例）（见ITU-R RA.1631建议书）

$G_{r,max}$：射电天文望远镜的最大增益（作为一种比例）

$epfd$：射电天文望远镜参考带宽的瞬时有效功率通量密度（dB(W/m^2)）。

公式（1）的等效功率通量密度计算假设，由于所有干扰源的原因，功率通量密度指向接收天线的波束中心，在那里天线增益值最大。但是，射电天文保护标准是基于射电天文天线的等高线为0 dBi。如果采用公式（1）中的方法，由于所有干扰源的原因，指向接收天线0 dBi增益的功率通量密度则可通过以下方法确定：

$$epfd_{G_r=0\ \mathrm{dBi}} = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot G_r(\varphi_i) \right] \quad (2)$$

在2 000秒的积分时间内，利用公式（2）得出的 $epfd_{G_r = 0\ \mathrm{dBi}}$ 值（以线性方式）得出平均值。该值可与功率通量密度值进行比较（做出定义方式为，假设在干扰方向的接收天线增益为0 dBi，同时考虑到这一积分时间）。

注1 – 在此假设，每个发射机均位于射电天文望远镜的远场（即,距离大于2D2/λ，其中*D*为射电天文望远镜的有效直径，λ为观察波长）。虽然这一条件不可能总得到满足，但是这被认为是一种合适的近似值。

注 2 – 对于一些天文望远镜而言，最大增益方向（波束中心方向）可能并不会总与射电天文望远镜的几何轴重合。

注 3 – 在有源天线的情况下，*Pi*应被视为RF发射功率，而不是天线输入处的功率。

注 4 – 发射台站的天线增益，*Gt* (θi)是从所考虑的射电天文频段的频率处得出的。它可能与欲进行发射的频率的增益不同。

附件 2

等效功率通量密度的分配

本附件描述了从整个天空获取epfd 统计值的一种方法。

1 将天空分为近似相等的立体角区域

此方法的第一步是，将天空分为与地平线平行的*M*个环形，并按照从0°至90°的顺序平均分隔仰角。每个环形的宽度为90/*M*°。下一步是将这些环形分为区域，并选择其方位角宽度，以便为每个环形区域提供一个积分数目，该积分数目大致相等于：

$$\frac{90/M}{\cos(elevation)} \quad \text{度}$$

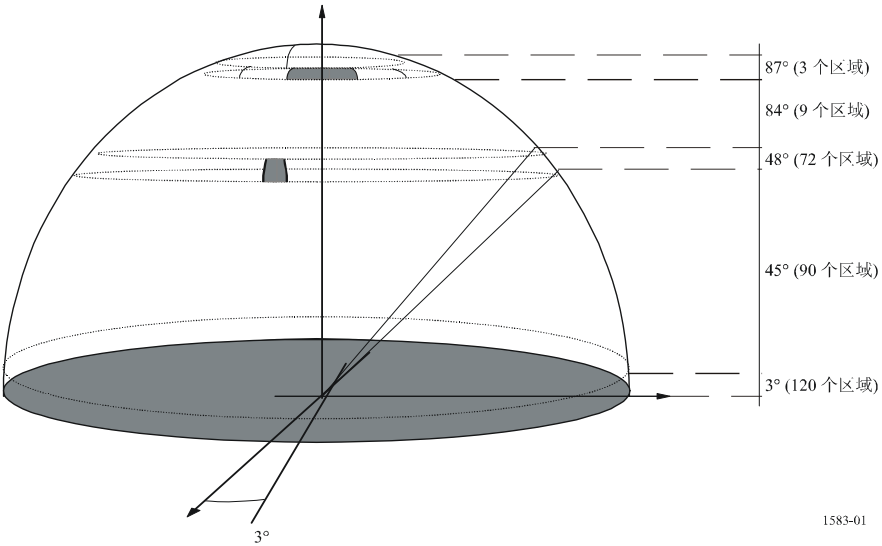
图 1以3°的仰角宽度为例，提供了一个区分实例。此例将天空分为30个3°的仰角环形。这样，方位角宽度大致相等于：

$$\frac{90/30}{\cos(elevation)} \quad \text{度}$$

仰角为一特定环形中的一个平均仰角。

图 1

将天空分为约9平方度的立体角之例



根据此图，天空被分为2 334个区域，每个区域约为9平方度的立体角。表1提供了与此相对应的每个环形中的区域数目。

表 1

将天空分为约9平方度立体角的平面区域之例

环形的较低仰角(度)	环形的立体角(平方度)	累计立体角(平方度)	方位角的步(度)	环形中的区域数目	区域立体角(平方度)	区域累计数目	立体角的百分比(%)	累计立体角数目(%)
0	1 079.51	1 079.51	3	120	9.00	120	5.23	5.23
3	1 076.55	2 156.05	3	120	8.97	240	5.22	10.45
6	1 070.64	3 226.69	3	120	8.92	360	5.19	15.64
9	1 061.79	4 288.49	3	120	8.85	480	5.15	20.79
12	1 050.04	5 338.53	3	120	8.75	600	5.09	25.88
15	1 035.41	6 373.93	3	120	8.63	720	5.02	30.90
18	1 017.94	7 391.87	3	120	8.48	840	4.94	35.84
21	997.68	8 389.55	3	120	8.31	960	4.84	40.67
24	974.68	9 364.23	3	120	8.12	1 080	4.73	45.40
27	949.01	10 313.24	3	120	7.91	1 200	4.60	50.00
30	920.75	11 233.99	4	90	10.23	1 290	4.46	54.46
33	889.95	12 123.94	4	90	9.89	1 380	4.31	58.78

表1（完）

环形的较低仰角(度)	环形的立体角(平方度)	累计立体角(平方度)	方位角的步(度)	环形中的区域数目	区域立体角(平方度)	区域累计数目	立体角的百分比(%)	累计立体角数目(%)
36	856.72	12 980.66	4	90	9.52	1 470	4.15	62.93
39	821.14	13 801.81	4	90	9.12	1 560	3.98	66.91
42	783.31	14 585.12	4	90	8.70	1 650	3.80	70.71
45	743.34	15 328.46	4	90	8.26	1 740	3.60	74.31
48	701.32	16 029.79	5	72	9.74	1 812	3.40	77.71
51	657.39	16 687.17	5	72	9.13	1 884	3.19	80.90
54	611.65	17 298.82	5	72	8.50	1 956	2.97	83.87
57	564.23	17 863.06	6	60	9.40	2 016	2.74	86.60
60	515.27	18 378.33	6	60	8.59	2 076	2.50	89.10
63	464.90	18 843.23	6	60	7.75	2 136	2.25	91.35
66	413.25	19 256.48	8	45	9.18	2 181	2.00	93.36
69	360.47	19 616.95	9	40	9.01	2 221	1.75	95.11
72	306.70	19 923.65	10	36	8.52	2 257	1.49	96.59
75	252.09	20 175.74	12	30	8.40	2 287	1.22	97.81
78	196.79	20 372.53	18	20	9.84	2 307	0.95	98.77
81	140.95	20 513.49	24	15	9.40	2 322	0.68	99.45
84	84.73	20 598.21	40	9	9.41	2 331	0.41	99.86
87	28.27	20 626.48	120	3	9.42	2 334	0.14	100.00

2 一区域的等效功率通量密度分布

首先，针对射电天文业务天线的指向进行一项随机选择。该天线将位于第1段中所定义的天空中的一个特定区域。之后，随机选择观测星座的起始时间。之后，再根据2 000秒的积分时间对每一时间抽样的epfd进行评估。此后，再针对所选择的指向和观测星座的起始时间，进行与此试验相对应的平均epfd的计算。

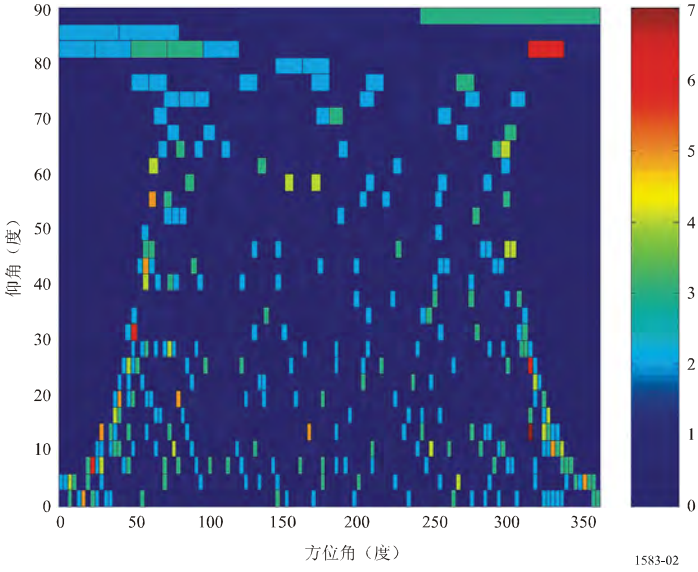
重复进行此操作，以便获得所考虑区域的epfd分布统计。此方法涉及到多次试验，其中每个试验均根据2 000秒的积分间隔计算平均epfd值。试验的次数越多，此分布情况越精确。需要进行足够次数的试验才能获得所需的可信值。尤其是，试验数目与2 000秒的积分时间的乘积应显著高于星座的阶段。而且，还有必要确保星座整个阶段有适当的统计抽样。一当发现在分布中没有进一步的显著变化，即可得出结论，试验的次数已经足够。此检查可作为模拟工作的一项不可分割的内容自动进行，或通过定期停止模拟工作人工进行。

3 数据损耗百分比方面的输出

第2段中所述的epfd的确定提供了天空中每一区域的epfd值分布。可将此与用于射电天文测量的门限值相比较。当超出这些值时，就会发生一些射电天文数据损耗。这种损耗的百分比被定义为，所有这些区域的损耗的总数除以试验次数。图2以一非GSO RNSS星座为例，介绍了整个天空每区域数据损耗百分比的情况。

图 2

天空中的数据损耗分布



ITU-R S.1586-1建议书

在射电天文台址由非对地静止卫星固定业务系统产生的无用发射电平的计算

（ITU-R 236/4 号研究课题）

（2002-2007 年）

范围

本建议书阐述了可用来计算非 GSO 卫星固定业务系统在射电天文台址产生的无用发射电平的方法，同时还包含了一个用来计算当在进入干扰方向的接收天线增益假定为 0 dBi 时并在考虑到给定集成时间的情况下，超出给定等量功率通量密度 (epfd) 的时间百分比的程序。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 在某些情况下，为射电天文业务和空间业务（空对地）划分了相邻或邻近的频带；

b） 射电天文业务是基于接收比一般其他无线电业务所用功率电平小得多的发射实现的；

c） 由于这些较低的接收功率电平，射电天文业务一般要比其他业务更容易受到无用发射的干扰；

d） 《无线电规则》（RR）的一些脚注（比如《无线电规则》第 5.149、5.443B 和 5.511A 款）关注保护射电天文业务，尤其是来自空间电台发射机的；

e） 由于非对地静止卫星系统（非 GSO）的特性，特别是由于干扰随时间而变的特性，使由这种卫星产生而进入射电望远镜的干扰电平不能像对地静止卫星一样地计算，

建议

1 对于在射电天文台址由非对地静止卫星固定业务（FSS）系统产生的无用发射电平的计算可由主管部门利用附件 1 中描述的方法进行；

2 当进行这些计算时，ITU-R RA.1631 建议书中描述的天线方向性图可用于模拟射电天文天线；

3 超过等效功率通量密度（epfd）电平（定义假设在干扰方向上 0 dBi 的接收天线增益以及给定累积时间）的时间百分数可按照附件 2 中描述的方法计算得到。

附 件 1

非对地静止卫星固定业务系统在射电天文台址产生的无用发射电平的计算

这里描述的方法，是基于《无线电规则》第 22 条第 22.5C 款中定义的等效功率通量密度的概念，是用于计算进入射电望远镜的由非对地静止卫星固定业务系统产生的无用发射的功率通量密度电平，同时考虑卫星系统和射电天文望远镜天线的两者特性。等效功率通量密度值是所有卫星发射的集总，表示为射电望远镜视轴（主轴的峰值）方向上的单一等效源的功率通量密度（pfd）。

1 所需的参数

由于非对地静止卫星系统的特性，很明显，由这种卫星产生进入射电望远镜的干扰电平不能以和对地静止卫星一样的方法计算。将非对地静止卫星动态特性考虑在内的统计方法是必要的。

在累积时间内（2 000 s）由卫星对射电望远镜的干扰是基于统计计算，并考虑卫星和射电望远镜的参数。

非对地静止卫星系统参数：

– 在射电天文台视野下天空中可视的卫星个数；

– 在要考虑的射电天文频带内，到达射电望远镜的功率通量密度，采用 dBsd 或者 dBc 的框架图来计算；

– 卫星和射电天文台之间的距离；

– 卫星轨道具体特性。

射电望远镜的参数：

– 天线的位置；

– 天线方向性图和增益；

– 指向方向的实际范围；

– 视轴指向方向；

– 射电天文台天线的视轴同卫星发射方向之间的偏离轴角；

– 累积时间（2 000 s）。

2 在射电天文台址计算等效功率通量密度电平

射电望远镜在非对地静止卫星（与对地静止地球卫星相反）方向上的接收增益主要随时间变化而变化，这是因为卫星的移动和射电望远镜旁瓣类型的锐角状结构。有时会出现卫星方向上的射电望远镜增益要远高于 0 dBi，而有些时候又会较低。另外，对于非对地静止卫星系统中有多个卫星的情况，它们各自的影响必须包含在内并被适当考虑。

这可以用等效功率通量密度的概念完成，等效功率通量密度原定义是用于评估对地静止卫星系统和非对地静止卫星系统共存的可能性。在以下部分，此概念是通过射电天文台受到来自非对地静止卫星干扰的情形而归纳出的。这个定义基于世界无线电通信大会（2000年，伊斯坦布尔）（WRC-2000）采纳的《无线电规则》第 22.5C 款。

2.1 等效功率通量密度的定义

一个天线在它的参考带宽内，当同时从不同距离的发射电台接收功率时，接收的方向不同，瞬时功率通量密度电平也不同，等效功率通量密度是这种情况下的功率通量密度，即在最大增益方向天线远场上的单个发射机所接收的功率与实际接收机输入端处接收来自不同发射机集总的功率相同。

单位为 dB(W/m^2)的瞬时等效功率通量密度由以下公式计算得来：

$$epfd = 10 \log_{10}\left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,max}}\right] \qquad (1)$$

式中：

N_a: 射电望远镜视野可见的非对地静止空间电台的个数

i: 需要考虑的非对地静止空间电台的数目

P_i: 在非对地静止系统中参考带宽内发射空间电台天线输入端无用发射的射频功率（或者在有源天线情况下的射频辐射功率）（dBW）

θ_i: 非对地静止系统中发射空间电台天线的视轴同射电望远镜方向之间的偏离轴的角度；

$G_t(\theta_i)$: 非对地静止系统中空间电台发射天线在射电望远镜方向上的增益（按比例的形式）

d_i: 非对地静止系统发射站同射电望远镜之间的距离（m）

φ_i: 射电天文望远镜指向方向同非对地静止系统中发射空间电台方向之间的偏轴角度

$G_r(\varphi_i)$: 射电天文望远镜在非对地静止系统中考虑的发射空间电台的方向上的接收天线增益（按比例的形式）（见ITU-R RA.1631建议书）

$G_{r,max}$: 射电望远镜的最大增益（以百分比的形式）

$epfd$: 射电望远镜处参考带宽内的瞬时等效功率通量密度 (dB(W/m^2))。

等式（1）中关于等效功率通量密度的计算假设所有干扰源产生的功率通量密度都是接收天线视轴方向上的，此情况下天线增益是最大的。然而，射电天文保护标准是基于射电天文天线 0 dBi 等值线上的。运用等式（1）的方法，接收天线 0 dBi 增益方向上由所有干扰源产生的功率通量密度，可以由下式确定：

– 运用等式(1)的方法，利用以下公式得出接收天线 0 dBi 增益方向上的瞬时等效功率通量密度：

$$epfd_{G_r=0\,\mathrm{dBi}} = \left(\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot G_r(\varphi_i) \right) \qquad (2)$$

– 从等式（2）得到 $epfd_{G_r = 0\ \mathrm{dBi}}$ 的值，是 2 000 s 累积时间内的平均，可以同功率通量密度电平（被定义为假设干扰方向上接收天线增益为 0 dBi 并给定累积时间）相比较。

注 1 — 假设所有的发射机都位于射电望远镜的远场中（这就是说，在大于 $2D^2/\lambda$的距离上，这里 D 是射电望远镜的有效直径，λ是观测波长）。虽然不总满足这种情况，但也被认为是合适的近似值。

注 2 — 对有某些望远镜，最大增益方向（视轴方向）并不总和射电望远镜的几何轴重合。

注 3 — 在有源天线的情况下，P_i 应被看做是辐射出的射频功率，而不是天线输入端的功率。

注 4 — 发射站的天线增益，$G_t(\theta_i)$，是在须考虑的射电天文频带内得到的。这也许与想要发射的频率上的增益不同。

附 件 2

等效功率通量密度电平的分布

本附件描述了计算整个天空等效功率通量密度统计值的方法。

1 将天空划分成近似相等的立体角单元

这种方法的第一步是将天空划分为同地平线平行的 M 个环形，仰角从 0°到 90°上等空间分布。每个环的宽度是 $90°/M$。下一步是将这些环划分成单元，单元的方位角宽度是每个环的单元数为整数，该宽度近似等于下式：

$$\frac{90/M}{\cos(\text{仰角})} \quad \text{度}$$

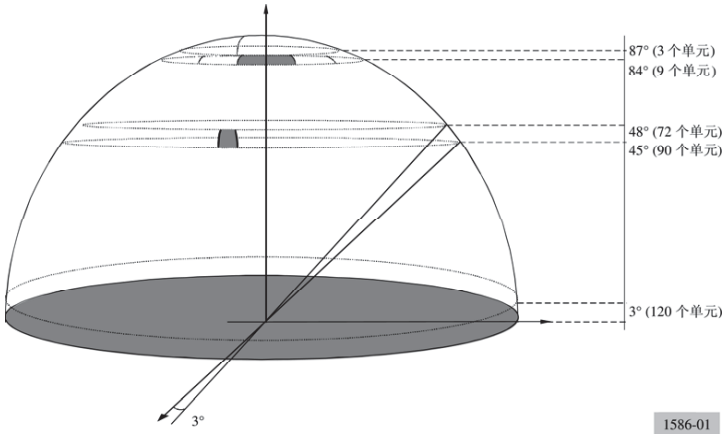
图 1 提供了按仰角宽度 3° 步进划分的例子，它将天空划分成 30 个仰角宽度为 3° 的环。那么，方位角宽度近似等于：

$$\frac{90/30}{\cos(\text{仰角})} \quad \text{度}$$

仰角是一个给定环的平均仰角。

图 1

将天空划分成近似 9 平方度的多个立体角的例子



这使得将天空划分为 2 334 个近似 9 平方度的立体角的单元。表 1 提供了该例对应的每个环包括的单元的个数。

2 对于一个单元的等效功率通量密度分布

首先，随机选择射电天文业务天线的指向方向，它将落在上一段所定义天空的一个指定单元上。然后，随机选择星座的启始时间。在 2 000 s 的累积时间内对于每一个时间采样计算得到等效功率通量密度。针对选择的指向方向和星座的启始时间计算同此实验相对应的平均等效功率通量密度。

表 1

将天空划分为近似 9 平方度立体角的正方形单元的例子

环的较低仰角（度）	环的立体角（平方度）	累计的立体角（平方度）	方位角步进（度）	环中的单元个数	单元的立体角（平方度）	累计单元个数	立体角的百分比(%)	累计的立体角(%)
0	1 079.51	1 079.51	3	120	9	120	5.23	5.23
3	1 076.55	2 156.05	3	120	8.97	240	5.22	10.45
6	1 070.64	3 226.69	3	120	8.92	360	5.19	15.64
9	1 061.79	4 288.49	3	120	8.85	480	5.15	20.79
12	1 050.04	5 338.53	3	120	8.75	600	5.09	25.88
15	1 035.41	6 373.93	3	120	8.63	720	5.02	30.90
18	1 017.94	7 391.87	3	120	8.48	840	4.94	35.84
21	997.68	8 389.55	3	120	8.31	960	4.84	40.67
24	974.68	9 364.23	3	120	8.12	1 080	4.73	45.40
27	949.01	10 313.24	3	120	7.91	1 200	4.60	50
30	920.75	11 233.99	4	90	10.23	1 290	4.46	54.46
33	889.95	12 123.94	4	90	9.89	1 380	4.31	58.78
36	856.72	12 980.66	4	90	9.52	1 470	4.15	62.93
39	821.14	13 801.81	4	90	9.12	1 560	3.98	66.91
42	783.31	14 585.12	4	90	8.70	1 650	3.80	70.71
45	743.34	15 328.46	4	90	8.26	1 740	3.60	74.31
48	701.32	16 029.79	5	72	9.74	1 812	3.40	77.71
51	657.39	16 687.17	5	72	9.13	1 884	3.19	80.90
54	611.65	17 298.82	5	72	8.50	1 956	2.97	83.87
57	564.23	17 863.06	6	60	9.40	2 016	2.74	86.60
60	515.27	18 378.33	6	60	8.59	2 076	2.50	89.10
63	464.90	18 843.23	6	60	7.75	2 136	2.25	91.35
66	413.25	19 256.48	8	45	9.18	2 181	2.00	93.36
69	360.47	19 616.95	9	40	9.01	2 221	1.75	95.11
72	306.70	19 923.65	10	36	8.52	2 257	1.49	96.59
75	252.09	20 175.74	12	30	8.40	2 287	1.22	97.81
78	196.79	20 372.53	18	20	9.84	2 307	0.95	98.77
81	140.95	20 513.49	24	15	9.40	2 322	0.68	99.45
84	84.73	20 598.21	40	9	9.41	2 331	0.41	99.86
87	28.27	20 626.48	120	3	9.42	2 334	0.14	100

重复这个运算以得到要考虑单元的等效功率通量密度的统计分布。这种方法包含了一系列的试验，每个实验都在 2 000 s 的累积间隔上计算平均的等效功率通量密度电平。实验的次数越多，这种分布就越准确。为了得到一定可信程度的结果需要足够多次数的实验。特别地，试验的次数乘以 2 000 s 的累积时间应该显著大于星座的周期。保证在星座整个周期内足够的统计采样也是必要的。当发现分布不会出现显著变化时，可以推断足够多的实验次数已经达到。这项检查既可以作为仿真的完整部分自动完成，也可以通过一定间隔停止仿真由手动完成。

3 在最坏指向方向情况下的等效功率通量密度分布（只有当射电天文业务的天线仰角已给定，来自卫星的功率通量密度电平为常数时才适用）

对天空各个单元的等效功率通量密度分布的计算可以通过先计算与最坏指向方向相对应的等效功率通量密度分布来简化。这些最坏情况的指向方向可以认为是卫星可视度概率最高情况下的指向方向。这些指向方向可由 ITU-R S.1257 建议书确定一对非对地静止卫星计算短期可视性和干扰统计的分析方法，卫星是从地球表面一点看到的（等式（28）和（29））。对于给定的仰角和给定的非对地静止卫星的星座，这个建议书允许最坏情况下的方位角的计算（一般在一给定仰角上有两个最坏的方位角）。

对于这些最坏情况指向方向所在的单元，等效功率通量密度可以通过足够多次的 2 000 s 累积时间来计算。那么，该等效功率通量密度的分布可与功率通量密度的门限电平（假设在干扰的方向上接收天线增益为 0 dBi，并给定 2 000 s 的累积时间）相比较。

对于一个单元，功率通量密度门限电平被超过的时间百分比可被计算为射电望远镜的平均功率通量密度超过这个功率通量密度门限电平时 2 000 s 积分周期的百分比。

比较等效功率通量密度的分布与对应于最坏情况下指向方向相应单元的的功率通量密度门限电平，可得到以下结论：

– 如果，在所有 *M* 个环内，最差指向的时间平均 epfd 在 98%或更多的时间内等于或小于有害干扰门限值（见图 2），那么，整个天空则达到避免有害干扰的标准。

– 如果，在一个给定仰角环中，当最差指向的时间平均 epfd 在 98%或更多的时间内等于或小于有害干扰门限值（见图 2），那么相应的整个环则达到避免有害干扰的标准。

– 如果干扰的标准没有满足，那么进一步的调查是必要的。

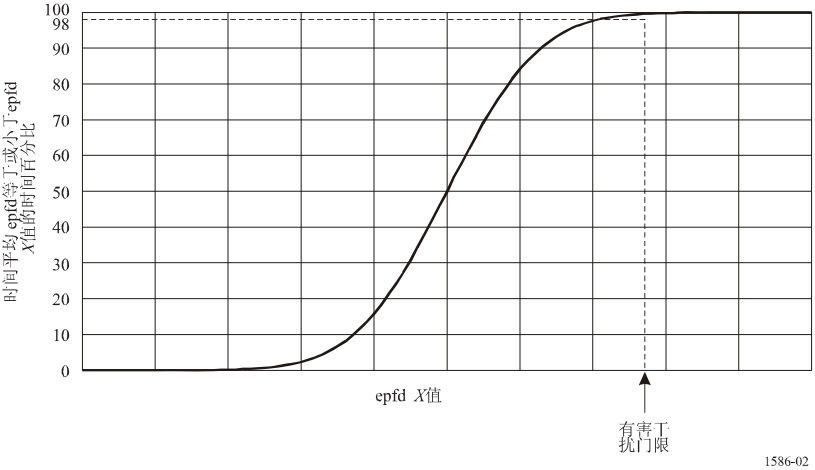
最坏情况下指向方向的考虑给出了有关最坏情况单元的位置的信息。

4 等效功率通量密度分布形式的输出

第 2 节中所描述的等效功率通量密度计算给出了天空中每个单元等效功率通量密度电平分布，如图 2 所示。

图 2

一个单元的累计等效功率通量密度分布的举例



ITU-R F.1613 建议书[*,**]

为了确保对 5 250-5 350 MHz 频带卫星地球探测业务（有源）和空间研究业务（有源）系统的保护，对在第三区固定业务中的固定无线接入系统的操作和部署的要求

（ITU-R 113/9 和 218/7 号研究课题）

（2003 年）

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 5 250-5 350 MHz 频带是以主要业务划分给用于星载有源遥感器的卫星地球探测业务（EESS）（有源）和空间研究业务（SRS）（有源），以及划分给无线电定位业务；

b) WRC-03 根据 1.5 项议程将会复审 5 250-5 350 MHz 频带的划分，着眼于在第三区将此频带以主要业务划分给固定业务。

c) 第三区的一些主管部门已经提议将 5 250-5 350 MHz 频带用于固定业务中的需要核发执照的固定无线接入系统（FWA）；

d) 这些在户外操作的 FWA 系统可能会对上述频带的 EESS/SRS（有源）产生不可接受的干扰；

e) 为了保护星载有源遥感器系统，有必要规定在第三区 FWA 系统的操作和部署要求，

* 本建议书由无线电通信第 7 研究组和第 9 研究组联合制定，将来的任何修订也将联合进行。

** 应提请无线电通信第 7 研究组和第 8 研究组注意本建议书。

注意到

a) 由 EESS/SRS（有源）系统对具有附件 1 中所述特性的 FWA 系统产生的干扰被认为是可接受的，

认识到

a) FWA 与其他类型的无线接入系统(包括无线本地局域网（RLAN）在同覆盖区、同频率条件下是很难同时操作的，

建议

1 在 EESS/SRS 卫星的有源遥感器的覆盖区范围内（见注 1、注 2 和注 3）的地球表面，由 FWA 系统产生的集总干扰（对卫星方向的最大等效辐射功率（e.i.r.p.）的总和）应小于–7.6 dB（W/20 MHz）；

2 应使用附件 1 所描述的方法来估算 FWA 系统产生的集总干扰电平；

3 根据表 4 所给出的在第三区 FWA 系统的特性，在卫星有源遥感器覆盖区范围内应允许的 FWA 基站的最大密度为每 220 km^2 内 23 个。不同的 e.i.r.p.、天线方向性图和频率规划会意味着允许 FWA 基站的最大密度也不同；

4 每个 FWA 基站的最大（e.i.r.p）应该不大于 3 dB（W/20 MHz）（见注 4、注 5）；

5 主管部门应控制这些系统，以确保上述建议中规定的 FWA 系统的部署要求得到满足。

注 1 — 该集总干扰电平来源于表 5 中 SAR4 卫星接收机的干扰门限–132.35 dB（W/20 MHz）。

注 2 — 这里指的 EESS/SRS 卫星的有源传感器覆盖区面积大约为 220 km^2。

注 3 — 由 FWA 系统产生的对星载有源遥感器卫星的集总干扰所取决的参数有：FWA 系统的发射功率，天线方向性和与卫星有源遥感器的覆盖区使用相同射频信道的 FWA 基站数量。

注 4 — 如果主要波束方向仰角大于 10 度，那么 e.i.r.p.限值就应再低 6 dB，如：e.i.r.p.为–3 dB（W/20 MHz）。

注 5 — 应控制 FWA 站天线的方向，以避免由于天线方向未对准而引起对卫星的意外直接辐射，例如，一个远端站未指向基站。

注 6 — 应给出另外的指南以使本建议更容易实施。这个问题需要进一步研究。

附 件 1

FWA 系统与 5 250-5 350 MHz 频带 EESS（有源）和 SRS（有源）的星载有源遥感器系统之间的频率共用

1 引言

5 250-5 350 MHz 频带被认为适合用于固定业务的 FWA 系统以提供高速互联网或其他多媒体业务的应用。该频带由国际电联《无线电规则》在全球基础上划分给了 EESS（有源）和 SRS（有源），因此需要确定 FWA 系统与 EESS/SRS（有源的）系统共用该频带的可行性。

在该频带，EESS/SRS（有源）的不同类型的星载合成孔径雷达（SAR）、星载雷达高度表和星载散射仪系统都在使用。

本附件涉及 FWA 系统与这些星载有源遥感器的共用考虑，使用目前已有的或在部署阶段正被考虑的典型系统参数。

2 星载有源遥感器的技术特性

5 250-5 350 MHz 频带星载有源遥感器的技术特性见表 1 到 3。

表 1

5.3 GHz 典型的星载 SAR 特性

参数	值		
	SAR2	SAR3	SAR4
轨道高度（km）	600（圆形）	400（圆形）	
轨道倾斜度（度）	57		
射频中心频率（MHz）	5 405	5 305	5 300
峰辐射功率（W）	4 800	1 700	
极化	（HH, HV, VH, VV）水平，垂直		
脉冲调制	线性脉宽调频		
脉冲带宽（MHz）	310		40
脉冲持续时间（s）	31	33	

表 1（完）

参数	值		
	SAR2	SAR3	SAR4
脉冲重复率（脉冲/秒）	4 492	1 395	
占空因数（%）	13.9	5.9	
范围压缩比	9 610	10 230	1 320
天线类型（m）	平面相控阵1.8 3.8	平面相控阵0.7 × 12.0	
天线峰值增益（dBi）	42.9	42.7/38（全聚焦/波束扰动）	
天线中央旁瓣增益（dBi）	–5		
天线方位（度）	离天底20-38度	离天底20-55	
天线波束宽度	1.7（El）， 0.78（Az）	4.9/18（El）， 0.25（Az）	
天线极化	线性水平/垂直		
接收机噪声系数（dB）	4.62		
对于接收机输入端的接收机前端1dB压缩点	–62 dBW输入		
接收机输入端的最大处理功率（dBW）	7		
操作时间（占百分比）	轨道的30%		
最小成像时间（s）	15		
服务区	大陆板块和沿海地区		
图像列宽度（km）	20	16/320	
覆盖区（km^2）	159.03	76.5	76.5-220
接收机带宽（MHz）	356.5		46.00
干扰门限（dB）	$I/N = –6$		

表 2

5.3 GHz 典型的星载高度表特性

(Jason任务特性)	
寿命	5年
高度（km）	1 347 ± 15
倾角（度）	66
(海神2号高度表特性)	
信号类型	杂脉冲线性调频
C波段脉冲重复频率PRF （Hz）	300
脉冲持续时间（μs）	105.6
载波频率（GHz）	5.3
带宽（MHz）	320
射频发射峰值功率（W）	17
射频发射平均功率（W）	0.54
天线增益（dBi）	32.2
3 dB孔径（度）	3.4
旁瓣电平/最大（dB）	–20
后旁瓣电平/最大（dB）	–40
–3 dB（km）波束覆盖区	77
干扰门限（dBW）	–118

表 3

5.3 GHz 典型的星载散射仪特性

参数	值	
系统名称	散射仪1	散射仪2
轨道高度（km）	780	800
倾斜度（度）	81.5	
中心频率（GHz）	5.3	5.255
脉宽	70 μs（中心） 130 μs（前/后）	8 ms（中心） 10.1 ms（前/后）
调制	断续的单载波	线性调频（chirp）
发射机带宽（kHz）	15	500
脉冲重复频率PRF （Hz）	115（中心） 98（前/后）	29.4
天线类型	槽波导	

表 3（完）

参数	值			
天线增益（dBi）	31（）（中） 32.5（前/后）		28.5（中） 29.5（前/后）	
天线主轴波束方位	入射角: 18-47（中） 24-57（前/后）		入射角: 25.0-54.5（中） 33.7-65.3（前/后）	
天线波束宽度（–3 dB） e仰角（度） 方位角波束宽度（度）	24 （中） 1.3	26 （前/后） 0.8	23.6 （中） 1.1	23.9 （前/后） 0.8
仪器仰角（度）	29.3		37.6	
天线极化	垂直			
发射机峰值功率	4.8 kW		120 W	
接收机噪声系数（dB）	3			
服务区	海洋和沿海地区，大陆板块			
干扰门限（dB（W/Hz））	–207			

3 FWA 系统的技术特征

应确定 FWA 系统的技术参数，以便既满足高速互联网业务的要求，又满足与其他业务共用的标准。

FWA 系统如果是在 5 250-5 350 MHz 频带内操作，必须考虑以下几点：

— FWA 系统是由一个基站和许多在服务覆盖区范围内的远端站组成的，换句话说就是一个蜂窝单元。假设所有远端站仅通过分配的时隙 （假设为时分多址接入方式（TDMA））或者通过有可用的载波进行通信（假设为载波检测多路接入（CSMA））与基站通信。这意味着在一个单元内同一时间只有一个站能发射。因此，FWA 基站的部署密度（每 km^2）会影响星载有源遥感器卫星电台。

— 高仰角的天线方向性很重要，如果 FWA 站的天线有足够的向上鉴别角，那么干扰功率电平将会被充分抑制。

— 在最坏情况下，一个单元内的一组 FWA 发射机的激活比率可能达到 100%

— 需要采取核发执照措施来控制 FWA 系统的部署密度。

考虑到上述特征，FWA 系统的技术参数示例设定于表 4，作为本附件里的初步研究结果。

在此分析中选择的是对窄带 SAR 接收机造成最坏干扰的那些特性。对这种类型的 FWA 系统，如果天线瞄准线约指向点对多点连接的水平线，那么瞄准线上的角度就变成了仰角。离天底 20° 到 55°之间，FWA 站朝着星载 SAR 的仰角范围是 69°到 30°

表 4

5.3 GHz FWA 系统的技术特性

	基地	远端站
频带（MHz）	5 250-5 350	
操作方式	点对多点	
单元半径（km）	1-2	
最大等效全向辐射功率（e.i.r.p.）/功率	2/0.2	2/0.063
天线增益/特性	10 dBi/ ITU-R F.1336建议书 全向型（$k = 0$） （图1）	15 dBi/ ITU-R F.1336建议书 低成本低增益天线 （图2 ）
带宽（MHz）	20	
接收机噪声系数（dB）	8	
干扰门限	I/N –6 dB或–128.8 dB（W/20 MHz）	
极化	垂直或电平	
激活比率（%）	90	10

图 1

基站天线辐射图

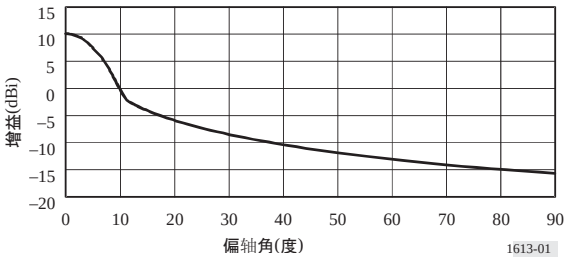
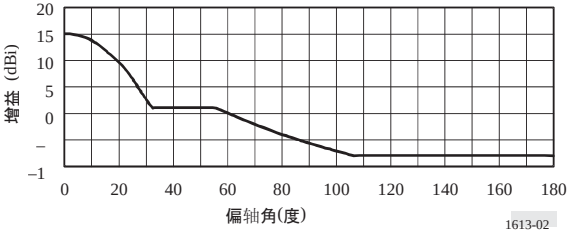


图 2

远端站天线辐射方向性图



4 星载有源遥感器与 FWA 系统之间的频率共用

4.1 SAR 与 FWA 之间的共用

4.1.1 FWA 对 SAR 的干扰

表 5 中给出了如表 4 中参数的 FWA 系统对如表 1 中参数的 SAR4 的干扰的计算结果。虽然 SAR2、SAR3 和 SAR4 给出了每兆赫兹等效干扰门限值，但下面的分析是针对 SAR4 以绝对值给出了最严格的要求。在计算干扰的过程中，考虑了 FWA 天线的旁瓣效应和在地表/建筑物的散射效应。关于远端站的旁瓣干扰，计算了所有围绕着基站的远端站指向卫星方向的平均 e.i.r.p.（见附件 1 的附录 1）。应注意的是，表 5 中设定的频率复用因子为 4。

周围建筑的表面散射效应或者偶尔散射是可能的干扰源。这取决于系统部署后的地区以及系统所处（在建筑顶部或者旁边）的高度等等。可以预计 FWA 系统将被部署在高密度城市地区，该地区注定会发生大范围物体的散射，因此除了表面散射之外，这些其他的因素也需要考虑到。其中一个特别需要考虑到的是现代办公大楼，金属建造的大楼会造成传感器无法避开的高反射率。最坏的情况下散射系数可以达到 –18dB。这个假设需要再确认一下。

以上的分析是基于不用扇形天线的 FWA 发射机的假设。扇形天线的存在会使得有关散射的共用情况恶化。

结果显示 23 个 FWA 单元可以在 SAR4 面积为 220 km^2 覆盖区内中工作，而且对 SAR 卫星接收机的干扰值小于一个可以接受的电平。如果 FWA 系统的参数与表 4 中列出的不同，包括基站中使用扇型天线的情况，所允许单元的数目在同一个卫星覆盖区中将会不同。表 5 应使用实际参数重新计算。

表 5

FWA 系统对 SAR4 的干扰

参数			离天底 20 度		离天底 55 度	
			值	dB	值	dB
FWA天线旁瓣的干扰e.i.r.p.	来自基站	发射最大峰值功率（W）	0.2	−7.00	0.2	−7.00
		发射天线增益（dBi）		−14.20		−8.80
		激活比率	90%	−0.46	90%	−0.46
		e.i.r.p.（dBW）		−21.66		−16.26
	来自远端站	发射最大功率（W）	0.063	−12.00	0.063	−12.00
		平均发射天线增益（dBi）		−4.96		−2.34
		激活比率	10%	−10.00	10%	−10.00
		e.i.r.p.（dBW）		−26.96		−24.34
	总的旁瓣e.i.r.p.（dBW）			−20.54		−15.63
在表面散射的干扰功率	来自基站	发射机最大功率（W）	0.2	−7.00	0.2	−7.00
		激活比率	90%	−0.46	90%	−0.46
		发射功率（dBW）		−7.46		−7.46
	来自远端站	发射机最大功率（W）	0.063	−12.00	0.063	−12.00
		激活比率	10%	−10.00	10%	−10.00
		发射功率（dBW）		−22.00		−22.00
	总发射功率（dBW）			−7.31		−7.31
	散射系数（dB）			−18.00		−18.00
	总散射e.i.r.p. （dBW）			−25.31		−25.31
一个单元的总干扰e.i.r.p. （dBW）				−19.29		−15.19
SAR接收到的干扰功率	接收天线增益（dBi）			42.70		42.70
	极化损耗（dB）			−3.00		−3.00
	自由空间损耗（dB）		（427 km）	−159.55	（749 km）	−164.43
	接收功率（dBW）			−139.14		−139.92
SAR接收机灵敏度	噪声指数（dB）			4.62		4.62
	kT		4.0×10^{-21}	−203.98	4.0×10^{-21}	−203.98
	接收带宽（MHz）		20.0	73.01	20.0	73.01
	噪声功率（dBW）			−126.35		−126.35
	SAR干扰门限（I/N = −6 dB）（dBW）			−132.35		−132.35
	SAR 干扰门限					
FWA单元允许的数目	余量（dB）			6.79		7.57
	使用SAR覆盖区内同一射频信道的FWA单元的最大数目		4.78		5.71	
	假设频率再用因子为4时FWA单元的最大数目		19.1		22.8	

4.1.2 SAR 对 FWA 的干扰

分析星载 SAR 对 FWA 系统的潜在干扰的第一步是确定星载 SAR 旁瓣在地球表面的信号功率。对于该分析使用了中间旁瓣增益，因为这些旁瓣的覆盖区比峰值增益的覆盖区大很多，而且这些旁瓣会导致较长时间的持续干扰。表 6 给出了由 SAR4 卫星旁瓣引起的对 FWA 的干扰电平。该表给出了 20 dB 范围的正的余量，在涉及旁瓣时会给出正面的共用情况。

表 6

SAR4 旁瓣对 FWA 的干扰

参数	离天底20°		离天底55°	
	对基站的干扰	对远端站的干扰	对基站的干扰	对远端站的干扰
发射功率（dBW）	32.3		32.3	
发射天线 （dBi）增益	–5.0		–5.0	
自由空间损耗（dB）	–159.5 （427 km）		–164.4 （749 km）	
接收天线增益（dBi）	–14.2	–2.2	–8.8	2.3
FWA馈线损耗（dB）	–5.0	–10.0	–5.0	–10.0
接收功率（dBW）	–151.4	–144.4	–150.9	–144.8
带宽压缩（dB）	–3.0		–3.0	
接收功率（dB（W/20 MHz））	–154.4	–147.4	–153.9	–147.8
FWA干扰门限（dB（W/20 MHz））	–128.8		–128.8	
余量（dB）	25.6	18.6	25.1	19.0

然而，天线峰值增益为 43-47.7 dB，高于旁瓣的–5 dBi 平均增益。因此，在卫星掠过的持续时间内，地表上干扰电平将高于 FWA 的干扰门限。尽管超过了门限，这种过量干扰的频次和持续时间分别估计为每 8-10 天一次和每次 0.5-1 秒。

4.1.3 小结

SAR 系统与一个 FWA 系统之间在 5 250-5 350 MHz 频带的频率共用，以证明在 FWA 系统符合规定的操作和部署要求时是可行的。FWA 系统也许会在一个卫星掠过的持续时间内受到来自 SAR 系统的短时强干扰。在假定 SAR 的干扰和 FWA 系统的衰落之间联合概率很小的情况下，这种干扰被认为是可接受的。不过需要更进一步研究对 FWA 系统的具体干扰影响。

4.2 星载高度表与 FWA 之间的共用

4.2.1 FWA 对星载高度表的干扰

表 7 给出了 FWA 对星载高度表的干扰计算。结果给出了对于–118 dBW 的门限有 42.6 dB 余量的一个例子，从而可以得出结论，FWA 系统将不会对星载高度表的工作产生不可接受的干扰。

表 7

FWA 对星载高度表的干扰

参数			离天底	
			值	dB
FWA 天线旁瓣的干扰 e.i.r.p.值	来自基站	发射峰值功率（W）	0.2	–7.00
		发射天线增益（dBi）		–15.84
		激活比率	90%	–0.46
		e.i.r.p. （dBW）		–23.30
	来自远端站	发射峰值功率（W）	0.063	–12.00
		平均发射天线增益 （dBi）		–5.71
		激活比率	10%	–10.00
		e.i.r.p. （dBW）		–27.71
	旁瓣引起的e.i.r.p. （dBW）			–21.96
在地表散射所引起的干扰功率	来自基站	发射峰值功率（W）	0.2	–7.00
		激活比率	90%	–0.46
		发射功率（dBW）		–7.46
	来自远端站	发射峰值功率（W）	0.063	–12.00
		激活比率	10%	–10.00
		发射功率（dBW）		–22.00
	总发射功率（dBW）			–7.31
	散射系数（dB）			–18.00
	总散射e.i.r.p. （dBW）			–25.31
一个单元的总干扰e.i.r.p. （dBW）				–20.31
星载高度表接收的干扰功率	接收天线增益（dBi）			32.20
	极化损耗（dB）			–3.00
	自由空间损耗（dB）		（1 347 km）	–169.53
	接收功率（dBW）			–160.64
星载高度表干扰门限（dBW）				–118.00
余量（dB）				42.64

4.2.2 星载高度表对 FWA 的干扰

表 8 给出了星载高度表主波束对基站和远端站的干扰电平。两种情况下都有足够的余量。

表 8

星载高度表对 FWA 的干扰

参数	到天底	
	对基站的干扰	对远端站的干扰
发射功率（dBW）	12.3	
发射天线增益（dBi）	32.2	
自由空间损耗（dB）	–169.5 （1 347 km）	
接收天线增益（dBi）	–15.8	–5.7
FWA馈线损耗（dB）	–5.0	–10.0
接收功率（dBW）	–145.8	–140.7
带宽缩小（20 MHz/320 MHz） （dB）	–12.0	
接收功率（dB（W/20 MHz））	–157.8	–152.7
FWA干扰门限（dB（W/20 MHz））	–128.8	
余量（dB）	29.0	23.9

4.2.3 小结

星载高度表系统与 FWA 系统之间在 5 250-5 350 MHz 频带的频率共用已被证明是可行的。

4.3 散射仪与 FWA 的共用

4.3.1 FWA 对散射仪的干扰

表 9 给出了 FWA 对散射仪的干扰分析。选择散射仪 1 代表最坏情况。表 9 给出了来自 FWA 的干扰并不会产生不可接受干扰。

4.3.2 散射仪对 FWA 的干扰

表 10 给出了散射仪对 FWA 的干扰分析。负的余量表示，在散射仪系统掠过时，FWA 系统可能会受到短时强干扰。

表 9

FWA 对散射仪 1 的干扰

参数			离天底 18°（El: 69.7°）		离天底 57°（El: 19.7°）	
			值	dB	值	dB
由FWA天线旁瓣引起的干扰e.i.r.p.	来自基站	发射峰值功率（W）	0.2	–7.00	0.2	–7.00
		发射天线增益（dBi）		–14.20		–5.94
		激活比率	90%	–0.46	90%	–0.46
		e.i.r.p.（dBW）		–21.66		–13.40
	来自远端站	发射峰值功率（W）	0.063	–12.00	0.063	–12.00
		平均发射天线增益（dBi）		–4.93		0.64
		激活比率	10%	–10.00	10%	–10.00
		e.i.r.p.（dBW）		–26.96		–21.36
	由旁瓣引起的总e.i.r.p.（dBW）			–20.54		–12.76
由地表面散射引起的干扰功率	来基站	发射峰值功率（W）	0.2	–7.00	0.2	–7.00
		激活比率	90%	–0.46	90%	–0.46
		发射功率（dBW）		–7.46		–7.46
	来远端站	发射峰值功率（W）	0.063	–12.00	0.063	–12.00
		激活比率	10%	–10.00	10%	–10.00
		发射功率（dBW）		–22.00		–22.00
	总发射功率（dBW）			–7.31		–7.31
	散射系数（dB）			–18.00		–18.00
	总散射e.i.r.p.（dBW）			–25.31		–25.31
一个单元的总干扰e.i.r.p.（dBW）				–19.29		–12.53
SAR接收的干扰功率	接收天线增益（dBi）			31.00		32.50
	极化损耗（dB）			–3.00		–3.00
	自由空间损耗（dB）		（825 km）	–165.27	（1 745 km）	–171.78
	接收功率（dBW）			–156.56		–154.81
	接收功率（dB（W/Hz））			–229.57		–227.82
散射仪干扰门限（dB（W/Hz））				–207.00		–207.00
余量（dB）				22.57		20.82

表 10

散射仪 1 对 FWA 的干扰

参数	离天底 18°（El: 69.7°）		离天底 57°度（El: 19.7°）	
	对基站的干扰	对远端站的干扰	对基站的干扰	对远端站的干扰
发射功率（dBW）	36.8		36.8	
发射天线增益（dBi）	31.0		32.5	
自由空间损耗（dB）	–165.3（825 km）		–171.8（1 745 km）	
接收天线增益（dBi）	–14.2	–4.9	–5.9	0.6
FWA馈线损耗（dB）	–5.0	–10.0	–5.0	–10.0
接收功率（dBW）	–116.7	–112.4	–113.4	–111.9
FWA干扰门限（dBW）	–128.8		–128.8	
余量（dB）	–12.1	–16.4	–15.4	–16.9

4.3.3 小结

放射仪系统与 FWA 系统的频率共用已被证明是可行的。在散射仪系统掠过时 FWA 系统可能会受到短时强干扰。在假定散射仪的干扰和 FWA 系统的衰落之间联合概率很小的情况下，这种干扰被认为是可接受的。不过需要进一步研究对 FWA 系统的具体干扰影响。

5 结论

在 FWA 系统部署受控的条件下，卫星有源传感器的覆盖区内 FWA 对 EESS/SRS 卫星的总干扰 e.i.r.p. 不会超过–7.6 dB（W/20 MHz），EESS/SRS（有源）与 FWA 的频率共用是可能的。在 EESS/SRS 卫星的有源传感器系统掠过时，FWA 系统可能会受到短时干扰。在假定有源传感器的干扰和 FWA 系统的衰落之间联合概率很小的情况下，这种干扰在该频带被认为是可接受的。

要注意的是，这些结论仅适用于 FWA 与 EESS/SRS（有源）之间的共用，并未讨论也可能在 EESS/SRS（有源的）覆盖区内操作的移动设备对 EESS/SRS（有源）可能增加的集总干扰。然而，研究显示 FWA 与其他类型的无线接入系统（包括 RLAN）在同覆盖区、同频率条件下是很难同时操作的。该问题需要进一步研究，并假定不影响本建议书的结论。

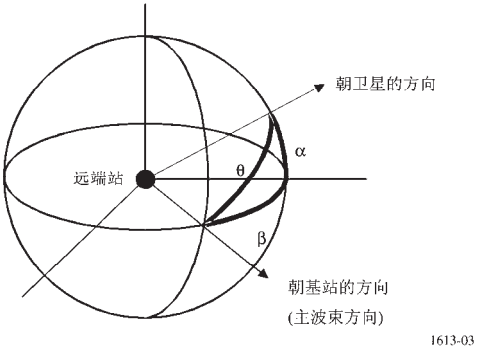
附件 1 的
附录 1

由 FWA 远端站的旁瓣引起的对星载有源遥感器的干扰

在 FWA 单元里，远端站分散在基站周围。假定远端站均匀地按照自远端站方向看的方位角环绕基站。由于远端站的主波束是直接指向基站的，来自远端站主波束的角度比对着 EESS/SRS 卫星的仰角要大，这是由于如图 3 所示的方位角的隔离。

图 3

远端站朝向 EESS/SRS 卫星的偏轴角θ



远端站朝向 EESS/SRS 卫星的偏轴角θ是由如下关系式计算的，假定远端站天线的仰角是 0°：

$$\cos\theta = \cos\alpha \cdot \cos\beta$$

式中：

α: 朝向卫星的仰角

β: 卫星与基站方向的方位隔离角

假设β均匀分布在 0°-360°范围内，对卫星的平均增益的计算示于表 11。

表 11

朝卫星方向的远端站平均天线增益

卫星仰角（度）	70	30
平均增益（dBi）	–4.96	–2.34

附件 1 的
附录 2

缩写词列表

Az 方位角

BW 带宽

CSMA 载波检测多路接入

CW 连续波

EESS 卫星地球探测业务

El 仰角

FM 调频

FWA 固定无线接入

PRF 脉冲重复率

RF 射频

RLAN 无线本地局域网

SAR 合成孔径雷达

SRS 空间研究业务

TDMA 时分多址

ITU-R RA.1631建议书

用于非 GSO 系统和射电天文业务电台之间基于 epfd 概念的兼容性分析的基准射电天文天线的方向性图

（ITU-R 146/7 号研究课题）

(2003 年)

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 需要确定由各种干扰源可能在典型的观测点产生的干扰电平；

b) 为了确定这些干扰电平，需要规定一个基准天线方向性图；

c) ITU-R SA.509 建议书给出了一种基准天线方向性图，预计其旁瓣增益电平对于该业务中所用的大多数天线而言，在最大偏轴角情况下不会被超过；

d) ITU-R SA.509 建议书中所给的天线方向性图适用于某些兼容性或共用分析；

e) 若在由许多干扰源组成的集总干扰的评估中采用如 ITU-R SA.509 建议书中所给的峰值包络辐射方向性图，则得出的预测干扰值会比实际遭受的值大；

f) ITU-R S.1586 建议书和 ITU-R M.1583 建议书提供了一种基于《无线电规则》第 22.5C 款规定的 epfd 概念的计算方法，用于计算由非对地静止卫星系统对射电天文台产生的有害辐射电平；

g) 有必要使用一种代表平均旁瓣电平的天线辐射方向性图，用于预测在连续变化的观测角度内可见的一个或多个快速移动的电台，如非 GSO 系统，对射电天文台的干扰；

h) 简单的数学公式比代表平均旁瓣电平的天线辐射方向性图更为可取；

j) 要导出非对地静止卫星系统对射电天文台产生的无用发射电平导致的 epfd，需要用到射电天文业务(RAS)电台的典型最大天线增益，

建议

1 涉及射电天文天线辐射方向性图的相关详细资料没有时，在非 GSO 系统和 150 MHz 以上频率的 RAS 电台之间兼容性分析中应采用下述平均辐射方向性图的数学模型：

$G(\varphi) = G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\varphi\right)^2$ dBi 对于 $0 < \varphi < \varphi_m$

$G(\varphi) = G_1$ 对于 $\varphi_m \le \varphi < \varphi_r$

$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$ dBi 对于 $\varphi_r \le \varphi < 10°$

$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$ dBi 对于 $10° \le \varphi < 34.1°$

$G(\varphi) = -12$ dBi 对于 $34.1° \le \varphi < 80°$

$G(\varphi) = -7$ dBi 对于 $80° \le \varphi < 120°$

$G(\varphi) = -12$ dBi 对于 $120° \le \varphi \le 180°$

其中：

$$G_{max} = 20 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) + 20 \log \pi \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{20\lambda}{D}\sqrt{G_{max} - G_1} \quad \text{度}$$

$$\varphi_r = 15.85 \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{-0.6} \quad \text{度}$$

D： 望远镜的直径 (m)

λ： 波长 (m)；

2 对于 150 MHz 以上频率，如要更为精确地表示主波束辐射方向性图，可采用下述辐射方向性图的数学模型：

$$G(\varphi) = G_{max}\left[\frac{J_1(2\pi x)}{\pi x}\right]^2 \quad \text{(用比值而不用dB表示)}$$

其中：

$J_1(x)$ ： 一阶贝塞尔函数

$G_{max} = \left[\frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2}\right]$ ： 最大增益 (以非 dB的比值表示)

$A_{eff} = \pi(D/2)^2$ ： 望远镜孔径的面积 (m^2)

D： 望远镜的直径(m)

λ： 波长(m)

且其中：

$x = \dfrac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{360 \cdot \lambda}$ 而 φ：偏轴角 (度) $(0 \le \varphi < \varphi_0)$

φ_0： 该天线方向性图偏轴的第一零点位于69.88/(D/λ) (度)

而对于 150 MHz 以上频率，如要更为精确地表示偏离视轴最多 1°的近旁瓣辐射方向性图，可采用下述辐射方向性图的数学模型：

$$G(\varphi) = B\left[\frac{\cos(2\pi x - 3\pi/4 + 0.0953)}{\pi x}\right]^2 \qquad \text{(用比值而不用dB表示)}$$

其中：

$x = \dfrac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{360 \cdot \lambda}$ 而φ：偏轴角 (度) $(\varphi_0 \le \varphi \le 1°)$

D： 望远镜的直径

λ： 波长

而：

$$B = 10^{3.2}\,\pi^2\,((\pi D/2)/(180 \cdot \lambda))^2$$

该主波束模型对应 100%孔径效率的理想情况；

3 在非 GSO 系统和 RAS 电台之间兼容性分析时使用下述典型最大 RAS 天线增益。

RAS 划分的频带 (MHz)	**典型的最大天线增益**
150.05-153	44
322-328.6	51
406.1-410	53
608-614	56
1 400-1 427	63
1 610.6-1 613.8	64
1 660-1 670	65
2 690-2 700	69
4 990-5 000	74

RAS 划分的频带 (GHz)	典型的最大天线增益
10.6-10.7	81
14.47-14.5	84
15.35-15.4	84
22.21-22.5	87
23.6-24	88
31.3-31.7	90
42.5-43.5	93

使用下式可得到对应的天线直径(见建议 2)：

$$G_{max} = \left[\frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2}\right]$$ 最大增益(用比值表示)

其中：

$A_{eff} = \pi(D/2)^2$： 望远镜孔径的面积(m^2)

D： 望远镜的直径(m)

λ： 波长(m)。

ITU-R RS.1632 建议书

卫星地球探测业务（有源）和移动业务中无线接入系统（包括无线本地网）之间在5 250-5 350 MHz 频段的共用

（ITU-R 218/7 号研究课题）

(2003 年)

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 5 250-5 350 MHz 频段分配给卫星地球探测业务(EESS)(有源) 和无线电定位业务作为主用；

b) 一些主管部门已打算将 5 250-5 350 MHz 频段用于低功率高速无线本地网(WLAN 或 RLAN)；

c) 这些高速 WLAN 打算作为无需核发执照的业务布置在该频段，因此不太可能制定规章对其部署密度进行控制，

认识到

a) ITU-R 始终在进行研究，以便促进无线接入系统(包括 RLAN) 与 EESS(有源)的共用，

注意到

a) 一些主管部门采取了允许无线接入系统(包括 RLAN) 的以 1 W 的 e.i.r.p. 功率限值工作的技术限值，而另一些主管部门采取了更为严格的 e.i.r.p. 限值，

建议

1 具有附件 1 中所给特性的 EESS 的星载有源传感器与 5 250-5 350 MHz 频段内高速 WLAN 之间的共用在无线接入系统(包括 RLAN) 符合诸如附件 2 给出的那些限制时较为可行；

2 采用认识到 a)中正在研究的另一组操作和技术限值也可能会达到附件 1 中给出的 EESS 系统所要求的保护电平。

附 件 1

5 250-5 570 MHz 频段内星载有源传感器的技术特性

表 1 和表 2 给出了 5.3 GHz 频率范围内星载有源传感器的技术特性。

表 1

5.3 GHz 典型的星载成像雷达的特性

参数	数值			
	SAR1	SAR2	SAR3	SAR4
轨道高度(km)	426(圆形)	600(圆形)	400(圆形)	400(圆形)
轨道倾角(度)	57	57	57	57
RF 中心频率(MHz)	5 305	5 405	5 405	5 300
峰值辐射功率(W)	4.8	4 800	1 700	1 700
极化	水平 (HH)	水平和垂直 (HH, HV, VH, VV)	水平和垂直 (HH, HV, VH, VV)	水平和垂直 (HH, HV, VH, VV)
脉冲调制	线性 FM 脉冲	线性 FM 脉冲	线性 FM 脉冲	线性 FM 脉冲
脉冲带宽(MHz)	8.5	310	310	40
脉冲宽度(μs)	100	31	33	33
脉冲重复频率(pps)	650	4 492	1 395	1 395
占空因数(%)	6.5	13.9	5.9	5.9
范围压缩比	850	9 610	10 230	1 320
天线类型(m)	平面相控阵 0.5 × 16.0	平面相控阵 1.8 × 3.8	平面相控阵 0.7 × 12.0	平面相控阵 0.7 × 12.0

表 1(完)

参数	数值			
	SAR1	SAR2	SAR3	SAR4
天线峰值增益(dBi)	42.2	42.9	42.7/38(完全聚焦/波束扰动)	42.7/38(完全聚焦/波束扰动)
天线中央旁瓣增益(dBi)	–5	–5	–5	–5
天线方位(距天底的度数)	30	20-38	20-55	20-55
天线波束宽度(度)	8.5(El), 0.25(Az)	1.7(El), 0.78(Az)	4.9/18.0(El), 0.25(Az)	4.9/18.0(El), 0.25(Az)
天线极化	线性水平/垂直	线性水平/垂直	线性水平/垂直	线性水平/垂直
接收机输入端的接收机前端 1 dB 压缩点(dBW)	–62 输入	–62 输入	–62 输入	–62 输入
相对于接收机输入的允许配置饱和密度	在接收机增益为 71/11 dB 时, –114/–54 dBW 输入	在接收机增益为 71/11 dB 时, –114/–54 dBW 输入	在接收机增益为 71/11 dB 时, –114/–54 dBW 输入	在接收机增益为 71/11 dB 时, –114/–54 dBW 输入
接收机输入最大功率控制(dBW)	+7	+7	+7	+7
工作时间(%)	30 在轨	30 在轨	30 在轨	30 在轨
成像的最短时间(s)	9	15	15	15
服务区	大片陆地和海岸区	大片陆地和海岸区	大片陆地和海岸区	大片陆地和海岸区
成像的幅宽(km)	50	20	16/320	16/320

表 2

5.3 GHz 典型星载雷达的高度计特性

Jason 飞行任务特性	
寿命	5 年
高度	1 347 km ± 15 km
倾角	66°
Poseidon 2 高度计特性	
信号类型	脉冲型。线性 FM
C 波段脉冲重复频率(PRF)	300 Hz
脉冲宽度	105.6 μs
载波频率	5.3 GHz
带宽(BW)	320 MHz
发射 RF 峰值功率	17 W
发射 RF 平均功率	0.54 W
天线增益	32.2 dBi
3 dB 孔径	3.4°
旁瓣电平/最大	–20 dB
背瓣电平/最大	–40 dB
–3 dB 时的波束覆盖	77 km
干扰门限	–118 dBW

表 3

5.3 GHz 典型星载地形测绘雷达的特性

参数	数值	
系统名称	地形测绘雷达 1	地形测绘雷达 2
轨道高度(km)	780	800
倾角(度)	98.5	98.5
中心频率(GHz)	5.3	5.255
脉冲宽度	70 μs(中间) 130 μs(前/后)	8 ms(中间) 10.1 ms(前/后)
调制	间歇 CW	线性 FM(脉冲)
发射机带宽(kHz)	15	500
脉冲重复频率(Hz)	115(中间) 98(前/后)	29.4
天线类型	开槽波导管	开槽波导管

表 3（完）

参数	数值	
天线增益(dBi)	31(中间) 32.5(前/后)	28.5(中间) 29.5(前/后)
天线主波束方位 (度)	入射角： 18-47(中间) 24-57(前/后)	入射角： 25.0-54.5(中间) 33.7-65.3(前/后)
天线波束宽度(–3 dB)， 仰角 方位波束宽度	24° 26° (中间) (前/后) 1.3° 0.8°	23.6 23.9 (中间) (前/后) 1.1° 0.8°
仪器仰角(度)	29.3	37.6
天线极化	垂直	垂直
发射机峰值功率	4.8 kW	120 W
接收机噪声温度(dB)	噪声因子：3	噪声因子：3
服务区	海洋和海岸区、大片陆地	海洋和海岸区、大片陆地

附 件 2

5 250-5 350 MHz 频段内星载有源传感器与高速 WLAN 之间的共用限制

1 引言

本附件描述了 5 250-5 350 MHz 频段星载有源传感器和高速 WLAN 或 RLAN 之间三种共用分析的结果。第一项研究，由本附件的第 2 节给出，采用了高性能 RLAN(HIPERLAN) 类型 1 B 级和 C 级和 HIPERLAN 类型 2 特性的 RLAN,并采用了 SAR4 特性的 SAR。在该项研究中，对室内仅 HIPERLAN 类型 1 B 级和 HIPERLAN 类型 2 可能与 SAR4 在 5 250-5 350 MHz 频段共用，而 HIPERLAN 类型 1 C 级不可能在该频段共用，同样对为室外工作设计的具有在该项研究中假设的技术特性的任何 HIPERLAN 类型也不可能在该频段共用。

第二项研究，由本附件的第 3 节给出，采用了三种 RLAN 类型，RLAN1、RLAN2 和 RLAN3，并采用了 SAR2、SAR3 和 SAR4 特性的 SAR。在该项研究中，针对了部署在室外的单个发射机，RLAN1 高速 WLAN 发射机干扰在 SAR4 的可接受电平以上，RLAN2 高速 WLAN 发射机干扰在 SAR3 和 SAR4 二者的可接受电平以上，以及 RLAN3 高速 WLAN 发射机干扰则在 SAR4 的可接受电平以上的情况。对于室内/室外 RLAN 的部署，对基于在 SAR(覆盖)内每 km^2 仅 12 个工作的发射机和 RLAN1 是一单独的频率信道的假设时，RLAN1 与 SAR2、SAR3 和 SAR4 共用是可行的，而基于每办公空间 1 200 个工作的发射机和在 330 MHz 频段内安排 14 个信道的假设时，RLAN2 与 SAR2、SAR3 和 SAR4 的共用则不可行。对于室内部署和考虑来自高速 WLAN 的 RLAN3 配置对 SAR 的干扰，分析表明任何低于 37-305 个发射机/km^2/信道的表面密度对 SAR 产生的干扰电平对成像 SAR 取决于成像 SAR 的像素 *S/N* 时将是可接受的。估计的

预期平均密度为 1 200 个发射机/大办公区和 250 个发射机/工业区。预期的高密度假设为 14 个信道，每个 23.6 MHz 宽，安排在 330 MHz 频段内。而高速 WLAN 的 RLAN3 配置对 SAR 的干扰，分析表明仅对表面密度低于 14 个信道上的 518 至 4 270 个发射机/km2 时，本地网(LAN) 对 SAR 产生的干扰电平可接受。而 RLAN3 对 SAR2 和 SAR4 的干扰，当 SAR 覆盖中对应大约 3 至 12 个大的办公建筑物或 15 至 60 个工业区时，则取决于 SAR 的像素 S/N。

第三项研究，由本附件的第 4 节给出，采用了要求更高的 HIPERLAN 类型 1 特性的 RLAN,并采用了对高度计由表 2 给出的高度计特性。在 5.3 GHz 左右 320 MHz 带宽工作的雷达高度计与 HIPERLAN 是兼容的。

第四项研究，由本附件的第 5 节给出，采用了 HIPERLAN 类型 2 特性的 RLAN,并采用了对地形测绘雷达由表 3 给出的地形测绘雷达特性。在 5.3 GHz 左右工作的地形测绘雷达与工作在室内的 HIPERLAN 是兼容的。

2 对 HIPERLAN 类型 1 和 2 以及 SAR 的研究

2.1 两个系统的技术特性

用于共用分析的 WLAN 技术特性的是 HIPERLAN 类型 1 和类型 2，它们是欧洲的欧洲电信标准学会(ETSI) 已发布的相关技术要求：对类型 1 是 EN 300 652，而对类型 2 是 TS 101 683 。所用的其他研究参数的值(建筑物衰减、工作有源占空因数、HIPERLAN 密度等等) 则采用了欧洲在这方面研究中由 ETSI ERM 商定的值。

HIPERLAN 类型 1:

它提供与基于 Ethernet 和 Token-ring 标准 ISO 8802.3 和 ISO 8802.5 的有线 LAN 兼容的高速 RLAN 通信。

HIPERLAN/1 的参数：

e.i.r.p.(高比特速率(HBR)，23.5 MHz 内，低比特速率(LBR)，1.4 MHz 内)：

A 级：10 dBm 最大 e.i.r.p.

B 级：20 dBm 最大 e.i.r.p.

C 级：30 dBm 最大 e.i.r.p.

信道间隔： 30 MHz

天线方向性： 全向

最低可用接收机灵敏度： –70 dBm

接收机噪声功率(23.5 MHz)： –90 dBm

HBR 时 BER 10^{-3} 的 *C*/*I*： 20 dB

有效范围(C 级)： 50 m。

本研究仅考虑 B 级(100 mW 最大 e.i.r.p.)和 C 级(1 W 最大 e.i.r.p.) 。

HIPERLAN 类型 2：

它提供与基于 ATM 和 IP 标准的有线 LAN 兼容的高速 RLAN 通信。

HIPERLAN/2 的参数：

e.i.r.p.： 0.2 W(在 5 250-5 350 MHz 频段内)

信道带宽： 16 MHz

信道间隔： 20 MHz

天线方向性： 全向

最低可用接收机灵敏度： –68 dBm(在 54 Mbit/s) 至 –85 dBm
(在 6 Mbit/s)

接收机噪声功率(16 MHz)： –93 dBm

C/*I*： 8-15 dB

有效范围： 30-80 m。

在欧洲国家，5 250-5 350 MHz 频段内，e.i.r.p. 限制在 200 mW 且在下述强制特性实现时才允许使用 HIPERLAN：

— 发射机功率控制(TPC)要确保至少 3 dB 的减弱因子；

— 要求与信道选择机制相关的动态频率选择(DFS)在最小 330 MHz 内提供 HIPERLAN 负载的均衡扩展。

目前 HIPERLAN/1 还不支持这两个特性。

DFS 不仅提供负载的均衡扩展，还允许每个 HIPERLAN 系统检测来自其他系统的干扰，因此可避免与其他系统特别是雷达系统的同信道工作。系统可判断哪个信道空闲可用并自动切换到该信道。这样就可允许在同一办公环境中运行着大量的 HIPERLAN 系统。

值得注意的是在部署方案中所给的数目是基于 WLAN 在整个 330 MHz 频段可用的假设之上的。对该频段的假设是有两个可用的子频段(5 150-5 350 MHz 和 5 470 MHz 以上的 130 MHz)和给定的信道间隔，且在两个子频段的边界需要有保护频段，在研究中假设的可用信道数对类型 1 为 8，对类型 2 为 14 。

该研究所用的其他 HIPERLAN 参数是由 ETSI 商定的值：

— 对 EESS 仪器的平均建筑物衰减：17 dB；

— 有源/无源比：5%；

— 室外应用的百分比：15%；

— 部署场景：对于大的办公建筑物时为 1 200 个系统，对于工业场地时为 250 个系统。

用于星载有源传感器的参数可从本建议书附件 1 中的 SAR 特性得到。对于由 HIPERLAN 对 SAR 造成的干扰的分析以 SAR4 类型作为例子，而其他类型的也可得到类似的结果。由 SAR 对 HIPERLAN 造成的干扰的分析已采用了 SAR 类型 2-4 。

2.2 共用分析（由 WLAN 对 SAR 造成的干扰）

对考虑的三种情况的共用分析在表 4 中给出：HIPERLAN 类型 1(B 级和 C 级)和类型 2。

给定要求的 HIPERLAN 密度(每个大的办公建筑物 1 200 个系统而对工业场地是 250 个系统) 仅对室外或室内室外混合的情况对考虑的三种情况的任何一种都不可能共用。

仅对室内应用，对大功率类型 1 C 级的情况不可能共用，而类型 1 B 级和类型 2 的情况还需进一步的考虑。

实际上对类型 2 表 4 中所给的 440 个系统的限值仅是每个信道的。考虑到前面所述的 DFS 机制，可做这样一种假设，HIPERLAN 类型 2 的系统可延展在可用的 14 信道上，那么在 SAR 覆盖的 76.5 km^2 内给出的理论上限则为 6 160 个系统。类型 1 B 级给出的上限则为 5 208 个系统。

表 4

与 SAR4 共用时允许的有源 HIPERLAN 的信道容量

HIPERLAN 类型	类型 1/B 级		类型 1/C 级		类型 2	
参数	数值	dB	数值	dB	数值	dB
最大发射功率(W) TPC 效应的平均值	0.1 不适用	–10	1 不适用	0	0.2	–7 –3
距离(km) 和自由空间损耗	425.7	–159.5	425.7	–159.5	425.7	–159.5
附加发射路径损耗(dB): — 仅室外 — 仅室内 — 室内室外混合(15% 室外)		 0 –17 –7.8		 0 –17 –7.8		 0 –17 –7.8
天线增益，发射机(dB)		0		0		0

表 4（完）

HIPERLAN 类型	类型 1/B 级		类型 1/C 级		类型 2	
参数	数值	dB	数值	dB	数值	dB
天线增益，接收机(dB)		42.7		42.7		42.7
极化损耗(dB)		–3		–3		–3
SAR 干扰门限 (I/N = –6 dB)，(dB(W/Hz))		–205.4		–205.4		–205.4
接收功率(dB(W/信道)) (信道：23.5 MHz 类型 1/16 MHz 类型 2)： — 仅室外 — 仅室内 — 室内室外混合(15%室外)		 –129.8 –146.8 –137.6		 –119.8 –136.8 –127.6		 –129.8 –146.8 –137.6
接收功率(dB(W/Hz))： — 仅室外 — 仅室内 — 室内室外混合(15%室外)		 –203.5 –220.5 –211.3		 –193.5 –210.5 –201.3		 –201.8 –218.8 –209.6
余量 dB/(Hz^{-1})： — 仅室外 — 仅室内 — 室内室外混合(15%室外)		 –1.9 15.1 5.9		 –11.9 5.1 –4.1		 –3.6 13.4 4.2
SAR 天线覆盖(km^2)	76.5	18.8	76.5	18.8	76.5	18.8
允许工作的 HIPERLAN 密度(/km^2/信道)： — 仅室外 — 仅室内 — 室内室外混合(15%室外)	 0.0085 0.43 0.051	 –20.7 –3.7 –12.9	 0.00085 0.043 0.0051	 –30.7 –13.7 –22.9	 0.0058 0.29 0.034	 –22.4 –5.4 –14.6
有源/无源比	5%	13	5%	13	5%	13
允许的总的(有源 + 无源) HIPERLAN 密度(/km^2/ch)： — 仅室外 — 仅室内 — 室内室外混合(15%室外)	 0.17 8.51 1.02	 –7.7 9.3 0.1	 0.017 0.851 0.102	 –17.7 –0.7 –9.9	 0.11 5.75 0.69	 –9.4 7.6 –1.6
在 SAR 覆盖区内每信道的有源 + 无源 HIPERLAN 的最大数量 (76.5 km^2)： — 仅室外 — 仅室内 — 室内室外混合(15%室外)	 13 651 78		 1 65 8		 8 440 53	

这些值相应于在 SAR 覆盖的 76.5 km^2 内大致五个大的办公建筑物，尽管远非最坏的情况，还是可看做对城市和郊区的一种合理的假设。

虽然有些勉强，但由此可得出结论，当 HIPERLAN 类型 2 或类型 1 B 级系统部署在室内时两种业务是可以共用频段的。

DFS 机制将提供在可用信道上的负载均衡扩展。如果信道选择并非基于随机选取方式，那么该假设可能是不正确的且结论应予以修正。

2.3 共用分析（由 SAR 对高速 WLAN 造成的干扰）

分析星载 SAR 对高速 WLAN 造成的潜在干扰的第一步是确定星载 SAR 的旁瓣在地球表面的信号功率。由于这些旁瓣比峰值增益给出更大的覆盖且将造成更长时间的干扰，因此该分析采用中央旁瓣增益。下一步是确定高速 WLAN 接收机的门限。此后，通过 SAR 干扰电平和 LAN 干扰门限的比较可算出干扰余量。表 5 给出了 SAR2-4 的旁瓣对 5 250-5 350 MHz 频段内室外部署的无线高速本地网的干扰余量。该表给出的是实际的余量且形成实际的共用场景。

表 5

SAR 旁瓣对高速 WLAN

参数	SAR2		SAR3		SAR4	
	数值	dB	数值	dB	数值	dB
发射功率(W)	4 800.00	36.81	1 700.00	32.30	1 700.00	32.30
天线增益，发射机(dB)	–5.00	–5.00	–5.00	–5.00	–5.00	–5.00
天线增益，接收机(dB)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
波长(m)	5.65×10^{-2}	–24.96	5.65×10^{-2}	–24.96	5.65×10^{-2}	–24.96
$(4\pi)^{-2}$	6.33×10^{-3}	–21.98	6.33×10^{-3}	–21.98	6.33×10^{-3}	–21.98
距离(km)	638.51	–116.10	425.67	–112.58	425.67	–112.58
带宽缩减(dB)	–12.87	–12.87	–12.87	–12.87	–3.98	–3.98
接收功率(dBW)		–144.11		–145.09		–136.20
HIPERLAN 的干扰门限		–115.00		–115.00		–115.00
余量(dB)		29.11		30.09		21.20

然而，对于 SAR2-4，峰值天线增益比–5 dBi 的平均旁瓣电平高 43-47.7 dB。因此，SAR 主波束飞过的时间约 0.5-1.0 s，在地球表面的 SAR 干扰电平会高于 WLAN 干扰门限的最坏情况(HIPERLAN 类型 2：–115 dBW)。这点在表 5 中可看到当观察余量变成负值时即为该情况。

确定最大允许的干扰电平的更恰当的方法是将 *C/I* 考虑进来，其值必须大于 15 dB。在各 RLAN 发射机之间不超过 50 m 的情况(最坏情况的场合)，它会使允许的干扰电平增大 10 dB(–105 dBW 而非–115 dBW)。

对于 SAR4，该项分析对室外设备给出–16.5 dB 的最坏情况的余量。在该分析中 RLAN 采用室内部署(17 dB 的衰减) 将会得出勉强的实际共用场景。SAR 的重复周期是 8-10 天，尽管 SAR 在每次重复飞过时并不都激活。因此，在地球上的某一给定地区用一个 SAR 主波束来说明每 8-10 天内的作用时间不会超过 0.5-1.0 s 。

2.4 结论

对于 WLAN 对 SAR 的干扰，从对 5 250-5 350 MHz 频段内的分析得出了三个主要结论：

— WLAN 仅在室内应用时可与 SAR 的运行兼容，而 WLAN 的室外运行不具备与 SAR 运行的兼容性。

— 在与 SAR 运行的兼容中室内 WLAN 的平均 e.i.r.p.[1] 限制到 200 mW(或如果未采用 TPC 则限制到 100 mW)且在任意 1 MHz 频段内的平均 e.i.r.p.密度限值为 10 mW 。

— 除以上两条之外，WLAN 系统要达到与 SAR 运行具有兼容性还要求有两个特性：

  — 要有发射机功率控制以保证至少 3 dB 的减弱因子；没有 TPC 特性时，平均 e.i.r.p. 在任何一个 20 MHz 的信道内不应超过 100 mW；

  — 与信道选择机制有关的 DFS 需要提供一个在最小 330 MHz 内 WLAN 信道的负载均衡扩展。

由 SAR 对 WLAN 造成的干扰的分析引出了考虑室内布置的实际结果。

3 对 RLAN 和 SAR 的研究

3.1 典型的高速 WLAN 的技术特性

5.3 GHz 的典型高速 WLAN 的技术特性在此给出三种配置。这些高速 WLAN 有时被称为无线 LAN 或 RLAN。本次分析选择的配置的特点是那些有可能对 SAR 接收机造成最坏情况的干扰的。高速 WLAN 的第一种配置 RLAN1 的资料出自于 FCC 报告和 1997 年 1 月 9 日 FCC 97-7 号令，有关 HIPERLAN 的资料则来自 1996 年 9 月 18 日 7C/54 号文件。这些特性摘录于表 6。高速 WLAN 的第二种配置 RLAN2 的资料出自于 1998 年 9 月 8-17 日空间频率协调小组(SFCG)-18/45。第二种配置 RLAN2 在高速 WLAN

1 平均 e.i.r.p.是指在最高功率控制设置时在整个传输突发上的 e.i.r.p. 的平均。

发射机功率上有明显的增加，增加了室内/室外的使用比值且使平均建筑衰减更低，有源/无源比增加，以及预期的部署密度的增加。高速 WLAN 的第三种配置 RLAN3 的资料出自于 1999 年 9 月 8-15 日空间频率协调小组(SFCG)-19/39 和 1999 年 2 月 17 日 7C/110 号文件“在 5 250-5 350 MHz 频段内星载有源传感器(SAR)和高速本地网之间共用的限制”。第三种配置 RLAN3 仅限于室内应用，且采用中等预期部署密度。

表 6

5.3 GHz 时高速 WLAN 的技术特性

参数	数值		
	RLAN1	RLAN2	RLAN3
峰值辐射功率(W)	0.25	1.00	0.20
部署(%)	99 室内/ 1 室外	85 室内/ 15 室外	100 室内/ 0 室外
平均衰减(dB)	17.0	7.8	17.0
极化	随机	随机	随机
带宽(MHz)	23.6	23.6/信道 (14 个信道)	23.6/信道 (14 个信道)
进入 SAR 的干扰占空比(%)	100	100	100
操作活动率(有源/无源比(%))	1	5	5
平均密度(发射机/km^2)	12	1 200 个/办公区 (89 000 个/km^2/信道)	1 200 个/办公区，250 个/工业区
干扰门限(dBW)	–120	–120 (正在研究)	–100

3.2 高速 WLAN 对 SAR 的干扰

在分析由高速 WLAN 对星载 SAR 接收机的潜在干扰中的第一步是确定单个高速 WLAN 发射机在星载 SAR 上的信号功率。此后，通过干扰电平与 SAR 干扰门限的比较可算出单个干扰的余量。已知 SAR 的覆盖，采用对任意某一时间工作着的发射机的数量的保守活动率的比值，就可计算允许的激活高速 WLAN 发射机的密度。

3.2.1 来自位于室外的单个 RLAN 发射机的干扰

表 7 给出了在 5 250-5 350 MHz 频段单个 RLAN 高速 WLAN 发射机对 SAR2-4 的干扰。未采用 SAR1 是因为 SAR1 系统设计工作于 5 150-5 250 MHz 频段。假设 RLAN1、RLAN2 和 RLAN3 都采用全向天线。对于 SAR4，表 7 给出的对应 RLAN1、RLAN2 和 RLAN3 高速 WLAN 发射机的余量是负值。对于 SAR3，表 7 给出对应 RLAN1 和 RLAN3 的发射机的余量是正值，而对 RLAN2 的余量是负值。对于 SAR2，来自 RLAN1、RLAN2 和 RLAN3 的干扰，在所有这三种 RLAN 发射机干扰时的余量都是正值。

表 7

来自位于室外的单个 RLAN 发射机对 SAR 的干扰

参数	SAR2		SAR3		SAR4	
	数值	dB	数值	dB	数值	dB
发射功率(W)						
RLAN1	0.25	–6.02	0.25	–6.02	0.25	–6.02
RLAN2	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
RLAN3	0.20	–6.99	0.20	–6.99	0.20	–6.99
建筑物衰减(dB)		0.00		0.00		0.00
天线增益，发射(dB)		0.00		0.00		0.00
天线增益，接收机(dB)		43.33		44.52		44.52
极化损耗(dB)		–3.00		–3.00		–3.00
波长(m)	5.65×10^{-2}	–24.96	5.65×10^{-2}	–24.96	5.65×10^{-2}	–24.96
$(4\pi)^{-2}$	6.33×10^{-3}	–21.98	6.33×10^{-3}	–21.98	6.33×10^{-3}	–21.98
距离(km)	638.51	–116.10	425.67	–112.58	425.67	–112.58
接收功率(dBW)						
RLAN1		–128.74		–124.03		–124.03
RLAN2		–122.72		–118.00		–118.00
RLAN3		–129.71		–124.99		–124.99
噪声系数(dB)		4.62		4.62		4.62
$k\,T$	4.00×10^{-21}	–203.98	4.00×10^{-21}	–203.98	4.00×10^{-21}	–203.98
接收机带宽(MHz)	356.50	85.52	356.50	85.52	46.00	76.63
噪声功率(dBW)		–113.84		–113.84		–122.73
SAR 干扰门限 (I/N = –6 dB)		–119.84		–119.84		–128.73
余量(dB)						
RLAN1		8.90		4.19		–4.71
RLAN2		2.88		–1.83		–10.73
RLAN3		9.87		5.16		–3.74

3.2.2 来自室外部署的 RLAN 发射机的干扰

表 8 给出了对于 SAR2-4 在 5 250-5 350 MHz 频段内允许配置 RLAN1 高速 WLAN 的密度。对于 SAR4，表 8 给出了允许的 RLAN1 高速 WLAN 的密度约为 118 个发射机/km^2，这时对 40 MHz 的 SAR4 的干扰电平低于其可接受的值。采用来自 1996 年 9 月 18 日发布的 7C/54 号文件有关预期的 HIPERLAN 部署密度的资料，在整个欧洲 HIPERLAN 平均密度在那时估计为 12 个发射机/km^2。可预料得到大城市和人口居住区的密度要高于平均密度。表 9 给出了对于 SAR2-4 在 5 250-5 350 MHz 频段内 RLAN2 高速 WLAN 的允许配置密度。对于 SAR4，表 9 给出了允许的 RLAN2 高速 WLAN 的密度约为 0.2 个发射机/km^2，或等效于 1 个发射机/5 km^2，这时对 40 MHz 的 SAR4 的干扰电平低于其可接受的值。这一低的允许密度与出自 1998 年 9 月 8-17 日的文件 SFCG-18/45 的预期部署密度 1 200 个发射机/办公区进行比较；对 0.5 m 的间隔距离，室内 RLAN2 的容量仍为 89×10^3 个/km^2/信道。预期的密度，在 330 MHz 频段内，采用 14 个信道， 每个宽 23.6 MHz。表 10 给出了对 SAR2-4 在 5 250-5 350 MHz 频段内允许的高速 WLAN 的 RLAN3 的配置密度。对于 SAR4，表 10 给出的允许的高速 WLAN 的 RLAN3 的密度约为 37 个发射机/km^2/信道，这时对 40 MHz 的 SAR4 的干扰电平低于其可接受的值。预期的高密度，在 330 MHz 频段内，采用 14 个信道，每个宽 23.6 MHz。对于 14 个信道，允许的密度就是 518 个发射机/km^2 这一低的允许密度与出自 7C/110 号文件的预期部署密度 1 200 个发射机/大的办公区和 250 个发射机/工业场地进行比较。这样，对于 SAR4，允许的密度就比一个大的办公区的所需少，而约两个工业区的，看来不太切合实际。对于 SAR2 和 SAR4，在 14 个信道上的允许密度分别为 4 270 和 3 990 个发射机。对应约三个大的办公建筑物或 15 个工业区，这对城区和郊区会是更显合理的假设。

对于 *S*/*N* 为 8 dB 或更高的成像 SAR，*I*/*N* 可以是 0 dB 而恶化的像素功率标准偏移仍不会超过 10%。这样允许的发射机密度可以用数值为 4 的因子增加。对于 RLAN3 对 SAR2 和 SAR4 的干扰而言，它将相当于在 SAR 覆盖内约 12 个大的办公建筑物或 60 个工业区。但是，对于采用干涉测量法的 SAR，与 *S*/*N* 无关，*I*/*N* 必须低于–6 dB。

表 8

RLAN1 高速 WLAN 对 SAR 的干扰

参数	SAR2		SAR3		SAR4	
	数值	dB	数值	dB	数值	dB
发射功率(W)	0.25	–6.02	0.25	–6.02	0.25	–6.02
建筑物衰减(dB)		–17.00	17.00	–17.00	17.00	–17.00
天线增益，发射机(dB)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
天线增益，接收机(dB)		43.33	44.52	44.52	44.52	44.52
极化损耗(dB)		–3.00	3.00	–3.00	3.00	–3.00
波长(m)	5.65×10^{-2}	–24.96	5.65×10^{-2}	–24.96	5.65×10^{-2}	–24.96
$(4\pi)^{-2}$	6.33×10^{-3}	–21.98	6.33×10^{-3}	–21.98	6.33×10^{-3}	–21.98
距离(km)	638.51	–116.10	425.67	–112.58	425.67	–112.58
接收功率(dBW)		–145.74		–141.03		–141.03
噪声系数(dB)		4.62	4.62	4.62	4.62	4.62
$k\,T$	4.00×10^{-21}	–203.98	4.00×10^{-21}	–203.98	4.00×10^{-21}	–203.98
接收机带宽(MHz)	356.50	85.52	356.50	85.52	46.00	76.63
噪声功率(dBW)		–113.84		–113.84		–122.73
SAR 干扰门限(I/N = –6 dB)		–119.84		–119.84		–128.73
余量(dB)		25.90		21.19		12.29
SAR 覆盖(km^2)	159.03	22.01	57.55	17.60	57.55	17.60
HIPERLAN 的平均表面功率(dB(W/km^2))		3.88		3.59		–5.31
激活发射机/km^2	9.78		9.14		1.18	
在 2%的活动率时的激活发射机/km^2	978.40		913.56		117.88	

表 9

RLAN2 高速 WLAN 对 SAR 的干扰

参数	SAR2		SAR3		SAR4	
	数值	dB	数值	dB	数值	dB
发射功率(W)	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
建筑物衰减(dB)		–7.80	7.80	–7.80	7.80	–7.80
天线增益，发射机(dB)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
天线增益，接收机(dB)		43.33	44.52	44.52	44.52	44.52
极化损耗(dB)		–3.00	3.00	–3.00	3.00	–3.00
波长(m)	5.65×10^{-2}	–24.96	5.65×10^{-2}	–24.96	5.65×10^{-2}	–24.96
$(4\pi)^{-2}$	6.33×10^{-3}	–21.98	6.33×10^{-3}	–21.98	6.33×10^{-3}	–21.98
距离(km)	638.51	–116.10	425.67	–112.58	425.67	–112.58
接收功率(dBW)		–130.52		–125.80		–125.80
噪声系数(dB)		4.62	4.62	4.62	4.62	4.62
$k\,T$	4.00×10^{-21}	–203.98	4.00×10^{-21}	–203.98	4.00×10^{-21}	–203.98
接收机带宽(MHz)	356.50	85.52	356.50	85.52	46.00	76.63
噪声功率(dBW)		–113.84		–113.84		–122.73
SAR 干扰门限 (I/N = –6 dB)		–119.84		–119.84		–128.73
余量(dB)		10.68		5.97		–2.93
SAR 覆盖(km^2)	159.03	22.01	57.55	17.60	57.55	17.60
HIPERLAN 的平均表面功率 (dB(W/km^2))		–11.34		–11.63		–20.53
激活发射机/km^2	0.07		0.07		0.01	
在 5%的活动率时的激活发射机/km^2	1.47		1.37		0.18	

以在高速 WLAN 周围它们自己的干扰不可接受性导致的自限制密度为例，对于 RLAN3，假设高速 WLAN 占用 14 个信道，每个宽 23.6 MHz，在 330 MHz 频段内，且接收机最小的间隔为 0.5 m，对应大的办公区在小区域上的给定的可能的密度是 89×10^3 个/km^2/信道。LAN 接收机 不再要求干扰要低于 –100 dBW，但要求 C/I 要大于 20 dB。这样可以允许在不发生相互的自干扰的情况下各发射机可在 0.5 m 的间隔下工作。

表 10

RLAN3 高速 WLAN 对 SAR 的干扰

参数	SAR2		SAR3		SAR4	
	数值	dB	数值	dB	数值	dB
发射功率(W)	0.20	–6.99	0.20	–6.99	0.20	–6.99
建筑物衰减(dB)		–17.00		–17.00		–17.00
天线增益，发射机(dB)		0.00		0.00		0.00
天线增益，接收机(dB)		43.33		44.52		44.52
极化损耗(dB)		–3.00		–3.00		–3.00
波长(m)	5.65×10^{-2}	–24.96	5.65×10^{-2}	–24.96	5.65×10^{-2}	–24.96
$(4\pi)^{-2}$	6.33×10^{-3}	–21.98	6.33×10^{-3}	–21.98	6.33×10^{-3}	–21.98
距离(km)	638.51	–116.10	425.67	–112.58	425.67	–112.58
接收功率(dBW)		–146.71		–141.99		–141.99
噪声系数(dB)		4.62		4.62		4.62
$k\,T$	4.00×10^{-21}	–203.98	4.00×10^{-21}	–203.98	4.00×10^{-21}	–203.98
接收机带宽(MHz)	356.50	85.52	356.50	85.52	46.00	76.63
噪声功率(dBW)		–113.84		–113.84		–122.73
SAR 干扰门限 (I/N = –6 dB)		–119.84		–119.84		–128.73
余量(dB)		26.87		22.16		13.26
SAR 覆盖(km^2)	159.03	22.01	57.55	17.60	57.55	17.60
HIPERLAN 的平均表面功率(dB(W/km^2))		4.85		4.56		–4.34
激活发射机/km^2/信道	15.29		14.27		1.84	
在 5%的活动率时的激活发射机/km^2/信道	305.75		285.49		36.84	

3.3 SAR 对高速 WLAN 的干扰

在分析由星载 SAR 对高速 WLAN 的潜在干扰中的第一步是确定一个星载 SAR 在地球表面的信号功率。下一步是确定高速 WLAN 接收机的门限。之后，通过 SAR 干扰电平与 LAN 干扰门限的比较可算出干扰余量。对于 SAR1-4，峰值天线增益比–5 dBi 的平均旁瓣电平高 40-50 dB。因此，对于 SAR 主波束

飞过的时间段约为 0.5-1.0 s，在地球表面的 SAR 干扰电平远高于 RLAN1 的干扰门限。然而，对于 RLAN2，–120 dBW 的电平不再是最大允许干扰电平，而宁可在发射机互相之间间隔 0.5 m 的情况，*C/I* 大于 20 dB，这样可使允许的干扰电平增加 50-80 dB。

RLAN3 的情况类似于 RLAN2。对这些典型的 SAR2-4，峰值天线增益比–5 dBi 的旁瓣电平大 14-38 dB。因此，SAR 的主波束飞过的时间段约为 0.5-1.0 s，在地球表面的 SAR 干扰电平会远高于 RLAN3 的干扰门限。然而，对于 RLAN3，–120 dBW 的电平已不再是最大允许干扰电平了，而宁可让 *C/I* 大于 20 dB，各发射机之间的间隔 0.5 m 的情况，允许的干扰电平可提高 50-80 dB。尽管 SAR 并不需要每次重复经过时都被激活，对于 SAR 的重复周期还是 8-10 天。因此，对一给定的地球上的区域用 SAR 波束表示时在每 8-10 天内不会超过 0.5-1.0 s 。

3.4 结论

在 5 250-5 350 MHz 频段内一个高速 WLAN 的 RLAN3 配置和星载合成孔径雷达之间的潜在干扰在本建议书中的分析对应 1)的是单个 RLAN1-3 发射机部署在室外的而 2)是 RLAN3 室内部署的密度。对于单个发射机部署在室外的，RLAN1 高速 WLAN 发射机干扰高于 SAR4 的可接受电平，RLAN2 高速 WLAN 发射机的干扰高于 SAR3 和 SAR4 二者的可接受电平，而 RLAN3 高速 WLAN 发射机的干扰高于 SAR4 的可接受电平。

对于由高速 WLAN 的 RLAN1 配置对 SAR 的干扰，分析表明任何低于 32-128 个发射机/km^2 的表面密度，取决于成像 SAR 像素 *S/N* 时，进入 SAR 的将是可接受的干扰电平。在欧洲以往预期的平均密度估计仅为 12 个发射机/km^2。一个典型的部署在室外的高速 WLAN(0.25 W 发射机功率)在 0.32 个激活发射机/km^2 的密度时(32 个激活发射机/km^2 的密度，活动率为 1%)将遭受 –120 dBW 的自干扰电平，RLAN1 高速 WLAN 的该电平掌握作为它们的干扰门限。对于由高速 WLAN 的 RLAN2 配置对 SAR 的干扰，分析表明低于 0.2-1.5 个发射机/km^2 的表面密度，取决于成像 SAR 像素 *S/N* 时，LAN 进入 SAR 的将是可接受的干扰电平。目前预期的平均密度为 1 200 个发射机/办公区，高达约 89×10^3 个/km^2/信道。预期的高密度在整个 330 MHz 频段内，假设为 14 个信道，每个 23.6 MHz 宽。对于室内部署且考虑由高速 WLAN 的 RLAN3 配置对 SAR 的干扰，分析表明任何低于 37-305 个发射机/km2/信道的表面密度，对于成像 SAR 取决于成像 SAR 像素 *S/N* 时，进入 SAR 的将是可接受的干扰电平。预期的平均密度为 1 200 个发射机/大的办公区和 250 个发射机/工业区。预期的高密度在整个 330 MHz 频段内，假设为 14 个信道，每个 23.6 MHz 宽。对于由高速 WLAN 的 RLAN3 配置对 SAR 的干扰，分析表明在 14 个信道上，仅低于 518 - 4 270 个发射机/km^2 的表面

密度，才能使 LAN 对 SAR 的干扰电平是可接受的。对于 RLAN3 对 SAR2 和 SAR4 的干扰，当取决于 SAR 像素 *S/N* 时，在 SAR 的覆盖内相当于约 3 至 12 个大的办公建筑物或 15 至 60 个工业区。

对于由星载 SAR 对 5 250-5 350 MHz 频段内的高速 WLAN 的 RLAN1 的干扰，当旁瓣为 14-38 dB 时，SAR 在地球表面的干扰电平低于 LAN 的干扰门限。当 SAR 在飞过的时间段，其主波束约为 0.5-1.0 s 的情况，SAR 的峰值天线干扰在地球表面所造成的 SAR 干扰电平会远高于 RLAN1 的干扰门限 10-30 dB。由此，对 RLAN2 和 RLAN3，分别为–120 dBW 和–100 dBW 的电平不再是最大的可接受干扰电平，而宁可在 *C/I* 大于 20 dB，发射机之间间隔 0.5 m 以内的情况，可提供 50-80 dB 的允许干扰电平，这样 SAR 甚至在主波束时的干扰电平也可低于 LAN 的干扰门限。由于 SAR 的重复周期是 8-10 天，且 SAR 在每次重复经过时不一定都被激活，因此对一给定的地球表面的区域用 SAR 波束表示时在每 8-10 天内不会超过 0.5-1.0 s。

4 RLAN 和高度计的研究

4.1 RLAN 对高度计的干扰

对该项分析，我们考虑高度计主瓣内 HIPERLAN 类型中一个 RLAN 的情况。

高度计具有 320 MHz 的扩展带宽，而 HIPERLAN 具有涵盖在高度计带宽之内的 16 MHz(类型 2)至 23.5 MHz(类型 1) 的信道带宽范围。HIPERLAN 的最大发射 e.i.r.p.($P_h G_h$) 为 30 dBm(类型 1)或 23 dBm(类型 2)。高度计天线增益 G_0 为 32.2 dB，G_a 是指向 HIPERLAN 的偏轴天线增益，具有附加的 1 dB 输入损耗 L。高度计指向天底，天线尺寸为 1.2 m。R 是从 HIPERLAN 至高度计的距离。

在 SAR 视轴内(即 $G_a = G_0$)来自一个 HIPERLAN 到达高度计的接收功率为：

$$P_r = \frac{P_h G_h G_a \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2 L} \quad (1)$$

采用更严格的 HIPERLAN 类型 1 的参数(第 2.2 节中给出的)，我们可得到–108.3 dBm 的 Pr 值。

高度计的干扰门限是–88 dBm；由此我们可以推断出高度计可经受住若干 HIPERLAN 同时运行的干扰，因为已有 20.3 dB 的余量。此外，高度计的制造是提供以水上测量为主的，当其天线波束对着的是大量陆地时，它无法提供精确的数据。从该项分析得出，很明确高度计不会遭受来自于 HIPERLAN 运行的损害。

为完整起见，可以计算工作在陆地上的高度计可容忍–3 dB 覆盖内的 HIPERLAN 的数量。本建议书的第 4.1.1 节中描述了这种方法。

我们得到了从 586(室外应用)至 4 664(室内应用)个的 HIPERLAN 安装范围作为不干扰高度计的限值。实际上仍留有额外的余量，因为：

— 考虑到没有极化损耗或额外的传播损耗(约 3 dB)。

— 没有考虑诸如发射机功率控制的干扰减缓技术(有望提供至少 3 dB 的余量)。

— 在模拟中过高估计了对着 HIPERLAN 设备方向的高度计的增益。

此外可以预料，在高度计使用的频率范围内通常仅部署 HIPERLAN 类型 2 的系统，由于有更低的最大 e.i.r.p.(200 mW)，情况还可改善。

由此可以得出结论，高度计在用于水上时不会遭受来自 HIPERLAN 的干扰。但是，如果在陆地上空工作的情况则稍有影响，取决于 HIPERLAN 最终参数的选择。所要求的余量可允许共用甚至是高度计接近陆地工作时。仅室内和仅 HIPERLAN 类型 2 工作可较大地改善共用环境。

4.1.1 在高度计–3 dB 覆盖内的 RLAN 数量的估算

对于该项分析，考虑高度计主瓣内一个 HIPERLAN 类型 1 的情况。

高度计具有 320 MHz 的扩展带宽，而 HIPERLAN 具有涵盖在高度计带宽之内的 23.5 MHz 的带宽。最大 HIPERLAN 发射 e.i.r.p.($P_h G_h$)为 30 dBm。高度计天线增益 G_0 为 32.2 dB，G_a 是指向 HIPERLAN 的偏轴天线增益，具有附加的 1 dB 输入损耗 L。高度计指向天底，天线尺寸为 1.2 m。R 是从 HIPERLAN 至高度计的距离。

HIPERLAN 在 SAR 视轴内(即 $G_a = G_0$) 来自一个 HIPERLAN 到达高度计的接收功率为：

$$P_r = \frac{P_h G_h G_a \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2 L} \tag{2}$$

由此可得到–108.3 dBm 的 P_r 值。

高度计的干扰门限是–88 dBm； 由此我们可以推断出高度计可经受住若干 HIPERLAN 同时运行的干扰，因为我们已有 20.3 dB 的余量。此外，高度计是制造提供以水上测量为主的，当其天线波束对着的是大量陆地时，它无法提供精确的数据。从该项分析得出，很明确高度计不会遭受来自于 HIPERLAN 运行的损害。

为完整起见，可以计算工作在陆地上的高度计可容忍–3 dB 覆盖内的 HIPERLAN 的数量； 但是由于由高度计视轴的角度φ的微小变化，至地面的距离、增益以及在地表面自然环境的阻断会发生改变，而使计算并不那么直截了当。

假设 HIPERLAN 设备的密度一定，即 D，那么由卫星看到的 HIPERLAN 设备的总数为 $N = D \times A$，其中 A 是高度计 –3 dB 的覆盖面(假设这些设备均匀地分布在整个地球的表面) 。由于这些设备到卫星的距离是非等距的，可见的地球表面被分成同一中心的表面条带(如图 1 中所示)，因此可做出一个假设就是在第 i 表面条带中的所有 HIPERLAN 设备至卫星的距离 d_i 是相等的，且天底角 φ_i 是相同的，仰角 ε_i 也相同。第 i 表面条带中的 HIPERLAN 设备的数目由下式计算：

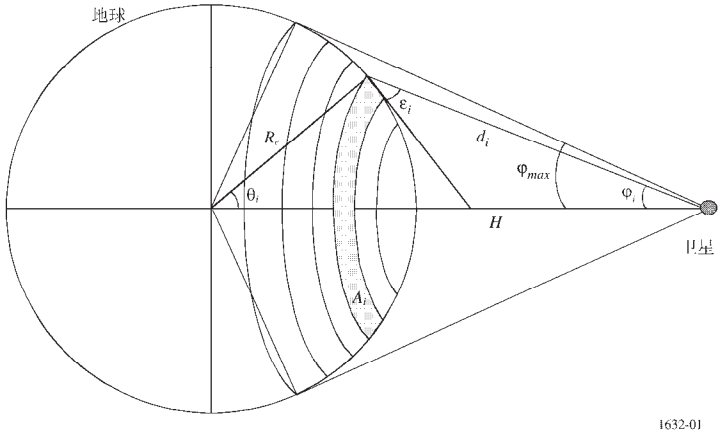
$$N_i = A_i \times (N/A) = A_i \times D \tag{3}$$

其中：

$$A_i = 2\pi R_e^2 \times [\cos(\theta_{i-1}) - \cos(\theta_i)] \qquad \text{for } \theta_i > \theta_{i-1} \tag{4}$$

图 1

用于干扰累计的几何图



在高度计上的 HIPERLAN 的累计干扰功率 I，由此可通过第 i 分量 I_i 按照下式求出总和：

$$I(\mathrm{W}) = \sum_i I_i = \sum_i N_i \cdot \frac{1\mathrm{e}\,(e.i.r.p./10)}{(4\pi d_i\ f_0/c)^2} \cdot G(\varphi_i) \tag{5}$$

其中：

e.i.r.p.：有效全向辐射功率(dBW)

d_i：卫星和地面干扰之间的距离

f_0：RF 中心频率

$G(\varphi_i)$：取决于天底角 φ_i的卫星高度计天线接收增益，该角度即子卫星指向和被考虑的条带之间的角度。

为此，做一项数学计算：假设每平米地面的 HIPERLAN 功率密度是一常数，而高度计的天线增益变化按照 $G_a = G_0(\sin(\varphi)/\varphi)^2)$，$\varphi$是垂直方向和卫星至 HIPERLAN 方向之间的角度，这是最坏情况，高度计的波瓣远低于此。

–3 dB 覆盖内高度计位置的总接收功率可计算为：高度计的平均可接受功率为–60 dBm/m^2，或 0 dBm/km^2(D × *e.i.r.p.*)。

由于高度计是天底指向，当计算来自室内的 HIPERLAN 的干扰时还要包括一个 20 dB 的额外路径损耗(由于屋顶和天花板的衰减) 。当考虑限于室内工作的 HIPERLAN 的情况，假设在任意给定时间内有 1% 的 HIPERLAN 设备工作于室外 — 致使总的额外衰减因子为 17 dB。对于允许 HIPERLAN 在室外工作的情况，假设在给定时间内有 15%的设备工作于室外，算出的额外衰减因子就为 8 dB。对这两种情况都假设 5%的 HIPERLAN 同时发射。

表 11

–3 dB 覆盖中终端数的计算

	室内	室外
功率密度(D × *e.i.r.p.*)(dBm/km^2)	0	0
e.i.r.p.(dBm)	30	30
HIPERLAN 室外运行的百分数(%)	1	15
额外余量(dB)	17	8
激活终端/km^2	0.05	0.063
激活终端(%)	5	5
终端数/km^2	1.002	0.126
–3 dB 覆盖中的终端数	4 664	586

我们得到了在–3 dB 覆盖中从 586(室外应用)至 4 664(室内应用)个的 HIPERLAN 安装范围作为不干扰高度计的限制。

4.2 高度计对 RLAN 的干扰

该情况中我们考虑一个带宽减小因子 B_h/B_a，这是因为高度计的带宽 B_a 远高于 HIPERLAN 的带宽 B_h。B_a 具有 320 MHz 的数值而 B_h 为 23.5 MHz(类型 1，最坏情况)或 16 MHz(类型 2)，因此对类型 1 得到的减小因子为 11.34 dB 而类型 2 为 13 dB。指向 HIPERLAN 的天线增益 G_h 为 0 dB。

来自高度计的 HIPERLAN 的接收功率为：

$$P_r = \frac{P_a G_a G_h \lambda^2 B_h}{(4\pi)^2 R^2 L B_a} \tag{6}$$

在最坏情况(例如是高度计的主波束，最近的距离 1 347 km，室外 HIPERLAN 类型 1) 时，高度计发射的功率进入 HIPERLAN 的数值将会是–103.64 dBm。

考虑该情况(高度计主波束在垂直方向进入 HIPERLAN 的旁瓣) 作为最坏情况，是因为高度计的波瓣随视轴角减小得很快(它们离天底 4° 时在–20 dB 水平，而离天底 15° 时就是–40 dB 了)。

上述计算产生的对最严酷情况(类型 1)的 10 dB 的余量； 这样得出的结论是高度计的干扰不会进入 HIPERLAN。该情况在室内 HIPERLAN 类型 2 工作的情况还可得到进一步的改善。此外，高度计是一种脉冲型的雷达；其低占空比、极化损耗和附加传播损耗所提供的额外余量还未考虑进去。

4.3 结论

可以得出结论工作在 5.3 GHz 左右带宽为 320 MHz 的雷达高度计可以与 RLAN 兼容。在 RLAN 系统具有类似于 HIPERLAN 类型 2 的特性时可达到更好的余量。这些 RLAN 有望成为部署于高度计频段内的典型类型。在 5 460 MHz 以上的频段内 RLAN 和高度计之间的共用很可能也是可行的。

5 RLAN 和地形测绘雷达的研究

现在，地形测绘雷达正越来越多的用于陆地应用，并且在不久的将来随着这些仪器的分辨力的提高已可预见地形测绘雷达系统甚至会更多地在陆地之上应用。

5.1 RLAN 对地形测绘雷达的干扰

在地形测绘雷达系统中，回声返回信号功率是通过第一次测量的“信号 + 噪声”功率做出的估算(即回声返回加上系统噪声的作用)，然后减去“仅噪声”的功率(仅系统噪声或“噪声基线”的估算)。为了优化系统性能，在不同的带宽和/或不同的时间进行“信号 + 噪声”和“仅噪声”的测量。这一策略依据标称系统噪声在测量步骤期间是固有白噪声(固定且具有平坦的频谱功率分布) 的这一事实。

根据以上的形势，可设想两种不同的干扰情形。一种是在测量步骤中干扰始终存在，即 CW 白噪声，另一种由于卫星运动(扇形波束天线之一的覆盖的置换) 或干扰信号不连续，使得两个测量步骤中仅其中一个存在干扰。这也可取决于被考虑的地形测绘雷达系统中所采用的测量技术。

已确定 3 m/s 的风速作为地形测绘雷达的最低性能标准。对该风速，反向散射信号的量最小且这样对噪声或干扰最为敏感。由第二种干扰情形导致的估算误差可用对扇形波束天线的一个典型值(α= 0.7 dB) 参量α来描述且如已给出的(ITU-R SA.1166 建议书)。

$$\alpha(\mathrm{dB}) = 10\log\{[N + (I_{s+n}/B_{s+n})] / [N + (I_n/B_n)]\} \tag{7}$$

其中：

N: 标称噪声基线功率密度(对于扇形波束天线在地形测绘雷达接收机入口约 –201 dB(W/Hz))

B_{s+n}: “信号 + 噪声”测量带宽

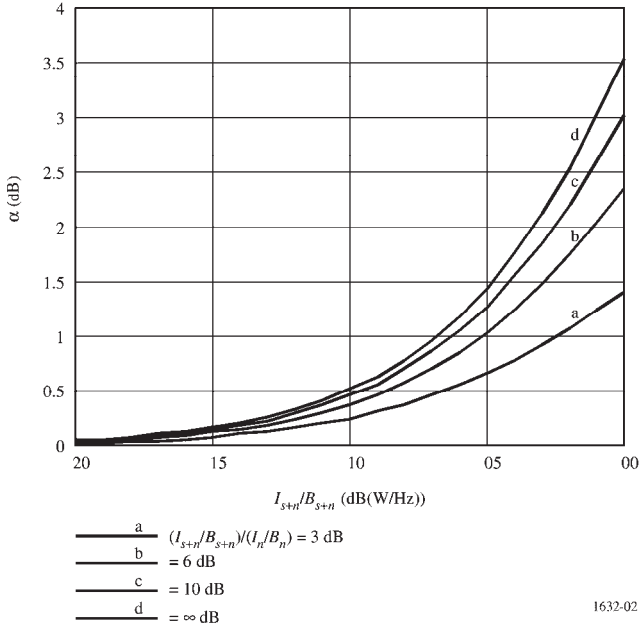
B_n: “仅噪声”的测量带宽

I_{s+n}: 在“信号 + 噪声”测量周期内在 B_{s+n} 中来自干扰源的平均功率

I_n: 在“仅噪声”测量周期内在 B_s 中来自干扰源的平均功率。

图 2 是对应具有 $N = -201$ dB(W/Hz)接收机噪声基线的地形测绘雷达等式(1) 的曲线。它表明α是作为干扰信号的功率谱密度 I_{s+n}/B_{s+n} 的一个函数。由于扇形波束的窄波束宽度，当地形测绘雷达旁瓣移过发射机波束时，接收机的干扰电平有几个 dB 的变化。工程上的意见已认为在测量周期内以 6 dB 的值作为按照 $10\log\left[(I_{s+n}/B_{s+n})/(I_n/B_n)\right]$ 的假设的最大预期变化。从图 2 可得出结论，任意地形测绘雷达的扇形波束天线的最大干扰功率谱密度在没有测量精度恶化时能维持在 –207 dB(W/Hz)。

图 2



对 CW 白噪声型的干扰，在接收机的入口最大可接受干扰功率谱密度大约为–195 dB(W/Hz) 。

在本共用分析中所采用的 RLAN 是 HIPERLAN 类型 2 的标准(参数已在第 2.2 节中给出)。 进入地形测绘雷达的接收机的最严格的可接受干扰电平为–207 dB(W/Hz)。对于地形测绘雷达 1，采用了对应 167.3 dB 的自由空间损耗的跨越跟踪距离在 650 km 时的 31 dBi 的天线增益。

从一台 HIPERLAN 到地形测绘雷达的接收功率可写出如下：

$$(P_r)\text{dB} = (P_h)\text{dB} - LFS + (G_s)\text{dB} - 3 \tag{8}$$

由此在对应–221.3 dB(W/Hz)时，我们可以得到在 16 MHz 带宽上 P_r 的值为–149.3 dB。这就给出了 14.3 dB 的余量。由此可得出结论一台 HIPERLAN/2 进入到地形测绘雷达接收机的干扰不会导致发生有害干扰。此外，如表 12 所示，地形测绘雷达与高密度的 RLAN 部署可以兼容，特别是在 RLAN 部署在室内时。

表 12

与地形测绘雷达 1 共用时允许的有源 HIPERLAN/2 的容量

部署的类别	仅室外	仅室内	室内室外混合 (15% 室外)
发射功率(dBW)	–10	–10	–10
自由空间损耗(dB)	–167.3	–167.3	–167.3
天线增益，接收机(dBi)	31	31	31
极化损耗(dB)	–3	–3	–3
额外路径损耗(dB)	0	–17	–7.8
接收功率(dB(W/信道))	–149.3	–166.3	–157.1
接收功率(dB(W/Hz))	–221.3	–238.3	–229.1
地形测绘雷达干扰门限	–207	–207	–207
余量(dB/Hz)	14.3	31.3	22.1
有源/无源比(5%)	13	13	13
允许的总的有源 + 无源 RLAN/km^2(dB)	27.3	44.3	35.1

5.2 地形测绘雷达对 RLAN 的干扰

我们考虑由地形测绘雷达 1 对 HIPERLAN 类型 2 的干扰的情况。由于这种类型的 RLAN 具有动态频率选择而地形测绘雷达的带宽相对较小，在此我们只考虑地形测绘雷达的旁瓣之一对一台 HIPERLAN 的干扰。该地形测绘雷达系统的峰值功率为 4.8 kW 且本分析中采用的旁瓣值仍为 26 dBi 。

在 HIPERLAN 干扰门限以上的地形测绘雷达 1 到达 HIPERLAN 的接收功率约为–106.5 dB 或称之为–115 dB 的最小有用接收机灵敏度。本分析中未考虑额外的输入损耗或极化损耗，但这些值不会明显地对结果有所改变(在几个 dB 量级)。当地形测绘雷达飞过时，一个 RLAN 系统在地形测绘雷达的天线旁瓣之一的可视范围内的时间典型值是几秒。由于该类型的地形测绘雷达采用了若干扇形波束天线，因此当卫星通过时总的干扰时间甚至达到 20 s 左右。正如前面提及，这些 HIPERLAN 类型 2 系统采用了动态频率选择，它允许该系统在实际发送数据之前切换到另一信道。因此可以认为这是减轻干扰问题的一个十分有用的工具。

更正确的确定最大允许干扰电平的方法是将 *C/I* 考虑进来，考虑它必须大于 15 dB。在各发射机之间间隔 50 m 之内的情况(最坏情况时)，这会使允许干扰电平增加 10 dB(–105 dBW 而不是–115 dBW)。对于地形测绘雷达 1 该分析对室外设备给出一个 1.5 dB 的正余量。采用室内部署的 RLAN 在本分析中会得出更好的余量(18.5 dB)。

表 13

地形测绘雷达 1 对高速 WLAN

参数	数值	dB
发射功率(W)	4 800.00	36.81
发射路径损耗(dB)	0.00	0.00
天线增益，发射机(dB)	26.00	26.00
天线增益，接收机(dB)	0.00	0.00
波长(m)	5.65×10^{-2}	–24.96
$(4\pi)^{-2}$	6.33×10^{-3}	–21.98
距离(km)	1 314.03	–122.37
带宽减小(dB)	0.00	0.00
接收功率(dBW)		–106.50
HIPERLAN 的干扰门限		–115.00
余量(dB)(室外)		–8.50
建筑物衰减(dB)		17
余量(dB)(室内)		8.50

5.3 结论

结论是工作在 5.3 GHz 左右的地形测绘雷达与相同频段内的 RLAN 是兼容的。可预见在地形测绘雷达的工作中，它们不会遭受来自 RLAN 的重大干扰。对地形测绘雷达给 RLAN 造成的干扰的研究表明与 RLAN 的室内应用的共用是可行的。值得注意的是一些具有 HIPERLAN 类型 2 标准特性的 RLAN 计划配备 DFS，即动态频率选择。这些系统当工作于室外时受到来自地形测绘雷达系统的干扰的机会将会较小。

6 有关兼容性的全球结论

从本建议书中所包含的对工作于 5 250-5 350 MHz 频段内的典型地形测绘有源传感器和拟议部署在相同频段内的高速 WLAN 的共用分析，可全球性地得出结论在给定一些 RLAN 特性的情况下两种业务可以兼容：

— 室内部署(相对于室外系统要给出 17 dB 的衰减)。

— 平均 e.i.r.p.[2] 限制在 200 mW(或若未采用 TPC 则为 100 mW)且在任意 1 MHz 频段内平均 e.i.r.p. 密度限制在 10 mW 。

— 采用 TPC 功能以保证至少 3 dB 的减弱因子。

— 要求具有相应的信道选择机制诸如 DFS 功能这样的随机化信道选择功能以提供在 5 GHz 范围内整个可用带宽上 WLAN 信道的负载的均衡扩展(在研究中所作的假设是对整个 330 MHz 在 SAR 覆盖内在一个 20 MHz 的信道上给定一个 440 个发射机的密度)。

2 平均 e.i.r.p. 是指在最高功率控制设置时在整个传输突发上的 e.i.r.p. 的平均。

ITU-R M.1638 建议书

用于工作在 5 250 和 5 850 MHz 之间频带内的无线电定位、航空无线电导航和气象雷达共用研究的特性和保护准则

（2003 年）

摘要

本建议书描述工作在 5 250-5 850 MHz 频带内的雷达的技术和操作特性以及保护准则。这些特性旨在用于评估这些系统与其他业务的兼容情况。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 雷达的天线、信号传播、目标探测以及为完成其功能具有较大必要带宽的特性在某些频带内是优化的；

b） 无线电定位、无线电导航和气象雷达的技术特性由系统担负的任务决定，并且即便在一个频带内变化也很大；

c） 无线电导航业务正如《无线电规则》（RR）的第 4.10 款规定的是一种安全业务，且需要专门措施以保证其不遭受有害干扰；

d） 考虑到从 WARC-79 以来已对无线电定位和无线电导航的频谱划分进行了大量消减或降级 （合计约 1 GHz）；

e） 一些 ITU-R 技术小组正在考虑在无线电导航、无线电定位和气象雷达使用的 420 MHz 和 34 GHz 之间频带内引入新型系统（例如固定无线接入和高密度固定和移动系统）或业务的可能性；

f） 为了确定新型系统工作的频带内有无可能引入这些新型系统而需要了解无线电定位、无线电导航和气象雷达的典型的技术和工作特性；

g） ITU-R M.1461 建议书提供了雷达和其他业务中系统之间兼容性分析的程序和方法；

h） 无线电定位、无线电导航和气象雷达在 5 250-5 850 MHz 之间的频带内工作；

j） 在 5 600-5 650 MHz 频带内，批准用于气象的地面雷达与航空无线电导航业务 （ARNS）台站以同等条件工作（见《无线电规则》第 5.452 款），

建议

1 附件 1 中描述的无线电定位、无线电导航和气象雷达的技术和工作特性作为工作在 5 250 和 5 850 MHz 之间频带内这些特性的典型代表（见注 1）；

2 ITU-R M.1461 建议书作为无线电定位、无线电导航和气象雷达与其他业务的系统之间兼容性分析的指导原则；以-6 dB 的干扰信号功率与雷达接收机噪声功率电平之比 *I*/*N* 的准则作为无线电定位与其他业务共用研究所要求的保护触发电平。如果存在多个干扰，该保护准则代表净保护电平。

注 1 — 关于水上无线电导航雷达的特性应采用 ITU-R M.1313 建议书。

附 件 1

无线电定位、航空无线电导航和气象雷达的特性

1 引言

如表 1 所示，5 250 和 5 850 MHz 之间的频带已划分给 ARNS 和无线电定位业务主用。在 5 600-5 650 MHz 频带内，批准用于气象的地面雷达与水上无线电导航业务的台站以同等条件工作（见《无线电规则》第 5.452 款）。

表 1

频带 (MHz)	划 分
5 250-5 255	无线电定位
5 255-5 350	无线电定位
5 350-5 460	航空无线电导航
5 460-5 470	无线电定位
5 470-5 650	水上无线电导航 (1)
5 650-5 725	无线电定位
5 725-5 850	无线电定位

(1) 根据《无线电规则》第 5.452 款，在 5 600-5 650 MHz 频带内，批准用于气象的地面雷达与水上无线电导航业务的台站以同等条件工作。

无线电定位雷达完成各种功能，如：

— 跟踪处于研发测试和运行测试的空间运载火箭和航空飞行器；

— 海空监视；

— 环境测量（例如海水环流和气候现象如飓风的研究）；

— 地面成像；以及

— 国防和多国维和。

航空无线电导航雷达主要用于航空气象避险和风向切变检测，且作为一种安全业务（见《无线电规则》第 4.10 款）。

气象雷达用于探测恶劣天气环境如龙卷风、飓风和猛烈的雷暴雨。这些气象雷达还提供在可能发生的洪水的水文预报中非常重要的定量的地区降雨量测量。该信息用于向公众提供警报，由此提供的是一项生命安全业务。

ITU-R M.1313 建议书中包含了 5 470-5 650 MHz 频带内水上无线电导航雷达的特性。

2 技术特性

5 250 和 5 850 MHz 之间的频带由许多不同类型地面固定、船载、机载和可搬运的平台上的雷达所使用。表 2 和表 3 包含了这些频带内典型系统部署的技术特性。这些信息在评估这些雷达和其他系统之间兼容性的一般计算中通常是足够的。

但是这些表中未包含工作在该频率范围内的频率跳变雷达的特性。频率跳变是普通的电子对抗的对抗测量（ECCM）的一种。雷达系统设计成工作在敌方电子攻击环境采用频率跳变作为其 ECCM 技术之一。这种雷达通常是将其划分的频带分成信道。雷达发送则从所有可用信道中随机选择一条信道。这种随机占用一条信道的方式可在每一波束位置发生，许多脉冲在同一信道上发送，也可以每个脉冲占用一条信道。在共用研究中应该考虑雷达系统的这一重要特征并应计入频率跳变雷达的潜在影响。

表 2

航空无线电导航和气象雷达系统的特性

特　　性	雷达 A	雷达 B	雷达 C	雷达 D	雷达 E	雷达 F	雷达 G	雷达 H	雷达 I	雷达 J
功能	气象	气象	气象	航空无线电导航	气象	气象	气象	气象	气象	气象
平台类型（机载、船载、地面）	地面/船载	机载	地面	机载	地面	地面	地面	地面	地面	地面
调整范围（MHz）	5 300-5 700	5 370	5 600-5 650	5 440	5 600-5 650	5 300-5 700	5 600-5 650	5 600-5 650	5 600-5 650	5 250-5 725
调制	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	常规的	带多普勒性能的	带多普勒性能的
进入天线的 Tx 功率	250 kW 峰值 125 W 平均值	70 kW 峰值	250 kW 峰值 1 500 W 平均值	200 W 峰值	250 kW 峰值	250 kW 峰值	250 kW 峰值	250 kW 峰值 150 W 平均值	250 kW 峰值 150 W 平均值	2.25 kW 峰值
脉冲宽度（μs）	2.0	6.0	0.05-18	1-20	1.1	0.8-2.0	3.0	0.8-5	0.8-5	0.1
脉冲升/降时间（μs）	0.2	0.6	0.005	0.1	0.11	0.08	0.3	0.2-2	0.2-2	0.005
脉冲重复率（pps）	50, 250 和 1 200	200	0-4 000	180-1 440	2 000	250-1 180	259	250-1 200	50-1 200	100 000
输出设备	同轴磁控管	同轴磁控管	速调管	磁控管	速调管	可调磁控管	同轴磁控管	同轴磁控管 或速调管	同轴磁控管	同轴磁控管
天线方向性图（锐锥型、扇型、余割平方型等）	锥型	扇型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型
天线类型（反射器、相控阵、隙缝阵等）	固体金属抛物线型	抛物线型	抛物线型	隙缝阵	抛物线型	抛物线型	固体抛物线型	固体抛物线型	固体抛物线型	固体抛物线型
天线极化	垂直	水平	水平	水平	水平	水平	水平	水平和/或垂直	水平或垂直	水平或垂直
天线主波束增益（dBi）	39	37.5	44	34	50	40	40	40-50	40-50	35-45

表 2（完）

特　　性	雷达 A	雷达 B	雷达 C	雷达 D	雷达 E	雷达 F	雷达 G	雷达 H	雷达 I	雷达 J
天线仰角波束宽度（度）	4.8	4.1	0.95	3.5	< 0.55	< 1.0	1.65	0.5-2	0.5-2	2.4-12
天线方位波束宽度（度）	0.65	1.1	0.95	3.5	< 0.55	< 1.0	1.65	0.5-2	0.5-2	1.5-12
天线水平扫描速率（度/s）	0.65	24	0-36 (0-6 rpm)	20	21-24	30-48	30-48	6-18 (1-3 rpm)	6-18 (1-3 rpm)	1.2
天线水平扫描类型（连续、随机、360°、扇区等）（度）	360	180 扇区	360	连续	连续 360 扇区	360	360	360	360	360
天线垂直扫描速率（度/s）	不适用	不适用	不适用	45	15	15	15	1-10	1-14	不适用
天线垂直扫描类型（连续、随机、360°、扇区等）（度）	不适用	不适用	不适用	扇区	逐步地、0.5-60	逐步地、–2 至+60	–1 至+60	–1 至+90	–5 至+90	不适用
天线旁瓣（SL）电平（第一 SL 和远 SL）（dB）	–26	–20	–35	–31	–27	–25	–25	–25 至–35	–25 至–35	–20
天线高度（m）	30	飞机高度	10	飞机高度	30	30	30	6-30	6-30	10
接收机 IF 3 dB 带宽 *（MHz）	0.5	0.6	20	1.0	0.91	0.6	0.25 至 0.5	0.7 至 4	0.1 至 3.0	10
接收机噪声系数（dB）	7	6	4	5	2.3	3	3	3.5-8	1.5-8	3
最小可识别信号（dBm）	–110	–106	–97	–109	–109	–109 至–112	–114	–113 至–120	–113 至–120	–113 至–118

表 3

无线电定位系统的特性

特　　性	雷达 K	雷达 L	雷达 M	雷达 N	雷达 O	雷达 P	雷达 Q	雷达 R	雷达 S
功能	检测仪表	检测仪表	检测仪表	检测仪表	检测仪表	表面和空中搜寻	表面和空中搜寻	研究和地面成像	搜寻
平台类型（机载、船载、地面）	地面	地面	地面	地面	地面	船载	船载	机载	机载
调整范围（MHz）	5 300	5 350-5 850	5 350-5 850	5 400-5 900	5 400-5 900	5 300	5 450-5 825	5 300	5 250-5 725
调制	不适用	无	无	脉冲/线性调频脉冲	线性调频脉冲	线性 FM	无	非线性/线性 FM	CW 脉冲
进入天线的 Tx 功率	250 kW	2.8 MW	1.2 MW	1.0 MW	165 kW	360 kW	285 kW	1 或 16 kW	100-400 W
脉冲宽度（μs）	1.0	0.25, 1.0, 5.0	0.25, 0.5, 1.0	0.25-1 (普通的) 3.1-50 (线形调频)	100	20.0	0.1/0.25/1.0	7 or 8	1.0
脉冲升/降时间（μs）	0.1/0.2	0.02-0.5	0.02-0.05	0.02-0.1	0.5	0.5	0.03/0.05/0.1	0.5	0.05
脉冲重复率（pps）	3 000	160, 640	160, 640	20-1 280	320	500	2 400/1 200/750	1 000-4 000	200-1 500
线性调频脉冲带宽（MHz）	不适用	不适用	不适用	4.0	8.33	1.5	不适用	62, 124	不适用
RF 发射带宽　　–3 dB –20 dB (MHz)	4.0 10.0	0.5-5	0.9-3.6 6.4-18	0.9-3.6 6.4-18	8.33 9.9	1.5 1.8	5.0/4.0/1.2 16.5/12.5/7.0	62, 124 65, 130	4.0 10.0
天线方向性图（锐锥型、扇型、余割平方型等）	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	锐锥型	余割平方型	扇型	扇型	锐锥型
天线类型（反射器、相控阵、隙缝阵等）	抛物线型反射器	抛物线型	抛物线型	相控阵型	相控阵型	抛物线型	行波馈电喇叭阵型	单座两个双极化喇叭型	隙缝阵型

表 3（完）

特　　性	雷达 K	雷达 L	雷达 M	雷达 N	雷达 O	雷达 P	雷达 Q	雷达 R	雷达 S
天线极化	垂直/左旋圆极化	垂直/左旋圆极化	垂直/左旋圆极化	垂直/左旋圆极化	垂直/左旋圆极化	水平	水平	水平和垂直	圆极化
天线主波束增益（dBi）	38.3	54	47	45.9	42	28.0	30.0	26	30-40
天线仰角波束宽度（度）	2.5	0.4	0.8	1.0	1.0	24.8	28.0	28.0	2-4
天线方位波束宽度（度）	2.5	0.4	0.8	1.0	1.0	2.6	1.6	3.0	2-4
天线水平扫描速率（度/s）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	36, 72	90	不适用	20
天线水平扫描类型（连续、随机、360°、扇区等）（度）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	连续360	30-270扇区	固定于航路左侧或右侧	连续
天线垂直扫描速率（度/s）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用	不适用	不适用	不适用
天线垂直扫描类型（连续、随机、360°、扇区等）（度）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用（跟踪）	不适用	固定	仰角固定(–20 至–70)	不适用
天线旁瓣（SL）电平（第一 SL 和远 SL）（dB）	–20	–20	–20	–22	–22	–20	–25	–22	–25
天线高度（m）	20	20	8-20	20	20	40	40	至 8 000	9 000
接收机 IF 3 dB 带宽（MHz）	1	4.8, 2.4, 0.25	4, 2, 1	2-8	8	1.5	1.2, 10	90, 147	1
接收机噪声系数（dB）	6	5	5	11	5	5	10	4.9	3.5
最小可识别信号（dBm）	–105	–107	–100	–107, –117	–100	–107	–94(短/中等脉冲)–102(宽脉冲)	–90, –87	–110

3 操作特性

3.1 气象雷达

机载和地面气象雷达都工作在 5 250-5 850 MHz 频率范围内，且技术特性已在表 1 中给出。

地面气象雷达系统用于探测恶劣天气和规划飞行活动且通常位于遍布全球的机场附近。而且这些雷达还是 24 h/日连续工作的。

气象雷达提供量化的地区降雨量且多数情况是属于国家或区域范围协同测量网络中的。那些采用了多普勒雷达技术的气象雷达还监视可表明如龙卷风、飓风和猛烈的雷暴雨以及风切变和骚动这样的恶劣气象元素的出现和活动。这两种雷达采用实时的量化测量，是水文、气象和环境预报的关键而独特的数据来源。通过对用数字表示的数据的吸纳，在气象、水灾和污染特别是造成破坏的情况的模型化和预报中，这些数据用以提高预报和警报的精度和时效性。可能直接采用这些数据，例如闪电危害的评估。许多应用对普通公众（同时对生命和财产）的安全和保护以及军队作战的安全和保障都是至关重要的。

机载气象雷达既用于飓风研究，也用于飓风搜索。航空器在高达 20 000 英尺（6 096 m）和低至 1 500 英尺（457 m）的范围重复地穿过眼壁。有些航空器专为飓风强度和着陆预报的计算机模型采集研究飞行任务的数据。另一些航空器则穿过狂暴程度稍低的更高高度（30 000-45 000 英尺，或 9 144-13 716 m） 的飓风以确定飓风眼的位置。

3.2 航空无线电导航雷达

工作在 5 350-5 460 MHz 频带内 ARNS 的雷达主要是用于飞行安全的机载系统。在飞行中气象探测和避险雷达都是连续工作的，同样一旦飞机下降至 2 400 英尺（732 m）高度以下就自动工作的风切变探测雷达也在使用之列。这两种雷达具有类似的特性且主要是前视雷达，其扫描量集中在航空器的飞行路径周围。这些系统在一个给定的方位和仰角范围内自动地扫描，且特点是由领航员（可为导航决策选择不同的仰角“切换”）手动（机械）地调整仰角。

3.3 无线电定位雷达

在整个 5 250-5 850 MHz 范围内为完成各种不同任务的无线电定位业务的雷达有许多种类。表 3 给出了使用这些频率，可用于评估与无线电定位雷达和其他业务系统间兼容性的这类雷达的若干代表类型的技术特性。

量程仪雷达在处于研发测试和运行测试的空间运载火箭和航空飞行器上用来提供高精度位置数据。这些雷达具有典型的高发射机功率和非常窄的锐锥型波束的大孔径抛物型反射器天线。这类雷达对感兴趣的目标既有雷达跟踪还有信标跟踪的自动跟踪天线。（注意这种雷达信标未在表中出现；它们通常在 5 400-5 900 MHz 上可调，发射机功率在 50-200 W 峰值范围内，且用于转发收到的雷达信号。） 运行周期根据测试程序可从数分钟持续至长达 4-5 小时。可以 24 小时/日、7 日/周按安排好的时间运行。

船载海空监视雷达用于船只保护且在船只行进中和在进港和离港时都是连续工作的。这些监视雷达通常采用适度高的发射机功率、仰角方向电子扫描、整个 360° 方位上的机械扫描的天线。在一定地理地区内多艘船只的这种雷达可同时工作。

在 5 250-5 850 MHz 频带内还工作着其他特殊用途的雷达。雷达 Q（表 3）是一种机载综合口径雷达，它用于陆地测绘和成像、环境和陆用研究以及其他相关研究活动。它可在各种高度上连续工作且根据特殊的测量活动可在长达数小时的时间周期内改变俯视角度工作。

4 保护准则

来自其他业务的 CW 或类似噪声型调制引起的在该频带内工作的雷达灵敏度降低效应，可以料想与其强度有关。在合理的近似范围内，这种干扰活动在任何方位扇区上，其功率谱密度可简单地加到雷达接收机热噪声的功率谱密度上。如果在不存在干扰时雷达接收机噪声的功率谱密度以 N_0 表示而类似噪声型的干扰表示为 I_0，则合成的有效噪声功率谱密度直接变成 $I_0 + N_0$。对于气象雷达和无线电定位雷达来说，增大约 1 dB 就会构成严重恶化。这种增大相当于 1.26 的$(I + N)/N$ 的比值，或约–6 dB 的 I/N 比值。对于无线电导航业务和气象雷达，涉及其生命安全功能时，约 0.5 dB 的增大就会构成严重恶化。这样一个增大相当于约–10 dB 的$(I + N)/N$ 的比值。当然，还需要对该比值进一步验证。这些保护准则表示的是多个干扰源存在时的综合影响；每个干扰源的 I/N 允许值应根据干扰源的个数及其几何量并需要在对给定的情况进行分析时估算。

对可部署大量台站的某些通信系统，合成因子会非常可观。

脉冲型干扰的影响定量的难度更大且更多取决于接收机/处理器的设计和工作方式。有效目标回波信号通常是同步脉冲的有效目标返回的，干扰脉冲通常是异步的，这二者的差分处理增益尤其会对一定电平的脉冲型干扰的影响起重要的作用。这种灵敏度降低会引起几种不同形式的性能恶化。分析这种恶化是分析特殊类型雷达之间相互作用的一个目标。一般情况下，无线电测定雷达的很多特性是可预期抑制低占空因数的脉冲型干扰的，特别是来自少数孤立源的。抑制低占空因数脉冲型干扰的技术在 ITU-R M.1372 建议书《无线电测定业务中雷达站对无线电频谱的有效使用》中给出。

5 干扰减轻技术

一般情况下，无线电定位、航空无线电导航和气象雷达之间的相互兼容性都是由限制主波束耦合的天线波束的扫描来完成的。另外干扰的减轻由两种类型的雷达波形之间的差别以及抑制有害脉冲来完成的，如通过限制技术、灵敏度时间控制和信号综合等接收机滤波和信号处理技术来抑制有害脉冲。此外，还可以通过载波频率分离或通过采用异步脉冲衰减/抑制技术的时间鉴别来减轻干扰。在雷达与雷达的相互作用中，由于自然出现的或通过良好的设计来达到很高的功率耦合隔离度和时间隔离度，并不总是需要用频率分离来达到兼容性操作。雷达系统采用的减轻干扰技术的其他细节在 ITU-R M.1372 建议书中给出。

ITU-R M.1642-2 建议书

在一个航空无线电导航业务台站上的来自工作在 1 164-1 215 MHz 频带的所有无线电导航卫星业务系统的最大集合等效功率通量密度的估算方法

（2003-2005-2007）

范围

本建议书给出了由工作在 1 164-1 15 MHz 频带的任意部分上的所有无线电导航卫星业务（RNSS）系统在一个航空无线电导航业务（ARNS）台站的输入端所产生的最大集合等效功率通量密度（epfd）电平的估算方法和参考天线特性。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 根据《无线电规则》（RR），在所有国际电联区域内 960-1 215 MHz 频带划分给航空无线电导航业务 （ARNS）主用；

b） 分析表明在 1 164-1 215 MHz 频带的 RNSS 信号可设计成对工作在该频带的 DME/TACAN ARNS 接收机不会造成干扰；

c） 已研究制定了用于 ARNS 的保护准则，并在 ITU-R M.1639 建议书中提出用等效功率通量密度(epfd)表示，

认识到

a） WRC-2000 提出了将 1 164-1 215 MHz 频带划分给 RNSS 共同主用，作为条件要求 RNSS 应保护 ARNS 免受有害干扰；

b） WRC-03 确定了如果工作在 1 164-1 215 MHz 频带中的所有 RNSS（空对地）系统的空间站所产生的 epfd 值在任意 1 MHz 频带内不超过–121.5 dB（W/m^2）的电平时，ARNS 就不会遭受 RNSS 的干扰，且采用第 609 号决议（WRC-03）以保证不超过该电平；

c） 根据 RR 第 1.59 款 ARNS 是一种安全业务，且根据 RR 第 4.10 款需要主管部门采取专门的测量以保证这些业务免受有害干扰。

建议

1 附件 1 中的方法和附件 2 中的参考 ARNS 特性应用于计算由所有 RNSS 系统在任意一个航空无线电导航台站上所产生的最大集合 epfd。

附 件 1

工作在 1 164-1 215 MHz 频带的所有 RNSS 系统在一个 ARNS 台站的最大集合 epfd 的估算方法

方法的摘要

用本附件中描述的方法可以计算在 1 164-1 215 MHz 频带中所有 RNSS 系统的最大集合 epfd 电平。

本方法允许不同系统容易地组合，在协商会议上可以检查某些系统的变化所产生的影响，这些变化例如：加入或除去一个系统或不同的系统或专用系统的特性的变化。

该方法同样适用于具有任意倾角的任意轨道中的卫星星座的非 GSO 系统和 GSO 系统。

该方法基于一个有两个步骤的过程：

步骤 1: 计算各个 RNSS 系统的 epfd。该步骤可由各个独立的运营者在协商会议前完成，并将他们的结果以统一的格式提交（非 GSO 系统见 § 1.3，GSO 系统见§ 1.4）。

步骤 2: 通过映射叠加得出由各系统合成的最大 epfd，如果需要在不同的频率计算，则在 1 164-1 215 MHz 频带中得出最大集合 epfd（见§ 2）。

方法的描述

1 计算来自一个 RNSS 系统的卫星的最大 epfd 的方法

1.1 epfd 的定义

正如 WRC-2000 所采用的等效功率通量密度（epfd）的定义基于 RR 第 22.5C.1 款。

当一副天线在其基准带宽内接收到同时来自不同距离、各个方向和入射的 pfd 的各种不同电平的发射机的功率时，epfd 就是如果接收到来自一个单一发射机的远场天线的最大增益方向的 pfd，会在接收机的输入端产生相当于与实际接收到不同的各个发射机的集合产生的同样的功率。

瞬时 epfd 可用下式计算:

$$epfd = 10 \log_{10}\left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,max}}\right]$$

其中：

N_a: 接收机可见到的空间站的数量

i: 所考虑的空间站的指数

P_i: 发射空间站的天线输入端的 RF 功率（基准带宽内）（或激活天线情况下的 RF 辐射功率）(dB(W/MHz))

θ_i: 发射空间站的视轴与接收机指向之间的偏轴角（度）

$G_t(\theta_i)$: 接收机指向上空间站的发射天线增益（作为一个比值）

d_i: 发射站和接收机之间的距离（m）

φ_i: 接收机指向与发射空间站方向之间的偏轴角（度）

$G_r(\varphi_i)$: 发射空间站方向上接收机的接收天线增益（作为一个比值）（见附件 2）

$G_{r,max}$: 接收机的最大增益（作为一个比值）

epfd: 接收机处的瞬时等效功率通量密度(dB(W/(m^2·MHz)))。

注 1 – 假设各发射机都位于接收机的远场（即距离大于 $2D^2/\lambda$，其中 D 是接收机天线的有效直径而λ是相同单位的观测波长）。所考虑的情况中始终满足此要求。

1.2 一般考虑

在该方法的第一步骤中，RNSS 卫星的各星座的最大 epfd 的计算是在整个地球表面的各纬度和经度上对系统占用的每个 1 MHz 的频谱计算的。

当受害 ARNS 接收机可能安装在飞行高度高达 40 000 英尺（12 192 m）的飞机上时（见附件 2 的§2），计算应包括仰角从 90° 下至–3.54° 的所有卫星。

当每个系统的 epfd 部分的计算只需在单个基准频率，首选信号功率最大的频率上进行时。RNSS 信号频谱模型应提供给协商会议，以便后面可采用适当的频谱模型因子乘以计算结果以得出任何其他频率的结果。

1.3 对一个非 GSO RNSS 系统的最大 epfd 的计算方法

基于完整的 ITU-R S.1325 建议书的附件 1 的附录 1 给出的模拟方法可用于实现此目的。

附件 1 的附录 2 给出的方法，完全是基于一种分析技术。该方法可用于达到迅速的估算，但它不能产生确切的高限的结果。

1.4 对一个 GSO RNSS 系统的最大 epfd 的计算方法

对于每个 GSO 卫星的最大 epfd 都需要在该系统所占用的频谱的每 1 MHz 上的整个地球表面的各纬度和经度上进行计算。

该情况下 epfd 与时间无关，因此可直接算出单一的一个结果的表格。

2 所有 RNSS 系统的最大集合 epfd 的计算方法

2.1 各系统所需的数据

没有对地同步周期的非 GSO RNSS 各系统将按照§ 1.3 的方法向协商会议提供一份对应纬度(可用于所有经度)的最大 epfd 的列表以及信号频谱模型。

具有对地同步周期的非 GSO RNSS 各系统将按照§ 1.3 的方法向协商会议提供一份对应纬度和经度的最大 epfd 的列表以及信号频谱模型。

各 GSO RNSS 系统将按照§ 1.4 的方法，向协商会议提供一份对应纬度和经度的最大 epfd 的表格以及信号频谱模型。

2.2 具有类似信号特性的合成系统的 epfd

通过信号频谱最大的相同频率确定 RNSS 系统的集合 epfd 可采用三个步骤来实现：

步骤 1a： 对具有列表中所有非 GSO（没有对地同步周期的）的各纬度上最大功率的信号在 1 MHz 频带内的最大 epfd 进行点对点的求和以得到对应纬度的非 GSO（没有对地同步周期的）的集合 epfd 的列表;

步骤 1b： 对具有列表中所有非 GSO（具有对地同步周期的）的各纬度和经度上最大功率的信号在 1 MHz 频带内的最大 epfd 进行点对点的求和以得到对应纬度和经度的非 GSO（具有对地同步周期的）的集合 epfd 的列表;

步骤 2： 对所有 GSO 表格的纬度和经度的各点上具有最大功率的信号在 1 MHz 频带内的最大 epfd 进行点对点的求和以得到对应纬度和经度的 GSO 集合 epfd 的表格;

步骤 3： 对应纬度的非 GSO（没有对地同步周期的）的集合 epfd 列表、对应纬度的非 GSO（具有对地同步周期的）的集合 epfd 列表以及对应纬度和经度的 GSO 集合 epfd 的各经度栏的经度进行点对点的求和以得到对应纬度和经度的集合 epfd 的总表格。

检查该表中的最高 epfd 将显现任意 1 MHz 频带内是否遵守 ITU-R M.1639 建议书中的保护准则。

2.3 具有不同信号特性的合成系统的 epfd

应注意的是最大集合 epfd 与频率有关。如果所有被考虑的 RNSS 系统的频谱在相同的频率上具有其最大值，那么一次分析就可满足需要了。但是，如果不同的系统具有不同的频率上的最大值，不论因为他们具有交叠的频谱使用不同的中心频率，还是由于他们使用了不同的调制技术，则最大集合 epfd 都将需要考虑频率。

确定具有不同中心频率的 RNSS 系统的最大集合 epfd 的最低要求是，以上三个步骤应在任意一个具有其信号频谱最大值的系统进行，且还需要在中间频率进行分析。

对于各频率，在与其他列表和表格求和之前，每个列表或表格都应用适当的频谱模型因子进行因子换算。

对所有结果表格中的最高 epfd 的检查将显现在任意 1 MHz 频带内是否遵守了 ITU-R M.1639 建议书的保护准则。

2.4 结果的检查

在最大集合 epfd 确定之后，要考虑确定所有 RNSS 系统在某一瞬时模拟出在 ARNS 台站位置上的绝对最大集合 epfd 以证实采用附件 1 的附录 1 或附录 2 所得到的结果。

附件 1 的
附录 1

确定非 GSO RNSS 系统的最大 epfd 的模拟方法

1 方法和模拟逼近的描述

基于 ITU-R S.1325 建议书，该方法的框架是在特定基准频率上（典型的是具有最大 RNSS 信号频谱密度的 1 164-1 215 MHz 频带内的 1 MHz 频带部分上）对一个 RNSS 系统的所有卫星模型。星座的模型在相对好的情况的一段时间中取样。每个样本 epfd 都对所有的纬度点和经度点进行计算。应对每个纬度点和经度点记录下最大的样本。结果表格可表示成一副地图，如图 5 和图 6 所示。照此，对每个纬度的最大 epfd 就可确定了，这样会消除由于有限的模拟时间造成的近似。

2 模拟的假设

2.1 轨道模型

轨道模型对位于圆形轨道和椭圆轨道的空间站进行模拟仅考虑由于地球的非球面性造成的在赤道平面中节点线的进动。

轨道模型代表在以地球为中心的惯性坐标框架中的卫星运动，示于图 1。这一惯性框架的原点位于地球的中心。x 轴指向白羊座中的第一点（即春分点），z 轴是地球的预定转轴，而 y 轴确定为 z 和 x 方向的单位矢量的交叉产物，即 $\vec{y} = \vec{z} \times \vec{x}$。

轨道模型基于在一个圆形和一个椭圆形的完美的球形地球的卫星轨道的牛顿运动方程式。对于采用圆形轨道的非 GSO 系统，其运动的特性使之很容易形成模型是因为卫星的轨道半径和速度都是常量。

2.1.1 相对于地球的常数

对于地球，一般常数有：

R_e： 地球半径（6 378.137 km）

O： 地心

μ： 地球引力常数（3.986005×10^5 km^3/s^2）

J_2： 地球势能二次谐波常数（$1\,082.63\times10^{-6}$）

T_e： 地球自转周期（23 h 56′ 4.0989″=86 164.0989 s）

Ω_e： 地球自转角速度=$2\pi/T_e \cong 7.2921151467\times10^{-5}$ 弧度/s

t： 由于模拟恒定相位延迟造成的过去的时间（s）。

2.1.2 相对于非 GSO 卫星系统空间站的常数

对于采用圆形轨道的非 GSO 卫星系统的空间站（见图 1），有如下常数：

N： 非 GSO 系统的空间站的数量

i： 各非 GSO 卫星的指数（$0 \leqslant i < N$）

h_{sat}： 地球上空卫星的高度（km）

r： 卫星轨道的半径（km）=$h_{sat}+R_e$

I： 赤道上空轨道平面的倾角（弧度）

RAAN： 向天顶上升节点的赤经

$\Omega_{i,\,0}$： 第 i 个非 GSO 卫星在 t 时间的 RAAN（弧度）

$u_{i,\,0}$： 第 i 个非 GSO 卫星在 t 时间的纬度幅角（弧度）

T： 卫星轨道周期(s)=$2\pi(r^3/\mu)^{1/2}$

n： 卫星的平均运动（弧度/s）=$2\pi/T$

$u_{i,\,t}$： 第 i 个卫星在 t 时间的纬度幅角（弧度）=$u_{i,\,0}+n_t$

Ω_r： 向天顶上升节点的节退（弧度/s）

$$= -\frac{3}{2} J_2 \cos(I) R_e^2 \frac{\sqrt{r\mu}}{r^4}$$

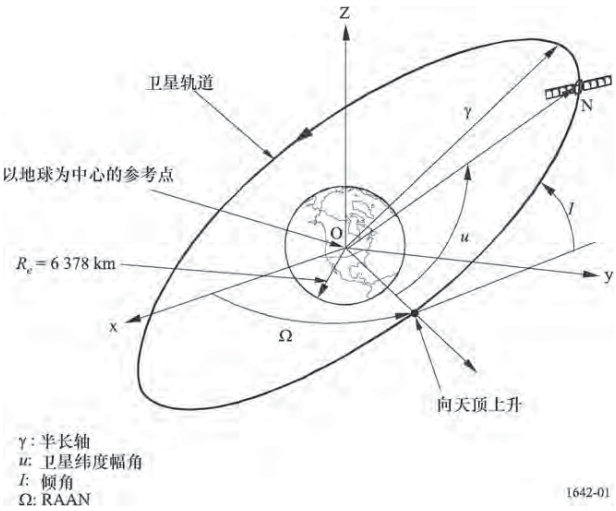
$\Omega_{i,\,t}$： 第 i 个卫星在 t 时间的 RAAN（弧度）=$\Omega_{i,\,0}+\Omega_r t$

$\overrightarrow{ON_i}$： 在地球为中心的固定坐标框架中非 GSO 卫星的坐标矢量（惯性坐标系）：

$$\overrightarrow{ON_i} = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = r \begin{bmatrix} \cos(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) - \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) \\ \cos(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) + \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) \\ \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(I) \end{bmatrix}$$

图 1

圆形轨道几何图



对于采用椭圆轨道的非 GSO 卫星系统的空间站（见图 2 和图 3），有如下常数：

N： 非 GSO 系统的空间站的数量

i： 各非 GSO 卫星的指数（$0 \le i < N$）

a_i： 第 i 个卫星的半长轴（km）

e_i： 第 i 个卫星的偏心率

$M_{i,\,0}$： 第 i 个非 GSO 卫星在初始时间的平均近点角（弧度）

T_i： 第 i 个卫星的卫星轨道周期$(s) = 2\pi(a_i^3/\mu)^{1/2}$

n_i： 第 i 个卫星的平均运动（弧度/s）$= 2\pi/T_i$

$v_{i,\,t}$： 第 i 个卫星在 t 时间的真正近点角 $= 2 \cdot \tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{1+e_i}{1-e_i}}\tan\frac{E_{i,t}}{2}\right]$

$E_{i,\,t}$： 第 i 个卫星在 t 时间的偏心近点角 $= 2 \cdot \tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{1-e_i}{1+e_i}}\tan\left(\frac{v_{i,t}}{2}\right)\right]$

$M_{i,\,t}$： 第 i 个卫星在 t 时间的平均近点角 $= M_{i,0} + n_i \cdot t = E_{i,t} - e_i \cdot \sin E_{i,t}$ *

* 一旦给出 $M_{i,t}$, $E_{i,t}$ 由迭代法来确定。通常，对于很短的时间步幅，$E_{i,t}$ 的最终值可以用作为初始估算。

I_i： 第 i 个卫星的赤道上空轨道平面的倾角（弧度）

RAAN： 向天顶上升节点的赤经

$\Omega_{i,\,0}$： 各第 i 个非 GSO 卫星在初始时间的 RAAN（弧度）

$\omega_{i,\,0}$： 各第 i 个非 GSO 卫星在初始时间的近地点幅角（弧度）

$u_{i,\,t}$： 第 i 个卫星在 t 时间的纬度幅角（弧度）$= \omega_{i,\,0} + \nu_{i,\,t}$

Ω_{ri}： 第 i 个卫星的向天顶上升的节点的节退（弧度/s）

$$= -\frac{3}{2} J_2 \cos(I_i) R_e^2 \frac{\sqrt{a_i \mu}}{a_i^4 (1-e_i^2)^2}$$

$\Omega_{i,\,t}$ 第 i 个卫星在 t 时间的 RAAN（弧度）$= \Omega_{i,\,0} + \Omega_{ri} t$

$\overrightarrow{ON_{i,t}}$： 在地球为中心的固定坐标框架中在 t 时间第 i 个非 GSO 卫星的坐标矢量（惯性坐标系）：

$$\overrightarrow{ON_{i,t}} = rot3(-\Omega_{i,t}) \cdot rot1(-I_i) \cdot rot3(-\omega_{i,0}) \cdot \vec{r}_{i,t}$$

$rot1(\alpha)$：相对于 x 轴的旋转

$$rot1(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$rot3(\alpha)$：相对于 z 轴的旋转

$$rot3(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\vec{r}_{i,t}: \ \vec{r}_{i,t} = r_{i,t} \begin{bmatrix} \cos\nu_{i,t} \\ \sin\nu_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{a(1-e^2)}{1 + e_i \cdot \cos\nu_{i,t}} \cdot \begin{bmatrix} \cos\nu_{i,t} \\ \sin\nu_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix}$$

图 2

聚焦平面中椭圆轨道几何图

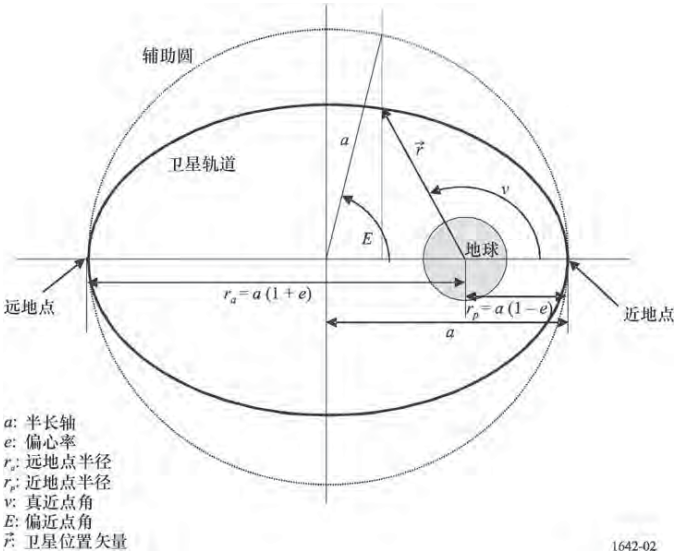
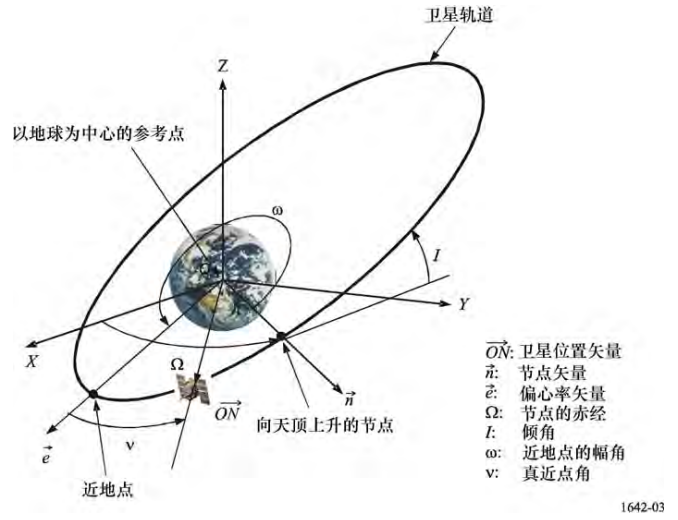


图 3

ECI 坐标中的椭圆轨道几何图



在计算非 GSO 星座相关的常数时可考虑非 GSO 的摄动，当考虑到摄动时将卫星的位置看作变化的。

2.1.3 相对于 ARNS 台站的常数

Lat： ARNS 台站的纬度（弧度）

Lon： ARNS 台站的经度（弧度）

h_{ARNS}： ARNS 台站的海拔高度（km）

$\overrightarrow{OM}$： 以地球为中心的 ARNS 台站的坐标，惯性坐标系

$$\overrightarrow{OM} = \begin{cases} X = (R_e + h_{ARNS}) \cos(\text{Lat}) \cos(\text{Lon} + \Omega_e t) \\ Y = (R_e + h_{ARNS}) \cos(\text{Lat}) \sin(\text{Lon} + \Omega_e t) \\ Z = (R_e + h_{ARNS}) \sin(\text{Lat}) \end{cases}$$

2.2 天线参数

2.2.1 ARNS 台站天线参数

ARNS 天线参数是模拟计算的输入参数（见附件 2）。

2.2.2 GSO 空间站天线参数

为了完成干扰分析，非 GSO 卫星天线应采用以下参数，以及相应的可用性加以模型化:

— 被测天线方向图；

— 建议的参考天线方向图；

— 将非 GSO 卫星天线辐射方向图模型化的一个解析函数。

2.3 模拟时间的计算

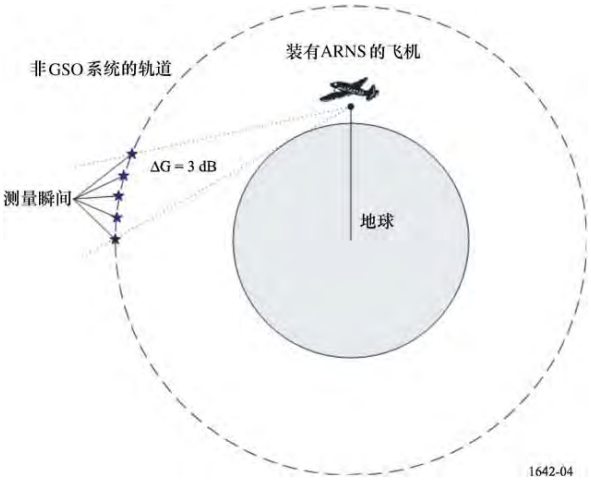
2.3.1 模拟时间增量

为了获得精确的结果，模拟时间增量 t_{inc} 应尽可能小，但另一方面总的模拟时间应合理。为了达到精度要求需要当非 GSO RNSS 的空间飞行器落入可见到的空间站的 ARNS 最大增益天线方向图时，要保证足够的 epfd 测量次数（N_{hits}）。认为 N_{hits}=5 足以满足需要。

可见到空间站的最大增益对于在 40 000 英尺（12 192 m）高度的飞机是出现在–3.54° 至+3° 仰角内（附件 2）。在这一范围内 5 N_{hits} 是非常重要的，这意味着星座运动 1°的模拟增量足够了。

图 4

模拟时间增量的考虑



2.3.2 总的模拟时间

任何轨道上的非 GSO 星座的卫星在地球表面会划出轨迹。经过一段时间，特别是对一个系统而言，星座的某颗卫星或另外的卫星重复同样的轨迹或几乎是返回到相同的点。这两种情况之间的时间即为星座的重复周期。不同星座的重复周期可以从几天至几个月。一个 RNSS 系统在一个星座重复周期上的典型 epfd 计算结果示于图 5。

非 GSO 星座中卫星的精确经度进动率会受由经度站保持误差造成的漂移的影响。该影响可以模型化并综合到模拟计算中。

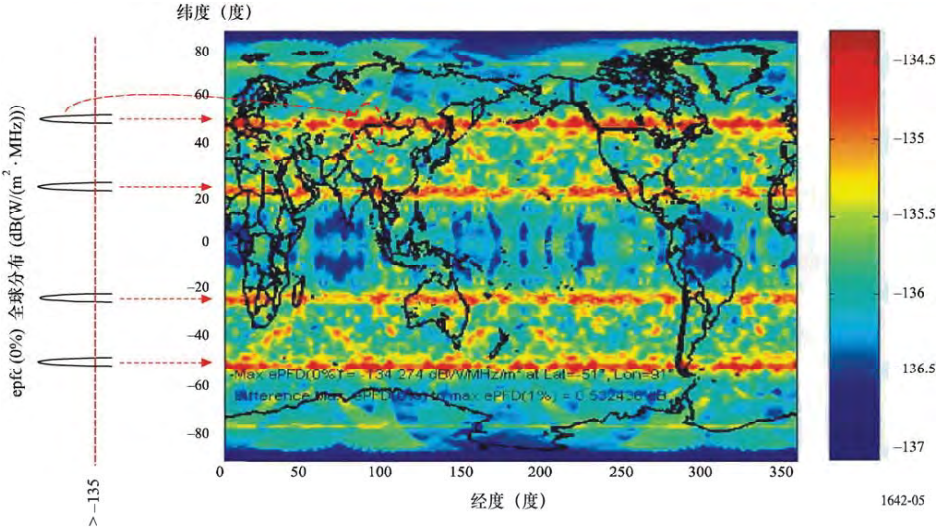
对于没有对地同步周期的非 GSO 系统，前面所述的该影响在任何经度上的结果都是最大 epfd，实际上在所有经度上都是最大 epfd。（换言之，如果模拟扩展到所有可能的星座的状态，那么图 5 地图上的最大 epfd 的“热点”会水平地散布成均匀的水平条。）由此可以考虑对于各纬度可获得更为正确的结果，因为任何经度都是最大 epfd，结果可用于所有经度。这样相对于纬度和经度的最大 epfd 表格就可变换成仅对纬度的最大 epfd 的简化列表。

如果这样做了，对于没有对地同步周期的非 GSO 系统的模拟计算时间就可降至仅进行单一轨道周期的。由这种有限模拟产生的“地图”会仅绘出在各纬度上的几个“热点”，而“热点”的数值表示任意经度上的最大 epfd，因为在所有经度上都一样。

作为附带的好处，必须呈送协商会议的信息的数量也相应减少了。

图 5

最大 epfd 全球分布的举例

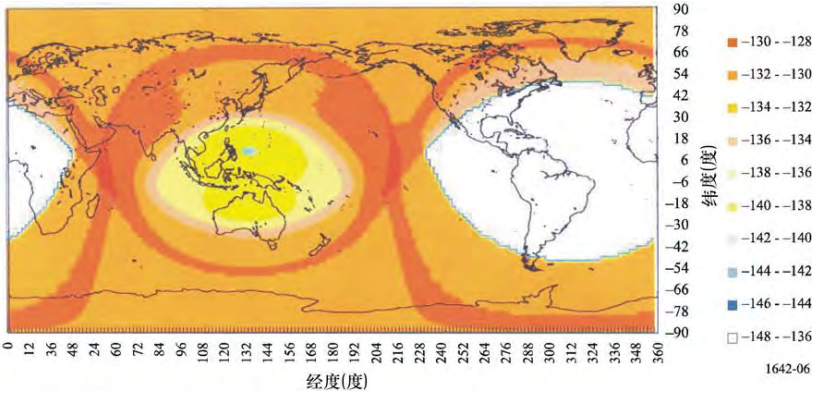


另一方面，具有对地同步周期的非 GSO 系统在地面上产生的轨迹限于地球表面有限的经度范围内。这一结果将使最大 epfd 的“热点”仅出现在地球表面的有限区域内。（换言之，地球表面的最大 epfd 的“热点”不会水平扩散。）由此，具有对地同步周期的非 GSO 系统造成的集合 epfd，就可对从非 GSO 的可见范围内的纬度点和经度点进行计算了。

对具有对地同步周期的非 GSO 系统的这种情况，考虑在单一轨道周期内完成计算。对于具有对地同步周期的非 GSO 系统典型的 epfd 计算结果示于图 6。

图 6

具有对地同步周期的非 GSO 系统的最大 epfd 全球分布的举例



附件 1 的
附录 2

估算工作于 1 164-1 215 MHz 频带内的单一 RNSS 系统的最大 epfd 的分析方法

1 引言

该方法的目的是表明如何求出单个 RNSS 系统的最大 epfd 。

epfd 的定义已在附件 1 的§ 1.1 中给出。

2 方法的描述

如果假设非 GSO RNSS 系统的星座是由若干轨道平面组成，那么它最可能对于任何一个特定的平面，每平面某颗卫星的最大值将在 ARNS 天线方向图的−3.54° 至+3° 仰角范围内（见附件 2）。此外，对于非 GSO 系统，或许当一颗卫星位于空间站卫星的最大增益的 ARNS 天线方向图中时，则该平面的其他卫星对 epfd 的贡献部分相对不那么重要。因此，对 RNSS 系统的集合 epfd 有重要贡献的卫星的数量很可能小于或等于采用这些假设的系统的数量，这样可将非 GSO RNSS 星座的最大 epfd（$epfd_{max}$）写成为公式:

$$epfd_{max} = 10 \log N_p + epfd_{i,max} \qquad \text{dB(W/(m}^2\cdot\text{MHz))}$$

其中：

N_p：ARNS 接收天线的主波束中卫星的最大数量（典型值为星座中轨道平面的数量）

$epfd_{i,\ max}$： 单个卫星贡献的最大 epfd (dB(W/(m^2·MHz)))。

3 非 GSO 的举例

对于采用§ 2 中公式的一个 6 个平面的非 GSO RNSS 星座内单个卫星贡献的最大 epfd 为 136.9 dB(W/(m^2·MHz))的 $epfd_{max}$ 为：

$$epfd_{max} = (-136.9) + 10 \log 6 = -129.12 \qquad \text{dB(W/(m}^2\text{·MHz))}$$

类似的计算，在 3 个平面的非 GSO RNSS 星座内的单个卫星贡献的最大 epfd 为 –130.24 dB(W/(m^2 · MHz))，使用§ 2 的公式可算出−125.47 dB(W/(m^2·MHz))的最大 epfd。

这些值与附件 1 的附录 1 中的模拟方法相当吻合，仅 1.2 dB 的差别。

附 件 2

epfd 计算中采用的 ARNS 的基准站的特性

1 ARNS 天线特性

表 1 提供了–90° 和 90° 之间仰角的天线增益。表 1 的两个值之间的仰角值可采用线性内插法。如 ITU-R M.1639 建议书的规定 $G_{r,\ max}$ 值是 3.4 dBi，包括了 2 dB 的圆极化和线极化失配。这里假设了对所有方位角、仰角和增益方向图都是相同的。

表 1

仰角（度）	包括圆极化和线极化失配的天线增益 $G_r/G_{r,\ max}$ (dB)	仰角（度）	包括圆极化和线极化失配的天线增益 $G_r/G_{r,\ max}$ (dB)	仰角（度）	包括圆极化和线极化失配的天线增益 $G_r/G_{r,\ max}$ (dB)
–90	–17.22	22	–10.72	57	–15.28
–80	–14.04	23	–10.81	58	–15.49
–70	–10.51	24	–10.90	59	–15.67
–60	–8.84	25	–10.98	60	–15.82
–50	–5.40	26	–11.06	61	–16.29
–40	–3.13	27	–11.14	62	–16.74
–30	–0.57	28	–11.22	63	–17.19
–20	–1.08	29	–11.29	64	–17.63
–10	0.00	30	–11.36	65	–18.06
–5	–1.21	31	–11.45	66	–18.48
–3	–1.71	32	–11.53	67	–18.89
–2	–1.95	33	–11.60	68	–19.29
–1	–2.19	34	–11.66	69	–19.69

表 1（续）

仰角（度）	包括圆极化和线极化失配的天线增益 $G_r/G_{r,max}$ (dB)	仰角（度）	包括圆极化和线极化失配的天线增益 $G_r/G_{r,max}$ (dB)	仰角（度）	包括圆极化和线极化失配的天线增益 $G_r/G_{r,max}$ (dB)
0	–2.43	35	–11.71	70	–20.08
1	–2.85	36	–11.75	71	–20.55
2	–3.26	37	–11.78	72	–20.99
3	–3.66	38	–11.79	73	–21.41
4	–4.18	39	–11.80	74	–21.80
5	–4.69	40	–11.79	75	–22.15
6	–5.20	41	–12.01	76	–22.48
7	–5.71	42	–12.21	77	–22.78
8	–6.21	43	–12.39	78	–23.06
9	–6.72	44	–12.55	79	–23.30
10	–7.22	45	–12.70	80	–23.53
11	–7.58	46	–12.83	81	–23.44
12	–7.94	47	–12.95	82	–23.35
13	–8.29	48	–13.05	83	–23.24
14	–8.63	49	–13.14	84	–23.13
15	–8.97	50	–13.21	85	–23.01
16	–9.29	51	–13.56	86	–22.88
17	–9.61	52	–13.90	87	–22.73
18	–9.93	53	–14.22	88	–22.57
19	–10.23	54	–14.51	89	–22.40
20	–10.52	55	–14.79	90	–22.21
21	–10.62	56	–15.05		

2 ARNS 台站的位置

ARNS 台站应选取最坏情况的海拔高度（12 192 m）[1]，在此位置上从 ARNS 接收天线可得到潜在干扰卫星的最大可见度。

[1] 相当于 40 000 英尺。

ITU-R M.1643 建议书*

包括采用 14-14.5 GHz（地对空）频带内卫星固定业务网络转发器在内的卫星航空移动业务的航空器地球站的技术和操作要求

（2003 年）

摘要

本建议书提供了包括采用工作在 14-14.5 GHz （地对空）频带内的 FSS 网络转发器在内的卫星航空移动业务（AMSS）的航空器地球站（AES）的技术和操作要求，可由主管部门用做建立 AES 的符合性要求的技术性指导原则以及用于简化全球使用时的核发执照过程。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a） 已设计出技术和操作上不同的各种卫星航空移动业务（AMSS）网络，不久就将投入商业运行；

b） 这些规划中的 AMSS 网络可在全球范围内向航空器提供许多双向的宽带通信应用 （互联网、电子邮件、团体内部网络）；

c） 航空器地球站（AES）将在全球范围的国内和国际航线上工作；

d） AES 的推广通常是涉及若干国内和国际规章制度的问题，包括令人满意地符合双方商定的技术标准和操作要求；

e） 有必要确定 AES 符合性测试所需的技术和操作要求；

* 注 — 阿拉伯国家在 RA-03 上表示对本建议书持保留态度，并且不打算接受由 WRC-03 议程项目 1.11 引起的任何后果。

f） AES 的技术和操作要求的确定将会提供一个共同的技术基础，便于各国和国际职权部门进行 AES 的符合性测试，便于制定相互承认的 AES 符合性安排；

g） 技术和操作要求需要在无线电设备的复杂性和要求无线电频谱的有效利用之间达成可接受的平衡，

还考虑到

a） 14-14.5 GHz 频带划分给了 FSS（地对空）、无线电导航、固定和移动（航空移动除外）业务作为主用；而在 14-14.5 GHz 频带或该频带内部分频率上划分的次要业务有卫星移动（卫星航空移动除外）业务（地对空）、空间研究业务（SRS）、射电天文业务（RAS）和卫星无线电导航业务；

b） 要求充分保护 14-14.5 GHz 频带内的所有主要业务和事先已经存在着的次要业务的系统；

c） 按照第 216 号决议（WRC-2000 修订版）进行的研究的结果表明了在一定条件和安排[1]之下由 AMSS（地对空）作为次要业务使用 14-14.5 GHz 频带的可行性；

d） 由 ITU-R 确定的 14-14.5 GHz 频带内工作的 AES 的技术和操作要求会有助于主管部门防止对其他业务的有害和/或不可接受的干扰；

e） 技术和操作特性应是可连续和准确地测量和控制的，

建议

1 附件 1 和附件 2 给出了工作在 14-14.5 GHz 频带的 AMSS 网络的航空器地球站的技术和操作要求，主管部门可在下列情况下用做指导原则：

— 确定 AES 的符合性要求；

— 推进 AES 的运行。

1 典型的航空器地球站的特性需要满足本建议书中描述的要求，更进一步地要包含在与对应的 FSS 网络有关的最初发布的国际频率信息通报（BR IFIC）范围之内。这些特性超出那些最初公布范围的情况时，这种航空器地球站所需的协调要酌情采用《无线电规则》（RR）的现行条款和有关《无线电规则》第 11.32 款程序规则的§ 2 中所含的修改的程序规则。

附 件 1

14-14.5 GHz（地对空）频带内 AMSS 网络的 AES 的技术和操作要求

A 部分

与 FSS 网络保护有关的基本要求

1 AMSS 网络应该以 AMSS 网络内所有同频 AES 产生的集总偏轴 e.i.r.p.电平不得大于公布的干扰电平的方式协调和运行，该干扰电平是对使用 FSS 转发器的 FSS 网络所属的特殊和/或典型的地球站协调过的。

2 AES 的设计、协调和运行应至少考虑以下会使 AES 造成的集总偏轴 e.i.r.p.电平产生变化的下列因素：

2.1 AES 天线的误指向。适用的情况至少包括由它们指向系统的偏斜和反应时间造成的影响、闭环跟踪系统的跟踪误差、采用分离孔径的系统的发射和接收天线之间的未对准以及采用组合孔径的系统的发射和接收馈源之间的未对准造成的影响;

2.2 AES 天线方向性图的变化。适用的情况至少包括由制造容差、天线的老化和环境因素造成的影响。采用某些类型 AES 天线，例如相控阵天线的 AMSS 网络应考虑天线方向性图随扫描角度（仰角和方位）的变化。采用相控阵的网络还应考虑器件的相位误差、幅度误差和故障率；

2.3 来自 AES 发射 e.i.r.p.的变化。适用的情况至少包括闭环功率控制系统的测量误差、控制误差和反应时间。根据接收到的信号计算 AES 的 e.i.r.p.的网络控制和监测中心（NCMC）需要考虑该计算的误差源和反应时间。根据输入功率计算 AES 的 e.i.r.p.的 NCMC 必须考虑测量误差和报告结果出来的反应时间。

3 采用卫星信号闭环跟踪的 AES 需要用抗捕获和跟踪相邻卫星信号的一种算法。在察觉非预定的卫星跟踪发生或大约要发生时 AES 必须立即抑制发射。

4 AES 应受 NCMC 或等效的设备的监视和控制。AES 必须至少能接收来自 NCMC 的“可发射”和“不可发射”命令。在接收到任何“参数改变”命令时，AES 必须立即自动停止发射，因其改变期间可能

引起有害干扰，直至收到来自它的 NCMC 的“可发射”命令后，才可发射。此外， NCMC 应能监视 AES 的运行以确定其是否发生故障。

5 AES 也需要自行监视，并且在检测到能导致对 FSS 网络造成有害干扰的故障时，AES 必须自动关闭其发射。

B 部分

与固定业务保护有关的基本要求

在固定业务网络使用的 14-14.5 GHz 频带内，在某主管部门视线可及的领土上如有固定业务网络运行，来自 AMSS 网络的单个 AES 发射在地球表面产生的最大 pfd 应不超过：

$-132 + 0.5 \cdot \theta$	dB(W/(m^2 · MHz))	对于 $\theta \le 40°$
–112	dB(W/(m^2 · MHz))	对于 $40 < \theta \le 90°$

其中θ是射频波的入射角（地平线以上的角度）。

注 1 — 上述限值相应于自由空间传播条件下所得到的 pfd 和入射角。

注 2 — e.i.r.p.的掩模可采用本建议书的附件 2 所给的方法从上面的 pfd 掩模中推导出。还可考虑对推导出的 e.i.r.p.掩模的简化。

C 部分

有关与 RAS 共用的基本要求

为了保护 14.47-14.5 GHz 频带内的射电天文业务，AMSS 地球站应遵守下面两项措施：

14.47-14.5 GHz 频带内的 AMSS 频道

— 当视距内的射电天文台工作在 14.47-14.5 GHz 频带时，AMSS 站不得在此频带发射；

或，

— AMSS 运营商如果打算与可见的射电天文台同频操作，需要与射电天文台有专门协议以保证在 14.47-14.5 GHz 频带天文观测期间 AMSS AES 符合 ITU-R RA.769 和 ITU-R RA.1513 建议书的要求。可行的做法包括将有关观测的时间表提前告知 AMSS 运营商。

14-14.47 GHz 频带内的 AMSS 频道

在射电天文台视距范围内，14-14.47 GHz 频带内各频道上的所有 AES 发射机在射电天文观测期间在 14.47-14.5 GHz 频带内的发射应满足 ITU-R RA.769 和 ITU-R RA.1513 建议书给出的电平和数据损失百分比。

研究结果表明按照 14.47-14.5 GHz 频带内的 AES pfd 电平(dB(W/(m^2 · 150 kHz)))，带有一些余量，即可满足 ITU-R RA.769 建议书中的射电天文 pfd 电平和 ITU-R RA.1513 建议书所给的数据损失百分比，即：

$-190 + 0.5 \cdot \theta$ dB(W/(m^2 · 150 kHz)) 对于 $\theta \le 10°$

−185 dB(W/(m^2 · 150 kHz)) 对于 $10° < \theta \le 90°$

其中θ是射频波的入射角（地平线以上的角度）。

AMSS 运营商通过结合降低 AES 信号功率、锐截止滤波、保持足够的频率分离或更好的 AES 天线性能就可达到 14.47-14.5 GHz 频带内的这样的 AES pfd 电平。

D 部分

有关与空间研究业务共用的基本要求

应在控制 SRS 系统使用频带内的 AES 的发射电平的基础上达成 AMSS 与空间研究系统之间的协调协议；在严格的情况下，当邻近的空间研究地球站正在工作时，协调协议可能要求 SRS 系统使用频带内的 AES 停止发射。根据各 SRS 站点和 AMSS 网络的特性会有不同的专用协议。

附 件 2

出自 pfd 掩模的较低半球 e.i.r.p.掩模的推导

在测试 AMSS 设备以决定其是否满足已给的 pfd 掩模，如附件 1 的 B 部分的掩模时，确定一个可用于测试的等效 e.i.r.p.掩模是很有用的。

pfd 掩模的 pfd(θ)，可用来以数学方式确定 e.i.r.p.掩模 e.i.r.p.(γ, *H*)，其中θ是地球表面的入射角（仰角），γ 是当地水平面以下的角度，而 *H* 是航空器的高度。这一变换要进行两个步骤。首先将γ转换为一个等效的入射角θ。之后确定入射角θ的传播路径长度并用于计算路径的扩展损失和算出 e.i.r.p.的结果。

步骤 1：由γ和 *H* 计算以度为单位的入射角θ：

$$\theta = \arccos((R_e + H)\cos(\gamma)/R_e)$$

式中：

θ： 入射角

R_e： 地球半径（6 378 km）

H： 航空器高度（km）

γ： 地平线以下的角度。

注 1 — 如果反余弦函数的幅角大于 1，γ角方向上的传播路径就不会与地面相交。在这种情况下，大约 3.5°或更小的γ值出现时，θ值就不存在了，因此也就没有 pfd 掩模的规定值了。

步骤 2：由规定的 pfd（θ）计算 e.i.r.p.值：

$$d = (R_e^2 + (R_e + H)^2 - 2\,R_e(R_e + H)\cos(\gamma - \theta))^{1/2}$$

$$\text{e.i.r.p.}(\gamma, H) = \text{pfd}(\theta) + 10\log_{10}(4\,\pi\,d^2) + 60$$

式中：

d： AES 和地球表面有关的点之间的距离（km）

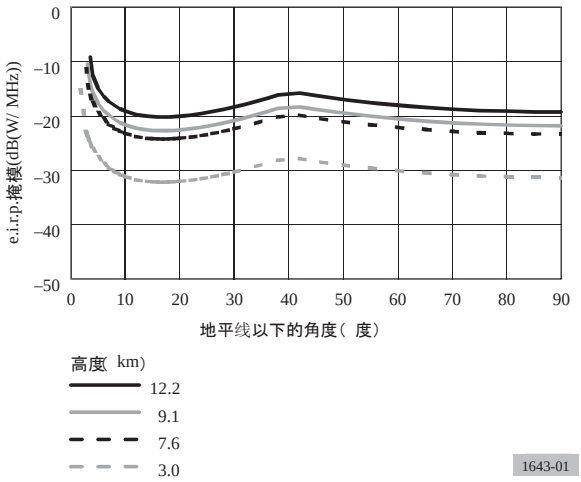
pfd(θ)： (dB(W/(m^2 · MHz)))

e.i.r.p.： (dB(W/MHz))。

图 1 中的曲线表示出根据本建议书附件 1 的 B 部分提供的 pfd 掩模得到的不同航空器高度的该函数。

图 1

由 pfd 掩模推导出的 e.i.r.p.掩模



ITU-R M.1652-1建议书

旨在保护5 GHz频段无线电测定业务而对无线电局域网在内的无线接入系统进行动态频率选择*

（ITU-R 212/5号课题）

（2003-2011年）

范围

本建议书规定了动态频率选择（DFS）作为一项抑制技术在包括无线电局域网（RLAN）在内的无线接入系统（WAS）中予以实施以促进与无线电测定业务共用 5GHz 频段的相关要求。附件 1 明确了检测、操作和响应要求。其它附件介绍了相应的方法和信息，可供各主管部门在开展雷达和包括 RLAN 在内的 WAS 之间的共用研究时使用。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 协调移动业务在5 150-5 350 MHz和5 470-5 725 MHz频段内的频率使用将有助于引入包括无线局域网(RLAN)在内的无线接入系统(WAS)；

b) 有必要保护在5 250-5 350和5 470-5 725 MHz频段内工作的无线电测定业务的雷达；

c) 许多主管部门大量部署了地基的气象雷达，支持重要的气象业务；

d) ITU-R M.1461建议书给定了分析雷达和其它业务系统兼容性的程序和方法；

e) ITU-R M.1638建议书给定了工作在5 470-5 650 MHz等频段内的无线电定位、无线电导航和气象雷达（包括水上无线电导航雷达）的代表性技术和操作特性；

f) ITU-R M.1450建议书描述的包括RLAN在内的WAS既可在室内，也可在室外操作；

g) ITU-R M.2034报告研究与WAS性能有关的特定DFS检测要求的影响问题，

* 动态频率选择是本建议书以来描述可以检测和避免与雷达系统同信道干扰的抑制技术的一般术语。

认识到

a) 5 250-5 350 MHz频段作为主要业务划分给无线电定位业务；5 250-5 350 MHz频段也作为主要业务划分给卫星地球检测业务 (EESS)（有源）；

b) 5 470-5 650 MHz频段作为主要业务划分给水上无线电导航业务；

c) 5 350-5 650 MHz频段作为次要业务划分给无线电定位业务；

d) 允许用于气象用途的地基雷达在5 600-5 650 MHz频段内，在与水上无线电导航业务台站平等的基础上进行操作；

e) 5 650-5 725 MHz频段作为主要业务划分给无线电定位业务；

f) 主管部门可与可能受影响的主管部门协商，在制定适用于在WAS中采用DFS的导则时考虑实际雷达部署的详细信息，

注意到

a) 无线电测定业务的雷达很高的射频功率和接收机灵敏度以及包括RLAN在内的WAS预期很高的密度，在一般情况下，如果没有干扰抑制技术，包括RLAN在内的WAS与雷达不能在同信道实现兼容性操作；

b) 包括RLAN在内的WAS可在这些频段以免执照设备的方式部署，使得控制其部署密度更加困难；

c) RLAN规范有各种标准；

d) 主管部门可考虑必要程序，以确认干扰避免机制的功能在雷达系统确实在该频段部署时是否可以正常工作，

建议

1 为促进与雷达的共用，在5 GHz中雷达使用的频段，包括RLAN在内的WAS应采用附件1中所述的抑制技术；

2 抑制技术应遵循附件1第2段中给定的检测、操作和响应要求；

3 当主管部门进行雷达与包括RLAN在内的WAS之间的共用研究时，可采用附件4、5、6和7中给定的方法。

注1 – ITU-R M.2115报告提供了关于建议2所述要求的研究结果的进一步信息，该报告介绍了不同主管部门和/或区域性集团已有的DFS要求符合性测试程序。

附件1

为保护5 GHz频段无线电测定业务而对RLAN在内的WAS采用动态频率选择

1 引言

1.1 DFS

在移动业务的WAS[1]与无线电测定业务在5 250-5 350和5 470-5 725 MHz频段共用的可行性研究中，链路预算的计算表明需要干扰抑制技术以实现WAS与诸如雷达系统的其它业务共用。本附件描述了5 GHz RLAN标准中所述的干扰抑制技术DFS[2]以及基于典型实施的性能计算。

工作在5 GHz的WAS和雷达当工作在相同频率且进入对方范围内时，将会产生干扰。

DFS被用于：

– 确保在卫星视场下，在整个WAS可用频谱上扩散加载，以降低从WAS至FSS（馈线链路）和EESS（有源）卫星的集总发射电平；

– 避免与其它系统，尤其是雷达的同信道操作。

此处所述DFS使用的扩展使得WAS可以避免与无线电测定业务的干扰。采用的一般原则是WAS应检测干扰，确定雷达干扰信号，并且不使用雷达已经占用的频率。

1.2 针对雷达采用DFS的目的

在WAS中采用DFS的目的是为5 GHz频段的雷达提供足够的保护。在检测雷达信号的基础上，通过避免使用或闲置已被确定为雷达设备所占用的信道的方式，可以达成上述目的。

本附件中，为决定DFS特性而采用的关于5 GHz范围内无线电测定系统的讨论可参见附件3。

雷达检测机制和WAS采用程序的实施不属于本附件的范畴，其主要原因是：

– WAS的设计影响到实施；

– 实际的经验可能会形成比现今更具创新性、更有效的方法；

– 不同的生产厂商可能选择不同的的实施方案，以最低的成本获得特定水平的性能；因此在规则文件中应只给出性能标准，而不是特定机制的规格指标。

---

[1] 本建议书通篇所述的“WAS”一词指“包括RLAN在内的无线接入系统”。

[2] 在5 GHz RLAN标准中所述的DFS特征原先用于在未协调的RLAN组件间抑制干扰，并为高容量、高比特率的数据传输提供优化的频谱效率。

2 DFS 性能要求

DFS 性能要求以对检测到的干扰信号的响应形式表示。

5 GHz WAS应满足以下检测和响应要求。

是否遵守标准的核实程序应包括在RLAN的相关工业标准中。

2.1 检测要求

对于最大e.i.r.p.< 200 mW 的设备，DFS机制应可以检测到最小DFS检测门限为–62 dBm以上的干扰信号；对于1微秒内平均最大e.i.r.p.在 200 mW至1 W[3]之间的设备，DFS机制应可以检测到最小DFS检测门限为–64 dBm以上的干扰信号。

将之定义为接收信号强度(RSS)（单位为dBm），归一化为0 dBi接收天线的输出，这是要求在WAS信道带宽内检测到的数值。

2.2 操作要求

WAS应可以执行信道可用度检查：在该项检查中，WAS对某一无线信道监听60秒钟，以确认该无线信道是否有雷达在工作。

WAS应可以执行在线监测：监测正在工作的信道以检查同信道的雷达尚未转移至或开始在WAS的范围内开始工作。在线监测期间，雷达检测功能持续地在正常的WAS发射间隔内搜索雷达信号。这要求在连续的WAS发射间留有静噪间隙（见附件 4）。

如果WAS先前未工作或未持续利用在线监测功能监测信道，则在完成信道可用度检查前，不得在任何信道开始发射。

2.3 响应要求

一个通过信道可用度检查或在线监测方式被标记为包含雷达信号的信道，在30分钟内（禁止占用期）不得被WAS设备使用，以保护扫描雷达。该禁止占用期应始于检测到雷达信号之时。

此外，在5 600-5 650 MHz频段，如果一个信道被标记为包含雷达，需要在使用该信道前对这个被标记的信道进行持续10分钟的监测。否则，应需要其它诸如信道排除等适当的方法。

信道转移时间定义为WAS检测到DFS检测门限之上的干扰信号后，停止工作信道上所有的发射需要的10秒时间。该期间内的发射将包括通常100毫秒以下以及检测到雷达信号之后最多200毫秒的正常业务。此外，可在剩余时间内发送间歇性管理和控制信号，以协助腾空工作信道。间歇性管理和控制信号的集总时间通常小于20毫秒。

[3] 在实践中，不一定每个设备都要配备完全的DFS功能，但前提是这样的设备只能在一个可以确保所有DFS要求都已得到满足的设备的控制下才可以发射。

2.4 要求摘要

表1提供了上述要求的摘要。附件2给出了操作程序的一个范例。

表 1

参数	数值
DFS检测门限	–62 dBm，对于最大e.i.r.p. < 200 mW 的设备，以及 –64 dBm，对于1微秒内平均最大e.i.r.p.在200 mW至1 W之间的设备
信道可用度检查时间	60 秒
禁止占用期	30 分钟
信道转移时间	≤ 10 秒

附件2

雷达检测和相关DFS程序的范例

本附件给定了如何描述DFS机制的一个范例。

1 定义

给定了以下用于本建议书的定义：

可用信道： 信道可用度检查确定没有雷达工作的无线信道。

接收雷达信号： 拥有如下特征的信号：

– 接收信号强度在WAS信道带宽内等于或大于DFS检测门限电平T_{DFS} (dBm)；

– 脉冲重复率介于200-4 000 脉冲/秒之间；

– 标称脉冲宽度介于1-20 μs之间。

工作信道： 当WAS开始在可用信道工作后，该信道则成为工作信道。

2 程序

2.1 寻找可用的起始信道

如果在WAS发射前没有找到可用信道，WAS应在利用一个无线信道进行发射前，对其进行信道可用度检查。相应地，当安装了一个网络并第一次启动时，应进行信道可用度检查，以求找到至少一个可用的信道。确定了一个可用信道后，WAS可在该信道开始工作；检查其它信道以确定是否可用是可选项。

2.2 开始工作

一旦WAS开始在某一个可用信道工作后，该信道则成为工作信道。

2.3 监测工作信道

WAS执行在线监测以再次检查可能进入WAS范围或开始在该工作信道工作的同信道雷达信号。

3 实施方面

3.1 检测雷达信号

雷达信号随时可能出现，也有可能在已有同信道WAS 信号的时候出现。

当寻找可用的起始信道时，WAS不会工作，这就保证了可靠而迅速地检测任何雷达信号，但旋转特别缓慢的雷达可能要排除在外。但是，在线监测将会检测到这些雷达的信号。

在线监测过程中，雷达检测功能在正常的WAS发射中或发射之间持续地搜寻雷达信号图象。对于接收到的较弱雷达信号，可能需要更长的时间进行雷达信号检测。这一点已反映在附件1的要求中。

3.1.1 检测跳频雷达

跳频雷达工作在很宽的频率范围内，工作频率变化迅速。

WAS进行可靠检测所需的时间随着雷达脉冲特性的变化而变化。对于跳频雷达的情况，雷达占用WAS信道的时间（驻留时间）也影响到检测的概率。

其结果为以下之一：

– 如果驻留时间足够长，DFS检测到雷达信号(见附件 4)且WAS在现有信道停止发射。

– 如果驻留时间很短，取决于驻留期间的脉冲数量，WAS在工作信道检测到雷达的概率可能受到影响。

3.1.2 门限和天线增益

检测门限定义为以dBm为单位且归一化为0 dBi接收天线的输出。如果WAS采用更高增益的天线，T_{DFS} 电平中应加上天线增益。

3.1.3 杂散发射

WAS与雷达杂散发射间的相互作用所产生的影响如何确定，需进一步研究。

3.2 信道转移时间

检测到检测门限之上的信号后，DFS程序要求广播命令以停止所有的工作发射并开始向已被信道可用度检查确定为可用的一个信道（或信道之一）转移。该命令的广播将重复数次以确保所有成员设备皆已收到。WAS的部分设备可停留在所谓的“休眠模式”，该模式中的设备通常在几百毫秒间隔后重新“苏醒”，但在极端情况下，这种间隔可长达60秒。尽管如此，在信道转移时间内，命令的广播需要重复数次以确保所有的WAS设备将实际离开该信道。

附件3

无线电定位、水上无线电导航和气象雷达特性的使用

ITU-R M.1638 建议书给出了部分工作在 5 250-5 350 MHz 和 5 470-5 725 MHz 频段之间气象、无线电定位和水上无线电导航雷达的特性。这些信息用于决定将在 WAS 中应用的 DFS 机制的技术要求。要在雷达使用的这些频段引入移动业务的 WAS，这些信息被认为是必要的。在制定 DFS 特性的过程中尤其考虑了 ITU-R M.1638 建议书中列出的 A-S 类型的雷达。

ITU-R M.1638 建议书中的表 1 给出了 5 GHz 频段内无线电测定业务的频率划分。

附件4

计算包括RLAN在内的WAS设备在5 GHz频段利用DFS在线监测期间检测无线电测定系统概率的参数和方法

以下方法研究工作在5 GHz 的WAS设备在在线监测期间成功检测到工作在5 GHz的雷达的概率。

第一步：确定单个的设备位于雷达天线主瓣（即3 dB 波束宽度/天线扫描速度）的时间量。表3确定了用于本研究的雷达基线参数。分析时间为基于雷达天线方向图和扫描速度的一次扫描中，WAS位于雷达主瓣之内的时间。

表 2

雷达	C	K	P	S
3 dB 波束宽度（度）	0.95	2.5	2.6	2
扫描速度（度/秒）	36	不适用	72	20
分析时间（毫秒）	26	100	36	100

第二步：C、K、P和S雷达代表着更严格的情况，可用于定义与雷达特性文件中所有雷达共用的情形。K雷达不具备360º扫描的功能。

第三步：基于采用表3中数据率和分组长度分布的WAS设备的分布，创建一个代表WAS 发射时间以及长度为$(x) \cdot 9 + 50$ ms 监听时间的波形，其中x 是2-32之间的任何一个随机整数（即31种离散的可能期间，均匀分布）。

表 3

RLAN发射时间的加权

分组大小（字节）	**权**
64	0.6
538	0.2
1 500	0.2

数据速率 (Mbit/s)	**权**
6	0.1
12	0.1
18	0.1
24	0.3
36	0.3
54	0.1

采用表3中分组大小和发射数据速率的权，随机选择，创建一个WAS分组发射，发射波形，然后按照“分组大小/（数据速率x8）”计算发射时间。每一个分组后附以WAS网络所要求的静噪期，以促进使用网络的多个设备对接入媒介（即WAS信道）的共用。静噪期可用于在线监测。静噪期的选择如上所述。然后以同样的方法创建另一个随机分组，并附以另一个静噪期。重复以上步骤直至波形的持续时间与第一步中WAS设备位于天线主瓣的时间相等。

第四步：根据所分析雷达的脉冲重复频率(PRR)和脉冲宽度创建一个波形。所采用的基线数值如表4所述。波形的持续时间同于第一步所计算的结果。

表 4

确定检测概率的雷达基线数值

雷达	C	K	P	S
脉冲宽度(μs)	0.95	1	20	1
PRR (pps)	200	3 000	500	200

第五步：通过判断仿真的雷达波形的雷达脉冲是否与仿真的WAS网络波形的监听期保持一致来确定是否检测成功。

第六步：重复上述仿真多次，记录检测成功和不成功的次数，并以此计算检测的概率（即在仿真中认为检测到雷达脉冲的比例）。

第七步：n 次循环的检测概率：

p： 一次循环的检测概率

p_n： n 次循环的检测概率

$p_n = 1 - (1 - p)n$。

附件5

采用链路预算计算方法评估5 GHz频段内单个WAS设备与无线电测定业务系统的干扰

1 背景

本附件处理来自单个WAS的干扰情况。本附件中计算所得的数值用于集结建模的起始数据（见附件6），以确定检测门限。

2 方法

本附件中所述的计算基于链路预算分析。由链路预算分析确定门限，假定单个的WAS设备的发射可以干扰雷达时，一定达到了该门限电平（即在雷达接收机的WAS信号超过了雷达干扰电平容限）。该结论基于在路径和雷达之间传播路径对称的假设。

这种基于链路预算的方法适用于研究一个WAS和一个雷达的静态情况，它基于ITU-R SM.337和ITU-R M.1461建议书，适用于DFS这个特定情形。

3 针对ITU-R M.1638建议书中的雷达类型，基于链路预算的计算

单个WAS 设备的发射到雷达接收机的最大允许干扰电平的确定基于ITU-R M.1461建议书，该建议书指出该电平应低于$N + (I/N)$，其中N是雷达接收机的固有噪声电平，I/N为干噪比（ITU-R M.1461和ITU-R M.1638建议书中取值为–6 dB）。

本附件的附录1给出了计算表格。根据该表格，如果忽略J雷达，在这些条件下，必要的检测门限等于–52 dB时才能保护雷达不受单个WAS干扰。

4 对于某些新型雷达，基于链路预算的计算

除ITU-R M.1638建议书中所述的雷达外，近期一些主管部门在1区还部署了两种新型雷达。已提供了部分参数用于链路预算计算。这些参数见本附件的附录2。

根据计算结果，看起来确保被研究的雷达不受单个1 W的WAS设备的干扰，其必要的检测门限等于–62 dBm。

5 可变检测门限的可能性

本附件中的计算假设了单个室外WAS的e.i.r.p为1 W，这是单个干扰源分析的最坏情况。有观点认为e.i.r.p.为1W的WAS不代表大多数部署的WAS。

因此，可能引入可变检测门限的方法，即检测门限随WAS的e.i.r.p.电平变化而变化。根据本附件中采用的方法，检测门限与WAS的e.i.r.p.成一定比例。

根据本附件中针对单个WAS设备情形而采用的方法，检测门限与WAS的e.i.r.p.成比例。

综上所述，如果，一个1 W的WAS设备必须检测到$–N$ dBm以上的雷达，则对于200 mW的 WAS设备，相应的门限可设为$–(N – 7)$ dBm。

6 WAS结构对检测门限的影响

对于集中式的WAS结构，可以预见将由网络或小区中一个特定的设备控制DFS。也可能发生雷达和网络或小区中设备的传播路径损耗存在很大差异的情况，这样雷达与检测设备之间的传播路径呈对称状态的假设就不能成立了。

主管部门应考虑采取适当的措施，确保单个网络中的每一个WAS设备不会干扰雷达。

附件5的
附录1

基于ITU-R M.1638建议书中雷达的链路预算而进行的检测门限计算

	特性	A	C	E	F	G	H 1	H 2	I1	I1	J	K	L	M	N	O	P	Q
雷达	功能	气象	气象	气象	气象	气象	气象	气象	气象	气象	气象	仪表	仪表	仪表	仪表	仪表	地面与空中搜索	地面与空中搜索
	平台类型	地基/船载	地基	地基	地基	地基	地基	地基	地基	地基	地基	地基	地基	地基	地基	地基	船载	船载
	进入天线的峰值发射（Tx）功率 (kW)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	2.25	250	2 800	1 200	1 000	165	360	285
	接收机$IF_{3\,dB}$带宽 (MHz)	0.5	20	0.91	0.6	0.5	0.7	4	0.1	3	10	1	4.8	4	8	8	1.5	10
	天线极化	垂直（V）	水平（H）	水平（H）	水平（H）	水平（H）	水平（H）	水平（H）	水平（H）	水平（H）	水平（H）	垂直/左圆	垂直/左圆	垂直/左圆	垂直/左圆	垂直/左圆	H	H
	天线主瓣增益(dBi)	39	44	50	40	40	50	50	50	50	35	38.3	54	47	45.9	42	28	30
	天线高度 (m)	30	10	30	30	30	30	30	30	30	10							
	雷达e.i.r.p. (dBm)	123.0	128.0	134.0	124.0	124.0	134.0	134.0	134.0	134.0	98.5	122.3	148.5	137.8	135.9	124.2	113.6	114.5
	接收机噪声值 (dB)	7	4	2.3	3	3	3.5	3.5	1.5	1.5	3	6	5	5	11	5	5	10
	$N = k\,T\,B\,F$ (dBm)	–110.0	–97.0	–112.1	–113.2	–114.0	–112.0	–104.5	–122.5	–107.7	–101.0	–108.0	–102.2	–103.0	–93.9	–99.9	–107.2	–94.0
	N – 6 dB	–116.0	–103.0	–118.1	–119.2	–120.0	–118.0	–110.5	–128.5	–113.7	–107.0	–114.0	–108.2	–109.0	–99.9	–105.9	–113.2	–100.0
WAS	室外e.i.r.p. (dBm)	30																
	TPC (dB)	0																
	带宽(MHz)	18																
	天线增益 (全向) (dBi)	0																

10 log (Brad/BWAS)	–15.6	0.5	–13.0	–14.8	–15.6	–14.1	–6.5	–22.6	–7.8	–2.6	–12.6	–5.7	–6.5	–3.5	–3.5	–10.8	–2.6
	185.0	177.0	198.1	189.2	190.0	198.0	190.5	208.5	193.7	172.0	182.3	192.2	186.0	175.8	177.9	171.2	160.0
雷达接收机收到的WAS信号的链路预算 N – 6 dB	169.4	177.0	185.1	174.4	174.4	183.9	183.9	185.9	185.9	169.4	169.7	186.4	179.4	172.3	174.4	160.4	157.4
必要检测门限	–46.4	–49.0	–51.1	–50.4	–50.4	–49.9	–49.9	–51.9	–51.9	–70.9	–47.4	–38.0	–41.6	–36.4	–50.2	–46.9	–42.9

附件5的
附录2

基于1区部分主管部门部署的新型雷达的链路预算而进行的检测门限计算

雷达	功能	空中搜索
	平台类型	地基/车载
	进入天线的峰值发射功率 (kW)	15
	接收机$IF_{3\,dB}$ 带宽 (MHz)	4
	天线极化	V
	天线主瓣增益 (dBi)	35
	天线高度 (m)	10
	e.i.r.p. (dBm)	106.8
	接收机噪声值 (dB)	5
	$N = k\,T\,B\,F$ (dBm)	–103
	N – 6 dB	–109
WAS	室外e.i.r.p. (dBm)	30
	TPC (dB)	0
	带宽 (MHz)	18
	天线增益（全向）(dBi)	0

10 log (Brad/BWAS)	–6.5
雷达接收机收到的 WAS 信号的传输损耗 N – 6 dB (dB)	175.0
	168.4
必要的检测门限 (dBm)	–61.7

应注意到该表中假设了e.i.r.p.为1 W的单个WAS，这在WAS部署的e.i.r.p. 统计分布中可能是最高的功率数值（如附件6中表6所述）。如果考虑一个较低的e.i.r.p.(< 100 mW)，T_{DFS} 将相应地增加10 dB。

附件6

用于包括RLAN 在内的WAS与无线电测定系统在5 GHz频段进行集总干扰研究的参数和方法

对于确定DFS参数的研究，应采用以下考虑因素定义基线情境：

– 在干扰计算中采用ITU-R M.1461建议书。

– 采用了本附件附录1中的雷达天线方向图。

– 采用了本附件附录2中的WAS天线方向图。

– 在共用研究中采用了检测概率（见附件4），以确定进入雷达的集总干扰。每一步骤间隔都设定了概率。

– 采用了1°的步骤间隔。

– 采用了三个同心圆定义表5所述的WAS部署情况。包括高度在内的每一容积区域应采用各区均匀的设备分布。

表 5

WAS用户分布

	城区	郊区	农村地区
距中心的半径 (km)	0-4	4-12	12-25
WAS用户 (%)	60	30	10
建筑物高度 (m)	30	6	6

– 采用了在给定时间，共有2 753个WAS设备与一个无线电测定系统同信道工作的情形。

– 采用了表6中的WAS功率分布。

表 6

WAS 功率分布

功率电平	1 W	200 mW	100 mW	50 mW
WAS 用户 (%)	5	25	40	30

– 跟踪雷达设定为开始状态是随机放置，起始角度随机选择，然后直接过顶移向相反的地平线。

– 水上雷达设定为从农村地区的地平线开始，跟踪至城区的中心。

– 机载雷达设定为从农村地区的地平线开始，跟踪至城区的中心。

– 研究集中于以下的雷达：

ITU-R M.1638建议书定义的C、I、K、P和S雷达。

– 对于地基雷达，在确定至每一个WAS设备的传输路径损耗时，采用了随机的传输因子，取值为20至35 log D。此外，也采用了随机的建筑物/地形传输衰减，取值为0- 20 dB。在确定这些数值时，采用了均匀的分布。

– 对于机载雷达，自由空间损耗为+17 dB。

– 对于水上雷达，自由空间损耗为+0至20 dB。

– 采用了平滑的地球视距内计算。任何视距外的WAS设备则被忽略不计。

附件6的
附录1

目前国际电联没有现成的雷达天线参考方向图，因此以下提供的只是作为基线参考。采用了一个统计学的增益天线模型来确定方位角和仰角方位组合中的雷达天线增益。对于给定主瓣天线增益(G)，该模型给定了作为离轴角(θ)函数的天线增益。该模式包括了针对很高增益、高增益和中等增益的单独算法，分别对应着增益为48 dBi、22-48 dBi以及10-22 dBi的天线。图1显示了天线增益的一般分布形式。表7给定了θM（第一旁瓣层）角、θR（近旁瓣区）角和θB（远旁瓣区）角的等式。作为离轴角函数的天线增益，表8给定了很高增益天线的增益值，表9给定了高增益天线的增益值，表10给定了中等增益天线的增益值。角度θ的单位为度，所有增益值表示为相对于全向天线的分贝数(dBi)。

图 1

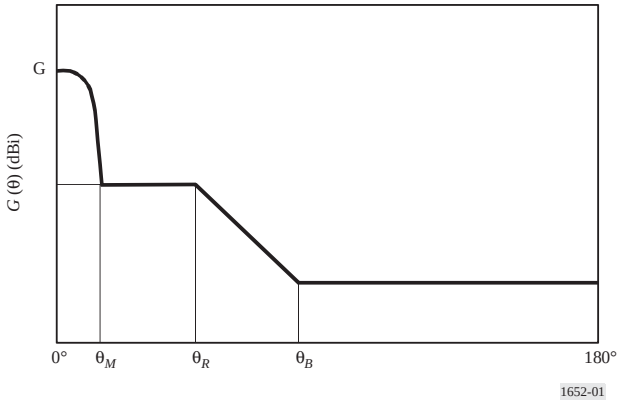


表 7

角度定义

很高增益 **(G > 48 dBi)**	**高增益** **(22 < G < 48 dBi)**	**中等增益** **(10 < G < 22 dBi)**
$\theta_M = 50\ (0.25\ G + 7)^{0.5}/10^{G/20}$ $\theta_R = 27.466\ 10^{-0.3G/10}$ $\theta_B = 48$	$\theta_M = 50\ (0.25\ G + 7)^{0.5}/10^{G/20}$ $\theta_R = 250/10^{G/20}$ $\theta_B = 48$	$\theta_M = 50\ (0.25\ G + 7)^{0.5}/10^{G/20}$ $\theta_R = 250/10^{G/20}$ $\theta_B = 131.8257\ 10^{-G/50}$

表 8

用于很高增益天线的等式 (G > 48 dBi)

间隔角 **（度）**	**增益** **(dBi)**
$0 - \theta_M$	$G - 4 \times 10^{-4}\ (10^{G/10})\ \theta^2$
$\theta_M - \theta_R$	$0.75\ G - 7$
$\theta_R - \theta_B$	$29 - 25 \log (\theta)$
$\theta_B - 180$	-13

表 9

用于高增益天线的等式 (22 < G < 48 dBi)

间隔角 **（度）**	**增益** **(dBi)**
$0 - \theta_M$	$G - 4 \times 10^{-4}\ (10^{G/10})\ \theta^2$
$\theta_M - \theta_R$	$0.75\ G - 7$
$\theta_R - \theta_B$	$53 - (G/2) - 25 \log (\theta)$
$\theta_B - 180$	$11 - G/2$

表 10

用于中等增益天线的等式 (10 < G < 22 dBi)

间隔角 **（度）**	**增益** **(dBi)**
$0 - \theta_M$	$G - 4 \times 10^{-4}\ (10^{G/10})\ \theta^2$
$\theta_M - \theta_R$	$0.75\ G - 7$
$\theta_R - \theta_B$	$53 - (G/2) - 25 \log (\theta)$
$\theta_B - 180$	0

附件6的
附录2

WAS天线方向图

WAS天线方向图在方位角方向上是全向的。WAS在仰角方向上的天线方向图通过检查WAS的天线方向图确定。使用的方向图见表11。应注意到，使用有方向性的WAS天线，即使e.i.r.p.相同，其对无线电测定接收机的干扰可能会减小。但是，如果发生主瓣－主瓣耦合，则对WAS接收机的干扰会显著增加。

表 11

WAS仰角天线方向图

仰角, φ （度）	增益 (dBi)
45 < φ ≤ 90	–4
35 < φ ≤ 45	–3
0 < φ ≤ 35	0
–15 < φ ≤ 0	–1
–30 < φ ≤ –15	–4
–60 < φ ≤ –30	–6
–90 < φ ≤ –60	–5

为使绝大多数设备辐射1W的e.i.r.p.，通常需要6 dBi的天线增益。根据ITU-R F.1336建议书，对于该方向图，给定了以下的描述：

$$G(\theta) = \max[G_1(\theta), G_2(\theta)]$$

$$G_1(\theta) = G_0 - 12\left(\frac{\theta}{\theta_3}\right)^2$$

$$G_2(\theta) = G_0 - 12 + 10\log\left[\left(\max\left\{\frac{|\theta|}{\theta_3}, 1\right\}\right)^{-1.5} + k\right]$$

$$\theta_3 = 107.6 \times 10^{-0.1G_0}$$

其中：

G(θ) : 天线增益 (dBi)
θ: 仰角（度）
k = 0.5
G_0 = 6 dBi。

附件7

干扰评估结果分析和DFS门限值的建议

针对相应的5 GHz雷达，给出了采用附件5和附件6中的方法，即分别仿真来自一个WAS设备的静态干扰和来自WAS的部署而对一个受影响的雷达接收机的集总干扰，进行仿真所得结果的摘要。

表12显示了附件5中来自单个WAS干扰情况时的计算结果。

表 12

由附件5的计算所得的数值

附件5中的雷达	附件5中的链路预算分析	对于1 W 设备，–62 dBm
		对于0.2W 设备，–55 dBm
		对于0.1 W 设备，–52 dBm

表13显示了根据集总干扰建模计算的结果，要求的保护门限电平的摘要。

表 13

要求的保护门限电平

雷达类型	仿真情境	DFS保护门限(T_{DFS})（注1）
旋转雷达A、C、E、F、G、H、I、J。 雷达P和Q	同附件6中的标准状态	–52 dBm以及雷达系统采用适当的操作性措施
雷达I	同附件6，但雷达高度介于500至1 000米之间	–62 dBm
雷达S	同附件6中的标准状态	见注2
雷达K	同附件6中的标准状态	–67 dBm
	同附件6，但人口密度减半	–64 dBm
	同附件6，但所有设备为50 mW	–62 dBm

注1 – 假设 WAS接收天线增益规一化为0 dBi。

注2 – WAS与该型雷达的共用非常困难。基于基线结果的初步计算表明要求的DFS检测门限值需低于WAS设备的工作噪声底线以下。根据讨论的情况，这些系统仅限于军用飞机。各方同意在制定监测门限要求时不考虑这种情况。

关于采用参数和方法的说明

参数和方法的变化所带来的影响可归结为：

a) 有源设备密度降低一半可将TDFS增加3 dB。同样地，将有源设备密度增加一倍可将TDFS降低3 dB。

b) 链路预算计算中单个干扰信号的发射功率对要求的保护门限有着直接的“dB至dB”的随动影响。在集总分析中，其影响取决于仿真中功率电平的分布。

c) 在大部分情况下，集结建模中变量间的相互作用并不是直观的，因此单从一个变量的变化无法简单地得出结论。

ITU-R M.1827建议书

5 091-5 150 MHz频段限于机场地面应用的航空移动（R）业务（AM(R)S）电台和限于航空安全（AS）应用的航空移动业务（AMS）电台的技术和操作要求

（2007年）

范围

本建议书为5 091-5 150 MHz频段限于机场地面应用的航空移动（R）业务（AM(R)S）电台和限于航空安全（AS）应用的航空移动业务（AMS）电台应用[1]提供技术和操作要求。各主管部门可将其作为制定世界各地使用的电台一致性要求的技术指南。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 世界各地的航空电台将工作在国家、区域和国际范围内；

b) 航空电台的流动问题往往是众多国家和国际规则及规定的议题，必须符合共同达成一致的ICAO技术标准和操作要求；

c) 有必要为航空电台的一致性测试确定技术和操作要求；

d) 为航空电台确定技术和操作要求将为各国、区域和国际机构推进航空电台的一致性测试及航空电台一致性制定相互认可协议提供通用技术基础；

e) 技术和操作要求应在无线电通信设备复杂性与无线电频谱的有效使用之间达成可接受的平衡，

进一步考虑到

a) 有要求规定对5 091-5 150 MHz频段内的所有主要业务提供全面保护；

[1] *术语*：AS工作在AMS中，是限于航空器与地面之间安全保密无线电通信的新系统，旨在用于对相关机构未允许的中断航空器操作的情况做出反应的系统。

b) 按照第414号决议（WRC-03，修订版）所开展的研究结果表明，在某些条件下，将5 091-5 150 MHz频段用于作为主要业务的限于机场地面应用的AM(R)S和限于AS应用的AMS是可行的；

c) ITU-R对工作在5 091-5 150 MHz频段内航空电台所规定的技术和操作要求应防止对其它业务造成不可接受的干扰；

d) 有关技术和操作特性应得到持续不断且准确的测量和控制，

认识到

a) 5 000-5 250 MHz已划分给作为主要业务的航空无线电导航业务；

b) 5030-5150 MHz频段将用于为实现精准着陆的国际标准微波着陆系统（MLS）的操作；根据《无线电规则》（RR）第5.444款的规定，有关该系统的要求将优先于对此频段的其它使用，

做出建议

1 5 091-5 150 MHz频段内限于机场地面应用的AM(R)S电台或5 091-5 150 MHz频段内限于AS应用的AMS电台的技术和操作要求应由各主管部门作为指导原则使用，以确保与FSS[2]之间的兼容。

附件1

与5 091-5 150 MHz频段内FSS网络兼容的基本要求

表1为下文中的分析概括出假设的FSS接收机特性。

表1

卫星干扰计算中使用的参数值

参数	HIBLEO-4 FL
卫星接收机噪声温度T (K)	550
5 120 MHz天线有效区域 (dBm^2)	–35.6
极化隔离 L_p (dB)	1
馈电损耗 L_{feed} (dB)	2.9
卫星接收机带宽B (MHz)	1.23
卫星接收机天线增益G_r (dBi)	4

[2] 由于其它限值亦可接受，本建议书未涉及所有基本要求，需要进一步研究。

注 1 – 在自由空间传播条件下符合下文规定的pfd。

注 2 – 采用本建议书附件2中给出的方法可以从pfd值中得出e.i.r.p.保护值。还可以考虑简化所得出的e.i.r.p.保护值。

I 在5 091-5 150 MHz频段，为不超出AM(R)S加AS可允许的2%的$\Delta T_s/T_s$，AM(R)S电台和AS电台不得在同一时间内同频工作（从非GSO卫星可见地面范围内）。在考虑到一个FSS脚印内不同主管部门可能运行AM(R)S和/或AS的情况下，为确保上述要求制定可行方法。

II 有关AM(R)S的附加要求

下文中的要求是各主管部门为在世界各地使用的电台确定一致性要求时可使用的技术指南。其它限值亦可接受，但需要进一步研究。

本节定义的pfd应确保由于操作AM(R)S而产生的FSS卫星噪声温度的增长（即$\Delta T_s/T_s$）不超过2%（即–17 dB）。该方法假设250个[3]同频道AM(R)S发射机同时工作在FSS卫星可见范围内。

根据FSS保护标准（$\Delta T_s/T_s$ = 2%）和250 AM(R)S计算pfd限值

假设FSS具有表1的特性，接收机输入可容许的最大集合干扰电平为$I_{Agg\text{-}Rec}$：

$$I_{Agg-Rec} = KTB - 17\ \text{dB} = -157.3\ \text{dB(W/1.23 MHz)}$$

式中：

K: 玻尔兹曼常数（1.38×10^{-23}）

T: 代表接收机噪声温度

B: 接收机带宽。

因此，一个AMRS发射机在卫星接收机天线输入所产生的最大pfd电平为：

$$\begin{aligned} pfd_{Max} &= I_{Agg-Rec} - Gr + L_{Feed} + L_P - 10\log_{10}(250) + 10\log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \\ &= -157.3 - 4 + 2.9 + 1 - 23.97 + 35.6 \\ &= -145.77\ \text{dBW}/(\text{m}^2 \times 1.23\ \text{MHz}) \end{aligned}$$

式中：

Gr: FSS收接机天线增益

250: 在FSS接收机带宽中同时发射的最大AM(R)S电台数量。

[3] 假设500个机场和50%的占空因数。

III 有关AS的附加要求

以下要求是各主管部门在规定在全球使用的电台的一致性要求时可使用的技术指南。其它限值亦可接受，但需要进一步研究。

本节规定的pfd确保因操作AS所造成的FSS卫星噪声温度的增长（即$\Delta T_s/T_s$）不超过2%（即–17 dB）。该方法假设70个同频AS发射机同时工作在FSS卫星可见地面范围内。

基于FSS保护比（$\Delta T_s/T_s$ = 2%）和70 AS计算得出的pfd限值

假设FSS具有表1特性，接收机输入可接受的最大集合干扰电平为$I_{Agg\text{-}Rec}$：

$$I_{Agg-Rec} = KTB - 17\ \text{dB} = -157.3\ \text{dB(W/1.23 MHz)}$$

式中：

K: 玻尔兹曼恒数（1.38×10^{-23}）

T: 代表接收机噪声温度

B: 接收机带宽

因此，一个AS发射机在卫星接收机天线输入的最大pfd限值为：

$$\begin{aligned} pfd_{Max} &= I_{Agg-Rec} - Gr + L_{Feed} + L_P - 10\log_{10}(70) + 10\log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \\ &= -157.3 - 4 + 2.9 + 1 - 18.45 + 35.6 \\ &= -140.25\ \text{dBW}/(\text{m}^2 \times 1.23\ \text{MHz}) \end{aligned}$$

式中：

Gr: FSS接收机天线增益

70: 在FSS接收机带宽中同时发射的最大AS电台数量。

附件2

根据pfd限值推导更高半球e.i.r.p.保护值

在附件1测试AM(R)S或AS设备以便决定是否满足规定pfd限值时，确定可用于测试的相当e.i.r.p.保护值可能非常有益。

Pfd限值可用来从数学角度确定一个更高半球e.i.r.p.保护值，该保护值（θ、H）中，其中θ是高于本地水平面的角，而H则是航空器高度。该转换分两步完成。首先，将θ转化成为卫星上低于水平面的相当角γ。然后确定水平面之上角θ的传播路径长度，在计算该路径的扩展损耗，由此得出e.i.r.p.。

第1步：根据θ和H计算卫星水平面之下的角（度）γ：

$$\gamma = \arccos\left((R_e + H) \times \cos\left(\frac{\theta}{R_e + H_{Sat}} \right) \right)$$

式中：

θ： AS水平面之上的角

R_e： 地球半径（6 378 km）

H： 航空器高度（km）

H_{sat}： FSS卫星高度（km）

γ： 卫星水平面之下的角。

第2步：根据规定的pfd限值计算e.i.r.p.值：

$$d = \left((R_e + H)^2 + (R_e + H_{sat})^2 - 2(R_e + H)(R_e + H_{sat}) \cos(\gamma - \theta) \right)^{1/2}$$

$$\text{e.i.r.p.}(\theta, H) = \text{pfd} + 10 \log_{10}(4 \pi d^2) + 60$$

式中：

d： AS和所审议的地球表面点之间的距离（km）

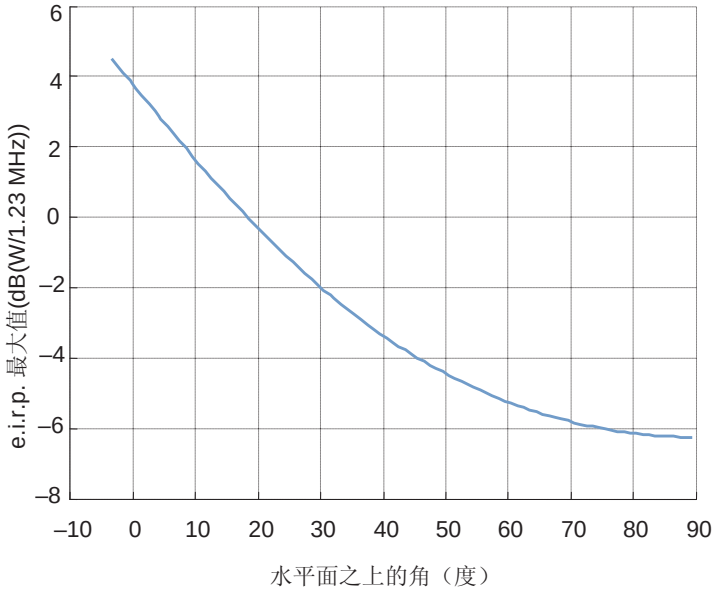
pfd： pfd限值（dB(W/(m^2 · MHz))）

e.i.r.p.： (dB(W/MHz)).

图1显示出根据附件1第III部分和假设的1 414 km的卫星高度H_{sat}，高度为12 km的航空器的函数。

图1

e.i.r.p.最大值与水平面之上的角



ITU-R M.2013 建议书

在1 GHz附近运行的非国际民航组织航空无线电导航系统的技术特性和保护标准

（2012年）

范围

本建议书描述了在1 GHz附近运行的用于兼容性研究的非国际民用航空组织（国际民航组织，ICAO）的航空无线电导航业务（ARNS）系统。本建议书研究《无线电规则》第**5.312**款提及的那些国家运行的非国际民航组织ARNS系统，亦研究TACAN系统。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 战术空中导航系统（TACAN）是在960-1 215 MHz频段内运行的全国性航空无线电导航系统；

b) TACAN系统既可用于民用航空器，也可用于公务航空器；

c) 用于民用航空时，TACAN的功能相当于国际民航组织的标准化测距设备（DME）；

d) TACAN系统可以在DME功能之外提供其他功能，即获得方位信息；

e) 这种其他功能会导致它具备有别于DME的技术特性，未来兼容性研究可能会要求格外重视这些技术特性；

f) TACAN的使用还包括船载和空对空应用，

注意到

a) 根据第417号决议（WRC-07），必须优先考虑在960-1 164 MHz频段内运行的ARNS；

b) ITU-R的有关研究表明，将航空移动（航线内）业务（AM(R)S）引入960-1 164 MHz频段之后，需要进行TACAN和AM(R)S两个系统之间更为深入的具体位置的兼容性研究，

建议

兼容性研究应采用各附件中的技术特性和保护标准。

附件1

战术空中导航系统

战术空中导航系统（TACAN）是一种在960-1 215 MHz频段内运行的全国性空中导航系统。TACAN系统包括一个机载询问器和一个答复询问的信标。在大多数情况下，TACAN信标是安装在地面的固定设备，但也有水上移动信标和航空移动信标。根据产生的有效全向辐射功率（e.i.r.p.）和询问器的设计，斜距可长达400海里（740千米），但在实际使用中，这个距离限于最大无线电视距（RLOS）。航空器单元向地面设备（信标）发射规则的脉冲对（“询问脉冲对”）。TACAN脉冲在半幅度点的脉冲宽度是3.5 μs。询问脉冲对的脉冲之间的时间间隔是12 μs（X信道）或36 μs（Y信道）。地面电台接收到询问器脉冲对之后，就会测量脉冲的形状和间隔。如果这两方面的数据在可接受限值内，那么地面电台就会在一个固定延迟后做出反应，以偏离于询问频率±63 MHz的频率发射一个应答，频偏取决于根据脉冲编码选择的信道。信标应答脉冲之间的时间间隔是12 μs（X信道）和30 μs（Y信道）。接收到应答之后，询问器就会计算发射询问脉冲对和接收到应答脉冲对的时间间隔里航空器到信标的瞬间斜距。

信标会接收到来自很多航空器的询问，因此会发射很多应答。每个询问器都可以创造一种独特的询问发射方式，其途径是：在一定的限值内，通过改变两次脉冲对发射之间的间隔，避免产生多个询问的同时应答。通过这种办法，每个平台都能够从所有脉冲对中识别针对自己的询问器的询问发来的应答。

除了识别的目的，TACAN信标会发射莫尔斯身份识别码。机载询问器使用独特的扫频声来验证距离读数是否来自正确的信标。除了脉冲应答之外，正确接收识别身份的扫频声也是TACAN询问器正常运行的一个重要条件。

除了测距之外，TACAN还能提供方位信息。我们通过对地面信标发射的脉冲进行调幅处理获得方位信息。这种脉幅调制（PAM）可以通过对信标天线进行机械扫描或电子扫描两种方式进行。在最大可允许调制指数（55%）的条件下，15 Hz和135 Hz天线瓣的方位方向图的变化会降低应答脉冲的信号电平，与没有进行PAM的情况相比，最高e.i.r.p.脉冲电平的降幅可达10.7 dB。为了便于询问器从PAM译解天线方向图相对于北向的方位，信标将另外发射包括指北参考脉冲群（NRPG）和精细参考脉冲群（RPG）在内的900个脉冲对。为了能获得准确的方位信息，并能够至少回答100个航空器的询问，并且应答效率达到70%，必须固定地至少发射3 600个脉冲对。

TACAN系统既可用于公务航空器，也可用于民用航空器。用于民用航空时，TACAN设备的功能相当于国际民航组织（ICAO）的标准化测距设备（DME）。TACAN的技术特性如表1.1所示。

表 1

TACAN电台的典型技术特性

用途	单位	无线电空中导航系统（960-1 215 MHz）				
无线电发射方向		地对空	空对地	地对空 水上	空对地 水上	空对空
运行的频率范围	（MHz）	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088	1 025-1 151
工作范围 （限于无线电视距）	（Km）	≤ 600	≤ 600	≤ 600	≤ 600	≤ 740
发射的信息		距离和方位应答信号，识别信息	距离和方位请求信号	距离和方位应答信号，识别信号	距离和方位请求信号	距离和方位应答信号，识别信号
发射器技术特性						
电台名称		信标	询问器	信标	询问器	信标
距地面高度	（m）	3 （10 英尺）	≤18 288 （60 000 英尺）	3 （10 英尺）	≤18 288 （60 000 英尺）	≤18 288 （60 000 英尺）
信号类型		脉冲式	脉冲式	脉冲式	脉冲式	脉冲式
信道间隔	（MHz）	1	1	1	1	1
调制类型		脉冲波形和脉冲对间隔	脉冲波形和脉冲对间隔	脉冲波形和脉冲对间隔	脉冲波形和脉冲对间隔	脉冲波形和脉冲对间隔
发射器功率 （脉冲式）	（dBW）	39（最大）	33（最大）	39（最大）	33（最大）	33（最大）
脉冲宽度	（μs）	3.5 ± 0.5 （振幅的50%）	3.5 ± 0.5 （振幅的50%）	3.5 ± 0.5 （振幅的50%）	3.5 ± 0.5 （振幅的50%）	3.5 ± 0.5 （振幅的50%）
典型占空因数	（%）	2.52	0.105	2.52	0.105	0.735
天线类型		环形阵列	全向式	环形阵列	全向式	环形阵列
典型天线增益	dBi	6	0	6	0	6

表 1（完）

用途	单位	无线电空中导航系统（960-1 215 MHz）				
接收器技术特性						
接收电台		机载电台	机场和航线沿途地面电台	机载电台	水上电台	机载电台
运行的频率范围	（MHz）	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088	1 025-1 151
距地面高度	（m）	≤ 20 880（60 000 英尺）	3（10 英尺）	≤ 20 880（60 000 英尺）	3（10 英尺）	≤ 20 880（60 000 英尺）
接收器3 dB带宽	（MHz）	2	2-4.5	2	2-4.5	2-4.5
最大/最小天线增益	（dBi）	5.4 / 0	9.1/4.1	5.4/0	9.1/4.1	5.4/0
极化方式		垂直极化	垂直极化	垂直极化	垂直极化	垂直极化
接收器灵敏度	（dBW）	−122	−122	−122	−122	−122
取决于接收功率的最大可接受干扰电平	（dBW）	−129	−130	−129	−130	−129

注 – 表1.1给出的保护率是针对非脉冲信号的。对于脉冲式信号来说，尚需更为深入的研究。在这方面，脉冲宽度超过 50 μs的信号被认为是非脉冲信号或连续信号。

注 – 这一机载天线增益来自ITU-R M.1642-1建议书。

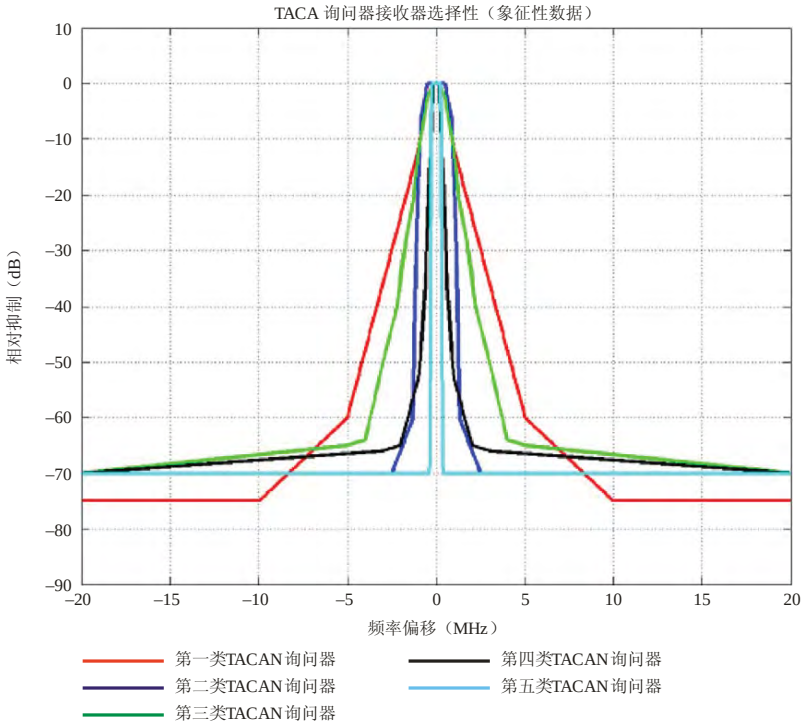
注 – 一些TACAN设备的测量数据表明，对于TACAN询问器接收器来说，TACAN在距离和角度测量方面的灵敏度只相差3 dB（距离测量的数字是 −90 dBm，角度测量的数字 −87 dBm）。

各国主管部门都有一个包括地面电台（信标）和机载电台（询问器）的庞大的TACAN设备安装信息库。各种TACAN设备的实际技术特性有所不同。决定干扰情况的一个重要因素是接收器选择性曲线。图1表明了5种TACAN询问器设备的接收器选择性曲线。从图中可以看出，不同类型的TACAN接收器选择性相差很大。在兼容性研究中，应该将所有类型的TACAN询问器都考虑在内，为的是保证这种航空无线电导航业务（ARNS）的应用（包括距离测定和方位测定功能）获得充分的保护。

图1.2展示的是一个典型TACAN信标的接收器选择性曲线。这一TACAN信标的选择性要逊色于TACAN询问器接收器的选择性。

图 1

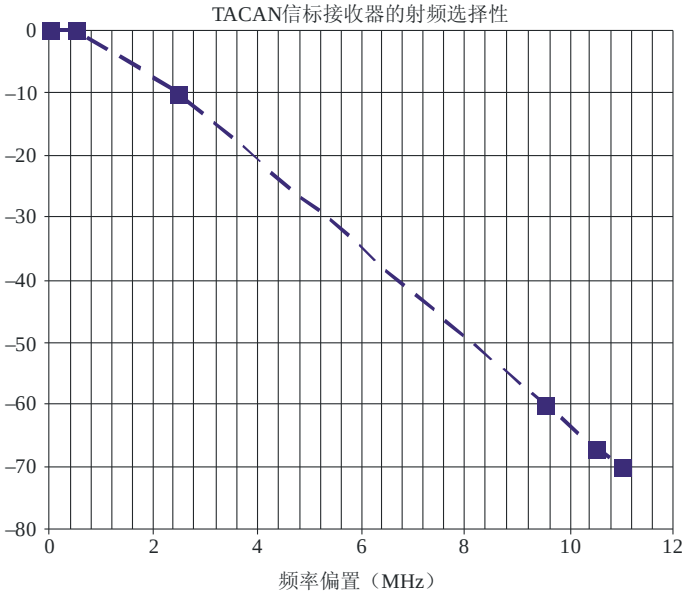
机载电台（询问器）接收器射频选择性曲线



F.5-1007-01

图 2

地面电台（信标）接收器的射频选择性曲线



F.5-1007-02

附件2

《无线电规则》第5.312款中提及的相关国家目前运行的非国际民航组织航空无线电导航系统

具体而言，《无线电规则》第5.312款提到的国家运行着下列三种类型的航空无线电导航系统：

– 第一类：第一类ARNS系统指的是测向和测距系统。这类系统的目的是发现航空器的方位角和斜距，进行地区监控、航空器之间导航。这类系统由机载电台和地面电台组成。机载电台发出请求信号，该信号通过全向天线发射，ARNS地面电台也用全向模式接收信号。地面电台生成和发射由方位/距离信息组成的响应信号。这些信号由ARNS机载电台进行接收和译解。第一类ARNS电台使用960-1 164 MHz频段之外的频率发射用于请求方位角/距离的数据。ARNS地面电台在收到请求信号之后，仅用960-1 164 MHz频段发射距离数据，供ARNS机载电台接

收。因此第一类ARNS系统仅在地对空方向使用960-1 164 MHz发射信号。第一类ARNS系统的最大工作范围是400千米。据估计，《无线电规则》第5.312款提及的一些国家有望停止使用上述第一类ARNS系统。

– 第二类：第二类ARNS测向和测距系统的目的和第一类ARNS相同。第二类系统与第一类系统的主要不同之处是，机载电台发射请求信号所使用的频段与地面电台发射响应信号所使用的频段相同。另外，第二类系统中的地面ARNS电台既可以在定向模式，也可以在全向模式下运行。定向模式为ARNS电台提供的可运行信道的数量逐渐增加。第一类ARNS系统的最大工作范围是400千米。计划将划分给ARNS的整个960-1 164 MHz频段都利用起来，以增加第二类ARNS系统运行的灵活性。ARNS接收器前端的宽带调谐滤波器是第二类ARNS系统在设计上的独特之处，这种设计是因为有时需要同时接收多个信道上的信号。这个过滤器的3 dB带宽是22 MHz，可以同时接收带宽重叠的30个信道中的5个信道，每个频道带宽为4.3 MHz。同时使用宽带滤波器和相关器有助于提升航空器方位数据测量的准确性和接收器前端的载噪比。《无线电规则》第5.312款中提及的有限几个国家在运行着第二类ARNS系统。

– 第三类：第三类ARNS系统用于在飞行的进场和降落阶段使用。这种系统可以在航空器进场和降落时控制航空器的航向、航程和下滑道。第三类ARNS地面电台采用定向和全向两种模式运行。第三类ARNS系统的工作范围不超过60千米。960-1 164 MHz频段用于机载电台和地面ARNS电台之间用于控制下滑道和航程的信道。《无线电规则》第5.312款中提及的有限几个国家在运行着第二类ARNS系统。

下面的表2.1简要列出了三类ARNS电台的技术说明。

因此，非国际民航组织系统的电台使用空对地和地对空链路运行，并由地面和机载接收器和发射器组成。

表 2

《无线电规则》第5.312款提及的国家运行的ARNS电台的典型技术特性

ARNS系统技术特性		**第一类**	**第二类**		**第三类**	
用途	**单位**	**无线电近距导航系统**	**无线电近距导航系统**		**无线电进场和降落导航系统**	
频率范围		960-1 000.5	960-1 164			
射电谱线方向	（MHz）	“地对空”	“地对空”	“空对地”	“地对空”	“空对地”
信号传输距离		≤ 400	≤ 400	≤ 400	≤ 45	≤ 45
发射的信息	（km）	发射方位信号、距离响应信号、指示要求信号	发射方位信号、距离响应信号、指示要求信号	发射距离要求信号、指示响应信号	发射下滑道信号、航向信道和距离响应信号	发射距离请求信号
发射器技术特性						
电台名称		机场和航线沿途地面电台	机场和航线沿途地面电台	机载电台	机场地面电台	机载电台
发射类别		700KPXX	4M30P1N	4M30P1D	700KP0X；4M30P1N	700KP0X；4M30P1N
信道间隔	（MHz）	0.7	0.7	0.7	0.7	2
调制类型		脉冲式	脉冲式	脉冲式	脉冲式	脉冲式
发射器功率（脉冲式）	（dBW）	20-45	29-39	27-33	3-30	5-33
占空因数	（%）	0.018；0.066	0.064 - 0.3	0.00765	0.04；0.025	0.009
平均输出功率（最小/最大）	（dBW）	7.6/13.2	7.1/13.8	−8.2	−4/−6	−7.5
脉冲长度	（μs）	1.5；5.5	1.25；1.5；5.5	1.5	1.7	1.7
天线类型		全向式	阵列式	全向式	阵列式	全向式
最大/最小天线增益	（dBi）	**6/0**	15.6	3/−10	10/0	1.5/−3
距地面高度	（m）	10	10	≤ 12 000	10	≤ 12 000

表 2（完）

ARNS系统技术特性		**第一类**	**第二类**		**第三类**	
用途	**单位**	**无线电近距导航系统**	**无线电近距导航系统**		**无线电进场和降落导航系统**	
接收器技术特性						
接收电台		机载电台	机载电台	机场和中途地面电台	机载电台	机场地面电台
距地面高度	（m）	≤ 12 000	≤ 12 000	10	≤ 12 000	10
接收器3 dB带宽	（MHz）	1.5	22	22	7	7
接收器噪声温度K	（K）	400	1 060	550	400	400
最大/最小天线增益	（dBi）	1.5/−3	3/−10	14	1.5/−3	10/0
极化方式		水平极化	水平极化	水平极化	水平极化	水平极化
接收器灵敏度	（dBW）	−120	−118	−125	−110…−120	−113
保护率*C*/*I*	（dB）	25	17	20	25	25

注 – 表2.1给出的保护率是针对非脉冲信号的。对于脉冲式信号来说，尚需更为深入的研究。在这方面，脉冲宽度超过50 μs的信号被认为是非脉冲信号或连续信号。

引证归并的ITU-R建议书的规则性条款（包括脚注和决议）交叉引证表

ITU-R建议书	建议书标题	在《无线电规则》第4卷中包含ITU-R建议书的《无线电规则》规则条款和脚注
TF.460-6	标准频率和时间信号发射	第**1.14**款
M.476-5	水上移动业务中的直接印字电报设备	第**19.83**、**19.96A**、**51.41**款
M.489-2	以频道间隔25 kHz用于水上移动业务的VHF无线电话设备的技术特性	第**51.77**、**52.231**款、附录**18**（*一般注释e)*）
M.492-6	水上移动业务中使用直接印字电报设备的使用程序	第**56.2**款
P.525-2	计算自由空间损耗	第**5.444B**款（通过第**748**号决议**（WRC-12，修订版）**）
P.526-11	绕射传播	第**5.444B**款（通过第**748**号决议**（WRC-12，修订版）**）
M.541-9	水上移动业务中使用数字选择性呼叫设备的操作程序	第**51.35**、**52.112**、**52.149**、**52.153**、**54.2**款
M.585-6（附件1）	水上移动业务标识的指配和使用	第**19.99**、**19.102**、**19.111**款
M.625-3	水上移动业务中使用自动识别的直接印字电报设备	第**19.83**、**51.41**款
M.633-4	通过在406 MHz频带卫星系统工作的卫星紧急位置指示无线电信标（卫星EPIRB）的传输特性	第**34.1**款
S.672-4	在使用对地静止卫星的卫星固定业务中用做设计指标的卫星天线辐射方向图	表**22-2**（和第**22.5D.3**款）、表**22-3**（和第**22.5F.3**款）
M.690-1	工作在121.5 MHz和243 MHz载波频率的应急示位无线电信标（EPIRB）的技术特性	附录**15**（表15-2）
P.838-3	预测方法中使用的雨天衰减的具体模型	附录**30A**（附件3第2.2段步骤6）
M.1084-4	在水上移动业务中提高156-174 MHz频带使用效率的临时解决方法	附录**18**（注B）（表格前）
SM.1138-2	必要带宽的确定及其计算举例与相应的发射标志的举例	附录**1**（§ 1 和 § 2）
SA.1154	保护空间研究（SR）、空间操作（SO）和卫星地球探测业务（EES）的条款以及促进与2 025-2 110 MHz和2 200-2 290 MHz频带内的移动业务共用的条款	第**5.391**款

ITU-R建议书	建议书标题	在《无线电规则》第4卷中包含ITU-R建议书的《无线电规则》规则条款和脚注
M.1171	水上移动业务中无线电话的使用程序	第**52.192**、**52.195**、**52.213**、**52.224**、**52.234**、**52.240**、**57.1**款
M.1172	水上移动业务的无线电通信中所用的各种缩写和信号	第**19.48**款
M.1173	1606.5 kHz（2区1 605 kHz）至4 000 kHz和4 000 kHz至27 500 kHz频带无线电话水上移动业务用的单边带发信机的技术特性	第**52.181**、**52.229**款、附录**17**（附件1、B部分、第I节§ 2和§ 6）
M.1174-2	450至470 MHz频段船上通信使用的设备的技术特性	第**5.287**、**5.288**款
M.1187-1	1-3 GHz频率范围内采用圆轨道的卫星移动业务（MSS）网络潜在受影响区的计算方法	附录**4**（附件2的C.11.b项）
S.1256	确定卫星移动业务中非对地静止卫星系统的馈电链路在空间到地球方向上对6 700-7 075 MHz频带对地静止卫星轨道产生的最大累积功率通量密度的方法	第**22.5A**款
RS.1260-1	星载有源遥感器与其他无线电业务共用420-470 MHz频段的可能性	第**5.279A**款
BO.1293-2	卫星广播系统数字发射中对干扰的保护掩蔽和相关计算方法	附录**30A**（附件3 § 3.3）、附录**30**（附件5 § 3.4）
S.1340	卫星移动业务馈电链路与航空无线电导航业务之间在15.4-15.7 GHz频带地球到空间方向上的共用	第**5.511C**款
S.1341	卫星移动业务馈电链路与航空无线电导航业务之间空间到地球方向上在15.4-15.7 GHz频带的共用及对15.35-15.4 GHz频带射电天文业务的保护	第**5.511A**款
S.1428-1	用于在10.7 GHz和30 GHz之间的频带内涉及non-GSO卫星的平共处干扰评估的参考FSS地球站的辐射方向图	表**22-1A**、表**22-1B**、表**22-1C**（和第**22.5C.6**款）
BO.1443-2	由《无线电规则》附录30所涵盖的频带内用于涉及non-GSO卫星的干扰评估的参考BSS地球站天线方向图	表**22-1D**（和第**22.5C.11**款）
M.1583-1	非对地静止卫星移动业务或卫星无线电导航业务系统与射电天文望远镜站址之间干扰的计算	第**5.443B**款（通过第**741**号决议（**WRC-12，修订版**））、附录**4**附件2（A.17.b.3项）（通过**741**号决议（**WRC-12，修订版**））

ITU-R建议书	建议书标题	在《无线电规则》第4卷中包含ITU-R建议书的《无线电规则》规则条款和脚注
S.1586-1	在射电天文台址由非对地静止卫星固定业务系统产生的无用发射电平的计算	第**5.551H**款
F.1613	为了确保对5 250-5 350 MHz频带卫星地球探测业务（有源）和空间研究业务（有源）系统的保护，对在第三区固定业务中的固定无线接入系统的操作和部署的要求	第**5.447E**款
RA.1631	用于non-GSO系统和射电天文业务电台之间基于epfd概念的兼容性分析的基准射电天文天线的方向性图	第**5.208B**款（通过**739**号决议**（WRC-07，修订版）**、第**5.443B**款（通过**741**号决议**（WRC-12，修订版）**）、第**5.551H**款、附录**4**附件2（A.17.b.3项）（通过**741**号决议**（WRC-12，修订版）**）
RS.1632	卫星地球探测业务（有源）和移动业务中无线接入系统（包括无线本地网）之间在5 250-5 350 MHz频段的共用	第**5.447F**款
M.1638	用于工作在5 250和5 850 MHz之间频带内的无线电定位、航空无线电导航和气象雷达共用研究的特性和保护准则	第**5.447F**、**5.450A**款
M.1642-2	在一个航空无线电导航业务台站上的来自工作在1 164-1 215 MHz频带的所有无线电导航卫星业务系统的最大集合等效功率通量密度的估算方法	第**5.328A**款（通过第**609**号决议**（WRC-07，修订版）**）
M.1643	包括采用14-14.5 GHz（地对空）频带内卫星固定业务网络转发器在内的卫星航空移动业务的航空器地球站的技术和操作要求	第**5.504B**款（参见ITU-R M.1643建议书附件1的C部分）、第**5.504C**、**5.508A**和**5.509A**款（参见ITU-R M.1643建议书附件1的B部分）
M.1652-1（附件1）	旨在保护5 GHz频段无线电测定业务而对无线局域网（RLAN）在内的无线接入系统进行动态频率选择（DFS）	第**5.446A**款（通过第**229**号决议**（WRC-12，修订版）**）
M.1827	5 091-5 150 MHz频段限于机场地面应用的航空移动(R)业务(AM(R)S)电台和限于航空安全(AS)应用的航空移动业务(AMS)电台的技术和操作要求	第**5.444B**款（通过第**748**号决议**（WRC-12，修订版）**）
M.2013	在1 GHz附近运行的非国际民航组织航空无线电导航系统的技术特性和保护标准	第5.327A款（通过第**417**号决议**（WRC-12，修订版）**）



瑞士印刷
2012年，日内瓦
ISBN 978-92-61-14025-0