

国 际 电 信 联 盟

ITU-R
国际电联无线电通信部门

ITU-R F.2086-0 建议书
(09/2015)

固定业务点到点系统的部署方案

F 系列
固定业务



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策（IPR）

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列建议书

（也可在线查询 <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>）

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	词汇和相关问题

注：本ITU-R建议书英文版已按ITU-R第1号决议规定的程序批准

电子出版
2016年，日内瓦

© ITU 2016

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R F.2086-0建议书

固定业务点到点系统的部署方案

(2015年)

范围

此建议书含有关于在1.4-86 GHz频率范围内操作的固定业务一些点到点固定无线系统的部署情形信息及相关统计数字。此信息可用于固定业务中这些系统与其它业务中系统之间的共用和干扰研究。此建议书旨在与ITU-R F.758建议书一并使用。

关键词

部署、点到点、共用、仰角、链路长度、天线高度

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 研究频段中固定业务（FS）点到点（P-P）系统和其他业务系统之间的共用通常很有必要，这两类业务具有相等的权利分得该等频段；
- b) 同样需要考虑的是：来自相同频段中运行的其他业务系统的非原发干扰、来自在分配给固定业务的频段外运行的其他业务系统的无用发射，以及来自无线电业务以外的信号源的发射；
- c) 应对每项业务中的系统部署方案予以了解，以便创建共用模型以供研究；
- d) FS点到点部署的基本信息的可用性，能够助力FS和其他业务的共用和干扰研究，

注意到

- a) 固定业务与其他业务及来自其他信号源的干扰之间频率共用标准的建立和干扰情况的评估应该按照附件1中所说明的那些原则来考虑；
- b) 应该考虑将附件2中所提供的资料作为制定与其他业务的频率共用标准时必须要考虑的数字固定无线固定业务的技术特性和典型系统参数的指导；
- c) ITU-R F.699和ITU-R F.1245建议书分别为峰值旁瓣和平均旁瓣提供了FS P-P天线参考辐射方向图，

建议

具体信息不可用时，附件1中的信息应和附件2中的统计数据应一并用起来研究FS点对点部署方案，附件2中的统计数据可以在研究FS点到点系统和FS及其他业务的其他系统/应用的共用和干扰时予以使用。

附件1

固定业务点到点系统的部署方案

1 引言

若默认无更加具体的信息，对于在约1 GHz¹以上频段的FS P-P系统的共用和干扰进行技术研究时，建议使用本建议书的各项参数和假设。

为简单起见，在本建议书中，某些案例对频段的假设应用于大范围频率区间。这是为简单起见而设，并非意指任何分配问题。

2 FS点到点系统部署方案

使用FS P-P系统的应用类型，以及系统的部署方式将依各主管部门所在区域的不同频率区间和地理环境而显现巨大差异。

- 约低于11GHz的低微波频段考虑了长跳，但是它提供了高达28/40 MHz的信道宽度，并且可能通过双信道汇集翻倍。这些特征尤其适用于长距离城际路由（例如沿公路、铁路、输电走廊和其他道路用地）。这些频段的系统可以用作光纤或冗余的替代物，适用于难以部署光纤的崎岖地带或需要低延迟时间的情况。这些频段的链路不常在城市中心部署（或部署密度较低），这些频段的链路总数比频率较高的情况少。应注意的是，这些频段的无线电链路很可能在汇聚于城市中心FS站的星形配置中部署。
- 约11-23GHz的中微波频段考虑了相对长跳，提供了与较低频段相比更宽的信道。这些频段通常用于城市或城郊区域移动基础设施的回传业务，常常使用环状或星型配置。这些频段的链路数量以及部署密度可能很高。
- 约高于23 GHz但低于30 GHz的高微波频段适用于短跳，但可提供大带宽。这些频段在城市区域最常用作光纤的替代物，用以连接校园或者为基站尤其是小基站提供回传。通常，系统仅适用于一跳或两跳。在人口稠密的城市区域，这些频段的链路数量以及部署密度可能会非常高，对这些频段的使用量正快速增长。
- 高于30 GHz频率的毫米波频段适用于短跳，并且因其效率高而大受欢迎（其带宽极大且数据速率高）。其传播特性和天线方向性极适用于具有高级频率复用的高密度短距离点到点链路构架。毫米波固定业务链路能够提供多千兆能力，与光纤类似。某些链路能够以不协调的方式进行部署。毫米波固定业务链路的潜在应用包括为以下各项提供传输：无线局域网（WLANs）、无线个人局域网（WPANs）、移动宽带（即回传）、高清游牧式多媒体应用和无线视频分配系统。对这些频段的使用量将随着技术的研发和成熟不断增加。

¹ 为进行说明，常见的命名法将300MHz-300GHz的频率范围称为“微波”。就频段而言，根据RR第2.1节，30 GHz-300 GHz的频率范围被称为“毫米波”。

这些说明具有普遍适用性，在实际操作中，这些频谱范围的一般类别和相应应用间存在大量模糊边界和重叠之处。

应注意的是，就毫米波固定业务应用而言，一些频段在本建议书中并未予以进一步探讨。这尤其包括 92-94GHz 及以上的固定业务频段。因此本建议书中凡提及“高于 23GHz”的参考，并不包括这些用于固定业务分配的更高频率毫米波频段。

3 用于技术研究的FS点到点参数

3.1 干扰标准

关于技术研究干扰标准的一般信息和指南，需参考ITU-R F.758建议书。

3.2 FS点到点设备参数

关于FS设备参数假设的主要参考参见ITU-R F.758建议书的附件2。如果其中并无所需率范围的信息，可于ITU-R F.758建议书的附件3中查找其他信息。

如果上述两份附件中均无相关信息，并且如果仍希望分析类似系统，可于ITU-R F.2108报告中查找其他设备信息档案（该等信息可能已经过时）。

3.3 参考天线方向图

为进行涉及FS点到点系统的分析工作而选择的适当天线方向图，应以所研究的情境为准。

- 如果存在单一（或有限数量的）干扰源和静态集合体，建议使用峰值旁瓣模式（如ITU-R F.699建议书所述之峰值旁瓣模式）。
- 对于统计和时变分析及存在大量干扰源的情况而言，以及对于空间统计分析而言，使用峰值旁瓣模式常常会高估干扰等级。在这些情况下，建议另行使用平均旁瓣模式（如ITU-R F.1245建议书所述之平均旁瓣模式）。

3.4 传播模式

以用于进行干扰分析的适用P系列建议书为准。

3.5 与部署有关参数

在本附件探讨了以下与部署有关的参数，以之作为用于固定业务P-P系统之共用和干扰研究的典型要素。

- 链路长度；
- 天线仰角；
- 地平面以上的天线高度。

相关主管部门就上述参数提供的统计数据见附件2的数据汇总。

用运行于特定频段固定业务中的P-P系统来进行共用研究时，表A1-1到表A1-4的指南或可提供帮助，这表明，附件2中与部署相关的参数的统计数据，和ITU-R F.758建议书中明确的相应频段间存在联系。

就下表左栏未显示的频段而言，建议使用近似频段中的统计数据。

表A1-1

**ITU-R F.758建议书确定与部署有关参数的统计数据及
对应频段（频段不高于6GHz）**

ITU-R F.758建议书确定的频段 (单位: GHz)	用于左栏频段的与部署有关参数的统计数据	
1.350-1.530	附件2中的表A2-1A, A2-1B和A2-1C	频段1.375-1.400/1.427-1.452 GHz
1.700-2.100/1.900-2.300		频段2.025-2.110/2.200-2.285 GHz
2.290-2.670		频段2.025-2.110/2.200-2.285 GHz
3.600-4.200		频段3.7-4.2 GHz
4.400-5.000		见注释

注释 – 目前尚无数据。

表A1-2

**ITU-R F.758建议书确定与部署有关参数的统计数据及
对应频段（频段为6-10GHz）**

ITU-R F.758建议书确定的频段 (单位: GHz)	用于左栏频段的与部署有关参数的统计数据	
5.925-6.425	附件2中的表A2-2A, A2-2B 和A2-2C	频段 5.925-6.425 GHz 频段 6 GHz
6.425-7.125		频段 6.425-7.125 GHz 频段 7 GHz
7.110-7.900		频段 7 GHz 频段 7.125-7.725 GHz 频段 7.425-7.75 GHz
7.725-8.500		频段 7.725-8.275 GHz 频段 8.025-8.500 GHz 频段 8 GHz
10.5-10.68		频段 10 GHz

表A1-3

**ITU-R F.758建议书确定与部署有关参数的统计数据及
对应频段（频段为11-23GHz）**

ITU-R F.758建议书确定的频段 (单位: GHz)	用于左栏频段的与部署有关参数的统计数据	
10.7-11.7		频段 11 GHz 频段 10.7-11.7 GHz
12.75-13.25	附件2中的表A2-3A, A2-3B 和A2-3C	频段 13 GHz
14.4-15.35		频段 14.25-14.5 GHz 频段 15 GHz 频段 14.4-15.23 GHz 频段 14.5-15.35 GHz
17.7-19.7		频段 17.7-19.7 GHz 频段 18 GHz 频段 17.8-18.3/19.3-19.7 GHz 频段 17.82-18.72 GHz
21.2-23.6		频段 23 GHz 频段 22-23.6 GHz 频段 22.4-22.6/23.0-23.2 GHz

表A1-4

**ITU-R F.758建议书确定与部署有关参数的统计数据及
对应频段（频段大于23GHz）**

ITU-R F.758建议书确定的频段 (单位: GHz)	用于左栏频段的与部署有关参数的统计数据	
24.25-29.50	附件2中的表A2-4A, A2- 4B和A2-4C	频段 26 GHz 频段 25.053-25.431/ 26.061-26.439 GHz 频段 28 GHz
31.8-33.4		频段 32 GHz
36.0-40.5		频段 38 GHz
51.4-52.6		见注释
55.78-59.0		见注释
71-76/81-86		频段 75 GHz 频段 71-76/81-86 GHz

注释 – 目前尚无数据

3.5.1 链路长度

可以在使用FS P-P系统的应用中判定固定业务的链路长度，同时要考虑如下因素（参见本附件§2：点对点系统部署方案）：

- 所需的链路性能（或可用性）
- 视距条件

在移动基础设施回传的情况下，移动基站间或移动基站和高级别节点（核心网络站）间的距离将成为基本要素。

3.5.2 天线指向

在高于1GHz的且与空间业务共享的某些频段中，根据RR第21条的有关规定（如适用），超过特定有效全向辐射功率（e.i.r.p）限额的FS天线的最大辐射方向和地球静止卫星轨道间存在1.5至2度的偏差。在固定业务和空间业务间进行的共用研究中，要明确上述弧段距离是否已经（或者继续）应用于所述频段中的FS部署方案，这一点十分重要。

3.5.2.1 天线方位角

对于通用型共用研究而言，人们假设方位角（由正北沿顺时针方向形成的角度）在0至360度之间均匀变化。如果可能，最好以链路为基准而非以站点为基准而对其进行使用，但是，如果方位角受到所用模拟或分析方法的制约因素限制，则或许适宜按站点进行应用。

3.5.2.2 天线仰角

该参数是用于分析对空间站的干扰或来自空间站的干扰的一个重要因子。就该参数而言，应注意的是，由于受地球曲率周围的大气折射影响，负中值仰角（negative median elevation angle）是可以预测的，对长链路而言尤为如此。

3.5.3 地平面以上的天线高度

该参数是用于分析城市环境下地物损耗、评价视距条件、评价对其他地面电台的干扰或来自该等电台的干扰的一个重要因子（该等电台包括空间业务的地球站）。

3.5.4 极化

固定点到点系统使用水平和/或垂直极化。当利用圆极化研究对系统的影响或来自系统的影响时（如卫星系统），并不需要指明所使用的具体极化。

如果需要辨别水平和垂直极化，要做到明确使用哪种技术（例如同频双极化（CCDP））来增加系统性能。传统的点到点系统通常在水平极化链路和垂直极化链路间变动，并且两类极化间存在大致均等的分割，每条链路可使用任一极化。使用CCDP的系统在每条链路上可对水平和垂直极化二者一并使用。

3.6 参数间的相关性

应注意是，链路长度、仰角和天线高度是相互关联的参数。给出任何两个参数，可求出第三个参数。这需要考虑到创建共用方案的时间。

例如，就一个特定方案而言，一定数量的随机链路可根据链路长度和天线高度的具体统计分布进行明确。在这种情况下，应针对每条链路而非使用本建议书规定的统计资料计算相关天线仰角。

再如，若在链接关系未经建立的情况下创建随机电台安置方案，则可忽略链路长度数据，天线高度和仰角分布应适用于每个随机安置的电台。

附件2

运行于多种频段固定业务中的P-P系统之与部署 相关参数的统计数据汇总

1 引言

本附件基于多个主管部门提供的资料，汇总了有关天线仰角、链路长度和地平面以上天线高度的统计数据，以之作为FS P-P系统的典型部署相关参数，可用于涉及FS P-P系统的共用和干扰研究。

2 统计数据汇总

2.1 频段低于6GHz时

表A2-1A

仰角（单位：度）

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值 ²	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
法国	1.375-1.400/ 1.427-1.452	1 614	-3.8:4.4	-1.9:2.2	-0.4:0.4	-0.01	3.37
加拿大	2.025-2.110/ 2.200-2.285	6 350	-0.9:0.3	-0.6:0.1	-0.3:0	-0.2	0.9
加拿大	3.7-4.2	1 580	-1.4:0.7	-0.7:0.4	-0.3:0	-0.2	0.8

² 受地球曲率周围的大气折射效应影响，负中值角是可以预测的，对较长链路而言尤为如此（参见附件2附录）。

表A2-1B

链路长度（单位：km）

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
法国	1.375-1.400/ 1.427-1.452	1 614	2.2:44	3.6:37	8.3:27	17.3	14.6
加拿大	2.025-2.110/ 2.200-2.285	6 350	1:83	1:67	15:53	39	29
加拿大	3.7-4.2	1 580	1:84	2:72	7:57	41	28

表 A2-1C

（地平面以上）天线高度（单位：m）³

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值 ³	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
法国	1.375-1.400/ 1.427-1.452	1 614	5:53	6:45	10:33	20	16.8
加拿大	2.025-2.110/ 2.200-2.285	6 350	3:127	5:105	15:80	47	42
加拿大	3.7-4.2	1 580	15:140	20:131	20:85	39	42

2.2 频段为6-11GHz左右时

表 A2-2A

仰角（单位：度）

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值 ⁴	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
加拿大	5.925-6.425	31 423	-0.8:0.5	-0.5:0.1	-0.3:0	-0.2	1.4
加拿大	6.425-6.930	21 126	-0.7:0.5	-0.5:0.2	-0.2:0	-0.1	1.1
法国	5.925-6.425	1 937	-1.5:1.6	-0.7:0.9	-0.1:0.2	0.03	1.13
法国	6.425-7.125	2 756	-2.3:2.3	-1:1.3	-0.2:0.2	0.01	1.5
波兰	6	1 262	-0.62:0.42	-0.35:0.13	-0.19:-0.03	-0.106	0.487
波兰	7	1 280	-0.45:0.29	-0.29:0.16	-0.15:0.01	-0.080	4.739
加拿大	7.125-7.725	20 684	-1.4:0.8	-0.9:0.3	-0.4:0	-0.2	1.5

³ 地平面以上高度包括天线结构及任何天线所附建筑的高度。

⁴ 受地球曲率周围的大气折射效应影响，负中值角是可以预测的，对较长链路而言尤为如此（参见附件2附录）。

表 A2-2A (结束)

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值 ⁴	标准偏差	
			5:95	10:90	25:75			
加拿大	7.725-8.275	7 772	-1.0:0.5	-0.6:0.2	-0.2:0	-0.1	0.8	
日本	7.425-7.75	16 380	-7.29:7.26	-4.50:4.45	-1.41:1.32	-0.119	6.472	
法国	8.025-8.500	2 257	-2.4:5.8	-1.5:3.5	-0.25:1.12	0.13	3.24	
波兰	8	1 856	-0.37:0.20	-0.27:0.06	-0.18:-0.03	-0.114	.347	
加拿大	10.55-10.68	1 272	-1.0:0.86	-0.56:0.43	-0.22:0.11	-0.05	0.87	
加拿大	10.7-11.7	24 571	-1.7:1.1	-0.8:0.5	-0.3:0.1	-0.1	1.4	
法国	10.7-11.7	2 491	-2.7:3	-1.45:1.5	-0.35:0.42	0.0	1.92	
日本	10.7-11.7	23 448	-3.10:3.07	-1.85:1.80	-0.60:0.55	-0.027	2.078	
波兰	10	Tx	78	-0.52:4.08	-0.26:2.80	-0.01:1.28	0.525	1.392
		Rx	78	-4.08:0.30	-2.81:0.21	-1.32:-0.17	-0.579	1.373
波兰	11	1 431	-0.38:0.29	-0.29:0.17	-0.17:0.00	-0.076	0.354	

表 A2-2B

链路长度 (单位: km)

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
加拿大	5.925-6.425	31 423	9:74	15:64	28:51	40	18
加拿大	6.425-6.930	21 126	5:68	8:59	17:45	30	20
法国	5.925-6.425	1 937	12:49	14:43	19:37	28	12.6
法国	6.425-7.125	2 756	8.2:46	10:42	15:30	21.7	12.5
波兰	6	1 262	19.6:51.4	21.9:46.5	27.2:38.6	33.3	10.08
波兰	7	1 280	11.7:41.1	14.4:34.0	17.1:26.8	21.2	9.06
加拿大	7.125-7.725	20 684	6:75	11:70	20:53	38	23
加拿大	7.725-8.275	7 772	5:59	6:47	13:35	22	17
日本	7.425-7.75	8 570	1.7:48.8	3.5:39.8	8.6:26.0	14.8	14.684
法国	8.025-8.500	2 257	2.7:50	4.8:41	10:28	17.43	14.9
波兰	8	1 856	15.9:47.0	19.0:44.6	25.7:39.5	33.4	9.91
加拿大	10.55-10.68	1 272	6:27	7:22	10:17	13	6.41
加拿大	10.7-11.7	24 571	3:45	4:34	7:21	13	14
法国	10.7-11.7	2 491	4.8:26	6.4:22	9.2:17	12.51	6.71
日本	10.7-11.7	11 724	2.14:14.05	2.97:12.24	4.85:9.47	6.994	3.666
波兰	10	78	1.1:39.2	1.7:20.5	3.6:12.6	6.9	10.97
波兰	11	1 431	8.0:39.0	11.0:36.0	14.7:30.4	21.3	9.70

表 A2-2C

(地平面以上) 天线高度 (单位: m)⁵

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值 ⁵	标准偏差	
			5:95	10:90	25:75			
加拿大	5.925-6.425	31 423	14:105	20:95	35:78	55	41	
加拿大	6.425-6.930	21 126	15:115	20:102	36:81	54	32	
法国	5.925-6.425	1 937	5:53	6:45	10:33	33	22.8	
法国	6.425-7.125	2 756	8:64	10:55	17:43	30	19.6	
波兰	6	1 262	24.2:115.0	29.2:88.5	39.1:69.3	55.0	27.9	
波兰	7	1 280	23.0:89.9	33.5:75.0	41.2:62.0	52.0	22.7	
加拿大	7.125-7.725	20 684	11:119	15:105	24:76	45	34	
加拿大	7.725-8.275	7 772	19:110	23:89	37:73	52	27	
日本	7.425-7.75	9 152	10.8:82.0	13.8:58.5	19.2:40.93	27.2	31.163	
法国	8.025-8.500	2 257	5.5:72	8:58	12:36	21	25	
波兰	8	1 856	30.0:88.0	35.4:80.0	46.0:68.0	58.9	16.8	
加拿大	10.55-10.68	1 272	15:82	20:66	30:50	40	24.1	
加拿大	10.7-11.7	24 571	15:92	23:80	33:59	44	25	
法国	10.7-11.7	2 491	8:55	10:48	17.5:39	29	17.11	
日本	10.7-11.7	23 448	17.0:84.0	21.4:69.3	28.0:51.1	40.5	23.435	
波兰	10	传送	78	7.9:82.0	10.0:80.0	16.0:45.8	25.5	27.9
		接收	78	14.9:161.8	18.8:142.0	33.8:80.8	50.0	48.0
波兰	11	1 431	27.6:105.0	35.0:86.0	44.0:69.6	58.0	23.8	

2.3 频段为12-23GHz时

表A2-3A

仰角 (单位: 度)

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值 ⁶	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
法国	12.75-13.25	8 323	-2.7:2.8	-1.4:1.4	-0.35:0.33	-0.01	2.31
波兰	13	7 136	-0.60:0.48	-0.38:0.27	-0.19:0.06	-0.064	0.543
法国	14.25-14.5	186	-7.35:12.9	-3.02:7.32	-0.41:2.6	0.14	6.61
加拿大	14.5-15.35	16 152	-1.3:0.8	-0.9:0.5	-0.3:0.1	-0.1	1.1
日本	14.4-15.23	10 316	-3.30:3.27	-1.92:1.89	-0.60:0.60	-0.018	2.123

⁵ 地平面以上高度包括天线结构及任何天线所附建筑的高度。

⁶ 受地球曲率周围的大气折射效应影响, 负中值角是可以预测的, 对较长链路而言尤为如此 (参见附件2附录)。

表 A2-3A (结束)

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值 ⁶	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
波兰	15	5 836	-0.55:0.47	-0.35:0.25	-0.18:0.08	-0.049	0.446
法国	17.7-19.7	7 127	-3.3:3.37	-1.57:1.79	-0.38:0.48	0.02	2.69
加拿大	17.8-18.3/ 19.3-19.7	19 448	-1.9:1.0	-1.1:0.6	-0.5:0.2	-0.1	2.2
日本	17.82-18.72	15 892	-9.22:9.22	-5.04:5.02	-1.35:1.34	-0.040	6.563
波兰	18	9 137	-0.79:0.73	-0.44:0.38	-0.18:0.10	-0.041	1.226
加拿大	21.6-22.4/ 23.0-23.6	13 345	-1.95:1.92	-1.19:1.27	-0.46:0.43	-0.01	2.07
日本	22.4-22.6/ 23.0-23.2	1 148	-20.7:20.7	-13.7:13.7	-3.69:3.68	-0.098	11.864
法国	22-23.6	13 303	-3.2:3.1	-1.55:1.53	-0.42:0.41	0.0	2.78
波兰	23	24 344	-1.09:1.06	-0.65:0.61	-0.24:0.19	-0.030	1.064

表A2-3B

链路长度 (单位: km)

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
法国	12.75-13.25	8 323	4:28	5.7:24	8.5:18	12.7	8.08
波兰	13	7 136	8.8:31.5	10.6:28.6	13.8:23.2	17.7	7.26
法国	14.25-14.5	186	2:25	3.7:22	7:16	10.7	7.13
加拿大	14.5-15.35	16 152	2:32	3:25	5:15	9	11
日本	14.4-15.23	5 158	1.83:7.42	2.38:6.52	3.24:5.39	4.211	1.878
波兰	15	5 836	27.0:68.0	34.0:63.0	43.5:53.3	46.0	12.9
法国	17.7-19.7	7 127	1.5:16	2.3:14	4.3:10	7.3	5.1
加拿大	17.8-18.3/ 19.3-19.7	19 448	2:30	2:22	3:12	6	10
日本	17.82-18.72	7 944	0.7:6.89	1.1:5.8	1.8:4.0	2.7	1.882
波兰	18	9 137	3.7:20.4	5.3:18.0	8.4:14.5	11.4	4.95
加拿大	21.6-22.4/ 23.0-23.6	13 345	1:8	1:6	2:4	3	17.69
日本	22.4-22.6/ 23.0-23.2	592	0.7:7.6	1.0:3.9	1.5:3.0	2.2	2.436
法国	22.2-23.6	13 303	1.3:13	2.1:11	4.1:8.6	6.2	3.58
波兰	23	24 344	2.1:14.3	3.1:12.5	5.1:9.8	7.4	3.74

表A2-3C

(地平面以上) 天线高度 (单位: m)⁷

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
法国	12.75-13.25	8 323	7:52	10:45	17:37	27.7	16.61
波兰	13	7 136	17.0:104.1	25.0:80.0	37.0:58.0	46.0	28.8
法国	14.25-14.5	186 352	6:52	8:45	12:34	20	16.67
加拿大	14.5-15.35	16 152	22:94	26:82	34:58	43	24
日本	14.4-15.23	10 316	19.78:91.83	22.4:74.4	31.2:52.0	41.20	26.073
波兰	15	5 836	27.0:68.0	34.0:63.0	43.5:53.3	46.0	12.9
法国	17.7-19.7	7 127	8.6:55	11.7:47	20:38	29	17.84
加拿大	17.8-18.3/ 19.3-19.7	19 448	18:91	23:75	30:52	40	24
日本	17.82-18.72	10 232	11.7;71.89	15.0:52.59	22.38:41.0	32.0	30.939
波兰	18	9 137	20.0:84.1	27.0:69.3	38.0:58.0	45.0	22.8
加拿大	21.6-22.4/ 23.0-23.6	13 345	11:74	15:60	25:44	33	23.7
日本	22.4-22.6/ 23.0-23.2	538	5.0:68.5	6.0:51.29	12.3:35.4	24.0	21.885
法国	22-23.6	13 303	9:50	12:44	20:36	28	15.26
波兰	23	24 344	15.0:82.0	21.5:65.0	33.5:52.0	42.0	24.1

2.4 频段高于23 GHz时

表A2-4A

仰角 (单位: 度)

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值 ⁸	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
法国	25.053-25.431/ 26.061-26.439	3 582	-3.03:3.35	-1.6:2.09	-0.5:0.6	0.03	2.68
波兰	26	626	-2.46:2.44	-1.40:1.38	-0.53:0.50	-0.017	2.366
波兰	28	8	-:-	-:-	-0.38:0.34	-0.041	0.378
法国	31.871-32.543/ 32.683-33.355	122	-0.83:4.3	-0.31:3.24	0.05:1.27	0.5	1.90
波兰	32	7 587	-2.13:2.12	-1.36:1.34	-0.56:0.54	-0.005	2.177

⁷ 地平面以上高度包括天线结构及任何天线所附建筑的高度。

⁸ 受地球曲率周围的大气折射效应影响, 负中值角是可以预测的, 对较长链路而言尤为如此 (参见附件2附录)。

表A2-4A (结束)

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值 ⁸	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
法国	38	7 554	-3.8:4.3	-2.09:2.36	-0.73:0.71	-0.04	3.13
波兰	38	30 437	-3.59:3.59	-2.17:2.17	-0.85:0.83	-0.004	3.600
法国	71-76/81-86	61	-1.7:4.3	-0.9:2.6	-0.2:1	0.34	2.15
波兰	75	176	-3.12:3.11	-2.54:2.54	-1.01:1.00	-0.004	2.366

表A2-4B

链路长度 (单位: km)

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
法国	25.053-25.431/ 26.061-26.439	3 582	0.7:8	1.07:6	1.85:5	3.06	2.12
波兰	26	626	0.8:9.0	1.0:7.6	2.0:5.8	3.3	2.63
波兰	28	8	—:—	—:—	4.9:11.3	7.1	3.08
法国	31.871-32.543/ 32.683-33.355	122	0.72:5	1:4.4	1.5:4	2.5	1.43
波兰	32	7 587	0.5:7.2	0.7:6.2	1.1:3.7	2.0	2.15
法国	38	7 554	0.5:5	0.8:4	1.3:3	2.29	1.38
波兰	38	30 437	0.4:4.6	0.5:3.9	1.0:2.7	1.7	1.35
法国	71-76/81-86	61	0.5:2.8	0.7:2.7	1:2.3	1.87	0.95
波兰	75	176	0.3:2.0	0.5:1.9	0.7:1.8	1.0	0.66

表A2-4C

(地平面以上) 天线高度 (单位: m)⁹

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
法国	25.053-25.431/ 26.061-26.439	3 582	10:56	14:48	21:38	29	18.13
波兰	26	626	14.4:110.3	18.0:79.5	26.0:55.0	38.3	29.2
波兰	28	8	—:—	—:—	33.5:99.8	50.0	32.2
法国	31.871-32.543/ 32.683-33.355	122	13:63	17:52	24:43	33	19

⁹ 地平面以上高度包括天线结构及任何天线所附建筑的高度。

表A2-4C (结束)

	频段 (GHz)	记录数	百分位数			中值	标准偏差
			5:95	10:90	25:75		
波兰	32	7 587	13.0:98.0	16.0:68.2	21.4:40.0	28.0	29.5
法国	38	7 554	10:53	14:46	20.5:36.5	28	16.88
波兰	38	30 437	12.0:85.0	15.0:64.0	22.0:44.5	33.5	26.5
法国	71-76/81-86	61	12:50	16:46	21:36	29.05	11.59
波兰	75	176	11.0:68.2	13.6:49.0	17.0:38.9	26.3	21.4

附件2附录

考虑地球曲率周围大气折射效应的仰角数据推导指南

为考虑全部距离 (d)，本建议书考虑了地球曲率并使用了ITU-R P.1812-3建议书中展示
的公式：

$$\theta_{\text{tdeg}} = \theta_{\text{trad}} \cdot \frac{10^{-3} \cdot 180}{\pi} \quad \text{度}$$

其中：

$$\theta_{\text{td}} = 1000 \arctan \left(\frac{h_{rs} - h_{ts}}{10^3 d} - \frac{d}{2 a_e} \right)$$

a_e : 适用于路径的有效地球半径中值

h_{ts} : 发射机天线的高度 (m) amsl;

h_{rs} : 接收天线的高度 (m) amsl;

d : 总的大圆路径距离 (km)。

通过以下公式计算路径的有效地球半径中值系数 k_{50} ：

$$k_{50} = \frac{157}{157 - \Delta N}$$

ΔN : 平均无线电折射递减率(N-units/km)

通过以下公式计算有效地球半径的中值 a_e ：

$$a_e = 6371 \cdot k_{50} \quad \text{km。}$$