



手册

ITU-R适用于干扰和共用研究的 传播预测方法

2012年版
无线电通信局



国际电联无线电通信部门

无线电通信部门的作用是确保所有无线电通信业务，包括卫星业务，合理、公平、有效和经济地使用无线电频谱，并在建议书被采纳的基础上进行不受频率范围限制的研究。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界和区域性无线电通信大会以及无线电通信全会完成，并得到各研究组的支持。

询问有关无线电通信事项

请联系：

ITU
Radiocommunication Bureau
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

电话：	+41 22 730 5800
传真：	+41 22 730 5785
电子邮件：	brmail@itu.int
网址：	www.itu.int/itu-r

订阅国际电联出版物

请注意，不能通过电话进行订阅，应通过书面方式订阅。

ITU
Sales and Marketing Division
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

传真：	+41 22 730 5194
电子邮件：	sales@itu.int
国际电联的电子书店：	www.itu.int/publications

手 册

ITU-R适用于干扰和 共用研究的传播预测方法

2012年版
无线电通信局



序言

本《手册》采用优选的ITU-R P系列射频传播模型和预测方法，提供了适用于共用研究和干扰评估的技术信息和指南。第3研究组3M工作组主席Carol Wilson女士（澳大利亚）主持了本《手册》的编拟工作。

本《手册》的撰稿人包括：

Clare ALLEN

David BACON

Les BARCLAY

Chris BEHM

Ralph CAGER

Alex EPSHTEYN

Glenn FELDHAKE

Rainer GROSSKOPF

Fryderyk LEWICKI

Paul MCKENNA

Alakananda PAUL

Patti RAUSH

Laura ROBERTI

Teresa RUSYN

Carol WILSON

目录

	页
序言	iii
目录	v
第1章 – 引言	1
1.1 背景	1
1.2 目的	1
1.3 编排	1
第2章 – 干扰的基本原理	3
2.1 无线电干扰简介	3
2.2 无线电参数	4
2.3 传播的可变性	5
2.4 协调距离的协调区	5
2.5 传播机制	6
第3章 – ITU-R P系列建议书传播效应和方法简要指南	9
3.1 引言	9
3.2 传播术语	9
3.3 适用于干扰分析的ITU-R P系列建议书的RF传播预测方法指南	10
3.4 ITU-R P系列建议书特有的RF传播现象	14
3.4.1 ITU-R P系列建议书特有的传播效应	14
3.5 ITU-R P系列建议书的RF传播路径要求	18
第4章 – 无线电波传播的现象	21
4.1 引言	21
4.2 无线电传播的统计特性	21
4.3 干扰保护标准	26
第5章 – ITU-R P系列传播模型的应用以及共用和干扰评估方法	29
5.1 引言	29
5.2 ITU-R P.452建议书	29
5.3 ITU-R P.528建议书	30
5.4 ITU-R P.533建议书	32
5.5 ITU-R P.619建议书	33
5.6 ITU-R P.620建议书	34

5.7	ITU-R P.1546建议书	36
5.8	ITU-R P.1812建议书	37
第6章 – ITU-R P系列传播方法和模式的代表性共用方案		39
6.1	有关抽样共用方案的ITU-R P.452建议书	39
6.2	有关抽样共用方案的ITU-R P.528建议书	40
6.3	有关抽样共用方案的ITU-R P.533建议书	41
6.4	有关抽样共用方案的ITU-R P.620建议书	42
6.5	有关抽样共用方案的ITU-R P.1546建议书	43
6.6	有关抽样共用方案的ITU-R P.1812建议书	43
附录A – 抽样计算		47
附录A的附件A1 – 有关抽样计算的ITU-R P.452建议书		47
附录A的附件A2 – 有关抽样计算的ITU-R P.528建议书		51
附录A的附件A3 – 有关抽样计算的ITU-R P.533建议书		53
附录A的附件A4 – 有关抽样计算的ITU-R P.620建议书		55
附录A的附件A5 – 有关抽样计算的ITU-R P.1546建议书		57
附录A的附件A6 – 有关抽样计算的ITU-R P.1812建议书		61
附录B – 参考		63

第 1 章

引言

1.1 背景

为改进无线电通信系统，ITU-R第3研究组负责开展有关无线电波在电离和非电离媒介中的传播以及无线电噪声特性的研究。第3研究组包括四个涉及无线电波传播特定问题的工作组。截至2011年8月，在ITU-R P系列大类中，共产生了86份技术建议书和8份技术报告。其中，一些文件提供了具体的测试数据，一些文件提供了特定传播现象模型，还有一些文件提供了传播预测方法，即，结合不同模型，用以评估某一传输路径上总传播损耗的步骤和程序。

为帮助设计、部署和运营最先进的无线电通信系统，需要掌握准确的传播信息。此外，对研究某个无线电通信系统对其它无线电通信系统的影响或干扰的ITU-R各研究组来说，获得准确的传播信息至关重要。第3研究组经常收到要求澄清传播方法的联络声明，如：

- 如何确定ITU-R P系列建议书中哪一种传播预测方法最适用于干扰分析和共用研究；以及
- 在干扰分析和共用研究的过程中，如何使用ITU-R系列建议书中的每一种传播预测方法。

为帮助其它研究组和工作组开展工作，本《手册》就这些问题提供了一般性指导原则。

1.2 目的

希望将本《手册》与ITU-R P系列建议书一起使用，以帮助开展干扰分析并应用经选择的无线电通信业务系统的预测方法。本《手册》使用与ITU-R P系列建议书相同的术语和概念，说明了ITU-R P系列传播预测方法的显著特征。本《手册》中还含有如何将这些方法应用于具体干扰分析情况的实例。

1.3 编排

本《手册》第1章为简介资料，随后，第2章将介绍无线电干扰的概念以及为本《手册》选择的ITU-R P系列建议书的传播机制的背景、补充信息和简要描述。第3章介绍了相关的传播术语以及如何选择这些建议之一开展干扰分析。第4章将讨论干扰分析所依赖的方法和机制。第5章将继续讨论具体的细节，包括输入信号、涉及的传播机制以及每份建议书的方法产生的输出结果。第6章将提出典型的共用情形，本《手册》后附的附件将说明典型计算方法，对典型共用情形的干扰分析。

第 2 章

干扰的基本原理

2.1 无线电干扰简介

当无用的无线电信号以足够的电平进入接收天线，引起有用无线电信号接收质量下降或损害时，便造成了干扰。每个无用信号的功率取决于无用无线电波到达天线时的强度以及天线在到达方向的增益。

在接收机的输入端，需考虑三种功率电平：有用信号、所有干扰信号之和以及无线电噪声。某个既定的性能水平（在数字系统中通常以比特误码率表示），要求在解调器端的有用信号功率与噪声和所有干扰功率之和之间的比率达到最小。在实践中，通常是在接收系统的一个可访问的参考点标明这一比率，同时顾及相关的噪声数字和增益。人们习惯将这一比率写为 $C/(N + \Sigma I)$ ，其中 C 代表有用信号功率， N 代表噪声功率， ΣI 代表干扰功率之和。

功率比 $C/(N + \Sigma I)$ 通常以分贝（dB）加以表示，表达式为 $10\log_{10}$ （功率比）。所有分贝的使用均应能够追溯至两个功率比。譬如，当以分贝表示相当于1W的功率电平时，写为dBW，计算方式实际上是 $10\log_{10}(W/1)$ ，其中 W 是以瓦特表示的实际功率，1是1 W的参考值。

上述功率比中的 C 、 N 和 ΣI 符号代表功率，通常以分贝加以表示，如dBW。如果将 $C/(N + \Sigma I)$ 看作一个数学表达式，就会产生异常，因为如此一来，这三个符号便应成为功率的线性单位。人们习惯于将 $C/(N + \Sigma I)$ 和类似的表达式看成是各自代表一个数量。

使用对数标尺表示功率比十分便利，因为它是不同信号的相对强度，在干扰计算过程中十分重要，而多数影响到信号功率的因素都是相乘的关系。这样有助于通过将以dB表达的相关数量相加，从而得出某个无线电系统的链路设计的常见做法。同样的原则还可扩展至干扰评估。

图2.1显示 N 和一个干扰 I 相加，得出 $(N + I)$ 。两个标尺均以dBW表示功率电平，其数值是接收机的典型状况。水平标尺给出了单一的干扰信号 I 的功率，它被假定是一个变量，如对角线（红色）所示。噪声功率 N 被假定保持为一个常数，如水平线（黑色）所示。

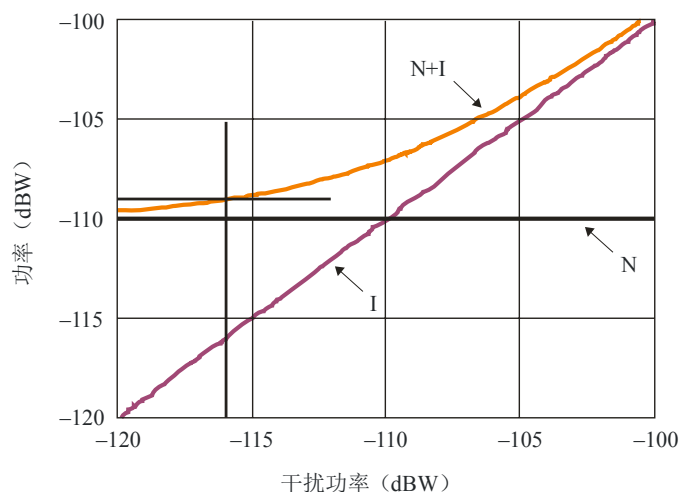
多个干扰信号通常是功率之和，即，将线性功率相加（如表示为瓦特）。当以分贝形式表示输入功率时，需要将功率转换为线性单位，相加，然后再转换为分贝。这样，图2.1中 N 和 I 之和由以下公式得出：

$$e(N + I) = 10\log(10^{0.1N} + 10^{0.1I}) \text{ dBW} \quad (2.1)$$

图2.1未显示有用信号 C 的功率。对于所要求的性能，它必须保持在大于 $(N + I)$ 的特定最小比率。

图 2.1

干扰和噪声功率的组合



PPM. 02.1

由于分贝标度的原因，（红色）的画线($N + I$)呈现为曲线。在图的左侧， N 高出 I 10dB，($N + I$)仅高出 N 0.4dB， I 的值越低，就越接近 N 。在图形的右侧，存在着类似的情况，其中($N + I$)逐渐靠近 I 值。在图的中央， N 等于 I ，总和噪声加干扰较 N 或 I 高出3个dB。

无线电系统可被设计为受限于噪声或干扰制的形式。在图2中， $I = -116$ dBW的细交叉线（黑色）处，干扰 I 低于噪声 N 6dB，这样，使($N + I$)高出 N 近1dB。这表示一种噪声受限标准，因为($N + I$)的大部分是由噪声组成的。可将这一示例描述为拥有1dB的干扰冗余，或-6 dB的干噪比(N/I)。

在超过VHF的系统中，与天空和人为的外部噪声源不同，一般情况下，总噪声 N 主要是电路噪声。后面的章节将对这些噪声源的示例作出更多的详细说明。因此，在UHF和UHF以上的频段，总噪声是相当稳定的，噪声受限系统的规划相对来说是简单的。

如图2.1右侧所示，在干扰受限的条件下进行操作，无线电系统具有更高的频谱效率。通常，干扰电平比噪声电平变化更大，然而，这相应地会使干扰受限的系统更难于规划。

第3研究组的建议书旨在提供对信号功率电平的预测，包括表明其变化形态的统计数据，这对于共用研究十分重要。下面的各小节描述了无线电信号传递功率所使用的参数，以及各种信号电平相应的传播机制。

2.2 无线电参数

通常使用两个参数表示传播中的无线电波、电磁场强度和功率通量密度的绝对强度。这些基本上是等同的，其关系可简单表达为

$$E = S + 145.8 \quad (2.2)$$

其中， E 为相对于 $1 \mu\text{V/m}$ 的电磁场强度（dB表示），写为 $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ ， S 为相对于1瓦特平方米的功率通量密度（以dB表示），写为 $\text{dB}(\text{W/m}^2)$ 。

无线电波的绝对强度取决于发射天线所辐射的功率、在传播方向的增益以及传播损耗。可将传播方向的辐射功率和天线增益作为一个参数，即等效全向辐射功率（e.i.r.p） P ，表示为

$$P = P_t + G_i \text{ dBW} \quad (2.3)$$

其中， P_t 为天线的辐射总功率（以dBW表示）， G_i 为相关方向相对于全向天线的天线增益（以dB表示），写为dBi。

或者，也可通过计算因无线电路径导致的传播损耗间接计算信号电平。ITU-R P.341建议书定义了基本的传输损耗以及若干其它损耗的定义。简单地说，基本传输损耗 L_b 为全向天线之间的损耗（以dB表示）。在链路设计中，基本传输损耗被用于计算接收机内相应的信号强度。

2.3 传播的可变性

即便是固定天线之间的传播，无线电信号的强度一般也会发生变化。一半时间内实现或超出的强度为信号电平的中值。各种机制可造成低于或高于信号强度中值的衰减或增强。可变统计数据通常表示为一个普通年度的百分比，或表示为“最差月份”，这是ITU-R P.581建议书中使用的一个概念。

应指出的是，不同的建议书使用符号 $p\%$ 表示超出了某一给定衰退或损耗值的时间百分比，或超出某一给定的增强或未超出损耗的时间百分比。同时也要顾及 $p\%$ 时间的使用场合，以及它是否仅针对年度或最差月份时间的具体情形。

ITU-R SM.1448建议书第1.3段说明了有关无用信号可变性的一些基本概念。对于超出20%的无用信号强度以及0.001%至1.0%的时间范围，一般会针对“长期”和“短期”的状况采用相应的标准。

2.4 协调距离和协调区

协调距离的原则是，来自距离更远的电台产生的有害干扰的概率被认为是可以忽略的。

协调距离的计算涉及特别的考虑。对于任一P系列建议书，路径长度通常是用来计算场强或传播损耗的一项输入数据。计算协调距离，可通过定义无用信号的最小允许损耗（或也可能是最大允许场强），然后针对不同距离重复该传播模型，直到所需的条件达到可以接收的准确度为止。这就要求传播模型产生一个结果，该结果仅因路径长度而变化。为此，须针对路径做出假定，而不是进行详细的路径形态分析。所做的假定应倾向于高估无用信号强度，以增加协调距离是一个安全数值的概率。

协调区是协调距离内的区域，ITU-R SM.1448建议书特别说明了为开展地球站的国际协调而建立协调区的方法。ITU-R SM.1448建议书的传播要素取自ITU-R P.620建议书。

ITU-R SM.1448和ITU-R P.620建议书均提及了传播模型(1)和(2)，尽管可推导出两种模式，但并未对这两种模式做出说明。ITU-R SM.1413-2建议书第5.24段中的无线电通信数据词典对模式(1)作了描述。模式(1)指通过分析发射和接收天线之间的大圆形态可以考虑的模式，而(2)指的是需要审查大圆外条件的机制。基本上，模式(2)涉及降水散射，这种散射可导致天线波束之间的耦合（在某些情况下包括旁瓣之间的耦合），并可导致增加无用信号电平。模式(1)包括所有其它机制。

2.5 传播机制

由第3研究组负责维护的P系列建议书提供了频率共用和协调研究中有关预测接收到的信号电平（包括有用或无用信号电平）的变化强度和统计数据的方法。在这些方法中，多数使用各种传播机制得出基本传播损耗。在一种情况下，还需要将结果表示为传输损耗。这两种基本传输损耗定义之间的区别见ITU-R P.341建议书。

本小节总结了P系列建议书中所述的传播机制特性。

- a) **传输自由空间损耗。**有时亦被称为“扩散损耗”，指的是伴随着扩张，功率通量密度在整个波前的扩散。“自由空间损耗”一语应限于无线电波在三维同质媒介中扩张的情况。在对流层的传输可产生类似的效果。P系列建议书酌情考虑了扩散损耗。
- b) **大气衰减。**在较高的频率上，大气引起的衰减在地面和地对空路径上可能会十分严重。在海平面的平均气候状况下，在约6 GHz，特定衰减为0.01 dB/km，在约20 GHz，特定衰减为0.1 dB/km。ITU-R P.676建议书给出了计算大气衰减的具体方法。引起大气衰减的原因是氧气和水蒸气。大气中的氧含量是稳定的，但水蒸气含量却是可变的。在约22 GHz以及70 GHz以上的频段，在达到衰减峰值时，水蒸气含量的变化尤为显著。ITU-R P.836建议书给出了水蒸气含量的统计数据。
- c) **衍射。**衰减是因为无线电波受到阻碍造成的。具体而言，衰减是因为山峰以及地球的曲度造成了地形阻隔。地形衍射主要发生在地面路径，但在低高度角的地对空路径，地形衍射会变得十分显著。对于一个稳定的障碍几何体，在给定频率上，衍射损耗保持一个常量。然而，因高度而产生的大气折射的变化可类似于有效地球半径的改变，衍射损耗也会随之发生变化。与尽管正常但变化多端的大气条件相关的这类变化，可导致地形衍射损耗的变化，超出的时间百分比约在10%至90%的范围，即是说，既包括信号强度增强，也包括信号强度衰减。该机制与超出不到10%时间的更为极端的可变性无关。
- d) **大气折射结构。**大气折射的某些结构可造成融合或分离，有时也被称为聚焦和散焦。这些效应可给地面和地对空路径两者造成时慢时快的增强和衰减，尤其是对流层中较长的路径。快速的变化被称为闪烁，由于相位的不一致，整个天线孔径折射的不规则还可降低有效增益，这种效应被称为孔径一介质耦合。
- e) **波导和气流层反射。**以气流层形式出现的偏离正常大气结构可使信号强度产生更为极端的变化。尤其是，陷入一个大气波导中的无线电波在传播时可产生较少的自由空间损耗。当通过波导的传播有效绕过地形衍射损耗时，便可产生很大的增强。依据天线和气流层或波导的相对高度，这类大气结构还可产生深衰减，在发生这种情况时，衰减是固定的，即不具有频率选择性。

一般而言，波导或气流层与降水或风力状况并不一致。这些机制在全球发生率在3%至50%之间变化。对于距离在数公里以内的较短路径，它们的影响较小，但对于10公里以上的路径，它们便可产生较大的影响，尤其是会造成干扰信号的大幅增强。因此，对于涉及10公里以上路径的共用研究，它们是重要的研究内容。

在海面或大型水体的表面存在着不同的状况。由于水面上水气的蒸发，在所有时间或至少大部分时间内，水面上均存在着波导。风力状况和波浪等级可打破此类波导，足以防止它们对传播产生较大的影响。但在风平浪静的条件下，影响可能会很大。在较低的VHF频率，信号频率也可能会低于水面波导所形成的波导临界频率。但是，在较高的频率，通常传播表面波导存在的时间达到一半以上，在某些位置，在大部分时间都存在。如地面障碍物之上存在着波导，其效应取决于天线和波导高度的相对几何形状，从而影响信号耦入和耦出波导。

波导和气流层反射会影响接近水平的路径，因而主要是一个地面路径传播的问题。

- f) **对流层散射。**更进一步的效应是因大气的异质性而造成无线电波散射。在存在较强信号的情况下（如产生较少衍射损耗的视距路径或跨地平线路径），对流层散射通常并不严重。最常见的效应是为可能会形成一个较深的衍射阴影区提供了填充物。因而，对流层散射可对在其他情况下衍射损耗针对无用信号提供的保护造成限制。
- g) **电离层效应。**在较低的VHF频率，存在着各种电离层机制，包括导致在地面路径上信号增强的偶发性电离层反射。在一个较长的时期，这些效应通常不会频繁出现，但会因区域和季节而变化。电离层效应对约1 GHz以下的地对空路径非常重要，包括线性极化旋转和电离层闪烁，以及聚焦和散焦。
- h) **降水。**降雨和雪水会造成地面和地对空路径两方面的信号衰减。就共用研究而言，衰减主要涉及有用信号，在计算衰减冗余时，必须考虑到降水衰减，使衰减中断不超过允许的时间百分比。在极化鉴别度形成无线电系统分隔的一部分时，降水引发的非极化也非常显著。
- 由于散射，降水也可造成天线束之间的耦合，即模式(2)机制，从而对地面站和视距链路之间的协调造成特别的影响。
- i) **多径传播。**由于大气的异质性、地面反射以及建筑物等物体造成的反射，可能会存在同步多个传播路径。相关信号电平的变化具有频率选择性。因小规模异质性，大气多径可十分迅速，此时被称为闪烁。在低坡度的地面视距路径上，尤其可能会发生速度较慢的多径可变性。地面反射多径可能具有很好的时间稳定性（尽管很少是常态的），而且主要依天线高度的不同而出现变化。来自建筑物的反射可产生多个射线。在城市环境中，交通流等运动造成时间可变性，同时也会出现空间可变性。所有因多径传播造成的信号强度可变性均显示出分布较广的少量增强和分布较窄的深度衰减，“宽”和“窄”这两个词语用于所有时间、空间和频率可变性。
- j) **阴影遮蔽。**位于诸如城市或林地等杂乱环境以及在杂波高度以下的终端，将在相当于杂乱物体宽度的距离上经历特殊的信号强度可变性。

就上述i)和j)而言，通过现有的一般大气和对流层数据，预测多径分布上某个点的信号强度是不切实际的。一个模型主要部分的目的是预测多径分布的中值。适当情况下，一种方法将从统计的角度预测阴影遮蔽分布上的位置，并以此作为对多径分布中值的修正。

第 3 章

ITU-R P系列建议书传播效应和方法简要指南

3.1 引言

技术分析采用的适用于射频（RF）传播模型和预测方法的选择，取决于具体传播路径所需的不同传播效应。ITU-R P系列建议书制定的模型和预测方法广泛涉及这类效应。本章节提供了主要适用于共用研究和干扰分析的模型和方法的简要指南。

信号功率是测量移动无线电信号所受影响的最基本方法。ITU-R P系列建议书制定的传播机制主要体现了可能增减无线电信号损耗的效应，从而说明了一系统对另一系统造成无线电干扰的可能性。可能增加干扰的传播机制包括反射/折射、多径、大气波导、电离层效应和雨散射。可减少无线电系统间干扰的传播机制包括衍射和各种衰减效应。

鉴于传播模型可计算单一传播机制沿无线电路径的影响，ITU-R P系列建议书预测方式则考虑到多种传播机制，以便能够在无线电信号穿越传播环境时计算无线电信号损耗。本手册谈及的ITU-R系列建议书的传播方法，提供了用于各预测方法的路径机制损伤背景、系统性能目标、系统配置细节和被认为适用于利用该模型进行路径预测或干扰分析的附加信息。应尽可能通过测试第3研究组数据库中经测量的数据对预测方法做出评估，并将其结果用于说明测试方法的准确性和经测试数据的可变性。

P系列建议书包括可用于两种辅助类型分析的模型和方法。链路或路径设计所用的模型和方法，被用于无线电业务系统规划和发射机及相关接受机之间信号传播损耗的评估。链路或路径干扰或预测模型/方法，被用于两个或多个系统或业务之间或之中的无线电干扰评估。

传播模型通常用于为具体传播机制确定最坏情况。系统设计模式以高衰减情况为重点。干扰分析随涉及多种传播机制的条件变化而不同。干扰分析中的条件变化，可形成干扰预测模型中的统计数据描述。因此，干扰模型主要研究低衰减情况。

3.2 传播术语

国际电联成立的词汇协调委员（CCV），负责满足国际电联巨大的词汇需求。CCV在以下网址保留和更新术语和定义在线数据库：

<http://www.itu.int/ITU-R/go/terminology-database>

这是为国际电联建议书所有术语寻找定义的首选方法。

部分V系列建议书依然有效。表3.2-1列出了大多数与本手册相关的建议书。这些建议书具有ITU-R的标识，但目前它们由CCV管理。

表3.2-1

V系列建议书提供的传播术语

ITU-R建议书	议题	标题	目的
V.573	无线电通信	无线电通信词汇	与无线电波传播相关的一般性术语
V.662	一般性传播	术语和定义	与无线电波传播相关的一般性术语

表3.2-2

P系列建议书提供的传播术语

ITU-R建议书	议题	标题	目的
P.310	一般性传播	有关非电离媒介传播的术语定义	有关无线电波、无线电波传播的地面效应和无线电波传播的对流层效应有关的一般性术语
P.313	一般性传播	见电子版	描述与无线电链路相关的各种损耗的术语和注释

3.3 适用于干扰分析的ITU-R P系列建议书的RF传播预测方法指南

以下表3.3-1列出了ITU-R P系列建议书选出的传播预测方法指南。适用于所示方法的因素包括路径特性、系统RF和操作/位置参数、时间统计数据标准和模型输入数据要求。表3.3-1是ITU-R P 1144-4建议书使用无线电通信第3研究组传播方式的指南的修订版表格。

表3.3-1提出的各种传播预测方法的详细情况，见ITU-R P系列建议书。需指出的是，所有建议书都需要审议或可能被取代，因此应采用最新版本的现行建议书。

入选的建议书包括：

- a) ITU-R P.452 – 评估大约0.1 GHz频率上地球表面电台之间的微波干扰的预测程序。
- b) ITU-R P.528 – 使用VHF、UHF和SHF频段的航空移动和无线电导航业务的传播曲线。
- c) ITU-R P.533 – 预测高频电路性能的方法。
- d) ITU-R P.619 – 评估空间和地球表面电台之间干扰所需的传播数据。
- e) ITU-R P.620 – 评估100 MHz-105 GHz频率范围内协调距离所需的传播数据。
- f) ITU-R P.1546 – 30 MHz-3 000 MHz频率范围内地面业务点到区预测方法。
- g) ITU-R P.1812 – VHF和UHF波段中有关点对面地面业务的一种路径特定的传播预测方法。

上述建议书入选是因为它们涉及适用于所有共用情况或干扰分析的传播机制和频段的最完整子集。

表3.3-1
入选的ITU-R P系列建议书提出的无线电波传播预测方法
(ITU-R P.1144-6建议书修订版表格)

方法	应用	类型	输出	频率	距离	时间比	位置比	终端高度	原则输入数据
ITU-R P.452 建议书	采用地表电台的业务；干扰	点到点	路径损耗	100 MHz至50 GHz	未说明，但高达并超过无线电地平线	0.001至50平均年和最坏月份	不适用	未说明限值，位于大气表层，（不适用于航空应用）	路径剖面数据 频率 时间比 Tx天线高度 Rx天线高度 Tx的经纬度 Rx的经纬度 气象数据
ITU-R P.528 建议书	评估可能在航空业务中遇到的基本传输损耗	点到区	路径损耗	125 MHz至15.5 GHz	0至1800 km（对于航空应用而言，0 km地平线距离不意味着0 km路径长度）	1至95	不适用	H1: 1.5 m至20 km H2: 1至20 km	距离 Tx高度 频率Rx高度 时间比
ITU-R P.533 建议书	预测天波传播的性能特性的方法	点到点	基本MUF天波场强 现有接收机功率 信噪比 LUF 电路可靠性	2-30 MHz	长达40 000 km	所有百分比	不适用	不适用	Tx经纬度 Rx经纬度 太阳黑子数量 月份 一天内时段 频率 Tx功率 Tx天线类型 Rx天线类型

方法	应用	类型	输出	频率	距离	时间比	位置比	终端高度	原理输入数据
ITU-R P.619 建议书	空间和地面电台 之间干扰的评估	点到点	干扰功率电平	100 MHz至 30 GHz	未说明	未说明	不适用	不适用	路径剖面数据 频率 时间比 Tx天线高度 Rx天线高度 Tx的经纬度 Rx的经纬度 气象数据
ITU-R P.620 建议书	地球站频率协调	协调距离	实现必要传播损 耗的距离	100 MHz至 105 GHz	长达1 200 km	0.001至50	不适用	未说明大气表面对 域内的限值，（不 适用于航空应用）	最小传输损耗 频率 时间比 地球站仰角 原理天线波速 3dB波速
ITU-R P.1546 建议书	地面业务 沿地面路径、海 上路径和混合地 /海上路径的对 流层无线电路	点到区	场强	30至 3 00 MHz	1至1 000 km	1至50	1至99	Tx/base: 从低于 0 m至3 000 m的有 效高度 Rx/mobile:>1 m	地面高度和地面覆盖（可选） 路径分类 距离 Tx天线高度 频率 时间比 Rx天线高度 地面间隙角位置比 折射率梯度
ITU-R P.1812 建议书	地面业务	点到点 点到区	场强	30 MHz至 3 GHz	未说明，但 长达和超过 无线电地平 线	1至50	1至99	未说明大气表层的 限值，（不适用于 航空应用）	路径剖面数据 频率 时间比 Tx天线高度 Rx天线高度 Tx的经纬度 Rx的经纬度 气象数据

注1－表1列出的每个ITU-R建议书都有相关的信息栏指示：

应用：建议书涉及的服务及应用。

类型：建议书使用的情况，例如点到点、点到区、视距内等。

输出：按路径损耗等根据建议书提出的方法得出的输出参数值。

频率：建议书使用的频率范围。

距离：建议书使用的距离范围。

时间比：建议书使用的时间百分比值或值的范围；时间比为在以平均年当中预测信号被突破的时间比。

位置比：建议书使用的位置比范围；位置比是位于边长100至200 m的正方形当中的位置的预测信号被突破的百分比。

终端高度：建议书中使用的终端天线高度范围。

输入数据：建议书的方法采用的参数列表；列表按参数的重要性排序，而且在某些情况下，可能使用默认值。

3.4 ITU-R P系列建议书特有的RF传播现象

P系列建议书包括无数用于具体传播效应的模型。其中的部分模型被纳入上述传播预测方法。其它为独立模型，可用于具体传播现象的评估。第3研究组根据与传播测量进行对比等新的认识，定期对所有模型进行认证和更新。最新版本的P系列建议书见国际电联网站。

3.4.1 ITU-R P系列建议书特有的传播效应

表3.4-1通过列出各频段的应用，对不同频段的传播效应做了总结。

表3.4-2对某些P系列建议书做了简要归纳，其中包括涉及具体传播特性或影响无线电波机制的建议书。相关研究组可利用这些表格获取进一步信息，并对手册论述的主要传播机制或对其机制特有的建模情境进行具体计算。

表3.4-1
不同频段的传播效应

频段	大气影响	地面影响	应用	评论
ELF <3 kHz	波导和空腔传播，电离层为上界	地球构成波导的下界，电波深入地球或海洋传播	与水下、矿山、地下遥感等的长距离通信	极大型天线，极低数据速率
VLF 3-30 kHz	波导传播，以D区域为上界	地球形成下界	全球与船舶的电报服务、固定长距离服务、导航辅助、时间标准	极大型天线，低数据速率
LF 30-300 kHz	D区域以下电波高达100 kHz，在超出100 kHz时天波与地波不同	地波跟随地球	与船舶和中距离导航系统的长距离通信	大型天线，难以定向
MF 300-3 000 kHz	较长距离和较高频率的天波	较短距离和较低频率的表面电波，地面反射	广播、导航系统、其它移动和固定业务	大型但高效的天线，白天服务区约100 km，夜间的服务距离可能长得多
HF 3-30 MHz	超过跳跃距离的电离层（6-30 MHz）	仅短距离（3-6 MHz）的表面电波、反射、散射	固定点到点、地面、水上和航空移动和长距离广播	帘形天线阵、垂直鞭状天线，对数周期阵列
VHF 30-300 MHz	分散E层对流层电波造成干扰	具有衍射的LOS和BLOS，反射引起的多径效应	广播、地面、航空和水上移动、无绳电话、无线电导航	采用八木、隙缝螺旋天线
UHF 300-3 000 MHz	较低频率的折射和反射和较高频谱的导通约500 MHz的对流层散射	地面和对空LOS及轻度BLOS，受山丘和建筑屏蔽	电视广播、雷达、固定点到点、移动、MSS、BSS、FSS、蜂窝无线电、无绳电话	同时采用宽带和高增益天线

表3.4-1 (完)

频段	大气影响	地面影响	应用	评论
SHF 3-30 GHz	衍射和导通、降雨引起的衰减等，闪烁和导通可能引起干扰，多路径引起衰减、降雨、降雪、雾、云和气体吸收	地面和空对地LOS、建筑引起的衍射和屏蔽、建筑、地形、树木和海洋引起的散射和反射	固定地面和卫星业务、移动、未来MSS、雷达遥感	高增益抛物面天线和喇叭抛物面天线
MILLIMETRIC EHF 30-300 GHz	衍射指数梯度、降雨等造成衰减和散射、水汽和氧气吸收、闪烁	地面短距离LOS，受建筑和植被屏蔽	短距离固定和移动通信系统、卫星应用、遥感、雷达	小型抛物面天线
SUBMILLIMETR 300-3 000 GHz	局部化的衍射指数梯度、降雨等造成严重衰减、气体吸收、闪烁	极短距离LOS，受树木屏蔽	短距离通信、遥感	反射镜或透镜天线，缺少设备
INFRARED AND OPTICAL 3-430 THz和 430-860 THz	局部化的衍射指数梯度、降雨等造成非常严重衰减、气体吸收、闪烁	LOS，小型物体屏蔽	用于远红外短距和室内报警、烟雾探测、远程控制 and 用于近红外的光谱测量、光LOS链路	用于天线的反射镜和透镜

表3.4-2
针对具体传播效应的ITU-R P系列模型

ITU-R建议书	议题	标题	目的
P.525	自由空间传播	自由空间衰减的计算	用于基本自由空间传输的基本公式。这项计算通常用作其它第3研究组传播损耗计算的参考点
P.453	折射	无线电折射率公式和折射数据	用于计算折射指数和程序定义
P.834	折射	对流层折射对天线电波传播的影响	大气大规模衍射方法和计算
P.531	电离层效应	卫星业务和系统所需的电离层传播数据和预测方法	评估0.1-12 GHz地对空路径电离层效应的方法和计算
P.532	电离层效应	与人工修改电离层和无线电波频道相关的电离层效应和运作考虑	评估无线电信号和化学物质等其它现象对电离层影响的方法和计算
P.844	电离层效应	影响VHF和UHF频段（30 MHz-3 GHz）频率共用的电离层因素	规划VHF和UHF频段系统时需考虑的电离层信息
P.1239	电离层效应	ITU-R 参考电离层特性	电离层计算使用的一般性参考信息
P.676	大气气体	大气气体造成的衰减	说明大气气体对无线电波的影响并提供对大气气体的计算
P.833	杂散回波	植被造成的衰减	提供模型并说明各种植被对无线电波的影响
P.837	降水	用于传播建模的降水特性	进行衰减计算所用的气象数据图
P.838	降水	预测方法中使用的雨天衰减的具体模型	通信路径与衰减的计算方法
P.840	降水	云和雾产生的衰减	说明和计算因通信路径云雾所致衰减的方法
P.1815	降水	差分雨衰	卫星路径差分雨衰的计算方法

3.5 ITU-R P系列建议书的RF传播路径要求

由于支持多类型服务，无线电波需穿越很多不同的传播环境。虽然第3.6.1款涉及的具体无线电波传播机制是干扰建模的主要参数，但必须了解依据具体链路使用哪条传播路径，从而采用顾及所有相关传播效应的适用模型。表3.6-1简要归纳的ITU-R P系列建议书，详细说明了某些无线电通信业务所用传播路径进行分析的传播考虑和必要数据。相关方可利用该表获得更多有关手册论述的所有路径专有传播特性或其它路径专用建模情境的信息和具体计算。

表3.5-1
用于具体业务分析的推荐的传播数据要求

方法	路径类型	标题	目的
ITU-R P.679	空对地	广播卫星系统设计所需的传播数据	在设计或分析卫星广播系统时必须考虑的传播问题
ITU-R P.680	地对空	地对空水上移动通信系统设计所需的传播数据	在设计或分析水上移动通信系统时必须考虑的传播问题
ITU-R P.681	地对空	地对空陆地移动通信系统设计所需的传播数据	在设计或分析地对空移动通信系统时必须考虑的传播问题
ITU-R P.682	地对空	地对空航空移动通信系统设计所需的传播数据	在设计或分析地对空航空移动通信系统时必须考虑的传播问题
ITU-R P.530	视距内	设计地面视距内系统所需的传播数据和预测方法	在设计或分析视距内系统时的传播考虑和计算
ITU-R P.1407	多路径	多径传播及其特性的参数化	在设计或分析多径电信系统时必须考虑的传播问题

通信路径也可能涉及多条从始发电台至既定接受机的链路。这些链路可能同时包括地面和地对空卫星通信接力段，并可能以多种形式出现，包括多发射机电台、地面中继器、地面放大器甚至地面路径间的卫星链路。一台移动装置和另一台移动装置之间的通信，便是这种多接力段传输的例子。由于距离或其它因素，发射移动装置可能无法与既定的接收移动装置直接通信，而必须通过中间的无线电塔台或多个中间无线电塔台进行通信。无线电塔台可能需在设定的接收机能够进行通信前，向另一无线电通信塔台进行发射。如果接收通信装置与发射装置相距甚远，通信链路还可能包括卫星路径。

表3.5-1论述了可能影响到无线电波路径中因地面环境和物理障碍物引起的反射、折射、自由空间损耗和衍射等影响地面路径的传播效应。大气气体吸收也能对地面路径造成传播效应。图3.5-1对各种传播路径和适用于各路径的传播机制做了说明。这些说明有助于确定可用于具体干扰共用情境的适用传播建模情境。

地对空和空对地路径穿越地球大气层。许多传播效应会对无线电链路造成影响。如果周围地区无法摆脱障碍物，始发于地球站的信号可能遇到衍射。上传的信号可能会因为大气气体、云或水汽凝结体而出现衰减。在信号通过电离层传播时，它可能遇到闪烁、进一步的信号衰减和法拉第旋转效应引起的信号极化。来自空间的信号可能会遇到大气层和电离层衰减，并在信号接近地表时遇到衍射和地面效应。图3.5-2讲述了无线电波的空对地路径和可能对沿路径传播的无线电信号产生影响的传播效应。

图3.5-1

沿地面路径的传播机制效应

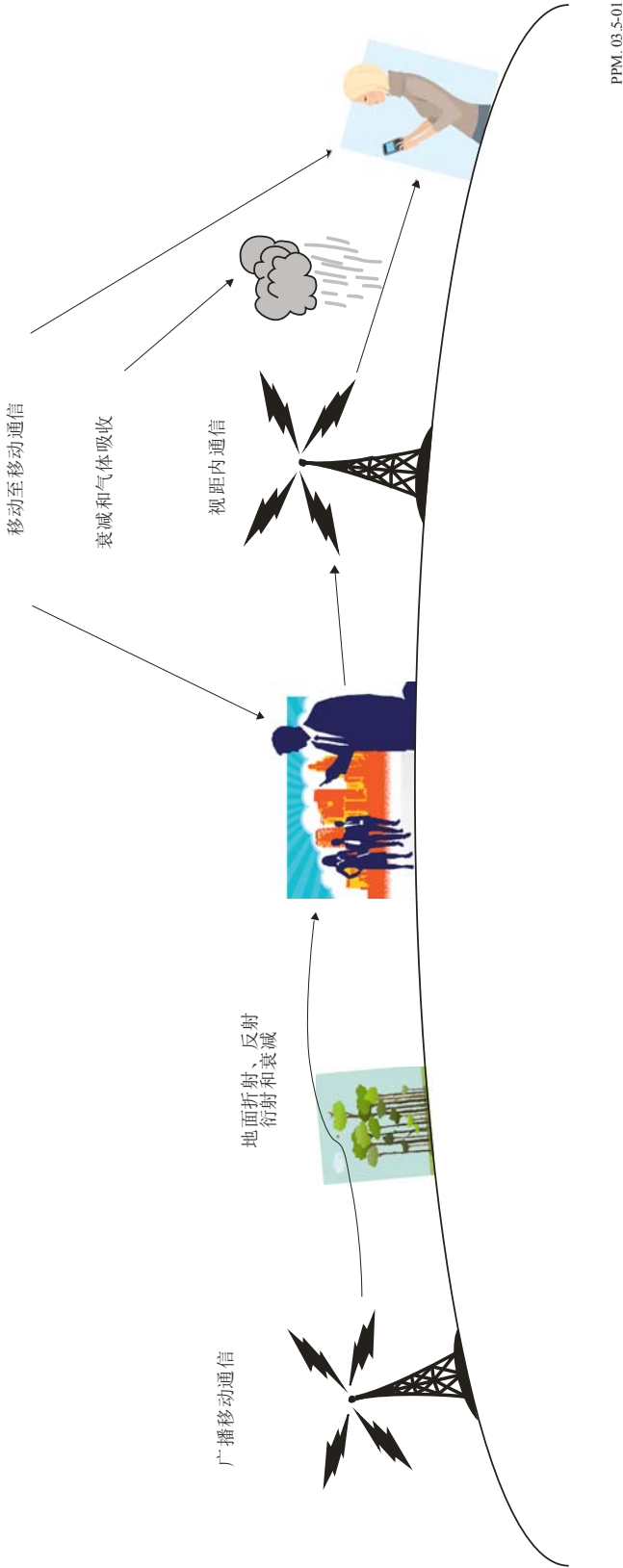
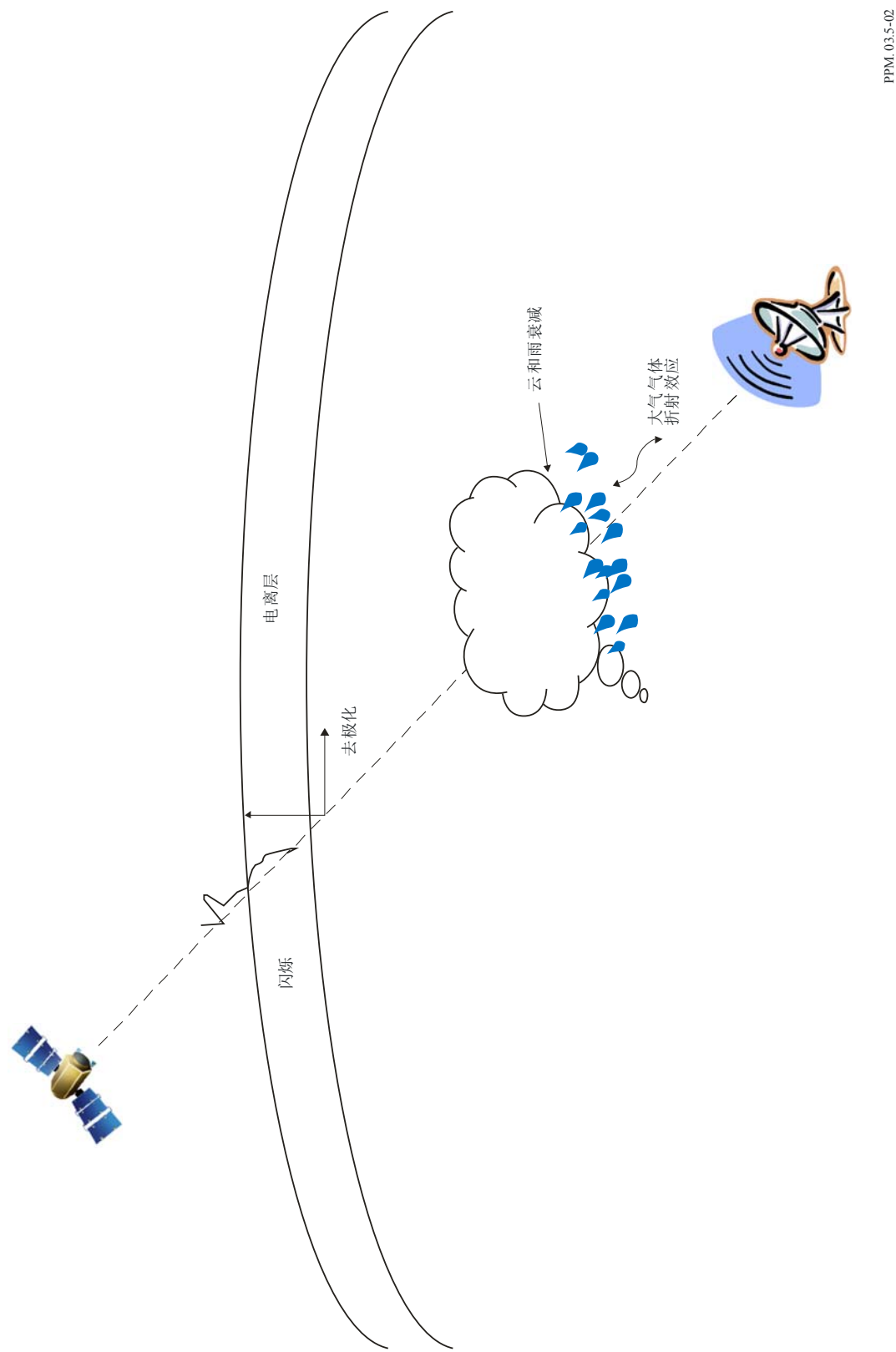


图3.5-2

沿空对地或地对空路径的传播机制效应



第 4 章

无线电波传播的现象

4.1 引言

本章阐述了包括环境属性在内的无线电波传播的基本特性，同时还阐述了使用ITU-R P系列建议书中的模式和方法进行干扰分析时所采用的传播术语。

4.2 无线电传播的统计特性

许多现象都会对无线电信号的传播产生影响。即使对有用无线电系统的单一固定链路而言，所有可能会对其产生影响的现象也很难控制并全面了解。对信号强度的观测将随着时间而变化。总体而言，此类变化将拥有两种时间坐标：第一种是每个小时均产生变化，而第二种为瞬时的时间坐标变化。这种时间坐标由周围环境所产生的散射所造成的时间差来决定，这种通常会产生叠加或抵销的现象被称为多径现象。后一种变化超出了本手册的讨论范围。与之相反，假设对信号强度的小时中值进行了测量，并以此推测出多径变化的平均值，那么在（例如）几年的测量时间内，我们将能够得出这些小时中值变化的特性。尽管这些小时中值的变化均有确定的原因，但总体而言，无论是我们的观察还是P系列建议书中的模型和方法，均无法对这些现象做出解释。特别是，这些模型无法对小时中值变化的时间序列做出可靠的预测。因此，我们所采取的方式能够确定这些小时总值的长期特性，且在特定时间段内其数值会超过小时中值的信号强度，即与我们（假设）随机变量中的积分函数相同。声明指出：“在10%的时间内，此路径上的信号强度超过了规定的41 dB($\mu\text{V/m}$)”。这一结论来自我们使用的时间变化模型。

在ITU-R P.452、ITU-R P.1546和ITU-R P.1812建议书中，用户将发现时间的变化取决于距离和无线电气候，特别是在其与大型水域靠近的情况下。第二种相关性不会令人感到惊奇，因为大气的变化特别是大气衍射指数及其变化速率是造成时间变化的主要原因也是我们关注的重点。与距离之间的相关性也不会令人感到奇怪，因为我们都知道在不同的距离范围内主导对流层传播将取决于不同的机制，因此这必将导致产生不同的积分函数。

如果我们接下来讨论相同情况下不同路径的长期测量问题，即使用相同的系统参数，在相同的区域和环境参数下尽可能的以相同模式选择路径，那么我们会发现长期时间变化的统计数据将随着路径而发生变化（即积分函数）长期时间变化统计数据中的路径间变化被称作位置变化。造成位置变化的可能原因之一是，尽管从统计学的角度来看路径的特征并无区别但实际上的细微差别将改变其长期时间变量。因此，这会产生积分函数且人们将得出如下结论：“在此情况下，至少在10%以上的时间，将在30%以上的路径出现信号强度超过41 dB($\mu\text{V/m}$)的情况。”

在仅考虑单一确定路径建议书，例如ITU-R P.452建议书的情况下，补遗会讨论不同路径对位置变量进行的调整。但是，在ITU-R P.1546和ITU-R P.1812建议书中提到的点对面预测方法中，应当考虑不同的路径。因此，适宜对位置变量做出调整。位置变量不取决于距离和无线气候，但其与频率和具体环境相关。ITU-R P.1812建议书中，位置变量还与接收天线高度相关。

作为对下述讨论的铺垫，引入偏差的概念十分有益，我们希望计算出距离为 x ， $x, L_b(q_T, q_L, x)$ 的基本传输损耗数值。相关分布基本为正态分布，因此其简化了以标准正态偏差来表示的各个部分。补充正态分布将通过下式计算得出。

$$Q(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_z^{\infty} e^{-t^2/2} dt = q \quad (4.1)$$

且标准正态偏差， z ，将通过反函数得出：

$$z(q) = Q^{-1}(q) \quad (4.2)$$

如果场强值， E (dB)，为成正态分布的随即变量，且其平均（即等于其中值）值 E_0 即标准偏差 σ ，则其数值可通过下式计算得出：

$$E(q) = E_0 + \sigma \cdot z(q) \quad (4.3)$$

请注意偏差的正向（ $0 \leq q \leq 0.5$ ）与场强的上升值相对应，因此损耗将会下降。为得出基本传输损耗的双重数值， $L_b(q_T, q_L, x)$ ，我们将使用下述公式：

$$L_b(q_T, q_L, x) = L_b(0.5, 0.5, x) - Y_T(q_T) - Y_L(q_L) \quad (4.4)$$

式中的总中值， $L_b(0.5, 0.5, x) = L_{bu}(0.5)$ ，和偏差 Y_L 和 Y_T ，可以写作：

$$Y_L(q_L) = \sigma_L \cdot z(q_L) \quad (4.5a)$$

$$Y_T(q_T) = \sigma_{T+} \cdot z(q_T) \text{ for } z(q_T) \geq 0 \quad (4.5b)$$

且时间变量的“伪标准偏差”， σ_{T+} ，是距离 x 的函数。下文给出了计算时间变量“伪标准偏差”， σ_{T+} ，的方法，因为相关建议书中并未明确地给出相应的方法。

对涉及移动业务的某些干扰和/或共用研究而言，可能没有必要计算时间与位置变量的组合值。在这种情况下可用“和平方根近似法”对组合变量进行估测，为计算出时间变量 σ_{T+} 的“伪标准偏差”，应在场强[dB]分别为10%和50%时对其进行计算：

$$\sigma_{T+} = \frac{E(0.1, 0.5) - E(0.5, 0.5)}{1.282} \quad (4.6a)$$

或使用以dB为基本单位传送损耗的相应数量，

$$\sigma_{T+} = \frac{L_{bu}(0.5) - L_{bu}(0.1)}{1.282} \quad (4.6b)$$

如上所述时间变量的“伪标准偏差”与路径相关，则必须对各个感兴趣的距离分别作出评估。

时间和位置的组合标准偏差， σ_{tl} ，将使用时间变量， σ_{T+} ，和位置变量 σ_L 标准偏差的平方和的平方根来得到近似值：

$$\sigma_{tl} = \sqrt{\sigma_{T+}^2 + \sigma_L^2}. \quad (4.7)$$

业务和干扰的评估

在许多无线电通信业务中，为更加有效的利用业务划分的频段，我们经常会使用频率复用。此外，如果划分频段的频谱超出了支持单一信道操作所需的范围，那么给定发射机有用信号可能会在相邻频道发射机使用一些频率补偿。一个重要问题是，在此频段工作的多个发射机可能会产生同频或临频干扰。当该频段由不用业务共用时，可定会业务内的干扰，尽管这些业务之间并不存在干扰。

• 业务内的D/U

在考虑业务内干扰时，评估干扰影响的一种共用方法是有用和无用（即干扰）信号强度之比，这些信号使用相同或相邻的信道。尽管并非如此，但是同信道干扰产生的影响更大，并对业务内的频率复用产生限制，所以基本的要求是有用信号应当在各个时间段内均达到足够的强度，使人们能够做出可接受且十分充分的判断。例如在全向覆盖区的广播业务中，我们自然会想到将信号可用性扩展到各个不同的位置以及覆盖区的通话之中。

目前有两种理想的部署方案对业务规划造成了限制。如今，如果提供有用信号的发射机的信号功率很低且与其他设备隔离那么我们就可通过提高发射机的功率来扩大覆盖范围，同时确保其他系

统参数不变。此类业务中的噪声有限（在类似的情况下，对于一条已经明确规定的路径，提升发射机的功率将增加有用信号的可用时间。）对覆盖区规模的唯一限制将是发射机功率的实际限制。

但是，如果频率复用要求的发射机并非处于隔离的状态，而是与其他发射机在相同的频率上同时进行发射，且每个发射机均可以自由的提升其功率，那么很明显，提高发射机的功率是属于一种自欺欺人的行为。这是由于远端发射机产生的干扰将侵蚀其他发射机的覆盖范围，因此提高的发射机的功率将不会进一步增大这些覆盖区的规模。由设备提供的，充分或令人满意业务所需有用无用信号强度比（即在规定的的时间和位置上业务的可用性）决定了相关发射机覆盖区的范围。此种服务是一种受干扰限制的服务。对于受干扰限制的业务而言，一种有趣的结果是，在受干扰限制的覆盖区的边界处提供更好的受噪声限制的有用信号强度，将不会带来更多的益处。

为证明传播模型能够寻找干扰受限业务中给定发射机的“无干扰”范围，我们首先就所需的可靠性给出了声明。我们首先假设有用与无用信号强度之比 R ，其至少在 $q_T \times 100\%$ 的时间内超出了数值 R_0 。接下来，我们假设在 $q_L \times 100\%$ 的位置上这一时间数值必须超过数值 R_0 。如果我们从有用信号的用户角度来看，那么充分或令人满意的服务意味着 $q_T, q_L \geq 0.5$ 。那么，上述内容的定量结果为：

$$R(x) = R(0.5, 0.5, x) + Y_{TR}(q_T) + Y_{LR}(q_L) \geq R \quad (4.8)$$

式中 x 为与有用发射机之间的距离且其偏差使用下述公式来计算：

$$Y_{TR}(q_T) = R(q_T, q_L, x) - R(0.5, q_L, x) \quad (4.9a)$$

$$Y_{LR}(q_L) = R(0.5, q_L, x) - R(0.5, 0.5, x) \quad (4.9b)$$

式中的比例 R 以 dB 为单位，涉及两个独立随机变量之差，即在位置 x 处针对有用发射机产生有用信号的强度以及在位置 x' 针对有用发射机的无用信号强度。（例如， $x' = s - x$ ，其中 x 是有用与无用发射机之间的间隔距离。）在忽略不同发射机功率所产生的常数以及发射和接收天线增益的情况下，则总中值为：

$$R(0.5, 0.5, x) \approx L_{bU}(0.5, 0.5, x') - L_{bD}(0.5, 0.5, x) \quad (4.10)$$

同时我们可以提供伪卷积计算出的相应偏差：

$$Y_{TR}(q_T) = -[Y_{TD}^2(q_T) + Y_{TU}^2(1 - q_T)]^{\frac{1}{2}} \quad (4.11a)$$

$$Y_{LR}(q_L) = -[Y_{LD}^2(q_L) + Y_{LU}^2(1-q_L)]^{\frac{1}{2}} \quad (4.11b)$$

式中的下脚注 D 和 U 是指有用和无用的电台，右侧整体使用负号的原因在于我们假设 $q_T, q_L \geq 0.5$ 且我们对无用信号使用补充充分位数的原因在于如果分位数 y_U 为 $Y_U(q)$ ，则分位数 $-y_U$ 为 $-Y_U(1-q)$ 。独立偏差通过下述方程计算：

$$Y_{TD}(q_T) = L_{bD}(q_T, q_L, x) - L_{bD}(0.5, q_L, x) \quad (4.12a)$$

$$Y_{TU}(1-q_T) = L_{bU}(1-q_T, 1-q_L, x') - L_{bU}(0.5, 1-q_L, x') \quad (4.12b)$$

$$Y_{LD}(q_L) = L_{bD}(0.5, q_L, x) - L_{bD}(0.5, 0.5, x) \quad (4.12c)$$

$$Y_{LU}(1-q_L) = L_{bU}(0.5, 1-q_L, x') - L_{bU}(0.5, 0.5, x') \quad (4.12d)$$

如果基本传输损耗随距离单调递增，则“无干扰”的范围为 $x \leq r$ 其中 $R(r) = R_0$ ，且此传输损耗将经过有用发射机和无用发射机路径上的各个位置。

- 各业务间的共用（例如，C/I）

上一实例所关注的业务内干扰来自以下位置，在这些位置上各个站点均曾尝试在有无用信号的情况下接受有用信号。一种实用的做法是，判定通信道广播发射机的最佳间隔，从而能够在较大的地区，例如一个国家，实现“无干扰”覆盖区面积的最大化。

另一种可能出现干扰的情况是两种或多种业务共用相同频谱。在这种方案中监管机构可能需要为各项业务制定规则，从而能够确保各项业务在“无干扰”的状态下共存。如上所述，我们在信号强度比所需可靠性的声明中加入了“无干扰”这一修饰语。上句中所述的比例是指有用，即所需信号强度 C ，与无用或造成干扰的信号强度 I 之间的比例，而且我们可以使用上一节中所述的方法来分析这种干扰方案。但是，鉴于该比例的测量使用dB这一单位，此方案将涉及两种独立随机变量的差，因此有关可靠性的声明应当以一致的方式适用于有用信号和干扰信号。

例如，仅涉及一段时间且可能适用于终端两侧均已固定的链路的可靠性声明而言，在考虑移动电台对固定链路的干扰时，必须将其抽象化。在这种情况下，无用信号偏差的补充充分位数，应当适用于时间和位置的组合变量。对于相反方向的干扰即固定链路对移动电台产生的干扰，有用信号的可考性声明将涉及一定比例的时间与位置的组合。无用信号的补充充分位数将涉及时间与位置组合变量，而不是仅涉及时间变量。

在第二个实例中我们将考虑广播电台与移动电台的共用，对于移动电台给广播接收机造成干扰，有用/所需信号的可靠性将用时间和位置变量的双重分位数来表示。无用/不需要的移动信号的补充双位数亦需用双重分位数来表示。对于另一方向的干扰，即广播发射机对移动电台产生的干扰，有用信号的可靠性声明必须用时间和位置的组合分位数来表示，这样无用/不需要的广播信号的补充分位数便会使用时间与时位置的组合来表示。

在有些情况下，我们仅希望考虑产生干扰或无用信号的变量。因此，重点将放在补充分位数上，例如，对射电天文而言，我们可以做出规定要求干扰在 $q_T \times 100\%$ 的时间内超出指定的门限值。在这种情况下，“无干扰”业务的含义是指无用信号在 $(1 - q_T) \times 100\%$ 的时间内的可用性/可靠性，因此对该业务充分或令人满意的解释为 $q_T \leq 0.5$ 。

4.3 干扰保护标准

干扰保护标准（IPC）是在特定条件下接收机输入端处定义的相对或绝对干扰信号电平。这种规定可避免超过允许的性能劣化门限值。这一定义通常会使用绝对干扰功率电频I、干扰噪声功率比， I/N 或载波干扰信号比 C/I 。IPC是专门针对几种干扰信号，即全部干扰信号或单入信号。几种IPC通常是通过性能目标计算得出，可用于系统设计中的干扰信号环境的定义。单入IPC取自几种IPC，可用作可与频谱共用类似的共用标准。

IPC取决于具体的干扰信号类型且通常仅针对几类通用的信号类型，例如连续波（CW）、类噪声、脉冲和冲激。有些标准还被定义为短期、长期或与所需信号相同的IPC。通常为了完整的描述IPC，还需要几种其它参数，这些参数包括功率门限、参考带宽时间和位置所占的比例以及其它可能存在的特殊条件。针对几种不同类型业务规定的IPC展示出了如下趋势：以 I/N 表述的IPC其范围在-12 dB至-6 dB之间，而以 C/I 表述的IPC范围在12 dB至20 dB。各种ITU-R建议书中列出的IPC实例请参见表4.3-1。

表4.3-1
ITU-R R建议书中干扰保护标准的实例

业务类型	干扰保护标准	参考文献
固定业务 – 非雷达干扰	$I/N \leq -6 \text{ dB}$	ITU-R F.1334
固定业务 – 雷达干扰 (固定和可搬移的陆基雷达)	$I_{PK}/N \leq 0 \text{ dB}$	ITU-R F.1190
固定业务 – 雷达干扰 (水上和陆地移动雷达)	$I_{PK}/N \leq 10 \text{ dB}$	ITU-R F.1190
卫星固定业务	$I/N \text{ (单入)} \leq -12 \text{ dB}$	ITU-R S.735, ITU-R S.1323 ITU-R S.1432
	$C/I \geq 27 \text{ dB}$ 集总 (1区和3区)	国际电联 《无线电规则》 附录30A
	$C/I \geq 30 \text{ dB}$ 单入 (地对空) $C/I \geq 26.65 \text{ dB}$ 单入 (空对地) $C/I \geq 21 \text{ dB}$ 集总 (包括地球上行链路和下行链路)	国际电联 《无线电规则》 附录30B

表4.3-1 (续)

业务类型	干扰保护标准	参考文献
无线电判定业务 ($f = 2\,700\text{--}2\,900$)	$I/N \leq -10\text{ dB}$	ITU-R M.1464
无线电判定业务 (所有其他频段)	$I/N \leq -6\text{ dB}$	ITU-R M.1461
卫星广播业务	$C/I \geq 21\text{ dB}$ 集总 (1区和3区) $C/I \geq 28\text{ dB}$ 集总 (2区)	国际电联 《无线电规则》 附录30
地面广播业务	$I \leq 1\%$ 总接收噪声功率 (无相应频率划分的辐射) $I \leq 10\%$ 总接收噪音功率 (作为相应主要共同划分的无线电通信业务的辐射)	ITU-R BT.1895
陆地移动	$I \leq -117\text{ dBW}$ 室内集总 $I \leq -119\text{ dBW}$ 室外集总	ITU-R M.687
GSO卫星移动业务	$I/N \leq -7\text{ dB}$ 集总 $I/N \leq -12\text{ dB}$ 单入	ITU-R M.1183
NGSO卫星移动业务	$I \leq -142.1\text{ dBW}$ 集总 $I \leq -146.2\text{ dBW}$ 单入空间地球 $I \leq -147.3\text{ dBW}$ 单入地面	ITU-R M.1231 ITU-R M.1232
航空卫星移动业务	$I/N \leq -7\text{ dB}$ 集总 $I/N \leq -12\text{ dB}$ 单入	ITU-R M.1234
近地空间移动业务: 空对地	在1-20 GHz频段 $I \leq -216\text{ dB(W/Hz)}$, 地球 在20 GHz以上 $I \leq -156\text{ dB(W/MHz)}$, 地球	ITU-R SA.609
近地空间研究业务: 地对空	$I \leq -177\text{ dB(W/kHz)}$	ITU-R SA.609
深空空间研究业务: 空对地	在2 GHz附近的频段 $I \leq -222\text{ dB(W/Hz)}$ 在8 GHz附近的频段 $I \leq -221\text{ dB(W/Hz)}$ 在13 GHz附近的频段 $I \leq -220\text{ dB(W/Hz)}$ 在32 GHz附近的频段 $I \leq -217\text{ dB(W/Hz)}$	ITU-R SA.1157
深空空间研究业务: 地对空	在2 GHz附近的频段 $I \leq -193\text{ dB(W/20Hz)}$ 在7 GHz附近的频段 $I \leq -190\text{ dB(W/20Hz)}$ 在17 GHz附近的频段 $I \leq -186\text{ dB(W/20Hz)}$ 在34 GHz附近的频段 $I \leq -183\text{ dB(W/20Hz)}$	ITU-R SA.1157
37和40 GHz频段的空 间研究业务 (空对地链路)	$I/N \leq -6\text{ dB}$	ITU-R SA.1396
37和40 GHz频段的空 间研究业务 (地对空链路)	$I/N \leq 0\text{ dB}$	ITU-R SA.1396
S频段以外的数据中继卫星	$I \leq -178\text{ dBW}$	ITU-R SA.1155
S频段以内的数据中继卫星	$I \leq -181\text{ dBW}$	ITU-R SA.1274
空间操作系统的空对地链路	$I \leq -184\text{ dBW}$	ITU-R SA.363
空间操作系统的地对空链路	$C/I \geq 20\text{ dB}$	

第 5 章

ITU-R P系列传播模型的应用以及共用和干扰评估方法

5.1 引言

为一项技术分析选择适用的传播模型需根据传播路径中所需的不同传播效应（如前面各章所讨论的）。这些模型基于ITU-R第3研究组制定的建议书和预测方法。本章将对特定传播模型的选择进行详细审议，有关传播模型的简要指南请参见第3章。本章将对本手册中引用的单个传播模型和方法做出详细说明。

5.2 ITU-R P.452建议书

ITU-R P.452建议书包含用于评估0.7 GHz至50 GHz频率范围内地球表面台站之间的微波干扰的预测方法。该模型仅涉及两个在点对点或视线传播路径上工作的地球表面台站。ITU-R P.452建议书中研究的传播效果涉及清洁空气传播机制和水汽凝结体散射传播机制。ITU-R P.452建议书中的清洁空气传播机制包括视线传播、散射、大气波导现象和杂波损耗。在无线电信号从一个无线电台传播至另一个无线电台时，该方法的输出对接收机端产生的场强进行评估，并且不包括用于计算该无线电信号产生的干扰的方法。然而，可以使用ITU-R P.452建议书解决干扰问题，其中通过使用该模型计算得出的场强解决位于地球表面的微波无线电台之间的潜在干扰，并通过一个基本的无线电链路分析，查看发射机和接收机之间的干扰结果。

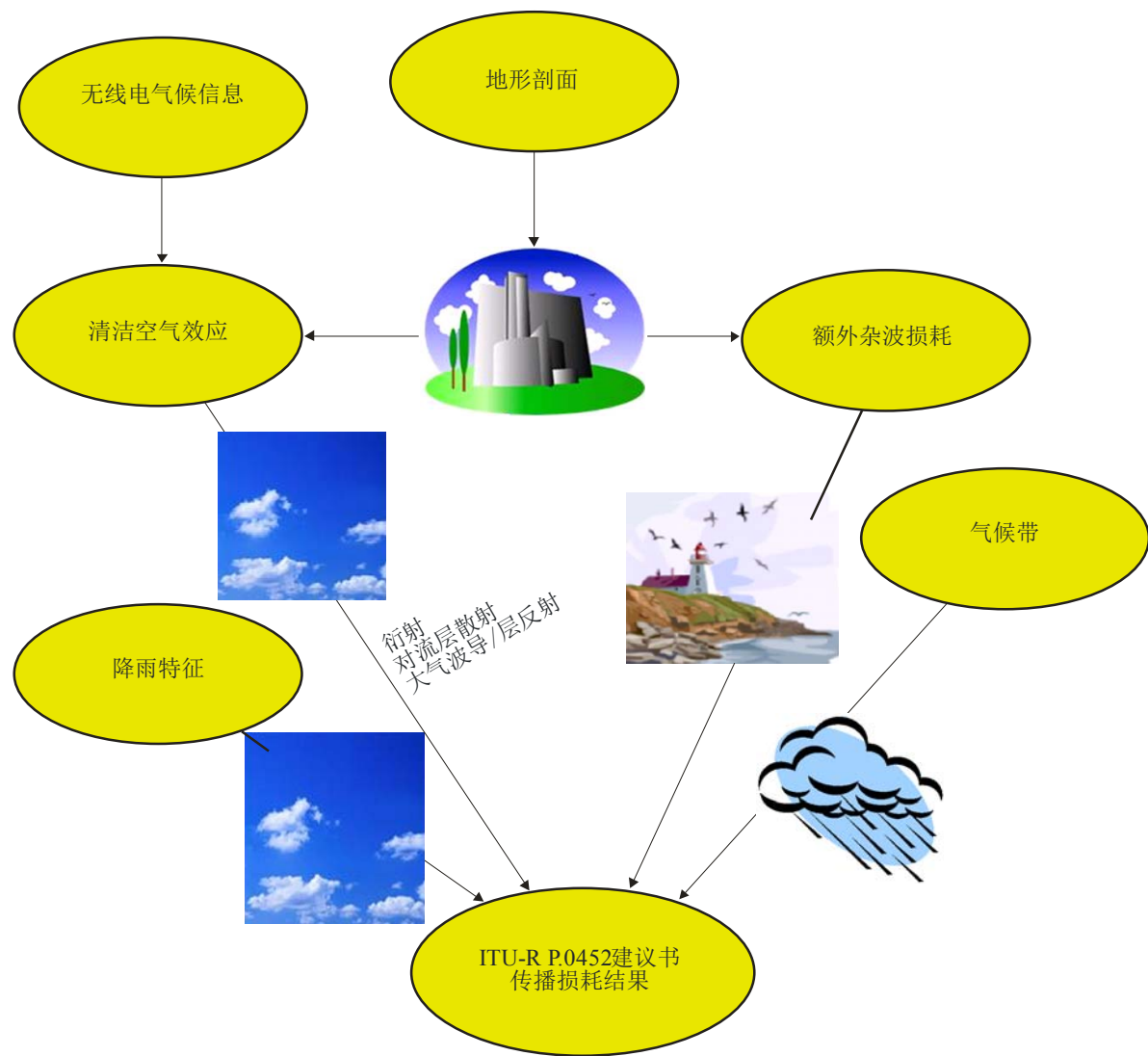
ITU-R P.452建议书的方法包括一个传播模型补集，确保预测涵盖所有可能会出现的所有重大干扰传播机制。要使用该方法，需将有关发射机和接收机之间的地形路径剖面的具体知识和数据库输入该模型。另外，该方法中包含一个校正因子，在已知存在杂波场景时用于评估路径两端或一端的杂波损耗。该建议书提供一个模型，用于计算附加杂波损耗，在0.9GHz以上最高达20 dB，在0.1 GHz时低至5 dB。

该模型提供了用于分析路径的无线电气象和地形特征的地形路径剖面方法，从而可以对高达10 000公里距离限值的程序范围内的任意实际干扰路径进行预测。用于计算气象效应的程序已被完全地定义为用于预测清洁空气和水汽凝结体（雨和云）散射干扰的单独方法。由于该方法可以对多种干扰路径和干扰路径组合进行分析，对地形剖面路径执行详细的分析，并且能够对杂波造成的额外损耗进行分析，ITU-R P.452建议书是用于分析地球表面两个台站之间干扰案例的理想解决方案。

图5.2概述了ITU-R P.452建议书研究的各类传播机制。

图5.2

ITU-R P.452建议书研究的各类传播机制概述



PPM. 05.2

5.3 ITU-R P.528建议书

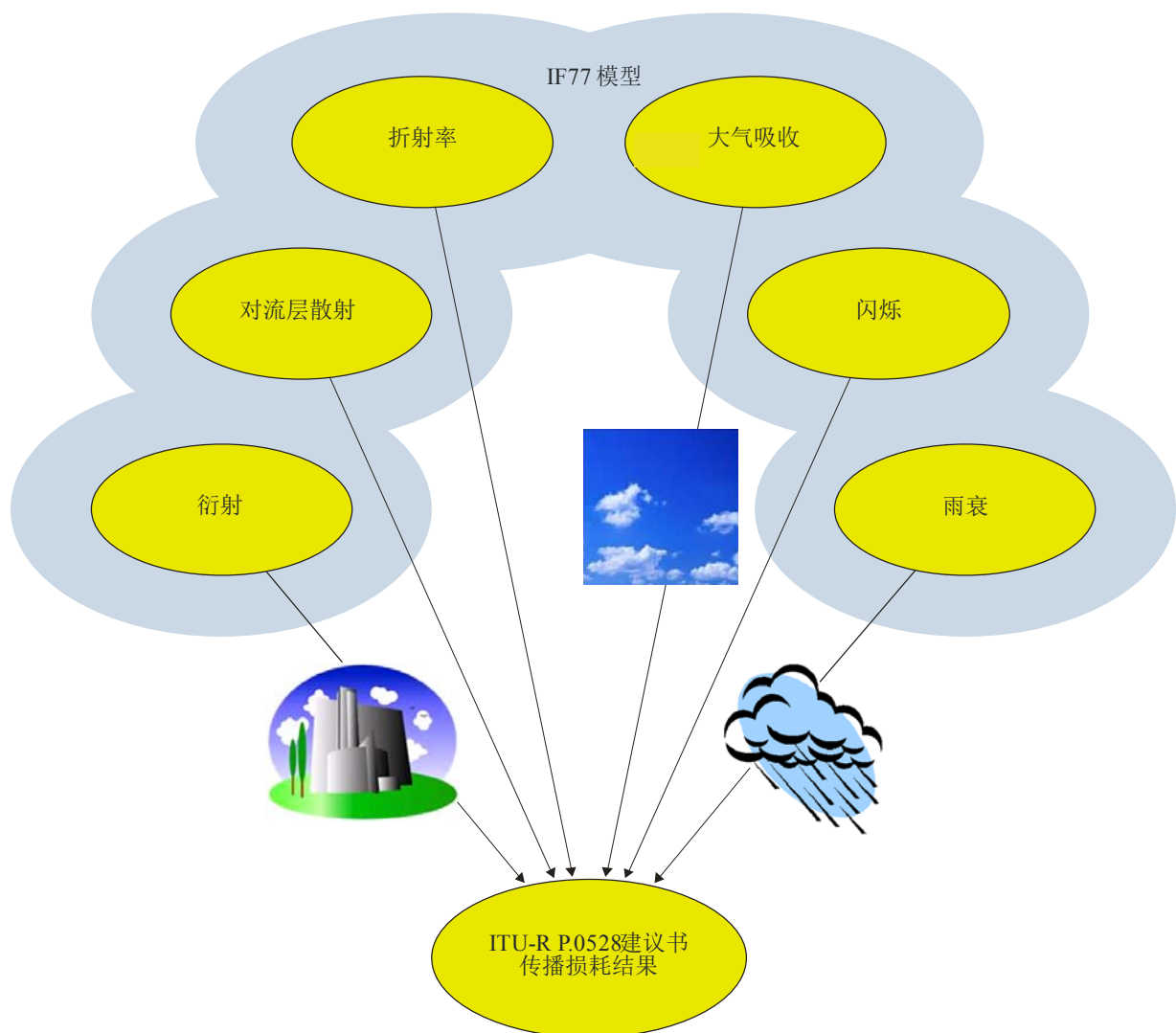
ITU-R P.528建议书介绍了125 MHz-15.5 GHz频率范围内天线高度（包括航空和卫星高度）的平均基本发射损耗的曲线集。ITU-R P.528建议书对地对空、空对空、地对卫星、空对卫星以及卫星对卫星的链路均有效。ITU-R P.528建议书曲线是通过IF77模型产生的 – IF77模型是专为航空链路设计的半经验模型。该建议书亦包含一个用于计算干扰台站之间间隔距离的方法（该计算需要每个系统的发射和接收天线的发射功率和增益）。该建议书提醒，支持这些曲线的数据来自温带大陆性气候，应谨慎地用于其它气候条件。

该建议书所需的输入信息包括两个天线高度、频率、距离以及时间百分比。该建议书不需要地形数据。

ITU-R P.528建议书的用途和益处在于在无需地形数据的情况下，确定航空和卫星链路的平均基本发射损耗和间隔距离。

图5.3

ITU-R P.528建议书研究的各类传播机制概述



5.4 ITU-R P.533建议书

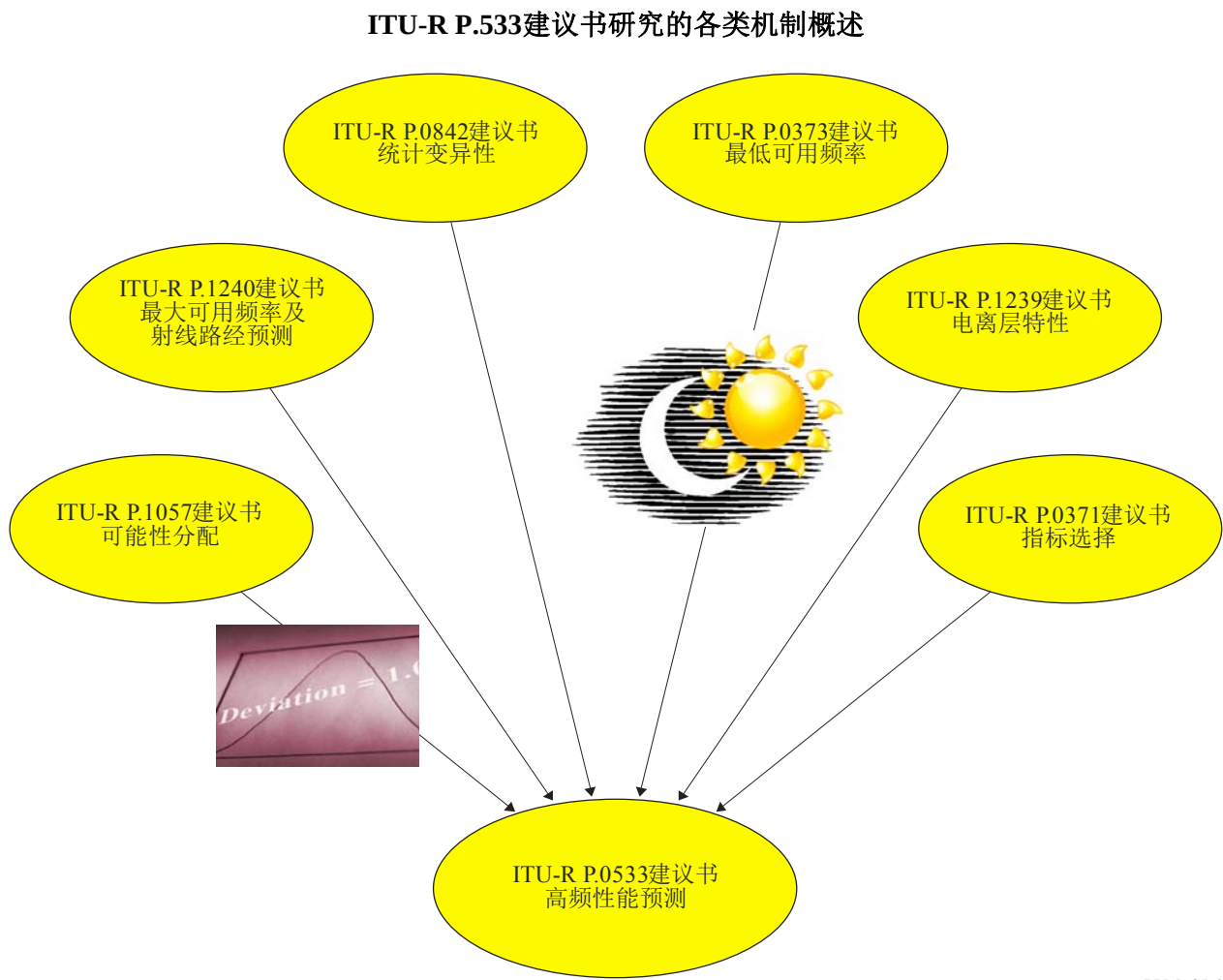
该建议书介绍了用于预测高频模拟和数字调制系统的可用频率、信号电平以及预测可靠性的方法。该建议书不仅考虑到信噪比，同时亦考虑到信道的预期时间和频率扩展。该预测程序对长度达7 000公里的路径应用了射线路径分析，制定适合9 000公里以外测定数据的组合模式实验公式，以及在7 000-9 000公里距离范围内实现这些方法之间的平滑过渡。

具有给定增益的无损接收天线的月平均基本MUF、入射天波场强以及可用的接收器功率均得到确定。该方法包括对用于预测数字系统性能的信道传递函数参数的估算。该建议书给出了用于评估电路可靠性的方法，并对照一个ITU-R测定数据库对信号强度进行了标准化设定。该方法要求确定在指定“控制点”上的若干电离层特性和传播参数。

在赤道地区的傍晚时分（当地时间），由于该方法未完全考虑到地区电离层的结构不稳定性，预测结果可能出现失真。

图5.4概述了ITU-R P.533建议书研究的各类机制。

图5.4



5.5 ITU-R P.619建议书

ITU-R P.619建议书介绍了如何评估地球表面台站之间和空间台站之间、同一系统内的空间站之间以及不在同一系统内的空间站之间的干扰。该建议书研究了四种可能的传播路径，对可在此类路径上存在的各种传播条件进行了总结，并且为读者指出用于计算该条件结果的适当ITU-R建议书。

ITU-R P.619建议书研究的四种传播路径包括以下传播路径：

- 某一系统空间站的发射对另一系统地球站的接收造成干扰；
- 某一空间系统的地球站的发射对另一系统空间站的接收造成干扰；
- 空间站的发射对地面站的接收造成干扰；
- 地面站的发射对空间站的接收造成干扰。

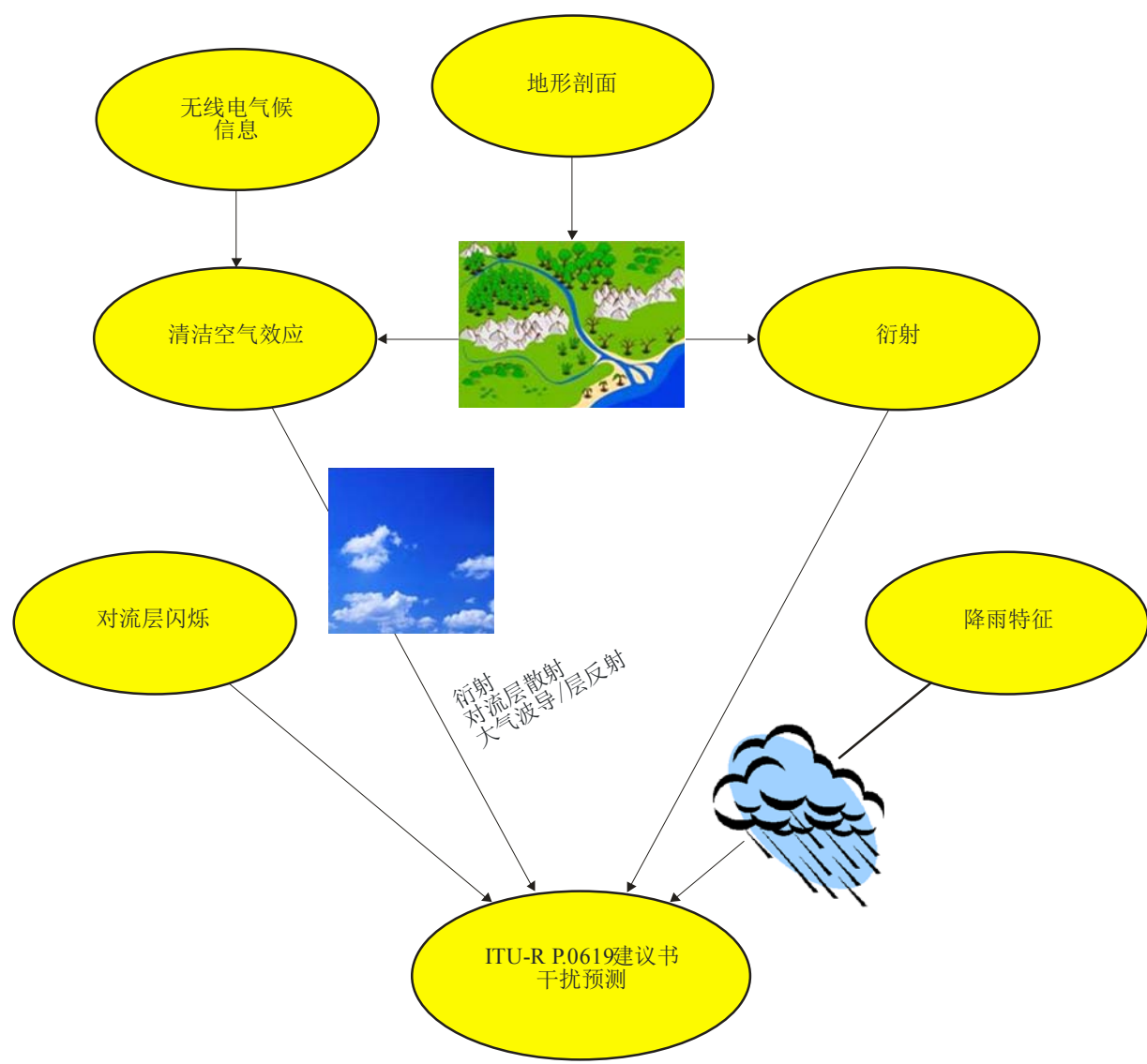
该建议书研究的三类主要传播机制包括清洁空气传播、降水散射以及相邻地球空间路径上的差分衰减。该建议书不像本手册讨论的其它P系列建议书一样，为用户提供一个用于计算台站之间干扰或传播损耗的明确的、逐步执行的方法。ITU-R P.619建议书的用途和益处在于为读者指出适当的传播效应，以及用于计算相应传播机制的相关ITU-R P系列建议书，以便通过参引其它ITU-R建议书，有效地对地面和空间站之间的干扰进行评估。

如前所述，ITU-R P.619建议书并没有提出一个明确的、逐步解决干扰问题的解决方案，而是为读者指出用于计算设定路径上传播条件的适当ITU-R建议书。因此，在本手册范围内为ITU-R P.619建议书提供一个有效的共享场景将是非常困难的，因此不会包含在内。

图5.5概述了ITU-R P.619建议书研究的各类传播机制。

图5.5

ITU-R P.619建议书研究的各类传播机制概述



PPM. 05.5

5.6 ITU-R P.620建议书

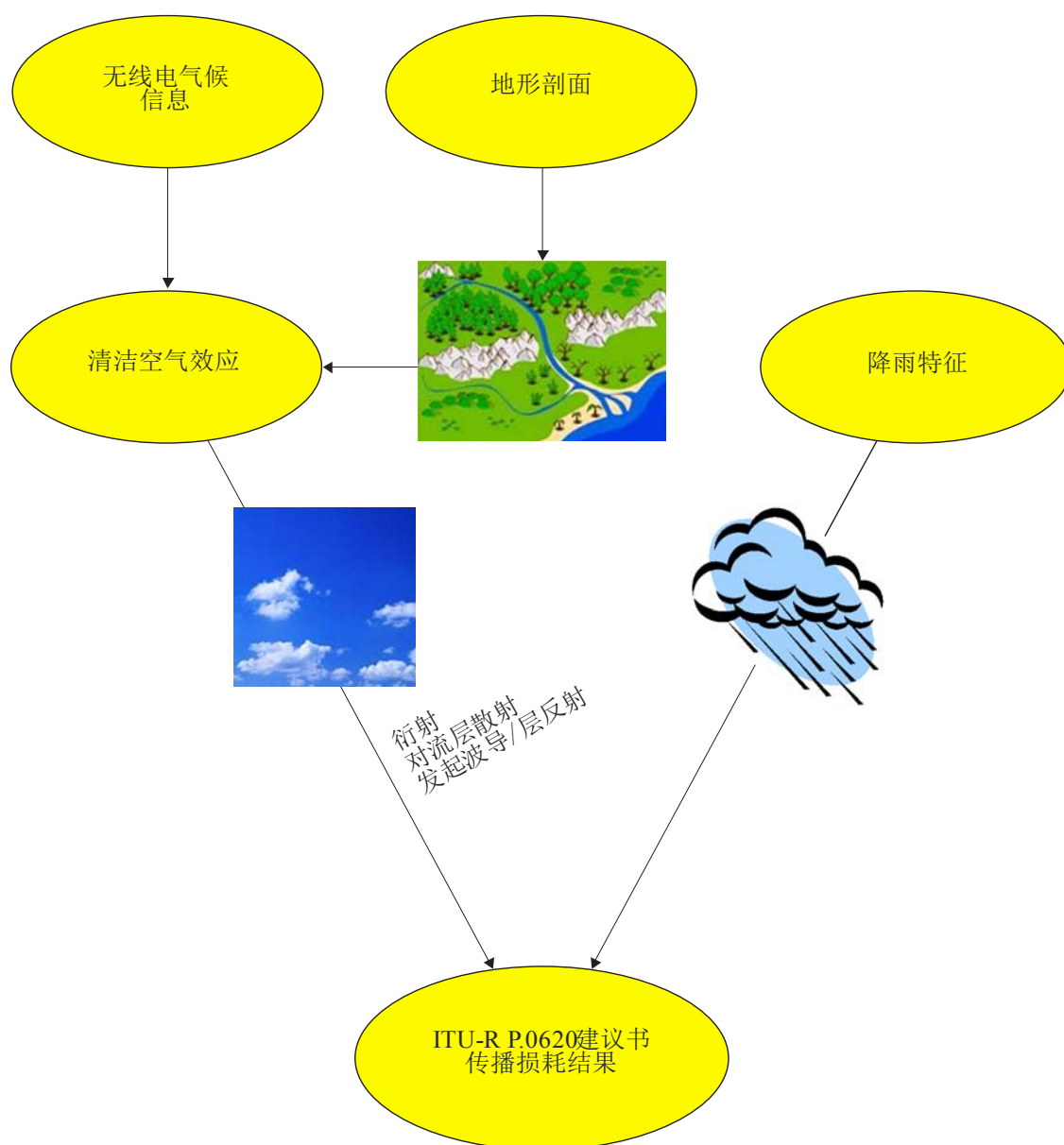
ITU-R P.620建议书介绍了用于评估确定协调距离时相关的传播机制的方法。在该方法中，协调距离的测定基于通过地球站和地面站之间的传播机制所需的发射损耗的计算结果。因此，协调距离是等于所需的最低允许基本发射损耗的传播损耗，不超过一个给定的年度百分比时间。ITU-R P.620建议书的方法提供了一个基于最低传播损耗要求的逐步计算协调距离的解决方案。

该建议书通过使用传播机制反复计算传播损耗来测定协调距离，直到实现所需的发射损耗或达到极限距离为止。该方法所使用的传播机制分为两种模式 – 清洁空气传播和水汽凝结体散射。清洁空气模式中的传播研究衍射、折射、大气波导现象、对流层散射和层反射的传播机制。水汽凝结体散射的传播模式仅限于在对地静止卫星上工作的地球站。使用这种方法要求掌握在正在考虑进行协调的方向上地形特征的基本知识。ITU-R P.620建议书的用途和益处在于：当与某一地球站有关的位置和信息可用时以及待进行协调的地面站的位置不可知时，可利用该建议书计算协调距离。

图5.6概述了ITU-R P.620建议书研究的各类传播机制。

图5.6

ITU-R P.620建议书研究的各类传播机制



5.7 ITU-R P.1546建议书

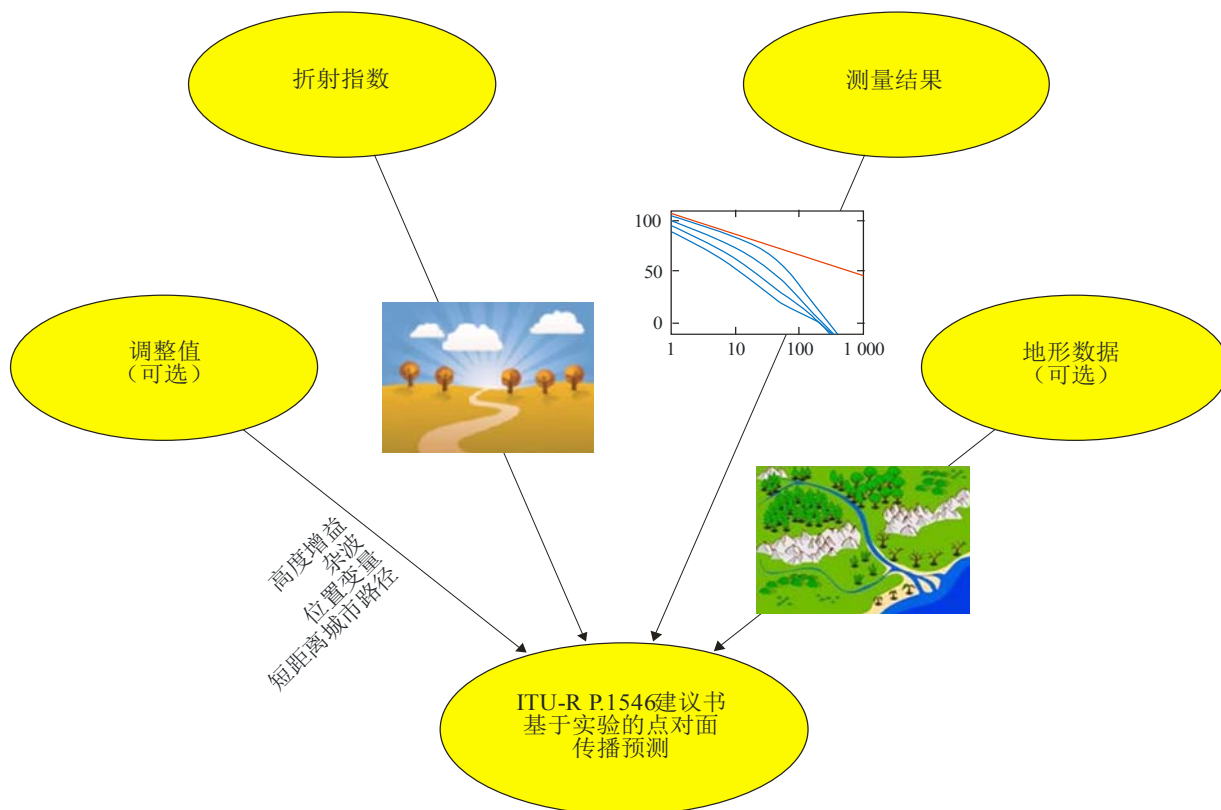
ITU-R P.1546建议书介绍了对30 MHz至3 000 MHz频率范围内的地面业务进行点对点无线电传播预测的方法。该建议书旨在用于长度为1-1 000公里的陆地路径、海洋路径以及/或者混合海陆路径上的无线电电路，有效发射天线高度低于3 000米。该建议书包含一组衍生的场强曲线，包括距离、天线高度、频率以及百分比时间函数。这些曲线基于在北海和地中海获取的测定数据。陆地路径取自在欧洲和北美洲测定的数据。这些曲线是1kW有效辐射功率的代表值。该建议书然后提供说明，插补这些曲线，以获取任何给定所需频率、天线高度或路径类型的场强值。

该建议书中的曲线基于温带气候地区的测定数据，在设定的时间周期内，利用预定的发射和接收天线标准进行测定。该建议书提供了一个由用户进行插补的方法，调整传播曲线，适应他们的传播条件集合。由于该方法基于传播曲线，并且由测定数据创建，因此杂波数据被考虑在传播曲线内。然而，由于在测定时间内，曲线基于设定的传播条件，并非全部传播条件以及准确的发射和接收天线条件可能被考虑在内，以用于传播分析。ITU-R P.1546建议书的用途和益处在于为基于真实世界测定数据的点对点场景提供快速的传播损耗预测。

图5.7概述了ITU-R P.1546建议书研究的各类传播机制。

图 5.7

ITU-R P.1546建议书研究的各类传播机制概述



5.8 ITU-R P.1812建议书

ITU-R P.1812建议书介绍了适用于30 MHz至3 GHz频率范围内地面点对点或点对面业务的传播预测方法，以便对给定时间百分比 $p\%$ （ $1\% \leq p \leq 50\%$ ）和给定位置百分比 p_L （ $1\% \leq p_L \leq 99\%$ ）的超出信号电平进行详细评估。该方法亦依赖于任何基于路径地形剖面的分析。该方法可用于预测服务区和理想信号电平（覆盖范围）的可用性，以及由于无用的同信道和/或相邻信道信号（干扰）导致的服务区和可用性降低。

该建议书首先介绍了用于计算位置中位数值不超过 $p\%$ 时间的基本发射损耗（dB）的方法。位置变量和建筑物入口损耗要素被归为接收机位置的统计特征。然后给出了转换成电场强度（dB($\mu\text{V}/\text{m}$))的方法，以达到1 kW的有效辐射功率。

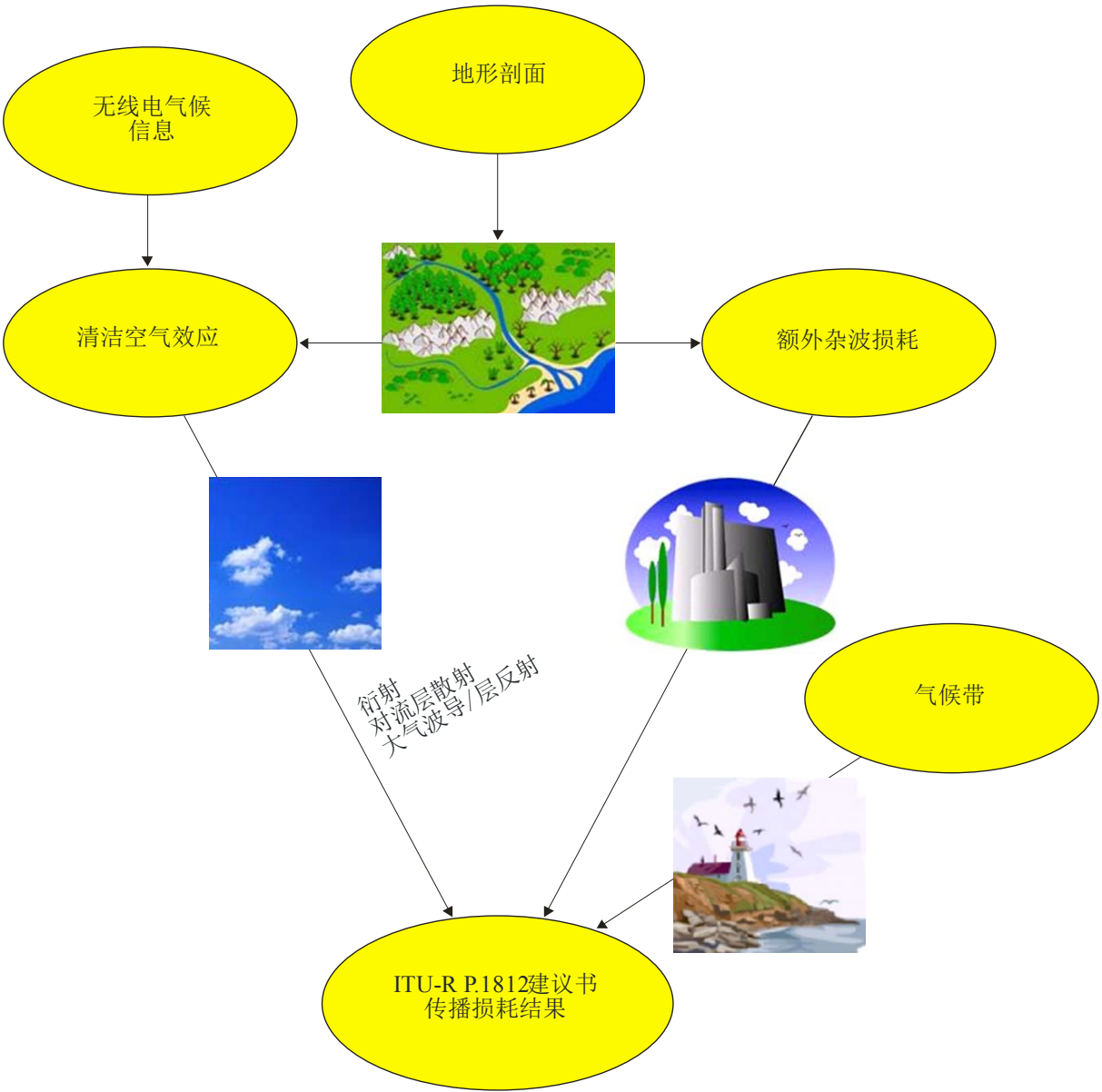
该方法主要适用于使用低增益天线的系统。然而，使用高增益天线时，精确度的变化仅影响整体方法的对流层散射要素，预测结果的变化较小。例如，即使链路两端为40 dBi的天线，对流层散射信号的高估也仅会达到1dB。

该建议书所述的传播预测方法专门针对路径。使用该方法的点对面预测包含一系列诸多PP（即发射机-点-到-接收机-多点）预测，均匀地分布在名义上的服务区内。点的数量应足够大，以确保因此获取的基本发射损耗或场强预测值是其所代表的单位面积对应数量的中位数（位置）的合理估算。

图5.8概述了ITU-R P.1812建议书研究的各类传播机制。

图5.8

ITU-R P.1812建议书研究的各类传播机制概述



第 6 章

ITU-R P系列传播方法和模式的代表性共用方案

本章介绍了模型/方法使用的背景，其方式是提供可使用本手册所述传播方法和模型进行分析的抽样共用方案。本节中的一些共用方案介绍了第3研究组与其他研究组之间通过联络声明进行的互动。如果某一联络声明与特定的传播模型相关，那么便可据此确定往来的各项联络声明以及受到关注的共用方案。本章还阐述了本手册中的共用研究以及相关模型的典型使用情况。

附件B中包含ITU-R第3研究组和其他研究组之间发表的联络声明。这些联络声明阐述了本手册的历史背景，可为感兴趣的各研究组使用ITU-R P系列建议书的模型进行干扰和共用方面的研究提供支持。

6.1 有关抽样共用方案的ITU-R P.452建议书

固定 VSAT 地球站与 SRS 电台之间的共用/RFI 方案

背景

近来，为TDRSS卫星网络通信而立新的SRS地球站的工作取得了进展。新地球站将位于主要城区50公里的范围内。由于新提出的建议将在新SRS地球站附近建设VSAT地球站，因此人们对其是否会产生干扰存在巨大担忧。

FCC规则第47部分的第25.222(d)节要求对在TDRSS地球站125公里范围内开展操作进行协调。一些VSAT地球站运营商对125公里的间隔距离表示担忧，担心其会对SRS地球站附近的操作产生巨大影响，因为这是在主要城区的50公里范围内，而这也将为ESV和VMES运营商提供一个巨大的市场。协调所面临的问题涉及如何判断SRS地球站与VSAT地球站之间的最小可接收间隔距离。

使用ITU-R P.452建议书的理由

选择ITU-R P.452建议书的理由在于它十分适于研究VSAT地球站与SRS地球站之间的地对地传播链路。ITU-R P.452建议书也适于拥有各类传播参数的模型，例如SRS地球站方案要求的地形以及相应的时间比例标准。

协调方案的假设

频率范围

使用14.0-14.5 GHz FSS上行链路的13.4-14.05 GHz TDRSS。

SRS Rx 参数

参数	数值
位置	38.409、-77.107
Rx天线的高度	11.35 m
Rx天线的直径	16.5 m
Rx天线的峰值增益	65 dB
Rx天线的方向图	ITU RR APS8
工作中的TDRSS卫星	TDRS 12 W
频率	14.0 GHz
“带内” RFI标准（ITU-R SA.1155建议书）	-146 dB(W/MHz)
时间标准的比例（ITU-R SA.1155建议书）	0.1%

固定 VSAT 地球站干扰源的假设

参数	数值
位置	38.863、-77.067
Tx天线的高度	2.5 m
Rx天线的增益	0 dB
单一终端的Tx e.i.r.p.	12.5 dB(W/MHz)
频率	14.0 GHz

模型的假设

- SRS地球站附近区域包含地形高度的变化，因此地形应被视做干扰建模的因素之一。
- 应当考虑到衍射及路径损耗对建模的影响。
- 在0.1%的时间内产生干扰。

6.2 有关抽样共用方案的ITU-R P.528建议书

背景

这一方案是基于航空移动发送典型路径的传输损耗计算结果。此传输损耗计算结果可用于各类航空移动电台向地面站发送的传输信号的共用计算。

选择ITU-R P.528建议书的理由

鉴于此方案涉及航空移动传输，因此选择将ITU-R P.528建议书用于此抽样共用方案。

航空移动电台的参数

参数	数值
频率	5 100 MHz
航空移动电台天线的高度	10 000 m
地面电台天线的高度	15 m
时间比例	50%
路径的距离	800 km

6.3 有关抽样共用方案的ITU-R P.533建议书

有代表性的点到点路径预测方案

背景

这一方案是基于所需链路 with 干扰链路之间有代表性的点对点路径预测。受干扰的接收机和发射机组成了所需链路，而产生干扰的链路位于受干扰的接收机与产生干扰的发射机之间。我们希望能够确定干扰设备的出现将会对受干扰接收机的SNR性能产生何种影响。

选择ITU-R P.533建议书的理由

鉴于该方案使用的频率范围，ITU-R P.533建议书被选择用于此方案。

协调方案的假设

受干扰接收机的参数

位置	49.88 N 119.48 W
带宽	7 kHz
中心频率	10.125 MHz
天线	34 ITS-78水平八木天线
天线的角度	位于北方120°CW
SSN	51
SNR具有50%的可靠性	15 dB

发射机的参数

位置	45.52 N 73.57 W
带宽	7 kHz
中心频率	10.125 MHz
天线	34 ITS-78水平八木天线
天线的方位角	位于北方295.0°CW
发射机的功率	1 kW

干扰源的参数

位置	42.97 N 85.67 W
带宽	7 kHz
中心频率	10.125 MHz
天线	类别01的多频段非周期反射器阵列
天线的方位角	位于北方178.5°CW
发射机的功率	1 kW

6.4 有关抽样共用方案的ITU-R P.620建议书

背景

这一方案是基于450 MHz频段内固定地球站（收到移动干扰源干扰）协调区的计算。

使用ITU-R P.620建议书的理由

由于ITU-R P.620建议书中包含了协调距离计算所使用的程序，因此选择将其用于本方案。

协调方案中使用的假设

地球站的假设

参数	数值
位置	39.26、-80.11
频率	450 MHz
干扰的门限值（I/N）	-10 dB
地球站噪声功率	-162.58 dB
地球站接收增益	14.3
时间所占比例	50%

移动干扰源使用的假设

参数	数值
等效全相辐射功率（e.i.r.p.）	16.98 dBW
频率	2 200 MHz

6.5 有关抽样共用方案的ITU-R P.1546建议书

背景

射电天文界对相邻频段所产生的干扰十分关注。射电天文观测台的协调距离得到了很好的保护，从而使其十分灵敏的接收机免受在相邻频段操作的地球站的干扰。

608-614 MHz频段被指派用于射电天文学。相邻频段470-608 MHz被划分给了广播业务。在美国和其他一些主管部门，此频段被指配用数字广播电视。广播电视发射机拥有很高的e.i.r.p.。本方案所讨论的主题便是这两个频段之间的协调距离以及他们之间可能产生的干扰。

ITU-R 7D工作组为3M工作组提供了一个涉及射电天文受干扰接收机的协调/干扰方案，其频率为608 Hz，位于美国国家射电天文观测台（NRAO）的无线电静默区。此外，该方案还设置有等效辐射功率（ERP）的数字电视广播电台。

7D工作组指出射电天文接收机用于“超高的灵敏度”，且国际电联《无线电规则》第29条“敦促各主管部门……采取所有可行的步骤保护射电天文业务能够依据第4.5款免受有害的干扰¹”。

干扰方案使用的假设

- 频率：605 MHz
- 发射机：1 MW ERP、6 MHz BW、天线高度为165 m
- 发射机的位置：38° 57' 22" N 77° 4' 59" W 105 m AMSL
- 接收机：天线高度为139.6m
- 接收机的位置：38° 25' 59.2" N 79° 50' 23.4" W 806 m AMSL
- 在0 dBi的射电天文望远镜旁瓣中接收
- 所需的比率：占总时间的2%

6.6 有关抽样共用方案的ITU-R P.1812建议书

固定地球站与移动 AWS 电台的共用/RFI 方案

背景

人们对先进的无线业务（AWS）所进行的操作是否会对联邦内在1 710-1 755 MHz频段工作的固定地球站产生干扰，心存忧虑。

联邦通信委员会（FCC）的AWS拍卖规则允许AWS的执照持有人在分配给联邦政府操作的过渡期内实施此业务，但前提是其不会对联邦地球站产生有害干扰。为了降低干扰，需要在联邦地球站的周边建立协调区和操作风廓线。

¹ 国际电联无线电规则第4.5条：“指配给某种业务的电台的频率应与划分给这项业务的频段的上下限保持间隔。通过考虑到指配给电台的必要带宽后，不致对划分给近邻频段的那些业务造成有害干扰。”射电天文方面的文稿经常会引用这一有关相邻频段的条款。

选择ITU-R P.1812建议书的理由

选择ITU-R P.1812建议书的理由是，发射机和接收机终端的位置均为未知，此外可以找到两个终端之间的地形数据，并且终端的高度要求能够满足ITU-R P.1812建议书中的参数。

协调方案使用的假设

频率范围

1 710-1 755 MHz

地球站的 Rx 参数

参数	数值
位置	29.56N、95.09W
频率	1741.0 MHz
带宽	12 MHz
HAAT	6 m
Rx天线增益	34 dBi
Rx天线的直径	---
系统噪声温度	300 K天线 + 5 dB Rx噪声值
RFI标准（在天线的凸缘处）	-109.0 dBm (低于噪声~10 dB)

移动 AWS 地球站干扰源使用的假设

参数	数值
有源移动终端的密度	16/扇区 (运营商数据)
频率	1710 – 1755 MHz
带宽	1.25 MHz
HAAT	1.5 m (运营商数据)
Tx EIRP（带内）	-6.3 dBW (运营商数据)
Tx EIRP（带外）	-43.0 dBW/MHz (FCC规则)

建模使用的假设

- 地球站周边区域包含地形高度的变化，因此应将其视为干扰建模的因素之一。
- 应当考虑到衍射和路径损耗对建模产生的影响。
- 10%的可靠性，50%的置信度。

附录A

抽样计算

附录A的
附件A1

有关抽样计算的ITU-R P.452建议书

本抽样计算中使用的说明和假设请参见第6.1段。

使用的共用示例

在撰写本手册时，为了得出协调距离而进行的初步计算使用了ITU-R第3研究组在其网站上提供的ITU-R P.452-14数据表（<http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=documents&rlink=rsg3&lang=en>）。下文列出了计算协调距离所需采取的步骤，并在必要时提供截屏。ITU-R P.452-14计算中的所有输入数据均是基于上文所述的电台参数。

应用ITU-R P.452建议书中的其他软件，可能需要更多输入参数。在本节中未加讨论的其他缺省参数的细节请参见ITU-R P.452建议书的案文。

步骤1：输入用户参数

Step 1: Input data

The basic input data required for the procedure is given in Table 1. All other information required is derived from these basic data during the execution of the procedure.

TABLE 1

Basic input data

	Parameter	User input	Preferred resolution	Description
OK	f	14	0.01	Frequency (GHz)
OK	p	0.1	0.001	Required time percentage(s) for which the calculated basic transmission loss is not exceeded (%)
OK	ϕ_t	38.563	0.001	Latitude of transmitting (interfering) station (degrees)
OK	ψ_t	-77.067	0.001	Longitude of transmitting (interfering) station (degrees)
OK	ϕ_r	38.409	0.001	Latitude of receiving (interfered-with) station (degrees)
OK	ψ_r	-77.109	0.001	Longitude of receiving (interfered-with) station (degrees)
	h_{tg}	2.5	1	Transmitting antenna centre height above ground level (m)
	h_{rg}	11.35	1	Receiving antenna centre height above ground level (m)
	G_t	0	0.1	Transmitting antenna gain in the direction of the horizon along the great-circle interference path (dBi)
	G_r	65	0.1	Receiving antenna gain in the direction of the horizon along the great-circle interference path (dBi)

NOTE 1 – For the interfering and interfered-with stations:
t : interferer r : interfered-with station

NOTE 2 - For latitudes and Longitudes
Positive latitudes indicate North / Positive longitudes indicate East

Proceed to Step 2 =>

步骤2：选择平均年份或最差月份

平均年份的选择或“最差月份”的预测通常由干扰路径上接收端受到干扰的无线电通信系统的质量（即性能和可用性）目标来决定。在大多数情况下，质量目标通常使用“某一月份”所占的比例来描述，因此需要使用最差月份的数据。

针对给SRS地球站造成的干扰，需要选择对最差月份做出的预测。做出这一选择的原因在于，我们非常了解在任意时间可能出现的最大的干扰。接下来，我们便可将在这一最坏情况下产生的干扰用来判定最坏情况干扰方案所需的协调条件。

步骤3：输入无线电气象数据

ITU-R P.452-14建议书的预测程序使用了两种无线电气象参数来描述世界不同地点的可变性及不规则的传播条件。这两个参数分别为：

- ΔN (N-单位/公里) – 提供相关的数据，在此数据的基础上可以计算相应的有效地球半径，并将其用于分析路径的特征和衍射的障碍。参见ITU-R P.452-14中的图11和图12或用于此类计算的ITU-R P.452-14 Excel实施表格中的‘图12’。
- N_o – 海平面的衍射能力仅供对流层散射模型使用，用于测量对流层散射机制位置的可变性，请参见ITU-R P.452-14建议书中的图示3或用于计算这些参数的ITU-R P.452-14 Excel实施表格中的‘图13’。

例如，本文所使用的计算方案，其中 ΔN 和 N_o 的数值分别为60和330。

步骤3.5：发射电台和接收电台与海岸之间的距离

仅当相关路径有一部分或多个部分位于水上时才进行这一计算。这两个参数被用于计算水上和陆地路径之间不规则传播损耗的偶合修正因子，该计算的精确值仅在距离 ≤ 5 公里时才有意义。如果，在一种或两种情况下，该距离明显超过5公里，则有必要在ITU-R 452-14建议书中的Excel实施表中输入较大的数值（例如500公里）。实际上，少数干扰路径需要对此计算进行更为详细的评估。为此步骤计算出的参数如下：

- d_{ct} – 干扰路径上的TX天线与海岸之间的陆地距离。
- d_{cr} – 干扰路径上的RX天线与海岸之间的陆地距离。

鉴于在我们提供的抽样方案中，发射和接收机的路径距离均超过了500公里，因此在ITU-R P.452-14建议书的Excel实施表中输入的数值将为500。

步骤4：路径特征分析

用于计算有关路径参数的数值必须通过对路径特征的初步分析来得出。根据路径特征得出的信息包括净空损耗、大气衰减、衍射损耗、对流层反射、管道/层反射和更多的簇损耗。

这些技术所使用的Excel实施表为上述参数提供了一种电算化的计算方式，这种方式是基于ITU-R P.452-14建议书中给出的公式。Excel实施表中所需的输入内容包括造成干扰的发射机和接收机之间距离的具体点位、在该距离上的地形高度以及在该距离上的无线电气候区的类型。无线电气候区分别为：

- A1 – 沿岸的陆地和沿岸地区，即与平均海平面或水平面相对高度为100米的相邻海域，但其与最近的海边相距不得超过50公里。

- A2 – 上文中定义的所有沿岸或海岸地区以外的陆地。
- A3 – 海、洋以及其它大面积的水域。

地形特征信息可以从许多来源获得，但第3研究组并不倾向于使用某一种来源。在本示例方案中，地形的类型将为A2。（下面的截屏是Excel电子表格示例方案中的输入地形特征）。

Distance (km)	Height (m)	Zone
0.0000	39.80	A2
0.0900	41.55	A2
0.1800	42.23	A2
0.2700	41.84	A2
0.3600	40.94	A2
0.4500	38.42	A2
0.5400	35.10	A2
0.6300	36.46	A2
0.7200	35.65	A2
0.8100	39.48	A2
0.9000	43.59	A2
0.9900	42.58	A2
1.0800	45.36	A2
1.1700	47.51	A2
1.2600	46.43	A2
1.3500	43.26	A2
1.4400	45.74	A2
1.5300	36.90	A2
1.6200	22.34	A2
1.7100	14.89	A2
1.8000	10.03	A2
1.8900	8.24	A2
1.9800	6.55	A2
2.0700	4.61	A2
2.1600	4.67	A2
2.2500	5.70	A2
2.3400	8.69	A2
2.4300	12.32	A2
2.5200	15.98	A2
2.6100	21.55	A2
2.7000	26.31	A2
2.7900	26.53	A2
2.8800	32.40	A2

步骤5：在输入参数的基础上计算路径损耗

YOU ARE READY!:

Depending on the size of the terrain profile and path type (Line of sight vs. trans-horizon), this may take a few moments to execute.

Calculate <=> Click to "Calculate."

181.5 dB Overall Propagation Loss, $L_p(p)$, from the interfering transmitter to the interfered-with receiver.

Note 1: Several additional, interim calculations of the path profile and path type are provided in columns E, F & G Rows 12 through 33 on the 'TEST_PROFILE' worksheet.

Note 2: Different assumptions in path profiles analyses will produce small variations (± 0.5 dB) with other software implementations of Rec. P.452-13. These do not necessarily indicate errors in implementation.

协调分析

ITU-R P.452-14建议书传播模型计算出的结果指出，在产生干扰的发射机与受到干扰的接收机的总体传播路径损耗中，0.1%的时间内为183.2 dB。这一路径损耗包括干扰源与受干扰接收机点对点链路上产生的所有相应传播影响。我们已知干扰源与受干扰的接收机之间的距离为50.5公里。使用简单的链路预算分析，我们能够判定这一距离是否足以进行协调，从而能够满足-146 dBW/MHz情况下的协调要求。为了简化这一计算，我们假设该带宽为1 MHz。因此，在0.1%的时间内协调要求为-146 dBW。下表给出了链路预算分析的具体内容。

e.i.r.p.	12.5 dBW
G _r	65 dBi
L _p （摘自ITU-R P.452-14建议书）	183.2
Pr	-106 dBW

因此，受干扰的SRS地球站接收的干扰功率超出了ITU-R SA.1155建议书中对距离在50.5公里处干扰源的规定。上一程序可以重复进行，直至找到不会超出-146 dBW标准的位置（SRS地球站接收到的干扰功率）。在找到这一距离后可将该距离用作计算协调距离的基础。与此类似，ITU-R P.452-14建议书中所述的方法可以在受干扰SRS地球站的不同角度应用，从而判定VSAT地球站所使用的协调峰廓线。

附录A的 附件A2

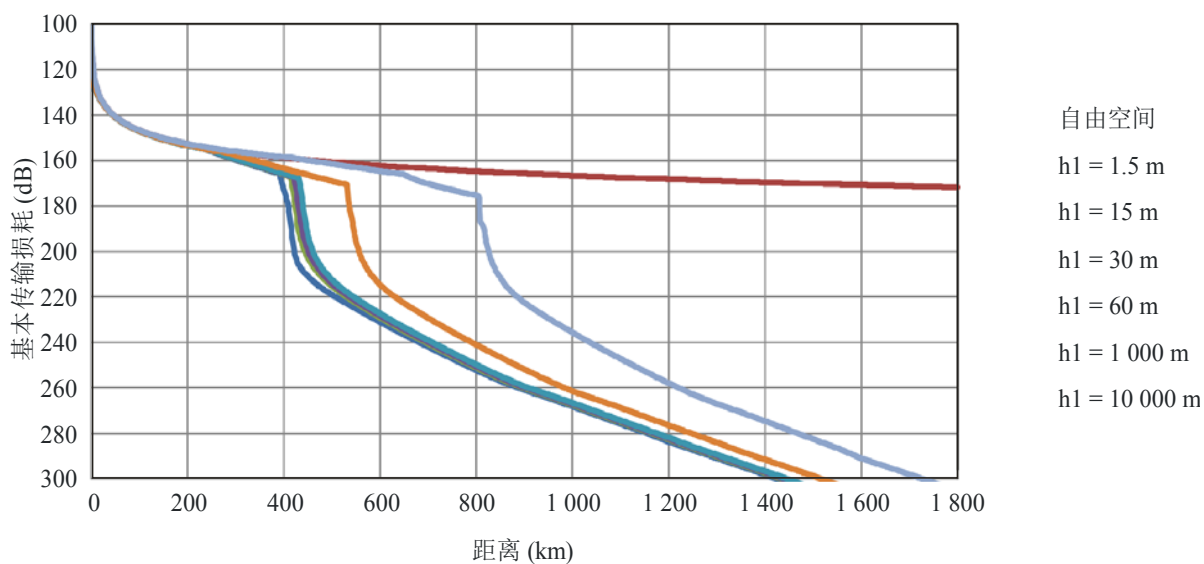
有关抽样计算的ITU-R P.528建议书

有关本抽样计算的描述和假设请参见第6.2段。

为判定5 100 MHz航空移动发射器的传播，可使用ITU-R P.528-3建议书中的图A2-1 (b)。从图中天线顶部的代码可以看出，此抽样分析需要使用的目标路径损耗曲线为 $h_1=15$ m。从图A2-1(b)中的800 km路径距离，我们可以得出 $h_1=15$ m的路径损耗为250 dB。接下来可以使用该路径损耗值按需对任何数量的干扰或协调进行分析。

图A2-1

5 100 MHz基本传输损耗在50%的时间内当数值为 h_1 时的曲线极



PPM.A02-01

附录A的
附件A3

有关抽样计算的ITU-R P.533建议书

下述方案包含所需的链路和干扰链路。受到干扰的接收机和发射机组成了所需链路，而干扰链路在位于接收干扰的接收机与产生干扰的发射机之间。用于进行这些分析的计划被称作REC533，该计划是对ITU-R P.533的落实。在有关各链路假设的计划中，必须输入适当的参数。

所需链路配有1 kW的发射机，且其配有指向受干扰接收机的高增益方向性天线。该天线的类型为34 ITS-78水平八木天线，其指向性增益为13.4 dBi。干扰链路的1 kW发射机使用01类型的多波段非周期反射器阵列，其指向性增益为22.1 dBi。干扰链路还指向受干扰的接收机。此种做法是为了展示最坏情况下的方案。

通信链路均工作在10.125 MHz频段，其带宽为7 kHz。在此范例中，假设所用的噪音环境是位于乡村的受干扰接收机。乡村的噪声环境是根据ITU-R P.372建议书做出的定义。通信链路工作的时间为12UTC且不在任何其它时间工作。为了简化这一范例，对时间做出限制是必要的。在典型的HF电路分析中，许多时间输入可彻底改变预测的结果。特别是时间和月份会对计算产生重大影响，因为这些内容会对模型中的电离参数状态产生影响。本分析仅针对奇数月。范例中选择的太阳黑子数量为51。执行REC533计划所需的所有其它数值均采用缺省值。该模型中所有输出变量均是基于该月传播信道中的平均值。有关REC533计划运作的详细解释请参见相关文件。

本方案中的受干扰接收机位于加拿大英属哥伦比亚的Kelowna，其接收的发射机信号来自加拿大魁北克省的蒙特利尔。其干扰来自美国密歇根州Grand Rapids的发射机。为达到50%的信号可靠性，受干扰接收机处的信噪比至少要达到15 dB。产生干扰的发射器对受干扰的接收机而言是一种同频干扰源。

为开展分析，REC533被用于判定在受干扰接收机处出现的信号功率。所需链路受干扰接收机的中值功率如表A3-1所示。

表A3-1
受干扰接收机的中值功率，所需链路的SNR和噪声

月份	接收到的功率（dBW）	SNR 50%（dB）	适当的 噪声（dB）
一月	11	16	5
三月	17	22	5
五月	21	26	5
七月	16	19	3
九月	24	29	5
十一月	13	18	5

此外还对受干扰的接收机与产生干扰的发射器进行了类似的分析，见表A3-2。

表A3-2
受干扰接收机的中值功率和干扰链路的最大可用频率

月份	接收到的功率(dBW)	最大可用频率(MHz)
一月	-16	6.8
三月	-7	8.6
五月	5	12.0
七月	2	12.0
九月	-3	12.0
十一月	-13	7.2

REC533针对干扰链路的输出显示，干扰并非在全年都会发生。表2中的最大可用频率（MUF）指出，10.125 MHz的信号在深秋初春之间进行传播的概率很低。产生干扰最高的概率将出现在晚春至初秋阶段。HF一种传播的特性是，在电离层它无法全天候地为该频段所有频率提供支持。该HF传播信道拥有MUF，此频率之上的信号将无法反射并返回到地球。因此此频率以上的MUF将被发射至电离层。

从表1 A3-2可以看出，在此计算假设的最坏情况下，应当审核的干扰器中值功率为5 dBW。

在这种标准下受干扰的接收机需要使用15 dB的SNR才能接收到信号，以达到50%的可靠性，我们可以从这一案例中看出干扰器如何对所需链路产生影响。如果所需链路上的噪声假设为5 dB且我们假设干扰源接收到的功率为5 dB，则无用信号上升时所使用的因子为2。在最坏情况下，总噪声和干扰功率将超出噪声功率3 dB或8 dB。这样总噪声和干扰功率的增加值将使所需链路上五月、七月和九月的SNR值分别下降23、16和26。如果所需链路上存在干扰源，那么七月干扰水平将达到指定的15 dB SNR。如果传播中出现了变化，那么所需的性能可能无法实现。由于此模型中的输出信号是基于月度变化的中值，因此必定会出现发生变化的情况。

本示例展示出了所需系统的弱点，该弱点的干扰将对链路性能产生影响。本计算展示了如何使用基于国际电联模型的软件对复杂的通信做出评估，这些通信必须共用相同的频谱资源。

附录A的
附件A4
有关抽样计算的ITU-R P.620建议书

本抽样计算中使用的描述和假设请参见第6.4段。

用户输入参数

ITU-R P.620-6建议书需要使用的输入参数包括频率、基本传输损耗需求、正在为其规划协调等值线的地球站的精经度和纬度、最小协调距离以及最大协调距离。地球站分析所使用的频率和位置，请参见第6.2段中的表格。依据已知的地球站保护标准和干扰源参数，可使用给出的简单链路预算分析计算出所需的传输损耗。

干扰源的e.i.r.p.	16.98 dBW
G _r	14.3 dBi
路径损耗(P _L)	未知
噪声功率(P _n)	-162.58

因此，我们试图保护的地球站从干扰源接收到的功率为：

$$Pr = 16.98 + 14.3 - P_L$$

地球站接收到的I/N值为：

$$I/N = Pr - P_n$$

$$I/N = 16.98 + 14.3 - P_L - (-162.58)$$

鉴于我们都知道所需的I/N门限值为-10:

$$-10 = 16.98 + 14.3 - P_L - (-162.58)$$

路径损耗的要求(P_L)

$$P_L = 203.86$$

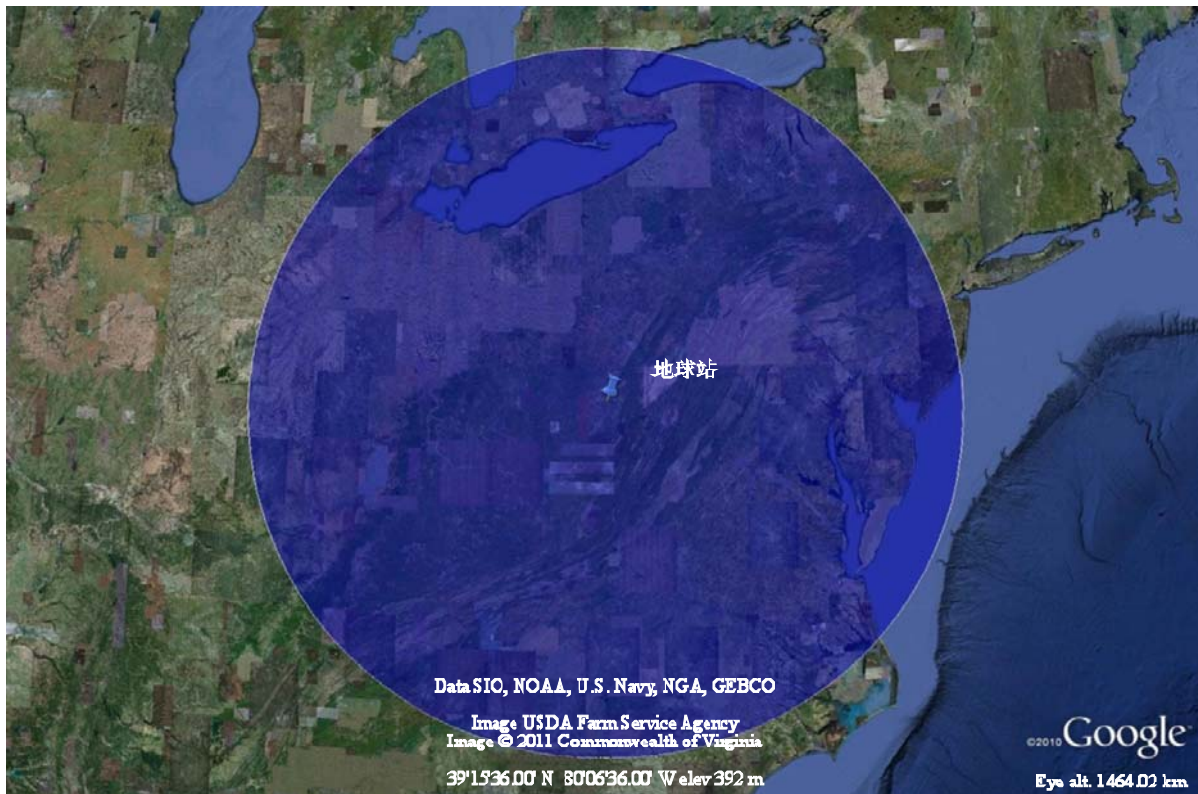
根据ITU-R P.620-6附件1的附录2第2段中所述步骤，协调距离的计算将基于递归程序。接下来将继续使用这一程序来计算路径损耗直至路径损耗得出的距离大于上文计算出的路径损耗的门限值（203.86）。

将使用ITU-R P.620-6建议书中使用的公式(15)-(18)对最小协调距离和最大协调距离进行评估。递归计算中使用的距离增量为1公里。接下来将使用ITU-R P.620-6建议书中的公式(16)来计算递归路径损耗，其起始值为计算中的最小协调距离并将以1公里的数量递增。

在本示例方案中所用递归协调距离计算出的结果的基础上得出的协调距离为511 km。这一数值可用于作图，为特定的干扰方案生成协调峰廓线。此抽样的协调峰廓线，如图A4-1所示。

图A4-1

使用ITU-R P.620-6建议书生成的抽样协调峰廓线



PPM. A04-01

附录A的 附件A5

有关抽样计算的ITU-R P.1546建议书

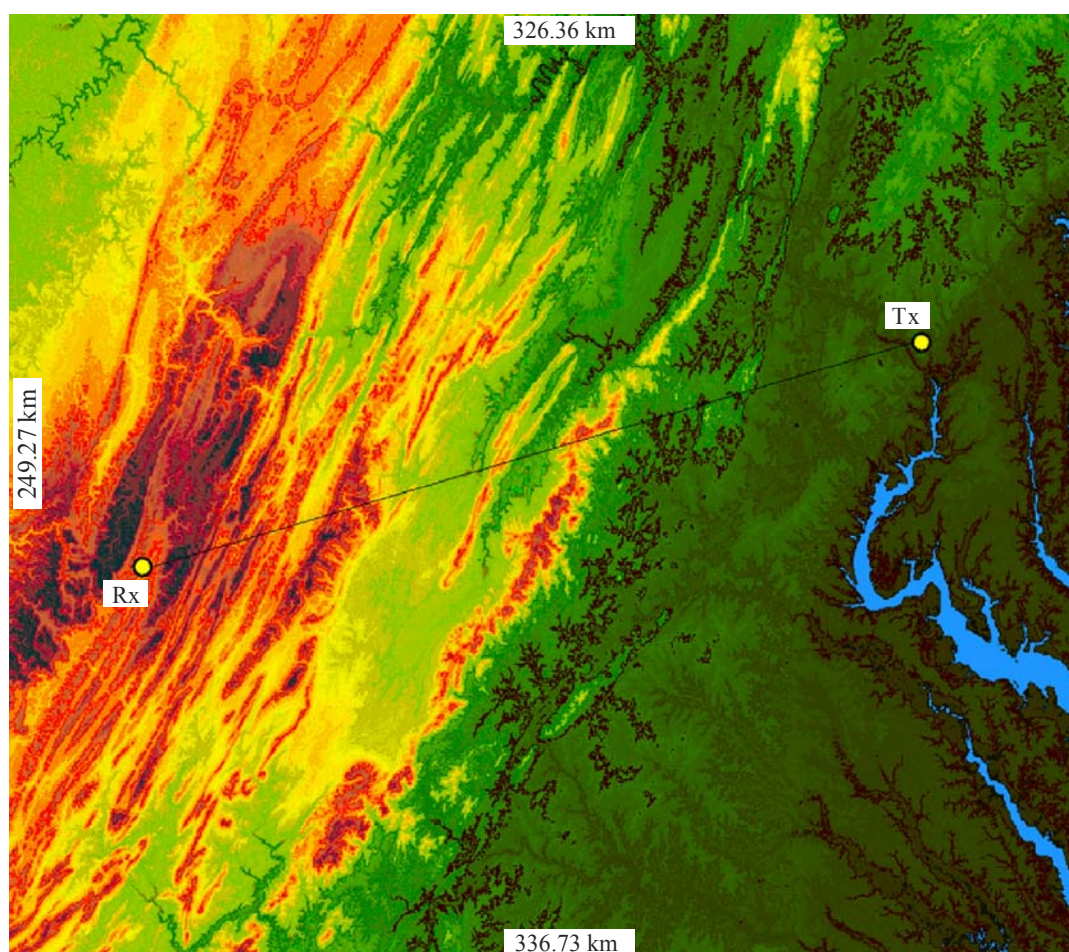
有关本抽样计算使用的说明和假设请参见第6.3段。

由于此链路之间并不存在大型的水域，因此可能产生干扰的数字电视发射机与受干扰的射电天文望远镜之间的链路全部存在于陆地之上，此路径的长度约为246 km。预计此发射机的有效高度为182.36 m。

图A5-1为该区域的地图，并标出了广播发射机和NRAO（接收位置）的具体地点。

图A5-1

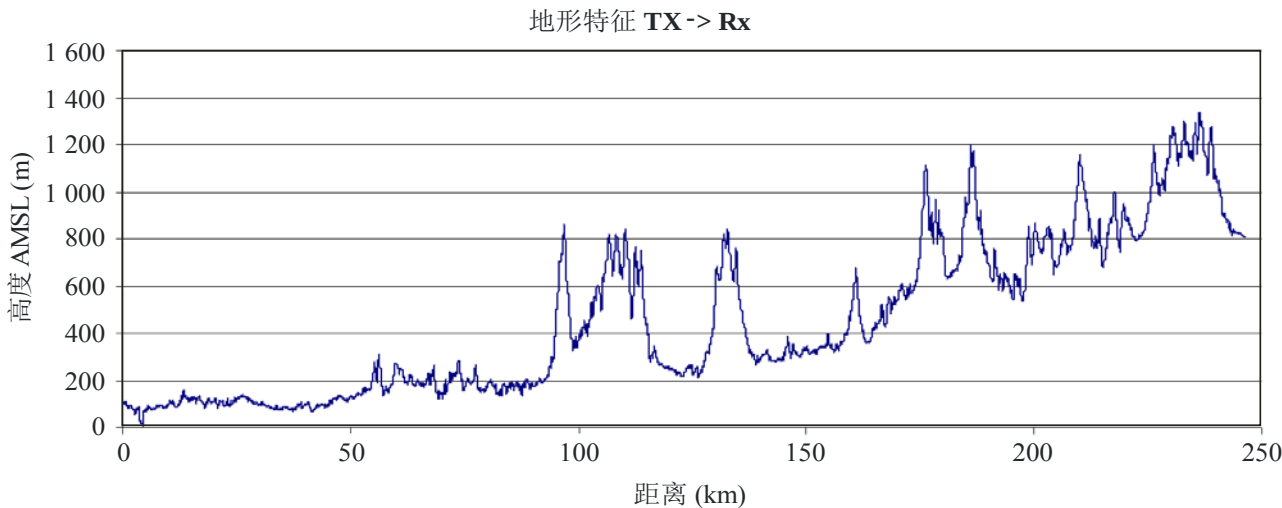
相关区域的地图



图A5-2为在数字地形数据的基础上得出的发射机与NRAO间的地形特征（SRTM-3数据）。

图A5-2

发射机与接收机之间的地形特征（NRAO）



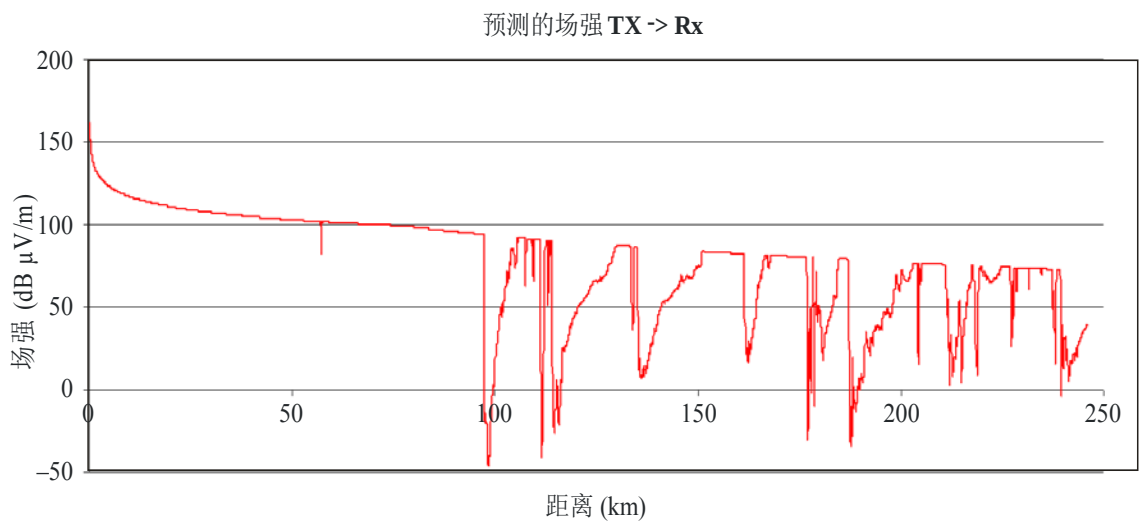
PPM. A05-02

在600 MHz和2 000 MHz场强之间（1%和10%的时间）插入干扰，将产生相对于1 kW ERP为-4.07 dB($\mu\text{V/m}$)的干扰信号。接收机高度修正和地形净空角度修正分别为23.41 dB和-12.68 dB。最后，还纳入了30 dB的发射机功率（1 MW）的调整值，其产生的干扰信号强度为36.66 dB ($\mu\text{V/m}$)。

图A5-3展示了在地面以上139.6米的高度且时间为2%的阶段内对接收天线内传播路径上场强作出的预测。有关整个区域内的类似预测请参见图A5-4，但这些计算均是针对接收天线为10米的情况。

图A5-3

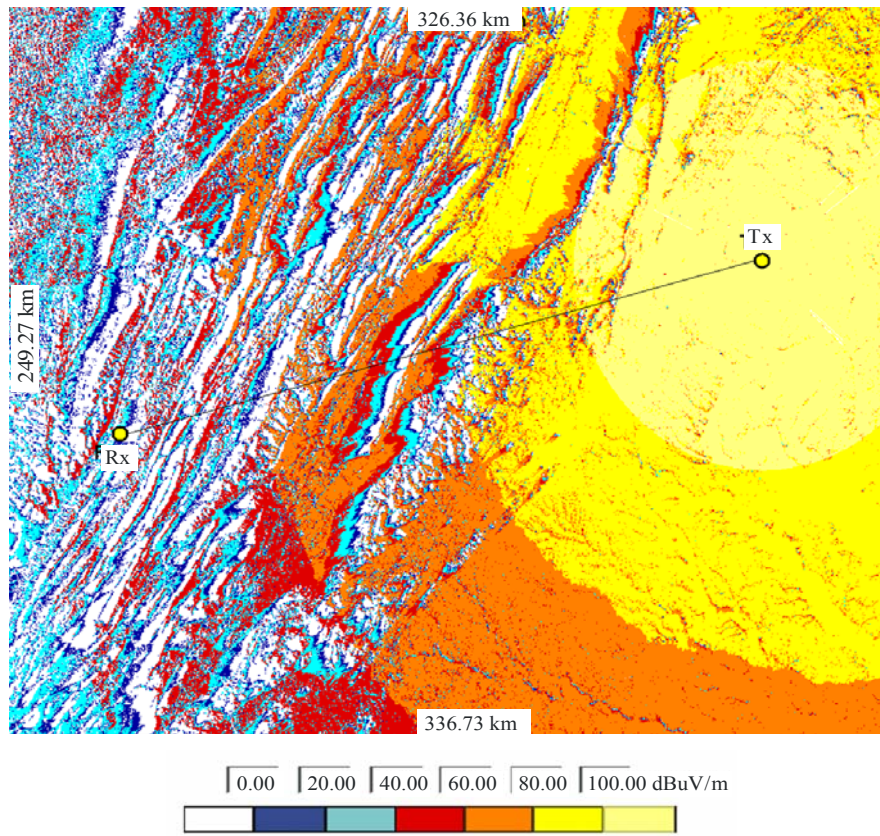
对发射机与接收机大圈路径之间场强的预测
（占总时间的2%，接收机的高度为139.6米）



PPM. A05-03

图A5-4

图A5-1所示区域的场强预测（占总时间的2%，且接收机的高度为10米）



PPM_A05-04

附录A的 附件A6

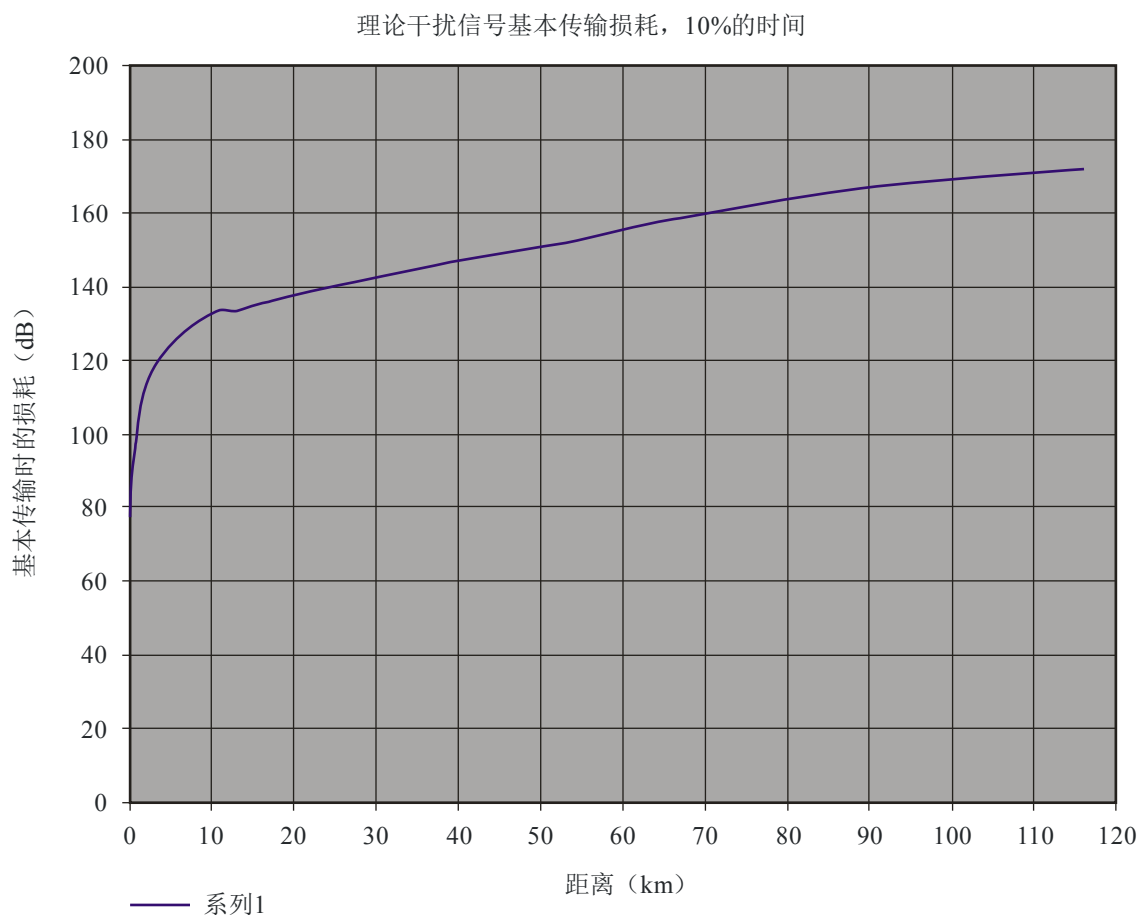
有关抽样计算的ITU-R P.1812建议书

本抽样计算中所使用的说明和假设请参见第6.6段。

为对-109 dBm的干扰目标进行调查，使用了ITU-R P.1812-1建议书所述的方法，即1 741 MHz频率上的SRS位置与30°N，94°W（在得克萨斯州Beaumont-Port Arthur附近）大圈地域特征的计算方法，来计算基本传输损耗。在约115公里的路径上，每隔100米对10%的时间（干扰信号可能会出现的时间的百分比）和50%的时间数值进行了计算。计算得出的曲线如图A4-1和A4-2所示。如果考虑带内干扰，则基本传输损耗必须大于 $109+34+23.7=166.7$ dB，这种情况出现在距离为90公里且时间为10%左右的情况下。所需的间隔距离远远小于50%时间时所需的距离，但干扰的数量可能令其无法忍受。如果干扰源在带外，那么基本传输损耗仅需124.7 dB，或间隔距离约为5.2公里。

图A6-1

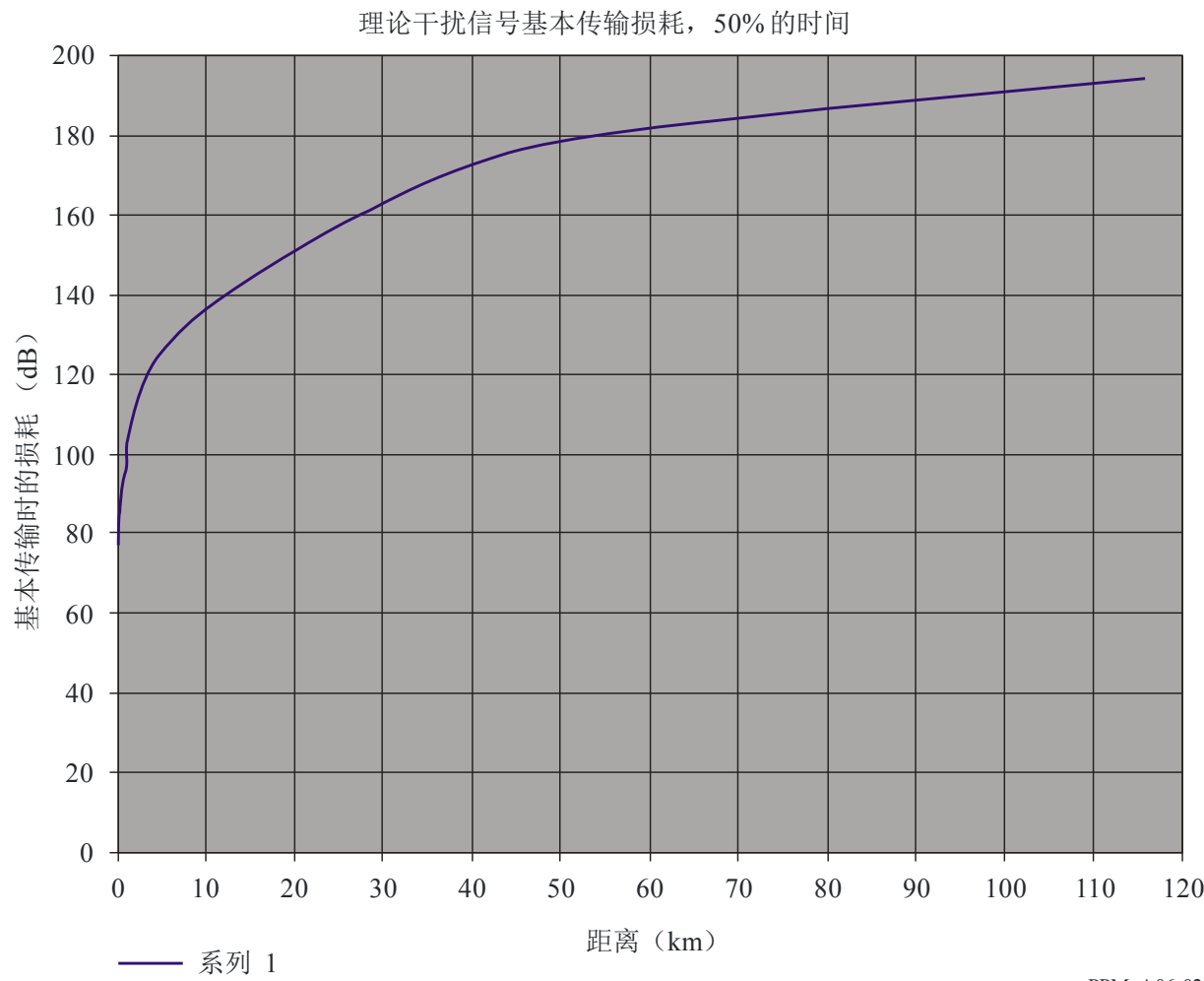
10%的时间时的传输损耗预测



PPM. A06-01

图A6-2

对50%的时间作出的传输损耗预测



附录B
参考

表B-1
对第3研究组之间相关联络声明的回顾

联络声明 (LS)	研究期	发出联络声明的机构	联络声明的相关文件	有关问题的声明	频率范围
3M/42	2000-2003	WP 8A	ITU-R P.452和 ITU-R P.1411建议书	8A工作组希望对地面业务点对点预测所用的方法进行测试。8A工作组无法确定是否已针对传播模型的充分性进行了足够的测试。该组希望就新传播模型（未列出）与ITU-R P.452和ITU-R P.1411建议书之间的对比做出澄清。	30-3 000 MHz
3M/43	2000-2003	WP 9A	ITU-R P.530建议书	有关若干建议书的讨论以及3M工作组和9A工作组就ITU-R P.620建议书附录30的使用开展的工作。	N/A
3M/86	2000-2003	WP 6S	附录7与附录30中的传播模式（2）	附录7中传播模型是否适用于地面站或发射FSS地球站与BSS地球站之间的协调。	
3M/87 3J/59 3K/63	2000-2003	WP 8F	ITU-R 229/8号课题	向3J、3K、和3M工作组发出的有关超IMT-2000系统传播问题的联络声明。力求使国际电联模拟仿出具有如下特征的下一代蜂窝系统以及当前蜂窝系统不同的频率（假设处于SHF频段的较低部分低于6 GHz）、针对以下方面制定出相应的服务费：用户手机在100 MB/s情况下的费率以及系统发射机1 Gbit/s时的费率，多蜂窝、LOS和NLOS、室内和高密度城市环境下的资费。	< 6 GHz
3M/88	2000-2003	WP 3K	ITU-R P.1238和 ITU-R P.1411建议书	8F工作组请求提供超IMT-2000系统的传播特性及其预测方法。3K工作组对其作出了响应，提供了可用于此方面的传播预测建议书。	

表B-1 (续)

联络声明 (LS)	研究期	发出联络声明的机构	联络声明的相关文件	有关问题的声明	频率范围
3M/90	2000-2003	WP 3M	ITU-R P.620建议书	3M工作组在对6S工作组就ITU-R P.620建议书的使用作出应答时提出了问题,当与此建议书同时使用附录30的附件3和附录7时出现了矛盾。	N/A
3M/97	2000-2003	WP 6S	ITU-R P.620-4建议书	就上一联络声明中有关在干扰方案中使用附录3的问题作出了应答。	N/A
3M/2	2000-2003	无线电通信局主任	ITU-R SM.1448和ITU-R P.620建议书	对ITU-R SM.1448和ITU-R P.620建议书中得出的结论进行对比。	14及6 GHz
3M/51	2003-2007	WP 4A	ITU-R P.452建议书	ITU-R P.452建议书的使用。在ITU-R P.452建议书中发现了两项难题: (1)在与衍射接近的位置,传播损耗公式出现了中断。(2)当使用基于ITU-R P.452建议书制定的仿真时,衍射损耗的数量似乎会随纬度而变化。特别是赤道衍射损耗(纬度为0°)与中北纬度(40°)或更高纬度(>50°)之间存在差异。此种差异是否真实?造成这种差异的原因是什么?	13.75-14 GHz
3M/103	2003-2007	WP 4A	ITU-R P.452建议书的使用	4A工作组就452建议书提出了一些问题。3M工作组请其就相关建议书的使用和适用性提出意见。	N/A
3M/227 3K/183	2003-2007	WP 8F	ITU-R P.1546建议书	IMT-2000和DVB-T共用研究所使用的传播模型。8F工作组请3M和3K工作组就两种预测模型,即ITU-R P.1546建议书和“扩展Hata”模型提出意见,并就以下三点提出看法:(1)相同应用条件(频率、天线高度、距离、环境)下的预计路径损耗差。在不同天线高度、距离和城市或农村地区的情况下,哪种模型更适于IMT-2000与DVB-T在UHF频段(470-862 MHz)间的共用?(2)天线高度:IMT-2000接收机天线的高度通常为地面上1.5米,而广播接收天线的高度通常为10米或更高。在城市或农村地区,应使用哪种合理的高度修正因子?(3)在IMT-2000和DVB-T不同的天线极化之间,就上述四种情况应当推荐使用哪种天线去极化因子?	
3M/1 9D/10	2003-2007	7E工作组		固定业务与其它业务间高密度链路的共用。这方面共存在三个问题: (1)HDFS终端附近建筑产生的屏蔽与蜂窝系统产生的屏蔽不同。(2)讨论HDFS终端空间分布系统(建造几种干扰的模型?)(3)HDFS信号的变化要快于传播衰落的时间,而这可能会对保护和干扰分析产生影响。	30-50 GHz

联络声明 (LS)	研究期	发出联络声明的机构	联络声明的相关文件	有关问题的声明	频率范围
3M/5 4A/77	2003-2007	联合报告人 组8A-9B	8A-9B/TEMP/4号文件	确定衰减值。与保护非GSO MSS馈线链路免受RLAN的干扰相关。	5 GHz
3M/26	2003-2007	日本	ITU-R P.1238建议书, ITU-R P.1410建议书	通过结合若干第3研究组的模型来创建定量评估进入建筑物所产生损耗的方法。	5 GHz
3M/41	2003-2007	3M	ITU-R P.1546建议书	通知8B和8F工作组,有关点对面预测的新建议已经获批。	2 700-2 900
3M/46	2003-2007	WP 9D	新方法	9D工作组已经为射电天文与地球站之间的协调工作和面对点干扰制定了新的方法。	30 GHz或以上
3M/79	2003-2007	WP 9A	ITU-T M.2110建议书, ITU-R F.1330-1建议书	与无线电链路启用服务(BIS)相关的净空传播信息。Telenor在挪威沿海地区进行了为期一年的试验,对点对点宽带地面数字微波链路(使用了空间分级)的严重退化(深度衰减)的概率进行了测量。相关分析结果请参见本联络声明。BIS的调试通常有赖于ITU-T M.2110建议书,但是Telenor建议使用ITU-R F.1330-1 0建议书,将其用于不规则大气传播条件下出现的罕见的深度衰减。	6 GHz
3M/95	2003-2007	WP 9A	ITU-R P.530建议书	ITU-R P.530建议书与全球使用的方法进行对比有助于9A工作组实施ITU-R P.530建议书。	N/A
3M/93	2003-2007	WP 9A	ITU-R P.837建议书	就建议书中降雨模型之间的关系寻求建议,因为其中一种降雨模型被认为并不精确。	N/A
3M/49	2003-2007	WP 9A	ITU-T G.827建议书,可能应用ITU-R F.1491和ITU-R F.1492建议书	请求就中断密度(OI)的预测方法提供建议。9A工作组向3M工作组通知了其就最终确定PDNR所作出的决定,“27 500 km假设参考路径上使用的真实数字固定无线链路的可用性目标。”9A工作组请求在设计时已使用的连接特性的基础上就OI所采用的预测方法提出建议,从而使设计者在进行真实链路规划时能够考虑到这一参数。	
3M/60	2003-2007	ITU-T SG 15	ITU-R 228/3号课题的修 订草案	规划在275 GHz以上工作的系统时所需使用的传播数据。800 nm与1600 nm之间点对点应用所使用使用的预测传播方法(187.5和375 THz)。当时使用的传播方法仅是针对地对空和空对空路径。	187.5-375 THz
3M/96	2003-2007	WP 7C	ITU-R P.528建议书	ITU-R P.528建议书使用的修正因子是基于频率的差异以及对不同时间百分比的相关信息作出的推断。	403或1680 MHz



* 3 7 6 9 6 *

瑞士印刷
2013年，日内瓦
ISBN 978-92-61-14125-7