|  |
| --- |
| **ITU-R P.1144-6 建议书**  **(02/2012)** |
| **无线电通信第3研究组**  **传播方法应用指导** |
| **P 系列**  **无线电波传播** |

# 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 |

|  |
| --- |
| **说明：**该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。 |

电子出版  
2012年，日内瓦

© 国际电联 2012

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 P.1144-6 建议书

无线电通信第3研究组传播方法应用指导

（1995-1999-2001-2001-2007-2009-2012年）

# 范围

本建议书为包含传播预测方法的无线电通信第3研究组的建议书提供了指导。它针对特定应用的最适当方法以及这些方法中每一种方法的限值、所需的输入信息和输出结果向用户提供了建议。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

a) 有必要为（无线电通信第3研究组制定的）ITU-R P系列建议书的用户提供帮助，

建议

**1** 使用表1中的信息指导（无线电通信第3研究组制定的）ITU-R P系列建议书中各种传播方法的应用；

**2** 使用表2和附件1中的信息指导应用上述建议1中的传播方法所必需的各种地球物理参数数字地图的使用。

注1 – 对于表1中的每项ITU-R建议书，均有相关的信息栏用以表示：

应用：建议书所适用的业务或应用。

类型： 建议书所适用的情况，如点对点、点对面、瞄准线等。

输出： 建议书中的方法所产生的输出参数值，如路径损耗。

频率：建议书所适用的频率范围。

距离： 建议书所适用的距离范围。

%时间：建议书所适用的时间百分比值或数值范围；%时间是在平常的一年中超过预测信号时间的比例。

%位置：建议书所适用的位置范围百分比；%位置是在超出预测信号（比如100 到200米边距的广场范围内）的位置比例。

终端高度： 建议书所适用的终端天线高度范围。

输入数据：建议书中的方法所使用的参数列表；列表按照参数的重要性排序，在某些情况下，可能使用缺省值。

建议书中已经提供了表1所显示的信息；但该表可使用户快速浏览建议书的各种能力（和局限），而不必费力在案文中搜索。

表 1

ITU-R 无线电波传播预测方法

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 方法 | 应用 | 类型 | 输出 | 频率 | 距离 | 时间% | 位置% | 终端高度 | 输入数据 |
| ITU-R P.368 建议书 | 所有业务 | 点对点 | 场强 | 10 kHz至30 MHz | 1至10 000 km | 不适用 | 不适用 | 陆基 | 频率  地面传导性 |
| ITU-R P.452建议书 | 利用地球表面电台的业务；干扰 | 点对点 | 路径损耗 | 100 MHz至50 GHz | 未具体规定，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 | 在大气层表层内无特定限制（不是用于航空应用）。 | 路径形态数据 频率 时间百分比 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 | 航空 移动 | 点对面 | 路径损耗 | 125 MHz至15.5 GHz | 0至800 km (对于航空应用，0 km 水平距离不表示0 km 路径长度) | 1至95 | 不适用 | H1：1.5 m-20 km H2：1- 20 km | 距离 Tx 高度 频率 Rx 高度 时间百分比 |
| ITU-R P.530建议书 | 视距 固定链路 | 点对点 视距 | 路径损耗 分集改善（晴空条件） XPD(2) 中断 错误 性能 | 约 150 MHz至100 GHz | 最多200 km （如果为瞄准线） | 晴空条件下全部时间百分比； 降水条件下 1至0.001 (1)  和衰减的最坏月份 | 不适用 | 足够高以确保规定的路径间隙 | 距离 Tx 高度 频率 Rx 高度 时间百分比 路径障碍数据 气候数据 地形资料 |
| ITU-R P.533建议书 | 广播 固定 移动 | 点对点 | 基本 MUF  天波场强 可用的接收机功率 信噪比 LUF 电路可靠性 | 2至30 MHz | 0至40 000 km | 全部百分比 | 不适用 | 不适用 | Tx的经纬度 Rx的经纬度 太阳黑子数量 月份 时间 频率 Tx 功率 Tx 天线类型 Rx 天线类型 |

表 1（续）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 方法 | 应用 | 类型 | 输出 | 频率 | 距离 | 时间% | 位置% | 终端高度 | 输入数据 |
| ITU-R P.534建议书 | 固定 移动 广播 | 点对点 通过零星E | 场强 | 30至100 MHz | 0至4 000 km | 0至50 | 不适用 | 不适用 | 距离 频率 |
| ITU-R P.617建议书 | 超越地平线 固定链路 | 点对点 | 路径损耗 | 30 MHz | 100至1 000 km | 20、50、90、99 和99.9 | 不适用 | 在大气层表层内无特定限制（不是用于航空应用）。 | 频率 Tx 天线增益 Rx 天线增益 路径几何图形 |
| ITU-R P.618建议书 | 卫星 | 点对点 | 路径损耗 分集增益和 (降水条件下) XPD(2) | 1至55 GHz | 任何实际轨道高度 | 对于雨衰减为0.001-5；对于总衰减为0.001-1；对于 XPD(2)为0.001-1  和衰减的最坏月份 | 不适用 | 无限制 | 气候数据 频率 仰角地球站点地球站高度间隔和角度（对于分集增益） 天线直径和效率（对于闪烁） 极化角（对于XPD(2)） |
| ITU-R P.620建议书 | 地球站 频率 协调 | 协调  距离 | 实现所需传播损耗的距离 | 100 MHz至105 GHz | 最大至1 200 km | 0.001至50 | 不适用 | 在大气层表层内无特定限制（不是用于航空应用）。 | 最小基本传输损耗 频率 时间百分比 地球站仰角 |
| ITU-R P.679建议书 | 广播 卫星 | 点对面 | 路径损耗 当地环境作用 | 0.5至5.1 GHz | 任何实际轨道高度 | 不适用 | 无特定限制 | 无特定限制 | 频率 仰角 本地环境特点 |
| ITU-R P.680建议书 | 卫星 水上 移动 | 点对点 | 海面衰减 衰减持续时间干扰  (相邻卫星) | 0.8至8 GHz | 任何实际轨道高度 | 通过Rice-Nakagami 分布，至0.001%，对于干扰(1) ，限制为0.01%的 | 不适用 | 无限制 | 频率 仰角 最大天线主波束增益 |
| ITU-R P.681建议书 | 卫星 陆地 移动 | 点对点 | 路径衰减 衰减持续时间 非衰减持续时间 | 0.8至20 GHz | 任何实际轨道高度 | 不适用 传播距离百分比 1至80%(1) | 不适用 | 无限制 | 频率 仰角 传播距离百分比 大约的光遮蔽水平 |

表 1（续）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 方法 | 应用 | 类型 | 输出 | 频率 | 距离 | 时间% | 位置% | 终端高度 | 输入数据 |
| ITU-R P.682建议书 | 卫星 航空 移动 | 点对点 | 海面衰减 着陆时地面和飞行器多路径 | 1至2 GHz（海面衰减）  1至3 GHz（来自地面多路径） | 任何实际轨道高度 | 通过 Rice-Nakagami分布(1)至 0.001% | 不适用 | 对于海面衰减无限制  着陆期间地面反射最大为 1 km | 频率 仰角 极化 最大天线视轴增益 天线高度 |
| ITU-R P.684建议书 | 固定 移动 | 点对点  点对面 | 天波场强 | 30至150 kHz | 0至16 000 km | 50 | 不适用 | 不适用 | Tx的经纬度 Rx的经纬度 距离 Tx功率 频率 地面常数 季节 太阳黑子数量 时间 |
| ITU-R P.843建议书 | 固定 移动 广播 | 通过流星余迹猝发点对点 | 接收功率 猝发率 | 30至100 MHz | 100至1 000 km | 0至5 | 不适用 | 不适用 | 频率 距离 Tx功率 天线增益 |
| ITU-R P.1147建议书 | 广播 | 点对面 | 天波场强 | 0.15至1.7 MHz | 50至12 000 km | 1、10、50 | 不适用 | 不适用 | Tx的经纬度 Rx的经纬度 距离 太阳黑子数量 Tx功率  频率 |
| ITU-R P.1238建议书 | 移动 RLAN | 建筑物内传播方法 | 路径损耗 延迟扩展 | 900 MHz至100 GHz | 建筑物内 | 不适用 | 不适用 | 固定地点：约 2-3 m 移动：约 0.5‑3 m | 频率 距离 地板和墙壁因素 |
| ITU-R P.1410建议书 | 宽带 无线电接入 | 点对面 | 覆盖率 因降雨造成临时覆盖率降低 | 3至60 GHz | 0-5 km | 0.001至1（用于计算因降雨造成的覆盖率降低） | 最大为100 | 无限制；0-300 m（典型） | 频率 覆盖区域 终端高度 建筑高度统计参数 |

表 1（续）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 方法 | 应用 | 类型 | 输出 | 频率 | 距离 | 时间% | 位置% | 终端高度 | 输入数据 |
| ITU-R P.1411建议书 | 移动 | 短路经传播方法 | 路径损耗 延迟扩展 | 300 MHz至100 GHz | < 1 km | 不适用 | 不适用 | 固定位置：约4-50 m 移动：约0.5‑3 m | 频率 距离 街道宽度 结构高度 |
| ITU-R P.1546建议书 | 地面业务 | 点对面 | 场强 | 30至3 000 MHz | 1至1 000 km | 1 - 50 | 1- 99 | *Tx/*固定位置：有效高度从小于0 m-3 000 m *Rx/*移动：  m | 地形高度和地面覆盖（可选） 路径分类 距离 Tx 天线高度 频率 时间百分比 Rx 天线高度 离地高度角 位置百分比 折射倾斜度 |
| ITU-R P.1622建议书 | 卫星光链路 | 点对点 | 吸收损耗 散射损耗 背景噪声 振幅 闪烁 到达角 光束飘移 光束扩展 | 20至375 THz | 远场地对空光链路 | 不适用 | 不适用 | 无限制 | 波长 终端高度 仰角 湍流结构参数 |
| ITU-R P.1623建议书 | 卫星 | 点对点 | 衰减持续时间，衰减斜坡 | 10至50 GHz | 任何实际轨道高度 | 不适用 | 不适用 | 无限制 | 频率 仰角 衰减门限值 滤波器带宽 |
| ITU-R P.1812建议书 | 地面业务 | 点对面 | 场强 | 30 MHz至3 000 MHz | 未具体规定，但可高达并超过无线电地平线 | 1至50 | 1至99 | 在大气层表层内无特定限制（不是用于航空应用）。 | 路径形态数据 频率 时间百分比 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.1814建议书 | 地面 光链路 | 点对点 | 吸收损耗 散射损耗 背景噪声 振幅 闪烁 光束扩展 | 20至375 THz | 无限制 | 不适用 | 不适用 | 无限制 | 波长 能见度（雾中） 路径长度 湍流结构参数 |

表 1（完）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 方法 | 应用 | 类型 | 输出 | 频率 | 距离 | 时间% | 位置% | 终端高度 | 输入数据 |
| ITU-R P.1853建议书 | 地面卫星 | 点对点 | 地面路径雨衰减  地对空路径的总衰减和对流层闪烁 | 地面路径4至40 GHz  地对空路径4至55 GHz | 对于GEO卫星地面路径在2和60公里之间 | 不适用 | 不适用 | 无限制 | 气象数据  频率 仰角  地球站高度  地球站点的间隔和角度（用于分集增益） 天线直径与效率 （用于闪烁） |
| ITU-R P.2001建议书 | 地面业务 | 点对面 | 路径损耗 | 30 MHz至50 GHz | 3至1 000公里 | 0至100 | 不适用 | 在对流层内无特定限制 | 路径形态数据 频率 时间百分比 Tx天线高度、增益和方位角朝向 Rx 天线高度、增益和方位角朝向 Tx的经纬度 Rx的经纬度 极化 |
| (1) 中断的时间百分比；对于业务可用性，用100减去数值。  (2) XPD：交叉极化鉴别。 | | | | | | | | | |

表 2

ITU-R 地球物理学参数数字地图

| ITU-R建议书 | 描述 | 栅格分辨率 | 所需的空间插值 (见附件1) | 概率插值 | 变量插值 | 文件名 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| P.839 | 平均年 0°C 等温线高度 (km) (zerodeg) | 1.5° × 1.5° | 双线性 | 不适用 | 不适用 | ESA0HEIGHT.TXT |
| P.837 | 降雨率超越概率(%) (rain rate) | 1.5° × 1.5° | 双线性 | 不适用 | 不适用 | ESARAIN\_xxx\_v5.TXT; xxx = PR6, BETA, MT |
| P.1511 | 地形高度(a.m.s.l.) (km)（altitude） | 0.5° × 0.5° | 双三次 | 不适用 | 不适用 | TOPO0DOT5.TXT |
| P.836 | 柱状水蒸气超越概率(%) (IWVC) | 1.125° × 1.125° | 双线性(1) | 对数的 | 线性 | ESAWVC\_xx\_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99 |
| P.836 | 地面水蒸气密度超越概率(%) (Rho) | 1.125° × 1.125° | 双线性(1) | 对数的 | 线性 | SURF\_WV\_xx\_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99 |
| P.836 | 水蒸气标高 | 1.125° × 1.125° | 双线性 | 对数的 | 线性 | VSCH\_xx\_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99 |
| P.1510 | 平均年表面温度 (temperature) | 1.5° × 1.5° | 双线性 | 不适用 | 不适用 | ESATEMP.TXT |
| P.453 | 湿润条件下折射率中值(Nwet) | 1.5° × 1.5° | 双线性 | 不适用 | 不适用 | ESANWET.TXT |
| P.453 | 大气层最低50米的 折射率梯度(N-units/km) | 1.5° × 1.5° | 双线性 | 未确定 | 不适用 | DNDZ\_xx.TXT; xx =01, 10, 50, 90, 99 |
| P.840 | 柱状云液态水超越 概率(%) (CLW) | 1.125° × 1.125° | 双线性 | 对数的 | 线性 | ESAWREDP\_xx\_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99 |
| P.840 | 云液态水总含量统计分布 | 1.125° × 1.125° | 双线性 | 不适用 | 不适用 | WRED\_LOGNORMAL\_MEAN\_v4.TXT, WRED\_LOGNORMAL\_STDEV\_v4.TXT, and WRED\_LOGNORMAL\_PCLW\_v4.TXT |

表 2（完）

| ITU-R建议书 | 描述 | 栅格分辨率 | 所需的空间插值 (见附件1) | 概率插值 | 变量插值 | 文件名 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| P.617 | 对流层散射气候带 | 0.5° × 0.5° | 不适用 | 不适用 | 不适用 | TOPClim.txt |
| P.2001 | 大气层最低1公里的表层 折射率和梯度 | 1.5° × 1.5° | 双线性 | 不适用 | 线性 | DN\_Median.txt  DN\_SupSlope.txt  DN\_SupSlope.txt |
| P.2001和P.534 | 分散E临界频率（*FoEs*） | 1.5° × 1.5° | 双线性 | 线性 | 线性 | FoEs50.txt  FoEs10.txt  FoEs01.txt  FoEs0.1.txt |
| IWVC: 整层大气水汽含量  (1) 按照适用的建议书中的标度程序，在空间插值前按所需高度调整周围栅格点的变量。 | | | | | | |

为便于参考，图1显示了地球物理图（黑框）和传播效果之间的关系（白框）。



附件1

# 1 双线性插值



假定：周围四个珊格点的值为: *I*(*R*,*C*), *I*(*R*,*C*1), *I*(*R*1,*C*),和 *I*(*R*1,*C*1)。

问题：确定*I*(*r,c*), 其中*r*其中*r* 是一个分行数，*c* 是一个分列数，使用双线性插值。

解答：计算

I(r,c)   I(R,C) [(R  1 – r)(C  1 – c)]

 I(R  1,C) [(r – R)(C  1 – c)]

 I(R,C  1) [(R  1 – r)(c – C)]

 I(R  1,C  1) [(r – R)(c – C)]

# 2 双三次插值



假定：16个珊格点的数值为:

*I*(*R*,*C*), *I*(*R*,*C*1), *I*(*R*,*C*2), *I*(*R*,*C*3),

*I*(*R* 1,*C*), *I*(*R* 1,*C*1), *I*(*R* 1,*C*2), *I*(*R*1,*C*3),

*I*(*R*2,*C*), *I*(*R*2,*C*1), *I*(*R*2,*C*2), *I*(*R*2,*C*3),

*I(R*3,*C*), *I*(*R**C* 1), *I*(*R*3,*C* 2), *I*(*R*3,*C*3)。

问题：计算 *I*(*r*,*c*), 其中*r* 是一个分行数，*c* 是一个分列数，使用双三次插值。

解答：

第 1步：对于每一行 *x*, 其中*x*  {*r*, *r*  1, *r*  2, *r*  3},计算所希望的分行*c* 的插值如下：



如果：



以及

*a*  –0.5

第 2步：通过插入一维度插值，以行插值同样的方式计算*I*(*r*,*c*)，*RI*(*R*,*c*)，*RI*(*R*1,*c*)，*RI*(*R*2,*c*) 和 *RI*(*R*3,*c*)。