

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

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



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

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: ≥1 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)

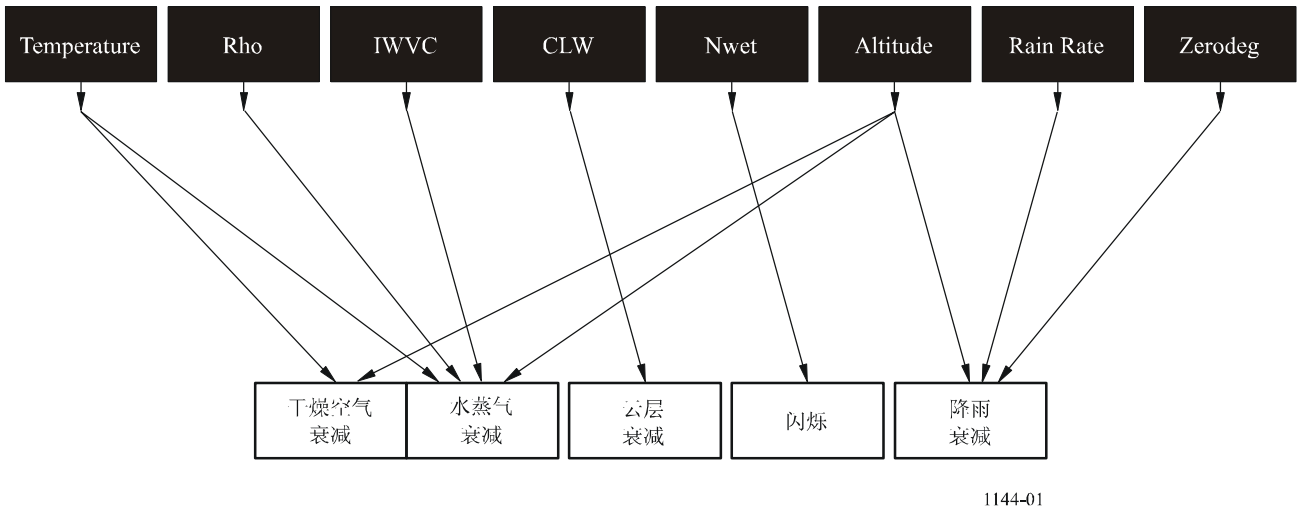
ITU-R建议书	描述	栅格分辨率	所需的空间插值 (见附件1)	概率插值	变量插值	文件名
P.617	对流层散射气候带	$0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$	不适用	不适用	不适用	TOPClim.txt
P.2001	大气层最低1公里的表层 折射率和梯度	$1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$	双线性	不适用	线性	DN_Median.txt DN_SupSlope.txt DN_SupSlope.txt
P.2001和P.534	分散E临界频率 (<i>FoEs</i>)	$1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$	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）。

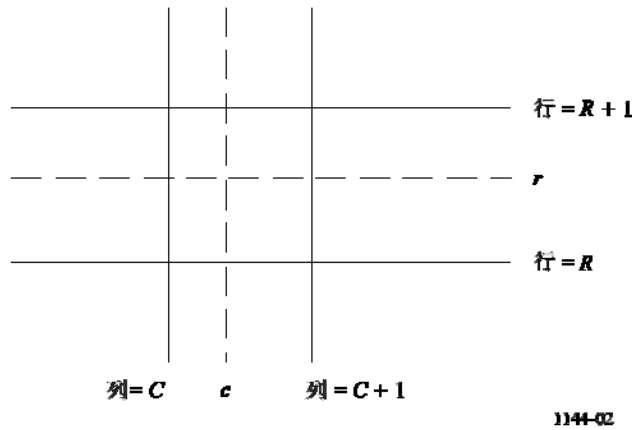
图 1



附件1

1 双线性插值

图 2



假定：周围四个栅格点的值为： $I(R,C)$ ， $I(R,C + 1)$ ， $I(R + 1,C)$ ，和 $I(R + 1,C + 1)$ 。

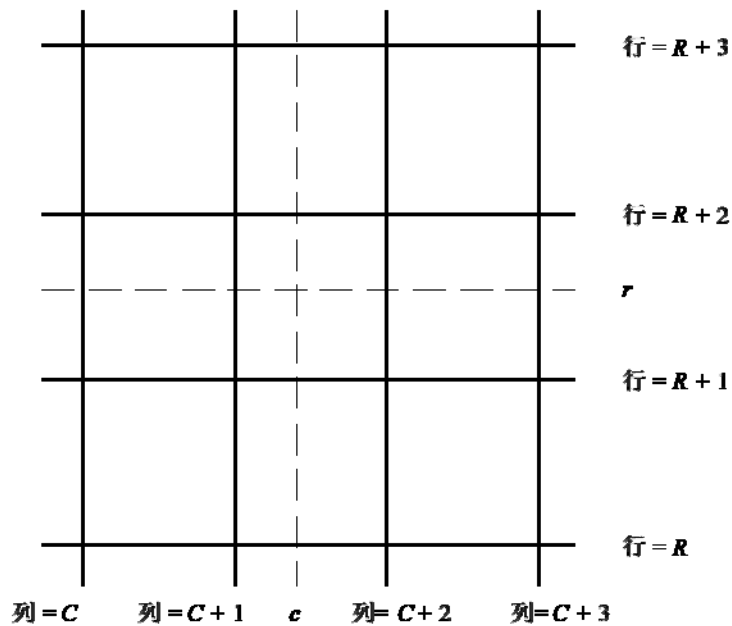
问题：确定 $I(r,c)$ ，其中 r 其中 r 是一个分行数， c 是一个分列数，使用双线性插值。

解答: 计算

$$\begin{aligned} I(r,c) = & I(R,C) [(R+1-r)(C+1-c)] \\ & + I(R+1,C) [(r-R)(C+1-c)] \\ & + I(R,C+1) [(R+1-r)(c-C)] \\ & + I(R+1,C+1) [(r-R)(c-C)] \end{aligned}$$

2 双三次插值

图 3



1144-03

假定: 16个栅格点的数值为:

$$\begin{aligned} & I(R,C), I(R,C+1), I(R,C+2), I(R,C+3), \\ & I(R+1,C), I(R+1,C+1), I(R+1,C+2), I(R+1,C+3), \\ & I(R+2,C), I(R+2,C+1), I(R+2,C+2), I(R+2,C+3), \\ & I(R+3,C), I(R+3,C+1), I(R+3,C+2), I(R+3,C+3)。 \end{aligned}$$

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:

$$RI(X,c) = \sum_{j=C}^{C+3} I(X,j) K(c-j)$$

如果:

$$K(\delta) = \begin{cases} (a+2)|\delta|^3 - (a+3)|\delta|^2 + 1 & \text{对于 } 0 \leq |\delta| \leq 1 \\ a|\delta|^3 - 5a|\delta|^2 + 8a|\delta| - 4a & \text{对于 } 1 \leq |\delta| \leq 2 \\ 0 & \text{对于 } 2 \leq |\delta| \end{cases}$$

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 $RI(R+3,c)$ 。
