

ITU-R P. 837-8 建议书

(09/2025)

P 系列：无线电波传播

传播建模的降雨特性



前言

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，并开展没有频率范围限制的研究，在此基础上通过建议书。

无线电通信部门制定规章制度和政策的职能由世界和区域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。

知识产权政策 (IPR)

国际电联无线电通信部门 (ITU-R) 的 IPR 政策述于 ITU-R 第 1 号决议所参引的《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 <https://www.itu.int/ITU-R/go/patents/zh> 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建议书系列

(可同时在以下网址获得: <https://www.itu.int/publ/R-REC/zh>)

系列	标题
BO	卫星传输
BR	用于制作、存档和播放的记录；用于电视的胶片
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电测定、业余无线电以及相关卫星业务
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	卫星固定和固定业务系统之间频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和标准频率发射
V	词汇和相关课题

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。

电子出版物
2025年，日内瓦

© 国际电联 2025

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段翻印本出版物的任何部分。

ITU-R P.837-8建议书

传播建模的降雨特性

(ITU-R第201-7/3号研究课题)

(1992-1994-1999-2001-2003-2007-2012-2017-2025年)

范围

要求使用1分钟积分时间的降雨率统计数据，对地面链路（如ITU-R P.530建议书）和地空链路（如ITU-R P.618建议书）中的雨衰减情况进行预测。

当无可用的本地长期降雨率数据时，本建议书附件1提供一种降雨率预测方法，用于预测1分钟积分时间的年度和月度降雨率统计数据。此预测方法基于：a) 从全球降水量气候学中心（GPCC）（2015年版）陆地气候数据库生成的完整月降雨数据和从欧洲中期天气预报中心（ECMWF）ERA Interim生成的降水再分析数据库；b) ITU-R P.1510建议书中的月平均地表温度数据。

当有可用的积分时间大于1分钟的本地长期降雨率数据时，本建议书附件1提供一种方法，将积分时间大于1分钟的降雨率统计数据，转换为1分钟积分时间的降雨率统计数据。

关键词

降雨率、全年统计数据、月统计数据、转换方法、全球降水量气候学中心（GPCC）、ERA Interim

缩略语/词汇表

ECMWF 欧洲中期天气预报中心

ERA ECMWF再分析数据库

GPCC 全球降水气候学中心

相关的ITU-R建议书

ITU-R P.1510 建议书 – 平均表面温度

注 – 应使用现行建议书的最新版本。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 为预测由降雨引起的衰减和散射，需要关于降雨参数的年度和月度统计资料；
- b) 全球各地或多或少都需要这种资料；
- c) 为预测地面和卫星链路中的雨衰和散射，需要1分钟积分时间的降雨率统计数据；
- d) 可从当地资料中获取积分时间 ≥ 1 分钟的降雨率长期测量结果；
- e) 使用一种模型，将1小时积分时间的本地降雨率测量结果转换为1分钟积分时间的本地降雨率测量结果，会比本建议书附件1的方法结果更精确，

建议

- 1 应采用当地年降雨率和月降雨率的长期测量值，且如果可能，应使用1分钟的积分结果；
- 2 若使用本地测量结果，应收集足够长时间（通常>10年）的测量结果，以确保统计数据的稳定性；
- 3 应使用积分时间>1分钟的长期年降雨率测量结果，（若有该测量结果），且应使用附件2中的转换方法将该等测量结果转换为1分钟统计时间的年降雨率测量结果；
- 4 若无可靠的本地年降雨率数据，应使用附件1中的步进式预测方法算出降雨率。 R_p 为超过理想的年超越概率的部分； p 为地表任意地点，且积分时间为1分钟；
- 5 在缺少可靠的本地月降雨率数据的情况下，应使用附件1中的步进式预测方法得出月降雨率 R_{p_ii} ，且 ii 月在地球表面任何位置（范围从1至12）高出理想超越概率的值为 p ，积分时间为1分钟。

附件1

用于导出超出给定平均年度和月度超越概率 和给定地点的降雨率的预测方法

本方法预测超过规定年平均超越概率的降雨率，以及在地球表面特定位置超过规定月概率的降雨率。它利用了每月总降雨量和月平均地表温度的数字地图。月平均总降雨量地图信息来自GPCC气候学中心（2015年版）生成的1951至2000年50年间陆地气候数据库和欧洲中期天气预报中心（ECMWF）ERA Interim生成的1979到2014年36年间降水数据。

月平均总降雨量数据 $MT_{ii}(\text{mm})$ （其中 $ii = \{01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11 \text{ 和 } 12\}$ ），为本建议书的主体部分，且有电子地图。纬度网格从 -90.125°N 至 $+90.125^\circ\text{N}$ ，每格 0.25° ；经度网格从 -180.125°E 到 $+180.125^\circ\text{E}$ ，每格 0.25° 。

超过年平均降雨率0.01%的年降雨率数据，记为 $R_{0.01}(\text{mm/hr})$ ，也是本建议书的主体部分，且有电子地图。其纬度网格从 -90°N 到 $+90^\circ\text{N}$ ，每格 0.125° ；经度网格从 -180°E 到 $+180^\circ\text{E}$ ，每格 0.125° 。

这些数字地图见补充文件 [R - REC-P.837-8-202509-I!!ZIP-E.zip](#) 中的 P-REC-P.837-8-Maps.zip 文件。

输入参数：

p : 理想年超越概率(%)

Lat : 理想地点的纬度(度, N)

Lon : 理想地点的经度(度, E)

输出参数:

R_p : 高于理想年均超越概率 p (%) 的降雨率 (mm/h)。

$R_{p,ii}$: 在一年中任何月份 (ii) 中高于平均月份理想超越概率 p (%) 的降雨率 (mm/h)。

第一步: 如下表, 一年的每月, 月份为 ii , 每月的天数为 N_{ii}

月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一	十二
ii	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
N_{ii}	31	28.25	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

第二步: 对于每个月份, $ii = \{01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11\text{和}12\}$, 使用可靠的本地长期数据, 在理想地点 (Lat, Lon) 确定月平均地表温度 T_{ii} (K)。

若无可靠的本地长期数据, 可从ITU-R P.1510建议书的月平均地表温度电子地图中, 获得理想地点 (Lat, Lon) 的月平均地表温度 T_{ii} (K)。

第三步: 对于每个月份, $ii = \{01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11\text{和}12\}$, 使用可靠的本地长期数据, 在理想地点 (Lat, Lon) 确定月平均总降雨量 MT_{ii} (mm)。

若无可靠的本地长期数据, 可从月平均总降雨量 MT_{ii} (mm) 数字地图中, 确定理想地点 (Lat, Lon) 月平均总降雨量, 以下信息也构成本建议书的主体部分:

- a) 确定理想地点 (Lat, Lon) 的4个网格点坐标 (Lat_1, Lon_1)、(Lat_2, Lon_2)、(Lat_3, Lon_3) 和 (Lat_4, Lon_4);
- b) 在本建议书的地图上确定4个网格点的月平均降雨总量 $MT_{ii,1}$ 、 $MT_{ii,2}$ 、 $MT_{ii,3}$ 、和 $MT_{ii,4}$
- c) 按ITU-R P.1144建议书附件1中1b的描述, 用4个网格点坐标计算双线性插值, 以此确定理想地点 (Lat, Lon) 的 MT_{ii} 值

第四步: 把每个月份的 T_{ii} (K) 换算成 t_{ii} ($^{\circ}$ C)

第五步: 对于每个月份, 按以下公式计算 r_{ii} 的值:

$$\begin{aligned} r_{ii} &= 0.5874e^{0.0883 \times t_{ii}} \quad \text{for } t_{ii} \geq 0^{\circ}\text{C} \\ r_{ii} &= 0.5874 \quad \text{for } t_{ii} < 0^{\circ}\text{C} \quad (\text{mm/hr}) \end{aligned} \quad (1)$$

第六步a: 对于每个月份, 按以下公式计算月降水概率:

$$P_{0,ii} = 100 \frac{MT_{ii}}{24 \times N_{ii} \times r_{ii}} (\%) \quad (2)$$

第六步b: 对于每个月份, 如果 $P_{0,ii} > 70$, 则设定 $P_{0,ii} = 70$ 且 $r_{ii} = \frac{100}{70} \times \frac{MT_{ii}}{24N_{ii}}$

第七步: 按以下公式计算年降水概率 $P_{0,annual} = P(R > 0)$

$$P_{0,annual} = \frac{\sum_{ii=1}^{12} N_{ii} \times P_{0,ii}}{365.25} (\%) \quad (3)$$

第八步: 降雨率统计数据可以按年或按月预测。要获得每月的统计数据, 请遵循第8步a; 对于年度统计数据, 使用第8步b。

第八步a: 预测月降雨率统计数据

如果理想的月降雨率超越概率 p 大于 $P_{0_{ii}}$ ，则理想月降雨率的超越概率 $R_{p_{ii}}$ 为0 mm/hr。

如果理想的月降雨率超越概率(p)小于等于 $P_{0_{ii}}$ ，则通过最小化月降雨率超越概率 $P_{ii}(R > R_{ref})$ 和理想月降雨率超越概率 p 之间的相对误差绝对值，调整降雨率 R_{ref} ，直至其小于0.001% (即直至 $100 \left| \frac{P_{ii}(R > R_{ref})}{p} - 1 \right| < 0.001$)，其中：

$$P_{ii}(R > R_{ref}) = P_{0_{ii}} Q \left(\frac{\ln(R_{ref}) + 0.7938 - \ln(r_{ii})}{1.26} \right) \quad (4)$$

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (5)$$

在最小化过程结束时，设 $R_{p_{ii}} = R_{ref}$ 。

第八步b: 预测年降雨率统计数据

若理想的年降雨超越概率 p 大于 $P_{0_{annual}}$ ，则理想年降雨超越概率 R_p 为0 mm/hr。

若理想的年降雨超越概率 p 小于或等于 $P_{0_{annual}}$ ，则通过最小化年降雨率超越概率 $P(R > R_{ref})$ ，和理想年降雨率超越概率 p 之间的相对误差绝对值，调整降雨率 R_{ref} ，直至其小于0.001% (即直至 $100 \left| \frac{P(R > R_{ref})}{p} - 1 \right| < 0.001$)，其中：

$$P(R > R_{ref}) = \frac{\sum_{ii=1}^{12} N_{ii} P_{ii}(R > R_{ref})}{365.25} \quad (\%) \quad (6)$$

$$P_{ii}(R > R_{ref}) = P_{0_{ii}} Q \left(\frac{\ln(R_{ref}) + 0.7938 - \ln(r_{ii})}{1.26} \right) \quad (\%) \quad (7)$$

和

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (8)$$

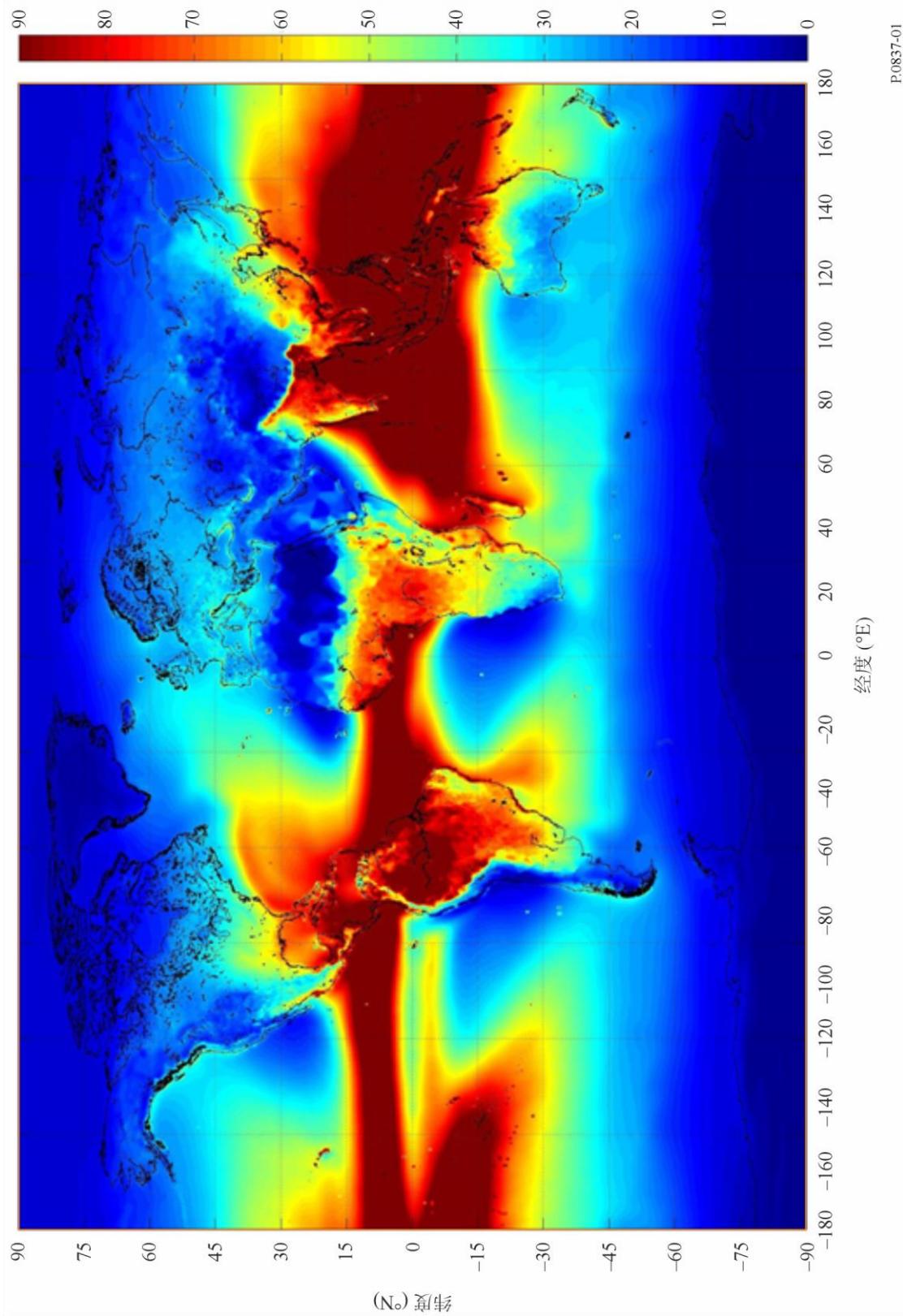
在最小化过程结束时，使 $R_p = R_{ref}$ 。

注1 – 当需要0.01%的年平均超越概率及考虑存储和计算复杂性时，可使用对精确性影响不大的 $R_{0.01}$ 预计算地图。若使用此地图，地表任何理想地点的年平均降雨超越率在0.01%的降雨率，均可使用ITU-R P.1144建议书附件1的1b中描述的方法来计算双线性插值，以此算出降雨率。地表99.99%以上的地区总降雨率计算方法和预计算的 $R_{0.01}$ 地图之间差值的绝对值小于0.3 mm/hr；地表99.99%以上的地区总降雨率计算方法和 $R_{0.01}$ 地图之间差值的绝对值小于1 mm hr。

注2 – 在完整的降雨率预测方法中，可以使用预先计算的 $R_{0.01}$ 年度地图 (即在年内0.01%的时间内被超过的降雨率) 作为最小化过程的初始参考值 R_{ref} ，该最小化过程详见步骤8a和8b的描述。

图1显示的 $R_{0.01}$ 地图 (年降雨率超过常年0.01%的情况) 可作参考资料。

图1
年降雨率超过常年0.01%的情况图



附件2

1 可通过对积分时间为5至60分钟的本地降雨率累计分布测量结果进行转换，获取积分时间为1分钟的降雨率累计分布情况。

2 所建议的方法，要求输入两项信息的累计分布：源降雨统计数据的积分时间以及相关站点的地理坐标。

3 该方法基于综合雨区的模拟移动，雨区参数源于本地输入数据和ECMWF产品。

4 所建议的方法已纳入计算机程序，可在补充文件中查看。实施建议书这部分内容的软件包名称为P-REC-P.837-8-Convrrstat.zip，来自补充文件[R-REC-P.837-8-202509-I!!ZIP-E.zip](#)。
