

## ITU-R P.311-12建议书

## 对流层电波传播研究中数据的采集、表述和分析

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1982-1990-1992-1994-1997-1999-2001-2003-2005)

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 在通信系统设计时，需要研究全球可用性的传播预测模型；
- b) 传播数据和无线电气候数据在这些预测模型的测试和研究都是非常重要的；
- c) 为了便于数据和结论的比较，希望采用一种统一的格式进行传播和无线电气候数据采集和表述。

建议

- 1 信号的对流层传播数据，均提交给国际电联无线电通信第3研究组，具体原则和格式参照附件1。

## 附 件 1

## 用以支持预测方法评估的数据库

- 1 引言
- 2 目的和升级
- 3 接收标准
- 4 比较预测方法的测试标准
  - 4.1 总则
  - 4.2 比较雨衰预测的测试变量
  - 4.3 比较衰落持续时间预测的测试方法
  - 4.4 比较衰落斜率预测的测试方法
- 5 国际电联无线电通信第3研究组关于对流层电波传播的数据库列表
  - 5.1 第I部分： 地面视距路径数据
  - 5.2 第II部分： 地对空路径数据
  - 5.3 第III部分： 地面水平面上传播路径和降雨散射数据

- 5.4 第IV部分： 无线电气候数据
- 5.5 第V部分： 地面陆地移动业务数据
- 5.6 第VI部分： 地面广播业务数据
- 5.7 第VII部分： 卫星移动业务数据
- 5.8 第VIII部分： 植被和建筑物数据

## 1 引言

对于目前预测电波传播影响的有效方法的一个最基本要求就是建立适当的计算机数据库，该数据库必须是：

- 包含所有的在唯一标准下的可用数据，
- 可以用于试验的原数据而被广泛认可，
- 数据的可获取性。

数据库的原则是数据库仅包含那些用于以下用途的数据：

- 测试国际电联无线电通信第3研究组推荐的预测方法（也可以被用作数据源测试其他方法）；并且
- 用于建设和升级无线电气候图，这些图可用于辅助无线电传播模型的研究；

在研究对流层电波传播的特殊情况下，有些预测方法尚未被国际电联无线电通信第3研究组认可，而在其他的建议书附件中列出了目前最有使用价值的相关测试数据以供读者参考使用。

这些数据是关于：

- 地面视距传播预测方法的评估，
- 地对空传播预测方法的评估，
- 水平面上传播路径上的干扰和可靠性的预测方法的评估，
- 无线电气候数据，
- 地面移动业务预测方法的评估，
- 地面广播业务预测方法的评估
- 卫星移动业务预测方法的评估，
- 植被和建筑物数据。

鼓励各主管部门按照本附件所列的格式和要求向国际电联无线电通信第3研究组和/或其他相关研究组提交本国的相关数据。第2部分将阐述各国家提交数据的相关信息，并给出新的数据输入和数据进入数据库的相关程序。第3部分将给出提交的数据必须满足什么样的标准要求才可以被接受。第4部分列出了测试使用的标准。第5部分列出了所有的数据库项目。

数据空白正面样本，是关于数据类型和格式的具体要求/可用性，可通过国际电联无线电通信第3研究组网站免费获取。而且，全部数据库的分页表格可通过同一网站获得。如有需要，纸质版本和磁盘版本的标准格式，磁盘版本的全部数据也可向国际电联无线电通信局（BR）索取。

表III-1a列出了一个独立的数据库目前可以使用。表中含有1326条路径的近100 000条测试数据记录。这些数据记录时间从10分钟到1小时不等。该数据库同样可以从国际电联无线电通信第3研究组的网站上获得，或者通过BR获取其磁盘版（DOS格式dBASEIII文件）。该磁盘内有程序引导用户进行数据的读取、打印和编辑。

## 2 目的和升级

国际电联无线电通信第3研究组对于建立数据库的目的，是在充分考虑WP作为技术输入和管理的优势、考虑BR为其出版和发布的服务做出的。对于准确的和重要的数据，将保留其作者或者是提交数据的主管部门。然而，为了便于由所给数据到计算机数据的转化，保证数据库的质量，要求数据必须先经相关的WP部门按照第3节所列的各项标准进行审查。不合格的数据仍可被接受，条件是相关的主管部门补充附加的信息和/或者特殊的说明被提交给国际电联并被国际电联接受。

为保持和更新数据库，确保合适的程序来进行技术维护和数据库的生成一直是必要的。建议数据库的每个表都能分配给一个WP来维护，负责每个表的相关WP任命一个人来协调升级工作事宜。

## 3 接收标准

被接收进入数据库的数据应被审查认为是符合以下标准的：

- 符合空白数据表格的要求和格式。特殊情况下，测试单元应与表中说明页所列要求相一致。少数情况例外，也就是只有当系统为国际间的单元系统（SI系统）。相关术语定义见ITU-R P.310建议书。建议采用样本表格的复印件来提交数据，并将附带的重要信息填入“注释”一栏。
- 对于那些要求有历史统计数据的传播现象和结论的表格，当前的数据信息也需要提供。这就意味着必须从同一观测时段来得到两组统计数据。如果某数据信息经删除部分数据与该时刻的数据项相匹配时，该情况应当在“注释”栏中加以注明。
- 对于长期和一年为周期的积累统计数据，观测周期应该是一年12个月的整数倍，其观测仪器记录时间也不应该少于报告总时间的90%。
- 最坏月份的统计数据（见ITU-R P.581建议书）应该从相关年份12个月统计数据中得到，观测仪器记录时间的最长时间不应低于每个月的75%。
- 外插数据的准确性：观测统计数据转化成正式格式的数据时（为满足固定的百分比），数据插入是必要的。为此，有必要参考大量的参考数据以保证数据的连续性，连续参考电平比例的概率应该大于0.8少于1.25。外插数据不可作为数据被提交。

- 对于地面宽带数据，接收机动态范围最少应为18 dB以保证最小的峰值噪声比为15 dB。
- 对于降雨率统计，采用1分钟为单位以便与无线电通信第3研究组中预测方法的要求相一致。

以上标准同样适用于提交数据的审查者。特殊情况下，以上原则可适当例外（如，在多径传播中衰落统计显示，在对数统计图的末端有明显的线性趋势时，数据插入是应当做的）。另外在某些情况下数据接收的标准可适当放宽，如数据统计地区很难再次采集类似情况的数据的情况。数据在不能满足接收标准要求的情况下（由于上述原因）仍被接收，负责维护数据人员将对该数据加注一个特殊的标记，并且不会被从数据库中删除，只要有足够完全合格的数据量被接收进来。

## 4 比较预测方法的测试标准

### 4.1 总则

为了评估预测方法的相对优点，需要定义一套客观的评价标准。一般来讲，数据的选用要以适合应用为目的（参阅数据接收标准，第3节）。而数据库一般会包含所有的数据信息，该数据至少是用于一种测试类型，有些数据可能并不适合某些确定类型的预测，因此需要将其排除出这种测试。（例如：在表III-1中所列的数据并不适合进行水平面上可靠性测试-因而在标志区有相应的标志说明）将那些依赖数据排除掉也很重要（这些数据是其他数据输入的的子数据）。然而，从同一台站在同一时间段内以不同仰角或极化测得的数据可以被认为是独立的数据。

除此之外，在大多数情况下，测试持续时间（在很多年内）被用于加权函数。（持续时间被定义为由一套完整的有效数据库组成的实际天数，通常该天数少于从实验开始到结束的时间，不同点是试验完成的“时刻”）

对于模型的通用要求是（按重要性降序排列）。

#### 4.1.1 测试变量的最优性能

测试变量要符合相关工作组WP的要求（如：预测数据与测试数据的最小均值和最小标准差等）。需要注意的是，测试需要执行全部当前可用数据和子集数据。

#### 4.1.2 方法选择的“物理基础”

大多数的传播预测方法的使用实际上是不完全符合实际的，因为实际的物理过程其细节是不能完全被了解，或者方法所需的全部参数实际上是不可能完全提供的。越是那些物理原则得到有效再现的模型，越有可能被应用于目前还未知领域的研究（如新频率，新气候区等）。完全经验化的方法，也就是由测试数据经过曲线仿真出来的方法，往往不适合被应用于该模型之外的其他领域，应当尽量避免。

### 4.1.3 “简化”

简化原则，在某种意义上看似是与“物理基础”的原则要求相矛盾的，是被用于将要求输入参数数量简化到最少情况的应用，此时应当保证由此描述的方法在计算机程序使用时仍是清楚而不产生歧义的。图解列表的方法可以常常被用于简化再现预测方法中，但并非该方法就是预测方法的本身。

## 4.2 比较雨衰预测的测试变量

衰减预测是在一套固定百分比值的多条传输路径上进行研究的。比较预测方法的数据被列在固定的可能百分比上进行比较，如每年以0.001%，0.01%和0.1%百分比为基础进行比较。测试衰减比值的预测将分别按每条路径进行计算。该预测比值的自然对数将被用作测试变量。为补偿由不是降雨的衰减源、以及测试的不确定性带来的影响，也就是显著影响低衰减值对数可以对低于10 dB衰减测量值按一定标尺进行放大。该标尺因子对于测试衰减值具有重要作用。因而经修正后的测试变量更加接近正态分布。其均值和标准差（经修正）测试变量会用来计算以提供预测方法比较的统计数字。

### 4.2.1 程序

— 对于一个时间百分比，计算预测衰减 $A_p$  (dB)与测试衰减 $A_m$  (dB)的比值，并计算每条无线链路有：

$$S_i = A_{p,i} / A_{m,i} \quad (1)$$

其中 $S_i$ 是上述第 $i$ 条链路的比值。

— 计算测试变量：

$$\begin{aligned} V_i &= \ln S_i (A_{m,i} / 10)^{0.2} && \text{当 } A_{m,i} < 10 \text{ dB} \\ &= \ln S_i && \text{当 } A_{m,i} \geq 10 \text{ dB} \end{aligned} \quad (2)$$

— 重复该过程计算每一个时间百分比。

— 计算 $V_i$ 在各时间百分比情况下的均值 $\mu_V$ 、标准差 $\sigma_V$ 和平方根r.m.s值：

$$\rho_V = (\mu_V^2 + \sigma_V^2)^{0.5} \quad (3)$$

注1 —（加权功能）。如果测试分布的数据为多年（ $n$ 年）的数据，则需要计算 $n$ 年 $V_i$ 值的均值 $\mu_V$ ，标准差 $\sigma_V$ ，和r.m.s.值 $\rho_V$ ，（例如，如果三年的观测数据可能得到每年的平均值，那么可以三次使用该平均值 $V_i$ 来计算每一百分比时间的结果）。

注2 —（估算十年的概率水平）。对于评估预测方法在十年以上的概率水平（例如，从0.001%到0.1%的时间上）要计算测试变量 $V_i$ 在每一个时间百分比上的值（尤其是0.001，0.002，0.003，0.005，0.01，0.02，0.03，0.05，和0.1的值），并考虑加权因素，计算所有在要求十年以上时间的概率水平 $V_i$ 的均值 $\bar{\mu}_V$ ，标准差 $\bar{\sigma}_V$ 和r.m.s.值 $\bar{\rho}_V$ 。

在比较预测方法时，最优的预测方法将产生最小的统计参数值。应当注意的是，参数的对数值可以随后被转化成为相当量的百分比参数值。例如，标准差可以等效为最大和最小百分比差值：

$$D_{u,\lambda} = [\exp(\pm\sigma_V)^{-1}] \times 100$$

该值是预测值相对于测试值的扩展，是在统一衰减10 dB的情况下得出的。

该过程不单提供了一种评估不同预测方法性能的途径，而且还提供了一些改进的建议。图形列表方面， $A_p$ 和 $A_m$ 仍然对于实验数据和预测数据的相对优点有提供了重要信息。

而且，这些统计参数可以提供有用信息，对于将预测值按希望的情况进行扩展得到实际的衰减值。为此，上述的按比例缩放程序将可以用于该转化过程，例如，将统一化的标准差从衰减10 dB的情况按比例缩放到希望的预测衰减为 $A_p$  (dB)的标准差，就可以通过乘以比例因子 $(10 / A_p)^{0.2}$ 得到。

应当注意的是，对于预测方法的精确性限制是，对于给定地点的降雨气候条件可以用假设的降雨密度积累分布特性来表示。

### 4.3 比较衰落持续时间预测的测试方法

#### 4.3.1 方法原则

衰落期可以被以下两种不同的积累分布参数进行描述：

- 1  $P(d > D | a > A)$ ，概率分布发生在衰落持续时间 $d$ 大于 $D$  (s)，增益值 $a$ 大于 $A$  (dB)的情况。
- 2  $F(d > D | a > A)$ ，积累分布大于或等于概率分布时，衰落时间的总百分比（在0和1之间），衰落持续时间 $d$ 大于 $D$  (s)，增益值 $a$ 大于 $A$  (dB)的情况。

用于比较衰落期预测方法的数据，被按照固定的单独衰落期 $D$ （例如6 s，180 s或3 600 s）和固定的衰减门限 $A$ （例如3 dB，10 dB或25 dB）进行了排列。同时计算每条线路的预测部分与测试部分的时间比值，并定义该值的对数值为测试变量。该测试变量的均值和标准差可以经过计算以提供预测方法比较的统计数据。

#### 4.3.2 程序

步骤1a：对于可能发生概率 $P$ 的预测方法，是通过计算以下变量，即预测概率 $P_p(d > D | a > A)$ 与测试概率 $P_m(d > D | a > A)$ 比值的自然对数得到的，并按表I-8b和表II-3b定义的衰减门限 $A$ 和衰落期 $D$ 下对每条链路进行计算：

$$\varepsilon_{p,i}(D, A) = \ln \left( \frac{P_p(D | A)}{P_m(D | A)} \right) \quad (4)$$

其中：

$\varepsilon_{p,i}$ ：第 $i$ 条无线链路的测试变量。

步骤1b: 对于衰落时间百分比 $F$ 的预测方法, 用1分别减去预测时间百分比 $F_p(d > D/a > A)$ 和测试时间百分比 $F_m(d > D/a > A)$ 。再计算其测试变量, 即作为不同差值之比的变量的自然对数, 并按表I-8c和II-3c定义的衰减门限 $A$ 和衰落期 $D$ 下对每条链路进行计算:

$$\varepsilon_{N,i}(D, A) = \ln \left( \frac{1 - F_p(D|A)}{1 - F_m(D|A)} \right) \quad (5)$$

其中:

$\varepsilon_{N,i}$ : 第 $i$ 条无线链路的测试变量。

步骤2: 对每一预测方法, 计算误差 $\varepsilon_p$ 或 $\varepsilon_N$ 的均值, 标准差和的r.m.s值。并按表I-8 and II-3所列的衰落期和衰减门限值对每一条链路进行计算。

如果测试分布的多年( $n$ 年)数据可以获得, 则可以计算 $n$ 年 $\varepsilon_{P,i}$ 或 $\varepsilon_{N,i}$ 的均值, 标准差和r.m.s值(例如, 如果三年观测的测数据数均值可以得到, 则可以3次使用同样的 $\varepsilon_{P,i}$ 或 $\varepsilon_{N,i}$ 值计算衰落期和衰减)。

在比较预测方法中, 最佳预测方法产生最小统计参数值。

## 4.4 比较衰落斜率预测的测试方法

### 4.4.1 方法的原则

在本测试方法中, 衰落斜率预测分布式指超出衰减门限值部分的衰落积累分布。它取决于衰减电平 $A(t)$ , 时间间隔长度 $\Delta t$ 和低通滤波器3 dB带宽值, 低通滤波器用于消除信号传播时由于对流层散射和雨衰带来的信号突变影响。

用于比较衰落率预测方法的数据, 被按照固定的时间百分比 $P$ (从0.001%到50%)和固定的衰减门限 $A$ (例如3 dB, 10 dB或25 dB)进行了排列。同时计算每条线路的预测和测试衰落率比值, 定义该比值的对数值为测试变量。该变量的均值和标准差可以经过计算以提供预测方法比较的统计数据。

### 4.4.2 程序

步骤1: 对于表II-8b中定义的每一衰减门限 $A$ 和衰落率 $\zeta$ , 计算每条无线链路的测试变量, 即来自预测超出部分的可能性 $P_p(\zeta|A)$ 和测试超出部分的可能性 $P_m(\zeta|A)$ , 如下式:

$$\varepsilon_i(\zeta, A) = 2 \cdot \frac{P_p(\zeta|A) - P_m(\zeta|A)}{P_p(\zeta|A) + P_m(\zeta|A)} \quad (6)$$

其中:

$\varepsilon_i$ : 第 $i$ 条无线链路的测试变量。

步骤2: 计算综合所有实验基础上的均值, 标准差和误差为 $\epsilon$ 下的r.m.s.值, 每一单独路径的衰落率和每一衰减门限值, 如表II-8b所示。

如果测试分布的多年( $n$ 年)数据可以获得, 则可以计算其均值, 标准差和 $n \epsilon_i$ 的r.m.s.值(例如, 如果三年观测的测数据数均值可以得到, 则可以3次使用同样的 $\epsilon_i$ 值计算衰落期和衰减)。

在比较预测方法中, 最佳预测方法可以产生最小统计参数值。

## 5 国际电联无线电通信第3研究组关于对流层电波传播的数据库列表

### 5.1 第I部分: 地面视距路径数据

表I-1:	视距雨衰统计
表I-2:	窄带视距平均最差月份的多径衰落和增强
表I-3:	视距分集数据
表I-4:	视距传输在晴空条件下的XPD和CPA统计
表I-5:	视距传输的数据XPD和CPA统计
表I-6:	视距传输最差月份多径信道的特性和中断时间
表I-7:	视距多跳传输情况下最差月份多径信号的衰落和增强
表I-8:	视距传输的衰落事件数和衰落持续时间统计

### 5.2 第II部分: 地对空路径数据

表II-1:	倾斜路径年雨衰和降雨率统计
表II-2:	倾斜路径最差月份雨衰统计
表II-3:	倾斜路径衰落期统计
表II-4:	倾斜路径位置分集统计
表II-5a:	倾斜路径年XPD统计
表II-5b:	倾斜路径基于CPA的年XPD统计
表II-6:	倾斜路径幅度闪烁统计
表II-7:	倾斜路径闪烁的标准差
表II-8:	倾斜路径衰落斜率统计

### 5.3 第III部分: 地面水平面上传播路径和降雨散射数据

表III-1:	晴空条件下水平面上基本传输路径损耗统计
表III-1a:	晴空条件下单点测试数据(该表为单独数据库(见§ 1))
表III-2:	地面路径的降雨散射

#### 5.4 第IV部分：无线电气候数据

- 表IV-1: 降雨密度统计
- 表IV-2: 降雨累积时间转换因子
- 表IV-3: 天空噪声温度年度统计数据
- 表IV-4: 表面折射率平均值统计
- 表IV-5: 降雨持续时间统计
- 表IV-6: 蒸发统计

#### 5.5 第V部分：地面陆地移动业务数据

- 表V-1: 地面陆地移动宽带业务统计
- 表V-2: 地面陆地移动窄带业务统计

#### 5.6 第VI部分：地面广播业务数据

- 表VI-1: 地面广播信号电平的时间变量
- 表VI-2: 地面广播信号电平的位置变量

#### 5.7 第VII部分：卫星移动业务数据

- 表VII-1: 宽带卫星移动链路统计
- 表VII-2: 窄带海事卫星移动链路统计
- 表VII-3: 窄带陆地卫星移动链路统计
- 表VII-4: 窄带航空卫星移动链路统计
- 表VII-5: 窄带卫星广播信号衰落和衰落时间统计

#### 5.8 第VIII部分：植被和建筑物数据

- 表VIII-1: 植被引起的衰减
  - 表VIII-2: 建筑物引起的衰减
  - 表VIII-3: 各物质的衰减特性
-