

## ITU-R P.525-2\*建议书

## 计算自由空间损耗

(1978-1982-1994年)

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 自由空间传播是无线电工程的基准，  
建议
- 1 将附件1中的方法用于计算自由空间的损耗。

## 附件 1

## 1 引言

鉴于自由空间传播经常被其它案文引用，本附件介绍了相关公式。

## 2 电信链路的基本公式

自由空间传播可使用两种不同的方法计算，每种方法均适用于一种特定类型的业务。

## 2.1 点到区链路

如果发射机服务于若干随机分布的接收机（广播、移动业务），则场强的计算应在与发射机有适当距离的位置进行，其计算表达式如下：

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d} \quad (1)$$

式中：

$e$ ：r.m.s.场强（V/m）（见注1）

$p$ ：该点方向发射机的等效全向辐射功率（e.i.r.p.）（W）（见注2）

$d$ ：发射机与该点间的距离（m）

使用实用单位的公式(2) 经常会取代公式(1)：

$$e_{\text{mV/m}} = 173 \frac{\sqrt{PkW}}{d_{\text{km}}} \quad (2)$$

---

\* 无线电通信第3研究组根据ITU-R第44号决议于2000年对此建议书进行了编辑性修正。

在自由空间条件下工作的天线波动势可通过公式(1)中的 $e$ 和 $d$ 相乘得出,单位为伏特。

注1 – 如果该波为椭圆极化且并非线性,同时如果沿两个正交轴的电场要素用 $e_x$ 和 $e_y$ 表示,则公式(1)中的左边一项应用  代替,且仅当轴的比例已知时方可减去 $e_x$ 和 $e_y$ 。旋转极化的情况下,应用 $e\sqrt{2}$ 取代 $e$ 。

注2 – 如果天线位于地面并使用垂直极化的方式在相对低的频率工作,则通常仅在上半空间考虑辐射问题。在确定e.i.r.p.时应顾及这一问题(见ITU-R P.368建议书)。

## 2.2 点对点链路

对于点对点链路,应使用下述公式计算全向天线间的自由空间衰减,即自由空间基本传输损耗(符号: $L_{bf}$ 或 $A_0$ ):

$$L_{bf} = 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB} \quad (3)$$

式中:

$L_{bf}$ : 自由空间基本传输损耗 (dB)  
 $d$ : 距离  
 $\lambda$ : 波长,且  
 $d$ 和 $\lambda$ 使用相同的单位表达。

公式(3)亦可使用频率来代替波长。

$$L_{bf} = 32.4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{dB} \quad (4)$$

式中:

$f$ : 频率 (MHz)  
 $d$ : 距离 (km)

## 2.3 层波特性之间的关系

某点的层波(或可被视作层波的波)特性之间亦存在着关系:

$$s = \frac{e^2}{120\pi} = \frac{4\pi p_r}{\lambda^2} \quad (5)$$

式中:

$s$ : 功率通量密度 ( $\text{W/m}^2$ )  
 $e$ : r.m.s.场强 (V/m)  
 $p_r$ : 该点处全向天线的可用功率 (W)  
 $\lambda$ : 波长 (m)。

## 3 雷达系统的自由空间基本传输损耗(符号: $L_{br}$ 或 $A_{0r}$ )

雷达系统代表了一种特殊情况,因为无论从发射机到目标还是从目标至接收机之间的信号传播都会产生损耗。对于发射机和接收机共用天线的雷达,雷达的自由空间基本传输损耗 $L_{br}$ 可表示为:

$$L_{br} = 103.4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{dB} \quad (6)$$

式中:

- $\sigma$ : 雷达目标的横截面 ( $\text{m}^2$ )
- $d$ : 雷达与目标之间的距离 (km)
- $f$ : 系统的频率 (MHz)。

某对象的雷达目标横截面是总全向等效散射功率与输入功率密度之比。

#### 4 转换公式

在自由空间传播的基础上, 可使用下述公式。

给定全向发射功率的场强:

$$E = P_t - 20 \log d + 74.8 \quad (7)$$

给定场强的全向接收功率:

$$P_r = E - 20 \log f + 167.2 \quad (8)$$

给定全向发射功率和场强的自由空间基本发射损耗:

$$L_{bf} = P_t - E + 20 \log f + 167.2 \quad (9)$$

给定场强的功率通量密度:

$$S = E - 145.8 \quad (10)$$

式中:

- $P_t$ : 全向发射功率 (dB(W))
- $P_r$ : 全向接收功率 (dB(W))
- $E$ : 电场强度 (dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ))
- $f$ : 频率 (GHz)
- $d$ : 无线电路径长度 (km)
- $L_{bf}$ : 自由空间基本传输损耗 (dB)
- $S$ : 功率通量密度 (dB(W/m<sup>2</sup>))。

注意, 可通过公式(7)和(9)导出公式(4)。