

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R P.2109-1建议书
(08/2019)

建筑物入口损耗预测

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/zh>获得，在其中也可获取《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/zh>）

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
2020年，日内瓦

© 国际电联 2020

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.2109-1建议书

建筑物入口损耗预测

(2017-2019年)

范围

本建议书提供针对概率为 $0.0 < P < 1.0$ 的、在80 MHz - 100 GHz频率范围内估算建筑物入口损耗的方法。该方法并不针对特定场所，主要用于共用和兼容性研究工作。

关键词

建筑物、室内、传播、干扰、入口

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 对系统规划和干扰评估，可能需要考虑到无线电波进出建筑物时遭受的衰减；
- b) 需要为工程师提供用于估算覆盖范围或者预测来自从室外到室内和从室内到室外系统干扰的指导意见；

认识到

- a) ITU-R P.2040建议书就建筑物材料和结构对无线电波的效应给出了指导意见；
- b) ITU-R P.2346号报告包含经核对的、有关建筑物入口损耗的经验数据。

建议

应使用附件1中的模型来估算建筑物入口损耗。

注 - ITU-R对WRC-19不同议项进行的共用研究是基于本建议书案文的，该案文在这些活动或开展相关活动时是有效的。

附件1

1 引言

本附件提供了在ITU-R P.2040建议书中定义的建筑物入口损耗模型（BEL）。模型的输出形式是一个概率累积分布函数，在该概率下，将不会超过给定的损耗。

该模型无意分别穿过外墙之信号所遭受的损耗和通过建筑物之路径所遭受的衰减。由于认为在ITU-R研究范围内不太可能获得足够详细的特定建筑物信息，因此采用了该方法。

建筑物入口损耗在任何给定建筑物内和不同建筑物之间均可呈现很大的变化。虽然当与详细的建筑物数据相结合时，诸如光线追踪等技术可提供有用的、对特定场所的预测，这样的模型通常也不适用于诸如频谱共用研究等通用的应用场合。

一个试图描述全系列建筑物入口损耗特性的统计模型会因统计分布太宽泛而变得无用。另一方面，一个试图表征众多不同类型建筑物的模型将需要比目前存在之数据更多的数据，并将不适用于通用的共用研究工作。

注 – 应仔细考虑本建议书中提到的建筑类型。

该模型基于80 MHz - 73 GHz频率范围内、ITU-R P.2346号报告中经核对的测量数据。

该模型可在蒙特卡洛方法中使用，但应注意，该模型仅根据概率范围0.01至0.99的经验数据进行了验证。

2 参数

该模型采用以下输入参数：

- 频率（~0.08 - 100 GHz）；
- 不超过损耗的概率；
- 建筑物类别（“传统的”或“高热效的”）；
- 建筑物立面上的路径仰角（水平面以上的度数）。

没有明确考虑到室外终端相对于建筑物表面的路径方位角。虽然理论和测量结果表明，正常入射于建筑物表面的信号所遭受的损耗比以倾斜角度到达的信号所遭受的损耗要低，但模型的统计输出结果代表了相对于室外终端的、普遍的建筑物取向。

该基本模型假定室内天线是全向的；因此建筑物入口损耗将会虑及到达终端位置的所有能量。某些情况下，内部终端可使用定向天线，该天线将充当空间滤波器，当来自某些方向的能量被拒绝时，会增加明显的建筑物入口损耗。在韩国两座大型建筑中在32 GHz上进行的测量表明，用10度波束宽度天线测得的建筑物入口损耗比全向天线情况下大5.3分贝。更多细节见ITU-R P.2346号报告。

按照ITU-R P.2040建议书中给出的定义，建筑物入口损耗在此定义为与任何周围的地物相隔离。如果建筑物被当地的地物所包围，那么可能需要使用ITU-R P.2108建议书为地面以上的相关终端高度和位置确定额外的损耗。

该模型隐含地假设终端在建筑物内任何一点上具有相同的位置概率。

2.1 建筑物类型分类

ITU-R P.2346号报告中经核实的实验结果表明，当以入口损耗来表征时，建筑物分为两个不同的族群：当使用现代化、高热效的建筑方法（金属化玻璃、箔背板）时，建筑物入口损耗通常明显高于没有此类材料的“传统”建筑物。因此该模型给出了对这两种情况的预测。

这种“高热效的”和“传统的”的分类纯粹是指建筑材料的热效率。对施工年份、类型（单层或多层）、传承或建筑方法上不应做任何假设。

对建筑物入口损耗，重要的是要考虑到整个建筑物的热效率（或整体热效率）。高热效的主结构若带有隔热性差的窗户（如单釉薄玻璃），那么会降低整个建筑物的热效率，反之亦然。

透热率（通常称为U值）提供了对热效率的可量化描述。低U值代表高热效率。通常情况下，金属化玻璃窗、绝缘腔壁、厚钢筋混凝土和金属箔背面包层的存在是建筑物高热效的一个很好标志¹。

3 模型

建筑物入口损耗将因建筑物类型、建筑物内的位置和建筑物内的移动而有所不同。建筑物入口损耗的分布通过两个对数正态分布的组合给出。不超过概率*P*的建筑物入口损耗如下所述：

$$L_{BEL}(P) = 10\log(10^{0.1A(P)} + 10^{0.1B(P)} + 10^{0.1C}) \text{ dB} \quad (1)$$

其中：

$$A(P) = F^{-1}(P)\sigma_1 + \mu_1 \quad (2)$$

$$B(P) = F^{-1}(P)\sigma_2 + \mu_2 \quad (3)$$

$$C = -3.0 \quad (4)$$

$$\mu_1 = L_h + L_e \quad (5)$$

$$\mu_2 = w + x \log(f) \quad (6)$$

$$\sigma_1 = u + v \log(f) \quad (7)$$

$$\sigma_2 = y + z \log(f) \quad (8)$$

其中：

L_h 是水平路径的损耗中值，由下式给出：

$$L_h = r + s \log(f) + t (\log(f))^2 \quad (9)$$

L_e 是建筑物立面上的路径仰角的修正：

$$L_e = 0.212 |\theta| \quad (10)$$

且：

$f =$ 频率（GHz）；

¹ 例如， < 0.3 和 < 0.9 的U值分别代表热高效的主结构和金属化玻璃。

θ = 建筑物立面上的路径仰角（度）；

P = 不超过损耗的概率（ $0.0 < P < 1.0$ ）；

$F^{-1}(P)$ = 作为概率函数的逆累积正态分布。

各系数如表1中所示：

表1
模型系数

建筑物类型	r	s	t	u	v	w	x	y	z
有关：	μ_1			σ_1		μ_2		σ_2	
传统的	12.64	3.72	0.96	9.6	2.0	9.1	-3.0	4.5	-2.0
高热效的	28.19	-3.00	8.48	13.5	3.8	27.8	-2.9	9.4	-2.1

为说明起见，图1绘制了两个建筑物类别的模型所返回的建筑物入口损耗中值（即 μ_1 ）。在任何共用的研究工作中，应始终考虑总的分布情况。图2绘制水平入射时预测的建筑物入口损失的累积分布函数。

图1

以水平发生率预测的建筑物入口损耗中值

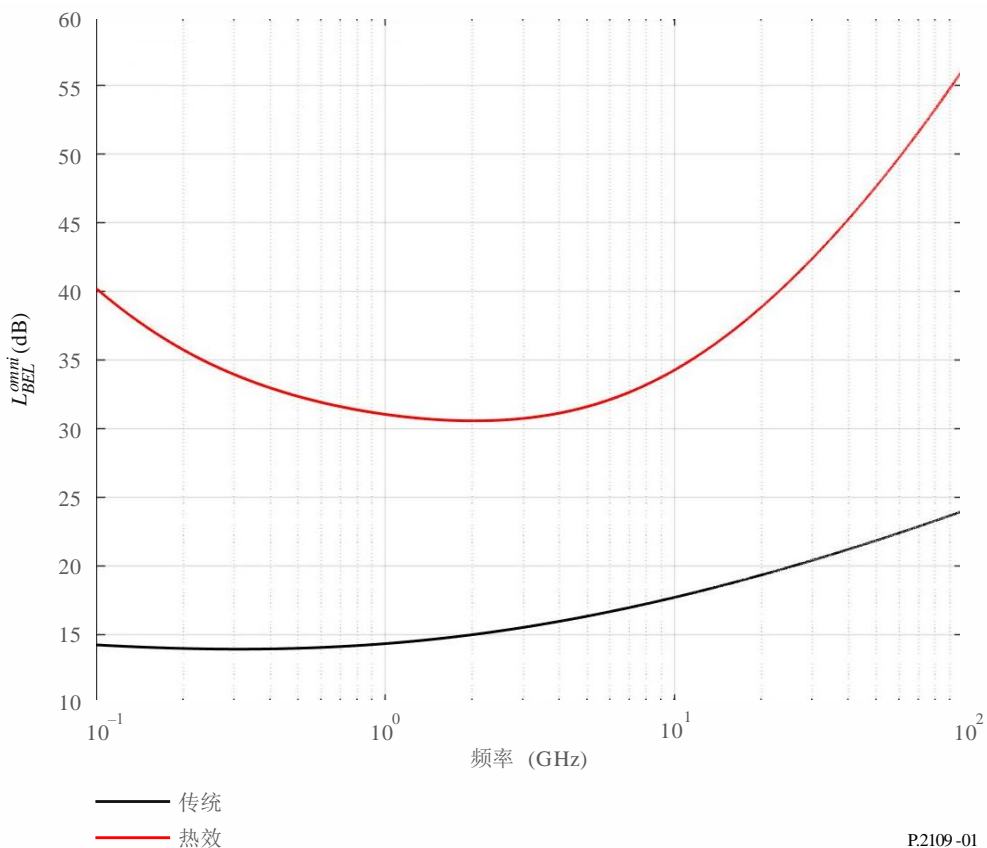
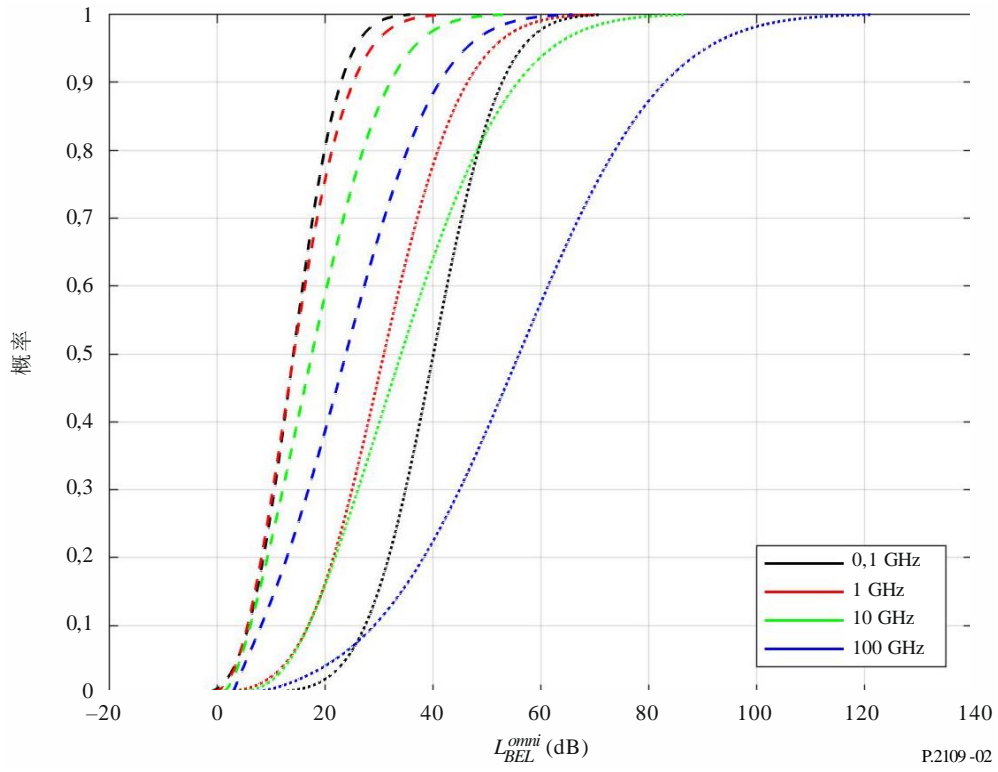


图2

水平入射时预测的建筑物入口损失
(虚线: 传统; 点线: 热效)



P.2109-02