

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2058-2009

用户天线装置的过电压过电流防护

Protection of customer antenna installations

(ITU-T K.71:2007,NEQ)

2009-12-11 发布

2010-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前 言.....II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语、定义、符号和缩略语.....1

4 参考配置.....3

5 雷击防护.....5

6 场所分级.....6

7 防护方法.....8

8 防护要求.....9

附录 A（资料性附录） 对建筑物的直接雷击：在建筑物入口处屏蔽线的等电位连接.....15

附录 B（资料性附录） 建筑物上的天线被用作 LPS 接闪器.....16

附录 C（资料性附录） 一般风险评估.....17

附录 D（资料性附录） 举例：安装在建筑物附近的天线.....22

前 言

本标准非等效采用 ITU-T K.71:2007 进行制订。

本标准相对于 ITU-T K.71:2007 主要变化如下：

——对 ITU-T K.71 的部分段落进行了合并和调整；

——未包含 ITU-T K.71 的 10 职责的内容；

——ITU-T K.71 的规范性附录 A 在本标准中变为资料性附录；

——由于 ITU-T K.71 9.5 中 SPD 的选择和计算部分与国内标准不一致，故未包含此部分内容，且未包含 ITU-T K.71 附录 III.10 SPD 的内容。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 为资料性附录。

本标准起草单位：工业和信息化部电信研究院。

本标准主要起草人：孙向前、陆冰松、韩傲雪。

用户天线装置的过电压过电流防护

1 范围

本标准规定了用户天线装置的过电压过电流防护要求，包括对通信天线系统的雷击防护要求及电力线接触的防护要求。

本标准适用于安装于建筑物上的用户天线装置及安装在距离建筑物最远距离约 10 米的天线杆上的用户天线装置，且安装的天线是用来为建筑物提供通信服务的情况。

本标准不适用于有爆炸风险的建筑和具有挽救生命设施的医院场所，或内部系统故障会引发生命危险的建筑。本标准也不适用于安装无线通信基站的建筑。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 4943	信息技术设备的安全
GB/T 21714.1-2008	雷电防护 第一部分：总则
GB/T 21714.2-2008	雷电防护 第二部分：风险管理
GB/T 21714.3-2008	雷电防护 第三部分：建筑物的物理损坏和生命危险
GB/T 21714.4-2008	雷电防护 第四部分：建筑物内电气和电子系统
ITU-T K.56 (2003)	无线通信基站的雷电防护

3 术语、定义、符号和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1

无遮蔽建筑物 **exposed structure**

处于暴露环境的建筑物，直接雷击时需要被保护。如通信塔或较高建筑物。

3.1.2

天线系统 **antenna system**

连接电缆和终端设备的天线。

3.2 符号和缩略语

3.2.1 符号

以下符号适用于本标准。

A	面积
C _d	位置因子
C _e	环境因子

C_t	服务设施上有 HV/LV 变压器时的修正因子
h_z	特殊危险
H	高度
K_{S1}	LPZ0/1 防雷区界面上, 建筑物、LPS 等屏蔽效能决定的因子
K_{S2}	内部防雷区界面上屏蔽体屏蔽效能决定的因子
K_{S3}	与内部布线有关的因子
K_{S4}	与内部系统的冲击耐压有关的因子
L	长度
L_A	雷击建筑物时, 人畜伤害的损失率
L_B	雷击建筑物时, 建筑物中物理损害的损失率
L_f	物理损害引起的建筑物的损失率
L_M	雷击建筑物附近时内部系统故障的损失率
L_o	内部系统故障引起的建筑物的损失率
L_t	接触和跨步电压伤害引起的损失率
L_U	雷击入户服务设施造成建筑物内人畜伤害的损失率
L_v	雷击入户服务设施, 建筑物内物理损害的损失率
L_w	雷击入户设施, 内部系统故障的损失率
L_x	建筑物中各种损失率的通识符
L_z	雷击与建筑物相连服务设施附近时内部系统故障的损失率
m	进入建筑物的导体数量
N_D	雷击建筑物危险事件的次数
N_{Da}	雷击线路“a”端建筑物危险事件的次数
N_g	雷击大地密度
N_I	雷击服务设施附近危险事件的次数
N_L	雷击服务设施危险事件的次数
N_M	雷击建筑物附近危险事件的次数
N_x	年均危险事件次数的通识符
P_B	雷击建筑物造成建筑物物理损害的概率
P_C	雷击建筑物造成内部系统故障的概率
P_{LD}	未采取 SPD 保护情况下, 雷击服务设施造成内部系统故障的概率
P_{LI}	未采取 SPD 保护情况下, 雷击服务设施附近造成内部系统故障的概率
P_M	雷击建筑物附近造成内部系统故障的概率
P_{SPD}	有 SPD 保护时内部系统或服务设施发生故障的概率
P_U	雷击入户设施造成人畜伤害的概率
P_v	雷击入户服务设施造成建筑物物理损害的概率
P_w	雷击入户服务设施造成内部系统故障的概率
P_z	雷击入户服务设施附近造成内部系统故障的概率
r_f	着火的危险
r_p	防火
r_u	地面类型

R_1	除损害成因 S_1 外，其余损害成因造成的建筑物的风险
R_2	雷击入户服务设施
R_2	雷击服务设施附近造成服务设备故障的风险分量
R_A	雷击建筑物造成人畜伤害的风险分量
R_B	雷击建筑物造成建筑物物理损害的风险分量
R_C	雷击建筑物造成内部系统故障的风险分量
R_M	雷击建筑物附近引起的内部系统故障风险分析
R_T	容许的风险
R_U	雷击入户服务设施造成人畜伤害的风险分量
R_V	雷击入户服务设施造成建筑物物理损害的风险分量
R_W	雷击入户服务设施造成内部系统故障的风险分量
R_X	建筑物各种风险分量的通识符
R_Z	雷击入户服务设施附近造成内部系统故障的风险分量
W	宽度
ρ	土壤电阻系数

3.2.2 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

BB	Bonding Bar	连接带
CDMA WLL	Code Division Multiple Access Wireless Local Loop	码分多址无线本地回路
GDT	Gas Discharge Tube	气体放电管
LPL	Lightning Protection Level	雷电保护水平
LPS	Lightning Protection System	防雷系统
LPZ	Lighting Protection Zone	防雷区
MEB	Main Earth Bar	主接地带
MET	Main Earth Terminal	总接地汇流排
POE	Point of Entry	入口
PEC	Parallel Earth Conductor	平行接地导体
PC	Personal Computer	个人电脑
SPD	Surge Protective Device	浪涌保护器
USB	Universal Serial Bus	通用串行总线

4 参考配置

通过安装天线来提供通信服务通常有以下两种参考配置：

天线安装在建筑物上（见图1）；

天线安装在建筑物附近的天线杆上（见图2）。

两种配置中，天线与相关设备之间通过屏蔽对称双绞线或同轴电缆进行连接。由电网供电的相关设备指的是连接的终端用户设备，如个人电脑（PC）（例如通过串行线或USB线），可以连接到外部通信端口。

本标准所覆盖的参考配置如图3~图5所示。

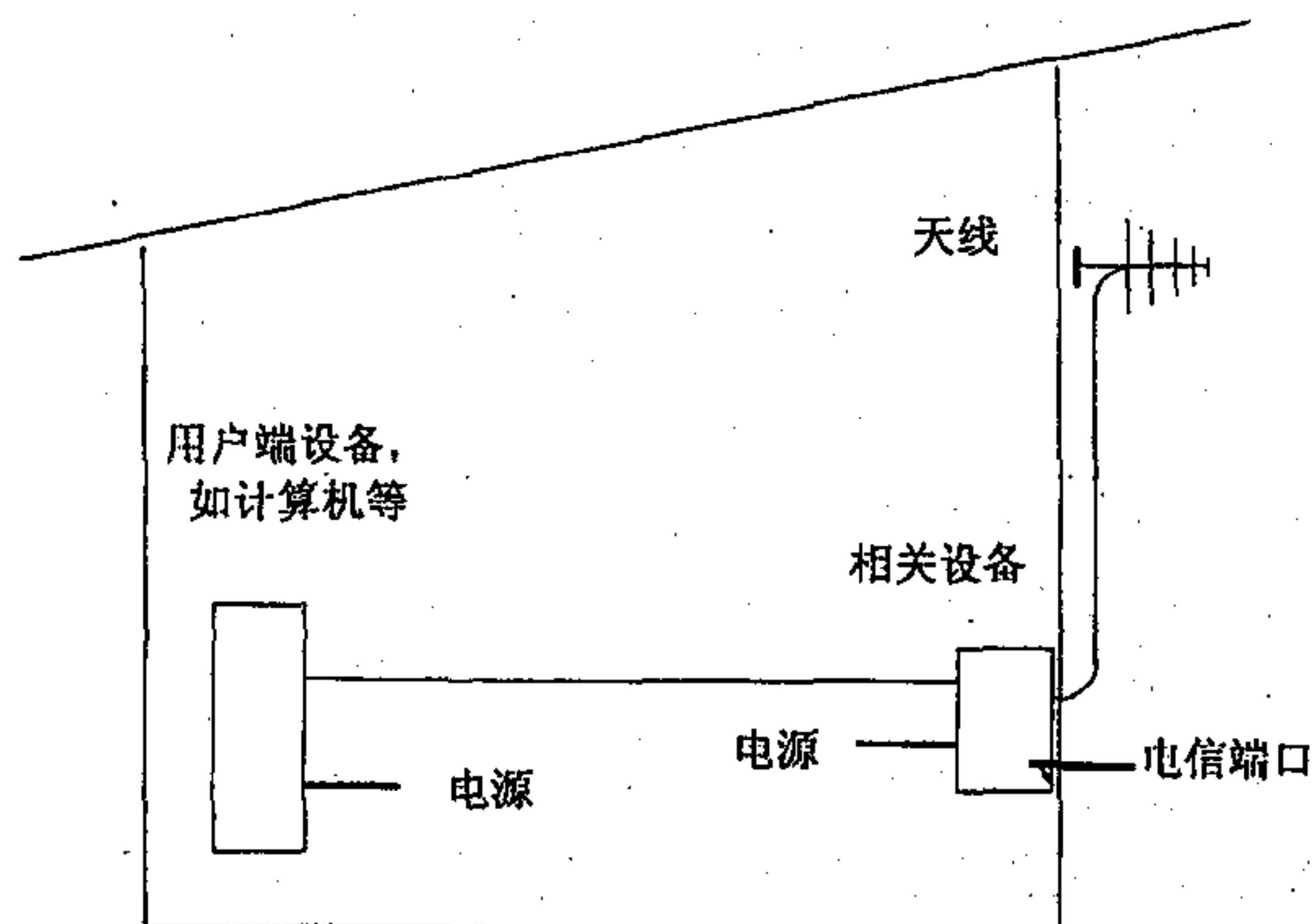


图1 天线安装在建筑物上

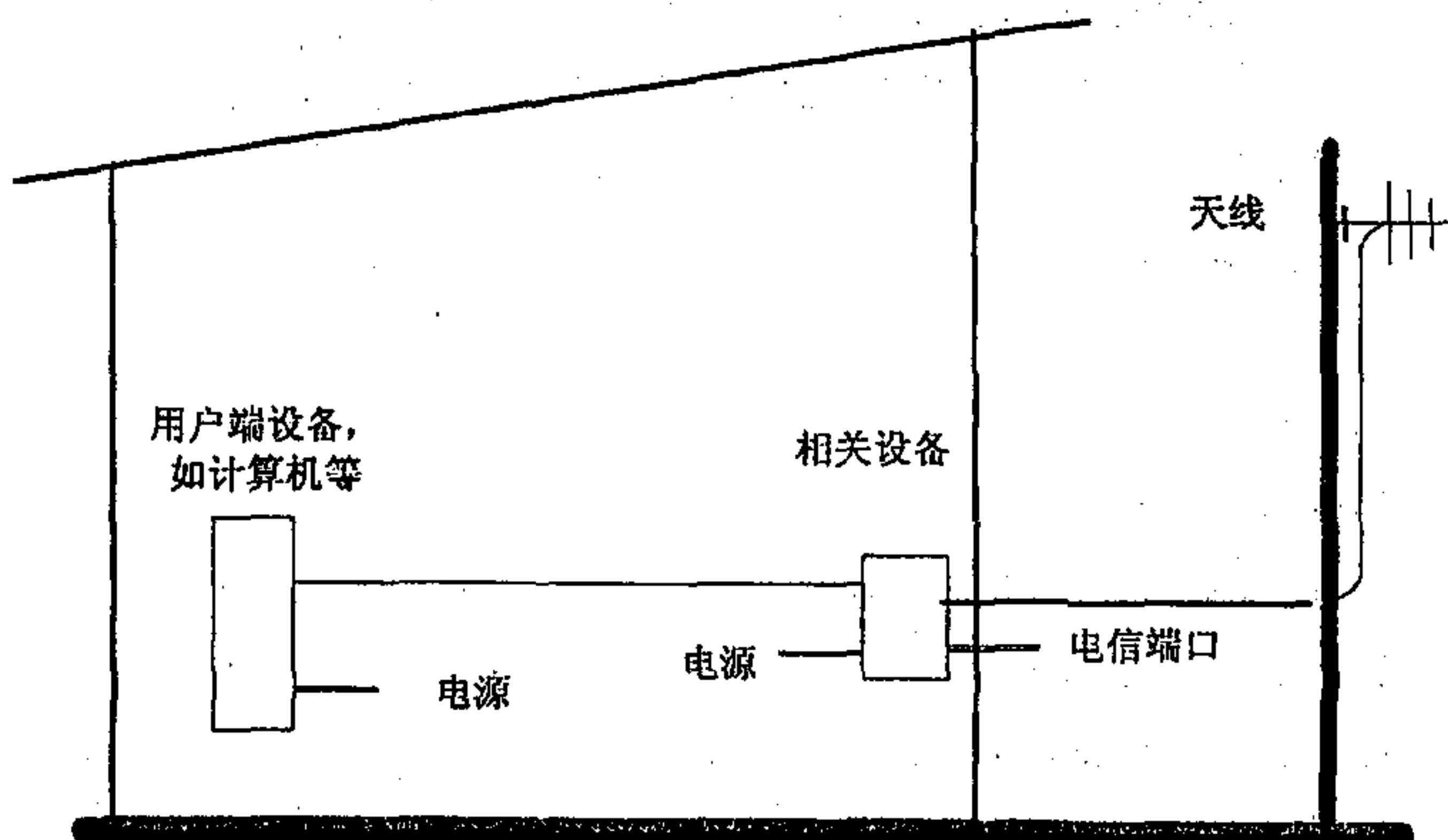


图2 天线安装在天线杆上

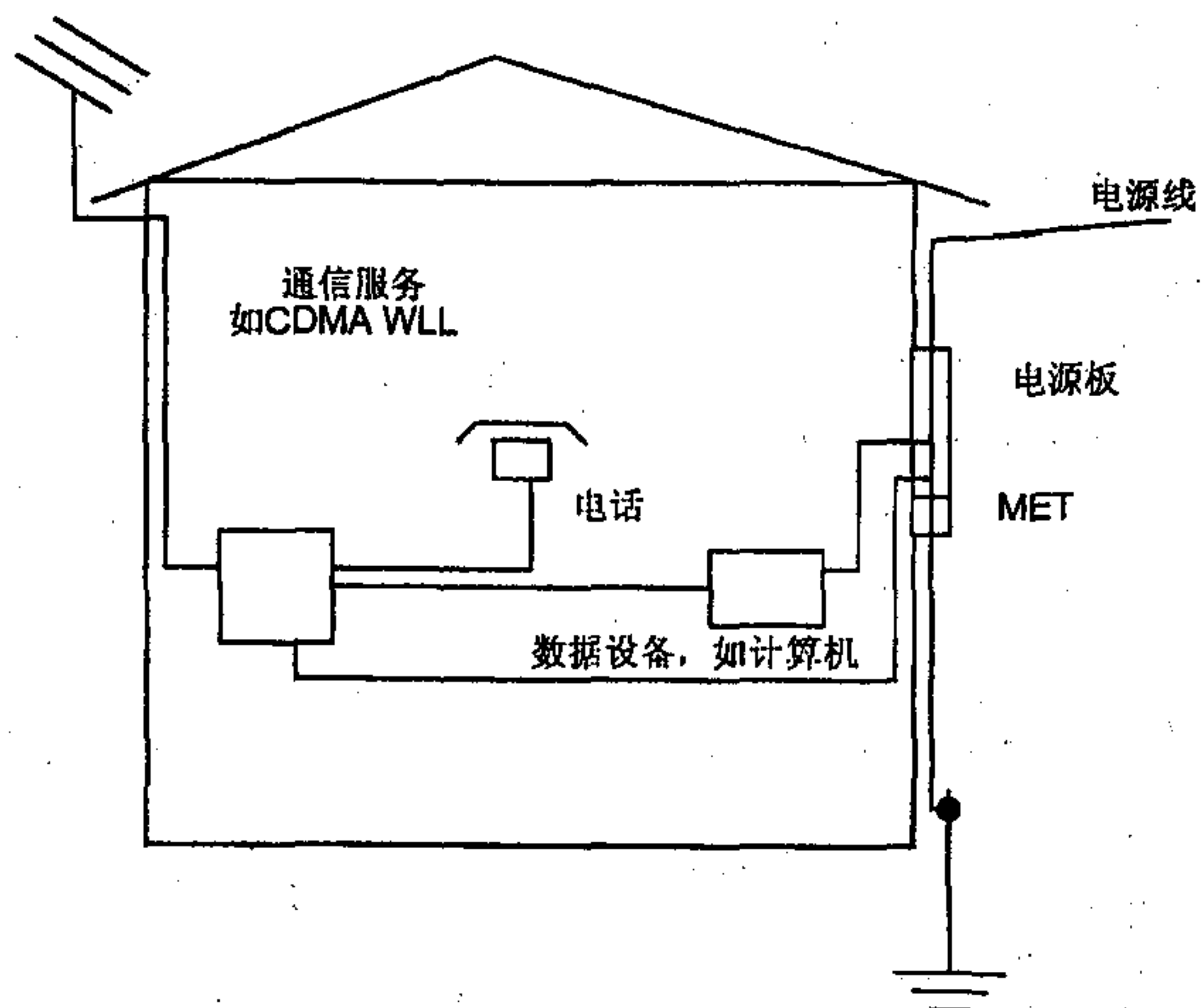


图3 仅通过天线提供基本服务的方式

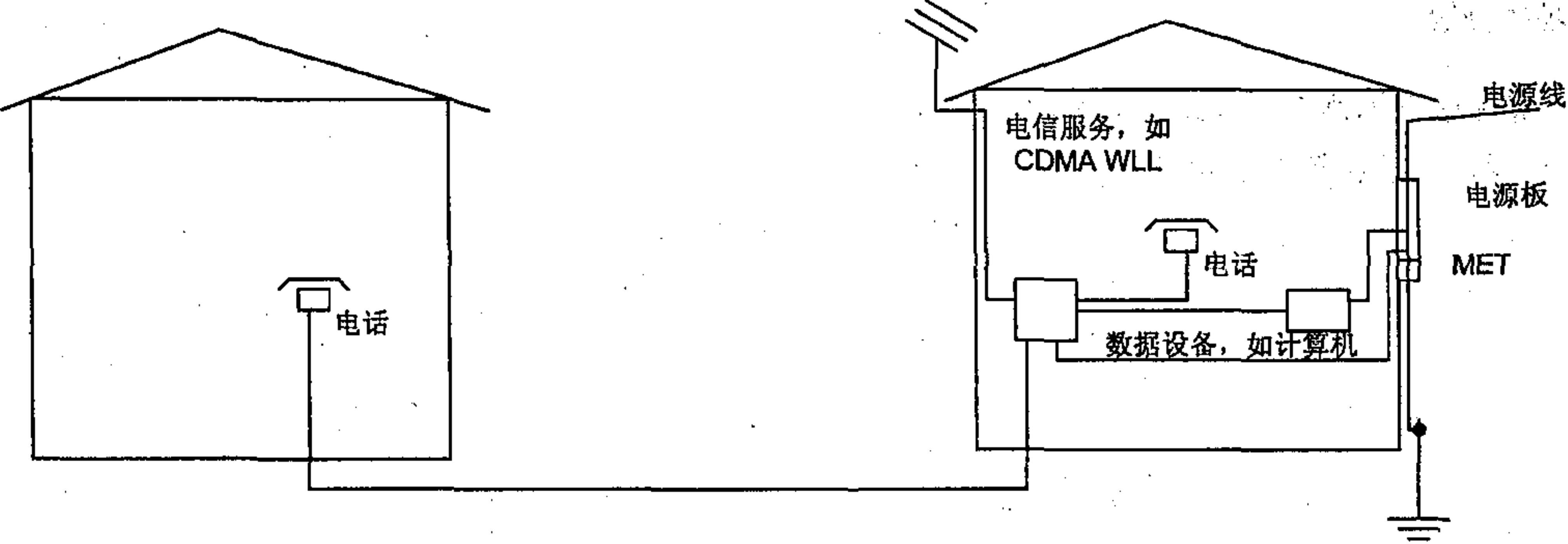


图4 天线提供的基本服务外扩展到另一建筑物

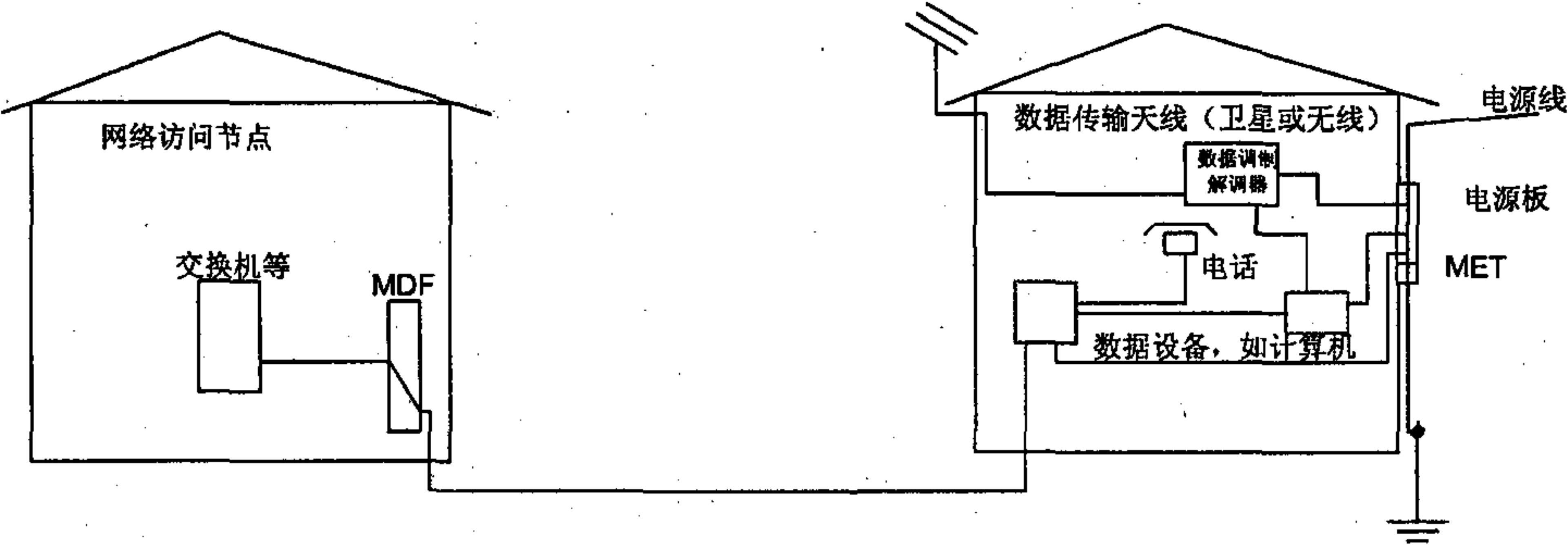


图5 天线提供互联网服务和电信服务共存的方式

5 雷击防护

依据GB/T 21714.2进行风险评估的结果决定是否需要直击雷防护。

当 $R_1 > R_T$ 时，需要进行雷击防护。本标准的7规定了防护方法，8规定了防护要求。

当 $R_1 < R_T$ 时，天线仅需要对电力线接触进行防护，见7.2。

为减小用户人身伤害的风险，建筑物中人身伤亡损失的风险 R_1 需要由用户来评估，并与允许的风险值 R_{T1} 进行比较。根据GB/T 21714.2，允许的风险值的典型值为 10^{-5} 。

为了减小建筑物内设备遭到破坏的风险，建筑物中通信服务损失的风险值 R_2 应被计算出来，并与相应的允许的服务故障风险值 $R_{T2} = 10^{-3}$ （或由用户决定的比这个更小的值）进行比较。即使当 $R_1 < R_T$ 时，用户也应当按照标准GB/T 21714.2计算出服务故障风险值 R_2 。当 $R_2 > R_{T2}$ 时，建议进行防护，并且风险因素的相应信息会指导防护设计工程师选择最适合的防护措施来保护建筑物内的设备。这个计算和相应的防护措施在本标准的范围之外。

当天线被安装在建筑物附近时，关于天线系统的服务故障风险估计值 R_2' 不需要考虑，因为这个风险值非常低（由于电缆的长度很短，一般不超过50m，并且使用屏蔽）。

由于雷击导致的天线电缆的物理损坏需要的防护被认为在人身安全的风评估范围内（见8.5和附录D）。

6 场所分级

6.1 安装于建筑物内（或上）的天线

使用图 6 的流程图确定是否需要进行风险评估。

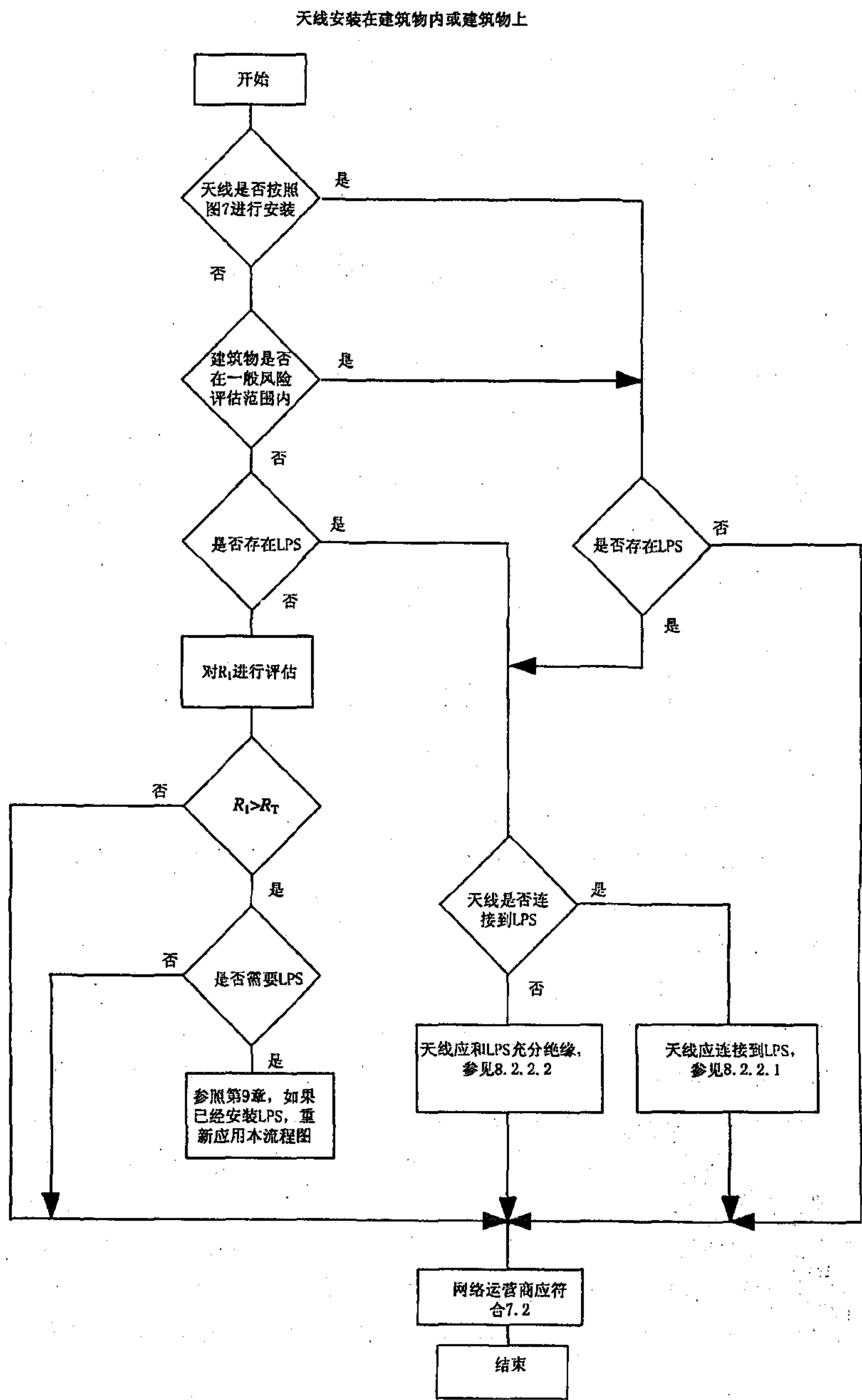


图6 天线安装在建筑物内或上的风险评估流程

6.1.1 对雷击具有内在防护功能的场所

如果天线被安装在图 7 的阴影区域内, 可被认为是对雷击具有内在防护功能。有两种情况需要考虑 (见图 6):

- 不存在 LPS, 见 8.2.1 的相关要求。
- 存在 LPS, 见 8.2.2 的相关要求。

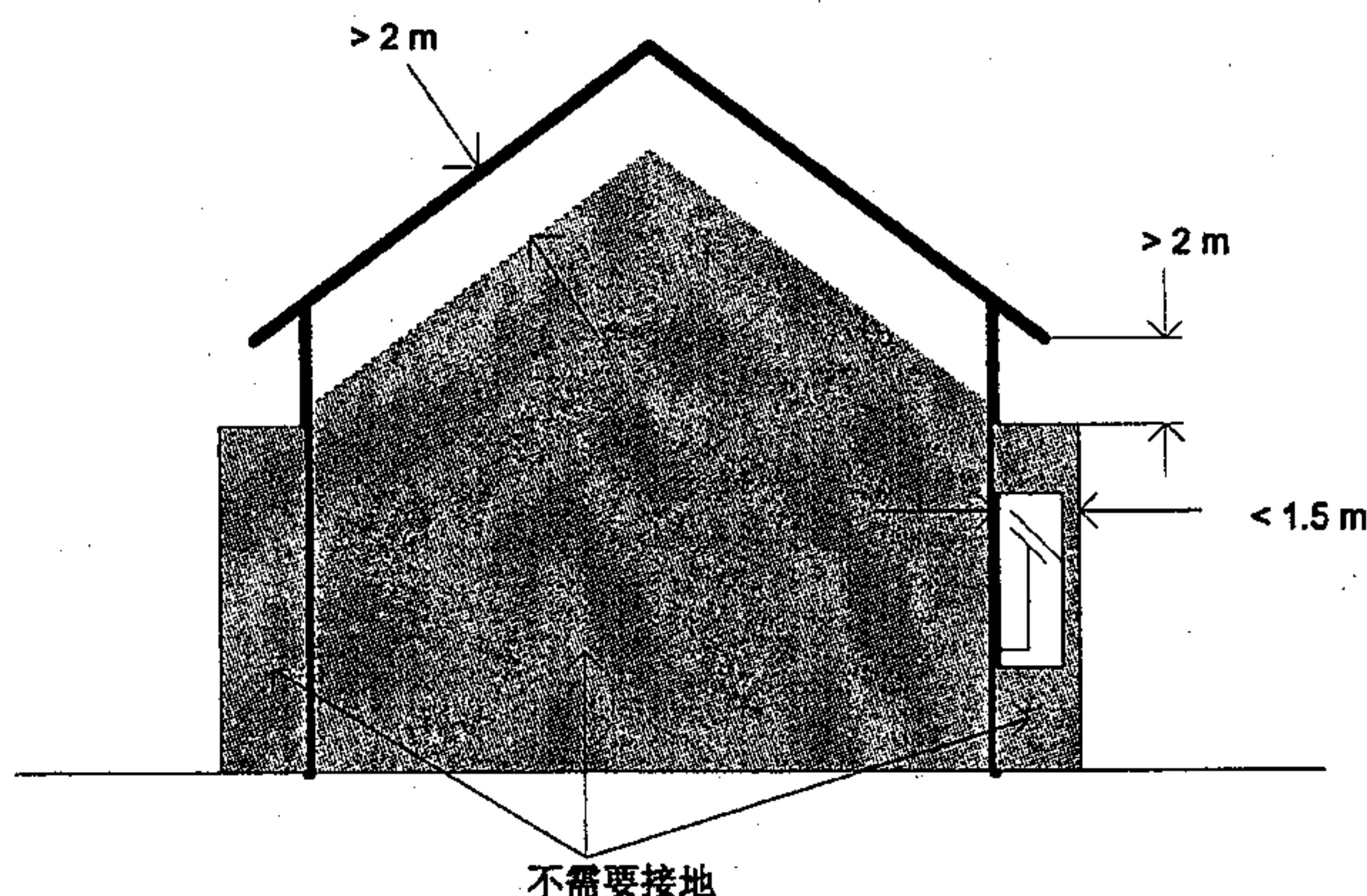


图7 安装于户外建筑物上的天线举例, 不要求接地但建议接地

6.1.2 雷击时对人身安全具有很低风险的场所

为减少对除 6.1.1 规定场所外对其他每个场所都要进行风险评估的需要, 利用标准 GB/T 21714.2 提供的软件对一些典型场所天线的安装进行了风险评估, 见附录 C。如果天线的安装不包含在附录 C 内, 见 6.1.3。

注意, 风险评估假定没有外部线路设施连接到建筑物上。此风险评估仅是用来决定当网络运营商安装天线时建筑物是否需要 LPS。

有两种情况需要考虑, 分别为:

- 不存在 LPS, 见 8.2.1 的相关要求。
- 存在 LPS, 见 8.2.2 的相关要求。

6.1.3 需要单独进行风险评估的场所

如果 LPS 已经存在就不需要进行风险评估。LPS 存在的情况, 参见 8.2.2 的要求。

如果天线的安装没有包含在 6.1.1 中, 也没有包含在 6.1.2 普通风险评估中, 需要按照 GB/T 21714.2 计算风险值 R_1 。

当 $R_1 \leq R_{T1}$ 时, 不需要进行雷击防护。这种情况下仅需要对电力线接触进行防护, 见 7.2。

当 $R_1 > R_{T1}$ 时, 具体的防护方法见 7 和 8。

这些情况在图 6 中都有体现。

6.2 安装在建筑物附近的天线

天线安装在建筑物附近时的风险评估流程见图 8。

如果建筑结构不包含在 6.1.2 风险评估范围内, 应依据 GB/T 21714.2 计算生命损失风险参数 R_1 。因为天线塔和建筑物是分开的, 因此需要分别进行风险评估。

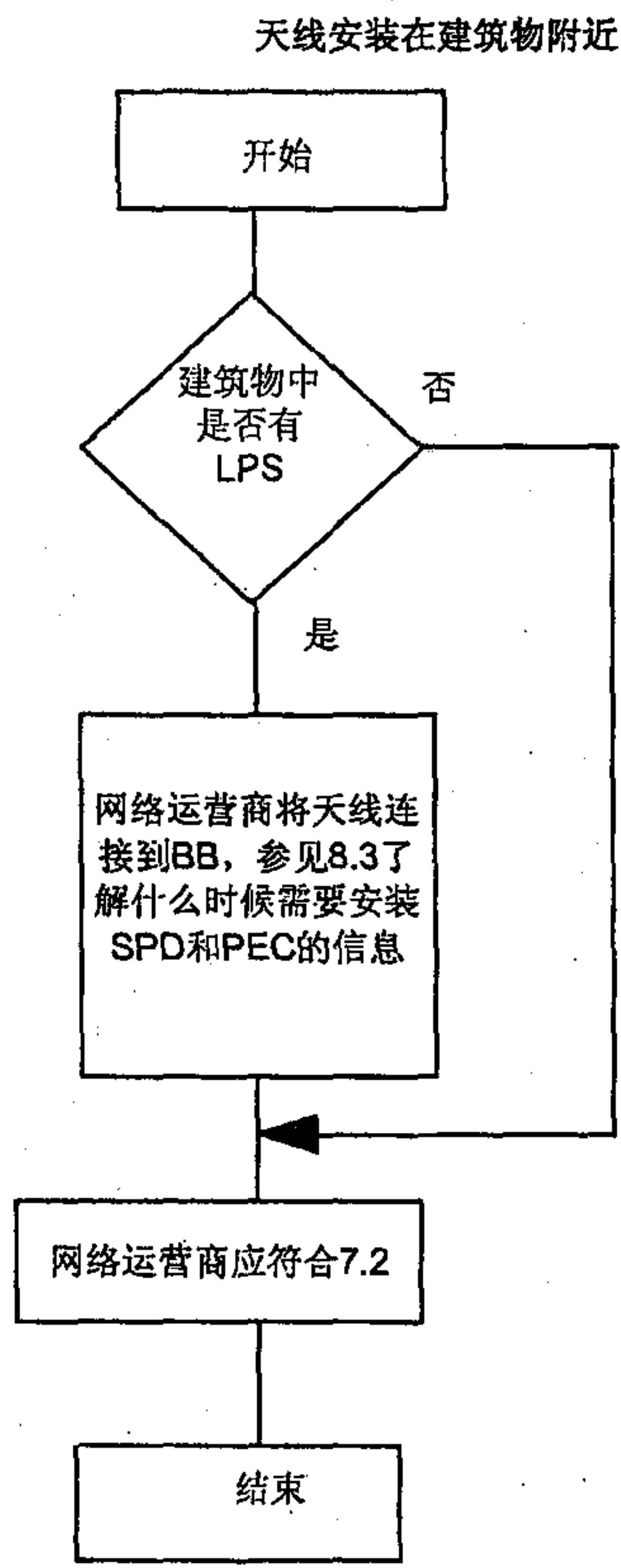


图8 天线安装在建筑物附近的风险评估流程

当 $R_1 \leq R_{T1}$ 时，不需要雷击防护，仅需要对电力线接触进行防护，见 7.2。

当 $R_1 > R_T$ 时，为了获得必要防护级别 ($R_1 \leq R_T$)，建筑物需要安装 LPS。在这种情况下，保护方法见 7 和 8。附录 D 是此种情况下进行风险评估的一个示例。

ITU-T K.56 建议中包含了对天线塔进行直接雷击防护的要求。

7 防护方法

7.1 一般方法

防护方法的类型决定于哪个风险因素可以被减小。

如果风险因素 R_B 被认为是贡献最大的因素，需要建筑物上安装 LPS 以获得必要防护级别 ($R_1 \leq R_T$)。

如果风险因素 R_U 和 R_V 被认为是贡献最大的因素，则采用 SPD 和等电位连接就足以获得必要的防护级别。

7.2 电力线接触的保护方法

天线与电力线接触可能导致严重问题，可以通过接地或适当的隔离来提供相应的防护。

7.2.1 接地

从天线或外部的同轴电缆到建筑物接地系统使用 4.0 mm²或更大一些的接地导体连接到建筑物的接地系统可以对电力线接触提供防护（能够通过熔断保险丝切断电力电源）。

7.2.2 隔离

——在天线设施（及馈线）和架空的电力线之间保持适当的电气间距。大于 3 m 的水平距离是保守估计的间距。在安装期间或如果天线具有很长的天线臂，为保障安装人员的安全，增加的间隔是必要的。天线电缆引入线不能跨越或在电源线正下方。

——确定天线安装位置附近范围内没有火线（例如 3m 范围内）。这需要在安装过程中进行适当的检查和试验。

当没有可能采取足够的隔离措施时，天线设施应该接地，见 7.2.1 的要求。

7.3 直接雷击防护

针对直接雷击进行防护的 LPS 的安装比较复杂，应参照 GB/T 21714.3 或其他国家标准。附录 A 中包含了该国家标准的部分信息。

天线系统连接到 LPS 或天线系统与 LPS 的绝缘的要求见 8.2.2。

8 防护要求

8.1 一般要求

外部天线系统的所有部分都要被设计成能承受雷击放电而不发生着火的风险或与天线系统器件的分离。

天线不应安装在屋顶覆盖有易燃性材料（例如，茅草，类似芦苇的材料等）的建筑物上。

天线电缆和接地导体不应安装在用来存放易燃性物质的场所，例如干草、稻草和类似物质，或者存在和引发爆炸性气体的场所。

天线的安装需要对电力线接触和雷击放电进行防护。如下的应用是对所有场所的最低要求：

——相关设备需要符合标准 GB4943 的安全要求。

——相关设备需要符合 K.21 建议的连接到以下接口的设备的抗力要求：

- 外部对称电缆；
- 电源；
- 内部电缆。

——对于安装和与电源线的接触都要求防护。与电力线接触的防护是通过接地、与保险丝的配合使用，或者适当的隔离，见 7.2。

8.2 安装在建筑物内（或上）的天线

8.2.1 具有内在防护功能的场所（LPS 不存在或不需

当 LPS 不存在或不需时，仅需要对电力线接触进行防护，见 7.2。对于天线安装在墙外的情况如图 9 所示。

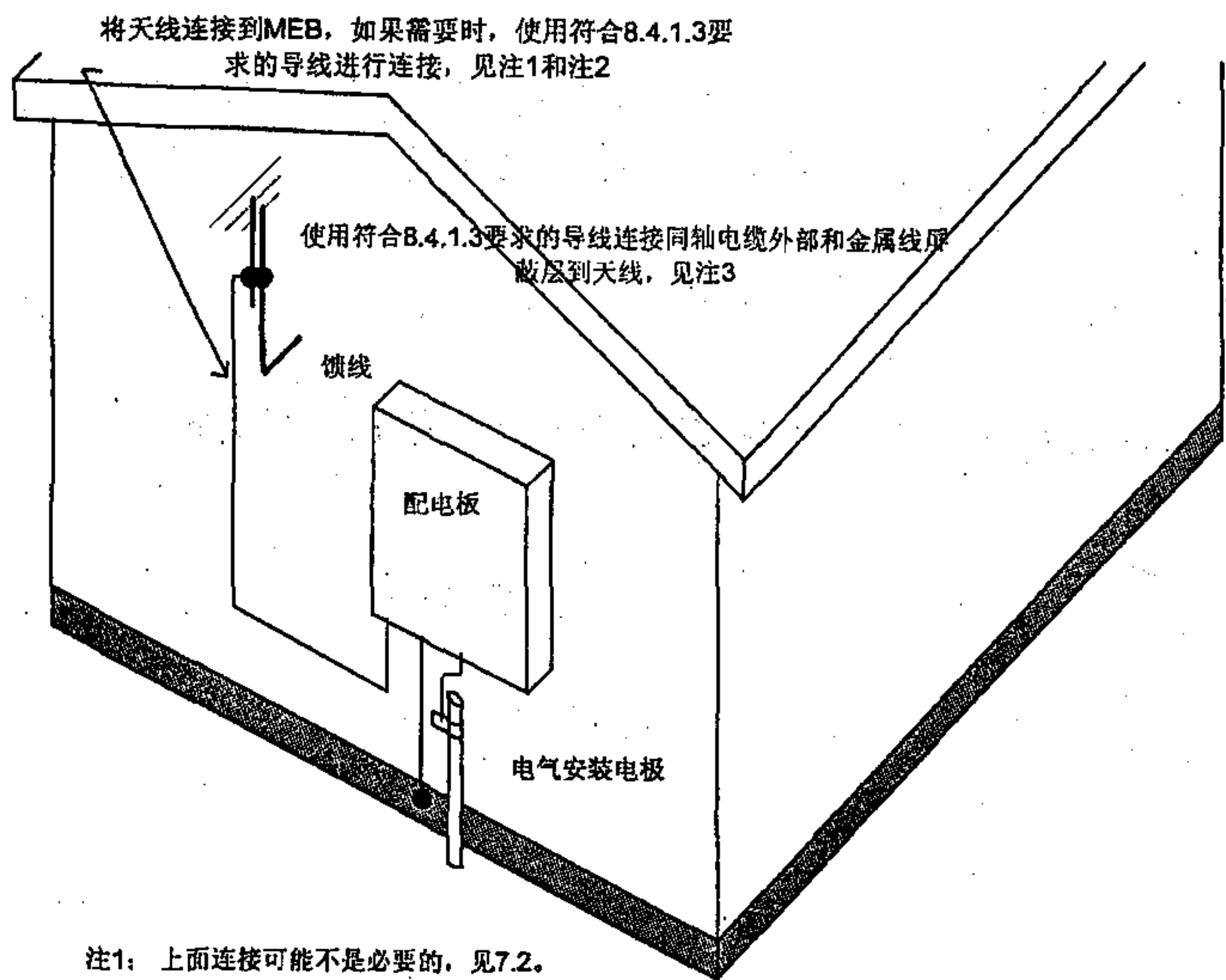
8.2.2 存在 LPS 的建筑物

当有 LPS 时，天线系统应或者连接到 LPS 上，或者与 LPS 充分隔离，或者与 LPS 绝缘。

8.2.2.1 天线连接到 LPS 的情况

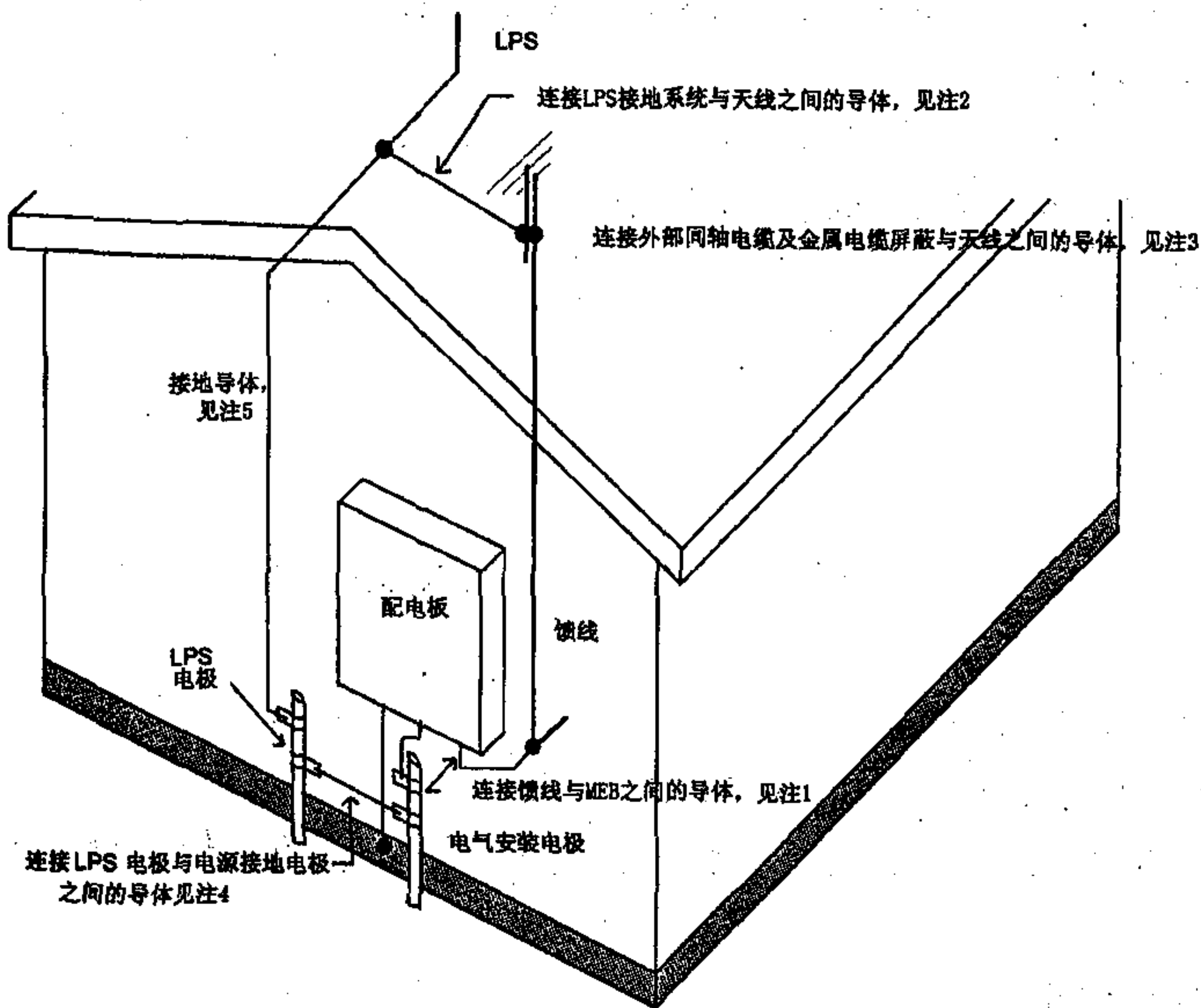
将天线系统连接到建筑物 LPS 和安全接地系统的示意图如图 10 所示。接地和连接的一般要求见 8.4。如果可能的话，将天线安装在接闪器获得直接雷击保护的位置。

如果天线不能通过接闪器获得直接雷击保护，它应能承受直接雷击。可以查阅 GB/T 21714.3 获得设计要求。因此连接天线到天线杆和天线杆到 LPS 的连接导体须符合 GB/T 21714.3-2008 表 6 的要求。



注1: 上面连接可能不是必要的, 见7.2。
注2: 可以通过BB或者到电气安装电极的连接连接到MEB。
注3: 在正常的安装中, 同轴外部/金属线屏蔽和天线之间应该有连接。

图9 当天线安装于具有内在防护功能场所时的防护要求（直接雷击防护）



注1: 连接馈线与MEB之间的导体符合8.4.1.2的要求, 连接到MEB的方式或者通过BB连接, 或者是连接到电气安装电极的导体。
注2: 连接LPS接地系统与天线之间的导体, 符合8.4.1.2的要求。如果天线与LPS之间的连接不要求足够的电气绝缘, 见8.2.2.2关于电气间隙的描述。
注3: 连接外部同轴电缆及金属电缆屏蔽与天线之间的导体, 符合8.2.2.1的要求。通常的安装情况下, 在外部同轴电缆/金属电缆屏蔽与天线之间的连接应该已经存在。
注4: 连接LPS电极与电源接地电极之间的导体, 符合8.4.1.2的要求。
注5: 连接导体, 符合GB21714.3的要求。

图10 建筑物通过LPS获得防护的防护要求

8.2.2.2 天线没有连接到 LPS 上

如果天线没有连接到LPS上,在安装的天线和LPS部件之间(包括引下线)应保证足够的隔离。对于一层或二层的建筑物,2m的电气间隙是足够的。对于超过两层高度建筑物的电气间隙要求,见GB/T 21714.3的6.3。

天线应安装在接闪器保护的范围内。

安装应符合7.2的要求。

8.2.3 不存在 LPS 的建筑物

当需要安装LPS时,天线杆可以被用作接闪器作为建筑物的防护。见7.3。

当天线杆用作垂直接闪器时防护的体积见附录B。

8.3 天线安装在建筑物附近的情况

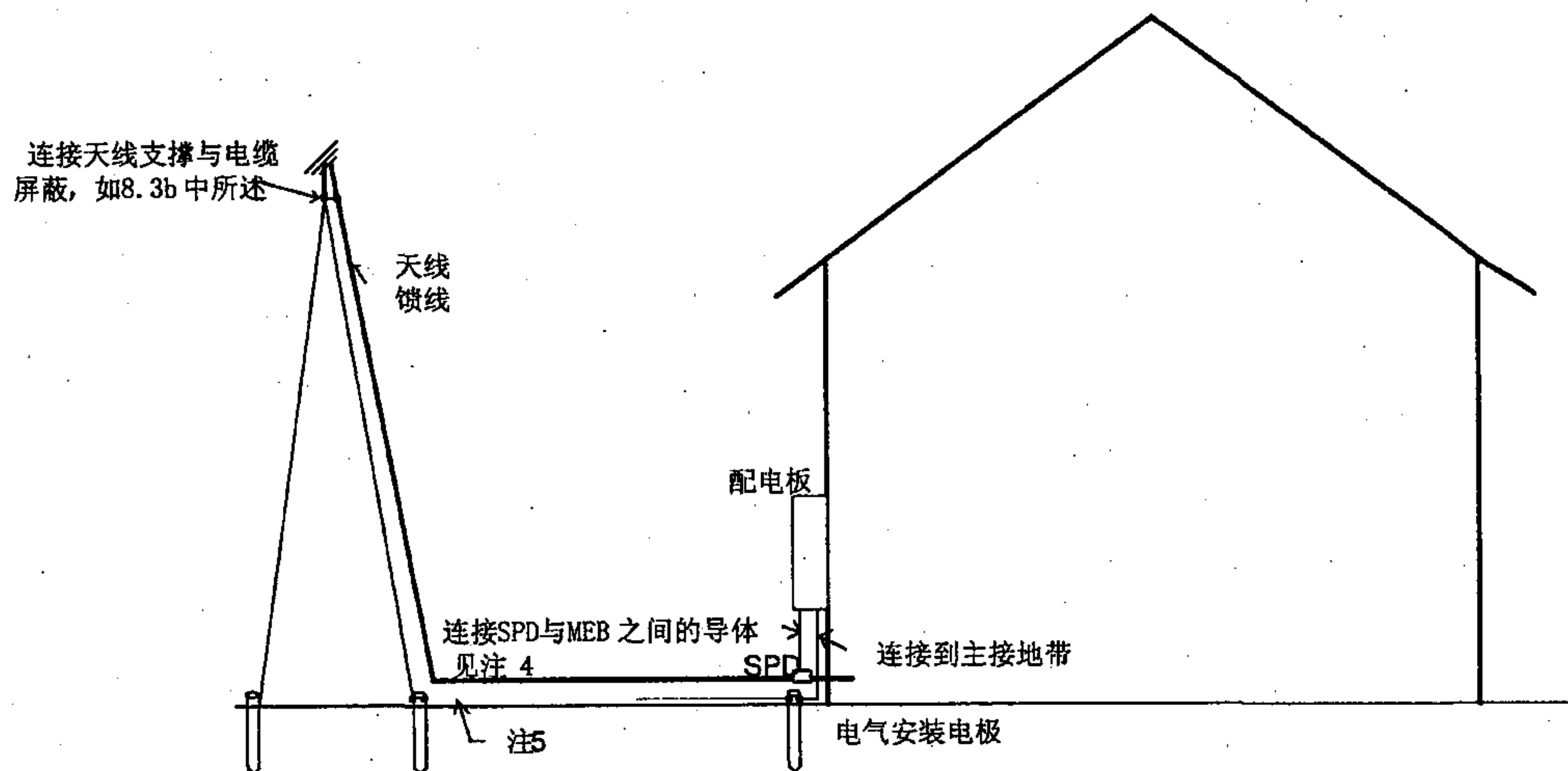
需要考虑如下两种情况。

(a) $R_1 \leq R_T$

在这种情况下,不要求雷击防护,仅仅要求电气安全防护,见7.2。在这种情况下,不要求将天线塔接地电极系统和建筑物电气接地点连接在一起。

(b) $R_1 > R_T$

这种情况下,LPS需要被安装在建筑物上以获得需要的防护级别($R_1 \leq R_T$)并采用如下的防护方法:
——在建筑物入口处的同轴电缆的外部导体连接到BB上(见图11)。



注1: 为保证有效性,连接SPD到MEB的线缆长度应不超过1.5m。

注2: 参照本图安装SPD。

注3: SPD的安装与连接到BB点的位置,在低风险的场所是没有要求的。

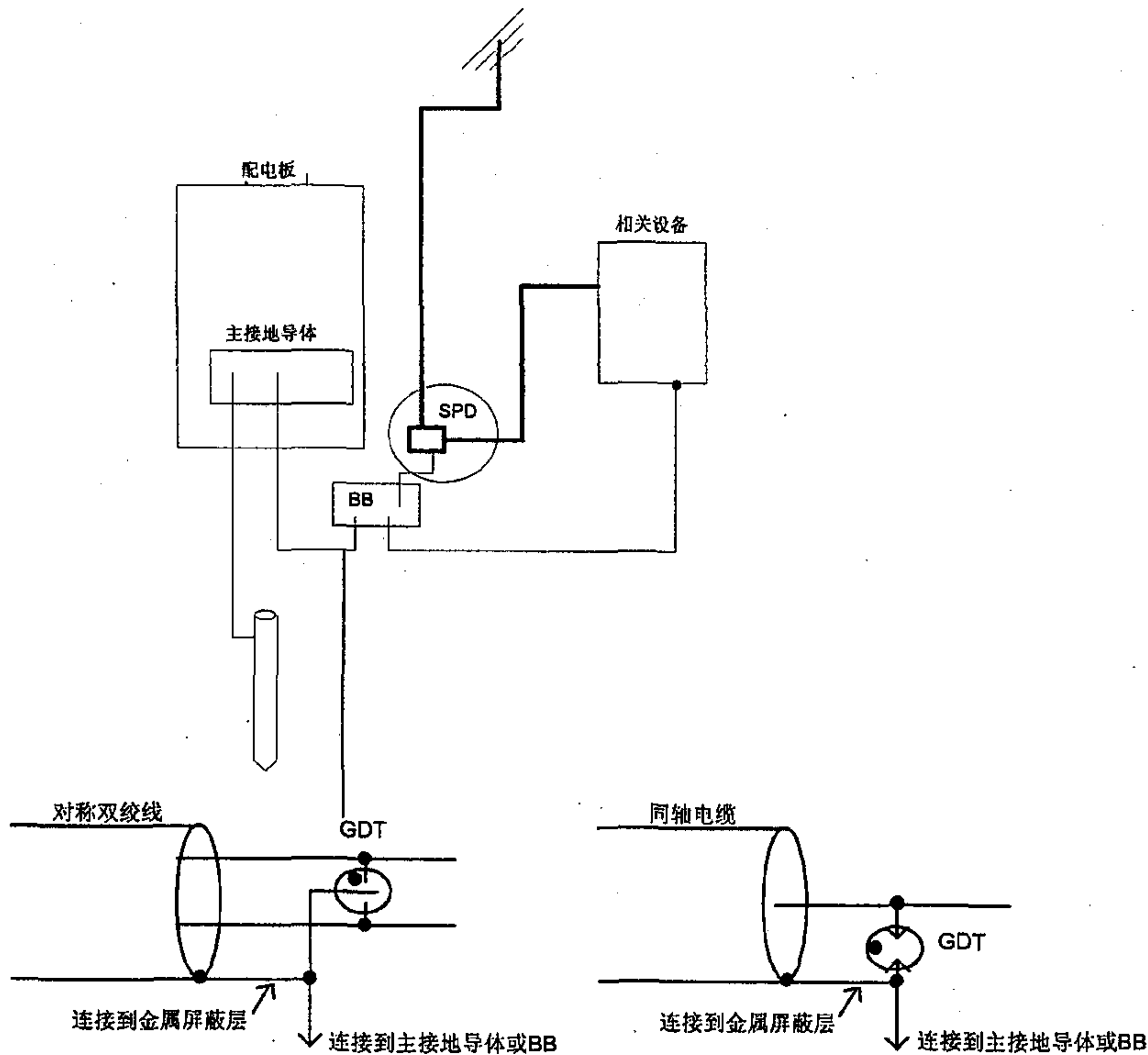
注4: 连接SPD与MEB之间的导体,符合8.4.1.2的要求,连接到MEB的方式可能通过BB或连接到电气安装电极的导体完成。

注5: PEC, 连接到两个接地系统,是用来防止电缆损坏的设计,见附录A。

注6: 与K.56相一致,不推荐连接天线塔底部的天线馈线,目前正在研究中。

图11 天线杆在建筑物附近的安装要求

——当外部导体的横截面积值 (S_c) 小于附录A中的 S_{cmin} 值时, SPD需要被安装在同轴电缆的外部导体和内部导体之间。见图12。流入SPD的雷电流可能会大于GDT冲击电流的最大值, 可采用的防护方法如下 (同时见附录D)。



注1: 设备接地的方式或者是通过接地导体或者通过电源插座。
注2: 为保证有效性, 连接电缆屏蔽层及SPD到主接地导体之间的电缆长度必须小于1.5m。
注3: 如果需要, 线缆金属屏蔽层或外部同轴电缆通过GDT连接到MEB或BB。
注4: 参考建议K.66获得更多的连接信息。

图12 在接入点处天线和相关设备之间的有效过电压防护的安装

——安装一个或两个平行接地导体 (PEC)。PEC的电阻值会将流入SPD的雷电流减小到要求值。一般PEC或其他类似防护方法, 应该连接到天线杆或建筑物的接地系统。

——使用外部导体具有较小电阻的同轴电缆。

天线杆和在塔顶的天线电缆屏蔽应利用以下的适用方法连接到接地电极系统:

——如果天线塔是金属材料, 天线杆和在塔顶的天线电缆屏蔽应使用符合8.4.1.2要求的导体直接连接到塔上。

——如果天线塔不是金属材料的, 天线杆和在塔顶的天线电缆屏蔽应使用符合8.4.1.2要求的导体直接连接到塔接地点。

关于接地导体的要求, 见8.4。关于接地和连接的要求见图10。安装SPD见图11。

8.4 接地和连接

8.4.1 接地导体 (连接)

必要时，天线杆应通过接地线接地。接地线应直接安装于垂直于地面的位置。来自天线的所有同轴电缆的外部导体通过具有最小横截面的等电位连接导体连接到天线杆或接地导体，且应符合如下要求：

——避免环路；

——选择无腐蚀性的材料。

可以使用的元器件的例子如下：

- LPS引下线。
- 建筑物的金属框架。
- 建筑物相互连接的钢结构。
- 正面架构、侧面围栏和金属底层建筑都符合以下条件：

——引下线的尺寸要符合要求并且厚度不小于0.5 mm；

——确定垂直方向的电连续性（连接点要保证安全可靠，可通过以下方法例如铜焊、定位焊接、弯边、螺纹连接或螺栓连接），或者金属零件之间的距离不得超过1mm并且两部分之间的重叠部分至少100cm²。全部电阻不能超过0.2 Ω。

以上元器件仅在以下情况时使用：

——局部调节允许的情况下；

——不同部分之间的电连续性是持久性的；

——它们的尺寸至少等同于标准接地导体的指定尺寸；

如下设备不能被用来作接地导体：

- 供电系统的保护地线和/或中性导线；
- 同轴电缆的外导体。

接地和连接的要求是因为如下两个原因而提出。

8.4.1.1 将全部雷电流安全放电至地面

这种情况下一个合适的裸露接地导体的最小横截面积不能小于 14mm²铜或 50mm²铁。如果导体是绝缘的、被附上或接近于可燃性物质，要求最小横截面积不能小于 35mm²铜或 125mm²铁。

8.4.1.2 将部分雷电流安全放电至地面

这种情况下一个合适的裸露接地导体的最小横截面积不能小于5mm²铜或16mm²铁。

8.4.1.3 电气安全

在这种情况下一个 4mm²的铜导体是适合的。

8.4.2 接闪器

接闪器需要符合以下要求：

- 当不要求LPS时，须符合标准IEC 60364。
- 当需要LPS时，须符合标准GB/T 21714.3。因此必要的接地电极尺寸信息在GB/T 21714.3的图2中，

情况如下：

——两个水平接地电极至少埋地2.5 m的长度，角度不小于60°，至少0.5m深，并距离地基不得小于1m。

或者

——至少2.5m长的垂直或倾斜接地电极或者间隔3m的至少1.5m长的两个垂直接地电极，并且距离地基不得小于1m。

每个接地电极的最小横截面积是 50mm^2 铜或 90mm^2 铁。详细信息见 GB/T 21714.3 的表 7。金属的选择取决于建筑物的材料和/或土壤类型。

“自然的”组成部分也需要考虑，例如互相连接的钢筋混凝土或其他适当的地下金属结构于建筑物的地基合成一体，它的尺寸同样需要符合以上的限值。

也可以使用其他符合 GB/T 21714.3 的接闪器。

附录 A

(资料性附录)

对建筑物的直接雷击：在建筑物入口处屏蔽线的等电位连接

由屏蔽线携带的雷电流导致的位于有效导体和屏蔽电缆之间的过电压可能导致内部系统故障。过电压取决于材料、屏蔽线的尺寸、长度及电缆的位置。

为避免内部系统故障的屏蔽线的横截面积的最小值 S_{cmin} (mm^2) 由下式给出：

$$S_{\text{cmin}} = \frac{I_f \times \rho_c \times L_c \times 10^6}{U_w}$$

(A.1)

上式中，

I_f ：流过屏蔽电缆的电流，用kA表示；

ρ_c ：屏蔽层的电阻率，用 Ωm 表示；

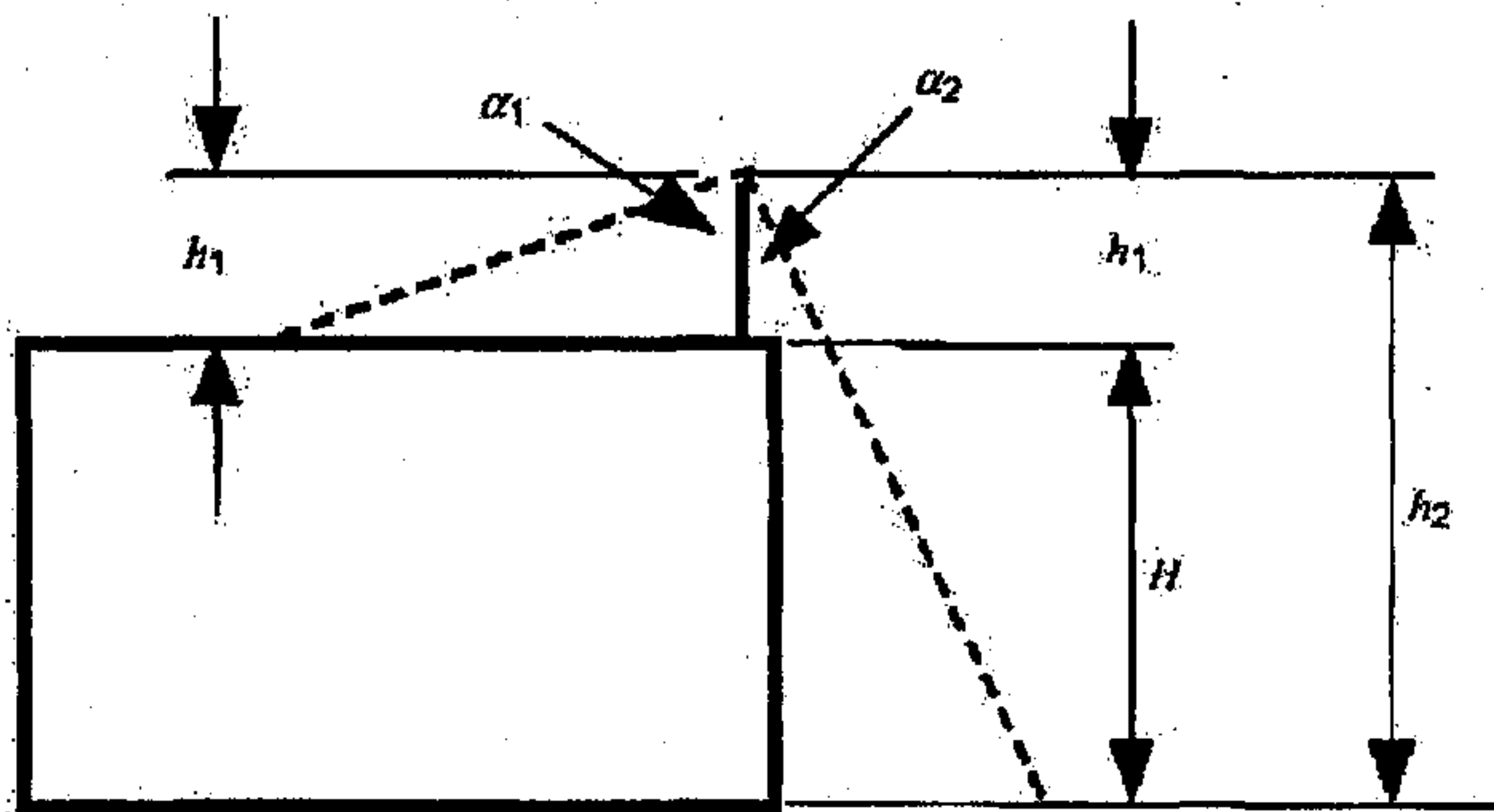
L_c ：电缆长度，用m表示；

U_w ：由电缆馈线供电的电/电子系统冲击承受电压（或承受电压），用kV表示。

当同轴电缆的外部导体的横截面积 $S_c < S_{\text{cmin}}$ 时，在同轴电缆的内部和外部导体之间应该安装 SPD。

附录 B
(资料性附录)
建筑物上的天线被用作 LPS 接闪器

当 LPS 被安装的时候，天线杆可以被用作接闪器来保护建筑物。从标准 GB/T 21714.3 摘出的图 B.1，表示当天线杆用作垂直接闪器时防护的体积。



h_1 是接闪器的自然高度。

注：防护角度 α_1 与接闪器高度 h_1 相关联。 h_1 是高于屋顶表面的防护区域。防护角度 α_1 与高度 h_2 ($h_2 = h_1 + H$)相关联，此高度以地面为参考面。 α 取值在图B.2中给出，是依据标准GB/T 21714.3，根据不同防护等级的LPS由高于参考平面的接闪器高度 h_1 作用的结果。

图 B.1 垂直接闪器的防护体积

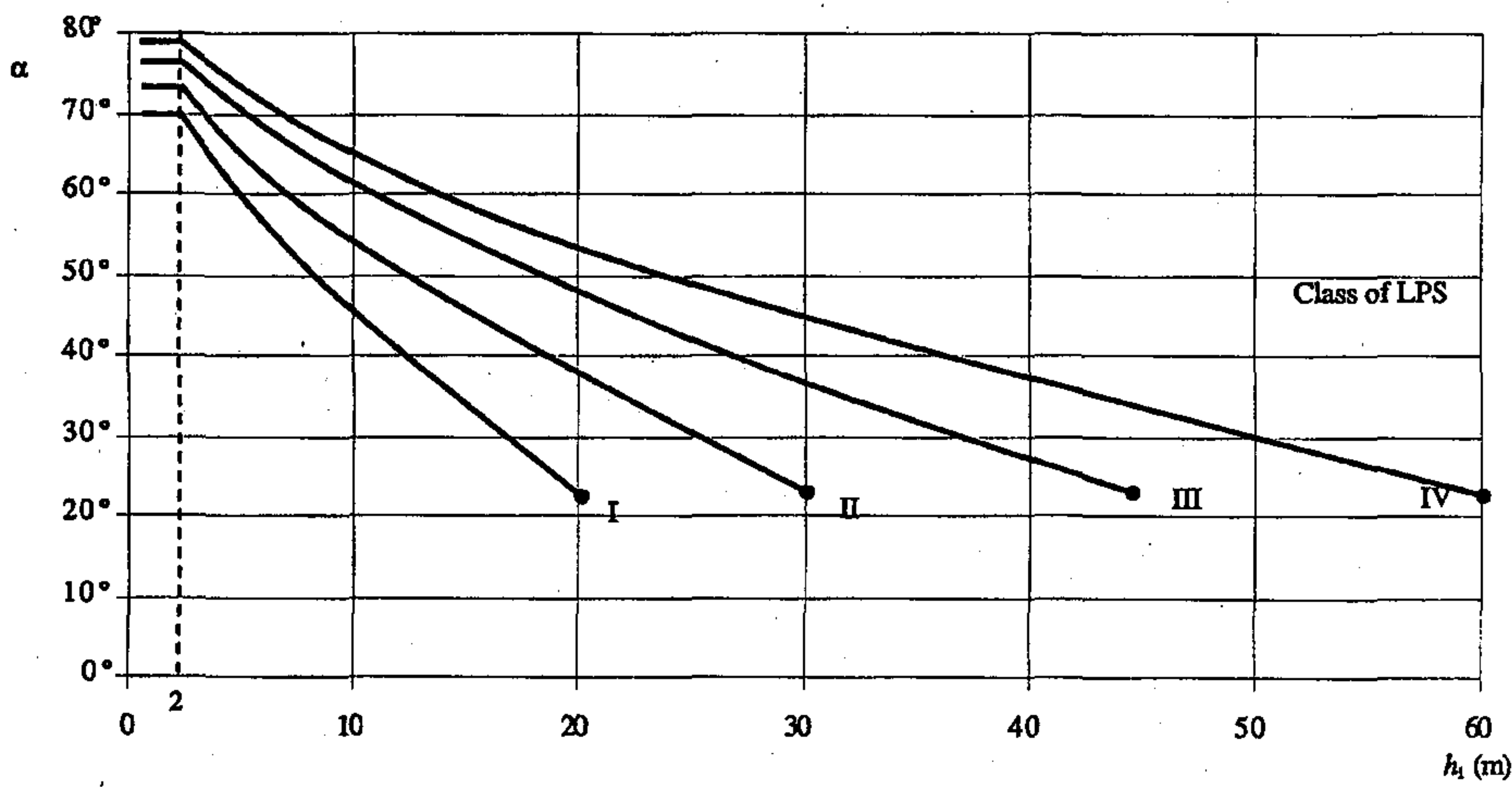


图 B.2 防护角度

接地导体（引下线）和接地系统应该符合与 LPS 等级相关的风险评估要求。同轴电缆的外部导体应该一端连接到天线杆上，另一端连至主接地端子。

附录 C
(资料性附录)
一般风险评估

以下一般风险评估举例是利用GB/T 21714.2提供的软件进行评估。

C.1 在屋顶安装有天线但雷击风险较低的场所

在这种情况下，天线仅需要对电力线接触进行防护，见7.1。
此分析中对雷击防护天线的必要性是基于天线安装在符合以下所有先决条件的建筑物上：
——家庭住所，小型办公场所或类似占地较小的建筑；
——中等大小（地面面积小于600m²）；
——高度低于12m（通常两层楼或更少）；
——不位于超过海拔1000m的山顶；
——由标准建筑材料建成的永久性建筑（木材、石头、混凝土、金属等）；
——天线的顶部附在建筑物的外面，高度距离排水槽线小于2.5m并在屋顶以下。

不符合这些先决条件的建筑不包括在这种分析的范畴之内，而是需要特定的风险评估，见标准GB/T 21714.2。

例1：每年15个雷暴日地区的安装。
符合以上先决条件的任何建筑物，在这些地区不需要考虑特定的防雷方法。
例2：每年30个雷暴日地区的安装。
这些地区的建筑不需要考虑特定防雷方法。

● 建筑须符合以上先决条件，并且或者不超过 6m 高度（通常一层楼的高度）或建在平原上或具有金属屋顶。

注：建在平原上的建筑物指的是不能建在丘陵、山脉或山脊上。

例3：每年60个雷暴日地区的安装。
这些地区的建筑不需要考虑特定防雷方法。

Calculated Risk	Tolerable Risk (Rt)	Direct Strike Risk (Rd)	Indirect Strike Risk (Ri)	Calculated Risk (Rt)
Loss of Human Life	1.00E-02	2.91E-05	0.00E+00	2.91E-05
Loss of Public Services	1.00E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Loss of Cultural Heritage	1.00E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Economic Loss	1.00E-02	2.75E-05	0.00E+00	2.75E-05

● 建筑须符合以上先决条件且不超过6m高度（通常一层楼的高度）或建筑须符合以上先决条件且建在平原上，同时有金属屋顶。

图 C.1 为雷击风险评估流程图。

如果场所具有很低的风险，依照图C.1，天线被认为是能对直接雷击进行保护。因此天线仅需要对静态大气过电压和电网的接触进行防护，见6.1和6.2。如果此场所需要进行特殊的风险评估，见4。

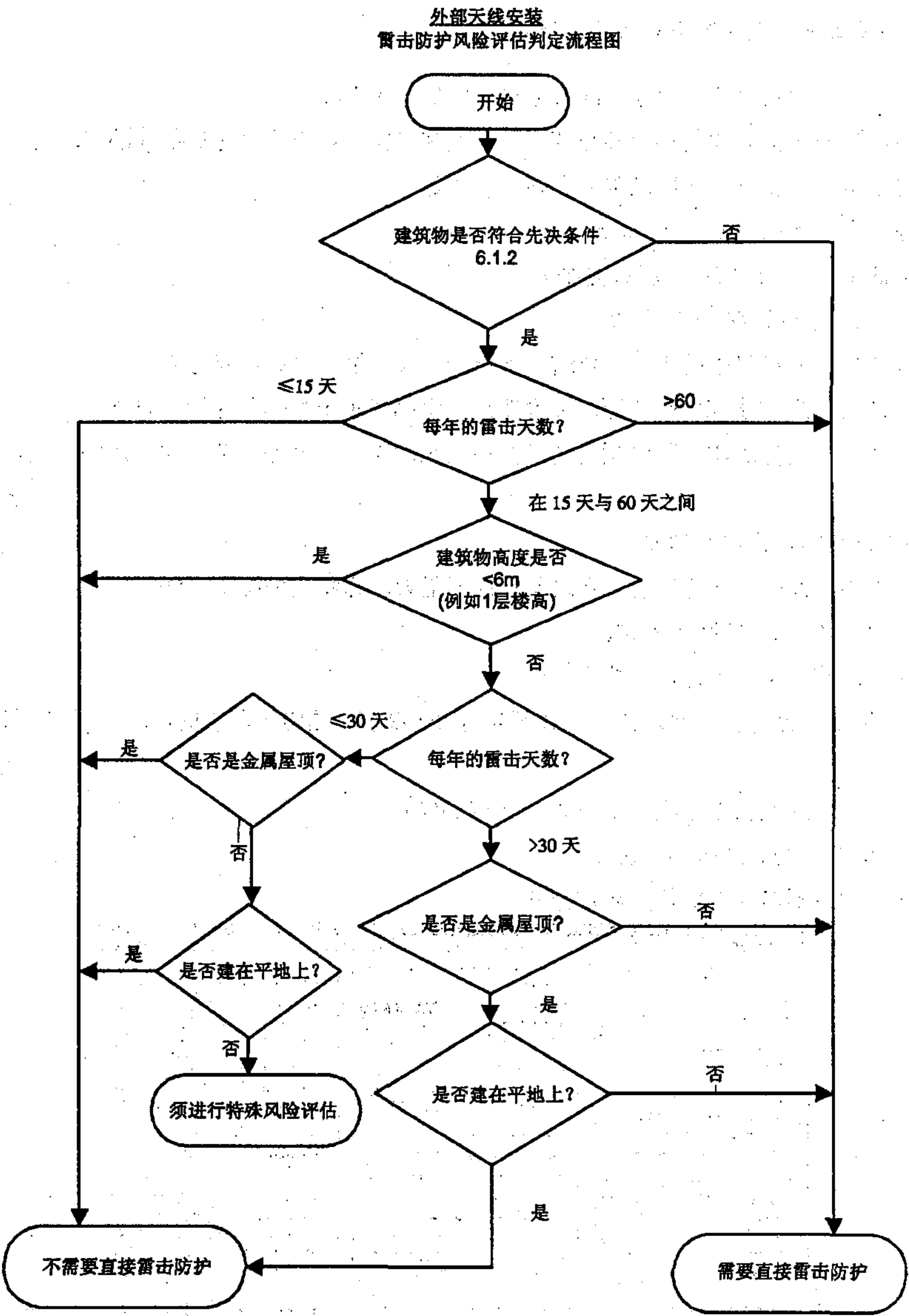


图 C.1 一般风险分析流程

C.2 风险计算

例 1：全年不超过 15 个雷暴日；一层面积小于 600m²；高度低于 12m；不能位于海拔超过 1000m 的地方；由标准建筑材料制成的永久性建筑。

对建筑物的直接雷击风险= $2.5 \times 10^{-6} (R_{A1} + R_{B1})$ 。

例 2a：全年不超过 30 个雷暴日；一层面积小于 600m²；高度低于 6m；不能位于海拔超过 1000m 的地方；由标准建筑材料制成的永久性建筑。

对建筑物的直接雷击风险= $2.07 \times 10^{-6} (R_{A1} + R_{B1})$ 。

IEC Lightning Risk Assessment Calculator Version 1.0.0

Structure's Dimensions:

Length of structure (m): 20
Width of structure (m): 10
Height of roof plane (m): 6
Height of highest roof protrusion (m): 0
* Measured from the ground
Collection area (m²): 3.418 x 2

Structure's Attributes:

Risk of physical damage (incl. fire): Ordinary
Structure screening effectiveness: Poor
Internal wiring type: Unscreened

Environmental Influences:

Location factor: Coastal/Urban
Environmental factor: Rural
Number thunderdays: 30 days/year
Annual ground flash density: 2.0 flashes/km²
View factor from map: 0.5

Conductive Electric Service Lines:

Power Lines:

Type of service to the structure: None
Type of external cable: Unscreened
Presence of MV / LV transformers: No transformer

Other Overhead Services:

Number of conductive services: 0
Type of external cable: Unscreened

Other Underground Services:

Number of conductive services: 0
Type of external cable: Unscreened

Protection Measures:

Class of LPS: No LPS
Fire protection provisions: No measures
Surge protection: No protection

Types of Loss:

Type 1 - Loss of Human Life:

Special hazards to life: No special hazards
Life loss due to fire: Other structures
Life loss due to overvoltage: Not relevant

Type 2 - Loss of Essential Public Services:

Services lost due to fire: No service lost
Services lost due to overvoltage: No service lost

Type 3 - Loss of Cultural Heritage:

Cultural heritage lost due to fire: No heritage value

Type 4 - Economic Loss:

Special hazards to economics: No special hazards
Economic loss due to fire: Other structures
Economic loss due to overvoltage: Other structures
Step/touch potential loss factor: No shock risk
Tolerable risk of economic loss: 1 in 1,000

Calculated Risks:

	Tolerable Risk (FR)	Direct Strike Risk (FR)	Indirect Strike Risk (FR)	Calculated Risk (FR)
Loss of Human Life:	1.00E-05	2.51E-06	0.00E+00	2.51E-06
Loss of Public Services:	1.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Loss of Cultural Heritage:	1.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Economic Loss:	1.00E-03	2.72E-05	6.41E-05	9.14E-05

The IEC lightning risk assessment calculator is intended to assist in the analysis of various criteria to determine the risk of loss due to lightning. It is not possible to cover each special design element that may render a structure more or less susceptible to lightning damage. In special cases, personal and economic factors may be very important and should be considered in addition to the assessment obtained by use of this tool. It is intended that this tool be used in conjunction with the relevant standard IEC 62305-2.

例 2b：全年不超过 30 个雷暴日；一层面积小于 600m²；高度低于 12m；位于平原上；由标准建筑材料制成的永久性建筑。

对建筑物的直接雷击风险= $2.5 \times 10^{-6} (R_{A1} + R_{B1})$ 。

IEC Lightning Risk Assessment Calculator Version 1.0.0

Structure's Dimensions:

Length of structure (m): 20
Width of structure (m): 30
Height of roof plane (m): 12
Height of highest roof protrusion (m): 0
* Measured from the ground
Collection area (m²): 6.274 m²

Structure's Attributes:

Risk of physical damage (incl. fire): Ordinary
Structure screening effectiveness: Poor
Internal wiring type: Unscreened

Environmental Influences:

Location factor: Coastal/Urban
Environmental factor: Rural
Number thunderdays: 30 days/year
Annual ground flash density: 2.0 flashes/km²
View factor from map: 0.5

Conductive Electric Service Lines:

Power Lines:

Type of service to the structure: None
Type of external cable: Unscreened
Presence of MV / LV transformers: No transformer

Other Overhead Services:

Number of conductive services: 0
Type of external cable: Unscreened

Other Underground Services:

Number of conductive services: 0
Type of external cable: Unscreened

Protection Measures:

Class of LPS: No LPS
Fire protection provisions: No measures
Surge protection: No protection

Types of Loss:

Type 1 - Loss of Human Life:

Special hazards to life: No special hazards
Life loss due to fire: Other structures
Life loss due to overvoltage: Not relevant

Type 2 - Loss of Essential Public Services:

Services lost due to fire: No service lost
Services lost due to overvoltage: No service lost

Type 3 - Loss of Cultural Heritage:

Cultural heritage lost due to fire: No heritage value

Type 4 - Economic Loss:

Special hazards to economics: No special hazards
Economic loss due to fire: Other structures
Economic loss due to overvoltage: Other structures
Step/touch potential loss factor: No shock risk
Tolerable risk of economic loss: 1 in 1,000

Calculated Risks:

	Tolerable Risk (FR)	Direct Strike Risk (FR)	Indirect Strike Risk (FR)	Calculated Risk (FR)
Loss of Human Life:	1.00E-05	2.51E-06	0.00E+00	2.51E-06
Loss of Public Services:	1.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Loss of Cultural Heritage:	1.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Economic Loss:	1.00E-03	2.72E-05	6.41E-05	9.14E-05

The IEC lightning risk assessment calculator is intended to assist in the analysis of various criteria to determine the risk of loss due to lightning. It is not possible to cover each special design element that may render a structure more or less susceptible to lightning damage. In special cases, personal and economic factors may be very important and should be considered in addition to the assessment obtained by use of this tool. It is intended that this tool be used in conjunction with the relevant standard IEC 62305-2.

例 2c: 全年不超过 30 个雷暴日: 一层面积小于 600m²; 高度低于 12m; 位于山坡上; 由标准建筑材料制成的永久性建筑; 金属屋顶 (假定相当于第 IV 等级 LPS)。

对建筑物的直接雷击风险= 1.04×10⁻⁶ (RA1 + RB1)。

IEC Risk Assessment Calculator Version 1.0.0

Structure's Dimensions:		Conductive Electric Service Lines:		Types of Loss:	
Length of structure (m):	20	Power Line:		Type 1 - Loss of Human Life:	
Width of structure (m):	30	Type of service to the structure: None		Special hazards to life: No special hazards	
Height of roof plane (m):	12	Type of external cable: Unscreened		Life loss due to fire: Other structures	
Height of highest roof protrusion (m):	15	Presence of MV / LV transformer: No Transformer		Life loss due to overvoltage: Not relevant	
* Measured from the ground		Other Overhead Services:		Type 2 - Loss of Essential Public Services:	
Collection area (m ²):	6,274 m ²	Number of conductive services: 0		Services lost due to fire: No service exist	
Structure's Attributes:		Type of external cable: Unscreened		Services lost due to overvoltage: No service exist	
Risk of physical damage (incl. fire): Ordinary		Other Underground Services:		Type 3 - Loss of Cultural Heritage:	
Structure screening effectiveness: Poor		Number of conductive services: 0		Cultural heritage lost due to fire: No heritage value	
Internal wiring type: Unscreamed		Type of external cable: Unscreened		Type 4 - Economic Loss:	
Environmental Influences:		Protection Measures:		Special hazards to economic: No special hazards	
Location factor: Exposed hilltop		Class of LPS: Class IV		Economic loss due to fire: Other structures	
Environmental factor: Rural		Fire protection provisions: No measures		Economic loss due to overvoltage: Other structures	
Number thunderdays: 30 days/year		Surge protection: No protection		Step/Touch potential loss factor: No shock risk	
Annual ground flash density: 0.0 flashes/km ²				Tolerable risk of economic loss: 1 in 1,000	
View factor to map: [Image]					
Calculated Risks:					
	Tolerable Risk (R _T)	Direct Strike Risk (R _d)	Indirect Strike Risk (R _i)	Calculated Risk (R)	
Loss of Human Life:	1.00E-05 =>	1.94E-06	0.00E+00	= 1.94E-06	
Loss of Public Services:	1.00E-03 =>	0.00E+00	0.00E+00	= 0.00E+00	
Loss of Cultural Heritage:	1.00E-03 =>	0.00E+00	0.00E+00	= 0.00E+00	
Economic Loss:	1.00E-03 =>	1.49E-05	6.17E-05	= 7.66E-05	

The IEC lightning risk assessment calculator is intended to assist in the analysis of various criteria to determine the risk of loss due to lightning. It is not possible to cover each special design element that may render a structure more or less susceptible to lightning damage. In special cases, personal and economic factors may be very important and should be considered in addition to the assessment obtained by use of this tool. It is intended that this tool be used in conjunction with the written standard IEC62305-2.

例 3a: 全年不超过 60 个雷暴日: 一层面积小于 600m²; 高度低于 6m; 不能位于海拔超过 1000m 的高度; 由标准建筑材料制成的永久性建筑。

对建筑物的直接雷击风险= 4.14×10⁻⁶ (RA1 + RB1)。

IEC Risk Assessment Calculator Version 1.0.0

Structure's Dimensions:		Conductive Electric Service Lines:		Types of Loss:	
Length of structure (m):	20	Power Line:		Type 1 - Loss of Human Life:	
Width of structure (m):	30	Type of service to the structure: None		Special hazards to life: No special hazards	
Height of roof plane (m):	6	Type of external cable: Unscreened		Life loss due to fire: Other structures	
Height of highest roof protrusion (m):	9	Presence of MV / LV transformer: No Transformer		Life loss due to overvoltage: Not relevant	
* Measured from the ground		Other Overhead Services:		Type 2 - Loss of Essential Public Services:	
Collection area (m ²):	3,418 m ²	Number of conductive services: 0		Services lost due to fire: No service exist	
Structure's Attributes:		Type of external cable: Unscreened		Services lost due to overvoltage: No service exist	
Risk of physical damage (incl. fire): Ordinary		Other Underground Services:		Type 3 - Loss of Cultural Heritage:	
Structure screening effectiveness: Poor		Number of conductive services: 0		Cultural heritage lost due to fire: No heritage value	
Internal wiring type: Unscreamed		Type of external cable: Unscreened		Type 4 - Economic Loss:	
Environmental Influences:		Protection Measures:		Special hazards to economic: No special hazards	
Location factor: [Image]		Class of LPS: No LPS		Economic loss due to fire: Other structures	
Environmental factor: Rural		Fire protection provisions: No measures		Economic loss due to overvoltage: Other structures	
Number thunderdays: 60 days/year		Surge protection: No protection		Step/Touch potential loss factor: No shock risk	
Annual ground flash density: 0.0 flashes/km ²				Tolerable risk of economic loss: 1 in 1,000	
View factor to map: [Image]					
Calculated Risks:					
	Tolerable Risk (R _T)	Direct Strike Risk (R _d)	Indirect Strike Risk (R _i)	Calculated Risk (R)	
Loss of Human Life:	1.00E-05 =>	4.14E-06	0.00E+00	= 4.14E-06	
Loss of Public Services:	1.00E-03 =>	0.00E+00	0.00E+00	= 0.00E+00	
Loss of Cultural Heritage:	1.00E-03 =>	0.00E+00	0.00E+00	= 0.00E+00	
Economic Loss:	1.00E-03 =>	4.51E-05	1.29E-04	= 1.74E-04	

The IEC lightning risk assessment calculator is intended to assist in the analysis of various criteria to determine the risk of loss due to lightning. It is not possible to cover each special design element that may render a structure more or less susceptible to lightning damage. In special cases, personal and economic factors may be very important and should be considered in addition to the assessment obtained by use of this tool. It is intended that this tool be used in conjunction with the written standard IEC62305-2.

例 3b: 全年不超过 60 个雷暴日: 一层面积小于 600m²; 高度低于 12m; 位于平原上; 由标准建筑材料制成的永久性建筑; 金属屋顶。

对建筑物的直接雷击风险= $1.04 \times 10^{-6} (R_{A1} + R_{B1})$ 。

IEC Risk Assessment CalculatorProject: PROJECT 1

Structure's Dimensions:

Length of structure (m):20

Width of structure (m):30

Height of roof plane (m):12

Height of highest roof protrusion (m):15

* Measured from the ground

Collection area (m2):8274 m2

Structure's Attributes:

Risk of physical damage (incl. fire):Ordinary

Structure screening effectiveness:Poor

Internal wiring type:Unscreened

Environmental Influences:

Location factor:Isolated structure

Environmental factor:Rural

Number thunderdays:50 days/year

Annual ground flash density:5.0 flashes/km2

View isokaesuric map:

Conductive Electric Service Lines:

Power Line:

Type of service to the structure:None

Type of external cable:Unscreened

Presence of MV / LV transformer:No Transformer

Other Overhead Services:

Number of conductive services:0

Type of external cable:Unscreened

Other Underground Services:

Number of conductive services:0

Type of external cable:Unscreened

Protection Measures:

Class of LPS:Type IV

Fire protection provisions:No measures

Surge protection:No protection

Types of Loss:

Type 1 - Loss of Human Life:

Special hazards to life:No special hazards

Life loss due to fire:Other structures

Life loss due to overvoltage:Not relevant

Type 2 - Loss of Essential Public Services:

Services lost due to fire:No service exist

Services lost due to overvoltage:No service exist

Type 3 - Loss of Cultural Heritage:

Cultural heritage lost due to fire:No heritage value

Type 4 - Economic Loss:

Special hazards to economic:No special hazards

Economic loss due to fire:Other structures

Economic loss due to overvoltage:Other structures

Step/touch potential loss factor:No shock risk

Tolerable risk of economic loss:1 in 1,000

Calculated Risks:

	Tolerable Risk (R _T)		Direct Strike Risk (R _d)		Indirect Strike Risk (R _i)		Calculated Risk (R)
Loss of Human Life:	1.00E-05	=>	1.04E-06	+	0.00E+00	=	1.04E-06
Loss of Public Services:	1.00E-03	=>	0.00E+00	+	0.00E+00	=	0.00E+00
Loss of Cultural Heritage:	1.00E-03	=>	0.00E+00	+	0.00E+00	=	0.00E+00
Economic Loss:	1.00E-03	=>	1.49E-05	+	1.29E-04	=	1.43E-04

IEC

The IEC lightning risk assessment calculator is intended to assist in the analysis of various criteria to determine the risk of loss due to lightning. It is not possible to cover each special design element that may render a structure more or less susceptible to lightning damage. In special cases, personal and economic factors may be very important and should be considered in addition to the assessment obtained by use of this tool. It is intended that this tool be used in conjunction with the written standard IEC62305-2.

附录 D
(资料性附录)

举例：安装在建筑物附近的天线

D.1 概要

需要考虑的情况是天线安装在建筑物附近的桅杆上，建筑物具有电源线、通信线路、从天线过来的同轴电缆和煤气服务设施。

人身伤亡损失 (L_1) 和通信服务设施损失 (L_2) 会影响这一类型的建筑，因此需要评估相应的风险值 R_1 和 R_2 。

如下部分依照 GB/T 21714.2 和为了将风险降到容忍限值以下的可能的保护措施来制定建筑物风险评估的结果。需要在 GB/T 21714.2 进行理解的基础上来理解本附录。

D.2 建筑物特征

主要建筑物特征见表 D.1。

表 D.1 建筑物特征

参 数	备 注	符 号	值	参考 GB/T 21714.2
尺寸(m)		$(L_b \times W_b \times H_b)$	20.0×50.0×20.0	
位置因子	独立的	C_{db}	1.0	表 A.2
防雷系统	无	P_B	1.0	表 B.2
建筑物边界防护	无	K_{S1}	1.0	公式 B.3
建筑物内部防护	无	K_{S2}	1.0	公式 B.3
地面反射密度	1/km ² /年	N_g	4	

D.3 线路的特征

有 4 类线路进入到建筑物：

- 埋地的非屏蔽低电压电源线(200m)连接到一个埋地的非屏蔽中压电源线(2000m)；
- 埋地的同轴电缆(30m)；
- 一条通信线缆由三部分组成：埋地屏蔽线(1500m)，空中屏蔽线(600m)和空中非屏蔽线(200m)：最后一部分连接到用户建筑物；
- 埋地的金属燃气管道。

进入建筑物内的电源线、同轴电缆和通讯电缆的特征在表 D.2 到表 D.4 中描述，同时描述了面积的值和预计危险事件。

表 D.2 电源线特征(线缆 n.1)

参 数	注 释	符 号	值	参考 GB/T 21714.2
土壤电阻系数(Wm)		ρ	500	
长度(m)		L_c	200+2000	
高度(m)	埋地的	H_c	—	
变压器 AT/BT	有	C_t	1.0; 0.2	表 A.4
线路定位因数	独立的	C_d	1.0	表 A.2
线路环境因数	乡村	C_e	1.0	表 A.5

表 D.2 (续)

参 数	注 释	符 号	值	参考 GB/T 21714.2
单位长度屏蔽电阻(Ω/km)	未屏蔽			
直接雷击概率因数		P_{LD}	1.0; 1.0	表 B.6
线缆附近雷击的概率因数		P_{LI}	0.4; 0.4	表 B.7
进入建筑物的导体数量		m	4	
对线缆雷击的面积值(m^2)		A_I	47851.9	
在线缆附近雷击的面积值(m^2)		A_I	1229837.0	
对线缆直接雷击的数量		N_L	0.0483	
线缆附近危险雷击的数量		N_I	1.34164	
临近建筑的尺寸(m)	无	$(L_a \times W_a \times H_a)$		
对临近建筑直接雷击的数量		N_{Da}	0.0	

表 D.3 同轴电缆的特征 (线缆 n.2)

参 数	注 释	符 号	值	参考GB/T 21714.2
土壤电阻系数(Wm)		ρ	500	
长度(m)		L_c	30	
高度(m)	埋地的		—	
变压器AT/BT	无	C_t	1.0	
线路定位因数	独立的	C_d	1.0	表A.1
线路环境因数	乡村	C_e	1.0	表A.4
单位长度屏蔽电阻(Ω/km)		R_s	5	
直接雷击概率因数		P_{LD}	0.8	表B.6
线缆附近雷击的概率因数		P_{LI}	0.04	表B.7
进入建筑物的导体数量		m	1	
对线缆雷击的面积值(m^2)		A_I	0.0	
在线缆附近雷击的面积值(m^2)		A_I	16770.5	
对线缆直接雷击的数量		N_L	0.0	
线缆附近危险雷击的数量		N_I	0.06708	
临近建筑的尺寸(m)	无	$(L_a \times W_a \times H_a)$	2.0-2.0-10.0	
对临近建筑直接雷击的数量		N_{Da}	0.01229	

表 D.4 通信电缆的特征(线路 n.3)

参 数	注 释	符 号	值	参考GB/T 21714.2
土壤电阻系数(Wm)		ρ	500	
长度(m)		L_c	200+600+1500	
高度(m)			6; 6;埋地的	
变压器 AT/BT	无	C_t	1.0; 1.0; 1.0	
线路定位因数	独立的	C_d	1.0	表A.1
线路环境因数	乡村	C_e	1.0	表A.4
单位长度屏蔽电阻 (Ω/km)			未屏蔽; 9.4; 0.7	
直接雷击概率因数		P_{LD}	1.0; 1.0; 0.4	表B.6
在线缆附近雷击的概率因数		P_{LI}	1.0; 0.5; 0.5	表B.7
进入建筑物的导体数量		m	6	
对线缆雷击的面积值(m^2)		A_I	59778.5	

表 D.4 (续)

参 数	注 释	符 号	值	参考GB/T 21714.2
在线缆附近雷击的面积值(m ²)		A_i	1638526.0	
对线缆直接雷击的数量		N_L	0.23911	
线缆附近危险雷击的数量		N_I	6,5541	
临近建筑的尺寸(m)		$(L_a \times W_a \times H_a)$	6.0·10.0·6.0	
对临近建筑直接雷击的数量		N_{Da}	0.00662	

D.4 内部系统的特征

连接到电源线、同轴电缆和通信电缆的内部系统主要特征在表 D.5 到表 D.7 中描述。

表 D.5 连接 n.1 至电源线的内部装置的主要特征

参 数	注 释	符 号	值	参考GB/T 21714.2
单位长度屏蔽电阻(Ω /km)	未屏蔽			
内部路由防范	最大环路面积 0.5 m ²	K_{S3}	0.02	表B.5
承受脉冲电压 U_w	$U_w = 2500V$	K_{S4}	0.6	公式B.4
安装的并列SPD保护	未安装	P_{SPD}	1	表B.3

表 D.6 连接 n.2 至同轴电缆的内部装置的主要特征

参 数	注 释	符 号	值	参考GB/T 21714.2
单位长度屏蔽电阻(Ω /km)		R_s	5	
内部路由防范		K_{S3}	0.001	表B.5
承受脉冲电压 U_w	$U_w = 1500 V$	K_{S4}	1	公式B.4
安装的并列SPD保护	未安装	P_{SPD}	1	表B.3

表 D.7 连接 n.3 至通信电缆的内部装置的主要特征

参 数	注 释	符 号	值	参考GB/T 21714.2
单位长度屏蔽电阻(Ω /km)	未屏蔽			
内部路由防范	最大环路面积10 m ²	K_{S3}	0.2	表B.5
承受脉冲电压 U_w	$U_w = 1500 V$	K_{S4}	1.0	公式B.4
安装的并列SPD保护	未安装	P_{SPD}	1	表B.3

D.5 建筑物的区域定义

在建筑物内部，只有一个区域（区域 n.1）的特征在表 D.8 中描述。

表 D.8 区域 n.1 的特征

参 数	注 释	符 号	值	参考GB/T 21714.2
由于接触电压或跨步电压造成的损失	建筑物内部的人员	L_i	0,02	等式C.1 t = 0.5小时/天
由于物理损坏造成的损失		L_f	0,1	表C.1
内在系统失灵造成的损失		L_o	0,001	表C.6
地面类型	大理石，陶瓷	r_a	0.001	表C.2
着火的危险	普通的	r_f	0.01	表C.4
特殊危险(关系到 R_1)	无	h_Z	1.0	表C.5
防火	无	r_p	1.0	表C3
空间防护	无	K_{S2}	1.0	等式B.3

D.6 对建筑物的预期危险事件

建筑物的危险事件的预期数量在表 D.9 中有所描述。

表 D.9 危险事件的预期数量

符号	值(1/年)	参考GB/T 21714.2
N_D	0.08284	A.2
N_M	0.84656	A.3

D.7 无防护建筑物的风险评估

D.7.1 人身安全损失 R_1 的风险评估

相关概率因数 P 和损失值 L 在表 D.10 中描述。

标准 GB/T 21714.2 中等式 1 规定人身安全损失 R_1 可以按照下列方法计算：

$$R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V \tag{D.1}$$

注：分量 R_C 、 R_M 、 R_W 和 R_Z 只有在以下的情况下才被加到风险值 R_1 中，分别是有爆炸风险的建筑、有生命挽救设备的意愿场所或者有立即危及生命安全的内部系统的建筑。这种情况不属于这个例子范围内。

表 D.10 风险 R_1 : 概率因数和损失值

概 率	值	损 失	值
P_A	0.0	L_A	0.0 (注1)
P_B	1.0	L_B	0.001
P_U (线路 1)	1.0	L_U	0.00002
P_U (线路 2)	0.8		
P_U (线路 3)	0.667		
P_V (线路 1)	1.0	L_V	0.001
P_V (线路 2)	0.8		
P_V (线路 3)	0.667		

注1：损失值 L_A 为0，因为建筑物外部没有人

每一个风险值分量 R_X 可以按照下列等式计算

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \tag{D.2}$$

N_X 的值见表 D.2、D.3 和 D.4 关于线路的部分和 D.9 关于建筑物的部分。 P_X 和 L_X 的值在表 D.10 中给出。

注：对同轴电缆和通信电缆的直接雷击引起的危险事件数量应该考虑进连接在远端建筑物的雷击危险事件数量（见表 D.3 和 D.4 中对 N_{Da} 的描述）。

与建筑物相关的风险分量见表 D.11。

表 D.11 风险 R_1 与建筑物相关的风险分量的值(值 $\times 10^{-5}$)

风险分量	值
R_A	0.0
R_B	8.284
R_U (线路 1)	0.097
R_V (线路 1)	4.83
R_U (线路 2)	0.02
R_V (线路 2)	0.98

表D.11 (续)

风险分量	值
R_U (线路 3)	0.328
R_V (线路 3)	16.4
合计	30.94

风险值 R_1 超出容忍限值时被认为等于 10^{-5} 。因此关系到用户人身安全风险的雷击防护是必要的。

D.7.1 通信服务损失 R_2 的风险评估

标准 GB/T 21714.2 的等式 2 表示通信服务损失 R_2 可以按照下式计算:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

(D.3)

概率因数 P 和损失 L 的值见表 D.12。

表D.12 风险 R_2 :概率因数和损失的值

概 率	值	损 失	值
P_B	1.0	L_B	0.001
P_C	1.0	L_C	0.001
P_M (线路1)	0.0001	L_M	0.001
P_M (线路2)	0.0001		
P_M (线路3)	0.92		
P_V (线路1)	1.0	L_V	0.001
P_V (线路2)	0.8		
P_V (线路3)	0.667		
P_W (线路1)	1.0	L_W	0.001
P_W (线路2)	0.8		
P_W (线路3)	0.667		
P_Z (线路1)	0.4	L_Z	0.001
P_Z (线路2)	0.04		
P_Z (线路3)	0.562		

与建筑物相关的风险值见表 D.13。

表D.13 风险 R_2 :与建筑物相关的风险值(值 $\times 10^{-3}$)

风 险	值
R_B	0.0083
R_C	0.083
R_M	0.779
R_V (线路1)	0.048
R_W (线路1)	0.0483
R_Z (线路1)	0.517
R_V (线路2)	0.009
R_W (线路2)	0.0098
R_Z (线路2)	0.00268
R_V (线路3)	0.164
R_W (线路3)	0.164
R_Z (线路3)	3.5474
总计	5.456

风险 R_2 大于 10^{-3} 容忍限值 10^{-3} 。因此需要施加保护措施。

D.8 选择的防护方法

选择以下保护措施：

——为减小 R_1 ：

- 安装消防栓用来减小 R_B 和 R_V 的风险值；
- $P_B = 0.1$ 的防雷系统可将 R_B 减小到 R_T 以下；因此可安装防雷等级Ⅲ的防雷系统，这需要电力线、同轴电缆和通信线路在入口处使用浪涌保护器实现等电位连接，承受100 kA峰值雷电流进入通信导体；
- 在电力线、同轴电缆和通信线路上安装浪涌保护器以减小 R_V 的风险值（实际上安装防雷等级Ⅲ的防雷系统和消防栓不足以将 R_1 风险值降到可容忍风险值以下）； $P_{SPD} = 0.03$ 足以将这些风险降到 R_T 以下；这就意味着防雷等级Ⅲ-Ⅳ的情况下需要使用浪涌保护器；

——为减小 R_2 ：在内部的线路设施 $n.1$ 和 $n.3$ 上安装同样的浪涌保护器，目的是减小 R_W ， R_Z 和 R_M 的风险值； $P_{SPD} = 0.03$ 足以将这些风险降到 R_T 以下；这就意味着防雷等级Ⅲ-Ⅳ的情况下需要使用浪涌保护器。

D.9 有防护建筑物的风险评估

D.9.1 人身安全损失 R_1 的风险评估

相关概率因数 P 的值见表 D.14。

表D.14 风险 R_1 概率因数的值 (保护建筑)

概 率	值
P_B	0.1
P_U (线路 1)	0.03
P_V (线路 1)	0.03
P_U (线路 2)	0.03
P_V (线路 2)	0.03
P_U (线路 3)	0.03
P_V (线路 3)	0.03

与保护建筑物相关的风险值见表 D.15。

表D.15 风险 R_1 与建筑物相关的风险值(值 $\times 10^{-5}$)

风 险	值
R_B	0.414
R_U (线路1)	0.003
R_V (线路1)	0.072
R_U (线路2)	0.001
R_V (线路2)	0.018
R_U (线路3)	0.015
R_V (线路3)	0.369
总计	0.892

选择的保护措施能将风险值 R_1 减小到容忍限值 $R_T = 10^{-5}$ 以下。

D.9.2 通信服务损失 R_2 的风险评估

相关概率因数 P 的值见表 D.16。

表D.16 风险 R_2 :概率因数的值(保护建筑)

概 率	值
P_B	0.1
P_C	1.0
P_M (线路1)	0.0001
P_M (线路2)	0.0001
P_M (线路3)	0.03
P_V (线路1)	0.03
P_W (线路1)	0.03
P_Z (线路1)	0.03
P_V (线路2)	0.03
P_W (线路2)	0.8
P_Z (线路2)	0.04
P_V (线路3)	0.03
P_W (线路3)	0.03
P_Z (线路3)	0.03

与保护建筑相关的风险值见表 D.17。

表D.17 风险 R_2 :与建筑相关的风险值(值 $\times 10^{-3}$)

风 险	值
R_B	0.004
R_C	0.083
R_M	0.026
R_V (线路1)	0.001
R_W (线路1)	0.001
R_Z (线路1)	0.039
R_V (线路2)	0.0
R_W (线路2)	0.01
R_Z (线路2)	0.003
R_V (线路3)	0.004
R_W (线路3)	0.007
R_Z (线路3)	0.189
总计	0.367

选择的保护措施能将风险值 R_2 降到容忍限值 $R_T = 10^{-3}$ 以下。