

中文版IEC62305-2.Ed.1

81/381/RVD

# 雷电防护

## 第2 部分：风险管理

(国际电工委员会 2010年12月 版本2.0)

**IEC: Protection Against Lightning Part 2: Risk management**

# 目 录

前 言 .....	1
简 介 .....	3
1 范 围 .....	4
2 规范性引用文件 .....	4
3 术 语、定义、符号和缩写 .....	4
3.1 术 语和定义 .....	4
3.1.1 需保护的建筑物 (Structure to be protected) .....	4
3.1.2 具有爆炸危险的建筑物 (Structures with risk of explosion) .....	4
3.1.3 对环境构成危险的建筑物 (Structures dangerous to the environment) ....	4
3.1.4 市区环境 (Urban environment) .....	4
3.1.5 郊区环境 (Suburban environment) .....	4
3.1.6 农村环境 (Rural environment) .....	4
3.1.7 额定冲击耐受电压 (Rated impulse withstand voltage level $U_w$ ) .....	4
3.1.8 电气系统 (Electrical system) .....	4
3.1.9 电子系统 (Electronic system) .....	4
3.1.10 内部系统 (Internal system) .....	5
3.1.11 线路 (Line) .....	5
3.1.12 通信线路 (Telecommunication lines) .....	5
3.1.13 电力线 (Power lines) .....	5
3.1.14 危险事件 (Dangerous event) .....	5
3.1.15 雷击建筑物 (lightning flash to a structure) .....	5
3.1.16 雷击建筑物附近 (lightning flash near a structure) .....	5
3.1.17 雷击线路 (lightning flash to a line) .....	5
3.1.18 雷击线路附近 (lightning flash near a line) .....	5
3.1.19 雷击建筑物导致的危险事件次数 (number of dangerous events due to flashes to a structure $N_D$ ) .....	5
3.1.20 雷击线路导致的危险事件次数 (number of dangerous events due to flashes to a line $N_L$ ) .....	5
3.1.21 雷击建筑物附近危险事件次数 (number of dangerous events due to flashes near a structure $N_M$ ) .....	5
3.1.22 雷击线路附近危险事件次数 (number of dangerous events due to flashes near a line $N_I$ ) .....	5
3.1.23 雷电电磁脉冲 (lightning electromagnetic impulse LEMP) .....	5
3.1.24 电涌 (surge) .....	5
3.1.25 节点 (node) .....	5
3.1.26 物理损害 (physical damage) .....	5
3.1.27 人畜伤害 (injury to living beings) .....	6
3.1.28 电气和电子系统故障 (failure of electrical and electronic systems) .....	6
3.1.29 损害概率 (probability of damage $P_X$ ) .....	6
3.1.30 损失率 (loss $L_X$ ) .....	6
3.1.31 风险 (risk $R$ ) .....	6
3.1.32 风险分量 (risk component $R_X$ ) .....	6

3.1.33	风险容许值 (tolerable risk $R_T$ )	6
3.1.34	建筑物的分区 (zone of a structure $Z_S$ )	6
3.1.35	线路的区段 (section of a line $S_L$ )	6
3.1.36	雷电防护区 (lightning protection zone LPZ)	6
3.1.37	雷电防护级别 (lightning protection level LPL)	6
3.1.38	防护措施 (protection measures)	6
3.1.39	雷电防护 (lightning protection LP)	6
3.1.40	雷电防护系统 (lightning protection system LPS)	6
3.1.41	LEMP 防护系统 (LEMP protection measures SPM)	6
3.1.42	磁屏蔽 (magnetic shield)	6
3.1.43	雷电防护电缆 (lightning protective cable)	7
3.1.44	雷电防护电缆管道 (lightning protective cable duct)	7
3.1.45	电涌保护器 (surge protective device SPD)	7
3.1.46	匹配的 SPD 系统 (coordinated SPD system)	7
3.1.47	隔离界面 (isolating interfaces)	7
3.1.48	防雷等电位连接 (lightning equipotential bonding EB)	7
3.1.49	0 区 (zone 0)	7
3.1.50	1 区 (zone 1)	7
3.1.51	2 区 (zone 2)	7
3.1.52	20 区 (zone 20)	7
3.1.53	21 区 (zone 21)	7
3.1.54	22 区 (zone 22)	7
3.2	符号和缩写	7
4	术语解释	10
4.1	损害与损失	10
4.1.1	损害成因 (Source of damage)	10
4.1.2	损害类型 (Types of damage)	11
4.1.3	损失类型 (Types of loss)	11
4.2	风险 (Risk) 和风险分量 (components)	11
4.2.1	风险 (Risk)	11
4.2.2	雷击建筑物导致建筑物的风险分量 (Risk components)	12
4.2.3	雷击建筑物附近导致的建筑物风险分量	12
4.2.4	雷击相连建筑物线路导致的建筑物风险分量	12
4.2.5	雷击相连建筑物线路附近导致的建筑物风险分量	12
4.3	各种风险风险分量的组成 (Composition of risk components)	13
5	风险管理	14
5.1	基本步骤 (Basic procedure)	14
5.2	风险评估需要考虑的建筑物特性	14
5.3	风险容许值 $R_T$	14
5.4	评估需要雷电防护的具体步骤	14
5.5	评估防护成本效益的步骤	15
5.6	防护措施的依据	16
5.7	选择防护措施	16
6	各风险分量的评估	16

6.1	基本公式.....	16
6.2	雷击建筑物导致的各风险分量的评估 (S1) .....	17
6.3	雷击建筑物附近导致的风险分量评估 (S2) .....	17
6.4	雷击相连建筑物线路导致的各风险分量评估 (S3) .....	17
6.5	雷击相连建筑物线路附近导致的风险分量评估 (S4) .....	17
6.6	各风险分量的汇总.....	18
6.7	建筑物的分区 $Z_S$ (zones) .....	19
6.8	分线路区段 $S_L$ .....	19
6.9	具有多个分区的建筑物各风险分量的评估.....	19
6.9.1	一般标准.....	19
6.9.2	单区域建筑物.....	19
6.9.3	多区域建筑物.....	20
6.10	经济损失的成本效益分析 (L4) .....	20
A	附录 (资料性) .....	21
A.1	概述.....	21
A.2	雷击建筑物导致的年均危险事件次数 $N_D$ 和雷击邻近建筑物导致的年均危险事件次数 $N_{DJ}$ 的评估 .....	21
A.2.1	截收面积 $A_D$ 的确定.....	21
A.2.2	建筑物作为楼房一部分的截收面积的确定 .....	23
A.2.3	建筑物的相对位置.....	24
A.2.4	建筑物危险事件次数 $N_D$ .....	24
A.2.5	邻近建筑物的危险事件次数 $N_{DJ}$ .....	24
A.3	雷击建筑物附近导致的年平均危险次数 $N_M$ 的评估 .....	25
A.4	雷击线路导致的年平均危险次数 $N_L$ 的评估.....	25
A.5	雷击线路附近导致的年平均危险次数 $N_I$ 的评估.....	26
B	附录 (资料性) .....	27
B.1	一般原则.....	27
B.2	雷击建筑物因电击导致的人畜伤害概率 $P_A$ .....	27
B.3	雷击建筑物导致物理损害的概率 $P_B$ .....	27
B.4	雷击建筑物导致内部系统故障的概率 $P_C$ .....	28
B.5	雷电建筑物附近导致的内部系统故障的概率 .....	29
B.6	雷击线路由电击导致的人畜伤害的概率 $P_U$ .....	30
B.7	雷击线路导致的物理损害的概率 $P_V$ .....	31
B.8	雷击线路引起内部系统故障的概率 $P_W$ .....	31
B.9	雷击入户线路附近引起内部系统故障的概率 $P_Z$ .....	32
C	附录 (资料性) .....	33
C.1	一般原则.....	33
C.2	每种危险事件相关的平均损失量.....	33
C.3	人员生命损失 (L1) .....	33
C.4	不能接受的公共服务损失 (L2) .....	35
C.5	不可代替的文化遗产损失 (L3) .....	36
C.6	经济损失 (L4) .....	37
D	附录 (资料性) .....	39
E	附录 (资料性) .....	40

E.1	概述.....	40
E.2	农村房屋.....	40
E.2.1	相关数据和特性.....	40
E.2.2	农村房屋的分区定义.....	41
E.2.3	相关量的计算.....	42
E.2.4	风险 $R_1$ —需要雷电防护的确定.....	43
E.2.5	风险 $R_1$ —选择保护措施.....	43
E.3	办公楼.....	44
E.3.1	相关数据和特性.....	44
E.3.2	办公楼分区的定义.....	45
E.3.3	相关量的计算.....	48
E.3.4	风险 $R_1$ —需要雷电防护的确定.....	49
E.3.5	风险 $R_1$ —选择保护措施.....	49
E.4	医院.....	50
E.4.1	相关数据和特性.....	50
E.4.2	医院的分区定义.....	51
E.4.3	相关量的计算.....	54
E.4.4	风险 $R_1$ —需要雷电防护的确定.....	55
E.4.5	风险 $R_1$ —选择保护措施.....	56
E.4.6	风险 $R_4$ —成本效益分析.....	58
E.5	公寓楼.....	59
E.5.1	相关数据和特性.....	59
E.5.2	公寓楼的分区定义.....	60
E.5.3	风险 $R_1$ —选择保护措施.....	61
	参考文献.....	63

# 前言

1) IEC (国际电工委员会) 是由各国电工技术委员会 (IEC 国家委员会) 组成的全球性标准化组织。IEC 的目的是促进电气和电子领域内与标准化有关的所有问题的国际合作。为了这个目的和除其它活动之外, IEC 还出版国际标准、技术规范、技术报告、公用规程 (PAS) 以及指南 (以下称为 IEC 出版物)。标准的编制工作委托给技术委员会完成, 任何对所涉课题感兴趣的 IEC 国家委员会都可以参与标准的编制工作。与 IEC 保持联系的国际、政府或非政府组织也可参与标准的编制工作。IEC 与 ISO (国际标准化组织) 按照两个组织之间的协定所确定的条件紧密合作。

2) IEC 就技术问题所作的正式决定或协议尽可能接近地反应了国际对相关专题的一致性观点, 因为每个技术委员会都有来自所有感兴趣国家委员会的代表。

3) IEC 出版物以推荐的形式供国际使用, 并在此意义上被各个国家委员会所接受。虽然已经尽力保证 IEC 出版物技术内容的准确性, 但是 IEC 不对使用其出版物的方法或任一最终用户的任何曲解负责。

4) 为了促进国际统一, IEC 国家委员会应可能最大限度透明地将 IEC 出版物应用到他们的国家和地区标准中。IEC 出版物与相应的国家或地区标准之间的所有分歧应当在后者当中明确地指出。

5) IEC 自身不提供任何合格的认证书。在某些地区, 独立认证机构提供合格的评估服务, 并有权使用符合 IEC 的标志。IEC 对独立认证机构进行的任何服务都不承担责任。

6) 所有用户应确保他们有本出版物的最终版本。

7) IEC 或其负责人、雇员、服务人员、代理人 (包括技术委员会和国家委员会的个人专家和成员) 不应使用或依赖本 IEC 出版物及其他 IEC 出版物而引起的任何直接或间接的人身伤害、财产损失、自然损失或诉讼费用 (包括法律费) 和花费负责。

8) 值得注意的是本出版物中引用的规范性参考文献。参考出版物的使用对正确应用本规范标准是不可缺少的。

9) 值得注意的是本 IEC 出版物的某些原理可能涉及专利权问题。IEC 不负责对这种专利权进行任何辨识。

IEC62305-2-2010 国际标准由 IEC 第 81 技术委员会: 雷电防护小组编写。

第二版本取消和代替了于 2006 年出版的第一版本, 并编写了技术修订版本。

本版本与以前所编的版本有下列重大技术变化:

1) 连接到建筑物的服务设施的风险评估已从本规范内容中取消。

2) 考虑了建筑物内电击引起的人身伤害。

3) 文化遗产损失的容许风险值减少为  $10^{-4} \sim 10^{-3}$ 。当成本/效益分析数据不可用时, 才采用推荐的经济价值损失的容许风险价值 ( $R_T=10^{-3}$ )。

4) 考虑了建筑物周围或环境的扩大损害。

5) 为评估提供了改进的公式:

——雷击建筑物附近有关的截收面积公式;

——雷击线路和线路附近有关的截收面积公式;

——雷击可能引起损害的概率公式;

——具有爆炸危险建筑物的平均损失因子;

——建筑物分区有关的风险公式;

——损失成本公式。

6)在所有案例中提供了选择相对损失量的表格。

7)设备的冲击耐受电压水平降到 1kV。

本标准规范的正文基于下面文献：

最终国际标准草案 (FDIS)	评选报告
81/371/FDIS	81/381/RVD

关于本标准所认可的全部建议资料能够在上面表格所表明的评选报告中找到。

已拟稿的本出版物与 ISO/IEC 《指南 第 2 部分》一致。

在 IEC62305 系列的所有部分清单中，可以在 IEC 网站“雷电防护”总标题下找到。

在 IEC 网站上的 <http://webstore.iec.ch> 有关出版物的详细资料，在规定日期之前全体委员所确定的本出版物的内容将保持不变。在这规定日期以后，出版物的内容将会：

- 重新确认；
- 作废；
- 或用修订版本代替；
- 修订。

以后可以出版本标准的双语版本。

**重要提示：本出版物封面上的“颜色内容”标志表明所表达的颜色对正确理解标准本身的内容是有益的。因此，用户应使用彩色打印机打印本文本。**

# 简介

雷击大地可对建（构）筑物（本文以下简称为建筑物）和各种线路造成危害。导致对建筑物的危害可能有：

- 建筑物及其内存物的损害；
- 相连电气、电子系统故障；
- 建筑物内或附近的生物伤害。

这些损害及故障的影响可能会扩大到建筑物周围，还可以殃及周围环境。

为减小雷电引起的损失，可以采取必要的防护措施。是否需要采取这些防护措施以及需要采取的程度都应通过风险评估来决定。

IEC62305本部分定义的风险为由雷击导致的建筑物内可能平均年度损失。它取决于：

- 影响建筑物雷击的年平均次数；
- 影响一次雷击的损害概率；
- 灾后损失的平均额。

影响建筑物的雷击还可以分为：

- 建筑物上的截闪器；
- 建筑物附近、直接相连线路（电力、通信线路）或相连线路附近的截闪器。

雷击建筑物或与建筑物相连的线路会引起物理损害和生命危险。雷击建筑物附近或线路附近同雷击建筑物或线路一样，由于伴随的雷电流通过电阻耦合及感应耦合对电气、电子系统产生的过电压可能引起电气、电子系统的故障。而且，用户设备和供电线路因雷电过电压引起的故障还会在设备内产生交变类型过电压。

注：在IEC 62305系列中没有包括电气及电子系统的故障内容。可参考IEC 61000-4-5<sup>[1]</sup>。

影响建筑物的雷击次数取决于建筑物和相连线路的物理尺寸与特性、建筑物和线路的环境特性及建筑物和线路所在位置地区的雷击大地闪电密度。

雷电损害的概率取决于建筑物、相连的线路和雷电流的特性以及所采用防护措施的类型与效果。

灾后损失的年度平均量取决于损害程度及雷电导致产生的间接财产损失。

各种保护措施的效果产生于每种保护措施的特性，并且可以减小损害概率或间接损失量。

不管期望的风险评估结果会做出要怎样提供雷电防护的决定，还是有不可避免的风险存在。

---

<sup>1</sup> 方括号序号为要参考的文献资料。

# 雷电防护 第2部分 风险管理

## 1 范围

IEC62305本部分适用于由雷击大地导致建筑物损害的风险评估。

设立本标准的目的是为评估此类风险提供一个程序。当风险的容许上限确定后，就可以使用此程序选择合适的防护措施来降低风险，以使其不高于容许上限。

## 2 规范性引用文件

下列参考文件作为本部分的引用文件是不可缺少的。凡是注明日期的参考文件，只引用引用了的版本。凡是没有注明日期的参考文件，引用参考文件（包括所有修订版本）的以后版本。

IEC 62305-1: 2010, 雷电防护 第1部分: 通则

IEC 62035-3: 2010, 雷电防护 第3部分: 建筑物的物理损害和生命危险

IEC 62035-4: 2010, 雷电防护 第4部分: 建筑物内电气和电子系统

## 3 术语、定义、符号和缩写

为了在本部分使用中容易阅读，在这里再次给出下列术语、定义、符号和缩写，其中一些在IEC 62305的《第一部分》中已经引用，IEC 62305的其它部分给出的术语、定义、符号和缩写也同样适用于本部分。

### 3.1 术语和定义

#### 3.1.1 需保护的建筑物 (Structure to be protected)

依据本标准，要求做雷电效应防护的建筑物。

注意：需保护的建筑物可以是较大建筑物的一部分。

#### 3.1.2 具有爆炸危险的建筑物 (Structures with risk of explosion)

内有固体爆炸物或包含有依据IEC 60079-10-1<sup>[2]</sup>和 IEC 60079-10-2<sup>[3]</sup>中规定的危险区的建筑物。

#### 3.1.3 对环境构成危险的建筑物 (Structures dangerous to the environment)

由于雷击可能引起生物污染、化学泄漏、放射性污染的建筑物。（例如化工厂、石化厂、核电厂等）。

#### 3.1.4 市区环境 (Urban environment)

建筑物密集高的地区或具有高层建筑的人口密集的地区。

注：城镇中心是市区环境的一个例子。

#### 3.1.5 郊区环境 (Suburban environment)

建筑密度中等的地区。

注：城镇外围是郊区环境的一个例子。

#### 3.1.6 农村环境 (Rural environment)

建筑物密度低的地区。

注：乡村是农村环境的一个例子。

#### 3.1.7 额定冲击耐受电压 (Rated impulse withstand voltage level $U_w$ )

由制造厂商为设备或设备某一部分指定的冲击耐受电压值，表征其绝缘物对过电压的特定耐受能力。[见修订版IEC 60664-1:2007，第3.9.2条的定义]<sup>[4]</sup>。

注：于IEC62305-2本部分的作用，仅考虑导体与地之间承受的冲击耐电压。

#### 3.1.8 电气系统 (Electrical system)

由低压供电各组成部分构成的系统。

#### 3.1.9 电子系统 (Electronic system)

由通信设备、计算机、控制和仪表系统、无线电系统、电力电子装备等敏感电子部件构

成的系统。

### 3.1.10 内部系统 (Internal system)

建筑物内的电气和电子系统。

### 3.1.11 线路 (Line)

与需保护的建筑物相连的电力线路或通信线路。

### 3.1.12 通信线路 (Telecommunication lines)

用在设备之间通信的传输线路（如电话线和数据线），这些设备可能位于不同的建筑物内。

### 3.1.13 电力线 (Power lines)

输送电能给建筑物内的电气和电子设备的线路，如低压系统或高压系统的电力干线。

### 3.1.14 危险事件 (Dangerous event)

雷击需保护建筑物或需保护建筑物的附近，或雷击需保护建筑物相连的线路或需保护建筑物相连线路的附近引起损害的事件。

### 3.1.15 雷击建筑物 (lightning flash to a structure)

雷电击中需保护的建筑物。

### 3.1.16 雷击建筑物附近 (lightning flash near a structure)

雷击需保护的建筑物的附近足以在需保护建筑物中产生危险过电压。

### 3.1.17 雷击线路 (lightning flash to a line)

雷击与需保护的建筑物相连的线路。

### 3.1.18 雷击线路附近 (lightning flash near a line)

雷击与需保护的建筑物相连的线路的附近足以在与需保护建筑物相连线路中产生危险过电压。

### 3.1.19 雷击建筑物导致的危险事件次数 (number of dangerous events due to flashes to a structure $N_D$ )

雷击建筑物导致危险事件的预计年平均数次。

### 3.1.20 雷击线路导致的危险事件次数 (number of dangerous events due to flashes to a line $N_L$ )

雷击线路导致危险事件的预计年平均次数。

### 3.1.21 雷击建筑物附近危险事件次数 (number of dangerous events due to flashes near a structure $N_M$ )

雷击建筑物附近导致危险事件的预计年平均次数。

### 3.1.22 雷击线路附近危险事件次数 (number of dangerous events due to flashes near a line $N_I$ )

雷击线路附近导致危险事件的预计年平均次数。

### 3.1.23 雷电电磁脉冲 (lightning electromagnetic impulse LEMP)

雷电流电涌和电磁场，经阻抗、感抗和容抗耦合产生的雷电流的电磁效应。

### 3.1.24 电涌 (surge)

由 LEMP 引起的以过电压或过电流形式出现的瞬态波。

### 3.1.25 节点 (node)

假定线路上无电涌传播过去的点。

注：如在HV/LV变压器或变电站电力线路上支路的分支点，通信线路上的电信交换站或设备（如多用复用器或X数字用户线设备）等处。

### 3.1.26 物理损害 (physical damage)

雷电的机械、热力、化学和爆炸效应对建筑物（或其内的内存物）造成的损害。

### 3.1.27 人畜伤害 (injury to living beings)

雷电引起的接触和跨步电压电击所导致的永久伤害，包括人身伤亡，人员或牲畜伤害。

注：虽然其它原因也可造成人畜伤害，但在本规范中的“人畜伤害”术语是指由电击（损害类型D1）导致的威胁。

### 3.1.28 电气和电子系统故障 (failure of electrical and electronic systems)

由 LEMP 对电气和电子系统造成的永久性破坏。

### 3.1.29 损害概率 (probability of damage $P_X$ )

一次危险事件引起对需保护建筑物或需保护建筑物内受损的概率。

### 3.1.30 损失率 (loss $L_X$ )

一次危险事件引起的指定类型损害所产生的平均损失量（人和物）与需保护建筑物（人和物）的价值之比。

### 3.1.31 风险 (risk $R$ )

由雷击造成的年平均可能损失价值（人和物）与需保护建筑物（人和物）的总价值之比。

### 3.1.32 风险分量 (risk component $R_X$ )

按损害成因和损害类型细分的部分风险。

### 3.1.33 风险容许值 (tolerable risk $R_T$ )

需保护建筑物能够容许的最大风险值。

### 3.1.34 建筑物的分区 (zone of a structure $Z_S$ )

风险分量评估时只涉及一组参数具有相同特性的建筑物部分。

### 3.1.35 线路的区段 (section of a line $S_L$ )

风险分量评估时只涉及一组参数具有相同特性的线路区段。

### 3.1.36 雷电防护区 (lightning protection zone LPZ)

规定了雷电电磁环境的区域。

注：雷电防护区LPZ的边界不一定是有形边界（如墙、地板或天花板等）。

### 3.1.37 雷电防护级别 (lightning protection level LPL)

规定了相关的一组雷电电流参数值的等级号，赋予最大与最小设计值能力，不超过自然界中出现的雷电流值。

注：根据相关雷电参数，利用雷电防护水平来设计防护措施。

### 3.1.38 防护措施 (protection measures)

为了减少风险，对需保护的建筑物所采取的防雷措施。

### 3.1.39 雷电防护 (lightning protection LP)

为建筑物雷电防护的完整系统，包括建筑物的内部设施和内存物及人身防护，一般由 LPS 和 SPM 组成。

### 3.1.40 雷电防护系统 (lightning protection system LPS)

用来减少由雷击建筑物造成的物理损害的完整系统。

注：雷电防护系统由外部防雷系统和内部防雷系统两个系统组成。

### 3.1.41 LEMP 防护系统 (LEMP protection measures SPM)

由内部系统 LEMP 防护措施组成的系统。

注：LEMP防护系统是完整雷电防护的组成部分。

### 3.1.42 磁屏蔽 (magnetic shield)

将需防护的建筑物或其部分包封起来的闭合金属格栅网、闭合金属屏蔽层或连续不断的金属屏层，用于减少电气和电子系统故障。

### 3.1.43 雷电防护电缆 (lightning protective cable)

具有高强度与金属护套的特制电缆,可直接连续地与土壤接触或通过导电塑料外皮与土壤连续接触。

### 3.1.44 雷电防护电缆管道 (lightning protective cable duct)

与土壤接触的低电阻率电缆管道。例如,互相连接的混凝土钢筋或金属管道。

### 3.1.45 电涌保护器 (surge protective device SPD)

有意用于限制瞬态过电压和分流电涌电流的器件,至少包含一个非线性元件。

### 3.1.46 匹配的 SPD 系统 (coordinated SPD system)

正确选择和协调安装相互匹配的 SPD 构成一套系统来减少电气和电子系统故障。

### 3.1.47 隔离界面 (isolating interfaces)

具有减少进入 LPZ 线路上传导电涌能力的装置。

注1: 这些装置包括与接地网交错连接的隔离变压器、带金属钢芯的光纤与隔离光缆。

注2: 这种隔离界面的使用或SPD的安装,从本质上看其隔离装置的绝缘耐受特性是适合的。

### 3.1.48 防雷等电位连接 (lightning equipotential bonding EB)

将分开的各金属部件直接用导体或通过电涌保护器连接到 LPS 上以减少雷电流引发的电位差。

### 3.1.49 0 区 (zone 0)

连续出现或长期出现或频繁出现爆炸性气体混合物的场所。(见修订版 IEC 60050-426: 2008, 426-03-03) <sup>[5]</sup>

### 3.1.50 1 区 (zone 1)

在正常运行时可能偶尔出现爆炸性气体混合物的场所。(见修订版 IEC 60050-426: 2008, 426-03-04) <sup>[5]</sup>

### 3.1.51 2 区 (zone 2)

在正常运行时不可能出现爆炸性气体混合物的场所,或即使出现也仅是短时存在的爆炸性气体混合物的场所。(见修订版 IEC 60050-426: 2008, 426-03-05) <sup>[5]</sup>

注1: 本条款中定义的“出现”的意思是指易爆气体存在的总时间,包括正常连续释放的时间,加上停止释放后的扩散时间。

注2: 规定相关特殊行业和特殊用途可以减少频繁出现和连续出现的指标(次数)。

### 3.1.52 20 区 (zone 20)

以空气中可燃性粉尘云持续地或长期地或频繁地存在于爆炸性环境中的场所。(见修订版 IEC 60079-10-2: 2009, 第 6.2 条) <sup>[3]</sup>

### 3.1.53 21 区 (zone 21)

正常运行时,很可能偶然地以空气中可燃性粉尘云形式存在于爆炸性环境中的场所。(见修订版 IEC 60079-10-2: 2009, 第 6.2 条) <sup>[3]</sup>

### 3.1.54 22 区 (zone 22)

正常运行时,不太可能以空气中可燃性粉尘云形式存在于爆炸性环境中的场所,如果存在仅是短时的。(见修订版 IEC 60079-10-2: 2009, 第 6.2 条) <sup>[3]</sup>

## 3.2 符号和缩写

$a$	折旧率	附录D
$A_D$	孤立建筑物的雷击截收面积	A 2.1.1
$A_{DJ}$	邻近建筑物的雷击截收面积	A 2.5
$A_{D'}$	屋面突出部分的截收面积	A 2.1.2
$A_I$	线路附近的雷击截收面积	A.5
$A_L$	线路的雷击截收面积	A.4

$A_M$	建筑物附近的雷击截收面积	A.3
B	建筑物	A.2
$C_D$	位置因子	表A.1
$C_{DJ}$	建筑物附近的位置因子	A.2.5
$C_E$	环境因子	表A.4
$C_I$	线路的设备因子	表A.2
$C_L$	无防护措施时的年损失总值	第5.5条、附录D
$C_{LD}$	雷击线路因子，取决于线路的屏蔽、接地和绝缘导体	附录B
$C_{LI}$	雷击线路附近因子，取决于线路的屏蔽、接地和绝缘导体	附录B
$C_{LZ}$	区域内损失值	附录D
$C_P$	防护措施成本	附录D
$C_{PM}$	已采取防护措施的年成本	第5.5条、附录D
$C_{RL}$	已采取防护措施后的年损失值	第5.5条、附录D
$C_{RLZ}$	区域内已采取防护措施后的损失值	附录D
$C_T$	线路上有HV/LV变压器时线路类型因子	表A.3
$c_a$	用货币表示的区域内的牲畜价值	C.6
$c_b$	用货币表示的相关区域建筑物的价值	C.6
$c_c$	用货币表示的区域内货物的价值	C.6
$c_e$	用货币表示的建筑物外处于危险环境中的货物总价值	C.6
$c_s$	用货币表示的区域中内部系统(含有关活动的)的价值	C.6
$c_t$	用货币表示的建筑物的总价值	C.5、C.6
$c_z$	用货币表示的区域内文化遗产的价值	C.5
D1	由电击导致的生物伤害	4.1.2
D2	物理损害	4.1.2
D3	电气和电子系统故障	4.1.2
$h_z$	出现特殊危险时增大损失率的因子	表C.6
$H$	建筑物的高度	A.2.1.1
$H_j$	邻近建筑物的高度	A.2.5
$i$	利率	附录D
$K_{MS}$	对LEMP采取防护措施的相关效能因子	B.5
$K_{S1}$	与建筑物的屏蔽效能相关的因子	B.5
$K_{S2}$	与建筑物内部屏蔽的屏蔽效能相关的因子	B.5
$K_{S3}$	与内部线路特性相关的因子	B.5
$K_{S4}$	与系统的冲击耐压相关的因子	B.5
$L$	建筑物的长度	A.2.1.1
$L_j$	邻近建筑物的长度	A.2.5
$L_A$	电击人畜导致伤害的损失率(雷击建筑物)	6.2
$L_B$	与建筑物的物理损害相关的损失率(雷击建筑物)	6.2
$L_L$	线路段的长度	A.4
$L_C$	与内部系统故障相关的损失率(雷击建筑物)	6.2
$L_E$	涉及周围建筑物损失时的附加损失率	C.3、C.6
$L_F$	导致建筑物内物理损害的损失率	表C.2、C.8、C.10、C.12
$L_{FE}$	导致建筑物外物理损害的损失率	C.3、C.6
$L_{FT}$	导致建筑物内外物理损失的总损失率	C.3、C.6

$L_M$	与内部系统故障相关的损失率(雷击建筑物附近)	6.3
$L_O$	导致建筑物内部系统故障的损失率	表C.2、C8、C12
$L_T$	由电击导致伤害的损失率	表C.2、C12
$L_U$	由电击导致人畜伤害的损失率(雷击线路)	6.4
$L_V$	导致建筑物内物理损害的损失率(雷击线路)	6.4
$L_W$	与建筑物内部系统故障相关的损失率(雷击线路)	6.4
$L_X$	与建筑物各种损害相关的损失率通配符	6.1
$L_Z$	与内部故障相关的损失率(雷击线路附近)	6.5
$L_1$	人员生命损失	4.1.3
$L_2$	公共服务损失	4.1.3
$L_3$	文化遗产损失	4.1.3
$L_4$	经济价值损失	4.1.3
$m$	维护费率	附录D
$N_x$	年平均危险事件数的通配符	6.1
$N_D$	雷击建筑物导致的危险事件数	A.2.4
$N_{DJ}$	雷击相邻建筑物导致的危险事件数	A.2.5
$N_G$	雷击大地密度	A.1
$N_I$	雷击线路附近导致的危险事件数	A.5
$N_L$	雷击线路导致的危险事件数	A.4
$N_M$	雷击建筑物附近导致的危险事件数	A.3
$n_z$	可能受到危害的人员数(失去服务的受害者或用户)	C.3、C.4
$n_t$	期望的总人员数(或提供服务的用户)	C.3、C.4
$P$	损害概率	附录B
$P_A$	电击导致的人畜伤害的概率(雷击建筑物)	6.2、B.2
$P_B$	建筑物物理损害的概率(雷击建筑物)	表B.2
$P_C$	内部系统故障的概率	6.2、B.4
$P_{EB}$	当安装了EB时,减少PV和PU的概率,取决于线路特性和设备的耐压	表B.7
$P_{LD}$	减少 $P_U$ 、 $P_V$ 和 $P_W$ 的概率,取决于线路特性和设备的耐压(雷击相连的线路)	表B.8
$P_{LI}$	减少 $P_Z$ 的概率,取决于线路特性和设备的耐压(雷击相连的线路附近)	表B.9
$P_M$	内部系统故障的概率(雷击建筑物附近)	6.3、B.5
$P_{MS}$	减少PM的概率,取决于屏蔽、布线和设备的耐压	B.5
$P_{SPD}$	当安装上匹配的SPD装置时,减少 $P_C$ 、 $P_M$ 、 $P_W$ 和 $P_Z$ 的概率	表B.3
$P_{TA}$	减少 $P_A$ 的概率,取决于防接触和跨步电压的防护措施	表B.1
$P_U$	电击导致的人畜伤害概率(雷击相连的线路)	6.4、B.6
$P_V$	建筑物的物理损害概率(雷击相连的线路)	6.4、B.7
$P_W$	内部系统故障的概率(雷击相连的线路)	6.4、B.8
$P_X$	与建筑物损害相关的概率通配符	6.1
$P_Z$	内部系统故障的概率(雷击相连的线路附近)	6.5、B.9
$r_t$	与地表有关的缩减因子	C.3
$r_f$	取决于火灾危险减少损失的因子	C.3
$r_p$	采取防火措施减少损失的因子	C.3
$R$	风险	4.2
$R_A$	风险分量(雷击建筑物导致的人畜伤害)	4.2.2
$R_B$	风险分量(雷击建筑物导致建筑物的物理损害)	4.2.2

$R_C$	风险分量（雷击建筑物导致内部系统的故障）	4.2.2
$R_M$	风险分量（雷击建筑物附近导致内部系统的故障）	4.2.3
$R_S$	每单位长度电缆屏蔽层的电阻	表B.8
$R_T$	可容许的风险	5.3、表4
$R_U$	风险分量（雷击相连线路导致的人畜伤害）	4.2.4
$R_V$	风险分量（雷击相连线路导致建筑物的物理损害）	4.2.4
$R_W$	风险分量（雷击相连线路导致内部系统的故障）	4.2.4
$R_X$	建筑物风险分量的通配符	6.1
$R_Z$	风险分量（雷击线路附近导致内部系统的故障）	4.2.5
$R_1$	建筑物内人员生命损失风险	4.2.1
$R_2$	建筑物内公共服务损失风险	4.2.1
$R_3$	建筑物内文化遗产损失风险	4.2.1
$R_4$	建筑物内经济价值损失风险	4.2.1
$R'_4$	当对 $R_4$ 采取合适的防护措施时的风险	附录D
$S$	建筑物	A.2.2
$S_M$	每年节约费用	附录D
$S_L$	线路的分段	6.8
$S1$	损害成因（雷击建筑物）	4.1.1
$S2$	损害成因（雷击建筑物附近）	4.1.1
$S3$	损害成因（雷击线路）	4.1.1
$S4$	损害成因（雷击线路附近）	4.1.1
$t_e$	建筑物外处在危险场所的人员每年停留的小时数	C.3
$t_z$	处在危险场所的所有人员每年停留的小时数	C.2
$T_D$	年雷暴日	A.1
$U_W$	系统的额定冲击耐受电压	B.5
$w_m$	网格宽度	B.5
$W$	建筑物的宽度	A.2.1.1
$W_j$	邻近建筑物的宽度	A.2.5
$X$	被确定相关风险分量的下标	6.1
$Z_S$	建筑物的分区	6.7

## 4 术语解释

### 4.1 损害与损失

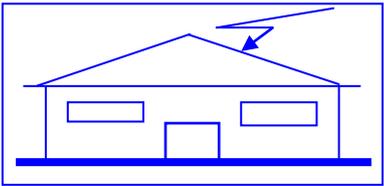
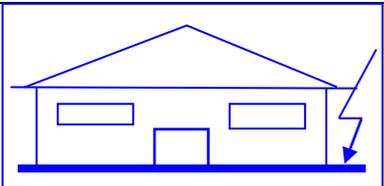
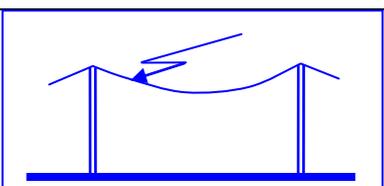
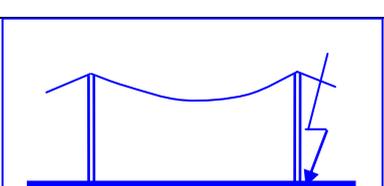
#### 4.1.1 损害成因（Source of damage）

雷电流是根本的损害源。下面按雷击点位置划分的损害源（见表1）：

- S1: 雷击建筑物；
- S2: 雷击建筑物附近；
- S3: 雷击线路；
- S4: 雷击线路附近。

表 1 按雷击点位置划分的损害源、损害类型和损失类型

雷闪		建筑物	
雷击点	损害源	损害类型	损失类型

	S1	D1 D2 D3	L1、L4 <sup>1)</sup> L1、L2、L3、L4 L1 <sup>2)</sup> 、L2、L4
	S2	D3	L1 <sup>2)</sup> 、L2、L4
	S3	D1 D2 D3	L1、L4 <sup>1)</sup> L1、L2、L3、L4 L1 <sup>2)</sup> 、L2、L4
	S4	D3	L1 <sup>2)</sup> 、L2、L4
<p>1) 指可能损害牲畜的建筑物。</p> <p>2) 指具有爆炸危险的建筑物或因内部系统故障马上危及人员生命的医院或其它建筑物。</p>			

#### 4.1.2 损害类型 (Types of damage)

雷击引起的损害取决于需保护建筑物的特性。其中最重要的特性有：建筑物的结构类型、内存物和用途、服务类型和所采取的防护措施。

对实际的风险评估，将雷击引起的基本损害类型划分为三种是合适的。例举如下（见表1）：

- D1：电击导致的人畜伤害；
- D2：物理损害；
- D3：电气和电子系统的故障。

雷电对建筑物的损害可能被限制在建筑物的某一部分，也可能扩展到整个建筑物，还可能殃及四周的建筑物和环境（如化学性的或放射性的扩散）。

#### 4.1.3 损失类型 (Types of loss)

每种单独发生或共同发生的损害类型，可以在需保护对象中导致不同的间接损失。可能出现的损失类型取决于需保护对象的特性及其内存物。应考虑以下几种类型的损失（见表1）：

- L1：人员生命损失（包括永久性伤害）；
- L2：公共服务损失；
- L3：文化遗产损失；
- L4：经济价值损失（建筑物、内存物及业务运行中断的损失）。

### 4.2 风险 (Risk) 和风险分量 (components)

#### 4.2.1 风险 (Risk)

风险 (R) 是指与损失量相关的年平均可能损失量。建筑物中可能出现各种损失类型，应当计算其相关的风险。

建筑物中可计算如下风险：

$R_1$ ：人员生命损失风险（包括永久性伤害）；

$R_2$ ：公共服务损失风险；

$R_3$ ：文化遗产损失风险；

$R_4$ ：经济价值损失风险。

为了计算风险值  $R$ ，应当定义并计算相关的风险分量（风险分量取决于损失源和损害类型）。

每种风险值（ $R$ ）都是其自身对应风险分量的总和。在计算风险值时，可以按照损害源和损害类型对风险分量进行分组。

#### 4.2.2 雷击建筑物导致建筑物的风险分量（Risk components）

$R_A$ ：建筑物内与建筑物外距引下线 3m 以内的区域中由接触电压和跨步电压导致的人畜伤害相关的风险分量。可能出现 L1 类型的损失，对饲养有牲畜的建筑物还可能造成生物损害，出现 L4 类型的损失。

注：在特定的建筑物中，人们有可能遭受直接雷的危险（如停车场或露天运动场的顶层）。这些情况也可以按本部分的理念来考虑。

$R_B$ ：与建筑物内危险火花放电触发火灾或爆炸引起物理损害的风险分量，这种情况还可能会对环境造成危险。所有类型的损失（L1、L2、L3、L4）都可能发生。

$R_C$ ：与由LEMP引起内部系统故障相关的风险分量。所有情况下都可能出现L2、L4类型的损失，在具有爆炸危险的建筑物或医院或内部系统故障会马上危及人员生命的其它建筑物中还有可能伴随出现L1类型的损失。

#### 4.2.3 雷击建筑物附近导致的建筑物风险分量

$R_M$ ：与由LEMP引起内部系统故障相关的风险分量。所有情况下都可能出现L2、L4类型的损失，在具有爆炸危险的建筑物或医院或内部系统故障会马上危及人员生命的其它建筑物中还有可能伴随出现L1类型的损失。

#### 4.2.4 雷击相连建筑物线路导致的建筑物风险分量

$R_U$ ：由建筑物内接触电压电击导致的人畜伤害相关的风险分量。可能会出现L1类型的损失，对于农舍，还可能造成生物损害伴随出现L4类型的损失。

$R_V$ ：由雷电流通过或沿入户线路传导导致的物理损害（由外面设施和金属部件之间触发的火灾或爆炸，通常位于线路进入建筑物的入户处）相关的风险分量。所有类型的损失（L1、L2、L3、L4）都可能出现。

$R_W$ ：由线路上感应出的并传导进入建筑物的过电压导致内部系统故障的相关风险分量。在所有情况下都可能出现L2和L4类型的损失，在具有爆炸危险的建筑物和医院或内部系统故障会马上危及人员生命的其它建筑物中还有可能伴随出现L1类型的损失。

注1：本评估中考虑的线路是指只进入建筑物中的线路。

注2：基于管道已经连接到等电位排，因此不考虑雷击管道或管道附近作为损害源。如果没有安装等电位排，应当考虑这种威胁。

#### 4.2.5 雷击相连建筑物线路附近导致的建筑物风险分量

$R_Z$ ：由入户线路上感应出的并传导进入建筑物的过电压导致内部系统故障的相关风险分量。在所有情况下都可能出现L2和L4类型的损失，在具有爆炸危险的建筑物和医院或内部系统故障会马上危及人员生命的其它建筑物中还有可能伴随出现L1类型的损失。

注1：本评估中考虑的线路是指只进入建筑物中的线路。

注2：基于管道已经连接到等电位排，因此不考虑雷击管道或管道附近作为损害源。如果没有安装等电位排，应当考虑这种威胁。

### 4.3 各种风险风险分量的组成 (Composition of risk components)

建筑物内各种损失需考虑的风险分量列出如下:

$R_1$ : 人员生命损失风险:

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^{1)} + R_{M1}^{1)} + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^{1)} + R_{Z1}^{1)} \quad (1)$$

注1): 仅对于具有爆炸危险的建筑物和配有救命电气设施的医院或内部系统故障会马上危及人员生命的其它建筑物。

$R_2$ : 公共服务损失风险:

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (2)$$

$R_3$ : 文化遗产损失:

$$R_3 = R_{B3} + R_{V3} \quad (3)$$

$R_4$ : 经济价值风险:

$$R_4 = R_{A4}^{2)} + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4}^{2)} + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4} \quad (4)$$

注2): 仅对于可能出现牲畜损失的建筑物有效。

表2是组成每种损失类型对应的风险分量。

表 2 建筑物中各种损失类型需要考虑的风险分量

损害源	雷击建筑物 S1			雷击建筑物附近 S2	雷击相连建筑物的线路 S3			雷击建筑物的线路附近 S4
	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_M$	$R_U$	$R_V$	$R_W$	$R_Z$
各种损失风险								
$R_1$	*	*	* <sup>a</sup>	* <sup>a</sup>	*	*	* <sup>a</sup>	* <sup>a</sup>
$R_2$		*	*	*		*	*	*
$R_3$		*				*		
$R_4$	* <sup>b</sup>	*	*	*	* <sup>b</sup>	*	*	*

a.仅对于具有爆炸危险的建筑物和配有救命电气设施的医院或内部系统故障会马上危及人员生命的其它建筑物。  
b.仅对于可能出现牲畜损失的建筑物有效。

表 3 给出的是影响建筑物风险分量的建筑物特性和可能的防护措施特性。

表 3 影响风险分量的因子

建筑物或内部系统特性及防护措施	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_M$	$R_U$	$R_V$	$R_W$	$R_Z$
截收面积	×	×	×	×	×	×	×	×
地表土壤电阻率	×							
地板电阻率					×			
围栏等限制措施、绝缘、警示牌、大地电位均衡措施	×				×			
LPS	×	×	×	× <sup>a</sup>	× <sup>b</sup>	× <sup>b</sup>		
SPD 等电位连接	×	×			×	×		
隔离接口			× <sup>c</sup>	× <sup>c</sup>	×	×	×	×
匹配的 SPD 系统			×	×			×	×
空间屏蔽			×	×				
外部线路屏蔽					×	×	×	×

内部线路屏蔽			×	×				
合理布线			×	×				
等电位连接网络			×					
防火措施		×				×		
火灾敏感性		×				×		
特殊危险		×				×		
冲击耐压			×	×	×	×	×	×
a. 只有格栅形外部 LPS。 b. 等电位连接导致的。 c. 只有它们属于设备时。								

## 5 风险管理

### 5.1 基本步骤 (Basic procedure)

风险评估应执行下列步骤：

- 需保护建筑物及其特性的确定；
- 建筑物中各种损失类型及相应风险 $R$  ( $R_1 \sim R_4$ ) 的确定；
- 每种损失类型的风险 $R_1 \sim R_4$ 相应的风险值 $R$ 的计算；
- 将风险 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 的值与可容许风险值 $R_T$ 比较，确定是否需要雷电防护；
- 将有防护措施与没有防护措施时的总损失价值进行比较，确定防护措施的效益成本。在这种情况下，为了计算这种成本费用，应当评估风险分量 $R_4$  (见附录D)。

### 5.2 风险评估需要考虑的建筑物特性

需要考虑的建筑物特性包括：

- 建筑物本身；
- 建筑物内的装置；
- 建筑物的内存物；
- 建筑物内或建筑物外3m以内区域中的人员数；
- 建筑物损害对环境的影响。

### 5.3 风险容许值 $R_T$

风险容许值的确定是具有权威管辖部门的职责。

对于雷击涉及的人员生命损失、社会公共损失或文化意义方面的损失，表4给出了具有代表性的风险容许值 $R_T$ 。

表 4 典型的的风险容许值  $R_T$

损失类型		$R_T$ /年
L1	人身伤亡损失	$10^{-5}$
L2	公共服务损失	$10^{-3}$
L3	文化遗产损失	$10^{-4}$

在本原则中，对于经济价值损失，需要按照附录D中给出的方法比较成本/效益来确定。如果该分析数据不可用，可选用典型容许值 $R_T=10^{-3}$ 。

### 5.4 评估需要雷电防护的具体步骤

按照IEC 62305-1-2010的原则，需要雷电防护的评估，应当考虑风险 $R_1$ 、 $R_2$ 和 $R_3$ 。

对考虑的每种风险，应当采取下列步骤：

- 确定构成该风险分量的各个风险分量 $R_X$ ；
- 计算确定的各个风险分量 $R_X$ ；

- 计算总风险 $R$ （见4.3）；
- 确定风险容许值 $R_T$ ；
- 将风险 $R$ 与风险容许值 $R_T$ 比较。

如果 $R \leq R_T$ ，则不需要雷电防护；

如果 $R > R_T$ ，则应当采取防护措施以减小建筑物遭受的所有风险，使得 $R \leq R_T$ 。

在图1中给出的是评估需要雷电防护的流程。

注1：当风险值不能减少到容许值水平时，应当告诉该场所的所有人并提供最高雷电防护等级的防护装置。

注2：对具有爆炸风险的建筑物，由权威管辖者要求雷电防护的，应当至少采取II类LPS防护。当技术上已证明并已设计时，经权威管辖者允许可以采用II级雷电防护水平的除外。例如，尤其是那些建筑物内受雷电影响特别敏感的环境或内存物，总的要求是允许选用I级雷电防护水平。另外，对雷电活动少或已确保建筑物的内存物不敏感的系统，权威管辖者可以选择考虑III级雷电防护水平。

注3：当雷击导致建筑物损害时，还可能殃及周围建筑物或环境（如化学性的或放射性的扩散），权威管辖者可要求对建筑物增加防护措施和对这些区域合适的措施。

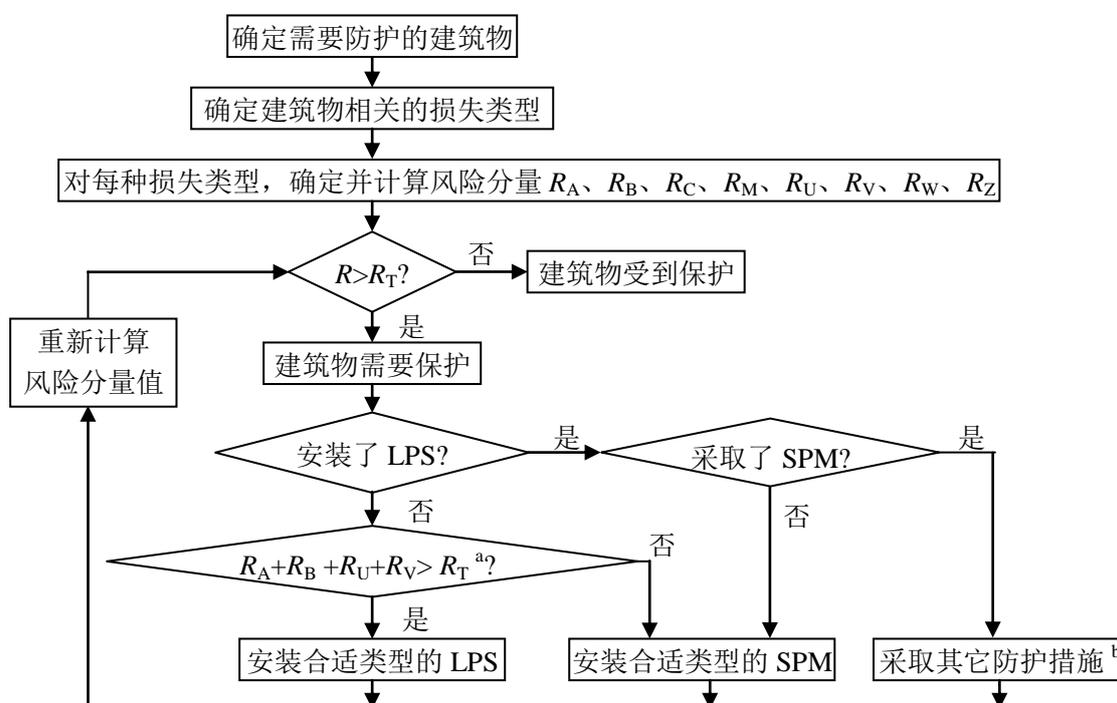


图 1 决定需要防护和选择防护措施的流程

a 如果 $R_A + R_B < R_T$ ，则安装完整的LPS是没有必要的；在这种情况下按照IEC62305-3-2010安装SPD就足够了。

b 见表3。

## 5.5 评估防护成本效益的步骤

除了对建筑物的雷电防护需要评估外，为了减少经济损失 $L_4$ ，弄清楚采取雷电防护措施的经济效益做评估也是有用的。

风险 $R_4$ 分量的评估允许用户对采取防护措施和没有采取防护措施的经济损失费用的评价（见附录D）。

评估需要防护的成本效益的步骤：

- 识别组成风险 $R_4$ 的各个风险分量 $R_x$ ；
- 计算没有新的/增加防护措施时确定的风险分量 $R_x$ ；
- 计算各个风险分量 $R_x$ 引起的年均损失价值；

- 计算没有防护措施的每年总的损失价值 $C_L$ ；
- 采用选择的防护措施；
- 计算选择防护措施的各个风险分量 $R_X$ ；
- 计算被保护建筑物内各个风险分量 $R_X$ 引起的年均损失价值；
- 计算选择现有防护措施的每年总的损失价值 $C_{RL}$ ；
- 计算所选择防护措施的年均费用 $C_{PM}$ ；
- 比较费用。

如果 $C_L < C_{RL} + C_{PM}$ ，则认为雷电防护的费用是不经济的。

如果 $C_L \geq C_{RL} + C_{PM}$ ，则证明选择的防护措施在建筑物使用寿命期内可节约资金。

图2框图概述了评估防护成本效益的流程。

就成本效益可利用评估若干不同组合的防护措施，找出最优解决方案。

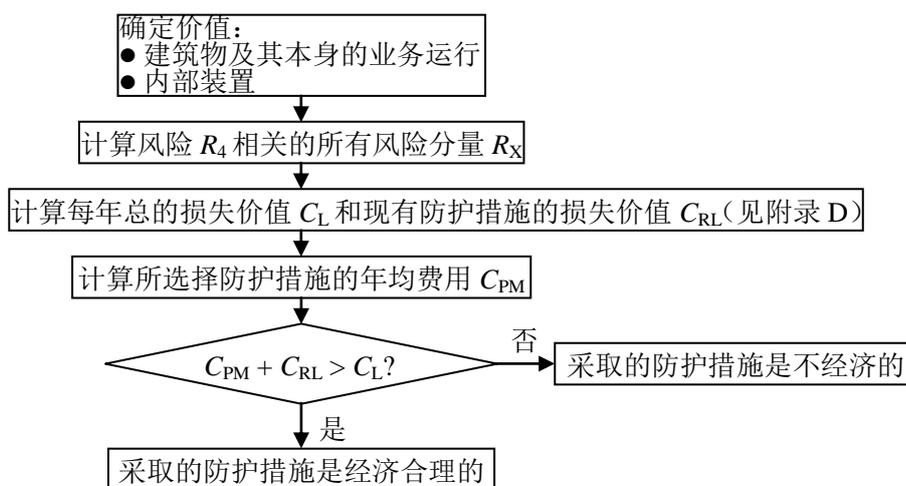


图 2 评估防护措施的成本效益流程

## 5.6 防护措施的依据

根据损失类型选择防护措施来减少风险。

只有防护措施符合下列相关标准要求的，才认为是有效的：

- IEC62305-3-2010，关于建筑物中人身伤害和物理损害的防护；
- IEC62305-4-2010，关于电气和电子系统故障的防护。

## 5.7 选择防护措施

设计者应当按照各个风险分量在总风险 $R$ 中所占的比例，并依据不同防护措施的技术性和经济性等方面的情况，选择最合理的防护措施。

应当找出关键性的若干参数，以决定更有效的措施来减少风险 $R$ 。

对于每种损失类型，都有许多防护措施，可以单独或组合采用，使其风险满足 $R \leq R_T$ 要求。对于受到技术和经济等方面限制的，应当选择已采用过的方案。在图1流程图中给出了选择防护措施的简化程序。在任何情况下，实施者和设计者都应该找出最关键性的几个风险分量并减少其风险值，同样应考虑经济方面的限制。

## 6 各风险分量的评估

### 6.1 基本公式

每个风险分量 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ 、 $R_M$ 、 $R_U$ 、 $R_V$ 、 $R_W$ 和 $R_Z$ ，如同在4.2.2、4.2.3、4.2.4和4.2.5条中描述的那样，可用下面的一般式来表示：

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (5)$$

式中： $N_X$ ——是危险事件的次数（见附录A）；

$P_X$ ——是建筑物的损害概率（见附录B）；

$L_X$ ——是损失率（见附录C）。

危险事件的次数 $N_X$ 受到雷击大地密度（ $N_G$ ）和需保护建筑物的物理特性、其周围环境、相连线路和土壤性质的影响。

损害概率 $P_X$ 受到需保护建筑物的特性、相连线路及所采取保护措施的影响。

损失率 $L_X$ 受到所选建筑物的用途、现场人数、所提供公共服务的类型、受损害影响的商品价值以及采取防护措施来限制损失量的影响。

注：当雷击建筑物导致的损害还可能殃及周围建筑物或环境（如化学性的或放射性的扩散）时，应当增加损失率 $L_X$ 的值。

## 6.2 雷击建筑物导致的各风险分量的评估（S1）

下列表达式用于估算雷击建筑物相关的风险分量：

——由电击引起的人畜伤害（D1）相关的风险分量

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad (6)$$

——物理损害相关的风险分量（D2）

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad (7)$$

——内部系统故障相关的风险分量（D3）

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C \quad (8)$$

表5给出了估价这些风险分量所用的参数。

## 6.3 雷击建筑物附近导致的风险分量评估（S2）

以下表达式用于雷击建筑物附近相关风险分量的估算：

——内部系统故障（D3）相关的风险分量

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M \quad (9)$$

表5给出了估价这种风险分量所用的参数。

## 6.4 雷击相连建筑物线路导致的各风险分量评估（S3）

下列表达式用于雷击入户线路导致的相关各风险分量的估算：

——由电击引起的人畜伤害（D1）相关的风险分量

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \quad (10)$$

——物理损害（D2）相关的

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \quad (11)$$

——内部系统故障（D3）相关的风险分量

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W \quad (12)$$

注1：在许多情况下， $N_{DJ}$ 可以被忽略。

表5给出了估价这些风险分量所用的参数。

如果线路不止一个区段（见6.8），则 $R_U$ 、 $R_V$ 、 $R_W$ 的值是线路各相关区段的 $R_U$ 、 $R_V$ 、 $R_W$ 分量值之和。所考虑的区段是建筑物与第一个节点之间的那些区段。

在与建筑物相连的不同布线的线路不止一条的情况下，应当对每条线路进行计算。

在与建筑物相连的相同布线的线路不止一条的情况下，应当只对最恶劣特性线路进行计算，例如，取与内部系统的 $U_w$ 最低的相连线路来计算线路的最大 $N_L$ 和最大 $N_I$ （电信线路与电力线路相比、非屏蔽线路与屏蔽线路相比、配有HV/LV变压器的LV电力线路与HV电力线路相比等）。

注2：对截收面积有重叠的线路，其截收面积只考虑一次。

## 6.5 雷击相连建筑物线路附近导致的风险分量评估（S4）

以下表达式用于雷击相连建筑物线路附近相关风险分量的估算：

——内部系统故障（D3）相关的风险分量

$$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z \quad (13)$$

表 5 给出了估价这种风险分量所用的参数。

如果线路不止一个区段（见 6.8），则  $R_Z$  的值是线路各相关区段的  $R_Z$  分量值的和。所考虑的区段是建筑物与第一个节点之间的那些区段。

表 5 估价各风险分量的相关参数

符号	名称	参考取值
雷击引起的年均危险事件次数		
$N_D$	雷击建筑物年均危险事件次数	A.2
$N_M$	雷击建筑物附近年均危险事件次数	A.3
$N_L$	雷击建筑物入户线路年均危险事件次数	A.4
$N_I$	雷击建筑物入户线路附近年均危险事件次数	A.5
$N_{DJ}$	雷击相邻建筑物（见图 A.5）年均危险事件次数	A.2
雷击建筑物导致的概率		
$P_A$	雷击建筑物电击引起的人畜伤害的概率	B.2
$P_B$	雷击建筑物导致物理损害的概率	B.3
$P_C$	雷击建筑物导致内部系统故障的概率	B.4
雷击建筑物附近导致的概率		
$P_M$	雷击建筑物附近导致内部系统故障的概率	B.5
雷击线路导致的概率		
$P_U$	雷击线路电击引起的人畜伤害的概率	B.6
$P_V$	雷击线路导致物理损害的概率	B.7
$P_W$	雷击线路导致内部系统故障的概率	B.8
雷击线路附近导致的概率		
$P_Z$	雷击线路附近导致内部系统故障的概率	B.9
雷击导致的损失率		
$L_A=L_U$	雷击引起人畜伤害的损失率	C.3
$L_B=L_V$	雷击导致物理损害的损失率	C.3、C.4、C.5、C.6
$L_C=L_M=L_W=L_Z$	雷击导致内部系统故障的损失率	C.3、C.4、C.6

在与建筑物相连的不同布线的线路不止一条的情况下，应当对每条线路进行计算。

在与建筑物相连的相同布线的线路不止一条的情况下，应当只对最恶劣特性线路进行计算，例如，取与内部系统的  $U_w$  最低的相连线路来计算线路的最大  $N_L$  和最大  $N_I$ （电信线路与电力线路相比、非屏蔽线路与屏蔽线路相比、配有 HV/LV 变压器的 LV 电力线路与 HV 电力线路相比等）。

## 6.6 各风险分量的汇总

根据不同的损害类型和不同的损害源，表 6 汇总了建筑物的各风险分量。

表 6 不同损害类型和损害源的各风险分量

损害类型	损害源			
	雷击建筑物(S1)	雷击建筑物附近(S2)	雷击入户线路(S3)	雷击线路附近(S4)
电击导致的人畜伤害(D1)	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$		$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$	
物理损失(D2)	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$		$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$	

电气和电子系统故障 (D3)	$R_C = N_D \times P_C \times L_C$	$R_M = N_M \times P_M \times L_M$	$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$	$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z$
----------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--	-----------------------------------

如果将建筑物划分成区域 (见 6.7), 应当计算每个  $Z_S$  区域的各个风险分量。

建筑物的总风险是构成建筑物的  $Z_S$  区域相关各风险分量的总和。

### 6.7 建筑物的分区 $Z_S$ (zones)

为了估价各风险分量, 可以将建筑物分成若干个各自具有相同特性的  $Z_S$  区域。然而, 一幢建筑物可以是或可以假定为一个单独的区域。

主要由以下规定来划分  $Z_S$  区域:

——土壤或地板类型 (影响风险分量  $R_A$  与  $R_U$ );

——防火分区 (影响风险分量  $R_B$  与  $R_V$ );

——空间屏蔽 (影响风险分量  $R_C$  与  $R_M$ )。

还可以根据以下情况做进一步的区域细分:

——内部系统的布局 (影响风险分量  $R_C$  与  $R_M$ );

——现有的或将要采取的防护措施 (影响所有风险分量);

——损失率  $L_X$  的值 (影响所有风险分量)。

建筑物分成的  $Z_S$  区域应当考虑到便于最适当防护措施的实施。

注: 根据IEC62305本部分原则划分的 $Z_S$ 区域, 可以与IEC62305-4-2010线路中划分的LPZ相同。然而, 它们也可以是不同的LPZ。

### 6.8 分线路区段 $S_L$

为了估价雷击线路或线路附近导致的各风险分量, 线路可以分成区段  $S_L$ 。然而, 一条线路可以是或可以假定是一条单独的区段。

对于所有风险分量, 主要根据以下情况划分区段  $S_L$ :

——线路的类型 (架空或埋地);

——影响截收面积的因子 ( $C_D$ 、 $C_E$ 、 $C_T$ );

——线路的特性 (屏蔽电缆或非屏蔽电缆、屏蔽层的电阻)。

如果一个区段中出现的参数值不止一个, 应取能够导致最大风险的值。

## 6.9 具有多个分区的建筑物各风险分量的评估

### 6.9.1 一般标准

对于各风险分量的估算和涉及相关参数的选择, 运用下列原则:

——应当根据附录 A 估算危险事件次数  $N$  的相关参数;

——应当根据附录 B 估算损害概率  $P$  的相关参数;

——对风险  $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_U$ 、 $R_V$ 、 $R_W$  和  $R_Z$ , 每个区域中涉及的每个参数只确定一个。当不止一个参数值可用时, 应当选择其中的最大值。

——对风险  $R_C$  和  $R_M$ , 如果区域中涉及的内部系统不止一个时,  $P_C$  和  $P_M$  的值按下式估算:

$$P_C = 1 - (1 - P_{C1}) \times (1 - P_{C2}) \times (1 - P_{C3}) \quad (14)$$

$$P_M = 1 - (1 - P_{M1}) \times (1 - P_{M2}) \times (1 - P_{M3}) \quad (15)$$

式中参数  $P_{Ci}$  和  $P_{Mi}$  与内部系统  $i$  有关,  $i=1, 2, 3, \dots$

除了  $P_C$  和  $P_M$  以外, 如果区域中出现的其它任何参数值不止一个, 应选取导致最大风险结果的参数值。

### 6.9.2 单区域建筑物

在这种情况下, 定义整个建筑物只组成为一个区域  $Z_S$ 。风险  $R$  是该区域中各风险分量  $R_X$  的总和。

将建筑物假定为一个区域, 可能会导致防护措施费用昂贵, 因为每项防护措施都必须延

伸到整个建筑物。

### 6.9.3 多区域建筑物

在这种情况下，建筑物的风险是建筑物相关所有区域风险的总和；在每个区域中，风险是该区域中所有相关风险分量的总和。

将建筑物分成若干区域使得设计者在估算风险分量时能考虑到建筑物每一部分的特性，对每个区域因地制宜选择最合适的防护措施，以减少防雷的总费用。

### 6.10 经济损失的成本效益分析 (L4)

不管是否有必要决定防护措施来减少风险  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$ ，在选取防护措施时，为了减少经济损失风险  $R_4$ ，估算其经济合理性是有用的。

要进行风险  $R_4$  评估的项目，应当在以下范围中定义：

- 整个建筑物；
- 建筑物的一部分；
- 内部装置；
- 内部装置的一部分；
- 设备的一部分；
- 建筑物的内存物。

损失的价值、防护措施的费用和可能节约的成本都应当按附录 D 估算。如果该分析数据不可用，可采用风险容许典型值  $R_T=10^{-3}$ 。

## A 附录（资料性） 年平均危险事件次数 $N$ 的评估

### A.1 概述

影响需保护建筑物的雷击导致的年均危险事件次数  $N$  取决于建筑物所处区域雷暴活动的情况和建筑物的物理特性。为了计算年平均危险事件次数  $N$ ，将雷击大地密度  $N_G$  乘上建筑物的等效截收面积，同时乘上所考虑建筑物对应物理特性的修正因子。

雷击大地密度  $N_G$  是每年每平方千米雷击大地的次数。这个数值，在世界上大部分地区可以从地闪定位网络系统得到。

注：如果没有雷击大地密度 $N_G$ 分布图，在温带地区可用下式估算：

$$N_G = 0.1 \times T_D \quad (\text{A.1})$$

式中 $N_G$ 是每年的雷暴天数（可以从雷暴日分布图上得到）。

对需保护的建筑物，可以考虑为危险事件的有：

- 雷击建筑物；
- 雷击建筑物附近；
- 雷击进入建筑物的线路；
- 雷击进入建筑物的线路附近；
- 雷击与线路相连的另一个建筑物。

### A.2 雷击建筑物导致的年均危险事件次数 $N_D$ 和雷击邻近建筑物导致的年均危险事件次数 $N_{DJ}$ 的评估

#### A.2.1 截收面积 $A_D$ 的确定

对于地面上的孤立建筑物，截收面积  $A_D$  是与建筑物上沿接触的斜率为 1/3 的直线沿建筑物旋转一周在地面上划出的面积。可以用作图法或数学公式来确定  $A_D$  的值。

##### A.2.1.1. 矩形建筑物

对于平地上长度为  $L$ ，宽度为  $W$ ，高度为  $H$  的孤立矩形建筑物，截收面积等于：

$$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (\text{A.2})$$

式中  $L$ 、 $W$  和  $H$  的单位为 m（见图 A.1）。

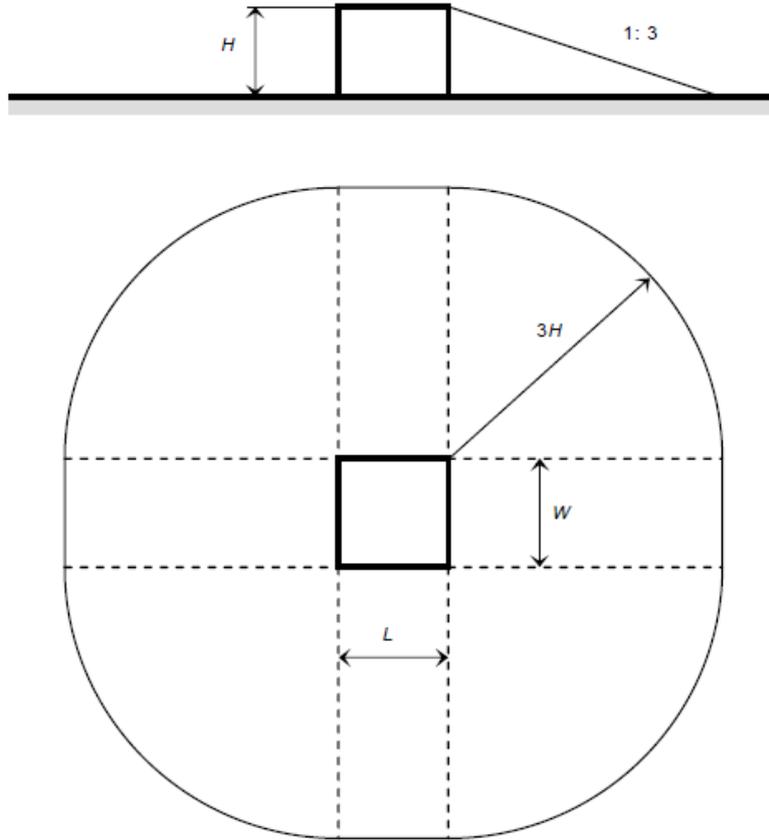


图 A. 1 孤立建筑物的截收面积  $A_D$

### A.2.1.2. 形状复杂的建筑物

如果建筑物内具有复杂的形状，例如具有突兀的屋顶（见图 A.2），应当用作图法来估算估算（见图 A.3）。

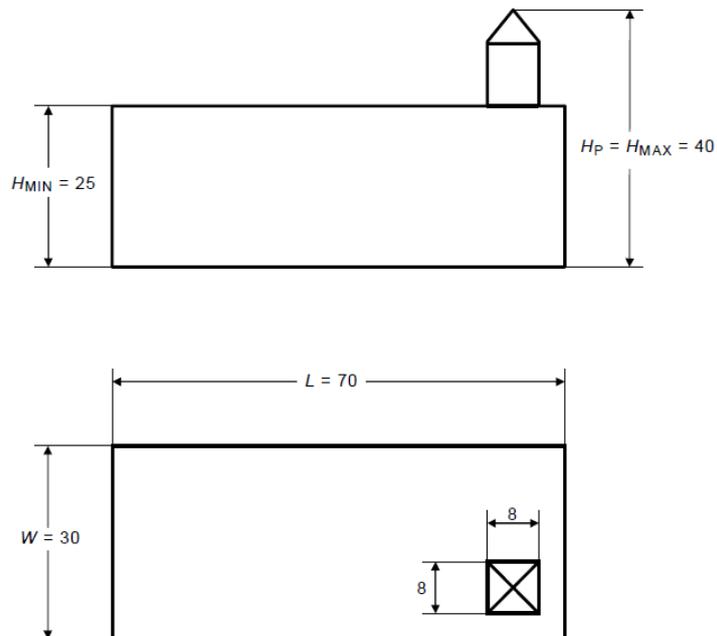


图 A. 2 形状复杂的建筑物

截收面积的一个可接受的近似值是取较大截收面积，即介于以建筑物的最低高度  $H_{MIN}$

用公式 (A.2) 估算的截收面积  $A_{D\text{MIN}}$  与属于建筑物突兀屋顶高度的截收面积之间的面积。可用下式估算截收面积  $A_D'$ ：

$$A_D' = \pi \times (3 \times H_p)^2 \quad (\text{A.3})$$

式中  $H_p$  是突兀建筑物顶的高度。

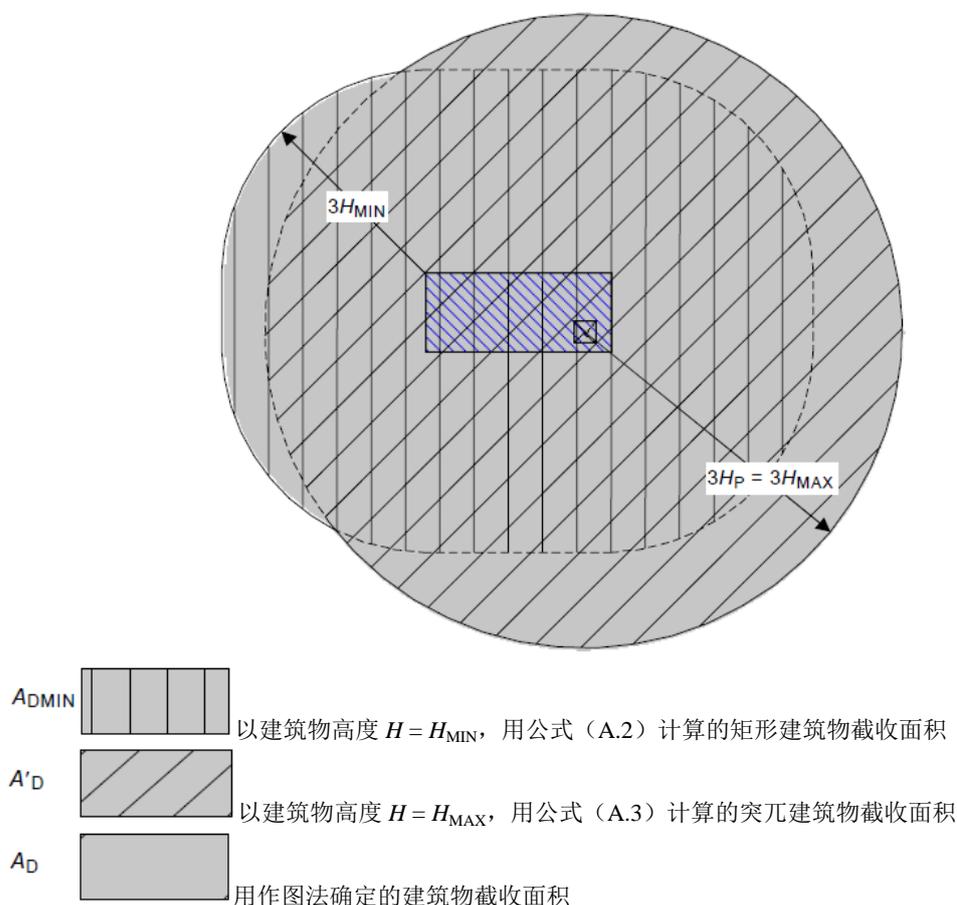


图 A.3 不同方法确定的指定建筑物截收面积

### A.2.2 建筑物作为楼房一部分的截收面积的确定

当所考虑的建筑物 S 仅仅是构成楼房 B 的一部分时，如果满足以下条件，可用建筑物 S 的尺寸估算  $A_D$  (见图 A.4)：

- 建筑物 S 是楼房 B 一个分开的垂直部分；
- 楼房 B 没有爆炸的风险；
- 建筑物 S 与楼房 B 的其它部分之间通过能耐火 120min 的墙体 (REI 120) 或其它等效保护措施来避免火灾的蔓延；
- 通过在建筑物入户端线路上安装 SPD 或其它等效保护措施来避免过电压沿共用线路 (如果有的话) 传入。

注：REI 的定义和资料见文献 [6]。

当不能满足这些条件时，应当用整个楼房 B 的尺寸来估算  $A_D$ 。

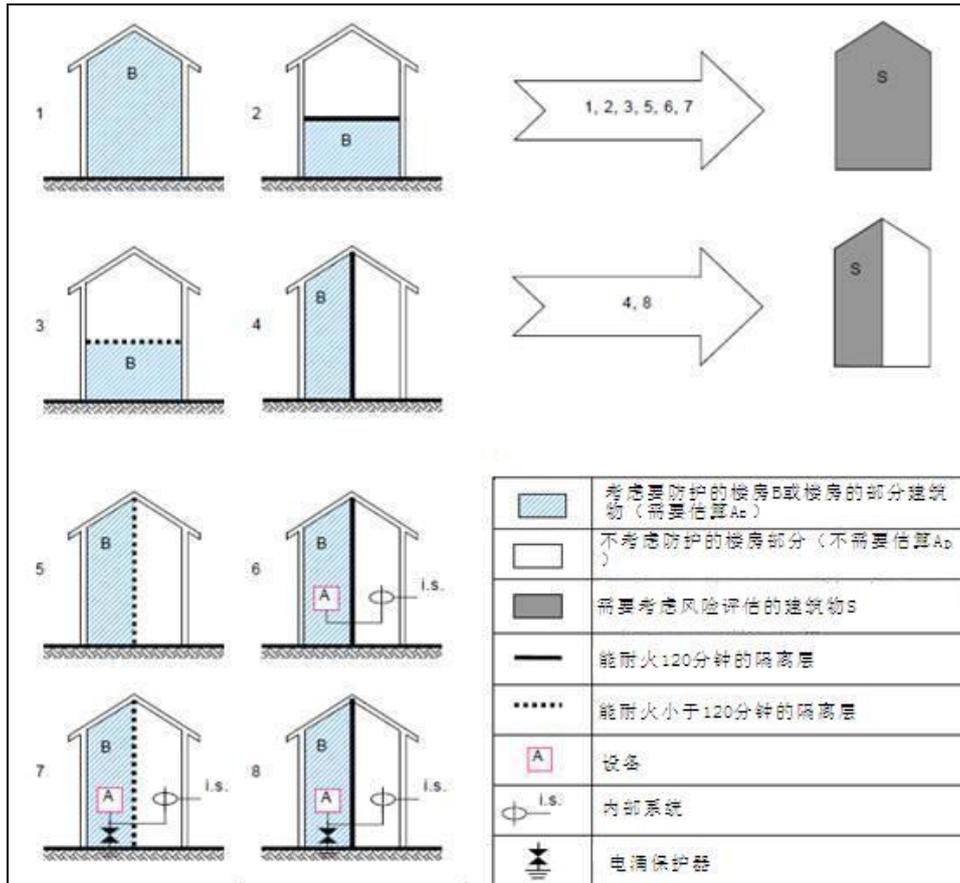


图 A. 4 需考虑建筑物为楼房一部分的截收面积  $A_D$  的估算

### A.2.3 建筑物的相对位置

通过位置因子  $C_D$  考虑建筑物的相对位置、建筑物围绕影响和暴露场所的影响（见表 A.1）。

表 A. 1 建筑物位置因子  $C_D$

相对位置	$C_D$
被更高对象包围的建筑物	0.25
被相同高度或更矮对象包围的建筑物	0.5
孤立对象：在邻近没有其它对象	1
在小山顶或山丘上的孤立建筑物	2

考虑周围对象相对位置高度，或在距建筑物 3H 距离范围内建筑物的相对高度，并假设  $C_D=1$ ，可以得到受周围对象影响的较准确估算。

### A.2.4 建筑物危险事件次数 $N_D$

下式可估算出  $N_D$  的结果：

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (\text{A.4})$$

式中： $N_G$ ——雷击大地密度，次/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ；

$A_D$ ——建筑物的截收面积（见图 A.5）， $\text{m}^2$ ；

$C_D$ ——建筑物的位置因子（见表 A.1）。

### A.2.5 邻近建筑物的危险事件次数 $N_{DJ}$

雷击线路远端相连建筑物引起的年平均危险事件次数  $N_{DJ}$ （见 6.5 和图 A.5），下式可估算出  $N_{DJ}$  的结果：

$$N_{DJ} = N_G \times A_{DJ} \times C_{DJ} \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.5})$$

式中： $N_G$ ——雷击大地密度，次/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ；

$A_{DJ}$ ——邻近建筑物的截收面积（见图 A.5）， $\text{m}^2$ ；

$C_{DJ}$ ——邻近建筑物的位置因子（见表 A.1）；

$C_T$ ——线路类型因子（见表 A.3）。

### A.3 雷击建筑物附近导致的年平均危险次数 $N_M$ 的评估

下式可估算出  $N_M$  的结果：

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6} \quad (\text{A.6})$$

式中： $N_G$ ——雷击大地密度，次/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ；

$A_M$ ——雷击建筑物附近的截收面积， $\text{m}^2$ ；

位于距建筑物周围 500m 内线路延伸的截收面积  $A_M$ （见图 A.5）：

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2 \quad (\text{A.7})$$

### A.4 雷击线路导致的年平均危险次数 $N_L$ 的评估

一条线路可能由几个线段组成。对线路的各线段，可用下式估算  $N_L$  的值：

$$N_L = N_G \times A_L \times C_1 \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.8})$$

式中：

$N_L$ ——线路（部分）上过电压幅值不低于 1kV 的次数，次/a；

$N_G$ ——雷击大地密度，次/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ；

$A_L$ ——雷击线路的截收面积（见图 A.5）， $\text{m}^2$ ；

$C_1$ ——线路的设施因子（见表 A.2）；

$C_T$ ——线路的类型（见表 A.3）；

$C_E$ ——线路的环境因子（见表 A.4）；

雷击线路所具有的截收面积：

$$A_L = 40 \times L_L \quad (\text{A.9})$$

式中， $L_L$ ——线段的长度，m。线段的长度不知道时，可假定  $L_L = 1000\text{m}$ 。

注1：国家管理委员会可以修改本条资料以满足通信和电力线路的要求。

注2：地表土壤电阻率影响埋地线路部分的截收面积  $A_L$ 。通常情况下，地表土壤电阻率越大，线路部分的截

收面积  $A_L$  就越大（ $A_L$  与  $\sqrt{\rho}$  成正比）。表 A.2 中的设施因子是基于  $\rho = 400 \Omega \cdot \text{m}$  设定的。

注3：通信线路截收面积的更多资料可以在 ITU-T 《推荐 K.47》<sup>[7]</sup> 中找到。

表 A.2 线路设施因子  $C_1$

布线方式	$C_1$
架空	1
埋地	0.5
全部埋地电缆铺设在孔洞内引入 (见 IEC 62305-4-2010 的第 5.2 条)	0.01

表 A.3 线路类型因子  $C_T$

线路设施	$C_T$
LV 线路，如通信线路或数据线路	1
HV 线路（配有 HV/LV 变压器）	0.2

表 A.4 线路环境因子  $C_E$

所处环境	$C_E$
------	-------

农村环境	1
郊区环境	0.5
城市环境	0.1
建有高大楼房的市区环境 <sup>a</sup>	0.01
a. 楼房高度高于 20m	

### A.5 雷击线路附近导致的年平均危险次数 $N_I$ 的评估

一条线路可能由几个线段组成。对线路的各线段，可用下式估算  $N_I$  的值：

$$N_I = N_G \times A_I \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.10})$$

式中：

$N_I$ ——线路（部分）上过电压幅值不低于 1kV 的次数，次/a；

$N_G$ ——雷击大地密度，次/km<sup>2</sup>·a；

$A_I$ ——雷击线路的截收面积（见图 A.5），m<sup>2</sup>；

$C_I$ ——线路的设施因子（见表 A.2）；

$C_T$ ——线路的类型（见表A.3）；

$C_E$ ——线路的环境因子（见表A.4）；

雷击线路附近所具有的截收面积：

$$A_I = 4000 \times L_L \quad (\text{A.11})$$

式中， $L_L$ ——线段的长度，m。线段的长度不知道时，可假定  $L_L = 1000\text{m}$ 。

注1：国家管理委员会可以修编本条资料以满足通信和电力线路的要求。

注2：在电力线路的Electra n. 161<sup>[8]</sup>-1995 与162<sup>[9]</sup>-1995及通信线路的推荐ITU-T-K.46<sup>[10]</sup>中可以找到 $A_I$ 的更准确估算。

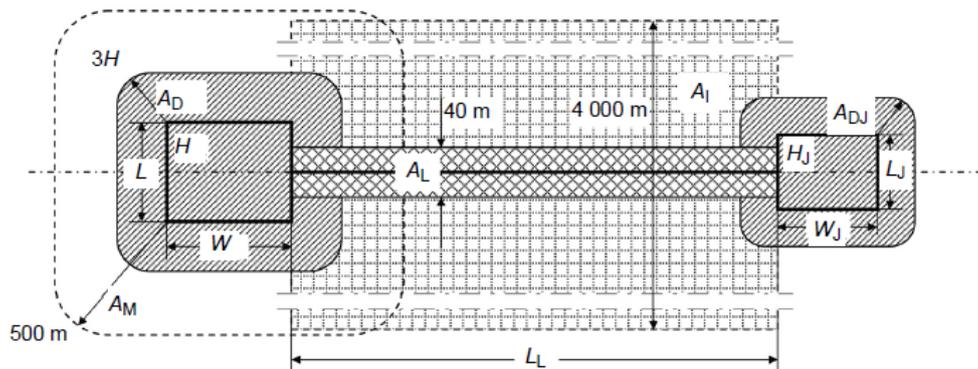


图 A.5 截收面积 ( $A_D$ 、 $A_M$ 、 $A_I$ 、 $A_L$ )

## B 附录（资料性） 损害概率 $P_X$ 的评估

### B.1 一般原则

当防护措施符合以下要求时，本附录给出的概率是有效的：

——IEC 62305-3-2010 适合于减少人畜伤害和物理损害而采取的防护措施；

——IEC 62305-4-2010 适合于减少内部系统故障而采取的防护措施。

如果能被证实话，也可以选取其它概率值。

如果采取的防护措施或特性对整个建筑物或需防护建筑物的区域（ $Z_S$ ）及所有相关设备都是有效的，损失概率 $P_X$ 只能取小于1的值。

### B.2 雷击建筑物因电击导致的人畜伤害概率 $P_A$

雷击建筑物因接触和跨步电压引起的人畜伤害的概率值 $P_A$ 取决于所采取的LPS和增设的防护措施：

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (B.1)$$

式中：

$P_{TA}$ 取决于列表于表 B.1 中增设的防接触和跨步电压的防护措施，其取值也在表 B.1 中给出。

$P_B$ 取决于符合 IEC 62305-3-2010 设计的LPS的雷电防护水平（LPL），其取值在表 B.2 中给出。

表 B. 1 雷击建筑物因危险接触电压和跨步电压引起人畜电击的概率 $P_{TA}$ 值

增设的防护措施	$P_{TA}$
无防护措施	1
警示布告	0.1
暴露部分（如引下线）的电气绝缘（至少3mm厚的铰链聚乙烯）	0.01
有效的土壤等电位	0.01
设置遮拦物或利用楼房的框架钢筋作引下线装置	0

如果不止采取一项防护措施， $P_{TA}$ 的值是各个相应防护措施 $P_{TA}$ 值的乘积。

注1：只有安装了LPS受到保护的建筑物或具有连续金属层覆盖的建筑物或利用钢筋混凝土框架作自然LPS并能满足IEC62305-3-2010要求的等电位连接与接地的等防护措施来减小 $P_A$ 才是有效的。

注2：更多的资料可参见IEC62305-3-2010的8.1和8.2。

### B.3 雷击建筑物导致物理损害的概率 $P_B$

LPS作为一种防护措施来减小 $P_B$ 是合适的。

雷击建筑物导致物理损害的概率值 $P_B$ 作为雷电防护水平（LPL）的函数在表 B.2 中给出。

表 B. 2 取决于防护措施来减小物理损害的概率值 $P_B$

建筑物的特性	LPS的级别	$P_B$
建筑物没有受到LPS保护	——	1
建筑物受到LPS保护	IV	0.2
	III	0.1
	II	0.05
	I	0.02
建筑物安装了符合 I 类LPS的截闪器和采用连续金属覆盖层或钢筋混凝土框架作为自然引下线装置		0.01
建筑物设有金属屋顶和截闪器，可能包括自然构件，任一		0.001

屋顶都设有防直接雷击装置的完善保护和金属覆盖层或钢筋混凝土框架作为引下线装置
--

注1：在详细调查的基础上，并考虑了IEC62305-1-2010中定义的尺寸要求以及拦截标准，也可以取表B.2以外的其它值。

注2：在IEC62305-3-2010中报告了LPS的特性，包括用于雷电等电位连接的SPD特性。

#### B.4 雷击建筑物导致内部系统故障的概率 $P_C$

匹配的 SPD 系统作为防护措施来减小  $P_C$  是合适的。

雷击建筑物导致建筑物故障的概率  $P_C$  可由下式算出：

$$P_C = P_{SPD} \times C_{LD} \quad (B.2)$$

$P_{SPD}$  取决于符合 IEC62305-4-2010 匹配的 SPD 系统和所设计的 SPD 本身的雷电防护水平 (LPL)。 $P_{SPD}$  的值在表 3 中给出。

$C_{LD}$  是防护措施因子，取决于屏蔽、接地和连接内部系统线路的绝缘导体。 $P_{LD}$  的值在表 4 中给出。

表 B.3 设计 SPD 作为 LPL 的函数的概率  $P_{SPD}$  的值

LPL	$P_{SPD}$
没有匹配的 SPD 系统	1
III~IV	0.05
II	0.02
I	0.01
注 2	0.005~0.001

注1：只有在安装了LPS或具有连续金属层覆盖的建筑物或利用钢筋混凝土框架作为自然LPS保护的建筑物内，并满足IEC62305-3-2010的等电位连接与接地要求时，安装匹配的SPD系统才能有效地减小 $P_C$ 。

注 2：当在相应安装位置（参见 IEC62305-1-2010 的表 3 雷电流概率资料和 IEC62305-1-2010 的附录 E 及 IEC62305-4-2010 的附录 D 雷电流分流）的 SPD 保护特性（具有更高的标称电流  $I_N$ ，更低电压保护水平  $U_p$  等）比 LPL I 的规定要求更好时，可以用更好保护特性的 SPD 来减少  $P_{SPD}$  的值。类似附属建筑也可以使用具有更高概率  $P_{SPD}$  的 SPD。

表 B.4 取决于屏蔽、接地和绝缘导体因子的  $C_{LD}$  和  $C_{LI}$  的值

外部线路布线类型	入口连接方式	$C_{LD}$	$C_{LI}$
架空非屏蔽线路	不明确	1	1
埋地非屏蔽线路	不明确	1	1
中性线重复接地	没有	1	0.2
埋地屏蔽线路（电力或电信线路）	屏蔽层没有连接到作为设备等电位连接的同一等电位带上	1	0.3
架空屏蔽线路（电力或电信线路）	屏蔽层没有连接到作为设备等电位连接的同一等电位带上	1	0.1
埋地屏蔽线路（电力或电信线路）	屏蔽层连接到作为设备等电位连接的同一等电位带上	1	0
架空屏蔽线路（电力或电信线路）	屏蔽层连接到作为设备等电位连接的同一等电位带上	1	0
雷电防护电缆或布线在雷电防护电缆管道、金属沟槽或金属钢管里	屏蔽层连接到作为设备等电位连接的同一等电位带上	0	0
（没有外部线路）	与外部线路没有连接(单独的系统)	0	0

任一类型布线	按照IEC62305-4-2010设置的隔离接口	0	0
--------	--------------------------	---	---

注3：对概率 $P_C$ 的评估时，表B.4中 $C_{LD}$ 的值适用于有屏蔽的内部系统；对非屏蔽的内部系统应假定 $C_{LD}=1$ 。

注4：对非屏蔽的内部系统是指：

——没有与外部线路连接（单独的系统），或

——通过隔离接口连接外部线路，或

——假设感应电压 $U_1$ 不高于内部系统耐压 $U_W$ （ $U_1 \leq U_W$ ），按照IEC62305-4-2010的规定可不必安装匹配的SPD系统来减少 $P_C$ 的外部线路连接包括雷电防护电缆或布线在雷电防护管道、金属沟槽或金属钢管，连接到作为设备等电位连接的同一等电位带等线路。对于感应电压的估算参见IEC62305-4-2010的附录A。

### B.5 雷电建筑物附近导致的内部系统故障的概率

利用网格LPS、过滤器、合理布线、增加耐压、隔离接口和匹配的SPD系统等措施作为减少 $P_M$ 的防护措施是适宜的。

雷击建筑物附近导致的内部系统故障的概率 $P_M$ 取决于所采取的SPM措施。

当没有安装符合IEC62305-4-2010要求的匹配SPD系统时， $P_M$ 的值就等于 $P_{MS}$ 的值；当依据IEC62305-4-2010安装匹配SPD系统时， $P_M$ 的值由下式算出：

$$P_M = P_{SPD} \times P_{MS} \quad (B.3)$$

对设备不符合相关产品标准对抗扰能力或耐压水平要求的内部系统，应假定 $P_M=1$ 。

$P_M$ 的值从如下因子获得：

$$P_{MS} = (K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4})^2 \quad (B.4)$$

式中：

$K_{S1}$ 考虑了建筑物的屏蔽效能，在LPZ0/1的交界处具有LPS或其它的屏蔽物；

$K_{S2}$ 考虑了在建筑物内部LPZ X/Y（ $X > 0$ ， $Y > 0$ ）交界处的屏蔽物的屏蔽效能；

$K_{S3}$ 考虑了内部布线的特性（见表B.5）；

$K_{S4}$ 考虑了需要保护系统的冲击耐受电压。

注1：当设备配有由隔离变压器组成的绕组之间带有屏蔽物接地的隔离接口，或采用光纤或光缆时，应假定 $P_{MS}=1$ 。

在LPZ区内，距交界处屏蔽物的安全距离至少要等于屏蔽物网格尺寸的宽度 $w_m$ ，对LPS或格栅形空间屏蔽体，因子 $K_{S1}$ 和 $K_{S2}$ 可以估算为：

$$K_{S1} = 0.12 \times w_{m1} \quad (B.5)$$

$$K_{S2} = 0.12 \times w_{m2} \quad (B.6)$$

式中 $w_{m1}$ （m）和 $w_{m2}$ （m）是格栅形空间屏蔽体的网格宽度或格栅形LPS的引下线宽度，或建筑物金属立柱之间的间距，或钢筋混凝土框架作为自然LPS的框架之间的间距。

对连续金属薄层屏蔽物的厚度不低于0.1mm时， $K_{S1} = K_{S2} = 10^{-4}$ 。

注2：当按照IEC62305-4-2010要求安装网格形等电位连接网络时， $K_{S1}$ 和 $K_{S2}$ 的值可以减半。

当感应环路靠近LPZ界面处屏蔽体导体布设，与屏蔽体之间的距离小于安全距离时，因子 $K_{S1}$ 和 $K_{S2}$ 的值可能会更高。例如，当距屏蔽体的距离在 $0.1w_m \sim 0.2w_m$ 的范围内时， $K_{S1}$ 和 $K_{S2}$ 的值将会增加一倍。

当有多个LPZ时，最后一个LPZ的 $K_{S2}$ 值是各个LPZ中相关屏蔽体的 $K_{S2}$ 的乘积。

注3：因子 $K_{S1}$ 和 $K_{S2}$ 的最大值不能超过1。

表 B.5 取决于内部布线因子  $K_{S3}$  的值

内部布线的类型	$K_{S3}$
非屏蔽电缆—布线时没有避免构成环路 <sup>a</sup>	1
非屏蔽电缆—布线时避免构成大的环路 <sup>b</sup>	0.2

非屏蔽电缆—布线时避免构成环路 <sup>c</sup>	0.01
屏蔽电缆和非屏蔽电缆布线在连续的金属管中 <sup>d</sup>	0.0001
a.在大的建筑物内不同布线所构成的环路导体（环路面积约为50m <sup>2</sup> ）。	
b.在同一管道中或在较小的建筑物内不同布线所构成的环路导体（环路面积约为10m <sup>2</sup> ）。	
c.同一电缆中布线构成的环路导体（环路面积约为0.5m <sup>2</sup> ）。	
d.屏蔽层和金属管两端都连接到设备的同一等电位连接排上。	

因子 $K_{S4}$ 的估算值为:

$$K_{S4} = 1/U_W \quad (B.7)$$

式中 $U_W$ 是需要保护系统的额定冲击耐受电压，单位为kV。

注4：因子 $K_{S4}$ 的最大值不能超过1。

如果内部系统配有不同冲击耐压水平的设备，则因子 $K_{S4}$ 应选择涉及最低冲击耐压水平的估算值。

### B.6 雷击线路由电击导致的人畜伤害的概率 $P_U$

雷击进入建筑物的线路端因接触电压导致建筑物内部的人畜伤害的概率  $P_U$  的值，取决于线路屏蔽层的特性、相连线路内部系统的冲击耐受电压、类似物理的限制保护措施或警示牌与隔离接口或按照 IEC62305-3-2010 的要求在线路的入户端安装 SPD 进行等电位连接等。

注1：不必按照IEC62305-4-2010的要求安装匹配的SPD系统来减小 $P_U$ 的值；在这种情况下，按照IEC62305-3-2010的要求安装SPD就足够了。

$P_U$ 的值由下式算出:

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.8)$$

式中:

$P_{TU}$ 取决于防接触电压的保护措施，例如物理限制或警示牌等。 $P_{TU}$ 的值在表6中给出。

$P_{EB}$ 取决于符合IEC62305-3-2010要求的等电位连接（EB）和按雷电防护水平（LPL）设计对应的SPD。 $P_{EB}$ 的值在表7中给出。

$P_{LD}$ 是雷击相连线路导致内部系统故障的概率，取决于线路的特性。 $P_{LD}$ 的值在表8中给出。

$C_{LD}$ 是取决于屏蔽、接地和线路绝缘状况的因子。 $C_{LD}$ 的值在表4中给出。

注2：当按照IEC62305-3-2010的要求在线路入户端安装SPD作为等电位连接时，可以按照IEC62305-4-2010的要求进行接地和等电位连接来改善保护。

表 B. 6 雷击入户线路因危险的接触电压引起电击人畜的概率  $P_{TU}$  的值

保护措施	$P_{TU}$
无保护措施	1
警示牌	0.1
电气绝缘	0.01
物理限制（如遮拦物）	0

注3：如果采取的保护不止一项，则  $P_{TU}$  值是各相应值的乘积。

表 B. 7 作为 LPL 的函数按照对应 LPL 设计 SPD 的概率  $P_{EB}$  的值

LPL	$P_{EB}$
无 SPD	1
III~IV	0.05
II	0.02

I	0.01
注 3	0.005~0.001

注 4: 当在相应安装位置(参见 IEC62305-1-2010 的表 3 雷电流概率资料和 IEC62305-1-2010 的附录 E 及 IEC62305-4-2010 的附录 D 雷电流分流)的 SPD 保护特性(具有更高的标称电流  $I_N$ , 更低电压保护水平  $U_p$  等)比 LPL I 的规定要求更好时, 可以用更好保护特性的 SPD 来减少  $P_{EB}$  的值。类似附属建筑也可以使用具有更高概率  $P_{EB}$  的 SPD。

表 B.8 取决于电缆屏蔽层电阻  $R_S$  和设备冲击耐受电压  $U_W$  的概率  $P_{LD}$  的值

线路类型	布线、屏蔽与等电位连接情况	耐受电压 $U_W/kV$					
		1	1.5	2.5	4	6	
电力线路或通信线路	架空或埋地线路, 非屏蔽电缆或屏蔽电缆且屏蔽层不与设备的同一等电位排连接	1	1	1	1	1	
	屏蔽架空或屏蔽埋地电缆且屏蔽层与设备的同一等电位排连接	$5 \Omega/km < R_S \leq 20 \Omega/km$	1	1	0.95	0.9	0.8
		$1 \Omega/km < R_S \leq 5 \Omega/km$	0.9	0.8	0.6	0.3	0.1
		$R_S \leq 1 \Omega/km$	0.6	0.4	0.2	0.04	0.02

注 5: 在郊区或市区, LV 电力线路采用典型的非屏蔽埋地电缆而电信线路采用屏蔽埋地电缆(最少用 20 的导管, 屏蔽层电阻  $5 \Omega/km$ , 铜线直径 0.6mm)。在农村, LV 电力线路采用非屏蔽架空电缆而电信线路也采用非屏蔽的架空电缆(铜线直径: 1mm)。HV 埋地电力线路采用屏蔽层电阻约在  $1 \Omega/km \sim 5 \Omega/km$  之间的典型屏蔽电缆。为了更好地满足国家电力和通信线路的条件, 国家管理委员会可以修改本数据值。

### B.7 雷击线路导致的物理损害的概率 $P_V$

雷击建筑物入户线路导致的物理损害的概率  $P_V$  的值取决于线路屏蔽的特性, 与线路相连内部设备的冲击耐受电压以及隔离接口或按照 IEC62305-3-2010 要求在线路入户端安装 SPD 作为等电位连接。

注 A: 没有必要按照 IEC62305-4-2010 的要求安装匹配的 SPD 系统来减少  $P_V$ ; 在这种情况下, 按照 IEC62305-3-2010 的要求安装 SPD 就足够了。

$P_V$  的值由下式计算:

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.9)$$

式中:

$P_{EB}$  取决于符合 IEC62305-3-2010 要求的雷电等电位(EB)连接和依据雷电防护水平(LPL)设计相应的 SPD。 $P_{EB}$  的值在表 B.7 中给出。

$P_{LD}$  是雷击相连线路导致内部系统故障的概率取决于线路的特性。 $P_{LD}$  的值在表 B.8 中给出。

$C_{LD}$  是取决于屏蔽、接地和线路绝缘情况的因子。 $C_{LD}$  的值在表 B.4 中给出。

### B.8 雷击线路引起内部系统故障的概率 $P_W$

雷击建筑物入户线路引起内部系统故障的概率  $P_W$  的值取决于屏蔽线路的特性、相连线路内部系统的冲击耐受电压以及隔离接口或安装匹配的 SPD 系统。

$P_W$  的值由下式计算:

$$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.10)$$

式中:

$P_{SPD}$  取决于符合 IEC62305-4-2010 要求的匹配的 SPD 和依据雷电防护水平(LPL)设计相应的 SPD。 $P_{SPD}$  的值在表 B.3 中给出。

$P_{LD}$  是雷击相连线路导致内部系统故障的概率取决于线路的特性。 $P_{LD}$  的值在表 B.8 中给

出。

$C_{LD}$ 是取决于屏蔽、接地和线路绝缘情况的因子。 $C_{LD}$ 的值在表B.4中给出。

### B.9 雷击入户线路附近引起内部系统故障的概率 $P_Z$

雷击建筑物入户线路附近引起内部系统故障的概率  $P_Z$  的值取决于线路屏蔽的特性、相连线路系统的冲击耐受电压以及隔离接口或安装匹配的 SPD 系统。

$P_Z$ 的值由下式计算：

$$P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} \quad (\text{B.11})$$

式中：

$P_{SPD}$ 取决于符合IEC62305-4-2010要求的匹配的SPD和依据雷电防护水平（LPL）设计相应的SPD。 $P_{SPD}$ 的值在表B.3中给出。

$P_{LI}$ 是雷击相连线路附近导致内部系统故障的概率取决于线路和设备的特性。 $P_{LI}$ 的值在表B.9中给出。

$C_{LI}$ 是取决于屏蔽、接地和线路绝缘情况的因子。 $C_{LI}$ 的值在表B.4中给出。

表 B. 9 取决于线路类型和设备冲击耐受电压  $U_W$  的概率  $P_{LI}$  的值

线路类型	耐受电压 $U_W/\text{kV}$				
	1	1.5	2.5	4	6
电力线路	1	0.6	0.3	0.16	0.1
TLC 线路	1	0.5	0.2	0.08	0.04

注：对电力线路在 IEC/TR62066-2002<sup>[11]</sup>中以及对通信线路（TLC）在 ITU-T-K.46<sup>[10]</sup>建议中均可以找到  $P_{LI}$  更精确的估算方法。

## C 附录（资料性） 损失率 $L_X$ 的评估

### C.1 一般原则

损失率  $L_X$  的值应由防雷设计人员或建筑物的所有者来进行评价和确定。本附录中给出的建筑物损失量的典型平均值仅是 IEC 建议采用的值。各国委员会或在详细调查研究后可以分配不同的值。

注1：当由于雷击损害建筑物并可能殃及周围建筑物或环境（例如化学性或辐射性的扩散）时，需考虑 $L_X$ 的更精细的计算就应进行这种附加损失量的估算。

注2：在本附录中所给公式的推荐值可被用作 $L_X$ 的初始值。

### C.2 每种危险事件相关的平均损失量

损失率  $L_X$  是指雷击引起某一危险事件导致特定类型损害造成的平均相对量，与损害的程度和后果有关。考虑了随损失类型而变化的损失率  $L_X$  的值如下：

- L1（人员生命损失，包括永久伤害）：受到危险的人员数（受害者）；
- L2（公共服务损失）：没有得到服务的用户数；
- L3（文化遗产损失）：受到危险建筑物及内存物的经济价值；
- L4（经济价值损失）：受到危险的生物，建筑物（包括本身的业务运行），内存物及内部系统的经济价值。

而每种损失类型，都有引起损失的损害类型（D1、D2和D3）。

应对建筑物划分成的每个分区确定损失率 $L_X$ 。

### C.3 人员生命损失（L1）

根据表C.1可以确定建筑物每个分区的人员生命损失值 $L_X$ ，可按下列情况考虑：

- 人员生命损失受建筑物分区特性的影响。通过增长因子（ $h_z$ ）和缩减因子（ $r_t$ 、 $r_p$ 、 $r_f$ ）来考虑建筑物这些分区特性；
- 通过分区中的人员数（ $n_z$ ）与整个建筑物中的人员总数（ $n_t$ ）之间的相对比率来减少分区中的最大损失值；
- 以小时计算的人员每年停留在分区中的时间（ $t_z$ ），如果比一年的总时间8760h少很多，也就减少了损失率。

表 C. 1 L1 损失类型：各分区的损失值

损害类型	典型损失	公式
D1	$L_A=r_t \times L_T \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$	(C.1)
D1	$L_U=r_t \times L_T \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$	(C.2)
D2	$L_B=L_V=r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$	(C.3)
D3	$L_C=L_M=L_W=L_Z=L_O \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$	(C.4)

式中：

$L_T$ 是由雷电危险事件导致电击（D1）造成人身伤亡的典型平均相对人数（见表 C.2）；

$L_F$ 是由雷电危险事件导致物理损害(D2)造成人身伤亡的典型平均相对人数(见表 C.2)；

$L_O$ 是由雷电危险事件导致内部系统故障（D3）造成人身伤亡的典型平均相对人数（见表 C.2）；

$r_t$ 是减少人身伤亡的因子，取决于土壤或地板的类型（见表 C.3）；

$r_p$ 是减少物理损害导致损失的因子，取决于所采取的防火措施（见表 C.4）；

$r_f$ 是减少物理损害导致损失的因子，取决于火灾的危险度或建筑物爆炸的危险度（见表 C.5）；

$h_z$ 是当特殊危险存在时，物理损害导致损失的增长因子，（见表 C.6）；

$n_z$  是分区中的人员数；  
 $n_t$  是建筑物中总的人员数；  
 $t_z$  是以小时计算的人员每年停留在分区中的时间。

表 C. 2 L1 损失类型： $L_T$ 、 $L_F$  和  $L_O$  的典型平均值

损害类型	典型损失值		建筑物类型
人身伤害 D1	$L_T$	0.01	所有建筑物类型
物理损害 D2	$L_F$	0.1	有爆炸危险的建筑物
		0.1	医院、旅馆、学校、民用建筑
		0.005	公共娱乐场所、教堂、博物馆
		0.002	工业建筑、商业建筑
		0.001	其它
内部系统故障 D3	$L_O$	0.1	有爆炸危险的建筑物
		0.01	医院的重症监护室 (ICU) 和手术室
		0.001	医院的其它部分

注 1：表 C.2 的值是指建筑物中连续出现的人员。

注 2：当建筑物具有爆炸危险时，对  $L_F$  和  $L_O$  的值需要更精细的估算，需要考虑建筑物的类型、爆炸危险性、危险范围的概念分区和遭遇危险的程度等。

当由于雷击损害建筑物并可能殃及周围建筑物或环境（例如化学性或辐射性的扩散）情况下，在估算总损失（ $L_{FT}$ ）时应将附加损失（ $L_E$ ）的估算考虑进去：

$$L_{FT} = L_F + L_E \quad (C.5)$$

式中：

$$L_E = L_{FE} \times t_e / 8760 \quad (C.6)$$

$L_{FE}$  是建筑物外物理损失造成的损失；

$t_e$  是建筑物外人员在危险场所停留的时间。

注 3：如果  $L_{FE}$  和  $t_e$  值都不知道，可假定  $L_{FE} \times t_e / 8760 = 1$ 。

表 C. 3 缩减因子  $r_t$  与土壤表面类型或地板类型的关系

地面类型 <sup>b</sup>	接触电阻 <sup>a</sup> /kΩ	$r_t$
农地、混凝土	≤1	0.01
大理石、陶瓷	1~10	0.001
沙砾、毛毡、地毯	10~100	0.0001
沥青、油毡、木头	≥100	0.00001

a. 在400cm<sup>2</sup>电极上施以500N压力时，电极与无穷远点之间测量到的电阻数值。  
b. 铺以绝缘材料层，如5cm厚的沥青（或15cm厚的沙砾层），通常会将风险减少到容许水平。

表 C. 4 缩减因子  $r_p$  与所采取防火措施的关系

防火措施	$r_p$
无措施	1
下列措施之一：灭火器、固定的人工灭火装置、人工报警装置、消防栓、防火分区、逃生通道	0.5
下列措施之一：固定的自动作业灭火装置、自动报警装置 <sup>a</sup>	0.2
a. 仅当具有过电压和其它损害的防护并假定消防员能够在10min内到达时。	

如果采取的不止一项防火措施， $r_p$ 的值应当取各相关值中的最小值。  
 在具有爆炸危险的建筑物内，任何情况下 $r_p=1$ 。

表 C. 5 缩减因子  $r_f$  与火灾危险或建筑物爆炸危险的关系

危险	危险等级	$r_f$
爆炸	0区、20区和固体爆炸物	1
	1区、21区	0.1
	2区、22区	0.001
火灾	高	0.1
	一般	0.01
	低	0.001
爆炸或火灾	无	0

注4：在具有爆炸危险的建筑物内， $r_f$ 的值可能需要进行更精细的估算。

注5：由易燃材料建造的建筑物或屋顶由易燃材料建造的建筑物或单位面积燃料荷载大于800MJ/m<sup>2</sup>的建筑物可以假定为具有高火灾危险的建筑物。

注6：单位面积燃料荷载在400 MJ/m<sup>2</sup>~800MJ/m<sup>2</sup>之间的建筑物可以假定为具有一般火灾危险的建筑物。

注7：单位面积燃料荷载小于400MJ/m<sup>2</sup>的建筑物或仅有少量易燃内存物的建筑物可以假定为具有低火灾危险的建筑物。

注8：单位面积燃料荷载是建筑物内所有易燃物的能量与建筑物的表面积之比。

注9：按IEC62305对本部分的规定，确定为包含有危险区或储存有固体爆炸物的建筑物，如果满足下列任一条件之一，也可以不假定为具有爆炸危险的建筑物：

- a) 爆炸物质出现的时间每年少于0.1h；
- b) 按照IEC60079-10-1<sup>[2]</sup>和IEC60079-10-2<sup>[3]</sup>的规定爆炸性空气量可以忽略的；
- c) 避免区域中的闪光和危险火花的产生而不能直接打击的区域。

注10：当金属屏蔽层作为自然接闪装置没有被雷击穿或击成热熔斑点时，表明金属屏蔽层起了安全保护作用；如果满足条件C)，对在金属屏蔽层里面的封闭危险区域内的内部系统，则需防止过电压避免危险火花的产生。

表 C. 6 特殊危险出现时相关损失量的增长因子  $h_z$

特殊危险的种类	$h_z$
无特殊危险	1
低度恐慌（例如，楼层限制在两层，人员数量不大于100人的建筑物）	2
中等程度的恐慌（例如，设计为参与人数在100~1000人之间的文化或体育活动建筑物）	5
疏散困难（例如，有移动不便人员的建筑物、医院）	5
高度恐慌（例如，设计为参与人数在1000人以上的文化或体育活动建筑物）	10

#### C.4 不能接受的公共服务损失（L2）

按照表C.7可以确定每个分区的公共服务损失值 $L_x$ ，考虑的特性如下：

——建筑物的分区特性影响公共服务损失率。建筑物的分区特性通过缩减因子（ $r_f$ 、 $r_p$ ）来考虑。

——必须通过分区中得到服务的用户数（ $n_z$ ）与整个建筑物中得到服务的总用户数（ $n_t$ ）之间的比值来减少分区中由损害导致的最大损失值。

表 C. 7 L2 损失类型：各分区的损失值

损害类型	典型损失	公式
D2	$L_B=L_V=r_p \times r_f \times L_F \times (n_z/n_i)$	(C.7)
D3	$L_C=L_M=L_W=L_Z=L_O \times (n_z/n_i)$	(C.8)

式中：

$L_F$ 是由雷电危险事件导致物理损害(D2)造成的没有得到服务的典型平均相对用户数(见表C.8)；

$L_O$ 是由雷电危险事件导致内部系统故障(D3)造成的没有得到服务的典型平均相对用户数(见表C.8)；

$r_p$ 是减少物理损害导致损失的因子，取决于所采取的防火措施(见表C.4)；

$r_f$ 是减少物理损害导致损失的因子，取决于火灾的危险度或建筑物爆炸的危险度(见表C.5)；

$n_z$ 是按分区统计得到服务的用户数；

$n_i$ 是按建筑物统计得到服务的总用户数。

表 C. 8 L2 损失类型： $L_F$ 和 $L_O$ 典型平均值

损害类型	典型损失值	服务类型
D2物理损害	$L_F$	0.1 天然气管、供水管、供电线路
		0.01 电视TV线路、电信线路
D3内部系统故障	$L_O$	0.01 天然气管、供水管、供电线路
		0.001 电视TV线路、电信线路

### C.5 不可代替的文化遗产损失(L3)

按照表C.9可以确定每个分区的文化遗产损失值 $L_X$ ，考虑的特性如下：

——分区特性影响文化遗产的损失率。分区特性通过缩减因子( $r_f$ 、 $r_p$ )来考虑。

——必须通过统计分区的价值( $c_z$ )与整个建筑物(楼房与内存物)的总价值( $c_t$ )之间的比值来减少分区中由损害导致的最大损失值。

表 C. 9 L3 损失类型：各分区的损失值

损害类型	典型损失值	公式
D2物理损害	$L_B=L_V=r_p \times r_f \times L_F \times (c_z/c_t)$	(C.9)

式中：

$L_F$ 是由雷电危险事件导致物理损害(D2)造成所有损坏商品的典型平均相对价值(见表C.10)；

$r_p$ 是减少物理损害导致损失的因子，取决于所采取的防火措施(见表C.4)；

$r_f$ 是减少物理损害导致损失的因子，取决于火灾的危险度或建筑物爆炸的危险度(见表C.5)；

$c_z$ 是分区内的文化遗产价值；

$c_t$ 是建筑物楼房本身和内存物的总价值(所有分区的价值总计)。

表 C. 10 L3 损害类型： $L_F$ 的典型平均值

损害类型	典型损失值	建筑物的类型或分区
D2物理损害	$L_F$	0.1 博物馆、画廊

## C.6 经济损失 (L4)

按照表C.11可以确定每个分区的经济损失值 $L_x$ ，考虑的特性如下：

——分区特性影响经济价值的损失率。分区特性通过缩减因子 ( $r_t$ 、 $r_p$ 、 $r_f$ ) 来考虑。

——必须通过分区的相关价值与整个建筑物（生物、楼房、内存物及包括本身业务运行的内部系统）的总价值 ( $c_t$ ) 之间的比值来减少分区中由损害导致的最大损失值。分区的相关价值取决于损害的类型：

D1（由电击导致的生物伤害）： $c_a$ （仅生物的价值）

D2（物理损害）： $c_a+c_b+c_c+c_s$ （各种商品的价值）

D3（内部系统故障）： $c_s$ （仅内部系统及本身业务运行的价值）

表 C. 11 L4 损失类型：各分区的损失价值

损害类型	典型损失	公式
D1	$L_A=t \times L_T \times (c_a/c_t)^a$	(C.10)
D1	$L_U=r_t \times L_T \times (c_a/c_t)^a$	(C.11)
D2	$L_B=L_V=r_p \times r_f \times L_F \times ((c_a+c_b+c_c+c_s)/c_t)^a$	(C.12)
D3	$L_C=L_M=L_W=L_Z=L_O \times (c_s/c_t)^a$	(C.13)
a. 如果以第6.10条，采用附录D进行一致的风险评估，则只需在公式(C.10)~(C.13)中考虑 $(c_a/c_t)$ 、 $((c_a+c_b+c_c+c_s)/c_t)$ 和 $(c_s/c_t)$ 的比率值。当采用与表4一致的典型风险容许值R4时，就不必考虑比率值了。在这种情况下，比率值肯定是用1代替了。		

式中：

$L_T$ 是由雷电危险事件导致电击损害（D1）造成所有损坏商品的典型平均相对价值（见表C.12）；

$L_F$ 是由雷电危险事件导致物理损害（D2）造成所有损坏商品的典型平均相对价值（见表C.12）；

$L_O$ 是由雷电危险事件导致内部系统故障（D3）造成所有损坏商品的典型平均相对价值（见表C.12）；

$r_t$ 是减少生物损失的因子，取决于土壤或地板的类型（见表C.3）；

$r_p$ 是减少物理损害导致损失的因子，取决于所采取的防火措施（见表C.4）；

$r_f$ 是减少物理损害导致损失的因子，取决于火灾的危险度或建筑物爆炸的危险度（见表C.5）；

$c_a$ 是分区内所有生物的价值；

$c_b$ 是相关分区内楼房的价值；

$c_c$ 是分区内内存物的价值；

$c_s$ 是分区内内部系统包括本身业务运行的价值；

$c_t$ 是建筑物的总价值（生物、楼房、内存物和内部系统包括本身业务运行的所有分区的价值总计）。

表 C. 12 L4 损失类型： $L_T$ 、 $L_F$  和  $L_O$  的典型平均值

损害类型	典型平均值		建筑物类型
D1电击伤害	$L_T$	0.01	仅有生物停留的所有类型建筑物
D2物理损失	$L_F$	1	具有爆炸危险的建筑物
		0.5	医院、工业建筑、博物馆、农业建筑
		0.2	旅馆、学校、办公楼、教堂、公共娱乐场所、

			商业建筑
		0.1	其它
D3内部系统故障	$L_O$	0.1	具有爆炸危险的建筑物
		0.01	医院、工业建筑、办公楼、旅馆、商业建筑
		0.001	博物馆、农业建筑、学校、教堂、公共娱乐场所
		0.0001	其它

注1：在具有爆炸危险的建筑物内， $L_F$ 和 $L_O$ 的值可能需要进行更精细的估算，需要考虑建筑物的类型、爆炸危险性、危险范围的概念分区及遭遇危险的程度等。

当由于雷击损害建筑物并可能殃及周围建筑物或环境（例如化学性或辐射性的扩散）情况下，在估算总损失（ $L_{FT}$ ）时应将附加损失（ $L_E$ ）的估算考虑进去：

$$L_{FT} = L_F + L_E \quad (C.14)$$

式中：

$$L_E = L_{FE} \times c_e / c_t \quad (C.15)$$

$L_{FE}$ 是建筑物外物理损失造成的损失；

$c_e$ 是建筑物外在危险场所内商品的总价值。

注2：当 $L_{FE}$ 的值不知道时，应假定 $L_{FE}=1$ 。

## D 附录（资料性） 损失成本的估算

下面公式可以计算损失成本 $C_{LZ}$ :

$$C_{LZ} = R_{4Z} \times c_t \quad (D.1)$$

式中:

$R_{4Z}$ 是没有保护措施时, 分区内相关风险的损失价值;

$c_t$ 是建筑物的总价值(以货币统计的生物、楼房、内存物及内部系统包括本身业务运行等的价值)。

下面公式可以计算建筑物内的总损失费用 $C_L$ :

$$C_L = \Sigma C_{LZ} = R_4 \times c_t \quad (D.2)$$

式中:

$R_4 = \Sigma R_{4Z}$ 是没有保护措施时, 相关风险的损失价值。

用下面公式可以计算有保护措施后, 分区内的损失费用 $C_{RLZ}$ 。

$$C_{RLZ} = R'_{4Z} \times c_t \quad (D.3)$$

式中:

$R'_{4Z}$ 是有保护措施时, 相关风险的损失价值。

用下面公式可以计算有保护措施后, 建筑物内的损失总费用 $C_{RL}$ 。

$$C_{RL} = \Sigma C_{RLZ} = R'_4 \times c_t \quad (D.4)$$

式中:

$R'_4 = \Sigma R'_{4Z}$ 是有保护措施时, 建筑物内相关风险的损失价值。

用下面公式可以计算每年保护措施的费用 $C_{PM}$ :

$$C_{PM} = C_P \times (i + a + m) \quad (D.5)$$

式中:

$C_P$ 是保护措施的费用;

$i$ 是利率;

$a$ 是折旧率;

$m$ 是维护费率。

以货币单位每年节约的费用 $S_M$ 为:

$$S_M = C_L - (C_{PM} + C_{RL}) \quad (D.6)$$

如果每年节约的费用 $S_M > 0$ , 则表明所采取保护措施是经济合理的。

## E 附录（资料性） 评估案例

### E.1 概述

附录E中给出的评估案例与农村房屋、办公楼、医院和公寓楼有关，为了针对性的展示风险评估如下相关数值的计算：

- 怎样计算风险与如何确定需要保护；
- 不同风险的组成对总风险值的贡献；
- 不同防护措施对减轻风险的效果；
- 从不同防护方案中考虑防护成本效益的选择方法。

注：本附录为所有案例提供了假设的数据。为了举例说明风险评估的原理，包括在IEC62305的本部分中，主观提供了风险评估的资料。各设备和系统的情况不是主观表述那样的唯一情形。

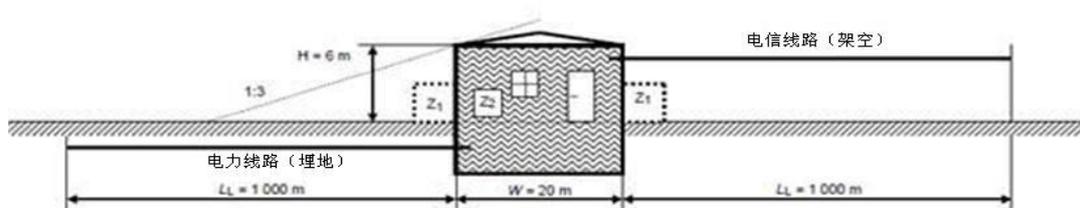
### E.2 农村房屋

考虑一幢农村房屋（图E.1）作为第一个案例。

本类型建筑物涉及人员生命损失（L1）和经济损失（L4）。

要求评价需要采取的保护。这表明仅需确定人员生命损失（L1）的风险 $R_1$ 所有风险分量 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_U$ 和 $R_V$ （表2）并将 $R_1$ 与风险容许值 $R_T=10^{-5}$ （表4）比较。选择减轻这种风险的合适保护措施。

下面由房主作出决定不需要经济评价，就不考虑经济损失（L4）的风险 $R_4$ 。



主要分区：

$Z_1$ ：户外

$Z_2$ ：户内

图 E. 1 农村房屋

#### E.2.1 相关数据和特性

本农村房屋位于邻近没有任何建筑物的平坦地面。地闪密度 $N_G=4$ 次/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。房屋内居住有5人。这也是本次评估考虑的总人数，因为假定雷暴出现期间户外没有人员。

房屋的数据和周围环境情况在表E.1中给出。

给出入户线路和本身相连内部系统的数据，电力线路在表E.2中给出，电信线路在表E.3中给出。

表 E. 1 农村房屋：周围环境和建筑物的特性

参数	说明	符号	数值	参考
地闪密度 (次/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ )		$N_G$	4.0	
建筑物尺寸 (m)		$L$ 、 $W$ 、 $H$	15、20、6	
建筑物位置因子	孤立建筑物	$C_D$	1	表A.1
LPS	无	$P_B$	1	表B.2
等电位连接	无	$P_{EB}$	1	表B.7
户外空间屏蔽	无	$K_{S1}$	1	公式 (B.5)

表 E. 2 农村房屋：电力线路

参数	说明	符号	数值	参考
长度 <sup>a</sup> (m)		$L_L$	1000	
布线方式因子	埋地	$C_1$	0.5	表A.2
线路类型因子	LV线路	$C_T$	1	表A.3
环境因子	农村	$C_E$	1	表A.4
线路屏蔽 ( $\Omega/\text{km}$ )	非屏蔽线	$R_S$	—	表B.8
屏蔽、接地、隔离	无	$C_{LD}$	1	表B.4
		$C_{LI}$	1	
邻近建筑物	无	$L_J, W_J, H_J$	—	
建筑物的位置因子	无	$C_{DJ}$	—	表A.1
内部系统的耐压 (kV)		$U_w$	2.5	
	参数结果	$K_{S4}$	0.4	公式(B.7)
		$P_{LD}$	1	表B.8
		$P_{LI}$	0.3	表B.9
a.当电力线路部分的长度 $L_L$ 不知道时，假定=1000m。（第A.4条和第A.5条）				

表 E. 3 农村房屋：电信线路 (TLC)

参数	说明	符号	数值	参考
长度 <sup>a</sup> (m)		$L_L$	1000	
布线方式因子	架空	$C_1$	1	表A.2
线路类型因子	通信线路	$C_T$	1	表A.3
环境因子	农村	$C_E$	1	表A.4
线路屏蔽 ( $\Omega/\text{km}$ )	非屏蔽线	$R_S$	—	表B.8
屏蔽、接地、绝缘	无	$C_{LD}$	1	表B.4
		$C_{LI}$	1	
邻近建筑物	无	$L_J, W_J, H_J$	—	
建筑物的位置因子	孤立建筑物	$C_{DJ}$	—	表A.1
内部系统的耐压 (kV)		$U_w$	1.5	
	参数结果	$K_{S4}$	0.67	公式(B.7)
		$P_{LD}$	1	表B.8
		$P_{LI}$	0.5	表B.9
a.当电信线路部分的长度 $L_L$ 不知道时，假定=1000m。（第A.4条和第A.5条）				

### E.2.2 农村房屋的分区定义

可以定义以下主要分区：

- $Z_1$  (户外)；
- $Z_2$  (户内)。

假定户外为 $Z_1$ 区，户外无人员活动。因此，人员遭遇电击的风险 $P_A=0$ 。因为 $P_A$ 是户外仅有的风险分量，所以 $Z_1$ 区内风险可以完全忽略。

只考虑所定义的 $Z_2$ 一个区域建筑物内的风险：

- 延伸在整个建筑物的两个内部系统（电力和通信）；
- 无空间屏蔽存在；
- 建筑物是一个单独的防火分区；

——假定建筑物内所有内存物都受到损失并取表C.1中相当的典型平均值。  
对Z<sub>2</sub>区内有作用的因子取值报告于表E.4中。

表 E. 4 农村房屋：Z<sub>2</sub> 区（户内）内有作用的因子

参数		说明	符号	数值	参考
地板类型		油地毯	$r_t$	$10^{-5}$	表C.3
防电击保护(雷击建筑物)		无	$P_{TA}$	1	表B.1
防电击保护(雷击线路)		无	$P_{TU}$	1	表B.6
火灾风险		低	$r_f$	$10^{-3}$	表C.5
防火措施		无	$r_p$	1	表C.4
内部空间屏蔽		无	$K_{S2}$	1	公式 (B.6)
电 力	内部布线	非屏蔽线(在同一管道中成环路导体)	$K_{S3}$	0.2	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
电 信	内部布线	非屏蔽线(大环路面积>10m <sup>2</sup> )	$K_{S3}$	1	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
L1: 人员生命损失		特殊危险: 无	$h_z$	1	表C.6
		D1: 由接触和跨步电压导致的	$L_T$	$10^{-2}$	表C.2
		D2: 由物理损害导致的	$L_F$	0.1	
		D3: 由内部系统故障导致的	$L_O$	—	
分区内人员伤亡因子		$(n_z/n_t) \times t_z / 8760 = 5/5 \times 8760 / 8760$	—	1	
参数结果			$L_A$	$10^{-7}$	公式 (C.1)
			$L_U$	$10^{-7}$	公式 (C.2)
			$L_B$	$10^{-4}$	公式 (C.3)
			$L_V$	$10^{-4}$	公式 (C.3)

### E.2.3 相关量的计算

表E.5给出了截收面积的计算结果，表E.6给出了预期危险事件的计算结果。

表 E. 5 农村房屋：建筑物和线路的截收面积

	符号	计算结果 (m <sup>2</sup> )	参考	公式
建筑物	$A_D$	$2.58 \times 10^{-3}$	(A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	$A_M$	—	(A.7)	几乎无关
电力线路	$A_{L/P}$	$4.00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	$4.00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{L/P} = 4000 \times L_L$
	$A_{D/I/P}$	0	(A.2)	没有相邻建筑物
电信线路	$A_{L/T}$	$4.00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	$4.00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{L/P} = 4000 \times L_L$
	$A_{D/I/T}$	0	(A.2)	没有相邻建筑物

表 E. 6 农村房屋：预期的年平均危险次数

	符号	计算结果	参考	公式
--	----	------	----	----

		(次/年)		
建筑物	$N_D$	$1.03 \times 10^{-2}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$
	$N_M$	—	(A.6)	几乎无关
电力线路	$N_{LP}$	$8.00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{LP} = N_G \times A_{LP} \times C_{LP} \times C_{EP} \times C_{TP} \times 10^{-6}$
	$N_{IP}$	8.00	(A.10)	$N_{IP} = N_G \times A_{IP} \times C_{IP} \times C_{EP} \times C_{TP} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/P}$	0	(A.5)	没有相邻建筑物
电信线路	$N_{LT}$	$1.60 \times 10^{-1}$	(A.8)	$N_{LT} = N_G \times A_{LT} \times C_{LT} \times C_{ET} \times C_{TT} \times 10^{-6}$
	$N_{IT}$	16	(A.10)	$N_{IT} = N_G \times A_{IT} \times C_{IT} \times C_{ET} \times C_{TT} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/T}$	0	(A.5)	没有相邻建筑物

#### E.2.4 风险 $R_1$ —需要雷电防护的确定

根据公式 (1)，风险  $R_1$  可以表示为下列分量的总和。

$$R_1 = R_A + R_B + R_{U/P} + R_{V/P} + R_{U/T} + R_{V/T}$$

根据表6需要估算各风险分量。

表E.7给出了所涉及各风险分量和总风险的计算结果。

表 E. 7 农村房屋：建筑物无保护时风险  $R_1$  的计算值 (数值  $\times 10^{-5}$ )

	符号	$Z_1$	$Z_2$	建筑物
D1 人身伤害	$R_A$	—	$\approx 0$	$\approx 0$
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$		0.002	0.002
D2 物理损害	$R_B$		0.103	0.103
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$		2.40	2.40
总和 ( $R_1$ )		—	2.51	2.51
风险容许值		$R_1 > R_T$ : 需要雷电防护		$R_T = 1$

因为  $R_1 = 2.51 \times 10^{-5}$  高于风险容许值  $R_T = 10^{-5}$ ，建筑物需要雷电防护。

#### E.2.5 风险 $R_1$ —选择保护措施

根据表E.7，下面给出风险的主要贡献值：

——分量  $R_V$  (雷击线路) 约96%；

——分量  $R_B$  (雷击建筑物) 约4%。

为了将风险  $R_1$  减少到容许值，应考虑影响风险分量  $R_V$  和  $R_B$  的保护措施。适宜的保护措施有：

a) 在线路入户端安装雷电防护水平 (LPL) IV 级的 SPD (雷电等电位连接)，以保护房屋的电力线和电话线。根据表B.7， $P_{EB}$  (由于在连接线路上安装了 SPD) 的值从1减少到0.05，而  $P_U$  和  $P_V$  的值由同一的因子系数减少；

b) 安装 IV 防雷类别的 LPS (包括强制的等电位连接)。根据表B.2和表B.7， $P_B$  的值从1减少到0.2， $P_{EB}$  (由于在连接线路上安装了 SPD) 的值从1减少到0.05，而  $P_U$  和  $P_V$  的最终值由同一的因子系数减少。

将这些值代入公式，重新得到风险分量值，在表E.8中给出。

表 E. 8 农村房屋：受到保护建筑物相关风险  $R_1$  的各风险分量

损害类型	符号	措施 <sup>a)</sup> $\times 10^{-5}$	措施 <sup>b)</sup> $\times 10^{-5}$
D1 由电击导致的人 身伤害	$R_A$	$\approx 0$	$\approx 0$
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$	$\approx 0$	$\approx 0$
D2	$R_B$	0.103	0.021

物理损害	$R_V$	0.120	0.120
总和	$R_1$	0.223	0.141

所选择的解决方案达到经济与技术上的优化组合。

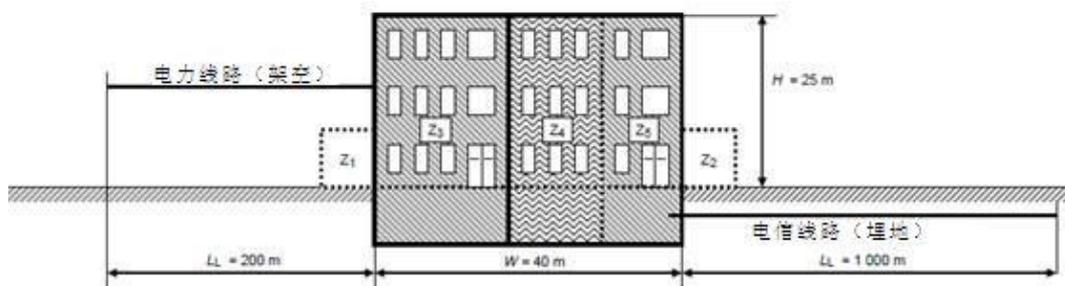
### E.3 办公楼

作为第二个案例考虑的是一栋办公楼（图E.2），内设有档案室、办公室和计算机中心机房。

本建筑物类型有关人员生命损失（L1）和经济损失（L4）。

要求评价需要采取的保护。这表明仅需确定人员生命损失（L1）的风险 $R_1$ 的所有风险分量 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_U$ 和 $R_V$ （表2）并将 $R_1$ 与风险容许值 $R_T=10^{-5}$ （表4）比较。选择合适的保护措施来减少这种风险或减少到风险容许值以下。

下面由业主决定不要求进行经济评价，因此不考虑经济损失（L4）的风险（ $R_4$ ）。



可以定义以下主要分区：

- Z<sub>1</sub>: 入口处（户外）
- Z<sub>2</sub>: 花园（内部的）
- Z<sub>3</sub>: 档案室
- Z<sub>4</sub>: 办公室
- Z<sub>5</sub>: 计算机中心机房

图 E. 2 办公楼

#### E.3.1 相关数据和特性

办公楼所在位置平坦，没有任何邻近建筑物。地闪密度 $N_G=4$ 次/ $\text{km}^2 \text{ a}$ 。

表E.9给出了建筑物和建筑物本身周围的数据资料。

表 E. 9 办公楼：环境和建筑物特性

参数	说明	符号	数值	参考
地闪密度（次/ $\text{m}^2 \text{ a}$ ）		$N_G$	4.0	
建筑物尺寸（m）		$L$ 、 $W$ 、 $H$	20、40、25	
建筑物的位置因子	孤立建筑物	$C_D$	1	表A.1
LPS	无	$P_B$	1	表B.2
等电位连接	无	$P_{ED}$	1	表B.7
外部空间屏蔽	无	$K_{S1}$	1	公式(B.5)

表 E. 10 办公楼：电力线路

参数	说明	符号	数值	参考
长度（m）		$L_L$	200	
布线方式因子	架空	$C_1$	1	表A.2
线路类型因子	LV线路	$C_T$	1	表A.3

环境因子	农村	$C_E$	1	表A.4
线路屏蔽 ( $\Omega/\text{km}$ )	非屏蔽	$R_S$	—	表B.8
屏蔽、接地、隔离	无	$C_{LD}$	1	表B.4
		$C_{LI}$	1	
相邻建筑物	无	$L_J, W_J, H_J$	—	
相邻建筑物的位置因子	无	$C_{DJ}$	—	表A.1
内部系统的耐压 (kV)		$U_W$	2.5	
参数结果		$K_{S4}$	0.4	公式(B.7)
		$P_{LD}$	1	表B.8
		$P_{LI}$	0.3	表B.9

表 E. 11 办公楼：电信线路

参数	说明	符号	数值	参考
长度 (m)		$L_L$	1000	
分布方式因子	埋地	$C_I$	0.5	表A.2
线路类型因子	通信线路	$C_T$	1	表A.3
环境因子	农村	$C_E$	1	表A.4
线路屏蔽 ( $\Omega/\text{km}$ )	非屏蔽线	$R_S$	—	表B.8
屏蔽、接地、绝缘	无	$C_{LD}$	1	表B.4
		$C_{LI}$	1	
相邻建筑物	无	$L_J, W_J, H_J$	—	
相邻建筑物的位置因子	无	$C_{DJ}$	—	表A.1
内部系统的耐压 (kV)		$U_W$	1.5	
参数结果		$K_{S4}$	0.67	公式(B.7)
		$P_{LD}$	1	表B.8
		$P_{LI}$	0.5	表B.9

### E.3.2 办公楼分区的定义

定义下列分区：

$Z_1$ ：（户外区域入口）；

$Z_2$ ：（露天花园）；

$Z_3$ ：（档案室）；

$Z_4$ ：（办公室）；

$Z_5$ ：（计算机中心机房）

考虑下列情况：

——户外入口区域、露天花园和内部建筑物的地面类型不同；

——将建筑物划分成两个防火区间：第一个是档案室（ $Z_3$ ），第二个是办公室与计算机中心房（ $Z_4$ 和 $Z_5$ ）划在一起成为一个区间；

——内部所有区域，即 $Z_3$ 、 $Z_4$ 和 $Z_5$ 的内部系统都与电力线路及电信线路相连；

——不存在空间屏蔽。

办公楼内外不同分区的总人数考虑为200人。

每个分区的相关人数是不同的。将人数分配到单个的分区里于表E.12中给出。这些人数被后面用来将总损失值分配成各个分区的分损失值的分配系数。

表 E. 12 办公楼：各分区的人数分配

分区	人数	停留时间
Z <sub>1</sub> (户外入口)	4	8760
Z <sub>2</sub> (露天花园)	2	8760
Z <sub>3</sub> (档案室)	20	8760
Z <sub>4</sub> (办公室)	160	8760
Z <sub>5</sub> (计算机中心机房)	14	8760
合计	n <sub>t</sub> =200	—

整栋建筑物有关风险R<sub>1</sub> (见表C.1) 的年均典型相对损失量, 下面由雷电防护设计者进行估算:

- L<sub>T</sub>=10<sup>-2</sup> (建筑物外);
- L<sub>T</sub>=10<sup>-2</sup> (建筑物内);
- L<sub>F</sub>=0.02 (保密类属“商业建筑”)。

各个分区根据单个分区的受到危险的人数与所考虑的总人数的比率来减少这些总损失值。

分区Z<sub>1</sub>~Z<sub>5</sub>的结果特性在表E.13~表E.17中给出。

表 E. 13 办公楼: Z<sub>1</sub> 分区 (户外入口区域) 的有效因子

参数	说明	符号	数值	参考
地表面	大理石	r <sub>t</sub>	10 <sup>-3</sup>	表C.3
防电击保护	无	P <sub>TA</sub>	1	表B.1
火灾风险	无	r <sub>f</sub>	0	表C.5
防火措施	无	r <sub>p</sub>	1	表C.4
内部空间屏蔽	无	K <sub>S2</sub>	1	公式 (B.6)
L1: 人员生命损失	特殊危险: 无	h <sub>Z</sub>	1	表C.6
	D1: 由接触和跨步电压导致的	L <sub>T</sub>	10 <sup>-2</sup>	表C.2
	D2: 由物理损害导致的	L <sub>F</sub>	—	
	D3: 由内部系统故障导致的	L <sub>O</sub>	—	
分区内人员伤亡因子	(n <sub>Z</sub> /n <sub>t</sub> )×t <sub>Z</sub> /8760=4/200×8760/8760	—	0.02	

表 E. 14 办公楼: Z<sub>2</sub> 分区 (露天花园) 的有效因子

参数	说明	符号	数值	参考
地表面	草坪	r <sub>t</sub>	10 <sup>-2</sup>	表C.3
防电击保护	栅栏	P <sub>TA</sub>	0	表B.1
火灾风险	无	r <sub>f</sub>	0	表C.5
防火措施	无	r <sub>p</sub>	1	表C.4
内部空间屏蔽	无	K <sub>S2</sub>	1	公式 (B.6)
L1: 人员生命损失	特殊危险: 无	h <sub>Z</sub>	1	表C.6
	D1: 由接触和跨步电压导致的	L <sub>T</sub>	10 <sup>-2</sup>	表C.2
	D2: 由物理损害导致的	L <sub>F</sub>	—	
	D3: 由内部系统故障导致的	L <sub>O</sub>	—	
分区内人员伤亡因子	(n <sub>Z</sub> /n <sub>t</sub> )×t <sub>Z</sub> /8760=2/200×8760/8760	—	0.01	

表 E. 15 办公楼: Z<sub>3</sub> 分区 (档案室) 的有效因子

参数	说明	符号	数值	参考
----	----	----	----	----

地板类型		油地毯	$r_i$	$10^{-5}$	表C.3
防电击保护（雷击建筑物）		无	$P_{TA}$	1	表B.1
防电击保护（雷击线路）		无	$P_{TU}$	1	表B.6
火灾风险		高	$r_f$	$10^{-1}$	表C.5
防火措施		无	$r_p$	1	表C.4
内部空间屏蔽		无	$K_{S2}$	1	公式（B.6）
电力	内部布线	非屏蔽线（在同一管道中成环路导体）	$K_{S3}$	0.2	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
电信	内部布线	非屏蔽线（大环路面积 $>10m^2$ ）	$K_{S3}$	1	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
L1：人员生命损失		特殊危险：低度恐慌	$h_z$	2	表C.6
		D1：由接触和跨步电压导致的	$L_T$	$10^{-2}$	表C.2
		D2：由物理损害导致的	$L_F$	0.02	
		D3：由内部系统故障导致的	$L_O$	—	
危险人员因子		$(n_z/n_i) \times t_z/8760=20/200 \times 8760/8760$	—	0.10	

表 E. 16 办公楼：Z<sub>4</sub> 分区（办公室）的有效因子

参数	说明	符号	数值	参考	
地板类型		油地毯	$r_i$	$10^{-5}$	表C.3
防电击保护（雷击建筑物）		无	$P_{TA}$	1	表B.1
防电击保护（雷击线路）		无	$P_{TU}$	1	表B.6
火灾风险		低	$r_f$	$10^{-3}$	表C.5
防火措施		无	$r_p$	1	表C.4
内部空间屏蔽		无	$K_{S2}$	1	公式（B.6）
电力	内部布线	非屏蔽线（在同一管道中成环路导体）	$K_{S3}$	0.2	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
电信	内部布线	非屏蔽线（大环路面积 $>10m^2$ ）	$K_{S3}$	1	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
L1：人员生命损失		特殊危险：低度恐慌	$h_z$	2	表C.6
		D1：由接触和跨步电压导致的	$L_T$	$10^{-2}$	表C.2
		D2：由物理损害导致的	$L_F$	0.02	
		D3：由内部系统故障导致的	$L_O$	—	
危险人员因子		$(n_z/n_i) \times t_z/8760=160/200 \times 8760/8760$	—	0.80	

表 E. 17 办公楼：Z<sub>5</sub> 分区（计算机中心机房）的有效因子

参数	说明	符号	数值	参考	
地板类型		油地毯	$r_i$	$10^{-5}$	表C.3
防电击保护（雷击建筑		无	$P_{TA}$	1	表B.1

物)					
防电击保护 (雷击线路)	无	$P_{TU}$	1	表B.6	
火灾风险	低	$r_f$	$10^{-3}$	表C.5	
防火措施	无	$r_p$	1	表C.4	
内部空间屏蔽	无	$K_{S2}$	1	公式 (B.6)	
电力	内部布线	非屏蔽线 (在同一管道中成环路导体)	$K_{S3}$	0.2	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
电信	内部布线	非屏蔽线 (大环路面积 > 10m <sup>2</sup> )	$K_{S3}$	1	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
L1: 人员生命损失	特殊危险: 低度恐慌		$h_z$	2	表C.6
	D1: 由接触和跨步电压导致的		$L_T$	$10^{-2}$	表C.2
	D2: 由物理损害导致的		$L_F$	0.02	
	D3: 由内部系统故障导致的		$L_O$	—	
危险人员因子	$(n_z/n_t) \times t_z / 8760 = 14 / 200 \times 8760 / 8760$		—	0.07	

### E.3.3 相关量的计算

截收面积在表E.18中给出计算结果, 预期危险事件次数在表E.19中给出计算结果。

表 E. 18 办公楼: 建筑物和线路的截收面积

	符号	计算结果 (m <sup>2</sup> )	参考	公式
建筑物	$A_D$	$2.75 \times 10^4$	(A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	$A_M$	—	(A.7)	几乎无关
电力线路	$A_{LP}$	$8.00 \times 10^3$	(A.9)	$A_{LP} = 40 \times L_L$
	$A_{IP}$	$8.00 \times 10^5$	(A.11)	$A_{LP} = 4000 \times L_L$
	$A_{DAP}$	0	(A.2)	没有相邻建筑物
电信线路	$A_{LT}$	$4.00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{LP} = 40 \times L_L$
	$A_{IT}$	$4.00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{LP} = 4000 \times L_L$
	$A_{DAT}$	0	(A.2)	没有相邻建筑物

表 E. 19 办公楼: 预期年平均危险事件次数

	符号	计算结果 (次/年)	参考	公式
建筑物	$N_D$	$1.10 \times 10^{-1}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$
	$N_M$	—	(A.6)	几乎无关
电力线路	$N_{LP}$	$3.20 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{LP} = N_G \times A_{LP} \times C_{IP} \times C_{EP} \times C_{TP} \times 10^{-6}$
	$N_{IP}$	3.20	(A.10)	$N_{IP} = N_G \times A_{IP} \times C_{IP} \times C_{EP} \times C_{TP} \times 10^{-6}$
	$N_{DAP}$	0	(A.5)	没有相邻建筑物
电信线路	$N_{LT}$	$8.00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{LT} = N_G \times A_{LT} \times C_{IT} \times C_{ET} \times C_{IT} \times 10^{-6}$
	$N_{IT}$	8.00	(A.10)	$N_{IT} = N_G \times A_{IT} \times C_{IT} \times C_{ET} \times C_{IT} \times 10^{-6}$
	$N_{DAT}$	0	(A.5)	没有相邻建筑物

### E.3.4 风险 $R_1$ —需要雷电防护的确定

在表E.20中计算出了无保护建筑物的各风险分量的值。

表 E. 20 办公楼：无保护建筑物的风险  $R_1$  的计算值（数值 $\times 10^{-5}$ ）

	符号	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	建筑物
D1电击导致的人身伤害	$R_A$	0.002	0	$\approx 0$	0.001	$\approx 0$	0.003
	$R_U=R_{U/P}+R_{U/T}$			$\approx 0$	0.001	$\approx 0$	0.001
D2物理损害	$R_B$			4.395	0.352	0.031	4.788
	$R_V=R_{V/P}+R_{V/T}$			4.480	0.358	0.031	4.780
总和 ( $R_1$ )		0.002	0	8.876	0.712	0.062	9.65
风险容许值		$R_1 > R_T$ : 需要雷电防护					$R_T=1$

因为 $R_1=9.65 \times 10^{-5}$ 高于风险容许值 $R_T=10^{-5}$ ，建筑物需要雷电防护。

### E.3.5 风险 $R_1$ —选择保护措施

建筑物的风险 $R_1$ 主要是雷击建筑物或相连线路集中在 $Z_3$ 区（分量 $R_B \approx 49\%$ 与分量 $R_V \approx 50\%$ 合在一起约为总风险的99%）造成物理损害引起的（见表E.20）。

这些起主要作用的风险分量可以通过以下措施来减少：

——整个办公楼安装有符合IEC62305-3-2010要求的LPS，则通过概率 $P_B$ 来减少风险分量 $R_B$ 。在入口处采取雷电等电位连接措施——对LPS的强制要求——通过概率 $P_{EB}$ 来减少风险分量 $R_U$ 和 $R_V$ ；

——对 $Z_3$ 区（档案室）采取了防火保护措施（如灭火器、自动火灾监测系统等）。这将通过缩减因子 $r_p$ 来减少风险分量 $R_B$ 和 $R_V$ ；

——在办公楼的入口处采取雷电等电位连接措施。这仅将通过概率 $P_{EB}$ 来减少风险分量 $R_U$ 和 $R_V$ 。

还可以采取下列方案联合使用不同原理的防护措施：

方案a)

——安装符合IEC62305-3-2010要求的防雷保护类别为III类的LPS保护办公楼以减少风险分量 $R_B$  ( $P_B=0.1$ )。本LPS包括在入户端设计雷电防护水平（LPL）为III级的SPD进行强制的雷电等电位连接措施（ $P_{EB}=0.05$ ），从而减少风险分量 $R_U$ 和 $R_V$ 。

方案b)

——安装符合IEC62305-3-2010要求的防雷保护类别为IV类的LPS保护办公楼以减少风险分量 $R_B$  ( $P_B=0.2$ )。本LPS包括在入户端设计雷电防护水平（LPL）为IV级的SPD进行强制的雷电等电位连接措施（ $P_{EB}=0.05$ ），从而减少风险分量 $R_U$ 和 $R_V$ 。

——使用灭火（或监测）系统来减少风险分量 $R_B$ 和 $R_V$ 。在 $Z_3$ 区（档案室）安装手动灭火装置（ $r_p=0.5$ ）。

对两种方案，将都会使表E.20中的风险值发生变化，变化后的风险值报告在表E.21中。

表 E. 21 办公楼：受到保护建筑物的风险  $R_1$  的计算值（数值 $\times 10^{-5}$ ）

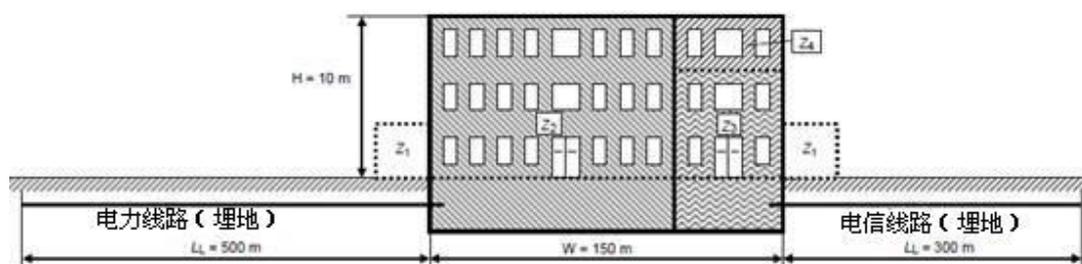
	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	合计	容许值	结果
方案a	$\approx 0$	0	0.664	0.053	0.005	$R_1=0.722$	$R_T=1$	$R_1 \leq R_T$
方案b	$\approx 0$	0	0.552	0.089	0.008	$R_1=0.648$	$R_T=1$	$R_1 \leq R_T$

两种解决方案都把风险减少到风险容许值以下。所采取的解决方案达到了最优技术要求与最优成本效益。

## E.4 医院

本案例考虑了设有病房、手术室和重症监护室等标准设施的医院作为一个更复杂的评估案例。

本设施类型有关人员生命损失 ( $L1$ ) 和经济损失 ( $L4$ )。必须评价需要的保护和保护措施的成本效益。这些需要进行风险 $R_1$ 和 $R_4$ 的估算。



可以定义以下主要分区：

- Z<sub>1</sub>: 户外
- Z<sub>2</sub>: 病房
- Z<sub>3</sub>: 手术室
- Z<sub>4</sub>: 重症监护室

图 E. 3—医院

### E.4.1 相关数据和特性

医院位于没有任何邻近建筑物的平坦位置。地闪密度 $N_G=4$ 次/ $\text{km}^2 \text{ a}$ 。

医院大楼和大楼周围的数据在表E.22中给出。

入户线路和线路本身相连内部系统的数据，其中电力线路在表E.23中给出，电信线路在表E.24中给出。

表 E. 22 医院：环境和整栋建筑物特性

参数	说明	符号	数值	参考
地闪密度 (次/ $\text{m}^2 \text{ a}$ )		$N_G$	4.0	
建筑物尺寸 (m)		$L$ 、 $W$ 、 $H$	50、150、10	
建筑物的位置因子	孤立建筑物	$C_D$	1	表A.1
LPS	无	$P_B$	1	表B.2
等电位连接	无	$P_{ED}$	1	表B.7
外部空间屏蔽	无	$K_{S1}$	1	公式(B.5)

表 E. 23 医院：电力线路

参数	说明	符号	数值	参考
长度 (m)		$L_L$	500	
布线方式因子	埋地	$C_1$	0.5	表A.2
线路类型因子	HV线路 (配有HV/LV变压器)	$C_T$	0.2	表A.3
环境因子	郊区	$C_E$	0.5	表A.4
线路屏蔽 ( $\Omega/\text{km}$ )	线路屏蔽层与设备同一等电位排相连	$R_S$	$R_S \leq 1$	表B.8

屏蔽、接地、隔离	线路屏蔽层与设备同一等电位排相连	$C_{LD}$	1	表B.4
		$C_{LI}$	0	
相邻建筑物	无	$L_J, W_J, H_J$	—	
相邻建筑物的位置因子	无	$C_{DJ}$	—	表A.1
内部系统的耐压 (kV)		$U_W$	2.5	
参数结果		$K_{S4}$	0.4	公式(B.7)
		$P_{LD}$	0.2	表B.8
		$P_{LI}$	0.3	表B.9

表 E. 24 医院：电信线路

参数	说明	符号	数值	参考
长度 (m)		$L_L$	300	
分布方式因子	埋地	$C_I$	0.5	表A.2
线路类型因子	电信线路	$C_T$	1	表A.3
环境因子	郊区	$C_E$	0.5	表A.4
线路屏蔽 ( $\Omega/\text{km}$ )	线路屏蔽层与设备同一等电位排相连	$R_S$	$1 < R_S \leq 5$	表B.8
屏蔽、接地、绝缘	线路屏蔽层与设备同一等电位排相连	$C_{LD}$	1	表B.4
		$C_{LI}$	0	
相邻建筑物	长、宽、高	$L_J, W_J, H_J$	20、30、5	
相邻建筑物的位置因子	孤立建筑物	$C_{DJ}$	1	表A.1
内部系统的耐压 (kV)		$U_W$	1.5	
参数结果		$K_{S4}$	0.67	公式(B.7)
		$P_{LD}$	0.8	表B.8
		$P_{LI}$	0.5	表B.9

#### E.4.2 医院的分区定义

定义如下分区：

$Z_1$  (大楼外)；

$Z_2$  (病房)；

$Z_3$  (手术室)；

$Z_4$  (重症监护室ICU)；

考虑下列情况：

——建筑物户外与户内的地表类型不同；

——划分为两个防火分区：第一个防火分区是病房 ( $Z_2$ )，而第二个是手术室 ( $Z_3$ ) 与重症监护室 ( $Z_4$ ) 和在一起为一个防火分区；

——所有内部分区  $Z_2$ 、 $Z_3$  和  $Z_4$ ，都有电力线和电信线与内部系统相连；

——没有空间屏蔽；

——重症监护室内有高度敏感的电子系统和需要采取空间屏蔽作为防护措施。

医院内外不同分区的总人数考虑为1000人。

有关每个分区的人员数、停留时间和经济价值不同。

划分为的单个分区及合计值在表E.25中给出。这些数值被后面用来将总损失值分配成各

个分区的分损失值的分配系数。

表 E. 25 医院：分配在各个分区的人数和经济价值

分区	人员数	停留时间 (小时h/ 年)	经济价值×10 <sup>6</sup> (\$: 美元)				合计
			生物c <sub>a</sub>	大楼c <sub>b</sub>	内存物c <sub>c</sub>	内部系统c <sub>s</sub>	
Z <sub>1</sub> (大楼外)	10	8760	—	—	—	—	—
Z <sub>2</sub> (病房)	950	8760	—	70	6	3.5	79.5
Z <sub>3</sub> (手术室)	35	8760	—	2	0.9	5.5	8.4
Z <sub>4</sub> (重症监 护室)	5	8760	—	1	0.1	1.0	2.1
合计	n <sub>t</sub> =1000	—	0	73	7	10	90.0

对于风险R<sub>1</sub>，由雷电防护设计者估算后，按照表C.2中的基本损失值（每年损失的典型平均相对损失价值）和按照表C.6中的特殊危险增长因子估算的损失率列举如下：

- L<sub>T</sub>=10<sup>-2</sup> 在建筑物外部的Z<sub>1</sub>分区；
- L<sub>T</sub>=10<sup>-2</sup> 在建筑物内部的Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub>、Z<sub>4</sub>分区；
- L<sub>F</sub>=10<sup>-1</sup> 在建筑物内部的Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub>、Z<sub>4</sub>分区；
- h<sub>Z</sub>=5 在建筑物内部由于疏散困难的Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub>、Z<sub>4</sub>分区；
- L<sub>O</sub>=10<sup>-3</sup> 在Z<sub>2</sub>分区（病房）；
- L<sub>O</sub>=10<sup>-2</sup> 在Z<sub>3</sub>分区（手术室）和Z<sub>4</sub>分区（重症监护室）；

根据公式（C.1）～（C.4）计算单个的分区中受到危险的人数与所考虑的总人数的比率和人员停留时的时间来减少各个分区的这些基本损失值。

对于风险R<sub>4</sub>，按照表C.12估算的基本损失值列举如下：

- L<sub>T</sub>=0 没有受到危险的生物；
- L<sub>F</sub>=0.5在建筑物内部的Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub>、Z<sub>4</sub>分区；
- L<sub>O</sub>=0.5在建筑物内部的Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub>、Z<sub>4</sub>分区；

根据公式（C.11）～（C.13）计算单个的分区中受到危险的价值与所考虑建筑物的总价值（生物、楼房、内存物、内部系统和业务运行）的比率来减少各个分区的这些基本损失值。单个的分区中受到危险的价值取决于损害的类型：

- D1(由电击造成伤害)：仅有生物的价值c<sub>a</sub>；
- D2(物理损害)：所有价值的总和c<sub>a</sub>+c<sub>b</sub>+c<sub>c</sub>+c<sub>s</sub>；
- D3(内部系统故障)：仅内部系统和本身业务运行的价值。

Z<sub>1</sub>~Z<sub>4</sub>分区的结果特性在表E.26~E.29中给出。

表 E. 26 医院：Z<sub>1</sub>分区的有效因子（大楼外部）

参数	说明	符号	数值	参考
地表面	混凝土	r <sub>t</sub>	10 <sup>-2</sup>	表C.3
防电击保护	无	P <sub>TA</sub>	1	表B.1
火灾风险	无	r <sub>f</sub>	0	表C.5
防火措施	无	r <sub>p</sub>	1	表C.4
内部空间屏蔽	无	K <sub>S2</sub>	1	公式（B.6）
L1：人员生命损失	特殊危险：无	h <sub>Z</sub>	1	表C.6
	D1：由接触和跨步电压导致的	L <sub>T</sub>	10 <sup>-2</sup>	表C.2
	D2：由物理损害导致的	L <sub>F</sub>	0	

	D3: 由内部系统故障导致的	$L_O$	0	
分区内人员伤亡因子	$(n_z/n_i) \times t_z/8760=10/1000 \times 8760/8760$	—	0.01	

表 E. 27 医院：Z<sub>2</sub> 分区的有效因子（病房）

参数		说明	符号	数值	参考
地板类型		油地毯	$r_f$	$10^{-5}$	表C.3
防电击保护（雷击建筑物）		无	$P_{TA}$	1	表B.1
防电击保护（雷击线路）		无	$P_{TU}$	1	表B.6
火灾风险		一般	$r_f$	$10^{-2}$	表C.5
防火措施		无	$r_P$	1	表C.4
内部空间屏蔽		无	$K_{S2}$	1	公式（B.6）
电力	内部布线	非屏蔽线（在同一管道中成环路导体）	$K_{S3}$	0.2	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
电信	内部布线	非屏蔽线（在同一管道中成环路导体）	$K_{S3}$	0.01	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
L1: 人员生命损失		特殊危险：疏散困难	$h_Z$	5	表C.6
		D1: 由接触和跨步电压导致的	$L_T$	$10^{-2}$	表C.2
		D2: 由物理损害导致的	$L_F$	0.1	
		D3: 由内部系统故障导致的	$L_O$	$10^{-3}$	
分区内危险人员因子		$(n_z/n_i) \times t_z/8760=950/1000 \times 8760/8760$	—	0.95	
L4: 经济损失		D2: 由物理损害导致的	$L_F$	0.5	表C.12
		D2: 因子 $(c_a+c_b+c_c+c_s)/c_t=79.5/90$		0.883	
		D3: 由内部系统故障导致的	$L_O$	$10^{-2}$	
		D3: 因子 $c_s/c_t=3.5/90$		0.039	

表 E. 28 医院：Z<sub>3</sub> 分区的有效因子（手术室）

参数		说明	符号	数值	参考
地板类型		油地毯	$r_f$	$10^{-5}$	表C.3
防电击保护（雷击建筑物）		无	$P_{TA}$	1	表B.1
防电击保护（雷击线路）		无	$P_{TU}$	1	表B.6
火灾风险		低	$r_f$	$10^{-3}$	表C.5
防火措施		无	$r_P$	1	表C.4
内部空间屏蔽		无	$K_{S2}$	1	公式（B.6）
电力	内部布线	非屏蔽线（在同一管道中成环路导体）	$K_{S3}$	0.2	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
电信	内部布线	非屏蔽线（在同一管道中成环路导体）	$K_{S3}$	0.01	表B.5

	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
L1: 人员生命损失		特殊危险: 疏散困难	$h_Z$	5	表C.6
		D1: 由接触和跨步电压导致的	$L_T$	$10^{-2}$	表C.2
		D2: 由物理损害导致的	$L_F$	0.1	
		D3: 由内部系统故障导致的	$L_O$	$10^{-2}$	
分区内危险人员因子		$(n_z/n_t) \times r_z/8760=35/1000 \times 8760/8760$	—	0.035	
L4: 经济损失		D2: 由物理损害导致的	$L_F$	0.5	表C.12
		D2: 因子 $(c_a+c_b+c_c+c_s)/c_t=8.4/90$		0.093	
		D3: 由内部系统故障导致的	$L_O$	$10^{-2}$	
		D3: 因子 $c_s/c_t=5.5/90$		0.061	

表 E. 29 医院: Z<sub>4</sub> 分区的有效因子 (重症监护室)

参数	说明	符号	数值	参考	
地板类型	油地毯	$r_t$	$10^{-5}$	表C.3	
防电击保护 (雷击建筑物)	无	$P_{TA}$	1	表B.1	
防电击保护 (雷击线路)	无	$P_{TU}$	1	表B.6	
火灾风险	低	$r_f$	$10^{-3}$	表C.5	
防火措施	无	$r_p$	1	表C.4	
内部空间屏蔽	无	$K_{S2}$	1	公式 (B.6)	
电力	内部布线	非屏蔽线 (在同一管道中成环路导体)	$K_{S3}$	0.2	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
电信	内部布线	非屏蔽线 (在同一电缆中成环路导体)	$K_{S3}$	0.01	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
L1: 人员生命损失		特殊危险: 疏散困难	$h_Z$	5	表C.6
		D1: 由接触和跨步电压导致的	$L_T$	$10^{-2}$	表C.2
		D2: 由物理损害导致的	$L_F$	0.1	
		D3: 由内部系统故障导致的	$L_O$	$10^{-2}$	
分区内危险人员因子		$(n_z/n_t) \times r_z/8760=35/1000 \times 8760/8760$	—	0.035	
L4: 经济损失		D2: 由物理损害导致的	$L_F$	0.5	表C.12
		D2: 因子 $(c_a+c_b+c_c+c_s)/c_t=2.1/90$		0.023	
		D3: 由内部系统故障导致的	$L_O$	$10^{-2}$	
		D3: 因子 $c_s/c_t=1.0/90$		0.011	

### E.4.3 相关量的计算

截收面积在表E.30中给出计算结果, 预期危险事件次数在表E.31中给出计算结果。

表 E. 30 医院: 建筑物和线路的截收面积

	符号	计算结果 (m <sup>2</sup> )	参考	公式
建筑物	$A_D$	$2.23 \times 10^4$	(A.2)	$A_D=L \times W+2 \times (3 \times H) \times (L+W)+\pi \times (3 \times H)^2$
	$A_M$	$9.85 \times 10^5$	(A.7)	$A_M=2 \times 500 \times (L+W)+\pi \times 500^2$

电力线路	$A_{L/P}$	$2.00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P}=40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	$2.00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{L/P}=4000 \times L_L$
	$A_{DJ/P}$	0	(A.2)	没有相邻建筑物
电信线路	$A_{L/T}$	$1.20 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P}=40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	$1.20 \times 10^6$	(A.11)	$A_{L/P}=4000 \times L_L$
	$A_{DJ/T}$	$2.81 \times 10^3$	(A.2)	$A_{DJ/T}=L_J \times W_J + 2 \times (3 \times H_J) \times (L_J + W_J) + \pi \times (3 \times H_J)^2$

表 E. 31 医院：预期年平均危险事件次数

	符号	计算结果 (次/年)	参考	公式
建筑物	$N_D$	$8.93 \times 10^{-2}$	(A.4)	$N_D=N_G \times A_{D/B} \times C_{D/B} \times 10^{-6}$
	$N_M$	3.94	(A.6)	$N_M=N_G \times A_M \times 10^{-6}$
电力线路	$N_{L/P}$	$4.00 \times 10^{-3}$	(A.8)	$N_{L/P}=N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{I/P}$	$4.00 \times 10^{-1}$	(A.10)	$N_{I/P}=N_G \times A_{I/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/P}$	0	(A.5)	没有相邻建筑物
电信线路	$N_{L/T}$	$1.20 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/T}=N_G \times A_{L/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{I/T}$	1.20	(A.10)	$N_{I/T}=N_G \times A_{I/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/T}$	$1.12 \times 10^{-2}$	(A.5)	$N_{DJ/T}=N_G \times A_{DJ/T} \times C_{DJ/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$

#### E.4.4 风险 $R_1$ —需要雷电防护的确定

各概率值  $P_X$  在表 E.32 中给出，而没有受到保护建筑物的各风险分量值报告于表 E.33 中。

表 E. 32 医院：风险  $R_1$ —无保护建筑物的概率值  $P_X$

损害类型	符号	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	参考	公式
D1电击 导致的人 身伤害	$P_A$	1		1			
	$P_{U/P}$			0.2			
	$P_{U/T}$			0.8			
D2物理 损害	$P_B$			1			
	$P_{V/P}$			0.2			
	$P_{V/T}$			0.8			
D3内部 系统故障	$P_C$			1		(14)	$P_C=1-(1-P_{C/P}) \times (1-P_{C/T})=1-(1-1) \times (1-1)$
	$P_M$			0.0064		(15)	$P_M=1-(1-P_{M/P}) \times (1-P_{M/T})=1-(1-0.0064) \times (1-0.00004)$
	$P_{W/P}$			0.2			
	$P_{W/T}$			0.8			
	$P_{Z/P}$			0			
	$P_{Z/T}$			0			

表 E. 33 医院：无保护建筑物的风险  $R_1$  的计算值 (数值  $\times 10^{-5}$ )

损害类型	符号	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	建筑物
D1电击导 致的人身 伤害	$R_A$	0.009	0.0009	$\approx 0$	$\approx 0$	0.010
	$R_U=R_{U/P}+R_{U/T}$		$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$

D2物理损害	$R_B$		42.4	0.156	0.022	42.6
	$R_V=R_{V/P}+R_{V/T}$		9.21	0.034	0.005	9.245
D3内部系统故障	$R_C$		8.484	3.126	0.447	12.057
	$R_M$		2.413	0.899	0.127	3.429
	$R_W=R_{W/P}+R_{W/T}$		1.841	0.678	0.097	2.616
	$R_Z=R_{Z/P}+R_{Z/T}$					
合计		0.009	64.37	4.89	0.698	$R_1=69.96$
容许值		$R_1 > R_T$ : 需要雷电防护				$R_T=1$

因为 $R_1=69.96 \times 10^{-5}$ 高于风险容许值 $R_T=10^{-5}$ ，建筑物需要雷电防护。

#### E.4.5 风险 $R_1$ —选择保护措施

风险 $R_1$ 主要受到以下因素的影响（见表E.33）：

—— $Z_2$ 分区中的物理损害（风险分量 $R_B$ 和 $R_V$ 分别约占总风险的61%和13%）；

—— $Z_2$ 和 $Z_3$ 分区中的内部系统故障（风险分量 $R_C$ 分别约占总风险的12%和5%）。

这些起主要作用的风险分量可以通过以下措施来减少：

——整个医院大楼安装符合IEC62305-3-2010要求的LPS，则通过概率 $P_B$ 来减少风险分量 $R_B$ 。还可以在入户端安装具有强制性的雷电等电位连接措施，通过概率 $P_{EB}$ 来减少风险分量 $R_U$ 和 $R_V$ ；

——对 $Z_2$ 分区采取防火保护措施（如灭火器、自动火灾监测系统等）。这将通过缩减因子 $r_P$ 来减少风险分量 $R_B$ 和 $R_V$ ；

——在 $Z_2$ 和 $Z_3$ 分区的内部电力和电信系统上安装符合IEC62305-4-2010要求的匹配的SPD，通过概率 $P_{SPD}$ 来减少风险分量 $R_C$ 、 $R_M$ 、 $R_W$ 。

——为 $Z_2$ 和 $Z_3$ 分区提供符合IEC62305-4-2010要求的空间格栅形屏蔽，通过概率 $P_M$ 来减少风险分量 $R_M$ 。

还可以采取下列方案联合使用这些不同原理的防护措施：

方案a)

——用防雷保护类别为I类的LPS保护医院大楼（ $P_B=0.02$ 还包括 $P_{EB}=0.01$ ）；

——在 $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$ 分区的内部电力和电信系统上安装比（ $1.5 \times$ ）I级雷电防护水平（LPL）性能更优的匹配的SPD保护（ $P_{SPD}=0.005$ ）；

——为 $Z_2$ 分区提供具有自动防火功能的系统（仅 $Z_2$ 分区的 $r_P=0.2$ ）；

——为 $Z_3$ 和 $Z_4$ 分区提供网格宽度 $W_M=0.5m$ 的屏蔽。

采用本方案后，表E.33中的各风险值将会发生变化，变化后的风险值报告在表E.34中。

表 E. 34 医院：按照方案 a) 有保护建筑物的风险  $R_1$  的计算值（数值 $\times 10^{-5}$ ）

损害类型	符号	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	建筑物
D1电击导致的人身伤害	$R_A$	$\approx 0$				
	$R_U=R_{U/P}+R_{U/T}$		$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$
D2物理损害	$R_B$		0.170	0.003	$\approx 0$	0.173
	$R_V=R_{V/P}+R_{V/T}$		0.018	$\approx 0$	$\approx 0$	0.018
D3内部系统故障	$R_C$		0.085	0.031	0.004	0.12
	$R_M$		0.012	$\approx 0$	$\approx 0$	0.012
	$R_W=R_{W/P}+R_{W/T}$		0.009	0.003	$\approx 0$	0.012
	$R_Z=R_{Z/P}+R_{Z/T}$					
合计		$\approx 0$	0.294	0.037	0.004	$R_1=0.335$

容许值	$R_1 < R_T$ : 该类型损失计算结果表明本方案a保护了医院大楼	$R_T=1$
-----	--------------------------------------	---------

方案b)

- 用防雷保护类别为 I 类的LPS保护医院大楼 ( $P_B=0.02$ 还包括 $P_{EB}=0.01$ ) ;
  - 在 $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$ 分区的内部电力和电信系统上安装比(3×) I 级雷电防护水平(LPL)性能更优的匹配的SPD保护( $P_{SPD}=0.001$ ) ;
  - 为 $Z_2$ 分区提供具有自动防火功能的系统(仅 $Z_2$ 分区的 $r_p=0.2$ )。
- 采用本方案后, 表E.33中的各风险值将会发生变化, 变化后的风险值报告在表E.35中。

表 E. 35 医院: 按照方案 b) 有保护建筑物的风险  $R_1$  的计算值 (数值 $\times 10^{-5}$ )

损害类型	符号	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	建筑物
D1电击导致的人身伤害	$R_A$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$
	$R_U=R_{U/P}+R_{U/T}$		$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$
D2物理损害	$R_B$		0.170	0.003	0.001	0.174
	$R_V=R_{V/P}+R_{V/T}$		0.018	$\approx 0$	$\approx 0$	0.018
D3内部系统故障	$R_C$		0.017	0.006	0.001	0.024
	$R_M$		0.002	0.001	$\approx 0$	0.003
	$R_W=R_{W/P}+R_{W/T}$		0.002	0.001	$\approx 0$	0.003
	$R_Z=R_{Z/P}+R_{Z/T}$					
合计		$\approx 0$	0.209	0.011	0.002	$R_1=0.222$
容许值		$R_1 < R_T$ : 该类型损失计算结果表明本方案b保护了医院大楼				$R_T=1$

方案c)

- 用防雷保护类别为 I 类的LPS保护医院大楼 ( $P_B=0.02$ 还包括 $P_{EB}=0.01$ ) ;
  - 在 $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$ 分区的内部电力和电信系统上安装比(2×) I 级雷电防护水平(LPL)性能更优的匹配的SPD保护( $P_{SPD}=0.002$ ) ;
  - 为 $Z_2$ 分区提供具有自动防火功能的系统(仅 $Z_2$ 分区的 $r_p=0.2$ )。
  - 为 $Z_3$ 和 $Z_4$ 分区提供网格宽度 $W_M=0.1m$ 的屏蔽。
- 采用本方案后, 表E.33中的各风险值将会发生变化, 变化后的风险值报告在表E.36中。

表 E. 36 医院: 按照方案 c) 有保护建筑物的风险  $R_1$  的计算值 (数值 $\times 10^{-5}$ )

损害类型	符号	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	建筑物
D1电击导致的人身伤害	$R_A$	$\approx 0$				
	$R_U=R_{U/P}+R_{U/T}$		$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$
D2物理损害	$R_B$		0.170	0.003	$\approx 0$	0.173
	$R_V=R_{V/P}+R_{V/T}$		0.018	$\approx 0$	$\approx 0$	0.018
D3内部系统故障	$R_C$		0.034	0.012	0.002	0.048
	$R_M$		$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$	$\approx 0$
	$R_W=R_{W/P}+R_{W/T}$		0.004	0.001	$\approx 0$	0.005
	$R_Z=R_{Z/P}+R_{Z/T}$					
合计		$\approx 0$	0.226	0.016	0.002	$R_1=0.244$

容许值	$R_1 < R_T$ : 该类型损失计算结果表明本方案b保护了医院大楼	$R_T=1$
-----	--------------------------------------	---------

所有解决方案都把风险减少到风险容许水平以下。所采取的解决方案达到了最优技术要求与最优成本效益方案。

#### E.4.6 风险 $R_4$ —成本效益分析

对经济损失 ( $L_4$ ) 可以用前面同样的方法评价对应的风险  $R_4$ 。在表E.22~E.29中给出了评价各风险分量所必须的所有参数, 这里只对经济损失  $L_4$  的损失率  $L_x$  有效。因此, 只有  $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$  分区, 而  $Z_1$  分区忽略 (只可以有关生物损失的情况)。

在上述表E.25中给出了各分区的经济损失价值 (生物、楼房、内部系统和业务运行) 和总损失价值。

对来自风险  $R_4$  或  $R'_4$  的值和来自建筑物的总价值  $c_1=90 \times 10^6$  \$ (E.25) 可以估算无保护建筑物的年平均损失成本  $C_L=R_4 \times c_1$  和有保护建筑物的年平均损失成本  $C_{RL}=R'_4 \times c_1$  算出 (见公式 (D.2) 和 (D.4))。表E.37给出了计算结果。

表 E. 37 医院: 损失成本  $C_L$  (无保护的) 和  $C_{RL}$  (有保护的)

保护情况	风险 $R_4$ 数值 $\times 10^{-5}$					损失成本 \$
	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	建筑物	$C_L$ 或 $C_{RL}$
无保护	—	53.2	8.7	1.6	63.5	57185
方案 a)	—	0.22	0.07	0.01	0.30	271
方案 b)	—	0.18	0.02	0.005	0.21	190
方案 c)	—	0.19	0.03	0.007	0.23	208

与保护措施有关的利率、折旧率和维护费率的假定值。

表 E. 38 医院: 与保护措施有关的费率

费率	符号	数值
利率	$i$	0.04
折旧率	$a$	0.05
维护费率	$m$	0.01

在表 E.39 中给出了采取所有可能保护措施的成本  $C_P$  清单和采用方案 a)、b)或 c)中的保护措施的年平均成本  $C_{PM}$  清单 (见公式 (D.5))。

表 E. 39 医院: 采取保护措施的成本  $C_P$  和  $C_{PM}$  (成本数值以美元\$计算)

防护措施	成本 $C_P$	年平均成本 $C_{PM}=C_P/(i+a+m)$		
		方案 a)	方案 b)	方案 c)
雷电防护类别为 I 类的 SPD	100000	10000	10000	10000
$Z_2$ 分区的自动消防装置	50000	5000	5000	5000
$Z_3$ 和 $Z_4$ 分区的网格屏蔽 ( $W=0.5m$ )	100000	10000		
$Z_3$ 和 $Z_4$ 分区的网格屏蔽 ( $W=0.1m$ )	110000			11000
电力系统安装 SPD (1.5 $\times$ I 级 LPL)	20000	2000		
电力系统安装 SPD (2 $\times$ I 级 LPL)	24000			2400
电力系统安装 SPD (3 $\times$ I 级 LPL)	30000		3000	
电信系统安装 SPD (1.5 $\times$ I 级 LPL)	10000	1000		
电信系统安装 SPD (2 $\times$ I 级 LPL)	12000			1200

电信系统安装 SPD (3× I 级 LPL)	15000		1500	
年平均成本总和 $C_{PM}$		28000	19500	29600

通过无保护建筑物的年平均损失成本  $C_L$  与有保护建筑物仍然产生的年平均损失总成本  $C_{RL}$  及采取了保护措施的平均成本  $C_{PM}$  的比较可以估算出年平均节约费用  $S_M$ 。

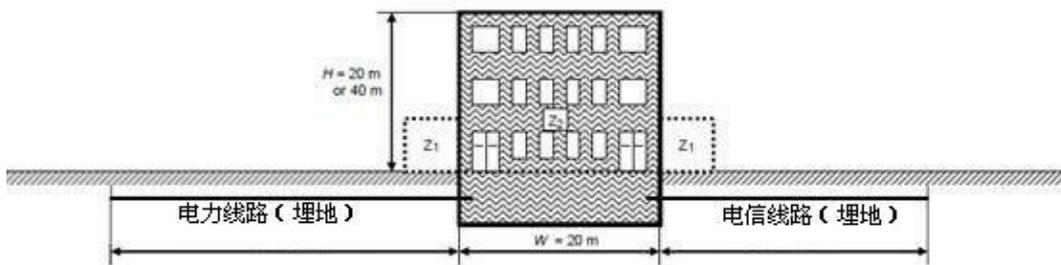
表 E. 40 医院：年平均节约费用（费用数值以美元\$计算）

	符号	方案 a)	方案 b)	方案 c)
无保护建筑物的损失	$C_L$	57185	57185	57185
有保护建筑物仍然产生的损失	$C_{RL}$	271	190	208
采取了保护措施的年平均成本	$C_{PM}$	28000	19500	29600
年平均节约费用 $S_M=C_L - (C_{RL}+C_{PM})$	$S_M$	28914	37495	27377

## E.5 公寓楼

本案例研究比较了一栋公寓楼雷电防护的不同方案。结果显示有些方案并不适宜，从而需从防护措施的不同组合中选择几个合适的方案。

仅需确定人员生命损失 (L1) 的风险  $R_1$  的所有风险分量  $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_U$  和  $R_V$  并将  $R_1$  与风险容许值  $R_T=10^{-5}$  (根据表 4) 比较。不要求经济评价，因此不考虑经济损失 (L4) 的风险  $R_4$ 。



主要分区：

$Z_1$ ：楼外

$Z_2$ ：楼内

图 E. 4—公寓楼

### E.5.1 相关数据和特性

公寓楼位于没有任何邻近建筑物的平坦位置。地闪密度  $N_G=4$ 次/ $\text{km}^2$  a。楼内居住有200人。这也是考虑的总人数，因为假定在雷暴出现期间楼外没有停留人员。

表 E.41 给出了公寓楼和公寓楼本身周围的数据资料。

入户线路和线路本身相连内部系统的数据，其中电力线路在表E.42中给出，电信线路在表E.43中给出。

表 E. 41 公寓楼：环境和整栋建筑物的特性

参数	说明	符号	数值	参考
地闪密度 (次/ $\text{m}^2$ a)		$N_G$	4.0	
建筑物尺寸 (m)	$H=20$ 或 $40$ (见表E.45)	$L$ 、 $W$	30、20	
建筑物的位置因子	孤立建筑物	$C_D$	1	表A.1
LPS	视类别确定 (见表E.45)	$P_B$	—	表B.2
等电位连接	无	$P_{ED}$	1	表B.7
外部空间屏蔽	无	$K_{S1}$	1	公式(B.5)

表 E. 42 公寓楼：电力线路

参数	说明	符号	数值	参考
长度 (m)		$L_L$	200	
布线方式因子	埋地	$C_I$	0.5	表A.2
线路类型因子	LV线路	$C_T$	1	表A.3
环境因子	郊区	$C_E$	0.5	表A.4
线路屏蔽 ( $\Omega/\text{km}$ )	非屏蔽线路	$R_S$	—	表B.8
屏蔽、接地、隔离	无	$C_{LD}$	1	表B.4
		$C_{LI}$	1	
相邻建筑物	无	$L_J, W_J, H_J$	—	
相邻建筑物的位置因子	无	$C_{DJ}$	—	表A.1
内部系统的耐压 (kV)		$U_W$	2.5	
参数结果		$K_{S4}$	0.4	公式(B.7)
		$P_{LD}$	1	表B.8
		$P_{LI}$	0.3	表B.9

表 E. 43 公寓楼：电信线路

参数	说明	符号	数值	参考
长度 (m)		$L_L$	100	
分布方式因子	埋地	$C_I$	0.5	表A.2
线路类型因子	电信线路	$C_T$	1	表A.3
环境因子	郊区	$C_E$	0.5	表A.4
线路屏蔽 ( $\Omega/\text{km}$ )	非屏蔽线路	$R_S$	—	表B.8
屏蔽、接地、绝缘	无	$C_{LD}$	1	表B.4
		$C_{LI}$	1	
相邻建筑物	无	$L_J, W_J, H_J$	—	
相邻建筑物的位置因子	无	$C_{DJ}$	—	表A.1
内部系统的耐压 (kV)		$U_W$	1.5	
参数结果		$K_{S4}$	0.67	公式(B.7)
		$P_{LD}$	1	表B.8
		$P_{LI}$	0.5	表B.9

### E.5.2 公寓楼的分区定义

可以定义为如下分区：

$Z_1$  (楼外)；

$Z_2$  (楼内)。

假定  $Z_1$  分区楼外没有人员活动。因此电击伤到人的风险  $R_A=0$ 。因为  $R_A$  只是楼外的风险分量，完全可以忽略  $Z_1$  分区的风险。

定义的  $Z_2$  分区需考虑如下情况：

- 建筑物分类为“民用建筑物”；
- 本分区内有两个系统（电力和电信）；
- 没有空间屏蔽；
- 建筑物是一个单一的防火分区；
- 假设损失率相当于表 C.1 中的典型平均值。

在表 E.44 中报告了  $Z_2$  分区的有效结果因子。

表 E. 44 公寓楼： $Z_2$  分区的有效因子（楼内）

参数	说明	符号	数值	参考	
地板类型	木头	$r_f$	$10^{-5}$	表C.3	
防电击保护（雷击建筑物）	无	$P_{TA}$	1	表B.1	
防电击保护（雷击线路）	无	$P_{TU}$	1	表B.6	
火灾风险	视情况确定（表E.45）	$r_f$	—	表C.5	
防火措施	视情况确定（表E.45）	$r_p$	—	表C.4	
内部空间屏蔽	无	$K_{S2}$	1	公式（B.6）	
电力	内部布线	非屏蔽线（在同一管道中成环路导体）	$K_{S3}$	0.2	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
电信	内部布线	非屏蔽线（大环路面积 $> 10m^2$ ）	$K_{S3}$	1	表B.5
	匹配的SPD	无	$P_{SPD}$	1	表B.3
L1：人员生命损失	特殊危险：低度恐慌		$h_z$	1	表C.6
	D1：由接触和跨步电压导致的		$L_T$	$10^{-2}$	表C.2
	D2：由物理损害导致的		$L_F$	$10^{-1}$	
分区内危险人员因子	$(n_z/n_i) \times t_z / 8760 = 200/200 \times 8760/8760$		—	1	

### E.5.3 风险 $R_1$ —选择保护措施

在表 E.45 中给出了风险  $R_1$  的值和所选择的保护措施将风险减少到风险容许水平  $R_T=10^{-5}$ ，取决于下列参数：

- 楼房的高度  $H$ ；
- 火灾风险的减少因子  $r_f$ ；
- 防火措施的减少因子  $r_p$ ；
- 取决于所采取 LPS 的防雷类别概率  $P_B$ 。

表 E. 45—公寓楼：取决于保护措施的公寓楼的风险  $R_1$  的计算值

高度 H(m)	火灾风险		LPS		防火措施		风险 $R_1$ $\times 10^{-5}$	有保护的建筑物 $R_1 \leq R_T$
	类型	$r_f$	类别	$P_B$	类型	$r_p$		
20	低	0.001	无	1	无	1	0.837	是
	一般	0.01	无	1	无	1	8.364	否
			III	0.1	无	1	0.776	是
			IV	0.2	手工	0.5	0.747	是
	高	0.1	无	1	无	1	8.364	否
			II	0.05	自动	0.2	0.764	是
			I	0.02	无	1	1.553	否
40	低	0.001	无	1	无	1	2.436	否
			无	1	自动	0.2	0.489	是
			IV	0.2	无	1	0.469	是
	一般	0.01	无	1	无	1	24.34	否

			IV	0.2	自动	0.2	0.938	是
			I	0.02	无	1	0.475	是
	高	0.1	无	1	无	1	243.4	否
			I	0.02	自动	0.2	0.949	是

## 参考文献

- [1] IEC 61000-4-5: 1995, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measuring techniques – Surge immunity test 电磁兼容 (EMC) —第4-5部分: 试验与测量技术—冲击抗干扰实验;
- [2] IEC 60079-10-1, Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres 爆炸环境—第 10-1 部分: 爆炸气体环境区域的分类;
- [3] IEC 60079-10-2: 2009, Explosive atmospheres – Part 10-2: Classification of areas –Combustible dust atmospheres 爆炸环境—第 10-2 部分: 易燃粉尘环境区域的分类;
- [4] IEC 60664-1: 2007, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems –Part 1: Principles, requirements and tests 低压系统内设备的绝缘配合—第 1 部分: 通则, 要求与试验;
- [5] IEC 60050-426: 2008, International Electrotechnical Vocabulary – Part 426: Equipment for explosive atmospheres 国际电工技术词汇—第 426 部分: 爆炸环境的设备;
- [6] Official Journal of European Union, 1994/28/02, n. C 62/63. 欧洲协会的正式期刊;
- [7] ITU-T Recommendation K.47, Protection of telecommunication lines using metallic conductors against direct lightning discharges 采用金属导线的电信线路的直接雷防护 K.47 推荐. 国际电信联盟;
- [8] NUCCI C.A., Lightning induced overvoltages on overhead power lines. Part I: Return stroke current models with specified channel-base current for the evaluation of return stroke electromagnetic fields. CIGRE Electra No 161 (August 1995) 高架电力线路上的雷电感应过电压 第 I 部分: 用回击电磁场评估基本通道特性电流的回击电流模型. 国际大电网会议, 第 161 届 (1995.8);
- [9] NUCCI C.A., Lightning induced overvoltages on overhead power lines. Part II: Coupling models for the evaluation of the induced voltages. CIGRE Electra No 162 (October 1995) 高架电力线路上的雷电感应过电压 第 II 部分: 感应电压评估双模型. 国际大电网会议, 第 162 届 (1995.10);
- [10] ITU-T Recommendation K.46, Protection of telecommunication lines using metallic symmetric conductors against lightning-induced surges 采用金属对称导线的电信线路雷电感应电涌防护;
- [11] IEC/TR 62066: 2002, Surge overvoltages and surge protection in low-voltage a.c. power systems - General basic information 交流低压电流系统电涌过电压与电涌保护—一般基本资料。