

中华人民共和国气象行业标准

QX/T

防雷装置设计技术评价规范

Code for assessment of design technology of lightning protection system

发布

实施

中 华 人 民 共 和 国
气 象 行 业 标 准
防雷装置设计技术评价规范
QX T 106 2009

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街 46 号
邮政编码 100081
网址 [http www.cmp.cma.gov.cn](http://www.cmp.cma.gov.cn)
发行部 010-68409198
北京京科印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 5.25 字数 165 千字
2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月第一次印刷

*

书号 135029-5447 定价 44.00 元

如有印装差错 由本社发行部调换

版权专有 侵权必究

举报电话 010 68406301

目 次

前言 1

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 雷电流参数 9

4.1 雷击电流的组成 9

4.2 一般建设项目雷击电流的选择 10

4.3 重点项目 大型项目和爆炸危险环境雷击电流 11

5 防雷区 11

5.1 防雷区的划分 11

5.2 防雷区等电位 11

5.3 防雷区分区实例 11

6 建筑物防雷类别 12

6.1 建筑物防雷分类原则 12

6.2 第一类防雷 12

6.3 第二类防雷 12

6.4 第三类防雷 13

7 电子系统防护等级 13

7.1 电子系统防雷等级划分原则 13

7.2 依据系统雷电风险评估值确定防护等级 13

7.3 依据系统重要性和使用性质确定防护等级 13

8 接地装置 13

8.1 接地装置的一般规定 13

8.2 接地装置的接地电阻 13

8.3 自然接地装置 13

8.4 基础防雷网格 16

8.5 接地装置电阻测试端子 16

8.6 接地装置安全距离 16

8.7 人工接地装置 16

8.8 接地装置连接 18

8.9 高层建筑核心筒防雷 18

9 引下线 18

10 均压环 19

11 接闪器 20

11.1 接闪器的一般规定 20

11.2 接闪器的要求 23

12 玻璃幕墙 25

13.1	防雷区等电位连接	25
13.2	总等电位及辅助等电位的连接	26
13.3	电子系统等电位连接	37
14	电涌保护器 SPD	38
14.1	电源 SPD 的一般要求	38
14.2	信号 SPD	46
15	电子系统	47
15.1	电子系统机房雷击电磁脉冲防护	47
15.2	电子系统及其管线安全距离	47
15.3	电子系统管线敷设	48
15.4	电子系统的接地形式	49
15.5	电子系统静电及磁场干扰	49
16	综合布线系统	49
17	路灯	50
18	汽车加油 气 站 库	50
19	移动基站	52
19.1	移动通信基站供电系统	52
19.2	铁塔的防雷与接地	52
19.3	天馈线系统的防雷与接地	52
19.4	移动通信基站的联合接地系统	52
19.5	接地线系统	53
19.6	接地电阻	53
20	桥梁	53
20.1	桥梁直击雷防护	53
20.2	桥梁等电位连接和防雷电感应	53
20.3	大桥附属设施 收费站 防雷	54
21	轨道交通	54
21.1	轨道交通系统建筑物的直击雷	54
21.2	通信设备接地	54
21.3	地下交通系统防雷装置	54
21.4	直流系统的接地装置	55
22	变电站	55
附录 A	资料性附录 冲击接地电阻 R_i 与工频接地电阻 R_E 换算系数 A 的查算表	56
附录 B	资料性附录 土壤电阻率 与接地极有效长度 L_e 对照表	58
附录 C	资料性附录 钢筋表面积总和 S 与钢筋总长度 L 换算表	59
附录 D	资料性附录 建筑物内磁场强度的计算	60
附录 E	资料性附录 格栅形磁场屏蔽体内部磁场强度	64
附录 F	资料性附录 建筑物内环路中的感应电压及电流的计算	66
附录 G	资料性附录 网格材料 宽度与磁场强度的关系曲线	70
附录 H	规范性附录 本规范用词说明	80

前 言

本标准主要采用了 GB 50057—1994《建筑物防雷设计规范》(2000 年版)、GB/T 21431—2008《建筑物防雷装置检测技术规范》、GB/T 18802.12—2006/IEC 61643—12:2002《低压配电系统的电涌保护器 (SPD) 第 12 部分:选择和使用导则》、GB/T 21714.1—2008/IEC 62305—1:2006《雷电防护 第 1 部分:总则》、GB/T 21714.2—2008/IEC 62305—2:2006《雷电防护 第 2 部分:风险管理》、GB/T 21714.3—2008/IEC 62305—3:2006《雷电防护 第 3 部分:建筑物的物理损坏和生命危险》、GB/T 21714.4—2008/IEC 62305—4:2006《雷电防护 第 4 部分:建筑物内电气和电子系统》等标准内容。

本标准的附录 H 为规范性附录,附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 和附录 G 为资料性附录。

本标准由全国气象防灾减灾标准化技术委员会(SAC/TC 345)提出。

本标准由全国气象防灾减灾标准化技术委员会(SAC/TC 345)归口。

本标准起草单位:广东省防雷中心。

本标准主要起草人:杨少杰、金良、杨晖、李斌、陈昌、刘丁齐、侯勇、魏映华、王孝波。

防雷装置设计技术评价规范

1 范围

本标准规定了防雷装置设计技术评价的项目、要求和方法。

本标准适用于防雷装置的设计技术评价。

本标准不适用于：

- a) 车辆、船舶、飞机及离岸装置；
- b) 高压管道；
- c) 电力线。

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/T 17949.1—2000 接地系统的土壤电阻率、接地阻抗和地面电位测量导则 第1部分：常规测量

GB/T 18802.12—2006/IEC 61643—12:2002 低压配电系统的电涌保护器（SPD）第12部分：选择和使用导则

GB/T 21431—2008 建筑物防雷装置检测技术规范

GB/T 21714.1—2008 雷电防护 第1部分：总则（IEC 62305—1:2006, IDT）

GB/T 21714.2—2008 雷电防护 第2部分：风险管理（IEC 62305—2:2006, IDT）

GB/T 21714.3—2008 雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险（IEC 62305—3:2006, IDT）

GB/T 21714.4—2008 雷电防护 第4部分：建筑物内电气和电子系统（IEC 62305—4:2006, IDT）

GB 50016—2006 建筑设计防火规范

GB 50045—2001 高层民用建筑设计防火规范

GB 50057—1994 建筑物防雷设计规范（2000年版）

GB 50074—2002 石油库设计规范

GB 50096—1999 住宅设计规范（2003年版）

GB 50157—2003 地铁设计规范

GB 50165—2002 汽车加油加气站设计与施工规范（2006年版）

GB 50169—2006 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范

GB 50253—2003 输油管道工程设计规范

GB 50303—2002 建筑电气工程施工质量验收规范

GB 50311—2007 综合布线系统工程设计规范

GB 50312—2007 综合布线系统工程验收规范

GB/T 50314—2006 智能建筑设计标准

DL/T 475—2006 接地装置特性参数测量导则

QX 10.1—2002 电涌保护器 第1部分：性能要求和试验方法

QX 10.2—2007 电涌保护器 第2部分：在低压电力系统中的选择和使用原则

QX 10.3—2007 电涌保护器 第3部分：在电子系统信号网络中的选择和使用原则

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本标准。

3.1

防雷装置 lightning protection system

用于对某一空间进行雷电效应防护的整套装置,它由外部防雷装置和内部防雷装置两部分组成。

注:在特定情况下,防雷装置可以仅由外部防雷装置或内部防雷装置组成。

3.2

接闪器 air-termination system

直接接受雷击的避雷针、避雷带(线)、避雷网,以及用作接闪的金属屋面和金属构件等。

3.3

引下线 down conductor system

将雷电流从接闪器传导至接地装置的这部分防雷装置。

3.4

接地装置 earth termination system

接地体和接地线的总和,用于传导雷电流并将其散入大地的这部分防雷装置。

3.5

接地线 earth conductor

从引下线断接卡或换线处至接地体的连接导体;或从接地端子、等电位连接带至接地体或接地装置
的连接导体。

3.6

自然接地装置 natural earthing system

具有兼作接地功能的但不是为此目的而专门设置的各种金属构件、钢筋混凝土中的钢筋、埋地金属
管道和设备等的统称。

3.7

人工接地装置 artificial grounding system

具有接地功能而专门为此设置的各种金属构件的统称。

3.8

独立接地装置 independent earthing system

系统间相互独立的直流地、交流工作地、安全保护地、防雷地和供电系统地等接地装置。

3.9

辐射式接地装置 radial earthing system

把电子设备中的信号接地、功率接地和保护接地分开敷设的接地引下线,接至电源室的接地总端子
板,在端子板上信号接地、功率接地和保护接地接在一起,再引至接地体。

3.10

环网状接地装置 ringy netty earthing system

将信号接地、功率接地和保护接地都接在一个公用的环状接地母线上。

3.11

混合式接地装置 composite earthing system

辐射式接地与环状接地相结合的系统。

3.12

特定幅值及波形的雷电冲击电流在某电阻率土壤中的接地极上流动,雷电流衰减到小于某百分数(如1%)时在接地极上所对应的长度。

3.13

接地汇流排 main earthing bar

在建筑物、控制室、配电总接地端子板内设置的公共接地母线。可以敷设成环形或条形,所有接地线均由接地汇流排引出。

3.14

接地基准点 earthing reference point; ERP

共用接地系统与系统的等电位连接网络间的唯一连接点。

3.15

防雷接地 lightning protection earthing

避雷针、避雷线、及电涌保护器等雷电防护设备与接地装置的连接。

3.16

工作接地 working earthing

电力系统中某些设备因运行的需要,直接或通过消弧线圈、电抗器、电阻等与接地装置的连接。

3.17

保护接地 protection earthing

也叫安全接地,为了电气安全,将一个系统、装置或设备的一点或多点接地。

3.18

接地阻抗 grounding impedance

接地装置对远方电位零点间的电位差与通过接地装置流入地中的电流的比值。

3.19

工频接地电阻 power frequency grounding resistance

工频电流流过接地装置时,接地极与远方大地之间的电阻。其数值等于接地装置相对远方大地的电压与通过接地极流入地中电流的比值,单位为欧姆()。

3.20

冲击接地电阻 impulse grounding resistance

冲击电流流过接地装置时,接地装置对地电压的峰值与通过接地极流入地中电流的峰值的比值,单位为欧姆()。

3.21

土壤电阻率 soil resistivity

表征土壤导电性能的参数,为单位体积土壤阻抗的流量。单位为欧姆米($\cdot m$),它指的是一个土壤方体相对两面间测得的阻抗。

3.22

总等电位连接 total equipotential bonding MEB

将各类分开的装置、诸导电物体用等电位连接导体或电涌保护器连接在一起以减少雷电流在它们之间产生的电位差。

3.23

辅助等电位连接 supplementary equipotential bonding SEB

在一个局部范围内将能同时触及的外露导电部分、外部导电部分相互连接,使其在局部地区内处于同一电位。

3.24

将电子系统和电气系统中外露可导电部分用金属导线直接接地。

3.25

间接等电位连接 indirect equipotential bonding

将电子系统和电气系统中外露可导电部分通过电涌保护器接地。

3.26

等电位连接网络 equipotential bonding network

将一个系统的诸外露可导电部分做等电位连接的导体所组成的网络。

3.27

等电位连接带 equipotential bonding bar

将金属装置、外来导电物、电力线路、通信线路及其他电缆连于其上以能与防雷装置做等电位连接的金属带。

3.28

局部等电位连接带 local equipotential bonding bar LEB

在 LPZ0 区以后的两防雷区界面上的等电位连接带。

3.29

共用接地系统 common earthing system

一建筑物接至接地装置的所有互相连接的金属装置,包括防雷装置。

3.30

电磁环境区 electromagnetism environmental zone

规定了电磁条件的区域。

3.31

电磁兼容性 electromagnetic compatibility EMC

设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁干扰的能力。

3.32

屏蔽 shielding

一个外壳、屏障或其他物体(通常具有导电性),能够削弱一侧的电场、磁场对另一侧装置或电路的作用。

3.33

屏蔽系数 shielding coefficient

在有屏蔽体时被屏蔽空间内某点的场强与没有屏蔽时该点场强的比值,单位为分贝(dB)。

3.34

格栅形空间屏蔽 gridlike spatial shield

用于建筑物或房间的磁场屏蔽,一般采用建筑物混凝土中钢筋、金属框架以及金属支承件构成。

3.35

直击雷 direct lightning flash

闪电直接击在建筑物、其他物体、大地或防雷装置上,产生电效应、热效应和机械力者。

3.36

雷击电磁脉冲 lightning electromagnetic impulse LEMP

与雷击放电相联系的电磁辐射所产生的电场和磁场耦合到电气或电子系统中,从而产生干扰性的电流或电压。

3.37

长时间雷击 long stroke

3.38

短时雷击 short stroke

脉冲电流半峰值时间短于 1 ms 的雷击。

3.39

爆炸危险环境 explosive hazardous atmosphere

爆炸性气体或粉尘混合物出现的或预期出现的数量达到足以要求对电气设备的结构、安装和使用采取预防措施的环境。

3.39.1

0 区 zone zero

连续出现或长期出现爆炸性气体混合物的环境。

3.39.2

1 区 zone one

在正常运行时可能出现爆炸性气体混合物的环境。

3.39.3

2 区 zone two

在正常运行时不可能出现爆炸性气体混合物的环境,或即使出现也仅是短时存在的爆炸性气体混合物的环境。

注:正常运行是指正常的开车、运转、停车、易燃物质产品的装卸,密闭容器盖的开闭,安全阀、排放阀以及所有工厂设备都在其设计参数范围内工作的状态。

3.39.4

20 区 zone twenty

连续出现或长期出现爆炸性粉尘环境。

3.39.5

21 区 zone twenty-one

有时会将积留下的粉尘扬起而偶然出现爆炸性粉尘混合物的环境。

3.39.6

22 区 zone twenty-two

在正常运行时不可能出现爆炸性粉尘混合物的环境,或即使出现也仅是短时存在的爆炸性粉尘混合物的环境。

3.40

雷暴日 thunderstorm day

一天中可听到或测到一次以上的雷击声则称为一个雷暴日。

3.41

少雷区 less lightning zone

年平均雷暴日在 20 d 及 20 d 以下的地区。

3.42

多雷区 more lightning zone

年平均雷暴日大于 20 d,不超过 40 d 的地区。

3.43

高雷区 high lightning zone

年平均雷暴日大于 40 d,不超过 60 d 的地区。

3.44

年平均雷暴日超过 60 d 以上的地区。

3.45

防雷区 lightning protection zone LPZ

需要规定和控制的雷击电磁环境区域。

3.46

超高层建筑物 skyscraper

高度在 100 m 及以上的建筑物。

3.47

高层建筑物 high building

十层及十层以上或建筑高度超过 24 m 的建筑物。

3.48

中高层建筑物 medium high building

七层至九层的建筑物。

3.49

多层建筑物 multilayer building

四层至六层的建筑物。

3.50

低层建筑物 low building

一层至三层的建筑物。

3.51

重点建设项目 key construction project

列入国民经济与社会发展五年计划的重大项目和年度重点建设计划的项目,以及当地政府确定的重点建设项目。

3.52

大型建设项目 large construction project

所有须由国务院或者国务院投资主管部门审批或者核准的投资项目。由国务院或者国务院投资主管部门审批的大型建设项目的具体范围,可以依据政府投资管理的规定确定。

3.53

公共建筑物 public building

用于公共目的的建筑物,如:办公建筑(包括写字楼、政府部门办公楼等)、商业建筑(如商场、金融建筑等)、旅游建筑(如旅馆饭店、娱乐场所等)、科教文卫建筑(包括文化、教育、广播用房)以及交通运输用房(如机场、车站建筑等)。

3.54

女儿墙 parapet wall

房屋外墙高出屋面的矮墙。

3.55

深基础 deep groundwork

建筑物埋深超过 5 m 的基础,一般采用桩基、钢筋混凝土沉箱、沉井和地下连续墙作为基础。

3.56

浅基础 low groundwork

建筑物埋深不超过 5 m 的基础。

3.57

为承受、分布由墩身传递的荷载,在基础桩顶部设置的联结各桩顶的钢筋混凝土平台。

3.58

地梁 earth girder

由支座支撑跨越一定空间以承受屋盖、楼板、墙等传来的与轴向不平行荷载的直线形或曲线形构件。

3.59

桩 stake

沉入、打入、压入或浇注于地基中的桩状支撑构件。

3.60

接触电位 touch voltage

接地的金属结构和地面上相隔一定距离处一点间的电位差。此距离通常等于最大的水平伸臂距离,约为 1 m。

3.61

跨步电位 step voltage

地面一步距离的两点间的电位差,此距离取最大电位梯度方向上 0.8 m 的长度。

3.62

最大持续运行电压 maximum continuous operating voltage

V_c

允许持久地施加在 SPD 上的最大交流电压有效值或直流电压,其值等于额定电压。

3.63

电压保护水平 voltage protection level

V_p

表征 SPD 限制接线端子间电压的性能参数,其值可从优选值列表中选择。该值应大于限制电压的最高值。

3.64

最大箝位电压 maximum clamping voltage

$V_{res\ max}$

在脉冲峰值电流 I_{pp} 作用下器件两端的最大电压值称为最大箝位电压。使用时应使 $V_{res(max)}$ 不高于被保护器件的最大允许安全电压。

3.65

电压驻波比 voltage standing wave ratio

入射电波功率跟反射电波功率的比值。

3.66

雷电流 lightning current

流过雷击点的电流值。

3.67

标称放电电流 nominal discharge current

I_n

8/20 s 冲击电流波流过 SPD 的电流峰值。用于对 SPD 做 II 级分类实验,也用于对 SPD 做 I 级和 II 级分类实验的预实验。

3.68

杂散电流 stray current

当直流大电流沿地面敷设的轨道流动时,直流电流除了在轨道中流动外,还会从轨道泄漏到大地。

工程中又称为迷流。

3.69

8 20 电流脉冲 8 20 current pulse

视在波前时间为 8 s,半峰值时间为 20 s 的电流脉冲。

3.70

级分类实验 class I tests

用标称放电电流 I_n 、1.2/50 s 冲击电压和最大冲击电流 I_{imp} 做的实验。最大冲击电流在 10 ms 内通过的电荷 Q 等于电流幅值 I_{peak} (kA)的二分之一,即 $Q(As)=0.5I_{peak}(kA)$ 。

3.71

级分类实验 class tests

用标称放电电流 I_n 、1.2/50 s 冲击电压和最大放电电流 I_{max} 做的实验。

3.72

级分类实验 class tests

用混合波(1.2/50 s 冲击电压和 8/20 s 冲击电流)做的实验。

3.73

电涌保护器 surge protection device SPD

用于限制暂态过电压和分流电涌电流的装置,它至少应包含一个非线性电压限制元件,也称电涌保护器。

3.74

开关型电涌保护器 voltage switching type SPD

无电涌时为高阻抗,当出现电压电涌时突变为低阻抗。通常采用放电间隙、充气放电管、闸流管和三端双向可控硅元件作这类 SPD 的组件。

3.75

限压型电涌保护器 voltage limiting type SPD

无电涌时为高阻抗,随着电涌电流和电压的增加,阻抗跟着连续变小。通常采用压敏电阻、抑制二极管作这类 SPD 的组件。

3.76

电子系统 electronic system

由敏感电子组合部件(如通信系统、计算机、控制和仪表系统、无线电系统、电力电子装置)构成的一个系统。

3.77

退耦元件 decoupling elements

在被保护线路中并联接入多级 SPD 时,如果开关型 SPD 与限压型 SPD 之间的线路长度小于 10 m 或限压型 SPD 之间的线路长度小于 5 m 时,为实现多级 SPD 间的能量配合,应在 SPD 之间的线路上串接适当的电阻或电感,这些电阻或电感元件称为退耦元件。

注:电感多用于低压配电系统,电阻多用于电子线路中多级 SPD 之间的能量配合。

3.78

插入损耗 insertion loss

由于在传输系统中插入一个 SPD 所引起的损耗。它是在 SPD 插入前的系统部分的功率与 SPD 插入后传递到同一部分的功率之比。这个插入损耗通常用分贝(dB)表示。

3.79

安全距离 safe distance

3.80

牺牲阳极法 sacrificial anode protection

将被保护金属和一种可以提供阴极保护电流的金属或合金(即牺牲阳极)相连,使被保护体极化以降低腐蚀速率的方法。

3.81

强制电流法 compelling current method

将被保护金属与外加电流负极相连,由外部电源提供保护电流,以降低腐蚀速率的方法。

3.82

滚球法 rolling sphere method

以滚球半径为半径的一个球体,沿需要防直击雷的部位滚动,当球体只触及接闪器(包括被利用作为接闪器的金属物),或只触及接闪器及接闪器和地面(包括与大地接触并能承受雷击的金属物),而不触及需要保护的部位时,则该部分就得到接闪器的保护。

3.83

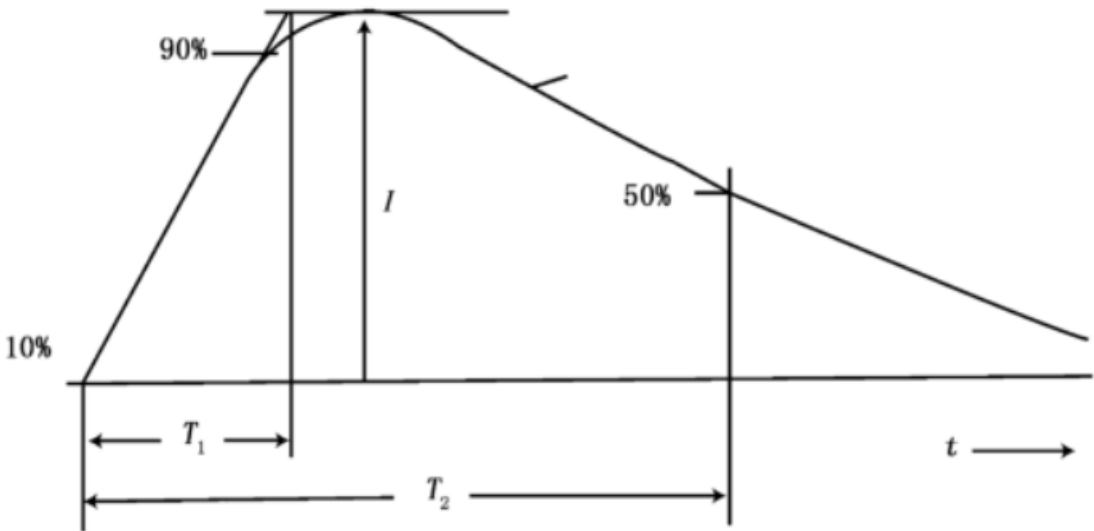
雷击风险评估 evaluation of lightning stroke risk

根据雷击大地导致人员、财产损害程度确定防护等级、类别的一种综合计算、分析方法。

4 雷电流参数

4.1 雷击电流的组成

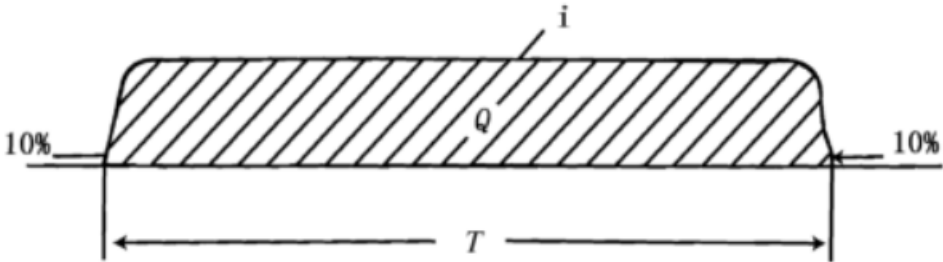
a)正或负极性的首次雷击,见图 1。



I ——峰值电流;
 T_1 ——视在波前时间;
 T_2 ——视在半峰值时间。

图 1 首次雷击

b)长时间雷击,见图 2。



T ——雷击持续时间(由波前的 10% 幅值处至波尾 10% 幅值处);
 Q ——长时间雷击的电荷量。

图 2 长时间雷击

c)一次闪击击中的几种雷击,见图 3。

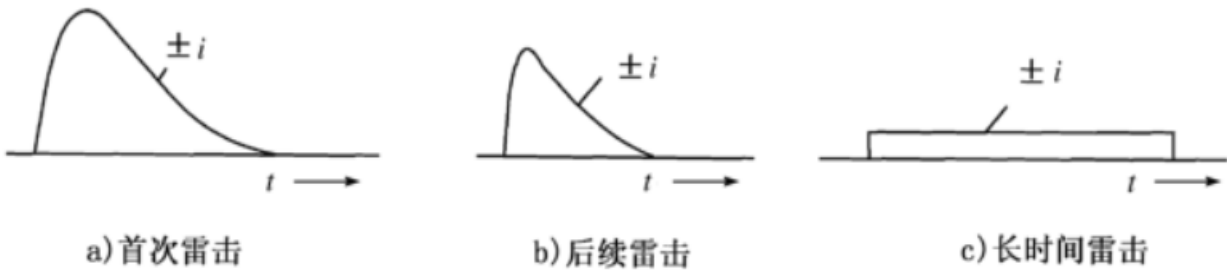


图 3 一次闪击中的几种雷击

4.2 一般建设项目雷击电流的选择

表 1 是用于首次雷击电流的设计评价;表 2 是用于后续雷击电流的设计评价;表 3 是用于长时间雷击电流的设计评价。

表 1 首次雷击的雷电流参量

雷电流参数(见数 1)	防雷类别		
峰值电流 I/kA	200	150	100
波前时间 T_1/s	10	10	10
半峰值时间 T_2/s	350	350	350
短时雷击电荷量 Q_i/C^a	100	75	50
单位能量 $W/R/(\text{MJ}/\text{ })^b$	10	5.6	2.5
^a 因为全部总电荷量 Q_i 的本质部分包含在首次雷击中,故所规定的值考虑合并了所有短时雷击的电荷量。			
^b 由于单位能量 W/R 的本质部分包含在首次雷击中,故所规定的值考虑合并了所有短时雷击的单位能量。			

表 2 后续雷击的雷电流参量

雷电流参数(见数 2)	防雷类别		
峰值电流 I/kA	50	37.5	25
波前时间 T_1/s	0.25	0.25	0.25
半峰值时间 T_2/s	100	100	100
平均陡度 $/T_1/(\text{kA}/\text{s})$	200	150	100

表 3 长时间雷击的雷电流参量

雷电流参数(见数 3)	防雷类别		
电荷 Q_i/C	200	150	100
持续时间 T/s	0.5	0.5	0.5
注:平均电流近似等于 Q_i/T 。			

4.3 重点建设项目 大型建设项目和爆炸危险环境项目雷击电流

本区域内重点项目、大型项目和爆炸危险环境项目雷击电流参数的选择应依据当地的雷电观测数

5 防雷区

5.1 防雷区的划分

5.1.1 LPZ_0_A 定义

本区域内的各物体都可能遭到直接雷击和导走全部雷电流;本区域内电磁场强度没有衰减。

5.1.2 LPZ_0_B 定义

本区域内的各物体不可能遭到大于所选滚球半径对应的雷击电流的直接雷击,但本区域内的电磁场强度不会衰减。

5.1.3 LPZ_1 定义

本区域内的各物体不可能遭到直接雷击,流经各导体的电流比 LPZ_0_B 区更小;本区域内的电磁场强度可能被衰减,这取决于屏蔽措施。

5.1.4 后续防雷区定义

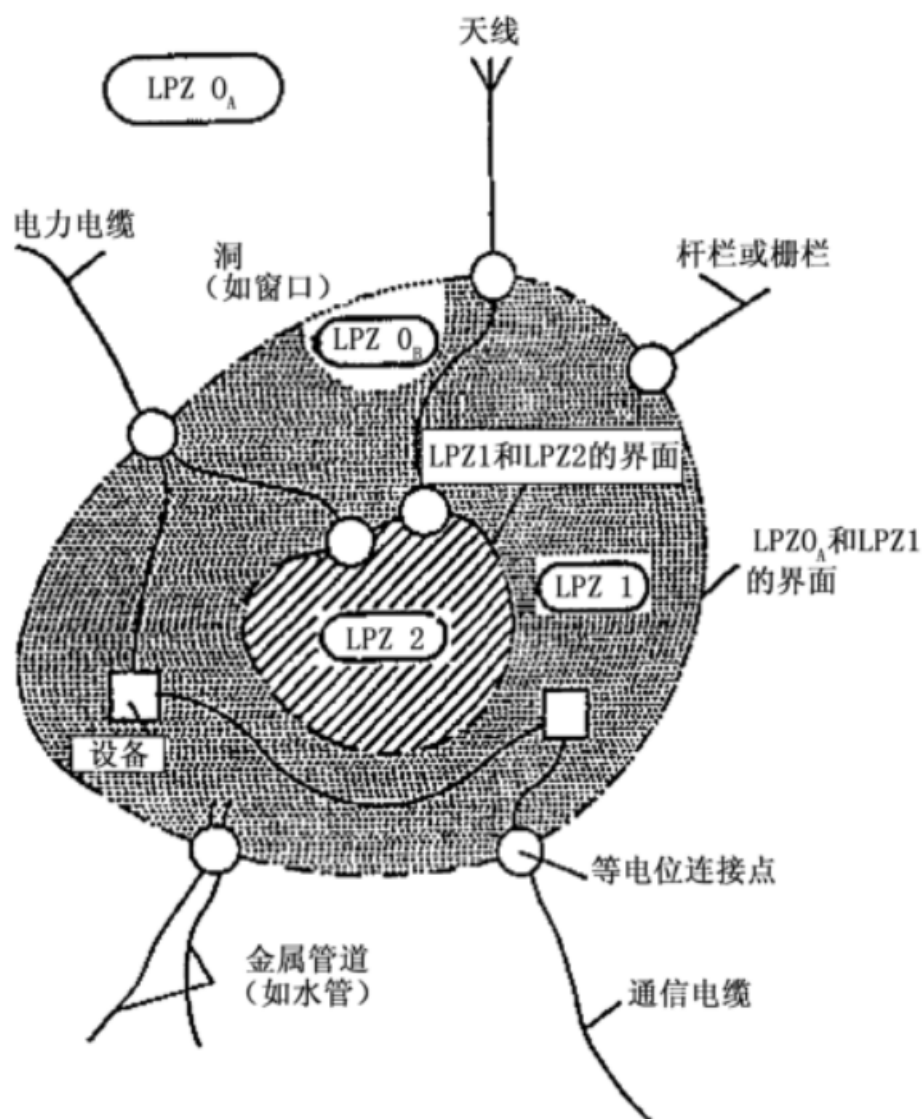
当需要进一步减小流入的电流和电磁场强度,应增设后续防雷区,并按照需要保护的对象所要求的环境区选择后续防雷区的要求条件。各防雷区以其边界处电磁条件有明显变化为特征。

5.2 防雷区等电位

应将需保护空间划分为不同的防雷区(LPZ),以界定具有不同的 LEMP 程度的各个空间并指明各防雷区界面上等电位连接点的位置。在各个防雷区的界面处,所有穿越的金属物体应作直接或间接等电位连接,也可采取屏蔽措施。

5.3 防雷区分区实例

5.3.1 将一个需要防护的空间划分成不同平面防雷区的一般原则 见图 4



5.3.2 将一座建筑物划分为若干立面防雷区的一般原则 见图 5

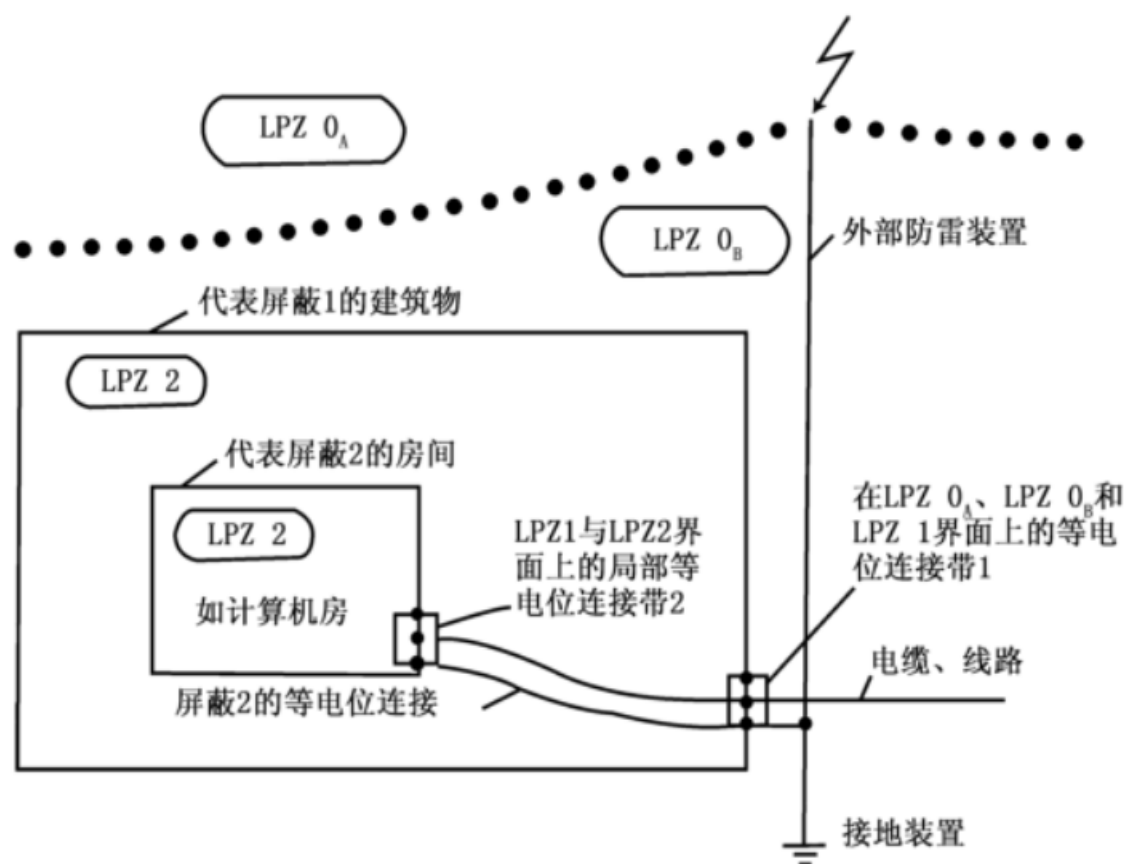


图 5 将一个需要保护的区域划分为立面防雷区 LPZ 和等电位连接示意图

6 建筑物防雷类别

6.1 建筑物防雷分类原则

建筑物应根据其重要性、使用性质、发生雷击事故的可能性和后果分为三类。

6.2 第一类防雷建筑物

第一类防雷建筑物为：

- 凡制造、使用或贮存炸药、火药、起爆药、火工品等大量爆炸物质的建筑物，因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡者；
- 具有 0 区或 20 区爆炸危险场所的建筑物；
- 具有 1 区或 21 区爆炸危险场所的建筑物，因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡者；
- 年平均雷暴日数超过 60 d/a 所在地区超高层的建筑物或国家、省、市重点建设项目或大型建设项目。

6.3 第二类防雷建筑物

第二类防雷建筑物为：

- 国家级重点文物保护的建筑物；
- 国家级的会堂、办公建筑物、大型展览和博览建筑物、大型火车站和飞机场、国宾馆、国家级档案馆、大型城市的重要给水水泵房等特别重要的建筑物；
- 国家级计算中心、国际通讯枢纽等对国民经济有重要意义的建筑物；
- 特级和甲级体育馆；
- 制造、使用或贮存爆炸物质的建筑物，且电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡者；
- 具有 1 区或 21 区爆炸危险场所的建筑物，且电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡者；
- 具有 2 区或 22 区爆炸危险场所的建筑物；

- i) 预计雷击次数大于 0.05 次/a 的部、省级办公建筑物及其他重要或人员密集的公共建筑物；
- j) 预计雷击次数大于 0.25 次/a 的住宅、办公楼等一般性民用建筑物。

注：预计雷击次数应按 GB 50057—1994(2000 年版)附录 A 计算。

6.4 第三类防雷建筑物

第三类防雷建筑物为：

- a) 省级重点文物保护的建筑物及省级档案馆；
- b) 预计雷击次数大于或等于 0.01 次/a 且小于或等于 0.05 次/a 的部、省级办公建筑物及其他重要或人员密集的公共建筑物；
- c) 预计雷击次数大于或等于 0.05 次/a 且小于或等于 0.25 次/a 的住宅、办公楼等一般性民用建筑物；
- d) 预计雷击次数大于或等于 0.05 次/a 的一般性工业建筑物；
- e) 根据雷击后对工业生产的影响及产生的后果，并结合当地气象、地形、地质及周围环境等因素，确定需要防雷的火灾危险场所；
- f) 在平均雷暴日大于 15 d/a 的地区，高度在 15 m 及以上的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物；在平均雷暴日小于或等于 15 d/a 的地区，高度在 20 m 及以上的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物。

7 电子系统防护等级

7.1 电子系统防护等级划分原则

建筑物电子系统应依据其重要性、使用性质和雷击风险评估来确定雷电防护等级。

7.2 依据系统雷击风险评估值确定防护等级

电子系统雷击风险评估方法见 GB/T 21714.2—2008。

7.3 依据系统重要性和 用性 确定防护等级

电子系统中选用电涌保护器的规定见 GB/T 18802.12—2006 和 QX/T 10.3—2007。

8 接地装置

8.1 接地装置的一般规定

建筑物防雷接地装置应采用单一的共用接地装置，当共用接地装置的接地电阻值不能满足规范要求时应增设自然接地装置；如果自然接地装置的接地电阻还达不到规范要求时，才允许增设人工接地装置。
当使用的接地材料不相同，应充分评估几种材料的电腐蚀性能。

8.2 接地装置的接地电阻

应优先利用建筑物的基础钢筋作为防雷的接地装置，所有防雷接地、工作接地、保护接地、电子系统接地均共用一个接地装置，各类接地装置的接地电阻值应满足表 4 的要求。本标准所指的接地电阻都为冲击接地电阻，冲击接地电阻与工频接地电阻的换算系数的查算表见本标准附录 A。
上述接地装置如实测不能达到设计要求时，可外引人工接地装置作为辅助接地装置。

表 4 类防雷装置接地电阻值的要 单位为欧姆

建筑物防雷类别	自然深基础接地装置	自然浅基础接地装置	独立接地装置
第一类防雷建筑物	1	4	10
第二类防雷建筑物	1	4	10
第三类防雷建筑物	1	4	30

8.3 自然接地装置

应优先采用建筑物桩内主钢筋作为防雷的垂直接地装置，利用建筑物地梁内主钢筋作为水平接地

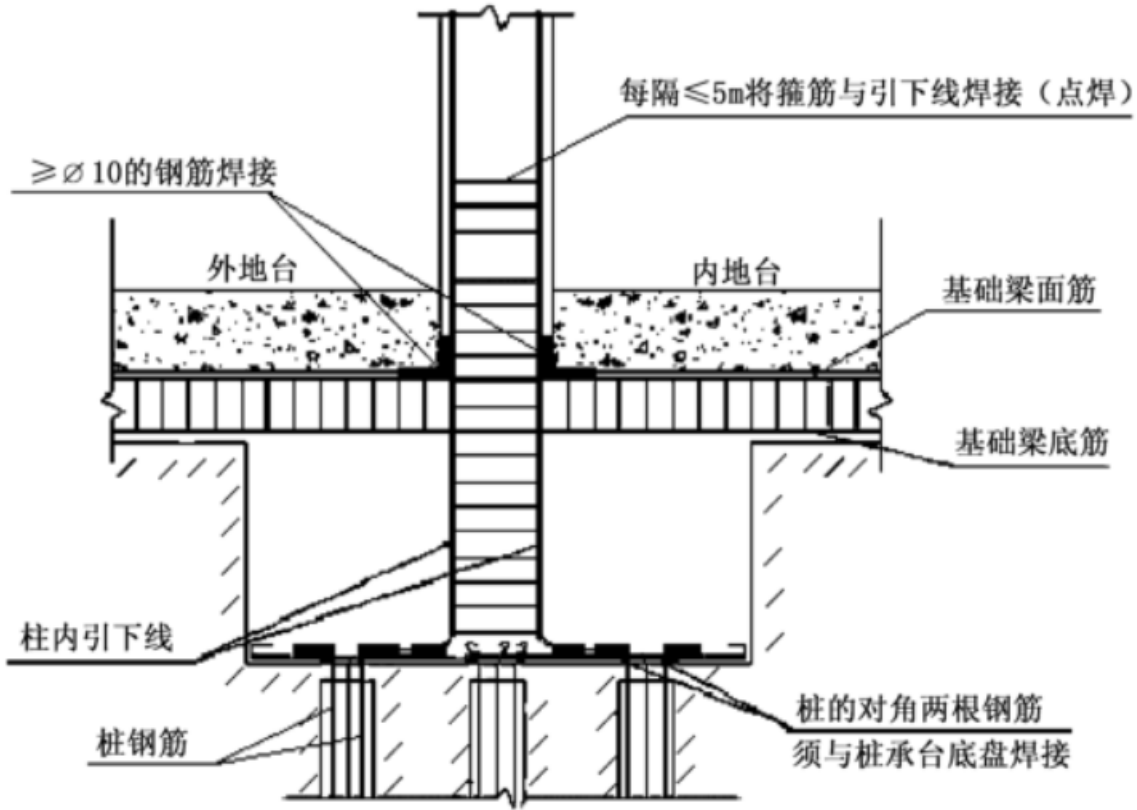


图 6 防雷基础接地体大样图

8.3.1 垂直接地装置

应利用每根引下线不少于 50% 的桩作为垂直接地装置,要求每根桩利用两条纵向主钢筋与桩承台钢筋网焊接,焊接长度应满足表 5 的要求。

表 5 各类防雷装置材料焊接长度的要求

焊接材料	焊接要求	其他要求
扁钢与扁钢	宽度的二倍	三面焊接
圆钢与圆钢	直径六倍(双面焊接)	直径 12 倍(单面焊接)
圆钢与扁钢	圆钢直径的六倍(双面焊接)	圆钢直径 12 倍(双面焊接)
扁钢与钢管	接触部位两侧进行焊接	由钢带弯成的弧形
扁钢与角钢	接触部位两侧进行焊接	由钢带本身弯成直角形

若承台内单桩接地电阻值 ≥ 10 时,应增加其他承台桩内的主钢筋作为垂直接地装置,增加承台桩的数量取决于每根引下线对接地电阻值的要求。

若建筑物采用地矛设计时,应将引下线的四支地矛采用不小于 $\varnothing 16$ 的圆钢,一端与地矛焊接,另一端与建筑物的基础防雷网格焊接,焊接长度应满足表 5 的要求。

8.3.2 水平接地装置

应利用地梁内不少于两条主钢筋作为水平接地装置,地梁内的主钢筋应与承台或引下线柱内对角两条钢筋通长焊接,焊接长度应满足表 5 的要求。

承台接地装置底板钢筋网格(筏式承台)或网箱应与作为引下线的两条对角钢筋相焊接,焊接长度应满足表 5 的要求。

若建筑物基础没有地梁设计,其水平接地装置应采用两条不小于 $\varnothing 16$ 的热镀锌圆钢与桩承台钢筋或引下线钢筋焊接;若引下线为钢柱结构,则应采用两条不小于 $\varnothing 10$ 的圆钢,每条圆钢的一端与钢柱焊接,另一端与承台底板筋焊接,焊接长度应满足表 5 的要求(见图 7)。

若建筑物没有桩基础设计时,则应将承台底板的钢筋依据承台内最大桩直径 D 进行网格焊接,网

图 8

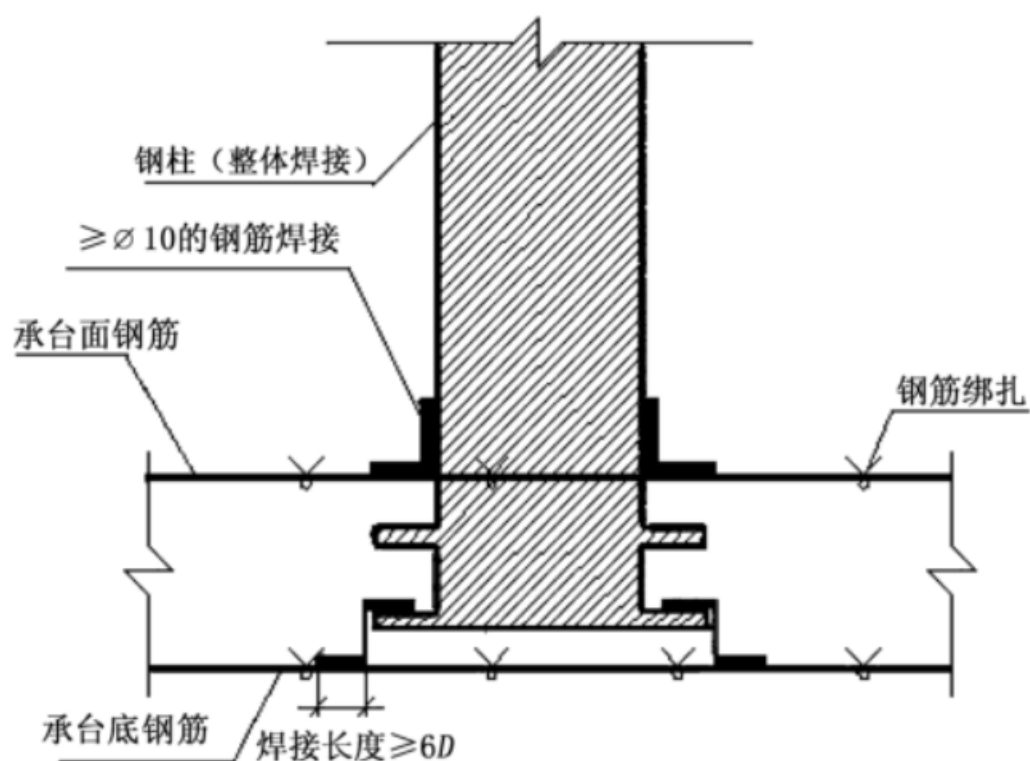


图 7 钢柱与承台钢筋体的连接大样图

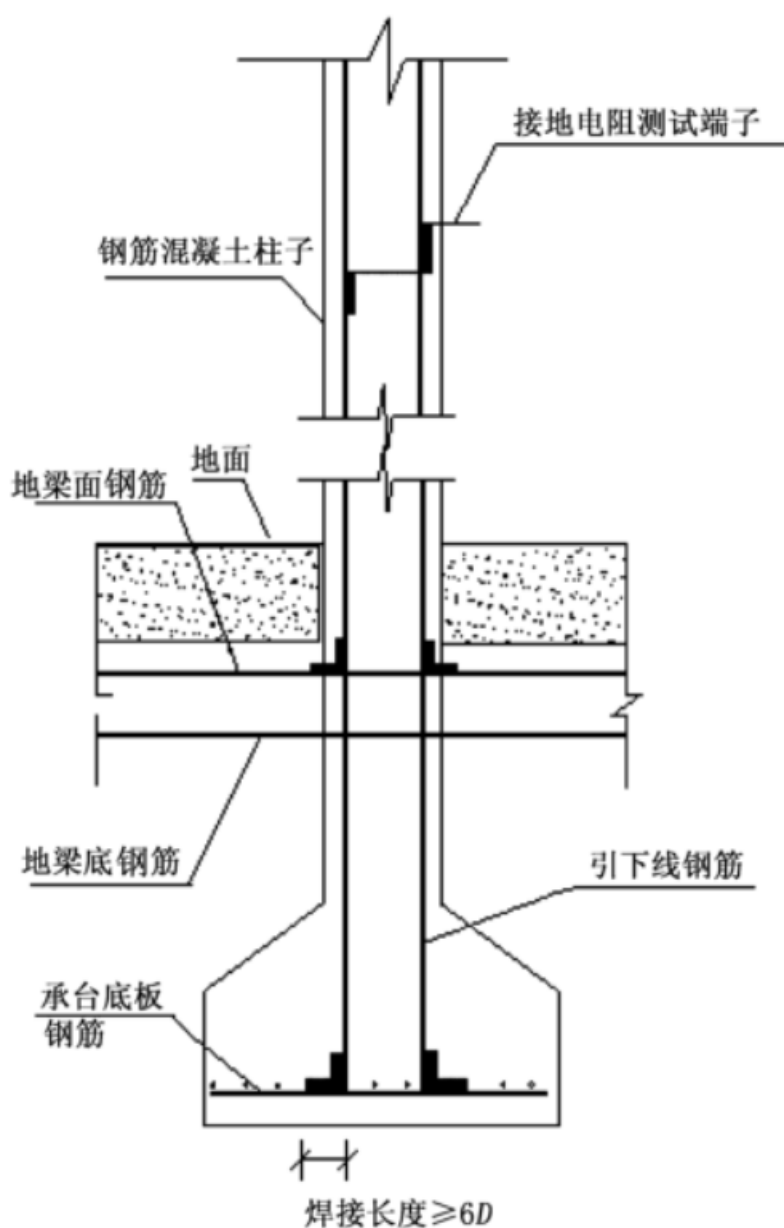


图 8 接地装置与引下线连接设计大样图

8.4 基础防雷网格

建筑物基础防雷网格应由建筑物地梁内的两条不小于 $\varnothing 10$ 的圆钢构成,若建筑物基础网格连接处没有基础钢筋,则应采用两条不小于 $\varnothing 16$ 的(敷设于非混凝土中的圆钢应采用热镀锌材料)圆钢连接基础防雷网格。建筑物基础防雷网格尺寸应满足表 6 的要求。

对于特殊建筑物,基础防雷网格的要求应结合建筑物基础地梁的布置进行设计。

表 6 建筑物防雷网格尺寸的最低要求

建筑物防雷类别	网格尺寸
第一类防雷建筑物	5 m×5 m 或 4 m×6 m
第二类防雷建筑物	10 m×10 m 或 8 m×12 m
第三类防雷建筑物	20 m×20 m 或 16 m×24 m

8.5 接地装置电阻测试端子

接地电阻测试端子应设计在建筑物的四个角,测试端子的材料应采用不小于 $\varnothing 12$ 的热镀锌圆钢或 40 mm×4 mm 的热镀锌扁钢暗敷在建筑物外墙内,端子高度为 0.3 m,接地测试端子面板应采用绝缘材料设计(见图 9 和图 10)。

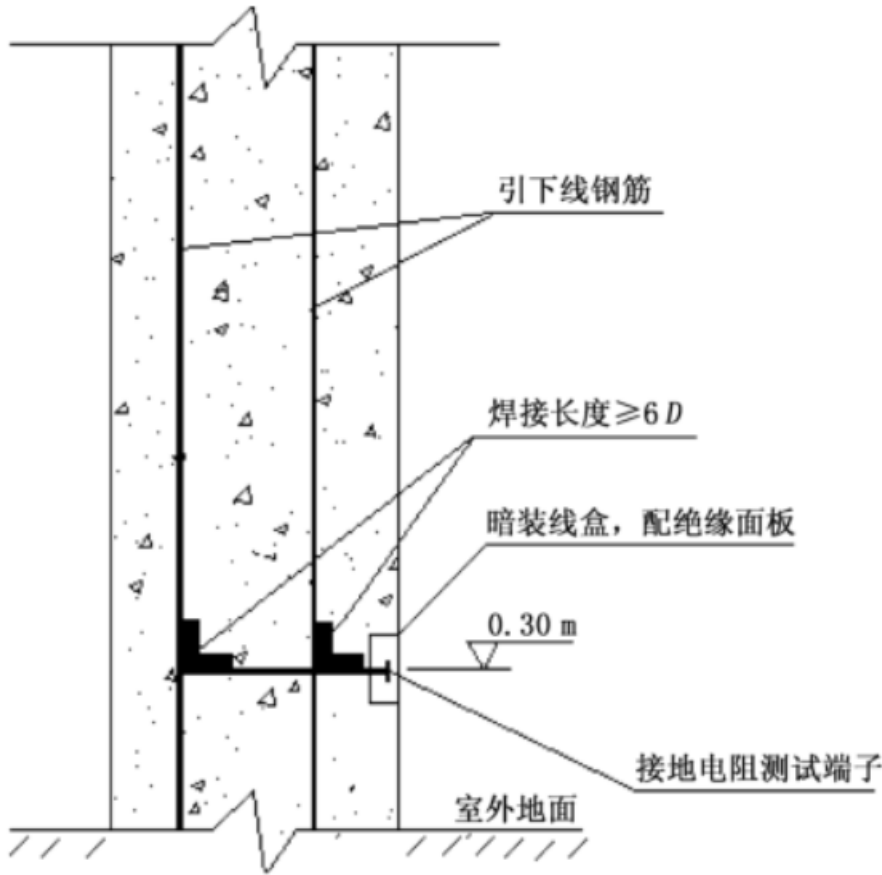


图 9 接地电阻测试端子设计大样图

8.6 接地装置安全距离

当两独立接地装置水平距离小于 20 m 时,应将两接地装置进行等电位连接,等电位连接材料应采用两条不小于 $\varnothing 16$ 的热镀锌圆钢或 40 mm×4 mm 的热镀锌扁钢,埋设深度应不小于 0.6 m,在出、入口或人行道路的埋设深度应不小于 0.8 m。

8.7 人工接地装置

当采用自然接地装置不能满足对接地电阻值的要求或无自然接地装置时,可采用人工接地装置进行设计。人工接地装置应优先采用热镀锌材料,其最小规格尺寸应满足表 7 的要求。

人工垂直接地装置长度宜为 1.5 m 2.5 m,间距为其自身长度的 1.5 2.0 倍,若遇到土壤电阻率不均匀的地方,可适当增加接地装置的长度。

单位为毫米

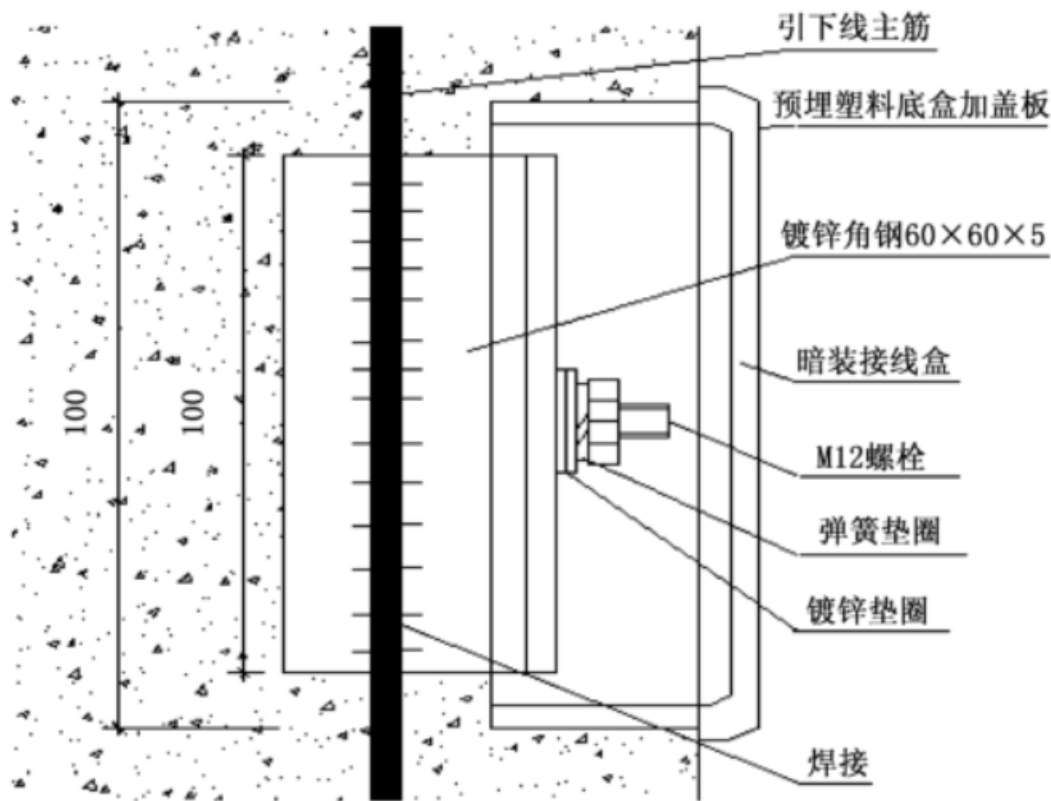


图 10 接地测试端子板做法大样图

表 7 接地装置的材料 结构和最小尺寸

材料	结 构	最小尺寸			说明
		垂直接地装置	水平接地装置	接地板	
铜	铜 绞 线	—	50 mm ²	—	每股最小直径 1.7 mm
	单根圆铜	—	50 mm ²	—	直径 8 mm
	单根扁铜	—	50 mm ²	—	最小厚度 2 mm
	单根圆铜	直径 15 mm	—	—	—
	铜 管	直径 20 mm	—	—	最小壁厚 2 mm
	整块铜板	—	—	500 mm×500 mm	最小厚度 2 mm
钢	单根圆钢	直径 16 mm	直径 10 mm	—	热镀锌
	热镀锌钢管	直径 25 mm	—	—	最小壁厚 2 mm
	热镀锌扁钢	—	90 mm ²	—	最小厚度 3 mm
	热镀锌钢板	—	—	500 mm×500 mm	最小厚度 3 mm
	热镀铜圆钢	直径 14 mm	—	—	径向镀铜层至少 250 m,铜含量 99.9%
	裸 圆 钢	—	直径 10 mm	—	—
	裸 扁 钢	—	75 mm ²	—	最小厚度 3 mm
	热镀锌钢绞线	—	70 mm ²	—	每股最小直径 1.7 mm
	热镀锌角钢	50 mm×50 mm×3 mm	—	—	—
不锈钢	圆形导体	直径 16 mm	直径 10 mm	—	—
	扁形导体	—	100 mm ²	—	最小厚度 2 mm

当垂直接地装置埋设有困难时,可设多根环状水平接地装置,彼此间隔为 1.0 m~1.5 m,且应每隔 3.0 m~5.0 m 相互焊接连通一次。

接地装置之间所有焊接点,除浇注在混凝土中的以外,均应进行防腐处理。

接地装置上端距地面应不小于 0.7 m,接地极有效长度 $l_e \leq 2 \sqrt{\rho}$,其中 ρ 为土壤电阻率。在寒冷地区,接地装置应埋设在冻土层以下。

人工接地装置距建筑物出、入口或人行道的距离应不小于 3 m,当小于 3 m 时应采取下列措施之一:

- a)水平接地装置局部埋深应不小于 1 m;
- b)水平接地装置局部应包绝缘物,可采用 50 mm~80 mm 厚的沥青层;
- c)采用沥青碎石地面或在接地装置上面敷设 50 mm~80 mm 厚的沥青层,其宽度应超过接地体 2 m。

关于 ρ 和 l_e 的对照表参见本标准附录 B。

8.8 接地装置连接

接地装置的连接应采用焊接,焊接应牢固无虚焊。接至电气设备上的接地线,应用镀锌螺栓连接;有色金属接地线不能采用焊接时,可用螺栓连接。螺栓连接处的接触面应按现行国家标准 GB 50169—2006 的规定处理。

各种金属构件、金属管道等作为接地线时,应保证其全长为完好的电气通路。利用串联的金属构件、金属管道作接地线时,应在其串接部位焊接金属跨接线。

8.9 高层建筑核心筒防雷

高层建筑核心筒的防雷设计是将核心筒基础不少于 50% 的桩作为垂直接地装置,将每条桩不少于两条主钢筋与承台底板钢筋焊接,焊接长度应满足表 5 的要求。核心筒的四个角设计引下线,每条引下线应采用两条不小于 $\varnothing 16$ 的圆钢从承台底部引至建筑物屋面的防雷网格钢筋。核心筒的每层设计为均压环,均压环与核心筒的所有引下线焊接,焊接长度应满足表 5 的要求。同时核心筒内的强电井、弱电井和电梯井应预留电气接地端子箱。

9 引下线

应优先利用建筑物柱内或剪力墙内两条纵向主钢筋作防雷引下线,引下线的平均间距应满足表 8 的要求。

表 8 各类防雷建筑物引下线平均间距的最小要求 单位为米

建筑物防雷类别	引下线平均间距
第一类防雷建筑物	12
第二类防雷建筑物	18
第三类防雷建筑物	25

当建筑物的单跨跨度 ≥ 30 m 时,应将建筑物每跨结构柱子的两条主钢筋(不小于 $\varnothing 16$)作为防雷引下线。

当利用两根钢筋作为一组引下线时,其钢筋直径不小于 $\varnothing 16$;当利用四根钢筋作为一组引下线时,其钢筋直径应不小于 $\varnothing 10$,其纵向的两条不小于 $\varnothing 16$ 的主筋应逐层通长焊接,焊接长度应满足表 6 的要求。

引下线主筋的顶部应与建筑物外圈梁的两条主钢筋焊接,水平间距应满足表 8 的要求。

建筑物有均压环设计时,引下线的两条纵向主钢筋应与均压环的两条水平主钢筋焊接,焊接长度应

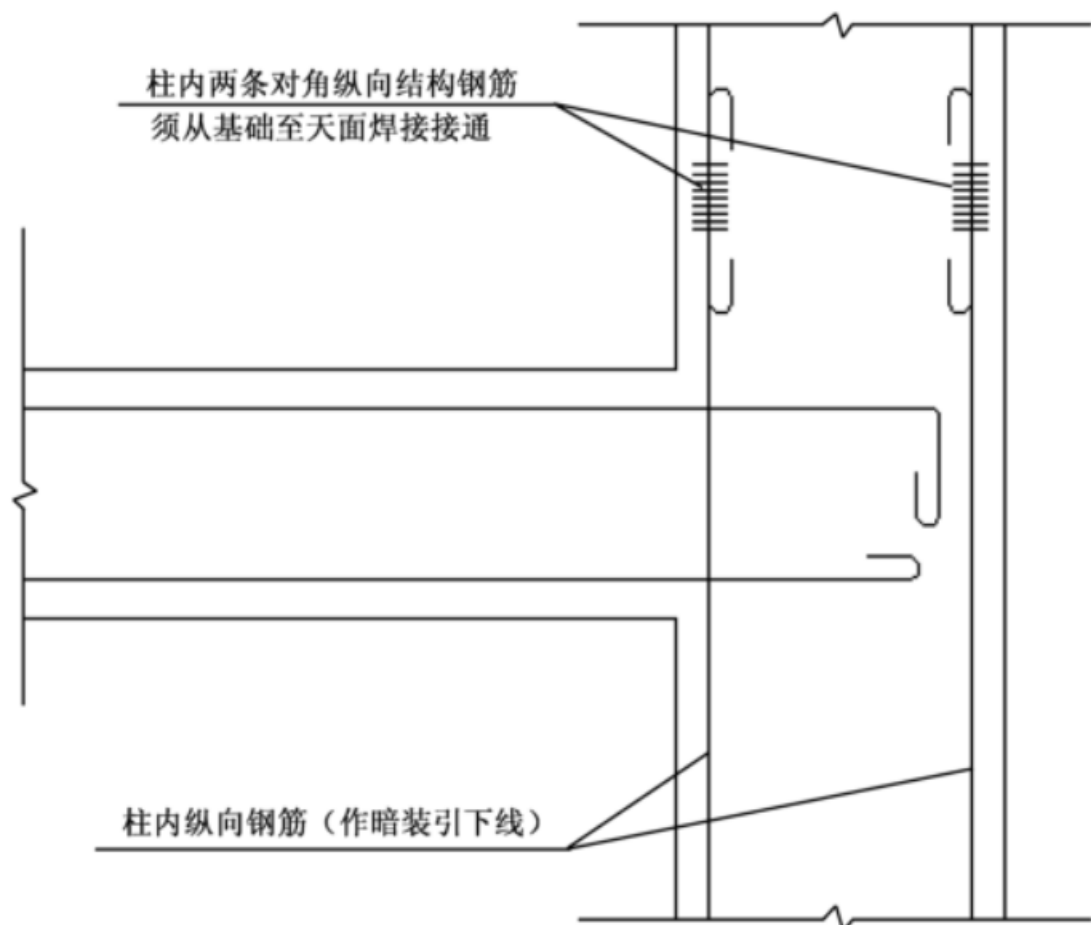


图 11 利用柱内钢筋作引下线

每根引下线的接地电阻值应 ≤ 10 （第一、二类防雷建筑物）或 30 （第三类防雷建筑物）。

每一条引下线在 -0.50 m 分流系数 $K_c=0.44$ 时，钢筋连接的总表面积第一、二类防雷 $S \geq 0.82\text{ m}^2$ ，第三类防雷 $S \geq 0.37\text{ m}^2$ 。钢筋表面积总和与钢筋总长度的换算表见附录 C。

当利用消防梯、钢柱等金属构件作引下线时，要求各部件之间应焊接并构成良好的电气通路，且所有钢柱应作为引下线，对于裸露的钢柱且人能触及部分应采用绝缘物包裹。

当建筑物采用人工引下线设计时，引下线应沿建筑物边角敷设，间距应满足表 8 的要求。当采用暗敷引下线时，应敷设在建筑物外墙的批荡层内；当采用明敷时，应敷设在建筑物外墙的瓷砖或批荡层外。

引下线材料应采用 $\geq \varnothing 10$ 的圆钢或截面积 $\geq 100\text{ mm}^2$ 、厚度 $\geq 5\text{ mm}$ 的扁钢，当引下线采用明敷时材料要求为热镀锌。

当建筑物采用自然引下线时应设计接地电阻测试端子，当采用人工引下线时应设计接地电阻断接卡子。建筑物接地电阻测试端子和断接卡子应设计在建筑物两侧，高度应满足 $0.3\text{ m} \sim 1.8\text{ m}$ 的要求。

10 均压环

均压环应优先采用结构外圈梁内的两条水平钢筋构成闭合的电气通路，当无结构外圈梁时，应采用两条不小于 $\varnothing 12$ 镀锌圆钢或一条 $40\text{ mm} \times 4\text{ mm}$ 的热镀锌扁钢沿建筑物外墙敷设一圈，用作均压环的钢筋应与每层引下线的两条钢筋作焊接，焊接长度应满足表 5 的要求。

在多雷及以上地区，第一类、二类、三类防雷建筑物应在 30 m 以下每三层设计一个均压环，在 30 m 以上每二层或垂直间距不大于 6 m 设计一个均压环。有地下室和群楼的建筑物，地下部分应每层设计一个均压环，在群楼部分应每两层设计一个均压环。

在少雷地区，第一类、二类、三类防雷建筑物应从 30 m 起，每二层或垂直间距不大于 6 m 沿建筑物设计均压环（见图 13）。

对于公共建筑物，应从首层起每二层设计一个均压环，并将每层的金属门、窗与均压环的预留端子

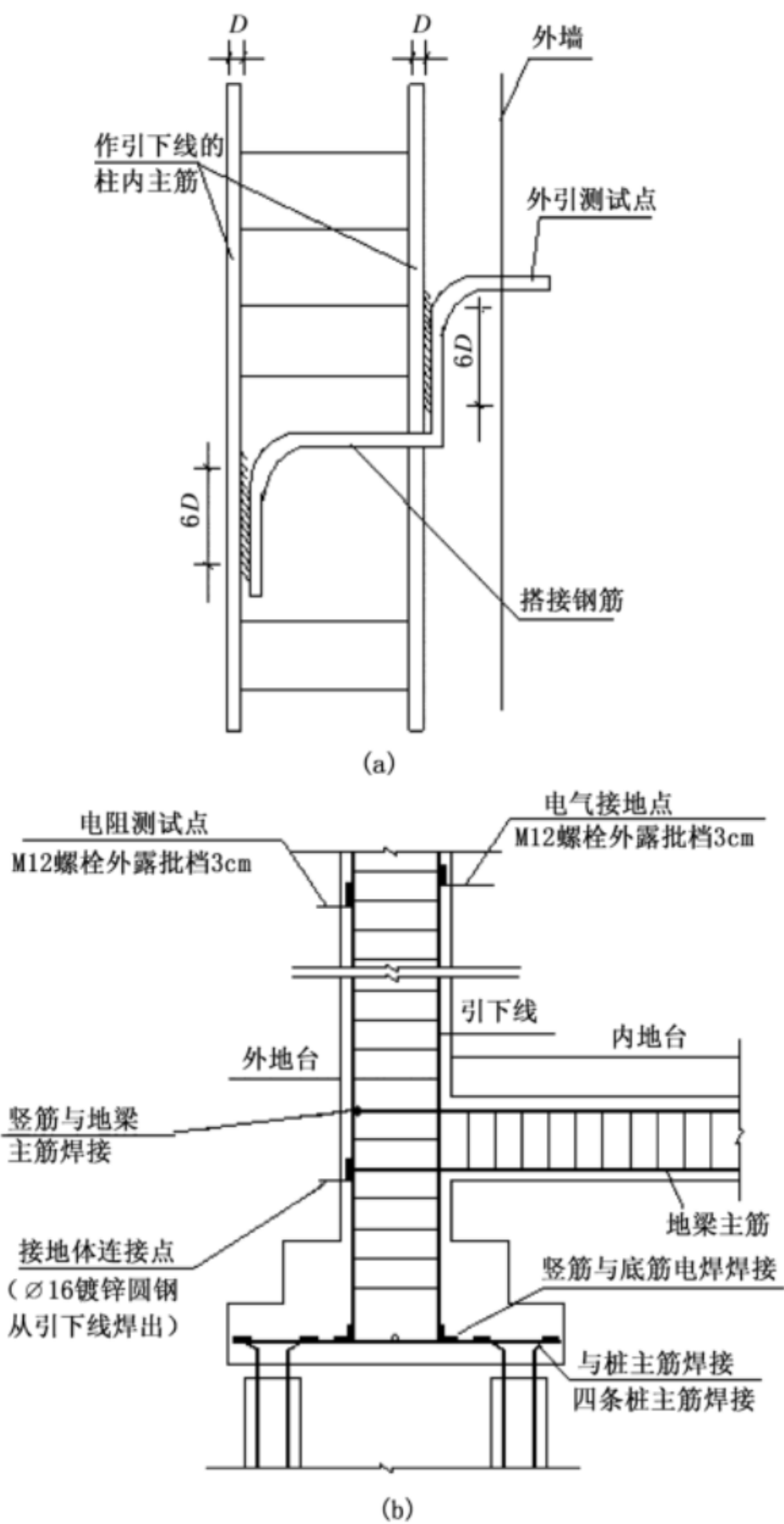


图 12 外引测试点的设计大样图

有玻璃幕墙设计的建筑物,应每层设计均压环。

有地下室设计的建筑物,宜将建筑物地下室中间层作为均压环设计,并沿均压环不大于表 8 值将护壁桩内的两条钢筋或地矛钢筋与均压环内的两条钢筋焊接,焊接长度应满足表 5 的要求(见图 13)。

11 接闪器

11.1 接闪器的一般规定



图 13 均压环设计评价立面图

11.1.1 避雷针

避雷针应设计在建筑物易受雷击的部位：建筑物的女儿墙外侧、屋角、水塔、楼梯屋顶四角、人字屋面脊的两端，其材料、规格应满足表 9 的要求。

表 9 避雷针长度及材料的要求

避雷针的要求	圆钢	钢管
避雷针针长<1 m	Ø12	Ø20
避雷针针长 1 m 2 m	Ø16	Ø25
烟囱顶上的避雷针	Ø20	Ø40

屋顶最高处及屋角等处应采用Ø12 的热镀锌圆钢和高度为≤0.3 m 的避雷短针。

避雷针应采用 GB 50057—94(2000 年版)附录四的滚球法进行保护设计，各类防雷类别的滚球半径见表 10。避雷针接地电阻值应满足表 4 的要求。

表 10 各类防雷建筑物滚球半径的具体要求

单位为米

建筑物防雷类别	滚球半径
第一类防雷建筑物	30
第二类防雷建筑物	45
第三类防雷建筑物	60

11.1.2 避雷带

避雷带应沿建筑物屋檐、女儿墙外侧或屋脊设计。当采用明敷设计时,其材料应选用不小于 $\varnothing 10$ 的热镀锌圆钢或不锈钢圆钢,也可利用建筑物女儿墙的金属扶手或金属栏杆设计避雷带。

避雷带应设计成一个完整的闭合通路,任何两点之间都应连通。跨越伸缩缝和沉降缝处避雷带应采取弧型跨接(见图 14 和图 15)。

避雷带设计的接地电阻值应满足表 4 的要求。

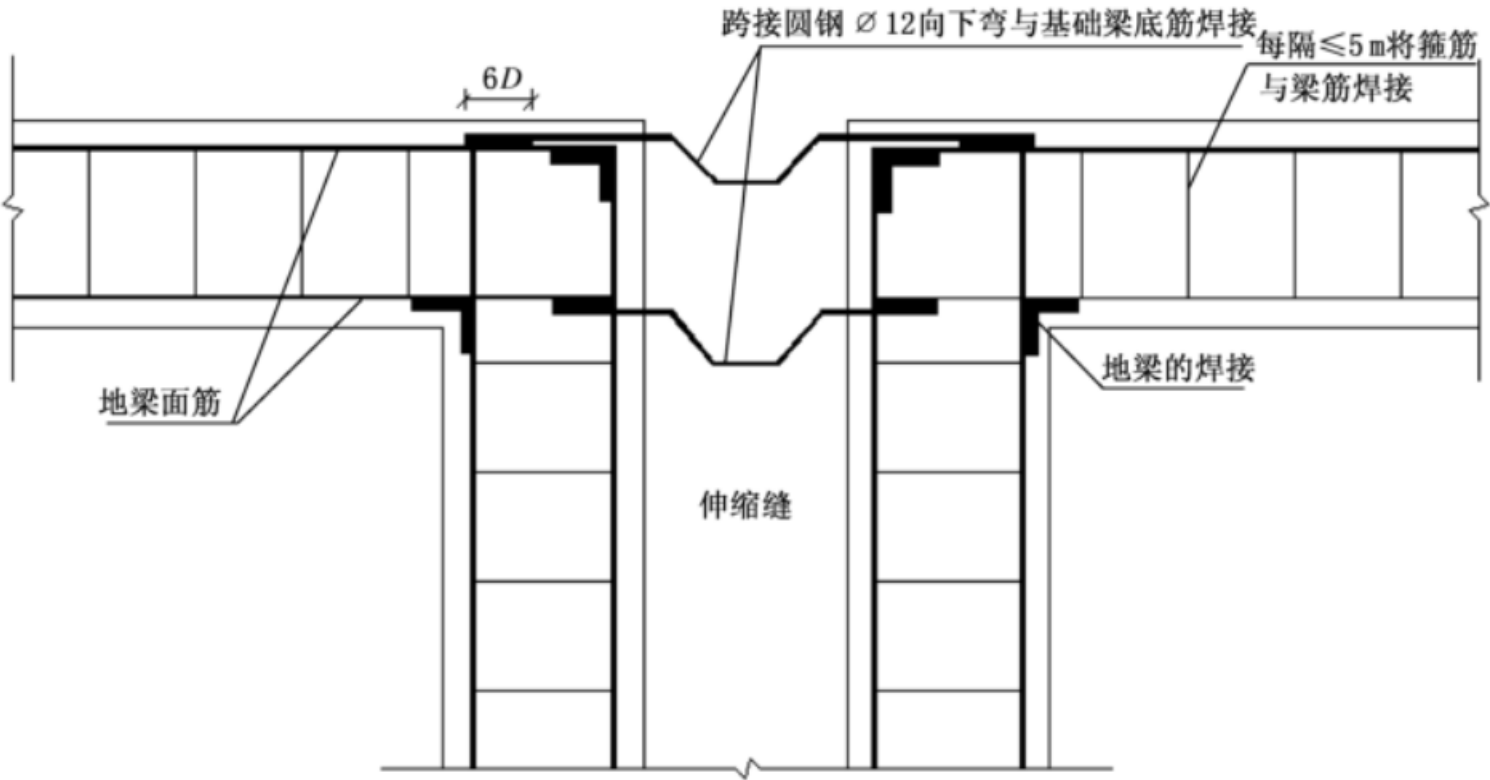


图 14 基础伸缩缝接地体处理 平面

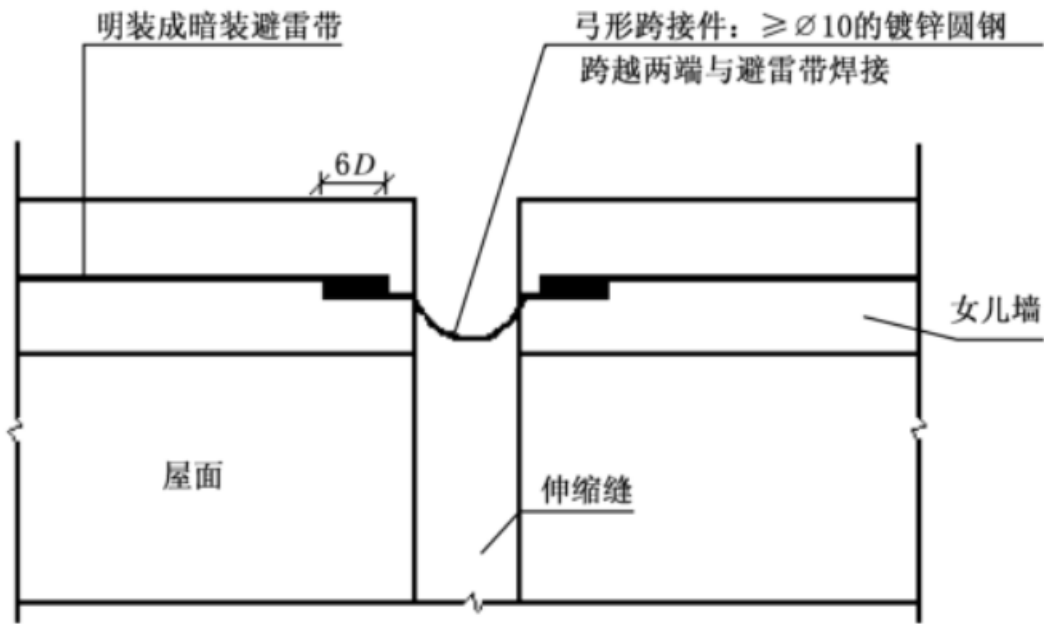


图 15 屋面伸缩缝避雷带处理 平面

11.1.3 避雷网

应优先利用建筑物内、外圈梁内的钢筋构成屋面防雷网格,对于特殊建筑物应依据距引下线水平距离 1 m 的安全距离设计屋面防雷网格。

防雷装置屋面防雷网格可采用明敷或暗敷设计,明敷时,网格钢筋应不小于 $\varnothing 12$;暗敷时应不小于 $\varnothing 10$ 。当采用暗敷设计时,建筑物屋面应设计避雷针或避雷带或避雷线或其组合。各类建筑物屋面防雷网格的最小尺寸应满足见表 6 的要求。

对于采用 PVC、石材或玻璃等非金属材料做屋面的建筑物,若建筑物属高雷暴及其以上区域,应在建筑物屋面设计不大于表 6 第一类防雷建筑物的网格,否则应按照表 6 对应的防雷网格进行设计。网格材料可选用热镀锌圆钢或扁钢,对于易腐蚀的地区或不易维护的地方可选用不锈钢材料,所选用的材料可平敷或采用支持卡安装在非金属屋面上。

古建筑防雷工程设计中,应遵守不改变文物原状的文物保护原则。选择使用接闪导线的颜色应与古建筑物屋面的颜色协调一致,接闪导线应随建筑物的形状敷设。固定支架固定在屋面脊瓦时不应对应脊瓦造成破坏或破坏屋面的防水结构。

11.1.4 避雷线

避雷线防雷保护设计应满足 GB 50057—1994(2000 年版)附录四的有关要求。

11.1.5 自身接闪器

建筑物以下部件可以作自然接闪器:

- a)覆盖于需防雷空间的金属板,但应符合以下要求:
 - 1)各个金属板间有电气贯通连接;
 - 2)当需要防止金属板穿孔或需要考虑热斑问题时,金属板的厚度不小于表 10 的要求;
 - 3)金属板无绝缘覆盖层;
 - 4)金属板上或上方的非金属材料可排除于需要防雷的空间之外。
- b)当非金属屋顶可排除于需防雷空间之外时,其下方的屋顶结构的金属部件(桁架、相互连接的钢筋网等);
- c)如排水管、装饰物、栏杆等金属部件,其截面积不小于对标准接闪器部件所规定的截面;
- d)厚度不小于 2.5 mm 的金属管、金属罐,且雷击时不会发生危险或其他不可接受的情况;
- e)厚度不小于表 10 所规定的金属管、金属罐,且雷击点内表面的温升不构成危险。

建筑物自身作接闪器时要求金属板之间具有贯通连接,并应满足表 11 的要求。金属板应与建筑物的引下线作电气连接。建筑物屋面若为非金属结构,其接闪器设计应采用明敷,明敷接闪器的要求应满足本条 a)和 b)的要求。

表 11 各类防雷建筑物自身作接闪器的要求 单位为毫米

金属物体的要求	金属板之间采用搭接时	金属板下面无易燃物品时	金属板下面有易燃物品时
铅板厚度	≥ 100	≥ 2	——
钢、钛板厚度	≥ 100	≥ 0.5	≥ 4
铜板厚度	≥ 100	≥ 0.5	≥ 5
铝板厚度	≥ 100	≥ 0.65	≥ 7
锌板厚度	≥ 100	≥ 0.70	≥ 4

11.2 接闪器的要求

依据 GB 50057—1994(2000 年版)附录四确定接闪器的保护范围。

除第一类中的防雷爆炸危险环境建筑物应设计独立接闪器外,其他建筑物可在自身设计接闪器。

表 12 各类建筑物防雷安全距离的最低要求 单位为米

建筑物防雷类别	安全距离
第一类防雷建筑物独立接闪器	3(地上部分或地下部分)
第二类防雷建筑物独立接闪器	2(地上部分或地下部分)
第三类防雷建筑物独立接闪器	2(地上部分或地下部分)

当存在因雷击可能发生混凝土碎块坠落的事故隐患时,中高层以上的建筑物不应采用暗敷接闪器的设计。

接闪器和引下线的材料、结构和最小截面的要求见表 13。

表 13 接闪器和引下线的材料 结构和最小截面

材料	结构	最小截面/mm ²	说明 ^j
铜	单根扁铜	50 ^h	最小厚度 2 mm
	单根圆铜 ^e	50 ^h	直径 8 mm
	铜绞线	50 ^h	每股线最小直径 1.7 mm
	单根圆铜 ^{e,d}	200 ^h	直径 16 mm
镀锡铜 ^a	单根扁铜	50 ^h	最小厚度 2 mm
	单根圆铜 ^e	50 ^h	直径 8 mm
	铜绞线	50 ^h	每股线最小直径 1.7 mm
铝	单根扁铝	70	最小厚度 3 mm
	单根圆铝	50 ^h	直径 8 mm
	铝绞线	50 ^h	每股线最小直径 1.7 mm
铝合金	单根扁形导体	50 ^h	最小厚度 2.5 mm
	单根圆形导体	50	直径 8 mm
	绞线	50 ^h	每股线最小直径 1.7 mm
	单根圆形导体 ^c	200 ^h	直径 16 mm
热浸镀锌钢 ^b	单根扁钢	50 ^h	最小厚度 2.5 mm
	单根圆钢 ⁱ	50	直径 8 mm
	绞线	50 ^h	每股线最小直径 1.7 mm
	单根圆钢 ^{c,d,i}	200 ^h	直径 16 mm
不锈钢 ^e	单根扁钢 ^f	50 ^h	最小厚度 2 mm
	单根圆钢 ^f	50	直径 8 mm
	绞线	70 ^h	每股线最小直径 1.7 mm
	单根圆钢 ^{c,d}	200 ^h	直径 16 mm

表 13(续)

材料	结构	最小截面/mm ²	说明 ^j
^a 热浸或电镀锡的镀层最小厚度为 1 μm。 ^b 镀锌层宜光滑连贯、无焊剂斑点,镀锌层最小厚度为 50 μm。 ^c 仅应用于接闪杆。当应用于机械应力(如风荷载)没达到临界值之处,可采用直径 10 mm、最长 1 m 的接闪杆,并增加固定。 ^d 仅应用于入地之处。 ^e 铬≥16%,镍≥8%,碳≤0.07%。 ^f 对埋于混凝土中以及可与可燃材料直接接触的不锈钢,其最小尺寸宜增大至直径 10 mm 的 78 mm ² (单根圆钢)和最小厚度 3 mm 的 75 mm ² (单根扁钢)。 ^g 在机械强度没有重要要求之处,50 mm ² (直径 8 mm)可减为 28 mm ² (直径 6 mm)。在这种情况下,应考虑减小固定支架间的间距。 ^h 当温升和机械受力是重点考虑之处,这些尺寸可加大至 60 mm ² (单根扁形导体)和 78 mm ² (单根圆形导体)。 ⁱ 避免在单位能量 10 MJ/m ² 下熔化的最小截面是铜 16 mm ² 、铝 25 mm ² 、钢 50 mm ² 、不锈钢 50 mm ² 。 ^j 厚度、宽度和直径的误差为±10%。			

12 玻璃幕墙

建筑物玻璃幕墙应与现有的均压环或引下线做可靠的电气连接,均压环的设计技术评价应符合第 10 条的要求,同时均压环应在每个幕墙金属预埋就近处预留≥Ø8 的热镀锌圆钢,并与幕墙的金属预埋件焊接,焊接长度应满足表 5 的要求。

幕墙金属构件的上下边及侧边封口、沉降缝、伸缩缝、防震缝应采用柔性导线跨接,铜质导线截面积宜不小于 25 mm²,铝质导线截面积宜不小于 30 mm²,跨接应采用搪锡端子。兼有防雷功能的幕墙压顶板宜采用厚度不小于 3 mm 的铝合金板制造,压顶板截面宜不小于 70 mm²(幕墙高度不小于 150 m 时)或 50 mm²(幕墙高度不大于 150 m 时)。幕墙压顶板体系与主体结构屋顶的防雷系统应有效连通。

13 等电位连接

13.1 防雷区等电位连接

所有进入建筑物的外来导电物应在 LPZ0_A、LPZ0_B 与 LPZ1 区的界面处应做等电位连接(见表 14 和表 15)。当等电位连接带采用不同材质的导体连接时,可采用熔接法进行连接,也可采用压接法。压接时压接处应进行热搪锡处理,等电位连接用的螺栓、垫片、螺母等应进行热镀锌处理。

当连接线流过雷电流大于 75%时应按表 14 规定最小导线截面进行设计。

表 14 连接等电位连接带或将其连到接地装置的导体的最小截面

防雷建筑物的类别	等电位用材料	等电位截面/mm ²
第一、二、三类防雷建筑物	铜	16
	铝	25
	铁	50

当连接线流过的雷电流小于 25%时其最小导线截面应按表 15 进行设计。

表 15 将内部金属装置连到等电位连接带的导体的最小截面

防雷建筑物的类别	等电位材料	等电位截面/mm ²
第一、二、三类防雷建筑物	铜	6
	铝	10
	铁	16

13.2 总等电位及辅助等电位的连接

建筑物总等电位接地端子应在如下位置进行设计(见图 16)：

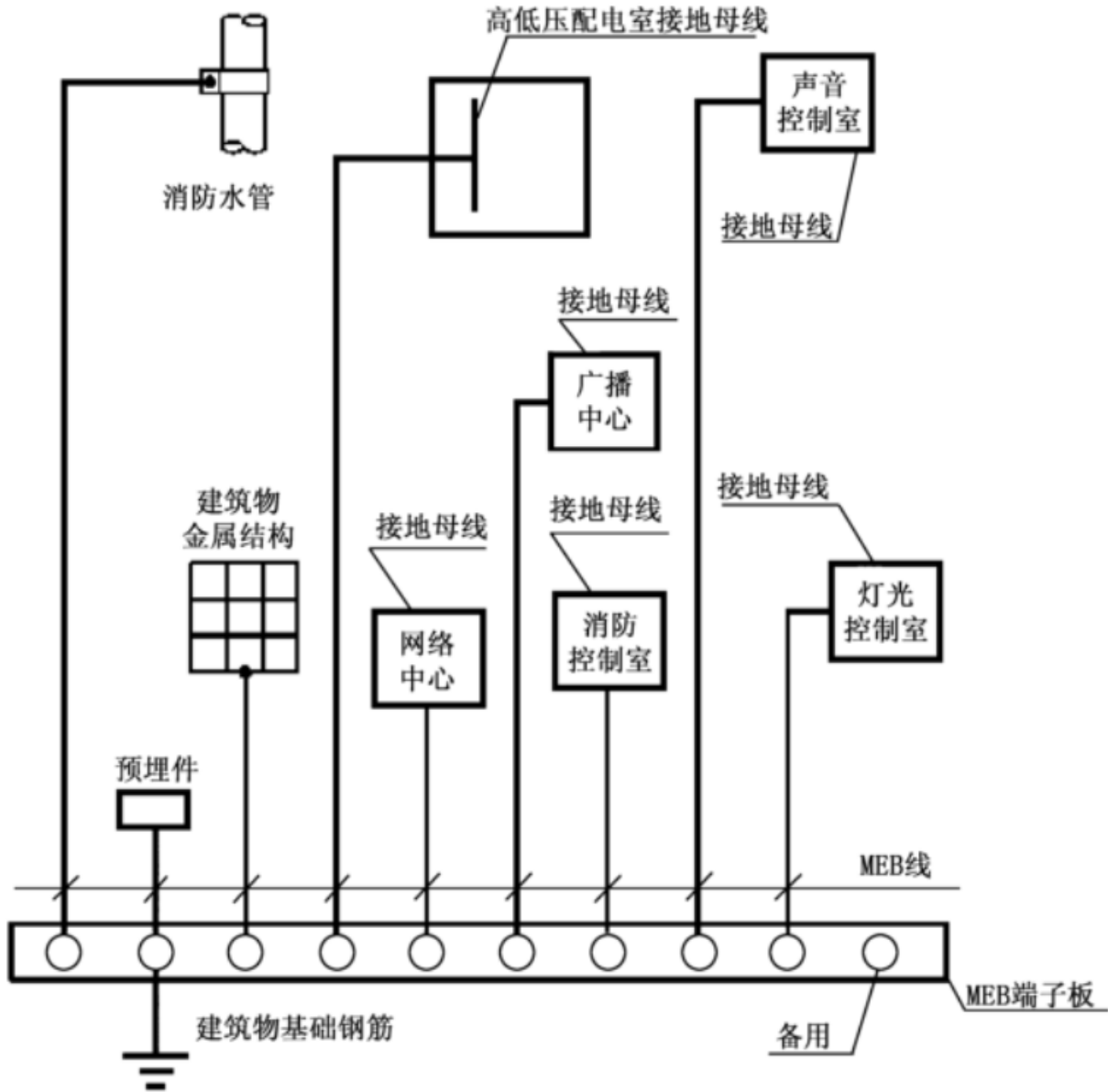


图 16 MEB 总等电位连接系统示意图

- a) 变压器室，高、低配电间和发电机房的 PE(PEN) 母线排处；
- b) 进出建筑物的金属管道就近处，如给水、煤气、空调、暖气等管道；
- c) 建筑物内大型金属构架处；
- d) 人工接地装置处及其引出线处见。

建筑物总等电位端子应采用不小于 $\varnothing 12$ 的热镀锌圆钢或 $40\text{ mm} \times 4\text{ mm}$ 的热镀锌扁钢从建筑物基础防雷网格或引下线柱子钢筋作建筑物的总等电位电气预留端子，该电气预留应在离楼层地坪 0.3 m 处设计多处的总等电位预留端子，端子应与总等电位接地箱连接，并暗敷或明敷在离地坪 0.3 m 处的墙或柱子上。

建筑物辅助等电位接地端子应设计在如下位置(见图 17)。

- b) 电子系统机房；
- c) 建筑物屋面、室内大型设备安装位置或金属管道(如给水、煤气、空调、暖气等)就近处；
- d) 浴室、游泳池、医院手术室等场所对防电击的特殊要求的位置。

建筑物应采用不小于 $\varnothing 12$ 的热镀锌圆钢或 40 mm \times 4 mm 的热镀锌扁钢从建筑物均压环、引下线柱子或防雷网格处预留辅助等电位接地端子,该接地端子应在离楼层地坪 0.3 m 处的位置敷设辅助等电位接地端子,接地端子应与总等电位接地端子作电气连接(见图 17 图 19)。

单位为毫米

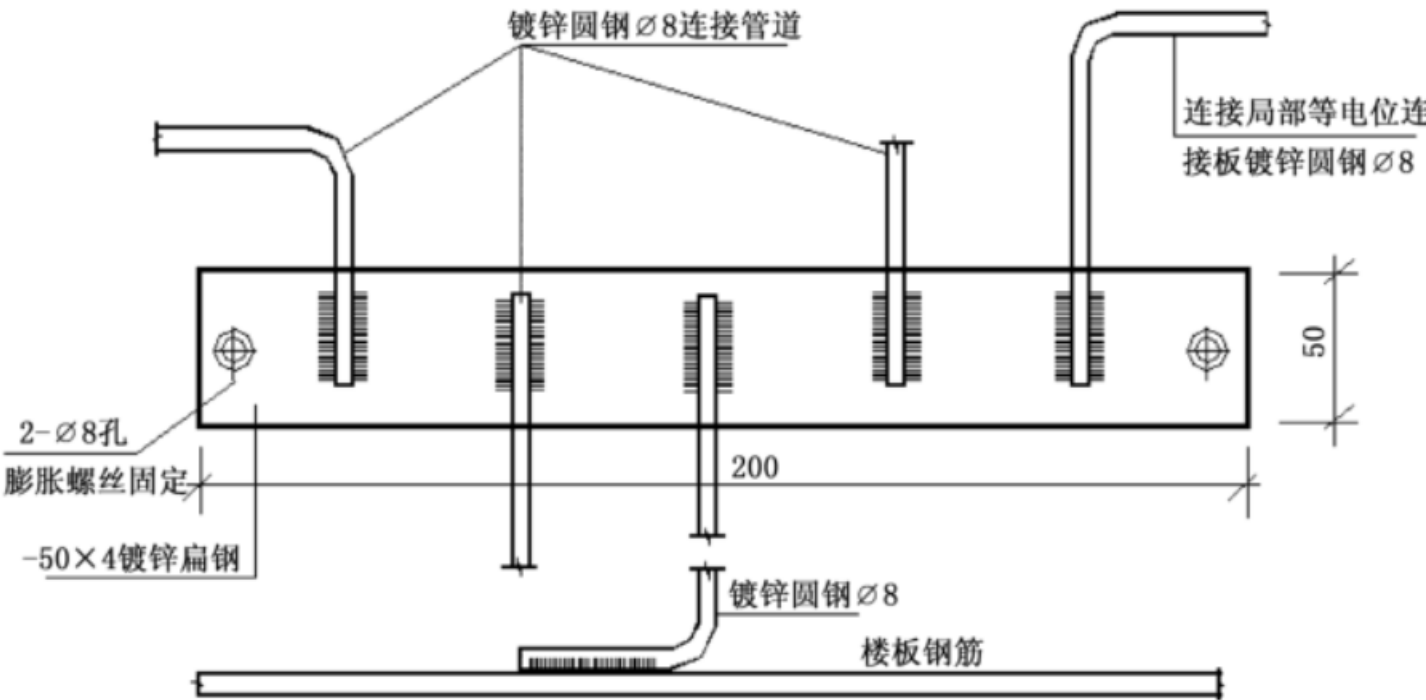
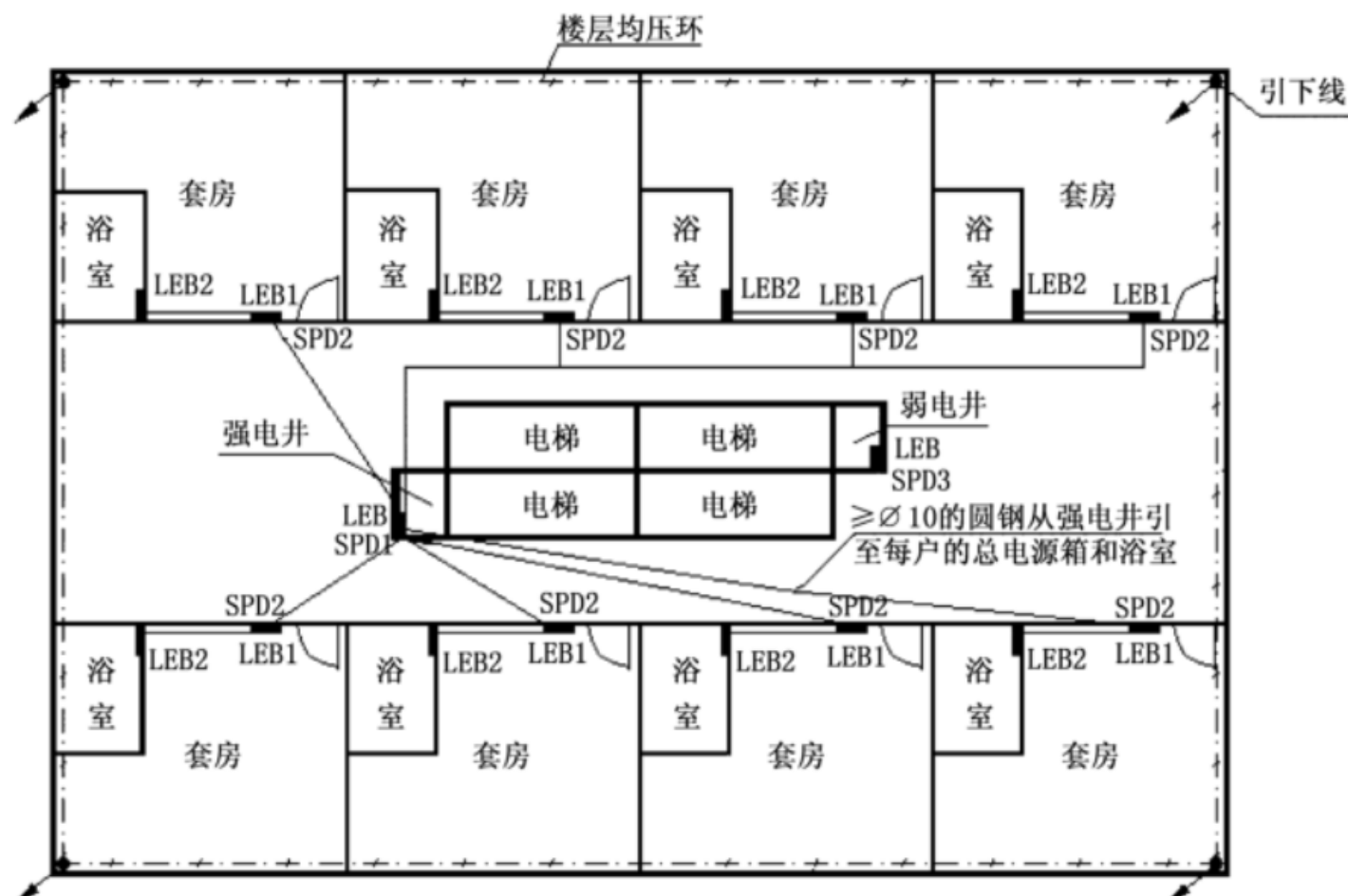


图 17 SEB 辅助等电位联结板大 图



LEB——强、弱电井接地端子盒；

LEB1——套房总开关接地端子盒；

SPD2——第三级电源电涌保护器；

— — — — — 接地(等电位)连接,利用梁(板)内主筋；

SPD1——第二级电源电涌保护器；

LEB2——浴室接地端子盒；

SPD3——信号电源电涌保护器；

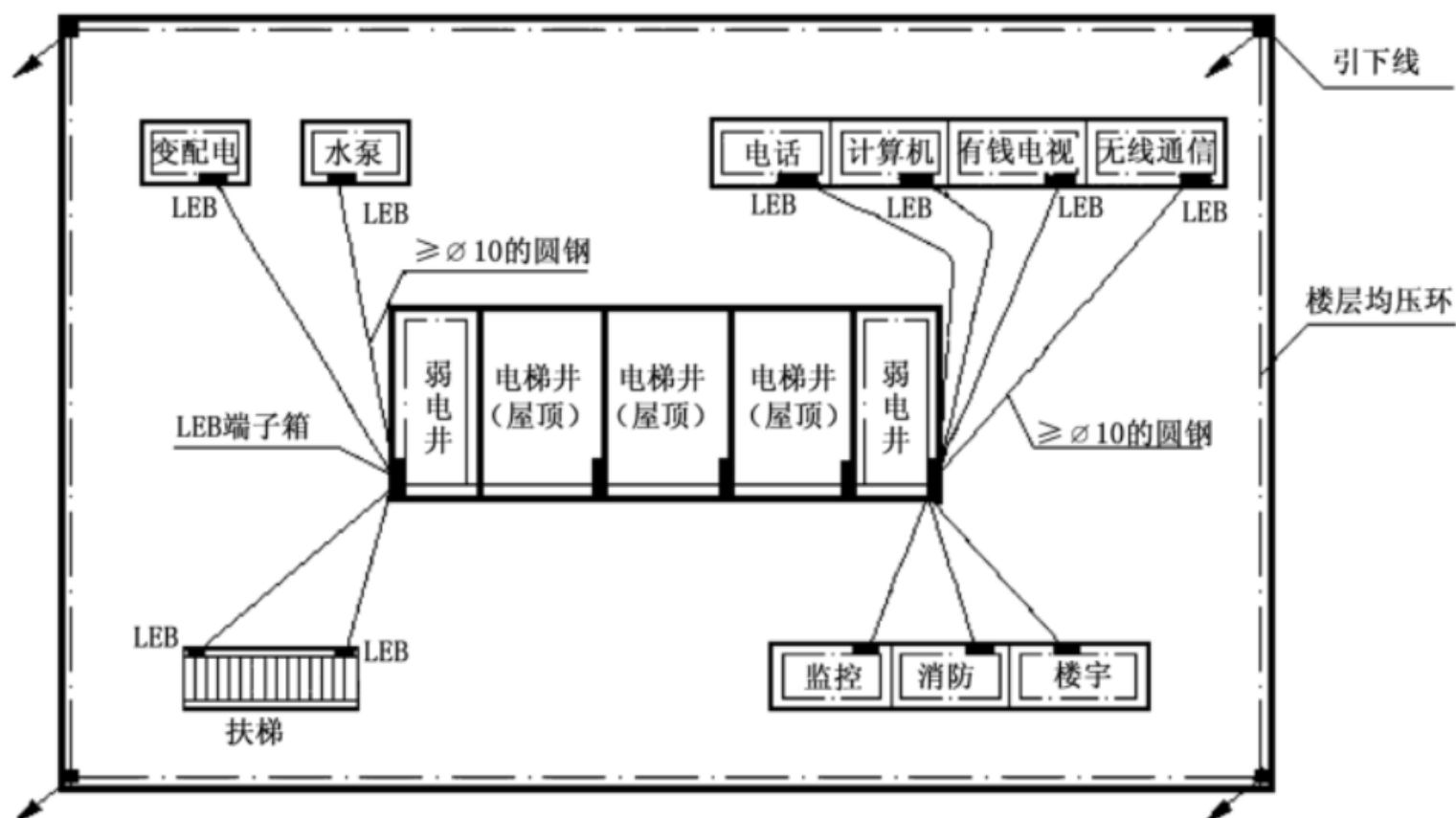
——引下线。

图 18 住宅公寓接地端子 LEB 电源电涌保护器安装示意图

电子设备的保护接地和工频低压配电系统的保护接地应连接到建筑物的共用接地装置上,强电井和弱电井由基础总等电位各引一条 40 mm×4 mm 的扁钢或铜排至各层的电缆井,所有的电子系统机房、卫生间、每层强弱电井管道应设计电气接地端子和接地端子箱。

架空和直接埋地的金属管道在进出建筑物处应就近与防雷接地装置进行等电位连接;当不相连时,架空管道应接地,其接地电阻不大于 10 Ω 。对于制造、使用或贮存爆炸物质,或具有 1 区爆炸危险环境,或具有 2 区或 20 区爆炸危险环境的建筑物的金属管道还应在距建筑物 25 m 处接地一次,其接地电阻应不大于 10 Ω 。

图 20 图 30 为等电位连接设计大样图或示意图。



LEB——强、弱电井接地端子盒；

LEB2——弱电机房接地端子箱；

SPD1、SPD2——弱电电源电涌保护器；

— · — · —均压环(等电位连接), 利用梁(板)内主筋；

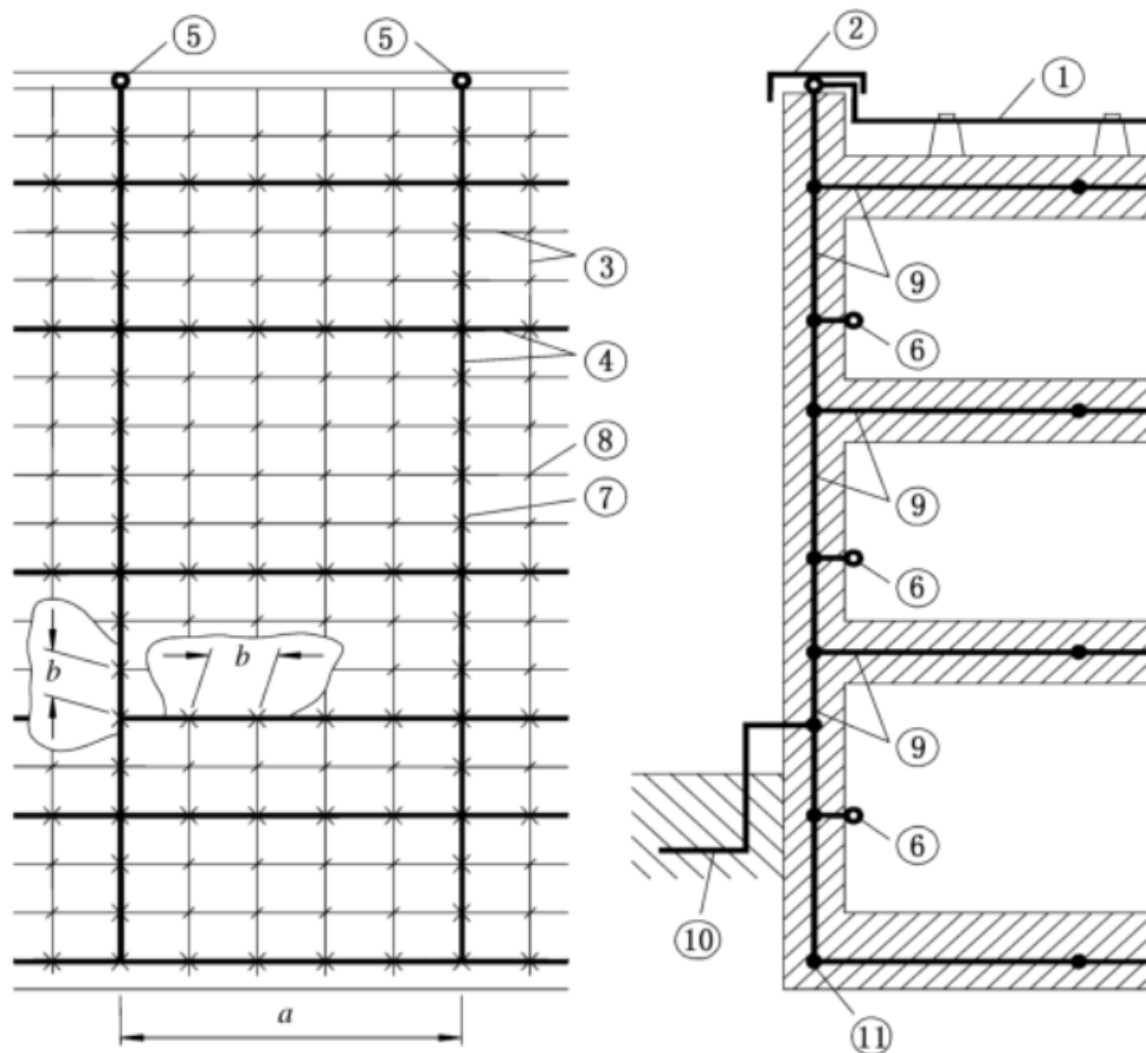
LEB1——弱电井接地端子箱；

LEB3——设备接地端子箱；

SPD、SPD3——设备电源电涌保护器；

↙——引下线。

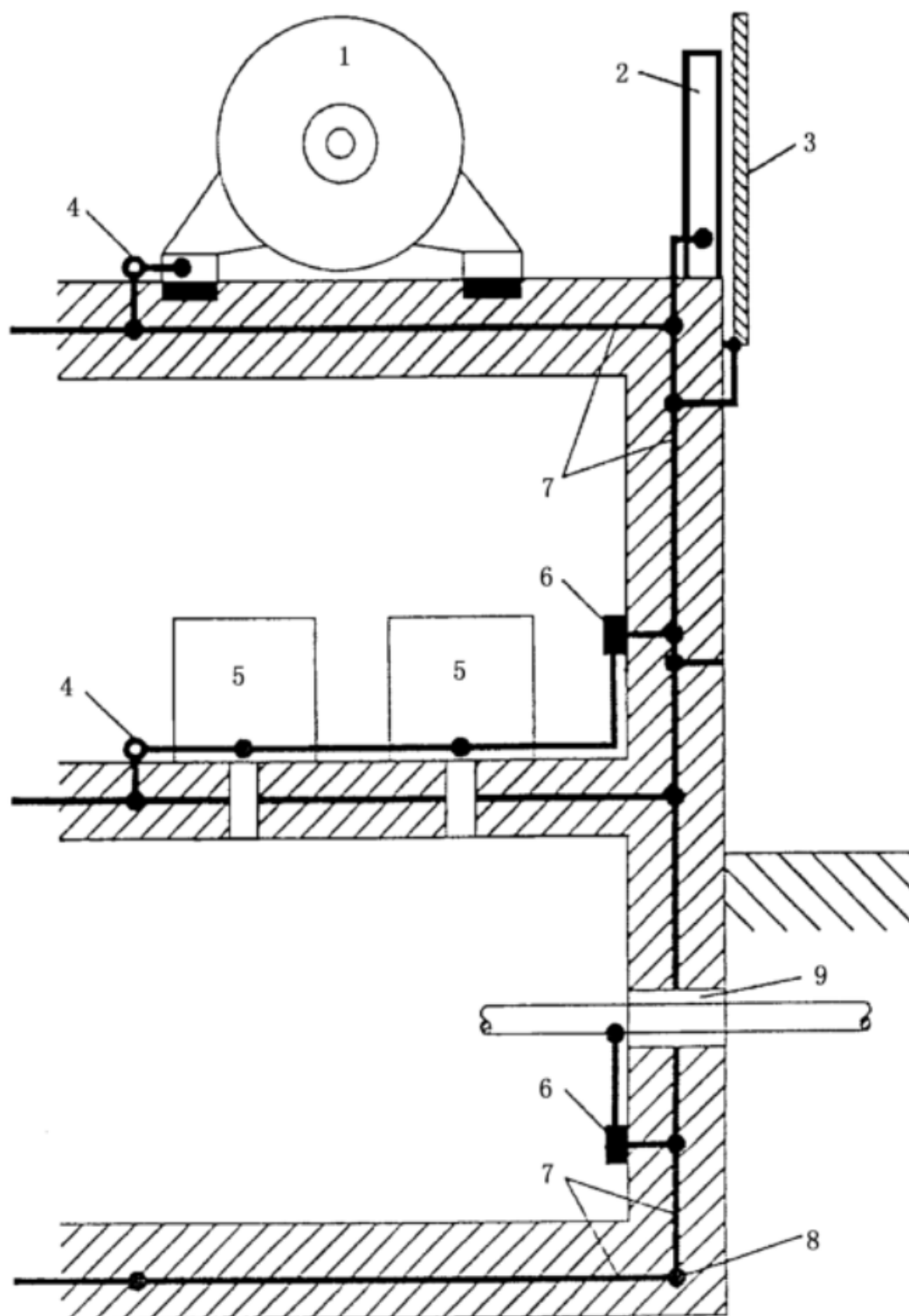
图 19 设备机房接地平面示意图



- 1——接闪器(避雷带);
- 2——屋顶女儿墙的金属盖板;
- 3——钢筋;
- 4——叠加于钢筋上的网格形导体;
- 5——网格形导体的接头;
- 6——内部等电位连接带的接头;
- 7——焊接或夹接;
- 8——任意连接;
- 9——混凝土中的钢筋(有叠加的网格型导体);
- 10——环形接地体(若设有);
- 11——基础接地体。

^a 典型尺寸: $a=5\text{ m}$, $b=1\text{ m}$ 。

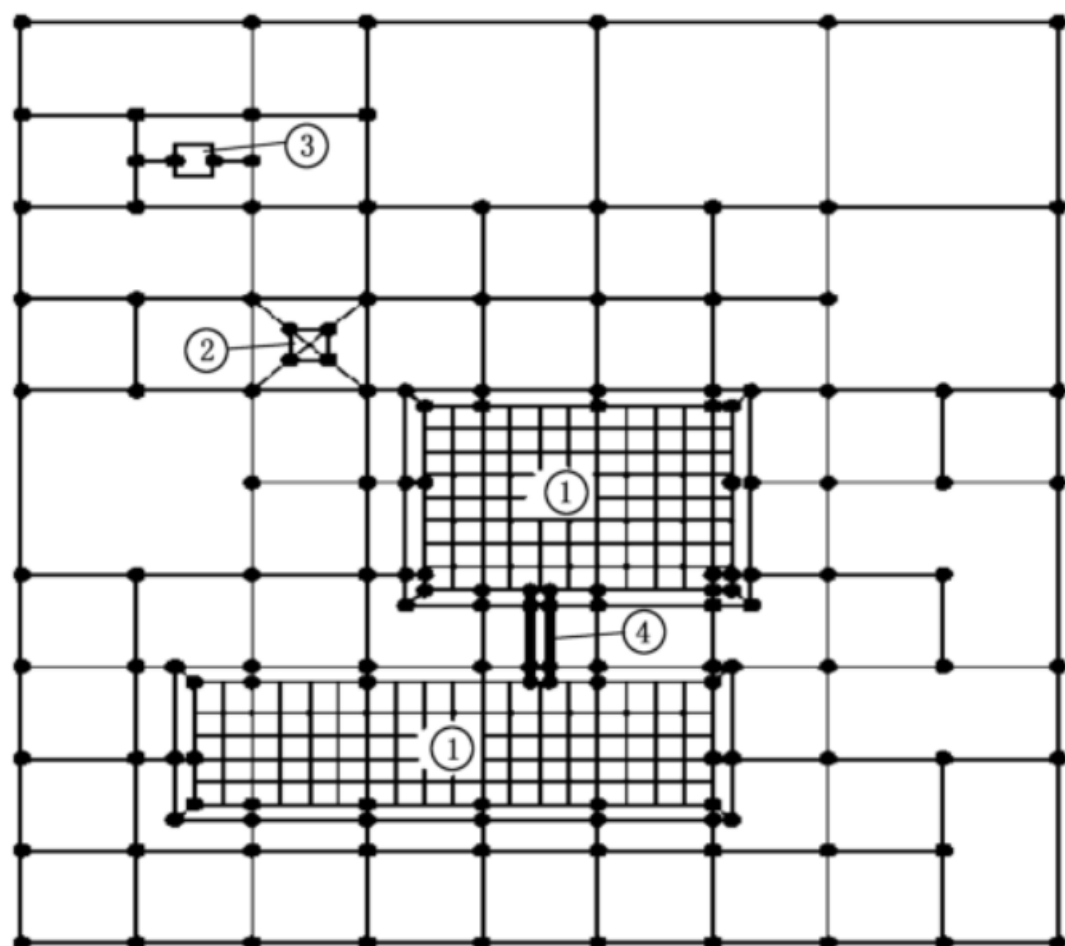
图 20 利用建筑物的钢筋作屏蔽及等电位连接



- 1——电动设备；
 2——钢支架；
 3——立面的金属盖板；
 4——等电位连接点；
 5——电气设备；
 6——等电位连接带；
 7——混凝土中的钢筋(有叠加的网格形导体)；
 8——基础接地体；
 9——各种公共设施的公用入口。

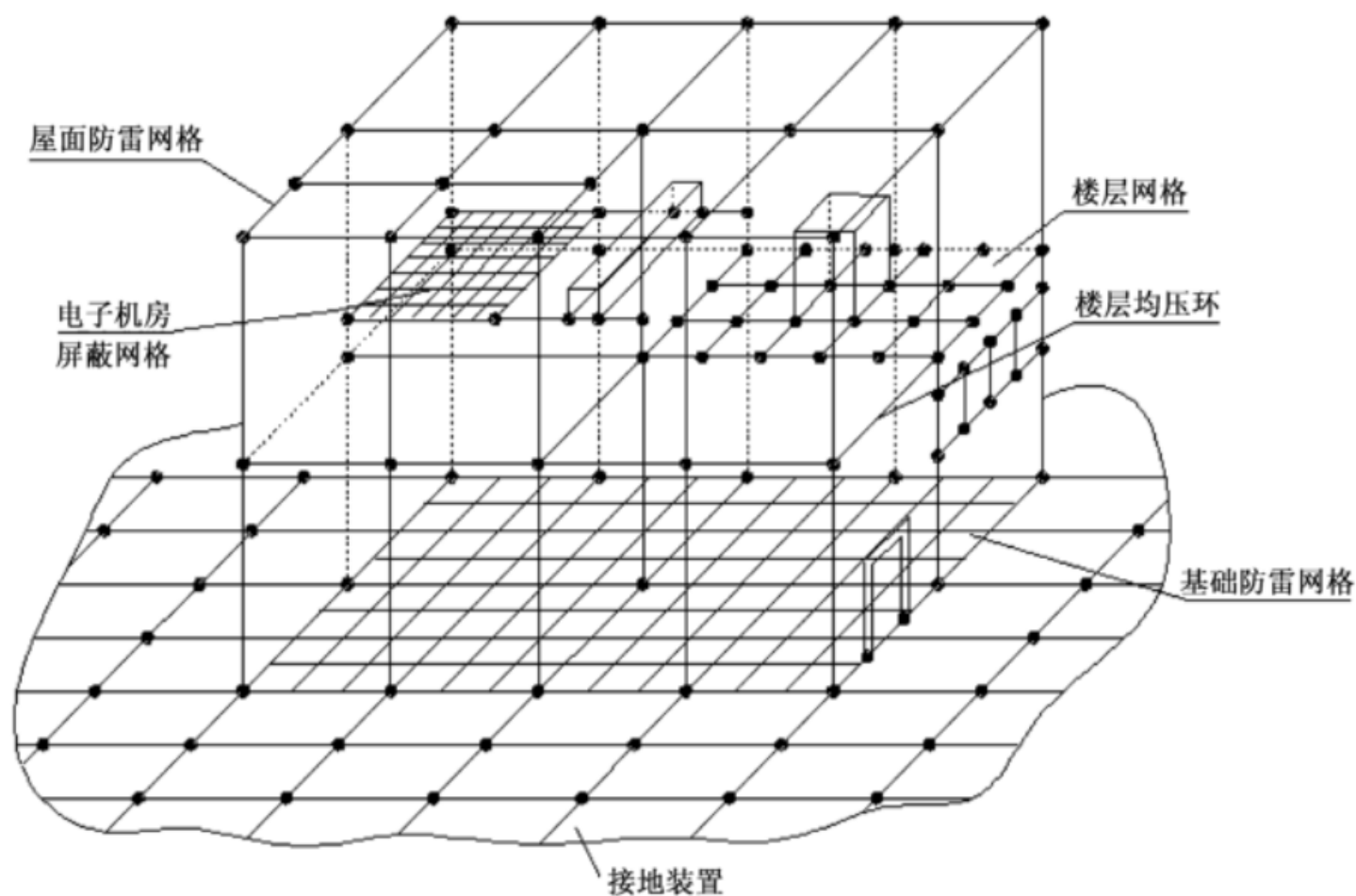
* 典型尺寸： $a=5\text{ m}$ ， $b=1\text{ m}$ 。

图 21 钢筋结构建筑物的等电位连接



- 1——具有网格状钢筋的建筑物；
- 2——工厂内部的塔；
- 3——孤立的设备；
- 4——电缆槽。

图 22 工厂的网格状接地装置



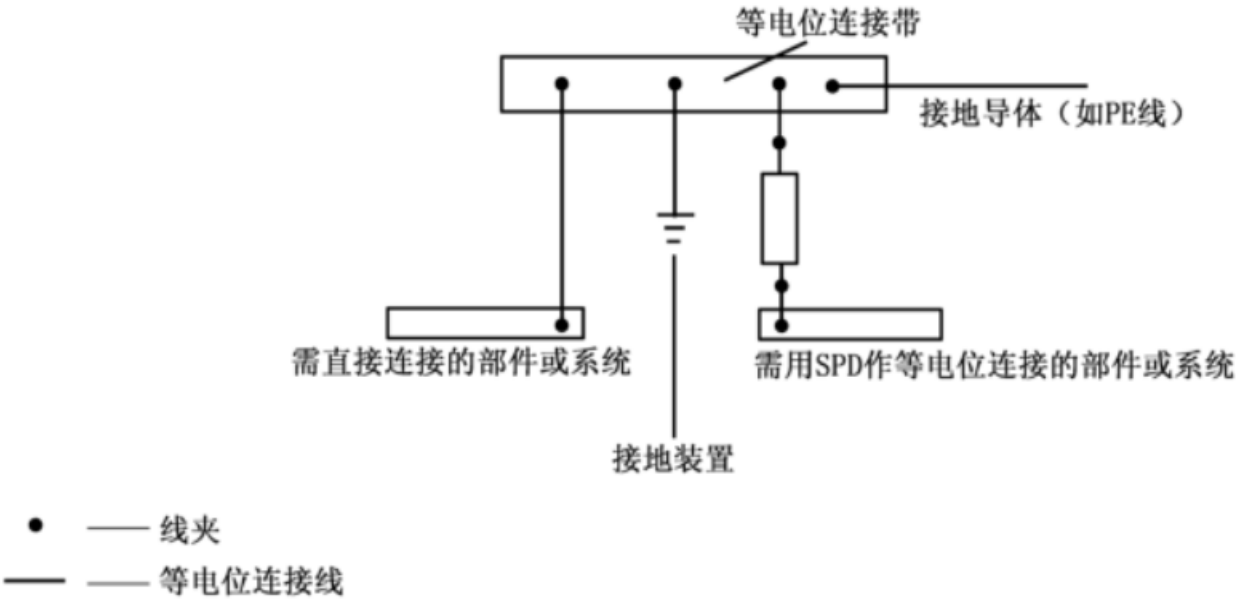


图 25 导电部件或电气系统与等电位连接带的连接

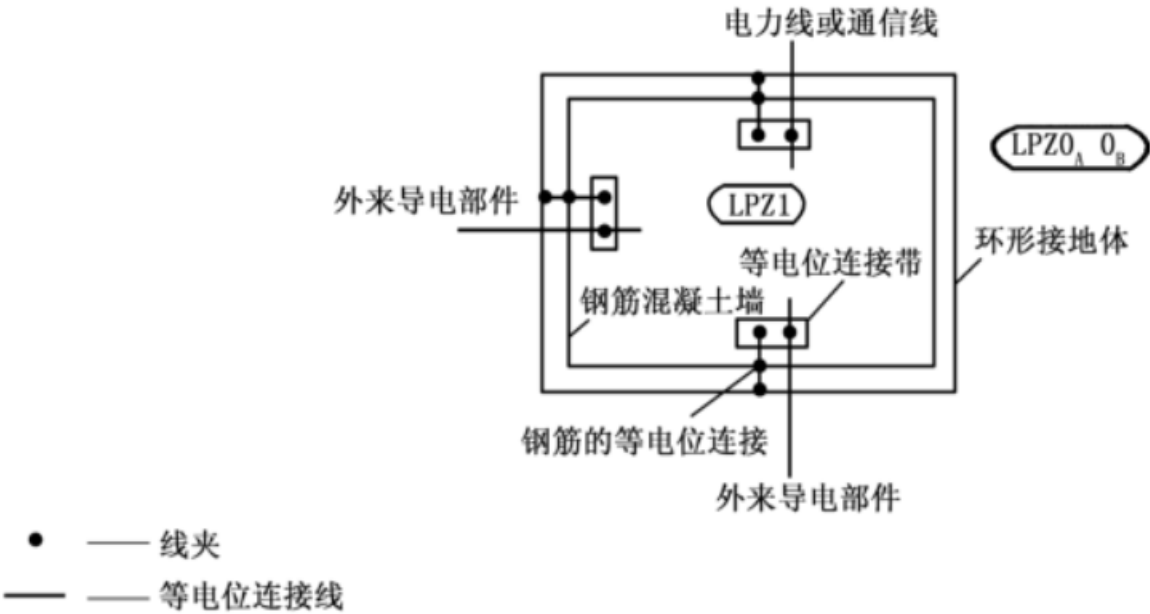
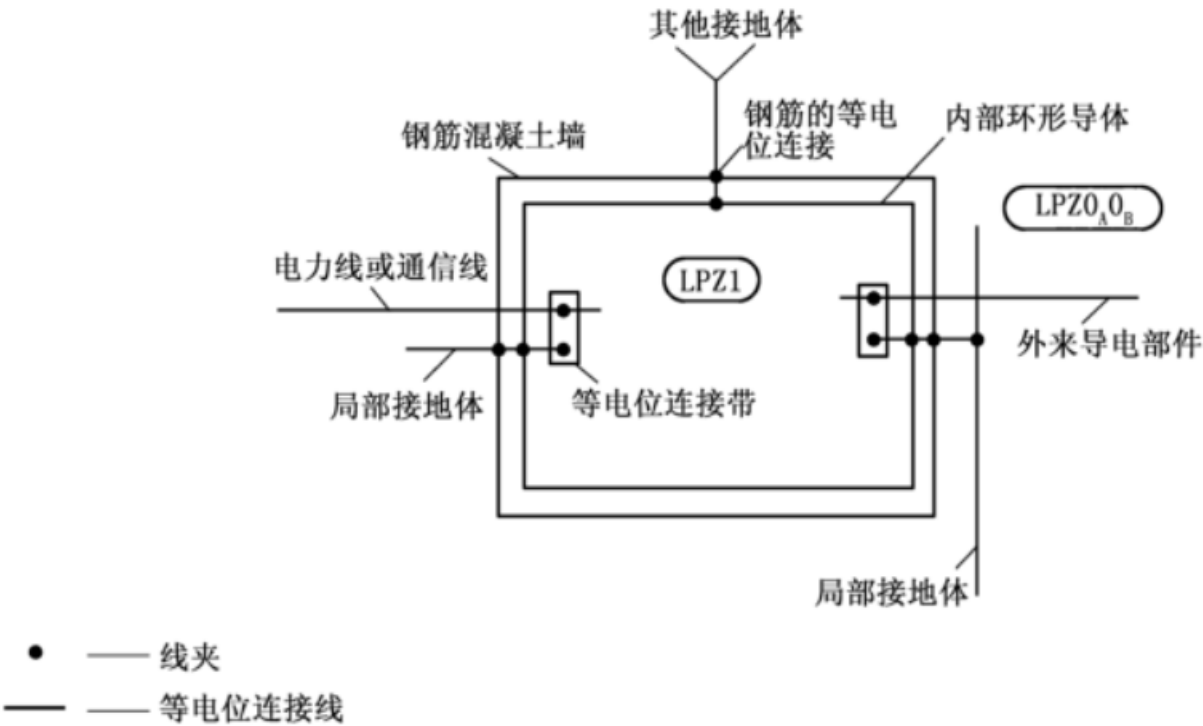


图 26 外来导电部件在地面上从多点进入建筑物的情况下 采用环形接地体实现等电位连接



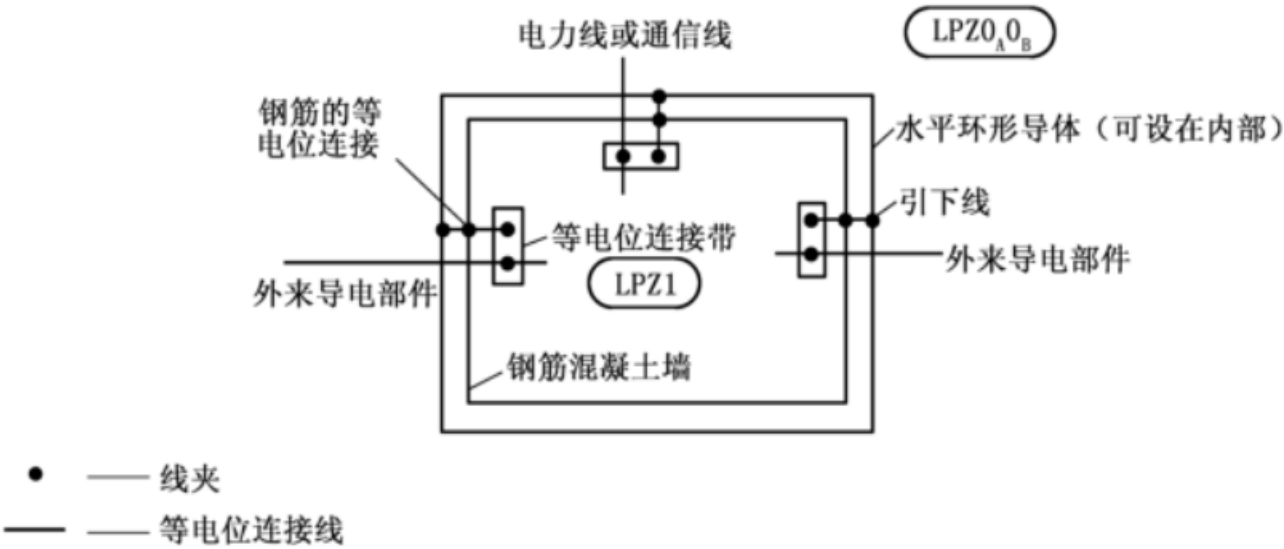


图 28 外来导电部件空中多点进入建筑物的情况下的等电位连接

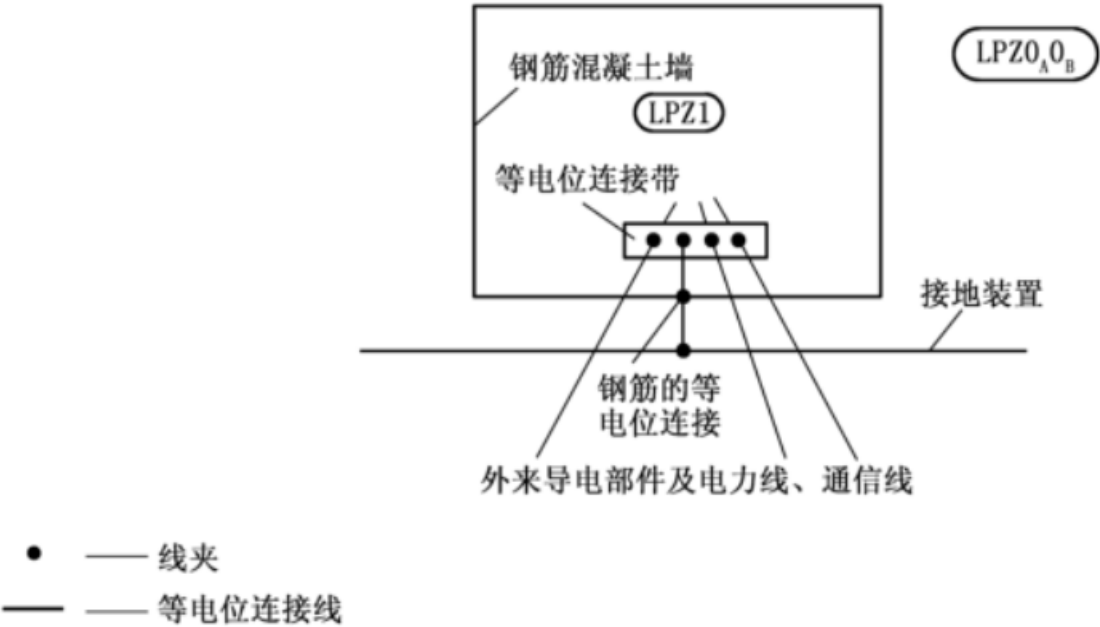
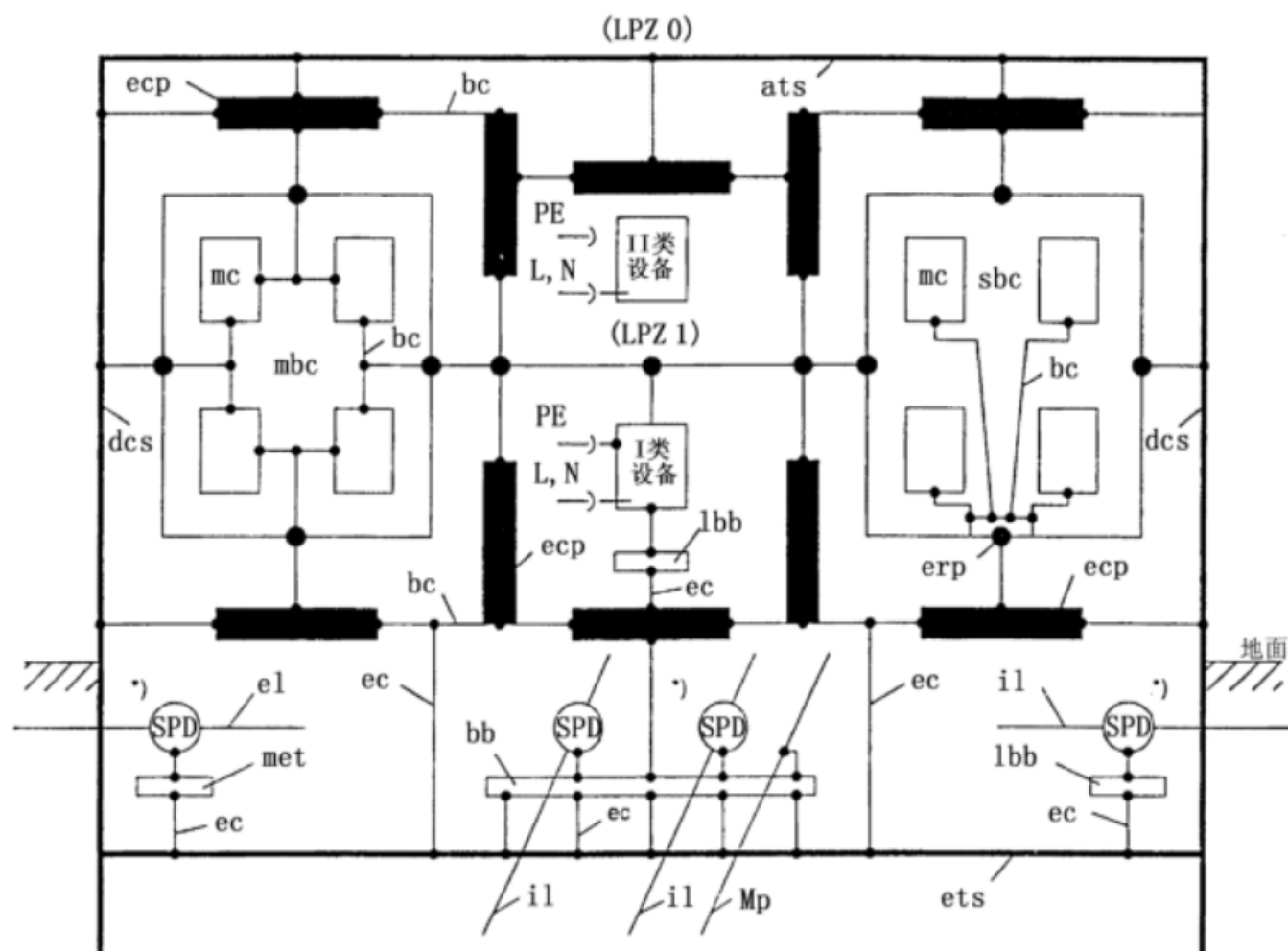


图 29 外来导电部件单点进入建筑物情况下的等电位连接



部件:

ats——LPS 的接闪器,可能是建筑物空间屏蔽体的一部分(例如金属屋顶)。

dcs——LPS 的引下线(雷电引下导体),可能是建筑物空间屏蔽体的一部分(例如金属立面、墙体的钢筋)。

ecp——外来导电部件、建筑物上及建筑物内除电气装置外的金属装置。(例如:电梯钢轨、起重机、金属地板、金属门框、公共设施的金属管道、金属电缆槽、地板钢筋、墙体钢筋、顶板的钢筋等)。

erp——接地基准点(ERP),代表一个局部等电位连接带(单点连接)。

ets——LPS 的接地装置(地极网络、公共地极网络),可能是建筑物空间屏蔽体的一部分。(注:地极:一组接地装置或一组接地装置中的一部分)。

fe——固定的设备: I 类设备,有 PE 连接线;II 类设备,无 PE 连接线。

mbc——(本地)信息系统的网格形等电位连接。

mc——(本地)信息系统的金属部件(金属部分)(例如机柜、外壳、机架等)。

sbc——(本地)信息系统的星形等电位连接。

等电位连接带:

bb——等电位连接带(环形等电位连接带、水平等电位连接导体、特殊情况下可为金属板)主要用于信息导线和电缆的等电位连接,也用于信息设备的等电位连接,亦可用作(公共)等电位连接带。用接地导体多重连接至接地装置(典型间隔为 5 m)。

bc——等电位连接导体(等电位连接导体、等电位连接件、连接线)。

ec——连接至接地装置的接地导体(主接地导体)。

el——电源线或电缆。

il——信息线或电缆。

LN——有中性线的电源。

lbb——局部等电位连接带(接地端子)(例如:用于电力装置或信息装置)。

LPS——防雷系统(有部件 ats,dcs,ets)。

LPZ——防雷区。

met——主接地端子(主接地带、主接地总线带、主连接带),主要用于电源线的等电位连接,也用于电力设备的等电位连接,亦可用作(公共)等电位连接带。

Mp——公共设施的金属管道。

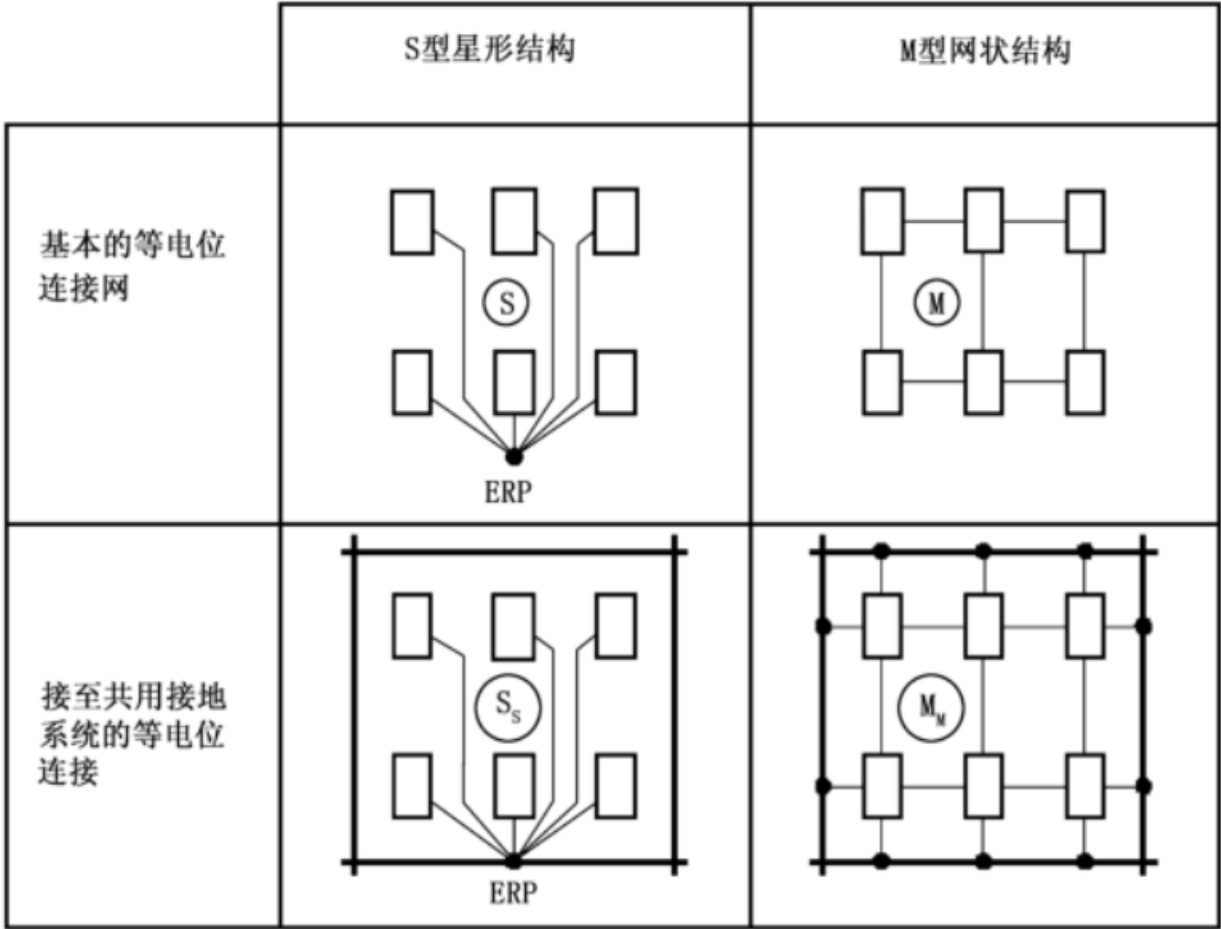
PE——保护导体(保护接地导体、设备接地导体、保护地、保护接地),是等电位连接网络的一部分。

13.3 电子系统等电位连接

当采用 S 型等电位连接网时,电子系统的所有金属组件除等电位连接点外,应与共用接地系统的各组件有足够的绝缘(>10 kV,1.2/50 s);S 型等电位连接网络,其所有设施管线和电缆仅从一点进入该信息系统;S 形等电位连接网络设备之间的所有线路和电缆应按星型结构与各等电位连接线平行敷设,以免产生环路。用于限制从线路传导来的过电压的 SPD 也宜连该接地基准点(见图 31)。

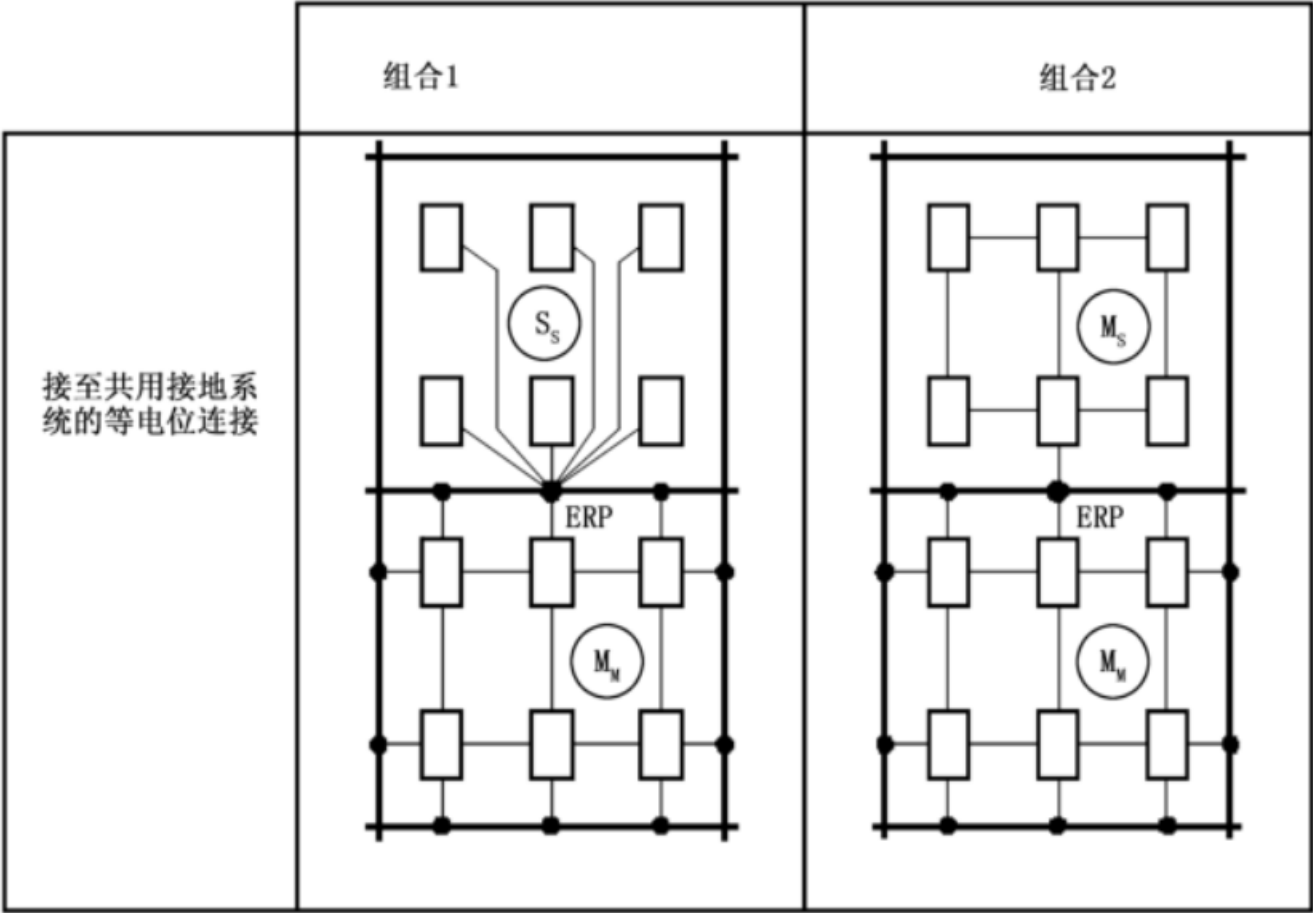
当采用 M 型等电位连接网络时,系统的各金属组件不应与共用接地系统各组件绝缘;M 型等电位连接网络应通过多点连接组合到共用接地系统中去,并形成 M_M 型的组合等电位连接(见图 32);M 型等电位连接网络可用于延伸较大的开环系统,其所有设施管线和电缆可从若干点进入信息系统。

电子系统设备机房的等电位连接,可根据电子系统的工作频率分别采用星形(S 型)结构或网形(M 型)结构。一般情况下,当工作频率 ≥ 300 kHz 时,应采用 M 型等电位连接网络;当频率<300 kHz 时,可采用 S 型等电位连接网络。



- 粗实线——建筑物的共用接地系统;
- 细实线——等电位连接网;
- 设备;
- 等电位连接网与共用接地系统的连接;
- S_s ——将星形结构通过 ERP 点整合到等电位连接网络;
- M_M ——将网形结构通过网形连接整合到等电位连接网络。

图 31 电子系统等电位连接的基本方法



粗实线——建筑物的共用接地系统；
细实线——等电位连接网；
□——设备；
●——等电位连接网与共用接地系统的连接。

图 32 电子信息等电位连接方法的组合

14 电涌保护器 SPD

14.1 电源 SPD 的一般要求

在直击雷非防护区(LPZ0_A)或直击雷防护区(LPZ0_B)与第一防护区(LPZ1)交界处应安装通过 I 级分类实验的 SPD 或限压型 SPD 作为第一级保护。第一防护区之后的各分区(含 LPZ1 区)交界处应安装限压型 SPD。使用直流电源的信息设备,视其工作电压要求,应安装适配的直流电源 SPD。

电源 SPD 的接地应就近接到等电位电气预留端子上,第二级及以后设计的 SPD 不得利用电源 PE 线作为接地线,且连接 SPD 两端的导线长度应不大于 0.5 m。当电压开关型 SPD 至限压型 SPD 之间的线路长度不大于 10 m 或者限压型 SPD 电涌型保护器之间的线路长度不大于 5 m 时,在两级 SPD 之间应加装退耦元件。当 SPD 具有能量自动配合功能时,SPD 之间的线路长度不受限制。SPD 应有过电流保护装置,并应有劣化显示功能。

固定在建筑物上的节日彩灯、航空障碍灯及其他用电设备的线路应根据建筑物的重要性采取相应的防止雷电波侵入措施。

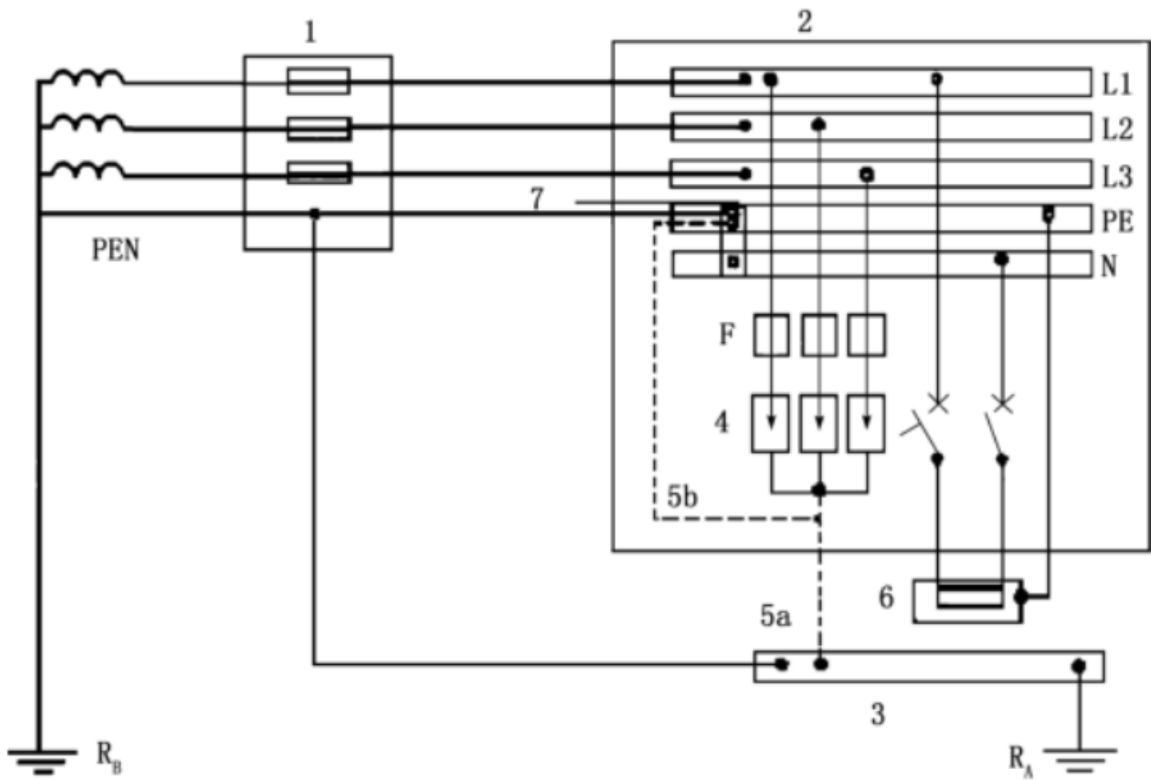
选择 220V/380V 三相系统中的电涌保护器时,其最大持续运行电压 U_c 应符合表 16 的规定。

表 16 电涌保护器 SPD 最大持续运行电压 U_c 值的要

最大持续运行电压	TT 系统中	TN 和 TT 系统中	IT 系统中
U_c	$U_c \geq 1.55U_0$	$U_c \geq 1.15U_0$	$U_c \geq 1.15U$
U_0 ——相间电压； U ——线间电压。			

图 33 图 35 为低压配电系统中按不同接地形式连接示意图。

a) TN 系统电涌保护器

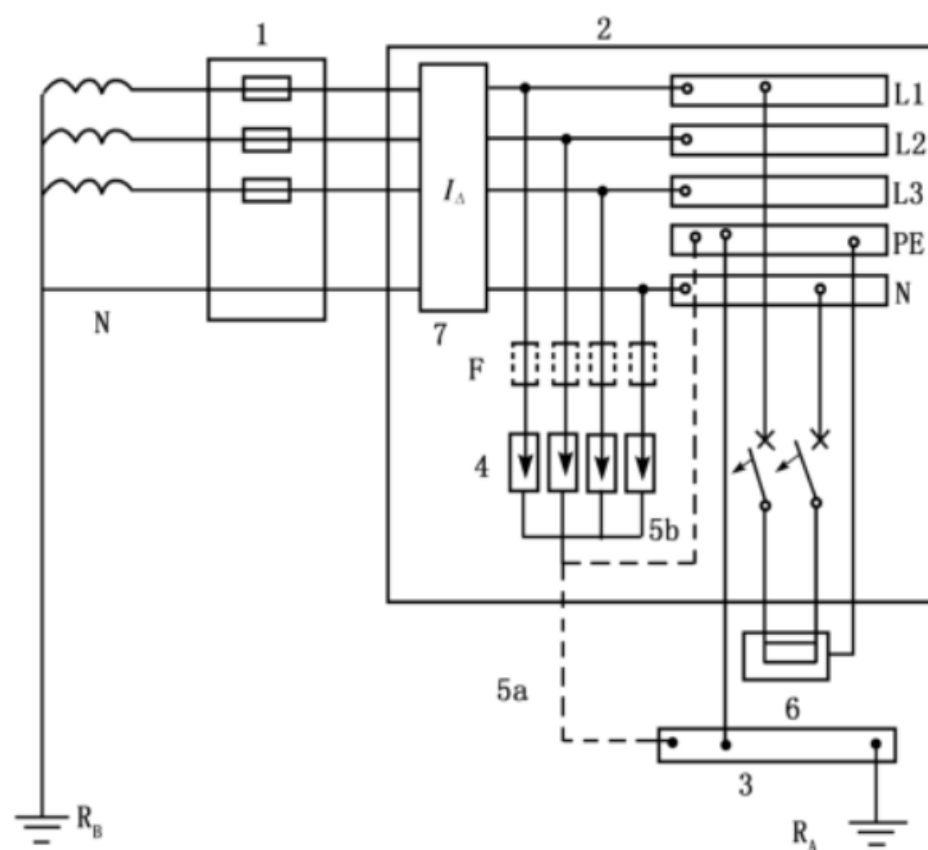


- 1——装置的电源；
- 2——配电盘；
- 3——总接地端或总接地连接带；
- 4——电涌保护器 (SPD)；
- 5——电涌保护器的接地连接, 5a 或 5b；
- 6——需要保护的 设备；
- 7——PE 与 N 线的连接带；
- F——保护电涌保护器推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护器；
- R_A ——本装置的接地电阻；
- R_B ——供电系统的接地电阻；

* 当采用 TN-C-S 或 TN-S 系统时, 在 N 与 PE 线连接处电涌保护器用三个, 在其以后 N 与 PE 线分开处安装电涌保护器时用四个, 即在 N 与 PE 线间增加一个。

图 33 TN 系统中的电涌保护器

b) TT 系统电涌保护器



1——装置的电源；

2——配电盘；

3——总接地端或总接地连接带；

4——电涌保护器(SPD)；

5——电涌保护器的接地连接,5a 或 5b；

6——需要保护的设备；

7——剩余电流保护器,应考虑通雷电流的能力；

I ——剩余电流；

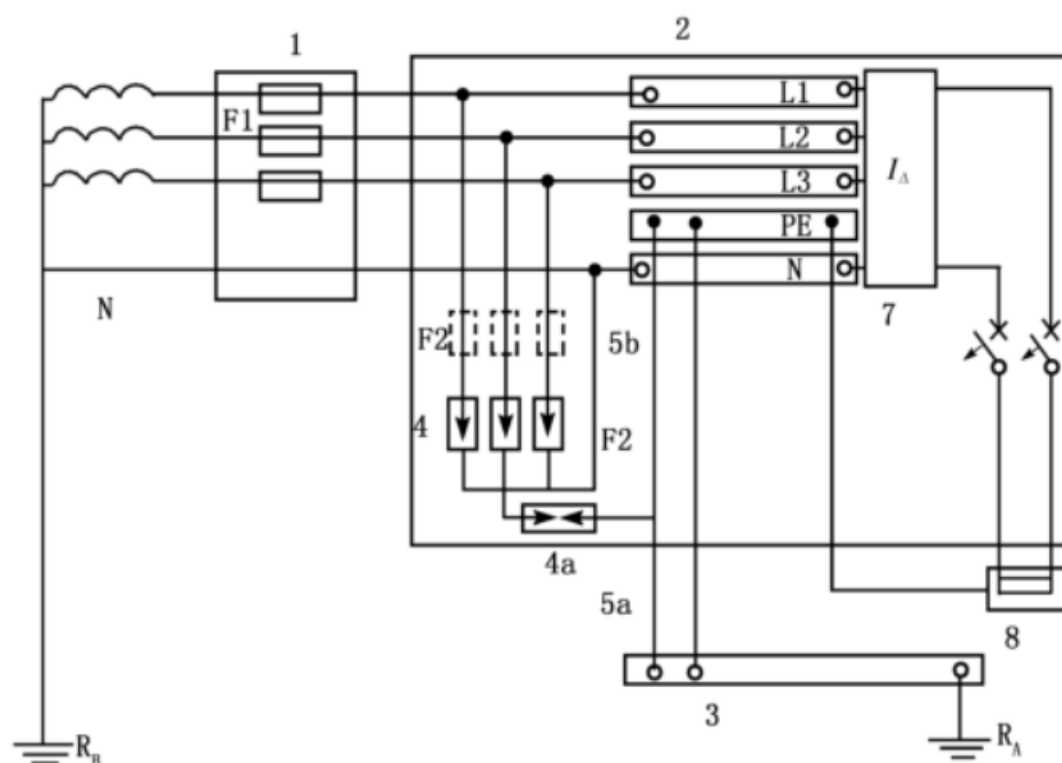
F——保护电涌保护器推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护器；

R_A ——本装置的接地电阻；

R_B ——供电系统的接地电阻。

图 34 TT 系统中电涌保护器安装在剩余电流保护器的负荷侧

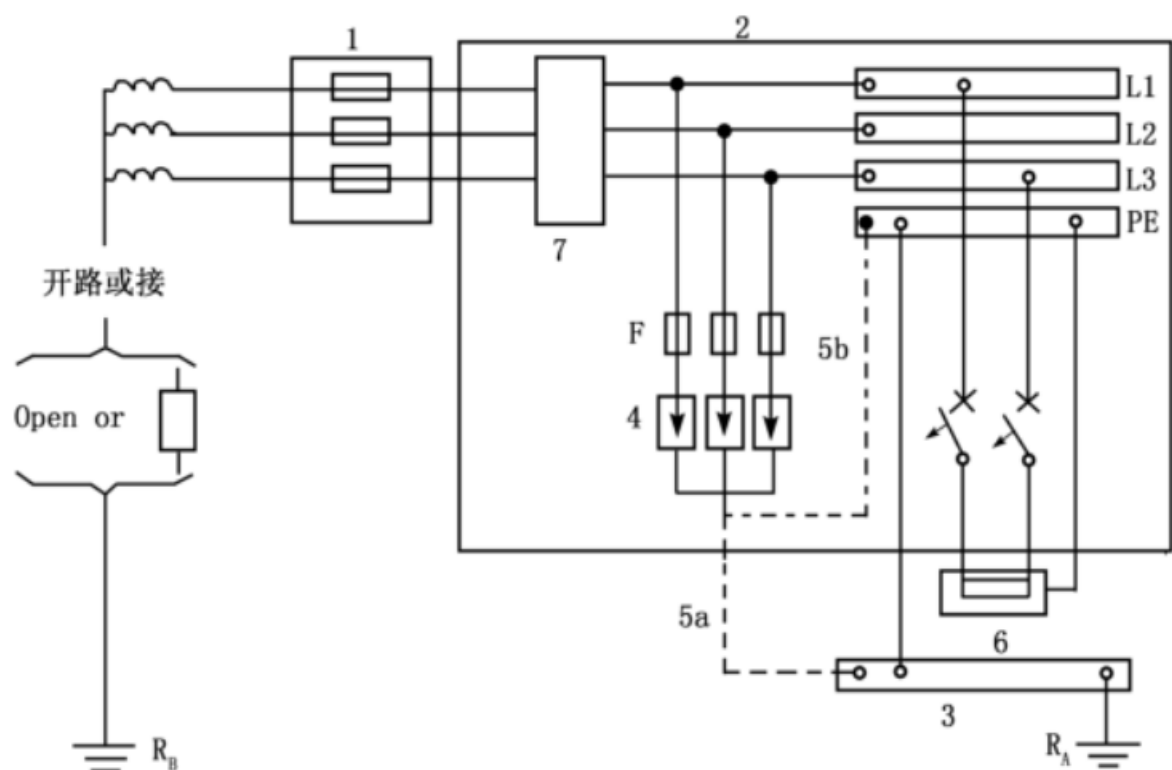
c) TT 系统中电涌保护器 (SPD)



- 1——装置的电源；
- 2——配电盘；
- 3——总接地端或总接地连接带；
- 4——电涌保护器 (SPD)；
- 4a——电涌保护器或放电间隙；
- 5——电涌保护器的接地连接, 5a 或 5b；
- 6——需要保护的设备；
- 7——剩余电流保护器, 可位于母线的上方或下方；
- I ——剩余电流；
- F1——安装在电源进线端的剩余电流保护器；
- F2——保护电涌保护器推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护；
- R_A ——本装置的接地电阻；
- R_B ——供电系统的接地电阻；

图 35 TT 系统中电涌保护器 SPD 安装在剩余电流保护器 RCD 的电源侧

d)IT 系统电涌保护器



- 1——装置的电源；
- 2——配电盘；
- 3——总接地端或总接地连接带；
- 4——电涌保护器(SPD)；
- 5——电涌保护器的接地连接,5a 或 5b；
- 6——需要保护的装置；
- 7——剩余电流保护器；
- I ——剩余电流；
- F——保护电涌保护器推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护器；
- R_A ——本装置的接地电阻；
- R_B ——供电系统的接地电阻。

* 系数 1.15 中 0.1 考虑系统的电压偏差,0.05 考虑电涌保护器的老化。

图 36 IT 系统中电涌保护器安装在剩余电流保护器的负荷侧

14.1.1 SPD 的保护级数及要求

SPD 的保护级数应按照《低压配电系统的电涌保护器(SPD) 第 12 部分:选择和使用导则》GB/T 18802.12-2006 中规定的要求选取。

低压配电系统中安装的第一级 SPD1 应设计在变压器低压侧配电柜或市电引入的低压配电柜上。
当 SPD1 与被保护设备之间关系不能满足以下任何一个条件时,应在靠近被保护设备的分配电柜或设备附近设计第二级 SPD2。

- a)设备的耐过电压额定值 U_w 低于 SPD 的电压保护水平 U_p ,并应有 20% 的裕度,即 $0.8U_w \leq U_p$;
- b)SPD 与被保护设备之间的线路长度不大于 10 m;
- c)在建筑物内部存在雷击放电或内部干扰源产生的电磁场干扰。

如果 SPD2 尚不能满足上述三条件,还应设计第三级的 SPD3,使之满足上述三条件。

第一级电源 SPD 等电位连接线的最小截面积应满足表 14 的要求。第二级及以后 SPD 等电位连接线的最小截面积应满足表 15 的要求。

14.1.2 SPD 防护系统的基本配合方案

a)方案 I

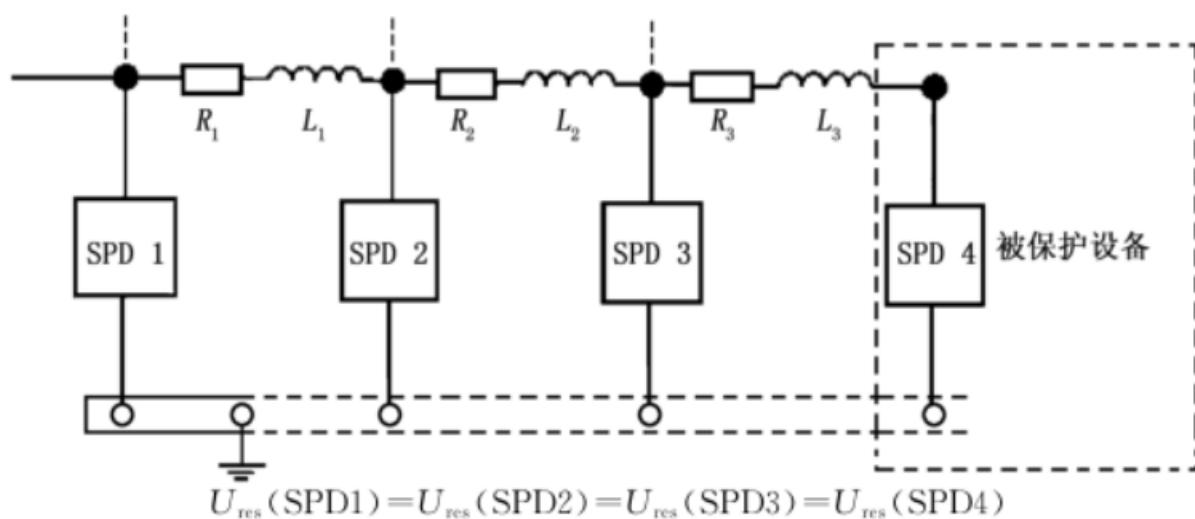


图 37 方案 I 限压型 SPD 的配合原则

b) 方案

本方案中,所有 SPD 具有连续的伏安特性(如压敏电阻、二极管),SPD 的残压 U_{res} 呈台阶式,从第一个 SPD 向后续 SPD 逐个升高(见图 38)。

这是一种用于供电系统的配合方案。

本方案要求装在被保护设备内的保护元件的残压值要高于安装于设备之前的最末一个 SPD 的残压值。

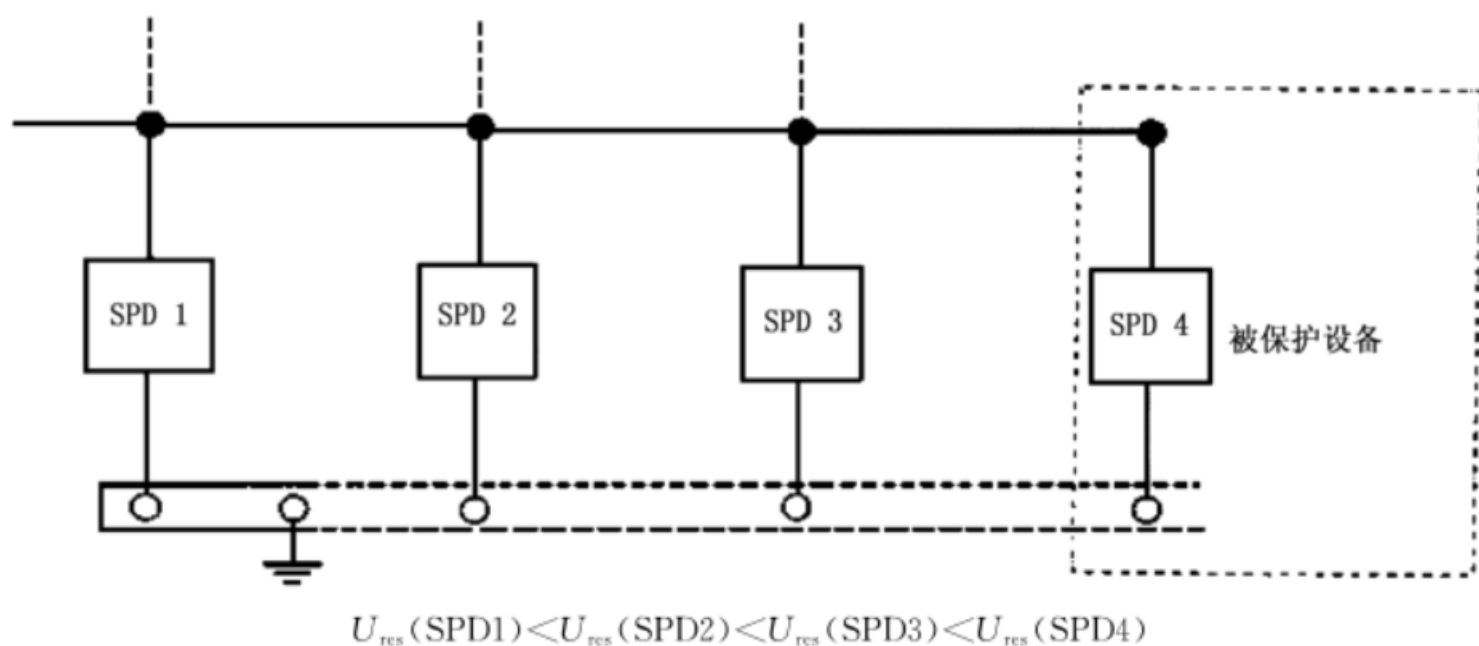


图 38 方案

c) 方案

SPD1(图 39)含一个不连续伏安特性的组件(开关型 SPD,如放电间隙等)。而后续的 SPD 包含具有连续伏安特性的组件(限压型 SPD)。

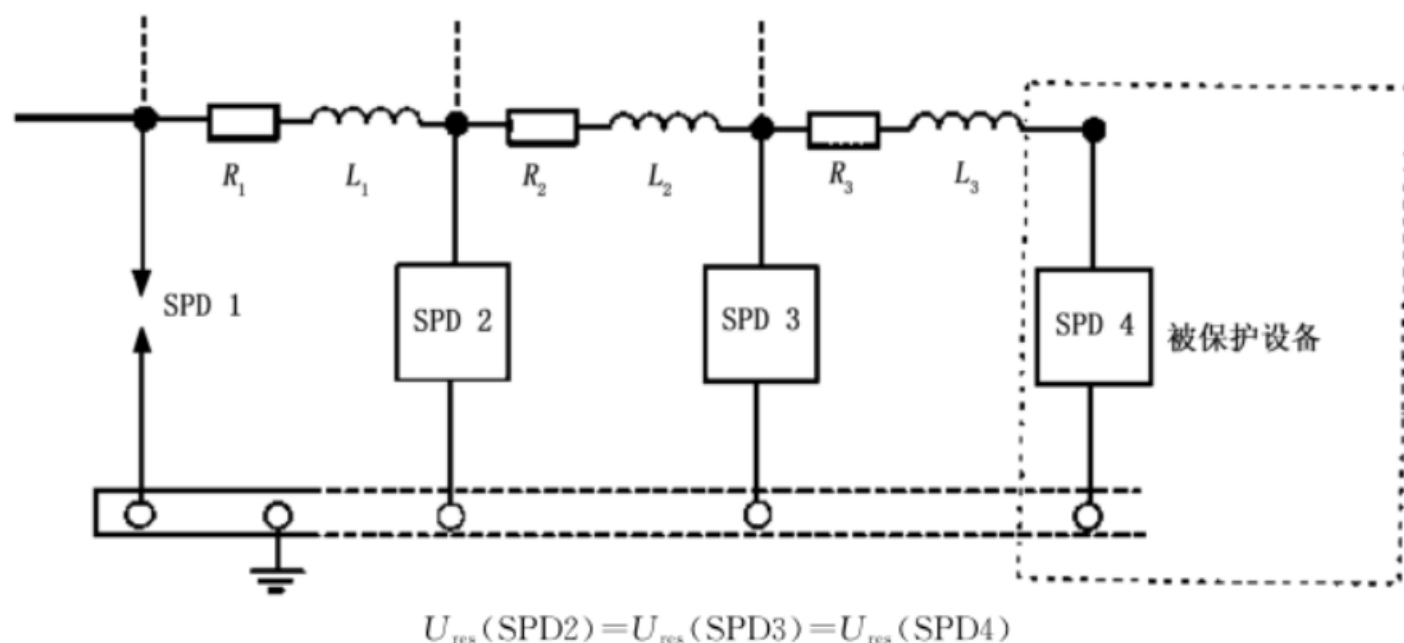


图 39 方案 III 电压开关型 限压型 SPD 的配合原则

d) 方案

用串联阻抗作内部配合的多个级联的 SPD 组合在一起,可构成一个双端口 SPD(图 40 图 42)。其内部实施了成功的配合意味着将向下游的 SPD 或设备传送最小的能量。这些双端口 SPD 应恰当地与系统中的其他 SPD 按方案 I、方案 或方案 进行充分配合。

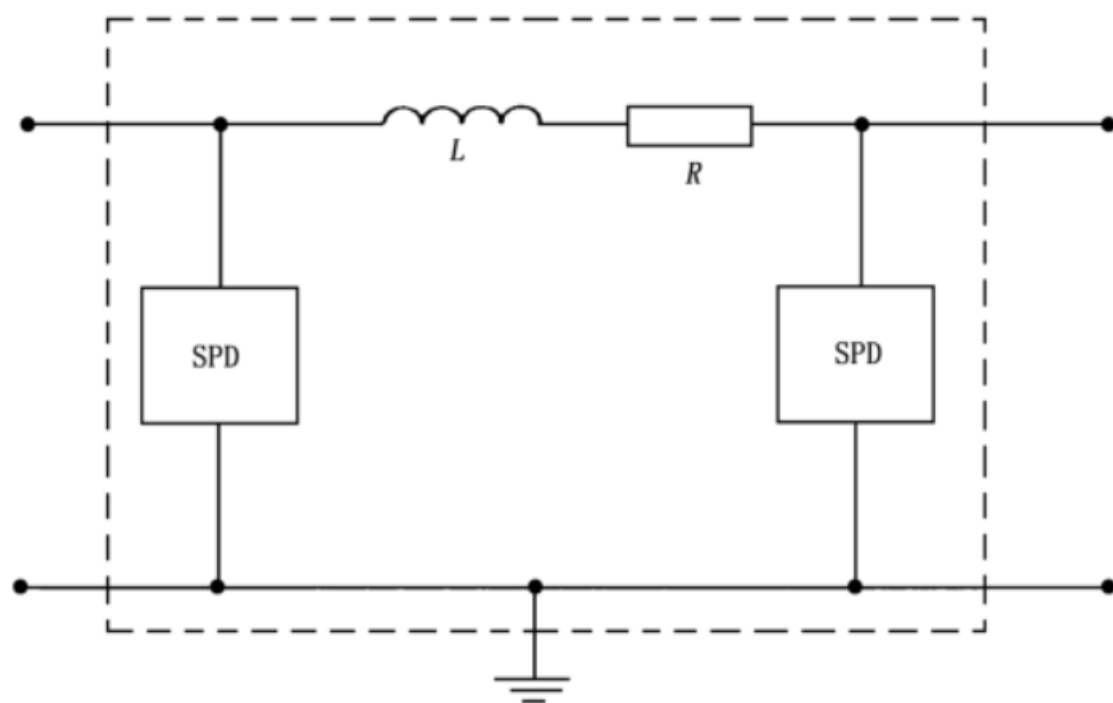


图 40 方案 IV 的配合原则

电源线路设计的 SPD 应经受得住局部的雷电流,应满足对电涌的最大箝位电压的要求,同时 SPD 应具有“熄灭”来自电源续流的能力。

同时为了获得足够低的 U_{\max} ,各线路应以最短的导线连接至等电位连接带。外来导电部件及电力线、通讯线,应估算在等电位连接点的各个局部雷电流,可按如下方法进行估算:

总的雷击电流 i 的 50% 流入接地装置,其余的 50% 流入每一个设施。如设施的雷击电流为 i_s/n ,其中 n 为设施的个数(见图 43)。流入电缆的电流 i_i 为 $i_v = i_i/m$ (m 为电缆的芯线数)。

对于屏蔽电缆,雷电流将沿屏蔽层流动。

电话线等电位连接时应以 5% 的雷电流作为最小值来进行雷击电流的估算。

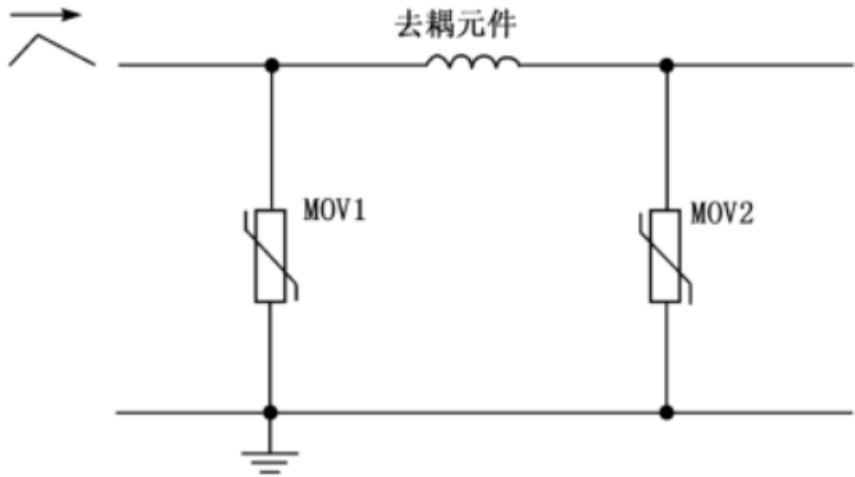


图 41 两个限压型 SPD 间配合的电路图

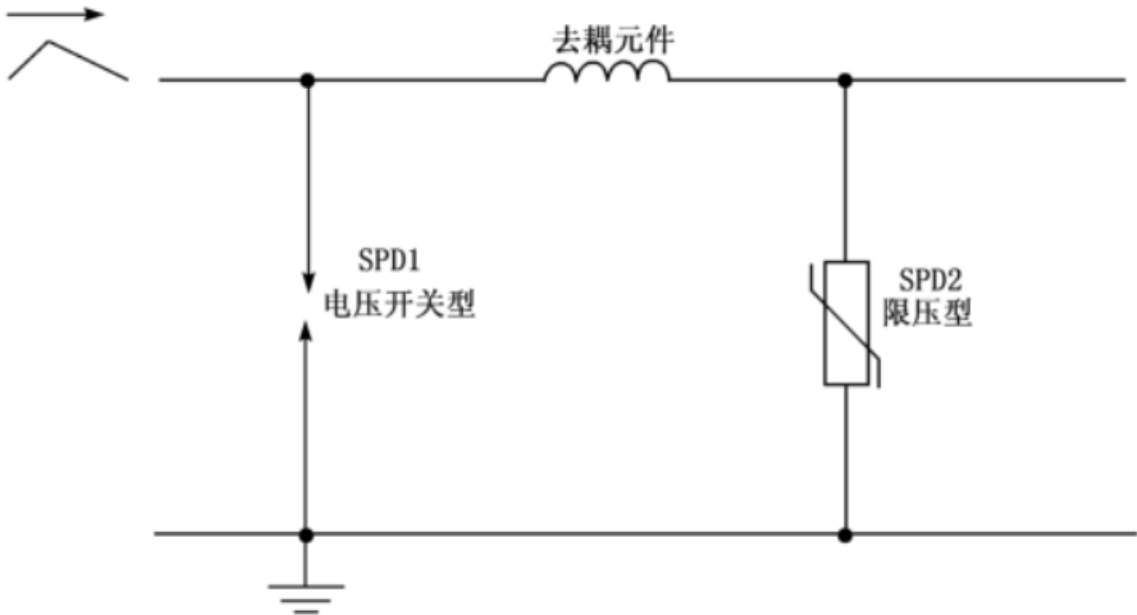
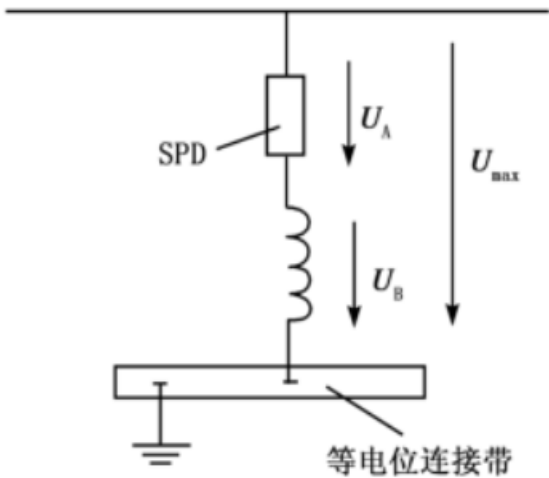


图 42 电压开关型 SPD1 与限压型 SPD2 间配合的电路图



U_A ——SPD 的嵌位电压；
 U_B ——电感电压；
 U_{max} ——带电导线与等电位连接带之间的最大电涌电压。

图 43 带电导线与等电位连接带之间的电涌电压

当无法获取设备的耐冲击电压时,220V/380V 三相配电系统设备的耐冲击过电压额定值见表 17。

表 17 220V 380V 三相系统各种设备绝缘耐冲击过电压额定值 单位为千伏

设备位置	电源处的设备	配电线路和最后分支线路的设备	用电设备	特殊需要保护的設備
耐冲击过电压类别	类	类	类	类
耐冲击过电压额定值	6	4	2.5	1.5
注 1： 类——需要将瞬态过电压限制到特定水平的设备； 注 2： 类——如家用电器、手提工具和类似负荷； 注 3： 类——配电盘，断路器，包括电缆、母线、分线盒、开关、插座等布线系统，以及应用于工业的设备和永久接至固定装置的固定安装的电动机等的一些其他设备； 注 4： 类——如电气计量仪表、一次线过电流保护设备、波纹控制设备。				

14.2 信号 SPD

电子系统信号线路 SPD 的选择，应根据线路的工作频率、传输介质、传输速率、传输带宽、工作电压、接口形式、特性阻抗等参数选用电压驻波比和插入损耗小的适配 SPD。SPD 参数的选择应符合表 18 和表 19 的要求。

表 18 按耦合方式和 SPD 不同测试方法分类选用示例

瞬态源	对建筑物的直接雷击 S ₁		在建筑物附近的雷击 S ₂	对连接线路的直接雷击 S ₃	在连接线路附近的雷击 S ₄ ^b	交流电的影响
耦合	电阻性	感应	感应 ^a	电阻性	感应	电阻性
电压波形/ s	—	1.2/50	1.2/50	—	10/700	50/60Hz
电流波形/ s	10/350	8/20	8/20	10/350 ^d , 10/250	5/300	—
优选的测试类别 ^c	D1	C2	C2	D1, D2	B2	A2
^a 也适用于邻近的供电网络开关所造成的电容/电阻耦合。 ^b 由于距离增加可以显著减小场强，对于远距离雷电流的耦合效果可忽略。 ^c 优选的测试类别见 QX10.1—2002 表 15。 ^d 用来模拟直击雷测试脉冲的波形，在 IEC/TC81 中用峰值电流、总电荷量和单位能量三个参数表述。可以满足这些参数的一个典型波形是双指数脉冲，在本例中使用 10/350 s 波形。						

表 19 在防雷区交界处使用的 SPD 时额定值选型指南

防雷区	LPZ 0/1	LPZ 1/2	LPZ 2/3	防雷区
电涌值范围	10/350 s 10/250 s	0.5 2.5 kA 1.0 2.5 kA	—	—
	1.2/50 s 8/20 s	—	0.5 10 kV 0.25 5 kA	0.5 1 kV 0.25 0.5 kA
	10/700 s 5/300 s	4 kV 100 A	0.5 4 kV 25 100 A	—

表 19(续)

防雷区	LPZ 0/1	LPZ 1/2	LPZ 2/3	防雷区
SPDs 的要求 (引自 QX10.1 表 15)	SPD(j) ^a	D1,D2 B2	—	与建筑物外部无 电阻性连接
	SPD(k) ^a	—	C2/B2	—
	SPD(l) ^a	—	—	C1
注:LPZ2/3 栏下电涌值范围包括了典型的最低耐受能力要求并可安装于信息技术设备内部。				
^a SPD(j,k,l)为各防雷区的交界处的信号网络 SPD。				

具有多 天线的天馈传输系统,每 天线应安装适配的 SPD。当天馈传输系统采用波导管传输时,波导管的金属外壁应与天线架、波导管支撑架及天线反射器作电气连通。并应在中频信号输入端口处安装适配的中频信号线路 SPD,其接地端应就近接地。

常用电子系统工作电压与 SPD 额定工作电压对应的设计值见表 20。

表 20 常用电子系统工作电压与 SPD 额定工作电压对应的设计参考值 单位为伏

号	通信线类型	额定工作电压	SPD 额定工作电压
1	DDN/X. 25/ 中	<6 或 40 60	18 或 80
2	XDSL	<6	18
3	2M 数字中	<5	6.5
4	ISDN	40	80
5	模拟电话线	<110	180
6	100M 以 网	<5	6.5
7	同轴以 网	<5	6.5
8	RS232	<12	18
9	RS422/485	<5	6
10	视频线	<6	6.5
11	现场控制	<24	29

15 电子系统

15.1 电子系统机房雷击电磁脉冲防护

电子系统机房雷击电磁脉冲防护应根据机房所处的地理环境、位置、重要性和使用性质,采用如下措施:

- a)电子系统天馈线电涌保护器(SPD)的选择,应满足本标准 14.2 的要求。
- b)电子系统及机房应避开强电磁干扰,当无法避开强电磁场干扰或为保障电子系统安全时,可采取有效的电磁屏蔽措施,一般情况下系统机房不宜设在建筑物的顶层。
- c)电子系统总等电位和辅助等电位设计应满足本标准 13.2 的要求。
- d)电子系统机房应设等电位连接网络,等电位连接网络的结构形式应满足本标准 13.3 的要求。电气和电子设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、槽、屏蔽线缆外层、信息设备防静电接地、安全保护接地、SPD、接地端等均应以最短距离与等电位连接网络的接地端子连接。
- e)等电位连接线最小截面积应满足表 14 和表 15 的要求。
- f)电子系统设备由 TN 交流配电系统供电时,配电线路应采用 TN—S 系统的供电方式。

15.2 电子系统及其管线安全距离

21 表 23 的规定。

表 21 电子系统线缆与其他管线的最小净距 单位为毫米

其他管线	电子信息系统线缆	
	最小平行净距	最小交叉净距 ^a
防雷引下线	1000	300
保护地线	50	20
给水管	150	20
压缩空气管	150	20
热力管(不包封)	500	500
热力管(包封)	300	300
煤气管	300	20

^a 如线缆敷设高度超过 6000 mm 时,与防雷引下线的交叉净距应按下式计算: $S\geqslant 0.05H$ 。

式中:

S ——交叉净距(mm);

H ——交叉处防雷引下线距地面的高度(mm)。

表 22 电子系统线缆与电气设备之间的最小净距 单位为米

名称	最小净距
配电箱	1.00
变电室	2.00
电梯机房	2.00
空调机房	2.00

表 23 电子系统与电力电缆的最小净距 单位为毫米

类别	与电子信息系统信号线缆接近状况	最小净距
380 V 电力电缆容量 小于 2 kV · A	与信号线缆平行敷设	130
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	70
	双方都在接地的金属线槽或钢管中	10
380 V 电力电缆容量 2 ~ 5 kV · A	与信号线缆平行敷设	300
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	150
	双方都在接地的金属线槽或钢管中	80
380 V 电力电缆容量 大于 5 kV · A	与信号线缆平行敷设	600
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	300
	双方都在接地的金属线槽或钢管中	150

注 1:当 380 V 电力电缆的容量小于 2 kV · A,双方都在接地的线槽中,即两个不同线槽或在一号线槽中用金属板隔开,且平行程度小于等于 10 m 时,最小间距可以是 10 mm。

注 2:电话线槽中存在振铃电流时,不宜与计算机网络敷设在同一根双绞线电缆中。

15.3 电子系统管线敷设

电子系统管线应置于直击雷防护区(LPZ0_n)内,且天馈线的同轴电缆上部、下部及进机房入口前应

电子系统户外的交流供电线路、视频信号线路、控制信号线路应有金属屏蔽层,并穿钢管埋地敷设,屏蔽层及钢管两端应就近接地,信号线路与供电线路应分开敷设,两者距离应满足表 23 的要求。

15.4 电子系统的接地形式

电子系统的接地形式一般可根据接地引线长度 L 、电子设备的工作频率 f 和波长 来确定:

- a)当 $L < \frac{1}{20}$, $Z \approx R_{rf}$, 频率在 1MHz 以下时,一般采用辐射式接地系统。
- b)当 $L < \frac{1}{20}$, 频率在 10MHz 以上时,一般采用环(网)状接地系统。
- c)当 $L = \frac{1}{20}$, 频率在 1MHz 至 10MHz 之间时,采用混合式接地系统。

但无论采用哪种接地系统,其接地线长度为 $\lambda/4$ 及 $3\lambda/4$ 的奇数倍的情况应避开。建议对每一设备设置两条连接线,其位置宜在设备对角处,连接长度不宜大于 0.5m,两根连线长度宜相差 20%以上。

15.5 电子系统静电及磁场干扰

电子系统机房内采用的活动地板可由钢、铝或其他阻燃材料制成,活动地板表面应是导静电的,严禁裸露金属部分。电子系统机房内绝缘体的静电电位应不大于 1 kV。

建筑物内磁场强度、格栅形磁场屏蔽体内部磁场强度以及环路中的感应电压和电流的计算方法见本标准附录 D 附录 F。

16 综合布线系统

综合布线区域内电磁干扰场强当电磁干扰场强 $\geq 3V/m$ 时,应采取防护措施。综合布线电缆与电力电缆的最小净距应符合表 24 的要求。

表 24 综合布线电缆与电力电缆的最小净距的要求 单位为毫米

条件	最小净距		
	380 V <2 kV·A	380 V 2.5 ~ 5 kV·A	380 V >5 kV·A
对绞电缆与电力电缆平行敷设	130	300	600
有一方在接地的金属槽道或钢管中	70	150	300
双方均在接地的金属槽道或钢管中	注	80	150
注:当 380V 电力电缆<2 kV·A,双方都在接地的线槽中,且平行长度 ≤ 10 m 时,最小间距为 10 mm。			

墙上敷设的综合布线电缆、光缆及其他管线的间距应符合表 25 的要求。

表 25 电 光暗管敷设与其他管线最小净距的要求 单位为毫米

管线种类	平行净距	垂直交叉净距
避雷引下线	1000	300
保护地线	50	20
热力管(不包封)	500	500
热力管(包封)	300	300
给水管	150	20
煤气管	300	20
压缩空气管	150	20

- a) 当综合布线区域内存在的干扰低于上述规定时,宜采用非屏蔽线和非屏蔽配线设备进行布线;
- b) 当综合布线区域内存在的干扰高于上述规定时,或用户对电磁兼容性有较高要求时,宜采用屏蔽线和屏蔽配线设备进行布线,也可采用金属管线进行屏蔽;
- c) 当综合布线存在上述的干扰源,且不能满足最小净距要求时,宜采用金属管线进行屏蔽。

综合布线系统屏蔽应有良好的接地系统,并应符合下列规定:

- a) 单独设置接地体时,应不大于 4.0Ω ;采用联合接地体时,应不大于 1.0Ω ;
- b) 所有屏蔽层应保持连续性;
- c) 屏蔽层的配线设备(FD 或 BD)端应良好接地,用户(终端设备)端视具体情况宜接地,两端的接地应连接至同一接地体。若接地系统中存在两个不同接地体时,其接地电位差应 $\leq 1V_r \cdot m \cdot s$ (电压有效值)。

每楼层的配线柜都应采用适当截面的铜导线单独布线至接地体,也可采用竖井内集中用铜排或粗铜线引到接地体,导线或铜导体的截面应符合标准。接地导线应接成辐射式接地装置,避免构成直流环路。

综合布线的电缆金属槽道或钢管敷设应保持电气的连通性,并在两端有良好的接地。干线电缆的位置应尽可能位于建筑物的几何中心位置。综合布线系统有源设备的正极或外壳应与配线设备的机架绝缘,并用单独导线引至接地汇流排,与配线设备、电缆屏蔽层等接地,宜采用共用接地方式。图 44 为综合布线设计示意图。

17 路灯

路灯灯杆高度在 $4.0 m$ 及以上时应考虑接闪,不应用路灯的非金属罩作为接闪器。当采用金属灯杆及灯塔时,可直接利用灯杆或塔杆作引下线。当灯柱及灯塔支柱采用钢筋混凝土杆时,可直接利用杆内的两条直径不小于 $\varnothing 10$ 的结构钢筋作引下线,当不能直接利用其结构钢筋作引下线时,则需在杆内敷设不小于表 14 规定截面积的专用引下线。

路灯的接地应首先利用路灯基础钢筋,基础钢筋的截面积在 $-0.50 m$ 以下应满足不小于 $0.37 m^2$,否则应增加人工接地装置,增加人工接地装置应满足本标准第 8.7 条规定的要求。单杆路灯接地电阻应满足表 4 的要求。

当路灯设计的 PE 线不小于 $16 mm^2$ 时,可直接利用 PE 线作为同一线路路灯的等电位连接线;否则应采用一条不小于 $\varnothing 12$ 热镀锌圆钢作为同一线路路灯的等电位连接线。

路灯宜采取 2~3 级的电源 SPD 防护。第一级应安装在路灯变压器低压出线侧, I_n 为 $60 kA$,波形为 $8/20 \mu s$;第二级应安装在路灯组母线处, I_n 为 $40 kA$,波形为 $8/20 \mu s$;第三级应安装在路灯线路开关处, I_n 为 $20 kA$,波形为 $8/20 \mu s$ 。若路灯采用智能控制节能系统,应对智能控制节能系统采取相应防 LEMP 措施。

18 汽车加油气站库

18.1 加油(气)站(库)应设计防直击雷和防雷电感应装置。直击雷防护设计应利用建筑物所有桩内的钢筋作为垂直接地装置,利用地梁内两条主钢筋作为水平接地装置,若无地梁设计,应采用在 $-0.5 m$ 处敷设两条不小于 $\varnothing 16$ 的热镀锌圆钢作水平接地装置。

18.2 加油(气)站(库)的防雷接地、防静电接地、电气设备的工作接地、保护接地及电子系统的接地应共用一个接地装置,接地装置的接地电阻应不大于 4Ω 。当单独设置接地装置时,油罐、液化石油气罐和压缩天然气储气瓶组的防雷接地装置的接地电阻应不大于 10Ω ;地上油品、液化石油气和天然气管道始末端和分支处的接地装置的接地电阻应不大于 30Ω 。埋地油罐、液化石油气罐应与露出地面的工艺管道相互做电气连接并接地。

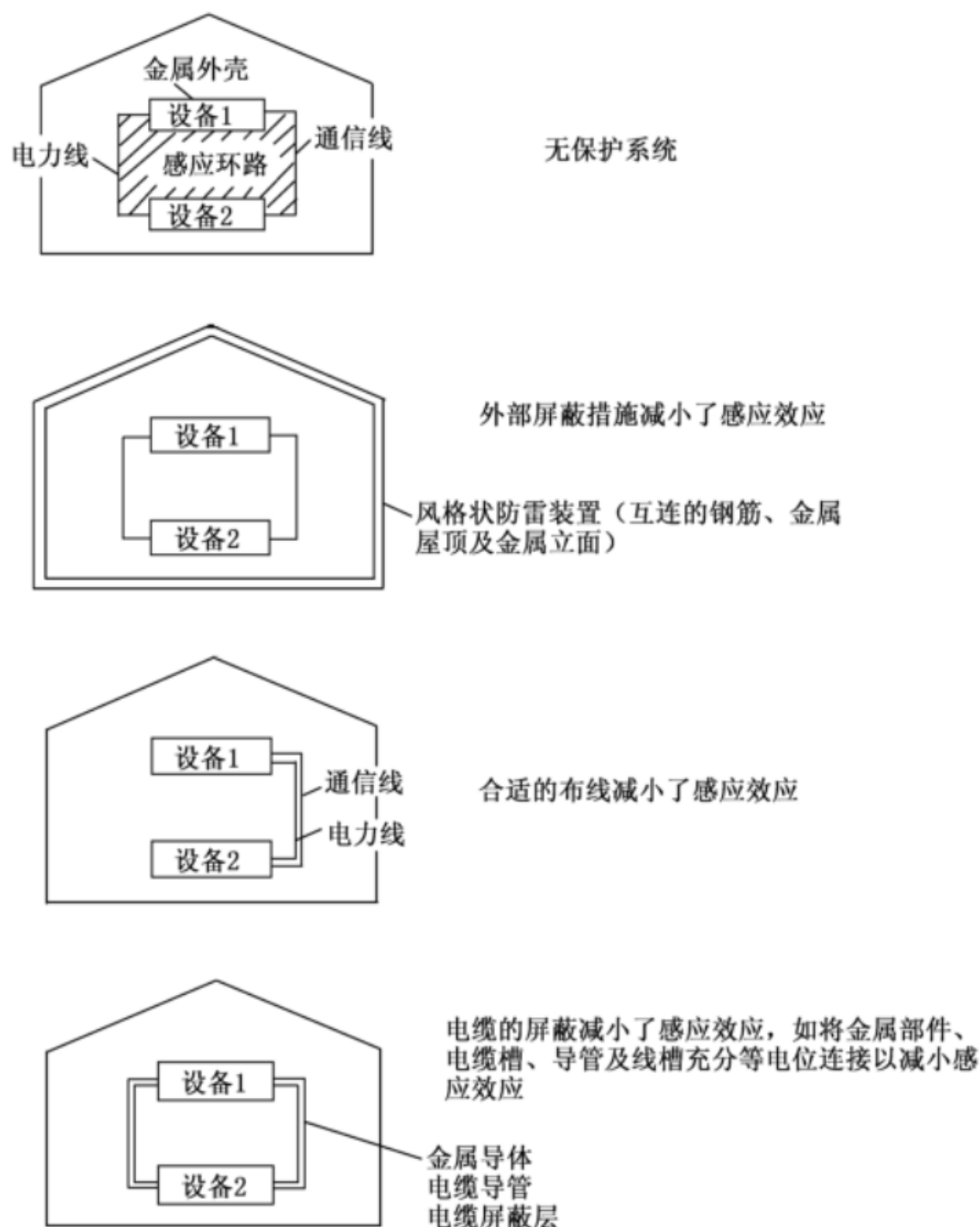


图 44 综合布线设计示意图

共用接地装置,其接地电阻应不大于 10 Ω (第二类防雷)或 30 Ω (第三类防雷)。加油(气)站(库)的汽油罐车和液化石油气罐车卸车场地,应设专用的防静电接地装置,并宜设置能检测跨接线及监视接地装置状态的静电接地仪。

在爆炸危险环境内的油品、液化石油气和天然气管道上的法兰、胶管两端等连接处应用多股铜线跨接,多股铜线截面积应不小于 16 mm²。当法兰的连接螺栓不小于 5 根时,在非腐蚀环境下,可不跨接。

防静电接地装置的接地电阻应不大于 100 Ω 。

18.3 当爆炸危险环境金属罐顶壁厚达到且超过 4 mm,并且其呼吸阀安装有阻火器装置时,金属罐顶可作为接闪器使用,否则罐顶部分应设计避雷针保护,避雷针的保护范围应符合 GB 50057—1994(2000 年版)附录四的要求。

18.4 金属罐体的罐身可作为引下线设计。金属罐体的基础钢筋可以作为接地装置设计,当金属罐体接地装置的接地电阻不小于 4 Ω 时,应增设人工接地装置,人工接地装置应沿金属罐体敷设,其环形接地装置与金属罐体的垂直距离应不小于 1.50 m,且人工环形接地装置每隔 30 m 与罐壁接地一次,人工接地装置的设计应满足本标准对第 8.7 条的要求。

a) 液化石油气罐采用牺牲阳极法进行阴极防腐时,牺牲阳极的接地电阻应不大于 $10\ \Omega$,阳极与储罐的多股铜芯连线横截面积应不小于 $16\ \text{mm}^2$;

b) 液化石油气罐采用强制电流法进行阴极防腐时,接地电极应采用锌棒或镁锌复合棒,接地电阻不应大于 $10\ \Omega$,接地点及与储罐的多股铜芯连线横截面应不小于 $16\ \text{mm}^2$ 。

18.5 加油(气)站(库)的电子系统应采用铠装电线或导线穿钢管配线。配线电缆金属外皮两端、保护钢管两端均应接地。

加油(气)站(库)电子系统的配电线路首、末端与电子器件连接时,应装设与电子器件耐压水平相适应的 SPD。

380V/220V 供配电系统宜采用 TN-S 系统供电,供电系统的电缆金属外皮或电缆金属保护管两端均应接地,在供配电系统的电源端应安装与设备耐压水平相适应的 SPD。

19 移动基站

19.1 移动通信基站供电系统

移动通信基站的交流供电系统应采用 TN-S 的供电方式。电源系统的防雷电感应应满足本标准第 14.1 条的要求。

19.2 铁塔的防雷与接地

移动通信基站铁塔应有完善的防直击雷及防雷电感应的设计。

移动通信基站铁塔宜采用 太阳能塔灯。对于使用交流供电的航空标志灯,其电源线应采用具有金属外护层的电缆,电缆的金属外护层在塔顶及机房入口处的外侧应就近接地。塔灯控制线及电源线的每根相线均应在机房入口处设计 SPD,中性线应直接接地。

19.3 天馈线系统的防雷与接地

移动通信基站天线应在接闪器的保护范围内,接闪器应设置专用雷电流引下线。

基站同轴电缆馈线的金属外护层,应在上部、下部和走线架进机房入口处就近接地,在机房入口处的接地应就近与接地装置的引出接地线进行等电位连接。当铁塔高度超过 $60\ \text{m}$ 时,同轴电缆馈线金属外护层还应在铁塔中部增加一处接地。

移动通信基站直流工作地,应从室内接地汇流排上就近引接,接地汇流排截面积应满足对最大负荷的要求,一般采用 $35\ \text{mm}^2$ ~ $95\ \text{mm}^2$ 的多股铜线。

同轴电缆馈线应设计防雷电感应防护装置,防雷电感应应满足本标准 14.2 的要求。

信号电缆应由地下进出移动通信基站,电缆内芯线在进站处应加装相应的信号 SPD,信号 SPD 和电缆内的空线对均应接地,站区内严禁布放架空缆线。

对于雷暴日 $\geq 20\ \text{d/a}$,土壤电阻率不小于 $100\ \Omega\cdot\text{m}$ 的地区,新建信号电缆宜采取在电缆上方放排流线或采用有金属外护套的电缆,亦可采用光缆。

机房顶部的各种金属设施,应分别与屋顶避雷带就近焊接。机房内走线架、吊挂铁架、机架或机壳、金属通风管道、金属门、窗等均应作保护接地。保护接地引线一般宜采用截面积不小于 $35\ \text{mm}^2$ 的多股铜导线。

19.4 移动通信基站的联合接地系统

移动通信基站应按均压、等电位的原则,将工作地、保护地和防雷地组成一个联合接地网。站内各类接地线均应从接地汇流排或接地网上分别引入。

移动通信基站地网由机房地网、铁塔地网和变压器地网组成。基站地网应充分利用机房建筑物的基础钢筋(含地桩),铁塔基础内的钢筋和地下其他金属设施作为接地装置。当铁塔设在机房屋面时,电力变压器设在机房楼内时,其地网可合用机房地网。

对于利用商品房作机房的移动通信基站,应优先使用建筑物的防雷接地装置或其他专用地网,工作

当通信铁塔位于机房旁边时,铁塔地网应延伸到塔基四脚外 1.50 m 远的范围,网格尺寸应不大于 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$,其周边为封闭式,同时还要利用塔基桩内两根以上主钢筋作为铁塔地网的垂直接地装置,铁塔地网与机房地网之间应每隔 3 m ~ 5 m 相互焊接连通一次,焊接点不少于两处。

当通信铁塔位于机房屋顶时,铁塔四脚应与屋面避雷带就近焊接,每塔角焊接点不少于两处。

当电力变压器设置在机房内时,其接地装置可合用机房及铁塔的接地装置;当电力变压器设置在机房外且距机房接地装置边缘不大于 30 m 时,变压器接地装置与机房接地装置或铁塔接地装置之间,应每隔 3 m ~ 5 m 相互焊接连通一次,以相互组成一个封闭地网。

当接地装置的接地电阻值达不到要求时,可扩大接地装置的面积,即在接地装置的外围增设一圈或二圈环状接地装置。环形接地装置由水平接地装置和垂直接地装置组成,水平接地装置周边为封闭式,宜与地网在同一水平面上。环状接地装置与接地装置之间以及环形接地装置之间应每隔 3 m ~ 5 m 相互焊接连通一次,也可在铁塔四角设置辐射式接地装置,辐射式接地装置的长度宜限制在 10 m ~ 30 m 以内。

19.5 接地线系统

接地线宜短、直,截面积为 35 mm^2 ~ 95 mm^2 的多股铜线。接地引入线长度应不大于 30 m,其材料为镀锌扁钢,截面积不小于 $40\text{ mm} \times 4\text{ mm}$ 或 95 mm^2 的多股铜线。接地引入线应作防腐、绝缘处理,并不得在暖气地沟内布放,埋设时应避开污水管和水沟;裸露在地面以上部分,应有防止机械损伤的措施。接地引入线由地网中心部位就近引出与机房接地汇流排连接,对于新建站应不少于两根。

接地汇流排一般设计成环形或排状,材料为铜材,截面积不小于 120 mm^2 。机房内的接地汇流排可安装在地槽内、墙面或走线架上,接地汇流排应与建筑钢筋保持绝缘。

19.6 接地电阻

移动通信基站地网的接地电阻值应不大于 $5\ \Omega$,对于雷暴日 $\leq 20\text{ d/a}$ 的地区,接地电阻值可不大于 $10\ \Omega$ 。架空电力线与电力电缆接口处的保护接地以及电力变压器($\geq 100\text{ kV} \cdot \text{A}$)保护接地的接地电阻值应不大于 $10\ \Omega$ 。架空电力线上方的避雷线及增装在高压线上的 SPD 的接地电阻值,其首端(即进站端)应不大于 $10\ \Omega$;中间或末端应不大于 $30\ \Omega$ 。

20 桥梁

20.1 桥梁直击雷防护

应利用吊索、斜吊(拉)索及主桥墩顶的金属物作接闪器,吊索、斜吊(拉)索采用高强度合金钢丝时,应在钢丝表面采用不锈钢板包托、密封作为防腐层。主桥墩顶避雷针材料宜采用不锈钢,若采用普通镀锌材料,应加强防腐处理。

应利用大桥桥墩内的钢筋作引下线,每侧引下线钢筋数量不少于四条,并每隔 5 m 将桥墩的箍筋与桥墩的主钢筋作等电位处理。

应利用大桥桥墩的所有桩基础钢筋及桥墩施工用金属护面作为桥的自然垂直接地装置,利用桥墩承台的底板钢筋作为自然的水平接地装置,每个桥墩的接地电阻值应不大于 $1\ \Omega$ 。

20.2 桥梁等电位连接和防雷电感应

单一公路大桥等电位连接带应全桥贯通,布设在大桥两边防撞墙及桥面中间隔离带内,并与主桥墩、引桥墩接地引下线连接;同时应在大桥桥面、桥下的金属管线、供水管、金属爬梯等处设计电气预留接地端子,其中金属管线、给水管、煤气管及其他管线每隔 30 m 设计一个电气预留接地端子。桥面金属栏杆等金属物应与接地装置作等电位连接。

公、铁两用大桥在铁路桥面设置全桥贯通的等电位连接带,连接带设置在等电位连接线桥槽,连接带表面处应做防腐处理。在每片箱梁的连接处设计接地端子供铁路信号接触网接地使用,接触网接地干线与主桥墩、引桥墩接地引下线连接。大桥桥梁连接处,应采用多股铜线作软过渡处理,多股软铜

大桥的供电系统应设计不少于二级的防雷击电磁脉冲措施,设计参数应满足本标准 14.1 的要求。

20.3 大桥附属设施 收费站 防雷

大桥附属设施应进行直击雷和雷击电磁脉冲防护设计,直击雷防护设计应满足本标准第 8 章、第 9 章和第 11 章的要求。

大桥附属设施的等电位设计应满足本标准第 13 章的要求。

大桥附属设施的防雷电感应设计应满足本标准 13.1 和 13.2 的要求。

21 轨道交通

21.1 轨道交通系统建筑物的直击雷

轨道系统的建筑物应进行防直击雷和雷电感应的设计。

直击雷防护设计应满足本标准第 8 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章和第 13 章的要求。

防雷电感应防护设计应满足本标准第 13 章、第 14 章、第 15 章和第 16 章的要求。

21.2 通信设备接地

通信设备应设安全接地、屏蔽接地和防雷接地。通信设备的机架(柜)、控制台、交流电力牵引区段继电器箱外壳及信号机梯子等应设安全接地。交流电力牵引区段的电缆护套应设屏蔽接地。

通信设备应采用共用接地装置,并采用专用的接地干线,专用接地干线与电力、防雷接地装置在设备端的距离应不小于 20 m。当埋入地中的引线达不到此距离时,应进行绝缘防护。

接地装置应采用镀锌钢材(钢管、圆钢、角钢)或铜板(棒),交流电力牵引区段宜采用石墨接地体。

通信设备接地电阻值应满足表 27 的要求。

地铁车站根据条件可采用共用接地装置,也可采用分设接地装置,其接地电阻值也应满足表 27 的要求,按分设接地方式设置接地装置间的水平距离应不小于 20 m。

表 27 通信设备接地电阻最小值 单位为欧姆

地点	接地体类型			
	分设室外接地装置阻值			合设室外接地装置阻值
车站	1 4	10	10	1
注:通信防雷接地可与建筑防雷接地共用。				

21.3 地下交通系统防雷装置

架空接触网在隧道两端、为地面接触网供电的电源隔离开关处、空旷的地面区段与高架桥区段每隔 500 m 处应设置电源 SPD。

在地面区段、高架桥区段、架空接触网的架空地线应每隔 200 m 设置开关型的 SPD;在满足条件时,架空地线也可兼作避雷线。

电源 SPD 的接地电阻应不大于 10 。

金属电缆支架应有可靠的电气连接并采用单点接地方式。

供电系统中电气装置的外露可导电部分,除有特殊规定外应采取接地设计。

110 kV 的变电站应敷设以人工接地网,35 kV 及以下的变电站应利用建筑物的自然接地装置,当接地电阻达不到本标准要求时应增设人工接地装置。

沿墙架设电缆、光缆与引下线的最小净距应满足:平行时为 1 m,垂直交叉时为 0.3 m。

通信系统的接地应满足下列要求:

- a)通信设备应设工作接地、保护接地、屏蔽接地和防雷接地等。
- b)地铁通信设备的接地宜采用共用接地系统,也可采用分设接地方式。

电位接地端子连接。

d) 车载通信设备的地线应经车辆的接地装置接地。

通信设备防雷装置应满足本标准 14.2 的要求。

21.4 直流系统的接地装置

直流牵引供电为不接地系统时,牵引变电所中的直流设备应绝缘安装。

牵引网由接触网和回流网组成,其中接触网为正极,回流网为负极。牵引网分别通过上网电缆和回流电缆与牵引变电所连接。

需要接地的直流系统接地装置应符合下列要求:

- a) 能与地构成闭合回路且经常流过电流的接地线应沿绝缘垫板敷设,不得与金属管道、建筑物和设备的构件有金属的连接;
- b) 在土壤中含有在电解时能产生腐蚀性物质的地方,不宜敷设接地装置,必要时可采取外引式接地装置或改良土壤的措施;
- c) 直流电力回路专用的中性线和直流两线制正极的接地体、接地线不得与自然接地体有金属连接;当无绝缘隔离装置时,相互间的距离不应小于 1 m;
- d) 三线制直流回路的中性线宜直接接地;
- e) 当杂散电流腐蚀防护与接地有矛盾时应以接地安全为主。

22 变电站

110 kV 的变电站应敷设以人工接地网,35 kV 及以下的变电站应利用建筑物的自然接地装置,当接地电阻达不到本标准要求时应增设人工接地装置。

变电站如果设计在建筑物内,可不考虑防直击雷的措施;若变电站设置在露天,则变电站应进行直击雷防护的设计,防护设计应满足本标准第 8 章、第 11 章和第 13 章规定的要求。

变电站接地装置的形式和布置应尽量考虑降低接触电压和跨步电压。当接地装置的最大接触电压和最大跨步电压较大时,可考虑敷设高电阻率路面结构层或深埋接地装置,以降低人体接触电压和跨步电压。同时人工接地网外缘应成闭合环,外缘各角应做成弧形。对经常有人出入的通道处,应采用降低接触电压和跨步电压的措施。

接地线在穿越墙壁、楼板和地坪处应加套钢管或其他坚固的保护套管,钢套管应与接地线做电气连通。

变配电室内明敷接地干线安装应符合下列规定:

- a) 便于检查,敷设的位置应不妨碍设备的拆卸与检修;
- b) 当沿建筑物墙壁水平敷设时,距地面高度 250 mm ~ 300 mm,与建筑物墙壁间的间隙 10 mm ~ 15 mm;
- c) 当接地线跨越建筑物变形缝时,应设补偿装置;
- d) 接地线表面沿长度方向,每段为 15 mm ~ 100 mm,分别涂以黄色和绿色相间的条纹;
- e) 变压器室、高压配电室的接地干线上应设置大于二个供临时接地用的接线柱或接地螺栓。

当电缆穿过零序电流互感器时,电缆头的接地线应通过零序电流互感器后接地;由电缆头至穿过零序电流互感器的一段电缆金属护层和接地线应对地绝缘。

配电间隔和静止补偿装置的栅栏门及变配电室金属门铰链处的接地连接,应采用编织铜线。变配电室的电涌保护器应用最短的接地线与接地干线连接。

变电站低压侧应设计电源 SPD,SPD 的参数设计应进行雷击评估的结果设计或依据本标准 14.1 的有关要求设计。

附 录 A

(资料性附录)

冲击接地电阻(R_i)与工频接地电阻(R)换算系数(A)的查算表

冲击接地电阻(R_i)与工频接地电阻(R)换算系数(A)的查算表见表 A.1,表中 $R_i = AR$; $l/l_s = 2\sqrt{\rho}$ 。

表 A.1 冲击接地电阻(R_i)与工频接地电阻(R)换算系数(A)的查算表

	≤ 100 / $\Omega \cdot m$	120/ $\Omega \cdot m$	140/ $\Omega \cdot m$	160/ $\Omega \cdot m$	180/ $\Omega \cdot m$	200/ $\Omega \cdot m$	220/ $\Omega \cdot m$	240/ $\Omega \cdot m$	260/ $\Omega \cdot m$	280/ $\Omega \cdot m$	300/ $\Omega \cdot m$	320/ $\Omega \cdot m$	340/ $\Omega \cdot m$	360/ $\Omega \cdot m$	380/ $\Omega \cdot m$	400/ $\Omega \cdot m$	420/ $\Omega \cdot m$	440/ $\Omega \cdot m$	460/ $\Omega \cdot m$
0.050	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300	1.325	1.350	1.375	1.400	1.425	1.450
0.100	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300	1.325	1.350	1.375	1.400	1.425	1.450
0.150	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300	1.325	1.350	1.375	1.400	1.425	1.450
0.200	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300	1.325	1.350	1.375	1.400	1.425	1.450
0.250	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300	1.325	1.350	1.375	1.400	1.425	1.450
0.300	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300	1.325	1.350	1.375	1.400	1.425	1.450
0.350	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300	1.325	1.350	1.375	1.400	1.418	1.433
0.400	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300	1.317	1.335	1.353	1.368	1.384	1.400
0.450	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.240	1.257	1.275	1.292	1.308	1.324	1.338	1.353	1.366
0.500	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.190	1.203	1.218	1.235	1.250	1.265	1.278	1.296	1.306	1.322	1.333
0.550	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.142	1.157	1.171	1.183	1.196	1.211	1.225	1.238	1.250	1.265	1.276	1.287	1.300
0.600	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.112	1.126	1.139	1.152	1.163	1.174	1.187	1.200	1.212	1.223	1.236	1.245	1.255	1.266
0.650	1.000	1.025	1.050	1.075	1.088	1.098	1.112	1.121	1.133	1.143	1.152	1.164	1.175	1.186	1.195	1.205	1.215	1.224	1.232
0.700	1.000	1.025	1.050	1.065	1.075	1.084	1.095	1.103	1.114	1.122	1.130	1.140	1.150	1.158	1.168	1.176	1.185	1.192	1.200
0.750	1.000	1.025	1.040	1.054	1.063	1.070	1.080	1.087	1.095	1.102	1.109	1.117	1.125	1.133	1.140	1.147	1.154	1.160	1.167
0.800	1.000	1.025	1.032	1.043	1.050	1.056	1.064	1.069	1.076	1.081	1.087	1.093	1.100	1.106	1.112	1.118	1.123	1.128	1.133
0.850	1.000	1.018	1.024	1.032	1.038	1.042	1.048	1.052	1.057	1.061	1.065	1.069	1.075	1.080	1.083	1.088	1.092	1.096	1.100
0.900	1.000	1.013	1.016	1.021	1.025	1.028	1.032	1.034	1.038	1.040	1.042	1.046	1.050	1.052	1.055	1.058	1.061	1.066	1.069
0.950	1.000	1.008	1.009	1.011	1.013	1.014	1.016	1.018	1.019	1.020	1.021	1.023	1.025	1.026	1.027	1.028	1.030	1.032	1.034
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

表 A.1(续)

	480/ $\Omega \cdot m$	500/ $\Omega \cdot m$	600/ $\Omega \cdot m$	700/ $\Omega \cdot m$	800/ $\Omega \cdot m$	900/ $\Omega \cdot m$	1000/ $\Omega \cdot m$	1100/ $\Omega \cdot m$	1200/ $\Omega \cdot m$	1300/ $\Omega \cdot m$	1400/ $\Omega \cdot m$	1500/ $\Omega \cdot m$	1600/ $\Omega \cdot m$	1700/ $\Omega \cdot m$	1800/ $\Omega \cdot m$	1900/ $\Omega \cdot m$	2000/ $\Omega \cdot m$
0.05	1.475	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
0.10	1.475	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
0.15	1.475	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.585	2.655	2.740	2.825	2.895
0.20	1.475	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.085	2.175	2.255	2.335	2.415	2.495	2.555	2.635	2.710	2.775
0.25	1.475	1.5	1.6	1.7	1.795	1.870	1.945	2.025	2.105	2.180	2.255	2.325	2.400	2.475	2.535	2.610	2.675
0.30	1.475	1.5	1.585	1.665	1.735	1.810	1.875	1.955	2.025	2.095	2.165	2.235	2.305	2.375	2.435	2.500	2.555
0.35	1.448	1.465	1.545	1.615	1.685	1.750	1.815	1.885	1.965	2.015	2.085	2.145	2.210	2.275	2.335	2.395	2.445
0.40	1.414	1.425	1.5	1.565	1.530	1.695	1.750	1.815	1.880	1.940	2.000	2.055	2.115	2.175	2.225	2.280	2.335
0.45	1.378	1.392	1.460	1.520	1.575	1.620	1.685	1.755	1.805	1.860	1.915	1.965	2.020	2.075	2.120	2.170	2.225
0.50	1.345	1.355	1.415	1.475	1.525	1.575	1.625	1.675	1.745	1.780	1.835	1.880	1.935	1.975	2.020	2.070	2.110
0.55	1.311	1.320	1.375	1.425	1.470	1.515	1.560	1.610	1.655	1.700	1.750	1.790	1.835	1.875	1.915	1.960	2.000
0.6	1.276	1.285	1.330	1.375	1.420	1.465	1.500	1.540	1.585	1.625	1.665	1.705	1.745	1.780	1.815	1.855	1.890
0.65	1.238	1.250	1.295	1.330	1.370	1.405	1.435	1.475	1.515	1.545	1.585	1.615	1.650	1.685	1.715	1.750	1.785
0.7	1.208	1.215	1.250	1.285	1.315	1.345	1.375	1.405	1.440	1.470	1.500	1.525	1.555	1.585	1.610	1.645	1.675
0.75	1.172	1.175	1.205	1.235	1.260	1.290	1.315	1.345	1.365	1.390	1.420	1.440	1.465	1.495	1.505	1.540	1.555
0.8	1.140	1.140	1.165	1.185	1.210	1.230	1.250	1.275	1.295	1.315	1.330	1.355	1.375	1.395	1.405	1.435	1.450
0.85	1.103	1.105	1.125	1.140	1.155	1.175	1.185	1.200	1.220	1.240	1.255	1.270	1.285	1.295	1.305	1.330	1.340
0.90	1.072	1.075	1.085	1.095	1.105	1.115	1.125	1.135	1.145	1.155	1.165	1.175	1.185	1.195	1.205	1.215	1.225
0.95	1.036	1.039	1.045	1.050	1.055	1.060	1.065	1.070	1.075	1.080	1.085	1.090	1.095	1.100	1.105	1.110	1.115
1.00	1.000	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

附 录 B

(资料性附录)

表 A.1(续)

	480/ Ω·m	500/ Ω·m	600/ Ω·m	700/ Ω·m	800/ Ω·m	900/ Ω·m	1000/ Ω·m	1100/ Ω·m	1200/ Ω·m	1300/ Ω·m	1400/ Ω·m	1500/ Ω·m	1600/ Ω·m	1700/ Ω·m	1800/ Ω·m	1900/ Ω·m	2000/ Ω·m
0.05	1.475	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
0.10	1.475	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
0.15	1.475	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.585	2.655	2.740	2.825	2.895
0.20	1.475	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.085	2.175	2.255	2.335	2.415	2.495	2.555	2.635	2.710	2.775
0.25	1.475	1.5	1.6	1.7	1.795	1.870	1.945	2.025	2.105	2.180	2.255	2.325	2.400	2.475	2.535	2.610	2.675
0.30	1.475	1.5	1.585	1.665	1.735	1.810	1.875	1.955	2.025	2.095	2.165	2.235	2.305	2.375	2.435	2.500	2.555
0.35	1.448	1.465	1.545	1.615	1.685	1.750	1.815	1.885	1.965	2.015	2.085	2.145	2.210	2.275	2.335	2.395	2.445
0.40	1.414	1.425	1.5	1.565	1.530	1.695	1.750	1.815	1.880	1.940	2.000	2.055	2.115	2.175	2.225	2.280	2.335
0.45	1.378	1.392	1.460	1.520	1.575	1.620	1.685	1.755	1.805	1.860	1.915	1.965	2.020	2.075	2.120	2.170	2.225
0.50	1.345	1.355	1.415	1.475	1.525	1.575	1.625	1.675	1.745	1.780	1.835	1.880	1.935	1.975	2.020	2.070	2.110
0.55	1.311	1.320	1.375	1.425	1.470	1.515	1.560	1.610	1.655	1.700	1.750	1.790	1.835	1.875	1.915	1.960	2.000
0.6	1.276	1.285	1.330	1.375	1.420	1.465	1.500	1.540	1.585	1.625	1.665	1.705	1.745	1.780	1.815	1.855	1.890
0.65	1.238	1.250	1.295	1.330	1.370	1.405	1.435	1.475	1.515	1.545	1.585	1.615	1.650	1.685	1.715	1.750	1.785
0.7	1.208	1.215	1.250	1.285	1.315	1.345	1.375	1.405	1.440	1.470	1.500	1.525	1.555	1.585	1.610	1.645	1.675
0.75	1.172	1.175	1.205	1.235	1.260	1.290	1.315	1.345	1.365	1.390	1.420	1.440	1.465	1.495	1.505	1.540	1.555
0.8	1.140	1.140	1.165	1.185	1.210	1.230	1.250	1.275	1.295	1.315	1.330	1.355	1.375	1.395	1.405	1.435	1.450
0.85	1.103	1.105	1.125	1.140	1.155	1.175	1.185	1.200	1.220	1.240	1.255	1.270	1.285	1.295	1.305	1.330	1.340
0.90	1.072	1.075	1.085	1.095	1.105	1.115	1.125	1.135	1.145	1.155	1.165	1.175	1.185	1.195	1.205	1.215	1.225
0.95	1.036	1.039	1.045	1.050	1.055	1.060	1.065	1.070	1.075	1.080	1.085	1.090	1.095	1.100	1.105	1.110	1.115
1.00	1.000	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

附 录 B
(资料性附录)

土壤电阻率(ρ)与接地极有效长度(L_e)对照表

土壤电阻率(ρ)与接地极有效长度(L_e)的对照表见表 B.1。当土壤电阻率一定时,接地极的有效长度应符合表 B.1 中的数据要求。

表 B.1 土壤电阻率(ρ)与接地极有效长度(L_e)的对照表

土壤 电阻率 ρ/ (Ω·m)	接地极有效 长度 2 √ρ /m	接地极有效 长度 2 √ρ /m	土壤 电阻率 ρ/(Ω·m)	接地极有效 长度 2 √ρ /m	接地极有效 长度 2 √ρ /m	土壤 电阻率 ρ/ (Ω·m)	接地极有效 长度 2 √ρ /m	接地极有效 长度 2 √ρ /m	土壤 电阻率 ρ/ (Ω·m)	接地极有效 长度 2 √ρ /m	接地极有效 长度 2 √ρ /m
100	20(取 20)	20	300	34.64(取 35)	35	500	44.72(取 45)	45	900	60.00(取 60)	60
110	20.98(取 21)	21	310	35.21(取 36)	36	520	45.61(取 46)	46	920	60.66(取 61)	61
120	21.91(取 22)	22	320	35.78(取 36)	36	540	46.58(取 47)	47	940	61.32(取 62)	62
130	22.80(取 23)	23	330	36.33(取 37)	37	560	47.33(取 48)	48	960	61.97(取 62)	62
140	23.66(取 24)	24	340	36.88(取 37)	37	580	48.17(取 49)	49	980	62.61(取 63)	63
150	24.49(取 25)	25	350	37.42(取 38)	38	600	48.99(取 49)	49	1000	63.25(取 64)	64
160	25.30(取 26)	26	360	37.95(取 38)	38	620	49.80(取 50)	50	1100	66.33(取 67)	67
170	26.08(取 27)	27	370	38.47(取 39)	39	640	50.60(取 51)	51	1200	69.28(取 70)	70
180	26.83(取 27)	27	380	38.99(取 39)	39	660	51.38(取 52)	52	1300	72.11(取 73)	73
190	27.57(取 28)	28	390	39.50(取 40)	40	680	52.15(取 53)	53	1400	74.83(取 75)	75
200	28.28(取 29)	29	400	40.00(取 40)	40	700	52.92(取 53)	53	1500	77.46(取 78)	78
210	28.98(取 29)	29	410	40.50(取 41)	41	720	53.67(取 54)	54	1600	80.00(取 80)	80
220	29.66(取 30)	30	420	40.99(取 41)	41	740	54.41(取 55)	55	1700	82.46(取 83)	83
230	30.33(取 31)	31	430	41.47(取 42)	42	760	55.14(取 56)	56	1800	84.85(取 85)	85
240	30.98(取 31)	31	440	41.95(取 42)	42	780	55.86(取 56)	56	1900	87.18(取 88)	88
250	31.62(取 32)	32	450	42.43(取 43)	43	800	56.57(取 57)	57	2000	89.44(取 90)	90
260	32.25(取 33)	33	460	42.90(取 43)	43	820	57.27(取 58)	58	2200	93.81(取 94)	94
270	32.86(取 33)	33	470	43.36(取 44)	44	840	57.97(取 58)	58	2400	97.98(取 98)	98
280	33.47(取 34)	34	480	43.82(取 44)	44	860	58.65(取 59)	59	2600	101.98(取 102)	102
290	34.06(取 35)	35	490	44.27(取 45)	45	880	59.33(取 60)	60	2800	105.83(取 106)	106
300	34.64(取 35)	35	500	44.72(取 45)	45	900	60.00(取 60)	60	3000	109.54(取 110)	110

附 录 C
(资料性附录)

附录 B

(资料性附录)

土壤电阻率(ρ)与接地极有效长度(L_e)对照表

土壤电阻率(ρ)与接地极有效长度(L_e)的对照表见表 B.1。当土壤电阻率一定时,接地极的有效长度应符合表 B.1 中的数据要求。

表 B.1 土壤电阻率(ρ)与接地极有效长度(L_e)的对照表

土壤 电阻率 ρ/ (Ω·m)	接地极有效 长度 2√ρ/m	接地极有效 长度 2√ρ/m	土壤 电阻率 ρ/(Ω·m)	接地极有效 长度 2√ρ/m	接地极有效 长度 2√ρ/m	土壤 电阻率 ρ/ (Ω·m)	接地极有效 长度 2√ρ/m	接地极有效 长度 2√ρ/m	土壤 电阻率 ρ/ (Ω·m)	接地极有效 长度 2√ρ/m	接地极有效 长度 2√ρ/m
100	20(取 20)	20	300	34.64(取 35)	35	500	44.72(取 45)	45	900	60.00(取 60)	60
110	20.98(取 21)	21	310	35.21(取 36)	36	520	45.61(取 46)	46	920	60.66(取 61)	61
120	21.91(取 22)	22	320	35.78(取 36)	36	540	46.58(取 47)	47	940	61.32(取 62)	62
130	22.80(取 23)	23	330	36.33(取 37)	37	560	47.33(取 48)	48	960	61.97(取 62)	62
140	23.66(取 24)	24	340	36.88(取 37)	37	580	48.17(取 49)	49	980	62.61(取 63)	63
150	24.49(取 25)	25	350	37.42(取 38)	38	600	48.99(取 49)	49	1000	63.25(取 64)	64
160	25.30(取 26)	26	360	37.95(取 38)	38	620	49.80(取 50)	50	1100	66.33(取 67)	67
170	26.08(取 27)	27	370	38.47(取 39)	39	640	50.60(取 51)	51	1200	69.28(取 70)	70
180	26.83(取 27)	27	380	38.99(取 39)	39	660	51.38(取 52)	52	1300	72.11(取 73)	73
190	27.57(取 28)	28	390	39.50(取 40)	40	680	52.15(取 53)	53	1400	74.83(取 75)	75
200	28.28(取 29)	29	400	40.00(取 40)	40	700	52.92(取 53)	53	1500	77.46(取 78)	78
210	28.98(取 29)	29	410	40.50(取 41)	41	720	53.67(取 54)	54	1600	80.00(取 80)	80
220	29.66(取 30)	30	420	40.99(取 41)	41	740	54.41(取 55)	55	1700	82.46(取 83)	83
230	30.33(取 31)	31	430	41.47(取 42)	42	760	55.14(取 56)	56	1800	84.85(取 85)	85
240	30.98(取 31)	31	440	41.95(取 42)	42	780	55.86(取 56)	56	1900	87.18(取 88)	88
250	31.62(取 32)	32	450	42.43(取 43)	43	800	56.57(取 57)	57	2000	89.44(取 90)	90
260	32.25(取 33)	33	460	42.90(取 43)	43	820	57.27(取 58)	58	2200	93.81(取 94)	94
270	32.86(取 33)	33	470	43.36(取 44)	44	840	57.97(取 58)	58	2400	97.98(取 98)	98
280	33.47(取 34)	34	480	43.82(取 44)	44	860	58.65(取 59)	59	2600	101.98(取 102)	102
290	34.06(取 35)	35	490	44.27(取 45)	45	880	59.33(取 60)	60	2800	105.83(取 106)	106
300	34.64(取 35)	35	500	44.72(取 45)	45	900	60.00(取 60)	60	3000	109.54(取 110)	110

附录 C

(资料性附录)

钢筋表面积总和(S)与钢筋总长度(L)换算表

钢筋表面积总和(S)与钢筋总长度(L)换算表见表 C.1。按照防雷类别及分流系数(K_c)要求,每根引下线离地面深 0.5 m 以下连接的钢筋总表面积应达到表 C.1 中的数据要求。

表 C.1 钢筋表面积总和(S)与钢筋总长度(L)换算表

钢筋 规格	长度为 1 m 表面积/m ²	第二类防雷(S ₂ ≥4.24K _c ²)			第三类防雷(S ₃ ≥1.89K _c ²)		
		K _c =1 时,S ₂ ≥ 4.24m ² ,所需长度/m	K _c =0.66 时,S ₂ ≥ 1.85m ² ,所需长度/m	K _c =0.44 时,S ₂ ≥ 0.82m ² ,所需长度/m	K _c =1 时,S ₃ ≥ 1.89m ² ,所需长度/m	K _c =0.66 时,S ₃ ≥ 0.82m ² ,所需长度/m	K _c =0.44 时,S ₃ ≥ 0.37m ² ,所需长度/m
∅8	0.0251328	167.1(取 168)	73.6(取 74)	32.6(取 33)	75.2(取 76)	32.6(取 33)	14.7(取 15)
∅10	0.031416	135.0(取 135)	58.9(取 59)	26.1(取 27)	60.2(取 61)	26.1(取 27)	11.8(取 12)
∅12	0.0376992	112.5(取 113)	49.1(取 50)	21.8(取 22)	50.1(取 51)	21.8(取 22)	9.8(取 10)
∅14	0.0439824	96.4(取 97)	42.1(取 43)	18.6(取 19)	43.0(取 43)	18.6(取 19)	8.4(取 9)
∅16	0.0502656	84.4(取 85)	36.8(取 37)	16.3(取 17)	37.6(取 38)	16.3(取 17)	7.4(取 8)
∅18	0.0565488	75.0(取 75)	32.7(取 33)	14.5(取 15)	33.4(取 34)	14.5(取 15)	6.5(取 7)
∅20	0.062832	67.5(取 68)	29.5(取 30)	13.1(取 14)	30.1(取 31)	13.1(取 14)	5.9(取 6)
∅22	0.0691152	61.4(取 62)	26.8(取 27)	11.7(取 12)	27.4(取 28)	11.7(取 12)	5.4(取 6)
∅24	0.0753984	56.2(取 57)	24.5(取 25)	10.9(取 11)	25.1(取 26)	10.9(取 11)	4.9(取 5)
∅26	0.0816816	51.9(取 52)	22.7(取 23)	10.1(取 11)	23.1(取 24)	10.1(取 11)	4.5(取 5)
∅28	0.0879648	48.2(取 49)	21.1(取 22)	9.3(取 10)	21.5(取 22)	9.3(取 10)	4.2(取 5)
∅30	0.094248	45.0(取 45)	19.7(取 20)	8.7(取 9)	20.1(取 21)	8.7(取 9)	3.9(取 4)
∅32	0.1005312	42.2(取 43)	18.4(取 19)	8.2(取 9)	18.8(取 19)	8.2(取 9)	3.7(取 4)
∅36	0.1130976	37.5(取 38)	16.4(取 17)	7.3(取 8)	16.7(取 17)	7.3(取 8)	3.3(取 4)

附录 C

(资料性附录)

钢筋表面积总和(S)与钢筋总长度(L)换算表

钢筋表面积总和(S)与钢筋总长度(L)换算表见表 C.1。按照防雷类别及分流系数(K_c)要求,每根引下线离地面深 0.5 m 以下连接的钢筋总表面积应达到表 C.1 中的数据要求。

表 C.1 钢筋表面积总和(S)与钢筋总长度(L)换算表

钢筋规格	长度为 1 m 表面积/ m^2	第二类防雷($S_d \geq 4.24K_c^2$)			第三类防雷($S_d \geq 1.89K_c^2$)		
		$K_c=1$ 时, $S_d \geq 4.24m^2$, 所需长度/m	$K_c=0.66$ 时, $S_d \geq 1.85m^2$, 所需长度/m	$K_c=0.44$ 时, $S_d \geq 0.82m^2$, 所需长度/m	$K_c=1$ 时, $S_d \geq 1.89m^2$, 所需长度/m	$K_c=0.66$ 时, $S_d \geq 0.82m^2$, 所需长度/m	$K_c=0.44$ 时, $S_d \geq 0.37m^2$, 所需长度/m
∅8	0.0251328	167.1(取 168)	73.6(取 74)	32.6(取 33)	75.2(取 76)	32.6(取 33)	14.7(取 15)
∅10	0.031416	135.0(取 135)	58.9(取 59)	26.1(取 27)	60.2(取 61)	26.1(取 27)	11.8(取 12)
∅12	0.0376992	112.5(取 113)	49.1(取 50)	21.8(取 22)	50.1(取 51)	21.8(取 22)	9.8(取 10)
∅14	0.0439824	96.4(取 97)	42.1(取 43)	18.6(取 19)	43.0(取 43)	18.6(取 19)	8.4(取 9)
∅16	0.0502656	84.4(取 85)	36.8(取 37)	16.3(取 17)	37.6(取 38)	16.3(取 17)	7.4(取 8)
∅18	0.0565488	75.0(取 75)	32.7(取 33)	14.5(取 15)	33.4(取 34)	14.5(取 15)	6.5(取 7)
∅20	0.062832	67.5(取 68)	29.5(取 30)	13.1(取 14)	30.1(取 31)	13.1(取 14)	5.9(取 6)
∅22	0.0691152	61.4(取 62)	26.8(取 27)	11.7(取 12)	27.4(取 28)	11.7(取 12)	5.4(取 6)
∅24	0.0753984	56.2(取 57)	24.5(取 25)	10.9(取 11)	25.1(取 26)	10.9(取 11)	4.9(取 5)
∅26	0.0816816	51.9(取 52)	22.7(取 23)	10.1(取 11)	23.1(取 24)	10.1(取 11)	4.5(取 5)
∅28	0.0879648	48.2(取 49)	21.1(取 22)	9.3(取 10)	21.5(取 22)	9.3(取 10)	4.2(取 5)
∅30	0.094248	45.0(取 45)	19.7(取 20)	8.7(取 9)	20.1(取 21)	8.7(取 9)	3.9(取 4)
∅32	0.1005312	42.2(取 43)	18.4(取 19)	8.2(取 9)	18.8(取 19)	8.2(取 9)	3.7(取 4)
∅36	0.1130976	37.5(取 38)	16.4(取 17)	7.3(取 8)	16.7(取 17)	7.3(取 8)	3.3(取 4)

附录 D

资料性附录

建筑物内磁场强度的计算

D.1 建筑物发生邻近雷击情况下的建筑物内磁场强度

a) LPZ0 区中入射磁场强度 H_0 可按下式计算:

$$H_0 = i_0 / (2 \cdot \pi \cdot S_a) \quad \text{..... (D.1)}$$

式中:

H_0 ——LPZ0 区中入射磁场强度,单位为安每米(A/m);

i_0 ——雷电流,单位为安(A);

S_a ——雷击点至所考虑的被屏蔽空间的平均距离,单位为米(m),见图 D.1。

b) 首次雷击所致的磁场强度最大值为:

$$H_{0/i/\max} = i_{i/\max} / (2 \cdot \pi \cdot S_a) \quad \text{..... (D.2)}$$

式中:

$H_{0/i/\max}$ ——首次雷击所致的磁场强度最大值,单位为安每米(A/m);

$i_{i/\max}$ ——首次雷击电流最大值,单位为安(A),按保护级别选定;

S_a ——雷击点至所考虑的被屏蔽空间的平均距离,单位为米(m),

c) 后续雷击所致的磁场强度最大值为:

$$H_{0/s/\max} = i_{s/\max} / (2 \cdot \pi \cdot S_a) \quad \text{..... (D.3)}$$

式中:

附录 D

资料性附录

建筑物内磁场强度的计算

D.1 建筑物发生邻近雷击情况下的建筑物内磁场强度

a) LPZ0 区中入射磁场强度 H_0 可按下式计算:

$$H_0 = i_0 / (2 \cdot \pi \cdot S_a) \quad \text{..... (D. 1)}$$

式中:

H_0 ——LPZ0 区中入射磁场强度,单位为安每米(A/m);

I_0 ——雷电流,单位为安(A);

S_a ——雷击点至所考虑的被屏蔽空间的平均距离,单位为米(m),见图 D. 1。

b) 首次雷击所致的磁场强度最大值为:

$$H_{0/i/\max} = i_{i/\max} / (2 \cdot \pi \cdot S_a) \quad \text{..... (D. 2)}$$

式中:

$H_{0/i/\max}$ ——首次雷击所致的磁场强度最大值,单位为安每米(A/m);

$i_{i/\max}$ ——首次雷击电流最大值,单位为安(A),按保护级别选定;

S_a ——雷击点至所考虑的被屏蔽空间的平均距离,单位为米(m),

c) 后续雷击所致的磁场强度最大值为:

$$H_{0/s/\max} = i_{s/\max} / (2 \cdot \pi \cdot S_a) \quad \text{..... (D. 3)}$$

式中:

$H_{0/s/\max}$ ——后续雷击所致的磁场强度最大值,单位为安每米(A/m);

$i_{s/\max}$ ——后续雷击电流最大值,单位为安(A),按保护级别选定;

S_a ——雷击点至所考虑的被屏蔽空间的平均距离,单位为米(m)。

d) LPZ1 区内的安全空间 V_s 有效, V_s 是以与屏蔽体保持一安全距离 $d_{s/1}$ 而确定的空间(见图 D. 2)。

$$d_{s/1} = W \cdot SF / 10 \quad \text{..... (D. 4)}$$

式中:

$d_{s/1}$ ——安全距离,单位为米(m);

W ——该格栅形屏蔽体的网格宽度,单位为米(m);

SF ——由表 D. 1 的公式估算出的屏蔽系数,单位为分贝(dB)。

e) LPZ1 区中空间体 V_s 内的磁场强度 H_1 :

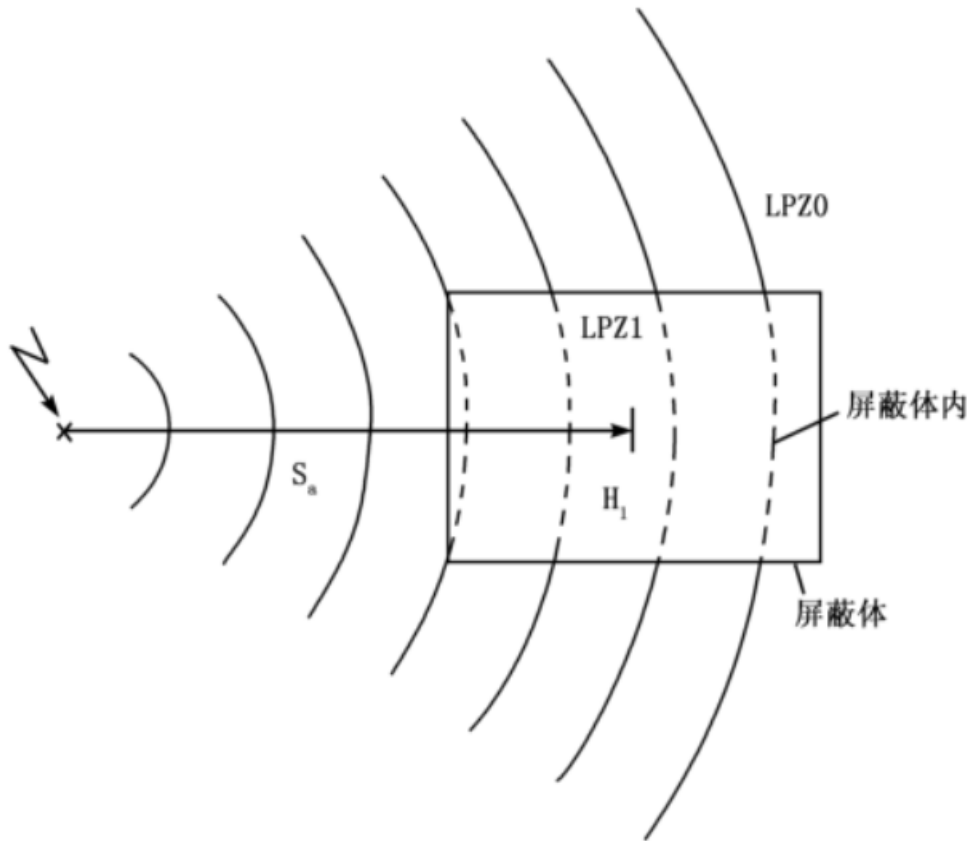
$$H_1 = H_0 / 10^{SF/20} \quad \text{..... (D. 5)}$$

式中:

H_1 ——LPZ1 区中空间体 V_s 内的磁场强度,单位为安每米(A/m);

SF ——由表 D. 1 的公式估算出的屏蔽系数,单位为分贝(dB);

H_0 ——LPZ0 区的磁场强度,单位为安每米(A/m),分别等于 $H_{0/i/\max}$ 、 $H_{0/s/\max}$ 。



S_a 雷击点与被屏蔽空间的平均距离

图 D.1 邻近雷击的环境情况

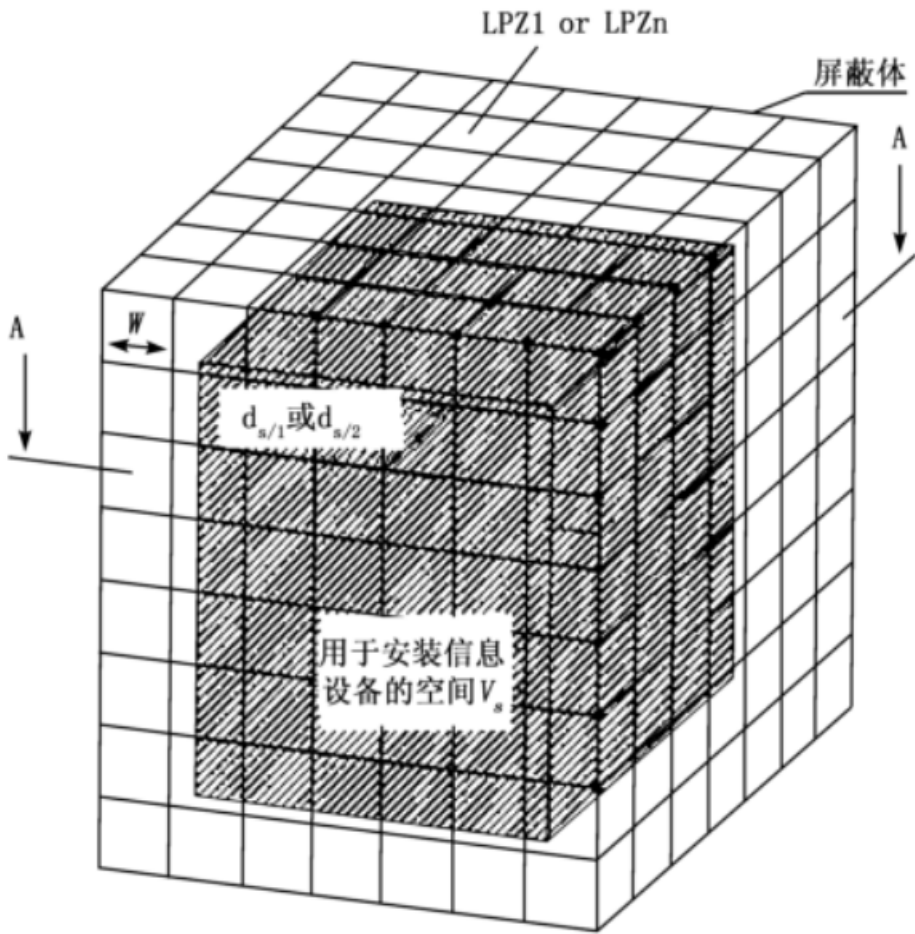
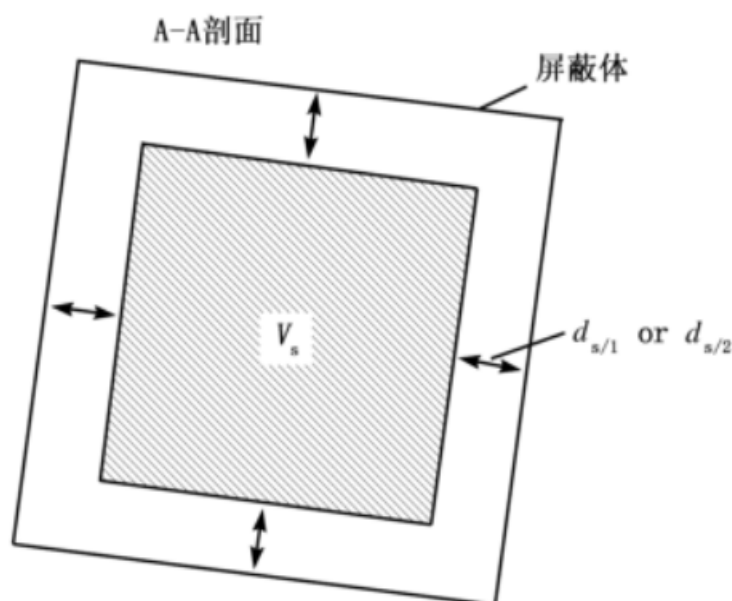


图 D.2 LPZ1 或 LPZn 内部用于安装信息设备的空间



注：用于安装信息设备的空间 V_s 与 LPZ1 或 LPZn 的屏蔽层保持一个安全距离 $d_{s/1}$ 或 $d_{s/2}$ 。

图 D.2(续)

邻近雷击 50 m 和 100 m 时,建筑物内部磁场强度随不同钢材及网格尺寸的变化见附录 G。

D.2 建筑物发生直接雷击情况下的建筑物内磁场强度

a) 在 LPZ1 区内空间 V_s 的内部任意一点由首次雷击产生的磁场强度 H_1 为：

$$H_1 = K_H \cdot i_0 \cdot W / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad \dots\dots\dots (D.6)$$

式中：

H_1 ——首次雷击产生的磁场强度,单位为安每米(A/m);

K_H ——形状系数($1/\sqrt{m}$),取 $K_H=0.01(1/\sqrt{m})$;

I_0 ——雷电流,单位为安(A);

W ——LPZ1 格栅形屏蔽体的网格宽度,单位为米(m);

d_w ——所考虑点至 LPZ1 屏蔽体侧面的最短距离,单位为米(m);

d_r ——所考虑点至 LPZ1 屏蔽体顶部的最短距离,单位为米(m)。

b) LPZ1 区内空间 V_s 内部任意一点由首次雷击所致的磁场强度最大值为：

$$H_{1/f/\max} = K_H \cdot i_{f/\max} \cdot W / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad \dots\dots\dots (D.7)$$

式中：

$H_{1/f/\max}$ ——首次雷击所致的磁场强度最大值,单位为安每米(A/m);

K_H ——形状系数($1/\sqrt{m}$),取 $K_H=0.01(1/\sqrt{m})$;

$i_{f/\max}$ ——首次雷击电流的最大值,单位为安(A),按保护级别选定;

W ——LPZ1 格栅形屏蔽体的网格宽度,单位为米(m);

d_w ——所考虑点至 LPZ1 屏蔽体侧面的最短距离,单位为米(m);

d_r ——所考虑点至 LPZ1 屏蔽体顶部的最短距离,单位为米(m)。

c) LPZ1 区内空间 V_s 内部任意一点由后续雷击所致的磁场强度最大值为：

$$H_{1/s/\max} = K_H \cdot i_{s/\max} \cdot W / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad \dots\dots\dots (D.8)$$

式中：

$H_{1/s/\max}$ ——后续雷击所致的磁场强度最大值,单位为安每米(A/m);

K_H ——形状系数($1/\sqrt{m}$),取 $K_H=0.01(1/\sqrt{m})$;

$i_{s/\max}$ ——后续雷击电流的最大值,单位为安(A),按保护级别选定;

d_w ——所考虑点至 LPZ1 屏蔽体侧面的最短距离,单位为米(m);

d_r ——所考虑点至 LPZ1 屏蔽体顶部的最短距离,单位为米(m)。

d) 格栅形屏蔽内部体的空间 V_s 以与屏蔽体保持一安全距离 $d_{s/2}$ 而确定的空间(见图 D. 2)。

$$d_{s/2}=W \dots\dots\dots (D. 9)$$

式中:

$d_{s/2}$ ——安全距离,单位为米(m);

W ——该格栅形屏蔽体的网格宽度,单位为米(m)。

电子设备只应安装在空间 V_s 内。因此,在紧挨着格栅处的特高磁场值不应再当作信息设备的干扰源来考虑。

e) 对 LPZ($n+1$) 区内的某一空间是以与屏蔽体(指该区屏蔽体)保持一安全距离 $d_{s/1}$ 而确定的空间。

$$d_{s/1}=W \cdot SF/10 \dots\dots\dots (D. 10)$$

式中:

$d_{s/1}$ ——安全距离,单位为米(m);

SF ——由表 D. 1 的公式计算出的屏蔽系数,单位为分贝(dB);

W ——该格栅形屏蔽体的网格宽度,单位为米(m)。

f) LPZ($n+1$) 区内部的磁场强度 H_{n+1} 。

$$H_{n+1}= H_n/10^{SF/20} \dots\dots\dots (D. 11)$$

式中:

H_{n+1} ——LPZ($n+1$) 区内部的磁场强度,单位为安每米(A/m);

SF ——由表 D. 1 的公式计算出的屏蔽系数,单位为分贝(dB);

H_n ——LPZ n 区内部的磁场强度,单位为安每米(A/m)。

建筑物直接遭首次雷击时,其内部磁场强度随距离的变化见附录 G。

表 D. 1 格栅形大空间屏蔽的屏蔽系数

材 料	SF/dB	
	25 kHz ^a	1 MHz ^b
铜/铝	$20 \cdot \lg(8.5/W)$	$20 \cdot \lg(8.5/W)$
钢	$20 \cdot \lg[(8.5/W)/ \sqrt{1+18 \times 10^{-6}/r^2}]$	$20 \cdot \lg(8.5/W)$
注 1: W ——格栅形屏蔽网格宽度(m),适用于 $W \leq 5m$;		
注 2: R ——格栅形屏蔽网格导体的半径(m);		
^a 适用于首次雷击磁场强度 H_t ;		
^b 适用于后续雷击磁场强度 H_s 。		

附录 E

资料性附录

格栅形磁场屏蔽体内部磁场强度

计算中,考虑格栅形屏蔽体的每一条钢筋与其他钢筋包括模拟的雷电通道之间的磁场耦合,从而产生一个方程组以计算雷电流在格栅形屏蔽体中的分布,并由该电流分布导出屏蔽体内部的磁场强度。当忽略各条钢筋的电阻时,格栅形屏蔽体中的电流分布和磁场强度与频率无关。同时,如果忽略电容性耦合,可不考虑瞬态效应。

在图 E. 2 和图 E. 3 中给出了图 E. 1 所示第一类格栅形屏蔽的若干计算结果。所有情况都假定最大雷电流 $i_{0/\max}=100\text{ kA}$ 。 H 是某一点的最大磁场强度,由 H_x , H_y 及 H_z 各分量推导得出。

$$H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \quad \dots\dots\dots(\text{E. 1})$$

在图 E. 2 中,沿着一条从雷击点($x=y=0, z=10\text{ m}$)至立方体的中心点($x=y=5\text{ m}, z=5\text{ m}$)上的直线计算 H 值。绘制 H 随这条线上各点的 x 坐标的变化曲线,格栅形屏蔽的网格宽度 W 作为一个参量。

在图 E. 3 中,对屏蔽体内部的两个点(A 点: $x=y=5\text{ m}, z=5\text{ m}$;B 点: $x=y=3\text{ m}, z=7\text{ m}$)计算磁场强度 H ,绘制计算结果随网格宽度 W 变化的曲线。

两个图均说明几个主要参数对格栅形屏蔽体内部磁场分布的影响,这几个主要参数是:离屏蔽体顶部或侧面的距离以及网格宽度。应注意,在图 E. 2 中若沿着其他穿过屏蔽空间的直线计算,这些直线可能与零轴相交,磁场强度 H 的分量会改变符号。

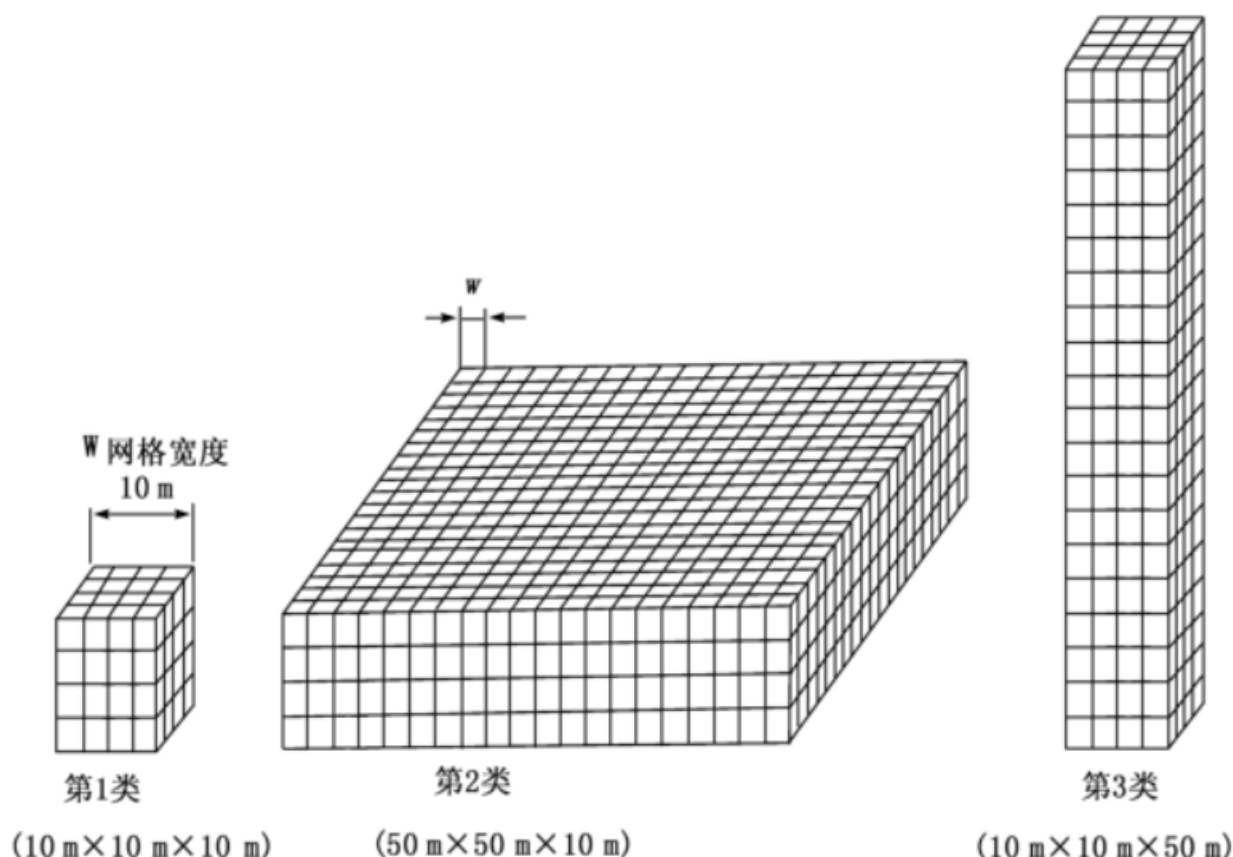


图 E. 1 几类大空间格栅形屏蔽体

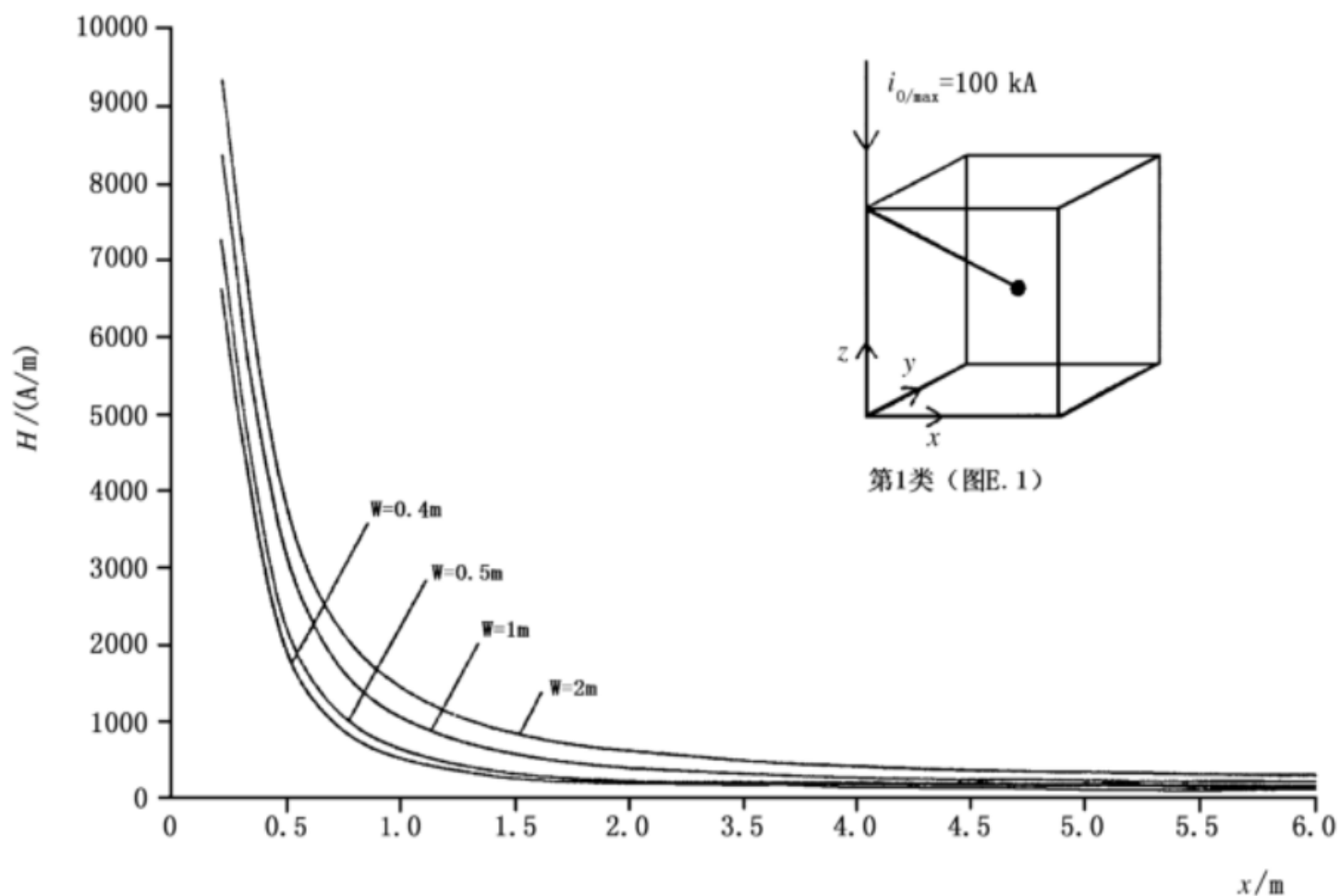


图 E.2 第 1 类格栅形屏蔽体内部的磁场强度

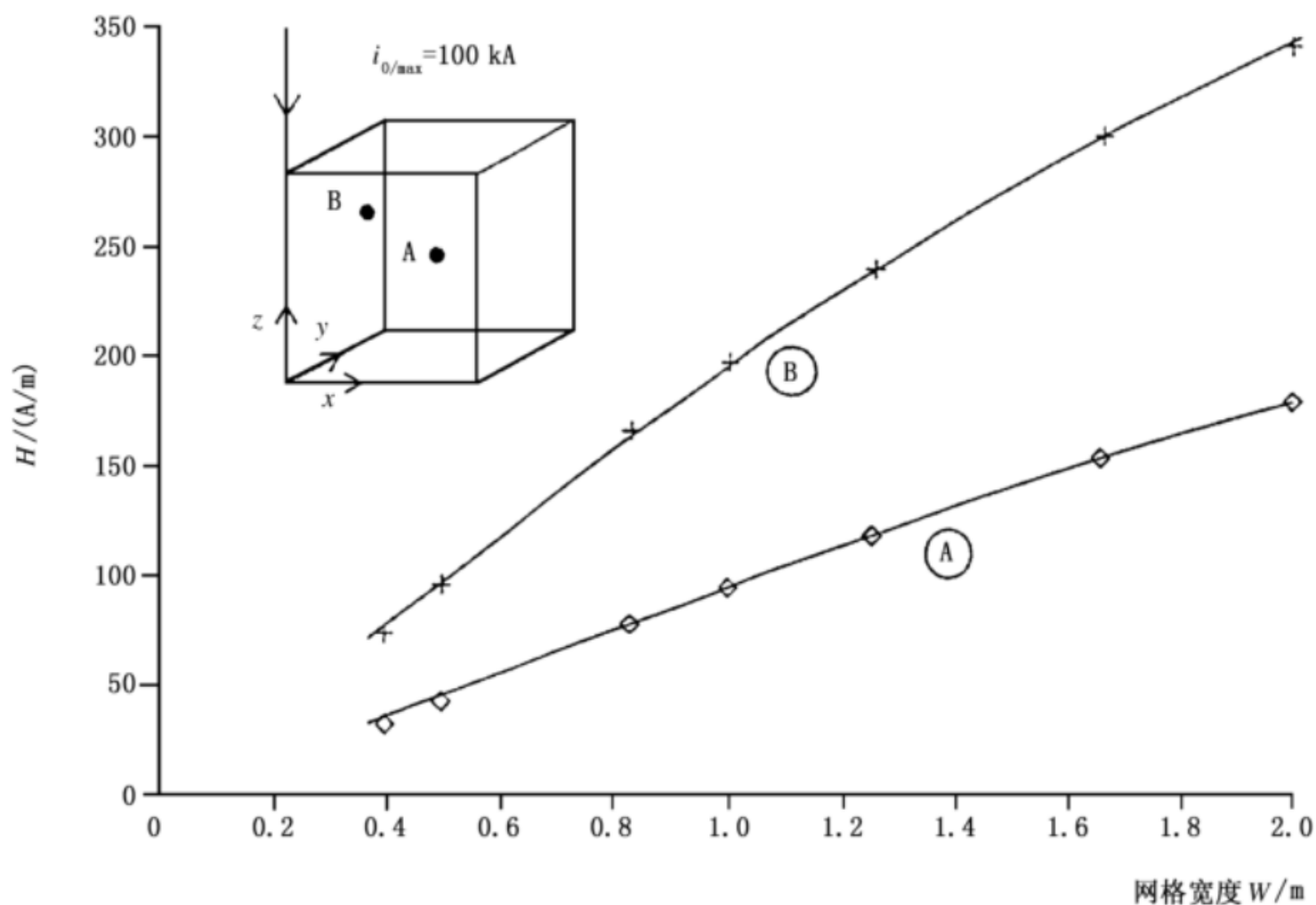


图 E.3 第 1 类格栅形屏蔽体内部的磁场强度

附录 F

资料性附录

建筑物内环路中的感应电压及电流的计算

F.1 由各种装置构成的环路中感应电压及电流的计算

此处考虑图 F.1 所示的矩形环路,如果是其他形状的环路,应将其转换为具有相同环路面积的矩形环路。

F.2 邻近雷击下环路在 LPZ1 内部时的感应电压及电流

假设 LPZ1 内部 V_s 空间内的磁场强度 H_1 是均匀的。

开路电压 U_{oc} :

$$U_{oc} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot dH_1/dt \quad \text{.....(F.1)}$$

式中:

U_{oc} ——开路电压,单位为伏(V);

μ_0 ——真空磁导率,其值等于 $4 \cdot 10^{-7}$,单位为伏秒每安米 [$V \cdot s/(A \cdot m)$];

b ——环路的宽度,单位为米(m);

H_1 ——LPZ1 内部随时间而变的磁场强度,单位为安每米(A/m)。

在波前时间 T_1 期间, U_{oc} 的最大值 $U_{oc/\max}$ 为:

$$U_{oc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/\max}/T_1 \quad \text{.....(F.2)}$$

式中:

$U_{oc/\max}$ ——开路电压 U_{oc} 的最大值,单位为伏(V);

$H_{1/\max}$ ——LPZ1 内部磁场强度的最大值,单位为安每米(A/m);

T_1 ——磁场强度波形的波前时间,单位为秒(s),与雷击电流波形的波头时间相同。

如果忽略导线的欧姆电阻(最坏情况),则短路电流 i_{sc} 为:

$$i_{sc} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot H_1/L \quad \text{.....(F.3)}$$

式中:

i_{sc} ——短路电流,单位为安(A);

μ_0 ——真空磁导率,其值等于 $4 \cdot 10^{-7}$,单位为伏秒每安米 [$V \cdot s/(A \cdot m)$];

b ——环路的宽度,单位为米(m);

H_1 ——LPZ1 内部随时间而变的磁场强度,单位为安每米(A/m);

$H_{1/\max}$ ——LPZ1 内部磁场强度的最大值,单位为安每米(A/m);

l ——环路的长度,单位为米(m);

L ——环路自感,单位为亨(H)。

i_{sc} 的最大值 $i_{sc/\max}$ 为:

$$i_{sc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/\max}/L \quad \text{.....(F.4)}$$

式中:

$i_{sc/\max}$ ——短路电流 i_{sc} 的最大值,单位为安(A);

$H_{1/\max}$ ——LPZ1 内部磁场强度的最大值,单位为安每米(A/m)。

对于矩形环路:

$$L = \{0.8 \cdot \sqrt{l^2 + b^2} - 0.8 \cdot (l + b) + 0.4 \cdot l \cdot \ln[(\frac{2b}{r})/(1 + \sqrt{1 + (\frac{b}{l})^2})]\}$$

式中:

r ——环路导线的半径,单位为米(m)。

首次雷击($T_1=10$ s)磁场强度 $H_{1/t}$ 感应的最大电压和电流分别为:

$$U_{oc/t/\max} = 0.126 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/t/\max} \quad \dots\dots\dots (F.6)$$

$$i_{sc/t/\max} = 1.26 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot l \cdot H_{1/t/\max} / L \quad \dots\dots\dots (F.7)$$

式中:

$U_{oc/t/\max}$ ——首次雷击($T_1=10$ s)磁场强度 $H_{1/t}$ 感应的最大电压,单位为伏(V);

$i_{sc/t/\max}$ ——首次雷击($T_1=10$ s)磁场强度 $H_{1/t}$ 感应的最大电流,单位为安(A);

$H_{1/t/\max}$ ——LPZ1 内部首次雷击的磁场强度最大值,单位为安每米(A/m);

$H_{1/s/\max}$ ——LPZ1 内部后续雷击的磁场强度最大值,单位为安每米(A/m)。

后续雷击($T_1=0.25$ s)磁场强度 $H_{1/s}$ 感应的最大电压和电流为:

$$U_{oc/s/\max} = 5.04 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/s/\max} \quad \dots\dots\dots (F.8)$$

$$i_{sc/s/\max} = 1.26 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot l \cdot H_{1/s/\max} / L \quad \dots\dots\dots (F.9)$$

式中:

$U_{oc/s/\max}$ ——后续雷击($T_1=0.25$ s)磁场强度 $H_{1/s}$ 感应的最大电压,单位为伏(V);

$i_{sc/s/\max}$ ——后续雷击($T_1=0.25$ s)磁场强度 $H_{1/s}$ 感应的最大电流,单位为安(A);

$H_{1/t/\max}$ ——LPZ1 内部首次雷击的磁场强度最大值,单位为安每米(A/m);

$H_{1/s/\max}$ ——LPZ1 内部后续雷击的磁场强度最大值(A/m)。

F.3 建筑物遭直接雷击下 环路在 LPZ1 内部时的感应电压及电流

LPZ1 内部 V_s 空间内的磁场强度 H_1 为:

$$H_1 = K_H \cdot i_0 \cdot W / (d_w / \sqrt{d_r}) \quad \dots\dots\dots (F.10)$$

对于开路电压 U_{oc} ,按下式计算:

$$U_{oc} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{lw}) \cdot K_H \cdot (W / \sqrt{d_{lr}}) \cdot di_0/dt \quad \dots\dots\dots (F.11)$$

在波前时间 T_1 期间, U_{oc} 的最大值 $U_{oc/\max}$:

$$U_{oc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{lw}) \cdot K_H \cdot (W / \sqrt{d_{lr}}) \cdot i_{0/\max} / T_1 \quad \dots\dots\dots (F.12)$$

式中:

H_1 ——LPZ1 内部 V_s 空间内的磁场强度,单位为安每米(A/m);

U_{oc} ——开路电压,单位为伏(V);

$U_{oc/\max}$ ——开路电压 U_{oc} 的最大值,单位为伏(V);

μ_0 ——真空磁导率,其值为 $4 \cdot 10^{-7}$,单位为伏秒每安米[V · s/(A · m)];

b ——环路的宽度,单位为米(m);

d_{lw} ——环路和屏蔽体侧面的距离,单位为米(m), $d_{lw} \geq d_{s/2}$;

d_{lr} ——环路和屏蔽体顶部的平均距离,单位为米(m);

i_0 ——LPZ0_A 中的雷电流,单位为安(A);

$i_{0/\max}$ ——LPZ0_A 中雷击电流的最大值,单位为安(A);

K_H ——形状系数($1/\sqrt{m}$),取 $K_H=0.01(1/\sqrt{m})$;

l ——环路的长度,单位为米(m);

T_1 ——LPZ0_A 中雷击电流的波头时间,单位为秒(s);

W ——格栅形屏蔽网格宽度,单位为米(m)。

如果忽略导线的欧姆电阻(最坏情况),短路电流 i_{sc} 为:

$$i_{sc} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{lw}) \cdot K_H \cdot (W / \sqrt{d_{lr}}) \cdot i_0 / L \quad \dots\dots\dots (F.13)$$

$$i_{sc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot K_H \cdot (W/\sqrt{d_{l/r}}) \cdot i_{0/\max}/L \quad \text{.....(F.14)}$$

式中:

i_{sc} ——短路电流,单位为安(A);

$i_{sc/\max}$ ——短路电流 i_{sc} 的最大值,单位为安(A);

μ_0 ——真空磁导率,其值为 $4 \cdot 10^{-7}$,单位为伏秒每安米[V·s/(A·m)];

b ——环路的宽度,单位为米(m);

$d_{l/w}$ ——环路与屏蔽体侧面的距离,单位为米(m), $d_{l/w} \geq d_{s/2}$;

$d_{l/r}$ ——环路与屏蔽体顶部的平均距离,单位为米(m);

i_0 ——LPZ0_A 中的雷电流,单位为安(A);

$i_{0/\max}$ ——LPZ0_A 中雷击电流的最大值,单位为安(A);

K_H ——形状系数($1/\sqrt{m}$),取 $K_H=0.01(1/\sqrt{m})$;

l ——环路的长度,单位为米(m);

W ——格栅形屏蔽网格宽度,单位为米(m)。

L ——环路的自感,单位为亨(H)。

首次雷击($T_1=10^{-6}$ s)中,磁场强度 $H_{l/i/\max}$ 感应的最大电压和最大电流分别为:

$$U_{oc/l/\max} = 1.26 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot (W/\sqrt{d_{l/r}}) \cdot i_{l/\max} \quad \text{.....(F.15)}$$

$$i_{sc/l/\max} = 12.6 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot (W/\sqrt{d_{l/r}}) \cdot i_{l/\max}/L \quad \text{.....(F.16)}$$

后续雷击($T_1=0.25^{-6}$ s)中,磁场强度 $H_{l/s/\max}$ 感应的最大电压和最大电流分别为:

$$U_{oc/s/\max} = 50.4 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot (W/\sqrt{d_{l/r}}) \cdot i_{s/\max} \quad \text{.....(F.17)}$$

$$i_{sc/s/\max} = 12.6 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{l/w}) \cdot (W/\sqrt{d_{l/r}}) \cdot i_{s/\max}/L \quad \text{.....(F.18)}$$

式中:

$U_{oc/l/\max}$ ——首次雷击($T_1=10^{-6}$ s)磁场强度 $H_{l/i}$ 感应的最大电压,单位为伏(V);

$H_{l/i/\max}$ ——LPZ1 内部首次雷击的磁场强度最大值,单位为安每米(A/m);

$H_{l/s/\max}$ ——LPZ1 内部后续雷击的磁场强度最大值,单位为安每米(A/m);

$i_{l/\max}$ ——首次雷击电流的最大值,单位为安(A);

$i_{s/\max}$ ——后续雷击电流的最大值,单位为安(A)。

F.4 环路在 LPZ_n $n \geq 2$ 内部的感应电压及电流

假定 LPZ_n 中的磁场强度 H_n 是均匀的,因此,F.3 中给出的计算感应电压和电流的公式同样适用。

式中, H_1 用 H_n 代替。

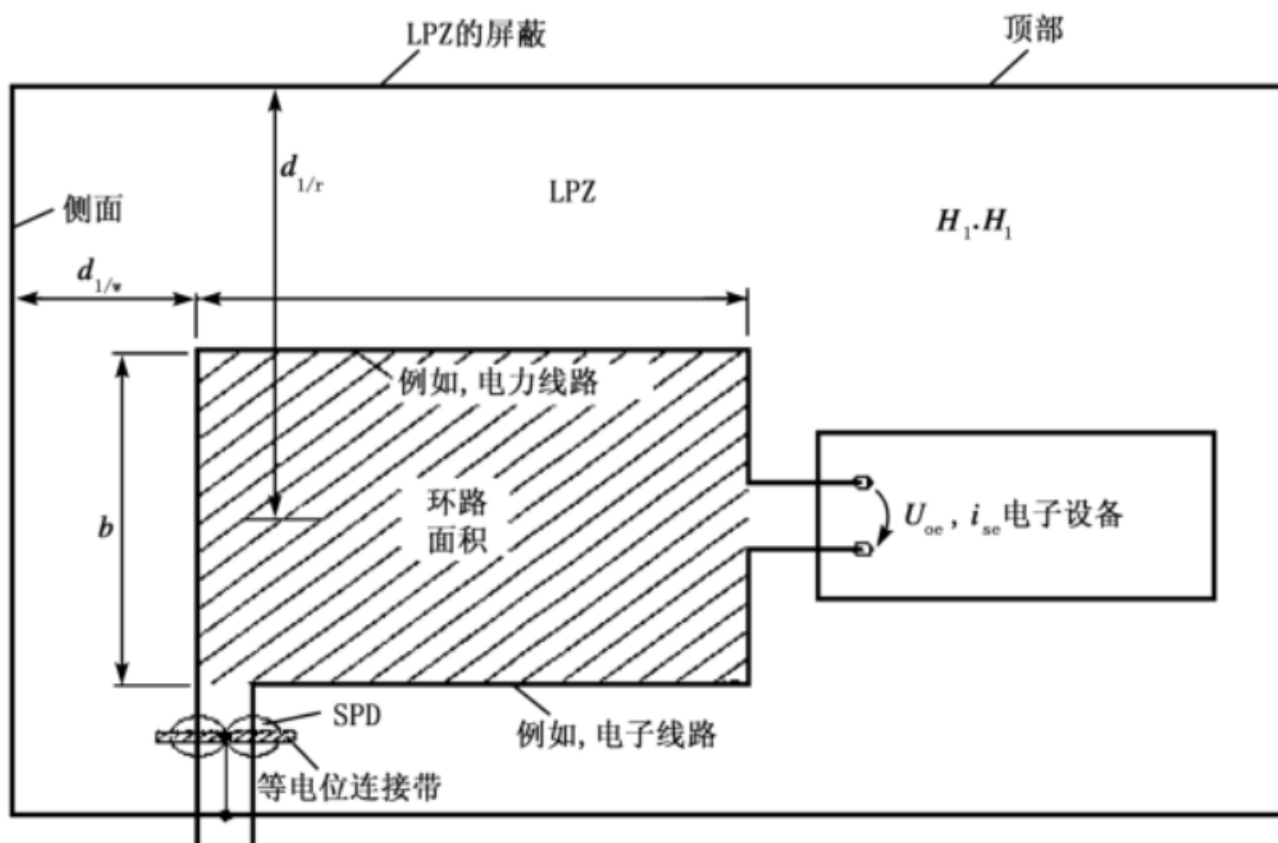


图 F.1 环路中的感应电压及电流

附录 G

资料性附录

网格材料 宽度与磁场强度的关系曲线

G.1 邻近首次雷击 50 m 建筑物内部磁场强度随不同钢材及网格尺寸的变化曲线

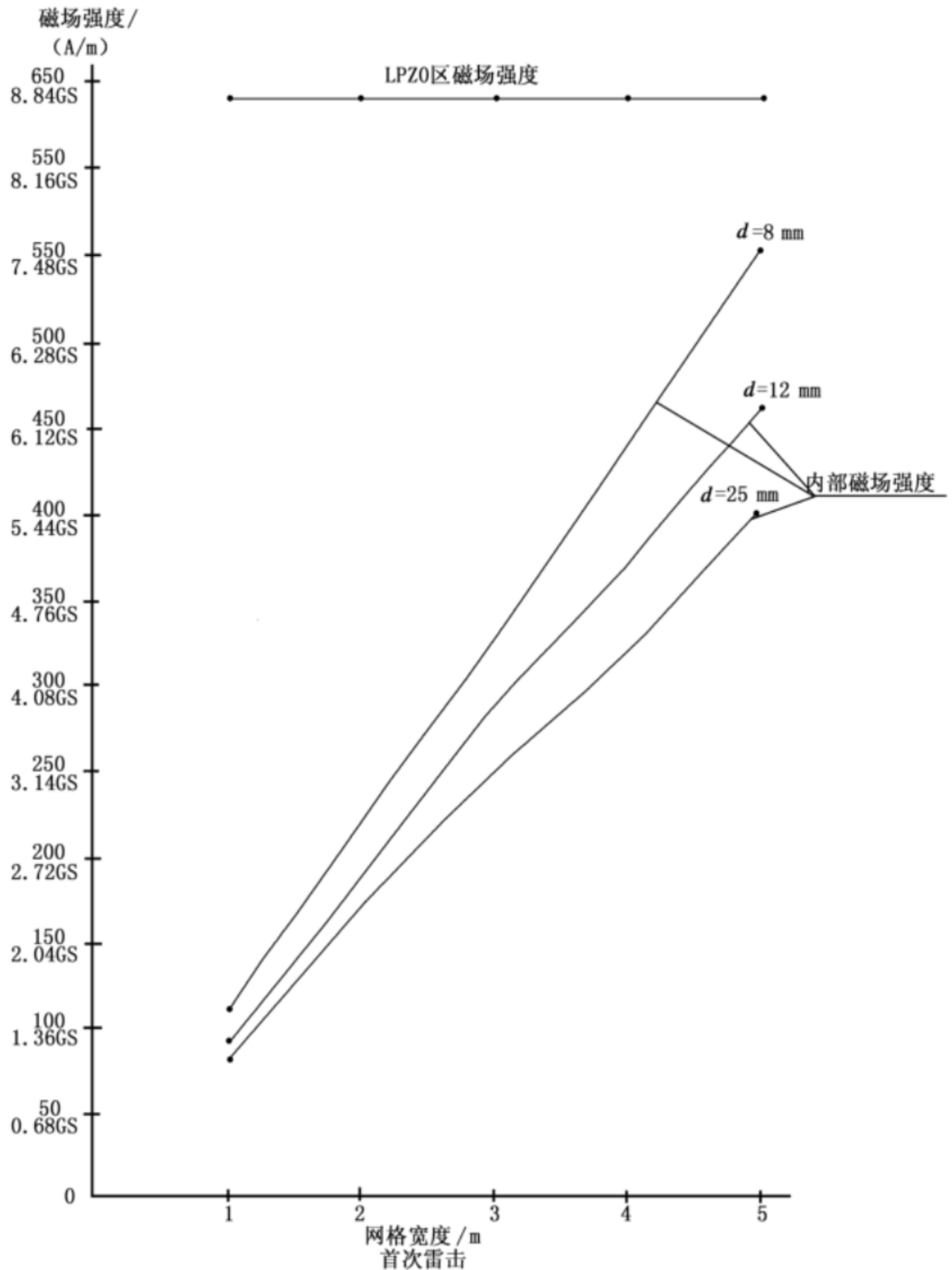


图 G.1 邻近首次雷击 50 m 建筑物内部磁场强度随不同钢材及网格尺寸的变化曲线图

G.2 邻近首次雷击 100 m 建筑物内部磁场强度随不同钢材及网格尺寸的变化曲线

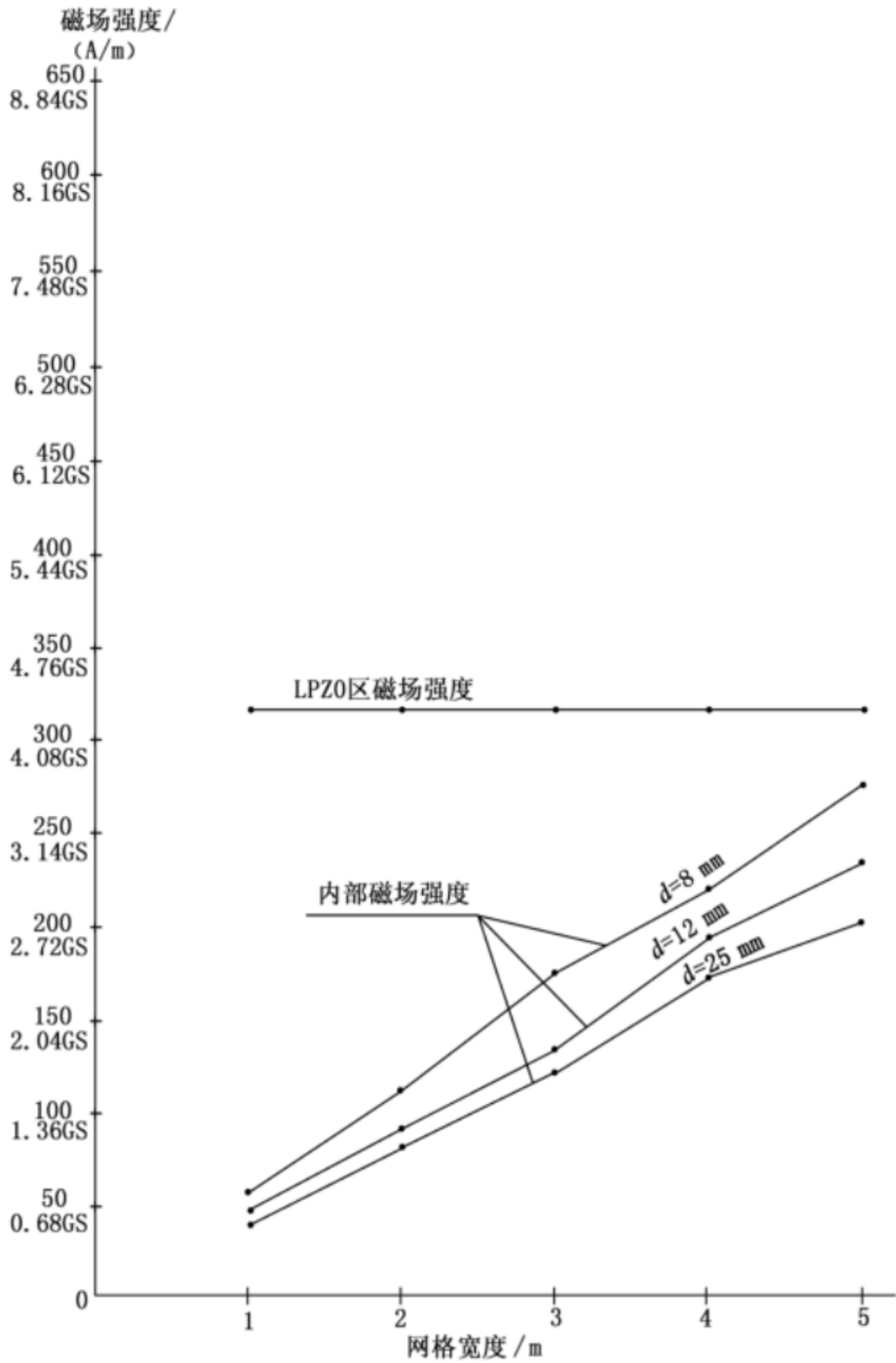


图 G.2 邻近首次雷击 100 m 建筑物内部磁场强度随不同钢材及网格尺寸的变化曲线图

G.3 邻近后续雷击 50 m 建筑物内部磁场强度随不同钢材及网格尺寸的变化曲线

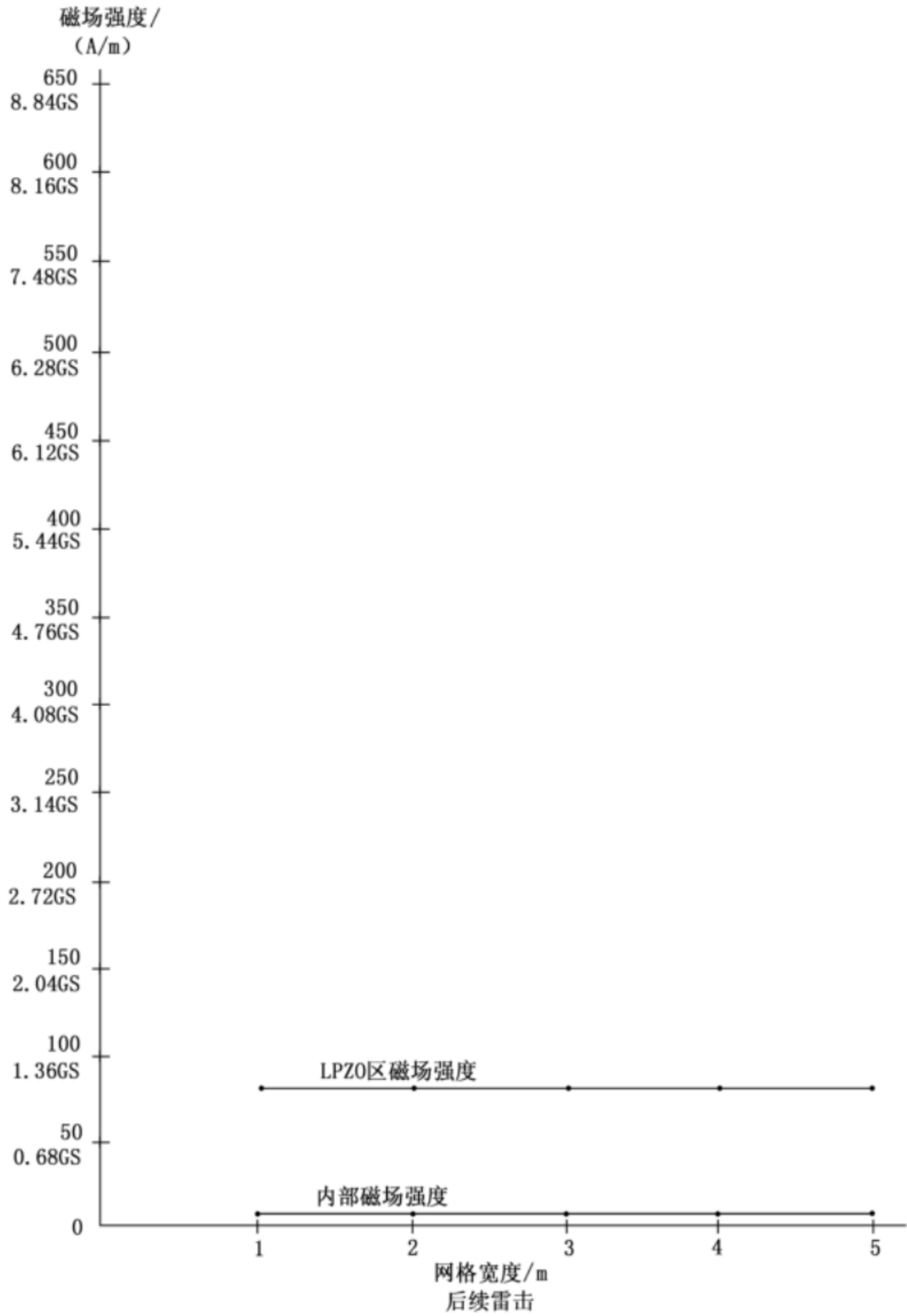


图 G.3 邻近后续雷击 50 m 建筑物内部磁场强度随不同钢材及网格尺寸的变化曲线图

G.4 邻近后续雷击 100 m 建筑物内部磁场强度随不同钢材及网格尺寸的变化曲线

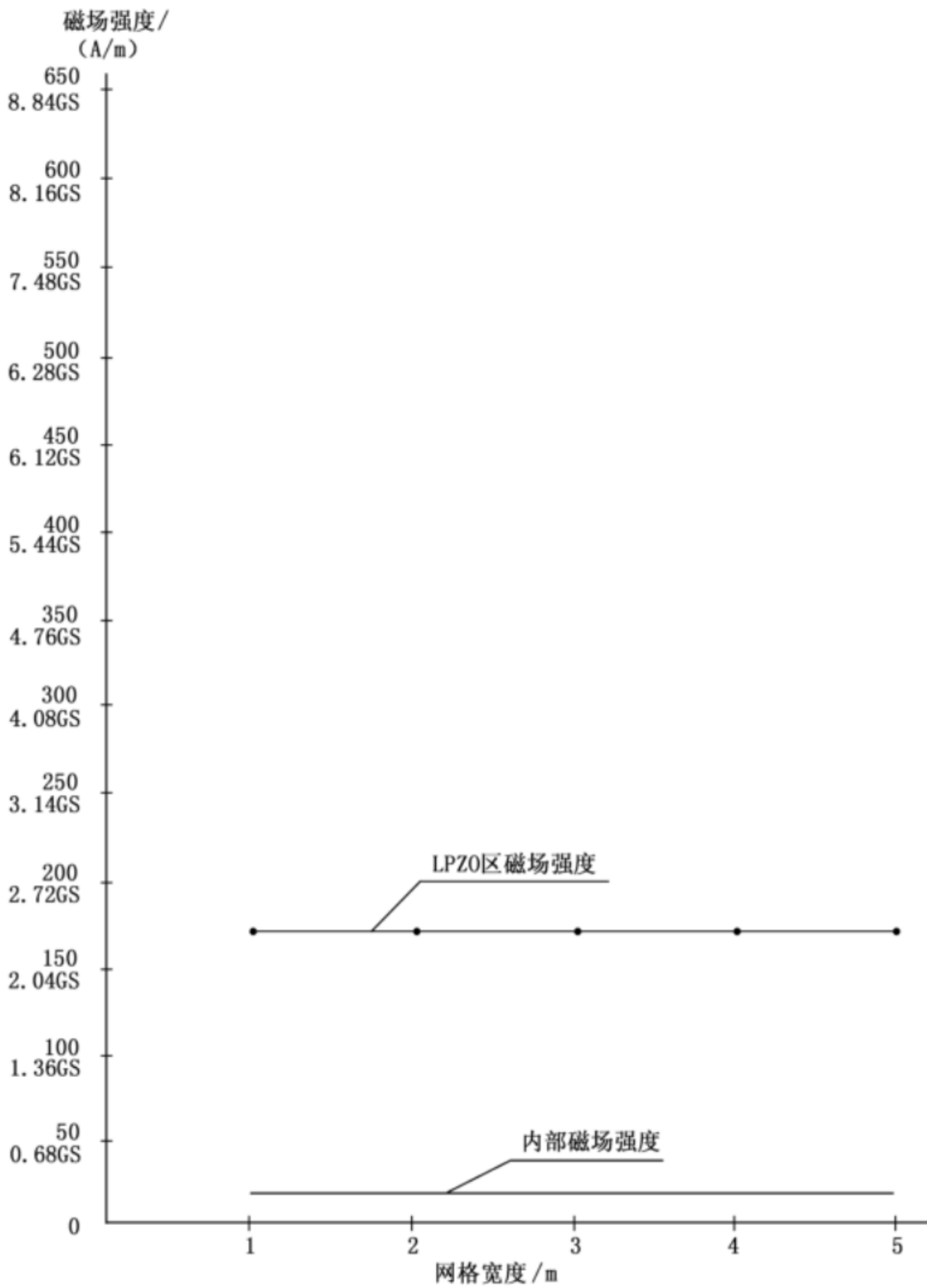
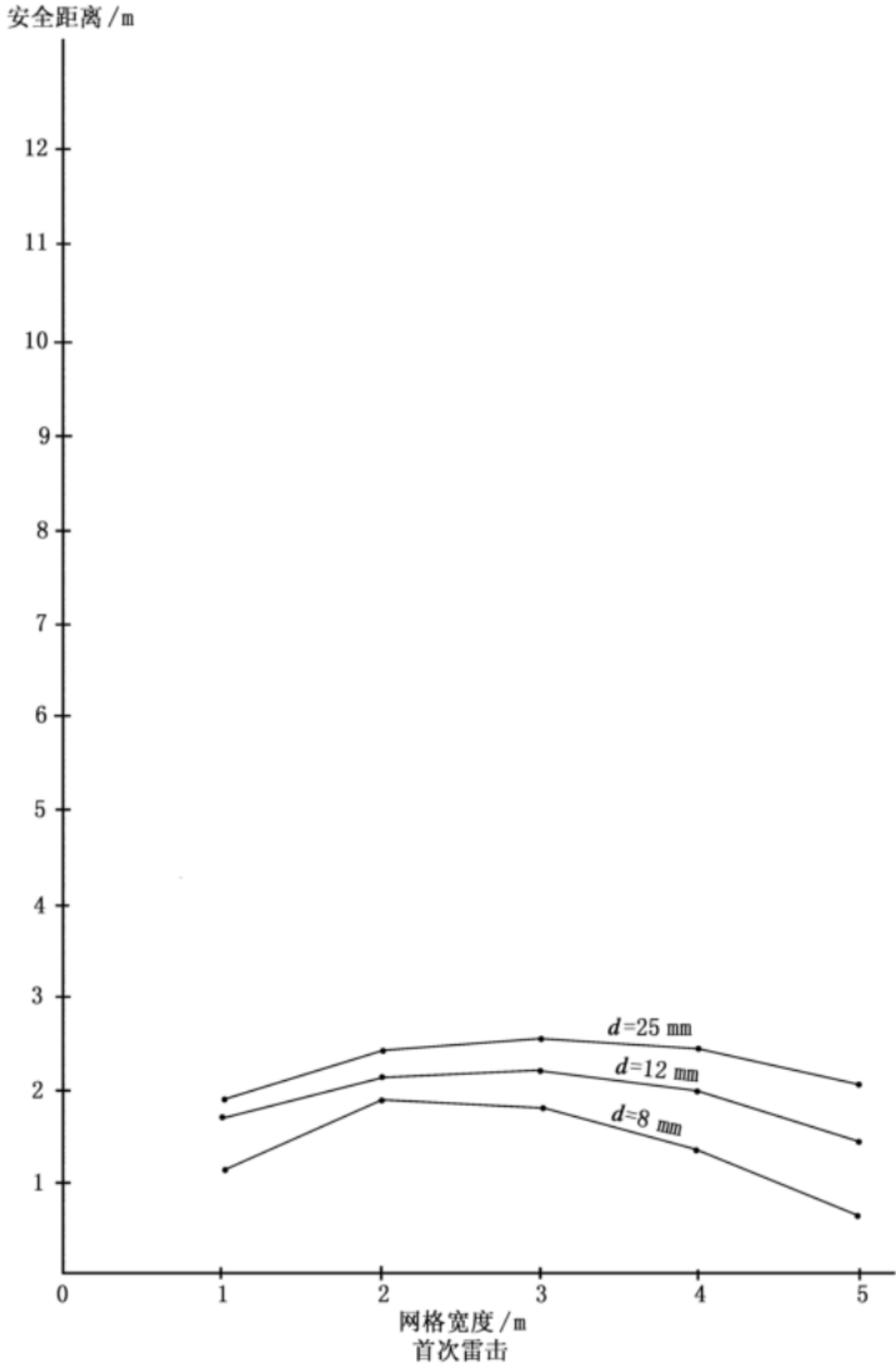


图 G.4 邻近后续雷击 100 m 建筑物内部磁场强度随不同钢材及网格尺寸的变化曲线图

G.5 邻近雷击 首次雷击 情况下的安全距离网格尺寸的变化曲线

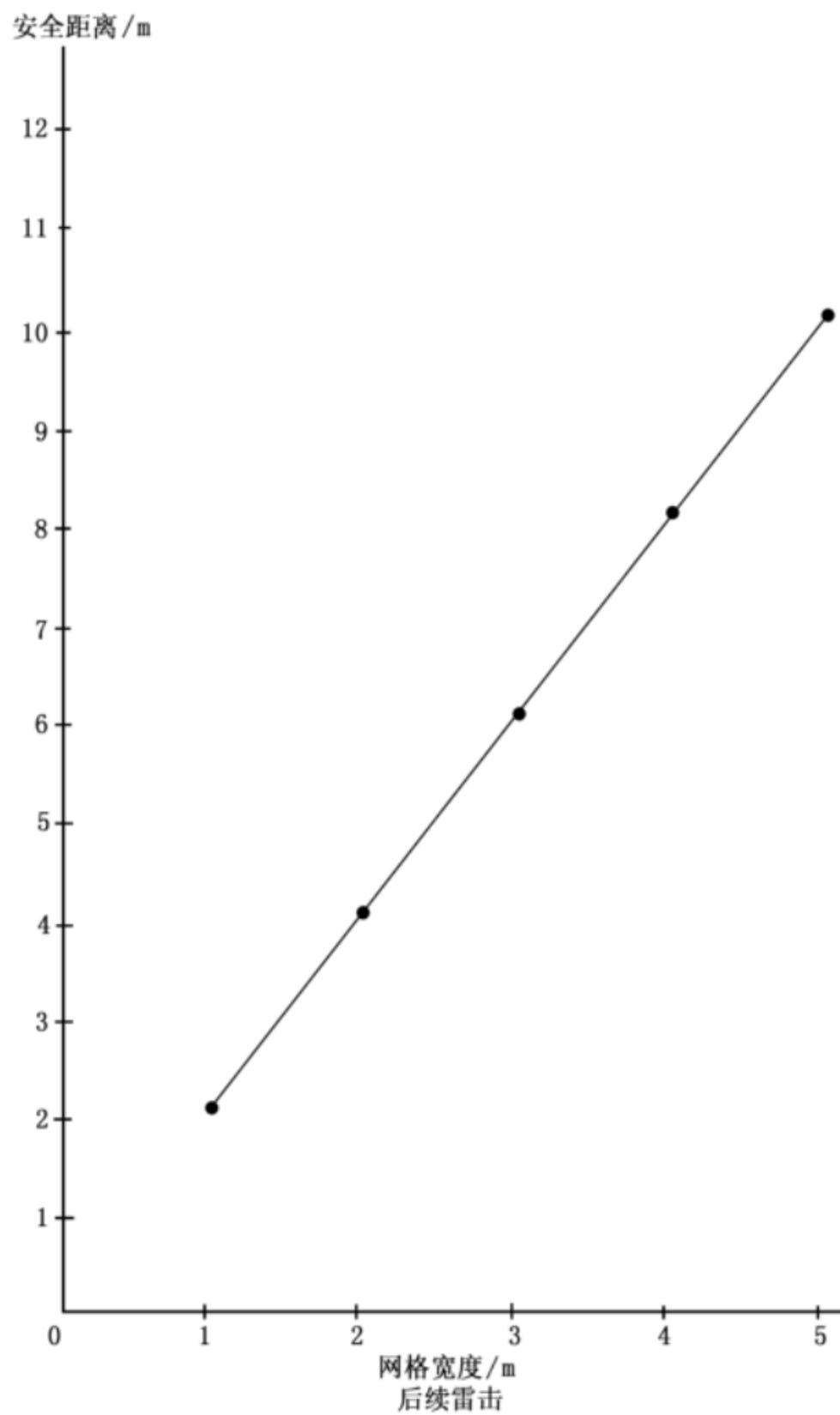


注 1 安全距离与邻近雷击距离无关

注 2 后续雷击时的安全距离几乎与网格尺寸成正比变化

图 G.5 邻近雷击 首次雷击 情况下的安全距离网格尺寸的变化曲线图

G.6 邻近雷击 后续雷击 情况下的安全距离网格尺寸的变化曲线

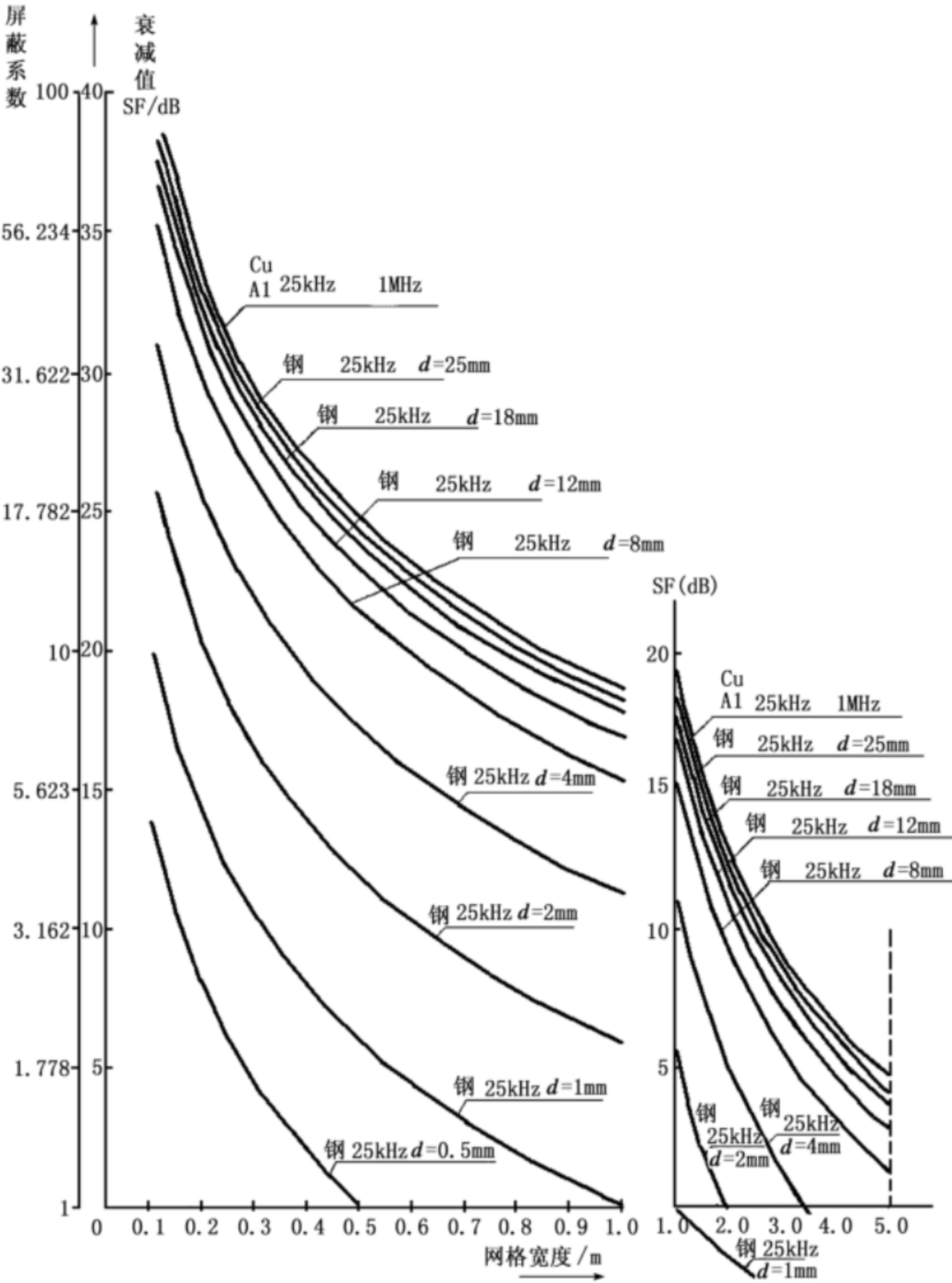


注 1 安全距离与邻近雷击距离无关

注 2 后续雷击时的安全距离几乎与网格尺寸成正比变化

图 G.6 邻近雷击 后续雷击 情况下的安全距离网格尺寸的变化曲线图

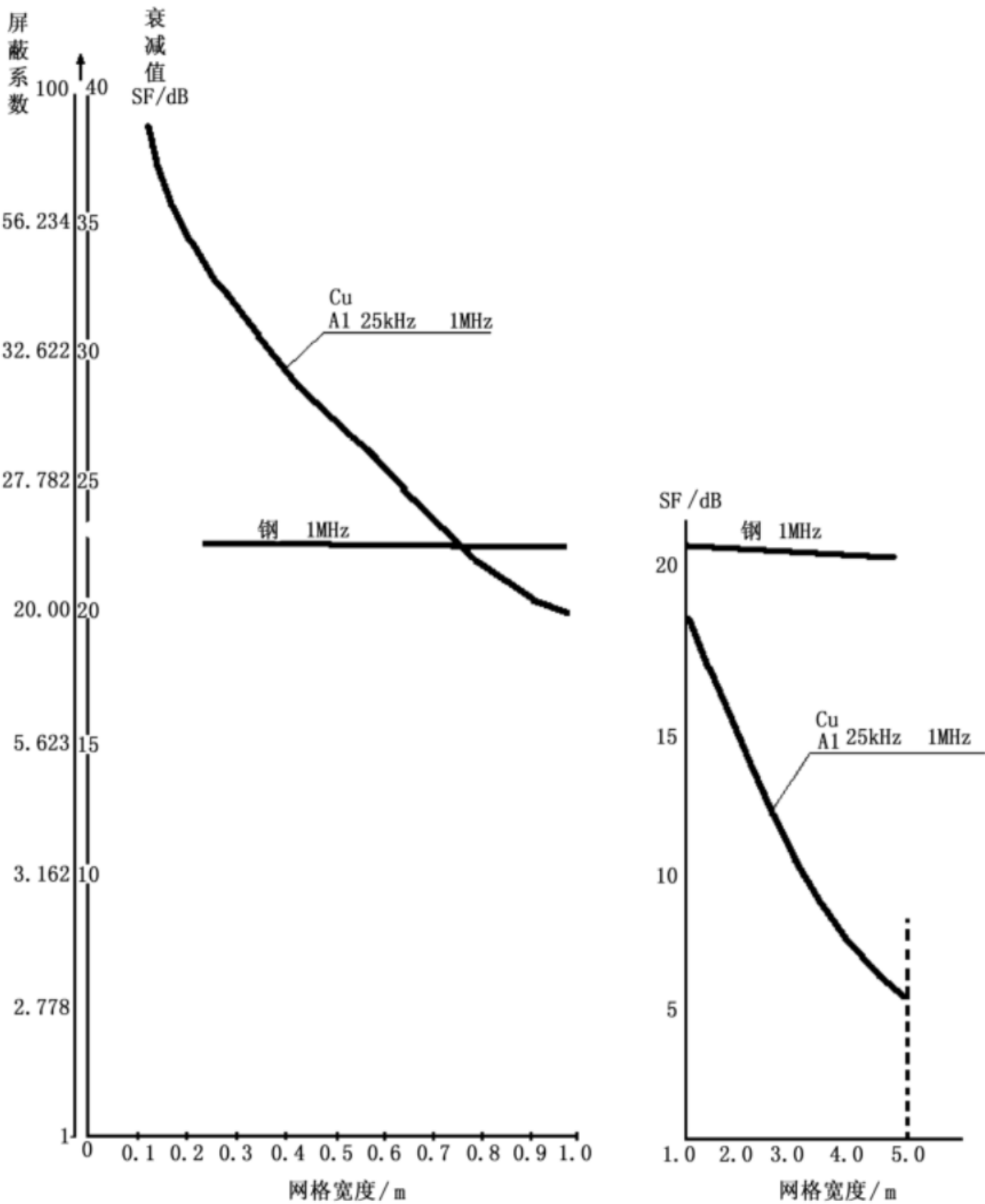
G.7 在邻近雷击时 首次雷击 不同杆材及不同杆材直径情况下格栅屏蔽衰减系数随网格宽度的变化曲线



注 1:铜、铝、钢再首次雷击与后续雷击情况下,格栅形屏蔽的衰减系数相同,且与杆材直径无关。
注 2:后续雷击情况下钢材构成的格栅形屏蔽的衰减系数近乎一条水平线,受网格宽度影响甚微,且与杆材直径无关。

图 G.7 在邻近雷击时 首次雷击 不同杆材及不同杆材直径情况下格栅屏蔽衰减系数随网格宽度的变化曲线图

G.8 邻近雷击时 后续雷击 不同杆材及不同杆材直径情况下格栅屏蔽衰减系数随网格宽度的变化曲线



注 1:铜、铝、钢再首次雷击与后续雷击情况下,格栅形屏蔽的衰减系数相同,且与杆材直径无关。
注 2:后续雷击情况下钢材构成的格栅形屏蔽的衰减系数近乎一条水平线,受网格宽度影响甚微,且与杆材直径无关。

图 G.8 邻近雷击时 后续雷击 不同杆材及不同杆材直径情况下格栅屏蔽衰减系数随网格宽度的变化曲线图

G.9 建筑物直接遭首次雷击时 其内部磁场强度随距离 的变化曲线

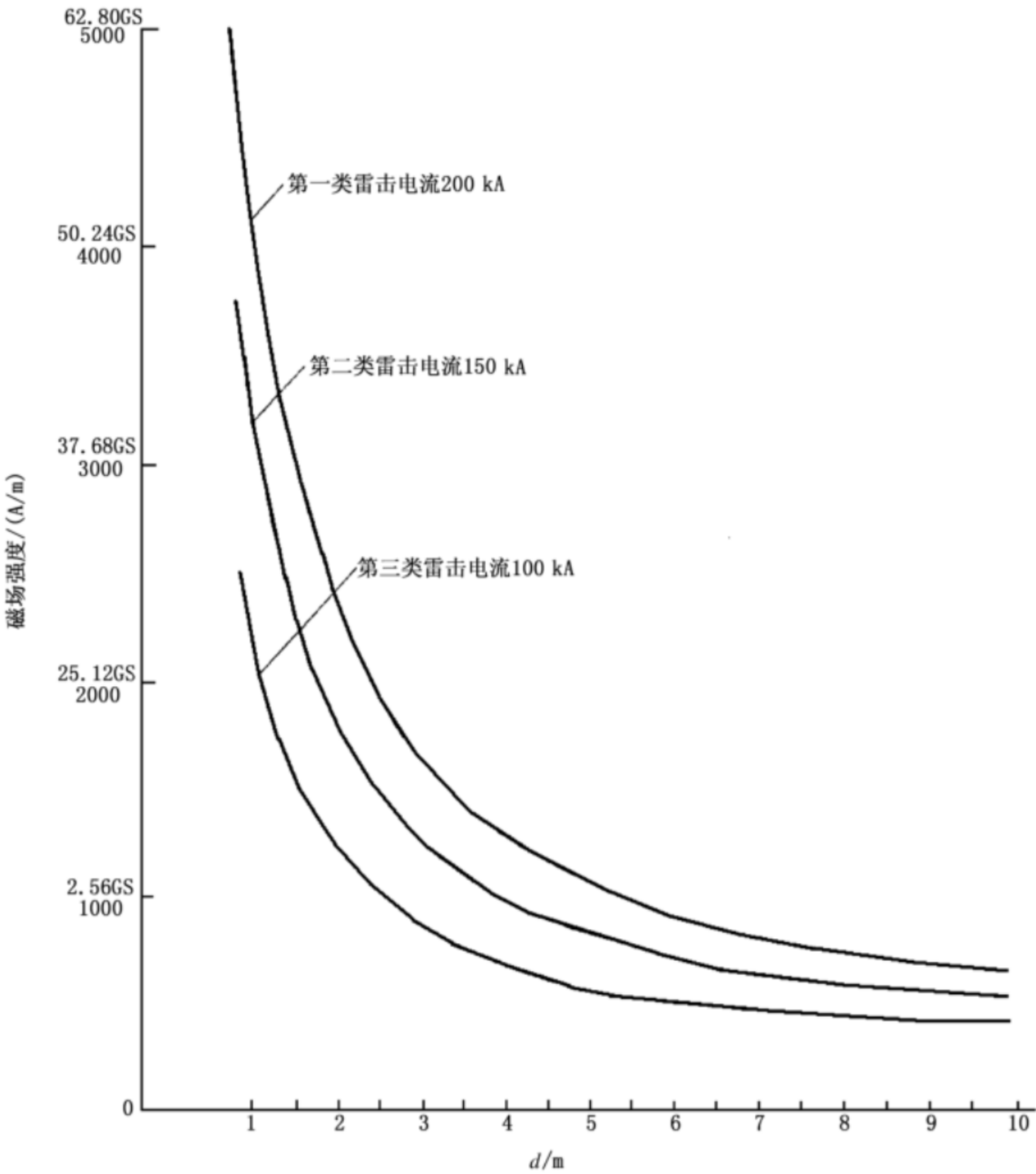


图 G.9 建筑物直接遭首次雷击时 其内部磁场强度随距离 的变化曲线图

G.10 建筑物直接遭后续雷击时 其内部磁场强度随距离 的变化曲线

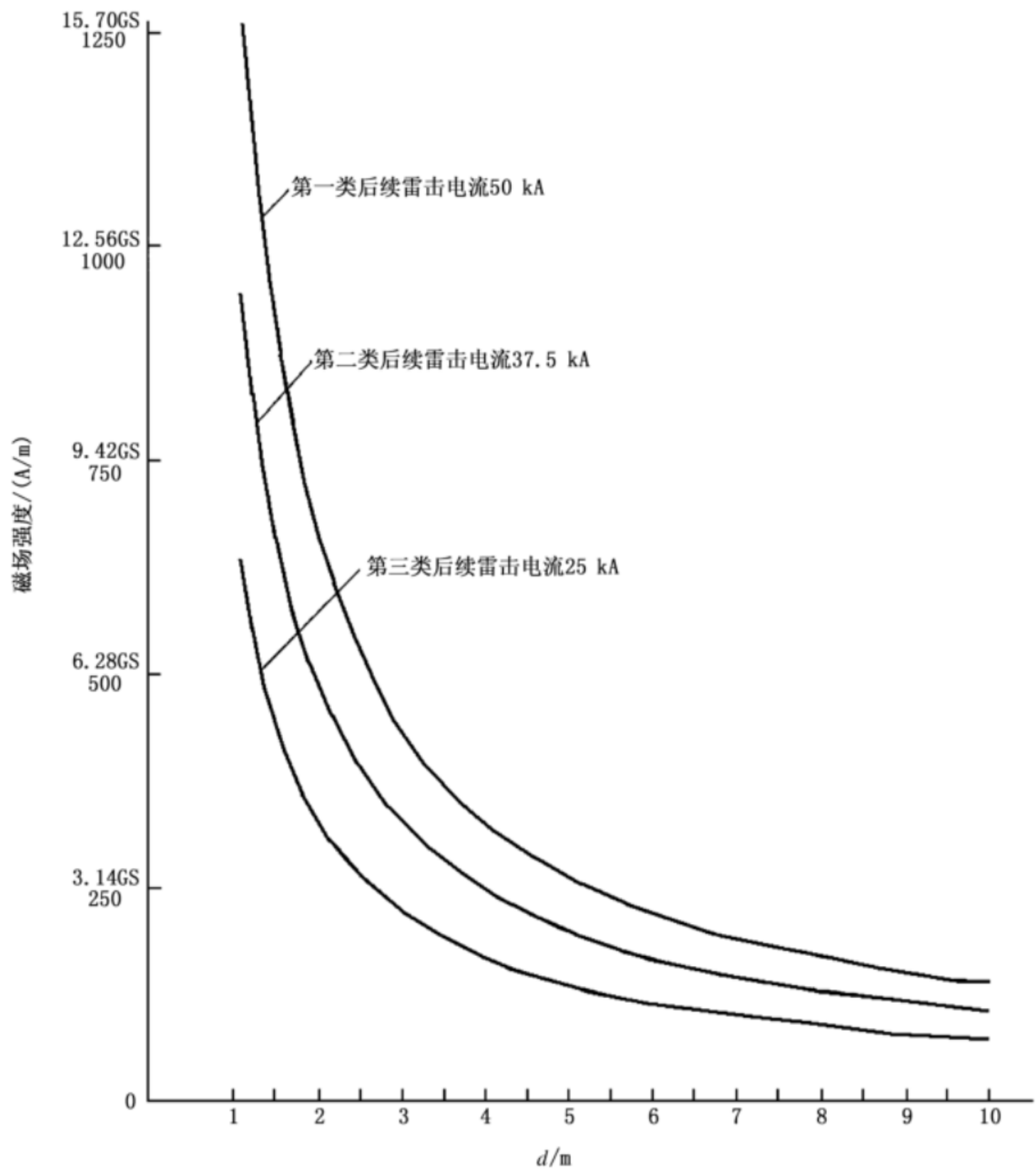


图 G.10 建筑物直接遭后续雷击时 其内磁场强度随距离 的变化曲线图

附 录 H
规范性附录
条款表述所用的助动词

H.1 助动词用于表示要准确地符合标准而应严格遵守的要求 见表 H.1

表 H.1 要求

助动词	在特殊情况下使用的等效表述
应	有必要 要求 要 只有……才允许
不用	不允许 不准许 不许可 不要

H.2 助动词用于表示在几种可能中推荐特别适合的一种 不提及也不排除其他可能性 或表示某个行动步骤是首选的但未必是所要求的 或 以否定形式 表示不赞成但也不禁止某种可能性或行动步骤 见 H.2

表 H.2 推荐

助动词	在特殊情况下使用的等效表述
宜	推荐 建议
不宜	推荐不 推荐……不 建议不 建议……不

H.3 助动词用于表示在标准的界限内所允许的行动步骤 见表 H.3

表 H.3 允许

助动词	在特殊情况下使用的等效表述
可	允许 许可 准许
不必	不需要 不要求

H.4 助动词用于陈述由材料的 生理的或某种原因导致的可能和能够 见表 H.4

表 H.4 可能和能够

助动词	在特殊情况下使用的等效表述
能	能够 有……的可能 可能
不能	不能够 没有……的可能 不可能

www.bzxz.net

免费标准下载网