

# DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T XXX—XXXX

## 水务工程防雷技术规范

Technical specification for lightning protection of water project

(送审稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

深圳市市场监督管理局 发布



目 次

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 基本要求 ..... 5

5 水务工程雷电灾害风险评估及管理 ..... 7

6 直击雷防护 ..... 8

7 1~220kV 高压电气系统的雷电防护 ..... 12

8 低压电气系统雷电防护 ..... 13

9 电子信息系统的雷电防护 ..... 17

10 特殊场所的雷电防护 ..... 22

11 水务工程防雷验收 ..... 23

12 检测、维护与管理 ..... 25

附 录 A （资料性） 水务工程建设规模类别 ..... 27

附 录 B （资料性） 雷电流、电涌电流在周围产生的磁场感应强度计算 ..... 28

附 录 C （资料性） 水务工程防雷检测项目 ..... 30

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由深圳市气象局提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 水务工程防雷技术规范

## 1 范围

本文件规定了水务工程及相关设施的雷电防护基本要求，水务工程雷电灾害风险评估及管理，直击雷防护，1~220kV 高压电气系统、低压电气系统、电子信息系统、特殊场所的雷电防护、水务工程防雷验收以及防雷措施和装置的检测、维护与管理等。

本文件适用于深圳市新建、扩建、改建以及运行中的水务工程及相关设施雷电防护设计、施工、检测、验收、维护与管理。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 21431—2023	建筑物雷电防护装置检测技术规范
GB 50057—2010	建筑物防雷设计规范
GB 50343—2012	建筑物电子信息系统防雷技术规范
GB/T 21714.1—2015	雷电防护
GB 50030—2013	氧气站设计规范
GB/T 19663—2022	信息系统雷电防护术语
GB 50601—2010	建筑物防雷工程施工与质量验收规范
GB/T 39437—2020	供排水系统防雷技术规范
QX/T 246—2014	建筑施工现场雷电安全技术规范
QX/T 309—2017	防雷安全管理规范
QX/T 401—2017	雷电防护装置检测单位质量管理体系建设规范
QX/T 404—2017	电涌保护器产品质量监督抽查规范
QX/T 406—2017	雷电防护装置检测专业技术人员职业要求
QX/T 407—2017	雷电防护装置检测专业技术人员职业能力评价
SL252—2017	水利水电工程等级划分及洪水标准
SL398—2007	水利水电工程施工通用安全技术规范
SL223—2008	水利水电建设工程验收规程
SZDB/Z 2—2005	水务工程名称代码
T/CECS 1257—2023	水务项目工程总承包管理标准

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### **水务工程 water project**

蓄引水工程、防洪治涝工程、水土保持工程、城市供排水工程、污水处理及回用工程、再生水利用工程、海水淡化工程、水环境综合治理工程的统称。

[来源：T/CECS 1257—2023]

#### 3.2

##### **相关设施 water related works**

一些与水务工程（3.1）密切相关的设施，如桥梁，管线等工程。

[来源：SZDB/Z 2—2005，3.3]

#### 3.3

##### **直击雷 direct lightning flash**

闪击直接击于建（构）筑物、其他物体、大地或外部雷电防护装置上，产生电效应、热效应和机械力者。

[来源：GB 50057—2010，2.0.13]

#### 3.4

##### **雷电流 lightning current**

流经雷击点的电流。

[来源：GB/T 21714.1—2015，3.9]

#### 3.5

##### **闪电电涌 lightning surge**

闪电击于雷电防护装置或线路上以及由于闪电的静电感应或雷击的电磁脉冲引发，表现为过电压、过电流的瞬态波。

[来源：GB 50057—2010，2.0.17]

#### 3.6

##### **闪电电涌侵入 lightning surge on incoming services**

由于雷电对架空线路、电缆线路或金属管道的作用，雷电波，即闪电电涌（3.5），可能沿着这些管线侵入屋内，危及人身安全或损坏设备。

[来源：GB 50057—2010，2.0.18]

### 3.7

#### 电气系统 electrical system

低压配电各部件构成的系统。

[来源：GB/T 21714.1—2015，3.28]

### 3.8

#### 电子系统 electronic system

含有敏感的电子部件，如通信设备、计算机、控制和仪表系统、无线电系统、电力电子装置的系统。

[来源：GB/T 21714.1—2015，3.29]

### 3.9

#### 雷电防护装置 lightning protection system(LPS)

用于减少闪击击于建（构）筑物上或建（构）筑物附近造成的物质性损害和人身伤亡，由外部雷电防护装置和内部雷电防护装置组成。

[来源：GB 50057—2010，2.0.5]

### 3.10

#### 外部防雷装置 external lightning protection system

由接闪器、引下线和接地装置组成。

[来源：GB 50057—2010，2.0.6]

### 3.11

#### 接闪器 air-termination system

由拦截闪击的接闪杆、接闪带、接闪线、接闪网以及金属屋面、金属构件等组成。

[来源：GB 50057—2010，2.0.8]

### 3.12

#### 引下线 down-conductor system

用于将雷电流从接闪器（3.11）传导至接地装置的导体。

[来源：GB 50057—2010，2.0.9]

### 3.13

#### 接地装置 earth-termination system

接地体和接地线的总合，用于传导雷电流并将其流散入大地。

[来源: GB 50057—2010, 2.0.10]

### 3.14

#### 接地体 earth electrode

埋入土壤中或混凝土基础中作散流用的导体。

[来源: GB 50057—2010, 2.0.11]

### 3.15

#### 共用接地系统 common earthing system

将防雷系统的接地装置、建筑物金属构件、低压配电保护线(PE)、等电位连接端子板或连接带、设备保护地、屏蔽体接地、防静电接地、功能性接地等连在一起构成的接地装置。

[来源: GB 50343—2012, 2.0.6, 有修改]

### 3.16

#### 防雷区 lightning protection zone (LPZ)

划分雷击电磁环境的区,一个防雷区的区界面不一定要有实物界面,如不一定要有墙壁、地板或天花板作为区界面。

不在雷电防护装置接闪器保护范围内,可能遭受直击雷击并导走全部的雷电电流,雷击电磁场强度没有衰减,为 LPZ0<sub>A</sub> 区;

在雷电防护装置接闪器保护范围内,不可能遭受大于所选滚球半径对应的雷电电流,雷击电磁场强度没有衰减,为 LPZ0<sub>B</sub> 区;

不可能遭受直击雷击,雷击电磁场强度可能衰减,衰减的程度取决于屏蔽措施时,为 LPZ1 区;

不可能遭受直击雷击,雷击电磁强度进一步减小,为 LPZ2...n 后续防雷区。

[来源: GB 50057—2010, 2.0.24 有修改]

### 3.17

#### 浪涌保护器 surge protective device (SPD)

用于限制瞬态过电压和对浪涌电流进行分流的器件。它至少含有一个非线性元件。

[来源: GB/T 21714.1—2015, 3.53]

### 3.18

#### 标称放电电流 nominal discharge current ( $I_n$ )

通过电涌保护器 8/20 $\mu$ s 电流波的峰值。

[来源: GB 50057—2010, 2.0.32]

### 3.19



**电压保护水平 voltage protection level ( $U_p$ )**

表征电涌保护器限制接线端子间电压的性能参数，其值可从优先值的列表中选择。电压保护水平值应大于所测量的限制电压的最高值。

[来源：GB 50057—2010，2.0.44]

## 3.20

**设备耐冲击电压额定值 rated impulse withstand voltage of equipment ( $U_w$ )**

设备制造商给予的设备耐冲击电压额定值，表征其绝缘防过电压的耐受能力。

[来源：GB 50057—2010，2.0.47]

## 3.21

**磁屏蔽 magnetic shield**

将需保护建筑物或其一部分包围起来的闭合金属格栅或连续型屏蔽体，用于减少电气和电子系统的失效。

[来源：GB/T 21714.1—2015，3.52]

## 3.22

**隔离界面 isolating interfaces**

能够减小或隔离进入 LPZ 的线路上的传导浪涌的装置。

[来源：GB/T 21714.1—2015，3.56]

## 3.23

**雷电灾害风险评估 risk assessment of lightning disaster**

根据雷电特性及其致灾机理，分析雷电对评估对象的影响，提出降低风险措施的评价和估算过程。

[来源：QX/T 85—2018，3.1.1]

## 3.24

**雷电电磁脉冲 lightning electromagnetic im-pulse**

雷电流的电磁效应。

[来源：GB 50343—2012，2.0.3]

## 3.25

**内部防雷装置 internal lightning protection system**

由防雷等电位连接和与外部防雷装置的间隔距离组成。

[来源：GB 50057—2010，2.0.7]

## 4 基本要求

## 4.1 总体要求

水务工程及相关设施的雷电防护应根据工程的特点、环境因素及雷电活动规律，进行全面规划，协调统一，做到安全可靠、技术先进、经济合理。

## 4.2 水务工程建设规模划分

水务建设工程项目的工程规模按照水利行业或市政行业划分确定。其中水利行业建设项目的规模划分应符合 SL252—2017 的规定，市政行业涉供排水系统的规模划分应符合 GB/T39437—2020 的规定，各类建设项目的工程规模划分见附录 A。

## 4.3 水务（工程）建筑物的防雷分类

4.3.1 水务工程及相关设施建筑物的防雷分类应根据其重要性、使用性质、发生雷电事故的可能性和后果，按 GB 50057—2010 的要求进行划分。水务工程涉市政行业供排水系统建筑物的防雷类别划分，还应符合 GB/T39437 的规定。

4.3.2 符合下列情况之一时，划分为第二类防雷建筑物：

- a) 大、中型水务工程的泵房和启闭机房；
- b) 预计雷击次数大于 0.05 次/年的大、中型水务工程的管理用房和设备用房；
- c) 预计雷击次数大于 0.25 次/年的小型水务工程的管理用房和设备用房。

4.3.3 符合下列情况之一时，划分为第三类防雷建筑物：

- a) 小型水务工程的泵房和启闭机房；
- b) 预计雷击次数大于 0.01 次/年，且小于或等于 0.05 次/年的大、中型水务工程的管理用房和设备用房；
- c) 预计雷击次数大于 0.05 次/年，且小于或等于 0.25 次/年的小型水务工程的管理用房和设备用房；
- d) 高度在 15 m 及以上的水塔、调压室等孤立的高耸建筑物；

4.3.4 水务工程及相关设施中建筑物（含构筑物，以下统称建筑物）年预计雷击次数计算应符合 GB 50057—2010 附录 A 的规定；深圳市雷电灾害风险区划、地闪密度、雷暴日数、平均地闪电流强度分布历史数据见 SZJG 28.1—2018 中附录 A 或向气象部门查询。

4.3.5 水务工程及相关设施施工现场的临时建筑物、施工设备的防雷类别划分应符合 QX/T 246—2014 中 4.1 的规定。

## 4.4 水务工程及相关设施防雷区划分

4.4.1 水务工程及相关设施防雷区的划分应符合 GB 50057—2010 中 6.2.1 的规定。

4.4.2 需进行直击雷防护的建筑物和设施，应置于 LPZ0B 区及后续防雷区。

## 4.5 水务工程及相关设施防雷设计、施工及验收的要求

4.5.1 水务工程及相关设施防雷措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时验收并投入生产使用。

4.5.2 水务工程及相关设施防雷设计和施工单位的防雷安全管理应符合 QX/T 309—2017 中 5.3 的规定。

4.5.3 水务工程前期设计报告应编写防雷设计专门章节，应包括直击雷、1~220kV 高压电气系统、低压电气系统雷电电涌、电子信息系统雷电电涌以及特殊场合的防雷措施。防雷工程所需投资应纳入工程主体设计。在工程主体设计成果技术审查时，应同时审查工程防雷设计，通过后方可施工。

4.5.4 雷电防护装置应在竣工前验收合格，应编制完整的工程技术档案及实际防雷工程中采用的技术措施、设备和装置一致的竣工图。

4.5.5 水务工程及相关设施防雷工程设计、施工及检测应符合 QX/T 309—2017 中 6.4.2 的规定。

## 4.6 水务运营单位防雷安全管理

水务工程及相关设施运营单位应建立防雷安全制度，明确安全责任人，并采取必要的雷电防护措施。

## 5 水务工程雷电灾害风险评估及管理

### 5.1 评估及管理范围

雷电灾害风险评估应遵循真实性、科学性、完整性的原则。中大型水库枢纽、水厂、污水处理厂、水闸泵站应当在防雷设计前进行雷击灾害风险评估，运行过程中进行雷电和接地监测数据采集分析及后续雷电灾害风险评估管理，为项目建设和防雷安全运行管理提供技术依据。

### 5.2 评估原则

5.2.1 雷电灾害风险评估工作必须使用合法渠道获得的气象资料。

5.2.2 雷电灾害风险评估涉及的参数推算、风险估算方法宜采用已有的标准或技术规范推荐的方法，若没有相关标准或规范，宜采用多种方法进行推算，经分析比较后确定最适合的分析方法。

5.2.3 雷电灾害风险评估的计算结果和风险分析的结论，均应针对计算和分析过程中依据的基本资料、主要环节以及各种参数，结合项目特点进行分析研判，评估结论清晰、明确、有针对性。

### 5.3 技术要求

5.3.1 评估报告应符合《雷电防护 第 2 部分：风险管理》（GB/T 21714.2—2015）、《雷电灾害风险评估技术规范》（QX/T 85—2018）等规定。

5.3.2 评估报告应章节清晰、内容前后衔接良好，数据分析全面、准确，体现一定的技术水平，没有抄袭报告、伪造数据等行为。

5.3.3 雷电灾害风险评估报告基本内容应包括以下基本内容：

- a) 水务工程项目概况;
- b) 雷电灾害风险评估的依据、规程、方法以及基础资料;
- c) 现场勘测、雷电环境分析、雷电灾害分析、风险估算;
- d) 防御雷电灾害及减轻灾损的建议、对策和措施。

## 5.4 工作实施与监督管理

5.4.1 雷电灾害风险评估工作由项目建设方负责具体实施,可以自行或委托第三方机构开展评估,评估机构应当符合相应能力要求,并对报告的真实性、科学性负责。

5.4.2 雷电灾害风险评估报告编制完成后召开专家评审会进行评审,并将最终版雷电灾害风险评估报告、专家评审意见及相关资料提交市气象局,市气象局对评估成果进行审核登记。

## 5.5 运行过程监测与后续雷电灾害风险评估

5.5.1 雷电及接地监测装置的设置范围:应在中大型水库枢纽、水厂、污水处理厂、水闸泵站等建筑设施直击雷接闪泄流通道的、低压供配电线路、阀门井、流量计井等传感器线路的外部低压电源及涉及人身触电安全风险设备接地等关键位置设置雷电及接地数据采集装置;

### 5.5.2 雷电及接地采集数据要求

- a) 接闪器泄流通道的:记录瞬态雷击过电压、过电流、能量大小、时间、次数;
- b) 供配电电源线路:记录瞬态过电压、过电流、能量大小、时间、次数;
- c) 设备安全接地:地电位反击瞬态过电压、过电流、动作次数及时间、设备安全接地工频接地电流等。

5.5.3 数据分析处理与后续评估:通过运行过程采集的实际雷电及接地监测数据与雷电灾害评估情况进行对比分析做出更科学、完整的雷电灾害评估报告,为防雷安全运行管理提供决策依据。

## 6 直击雷防护

### 6.1 建筑物雷电防护装置接闪器要求

6.1.1 建筑物外部防雷的措施宜采用装设在建筑物上的接闪网、接闪带或接闪杆,也可采用由接闪网、接闪带或接闪杆混合组成的接闪器。接闪器应符合 GB 50057—2010 中附录 B 的规定沿屋角、屋脊、屋檐和檐角等易受雷击的部位敷设。第二类防雷建筑物接闪器应在整个屋面组成不大于 10 m×10 m 或 12 m×8 m 的网格;第三类防雷建筑物接闪器应在整个屋面组成不大于 20 m×20 m 或 24 m×16 m 的网格。

6.1.2 建筑物的女儿墙以内的屋顶钢筋以上的防水和混凝土层允许不保护时,可利用屋顶钢筋网作为接闪器。以屋顶钢筋网作为接闪器时,应在屋顶钢筋网与引下线连接处设置连接板。

6.1.3 建筑物顶部的附加(放置)物需进行直击雷防护时,

- a) 附加（放置）物应在建筑物接闪器保护范围内，附加（放置）物的外露可导电部分应经最短路径与屋顶钢筋网进行等电位连接，且连接点不应少于 2 处，连接导体的材料、截面积符合表 1 的要求；
- b) 建筑物顶部的附加（放置）物需进行直击雷防护时，附加（放置）物应在建筑物接闪器保护范围外，应设置接闪器，接闪器应经最短路径与建筑物的引下线连接，禁止使用建筑物屋顶钢筋连接，且连接点不应少于 2 处。附加（放置）物的外露可导电部分应经最短路径与屋顶钢筋网进行等电位连接，且连接点不应少于 2 处，连接导体的材料、截面积符合表 1 的要求；
- c) 建筑物顶部的附加（放置）物可作为接闪器时，应经最短路径与建筑物引下线连接，禁止使用建筑物屋顶钢筋连接，且连接点不应少于 2 处，连接导体的材料、截面积符合表 1 的要求。

表 1 等电位连接的材料和最小截面面积

等电位连接部件	材料	截面积/mm <sup>2</sup>
等电位连接带	镀锌钢	50
电气保护等电位连接	铜或镀锌钢	50
从金属装置到等电位连接的跨接导线	铜线或铜纺织带	6
管道弯头、阀门、法兰盘的跨接导线	铜线、铜片或铜纺织带	6

## 6.2 建筑物接闪器引下线的要求

6.2.1 建筑物接闪器引下线不应少于 2 根，并应沿建筑物四周和内庭院四周均匀对称布置。其间距沿周长计算，对于第二类防雷建筑物平均间距不应大于 18 m；对于第三类防雷建筑物平均间距不应大于 25 m。

6.2.2 引下线宜采用建筑物钢筋混凝土支柱内的主钢筋用焊接、螺栓连接。

6.2.3 引下线在建筑物的室外距地面 0.3~1.8m 处装设断接卡或连接板。

6.2.4 应在建筑物接闪器与引下线泄流通道的设置雷电数据监测采集装置（如避雷带与引下线连接处、引下线断接卡处），采集瞬态雷击过电压、过电流、能量大小、时间、次数等数据。

## 6.3 建筑物防雷接地装置的要求

6.3.1 每根引下线的冲击接地电阻对第二类防雷建筑不应大于 10  $\Omega$ ，对第三类防雷建筑不应大于 30  $\Omega$ 。

6.3.2 建筑物防雷接地装置、电气系统接地装置、保护接地装置和电子信息系统接地装置宜共用一个接地系统。接地电阻应按共用接地系统的各系统要求的最小值确定。

6.3.3 当自然接地体的冲击接地电阻无法满足要求时，应补加人工接地体，补加人工接地体应满足下列要求：

- a) 第二类防雷建筑物应满足 GB 50057—2010 中 4.3.6 的要求。
- b) 第三类防雷建筑应满足 GB 50057—2010 中 4.4.6 的要求。

6.3.4 在人员活动的区域，增加接地体时，应采取防止跨步电压的措施。

6.3.5 增加的水平接地体的埋设深度不应小于 0.5 m，距墙或基础水平距离不宜小于 1 m。

6.3.6 建筑物的接地系统与周围其他接地系统或埋地敷设的金属管线的距离小于 4 m 时，应与其他的地系统或金属管线直接等电位连接；如不能直接连接，应采用具有放电间隙的连接器进行连接。

6.3.7 建筑物的接地体应采用基础中的钢筋焊接作为自然接地体。

#### 6.4 在设计阶段，电子系统设备安装位置等电位连接设计

6.4.1 在设计阶段，电子系统设备安装位置不明确时，应在建筑物内可能安装电子系统位置预设与接地装置相连接的等电位环或等电位连接板，禁止使用雷电防护装置引下线直接连接。

6.4.2 应在电子信息系统机房设备接地引出线及涉及人身触电安全风险设备接地线上设置接地监测数据采集装置，对接地过电压、地电位反击、漏电流等进行监控管理。

#### 6.5 建筑物内金属和从户外进入建筑物的金属物等电位连接

6.5.1 建筑物内的金属架构、设备外露可导电部分应就近接至接地装置等电位连接带上，禁止使用雷电防护装置引下线连接。

6.5.2 从户外进入建筑物的金属管道、线路的保护金属管、电缆的金属保护层、电缆的屏蔽层、光纤的金属保护层及金属加强芯等应在进入建筑物处与建筑物的接地装置经最短路径进行等电位连接，禁止使用雷电防护装置引下线连接。

#### 6.6 直击雷防护装置使用的材料的要求

6.6.1 直击雷防护装置使用的材料及其应用条件，应符合 GB 50057—2010 中 5.1.1 的规定，在一个建筑物的雷电防护装置系统中，应避免不同种类的金属混用。

6.6.2 直击雷防护装置连接各连接部件的最小截面，应符合 GB 50057—2010 中 5.1.2 的规定。

6.6.3 接闪器和引下线的材料、结构与最小截面，应符合 GB 50057—2010 中 5.2 的规定。

6.6.4 在腐蚀环境中接闪器、引下线宜采用耐腐蚀材料或增大截面积，接地装置可采用复合接地体材料。

6.6.5 接闪器、引下线宜采用直径为不小于 10 mm 的圆钢或等效截面积不小于 50 mm<sup>2</sup> 的钢材焊接或压接。等电位连接的材料、截面积应符合表 1 规定。

#### 6.7 作为接闪器、引下线、等电位环及接地体的钢筋的焊接

作为接闪器的钢筋以及作为接闪器、引下线的混凝土中的钢筋与接闪器、等电位环、接地体焊接应按图 1，采用双面焊接。

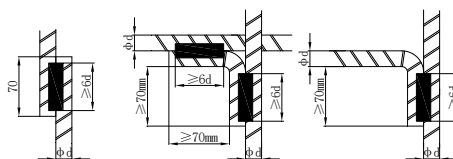


图 1 作为接闪器、引下线和接地体的混凝土内钢筋的焊接方法

## 6.8 具有阴极保护的管道进入室内的等电位连接

具有阴极保护的埋地管道，在其从室外进入室内处宜设置绝缘段，并在绝缘段处跨接电压开关型 SPD 或隔离放电间隙，SPD 和放电间隙的电压保护水平应小于绝缘段的耐受冲击电压水平，并应大于阴极保护电源的最高电压。

## 6.9 阀门站（井）、流量计站（井）及自动化仪表等的防雷接地

阀门站（井）、流量计站（井）、管网监测点的设备、水质监测仪表、自动化仪表、金属管道等应接地，可与设备安装处的接地系统进行等电位连接，冲击接地电阻不宜大于  $10\ \Omega$ 。

## 6.10 空旷区域的大金属的防雷接地

6.10.1 在空旷区域不设外部雷电防护装置的建筑物，该区域内的大金属物，如设备金属外壳、行车、栏杆、金属楼梯（含扶手）等应接地且接地点不应少于 2 处，两接地点的最大距离不应大于 18 m，冲击接地电阻不应大于  $10\ \Omega$ 。

6.10.2 大尺寸栏杆宜多点接地，栏杆的两端应接地，两接地点的最大距离不应大于 18 m。

## 6.11 高耸金属物的防雷接地

不在雷电防护装置保护范围内的高杆灯杆、旗杆、金属料仓等独立高耸金属物，应良好接地，其冲击接地电阻不应大于  $10\ \Omega$ ；独立高耸金属应采取防止跨步电压和接触电压的措施。独立高耸物的接地体与地下附近埋设金属管线或其他建筑物接地体的距离应符合 6.3.6 的规定。

## 6.12 施工现场的雷电防护装置应符合以下要求

6.12.1 水务工程及相关设施施工现场的建筑物、施工设备的防雷应符合 SL398—2007 中 4.2、QX/T 246—2014 中第 5 章等相关规定。

6.12.2 临时建筑利用金属架构和金属屋面作雷电防护装置时，应满足以下要求：

- 金属屋面的彩钢板厚度不应小于 0.5 mm；
- 临时建筑的金属架构和金属屋面应保持电气连通；
- 应利用建筑物的金属结构作为引下线，保证其电气连通；

- d) 利用建筑物的地基和金属地锚等作为自然接地体，接地体应符合 6.3 的要求；
- e) 在引下线和接地体处应做防止接触电压和跨步电压的措施；
- f) 不得在雷电防护装置上架设（悬挂）电力、通信线路。

6.12.3 非固定设备应与建筑物接地装置就近连接，连接处不应少于 2 处，相邻的两处连接处距离不超过 30 m，连接导体材料、截面积符合表 1 的规定。

## 7 1~220kV 高压电气系统的雷电防护

### 7.1 高压配电线路敷设

7.1.1 高压配电线路宜采用电缆埋地敷设。

7.1.2 架空线供电的高压线路应在进入建筑物前最后一根电线杆上加装金属氧化物避雷器 MOA，其接地线应与杆上的断路器、负荷开关以及隔离开关等设备的外壳连接，冲击接地电阻不应大于  $10\ \Omega$ 。在进入水务工程高压配电室前应使用铠装电缆或护套电缆穿金属管埋地敷设，其埋地长度按式（8）计算。

$$l \geq 2\sqrt{\rho} \quad (8)$$

式中：

$l$ ——铠装电缆或护套电缆穿管埋地敷设的长度，单位为米（m）；

$\rho$ ——电缆埋地处的土壤电阻率，单位为欧·米（ $\Omega\cdot\text{m}$ ）。

### 7.2 MOA 的选择

7.2.1 在高压系统的进线柜，电压互感器一次侧、变压器、电动机、并联电容器等进线端应安装 MOA。

7.2.2 MOA 额定电压的选择应满足以下要求：

- a) 对于中性点不接地高压系统，系统暂时过电压不大于系统最高运行线电压的 1.1 倍。MOA 的额定电压为 1.25 倍的系统暂时过电压；
- b) 对于中性点经消弧线圈接地系统，系统暂时过电压不大于系统最高运行线电压。MOA 的额定电压为 1.25 倍的系统暂时过电压；
- c) 标称电压为 1kV 以上至 220kV 交流三相系统及相关设备的标准电压，按表 2 执行；



表 2 标称电压 1kV 以上至 220kV 三相交流系统及相关设备的标准电压/kV

系统标称电压	设备最高压	系统暂时过电压	
		中性点不接地系统	中性点经消弧线圈接地系统
6	7.2	8	7.2
10	12	13.2	12
20	24	26.4	24
35	40.5	45	40.5
110	132	145.2	132
220	264	290.4	264

d) 对于中性点经消弧线圈接地或中性点不接地高压系统，MOA 最大持续运行电压  $U_c$  应等于或高于高压系统的最高运行线电压，即 1.2 倍配电系统的标称电压。

### 7.2.3 MOA 的标称电流选择应满足以下要求：

a) 对于架空线进线高压系统，在进线处的 MOA 选择标称放电电流 10 kA，最大放电电流 100 kA；电动机 MOA 可选择标称放电电流 5 kA 或 2.5 kA，最大放电电流 65 kA；其他场合安装 MOA 选择标称放电电流 5 kA，最大放电电流 65 kA；

b) 对于埋地电缆高压系统，MOA 选择标称放电电流 5 kA，最大放电电流 65 kA；电动机 MOA 可选择标称放电电流 5 kA 或 2.5 kA，最大放电电流 65 kA。

## 8 低压电气系统雷电防护

### 8.1 低压电气系统的保护接地系统

8.1.1 由配电变压器供电的电气系统应采用 TN-S 系统。

8.1.2 共用一个接地系统的电气系统应采用 TN-S 系统。

8.1.3 配电室供电给其他的建筑物应采用 TN-C-S 系统。

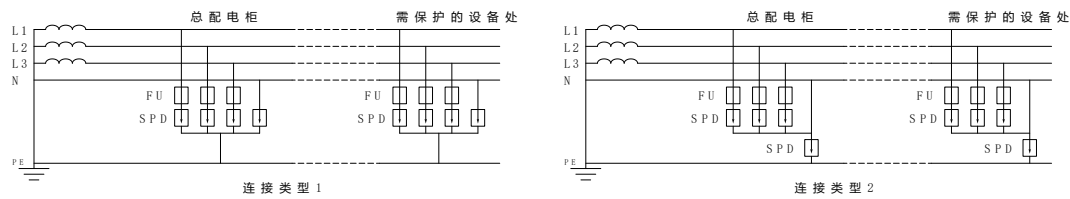
8.1.4 由外部电源供电的电气系统，受电建筑物的进线处，PE 或 PEN 线应重复接地。受电建筑物内的电气系统应采用 TN-S 系统。

### 8.2 低压线路敷设

低压线路宜采用铠装电缆，护套电缆穿钢管埋地或封闭金属桥架敷设，在线路进、出端应分别将电缆铠装层、钢管和桥架等与建筑物接地装置进行等电位连接。在桥架、金属管的接头、转弯处应保证电气贯通。

### 8.3 SPD 的安装方式及接线方法

8.3.1 在 TN-S 系统 SPD 的安装方式见图 2、TN-C 系统中 SPD 的安装方式见图 3。



注：

1、变压器低压侧出线距离总配电柜的距离不超 10 m 时，该处 N-PE 可不装设 SPD。

2、SPD 后备保护可采用专用浪涌后备保护装置 SSD（或 FU 过流保护装置--SPD 后备保护可选用防雷专用后备保护器 SSD）。

图 2 TN-S 系统 SPD 安装方式

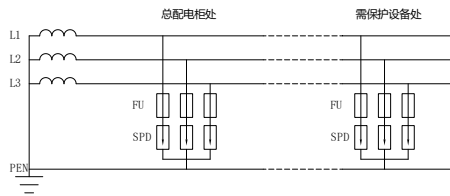


图 3 TN-C 系统 SPD 安装方式

8.3.2 SPD 的连接导线、接地线宜尽量短，宜采用图 4 所示的凯文接法，SPD 连接线最小截面积应符合表 3 的规定。

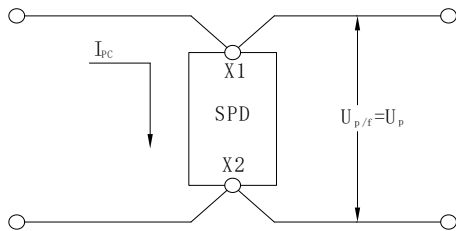


图 4 SPD 连接方法（凯文接法）的示例

其中：

X1, X2——SPD 接线端子。

$I_{pc}$ ——电涌电流。

$U_{p/i}$ ——在 ITE 输入处的电压（有效电压保护水平），其大小由 SPD 的电压保护水平  $U_p$  和连接 SPD 的受保护设备之间的电压降决定。

$U_p$ ——SPD 输出端的电压（电压保护水平）。

表 3 SPD 连接导线的最小截面

SPD 试验级	铜导线截面积/mm <sup>2</sup>
I	6
II	2.5
III	1.5

#### 8.4 SPD 选择及参数确定

8.4.1 低压电源线路引入总配电箱（柜）处，应装设 I 级试验 SPD 或 I 级试验和 II 级试验组合型 SPD。SPD 的电压保护水平值应小于或等于 2.5kV。SPD 的冲击电流值：第二类及第三类防雷建筑，无法确定时应取等于或大于 12.5 kA。SPD 的接线应符合 GB 50057—2010 中附录 J 的规定。

8.4.2 阀门井、流量计井，其外部低压电源线路埋地敷设，且埋地长度大于 15 m 时，应装设 II 级试验的 SPD<sup>[2]</sup>。

8.4.3 SPD 为标准 35mm 导轨安装，SPD 模块应为插拔式实现热插拔；SPD 应具有接入远程监测遥信端口，II 级试验 SPD 还应有劣后指示窗口

8.4.4 220/380 V 线路和设备的绝缘耐冲击电压按表 4 的规定取值。

表 4 配电系统中设备绝缘耐冲击电压额定值 /kV

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 设备
耐冲击过电压类别	IV 类	III 类	II 类	I 类
耐冲击过电压额定值	6	4	2.5	1.5
注：I 类——含有电子电路的设备，如计算机、有电子程序控制的设备（如水务工程及相关设施中的 PLC、自动化仪表）以及补偿电容器组。 II 类——额定工作电压为 220/380V 的电气、机械设备等。 III 类——如配电盘、断路器、包括线路、母线、分线盒、开关、插座等固定装置的布线系统，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一些其他设备。 IV 类——如电气计量仪表、一次线过流保护设备、滤波器。				

#### 8.4.5 SPD 电压保护水平 $U_P$ 的选择

a) 选择 SPD 的电压保护水平  $U_P$ ，应通过比较 SPD 的有效电压保护水平  $U_{p/f}$  和被保护设备的绝缘耐冲击电压  $U_w$  来确定。

——对限压型 SPD

$$U_{p/f} = U_P + \Delta U_L \quad (9)$$

——对开关型 SPD

$$U_{p/f} = \max (U_P, \Delta U_L) \quad (10)$$

式中：

$U_{p/f}$ ——SPD 有效电压保护水平（kV）；

$U_P$ ——SPD 的电压保护水平（kV）；

$\Delta U_L$ ——SPD 两端连接导线的电压降，即电感电压降  $\Delta U_L = L \times \frac{dl}{dt}$ ，户外线路进入建筑物处可按 1kV/m 计算。

其后的限压型 SPD 当连接导线 $\leq 0.5$  m 时，可按 $\Delta U_L = 0.2 U_P$  计算。如果 SPD 仅通过感应电涌， $\Delta U_L$  可忽略。

当 SPD 前端安装了后备保护器， $U_{p/f}$  应包含后备保护器两端的压降。

b) 当 SPD 与设备之间的线路长度可能忽略时（例如 SPD 安装在设备终端处）：

$$U_{p/f} \leq U_W \tag{11}$$

c) 当 SPD 与设备之间的线路长度小于 10 m 时（例如 SPD 安装在分配电箱或插座处）：

$$U_{p/f} \leq 0.8 U_W \tag{12}$$

d) 当 SPD 与设备之间的线路长度大于 10 m 时（例如 SPD 安装在分配电箱或插座处）：

$$U_{p/f} \leq (U_W - U_1) / 2 \tag{13}$$

注：

$U_1$ ——雷击击中建筑物的 LPS 或附近，SPD 与被保护设备之间的电路环路的感应过电压（kV）。 $U_1$  估算符合 GB/T 21714.4—2015 中附录 A.5 的规定。采用了线路屏蔽， $U_1$  可以忽略不计。

8.4.6 当 SPD 的电压保护水平  $U_P$  满足 8.4.5 中 b)、c)、d) 的要求，可不安装后续的 SPD，否则应增设后续 SPD 直到满足 8.4.5 中 b)、c)、d) 的要求。开关型 SPD 至限压 SPD 之间的线路长度小于 10m、限压型 SPD 之间的线路长度小于 5m 时，在两级浪涌保护器之间应加装退耦器。当 SPD 具有能量自动配合功能时，浪涌保护器之间的线路长度不受限制。

8.4.7 SPD 最大持续运行电压  $U_C$  不应小于表 5 的规定。

表 5 最大持续运行电压的最小值

SPD 装设位置	低压配电系统的接地方式	
	TN-C	TN-S
相线与中性线之间（L-N）	不适用	$1.15 U_0$
相线与 PE 线之间（L-PE）	不适用	$1.15 U_0$
中性线与 PE 线之间（N-PE）	不适用	$U_0^{①}$
相线与 PEN 线之间（L-PEN）	$1.15 U_0$	不适用
注1：标有 <sup>①</sup> 的值是故障下最坏的情况，所以不需要计15%的允许误差。		
注2： $U_0$ 是低压系统相线对中性线的标称电压，对380V/220V配电系统就是相电压220V。		

8.4.8 当预期的电涌电流难于计算时，安装在每一相线、中性线与 PE 线间的 SPD 冲击电流、标称放电电流、短路电流值应符合表 6 的规定。

表 6 SPD 电流参数的选择

防雷类别	I 级试验的 SPD <span style="border: 1px solid black;">T1</span>	II 级试验的 SPD <span style="border: 1px solid black;">T2</span>	III 级试验的 SPD <span style="border: 1px solid black;">T3</span>
	$I_{imp}$ (kA)	$I_n$ (kA)	$I_{sc}$ (kA)
第二类	12.5	10	5
第三类	10	5	3
注：1、采用如图2连接类型2，连接在N-PE之间的SPD的 $I_{imp}$ （或 $I_n$ ， $I_{sc}$ ）值应为连接在L-N之间SPD的 $I_{imp}$ （或 $I_n$ ， $I_{sc}$ ）值的4倍，如 $I_{imp}$ 值为12.5kA时，则N-PE之间的 $I_{imp}$ 值应不小于50kA；			
2、在单相系统中，如果采用L-N，N-PE之间安装SPD，连接在N-PE之间的SPD的 $I_{imp}$ （或 $I_n$ ， $I_{sc}$ ）值应为连接在L-N之间SPD的 $I_{imp}$ （或 $I_n$ ， $I_{sc}$ ）值的2倍，如 $I_{imp}$ 值为12.5kA时，则N-PE之间的 $I_{imp}$ 值应不小于25kA			

## 8.5 隔离界面防雷措施的要求

8.5.1 户外安装以及供电电源线路较长的电子信息设备宜采用隔离变压器进行电源线路防闪电电涌保护或采用带隔离变压器的电源供电。

8.5.2 隔离变压器的初级、次级绕组间应分别设屏蔽层。初级绕组/次级绕组之间的雷电冲击耐受电压应大于线路预期雷电过电压值，并不小于 10 kV（波形 1.2/50 $\mu$ s）（转移系数、效率）。

8.5.3 隔离变压器的容量不宜小于电子信息设备的额定功率的 1.25 倍，输出电压与电子信息设备的额定输入电压相同（变压器压降）。

## 8.6 雷电数据监测采集要求

应在低压供配电系统电源总配电箱（柜）、阀门井、流量计井等传感器线路的外部低压电源箱（柜）电源输入端设置瞬态过电压数据监测采集装置，在低压供配电电源保护器接地端设置接地监测采集装置。采集电源线路瞬态过电压、过电流、能量大小、时间、次数及地电位反击过电压、过电流、能量大小、时间、次数和工频漏流等数据，监测采集装置传感器应采用开口复合式结构，便于安装维护管理。

## 9 电子信息系统的雷电防护

### 9.1 电子信息设备的安装环境要求

9.1.1 电子信息设备应安装在直击雷保护范围内（LPZ0B 区及后续防雷区）。安装在 LPZ0B 区的电子信息设备，应装设在封闭的金属箱内，金属箱不宜采用如大面积玻璃等非金属材料作为视察窗，散热百叶窗内应焊接钢网。金属箱的各部件均应保证电气贯通。金属箱与安装处的 LPS 的接地装置进行等电位连接，冲击接地电阻不应大于 10  $\Omega$ 。

9.1.2 以建筑物自身的钢筋作为 LPS 的建筑物内，视为 LPZ1 区。建筑物内的雷电流感应的磁场强度计算应符合 GB 50057—2010 中 6.3.2 的规定。电子信息设备安装位置的磁场强度大于自动化仪表设备的许可值时，应增加电磁屏蔽措施。

### 9.2 穿过 LPZ0B 及 LPZ1 防雷区的电子信息设备的电源线路、信号线路的敷设

穿过 LPZ0B 及 LPZ1 防雷区的电子信息设备的电源线路、信号线路宜采用钢管埋地或金属桥架屏蔽，或电源线路采用屏蔽电缆、信号线路采用有双层屏蔽层的屏蔽电缆，钢管、桥架、电源电缆屏蔽层、信号电缆外层屏蔽层应保持电气贯通并在线路的两端接地，在防雷区交界处应做等电位连接。

### 9.3 电子信息设备电源线路防闪电电涌措施

9.3.1 电子信息设备的电源线路应安装 SPD，宜采用隔离变压器或带隔离变压器的电源供电。SPD 的选择应符合 8.4 的要求；隔离变压器或带隔离变压器的电源应符合 8.5 的要求。

9.3.2 SPD 线路中预期的电涌电流在电子信息设备处产生的磁场强度的计算参见附录 B。当 SPD 接地线中预期的电涌电流在电子信息设备处产生的磁场强度大于电子信息设备的允许值时,应使用隔离界面进行电源线路防闪电电涌保护。

9.3.3 电子信息设备电源线路及接地监测采集装置宜符合 8.6 的要求。

#### 9.4 电子信息设备信号线路防闪电电涌措施

9.4.1 电子信息设备信号线路防闪电电涌侵入措施为安装信号 SPD,或采用信号隔离界面。

9.4.2 安装在 LPZ0B、LPZ1 区或信号线路穿过 LPZ0B、LPZ1 区的电子信息设备,信号线路应采用防闪电电涌侵入措施。

9.4.3 安装在 LPZ2 及以下区的电子信息设备,如果信号线路中预期闪电电涌电压大于设备绝缘耐受冲击电压值,信号线路应采用防闪电电涌侵入措施。

9.4.4 与户外进入建筑内的金属管道等有电气连接的电子信息设备,信号线路应采用防闪电电涌侵入措施。

#### 9.5 信号 SPD 的选用规定

9.5.1 安装位置及参数选择满足以下规定:

a) 安装在 LPZ0B、LPZ1 区或信号线路穿过 LPZ0B、LPZ1 区的电子信息设备,在信号线路端口处安装信号 SPD;

b) 安装在 LPZ2 及以下区的电子信息设备,如果信号线路中预期闪电电涌电压大于设备绝缘耐冲击电压值,在设备信号端口处安装信号 SPD;

c) 与户外进入建筑内的金属管道等有电气连接的电子信息设备,在设备的信号端口处安装信号 SPD;

d) 电子信息设备信号线路较多且设备柜内集中度较高,宜采用机架式多通道 SPD,各通道应采用插拔组合式结构;

e) 信号 SPD 应为插拔式,实现即插即用,并具备接入远程监测遥信端口;

f) 分体式电磁流量计、超声波液位计等电子信息设备,其传感器与转换器之间的连接电缆由设备生产厂提供时,可不安装信号 SPD 或按设备生产厂规定执行;

g) 信号 SPD 的最大持续运行电压  $U_C$  不应小于信号系统额定工作电压的 1.2 倍;

h) 信号 SPD 的保护电压  $U_P$  按式 (9) 和式 (10) 计算,信号 SPD 的  $U_{pr}$  不应大于保护设备信号端口绝缘耐冲击电压值的 0.8 倍;

i) 电子信息设备的信号线路中预期的电涌电流及 SPD 的短路电流选择按表 7 的规定确定;

表 7 信号 SPD 开路电压、短路电流选型

防雷类别	自动化仪表安装在 LPZ0B, LPZ1 且信号线路穿过不同的防雷区 <sup>①</sup>		自动化仪表安装在 LPZ2 及以下区, 并同一接地系统上, 且信号线路不穿过不同的防雷区 <sup>②</sup>		自动化仪表安装在 LPZ2 及以下区, 且信号线路穿过 LPZ0 区 <sup>③</sup>	
	开路电压 (kV) (1.2/50 $\mu$ s)	短路电流 (kA) (8/20 $\mu$ s)	开路电压 (kV) (1.2/50 $\mu$ s)	短路电流 (kA) (8/20 $\mu$ s)	开路电压 (kV) (1.2/50 $\mu$ s)	短路电流 (kA) (8/20 $\mu$ s)
第二类	15	7.5	0.3	0.15	7.5	3.75
第三类	10	5	0.2	0.1	5	2.5
注1: 自动化仪表安装在户外仪表箱内或安装在以建筑物钢筋作为LPS的建筑物内, 且与其他位置的建筑物内(户外仪表箱)的自动化仪表有信号连接。 注2: 安装在LPZ2区及以下区并在同一个接地系统上的自动化仪表, LPS引下线中的雷电电流在信号线路感应电涌, 而进行的防护。 注3: 安装在LPZ2区及以下区的自动化仪表有信号联系, 考虑雷击在线路附近对信号线路的LEMP感应进行防护。						

9.5.2 SPD 的连接导线, 接地线宜尽量短, 宜采用凯文接法。

9.5.3 信号 SPD 传输特性(如插入损耗、驻波比、近端串扰、误码率、传输精度、传输延时、数据脉冲波形变化等参数)应满足电子信息系统的要求。

## 9.6 隔离界面防雷措施的选用规定

9.6.1 在信号线路中隔离界面防雷措施包括光电耦合器(或称光电隔离器)、无金属光纤、无线传输等。

9.6.2 被保护设备对外部磁场敏感, 宜采用隔离界面防雷措施。

9.6.3 当信号 SPD 的性能不能满足要求, 应增加隔离界面防雷措施。

9.6.4 SPD 的接地线中的预期的电涌电流在电子信息设备处产生的磁场强度的计算参见附录 B。当 SPD 的接地线中预期的电涌电流在电子信息设备处产生的磁场强度和磁场感应强度大于电子信息设备的允许值时, 应采用隔离界面防雷措施。

9.6.5 当信号线路全程屏蔽施工困难或成本高, 宜增加隔离界面防雷措施;

9.6.6 在实际应用中, 采用电压限制或电流限制保护措施后电子信息设备仍然被雷电损坏, 应采用隔离界面防雷措施进行防雷改造。

## 9.7 工业控制、网络、通讯系统及计算机机房的雷电防护措施

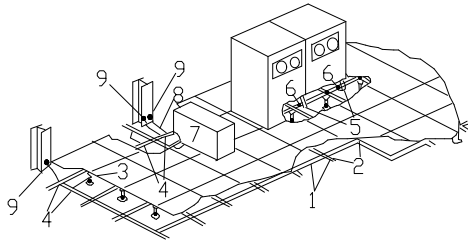
9.7.1 为减小雷击电磁脉冲(LEMP)在电子系统内产生的浪涌, 宜采用建筑物屏蔽、机房屏蔽、设备屏蔽、线缆屏蔽和线缆合理布局等措施, 上述措施应综合应用。

9.7.2 建筑物屏蔽宜利用建筑物的金属框架、混凝土中的钢筋等自然金属部件与雷电防护装置连接构成格栅大空间屏蔽。

9.7.3 机房内的设备应安装在 LPZ2 区以及后续的防雷区内, 机房宜选择在建筑物低层中心区, 当不能满足机房内的电子信息系统电磁环境要求时, 应增加机房屏蔽措施。

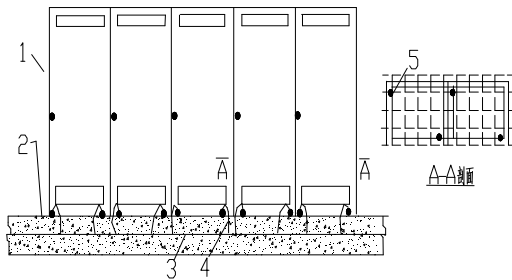
9.7.4 机房的屏蔽效果、设备与建筑物雷电防护装置的引下线安全距离符合 GB 50343—2012 中附录 D 的规定。

9.7.5 设备机房（监控室）应设置网形等电位连接网络，各金属组件不应与接地系统绝缘。M 型等电位连接应通过多点连接组合到等电位连接网络中，形成 M 型连接方式。每台设备的等电位连接线的长度不宜大于 0.5 m，并宜设两根等电位连接线安装于设备的对角处，其长度相差宜为 20%，M 型等电位连接网络的网格大小宜为 600 mm×600 mm。M 型等电位连接网络的设置见图 5、图 6 所示。



- 说明：
- 1——薄铜带（0.25 mm×100 mm）；
  - 2——薄铜带与薄铜带之间的连接；
  - 3——薄铜带与立柱之间的焊接连接；
  - 4——薄铜带与等电位连接带之间的焊接连接；
  - 5——设备的低阻抗等电位连接带；
  - 6——薄铜带与设备等电位连接带之间的焊接连接；
  - 7——配电箱；
  - 8——配电箱的连接线；
  - 9——基准网络与周围建筑物钢柱（或钢筋混凝土柱上的预埋件）的焊接连接。

图 5 活动地板下用薄铜带构成的高频信号基础网络



- 说明：
- 1——装有电子负荷设备的金属外壳；
  - 2——混凝土地面的上部；
  - 3——地面内焊接钢筋网；
  - 4——高频等电位连接；
  - 5——电子负荷设备的金属外壳与等电位连接基准网的连接点。

图 6 利用钢筋混凝土地面内焊接钢筋网做等电位连接基准网



9.7.6 机房低压配电系统的防雷保护应满足 8.4、8.6 的要求。信号系统防雷应满足 9.4、9.5、9.6 的要求。

9.7.7 工业控制计算机、PLC 柜、网络及通信系统机柜与中控室的信号传输宜采用光纤作为信号传输线，当光纤有加强芯和护套金属层时，应在进入建筑物处与建筑物的接地装置经最短路径进行等电位连接。当采用光纤作为信号线无法实施，宜采用隔离界面进行雷电防护。

9.7.8 信号线缆主干线的金属线槽应敷设在电气竖井内。布置电子系统机房信号线缆的线路走向时，宜尽量减小由线缆自身形成的感应环路面积。信号线路与电源线路应分开在不同线槽（管）内敷设。当共线槽（管）敷设时，应采取隔离措施，并对信号线路进行屏蔽。信号线缆与其他管线及电力电缆的净距应满足表 8、表 9 的要求。

表 8 电子系统线缆与其他管线的间距

其他管线类别	电子系统线缆与其他管线的净距	
	最小平行净距(mm)	最小交叉净距(mm)
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
燃气管	300	20

表 9 电子系统与电力电缆的净距

类别	与电子系统信号线缆接近状况	最小净距(mm)
380V 电力电缆容量小于 2kVA	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
380V 电力电缆容量 2kVA~5kVA	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
380V 电力电缆容量大于 5kVA	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380V电力电缆的容量小于2kVA，双方都在接地的线槽中，即两个不同线槽或在同一线槽中用金属板隔开，且平行长度小于等于10m时，最小间距可以是10mm。		
注2：电话线中存在振铃电流时，不应与计算机网络在同一根双绞线电缆中。		

9.8 水利、水文、水质监测等水务自动化信息系统及智慧水务系统雷电防护措施

9.8.1 所有仪表（器）、数采仪、探测器、控制设备及网络通讯设备应采用 SPD、隔离变压器或采用带隔离变压器的电源供电，SPD 的参数选择符合 8.4、8.6 的规定；隔离变压器的参数选择应符合 8.5 的规定。

9.8.2 所有仪表（器）、数采仪、探测器、控制设备及网络通讯设备的信号线路应采用安装信号 SPD 防闪电电涌入侵；信号 SPD 选择符合 9.5 的规定。

9.8.3 仪表（器）、数采仪、探测器、控制设备及网络通讯设备对外部磁场敏感应采用隔离变压器或采用带隔离变压器的电源进行电源线路防闪电电涌。

## 9.9 视频监控系统雷电防护措施

9.9.1 所有视频监控摄像头（机）应安装在 LPZ0B 及后续防雷区。安装视频监控摄像头（机）的金属支架（杆）应可靠接地，冲击接地电阻不宜大于  $10\ \Omega$ 。

9.9.2 所有的视频监控摄像头（机）电源线路和信号线路应采用穿钢管或屏蔽线埋地敷设。钢管、屏蔽层两端接地。

9.9.3 在供电电源配电箱处及摄像头（机）交流电源引入处应装设 I 级试验 SPD， $I_{imp}$  应按 GB50057—2010 中 4.2.4 计算，当无法确定时，可选择  $I_{imp}$  不小于 12.5 kA。SPD 的  $U_c$ 、 $U_p$  应符合 8.4、8.6 的规定。

9.9.4 当电压限制和电流限制不能满足防雷要求或已采用电压限制和电流限制保护的摄像头（机）仍被雷电破坏时，采用安装隔离变压器措施，并考虑防地电位反击危害。

9.9.5 摄像头（机）的视频信号输出端及视频信号交换机的信号输入端应装设与摄像头输出信号制式一致的信号 SPD，其短路电流  $I_{sc}$  应按 GB50057—2010 中 4.2.4 计算。SPD 的  $U_c$ 、 $U_p$  应符合 9.5 的要求。

9.9.6 摄像头（机）的信号 SPD 的传输参数应满足视频信号系统的要求。

9.9.7 摄像机（头）与视频交换机之间宜采用无金属光纤通讯。当光纤有加强芯和护套金属层时，应在光电转换器前端剪断金属加强芯并将金属外护层剥掉 100 mm 后接入光电转换器，金属加强芯、金属外护层应可靠接地。

9.9.8 摄像机（头）与视频交换机之间采用金属线通讯时，在交换机端口前应安装信号 SPD。

9.9.9 采用智能雷电监测装置等有关措施可以减少电气及电子信息系统失效。

## 10 特殊场所的雷电防护

### 10.1 加氯、加氨系统

10.1.1 加氯、加氨系统的电气系统雷电防护应符合第 8 章的规定。

10.1.2 加氯、加氨系统的电子信息系统雷电防护应符合第 9 章的规定。

10.1.3 氯库、加氯间、氨瓶间、加氨间应设置等电位连接排，液氯罐、金属管道、集液管、金属阀门、加氯机、水射器、余氯分析仪、取样泵、真空调节器、氨瓶、加氨管、氨气压力计、液压重量计、氨气

过滤器、加氨机、漏氨报警仪、电动钢球阀以及其他金属物均应就近连接到等电位连接排上，等电位连接排应与防雷接地装置连接。

## 10.2 氧气站、液氧罐

氧气站、液氧罐的雷电防护应符合GB 50030—2013的规定。

## 10.3 危化品仓库

10.3.1 危化品仓库的电气系统雷电防护应符合第8章的规定。

10.3.2 危化品仓库的电子信息系统雷电防护应符合第9章的规定。

10.3.3 危化品仓库应设置等电位连接排，仓库内金属储罐、金属货架、静电释放装置、防静电夹、金属门窗、风机等应就近连接到等电位连接排上，等电位连接排应与防雷接地装置连接。

10.3.4 所有的电气、信号线路在危化品仓库内无接头。

10.3.5 所有的电气、信号设备如开关、SPD等应安装在危化品仓库以外的地方。

## 10.4 安装在户外的设备

10.4.1 需要进行雷电防护的安装在户外的设备应在雷电防护装置保护范围之内，即在LPZ0B及后续防雷区。

10.4.2 按照设备对运行环境电磁场要求，确定设备是否采取减小或屏蔽雷电电磁脉冲的措施。

10.4.3 配电系统雷电防护应符合第8章的规定，线路采用屏蔽措施，如采用屏蔽线、穿钢管、埋地等措施。

10.4.4 电子信息系统雷电防护应符合第9章的规定，线路采用屏蔽措施，如采用屏蔽线、穿钢管、埋地等措施。

## 11 水务工程防雷验收

11.1 防雷工程验收按GB 50601、SL188的规定执行。

11.2 防雷工程施工质量验收应划分为单位工程、分部工程、分项工程和检验批。划分应符合以下规定。

11.2.1 单位工程划分原则：仅涉及防雷改造的独立项目，防雷工程应划分为单位工程；

11.2.2 分部工程划分原则：如果该防雷工程属于水务工程项目中一部分施工内容，该防雷工程应划分为分部工程；

11.2.3 分项工程划分：

- a) 可单独施工，并能独立发挥使用功能的建筑物及相应的设备所包含的同类防雷施工内容的可划分为一个分项工程，同类防雷施工内容是指按直击雷防护装置、配电系统防雷措施、电子信息系统防雷措施等；
- b) 独立于建筑物的户外安装仪表如变送器、流量计、电动闸门及配套电气装置、电子装置等设备的同类防雷保护设施可划分为一个分项工程。

11.2.4 检验批的划分：检验批可根据基础、楼层、屋顶、引下线、仪表、电气设备等具体部位或设备进行划分。

11.2.5 直击雷防护装置施检验批应包括：

- a) 直击雷防护装置施接地系统检验批  
接地体材料、规格检验；  
接地电阻检验；  
防腐措施检验；  
均压措施检测。
- b) 直击雷防护装置引下线检验批  
材料、规格检验；  
数量、相互距离检验；  
电气连续性检验；  
防腐措施检验。
- c) 直击雷雷电防护装置接闪器检验批  
材料、规格检验；  
尺寸检验；  
电气连续性检验；  
防腐措施检验。
- d) 直击雷雷电防护装置等电位连接检验批  
材料、规格检验；  
尺寸检验；  
电气连续性检验；  
进/出建筑物的金属管线的等电位连接检验；  
屏蔽电缆/金属铠装电缆的屏蔽层的等电位连接检验。
- e) 户外安装设备的雷电防护区检验批
  - i 户外安装设备的接地系统检验批  
地体材料、规格检验；  
接地电阻检验；  
防腐措施检验；  
均压/防接触电压措施检测。
  - ii 户外安装设备的等电位连接检验批  
材料、规格检验；  
尺寸检验；  
电气连续性检验；

设备外壳、金属机柜（箱）与接地系统等电位连接检验；

金属保护线管、屏蔽电缆/金属铠装电缆的屏蔽层与接地系统等电位连接检验。

iii 供电系统防雷措施检测批，按 11.2.6 项执行

iv 电子信息系统防雷措施检测批，按 11.2.7 项执行

#### 11.2.6 配电系统防雷措施检验批包括：

- a) SPD、隔离变压器等第三方抽查；
- b) SPD 安装位置检验；
- c) SPD 的额定参数检验：包括：I 级试验的 SPD（T1）的冲击电流值  $I_{imp}$ 、II 级试验的 SPD（T2）的标称放电流值  $I_n$ 、III 级试验的 SPD（T3）的开路电压  $U_{oc}$ ；最大持续工作电压  $U_c$ ；电压保护水平  $U_p$ ；
- d) SPD 连接电线、电缆、铜排的规格。

#### 11.2.7 电子信息系统防雷措施检验批包括：

- a) 信号 SPD 第三方抽查；
- b) 设备电磁屏蔽检验；
- c) 信号线路的屏蔽检验；
- d) 信号线路防雷电电涌措施检验。

#### 11.3 水务工程验收应包括防雷措施专项检测报告。

11.4 防雷工程的单位工程和分部工程验收应按 SL 223—2008 的规定出具相应的单位工程和分部工程验收鉴定书。

11.5 水务工程雷电防护措施应经检测机构检测合格，方可组织水务工程竣工验收。

## 12 检测、维护与管理

### 12.1 水务工程防雷检测项目

12.1.1 水务工程雷电防护装置检测应满足 GB/T 21431 的规定。

12.1.2 水务工程雷电防护装置检测项目参考附录 C 的规定。

### 12.2 雷电防护装置检测单位的要求

12.2.1 雷电防护装置检测单位应取得检验检测机构资质认定证书（CMA）认证，认证能力应包括防雷检测，并取得广东省相关部门认定的雷电检测资质及水利工程质量检测机械电气资质。取得广东省相关部门认定的雷电检测甲级资质，可从事防雷类别所有级别的雷电防护装置检测；取得广东省相关部门认定的雷电检测乙级资质，可从事所有防雷类别第三级的雷电防护装置检测。雷电防护装置检测单位只能在资质允许的范围内从事雷电防护装置检测。

12.2.2 由水务工程及相关设施主管部门确定检测单位的要求。

12.2.3 按照 QX/T 401—2017 的要求建立健全质量管理体系，并在检测活动中具体实施。

12.2.4 出具的检测数据、结果应真实、客观、准确，并对检测数据、结果负责。

12.2.5 应实行雷电防护装置检测电子信息化管理，提高检测管理效果和检测工作水平。

12.2.6 应按照 QX/T 319—2016 的要求建立检测档案管理制度，明确检测资料档案的保管条件和期限，做好检测委托合同、检测原始记录、检测报告、检测台账、检测设备档案、检测方案以及其他与检测相关的主要文件等资料档案的收集、整理、归档、分类编目和使用的工作。

12.2.7 委托雷电防护装置检测时，委托单位可对检测单位专业技术人员资质、能力提出要求。雷电防护装置检测专业技术人员职业要求按 QX/T 406—2017。雷电防护装置检测专业技术人员职业能力评价按 QX/T 407—2017。

### 12.3 水务工程的雷电防护措施检测周期和资料归档

12.3.1 投入使用后的水务工程及相关设施雷电防护装置应实行定期检测制度。雷电防护装置应每年检测一次，设施内的爆炸和火灾危险环境场所的雷电防护装置应每半年检测一次。

12.3.2 应及时对雷电防护装置的竣工图纸及雷电防护装置检测报告等资料归档保存。

### 12.4 防雷措施整改

需对水务工程的雷电防护措施进行整改，应及时制定整改措施并加以落实，消除隐患。

### 12.5 水务运营单位户外工作人员雷电防护

雷雨天气，工作人员在室外巡视或作业时应做好雷电防护措施。

### 12.6 水务运营单位雷灾报告

水务运营单位应建立健全雷电灾害报告制度，在遭受雷电灾害后应及时报告灾情，并协助当地雷电灾害防护主管机构做好雷电灾害的调查、鉴定工作，分析雷电灾害事故原因，提出解决方案和措施。

### 12.7 水务工程雷击风险预防与管理

水务运营单位应设置“水务智能防雷接地监测管理系统”提升防雷监控管理水平，为水务电子信息系统的雷击风险评估、防雷效果评估、故障诊断、差异化运维提供数据支撑，保障水务电子信息系统的本质安全。

附 录 A  
(资料性)  
水务工程建设规模类别

A.1 水利行业建设项目工程规模划分表

表 A.1 水利行业建设项目工程规模划分表

序号	建设项目类型	单位	大型	中型	小型	备注
1	水库枢纽	$10^8 \times \text{m}^3$	$\geq 1$	1~0.1	$< 0.1$	库容
		MW	$\geq 300$	300~50	$< 50$	装机
2	引调水	$10^8 \text{m}^3$	$\geq 3$	3~1	$< 1$	年引水量
3	排涝	万亩	$\geq 60$	60~15	$< 15$	治涝面积
4	河道治理	堤防等级	1级	2、3级	4、5级	
5	城市防洪	万人	$\geq 50$	50~20	$< 20$	城市人口
6	水土保持	平方公里	$\geq 500$	500~150	$< 150$	综合治理面积
7	水文设施	万元	$\geq 1000$	1000~200	$< 200$	投资额

A.2 市政行业建设项目工程规模划分表

表 A.2 市政行业建设项目工程规模划分表

序号	建设项目类型		单位	大型	中型	小型	备注
1	给水工程	水厂	$10^4 \times \text{m}^3/\text{d}$	$\geq 10$	10~5	$< 5$	地表水或地下水取水，如需处理才可供水，按净水厂规模确定；如不需处理，取地下水，按泵站规模确定。 给水工程含再生水利用工程。
		管网	泵站	$\geq 20$	20~5	$< 5$	
			管道	管径 (mm)	$\geq 1600$	1600~1000	$< 1000$
2	排水工程	污水处理厂	$10^4 \times \text{m}^3/\text{d}$	$\geq 8$	8~4	$< 4$	排水工程含再生水利用工程。
		管网	泵站	$\geq 10$	10~5	$< 5$	
			管道	管径 (mm)	$\geq 1500$	1500~1000	$< 1000$

注：1、本表根据市政行业设计资质要求确定规模划分；2、水务工程涉供排水系统的工程规模划分执行GB/T39437—2020附录A，其中水厂规模按供水量划分为Ⅰ~Ⅲ类，污水处理厂按污水处理量划分为Ⅰ~Ⅴ类。

## 附录 B

(资料性)

## 雷电流、电涌电流在周围产生的磁场感应强度计算

## B.1 LPS 引下线中的部分雷电流在周围空间产生磁场感应强度计算

## B.1.1 LPS 引下线中的电涌电流在空间产生的磁场感应强度计算

预期雷电流第二类防雷建筑雷电流按150 kA、第三类防雷建筑雷电流按100 kA计算。

LPS引下线中的分流按GB 50057—2010中附录E的规定计算。

LPS引下线中的部分雷电流在空间一点产生的磁场感应强度计算，如图B.1所示。

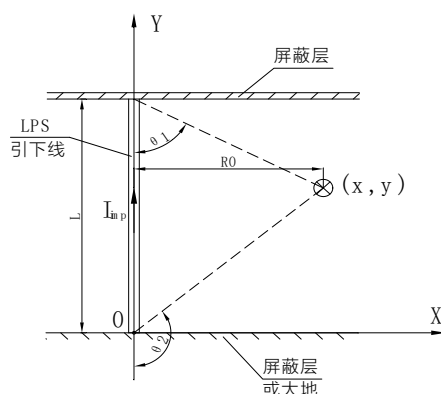


图 B.1 LPS 引下线中的雷电流在空间点产生的磁场感应强度计算

LPS引下线中的电涌电流峰值为 $I_{imp}$ 。在空间 $(x, y)$ 点产生磁感应强度可按式(B.1)或式(B.2)计算：

$$B(x, y) = I_{imp} \times \frac{\mu}{4\pi R_0} \times (\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \quad (B.1)$$

$$B(x, y) = I_{imp} \times \frac{\mu}{4\pi x} \times \left( \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} - \frac{(y-L)}{\sqrt{x^2 + (y-L)^2}} \right) \quad (B.2)$$

式中： $\mu$ 为空气的导磁率，取值 $4\pi \times 10^{-7} \text{N}^{-1} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$ 。

## B.2 电磁干扰对计算机的影响

B.2.1 由于雷击的电磁脉冲干扰，对计算机而言，在无屏蔽状态下，当环境磁场感应强度大于0.7Gs时，计算机误动作；当环境磁场感应强度大于2.4Gs（191A/m）时，设备会发生永久性损坏。

B.2.2 计算机机房内环境干扰磁场强度不应大于800 A/m。

## B.3 SPD接地线中的泄放电流在周围空间产生磁场感应强度的计算



B.3.1 在仪表箱中，采用电源SPD和信号SPD对电子信息设备进行保护时，通过SPD及其接地线的泄放电流会在其周围空间产生磁场。

B.3.2 通过SPD的泄放电流在仪表箱中产生的磁场感应强度可按式（B.1）或式（B.2）计算。

B.3.3 举例：当电源SPD的泄放电流 $I_{sc}$ 为10 kA，信号SPD的泄放电流 $I_{sc}$ 为5 kA，接地线长度为300 m。如图B.2距离接地线r点的磁场强度和磁场感应强度如表B.1。

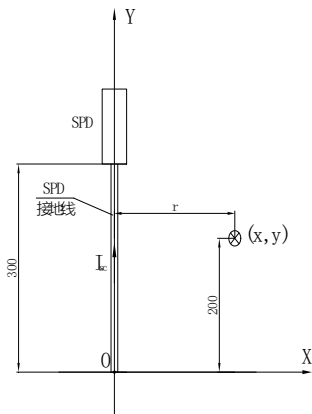


图 B.2 SPD 接地线中的电涌电流在空间点产生磁场强度计算

表 B.1 SPD 接地线中电涌电流在周围空间感生磁场的磁场强度和磁感应强度

r(mm)		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
电源SPD $I_{sc}=10\text{kA}$	$B(\text{Gs})$	160.2	57.7	29.0	17.2	11.4	8.0	5.9	4.6	3.6	3.0	2.4	2.1
	$H(\text{A/m})$	12748	4592	2308	1369	907	637	470	366	286	239	191	167
信号 SPD $I_{sc}=5\text{kA}$	$B(\text{Gs})$	80.1	28.9	14.5	8.6	5.7	4.0	3.0	2.3	1.8	1.5	1.2	1.0
	$H(\text{A/m})$	6374	2300	1154	684	454	318	239	183	143	119	95	80

B.3.4 在仪表箱中使用SPD进行电源线路、信号线路电涌保护时，应计算通过SPD及接地线中的泄放电流在仪表箱中产生的磁场，保证磁场强度小于被保护电子信息设备所允许安装环境的磁场强度。

附 录 C  
(资料性)  
水务工程防雷检测项目

C.1 直击雷雷电防护装置检测项目

C.1.1 符合GB /T 21431的规定。

C.1.2 接闪器与引下线的电气连接性检查。

- a) 测量接闪器和接地极之间的电阻，测量方法如图 C.1 所示，在测量设备与被测物之间用四条导线（两条测量线、两条信号线），检测电流为交流。为避免工频干扰，检测电流频率应避开 50 Hz，检测电流大约为 10 A；
- b) 接闪器与各接地极之间的最大电阻 $\leq 0.2\ \Omega$ 为合格。

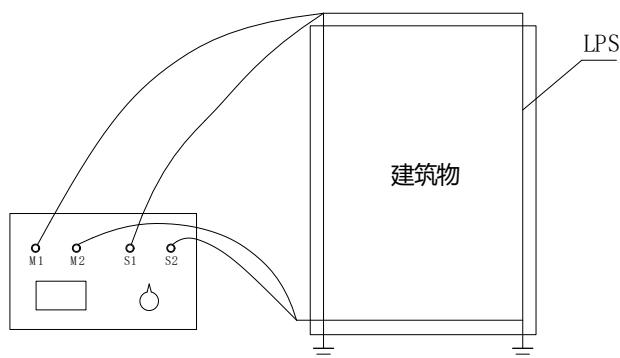


图 C.1 LPS 引下线电阻测量

C.1.3 接地系统的接地电阻测量。

- a) 采用专用接地电阻仪器进行接地电阻的测量；
- b) 可以采用三极法或四极法进行测量。检测方法符合 GB/T 21431—2015 中附录 D 的规定。

C.1.4 等电位连接过渡电阻测量。

- a) 要求进行等电位连接的过渡电阻测量，采用开路电压 4~24V，最小电流为 0.2A 的测量仪器进行测试；
- b) 外部金属管道进入建筑物，与建筑物的接地系统进行等电位连接。连接电阻采用开路电压 4~24V，最小电流为 0.2A 的测量仪器进行测试；
- c) 过渡电阻 $\leq 0.2\ \Omega$ 为合格。

C.2 SPD 的检测

C.2.1 对于新建、扩建、改造项目，应对项目中使用的SPD进行抽样并送有检测资质的第三方检测单位进行摸底检查。

a) 抽样

——由 SPD 的供应商或低压配电系统、自动化系统集成商提供 SPD 产品的品牌、型号、规格、工程中使用数量及产品的编号给雷电防护装置检测单位。由雷电防护装置检测单位按 QX/T 404—2017 中 5 进行抽样，保证项目中所使用的所有型号 SPD 最少有 1 套被抽查检验；

——低压配电系统 SPD，抽样数量  $M_s$  按式 (C.1) 计算

$$M_s = \text{INT}(\sqrt[3]{M}) + 1 \quad (\text{C.1})$$

——信号 SPD，当抽样基数为 6 的整数倍时，抽样数量  $M_s$  按式 (C.2) 计算，当抽样基数不为 6 的整数倍时，抽样数量  $M_s$  按式 (C.3) 计算

$$M_s = M/6 \quad (\text{C.2})$$

$$M_s = \text{INT}(M/6) + 1 \quad (\text{C.3})$$

式中：

$M_s$ ——抽查检验的数量，单位为套。

$M$ ——抽样基数，单位为套。

$\text{INT}$ ——取整函数，是指取不超过实数的最大整数部分。

b) 检验依据

——依据国家标准 GB/T 18802.11—2020、GB/T 18802.21—2016 以及 QX/T 404—2017 的规定；

——SPD 产品明示的技术指标来源于产品本体的标识、产品外包装或安装使用说明书，也可以是企业标准；

——信号 SPD 应进行通讯参数的检验。

c) 样品处置

按 QX/T 404—2017 中 5.5 执行。

d) 抽检结果文书

按 QX/T404—2017 中 5.6 执行。

C.2.2 运行中的SPD检验。

a) 低压配电系统中运行中的 SPD 工频泄漏电流检测

采用交流微安表或SPD测试仪器，对运行中的SPD进行工频泄漏电流检测，实测值不应大于SPD生产厂家声明的泄漏电流 $I_{le}$ 值；如果生产厂家未声明 $I_{le}$ 值，在额定工作电压下，其实测值不应大于20  $\mu\text{A}$ ，且泄漏电流 $I_{le}$ 不应大于初次测试值的1.15倍。

b) 低压配电系统中运行的 SPD 运行温度检测

采用红外线测温仪或其他测温仪器，对 SPD 的端口和外壳进行温度检测，实测值不应大于 SPD 生产厂家声明的 SPD 运行的温度值上限，且实测温度值不应大于初次测试值的 1.15 倍。

c) SPD 绝缘电阻检测

——低压配电系统 SPD 的线路与外壳之间的绝缘电阻，采用 500 V 的绝缘电阻测试仪表进行测试，实测值不应小于 50 M $\Omega$ ；

——信号系统 SPD 的线路与外壳之间的绝缘电阻，采用 500 V 的绝缘电阻测试仪表进行测试，实测值不应小于 50 M $\Omega$ 。

### C.3 电子信息设备

#### C.3.1 户外安装的电子信息设备。

- a) 户外安装的电子信息设备安装位置所处防雷区；
- b) 户外安装的电子信息设备接地系统的接地电阻测试。接地系统的接地电阻测量方法和判定符合 C.1.3 的规定；
- c) 户外安装的电子信息设备、安装箱等与接地系统的等电位连接。等电位连接的过渡电阻的测量方法和判定符合 C.1.4 的规定；
- d) 电源和信号线路屏蔽状态检查；
- e) 电源和信号线路的防闪电电涌措施检查。

——使用 SPD，SPD 的检测符合 C.2 的规定。

#### C.3.2 户内安装的电子信息设备。

- a) 户内安装，未采用电磁屏蔽措施电子信息设备安装处与建筑物 LPS 引下线的距离不宜小于 2 m。按实测最小距离，采用附录 B.1 中的方法计算 LPS 中通过的雷电电流在安装处产生的磁场感应强度，磁场感应强度不应大于电子信息设备的允许值；
- b) 检测电子信息设备与建筑物 LPS 的等电位连接，等电位连接的过渡电阻的检测方法符合 C.1.4 的规定；
- c) 电源和信号线路屏蔽状态检查；
- d) 与安装在 LPZ0B、LPZ1 区、信号线路穿过 LPZ0B、LPZ1 区的电子信息设备或电源相连接，电源和信号线路的防闪电电涌措施检查。

——使用 SPD，SPD 的检测符合 C.2 的规定。