



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 186—2013

安全防范系统雷电防护要求 及检测技术规范

Technical specifications for lightning protection and inspection of
security and protection system

2013-01-04 发布

2013-05-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

中 华 人 民 共 和 国
气 象 行 业 标 准
安全防范系统雷电防护要求及检测技术规范
QX/T 186—2013

*

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>
发行部:010-68409198
北京中新伟业印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本:880×1230 1/16 印张:1 字数:30 千字
2013 年 5 月第一版 2013 年 5 月第一次印刷

*

书号:135029-5580 定价:8.00 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 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 防雷等级划分 2

5 雷电防护 3

 5.1 基本要求 3

 5.2 前端设备 3

 5.3 传输部分 4

 5.4 终端设备 5

6 防雷装置检测要求 7

 6.1 检测流程 7

 6.2 文件检查 7

 6.3 接闪器 7

 6.4 引下线 8

 6.5 接地装置 8

 6.6 等电位连接 8

 6.7 建筑物入户线路 9

 6.8 雷电过电压防护 9

 6.9 设备抗扰度 9

附录 A(资料性附录) 接地装置的分类 10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国雷电灾害防御行业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：福建省防雷中心、厦门市气象局。

本标准主要起草人：刘隽、黄岩彬、林挺玲、程辉、曾智聪、陈毅芬、邵霖、楚光、缪希仁、柯重荣、余恩、俞成标、王春扬、倪宁、林香民、吴灵燕。

安全防范系统雷电防护要求及检测技术规范

1 范围

本标准规定了安全防范系统的防雷等级划分、雷电防护要求和防雷装置检测要求。

本标准适用于安全防范系统的雷电防护和防雷装置检测。

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

GB/T 18802.22—2008 电信和信号网络的电涌保护器(SPD) 第22部分:选择和使用导则(IEC 61643—22:2004)

GB/T 21431—2008 建筑物防雷装置检测技术规范

GB/T 21714.2—2008 雷电防护 第2部分:风险管理(IEC 62305—2:2005)

GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范

GB 50311—2007 综合布线系统工程设计规范

GB 50348—2004 安全防范工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

安全防范系统 security and protection system;SPS

以维护社会公共安全为目的,运用安全防范产品和其他相关产品构成的入侵报警系统、视频安防监控系统、出入口控制系统、防爆安全检查系统等;或由这些系统为子系统组成或集成的电子系统或网络。

[GB 50348—2004,定义 2.0.2]

3.2

风险等级 level of risk

存在于防护对象本身及其周围的、对其构成安全威胁的程度。

[GB 50348—2004,定义 2.0.11]

3.3

直击雷 direct lightning flash

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

3.4

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,例如不一定要有墙壁、地板或天花板作为区界面。

3.5

雷击电磁脉冲 lightning electromagnetic impulse;LEMP

雷电流经电阻、电感、电容耦合产生的电磁效应,包含闪电电涌和辐射电磁场。

3.6

防雷装置 lightning protection system;LPS

用于减少闪击击于建筑物上或建筑物附近造成的物质性损害和人身伤亡,由外部防雷装置和内部防雷装置组成。

3.7

接地系统 earthing system

将等电位连接网络和接地装置连在一起的整个系统。

3.8

等电位连接带 bonding bar

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

3.9

等电位连接网络 bonding network

将建筑物和建筑物内系统(带电导体除外)的所有导电性物体互相连接组成的一个网。

3.10

电涌保护器 surge protective device;SPD

用于限制瞬态过电压和分泄电涌电流的器件。它至少含有一个非线性元件。

3.11

前端设备 front-end device

指摄像机以及与之配套的相关设备(如镜头、云台、解码驱动器、防护罩等)和探测器等。

[GB 50395—2007,定义 2.0.7]

3.12

监控中心 surveillance and control centre

安全防范系统的中央控制室。安全管理系统在此接收、处理各子系统发来的报警信息、状态信息等,并将处理后的报警信息、监控指令分别发往报警接收中心和相关子系统。

[GB 50348—2004,定义 2.0.32]

3.13

屏蔽线 shielding wire

用于减少雷击服务设施引起的物理损害的金属线。

[GB/T 21714.2,定义 3.1.42]

4 防雷等级划分

4.1 安全防范系统的防雷可按其重要程度、所处环境的危险性和气象条件不同而分为三个等级。安全防范系统风险等级及高风险对象根据 GB 50348—2004 确定。

4.2 符合以下条件之一者,应划为第一等级防雷安全防范系统:

- a) 安装在第一类防雷建筑物中的制造、使用或贮存火药、炸药及其制品的建筑物内的安全防范系统。
- b) 安装在第一类防雷建筑物具有 0 区或 20 区爆炸危险区域的安全防范系统。
- c) 安装在第一类防雷建筑物具有 1 区或 21 区且因电火花会引起爆炸的危险区域的安全防范

系统。

4.3 符合以下条件之一者，应划为第二等级防雷安全防范系统：

- a) 安装在第二类防雷建筑物中且风险等级为一级的安全防范系统。
- b) 建于山顶或旷野的安全防范系统，当其所在地年平均雷暴日大于或等于 40 d/a 时。

4.4 符合以下条件之一者，应划为第三等级防雷安全防范系统：

- a) 安装在第二类防雷建筑物中，且风险等级为二级、三级及普通风险对象的安全防护系统。
- b) 安装在第三类防雷建筑物中，且属高风险对象的安全防护系统。
- c) 建于山顶或旷野的安全防范系统，其所在地年平均雷暴日小于 40 d/a 且大于或等于15 d/a时。
- d) 属于高风险防范对象的安全防范系统的配电线路、信号传输线在其线路架空进入监控室时。

5 雷电防护

5.1 基本要求

5.1.1 第一等级防雷安全防范系统的防雷设计应符合 GB 50057—2010 中“第一类防雷建筑物的防雷措施”中对防直击雷、防闪电感应、防闪电电涌侵入的要求；第二等级防雷安全防范系统的防雷设计应符合 GB 50057—2010 中“第二类防雷建筑物的防雷措施”中对防直击雷、防闪电感应、防闪电电涌侵入的要求；第三等级防雷安全防范系统的防雷设计应符合 GB 50057—2010 中“第三类防雷建筑物的防雷措施”中对防直击雷、防闪电电涌侵入的要求。各等级防雷安全防范系统防雷击电磁脉冲的设计应符合 GB 50057—2010 中“防雷击电磁脉冲”和 GB/T 18802.12—2006 及 GB/T 18802.22—2008 中的规定。

5.1.2 当安全防范系统不属于第 4 章规定的三个等级防雷安全防范系统时，安全防范系统是否要进行防雷设计以及设计的等级宜在认真调查系统所在地的地理、地质、气象、环境条件和雷电活动规律以及安全防范系统设备性能特点的基础上，按 GB/T 21714.2—2008 的规定进行雷击风险评估。

5.2 前端设备

5.2.1 当前端设备安装在直击雷防护区(LPZ0_B)或后续防雷区时，不需要采取直击雷防护措施。

5.2.2 当前端设备安装在直击雷非防护区(LPZ0_A)时，应采取直击雷防护措施，如在其附近设接闪杆保护。各等级防雷安全防范系统前端设备接闪杆保护范围应按滚球法计算，滚球半径均取 45 m。

5.2.3 当接闪杆设置在前端设备安装杆上时(见图 1)，应符合以下要求：

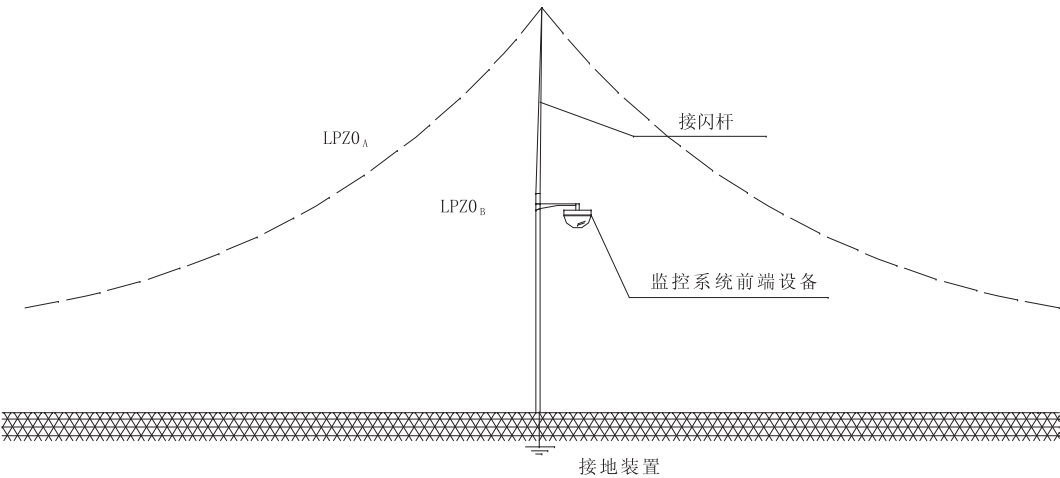


图 1 前端设备安装杆设置接闪杆的示意图

- a) 安装杆应采用壁厚不小于 2.5 mm 的钢管,并利用钢管作为引下线。
 - b) 前端设备连接电缆应敷设于安装杆内,并应采用双层屏蔽进行保护。屏蔽层应在钢管两端与钢管连接。
 - c) 为防止前端设备损坏,宜在前端设备的线路接口处安装 SPD。
- 5.2.4 当前端设备的安装杆旁设置接闪杆时(见图 2),应符合以下要求:
- a) 为防止雷电流经引下线至接地装置时产生的高电位对前端设备的反击,前端设备的安装杆与接闪杆安装杆(引下线)之间的距离应大于 3 m。
 - b) 前端设备连接电缆宜敷设于安装杆内,并按 5.2.3b)中的屏蔽措施进行保护。
 - c) 为防止前端设备损坏,宜在前端设备的线路接口处安装 SPD。

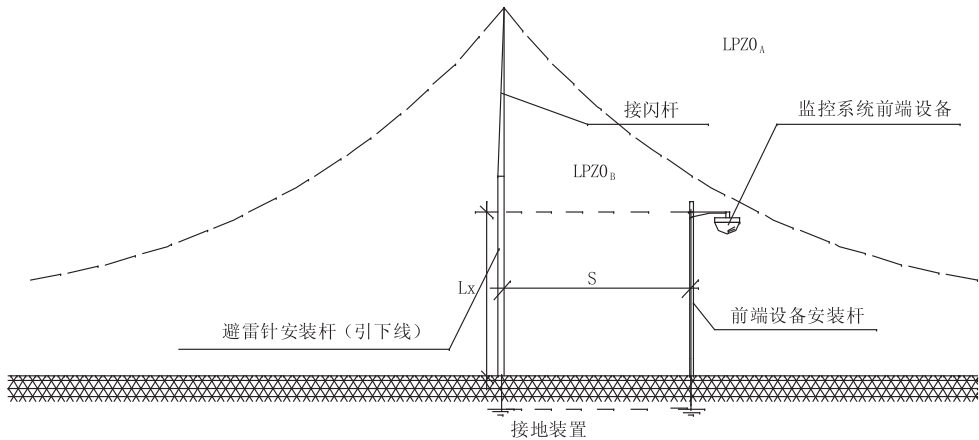


图 2 前端设备安装杆与接闪杆安装杆位置示意图

5.2.5 室外前端设备塔杆接地装置的接地电阻不宜大于 4 Ω ;建造在室外的安全防范系统,其接地电阻不宜大于 10 Ω ;当高山岩石的土壤电阻率大于 2000 $\Omega \cdot \text{m}$ 时,其接地电阻不宜大于 20 Ω 。当接地电阻达不到要求时,宜增加 A 型接地装置长度或 B 型接地装置面积的方法解决。A、B 型接地装置参见附录 A。

5.3 传输部分

5.3.1 金属线缆

- 5.3.1.1 宜采用带金属屏蔽层的电缆。金属屏蔽层应首尾电气贯通。电缆两端应分别连接至前端和终端的接地装置或等电位连接带上。
- 5.3.1.2 当无法使用带金属屏蔽层的电缆时,线缆宜全线穿金属管布设,金属管应首尾电气贯通。
- 5.3.1.3 当线缆由室外引入室内,即线缆布设可能通过 LPZ0_A 区时,宜全线埋地引入。在强雷暴活动区域,宜在埋地电缆上方敷设屏蔽线。屏蔽线可采用直径为 8 mm 的镀锌钢绞线或其他横截面积不小于 48 mm² 的金属导体。

在因条件限制无法全线埋地敷设的情况下,第一等级防雷安全防范系统的传输线可架空布设,但应采用钢筋混凝土杆和铁横担架线,并应使用金属铠装电缆或护套电缆穿钢管直接埋地引入,埋地长度不应小于 15 m。在埋地与架空线的转换处,应选用 D1 型 SPD 安装保护。第二等级、第三等级防雷安全防范系统的传输线可参照执行,但可不安装 D1 型 SPD。

5.3.2 光缆线缆

- 5.3.2.1 当光缆有金属外护层或金属加强芯时,其金属物应是电气贯通的(即它们应跨过所有的接头、

再生器等等相连接)。在线缆的末端,金属物应直接或通过 SPD 与等电位连接带连接。

5.3.2.2 当光缆由室外引入室内,即光缆布设可能通过 LPZ0_A 区时,宜全线埋地引入。在强雷暴活动区域,宜在埋地光缆上方敷设屏蔽线,对屏蔽线的要求见 5.3.1.3 的规定。

在因条件所限无法全线埋地敷设的情况下,第一等级防雷安全防范系统的光缆可架空布设,并宜在光缆上方架设接闪线,并应在距入户 15 m 处改为埋地敷设。第二等级、第三等级防雷安全防范系统的光缆可不架设接闪线,但应在距入户 15 m 处改为埋地敷设。

5.3.3 无线传输设备

5.3.3.1 架空天线应置于 LPZ0_B 内,如架设在 LPZ0_A,应设置防直击雷装置。

5.3.3.2 室外馈线应穿金属盒或钢管并应全线电气贯通,且在始末两端与等电位连接带连接接地。

5.3.3.3 宜在收/发通信设备的射频出、入端口处安装电信、信号 SPD。SPD 的接地端应就近连接到等电位接地端子板上。

5.4 终端设备

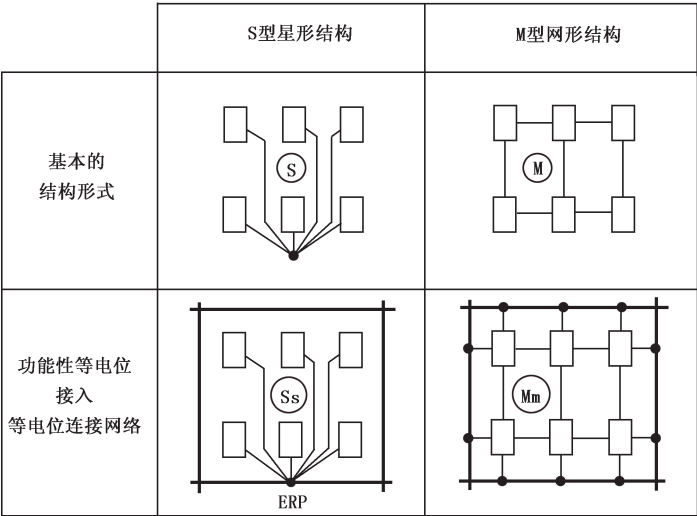
5.4.1 各等级防雷安全防范系统的终端设备的直击雷防护应符合 5.1.1 的规定。

5.4.2 第一等级、第二等级防雷安全防范系统的终端设备应采用如下屏蔽措施:

- a) 终端设备的监控中心宜选择在建筑物低层中心部位,设备与外墙结构柱之间的距离不应小于 1 m。
- b) 当终端设备为非金属外壳且监控中心内磁场强度大于终端设备的耐受值时,应增加屏蔽措施。第一等级防雷安全防范系统所在空间六面体的屏蔽网格尺寸不宜大于 200 mm×200 mm。

5.4.3 各等级防雷安全防范系统的终端设备均应采用如下等电位连接和接地措施:

- a) 安全防范系统终端设备的工作接地应与所在建筑物的防雷接地、保护接地等共用接地系统,共用接地系统的接地电阻值应按 50 Hz 电气系统对人身安全要求的阻值确定。
- b) 进入建筑物的金属管线宜从同一位置进入,并连接在与建筑物基础钢筋相连的总等电位连接带上。如果入户管线从不同的位置进入,应分别连接到不同位置上的等电位连接带上,并且这些不同位置的等电位连接带应连接在一起。宜使用环形等电位连接带。
- c) 监控中心内的电子电气设备的外露导电部分(壳体、机架、箱体)电气系统的保护线、电子系统的工作接地等均应通过连接导体连接到等电位连接网络。当电子系统为 300 kHz 以下的模拟线路时,可采用 S 型等电位连接进行连接。S 型等电位连接应仅通过唯一的一点,即接地基准点 ERP 进行连接。当电子系统为 MHz 级数字线路时,应采用 M 型等电位连接。S 型、M 型等电位连接网络及其组合做法见图 3。
- d) 等电位连接导体的最小横截面积应符合表 1 要求,SPD 连接导体的最小横截面积应符合表 2 要求。



图中符号含义：

- 等电位连接网络；
- 等电位连接导体；
- 设备；
- 接至等电位连接网络的等电位连接点；
- ERP 接地基准点；
- Ss 将星形结构通过ERP点整合到等电位连接网络中；
- Mm 将网形结构通过网形连接整合到等电位连接网络中。

表 3 安全防范系统功能性等电位连接整合到等电位连接网络中

表 1 各种连接导体的最小横截面积

等电位连接部件	材料	横截面积/mm ²
等电位连接带(铜、外表面镀铜的钢或热镀锌钢)	Cu(铜)、 Fe(铁)	50
从等电位连接带至接地装置或 各等电位连接带之间的连接导体	Cu(铜)	16
	Al(铝)	25
	Fe(铁)	50
从屋内金属装置至等电位连接带的连接导体	Cu(铜)	6
	Al(铝)	10
	Fe(铁)	16

表 2 SPD 连接线最小横截面积

安装系统	SPD 类型	铜导线横截面积/mm ²
电气系统	I 级试验的 SPD	6
	Ⅱ级试验的 SPD	4
	Ⅲ级试验的 SPD	1.5
电子系统	D1 类 SPD	1.2
	其他类的 SPD(连接导体的横截面积可小于 1.2 mm ²)	根据具体情况确定

5.4.4 综合布线系统的设计应符合 GB 50311—2007 要求。安全防范系统综合布线与电力线缆的净距和墙上敷设的综合布线电缆、光缆及管线与其他管线的间距应符合 GB 50311—2007 中 7.0.1 的规定。

5.4.5 电涌保护器的选择和安装

5.4.5.1 第一等级、第二等级、第三等级防雷安全防范系统中电气系统的 SPD 的选择和安装应符合 GB 50057—2010 中对第一类、第二类、第三类防雷建筑物的规定要求,同时应符合 GB/T 18802.12—2006 的规定要求。

5.4.5.2 第一等级、第二等级、第三等级防雷安全防范系统中电子系统信号网络的 SPD 的选择和安装应符合 GB 50057—2010 中对第一类、第二类、第三类防雷建筑物的规定要求,同时应符合 GB/T 18802.22—2008 的规定要求。

5.4.5.3 按 5.1.2 通过雷击风险评估确定在电气和电子系统中需安装 SPD 的安全防范系统,宜按 GB/T 18802.12 和 GB/T 18802.22 中的规定选择和安装 SPD。

6 防雷装置检测要求

6.1 检测流程

安全防范系统防雷装置检测宜按图 4 的流程进行。

6.2 文件检查

安全防范系统防雷装置应具有以下文件,并对其完整性、规范性和有效性进行检查:

- 设计文件检查;
- 检测报告检查;
- 故障记录和历年检查记录检查。

6.3 接闪器

6.3.1 首次检测应当对接闪器的设计安装是否符合其技术要求进行核查,接闪器的设计安装应符合 GB/T 21431—2008 中 5.2.1 的要求。

6.3.2 对接闪器使用的材料及横截面进行核查,检查接闪器的锈损情况,结果应符合 GB/T 21431—2008 中 5.2.2.2 和 5.2.2.5 的要求。

6.3.3 对接闪网的网格尺寸进行核查,接闪网的网格尺寸应符合 GB/T 21431—2008 中 5.2.2.3 的要求。

6.3.4 应对接闪针、接闪带和接闪网上所有焊点的焊接可靠性进行检查,结果应符合 GB/T 21431—2008 中 5.2.2.2 的要求。

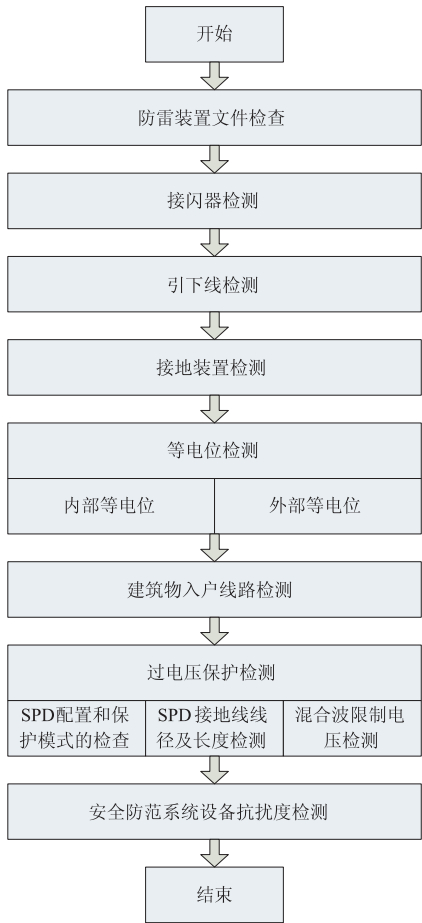


图 4 安全防范系统防雷装置检测流程

- 6.3.5 检查接闪器与引下线的电气连接,结果应符合 GB/T 21431—2008 中 5.7.2.11 的要求。
- 6.3.6 检查接闪器上有无附着的其他电气线路,结果应符合 GB/T 21431—2008 中 5.2.2.6 的要求。
- 6.4 引下线
- 6.4.1 首次检测应对引下线的布设和安装位置,使用的材料和横截面是否符合技术要求进行核查,结果应符合 5.2.3a) 及 GB/T 21431—2008 中 5.3.1 的要求。
- 6.4.2 检查引下线、接闪器和接地装置的焊接处是否锈蚀,油漆是否有遗漏及近地面的保护设施,结果应符合 GB/T 21431—2008 中 5.3.2.2 的要求。
- 6.4.3 检查引下线上有无附着其他电气线路,结果应符合 GB/T 21431—2008 中 5.3.2.5 的要求。
- 6.4.4 检查引下线与接地装置的电气连接情况,结果应符合 GB/T 21431—2008 中 5.7.2.11 的要求。
- 6.5 接地装置
- 6.5.1 首次检测时应查看隐蔽工程记录。应了解被测地网的结构形式,地网尺寸以及周围空中、地下的环境情况,在测量时宜避开架空线、地下金属管道、地下电缆等,或采取相应措施,减小测量误差。
- 6.5.2 检查接地装置有无因挖土、敷设管线或种植树木而挖断接地装置。
- 6.5.3 接地装置接地电阻应按照 GB/T 21431—2008 的 5.4.2.3 进行测量。
- 6.6 等电位连接
- 6.6.1 检查建筑物各种金属构件、电缆金属护层等与接闪带之间的连接是否符合要求,应符合 GB/T

21431—2008 中 5.7.1 的要求。

6.6.2 检查建筑物各层金属管道(包括金属竖井)、电梯滑道、金属槽道、金属铁架等是否按照要求进行接地处理,应按照 GB/T 21431—2008 中 5.7.2.1、5.7.2.2、5.7.2.3、5.7.2.7 的要求进行检查。

6.6.3 核查接地线横截面积,检查安全防范系统均压等电位连接方式,应符合 5.4.3 的要求;均压等电位连接方式应按照 GB/T 21431—2008 中 5.7.2.10 的要求进行检查。

6.6.4 检查铁塔各构件间连接是否牢固和规范,天馈线的接地是否满足接地要求,结果应符合 5.3.3.2 的要求。

6.6.5 应对机房均压等电位的接续点进行电气可靠性检查,并检查铁件的焊接和锈蚀情况是否满足要求,机房均压等电位的接续点电气可靠性检查应符合 GB/T 21431—2008 中 5.7.2.11 的要求。

6.6.6 应检查接地线出上点是否增设防机械损伤装置,结果应符合 GB 50057—2010 中 5.3.7 的要求。

6.7 建筑物入户线路

6.7.1 核查入户线路埋地引入长度是否符合技术要求,结果应符合 5.3.1.3、5.3.2.2 的要求。

6.7.2 核查入户线路屏蔽接地处理是否符合技术要求,结果应符合 5.3.1、5.3.2、5.3.3.2 的要求。

6.7.3 核查接地线的横截面积以及安装工艺要求是否符合技术要求,结果应符合 5.4.3 的要求。

6.7.4 核查通信信号线与其他管线间的距离是否符合技术要求,结果应符合 5.4.4 的要求。

6.7.5 核查通信信号线与电源线间的距离是否符合技术要求,结果应符合 5.4.4 的要求。

6.7.6 应对电缆屏蔽层接地点及其金属构件接地点的电气连通可靠性定期进行检测,结果应符合 GB/T 21431—2008 中 5.7.2.11 的要求。

6.8 雷电过电压防护

6.8.1 核查安全防范系统电气系统 SPD 的保护模式是否与其供电方式相匹配。

6.8.2 核查安全防范系统电气系统 SPD 的选择、配置和安装要求是否符合技术要求,结果应符合 5.4.5.1 的要求。

6.8.3 核查安全防范系统信号 SPD 的选择、配置和安装要求是否符合技术要求,结果应符合 5.4.5.2 的要求。

6.8.4 核查 SPD 接地线线径及接线长度是否符合技术要求,是否做到了引线的电气连接牢固可靠、尽量短直,结果应符合 GB/T 21431—2008 中 5.8.1.1.6 的要求。

6.8.5 利用混合波对安全防范系统可插拔 SPD 进行限制电压符合性检测。

6.9 设备抗扰度

6.9.1 首次检测应当对信息机房电磁屏蔽的设计安装是否符合其技术要求进行核查,应符合 5.4.2 的要求。

6.9.2 核查安全防范系统信息设备的安装位置是否符合 GB 50057—2010 的规定。

6.9.3 检测信息机房屏蔽材料的材质和尺寸,应按照 GB/T 21431—2008 中 5.6.2.1 的要求进行检测。

6.9.4 检查屏蔽材料的电气连接情况,结果应符合 GB/T 21431—2008 中 5.7.2.11 的要求。

6.9.5 计算建筑物利用钢筋或专门设置的屏蔽网的屏蔽效率,计算方法见 GB 50057—2010 规定。

附录 A
(资料性附录)
接地装置的分类

A.1 总则

将雷电流(高频特性)分散入地时,为使任何潜在的过电压降到最小,接地装置的形状和尺寸很重要。一般来说,宜采用较小的接地电阻(如果可能,低频测量时应小于 10 Ω)。

从防雷观点来看,接地装置最好为单一、整体结构,可适用于任意场合(例如:防雷保护、电力系统和通信系统)。

A.2 两种基本类型的接地装置

A.2.1 A 型

包括安装在受保护建筑物外,且与引下线相连的水平接地极与垂直接地极。A 型接地装置,接地极总数不应小于 2。在引下线的底部,每个接地极的最小长度为:

- 水平接地极为 l_1 ;
- 垂直接地极(或倾斜)为 $0.5 l_1$;

其中, l_1 为水平接地极的最小长度,见图 A.1。

对组合(垂直或水平)接地极应考虑总长度。

如果接地装置的接地电阻小于 10 Ω(为测量值。为避免干扰,测量频率应不为工频及工频的倍数),则可不考虑图 A.1 中的最小长度。

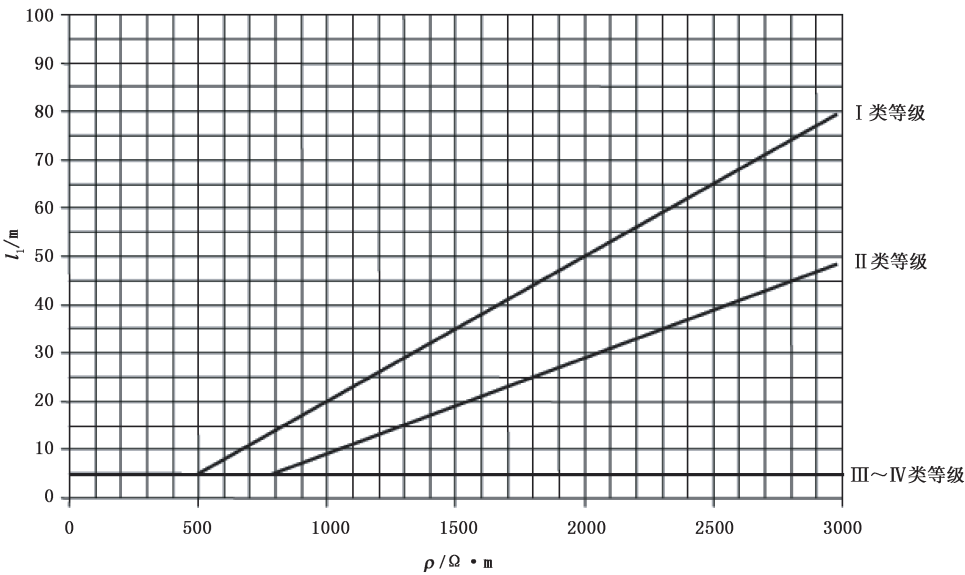


图 A.1 各类型 LPS 的接地极的最小长度 l_1

A.2.2 B 型

B 型接地装置可以是位于建筑物外面且总长度至少 80% 与土壤接触的环形导体或基础接地体。接地体可以是网状。

对环形接地体(或基础接地体),所在区域的半径 r_e 不应小于 l_1 :

$$r_e \geq l_1 \dots\dots\dots (A.1)$$

其中, l_1 按 LPS 类型(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ)分别表示在图 A.1 中。如果 l_1 大于 r_e , 则应另外附加水平接地体或垂直(或倾斜)接地体, 且每个水平接地体的长度(l_r)和垂直接地极的长度(l_v)分别由下式给出:

$$l_r = l_1 - r_e \dots\dots\dots (A.2)$$

和

$$l_v = (l_1 - r_e)/2 \dots\dots\dots (A.3)$$

附加接地体的数量不应小于引下线的数量,最少为 2 个。

附加接地体应在引下线的连接点处与环形接地体相连,并尽可能进行多点等距离连接。

