

团 体 标 准

T/SPIA 002—2020

智慧杆防雷与接地技术规范

Technical Specifications for Lightning Protection and Earthing of Smart Pole



2020 – 04 - 20 发布

2020 – 05 - 01 实施

深圳市智慧杆产业促进会 发布

目 次

前 言	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 雷电环境	3
4.1 防雷等级划分	3
4.2 应用环境	4
4.3 特殊环境	4
5 智慧杆防雷划分	4
5.1 防雷特性划分	4
5.2 供电系统划分	4
6 防雷要求	4
6.1 总则	4
6.2 一般要求	8
6.3 直击雷防护要求	8
6.4 接地设计与等电位连接要求	9
6.5 光伏发电、风力发电、市电混合供电的智慧杆防雷措施	10
6.6 雷击过电压防护	10
6.7 电涌保护器电压降和雷电抑制比要求	16
6.8 地电位反击防护	17
6.9 分组接地要求	17
6.10 智能监测要求	18
7 施工与安装要求	18
7.1 一般规定	18
7.2 接地装置施工要求	18
7.3 等电位连接要求	19
7.4 接地引入线设计	19
7.5 电涌保护器的安装	19
8 检验与验收	20
8.1 一般要求	20
8.2 防雷系统检验流程	20
8.3 文件检查	21
8.4 接地检测	21
8.5 接闪器检查	21
8.6 引下线检查	21
8.7 等电位检验	21
8.8 雷电过电压防护检验	21
8.9 地电位反击防护和分组接地检验	21
8.10 验收检测表	22
9 防雷装置的管理与维护要求	22
9.1 管理	22
9.2 防雷装置的日常维护	22
9.3 电涌保护器的维护	22
9.4 防雷装置监测管理系统的维护	22
附 录 A（资料性附录）雷电环境划分	24
附 录 B（资料性附录）雷击磁场强度的计算方法	25
附 录 C（规范性附录）部分土壤电阻率参考值	27
附 录 D（资料性附录）地网接地电阻的测量	28
附 录 E（资料性附录）验收检测表	29
参考文献	39

前 言

本规范按GB/T 1.1-2009给出的规则起草。
本规范由深圳市智慧杆产业促进会提出并归口。
请注意本标准内容可能涉及专利，本发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规范主要起草单位：

深圳远征技术有限公司

深圳联和智慧科技有限公司

深圳市科锐技术有限公司

深圳市雷霆电子科技有限公司

深圳市中鹏电子有限公司

深圳市楚邦科技有限公司

深圳新禾盛科技有限公司

深圳市海能通信股份有限公司

厦门大恒科技有限公司

深圳安邦科技有限公司

本规范主要起草人：

张庭炎 王海龙 袁明福 谭胜淋 王兴春 薛继忠

张惠贤 朱 军 陈美霞 徐春明 王鹤茹 陈辉良



请注意，本规范的某些内容可能涉及专利。本规范的发布机构不承担识别这些专利的责任。

智慧杆防雷与接地技术规范

1 范围

本标准规定了智慧杆防雷与接地的雷电环境、智慧杆防雷方式划分、智慧杆防雷要求、施工与安装要求、检验与验收、防雷装置的管理与维护要求及有关要求。

本标准适用于新建及改建智慧杆的防雷与接地的设计、施工及验收。

其它类似雷电防护系统及设施可参考使用。

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 18802.1-2011 低压电涌保护器第1部分：低压配电系统的电涌保护器性能要求和试验方法

GB/T 18802.11-2016 低压电涌保护器第11部分：低压配电系统的电涌保护器性能要求和检测方法

GB/T 18802.21-2016 低压电涌保护器第21部分：电信和信号网络的电涌保护器 --

GB/T 18802.31-2016 低压电涌保护器 特殊应用（含直流）的电涌保护器 第31部分：用于光伏系统的电涌保护器（SPD）性能要求和试验方法

GB/T 21714.1-2015 雷电保护 第1部分 总则

GB/T 21714.2-2015 雷电保护 第2部分 风险管理

GB/T 21714.3-2015 雷电保护 第3部分 建筑物的物理损坏和生命危险

GB/T 21714.4-2015 雷电保护 第4部分 建筑物内电气和电子系统

GB 50057-2010 建筑物防雷设计规范

GB/T 50065-2011 交流电气装置的接地设计规范

GB 50343-2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范

GB 50689-2011 通信局（站）防雷与接地工程设计规范

DB4403/T 30-2019 多功能智能杆系统设计与工程建设规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智慧杆防雷系统 Multi-function smart pole lightning protection system

由杆体接地装置、金属杆体、电涌保护器等防雷装置组成的系统，其目的在于保障智慧杆在雷暴下环境正常运行和降低或避免系统因雷电引起的故障率。智慧杆防雷系统对智慧杆设施及内部智慧杆进行直击雷防护、联合接地、等电位连接、电磁屏蔽、雷电分流、雷电隔离和雷电过电压保护的系列措施。

3.2

杆体接地装置 Rod earthing device

由智慧杆杆体接地装置包括智慧杆基础地基中的钢筋、杆体之间连接的水平接地体、与金属杆体连接的垂直接地体，或一根或一组与同时与智慧杆杆体和智慧杆附近土壤(大地)密切接触并提供与土壤(大地)之间的电气连接的导体。

3.3

联合接地 Common earthing

将各类设备不同的接地方式，包括设备的工作接地、保护接地、屏蔽体接地、防静电接地、信息设备逻辑地等和金属构件及电涌保护器的接地连接在一起并与杆体接地装置形成可靠连接的接地方式。

3.4

智慧杆接地引入线 Multi-function smart pole earthing connection

从智慧杆接地装置与智慧杆总接地汇集排之间相连的连接线称为接地引入线。

3.5

接地线 Earthing wire

电气设备、杆塔的接地端子与接地体或零线连接用的在正常情况下不载流的金属导体，称为接地线。

3.6

智慧杆接地系统 Multi-function smart pole earthing system

与智慧杆设备的接地所包含的所有电气连接和器件包括埋在地中的接地体、接地线、与接地体相连的电缆屏蔽层、及与接地体相连的设备外壳或裸露金属部分、杆体钢筋、构架在内的复杂系统。

3.7

接地排 Earthing bar

与接地母线相连并作为各类接地线连接端子的矩形铜排，本规范中有防雷接地排，保护接地排和工作接地排。

3.8

防雷接地排 Lightning protection earthing bar

智慧杆的电涌保护器的接地线汇集排，并与智慧杆接地装置有直接电气连接。

3.9

保护接地排 Protective earthing bar

智慧杆各设备金属外壳的保护地线汇集排。

3.10

工作接地排 Working earthing bar

为保障智慧杆设备功能可正常运行的接地线汇集排，如开关电源 0V 接地线。

3.11

隔离式雷电防护系统 Isolation lightning protection system

在智慧杆中，避免雷电入侵所采用的一种包含电源隔离、接地隔离、泄放单元和接地体的防护系统，其本质是通过隔离抑制器，降低进入设备系统的雷电冲击强度，同时通过泄放单元和接地体将雷电能量对地泄放，达到防护智慧杆的安全效果。

3.12

隔离式电源防雷装置 Isolated power supply protection device

一种由电源隔离抑制器与两级或多级泄放单元组成的组合式雷电保护装置，利用电源隔离抑制器与在其前后安装的泄放单元进行协同工作，使沿供电回路入侵的雷电脉冲绝大部分沿第一级泄放单元泄放下

地，确保进入被保护的设备雷电脉冲能量（包括雷电流和雷电压）最小化。

3.13

隔离式分组接地装置 Isolated group earthing device

一种由接地隔离抑制器与多种接地汇流排组成的组合式分组接地装置，接地装置中通过分组的保护形式（与简便易用的安装形式）在联合接地排的防雷接地与保护接地和工作接地上串入接地隔离抑制器，降低了入地雷电电涌对接地的设备地电位高压反击。

3.14

隔离抑制器 Isolation suppressor device, ISD

对雷电产生高阻抗，抑制雷电能量进入被保护设备的一种装置，隔离抑制器主要包括电源隔离抑制器和接地隔离抑制器。

3.15

电源隔离抑制器 Isolation suppressor devices for power, ISDP

一种串联在供电（交流或直流）线路中，对线路上的雷电产生高阻抗，抑制雷电能量向设备传播的一种装置。

3.16

接地隔离抑制器 Isolation suppressor devices for earthing, ISDE

一种串接在总接地排之前，分别隔离防雷接地与其他接地（包括工作接地、保护接地），抑制雷电能量向设备传播的一种装置。

3.17

最大通流残流 Maximum residual current

雷电最大冲击电流 I_{\max} 通过防护装置后，进入设备侧的电流峰值。

3.18

最大通流残压 Maximum residual pressure

雷电最大冲击电流 I_{\max} 通过防护装置时，进入设备侧的电压峰值。

3.19

反击分流比 Lightning current counterattack ratio

通过接地隔离抑制器进入设备地线中的雷电过电流与通过进入接地系统的总雷电流的百分比。

3.20

雷电抑制比 Lightning suppression ratio

通过电源隔离抑制器的输入端和输出端测得的雷电流差值与总雷电流的百分比。

3.21

防雷装置监测管理系统 Lightning protection device monitoring management system

通过软硬件实现对智慧杆防雷装置的工作状态实时监测管理功能的系统。

4 雷电环境

4.1 防雷等级划分

T/SPIA 002-2020

4.1.1 一级防雷：处于高雷区或强雷区的重要设施智慧杆，如大型广场、运动场、大型车站等人员聚集区域的智慧杆；

4.1.2 二级防雷：除了一级防雷，其余均为二级防雷。

4.2 应用环境

4.2.1 一级防雷应用环境。智慧杆处于山顶、小山上、空旷地区、河边、湖边、山谷风口出，而且设备或设施处于孤立状态，周围没有更高的物体；

4.2.2 除了一级防雷应用环境，其余均为二级防雷地区环境。

4.3 特殊环境

深圳市所处纬度较低，属亚热带海洋性气候，年平均雷暴日超过60天，属于多雷区，根据深圳市的地里、气候和城区分布等因素，智慧杆防雷等级应按下列要求进行划分：

4.3.1 位于高速公路、公园、海边以及其他空旷地区的智慧杆应归属与一级防雷应用环境。

4.3.2 位于城区道路、街大道以及周围有高大建筑物的环境的智慧杆应归属于二级防雷应用环境。

5 智慧杆防雷划分

5.1 防雷特性划分

根据防雷特性进行划分，智慧杆防雷方式可分为如下：

5.1.1 直击雷防护；

5.1.2 感应雷防护；

5.1.3 雷击引起的过电压防护；

5.1.4 地电位反击防护。

5.2 供电系统划分

根据供电系统进行划分，智慧杆防雷方式可分为如下：

5.2.1 变压器防雷；

5.2.2 配电箱（柜）防雷；

5.2.3 智慧杆电子信息系统防雷。

6 防雷要求

6.1 总则

6.1.1 设计原则

6.1.1.1 智慧杆的防雷设计应按安全可靠、技术先进、经济合理节能环保、维修方便的原则进行。智慧杆防雷设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

6.1.1.2 应根据系统运行地区雷电环境条件和智慧杆所处的防雷分区综合考虑而制定，雷电防护的设计应符合科学性、安全性和可行性的要求。

6.1.1.3 应根据智慧杆所处的雷电环境和应用环境采用传统泄放式防雷技术和隔离式防雷技术综合设计，应从外部防雷、内部防雷和过电压保护三大部分是相互配合，各行其责，缺一不可。

6.1.1.4 新建和改造的智慧杆在工程施工时间、接地电阻无法满足传统式防雷技术要求时，可采用隔离式防雷技术。

6.1.1.5 智慧杆应综合考虑地电位反击对系统设备的损坏，选择使用传统泄放式防雷技术和隔离式防雷技术进行保护设计。

6.1.2 雷电风险评估



应参考GB 50343-2012的第4章要求对智慧杆的电子信息技术设备（包括通信设备、控制设备、电子电力装置及其相关的配套设备、设施）的雷电防护等级进行划分，参考GBT 21714.1-2015、GBT 21714.2-2015、GBT 21714.3-2015、GBT 21714.4-2015对智慧杆进行雷电风险评估，并以现场调查资料、地理环境、年雷暴日分布及智慧杆的雷电防护等级为依据。

智慧杆的电子信息技术设备的雷电防护等级划分应符合GB 50343-2012中第4章的要求。

6.1.3 设计要求

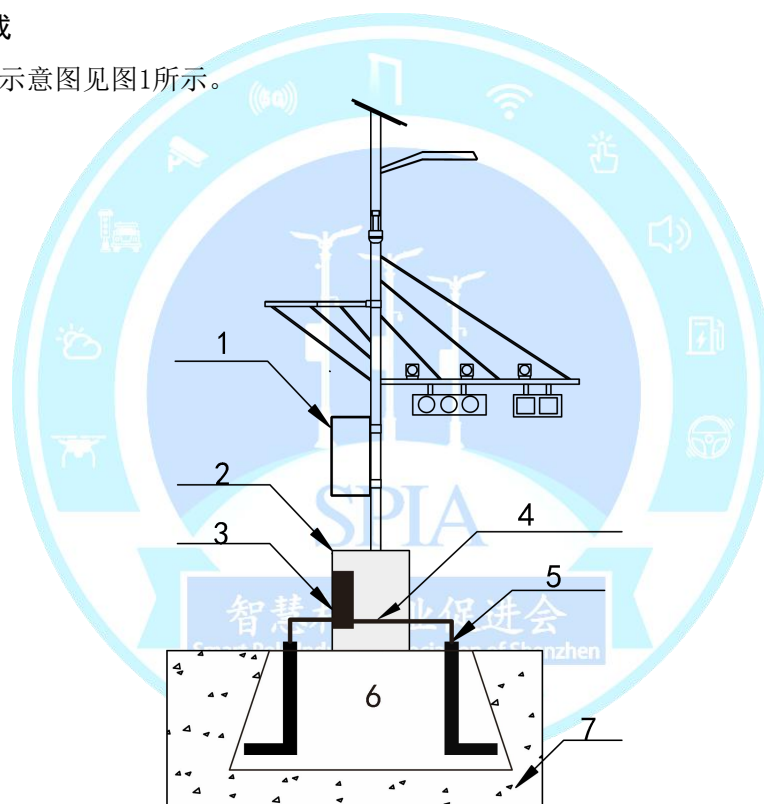
6.1.3.1 应建立在联合接地、均压等电位基础上，并应根据设备耐受雷电流等级以及电磁兼容等情况，合理布置智慧杆内部的各种地线。

6.1.3.2 应根据设备所处附录A所述防雷分区位置合理设置电涌保护器和隔离抑制器，其保护残压应小于该防雷区内被保护设备的耐压水平。

6.1.3.3 根据限压型电涌保护器、开关型电涌保护器不同的工作机理与被保护设备的特点，合理配置限压型电涌保护器和开关型电涌保护器。电涌保护器的启动电压、标称放电电流、冲击通流容量、限制电压、残压等参数应根据智慧杆供电电源不稳定因素等工程具体情况进行选择。

6.1.4 防雷系统组成

智慧杆防雷系统示意图见图1所示。



- (1) 智慧杆；(2) 设备仓；(3) 防雷与接地装置；(4) 接地引入线或预留接地排；
(5) 地脚螺栓；(6) 基础地基；(7) 土壤

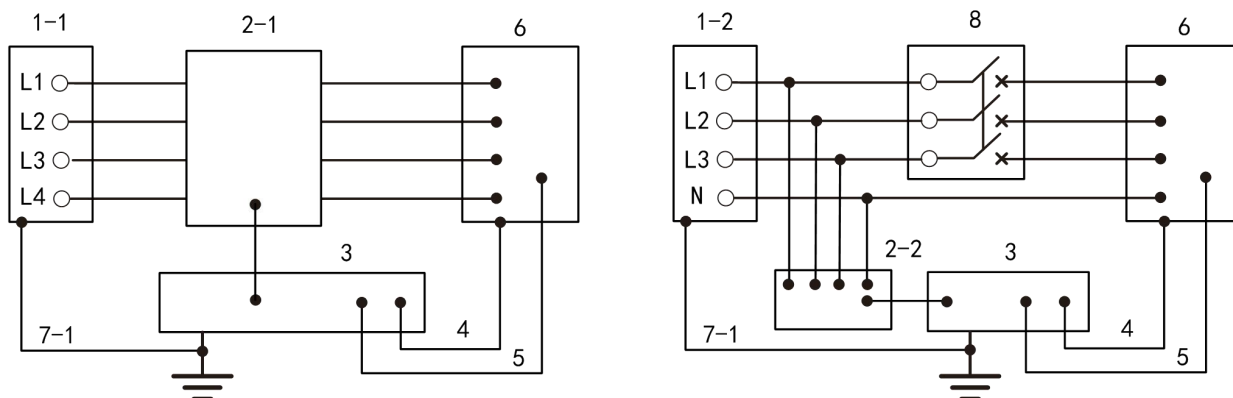
图1 智慧杆防雷系统组成示意

智慧杆的防雷与接地应满足以下要求：

6.1.4.1 智慧杆的防雷设计应根据本规范对智慧杆的风险评估和防雷等级要求进行相应的防雷设计，应符合GB50343-2012、GB50057-2010和GB50689-2011的相关规定，防雷与接地装置宜具备易施工、易管理、易维护功能，可具备智能监测功能；防雷与接地示意图参考图2；

6.1.4.2 金属杆体作为接闪器的引下线时，应有地电位反击防护设计。接地引入线原则上不应从接闪器、防雷引下线直接引入，可增加分组接地隔离装置后可从防雷引下线处做接地引入线；

6.1.4.3 对使用性质重要的智慧杆或接地装置的工频接地电阻无法满足小于 10Ω 的智慧杆，可采用隔离式雷电防护系统，应符合 T/CAICI 4 2018、T/CAICI 5 2018、T/CAICI 6 2018 的要求，防雷示意图参考图 3。



(1-1) 信号电缆；(1-2) 电源电缆；(2-1) 信号SPD；(2-2) 电源SPD；(3) 联合接地排；
(4) 设备保护接地线；(5) 设备工作接地线；(6) 设备；(7) 基础地基预留接地排；
(7-1) 铠装线缆金属外壳、光缆加强芯在杆体底端接地；(8) 过载保护。

图 2 智慧杆防雷与接地系统示意

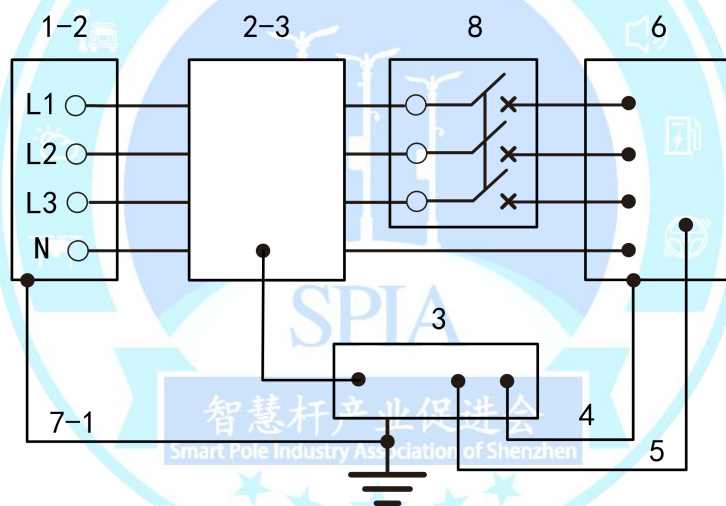


图 3 智慧杆隔离式防雷示意

(1-2) 电源线；(2-3) 隔离式电源防雷装置；(3) 隔离式分组接地装置（联合接地排）；(4) 设备保护接地线；(5) 设备工作接地线；(6) 设备；(7) 基础地基预留接地排；(7-1) 铠装线缆金属外壳、光缆加强芯在杆体底端接地；(8) 过载保护。

注 2：(2-1) 信号 SPD 应符合 GB/T 18802.21-2016 的规定；(2-2) 电源 SPD 应符合 GB 18802.1-2011、GB/T 18802.31-2016 的规定。

6.1.5 接闪装置要求

接闪器应充分考虑雷电流通流能力和机械强度，材质及规格要求应符合GB50057-2010的5.2节要求，智慧杆接闪器宜与杆体整体设计，宜采用不锈钢圆钢或钢管材质。独立架设的接闪装置，应具有一定的抗风强度，防风稳定性不低于35m/s，抗风强度不低于45m/s。

6.1.6 引下线要求

智慧杆的引下线应符合GB 50057-2010 5.3的要求，宜使用隔离式分组接地装置并将金属杆体作为接闪器引下线。

6.1.7 接地装置要求

智慧杆的接地装置宜使用杆体地基、埋地金属固定架等自然接地体，智慧杆地基应预留接地排。

6.1.8 屏蔽与布线

为减小雷电电磁脉冲在智慧杆产生感应过电压，应在智慧杆设备所处的环境设计屏蔽措施，如线缆屏蔽与线缆的合理布线等措施综合使用，具体要求如下：

6.1.8.1 智慧杆的重要电子设备应放置附录A描述的LPZ1区及后续防雷分区内。

6.1.8.2 从户外进入杆体内的屏蔽线缆、铠装电缆用埋地或穿金属管道进入杆体内，线缆埋地长度应按公式6.1.8计算，但不应小于15m。

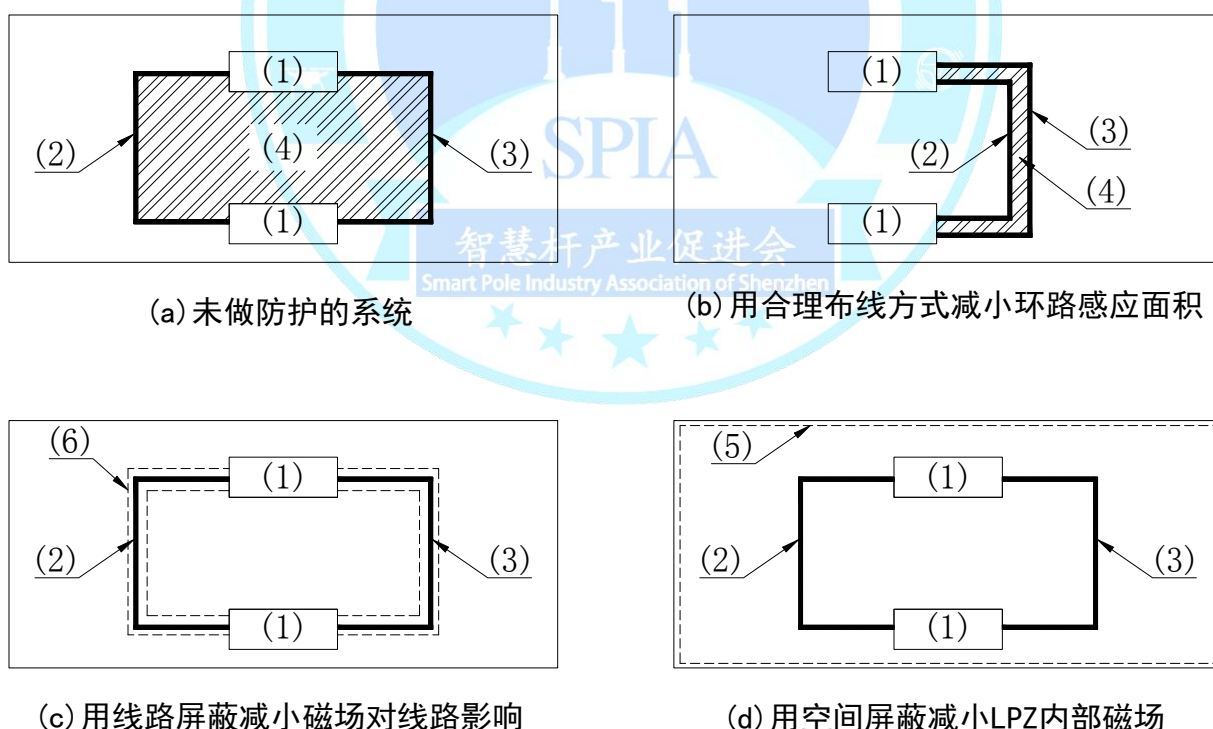
$$l \geq 2\sqrt{\rho} \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots (6.1.8)$$

式中：l——埋地线缆长度（m）

ρ ——埋地线缆处的土壤电阻率（ $\Omega \cdot \text{m}$ ）土壤电阻率值可参考本规范附录C。

6.1.8.3 智慧杆从LPZ0A或LPZ0B区进杆体的屏蔽线缆、光缆加强芯、金属管道、槽应与金属杆体或等电位端子排可靠连接。

6.1.8.4 布置智慧杆杆体内线缆走线时，应尽量减小线缆自身形成的电磁感应环路面积，采用屏蔽线缆或穿金属管，或采取两种不同措施减小线路中的感应电涌，见图4和图5。



(1) 系统设备；(2) 供电线路；(3) 信号线路；(4) 感应环路面积；
(5) 空间屏蔽；(6) 屏蔽线缆

图4 合理布线和线路屏蔽减少感应效应

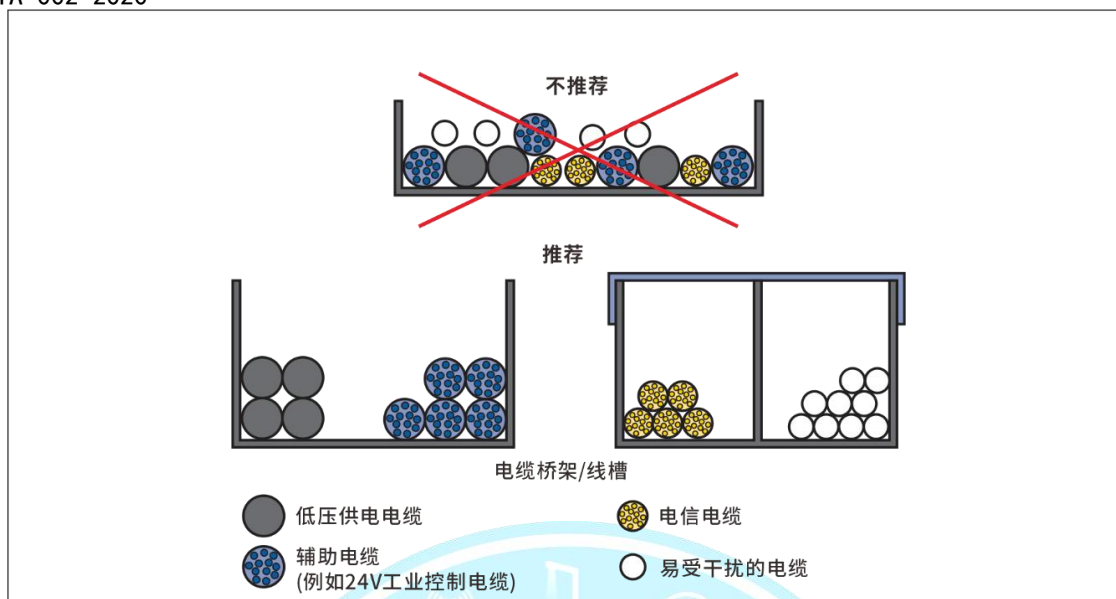


图5 电缆布线系统中的电缆隔离

6.2 一般要求

智慧杆和设备防雷要求如下：

- 6.2.1 智慧杆内部设备金属结构件必须采取等电位连接和接地保护措施。
- 6.2.2 智慧杆应根据被保护的设备数量、类型、重要性、耐冲击电压额定值所要求的电磁场环境等情况选择下列雷电电磁脉冲的防护措施：
 - 6.2.2.1 等电位连接和接地；
 - 6.2.2.2 地电位反击保护；
 - 6.2.2.3 磁场屏蔽；
 - 6.2.2.4 合理布线；
 - 6.2.2.5 能量配合的电涌保护器防护。
- 6.2.3 新建智慧杆防雷设计应收集下列材料：
 - 6.2.3.1 设施所处的地区的地形、地物状况、气象条件和地址条件；
 - 6.2.3.2 按照本标准 4.1、4.2 和 4.3 对设施所属的防雷等级和应用环境进行划分；
 - 6.2.3.3 需要防雷保护设备的类型、功能和性能参数；
 - 6.2.3.4 供电线路、信号线路进入杆体内的方式；
 - 6.2.3.5 供、配电情况和配电系统接地方式。
- 6.2.4 改建的智慧杆防雷设计应收集下列材料：
 - 6.2.4.1 现有直击雷的接闪装置运行情况；
 - 6.2.4.2 现有智慧杆杆体材质和专设引下线运行情况；
 - 6.2.4.3 智慧杆设备安装情况及耐受冲击电压水平；
 - 6.2.4.4 接地系统运行情况，共用接地装置现状，接地极材质以及接地电阻值；
 - 6.2.4.5 智慧杆已安装防雷装置运行情况；
 - 6.2.4.6 地下管道、隐蔽工程分布情况
 - 6.2.4.7 曾经遭受雷击灾害的记录等资料。
- 6.2.5 智慧杆的防雷与接地工程设计应采用有理论依据、经实践证明行之有效、并经主管部门鉴定为合格产品。

6.3 直击雷防护要求

智慧杆的直击雷保护范围计算方法按照滚球法方式进行计算，计算方法参考GB 50057-2010附录D。

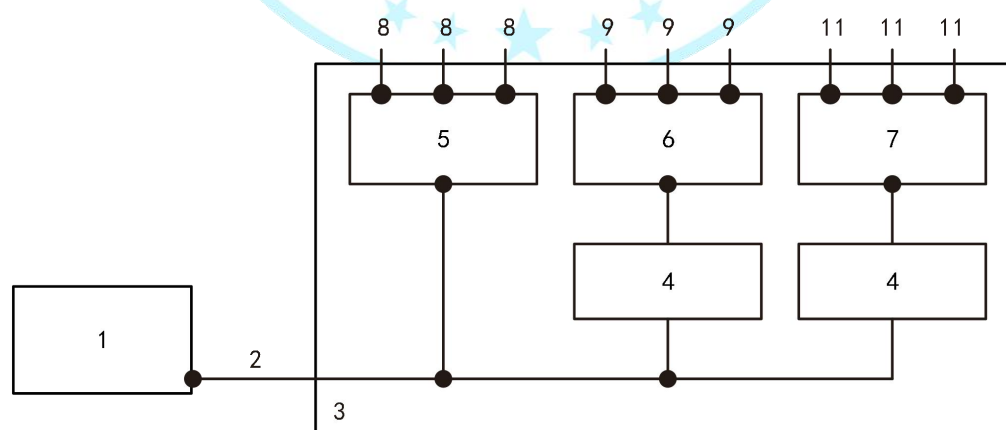
- 6.3.1 高度超过 15 米的杆体应做防直击雷保护措施；

- 6.3.2 智慧杆挂载的设备应处于接闪器直击雷保护范围之内；
- 6.3.3 当金属杆体外壳材质规格符合 GB 50057-2010 的 5.2 节要求时，可以采用金属杆体为接闪装置使用。直击雷的保护方案，应采用经济、可靠的常规接闪器，不宜使用非常规接闪器等产品；
- 6.3.4 在杆体、设备外壳、供配电箱外壳是金属材质的情况下，可利用杆体、设备外壳、配电箱等组成屏蔽系统；
- 6.3.5 高度超过 15m 的智慧杆并将采金属杆体作为接闪器时，杆体与人行道边沿之间距离不宜小于 3m。
- 6.3.6 位于人行道、公共活动区域或主要出入口且将金属杆体作为引下线、无直击雷保护措施的智慧杆，应采取下列防护措施：
- 6.3.6.1 为防止接触电压、旁侧闪络电压对人员的伤害，应设置护栏或警示牌等保护措施，护栏距离水平距离不应小于 3m；或其距地面 2.7m 以下的导体用耐 $1.2/50 \mu s$ 冲击电压 100kV 的绝缘层隔离或用至少 3mm 厚的交联聚乙烯层隔离。
- 6.3.6.2 为防止跨步电压对人员的伤害，在智慧杆 3m 范围内应铺设使地面电阻率不小于 $50k\Omega \cdot m$ 的 5cm 厚的沥青层或 15cm 厚的砾石层，智慧杆的水平接地体应敷设成水平网格。
- 6.3.6.3 智慧杆不宜具备充电桩功能。

6.4 接地设计与等电位连接要求

智慧杆接地色剂与等电位连接应符合下列要求：

- 6.4.1 金属杆体及构件、设备金属外壳、配电及控制箱等所有裸露金属部件外露可导电部分均应进行保护接地，并与接地端子之间具有可靠的电气连接。
- 6.4.2 智慧杆的防雷接地应建立在联合接地、均压等电位、分区保护的基础上，并应根据电磁兼容原理，按 GB50343-2012 附录 A 防雷区划分原则，对电涌保护器的安装位置进行合理规划。
- 6.4.3 智慧杆接地系统宜在联合接地的基础上采用分组接地方式，工作接地、安全保护接地和防雷接地之间宜采取相应的隔离措施，避免各功能接地的相互干扰和地电位反击对电子设备造成损坏，增加在各功能接地之间的隔离措施不应影响接地的正常工作。分组接地装置应用示意图 6 所示。
- 6.4.4 光缆金属加强芯和金属护层应在进入杆体底端与金属杆体做可靠等电位连接，或接到分组接地装置的防雷接地排上。严禁将光缆金属加强芯和金属护层直接与设备工作接地排或保护接地排连接。
- 6.4.5 单根智慧杆接地装置的工频接地电阻不宜大于 10Ω 。当具有道路照明功能的多根智慧杆的 PE 线组成联合接地系统时，其工频接地电阻值不应大于 4Ω 。当防雷接地与交流工作接地、直流工作接地、安全保护接地共用一组接地装置时，接地装置的接地电阻值必须按接入设备中要求的最小值确定。工频接地电阻值的测量可参考规范的附录 D。
- 6.4.6 智慧杆地基宜预留接地排，预留接地排截面积应符合 GB50057-2010 表 5.1.2 的规定。



- (1) 金属杆体、建（筑）物附近的金属管网、金属台架、建筑钢筋；(2) 接地引入线；
- (3) 隔离式分组接地装置；(4) 接地隔离抑制器；(5) SPD接地汇集排；
- (6) 设备保护接地汇集排；(7) 设备工作接地汇集排；(8) SPD接地线；
- (9) 设备保护接地线；(10) 设备工作接地线

图 6 智慧杆地引入线分组接地示意

6.5 光伏发电、风力发电、市电混合供电的智慧杆防雷措施

光伏发电、风力发电机组、市电混合供电的智慧杆防雷措施如下：

6.5.1 装有光伏发电太阳能电池板的智慧杆，太阳能电池板的金属支架应与金属杆体可靠连接，连接处不应少于两处，宜为两端连接；

6.5.2 光伏太阳能发电系统的线缆应使用光伏系统专业的 PV 型电缆，带有屏蔽层的电缆在进入杆体内前应与杆体底部的等电位连接端子板可靠连接，连接处采取防腐措施，并在进入储能蓄电池、充放电控制器前入口处加装电涌保护器；

6.5.3 风力发电机组的交流引下线应从金属竖杆里面引下，并在进入杆体或控制、储能系统前入口处加装电涌保护器，防止感应雷入侵智慧杆对设备造成损坏。

6.6 雷击过电压防护

6.6.1 供配电系统雷电过电压防护

供电线路是雷电过电压入侵主要途径之一，做好供电线路的雷电过电压防护至关重要。供配电系统电涌保护设计应根据系统布线特点采用逐级防护的措施，具体要求如下：

6.6.1.1 LPZ0A 或 LPZ0B 区进入 LPZ1 区的供电线路不宜采用架空线路，宜采用埋地进入，并安装相应的电涌保护器，其通流容量不应低于表 2 要求，电涌保护器安装示意图见图 7。

6.6.1.2 供电系统宜采用 TT 或 TN-S 系统，对重要的电子设施设备应设置备用电源，备用电源应做好相应的防雷设计。

6.6.1.3 当智慧杆供电方式采用光伏发电或风力发电时，在汇流箱或逆变器处应安装通流容量不低于 40kA 的电涌保护器。

6.6.1.4 电力供电系统在 10kV/400V 的变压器处应做防止地电位反击措施，变压器与配电系统距离小于 50m 时，低压 400V 配电系统应安装 L-N-PE (3+1) 保护模式的电涌保护器，不宜安装 L-PE，N-PE (4+0) 保护模式的电涌保护器。

6.6.1.5 智慧杆处于本标准 4.1 和 4.3 所述的一级防雷应用环境，应做好雷击引起的地电位反击防护措施，电涌保护器的防雷地线应与系统的工作地、保护地做有效隔离。

6.6.1.6 交流电源电涌保护器最大持续运行电压应不低于系统工作电压的 1.45 倍，直流电涌保护器最大持续运行电压值应不低于系统工作电压的 1.2 倍。

6.6.1.7 交流电涌保护器应具备 L-N-PE 的保护模式，直流电涌保护器必须具备 V+~V- 的保护模式。电涌保护器通流容量与电压保护水平应符合表 1、表 2、表 3、表 4、表 5 要求。

6.6.1.8 电涌保护器应具有劣化指示、损坏告警、热容保护、过流保护等功能，并可根据实际需要选择雷电计数、遥信功能。

6.6.1.9 安装于杆体外部内的电涌保护器外壳防护等级不低于 IP65，安装与杆体内部的电涌保护器应不低于客户要求值。

6.6.1.10 应用于海边等潮湿环境电涌保护器，宜做三防设计。

6.6.1.11 在一级防雷等级和一级防雷应用环境的智慧杆，应具备雷电监测系统，对电涌保护器以及各类防雷装置工作状态进行实时监测。

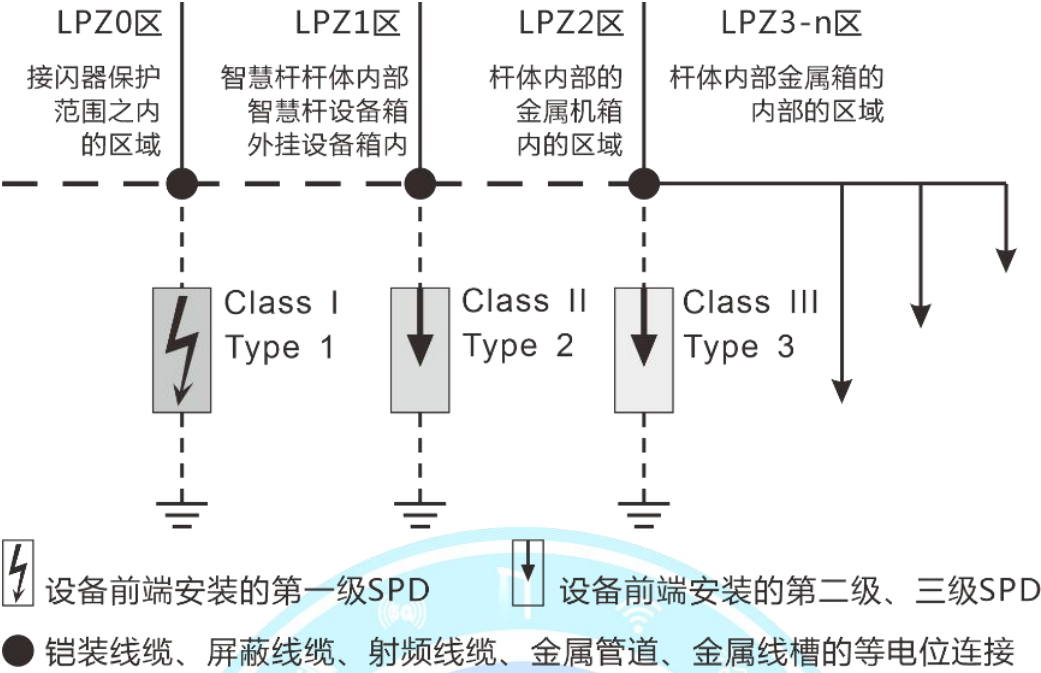


图 7 智慧杆电涌保护器安装示意图

表 1 电源开关型电涌保护器电压保护水平（Up）

直流击穿电压	冲击电压 1.2/50 μs（6kV）Up	直流击穿电压	冲击电压 1.2/50 μs（6kV）Up
90V	1000V	600V	1500
230V	1000V	800V	2500

表 2 电源电涌保护通流容量要求

防雷等级应用环境	供电系统	电涌保护器安装位置	标称放电电流 In（8/20 μs）	最大放电电流 I _{max} （8/20 μs）	冲击放电电流 I _{ipm} （10/350 μs）	保护模式
一级防雷等级和一级应用环境同时具备情况	交流	LPZ0A/B-LPZ1	≥60kA	≥120kA	≥12.5kA	L-N, N-PE; L-PE, N-PE
		LPZ1-LPZ2	≥20kA	≥40kA	/	L-N, N-PE; L-PE, N-PE
		LPZ2-LPZN	≥3kA	≥5kA	/	L-N, N-PE; L-PE, N-PE
	直流	LPZ0A/B-LPZ1	≥20kA	≥40kA	≥5kA	V+~V-; V+/V-~PE
		LPZ1-LPZn	≥5kA	≥10kA	/	V+~V-; V+/V-~PE
其他防雷等级和应用环境	交流	LPZ0A/B-LPZ1	≥20kA	≥40kA	/	L-N, N-PE; L-PE, N-PE
		LPZ1-LPZ2	≥5kA	≥10kA	/	L-N, N-PE; L-PE, N-PE
		LPZ2-LPZN	≥3kA	≥5kA	/	L-N, N-PE; L-PE, N-PE
	直流	LPZ0A/B-LPZ1	≥10kA	≥20kA	≥5kA	V+~V-; V+/V-~PE
		LPZ1-LPZn	≥3kA	≥5kA	/	V+~V-; V+/V-~PE

表 3 源用一端口限压型电涌保护器电压保护水平 (U_p)

最大持续运行电压 U_c (V)	交流电涌保护器电压保护水平 U_p (V)						直流电涌保护器电压保护水平 U_p (V)		
	$I_n=5kA$	$I_n=10kA$	$I_n=20kA$	$I_n=40kA$	$I_n=50kA$	$I_n=60kA$	$I_n=5kA$	$I_n=10kA$	$I_n=20kA$
35	180	270	\	\	\	\	180	270	\
45	250	360	\	\	\	\	250	360	\
60	320	400	550	\	\	\	320	400	550
75	400	500	600	\	\	\	400	500	600
95	420	550	650	\	\	\	420	550	650
150	550	600	700	1000	\	\	550	600	700
275	900	1100	1200	1500	1800	2000	900	1100	1200
320	1200	1300	1600	1800	2000	2200	\	\	\
385	1400	1600	1800	2100	2300	2500	\	\	\
420	1600	1800	2100	2300	2500	2700	\	\	\

表 4 电源用两端口限压型电涌保护器电压保护水平 (U_p)

最大持续运行电压 U_c (V)	交流电涌保护器电压保护水平 U_p (V)						直流电涌保护器电压保护水平 U_p (V)		
	$I_n=5kA$	$I_n=10kA$	$I_n=20kA$	$I_n=40kA$	$I_n=50kA$	$I_n=60kA$	$I_n=5kA$	$I_n=10kA$	$I_n=20kA$
35	80	120	\	\	\	\	80	120	\
45	120	150	\	\	\	\	120	150	\
60	150	160	180	\	\	\	150	160	180
75	160	180	200	\	\	\	160	180	200
95	220	250	300	\	\	\	220	250	300
150	450	500	600	600	\	\	450	500	600
275	800	1000	1200	1200	1200	1200	900	1100	1200
320	1000	1200	1400	1400	1400	1400	\	\	\
385	1200	1400	1500	1500	1500	1500	\	\	\
420	1600	1800	1800	1800	1800	1800	\	\	\

表 5 隔离式电涌保护器电压保护水平 (Up)

最大持续运行电压 U_c (V)	交流电涌保护器电压保护水平 U_p (V)						直流电涌保护器电压保护水平 U_p (V)		
	$I_n=5kA$	$I_n=10kA$	$I_n=20kA$	$I_n=40kA$	$I_n=50kA$	$I_n=60kA$	$I_n=5kA$	$I_n=10kA$	$I_n=20kA$
14	50	80	\	\	\	\	50	80	\
35	80	120	\	\	\	\	80	120	\
45	120	150	\	\	\	\	120	150	\
60	150	160	180	\	\	\	150	160	180
75	160	180	200	\	\	\	160	180	200
95	220	250	300	\	\	\	220	250	300
150	450	500	600	600	\	\	450	500	600
275	700	800	900	900	1000	1100	800	900	900
320	1000	1000	1000	1100	1100	1200	\	\	\
385	1200	1200	1200	1200	1300	1400	\	\	\
420	1400	1400	1400	1500	1500	1600	\	\	\

6.6.2 天馈、信号系统雷电过电压防护

天馈、信号系统是指智慧杆的控制系统、有线和无线通信系统，其过电压防护所用电涌保护器主要由信号电涌保护器和天馈电涌保护器组成。

信号电涌保护器应根据被保护信号设备的接口、信号性质、传输电平等技术参数匹配，在安装信号电涌保护器后，应不影响正常信号的传输，电涌保护器最大持续运行电压、标称导通电压、额定电流、串联电阻、绝缘电阻、限制电压应符合表6要求值。

6.6.2.1 信号系统电涌保护器保护模式要求

6.6.2.1.1 平衡传输信号电涌保护器必须具备 L-L, L-PE 的保护模式；非平衡传输信号电涌保护器必须具备 L-GND 的保护模式，同轴信号电涌保护器必须具备芯-壳的保护模式。

6.6.2.1.2 网络信号电涌保护器必须具备 L-L、L-PE 的保护模式。

6.6.2.2 电涌保护器多级设计要求

6.6.2.2.1 在采用多级保护设计时，各级电涌保护器之间应保持必要的退耦距离或增设退耦器件，以确保各级电涌保护器协调工作。

6.6.2.2.2 各类信号型电涌保护器，为确保其保护效果，电涌保护器宜为两端口串联方式。

6.6.2.2.3 最大持续运行电压 U_c

最大持续运行电压 U_c 由制造厂商在说明书、铭牌上标注，在此电压和上升20%后返回此电压的时候，对地漏电流不应大于1mA。

6.6.2.3 对地阻抗要求

平衡传输电涌保护器输入输出对地阻抗应 $\geq 1k\Omega$ ，非平衡传输电涌保护器不规定具体要求。

6.6.2.4 冲击耐受能力

电涌保护器能承受标称电流耐受能力试验，试验样品不应超过表10、表11规定。

6.6.2.5 传输性能

电涌保护器的传输性能应符合系统的需求，不影响正常信息的传输，传输特性要求应符合表11规定。

6.6.2.6 外壳防护等级

安装与智慧杆杆体外部的安装的电涌保护器外壳防护等级应不低于IP65，安装与杆体内部电涌保护器应不低于客户要求值。

表 6 最大持续运行电压、标称导通电压、额定电流、串联电阻、绝缘电阻、限制电压

最大持续运行电压 V	导通电压 1mA V	额定电流 mA	串联电阻 Ω	绝缘电阻 M Ω	限制电压							
					10/700 μ s V		8/20 μ s V		1.2/50 μ s , 8/20 μ s 组合波 (V)		10/350 μ s V	
					线间	线地间	线间	线地间	线间	线地间	线间	线地间
5	≥ 6	500	(1~10) $\pm 5\%$	≥ 0.4	≤ 40		≤ 80		≤ 100		≤ 100	
12	≥ 15				≤ 50		≤ 90		≤ 120		≤ 120	
24	≥ 29				≤ 60		≤ 100		≤ 150		≤ 150	
48	≥ 58				≤ 90	≤ 500	≤ 190	≤ 500	≤ 190	≤ 700	≤ 190	≤ 500
95	≥ 117	260~500		≥ 2								
110	≥ 132	80~500			≤ 350		≤ 350		≤ 350		≤ 350	
180	≥ 200	200										

表 7 电涌保护器传输特性选择

传输特性		插入损耗	驻波比	近端串扰	误码率	数据脉冲变化
信号形式	正弦信号	适用	适用	适用	不适用	不适用
	数据脉冲信号	不适用	不适用	适用	适用	适用

表 8 传输特性

保护器类别	传输速率	电容		插入损耗	驻波比 a	纵向平衡 b	近端串扰 c
		线间	线地				
低速	≤2Mbps	≤1nF	≤2nF	≤0.5dB	≤1.2	≥40dB	≥60dB
中速	≤10Mbps	≤250pF	≤500pF				≥50dB
高速	≤100Mbps	≤50pF	≤50pF				≥40dB
特高速	>250Mbps						≥35dB

a 非同轴结构 电涌保护器 无要求；b 非平衡传输 电涌保护器 无要求；c 单回路 电涌保护器 无要求。

表 9 天馈电涌保护器要求

保护器接口类别	工作电压	最大电流	功率	插入损耗	驻波比a	特性阻抗	工作频率
N	0-48V	0-4A	0-300W	≤0.5dB	≤1.2	50 Ω , 75 Ω	0-5.8GHz
BNC	0-48V	0-4A	0-100W			50 Ω , 75 Ω	0-2.5GHz
TNC	0-48V	0-4A	0-100W			50 Ω , 75 Ω	0-2.5GHz
SL16	0-48V	0-4A	0-100W			75 Ω	0-2.5GHz
DIN（7/16）	0-75V	0-10A	0-500W			50 Ω	0-3GHz
a 其他接口的 电涌保护器 根据项目要求；							

表 10 信号电涌保护器冲击耐受能力要求

电涌保护器类型	接口类型	保护引脚	冲击耐受能力 (1.2/50 μs , 8/20 μs 组合波)		
			线-线	线-地	线-GND
1000M网络信号	RJ45	1, 2; 3, 6; 4, 5; 7, 8	$\geq 1\text{kV}$; 0.5kA	$\geq 5\text{kV}$; 2.5kA	/
1000M网络信号	RJ45	1, 2; 3, 6;	$\geq 1\text{kV}$; 0.5kA	$\geq 5\text{kV}$; 2.5kA	/
1000M网络信号 (POE)	RJ45	1, 2; 3, 6; 4, 5; 7, 8	$\geq 5\text{kV}$; 2.5kA	$\geq 5\text{kV}$; 2.5kA	/
100M网络信号 (POE)	RJ45	1, 2; 3, 6; 4, 5; 7, 8	$\geq 5\text{kV}$; 2.5kA	$\geq 5\text{kV}$; 2.5kA	/
RS485/RS422信号	DB9或压线端子	A, B, GND	$\geq 10\text{kV}$; 5kA	$\geq 10\text{kV}$; 5kA	$\geq 10\text{kV}$; 5kA
RS232信号	DB9或压线端子	L1, L2, GND	$\geq 10\text{kV}$; 5kA	$\geq 10\text{kV}$; 5kA	$\geq 10\text{kV}$; 5kA
同轴视频信号	BNC	芯-壳-地	$\geq 10\text{kV}$; 5kA	$\geq 10\text{kV}$; 5kA	$\geq 10\text{kV}$; 5kA
电话/传真信号	RJ11/压线端子	L1, L2	$\geq 10\text{kV}$; 5kA	$\geq 10\text{kV}$; 5kA	$\geq 10\text{kV}$; 5kA
其他控制信号	压线端子	L1, L2, …… , Ln; GND	$\geq 10\text{kV}$; 5kA	$\geq 10\text{kV}$; 5kA	$\geq 10\text{kV}$; 5kA
a 其他接口的 电涌保护器 根据项目要求;					

表 11 天馈电涌保护器冲击耐受能力要求

保护器接口类别	保护模式	冲击耐受能力（1.2/50 μ s，8/20 μ s组合波）	冲击耐受能力（10/350 μ s
N	芯-壳	≥20kV；10kA	≥2kA
BNC		≥20kV；10kA	≥2kA
TNC		≥20kV；10kA	≥2kA
SL16		≥20kV；10kA	≥2kA
DIN（7/16）		≥40kV；20kA	≥2kA
SMA		≥20kV；10kA	≥2kA
其他接口的 电涌保护器 根据项目要求；			

6.6.3 电涌保护器环境适应性要求

电源电涌保护器、信号电涌保护器、天馈电涌保护器的环境温度应符合表12规定。

表 12 涌保护器工作温度和贮存温度要求

项目	工作温度（℃）	贮存温度（℃）
智慧杆杆体内	-20～+55	-25～+70
智慧杆杆体外	-40～+70	

6.7 电涌保护器电压降和雷电抑制比要求

两端口电源电涌保护器需满足下列要求：

6.7.1 交流串联两端口型电涌保护器的电压降不应高于 2%，直流两端口型电涌保护器的电压降不应高于 0.5%；

6.7.2 雷电抑制比≥95%；

6.7.3 电压降试验

将额定纯阻性负载接至装置的负载侧，在装置的输入端施加 U_n ，使得负载中流过的电流为额定负载电流 I_R 。在接通负载的同时，测量装置的输入端电压 U_{IN} 和输出端电压 U_{OUT} 。电压降试验见图8。

由下式确定：

电压降（用百分比表示）

$$\Delta U = (U_{IN} - U_{OUT}) / U_{IN} \times 100\%$$

试验结果应满足： ΔU 应不大于1%的要求。

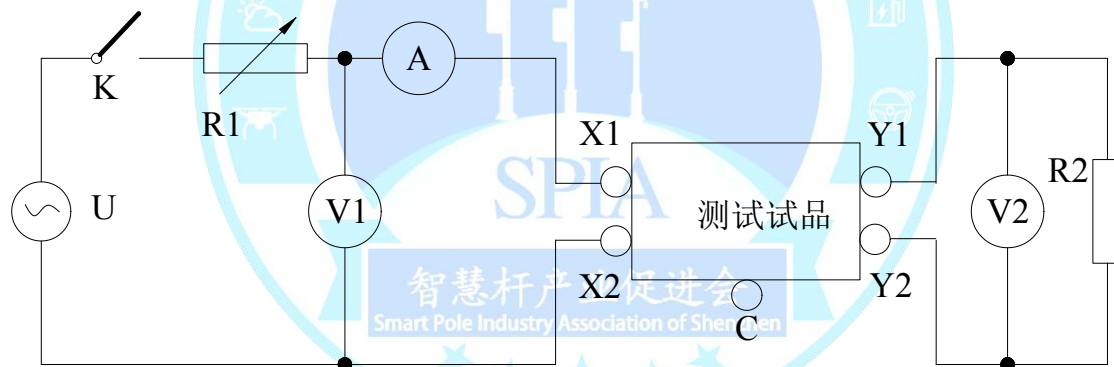


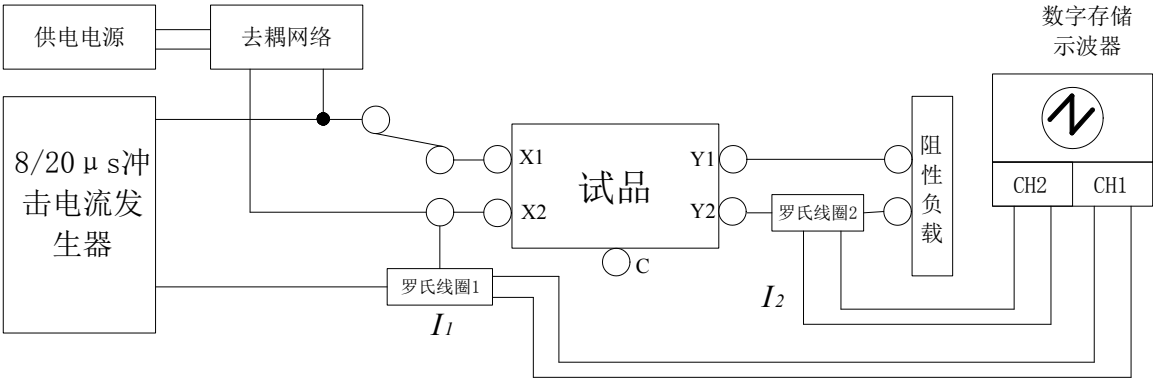
图 8 电压降试验原理

6.7.4 雷电抑制比试验

在带去耦网络的单相或三相供电电源系统，供电电源在 U_n 下的标称输出电流应不小于5A。

依次分别对试品的L-N端口进行试验，将被测试品接入电源线路和负载之间，L-N间施加标称工作电压 U_n ，阻性负载电阻值根据试验电压值和输入电流为5A进行计算取值。

试验过程中，试品应无炸裂、脱扣、冒烟、起火现象。试验完成后，记录各个探头流过的电流数据，并计算雷电抑制比，试品的雷电抑制比要求应不小于95%。雷电抑制比试验原理见图9。



X1, X2 — 试品的输入端接线端子； Y1, Y2 — 试品输出端接线端子； C — 试品的接地端子（公共端）。

图9 雷电抑制比试验原理

6.8 地电位反击防护

智慧杆应做地电位反击防护设计，要求如下：

- 6.8.1 工频接地电阻超过 10 Ω、土壤电阻率较高或处于一级防雷应用环地区的智慧杆应采用隔离式防雷技术进行地电位反击防护设计；
- 6.8.2 采用隔离式防雷技术，防雷地与保护接地、工作接地地之间增加接地隔离抑制器，防止地电位反击危害，分组接地原理可参考图 6 所示；
- 6.8.3 智慧杆所有地线按功能分别接到对应接地排，一级电源电涌保护器的应与防雷接地排连接。

6.9 分组接地要求

分组接地应符合下列要求：

- 6.9.1 联合接地回路中设置的“隔离式分组接地装置”将工作接地、保护接地、防雷接地进行隔离分组，使联合接地的各个系统相互独立、互不影响，实现工作地、保护地电位不受雷电流的影响，即降低了对地网对接地电阻值的要求。
- 6.9.2 “隔离式分组接地装置”的反击分流比不应大于 5%；
- 6.9.3 “隔离式分组接地装置”应具备接地线汇接功能，根据用户或实际需求将防雷接地排、保护接地排和工作接地排采用外置方式。
- 6.9.4 “隔离式分组接地装置”的反击分流比，电路图见图 10。

电涌保护器1、电涌保护器2为最大通流量（8/20μs）的不低于测试回路的冲击容量，且两组电涌保护器的压敏电压误差小于5V，其中一个电涌保护器1的输出端线缆穿过雷电流罗氏线圈1回到电流发生器的负极，另外一个电涌保护器2串入接地隔离抑制器后线缆穿过雷电流罗氏线圈2再回到电流发生器负极。

在冲击放电电流 I_n 和 I_{max} 下，同时测量、记录各个探头流过的电流数据，并计算分流比。试品的反击分流比应小于5%。

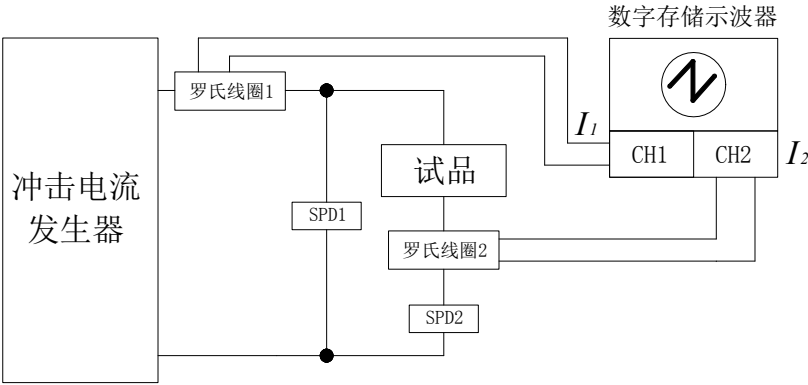


图 10 反击分流比试验接线

6.9.5 “隔离式分组接地装置”的接地隔离抑制器应符合下列要求：

6.9.5.1 绝缘阻抗要求 $>100\text{M}\Omega$ ；

6.9.5.2 导体与外壳介电强度：要求在 3500V ，漏电流 $<3\text{mA}$ 时， 1min 不产生绝缘击穿；

6.9.5.3 隔离抑制器导线截面积应根据可能通过的最大负荷电流确定或符合 GB 50065-2011 的要求。

6.10 智能监测要求

智慧杆在未来智慧城市中有重要地位，智慧杆在全年全天候安全运行至关重要，应保证雷电防护系统正常运行，避免在雷电活动发起前因防雷装置失效对系统造成的损坏，宜对智慧杆已经投入运行的防雷系统实施监测，在系统工作异常时提醒管理人员及时处理，智能监测系统应具备下列功能：

6.10.1 电涌保护器漏电流和持续高温的监控报警功能。

6.10.2 电涌保护器元失效告警功能。

6.10.3 不小于 8 小时的电池续航时间和电池断电记忆功能。

6.10.4 接地状态监测功能。

6.10.5 接地电阻监测功能。

6.10.6 雷电监测功能：

6.10.6.1 可监测雷电强度峰值、雷电发生时间和雷电次数等；

6.10.6.2 雷电监测查询功能，可显示强度、时间和次数，方便雷击故障诊断和分析；

6.10.6.3 雷电强度数值误差 $\pm 10\%$ 。

7 施工与安装要求

7.1 一般规定

7.1.1 智慧杆防雷工程施工按照本规范的规定和已批准的设计施工文件进行；

7.1.2 智慧杆防雷工程应有主管部门审查批准符合要求的单位设计、施工，竣工后经主管部门验收合格后方可投入使用；

7.1.3 测试仪表、量具见鉴定合格，并在有效期内使用。

7.2 接地装置施工要求

接地装置施工应符合下列要求：

7.2.1 智慧杆设施的接地装置宜使用智慧杆的基础地基等自然接地体，在需达到低接地电阻值的情况下，可按下列方式实施：

7.2.1.1 对每一根智慧杆增设人工接地体，人工接地体由水平接地体和垂直接地体组成；

7.2.1.2 将道路沿线的智慧杆的基础接地作为一个接地极，使用直径不小于 10mm 的热镀锌圆钢或 $40\text{mm}\times 4\text{mm}$ 的热镀锌扁钢将道路沿线杆体基础接地连接构成一个接地系统。

7.2.1.3 将 1) 和 2) 组合使用。

7.2.2 处于桥梁上和建筑物顶的智慧杆，可与桥梁和建筑物共用接地装置，将杆体底座的金属连接件与桥梁或建筑物屋顶的防雷系统可靠连接。

7.2.3 人工接地体在土壤的埋设深度不应小于 0.5m 。水平接地体应挖沟埋设，钢质垂直接地体宜直接打入地沟内，垂直接地体之间的间距不宜小于长度的 2 倍并均匀布置。铜制材料、石墨或其他非金属导电材料接地体宜挖坑埋设或按照厂家提供的安装方法进行施工。

7.2.4 垂直接地体和水平接地体开挖的坑和沟宜用地电阻率土壤回填并分层夯实。

7.2.5 接地装置宜采用热镀锌钢质材料。在高土壤电阻率地区，可使用新型环保降阻材料，宜使用隔离式防雷技术，采用简易接地。

7.2.6 处于盐碱地或海边的接地装置，应使用防海水腐蚀、电化学腐蚀材料，宜使用锌合金材料；

7.2.6 钢质接地体连接应采用焊接方式，搭接长度应符合下列要求：

7.2.6.1 扁钢与扁钢（角钢）搭接长度为扁钢宽度的 2 倍，不少于三面施焊；

7.2.6.2 圆钢与圆钢搭接长度为圆钢直径的 6 倍，双面施焊；

7.2.6.3 圆钢与扁钢搭接长度为圆钢直径的 6 倍，双面施焊；

7.2.6.3.1 扁钢和圆钢与钢管、角钢互相焊接时，除应在接触部位双面施焊，还应增加圆钢搭接件；圆钢搭接件在水平、垂直方向的焊接长度各为圆钢直径的 6 倍，双面施焊。

7.2.6.3.2 焊接部位应除去焊渣后做防腐处理。

7.3 等电位连接要求

7.3.1 智慧杆等电位连接

智慧杆的等电位连接安装和施工应符合下列要求：

7.3.1.1 等电位连接应采用铆接、压接、焊接等可靠连接方法，连接处的过渡电阻应小于 0.2Ω 。

7.3.1.2 处于建筑物楼顶、桥梁的智慧杆，应使用热镀锌圆钢或扁钢等金属防腐材料与建筑楼顶和桥梁的防雷系统做等点连接，应焊接、铆接牢固，并焊接或连接处采取相应防腐措施。

7.3.1.3 智慧杆内的电子电气设备金属外壳以及金属走线槽等应使用截面面积不小于 2.5mm^2 的黄绿多心绝缘铜质导线与保护接地地排可靠等电位连接。

7.3.1.4 交流配电箱宜采用隔离式分组接地地排，分组接地排由防雷接地排、保护接地排和工作接地排组成，接地排的截面积应符合 GB/T 50065-2011 相关要求，接地排应具有一定的抗氧化能力。

7.3.1.5 光缆加强芯和金属护层应在进入智慧杆杆体是与防雷接地可靠连接，不宜将光纤加强芯直接与设备保护接地排、工作接地排直接连接。

7.3.2 进入智慧杆内电缆等电位连接施工要求

由 LPZ0A 或 LPZ0B 区进入智慧杆杆体内 LPZ1 区电缆等电位连接应满足下列要求：

7.3.2.1 进入的电缆宜采用带有金属护层的屏蔽电缆或将进入电缆穿金属管后引入；

7.3.2.2 电缆内的空线对和金属构件、金属管或电缆金属外护层在进杆体内处必须做接地处理，电缆进入设备处应安装电涌保护器，电涌保护器应符合本规范第 6.6 节要求。

7.3.2.3 接地线应与直流电源线、交流电源线、信号线分开敷设，特别要避免在同一线束内布放，应使其与智慧杆内的地线汇流排连接线的距离最短。

7.3.2.4 接地线应采用外护套为黄绿相间颜色标识的电缆，并且在两端增加路径标识。

7.3.2.4.1 截面在 10mm^2 以下的多芯接地线可与设备直接连接；

7.3.2.4.2 接地线截面在 10mm^2 以上的多股接地线与设备及地线汇流排（包括 10mm^2 以下的多芯 PE 线与地线汇流排）连接时必须加装镀锡铜鼻子；

7.3.2.4.3 安装接地线时必须对安装点表面进行打磨处理，并加装平垫片和弹簧垫片，确保其电气连通的可靠性，连接处应采取防腐措施。

7.4 接地引入线设计

接地引入线应符合下列要求：

7.4.1 智慧杆总接地排可从智慧杆基础地基预留接地排处引入，总接地排应置于智慧杆底部，宜增加分组接地装置，将总接地排作为防雷接地排，并与工作接地排与保护接地排之间使用接地隔离抑制器可靠连接，如图 6 所示；

7.4.2 智慧杆不宜直接使用金属杆体作为保护接地和工作接地；

7.4.3 预留等电位端子设计

7.4.4 新建的智慧杆，可以直接利用杆体地基作为基础基地，并在杆体集中控制箱设置隔离式分组接地排，见图 1 所示。

7.5 电涌保护器的安装

电源电涌保护器和信号电涌保护器的安装应符合如下要求：

7.5.1 电源电涌保护器应安装于各级配电箱（柜）、设备的进线端；

7.5.2 电源电涌保护器与电源线缆并联，电涌保护器连接导线长度不宜大于 0.5 米；

7.5.3 一级电源电涌保护器接地线采用不低于 16mm^2 多股铜芯软线，二级电源电涌保护器接地线采用不低于 6mm^2 多股铜芯软线，三级电源电涌保护器接地线采用不低于 2.5mm^2 多股铜芯软线；

7.5.4 电源电涌保护器应具备脱扣装置，或在电涌保护器的前端应串联快速熔断丝或隔离装置，以防止短路电流导致系统故障；

7.5.5 天馈电涌保护器安装在馈线从 LPZ0A 或 LPZ0B 区进入 LPZ1 区进线口处，接地线应使用不低于 6mm^2 多股铜芯软线，并连接在进线口处的等电位连接端子板上，连接处采取防腐措施。

7.5.6 信号电涌保护器安装于设备与信号线的连接端口，尽量靠近设备；

7.5.7 信号电涌保护器安装与数据线串联，电涌保护器接地连接导线长度不宜大于 0.5 米；

7.5.8 信号电涌保护器安装确认与数据进线方向一致；

7.5.9 信号电涌保护器接地线采用不低于 1.5mm^2 的标准黄绿双色地线。

8 检验与验收

8.1 一般要求

8.1.1 防雷装置检测除符合本规范以外，还应按现行的相关标准执行。

8.1.2 智慧杆防雷装置应有主管部门审查批准符合要求的单位验收合格后方可投入使用。

8.1.3 检测仪表、量具鉴定合格，并在有效期内使用。

8.2 防雷系统检验流程

防雷装置检测应按图11所示的流程并依据第6章要求规定进行检测，检测的具体方法应依据下述相应条款。

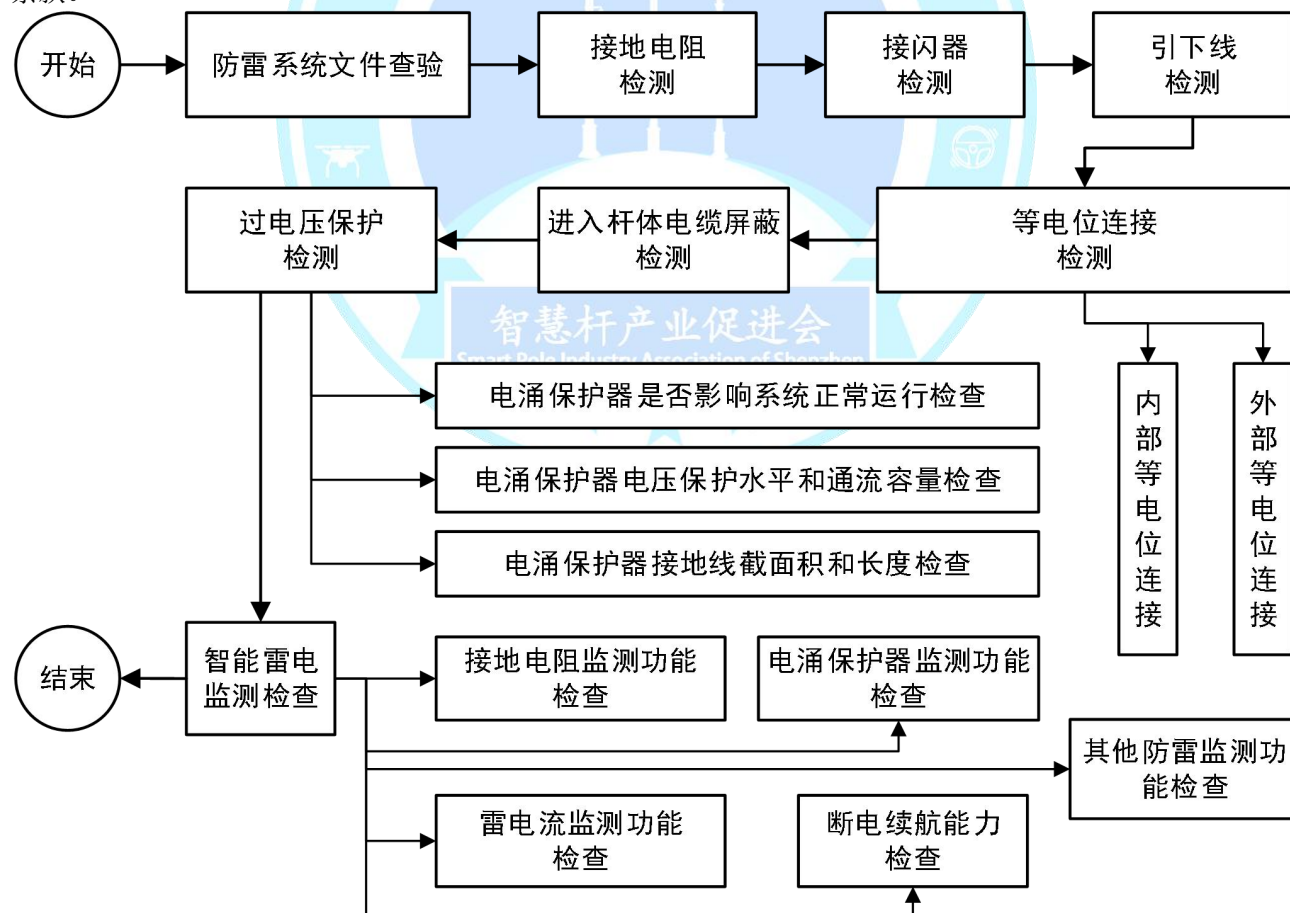


图 11 智慧杆防雷装置检测流程

8.3 文件检查

智慧杆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。

- 8.3.1 设计文件检查；
- 8.3.2 被保护设备清单；
- 8.3.3 检测报告检查；
- 8.3.4 故障记录和历年检查记录检查；
- 8.3.5 隐蔽工程施工记录检查（包括拍照记录）；
- 8.3.6 设计变更情况说明；
- 8.3.7 重要会议记录。

8.4 接地检测

智慧杆接地装置应符合本规范6.4要求，接地的检测可通过以下4种因素综合确定：

- 8.4.1 接地装置、接地排防腐措施情况检查；
- 8.4.2 各处接地点连接情况检查；
- 8.4.3 接地装置的规格及状态检查，目测锈损情况；
- 8.4.4 接地装置的工频接地电阻值检测。

8.5 接闪器检查

接闪装置要求通过目测和利用工具按6.1.5节要求进行检测：

- 8.5.1 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；
- 8.5.2 对接装置使用的材料及横截面进行核查；
- 8.5.3 目测接闪器的设计安装是否符合其技术要求，检查接闪器的锈损情况。

8.6 引下线检查

通过目测和利用工具按6.1.6节要求对引下线进行检测：

- 8.6.1 应对连接端子连接处紧固度进行检查。
- 8.6.2 应对引下线所使用的材料和横截面进行核查。
- 8.6.3 检查引下线连接处锈损情况。

8.7 等电位检验

智慧杆的等电位检测按6.2.4节要求进行检验，施工要求应按7.3节进行检查，且符合下列要求：

- 8.7.1 检查智慧杆设施各种金属构件、光纤加强芯、电缆金属护层等金属导体之间的连接是否符合7.3节的要求。等电位连接的过渡电阻测试采用空载电压4V~24V，最小电流为0.2A的测试仪器进行测量，过电阻值应符合7.3节要求。
- 8.7.2 检查站进入智慧杆金属管道、金属槽道、金属铁架等是否按照7.3节要求进行接地处理。
- 8.7.3 按照7.3节要求核查接地线截面积，并检查杆体内等电位连接接地排情况。
- 8.7.4 进入杆体内的铠装、屏蔽线缆等电位连接检查。
- 8.7.5 线缆的等电位连接通过目测和利用工具按7.3节进行检测，且按下列要求进行：
 - 8.7.5.1 核查进智慧杆电缆屏蔽接地处理是否符合7.3节中的技术要求。
 - 8.7.5.2 核查接地线的横截面积以及安装工艺要求是否符合7.3小节中的技术要求。
 - 8.7.5.3 应对电缆内部空线对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。

8.8 雷电过电压防护检验

- 8.8.1 智慧杆电涌保护器主要技术指标应符合本规范6.6节要求；
- 8.8.2 电源电涌保护器按GB 18802.11-2011或GB/T 18802.31-2016进行检验。
- 8.8.3 信号电涌保护器按GB/T 18802.21-2016进行检验。

8.9 地电位反击防护和分组接地检验

8.9.1 智慧杆设施的雷击地电位反击设计按 6.8 节要求进行检验；

8.9.2 智慧杆设施的分组接地要求设计按 6.9 节要求进行检验；

8.10 验收检测表

检测表见本规范的附录E。接地装置验收检测记录表、接闪装置验收检测记录表、等电位连接验收检测记录表、屏蔽措施验收检测记录表、地电位反击措施验收检测记录表、电源电涌保护器验收检测记录表、信号电涌保护器验收检测记录表、天馈电涌保护器验收检测记录表、天馈电涌保护器验收检测记录表雷电监测验收检测记录表见本规范附录E有关表格。

9 防雷装置的管理与维护要求

9.1 管理

9.1.1 智慧杆防雷工作的管理应由熟悉雷电防护技术的专职或兼职人员负责管理，并建立管理档案和管理统筹防雷相关工作。

9.1.2 防雷装置投入使用后，应建立管理制度。对防雷装置的设计、安装、隐蔽工程图纸资料、年检记录等均应及时归档妥善保管。

9.1.3 智慧杆设备变动时，雷电防护专业人员应采取相应的雷电保护措施。

9.2 防雷装置的日常维护

9.2.1 每年雷雨季节前，对杆体内、外接地装置（包括总接地汇流排、馈线接地排、接地线、接地引入线、雷电流专设引下线、接闪器等）及它们的连接状况进行巡检，发现脱焊、松动、严重锈蚀等情况进行修复性处理。

9.2.2 对于智慧杆遭受的每一次雷击造成设备和站内外设施损坏情况，均应作详细记录，并对雷害原因进行分析，提出针对性整改措施并组织实施。对严重的雷害事故应按规定上报。

9.2.3 应建立和健全智慧杆的防雷资料，防雷资料应包括防雷与接地系统工程的验收报告、每年的例行检查和检修记录、接地电阻测试记录，以及每年雷害发生情况、原因分析和整改情况等。

9.3 电涌保护器的维护

若具有防雷装置监测管理系统，电涌保护器的维护管理可通过系统进行，若无上述系统则按照下列方式进行维护管理：

9.3.1 电涌保护器的例行检查

9.3.1.1 每月对电涌保护器（包括设备本身配置的电涌保护器）状态进行一次巡视，当发现电涌保护器的状态显示失效时，应及时更换；

9.3.1.2 每年雷雨季节前，对电涌保护器系统（包括电涌保护器阀片、熔断器或空气断路器及相关连接线、接地线等）进行全面检查，发现异常及时进行修复、处理；

9.3.1.3 限压型电涌保护器的测试与更换，为及时发现性能严重下降、但尚未失效显示的电涌保护器阀片，建议对其作直流参数检测，并对性能严重下降的阀片及时更换；

9.3.1.4 对电涌保护器的工作状态监测，宜使用智能监测系统，实时知晓电涌保护器工作状态。

9.3.2 智慧杆电涌保护器测试按 GB/T 21432-2015 的相关规定执行。

9.4 防雷装置监测管理系统的维护

9.4.1 维护内容

防雷装置监测管理系统的维护内容在操作层面分为杆体环境维护、计算机硬件平台维护、配套网络维护、基础软件维护、应用软件维护五部分。

9.4.1.1 计算机硬件平台是指存储和处理雷电监测数据的计算机主机硬件及其他设备；

9.4.1.2 配套网络是指保证智慧杆防雷装置采集端与管理平台之间相互通信和正常运行的网络组织，包括联网所需的交换机、路由器、防火墙等网络设备和局域网内连接网络设备的网线、传输、光纤线路等。

9.4.1.3 基础软件是指运行“防雷装置监测管理系统”计算机主机之上的操作系统、数据库软件、中间件等公共软件；

9.4.1.4 应用软件是指运行“防雷装置监测管理系统”计算机系统之上，直接提供服务或业务的专用软件；

9.4.1.5 运行环境指保证计算机系统正常稳定运行的基础设施，包含电力供应、空气调节、灰尘过滤、静电防护、消防设施、网络布线、维护工具等子系统。

9.4.2 维护职责

维护职责应符合下列要求：

9.4.2.1 进行定期巡检，巡检包括对智慧杆及设备性能测试、维护人员日常维护作业计划执行情况检查、智慧杆环境检查等；

9.4.2.2 负责组织智慧杆维护技术培训、技术交流等，组织维护人员参加各种信息技术认证培训和考试，提高维护人员管理和技术水平；

9.4.2.3 负责组织落实各项技术安全措施，确保智慧杆安全稳定运行；

9.4.2.4 负责对防雷装置监测管理系统的故障管理、问题管理、变更管理、版本管理、配置管理等流程规范性和相关制度落实情况进行监督管理。



附录 A
(资料性附录)
雷电环境划分

A.1 雷暴区域等级划分

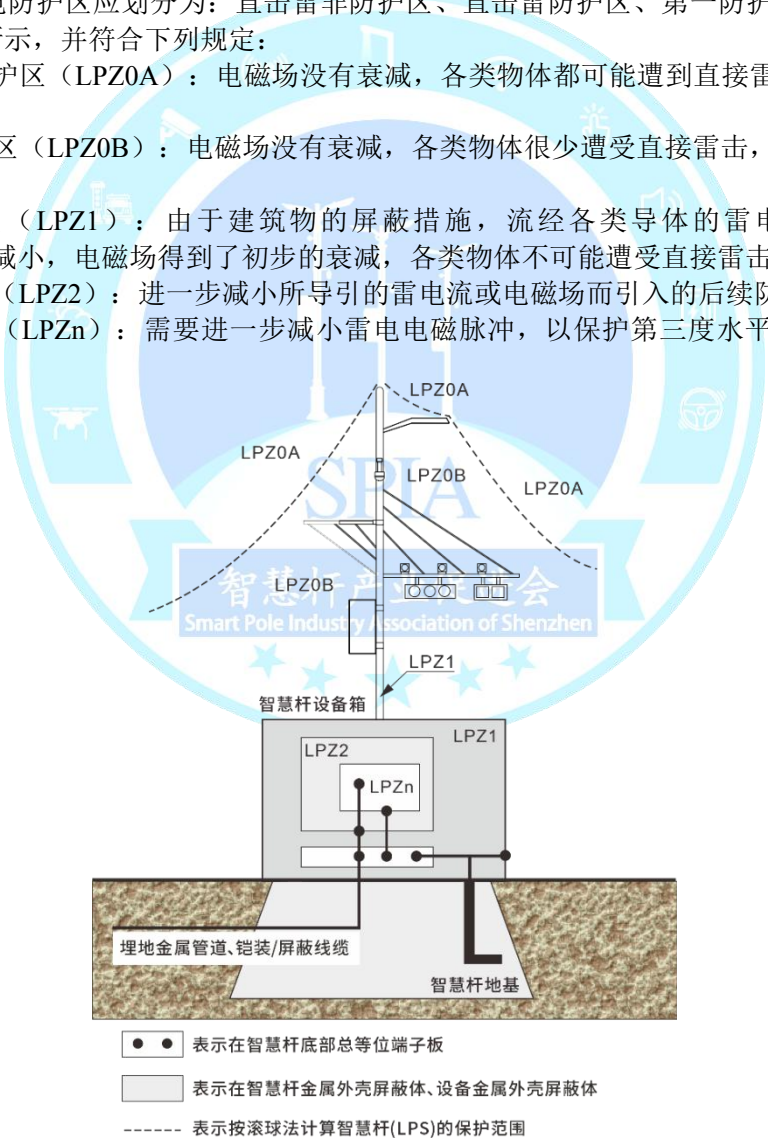
雷暴区域等级按年平均雷暴日数划分为少雷区、中雷区、多雷区、强雷区，并应符合以下规定：

- a) 少雷区：年平均雷暴日数不超过 25 的地区；
- b) 中雷区：年平均雷暴日数在 26~40 以内的地区；
- c) 多雷区：年平均雷暴日数在 41~90 以内的地区；
- d) 强雷区：年平均雷暴日数超过 90 的地区。

A.2 雷电防护区划分

雷电防护区的划分是将需要保护的建筑物，从外部到内部划分为不同的雷电防护区（LPZ）。雷电防护区应划分为：直击雷非防护区、直击雷防护区、第一防护区、第二防护区、后续防护区，见图A.1所示，并符合下列规定：

- a) 直击雷非防护区（LPZ0A）：电磁场没有衰减，各类物体都可能遭到直接雷击，属完全暴露的不设防区。
- b) 直击雷防护区（LPZ0B）：电磁场没有衰减，各类物体很少遭受直接雷击，属充分暴露的直击雷防护区。
- c) 第一防护区（LPZ1）：由于建筑物的屏蔽措施，流经各类导体的雷电流比直击雷防护区（LPZ0B）减小，电磁场得到了初步的衰减，各类物体不可能遭受直接雷击。
- d) 第二防护区（LPZ2）：进一步减小所导引的雷电流或电磁场而引入的后续防护区。
- e) 后续防护区（LPZn）：需要进一步减小雷电电磁脉冲，以保护第三度水平高的设备的后续防护区。



图A.1建筑物雷电防护区（LPZ）划分

附录 B
(资料性附录)
雷击磁场强度的计算方法

注：前面没有引用到附录B

B.1 建筑物附近雷击的情况下防雷分区内磁场强度的计算

无屏蔽时所产生的磁场强度为 H_0 ，即LPZ0区内的磁场强度，应按公式 (B.1) 计算。

$$H_0 = \frac{i_0}{2\pi S_a} \quad (A/m) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中： i_0 ——雷电流 (A) ；
 S_a ——从雷击点到屏蔽空间中心的距离 (m) (图B.1)

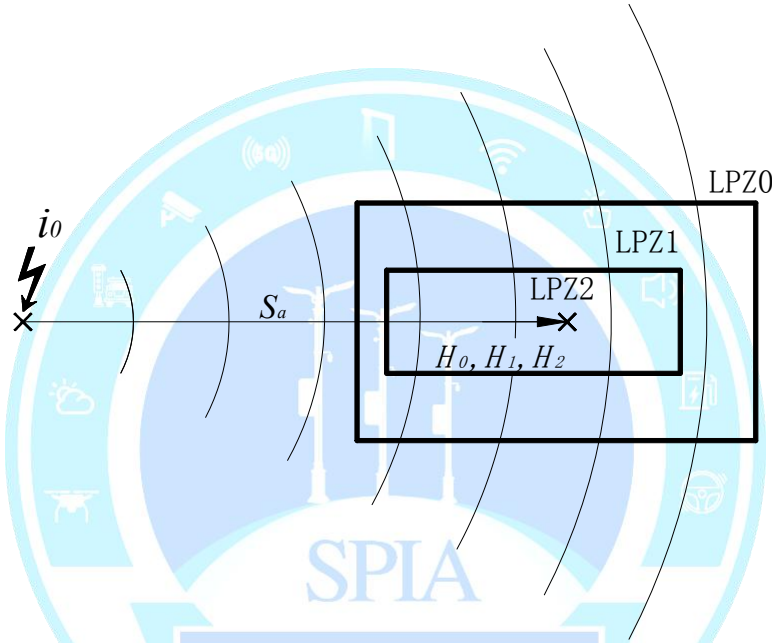


图 B.1 邻近雷击点磁场值的估算示意

当建筑物邻近时，格栅型空间屏蔽内部任意点的磁场强度应按公式 (B.2) 和公式 (B.3) 进行计算：防雷分区LPZ1内

$$H_1 = \frac{H_0}{10^{SF/20}} \quad (A/m) \dots\dots\dots (B.2)$$

LPZ2及后续防护区内

$$H_{n+1} = \frac{H_n}{10^{SF/20}} \quad (A/m) \dots\dots\dots (B.3)$$

式中： H_0 ——无屏蔽措施时磁场强度 (A/m) ；
 H_n 、 H_{n+1} ——分别为LPZn和LPZn+1区的磁场强度 (A/m) ；
 SF ——按表D.1.3的公司计算的屏蔽系数 (dB) ；

这些磁场值仅在格栅型屏蔽内部与屏蔽体有一定的安全距离 d_{s-1} 的安全空间内有效，安全距离可按公式 (B.4) 和公式 (B.5) 进行计算。

当 $SF \geq 10$ 时：

$$d_{s-1} = \omega \cdot \frac{SF}{10} \quad (m) \dots\dots\dots (B.4)$$

当 $SF < 10$ 时：

$$d_{s-1} = \omega \quad (m) \dots\dots\dots (B.5)$$

式中： SF ——按表B.1的公式计算的屏蔽系数 (dB) 。

表 B.1 格栅型空间屏蔽平面波磁场的衰减

材质	SF (dB)	
	25kHz ^{注1}	1MHz ^{注2}
铜材或铝材	$20 \cdot \lg(8.5/\omega)$	$20 \cdot \lg(8.5/\omega)$
钢材 ^{注3}	$20 \cdot \lg[(8.5/\omega)/\sqrt{1+18 \cdot 10^{-6}/r^2}]$	$20 \cdot \lg(8.5/\omega)$

注：
 1) 适用于首次雷击的磁场；
 2) 适用于后续雷击的磁场；
 3) 磁导率 $\mu_T \approx 200$ ；
 4) 公式计算结果为负数是， $SF=0$ ；
 5) 如果建筑物安装有网状等电位连接网络时， SF 增加6dB；
 6) ω 是格栅空间屏蔽网格宽度 (m)， r 是格栅型屏蔽杆的半径 (m)。

B.2 当建筑物顶直击雷防护装置接闪时防雷区内磁场强度的计算

格栅型空间屏蔽LPZ1内部任意点的磁场强度 (图B.2) 应按公式 (B.6) 进行计算：

$$H_1 = k_H \cdot i_0 \cdot \omega / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \text{ (A/m)} \dots\dots\dots (B.6)$$

式中： d_r ——待计算点与LPZ1屏蔽中屋顶的最短距离 (m)；

d_w ——待计算点与LPZ1屏蔽中墙面的最短距离 (m)；

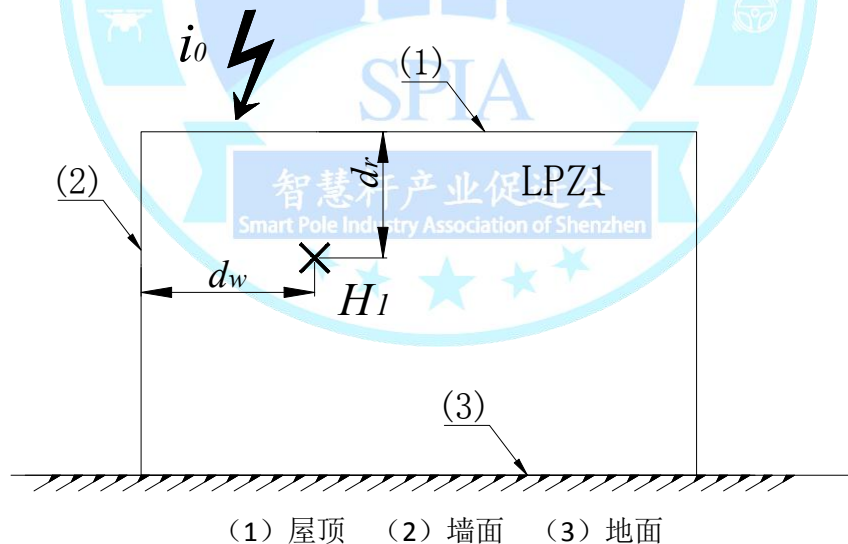
i_0 ——LPZ0A的雷电流 (A)；

k_H ——结构系数 ($1/\sqrt{m}$)，典型值取0.01；

ω ——空间屏蔽网格宽度 (m)。

按公式 (D.2.1-1) 计算的磁场值仅在格栅型屏蔽内部与屏蔽体有一安全距离 d_{s-2} 的安全空间内部有效，安全距离按公式 ((B.7)) 进行计算：

$$d_{s-2} = \omega \text{ (m)} \dots\dots\dots (B.7)$$



B.2 闪电直接击中屋顶接闪器时 LPZ1 磁场强度

附 录 C
(规范性附录)
部分土壤电阻率参考值

类别	名称	电阻率近似值 ($\Omega \cdot m$)	不同情况下电阻率的变化范围 ($\Omega \cdot m$)		
			较湿时 (一般地区、 多雨区)	较干时 (少雨区、 沙漠区)	地下水含 盐碱时
土	陶黏土	10	5~20	10~100	3~10
	泥炭、泥灰岩、沼泽地	20	10~30	50~300	3~30
	捣碎的木炭	40	/	/	/
	黑土、园田土、陶土	50	30~100	50~300	10~30
	白垩土、黏土	60			
	砂质黏土	100	30~300	80~1000	10~80
	黄土	200	100~200	250	30
	含砂黏土、沙土	300	100~1000	1000 以上	30~100
	河滩中的砂	/	300	/	/
	煤	/	350	/	/
	多石土壤	400	/	/	/
	上层红色风化黏土、下层红色页岩	500 (30%湿度)	/	/	/
	表层土夹石、下层砾石	600 (15%湿度)	/	/	/
砂	砂、砂砾	1000	250~1000	1000~2500	/
	砂层深度大于 10m、地下水较深的草原	/	/	/	/
	地面黏土深度不大于 1.5m、底层多岩石	/	/	/	/
岩石	砾石、碎石	5000	/	/	/
	多岩山地	5000			
	花岗岩	200000			
混凝土	在水中	40~55	/	/	/
	在湿土中	100~200	/	/	/
	在干土中	500~1300	/	/	/
		12000~ 18000	/	/	/
矿	金属矿石	0.01~1	/	/	/

附录 D
(资料性附录)
地网接地电阻的测量

接地电阻值测量宜采用三极法或三角法进行测量，测量应在三极法的三极是指图E上的被测接地装置G，测量用的电压极P和电流极C。测试应因地制宜通过改变测试方向和测试距离验证接地电阻测试的真实性和可靠性，选择P点和C点时应尽量避开地下金属管线。在测量工频接地电阻时，如DGC取（4～5）D值有困难，当接地装置周围的土壤电阻率较均匀时，d可以取2D值；当接地装置周围的土壤电阻率不均匀时，d值取3D值。

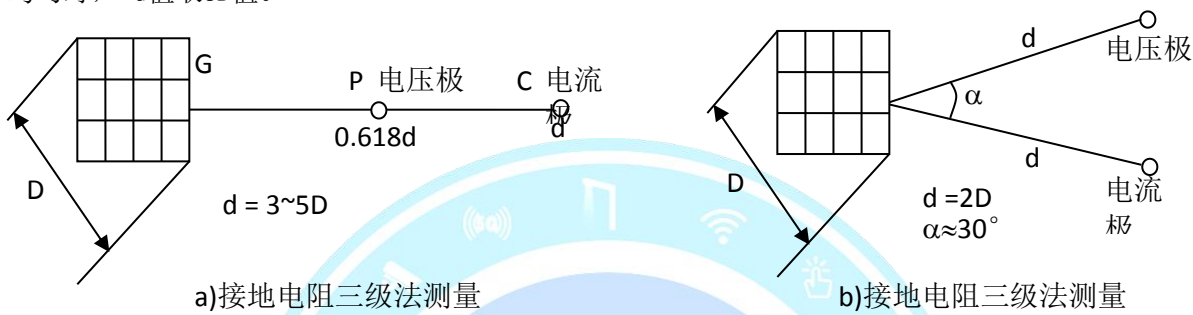


图 D.1 三级法的原理接线图

附录 E
(资料性附录)
验收检测表

E.1 接地装置验收检测记录表

表 E.1 接地装置验收检测记录表

序号	检测内容	检测结果	是否达到设计要求	质量评价			整改意见
				优良	合格	不合格	
1	接地体数量						
2	接地体规格						
3	埋设深度（m）						
4	接地线规格						
5	搭接方式						
6	防腐措施						
7	测试点标识						
8	接地电阻值						
9	总体工艺水						
验收结论							
整改意见							
设计单位（签字、盖章）		施工单位（签字、盖章）		验收单位（签字、盖章）			

E.2 接闪装置验收检测记录表

表 E.2 接闪装置验收检测记录表

序号	检测内容	检测结果	是否达到设计要求	质量评价			整改意见
				优良	合格	不合格	
1	接闪针高度 (m)						
2	接闪针材质规格						
3	引下线材质规格						
4	引下线敷设方式						
5	防腐措施						
6	焊接质量						
7	总体工艺水平						
8							
9							
10							
11							
12							
验收结论							
整改意见							
设计单位 (签字、盖章)		施工单位 (签字、盖章)		验收单位 (签字、盖章)			

E.3 等电位连接验收检测记录表

表 E. 3 等电位连接验收检测记录表

序号	检测内容	检测结果	是否达到设计要求	质量评价			整改意见
				优良	合格	不合格	
1	总等电位端子板设置位置						
2	总等电位端子板材质规格						
3	接地引入线规格						
4	等电位网络材质规格						
5	进入杆体屏蔽线缆、金属管道接地方式						
6	光纤加强芯接地						
7	设备金属机壳、机架接地						
8	杆体等电位接地排规格						
9	防雷地、保护地、工作地隔离措施						
10	防腐措施						
11	其他等电位连接接地						
12							
验收结论							
整改意见							
设计单位（签字、盖章）		施工单位（签字、盖章）		验收单位（签字、盖章）			

T/SPIA 002-2020
E. 4 屏蔽措施验收检测记录表

表 E. 4 屏蔽措施验收检测记录表

序号	检测内容	屏蔽方式	材料规格	是否合格	整改意见	
1	智慧杆电子设施安装 环境屏蔽措施	利用建筑物自身屏蔽				
		外加屏蔽体屏蔽设计				
		壳体屏蔽				
2	智慧路电子设施安装 环境屏蔽措施	利用杆体自身屏蔽				
3		外加屏蔽体屏蔽设计				
		壳体屏蔽				
验收结论						
设计单位（签字、盖章）		施工单位（签字、盖章）		验收单位（签字、盖章）		

E. 5 地电位反击措施验收检测记录表

E. 5 屏蔽措施验收检测记录表

序号	检测内容	采取措施方式	材料规格	是否合格	整改意见
1	防雷接地、工作接地、保护接地之间隔离措施	增加接地隔离抑制器			
		独立接地			
		降低联合接地电阻			
2	变压器中性线地电位反击措施	增加隔离抑制器			
		降低接地电阻			
验收结论					
<div></div>					
设计单位（签字、盖章） 施工单位（签字、盖章） 验收单位（签字、盖章）					

E. 6 电源电涌保护器验收检测记录表

序号	检测内容	检测数据	电涌保护器防护等级		
			一级	二级	三级
1	线缆埋设方式（架空、埋地）				
2	变压器电涌保护器规格				
3	电涌保护器规格型号				
4	电涌保护器数量				
5	电涌保护器最大工作电压（V）				
6	电涌保护器最大工作电流(A)				
7	电涌保护器电压保护水平（V）				
8	电涌保护器保护模式				
9	电涌保护器外壳防护等级				
10	标称放电电流（kA）				
11	电涌保护器安装位置				
12	电涌保护器接线规格（mm ² ）				
13	电涌保护器接线长度（m）				
14	电涌保护器接地线规格（mm ² ）				
15	电涌保护器接地线长度（m）				
16	总体工艺水平				
17	其他要求				
质 量 状 况	优良				
	合格				
	不合格				
整 改 意 见					
验收结论					
设计单位（签字、盖章）		施工单位（签字、盖章）		验收单位（签字、盖章）	

E. 7 信号电涌保护器验收检测记录表

E. 7 信号电涌保护器验收检测记录表

序号	检测内容	检测数据	电涌保护器防护等级		
			一级	二级	三级
1	线缆埋设方式（架空、埋地）				
2	电涌保护器接口型式				
3	电涌保护器规格型号				
4	电涌保护器数量				
5	电涌保护器最大工作电压（V）				
6	电涌保护器最大工作电流(A)				
7	电涌保护器工作频率（Hz）				
8	电涌保护器保护模式				
9	电涌保护器外壳防护等级				
10	冲击耐受能力（kA）				
11	电涌保护器安装位置				
12	电涌保护器接地线规格（mm ² ）				
13	电涌保护器接地线长度（m）				
14	总体工艺水平				
15	其他要求				
质量 状况	优良				
	合格				
	不合格				
整改 意见					
验收结论					
设计单位（签字、盖章）		施工单位（签字、盖章）		验收单位（签字、盖章）	

E. 8 天馈电涌保护器验收检测记录表

E. 8 信号电涌保护器验收检测记录表

序号	检测内容	检测数据	电涌保护器防护等级		
			一级	二级	三级
1	线缆埋设方式（架空、埋地）				
2	电涌保护器接口型式				
3	电涌保护器规格型号				
4	电涌保护器数量				
5	电涌保护器工作频率（Hz）				
6	电涌保护器插入损耗（dB）				
7	电涌保护器驻波比				
8	电涌保护器适用功率				
9	电涌保护器特性阻抗				
10	电涌保护器保护模式（开关型、1/4 波长、其他）				
11	电涌保护器外壳防护等级				
12	冲击耐受能力（kA）				
13	电涌保护器安装位置				
14	电涌保护器接地线规格（mm ² ）				
15	电涌保护器接地线长度（m）				
16	总体工艺水平				
17	其他要求				
质量 状况	优良				
	合格				
	不合格				
整改 意见					
验收结论					
设计单位（签字、盖章）		施工单位（签字、盖章）		验收单位（签字、盖章）	

E.9 天馈电涌保护器验收检测记录表

E.9 天馈电涌保护器验收检测记录表

序号	检测内容	检测数据	电涌保护器防护等级		
			一级	二级	三级
1	线缆埋设方式（架空、埋地）				
2	电涌保护器接口型式				
3	电涌保护器规格型号				
4	电涌保护器数量				
5	电涌保护器工作频率（Hz）				
6	电涌保护器插入损耗（dB）				
7	电涌保护器驻波比				
8	电涌保护器适用功率				
9	电涌保护器特性阻抗				
10	电涌保护器保护模式（开关型、1/4波长、其他）				
11	电涌保护器外壳防护等级				
12	冲击耐受能力（kA）				
13	电涌保护器安装位置				
14	电涌保护器接地线规格（mm ² ）				
15	电涌保护器接地线长度（m）				
16	总体工艺水平				
17	其他要求				
质量 状况	优良				
	合格				
	不合格				
整改 意见					
验收结论					
设计单位（签字、盖章）		施工单位（签字、盖章）		验收单位（签字、盖章）	

E.10 雷电监测验收检测记录表

序号	检测内容	检测结果	是否达到设计要求	质量评价			整改意见
				优良	合格	不合格	
1	系统供电方式						
2	供电电压						
3	雷电预警范围 (km)						
4	雷电预警精确率						
5	雷电流监测范围 (kA)						
6	雷电流监测频谱范围						
7	接地电阻监测范围						
8	接地电阻监测精确度						
9	电涌保护器工作状态监测方式						
10	监测电涌保护器数量						
11	环境监测方式						
12	监测系统软件编号						
13	通信方式						
14	其他监测						
		智慧杆产业促进会 Smart Pole Industry Association of Shenzhen					
验收结论							
设计单位 (签字、盖章)		施工单位 (签字、盖章)		验收单位 (签字、盖章)			

参考文献

- [1] GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）
- [2] GB/T 19271.1-2003 雷电电磁脉冲的防护第1部分：通则
- [3] GB/T 21431-2015 建筑物防雷装置检测技术规范
- [4] GB 50348-2018 安全防范工程技术规范适用于：所有设施性能要求和试验方法
- [5] CJJ 45-2015 城市道路照明设计标准
- [6] CJJ 89-2012 城市道路照明工程施工及验收规程
- [7] QX/T 210-2013 城市景观照明设施防雷技术规范
- [8] T/SPIA 001-2019 智慧杆系统建设与运维技术规范

