

T/AHLPA

安徽省防雷协会团体标准

T/AHLPA 0005—2025

煤矿雷电防护装置检测技术规范

Technical specification for inspection of lightning protection systems of coal mines

2025 - 2 - 8 发布

2025 - 2 - 15 实施

安徽省防雷协会 发布

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 基本要求 2

5 检测方法 2

6 检测内容和要求 3

7 检测结论判定与报告 7

8 巡检与档案管理 7

附录 A（规范性） 避雷器参数的测量 8

附录 B（规范性） 大型接地装置测量 10

附录 C（规范性） 避雷器工频放电电压和耐压试验要求及方法 13

参考文献 15

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由安徽省防雷协会提出并归口。

本文件起草单位：淮北工科检测检验有限公司、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、淮北雷安雷电防护技术服务有限责任公司、安徽省风云防雷安全检测有限责任公司、淮北聚能发电有限公司、合肥中盈信息工程有限公司、淮北工业建筑设计院有限责任公司、淮北矿业（集团）工程建设有限责任公司设计院。

本文件主要起草人：杨俊锋、邱明江、郑劼、赵小磊、花桂梅、张瑞、汤兴、李宇翔、王河、汪笑天、刘峰、屈瑞、沈跃、张恒军、裴艳、周守伟、刘后飞、张杰、陈平凡、张廷、张端祥、杜英甲、宋秉寰。

煤矿雷电防护装置检测技术规范

1 范围

本文件规定了煤矿雷电防护装置检测的基本要求、检测方法、检测内容和要求、检测结论判定与报告、巡检与档案管理。

本文件适用于煤矿雷电防护装置的检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 11032—2020 交流无间隙金属氧化物避雷器
GB/T 21431—2023 建筑物雷电防护装置检测技术规范
GB/T 32937 爆炸和火灾危险场所防雷装置检测技术规范
GB/T 32938 防雷装置检测服务规范
GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范
GB 50471—2018 煤矿瓦斯抽采工程设计标准
GB 55024—2022 建筑电气与智能化通用规范
QX/T 319 雷电防护装置检测文件归档整理规范
QX/T 560 雷电防护装置检测作业安全规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

提升系统 hoist system

由矿井提升机、电动机、天轮或导向轮、井架或井塔、提升容器、钢丝绳、装卸载设备及电气控制设备等提升设施组成的系统。

[来源：GB/T 51065—2014，2.1.1]

3.2

井架 headframe; mine shaft headframe

安装天轮及其他设备，满足其他要求的构筑物。

[来源：GB/T 15663.5—2008，5.28]

3.3

井口 the mouth of a well (pithead)

为服务于地下开采，在地层中开凿的直通地面的通道地面出入口。

3.4

雷电防护装置 lightning protection system; LPS

防雷装置

用于减小雷击建筑物造成物理损害的整个系统。

[来源：GB/T 21431—2023，3.1]

3.5

接闪器 air-termination system

拦截闪击的金属物体。

注：由接闪杆、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/T 19663—2022，5.2.3]

3.6

引下线 down-conductor system

用于将雷电流从接闪器传导至接地装置的导体。

注：可分为专设引下线和利用建筑物的钢结构或混凝土结构内钢筋作自然引下线两种类型。

[来源：GB/T 19663—2022，5.2.12]

3.7

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]

3.8

电涌保护器 surge protective device;

用于限制瞬态过电压和泄放电涌电流的电器。

注1：电涌保护器至少包含一个非线性的元件。

注2：电涌保护器具有适当的连接装置，是一个装配完整的部件。

[来源：GB/T 21431—2023，3.8]

3.9

避雷器 surge arrester

用于保护电气设备免受高瞬态过电压危害并限制续流时间也常限制续流值的一种电器。本术语包含运行安装时对于该电器正常功能所必需的任何外部间隙，而不论其是否作为整体的一个部件。

注1：避雷器通常连接在电网导线与地线之间，然而有时也连接在电器绕组旁或导线之间。

注2：避雷器有时也称为过电压保护器，过电压限制器。

[来源：GB/T 2900.12—2008，2.1]

3.10

直流参考电压 DC reference voltage of an arrester

U_{refDC}

在避雷器通过直流参考电流时所测出的避雷器端子间的直流电压平均值（如果电压与极性有关，取低值）。

注1：多元件串联避雷器的直流参考电压为每个元件直流参考电压之和。

注2：直流参考电压的测量对动作负载试验中正确选择试品是必要的。

[来源：GB/T 11032—2020，3.35.2]

4 基本要求

4.1 煤矿投入使用的雷电防护装置应定期检测：

- 生产装置区、储罐区、装卸区等爆炸和火灾危险场所雷电防护装置的检测周期为6个月；
- 公用工程区、煤储运设施区、办公和生活区的雷电防护装置检测周期为12个月；
- 110 kV及以上电压等级变电所的大型接地装置的电气完整性检测周期为12个月，接地阻抗、接触电位差、跨步电位差等参数检测周期宜为6年；
- 110 kV线路杆塔接地装置检测周期宜为2年~3年。

4.2 煤矿雷电防护装置检测应按照 GB/T 32938—2016 规定的流程开展。

4.3 煤矿雷电防护装置的检测不应在雷、雨、雪天气中或雨、雪天气后立即进行。

4.4 煤矿建筑物雷电防护装置的检测应符合 GB/T 21431 的相关规定。

4.5 现场检测安全作业应符合 GB/T 32937 和 QX/T 560 及煤矿现场安全作业的规定。

5 检测方法

5.1 检查

5.1.1 查阅雷电防护装置的隐蔽工程记录、施工记录、设计和竣工图纸、运行维护记录或第三方检验报告等档案材料。

5.1.2 对雷电防护装置的安装工艺、焊接质量、防腐措施、线缆敷设、电涌保护器状态指示等进行观

察检查。

5.2 测量

5.2.1 接地电阻

利用接地电阻测试仪对建筑物的接地电阻进行测量。

5.2.2 过渡电阻

利用过渡电阻测试仪或等电位测试仪对过渡电阻进行测量，测量方法应符合GB/T 21431—2023中附录D的规定。

5.2.3 土壤电阻率

利用土壤电阻率测试仪对土壤电阻率进行测量，宜采用温纳（Wenner）四极等间距法测量，当数值变化较大时，调整极间距离多次测量取平均值。

5.2.4 雷电防护装置规格和承受机械拉力

雷电防护装置规格和承受机械拉力的检测应符合下列要求：

- 利用激光测距仪、经纬仪等对接闪器高度进行测量；
- 用卷尺、游标卡尺、测厚仪等对雷电防护装置的长度、宽度、厚度和直径等参数进行测量；
- 用垂直拉力计测量接闪器、引下线固定支架的垂直拉力。

5.2.5 电涌保护器参数

5.2.5.1 利用防雷元件测试仪对电涌保护器的压敏电压、泄漏电流进行测量。

5.2.5.2 利用绝缘电阻测试仪对电涌保护器所有带电接线端与壳体之间的绝缘电阻进行测量。

5.2.6 避雷器参数

避雷器绝缘电阻、直流参考电压、泄漏电流、放电计数器动作、工频耐受时间特性试验的测量方法及要求应符合附录A的规定。避雷器工频放电电压和耐压试验要求及方法应符合附录C的规定。

5.2.7 接地装置冲击/工频特性参数

5.2.7.1 接地装置的测量应包括下列冲击/工频特性参数：

- a) 接地阻抗，
- b) 接触电位差，
- c) 跨步电位差，
- d) 电气完整性，
- e) 场区地表电位梯度分布。

5.2.7.2 测量方法应符合附录B的规定。

6 检测内容和要求

6.1 提升系统

6.1.1 检查井架、井塔、绞车房及机房等建(构)筑物是否设置直击雷防护装置，方法和要求见GB/T 21431—2023中5.5.1、5.5.2和5.5.3，并对煤矿井架雷电防护装置接地装置（包括桩基础、井台）和井口外接地装置的接地电阻进行测量。

6.1.2 检查井架及井塔是否按照GB 50057—2010中4.3.9、GB 55024—2022中7.1.3第5项和7.1.4第5项的规定设置防侧击雷措施。

6.1.3 接地装置应符合下列要求：

- a) 在井口处设置的接闪杆，其距离井口边沿距离应不小于3 m，距离洞口人行道应不小于3 m；
- b) 架空进入矿井的带式输送机支架、架空金属管道、架空人车支架、架空运输索道的支架及其他长金属物，在距井口200 m内应每隔25 m做一次接地，其冲击接地电阻不大于20 Ω 。

- 6.1.4 电力、通信电缆，光缆，水管，瓦斯、压力管道在井口入井处的等电位连接，应符合下列要求：
- 由地面直接引入、引出矿井的带式输送机支架、各种金属管道、架空人车支架、运输轨道、钢丝绳、架空运输索道等金属设施，应在井口处就近与接地装置相连，且连接点不少于两处，其过渡电阻不大于 $0.2\ \Omega$ ；
 - 入井瓦斯管路在井口处与接地装置连接的过渡电阻不大于 $0.03\ \Omega$ ；
 - 检查引入井下的信息线路，当引入井下的信息线路采用电缆时，应全线采用屏蔽电缆埋地敷设，两端接地，其接地电阻不大于 $4\ \Omega$ ；采用光缆时，光缆的金属防潮层或加强芯应在两端接地，其接地电阻不大于 $4\ \Omega$ 。当光缆在井口有线路分线和转接时，两条光缆的金属防潮层、加强芯均应在井口处应接地，接地电阻不大于 $4\ \Omega$ 或井口处与接地装置连接的过渡电阻不大于 $0.03\ \Omega$ ；
 - 检查绞车房内设置的等电位连接带，测量接地装置和配电柜等以及等电位连接带之间的过渡电阻，不大于 $0.2\ \Omega$ 。

6.2 储运系统

- 6.2.1 当轨道采用架线电机车运输时，接触网及轨道雷电防护装置应符合下列要求。
- 接触网的雷电防护装置应与承力索、杆塔、钢轨相连，接地装置宜利用杆塔的钢筋混凝土基础，工频接地电阻不大于 $10\ \Omega$ 。
 - 接触网在以下位置装设避雷器：
 - 牵引变电所架空馈电线出口及线路上每个独立区段内；
 - 接触线与馈电连接处；
 - 地面电机车接触线终端；
 - 矿井平硐硐口。
 - 接触网装设避雷器的接地线应接在单轨道电路回流钢轨上，或接在双轨道电路扼流变压器中性点上。
- 6.2.2 当避雷器选用直流阀型避雷器或并联球形放电间隙时，应检查其参数。其参数应符合下列规定：
- 标称放电电压不小于 $1.2\ U_m$ ；
 - 标称通流量不小于 $30\ \text{kA}$ ；
 - 对避雷器参数进行检测。
- 注： U_m 为系统最高电压。
- 6.2.3 检查两平行钢轨之间是否每隔 $50\ \text{m}$ 采用不小于 $50\ \text{mm}^2$ 的铜线或者其他具有等效电阻的导线连接，并按 5.2.2 的要求测量其过渡电阻。
- 6.2.4 检查不回电的轨道与架线电机车回电轨道之间是否采取绝缘措施，绝缘措施应符合以下要求：
- 第一绝缘点设在两种轨道的连接处，第二绝缘点设在不回电的轨道上，其与第一绝缘点之间的距离应大于单节列车的长度；
 - 在与架线电机车线路相连通的轨道上有钢丝绳跨越时，钢丝绳与轨道不相接触。
- 6.2.5 对于使用矿用防爆蓄电池电机车或矿用防爆柴油机车或人力推车的煤矿，应检测铁轨的接地电阻，接地电阻应不大于 $30\ \Omega$ 。
- 6.2.6 检查测试带式输送栈桥的雷电防护装置是否符合下列要求：
- 带式输送栈桥应设置均压环、各配电柜和运输栈桥的金属构件及其基础钢筋应与雷电防护装置进行等电位连接，等电位连接过渡电阻不大于 $0.2\ \Omega$ ；
 - 运输栈桥传动皮带的防静电接地刷、防护罩应与雷电防护装置进行等电位连接，等电位连接过渡电阻不大于 $0.2\ \Omega$ 。

6.3 供配电系统

6.3.1 110 kV 供电线路

6.3.1.1 检查、测试 110kV 供电线路全线架设的接闪线，对有过雷击史的供电线路，在供电线路下方应架设总长度不小于 $3\ \text{km}$ 耦合地线，且符合下列规定：

- 进线段 $3\ \text{km}$ 的接闪线保护角不应大于 15° ；

- b) 易遭绕击杆塔的横担上应装设有侧向接闪杆，其水平伸出边相绝缘子串不应小于 2m，杆塔工频接地电阻不应大于 $20\ \Omega$ ；
 - c) 易遭绕击的相线应在其就近的杆塔上装设有线路避雷器或放电间隙；
 - d) 在终端杆塔线路并联放电间隙，其放电电压应小于绝缘子绝缘水平；
 - e) 避雷器、耦合地线、放电间隙、侧向接闪杆、金具等应与杆塔连在一起接地；
 - f) 杆塔工频接地电阻不应大于 $10\ \Omega$ ，在土壤电阻率大于 $1000\ \Omega\cdot\text{m}$ 的地区不应大于 $30\ \Omega$ 。
- 6.3.1.2 测试避雷器绝缘电阻、工频放电电压或工频耐压、直流参考电压 (U_{refDC}) 及 0.75 倍 U_{refDC} 下的泄漏电流，0.75 倍 U_{refDC} 下的泄漏电流初值差应不大于 30% 或 $50\ \mu\text{A}$ 。
- 6.3.1.3 检查、测试避雷器放电计数器动作情况：测试 3 次~5 次，均应正常动作，测试后记录放电计数器的指示数。
- 6.3.2 35kV 供电线路
- 6.3.2.1 检查、测试 35 kV 供电线路及杆塔的雷电防护措施是否符合下列要求：
- a) 进变电所前 1~2 km 的线路段应设接闪线，保护角不大于 15° ；在雷电活动特殊强烈的地区，宜全线架设接闪线；
 - b) 有过雷击史的杆塔或线路，在其就近杆塔上应与绝缘子装设并联放电间隙，且放电电压应小于绝缘子绝缘水平；
 - c) 对于全线无接闪线的 35 kV 供电线路，在其易绕击相线就近所在的杆塔上应装设线路避雷器或放电间隙；杆塔工频接地电阻不宜大于 $10\ \Omega$ ，在土壤电阻率大于 $1000\ \Omega\cdot\text{m}$ 的地区不大于 $30\ \Omega$ 。
- 6.3.2.2 测试避雷器绝缘电阻、工频放电电压或工频耐压、直流参考电压 (U_{refDC}) 及 0.75 倍 U_{refDC} 下的泄漏电流，0.75 倍 U_{refDC} 下的泄漏电流初值差应不大于 30% 或 $50\ \mu\text{A}$ 。
- 6.3.2.3 检查、测试避雷器放电计数器动作情况：测试 3 次~5 次，均应正常动作，测试后记录放电计数器的指示数。
- 6.3.3 6 kV~10 kV 供配电线路
- 6.3.3.1 检查、测试 6kV~10kV 供配电线路及杆塔的保护措施，并符合下列要求：
- a) 有雷击史的线路，应在进线段 1 km~2 km 的线路上装设接闪线，保护角不大于 15° ，并可采用提高绝缘等级的措施；
 - b) 有雷击史的杆塔，其线路在所在杆塔的上应装设避雷器或并联放电间隙，且工频接地电阻不大于 $30\ \Omega$ ；
 - c) 如果在变电所前端将架空线路改换为一段金属铠装电缆或护套电缆穿钢管埋地引入时，其埋地电缆的长度不小于 50 m；
 - d) 在架空线与电缆转换处应装设避雷器。避雷器、电缆金属外皮、钢管和绝缘子铁脚、金具等应连在一起接地，冲击接地电阻不大于 $10\ \Omega$ 。其前基杆塔线路应与绝缘子并联放电间隙。
- 6.3.3.2 检查矿区地面向矿区供电的各变压器的中性点接地情况，不应由地面中性点直接接地的变压器直接向井下供电，对于中性点不直接接地的供电系统还应符合下列要求：
- a) 当低压侧中性点对地绝缘时，中性点采用击穿保险器与接地端子或接地装置连接；
 - b) 当中性点经限流电阻接地时，将变压器接地和移动设备外壳用架空地线或电缆接地线连接起来；
 - c) 变压器中性点不直接接地时，高压、低压电气设备设接地保护，并在变压器低压侧装设自动切断电源检漏装置。
- 6.3.3.3 测试变压器高低压两侧所有避雷器或击穿保险器的接地电阻：
- a) 变压器容量为 100kVA 以下时，工频接地电阻不应大于 $10\ \Omega$ ；
 - b) 当变压器容量为 100kVA 以上时，工频接地电阻不应大于 $4\ \Omega$ 。
- 6.3.3.4 测试避雷器绝缘电阻、工频放电电压或工频耐压、直流参考电压 (U_{refDC}) 及 0.75 倍 U_{refDC} 下的泄漏电流，0.75 倍 U_{refDC} 下的泄漏电流初值差应不大于 30% 或 $50\ \mu\text{A}$ 。
- 6.3.3.5 检查、测试避雷器放电计数器动作情况：测试 3 次~5 次，均应正常动作，测试后记录放电计数器的指示数。

6.3.4 变配电所

- 6.3.4.1 检查变配电所设置的独立接闪杆，其接地点与电缆沟之间的最小间距应不小于 3 m，且接地装置宜布置成环形。当条件不允许时，可在构架上装设接闪杆，但距离变压器不应小于 15 m。
- 6.3.4.2 110 kV 及以上电压等级变电站宜测量接地装置冲击/工频特性参数。
- 6.3.4.3 检查变配电所内的变压器处装设的避雷器位置是否靠近变压器，变压器应在每路架空进线上装设避雷器。
- 6.3.4.4 检查 35 kV 变电所变压器中性点不直接接地时，高压、低压电气设备是否采取接地保护，变压器低压侧装是否设自动切断电源检漏装置。
- 6.3.4.5 变配电所井下供电的电力系统线路的防闪电感应和防闪电电涌侵入措施符合下列要求：
- 不应由地面中性点直接接地的变压器直接向井下供电；
 - 供电线路宜全线采用铠装电缆从矿井外部变电站（所）、配电房（室）埋地引入矿井，埋深不小于 0.8 m；
 - 全线采用埋地敷设有困难时，应在井口附近采用金属铠装电缆或穿金属管（槽）埋地敷设，且电缆埋地长度不应小于 15 m，在井口处应将电缆金属外皮或金属屏蔽管（槽）接到井口集中接地装置上；
 - 电力线路金属铠装电缆或电力线路穿金属管（槽）进出井口处应将电缆金属外皮或金属屏蔽管（槽）采取保护接地，接地电阻不大于 4 Ω ；
 - 采用架空线路引入矿井时，井口处终端杆的绝缘子铁脚应接地，其接地电阻不大于 4 Ω 。当土壤电阻率在 2000 $\Omega \cdot \text{m}$ 及以下时，铁横担钢筋混凝土杆线路由于连续多杆自然接地作用，可不另设接地装置。检查并测试由地面架空线路引入井下的供电线路在井口处应安装适配的电涌保护器，接地电阻不大于 4 Ω 。
- 6.3.4.6 检查、测试矿井外部使用的低压交流电气设备的接地措施，并符合下列要求：
- 150V 以上的交流电气设备和内绝缘损坏可能有触电危险的电气设备的金属外壳、构架等应采取保护接地处理；
 - 手持式电气设备的操作柄和工作中需接触的部分，应有良好的绝缘，其外壳应可靠接地（直流充电手持式工具除外），其接地电阻不大于 4 Ω ；
 - 地面配电房（室）内的配电柜、功率补偿柜、检漏继电器、馈电开关、自偶减压启动器、发电机、空气压缩机等电气设备应采取保护接地处理，其接地电阻不大于 4 Ω 。
- 6.3.4.7 测试变配电所内的变压器高低压两侧、柱上开关的两侧、每组母线和架空进线端或向矿区供电的电缆分支箱内的所有避雷器的绝缘电阻、工频放电电压或工频耐压、直流参考电压 (U_{refDC}) 及 0.75 倍 U_{refDC} 下的泄漏电流，0.75 倍 U_{refDC} 下的泄漏电流初值差 $\leq 30\%$ 或 $\leq 50 \mu\text{A}$ 。
- 6.3.4.8 测试变配电所内的变压器高低压两侧、柱上开关的两侧、每组母线和架空进线端或向矿区供电的电缆分支箱内的所有避雷器、击穿保险器的接地电阻是否符合下列要求：
- 变压器容量为 100 kVA 以上时，工频接地电阻不应大于 4 Ω ；
 - 变压器容量为 100 kVA 以下时，工频接地电阻不应大于 10 Ω ；
 - 柱上开关两侧装设避雷器，两侧的避雷器和开关箱连在一起后接地，工频接地电阻不应大于 4 Ω ；
 - 电缆分支箱应装设避雷器，工频接地电阻不应大于 4 Ω 。
- 6.3.4.9 检查测试避雷器放电计数器动作情况：测试 3 次~5 次，均应正常动作，测试后记录放电计数器的指示数。

6.4 瓦斯发电站

- 6.4.1 检查瓦斯发电站雷电防护装置的设置是否符合 GB 50471—2018 中 7.1 的要求。
- 6.4.2 检查瓦斯抽放泵、输送管路、瓦斯放空管、瓦斯发电机及使用瓦斯的固定设备、电子设备等是否就近与接地装置连接，并测量其过渡电阻不应大于 0.03 Ω 。
- 6.4.3 检查爆炸和火灾危险环境中是否设置防静电接地装置，并测量其接地电阻不应大于 100 Ω 。
- 6.4.4 检查架空瓦斯金属管线在进出建筑物处，距离建筑物 100 m 内管道是否每隔 25 m 接地一次，当设置独立接闪杆时，测量其接地电阻不应大于 10 Ω 。
- 6.4.5 检查瓦斯抽采泵房内安装的电涌保护器应具有防爆功能，并测量电涌保护器相关参数。

6.5 通风机房

6.5.1 检查通风机房是否设置等电位连接带；检查抽风机房内各设备、外露金属物是否与接地装置就近连接，并测量其过渡电阻不应大于 $0.2\ \Omega$ 。

6.5.2 检查进出通风机房的供配电线路、信息线路、光缆及风水管道等是否在井口做等电位连接，并测量其过渡电阻不应大于 $0.2\ \Omega$ 。

6.5.3 检查矿井地面的主要通风机是否采取安全保护接地措施，并测量其接地电阻不应大于 $4\ \Omega$ 。

6.6 压缩空气站

6.6.1 检查压缩空气管道、空压机、储气罐等金属物是否与接地装置就近连接，并测量其过渡电阻不应大于 $0.2\ \Omega$ 。

6.6.2 检查进入压缩空气站的电缆埋地情况，埋地长度应不小于 15 m 。检查供配电线路、信息线路和光缆等是否与雷电防护装置做等电位连接，并测量其过渡电阻不应大于 $0.2\ \Omega$ 。

6.6.3 检查抽风机、出风机等设备与其他导电物体应接地，当设置防静电装置时，测量其接地电阻不应大于 $100\ \Omega$ 。

7 检测结论判定与报告

7.1 将经计算或整理的各项数据、结果与相应的技术要求进行比较，判定各项检测内容是否符合要求。

7.2 出具检测报告，检测报告应符合 GB/T 21431—2023 中 8.3 和 QX/T 319 的要求。

8 巡检与档案管理

8.1 应定期或不定期对煤矿雷电防护装置进行巡检。宜每 2 个月对 110kV 线路杆塔接地装置进行巡检，每次雷暴天气过后至少对 6.3 的供配电系统进行一次巡检。

8.2 应建立雷电防护装置检测档案管理制度，档案应包含但不限于雷电防护装置设计图纸、施工记录、验收检测报告、巡检维护记录、定期检测报告、雷击事故和处理记录等。检测文件归档整理应符合 QX/T 319 的要求。

附 录 A
(规范性)
避雷器参数的测量

A.1 绝缘电阻

A.1.1 测量方法及注意事项

避雷器绝缘电阻测试的仪器要求, 35kV及以下的用2500V兆欧表, 对35kV及以上的用5000V兆欧表, 低压的用500V兆欧表测量。其测量方法及主要注意事项如下:

- a) 断开被试品的电源, 拆除或断开对外的一切连线, 并将其接地放电。对电容量较大的被试品(如发电机、电缆、大中型变压器和电容器等)更应充分放电。此项操作应利用绝缘工具(如绝缘棒、绝缘钳等)进行, 不应用手直接接触放电导线;
- b) 用于擦清洁柔软的布擦去被试品表面的污垢, 必要时宜先用汽油或其他适当的去垢剂洗净套管表面的积污;
- c) 将兆欧表放置平稳, 驱动兆欧表达额定转速, 此时兆欧表的指针应指“ ∞ ”, 再用导线短接兆欧表的“火线”与“地线”端头, 其指针应指零(瞬间低速旋转以免损坏兆欧表)。然后将被试品的接地端接于兆欧表的接地端头“E”上, 测量端接于兆欧表的火线端头“L”上。如遇被试品表面的泄漏电流较大时, 为避免表面泄漏的影响, 应加以屏蔽。屏蔽线应接在兆欧表的屏蔽端头“G”上。接好线后, 火线暂时不接被试品, 驱动兆欧表至额定转速, 指针应指“ ∞ ”, 然后使兆欧表停止转动, 将火线接至被试品;
- d) 驱动兆欧表达额定转速, 待指针稳定后, 读取绝缘电阻的数值;
- e) 测量吸收比或极化指数时, 先驱动兆欧表达额定转速, 待指针指“ ∞ ”时, 用绝缘工具将火线立即接至被试品上, 同时记录时间, 分别读取 15 s 和 60 s 或 10 min 时的绝缘电阻;
- f) 读取绝缘电阻后, 先断开接至被试品的火线, 然后再将兆欧表停止运转, 以免被试品的电容在测量时所充的电荷经兆欧表放电而损坏兆欧表, 这一点在测试大容量设备时更要注意。此外, 也可在火线端至被试品之间串入一只二极管, 其正端与兆欧表的火线相接, 这样就不必先断开火线, 也能有效地保护兆欧表;
- g) 在湿度较大的条件下进行测量时, 可在被试品表面加等电位屏蔽。此时在接线上要注意, 被试品上的屏蔽环应接近加压的火线而远离接地部分, 减少屏蔽对地的表面泄漏, 以免造成兆欧表过载。屏蔽环可用保险丝或软铜线紧缠几圈而成。

A.1.2 安全作业要求

对避雷器绝缘电阻进行测试时, 应遵照以下安全作业事项:

- a) 应正确穿戴工作服、绝缘鞋、安全帽;
- b) 应检查仪器仪表、试验用线、试验电源、放电棒、绝缘手套、绝缘垫等试验所需物件, 并确认齐全、完好、可用;
- c) 对试验场地进行现场安全防护措施布置, 对被试品进行外观检查, 被试品外壳接地, 对绕组放电、接地;
- d) 对绝缘电阻表做开路 and 短路试验, 接线位置清洁处理; 非被测相应短路接地, 对地放电时间大于 1 分钟;
- e) 应确保试验接线正确, 接地可靠, 选择合适的试验电压;
- f) 测试过程中, 操作人员应站在绝缘垫上, 测量完成记录数据后及时切断试验电源;
- g) 测试结束后应放电、接地, 记录温湿度后, 拆除试验接线, 整理和收拾试验仪器。

A.2 直流参考电压与泄漏电流

A.2.1 避雷器直流参考电压与泄漏电流的测试应符合下列要求:

- a) 按照图 A.1 所示接线;
- b) 应记录试验时的环境温度和相对湿度;

c) 应使用屏蔽线作为测量电流的导线。



说明：
PA1，PA2——微安表位置；
FB ——避雷器。

图A.1 避雷器直流参考电压与泄漏电流测试原理接线

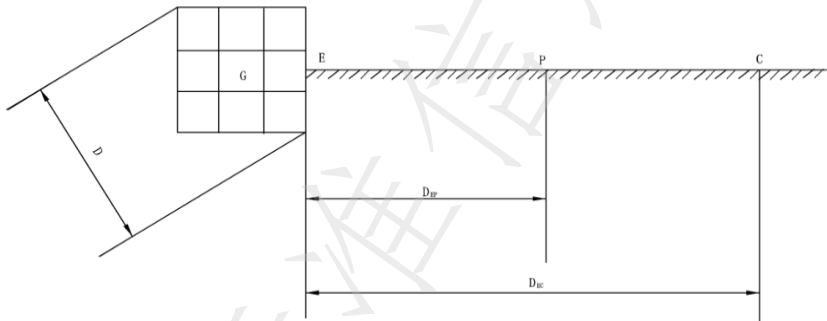
- A.2.2 当测试结果符合以下要求时，判定测试结果为符合要求：
- a) 将直流参考电压实测值与初值或产品技术文件要求值比较，变化不应大于 $\pm 5\%$ ；
 - b) 0.75 倍 U_{refDC} 下的泄漏电流初值差 $\leq 30\%$ 或 $\leq 50\mu A$ 。
- A.3 放电计数器动作
- 巡检检查时，测试3~5次，均应正常动作，测试后记录放电计数器的指示数。
- A.4 工频耐受时间特性试验
- 按照GB/T 11032—2020附录D的规定，对避雷器工频电压耐受时间特性曲线进行试验验证。

附 录 B
(规范性)
大型接地装置测量

B. 1 接地阻抗测试方法

B. 1. 1 直线法

直线法的接线和布极见图B.1。检测电流线和电压线同方向布设，并保持足够远的间距，以减小互感耦合的影响。电流极长度 D_{EC} 通常为地网最大对角线长度 D 的4~5倍；电压极长度 D_{EP} 通常为 $(0.5\sim0.6)D_{EC}$ 。当远距离放线有困难时，在土壤电阻率均匀地区 D_{EC} 可取 $2D$ ，土壤电阻率不均匀地区 D_{EC} 可取 $3D$ 。检测时，电压极 P 在被测接地装置 E 与电流极 C 连线方向移动3次，每次移动的距离为 D_{EC} 的5%左右，3次检测结果误差在5%以内即可。

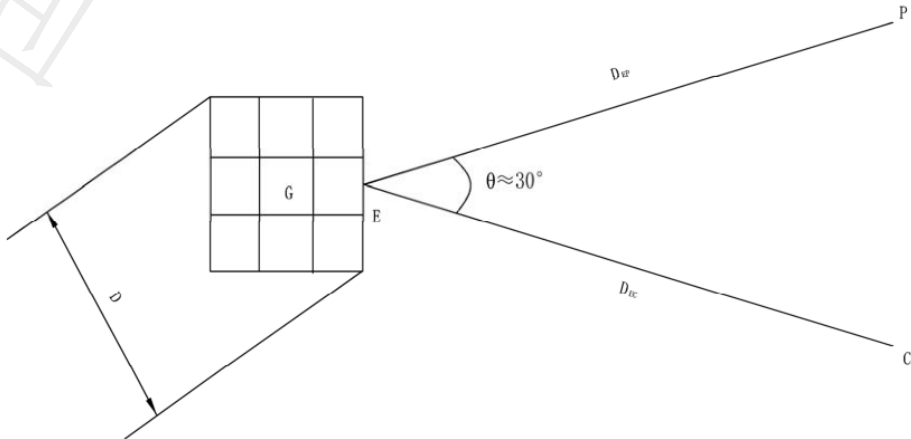


说明：
 D ——地网最大对角线长度；
 G ——地网；
 E ——接地网边缘测试点；
 P ——电压极；
 C ——电流极；
 D_{EC} ——电流极到接地网边缘测试点之间的距离；
 D_{EP} ——电压极到接地网边缘测试点之间的距离。

图B. 1 直线法测量示意图

B. 1. 2 夹角法

夹角法检测接地阻抗的接线和布极如图B.2所示。检测电流线和电压线采用等腰三角形呈 $\theta\approx30^\circ$ 夹角布线，电流极长度 D_{EC} 和电压极长度 D_{EP} 相近，为最大对角线长度 D 的4~5倍，当远距离布线有些困难时，在土壤电阻率均匀地区 D_{EC} 和 D_{EP} 可取 $2D$ 。



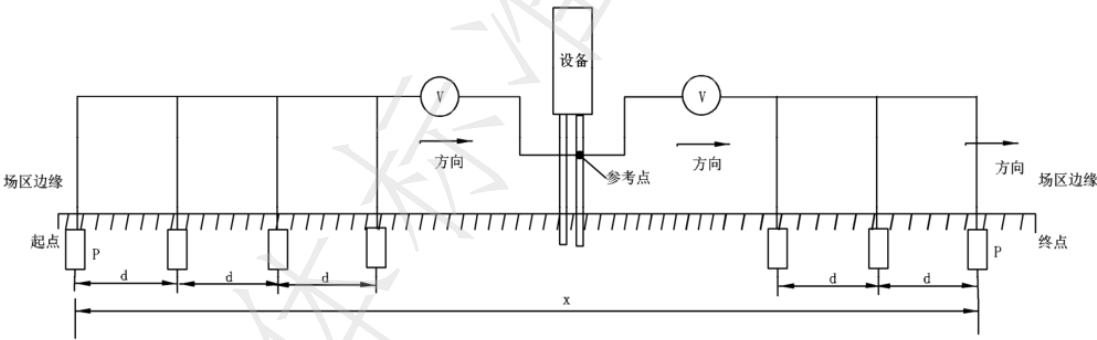
说明：
D ——地网最大对角线长度；
G ——地网；
E ——接地网边缘测试点；
P ——电压极；
C ——电流极；
D_{EC} ——电流极到接地网边缘测试点之间的距离；
D_{EP} ——电压极到接地网边缘测试点之间的距离。
 θ ——电压极与电流极之间的夹角。

图B. 2 夹角法测量接地阻抗示意图

B. 2 场区地表电位梯度

B. 2. 1 测试方法

给接地装置注入异频检测电流后，按图B.3所示布置测试线。将检测场区合理划分成纵横相间的若干条曲线，间距一般不应大于30 m，在曲线路径上选一点与主设备连接良好的引下线作为参考点，从起点每间隔1~2 m检测一次地表电位直至终点，然后绘制出U-X曲线。电压极P可采用铁钎，如果场区是水泥路面，可采用包裹湿抹布的直径20 cm的金属圆盘，并压上重物。测试线较长时应注意电磁感应的干扰。



说明：
P ——电压极；
d ——测试间距；
x ——测试起点至终点的距离。

图B. 3 场区地表电位梯度测试示意图

B. 2. 2 结果分析和判断

B. 2. 2. 1 当间距 d 为 1 m 时，场区地表电位梯度曲线上相邻两点之间的电位差 U_T' 按公式(B. 1)折算，得到实际系统故障时的单位场区地表电位梯度 U_T 。

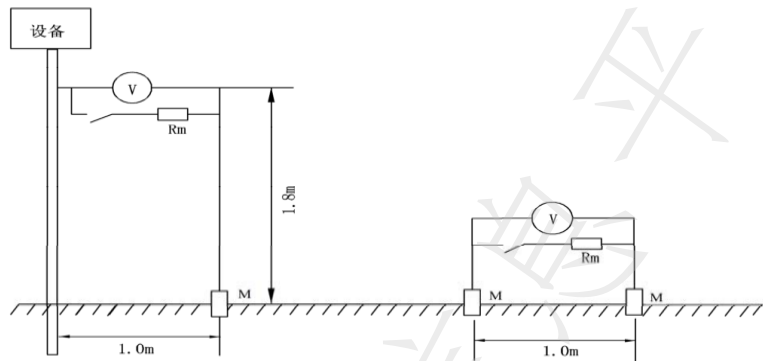
$$U_T' = U_T I_m / I_s \dots\dots\dots(B.1)$$

式中：
 U_T' ——场区地表电位梯度曲线上相邻两点之间的电位差；
 U_T ——单位场区地表电位梯度；
 I_m ——注入地网中的测试电流；
 I_s ——被测接地装置内系统单相接地故障电流。

B. 2. 2. 2 以检测绘制的 U-X 曲线来判断，曲线比较平坦，没有明显起伏和突变，两端略有抬高，说明接地装置状况良好；反之，接地装置状况不良。

B.3 跨步电位差

给接地装置注入异频检测电流后，检测设备的两端分别连接间距1 m的两块模拟人体金属铁脚，检测设备显示的电压值即为被测场区地面两点之间的跨步电位差值，跨步电位差、接触电位差测试示意图如图B.4。



说明：
 R_m ——等效人体电阻；
 M ——模拟人体金属铁脚。

图B.4 跨步电位差、接触电位差测试示意图

B.4 接触电位差

给接地装置注入异频检测电流后，如图B.4所示检测设备的一端接检测设备、距地1.8 m高度处；另一端接模拟人体金属铁脚、距设备1 m，检测设备显示的电压值即为被检设备的接触电位差值。

B.5 技术要求

B.5.1 测试回路的布置

测试回路应尽量远离地下金属管路和运行中的输电线路，避免与之长段并行，当与之交叉时应垂直跨越。电流线和电位线之间都应保持尽量远距离，以减小电流线与电位线之间互感的影响。

B.5.2 电流极和电位极

按下列要求设置电流极和电位极：

- a) 电流极和电压极位置应远离人员密集区域；
- a) 电流极的接地电阻应尽量小，以保证整个电流回路阻抗足够小，设备输出的试验电流足够大；如电流极接地电阻偏高，可采用多个电流极并联或向其周围泼水的方式降阻；
- b) 电位极应紧密而不松动地插入土壤中 20 cm 以上，可采用人工接地极或利用不带接闪线的高压输电线路的铁塔作为电流极；
- c) 试验过程中电流线和电位线均应保持良好绝缘，接头连接可靠，避免裸露、浸水。

B.5.3 测试电流的注入

试验电流的注入点宜选择单相接地短路电流大的场区里，电气导通测试中结果良好的设备接地引下线处，一般选择在变压器中性点附近或场区边缘。小型接地装置的测试可根据具体情况参照进行。

B.5.4 测试安全

测试期间电流线不应断开，电流线全程和电流极处应有专人看护。

附 录 C

(规范性)

避雷器工频放电电压和耐压试验要求及方法

C.1 工频放电电压现场试验

C.1.1 一般要求

C.1.1.1 测量工频放电电压是配电型(FS)避雷器和有串联间隙金属氧化物避雷器的必做项目对每一个避雷器应做三次工频放电试验,每次间隔不小于1 min,并取三次放电电压的平均值作为该避雷器的工频放电电压。

C.1.1.2 对运行中的FZ避雷器,一般不要求做工频放电电压试验,但在解体检修后及必要时,应测量工频放电电压,放电电压值应符合DL/T 596的规定。

C.1.1.3 工频放电试验接线与一般工频耐压试验接线相同。试验电压的波形应为正弦波,为消除高次谐波的影响,必要时在调压器的电源取线电压或在试验变压器低压侧加滤波回路。

C.1.1.4 对有串联间隙的金属氧化物避雷器,应在被试避雷器下端串联电流表,用来判别间隙放电动作。

C.1.2 试验回路中保护R的选择:

C.1.2.1 保护电阻器R是用来限制避雷器放电时的短路电流的。对不带并联电阻的FS型避雷器,一般取0.1~0.5 Ω ,保护电阻不宜取得太大,否则间隙中建立不起电弧,使测得的工频放电电压偏高。

C.1.2.2 对有并联电阻的普通阀式避雷器,应在间隙放电后0.5 s内切断电源,为此在试验回路内还应装设过流速断保护,并是通过被试品的工频电流限制在0.2A~0.7A范围内。由于并联电阻的泄漏电流较大,在接近放电电压时,保护电阻上压降较大,这时可以选用阻值较低的电阻器,或不用保护电阻。

C.1.2.3 有串联间隙的金属氧化物避雷器,由于阀片的电阻较大,放电电流较小,过流跳闸继电器应调整的灵敏些。调整保护电阻器,将放电电流控制在0.05A~0.2A之间,放电后在0.2 s内切断电源。

C.1.2.4 对无并联电阻的FS型避雷器,升压速度不宜太快(以免由于表计机械惯性引起读数误差),以每秒3~5 kV为宜。

C.1.2.5 对有并联电阻的避雷器,作工频放电试验时,必须严格控制升压速度,因为并联电阻的热容量小,在接近放电时,如果升压时间较长,会使并联电阻发热烧坏。因此,工频放电试验时,电压超过避雷器额定电压(灭弧电压)后的时间,应尽可能控制在2s之内。通常超过灭弧电压以后到避雷器放电的升压时间不得超过0.2 s。为此,通常可改造调压装置使之达到要求。

C.1.2.6 测对不带并联电阻的避雷器,在间隙击穿前泄漏电流很微小,在正弦电压波形条件下,可根据低压侧电压表的读数和试验变压器的变比来计算避雷器的放电电压。试验变压器的变比应事前校准,电压表的准确度不得低于0.5级。

C.1.2.7 对有并联电阻的避雷器,应在被试避雷器两端直接测量它的工频放电电压,可用0.5级及以上的电压互感器或分压器配合示波器或其他记录仪进行测量,并可同时观察放电电压的波形。应注意在放电时工频电压波形上会叠加高频振荡,其振荡幅值有时会超过工频部分应以放电瞬时的工频放电电压为准作为放电电压。也可在分压器测量的低压回路中串以数千欧的阻尼电阻,起到抑制高频振荡的作用。这时需要重新校验分压器的分压比。应使用交流峰值电压表测量电压,其准确度不得低于1.0级,并应注意消除放电高频振荡引起的误差。

C.2 耐压测试方法

C.2.1 测试方法

C.2.1.1 直流耐压测试法：在额定直流电压下，避雷器两极间没有短路、放电等异常情况，持续时间 5 s，且 4 个测试样品均合格，表示该组样品合格。

C.2.1.2 交流耐压测试法：在额定交流电压下，避雷器两极间没有短路、放电等异常情况，持续时间 5 min，且 4 个测试样品均合格，表示该组样品合格。

C.2.2 依据标准

C.2.2.1 GB/T 11032 中规定，避雷器耐压测试时，额定电压应为公称电压 110% 的值，在这个电压下保持 5 s，耐压试验成功的条件为：

- a) 放电无闪络；
- b) 两极之间不导通；
- c) 绝缘材料无击穿；
- d) 两极之间不出现火花，所有条件合格，即为合格。

C.2.2.2 中国电力设备测试中心开展的耐压测试标准为：以伏安表测量电流值为标准，处在耐压电源电压下 5s，除产生后备泄放现象外，不得产生放电现象，且试验后主要部件无明显烧毁或其它形变，即为合格。

C.2.3 注意事项

C.2.3.1 进行耐压测试时，应注意安全，整个测试实验过程中都应在试验负责人统一指挥下按规程进行。任何人都有权对不安全因素向负责人提出质问并拒绝执行。

C.2.3.2 必须使用专业检测设备进行测试，一定要做好防护措施。

C.2.3.3 行业标准、国家标准以及企业标准的要求有所不同，进行测试时应选择相应的标准进行测试并满足相应的要求。

C.2.3.4 避雷器的耐压测试一般在出厂前进行，但设备运行一段时间后，也应该有定期的测试和检验。

C.2.3.5 在避雷器耐压测试中，还要注意选择适量的电压，不能过高或过低，否则会影响测试结果。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.12-2008 电工术语 避雷器、低压电涌保护器及元件
 - [2] GB/T 15663.5—2008 煤矿科技术语 第5部分：提升运输
 - [3] GB/T 18802.31—2021 低压电涌保护器 第31部分：用于光伏系统的电涌保护器性能要求和试验方法
 - [4] GB/T 19663—2022 信息系统雷电防护术语
 - [5] GB 50089—2018 民用爆炸物品工程设计安全标准
 - [6] GB/T 50312—2016 综合布线系统工程验收规范
 - [7] GB 50343—2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范
 - [8] GB 50601—2010 建筑物防雷工程施工与质量验收规范
 - [9] GB/T 51065—2014 煤矿提升系统工程设计规范
 - [10] DL/T 475—2017 接地装置特性参数测量导则
 - [11] DL/T 596—2021 电力设备预防性试验规程
 - [12] QX/T 150—2011 煤炭工业矿井防雷设计规范
-