

建筑物防雷检测工作中的常见技术问题及解决处理

李小伟

新疆金锋华云气象科技有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830002

[摘要]防雷检测属于检验建筑物雷电防护装置是否有效的办法,也是保证人民生命财产安全的重要手段。文章以 GB/T 21431-2023 和 GB 50057 等现行标准为依据,对接闪器与引下线、接地装置与等电位连接、电涌保护器 (SPD) 检测中常见的技术问题进行了系统的整理,主要分析了接地电阻测量受到环境耦合干扰的影响、引下线电气连续性变差、接闪器保护范围不够、SPD 劣化判定等问题。在此基础上,从测量干扰消除、设施修复与整改、仪器校准与选型、现场干扰识别抑制、数据复核、报告规范化等几个方面提出系统的解决措施和质量保证方案,为提高防雷检测工作的科学性、规范性、可靠性提供技术上的参考。

[关键词]防雷检测; 接地电阻; 电涌保护器; 等电位连接

DOI: 10.64635/ja.2026.1276

中图分类号: TU895

文献标识码: A

Common Technical Problems and Solutions in Lightning Protection Inspection of Buildings

Li Xiaowei

Xinjiang Jinfeng Huayun Meteorological Technology Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang 830002, China

Abstract: Lightning protection inspection is an important means of verifying whether lightning protection devices in buildings are effective, and it is also a key measure for safeguarding people's lives and property. Based on current standards such as GB/T 21431—2023 and GB 50057, this paper systematically reviews common technical problems in the inspection of air-termination devices and down conductors, grounding devices and equipotential bonding, and surge protective devices (SPDs). It mainly analyzes problems such as the influence of environmental coupling interference on grounding resistance measurement, reduced electrical continuity of down conductors, insufficient protection range of air-termination devices, and deterioration assessment of SPDs. On this basis, systematic solutions and quality assurance measures are proposed from several aspects, including measurement interference elimination, facility repair and rectification, instrument calibration and selection, on-site interference identification and suppression, data rechecking, and report standardization. The study provides technical reference for improving the scientificity, standardization, and reliability of lightning protection inspection.

Keywords: lightning protection inspection; grounding resistance; surge protective device; equipotential bonding

引言

雷电所造成的直击雷、感应雷以及电磁脉冲等,都会对建筑物的安全和内部的电子信息系统造成严重的危害。防雷装置是由接闪器、引下线、接地装置、等电位网络和 SPD 组成,它的状态直接影响到防护效果。防雷检测就是对上述装置进行 GB50057、GB/T21431 的检验。但是实际检测常常会遇到电磁干扰、设施老化隐匿和数据处理不规范等问题,从而造成结论的准确性受到影响。

1 建筑物防雷检测的主要内容与技术要求

依据 GB/T21431-2023,检测涵盖外部和内部防雷装置。外部装置检测包含接闪器、引下线、接地装置,其包含布置核查、外观检查、规格测量、电气连续性试验、接

地电阻测定。内部装置主要对等电位连接的可靠性以及 SPD 性能状态进行检测,即过渡电阻、外观、压敏电压、泄漏电流等^[1]。GB/T21431-2023 取代了之前的版本,对检测方法和判定规则做了重要的修改,检测工作必须严格按照最新的版本进行,保证数据的原始性和可追溯性。

2 常见技术问题分析

2.1 接闪器与引下线检测的典型问题

接闪器保护范围不够多由于屋顶新增设备超出滚球保护边界或者早期使用非标准材料造成厚度不合格。接闪带焊接点由于大气暴露而出现脱焊断裂,没有及时发现。引下线连接点受潮氧化,容易造成节点锈蚀甚至断裂,过渡电阻增大,断接卡处更薄弱。暗敷引下线不能直接目视,

内部锈蚀情况更难发现。

2.2 接地装置、等电位连接及电涌保护器检测的典型问题

接地电阻测量值与真实值有差异。接地电阻测量是防雷检测中出现偏差最多的环节,也是最容易出现偏差的环节。读数不稳定,测量值偏大或者出现负值的情况经常出现在实际检测当中。造成偏离的原因有辅助电极间距不够造成的电场重叠干扰、土壤电阻率不均引起的零电位点偏移、地中杂散电流干扰、测试线电阻变化引起的系统误差等。外界干扰源会通过容性耦合、阻性耦合、感性耦合这三种方式影响测量结果。

等电位连接不牢靠。等电位连接的常见问题有金属部件之间过渡电阻过大,原因有连接螺栓松动、接触面氧化没有做防腐处理、新增金属管道、金属构件没有接入等电位网络。定期检测中,既有建筑由于功能改造增设了金属设备,但是没有同步完善等电位连接的情况比较严重。

SPD 劣化和状态判断难。电涌保护器在多次受到雷电

流冲击之后,其核心元件慢慢老化,但是部分 SPD 的劣化指示只依靠简单的状态显示窗口或者指示灯,信息不准确。实际检测时,仅仅依靠目视检查不能判断处于临界劣化状态的 SPD 是否需要更换,必须使用专用测试仪器测量压敏电压 U_{1mA} 、泄漏电流等参数才能作出正确的判断。

3 技术问题的解决处理措施

3.1 接地电阻测量干扰因素的消除与取值方法

三极法测量时,E、P、C 极应直线布置,间距为 5~10m,防止电场重叠。场地受限时可以采用三角形布置并注明。对工频干扰采用变频法,用 15~30Hz 的低频信号进行测试,避开 50Hz 及其谐波。射频干扰可采用屏蔽法来抑制,把辅助极引线穿入金属屏蔽管并接地。土壤电阻率差别大的时候,在电压极处用 50cm 的步长移动探针,取读数最稳定的区间数值作为有效值。每个测点读取 3 组稳定数据,剔除异常值后取平均值^[2]。降雨后 24h 内不能测量,以免土壤含水量变化造成数据偏低。将干扰因素和处理措施汇总到表 1 中。

表 1 接地电阻测量常见干扰因素与处理措施

干扰类型	产生机理	处理措施	适用条件
电极互阻干扰	辅助极间距不足,电场重叠	增大间距或采用三角形布置	三极法测量
工频干扰	电力线路容性、感性耦合	变频法(15~30Hz 低频)	邻近输电线路
射频干扰	基站、发射台电磁耦合	屏蔽法(辅助线穿金属管接地)	城市密集区
杂散电流干扰	地下直流管道、轨道泄漏	极性反转法或等电位法	轨道交通沿线
土壤不均匀干扰	零电位点偏移	三极多次取点,微调电压极	回填土区域

3.2 引下线电气连续性及锈蚀问题的处理

引下线电气连续性检测应首先用导通电阻测试仪做定量测量,不能只依靠通断蜂鸣声来判断。测试时用四线制开尔文接法,可以消除测试线阻对测量结果的影响。对明装引下线逐段检查接闪器到接地装置之间的连接情况,主要检验断接卡两侧的过渡电阻,实测值不应大于 0.2Ω。对法兰盘连接处的跨接导体进行检查,看其是否完好,截面积是否符合设计要求。

暗敷引下线可以用钢筋扫描仪定位其走向,再用局部破开检查来判断内部锈蚀状况。发现引下线有锈蚀现象时,应将锈蚀处除锈到金属本色,涂刷防锈漆两道后测量其有效截面积;如果截面积损失超过原设计值的 30%,应在附近增设引下线。当引下线根数不能满足 GB 50057 的规定时,应按标准补齐。引下线与接地装置的连接宜采用焊接,焊接长度不应小于圆钢直径的 6 倍,焊接处应做防腐处理。对已经锈蚀断裂的引下线连接点要开挖到完整部位再焊接并回填。

3.3 接闪器保护范围不足的整改对策

接闪器保护范围的验证用滚球法计算。首先使用测高

仪和卷尺精确测量接闪器的高度和建筑物的长、宽、高尺寸,根据建筑物的防雷类别确定滚球半径(第一类 30m、第二类 45m、第三类 60m),在建筑物剖面图上绘制出滚球轨迹,直观判断是否存在保护盲区。

当检测到保护范围不足的时候,分情况采取整改措施。对屋顶新增的金属突出物,先与接闪器系统做可靠的电气连接,纳入等电位保护范围;对于非金属突出物或者超出滚球保护范围的区域,应增设接闪短杆或者延长接闪带网格。接闪带网格尺寸应符合标准要求,第三类防雷建筑物接闪带网格不大于 20m×20m 或者 24m×16m。对使用不合格彩钢板做接闪器的场所,应加设明装接闪带和网格,材质为热镀锌圆钢,直径不小于 8mm。整改后要再次做保护范围复核工作,保证所有的建筑部位都在滚球保护的范围内^[3]。

3.4 电涌保护器劣化检测与更换判定

SPD 的劣化检测应该用分级判定的方法,把外观检查和参数测试结合起来。第一级为外观及状态检查,观察 SPD 外壳有无裂纹、烧蚀、密封失效,接线端子有无腐蚀松动,查看劣化显示窗口或状态指示灯颜色变化,一般绿

色为正常，红色为失效，立即更换。第二级是电性能参数测试。使用 SPD 专用测试仪测量压敏电压 U_{1mA} ，即向 SPD 施加 1mA 直流恒流，读取其两端电压值。判定标准为实测值和标称值的偏差不超过 $\pm 10\%$ ，超过这个范围说明压敏电阻已经发生不可逆的劣化。泄漏电流 I_L 的测量方法是施加 $0.75U_{1mA}$ 直流电压，读取稳态电流值，正常值不应大于 $20\mu A$ ；泄漏电流超标说明压敏电阻内部绝缘变坏，有热击穿的危险。第三级是综合判定。内部为压敏电

阻的限压型 SPD，同时满足 U_{1mA} 偏差 $\leq \pm 10\%$ 和 $I_L \leq 20\mu A$ 的，判定为合格；任一指标超限即判定为劣化，建议更换。气体放电管类 SPD 的直流击穿电压要进行测量，偏差大于标称值的 $\pm 20\%$ ，则认为该产品已失效。判定更换时要考虑到新旧 SPD 的参数匹配性，保证更换后 SPD 的最大持续工作电压 U_c 不低于原设计值，电压保护水平 U_p 不大于被保护设备的耐受电压。以下将 SPD 劣化判定标准汇总到表 2 中。

表 2 限压型 SPD 劣化检测参数与判定标准

检测参数	测量方法	合格判据	劣化判据
压敏电压 U_{1mA}	施加 1mA 直流恒流，测两端电压	与标称值偏差 $\leq \pm 10\%$	偏差 $> \pm 10\%$
泄漏电流 I_L	施加 $0.75U_{1mA}$ 直流电压，测稳态电流	$I_L \leq 20\mu A$	$I_L > 20\mu A$
外观与指示	目视检查外壳与状态窗	无裂纹、无烧蚀、状态窗绿色	有裂纹/烧蚀，或状态窗红色
热脱扣装置	外观检查，必要时用万用表通断验证	未动作、电气连接正常	已断开或接触电阻异常增大

4 检测工作的质量保障与优化

4.1 检测仪器的精度校准与适应性选择

检测仪器是保证数据正确性前提的仪器。接地电阻测试仪的测量范围应为 $0.01\Omega \sim 200\Omega$ ，精度不小于 $\pm 2\%$ ，有较好的抗干扰性。所有的计量型检测仪器都应该按照规定周期到有法定资质的单位做校准，校准周期一般是一年；对高温、高湿等恶劣环境中的经常使用仪器，可以缩短到半年。校准合格后需要粘贴校准状态标识，校准证书要归档保存；未校准、校准不合格或者超周期的仪器不得用于检测工作。另外还要建立期间核查制度，两次校准之间定期用标准电阻检验仪器状态。标准电阻精度不应低于 0.05% ，阻值范围要包含被测量的常用量程。根据不同的检测环境，选择合适的仪器：大型地网用远距离布线型接地电阻测试仪，城市环境中工频干扰严重的测点用变频式仪器，不易布设辅助极的硬化路面区域用双钳口式在线测量仪做初步筛查，最终判定还是以三极法结果为准^[4]。

4.2 现场电磁与地质干扰的识别和抑制

干扰识别为抑制干扰打下了基础。检测人员到达现场后，首先要对周围环境进行勘察，重点调查 10kV 及以上架空输电线路、通信基站铁塔、运行中的大型变压器或者变频器、地下直流轨道交通线、地下金属管道密集区等干扰源。勘察结果应以原始记录的形式加以记载，然后根据其结果来决定合适的干扰抑制措施。根据不同的干扰类型采取相应的抑制方法，工频电磁干扰优先用变频法，将测试频率设在工频整数倍以外；射频干扰用屏蔽法或者改变测试线的走向来减少耦合面积；杂散直流电流干扰用极性反转法，分别测量正向和反向极性下的电阻值取平均。在接地条件差的山区或者岩石地基上，可以在辅助极周围注

水来降低接触电阻，但是注水的方式、水量和稳定时间要保持一致，在报告中注明。当干扰严重到不能有效抑制的时候，就选择干扰较小的时段进行补测。

4.3 检测数据的复核与异常值处理

检测数据的复核要采取“现场复核+室内复核”的双管齐下方式。现场复核要求检测人员对每一个测点初测完成后，当场检查数据的合理性、自洽性，接地电阻值是否与土壤类别、地质条件相符，同一接地系统各个测点的读数是否合理一致，过渡电阻值是否与连接状态相符。发现明显异常时排除干扰再做复测。室内复核是在原始记录移交之后，技术负责人独立进行的。复核重点为原始记录中数据无空缺项、单位正确、有效位数合理、关联数据间有合理的物理关系。异常值的处理不能简单地删除，应该从测量环境、操作方法、仪器状态等各方面分析其产生的原因，在原始记录中批注说明。经确认为由于环境因素造成的偏大值，并且不能复测的，在检测结论中应注明“测量时受到 $\times \times$ 干扰的影响，该测点电阻值存在正偏差”。

4.4 检测报告编制的规范化与可追溯性

检测报告是检测工作最后的成果载体，检测报告是否规范直接影响到结论的法律效力以及工程的参考价值。报告的编制要遵循以下原则，一是信息完整，报告中应包含工程概况、检测依据、检测仪器、检测项目和测点布置、测量数据与标准限值对比、单项结论和综合结论等内容，不能有缺失。二是溯源可查，报告封面要粘贴溯源二维码，检测结束后将有关信息上传到全国防雷减灾综合管理服务平台，原始记录及检测报告底稿保存至少 3 年，保证整个检测过程可以追溯。三是表述严谨，检测结论必须有实测数据作为依据，实测值与标准限值的比对要清楚无误，

整改建议要具体到技术要求和验收标准,不能使用“建议完善”、“需要加强”等含糊不清的语言。四是数据不能被篡改,原始记录中的测量数据修约要符合数值修约规则,但是不能因为修约而改变检测结论^[5]。

5 结束语

建筑物防雷检测是一项系统性、技术性很强的工作,质量的好坏直接影响到雷电防护装置在雷击发生时是否能够起到应有的作用。本文以检测工作实际为出发点,对接闪器、引下线、接地装置、等电位连接和 SPD 检测过程中出现的典型技术问题进行系统的梳理,并给出相应的处理方法。随着 GB/T21431-2023 的推行,防雷检测在技术手段和质量把控上又迈进了一步,检测人员要及时更新自己的知识结构,掌握新标准所规定的检测办法以及判定准则,不断改善自身的检测技术能力及质量保证水准,从而给建筑物的防雷安全赋予有力的技术支持。

【参考文献】

- [1]谭勋平,陈君毅,沈俊杰.防雷装置现场检测关键技术及实际问题分析[J].品牌与标准化,2022(6):63-65.
- [2]黄文山.防雷装置现场检测技术的探讨[J].农业灾害研究,2023,13(3):153-155.
- [3]张涛.建筑物防雷检测工作中常见技术问题及解决对策[J].科技资讯,2022,20(4):115-117.
- [4]赵志刚,李琳.雷电防护装置检测全过程质量控制要点[J].农业灾害研究,2023,13(3):150-152.
- [5]李华,王建国,张明亮.接地电阻测量误差影响因素分析及对策[J].电瓷避雷器,2023(1):82-87.

作者简介:李小伟(1985.06—),毕业院校:成都信息工程学院,所学专业:雷电防护科学与技术,当前就职单位名称:新疆金锋华云气象科技有限公司,就职单位职务:部门经理,职称级别:中级,工程师。