

民用建筑配电系统防雷接地工程施工质量管控技术研究

李 阳

天佑工程勘测（天津）有限公司 天津 300392

摘 要：民用建筑配电系统防雷接地是保障建筑电气安全、规避雷电灾害的核心工程。本文依托现行国家与行业规范，阐释防雷接地工作原理与系统分类，深入剖析施工材料、工序工艺、管理验收等环节的常见质量问题及核心成因。从施工前预控、施工中精细化管控、施工后检测整改及长效保障维度，提出全套质量管控技术与措施，旨在提升防雷接地工程施工质量，保障配电系统安全稳定运行。

关键词：民用建筑；配电系统；防雷接地工程；施工质量管控技术

引言：随着民用建筑智能化、高层化发展，建筑配电系统结构愈发复杂，雷电灾害引发的设备损坏、用电安全事故频发，让防雷接地工程的重要性愈发凸显。防雷接地施工质量直接决定建筑配电系统的抗雷击能力与运行安全性。当前施工现场仍存在工艺不规范、管控体系不完善等诸多问题，严重影响工程防雷效果。基于此，本文系统研究防雷接地施工质量管控技术，精准排查施工隐患，优化施工与管控方案，为民用建筑电气安全施工提供技术参考。

1 民用建筑配电系统防雷接地工程核心理论与规范体系

1.1 配电系统防雷接地工作原理

（1）防雷保护原理：通过接闪、引下、接地三大核心环节协同作用，将直击雷、感应雷产生的雷电电流快速导入大地。接闪器主动拦截雷电流，引下线提供低阻抗泄放通道，接地装置实现最终散流，以此规避雷电冲击波对配电线路、电气设备的击穿与损坏风险，有效抑制雷电过电压对系统运行的干扰。（2）接地保护原理：通过构建低电阻接地通道，将故障电流、泄漏电流及雷电电流迅速导入大地，稳定配电系统电位基准。同时消除设备漏电、静电积聚等安全隐患，避免电位失衡引发的触电、短路故障，保障配电系统在各类工况下均能安全稳定运行。

1.2 民用建筑防雷接地系统分类

（1）直击雷防护系统：主要包括接闪器（避雷针、避雷带、避雷网）、引下线及接地装置，用于抵御直接雷击对建筑主体结构及配电设备的机械破坏与热效应损伤，是基础防雷防护体系，确保建筑整体防雷能力达标。（2）感应雷防护系统：以浪涌保护器（SPD）、等电位联结装置为核心，抑制雷电感应产生的过电压、过电流沿配电线路侵入，保护配电终端及各类精密电气设

备免受瞬态冲击损害。（3）配电系统专用接地系统：包含工作接地（变压器中性点接地）、保护接地（设备金属外壳接地）、重复接地（PE线重复接地），适配民用建筑低压配电系统多样化运行需求，从供电可靠性、设备安全性与人身防护三个维度保障系统正常工作^[1]。

1.3 施工质量管控相关规范标准

（1）国家强制性规范：系统梳理《建筑物防雷设计规范》（GB50057）、《建筑电气工程施工质量验收规范》（GB50303）等核心国标，明确防雷接地施工中材料选型、安装工艺、接地电阻限值等强制性质量要求与参数标准，作为施工与验收的根本依据。（2）行业专项标准：结合民用建筑配电工程专项施工标准，细化接地电阻测试方法、接地极埋设深度、接地干线截面规格、焊接工艺要求及验收检测指标等专项管控标准，形成可操作的执行细则。（3）规范适配要点：针对民用建筑中高层建筑、商住一体综合体、智能化建筑等不同场景，分析现行规范在防雷等级划分、等电位联结方式、SPD配置选型及接地形式（TN-S、TN-C-S）等方面的差异化适配要求，明确不同场景下的施工管控侧重点，确保规范执行精准到位。

2 民用建筑配电系统防雷接地施工常见质量问题及成因分析

2.1 施工材料质量不达标问题

（1）材料选型不符：部分工程选用的接地钢筋、镀锌扁钢、浪涌保护器等材料规格、材质不符合设计及规范要求，存在以次充好、型号混用问题。例如，接地干线截面小于设计值、镀锌层厚度不足、SPD标称放电电流参数不匹配等，直接导致防雷接地导电性能与耐久性不达标，系统投入使用后故障频发。（2）材料防腐处理不到位：接地金属材料未按要求进行热镀锌或防腐涂层处理，或材料在运输、现场存放过程中防护不当，出现表

面划伤、锈蚀、涂层破损等问题。施工后埋地部分在潮湿土壤环境中迅速发生电化学腐蚀,接地体有效截面逐年削减,接地电阻持续上升,严重影响系统长期稳定性与服役寿命。

2.2 核心工序施工工艺缺陷

(1) 接地装置施工缺陷:接地极埋设深度不足(未达设计埋深要求)、接地网搭接长度不够、焊接工艺不规范,存在虚焊、漏焊、夹渣、焊缝不饱满等问题,导致接地通道电阻超标。同时,焊接部位未做防腐处理,加速腐蚀进程,削弱接地网散流能力。(2) 引下线与接闪器施工问题:引下线敷设间距超出规范限值,路径弯折偏移过大,影响雷电流迅速泄放;接闪器安装高度、位置不符合设计图纸要求,未能有效覆盖建筑及配电设备保护范围,存在防雷盲区,降低直击雷拦截效率^[2]。(3) 等电位联结施工不规范:卫生间金属管道、配电设备外壳、金属桥架、电梯导轨等需联结部位遗漏未接;联结线路采用缠绕方式替代专用压接,连接松动,接触电阻偏大;联结导体截面不足,无法实现有效电位均衡,易引发电压局部过电压闪络故障,危及设备和人员安全。

2.3 施工管理与检测验收漏洞

(1) 施工技术交底不到位:施工人员专业水平参差不齐,项目技术交底流于形式,仅停留在文件签字层面,未针对防雷接地关键工序开展专项培训与现场实操指导,作业人员对搭接长度、焊接工艺、防腐要求等精细化施工要点掌握不足,操作随意性大。(2) 过程质量管控缺失:施工过程缺乏常态化巡检与质量抽查,隐蔽工程(如接地网敷设、引下线焊接)在覆盖前未及时进行隐蔽验收核查,违规施工问题无法及时发现与整改,质量隐患持续留存至后续工序,一旦覆盖即成不可逆缺陷。(3) 检测验收不严谨:接地电阻、过渡电阻、防雷性能等关键指标检测流程简化,检测点位选取不具代表性,测试方法不规范,甚至出现检测数据造假、漏检等情况。不合格工序未经整改即顺利通过验收,导致防雷接地系统带病投运,整体工程质量无法保证。

2.4 质量问题核心成因总结

(1) 人员层面:施工人员及现场管理人员专业素养不足,对防雷接地施工规范、技术要点认知薄弱,质量管控意识与责任感缺失,缺乏对精细化施工标准的敬畏与执行自觉。(2) 管理层面:施工质量管控体系不完善,事前预防、事中监督、事后验收的闭环管理机制不健全,隐蔽工程及关键工序管控缺位,质量问题整改跟踪落实不到位,管理责任虚化。(3) 技术层面:传统施工工艺老旧粗放,焊接、防腐、联结等方法未能与时俱

进,适配智能化民用建筑配电系统高可靠性要求的精细化、标准化施工技术应用不足,工艺创新能力薄弱,难以支撑现代防雷接地工程质量目标实现。

3 民用建筑配电系统防雷接地施工质量管控关键技术与管理措施

3.1 施工前期质量预控技术

(1) 图纸会审与方案优化:开工前组织设计、施工、监理单位联合审图,重点核查防雷接地与建筑结构、配电布局的匹配性,预判交叉冲突点。结合土壤电阻率实测数据优化方案,明确接地装置敷设路径、引下线间距、等电位联节点、SPD配置等关键参数与管控重点,编制作业指导书,从源头消除偏差。(2) 材料进场严格管控:建立全流程进场检验制度,对所有防雷接地材料(镀锌钢材、接地极、引下线、SPD、等电位端子箱等)的规格、材质、合格证明、型式检验报告逐批次核查登记。关键材料实行取样复检,委托第三方检测机构对镀锌层厚度、导电率、机械强度等核心指标抽检,合格后方准入库,建立进场与领用台账,确保来源可追溯、质量可验证,杜绝不合格材料流入^[3]。(3) 施工人员技术交底与培训:施工前分层次、分工序开展专项培训与交底。项目技术负责人向班组长进行一级交底,宣贯规范强制性条文、设计意图及质量目标;班组长向一线作业人员进行二级交底,结合实物样板讲解接地焊接工艺、搭接长度、防腐处理、等电位联结等实操要点,明确施工标准与自检职责,考核合格后方准上岗。

3.2 施工过程精细化质量管控技术

(1) 接地装置施工管控:接地极埋设前复测现场土壤电阻率,确认埋设深度、间距满足设计要求。接地网敷设过程中严格把控扁钢搭接长度(不小于宽度的2倍或直径的6倍)、焊接道数及焊缝饱满度,确保无夹渣、无气孔、无漏焊。焊后及时清除焊渣并涂刷沥青或富锌防腐涂料,覆土回填时分层夯实。全程对接地电阻进行分段监测,敷设完成后即时测量初始值,发现异常立即采取补打接地极或降阻措施。(2) 引下线与接闪系统管控:利用建筑结构主筋作为引下线时,严格按设计标注位置进行焊接连通,确保上下贯通且电气通路连续可靠。引下线敷设间距严格控制在规范限值以内,路径顺直、弯折角度平缓,固定卡具间距均匀、安装牢固。接闪带(网)沿屋面天沟、檐角、屋脊等易受雷击部位敷设,支架间距均匀(直线段不大于1.0m,转角段不大于0.5m),转角处采用圆弧过渡。每段隐蔽工序经监理验收合格并留存影像资料后,方准进入下道工序。(3) 等电位与浪涌保护施工管控:对建筑内所有进出金属管

道、配电设备外壳、金属桥架、电梯导轨、防雷引下线等需等电位联结的金属构件进行全面排查、逐项登记,编制等电位联结清单,对照清单逐一完成联结施工,杜绝漏接、错接。联结导体采用专用接地线或铜编织带,压接端子与母排连接紧密可靠。SPD严格按设计选型参数安装于各级配电箱(柜)内,位置靠近被保护设备,连接导线平直、长度不宜超过0.5m,确保雷电过电压入侵时能迅速导通泄放^[4]。

3.3 施工后期检测验收与整改技术

(1) 系统化质量检测:主体施工完成后,采用接地电阻测试仪、等电位测试仪、防雷元件测试仪等专业设备,对防雷接地系统各项关键指标进行全面检测。检测内容涵盖接地电阻值、引下线导通性及过渡电阻、等电位联结有效性、SPD压敏电压及漏电流、接闪器与引下线连通性等。检测点位覆盖所有测试点,数据如实记录、分类归档,形成完整检测报告,确保数据可追溯、可复核。(2) 分级验收管控:严格执行班组自检、项目部复检、监理验收的三级验收制度。班组完成每道工序后即自检并填写记录;项目部质量员在隐蔽工程覆盖前、分项工程完工后进行复检,重点核查接地网敷设、引下线焊接、等电位联结等关键工序质量;监理工程师组织分项验收,对照图纸、检测报告及验收规范逐项核查,未经验收或不合格的工序不得进入下道施工或交付使用^[5]。(3) 问题闭环整改:对检测及验收中发现的质量缺陷与不合格项,建立专项整改台账,明确整改内容、措施、责任人与完成时限。制定专项整改方案经监理审批后实施,整改完成后重新复检,合格后方予销号。对重复出现的普遍性问题组织专项分析,从工艺标准层面制定预防措施,实现质量问题从发现、整改到预防的全链条闭环管理。

3.4 施工质量长效保障措施

(1) 完善质量管控管理制度:建立健全覆盖施工全过程的标准化、规范化质量管控体系,明确项目经理、技术负责人、质检员、施工班组长等各级岗位质量职责与考核标准。推行质量责任终身制,将质量目标层层分解、逐级签订责任书,落实质量奖惩制度,将施工质量

与绩效薪酬直接挂钩,以制度刚性激发全员质量管控内生动力。(2) 推广新型施工技术与材料:积极引入新型高性能防腐接地材料(如铜包钢接地极、复合石墨接地模块等),替代传统镀锌钢材在强腐蚀性土壤中的应用。推广应用放热焊接工艺取代传统电弧焊,确保焊接处导电性能等同母材。引入智能化防雷接地检测技术,实现接地状态连续监测与远程预警,以技术创新驱动施工质量与运维效率双提升。(3) 建立后期运维管控机制:工程竣工后建立完整的防雷接地系统技术档案,涵盖设计图纸、隐蔽记录、材料证明、检测报告、验收文件等全套资料。制定定期巡检维护计划,明确检测周期(每年雷雨季前至少全面检测一次)、内容与判定标准,重点跟踪接地电阻年变化趋势、SPD劣化状态及等电位联结导通性,发现隐患及时整改,实现防雷接地工程全生命周期质量保障。

结束语

本文系统梳理了民用建筑配电系统防雷接地工程的核心理论与规范体系,全面总结施工全过程的质量缺陷及成因,构建了全流程、精细化的施工质量管控技术体系与长效保障机制。防雷接地施工质量管控是一项系统性、长期性工作,需兼顾材料、工艺、管理与技术创新。通过落实全过程管控措施,可有效规避施工质量隐患,强化建筑配电系统防雷能力,为民用建筑用电安全提供坚实保障。

参考文献

- [1]王利勇,姚飞,李玥亭.建筑防雷接地系统施工的质量通病及其控制核心思路分析[J].建设科技,2023,8(07):43-45.
- [2]孟德双.防雷接地施工技术在建筑电气安装中的应用[J].四川建材,2025,51(05):185-187.
- [3]颜转娣.防雷接地施工技术在建筑电气安装中的应用探究[J].仪器仪表用户,2025,32(04):103-105.
- [4]徐文斌,赵立新.高层建筑防雷接地系统施工工艺优化研究[J].建筑电气,2023,42(03):112-116.
- [5]朱传芳.装配式建筑电梯安装与综合防雷接地技术研究[J].住宅与房地产,2025,11(08):53-55.