

机电安装工程电气施工工艺与控制管理

刘子豪

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 随着我国建筑行业 and 工业基础设施建设的快速发展,机电安装工程作为建筑工程的重要组成部分,其技术含量和管理要求不断提升。其中,电气施工是机电安装工程的核心环节之一,直接关系到整个系统的安全、稳定与高效运行。本文系统阐述了机电安装工程中电气施工的主要工艺流程,包括管线敷设、设备安装、电缆敷设与接线、接地与防雷、调试与验收等关键环节,并深入探讨了施工过程中的质量控制、安全管理、进度控制及信息化管理等控制管理策略。通过分析当前存在的问题与挑战,结合BIM技术、智能监测等新兴手段,提出了优化电气施工工艺与提升控制管理水平的有效路径,旨在为相关工程实践提供理论参考与技术指导。

关键词: 机电安装; 电气施工; 施工工艺; 质量控制; 安全管理; BIM技术

引言

机电安装工程涵盖给排水、暖通空调、电气、消防、智能化等多个专业系统,是现代建筑实现功能化、智能化、绿色化的重要支撑。在众多子系统中,电气系统因其贯穿建筑全生命周期、涉及强弱电交叉、安全风险高、技术更新快等特点,成为机电安装工程中的重点与难点。高质量的电气施工不仅保障了建筑用电的安全可靠,也为后续运维管理奠定基础。近年来,随着“双碳”目标推进、智能建筑普及以及新型电力系统建设,对电气施工提出了更高要求。一方面,施工工艺需满足更高能效标准和智能化接口需求;另一方面,项目周期压缩、交叉作业频繁、材料设备迭代加速,使得施工管理面临严峻挑战。因此,系统梳理电气施工的关键工艺流程,构建科学有效的控制管理体系,具有重要的现实意义。

1 机电安装工程电气施工主要工艺流程

1.1 施工准备与图纸深化

首先,需组织设计、施工、监理等单位对电气施工图进行联合审查,重点核查管线走向是否合理、设备定位是否准确、负荷计算是否匹配实际需求,以及保护配合是否满足安全运行要求,尤其要关注是否存在与其他专业如暖通、给排水之间的空间冲突。其次,应积极引入建筑信息模型(BIM)技术,对电气系统进行三维建模,并与结构、水暖等专业模型进行整合,在虚拟环境中提前发现并解决管线碰撞、净高不足等问题,从而优化施工路径,减少现场返工。此外,还需根据设计文件和国家现行规范(如GB50303《建筑电气工程施工质量验收规范》),对电缆、配电箱、开关插座、灯具等主要材料设备进行选型确认,并严格执行进场报验程序,确

保所有物资符合质量标准和技术参数要求,为后续施工奠定坚实基础。

1.2 管线敷设

在配管施工方面,应根据使用环境合理选择管材类型,例如在潮湿、高温或存在机械损伤风险的区域优先采用镀锌钢管,而在普通干燥场所可选用PVC电工套管以降低成本。敷设方式包括明敷、暗敷、吊顶内敷设及埋地敷设等,其中暗敷于混凝土结构中的管线必须在土建浇筑前完成预埋,且需固定牢固,弯曲半径不得小于管外径的六倍,以避免穿线困难或损伤绝缘层。对于金属导管,其连接处必须保证电气连续性,通常采用套管焊接或专用接头,并对非镀锌钢管实施跨接地处理,确保整个金属管路形成有效的等电位连接^[1]。在桥架安装方面,适用于大容量电缆集中敷设的场合,如变配电室、电气竖井或设备层。安装时应确保桥架横平竖直,支架间距符合规范要求(水平方向不大于2米,垂直方向不大于1.5米),转弯处应使用标准弯头避免锐角,以保护电缆外护层。同时,桥架必须全程可靠接地,不同段之间通过铜编织带进行跨接,形成低阻抗的接地通路,防止感应电压积聚引发安全隐患。

1.3 电缆敷设与接线

敷设前应对电缆进行外观检查和绝缘电阻测试,确认无机械损伤且绝缘性能达标。敷设过程中可采用人工或机械牵引方式,但必须严格控制牵引力,防止护套被拉裂;在竖井内敷设时,应配置阻尼装置以避免电缆因自重自由下落造成内部结构损伤。敷设完成后,电缆应排列整齐、固定牢靠,水平段固定间距不宜超过1.5米,垂直段不超过1米,转弯处需预留适当余量以适应热胀冷缩。为减少电磁干扰,动力电缆与控制电缆、强电与弱

电线路应分层敷设或加装金属隔板隔离。在电缆头制作与接线环节,高压电缆通常需制作热缩或冷缩终端头以确保密封与绝缘性能,而低压电缆则多采用压接端子方式进行连接。接线时必须确保连接牢固、相序正确、标识清晰,配电箱内各回路线缆应按编号整理绑扎,预留足够检修长度。特别值得注意的是,所有电气连接螺栓应使用力矩扳手按规范值紧固,避免因接触不良导致接触电阻增大,进而引发局部过热甚至火灾事故。

1.4 电气设备安装

配电柜(箱)作为电能分配的核心装置,其安装精度要求较高。基础型钢应在土建阶段预埋平整,柜体就位后垂直度偏差不得超过千分之一;多台柜体并列安装时,盘面平整度偏差应控制在2毫米以内,柜间接缝宽度亦不应超过2毫米。柜内母排应按相序涂刷黄、绿、红标识,相间距离须满足安全净距要求,防止电弧短路。照明与插座的安装虽看似简单,但对用户体验影响显著。灯具安装高度与位置应严格按设计执行,嵌入式灯具需与吊顶面平齐,避免视觉突兀;开关插座标高应统一(通常距地1.3米),面板端正无歪斜,接线必须遵循“左零右火上接地”的规范,确保使用安全^[2]。对于电机及控制设备,安装时需先进行找平找正,联轴器对中精度应符合设备制造商的技术要求;控制柜内的PLC、变频器等精密元件应安装稳固、散热良好,其信号线与动力线必须分离敷设,必要时加装屏蔽措施,以抑制电磁干扰对控制系统的影响。

1.5 接地与防雷系统施工

接地装置可充分利用建筑基础钢筋作为自然接地体,既经济又可靠;若土壤电阻率过高,则需增设人工接地极,如镀锌角钢或铜包钢棒。无论采用何种形式,最终测得的接地电阻值必须满足规范要求——一般TN-S系统不大于4欧姆,数据中心等特殊场所则要求不高于1欧姆,且测试合格后方可进行隐蔽覆盖。在卫生间、机房等易形成电位差的区域,应设置局部等电位端子箱(LTB),将金属管道、设备外壳、结构钢筋等导电部件可靠连接,消除接触电压风险。防雷系统施工中,通常利用结构柱内两根以上主筋作为引下线,上下贯通焊接并做好明显标识;屋面避雷带采用直径不小于10毫米的镀锌圆钢,支持卡间距水平方向不超过1米,转弯处加密至0.5米以内,确保雷电流能顺畅泄放入地,有效保护建筑物免受直击雷危害。

1.6 系统调试与验收

调试工作通常分为单机调试与系统联动调试两个阶段。单机调试主要针对电机、风机、水泵等独立设备,

进行空载试运行,观察其转向是否正确、振动是否异常、温升是否在允许范围内。系统联动调试则模拟真实工况,如火灾报警触发后,检验应急照明是否自动点亮、消防泵是否按序启动、排烟风机是否及时开启等,验证各子系统间的逻辑联动是否准确无误。在此过程中,还需使用兆欧表对所有线路进行绝缘电阻测试,确保其不低于0.5兆欧;对接地系统进行复测,确认接地电阻仍符合设计要求。最后,在整理完整的施工记录、试验报告、隐蔽工程影像资料等基础上,由建设、设计、施工、监理四方共同组织竣工验收,形成正式验收意见,标志着电气施工工作的圆满完成。

2 电气施工过程中的控制管理策略

2.1 质量管理

首先,应建立清晰的质量责任制,明确项目经理、技术负责人、质检员及班组长等各级人员的具体职责,真正落实“谁施工、谁负责”的原则。其次,推行“样板引路”制度,在大面积施工前先行制作典型部位的工艺样板,如配电箱内部接线样板或桥架安装节点样板,经各方确认后再推广实施,有效统一施工标准^[3]。在施工过程中,必须严格执行“三检制”,即操作人员自检、班组互检、专职质检员专检,尤其对预埋管线、接地装置等隐蔽工程实行100%验收,并留存高清影像资料作为质量追溯依据。此外,可引入PDCA循环管理方法,通过计划、实施、检查、改进四个阶段的持续迭代,不断识别质量问题根源,优化工艺流程,减少返工浪费,从而实现质量水平的螺旋式上升。

2.2 安全管理

电气施工涉及高处作业、临时用电、有限空间等多种高风险作业类型,安全管理必须常抓不懈。临时用电管理是重中之重,应严格执行“三级配电、两级保护”原则,所有配电箱必须上锁管理,电缆应架空或穿管保护,严禁私拉乱接,防止触电事故发生。在进行桥架安装、灯具吊装等高处作业时,必须搭设稳固的操作平台或强制要求作业人员系挂安全带,下方设置警戒区域,防止高空坠物伤人。针对防火防爆,电缆敷设区域应严禁明火作业;在易燃易爆场所,必须使用符合防爆等级的电气设备,所有穿墙、穿楼板的电缆孔洞须用防火泥或防火包严密封堵,阻止火势蔓延。同时,应加强对电工等特种作业人员的资质核查,确保持证上岗,并定期开展有针对性的安全技术交底和应急演练,提升全员安全意识与应急处置能力。

2.3 进度与成本控制

在竞争激烈的建筑市场中,进度与成本控制直接关

系到项目盈亏。进度方面，应将电气施工细化为若干逻辑工序，利用甘特图或网络计划技术编制精细化进度计划，并与土建、装修等专业密切协调，合理安排穿插作业时间窗口，最大限度避免窝工或等待。成本控制则需从材料管理入手，建立动态材料台账，根据施工进度分批组织材料进场，减少现场堆放损耗和资金占用；推行限额领料制度，对铜缆、开关面板等易耗品设定消耗定额，超耗部分由责任班组承担，有效遏制浪费^[4]。此外，对设计变更、现场签证等可能影响工期与造价的因素，应及时组织评估，履行规范审批程序，形成书面记录，避免后期结算争议，确保项目整体经济效益。

2.4 信息化与智能化管理

信息化与智能化是提升电气施工管理效能的重要方向。BIM技术的应用已从设计阶段延伸至施工全过程，不仅可用于4D施工模拟优化工序安排，还可集成5D成本数据实现工程量自动统计与成本动态预测；现场管理人员通过移动端扫描构件二维码，即可实时查看该部位的设计参数、施工要求及历史记录，极大提升决策效率。物联网技术的引入则使施工过程具备“感知”能力，在关键节点如电缆接头、配电柜母排处安装温度、湿度传感器，可实时监测运行状态，一旦出现异常温升立即预警，防患于未然。无人机巡检技术也逐渐应用于屋面防雷系统检查，替代传统人工攀爬，提高效率的同时保障人员安全。最终，项目竣工时可移交包含BIM模型、设备参数、维护手册的数字孪生档案，为业主后续的智慧运维提供完整数据支撑，实现从“建造”到“运营”的无缝衔接。

3 当前存在的问题与优化路径

尽管电气施工技术不断进步，但在实际工程中仍存在诸多问题。专业协同不足是普遍现象，电气与水暖、结构等专业缺乏有效沟通机制，导致大量管线碰撞只能在施工现场被动拆改，既延误工期又增加成本。施工人员素质参差不齐，部分劳务队伍依赖经验主义，忽视国家规范和设计要求，造成接地不可靠、电缆交叉混乱、标识缺失等质量通病反复出现。此外，管理手段相对滞

后，仍大量依赖纸质图纸和手工记录，信息传递效率低、易出错，难以满足现代工程精细化管理的需求。针对上述问题，亟需探索系统性优化路径。可考虑推行EPC（设计-采购-施工）或DB（设计-建造）总承包模式，由一家综合实力强的单位统筹设计与施工，强化专业协同，从源头减少冲突。同时，应加强产业工人队伍建设，建立电工技能认证与继续教育体系，推广标准化作业手册，提升一线人员技术水平。在施工方式上，大力推广装配式施工理念，如采用预制分支电缆、模块化配电箱等工厂化产品，减少现场湿作业和手工操作，提高质量一致性与施工效率。长远来看，应加快构建智慧工地管理平台，集成BIM、物联网、人工智能图像识别等先进技术，实现施工全过程的可视化、可追溯、可预警，推动电气施工管理向数字化、智能化转型升级。

4 结语

机电安装工程中的电气施工是一项系统性强、技术要求高的专业工程。只有将规范的施工工艺与科学的控制管理有机结合，才能确保工程质量、安全与效益。未来，随着智能建造、绿色建筑理念的深入，电气施工将朝着标准化、预制化、数字化方向加速发展。工程参建各方应积极拥抱新技术、新工艺、新模式，不断提升电气施工的专业化与精细化水平，为建筑全生命周期的安全高效运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]蔡正伟.机电安装工程电气施工工艺及其控制管理探究[J].机电产品开发与创新,2024,37(05):162-165.
- [2]陈剑东.机电安装工程电气施工工艺与控制管理[C]//中国国土经济学会,河北大学.“产业链空间配置优化与国土空间规划创新研讨会”暨第三届中国国土经济学会国土空间规划学术年会论文集(二).河北华丰能源科技发展有限公司,;2025:2-4.
- [3]齐猛.机电安装工程电气施工工艺及控制管理措施[J].家电维修,2025,(03):125-127.
- [4]宋端峰.机电安装工程电气施工工艺及其控制管理探究[J].中国设备工程,2021,(24):94-95.