高速公路机电工程施工管理

王洪诚
中咨泰克交通工程集团有限公司　北京　100000

摘　要：高速公路机电工程施工管理贯穿工程全流程，是保障工程质量、安全、进度与效益的关键。前期需从技术、资源、组织维度统筹规划，施工过程中强化工序衔接、技术协同、进度管控与问题处置，同时构建完善的质量安全体系，融入技术创新，优化成本与资源配置，规范文档管理。通过全链条精细化管控，化解施工中的各类风险，协调各环节高效推进，实现机电工程功能达标、安全可靠，为高速公路安全顺畅运行提供保障。

关键词：高速公路机电工程；施工管理；质量控制；安全管理；技术协同

引言： 随着高速公路建设智能化水平提升，机电工程作为核心配套，其施工质量与管理效能直接影响高速公路的运营效率与安全水平。机电工程涉及多个子系统，施工环节复杂、交叉作业多，对技术协同、质量控制与安全管理提出更高要求。为规范施工流程、规避各类风险，确保工程顺利推进并达到预期标准，需系统梳理施工管理各环节要点，明确前期准备、过程管控及后期保障的核心要求，为后续施工管理工作提供清晰指引。

1 高速公路机电工程施工前期准备阶段的统筹规划

施工前期准备是保障机电工程顺利实施的基础，需从技术、资源、组织三个维度进行系统性规划。技术准备方面，需完成施工图纸会审与深化设计，重点核查各子系统接口兼容性，如通信系统与监控系统的数据传输协议、供配电系统与收费系统的电力匹配参数等，确保设计方案符合现场实际与技术标准。资源准备需根据施工进度计划，精准配置设备、材料与人力资源，建立材料进场检验机制，对光缆、服务器、控制柜等关键设备进行性能测试，避免不合格产品投入施工。组织准备则需明确项目管理架构，划分技术、质量、安全、进度等职能小组，制定施工流程规范与应急预案，确保各环节责任到人、衔接顺畅。此外，还需完成现场勘查，确认管线敷设路径、设备安装位置等关键节点，为后续施工奠定基础[1]。

2 高速公路机电工程施工过程全流程管控

2.1 工序衔接与流程优化

机电工程各子系统施工存在交叉作业特性，需建立工序衔接机制。例如，供配电系统施工需优先于监控、收费系统，避免后期电力接入对设备安装造成干扰；通信管道敷设需与土建工程同步推进，确保光缆穿放路径通畅。通过制定详细的施工工序表，明确各工序的前置条件与验收标准，如设备安装前需完成基础浇筑强度检测、线缆敷设后需进行导通测试等，实现工序间的无缝衔接。同时，采用 BIM 技术对施工流程进行模拟，提前识别交叉作业冲突点，优化资源调配与施工顺序，减少现场返工。

2.2 技术协同与参数控制

机电系统的技术协同性直接影响整体功能实现，需重点把控设备安装精度与系统调试参数。在设备安装阶段，严格按照设计图纸控制安装位置偏差，如摄像机安装高度偏差不超过 ±5cm，收费岛设备水平度误差≤ 2mm/m；对于需协同工作的设备，如车牌识别系统与道闸机，需确保数据传输延迟≤ 100ms。系统调试阶段，分阶段开展单机调试、分系统联调及全系统联调，重点测试通信链路稳定性、监控画面清晰度、收费系统交易成功率等关键指标，通过参数优化（如调整服务器缓存大小、优化网络路由协议）提升系统运行效率。此外，需建立技术交底制度，确保施工人员充分理解技术标准与操作规范，避免因技术认知偏差导致施工质量问题[2]。

2.3 进度动态跟踪与调整

基于施工计划制定三级进度控制体系：总进度计划明确各子系统完工节点，月进度计划分解至具体工序，周进度计划细化至每日工作量。采用 Project 或 Primavera 软件进行进度跟踪，实时对比计划进度与实际进度，对滞后工序分析原因，如材料供应延迟、技术难题等，并采取针对性措施，如调整资源投入、优化工序逻辑。对于关键路径上的工序（如监控中心机房建设），设置进度预警机制，当偏差超过 5%时启动应急赶工方案，确保

总工期不受影响。同时，定期召开进度协调会，统筹解决各施工班组间的资源冲突，保障施工有序推进。

2.4 现场问题处置与反馈

施工过程中需建立问题快速响应机制，通过现场巡查、技术巡检及第三方检测等方式及时发现问题。例如，线缆敷设时出现的绝缘层破损，需立即更换并分析破损原因，调整敷设工具或保护措施；设备调试中发现的通信中断，需通过分段测试定位故障点（如光缆熔接不良、接口协议不匹配），并组织技术团队 24 小时内完成修复。建立问题台账，记录问题描述、处置措施、责任单位及整改结果，形成闭环管理。同时，定期总结常见问题（如设备接线错误、软件配置冲突），制定预防措施，避免同类问题重复发生。

3 高速公路机电工程质量、安全与技术创新管理

3.1 质量控制体系构建

建立“三检制 + 第三方检测”的质量管控模式：施工班组自检（重点检查工序合规性）、项目部复检（核查技术参数与安装精度）、监理单位验收（确认质量达标），关键工序需引入第三方检测机构进行抽样检验，如光缆衰减测试、设备接地电阻检测（要求≤ 4Ω）。针对隐蔽工程（如地下管线敷设、设备基础浇筑），实行影像留存与验收签证制度，确保施工过程可追溯。材料质量控制方面，建立供应商准入机制，对关键材料（如高压电缆、UPS 电源）进行出厂合格证与性能检测报告双验证，进场后按规范进行抽样复试，杜绝不合格材料使用。此外，通过 PDCA 循环持续改进质量管理，定期分析质量问题数据，优化施工工艺与管控流程[3]。

3.2 安全风险防控与管理

结合高速公路机电工程施工流动性强、作业场景复杂的特点，精准识别核心安全风险点，重点聚焦高空作业（设备安装）、带电作业（供配电系统调试）、有限空间作业（隧道内线缆敷设）等高频高危场景，针对性制定专项安全实施方案，明确操作标准与防控要求，筑牢施工安全防线。高空作业必须搭设标准化脚手架，确保支架稳固、防护到位，作业人员全程佩戴双钩安全带，作业区域设置明显安全警戒区及警示标识，安排专人现场监护，严禁违规攀爬、高空抛物等行为；带电作业前必须严格执行验电、放电流程，确认无电后方可作业，严格落实“一人操作、一人监护”制度，作业人员穿戴合格绝缘防护用品，严防触电事故发生。

有限空间作业前，需提前检测作业环境氧气浓度（≥ 19.5%）及有害气体含量，待各项指标达标后方可进入作业，作业期间持续通风，全程配备专用通风设备与应急救援器材，安排专人在外监护，确保突发情况可及时处置。定期组织施工人员开展安全知识培训与应急演练，讲解作业风险点、安全操作规程及应急处置方法，强化全员安全意识，提升应急处置能力。建立详细的安全隐患排查清单，实行每日现场巡查制度，重点检查临时用电规范（如配电箱接地、线缆绝缘）、消防设施配置（灭火器、消防沙）等关键环节，对排查发现的隐患实行“定人、定时、定措施”闭环整改，全程跟踪落实整改情况，全力防范各类安全事故，确保工程施工安全零事故。

3.3 技术创新与应用

为提升高速公路机电工程施工管理效能、保障工程质量，需积极引入智能化技术，推动施工管理提质增效。采用无人机巡检替代传统人工巡查，重点对桥梁、隧道等复杂作业区域的设备安装情况进行实时影像采集，大幅提升巡检效率与覆盖面，有效规避人工巡检的盲区与安全风险。应用物联网技术构建设备状态监测系统，通过各类传感器实时采集起重机、熔接机等施工机械的运行参数，精准捕捉设备异常信号，提前预警故障风险，保障施工安全有序推进。同时，利用 AI 算法对施工进度数据进行深度分析，科学预测可能出现的进度偏差，为管理人员制定针对性调整策略提供数据支撑，确保工程按期完工。

在技术工艺创新方面，大力推广模块化施工模式，将收费亭、控制柜等机电设备在工厂完成预制组装，现场仅需进行简单接口对接，显著缩短现场施工周期，降低现场作业难度与安全隐患。选用低烟无卤阻燃电缆、防腐蚀光缆等新型材料，有效提升机电系统的耐久性与抗干扰能力，减少后期维护频次与成本，延长工程使用寿命。此外，注重技术研发与成果转化，针对施工中遇到的复杂环境信号干扰等技术难题，组织专业团队开展攻关，形成具有实用性和推广价值的技术成果，并积极推进专利申报工作，以技术创新驱动高速公路机电工程高质量发展[4]。

3.4 成本控制与资源优化

成本控制是高速公路机电工程管理的核心环节，需贯穿施工全流程，从预算编制、资源使用到结算管理，实现全链条精细化管控，兼顾成本节约与工程质量。预算编制阶段，严格采用清单计价模式，细化各分项工程的人工、材料、机械费用定额，明确计费标准，全面梳理施工环节，杜绝漏项、缺项及高估冒算问题，为成本

控制奠定坚实基础。

施工阶段是成本控制的关键，重点做好资源使用管控。材料管理上，实行限额领料制度，严格控制消耗，如光缆损耗率严格控制在 3% 以内，设备安装辅材用量严格按照定额标准执行，杜绝浪费；同时优化材料采购流程，通过集中采购、长期合作等方式降低材料单价，规避材料价格波动带来的成本风险。机械使用方面，科学规划设备进场时间，合理调配台班，避免设备闲置浪费，对高空作业车等大型设备推行共享模式，降低租赁成本，提高设备利用率。

建立成本动态监控机制，定期对比实际成本与预算成本，精准分析成本偏差原因，如材料价格上涨、施工效率低下、工序衔接不畅等，针对性采取管控措施，通过优化施工工艺、合理调配人力提高施工效率，减少成本损耗。此外，加强合同管理，明确甲乙双方权利义务、结算方式及违约责任，规范合同履行流程，及时处理合同争议，避免因合同纠纷导致额外成本增加，确保成本控制目标顺利实现。

3.5 文档管理与资料归档

高速公路机电工程文档是工程竣工验收、质量追溯及后期运维的核心依据，直接关系到工程全生命周期管理的规范性与有效性，因此必须建立科学、规范、高效的文档管理体系，全程把控资料的收集、整理、编制、存储与移交环节。

施工全过程需同步收集整理各类相关资料，做到及时、完整、真实，杜绝遗漏与造假。核心资料涵盖设计图纸及变更文件、技术交底记录、材料与设备检验报告、施工日志、各工序质量验收记录、系统调试报告、隐蔽工程记录等，每一份资料都需明确来源、核对无误，确保能够全面反映工程施工的真实情况和技术参数。

文档编制需严格遵循行业规范及项目要求，确保格式统一、内容详实、要素齐全。例如，设备安装记录需清晰标注安装位置、设备型号、技术参数、安装人员、安装日期及验收意见；系统调试报告需详细列明测试项目、测试方法、测试仪器、测试数据、合格标准及测试结论，确保可追溯、可核查。

依托电子化文档管理系统，对所有资料进行分类归档、集中存储与定期备份，根据资料重要程度设置分级访问权限，防范资料丢失、篡改或泄露，保障文档安全。同时，安排专人负责文档管理，定期对资料进行梳理、核查，及时补充完善缺失资料，确保文档管理的连续性。

工程完工后，需按照档案管理相关规定，系统整理竣工资料，规范编制档案目录，经监理单位审核确认合格后，正式移交建设单位归档保存。完整规范的竣工资料，不仅是工程顺利通过验收的关键，更为后期机电系统的维护、检修、升级提供可靠的技术支撑，保障高速公路机电工程长期稳定运行[5]。

结束语：高速公路机电工程施工管理是一项系统性、综合性工作，需兼顾前期统筹、过程管控与后期保障。前期充分的准备的为工程奠定基础，过程中全流程管控化解各类隐患，质量安全防控、技术创新应用与成本优化则提升工程品质与效益，规范的文档管理保障工程全生命周期可追溯。唯有将各环节管理落到实处，强化协同配合，持续优化管控模式，才能确保机电工程稳定达标，助力高速公路实现高效、安全、智能运营。

参考文献

[1] 郭志强. 浅析高速公路改扩建工程项目施工安全环保管理的影响因素和策略 [J]. 行车指南,2026(3):0013-0015.

[2] 汪思梦, 张震添. 高速公路改扩建工程施工安全管理 [J]. 散装水泥,2026(2):187-189.

[3] 王浩全. 高速公路施工现场安全管理策略研究 [J]. 中文科技期刊数据库（引文版）工程技术,2026(2):134-137.

[4] 陈成. 山区高速公路工程的风险管理研究 [J]. 广东建材,2026,42(3):147-149.

[5] 石龙. 高速公路改扩建工程变更管理与合同价款调整流程优化探讨 [J]. 经济技术协作信息,2026(4):0034-0036.