

# 高速公路机电工程施工管理要点与质量控制

周 健

四川攀西高速公路开发股份有限公司 四川 凉山 615000

**【摘要】**：高速公路机电工程就好比保障路网高效、安全运行的“神经与血管”系统，它的建设质量直接关系到高速公路的运营效率和安全水平。在质量控制上，建立了一个闭环控制体系，包括质量管理体系、检验监测机制以及常见问题的处理方法。再结合具体的工程案例，验证了这些管理措施的效果，也深入聊了聊智能化管理和绿色施工的发展趋势。研究表明，科学的管理体系和严格的质量控制手段，确实是提升工程品质的关键，对推动高速公路机电工程的高质量发展也有着重要的参考价值。

**【关键词】**：高速公路；机电工程；施工管理；质量控制；控制体系

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.088

## 引言

我国高速公路建设持续推进，到2024年底，通车里程突破17万公里，现代化路网初步建成。此进程中，机电工程作用更突出，是高速公路智能化、规范化运营根基<sup>[1]</sup>。机电工程含多个多功能子系统，是综合性工程，其质量状况影响运营效率。但实际施工时，机电工程遇技术迭代快、施工环境复杂、交叉作业频繁等问题，给管理及质量管控带来挑战。当下，新兴技术促使机电工程朝智能化升级，对传统管理和质量控制手段要求更高。既定工期内，怎样保证各子系统稳定运行，实现跨系统联动互通，成为关注要点。

## 1 高速公路机电工程施工管理要点

### 1.1 施工前准备管理

(1) 施工手续及对外协调：占道施工、交通导改、停电作业、涉路施工等法定手续需在开工前办妥，避免合规风险。主动对接高速运营单位、交警、路政、土建、交安、绿化等相关方，明确施工界面、工期节点与配合要求。编制对外协调预案，用于应对交叉施工或交通管制可能引发的矛盾，减少外部干扰。

(2) 技术准备：重点包括图纸会审与方案制定。施工前，技术团队应反复核对通信、电力等子系统的空间布局，确认设备安装位置与线缆敷设路径是否合理，尽早发现并解决冲突。施工组织设计要具体，涵盖工艺流程、资源投入、进度安排和应急措施。技术交底应使作业人员真正理解设计意图、技术标准和规程。若涉及新工艺或新技术，提前组织专项培训，并建立技术问题的快速响应通道<sup>[2]</sup>。

(3) 材料设备准备：机电工程中设备和材料的质量决定最终结果。采购时优先选择资质齐全、信誉良好、售后服务完善的供应商。设备到场后对服务器、PLC、UPS等关键部件进

行开箱检验和性能测试，形成验收记录。存放注意防潮、防静电、防尘，台账完整，做到全过程可追溯<sup>[3]</sup>。

(4) 人员准备：项目经理宜具备统筹能力与现场经验，技术人员须持有相应专业的资质证书。施工班组进场前开展系统性岗前培训，重点强化特种设备安装、高空作业、弱电调试等高风险环节，确保持证上岗。人员数量依据工程规模和进度合理配置，同时建立考勤、培训、考核等制度，以提升队伍整体素质与作业效率。

(5) 安全文明施工准备：在开工前完成安全策划和文明施工方案编制，明确安全管理目标、识别风险点并制定防控措施。按要求配足安全防护用品、消防器材、警示标识和应急设备。施工区、材料堆放区、加工区划分清晰，保持场地整洁。组织全员安全文明教育，使每位人员清楚现场作业的规范与安全要求。

### 1.2 施工过程管理

机电工程施工中，进度、安全、协调、技术资料、设备物资管理相互交织，以下分别说明。

(1) 进度管理：采用网络计划技术分解总工期，明确节点目标和关键路径。借助项目管理软件进行动态跟踪，发现偏差及时调整。雨季、设备到货延迟、交叉施工等因素可能影响工期，可通过优化工序、增加班次、调整作业面来应对。同时建立预警机制，提前研判风险，降低延误概率。

(2) 安全管理方面：面临高空作业、用电作业、交叉作业等多重风险。须建立完整的管理体系，落实安全生产责任制。现场严格执行用电规范，配齐防护用品。定期排查脚手架、临电、防火等隐患。强化安全教育和应急演练，杜绝违章操作，保障施工安全<sup>[4]</sup>。

(3) 现场协调管理举措: 采用定期例会制度, 及时处理界面冲突和工序衔接问题。运用 BIM 技术进行三维碰撞检查, 提前优化管线排布, 减少返工。搭建快速响应机制, 实现多方信息共享, 确保多专业协同顺畅。

(4) 施工技术及管理要点: 严格按图施工, 落实技术复核和样板引路制度。技术变更及时处置, 做好签证和记录。施工日志、隐蔽记录、检测报告、验收文件等资料同步整理, 保证真实、完整、与工程同步, 为验收和运维提供依据。

(5) 设备机具和物资管理办法: 需建立进场验收、维保、使用台账, 定期校验调试, 确保性能可靠。规范物资领用、发放、回收制度, 实行限额领料、工完场清。精密设备、线缆等做好防护, 防止损坏和浪费, 保障施工连续高效。

### 1.3 施工后验收管理

(1) 系统联调联试验收: 在单体验收合格后开展。核心功能测试有数据传输、指令响应、系统联动、故障自愈这几块, 这些对能否满足运营要求起着直接作用。针对发现的问题逐个登记台账, 设定整改期限, 复验合格后才能完成闭环。

(2) 分项与分部工程验收: 依照规范对监控、收费、通信、供配电、照明等子系统逐个进行。着重核查线缆敷设、设备安装、调试以及接地等关键工序。对于隐蔽工程, 要核对原始记录并妥善留存数据。

(3) 竣工资料移交: 竣工资料整理完备后, 组织各方参与竣工验收。验收合格就办理移交手续。向运营单位进行技术交底, 交底内容包含系统操作、日常维护以及故障处理。

(4) 质保期跟踪管理: 构建回访与维修机制。定期进行巡检, 一旦发现设备或系统存在问题, 及时处理并做好相应记录, 以此保障工程能长期稳定运行。

## 2 高速公路机电工程质量控制

### 2.1 质量控制方法

#### (1) 建立质量管理体系

质量管理体系是工程质量的纲领性文件。依据 ISO9001 标准并结合项目实际, 确定“质量第一、预防为主”的方针。项目经理作为质量首要责任人, 同时建立从管理层到作业层的全员质量责任制。制定管理手册、程序文件与作业指导书, 将质量目标拆分至各分项工程及作业班组, 形成横向到边、纵向到底的质量管理网络。另外设立质量奖惩制度, 以激励全员参与。

#### (2) 质量检验与监测

“三检制”, 也就是自检、互检以及专检, 还有隐蔽工程验收制度。在开展施工的进程当中呢, 要借助先进的检测仪器去对那些关键指标进行实时监测。

针对关键工序以及重要部位, 实行旁站监理制度, 以此来保证每一道工序都能契合设计规范的要求。还要搭建起质量追

溯体系, 运用信息化手段达成质量问题能够被查询以及掌控的目标, 从而给后期维护提供数据方面的支持。

### 2.2 常见问题及解决措施

#### 2.2.1 监控系统问题

常见问题: 摄像头图像模糊、点位偏移、传输中断、存储异常以及外场设备供电不稳。策略: 安装时精准定位, 通过支架加固并完成水平校准; 选用优质传输线缆与光端机, 做好光纤熔接测试。同时配置稳定的 UPS 电源, 加强防雷保护。定期调试镜头、检查存储服务器, 确保录像完整且上传实时。

#### 2.2.2 收费系统问题

常见问题: ETC 交易出现失败情况、车道工控机出现死机状况、车牌识别出现错误现象、网络发生中断问题、数据上传存在延迟情况。解决措施: 对天线安装位置以及角度予以优化, 以此提升交易成功率; 定时对工控机进行清理, 并更新系统, 保障其运行稳定; 选用具有高识别率的相机, 同时做好补光以及清洁工作; 构建双链路网络, 配置备用通信通道; 建立数据断点续传机制, 保证收费数据完整且准确。

#### 2.2.3 通信系统问题

常见问题: 光纤出现过大衰耗、SDH 环网发生故障、电话无法正常接通、数据出现丢包情况、网管监控功能失效。解决措施: 对熔接与布线进行规范, 并做好 OTDR 测试; 配置冗余设备, 以此提升环网的自愈能力; 定期对语音与数据通道开展测试, 排查接口以及配线方面存在的问题; 对网管系统加以完善, 达成实时告警以及快速定位的目的。

#### 2.2.4 供配电及防雷接地问题

常见问题有: 电压不稳定、停电切换不及时、接地电阻超标、设备遭雷击损坏、线路老化发热等。这些问题在工程中较为常见。针对上述情况, 可采用以下技术手段: 合理配置 UPS 及柴油发电机, 确保供电连续; 按规范实施等电位连接与接地网施工, 使接地电阻控制在  $4\Omega$  及以下。同时分级安装防雷器, 强弱电线路分开敷设, 并定期巡查线路、配电箱及设备温升, 及时消除安全隐患。

#### 2.2.5 隧道机电问题

常见问题: 照明亮度不均, 风机启停时出现异常, 火灾报警存在误报或漏报, 应急疏散指示功能失效, 洞内部分区域存在通信盲区。

解决措施: 对照明回路采用变频与分组控制方式予以优化; 定期调试风机控制柜及联动逻辑, 确保其与火灾报警系统同步触发; 烟感、温感、火焰探测器须规范安装并定期校准; 完善应急照明与疏散指示系统, 同时优化洞内无线覆盖, 补强通信信号。

### 3 施工管理与质量控制案例剖析

#### 3.1 案例背景概述

某省重点高速公路进行改扩建，路线总长约 150 公里，投入资金约 80 亿元。机电工程包含监控（含外场设备）、通信（SDH 光纤环网）、收费（ETC/MTC 混合车道）、供配电以及照明系统。该项目工期紧张，任务繁重，且要在不中断交通的情况下安装调试部分设备，施工环境严苛，对施工管理和质量控制有着极高要求。

#### 3.2 施工管理举措与成效

项目部运用了“BIM+智慧工地”的模式，借助 BIM 解决了 30 多处隧道机电管线的冲突问题，避免了返工和材料浪费；同时依据甘特图动态地调配了资源，确保了关键节点的顺利实现；还引入了 AI 视频监控的手段，有效降低了安全风险；并通过数字化平台，实现了现场协调管理的信息共享以及问题的快速处理。这个项目历经了 18 个月的施工，比原计划提前了 2 个月完工，节约了大约 5% 的成本，收获了较为显著的经济效益和社会效益。

#### 3.3 质量控制措施与成效

项目部在质量把控方面，构建了非常严格的进场材料报验机制，设备材料只有经过质量检验以及性能测试后才可以进场。对于外场监控立杆，实行“一杆一档”管理，记录从基础浇筑直至立杆安装的整个过程，以此确保施工质量能够追溯。在系统联调阶段，重点测试 ETC 门架系统的交易成功率与数据上传稳定性，经过不断调试优化，交易成功率提高到了 99.5%

以上。凭借这些举措，项目竣工验收的时候，单位工程一次验收合格率达到 100%，优良率超过 95%，并且没有质量事故，为后续运营奠定了坚实基础。

### 4 高速公路机电工程管理与质量控制趋势

高速公路机电工程施工管理正出现一些新变化。智能化方面，依赖数字化平台进行管控：借助 BIM 的 4D 或 5D 施工模拟实现进度与成本可视化，利用智能穿戴设备和无人机巡检采集数据以提升效率，通过大数据分析预测风险，人工智能在多个环节发挥作用。绿色施工受到更多重视，表现为节能减排及设备全生命周期考量，例如选用高效设备、加强废弃物回收处理。标准化与模块化同步推进，通过统一标准和推广相应方式来提高施工效率与质量稳定性。全过程数字化管理也成为方向，运用数字孪生技术构建虚拟模型，为施工管理和质量控制提供支撑。

### 5 结语

高速公路机电工程的施工管理和质量控制，是一个系统性强、专业程度较高的管理过程。借助科学的管理体系、严谨的质量控制措施以及先进的技术支撑，能够切实有效地提高工程的质量和施工的效率。随着新技术的不断发展与应用，高速公路机电工程的施工管理也会朝着更加智能化、绿色化和标准化的方向迈进。从事这一行业的人员需要持续地学习新知识、掌握新技术，以适应行业发展所提出的新要求。只有始终坚持质量第一、安全至上的原则，持续创新管理的方法和技术手段，才能推动高速公路机电工程迈向更高的水准，并为建设交通强国贡献出更多的力量。

### 参考文献：

- [1] 李婉娟.高速公路扩容工程施工阶段预算管理及成本控制要点分析方法探讨[J].公路交通技术,2024,40(05):196-201.
- [2] 杨伟.高速公路隧道机电工程施工管理与检测[J].运输经理世界,2024(33):146-148.
- [3] 黄剑文,王旅.高速公路机电工程阶段管理与施工要点[J].黑龙江交通科技,2020,43(12):191-192.
- [4] 孙福秀.信息化背景下高速公路机电工程施工监理方法[J].工程建设与设计,2024(22):247-249.