

# 高速公路机电设备安装质量通病防治及技术管理对策

李迎秋

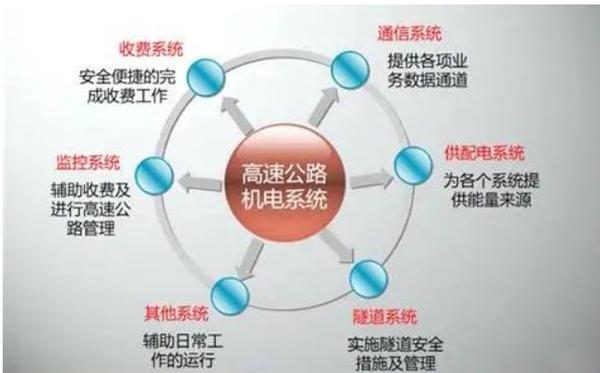
云南省交通科学研究院有限公司 云南 昆明 650041

**【摘要】**：随着国家经济快速发展，高速公路建设的水平也不断提升，在实际工程建设中，机电设备安装占据着重要的地位，保证机电安装的质量有利于设备充分发挥其功能。但在施工过程中，高速公路机电设备安装不可避免地会出现一些问题，影响高速公路后续运营使用。基于此，本文将深度分析高速公路机电设备安装质量通病防治，并提出技术管理对策。

**【关键词】**：高速公路；机电设备安装；技术管理对策

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.033

高速公路是我国交通网络的重要组成部分，《2024年交通运输行业发展统计公报》显示，我国高速公路里程已达19.07万公里，国家高速公路里程为12.41万公里，高速公路规模已然成为地区经济发展水平的重要体现。高速公路机电系统主要包括收费、通信、监控、照明、供配电和隧道机电，其安装质量将直接决定高速公路的运行效率，对于保障人民群众的正常出行和生命财产安全具有重大意义。相关技术人员需重视分析公路机电设备安装质量通病，并通过优化管理与技术创新持续提升高速公路建设质量。



## 1 高速公路机电设备安装质量通病及防治措施

高速公路机电设备是保障路网通行效率、安全管控的核心，其安装质量直接决定系统运行稳定性。在分析高速公路机电设备安装质量通病及防治措施时，应当从整体角度出发，精准排查施工薄弱环节。本文统计范围为辖区12条高速机电工程，按检查点位不合格占比计算发生率，详见表1。

表1 质量通病情况统计表

类型	核心问题	验收指标	发生率
设备安装固定	支架水平偏差、螺栓转矩不足、漏装防松垫片；接口未按规定紧固，机柜间距不足、散热通道堵	支架水平误差 $\leq 0.3^\circ /m$ ；螺栓转矩 $\geq 120N \cdot m$ ；机柜“冷热分区”配智能温控风扇	28.6%
线缆施工	接头压深 $< 0.5mm$ 、虚接氧化；与强电间距 $< 0.5m$ ；线圈埋设不规范，光缆捆扎/弯径超标	接头压接达标；网络测试仪性能；线圈避开接缝，地质雷达检验	35.2%
接地	接地焊接差、搭接不足2	接地极埋深 $\geq 0.8m$ ；IP68	21.8%

与防水	倍规范、埋深 $< 0.8m$ ；防水密封不达标、套管倾斜	接头，48h浸水试验；红外热成像查隐蔽工程	
系统配置与传输	链路规划/选型不当；施工交底不足、校验不到位	统一接口协议；5G+边缘计算，终端延迟 $\leq 300ms$ ；区块链+智能诊断	14.4%

### 1.1 设备安装固定

在设备安装固定中，常存在支架的水平度偏离标准，未按标准对找平校正，或者配螺栓拧紧没有满足设计转矩，有些地方还出现了漏装防松垫片的现象。例如，在监控系统中，上述问题会造成户外摄像头在8级及8级以上风力作用下，偏移率明显增加，部分路段的监控角度偏移超过 $15^\circ$ ，不能准确把握道路全景。再比如，在收费系统中，某些路段设备的接口没有按照规定的转矩拧紧，使得ETC读卡器与终端通信中断率较高；此外，部分路段数据传输链路选型不当，依赖4G网络，高峰时段交易出现报文丢包率超标问题，导致收费滞后<sup>[2]</sup>。同时，机箱的设置不符合标准也值得关注，部分设备间距不够，散热通道堵塞，导致设备工作时的温升超过规定限值，会明显降低设备的使用寿命。

在优化通信系统机电设备安装质量时，应当从整体的角度出发，对其进行综合分析，并且控制措施要根据统计表的验收指标，严格执行作业规程。在设备安装时，可使用水平仪校准支架安装精度，以保证其水平误差不超过 $0.3^\circ /m$ 。还应当选择合适尺寸的螺钉，并配齐配套的防松垫片，在用力矩扳手拧紧之后，再由力矩传感器进行校验，以确保其基准转矩不小于 $120N \cdot m$ 。机柜的设置遵循“冷热分区”的设计，保持足够的空间间隔，并配有智能化温控风扇。

### 1.2 线缆施工

在高速公路机电设备安装质量中，线缆施工是发生率最高的一类通病，高达35.2%，具体表现为某些路段视频线缆接头压接深度不足 $0.5mm$ ，并且压接力度不均，一些接头还存在着虚接和氧化的隐患。另外，部分线缆的路由没有按照规定的间隔进行设计，与强电线的平行铺设的距离小于 $0.5m$ 。这些因素会造成信号传输衰耗值超过 $0.8dB$ ，远超行业 $0.3dB$ 的允许上限，导致画面出现延时和失真。另外，在线缆施工中还存在收

费线圈埋设工艺不规范、钢管壁厚不够等质量问题,比如说捆扎间距 $>50\text{cm}$ 、弯曲半径 $<15$ 倍缆径,这些问题容易引发表皮磨损、纤芯受力变形的情况,会在一定程度上影响车辆检测与定位精度,降低高速公路后续投入使用质量。

线路施工需重视优化线缆路由设计,严控与强电线之间的距离,并采用液压压接仪进行接头的施工,精确掌握压接的深度和强度,保证接头牢固、接触良好。在施工结束后还应当使用网络测试仪对其信号传输性能进行检验,保障施工质量<sup>[1]</sup>。技术人员还需重视在预埋施工中推行标准化工艺,选用的管材要与设计要求相符合,管口要用专门的刀具将边缘打磨平整,线圈切割避开路面接缝,并且在完成之后还要经过地质雷达的检验,尽量提高施工精准性。

### 1.3 接地与防水

在实际高速公路机电设备安装施工中,接地系统施工不规范问题突出,焊接质量差,搭接长度不足规范值的2倍、接地极埋深 $<0.8\text{m}$ 等问题,将会导致外场设备接地电阻往往超过规定阈值,外场设备受雷电干扰故障频发,存在安全隐患风险。另外,在机电设备安装中,防水是重点工作内容,若防水施工技术不够完善,分级防水工序没有严格实施,电缆进口处密封胶填充不饱满或者是防水套管安装倾斜。当遇到暴雨天气时渗水风险会明显增加,对室内电路的安全性造成极大的威胁。

在对高速公路机电设备安装质量通病进行防治时,技术人员需采用联合接地体系,控制角钢接地极顶面埋深 $\geq 0.8\text{m}$ ,焊接处做防腐处理,搭接长度不小于规范值的2倍,安装完毕后用接地电阻测试仪进行试验,保证其数值满足防雷的设计指标。防水施工应实行分级施工,在电缆进口处,首先要填充阻燃密封胶,然后再套入防水套管。所有的设备接口均为IP68级防水接头,并在安装完成后48h内开展浸水试验。技术人员还应当采用红外热成像法对隐蔽工程施工内容进行检测,了解线路虚接、过热等隐患,并及时进行有效处理。

### 1.4 系统配置与传输

在高速公路机电设备安装施工过程中,由于链路规划不合理和选择不当,可能会造成传输延迟和丢失,高峰时容易发生包丢失,造成服务延迟。此类问题大多来自施工前交底不充分、过程校验不到位,虽然发生率和整改难度较低,但会对整个高速公路机电体系产生直接的影响。

针对上述问题,在设备安装之前,先进行网络的兼容性试验,将接口协议进行统一,并通过分布式版本的校验模型,完成跨区域的数据对比和升级,减少数据的同步时间。还需将数据传输链路升级为5G+边缘计算架构,在收费公路上设置MEC,实现对路网带宽的合理分配,将终端延迟缩短到300ms以下。同时,采用区块链验证方法,保证数据完整性。技术人员还可以将设备与智能诊断相融合,进行故障预判,及时发现

数据系统存在的问题并对其进行有效解决,确保数据的精准性。

## 2 高速公路机电设备安装技术管理对策

### 2.1 规范前期筹备管理,强化事前系统控制

项目前期准备工作的重点在于将项目技术指标转化为可落地的操作依据,其中最重要的一步就是项目实施计划的制定<sup>[2]</sup>。项目的实施计划需要将清晰的工艺参数、技术要求作为严格的限制条件,如监控摄像头安装水平偏差 $\leq 2\text{mm}$ 、收费系统接口协议匹配误差率为0、通信光缆熔接衰耗 $\leq 0.15\text{dB}$ 等,具体需要以《公路机电工程施工技术规范》(JTG/T 3673—2025)为行业标准。与此同时,要加大对原料和装备的检验力度,严格执行质量控制,并按规定进行周期检查,做好相应的储存工作,杜绝不合格品进入现场,避免对施工质量造成影响。

高速公路机电设备安装单位需要建立健全的管理体系,以质量为中心,明确各种技术规范,与项目进度、成本控制和安全管理等要素结合起来。以云南地区为例,该地区充分落实《公路机电工程施工技术规范》《公路工程质量检验评定标准第二册机电工程》等相关文件,并制定《云南省公路机电工程质量检验与评定》具有地域性的技术要求,形成更为综合性的质量管理体系,可有效提高高速公路机电设备安装的标准化、专业化,保障安装质量。

除此之外,施工单位应当根据不同的工作岗位,有针对性地进行多种形式的培训和学习。基层技术人员是高速公路机电设备安装质量管理的核心力量,管理者需要定期组织操作培训,使其明确质量管理的重要性,并积极倡导全员质量管理理念<sup>[3]</sup>。降低高速公路机电设备安装中人为因素对安装质量的影响。

### 2.2 聚焦事中过程控制,强化施工节点质量

高速公路机电设备安装质量管理的重点在于监控施工的进程,强调现场施工管理<sup>[4]</sup>。过程节点控制需要以核心工艺为中心构建硬性约束,将监控、收费和通信等重要设备的安装流程转换成可定量控制的控制节点。在实际的项目实施中,要根据相关方的规定开展质量管理,并定期或不定期进行实地检验,及时发现施工过程中存在的问题,并对其原因进行深入分析。在追究相关责任的同时,需通过有效的管理措施和应对对策,降低对施工的负面影响。

在这个阶段,技术管理人员以及监理单位需要对现场工序的交接工作进行严格管理。按照施工班组自检、工序互检、专职质检员专检三检制度,在每个重要工序结束之后,班组首先要对自己的生产参数和作业标准进行检查,然后与下一工序的班组进行互检,最终让专职的质检员进行检查,同时还要填写一份《工序质量检验记录表》,三方共同签名,才能进行下一步的工作。还可以实行月报和季报制度,每个月对重点工序完

成情况、质量验收结果和问题的闭环比率进行统计,对每个季度的生产过程中存在的问题进行总结,并对其进行改进,以辅助施工的调整。

### 2.3 完善验收质量管理,落实事后闭环管理

在高速公路机电设备安装中,验收是重点工作内容之一,在工作中需确定各级验收标准的关键技术指标和判定依据,实现规范化管控,从制定检测方案到校准仪器,从数据收集到结果判定,都需有相应的技术规格作为支撑,保证验收过程的规范化和结果的客观化,防止因采用标准不明确导致技术成果判定出现偏差。

在竣工验收的过程中,需要对所有的技术结果进行全面的审核,既要涵盖整个设备和系统的所有静态的技术参数,也要在试运行中了解其动态运行效能。若有不合格之处,应及时提出修补建议及整改措施,并跟踪落实,确保全路段机电工程施工质量满足预期目标<sup>[6]</sup>。修补完成后,再进行二次验收,监理

单位向业主递交施工资料及工程质量评价报告,并完善竣工资料归档,保障验收工作的真实性、严谨性。在工程完成前,应根据工程的实际情况,对已验收合格的工程部位采取专项防护措施,以保证工程的顺利进行。技术人员须在重要的生产装置上加装防护套,设置警示标识,并指定人员进行巡视和值班,禁止违章触摸,确保安装成果不受后续施工影响。

### 3 结语

高速公路机电设备安装质量管理十分重要和必要,是确保高速公路建设工程经济效益、社会效益的重要基础。在实际施工过程中,技术人员应当结合工程实际情况,综合分析高速公路机电设备安装质量问题,并进行针对性防治与技术管理,以提高安装质量。未来随着我国经济建设加速,高速公路规模也会越来越大,技术人员应积极探究新技术、新方法,促使高速公路机电设备安装转向现代化发展,持续优化我国公共交通网络。

### 参考文献:

- [1] 沈楚杰.高速公路机电工程电气设备安装质量管理[J].运输经理世界,2025,(26):148-150.
- [2] 周国宏.高速公路收费站机电设备安装过程中的质量管理措施研究[J].工程建设与设计,2023,(16):236-238.
- [3] 杜俊才.高速公路机电设备安装与施工技术分析[J].电子技术,2022,51(09):210-211.
- [4] 李源朝.高速公路机电设备安装技术和施工管理方法分析[J].工程技术研究,2022,7(04):114-115+136.
- [5] 王新.高速公路机电设备安装施工常见问题应对措施[J].居舍,2021,(29):67-68+70.
- [6] 孙文娟.高速公路机电设备安装常见问题及解决措施[J].光源与照明,2021,(06):75-76.