

浅析高速公路交安机电养护施工质量安全管控措施

董 骏

云南省交通科学研究院有限公司 云南 昆明 650011

【摘要】：高速公路作为交通网络的核心枢纽，其通行效率与安全保障直接关联经济社会发展与公众出行福祉。交安机电系统作为高速公路的“神经中枢”，涵盖监控、通信、收费及交通安全设施等关键模块，其运行稳定性与功能完整性是道路安全畅通的重要支撑。随着路网运营年限增长与交通流量攀升，交安机电设施老化、性能衰减等问题日益凸显，养护施工的重要性与紧迫性愈发突出。本文将聚焦养护施工质量安全管控的核心要求与关键控制点，探索科学高效的管控措施，以期提升高速公路交安机电养护水平、筑牢道路安全防线。

【关键词】：高速公路；交安机电养护；施工质量；安全管控

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.009

引言

高速公路交安机电系统是保障路网安全畅通、提升通行效率的核心基础设施，其养护施工质量与安全直接关系到道路运营稳定性和驾乘人员生命财产安全。强化施工全流程质量安全管控，破解施工中的技术瓶颈与安全隐患，是推动高速公路养护管理规范化、精细化发展的关键举措，对筑牢道路交通安全防线、服务现代交通体系建设具有重要现实意义。

1 高速公路交安机电养护施工质量安全管控的核心要求

1.1 确定技术标准，夯实质量根基

技术标准是交安机电养护施工的“生命线”，必须贯穿施工全过程。因此，需严格依照国家及行业现行的标准规范，清晰界定监控、通信、收费、供电等各子系统的养护技术参数，保证设备更替、线路检修等施工环节符合系统兼容要求。施工前期需完成技术方案的审核确认，明确各工序的质量衡量标准。施工过程中加强关键节点的技术把控，对设备标定、信号调试等核心环节执行标准化作业。施工结束后依据验收准则开展全面检测，确保系统功能完备、性能稳定，从技术层面彻底消除质量隐患。

1.2 聚焦风险防控，筑牢安全屏障

交安机电养护施工多在通行环境下开展，风险防控需实现无死角覆盖。在建立动态风险评估机制的基础上，可针对占道作业、高空作业、带电操作等存在安全风险的场景，制定专项安全保障措施。施工区域需按规定设置安全警示标识，采取物理隔离与交通疏导相结合的方式，防范车辆误闯作业区域的风险。作业人员必须配备合格的防护用具，严格遵守安全操作流程，杜绝各类违章作业行为。同时，还要加强施工设备的安全管理，对临时用电设施、施工机械设备实

施专项检查，确保安全防护装置齐全有效，构建起“事前评估、事中管控、事后总结”的全链条风险防控体系。

1.3 强化流程闭环，提升管控效能

流程闭环管理是保障施工质量的关键抓手。相关部门需构建“计划-实施-检查-改进”的全流程管控机制，施工前制定详细的养护计划与应急预案，明确责任主体与时间节点。施工中实施全过程旁站监督，对隐蔽工程实行签字确认制度。施工后开展质量安全复盘，梳理问题并形成整改清单，跟踪落实整改效果。借助信息化手段建立施工档案，实现养护数据可追溯，通过流程标准化推动管控精细化，避免管理漏洞。

2 高速公路交安机电养护施工质量安全管控的关键控制点

2.1 过程作业的工序管控与标准执行

施工作业阶段是质量安全的核心管控环节，需强化工序标准化与实时监管。交安施工中，护栏安装需严控立柱垂直度、螺栓扭矩及拼接间隙，标志牌安装注重平整度与反光性能达标。机电施工则聚焦设备接线规范性、信号传输稳定性及安装牢固度，确保监控画面清晰、情报板显示准确。作业过程中需执行“三检制”，通过现场技术人员旁站监督、专业仪器检测等方式，实时纠正工序偏差，同时严格落实封闭作业、安全警示等防护措施，杜绝违规操作引发的安全事故。

2.2 设备管理的全生命周期效能保障

交安机电设备的管理质量直接影响养护成效，需建立全生命周期管控机制。设备选型应遵循“适配性+耐久性”原则，优先选用符合行业标准、适应高速公路环境的产品。安装后需完成参数调试与系统联调，确保设备功能与整体系统协同运转。日常养护中要建立设备台账，记录运行数据、故障情况及维修信息，定期开展性能校准与损耗检测，对老化、性能衰减的

设备及及时更新替换,避免因设备失效引发安全风险,保障系统持续稳定运行。

2.3 应急防控的风险预判及快速处置

高速公路作业环境复杂,应急防控是安全管控的重要补充。相关部门可提前排查作业路段风险点,针对恶劣天气、交通拥堵等突发情况制定应急方案,配备应急救援设备与通讯器材。施工中建立实时预警机制,与高速交警、监控中心联动,及时获取路况信息。一旦发生设备故障或安全事件,立即启动应急流程,快速完成故障处置与现场清理,减少对交通通行的影响。同时定期开展应急演练,提升作业人员应急处置能力,确保突发情况下能够快速响应、高效处置。

3 高速公路交安机电养护施工质量安全管控措施

3.1 实施精准筹备,筑牢施工质量安全基础

养护施工的高效推进,始于科学完备的前期筹备,需针对交安机电设施的老化损耗特性与现场作业环境,做好技术、资源与方案的全方位准备。

施工前需组建专项勘察小组,结合路网运营数据与现场踏勘结果,明确交安设施的损坏程度,以及机电设备的故障类型。依据《公路养护技术标准》(JTJ 5110-2023)等规范,编制专项施工方案,对标志牌占道更换、护栏吊装等危险工序,细化安全防护措施与质量控制节点。同时,组织技术交底会,向施工人员明确老旧设备拆除规范、新设施安装参数及隐蔽工程验收标准,确保技术要求传递无偏差。

在材料方面,需建立双重检验机制,对进场的波形梁护栏、反光标志牌等交安构件,核出厂合格证与力学性能检测报告,重点检验护栏的镀锌层厚度、标志牌的反光系数。对机电设备如监控摄像头、通信模块,进行通电试运行与兼容性测试,杜绝不合格产品入场。设备方面配备专用养护机械,如护栏修复专用液压机、高空作业车,并对电焊机、光缆熔接机等工具进行校准调试,确保其性能满足施工需求。人员方面组建专业班组,交安施工组配备持证焊工与吊装指挥,机电施工组吸纳具备设备调试经验的技术人员,明确各岗位质量安全职责。

另外,还需根据《公路养护安全作业规程》以及养护路段交通流量特点编制养护施工《保通方案》,对施工期间的交通疏导、安全警示标识设置、占道作业时间等进行详细规划。与高速交警、路政部门建立协同机制,提前发布施工信息,通过可变情报板、交通广播等渠道引导车辆分流,减少施工对交通的影响。在施工区域设置明显的安全警示标识,包括反光锥筒、

警示灯、导向牌等,并采用水马、防撞桶等物理隔离设施,将施工区域与通行车道有效分隔。对于占道作业,合理安排作业时间,尽量选择交通流量较小的时段进行,同时配备交通疏导员,指挥车辆有序通行,确保施工期间的交通安全。

3.2 加强过程管控,构建质量安全双重防线

在交安机电养护施工环节,需结合各工序的技术特点与风险隐患,推行精准化管理模式,使质量要求与安全准则全面融入施工各阶段,构建双重防护体系。

交安设施养护以“结构牢靠、功能完备”为核心目标。波形梁护栏维修时,需先核查受损护栏基础的平整情况,若存在沉降问题,采用混凝土回填压实处理,再开展安装作业,确保立柱垂直偏差每米不超过3毫米(符合JTJ/T 3671—2021规范要求),护栏板衔接顺直无错台、拼接缝间隙控制在3-5mm,8.8级拼接螺栓紧固力矩达300-400N·m(依据立柱法兰连接标准修订)。交通标志牌更换前,需重新检测基础承重能力,对锈蚀预埋螺栓进行除锈或更换,安装采用吊车吊装配合人工定位的方式,保证标志牌与行车方向的垂直偏差控制在3°以内(符合JTGF71规范),安装后完成抗风性能测试。混凝土护栏养护重点解决裂缝与露筋问题,0.2毫米以下裂缝用环氧树脂封堵,较宽裂缝实施压力注浆;露筋区域除锈后绑扎加强钢筋,浇筑同等强度混凝土并养护14天以上。

另外,机电系统养护同样需注重细节把控。ETC天线故障维修时,需校准安装位置,保证与车道中心垂直距离为5.8-6.2米(符合GB/T20851.1标准),通过实车测试确保OBU识别成功率超99.5%。车道线圈更换采用金刚石锯片切割槽道,深度保持30至50mm,线圈绕制6圈且电感量不低于100-300 μ H,封槽采用1:1配比的环氧树脂与固化剂混合物防水。隧道监控设备安装前需通电调试,调整摄像头角度与焦距以实现全车道覆盖且画面稳定;照明灯更换选用同型号LED产品,安装后检测路面照度,确保符合规范。光缆接续前用OTDR检测光纤衰减情况,接续后双向监测,保证接头衰耗 ≤ 0.08 dB/个(符合YD/T5138标准),并做好防水密封。

通用工序执行“自检、互检、专检”流程,工序完成后经班组自检、质量员复检、监理验收合格方可推进。隐蔽工程需留存影像与数据资料,明确施工信息。同时严格落实安全规范,高空作业人员规范系挂安全带,带电作业配备绝缘工具并设专人监护,吊装前检查设备强度并统一指挥信号。

3.3 开展智慧赋能，提升管控效率与精准度

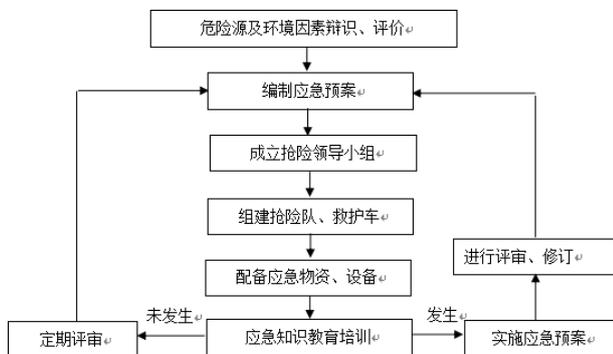
高速公路交安机电养护施工中，智慧管控体系已成为提升安全精度的核心支撑。以“物联网+安全生产”为核心的智慧管控平台（如图所示），整合人员资质、设备状态、工序数据等资源，通过实名登记、线上培训考核等功能，实现施工人员全流程动态管理，确保安全责任落实到人。



平台围绕“人、机、环、管”4大安全管理要素，以“设施筑基、平台聚能、数据赋能、场景落地”的四级发展体系为支撑，围绕“安全生产一张图、数据统计分析、双重预防体系、教育培训考试、劳务实名制管理、设备机械管理、安全信用评价体系”七大核心亮点功能建设；集成了“智慧安全帽、现场监控视频、安全管控无人机、施工现场安全智能预警设备”等智能设备；以“绿美通道交通大模型”为核心支撑，构建AI安全助理，实现了安全隐患智能识别、现场安全培训引导等场景应用。构建起“移动端全域管控、物联网智能感知、全流程解决方案”三位一体的智慧安全管理新格局，推动安全监管从“人治”向“数治”的深层变革，重塑安全管理价值创造模式。这些智慧手段通过数据互联实现风险前置防控，从施工人员准入门槛到现场作业监控，从设备状态预警到应急处置响应，构建起全链条安全管理体系，既保障了施工人员安全，也提升了道路通行保障能力。

3.4 加强应急管理，完善风险防控与处置机制

针对交安机电养护施工中可能出现的设备故障、安全事故及恶劣天气等突发情况，建立快速响应机制，可最大限度降低损失。应急工作程序见下图：



应急准备和响应工作程序图

制定专项应急预案，包括设备故障应急处置、交通事故应急救援、恶劣天气施工保障等方案。设备故障预案明确ETC系统、监控系统等核心设备的备用方案，如收费车道故障时启用便携式收费机，确保车道通行不中断；交通事故预案规定应急救援流程，明确人员疏散路线、医疗救援联络方式及交通管制措施；恶劣天气预案针对暴雨、冰雪等情况，制定施工暂停标准与复工检查要求，如暴雨时停止室外作业，复工前检查护栏基础稳定性与机电设备绝缘性能。同时，需组建应急抢险队伍，由项目经理担任组长，配备交安施工、机电调试、医疗急救等专业人员，定期开展应急演练，每年至少组织2次综合演练与4次专项演练，提升队伍快速响应能力。储备充足应急物资，包括应急发电机、潜水泵、急救药品、防滑链、融雪剂等，建立物资台账，定期检查物资完好情况，确保紧急时可快速调配。另外，还要建立高效应急通信机制，施工现场配备对讲机与应急电话，确保与监理单位、业主、交警、医院等相关单位通信畅通。发生突发事件时，现场人员立即启动应急预案，第一时间上报事故信息（包括地点、类型、人员伤亡情况等），并开展先期处置，如伤员急救、现场警戒、设备断电等，配合专业救援队伍开展工作，事后做好事故分析与整改。

3.5 重视人员保障，强化能力建设与责任落实

施工人员的技术水平与责任意识，是决定交安机电养护施工质量安全的核心因素，需通过培训教育与制度约束，构建全员参与的管控格局。对管理人员开展质量管理体系培训，需重点学习《公路工程质量检验评定标准》《公路养护安全作业规程》等规范，提升统筹协调与风险研判能力。对技术人员开展专项技能培训，如交安设施安装工艺、机电设备调试方法、智慧设备操作等，邀请厂家技术人员进行实操指导。对一线施工人员开展岗前安全培训，讲解岗位风险点与防范措施，如高空作业安全注意事项、带电作业禁忌等，培训合格后方可上岗，每年进行不少于2次的再培训。同时，需签订质量安全责任书，明确项目经理、质量员、施工班组等各层级职责，将质量安全目标与绩效考核挂钩。并建立“奖优罚劣”机制，对严格执行规范、工程质量优良的班组与个人给予物质奖励；对违规操作、造成质量缺陷或安全隐患的，严肃追究责任并进行经济处罚。通过推行“质量安全积分制”，使施工人员积分与上岗资格挂钩，积分过低者需重新参加培训考核。此外，在施工驻地与作业现场还需设置质量安全宣传栏，张贴典型事故案例与规范操作图示，并定期召开质量安全例会，通报施工中存

在的问题与整改要求；开展“质量安全标兵”评选活动，宣传先进事迹，引导施工人员树立“质量第一、安全至上”的理念，形成全员参与、全程管控的良好氛围。

总而言之，高速公路交安机电养护施工质量安全

管控，是一项系统工程，需统筹前期筹备、过程管控、智慧赋能、应急管理与人员保障各环节工作。通过构建科学规范的管控体系，依托技术创新提升管控效能，强化全员责任意识，才能确保养护施工质量达标、安全受控，为高速公路安全畅通提供坚实保障。

参考文献：

- [1] 王成.高速公路长隧道机电交安工程施工安全管理探索及应用[J].新疆钢铁,2025,(02):188-190.
- [2] 原鹏.浅谈高速公路机电交安施工危险源及事故防范措施[J].黑龙江交通科技,2021,44(04):177+179.
- [3] 张子凯.高速公路长隧道机电交安工程施工安全管理探索及应用[J].公路,2020,65(12):220-223.
- [4] 刘凯.高速公路机电交安施工危险源分析及防范[J].中国新技术新产品,2020,(14):145-146.
- [5] 薛瑞华.高速公路机电交安施工危险源的防控方法[J].中国设备工程,2020,(08):118-119.