

高原山区高速公路机电工程质量管理的探究

聂小龙

云南省交通科学研究院有限公司 云南 昆明 650200

摘要: 随着我国高速公路建设不断发展,高原山区公路机电工程作为现代化高速公路工程的重要组成部分,对施工质量管理也提出更高层次的要求。文章在阐述高原山区高速公路机电工程基本概念的基础上,探讨了目前高原山区高速公路机电工程质量管理的难点,进而从技术交底、进场材料把控、创新技术应用、项目队伍建设四方面提出建议,以期能提升高原山区高速公路机电工程质量控制水平。

关键词: 高速公路;机电工程;质量管理;高原山区

引言:高原山区高速公路作为区域交通命脉,其机电工程是保障安全运行、提升服务效能的核心支撑。然而,高海拔、强温差、复杂地形等极端条件,给机电设备选型、施工安装及长期稳定运行带来严峻挑战。当前部分项目存在质量管控针对性不足、标准体系适配性弱等问题,轻则导致设备故障频发,重则诱发安全事故。本文聚焦高原山区特殊场景,探究机电工程全生命周期质量管理的关键路径,为打造可靠、耐用的高原交通基础设施提供理论参考与实践指引。

1 高速公路机电工程概述

1.1 基本概念

高速公路机电工程作为高速公路建设过程的一项核心子工程,主要由监控系统、收费系统、通信系统以及供电系统组成,作为高速公路建设尾期工程,机电工程施工周期短、点多面广,同时机电设备和系统安装调试工作量大、专业门类多、技术含量高、信息化应用广,属于典型的复杂工程系统^[1]。做好高速公路机电工程施工质量管理,不仅有利于工程项目的顺利实施,保障施工作业人员和交通参与者的人身安全,更直接决定着高速公路运行效率、交通安全水平和运营服务能力^[2]。

1.2 高原山区高速公路机电工程主要特征

高原山区高速公路机电工程建设具有显著的地域特殊性,相比平原地区机电工程建设,其核心特征体现在高难度规划设计、复杂施工环境和可持续发展要求三方面。首先,在高原山区高速公路建设过程中,超高桥隧比与长纵坡难度叠加,再加上高海拔、低气压、强紫外线环境对设备材料性能、设计寿命的影响,这些都给工程前期的规划设计提出了更高的要求;其次,高原山区常常面临着地形、地震和气候等诸多不利环境因素耦合,作业风险高,并且机电工程作为项目建设尾期工程,施工窗口期常面临压缩工期紧,这些都给施工组织带来不小

的挑战;最后,高原山区生态脆弱,环境保护、水土保持任务艰巨,这就要求在施工过程中应尽可能地减少开挖以避免水土流失和植被破坏。

2 高原山区高速公路机电工程质量管理的难点

2.1 高原山区环境限制

山区高速公路建设路段因地形、地质、水文、土壤以及复杂气象条件限制,对机电工程施工质量会产生不同程度的影响。由于山区地势陡峭、作业空间狭窄,大型机电设备运输受阻,再加上山区雨雾、低温等气象条件易导致机电设备(如监控、通信系统)线路受潮或绝缘性能下降。在地质与土壤条件影响方面,机电设备基座若位于破碎岩层或滑坡风险区,可能因地质变形导致设备位移。同时,受土壤侵蚀,施工中电缆、管道易受水土流失破坏。在山区降水集中区域,机电设备机房以及电力、通信光缆以及机房容易遭受洪水冲击导致系统中断。

2.2 施工技术适应性不足

在应对复杂环境方面,不同于平原地区,高原山区低温、强紫外线等气象易导致机电设备线路老化、绝缘性能下降,当前在耐候性材料与密封防护技术应用还不足。同时,在山区破碎岩层、冻土区等特殊地质条件下,机电设备基座加固技术未充分适配,容易因地基沉降引发设备位移或损坏。在设备集成设计方面,当前市场上机电设备集成化程度都比较低,多采用分散式安装,缺乏集成化设计,导致现场组装效率低且易受复杂地形限制。在作业人员施工技术方面,当前许多施工人员对新型机电设备(如智能监控系统)的操作与维护能力不足,缺乏针对高原山区环境的专项技术培训。同时智能化与信息化融合度低,缺乏智能监测平台,难以实时追踪机电设备运行状态和预警潜在故障。

2.3 动态监管不足

加强机电工程的动态监管,不仅有利于施工阶段的精细管控,更会为运维阶段的成本优化与安全保障,推动机电工程全周期质量目标实现。当前,施工过程中缺乏统一的动态监测平台,无法实时追踪设备安装进度、质量隐患及人员作业状态,导致隐患整改滞后。同时对机电设备运行状态监测不足,特别对于在高海拔山区、复杂地形区域的机电设备(如变电系统、通信基站)缺乏远程健康监测技术。在隐蔽工程监管方面,对电缆埋深、接地电阻等隐蔽工程施工时,缺乏全过程动态记录与实时抽检。在与土建、交安等标段交叉作业时,未建立动态风险预警机制,导致施工机械碰撞、管线损坏等安全隐患频发。

2.4 管理人才短缺

机电工程管理人员素质对工程质量往往起着关键作用,当前,项目管理人员对高原山区机电工程项目专业技术知识和施工管理经验有所欠缺,导致工程质量参差不齐。主要表现在对高原山区机电工程施工技术指导与施工标准执行不足,容易出现工艺偏差,增加质量隐患。再者,缺乏专业管理人员时,对施工方案调整、交叉作业冲突等环节无法实时监控,工艺参数失控风险将会显著增加。

2.5 标准规范适用性不足

现行高速公路机电工程的设计、施工及验收标准,大多是在平原或常规气候条件下总结形成,未能充分考虑高原山区特有的高海拔、低气压、强紫外线辐射、昼夜温差剧烈、空气稀薄等复合环境因素。高原地区空气密度低,电气设备散热效率下降,易引发过热故障,同时强紫外线加速线缆外皮和塑料部件老化,低氧环境则可能影响部分电子元器件的稳定运行。当前现有规范对这类特殊工况下的设备选型、防护等级等关键参数缺乏明确、细化的技术指引。设计单位在无专项标准可依的情况下,往往只能“参照”通用条款执行,施工单位也难以据此制定针对性的工艺措施。这种“套用式”做法虽满足形式合规,却难以真正匹配实际环境需求,容易造成设备早期失效、系统稳定性差等问题,为后期运营埋下安全隐患。

3 高速公路机电工程施工质量控制建议

3.1 认真做好工程技术交底

工程技术交底是机电工程施工极为重要的一项技术管理工作,目的是使参与工程施工的技术人员与作业人员明白所承担的工程项目的特点、设计目的、技术要求、施工工艺及注意事项。高原山区地形地貌起伏大、气候条件复杂、运输条件受限,加之机电工程系统本身集成度

高、专业交叉多,涉及监控、供配电系统等多种特殊环节,极易引发安装错位、接线错误、防护不足等质量问题。因此,高速公路机电工程施工技术交底必须坚持“分级分类、逐层细化”的原则,通过分层级技术交底,可将设计意图、施工工艺和操作标准精准传递至每个作业人员,避免因环境因素导致的技术偏差。通过扎实有效的技术交底,如明确监控设备调试流程、数字技术的应用规范,从源头减少质量问题,为后续系统联调和稳定运行打下坚实基础。

3.2 严格进场设备材料质量把关

加强施工原材料的质量把关是机电工程质量控制中的重要环节。高原山区高速公路机电工程建设涉及大量电器设备及管材电缆材料,施工材料不合格不仅会影响设备的正常使用,严重的还有引发安全事故^[3]。这就要求施工建设单位要严格按照设计标准要求采购设备及原材料,同时,要在施工前认真做好工程材料化验、试验,并形成书面材料归档总结。对材料没有检验证明的,不得允许施工单位进行工程施工。这样一来,就能够从源头上控制高速公路机电工程的质量,确保了高速公路机电工程建设的整体质量和建设标准。

3.3 大力推广施工创新技术应用

高速公路机电工程施工是创新技术方案和高新设备产品的融合。高原山区的高海拔、剧烈温差、强紫外线辐射以及复杂地质条件,对机电工程施工提出了前所未有的挑战。传统施工方式常因环境适应性不足,导致设备故障率高、施工效率低下且安全风险突出。因此,必须将创新技术深度嵌入工程实践,构建系统化的解决方案。在材料应用上,优先采用高分子复合电缆护套、耐候性特种金属构件等新型材料,有效提升设备在极端环境下的抗老化性能和结构稳定性,延长使用寿命。在施工装备层面,应大力推广智能巡检系统、自动调平安装平台等先进设备,减少高空作业依赖,精准控制设备定位精度,同时降低人员安全风险。施工管理中,依托BIM技术实现管线布设模拟、碰撞检测和工序优化,使施工过程可视化、可控化,避免交叉作业冲突和返工现象。创新技术还意味着要将绿色理念贯穿始终,通过优化临时设施布局、选用低能耗设备、减少土方开挖量,最大限度降低对高原脆弱生态的破坏,实现资源高效利用。同时智能化替代人工操作、材料革新强化环境适配、绿色转型减轻生态负担、数字化管理提升过程透明度,四大路径相互协同,形成闭环管理机制,推动高原山区高速公路机电工程建设从“粗放施工”向“精细建造”转型,推动高原山区机电工程建设绿色可持续发展。

3.4 加大项目建设队伍培养

高速公路机电工程建设任务是由项目管理人员和建设施工队伍通力配合共同实现的,管理人员和施工队伍综合素质的高低直接关系到机电工程项目的最终质量。一方面,应加强项目管理人员的综合素质建设,通过开展高原山区机电工程设计、施工标准及新技术应用的专项培训,进一步强化管理人员专业能力与规范意识。另一方面,应着力提升施工队伍专业化水平,通过强化作业人员高原适应性作业技能培训,系统性解决高原山区施工队伍技能断层、技术滞后问题。

3.5 完善高原适应性标准体系

高原山区特殊自然环境对机电工程施工提出的严苛要求,亟需在国家 and 行业通用标准基础上,加快构建具有高原山区适应性的技术标准补充体系。结合高海拔、低气压、强紫外线辐射、剧烈昼夜温差及空气稀薄等复合环境特征,系统梳理现行规范在设备选型、防护等级、散热能力、绝缘性能、材料抗老化等方面的不足,组织设计、施工、科研及设备制造单位共同参与,编制专项技术指南或地方性实施细则。重点细化适用于高原环境的机电设备技术参数,如电气元件的降容使用原则、线缆护套的抗紫外线等级、户外机箱的密封与散热结构要求、接地系统的优化配置等,为设计选型和施工验收提供明确依据。同时,鼓励将成熟工程经验转化为标准化做法,推

动高原适用型设备的技术认证与推广应用。通过完善标准体系,不仅可解决当前“参照执行”带来的技术盲区,还能引导全产业链提升产品与工艺的环境适配能力,从制度层面筑牢高原山区高速公路机电工程的质量根基,支撑其安全、可靠、长效运行。

4 总结

高原山区高速公路机电工程建设质量管理,关系到高速公路系统安全、高效运营。科学的建设质量管理既能保证工程质量,降低运维成本,同时对推动高原山区绿色可持续发展、推动区域经济协同发展具有战略意义。中国的高速公路机电工程在发展过程中要充分吸取国外经验,同时也要根植本土地理环境,推动我国道路交通事业的不断发展。

参考文献

- [1]董一凡.高速公路机电工程施工过程中的质量控制[J].运输经理世界,2025,(25):133-135.
- [2]田鹏宇.高速公路机电工程安装与质量检测研究[J].汽车周刊,2025,(04):37-39.
- [3]陈俊伟.高速公路交通机电工程施工过程中的质量控制[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(32):72-74.
- [4]李嘉怡.高速公路机电工程项目信息化管理应用分析[J].信息系统工程,2024,(06):110-113.