

高速公路机电工程供配电施工技术分析

范承雨

河北高速邯港二期项目管理有限公司，河北 沧州 061200

DOI:10.61369/EPTSM.2025110030

摘要：为提升高速公路配电系统运行的可靠性与高效性，强化道路通行能力。文章借助文献资料研究等方法，梳理高速公路配电施工的主要内容与基本特点，坚持技术驱动，运用系统思维，从沿线供配电、隧道供配电及设备安装调试等场景出发，创新技术应用路径，完善技术管理体系，搭建高速公路供配电施工全周期管理模式，满足现代交通的发展要求。

关键词：高速公路；机电工程；供配电施工；技术工艺；应用策略

Analysis of Power Supply and Distribution Construction Technology of Highway Electromechanical Engineering

Fan Chengyu

Hebei Expressway Handang Phase II Project Management Co., Ltd., Cangzhou, Hebei 061200

Abstract : To enhance the reliability and efficiency of expressway power distribution systems and improve road traffic capacity, this paper conducts literature review to analyze the core components and distinctive features of expressway power distribution construction. By adopting a technology-driven approach and systematic thinking, it explores innovative technical solutions for power supply and distribution along highways, tunnel installations, and equipment commissioning. The study establishes a comprehensive technical management framework and implements a full-cycle management model for expressway power distribution construction, thereby meeting the evolving demands of modern transportation.

Keywords : highway; electromechanical engineering; power supply and distribution construction; technology and process; application strategy

前言

高速公路机电工程供配电施工是一项系统性工程，涵盖能源接入、设备供电等多个环节，为管控施工质量，提升施工效率，压缩施工成本，施工企业应当调整目标定位，全面分析高速公路机电工程供配电施工技术，优化施工管理流程，管控后期运维风险，为高速公路的安全、高效运营提供坚实的有力支撑。

一、高速公路机电工程供配电施工主要内容

高速公路机电工程供配电施工以“能源精准输送、设备稳定供电”为奋斗目标，主要内容可划分为三大关键模块，形成全链条作业体系^[1]。外部能源接入与变电设施建设，重点完成10kV高压电源从地方电网的引入施工，有序开展高压电缆敷设、终端头制作与试验等作业，沿箱式变电站或开闭所的建设需结合路段负荷分布，科学规划站点位置与容量配置，确保供电半径控制在500米以内，避免因供电距离过长导致电压损耗超标。高低压配电线敷设，高压线路（10kV）根据地形条件选择架空或电缆直

埋方式，平原路段优先采用JKLYJ型交联聚乙烯绝缘导线架空敷设，杆距设置为50–60米，兼顾经济性与维护便捷性。山区或生态敏感区则采用电缆直埋，需在电缆沟内铺设10cm厚黄沙垫层与警示带，穿越道路时加装Φ150mm镀锌钢管保护，防止机械损伤。低压线路统一采用YJV22型铠装电缆，沿道路护栏基础电缆槽或隧道侧壁敷设，同步做好防雷、防腐蚀处理。末端配电与设备供电保障涵盖配电箱（柜）安装、漏电保护装置调试及各机电子系统电源接入，严格遵循“三相五线制”接线标准，确保零地线独立分离，接地电阻≤4Ω，保障监控摄像头、收费终端、隧道照明灯具等设备的安全稳定运行。

作者简介：范承雨（1991.10-），男，河北阜城人，本科，研究方向：高速公路机电工程。

二、高速公路机电工程供配电施工技术应用路径

(一) 沿线供配电技术的应用

沿线供配电技术以“保障关键节点供电可靠性、平衡技术经济性”为导向,从电源配置、线路优化、防护强化三个维度创新应用路径。在电源选型与容量计算方面,针对沿线不同用电节点的负荷特性,像服务区餐饮负荷为感性负荷、监控设备为阻性负荷,采用“需用系数法”精准计算总负荷,例如服务区需考虑空调、冰箱等大功率设备的同时运行系数,该系数取0.7~0.8,避免容量冗余造成投资浪费或容量不足引发过载^[2]。为应对电网停电风险,在收费站、隧道入口等关键节点配置柴油发电机与UPS不间断电源,其中UPS需根据设备断电后持续运行需求来确定蓄电池容量,根据行业规范高速公路收费系统需要保障30分钟以上供电,确保应急供电无缝衔接。在线路敷设优化方面,结合地形与环境条件差异化选择敷设方式。平原路段高压线路采用架空敷设,通过优化杆塔布局减少占地面积;山区路段采用电缆直埋,在岩石地段采用机械钻孔+电缆保护管的敷设工艺,降低施工难度;穿越农田区域时,在电缆沟上方铺设水泥盖板,防止农耕作业破坏电缆。低压线路沿护栏基础电缆槽敷设时,每隔20米设置一个固定支架,避免电缆因震动移位。在防雷与接地保护方面,沿线箱式变电站、配电箱均加装氧化锌避雷器,架空线路终端杆、转角杆设置独立防雷接地装置,将设备接地、防雷接地、保护接地共用一组接地极,接地极选用Φ50mm镀锌钢管,长度为2.5米,间距5米排列,通过热镀锌扁钢连接,经接地电阻测试仪检测确保接地电阻≤4Ω,有效抵御雷击对供配电系统的冲击。

(二) 隧道供配电技术的应用

隧道供配电技术聚焦“高负荷承载、高风险防控、高安全保障”,针对照明、通风消防、应急供电三大核心场景优化技术应用。在照明供配电领域,根据隧道入口段、过渡段、中间段、出口段的照度需求差异,入口段照度≥500lux、中间段照度≥100lux,工作人员采用“分区控制+智能调光”技术,如图1所示:



图1 “分区控制+智能调光”技术示意图

供配电线路采用三相四线制,每盏灯具独立回路设计,通过PLC控制器实时采集外界自然光强度,根据晴天、阴天、夜间的

自然光情况,自动调节灯具功率,例如白天将入口段灯具功率调至100%,夜间降至50%,在保障行车安全的同时降低能耗。照明配电箱安装在隧道侧壁专用设备洞内,选用IP67防水等级箱体,内部加装智能除湿装置,当湿度超过60%时该装置自动启动,防止潮湿环境导致设备短路故障。在通风与消防供配电领域,隧道通风机与消防水泵作为一级负荷,采用“双电源自动切换”技术,分别从两个独立变电站引入电源,通过ATS自动切换开关实现切换时间≤0.5秒的无缝切换,确保停电时系统不中断运行。通风机供电线路选用YJV42型防水防腐电缆,沿隧道顶部电缆桥架敷设,电缆接头采用热缩式密封处理,抵御高温与粉尘侵蚀^[3]。在风机控制回路加装过载保护与缺相保护装置,过载保护设定过载电流为额定电流的1.2倍,避免电机烧毁。在应急供配电领域,隧道内设置应急照明与应急广播系统,由UPS提供电源,UPS容量需满足应急照明持续1小时、应急广播持续2小时的供电需求。每隔50米设置一个应急电源插座,该插座额定电压220V,额定电流10A,供救援设备使用。

(三) 设备安装调试技术的应用

设备安装调试技术以“精准安装、规范调试、全面检测”为原则,通过标准化作业确保供配电系统从施工向运行平稳过渡。在设备安装环节,重点把控安装精度与环境适配性,箱式变电站基础采用C30混凝土浇筑,基础顶面平整度误差≤5mm,设备安装时用水平仪校准,确保柜体垂直偏差≤1.5‰;室内配电箱(柜)安装高度控制在1.2~1.5米,室外安装需加装防雨棚,防雨棚伸出柜体边缘≥30cm,柜体与墙面间距≥0.8米,便于操作维护。高压设备安装过程中,工作人员应当严格遵循厂家说明书,触头接触压力与行程需符合技术参数,比如断路器触头接触压力≥25kN,避免接触不良导致发热。在调试作业环节,分为单机调试与系统联调:单机调试时,先对设备进行绝缘电阻测试,高压设备绝缘电阻≥1000MΩ、低压设备绝缘电阻≥0.5MΩ,再开展空载试运行,例如变压器空载运行24小时,监测温升≤60K、噪音≤65dB;系统联调重点测试电源切换功能、保护功能与监控功能,确保各功能模块动作准确、响应及时。在检测验收环节,工作人员采用专业仪器开展全面检测,用接地电阻测试仪检测接地系统,用钳形电流表检测线路电流平衡度,三相电流不平衡度≤10%,用电能质量分析仪检测电压偏差与谐波含量,电压偏差≤±5%、总谐波畸变率≤5%。模拟满载运行、电网电压波动±10%等极端工况,测试系统稳定性,将所有检测数据记录存档,作为验收合格的核心依据,确保设备投用后长期稳定运行。

三、高速公路机电工程供配电施工技术管理策略

(一) 做好前期勘察

前期勘察作为供配电施工的基础环节,通过多维度调研为施工方案制定提供数据支撑,助力施工效率提升与成本管控。在现场地形与环境勘察中,组建专业勘察团队,团队包含电气、地质、气象专业人员,对施工路段开展全面踏勘,详细记录地形地貌,比如山区坡度、河流宽度深度,气象条件,绘制1:2000比例

勘察图纸。针对特殊环境制定专项措施，雷暴高发区域，年雷暴日数超40天的区域增加防雷接地装置数量，多雨地区，年降雨量超1500mm的地区将设备基础抬高30cm并设置2%排水坡度。在负荷与电源勘察中，与地方电网公司深度对接，明确外部电源接入点、电压等级、供电容量及电网可靠性^[1]。工作人员对沿线服务区、收费站、隧道等用电节点开展实地调研，统计设备数量与功率，采用“实测+估算”方式确定各节点最大负荷与平均负荷，为变电站容量选择与线路截面设计提供依据，变电站容量按最大负荷1.2倍配置，线路截面按载流量1.1倍选择。对无法复用的设施，制定拆除与新建方案，避免与新建工程冲突。勘察完成后编制详细勘察报告，明确施工难点，比如穿越铁路需办理铁路部门许可，与风险点，为施工方案优化奠定基础。

（二）做好图纸会审

图纸会审通过多方协同审查，提前解决设计问题，保障施工顺利推进，减少返工成本。会审工作由建设单位牵头，组织施工、设计、监理、设备厂家四方参与，工作人员按照“专业审查+综合审查”流程开展。在专业审查阶段，各参与方从专业视角提出审查意见，设计单位说明设计思路与技术标准，施工单位重点审查图纸可施工性，论证线路敷设路径是否便于机械作业、隧道设备洞尺寸是否匹配设备安装，设备洞宽度需比设备宽10cm以上，供配电线与通信线路是否存在走向冲突。监理单位审查图纸完整性与规范性，如关键节点详图是否缺失、接地电阻等技术参数是否明确^[2]。设备厂家审查图纸与设备匹配性，如设备安装尺寸是否与基础设计一致、电源接口是否符合设备要求，比如电压等级、接线方式。在综合审查阶段，针对专业审查发现的问题集中讨论解决方案，如施工单位提出某路段线路穿越山体施工难度大，设计单位可调整路径为沿山脚敷设。设备厂家反馈某型号断路器已停产，设计单位可更换为同参数替代产品，出具设计变更文件，避免后期因图纸问题引发纠纷。

（三）做好接地安装

接地系统作为供配电安全的“生命线”，通过严格的技术管理确保其可靠性，降低安全风险。在接地材料选型上，根据环境特性差异化选择，普通土壤环境优先选用热镀锌钢材，其防腐性能优异，使用寿命可达20年以上。沿海高盐碱地区或隧道潮湿环境，采用铜覆钢接地材料，铜层厚度 $\geq 0.25\text{mm}$ ，或在镀锌材料表面涂刷环氧树脂防腐涂层，防止材料快速腐蚀。接地材料规格严格符合设计要求，镀锌钢管直径 $\geq 50\text{mm}$ 、壁厚 $\geq 3.5\text{mm}$ ，镀锌扁钢截面 $\geq 40\text{mm} \times 4\text{mm}$ 。在接地装置施工管控上，严格遵循设计图纸与规范，接地极埋设深度 $\geq 0.8\text{m}$ ，寒冷地区需埋设在冻土层以下，通常 $\geq 1.2\text{m}$ ，间距 $\geq 5\text{m}$ 。山区岩石土壤等电阻率较高区域，土壤电阻率 $> 100\Omega \cdot \text{m}$ 的区域，采用换土或增加接地极数量的方式降低接地电阻，换土时填入降阻剂，降阻剂用量每根接地极 $\geq 50\text{kg}$ 。接地极与接地干线连接采用放热焊接，焊接点涂刷沥青漆防腐，避免虚焊或腐蚀导致接地电阻增大。隧道内接地装置与隧道结构钢筋连接，形成“网状接地系统”，提升防雷效果。在接地电阻检测验收上，施工完成后采用ZC-8型接地电阻测试仪检测，检测选择晴朗天气，雨后需间隔3天以上，每个接地极至少检测3次，取平均值作为最终结果。如果接地电阻 $> 4\Omega$ ，工作人员需要分析原因，借助增加降阻剂用量、延长接地极长度等方式，完成整改任务。

四、结语

高速公路机电工程供配电施工技术的创新与管理的优化，是提升配电系统可靠性、保障道路高效运营的关键。文章通过梳理供配电施工主要内容与特点，从沿线、隧道、设备安装调试场景出发，创新技术应用路径，运用前期勘察、图纸会审、接地安装、系统集成等管理举措，构建起全周期技术管理体系。

参考文献

- [1]王超.高速公路机电工程供配电施工技术分析[J].工程技术研究,2023(22):89-91.
- [2]刘鹏.高速公路机电工程供配电施工技术分析[J].中国设备工程,2023(7):211-213.
- [3]王尧.高速公路隧道机电工程技术的分析与思考[J].人民交通,2023(4):96-98.
- [4]李享.高速公路项目机电工程供配电施工技术探讨[J].交通科技与管理,2023(2):125-127.
- [5]朱志勇.高速公路机电工程供配电施工技术探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2023(34):127-129.