

直流供电在高速公路机电工程中的应用

喻 昶

(广东诚泰交通科技发展有限公司, 广东 广州 510515)

摘 要 高速公路车速较快, 车流量较大, 对于机电工程的设计与运行提出了较高要求, 如何保障高速公路电力供应稳定性已成为技术人员亟待解决的关键性课题。本文以直流供电技术在高速公路机电工程中的应用优势作为切入点, 分别基于服务区新能源供电、ETC 收费设备供电、外场设备供电以及直流照明供电等角度对高速公路机电工程领域直流供电技术方案进行介绍, 同时针对方案设计应用要求进行了阐述, 以期有关技术人员提供参考。

关键词 直流供电; 高速公路; 机电工程; 应用方案

中图分类号: TM33

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0040-03

高速公路机电工程是公路管理设施的重要组成部分, 对保障公路通行能力与服务水平, 提升公路运营管理效率具有关键性作用。技术人员应当明确直流供电技术的主要优势, 同时分别针对高速公路运行过程中各类机电设备的运行需求进行分析与研究, 并给出科学可行的供电方案, 有效解决公路远端设备面临的供电难题, 进一步提升公路机电设备运行能力与运行安全, 促进公路交通运输的可持续发展。

1 直流供电技术在高速公路机电工程当中的主要优势

1.1 施工便捷、安全

相较于传统的机电设备供电方式而言, 采用直流供电技术针对公路收费、监控机电设备进行供电作业, 能够有效确保电流电压的供应稳定性, 充分降低电力供应过程当中出现的压降和能效衰减, 同时规避了直接接触所诱发的触点风险, 因此具备施工便捷与安全的优势。

1.2 施工运维成本低廉

交流供电线路通常采用 3 根或 5 根导线, 而直流只需 1 根 (单极) 或 2 根 (双极) 导线。因此, 直流供电可节省大量输电材料, 同时也可减少大量的运输、安装费。在直流供电技术方案的规划设计过程当中, 遵循了模块化原则与要求, 局端设备支持热插拔, 进一步降低了设备安装与运维过程当中支出, 同时使故障设备的维修与更换流程更加便捷, 减少了单一设备故障对整个公路供电网络造成的影响。

1.3 满足双碳目标要求

国务院于 2021 年印发的《2030 年前碳达峰行动方案》当中指出: “构建新能源占比逐渐提高的新型电力系统, 推动清洁电力资源大范围优化配置。大力提

升电力系统综合调节能力, 加快灵活调节电源建设。”因此, 将直流供电技术引入高速公路机电工程领域当中, 有助于充分满足双碳目标要求, 构建多轮驱动、多级负载的公路能源供应保障体系, 全面强化高速公路机电工程设备供电稳定性, 提升公路电网调节灵活性^[1]。

2 高速公路机电工程领域直流供电技术方案

2.1 服务区光储充新能源供电

公路服务区指的是能够为乘客与司机提供停留、休息与补给的空间场所, 其中主要涵盖了停车场、公共厕所、加油站、车辆修理所、餐饮场所以及便利店等相关设施, 在公路网络当中的平均间距约为 50 km, 如何保障公路服务区的供电稳定性是技术人员需要解决的关键课题。

基于低压柔性直流母线互联, 借助智能终端的边缘计算功能, 能够针对公路服务区当中各类机电设备的用电情况进行实时监测与控制, 同时能够按需构建科学的能量调度策略, 有效解决电网质量与稳定性问题, 提升设施供电可靠性。在光储充新能源供电系统当中, 能够实现光伏发电自发自用、余电上网, 储能系统削峰填谷等目标。通过 DC+AC 柔性配置, 能够实现光伏、储能与负载设施的一体化供电解决方案。

相较于传统的公路服务区供电方案而言, 采用光储充新能源供电模式, 能够实现不同能源之间的多维互补, 进一步强化了服务区设施电能利用率, 同时保障了整个供电体系的灵活性与有效性, 减少了能源的无谓消耗与浪费现象, 降低了电能使用成本。基于直流通能路由器以及 EMS 管理系统, 能够针对光储充新能源供电方案进行系统化管控, 使运维人员能够较为直观明确地掌握供电一体机运行过程当中供电状态以及服务区各用电设施的用电数据, 使电力系统内部能源调度效率得到了更加充分的保障。

2.2 ETC 收费设备供电

在高速公路运行过程当中,通过 ETC 收费设备能够实现车载电子标签与车道微波天线之间的高效短程通讯,并能够与金融机构接口之间进行数据传输以及后台结算,使车辆无需停车便能对公路或桥梁通行费用进行缴纳,保障了车辆行驶过程中的体验与安全性。在现阶段 ETC 收费设备的部署与应用过程当中,多以龙门架方式将设备部署于公路收费站匝道位置,使 ETC 收费环节能够在公路匝道进行,龙门架上分别布设有 ETC 天线、抓拍摄像头、补光灯、一体化机柜等一系列设备,为确保上述设备的运行稳定,保障公路运营过程当中的经济效益,避免收费设备供电问题导致的经济损失,可采用直流供电技术为 ETC 机柜提供支持。机柜主要由业务仓、备电管理仓以及电源仓等几部分共同构成,其中,机柜逆变电源具备 48 VDC 输入与 $220 \text{ Vac} \pm 5\%$ 输出能力,典型容量为 3/5 kVA,高度为 2U,具备冗余备份与均分负载功能,日常待机过程当中的功耗较低,逆变效率较高,节能环保性能较为突出,附带有电池防反接保护、过充保护、过载保护、过温保护、输出短路保护等相关保护功能。设备整流电源采用模块化设计理念,具备六个以上整流模块槽位,三个光伏输入模块槽位,能够提供备份、监控等相关功能,同时支持热插拔,便于维护与故障更换。

除上述组件外,机柜内部还配有空调、电池等相关设备,并采用国产化动环系统实现机柜监视与控制。系统内部内置触摸显示屏,兼容 WEB 服务,具备良好人机交互性能以及远程管理功能,同时具有较为突出的信息采集速度与响应速度,直流供电下的 ETC 机柜具有突出的供电可靠性、灵活的配置、广泛的应用场景以及低廉的维护成本,在高速公路机电设备供电领域的应用价值较为突出^[2]。

2.3 外场设备远程供电

为了满足高速公路运行过程当中的一系列功能性要求,实现对车流的有效疏导,减少公路运行过程当中的事故发生,需要为公路情报板、ETC 门架、道路监控设备等外场相关设施设备进行供电,现阶段常见的外场设备供电方式涵盖了高压供电、低压供电以及太阳能供电等几种不同类别,其中,高压供电的接入手续较为复杂,成本较高,运维难度较大,低压供电模式的供电半径较为有限,对远端设施供电的适应能力较差,而太阳能供电模式受气候环境因素影响较为突出,因此均存在一定短板与问题。采用直流供电技术实现对远端外场机电设备进行供电,能够有效解决现阶段常规供电模式应用过程当中可能存在的各项问题,实现供电稳定性以及供电效率的全面提升。

在直流远程供电系统内部,主要涵盖了局端设备、整流柜、远端设备、DC/DC 转换模块、智能运维管理系统等几部分内容,采用直流远供技术模式针对公路运行过程当中远端外场设施进行供电,能够在一定程度上保障供电电压,有效拓展设施供电范围,同时减少了正负极接触过程当中可能出现的安全风险,供电系统结构较为简便,具备完善的规范支撑,涵盖较为成熟的生态体系,进一步降低了远端外场设备的供电成本,使供电方案呈现出更加突出的可行性与经济性特征。

通过直流远供技术针对高速公路外场设施设备进行供电,能够配备 N+1 冗余整流模块,有效减少了整流模块切换过程当中所出现的时间延迟,避免了设备故障给整个供电体系所造成的影响。系统内整流模块具备负载均衡功能,能够确保系统运行的均衡性,减少了极端负载对于供电系统寿命与稳定性所造成的影响。在此基础上,系统内部具备多策略控制,遵循了网络化设计要求,能够实现远程启闭以及远程监控等目标要求,减少了系统运行过程当中对于人力资源的依赖,实现了无人值守的目标。

2.4 直流照明设备供电

为保障高速公路运行过程当中安全性,避免环境因素对车辆运行安全所造成的影响,需要按需配备高杆灯、低杆灯、隧道灯以及巡检灯等相关照明设备,在以往的公路照明方案当中,对于设备的供电保护往往存在一定欠缺,当阴雨天气与潮湿天气时,可能会出现漏电风险,进而对公路巡检人员以及车辆驾驶员的人身安全都会产生一定影响。与此同时,相关供电方案的维护流程较为复杂,成本高昂,亟待对方案进行改进与优化。

采用高压直流照明方案,能够充分满足高速公路运行过程当中相关照明设备的供电需求、控制目标与运维需求,有效保障了照明设施运行过程当中稳定性与安全性,进一步降低了照明设施施工维护过程当中成本。

在直流照明供电系统当中,主要涵盖了高压直流照明柜、智能监控系统、直流 LED 调光驱动电源等几部分内容,系统内部具备较为突出的兼容性能与拓展性能,能够针对多项智能控制设备进行接入,实现对照明设施亮度以及用电情况的动态调整与控制。除此之外,在照明供电系统内部还配有绝缘监测模块,模块能够较为直观便捷地针对系统内部开关状态进行实时监测,并能够基于用户配置情况针对开关监测参数进行实时调整,有效保障了整个系统的运行安全^[3]。

相较于以往的照明供电方案而言,基于直流照明供电方案,具有电能损耗较低,供电距离较远,安全

系数较高,灯具设施寿命延长,维护成本低廉,拓展性能较好等优势,具有一定的推广价值。

3 公路直流供电技术方案施工流程

在针对直流供电方案整流装置进行安装的过程中,应严防倾覆、碰撞等现象,现场施工人员需要针对整流装置的状态进行严格核查,在整流装置安装完毕后,需要针对其安装紧固件、接地线、电路电容状态、微动开关状态等进行检测,有效避免供电电路可能出现的导通问题。

配电柜施工前,需要针对柜体样式进行全面检测,确保其尺寸、工艺符合设计目标与规范要求,柜体接线应具备二回直流电源进线,直流母线不应分段,同时应配备电压测试回路,使供电回路运行过程当中的相关信息得到及时回传。配电柜设置位置应临近直流负荷,其前后位置应预留检修、维护与材料输送通道。相关元件的安装与布置应遵循整齐美观、规格统一的要求。

断路器的施工安装应符合设计方案当中的绝缘要求,其触头闭合与断开过程中,可动部分应避免出现卡阻现象,同时需要针对操作机构的接线情况进行复核,开关、隔离器等元件应进行垂直安装,静触头应处于上方部位。

线路敷设时,需要遵循最近原则,同时应尽可能减少弯曲。线路当中的导线截面积比重应符合设计需要。安装过程中应因地制宜地对线路进行保护。母线直线段应确保安装平直度,针对水平与垂直方向的误差应进行严格控制。施工完成后应进行试验测量,确保线路当中电器低压绝缘电阻符合设计要求。

4 公路直流供电技术设计应用要求

作为未来高速公路机电设施设备用电与运行的基础,在针对公路直流供电技术进行规划、设计与应用的过程当中,相关技术人员应严格遵循国家相关标准,明确系统设计应用要求,进一步保障系统稳定性与安全性。

4.1 系统设计要求

在公路直流供电系统的设计与应用过程当中,应分别涵盖整流装置、监控装置、配电装置、配电线路、接地系统以及附属设施等几部分,其中,相关供电系统设计方案应全面满足上级电源以及系统内部负载的全面介入要求,同时按需留出相应余量。在此基础上,直流标称电压应控制在 $110 \sim 1\,500\text{ V}$ 范围内,供电系统标称电压的选择应当全面考虑到远程供电的传输距离、线路容量、设施负荷特性以及公路工程特点等相关要素,结合公路供电项目的具体差异针对标称电压进行调节与控制。此外,系统内部最低电压应当控制在标称电压的80%左右,最高电压应控制在标称电压的120%左右。在针对公路直流供电系统进行规划与

设计的同时,还应当考虑到公路周边的环境特性,并确保其海拔高度在 $2\,000\text{ m}$ 以下,供电设备应具备防反接等相关功能,从而减少设备接入过程当中可能出现的安全问题。

4.2 保护功能要求

为尽可能提升公路直流供电系统运行过程当中的安全性,减少系统运行以及外界环境带来的一系列安全风险以及安全问题,需要配备完善的安全保护措施,其中,对于供电系统配电线路而言,应具备相应的过电流保护功能,各极性线路均应安装过流保护器,实现对电流的有效控制,其上下级保护电器应具备一定的灵活性与协调性,同时能够按照电气设备保护级别以及保护要求实现充分协调与配合,配电设备应具备熔断器以及直流断路器等相关设备进行保护,从而避免过电流造成的安全威胁^[4]。

4.3 附属设施要求

在高速公路供电系统的运行过程当中,需要配备防雷防风雨等相关附属设施。针对以往公路供电系统的运行情况进行分析与统计过后能够发现,相当一部分系统设备的运行往往受到了雷击破坏,因此在针对供电系统进行设计与应用的过程当中,应严格遵循《建筑物防雷设计规范》《高速公路机电系统防雷技术规范》等相关标准要求,实现对雷击现象的有效防护^[5]。

5 结束语

相较于常规公路供电模式与供电策略而言,直流供电技术的损耗较低,传输效率较高,同时还能实现对线路走廊的有效节约,能够便捷地开展系统扩容以及故障隔离等相关工作,并可与新型储能技术协同提供清洁可靠的电源。在针对高速公路机电工程进行供电的过程当中,相关技术团队应当明确直流供电技术的优势与特性,并能够按照预期要求与设计目标针对公路机电设施供电方案进行全面优化,使直流供电方案的应用效果得到显著提升。

参考文献:

- [1] 胥婷,华实,林渡.直流远供电系统技术在高速公路行业的应用[J].运输经理世界,2023(16):151-153.
- [2] 孙康茗,石经纬,孔雷军.直流供电在公路照明系统中的应用[J].中国公路,2023,650(22):103-105.
- [3] 卢楨.直流供电载波控制调光技术在隧道中的应用[J].企业界,2022(05):31-33.
- [4] 孔雷军.光伏发电技术在高速公路隧道的应用[J].广东公路交通,2022,48(06):122-125,143.
- [5] 王锐.高速公路机电工程供配电施工技术及其质量控制[J].工程机械与维修,2023(04):108-110.