

重载铁路通信设备中铁路通信电源的应用分析

张思思

国能朔黄铁路发展有限责任公司 信息中心 062350

【摘要】重载铁路是承载货物运输的重要通道,对铁路通信设备供电可靠性提出了更高要求。本文分析了重载铁路通信设备的负荷特点和供电需求,重点探讨了交流不间断电源(UPS)、通信开关电源、通信基站备用电源等铁路通信电源在重载铁路通信设备中的应用。针对当前存在的问题,提出了加强技术创新优化电源选型、强化系统集成提升协同控制水平、规范运维管理确保电源稳定运行等建议,以进一步推动重载铁路通信电源的应用,为重载铁路安全高效运行提供可靠的技术支撑。

【关键词】重载铁路;通信设备;供电系统;不间断电源

Application analysis of railway communication power supply in overloaded railway communication equipment

Zhang Sisi

Guoneng Shuohuang Railway Development Co., LTD information center 062350

【Abstract】 Heavy-duty railway is an important channel for carrying goods transportation, which puts forward higher requirements for the reliability of power supply of railway communication equipment. This paper analyzes the load characteristics and power supply demand of heavy railway communication equipment, and focuses on the application of AC uninterruptible power supply (UPS), communication switching power supply and communication base station backup power supply in heavy railway communication equipment. In view of the existing problems, the paper put forward suggestions such as strengthening technological innovation to optimize power supply selection, strengthening system integration and improving the collaborative control level, standardizing operation and maintenance management to ensure the stable operation of power supply, so as to further promote the application of heavy-duty railway communication power supply and provide reliable technical support for the safe and efficient operation of heavy-duty railway.

【Key words】 heavy-load railway; communication equipment; power supply system; uninterruptible power supply

引言:

随着我国经济社会的快速发展,大宗货物运输需求持续增长。重载铁路以其运量大、效率高、能耗低、污染小等优势,成为大宗货物中长距离运输的首选方式,与普通铁路相比,重载铁路对牵引动力、货车强度、轨道结构、信号控制等都提出了更高的技术要求。其中,通信系统作为重载铁路运行控制和安全管理的神经中枢,对列车安全、正点运行至关重要。重载列车的长编组、高频次、高载荷等特点,对通信设备的实时监控、联络指挥、故障诊断等功能提出了更高要求,这就需要铁路通信电源提供充足、稳定、可靠的电力供应。

当前,随着蓄电池、不间断电源、开关电源等技术的进步和成本的下降,铁路通信电源的技术水平和应用范围不断提升。特别是交流不间断电源、通信开关电源、通信基站备用电源等在重载铁路通信设备供电中得到广泛应用,有效提高了供电系统的可靠性和灵活性。

一、重载铁路通信设备供电需求分析

(一) 重载铁路通信设备的负荷特点

重载铁路通信系统涉及车站、区间、调度等多个环节,负荷种类多样,分布范围广。从负荷类型看,重载铁路通信设备主要包括传输设备、交换设备、无线设备、电源设备等,各类设备功率等级差异较大,从几十瓦到几千瓦不等;从空间分布看,时钟同步设备、应急通信设备、监控设备等分布在站场和线路沿线,跨度大、点多、线长,传输距离远;从时间分布看,调度通信、列控系统等业务连续性要求高,负荷曲线相对平稳。

由于重载列车载重大、编组长,对牵引重量和制动力要求高,在通信系统中广泛应用了高性能的控制模块、处理器芯片、大容量存储器等,这些设备多为恒功率负载,瞬时启动电流大,对供电系统的稳定性、动态响应提出了更高要求。

(二) 重载铁路通信设备对供电可靠性的要求

重载铁路运输强度大,列车编组长,运行密度高,对通

信系统安全性、可靠性、实时性提出了更高要求,通信系统一旦发生断电,调度指挥、安全监控、防灾预警等业务将难以正常开展,极易引发严重后果,造成重大经济损失。为确保重载铁路通信系统安全稳定运行,国际铁路联盟(UIC)、国际电工委员会(IEC)等组织制定了一系列铁路通信供电标准,对供电可靠性提出了严格要求,如UIC560号标准规定,GSM-R系统中断时间应小于0.2%,即全年累计中断不超过17.5小时。我国《铁路数字移动通信系统(GSM-R)应用技术规范》(TB/T3271-2011)规定,在220V市电断电情况下,基站备用电源必须能独立供电8小时以上,室内基站备用电源必须能独立供电4小时以上,中继站备用电源必须能独立供电10小时以上。

为满足重载铁路通信系统的高可靠供电需求,铁路部门结合重载铁路通信设备的负荷特点和容量要求,配置了多个层级的供电系统,并辅以UPS不间断电源、开关电源模块化热备份等先进技术,极大提高了供电系统的可靠性。以朔黄重载铁路为例,在正常市电供电的基础上,配置了通信专用UPS系统,负责车站核心机房、LTE基站机房设备的不间断供电。

二、铁路通信电源在重载铁路通信设备中的应用

(一) 交流不间断电源(UPS)系统的应用

交流UPS是重载铁路通信系统的核心供电设备,它由整流器、逆变器、蓄电池等组成,可在市电断电时立即提供持续、稳定、不间断的交流电,是重要场所的必备电源。作为UPS的储能部件,阀控密封铅酸蓄电池以其容量大、放电平稳、寿命长等优点在重载铁路领域得到广泛应用。为充分发挥UPS系统效能,铁路部门注重加强维护保养,如定期对蓄电池进行容量检测和更换,使其处于最佳工作状态,合理设置UPS系统的过载告警和保护,防止损坏通信设备,优化UPS供电线路,提高系统供电安全性和可靠性。

(二) 通信开关电源系统的应用

开关电源以其体积小、功率密度高、效率高、电压精度高等优点,在重载铁路通信领域得到广泛应用,主要用于为计算机、交换机、路由器、以太网交换机等设备供电。重载铁路通信开关电源多采用模块化设计,由AC/DC模块(整流模块)、监控模块、配电模块组成,支持热插拔,可靠性高。

在系统设计中,通信开关电源一般配置监控功能,实时采集系统运行参数,例如,在一所铁路机房设置了交流电压、交流电流、直流母线电压、每路输出电流等监测,当电压电流出现异常时,监控系统及时发出告警,便于值班人员快速定位处理。针对夏季高温可能引发开关电源的散热问题,部分重载铁路采用小功率并联的方式,既提高了系统可靠性,

又有利于机柜散热,如新建浩吉铁路主通信机柜供电,采用8台150W开关电源并联的方式,较传统4台300W方案,散热更均匀,运行更稳定^[1]。

(三) 通信基站备用电源的应用

车地无线通信是重载列车运行控制的关键环节,铁路沿线基站是车地无线通信的桥梁,主要包括无线固定台、中继台等,基站所处环境复杂,长期暴露于户外,备用电源是确保基站设备不间断运行的关键,目前,铁路通信基站备用电源主要包括通信专用柴油发电机组、燃料电池组、风光互补供电系统等。

“瓦日铁路”电气化改造中,在格尔木至乌鲁木齐段17个区间车站附近建设了大功率通信基站,为确保连续供电,每个基站均配备了两台200千瓦柴油发电机组,可实现市电和油机无缝切换。“准朔铁路”电气化改造中,在偏远山区较多采用风光互补供电,如在某隧道附近通信基站,建设了60千瓦风力发电机组和30千瓦光伏阵列,发电效率高、清洁环保,且运行维护简单^[2]。

三、进一步推广应用重载铁路通信电源的建议

(一) 加强技术创新,优化电源设备选型

铁路通信电源是一个涉及电力电子、控制技术、储能技术等多个领域的复杂系统,是多学科交叉的产物,要进一步提升重载铁路通信电源的技术水平和供电保障能力,必须充分发挥企业主体作用、高校人才优势、科研院所的创新引领作用,加强产学研用协同创新。在应用基础研究方面,鼓励有条件的铁路局集团公司与重点高校共建联合实验室,开展通信电源关键技术的研发攻关,突破共性关键技术瓶颈,在不间断电源(UPS)领域,重点突破大功率模块化并联技术,显著提高UPS系统的输出容量、供电可靠性和系统灵活性,满足重载铁路大规模、高密度通信负荷的供电需求。在机车车载电源领域,重点加强车载电源与机车牵引逆变器的电磁兼容性设计,协同攻关高可靠、低谐波干扰的车载电源设计技术,减小由于谐波干扰引起的通信设备故障,在轨道边通信基站备用电源领域,鼓励有条件的企业与科研院所联合攻关,探索研究氢燃料电池与风光互补发电的耦合互补机制,充分发挥两种能源的互补优势,提高发电系统的效率和可靠性。

针对重载铁路恶劣工作环境对通信电源设备选型提出的特殊要求,设备供应商要加强技术创新,优化设备选型。针对高寒、高原缺氧等极端环境,要选用宽温域、抗高原反应的电源设备,提高设备环境适应性,如在青藏铁路二期工程昆西段,海拔高、气温低,UPS系统宜选用防低温型阀控密封铅酸蓄电池,在电池箱内加装加热装置,确保蓄电池低温性能。针对隧道潮湿、粉尘大等恶劣工况,要选用铝合金

外壳、防水防尘等级高的电源柜，提高设备防腐防潮能力。针对牵引供电系统、信号系统的谐波干扰，通信电源模块应提高输入纹波抑制比，增大输出电压动态响应速度，减少谐波干扰导致的通信中断故障^[1]。

（二）强化系统集成，提升电源协同控制水平

重载铁路通信系统是一个复杂的系统工程，涵盖车站通信、列控通信、无线通信、数据通信等多个子系统，覆盖车站、区间、调度、机车等诸多场景，通信电源作为系统的“心脏”，对其规划设计、系统集成、协同控制至关重要。要立足通信系统总体架构，科学规划电源系统，通信电源必须满足不同通信设备的功率等级、电压等级需求，还要考虑冗余配置、负载分担、远程监控等，如铁路综合通信系统中，软交换、数字调度、SDH 光传输设备对供电连续性要求高，宜就近配置不间断电源；LTE 无线基站远离车站，应就地配置开关电源，并预留足够的远程监控接口，同时，通信电源还要匹配通信系统的总体容量规划，宜采用模块化设计，实现电源容量按需平滑扩容。强化通信电源与牵引供电、信号等专业的系统协同，重载列车牵引电流大，谐波含量高，产生的电磁干扰是通信系统面临的主要威胁，通信电源与牵引变电所供电系统要做好接口匹配和电磁兼容设计。在设备选型时，应优先选用抗干扰能力强的开关电源，提高电源模块的输入纹波抑制比、共模干扰抑制比，在系统架构设计时，应在牵引变电所引出专用接口，采用电缆对绞、屏蔽隔离等措施，降低高频谐波干扰，同时，加强通信电源与信号楼的供电配合。重载铁路采用计算机联锁、列控等信号系统，对控制系统供电稳定性、可靠性要求极高，通信电源与信号电源要统筹规划，做好系统配合，如采用通信、信号、信息合建机房，将 UPS 系统集中设置在机房专用 UPS 室，减少配电路径，提高供电可靠性^[4]。

（三）规范运维管理，确保电源稳定运行

重载铁路通信电源作为重载铁路运行的基础设施，承担着 24 小时不间断供电的重任。UPS 系统、蓄电池、高频开关电源柜、供电线缆等设备长期处于高负载状态，需要严格遵守相关技术标准规范，加强设备全生命周期的运维管理，从设备选型、施工安装到调试维护、故障抢修，必须严格把关，规范操作，确保电源设备安全、可靠、稳定运行。从组

织管理层面，要建立健全通信电源设备管理制度，明确岗位职责，加强人员管理，运维人员必须持证上岗，交接班制度、值班运行制度、两人工作制度，编制设备操作规程和紧急事故处置预案，细化操作流程，明确安全注意事项，定期开展应急演练，提高应急处置能力。针对不同时期重载铁路运行特点，有的放矢地加强电源设备维护，在能源保供时段，提前对 UPS 系统进行负载能力测试，对蓄电池进行充放电实验，排查梳理设备隐患，在防洪、防寒阶段，重点加强对防雷接地装置的巡视检查，测试接地电阻，必要时增设电源防雷模块、浪涌保护器等措施，利用铁路调度“天窗”时间，及时开展设备检修，优化检修工艺，缩短检修时间，加强备品备件管理，根据设备运行状况科学确定备品备件储备定额，确保在设备发生故障时能够快速抢修。从人员培养、技术创新层面，提升通信电源运维管理智能化水平，面对重载铁路线路长、设备点多、分布广的实际，要大力开发应用智能运维机器人，实现电源设备运行状态的实时感知、远程监测，减少人工巡视强度，积极研究应用状态检修、故障诊断、寿命预测等新技术，建立通信电源设备全寿命周期管理系统，对海量运行监测数据进行深度挖掘、智能分析，准确评估设备健康状态，以预测性维护设备，实现电源设备管理由事后检修向预防性维护转变^[5]。

结语

重载铁路作为运量最大、效率最高的货运通道，对国民经济发展的战略支撑作用日益凸显，通信系统作为重载铁路运行控制的神经中枢，必须具备安全可靠、不间断的供电保障。经过多年发展，交流不间断电源、通信开关电源、通信基站备用电源等在重载铁路领域形成了多层次、网格化的供电体系，基本满足了重载列车运行对通信系统的要求。站在新的历史起点，铁路通信电源要顺应重载铁路提速扩能、智能升级的新趋势，围绕大功率、高频次、全天候、低成本等目标，加强前沿技术研究，推动标准规范完善，规范运维管理流程，不断提升供电系统的自动化、智能化水平，为建设交通强国、构建现代化铁路网提供安全可靠的技术保障。

参考文献

- [1]王州龙, 徐金鹏, 靳邵云, 等.高速铁路信号设备通信接口雷击过电压损伤试验研究[J].工程科学与技术, 2024, 56(04): 287-296.
- [2]曹荣祥.电力通信设备电源新技术的要求及应用分析[J].通信电源技术, 2024, 41(04): 110-112.
- [3]李伟.铁路通信设备中铁路通信电源的应用分析[J].通信电源技术, 2023, 40(17): 108-110.
- [4]郭亚响, 姜丽敏.铁路通信系统中移动通信技术的应用分析[J].通信电源技术, 2024, 41(06): 127-130.
- [5]王珂玮.铁路通信工程管理技术的特点及应用分析[J].科学与信息化, 2023, (14): 190-192.

作者简介: 张思思(1982.6-)女,河北石家庄人,本科,助理工程师,研究方向:铁路通信专业。