

电气化铁道供电系统技术应用及其创新

吴艳秋

中铁十二局集团电气化工程有限公司 天津 300308

摘要：电气化铁道供电系统技术应用及其创新是现代铁路运输领域的重要研究方向。而且，随着社会经济的快速发展和城市化进程的加速，对铁路运输的需求也在不断增长，电气化铁道供电系统作为保障铁路运输的重要基础设施，其技术应用和创新对于提升铁路运输效能以及降低环境污染也具有重要意义。基于此，本文将对电气化铁道供电系统技术的应用及其创新进行深入探讨，旨在提高供电系统的安全性和综合效率，推动铁路运输现代化可持续发展。

关键词：电气化铁道；供电系统技术；应用及其创新

相对于其他运输方式来说，铁路运输效率更高、速度更快，是我国最为主要的运输方式。而电气化铁道供电系统，则是决定铁路运输综合效能的核心，但是随着铁路运输的不断发展，对于电气化铁道供电系统的需求也越来越高，在这一背景下，电气化铁道供电系统技术的发展面临着一系列的挑战和问题，如何对电气化铁道供电系统技术应用进行创新，促进铁路运输智能化发展，已然成为当下亟须解决的关键问题。

1 电气化铁道供电系统概念分析

1.1 电气化铁道供电系统的定义和作用

电气化铁道供电系统的定义可分为两个层面进行解读，一部分为电气化铁道，电气化铁道是指利用电力牵引的运行轨道，其主要特点在于运行过程中需要电能来驱动运输。而另一部分则为供电系统，顾名思义，就是为电气化铁道提供电能通力，保证电气化铁道正常运输的一种电力系统。该系统是在国家电网中的高压交流电环境下进行运行的，在运行过程中利用变电站进行电流降压，电流在降压之后再次输送到接触网进行二次降压，这样一来，交流会变成直流电，然后利用直流电动机的电能促使铁路机车车轮轴进行旋转，推动车辆前行^[1]。其主要作用在于，其一，因为采用了变电手段，不仅供电距离被急剧缩短，同时也有效降低综合成本。其二，运用电力驱动，牵引车辆可以实现更大的牵引力，进而提高牵引效率，从而保证运输能力。其三，与传统热能供电方式相比，电能的转换后效率更高，使得电气化铁道供电系统具有更高的能源利用效率，不仅使用更为环保，对环境的影响更小，而且还可更有效地利用能源资源。

1.2 电气化铁道供电系统的基本组成部分

电气化铁道供电系统主要是由接触网、牵引变电所、配电所以及监控系统四大核心部分组成。其中，接触网是确保电力稳定运输的装置，通常是由一根或多根架空导线组成，悬挂于铁路线路的正上方，并于电力机车或电动列车通过集电装置进行电力传输。因其特性，所以接触网多数是用钢铁支撑，因为钢铁的导电性和机械强度俱佳，还可以根据列车的运行速度和电流需求灵活进行布置。牵引变电所的核心功能是负责将电力从电网输送到接触网，起到传递作用，然后还可以根据车辆的整体运行需求调整电压和频率，保证车辆的可靠运行。牵引变电所相对于其他机构来说，更为复杂一些，其内部构件包括变压器、断路器、隔离开关以及保护设备等。配电所位于铁路线路沿线，其功能主要负责将电力从接触网分配到不同的供电区段，以满足列车的动力需求。因其功能，配电所核心设备通常是由断路器、隔离开关以及自动切换设备和电能计量设备为主。最后，监控系统是重要的辅助设施，一般情况下安装在接触网上，能够监测接触网的电压、电流和温度等参数，一旦出现异常情况，比如电压不稳定、稳定过高，能够及时报警。所以，

监控系统的功能主要是为预防故障和事故的发生，同时对已出现的问题能够及时了解因素，进而保证供电系统的运行效率^[2]。

2 电气化铁道供电系统技术应用及其创新

2.1 监控系统应用

监控系统在电气化铁道供电系统技术中的应用至关重要，承担着监控运行、收集数据以及问题预警等关键作用。监控系统的构建一方面需要积极建设供电综合调度子系统机构配置，并且子系统下还需建设三个自动化系统和具体的检测模块，用以监控和把握情况，完善系统运行，进而提高工作效果。另一方面，还需在内部设置两个车站监控模块，此模块的主要作用是为实时了解车站的运行情况，确保车站的稳定和安全运行，保证供电系统运行正常。现阶段，监控系统应用在创新方面主要体现在大力应用 OPEN300 系统配置法，该配置法可以实现数据的全方位实时处理、电力报表处理以及前置通信^[3]。同时，系统中包含了各类数据库，如实时数据、历史数据、数据描述以及图形报表等，既能够实现实时数据的存储和分析，也能够对数据进行描述，描述方式也比较直观，而且，不同模块之间能够利用数据库实现彼此连接、相互通信。除此之外，该系统最大的优势在于系统庞大，性能优越，运量较大，所以使得监控系统的运行十分稳定、可靠。该系统的核心功能主要包括四点，分别为遥测、遥控、遥信以及遥调，其中，遥测是指利用电子技术对电气化铁道供电系统电压、电流转换情况、使用进行远程精准测量。遥控则是指可以远程操控供电系统，能够在遇到紧急情况时迅速作出反应。而遥信和遥调则是指可以利用远程手段，对供电系统的运行状态、设备稳定状态以及供电系统功能运行情况进行实时监测，并将检测数据回传到数据中心，分析数据变化，总结数据规律，进而得出全面反馈。总而言之，当下监控系统的创新点在于，不仅仅可以用于供电系统以及车辆运行状态的监控，同时还可利用数据技术进行收集、对比、分析，为系统运行提供了更全面而又精准的保障，这对于铁道运行效率来说也是一大助力。

2.2 接触网新型技术

2.2.1 BIM技术

BIM 技术的应用对于接触网的设计、施工以及管理具有重要意义。以往接触网的敷设通常需要将高压电缆通过电缆爬架固定在隧道上，需要到达上网点，此过程不仅耗时耗力，而且最为主要的是，在敷设过程中，供电电缆与下锚补偿设施之间存在干扰，尤其是在需要扩挖断面之时，电缆和下锚补偿设施的位置更加复杂。除此之外，接触网的基础管理中，施工进度管理可谓是核心工作，传统管理方法主要采用 P6 软件和甘特图，虽然可以实现接触网的静态管理，但是却无法适应工程的各个动态调整和逻辑关系，也就是说，缺乏一定的实用价值。而 BIM 技术的应用，可以完美解决这些矛盾点，对于接触网的

敷设工作来说,可以使用BIM技术对隧道群进行三维建模,包括电缆爬架、供电电缆和下锚补偿设施,进行模拟和分析,从而找到最佳的位置和布局,避免干扰现象发生。同时,布局过程中,可以确保电缆和下锚补偿设施的协调和评价,利用可视化模型,帮助施工人员精准定位。由此一来,既可以解决干扰,又能够实现合理排布,保证敷设的美观度和稳定性。在接触网施工进度管理中,BIM技术能够实时监测施工进度和质量,包括实时设计模型对比、信息记录等关键能力,可以及时发现和纠正问题,也能为后续的运维提供一定便利^[4]。

2.2.2 柔性防松技术

柔性防松技术是接触网为解决螺纹松动的一项创新技术。在接触网系统中,螺母和螺栓的稳定性非常重要,是保障接触网稳定和正常运行的必备条件。在柔性防松技术中,采用了弹簧和螺母的组合结构,因为弹簧具有一定的柔性弹力,能够保证螺母和螺栓的紧固。并且,在组合结构中,也进行了细微的划分,比如一些部分采用了螺母内螺纹和螺杆外螺纹的连接方式,还有一些采用了弹簧和螺杆外螺纹的结合方式,这种结构设计的优势在于能够有效扩大螺纹受力面积,充分发挥弹簧具有的弹簧抱紧力。在该技术中,弹簧可谓其中重要一环,弹簧的具体作用在于,螺母和螺栓连接时,弹簧会被压缩,此时弹簧压缩会产生一定的弹性抱紧力,这种弹性抱紧力可以保持螺纹的紧固状态,防止其在冲击和震动中松动。同时,弹簧的弹性特性也可以使其具有一定的吸能能力,能够对冲击和振动产生的力量进行缓冲和消化,从而避免对螺纹的松脱力产生不良影响。由此特性,柔性防松技术具有一定的广泛性,可用于接触网各个构建的螺纹连接处,并且还可显著提升其稳定能力,减少螺纹松动的发生概率,进而可有效降低维护成本,也能保证电气化铁道供电系统的长期稳定。

2.2.3 自动化技术

在电气化铁道供电系统的接触网中,自动化技术的应用,对于接触网弓网稳定运行意义重大,弓网严格意义上来说是保持接触网稳定的核心要素,其本质是电力机车在受到基础网电流和电工影响下来保证接触网平稳运行的功能构件。一般来说,弓网出现导高情况主要是由电锁安装张力,以及腕臂结构、吊弦长度等构件因素的影响,而构件之所以产生问题,是因为构件大多都是由工厂预制完成的,质量不高,瑕疵较多。但是现阶段,自动化技术的迅速崛起,比如自动化吊弦穿线机,利用其先进的自动化控制技术,能够通过机械臂和传感器实现对吊弦的自动创新,运行机械臂将吊弦从起始端直接运送到目标位置,相对于传统的手工预制操作来说,其具有高速、精确的特点,而且一定程度上也大大节约了人力和时间成本,吊弦的可靠性得到了保证。除了自动化吊弦穿线机之外,还有自动化腕臂预配平台,该平台采用了先进的自动化控制技术和人工智能算法,能够更加预先设定的参数,来自动调整腕臂的位置和角度,有效减少了人为误差,进而促使弓网具有良好的稳定性^[5]。

2.3 供变电技术

2.3.1 功率单元扰动量全前馈控制技术

功率单元扰动量全前馈控制技术是供变电技术中所采用的全新技术类型,该技术主要是为了防止扰动量影响供电系统的稳定性和动态响应效率。该技术的工作原理是根据负载电流控制来调整供电系统的动态响应,通过采用先进的控制算法和信号处理技术,将扰动量的信息实时采集并加以处理,然后通过控制器对系统进行全前馈补偿。这样一来,即使在负载电流发生变化或扰动量增加的情况下,系统依然可以保持稳定运行。另外,为了防止电网电压谐波过强导致电流周边,相关部门还

需充分发挥积分控制器的综合效能,利用积分控制器对电网电压变幅进行科学控制。调整积分控制器的参数和工作模式,以此让电压的幅度变得可控,从而以此方式保证供电系统的响应性能。与此同时,还需根据铁道电车负载控制要求,对电流波形质量进行提升,科学控制扰动量,可以采用先进的电流控制技术和滤波器设计,促使供电系统能够更好地适应负载变化和扰动影响。

2.3.2 多台无牵引变压器同相供电装置并联控制技术

多台无牵引变压器同相供电装置并联控制技术的主要作用是实现对多台无牵引变压器进行并联控制,以实现电气负荷的均衡分配和供电系统的自动切换,从而通过此方式促使供电系统在遇到故障情况之时得以快速恢复正常。以往传统供变电技术,常常采用的是单台无牵引变压器供电装置,简单来说,就是将变电站直接输送到铁路线路上。虽然使用较为方便,不需要复杂的处理机制,但是其使用机理不够健全,容易出现电力分相环节以及逆变器环流问题。为解决这一问题,多台无牵引变压器同相供电装置并联控制技术应运而生,该技术的核心素养在于尽量取消电力分相环境,并根据电力变化特征来解决逆变器的环流问题。这就需要将多台无牵引变压器与供电装置并联,同时设定环流限度。这样一来,就可从根本上解决电力分相以及逆变器环流问题。除此之外,在同相供电系统中,还可以利用逆变器并根据并联控制要求优化同相供电系统的性能,即极强多个供电装置分布在铁路线路上,使得供电装置与牵引负载的距离尽可能近,减少线路上的功能损耗和电压降,以此降低对逆变器的需求。同时,也可以科学调整并控制线路的距离,进一步减少逆变器的并联数量,因为较短的线路距离可以减少电能传输的损耗。而且,逆变器作为供电系统中的重要组成部分,成本通常较高,逆变器数量的减少,对于系统的投资成本和运维成本也起到了降低作用。最后,牵引供电一般电压较高,电压较高会导致电能损耗率增加,为此,在进行供电系统的设计时,需要对线路电能损耗的措施进行考量,比如可以采用合理选择导线材料、优化线路结构等措施,以进行科学合理设计,确保电气化铁道供电系统不断发展、高效运行。

3 结束语

综上所述,本文主要对电气化铁道供电系统技术的应用和创新进行深入分析,根据当下实际情况来看,我国铁路现代化建设创新态势明显,其具体表现为各类创新技术层出不穷,并广泛应用于实际情境中,对于铁路运输的发展具有重要意义。因此,未来应持续关注并加强这一领域的研究和创新,不断推动铁路运输的可持续发展和智能化。同时,铁路相关管理人员也需深知,只有不断提升电气化铁道供电系统技术的水平和性能,才能从根本上实现铁路运输的高效、安全和长期发展,相信随着研究的不断深入,未来我国电气化铁道供电系统一定会趋于完善、再创新高。

参考文献

- [1] 吴改燕.探究电气化铁道供电系统新技术的发展研究[J].中外交流,2021,28(3):1234.
- [2] 刘玉宝.电气化铁路牵引供电系统智能化技术探究分析[J].数字技术与应用,2023,41(8):78-80.
- [3] 苗建青,李玉峰.电气化铁路27.5kV系统户外高压交流隔离开关的型式试验[J].电力系统装备,2022(11):61-64.
- [4] 舒泳皓,张长征,王琪.一种新型电气化铁道电能路由研究[J].电气传动,2021,51(9):61-66.
- [5] 方小飞.电气化铁路牵引供电系统可靠性评价系统研究[J].中外交流,2021,28(3):1285.