

Research and Application Analysis of Key Technologies for Rail Operation Vehicles

Hongwei Wang

Yuanping Branch of Guoneng Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Xinzhou, Shanxi, 034100, China

Abstract

As an important equipment for the maintenance and upkeep of railway infrastructure, track work vehicles have the ability to operate efficiently, accurately, and safely. The development of their technology directly affects the quality and efficiency of railway transportation. This article analyzes the key technologies of rail work vehicles, explores their latest developments in power systems, control systems, work platforms, and safety guarantees, and combines application cases to illustrate the practical application effects of these technologies. Research has shown that the intelligence and automation technology of rail work vehicles are gradually improving and playing an irreplaceable role in the field of railway maintenance. In the future, with the further development of technology, rail operation vehicles will be more efficient and precise, providing solid guarantees for the safety and efficiency of railway transportation.

Keywords

rail operation vehicle; automation; security guarantee

轨道作业车关键技术研究与应用分析

王宏伟

国能朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司, 中国·山西 忻州 034100

摘要

轨道作业车作为铁路基础设施养护与维护的重要设备, 具备高效、精准、安全的作业能力, 其技术的发展直接影响铁路运输的质量和效率。论文围绕轨道作业车的关键技术展开分析, 探讨了其在动力系统、控制系统、作业平台及安全保障等方面的最新进展, 并结合应用案例阐述了这些技术的实际应用效果。研究表明, 轨道作业车的智能化、自动化技术正逐步提升, 并在铁路维护领域发挥着不可替代的作用。未来, 随着技术的进一步发展, 轨道作业车将更加高效、精准, 为铁路运输的安全与效率提供坚实保障。

关键词

轨道作业车; 自动化; 安全保障

1 引言

轨道作业车作为铁路运输系统中的重要组成部分, 承担着线路维护、检修及应急救援等多种任务。随着铁路运输需求的不断增长, 作业车的技术水平也在不断提升, 以适应更高效、安全的作业需求。在现代铁路运营中, 轨道作业车的应用不仅提高了维护的效率, 还有效降低了人工成本和作业风险。近年来, 轨道作业车的研发在动力系统、控制系统、作业平台及安全技术等方面取得了长足进展, 推动了轨道交通的现代化进程。论文针对轨道作业车的关键技术进行系统研究与分析, 旨在为轨道作业车技术的进一步发展提供参考和借鉴。

2 动力系统技术

在尚未配备电气化设施的铁路线路上, 内燃机驱动单元依然担任轨道作业车的关键动力源, 维持着其固有的独立性和适应性, 此类驱动机制不依赖外部电源, 从而能在无电力环境下自主运作, 在偏远地区的铁路维护和建设工作中, 内燃机系统凸显了其无可替代的优越性, 与依赖电力驱动的电气化铁路相比, 那些电力供应不稳定或设施不足的非电气化铁路, 往往被部署在偏远且交通不畅的地带, 因此, 传统的电力牵引方式在这种环境下并不适用。尤其在内燃机动力系统具备了出色的自给自足能源供应特性之下, 它适应了包括复杂地理环境和多样作业条件在内的广泛应用场景, 长距离运输任务尤为得心应手, 该系统所具备的高度自主性, 在降低对电力网络依赖的同时, 大幅提升了轨道作业车应对多样化环境的作业弹性及稳定性, 在尚未铺设电力线路的铁路线路上, 对于其维护与建设任务, 内燃机动力装置依然是首

【作者简介】王宏伟(1982-), 男, 中国河北赞皇人, 本科, 从事铁路运输装备研究。

选,且最为适宜的解决方案。

内燃机动力系统虽然展现出高度灵活性与独立运作的能 力,但同时也遭遇了重大的挑战,在全球范围内,环保意识不断增强,特别是在铁路领域,对环保技术的严格要求越来越显著。因此,内燃机动力系统其高排放和高能耗的缺陷变得更加明显,内燃机在运转时会产生大量的废气和颗粒物,这种高强度的排放对环境带来了负面影响。同时,也显著降低了轨道作业车的环保标准,在内燃机广泛应用的城市及人口密集地带,噪声污染问题尤为严重,这不仅加剧了环境污染,也对邻近居民的居住品质构成了显著影响。在技术研究领域,当前所关注的重点是如何在确保内燃机动力系统运行的高效率与可靠性之上,降低其对环境的副作用。

近年来,众多轨道作业车的生产商及科研机构,针对内燃机动力系统,进行了大量的改良工作,以适应越来越严格的环保法规和市场需求,研究人员针对内燃机在燃油效率方面的不足,运用先进的发动机优化技术,显著提升了燃烧的效率,从而大幅度降低了燃油的消耗量,技术的进步使得车辆运行的经济成本大大减少。同时,也显著降低了大气中温室气体的含量,现代内燃机动力系统为了降低尾气中有害物质的含量,普遍安装了废气净化设备。例如,催化转化器和颗粒捕捉装置,利用这些装置,可以显著减少尾气排放中的氮氧化物和颗粒物,进而使轨道作业车辆符合更严格的环保要求。

轻量化设计的发动机结构,是技术改进的一个重要方向,研究人员采用新型材料并改进了结构设计,实现了发动机重量的显著下降,此举不但减少了车辆能源消耗,还提高了轨道作业车的动力反应速度与操控灵敏度,发动机重量的减轻,导致车辆作业时能量需求降低,进而有效减少燃油消耗和排放,车辆的维修保养因轻量化设计而变得更为便捷,从而提高了其可靠性与使用年限^[1]。

3 控制系统技术

在中国,轨道作业车的操控技术相较于先进国家晚些时候起步,但通过近年的独立研究和引入外国的高阶技术,已逐步完成了由手工控制向半自动化及自动化控制的演变过程,在当前时点,中国轨道作业车的控制系统技术所处的状态、改进的路径、遭遇的难题,将进行深入的剖析。

3.1 基础控制技术的应用现状

在中国,大多数轨道作业车仍主要依赖人工操作,这要求操作人员在现场全程进行监控与控制,即便这种控制方式传统且成熟,对操作者的要求仍旧颇为严格。同时,人为的诸如疲劳或失误等元素,亦可能对其产生影响,在高复杂度的作业场景与庞大任务量背景下,依赖人工操控的作业方式,其效率堪忧,同时伴随着显著的安全隐患。近年来,为了提升作业效率与保障作业安全,轨道作业车的操控系统逐渐嵌入了基础的自动化元素,诸如辅助导航以及基础的作业

流程自动化控制等。

大多数轨道作业车辆目前装备了依托全球定位系统(GPS)的辅助定位与导航设施,利用全球定位系统,列车作业车精确地进行位置确定,同时为操作人员提供动态路径指示,有效降低人工操作的不确定性,某些机械装置装备了自动紧急制动及速度调节功能,这分别在一定程度上减少了操作者的压力和作业过程中事故发生的风险。在中国,轨道作业车的操作控制正经历由人工向自动化系统转换的关键进展,这一转变凸显了基础控制技术在实际应用中的核心作用。

轨道作业车所采用的自动化技术,与世界先进水平相较,尚处于初级阶段,在多样化的作业环境中,铁路作业车辆的操控系统主要依赖于操作人员的直接控制,其自动化程度相对较低。目前,大部分辅助控制系统仅具备单一功能,缺少整体性与协同性,难以达到多个系统间的有效配合^[2]。

3.2 自动控制技术的初步探索

尽管目前国内大多数轨道作业车仍以人工操作为主,但关于自动控制技术的研发已逐步展开,在中国境内,部分高速铁路线路与关键铁路主干道已率先采纳了部分自动化乃至全自动化的轨道作业车控制系统,借助尖端自动化控制技术,可以显著提升轨道作业车的作业效率,同时降低操作过程中的人为失误。

轨道作业车的精准导航与高效路径规划,在自动控制技术进步的推动下,变得至关重要,自动驾驶设备与铁路网协同精妙,使得作业车辆能自行决定复杂作业环境中的最佳行进路线,从而显著减少对人工指引的倚重,在轨道作业车的自动控制领域,车载传感器技术发挥着关键作用,传感器搭载于作业车辆上,能即时感应周遭环境,收集有关轨道状况、障碍物及气象方面的数据,随后自动调节车辆运行相关参数,以此保障作业过程的安全与效率,将传感器所收集的数据纳入控制中心远程监控系统之中,能够显著增强该监控系统的智能化能力。

在中国,轨道作业车系统中,自动控制技术的广泛应用尚未实现,目前仍处于试验阶段,部分铁路作业车辆已装备自动驾驶及传感器技术,然此等技术通常仅局限于特定高价值线路或环境内,导致其在全国范围内推广应用存在障碍,轨道作业车领域内,自动化系统的集成尚遭遇众多考验,尤其是在作业场景复杂多变的情况下,其性能的稳定与可靠亟待额外确认^[3]。

3.3 远程控制与物联网技术的应用前景

轨道作业车的控制技术有望借助远程操控实现,这得益于物联网技术的迅猛进步,在常规的轨道作业车运行时段,需有操作人员伴随车辆前行,对车辆的运作状况进行即时监督与调整,借助物联网技术,轨道作业车的实时运行数据能够通过无线网络传输至地面控制中心,因此,地面操作人员能够远程监控车辆的工作状态,并在适宜的时候实施必

要的调整与干预,该远程操控方案在增强作业环境安全性同时,显著降低了操纵者的劳动强度。

在中华人民共和国境内,部分实验性项目已经开始采用远程控制技术,在某些处于高风险、偏远且环境极端的作业场所,人工操作被远程控制的轨道作业车所取代,这保障了作业人员的人身安全,利用传感器与无线通讯技术,本技术能将作业车辆的实时状态反馈至控制中心,允许地面工作人员基于即时数据对车辆运行实行监控与调整,从而显著降低操作期间的安全风险。

在我国,轨道作业车的远程控制技术应用尚在初级阶段,尽管该技术拥有广泛的发展潜力,但其成熟度尚需进一步增强,铁路作业,尤其在偏远地区,面临的主要难题是远程通信的稳定性与系统延迟问题,这两点在网络覆盖及信号质量上表现尤为突出,为了保障远程控制系统的可靠性和精准性,对其安全性能提出了严格要求,确保在任何状况下均能完成精确且稳定的控制任务。在将来,随着第五代移动通信技术(5G)等高速网络连接的更深入普及和运用,远程操作技术预计将在铁路作业车辆领域获得更普遍的应用。

4 作业平台与设备集成

多功能轨道作业车的操作效能,不仅取决于其动力系统和控制机制,更在于各类作业装备的协同高效运作,作业车的设计要求因不同任务类型而异,例如当前的多功能轨道作业车主要用于设备安装、物资运输等任务,在作业平台的设计上,模块化理念得到了应用,对设备的稳定性、灵活性和适应性提出了较高的要求。

在轨道作业车的作业平台设计领域,模块化设计理念得到了近年来广泛的应用,这种理念对平台设计的改进具有重要意义,模块化设计的作业车能够针对多样化的作业任务,迅速切换所需作业装备,显著增强了其任务适应性,利用模块化设计的作业平台,轨道作业车能够在短时间内实现从轨道检测至道岔维护任务的迅速切换,无需更替整个车辆,通过该设计方案,显著提升了作业的效率,同时大幅度降低了车辆未投入使用的时间。

智能控制系统与高度集成的作业平台相结合,能够达成作业流程的自动化处理,在特定场景,如高风险或人工难以抵达的环境中,自动化作业平台能够执行人工精细操作,保障任务执行的流畅性,在隧道空间进行细致的清洁与细致的检查,这要求高度精准与严格的安全保障,配备了传感器和自动控制系统的作业平台,能高效达成这些必要条件。

5 安全保障技术

轨道作业车技术进步在很大程度上受安全性能的制约,特别是在极端气候或夜间条件下,铁路上的作业环节遭遇的安全挑战加剧,针对轨道作业车的安全防护技术进行深入探讨,是当前研究领域的关键课题之一。在极端气候或夜间作业时,轨道作业车依靠配备的基础传感器进行安全保障,但完全自动化的作业环境感知技术尚未成熟。

以大数据分析为基础,开发出的安全技术能够通过预测性维护系统,大幅提升设备的可靠性与维护效率,此套机制通过长期跟踪检测作业车的行驶数据,具备了预估车辆关键构件磨损状况的能力,并能据此提前计划维护措施,有效预防了由设备故障引发的安全生产事故,在作业车的动力系统方面,通过对温度和振动数据的深入分析,可以使得预测性维护系统发挥重要作用,该系统能够及时识别出发动机可能出现的过热或磨损等问题,从而保障作业车的安全稳定运行。

铁路作业环境日渐复杂,相应的安全保障技术亦持续更新换代,在夜间进行作业时,搭载红外线感应器的作业车辆,其感知周遭环境的能力得到显著提升,保障了低可视条件下的行驶安全,现场工作人员所面临的危险程度,由于安全保护装置的优化而显著减少。

6 结语

轨道作业车作为铁路维护与检修的重要装备,其关键技术的发展直接关系到铁路运输系统的安全与效率。论文从动力系统、控制系统、作业平台及安全保障四个方面对轨道作业车的关键技术进行了深入探讨。可以看出,随着技术研发的不断推进,轨道作业车在提升作业效率与安全性方面将发挥越来越重要的作用。轨道作业车在提升作业效率与安全性方面发挥了越来越重要的作用。未来,随着绿色能源技术、智能控制系统及大数据分析技术的进一步应用,轨道作业车的技术水平将得到更大提升,为铁路运输行业的持续发展提供更加坚实的技术支持。

参考文献

- [1] 史立柱.轨道作业车快速自主转线技术研究与应用[J].智慧轨道交通,2024,61(4):52-57.
- [2] 韩连军.铁路有砟轨道智能铺轨成套装备及关键技术研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(3):66-68+72.
- [3] 郭靖文.地铁轨道混凝土基座平整装置控制策略研究[D].长沙:长沙理工大学,2021.