

智能制造背景下轨道交通机械系统的集成与优化研究

胡子瑞 乞天宇 孙懿晨 毕源森 王冠淋 李俊成 (通讯作者)

石家庄铁道大学, 河北省石家庄市, 050043;

摘要: 随着智能制造技术的快速发展, 轨道交通机械系统的集成与优化已成为提升铁路运输效率、保障运营安全的重要课题。智能制造为轨道交通领域带来了创新性的技术进步, 尤其是在机械系统的集成、控制、数据分析等方面。本文分析了智能制造技术在轨道交通机械系统中的应用现状与发展趋势, 探讨了机械系统集成与优化的关键技术, 提出了基于智能制造的轨道交通机械系统优化路径。研究结果表明, 通过智能化集成与优化, 能够大幅提升轨道交通系统的运行效率、降低维护成本、提高安全性, 为轨道交通的未来发展提供了理论支持和技术参考。

关键词: 智能制造; 轨道交通; 机械系统; 集成; 优化

DOI: 10.69979/3041-0673.26.03.087

引言

随着现代社会对轨道交通需求的日益增加, 如何提高轨道交通的效率和安全性已成为工程领域的重要议题。轨道交通机械系统作为铁路运输的核心装备之一, 面临着高效性、精确性和安全性的多重要求。智能制造技术的兴起, 为传统机械系统的集成与优化提供了新的机遇。通过将智能制造技术应用于轨道交通机械系统中, 能够有效提升系统的集成度、优化操作流程、提高设备的故障预测能力, 并降低整体运营成本。

然而, 智能制造在轨道交通领域的应用仍面临诸多挑战, 诸如信息传输的实时性问题、设备间的协调性问题以及数据的精确性等。这些问题影响了智能制造技术在轨道交通机械系统中的全面推广与实施。因此, 本研究旨在探讨智能制造背景下轨道交通机械系统的集成与优化路径, 为解决上述问题提供理论依据和实践方向。

1 智能制造技术概述

1.1 智能制造的基本概念与发展历程

智能制造, 顾名思义, 是基于信息技术、自动化技术和智能控制技术, 通过先进的制造设备和系统实现生产过程的自动化、数字化和智能化。随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断进步, 智能制造正逐步成为现代制造业的重要发展方向。

在轨道交通领域, 智能制造技术的应用主要体现在机械系统的自动化与精密化管理上。从最初的机械制造到现代的智能化生产, 轨道交通机械系统经历了多个发展阶段。传统的机械系统存在着较高的维护成本、生产效率低下等问题, 智能制造技术的引入为轨道交通机械系统的优化提供了有效的解决方案。

1.2 智能制造在轨道交通机械系统中的应用现状

当前, 智能制造技术在轨道交通机械系统中的应用主要集中在以下几个方面: 机械设备的自动化生产、生产过程的数字化管理、设备运行的智能化监控以及故障的预测与诊断等。通过应用传感器、物联网、大数据等技术, 轨道交通机械系统的运行情况能够实时监控, 并通过数据分析进行状态预测, 为系统的优化提供数据支持。

尽管智能制造技术在轨道交通领域已有一定的应用, 但仍面临着系统集成难度大、标准化程度低、技术壁垒高等问题。这些问题制约了智能制造在轨道交通机械系统中的全面推广和应用。因此, 需要对轨道交通机械系统的集成与优化进行深入研究, 以推动智能制造技术在轨道交通领域的进一步发展。

1.3 轨道交通机械系统的集成与优化需求

轨道交通机械系统的集成与优化, 是指通过将各类机械设备、控制系统和数据采集系统进行有效集成, 以实现系统间的协调与配合, 从而提高整个系统的运行效率与安全性。随着轨道交通需求的增加, 现有的传统机械系统在高峰期的运行能力和效率上存在较大挑战, 需要通过智能制造技术进行全面的优化。

智能制造技术能够通过集成不同的生产环节, 实现信息流、物资流和控制流的顺畅流通, 从而提升整个系统的响应速度与工作效率。此外, 通过对系统的优化, 能够减少机械故障率、降低维护成本, 确保轨道交通的安全稳定运行。

2 轨道交通机械系统集成的关键技术

2.1 传感器与物联网技术

传感器技术是智能制造中重要的基础技术之一。通过在轨道交通机械设备上安装传感器, 可以实时监测机

械的运行状态，如温度、湿度、振动等各类参数。这些传感器能够提供精确的数据，为系统的实时监控和故障预警提供依据。物联网技术通过将传感器采集的数据进行无线传输，将其上传到云平台，实现数据的集中存储和处理。通过数据分析平台，系统可以实时监控设备运行状况，并能根据实时数据进行故障诊断与预测维护。物联网的应用，极大提高了机械系统的智能化水平，为轨道交通系统的高效运作提供了强有力的技术支持。

此外，物联网技术还能够整合更多设备的信息，形成智能化的管理网络，使得各个机械系统之间能够共享信息并进行协同工作。这种信息共享和系统协同，不仅可以减少设备的故障率，还能提高轨道交通系统的整体运行效率和安全性。物联网的进一步发展，将进一步增强轨道交通系统的感知能力和应变能力，为智能化轨道交通的构建提供更加坚实的技术保障。

2.2 大数据与人工智能技术

大数据与人工智能技术在轨道交通机械系统中的应用，主要体现在对海量数据的处理与分析上。轨道交通机械系统产生的运行数据极为庞大，包括设备运行状态、环境条件、故障记录等各类信息。这些数据可以通过大数据平台进行实时收集和存储，形成数据库，并通过数据挖掘与分析，提取出有价值的信息。人工智能算法则通过对这些数据进行深入分析，能够从中发现潜在的故障隐患和不规律的操作模式。通过机器学习与预测算法，人工智能可以帮助预测设备的故障时间，并提前发出预警，指导维护人员进行及时的维修与更换。

人工智能技术还能够对轨道交通系统的调度和管理进行优化。通过对历史数据和实时数据的学习，人工智能能够对系统运行中的瓶颈进行分析，提出最优的资源分配方案，优化交通流量与运行效率。例如，人工智能可以根据列车的当前状态和运输需求，智能调整列车的发车时间与速度，从而提高整体的运输能力和运行效率。随着人工智能技术的不断进步，它将在轨道交通系统的智能化调度、管理及故障诊断等方面发挥越来越重要的作用。

2.3 集成控制与优化算法

集成控制技术在轨道交通机械系统中确保各子系统（如信号、车辆、供电等）高效协同工作，避免单一系统问题影响整体运行。通过动态调整各子系统的状态，集成控制系统优化了系统效率，并能实时监控轨道交通的运行，快速响应突发情况，如设备故障或安全隐患，从而提高了系统的可靠性和安全性。优化算法通过分析

实时和历史数据，智能调整列车间隔、发车频率和速度，减少空车率和等待时间，提高运输效率，同时识别和解决系统瓶颈，进一步提升整体性能，推动轨道交通系统的持续优化与智能化发展。

3 轨道交通机械系统优化的路径

3.1 基于智能制造的故障预测与诊断优化

故障预测与诊断是轨道交通机械系统优化的重要环节。通过智能制造技术，能够实现对机械设备的实时监控，提前预测设备故障，并采取相应的维护措施。具体方法包括基于传感器的数据采集、基于大数据的故障预测模型、以及基于人工智能的故障诊断算法等。传感器能够实时采集设备运行状态数据，并通过物联网将数据传输至云平台，进行集中存储与处理。大数据技术则可分析设备的历史数据，识别潜在故障的迹象。人工智能算法进一步提升了故障诊断的准确性，通过深度学习等技术预测设备故障时间，提前做好维修准备。通过这些技术的结合，可以显著提高故障预测的准确性，减少设备停机时间，并最大限度地提高系统的可靠性与安全性。

3.2 基于数据分析的运行效率优化

数据分析能够为轨道交通机械系统的优化提供理论支持。通过对设备运行数据的深入分析，能够识别系统中的瓶颈和不合理之处，并通过优化算法进行调整，提升系统的整体运行效率。轨道交通系统中涉及大量设备与运作环节，数据分析可以有效地挖掘出影响效率的关键因素，如设备负载、能耗、等待时间等。利用大数据分析，能够动态监控各设备运行状态，提前预测可能出现的问题，并进行优化调整。此外，数据分析还可以为轨道交通系统的调度与安排提供参考，根据实时数据优化列车发车间隔与速度，从而提高运输能力，减少等待时间，确保轨道交通系统的高效运营。通过智能数据分析与优化策略的结合，不仅可以提升运行效率，还能降低能耗与运营成本。

3.3 智能化维护管理系统的建设

智能化维护管理系统是提升轨道交通机械系统运行效率和安全性的重要手段。通过建立智能化的维护管理系统，能够实现对设备状态的全面监控，及时发现潜在问题，并进行预防性维护。该系统结合传感器技术、物联网和人工智能，能够实时采集设备的运行数据，并通过数据分析预测设备的维护周期与潜在故障点。系统能够根据设备运行数据自动生成维护计划，减少人工干

预,提高维护效率。同时,智能化维护管理系统还能够通过自适应调整,优化设备使用周期,确保设备始终处于最佳运行状态,减少非计划停机,提高系统的整体稳定性与安全性。通过该系统的建设,不仅提升了维护效率,还能有效延长设备使用寿命,减少长期运营成本。

4 智能制造背景下轨道交通机械系统优化的挑战与对策

4.1 技术集成的难度

尽管智能制造技术在轨道交通机械系统中具有广泛应用前景,但在实际操作中,技术集成的难度较大。不同设备、系统之间的兼容性差、标准化程度低,是技术集成中的主要障碍。各系统和设备之间缺乏统一的接口和数据标准,导致集成过程中出现信息孤岛和数据互通不畅的情况,进一步影响了系统的协同工作效率。为了克服这一难题,需要加强技术研发,制定统一的技术标准,推动设备与系统的兼容性提升。此外,针对不同厂商提供的设备和系统,应开发更加灵活且兼容性强的集成平台,通过接口标准化、协议统一化等措施,实现系统间的无缝对接。进一步优化系统集成流程,提高各子系统的协作能力,提升整体系统的运行效率和稳定性。

4.2 数据安全性与隐私问题

随着智能制造技术的大规模应用,轨道交通机械系统的运行数据将成为宝贵的资产。然而,数据的安全性与隐私问题也随之而来。尤其是在信息共享和云平台存储的背景下,如何确保数据的安全性成为了一个亟待解决的问题。数据泄露、黑客攻击及数据篡改等安全隐患,不仅可能造成经济损失,还可能对乘客的安全和社会的稳定造成严重影响。为了解决这一问题,需要建立完善的数据安全管理制度,采取先进的加密技术,确保数据的传输与存储过程中的安全性。同时,应加强数据访问权限的管理,确保只有授权人员可以访问敏感数据。此外,还需定期进行安全审查和漏洞检测,及时发现并修复安全隐患,提升系统的抗攻击能力。通过建立多层次的安全防护体系,确保轨道交通系统的安全稳定运行。

4.3 技术人才短缺

智能制造技术在轨道交通机械系统中的应用,需要大量具备专业技能的技术人才。然而,当前相关领域的高端技术人才仍然短缺。智能制造技术的快速发展,要

求技术人员不仅要掌握机械、电气、自动化等基础知识,还需具备信息技术、数据分析、人工智能等前沿技术的能力。然而,现有的教育体系和人才培养机制难以满足这一需求,导致专业人才供给不足。为了解决这一问题,相关企业与教育机构应加强合作,推动智能制造相关专业的教育与培训,提高技术人才的培养质量。通过制定与行业需求相匹配的培养方案,增强学生的实际操作能力和创新能力,培养具有复合型知识背景的技术人才。此外,企业可以通过企业内部培训、校企合作等方式,提升现有员工的技术水平,满足智能制造技术在轨道交通领域的应用需求。

5 结语

智能制造技术为轨道交通机械系统的集成与优化提供了新的发展机遇。通过应用智能制造技术,能够有效提高轨道交通机械系统的运行效率与安全性,降低运营成本,提升系统的智能化水平。然而,技术集成、数据安全与人才培养等方面的问题仍需进一步解决。未来,随着技术的不断发展与创新,智能制造将在轨道交通领域发挥越来越重要的作用,为轨道交通的现代化建设提供强大的技术支持。

参考文献

- [1] 张力文,张宏亮,沈蓉,等.基于物联网技术的轨道交通智能手操箱系统研究[J].物联网技术,2024,14(11):140-145+148. DOI:10.16667/j.issn.2095-1302.2024.11.036.
- [2] 宿明非.智能巡检技术在轨道交通中的应用效果分析[J].数字通信世界,2024,(10):154-156.
- [3] 韩鹏非,杜呈欣,李帅,等.基于集群控制的轨道交通全移动式站台门系统设计[J].现代城市轨道交通,2024,(09):61-68. DOI:10.20151/j.cnki.1672-7533.2024.09.011.
- [4] 王一峰,金箴,李起豪.服务型机器人在轨道交通的应用与乘客体验提升研究[J].人民公交,2024,(16):75-77. DOI:10.16857/j.cnki.cn11-5903/u.2024.16.045.
- [5] 王睿,杨元元,任国庆,等.基于地域文化的成都轨道交通服务机器人造型设计[J].轻工科技,2024,40(04):113-116.