

铁路货车轮对轴承无人化压装关键技术研究

杜世国 王耀 唐明强 常春明 王锋 田新举

中国铁路西安局集团公司榆林车辆段, 陕西 榆林 719000

[摘要]党的二十大报告指出,要推进新型工业化,加快建设交通强国。习近平总书记强调,要把高质量发展的要求贯穿新型工业化全过程,为中国式现代化构筑强大物质基础;要把握数字化、网络化、智能化方向,推动制造业、服务业、农业等产业数字化,利用互联网新技术对传统产业进行全方位、全链条的改造,提高全要素生产率,发挥数字技术对经济发展的放大、叠加、倍增作用。铁路货车检修行业作为铁路运输体系的核心环节,在数字化浪潮下面临效率、安全、成本等多重挑战。货车检修数字化转型不仅是技术升级,更是从“经验驱动”到“数据驱动”的范式变革。通过智能化设备、数据生态协同,国家政策与技术突破(如 AI、5G)的双重驱动下,这一进程将进一步加速推动铁路运输体系整体升级。文章为增进生产效率同时保证铁路货车运行品质,去除人为因素产生的干扰,以铁路货车轮对轴承无人化压装关键技术为研究的切入点,借助自动化设备的导入、智能化控制系统的施行以及数据采集和分析技术的结合,处理无人化压装过程中的关键技术难点。文章探讨结果说明,无人化压装技术可大幅度提升生产效率,降低作业风险,升高轴承的装配精准水平,具备极为宽广的应用前景。

[关键词]铁路货车;轮对轴承;无人化压装;自动化设备;智能化控制

DOI: 10.33142/aem.v7i6.17022

中图分类号: U279

文献标识码: A

Research on Key Technologies for Unmanned Pressure Assembly of Railway Freight Car Wheel Bearings

DU Shiguo, WANG Yao, TANG Mingqiang, CHANG Chunming, WANG Feng, TIAN Xinju

Yulin Depot of China Railway Xi'an Group Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract: The report of the 20th National Congress of the Communist Party of China pointed out the need to promote new industrialization and accelerate the construction of a strong transportation country. General Secretary Xi Jinping emphasized the need to integrate the requirements of high-quality development throughout the entire process of new industrialization and build a strong material foundation for Chinese style modernization; We should grasp the direction of digitalization, networking and intelligence, promote the digitalization of manufacturing, service, agriculture and other industries, use new Internet technologies to transform traditional industries in an all-round way and in a whole chain, improve total factor productivity, and give full play to the amplification, superposition and multiplication of digital technology on economic development. The railway freight car maintenance industry, as the core link of the railway transportation system, faces multiple challenges such as efficiency, safety, and cost in the digital wave. The digital transformation of truck maintenance is not only a technological upgrade, but also a paradigm shift from "experience driven" to "data-driven". Under the dual drive of intelligent devices, data ecosystem collaboration, and national policies and technological breakthroughs (such as AI and 5G), this process will further accelerate the overall upgrading of the railway transportation system. The article aims to improve production efficiency while ensuring the quality of railway freight car operation, eliminate interference caused by human factors, and take the key technology of unmanned pressing of railway freight car wheelset bearings as the research entry point. With the introduction of automation equipment, the implementation of intelligent control systems, and the combination of data collection and analysis technology, the key technical difficulties in the unmanned pressing process are addressed. The results of the article indicate that unmanned pressing technology can significantly improve production efficiency, reduce operational risks, and enhance the precision level of bearing assembly, with extremely broad application prospects.

Keywords: railway freight cars; wheel bearings; unmanned press fit; automated equipment; intelligent control

引言

作为在现代物流环节里起到关键作用的运输工具,铁路货车性能的好坏直接牵扯到运输效率与安全性。铁路货车走行部核心组成部分为铁路货车转向架、轮轴,而轮轴轴承的压装质量对铁路货车运行安全的整体性能意义十分关键。人工压装作业多岗位协作效率低下,且对人的技能、体力、经验、意识依赖程度较大,数据孤

岛现象普遍,极易在操作环节出现差错,影响轴承压装质量进而对铁路行车安全埋下隐患。通过实施无人化压装技术的研究项目,采用自动化及智能化设备提高压装质量与效率,是目前亟待突破的技术瓶颈。通过对铁路货车轮对轴承压装技术的改良,可大幅提升生产效率、降低人员操作上的风险,也为铁路货车检修数字化转型给予技术层面支撑。

1 无人化压装技术概述

无人化压装技术是依靠自动化的装置以及智能化的管控手段,依靠自动化程序代替人工来达成压装作业的技术。传统人工操作逐渐显露出诸多弊病,诸如过度依赖技术人员的经验判断,缺乏传感器、物联网(IoT)或人工智能(AI)的实时数据采集与分析,各系统间信息孤立,缺乏统一的数据平台,导致数据重复录入,问题定位不准确,返工作业率高等,无法实现质量长期稳定下来以及高效生产的目标。因此,无人化压装技术是提升压装质量与生产效率的关键手段之一^[1]。

2 无人化压装面临的关键技术问题

2.1 产线的精度和稳定性

无人化压装产线主要依赖先进的机械臂、传送线、压装机等硬件设施来落实轴承的压装工作。在开展跟无人化压装技术相关实施工作期间,自动化设备的精度及稳定性是极为核心的要点,与压装质量、效率直接关联,因此如何使自动化设备精度与稳定性得以提升是实现无人化压装技术顺利实施的核心要点。

性能稳定既需要设备在具备工艺精度要求的前提下按照规定的工艺流程进行连续性作业,因此,自动化设备的设计应凸显较高的耐用性与抗干扰能力,同时还需要开展全员参与的预防修保证设备按期保养与及时维护,也是维持设备稳定性的关键手段^[2]。

2.2 产线的衔接和联动性

通过IoT(物联网)设施将设备PLC系统、手持机、PC机等终端接入生产工位级系统,实现信息系统与各检修线工装设备全面对接,深度融合,进一步实时动态感知各工位级产线真实的生产状态和进度,为后续开展质量控制、故障诊断以及优化调整生产等提供了十分有力的支撑保障。

无人化压装技术的重点是开发API(应用程序编程接口),实现应用程序集成和数据资源共享,再结合IoT(物联网)设备嵌入式传感器进行物联网连接和通信,最终实现工位级产线的全自动化作业,形成作业数据流、工件物理流的双向同步流转,打破数据信息孤岛,将“断点”式的单件作业改善为单件流批量作业。

开发、整合应用系统,打造一体式数据共享平台,实现信息数据、网络资源互联互通,强化信息化基础能力建设,全面实现检修设备数据接口共享,建设数据应用管理模块平台,实现对检修作业过程进行全方位、全过程管控,实现办公生产的高效组织,及时发现预警组织效率、作业质量等方面的问题,通过段生产指挥管控平台及时响应,并对问题处置进行全过程跟踪,进一步改进优化,实现生产高效运转。

2.3 智能控制系统的可靠性

智能控制系统是无人化压装技术中承担核心控制重任的部分,肩负整个压装过程协调及控制的各项事宜,其可靠性直接影响到整个系统在运行效率、精准度以及生产安全方面的情况,增强智能控制系统的可靠水平,对无人

化压装技术的应用起着关键作用,智能控制系统一般是由中央处理单元(CPU)、传感器、执行器以及反馈机制等部分构成的,能实时采集设备实际运转的数据,还可对自动化设备实施精准无误的控制。为提升系统的可靠水平,必须保证控制系统在开展大量数据处理操作时不出现故障现象,还可迅速对各类突发状况做出反应,智能控制系统就要具备高效的计算能力与极高的稳定性,能实时对设备状态开展监测,进而精准判定。

智能控制系统同样需要拥有高度的自我诊断与自我修复能力。若系统表现出异常现象,可以利用报警跟自动调整的相关机制,阻止生产线运转停滞。同时,为稳固系统的可靠性,需对控制系统的硬件与软件进行逻辑测试,随后做优化处理,同时要与检修工艺的各项要求相契合,能够适应不同工况。

2.4 数据采集与分析技术的应用

开展无人化压装技术实践这个阶段,数据采集与分析技术起到关键的作用。依靠实时采集生产数据且开展精确分析,可完成对整个压装作业的实时监测、故障预警以及优化设置工作,由此提高生产的效率与压装质量。数据采集技术主要借助传感器、监测设备等硬件设施针对压装过程中的不同数据进行实时采集,这些数据一般具有温度、压力、振动、位移等参数。

数据分析技术依托对采集的大量数据做处理及分析,拣选出有意义的信息,辅助车间查找潜在的问题及安全隐患。以数据分析为依托,能针对压装过程中的关键参数实施优化改良,保障每一次压装过程都达到既定工艺标准。把数据采集与分析技术和云计算、大数据技术关联起来,才能落实跨设备的数据共享举措,随后开展远程监控相关事宜,进一步提升系统的智能化与自动化水平^[3]。

3 解决无人化压装技术问题的策略

3.1 引入先进的设备,采用机进人退作业

从无人化压装技术的角度看,自动化设备可完成具备高效率的机械作业任务,应用自动化压装机、机器人臂加上传送链等设备,能够确保压装作业运转中的各个环节皆能精准管理,降低人工操作引起的偏差,是拉动生产效率与质量提升的核心动力支撑。引入自动化设备还需要考虑采用高精度传感器和执行器的先进设备,这些设备可在实时情形下检测轴承压装的各项参数,诸如压力、温度以及位移等核心参数,这些传感器把实时数据送交控制系统,自动对设备参数数值加以分析、校正,保证每一次压装都符合预设工艺质量,消除了由人为判断失误以及设备操作不当所引起的质量问题。

3.2 推进IoT工装升级,实现自动采集数据

一是推进IoT设备建设应用。为确保能够收集和交换数据,实现货车检修工件的智能化识别、定位、追踪、监控和管理,在设备中嵌入能够通过物联网连接和通信的传感器,使设备具备自动控制启停、进出料、数据采集上传

等功能并能够感知启动相应程序的时机。二是加装数据自动采集装置。通过加装如条码自动识别装置一次性获取检修工件信息并进行检索分析,再通过数字信号将数据信息传递至关联设备或移动终端进行解析识别读取信息。三是应用简易数据存取载体。通过应用 RFID (电子标签)、barcode (二维码) 扫描,实现快速存取各生产环节中的工位、工件、设备、人员等携带和新增的数据,辅助实现数据流与作业流的自动化。四是采用无线传输蓝牙技术。针对部署物联网(IoT)传感器监测装置困难且作业较为灵活、关键的岗位,利用蓝牙技术低功耗、多协议兼容性和灵活抓取空中接口数据包的特性,联合厂家调研开发满足现场作业需求的无线蓝牙工具,方便部分单人单岗作业数据的自动采集传输。

3.3 推进系统 API 互联,打破数据信息孤岛

一是“打通点”。为实现不同软件系统之间数据和指令的传输,联合不同厂家统一开发 API (应用程序编程接口),实现应用程序集成和数据资源共享。针对有接口设备,逐台组织厂家围绕需求数据反复研讨、论证,明确接口方式、程序、标准;针对无接口设备,采取更换设备工控系统、触摸屏、升级软件程序等方式,实现接口程序开发和接入。二是“接好线”。通过 API 打通不同设备间的数据通道,结合 IoT 设备嵌入式传感器进行物联网连接和通信,最终实现工位级产线的全自动化作业,形成作业数据流、工件物流的双向同步流转,打破数据信息孤岛,将“断点”式的单件作业改善为单件流批量作业。三是“连成面”。通过物联网设施将设备 PLC 系统、手持机、PC 机等终端接入生产工位级系统,实现信息系统与各检修线工装设备全面对接,深度融合,进一步实时动态感知各工位级产线真实的生产状态和进度。

3.4 构建智能化控制系统,强化数据采集与分析

首先,若想让无人化压装技术顺利开展运行,应当创立高效、可靠的智能化控制系统。高效性主要体现在对强大的数据处理以及决策分析能力,可及时采集自动化设备的各类运行数据,像轴承的定位状态怎样、压装进行中的压力、行进的速度数值等参数,并依据对这些数据的分析对设备进行精准的操控动作。可靠性就是在设计阶段把冗余备份和容错机制考虑进去,从而保证系统在出现故障的时候能够及时恢复到初始状态。如采用双系统的设计方案或组建备份电源体系,保障主系统出现故障时可达无缝切换动作,缩短停机的周期长度,助力生产效率增长^[4]。其次,在开展无人化压装技术实施阶段,运用实时数据采集与分析技术,为生产过程的优化及质量控制提供有力支撑。即通过 ETL 工具(将数据从来源端经过抽取、转换、加载至目的端的工具)、API 接口或自动化脚本(如 FTP 上传)从生产、设备等不同数据系统中提取原始数据,并打破数据孤岛实现互通融合,再借助实时收集压装作业过程中的各类关键数据,并采用大数据分析技术实施处置,协助精

准把握作业状况,提前发现作业过程中的潜在隐患点。数据分析同样可辅助车间推进流程优化工作,如观察到某些操作步骤时间占用过长或设备频繁使用出现异常情形,进而对生产流程做进一步优化,减少生产过程的成本支出^[5]。

采用大数据相关分析技术,能够保证车间有条件去开展整体优化与预测性维护活动。即借助对历史数据的积攒与分析,智能系统可测算设备的使用期限,实现故障预测与健康管理的 PHM,迅速告知维护人员去开展检修,利用这种手段杜绝突发性故障发生,减少非计划性停运。同时,凭借强化对数据的搜集与分析,基于预设的业务逻辑或模板(如行业规范、报表要求),系统自动完成数据关联、重组,不只能提升生产效率,还能强化作业质量水准,降低作业过程不合格品的数量占比。总之,基于数据驱动形成的生产模式可为无人化压装技术的广泛应用及其后续发展筑牢坚实根基^[6]。

4 结语

文章从无人化压装的角度出发,分析了铁路货车轮对轴承在生产过程中面临的技术难题,并提出了解决策略。通过引入自动化设备、智能控制系统以及数据分析技术,有效提升了压装的效率和精度,降低了操作风险。这些创新技术的应用,不仅能够显著提高生产效率,降低成本,还为铁路运输行业的现代化建设提供了重要的技术支持。未来,行业将向“智造”进阶,形成高效、智能、可持续的检修生态体系,因此,随着技术的不断进步,无人化压装技术有望在更广泛的领域得到应用,并为铁路货车的安全运行和经济效益贡献更多力量,同时,数字化转型需持续突破数据安全、技术适配性等瓶颈,同时加速人工智能、数字孪生等技术的深度应用。

[参考文献]

- [1]魏常庆,张皓.铁路货车轮对轴承压装力-位移曲线的影响研究[J].机械与电子,2024,42(5):76-80.
- [2]赵万生,苗群,王蕊,等.基于传感器和现场总线技术的轴承压装线自动控制系统[J].自动化技术与应用,2024,43(5):35-38.
- [3]杨婷婷,兰清群.轨道车辆精密轴承压装装置机械结构设计与分析[J].九江学院学报(自然科学版),2023,38(3):32-37.
- [4]冯春锦.铁路货车轴承压装质量不合格分析与防治[J].科技风,2021(16):183-185.
- [5]曹晓彬.关节轴承衬垫黏接与压装工艺过程仿真优化及实验研究[D].江苏:江苏大学,2022.
- [6]刘秀.对铁路货车轴承压装质量改善措施的分析与探讨[J].科技创新与生产力,2022(2):128-130.

作者简介:杜世国(1988.10—),毕业院校:兰州交通大学,所学专业:车辆工程,当前就职单位:中国铁路西安局集团公司榆林车辆段,职称级别:工程师。