 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i11.8114

Reliability Analysis and Optimization Path of Directional IoT Technology in Railway Freight Measurement Equipment

Xiping Song[1] ZhiguoZhang[1] Jinggang He[1] Zhongming Chen[1] Yue Xing[2]

1. China Railway Lanzhou Group Co., Ltd., Lanzhou, Gansu, 730000, China
2. China Railway Science and Technology Development Co., Ltd., Beijing, 100081, China

Abstract

With the continuous expansion of railway freight operations and the in-depth application of intelligent technologies, the use of directional IoT technology in railway freight measurement equipment has gradually become a key approach to improving measurement accuracy and transportation efficiency. This study focuses on the application of directional IoT technology in railway freight measurement equipment, analyzing its technical characteristics, implementation pathways, and current challenges. By drawing insights from mature international application cases and considering the domestic development context, the study proposes optimized technical pathways suitable for railway freight measurement equipment in China. Research indicates that directional IoT technology can significantly enhance the accuracy of measurement equipment and the reliability of data through real-time monitoring, remote data transmission, and intelligent analysis, thereby ensuring the safety and efficiency of railway freight operations. Additionally, the study addresses challenges such as network stability, data security, and device compatibility during the implementation process, proposing corresponding optimization strategies. These findings provide technical support and a theoretical foundation for the future intelligent and automated development of railway freight measurement equipment.

Keywords

Directional IoT technology; Railway freight measurement equipment; Technical optimization; Data transmission; Intelligence

铁路货运计量设备中定向物联网技术的可靠性分析与优化路径

宋席平[1] 张志国[1] 何靖刚[1] 陈仲明[1] 邢悦[2]

1. 中国铁路兰州局集团有限公司，中国 · 甘肃 兰州 730000
2. 中铁科学技术开发有限公司，中国 · 北京 100081

摘　要

随着铁路货运规模的持续扩展与智能化技术的深度应用，定向物联网技术在铁路货运计量设备中的应用逐渐成为提升计量精度与运输效率的关键途径。本文围绕定向物联网技术在铁路货运计量设备中的应用展开研究，分析了其技术特点、实施路径及当前面临的挑战。通过对国外成熟应用案例的学习，结合国内发展现状，提出了适合我国铁路货运计量设备的技术优化路径。研究表明，定向物联网技术能够通过实时监控、远程数据传输和智能分析，大幅提升计量设备的准确性与数据的可靠性，保障铁路货运的安全性与高效性。同时，针对技术实施过程中出现的网络稳定性、数据安全和设备兼容性等问题，提出了相应的优化策略，为未来铁路货运计量设备的智能化、自动化发展提供技术支持和理论依据。

关键词

定向物联网技术；铁路货运计量设备；技术优化；数据传输；智能化

1 引言

铁路货运作为我国重要的物流运输方式之一，承担着大宗物资的长途运输任务。随着铁路货运量的逐年增长，如何提高计量设备的精度与运输效率，成为提升运输服务质量和保障安全的关键。定向物联网技术，作为一种新型的智能化技术，能够通过无线传感器、远程数据传输和智能分析等手段，实现对货运计量设备的实时监控与管理。然而，国内在这一技术的应用中仍面临着数据传输稳定性、设备兼容性、系统集成等方面的挑战。国外如德国、美国等铁路发达国家，早已在铁路货运计量中广泛应用物联网技术，并取得了一定的成果。这些技术的成功应用为我国铁路货运计量设备的智能化发展提供了宝贵经验。在此背景下，本文旨在分析定向物联网技术在铁路货运计量设备中的可靠性，探索其优化路径，以期为我国铁路货运系统的高效、智能化发展提

【作者简介】宋席平（1982–），男，中国甘肃兰州人，硕士，工程师，从事人工智能驱动下的铁路智能运输与装备技术研究。

供理论依据和技术支持。

2 定向物联网技术概述

2.1 物联网技术在铁路货运中的应用背景

随着铁路货运规模的不断扩大及信息化技术的深入应用，传统的铁路货运计量方式逐渐暴露出数据采集不及时、传输稳定性差等问题。物联网技术通过无线传感器、数据采集、远程传输等手段，使得铁路货运计量设备能够实时监测货物装载状态，进行数据传输与分析，极大提升了计量的精度与运输的安全性。国外如德国、美国等发达国家，已经在铁路货运计量中广泛应用物联网技术，通过集成传感器、无线通信等技术，监测列车的装载质量、限界计量等重要参数，实现了铁路货运计量的智能化、自动化。在国内，物联网技术在铁路货运中的应用也得到了逐步推进，尤其是在一些大型货运站和重点线路中，已开始利用物联网技术实现对计量设备的远程监控与数据采集，提高了设备的管理效率与数据的准确性。

2.2 定向物联网技术的基本原理

定向物联网技术通过传感器和无线通信网络的结合，能够实现对设备的远程监控、数据采集和实时传输。其核心包括感知层、网络层和应用层三个部分。在铁路货运计量设备中，传感器被安装在计量设备上，实时采集如货物重量、温度、湿度等数据。通过低功耗广域网（LPWAN）、NB-IoT、LoRa 或 5G 等通信技术，采集到的数据被传输到数据中心或云平台。系统根据采集的数据进行实时分析与处理，判断设备是否存在异常，及时进行数据预警与报警，确保货运计量设备的正常运行与数据的准确性。此外，定向物联网技术还包括智能数据分析和故障预测，通过大数据和人工智能算法分析海量数据，预测设备故障和优化运输调度，从而提高运输效率和安全性 [1]。

3 铁路货运计量设备中定向物联网技术的可靠性分析

3.1 技术可靠性分析的意义与目标

在铁路货运计量设备中，物联网技术的可靠性至关重要，直接影响到货物的计量精度和运输的安全性。可靠性分析的主要目标是确保物联网技术在铁路货运计量设备中的应用能够长期稳定运行，减少设备故障和停运带来的影响。通过对物联网技术在计量设备中的可靠性进行评估，可以识别系统的薄弱环节，采取有效的技术优化措施，保证数据采集和传输的准确性与稳定性。可靠性分析不仅要评估硬件设备的稳定性，还要考虑通信网络的传输质量、数据处理的精度以及系统集成的可靠性。在我国铁路货运计量系统中，物联网技术的可靠性分析和优化，将为铁路货运的智能化发展提供技术支撑，确保铁路运输的安全性和高效性。

3.2 物联网技术在计量设备中的关键可靠性指标

物联网技术在铁路货运计量设备中的可靠性分析涉及多个关键指标。首先，通信可靠性是一个至关重要的指标，涉及无线通信网络的覆盖范围、传输速率以及数据的传输稳定性。物联网技术通常采用 NB-IoT、LoRa、5G 等通信方式，不同的技术有不同的覆盖范围和传输速率，需要根据铁路货运计量的具体需求来选择最适合的通信技术。其次，传感器的可靠性也至关重要，传感器的精度、稳定性和抗干扰能力直接影响到计量数据的准确性。随着技术的发展，传感器的可靠性可以通过冗余设计和智能校准进行提升。第三，数据处理与存储可靠性也是物联网技术应用中的关键指标，尤其是在铁路货运的复杂环境中，数据的安全性和完整性必须得到保障。此外，系统的自恢复能力、故障诊断与预测功能也是影响物联网技术在铁路货运计量设备中可靠性的关键因素。

3.3 故障模式与影响分析（FMEA）

故障模式与影响分析（FMEA）是评估定向物联网技术在铁路货运计量设备中可靠性的有效工具。FMEA 通过系统化的分析识别潜在的故障模式、评估其可能导致的后果，并根据故障的严重性、发生频率和可检测性来评估其风险。针对铁路货运计量设备中的物联网技术应用，FMEA 可以帮助识别系统中的关键故障模式，如传感器失效、数据丢失、网络中断等，并评估这些故障可能对运输安全、计量精度和系统稳定性造成的影响。通过对这些故障模式的详细分析，能够采取预防性措施，如增加冗余设计、改进数据校准、加强网络监控等，降低故障发生的概率和影响，提升系统的可靠性。在铁路货运计量设备中应用 FMEA，有助于提前识别潜在风险，确保物联网技术在高要求的铁路环境中能够长期稳定运行。

4 定向物联网技术的优化路径

4.1 技术优化方案的设计思路

定向物联网技术的优化方案应当围绕提升系统稳定性、数据准确性、通信效率和安全性展开。首先，选择适合铁路货运计量设备应用场景的通信技术，如 NB-IoT、LoRa 或 5G 等低功耗广域网（LPWAN）技术，确保在复杂环境下具备可靠的数据传输能力。其次，在硬件方面，应优化传感器和设备的抗干扰能力，以适应高温、湿气、震动等极端环境条件，提高设备长期稳定运行的可靠性。通过冗余设计和多重备份，确保在某个传感器或设备发生故障时，其他设备能继续运行，保证计量数据的完整性和准确性。系统软件层面，需要设计灵活、易扩展的架构，以便未来技术的升级和功能扩展。最后，应综合考虑数据传输、处理、存储与应用的协同优化，确保数据流畅、高效地从现场传输到后台，避免因技术瓶颈导致的延时和数据丢失 [2]。

4.2 系统架构与协议层的优化

系统架构的优化需要基于分层结构，确保每一层都能够高效、稳定地运行。在感知层，应优化传感器的精度与稳

定性，并确保其在复杂环境下具备抗干扰能力。协议层的优化则尤为重要，主要涉及不同设备间的通信协议转换。铁路货运计量设备中的物联网技术使用多种通信协议，如 NB-IoT、LoRa 和 5G 等，这些协议之间的兼容性是优化的重点。为了实现不同协议之间的无缝衔接，建议使用协议转换模块，确保不同设备之间的数据能够顺利传输并且不发生信息丢失。此外，数据的封装和加密技术也需加强，通过数据加密和安全协议（如 TLS、AES 加密算法），确保数据在传输过程中的安全性和保密性。优化后的系统架构能够支持设备间的高效协作，减少网络延迟，提高系统的响应速度和处理能力。

4.3 通信网络与数据传输的优化

通信网络的稳定性和数据传输的效率直接影响定向物联网技术在铁路货运计量设备中的应用效果。在数据传输层面，优化网络配置以提高数据传输速度，减少数据丢包和延时。为此，可优先选择支持高吞吐量和低延迟的通信技术，如 5G、NB-IoT 和 LoRa 等，并通过合理的网络拓扑设计，确保通信信号的覆盖范围与网络带宽匹配。网络冗余设计也不可忽视，例如在关键设备之间设置备用通信通道，确保在主通道出现故障时，能够迅速切换到备用通道，保证数据的传输不中断。在数据传输的安全性方面，应采用端到端加密技术，防止数据在传输过程中被篡改或泄露。基于 5G 技术的低延迟特性，可在传输过程中实现近实时数据上报，保证货物装载状态的及时监控与分析，提升铁路货运计量设备的自动化和智能化水平 [3]。

4.4 数据处理与安全性优化

随着铁路货运业务的复杂性增加，数据的处理和安全性显得尤为重要。数据处理的优化主要体现在数据采集、存储与分析的效率上。为此，可以采用边缘计算技术，将数据处理部分前移到现场设备附近，减少数据传输的延迟，提高实时性。通过智能算法对大量计量数据进行分析，实时监控设备状态，及时识别故障并进行预警。此外，数据的安全性优化不仅要求对数据传输过程进行加密，还要加强数据存储的保护，防止数据泄露或丢失。针对数据的存储，可以使用分布式存储技术，以提高数据的可靠性和访问效率，确保数据在存储和调用过程中的一致性与安全性。为进一步增强数据安全性，还可采用多重身份认证、访问控制等技术，确保只有授权人员能够访问和操作关键数据，防止外部威胁和恶意攻击。

4.5 智能化与自动化监控系统的优化

智能化与自动化监控系统的优化是提升铁路货运计量设备整体性能的关键环节。通过引入人工智能算法和机器学习技术，可以实现对计量数据的实时分析和故障预测，自动识别设备异常并触发预警。例如，利用人工智能进行图像识别，对货物的装载情况进行自动分析，判断是否符合安全规范，从而减少人工干预，提高计量准确性和效率。智能监控系统应具备自主决策能力，能够基于实时数据自动调整工作状态和运输策略。为了进一步提高系统的自动化水平，建议采用自动化控制技术，在设备出现故障或异常时，能够自动调整或切换工作模式，确保铁路货运计量设备的连续稳定运行 [4]。此外，系统还应具备自我学习能力，随着数据的积累，能够不断优化算法，提高预测准确性和处理效率，为铁路货运的智能化、自动化发展提供坚实基础。

5 结语

综上所述，定向物联网技术在铁路货运计量设备中的应用具有重要意义，能够有效提升计量精度、优化运输效率并确保运输安全。通过对技术原理、可靠性分析以及优化路径的详细探讨，我们可以看到，虽然定向物联网技术在铁路货运计量中已取得初步应用，但仍面临技术瓶颈和挑战。为了确保其在复杂铁路环境中的稳定运行，需从系统架构、通信网络、数据处理及智能化监控等多个层面进行优化。在此基础上，结合国内外先进经验，推动物联网技术的持续创新和应用，将为铁路货运的智能化、自动化提供强有力的技术支撑。未来，随着技术的不断进步和完善，定向物联网技术必将在铁路货运领域发挥更大的作用，推动行业向更加高效、智能、安全的方向发展，为现代化铁路运输体系的建设贡献力量。

参考文献

[1] 李松.提升铁路货车计量技术与管理水平的探索[J].铁道技术监督,2019,47(04):18-20.

[2] 门金勇,张大庆,柴雪松,郭建华,田德柱.新型铁路货车超偏载检测装置的研制[J].铁道货运,2019,37(01):48-54.

[3] 王万全.计量管理在铁路货运中心的应用与思考[J].上海铁道科技,2015,(03):76-78.

[4] 王华伟,蒋荟,王志华,喻冰春.铁路货运计量及安全检测设备管理平台的研究与实现[A].第六届中国智能交通年会暨第七届国际节能与新能源汽车创新发展论坛论文集（上册）——智能交通[C].中国智能交通协会:2011:154-158.