

S 部署在铁路内部专用数据中心，具备高可用性与负载均衡功能。设备 B 上传的加密数据经 SFTP 安全通道传输后，由服务器端自动执行 AES 解密、完整性校验与数据库入库。系统支持多源数据汇聚与实时可视化，通过 Web 管理平台呈现货运计量结果、设备状态与告警信息。为增强业务协同，办公网系统实现与铁路运输调度、维修管理、货运结算等模块的接口联通，形成数据闭环。数据存储采用分布式架构与异地备份策略，保证在网络故障或设备异常时仍可恢复关键计量信息。通过“物联网前端采集—VPN 安全传输—办公网集中管理”的融合模式，实现了铁路货运计量系统的端到端数据联通与安全可控的业务协同，图 1 为设备 B 内部运行有专用的文件监测与加密传输程序。

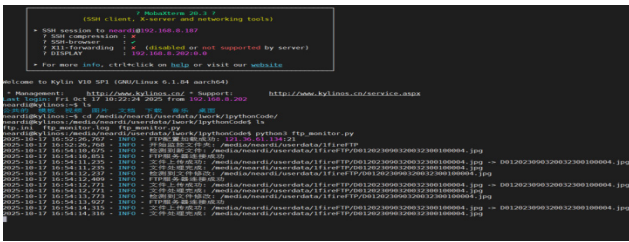


图 1 设备 B 内部运行有专用的文件监测与加密传输程序

5 系统测试与性能优化

5.1 实验验证与性能评估方法

在实验室环境下，对定向物联网计量系统进行了模拟测试。主机 A 运行 Windows 系统，通过 SSHFS 挂载设备 B (RWB3588) 的共享目录 (/media/neardi/userdata/1fileFTP) 至本地 Z 盘。设备 B 的文件监测程序基于 inotify 事件机制，可在文件写入完成后 100 毫秒内触发加密进程。测试中，AES-256-GCM 算法在 256 位密钥下完成单文件加密平均耗时 0.23 秒，文件大小范围为 5MB 至 50MB。通过 5G 网络 (平均带宽 200Mbps, 延迟 22ms) 传输加密数据至服务器 S，单文件上传平均耗时 1.1 秒，误码率小于 10⁻⁶。服务器解密与存储延迟控制在 0.15 秒以内。测试结果显示，系统在数据完整性、实时性与稳定性方面均达到铁路货运计量数据采集要求，为后续现场部署提供了可靠的性能依据。

5.2 数据传输稳定性与安全性测试

在长时间运行测试中，系统连续工作 72 小时，传输文件总量超过 3000 个，累计数据量约 120GB，传输成功率达 99.98%。通过模拟网络丢包率 3% 与带宽波动 ±20% 的环境，系统凭借 TCP 协议的滑动窗口与快速重传机制，维持数据链路稳定无中断。AES 加密后的文件在上传与解密过程中经 CRC 与 SHA-256 双重校验，未发现内容差异，验证数据

完整性。安全性测试采用渗透攻击与端口扫描模拟，VPN 与防火墙阻断率达 100%，无未授权访问记录。入侵检测系统成功识别异常流量并触发告警响应。系统在网络波动、断点续传与高并发环境下表现出优异的稳定性与抗干扰能力，完全满足铁路计量系统对数据安全传输的严苛要求。

5.3 系统优化与技术改进方向

为进一步提升铁路货运计量系统的运行性能与可扩展性，后续优化方向主要包括通信协议、数据加密和边缘智能三方面。在通信层面，将引入 QUIC 协议替代部分 TCP 链路，以降低传输延迟约 15% 并提升弱网下的稳定性；在安全加密层，计划采用硬件加速 AES 引擎与 SM4 国密算法并行机制，以实现更高的加密吞吐率和合规性；在边缘计算层，利用 RK3588 芯片内置的 6TOPS NPU 单元，引入智能异常检测模型，对数据包延迟、文件丢失等进行预测预警，减少系统宕机风险。系统软件方面将采用容器化部署和自动更新机制，提升现场维护效率。通过持续的算法优化、通信技术演进与硬件智能化升级，铁路货运计量物联网系统将从安全传输向智能调度与自适应控制的跨越式发展。

6 结语

铁路货运计量设备基于物联网技术的数据采集与传输方案，充分融合了传感监测、加密通信与智能化管理等多项关键技术，构建了安全、高效、可扩展的系统架构。通过引入 SSHFS/NFS 网络挂载、AES-256-GCM 加密、TCP 可靠传输与 5G 高速通信，实现了计量数据从采集到传输的全流程自动化与安全化管理。测试结果表明，该方案在数据完整性、实时性及抗干扰性能方面表现优异，能够有效支撑铁路货运信息化建设。未来，随着边缘计算与人工智能的进一步应用，该系统将具备更强的自学习与智能决策能力，为铁路计量体系的数字化转型和智慧物流发展提供坚实的技术基础与广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 朱瑾,王华伟,刘宗洋,郑婷,冯丽敏.铁路货运计量安全检测设备全寿命周期管理系统研究[J].铁道货运,2022,40(04):38-45.
- [2] 石磊.铁路货运计量安全检测设备管理优化探讨[J].铁道货运,2021,39(05):24-28.
- [3] 龚水才,宣伟.铁路货运计量安全监测系统超偏载报警车信息处理分析[J].铁道技术监督,2019,47(09):42-45.
- [4] 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.
- [5] 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.

Key Technologies and Practical Pathways for Empowering the Safe Operation of Charging and Swapping Stations through Informatization

Yanzhong Luo

Guizhou Jinyuan Lülían Logistics Development Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550081, China

Abstract

After the large-scale development of the new energy vehicle industry, charging and battery swapping stations have become core infrastructure. Their safe operation and users' travel safety are closely related to the stability of the energy network. Currently, there are several safety pain points in charging and battery swapping stations, such as slow equipment failure warnings, decentralized operation and maintenance management, and passive risk control. Information technology is the key to solving these problems. This paper starts from the actual needs of the safe operation of charging and battery swapping stations, sorts out the current development status and existing shortcomings of the industry, discusses the core significance of information technology empowerment, and focuses on exploring three key technologies: perception and monitoring, data fusion, and intelligent control. It also provides a practical path of "technology implementation - management optimization - ecological collaboration". The research shows that information technology empowerment can achieve precise prediction, efficient handling, and full-cycle control of safety risks in charging and battery swapping stations, providing security guarantees for the high-quality development of the industry and assisting the new energy vehicle industry in achieving the "dual carbon" goals.

Keywords

Informationization Empowerment of Charging and Swapping Stations; Safe Operation; Key Technologies; Practical Pathways

信息化赋能充换电站安全运营的关键技术与实践路径

罗彦中

贵州金元绿链物流开发有限公司, 中国·贵州 贵阳 550081

摘要

新能源汽车产业规模化发展起来以后,充换电站成了核心基础设施,它的安全运营和用户出行安全,能源网络稳定息息相关,现在充换电站存在设备故障预警迟缓,运维管理分散,风险防控被动这些安全痛点,信息化技术是破解这些痛点的关键所在。本文从充换电站安全运营的实际需求出发,整理行业发展现状和存在的短板,论述信息化赋能的核心意义,着重探究感知监测,数据融合,智能管控三大关键技术,给出“技术落地-管理优化-生态协同”的实践路径,研究显示,信息化赋能能做到充换电站安全风险的精准预判,高效处置,全周期管控,给行业高质量发展赋予安全保障,助力新能源汽车产业达成“双碳”目标。

关键词

信息化赋能充换电站;安全运营;关键技术;实践路径

1 引言

在“双碳”目标引导下,新能源汽车渗透率不断上升,充换电站建设进入高速发展时期,到2024年,全国充换电站数量已超过20万个,安全运营问题逐渐突出,火灾、触电、设备故障等事故偶有发生,传统运营模式在风险防控,效率提升等方面存在的不足便显现出来,信息化技术具有高

效,精准,智能的特点,给充换电站安全运营供应了全新的解决办法。通过物联网、大数据、人工智能等技术与充换电业务深度交融,可以冲破信息壁垒,做到设备状态,环境参数,运营数据的即时感知与智能剖析,本文围绕信息化助力充换电站安全运作的关键技术展开研究,联系实际路径探寻,给行业解决安全难点,改善运作水平给予理论参照与实际借鉴,促使充换电站从“消极保护”向“自动警示”“智能管理”转变。

2 充换电站安全运营现状

2.1 传统模式为主,信息化程度偏低

当下大部分充换电站仍旧依靠传统人工巡检和设备自

【作者简介】罗彦中(1998-),男,苗族,中国贵州麻江人,本科,助理工程师,从事的研究方向或工作领域:绿电交通、网络与信息安全研究。

带监控,信息化技术的应用仅仅停留在基础数据记录上,核心设备充电桩,换电机器人状态监测大多采用单点采集,缺少多维度数据关联分析,很难预先识别潜在故障,部分新建电站虽然采用了物联网设备,但是存在协议不兼容,数据传输滞后等情况,没有完全发挥出技术带来的赋能效果^[1]。而且,很多老旧电站改造滞后,很多充换电设备缺乏信息化升级的条件,无法与新系统相衔接,造成“新老割裂”的技术状况,数据的利用率也比较低,大部分站点只是做到了数据的采集存储,没有经由建模分析来发掘数据的价值,致使技术投入和实际效益不相符合^[2]。

2.2 分散运营突出,协同效率不足

充换电站的运营主体较为庞杂,其中包含车企自建、第三方充换电运营商以及电网企业等,有些站点实行独立运作,没有统一的信息化管控平台,运维团队和站点之间依靠人工汇报传递消息,故障响应速度、资源调度均存在迟缓现象,跨区域、跨主体的运维协同困难重重,安全管理制度的执行缺乏数字化监督,巡检记录、隐患整改等流程大多依靠纸质登记或者简单电子化手段,无法做到全过程追溯和闭环运作,不同运营主体的管理标准不统一,数据格式各异,无法达成行业层面的资源整合与优化调配,充换电网络的运作效率便进一步降低^[3]。

2.3 被动应对为主,预警能力薄弱

充换电站遭遇的电气安全,消防安全,网络安全等风险缺少系统的防控体系,电气故障,电池热失控等风险大多是在发生之后才被察觉,缺少提前预警,而且故障定位依靠人工查找,处理效率很低,消防安全方面,一些站点的消防设施老旧,没有智能联动功能,不能做到火灾初期的快速反应,网络安全方面,由于充换电站联网率上升,设备遭到恶意入侵,用户信息被泄露等风险增多,但多数充换电站没有形成起专业的网络安全防护系统,缺乏常态化的风险监测和应急处置能力,很难应对复杂的网络攻击威胁^[4]。

2.4 规范建设滞后,适配性不足

充换电站行业缺少统一的信息化安全运作标准体系,各个地区,各个公司的技术规范,数据格式,接口协议各不相同,一些已有的标准仅仅关注设备硬件参数,对于信息化监测,数据安全,智能运维等环节的规范空缺,造成新技术应用无法可依,标准更新速度跟不上技术发展,碰到5G, AI等新兴技术在充换电站的融合应用时,现行标准就无法涵盖新场景,新风险,标准的行业适配性也不够,没有充分顾及不同规模,不同类型的充换电站的差异化需求,造成部分中小运营商无法落地执行,使得行业发展不均衡的状况进一步加剧^[5]。

3 信息化赋能充换电站安全运营的核心意义

3.1 强化安全保障,降低事故发生率

信息化技术能达成充换电站设备,环境,人员的全方

位即时监测,经由数据异常来事先警报故障风险,把安全防控的关口提前,利用智能巡检机器人,视频AI分析等工具,可以精准识别设备隐患和违规操作,减轻人工判断失误,极大减小火灾,触电等安全事故发生概率,比如某试点电站,该站安装物联网监测系统之后,设备故障预警准确率达到95%,事故发生的比率比起改造之前下降70%,信息化手段可做到安全风险的可视化表现和追溯,给事故分析给予完整数据支撑,帮助改善防控策略,形成“预警-处置-复盘-优化”的安全管理循环^[6]。

3.2 优化运营效率,降低管理成本

信息化平台把充换电站的运营数据集中起来,进行智能分析,这样就能优化充换电站的运维调度方案,做到“按需巡检”“远程运维”,节省不必要的人员投入。设备故障的判断时间缩短,停机维修的时间也跟着减少,充换电站的站点运营周转率上升,数据表明,信息化赋能之后,充换电站的运维成本可以下降30%以上,设备的利用率也能提升20%左右。信息化平台能够整合充电需求,电网负荷这些数据,从而改善充电的峰谷调度,防止电网过载,降低充换电站的运营能耗成本,远程诊断功能还能让运维人员不必再长途跋涉去现场,提升故障响应速度,改善用户的充电体验^[7]。

3.3 推动行业升级,助力能源转型

信息化赋能给充换电站的标准化,规模化发展带来助力,统一的数据接口和管控标准,可以打破不同运营商之间的信息阻碍,促使充换电网络实现互联互通,既方便用户跨区域充电,又为行业资源整合和集约化经营形成根基,充换电站产生的大量数据,能够为电网负荷预测,储能调度供应支撑,推进充换电设施与新型电力系统深度交融,充换电站经由信息化手段与分布式光伏,储能设备协同运行,可以提升能源利用效率,助力能源清洁低碳转型,信息化操作可积累技术和管理经验,为行业标准制订给予借鉴,促使充换电站行业朝着规范化,智能化方向高效率发展^[8]。

3.4 提升监管效能,规范行业秩序

信息化技术给充换电站安全监管带来数字化手段,改变传统“线下抽查,定期检查”的监管形式,监管部门接入统一的信息化监管平台之后,就能随时获取各个站点设备运行情况,安全隐患整改状况等数据,达成对全行业的动态监管和精准监管,依靠数据溯源功能,可以迅速找出违规运作行为,提升监管执法效率,而且,信息化平台汇集的行业数据,可为监管政策制定,行业发展规划等给予数据支撑,促使监管从“经验型”向“数据型”转变,这既有益于规范运营商的运作行为,营造公平竞争的市场环境,又会倒逼行业淘汰落后产能,提升安全运作水平。

4 信息化赋能充换电站安全运营的策略

4.1 构建全维度感知网络,夯实数据基础

依托物联网技术,布置各类感知终端,围绕设备运行