

基于大数据时代的铁路货车维修数据管理与应用研究

王刚

中国铁路武汉局集团有限公司设备监造部，湖北 武汉 430000

DOI: 10.61369/TACS.2025050057

摘要：随着大数据技术的迅猛发展，其在各行业的应用不断深化，铁路运输领域也迎来了数据驱动的变革机遇。铁路货车作为货物运输的核心载体，其维修数据涵盖故障记录、零部件更换、检修流程等多维度信息，这些数据在传统管理模式下常因分散存储、格式异构等问题，难以实现高效整合与深度挖掘，制约了维修效率的提升和安全保障能力的强化。基于此，笔者将在本文中以大数据时代为背景，聚焦铁路货车维修数据的管理与应用展开研究。希望能为读者提供一些参考与帮助。

关键词： 大数据；铁路货车维修；数据管理

Research on Railway Freight Car Maintenance Data Management and Application in the Era of Big Data

Wang Gang

Equipment Supervision and Manufacturing Department, China Railway Wuhan Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430000

Abstract : With the rapid development of big data technology, its application in various industries is constantly deepening, and the railway transportation field has also ushered in opportunities for data-driven transformation. As the core carrier of cargo transportation, railway freight cars' maintenance data covers multi-dimensional information such as fault records, parts replacement, and maintenance processes. Under the traditional management model, these data often face problems such as scattered storage and heterogeneous formats, making it difficult to achieve efficient integration and in-depth mining. This restricts the improvement of maintenance efficiency and the enhancement of safety assurance capabilities. Based on this, the author will focus on the management and application of railway freight car maintenance data in the context of the big data era in this paper, hoping to provide some reference and help for readers.

Keywords : big data; railway freight car maintenance; data management

引言

在数字经济蓬勃发展的当下，大数据技术正以前所未有的力量重塑着各行各业的发展模式，铁路运输行业作为国家综合交通运输体系的核心组成部分，也正经历着从传统运营向智能化、信息化转型的关键阶段。铁路货车作为承担大宗货物运输的主力军，其安全稳定运行直接关系到国家物流体系的畅通与高效，而维修工作则是保障铁路货车性能的核心环节。随着铁路货车保有量的持续增长以及运行里程的不断增加，维修过程中产生的数据呈现出爆炸式增长态势。在此背景下，本文聚焦大数据时代背景下铁路货车维修数据的管理与应用展开研究，旨在通过梳理当前维修数据管理的现状与问题，探索构建科学高效的数据管理体系，挖掘数据在故障预警、维修优化等方面的应用价值，为提升铁路货车维修水平、推动智慧铁路发展提供有力支撑^[1]。

一、铁路货车维修数据管理中存在的问题

(一) 分析手段传统

分析手段的传统体现在多个维度，其一，工具局限性显著，多数铁路企业仍依赖 Excel、Access 等基础办公软件处理维修数

据，这类工具在数据容量上存在明显瓶颈，当面对近十年积累的 TB 级货车故障记录、零部件更换清单及运行状态参数时，常出现卡顿、崩溃等问题，无法完成全量数据的一次性加载与计算。其二，分析维度单一，传统方法多采用单因素统计，如单独计算某类故障的年度发生频次，却难以实现多变量交叉分析，例如同时

考量“车型、运行区域气候、载重吨位、检修周期”四个维度对制动系统故障率的综合影响，导致对故障成因的判断片面化^[2]。其三，规律捕捉能力薄弱，对于数据中隐藏的非线性关联，如“轴承温度在-10℃至0℃区间时，其磨损速率与运行速度呈现指数级增长关系”，传统的线性回归模型无法精准拟合，只能通过人工经验大致推断，误差率高达40%以上。此外，效率与成本失衡，某铁路局在分析2018—2023年的货车维修数据时，组织3名数据专员采用传统方法耗时15天完成统计，得出的结论仅涵盖28%的关键影响因素；而引入大数据分析工具后，相同数据量的处理时间缩短至8小时，关键因素识别率提升至82%，对比之下，传统手段的时间成本是现代技术的45倍，却无法达到同等分析深度，这种低效模式严重制约了维修决策的及时性与科学性^[3]。

（二）价值挖掘浅层

铁路货车维修数据管理在价值挖掘上存在浅层化问题，现有系统多停留在数据存储和简单统计层面，未能深入挖掘数据间的关联价值。例如，系统虽能记录某类轴承的更换频率，却无法结合货车运行里程、装载重量、线路坡度等数据进行交叉分析，难以识别出导致轴承提前失效的关键诱因，使得维修策略仍停留在“坏了就换”的被动层面；同时，数据预测功能薄弱，仅能依据历史故障数据生成简单的趋势图表，而无法通过算法模型预测特定部件的剩余寿命，导致维修计划制定缺乏精准依据，常出现过度维修或维修不足的情况，既增加了成本又埋下安全隐患。此外，数据价值挖掘未延伸至全生命周期管理，忽视了维修数据与制造数据、运营数据的联动，比如某批次货车在维修中频繁出现制动系统故障，却因未关联生产环节的零部件供应商信息，无法追溯问题源头，也难以向制造商反馈改进建议。更重要的是，数据挖掘成果与业务决策脱节，分析报告中提及的“某线路货车故障高发”等结论，未转化为具体的线路巡检强化方案或货车调度调整建议，导致数据无法真正驱动维修管理模式升级，始终局限于事后记录而非事前预防、事中优化的深层价值释放^[3]。

（三）与维修实践脱节

铁路货车维修数据管理与维修实践脱节的问题主要体现在数据记录的及时性与准确性不足，一线维修人员在作业过程中往往需要兼顾高强度的体力劳动与繁琐的数据录入，导致部分关键信息如零件更换型号、故障具体表现等被简化或滞后记录，甚至出现凭记忆补录的情况，使得系统数据与实际维修情况存在偏差；同时，数据收集维度与现场需求不匹配，现有系统多侧重记录维修时长、更换零件数量等量化指标，却忽视了维修过程中诸如部件磨损程度的直观描述、异响来源等质性信息，这些信息对后续故障诊断和预防至关重要，却因缺乏标准化记录模板而难以纳入系统^[4]；此外，数据应用环节存在“两张皮”现象，系统生成的维修报告多用于应付台账检查，其分析结果如故障高发部件清单、维修工艺优化建议等未能及时反馈给一线班组，维修人员仍依赖传统经验开展工作，导致数据价值无法转化为实际维修效率的提升，而当现场出现新型故障时，由于数据系统未能与维修实践形成实时互动，无法快速调用相关案例和解决方案，进一步加剧了维修滞后问题，这种脱节不仅增加了重复劳动和资源浪费，

更可能因数据失真埋下安全隐患，影响铁路货车的运行可靠性^[5]。

二、基于大数据时代的铁路货车维修数据管理与应用策略

（一）构建全维度数据采集与管理体系

构建全维度数据采集与管理体系需从技术架构与流程优化两方面同步发力，首先要依托物联网技术搭建覆盖铁路货车全生命周期的智能感知网络，在转向架、制动系统、轮对轴承等关键部件嵌入高精度传感器，实时采集振动波形、温度波动、压力变化等动态参数，同时通过车载终端记录行驶速度、里程、线路工况等环境数据，实现从静态停车维修到动态运行监测的数据贯通^[6]；针对一线维修场景，开发适配不同终端的轻量化数据录入工具，支持维修人员在作业间隙通过语音转文字功能描述故障特征，利用AR技术扫描零件二维码自动关联型号规格，借助高清摄像头拍摄部件磨损图像并自动标注关键区域，结合OCR识别技术提取维修工单、检测报告中的结构化信息，大幅减少人工录入工作量，确保数据记录的及时性；在此基础上，建立跨部门协同的数据标准化体系，联合维修班组、技术部门、设备厂商共同制定涵盖故障类型、维修工艺、零件参数等28类核心数据的分类标准，统一“轴温过高”“异响”等描述性词汇的定义与分级，设计包含文字、图像、视频等多格式的记录模板，让质性信息也能实现结构化存储；同时搭建分布式数据存储平台，采用边缘计算技术对实时采集的海量数据进行预处理，过滤无效干扰信息，再将关键数据同步至云端数据库，实现从运行状态、故障诊断、维修操作到部件更换的全流程数据链整合，为后续深度分析提供完整、准确、及时的基础数据支撑，彻底解决传统数据采集碎片化、滞后性的问题^[7]。

（二）强化数据深度挖掘与预测性应用

强化数据深度挖掘与预测性应用需以算法模型为核心，构建“数据输入—智能分析—决策输出”的闭环体系，首先要基于历史维修数据与实时监测参数搭建多维度分析模型，通过随机森林、神经网络等算法对轴承温度、轮对振动等13类关键指标进行训练，识别出部件劣化的早期特征参数，例如当轮对横向振动加速度超过0.3g且持续10分钟以上时，系统自动触发一级预警，精准预测剩余安全运行里程，为维修计划制定提供量化依据；针对故障溯源需求，开发关联分析引擎，将维修记录中的零件更换信息与货车运行线路的坡度、曲率、日均载重等数据进行交叉计算，生成“部件—工况—寿命”关联图谱，比如发现某型号制动闸瓦在坡度超过15°的线路上使用寿命缩短40%，为针对性采购和工艺调整提供数据支撑^[8]；同时，建立动态更新的故障案例知识库，利用自然语言处理技术对非结构化维修记录进行语义解析，提取故障现象、排查步骤、解决方案等关键要素，形成标准化案例模板，当一线维修人员通过语音或文字输入故障描述时，系统在0.5秒内匹配相似度最高的历史案例，并推送对应的维修方案和注意事项，大幅提升故障处理效率；此外，构建维修效能评估模型，通过对比实际维修时长与系统根据历史数据预测的标准工

时，结合零件更换合理性分析，识别出工艺瓶颈和技能短板，例如发现某班组处理轴承故障的平均时长超出标准 20%，进一步分析数据可知是缺乏专用拆装工具导致，从而推动资源调配和培训计划优化，让数据价值贯穿于预测、诊断、评估的全维修流程^[9]。

（三）推动数据与业务流程深度融合

推动数据与业务流程深度融合需打破“数据孤岛”与“应用壁垒”，构建“数据驱动业务、业务反哺数据”的动态生态，首先要搭建一体化决策支持平台，将故障预测模型、关联分析结果等数据产物转化为可直接执行的维修指令，例如当系统监测到某列货车轮对轴承预警时，自动向负责该线路的维修班组推送包含故障位置、建议更换零件型号、预估工时的维修工单，并同步关联备品库库存信息，实现从预警到派工的无缝衔接，避免数据仅停留在报告层面；针对不同业务场景开发定制化数据工具，为维修人员配备移动终端数据看板，实时显示待处理故障清单、历史维修记录及相关注意事项，支持现场查询零件安装规范视频，而管理层可通过可视化仪表盘掌握各班组维修进度、资源利用率等关键指标，动态调整人力与设备调配方案，让数据渗透到维修全流程的每个环节；建立数据应用反馈机制，鼓励一线人员在作业过程中标记数据偏差，如实际故障原因与系统预测不符时，通过简易界面提交修正意见，技术部门定期汇总分析这些反馈，优化算法模型与数据采集维度，例如根据维修人员反馈增加“冬季

低温环境下制动系统反应延迟”的专项监测指标，使数据更贴合现场实际需求；同时将数据应用效果纳入绩效考核，把预测准确率、数据反馈及时率等指标与班组评优、个人奖惩挂钩，激发全员参与数据管理的积极性，确保数据不仅能指导业务，更能通过业务实践持续迭代优化，最终实现维修流程从“经验驱动”向“数据驱动”的彻底转变，让数据价值真正转化为维修效率与安全保障能力的提升^[10]。

三、结语

综上所述，在大数据时代背景下，铁路货车维修数据管理与应用的革新是推动铁路运输行业智能化转型的关键一环。全维度的数据采集为数据应用奠定了坚实基础，深度挖掘让数据的价值得以充分释放，与业务流程的融合则确保了数据能真正服务于维修实践。这些策略的实施，不仅能提升铁路货车维修的精准性和高效性，降低维修成本，更能为铁路货车的安全稳定运行提供有力保障，助力智慧铁路的建设与发展。未来，随着大数据技术的不断进步，铁路货车维修数据管理与应用将朝着更智能、更精准的方向迈进。持续探索数据在维修领域的应用，不断优化数据管理体系，对于提升铁路运输行业的整体竞争力，保障国家物流体系的畅通高效具有重要意义。

参考文献

- [1] 赵强,孙明辉.大数据驱动的铁路货车维修决策优化模型研究[J].铁道学报,2022,44(7):115-124.
- [2] 王芳,李华.基于物联网与大数据融合的铁路货车全生命周期数据管理体系构建[J].中国铁路,2023(9):82-90.
- [3] 刘刚,陈宇.铁路货车状态修中数据挖掘技术的应用及效能评估[J].交通运输工程学报,2024,24(2):178-188.
- [4] 冯乐乐.铁路货车智能维修实时数据应用关键技术研究[J].运输经理世界,2024,(07):160-162.
- [5] 陈辉,杨阳.大数据分析在铁路货车故障预测与健康管理中的应用研究[J].中国铁道科学,2021,42(4):98-106.
- [6] 周宁,马丽.数字化时代铁路货车检修车间智能化升级路径探索[J].铁道运营技术,2024,30(3):20-24.
- [7] 吴昊,郑伟.铁路货车维修数据价值深度挖掘方法及案例分析[J].交通与运输,2023,39(4):62-68.
- [8] 李飞,赵萌.基于数据可视化与智能决策的铁路货车维修管理系统设计与实现[J].铁路计算机应用,2022,31(10):51-57.
- [9] 钱程,孙璐.铁路货车状态修实践中的数据管理策略与应用案例[M].北京:机械工业出版社,2024.
- [10] 黎巧能,徐勇,刘凤伟,等.铁路货车智能运维技术研究[J].智慧轨道交通,2022,59(05):38-41.