

Research on Standardized Maintenance Mode of Metro Vehicles Based on Precise Inspection and Meticulous Repair

Fei Gu Di Huang Tingliang Tan Shun Long

Guiyang CRRC Puzhen Urban Rail Transit Equipment Service Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550000, China

Abstract

This study focuses on the innovation of metro vehicle maintenance models and establishes a maintenance strategy based on “collaborative maintenance, standardization, and intelligent upgrading.” By integrating industry resources and leveraging the technical expertise of original equipment manufacturers, the strategy enhances resource utilization efficiency, optimizes maintenance management models, and improves system failure prediction capabilities. At the enterprise level, a full lifecycle management system is established to enhance vehicle operational reliability and maintenance efficiency. The findings indicate that this model accelerates the cultivation of multidisciplinary talent, optimizes lean maintenance processes, enhances brand recognition, and effectively shortens the preparation period for new lines, demonstrating its replicability and scalability. Based on this, the study proposes a “manufacturing-service-data” integration model, providing theoretical support and practical paradigms for the upgrading of rail transit maintenance systems.

Keywords

subway vehicles; maintenance; innovation; standardization

基于精检细修的地铁车辆标准化维保模式研究

顾飞 黄迪 谭庭亮 龙顺

贵阳中车浦镇城市轨道交通装备服务有限公司, 中国·贵州 贵阳 550000

摘要

本研究围绕地铁车辆维保模式创新, 构建“联合维保-标准化建设-智能升级”维保策略。通过行业资源整合与主机厂技术赋能, 提高资源利用效率, 优化维保管理模式, 增强系统故障预测能力。企业层面建立全生命周期管理体系, 提升车辆运行可靠性与运维效率。研究表明, 该模式能够加速复合型人才培养, 优化精益作业流程, 提升品牌影响力, 并有效缩短新线筹备周期, 验证了其可复制性与推广价值。研究提出“制造-服务-数据”融合模式, 为轨道交通维保体系升级提供理论支撑与实践范式。

关键词

地铁车辆; 维保; 创新; 标准化

1 引言

近年来, 我国城市轨道交通快速发展, 据交通运输部数据, 截至 2024 年, 全国地铁运营里程突破 1 万公里, 轨道线路 325 条, 年客运量 28 亿人次^[1]。

车辆是地铁运营的主要载体, 它的安全、稳定是运营服务质量的重要保障。作为轨道交通核心载体的地铁车辆, 其安全性、可靠性直接决定运营服务质量与社会经济效益^[2]。车辆的机械电子零部件众多, 使用频率、寿命周期和出现的故障各不相同。做好车辆维保质量管理、降低车辆故障率、保障车辆运行状态良好是车辆维保部门一项核心的管理工作^[3-5]。地铁车辆维保工作是各地铁运营公司的主要工作,

其维保工作质量直接影响到地铁运营服务的质量, 甚至是公司的经济效益与社会效益。地铁车辆的检修维保质量是建立在地铁车辆本身的可靠性基础上的, 通过各类技术、方法, 以及对地铁车辆实际的运行公里数、牵引能耗、制动能耗、各个系统的故障情况进行统计, 分析出故障发生的概率或故障所造成的影响大小, 进而进行精确的维护保养工作^[6]。这从另一方面也对从事地铁车辆检修维护人员的能力与经验提出一定的要求。

近年来, 我国各个城市的地铁建设均已全面展开, 而地铁车辆的维保模式也是各个地铁运营公司正在面对的一个新的问题。当前行业面临三重挑战包括, 车辆制式多元化对维保标准化提出更高要求; 故障预测精度不足影响预防性维护效能; 人才断层问题突出, 高级技师占比不足。本文通过某城市某条线路的地铁车辆维保方面进行了积极探索, 致力于打造标准化维保模式, 以提高维保质量和效率, 确保地

【作者简介】顾飞 (1988-), 男, 中国江苏盐城人, 本科, 工程师, 从事地铁车辆维保研究。

铁车辆的安全可靠运行，为轨道交通维保体系转型升级提供了理论范式与实践路径。

2 地铁车辆维保概念及类型

2.1 地铁车辆维保概念

地铁车辆维保是指通过周期性维护和检查，确保车辆各系统、部件处于安全可靠状态，以保障列车正常运行和乘客安全。其核心是通过计划性检修，逐步深入排查隐患，并结合里程或时间周期进行预防性维护^[6]。

地铁车辆维保工作与车辆生产、设计、制造等技术的更新紧密相关，其质量直接影响地铁运营服务质量以及公司的经济效益和社会效益。维保工作基于车辆本身的可靠性，通过对车辆运行数据的统计分析，确定维护保养的精确措施，这对维保人员的能力和和经验提出了要求。

2.2 地铁车辆维保类型

目前地铁车辆的维保模式主要有以下三种。

2.2.1 自修模式

在地铁建设运营初期，由运营单位按专业分工，成立不同的组织，各组织采用大而全的管理机制自行负责所有轨道交通设备的维保。

2.2.2 联合维保模式

运营公司与主机厂分工明确，共同保障车辆维保工作。运营公司提供维保环境（设备、场地、能源等），车辆制造企业承担维保业务，成立专门维保部门，派驻专业人员，提供技术、材料等资源，全面负责车辆维修任务，确保车辆长期正常运营。

2.2.3 完全维保模式

运营公司将车辆维保全部交给主机厂，不提供任何资源，主机厂负责解决所有工作环境问题，包括车辆维修任务、设备、场地及能源等。运营公司监督维保状态并验收质量。该模式在一定程度上简化了管理，减少了人员配备，同时在国外已有成熟的经验和运作模式。

3 中车地铁车辆维保服务创新

随着地铁交通和主机厂技术的不断发展和创新，联合维保模式已成为当前地铁车辆维保的主流模式。在此模式下，主机厂不仅提供地铁车辆的生产制造，还通过成立维保服务部门，全面参与到车辆的后续维保工作中，形成从生产到运维的全链条服务闭环。这一模式通过行业与企业的实践创新，从宏观战略到微观执行层面均实现了突破，具体体现如下：

3.1 行业层面

主机厂依托资金、技术及管理优势，为地方政府与运营企业提供专业化维保服务，成为行业新增长点。这一模式通过延伸“制造+服务”链条，推动维保市场向多元化、全生命周期方向转型，未来将进一步吸引更多专业企业参与，加速行业生态升级。

3.2 公司层面

主机厂通过成立子公司，结合车辆故障分析与实时维护，实现全寿命周期管理，显著降低综合成本与故障率。同时，整合供应商、用户及科研资源，优化维修策略与技术标准，推动车辆产品持续升级。深化合作后，主机厂与用户形成零距离服务模式，依托状态监测提升检修效率，并充分利用既有资源减轻政府投资压力，最终实现社会效益与经济效益的双重提升。

4 基于精细化检修的标准化维保模式构建

标准化维保模式的构建分为起步、提升与未来规划三个阶段，通过资源整合、体系优化与技术创新，实现地铁车辆全生命周期的高效管理。

4.1 起步阶段

起步阶段以联合维保模式为核心，明确运营方与维保团队的协作框架。运营分公司负责提供场地、设备等基础资源，维保团队依托技术、人员优势承担全流程检修任务，双方通过合同明确职责边界，确保车辆设备长期稳定运行。在此基础上，维保团队编制详实的筹备计划，形成标准化方案，开展人员招录、培训取证、制度和作业指导书编制等工作，配备人员组织，梳理工器具和物资，为现场进驻奠定基础。

4.2 提升阶段

提升阶段聚焦多维标准化体系建设，涉及人员、技术、安全、质量等关键环节。

4.2.1 人员管理

推行“精兵高效”策略，通过优化班组结构与技能培训，将人车比控制在0.38。班制调整为“两班常白+两班常夜”轮换模式，对比白夜休休制员工月度总工时可节省超800h，灵活匹配检修需求。同步实施半军事化管理，组织全员军事特训，强化纪律性与团队协作能力，打造技能过硬、作风严谨的维保队伍。

4.2.2 技术优化

针对车钩连接环及车门运动部位等核心部件进行工艺优化，旨在提高检修效率和质量，降低故障率，延长设备使用寿命。单次修程作业时长缩短40min至1h，年度降本超10万元。采取标准化作业方式，开展车辆计划性检修等工作，形成标准化模板，达到了精益生产的效果。

4.2.3 安全管理

构建双重预防机制，完成87项风险分级管控，结合定期隐患排查与绩效考评，隐患闭环率达98%。断送电作业划分验电区、接地区等标准化区域，通过双监护模式杜绝操作事故。设立员工反思台，推动自我审查与经验共享，提升全员安全责任意识。

4.2.4 质量控制

落实“四个一致”原则，实现作业规范与记录追溯的一致性。开展“守红线、除陋习”专项行动，通过三级管控机制（日查、点检、督查）实现陋习全部整改。

表 1 检修工艺优化成果

序号	优化项目	优化措施	优化成果
1	车钩连接环检修优化	优化检修方案，对连接环间隙进行喷涂漆膜。	(1)减少消耗料使用量,实现年度降本11万元。 (2)单修程减少1h作业时长
2	车门压轮检修优化	增加压轮检修工装。	单修程减少40min作业时长
3	车门润滑脂包装方案优化	更改包装规格，由1kg/瓶改为25kg/桶。	实现年度降本0.4万元。
4	车门检修润滑写实优化	通过写实优化检修工艺，使用润滑专用工具，减少浪费	实现年度降本2.4万元

4.3 精益与数字化深化管理效能

4.3.1 精益车间建设

通过构建分层级精益培训体系，系统性覆盖理念宣贯、工具实操及案例研讨，形成全员参与的持续改进文化。在此基础上，通过精益示范区的建设，实施组织机构扁平化改革与目视化看板管理，结合消耗料定额控制策略，显著提升生产效率15%，年度物料浪费量降低600kg。

4.3.2 综合标准化

办公区域进行标准文化建设，营造整洁舒适的办公环境，塑造良好的企业形象，规范环境管理，增强职工对单位的责任感和归属感，推动单位日常工作规范化、秩序化。工具取用效率优化40%，验证了环境与行为协同升级的可行性。同时，通过台账与维保管理制度的标准化建设，基本实现作业记录数字化归档，数据调取响应时间缩短至10s以内，异常事件追溯效率提高60%。此类措施表明，标准化管理可通过降低操作冗余与提升信息可追溯性，强化组织运行稳定性。

4.3.3 数字化平台

应用智能运维系统，实时监测车辆3000+关键参数，故障预警准确率达92%，平均排查时间从2h压缩至40min。进一步通过EHS（环境健康安全）、MRO（维护维修管理）、QMIS（质量管理体系）的多系统数据链整合，构建“安全-质量-资产”协同管理平台，使得工单派发效率提高，备件库存周转率得到优化，综合管理成本下降。知识管理层面，构建的故障案例库（800+条）与优化方案库（200+项）支持智能诊断决策，新人培训周期缩短30%，决策响应速度提升40%。研究表明，数据驱动的管理模式可通过降低人工干预依赖性，实现资源配置效率与风险管控能力的双重跃升。

5 标准化维保模式实施成效

5.1 人员方面

标准化维保模式构建了“技术-管理-运维”复合型人才培养体系，形成覆盖全生命周期维保能力的人才梯队。通过岗位技能认证与案例共享机制，新员工技能适应周期缩短40%，为后续项目拓展提供核心人力资源支撑。

5.2 社会经济价值

标准化维保模式通过资源整合与技术赋能，实现社会

经济价值的系统性提升。在资源集约化层面，依托主机厂设备共享机制，减少政府重复性固定资产投资，车辆段占地面积减少，土地集约化利用率提升，验证了帕累托改进效应在轨道交通领域的适用性。

管理效能方面，运营公司运维团队规模得到了精简，管理成本下降，突破传统科层制组织的效率瓶颈。风险控制方面，通过数据透明化与合同约束机制，实现了运营公司和主机厂车辆运营服务安全，达到了车辆购置维保合同的可靠性目标要求。

5.3 标准化模式的复制

通过模块化设计实现跨项目快速适配，验证其作为行业范式的可扩展性。为维保公司的地铁延伸服务模式积累了经验，在后续项目中可平移精进，达到精益生产管理的作用。

6 结论与展望

本研究通过对地铁车辆维保模式的深入分析，提出了基于精细化检修的标准化维保模式，并在实践中取得了显著成效。通过优化人员管理、技术升级、安全控制、质量标准化及数字化管理，确保工作效率、可靠性和成本控制均得到提升。同时，智能运维系统的应用提高了故障预测能力和资源调度效率，推动了轨道交通维保体系的现代化转型。

未来，标准化维保模式的推广将进一步提升轨道交通行业的管理水平，并为其他城市地铁系统提供借鉴。随着人工智能、大数据等技术的发展，维保管理将向智能化、自动化方向迈进，提高运营安全性和经济效益。此外，人才培养体系的完善和行业标准的建立，将为地铁维保行业的可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

[1] 中华人民共和国交通运输部. 全国城市轨道交通年客运量超322亿人次[EB]. 2025(2025-01-22). https://www.mot.gov.cn/jiaotongyaowen/202501/t20250122_4162898.html.

[2] 张晓莉, 林茂德. 论城市轨道交通建设对经济发展的拉动作用[J]. 城市轨道交通研究, 2009, 12(1): 1-6.

[3] 顾政华, 李旭宏, 朱彦东, 等. 城市地铁运营管理维保模式的市场化战略探讨[J]. 河北交通职业技术学院学报, 2004, 1(4): 35-39.

[4] 陆万忠, 柳拥军. 关于城市轨道交通车辆检修制度的改革设想[J]. 城市轨道交通研究, 2008, 11(5): 11-14.

[5] 张标. 天津地铁网络化运营车辆维修管理模式设计[J]. 都市快轨交通, 2012, 25(4): 31-34.