

地铁车辆段检修设备全生命周期运维策略

查懿伦

重庆轨道交通运营有限公司, 重庆 400000

[摘要] 在地铁车辆运行过程中, 检修设备作为一类核心基础设施, 关系到列车运营的安全性, 通过加强车辆段检修设备运维管理, 可以提升设备运维效率。因此, 在地铁车辆段检修设备运行过程中, 应实现全生命周期运维管理目标, 使地铁系统的运营成本得到降低, 提升检修设备服务质量。在设备全生命周期运维过程中, 应分别从规划采购、使用维护、安装调试、升级改造以及报废处置等方面采取管理措施, 明确不同阶段的管理重点, 有针对性地实施运维策略, 提升检修设备运行水平。文中针对地铁车辆段检修设备全生命周期运维展开分析, 探讨了各阶段运维的实施要点, 并提出具体的运维策略, 希望能够为相关研究人员提供一些参考和借鉴。

[关键词] 地铁车辆; 检修设备; 全生命周期; 运维策略

DOI: 10.33142/sca.v9i4.19576

中图分类号: U231.1

文献标识码: A

Full Life Cycle Operation and Maintenance Strategy for Maintenance Equipment in Subway Vehicle Depots

ZHA Yilun

Chongqing Rail Transit Operation Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract: During the operation of subway vehicles, maintenance equipment, as a core infrastructure, is related to the safety of train operation. By strengthening the management of maintenance equipment in the depot, the efficiency of equipment maintenance can be improved. Therefore, during the operation of maintenance equipment in subway vehicle depots, the goal of full life cycle operation and maintenance management should be achieved to reduce the operating costs of the subway system and improve the service quality of maintenance equipment. During the full life cycle operation and maintenance of equipment, management measures should be taken from the aspects of planning and procurement, usage and maintenance, installation and commissioning, upgrading and renovation, and disposal. The management priorities at different stages should be clarified, and targeted operation and maintenance strategies should be implemented to improve the operational level of the equipment under maintenance. The article analyzes the full life cycle operation and maintenance of maintenance equipment in subway vehicle depots, explores the implementation points of each stage of operation and maintenance, and proposes specific operation and maintenance strategies, hoping to provide some reference and inspiration for relevant researchers.

Keywords: subway vehicles; maintenance equipment; full life cycle; operation and maintenance strategy

引言

对于地铁车辆段检修设备, 主要包括轮对探伤仪、列车架车机、电气综合测试设备以及制动系统试验台等, 并表现出技术密集和工况复杂特点, 使用频率相对较高。在检修设备运行过程中, 运维成本在全生命周期成本中的占比较高, 需要合理实施全生命周期运维策略, 确保可以全过程的管控检修设备, 使设备故障率得到降低, 延长检修设备的使用寿命, 使设备运维成本得到优化。

1 地铁车辆段检修设备全生命周期运维各阶段实施要点

1.1 规划采购阶段

在地铁车辆段检修设备的规划采购阶段, 应做好设备选型和供应商评估, 以此来降低设备后续运维难度。在实际制定采购方案时, 应充分考虑车辆段的检修产能、线路扩展需求和列车车型, 合理制定技术参数, 明确检修设备的采购规模。与此同时, 在开展采购工作时, 应对设备购

置成本加大关注，并注意设备兼容性和备件通用性，明确运维服务条款，合理降低设备后期运维成本。

1.2 安装调试阶段

检修设备的安装调试阶段，作为设备投入使用的前置环节，对设备初始性能具有直接影响，关系到设备的运行稳定性。在此阶段，需要做好设备定位安装，并及时展开系统联调，做好性能测试，确保与检修设备运行技术要求相符。在开展设备安装调试工作时，应确保准确衔接车辆段的施工进度，并提升调试人员的技术水平，降低设备投用初期的故障率。与此同时，还需要保证数据参考，统计投用初期设备存在的故障问题，明确调试不当所引起的故障，在此基础上合理优化设备安装调试工作，保证设备的投用效果^[1]。

1.3 使用维护阶段

在检修设备的使用维护阶段，不仅有着较长的持续时间，且运维投入相对较大，与设备检修效率具有密切联系。在此阶段，需要做好检修设备的日常保养工作，并要定期开展检修工作，及时维修故障问题，实时监测设备运行状态，动态化地调整列车检修计划。与此同时，在展开预防性维护时，应确保具有充足的数据支撑，一旦过度维护可能会导致资源浪费，维护不足则可能会产生突发故障问题，因此需要保证设备维护适度。在不同设备运维过程中，存在明显的分散现象，需要借助先进的信息技术手段，实现设备运维的智能化管管理。

1.4 升级改造阶段

在检修设备的升级改造阶段，应充分考虑设备性能衰减，在提出新增检修需求后，或者技术较为落后时，做好设备升级改造工作，使检修设备的使用寿命得到延长。在实际改造设备时，应运用列车技术实现升级目标，从局部或者整体角度改造设备硬件和软件。

在制定升级改造方案后，应展开系统化评估，并在设备改造后，确保和原有系统具有较强的兼容性，使改造投入和效益成正比。

1.5 报废处置阶段

对于检修设备的报废处置阶段，其处于全生命期末端，应做好资源回收，并实现环境友好处置目标。在此阶段，需要结合检修设备的磨损程度，根据技术淘汰标准，做好残值回收、拆解处置以及报废评估等工作。与此同时，需要充分保证报废流程的规范性，确保可以充分回收可复用备件，提升设备残值利用率。此外，在报废设备处置过程中，应确保与环保要求相符合^[2]。

2 地铁车辆段检修设备全生命周期运维策略

2.1 做好规划采购工作，加强源头把控

在检修设备规划采购过程中，应做好设备选型，并明确各项技术标准。具体来说，应合理构建设备分类分级清单，根据关键度划分为核心设备、重要设备以及辅助设备，其中核心设备包括轮对检测设备、固定式架车机、不落轮镟床等，重要设备包括自动清洗机以及起重机等，辅助设备包括通风系统与空压机等，确定设备的兼容性、可维护性以及可靠性等指标。在技术规范制定过程中，应保证核心设备具有开放式的数据接口，并能够严格监测设备状态，实现远程诊断，合理优选设备型号，确保可以展开模块化设计，容易更换部件，使检修设备的后期运维难度得到降低。与此同时，需要展开全生命周期成本评估，结合备件供应周期、维护费用、运行能耗以及采购价格等，合理构建成本模型，防止出现决策偏差。在本文研究中，选取3种主流架车机，并展开全生命周期成本对比，评估结果如下表所示。在采购与合同管理过程中，应在设备招标阶段确定运维责任边界，根据合同中的约定质保期，确定备件供应、故障响应以及巡检等条款，由供应商详细提供维护手册，建立故障代码库，并提供培训服务。为了保证设备采购供应的稳定性，应与供应商加强战略合作，并签订长期维保协议，对各项刚性指标提出明确约定，包括关键备件库存和故障响应时间等。除此之外，需要确定运维服务条款，在采购合同中，应与供应商协商各项约定，包括免费培训时长、备件供应周期、质保期延长方案等内容，使检修设备后期运维风险得到降低^[3]。

表1 三种架车机全生命周期成本对比表（万元）

设备型号	购置成本	10年运维成本	10年备件成本	全生命周期成本
A型	120	180	90	385
B型	80	120	50	260
C型	50	200	120	420

2.2 做好安装调试工作，实现标准化管控

在地铁车辆段检修设备安装调试工作中，应采取标准化管控措施。首先，检修设备运维管理部门应按照设备安装验收规范，制定出标准化的安装和调试流程，具体要准确定位设备，并做好基础施工工作，按照规范和标准安装设备，并保证系统联调，严格测试设备性能，最后做好验收交付工作，在各项环节中明确质量控制点，科学制定验收指标。与此同时，应做好第三方监理，并加强人员考核，第三方监理机构可以对设备安装调试过程展开全程监督。对于供应商的设备调试人员，应提供资质证明，并在调试

结束后展开实操考核，确定质量管控流程，具体如下图所示。其次，在安装质量管控过程中，需要建立三方联合验收机制，组织运维、施工、建设团队，确保全程参与到设备安装过程当中，对设备基础精度、电气绝缘性能、连接紧固性展开核查，严格管控各项关键参数，确保与设计标准相符合。对于隐蔽工程项目，需要做好留痕管理，具体包括接地系统以及管线铺设等项目，可以采取数据存档以及影像记录等方法，确保在后期出现故障问题后可以及时追查溯源。最后，在调试和移交过程中，应做好分阶段调试，具体包括空载、负载以及联动等调试方法，在各个阶段出具调试报告，合理编制故障处理记录，确定性能达标情况。在运维数据初始化过程中，应将厂家维保建议、部件清单、基础参数等录入设备台账中，并建立数字孪生模型，为后续检测设备状态监测提供参考依据。在人员培训方面，应安排运维人员到厂家参与实操培训，并在考核结果合格后安排上岗，使其能够独立操作设备，可以正确处置基础故障问题。

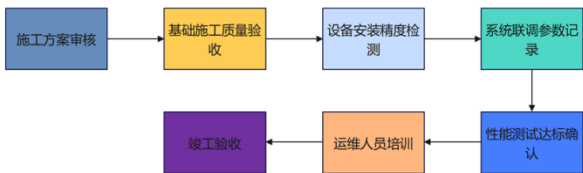


图1 设备安装调试阶段质量管控流程

2.3 加强使用维护，实现智能化运维

首先，在检修设备使用维护阶段，应合理构建设备状态监测和预警系统，将振动、电流以及温度等传感器安装到检修设备上，对设备运行数据实时采集，并采用大数据分析技术，合理构建故障预警模型。例如，在轮对探伤仪使用期间，应合理设定振动和温度阈值，一旦检测到的数据达到阈值以上，可以借助系统自动预警，使事后维修转变为预测性维修。与此同时，应合理构建一体化运维管理平台，将检修设备的备件库存、维保记录和运行数据充分整合，确保可以实现数据共享目标。对于运维管理平台，应实现任务自动派单，并跟踪维保进度，对成本展开统计和分析，使运维工作效率得到提升，保证设备运维的协同性。其次，需要合理构建分类分级运维模式，结合设备级别实施运维策略，如对于核心设备，应采取预测性维护与定期预防维修等方法，并实时监测设备状态，预测设备可能出现的故障问题，在各个季度实现深度检查。最后，在预防性维护和故障处置过程中，应合理制定分级巡检计划，每日巡检核心设备，对关键部件状态展开重点审查，并每周巡检重要设备，每月巡检辅助设备，利用移动终端向平

台实时上传巡检结果。除此之外，需要标准化地开展预防性维护工作，为设备维护合理制定作业指导书，确定设备易损件的更换周期，并要明确精度校准周期和润滑周期。在故障问题处置方面，应建立起闭环管理体系，合理构建故障案例库，详细记录故障现象，深入分析故障原因，确定故障处置流程，定期做好故障复盘，为典型故障问题建立快速处置流程^[4]。

2.4 做好升级改造，加强效益导向改造

在检修设备升级改造过程中，应基于效益导向展开改造。首先，需要充分评估设备升级改造的可行性，在实际展开评估工作时，应从兼容性、经济可行性以及技术可行性等方面，合理构建评估指标体系，并运用百分制评分，当评分超过 80 分时才能开展改造工作。对于升级改造的评估指标和权重，具体如下表所示。其次，需要实施分步改造和效果验证。当设备对检修效率具有较大影响时，应优先开展改造项目，并在改造后做好性能测试，对设备改造前后的各项指标展开对比，包括检修效率、设备故障率等，以此来对设备改造效果进行验证。在设备效能评估过程中，应合理构建三维评估指标，其中可靠性指标包括平均无故障时间、故障停机率等，经济指标包括能耗效率、检修成本等，适配性指标应考虑是否与智能运维平台充分兼容，并判断是否满足检修需求。最后，在改造前应合理制定方案，包括技术改造方案和运营保障方案，并在改造后做好性能复测，具体包括能耗数据、检修效率、故障频次等测试指标，对设备改造效益展开评估，出具评估报告。

表2 检修设备升级改造可行性评估指标体系

评估维度	评估指标	权重	评分标准
技术可行性	改造后性能提升幅度	30%	提升≥30%得30分，每降5%减5分
经济可行性	改造投入回收期	40%	回收期≤3年得40分，每增1年减10分
兼容性	与现有系统匹配度	30%	完全匹配得30分，部分匹配得15分

2.5 做好报废处置，实现资源化处置

首先，在检修设备的报废处置阶段，应建立规范化的报废评估流程，并组织财务、技术以及设备管理等部门人员，成立报废评估小组，结合设备故障频率、使用年限以及维修成本，科学合理地制定报废标准。在单台设备运行过程中，一旦年维修成本达到购置成本 30% 以上，应及时开启报废程序。与此同时，应做好备件回收和残值利用，准确拆解报废设备，对可复用备件做好筛选，包括电机以及传感器等。在备件检测合格后，方可在备件库中纳入。当设备不可复用时，

应采取公开招标的方式,挑选具有资质的企业,并做好环保处置,在设备运维成本中纳入处置收入。其次,在报废评估和审批过程中,应确定报废判定标准,如安全性能与标准不符,且修复成本达到设备残值 50% 以上。在技术落后的情况下,且备件供应短缺,无法使设备运营需求得到满足。当设备到达使用期限时,应做好检测工作,一旦与检修精度要求不符,则可以启动报废流程。最后,在环保处置和资源回收过程中,应按照分类处置的方法。对于金属部件,包括电机以及钢结构等,应对其回收利用,根据环保要求正确拆解电气设备,如传感器以及控制柜等,防止出现环境污染问题。除此之外,在数据归档过程中,应永久性地存档报废设备数据,具体应包含维护成本、故障历史以及运行记录等全生命周期数据,为设备选型提供数据支撑^[5]。

3 结束语

综上所述,对于地铁车辆段的检修设备,应实现全生命周期运维,做好成本选型,对设备展开标准化安装,并实现智能化维护,基于效益导向改造设备,对设备实施资源化处置,提升全流程管控水平,确保可以平衡设备性能

和运维成本。与此同时,随着我国智能化和数字化技术的快速发展,可以在地铁运维领域充分运用此类技术,确保可以集约化和智能化地管控设备运维,保障检修设备运行的安全性和稳定性。

【参考文献】

- [1]李愿望.基于数字孪生的地铁车辆段固定式架车机故障诊断研究[J].铁道标准设计,2025,69(9):216-222.
- [2]高利华,李明,丁明辉.地铁车辆段智慧化提升建设需求分析与方案研究[J].现代城市轨道交通,2024(12):36-42.
- [3]晏新凯,史先勤.车辆段智慧检修管理系统应用分析[J].智能城市,2023,9(9):112-114.
- [4]闫召猛.地铁工程车日常检修流程优化及效率提升研究[J].建筑工程与设计,2025,4(7):59-60.
- [5]陈云,王尚典.基于现代化管理的地铁车辆运营管理标准体系搭建[J].建筑与施工,2024,3(12):47-48.

作者简介:查懿伦(1993—),重庆理工大学电气测试仪器与仪器专业毕业,工程师,现就职于重庆轨道交通运营有限公司,任车间技术管理。