城市地铁车辆机械设备常态化预防性维保管理优化探析

孙铁戟
成都地铁运营有限公司　四川　成都　610000

摘　要：地铁机械设备的平稳运转，是城市轨道交通安全、高效运营的重要保障，现阶段多数地铁维保体系依旧采用传统定期维保方式，存在维保冗余、预判能力不足、资源分配不合理等问题，很难适配设备长期运行的损耗特点。文章结合设备运行实际特征，分析了传统维保的缺陷，提出了多项维保优化措施，能够为地铁设备维保提质增效提供理论参考。

关键词：地铁车辆；机械设备；预防性维保；巡检标准化；设备损耗

引言

城市轨道交通路网的持续扩建，让地铁机械设备的运行时长、作业频次不断增加，设备疲劳磨损、隐性故障堆积等问题，也变得越来越突出。机械设备的运行稳定性，直接影响地铁整体运营安全，传统固定维保模式难以适配设备差异化损耗，存在维保不合理的问题，优化常态化维保体系，也是现阶段地铁运维提质增效的重要研究方向。

1 地铁车辆核心机械设备分类及运行特点

地铁车辆机械设备体系结构复杂、功能耦合性强，是支撑车辆牵引、制动、走行、辅助作业的核心硬件集合，依据功能属性可划分为走行系统、牵引传动系统、制动系统、辅助机电系统四大核心类别，各类设备运行工况与损耗特征存在显著差异化特点。走行系统以轮对、转向架、轴箱装置为核心，长期处于高频往复运动状态，持续承受车辆自重、载客载荷与轨道冲击载荷，运行环境复杂，易产生机械磨损、部件松动、疲劳形变等问题，是保障车辆行驶平稳性的关键设备集群。牵引传动系统包含牵引电机、齿轮箱、联轴器等核心机械构件，主要承担车辆动力传输功能，运行过程中持续处于高速运转、载荷交变状态，部件摩擦损耗与热力损耗叠加，长期服役后易出现传动精度下降、部件老化失效等问题。制动系统作为车辆安全管控核心，由制动卡钳、制动盘、传动机构等机械部件组成，启停频次极高，频繁的制动动作会造成部件摩擦损耗与应力累积，设备工况波动大、故障隐蔽性强。辅助机电系统涵盖空调通风、车门传动、升降装置等配套机械设备，设备体量分散、运行频次不均衡，多为间歇性启停运行模式，易因长期闲置或频繁启停产生部件卡滞、锈蚀、传动不畅等隐性问题。整体而言，地铁车辆机械设备具备全天候服役、工况动态波动、载荷持续交变、设备耦合度高的运行特征，单一化维保模式无法适配各类设备的差异化运行损耗需求，这也对常态化预防性维保的精细化、差异化管理提出了硬性要求[1]。

2 地铁车辆机械设备损耗规律与传统维保模式共性问题

2.1 机械设备阶段性损耗规律

地铁车辆机械设备的全周期损耗过程，主要分为磨合、稳定、老化加速三个阶段，各个阶段的损耗表现和故障成因都存在一定差异。设备初期服役阶段为磨合损耗阶段，设备部件的配合间隙并不贴合运行标准，零部件表面存在少量加工与装配偏差，设备运行中会产生较快的初期磨损，这类损耗多属于正常物理损耗，一般不会突发故障，基础维保工作即可有效规避隐患。设备中期属于稳定损耗阶段，部件配合状态趋于稳定，整体磨损速度均匀，设备运行最为稳定，故障大多来自外界工况、杂质侵入、操作偏差等因素，隐性损耗堆积是主要风险。设备后期会进入老化加速阶段，长期摩擦、应力堆积与环境腐蚀，会加速部件性能衰减与结构损伤，故障概率大幅提升，维保管控压力更大，设备损耗的阶段性特征，也要求维保方案跟随设备服役状态灵活调整。

2.2 传统维保模式的固化缺陷

目前地铁车辆机械设备的维保工作，普遍采用固定周期维保模式，整套作业按照预设时间节点批量开展，并不会结合设备实际损耗状态与运行工况做出灵活调整，整体存在明显的模式固化问题。该模式对所有设备统一设置维保周期与作业内容，忽视了不同线路、不同运行频次、不同服役年限设备的损耗差异，很容易出现维保和设备实际需求不匹配的情况。工况状态较好的设备，会面临多余的拆解检测作业，既增加了运维成本，也容易损伤设备原有装配精度；老化高负荷设备则会出现维保不及时的问题，细微损耗持续累积，逐步发展为

重大设备故障。同时，传统维保侧重故障后的维修整改，对前期隐患缺少预判管控，很难实现故障的提前防控[2]。

2.3 维保巡检作业标准化缺失

设备巡检是预防性维保的基础工作，巡检采集的各项数据，能够为设备损耗判定、维保方案调整提供核心依据，现阶段地铁设备的巡检工作，普遍存在标准化、规范化程度不足的问题。巡检作业缺少统一的执行标准，工作人员会根据个人经验开展检测工作，巡检范围和排查重点并不统一，漏检、浅检的情况时有发生，设备细微损耗与隐性故障很难被及时发现。设备巡检数据的管理模式也较为粗放，数据记录零散、整理无序，缺少系统化的分析汇总机制，大量有效数据无法用于设备状态研判与维保优化，造成巡检工作和维保决策相互脱节。同时，各岗位巡检权责划分模糊，岗位衔接存在漏洞，工作重叠与责任空白问题，也降低了整体巡检质量。

2.4 维保资源配置与防控体系失衡

传统维保管理模式下，地铁设备运维的人员、物资、技术资源存在结构性失衡的情况，会在很大程度上影响常态化维保工作的落地效果。运维人员大多掌握基础的设备维修技能，但是缺少损耗研判、状态分析、隐患前置防控的专业能力，对设备损耗规律认知不够全面，日常维保作业大多流于表面，精细化管控能力存在短板。维保物资的储备方式较为粗放，物资库存没有结合设备损耗规律动态调整，常会出现耗材短缺、闲置物资积压的问题，直接影响维保作业效率。设备故障防控体系也相对薄弱，整体以被动整改为主，缺少全周期的状态监测与风险预判机制，无法提前干预设备损耗问题，设备故障反复发生的情况较为普遍。

3 地铁车辆机械设备常态化预防性维保管理优化方法

3.1 构建分阶段差异化预防性维保体系

依托设备全生命周期阶段性损耗规律，摒弃一刀切的固定维保模式，搭建适配设备不同服役阶段的差异化预防性维保体系，实现维保工作与设备损耗状态的精准匹配。针对磨合损耗阶段的新投入设备，聚焦初期损耗管控，缩短基础巡检周期，重点排查设备装配间隙、部件磨合状态、运行异响等初期异常问题，及时清理设备内部加工杂质，微调部件配合精度，规避初期损耗引发的潜在隐患，同时精准记录设备初期运行参数，为后续维保基准数据建立提供支撑。针对稳定损耗阶段的在役设备，以常态化精准监测、常规养护为主，适度延长基础维保周期，精简冗余维保作业，重点关注设备工况波动、环境因素带来的细微损耗变化，做好设备清洁、润滑、紧固、调试等常规养护工作，维持设备最优运行状态，避免过度维保造成的资源浪费与设备损伤。针对老化加速阶段的老旧设备，建立高频次、深层次维保机制，大幅提升巡检与深度检测频次，重点排查部件疲劳损伤、材质老化、精度衰减等高危问题，建立老旧设备专项台账，动态跟踪设备损耗恶化趋势，提前制定部件更换、设备整改方案，有效管控老旧设备故障风险。同时，结合不同类型设备的运行特征，对走行、制动、牵引等核心高危设备与辅助机电设备划分维保等级，差异化设定维保深度、检测频次与作业内容，实现维保资源的精准投放[3]。

3.2 推进维保巡检作业全流程标准化建设

以消除巡检作业主观性、随意性为核心，推进巡检流程、检测标准、数据管理、岗位职责的全方位标准化建设，筑牢预防性维保的工作基础。首先，统一巡检作业流程，针对各类机械设备的结构特点、运行风险、损耗重点，制定专项巡检作业指导规范，明确巡检路线、检测项目、操作流程、排查重点与作业时限，细化每一项巡检工作的操作标准，杜绝漏检、误检、随意检等问题，让巡检作业形成标准化闭环。其次，量化巡检判定标准，摒弃依靠人工经验判断设备状态的粗放模式，结合设备出厂参数、长期运行基准数据，制定清晰、可量化的设备状态判定指标，针对部件磨损量、配合间隙、运行温度、传动精度等关键参数设定合理阈值，实现设备异常状态的精准识别。再次，规范巡检数据管理，搭建统一的巡检数据整理、汇总、归档、分析机制，对每日巡检数据进行分类梳理，精准记录设备运行状态、损耗情况、异常征兆、整改情况等核心信息，形成完整的设备巡检台账，通过长期数据积累梳理设备损耗规律与故障高发节点，为维保策略动态调整提供数据支撑。最后，明确巡检岗位职责，细化各岗位巡检人员的工作范围、作业权责、考核标准，完善岗位衔接机制，消除巡检工作中的责任空白与作业重叠区域，保障巡检工作高效有序落地。

3.3 建立设备故障前置化防控管控机制

转变传统事后维修的被动运维模式，构建以状态监测、趋势预判、风险分级、提前干预为核心的故障前置防控机制，从根源上降低设备故障发生率。首先，搭建设备常态化状态监测体系，依托人工精细化巡检结合常态化动态监测的方式，全面捕捉设备运行过程中的细微异常信号，重点关注设备振动、异响、温升、形变、传动偏差等隐性异常，精准捕捉故障初期征兆，实现故障隐患的早发现、早识别。其次，建立损耗趋势预判机制，依托长期积累的巡检与运行数据，梳理不同工况、

不同服役周期设备的损耗演变趋势，预判设备损耗恶化节点与故障高发时段，提前制定针对性的维保干预方案，通过提前养护、精准调试、部件预处理等方式，延缓设备损耗进程，阻止隐性隐患转化为显性故障。再次，推行设备风险分级管控，根据设备功能重要性、损耗速率、故障影响程度，将各类机械设备划分为高、中、低三级风险等级，针对高风险核心设备实施重点管控、高频监测、深度维保，针对中低风险设备实施常态化常规管控，实现风险的精准化、差异化防控。最后，建立隐患闭环整改机制，对巡检排查、监测发现的各类设备隐患分类登记、分级处置，明确隐患整改责任人、整改时限与整改标准，全程跟踪整改进度，完成整改后开展复核验收，形成隐患发现、登记、整改、复核、归档的全闭环管控，彻底消除设备潜在故障风险[4]。

3.4 优化维保人员与物资资源配置体系

针对传统维保资源配置失衡问题，从人员专业能力提升、物资精细化管控两个维度优化资源配置，为常态化预防性维保落地提供全方位支撑。人员管理层面，构建分层分类的专业化培训体系，针对一线运维人员，重点开展设备损耗规律识别、标准化巡检操作、隐性故障预判、前置防控技术等专项培训，打破人员经验化作业的固有局限，提升维保精细化、专业化作业能力；针对维保管理人员，重点开展维保体系优化、数据研判、资源统筹、风险管控等管理能力培训，提升维保整体统筹规划与动态管控水平。同时，建立配套的考核激励机制，将巡检质量、维保成效、隐患防控效果、设备运行稳定性纳入考核体系，倒逼运维人员规范作业流程、提升工作质量。物资管理层面，搭建动态化维保物资储备与调配体系，结合不同设备的维保周期、损耗规律、故障高发特征，精准测算各类耗材、配件的使用需求，优化物资库存结构，保障核心维保物资充足储备，同时避免闲置物资积压。建立物资分类管控、动态盘点机制，实时更新物资库存信息，依托维保工作计划提前做好物资调配，保障维保作业高效开展，同时降低物资运维成本，实现维保资源的最优配置。

3.5 搭建维保动态优化迭代管理机制

地铁车辆机械设备运行工况处于动态变化状态，设备损耗规律、维保需求也会随服役时长、运营频次、环境变化持续调整，因此常态化预防性维保管理体系需建立动态迭代优化机制，持续适配运维场景变化。依托长期积累的设备巡检数据、维保记录、故障台账，定期开展维保工作复盘分析，总结不同阶段维保体系的适配性，梳理现有维保模式、巡检标准、防控机制存在的短板与不足，结合设备最新损耗状态与运营需求，动态调整维保周期、作业内容、检测标准与风险管控等级。针对运维过程中出现的新型设备损耗问题、隐性故障类型，及时优化前置防控措施，更新标准化巡检内容，补齐维保管控短板。同时，推动维保工作精细化升级，摒弃粗放化、形式化的维保作业模式，聚焦设备核心损耗点、故障高发点、管控薄弱点，持续优化维保作业流程与管控策略，形成“数据积累—复盘分析—问题整改—体系优化”的良性迭代循环，持续提升常态化预防性维保管理的科学性与适配性，实现地铁车辆机械设备全生命周期的高效、稳定运维[5]。

结束语

地铁机械设备常态化预防性维保，是保障轨道交通安全稳定运行、减少设备损耗、规避运行故障的重要手段。本文梳理了设备运行与损耗特征，分析了传统维保模式的各类短板，从多方面优化了维保管理体系，该方案具备较强实用性，可为地铁设备精细化维保工作提供一定的参考依据。

参考文献

[1]丁元龙,丁超.城市营运车辆使用性能优化与管理实践[J].人民公交,2026,(14):21-23.

[2]胡义飞.智能运维技术在地铁车辆检修与运用管理中的应用[J].石家庄铁路职业技术学院学报,2026,25(2):62-65.

[3]昌路明.城市轨道交通车辆电磁兼容标准与管理体系研究[J].机电信息,2026,(15):1-9.

[4]王群.全面预算管理下城市轨道交通地铁车辆成本控制研究[J].秦智,2025,(12):80-82.

[5]陈欣,王伟宵.现代化地铁运输车辆整体结构与性能优化[J].中国储运,2026,(8):125-127.