

轨道交通转辙机设备故障成因与现场检修策略探讨

王 硕

徐州轨道交通运营有限公司 江苏 徐州 221000

摘 要：转辙机为轨道交通关键信号设备，设备运行工况复杂，易受机械损耗、电气老化、环境干扰及运维疏漏等因素影响产生故障，对线路行车安全与运营秩序存在直接影响。本文依据转辙机结构组成与运行特点，系统归纳设备各类故障的形成原因，结合现场运维实际条件，构建多维度的设备检修与隐患治理体系。通过推行规范化、精细化的现场检修模式，能够有效降低设备故障发生率，改善设备运行状态，提升转辙机运行可靠性，为轨道交通安全稳定运营提供技术运维参考。

关键词：轨道交通；转辙机；故障成因；现场检修；设备运维

引言：国内轨道交通路网规模持续扩张，线路运营密度与行车频次不断提高，信号设备的运行可靠性对行车安全与运输秩序的影响愈发突出。转辙机作为道岔控制的核心设备，长期处于往复作业状态，设备结构损耗与运行故障问题持续多发，容易造成线路拥堵与运营延误。现阶段现场运维工作仍存在检修标准不统一、隐患治理不彻底等实际问题。本文结合轨道交通现场运维实际，系统分析转辙机各类故障的形成原因，梳理科学可行的现场检修优化策略，为行业设备运维规范化开展提供参考依据。

1 轨道交通转辙机设备核心结构与运行原理

1.1 机械传动结构

机械传动结构属于转辙机的核心执行结构，该结构主要由电机、减速装置、传动齿轮、丝杆以及各类功能杆件组成，整体负责完成轨道通道岔的转换作业。设备运行期间，电机可输出基础动力，减速装置能够降低运转速度并提升传动扭矩，整套传动结构会随之做往复运动，以此带动动作杆完成尖轨切换工作。锁闭杆可对道岔位置进行固定锁闭，能够有效避免列车通行过程中道岔出现移位问题^[1]。传动配合精度、部件间隙与结构整体强度，会直接影响道岔转换效果和锁闭安全性，这也是该结构成为转辙机故障高发区域的主要原因。

1.2 电气控制结构

转辙机的电气控制结构可以为设备整体运行提供动力与指令控制支持，该结构的组成部分包含电路线路、连接端子、继电器以及接触点位等基础电气配件。系统在运行过程中能够接收轨道调度设备发出的切换指令，可通过控制电机的正反转动完成道岔位置切换工作。系

统能够同步反馈设备运行状态数据，以此保障轨道信号系统的稳定运行。电气配件的绝缘效果、导电性能与运行状态，都会对转辙机工作精度造成影响，设备电气故障大多来源于线路老化、配件损坏与接触点位工作异常等问题。

1.3 锁闭检测结构

锁闭检测结构能够对轨道道岔的行车安全起到基础防护作用，该结构可以划分为内部锁闭和外部锁闭两个组成部分，主要构件包含锁闭齿轮、锁块、检测开关与表示装置等设备零件。这套结构可以在道岔完成位置转换工作之后完成机械锁闭操作，以此固定尖轨的实际摆放位置。设备运行期间，结构可持续监测道岔转换状态与锁闭状态，并将相关运行数据传输至控制系统。系统能够根据设备运行状态启动对应的信号保护机制，以此防范道岔锁闭失效、转换不到位等问题引发的轨道行车安全隐患。

1.4 防护辅助结构

转辙机防护辅助结构包含机体外壳、密封配件、排水构件、防尘装置以及减震垫片等基础配套零件。这套结构的主要功能是隔离外部环境带来的各类干扰因素，其中包含雨水、积尘、油污和机械震动等内容，它能够对设备内部的机械结构与电气组件起到基础保护作用。防护辅助结构不会直接参与道岔的转换作业，但它的工作状态会影响转辙机的环境适应能力，也会对设备整体使用年限造成直接影响。防护结构出现损坏或失效的问题后，设备内部构件容易出现各类衍生故障，这也是转辙机次生故障出现的主要诱因。

2 轨道交通转辙机设备主要故障成因分析

2.1 机械结构故障成因

在转辙机设备各类故障当中,机械故障的发生概率最高,这类故障的占比能够达到设备总故障数量的70%以上。设备长期高频往复运行的状态,会让齿轮、丝杆与动作杆等传动构件持续承受摩擦与外力作用,设备运行时间增加后,构件会出现磨损、锈蚀以及形变的情况,致使传动间隙出现异常,道岔作业也会出现运行迟缓、卡滞和对位不准的问题。日常养护工作的疏漏会造成润滑系统失效,构件磨损速度会进一步加快,还会引发设备传动卡死的问题^[2]。列车运行产生的震动、线路沉降与安装偏差,都会造成设备零件松动、结构变形,最终引发道岔锁闭失效。同时,轨道区域的各类杂物进入设备内部,也会造成设备卡滞、转换超时等故障问题。

2.2 电气系统故障成因

转辙机电气系统产生的故障普遍存在隐蔽性较强、突发概率高且排查难度较大的特征,这类故障主要可以划分为线路故障、元件故障以及信号参数故障三种类型。露天作业的运行环境会持续影响设备电缆线路,光照、雨雪和温差变化都会加速线路老化,造成绝缘层破损、内部线材断裂等问题,设备的反复动作也会让接线位置出现弯折损伤,进而引发虚接、短路和断路问题,致使设备无法正常接收动力与操作指令。设备内部的各类电气元件会在长期工作中出现损耗,触点氧化烧蚀、元器件性能衰减都会造成信号反馈异常。电网电压波动、系统程序偏差和外界信号干扰,也会让转辙机出现运行参数偏移,引发设备动作失灵、转换超时与位置信号误报等故障问题。

2.3 环境因素诱发故障成因

多数轨道交通转辙机设备都布置在露天轨道地段,复杂多变的外界环境是引发设备故障的主要外部原因,相关故障占转辙机外部故障总量的65%以上。环境温湿度的波动会持续影响设备运行状态,高温会加快电气配件老化速度、稀释设备润滑介质,低温会造成润滑介质凝固、金属构件变形,雨雪天气容易让设备内部积水受潮,进而引发短路、锈蚀以及部件卡滞问题。隧道风沙、工业粉尘会持续侵入设备内部,直接降低设备导电能力与传动精准度。腐蚀性空气会加速零部件损耗,列车运行带来的震动和风压,以及各类极端天气,都会持续损耗设备结构,提升突发性设备故障的发生概率。

2.4 运维管理不当故障成因

人为运维管理问题是转辙机设备重复故障、高频故

障的主要诱因,据统计,轨道交通现场近三成的转辙机故障都源于运维管控疏漏。运维人员在日常工作中如果没有落实固定的养护流程,巡检频次、设备清洁和润滑作业都会出现缺失,细小的设备隐患会逐步累积并发展为严重故障。工作人员在检修作业的过程中,容易出现设备安装、线路对接不标准等操作问题,这类问题会改变设备原有运行状态,进而产生新的设备故障^[3]。多数现场故障处理仅完成表层修复工作,工作人员没有全面排查故障诱因与关联部件隐患,设备故障复发概率会明显提升。另外,部分一线运维人员的专业储备存在不足,人员难以识别设备隐性隐患,整体运维预判和治理能力相对有限。

3 轨道交通转辙机设备现场检修优化策略

3.1 完善常态化日常检修体系

常态化检修机制是控制转辙机设备故障频发问题的基础手段,现有运维数据表明,规范的日常检修作业可以把设备常规故障概率降低40%左右,目前轨道交通运维领域普遍采用日检、周护、月查的三级运维模式开展设备管理工作。运维人员需要按照工作制度完成每日动态巡检任务,对转辙机的整体外观、道岔转换状态以及信号反馈效果进行逐项核查,工作人员需要及时发现设备外壳破损、密封结构失效、线路裸露和异物卡顿等常见问题,同步记录设备动作时长、转换精度、锁闭状态等核心运行参数,及时清理轨道区域杂物来保障设备运行环境的整洁度。运维人员需要每周开展固定的设备养护作业,对转辙机传动结构进行清洁处理,更换性能衰减的润滑材料,紧固设备各类连接部件,校准杆件配合间隙,以此保证设备机械传动的整体精度。运维人员需要每月对设备全部结构进行系统性排查,检测电气线路、锁闭结构以及防护装置的运行状态,对老化、破损的零部件进行更换,同时工作人员需要完善检修台账,如实登记历次检修数据与设备隐患,让设备全周期运行状态具备可追溯性,持续提升转辙机日常运行的稳定性与安全性。

3.2 细化专项故障检修流程

轨道交通运维工作需要搭建统一规范的专项故障检修流程,用来针对性处理转辙机设备因机械、电气及环境因素引发的各类故障,相关标准化作业模式能够有效改善传统检修工作盲目性强、效率偏低的问题,据运维统计数据,该模式可提升故障排查精准度约35%。工作人员在处理转辙机机械故障的过程中,需要优先清理设备内部堆积的各类杂物,全面检查传动构件的磨损、变形情况,精准测量各构件的配合间隙参数,对磨损超

标、性能失效的零部件进行更换,同时重新校准设备安装精度与道岔锁闭位置,检修结束后需要多次开展道岔转换试验,确保设备动作流畅、运行状态符合标准^[4]。工作人员排查电气故障时,需要遵循从外部到内部的基础排查原则,依次检测线路、接线端子的绝缘性能与导通状态,核查各类电气元件的实际工作工况,及时更换老化失效的配件,检修完成后需要开展电气性能检测与信号联动试验,保障电气系统稳定运行。针对环境因素带来的设备隐患,工作人员需要常态化开展防潮、防尘与防腐养护作业,及时更换老化的密封配件,疏通设备内部排水通道,对金属构件和电气接口做好防护处理,在极端天气前后开展专项排查工作,能够进一步削减环境因素造成的设备故障问题。

3.3 构建故障预判预警机制

轨道交通转辙机的运维工作需要摒弃传统被动维修的作业方式,相关行业统计数据表明,预防性检修模式能够将设备隐性隐患治理效率提升38%,可以有效降低突发故障对线路运营造成的影响。运维单位需要建立常态化参数监测机制,工作人员需要长期采集转辙机的运行时长、电机工作电流、机械配合间隙以及信号反馈等基础数据,工作人员会将实测参数与设备标准参数进行比对,一旦数值出现偏移或异常波动,工作人员就要及时开展专项排查工作,以此及时发现设备潜藏的安全隐患。运维人员可以结合季节更替与设备运行时段,总结故障发生的整体规律,运维工作可以根据不同季节的工况差异调整检修工作重心,夏季重点做好设备散热、防潮与防老化养护工作,冬季侧重落实设备防冻、线路防护以及润滑维护工作。轨道交通智能运维系统可以实时接入设备运行数据,系统能够依托大数据分析整理设备损耗规律与故障高发时段,运维人员可以提前制定对应的养护与检修计划,主动完成各类隐患的治理工作,能够从根源上降低转辙机设备的整体故障发生概率,持续提升设备运行的稳定性与可靠性。

3.4 优化运维管理体系

完整的运维管理机制是保障转辙机各项检修工作有序推进的重要基础,相关统计数据显示,全方位优化运维体系后,现场运维工作的合规水平能够提升42%。运维单位需要从制度建设、人员培养、考核监督以及技术升级四个方面,对现有运维模式进行系统性完善。运维单位可以参照行业技术标准与现场作业条件,制定适配

转辙机设备的检修管理制度,明确日常养护流程、故障处理标准以及各岗位人员的工作职责,统一各项作业的执行频次与操作规范,能够在一定程度上杜绝运维工作出现形式化问题^[5]。运维单位需要定期组织在岗人员开展专业培训与实操练习,培训内容可以涵盖设备结构原理、故障产生原因、现场检修方法以及行业作业规范,工作人员的专业水平与实操能力可以得到持续提升,设备隐患排查与故障应急处理的整体质量也可以得到保障。运维单位需要建立常态化监督考核机制,对设备巡检、日常养护以及故障修复等全部作业环节进行过程监管,对违规操作、漏检误检等行为落实考核管理,以此规范现场人员的作业行为。运维单位还要持续更新运维技术与检测设备,利用智能化手段排查设备隐性故障,结合长期运维经验持续优化检修方案,稳步提升转辙机设备的运维质量与运行稳定程度。

结束语

综上所述,转辙机设备的稳定运行是轨道交通安全运营的重要基础,设备故障由机械损耗、电气老化、环境影响及运维疏漏等多重因素共同引发。规范的检修运维工作能够有效减少设备故障隐患,降低设备故障发生频率,保障道岔转换与锁闭作业的稳定性。常态化检修、专项故障处置与预判预警机制的落实,可以完善设备运维管理体系,改善传统运维模式的各类弊端。持续优化现场检修流程与管理制度,能够稳步提升转辙机设备运行可靠性,延长设备使用寿命,为轨道交通线路安全、稳定、高效运行提供坚实的设备保障。

参考文献

- [1] 邹劲柏,魏诗燕,刘江,等.面向智能运维的轨道交通转辙机模拟数据生成器设计与验证[J].城市轨道交通研究,2025,28(1):188-192.
- [2] 朱可桢,胡金杰,刘亮.基于宽度学习的自适应相位分割转辙机故障诊断算法研究[J].现代城市轨道交通,2025(4):78-84.
- [3] 黄祖宁,黄文琦,刘桓.基于动作曲线的交流转辙机故障诊断分析[J].电气化铁道,2025,36(3):98-101.
- [4] 高伯翰,李硕.道岔转辙机声纹特征与故障识别研究[J].中国设备工程,2026(15):132-135.
- [5] 郑欣宇,赵鹏宇,李凯.基于图像分割的转辙机缺口检测方法[J].内江科技,2024,45(9):54-55.