

# 地铁道岔滑床板故障问题分析及优化措施研究

白昭军

天津津铁工程技术有限公司 天津 300000

**摘要:** 随着地铁网络不断拓展延伸,道岔滑床板故障问题日益凸显。本文聚焦于地铁道岔滑床板故障问题展开深入研究。首先介绍了地铁道岔滑床板的基本情况,接着详细剖析了其故障成因,涵盖结构缺陷、复杂受力、养护维修不当以及钢轨波磨等方面。针对这些故障问题,文章从结构优化设计、工艺制造改进、整铸滑床板、现场检查技术革新与预防性维修以及规范养护维修操作等多个维度,提出了切实可行的优化措施。旨在通过这些研究,为提高地铁道岔滑床板的可靠性与稳定性,保障地铁运营安全提供理论支持与实践指导。

**关键词:** 地铁;道岔滑床板;故障分析;优化措施

引言:地铁作为城市公共交通的重要组成部分,其安全高效运行关乎城市交通秩序与民众出行体验。道岔作为地铁线路的关键设备,滑床板则是道岔的核心部件之一,其性能优劣直接影响道岔转换的平稳性与准确性。然而,在实际运营过程中,地铁道岔滑床板频繁出现各类故障,不仅影响地铁的正常运行效率,还可能引发安全隐患。因此,深入分析地铁道岔滑床板的故障问题,探寻有效的优化措施,对于提升地铁运营质量、保障乘客安全具有至关重要的现实意义。

## 1 地铁道岔滑床板的概述

地铁道岔是地铁线路中引导列车由一股轨道转向另一股轨道的关键设备,而滑床板作为道岔的重要组成部分,对道岔的正常转换和列车的安全运行起着至关重要的作用。(1)从结构组成来看,地铁道岔滑床板通常由多个部件协同构成。它一般安装在道岔转辙器部分,与基本轨紧密相连。其主体部分为一块平整的金属板,表面经过特殊处理,以减少与尖轨底部的摩擦力。在滑床板的下方,设有支撑结构,确保滑床板在列车通过时能够保持稳定,不发生晃动或位移。同时,为了便于排水和防止杂物积聚,滑床板表面还会设计有一定的坡度和排水孔<sup>[1]</sup>。(2)从功能作用方面分析,滑床板的主要功能是为尖轨的滑动提供平稳、顺畅的支撑。当道岔进行转换时,尖轨在滑床板上滑动,实现轨道的切换。这就要求滑床板具有良好的耐磨性、抗冲击性和稳定性,以确保尖轨能够准确、快速地到达指定位置,保证列车行驶的安全性和平稳性。(3)从运行环境角度考虑,地铁道岔滑床板处于复杂的地下环境中。地下湿度大、温度变化频繁,且列车通过时会产生强烈的振动和冲击力。这些因素都会对滑床板的性能和使用寿命产生影响。因此,滑床板需要具备良好的耐腐蚀性和抗疲劳性能,以适应恶

劣的运行环境,减少故障发生的概率,保障地铁系统的长期稳定运行。

## 2 地铁道岔滑床板故障问题分析

### 2.1 滑床板结构缺陷导致的故障

地铁道岔滑床板结构若存在设计或制造缺陷,会引发诸多故障。部分滑床板结构设计不合理,其支撑部分强度不足,在列车长期通过产生的巨大压力下,易出现变形,导致滑床板与尖轨接触面不平整,使尖轨滑动受阻,影响道岔正常转换。制造过程中,若尺寸精度把控不严,滑床板各部件之间配合间隙过大或过小,间隙过大易使滑床板在列车振动下产生晃动,间隙过小则会增加摩擦力,加速部件磨损。此外,焊接式滑床板本身存在工艺弱点,焊缝质量受人因素为影响大,易产生虚焊、应力集中等初始缺陷降低其焊缝结构强度,长期使用后可能出现断裂或者焊缝开裂等严重故障,严重影响地铁运营安全与效率。

### 2.2 复杂受力导致的滑床板损伤

地铁道岔滑床板在运营中承受着复杂多变的力。列车通过道岔时,滑床板不仅要承受列车自身的重力,还要承受列车行驶产生的横向力和纵向力。横向力会使滑床板受到侧向挤压,长期作用可能导致滑床板边缘变形、开裂。纵向力则会使滑床板产生拉伸或压缩变形,影响其与尖轨的贴合度。同时,列车启动、制动时的冲击力也会频繁作用于滑床板,加速其疲劳损伤。而且,不同车型、不同载重的列车通过时,对滑床板施加的力大小和方向都有差异,这种复杂多变的受力情况,使得滑床板容易出现磨损、裂纹等损伤,降低其使用性能和寿命。

### 2.3 养护维修不当引发的滑床板问题

养护维修工作对地铁道岔滑床板的性能和使用寿命

至关重要,若养护维修不当会引发诸多问题。在清洁方面,若未能及时清理滑床板表面的杂物、油污等,会增大尖轨与滑床板之间的摩擦力,加速滑床板的磨损。在润滑方面,润滑油脂涂抹不均匀或选用不合适,会导致部分区域润滑不足,而部分区域油脂过多吸附灰尘,同样影响滑床板的正常滑动。在紧固部件检查上,若未及时发现问题并紧固松动的螺栓等部件,在列车振动作用下,这些部件会进一步松动甚至脱落,使滑床板结构不稳定,引发故障。此外,不规范的维修操作,如野蛮拆卸、安装,也可能对滑床板造成机械损伤,影响其正常使用<sup>[2]</sup>。

#### 2.4 钢轨波磨对滑床板受力的影响

钢轨波磨是地铁钢轨常见的一种病害,它会对滑床板的受力产生显著影响。钢轨出现波磨后,其表面不再是平整光滑的,而是呈现出波浪形的起伏。当列车行驶在有波磨的钢轨上时,会产生周期性的振动和冲击力。这种振动和冲击力会通过车轮传递到滑床板上,使滑床板承受不均匀的动态载荷。与正常情况相比,滑床板在波磨影响下,局部受力增大,容易产生应力集中现象。长期处于这种受力状态下,滑床板会出现疲劳裂纹,裂纹逐渐扩展会导致滑床板断裂。而且,波磨引起的振动还会加剧滑床板与尖轨之间的磨损,降低道岔转换的平稳性和准确性,影响地铁运营的安全性和舒适性。

### 3 地铁道岔滑床板的优化措施研究

#### 3.1 结构优化设计

(1)针对滑床板支撑结构进行优化。重新评估现有支撑结构的力学性能,依据地铁运营中列车产生的实际载荷情况,运用先进的力学分析软件进行模拟计算,设计出强度更高、稳定性更好的支撑结构。例如,采用新型的加强筋布局方式,增加支撑部位的厚度和宽度,提高其抗变形能力,确保在列车长期重压下,滑床板能保持平整,为尖轨滑动提供稳定支撑。(2)优化滑床板与尖轨的接触结构。改进接触面的形状和尺寸,使其更贴合尖轨底部轮廓,减少接触应力集中。可以设计成带有一定弧度或特殊纹理的接触面,既能降低摩擦力,又能增强摩擦力的均匀性,避免尖轨滑动过程中出现卡顿现象,提高道岔转换的顺畅性。(3)完善滑床板的排水结构。充分考虑地铁地下环境的潮湿特点,在滑床板上合理设置排水坡度和排水孔。排水坡度要能保证积水顺利流向排水孔,排水孔的直径和分布密度要经过精确计算,确保在短时间内将积水排出,防止积水对滑床板造成腐蚀,延长其使用寿命,保障地铁运营的安全性和可靠性。

#### 3.2 工艺制造改进

(1)在铸造工艺方面进行优化。严格控制铸造过程中的温度、压力和时间等关键参数。精确调控熔炼温度,确保金属液成分均匀,减少杂质含量,避免因成分不均导致的滑床板内部缺陷。合理设置铸造压力,使金属液能够充分填充模具型腔,保证滑床板各部位尺寸精度。同时,精确控制凝固时间,防止出现缩孔、疏松等缺陷,提高滑床板的致密性和整体强度。(2)改进机械加工工艺。采用高精度的加工设备和先进的加工技术,如数控加工中心等,提高滑床板的加工精度。对滑床板的接触面、支撑面等关键部位进行精细加工,保证其表面粗糙度符合设计要求,降低尖轨与滑床板之间的摩擦力,减少磨损。同时,优化加工流程,合理安排各道工序,避免因多次装夹导致的加工误差累积。(3)加强热处理工艺控制。根据滑床板的材料特性和使用要求,制定科学合理的热处理工艺方案。严格控制加热温度、保温时间和冷却速度等参数,使滑床板获得良好的力学性能和组织结构<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 整铸滑床板

整铸滑床板作为铁路道岔系统的关键部件,凭借一体化铸造工艺,在多个方面展现出远超传统焊接结构的显著优势。(1)在结构完整性上,整铸滑床板堪称典范。滑床台与底板整体铸造成型,没有焊缝这一潜在的结构性薄弱点。传统焊接结构中,焊缝处就像一颗“定时炸弹”,列车长期运行产生的疲劳应力以及焊接过程中可能遗留的缺陷,都可能引发开焊问题,进而严重影响行车安全。而整铸滑床板从根源上消除了这一风险,为铁路运行构筑起一道坚固的安全防线。(2)其承载能力与安全性也大幅提升。一体化结构使得部件在承受列车通过时复杂的交变荷载与冲击时,应力分布更加均匀合理。相较于焊接件,整铸滑床板整体刚度更强,断裂的可能性大幅降低。这意味着它能够更好地保障列车平稳、安全地通过道岔,让乘客的出行更加安心。(3)从运维成本与效率的角度来看,整铸滑床板同样优势突出。它避免了焊接热影响区对材料性能的破坏,构件整体材质均匀、性能稳定,使用寿命得以延长,全生命周期综合成本显著降低。而且,无需对焊缝状态进行专项监测,日常检查维护只需关注板体整体完整性及连接件状态,流程得以简化,效率大幅提高。这不仅减轻了运维人员的工作负担,更对保障铁路运营安全、降低长期养护成本具有重要的实践价值,是铁路道岔系统不可或缺的“实力担当”。

#### 3.4 现场检查技术革新

在铁路道岔滑床板的现场检查中,传统方法面临诸

多挑战,而技术革新带来了新的解决方案。(1)为克服表面油污对检查的干扰,创新采用滑床板拆检作业与高压水枪冲洗作业相结合的方式。滑床板拆检能直接观察板下状态和焊缝背面,精准揪出空吊、受力不均等隐藏问题,让隐患无所遁形。高压水枪冲洗则凭借其高效、彻底的特点,迅速清除板面积垢,使焊缝清晰可见,大大提升了人工巡视的识别能力与效率,为检查工作扫清了第一道障碍。(2)针对传统超声波探伤在现场空间狭小、结构复杂时的局限性,涡流探伤技术应运而生。该技术通过测量探头线圈阻抗变化来检测金属表面及近表面的缺陷,对裂纹极为敏感。借助大数据分析优势,对探伤数据进行积累与分析,建立缺陷发展模型,实现预测性维护。现场试验表明,配合特制工装,涡流探伤能有效检测出滑床板的早期裂纹,为故障的早期发现和预警提供了强有力的技术支撑。(3)研发新型复合材料也是一大突破。将金属材料与陶瓷材料等不同性能的材料通过特定工艺复合,充分发挥各材料优势。金属材料赋予其良好的韧性和强度,陶瓷材料提供高硬度和耐磨性,使复合材料兼具足够的承载能力与抗磨损、抗腐蚀性能,为地铁道岔滑床板提供了更优异的性能保障,推动铁路现场检查技术迈向新高度。

### 3.5 规范养护维修操作

(1)制定详细且科学的养护维修标准与流程。针对地铁道岔滑床板的不同部件和不同养护维修阶段,明确具体的操作要求和质量标准。例如,对于滑床板的清洁工作,规定清洁的频率、使用的清洁工具和清洁剂类型,确保能彻底清除表面的杂物、油污等,同时避免因清洁不当对滑床板造成损伤。在润滑操作方面,详细说明润滑油的选用标准、涂抹部位和涂抹量,保证滑床板各关键部位得到均匀、适量的润滑,降低摩擦力,减少磨损。(2)加强养护维修人员的培训与管理。定期组织养护维修人员参加专业培训课程,使其深入了解地铁道岔滑床板的结构原理、性能特点以及养护维修的关键要点。

培训内容不仅包括理论知识,还应注重实际操作技能的训练,通过模拟演练等方式提高人员的动手能力。同时,建立严格的人员考核机制,对养护维修人员的业务水平和操作规范程度进行定期考核,只有考核合格的人员才能上岗作业,确保养护维修工作的质量。(3)建立完善的养护维修监督与反馈机制。安排专门的监督人员对养护维修过程进行全程监督,检查操作人员是否严格按照标准和流程进行作业,及时发现并纠正违规行为。同时,鼓励操作人员在日常工作中积极反馈遇到的问题和改进建议,对合理的建议给予奖励,通过不断优化养护维修操作,提高地铁道岔滑床板的养护维修水平,保障地铁运营的安全与稳定<sup>[4]</sup>。

### 结束语

地铁道岔滑床板作为保障列车安全、平稳转换轨道的关键部件,其运行状态直接影响地铁运营质量。文章深入剖析了滑床板因结构缺陷、复杂受力、养护不当及钢轨波磨等因素引发的故障问题,这些问题严重威胁着地铁运行安全与效率。针对这些问题,从结构优化、工艺改进、材料提升、智能监测及规范养护等多方面提出了优化措施。未来,随着科技不断进步,需持续探索更先进的材料与工艺,完善智能监测体系,强化养护管理,进一步提升滑床板性能,为地铁安全、高效运营提供坚实保障。

### 参考文献

- [1]史龙波.铁路道岔滑床板焊缝宏微观力学特征分析[J].山西建筑,2022,48(02):130-132.
- [2]魏纯,谭梦蕾,严杰文.地铁线路道岔滑床板开裂失效分析[J].中国计量,2020(02):87-90.
- [3]李二勇,王建,张奕梁.地铁道岔滑床板断裂失效分析[J].理化检验(物理分册),2022,53(08):595-598.
- [4]马新平.浅议整体道床道岔综合整治方法[J].科技资讯,2021(03):150.