

# 道岔滑床板断裂故障分析与预防措施研究

张绍明

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 401120

**摘要：**本文聚焦道岔滑床板断裂故障，阐述了其结构组成、功能与受力特点、材料与制造工艺。深入分析断裂故障原因，包括结构受力不均、施工与材质问题、维修养护不足、线路条件影响等。探讨故障对列车运行安全、轨道交通运营效率、轨道设施维护成本的影响。最后从加强设计与施工质量控制、提高维修养护水平、改善轨道结构受力状况、加强现场管理与监控等方面，提出了预防滑床板断裂的措施。

**关键词：**道岔滑床板；断裂故障；疲劳分析；预防措施

## 1 道岔滑床板的结构与工作原理

### 1.1 滑床板的结构组成

道岔滑床板是铁路道岔系统的关键部件，结构复杂且精密，主要由滑床台板、弹性夹、扣件系统及相关连接部件构成。滑床台板是主体结构，一般选用有一定强度和耐磨性的金属材料制成，表面经特殊处理，以减少列车轮对与滑床板间的摩擦阻力。其形状设计契合道岔几何形状，能为列车轮对提供平稳的滚动支撑面，确保列车平稳通过道岔。弹性夹是重要组成部分，安装在滑床台板上，用于固定尖轨或基本轨。它弹性良好，列车通过时能为尖轨或基本轨提供弹性支撑，保证二者紧密贴合，同时缓冲列车对道岔的冲击力，维护道岔结构的稳定。扣件系统负责将滑床板与轨枕牢固连接，通常包括螺栓、螺母、垫圈等部件。通过拧紧螺栓，使滑床板与轨枕间产生足够摩擦力，防止滑床板在列车运行时位移。滑床板还可能配备辅助部件，如排水孔和防爬装置。排水孔能及时排出滑床板表面积水，防止腐蚀并保障列车运行安全；防爬装置可防止滑床板在列车纵向力作用下发生纵向移动，确保道岔结构的稳定性。

### 1.2 滑床板的功能与受力特点

滑床板在道岔系统中功能多样。首先，它为列车轮对提供稳定滚动支撑，确保列车平稳、安全通过道岔区域。列车通过时，轮对在滑床板上滚动，滑床板需承受垂直和水平载荷，保证轮对与轨道良好接触<sup>[1]</sup>。其次，滑床板对保证尖轨与基本轨密贴性至关重要。借助弹性夹的弹性支撑，尖轨在列车通过时能与基本轨紧密贴合，保障列车按预定路线行驶，避免脱轨等安全事故。从受力特点看，滑床板承受复杂载荷。垂直载荷源于列车重量，与列车轴重、编组长度相关；水平载荷包括列车通过时产生的横向和纵向力。横向力使滑床板受侧向挤压和摩擦，可能导致表面磨损和变形；纵向力使滑床板受

拉压作用，影响其与轨枕的连接稳定性。另外，温度变化引起热胀冷缩，可能使连接松动；列车振动带来反复冲击载荷，加速疲劳损伤。

### 1.3 滑床板的材料与制造工艺

滑床板材料选择关键，需具备良好强度、耐磨性、耐腐蚀性和韧性。目前常用材料有铸铁和钢。铸铁滑床板成本低、耐磨性好，但强度和韧性相对较低，承受较大载荷时易断裂。钢制滑床板强度和韧性高，能承受更大载荷，但成本较高。

制造工艺方面，滑床板制造涉及铸造、锻造、机加工等环节。铸铁滑床板通常采用砂型铸造工艺，将铁水浇注到砂型中冷却得到毛坯，再经机加工得到成品。钢制滑床板制造工艺更复杂，形状简单的可采用锻造工艺，通过设备对钢材塑性变形得到所需形状；形状复杂的则需铸造与机加工结合，先铸造毛坯，再进行精细加工。为提高表面质量和性能，还可能进行表面处理，如镀锌和喷漆。镀锌可增强耐腐蚀性，喷漆能改善外观并起到防护作用。

## 2 道岔滑床板断裂故障的原因分析

### 2.1 结构受力不均

道岔滑床板在结构上可能存在受力不均的问题，这是导致其断裂故障的重要原因之一。由于道岔的几何形状复杂，列车通过道岔时，轮对对滑床板的压力分布不均匀。在道岔的尖轨部分，列车轮对在转换过程中会对滑床板产生较大的冲击力和侧向力，使得滑床板的某些部位承受的应力超过其材料的许用应力，从而导致疲劳断裂。滑床板与轨枕之间的连接方式也可能导致受力不均。如果扣件系统的安装不牢固或出现松动，会使滑床板在列车运行过程中发生晃动，进一步加剧受力不均的情况。同时，道岔区段的轨道几何尺寸偏差，如轨距、水平、高低等，也会影响列车轮对与滑床板的接触状

态,导致滑床板受力异常。

## 2.2 施工与材质问题

施工过程中的质量问题也是滑床板断裂故障的常见原因。在道岔铺设过程中,如果滑床板的安装位置不准确,或者与轨枕之间的连接不紧密,会导致滑床板在列车运行过程中承受额外的应力<sup>[2]</sup>。材质问题同样不容忽视,如果滑床板所使用的材料质量不合格,如存在夹杂、气孔等缺陷,或者材料的强度、韧性等性能指标不符合设计要求,会大大降低滑床板的承载能力和抗疲劳性能,材料的热处理工艺不当,也可能导致滑床板的内部组织结构不合理,影响其使用性能。

## 2.3 维修养护不足

维修养护不足是导致滑床板断裂故障的另一个重要因素。在日常运营中,如果对滑床板的检查和维护不及时、不到位,不能及时发现滑床板表面的磨损、裂纹等缺陷,会使缺陷逐渐扩大,最终导致断裂。例如,没有定期对滑床板进行清洁和润滑,会使滑床板表面的摩擦阻力增大,加速其磨损;没有及时紧固松动的扣件系统,会使滑床板与轨枕之间的连接稳定性下降,增加滑床板断裂的风险。维修养护人员的技能水平和责任心也会影响维修养护质量,如果维修人员操作不规范,可能会对滑床板造成二次损伤。

## 2.4 线路条件影响

线路条件对滑床板的使用寿命和断裂故障也有重要影响。如果线路的曲线半径过小,列车通过时会产生较大的离心力,使轮对对滑床板的侧向压力增大,增加滑床板断裂的可能性。线路的坡度也会影响滑床板的受力情况,在较大的坡度上,列车通过时会对滑床板产生较大的纵向力,可能导致滑床板与轨枕之间的连接松动,甚至使滑床板发生位移或断裂。线路的轨道不平顺,如钢轨波浪形磨耗、接头错牙等,会使列车通过时产生较大的振动和冲击,加速滑床板的疲劳损伤。

## 3 道岔滑床板断裂故障的影响分析

### 3.1 对列车运行安全的影响

道岔滑床板断裂故障会严重威胁列车运行安全。当滑床板断裂后,列车轮对在通过道岔时可能会失去稳定的支撑,导致轮对与轨道之间的接触状态恶化,增加脱轨的风险。特别是在高速运行的情况下,滑床板断裂可能会引发严重的列车事故,造成人员伤亡和财产损失。滑床板断裂还可能影响尖轨与基本轨的密贴性,使列车在通过道岔时无法按照预定的路线行驶,导致列车冲突等安全事故。

### 3.2 对轨道交通运营效率的影响

滑床板断裂故障会对轨道交通的运营效率产生负面影响。一旦发生滑床板断裂故障,需要对故障进行及时处理,这可能会导致列车晚点、停运等情况,影响正常的运营秩序。在故障处理过程中,需要进行线路封锁、设备更换等作业,这些作业需要耗费一定的时间和人力物力,增加了运营成本。同时故障的发生也会引起乘客的不满和投诉,影响轨道交通的服务质量和形象。频繁的滑床板断裂故障还可能导致列车运行速度降低,进一步影响轨道交通的运输能力。

### 3.3 对轨道设施维护成本的影响

滑床板断裂故障会增加轨道设施的维护成本。当滑床板断裂后,需要及时更换新的滑床板,这涉及到材料采购、运输、安装等一系列费用。此外,为了防止类似故障的再次发生,还需要对其他滑床板进行检查和维护,增加了维护工作量。滑床板断裂故障可能会导致其他轨道设施的损坏,如轨枕、钢轨等,进一步增加了维修成本<sup>[3]</sup>。而且,由于滑床板断裂故障会影响列车运行安全,为了确保运营安全,可能需要增加巡检频率和维修投入,这也使得轨道设施的维护成本大幅上升。

## 4 道岔滑床板断裂预防措施研究

### 4.1 加强设计与施工质量控制

在道岔设计阶段,必须将滑床板的受力情况作为核心考量因素。由于列车通过道岔时,滑床板承受着复杂且不均匀的载荷,因此优化结构设计至关重要。设计人员应借助先进的力学分析和模拟软件,精确计算滑床板在不同工况下的受力分布,采用合理的形状和尺寸。例如,适当增加滑床板的厚度和宽度,以提升其强度和刚度,使其能够更均匀地承受列车载荷,避免局部应力集中。弹性夹的设计也不容忽视,它直接影响尖轨与基本轨的密贴性和稳定性。可以通过改进弹性夹的材质和形状,提高其弹性系数和抗疲劳性能,确保在列车反复作用下,尖轨与基本轨始终保持紧密贴合,减少因密贴不良导致的额外受力。在施工过程中,严格遵循设计要求是保障滑床板质量的关键。施工人员要精确控制滑床板的安装位置,确保其与轨道几何尺寸相匹配。采用专业的测量工具和定位技术,保证安装误差在允许范围内。同时要确保滑床板与轨枕之间的连接牢固可靠,选用合适的扣件系统,并按照规定的扭矩进行紧固。加强对施工过程的监督和检查,建立质量追溯制度,对每一个施工环节进行详细记录。一旦发现施工质量不合格的环节,要立即责令整改,直至达到设计要求。另外,要加强对施工材料的质量控制,从材料采购、运输到储存,都要严格把关,确保所使用的滑床板材料符合设计要求

和相关标准，杜绝不合格材料进入施工现场。

#### 4.2 提高维修养护水平

建立一套完善且科学的维修养护制度是保障滑床板正常运行的基础。该制度应明确维修养护的周期、内容和标准，确保滑床板得到定期、全面的检查和维护。例如，制定详细的检查清单，涵盖滑床板的外观、连接部位、弹性夹状态等多个方面。同时加强对维修养护人员的培训，提高他们的技能水平和责任心。培训内容不仅包括滑床板的结构和工作原理，还应涵盖维修养护的操作规范和安全注意事项。通过定期组织培训和考核，激励维修养护人员不断提升自身能力。在日常检查中，要重点关注滑床板表面的磨损、裂纹等缺陷。采用目视检查、探伤检测等多种手段，及时发现潜在的安全隐患。对于发现的轻微磨损，要及时进行打磨修复；对于裂纹等严重缺陷，要立即更换滑床板。定期对滑床板进行清洁和润滑，清除表面的污垢和杂物，减少摩擦阻力，延长其使用寿命。要及时紧固松动的扣件系统，保证滑床板与轨枕之间的连接稳定性。可以采用扭矩扳手等工具，确保扣件系统的紧固力矩符合要求。建立维修养护档案，记录每次维修养护的时间、内容和结果，为后续的维修养护工作提供参考。

#### 4.3 改善轨道结构受力状况

通过优化轨道结构，可以从根本上改善滑床板的受力状况。轨道几何尺寸的偏差会直接影响列车轮对与滑床板的接触状态，因此要定期对轨道几何尺寸进行调整。采用先进的轨道测量设备，精确测量轨距、水平、高低等参数，对于超出允许偏差范围的部分，及时进行校正。例如，使用起道机、拨道机等设备，对轨道进行起道、拨道作业，使列车轮对与滑床板的接触更加平稳，减少因接触不良导致的额外受力。在曲线地段，适当增加超高是减小列车通过时产生的离心力、降低轮对对滑床板侧向压力的有效方法。根据列车的运行速度、曲线半径等因素，精确计算超高值，并进行合理设置。还可以采用新型的轨道减振技术，减少列车振动对滑床板的影响。例如，在轨枕下设置减振垫，利用减振垫的弹性变形吸收列车振动能量；或者在轨道结构中安装减振器，通过减振器的阻尼作用降低列车通过时产生的振动和冲击。另外，还可以优化轨道的支撑结构，提高轨道的整体稳定性和抗振性能，进一步改善滑床板的受力

环境。

#### 4.4 加强现场管理与监控

加强对道岔现场的管理和监控，是及时发现和处理滑床板问题的重要保障。建立健全的监测系统，通过安装传感器等设备，实时监测滑床板的受力情况、温度变化等参数。例如，在滑床板的关键部位安装应力传感器，实时获取滑床板的应力数据；安装温度传感器，监测滑床板的温度变化情况<sup>[4]</sup>。利用数据采集和分析系统，对监测数据进行实时处理和分析，一旦发现异常情况，及时发出警报，并采取相应的措施。同时加强对线路运营情况的监控，通过轨道检测车、车载监测设备等，及时发现列车运行过程中的异常振动和冲击。对监测到的异常数据进行分析，判断其对滑床板的影响程度。加强对现场作业的管理，规范作业流程，制定详细的作业指导书，明确每个作业环节的操作要求和安全注意事项。加强对作业人员的培训和监督，确保他们严格按照作业流程进行操作，避免因人为因素导致滑床板损坏。还要建立应急预案，明确应急处置流程和责任分工。一旦发生滑床板断裂故障，能够迅速启动应急预案，组织专业人员进行抢修，减少对列车运行和轨道交通运营的影响。同时对应急处置过程进行总结和评估，不断完善应急预案。

#### 结束语

道岔滑床板断裂故障对地铁运输安全与效率影响重大。本文通过全面分析其断裂原因、影响，提出了一系列针对性预防措施。未来，需持续关注滑床板技术发展，结合实际情况不断优化预防措施。同时，加强相关人员培训，提升管理与维护水平，确保滑床板稳定运行，为地铁运输安全、高效提供坚实保障，推动铁路事业持续健康发展。

#### 参考文献

- [1]杨飞,王璞,孙加林,等.高速道岔尖轨磨耗规律及对动力学性能的影响[J].铁道工程学报,2020,37(3):13-20.
- [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(2):87-90.
- [3]毛少虎,钟卫国.道岔运维质量评价和预测分析系统研究[J].铁道技术监督,2022,50(08):24-28.
- [4]沈龙乐,梁维海.基于数据驱动的地铁道岔钢轨健康和诊断系统[J].现代交通技术,2022,19(01):80-83.