

城市轨道交通曲线钢轨病害及打磨对策研究

张洋洋

合肥市轨道交通集团有限公司 安徽合肥 230000

摘要: 随着国内轨道交通的高速发展以及居民出行方式的变化,城市轨道交通曲线钢轨的定期打磨是确保运营安全、提升乘车舒适度、延长设施寿命以及降低运营成本的必要举措。通过科学合理的维护措施,可以有效提升轨道交通系统的整体运行效率和服务质量。未经维护的曲线钢轨可能会出现裂纹、断裂或表面磨损严重等问题,影响其使用寿命和安全性。通过定期的打磨维护,可以有效延长曲线钢轨的使用寿命,减少因轨道老化导致的维修和更换成本。本文结合城市轨道交通曲线钢轨病害及打磨对策进行分析,以供参考。

关键词: 城市轨道交通; 曲线钢轨病害; 打磨对策

1 钢轨病害主要原因

钢轨是轨道交通电客车的直接载体,主要起承载、导向、传力的作用。在电客车动态荷载的反复冲击作用下,轨面产生滚动接触疲劳塑性流动,随着高频次、高密度的轮轨接触,裂纹在接触疲劳层加剧扩展,外加曲线粘滑振动、加减速、杂散电流腐蚀等因素的共同作用下,导致钢轨踏面陆续出现疲劳斜裂纹、波浪形磨耗、压溃裂损、剥离掉块、肥边等诸多损伤病害,并不断劣化、破坏钢轨断面形状及表面质量,恶化钢轨与车轮接触关系,加剧病害程度和范围。

2 钢轨病害主要类型

2.1 鱼鳞纹伴随剥离掉块

钢轨鱼鳞纹伤损是指在车轮滚动与蠕滑交变应力作用下,轨面内部产生的最大剪切应力大于钢轨材料的屈服强度极限,致使表层塑性变形并逐渐扩展,随着不断地高频次轮轨切向力和法向力的交变作用,塑性流动发展为不可逆,当其达到钢材的变形极限,作用边便出现细微的斜裂纹,并向下扩展、相互贯通出现零星掉块,若不及时修整,进一步发展为钢轨踏面、轨距角的大面积剥离掉块。

2.2 波磨伴随剥离掉块

钢轨波磨的萌生、发展较为复杂,目前还未形成统一一定论,主要原因大致为轮轨间的蠕滑和法向力的波动引起了粘滑振动的产生,粘滑振动进一步引起钢轨踏面塑性变形,最终产生波磨。由于内股钢轨的荷载较小,更易引起粘滑振动,所以波磨更多地出现在内轨。部分特定波长的波磨是由轨道、车辆系统的共振等动力特性

引起,市面上一些钢轨调频阻尼产品便是基于此机理避开或改变轨道结构相关主频来减缓波磨的产生、发展。

3 钢轨病害影响因素

影响钢轨病害发展的因素较多,下面主要从线路的设计构造和后期的养护维修进行分析。影响钢轨鱼鳞纹伤损的发展主要与钢轨材质、曲线半径、轨面介质、线路整修有关,影响钢轨波磨的发展主要与曲线半径、轨道刚度及阻尼、轨道几何参数有关。(1) 钢轨材质。钢轨的金相组织稳定性越差,疲劳强度便越低,其伤损的萌生、发展概率也更快,如U71Mn差于U75V钢轨。(2) 曲线半径。曲线半径越小,内外滚动半径差越大,轮轨的侧向剪切力、蠕滑效应随之更大,钢轨磨耗、疲劳加剧。通过分析兰州1号线的钢轨病害,其中 $R \leq 450\text{m}$ 小半径曲线占全部剥离掉块67.8%;占全部波磨44.7%,占全部鱼鳞伤34.7%。(3) 轨道刚度。减小垂向轨道刚度,加大轨道弹性,有利于减小对钢轨的冲击,减缓病害的发展。(4) 轨道几何形位。设计、施工或养护导致的过(欠)超高、轨距、轨底坡的不同偏差也对钢轨病害产生不同差异的影响。(5) 轨面介质。主要是露天地段雨水或钢轨涂油器油脂渗入初期的鱼鳞纹,在列车的挤压下产生油楔效应,加剧微裂纹的快速扩展。(6) 减振道床。随着轨道交通周边环境对减振效果的高需求,较多的减振结构因能量守恒原理出现了更多的内部损伤,通过分析兰州1号线钢轨踏面病害,减振道床段病害占全部钢轨剥离掉块73.7%,占全部钢轨踏面波磨82.3%,占全部钢轨鱼鳞伤87.5%。(7) 线路整修。主要从曲线的圆顺度整治和初期疲劳损伤的预防性打磨,使轮轨保持

良好的接触关系，减小轮轨接触应力。另外，钢轨病害还与轨道存在反向曲线、夹直线过短、竖缓重叠、大坡道等线路设计要素有关，这些因素导致轮轨受力更加复杂，促使钢轨病害加剧发展。

4 城市轨道交通曲线钢轨打磨对策

4.1 定期检查和维修

建立严格的曲线钢轨检查和打磨计划，包括频率和操作流程。根据轨道使用情况和磨损状态，制定详细的检查周期。引入轨道检测车辆和激光测量系统，检测曲线轨道的磨损情况和几何参数，精确判断打磨的时机和位置。

4.2 打磨技术和工艺优化

使用高精度的打磨设备，确保轨道表面的平整度和垂直度，避免过度磨损或不均匀磨损。调整打磨机械的转速、砂轮材料和压力，根据曲线轨道的具体情况进行优化，确保磨除不平和提高轨道表面质量。

4.3 技术人员培训与管理

培训打磨操作人员，使其熟悉打磨设备的操作技术和安全规程，能够独立进行高效的打磨作业。设立质量控制标准和作业指导书，严格执行打磨操作规程，确保打磨质量和效果符合要求。

4.4 实施效果监测和评估

定期评估打磨后轨道的几何形状和表面质量，确保打磨效果符合技术标准和安全要求。分析打磨过程中收集到的数据，优化打磨策略和周期，提高打磨效率和成本效益。在打磨过程中采取环保措施，减少粉尘和噪音污染，保护周围环境和居民健康。加强打磨作业的安全

管理，包括设施和设备的安全检查、人员防护措施和应急预案，确保作业安全和人员健康。

结语

综上所述，轨道几何尺寸的精细化养修只能起到有限的减缓作用，更多的处理方式对钢轨的预防性打磨和修理性打磨。考虑最佳的经济、社会效益，局部的点状病害可由小型机具灵活打磨；针对一定范围钢轨鱼鳞纹、掉块或波磨深度不超过0.3mm的钢轨病害，采取灵活性的预防性打磨措施，防止病害进一步恶化、发展，也是打磨经济性最好的时机；针对大范围出现中度病害或剥离掉块时，采取钢轨铣磨则是一种效果较好、成本较低、效率较高的可选方式。因此，实际整治中应采用多样化的打（铣）磨策略，以全方位应对运营中出现的钢轨病害，进而延长钢轨及车轮使用寿命，改善轮轨关系，消除行车隐患，提高乘车舒适度和服务质量。通过科学的打磨计划、先进的打磨技术和设备、严格的质量管理和安全措施，可以有效地改善城市轨道交通曲线钢轨的使用状况，提升运营安全性和乘车舒适度，延长轨道的使用寿命，从而保障城市轨道交通系统的可持续发展。

参考文献

- [1] 陈武. 曲线段钢轨打磨廓形设计及适应性研究[D]. 江西省：华东交通大学，2023.
- [2] 中超. 城市轨道交通小半径曲线钢轨波磨打磨降噪的应用探索[J]. 中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术，2019，（07）：00290-00291.