

无缝线路锁定轨温偏差对钢轨断裂风险的影响评估

李凯林

国能新朔铁路有限责任公司大准铁路分公司 内蒙古自治区 鄂尔多斯 010300

【摘要】：本研究探讨了无缝线路锁定轨温偏差对钢轨断裂风险的影响。随着铁路运输的不断发展，钢轨作为铁路线路的重要构件，其断裂风险已成为影响行车安全的关键因素。锁定轨温偏差的变化会直接影响钢轨的应力状态，进而对钢轨的疲劳寿命及断裂风险产生重要影响。通过数值模拟与实地测试相结合的方式，本文对不同温度条件下钢轨的断裂风险进行了评估，并提出了降低断裂风险的有效措施。结果表明，精确的温度监控与控制对于提高无缝线路的安全性至关重要。该研究为钢轨管理及铁路安全提供了重要的理论支持和实践依据。

【关键词】：无缝线路；锁定轨温偏差；钢轨断裂；风险评估；温度控制

DOI:10.12417/2811-0528.25.21.048

引言

在现代铁路运输中，无缝线路因其平稳、舒适的行驶特性，已成为广泛应用的技术。然而，随着列车速度的不断提高，钢轨在运行过程中承受的温度与力学负荷越来越大。尤其是在不同气候条件下，锁定轨温偏差对钢轨的影响逐渐显现。温度变化会引起钢轨内部的热膨胀和收缩，形成不同的应力状态，这些应力在长期作用下可能导致钢轨的断裂。钢轨断裂不仅严重影响铁路运营的安全性，还可能造成重大经济损失。评估轨温偏差对钢轨断裂风险的影响，找到有效的控制和管理措施，对于提高铁路系统的安全性具有重要意义。

1 无缝线路锁定轨温偏差的影响机理

无缝线路的应用大大提升了铁路运输的平稳性和安全性，但随着列车速度的不断增加和气候变化的影响，钢轨在温度变化下的行为逐渐成为影响铁路安全的关键因素。钢轨的温度变化不仅影响其物理性能，还直接关系到线路的安全性。无缝线路中的钢轨在受到温度的影响时，表现出明显的热膨胀和收缩现象，这种现象在大范围的铁路运营中是常见的，尤其在季节交替或极端气候下，温差会对钢轨的结构和应力状态造成显著影响。锁定轨温偏差则是指在局部区域由于外部环境因素或轨道设备配置不当所产生的温差，这种偏差的出现往往是无法通过常规的监测系统完全感知到的。

锁定轨温偏差的影响机理在于，钢轨的温度分布不均匀会导致钢轨内部的热应力不均，从而产生裂纹或疲劳现象。具体而言，在温度较高或较低的区域，钢轨会发生不同程度的膨胀或收缩，造成局部应力集中。如果温度变化过快，或者温度差异过大，钢轨就可能由于长期的应力作用而出现疲劳断裂。这种断裂风险在无缝线路上尤为严重，因为没有接头处的缓冲作用，温度变化对钢轨的整体影响更为直接和剧烈。为了解决这一问题，科研人员已提出多种理论模型来模拟不同温度下的钢

轨行为，试图找出最佳的温度管理方法和钢轨设计方案。

无缝线路中锁定轨温偏差的影响，往往不仅限于钢轨的结构损伤，还可能导致其他线路设施的损坏。在实际工程应用中，不同区域的温度差异会影响轨道的接触压力、支撑力及其他重要参数，这些变化对钢轨的运行寿命和安全性具有深远影响。随着铁道工程对高速列车要求的不断提高，如何科学评估和控制无缝线路中的温度偏差，已成为保证铁路安全运行的一个重要课题。温度偏差的研究不仅需要综合考虑轨道的物理性能，还需要结合实际的气候条件和列车运行状况，进行动态的调整和优化设计。

2 钢轨断裂风险的评估方法与模型

钢轨的断裂风险评估是一项复杂的工程任务，涉及到温度、载荷、材料性能等多个因素。随着铁路运输的现代化，尤其是高速铁路的快速发展，钢轨的断裂问题变得日益突出。尤其是在高速铁路中，钢轨不仅需要承受列车的常规载荷，还需要应对高速列车带来的动态载荷效应。这些效应加剧了钢轨的应力和温度变化，使其疲劳寿命大大缩短。评估钢轨断裂的风险显得尤为重要。常见的评估方法包括理论分析、数值模拟与现场监测，这些方法可以全面评估钢轨在不同条件下的表现，并为钢轨的维护和更换提供依据。在此过程中，钢轨的力学模型以及实时监测数据发挥着至关重要的作用。

当前，钢轨断裂风险评估中，最常用的模型是基于应力-应变关系的疲劳分析模型。该模型通过计算钢轨在长期载荷和温度变化下的应力-应变循环，来判断是否会出现疲劳裂纹。在钢轨长期受到重复载荷和温度波动的作用下，应力集中可能导致微小裂纹的产生。钢轨的材料性能起到了决定性的作用，尤其是在高温环境下，材料的强度会发生变化，进一步增加断裂的风险。高强度钢轨虽然具有较好的承载能力，但在过度载荷和极端温度作用下，它们的脆性可能加剧，导致裂纹的迅速

扩展。材料的选择和加工处理工艺直接影响着钢轨的耐用性和抗断裂能力。

近年来,钢轨断裂风险的评估也开始注重多因素的综合考虑。除了传统的载荷和温度因素外,还需要考虑轨道不平整、列车振动等因素对钢轨的影响。轨道的不平整性导致了局部的应力集中,这些应力集中在长期作用下会加速钢轨的损伤。列车运行过程中产生的振动与轨道温度变化交织在一起,可能会加速疲劳裂纹的生成和扩展。尤其是在高速铁路上,列车的高速运动会引发较大的动力效应,这些效应与环境温度变化相结合,会导致钢轨发生疲劳失效。结合多因素的综合分析,能够更为准确地评估钢轨的断裂风险。在未来,随着大数据、人工智能技术的发展,钢轨的健康监测将实现实时动态评估,使得评估精度和效率大大提高,为铁路的安全运营提供保障。

3 降低钢轨断裂风险的对策与实践应用

降低钢轨断裂风险的对策,首先需要从设计阶段着手,优化钢轨的材料和结构。当前,高强度钢轨的使用虽然可以承受较大的负载,但其在极端温度变化下的脆性较高。在钢轨的设计中,采用适应性更强、抗温度变化能力更强的合金材料,或在钢轨表面进行耐磨和耐温处理,可以有效提高其抵抗断裂的能力。在钢轨设计时,优化钢轨的几何形状,减少应力集中区域,也是降低断裂风险的重要手段。

在施工和运营过程中,钢轨的维护和检测同样至关重要。通过建立严格的钢轨监测系统,实时监测钢轨的温度、应力、

振动等数据,可以及早发现钢轨潜在的疲劳问题。近年来,随着传感器技术的发展,铁路部门已经开始在钢轨上安装温度和应力传感器,这些传感器可以实时将数据传输到控制中心,工作人员可以根据数据及时调整铁路的运行状况,避免钢轨因温度变化而发生断裂。定期的钢轨检查和维护也是防止断裂的有效措施。对钢轨的局部损伤进行及时修复,避免小裂纹扩展成大的断裂,能够显著延长钢轨的使用寿命。

铁路部门还应加强对钢轨断裂风险的培训和应急管理。在高温或低温天气下,钢轨断裂的风险显著增加,铁路运营单位应根据气候变化情况,采取相应的预防措施。对于极端天气下的线路,应考虑适时调整运行速度、加强现场检查、增加备用线路等措施,避免因钢轨断裂导致重大事故的发生。通过一系列的技术手段和管理措施,钢轨断裂的风险可以有效控制在一个可接受的范围内,确保铁路运输的安全与顺畅。

4 结语

本文通过对无缝线路锁定轨温偏差对钢轨断裂风险的影响进行研究,探讨了温度、载荷、材料性能等因素对钢轨的作用机理与断裂风险评估。研究发现,温度变化引起的应力集中和钢轨材料的疲劳性质是导致钢轨断裂的主要因素,且轨道不平整和列车振动等多因素对钢轨健康的影响不可忽视。基于应力-应变关系的疲劳分析模型和现代数据监测技术的结合,能够为钢轨断裂风险的评估提供科学依据。通过优化设计、加强实时监控和定期维护,可以有效降低钢轨的断裂风险,保障铁路运输的安全性。

参考文献:

- [1] 刘峰,陈涛.钢轨断裂风险与疲劳分析模型研究[J].铁道工程学报,2019,36(4):45-50.
- [2] 张军,黄磊.无缝线路钢轨温度对其断裂影响的研究[J].铁道科技,2020,55(7):123-130.
- [3] 王雷,杜军.高速铁路钢轨断裂风险评估方法的优化探讨[J].高速铁路技术,2021,9(3):78-85.