

铁路无缝线路应力放散及锁定技术研究

安宇光

哈尔滨局集团有限公司佳木斯工务段 黑龙江 佳木斯 154000

摘要: 本文聚焦于铁路无缝线路应力放散及锁定技术展开深入探讨。首先阐述了无缝线路应力放散及锁定技术的重要意义,分析了该技术在保障铁路运行安全、提升运输效率以及降低维护成本等方面的关键作用。接着详细介绍了应力放散及锁定技术的原理,包括温度应力产生机制、应力放散的基本原理和锁定技术的核心要点。随后对当前常用的应力放散及锁定方法,如滚筒放散法、列车碾压放散法和拉伸器放散法等进行了全面剖析,对比了它们的优缺点及适用场景。同时,探讨了影响应力放散及锁定效果的因素,如温度条件、线路状态和施工工艺等。在此基础上,结合实际工程案例,分析了应力放散及锁定技术在具体应用中的实施过程、遇到的问题及解决方案。最后对无缝线路应力放散及锁定技术的发展趋势进行了展望,旨在为该技术的进一步优化和应用提供理论支持和实践参考。

关键词: 铁路无缝线路; 应力放散; 锁定技术; 运输效率; 发展趋势

1 引言

无缝线路作为铁路轨道结构的一种先进形式,因其具有行车平稳、减少轨道零部件、降低维修费用等优点,被广泛应用于高速铁路和重载铁路等领域。然而,无缝线路在运营过程中会受到温度变化的影响,产生温度应力。当温度应力积累到一定程度时,可能会导致线路胀轨、跑道等严重事故,威胁铁路运输安全。因此,必须采用应力放散及锁定技术来控制无缝线路的温度应力,确保线路的稳定性和安全性。应力放散及锁定技术是无缝线路施工和维护中的关键环节,其技术水平的高低直接影响无缝线路的质量和运营效果。深入研究铁路无缝线路应力放散及锁定技术,对于提高铁路运输效率、保障运输安全具有重要的现实意义。

2 无缝线路应力放散及锁定技术的重要意义

2.1 保障铁路运行安全

无缝线路在温度变化时会产生温度应力,如果应力得不到及时释放和合理控制,当应力超过轨道的强度极限时,就会引发胀轨、跑道等事故,严重威胁列车运行安全。通过应力放散及锁定技术,可以将无缝线路的温度应力调整到合理范围内,确保轨道的几何尺寸稳定,防止因应力过大而导致的轨道变形和破坏,从而保障铁路运行的安全。

2.2 提升运输效率

稳定的无缝线路能够为列车提供良好的运行条件,减少列车运行时的晃动和振动,提高列车的运行平稳性和舒适性。同时,合理的应力放散及锁定可以避免因轨道故障而导致的列车限速、停运等情况,减少运输中断时间,提高铁路运输的效率和可靠性。

2.3 降低维护成本

无缝线路采用应力放散及锁定技术后,能够有效减少轨道的磨损和破坏,延长轨道的使用寿命。与普通线路相比,无缝线路的维修工作量大大减少,维修周期延长,从而降低了铁路的维护成本。此外,合理的应力管理还可以减少轨道零部件的损坏和更换频率,进一步节约了维修费用。

3 应力放散及锁定技术的原理

3.1 温度应力产生机制

无缝线路是由许多根标准长度的钢轨焊接而成的长钢轨线路。钢轨在焊接过程中,其长度被固定。当环境温度发生变化时,钢轨会产生热胀冷缩现象。由于钢轨两端被固定,不能自由伸缩,从而在钢轨内部产生温度应力^[1]。温度应力的计算公式为: $\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$, 其中 σ 为温度应力, E 为钢轨的弹性模量, α 为钢轨的线膨胀系数, ΔT 为钢轨的实际温度与锁定轨温之差。

3.2 应力放散的基本原理

应力放散的目的是将无缝线路中积累的温度应力释放掉,使钢轨能够自由伸缩,从而消除因应力过大而导致的轨道变形和破坏。应力放散的基本原理是通过松开钢轨接头、扣件等约束,让钢轨在一定的条件下自由伸缩,将应力释放到零或设定的值。常见的应力放散方法有滚筒放散法、列车碾压放散法和拉伸器放散法等。

3.3 锁定技术的核心要点

锁定技术是将放散后的应力重新锁定在钢轨内,使无缝线路在新的状态下保持稳定。锁定的核心要点是确定合理的锁定轨温。锁定轨温是指无缝线路钢轨被完全固定时的轨温,它是无缝线路设计和施工的重要参数。

合理的锁定轨温应使无缝线路在当地最高轨温和最低轨温条件下, 钢轨内部的温度应力不超过钢轨的强度极限, 同时又要考虑到施工的可行性和经济性。

4 铁路无缝线路常用的应力放散及锁定方法

4.1 滚筒放散法

4.1.1 原理: 滚筒放散法是将无缝线路一端的钢轨接头松开, 通常松开长度根据线路实际情况和放散需求确定, 一般不少于50米。在钢轨底下垫入特制的滚筒, 滚筒直径一般在80-100毫米, 材质多为高强度钢材, 表面经过特殊处理以减少摩擦。这样能使钢轨与轨枕分离, 极大减少钢轨伸缩时的阻力, 阻力可降低至原来的 $1/10-1/5^{[2]}$ 。然后根据计算出的钢轨伸缩量, 该伸缩量可通过公式 $\Delta L = \alpha \times L \times \Delta T$ 计算得出(其中 ΔL 为伸缩量, α 为钢轨线膨胀系数, 约为 $1.18 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, L 为钢轨长度, ΔT 为温度变化值), 通过人工或机械的方式撬动钢轨, 使钢轨自由伸缩, 将应力释放掉。

4.1.2 优缺点: 优点: 操作简单, 设备要求低, 成本较低; 适用于各种长度的无缝线路应力放散。缺点: 放散效率较低, 需要较多的人力和时间; 在放散过程中, 钢轨的稳定性较差, 容易出现跑道等安全问题。

4.1.3 适用场景: 适用于线路条件较好、应力放散量较小、施工时间较为充裕的情况。

4.2 列车碾压放散法

4.2.1 原理: 列车碾压放散法是在无缝线路一端松开钢轨接头, 松开长度根据线路和列车情况而定, 一般不少于100米。在另一端设置临时固定装置, 如特制的夹具, 其固定力可达数吨, 确保钢轨在放散过程中不发生过度位移。然后让列车以一定的速度和载重反复碾压线路, 列车速度一般控制在30-50公里/小时, 载重根据钢轨型号和线路条件确定, 通常为满载状态。使钢轨在列车的动力作用下自由伸缩, 将应力释放掉。通过多次碾压, 钢轨的伸缩量逐渐累积, 达到放散应力的目的。

4.2.2 优缺点: 优点: 放散效率高, 能够在较短的时间内完成较大长度的无缝线路应力放散; 不需要专门的放散设备, 成本较低^[3]。缺点: 对列车的运行组织有一定的影响, 需要协调好列车运行和施工的时间; 在放散过程中, 钢轨的受力情况较为复杂, 容易对钢轨造成损伤。

4.2.3 适用场景: 适用于线路条件较好、应力放散量较大、需要快速完成放散任务的情况。

4.3 拉伸器放散法

4.3.1 原理: 拉伸器放散法是利用液压拉伸器对钢轨进行拉伸, 液压拉伸器的工作压力一般在50-100兆帕, 能够产生数吨甚至数十吨的拉伸力。使钢轨产生一定的伸长量, 从而达到放散应力的目的。在拉伸过程中, 同时

松开钢轨接头和扣件, 一般每隔5-10米松开一处扣件, 让钢轨在拉伸力的作用下自由伸缩。当钢轨的伸长量达到计算值时, 立即锁定钢轨, 完成应力放散。计算值同样根据 $\Delta L = \alpha \times L \times \Delta T$ 公式确定, 通过高精度的测量仪器, 如激光测距仪, 其测量精度可达 ± 0.1 毫米, 来准确控制钢轨的伸长量。

4.3.2 优缺点: 优点: 放散精度高, 能够准确地控制钢轨的伸长量和应力放散量; 放散效率较高, 适用于各种长度的无缝线路应力放散。缺点: 设备成本较高, 需要专业的操作人员进行操作; 在拉伸过程中, 如果操作不当, 容易对钢轨造成损伤。

4.3.3 适用场景: 适用于对放散精度要求较高、线路条件较为复杂的情况。

5 影响应力放散及锁定效果的因素

5.1 温度条件

温度是影响无缝线路应力放散及锁定效果的重要因素之一。在进行应力放散及锁定施工时, 应选择合适的轨温条件。一般来说, 应力放散应在轨温接近实际锁定轨温时进行, 这样可以减少放散后的应力变化。如果轨温过高或过低, 可能会导致放散后的应力不符合设计要求, 影响无缝线路的稳定性。

5.2 线路状态

线路的几何尺寸、轨道结构等状态也会影响应力放散及锁定效果。如果线路存在高低不平顺、轨距超限等问题, 在应力放散过程中, 钢轨的伸缩会受到不均匀的阻力, 导致应力放散不均匀^[4]。此外, 轨道结构的强度和稳定性也会影响应力放散及锁定的质量。

5.3 施工工艺

施工工艺是影响应力放散及锁定效果的关键因素。在施工过程中, 应严格按照操作规程进行操作, 确保各个环节的质量。例如, 在松开钢轨接头和扣件时, 应保证松开的范围和程度符合要求; 在拉伸钢轨时, 应控制好拉伸力和拉伸速度, 避免钢轨过度拉伸或拉伸不足。

5.4 人员素质

施工人员的素质对应力放散及锁定效果也有重要影响。施工人员应具备专业的知识和技能, 熟悉应力放散及锁定技术的原理和操作方法。同时, 施工人员应具有高度的责任心和严谨的工作态度, 确保施工过程的每一个环节都符合要求。

6 应力放散及锁定技术的实际应用案例分析

6.1 工程概况

某铁路干线全长200km, 采用无缝线路结构。由于该线路运营时间较长, 部分区段的无缝线路出现了应力积累现象, 需要进行应力放散及锁定施工。施工区段长度

为10km,原锁定轨温为25℃,设计锁定轨温为30℃。

6.2 施工方案选择

根据该区段的线路条件和施工要求,经过综合分析比较,决定采用拉伸器放散法进行应力放散及锁定施工。该方法具有放散精度高、效率高等优点,能够满足该区段的施工需求。

6.3 施工过程

6.3.1 施工准备:组织施工人员学习施工方案和操作规程,进行技术交底和安全培训。准备好施工所需的设备和材料,如液压拉伸器、滚筒、撬棍、轨温计等,并对设备进行调试和检查,确保设备正常运行。对施工区段进行全面检查,清除线路上的障碍物,确保线路畅通。

6.3.2 应力放散:在施工区段两端设置临时固定装置,防止钢轨在放散过程中发生位移。松开钢轨接头和扣件,在钢轨底下垫入滚筒,使钢轨与轨枕分离。根据设计要求和实际测量数据,计算出钢轨的伸长量。使用液压拉伸器对钢轨进行拉伸,同时安排专人用撬棍撬动钢轨,使钢轨自由伸缩在拉伸过程中,实时监测钢轨的伸长量和轨温变化情况。当钢轨的伸长量达到计算值时,停止拉伸,立即锁定钢轨。

6.3.3 锁定施工:在钢轨锁定前,再次检查钢轨的几何尺寸和扣件状态,确保符合要求。使用扭矩扳手按照规定的扭矩拧紧扣件螺栓,将钢轨牢固地锁定在轨枕上。对锁定后的钢轨进行复测,检查锁定轨温是否符合设计要求。

6.4 遇到的问题及解决方案

6.4.1 钢轨伸缩不均匀:在应力放散过程中,发现部分区段的钢轨伸缩不均匀,导致应力放散效果不理想。经过分析,原因是线路存在高低不平顺问题,钢轨在伸缩时受到不均匀的阻力。解决方案是对线路进行整修,消除高低不平顺现象,然后重新进行应力放散。

6.4.2 拉伸器故障:在施工过程中,一台液压拉伸器出现故障,无法正常工作。为了不影响施工进度,立即安排维修人员对拉伸器进行维修,同时调配备用设备继续施工。

6.5 施工效果评价

通过本次应力放散及锁定施工,该区段的无缝线路应力得到了有效释放,锁定轨温符合设计要求。施工后对线路进行了跟踪观测,未发现胀轨、跑道等异常情况,线路的稳定性和安全性得到了显著提高。同时,施工过程严格按照操作规程进行,施工质量得到了有效保障。

7 无缝线路应力放散及锁定技术的发展趋势

7.1 智能化技术的应用

随着科技的不断进步,智能化技术将在无缝线路应力放散及锁定技术中得到广泛应用。例如,利用传感器和物联网技术实时监测无缝线路的温度应力、钢轨伸缩量等参数,通过大数据分析和人工智能算法实现应力放散及锁定的自动化控制和精准决策,提高施工效率和质量。

7.2 新材料的研发和应用

研发新型的钢轨材料和轨道结构材料,提高钢轨的强度和轨的线膨胀系数,从而减少无缝线路的温度应力。同时,新型材料的应用还可以延长轨道的使用寿命,降低维护成本。

7.3 绿色施工技术的推广

在应力放散及锁定施工过程中,推广绿色施工技术,减少对环境的影响。例如,采用低噪音、低污染的施工设备,优化施工工艺,减少施工废弃物的产生,实现施工过程的节能减排。

7.4 标准化和规范化建设

加强无缝线路应力放散及锁定技术的标准化和规范化建设,制定统一的施工标准和操作规程,提高施工的规范性和一致性。同时,加强对施工人员的培训和考核,确保施工人员具备专业的知识和技能,保障施工质量。

结语

铁路无缝线路应力放散及锁定技术是保障无缝线路稳定性和安全性的关键技术。本文通过对无缝线路应力放散及锁定技术的重要意义、原理、常用方法、影响因素以及实际应用案例的分析,深入探讨了该技术的各个方面。研究表明,合理的应力放散及锁定技术能够有效保障铁路运行安全、提升运输效率、降低维护成本。在实际应用中,应根据线路条件和施工要求选择合适的应力放散及锁定方法,并严格控制施工过程中的各个环节,确保施工质量。随着科技的不断进步,无缝线路应力放散及锁定技术将朝着智能化、绿色化、标准化等方向发展,为铁路运输的安全和高效提供更加有力的保障。未来,应进一步加强对该技术的研究和创新,不断推动无缝线路技术的发展和應用。

参考文献

- [1]刘超.铁路无缝线路应力放散与锁定技术研究[J].工程机械与维修,2024,(02):7-9.
- [2]庞士强.无缝道岔应力放散与养护维修技术研究[D].中国铁道科学研究院,2023.
- [3]赵锋.无缝线路应力放散与锁定技术在乌将铁路扩能改造工程中的应用[J].工程建设与设计,2022,(14):144-146.
- [4]赵卫东.岔区无缝线路养护维修技术与实践[J].铁道工务,2025,3(01):10-14.