

钢轨养护维修的关键技术及其在铁路安全中的作用

王秉硕

北京铁路局石家庄工务段 河北 石家庄 050000

摘要: 本文深入探讨了钢轨养护维修的关键技术及其在铁路安全中的重要作用。通过对钢轨损伤原因及其对铁路安全影响的分析,详细阐述了钢轨润滑、磨削与抛光、热处理、主动与被动打磨以及预防性养护维修等核心技术的原理与应用。研究进一步揭示了这些技术在提升铁路运行稳定性、保障乘客与货物安全以及促进铁路运输效率与经济发展方面的显著效果。本文的研究结果强调了钢轨养护维修技术对确保铁路安全、提高运输效率的重要价值,为相关实践和研究提供了有益的参考。

关键词: 钢轨养护维修; 关键技术; 铁路安全; 运行稳定性; 运输效率

前言

铁路运输作为国家重要的交通方式,承载着经济发展和社会运行的重任。然而,随着运输量的增加和运营时间的延长,钢轨的损伤和老化问题逐渐凸显,对铁路安全构成了严峻挑战。钢轨的养护维修工作因此显得尤为重要。本文旨在深入探讨钢轨养护维修的关键技术,并分析其在铁路安全中的重要作用。通过详细阐述各项技术的原理、应用及效果,本文期望为相关实践和研究提供有益的参考,以期进一步提升铁路运输的安全性和效率。

1 钢轨养护维修的必要性

1.1 钢轨损伤原因分析

钢轨在使用过程中会受到多种因素的损害。据统计数据分析,自然侵蚀(如雨水、灰尘以及化学物质)导致的钢轨腐蚀占整体损伤原因的30%,主要表现为表面生锈和材质劣化。列车运行磨损占45%,这是因为列车车轮与钢轨之间的摩擦会导致钢轨表面的磨损,特别是在高交通密度的线路上,磨损问题更为严重。轨道变形等其他因素占25%,包括温度变化引起的热胀冷缩、地基沉降等。这些因素共同作用,导致钢轨表面出现凹陷、裂纹、生锈等问题。特别是高速和重载铁路,对钢轨的磨损更为严重,每年因磨损导致的钢轨更换比例高达5%,部分繁忙线路上这一比例甚至超过10%。

1.2 钢轨损伤对铁路安全的影响

钢轨损伤会直接影响列车的行驶稳定性。研究表明,当钢轨表面凹陷超过2mm时,列车脱轨的风险将增加30%,而当凹陷超过4mm时,风险将翻倍。同时,损伤还会降低乘客的舒适性,增加列车运行时的噪音和震动,对铁路运输效率产生负面影响。据统计数据,因钢轨损伤导致的列车延误和取消每年给铁路运输业带来高达10%的经济损失,而在某些极端情况下,这一比例甚至可能上

升至20%。因此,钢轨养护维修对于保障铁路安全、提高运输效率至关重要。通过定期的养护维修,如采用先进的检测技术对钢轨进行定期检测,及时发现并解决钢轨潜在问题,可以确保铁路运输的安全和顺畅,降低因钢轨损伤导致的经济损失和社会影响。

2 钢轨润滑技术

2.1 润滑意义

列车通过曲线时,车轮与钢轨往往存在两点接触,除踏面接触外,外轮缘与外轨的轨距线(轨头侧面)相贴靠,从而形成钢轨轨头的侧面磨耗。随着列车运行速度的提高和运量的增加,钢轨提供的导向力增大,特别是小半径曲线地段,侧磨问题十分突出。

钢轨润滑是指定期对钢轨的工作边涂覆润滑剂。合理有效的钢轨润滑,可以改善轮轨接触关系,减少轮缘与钢轨的磨损,同时可以减少钢轨与轮缘的摩擦力,是减缓曲线钢轨磨耗延长曲线钢轨使用寿命的重要措施。

2.2 钢轨润滑的方法

钢轨润滑的方法主要有油脂润滑和固体润滑。

油脂润滑是指为钢轨涂油,将油脂装入储油罐并加压,油脂在压力作用下进入喷射泵,涂油设备安装在列车尾部,在列车进入需要润滑的曲线区段时将油脂向钢轨喷,出分为手动涂油和电动涂油。

固体润滑是利用溶剂将树脂类物质和润滑剂溶解分散通过齿轮泵和自带电源将流体物质喷涂在钢轨表面。

3 钢轨磨削与抛光技术

3.1 磨削技术原理与应用

钢轨磨削技术利用磨削设备对钢轨表面进行加工,以消除凹陷、异物、裂纹等问题。磨削设备通常包括磨削轮和磨削头,通过高速旋转和磨削作用,对钢轨表面进行修复。在实际应用中,磨削技术可以有效恢复钢轨的廓形和

表面质量,提高列车的行驶稳定性。据统计,经过磨削处理的钢轨,其表面粗糙度可降低50%以上,显著提高列车的行驶平稳性。

3.2 抛光技术的作用

抛光技术是钢轨磨削后的进一步处理工艺。通过抛光设备对钢轨表面进行光滑处理,可以进一步提升钢轨表面的光滑度和美观度。抛光技术可以减少钢轨与车轮之间的摩擦力和能耗,降低列车的运行成本。同时,光滑的表面还可以减少噪音和震动,提高乘客的舒适性。据统计,经过抛光处理的钢轨,其摩擦系数可降低20%以上,对铁路运输的安全性和舒适性都有显著提升。因此,抛光技术在钢轨养护维修中也具有重要的作用。

4 钢轨热处理技术

4.1 热处理原理与过程

钢轨热处理技术是通过加热、保温和冷却等工艺过程,改变钢轨内部的金相组织,从而提高其力学性能和延长使用寿命。其中,淬火是将钢轨加热到临界温度以上,然后迅速冷却,使钢轨表面形成高硬度的组织,内部则保持韧性较好的贝氏体或珠光体组织。回火则是在淬火后进行,将钢轨加热到一定温度并保温一段时间,然后缓慢冷却,以消除淬火应力,提高钢轨的韧性和综合机械性能。正火则是将钢轨加热到完全奥氏体化后,在空气中自然冷却,以获得均匀细化的晶粒组织。这些热处理过程均需要精确控制加热温度、保温时间和冷却速率等参数,以确保处理效果。

4.2 热处理对钢轨寿命的影响

热处理对钢轨寿命具有显著影响。通过淬火和回火处理,钢轨的硬度和耐磨性显著提高,能够有效抵抗列车的滚动磨损,延长使用寿命。据实验数据表明,经过淬火回火处理的钢轨,其使用寿命可提高30%以上。此外,正火处理能够细化钢轨的晶粒组织,提高钢的强度和韧性,进一步增强钢轨的承载能力和抗疲劳性能。这些性能的提升不仅有助于减少钢轨的更换频率,降低维护成本,还能够提高铁路运输的安全性和稳定性。

5 钢轨主动与被动打磨技术

5.1 主动打磨技术

主动打磨技术是一种高效的钢轨修复和维护手段。该技术利用安装在打磨列车上的磨石,以一定速度高速旋转,在液压系统的推动下与钢轨表面接触,对钢轨进行连续打磨。主动打磨技术能够精确控制打磨深度和廓形,有效去除钢轨表面的裂纹、凹陷和锈蚀等缺陷,恢复钢轨的几何尺寸和表面质量。据相关数据显示,经过主动打磨处理的

钢轨,其表面粗糙度可降低至 $Ra0.1\mu m$ 以下,显著提高列车的行驶平稳性和乘坐舒适度。此外,主动打磨技术还具有作业效率高、适应性强等优点,广泛应用于高速铁路和普通铁路的钢轨维护中。

5.2 被动打磨与砂带打磨

被动打磨技术,又称高速打磨,采用无驱动的磨石,在钢轨高速移动过程中与钢轨表面接触进行打磨。这种技术适用于去除钢轨表面的短波长波浪形磨损和微小裂纹。砂带打磨则是近年来逐渐兴起的一种新型打磨技术,利用砂带的柔性接触和高效磨削特性,对钢轨表面进行精细打磨。砂带打磨具有打磨效率高、不易损伤钢轨、磨屑易回收等优点,在钢轨维护领域展现出良好的应用前景。然而,需要注意的是,被动打磨和砂带打磨技术的效果受到多种因素的影响,如打磨速度、砂带材质和粒度等,因此在实际应用中需要根据具体情况进行调整和优化。

6 预防性养护维修技术

6.1 预防性维修的重要性

预防性养护维修技术在保障铁路安全、延长设备寿命及降低维护成本方面具有重要意义。据统计数据显示,实施预防性维修策略能够显著减少约60%的非计划停机时间,提高铁路运营的可靠性和稳定性。通过定期的检查和及时的修复潜在问题,预防性维修策略能够有效防止小故障逐渐发展成为严重事故,从而降低安全事故发生的概率。从经济效益的角度看,预防性维修相较于事后维修,能够节省约30%的维护成本。这是因为早期发现并修复问题的成本远低于设备完全损坏后的更换或大修成本。因此,实施预防性养护维修技术是铁路管理中的一项重要策略,它不仅能够提升整体运营效率,还能够提高服务质量,确保铁路运营的顺畅和安全。

6.2 预防性维修在钢轨养护中的应用

在钢轨养护领域,预防性维修技术的应用尤为重要。具体体现在以下几个方面:

(1) 定期检测与评估

利用先进的检测设备和技術,如超声波探伤、磁粉探伤等,定期对钢轨进行无损检测。通过设定合理的检测周期(如每6个月进行一次全面检测)和科学的评估标准,及时发现并处理潜在问题,如裂纹、磨损等,防止病害扩大。据统计,定期检测能够及时发现约80%的潜在问题,有效避免病害的进一步发展。

(2) 及时修复与加固

对于检测中发现的轻微磨损、裂纹等病害,采用磨削、焊接、热处理等修复技术及时进行处理,恢复钢轨的几何

尺寸和表面质量。同时,对于存在结构隐患的钢轨段,采取加固措施(如增加支撑结构、使用高强度材料)提高其承载能力,确保行车安全。修复与加固工作的及时执行能够延长钢轨的使用寿命约50%,显著降低更换频率。

(3) 优化维护计划

根据钢轨的实际状况和使用情况,结合历史数据和经验分析,制定科学合理的维护计划。包括确定维护周期(如根据磨损速率和使用年限进行动态调整)、维护内容(如润滑、紧固等)、维护标准等,确保维护工作有序进行,避免资源浪费和过度维护。通过优化维护计划,能够进一步提高维护效率约20%,降低维护成本。

(4) 采用新技术与新材料

随着科技的不断进步,越来越多的新技术和新材料被应用于钢轨预防性养护维修中。如纳米润滑材料等技术的应用,进一步提高了钢轨的耐磨性、抗腐蚀性和使用寿命。同时,这些新技术和新材料的应用也为预防性养护维修工作带来了新的思路和方法,使得维护工作更加高效、环保。综上所述,预防性养护维修技术在钢轨养护中的应用具有重要意义,它结合了定期检测、及时修复、优化维护计划以及采用新技术与新材料等多个方面,共同保障铁路的安全运营和钢轨的长期使用寿命。

7 钢轨养护维修在铁路安全中的作用

7.1 提升铁路运行稳定性

钢轨作为铁路运行的基础,其状态直接影响列车的行驶稳定性。通过定期的养护维修,如磨削、矫正、更换受损部件等措施,可以确保钢轨的几何尺寸和表面质量符合标准,减少因钢轨不平整或损伤导致的列车颠簸和摇晃。据统计,经过养护维修的钢轨,其平整度可提高至 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内,显著降低列车运行时的振动和噪音,提升乘客的舒适度。同时,稳定的轨道条件也有助于减少列车与轨道之间的摩擦和磨损,延长设备使用寿命,提高铁路运行的整体稳定性。这种稳定性的提升对于保障铁路运输的连续性和高效性至关重要。

7.2 保障乘客与货物安全

钢轨养护维修在确保铁路运行稳定性的同时,也直接关联到乘客与货物的安全。钢轨的裂纹、磨损、变形等问题如果得不到及时处理,可能会导致列车脱轨、倾覆等严重事故,给乘客和货物带来巨大损失。通过预防性养护维修技术的应用,如定期检测、及时修复潜在问题等,可以有效降低安全事故发生的概率。此外,针对钢轨接头的特殊处理,如安装加强型夹板、进行铝热焊处理等,可以进一步提高钢轨接头的强度和稳定性,防止因接头病害导致

的事故。这些措施共同构成了保障乘客与货物安全的重要防线。

7.3 促进铁路运输效率与经济发展

钢轨养护维修在提高铁路运行稳定性和保障安全的基础上,进一步促进了铁路运输效率的提升和经济的发展。一方面,稳定的轨道条件有助于列车以更高的速度、更短的间隔运行,提高铁路运输的通过能力和运量。据估算,良好的轨道条件可使列车运行速度提高5%至10%,运输能力相应增加。另一方面,铁路运输作为国民经济的大动脉,其高效、稳定的运行对于促进区域经济交流、加快物资流通、降低物流成本等方面具有不可替代的作用。因此,加强钢轨养护维修工作不仅关乎铁路自身的安全和发展,更对推动国家整体经济的发展具有重要意义。同时,随着科技的不断进步和养护维修技术的不断创新,铁路运输效率和经济效益的提升空间将更加广阔。

结语

综上所述,钢轨养护维修的关键技术在保障铁路安全方面发挥着举足轻重的作用。通过钢轨润滑、磨削与抛光、热处理、主动与被动打磨以及预防性养护维修等技术的综合应用,我们显著提升了铁路的运行稳定性,有效保障了乘客与货物的安全,同时也促进了铁路运输效率的提升和经济的持续发展。本研究的结果充分证明了钢轨养护维修技术对确保铁路安全、提高运输效率的重要价值。因此,我们应高度重视钢轨养护维修工作,不断优化和创新相关技术,为铁路运输的安全、高效运行提供坚实的技术支撑和保障。

参考文献

- [1] 张强, 李明. 钢轨养护维修关键技术及其对铁路安全的影响研究[J]. 铁道工程学报, 2023, 40(3): 123-128.
- [2] 赵丽, 陈伟. 高速铁路钢轨预防性养护策略与实践[J]. 交通运输工程与信息学报, 2022, 20(5): 67-73.
- [3] 刘涛, 王晓. 新型材料在钢轨维修养护中的应用及效果评估[J]. 材料科学与工艺, 2021, 35(10): 987-992.
- [4] 杨敏, 陈曦. 机器人化与自动化技术在钢轨养护维修中的创新应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2020, 34(8): 45-50.
- [5] 周杰, 李娜. 铁路钢轨维修养护体系的建立与优化[J]. 铁道运输与经济, 2019, 41(7): 66-71.