

Research on Inspection Methods and Preventive Measures for Rail Scratches in Railway Large Machinery Operations

Tianxiao Gao Fei Zhao

National Energy Shuohuang Railway Development Co., Ltd. Yuanping Branch, Yuanping, Shanxi, 034100, China

Abstract

The paper focuses on the problem and characteristics of rail scratches that occurred during the operation of the Shuohuang Line's large machinery. It studies and analyzes the causes and hazards of these scratches. In order to prevent the occurrence of such scratches, it proposes measures such as firmly establishing the awareness that scratches are equivalent to broken rails, constructing a communication and prevention mechanism for large machinery operations within the management, strengthening the rapid handling of rail scratches in damaged areas, and establishing a rigorous system for inspection, monitoring, and analysis. These measures have to some extent alleviated the probability of rail scratches caused by wheel sets during large machinery operations and provided reference for preventing rail scratches in railway large machinery operations.

Keywords

large road maintenance machinery; rail abrasion; rail flaw detection; martensite

铁路大机作业发生钢轨擦伤探伤方法及防范措施的研究

高天骁 赵飞

国能朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司, 中国·山西 原平 034100

摘 要

论文针对朔黄线大机作业中发生的钢轨擦伤问题及伤损特点, 研究分析伤损形成原因及危害性, 为了预防该类伤损的发生, 提出牢固树立擦伤就等于断轨的意识、构建管内大机作业联络防控机制、加强钢轨擦伤地段伤损快速处理、建立严密探伤检测监控分析制度等防范和处理措施, 在一定程度上缓解了大机作业轮对擦伤钢轨的发生概率, 并为铁路大机作业预防钢轨擦伤发生提供了借鉴。

关键词

大型养路机械; 钢轨擦伤; 钢轨探伤; 马氏体

1 引言

朔黄重载铁路年运量超 3.5 亿吨, 随着近年运量的攀升和两万吨列车的规模化开行, 对线路设备破坏加剧, 不利于列车的安全通行。为有效确保铁路的安全、高效运行, 延长铁路使用寿命, 需要积极开展铁路线路养护和维修工作, 由于大型养路机械(以下简称大机)机械化操作水平高, 具有传统维修作业方式不可比拟的优势, 其高速度、高质量、高效率的施工作业为线路良好的运营提供了有力的保证。朔黄铁路原平分公司管内属于山区重载铁路, 为了改善和提升山区重载铁路的线路设备养护质量, 每年规模化使用大机开展线路设备养护维修工作。

大机长期在相对恶劣的外部环境中使用, 车辆轮对长期运行过程中, 由于作业车司机和作业人员的操作不当可能

造成钢轨、线路的不规则破坏, 导致线路病害频发, 给铁路运营安全带来较大的影响。论文以朔黄线大机作业中发生的钢轨擦伤为例, 详细研究伤损及形成原因分析, 并提出探伤检测方法和相关防范措施。

2 伤损情况

2023 年 4 月朔黄铁路原平分公司管内 K109+300 至 K120+000 区段进行正线钢轨探伤作业, 检测中发现 K117+000 至 K119+000 朔黄上行正线钢轨存在多处擦伤以 K000+000 处擦伤为例, 钢轨母材探伤仪正常推行, 仪器 70° 探头多通道有出波显示, 其中前内 70° 探头在 0.5~1.0 格有回波显示, 经现场手工检查测量, 擦伤区域长度约为 80mm, 宽度为 45mm。

朔黄线 K117+000 至 K119+000 区段为正常路基地段, 该区段不存在隧道和长大桥梁, K117+693 至 K118-293 存在 2‰的上坡道, K118+293 至 K119+143 存在 4% 的下坡道, 上行正线全部为直线地段, 该区段使用的钢轨全部为攀钢生

【作者简介】高天骁(1990-), 男, 中国河北宣化人, 本科, 工程师, 从事钢轨检测技术、超声波探伤研究。

产的 U78CrV (以下简称 PG4) 钢轨。

3 伤损形成原因及其危害

3.1 钢轨擦伤统计分析

通过现场手工检查和探伤仪检测分析,该区段钢轨擦伤多达 28 处,且多为左右股对称钢轨擦伤,钢轨探伤仪 70° 探头检测出波多在 1.0 格以前,且多处擦伤位置同时存在 0° 探头失波或间断出波的情况,手工测量钢轨擦伤的长度为 20~100mm,宽度为 30~50mm 不等,在钢轨擦伤形成以后在钢轨轨顶面会产生堆高,可达 2mm 以上,钢轨擦伤深度难以手工测量,且在擦伤面会导致超声波形成多次反射造成误差,判定擦伤深度约为 0.5~2mm 不等。

3.2 钢轨擦伤形成原因

根据现场钢轨擦伤情况分析,初步判定为大机车轮在钢轨上滑行导致形成钢轨擦伤。结合工务工队养护维修记录,该区段在一周内两次天窗点有同一施工单位在该区段进行线路清筛作业,作业人员和现场施工盯控人员在发现钢轨擦伤后未及时处理和汇报,以致钢轨擦伤未得到及时控制,最终在同一区段内发生 28 处钢轨擦伤。

从大机作业车组作业情况进行分析,可能导致钢轨擦伤的原因大致有三类:一是作业车辆轮对伤损影响,施工作业车组由于长期外出施工作业,缺乏对轮对的检查,部分车辆可能存在轮对踏面剥离、掉块超限等情况,如果轮对伤损未能及时处理,那么在作业车辆频繁的起停中,受轮对旧伤影响可能导致作业中出现钢轨擦伤的情况。二是作业车运行操作不当,在自轮运行起步时尤其是上坡道起步,如果发动机油门提速过快可能引起车轮空转打滑,在运行中制动机缓解不良或者制动时制动操作不规范导致车辆轮对在钢轨上滑行造成钢轨擦伤的情况。三是石砟整形车司机操作不当,石砟整形车作为大机清筛车组最后的工作收尾车辆,主要负责将由于清筛、捣固作业而散乱的石砟推入枕盒内或道旁进行外观整形,在作业中为了提升作业效率通常会一次性推动较多石砟进行整形,但作业中经常出现需推动的石砟重量超过石砟整形车推行动力的情况时,如果石砟整形车司机未及时发现或发现后仍加油推行则会导致车辆轮对在钢轨上空转无法前进,并快速形成较为严重的钢轨擦伤。经分析与核实,此次钢轨擦伤形成原因为第三类原因。

3.3 钢轨擦伤成因及危害

根据《普速铁路线路修理规则》第 3.6.4 条规定,在允许通过速度 $v \leq 120\text{km/h}$ 的线路上,钢轨顶面擦伤超过 1mm 判轻伤,钢轨顶面擦伤超过 2mm 判重伤。但目前重载铁路上行正线(重车线)多使用的是攀钢生产的 PG4 钢轨,在该钢轨的使用初期,以其高耐磨性有效解决了现场曲线上股地段侧磨轨更换频繁的问题,但在 PG4 钢轨高硬度特性的另一面,也表现出脆性增加,钢轨发生脆端的可能性增大,尤其表现在钢轨表面发生轻微擦伤后,一是容易发生脆断,

二是在轨面打磨后轨面向下仍可能迅速发展形成核伤,造成断轨,给日常的监控、处理带来了巨大难度。

通过对朔黄线某钢轨擦伤下形成的核伤进行检验分析,使用静弯试验机将钢轨从伤损位置折断,折断后轨头内部为贝壳状核伤。从缺陷位置钢轨表面金属亮斑及缺陷分层现象判断,该伤损可能为擦伤造成。擦伤后钢轨表面通常会形成马氏体组织,擦伤区域硬度会明显提高。为验证该伤损是否为擦伤,使用硬度计对钢轨踏面各位置进行硬度测量。测量结果:报警位置金属亮斑处表面硬度最高达到了 581HB,其余位置表面硬度在 430HB 左右。为进一步明确钢轨伤损原因,使用电火花线切割将缺陷位置切开,并进行金相试样腐蚀,最后在金相显微镜下观察缺陷位置组织形貌。可以看到伤损位置钢轨表面有明显呈白色的马氏体层。马氏体组织硬而脆,列车运行时在其内部非常容易形成裂纹;由于列车加载作用复杂,裂纹扩展存在一定随机性,裂纹向下扩展又转向向上,只会形成剥离掉块。但由于马氏体层与基体珠光体层材料性能差异较大,在交界处不易萌生裂纹,沿交界边界或向扩展,则可能引起核伤,甚至断轨。

综上所述,对于 PG4 钢轨,在发生擦伤时于轮轨接触应力急速增大,在其接触面产生高温导致钢轨局部金属温度瞬间升高,并达到奥氏体化温度,在随后的快速冷却中生成硬而脆的马氏体组织,而马氏体具有较大的裂纹敏感性,加之 PG4 钢轨与其他钢轨相比较韧性较差、裂纹扩展速率相对较快,导致了 PG4 钢轨擦伤快速发展为核伤。

4 防范措施及处理

4.1 牢固树立擦伤就等于断轨的意识

通过对大机作业导致的 PG4 钢轨擦伤现场情况进行分析,结合钢轨擦伤引起的钢轨轨头核伤情况检验分析证明钢轨擦伤的危害性,尤其在 PG4 钢轨表面发生钢轨擦伤后,由于钢轨表面形成的马氏体组织,擦伤区域硬度会明显提高,在大轴重、高密度的行车影响下,一旦裂纹向下扩展,快速形成轨头核伤,短则数小时就会引发钢轨脆断。因此,要牢固树立擦伤就等于断轨的意识,不得掉以轻心,在大机作业或其他情况导致钢轨擦伤出现,即使钢轨擦伤较浅未达到或只达到轻伤标准,也要及时做出处理,并要有计划进行更换,防止伤损扩散造成断轨。

4.2 构建管内大机作业联络防控机制

为了避免大机作业导致发生钢轨擦伤的情况:一是要加强施工作业联络,在施工预备会等会议上,除了强调人身安全、作业安全外,要提出保护既有线路设备的安全,提醒施工作业车组相关负责人、作业人员钢轨擦伤的危害性,施工盯控中责任落实到人。二是要加强大机作业车辆的检修,按要求设走行部专业工程师,对大机走行系统实行专业管理,作业单位要设置技术人员负责现场大机走行部的专业技术管理工作,每季度开展大机轮对数据普查工作,掌握轮对

技术状态,对踏面剥离、掉块超限等情况必须进行及时处置,建立完善大机轮对数据台账,每季度测量轮对数据,并及时进行跟踪分析。三是提升作业车司机操作水平,在大机现场运用过程中,杜绝非正常情况下,大减压制动和非常制动减速停车等不良操作行为,作业单位应每月组织开展大机司机作业车运行规范专项培训,相关科室和单位要对机车控制GYK等数据文件进行专项分析,对大机司机制动机等使用情况进行针对性剖析,并下发数据分析通报。四是发现钢轨擦伤及时上报,一方面在大机作业中因为作业车辆运行中误操作发生钢轨擦伤要当作施工作业问题,由施工盯控负责人逐级上报处理;另一方面对于长大坡道、区间停车标、曾经发生过擦伤等易发生擦伤的地段,运输生产部及工务工队要建立台账,在日常巡检中要当作重点地段来巡视,探伤作业通过时,要密切注意钢轨状态,保证钢轨擦伤的及时发现。

4.3 加强钢轨擦伤地段伤损快速处理

经探伤检测或现场手工检查确认钢轨擦伤后,必须立即进行处理。由于PG4钢轨在钢轨擦伤以后,存在多数擦伤虽未达到重伤标准,甚至未达到轻伤时,擦伤处轨顶面下已形成核伤的情况,在参照《普速铁路线路修理规则》中对擦伤轻、重伤标准判别的同时,还应适度提级处理,采取更“严格”的标准对待PG4钢轨擦伤的处理。

4.3.1 打磨和加固钢轨处理

打磨处理主要针对擦伤程度较轻,一般对于未达到或刚达到钢轨擦伤轻伤标准,擦伤深度在1mm及以下时,尽量采取打磨方式进行处理。单个或者只有对股擦伤时刻采用仿形打磨机进行钢轨擦伤面的快速打磨处理,要保证打磨处所出现新的钢轨晶体组织,将擦伤表面的马氏体组织及细小裂纹清除干净,彻底清除裂纹源。遇有同一区段出现多处钢轨擦伤的情况,建议使用钢轨打磨车进行打磨处理,可采取少量多次的打磨方式,对钢轨擦伤区段进行快速打磨处理,彻底清除裂纹源,避免伤损向下发展。

4.3.2 更换钢轨处理

当钢轨擦伤深度较深,伤损深度已接近或达到2mm时,通过钢轨打磨处理已不能够解决裂纹源的问题,钢轨擦伤部位在打磨后仍有探伤出波或表面仍有异常,建议对钢轨擦伤位置使用冻结夹板进行加固处理并密切监控伤损的发展,在天窗点时及时安排更换钢轨处理。如擦伤深度达到2mm及以上时,钢轨随时都有脆断的可能,必须及时安排进行换轨处理,如因行车组织原因未能及时安排更换,工务工队应安排人员现场盯控伤损发展直至钢轨更换下线。

4.4 建立严密探伤检测监控分析制度

4.4.1 探伤现场擦伤伤损检测监控

探伤现场作业发现钢轨擦伤时,尤其是PG4钢轨要高度重视,探伤作业人员在调整70°探头位置,加大耦合水量,提升通道增益,减缓推行速度的同时,发现异常波形要及时采取多种方法进行校对(侧校、鄂校),同时还要注意

0°探头的失波情况,发现探伤检测波形异常地段,要精准定位和记录,并由线路设备管辖的工务工队及时安排打磨处理。打磨后,由探伤作业人员再次复探,对仍存在异常波形的处所,由工务工队及时安排换轨处理。对于钢轨擦伤非常严重且短时间内无法处理的处所,由工务工队采取临时加固措施,并派人进行现场盯控直至进行换轨处理,探伤作业人员应保证不少于24h进行一次复测,密切注意伤损的发展。

4.4.2 探伤仪数据多级回放研究

在探伤作业组检测发现钢轨擦伤后,应立即向所在单位进行汇报,并由各级数据回放人员进行数据回放对比分析。同时,各级回放人员要结合现场伤损判别情况,分析伤损发展趋势,加大对伤损发展的监控,如发现伤损有发展迹象时,要立即通知探伤现场监控人员,必要时缩短复查时间,加密探测频次,对发展速率明显加快的处所要立即进行上报,由线路车间组织及时进行换轨处理。对于同一区间(区段)内短时间内发生多处钢轨擦伤的情况,应及时上报分公司,并由工队(车间)及管理人员及专业技术人员组织召开伤损研究分析会,搞清伤损形成原因,及时扼制钢轨擦伤伤损苗头。

4.4.3 利用探伤车数据对比分析

充分发挥大型探伤车检测效率高,检测质量好的优势,在区间正线检测坚持以大型探伤车为主,小型探伤仪为辅的作业模式。发现钢轨擦伤后,及时调取大型探伤车检测数据,与小型探伤仪检测数据进行横向对比分析。对于山区重载铁路难以加密探测和打磨后仍有异常出波,但出波较弱的地段应至少持续3个检测周期加强对比分析,遇有探伤车疑似数据应主动加强现场复核校对,提升钢轨擦伤伤损的判定能力。

5 结语

重载铁路要高度关注大机作业因为作业车辆轮对伤损、作业车运行操作不当和石砟整形车司机操作不当等因素造成钢轨擦伤的情况,重车线使用的PG4钢轨由于其脆性较大,必须重视钢轨擦伤可能带来的断轨影响,我们要通过上一系列加强措施,使得每次钢轨擦伤后伤损的发展均在监控范围内并及时处理,才能有效杜绝断轨隐患的发生,保障铁路线路的安全运行。

参考文献

- [1] 胡二根.钢轨擦伤原因及其防治[J].铁道建筑,2000(1):32-33.
- [2] 柴志强.重载条件下PG4钢轨擦伤监控对策研究[J].山西建筑,2017,43(21):118-120.
- [3] 高国海.韩原线钢轨擦伤地段廓形修复的研究和实施[J].科技与创新,2017(9):119-121.