

关于重载铁路线路病害原因分析及维修养护探讨

陈亚杰

国能朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司 034100

【摘要】当今社会，全球经济深度融合，促进我国交通运输网络不断完善。重载铁路作为其中的重要组成部分，凭借着便捷性、高效性、大运量等诸多优势，成为我国大宗货物流转的首要选择。尤其近年来，社会各界对重载铁路的运输需求持续飙升，在促进国家经济建设的同时，由于铁路线路长期处于高强度运行状态，导致轨道磨损、路基沉降等病害时有发生，在一定程度上增加了重载铁路运输过程的安全隐患。所以，深入探索重载铁路线路的常见病害及引发原因，并寻求科学可行的维修养护策略，已经成为促进重载铁路高效运行、保障国家经济稳健发展的重要举措。

【关键词】重载铁路；线路；病害；原因；维修养护

Analysis of causes and maintenance of heavy railway lines

Chen Yajie

Yuanping Branch of Guoneng Shuohuang Railway Development Co., LTD 034100

【Abstract】In today's society, the global economy is deeply integrated, promoting the continuous improvement of China's transportation network. As an important component, heavy-haul railways have become the primary choice for bulk cargo transportation in China due to their convenience, efficiency, and high capacity. In recent years, the demand for heavy-haul railway transport has surged across all sectors of society. While this drives national economic development, the long-term high-intensity operation of railway lines has led to frequent issues such as track wear and subgrade settlement, which increase safety risks during the transportation process. Therefore, thoroughly exploring common problems and causes in heavy-haul railway lines and seeking scientifically sound maintenance strategies have become crucial measures to ensure efficient operation of heavy-haul railways and support the steady development of the national economy.

【Key words】heavy railway; line; disease; cause; maintenance

引言：

新形势下，重载铁路凭借着高效的运输能力，成为我国资源调配的中坚力量，其在促进工业稳健生产方面发挥关键作用。但值得关注的是，重载铁路的列车本身具有重量大、强度高的特点，其对线路进行长期碾压，必然会影响线路运行的稳定性和安全性。现阶段，轨道变形、道床板结等病害，已经成为重载铁路运营致力于解决的顽疾。结合实践来看，如果没有及时处理病害，不仅会增加重载铁路运营成本，还会因线路频繁维修而中断运输，导致货物运输时效性降低，进而为相关产业造成巨大经济损失，严重甚至会威胁行车安全，引发安全事故。所以，对重载铁路线路病害的原因进行深入剖析，并采取有效策略维修养护，是保障重载铁路的安全稳定运行、推动经济社会的持续健康发展的根基。

一、重载铁路线路病害维修养护的意义

（一）保障运输安全

重载铁路承担着运输大体量、重质量货物的重任，这使

其线路稳定性面临严苛考验。线路一旦出现病害，如轨道轨距因长期磨损而出现宽窄变化、水平度发生偏差，重载列车高速行驶时就极易产生剧烈晃动，严重情况下甚至可能脱轨，进而引发重大安全事故，威胁司乘人员生命以及沿线居民的生活与财产安全^[1]。同时，线路病害对铁路正常运营也构成极大威胁，轻微病害会致使列车限速，严重时则直接导致停运，这不仅会打乱原本精心规划的运输计划，还可能引发上下游运输环节的连锁混乱，使整个物流体系陷入无序状态。而专业、及时且规律的维修养护作业至关重要，通过运用高精度测量仪器精准校准轨道轨距，利用先进设备调整轨道水平，对磨损严重的钢轨进行更换或修复，并借助先进检测技术提前察觉病害迹象，在病害刚露头时就迅速采取针对性措施解决，全方位排查并化解潜藏隐患，能够让重载铁路始终保持优良运行状态，列车得以按既定速度和车次平稳有序运行，既保障了行车安全，又确保了运输秩序稳定，实现物资的高效、顺畅运输。

（二）延长线路使用寿命

重载铁路在日常运营中，需要常年经受重载列车高频次、高强度的反复碾压，致使线路的道床、轨枕、钢轨等关

键部件承受着超乎寻常的巨大压力,损耗问题极为突出。道床因长期遭受重压与摩擦,内部结构逐步松散,道砟大量破碎、粉化;轨枕频繁受到冲击,不同程度的磨损乃至断裂情况屡见不鲜;钢轨与车轮持续摩擦,表面磨损、变形问题严重。与此同时,线路在长期运行过程中,不可避免地会出现各类初期病害,像钢轨表面受车轮长期挤压、摩擦产生细微裂纹,路基因承受重载列车的巨大重量而出现局部轻微下沉^[2]。若对部件损耗及初期病害放任不管,随着列车持续运行,荷载不断作用,不仅部件损耗会进一步加剧,病害也将以惊人速度恶化,钢轨裂纹可能逐渐扩展至断裂,路基下沉范围会持续扩大、深度增加,严重危及轨道的平顺性。而定期开展的专业维修养护工作,可有效缓解这一严峻局面。通过专业设备对道床进行深度清筛,去除杂物与粉化道砟并补充新道砟,恢复道床弹性与排水性能,降低对轨枕和钢轨的冲击力,同时依据检测数据及时更换磨损超限的轨枕和钢轨,抑制部件损耗进程。针对钢轨裂纹采用高精度打磨设备修复,对路基轻微下沉运用夯实、注浆等加固技术处理,精准遏制病害恶化势头。如此不仅能延长各部件及整个线路的使用寿命,还可避免频繁开展大规模线路更新改造工程,削减成本投入,保障重载铁路长期稳定运营。

(三) 促进经济发展

重载铁路于国家物资运输体系而言,是极为关键的一环,承担着煤炭、石油等能源,以及铁矿石、建筑材料等重要原材料的长距离、大运量运输重任,其运输效率与稳定性,直接左右着物资能否按时、准确地抵达工业生产、居民生活等各需求终端。在工业领域,充足且及时的原材料供应,是生产线持续运转、保障产品产出的基石;对居民生活而言,稳定的能源输送是满足日常用电、用气等基本需求的前提。同时,重载铁路如同无形纽带,串联起资源产地、加工企业与物流中心等产业节点。当线路状况良好,矿山开采企业能迅速将矿石运往冶炼厂,确保冶炼厂原料补给、高效生产,冶炼厂产出的金属材料又能快速送达下游制造企业,为其提供原材料储备。这种上下游产业的紧密协同,极大降低了物流成本,提升了生产效率,增强了区域产业关联度,推动区域经济走向繁荣。通过对重载铁路线路开展全方位、精细化维修养护,维持线路最佳运行状态,规避因病害导致的运输停滞或延迟,既能稳固物资输送根基,为经济稳健发展提供动力,又能为产业协同发展注入动力,助力各产业深度融合、联动升级,推动区域经济实现高质量发展。

二、重载铁路线路常见病害及原因

(一) 道床病害及原因

重载铁路运营期间,道床面临着来自多方面的严峻挑战。重载列车的高强度反复施压以及行驶引发的强烈振动,

使得道砟颗粒间摩擦力急剧增大,道床原本疏松的结构被破坏,逐步失去松散特性而发生板结。与此同时,列车疾驰带起的扬尘与周边环境中的尘土等细微杂质,持续渗透进入道床,填充道砟间空隙,进一步加剧板结程度^[3]。而在道床板结的同时,重载列车高频次往返运行及通过时产生的强劲气流,不断冲击道砟,使其表面因摩擦与冲击逐渐破碎、粉化,一旦道床排水不畅,就会因雨水浸泡加速道砟的风化分解,致使粉化速度加快。粉化后的道砟质地变轻,在列车气流带动下易脱离道床,造成道砟缺失。道床板结使其弹性大幅下降,无法有效缓冲列车荷载冲击力,道砟缺失又导致轨枕受力失衡,局部压力过大。这些问题不仅严重干扰线路平稳运行,增加脱轨等事故风险,还会加快轨枕损坏,显著提升线路变形可能性,对重载铁路的安全稳定运行产生极为不利的影响。

(二) 轨枕病害及原因

重载列车运行时,轨枕面临着极为复杂且严苛的受力环境。钢轨将列车施加的巨大垂直压力传递给轨枕,列车运行产生的横向力与纵向力也同时作用于轨枕。在直线区段,垂直压力与纵向力共同对轨枕产生影响,而在曲线地段,列车通过时产生的离心力转化为强大横向力,进一步加剧轨枕受力的复杂性。长期处于这种状况下,轨枕与钢轨扣件的连接处,因频繁承受机械紧固力与列车动态作用力的双重影响,磨损问题逐渐凸显;轨枕底部与道床接触的部位,在持续重压与摩擦下,也出现严重磨损,尤其是在曲线半径较小地段,离心力导致的横向力显著增大,使得轨枕磨损程度远超直线地段,极大缩短了轨枕预期使用寿命。轨枕断裂主要源于两方面原因。一是道床出现板结,其弹性缓冲性能大幅下降,无法均匀分散轨枕所承受的压力,道砟缺失时,轨枕局部因缺乏有效支撑承受过大压力,在这两种情况下,轨枕极易在局部应力集中区域产生细微裂纹,经列车反复碾压,裂纹不断扩展延伸,最终导致断裂。二是轨枕制造环节若存在质量瑕疵,如钢筋配置不符合设计要求,无法有效承担拉力,或混凝土强度未达标准,在承受重载列车长期、高强度荷载冲击时,难以保持结构完整性,内部应力失衡引发裂纹,进而致使轨枕断裂。轨枕一旦断裂,轨道结构的连续性与稳定性遭到严重破坏,直接危及列车运行安全,极有可能引发严重行车事故。

(三) 钢轨病害及原因

重载列车运行期间,钢轨面临着磨损与裂纹两大严峻问题。钢轨磨损主要源于车轮与钢轨间的摩擦力,以及列车通过曲线时产生的横向力。在直线区间,车轮与钢轨间持续的滚动摩擦,致使钢轨踏面材料不断损耗,平整度降低;而在曲线地段,离心力驱使车轮对外轨侧面施加较大挤压力,产生强烈滑动摩擦,造成外轨严重侧磨。随着列车运行里程不断增加,车轮与钢轨接触次数呈指数级上升,磨损效应持续

累积,钢轨磨损愈发严重。一旦磨损超出安全限度,车轮与钢轨的契合度被破坏,列车运行时会剧烈振动,严重影响行驶平稳性,给行车安全埋下巨大隐患,增加脱轨等事故发生的可能性。与此同时,钢轨在生产、加工环节,受工艺水平和原材料质量等因素影响,内部可能遗留夹杂、气孔等缺陷。重载列车反复碾压,使钢轨内部缺陷处形成应力集中点,当应力超过材料承受极限,便会诱发裂纹。

三、重载铁路线路维修养护策略

(一) 道床维修养护策略

为了确保道床始终保持良好性能,需要实施周期性道床清筛作业与道床强化加固举措。运用专业的道床清筛机,依据线路运量及道床污染程度科学规划清筛周期,全面清理道床内长期积累的粉化道砟、杂物与尘土。在运量大且污染严重的关键地段,适当缩短清筛周期;运量小、污染轻的区域,则适度延长。清筛时,操作人员严格把控深度至设计标准,恢复道床弹性,优化排水性能,防止积水损害道床与轨下结构,清筛后及时补充优质新道砟,维持道床饱满度,支撑轨枕,保障轨道结构稳定^[4]。而针对道床板结严重、常规维护难以奏效的地段,采用道床固化技术,借助专用设备向道床注入特制固化材料,材料在道砟颗粒间发生反应,形成高强度粘结结构,大幅提升道床整体强度与承载能力。同时,在道床表面铺设土工合成材料,如土工格栅,其独特网格与道砟紧密咬合,增强整体稳定性,抵御列车振动冲击;土工布发挥过滤隔离作用,减少道砟粉化,提升抗冲刷能力,避免道砟缺失,全方位保障道床性能,延长使用寿命。

(二) 轨枕维修养护策略

保障重载铁路安全稳定运行,需要重视轨枕维护,主要涵盖磨损轨枕更替与轻微损伤轨枕修复。在实施过程中,要构建完备轨枕检测机制,融合人工细致巡查与轨道检测车精准检测,定期为轨枕检修。人工凭经验察觉轨枕表面明显病害,检测车借先进技术探测内部潜在问题,精准掌握轨枕磨

损状况。一旦磨损超安全限度,即刻依规范更换。施工人员吊运、安装新轨枕,精确连接钢轨扣件,稳固贴合道床,维护轨道结构稳定。而当轨枕出现轻微裂纹或损伤,采用专业加固修复技术。如混凝土轨枕表面裂缝,用环氧树脂修补,填充间隙、增强耐久性。若因道床病害致轨枕受力不均,修复道床时同步调整、加固轨枕,重新定位或添加支撑部件,确保受力均匀,延长轨枕服役时长。

(三) 钢轨维修养护策略

在重载铁路的日常运维中,钢轨的维护至关重要,主要包含周期性打磨维护以及裂纹排查与修复两大关键工作。为保证钢轨始终处于优良运行状态,需定期启用专业的钢轨打磨车,对钢轨踏面与侧面展开精细打磨。制定打磨计划时,要综合考量线路曲线半径、运量等因素,曲线半径小、侧向力大以及运量大的地段,需适当缩短打磨周期,并依据不同线路条件,精准设定打磨深度、角度等工艺参数,实现最佳打磨效果,延长钢轨使用寿命^[5]。同时,借助超声波探伤、电磁探伤等先进无损检测技术,定期对钢轨进行全方位深度检测,及时精准发现内部潜藏裂纹。这些技术能深入钢轨内部,在不损伤本体的前提下高效探测微小裂纹。发现裂纹后,根据尺寸与位置采取针对性修复策略:细微表面裂纹通过精细打磨去除,恢复表面完整性;较深内部裂纹则先运用钻孔止裂技术,在裂纹尖端钻孔阻止扩展,再结合焊接修复技术填充受损部位,恢复钢轨强度。

结束语:

综上所述,重载铁路线路病害源于多方面因素交织。道床受列车反复碾压、环境侵蚀,轨枕承受复杂作用力且制造质量参差不齐,钢轨面临摩擦、温度变化等挑战,致使各类病害频发。但针对这些问题,采取一系列行之有效的维修养护手段能够有力遏制病害蔓延,确保线路安全无虞,进而全方位提升重载铁路线路的维修养护效能。

参考文献

- [1]魏伟.专用线铁路线路病害整治及养护维修研究[J].石家庄铁路职业技术学院学报, 2024, 23(1): 7-9, 15.
 - [2]徐菲,曲建军,代春平,等.基于GIS的重载铁路线路设备"一张图"技术研究与应用[J].铁道运输与经济, 2023, 45(11): 160-167.
 - [3]尹轶.重载铁路既有线路基病害探地雷达无损检测方法[J].现代工程科技, 2023, 2(2): 93-96.
 - [4]王敬.朔黄重载铁路半径400m曲线线路钢轨打磨周期[J].铁道建筑, 2023, 63(11): 42-45.
 - [5]郭秀伟.重载铁路工务线路维修养护工作的探讨[J].现代工程项目管理, 2024, 3(9).
- 作者简介:陈亚杰(1987.10-)男,河北邯郸人,本科,助理工程师,研究方向:铁路线路工。