

重载铁路线路养护维修技术优化研究

赵天宇

华能伊敏煤电公司铁路运输处 内蒙古 呼伦贝尔 021134

摘要：重载铁路在国民经济货物运输中占据关键地位，其线路承受着巨大的轴重与运输量，养护维修工作至关重要。本文深入剖析重载铁路线路特点及养护维修技术现状，指出当前存在的问题，如养护维修计划不科学、技术手段有局限、管理信息化水平低、人员素质待提升等。针对性地提出优化策略，涵盖优化养护维修计划、完善技术手段、提高信息化水平等方面，旨在为重载铁路线路养护维修工作提供理论支持与实践指导，保障重载铁路运输的安全高效。

关键词：重载铁路；线路养护维修；技术优化

1 引言

重载铁路作为现代铁路运输的重要分支，以其大运力、高效率的特点，在煤炭、矿石等大宗货物运输领域发挥着不可替代的作用。随着我国经济的持续快速发展，对重载铁路运输的需求日益增长，重载铁路建设规模不断扩大，运输能力持续提升。然而，重载铁路线路在长期承受巨大轴重和高强度运输的双重压力下，轨道结构、路基等部件极易出现各种病害，如钢轨磨损加剧、道床板结、路基沉降等。这些病害不仅严重影响列车运行的平稳性和安全性，缩短线路使用寿命，还会增加运营成本，降低运输效率。因此，对重载铁路线路养护维修技术进行优化研究，提高养护维修水平，对于保障重载铁路的安全、高效运营，促进国民经济的健康发展具有重要的现实意义。

2 重载铁路线路特点及养护维修技术现状

2.1 重载铁路线路特点

轴重大：重载铁路列车的轴重通常远超普通铁路列车，一般可达25吨以上，部分重载线路甚至超过30吨。巨大的轴重使得轨道结构承受的压力呈几何级数增加，加速了钢轨、枕、道床等部件的磨损和破坏。例如，在重载铁路的小半径曲线地段，钢轨侧磨问题尤为突出，严重影响了钢轨的使用寿命。

运输量大：重载铁路的年运输量往往以亿吨计，高强度的运输任务使得线路设备长期处于疲劳工作状态。线路设备在反复承受列车荷载的作用下，容易出现疲劳损伤，病害发展速度快。以大秦铁路为例，其年运输量超过4亿吨，线路设备的养护维修工作量巨大。

列车密度高：为了提高运输效率，重载铁路通常采用高密度的列车运行图，列车追踪间隔时间短。这给养护维修作业带来了极大的困难，养护维修作业时间窗口

有限，需要在有限的时间内完成大量的养护维修任务，对养护维修技术和组织管理提出了更高的要求。

线路条件复杂：重载铁路线路往往穿越不同的地质地貌区域，线路条件复杂多样。在山区，线路可能面临坡度大、曲线半径小等问题；在软土地区，路基容易出现沉降、变形等病害。复杂的地质条件增加了线路养护维修的难度，需要采取针对性的养护维修措施。

2.2 重载铁路线路养护维修技术现状

重载铁路作为现代铁路运输的重要组成部分，承担着大量的货物运输任务，其线路的养护维修工作至关重要，直接关系到铁路运输的安全与效率。目前，重载铁路线路养护维修工作涵盖了多个关键方面。轨道几何尺寸调整是养护维修的基础工作之一。主要借助大型养路机械，如起道机、拨道机、捣固车等，对轨道进行起道、拨道、捣固等作业。通过这些操作，能够精准调整轨道的高低、方向、水平等几何参数，有效提高轨道的平顺性，确保列车运行平稳，减少轮轨间的冲击力，延长轨道使用寿命^[1]。钢轨打磨也是不可或缺的环节。专业的打磨设备能够对钢轨表面进行精细化打磨，消除钢轨波浪形磨损、疲劳裂纹等病害。这不仅能改善轮轨接触关系，降低轮轨噪声，还能减少钢轨的进一步损伤，提高列车运行的安全性和舒适性。道床清筛工作同样重要。道床在长期使用过程中，会积累污土并出现板结现象，影响道床的弹性和排水性能。通过道床清筛作业，清除道床中的污土和板结道砟，恢复道床的良好状态，保障线路的稳定性和排水顺畅。路基加固则针对路基出现的沉降、裂缝等病害，采用注浆、换填等方法进行处理，增强路基的承载能力和稳定性，防止路基病害进一步发展。此外，随着信息技术的飞速发展，先进的监测技术逐渐应用于重载铁路线路养护维修中。轨道检查

车、车载式线路检查仪等设备能够实时监测线路的几何状态和设备状态，将数据及时传输至养护维修部门，为科学决策提供有力数据支持，实现养护维修工作的精准化和高效化。

3 当前重载铁路线路养护维修技术存在的问题

3.1 养护维修计划制定不够科学

目前，部分重载铁路线路养护维修计划的制定主要依据经验，缺乏对线路实际状态的精准评估。虽然有轨道检查车等监测设备提供数据，但对于数据的分析和利用不够深入。例如，没有充分考虑线路病害的发展规律和列车运行对线路的影响，导致养护维修计划与线路实际需求存在一定偏差。在一些病害较轻的地段可能进行了过度维修，造成了资源的浪费；而在一些病害严重的地段则可能维修不足，导致病害进一步发展，影响线路安全。

3.2 养护维修技术手段有待完善

大型养路机械适应性不足：虽然大型养路机械在重载铁路养护维修中发挥了重要作用，但在面对一些复杂工况时，如小半径曲线、隧道内等，其作业效率和效果受到一定限制。在小半径曲线地段，大型捣固车难以精确控制捣固质量，容易出现捣固不实、钢轨支距不准确等问题；在隧道内作业时，由于空间受限，大型机械的操作和维护难度较大，且作业产生的粉尘和噪音对隧道内的环境和设备造成一定影响。

钢轨打磨技术存在局限性：现有的钢轨打磨技术主要针对钢轨表面的病害进行处理，但对于钢轨内部的缺陷和疲劳损伤检测和处理能力有限。打磨过程中产生的粉尘和噪音对环境和作业人员健康造成一定影响，且打磨后的钢轨表面质量有时难以满足重载铁路高平顺性的要求。例如，在打磨过程中，如果打磨参数设置不合理，可能会导致钢轨表面出现烧伤、裂纹等问题。

路基病害处理技术不够成熟：重载铁路路基病害类型多样，如软土路基沉降、膨胀土路基变形等，目前针对这些病害的处理技术还不够成熟，缺乏长期有效的解决方案。一些传统的路基加固方法，如换填、注浆等，在处理复杂地质条件下的路基病害时，效果往往不理想，且施工周期长、成本高^[2]。例如，在软土地区进行路基加固时，换填深度难以准确确定，注浆效果受土体渗透性等因素影响较大。

3.3 养护维修管理信息化水平较低

虽然部分重载铁路已经引入了一些信息化管理系统，但整体信息化水平仍然较低。养护维修数据分散在不同的部门和系统中，缺乏有效的整合和共享，导致数

据利用效率低下。例如，线路状态监测数据、养护维修作业数据、设备管理数据等分别存储在不同的系统中，各部门之间信息沟通不畅，难以实现对线路状态的全面、实时掌握。同时，信息化管理系统在养护维修计划制定、作业过程监控、质量验收等方面的功能还不够完善，无法实现对养护维修工作的全过程精细化管理。

4 重载铁路线路养护维修技术优化策略

4.1 优化养护维修计划制定

建立科学的线路状态评估体系：综合运用轨道检查车、车载式线路检查仪、钢轨探伤仪等多种监测设备，对线路的几何状态、钢轨伤损、道床状态、路基稳定性等进行全面、实时监测。建立线路状态评估模型，采用模糊综合评价、神经网络等方法，对监测数据进行深入分析，准确评估线路的健康状况和病害发展趋势。例如，通过对钢轨磨损深度、疲劳裂纹长度等数据的分析，预测钢轨的使用寿命，为钢轨更换计划的制定提供依据。

采用基于风险的养护维修决策方法：根据线路状态评估结果，结合列车运行情况、设备使用寿命等因素，对线路病害进行风险评估，确定不同病害的风险等级。采用层次分析法、故障树分析法等方法，建立风险评估指标体系，计算病害的风险值。根据风险等级制定差异化的养护维修计划，优先处理风险较高的病害，提高养护维修资源的利用效率^[3]。例如，对于风险等级高的病害，及时安排维修人员进行修复；对于风险等级较低的病害，可以采取监测和跟踪观察的措施。

合理安排养护维修作业时间窗口：充分考虑重载铁路列车运行密度高的特点，加强与运输部门的沟通协调，合理安排养护维修作业时间窗口。采用“天窗”集中修、状态修等多种维修模式相结合的方式，提高养护维修作业的效率 and 效果。例如，在列车运行间隙较长的“天窗”时间内，安排大型养路机械进行集中作业；在日常运行过程中，采用状态修的方式，对发现的病害及时进行处理。

4.2 完善养护维修技术手段

改进大型养路机械性能：加大对大型养路机械的研发投入，针对重载铁路线路特点，对现有大型养路机械进行改进和优化。例如，开发适用于小半径曲线地段的小型化、高精度捣固设备，采用先进的传感器和控制系统，实现对捣固深度、捣固频率等参数的精确控制，提高捣固作业的质量和效率；研发隧道内专用养护维修机械，采用低噪音、低粉尘的设计，减少对隧道内环境和设备的影响，同时提高机械的操作灵活性和维护便利性。

创新钢轨打磨技术：研究开发新型的钢轨打磨技术和设备，提高对钢轨内部缺陷和疲劳损伤的检测和处理能力。例如，采用超声波检测、涡流检测等技术对钢轨进行全面检测，准确掌握钢轨的伤损情况；研发智能化的钢轨打磨机器人，利用机器视觉和人工智能技术，实现对钢轨表面病害的自动识别和打磨参数的自动调整，提高打磨质量和效率，减少对环境的影响。同时，优化打磨工艺，采用多遍打磨、分层打磨等方法，改善钢轨表面质量，延长钢轨使用寿命。

加强路基病害处理技术研究：针对不同类型的路基病害，开展深入的研究，探索更加有效的处理方法。例如，对于软土路基沉降问题，可以采用真空预压、堆载预压与桩基相结合的综合处理方法，通过真空预压和堆载预压加速土体固结，提高土体强度，再采用桩基提高路基的承载能力；对于膨胀土路基变形问题，可以采用化学改良、保湿防护等方法进行处理，通过向膨胀土中添加化学改良剂，改善土体的物理力学性质，同时采用保湿防护措施，减少土体的水分变化，防止路基变形。同时，加强对路基病害处理效果的长期监测和评估，建立病害处理效果数据库，不断优化处理方案。

4.3 提高养护维修管理信息化水平

构建统一的养护维修信息管理平台：整合现有的养护维修数据资源，建立统一的养护维修信息管理平台，实现数据的集中存储、共享和分析。该平台应涵盖线路状态监测数据、养护维修作业数据、设备管理数据、人员管理数据等各个方面，通过数据接口实现不同系统之间的数据交互^[4]。例如，将轨道检查车的监测数据实时传输到信息管理平台，养护维修人员可以通过平台查询线路状态信息，制定养护维修计划。

开发智能化养护维修管理系统：利用大数据、人工智能等技术，开发智能化养护维修管理系统。该系统可以根据线路状态评估结果和养护维修计划，自动生成养护维修作业任务单，并对作业过程进行实时监控和指导。例如，通过安装在大型养路机械上的传感器，实时采集作业数据，传输到管理系统，系统对作业数据进行分析，判断作业质量是否符合要求，并及时向作业人员

反馈。同时，系统还可以对养护维修质量进行自动验收和评价，提高养护维修管理的科学性和精细化水平。

推广应用移动终端设备：为养护维修人员配备移动终端设备，如智能手机、平板电脑等，实现养护维修数据的实时采集和上传。养护维修人员可以通过移动终端设备接收作业任务、查看线路状态信息、记录作业过程等。例如，在现场作业时，养护维修人员可以使用移动终端设备拍摄病害照片，上传到信息管理平台，同时记录作业时间、作业内容等信息，提高工作效率和数据准确性。

结语

重载铁路线路养护维修技术优化是一项长期而艰巨的任务，需要从养护维修计划制定、技术手段完善、管理信息化水平提高以及人员培训等多个方面入手，进行全面、系统的优化。通过建立科学的线路状态评估体系、采用先进的养护维修技术和设备、提高信息化管理水平等措施，可以有效提高重载铁路线路的养护维修质量，延长线路使用寿命，保障重载铁路运输的安全、高效运行。未来，随着科技的不断进步，重载铁路线路养护维修技术将不断创新和发展。例如，物联网、大数据、人工智能等新技术将在养护维修领域得到更广泛的应用，实现线路状态的实时监测、智能诊断和精准维修。同时，还需要进一步加强理论研究和实践探索，不断完善重载铁路线路养护维修技术体系，以适应重载铁路运输不断发展的需求。相信在各方的共同努力下，重载铁路线路养护维修技术将取得更大的突破，为重载铁路事业的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]杨志宝.浅论重载铁路线路常见病害原因及养护维修[J].中国设备工程,2021,(23):199-200.
- [2]冷朝阳.试析提高重载铁路线路养护维修质量问题的有效策略[J].科技风,2020,(09):132.
- [3]沙学运.重载铁路曲线钢轨磨耗影响因素及养护维修对策研究[D].中国铁道科学研究院,2024.
- [4]曲建军,秦怀兵,龙亦语,等.朔黄重载铁路线路维修健康管理平台[J].铁路技术创新,2021,(06):17-23.