

# 铁路隧道养护维修中常见问题的诊断与解决方案研究

刘佳来

中国铁路北京局集团有限公司北京工电大修段 北京 100071

**摘要:** 铁路隧道养护维修是保障铁路运输安全与效率的关键环节。当前养护维修中存在维修设备不足、人员技术水平不高、养护计划不合理及技术难题不易解决等问题。本文通过对铁路隧道养护维修重要性的分析,深入探讨常见问题的诊断方法,包括病害监测与评估手段,并针对性地提出加强设备管理更新、技术人员培训、优化养护计划及引入新技术等解决方案,为提升铁路隧道养护维修水平、延长隧道使用寿命提供理论与实践参考。

**关键词:** 铁路隧道; 养护维修; 常见问题; 诊断; 解决方案

引言: 铁路隧道作为铁路线路的重要组成部分,其运行状态直接影响铁路交通的安全与效率。随着铁路运输量的持续增长,隧道面临的运营压力日益增大,养护维修工作的重要性愈发凸显。然而,当前养护维修实践中,设备配备、人员技术、计划制定及技术应用等方面存在诸多问题,导致隧道病害难以及时发现与处理。本文聚焦铁路隧道养护维修领域,系统分析养护维修的重要意义,梳理常见问题,探索科学的诊断方法,进而提出切实可行的解决方案,旨在为铁路隧道养护维修工作的规范化、高效化发展提供思路。

## 1 铁路隧道养护维修的重要性

### 1.1 保障交通安全

铁路运输承载着大量旅客与货物,其安全运行至关重要。铁路隧道长期处于复杂地质环境与交变荷载作用下,易出现衬砌开裂、渗漏水、拱顶掉块等病害。这些病害若未及时发现与处理,可能导致列车脱轨、倾覆等严重事故,威胁乘客生命安全与国家财产安全。通过定期养护维修,利用先进检测技术对隧道结构进行全面检查,及时修复病害,能有效消除安全隐患,确保列车在隧道内平稳、安全运行,为铁路运输筑牢安全防线<sup>[1]</sup>。

### 1.2 提高运输效率

高效的铁路运输依赖于线路设施的良好状态。铁路隧道出现病害时,可能导致轨道变形、限界不足等问题,迫使列车减速通过,甚至临时停运检修,严重影响运输效率。养护维修工作通过对隧道内轨道、衬砌、排水系统等设施的维护与修复,保障隧道结构稳定,维持线路正常运行条件。同时,及时处理病害可减少突发故障的发生,避免列车延误与调度混乱,确保铁路运输的准点性与连贯性,充分发挥铁路大运量、高效能的优势,满足日益增长的运输需求。

### 1.3 延长隧道使用寿命

铁路隧道建设投资巨大,延长其使用寿命具有显著的经济效益与社会效益。隧道在使用过程中,受地质条件变化、列车振动、环境侵蚀等因素影响,结构性能会逐渐退化。科学合理的养护维修工作,可通过对隧道结构的预防性维护、病害早期治理,延缓结构老化速度,降低结构损坏程度。定期对隧道进行防水处理、衬砌加固等维护措施,能有效提升隧道结构的耐久性,减少大规模重建或大修的频率,降低全寿命周期成本,使隧道在较长时间内保持良好的使用性能,持续为铁路运输服务。

## 2 铁路隧道养护维修中存在的问题

### 2.1 维修设备不足

当前,部分铁路隧道养护维修工作中,维修设备存在数量短缺与功能落后的问题。一方面,随着铁路隧道里程的不断增加、线路复杂程度提升,现有的检测设备、维修机具数量难以满足高频次、大范围的养护需求,导致病害检测不及时、维修效率低下。另一方面,许多养护单位仍在使用传统检测设备,如人工敲击检测衬砌,缺乏地质雷达、三维激光扫描等先进无损检测设备,无法精准识别隧道内部隐蔽病害;维修设备也多为基础工具,自动化、智能化程度低,难以应对复杂病害的维修作业,极大制约了养护维修工作的开展。

### 2.2 人员技术水平不高

铁路隧道养护维修是专业性较强的工作,对人员技术水平要求较高。但实际工作中,养护维修人员技术水平参差不齐。部分人员未接受系统专业培训,对隧道结构、病害成因、检测技术等知识掌握不全面,难以准确判断病害类型与严重程度,可能造成维修措施不当或延误维修时机。同时,随着养护维修新技术、新设备不断涌现,现有人员学习动力不足、培训机制不完善,导致其对新技术、新设备的操作使用不熟练,无法充分发挥先进技术在养护维修中的作用,影响工作质量与效率。

### 2.3 养护计划不合理

铁路隧道养护计划的制定缺乏科学性与灵活性。许多养护单位在制定计划时，未充分结合隧道实际状况、地质条件及运营环境，采用“一刀切”的统一养护周期，对病害高发隧道和状态良好隧道的养护安排无明显差异，导致病害严重的隧道得不到及时养护，而状态良好的隧道过度养护，造成资源浪费。此外，养护计划难以适应突发情况，当遭遇极端天气、地质灾害等导致隧道病害加剧时，不能及时调整养护方案与作业时间，无法有效应对紧急状况，给隧道安全运行带来隐患。

### 2.4 技术难题不易解决

铁路隧道养护维修面临诸多复杂技术难题。在地质条件复杂区域，隧道易出现大规模渗漏水、围岩大变形等问题，现有技术手段难以根治，只能采取临时堵漏、局部支撑等措施，无法从根本上解决问题，病害反复出现。同时，对于深埋长隧道、建成时间久的老旧隧道等特殊类型隧道，其结构受力复杂、环境特殊，在检测、维修方面缺乏针对性技术，现有技术标准与施工工艺难以满足养护需求。而且，不同地区、不同类型隧道病害成因复杂多样，缺乏通用有效的解决方案，技术难题长期存在，严重影响养护维修效果与隧道运行安全<sup>[2]</sup>。

## 3 铁路隧道养护维修常见问题的诊断方法

### 3.1 病害监测方法

铁路隧道病害监测需综合运用多种技术手段，构建全方位、多层次的监测体系。传统人工巡检仍是基础监测方式，技术人员携带简单工具，沿隧道逐段巡查，通过目视观察、手摸触感、敲击听音等方式，检查衬砌表面裂缝、渗漏水、剥落掉块等病害，虽能直观发现明显问题，但效率低、主观性强，且难以察觉结构内部隐患。随着科技发展，自动化监测技术成为重要补充。北斗卫星定位系统与地面监测网配合，能对隧道洞口边坡、浅埋段地表进行毫米级位移监测，及时预警滑坡、塌陷风险。视频监控系统搭载智能图像识别算法，可自动识别隧道内异物侵入、设备异常；红外热成像仪通过捕捉衬砌表面温度差异，快速定位渗漏水区域、空洞位置，极大提升隐蔽病害的发现能力。

### 3.2 病害评估方法

科学准确的病害评估是制定维修策略的核心依据。定性评估时，技术人员依据行业规范和标准，结合自身经验，对病害类型、规模、发展趋势进行初步判断，如将裂缝按宽度、长度分为轻微、中等、严重等级，对渗漏水按流量、水质进行分类，快速确定病害严重程度。定量评估则借助先进检测设备和数据分析技术。地质雷

达通过发射高频电磁波，获取衬砌厚度、背后空洞、钢拱架分布等数据；超声波检测可测定混凝土强度、内部缺陷；三维激光扫描能精确重建隧道内轮廓模型，量化分析衬砌变形、侵限情况。同时，引入风险评估模型，运用层次分析法（AHP）、模糊综合评价法等，从地质条件、运营荷载、病害特征等多维度构建评估指标体系，结合历史数据和专家经验赋予权重，计算病害发生概率与危害程度，实现风险分级。例如，对深埋隧道的岩爆风险，综合考虑围岩应力、岩体强度、埋深等因素，划分低、中、高风险等级，为维修资源分配和处置方案制定提供科学决策依据，确保养护维修工作有的放矢。

## 4 铁路隧道养护维修常见问题的解决方案

### 4.1 加强设备管理和更新

设备是铁路隧道养护维修的物质基础，加强设备管理与更新迫在眉睫。首先，应建立完善的设备管理制度，对现有养护维修设备进行全面清查与登记，详细记录设备型号、性能参数、购置时间、使用状况等信息，形成设备档案。通过定期检查设备运行状态，制定科学的设备维护计划，包括日常保养、定期检修和故障维修等，确保设备始终处于良好工作状态。同时，针对设备数量不足的问题，根据隧道养护维修实际需求，合理规划设备购置预算，逐步增加先进检测设备和维修机具的数量。在设备更新方面，积极引入新型智能检测设备，如三维激光扫描仪，能够快速、精准地获取隧道内轮廓数据，对衬砌变形、侵限等问题进行定量分析；采用自动化注浆机器人，可提高隧道渗漏水治理的效率和数量。此外，利用物联网技术，将设备接入智能管理平台，实现设备运行数据的实时监测与远程控制，提前预警设备故障，降低因设备问题导致的养护维修延误风险。通过加强设备管理和更新，提升养护维修工作的机械化、智能化水平，为铁路隧道养护维修提供坚实的设备保障。

### 4.2 加强技术人员培训

技术人员是铁路隧道养护维修工作的核心力量，加强其培训是解决人员技术水平不高问题的关键。一方面，制定系统的培训计划，涵盖基础理论知识、专业技能操作和新技术应用等内容。基础理论培训包括隧道结构力学、地质知识、病害成因分析等课程，帮助技术人员深入理解隧道养护维修的原理；专业技能培训则注重实际操作能力的提升，如检测设备的使用、病害维修工艺等，通过模拟实操和现场演练，提高技术人员的动手能力。另一方面，针对新技术、新设备不断涌现的情况，定期组织技术人员参加行业培训和学术交流活动，

邀请专家学者和行业精英分享最新的养护维修技术和经验。鼓励技术人员开展技术创新和课题研究,对取得突出成果的个人或团队给予奖励,激发其学习和创新的积极性。同时,建立技术人员考核机制,定期对培训效果和技术水平进行考核评估,将考核结果与绩效挂钩,督促技术人员不断提升自身能力。

#### 4.3 优化养护计划

科学合理的养护计划是提高铁路隧道养护维修效率和质量的重要保障。优化养护计划首先要建立隧道健康档案,详细记录隧道建设资料、历史病害情况、历次养护维修记录等信息,结合实时监测数据,对隧道状态进行动态评估。根据评估结果,采用差异化养护策略,对于病害高发、地质条件复杂的隧道,缩短养护周期,增加检测频率;对于状态良好的隧道,适当延长养护周期,减少不必要的资源浪费。同时,建立应急预案机制,当遇到极端天气、地质灾害等突发情况时,能够迅速调整养护计划,优先处理紧急病害,保障隧道安全运行。此外,运用大数据分析技术,对历史养护数据进行深度挖掘,总结病害发生规律和发展趋势,为养护计划的制定提供科学依据,实现养护计划从经验驱动向数据驱动转变,提高养护计划的精准性和前瞻性。

#### 4.4 引入新技术

引入新技术是解决铁路隧道养护维修技术难题的有效途径。在检测技术方面,推广应用智能感知技术,如毫米波雷达、太赫兹波检测技术,这些技术能够穿透衬砌,对隧道内部缺陷进行更精确的探测,尤其适用于检测传统方法难以发现的微小裂缝、空洞等病害。在维修技术方面,探索新型材料和工艺的应用,例如采用自修

复混凝土材料,当衬砌出现裂缝时,材料内部的修复剂可自动释放,填充裂缝,提高衬砌的耐久性;应用非开挖修复技术,减少对隧道正常运营的干扰,提高维修效率。同时,积极引入数字化技术,构建铁路隧道数字孪生模型,通过整合隧道设计、施工、监测等多源数据,在虚拟空间中实时模拟隧道的运行状态和病害发展过程,为养护维修决策提供直观、准确的支持。此外,加强产学研合作,与高校、科研机构建立长期合作关系,共同开展铁路隧道养护维修新技术的研发和应用,加速科研成果转化,及时将新技术应用到实际工程中,攻克技术难题,提升铁路隧道养护维修的技术水平,推动铁路隧道养护维修行业的创新发展<sup>[1]</sup>。

#### 结束语

铁路隧道养护维修关乎铁路运输安全与效率,是一项长期且复杂的系统工程。本文通过剖析养护维修中的常见问题,结合病害监测、评估诊断方法,针对性提出解决方案,从设备、人员、计划、技术等多维度提供改进方向。但随着铁路建设发展,新的技术难题与挑战不断涌现,未来还需持续关注行业动态,加强技术创新与实践探索,进一步完善养护维修体系,为铁路隧道的安全稳定运行保驾护航,推动铁路运输事业高质量发展。

#### 参考文献

- [1]何亚军.超韧性混凝土在桥梁隧道加固维修中的应用[J].交通科技与管理,2023,4(07):124-126.
- [2]魏永东.高速公路桥梁与隧道养护管理现状与解决措施[J].运输经理世界,2023,(05):143-145.
- [3]徐来明.道路桥梁隧道工程施工中的难点与养护技术分析[J].散装水泥,2024,(04):74-76+82.