

# 隧道养护管理现状及策略探究

郑俊伟 潘婧慧 郑吉  
宁波市市政设施中心 浙江 宁波 315300

**摘要：**在交通基础设施体系里，隧道占据着关键地位，是交通网络得以畅达的重要保障。本文聚焦隧道养护管理展开深入探究。首先阐述了隧道养护管理在确保交通顺畅、推动交通事业可持续发展以及构建节约型交通方面的重要性。接着剖析了当前隧道养护管理的现状，涵盖技术人员短缺、对耐久性重视不足、信息化水平有待提升、市场规范不够和夜间作业困境凸显等问题。最后，针对性地提出了加强技术创新、强化耐久性设计与评估、提高信息化水平、规范市场秩序以及加强夜间作业等相关策略，旨在为隧道养护管理工作的优化提供参考与借鉴。

**关键词：**隧道养护；管理现状；策略探究

引言：随着交通基础设施建设的不断推进，隧道在交通网络中占据着愈发重要的地位。作为交通线路的关键组成部分，隧道的正常运行关系到交通的安全与顺畅。然而，目前隧道养护管理工作面临着诸多挑战，其现状不容乐观。若养护管理不到位，不仅会影响交通的正常通行，还可能带来安全隐患。因此，深入探究隧道养护管理的现状，并提出切实可行的策略，对于保障隧道的安全稳定运行、促进交通事业的发展具有重要的现实意义。

## 1 隧道养护管理的重要性

### 1.1 确保交通顺畅的根本要求

隧道作为交通网络的咽喉要道，车流量大且相对封闭，一旦出现故障或安全隐患，极易引发交通拥堵，甚至导致交通瘫痪。以节假日期间繁忙的隧道为例，照明设备故障会降低驾驶员视线清晰度，迫使车辆减速行驶，进而造成通行缓慢，形成连锁反应，导致后方大面积拥堵。日常的隧道养护管理工作，能够及时发现并修复隧道内的各类设施问题，保障通风、照明、排水等系统正常运转，为车辆营造安全、稳定的通行环境，极大降低隧道内因设施问题引发的交通堵塞风险，维持交通的高效、有序流动，是确保交通顺畅的关键所在。

### 1.2 确保交通事业可持续发展的重要途径

交通事业的可持续发展，需要基础设施始终保持良好状态。隧道作为交通基础设施的重要部分，其建设投入巨大，使用寿命长。科学的养护管理不仅能延长隧道的服役期限，减少因隧道老化或损坏带来的重建成本，还能避免因隧道关闭维修对交通造成的负面影响，保障交通流的连续性。若缺乏有效养护，隧道过早损坏，不仅需要投入巨额资金进行重建，还会影响区域交通网络的正常功能，阻碍交通事业的持续发展。

## 1.3 构建节约型交通的必然选择

构建节约型交通，要求在保障交通功能的同时，尽可能降低资源消耗。隧道养护管理通过及时发现并修复设施的轻微损坏，防止小问题演变成大故障，避免不必要的大规模维修或重建，从而节约人力、物力和财力资源。如定期对隧道结构进行检测，及时修补衬砌裂缝，能防止裂缝扩大导致结构失稳，减少维修成本。合理的养护管理还能优化隧道内的能源使用，例如通过智能化照明系统，根据车流量调节照明亮度，降低能源消耗<sup>[1]</sup>。

## 2 隧道养护管理现状

### 2.1 技术人员短缺

隧道养护管理是一项专业性强的工作，涵盖结构检测、机电设备维护、病害处理等多领域知识。但当前，行业内专业技术人员严重不足。一方面，高校相关专业的人才培养规模，难以匹配快速增长的隧道建设数量。许多院校课程设置侧重隧道设计与施工，养护管理方面的教学薄弱，致使专业人才输出有限。另一方面，隧道工作环境相对艰苦，待遇吸引力不足，难以留住优秀技术人才。在职人员中，部分养护人员缺乏系统培训，仅凭经验作业，对新型检测设备、先进维修技术掌握程度低。

### 2.2 对耐久性重视不够

隧道耐久性关乎其长期安全稳定运行，然而在实际养护管理中，这一因素常被忽视。多数养护工作聚焦于解决当下影响通行的问题，如路面破损修复、照明设备更换等，对隧道结构耐久性的系统评估与维护较少。日常巡查往往只关注表面病害，对衬砌内部裂缝发展、混凝土碳化、钢筋锈蚀等潜在耐久性问题缺乏有效检测手段。部分地区在隧道建设时，为降低成本，选用质量欠佳的建筑材料，且设计对耐久性考虑不充分，而养护阶段又未及时弥补这些先天不足。

### 2.3 信息化水平有待提高

在数字化时代，隧道养护管理的信息化进程相对滞后。多数隧道虽配备了基础监控设备，但功能局限于简单的视频监控与交通流量统计，无法实现对隧道结构、设施状态的全面实时监测。各系统间数据相互独立，缺乏有效整合与深度分析，难以形成综合决策依据。养护人员现场巡查记录仍以纸质为主，信息录入、传递效率低，易出现遗漏与错误。在应急处置方面，缺乏智能化预警与快速响应机制，面对突发事件，无法迅速掌握关键信息，调配资源。与先进的智慧隧道理念相比，当前信息化水平难以满足隧道养护管理精细化、高效化的需求，阻碍了养护管理模式的创新与升级。

### 2.4 市场规范不足

隧道养护管理市场尚未形成完善的规范体系。在养护企业准入方面，缺乏统一严格的资质审核标准，部分企业专业能力、技术装备、人员配置不符合要求，却能参与养护项目投标，导致养护质量参差不齐。项目招标过程中，存在低价竞争现象，一些企业为压低报价，在养护作业中偷工减料，采用劣质材料、减少必要工序，严重影响养护效果。合同执行监管缺失，对养护企业的工作内容、质量标准、进度要求等落实情况监督不力，违约行为难以得到及时纠正与惩处<sup>[2]</sup>。

### 2.5 夜间作业困境凸显

当前，隧道养护管理面临诸多挑战，其中作业时间方面的困难尤为突出。出于交通流量考虑，许多隧道养护作业安排在夜间进行。夜间工序繁多，包括路面清洁、设施检查与维护等。然而，实际作业时间极为有限，不仅要避开交通高峰，还受限于夜间照明条件及工人疲劳度等因素。这导致养护人员常常需在短时间内完成大量复杂工作，不仅增加了作业难度，也对养护质量与安全构成潜在威胁，亟待更合理的规划与应对措施。

## 3 隧道养护管理的相关策略

### 3.1 加强技术创新

技术创新对隧道养护管理水平的提升起着至关重要的推动作用，能有效解决当前隧道养护管理工作中存在的突出问题。第一，在检测技术方面，要大力推广高精度传感器技术。通过在隧道关键部位部署应力、应变、位移传感器，可实时监测隧道结构受力与变形情况，捕捉细微变化，为病害诊断提供第一手数据。同时，利用红外热成像技术，快速检测隧道衬砌表面温度分布，精准定位因渗漏、脱空等病害导致的温度异常区域，极大提升检测效率与准确性。第二，在养护设备方面，加大研发投入，开发多功能一体化养车。这类养车集路

面清扫、标识线修复、小型病害处理等功能于一体，能在一次作业中完成多项任务，大幅缩短养护作业时间，减少对交通的影响。同时，探索无人机在隧道养护中的应用，无人机搭载高清摄像头与检测设备，可快速对隧道顶部、侧壁等人工难以触及的区域进行巡查，及时发现潜在隐患。第三，在管理技术方面，搭建隧道数字孪生平台。通过对隧道实体进行数字化建模，将实时监测数据、历史养护数据等融入其中，实现对隧道状态的实时模拟与分析。借助数字孪生平台，养护人员能直观了解隧道运行状况，预测养护需求，制定科学合理的养护计划，实现隧道养护管理的智能化、精细化，进一步保障隧道的安全稳定运行。

### 3.2 强化耐久性设计与评估

隧道耐久性设计与评估，是保障隧道长期安全运营、降低全寿命周期成本的核心工作。为实现这一目标，需要从设计、评估多环节着手优化。第一，设计阶段，融入人性化设计理念，除了常规的地质、气候与交通因素，还要充分考虑周边环境对隧道耐久性的影响。借助BIM技术，搭建隧道三维信息模型，在虚拟环境中模拟不同工况下隧道的受力与变形，提前发现设计缺陷并优化，确保隧道结构的合理性与耐久性。在材料选择上，推广使用自愈合混凝土等新型智能材料，当材料出现微裂缝时，能自动愈合，有效阻止有害介质侵入，延长隧道的使用寿命。第二，评估阶段，建立动态评估机制，运用物联网、大数据技术，实时收集隧道的温度、湿度、振动等数据，通过机器学习算法对数据进行深度分析，预测隧道结构的耐久性发展趋势。采用分布式光纤传感技术，对隧道衬砌内部进行全方位监测，及时发现混凝土内部的裂缝扩展与钢筋锈蚀情况。一旦监测数据出现异常，系统自动预警，为养护决策提供科学依据。此外，建立隧道耐久性评估数据库，将不同隧道的评估数据整合分析，总结规律，持续优化评估指标与方法，为隧道的全寿命周期管理提供支撑，筑牢隧道长期稳定运营的根基。

### 3.3 提高信息化水平

在数字经济浪潮的推动下，提高隧道养护管理的信息化水平，对打破传统管理模式的局限，实现隧道养护的高效化、智能化至关重要。（1）在数据采集环节，构建全方位感知网络。在隧道内广泛部署各类传感器，包括温湿度传感器、有害气体传感器、交通流量传感器等，实现对隧道环境、交通状况以及设施运行状态的实时感知。借助5G通信技术，将采集到的数据快速、稳定地传输至数据中心，为后续分析提供丰富、准确的数据

基础。(2)在数据处理与分析层面,搭建专业的大数据分析平台。运用数据挖掘和机器学习技术,对海量的隧道养护数据进行深度剖析,挖掘数据间的潜在关联。例如,通过分析环境数据和设施运行数据,预测设备故障发生的概率,提前安排维护工作,降低设备故障率。在决策支持方面,开发智能化决策系统。基于大数据分析结果,系统能够自动生成科学合理的养护方案,如确定养护作业的时间、地点和内容。当隧道内发生突发事件时,系统可迅速提供应急处置预案,辅助管理人员做出准确决策,实现快速响应和高效处置。(3)利用虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术,为养护人员提供沉浸式的工作体验。在隧道巡检过程中,通过AR设备,养护人员可实时获取设备的详细信息和历史维护记录,提高巡检的准确性和效率。

### 3.4 规范市场秩序

规范的市场秩序是隧道养护管理工作高质量开展的重要保障,需要从多个维度发力,打造健康有序的市场环境。(1)健全养护企业准入机制。制定严格、统一的资质审核标准,对企业的技术能力、设备配置、人员结构等进行全面审查。要求企业具备隧道检测、维修等核心业务的专业资质,拥有一定数量的专业技术人员与先进设备,从源头上确保参与隧道养护的企业具备相应能力。(2)强化市场监管力度。建立常态化监管机制,加大对养护项目招标、施工、验收等全过程的监督检查。严厉打击低价中标后偷工减料、违规转包等行为,对违规企业依法依规进行惩处,如罚款、暂停或取消其市场准入资格等,形成有力的震慑。(3)推进市场信用体系建设。搭建隧道养护市场信用信息平台,记录企业的经营行为、服务质量、履约情况等信息,并向社会公开。依据信用评价结果,对信用良好的企业给予政策支持与奖励,对信用不良的企业进行限制,营造“守信激励、失信惩戒”的市场氛围。(4)鼓励行业协会发挥积极作用。通过制定行业规范与自律准则,组织开展技术交流与培训活动,引导企业规范经营,共同维护市场秩序,

为隧道养护管理工作的顺利推进奠定坚实的市场基础<sup>[1]</sup>。

### 3.5 加强夜间作业

为更好地开展隧道夜间养护作业,需多管齐下。在人员层面,开展专门针对夜间作业的课程,除安全操作规范外,还着重培训养护人员在夜间环境下对各类设备故障、结构隐患的精准识别能力,提升其专业素养。同时,模拟夜间复杂场景进行应急演练,增强人员应对突发状况的反应速度与处理能力。在技术支持方面,除了升级照明系统,还可引入热成像检测技术,在夜间能快速探测到隧道设施因故障产生的异常发热点,及时发现潜在问题。利用高精度传感器实时监测隧道结构的细微变化,数据同步至后台,方便养护人员随时查看分析。安全管控上,除设置常规警示标志外,在作业区域周边增设激光警示线,在黑暗环境中更加醒目,有效警示过往车辆保持安全距离。为养护人员配备智能穿戴设备,不仅能实时监测其生命体征,一旦发生危险可自动报警并定位位置,确保在紧急情况下能迅速实施救援,全方位保障夜间作业的顺利进行。

### 结束语

隧道作为交通网络的关键节点,其养护管理的质量直接关系到交通的安全与畅通。本文深入剖析了隧道养护管理技术人员短缺、信息化水平不足等现状,并针对性地提出从技术创新、人才建设,到市场规范等一系列策略。然而,隧道养护管理是一项长期且复杂的系统工程,随着交通需求的增长与技术的进步,新的挑战将不断涌现。

### 参考文献

- [1]王耀明.高速公路养护施工安全管理的对策思考[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(6):132-134.
- [2]孙蓓.高速公路养护管理现状及发展对策研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2022(7):165-167.
- [3]张路路.高速公路养护成本分析与控制对策[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(1):148-149.