

# Application measures of preventive maintenance method in operating highway tunnel management

Qiang Wang

Suzhou Sanpin Transportation Construction Engineering Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215000, China

## Abstract

Highway tunnel as a common traffic facilities, the interior is generally located in the mountain, itself carries a large pressure, coupled with the impact of the external environment, the tunnel is easy to appear a variety of faults, affect its function. In order to avoid affecting the passage, it is necessary for the relevant units to carry out preventive maintenance operations, maintenance in the tunnel before the safety risks, to ensure the function of the tunnel. This paper starts from the tunnel management, analyzes the possible safety hidden dangers in the operation link of highway tunnel, combines the causes and types of safety hidden dangers, carries out targeted preventive maintenance operation, checks the safety hidden dangers, and ensures the function of the tunnel.

## Keywords

preventive maintenance; tunnel; quality control; safety risks

## 预防性养护方法在运营公路隧道管理中的应用措施

王强

苏州三品交通建设工程有限公司, 中国·江苏 苏州 215000

## 摘要

公路隧道作为常见的交通设施,一般位于山体内部,本身承载较大的压力,再加上外界环境的影响,隧道就容易出现各种故障,影响其功能。为了避免影响通行,就需要相关单位开展预防性养护作业,在隧道出现安全隐患之前就进行养护,保证隧道的功能。本文就从隧道管理入手,分析公路隧道在作业环节可能存在安全隐患,结合安全隐患成因与类型,开展针对性的预防性养护作业,对安全隐患进行排查,保证隧道的功能。

## 关键词

预防性养护; 隧道; 质量管控; 安全隐患

## 1 引言

预防性养护是指在对象出现隐患之前的养护作业,一般通过专业的监测与检查作业,及时了解对象存在的细微缺陷并进行解决,在造成更大风险之前就进行隐患的排查,以保证对象的功能。公路隧道管理环节,由于公路主要承担车辆通行任务,一旦出现故障,就严重影响交通运输,还可能造成安全隐患,所以针对隧道的预防性维护就十分必要。此背景下,就需要相关人员结合公路隧道的实际状况,分析其可能出现的安全隐患,然后根据需要,开展针对性的预防性养护,以保证公路隧道的质量。

## 2 预防性维护概述

预防性养护(Preventive Maintenance, 简称PM)是通过定期的检查、清洁、润滑、调整、修理等手段,在设备出

现故障之前采取措施,以确保设备能够持续稳定运行,减少故障发生的概率,延长设备的使用寿命。预防性养护的主要措施包括定期检查、清洁与润滑、更换易损件、参数监测、调整与校准以及技术升级等<sup>[1]</sup>。一般而言,通过实施有效的预防性养护策略,可以优化资源使用,提高设备的综合效能,是现代化设备管理的重要组成部分。

## 3 运营公路隧道管理概述

### 3.1 概念

运营公路隧道管理是指在公路隧道投入运营后的日常管理和维护工作,目的是确保隧道的安全、畅通和高效运作。它包括了隧道的监控、维护、应急响应、交通管理等多个方面,以保障隧道内外的交通安全、设施的正常运行,以及应对可能发生的突发事件<sup>[2]</sup>。

### 3.2 主要内容

运营公路隧道管理的主要内容包括以下几种,一是安全管理,主要涉及安全检查与巡检、监控系统以及消防管理;二是交通管理,包括交通流量监测、事故应急响应以及交通

【作者简介】王强,(1983-)男,中国江苏苏州人,本科,工程师,从事交通运输工程研究。

导引与标识等；三是设备维护与管理，包括设施检测与维护、机械设备管理以及应急设备管理；四是应急预案与响应，包括应急疏散以及突发事件处理；此外还有环境与健康管理，需要进行空气质量监测以及噪声管理。

### 3.3 管理难点

运营公路隧道管理面临一些复杂和挑战性的难点。首先，隧道内发生事故（如火灾、车祸、爆炸等）时，由于空间封闭、通风差，事故处理和人员疏散的难度较大；其次，隧道内的设施（如通风系统、排水系统、照明系统、消防设施等）需要高频次的检查和维护。任何设备故障可能导致隧道运营中断或安全隐患，且设备多样性要求对维护管理有较高的技术要求；然后，隧道内空气流通不畅，车辆排放的废气容易积聚，特别是在高峰时段，空气污染物（如一氧化碳、氮氧化物等）浓度可能超标，影响驾驶员健康和隧道工作人员安全；此外，隧道的交通流量波动较大，尤其是在高峰时段或恶劣天气情况下，流量激增可能导致交通拥堵或事故发生。管理者需要实时调整交通信号、管理车速等，确保隧道内外交通的顺畅。

## 4 预防性维护在运营公路隧道管理中的优势

### 4.1 可以提高隧道安全性

通过定期检查和维修隧道的设施、设备（如通风、照明、排水系统等），可以及早发现潜在的安全隐患，减少设备故障或系统失效引发的事故。例如，及时发现火灾报警系统故障，能够在发生火灾时迅速采取措施，保障人员安全。

### 4.2 可以降低运营成本

相比于等到设备出现故障后再进行修复，预防性养护能够在设备损坏之前进行维修和更换，避免大规模的维修或更换所带来的高额费用。

### 4.3 可以提高运营效率

预防性养护可以确保隧道设备和设施的稳定运行，避免因设备失效导致的突发问题，从而保持隧道的正常通行，尤其在交通高峰期能够维持高效的通行能力。

### 4.4 延长隧道结构和设备的使用寿命

隧道的结构和设施（如隧道壁、防护设施等）随着时间的推移会逐渐老化。通过定期检查和养护，可以在早期阶段发现潜在的损坏或老化问题，采取修复措施，延长隧道的使用寿命，推迟大规模修缮或重建的需求。

### 4.5 可以提升应急响应能力

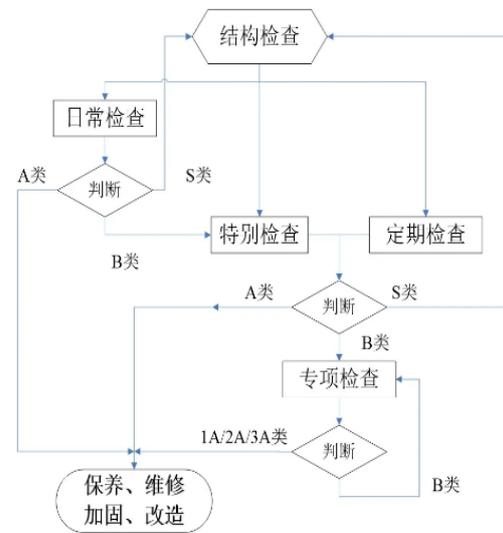
通过预防性养护和定期检查，隧道管理方可以掌握设备的状态和潜在问题，这样在出现故障时可以迅速修复，缩短停运时间，减少对交通的影响。

## 5 预防性养护方法在运营公路隧道管理中的应用措施

### 5.1 开展定期巡检与监测

在运营公路隧道管理中，预防性养护的关键之一是通

过定期巡检与监测确保隧道设施和设备的的良好状态，预防潜在问题（公路巡检工作内容如图1所示）。需要相关人员通过以下手段开展作业。



S—safe, 安全/正常  
B—Back, 返回。需要进一步检查或观测/异常情况不明；  
A—Alert, 警报/异常情况。

图1 公路巡检

首先，需要开展结构检查，要定期检查隧道的内壁衬砌，确保其无裂缝、脱落或严重的磨损。裂缝和沉降可能导致水渗漏、结构安全问题等。还需要检查隧道的支撑结构（如支撑架、钢结构、混凝土支撑等）是否完好，特别是在隧道有沉降、地质变化或长期运营情况下，及时发现潜在的结构问题。

然后要开展环境监测，需要相关人员定期监测隧道内的空气质量，特别是二氧化碳、一氧化碳、氮氧化物等有害气体的浓度。通过空气质量监测仪器对隧道内的空气进行实时监控，及时发现污染物超标的情况。还需要检查隧道内的温度、湿度是否正常。温湿度过高可能导致结构损坏，增加事故风险，尤其是对设备和设施的长期使用寿命影响较大。

综上，通过定期检查隧道结构、设备、环境等，能够及时发现潜在问题，减少事故发生，延长隧道的使用寿命，确保隧道运营的安全性和通行效率。

### 5.2 进行设备检查

在运营公路隧道管理中，设备维护保养是预防性养护的重要组成部分，可以确保隧道的各类设备能够正常运行，要求相关人员通过以下手段进行设计。

一是要开展通风系统的维护保养，需要相关人员定期检查通风风机的运转情况，清洁风机叶片，检查电机、轴承等部件是否有异常磨损，及时更换损坏的零件。并且定期对风机的运行状态进行监控，检查风速、风量等参数，确保系统调节正常，避免通风不良。还需要更换风机的滤网、电动机和其他易损件，确保系统长期稳定运行。

二是要重视照明系统的维护保养,需要定期检查隧道内的灯具,确保没有损坏、积尘或电气故障。更换老化的灯泡,检查电路连接是否稳定。并且检查应急照明系统,确保其在停电或突发事故情况下能够自动启用,为隧道内人员提供安全通道。

三是要重视排水系统的维护保养,要定期检查排水管道的通畅性,防止积水或堵塞。清理杂物,防止管道堵塞导致水流不畅。还需要检查隧道的排水泵站,确保泵的电动机、泵体和控制系统等各个部分正常工作。定期清洗泵体,检查设备的磨损情况,及时更换损坏部件。并且检查隧道内的防水层是否完好,避免水渗漏影响隧道结构。

第四,需要开展消防系统的维护保养,应定期对火灾报警系统进行测试,确保传感器、报警装置和控制系统正常运行,及时监测火灾迹象。需要检查灭火器、灭火喷头、消防水带等设施是否完好,确保能在发生火灾时迅速使用。定期进行压力测试,确保灭火系统在紧急情况下有效。

此外,还需要针对监控与通信系统、安全设施、智能化系统等进行深入检查,以降低设备故障率、延长设备使用寿命,并确保隧道内交通的顺畅和人员的安全。

### 5.3 需要开展应急演练

在公路隧道的运营管理中,应急演练是确保隧道在发生紧急情况时能够快速、有效应对的关键环节。预防性养护不仅涉及对设备和设施的日常维护,还包括通过定期的应急演练来提升应急响应能力。

演练环节,第一步要根据隧道的实际情况,结合可能的事故类型,编制详细的应急预案。第二步,需要定期对隧道工作人员、应急救援人员进行相关培训,确保大家对设备和应急流程的熟悉。第三步,需要模拟实际事故发生时,触发报警系统,模拟事故发生的即时反应。在此基础上明确各参与者的角色和任务,包括隧道工作人员、消防人员、交通管理人员等。要求相关人员根据预定的应急场景进行快速反应,组织疏散、灭火、抢修等。第四步,需要确保不同部门间的有效沟通与协同作战,尤其是在跨部门合作的紧急情况下。第五步,演练结束后,需要进行总结会议,讨论演练中发现的问题和不足。并且根据演练的反馈和总结,修订和改进应急预案,优化应急流程和设备维护策略<sup>[3]</sup>。

综上,预防性养护中的应急演练设计是确保公路隧道在面临各种突发事件时能够迅速有效应对的关键措施。通过定期进行多种应急演练,能够提升隧道工作人员的应急处理能力,优化设备维护策略,并确保隧道的安全性与可靠性。

### 5.4 合理应用信息化技术

在公路隧道运营管理中,信息化管理技术的应用可以极大提升预防性养护的效率、精度和可追溯性,及时发现问题并采取预防性措施,需要通过以下手段落实。

第一,可以在隧道内安装多种传感器和监控设备,实时采集隧道内的关键数据。这些数据包括但不限于环境监测、设备状态监测以及结构健康监测等。这些数据通过信息系统汇总后,可实时显示隧道的运行状态,为预防性养护提供精准依据。例如,当传感器检测到通风系统的故障或隧道内部气体浓度异常时,系统能立即报警并通知维修人员进行检查与维护<sup>[4]</sup>。

第二,可以进行预警与故障诊断,信息化管理系统能通过对设备状态数据的实时监控和历史数据的对比,进行故障预测和早期预警。例如,基于机器学习算法,可以对设备的工作状态进行模式识别,提前发现潜在的故障风险。系统可以基于设定的阈值,自动向管理人员发送预警通知,提示设备可能出现故障,并根据历史数据给出维护建议。

第三,需要进行智能化养护调度,信息化管理系统能够将设备的维修、检查、清洁等预防性养护任务通过调度系统进行智能分配。系统根据设备的运行状况、使用周期和故障记录,自动生成并安排预防性养护计划。这包括定期检查、维修调度以及应急调度。

通过实时监控、智能调度等手段,隧道管理人员可以更精确地预测和发现设备故障,及时进行预防性养护,确保隧道设施的长期稳定运行。

## 6 结语

综上,预防性养护在公路养护管理中不仅能节省养护资金,同时可以延长设施的使用寿命,提高设施的维修质量和安全性。因此,在公路养护管理中,应当积极推行预防性养护,制定科学的预防性养护计划,加强设施的巡查和检修,提高维修质量和成本效率,以保障公路建设的可持续发展。

### 参考文献

- [1] 蒋雅君,陶磊,魏晨茜,等.运营公路隧道预防性养护研究初探[J].现代隧道技术,2019,56(S2):15-20.
- [2] 陶磊,吴耀宗,邓刚,等.运营公路隧道预防性养护初步探讨[J].四川建筑,2024,44(04):108-110.
- [3] 刘峰.做好高速公路隧道混凝土路面预防性养护工作[J].冶金管理,2020,(05):251-252.
- [4] 蒋雅君,陶磊,刘莎,等.运营公路隧道结构预防性养护经济性评价方法探讨[J].隧道建设(中英文),2020,40(S2):332-339.