

Research on the application of intelligent technology in the tunnel maintenance and management work

Qiang Wang

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

Abstract

In the tunnel maintenance and management work, the traditional operation mode and technical architecture has been unable to meet the actual needs, especially in the new era, the application of big data, cloud computing, artificial intelligence and other advanced technologies, has gradually promoted the development of management technology to a mature direction. Therefore, in the tunnel maintenance and management work, enterprises also need to pay attention to the introduction of intelligent technology and build an intelligent platform, which can effectively solve the previous problems and promote the stable operation of the tunnel. In view of this, the research work of this paper is carried out, mainly analyzing the problems in tunnel maintenance management, exploring the design points of intelligent control system and the application of intelligent technology for the reference of relevant personnel.

Keywords

tunnel; maintenance and management; intelligent technology

隧道养护管理工作中智慧技术的运用研究

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

在隧道养护管理工作中,传统的运营模式和技术架构已经无法满足实际的需求,尤其是在新时期,大数据、云计算、人工智能等各种先进技术的应用,已经逐步推动管理技术向成熟的方向发展。因此在隧道养护管理工作中,企业还需要重视智慧技术的引进,搭建智慧平台,可以有效解决以往中的问题,促进隧道的稳定运行。鉴于此,开展本文的研究工作,主要分析隧道养护管理中的问题,探究智慧管控系统的设计要点和智慧技术的应用情况,以供相关人员参考。

关键词

隧道; 养护管理; 智慧技术

1 引言

随着公路工程运行时间加长,对其磨损严重,因此加强了对隧道养护管理工作的重视。而隧道结构复杂、设备众多、巡检困难,通过应用智慧技术搭建智慧管控平台,应对各种场景,可以有效解决当前隧道养护管理中的问题,及时发现病害,采取适当措施。不仅能够维护高速公路的正常运行,延长使用寿命。也能规避一些事故的发生,为驾驶员提供安全的行车环境。

2 隧道养护管理工作中存在的问题

隧道养护管理工作中,传统的管控平台联系不够密切,数据孤岛严重影响到各部门的协同作业,并不利于落实相关计划。隧道运营管理中涉及了多专业,而业务主管部门不同,

系统之间的数据调用不变,他们各自独立,因此数据孤岛的问题十分严重,无法为隧道的全生命周期管理提供一定的支持和保障^[1]。隧道中涉及相关的机电设备组成十分复杂,养护需求多样化,分布比较分散,这对养护管理工作提出了更高的要求。然而目前来说,由于管控平台建设不足,使用方法比较滞后,导致养护成本不断增加,日常的检查维修计划落实不到位,埋下一定隐患。

3 隧道养护管理工作中智慧管控系统的设计

在智慧技术的支持下,构建科学智能安全标准的隧道运维管理平台,优化系统设计,通过发挥技术优势,开展对隧道全生命周期的高效养护管理。可以为隧道的运维管理养护提供有效的数据支撑,开展可视化监测工作。

3.1 系统架构

隧道智慧运维管理系统基于3d GIS、BIM 物联网等各种先进技术,根据实测数据以及竣工验收时的相关数据,建立隧道的BIM模型。与周边的三维地形进行有效集成整合,

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

可以形成可视化的三维空间环境。系统平台架构主要包括安全保障体系和标准规范体系，划分为展示层、应用层、支撑层、数据库和设施层。

在设施层方面，除了计算机、网络设备等，还需要引进更加先进的传感器设备和视频监控设备，优化智能监控系统。传感器用于识别物体采集信息。可以和各种监测设备结合应用，用于开展隧道内部环境监测、结构监测、交通监测和病害监测等一系列工作^[2]。数据层是实现隧道智慧运维管理的基础。可以支撑业务应用，具有可追溯性。包含了时空数据一体化、业务数据一体化和动静数据一体化。可以将隧道内部各类 BIM 模型与现行的数据集成融合，构建三维可视化的全信息模型。同时也能掌握隧道内部各种设备的实时状态和历史数据，记录日常巡检和维修养护的数据，形成完整的数据库。

支撑层能够实现图模联动，可以提供与物联网的感知接口，向下管理数据层向上为各项应用提供支撑。多源数据集成可以解决模型数据标准化和坐标匹配的问题，保留完整的属性信息^[3]。与此同时，还能实现图纸和文档定位，也能接入视频监控设备和传感器。

应用层是该系统的关键。在支撑层获得相关的隐形与接口，提取相应数据，结合对应的业务逻辑组合，形成各类应用情况。展示层主要用于管理和业务需求，提供大屏展示、呼叫热线和网站等，便于管理人员一目了然隧道的运行安全状态，采取适当的管理维护措施。



图 1 智慧化养护管理系统框架

3.2 系统特点

系统具有实时性和精准性的特点。在大数据与云计算的支持下，构建了病害数据库。整合历史检测数据、维修记录、地质资料，搭建隧道全生命周期数据库。可以开展全面多维的分析工作，结合相关模型分析可能出现的病害以及发展情况。与此同时，与传感器等相关设备连接，获取实时的数据信息，搭建完善技术框架，开展多维分析。例如，基于机器学习算法预测衬砌劣化趋势，判断寿命情况。在这一技

术的支持下，可以确保智能管控系统的实时性和精准性。

该系统具有智慧化和自动化的特点。在隧道的日常检修维护工作中，可以应用人工智能与计算机视觉。采用 YOLOv5 算法对巡检图像开展裂缝检测工作，准确率达 95% 以上。将 U-Net 与红外热成像技术结合应用，开展对渗漏区域的检测，可以实现像素级分割精准地定位到渗漏的区域，并估算渗水量^[4]。过程自动化程度高，可以为工作人员提供重要依据，便于制定适当的修复方案。

系统的应用具有可视化的特点。将 BIM 技术与实时的监测数据结合应用，可以构建数字孪生体。模拟不同荷载工况下的结构响应情况，分析各种因素对隧道的影响情况，通过三维立体模型呈现具体的状态，便于进一步优化相关方案，提高隧道的使用寿命。

4 隧道养护管理工作中智慧技术的应用要点

4.1 日常运维检查

在隧道养护管理工作中发挥多项智慧技术的优势，开展日常运维管理工作。可以有效解决以往的弊端。应用安全运维机器人，通过平台软件以及 AI 技术的支持，可以对环境监测、缺陷监测、运维管理等提供各方面的支持。根据隧道的运行情况确定检查的周期。引导巡检机器人定时定点地按照预制方向和巡检路线进行运维检查，包括环境监测、结构监测设备、运行状态监测、交通监测等。可以应用轨道式巡检机器人，配备高清摄像头和红外摄像仪识别裂缝宽度超过 0.2mm 的病害，也可以开展 24 小时自动巡检^[5]。水下检测机器人主要针对沉管隧道，检测是否有渗漏和腐蚀的情况。

搭建智能传感器网络。建设分布式光纤测温系统，沿隧道纵向铺设感温光纤，可以监测电缆温度异常情况，有效预防火灾事故。应用微震监测技术，合理布设微震传感器阵列，捕捉围岩应力的变化情况，预测塌方的风险。采集隧道内部温度、湿度、风向、风速等实时的数据，如果超出设定的阈值会及时发送预警信号。

在结构监测方面会通过和埋在隧道内部结构的传感器，建立联系，采集位移沉降裂缝的各项数据，拟合形成变化曲线，分析隧道的质量情况，对于超出阈值的部分要及时发送预警信息，采取适当的检修和治理措施。在设备运营状态的监测中，主要针对通风、照明、排水等开展监测工作。物联网实现设备互联，便于了解设备的能耗、启停、时间等，分析判断运行状态。在交通监测工作中可以采集交通数据构建设备场景，显示车辆模型。

4.2 作业执行技术

在日常的修复工作中，可以应用智慧技术实现自动化和精准施工，达到良好的执行效果。例如 3d 打印修复技术、智能修复机器人等。3d 打印修复技术主要用于补强局部结构。隧道如果出现剥落的情况，可以使用地质聚合物材料

进行分析打印,有效修复恢复原有的结构^[6]。相关隧道实验表明,打印体的抗压强度达50MPa。也可以使用智能修复机器人进行作业。通过前期检查发现隧道内部的裂缝情况,可以使用喷涂机器人。搭载机械臂的自主平台,可以对裂缝进行注浆修复,定位精度达0.1毫米。清淤机器人可以借助螺旋输送机构和视觉导航系统,自动地清理排水沟内的淤积物。在技术的支持下,自动化执行修复作业,提高修复效率。

4.3 智能综合监控系统的应用

隧道安装智能综合监控系统实现交通、通风、火灾、照明监控。交通监控技术的应用可以对目标进行识别和跟踪,在隧道的所有出入口设置微波车辆检测器,获取隧道内车流量、行驶速度、车道利用率的相关参数^[7]。根据设定的时间获得周期内的交通数据,可以满足管理服务的需求。在监控系统的支持下,可以实现三维联动区域和实时视频区域的联系,并呈现二维平面展示区域,功能丰富监测全面,当监测到交通事件后,监控平台会发出警报,及时启动,紧急救援,采取适当的交通控制措施。

通风监控技术主要用于监测隧道内部的尾气、烟气、粉尘等参数,确保隧道内部有良好的空气。根据环境数据、

交通量信息控制风机的运行、台数、方向和运行的时间等各项参数。当火灾发生时,也可以根据地点的情况进行相应的火灾排烟处理,确保隧道的安全性。隧道上行侧设置二氧化氮检测器与通风设备联动。二氧化氮是汽车尾气的主要成分,人体吸入过量会出现昏迷中毒的情况,因此开展实施检测工作。若发现异常情况会及时启动通风设备,减少交通事故隐患。

照明监控技术。汽车驶入隧道,驾驶人员产生黑洞效应,驶出隧道产生白洞效应。主要是由于隧道内外两侧的亮度差别比较大,导致司机容易出现视觉问题,发生交通事故。因此,在隧道入口内外设置光强检测器作为控制隧道照明回路的依据。自动监测过程中,根据晴天、阴天、阴天、深夜等不同的基础模式自动地调整光线。

火灾监控技术。搭建火灾监控平台,随时查看感温光纤状态、温度值、消防泵的状态等获得各项指标,可以确定现场火灾的程度和损害情况,及时启动应急预案,制定决策,提高救援效率。当火灾发生时,火灾探测器自动检测出位置或者人工触发按钮启动消防水泵,对隧道进行灭火。

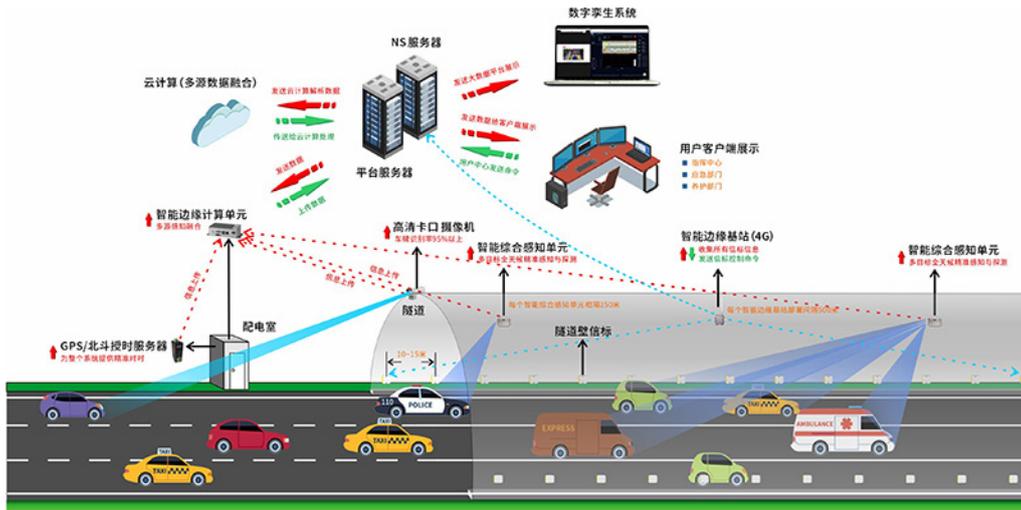


图2 智能监控技术的应用

5 结语

综上所述,隧道管理养护的工作中,智慧技术可以充分发挥优势,解决传统管理养护中的不足之处。因此,企业可以应用智慧技术搭建智慧管养系统,优化整体框架设计,采集实时的数据信息,分析隧道现状,明确工作方向和目标,制定详细计划,可以实现隧道的智能化检测、预警、养护和维修等一系列工作,从而提高运维管理的能力。有效解决各类问题,提升隧道的使用寿命,为司机提供更加安全舒适的行车环境。

参考文献

[1] 洪伟煌. 高速公路隧道建管养智慧一体化探索[J]. 中国交通信息化,2023,290(12):115-118.

[2] 罗晶,周阳,胥松. 山区高速公路隧道智慧一体化管控平台的设计与实现[J]. 公路交通技术,2024,40(4):183-186,193.

[3] 孙玉梅,李勇,聂振钢. 3D GIS与BIM集成技术在公路隧道智慧运维中的应用[J]. 测绘通报,2020(10):127-130.

[4] 杨秀军,罗晶,哈元元,等. 桐梓超长公路隧道群智慧管控方案探究[J]. 中国交通信息化,2023(3):106-108.

[5] 陈兆志,翟佳,金鑫. 高速公路隧道智能管理系统应用进展[J]. 市政技术,2022,40(6):227-235.

[6] 金鑫,刘成. 隧道安全运维机器人技术探索[J]. 中国交通信息化,2023,279(2):134-136.

[7] 谭巍. 智能化监测在道路桥隧养护中的应用[C]//新技术与新方法学术研讨会论文集. 2024:1-4.