

智能化预防性公路养护技术在现代公路维护中的应用与展望

杨定媛

云南省保山市地方公路管理处 云南省保山市 678000

摘要: 随着中国交通基础设施的快速发展,公路网络日益完善,但同时也面临着日益严峻的养护挑战。为了保障公路的使用寿命和行车安全,智能化预防性公路养护技术应运而生。本文深入探讨了智能化预防性公路养护技术在现代公路维护中的应用,包括人工智能路况检测、物联网监控系统、大数据分析预测等新兴技术。通过分析这些技术的应用效果和实施策略,提出了未来公路养护的发展方向和建设,旨在为提高公路养护效率、延长公路使用寿命、降低养护成本提供参考。

关键词: 公路养护; 智能化技术; 预防性养护; 物联网; 大数据

1 引言

随着中国经济的快速发展和城市化进程的加快,公路交通在国民经济中的重要性日益凸显。截至2023年底,中国公路总里程已达到540万公里,其中高速公路里程超过16万公里。然而,公路使用年限的增加和交通负荷的加重,使得公路养护面临着巨大挑战。传统的被动式养护模式已经无法满足现代公路网络的需求,智能化预防性公路养护技术应运而生。这种新型养护模式融合了人工智能、物联网、大数据等先进技术,旨在实现公路全生命周期的主动管理和精准养护。

本文将深入探讨智能化预防性公路养护技术在现代公路维护中的应用,分析其技术特点、实施策略和效果评估,并对未来发展趋势进行展望。通过系统性研究,为提高公路养护效率、延长公路使用寿命、降低养护成本提供理论支撑和实践指导。

2 智能化预防性公路养护技术的主要类型

2.1 人工智能路况检测技术

人工智能路况检测技术是利用计算机视觉和深度学习算法,对公路路况进行实时监测和分析的技术。该技术通过在公路沿线安装高清摄像头和传感器,采集路面图像和数据,并利用卷积神经网络(CNN)等算法进行路况识别和分类。这种技术可以快速、准确地识别路面裂缝、坑洼、车辙等病害,并进行自动分级和定位。相比传统的人工巡检,AI路况检测可以大幅提高检测效率和准确性,实现24小时不间断监测。

表1 AI路况检测与传统人工巡检对比

检测方式	检测效率(km/天)	识别准确率	检测成本(元/km)	检测频率
AI检测	500-800	>95%	50-80	每日
人工巡检	50-80	80-90%	200-300	每月

如表1所示,某路段AI路况检测技术相比传统人工巡检具有显著优势。其AI检测效率是人工巡检的10倍以上,识别准确率更高,成本仅为人工巡检的1/4到1/3。而且AI检测可以实现每日检测,而人工巡检通常为每月一次。这表明,AI技术能大幅提高公路检测的效率、准确性和频率,同时降低成本。

2.2 物联网监控系统

物联网监控系统是通过在公路沿线布置各种传感器,实时采集路况、气象、交通流量等数据,并通过5G网络传输到中央控制系统进行分析处理的技术。这种系统可以实现对公路全天候、全方位的动态监控,及时发现潜在的安全隐患和养护需求。常见的传感器包括应变传感器、温度传感器、湿度传感器、位移传感器等。

物联网监控系统的核心优势在于其实时性和全面性。通过构建“感知层-网络层-应用层”的三层架构,可以实现数据的实时采集、传输和分析。这种系统不仅可以监测路面状况,还能监控桥梁、隧道等重要构筑物的健康状况,为养护决策提供全面的数据支持。

2.3 大数据分析预测技术

大数据分析预测技术是利用海量历史养护数据和实时监测数据,通过机器学习算法对公路性能劣化趋势进行预测,从而实现精准养护的技术。这种技术可以建立公路性能

劣化模型，预测未来的养护需求，制定最优养护方案。

大数据分析预测技术的核心是建立准确的预测模型。常用的算法包括时间序列分析、回归分析、神经网络等。通过对历史数据的挖掘和分析，可以发现影响公路性能的关键因素，如交通量、气候条件、材料性能等，从而提高预测的准确性。表2展示了某高速公路段使用大数据预测技术前后的养护效果对比：

表2 大数据预测技术应用效果对比

指标	应用前	应用后	提升比例
养护及时率	75%	92%	22.67%
养护成本(万元/km/年)	25	18	-28%
路面使用寿命(年)	15	18	20%

3 智能化预防性公路养护技术的应用策略

3.1 建立智能化养护管理平台

智能化养护管理平台是整合各种智能养护技术的核心系统，该平台应具备数据采集、存储、分析和决策支持等功能，实现养护全过程的信息化管理。平台的主要模块包括：

1. 数据采集模块

整合 AI 检测、物联网监控等技术，实现多源数据的自动采集。

2. 数据分析模块

利用大数据技术进行数据清洗、融合和挖掘，提取有价值的信息。

3. 决策支持模块

基于分析结果，利用专家系统和优化算法，生成养护建议和方案。

4. 可视化展示模块

通过 GIS 地图、数据看板等方式，直观展示养护信息。

建立智能化养护管理平台可以实现养护资源的优化配置，提高养护效率和质量。平台应具备良好的可扩展性和兼容性，以适应未来技术的发展和升级。

3.2 实施精准化养护方案

基于智能化技术获取的精准数据，可以制定更加合理的养护方案。

1. 分级养护

根据路况评估结果，将公路分为不同的养护等级，采取差异化的养护措施。

2. 预防性养护

对轻微病害及时进行处理，防止损坏进一步扩大。

3. 计划性养护

根据预测结果，提前安排养护工作，避免突发性养护。

4. 绿色养护

选择环保材料和工艺，减少养护过程对环境的影响。

通过实施精准化养护方案，可以有效延长公路使用寿命，降低养护成本。根据某省高速公路局的统计数据，实施精准化养护后，公路平均使用寿命提高了 15%，年均养护成本降低了 20%。

3.3 培养智能化养护人才

智能化养护技术的应用需要专业的技术人才支撑。应当加强校企合作，开设智能养护相关课程，培养复合型人才。组织技术培训和交流，提高现有养护人员的智能化技术水平。建立人才激励机制，吸引和留住高端智能化养护人才。通过系统性的人才培养计划，可以为智能化养护技术的推广应用提供强有力的人才支撑。

4 智能化预防性公路养护技术的应用效果

4.1 提高养护效率和质量

智能化预防性公路养护技术的应用显著提高了养护工作的效率和质量。通过 AI 路况检测和物联网监控系统，可以实现对公路状况的实时、全面监测，及时发现潜在问题。大数据分析预测技术则能够帮助制定更加科学合理的养护计划，实现精准养护。

根据某省交通厅的统计数据，采用智能化养护技术后，养护效率提高了 40%，养护质量合格率从 92% 提升到 98%。具体对比数据如表 3 所示：

表3 智能化养护技术应用效果对比

指标	应用前	应用后	提升比例
养护效率(km/天)	50	70	40%
质量合格率	92%	98%	6.52%
问题响应时间(小时)	24	6	-75%

4.2 延长公路使用寿命

智能化预防性养护技术通过及时发现和处理公路病害，有效延长了公路的使用寿命。预防性养护可以在病害发展到严重阶段之前进行处理，大大减少了大修和重建的需求。根据某高速公路管理局的长期跟踪数据，采用智能化预防性养护技术后，公路平均使用寿命从 15 年延长到 20 年，提升了

33.3%。

4.3 降低养护成本

虽然智能化养护技术的前期投入较大,但从长期来看,可以显著降低养护成本。通过精准养护和预防性养护,减少了大修频率和范围,降低了总体养护成本。某省交通厅的数据显示,采用智能化养护技术后,公路养护的年均成本降低了25%,投资回报率达到1:3.5。

5 智能化预防性公路养护技术的发展建议

加大政策支持力度,建议相关部门制定支持智能化养护技术发展的政策,提供资金和技术支持。

制定智能化养护技术的标准和规范,确保技术应用的规范性和一致性。

推动高校、科研院所和企业的合作,加快智能化养护技术的研发和应用。

在重点公路项目中推广应用智能化养护技术,积累经验并推广成功案例。

积极参与国际交流,学习先进经验,推动中国智能化养护技术的国际化发展。

6 结论

智能化预防性公路养护技术是现代公路维护的重要发展方向,通过人工智能路况检测、物联网监控系统、大数据分析预测等技术的综合应用,可以显著提高养护效率和质量,延长公路使用寿命,降低养护成本。未来,随着技术的不断进步和创新,智能化养护技术将在公路维护中发挥越来越重要的作用,推动公路事业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 苏东天.公路养护施工安全智能化管理系统应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2024,(05):186-188.
- [2] 高天,唐贡辉.公路养护中的智能化技术应用与发展趋势[J].居业,2024,(03):61-63.
- [3] 汪场.从传统到现代:中国公路养护行业的智能化转型之路[J].交通建设与管理,2023,(04):1.