

# “互联网+”智慧公路养护管理技术分析

柳浩哲<sup>1</sup> 朱银涛<sup>2</sup>

1. 陕西交通控股集团有限公司榆吴分公司 陕西 榆林 719000

2. 陕西交通控股集团有限公司铜西马泾高速公路建设管理处 陕西 咸阳 713702

**摘要:** 通过深入分析“互联网+”智慧公路养护管理技术,其系统架构涵盖感知、传输、处理和应用四层,利用物联网、5G通信、大数据与云计算技术,实现数据高效流转。关键技术包括物联网设备管理、大数据分析决策、无人智能检测及智能养护作业,这些技术大幅提升养护效率与质量,降低成本,增强安全性。文章还提出加强顶层设计、行业标准、软硬件优化及信息化融合等策略,为智慧公路养护管理技术提供发展方向与指导。

**关键词:** “互联网+”; 公路养护; 管理技术

## 1 “互联网+”智慧公路养护管理系统架构

### 1.1 感知层技术构成

感知层作为“互联网+”智慧公路养护管理系统的“触角”,承担着数据采集的关键任务。路面病害传感器采用先进的图像识别与激光探测技术,能精准捕捉路面裂缝的宽度、长度以及坑槽的深度与面积等信息,实时反馈病害状况。交通流量传感器运用微波雷达或地磁感应原理,精确采集车流量、车速及车辆类型等数据,为交通状况分析提供基础。环境传感器则通过各类敏感元件,对温湿度、光照强度、空气质量中的有害气体浓度等环境因素进行监测。在传感器选型上,需依据公路所处环境、监测需求及预算等因素综合考量,确保其精度、可靠性与耐久性。布局时遵循全面覆盖关键路段、重点区域加密的原则,如在桥梁、隧道出入口以及易发生病害路段增加传感器密度,以实现公路全方位、实时的数据采集。

### 1.2 传输层技术支撑

物联网技术构建起一个庞大的设备连接网络,使各类传感器、智能设备得以互联互通。借助低功耗广域网(LPWAN)技术,如NB-IoT、LoRa等,实现传感器数据的远距离、低功耗传输。5G通信技术凭借其高带宽、低时延、大连接的特性,为高清图像、视频数据的快速传输提供保障,例如无人机巡查获取的高清路况视频能及时、流畅地传输至处理层。在数据传输协议方面,采用MQTT、CoAP等适合物联网设备的轻量级协议,确保数据传输的高效性与稳定性。网络架构搭建采用有线与无线相结合的方式,在基础设施完善区域铺设光纤,保障数据传输的可靠性;在偏远或难以布线区域,利用无线通信技术实现灵活覆盖。同时,运用数据加密技术,如SSL/TLS加密协议,对传输中的数据进行加密,防止数据泄露与篡改,确保数据传输安全可靠。

### 1.3 处理层技术核心

处理层是整个系统的“大脑”,大数据分析云计算技术在此发挥关键作用。大数据分析技术对感知层采集的海量、多源、异构养护数据进行存储,运用分布式文件系统(如HDFS)与数据库(如HBase、Cassandra)构建数据存储架构。通过数据清洗算法去除噪声、错误数据,运用数据挖掘技术,如关联规则挖掘、聚类分析等,从历史养护数据、交通数据、环境数据中提取有价值信息,预测公路病害发展趋势,为养护决策提供数据支持<sup>[1]</sup>。云计算技术依托强大的计算资源,采用弹性计算、分布式计算等模式,实现资源按需分配。例如在进行大规模数据分析或复杂模型运算时,可动态调配计算资源,大幅提高数据处理效率,降低数据处理成本,使系统能够快速、准确地处理海量数据,为应用层提供及时、精准的决策依据。

### 1.4 应用层功能实现

应用层直接面向养护管理人员,通过丰富的功能模块实现智慧养护管理。养护计划制定模块基于大数据分析结果,结合公路路况、交通流量、季节因素等,运用智能算法生成科学合理的养护计划,明确养护任务、时间安排及资源调配方案。病害预警模块利用实时监测数据与病害预测模型,对可能出现的路面病害、结构安全隐患等进行提前预警,及时通知养护人员采取措施。养护作业调度模块根据养护计划与现场实际情况,对养护设备、人员进行合理调度,优化作业路线,提高养护作业效率。质量评估模块通过设定一系列质量指标,对养护作业完成后的效果进行量化评估,如路面平整度、抗滑性能提升程度等,为后续养护工作改进提供参考。

## 2 “互联网+”智慧公路养护管理关键技术应用

### 2.1 基于物联网的设备管理技术

基于物联网的设备管理技术是“互联网+”智慧公路养护管理的重要组成部分。传感器可以采集设备的运行状态、工作参数等信息，并通过物联网网络传输至中心管理系统。中心管理系统则可以对这些信息进行汇总、分析和处理，实现对设备状态的实时监测和预警。当设备出现故障或需要维护时，系统会及时发出警报，并提供详细的故障信息和维护建议。基于物联网的设备管理技术还可以实现设备的远程控制和智能调度，提高设备的使用效率和养护作业的协同性。

### 2.2 大数据分析在养护决策中的应用

大数据分析在“互联网+”智慧公路养护管理中扮演着至关重要的角色。通过对公路养护过程中产生的大量数据进行挖掘和分析，可以揭示出公路养护的规律和趋势，为养护决策提供科学依据。例如，可以利用大数据分析技术对历史养护数据进行挖掘，发现公路病害的分布特征和发展规律，从而制定针对性的养护措施。大数据分析还可以用于预测公路未来的养护需求和资源投入，为养护计划的制定提供数据支持。

### 2.3 无人机与智能检测技术应用

无人机与智能检测技术在“互联网+”智慧公路养护管理中具有广泛的应用前景。无人机可以搭载高清相机、激光雷达等检测设备，对公路进行高空巡检和详细检测，同时，对于桥梁、隧道等关键结构，无人机利用其灵活性和高空视角，能够高效完成结构裂缝、腐蚀、渗漏等病害的巡查巡检，及时发现公路上的病害和异常情况，如裂缝、坑洼、塌陷等，并为养护决策提供直观的图像和数据支持。通过无人机巡检，不仅提高养护检测的效率和准确性，还降低了人工巡检的风险和成本。另外，智能检测技术还可以对公路的质量进行快速评估，如路面平整度、压实度等指标，以及桥梁、隧道的结构安全性评估。通过无人机与智能检测技术的结合应用，可以实现对公路养护状态的全面、快速和精准监测。

### 2.4 智能养护作业技术

智能养护作业技术是“互联网+”智慧公路养护管理中的关键一环。例如，智能机器人可以用于清理公路路面上的杂物和垃圾，提高清洁效率和安全性；自动化设备则可以用于喷涂、修补等作业，提高养护质量和效率。智能养护作业技术还可以实现远程监控和智能调度，确保养护作业的顺利进行。通过智能养护作业技术的应用，可以显著降低养护作业的人力成本和时间成本，提高养护作业的效率和质量，为公路的长期稳定运行提供有力保障<sup>[2]</sup>。

## 3 “互联网+”智慧公路养护管理技术优势分析

### 3.1 提高养护效率

“互联网+”智慧公路养护管理技术极大地提高养护效率。传统养护模式下，人工巡查耗时费力，受天气、地形等因素制约严重。而借助物联网技术，各类传感器实时采集公路路况、设备状态等数据，无需人工实地查看，就能及时掌握公路运行状况。例如，路面病害传感器能第一时间发现裂缝、坑槽等问题并上传数据，养护人员可迅速响应，规划维修方案。无人机巡查更是大幅缩短巡查时间，以往人工需数天才能完成的路段巡查，无人机几小时即可完成，且能覆盖人工难以到达的区域。大数据分析技术则依据历史与实时数据，智能规划养护作业流程，合理调配人员与设备，避免资源闲置与浪费，多管齐下，显著提升养护工作的整体效率，确保公路问题能在最短时间内得到解决。

### 3.2 提升养护质量

在设备管理方面，物联网实时监测养护设备运行参数，确保设备始终处于最佳工作状态，为高质量养护作业奠定基础。智能检测设备如自动化路面检测车，以高精度仪器对路面平整度、抗滑性能等关键指标进行检测，数据精准度远超人工检测，能及时发现潜在质量隐患。大数据分析技术在养护决策中发挥关键作用，通过对比不同养护技术、材料在类似路况下的实际效果数据，筛选出最优方案，使养护作业更具针对性，从根本上提升养护质量。例如，在选择灌缝材料时，参考历史数据与实地检测结果，选择适配特定裂缝类型与环境条件的材料，确保灌缝质量，延长路面使用寿命，让公路养护工作从经验主导转变为数据驱动，保障养护质量稳定可靠。

### 3.3 降低养护成本

从成本控制角度看，“互联网+”智慧公路养护管理技术成效显著。一方面，提高养护效率意味着缩短项目工期，减少人工成本、设备租赁成本以及管理成本。无人机与智能检测设备快速完成巡查与检测任务，降低人工投入；智能规划养护作业流程，避免设备空转与人员闲置，节省资源。另一方面，精准的养护决策避免了过度养护与养护不足带来的成本浪费<sup>[3]</sup>。大数据分析预测病害发展趋势，确定最佳养护时机与方案，合理使用养护材料，减少不必要的材料消耗。同时，物联网设备管理降低设备故障率，减少维修成本。

### 3.4 增强公路安全性

公路安全性因“互联网+”智慧公路养护管理技术得到全方位增强。实时监测系统利用传感器、无人机等设备，时刻关注公路路面状况、桥梁结构安全以及交通流

量等信息。一旦发现路面病害、结构异常或交通拥堵等安全隐患,系统立即发出预警,养护人员与交通管理部门可迅速采取措施,如及时修复路面病害、疏导交通,防止事故发生。智能养护作业设备在危险路段作业时,可通过远程控制操作,保障养护工人安全。通过大数据分析优化交通流量预测与疏导方案,提高道路通行效率,减少因交通混乱引发的安全事故,为公路使用者提供更安全的出行环境,全方位守护公路安全。

#### 4 完善“互联网+”智慧公路养护管理技术的策略

##### 4.1 加强顶层设计与行业标准制定

加强顶层设计与行业标准制定,是推动“互联网+”智慧公路养护管理技术稳健发展的基石。在行业标准制定方面,组织行业专家、科研机构以及企业代表,共同研讨并制定涵盖数据采集、传输、存储、处理以及应用等全流程的统一技术标准。规范传感器、智能设备的选型与安装标准,确保设备兼容性与数据准确性;明确大数据分析算法与模型的应用规范,保障决策科学性;统一养护管理平台的功能要求与界面设计标准,提升用户体验与操作便捷性。通过完善的顶层设计与严格的行业标准,引导行业健康、有序发展,促进新技术在智慧公路养护管理中的广泛应用与深度融合。

##### 4.2 强化软硬件设施建设与优化

软硬件设施是“互联网+”智慧公路养护管理技术的物质支撑,强化建设与优化至关重要。在公路沿线合理增设各类高精度传感器,如采用新型光纤传感器实现对桥梁结构应力、应变的实时监测;推广先进的智能检测车,配备更完善的检测功能模块,提高检测精度与效率;更新养护作业机械,引入具备自动化、智能化控制功能的设备,提升作业质量。优化通信网络设施,扩大5G网络覆盖范围,提升网络稳定性与传输速率,确保数据快速、稳定传输。在软件设施方面,持续优化养护管理平台功能,运用云计算、人工智能等技术,提升平台的数据处理能力与智能决策水平。开发功能丰富、操作简便的移动端应用程序,方便养护人员随时随地获取信息、上传数据与执行任务,实现软硬件设施协同发展,为智慧公路养护管理提供坚实保障<sup>[4]</sup>。

##### 4.3 推动信息化与工作流程的深度融合

推动信息化与工作流程深度融合,是发挥“互联网+”智慧公路养护管理技术优势的关键。首先,对传统养护管理工作流程进行全面梳理与再造,去除繁琐、低效的环节,将信息化技术融入养护计划制定、巡查检测、病害处理、质量评估等各个流程。在养护计划制定时,借助大数据分析 with 智能算法,依据实时路况、历史养护数据以及交通流量预测,生成科学合理的计划方案,实现精准养护。巡查检测环节,利用物联网与移动应用,让养护人员通过手持设备即可实时记录、上传巡查数据,自动生成检测报告,提高工作效率。病害处理过程中,基于信息化平台实现维修任务的快速下达与跟踪,确保病害及时修复。质量评估则依靠信息化手段,对养护作业效果进行量化分析,为后续工作改进提供依据。通过信息化与工作流程的深度融合,实现养护管理工作的智能化、自动化与高效化,提升公路养护管理的整体水平。

##### 结束语

综上所述,“互联网+”智慧公路养护管理技术通过集成多种先进技术,为公路养护管理带来了革命性的变革。随着技术的不断成熟与应用场景的拓展,智慧公路养护将进一步提升公路服务水平和安全性,推动交通运输行业的可持续发展。未来,应继续关注新技术的发展趋势,加强技术创新与应用研究,不断完善智慧公路养护管理体系,为构建更加安全、高效、绿色的公路交通网络贡献力量。

##### 参考文献

- [1]王琴.“互联网+”智慧公路养护管理技术分析[J].智能建筑与智慧城市,2023,(09):109-111.
- [2]曹静,翁梓航,蒋盛川.新一代农村公路智慧管理养护体系构建[J].公路,2023,68(06):424-428.
- [3]张佐.“互联网+”智慧公路养护管理技术分析[J].工程技术研究,2023,8(02):103-105.
- [4]冯伟.浅谈晋城公路局在“互联网+公路养护”的探索与实践[J].长江信息通信,2022,35(2):181-182,185.