

# 智慧化监测技术在普通公路工程施工与运维中的融合应用

李绍波

玉溪市江川区地方公路管理段 云南玉溪 652600

**摘要：**随着智慧交通建设的深入推进，普通公路作为交通网络的重要组成部分，其工程施工与运维的智能化升级成为提升效率、保障安全的关键。本文围绕智慧化监测技术在普通公路工程中的融合应用展开研究，首先分析了传统公路工程管理模式的局限性，随后阐述了物联网、大数据、人工智能、北斗定位等智慧化监测技术的核心优势。重点从施工阶段的安全监测、质量管控、进度管理，以及运维阶段的病害预警、养护决策、应急响应等维度，探讨了智慧化监测技术的具体应用场景与实施路径，并结合实际案例验证了技术融合的可行性与效益。研究表明，智慧化监测技术的应用可实现普通公路工程全生命周期数据的实时采集、动态分析与智能决策，显著降低施工风险、延长公路使用寿命、提升运维效率，为普通公路工程的数字化转型提供参考。

**关键词：**智慧化监测技术；普通公路工程；施工管理；运维养护；全生命周期

## 引言

普通公路作为连接城乡、服务民生的基础性交通设施，其在区域经济发展和居民日常出行中扮演着至关重要的角色。其建设质量的高低和运维水平的好坏，直接关系到区域经济的稳步增长以及人民群众的出行安全。长期以来，传统公路工程管理主要依赖人工巡检和经验判断，这种方式不可避免地存在诸多弊端，如数据获取滞后、风险预警能力不足、养护成本居高不下等问题，严重制约了公路工程管理的效率和效果。随着新一代信息技术的迅猛发展，特别是大数据、物联网、人工智能等技术的广泛应用，智慧化监测技术应运而生。该技术通过多源数据的融合与智能分析，能够实时、精准地掌握公路工程的运行状态，及时发现潜在风险，为破解传统管理方式中的难题提供了全新的解决方案。本文旨在深入探索智慧化监测技术在普通公路工程施工与运维全流程中的融合应用模式，系统分析其在提升工程质量、优化运维管理、降低养护成本等方面的实际效果，为推动普通公路工程管理的现代化转型提供坚实的理论与实践依据，助力我国公路交通事业的高质量发展。

## 一、智慧化监测技术的核心内涵与优势

### （一）核心技术体系

智慧化监测技术是一种综合性的技术体系，它以“感知-传输-分析-决策”为核心链路，通过物联网（IoT）感知技术，利用各种传感器（如应变计、温湿度

传感器、视频监控等）对公路结构、环境、设备状态等进行实时数据采集，从而实现对公路工程的全面感知。同时，北斗/GNSS定位技术提供高精度的位置服务，支持施工机械调度、路基沉降监测等场景，为公路工程提供精准的位置信息。此外，大数据与云计算技术构建了公路工程数据库，实现了海量监测数据的存储、清洗与可视化分析，为公路工程提供了强大的数据处理能力。而人工智能（AI）算法，基于机器学习、计算机视觉等技术，实现了对施工风险、路面病害的智能识别与预测，为公路工程提供了智能化的决策支持。总的来说，智慧化监测技术体系通过物联网、北斗/GNSS定位、大数据与云计算、人工智能等技术的综合应用，实现了对公路工程的全面感知、精准定位、数据处理和智能决策，为公路工程的安全、高效、智能管理提供了强大的技术支持。

### （二）技术应用优势

相较于传统的监测手段，智慧化监测技术在多个方面展现出显著的优势。首先，在实时性方面，智慧化监测技术能够将数据采集与传输的间隔时间大幅缩短至分钟级别，从而实现对公路工程各项指标的动态、实时监测，确保信息的即时更新和反馈。其次，在全面性方面，该技术不仅涵盖了公路工程的基础部分如路基和路面，还扩展到包括附属设施在内的多维度指标，确保监测范围的广泛性和综合性。再者，在智能化方面，智慧化监测技术借助先进的AI算法，能够自动识别和筛选出异常

数据，极大地减少了人工干预的需求，提升了监测效率和准确性。最后，在经济性方面，智慧化监测技术通过降低长期人工巡检的成本，有效避免了因决策滞后而导致的损失进一步扩大，从而为企业节约了大量的人力物力资源，实现了经济效益的最大化。

## 二、智慧化监测技术在施工阶段的融合应用

### （一）施工安全动态监测

针对高危区域的全面监测，在高边坡和深基坑的施工过程中，系统性地部署倾角传感器、裂缝计等多种先进监测设备，实时精准地监测边坡的位移情况、土体的应力变化等关键数据。一旦监测数据超过预设的安全阈值，系统将立即自动触发声光报警装置，及时提醒现场人员采取应急措施。此外，在施工人员管理方面，充分利用北斗定位技术结合安全帽与电子围栏的创新应用，实现对施工人员进入危险区域的实时动态预警，有效预防和降低施工现场的安全事故风险，确保施工安全。

### （二）工程质量智能管控

在工程质量的智能管控方面，我们采用了先进的技术手段，对材料和工艺进行实时监测。通过物联网设备，我们可以采集到沥青拌合温度、混凝土坍落度等关键参数，这些数据对于保证施工质量至关重要。同时，我们还结合了BIM模型，实现了施工质量的数字化追溯，这样不仅可以提高施工效率，也可以确保施工质量。在隐蔽工程的验收方面，我们采用了三维激光扫描技术，可以生成路基、桥梁结构的点云模型。这些模型与设计模型进行比对，可以快速识别出施工中存在的偏差，从而及时进行调整，确保工程质量。总的来说，我们通过采用物联网设备、BIM模型和三维激光扫描技术等先进技术手段，实现了工程质量的智能管控，提高了施工效率，保证了施工质量。

### （三）施工进度可视化管理

在当今的建筑行业中，工程质量的智能管控已经成为了一个不可或缺的环节。这种智能化的管理方式，主要是通过高科技手段对工程中的材料与工艺进行实时监测，以确保施工质量达到预期标准。具体来说，我们可以利用物联网设备，如传感器和智能终端，来采集一系列关键参数，如沥青拌合的温度、混凝土的坍落度等。这些数据能够实时反映施工过程中的实际情况，为我们的质量管控提供准确的信息支持。此外，结合BIM（建筑信息模型）技术，我们能够将这些实时数据与数字化的建筑模型相结合，实现施工质量的数字化追溯。这意

味着，我们不仅能够实时监控施工过程，还能够对施工质量进行全面的记录和分析，从而在施工过程中及时发现并解决问题。在隐蔽工程的验收环节，我们也可以利用高科技手段来提高验收的效率和准确性。例如，通过三维激光扫描技术，我们可以生成路基、桥梁等结构的点云模型，然后将这些模型与设计模型进行比对，快速识别出施工过程中的偏差。这种方式不仅能够提高验收的效率，还能够确保施工质量达到设计要求。总的来说，工程质量的智能管控是一种基于高科技手段的管理方式，它能够帮助我们实时监控施工过程，及时发现并解决问题，从而确保施工质量达到预期标准。这种管理方式不仅能够提高施工效率，还能够降低施工成本，是未来建筑行业发展的必然趋势。

## 三、智慧化监测技术在运维阶段的融合应用

### （一）路面病害预警与诊断系统

实现常态化监测机制，通过搭载先进的车载激光雷达和高分辨率高清摄像头，定期对路面进行全面数据采集。利用高效的深度学习算法，自动识别并分类路面上出现的裂缝、坑槽、车辙等多种病害类型，生成详尽的病害分布图及对应的严重程度评估报告。此外，系统还包含早期预警模型，该模型基于大量历史监测数据并结合环境因素（如交通流量、降雨量等），构建出精准的路面性能衰减预测模型，从而能够在病害发生前提前规划并安排养护工作，确保路面状况得到及时有效的维护。

### （二）桥梁与隧道结构健康监测

桥梁与隧道结构健康监测是一项至关重要的工作，它主要针对普通公路中的中小型桥梁和隧道进行。为了确保这些基础设施的安全性和稳定性，我们需要在它们的关键部位安装各种监测设备，如振动传感器、位移计等。这些设备能够实时监测桥梁和隧道的结构挠度、应力变化等重要参数，为我们提供准确的数据支持。同时，我们还需要结合环境数据，如温度、湿度等，对桥梁和隧道的结构老化趋势进行分析。这样，我们就能及时发现潜在的安全隐患，并采取相应的预防措施，避免突发性的垮塌事故发生。桥梁与隧道结构健康监测的意义不仅在于保障人们的生命财产安全，还在于提高公路的运营效率。通过实时监测和分析数据，我们可以及时发现并解决结构问题，避免因维修和重建造成的交通中断和经济损失。为了实现这一目标，我们需要建立一个完善的监测系统，包括数据采集、传输、处理和分析等环节。同时，我们还需要培养一支专业的技术团队，负责监测

设备的安装、维护和数据分析等工作。总之，桥梁与隧道结构健康监测是一项长期而艰巨的任务，但它对于保障公路安全、提高运营效率具有重要意义。我们应该高度重视这项工作，加大投入力度，不断提高监测水平，为人们的出行安全保驾护航。

### （三）应急响应与智慧养护

在应对各类灾害的紧急情况下，特别是在遭遇暴雨、冰雪等极端恶劣天气时，系统通过部署在路侧的气象监测站和高清视频监控系统，实时动态地获取并分析路面状况的关键数据，例如积水深度、结冰程度等。这些实时数据将迅速传输至交通管控中心，以便及时联动交通管控系统，精准发布预警信息，有效指导车辆和行人安全出行。此外，在养护决策方面，系统依托于道路全生命周期的海量数据，运用先进的成本效益分析模型，科学评估并推荐最优的养护方案，无论是预防性的微表处养护，还是修复性的全面养护，均能做到“按需养护”，从而显著提升养护效率，延长道路使用寿命，确保道路安全畅通。

### 四、案例分析

以某省级普通公路改扩建工程为例，该项目在施工过程中引入并全面应用了先进的智慧化监测系统。通过这一系统的精准监测和实时数据分析，施工阶段的安全事故发生率显著降低，具体降幅达到了60%，极大地提升了施工现场的安全管理水平。同时，由于智慧化监测系统能够及时发现并纠正施工中的质量问题，项目的质量返工率也大幅下降，降幅达到了35%，有效提高了工程的整体施工效率和质量。在项目进入运维阶段后，智慧化监测系统继续发挥重要作用。系统能够快速、准确地识别路面病害，使得病害发现及时率大幅提升，具体提升了80%，从而避免了病害的进一步扩展和恶化。此外，由于病害得到及时处理，养护成本也相应降低，降幅达到了25%。更为重要的是，通过智慧化监测系统的持续监测和科学养护，公路的使用寿命预计将延长5-8

年，显著提升了公路的长期使用价值和经济效益。

### 五、结论与展望

智慧化监测技术的深度融合应用，有效打破了传统普通公路工程施工与运维过程中存在的信息孤岛和壁垒，实现了从项目规划、设计、施工到后期运维的全生命周期精细化、科学化管理。这一技术的应用，不仅提升了工程效率，还显著提高了运维质量和安全性。展望未来，随着5G通信技术、数字孪生技术等前沿科技的不断发展和成熟，普通公路工程将逐步迈向更高层次的“无人化监测、智能化决策”新阶段。在这一过程中，无人化监测设备将实时采集和分析海量数据，智能化决策系统则基于这些数据做出精准、高效的决策，进一步提升公路工程的智能化水平。为此，建议相关政府部门和行业主管部门加快制定和完善智慧监测技术的标准化体系，确保技术应用的规范性和一致性。同时，大力推动监测设备的国产化进程，降低对外部依赖，提升自主可控能力。此外，还应积极构建数据共享平台，打破数据孤岛，实现跨部门、跨领域的数据互联互通，为普通公路工程的高质量、可持续发展提供坚实的技术支撑和保障。通过这些举措，将有力推动普通公路工程向智慧化、现代化方向迈进，为经济社会发展注入新的动力。

### 参考文献

- [1] 交通运输部. 公路工程智慧工地建设技术指南[S]. 2023.
- [2] 李华等. 物联网技术在公路施工安全监测中的应用研究[J]. 中国公路学报, 2024, 37(2): 120-130.
- [3] 张伟, 王明. 基于深度学习的路面病害智能识别算法[J]. 计算机应用, 2023, 43(5): 1620-1626.
- [4] 涂甜. 基于智慧出行的公路公共信息服务供给研究[D]. 南昌大学, 2022. DOI: 10.27232/d.cnki.gnchu.2022.001655.
- [5] 李圣凯. 普通公路智慧化升级改造的路径探讨[J]. 建筑, 2022, (04): 79-80.