

Application of New Materials and Technologies in Highway Maintenance and Repair

Chunmei Liu

Xinjiang Transportation Investment (Group) Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

With the rapid development of modern transportation infrastructure construction, the importance of highway maintenance has become increasingly prominent. In order to improve the durability of highways and reduce long-term maintenance costs, the application of new materials and technologies has become the latest focus of the industry. This paper deeply analyzes the specific applications of new materials such as high-performance asphalt, self-healing materials, and permeable concrete in highway maintenance management, and explores the impact of new technologies such as BIM technology, drone technology, and preventive maintenance technology on the efficiency and quality of highway maintenance. The paper further explores how intelligent monitoring systems and intelligent robot devices can play an important role in the intelligent management of highway maintenance.

Keywords

highway maintenance; new materials; new technology; intelligentization; BIM technology

关于公路维修养护中新材料与新技术的应用

刘春梅

新疆交通投资（集团）有限责任公司，中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

随着现代交通基础设施建设的快速发展，公路养护的重要性愈发凸显。为了提升公路的耐久性、减少长期养护成本等，新材料与新技术的应用成为行业最新的焦点。论文深入分析了高性能沥青、自愈合材料及透水混凝土等新材料在公路养护管理中的具体应用，探讨了BIM技术、无人机技术、预防性养护技术等新技术对公路养护效率和质量方面的影响。论文还进一步探讨了智能监测系统和智能机器人设备如何在公路养护的智能化管理中发挥重要作用。

关键词

公路养护；新材料；新技术；智能化；BIM技术

1 引言

在现代交通基础设施的运营与维护过程中，公路的日常养护已成为决定其使用寿命与行车安全的关键环节。随着交通流量的增加与使用环境的复杂化，传统的公路养护方式在效率、精度与成本控制上面临着巨大挑战。

2 公路养护管理中的新材料应用

2.1 高性能沥青材料的应用

在实际公路养护中，公路表面长期暴露于高温、低温以及雨雪等恶劣天气的条件下，传统的沥青路面容易出现龟裂、车辙和剥落等问题。而高性能沥青材料通过引入特定的聚合物改性剂，如 SBS（苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚

物），能够提高沥青的粘弹性和抗疲劳性，使路面在大幅温差和重载交通条件下依然保持稳定的结构性能，在一定程度上降低因道路破损造成的交通事故风险。除了耐久性之外，传统沥青材料在施工和养护过程中常常会排放大量有害气体，而高性能沥青通过引入再生材料和绿色添加剂，能够降低挥发性有机化合物（VOC）的排放。进一步随着环保法规的日益严格，公路养护管理中广泛推行高性能沥青材料，可以减少道路施工对大气环境的负面影响，达到长效节能和低碳排放的效果。因此，高性能沥青材料的应用能提升道路的耐久性与抗疲劳性能，还在道路养护管理中为环境保护做出了积极贡献^[1]。在未来的公路养护发展中，高性能沥青材料无疑会成为一种不可或缺的核心技术，这种材料的持续发展与优化，也将为公路交通的安全性、经济性和可持续性提供更加有力的技术支持。

2.2 自愈合材料的应用

道路在长期的高负荷交通条件下，经常会出现微小裂纹，这些裂纹通常不易被肉眼察觉，如果不加以处理，往

【作者简介】刘春梅（1980-），女，中国四川自贡人，本科，副高级工程师，从事公路养护管理、养护工程新技术新材料应用研究。

往会逐步扩大,最终形成大面积的结构性损坏,导致路面的功能性衰退。传统养护模式下,裂缝的修复需要人工巡查发现后进行修补,这不仅耗费大量人力资源,还可能因巡查周期问题导致裂缝扩大至不可控的状态。而自愈合材料的应用,则能够在裂缝刚刚产生时立即启动修复机制,无需外部的干预,其优势在于减少了公路封闭维护的时间,提升了公路的通行效率,也降低了长期的维修成本。而且该材料可以根据不同的环境和应用场景进行优化设计,如针对寒冷地区的公路,由于低温条件下路面材料更容易因热胀冷缩而产生裂缝,传统材料难以抵抗这种频繁的物理变化。然而,经过特殊处理的自愈合材料可以在低温环境下依然保持良好的修复效果,材料中的自愈合微结构会随着温度的变化而触发,确保路面在极端气候条件下也能维持其完整性。同时,在高温多雨的地区,自愈合材料则可以通过调节内部化学反应速度,在湿度和温度变化剧烈的条件下快速修复损伤,避免雨水渗透进裂缝,进一步加剧路面的损坏。综合来看,自愈合材料的应用改变了传统材料无法应对长期、动态负荷的局限性,将养护管理从被动修复转向了主动维护,延长了公路的使用周期,减少了交通中断对社会经济的负面影响。

2.3 透水混凝土的应用

传统的公路路面往往由于排水能力不足,在遇到暴雨或积水时会导致地表水无法迅速排泄,进而引发路面积水、车轮打滑以及交通拥堵等问题。透水混凝土凭借其独特的多孔结构,能够有效增强路面的渗透性,使雨水迅速渗入地下,从而缓解地面积水问题,并在一定程度上减轻城市排水系统的压力。其渗透能力并不仅仅是体现在短时间内排水,而是通过其高达 20% 以上的孔隙率,使得整个路面能够实现较为稳定的长效排水功能,甚至在高强降雨条件下,仍然能够保持良好的渗透效果,确保公路的安全与畅通。

在过去的城市化进程中,大量的非透水性路面建设导致地表水无法顺利回流地下,形成了城市“水循环中断”的问题,透水混凝土的应用则有效恢复了地表与地下水之间的自然循环机制。通过允许雨水逐渐渗透至地下水层,透水混凝土就能够改善城市的地下水补给状况,避免因地表硬化导致的地下水枯竭问题,还能够有效减少暴雨时的径流量,缓解城市内涝风险。与此同时,这一材料的透水性特质也能够降低暴雨冲刷对路基的侵蚀,进而提升路面的耐久性,减少公路长期的养护频率和成本。

3 公路养护工程中新技术的应用

3.1 BIM 技术在养护管理中的应用

在公路养护管理中,BIM 技术的应用正逐渐成为提升养护效率与质量的重要手段,以 G217 线麦盖提叶河大桥养护公路项目为例,该项目团队利用 BIM 技术创建了详细的虚拟模型,直观展示了公路各个部分的状态及养护需求,这种可视化项目各方提供了清晰的信息沟通平台,促进了协作的高效性,确保了各项决策的及时性和准确性。

在具体应用中,BIM 技术与实时数据监测系统相结合,使得路面裂缝和变形等潜在问题能够及时被识别和处理,项目中引入了传感器和无人机等高新技术,实时收集路面状况数据,通过 BIM 系统进行分析,制定相应的养护计划,例如,某段路面因地质条件复杂,使用传统方法进行养护难度大,而借助 BIM 技术,团队预测了未来的损害风险,提前制定预防性养护措施。

在养护管理过程中,通过分析历史数据和模拟不同养护方案,项目团队高效地配置了人力和物力资源,确保养护工作顺利进行。项目在实施中发现,BIM 技术使得施工现场的操作更加高效,施工人员能够根据模型进行精准作业,减少了因信息不对称带来的施工延误。这一切都表明,BIM 技术为养护管理带来了实质性的技术支持,推动了公路养护管理向智能化、系统化的方向发展。总体来看,BIM 技术的引入为公路养护管理带来了深远的影响,使得养护工作更加精准、科学且高效,在新疆这一项目的成功实施过程中,BIM 技术不仅提升了团队的协作效率,更通过数据分析支持了决策过程的科学化。

3.2 无人机技术的应用

在公路养护管理中,无人机技术的应用正不断革新传统的监测和维护方式,以江苏省的某高速公路养护项目为例,该项目通过无人机在空中对路面进行高清晰度拍摄和实时视频传输,能够快速识别出裂缝、坑洞及其他潜在损害,较传统的人工检查方式提升了工作效率和准确性。具体而言,项目中采用无人机对特定路段进行周期性巡检,结合图像识别技术,自动分析路面状况,从而为后续的养护计划提供数据支持。

在这个高速公路项目的实施中,无人机在养护初期即被用于收集基础数据,结合 GIS(地理信息系统)技术,形成了路面状况的动态数据库。这一数据库为后续的预防性养护提供了重要依据。在一次巡检中,无人机发现了某段路面出现了微小裂缝,通过数据对比,团队及时采取了相应的养护措施,避免了后期可能导致的更大损害。这种前瞻性养护理念的实施,不仅延长了公路的使用寿命,也确保了交通安全。可以说,无人机技术的引入提升了监测的效率与准确度,还推动了公路养护管理的智能化发展,为未来的养护工作树立了新的标杆。

3.3 预防性养护技术的应用

预防性养护技术在公路养护中的应用改变了传统依赖于“损坏后修复”的被动模式,将养护工作前置,避免了道路劣化到需要大规模维修时才采取行动。这一技术的核心思想是通过科学的检测与定期维护,及时解决潜在的问题,延缓公路老化进程。其根本目的在于减少突发性的严重损坏,从而降低整体养护成本,提高道路的服务水平。通过运用现代化的监测设备和数据分析工具,预防性养护技术能够准确捕捉到路面早期损坏的迹象,如微小的裂缝、细微的沉降及局部的应力集中点。这种“早发现、早处理”的机制使得公

路管理者能够在问题发展到不可逆的阶段之前,采取针对性的维护措施,将路面的修复控制在最小范围内,避免大规模的破坏性养护和交通中断。

预防性养护技术的另一个关键优势在于其全面的养护策略,通过对公路各个部位的精准分析,定制化地实施不同的养护手段。例如,针对高交通负荷的主干道,管理者可以通过定期的密封处理来防止裂缝扩展,而对于交通流量较小的支路,则可以采用微表层工艺进行薄层保护。这种定制化的养护方案不仅能够有效提升公路的整体性能,还能延长其使用寿命,从而大幅度降低公路全生命周期内的维护成本^[2]。与此同时,预防性养护技术的应用使得公路管理工作更具前瞻性,通过精确的历史数据和模型模拟,管理者可以预测未来的路面损坏趋势,并根据不同气候条件、交通流量及地质特点,提前制定详细的养护计划。

4 公路养护管理中的智能化技术应用

4.1 智能监测系统的应用

智能监测系统通过多种高精度传感器与数据采集设备,能够全天候监测道路的关键参数,如路面温度、湿度、荷载应力以及结构变形等,这种全方位的感知能力使得公路管理部门可以实时掌握道路的健康状况,快速捕捉到可能影响路面性能的微小变化。相比传统的定期检查,智能监测系统的应用能够极大提高养护的及时性和准确性,减少因延误检测导致的严重路面破损问题。并且智能监测系统通过与大数据分析平台的结合,能够形成一个强大的预警与决策支持体系,传感器采集到的路面数据能够被即时传输到数据中心,经过分析和处理后,系统可以识别出潜在的道路损坏风险,并生成相应的养护建议。例如,路面承受荷载过大或者温度变化剧烈时,系统可以通过实时的应力分析判断是否会产生裂缝,并在损坏发生前发出预警,建议管理者采取适当的修复措施。这种提前干预机制能够有效避免道路的大面积损坏,还可以帮助管理部门优化养护资源的调配,避免盲目维修与浪费。除此之外,系统能够实时监控道路关键节点的安全状态,尤其是在桥梁、高速公路等高风险路段,当传感器检测到异常,如结构应力超标或路面严重积水时,系统会自动发出警报,提醒交通管理部门立即采取应对措施,确保道路的安全运行,为交通运行的稳定性提供持续的技术支撑。

4.2 智能机器人养护设备

智能机器人养护设备的核心在于通过高精度的传感器、

实时数据采集与分析系统,以及自主决策能力,使其能够独立完成多种复杂的养护任务。例如,针对路面裂缝修复,传统的人工方法不仅耗时耗力,还容易因人为因素产生误差。而智能机器人通过其内置的精密摄像头和多功能机械臂,可以精准地识别裂缝的大小、深度及走向,并根据不同的裂缝类型,采用相应的修复方法,如自动注入填充材料或对局部进行精细打磨^[1]。同时,面对桥梁、高速公路等危险区域,传统人工养护不仅需要封路,还常伴随高空作业或极端气候下的施工风险。智能机器人通过其具备的导航与避障系统,能够自主在复杂环境下完成作业,无需人为介入。配合LIDAR雷达、GPS定位等先进技术,这些机器人设备可以精确规划路径,自动避让障碍物,并在危险区域中安全高效地完成各类维护任务。例如,对于桥梁的结构检测,机器人可以在桥梁底部复杂的钢结构间穿梭,利用其高分辨率摄像头与激光扫描系统捕捉结构细节,并通过实时数据传输与后台分析系统的连接,快速检测出桥梁的裂纹、腐蚀或其他潜在风险。

由于机器人可以在不间断的状态下进行工作,无需像人工一样频繁休息或调度,它们能够在夜间或交通低谷期进行连续的维护操作,从而有效避免了白天交通拥堵,减少了因道路封闭造成的经济损失。

5 结语

综上所述,通过新材料与新技术的广泛应用,公路养护管理正从传统的被动修复转向主动预防与精细化管理。在材料层面,高性能沥青、自愈合材料等的使用显著提高了道路的耐久性与环保性能。在技术层面,BIM技术与无人机技术为公路的数字化与自动化养护奠定了坚实基础,而智能监测系统与智能机器人设备的广泛应用,使公路的实时监测与快速响应成为可能。这些新技术能够提升公路养护的质量与效率,为未来公路管理的智能化与无人化提供了更为广阔的可能性。

参考文献

- [1] 苟文莉.新材料和新技术在公路维修养护中的应用分析[J].江西建材,2020(7):141+143.
- [2] 单坤.探析公路维修养护中几种可借鉴的新材料和新技术[J].绿色环保建材,2020(2):146-147.
- [3] 高玉森.公路维修养护中新材料与新技术的应用[J].中国新技术新产品,2019(8):110-111.