

海绵型道路施工期排水效能动态监测与实时调控技术

张 帅 李衍富 王 媛

山东省路桥集团有限公司, 山东 青岛 266000

[摘要] 海绵型道路作为一种新型的生态道路设计, 具有良好的雨水渗透与存储功能。在施工期, 排水效能的动态监测与实时调控技术对于保障海绵型道路的排水性能和道路长期使用的安全至关重要。通过智能化传感器网络监测排水系统的流量、渗透速率等参数, 结合实时数据分析和自动调节技术, 能够及时发现并修复排水系统中的潜在问题, 从而提升排水效能和减少道路水害风险。该技术为海绵型道路施工和管理提供了重要支撑。

[关键词] 海绵型道路; 排水效能; 动态监测; 实时调控; 智能传感器

DOI: 10.33142/sca.v8i4.15923

中图分类号: TU992

文献标识码: A

Dynamic Monitoring and Real-time Control Technology for Drainage Efficiency during Sponge Road Construction Period

ZHANG Shuai, LI Yanfu, WANG Yuan

Shandong Road & Bridge Group Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract: Sponge roads, as a new type of ecological road design, have good rainwater infiltration and storage functions. During the construction period, the dynamic monitoring and real-time control technology of drainage efficiency is crucial for ensuring the drainage performance of sponge roads and the safety of long-term road use. By monitoring the flow rate, infiltration rate, and other parameters of the drainage system through an intelligent sensor network, combined with real-time data analysis and automatic adjustment technology, potential problems in the drainage system can be detected and repaired in a timely manner, thereby improving drainage efficiency and reducing road water hazard risks. This technology provides important support for the construction and management of sponge roads.

Keywords: sponge road; drainage efficiency; dynamic monitoring; real time regulation; intelligence sensor

引言

随着城市化进程的加快, 海绵型道路作为一种创新的生态道路设计, 成为了应对城市排水问题的重要方案。然而, 如何在施工期有效监测和调控其排水效能, 确保其长期稳定运行, 仍然是一个亟待解决的难题。通过引入动态监测与实时调控技术, 可以实时掌握排水系统的运行状态, 及时发现并处理潜在问题, 从而提升海绵型道路的排水效率和可持续性。这一技术的应用, 为生态城市建设提供了新的思路和解决方案。

1 海绵型道路排水系统的工作原理与设计特点

随着城市防洪排水问题的日益严峻, 海绵型道路作为一种新型的城市道路排水解决方案, 凭借其独特的设计理念与生态功能, 成为应对城市水害的重要手段。

1.1 海绵型道路的基本原理

海绵型道路是通过设计具有渗透性、蓄水性和透气性的道路结构, 将雨水引导、渗透和储存到地下, 模拟天然土壤的吸水功能。这一系统不仅能减少城市地表径流, 还能促进水的自然循环, 缓解城市排水压力。其工作原理主要依靠道路表面和路基中的透水材料, 确保雨水能够迅速渗入地下, 避免了传统硬化路面对水的阻隔作用。同时,

通过设置合适的蓄水池和渗水设施, 雨水能够储存并缓慢释放, 减少了洪涝灾害的发生频率。通过这些设计, 海绵型道路还能够提高地下水位, 改善土壤湿度, 促进植物生长, 实现道路与自然环境的和谐共生^[1]。

1.2 海绵型道路的设计特点

海绵型道路的设计首先注重生态功能, 其道路表面采用透水材料, 如透水混凝土、透水砖等, 这些材料不仅能有效吸收和储存雨水, 还能保持良好的路面平整性和行车安全性。其次, 海绵型道路的路基结构通常包含排水层和蓄水层, 使得雨水在渗透的过程中不会积水表面, 而是被引导至地下储水系统。此外, 海绵型道路的设计还考虑到了绿化带的功能, 通过绿色植被的配置, 进一步提升道路的水吸收能力, 改善城市环境, 减少热岛效应。

1.3 海绵型道路排水系统的优势与挑战

海绵型道路的排水系统具有诸多优势, 首先, 它能够有效减少城市雨水径流, 降低传统排水管网的压力, 缓解城市内涝问题。其次, 通过雨水的收集和利用, 海绵型道路能够提升城市水资源的利用效率, 促进可持续发展。然而, 这种设计也面临一些挑战。例如, 在施工过程中需要确保材料的选择与排水系统的布局精准匹配, 才能充分发

挥排水效能。同时,海绵型道路对维护的要求较高,尤其是在积水较多的区域,需要定期检查并清理排水系统,以防止系统失效。因此,如何在实际应用中保持其长期效能,仍然是一个亟待解决的问题。

2 动态监测技术在海绵型道路施工期的应用

在海绵型道路的施工期,动态监测技术为保障道路排水效能提供了重要支持,通过实时监控排水系统的运行状态,及时调整优化方案,确保项目顺利进行。

2.1 动态监测技术的基本概念与发展

动态监测技术是通过现代传感器网络、物联网技术及数据分析手段,对海绵型道路的各项关键指标进行实时监控与调控。在施工期,这一技术能够实时收集道路表面及地下排水系统的相关数据,包括雨水渗透速率、流量、积水深度等参数。通过这些实时数据的反馈,管理人员能够及时发现潜在问题并采取相应措施,从而有效提高排水系统的施工质量和效率。随着技术的发展,动态监测系统越来越智能化,能够通过自动化分析和人工智能算法预测系统的长期表现,进一步优化设计和施工方案^[2]。

2.2 动态监测技术在施工期的应用实践

在海绵型道路的施工期,动态监测技术主要应用于雨水渗透、流量和积水情况的实时监控。施工过程中,通过安装传感器和监测设备,可以实时获取雨水渗透量、道路表面积水情况以及下层蓄水层的水位变化等信息。基于这些数据,工程师能够快速评估道路的排水能力,及时发现可能的设计缺陷或施工问题。例如,如果发现某一部分的积水较多,可能是该部分排水设施存在问题,监测系统可以立即警报,促使施工人员进行检查与修复。此外,动态监测技术还能实时记录施工环境中的变化,比如雨量变化对排水系统的影响,为施工方案的调整提供数据支持。

2.3 动态监测技术的优势与挑战

动态监测技术在施工期的应用,能够有效提升施工管理水平,确保海绵型道路设计的排水功能能够如预期运行。其最大优势在于能够实时跟踪各项施工数据,及时调整施工方案,从而提高施工效率和质量。此外,监测技术还能够提供长周期的数据支持,为后期道路使用中的维护和优化提供依据。然而,动态监测技术的实施也面临一定挑战。首先,监测设备和系统的安装成本较高,尤其是在复杂的施工环境中,需要对设备进行精准部署。其次,监测数据的分析与处理需要强大的计算能力和专业知识,这对于施工单位和管理人员的技术要求较高。最后,设备的长期稳定性和维护问题也是一个需要解决的难题。因此,在实际应用中,需要克服这些挑战,确保监测系统能够长期稳定运行,为海绵型道路的施工与维护提供可靠保障。

3 实时调控技术提升排水效能的关键机制

实时调控技术通过精准控制海绵型道路排水系统的各项参数,实现高效排水与水资源管理,确保系统在不同

气候条件下的稳定性与长期效能。

3.1 实时调控技术的基本原理

实时调控技术主要依靠传感器、智能控制系统与数据分析平台,结合动态监测数据对海绵型道路的排水过程进行精细化调节。该技术通过对雨水流量、积水深度、渗透速率等参数的实时监控,能够自动调整排水系统的工作状态,例如通过调节排水管道开关、改变储水设施的泄洪速度等方式,确保雨水能够及时被引导、渗透或储存,避免地表积水过多或排水不畅。通过这些智能化的调控手段,系统能够在各种降雨条件下优化排水效能,确保道路长期保持良好的排水能力^[3]。

3.2 实时调控技术在提升排水效能中的应用

在海绵型道路的排水系统中,实时调控技术应用于多个关键环节,尤其是在强降雨期间。通过对降水量和流量的实时监控,调控系统可以即时调整排水速率,防止排水系统因流量过大而发生堵塞或溢流现象。比如,当某一段路面积水过多时,系统能够自动开启下层蓄水池,减少地表水的积存。同时,调控系统能够通过调节渗透速率,优化土壤层的吸水功能,避免道路过于干燥或水分过多,从而保持道路表面的良好状态。此外,调控技术还能在遇到极端天气时,调整排水系统的工作方式,最大限度地减少城市内涝和水灾的发生。

3.3 实时调控技术的挑战与发展方向

尽管实时调控技术在提升排水效能方面具有显著优势,但其实施仍面临诸多挑战。首先,技术实现需要高精度的传感器和高效的数据处理能力,这要求系统的硬件设备和软件平台达到高度的兼容性和可靠性。其次,在复杂的城市环境中,如何根据不同地区、不同排水系统的特点进行精准调控,也是技术发展中的难点。未来,实时调控技术将朝着更加智能化、自动化的方向发展,借助人工智能和大数据技术,进一步提升预测能力和响应速度,实现更加精细的排水管理与优化。

4 智能传感器网络的构建与数据分析方法

智能传感器网络为海绵型道路提供了精准的动态监测和实时数据分析功能,借助先进的传感技术和大数据分析,能够全面提升排水效能和系统优化。

4.1 智能传感器网络的构建原理

智能传感器网络通过在海绵型道路的关键位置部署各种传感器设备,实时监测雨水渗透、流量、积水深度等关键指标。这些传感器一般包括雨量传感器、流量传感器、湿度传感器等,通过无线通信将数据传输到中央控制系统。为了保证传感器网络的高效运作,传感器之间通过无线网络进行数据共享与协同工作,确保覆盖整个道路区域。智能传感器网络的构建不仅要考虑传感器的精度与稳定性,还需考虑网络的覆盖范围和可靠性,避免信号丢失或监测盲区的存在。此外,传感器还需要具备一定的防水和耐候

能力, 确保在各种气候条件下正常工作。

4.2 数据收集与处理方法

智能传感器网络采集到的数据量巨大, 如何有效处理和分析这些数据成为提升排水效能的关键。数据收集后, 首先通过传感器节点将数据传输到中央数据平台, 采用云计算和大数据处理技术对其进行实时分析与存储。传统的排水监测方法通常依赖人工定期巡查和记录, 而智能传感器网络能够提供持续、不间断的数据流, 为排水系统的实时调节提供精准依据。通过数据融合与分析, 系统能够从多个角度判断道路排水情况, 例如实时计算积水深度、渗透速率、排水流量等, 并基于这些分析结果进行预警和调控。借助机器学习和人工智能技术, 系统能够学习并优化调控策略, 进一步提高排水效能^[4]。

4.3 智能数据分析在排水效能优化中的应用

智能数据分析在海绵型道路排水效能优化中起到至关重要的作用。通过实时数据的分析, 系统能够识别排水系统中的潜在问题, 如排水不畅、积水过多等现象, 并在早期阶段采取应对措施。例如, 当系统检测到某一段路面积水较多时, 能够迅速调节排水速率或启动备用储水设施, 以避免积水对交通或环境造成影响。数据分析还可以对排水系统的历史数据进行趋势分析, 预测未来可能发生的排水问题, 为道路维护和优化提供科学依据。随着技术的发展, 数据分析方法将进一步深化, 智能传感器网络将能更准确地模拟不同气候条件下的排水情况, 为海绵型道路的长期运营与维护提供强有力的技术支持。

5 海绵型道路排水效能优化的技术挑战与发展趋势

在海绵型道路的排水系统中, 效能优化面临多方面挑战, 随着技术进步, 未来将逐步克服这些问题, 实现更高效、智能的排水管理。

5.1 技术挑战: 系统的精准性与稳定性

海绵型道路的排水效能优化需要高精度的传感器和控制系统支持, 然而, 当前传感器的准确性与稳定性仍面临挑战。尤其是在恶劣天气或复杂环境下, 传感器可能会出现数据偏差或失效, 导致排水系统出现误判。此外, 传感器的长期稳定性也是一个问题, 因为长期暴露于雨水、灰尘及其他外界因素, 可能会影响其传感能力, 甚至导致故障。解决这一问题需要对传感器的材料与技术进行持续的改进, 确保其在各种环境条件下都能高效、稳定运行。

5.2 数据处理与分析的复杂性

海绵型道路排水系统中涉及的数据种类繁多, 涵盖雨

量、流量、湿度、渗透率等多个维度。这些数据的高效收集与精准处理是提升排水效能的关键。然而, 现有的数据处理能力还面临挑战, 尤其是在处理大规模、实时流数据时, 可能出现系统负荷过重、处理延迟等问题。如何将海量的实时监测数据快速、准确地转化为可操作的信息, 进行有效的排水调控, 是当前技术发展的瓶颈之一^[5]。为了应对这一挑战, 未来需要进一步提升大数据分析与人智能算法的应用, 确保数据分析更智能、实时。

5.3 发展趋势: 智能化与自动化

随着人工智能、物联网等技术的快速发展, 海绵型道路的排水效能优化将朝着智能化和自动化方向发展。未来, 传感器和控制系统将更加智能化, 能够自主判断排水系统的状态, 并根据实时数据自动调节排水设施的工作状态。此外, 通过深度学习和数据挖掘技术, 系统将能够对未来的排水需求进行预测, 从而提前进行调控。这种自适应的系统不仅能提高排水效能, 还能大幅减少人工干预, 提高工作效率。未来, 随着技术的不断进步, 海绵型道路排水系统的效能优化将更加精细化和智能化, 为城市排水问题提供更加高效的解决方案。

6 结束语

海绵型道路作为一种创新的排水解决方案, 其排水效能的提升离不开动态监测、实时调控和智能传感器网络的支持。尽管在技术实施过程中存在精准度、稳定性和数据处理等方面的挑战, 但随着智能化、自动化技术的不断发展, 海绵型道路的排水系统将更加高效、智能。未来, 随着技术的进一步完善和应用, 海绵型道路将为城市水资源管理和生态环境保护提供更为可靠的支撑, 助力可持续发展目标的实现。

[参考文献]

- [1] 郭大伟, 张孟强, 林聪, 等. 海绵型道路设计方法及参数设置的研究[J]. 大众标准化, 2020(22): 178-179.
 - [2] 张少华, 郑明强. 海绵型道路多指标综合评价方法研究[J]. 企业科技与发展, 2020(4): 110-111.
 - [3] 杨华保. 海绵型道路技术选择与目标分析研究[J]. 运输经理世界, 2022(21): 16-18.
 - [4] 曷贵春, 肖传语, 孙悦. 海绵型道路横断面排水设计参数优化[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(1): 1-5.
 - [5] 孙伟, 贺广奇. 海绵型市政道路排水设计及关键节点分析——以宿迁市为例[J]. 海峡科学, 2024(2): 78-83.
- 作者简介: 张帅(1987.10—), 男, 青岛市, 汉族, 本科, 高级工程师, 就职于山东省路桥集团有限公司, 从事施工现场管理、技术创新课题管理工作。