

公路路基工程智能施工与养护技术概述

宋健康

湖北中科公路勘察设计院有限公司 湖北孝感 432000

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13151

[摘要] 智能公路是对传统公路质量、功能和服务方面的改进,也是最新基础设施发展的重要组成部分。近年来,由公路路基病害引起的事故越来越常见,但在早期正确诊断低级别路基病害一直是一项挑战。数字化施工技术、智能施工、信息化管控的高质量发展是目前中国路基工程施工使用的主要技术工具。本文以智慧公路为背景,分析了路基工程智能化施工养护的必要性和发展前景,提出了路基工程智能化养护的发展方向,总结了路基工程贯穿全生命周期的相关智能化技术。

[关键词] 路基工程; 智能施工与维护; 生命周期; 智能算法

引言

2019年,随着《交通强国建设纲要》的发布,中国在全球范围内开始创建交通强国。中国主干公路的建设速度慢于使用公路交通量增加的速度,并且存在路网不足、结构不合逻辑和死胡同众多等结构性问题。路基边坡的稳定性会损害公路运营的安全性,同时缩短公路工程的使用寿命,导致劳动力、材料和资源的损失。路基的不均匀沉降和冻胀会对路面造成损坏。我国应精心规划设计路基工程,注重路基施工过程的绿色化、信息化、智能化,针对目前路堤填筑施工后沉降、沉降不均、路面裂缝等问题,努力成为交通强国。本文总结了路基工程贯穿整个生命周期的相关智能化技术,提出了路基智能化施工与养护的发展路径,以期路基智能化工程提供借鉴,以响应国家政策和行业发展趋势。

1 智慧公路的内涵与特点

智慧公路是在交通规划、建设、运营、服务和监管的每个阶段实现智能和信息技术的进步。智慧公路将交通与大数据、物联网、移动互联网、智能控制等技术深度融合,赋予传统公路“智能”,提高公路服务质量,降低环境污染,增加道路建设和运营的安全性,提高驾驶舒适性和安全性。智慧公路的基本含义是构建三网融合的智慧基础设施和云端协同平台,旨在有效提升我国现有路网的综合运输性能。这也将是当前时期乃至未来中国公路建设的主要方向和必然选择。智慧公路的特点包括智能基础设施、智能决策、智能控制和智慧服务四个方面。

2 智慧公路工程的研究内容

2.1 智能施工

先进的数控技术是智能制造发展的关键,其关键技术主要集中在制造装备、智能传感与控制装备、智能检测与装配装备等方面。有研究介绍了基于建筑信息模型(BIM)的云技术的完整运行流程,分析了该技术的优缺点,为智能建造提供了新的方向。高星林等构建了智能施工平台架构^[1],以解决港珠澳大桥建设面临的风险和困难,并以此为基础设计了沉箱安装智能系统。

2.2 智能监控

为了应对滑坡、崩岩、落石对丘陵巷道安全运行造成的严重困难,有学者提出了一种新的基于无线射频识别(RFID)的危险岩石监测预警系统^[2]。相比之下,外部地质灾害的监测和预警系统发展得更早。目前,最前沿的技术是光探测和测距、合成孔径雷达干涉测量和布里渊散射光学时域反射法。大数据、人工智能、射频识别、云计算和无损感知是智能建筑和智能监控技术的主要五个组成部分。

2.3 物联网技术

许多学者研究了物联网技术在智能交通系统中的主要技术组成部分,并强调了物联网技术在城市智能交通中的一些

应用,包括交通信息管理系统和智能公路管理系统。研究人员开发了一种基于物联网的实时斜坡监测系统,该系统利用大量传感器和测量机器人进行自动检测^[3]。他们利用物联网技术构建了边坡监测预警系统,以及云服务平台。为了实时监测施工现场安全,开发了一种基于物联网技术的施工监理机器人和基于红外围栏的施工安全警报系统综上所述,目前物联网技术应用的关键领域有五个:边坡监测、车辆引导、安全预警、智能调度和智能监管。

3 路基工程智能化施工运行

3.1 BIM 智能路基施工

“智能路基”施工过程取决于施工现场管理平台。该项目的 BIM 模型是平台的主要信息源。BIM 模型的实施对于创建“智能路基”至关重要。中国 BIM 标准(CBIMS)框架由清华大学 BIM 研究小组创建,旨在改善各个联系和专业之间的信息集成和协作。利用公路特有特性,创建多信息公路 BIM 数据库,生成数据编码规则,实现道路生命周期的管理和应用。

BIM 技术仍处于起步阶段,在高速公路领域还有很大的发展空间。制定使用 BIM 技术的规范和标准至关重要,尤其是在当前的运输行业。

3.2 路基智能压实质量控制

通过使用基于加速度计的振动压路机和精确的 GPS 定位,智能压实(IC)在压实过程中监测压实机和材料的振动特性。监控屏幕从实时反馈系统实时接收压实信息,从而提高了过程的可控性和可见性。

准确感知压实质量信息是 IC 的第一阶段。现有的控制系统只能连续测量振动钢轮的振动响应信号,因为压实机在压实过程中是移动的。根据响应信号,评估与压实质量相关的数据(控制指标)非常重要。应获得材料的密度和模量,这对于开发 IC 技术至关重要。在工程实践中,经常使用各种智能压实测量值评估方法评估压实质量,例如压实仪值(CMV),压实控制值,机器驱动力、振动模量(Evib)等。

根据上述研究,IC 质量控制对整个过程至关重要。国内外研究人员主要集中在压实质量预测、实时监测和控制方面。仍然需要研究质量控制的准确性标准和应对动态挑战的解决方案。要独立评估和判断压缩数据,必须应用机器学习(ML)技术,ANN、和强化学习。

4 路基工程智能养护

智能路基养护与云计算、大数据、物联网、人工智能等前沿互联网技术相结合,实现公路养护领域道路的全面、彻底、实时、准确感知和预测。目前,一些维护部门已经创建了协作和有效维护管理的平台。在“互联网+”模式下,可实现路基巡检、路基检测、养护监测、评价分析、养护决策。

4.1 路基智能检测技术

4.1.1 路基智能巡检

无人机可以大大提高工作效率并检查人类难以进入的区域,同时最大限度地减少安全隐患,特别是在高路堤和挖掘部分的丘陵地区进行路基维护检查。有研究^[5]提出了一种基于无人机获取的实时数据全自动智能施工监测和报告系统框架。使用摄影测量方法,可以从来自不同区域的点云和无人机图片数据创建 3D 模型。使用这种完全自动化的解决方案可以显著减少完成施工监控和报告程序所需的工作量。

4.1.2 路基病害检测

根据《公路工程技术标准》JTG B01-2014,公路分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路和四级公路。GPR、超声波测试、激光检测、成像技术、光纤传感检测等是目前在路基中发现隐匿病害的关键技术。目前,在中国,铁路和隧道检测是 GPR 检测技术的主要用途。GPR 通常用于查找压实度较差的路基空隙、空洞和路基。如果路基内部有异常,则在使用 GPR 检测高速公路路基时,电磁波反射信号的往返行进持续时间、幅度、相位和频谱特性会发生变化。根据反射信号的特性确定路基的结构性能,以实现道路路基进行无损检测目标。

4.1.3 路基病害识别

智能疾病识别方法因其自动化程度高、操作远距离、效率高等特点,稳步应用于路基疾病识别。这些技术的两个主要类别是深度学习算法和图像处理算法。

1) 基于图像处理的路基病害识别算法

单图像处理算法和融合图像处理算法两类可用于进一步分类基于图像处理的路基疾病检测算法。阈值算法、边缘算法、区域算法、匹配算法等是传统单图像处理技术的例子。融合图像处理算法通过自然融合众多单一图像处理算法,实现了在更复杂的背景条件下对疾病的识别。这有效地提高了算法的筛选功能。为了创建一种新的裂缝分割方法,以提高在具有挑战性的设置下识别裂缝的准确率。环境适应仍有发展潜力,因为融合算法在检测阶段需要不断手动调整参数,以响应背景照明和路面照明的变化。

2) 基于深度学习的路基病害识别算法

深度学习正逐渐被用于检测结构性疾病,因为与图像处理方法相比,深度学习具有更高的特征提取、自主学习和抗干扰能力。基于深度学习的智能疾病识别算法分为语义分割算法、目标检测算法和图片分类算法。语义分割和对象检测方法建立在图像分类算法之上。经典的图像分类算法包括 GoogleNet、视觉几何组 (VGG)、ResNet 等^[6]。这些算法可以通过迁移学习进行疾病分类。例如,使用基于 CNN 的图像分类算法来准确分类裂缝、坑洼和混合疾病。从网络结构、裂缝数据、分类方法和环境条件四个方面评估了裂缝图像。与图像分类算法相比,对象检测算法可以准确定位病变区域的位置,同时还可以对道路上的路基疾病进行分类。

4.1.4 路基智能注浆加固技术

当涉及道路桥头跳车等困难时,注浆加固技术是一种有效的解决方案。它具有简单的建造程序和对交通流量干扰小的特点,确保了高速公路运营的安全、舒适和效率。此外,维护和加固的费用不会太高。动态压实、土工格栅和水泥搅拌桩程序是主要的传统灌浆加固技术,它们仅适用于新道路。基于模糊线性回归方法,对超细水泥浆的渗透率研究表明^[7],渗透率与测试结果之间具有良好的一致性。为了进一步检查超细水泥浆在颗粒土中的渗透性,使用了 ANN 和支持向量回归模型。两个模型都成功地预测了渗透率。

中国在 1980 年代开始研究智能注浆记录仪。国家水利水

电工程局研究了 G 系列智能注浆监测系统,水利水电部水利水电研究所、天津大学自动化工程系、中南大学研究了 GY 注浆液压自动记录仪。目前,注浆控制系统主要调节阀门的打开和关闭以及电源的切换,无论是在国内还是在全球范围内。

根据上述研究,智能路基注浆加固技术和智能检测技术是路基养护阶段智能化关注的重点领域。智能巡检和病害检测的研究是路基智能监测技术的首要重点。路基病害探地雷达图像目标识别与智能识别系统目前研究相对较少。

5 结论和展望

本文对智能公路背景下路基工程全生命周期中使用的智能技术总结中可以得出以下结论:

(1) 国内外研究人员都更加注重信息获取、信息提取和信息传输与管理技术在智能测量技术中的集成,以开展路基工程规划智能化研究。关于测量技术的研究文献不是很密集。要实现路基工程规划的智能,必须解决如何提高测量精度,以及如何及时提供有关测量数据的反馈两个主要问题。

(2) 尽管智能算法(如神经网络)提供了解决工程问题的有效方法,但这些算法无法生成描述不同组件和变量之间关系的方程。为了分析和预测路基工程的回弹模量、特别是土体变形和边坡稳定性,需要更全面和精确的方法。

(3) BIM 智能路基施工技术、路基 IC 质量控制技术、路基健康监测评价系统是路基施工养护智能化的初级组成部分。用于公路行业的 BIM 技术仍处于起步阶段,有很大的发展空间。对于路基压实质量控制的精度标准和动力学方程的解,仍有进一步的研究空间。开发智能压实机以实现智能控制也是基于对当前 ML 技术的使用。在路基健康监测研究中,滑坡的根本原因和主要原因尚未得到深入研究。

(4) 智能路基检测技术和智能路基注浆加固技术构成了路基工程养护阶段使用的大部分智能技术。智能巡检和疾病检测的研究是路基智能监测技术的主要重点。无人机传感器经常与智能无人机检查有关。亚基病害目标检测和 GPR 图片智能识别系统目前研究相对较少。以下是主要关注点:首先,可用的共享路基疾病检测 GPR 图像数据集不多,并且该数据集必须包含尽可能多的疾病图像。其次,大多数现有智能识别研究测试中使用的 GPR 图片的数量和口径都是不均衡的。第三,GPR 图像识别的评估系统还不是完美无缺的,目标检测方法非常简单。注浆材料注入的可预测性和注浆系统的智能化是路基智能注浆加固技术的关键目标。

【参考文献】

- [1]高星林,张鸣功,方明山,等.港珠澳大桥工程创新管理实践[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2016,35(01):15.
- [2]赵松.智能化压实技术在沥青路面施工中的应用[J].智能城市应用,2024,7(3):17-19.
- [3]晏班夫,徐观亚,栾健,等.基于 FasterR-CNN 与形态法的路面病害识别[J].中国公路学报,2021,34(9):13.
- [4]朱俊清,赵学儒,马涛,黄晓明,朱洪洲.基于卫星遥感的路域地质灾害监测方法[J].吉林大学学报(工学版),2023,53(6):1861-1872.
- [5]吴妍莹.人工智能技术的建筑工程造价估算研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024,000(002):61-65.
- [6]夏添.震区泥石流危险性评价及预警减灾系统研究[D].成都:成都理工大学,2013.
- [7]黄奕辉,李旭辉,谢帮华.基于物联网的公路养护施工安全智能监管系统应用研究[J].公路,2019,64(12):4.