

智能化技术在道路与桥梁工程施工中的应用探索

张 金

山西交通控股集团有限公司忻州高速公路管理有限公司 山西 忻州 034000

摘 要：随着科技的飞速发展，智能化技术在道路与桥梁工程施工中的应用日益广泛，极大地提高了施工效率、质量与安全水平。本文旨在探讨智能化技术在道路与桥梁工程施工中的具体应用，分析其带来的变革与挑战，并对未来发展趋势进行展望。

关键词：智能化技术；道路与桥梁工程；施工效率；质量安全；BIM技术；大数据

引言

道路与桥梁工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其施工效率直接关系到国家经济的发展和人民生活的便利。传统施工方式存在工效低下、质量控制难度大、环境与安全问题突出等局限性。而智能化技术的引入，为道路与桥梁工程施工带来了革命性的变革。

1 智能化技术在道路与桥梁工程施工中的应用

1.1 BIM技术在设计施工协同化中的应用

建筑信息模型（BIM）技术作为一种先进的数字化管理工具，已经在道路与桥梁工程中得到了广泛应用。BIM技术通过构建三维虚拟环境，将设计、施工、运维等全生命周期的信息集成在一起，实现了信息的无缝传递与共享。在道路与桥梁工程的设计阶段，BIM技术可以模拟真实的施工环境，帮助设计师更加直观地理解设计意图，发现潜在的设计问题。通过BIM模型，设计师可以进行多方案比选，优化设计方案，提高设计的可行性和经济性。同时，BIM技术还可以精确计算工程量，为施工预算提供准确的数据支持。在施工阶段，BIM技术的协同化应用更是发挥了巨大作用。通过BIM模型，施工各方可以实时共享施工信息，协调施工顺序，减少施工冲突。例如，施工单位可以根据BIM模型制定详细的施工计划，合理安排施工资源，确保施工进度。同时，BIM技术还可以进行施工模拟，提前发现施工过程中的潜在问题，如施工空间不足、设备碰撞等，从而及时调整施工方案，避免施工延误和成本增加。此外，BIM技术还可以与虚拟现实（VR）、增强现实（AR）等技术结合，为施工人员提供更加直观的施工指导。通过VR技术，施工人员可以在虚拟环境中进行施工操作练习，提高施工技能；通过AR技术，施工人员可以在施工现场实时查看BIM模型，获取施工信息，提高施工精度和效率。

1.2 智能传感网络在结构健康监测中的应用

道路与桥梁作为重要的交通基础设施，其安全性至

关重要。智能传感网络作为一种先进的结构健康监测技术，已经逐渐成为道路与桥梁工程领域的重要组成部分。智能传感网络集成了多种高精度传感器，如光纤传感器、无线传感网等，能够实时监测道路与桥梁结构的健康状态。这些传感器可以实时采集结构的应力、变形、温度等参数，通过数据传输系统将这些参数发送到监测中心进行分析和处理。通过智能传感网络，监测中心可以实时掌握道路与桥梁结构的健康状态，及时发现潜在的安全隐患。例如，当结构的应力超过设计值时，传感器会发出警报，提醒监测人员采取措施进行处理。同时，智能传感网络还可以对结构的健康状态进行长期监测，为结构的维护和管理提供数据支持^[1]。此外，智能传感网络还可以与其他智能化技术结合，如大数据分析、机器学习等，对结构的健康状态进行更加深入地分析和预测。通过大数据分析，可以挖掘结构健康监测数据中的潜在规律，为结构的维护和管理提供更加科学的依据；通过机器学习算法，可以对结构的健康状态进行智能预测，提前制定维护计划，避免结构发生突发性故障。

1.3 无人机与AI结合的自动化巡检系统

道路与桥梁的巡检工作是保障其安全运营的重要环节。传统的巡检方式主要依赖人工进行，不仅效率低下，还存在一定的安全风险。随着无人机技术和人工智能技术的快速发展，无人机与AI结合的自动化巡检系统逐渐成为道路与桥梁巡检的新选择。无人机具有机动性强、覆盖范围广等优点，可以快速获取道路与桥梁的外观信息。通过搭载多光谱摄像头等先进设备，无人机可以捕捉到更加详细的图像信息，为后续的图像识别和分析提供数据支持。同时，无人机还可以在高空进行巡检，避免人工巡检过程中的安全风险。AI技术中的深度学习算法在图像识别和分析方面具有强大优势。通过训练大量的图像数据，深度学习算法可以准确识别道路与桥梁上的裂缝、破损等病害。结合无人机的巡检图像，

AI算法可以自动进行病害检测和分类,提高巡检效率和准确性^[2]。此外,无人机与AI结合的自动化巡检系统还可以实现巡检数据的实时传输和处理。通过无线网络等技术,巡检数据可以实时发送到监测中心进行分析和处理,为道路与桥梁的维护和管理提供及时的数据支持。同时,该系统还可以对巡检数据进行长期存储和分析,为结构的健康监测和预测性维护提供数据基础。

1.4 3D打印及智能建造机器人应用

3D打印技术和智能建造机器人是道路与桥梁工程施工中的新兴技术,它们的出现极大地推动了施工方式的变革和创新。3D打印技术可以精确制造复杂形状的道路与桥梁构件,提高施工精度和效率。通过3D打印技术,可以直接在施工现场制造构件,避免了传统施工方式中的运输和安装过程,节省了时间和成本。同时,3D打印技术还可以根据设计需求进行定制化生产,满足道路与桥梁工程的个性化需求。智能建造机器人如自动焊接机器人、布料振捣机器人等,可以替代人工完成高空、高位作业,降低施工风险。这些机器人具有高精度、高效率等优点,可以在恶劣的施工环境中稳定工作,提高施工质量和安全性。例如,自动焊接机器人可以在高空进行焊缝的自动焊接,避免了人工焊接过程中的安全风险和质量问题;布料振捣机器人可以在混凝土浇筑过程中进行自动振捣,提高混凝土的密实度和强度。此外,3D打印技术和智能建造机器人还可以与其他智能化技术结合,如BIM技术、物联网技术等,实现施工过程的数字化、智能化管理。通过BIM模型与3D打印技术的结合,可以实现构件的精确制造和安装;通过物联网技术与智能建造机器人的结合,可以实现施工过程的实时监控和管理,提高施工效率和安全性。

1.5 大数据驱动的预测性维护决策系统

道路与桥梁作为长期使用的基础设施,其维护和管理至关重要。传统的维护方式主要依赖经验进行,缺乏科学性和预见性。随着大数据技术的快速发展,大数据驱动的预测性维护决策系统逐渐成为道路与桥梁维护和管理的新选择。通过收集道路与桥梁运营过程中的海量数据,如交通流量、结构应力、环境温度等,可以利用大数据分析和机器学习算法对这些数据进行深入挖掘和分析。通过数据分析,可以揭示结构健康状态与发展趋势之间的内在联系,为结构的维护和管理提供科学依据。大数据驱动的预测性维护决策系统可以对结构的健康状态进行实时监测和预测。通过机器学习算法,系统可以对历史数据进行学习,建立结构健康状态的预测模型。当新的数据输入时,系统可以根据预测模型对结构

的健康状态进行实时预测,提前发现潜在的安全隐患^[3]。此外,大数据驱动的预测性维护决策系统还可以根据预测结果制定维护计划。通过系统分析结构的健康状态和发展趋势,可以确定最佳的维护时间和维护方式,避免结构发生突发性故障,提高道路与桥梁的运营效率 and 安全性。同时,该系统还可以对维护计划进行长期跟踪和评估,不断优化维护策略,降低维护成本。

2 案例分析:厦门翔安大桥项目

翔安大桥项目集合海洋、城市施工环境和桥梁、隧道施工工艺,采用了大型化、智能化、预制装配化的施工技术。建设过程中,建设方应用了多项智能建造技术,如BIM轻量化技术、三维模型的全正向协同设计等,提高了钢板和焊材的利用率,大幅提升了协同工作效率。通过厦门路桥信息化管理平台,实现工程质量、安全、进度、投资等全方位信息化管理。这有助于项目管理人员实时掌握工程进展情况,及时发现问题并采取解决措施。建立下穿基坑工程、BRT高架桥及现浇隧道结构实时风险可视化在线监测预警系统,实现了对桥梁结构变形、基坑变形及支护受力、现浇隧道结构等关键部位的自动化监测和预警,为工程安全稳定提供了有力保障。借鉴计算机领域的雾计算及边缘计算思想,在岩土领域首创性提出“雾监测”概念,开发出AI智能云盒。该设备利用嵌入式设计与雾计算手段,实现雾中心的数据解析、边缘计算、分析判断和手机APP蓝牙智慧检查,实现了去中心监测及可视化预警。翔安大桥项目在工程施工过程中广泛应用新技术、新工艺、新产品、新材料等“四新技术”成果及微创新成果,创下多个业内“第一”。同时,大力推进构件工厂化、装配化、智能化施工,主桥比合同批复工期提前5个月通车,为厦门东部区域的经济腾飞奠定了良好基础。

3 智能化技术带来的变革与挑战

3.1 变革

智能化技术的迅猛涌入,为道路与桥梁工程施工领域带来了前所未有的变革。这一技术的引入,不仅推动了工程设计建造范式的数字化转型,更使得全生命周期管理成为行业的新常态。在过去,道路与桥梁工程的设计、施工、运维等各个环节往往相互独立,信息流通不畅,导致效率低下。而如今,智能化技术通过构建一体化的信息平台,实现了各环节的无缝衔接,大大提高了工程的整体效率。风险管控方面,智能化技术也使得工程风险向预测预防型转变。通过大数据分析、机器学习等先进技术,可以对工程风险进行实时监测和预警,从而提前采取措施进行防范,大大降低了工程事故的发生

率。据统计,智能化技术的应用使得工程效率提升了50%以上,同时人力依赖度也降低了30%,为工程的快速、高效、安全施工提供了有力保障。此外,智能化技术还促进了道路与桥梁工程行业的产业升级和可持续发展。通过智能化技术的应用,可以实现对工程资源的精准配置和高效利用,减少了资源浪费,降低了环境污染。同时,智能化技术还推动了工程产品的创新和发展,满足了市场对多样化、个性化产品的需求。

3.2 挑战

然而,智能化技术在道路与桥梁工程施工中的应用也并非一帆风顺。首先,技术成熟度不足是当前面临的一大挑战。虽然智能化技术已经取得了显著的进展,但在某些方面仍然存在着技术瓶颈,需要进一步研究和突破。其次,标准体系的不完善也限制了智能化技术的广泛应用。由于智能化技术涉及多个领域和学科,缺乏统一的标准和规范,导致不同系统之间的信息难以互通和共享^[4]。再者,人才短缺也是智能化技术应用面临的一大难题。智能化技术需要具备跨学科知识和技能的复合型人才,而当前这方面的人才储备还远远不足。此外,智能化技术的引入还带来了数据安全和隐私保护等新问题。如何确保工程数据的安全性和隐私性,防止数据泄露和滥用,是智能化技术应用过程中需要重点关注的问题。

4 未来发展趋势与展望

未来,智能化技术在道路与桥梁工程施工中的应用前景将愈发广阔且深入。随着科技的日新月异,智能化技术将不断与新兴技术、先进工艺相融合,为道路与桥梁工程施工带来前所未有的变革。一方面,智能化技术将持续推动施工过程的高效化、精准化与安全化。通过集成物联网、大数据、云计算等先进技术,施工现场将实现设备间的智能互联与协同作业,大幅提高施工效

率。同时,利用高精度定位与传感技术,施工过程中的测量、定位与监控将变得更加准确可靠,确保工程质量的稳步提升。此外,智能化技术还将通过实时监测与预警系统,有效预防施工安全隐患,保障施工人员的人身安全。另一方面,智能化技术将助力道路与桥梁工程行业的产业升级与可持续发展。通过智能化技术的应用,工程设计与施工将更加符合环保、节能的要求,推动绿色施工理念的深入实践。同时,智能化技术还将促进工程产品的创新与发展,满足市场对高品质、个性化道路与桥梁的需求。此外,智能化技术还将推动行业内的信息共享与协同合作,形成更加完善的产业链与生态系统,为道路与桥梁工程行业的长远发展提供有力支撑。

结语

智能化技术在道路与桥梁工程施工中的应用具有广阔的前景和深远的意义。通过不断探索和实践,我们可以充分发挥智能化技术的优势,推动道路与桥梁工程施工向数字化、智能化方向发展,为国家经济发展和人民生活提供更加便利、安全、高效的交通基础设施。

参考文献

- [1]曹俊林.公路工程施工智能化技术应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2024,(10):176-178.
- [2]苏航.智能化技术在公路工程项目施工管理中的应用探讨[C]//中国智慧工程研究会.2024指挥施工与规划设计学术交流会议论文集.浙江交投路信新材料科技有限公司;2024:1075-1077.
- [3]朱伟.智能化施工技术在高速公路工程中的应用分析[J].工程与建设,2024,38(01):170-171+177.
- [4]韦宏根.自动化与智能化施工技术在高速公路建设中的应用探讨[J].新城建科技,2024,33(01):69-71.