

智能化水利施工的现状与发展趋势

周洁 李倩

扬州水利建筑工程有限责任公司, 江苏 扬州 225000

[摘要] 水利工程作为我国基础设施建设的关键组成部分, 正面临着人口增长、城市化进程加速以及气候变化等多重因素带来的复杂挑战。在这一背景下, 传统的水利施工方法在解决效率、质量与可持续性问题时, 往往显得力不从心。近年来, 信息技术的迅猛发展为水利施工带来了新的机遇, 智能化水利施工逐步进入行业视野。尤其是地理信息系统 (GIS)、遥感技术、人工智能 (AI)、物联网 (IoT) 等技术的不断进步, 为水利施工提供了创新的技术工具, 显著提升了工程设计与施工管理的能力。智能化水利施工不仅提升了施工效率与精度, 而且显著增强了项目的安全性, 降低了人力成本, 优化了资源配置, 并在环境保护与可持续发展方面发挥了积极作用。随着这些技术的逐步融合与应用, 智能化水利施工有望成为未来水利工程建设的的主要发展方向。

[关键词] 智能化; 水利施工; 现状; 发展趋势

DOI: 10.33142/hst.v8i5.16518

中图分类号: TV39

文献标识码: A

The Current Situation and Development Trend of Intelligent Water Conservancy Construction

ZHOU Jie, LI Qian

Yangzhou Water Conservancy Construction Engineering Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225000, China

Abstract: As a key component of Chinese infrastructure construction, water conservancy projects are facing complex challenges brought about by multiple factors such as population growth, accelerated urbanization, and climate change. In this context, traditional water conservancy construction methods often seem inadequate in addressing issues of efficiency, quality, and sustainability. In recent years, the rapid development of information technology has brought new opportunities for water conservancy construction, and intelligent water conservancy construction has gradually entered the industry's vision. Especially with the continuous advancement of geographic information systems (GIS), remote sensing technology, artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT) and other technologies, innovative technical tools have been provided for water conservancy construction, significantly improving the ability of engineering design and construction management. Intelligent water conservancy construction not only improves construction efficiency and accuracy, but also significantly enhances project safety, reduces labor costs, optimizes resource allocation, and plays a positive role in environmental protection and sustainable development. With the gradual integration and application of these technologies, intelligent water conservancy construction is expected to become the main development direction of future water conservancy engineering construction.

Keywords: intelligence; water conservancy construction; current situation; development trend

引言

随着科技的迅速进步, 智能化技术在水利工程领域的应用已逐步成为主流。水利施工的效率、精度和安全性直接影响工程质量与进度, 而传统模式在应对复杂环境和安全需求时暴露出诸多问题。通过引入信息技术、智能设备和人工智能, 智能化施工为解决这些挑战提供了新方案。智能化技术不仅提升了施工效率, 还实现了精准控制与实时监测, 确保项目在高效、安全的条件下推进。智慧工地与数字化建设理念已渗透到规划、设计、施工和管理各环节, 逐步改变了传统操作模式。因此, 探讨智能化水利施工的现状、进展以及未来发展趋势, 旨在为行业的持续发展提供有价值的参考。

1 智能化技术在水利施工中的重要性

随着智能化技术的不断发展, 其在水利施工中的作用愈发重要, 传统施工模式正迎来深刻的变革。智能设备、传感器网络以及智能监控系统的引入, 使得施工过程能够

实现精准控制, 减少人工干预所带来的误差, 从而显著提升了施工效率。过去, 水利工程施工常依赖人工操作与经验积累, 这不仅导致工期延长, 还容易产生测量偏差和不可预见的风险。如今, 借助智能化技术, 施工现场的数据得以实时采集并全面分析, 施工方案得以优化, 确保各环节在精准参数的基础上进行。安全性方面, 智能化技术的应用极大地提升了施工现场的安全保障水平。水利工程通常面临复杂的地质环境及恶劣的气候条件, 这些因素增加了施工人员的安全风险。通过智能预警系统、实时监控技术以及无人机的应用, 施工现场的安全隐患得以迅速检测与处理。智能设备能够全天候监控现场情况, 在潜在风险被发现后迅速采取防范措施, 事故发生的概率因此大大降低。在资源利用及环境保护方面, 智能化技术为水利施工提供了更为高效的解决方案。大数据与物联网技术使得施工过程中涉及的能源消耗、材料使用及废弃物排放等数据能够被实时监控, 从而优化了资源

配置,减少了浪费。设计与施工流程也可以通过这些技术进行精细化管理,在确保工程质量的同时,减少了对环境的负面影响,实现了绿色可持续的施工目标。

2 智能化水利施工的现状

2.1 信息技术的应用现状

地理信息系统(GIS)与遥感(RS)技术在水利施工中的应用,尤其在现代水利工程中,已成为关键技术工具。作为一种集成了计算机科学、地理科学与统计学的高科技平台,GIS为工程师提供了强大的地理空间数据处理与分析能力。通过整合地形、土壤类型、降雨量等多种数据,GIS可以帮助工程师构建精确的数字地图和三维模型。这些模型直观展示了水位变化、洪水淹没区域及河流冲刷等潜在影响,对于防洪减灾规划至关重要。更进一步,GIS能够与决策支持系统(DSS)结合,为工程提供科学依据,从而优化设计,确保项目不仅满足环境和社会需求,还能最大化经济效益。遥感技术(RS)与全球定位系统(GPS)的结合,进一步拓展了施工过程中的数据采集与处理能力。RS技术通过卫星影像与航空摄影等手段,实时监测大范围地表变化,诸如水体分布、河床形态的变化以及植被覆盖等情况。尤其在灾害监测和应急响应中,RS技术具有重要意义。通过与GPS结合,RS技术不仅能够提供宏观数据,还能实现对施工现场各类目标的精确定位,如机械与运输车辆的实时位置,确保施工按计划进行,有效防范安全隐患。GPS的精确定位还在施工控制和测量中发挥了重要作用。例如,通过GPS数据来校准RS图像,可以显著提升测量精度,精准指导水利构筑物如坝体的变形监测与施工导航。这些技术的应用使得水利工程的质量与精度得到了有效保障,从而为水利项目的精细化管理与科学决策提供了有力支持。

2.2 智能化施工设备与工具

智能化施工设备与工具在水利工程中的应用,极大地提升了施工效率与质量,同时增强了作业的安全性与精确性。随着自动化与智能化设备逐步取代传统人工操作,水利施工向着更高效、更安全的方向发展。现代施工机械,如无人驾驶推土机、自动化挖掘机以及混凝土浇筑机器人,能够根据设定的路线与参数自动执行任务,减少了人为失误与时间浪费。在复杂地形与恶劣环境下,这些设备也能稳定运行,通过实时监控反馈的数据,帮助操作人员及时调整作业策略。智能工具的应用也在施工现场得到了广泛的普及。例如,激光测量仪实现了高精度的距离与高度测量,确保了施工过程中的精密控制。无人机则主要用于施工现场的空中监控与数据采集,尤其在复杂地形或大范围区域,能提供清晰的地形图与工程进度,从而显著增强施工的透明度与可视性。智能传感器通过实时监控设备工作状态与材料使用情况,提供了宝贵的数据支持,优化了设备维护与施工进度。借助这些智能化设备与工具,水利施工不仅实现了自动化与精细化管理,且大幅提高了施工质量与安全性,缩短了工期,降低了成本。随着技术的不断进步,未来,智能化施工设备将在水利工程中发挥更为重要的作用。

3 智能化水利施工的发展趋势

3.1 智慧工地与数字化建设

智慧工地与数字化建设已成为推动智能化水利施工的重要趋势,标志着水利工程从传统的人工操作迈向全面数字化和自动化。借助信息技术、物联网、人工智能以及大数据等先进手段,施工现场的各类资源和环节得以实现数字化管理。通过集成化平台,施工过程中生成的设备状态、人员位置及实时数据均能得到即时汇总与处理,从而实现全面监控和高效管理。数字化建设不仅覆盖了工程设计与施工阶段,还进一步延伸至项目的全生命周期管理。建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)技术在这一转型中发挥了关键作用,BIM通过创建三维可视化模型,将建筑物的物理特性和功能特征数字化,形成统一的数据平台。施工团队利用BIM技术进行设计优化、施工模拟、进度管理和资源调配,从而在项目启动前识别并解决潜在问题。例如,BIM的碰撞检测功能可以提前发现建筑结构、管线布置和设备安装中的冲突,显著减少返工和施工延误。BIM技术的优势还在于其与虚拟施工模拟的深度结合,施工团队能够在虚拟环境中预演复杂场景,评估施工难度、资源配置和安全隐患。基于模拟结果,施工方可调整方案、优化资源分配,从而有效降低风险和不确定性。虚拟施工模拟的应用不仅提升了项目规划的科学性,也减少了施工阶段的突发问题。在施工阶段,BIM还与物联网、无人机和激光扫描等技术紧密协作,现场数据通过实时采集和动态更新,形成数字化施工日志。施工进度、材料消耗、设备运行状态等信息通过BIM平台直观展示,为管理者提供科学决策支持。此外,基于BIM模型的质量监控和安全管理系统,可借助传感器数据实时监测关键结构的变形、应力和温度等参数,确保施工质量达到预期标准。施工过程的自动化与精准化同样是数字化建设的显著体现,智能设备和机器人逐渐替代传统人工操作,大幅提升施工效率并减少人为失误。自动化机械能够依据设定的路径和参数执行高精度作业,确保施工质量;智能设备则依靠实时数据反馈动态调整施工策略,从而有效应对复杂的地质条件和气候变化。智慧工地与数字化建设的广泛应用,促使水利施工从依赖经验的传统模式向数据驱动精细化管理转变。通过构建涵盖规划、设计、施工、运维的全生命周期管理体系,水利工程的智能化、精细化和绿色化水平不断提升。随着技术的持续进步,BIM等数字化工具将在水利工程建设中发挥更加深远的作用,进一步推动行业发展。

3.2 人工智能与机器学习的前景

人工智能(AI)与机器学习(ML)在智能化水利施工中的应用前景广阔,预计将深刻影响施工流程的各个环节,通过对大量数据的自动化分析与处理,这些技术为水利施工提供了精准的决策支持,从而显著提升施工效率与质量。在施工过程中,AI与ML能够通过分析历史施工数据、实时环境变化及设备运行状况,预测潜在风险与问题^[1]。例如,AI技术能够通过学习以往工程项目的进展规律,结

合当前施工条件,实时预测工期延误、材料浪费或安全事故等风险,并为预防措施的制定提供决策依据。这种基于数据的智能预测不仅帮助施工团队及时调整计划降低损失,同时还优化了资源配置与成本控制。机器学习技术还使得自动化设备与机器人能够更好地应对复杂的施工环境,进行自主学习并优化操作模式。例如,智能施工机器人能够通过不断地反馈调整作业方式,适应不同的地质条件与施工需求,从而提升施工精度与效率。同时, AI 技术被应用于无人机及自动化设备中,赋予它们自主决策与操作能力,从而进一步减少人工干预,提升施工安全性。随着人工智能与机器学习技术的不断进步,它们在水利施工中的应用将日益广泛且深入,这些技术不仅能够改进施工过程中的每一个环节,还将推动水利工程全过程的智能化,从设计到施工再到维护,最终形成一个全面的智能生态系统,带来水利行业的创新与变革。

3.3 物联网技术的深入应用与融合

物联网技术(IoT)在智能化水利施工中的广泛应用,正推动整个行业朝着更加高效和智能化的方向发展。通过将传感器、智能设备与网络连接,物联网能够实时采集、传输与处理施工现场的各类数据,从而实现施工全过程的监控与优化。在水利施工领域,物联网的关键作用主要体现在智能化现场管理与数据的实时监控上。例如,关键设备与施工材料上安装的传感器,使得施工管理人员能够实时掌握设备的运行状态、施工进度与环境变化。通过持续采集土壤湿度、降水量、温度等环境数据,工程团队能够根据这些信息灵活调整施工策略,从而避免环境变化带来的工期延误或质量问题^[2]。同时,传感器实时监测设备的运行状态,能够提前预警潜在故障,减少因设备故障导致的停工与损失,提升施工安全性与可靠性。此外,物联网技术能够将各类设备与传感器与云平台深度融合,构建一个集中的数据管理与分析系统。通过云平台,工程管理者能够对各项施工数据进行全面处理与分析,从而实时掌握项目进展、资源使用情况及施工安全状况。结合其他先进技术,如人工智能与大数据分析,施工过程的智能化水平得以进一步提升。例如,基于物联网数据,人工智能可以进行深度学习与预测分析,帮助优化施工方案,提升资源配置效率,从而提高施工效率。物联网技术的深度应用与融合,不仅使施工现场的信息流动更加高效与透明,而且推动了水利施工各环节的智能化与自动化。随着技术的不断发展与成熟,物联网将在水利工程中扮演着愈发重要的角色,推动行业向智能化、绿色化方向不断迈进。

3.4 智能水利工程的国际化与市场拓展

智能水利工程的全球化发展,标志着世界水利行业正在迈向更加智能化与高效的未来。随着智能化技术的迅猛发展,各国对水利工程的需求不断增长,尤其在水资源管理、防洪减灾与生态保护等领域,智能水利工程已成为解决方案的关键方向。作为水利工程技术的全球领先者之一,中国正

积极推动智能水利技术的国际化,并将先进的技术经验推向全球市场^[3]。在这一过程中,智能水利工程的国际化不仅限于技术输出,还包括综合解决方案与服务的提供。随着“一带一路”倡议的实施,我国已在多个国家开展水利工程建设,并通过引入智能技术,提升了这些项目的管理效率、施工精度与长期可持续性。举例来说,智能水利技术在非洲与东南亚等地区已在水库建设、灌溉系统优化及洪水预警等领域得到应用,既帮助当地提升水资源管理水平,也为中国企业开辟了国际市场的新机遇。全球智能水利技术的拓展,进一步促进了跨国合作与技术交流。不同国家在智能水利领域的需求与挑战各具特色,国际合作不仅推动了技术的本地化创新,还加速了技术的更新与迭代。例如,欧洲与美国的一些水利项目已大规模应用人工智能、大数据分析及物联网等技术,这为中国的智能水利设备与系统提供了广阔的市场空间。然而,智能水利工程国际化的进程也面临着一系列挑战,包括技术标准差异、文化差异与各国市场的法规要求等。为了顺利进入全球市场,企业需要深入了解目标国的政策环境与市场需求,并根据实际情况对技术方案与服务内容作出相应调整。通过本地化技术研发与专业化服务团队的建设,智能水利工程的国际化进程才能得以有效推进。

4 结语

智能化技术正在显著变革水利施工领域,信息技术、智能设备、物联网以及人工智能的应用,极大地提高了施工过程的效率与精度。通过对设计、监测与管理过程的优化,这些技术为防洪减灾与生态保护提供了全新的解决方案。随着技术的不断进步,智能化水利施工将逐步向智慧工地与数字化建设方向发展,推动行业在全球市场的扩展,并与绿色可持续发展理念紧密结合。智能化技术的不断创新,必将为水利工程的高效、安全及可持续发展提供坚实的支撑。在这一过程中,施工效率与精度的提升,已通过信息技术与智能设备的深度融合得到了显著实现。设计、监测与管理流程的优化,已经在防洪减灾与生态保护领域,为解决方案的创新开辟了新的方向。随着技术不断向前发展,智能化水利施工正朝着智慧工地与数字化建设的目标稳步推进,不仅推动了行业在全球市场的扩展,也紧密结合了绿色可持续发展的理念。如此不断创新的智能化技术,必将为水利工程的高效、安全及可持续发展提供坚实的支撑。

[参考文献]

- [1]李桂峰. 智能化水利施工的现状与发展趋势[J]. 中国高新技术, 2024(12): 99-100.
- [2]刘志国. 水利施工中的智能化技术应用研究[J]. 水上安全, 2025(3): 71-73.
- [3]肖晶,陈明文. 智能化技术在水利工程施工中的应用研究[J]. 水上安全, 2024(24): 37-39.

作者简介:周洁(1988.5—),女,毕业院校:扬州大学;所学专业:工程管理,当前就职单位:扬州水利建筑工程有限责任公司,职务:副主任,职称级别:工程师。