

智能化技术在水利工程施工中的应用研究

刘 阳¹ 黄金铭¹ 吴 迪¹ 李怀金¹ 王翰林²

1. 徐州市水利建筑设计研究院有限公司 江苏 徐州 221000

2. 徐州城建排水有限公司 江苏 徐州 221000

摘 要: 本文聚焦智能化技术在水利工程施工中的应用。首先阐述其应用基础, 涵盖感知层、网络层、平台层。接着从施工前期勘察设计、过程精准管控、机械调度运维三方面介绍核心应用路径。然后说明质量与安全管控举措, 包括质量智能化检测、安全智能化防护及协同管控。最后剖析技术应用中的技术适配性、数据整合利用、成本与人员能力等核心问题, 并提出优化方向。智能化技术能提升水利工程施工效率、质量与安全性, 但需解决现存问题以更好推广应用。

关键词: 智能化技术; 水利工程; 工程施工; 施工管控; 技术应用

引言: 水利工程作为国家基础设施建设的关键部分, 对保障民生、推动经济发展意义重大。传统水利工程施工模式在精度、效率、质量管控等方面存在局限, 难以满足现代工程的高要求。随着科技飞速发展, 智能化技术为水利工程施工带来新契机。其凭借数据驱动、智能决策等优势, 可实现施工全流程的精准管控。深入探究智能化技术在水利工程施工中的应用, 对于提升工程建设水平、保障工程安全稳定运行具有重要的理论价值与现实意义。

1 智能化技术在水利工程施工中的应用基础

智能化技术应用于水利工程施工, 构建了以数据采集与传输、信息处理与分析、智能决策与控制为核心链路, 且贯穿施工全流程的技术支撑体系。该体系应用基础由感知层、网络层、平台层三个核心层面构成, 协同保障智能化施工有序开展。(1) 感知层是智能化施工的基础前提。它借助多种类型的传感器与监测设备, 针对施工环境、施工机械、工程构件等关键要素, 开展实时数据采集工作。采集的数据维度丰富, 地形数据可反映施工区域的地形地貌特征, 水文数据能呈现水流状况, 机械运行参数可监控设备运行状态, 构件质量参数则关乎工程实体质量。通过全面采集这些多维度信息, 实现对施工场景的全方位感知与数据捕获。(2) 网络层负责数据传输。鉴于水利工程施工场地分散、环境复杂, 数据传输面临挑战。网络层依托无线通信、物联网等技术, 将感知层采集的海量数据高效、稳定地传输至平台层, 有效解决数据传输难题, 确保数据传输的实时性与完整性。(3) 平台层作为智能化施工的核心中枢, 整合数据处理、分析、决策等功能, 运用大数据分析和人工智能算法深度挖掘数据价值, 为施工调度、参数调整、

风险预判提供依据, 最终实现施工环节精准调控^[1]。

2 智能化技术在水利工程施工中的核心应用路径

2.1 施工前期勘察与设计智能化

施工前期的勘察与设计质量直接决定水利工程施工的科学性与可行性, 智能化技术可显著提升勘察精度与设计效率。(1) 在勘察环节, 传统勘察模式依赖人工测绘与取样分析, 不仅耗时耗力, 且数据精度易受环境干扰。智能化勘察技术通过无人机遥感、三维激光扫描、地质雷达等设备的协同应用, 实现对施工区域地形、地貌、地质条件的全方位、高精度探测。无人机遥感可快速覆盖大范围施工区域, 获取高清影像数据, 结合地理信息系统对影像进行处理, 生成精准的地形地貌图; 三维激光扫描技术能够捕捉施工区域的三维空间信息, 构建三维地质模型, 清晰呈现地质分层、岩层分布等细节; 地质雷达可穿透地表, 探测地下土壤、岩石的密实度、含水率等参数, 为基础施工提供精准的地质数据支撑。(2) 在设计环节, 智能化设计软件可基于勘察获取的数字化数据, 实现设计方案的自动化生成与优化。通过参数化设计技术, 将工程设计指标转化为数字化参数, 软件可快速生成多种设计方案, 并结合工程力学、水文动力学等原理对方案进行模拟分析, 优化结构尺寸、施工工艺等关键要素, 避免设计方案的不合理性, 提升设计方案的科学性与可施工性。同时, 设计方案可转化为数字化模型, 为后续施工环节的智能化管控提供数据基础。

2.2 施工过程精准化管控智能化

水利工程施工流程复杂, 涉及土方开挖、混凝土浇筑、基础处理、构件安装等多个环节, 智能化技术可实现对各环节的精准化管控, 提升施工效率与质量。(1)

在土方开挖与基础处理环节,自动化挖掘设备与智能定位技术协同应用,可实现开挖作业的精准控制。通过全球定位系统与惯性导航技术,对挖掘设备进行实时定位与姿态调整,结合数字化地质模型设定开挖边界、深度等参数,设备可自动完成开挖作业,避免超挖、欠挖等问题,提升开挖精度与作业效率。同时,智能监测设备可实时监测基础开挖后的边坡稳定性、土壤沉降等参数,及时反馈异常情况,为基础处理提供数据支持。

(2)在混凝土浇筑环节,智能化技术可实现浇筑过程的全程管控。通过智能配比系统,根据混凝土强度等级、施工环境等参数,自动计算原材料配比,精准控制水泥、砂石、水、外加剂等原材料的用量,保障混凝土性能稳定;在浇筑过程中,振捣机器人可按照预设路径自动完成振捣作业,通过传感器感知混凝土密实度,调整振捣频率与时间,避免漏振、过振等问题,提升混凝土浇筑质量;同时,温度监测传感器可实时采集混凝土浇筑后的温度数据,结合智能温控系统调整养护措施,防止混凝土因温度应力产生裂缝。(3)在施工进度管控方面,智能化进度管理平台可整合各施工环节的作业数据,包括机械运行时间、人工投入量、工序完成情况等,通过大数据分析对施工进度进行实时把控。平台可自动对比实际进度与计划进度的偏差,分析偏差产生的原因,为进度调整提供决策依据,实现施工进度的动态管控,避免工期延误^[2]。

2.3 施工机械智能化调度与运维

水利工程施工需投入大量大型机械,如挖掘机、起重机械、运输车、浇筑设备等,传统机械管理依赖人工调度与定期检修,易出现调度不合理、设备故障频发等问题。智能化技术可实现施工机械的智能化调度与运维,提升机械利用效率与运行稳定性。(1)在智能调度方面,基于物联网技术构建机械调度平台,实时采集各施工机械的运行状态、位置信息、作业进度等数据,平台通过人工智能算法对机械资源进行优化配置。根据各施工环节的机械需求,自动调度距离最近、状态最佳的机械参与作业,避免机械闲置与窝工,提升机械利用效率;同时,平台可实时监控机械作业流程,协调各机械的作业顺序,避免交叉作业冲突,保障施工有序推进。

(2)在智能运维方面,通过传感器实时监测机械的运行参数,包括发动机转速、油温、油压、振动频率等,构建机械运行状态模型。利用大数据分析技术对运行参数进行挖掘,预判机械可能出现的故障隐患,提前发出预警信号,避免故障突发导致施工中断;同时,基于机械运行数据制定个性化运维方案,精准控制检修时间、检

修内容,减少不必要的检修作业,延长机械使用寿命,降低运维成本。

3 智能化技术应用中的质量与安全管控

3.1 施工质量智能化检测

施工质量检测是水利工程施工的关键环节,智能化检测技术可突破传统人工检测的局限,实现质量检测的精准化、高效化与非破坏性。(1)针对混凝土构件、钢筋结构、防渗工程等核心部位,采用智能化检测设备开展质量检测工作。超声波检测仪可穿透混凝土构件,检测内部密实度、裂缝宽度与深度等参数,无需破坏构件即可获取质量信息;钢筋扫描仪可快速检测钢筋的分布位置、直径、保护层厚度等指标,精准判断钢筋安装质量;防渗膜完整性检测仪通过电磁感应原理,检测防渗膜的破损位置与破损程度,保障防渗工程质量。(2)智能化质量检测平台可整合各部位检测数据,生成数字化质量报告,对检测结果进行分类统计与分析,精准定位质量缺陷的类型与分布,为质量整改提供明确方向。通过检测数据的全程追溯,实现施工质量的全流程管控,确保工程质量符合施工标准^[3]。

3.2 施工安全智能化防护

水利工程施工环境复杂,易受水文、地形、气候等因素影响,安全风险较高,智能化技术可构建全方位的安全防护体系,降低安全事故发生率。(1)在人员安全防护方面,为施工人员配备智能安全帽、智能手环等设备,实时监测施工人员的位置信息、心率、体温等数据。当施工人员进入危险区域、出现身体异常或遭遇突发情况时,设备可立即发出预警信号,同时将信息传输至安全管控平台,便于管理人员及时采取救援措施。

(2)在施工环境安全监测方面,通过智能监测设备实时采集施工区域的水文、气象、地质等环境参数,包括水位、流速、风速、降雨量、边坡位移等。利用大数据分析技术对环境参数进行动态分析,预判可能出现的安全风险,如边坡滑坡、洪水侵袭等,提前发出预警,为施工人员撤离、设备转移提供充足时间。此外,智能化监控系统可实现施工区域的全方位视频监控,结合人工智能图像识别技术,自动识别违规操作行为,如未佩戴安全防护用品、违规动火作业等,及时发出提醒,规范施工人员操作行为,从源头规避安全风险。

3.3 质量与安全协同管控

在水利工程施工领域,质量与安全始终是贯穿项目建设全生命周期的核心目标,二者相辅相成、缺一不可。智能化技术的深度应用,为质量与安全的协同管控提供了创新思路与有效手段,成功构建起一体化管控体

系。(1) 该体系依托先进的信息技术,将质量检测数据与安全监测数据进行全面整合。通过搭建专门的协同管控平台,打破数据壁垒,实现数据的实时共享与深度联动分析。当质量检测环节发现构件存在质量缺陷时,平台能够迅速自动关联该部位的施工安全信息,运用智能算法精准判断质量缺陷是否会引发潜在的安全风险,如构件裂缝是否可能导致坍塌等。反之,当安全监测系统察觉到环境异常或违规操作时,平台可同步对该区域的施工质量进行核查,防止因安全问题对工程质量造成不利影响。(2) 通过这种协同管控模式,能够达成质量与安全风险的同步预判与同步处理。提前发现隐患并及时采取措施,有效避免事故的发生,切实保障施工过程的平稳有序推进,为水利工程的顺利建设与长期稳定运行奠定坚实基础。

4 智能化技术应用中的核心问题与优化方向

4.1 技术适配性问题

水利工程施工场景具有多样性,不同工程的地形条件、施工工艺、技术需求存在差异,导致智能化技术的适配性面临挑战。部分智能化设备与技术是基于通用工程场景研发,在水利工程复杂的施工环境中,可能出现运行不稳定、数据采集精度不足等问题。例如,在水位波动较大、地形复杂的区域,传感器易受干扰,导致数据失真;部分自动化设备在泥泞、潮湿的施工场地中,运行效率与使用寿命会受到影响。因此,需注重智能化技术与水利工程施工场景的适配性优化,针对水利工程的施工特点,对智能化设备进行针对性改造,调整技术参数与运行模式,确保技术能够适应复杂的施工环境,充分发挥作用^[4]。

4.2 数据整合与利用效率问题

智能化施工过程中会产生海量数据,涵盖勘察数据、设计数据、施工数据、质量检测数据、安全监测数据等,这些数据分散在不同的系统与设备中,易形成数据孤岛,导致数据整合与利用效率低下。数据孤岛不仅无法实现各环节数据的联动分析,还会影响智能决策的科学性与准确性。同时,部分数据存在格式不统一、冗余度高的问题,增加了数据处理的难度。对此,需搭建统一的数据管理平台,制定标准化的数据格式与传输规范,实现各系统、各设备数据的互联互通与集中管理。

通过数据清洗、去重、整合等技术,提升数据质量,同时利用大数据分析 with 人工智能算法,深度挖掘数据价值,为施工管控提供更精准的决策支持。

4.3 技术应用成本与人员能力问题

智能化技术的应用需投入大量资金,包括智能化设备采购、系统搭建、技术研发等,较高的应用成本限制了部分智能化技术的普及。同时,智能化施工对操作人员的专业能力提出了更高要求,不仅需要掌握传统施工技术,还需熟悉智能化设备的操作、系统的维护与数据的分析。目前,部分施工人员缺乏相关专业技能,难以熟练运用智能化技术与设备,导致技术应用效果不佳。针对这一问题,需优化技术应用成本结构,选择性价比高的智能化设备与技术,避免盲目投入;同时,加强施工人员的专业培训,开展智能化设备操作、系统使用、数据处理等方面的培训课程,提升人员的专业能力,确保智能化技术能够得到有效应用。

结束语

智能化技术在水利工程施工中的应用,是行业发展的必然趋势。从应用基础的构建到核心应用路径的探索,再到质量与安全的全方位管控,智能化技术展现出巨大潜力与优势。然而,技术适配性、数据整合利用效率、应用成本与人员能力等问题仍制约着其进一步发展。未来,需持续加强技术研发与创新,优化技术应用模式,提升人员专业素养,降低成本投入,以解决现存问题。相信随着不断探索与实践,智能化技术将在水利工程施工中发挥更大作用,推动水利工程向智能化、高效化、安全化方向迈进,为国家水利事业发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]张立峰.智能化节水灌溉技术在农田水利工程中的应用[J].农业工程技术,2023,43(23):62-64.
- [2]方志强.基于BIM的智能化技术在装配式桥梁工程施工管理中的应用[J].工程建设与设计,2023,(15):145-147.
- [3]马博.装配式建筑智能化技术在工程施工管理中的应用[J].佛山陶瓷,2022,32(12):72-74.
- [4]詹培军.智能化施工技术在装配式建筑工程施工管理中的应用[J].工程技术研究,2022,7(07):130-132.