

智能化技术在水利工程施工中的应用研究

李朝琳

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要：水利工程施工具有环境复杂、工序繁琐、安全风险高的特点，传统施工模式存在效率低、管控滞后等痛点，难以满足现代化施工需求。本文结合分析了水利工程施工核心特征与技术需求，阐述了BIM建模、物联网监测、智能施工设备、大数据AI分析等关键智能化技术，探讨了智能化技术在施工场景、安全管理、质量进度控制中的实践应用，剖析了应用中存在的技术适配、人才支撑、成本控制等问题及优化对策，为智能化技术在水利工程施工中的高效落地提供理论与实践参考，助力水利施工行业转型升级。

关键词：智能化技术；水利工程施工；实践应用

引言：随着我国水利工程建设规模不断扩大，对施工效率、质量与安全的要求日益提高，传统以人工操作为主的施工模式已难以适配复杂工况的施工需求。智能化技术的快速发展为水利施工转型升级提供了重要支撑，其在施工全流程的应用可有效破解传统施工痛点。本文立足河北省水利工程施工实际，围绕智能化技术在水利施工中的应用展开研究，明确相关关键技术与实践路径，分析应用中的现存问题并提出对策，旨在推动智能化技术与水利施工深度融合，提升施工智能化水平，促进水利工程高质量发展。

1 水利工程施工核心特征与技术需求

1.1 水利工程施工的特殊性与复杂性

水利工程施工相较于普通建筑工程，具有显著的特殊性与复杂性，核心体现在三个方面。（1）施工环境复杂多变，多选址于江河、湖泊、山谷等自然区域，受水文、气象、地质条件影响极大，汛期、暴雨、地质灾害等因素易干扰施工进度，增加施工难度。（2）工程规模宏大、工序繁琐，多数水利工程涉及土方开挖、混凝土浇筑、防渗处理等多个复杂工序，各工序衔接紧密，对施工精度和协同性要求极高。（3）安全风险突出，施工过程中需应对高空作业、水下作业、大型设备操作等场景，且受自然环境影响，易发生坍塌、溺水、设备故障等安全隐患，对施工安全管控提出严苛要求。

1.2 传统施工模式的痛点与智能化需求

传统水利工程施工模式以人工操作为主，存在诸多痛点，迫切需要智能化技术赋能。传统模式下，施工效率低下，人工勘察、手动操作等方式不仅耗时耗力，还易出现误差，影响施工质量。同时，安全管控滞后，依赖人工巡检难以实现风险的实时监测与预警，易引发安全事故。此外，传统施工难以实现各工序、各部门的高

效协同，进度管控粗放，易出现工期延误、成本超支等问题。基于此，水利工程施工对智能化技术存在迫切需求，需通过智能化手段实现勘察精准化、施工自动化、安全管控实时化、进度质量协同化，破解传统施工痛点，提升施工效率、质量与安全水平^[1]。

2 水利工程施工中的智能化关键技术

2.1 BIM智能化建模与协同管理技术

该技术是水利工程施工智能化的基础核心技术，依托建筑信息模型（BIM）实现工程全生命周期数字化建模与可视化管理。施工前期，构建水利工程三维模型，精准还原坝体、渠道等核心构件的尺寸与结构，结合地质勘察数据优化施工方案，规避设计与现场不符问题。施工过程中，将进度、质量、安全等数据接入模型，实现各工序协同管控，实时查看进度与设计偏差并调整参数，适用于大型水利枢纽、复杂防渗工程等项目。

2.2 物联网（IoT）监测与数据采集技术

该技术是保障施工安全与质量的关键，可实现施工全场景实时数据采集与远程监测。现场部署地质沉降、水位、混凝土温度、人员定位等各类物联网传感器，实时采集地质变化、水文条件、构件状态等数据，通过无线传输同步至后台管理平台，实现数据实时汇总、分析与存储，可避免人为误差，实现24小时不间断监测，适用于汛期、高边坡等风险较高的施工场景。

2.3 智能化施工设备与自动化控制技术

该技术聚焦施工工序自动化升级，替代传统人工操作。核心应用包括混凝土智能化浇筑、土方开挖、防渗工程自动化施工等设备，混凝土浇筑机器人可精准布料、振捣，土方开挖智能设备结合GPS定位实现坡度、深度精准控制，减少浪费。同时，通过设备联网管控实现多台设备协同作业，优化施工流程，适用于大规模土

方、混凝土浇筑等核心工序。

2.4 大数据与人工智能（AI）分析技术

该技术用于施工数据深度挖掘与智能决策，整合各类施工数据并通过大数据算法分析处理。利用AI图像识别技术，可实时识别混凝土裂缝、坝体渗漏等质量缺陷并精准定位；通过大数据分析进度数据，可预判工期偏差并自动优化施工计划，规避工期延误风险，为施工管理提供智能化决策支持^[2]。

3 智能化技术在水利工程施工中的实践应用

3.1 在水利工程施工中的核心应用场景

智能化技术在水利工程施工中的核心应用场景，紧密围绕施工全流程关键环节，结合工程实际工况选型部署，聚焦前期勘察、主体施工等核心场景，实现技术与施工的深度融合，具体实践应用如下：（1）施工前期勘察与设计智能化实践。依托无人机航测技术与地质雷达探测技术，开展施工区域地形、地质勘察工作，无人机搭载高清摄像头与激光雷达，快速获取施工区域三维地形数据，生成高精度地形模型，替代传统人工勘察，提升勘察效率与数据精度；地质雷达设备可精准探测地下岩层分布、地下水埋深等地质参数，同步将数据传输至后台处理系统，为工程设计提供精准数据支撑。同时，结合BIM技术构建工程三维设计模型，将勘察数据、设计参数融入模型，实现设计方案的可视化呈现，可提前排查设计与现场实际不符的问题，优化施工方案，避免后期返工。（2）主体工程施工智能化实践。在土方开挖与填筑施工中，采用智能铲运机、挖掘机等设备，搭载GPS定位系统与自动化控制系统，精准控制开挖坡度、深度及填筑厚度，设备可自动识别施工边界，规避超挖、欠挖及填筑不均等问题，尤其适用于大型水库、河道整治工程的大规模土方作业。在混凝土浇筑施工中，部署混凝土智能浇筑机器人、自动振捣设备，机器人可根据施工图纸精准完成布料、平仓作业，自动振捣设备按照预设参数实现均匀振捣，减少人工操作误差；在混凝土浇筑过程中部署温度传感器，实时采集浇筑温度数据，为温控措施实施提供数据参考。在防渗工程施工中，采用智能防渗墙成槽机，通过自动化控制系统精准控制成槽深度、垂直度，搭配超声波检测设备，实时检测槽壁质量，保障防渗工程施工效果。

3.2 在水利施工安全管理中的应用

智能化技术在水利施工安全管理中的实践应用，聚焦风险防控、实时监测、应急处置等核心环节，具体实践如下：（1）施工人员安全智能化管控。在施工区域部署人员定位系统，为施工人员配备智能定位手环，手环

可实时采集人员位置、移动轨迹，后台管理平台可精准显示人员分布情况，设置电子围栏，当人员进入高风险区域（如高空作业区、水下作业区、边坡危险区）时，系统自动发出声光报警，提醒人员撤离。手环具备一键呼救功能，施工人员遇到危险时可快速发出求救信号，后台可第一时间定位求救位置，启动应急处置流程。通过智能安全帽搭载的摄像头与传感器，可实时监测施工人员是否规范佩戴安全帽、是否存在违规操作行为，及时发现并纠正安全隐患。（2）施工设备与环境安全智能化监测。对施工过程中使用的大型机械设备（如起重机、挖掘机、拌合设备等），安装智能监测终端，实时采集设备运行参数（如转速、负载、油温等），当设备出现运行异常时，系统自动报警并推送故障信息，便于维修人员及时处理，避免设备故障引发安全事故。在施工环境监测方面，部署智能气象站、地质沉降传感器、水位传感器等设备，实时采集风速、降雨量、地质沉降量、水位变化等数据，当数据超出安全阈值时，系统自动发出预警，提醒现场施工人员暂停作业，采取防范措施，尤其适用于汛期、暴雨、高边坡等风险较高的施工场景。（3）安全管理智能化平台应用。搭建水利施工安全智能化管理平台，整合人员定位、设备监测、环境监测等各类数据，实现数据的集中汇总、分析与可视化展示，管理人员可通过平台实时掌握施工现场安全状况，查看隐患排查记录、预警信息及应急处置情况，实现安全管理的信息化、规范化，提升安全管理效率^[3]。

3.3 在水利施工质量与进度控制中的应用

智能化技术在水利施工质量与进度控制中的实践应用，聚焦质量精准管控、进度动态调控，依托数据采集、分析与管控技术，实现施工质量与进度的协同管控，实践如下：（1）施工质量智能化管控。在混凝土质量控制中，采用智能拌合系统，精准控制水泥、砂石、水等原材料的配合比，自动计量原材料用量，避免人工计量误差，保障混凝土拌合质量；通过混凝土强度智能检测设备，实时检测混凝土浇筑后的强度变化，精准判断混凝土养护效果，及时调整养护方案。在坝体、渠道等构件施工中，采用激光扫描技术，实时检测构件尺寸、平整度等参数，与设计标准进行对比，及时发现尺寸偏差、表面缺陷等问题，便于及时整改。在防渗工程质量控制中，采用超声波检测、雷达检测等智能设备，对防渗墙、土工膜铺设质量进行全面检测，精准识别渗漏隐患、铺设不规范等问题，确保防渗工程质量。（2）施工进度智能化管控。搭建施工进度智能化管控平台，将施工计划、工序安排、资源配置等信息录入平台，结

合物联网技术采集各工序施工进度数据,实时更新施工进度情况,与计划进度进行对比,精准识别进度偏差。通过大数据分析技术,预判进度偏差可能造成的影响,自动优化施工计划,调整工序衔接与资源配置,确保施工进度按计划推进。通过BIM模型与进度数据的结合,实现施工进度的可视化展示,管理人员可直观查看各工序进度情况,及时协调解决影响进度的各类问题。依托智能设备的自动化作业,提升各工序施工效率,为进度管控提供保障,避免工期延误^[4]。

4 智能化技术在水利施工应用中存在的问题与对策

4.1 智能化技术在水利施工应用中存在的主要问题

结合水利工程施工实际,智能化技术应用的问题集中在技术适配、管理保障及成本控制三个层面,具体如下:(1)技术适配性不足。多数智能化设备及系统为通用型,未结合水利施工复杂多变的工况定制优化,在高湿度、强腐蚀等场景易出现设备故障、数据传输不稳,且不同系统缺乏统一数据接口,形成“信息孤岛”。

(2)管理与人才支撑薄弱。企业缺乏专业智能化管理团队,管理人员认知不足,兼具水利施工与智能化技术的复合型人才短缺,一线人员操作技能不足,导致部分智能设备闲置或低效运行。(3)应用成本偏高。智能化设备与系统的采购、安装及后期运维成本较高,初期投入资金量大,中小型施工企业难以承担,限制了技术的推广应用。

4.2 智能化技术应用的优化对策

针对上述问题,结合水利施工实际,制定针对性优化对策,推动智能化技术高效落地应用:(1)优化技术适配性,打破信息壁垒。推动智能化技术与水利施工场景深度融合,引导企业与技术研发机构合作,开发定制化的智能设备与系统,提升设备在复杂工况下的稳定性与适用性。同时,建立统一的数据标准与接口规范,实现各智能化系统、设备的数据互通共享,打破“信息孤岛”,提升技术协同应用能力。(2)强化管理体系,培

育复合型人才。完善智能化施工管理体系,制定智能设备操作、系统运维等规章制度,规范技术应用流程。加强人才培养与引进,开展针对性培训,提升管理人员、一线施工人员的智能化操作与管控能力,同时引进兼具水利施工与智能化技术的复合型人才,为技术应用提供人才支撑。(3)优化成本管控,拓宽推广路径。加大政策扶持力度,引导企业争取专项补贴,降低初期投入成本。推动智能化设备租赁模式普及,减少企业一次性资金投入,同时加强设备运维管理,降低后期运维成本。鼓励大型施工企业率先示范应用,总结成熟经验,逐步向中小型企业推广,提升智能化技术的普及度^[5]。

结束语:本文围绕智能化技术在水利工程施工中的应用展开系统研究,结合水利施工核心特征与需求,梳理了各类关键智能化技术的应用要点,总结了其在施工场景、安全管理、质量进度控制中的实践经验,针对应用中的突出问题提出了针对性优化对策。智能化技术在水利施工中的应用是行业发展的必然趋势,虽目前仍存在诸多不足,但通过技术适配优化、人才培育、成本管控等措施,可逐步实现技术高效落地。未来需持续推动技术创新与实践融合,不断完善应用模式,助力水利施工行业实现智能化、现代化转型。

参考文献

- [1]蒋俊.智能化技术在水利工程施工中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(9):127-129.
- [2]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.
- [3]陈海涛.智能化技术在水利工程施工中的应用研究[J].数码设计(电子版),2024(6):0719-0721.
- [4]乔亮,张胜利.水利工程施工中的智能化技术应用研究[J].张江科技评论,2025(4):65-67.
- [5]王凤波,李洪军.智能化技术在水利工程管理中的应用研究[J].水上安全,2025(5):28-30.