

# 水利施工中的智能化技术应用研究

普 恒<sup>1</sup> 葛民民<sup>2</sup>

1. 云南省滇中引水二期工程有限公司 云南 昆明 650000

2. 珠江水利委员会珠江水利科学研究院 广东 广州 510630

**摘要:** 智能化技术在水利工程施工中应用广泛, 涵盖智能监测、施工设备自动化、管理决策支持等方面。但面临技术融合与标准化、复合型人才培养、成本投入与效益平衡等挑战。为此, 需构建技术融合与标准化体系, 强化数据安全与隐私保护, 完善复合型人才培养与引进机制, 优化成本投入与效益评估模型。应推动技术创新与迭代、产业生态协同优化、管理模式变革与组织优化, 以及可持续发展与绿色施工, 以提升水利施工智能化水平, 实现高质量发展。

**关键词:** 水利施工; 智能化技术; 智能施工设备

引言: 在水利工程建设蓬勃发展的当下, 智能化技术正成为推动行业进步的关键力量。其在施工中的应用, 不仅革新了传统作业模式, 更在提升效率、保障安全、优化管理等方面展现出巨大潜力。从智能监测精准感知施工环境, 到智能设备自动化作业提升效能, 再到智能管理决策支持科学施工, 智能化技术已深度融入水利施工各环节。然而, 其推广应用也面临技术融合、人才短缺、成本效益平衡等挑战。本文将深入探讨智能化技术在水利施工中的应用、挑战、策略及优化路径。

## 1 智能化技术在水利工程施工中的具体应用

### 1.1 智能监测与感知技术应用

多源数据采集技术整合卫星遥感、无人机航测、地面传感器网络, 构建覆盖水文、地质、气象、工程结构的多维度监测体系, 阐述各类传感器的协同工作机制, 明确数据采集实时性与精度的提升路径, 通过优化布设、完善传输链路和校验机制, 减少延迟与误差, 为施工提供精准数据支撑。数字孪生技术融合BIM模型与实时监测数据构建虚拟映射体, 分析其在施工模拟、风险预测、资源优化中的核心作用, 实现施工流程预演、风险预判与资源调整。智能预警系统依托机器学习识别监测数据异常, 建立分级预警机制, 通过设定阈值、运用模式识别技术, 实现隐患早期发现与动态评估。

### 1.2 智能施工设备与自动化技术应用

无人化作业装备适配复杂施工环境, 分析各类智能作业设备的应用场景, 重点探讨其自主导航、路径规划、协同作业的技术原理, 此类装备通过搭载感知设备与控制模块, 实现自主作业与多设备高效协同, 提升施工效率并降低安全风险。机器人技术在危险区域作业中优势突出, 研究各类专用机器人的应用价值, 阐述其通过传感器反馈实现精准操作的技术路径, 替代人工完成高危

作业, 保障作业质量与安全。自动化控制系统聚焦混凝土施工各环节, 探讨其自动化控制逻辑, 通过编程与传感器反馈, 实现工艺参数动态调整, 确保施工工艺达标。

### 1.3 智能管理与决策支持技术应用

BIM+GIS集成平台构建一体化工程管理信息系统, 实现设计、施工、运维全生命周期数据共享, 打破数据壁垒, 分析其在进度模拟、资源调度、质量追溯中的功能架构, 实现进度优化、资源合理调配与质量可追溯。大数据分析 & 决策模型研究多源异构数据的融合处理方法, 整合各类施工数据并提取价值信息, 建立相关预测与优化模型, 为管理决策提供量化支撑。移动端协同管理开发现场管理应用, 实现任务派发、进度上报、问题反馈实时化, 打破时空限制, 提升多参与方协同效率, 保障施工高效衔接<sup>[1]</sup>。

## 2 智能化技术在水利工程施工中应用面临的挑战

### 2.1 技术融合与标准化难题

数据接口不统一表现为不同厂商的设备与系统间, 数据格式和通信协议存在差异, 这种差异阻碍了数据共享与系统集成, 使得各类智能化技术无法形成协同效应, 降低整体应用效能。技术标准缺失导致智能化技术应用缺乏统一规范, 设备兼容性差、系统扩展性弱, 增加了技术应用复杂度与维护成本。数据泄露风险存在于监测数据、工程信息的传输与存储过程中, 易遭受各类攻击, 破坏数据完整性与真实性。隐私保护面临困境, 敏感信息需严格保护, 但加密技术、访问控制的实际应用存在难点, 难以实现全面防护。

### 2.2 复合型人才培养问题

专业技能断层现象突出, 传统水利工程师长期专注于水利施工技术与管理, 对智能化相关技术掌握不足, 无法熟练运用智能化设备与系统。IT人员则缺乏水利工程

相关知识背景,难以适配水利施工场景的智能化技术应用需求。培训体系滞后,现有职业培训在课程设计与实践环节存在不足,未能有效衔接水利与智能化技术,难以构建合理的复合型人才培养路径,无法满足智能化施工对人才的需求<sup>[2]</sup>。

### 2.3 成本投入与效益平衡困境

初期投资高给智能化技术的推广带来阻碍,智能化设备采购、系统开发以及网络部署需要大量资金投入,这种高成本给中小型水利项目带来较大压力,限制了其智能化转型进程。同时效益量化难度大,智能化技术应用带来的效率提升、风险降低等效益多为隐性,无法直接量化呈现,难以准确评估技术投入的实际回报,导致部分项目对智能化技术应用的积极性不足。

## 3 智能化技术在水利工程施工中的应用策略

### 3.1 构建技术融合与标准化体系

构建技术融合与标准化体系,核心是制定统一技术标准并开发适配性中间件平台。制定统一标准需推动行业组织与相关企业协同联动,联合梳理智能化施工过程中的核心需求,制定涵盖数据接口、通信协议、操作流程等方面的统一技术规范,明确各类智能化设备与系统的适配参数和对接要求,从根源上打破不同厂商设备、系统之间的壁垒,确保各类设备与系统能够顺畅互联互通,实现数据高效共享与系统无缝集成。同时,针对性开发兼容不同厂商设备的中间件平台,通过技术研发实现不同数据格式的快速转换和通信协议的高效适配,简化系统集成的操作流程,降低系统集成的技术难度和人力、物力成本投入,推动各类智能化技术有机融合、协同发力,进一步提升智能化技术在水利工程施工中的整体应用效能,为技术融合落地和规模化应用提供坚实的技术支撑。

### 3.2 强化数据安全与隐私保护机制

强化数据安全与隐私保护机制,需构建全流程分层防护架构并完善权限管理与审计体系。分层防护架构需全面覆盖数据采集、传输、存储、应用的各个环节,结合不同环节的数据安全风险特点,针对性采用加密技术、区块链技术等多种安全防护技术,对监测数据、工程信息等各类施工相关数据进行全方位、多层次防护,有效抵御各类网络攻击,保障数据的完整性、真实性和保密性,防范数据泄露、篡改等安全隐患<sup>[3]</sup>。建立完善的权限管理与审计机制,构建基于角色的访问控制模型,根据不同岗位的工作职责和工作需求,明确各类人员的数据访问权限和操作范围,对所有数据操作行为进行详细的日志记录和全程审计追踪,实现数据操作的可追溯、可

核查,有效防止未授权访问、数据滥用等行为,切实保护施工人员相关敏感信息和工程核心数据,筑牢智能化施工的数据安全与隐私保护防线。

### 3.3 完善复合型人才培养与引进机制

完善复合型人才培养与引进机制,需双管齐下推行校企合作模式并构建完善的在职培训体系。校企合作模式需推动高校结合智能化水利施工的行业需求,开设水利信息化、智能建造等交叉学科专业,优化课程体系设计,将水利工程专业知识与智能化技术深度融合,同时与相关企业共建实习实践基地,为学生提供贴合实际施工场景的实践锻炼平台,系统培养既扎实掌握水利工程专业知识,又熟练精通智能化技术的复合型人才,弥补行业人才缺口。同时,构建分层分类的在职培训体系,结合现有从业人员的岗位需求、技能短板和职业发展规划,设计针对性的培训课程,涵盖智能化技术基础、智能化系统操作、设备故障排除等核心内容,定期组织技能考核与资格认证,持续提升现有从业人员的智能化技术应用能力和专业素养,补齐人才短板,满足智能化水利工程施工对复合型人才的迫切需求。

### 3.4 优化成本投入与效益评估模型

优化成本投入与效益评估模型,需采用科学的分阶段实施策略并建立全生命周期成本分析体系。分阶段实施策略需结合水利工程项目规模、施工复杂度和实际需求,科学制定智能化技术引入路线图,明确各阶段的应用目标、重点任务和实施步骤,优先在安全监测、资源调度等关键施工环节试点应用智能化技术,积累应用经验、优化应用方案,逐步扩大智能化技术的应用范围,有效降低初期投资风险和资金压力,提高资金使用效率<sup>[4]</sup>。建立全生命周期成本分析模型,全面梳理智能化技术应用过程中的各项成本支出,涵盖设备采购、安装调试、日常运维、技术升级等各个环节,精准量化智能化技术应用带来的效率提升、风险降低、成本节约等长期隐性效益,清晰呈现技术投入的实际回报,提升项目主体对智能化技术应用的认可度和积极性,实现成本投入与应用效益的动态平衡,推动智能化技术在水利施工中持续健康发展。

## 4 水利施工智能化技术应用的优化路径

### 4.1 技术创新与迭代路径

技术创新与迭代是推动水利施工智能化持续发展的核心动力,需聚焦关键技术攻关与新兴技术融合两大方向。关键技术攻关应重点围绕传感器精度提升、边缘计算优化、AI算法轻量化等核心领域发力,通过持续技术研发突破现有技术瓶颈,推动智能化技术向高精度、低延时、低功耗方向升级,提升技术在复杂施工环境中的

适配能力和应用效能。同时积极探索新兴技术融合路径,深入挖掘各类新兴技术在水利施工中的应用潜力,推动其与现有智能化技术深度融合,拓展智能化施工的应用场景,丰富技术应用形式,进一步提升水利施工的智能化水平,为智能化技术的规模化、深度应用提供技术保障。

#### 4.2 产业生态协同优化路径

产业生态协同优化是破解智能化技术应用瓶颈、提升产业整体竞争力的重要路径。需构建完善的产学研用合作体系,以企业为主体,充分发挥高校与科研机构的技术支撑作用,组建创新联合体,实现优势互补、资源共享,加速科研成果的转化与落地,让前沿技术快速应用到实际施工中,提升技术的实用性和针对性。同时推动供应链协同管理升级,引导设备供应商、系统集成商、运维服务商建立稳定的战略合作伙伴关系,打破供应链各环节的壁垒,实现技术、服务、资源的高效共享与互补,优化产业资源配置,降低智能化技术应用成本,推动形成协同高效、良性循环的产业生态<sup>[5]</sup>。

#### 4.3 管理模式变革与组织优化路径

管理模式变革与组织优化是适配智能化施工需求、提升管理效能的关键举措。需打破传统层级管理的束缚,构建扁平化组织架构,建立以项目为中心的柔性团队,精简管理层级,赋予现场管理人员更多的决策权和自主权,提升对施工现场各类问题的响应速度和处置效率,适配智能化施工的高效性需求。同时培育数字化决策文化,强化管理层对数据驱动决策的认知和认同,建立基于量化分析的科学决策机制,依托智能化技术采集的各类数据进行精准分析,为管理决策提供可靠支撑,减少对经验主义的依赖,提升决策的科学性和合理性。

#### 4.4 可持续发展与绿色施工路径

可持续发展与绿色施工路径是实现水利工程高质量

发展的必然要求,需依托智能化技术推动施工模式绿色转型。积极推广节能减排技术应用,利用智能化技术优化施工机械的能耗分配,合理调控施工流程,减少施工过程中的材料浪费,提升资源利用效率,降低施工对环境的影响。同时推行生态友好型施工模式,结合环境监测数据实时掌握施工周边生态环境变化,动态调整施工方案,优化施工工艺,避免施工活动对周边生态造成破坏,兼顾工程建设质量与生态环境保护,实现水利工程建设与生态环境的协调发展,推动智能化技术与绿色施工深度融合。

结束语:智能化技术为水利工程施工带来了前所未有的变革,从精准监测到高效施工,从科学管理到绿色发展,其应用前景广阔。然而,技术融合、人才短缺、成本效益平衡等挑战也不容忽视。通过构建技术融合与标准化体系、强化数据安全、完善人才培养机制、优化成本投入模型以及推动技术创新、产业生态协同、管理模式变革和绿色施工路径,我们能够不断突破瓶颈,提升智能化技术在水利施工中的应用水平,推动水利工程向更高效、更安全、更可持续的方向迈进。

#### 参考文献:

- [1]袁博.智能化水利管道工程施工技术的研究与应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(3):9.
- [2]刘恩资.水利水电工程施工中现代技术应用分析[J].工程与建设,2024,38(1):148-149.
- [3]张宏.当议信息化技术在农田水利工程施工管理中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)农业科学,2023.
- [4]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.
- [5]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.