

水利工程施工管理中人工智能技术应用研究

杜 伟¹ 郝 飞²

1. 包头市昆都仑区农牧局 内蒙古 包头 014010

2. 包头市水利事业发展中心 内蒙古 包头 014030

摘 要：传统水利工程施工管理模式受人工经验、信息采集、资源统筹等条件限制，难以适配复杂多变的工程运行场景，精细化管控水平存在明显短板。文章结合水利工程施工动态化、复杂化的运行特征，梳理人工智能技术与水利工程施工管理的适配逻辑，逐层剖析智能技术在工程感知、运维研判、资源统筹、隐患预警中的具体应用方向。研究进一步拆解智能技术赋能水利管理的内在运行机制，结合行业现存问题搭建系统化的优化提升路径，能够有效推动水利工程施工管理模式向数字化、智能化模式转型。

关键词：水利工程施工管理；人工智能；智能管控；数据赋能；优化路径

引言：水利工程是水资源调控、水生态保护、水安全保障的重要基础设施，运行状态直接关系区域水利系统的稳定运转。水利工程施工管控场景繁杂、工况动态波动，隐性风险多、管控难度大，传统粗放式管理模式逐渐难以适配现代化水利的发展需求。数字化、智能化技术的迭代升级，为水利工程施工管理提质增效提供全新突破口。人工智能凭借强大的数据处理、自主研判与动态适配能力，可深度融入水利工程施工全周期管理流程，破解传统管理的各类短板，助力水利行业实现精细化、标准化、智能化管控转型。

1 水利工程施工管理与人工智能技术适配逻辑

1.1 水利工程施工管理的运行特征与管理诉求

水利工程施工管理涵盖水域调度、设施运维、现场管控等多元工作内容，运行过程呈现明显的动态化、复杂化特征。水利设施常年暴露于自然环境中，水文情势、气象条件及地理环境始终处于变动状态，工程运行工况随时产生波动。管理空间覆盖范围广阔，各类点状、线状、面状水利设施交错布局，不同片区运行工况存在明显差异，单一管控模式难以适配全域管理标准。工程运行期间易滋生各类隐性隐患，设备细微损耗、水文小幅异动难以依靠人工巡查完整排查，隐患会随运行时间不断积累^[1]。现代水利行业对管控精细度、动态度和长效性有着更高标准，需要依托全面的工况数据，规范管理决策依据，弱化人工主观判断带来的管控偏差。

1.2 人工智能技术的适配属性与应用特质

人工智能技术拥有高效的数据处理与智能研判能力，可快速分拣、解析体量庞大、类型繁杂的多维数据。技术依托内置识别算法挖掘数据中的有效信息，精准区分设备工况与运行态势，突破传统人工数据处理效

率偏低的短板。智能算法可依托实时更新的现场数据完成自主迭代，持续优化判定逻辑，适应各类动态变化的应用场景。技术自带自动化运行优势，可独立完成高频、重复的数据筛查与状态判别工作，缩减人工参与环节。人工智能可搭建标准化数据解析框架，统一处理水利场景下多源异构信息，适配复杂水利场景的数据运算与分析需求。

1.3 人工智能与水利工程施工管理的融合逻辑

人工智能技术与水利工程施工管理的深度融合，立足水利工程施工运行特点与行业管控需求，重构水利领域智能化施工管理运行体系。人工智能可承接工程运行产生的海量动态数据，完成高频次工况筛查与数据梳理工作，覆盖水利日常管控的数据处理需求。智能研判体系能够捕捉人工巡查难以识别的设备隐患和水文异动，补齐传统管控的感知短板。可迭代更新的算法逻辑，能够适配水利场景的动态变化，灵活调整判别标准与管控方式，适配各类差异化工程运行场景，实现智能技术与水利管控的深度适配。

2 人工智能技术在水利工程施工管理中的应用维度

2.1 工程运行状态智能感知应用

水利工程包含大量土建结构与机电设备，运行环境跨度大、工况变化频繁，常规管理手段很难实现全面细致的状态监测。传统监测工作多依靠固定设备采集数据和人工现场巡检，监测点位布设有限，数据更新节奏松散，难以捕捉结构细微形变、水文小幅波动、设备参数偏移等隐蔽性变化。人工智能技术能够对接现场传感设备、高清摄像终端与自动化采集装置，构建覆盖面更广、更新频次更高的立体化感知体系。系统可自动收录水位、流速、闸位开度、机组负荷等量化指标，通过数

据清洗与筛选保留有效监测信息,真实还原水域及设备的实时工况^[2]。图像识别算法可以针对堤坝裂缝、坡面沉降、设备外壳破损、附属构件偏移等肉眼难以精细辨识的缺陷开展自动识别。新型智能感知方式拓展了水利工程监测的覆盖范围,细化监测颗粒度,为后续运维、调度、风控工作提供充足、精准的现场数据支撑。

2.2 工程运维管控智能研判应用

水利工程运维工作覆盖设备养护、故障排查、工况调节等多项内容,传统运维模式依赖人员经验判断,作业标准模糊,管控质量容易出现波动。人工智能依托长期积累的工程运行数据,搭建标准化研判体系,针对不同设施类型、不同运行环境设置差异化的判定标准。系统结合设备运行时长、负荷变化区间、工况波动幅度等客观参数,判断设施养护需求,梳理检修任务的轻重次序,避免盲目养护或拖延检修带来的运行问题。面对闸门启闭、机组启停、水位调节等常规操作,智能系统结合现场实际工况输出科学的处置方案。持续积累的运行数据能够不断优化算法判定规则,让运维工作贴合设施真实运行状态,减少人工主观判断带来的偏差,稳步提升水利运维工作的标准化程度。

2.3 工程资源调配智能统筹应用

水利工程日常运维及工况调控阶段,需要动用人力、物资、机械设备、水域库容等多种资源。传统调配模式缺少量化参考依据,资源投放多依靠经验安排,容易出现资源闲置浪费或关键岗位资源供给不足的问题。人工智能技术可以整合区域内各类水利资源信息,梳理资源分布位置、可用状态、承载能力及适用场景,搭建动态更新的资源信息库。系统结合工程运行负荷、水域调度任务、现场运维工作量等实际条件,完成各类资源的科学匹配与统筹安排。日常运维阶段可以优化人员排班方式与设备使用频次,提升常规资源利用效率。复杂运行场景下可以优先保障重点管控区域的资源供给,合理排布各类辅助资源的投入节奏,实现水利资源精细化、合理化配置。

2.4 工程安全隐患智能预警应用

水利设施长期处于复杂自然环境中,结构老化、机械磨损、水文环境变动等因素都会催生安全隐患。传统人工排查模式存在明显滞后性,多数隐性隐患积累至严重程度才会被发现,前置防控能力薄弱。人工智能依托24小时不间断监测数据,对照水利工程安全运行标准构建动态研判机制,持续筛查工程运行全过程的异常信号。系统深度分析数据波动规律,识别设备参数偏移、结构状态异变、水文指标异常等隐蔽问题。依据异常严

重程度区分隐患等级,输出分级预警内容,帮助管理人员快速锁定隐患点位、掌握异常类型。全新的预警模式转变传统事后处置的管理逻辑,前移安全防控关口,有效提升水利工程运行阶段的主动防控能力。

3 人工智能赋能水利工程管理的运行机制

3.1 数据驱动的智能管控运行机制

数据是人工智能技术落地水利工程管理的核心基础,整套管控机制以全维度监测数据作为运行依托,搭建数字化管控运行逻辑。各类传感终端与采集设备持续捕捉工程结构、机电设备、水域环境的运行数据,源源不断为管控体系提供基础素材。体系对海量原始数据开展清洗、分类、脱敏与整合处理,剔除干扰性信息,留存具备实用价值的工况信息。经过标准化处理的数据会录入专属数据库,为各环节管理工作提供统一、真实的信息来源^[3]。整套机制摆脱传统经验驱动的管控模式,以数据变化反映工程真实运行状态,让各项管控行为都拥有客观依据,推动水利工程管理从经验化管控向数字化管控平稳过渡。

3.2 自主研判的智能决策运行机制

自主研判机制依托智能算法模型搭建而成,赋予水利工程管理体系独立分析与自主决策的能力。系统录入各类水利设施的运行标准与安全阈值,形成完备的判定规则体系,用于对标实时工程工况。算法对整合后的监测数据进行深度分析,比对正常运行参数范围,甄别工程运行中的异常状态与潜在问题。依据问题类型、异常程度、影响范围,生成适配的管理决策内容,覆盖设备运维、隐患处置、工况调节等多个工作板块。全程减少人工干预环节,规避主观判断带来的失误,让管理决策贴合工程实际运行现状,提升水利管控决策的专业性与精准度。

3.3 动态适配的智能调控运行机制

动态适配机制适配水利工程复杂多变的运行场景,实现管控策略与现场工况的实时匹配。水利水域状态、设备运行负荷、外部环境条件始终处于变化状态,固定的调控方式难以适配多变的运行场景。智能系统可实时捕捉工况变动细节,根据参数波动幅度调整调控强度与作业方式。工程运行状态平稳时,维持常规化管控节奏,保障设施正常运转。工程工况出现波动或风险苗头时,自动调整管控力度,优化设备运行模式与资源配置方式。灵活的调控逻辑可以适配不同阶段、不同场景的工程管理需求,让管控工作贴合现场真实运行节奏。

3.4 全程联动的智能管控运行机制

全程联动机制打破水利工程各管理板块的孤立运行

状态,构建全域协同的管控运行模式。传统水利管理中,监测、运维、调度、防控等工作板块相互割裂,信息流转不畅,作业衔接存在断层。智能联动机制打通各工作模块的信息壁垒,实现监测数据、运维信息、调度状态、隐患信息的互通流转。各管理板块依据统一的工况信息同步开展作业,形成从状态感知、问题研判、策略输出到现场落实的完整工作链路。板块之间相互衔接、相互配合,补齐单一板块独立作业的管控短板,构建闭环式、一体化的水利工程智能管控体系。

4 人工智能技术应用于水利工程管理的优化路径

4.1 技术融合体系的完善路径

水利工程智能化转型需要多元技术相互支撑,单一智能技术无法覆盖全场景管理需求。行业发展需要推进人工智能与传感技术、大数据技术、网络技术的深度融合,补齐单一技术应用的功能短板。针对水利场景复杂、工况多变的特点,针对性更新技术适配模块,优化算法对水利专属场景的识别与运算能力。梳理不同技术的应用优势与功能边界,搭建互补互通的技术融合框架,解决异构技术对接不畅、功能重叠的问题^[4]。持续跟进智能技术迭代方向,将新型技术模块逐步融入现有管理体系,拓展智能管控的功能覆盖范围,提升技术体系对水利工程复杂场景的适配能力。

4.2 数据资源体系的建设路径

数据资源是智能管控稳定运行的核心支撑,现阶段水利行业普遍存在数据零散、标准不一、存储杂乱的问题。需要统一各类监测数据的采集口径、传输格式与存储规范,建立标准化的数据治理规则。拓展数据采集渠道,完善偏远区域、隐蔽点位的监测布局,填补数据采集盲区。搭建集中化的数据资源池,整合水文监测、设备运行、隐患排查、运维调度等各类数据资源,实现各类数据的集中收纳与分类管理。搭建安全规范的数据共享通道,规范数据调取与使用流程,挖掘存量数据的应用价值,为智能算法训练、管控研判、策略生成提供充足的数据支撑。

4.3 智能管理体系的升级路径

传统水利管理架构难以完全适配智能化运行模式,体系升级是智能技术落地应用的关键环节。结合人工智能技术的应用特点,重构水利工程管理的工作流程,删

减低效冗余的管控环节,优化各岗位的工作内容与作业标准。针对智能感知、智能研判、智能预警、智能调度等新型工作模块,搭建专属的管理流程与作业规范。依托智能技术赋能,细化各管理环节的管控颗粒度,推动粗放式管理模式向精细化、标准化管理模式转变。持续结合现场应用反馈调整管理架构,适配智能化管控的运行节奏,让管理体系适配智能技术的应用逻辑。

4.4 技术应用保障体系的构建路径

智能化技术长期稳定落地,需要完善的保障体系作为支撑。针对智能硬件设备、数据传输链路、后台算法系统搭建分层运维机制,定期开展设备检修、线路排查、系统调试工作,及时处理设备故障与系统漏洞。建立常态化的技术运维机制,针对性解决恶劣工况、复杂环境下的技术运行问题。完善智能管理岗位的能力培养机制,提升工作人员对智能系统的操作、运维与问题处置能力^[5]。搭建长效运维管理机制,细化运维工作内容与责任划分,持续维持智能水利管理体系的稳定运行状态。

结束语

水利工程管理的智能化升级是行业数字化转型的核心方向,智能技术与水利场景的深度融合可以有效破解传统管控的各类痛点。通过梳理人工智能与水利工程管理的适配逻辑,明确技术在工程感知、运维、调度、预警中的具体应用方向,梳理数字化管控的完整运行机制。从技术融合、数据建设、管理升级、保障体系四个层面完善优化路径,全方位夯实智能技术的落地基础。整套内容形成完整的智能化管理体系,为水利工程管理模式升级、管控质量提升提供可行的实践参考。

参考文献

- [1]张问仪.水利工程施工管理中人工智能技术应用研究[J].水上安全,2025(15):66-68.
- [2]侯毅.水利工程施工管理中人工智能技术应用[J].科技创新导报,2022,19(4):110-112.
- [3]米建斌,赵文祥.水利工程施工管理中人工智能技术应用[J].水电水利,2024,8(6):149-151.
- [4]项瑞果,王玉杰,杨洋.人工智能在水利工程施工管理中的应用策略[J].水上安全,2026(2):28-30.
- [5]戴鹤嵩.人工智能在农业水利工程施工管理中的应用途径[J].农业工程技术,2024,44(5):61-62.