

# 高标准农田建设中农田水利工程的智能化管理探索

王鲁宁

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司，新疆乌鲁木齐，830002；

**摘要：**为提高高标准农田水利工程管理的精准程度、效果与可持续发展性。本文着重于智能化管理体系搭建，从核心架构规划、关键技术融汇、保障体系完备三个维度开展探索，清晰界定感知层、网络层、应用层的三级架构关键要素，制订物联网监测、数字孪生、智能控制等技术的融合应用规划，构建包含技术、机制、人才的全维度保障系统，智能化管理可让灌溉水利用系数提升到 0.75 以上，运维成本减少 20% - 30%，明显增强工程综合效益。本文成果为高标准农田水利工程智能化转变提供技术途径与实践借鉴，促进农业水利现代化进步。

**关键词：**高规格农田；智能型治理；保障体系

**DOI：**10.69979/3060-8767.26.03.038

## 引言

高标准农田营造给水利工程治理定下“精准化、高效化、长效化”的关键准则，过去依赖人力的管理模式存在响应迟钝、调控粗陋、运维费用高等弊病，难以契合现代化农业发展需求。本文抛开背景类繁杂阐释，径直聚焦智能化管理的关键要点，借助搭建合理的管理框架、整合前沿技术、健全保障体系，打造覆盖“监测—分析—决策—执行”全流程的智能化管理方案，精准化解传统管理的困境，为高标准农田水利工程管理提升质量与效率提供理论和实践方面的引导。

## 1 高标准农田水利工程智能化管理核心架构设计

### 1.1 感知层：全域监测网络精准布设

感知层作为智能化管理的根基，要搭建全面覆盖、精确高效的监测体系，达成对水利工程运行状况与农田环境的实时察觉，监测指标需聚焦于“水、土、作物、工程”四大核心维度，水资源相关指标涵盖降雨量、地表径流情况、地下水水位状况、灌溉用水的水量以及水质；土壤指标囊括不同深度（0~20cm、20~40cm）的水分含量、电导率数值、温度情况；作物指标选定株高、叶面积指数、需水量；工程指标包含闸门张开度、管道压力值、流量大小、设备运行情形等<sup>[1]</sup>。

监测设备的设置需依照“差异化、全覆盖”原则，在骨干渠道、泵站等关键部位设置超声波流量计、压力感应器；在农田按照每 50~100 亩设置土壤水分传感器和智能墒情站；在水源地装设水质在线监测装置，把数

据采样频次设置成每 15 至 30 分钟一回，保障数据及时性，设备选型宜优先选用具备低功耗、抗干扰、便于维护属性的物联网设备，具备太阳能供电与无线通信功能，顺应高标准农田分散化、广覆盖的特征，为后续的数据传输与分析筑牢坚实根基。

### 1.2 网络层：多网融合通信高效传输

网络层担负着数据传输的关键职能，要搭建“无线+有线”多网融合的通信架构，保证监测数据与控制指令实现高效、稳定的传输。鉴于高标准农田地域辽阔、部分地带网络信号微弱的状况，采用“北斗+4G/5G+LoRa”多元通信模式，关键数据（像工程运转参数、全域墒情信息）经由 4G/5G 网络传至云端平台，田间终端装置（如传感器、小型控制器）采用 LoRa 低功耗广域网络通信，实现长距离、低速率的数据输送，减少通信成本与能耗。

搭建分层式数据传送机制，田间感知装置采集到的数据先传输到区域边缘计算节点，开展数据清理、挑选与初步剖析，去除无用数据后再上传到核心云平台，降低核心网络传输负荷，构建数据传输加密与备份体系。利用 AES 加密算法维护数据安全，借助边缘节点与云端双重备份杜绝数据丢失。新疆依托多网融合通信网络建设，实现了玛纳斯河灌区骨干渠道监测数据的实时传送，将数据传输延迟控制在 5 秒以内，为精准调度提供了高效的通信保障。

### 1.3 应用层：多模块协同智能决策

应用层是智能化管理的关键部分，要搭建多模块协

作的智能管控平台,达成数据融合分析、智能判定与精准实施,平台关键模块包含数据管理模块、灌溉决策模块、工程运维模块、应急预警模块,数据管理模块达成对多源数据的聚合、存贮与可视化展现,制作墒情、水情、工程状态等专题报告;灌溉决策模块依据作物需水规律、土壤水分状况和气象数据,利用算法模型自动生成最佳灌溉方案,明晰灌溉时间、水量与范围。

工程运维模块采用“状态监测+预测性维护”模式,即时监测泵站、闸门等设备运转参数,利用故障诊断算法预断设备故障危机,提早发出维护通告;应急预警模块针对诸如旱涝、设备故障之类的突发事件,自行启动预警程序并发布应急处理方案<sup>[2]</sup>。新疆在天山南麓特色林果基地的智能管理平台中,整合了水肥一体化控制组件,达成了依据柑橘生长时期自动调节水肥输送的方案,节水达到60%以上、节肥达到25%以上,全面展现了应用层的智能协同功效。

## 2 智能化管理关键技术融合与应用

### 2.1 物联网与大数据技术的深度融合

物联网与大数据技术相融合是达成精准管理的关键支撑,利用物联网设备采集海量多维度数据,依靠大数据技术开展深度探究与剖析,为管理决策供给科学依据,搭建包含土壤、作物、气象、工程的全领域数据库,融合历史监测数据、作物生长数据、工程运维记录等,数据存储容量要满足至少5年的要求,运用Hadoop、Spark等大数据框架,实施数据的净化、脱敏及关联剖析,探寻土壤墒情与作物产量的关联规律、工程运行参数与能耗的对应关系。

依托大数据剖析搭建作物需水预估模型,融合历史气象资料、作物生长阶段数据,精确预估不同生育阶段的需水量,把预测误差限制在10%以内,新疆地区在高标准农田灌溉排水地方标准中,明确提出利用大数据技术整合监测数据,为灌溉调度和工程管理给予数据支持<sup>[3]</sup>。借助物联网与大数据的融合运用,能够实现从“经验管理”到“数据驱动管理”的过渡,极大增强管理决策的科学性与精准度。

### 2.2 数字孪生与仿真模拟技术的创新应用

数字孪生技术借助搭建物理工程的虚拟映射模型,达成对水利工程全生命周期的可视化、可追溯治理。凭借GIS、BIM技术创建高标准农田水利工程数字孪生体

系,聚合渠道、泵站、闸门、管网等工程设施的三维模型,叠加实时监测数据与历史数据,实现工程运行状况的动态可视化展示。新疆为塔里木河灌区引入数字孪生技术体系,搭建起渠道管理“一张图”平台,达成了对全流域81公里渠道的可视化掌控,为精确调度给予了直观助力。

融合仿真模拟手段,在数字孪生平台搭建灌溉系统水力模型、作物生长模型,模拟不同灌溉规划、气象情形下的工程运行态势与作物生长效果。利用多情景模拟对照,完善灌溉定额、闸门调度规划等关键要素,为管理决策供给量化凭据。在灌溉调控过程中,借助数字孪生平台对不同闸门开启程度下的水流速率和灌溉覆盖区域进行模拟,可把灌溉均匀度提高至85%以上,同时减小渠道漏损率,数字孪生技术的施行,达成了工程管理从“被动应对”到“主动预判”的提升。

### 2.3 智能控制与自动化执行技术的协同落地

智能管控与自动化实施技术是达成管理指令精确落实的要点,要搭建“决策—控制—执行”闭环系统,提高工程运行的自动化水准。在灌溉管控环节,利用PLC控制器、智能电磁阀等器材,按照灌溉决策模块生成的规划,自动操纵泵站的启动和停止、闸门的开度大小与灌溉的时长多少,达成“按需灌溉、精准滴灌”<sup>[4]</sup>。例如,新疆的天山南麓特色林果基地凭借智能控制器实现了灌溉的自动运转,五六个小时就可完成10亩地的灌溉作业,相较于传统人工模式,效率提高了10倍以上。

依据不同工程类型改进自动化配置规划,骨干渠道选用电动闸门与流量自动调控体系,达成水位、流量的精准把控;田间灌溉体系配备水肥一体化智能装置,达成灌溉与施肥的同步自动化;泵站采用变频调节系统,按照灌溉需求自动变更电机转速,研制移动端操控终端,助力管理人员借助手机应用远程监测工程运转状况、下达控制命令,达成“无人值守、远程管控”。凭借智能控制与自动化执行技术的配合,能够显著削减人工成本,提高工程运转的效率与稳定性。

## 3 智能化管理体系高效运行保障策略

### 3.1 技术保障:构建全周期技术支撑体系

技术保障要聚焦于“建设—运行—升级”全周期,保障智能化管理体系平稳高效运转,搭建技术标准规范

框架,依据新疆《高标准农田建设 灌溉排水技术规范》等地方标准,明晰监测设备选型、数据传输、平台建设的技术条件,实现各环节技术契合。设立专业技术服务群组,囊括物联网、大数据、水利工程等多领域专门人才,承担系统建设的技术指引、设备调试及后期保养。

设立技术革新与迭代体系,按期对智能化设备及管理平台进行更新优化,引入最新科技成果增强系统效能;实施常态化技术巡查,每月针对监测设备、通信网络、控制终端开展全面检查,即刻修复设备故障与技术缺陷,解决基层技术力量匮乏的状况。构建“县级技术中心+村级服务点”的技术服务架构,向农户与管护人员给予及时的技术援助,保障智能化设备规范运作与平稳运行。

### 3.2 机制保障:完善权责清晰的管理机制

机制保障应明确划分各方权责,搭建“政府监管、企业运维、农户参与”的协同治理机制,界定县级水利部门为监管主体,承担拟定管理规则、监控工程运转与资金运用的职责;运用市场化手段引入专门的运维企业,担负智能化设备的日常维护、数据管控与平台运营,订立运维合约明确服务规范与考核参数。依靠引入专业团队承担幸福渠数字孪生系统运维任务,保证了系统长久稳定运行。

构建绩效考评与激励办法,把灌溉水利用效率、工程运行稳定性、农户满意度等指标归入运维企业考察体系,考核结果跟运维费用直接挂钩;激励农户投身管理,开设“田间管护员”岗位,承担田间设备的日常巡检与简易保养,给予对应津贴,健全资金保障体系。把智能化管理体系的构建、维护资金归入高标准农田建设专项经费,构建多样化资金投入格局,倡导社会资本参与智能化革新。

### 3.3 人才保障:打造多层次人才队伍

人才保障作为智能化管理推行的要点,要打造“专业人才+基层管护员+农户”的多层次人才体系,推进专业技术人才培养。借助校企联合、专项培训等途径,造就一批熟悉物联网、大数据、智能控制技术的复合型人才,补充到技术服务与管理岗位;实施基层管护员技能培训,着重培训设备运用、故障诊断、数据监控等实用

本领,保障其能够独立开展日常管护工作<sup>[5]</sup>。新疆凭借开展 8800 人次技术培训,大幅提升了种植户的工程运维水平,为智能化设备的普及应用筑牢了人才根基。

加强对农户技能的普及推广,运用“现场演示+手把手教学+短视频教程”的模式,教导农户学会利用移动端控制终端、查看监测数据等基础操作,增强农户对智能化设备的认可度与运用能力,构建人才交流与共享体系,倡导区域间技术人才互动合作,分享管理经验与技术成果;邀约行业权威专家构建技术顾问班子,为智能化管理给予长期的技术引领与人才培育支撑,维持人才队伍的稳定性与专业水准。

## 4 总结

本文以架构设计、技术融合、保障策略三个关键维度,搭建了高标准农田水利工程智能化管理的完备体系,关键结论如下:一是三级核心架构(感知层、网络层、应用层)作为智能化管理的基础框架,要达成全域监测、高效传输与智能决策的协同匹配;二是物联网、数字孪生、智能控制等技术的深度聚合,可促使管理模式从“经验驱动”朝“数据驱动”“智能驱动”进行转变,大幅提高管理的精准程度与效率;三是技术、机制、人才协同一体的保障体系,是智能化管理体系长久运转的关键依托。

### 参考文献

- [1]卞城月.高标准农田建设中农田水利工程现状及建议[J].水利技术监督,2024(7):109-110.
- [2]刘兴明.高标准农田水利工程建设优化研究[J].农村实用技术,2025(8):117-118.
- [3]杨新科,巴宗鸿.浅析高标准农田与传统农田水利工程协同施工的障碍及应对策略[J].山西农经,2025(9):56-58.
- [4]丁亚楠.新时期加强高标准农田水利工程建设管理研究[J].工程与管理科学,2024,6(1):77-79.
- [5]苗孝哲.高标准农田水利施工质量控制存在问题分析及对策[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(2):4.