 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i8.11446

Smart Water Supply Guarantee and Integrated Planning of Farmland Water Conservancy Projects in Modernized Irrigation Districts

Chunlei Lu

Changji Municipal Water Resources Management Station (Changji San Tunn River Basin Management Office), Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract

The construction of modern irrigation districts serves as a crucial foundation for ensuring food security, improving agricultural water resource utilization efficiency, and advancing the high-quality development of farmland water conservancy. With the impacts of climate change, adjustments in crop planting structures, intensified regional water resource constraints, and the large-scale development of agricultural production, traditional irrigation management methods—primarily relying on experience-based water allocation, manual canal patrols, and isolated engineering renovations—can no longer meet the requirements of precise water supply, water conservation and control, and coordinated engineering operations. Research indicates that modern irrigation district construction should not be confined to mere engineering renovations but should achieve a transformation from coarse to precise water supply through the coordinated restructuring of the engineering system, information system, management system, and service system, thereby supporting the enhancement of farmland water conservancy projects and the sustainable development of agriculture.

Keywords

modern irrigation area; Intelligent scheduling; Water supply guarantee; agricultural water conservancy; overall planning

现代化灌区智慧调度供水保障与农田水利工程整体规划

卢春雷

昌吉市水利管理站（昌吉市三屯河流域管理处），中国 · 新疆 昌吉 831100

摘　要

现代化灌区建设是保障粮食安全、提升农业水资源利用效率和推进农田水利高质量发展的重要基础。随着气候变化、作物种植结构调整、区域水资源约束加剧以及农业生产规模化发展，传统以经验配水、人工巡渠和单项工程改造为主的灌区管理方式，已难以满足精准供水、节水控水和工程协同运行要求。研究认为，现代化灌区建设不应停留在单纯工程改造层面，而应通过工程体系、信息体系、管理体系和服务体系的协同重构，实现灌溉供水由粗放保障向精准保障转变，为农田水利工程提质增效和农业可持续发展提供支撑。

关键词

现代化灌区；智慧调度；供水保障；农田水利；整体规划

1 引言

灌区是连接水资源配置与农业生产用水的关键载体，其运行水平直接影响耕地灌溉保障能力、粮食综合生产能力和农业节水成效。近年来，我国持续推进大中型灌区现代化建设与改造，水利部会同有关部门实施灌区现代化建设改造项目，并强调以农业水价综合改革、灌区项目库建设和工程运行管理机制完善推动现代化灌区建设。公开资料显示，我国已建成大中型灌区 7300 多处，耕地灌溉面积达到 10.75 亿亩，灌区现代化改造对稳定粮食生产和提高农业水资源利用效率具有重要作用。在此背景下，现代化灌区建设需要从单一工程建设转向“工程—数字—管理—服务”一体化治理，通过智慧调度提升供水保障能力，通过整体规划增强农田水利工程系统韧性。

【作者简介】卢春雷（1984–），男，中国安徽太和人，本科，副高级工程师，从事水利工程项目规划、建设、水利工程运行管理、水利信息化、安全生产。

2 现代化灌区智慧调度与供水保障的现实基础

2.1 灌区供水保障面临的现实约束

现代化灌区供水保障所面临的首要问题，乃是水源来水和农业需水之间存在着比较明显的时空错配情况。农业灌溉有着较强的季节性特点，作物在返青、拔节、抽穗、灌浆等关键生育阶段，对水分的需求比较集中，然而河道来水、降雨过程、水库蓄水、泵站提水能力，并不能总是与作物需

水高峰保持一致。在部分灌区中，丰水期的时候水量相对比较充足，可是蓄调能力却有所不足，到了枯水期，作物需水集中，却容易出现水源紧张的状况，在渠系运行这一方面，部分干支渠存在渗漏、淤积、衬砌老化、闸门启闭不灵等问题，致使调度计划很难准确地转化为田间的到水量，在末级工程方面，斗渠、农渠、田间灌排设施衔接并不顺畅，容易出现骨干渠系有水，而田间末端缺水的现象。由此能够看出，灌区供水保障并非单纯的单一水源问题，而是水源调蓄、渠系输配、田间承接、运行管理共同发挥作用的系统问题。

2.2 智慧调度对灌区现代化建设的支撑作用

智慧调度的关键价值是让灌区供水管理从依靠经验判断转向依据数据驱动，从静态计划转变为动态优化，从单点控制发展至系统协同。传统灌区调度多依靠人工巡查、电话报水、经验配水，能满足平常年份的基本灌溉需求，然而在遭遇连续干旱、突发来水改变、局部工程故障还有作物需水差异的情况时，常常很难及时制定出精准的调控方案。智慧调度借助设置水位、流量、雨量、墒情、闸门开度、泵站运行、视频监控等感知设施，把水源条件、渠系状态、田间需求归入统一平台进行分析，随后达成需水预测、配水计算、闸站联动、末端反馈。它的作用不光是提高调度效率，还在于增强供水过程的可视化、可计算、可追溯能力，让灌区管理单位能够提前察觉缺水风险、优化供水顺序、减少无效输水并且提高灌溉水利用效率。

3 农田水利工程整体规划的重点内容

3.1 水源工程与渠系工程协同规划

农田水利工程的整体规划，最先要做的就是增强水源工程和渠系工程之间的协同性。水源工程乃是灌区供水保障的根基，在规划时需依据区域水资源状况，全面考量水库、塘坝、河道引水、泵站提水、雨洪资源利用、必要的应急补水设施，建立起多水源联合调蓄的模式，防止灌区供水过度依赖单一水源。渠系工程是水量从水源输送至田间的关键通道，规划里要着重对干渠、支渠、斗渠、重要分水建筑物进行系统核查，找出输水能力不足、渗漏损失较大、控制节点薄弱、结构安全隐患突出的渠段，通过防渗衬砌、清淤疏浚、闸门更新、量测设施完善、自动化控制改造来提高输配水能力。水源工程与渠系工程协同规划的关键，并非单纯增加工程数量，而是依照灌区供水路径重新建立水量配置链条，让“可供水量、可输水量、可控水量和可达水量”相互之间保持适配。

表 1 现代化灌区农田水利工程整体规划重点

规划环节	主要建设内容	关键控制目标	与智慧调度的衔接方式
水源工程	水库、塘坝、泵站、引水口、应急补水设施	提高水源调蓄能力和抗旱保障能力	提供可供水量监测与水源联合调度数据
骨干渠系	干渠、支渠、防渗衬砌、闸门、量测水设施	降低输水损失，提高输配水效率	支撑分级配水、闸站联动和流量控制
末级渠系	斗渠、农渠、田间管网、放水口	保障水量精准到田、减少末端断水	实现片区用水反馈和轮灌计划优化
田间工程	土地平整、节水灌溉、排水沟系、水肥一体化设施	提高田间灌溉效率和作物适水能力	提供墒情、作物需水和灌溉效果数据
管护平台	工程台账、巡检系统、调度平台、绩效评价模块	实现工程运行可视化和责任可追溯	形成供水调度、工程维护和绩效评价闭环

表 1 展现出了现代化灌区农田水利工程整体规划的主要内容，其涉及水源工程、骨干渠系、末级渠系、田间工程、管护平台这五个方面。能够发现，灌区的整体规划并不是简单的单一渠道改造或者局部设施更新，而是围绕着水源供给、输配水控制、田间承接、运行监测、长效管护建立起了系统化的工程链条。在这个工程链条里，水源工程决定着灌区供水能力可以达到的上限，骨干渠系影响着水量输送的效率，末级渠系与田间工程关乎水量能不能精准地送达田间，管护平台为智慧调度、工程巡检、绩效评价提供数据方面的支撑。只有将上述这些环节都纳入到统一的规划当中，才能够防止水源、渠道、田间设施、管理平台相互之间出现脱节的情况，进而推动灌区供水保障从工程建设导向转变为系统运行导向。

3.2 末级渠系与田间工程一体化建设

末级渠系、田间工程属于现代化灌区供水保障的最终环节同时也是影响灌溉效率还有农户用水体验的关键构成。以往有部分灌区改造时更多关注水源工程、骨干渠道，却忽视了斗渠、农渠、毛渠、田间管网、放水口、排水沟系等末端设施，使得调度计划虽然能够落实到干支渠方面，却很难精准抵达田块。现代化灌区整体规划需要将末级渠系与田间工程纳入同一个建设模式，依照田块规模、种植类型、土壤条件、经营方式，合理挑选渠道防渗、低压管道输水、喷灌、滴灌、微灌、水肥一体化等技术模式。对于水稻灌区而言，应着重完善灌排分设、田间水位控制、退水通道，对于旱作区、经济作物区，应着重推进管道输水、高效节水灌溉，对于规模化经营区域，可以适当配置智能阀控、墒情监测、用水计量终端。唯有打通末级渠系与田间工程的衔接环节，智慧调度所形成的供水计划才能够真正转变为稳定的田间灌溉效果。

4 智慧调度体系构建与工程运行保障

4.1 “感知—分析—调度—反馈”闭环体系构建

现代化灌区智慧调度模式需围绕供水保障的整个过程来建立闭环运行机制。在感知方面，要对水源、渠道、泵站、

闸门、用水单元、田间墒情进行持续监测，以此形成灌区工程运行和作物需水的基础数据。在分析方面，结合气象预报、作物种植结构、土壤墒情、历史用水规律还有现状水源条件，进行需水预测、水量平衡分析、缺水风险识别。在调度方面，依据分析结果编制分区、分时、分级的供水计划，并且通过闸门启闭、泵站运行、渠道分水、轮灌组织将其落实到工程运行当中。在反馈方面，借助田间到水情况、墒情变化、群众用水反馈、灌溉效果评价来修正后续调度方案。此闭环模式能够有效处理传统灌区供水计划滞后、调度执行偏差、末端反馈不足的问题，促使灌区运行从粗放管理朝着精准管理转变。

现代化灌区智慧调度供水保障的闭环运行逻辑把水源来水、气象预报、作物需水、渠系水位流量、田间墒情当作基础数据，经由灌区数据汇聚平台给予统一整合，接着展开水量平衡分析、供需匹配判断、分区配水计划编制，最后把调度指令贯彻到闸站泵站联合运行、干支斗农渠分级输配水、田间灌溉执行等各个环节中。和传统灌区依赖人工经验进行调度有所不同，该模式着重强调监测数据和调度决策之间的连续反馈，借助灌溉效果评价反向修正后续调度方案，促使供水保障从静态计划转变为动态优化。特别是在干旱年份或者局部缺水的状况下，缺水预警与应急方案能够及时融入闸站泵站调度过程，提高灌区应急供水能力、末端用水稳定性。

4.2 运行管护机制与供水保障能力提升

智慧调度模式能否长久发挥作用，要看工程管护、制度保障、人员能力是否同步完善。现代化灌区建设要是只看重平台建设与设备安装，却忽略传感器校准、闸门维护、泵站检修、渠道巡查还有数据治理，就容易出现设备闲置、数据失真、调度失效等情况。所以要建立灌区管理单位、基层水管组织、用水合作组织、农户共同参与的运行管护机制，明确骨干工程由专业机构统一管理，末级渠系由基层组织和用水主体协同维护，信息平台由专业技术人员持续运维。并且要完善农业用水计量、定额管理、节水激励、供水绩效评价制度，把计量覆盖率、供水保证率、渠道输水效率、末端到水及时率、灌溉水利用效率和群众满意度纳入评价模式。借助工程管护、数字平台和制度机制协同发挥作用，现代化灌区才能够真正形成稳定可靠的供水保障能力，达成从“建成工程”向“管好工程、用好工程、持续增效”的转变。

5 结语

现代化灌区智慧调度供水保障与农田水利工程整体规划，是提升农业水资源利用效率和增强粮食生产支撑能力的重要路径。研究表明，灌区供水保障并非单纯依靠增加水源或改造渠道即可实现，而需要在水资源承载能力约束下，统筹水源调蓄、渠系输配、末级渠系、田间工程、数字平台和运行管护机制。智慧调度通过构建“感知—分析—调度—反馈”闭环体系，能够提高灌区供水计划的科学性、调度执行的精准性和应急保障的及时性；农田水利工程整体规划则为智慧调度提供稳定可靠的工程基础。未来，现代化灌区建设应进一步强化数字化技术与工程体系融合，推动水源可控、渠系可测、田间可达、用水可评和责任可追，最终实现节水增效、稳产保供和农田水利工程长效运行的统一。

参考文献

[1] 周恺. 新疆吐鲁番市高昌区现代化灌区建设探讨[J].农村科学实验,2024, (24):90-92.

[2] 唐梓豪,刘思妍. 关于湖南省现代化灌区建设的思考[J].湖南水利水电,2024, (6):96-98.DOI:10.16052/j.cnki.hnslsd.2024.06.031.

[3] 孙栋元,惠磊,王金辉,等.疏勒河流域现代化灌区建设关键技术研究[M].黄河水利出版社: 2024.

[4] 邱铁勇,蔡杰峰. 湖南省酒埠江灌区坚持新发展理念建设现代化灌区的探索和实践[J].中国农业综合开发,2024, (6):27-30.

[5] 孟伟,杨琼. 安徽省女山湖灌区现代化改造需求与对策[J].治淮,2022, (11):69-71.