

现代化灌区新型节水设施长效管护机制与灌溉效益提升研究

刘福成

吉林省松原灌区工程建设有限公司 吉林 松原 138000

摘要：目前，我国灌区现代化建设进入高质量发展阶段，新型节水设施的运用规模越来越大，于此而来的问题是传统管护模式的滞后已经不再适用于现代化灌区的发展。基于此，本文从现代化灌区节水设施管护现状与问题出发，探究新型节水设施管护的理论基础与技术体系，讨论提出几点现代化灌区新型节水设施长效管护机制构建路径与灌溉效益提升策略，期望能够为现代化灌区的可持续发展提供一些有益参考，进一步保障国家粮食安全与水资源安全。

关键词：现代化灌区；新型节水设施；长效管护机制；灌溉效益；智慧灌溉

引言：我国是农业大国，农业的可持续发展关系着国计民生，水资源对于农业的可持续发展而言至关重要。然而，近些年来，随着经济社会的快速发展，水资源短缺的问题日益严重，水资源短缺逐渐成为制约我国农业可持续发展的核心瓶颈。我国耕地灌溉面积达 7037 万公顷，占耕地总面积的 55%^[1]。灌区仅用全国 48% 的耕地，就生产了 75% 的粮食和 90% 以上的经济作物，是保障国家粮食安全的核心载体。当前我国正加快推进 12 亿亩灌区现代化改造，已广泛应用各类新型节水设施，但仍存在“重建设、轻管理”的传统思维，设施管护机制滞后于建设进度，构建适配新型节水设施的长效管护机制、充分发挥工程效益，成为灌区现代化建设亟待解决的重大课题^[2]。

1 现代化灌区节水设施管护现状与问题

我国灌区经过七十余年建设，已经形成较为完善的工程与管理体系。截至 2024 年底，全国共建成大型灌区 763 处、中型灌区 7300 余处，农田灌溉水有效利用系数提升至 0.490。“十四五”以来，中央投入超 1000 亿元，支持 1300 余个灌区开展现代化改造，新型节水设施覆盖率大幅提升，不过管护体系和工程建设不同步不匹配的问题，仍然制约着工程效益的充分发挥。在管理体制方面，存在多头管理、权责不清的问题，决策链条长、协调成本高，同时末级渠系与田间工程管护缺位，小型水利工程常无人管、无钱管，而且工程建设和后期管理脱节，运维难度大、成本高。在资金保障方面，投入机制不健全，财政投入偏重于建设，缺乏制度性运维经费，水费收入难以覆盖成本，同时新型节水设施维护成本更高，但经费仍按传统标准核定，资金缺口不断扩大，基

层还存在人员经费挤占工程维护经费的情况。在技术支撑层面，多数灌区信息化水平偏低，依靠人工巡查，缺乏实时监测预警，难以开展预防性维护和精准调度，而且管护队伍专业能力不足，自动化设备故障无法及时处理，数字孪生等新技术还没有形成规模化推广的标准和规范。在效益发挥方面，部分新型节水设施因为管理、维护跟不上，实际利用率仅六成左右，节水增产效果没有达到预期，而且用水户参与度不高，节水内生动力不足，技术进步和管理落后的反差明显^[3]。

2 新型节水设施管护的理论基础与技术体系

2.1 新型节水设施管护的理论基础

全生命周期管理理论是新型节水设施管护的核心支撑，该理论强调对设施从规划设计到报废更新的全过程系统化管理，打破传统二元分割模式，在各阶段做好安排，最终实现设施价值最大化与全周期成本最小化，同时全生命周期管理理论也是新型节水设施管护的基本遵循。其次是系统治理理论，这一理论指导管护机制的整体构建，灌区是一个复杂巨系统，新型节水设施管护需坚持系统观念，统筹各类要素，推动管护实现三个转变，还要建立跨领域协同机制，形成多元主体共同参与的治理格局。此外，数字孪生理论赋能智慧管护新模式，数字孪生通过构建物理灌区与虚拟灌区的对应关联，实现了灌区运行的可视化、智能化、精准化管理，基于该理论的管护模式可完成多项智能处理，推动管护实现两个转变，为新型节水设施智能化管护提供方法论，推动管护向智慧化转型。最后，可持续发展理论明确了管护机制的价值取向，新型节水设施管护需要兼顾

并统一经济效益、社会效益与生态效益,在各层面分别发挥正向作用,同时要求管护机制具备长期稳定性与自我完善能力,能够适应外部变化与技术进步。

2.2 新型节水设施管护的技术体系

首先立体感知技术是新型节水设施管护的基础支撑,其构建了“空天地”一体化感知网络,可以实现灌区全覆盖监测,分别在天空层、地面层、设施层获取不同信息,为管护决策提供数据支撑^[4]。其次智能诊断与预警技术能够实现设施故障的早发现早处置,其基于大数据与人工智能建立故障诊断模型来实时分析识别异常,还建立了分级预警机制自动推送预警,同时开发剩余寿命预测模型,可以科学制定维护计划,降低故障发生率与停机时间。此外远程控制与自动化技术提升了管护效率与精准度,该技术建设统一控制平台实现设备远程集中控制,开发自动控制算法实现输配水自动化,田间智能灌溉系统还可根据实际情况自动作业,实现精准灌溉。第四数字孪生与仿真技术支撑科学决策与优化运行,它构建灌区数字孪生体实现物理与虚拟灌区双向交互,可以开展仿真模拟优化相关方案与预案,还可开展虚拟培训提高人员水平,推动管护决策的转变,提升决策的科学性。最后移动互联与协同管护技术构建了高效管护工作模式,其开发移动应用实现了多项业务移动端办理,同时建立协同平台实现多方信息共享与业务协同,还为设备建立电子身份证,实现了设施全生命周期数字化管理。

3 现代化灌区新型节水设施长效管护机制构建路径

3.1 构建制度保障体系

现代化灌区新型节水设施长效管护机制的构建制度保障是基础,首先灌区需要完善管理体制,明确各方权责,可以建立灌区统一的管理机构,实现灌区水网一体化管理。同时科学划分管护责任,明确责任主体,构建责任链条与考核机制,优化人员结构,提高专业技术人员占比。第二,灌区应当健全法规标准体系,规范管护行为。灌区应加快现代化管理条例的制定,明确新型节水设施相关内容,同时编制新型节水设施运行维护技术标准,建立统一规范与设施运行状态评估标准,定期开展评估鉴定,为更新改造提供依据。灌区还应该完善灌区的信息化建设标准,解决信息孤岛的问题。此外,灌区需要不断创新运行机制,激发内生动力,同时进一步推进农业水价综合改革工作,完善节水激励机制,积极推行有关制度并切实落实节水奖励政策。灌区还应当全面开展用水总量控制、定额管理工作,合理分解用水指标,实施凭票供水、计量收费方式。大力培育并壮大用

水合作组织也至关重要,灌区需提高用水户的组织化程度、自我管理能力。同时灌区应积极推行灌区管养分离模式,将专业性工作委托给专业公司负责,管理单位主要致力于监管、公共服务^[5]。此外,灌区要强化监督考核,保障责任得以落实。一方面灌区建立灌区管护常态化监督检查机制,定期进行专项督查、随机抽查工作,引入第三方机构进行独立评估,评估结果与相关安排相挂钩。另一方面灌区建立信息公开制度,定期公开信息以便接受社会监督。另外灌区应健全责任追究制度,对于管护不力的单位、人员予以严肃追责。

3.2 完善技术支撑体系

现代灌区想要实现新型节水设施的运用发挥最佳效果,技术体系的支撑必不可少。首先,灌区需要合理运用数字化技术,建设智慧灌区管理平台,实现对灌区设施的数字化管护。其次,灌区应当构建设施健康管理系统,实现对其的精准化运维,灌区可为每台设备建立数字档案,记录设备运用全生命周期的信息,同时开发设备健康评估模型,结合数据评估状态划分健康等级,进而自动生成维护计划,确保设备故障能够得到及时检修。其三,灌区需要建立技术标准与规范体系,实现新型节水设施的标准化管护。灌区可以通过编制新型节水设施管护技术导则,明确技术要求与工作流程,制定维护质量验收标准,保障维护质量。同时,灌区还应健全管护人员培训体系,开展分级分类培训来提升管护人员的专业素养和技能。最后,灌区要完善技术服务网络,为新型节水设施的管护提供专业化的支撑。灌区还需建立起省、市、县三级灌区技术服务模式,同时建设远程技术支持平台,借此远程解决基方面临的难题。

3.3 强化资金保障机制

资金保障是现代化灌区新型节水设施长效管护发挥最大效益的重要助力。第一,灌区需要建立健全财政投入长效机制,保障日常基本的关乎经费,同时将灌区管护经费纳入各级财政预算范畴内,合理划分各级财政的支出责任,中央和省级财政支持大型灌区骨干工程管护,市县财政负责中小型灌区与田间工程管护,另外还需制定管护经费定额标准,科学核定年度管护经费,绩效考核与以奖代补机制的建立也十分重要,上级单位应对管护成效好的灌区予以适当奖励。其二,灌区需完善水费形成与收缴机制,增强自我造血能力,按照原则核定农业供水价格,逐步实现全成本水价,并推行两部制水价与计量收费到户,加强水费的收缴管理,提高收缴率,落实专款专用的水费使用监管机制。此外,灌区要拓宽市场化融资途径,吸引社会资本参与到灌区

的建设与运营当中。同时推广政府和社会资本合作的模式,鼓励金融机构开发适配的产品,为灌区建设运营提供长期低息贷款。灌区还应探索融资创新方式,盘活灌区现有的存量资产,引入专业的运营公司,建立健全节水收益分享机制,将相关的收益按照一定比例用于设施的管护工作。最后灌区应当建立资金整合与高效使用机制,统筹整合各类涉水管护资金,集中用于灌区设施维护改造。同时积极推行灌区管护经费预算绩效管理,建立全过程管理链条。除此之外,灌区还需进一步加强资金监管力度,健全相关监督监管制度,推广工程总承包与全过程工程咨询,建立资金使用信息公开制度接受各类监督,保障资金安全规范高效使用,提高资金的使用效益。

4 现代化灌区新型节水设施灌溉效益提升策略

4.1 构建灌溉效益综合评价体系

灌溉效益评价从经济效益、社会效益、生态效益三个维度构建体系。其中,经济效益重点关注水资源利用效率、农业产出水平、成本节约程度,设置对应核心指标,对比长效管护实施前后的指标变化,量化评估经济效益提升幅度。社会效益侧重于粮食安全保障能力、供水可靠性、农民增收、工程效益发挥。而生态效益重点在于水资源节约、面源污染控制、水生态改善三个方面^[6]。综合评价体系采用层次分析法与熵权法结合的组合赋权法确定指标权重,并结合主观经验与客观信息使权重更加合理,同时建立基于可变模糊集理论的综合评价模型,结合定性定量分析准确反映灌溉效益等级与发展趋势,评价结果分为四个等级便于分析,此外还开发了灌溉效益评价信息系统,为灌区的管理决策提供支撑。

4.2 灌溉效益提升关键策略

现代化灌区心性节水设施灌溉效率间接体现了长效管护的效果。灌区想要提升灌溉效率首先需要优化灌溉调度,提高水资源的配置效率,灌区可以建立水资源统

一调度机制,统筹多水源联合调度,同时结合作物需水规律与土壤墒情制定灌溉计划,还可利用数字孪生技术模拟选出最优方案,建立干旱应急调度机制保障用水。其次,灌区需推广精准灌溉技术,实现按需供水,结合实际作物生长用水情况制定灌溉制度,应用水肥一体化提升水肥利用率,推广自动控制与智能决策系统调节灌溉水量。此外,灌区还应加强用水管理,激发节水内生动力,同时加强节水宣传培训,建立节水考核奖励制度。最后,灌区应当认识到推进农业结构调整的重要性,优化作物布局,结合水资源承载能力调整种植结构,压缩高耗水作物面积,扩大耐旱作物与经济作物占比,推广抗旱节水品种提升水分利用效率。

结语

现代化灌区新型节水设施长效管护机制的构建需要制度、技术及资金三个方面的保障。现代化灌区想要实现长效管护效率与灌溉效益必须持续深化改革,加快数字化、智能化等新技术的应用,完善投入机制,推动灌区治理的现代化转型,为保障国家粮食安全与用水安全奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 云跃峰,步怀亮.灌区续建配套与现代化改造节水评价预测分析[J].内蒙古水利,2024,(2):89-91.
- [2] 王向星,龚定.农业水价综合改革推动下现代化灌区建设的思考与实践[J].水利技术监督,2024,(7):52-55.
- [3] 代景强.现代化灌区高效节水灌溉技术研究与应用[J].河北农机,2025,(19):127-129.
- [4] 陈胜方.现代化灌区的智慧管理与水资源可持续利用研究[J].农业开发与装备,2024,(8):162-164.
- [5] 侯振财.灌区节水改造与灌区现代化建设思路探讨[J].农业开发与装备,2022,(9):124-126.
- [6] 桑建桐.现代化灌区节水配套与输配水管网提质改造设计[J].水上安全,2026,(7):61-63.