

基层灌区水资源优化配置与高效利用管理路径探究

倪昌良

新疆维吾尔自治区阿拉尔市第一师水利工程管理服务中心, 新疆 阿拉尔 843300

[摘要] 基层灌区是保证粮食安全的骨干工程设施, 促使它由粗放型的管理走向精细化、集约化和高效化的管理方式是实现农业高质量发展所必需的要求。本文立足干旱区大型平原灌区实际, 通过对基层灌区水资源配置基本要求的梳理, 从配置机制和用水调度两个方面分析管理现状, 找出统筹协调不足、调度精准化有待提高、工程管护和节水衔接不畅、信息化支撑薄弱等存在的问题。典型的灌区实行“水量包干、流量包段”的管理模式, 摸排用水需求, 严查跑冒滴漏, 保证最后一公里的灌溉。在此基础上, 从完善统筹调度机制、优化精细灌溉计划、加强工程管护协同、提高数字监测水平四个方面提出管理途径, 以供灌区现代化管理之用。

[关键词] 基层灌区、水资源优化配置、高效利用、精细化管理

DOI: 10. 64635/ja. 2026. 1532

中图分类号: S274

文献标识码: A

Exploration of Management Paths for Optimized Allocation and Efficient Utilization of Water Resources in Grassroots Irrigation Districts

Ni Changliang

Water Conservancy Engineering Management Service Center of the First Division, Alar, Xinjiang 843300, China

Abstract: Grassroots irrigation districts are backbone engineering facilities for ensuring food security, and promoting their transformation from extensive management toward refined, intensive, and efficient management is a necessary requirement for realizing high-quality agricultural development. Based on the actual conditions of large plain irrigation districts in arid areas, this paper reviews the basic requirements for water resource allocation in grassroots irrigation districts, analyzes the current management status from the perspectives of allocation mechanisms and water use dispatching, and identifies existing problems such as insufficient overall coordination, a need to improve dispatching precision, poor linkage between engineering management and maintenance and water saving, and weak informatization support. Typical irrigation districts adopt a management model of “fixed water volume responsibility and segmented flow responsibility,” investigate water use demand, strictly control water leakage and loss, and ensure irrigation in the final kilometer. On this basis, management paths are proposed from four aspects: improving the overall dispatching mechanism, optimizing refined irrigation plans, strengthening coordination in engineering management and maintenance, and improving the level of digital monitoring, so as to support the modernization of irrigation district management.

Keywords: grassroots irrigation district; optimized allocation of water resources; efficient utilization; refined management

引言

水资源是农业生产的生命线, 基层灌区是农田灌溉的主要场所, 担负着保证粮食安全、促进农民增收的任务。但是由于气候变化的影响越来越大, 水资源供需矛盾也越来越突出, 传统的灌区管理方式已经不能满足新的形势要求。农业用水总量压力增大, 用水效率偏低, 灌区工程老化、管理粗放、信息化程度低等现象在农业生产中普遍存在。灌区水资源的高效调配和合理利用是农业可持续发展的重要保证。在此情况下, 对基层灌区水资源优化配置和高效利用的管理途径进行研究有重大的现实意义。

1 基层灌区水资源配置与高效利用的基本要求

基层灌区水资源管理要秉持节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力的治水思路, 推进由传统经验管理向现代科学管理的转变, 须得达成如下基本要求。统筹协调为前提。灌区水资源配置要统筹上下游、左右岸、干支渠的用水需求, 协调农业、生态、生活等各方面的用水, 实现水资源的合理分配和有序利用, 需要建立统一调度机制, 打破区域分割和部门分治的壁垒。精准高效是核心, 高效利用要求灌溉用水由粗放漫灌变为精准灌溉, 用科学的用水计划和调度方案

来实现水量、水质、水时的精准匹配，最大程度上减少输配水损失和田间无效耗水。典型灌区以科学灌溉制度体系为依托，依靠试验站多年的田间试验，创建起以作物需水规律为主的灌溉决策办法，达成对田间灌溉制度的高效监测、智能决策和精准控制。工程完好是基础，灌区工程设施是水资源配置的物质载体，渠道防渗、建筑物配套、量测水设施完善程度影响输水效率和用水计量精度，工程管护与节水措施要协同推进。数字赋能为方向，用物联网、数字孪生、人工智能等现代信息技术搭建起灌区感知网络和智慧决策平台，使来水预报、需水预测、配水预演、调度预案变得智能起来，这是提高管理效能的重要途径。

2 基层灌区水资源配置与利用管理现状

2.1 水资源配置管理机制

近几年来各地在灌区管理体制机制上开展了积极探索。在组织体系上，部分灌区实行供水部门、党支部、合作社三者合一的管理模式，把末级渠系纳入统一管理，成立基层用水合作组织，努力解决灌区末级渠系有人用无人管的问题。灌区管理大多采用“专管机构+用水户协会+村组集体”的三级组织形式，专管机构管理骨干工程，用水户协会管理支渠以下工程管护和配水工作，村组集体协调田间用水秩序。在工程管护方面，一些地方开始推行物业化、专业化管理方式，采用第三方专业服务单位对水库、灌区实施整体经营，从而达到从源头的水库水源一直到灌区供水末端的一体化管理模式。就水权管理而言，部分灌区实行农业水权分配到户、计量到方，开展水权交易试点，用市场机制来实现水资源的合理调配^[1]。农业用水总量控制指标逐级分解到各个用水户协会和行政村，实行总量控制和定额管理双控的原则，基层用水组织在配水到户、水费计收、工程维护等环节起着重要的纽带作用。

2.2 灌溉用水调度与利用效率

传统的灌溉调度方式主要是依靠基层管理人员的经验来判断，沿渠巡查和人工启闭闸门是经常使用的手段。但是已经有一批现代化灌区开始进行智慧化转型，创建起涵盖空中雨、水库水、渠道水、田间水的全链条智能管控体系，向着大水网连通小畦田精准灌溉迈进。该灌区用信息化改造创建起一个统一管控平台，操作员只需鼠标一点就可以调节多个闸门，流量偏差可控制在较小范围之内，调水时间大大缩短。灌溉调度由原来的“经验主导”向现在的“数据主导”转变，在线监测和远程控制成了现代化灌区的标志^[2]。

就用水效率而言，全国灌区农田灌溉水有效利用系数不断提高，但是与发达国家 0.7-0.8 的水平相比还有很大的差距。数字孪生灌区的建设使得机电井可以实现统一管理，日配水调度的时间由原来的数小时缩短到十几分钟，计量精度也得到了提高。

3 基层灌区水资源配置与高效利用存在的问题

3.1 水资源配置统筹协调能力不足

基层灌区水资源调配牵涉到水利、农业、财政、乡镇等诸多部门，部门之间缺少协同机制。部分灌区引水工程和田间工程分别由不同的部门管理，输水骨干工程和田间配套建设不同步，造成上游水送不到、下游田用不上。灌区渠首闸改建和高标准农田建设衔接不到位，最后一公里问题没有得到根本解决。农田水利项目立项实施分别由水利部门和农业农村部门负责，规划设计、施工时序上没有统筹，输水能力提升和田间配套改造之间相差一拍^[3]。区域间用水指标和用水需求之间存在不匹配的问题，水资源分配空间上的不均衡状况急需改进。干旱区灌区的这一问题更加严重。渠系错综复杂，基础设施差，分支渠道建设不足，渠道淤积、渗漏严重，造成水资源浪费的同时也降低了灌溉效率。灌溉设备老化不能适应现代农业精准灌溉的需要。

3.2 灌溉调度精准化水平有待提升

灌区灌溉调度仍然存在着粗放的现象，基层管理人员年龄老化、知识断层严重。该地区灌区管理基本以人工管理为主，骨干工程管理比较分散，受人为干扰因素较多，自动化、信息化程度低，骨干工程没有远程监测和控制系统，不能发挥骨干工程的整体效能。在用水计量上，输水渠道除了少数管道输水灌溉区外，一般没有流量计等计量设施，泵站基本实现了计量设施的全覆盖，但是大部分为电表电量折算水量，受不同的工况影响，水量折算存在一定的误差。部分支渠存在随意开闸、随意放水、昼灌夜不灌的用水乱用现象，用水申报制度执行不到位，无计划用水现象时有发生。作物需水关键期供水不及时和丰水期弃水并存，有限的水资源不能准确地服务于作物生长需要。本地区灌区管理水平低、专业技术人员少，依然沿用传统的运行模式，缺乏精细的意识，造成调度粗放。

3.3 工程运行维护与节水管理衔接不足

灌区工程维修养护经费普遍不足，村集体没有稳定的收入来源，不能组织有效的管护，造成灌区设施灌溉功能慢慢减弱。灌区部分河道淤积严重，水体交

换慢,河道岸坡缺乏必要的防护,造成骨干河道的排涝功能受到影响。部分泵站由于长时间使用,基础下沉、水池开裂、机泵老化等问题时有发生,造成正常的提水能力受到影响。灌区各级渠道不同程度地存在着渗漏现象,造成水资源利用率低。节水改造工程同日常运行管护之间没有形成有效的衔接,重建轻管问题仍然存在。对处于沙漠边缘的灌区来说,风沙活动频繁,渠道淤积、磨损等问题更加严重,工程维护工作量大、难度高,但是由于经费和技术力量的限制,管护能力不足的问题被进一步放大。

3.4 水资源管理信息化支撑能力较弱

灌区管理信息化建设整体滞后,对水情、墒情的实时监测能力差,不能实现科学高效的水资源调配。数据采集手段落后,量测水设施覆盖率低、在线率低,不能为精细化水量调度与管理决策提供依据。部分灌区长期以来存在着水利工程安全运行管理能力薄弱、水量计量不准确、灌区骨干水利工程和农田灌溉工程之间中梗阻现象严重、工业供水、农业用水、生态补水之间存在矛盾等问题。数字孪生灌区的创建还处在起步阶段,缺少水预报、配水预演等专业的模型应用,预报、预警、预演、预案四预功能还没有全部实现。另外,基层管理人员的信息化素养低,不能很好地接受、使用新技术,造成信息技术在灌区管理中应用不深。

4 基层灌区水资源优化配置与高效利用管理路径

4.1 完善水资源统筹配置与调度机制

树立灌区一盘棋思想,健全跨部门、跨区域协同联动和信息共享机制,形成齐抓共管的工作格局。根据典型的灌区经验可知,必须切实履行法定职责,加快跨区域渠道工程资产和管理职能的移交,拓宽灌区工程维修养护经费来源渠道,推进水利工程标准化管理,实现传统管理向数字化管理的转变。强化水资源统一调度管理,合理安排生产、生活、生态用水实际需求,及时对灌区水量分配方案进行调整。把现代化灌区建设融入现代水网的整体规划当中,推进灌区清淤清障和泄洪通道整治,协同推进灌区改造和高标准农田创建,塑造起从水源到田间完整的灌排工程系统。根据干旱区渠系复杂的特点,需要对干支渠输配水关系进行梳理,打通输水瓶颈,保证水资源可以顺利到达田间。

深化水权水价改革,以水权要素市场化配置为方向,稳步推进水权、水价、水资源税等改革,形成

资源有价、使用有偿、节水增效的用水新生态。

4.2 优化灌溉用水计划与精细化调度

建立提前报备、统一审批、定量供水的全过程控制机制,严格实行用水申报制度,严禁无计划用水。坚持按候申报、按旬走访、按月沟通的常态化水情沟通机制,对水头不足、轮灌周期长、高田灌水难等水情问题建立台账,实行督办销号管理。典型灌区实行分区、分时、分流量精细化调控,联合灌溉服务专业合作社深入田间地头,及时反馈水情变化,使渠系调度、村组协调、田间用水的灌溉同频。依靠在线计量设施创建日记录、周核对、月汇总台账机制,精确控制每一个直开口的引水量及用水时间,水量数据实时上传、全程可追溯。根据干旱区蒸发量大的特点,要加强对输水过程的控制,缩短输水周期,减小明渠输水过程中蒸发的损失。对管理水平低下的现状,应该从加强制度执行、人员培训入手,逐步提高精细化调度的能力。

4.3 强化灌区工程管护与节水措施协同

增加灌区工程维修养护投资,拓宽经费来源途径,落实各级管理责任。将末级渠系纳入统一管理,解决骨干工程和末级渠系分头管理的问题。该灌区采用各种管道代替传统的渠道供水,减少了输水过程中由于蒸发和渗漏造成的损失,灌区渠系水利用系数由原来的 0.67 提高到现在的 0.86,可以节约用水量 2000 多万立方米。加快灌区节水改造,扩大节水设施建设投资,大力发展高效节水灌溉技术。典型灌区研发的浅湿间歇、浅晒深湿等节水灌溉技术已经推广应用到 140 多万亩,亩均节水 17 立方米左右。研究特许经营模式引进社会资本参与灌区建设及运营,开展水利骨干工程和高标准农田一体化的设计、施工、运行、管护工作,实现投建运管一体化发展。对基础条件差的灌区,首先要进行骨干渠道防渗改造、重点建筑物维修,然后配合节水灌溉技术推广,逐步改善工程面貌。风沙侵蚀问题要依靠渠道防护林和岸坡固沙来减轻泥沙淤积给输水能力造成的不良影响。

4.4 提升水资源数字化监测与管理水平

加快数字孪生灌区建设,完善灌区水情、雨情、墒情、水质等监测感知网络。数字孪生灌区以实用、管用、耐用为标准,把水库、渠道、闸门、农田等全流域要素搬到数字世界里,织成了一张从源头到地头的智慧水网。依托数字孪生平台重点开发配水调度、水动力仿真、需水预报等专业模型,创建可视化调度场景,达成需水预报、输水预警、配水预演、供水预

案的四预功能。从表 1 可知，数字孪生技术可以明显提高灌区管理的调度效率、计量精度，降低管理成本、人员需求。

表 1 数字孪生技术应用前后灌区管理效能对比

指标	传统管理模式	数字孪生管理模式
日配水调度时间	2—3 小时	10—15 分钟
计量精度	约 70%	95% 以上
渠系水利用系数	0.67	0.86
管理人力需求	30 人	18 人

提高量测水设施的管护水平，保证设备的在线率。完善灌区“一张图”、水资源管理、灌溉管理等业务系统，开发移动端应用程序，推进量测水、水费测算等业务在线办理，实现“数据多跑路、人员少跑腿”。根据信息化基础差、人才缺乏的实际状况，可采取先试点、后推广的方式，从骨干渠道、关键节点开始安装监测设备，逐步扩大覆盖面。加强基层人员的数字技能培训，为信息化的深入应用打下人才基础。

5 结语

基层灌区水资源优化配置和高效利用是项系统工程，包含机制创新、技术应用、工程管理及能力提升等诸多方面。目前基层灌区还存在着统筹协调不够、调度精确度低、工程管护和节水衔接不好、信息化支撑能力弱等现象，使水资源得不到有效的集中、节约

地利用。对于地处干旱区、基础条件较差的灌区来说，水资源短缺与利用效率低下的矛盾更加突出，管理水平低、专业人才缺乏更严重地制约了灌区效能的发挥。今后要以水定地为原则，在完善统筹配置机制、推进灌溉精细化调度、强化工程管护协同、加快数字化转型四个方面努力，使灌区管理由原来的依靠经验的模式向现代智慧的模式转变。伴随着数字孪生、人工智能等新技术在灌区管理中得到深入的应用，基层灌区水资源配置和高效利用的能力将会不断提升，给保障国家粮食安全、推进农业高质量发展提供更有力的水利支撑。

【参考文献】

[1] 张成龙，袁源，徐浩林，等．基于动态引水过程的渠系水资源优化配置研究[J]．农业机械学报，2025,56(11):677-686.

[2] 陈坤，陈海牛，王涛，等．基于水资源总量约束的黑河中游大满灌区水资源优化配置[J]．农业工程学报，2025,41(13):133-141.

[3] 栾岚．青龙山灌区“数字孪生灌区”建设成效与发展研究[J]．黑龙江水利科技，2024,52(11):90-93.

作者简介：倪昌良（1971.08—），男，汉族，四川安岳人，大专学历，职称：工程师，研究方向：灌区水利调度运行。