

乡村振兴背景下灌区水资源高效管理调度运行问题及对策研究

陈 军

第一师水利工程管理服务中心塔南灌区管理服务站, 新疆 阿拉尔 843300

[摘要] 乡村振兴战略给灌区水资源管理提出集约高效、精准调配、保障有力的新要求。目前灌区调度运行还存在着配置和需求相脱离、机制不到位、工程老龄化损坏、信息化程度高低不一等问题。就农灌供水、水量对口、渠道防护等各方面问题, 各地开展了抓设施维修、科学调度、机制建设的实践工作。数字孪生建立之后, 调度响应速度以及用水效率都有明显提高, 工厂化预制矩形渠改造大幅度提高了防渗性能。按照乡村振兴的要求, 从统筹配置、工程改造、数字建设、制度协同四个方面提出对策。

[关键词] 乡村振兴; 灌区水资源; 调度运行

DOI: 10.64635/ja.2026.1492

中图分类号: S274

文献标识码: A

Research on Problems and Countermeasures for Efficient Management, Dispatching, and Operation of Water Resources in Irrigation Districts Under the Background of Rural Revitalization

Chen Jun

Tanan Irrigation District Management Service Station of the Water Conservancy Engineering Management Service Center of the First Division, Alar, Xinjiang 843300, China

Abstract: The rural revitalization strategy has put forward new requirements for intensive and efficient management, precise allocation, and strong support in water resource management of irrigation districts. At present, dispatching and operation in irrigation districts still face problems such as a mismatch between allocation and demand, inadequate mechanisms, aging and damaged engineering facilities, and uneven levels of informatization. In response to problems related to agricultural irrigation water supply, water volume matching, canal protection, and other aspects, various regions have carried out practical work in facility maintenance, scientific dispatching, and mechanism construction. After the establishment of digital twins, dispatching response speed and water use efficiency have improved significantly, and the renovation of factory-prefabricated rectangular canals has greatly enhanced anti-seepage performance. In accordance with the requirements of rural revitalization, this paper proposes countermeasures from four aspects: coordinated allocation, engineering renovation, digital construction, and institutional coordination.

Keywords: rural revitalization; irrigation district water resources; dispatching and operation

引言

灌区是国家粮食安全和乡村振兴的水利支撑。伴随着乡村振兴战略的持续推进, 农业产业结构调整、农村生产生活方式的改变, 对于灌区水资源供应保障水平的要求也越来越高。灌区水资源管理调度运行过程中存在的工程老化、管理粗放、信息滞后等问题还没有得到彻底的解决, 仍然是乡村产业兴旺和生态宜居的重大问题。由于干旱少雨、来水不稳定、灌区末端受益梗阻等诸多困难交织在一起, 一些灌区采取三级同蓄、四县协同、五级联调、六化并施的工作方法来保证关键农时的灌溉用水。对灌区水资源调度运行中存在的问题进行分析, 研究出适合于乡村振兴的高效管理模式, 有十分重要的现实意义。

1 乡村振兴背景下灌区水资源管理调度运行的基本要求

乡村振兴战略总要求包含产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕五个方面, 给灌区水资源管理赋予了系统的新要求。分水、供水、管水、配水四水同抓模式推进灌区水资源管理, 落实水资源刚性约束要求, 深入灌区调研用水需求和内部蓄用水情况, 编制年度水资源调度计划, 已经成为灌区管理的基本实践方向。产业兴旺要求灌区供水保障能力由保粮食作物灌溉向兼顾经济作物、特色农业多元化用水需求转变; 生态宜居要求在水资源配置中统筹考虑生态用水, 维持河湖健康生命; 治理有效要求灌区管理从行政主导转向多方协同共治。另外, 乡村振兴背景下农业用水总量控制、效率提高、用途管制等制度

约束越来越紧,建立灌溉需求信息卡、用水调度台账,实现一地一策、按需供水,形成管理处、乡镇、协会、农户四级联动协作体系,是基层灌区适应乡村振兴要求的典型做法。以上种种规定都指向灌区水资源管理要从“经验型”走向“精确型”。

2 灌区水资源管理调度运行现状及主要问题

2.1 水资源配置与灌溉需求衔接不够紧密

长期以来灌区水资源配置一直以供给端为主,对作物种植结构变化、灌溉制度调整、墒情时空分布等需求端信息的反映不够迅速。调研发现,不同作物用水需求差异大、集中供水调度难、水资源利用率低是较为突出的共性问题,粮食作物和经济作物用水时间差,应采取先集中后分散、先大田后经果的轮灌次序。实际运行中的用水计划多依据以前的数据来进行,和当年种植结构、气候状况、土壤墒情不相适应,从而引发某些地方供水不够而其它地方水量超支的情况。作物需水关键期集中在用水量上,渠道输水能力跟不上会造成水资源分配失衡、灌溉系统不能高效运作。上下水量对口就是农灌用水调度难题之一,配水计划和渠系输水能力之间不能精准对接。灌区末级渠系配套不够,斗渠、农渠量水设施损毁,不能精工操作。

2.2 灌溉调度运行机制仍需完善

灌区调度运行牵涉到水源工程、输配水工程、田间工程等各个层次,还有水利部门、农业部门、乡镇政府、用水户协会等多方面主体,协调难度大。研究表明由于管理机制的不健全,农业用水供需矛盾越来越严重,农业灌溉系统是典型的公共服务设施,农业灌溉系统的运行效率同农民的生活、农业生产息息相关^[1]。目前灌区调度普遍存在着以下问题,一是缺乏科学的模型支撑,大多依靠调度人员的经验来判断;二是水量分配协商机制不健全,上下游、左右岸用水矛盾调解没有制度化的渠道;三是应急调度能力不足,面对干旱等极端气候事件的响应速度慢。灌区标准化管理研究发现,在推进管养分离改革的同时,也存在着数据底数不清、协同机制不健全、信息共享不畅等各方面的各种问题。运行人员专业水平参差不齐,基层水管单位技术人员短缺,影响调度决策水平的提高。

3 灌区水资源高效管理调度运行的主要影响因素

3.1 水资源供需变化对调度运行的影响

由于气候变化以及人类活动的影响,灌区来水条件的不确定性也变大了。一方面降水时空分布不均加剧,汛期集中与干旱期延长的矛盾日益突出;另一方

面,跨区域调水、生态补水等新需求不断挤占农业可用水量。乡村振兴使农业种植结构发生改变,经济作物种植面积增加,灌溉需水量峰值提前或者延后,传统的以粮食作物为基准的调度模式不能适应这种变化,调度方案要更加灵活地应对供需两端的波动。

3.2 灌区工程设施运行状况对调度效率的影响

灌区工程设施是调度运行的物理依据,工程设施状态影响调度是否可行、效率如何。灌区改造之前大多采用土渠、六角形预制板作衬砌,渗漏现象十分严重、起皮起砂、冻胀剥离现象频发,渠道淤积严重、大面积农田灌溉经常告急,每年都要靠清淤保证通水。全国的灌区骨干工程大都是在 20 世纪 50 年代到 70 年代之间建成的,经过几十年的使用,渠道衬砌破损、建筑物老化、闸门启闭不灵等问题比较普遍。部分灌区保留了传统的堰工技术,但是通过大量的水情监测点、视频监控建立起了现代工程监测体系,工程体系由以前的依靠人工巡检转向智能感知。工程设施改造滞后会使得输水效率降低,同时也会降低精细化调度所需要的可控性、灵活性。

3.3 水资源管理信息化水平对调度精准性的影响

信息化是灌区调度由经验决策向数据决策转变的推进者。数字孪生平台把工程管理、水资源管理、用水计量、视频监控、物联网系统数据整合起来,接入大量的水情监测点、视频监控、重点部位的自动计量率 100%、渠首关键闸门联调联控、主要干渠调水响应时间由小时级缩短到分钟级^[2]。但是大多数大中型灌区的信息化建设还处于起步阶段,量测水设施覆盖率低、监测站点布局不合理、数据采集标准不统一、系统互联互通困难是普遍存在的问题。数字孪生体系的设计是以模型库、知识库为驱动因素,对水网来需配调的过程进行研判、预测,进而产生出区域水网调蓄方案、渠系引水方案,是灌区信息化建设的一个新方向。由于信息化投入少、运维不到位,已经建成的系统不能发挥应有的作用。

3.4 管理机制与运行人员能力对调度效果的影响

灌区实践证明,抓班子建设、抓健全制度、抓防抗并举是提高灌溉调度效能的重要途径。从管理机制来讲,灌区普遍存在着水权制度不完善、水价形成机制不合理、运行维护经费短缺等诸多问题,所以无法形成节水激励机制。运行人员中,基层水管单位的人数少、待遇低,不能招聘到专业技术人员,不能引进

和留住专业技术人员，调度操作多是靠经验型的老同志完成的。依靠灌区水资源及调度管理工作群，加强同沿线涉水部门的沟通联络，统筹内外水源，力求达到满足多水源、多目标、多功能用水目的的目标，已然成为灌区管理能力改进的重要趋向。健全合作机制，加强队伍专业能力也有十分重要的意义。

4 乡村振兴背景下灌区水资源高效管理调度运行对策

4.1 完善灌区水资源统筹配置与调度机制

根据乡村振兴多元化的用水需求创建多水源统筹、多目标兼顾的水资源配置体系。科学合理分水，落实水资源刚性约束要求，按照批复的水量分配方案做好供水计划和方案，精打细算用好水资源，从严从细管好水资源。一是建立灌区水资源统一调度制度，明确调度权限、程序和责任，做到需水提前报、供水精准到、错峰不抢水。采取错峰轮灌加精确调度的方法，根据不同的作物和各个地区进行轮灌分担，用水监测系统自动控制供水速度^[3]。二是完善用水总量控制和定额管理制度，把用水指标逐级分解到乡镇、协会和农户。三是健全灌区和高标准农田建设协同推进机制，同步规划、同步实施、同步验收，实现水源、渠系、田间工程系统配套。四是建立上下游协商调解机制，对跨行政区域用水矛盾实行制度化调处。

4.2 加强灌区工程设施运行维护与节水改造

灌区现代化改造使用工厂化预制钢筋混凝土矩形渠方案，在预制厂进行制作，施工现场安装，每块板上有膨胀止水条，外面涂刷环氧树脂砂浆为双层防渗，提高渠道改造速度。灌区工程改造宜采用装配化、标准化施工工艺，在 3 月和 4 月、9 月和 10 月施工条件较好的时候使用。在老渠道原位进行提升，渠线走向、分水格局不变，只改变材料和工艺，既保护了灌区的历史风貌，又提高了工程的效能。建立灌区工程日常巡查养护制度，采用节制闸拦蓄轮灌，拦蓄水资源、划分轮灌片区错峰引水、区域轮灌，解决用水纠纷。春灌前满蓄，依靠塘堰拦蓄地表水、水库调峰引蓄三级蓄水机制打下了抗旱保供的提前量。

4.3 推进灌区水资源管理数字化与智能化建设

数字孪生平台主要用需水预测、来水预测、调度模型来实现对水利工程调度的精准化管控，为灌区稳定的运行和粮食的产出起到技术支持的作用。推进灌区数字化建设要把握好以下几个重点，完善监测感知体系，按照重要点位自动计量率 100% 的目标，加快干支渠关键断面水量自动监测设施的建设。二是建设

灌区数字孪生平台，把工程管理、水资源管理、用水量、视频监控、物联网系统数据整合起来，创建起全灌区的数字孪生水网。数字孪生体系靠模型库和知识库来进行水资源的合理分配、调度方案的智能化产生。第三推进闸门的远程控制改造成原来的现场人工操作变成现在集中远程控制，以前人工现场一人一岗开闭阀门，一次调度需多人时长，而现在数智室几分钟就完成。四是对来水预报、需水预测、水量分配、调度仿真进行一体化的灌区调度决策支持系统。

表 1 显示灌区水资源调度管理效能提升可以从工程改造、数字赋能、机制协同、水源统筹四个方面协同推进，各个维度之间不是孤立运作的，而是互相支撑、互相强化的。工程改造给数字化设备的布置提供物理空间，数字赋能给机制协同供应起数据支持、决策参考的作用，水源统筹依靠工程体系和调度机制两个方面来进行保证。在乡村振兴的大背景之下，灌区管理要立足自身条件，统筹兼顾四个方面的系统改善，促使水资源调度由经验为主导向科学精准的根本转变。

表 1 灌区水资源调度管理效能提升路径对比

提升维度	核心路径	关键举措	效能表征
工程改造提升	装配化施工与原位改造	预制构件标准化生产，渠道双层防渗处理，保持灌区历史风貌与功能提升并重	施工工期缩短，渠道防渗能力显著增强，年维护频次大幅降低
数字赋能提升	数字孪生平台与远程集控	建设水情监测感知体系，整合多源系统数据，模型驱动调度方案智能生成	调水响应由小时级压缩至分钟级，水资源利用效率逐步提升
机制协同提升	统一指挥与四级联动	打破行政区划壁垒，建立用水户参与机制，推行错峰轮灌与精准调度	输水效能提高，灌溉响应速度加快，用水纠纷明显减少

提升维度	核心路径	关键举措	效能表征
水源统筹提升	多水源联合调配与蓄水保障	水库调峰引蓄、塘堰拦蓄地表水，内外水源统筹利用	满蓄状态保障抗旱能力，有效缓解供水紧张局面

4.4 健全灌区运行管理制度与协同保障机制

深化统一协同指挥体系，破除行政区划壁垒，创建灌区统一调度、分区负责、整体联动的工作新模式，共排查整治影响输水效能的隐患多处，清淤疏浚土石方大量方量。一是推进灌区标准化管理，建立工程运行、水量调度、维修养护、安全管理和各项业务的管理标准。灌区标准化管理实践中可以发现，灌区管养分离改革、灌区信息化建设、灌区管理协同机制的建立都是灌区持续发展的方式。二是完善用水户参与机制，发挥农民用水户协会在末端用水管理中的主体作用，形成管理处、乡镇、协会、农户四级联动协作体系。第三，加强基层运行队伍的建设，对数字设备的操作、调度系统使用等做专门的培训。四、拓宽灌区运行维护资金来源，实行财政补贴和使用者付费相结合的方式筹集资金。

5 结语

乡村振兴给灌区水资源管理提出的要求是系统

的、多维的，既要有保障粮食安全和产业发展的用水需求，又要有保护生态、提高治理效率等目标。目前灌区水资源调度运行的主要问题有两方面，一是灌区现有的工程设施老化等硬件方面的问题，二是灌区的管理机制不健全和信息化程度不高等问题，需要综合施策、协同推进。各地灌区探索实践表明，工程改造、数字赋能、制度创新三者相辅相成，是解决灌区调度问题的一种方式。对灌区水资源实行刚性控制，加快数字孪生技术的应用，推进多元主体共治的机制建立和完善，加强基层管理者的培训，调动用水户参与用水的积极性。

[参考文献]

[1] 程红娟. 大型灌区农灌用水调配管理难点及对策探析 [J]. 陕西水利, 2025(8): 65-66+69.

[2] 孙晓磊, 李龙飞, 邓海, 等. 数字孪生技术在大型灌区水网中的应用——以广西玉林龙云灌区水网为例 [J]. 中国水利, 2024(13): 57-62.

[3] 陈冠名, 陈记臣, 王会, 等. 广东省大中型灌区标准化管理探讨 [J]. 乡村科技, 2024, 15(17): 153-156.

作者简介: 陈军(1986.10—), 男, 汉族, 四川渠县人, 大学本科学历, 职称: 专业技术岗 9 级, 研究方向: 水利工程运行。