

## 灌区水利设施精细化管理路径探讨

阿力木·买买提

新疆维吾尔自治区塔里木河流域叶尔羌河水利管理中心, 新疆 喀什 844700

**[摘要]**灌区水利设施是保证该地区粮食安全以及农业可持续发展的重要基础设施。本文针对干旱区灌区水利设施管理中存在工程老化失修、信息化程度不高、基层管理人员不足等问题,在精细化管理理念下对灌区水利设施精细化管理目标及原则进行论述。结合灌区基本情况及存在问题,提出以设施状态全方位感知并实现档案数字化管理、运维工作规范化及流程控制、供水精确化调节以达到节本增效目的、提高基层管理人员能力和鼓励社会力量参与、分步骤推进并不断改进等五条建议。研究表明,建立“感知-分析-控制-评价-改进”反馈机制,使灌区管理由传统的经验型转变为以数据为基础进行管理,可以提高渠系水利用系数及设施完好率,有利于水资源合理调配以及长久发展。

**[关键词]**灌区水利设施;精细化管理;数字化建档;配水调度;节水增效

DOI: 10.64635/ja.2026.1125

中图分类号: TV93

文献标识码: A

### Discussion on Pathways for Refined Management of Water Conservancy Facilities in Irrigation Districts

Alimu Maimaiti

Yarkant River Water Conservancy Management Center, Tarim River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Kashgar, Xinjiang 844700, China

**Abstract:** Water conservancy facilities in irrigation districts are important infrastructure for ensuring regional food security and the sustainable development of agriculture. Focusing on problems in the management of irrigation district water conservancy facilities in arid areas, such as aging and poorly maintained engineering facilities, a low level of information-based management, and a shortage of grassroots management personnel, this paper discusses the objectives and principles of refined management of water conservancy facilities in irrigation districts under the concept of refined management. Based on the basic conditions and existing problems of irrigation districts, five recommendations are proposed: achieving comprehensive perception of facility status and digital archive management, standardizing operation and maintenance work and process control, improving the precision of water supply regulation to reduce costs and increase efficiency, strengthening the capabilities of grassroots management personnel and encouraging the participation of social forces, and advancing implementation step by step with continuous improvement. The study shows that establishing a feedback mechanism of “perception–analysis–control–evaluation–improvement” can transform irrigation district management from a traditional experience-based model to a data-based management model. This can improve the water utilization coefficient of canal systems and the intact rate of facilities, and is conducive to the rational allocation of water resources and long-term development.

**Keywords:** water conservancy facilities in irrigation districts; refined management; digital archive establishment; water distribution dispatching; water saving and efficiency improvement.

### 引言

灌区是农业生产和发展的基础保障,而灌区水利工程建设管理水平直接影响着水资源利用率及粮食安全水平。干旱区灌区普遍存在水资源短缺、设施老化失修、管理粗放等问题,由于灌区建设标准较低、老化破损严重,工程

管护维修资金缺乏、末级渠系管护责任不明等原因造成农田水利骨干工程与田间末级渠系之间的“梗阻”,据相关调研显示,一些灌区骨干渠系配套不到位,建筑物完好的比例不到60%,大量的水资源在输配水的过程中被浪费。《灌溉水有效利用系数测定技术导则》(SL/T 699—2025)

颁布施行,对合理评估灌溉用水水平及节水潜力起到良好指导作用,在此基础上研究灌区水利工程精细化管理,对解决干旱地区灌区问题以及提高水资源利用效率有着重要意义。

### 1 灌区水利设施精细化管理的目标与原则

灌区水利设施精细化管理是采用先进的信息技术和管理方式对水利设施从设计、施工、到使用以及维修的整个过程进行精细、科学、协调地管理,其本质是使灌区调度由原来的凭经验转变为以数据为基础。精细化管理的目标主要有以下三点:首先保障设施正常运行,使设施完好率达到90%以上;其次节约用水,不断提高灌溉水有效利用系数;最后节约开支,在信息化的基础上节省劳动力及管理工作所造成的损失。要达到这个目的就要坚持整体的思想,把整个灌区的水源、渠道、田间工程等作为一个整体来进行管理。因地制宜原则,在不同灌区规模、不同设施种类及不同的水资源条件下采取相应的措施;动态优化原则,有计划地不断进行完善;社会参与原则,发挥农民群众和基层组织的作用。《大中型灌区标准化管理指南》提出了大中型灌区标准化管理的要求,在工程方面、安全管理、运行管护、管理保障及信息化等方面开展标准化工作,有利于精细化管理落实。

## 2 灌区概况与水利设施管理现状

### 2.1 自然地理与水资源条件

研究区位于干旱、半干旱地带,降水量小、蒸发大,年均降水量不足200mm,但蒸发量却达1800mm以上,水资源十分匮乏。同时区内水资源在时间和空间上分布差异显著,局部性和季节性缺水明显,区内用水结构中农业用水占绝大部分,高达90%以上,在自然因素影响下,区内地表水资源时间及空间上分布极不均匀,夏季丰水而春秋枯水,而且部分地区存在严重超采地下水的问题,造成严重的水资源短缺<sup>[1]</sup>。这种先天性缺水状况,对于灌区水利设施输送水量以及管理水平提出较高要求。

### 2.2 灌区水利设施构成及分布特征

灌区水利设施包括水源工程、渠系工程以及田间工程三大部分。水源工程包括水库、引水枢纽、机井等;渠系工程包括干渠、支渠、斗渠以及相应的节制闸、分水闸、渡槽、倒虹吸、涵洞等建筑物;田间工程包括农渠、毛渠和各种灌溉设施等。由于地形及河流分布特点,灌区设施总体上以“点一线一面”的形式出现:水源工程呈点状分布在灌区上游以及地下水资源丰富地区;骨干渠系呈线状从水源向灌区延伸,各种建筑物沿渠系分布,田间工程呈

面状覆盖农田。部分灌区干支渠砌护率较低,有25%的建筑物不同程度老化破损。渠系建筑物较多、分布较广,一般为装配式、定型化小型构筑物,但是经过长期使用,大部分存在不同程度的基础不均匀沉降、混凝土碳化、止水老化等问题,需要进行检查并加以处理。

### 2.3 水利设施运行管理现状调查

通过对现场调研以及发放问卷得知,目前灌区水利设施运行管理具有如下特点:一是在管理体制上,“管理处+水务局+项目公司+合作社”,以乡镇为单位成立农业灌溉服务专业合作社进行农业生产灌溉工程建设与管理、水费收取及维修等工作;二是在运行维护上,一般由乡镇水管员负责进行日常检查,但是检查频率和质量却存在较大差异;三是在用水管理上,有的地方骨干工程计量率较高,量测水设施建设正在逐步推进,在部分灌区还出现了“一井一卡”、“一户一卡”的精细化管理方式,并配备了水费管理系统,可以实现网上缴费、在线查看等功能。四是在信息化建设上,灌区信息化基础设施应用服务已基本普及到大部分地区,但是感知网络还未实现全要素覆盖,干渠用水计量设施自动化水平不到50%,高效节水农业推广也存在地域差异。

### 2.4 存在的主要问题及成因分析

虽然灌区管理改革不断推进,但也存在诸多困难。从水利工程上看,灌区点多、线长、面广,一些工程年久失修,渠道淤积严重、漏水较多,缺乏资金支持,难以进行维修养护工作。而未级渠系则是灌区田间灌溉“毛细血管”,直接影响到作物灌溉质量和产量,但是其管理问题十分突出。从管理运营来看,“重建轻管、用管脱节”一直是困扰农村灌溉设施发展的一大难题,许多灌溉设施建成后没有人去管理或者不会使用甚至不能有效管理的情况十分普遍。从技术应用方面看,计量设施自动化水平不高,节水灌溉工程老化问题也比较严重<sup>[2]</sup>。究其原因,一是由于过去投资不足造成的底子薄;二是由于管理体制不完善造成的问题;三是由于基层人员素质不高形成的人为因素。农民用水合作组织运营不规范、水费征收难、维修养护资金缺乏等现象普遍存在,加重了工程管护难度。

## 3 灌区水利设施精细化管理路径

### 3.1 设施状态全感知与数字化建档路径

设施状态全感知是精细化管理的基础数据来源。其主要任务是建设“一设施一档”的电子身份档案,把所有的渠系建筑物都编制号码并造册登记,在重要部位安装物联网感知设备,如水位、流量、闸位、振动、温度等传感器,

用于监控设施的工作情况。通过“空天地水工”的全方位感知,合理设置水情、工情、墒情以及气象感知点,做到数据全自动获取以及命令远程下发。而对于分布较远且比较分散的机井,则使用低功耗广域网进行数据传输,保证数据采集的安全及时性。针对重要设施进行数字化建模,把相关的设计参数、运行情况、维修记录等都集中在一个平台上,形成一个不断更新的电子文档。根据灌区的需水量、可供水量、管网供水能力和业务管理的数据,用配水调度模型以及水动力模拟仿真,可以做到对需水进行预测,对配水方案进行模拟以及供水进行调节。通过对设施进行统一编码、全覆盖监控并且电子文档及时更新,就可以全面了解设施的状态,从而更好地进行维护管理工作。

### 3.2 运维作业标准化与流程管控路径

运维作业标准化是实现精细化管理的重要一环。根据设施的重要性以及风险等级,进行分类分级维保,设定不同级别设施巡检频率及保养要求。编写图文并茂巡检作业指导书,确定巡检路径、内容以及缺陷判定标准,实施“看、听、测、记”巡检方法。在过程控制上,形成“发现问题—报告问题—指派任务—处理问题—检验结果—反馈评价”工单闭环回路,“发现问题—评估问题严重程度—解决问题—验收问题解决情况”闭环销号机制。并且设立一系列考核指标,如故障响应速度、解决问题效率、预防性维护比例等进行考核,促使其由“被动救火式”运维转变为“主动预防式”。在管理方式上要大胆进行管养分离,走市场化、专业化之路,把日常保养巡查、维修工单等工作交给专业化的公司来实施,从而实现“政府监督、市场运行、专业管护”。

### 3.3 配水过程精准调控与节水增效路径

配水准确是灌区精细化管理的重要意义所在,在了解土壤水分状况、作物种植情况以及天气预报基础上,根据不同渠道、不同轮灌组制定精细化配水方案,对于渠道内

水流测量,在斗口以上使用超声波或者电磁流量计并且定期校准,在斗农渠上推广简易量水槛或者无喉段量水槽,使测量误差不超过 $\pm 5\%$ ,通过对这些数据进行监控可以将灌溉用水分配到每一个地块上,从而便于实行农业用水总量控制及定额管理。在调度上,利用信息化手段,实现按需供水、精准配水的管理模式。基于数字孪生平台准确预测灌溉需水量,采用“统筹分配、动态调整”的方式分配水量,在保证直开口正常过流情况下合理控制直开口过流量以及优化轮灌顺序可以缓解上下游之间发生争水现象。利用水位-流量反馈控制系统自动改变闸门开度以避免因调度延迟造成不必要的排水<sup>[3]</sup>;并且根据渠道输水能力和农田对水的需求情况对轮灌组进行合并或拆分从而减少深层渗漏量,有研究表明:数字孪生灌区建成后,渠道水利用系数由原来的0.6提高到0.86,节水量相当于新建一个中型水库。

### 3.4 基层管护能力建设与社会化参与路径

基层管护能力是精细化管理“最后一公里”。需要组建一支由“专业队伍+用水户协会+村级水管员”组成的多元化管护队伍,在每个乡镇水管站设置1~2名设施专管员,负责所辖区域内骨干设施巡检、简单修理以及记录工作;对末级渠道实行用水户协会管理方式,由其对斗渠及其以下灌溉渠道和田间水利设施进行养护;将斗渠工程运营管理责任上移到县级水利部门,进一步明晰乡镇水利服务机构、农民用水合作组织等各方角色分工、职责范围,做到水通到哪里,水利服务就跟到哪里。研发小型化移动终端软件,具有离线巡检打卡、缺陷拍照上传、维修任务接受等,满足部分地区网络覆盖较差的需求<sup>[4]</sup>。另外设立用水户监督制度,将设施完好率、故障平均修复时间以及用水户满意度作为乡镇水管站及专管员年终工作考评内容,与拨付运维资金挂钩,形成“政府监管、基层巡查、企业运维、农户监督”模式。

表1 灌区水利设施精细化管理分阶段实施路径

阶段	时间	重点任务	标志性成果
基础夯实期	第1年	完成设施清查编码,建立“一设施一档”,制定巡检及维保标准,选取部分灌片区进行物联网设备试点应用,并对一线人员进行基础性培训。	设施台账系统投入使用;巡检手册下发执行;试点灌区在线监测率达到80%以上;骨干设施全部进行编码。
集成推广期	第2~3年	全面部署各类传感器及工单系统;推广使用移动巡检APP;建设配水优化模型并进行试用;对一线管护人员进行培训;完善用水户参与制度。	骨干工程在线率在95%以上;工单结案率达到90%;渠系水利用系数提高0.03以上;用水户满意度达到85%。
深化提升期	第4~5年	实现数字孪生和调度系统的互动;健全用水户参与监管的方式方法;制定精准化管理的地方性标准;实行运维绩效与拨款挂钩制度	设施完好率超过98%,灌溉水有效利用系数达到地区先进水平,降低管理成本15%,总结出可推广模式。

### 3.5 分阶段实施与动态优化路径

精细化管理不是一朝一夕的事情,要分步骤、有计划地进行,在此基础上,根据灌区实际情况可以分为打基础、抓示范、求完善三期,每一期都有一个目标、重点工作以及成果。而水利部提出,“十二五”期间已建或改造过的大型、中型灌区要在2025年底之前达到标准化要求;到2030年全国所有大中型灌区都要实现标准化,这为分步实施指明方向。

在分阶段推进的基础上,制定年度考核以及路径调整的动态优化方案,在绩效考核基础上不断改进管理模式,使精细化管理适应灌区实际情况。

### 4 结语

灌区水利设施精细化管理是复杂的工作,需要在技术上革新,在机制上进行改革,在能力上进行提高等。本文从设施状况监测、运行维护管理、配水精确控制、基层建设以及分步推进等方面提出精细化管理思路,建立一套从“感知—分析—控制—评估—优化”的管理体系。实行精细化管理后,灌区骨干渠系水量计量覆盖率可达到

85%以上,灌溉水利用效率及设施完好率大幅提高。今后要更多利用数字孪生、人工智能等新技术服务于灌区管理工作,在此基础上健全和完善水权交易以及生态补偿制度,使灌区管理工作由精细化提升到智能化水平上,从而更好地促进我国干旱地区农业的发展。

#### [参考文献]

- [1]万健.智能化技术在农田水利设施建设中的应用研究[J].农业科技创新,2025(28):68-70.
- [2]李伟娟.节水灌溉与农村水利设施现代化的价值、现状及策略[J].农村科学实验,2025(16):97-99.
- [3]李爱萍.探讨灌区水利工程建设管理中存在的问题及对策[J].内蒙古水利,2024(10):107-108.
- [4]沈赛江,葛浩,顾雪,等.水利水电工程中灌区规划设计简析[J].水上安全,2024(06):46-48.

作者简介:阿力木·买买提(1992.05—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:农业水利工程,当前工作单位:新疆维吾尔自治区塔里木河流域叶尔羌水利管理中心,职称级别:中级(工程师),职务:副站长。