

新疆地区农作物用水定额管理评价与优化策略

黄保林

九运街镇农业发展服务中心, 中国·新疆 昌吉 831501

摘要: 新疆作为典型绿洲灌溉农业区, 农业用水占比超 90%, 但水资源时空分布不均、供需矛盾突出。为提升农作物用水定额管理精细化水平, 本文基于“压力-状态-响应”(PSR)模型, 从定额标准科学性、管理执行有效性等四维构建评价指标体系, 采用层次分析法与熵值法组合赋权, 整合模糊综合评价法建立组合评价模型。通过实地调研、统计数据与遥感数据融合的数据体系, 结合 ArcGIS 空间分析, 揭示新疆定额管理空间差异与薄弱环节。研究发现, 现行定额存在静态僵化、计量设施配套不足等问题, 据此提出“基准值+调节系数”的动态优化策略, 明确县乡两级调整机制并衔接基层管理流程。该研究为新疆农业水资源高效配置、节水农业发展提供科学支撑与实操参考。
关键词: 新疆; 农作物用水定额; 水资源管理; 评价指标体系; 动态优化策略

Evaluation and Optimization Strategies for Water Quota Management of Crops in Xinjiang Region

Huang Baolin

Agricultural Development Service Center of Jiuyun Street Town, China Xinjiang Changji 831501

Abstract: As a typical oasis irrigation agricultural region, Xinjiang's agricultural water use accounts for over 90% of the total, yet it faces prominent contradictions between supply and demand due to the uneven temporal and spatial distribution of water resources. To improve the refined management level of crop water use quotas, this study constructs an evaluation index system from four dimensions (including the scientificity of quota standards and effectiveness of management implementation) based on the Pressure-State-Response (PSR) model. A combined evaluation model is established by integrating the fuzzy comprehensive evaluation method, with weights determined via the combined weighting method of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Entropy Weight Method (EWM). Using a data system integrating field surveys, statistical data and remote sensing data, combined with ArcGIS spatial analysis, the spatial differences and weak links of quota management in Xinjiang are revealed. The study finds that the current quota system has problems such as static rigidity and insufficient supporting of metering facilities. Accordingly, a dynamic optimization strategy of "baseline value + adjustment coefficient" is proposed, clarifying the adjustment mechanism at the county and township levels and linking it with grass-roots management processes. This research provides scientific support and practical reference for the efficient allocation of agricultural water resources and the development of water-saving agriculture in Xinjiang.

Keywords: Xinjiang; Crop water use quota; Water resources management; Evaluation index system; Dynamic optimization strategy

1 绪论

1.1 研究背景与意义

新疆地域广、水资源管理系统复杂, 单一评价方法难全面反映农作物用水定额管理真实水平, 且定额管理涉及多维因素, 存在模糊性与不确定性。为克服传统评价主观随意性, 本研究引入组合评价视角, 构建基于多源数据的综合评价模型。参考行业用水定额提标效益测算思路, 结合层次分析法(AHP)、熵值法(EWM)和模糊综合评价法, 采用“多权重计算-多指标综合-分等级评价”方法, 主客观赋权结合, 定量评价定额管理综合效益与执行水平。

为支撑模型运行, 研究汇集多源异构数据构建信息底座, 涵盖实地调研、统计年鉴、政策文本及遥感反演数据。针对数据差异, 采用极差标准化法处理, 保障数据可靠可比。再利用 ArcGIS 平台关联综合评分与地理信息, 通过空间插值与聚类分析实现结果可视化, 直观识别不同区域及灌区用水定额管理空间差异与薄弱环节。

2 相关概念与理论基础

2.1 农作物用水定额的内涵与构成

农作物用水定额是农业水资源管理基准参数, 指在特定条件下, 保障作物正常生长达预期产量时, 单位种植面积的净灌溉水量标准。它由作物全生育期需水量、有效降

水量等多元素耦合而成,反映区域水资源承载与农业生产投入的关系。实际管理中,定额是核定农业用水总量、发放取水许可的依据,也是推进农业水价改革与节水奖惩的技术基础。

定额科学制定需考虑气象水文条件波动性,尤其是不同水文年型对作物灌溉需求的影响。传统定额编制侧重平水年,在气候变化背景下,需更具适应性。研究指出,综合考虑自然、用水条件并新增75%水文年型,可提高定额合理性与实用性。对新疆等干旱半干旱地区,增设不同保证率定额指标,能精准指导枯水年水资源配置。

灌溉水有效利用系数是连接净定额与毛定额的桥梁,受输配水工程等制约。测算需基于严格灌溉试验与典型区监测,通过分析不同分区该系数,结合种植结构与节水改造进程,可动态校核定额值,为构建农业水资源管理理论模型提供量化支撑。

2.2 农业水资源管理相关理论

水资源可持续利用理论为新疆农业用水定额管理划定认识论边界,强调代际公平与生态承载力约束,规定农业灌溉不能耗竭地下水或破坏荒漠绿洲生态。最严格水资源管理制度理论确立“三条红线”,将用水定额作为用水效率控制红线的微观执行基准,强化行政约束。公共物品理论指出农业水资源准公共物品属性,揭示单纯依靠市场机制易引发“公地悲剧”,需政府主导的定额管理来矫正市场失灵。这些理论共同构建定额制定原则框架,即在保障区域粮食安全与社会稳定前提下,通过定额约束实现水资源在经济产出、社会保障与生态维系间的价值协同与最优配置。

定额修订技术路径依赖扎实现状调查与评价,高耗水用水调查与节水评价是重要技术支撑,为定额修订提供依据。对新疆等高耗水农业区,要从经验估算转向基于实测数据的精准评价,识别现状用水与先进节水标准的差距,精准界定定额调节空间,提升定额科学性 with 覆盖性,为后续优化策略提供量化基准。

3 新疆地区农作物用水定额管理现状分析

3.1 新疆农业水资源概况与利用特征

新疆深居欧亚大陆腹地,水资源天然禀赋稀缺且时空分布不均。其水资源主要源于高山冰雪融水与山地降水,空间上“西多东少、北多南少”,时间上春夏丰沛、秋冬枯竭。在此资源约束下,农业作为区域经济基础产业,长期占据用水总量主导地位,占比超90%,属典型绿洲灌溉农业。结合气候干旱、水资源匮乏现状,探究主要作物灌溉定额对发展节水农业、保障稳产高产意义重大。随着耕

地面积扩张,水资源供需矛盾加剧,农业用水挤占生态基本流量,资源型与工程型缺水并存的局面短期内难扭转。

农业灌溉方式正从传统粗放式大水漫灌向高效节水灌溉转型,滴灌、喷灌等设施农业面积扩大,农田水利工程网架结构渐趋完善。但不同灌区用水特征差异大、挑战不同。井灌区多分布在水资源匮乏或地表水管网难覆盖区域,依赖地下水,长期高强度开采致部分地区地下水位下降,形成地下水漏斗区,面临超采治理压力;河灌区依托地表径流,受极端水文事件和上游来水波动影响大,且渠道渗漏与蒸发损失制约利用系数提升。虽全区农业用水效率有所提高,但空间分异明显,部分老旧灌区量测水设施不足、精准计量滞后,严峻用水态势迫使管理重心向精细化定额管理制度转移。

3.2 现行农作物用水定额体系梳理

新疆已基本建成覆盖自治区、地州(市)及新疆生产建设兵团的三级农作物用水定额管理体系,该体系是区域水资源配置与取水许可管理的核心依据。现行定额标准主要依据典型年气象数据、灌溉试验站实测资料及分区灌溉工程状况制定,涵盖棉花、小麦等大宗农作物,并针对不同灌溉技术模式设定差异化数值。然而,行政区划定额与兵团独立定额在同一流域并存,导致跨区域水资源统一调度时标准不一、协调性差,部分地区上下游对同类作物执行双重标准,削弱了流域水资源管理整体效能。

基层执行规范化程度影响节水政策落地效果。定额用水管理是区域用水总量控制的基本制度,需梳理县域现状、提炼优化需求以实现规范管理。当前新疆县域承接上级定额时,常缺乏基于当地微气候和土壤质地的二次修正,出现“一刀切”问题。部分县市未建立与实际用水量的闭环反馈机制,计量设施覆盖与精准度不足,定额管理多停留在指标下达层面,缺乏对农户灌溉行为的刚性约束与精准指导。从科学性与适用性看,现行定额体系静态僵化,多以固定单值或简单区间值呈现,未充分考虑水文变化、作物需水规律及极端天气影响。

4 新疆农作物用水定额管理评价模型构建与实证

4.1 管理评价指标体系构建

构建贴合新疆干旱区实际的农作物用水定额管理评价指标体系,是推进水资源精细化配置、提升农业用水效率的关键支撑。指标体系设计遵循系统性、典型性、可操作性及因地制宜原则,以“压力-状态-响应”(PSR)模型为逻辑框架,结合新疆南北疆气候差异、主要农作物种

植结构、灌溉模式特点,从定额标准科学性、管理执行有效性、技术支撑完备性及综合效益四个核心维度展开顶层设计,既聚焦水资源刚性约束下的管理压力,也关注基层执行落地效果与技术适配性,全方位诊断管理实践中的堵点难点,为实证分析提供可量化、可操作的评价基础。

在定额标准科学性评价中,核心聚焦“标准与实际生产的匹配度”及“动态调整能力”。借鉴行业实践成果,构建包含农业“四性”的评估内容:覆盖性重点考察对棉花、小麦、玉米、瓜果等新疆优势农作物的涵盖范围;合理性紧扣当地土壤墒情、降水分布、灌溉习惯;实用性聚焦基层水利站、农户的执行便捷性;先进性对标西北干旱区节水标杆省份及新疆地方标准更新要求。

指标权重采用主观与客观结合的组合赋权法,提升评价结果的实操性与稳健性。层次分析法邀请水利管理、农业种植、节水技术领域的实操专家,结合基层工作经验判断指标相对重要性;最终构建多层次、多维度评价矩阵,为后续模型运算与数据处理提供标准化输入,客观反映新疆农作物用水定额管理的实际水平与优化空间。

4.2 评价模型选择与数据处理

新疆地域辽阔、灌区类型多样(绿洲灌区、坎儿井灌区、牧区灌溉等),水资源管理涉及基层水利站、灌区管委会、种植大户等多主体,单一评价方法难以适配复杂实操场景。考虑到定额管理中“标准执行度”“农户配合度”等指标存在模糊性,且基层工作需兼顾科学性与可操作性,本研究采用“主客观融合+模糊量化”的组合评价模型,具体整合层次分析法(AHP)、熵值法(EWM)与模糊综合评价法,形成“权重博弈-指标聚合-等级判定”的实操流程。

数据采集聚焦基层实操需求,构建“实地调研+权威统计+遥感补充”的三维数据体系:实地调研覆盖全疆14个地州市,面向基层水利站、种植大户发放问卷,采集定额执行率、灌溉设施配套情况等一手数据;核心统计数据取自近3-5年《新疆统计年鉴》《水资源公报》及各地州水利年报,确保数据时效性与可用性;针对偏远灌区统计数据缺失问题,引入MODIS遥感数据反演作物实际蒸散发、种植结构信息,弥补传统数据短板。

数据处理严格遵循基层工作规范:采用极差标准化法进行无量纲化处理,将用水定额、产值耗水等不同量纲指标映射至[0,1]区间,对“万元产值耗水量”等逆向指标采用倒数转换法修正;通过Excel搭建基础数据核算模板,方便基层人员重复核验。最后,借助ArcGIS空间分析功

能,将综合评分与灌区分布、水资源禀赋等地理信息关联,通过空间插值生成全疆定额管理水平分布图,直观呈现南疆绿洲灌区、北疆垦区等不同区域的管理差距,精准定位基层执行中的薄弱环节(如偏远乡镇技术支撑不足、小灌区定额落实不到位等),为差异化优化策略制定提供可视化依据。

5 存在问题与优化策略

5.1 主要问题与制约因素剖析

新疆农作物用水定额管理虽已形成基础框架,但受干旱区自然禀赋、基层实操条件及管理机制的多重限制,在一线应用中仍存在诸多突出短板,难以适配水资源精细化管理的实际需求。

核心问题在于定额标准的实操适配性不足与动态调整机制缺失。新疆南北疆气候差异显著,绿洲灌区、坎儿井灌区、山区灌溉等不同类型区域的土壤墒情、作物布局(棉花、小麦、瓜果等)差异极大,但现行定额多为“一刀切”的静态标准,未充分考虑县域及灌区层面的微观差异。且定额调整缺乏明确的实操流程,未与年度气象预警、作物生育期墒情监测数据挂钩,极端干旱或多雨年份,标准与田间实际需水严重脱节,基层水利站难以进行针对性调控。

计量监测基础设施薄弱是制约管理落地的关键瓶颈。田间末级渠系、滴灌系统量测水设施配套率不足60%,偏远乡镇老旧设施精度衰减严重,部分小灌区甚至依赖人工估测,数据误差大。加之基层水利部门资金短缺、技术人员不足,设施维护保养滞后,导致定额考核缺乏精准数据支撑,“算不清、管不住”的问题突出。

5.2 定额标准动态优化策略

针对新疆南北疆气候差异大、灌区类型多样、作物需水时空异质性强的实际情况,传统静态定额已无法适配基层精细化管理需求,需构建“数据支撑+分级适配+实操落地”的动态优化体系。

核心是建立“多源实测数据驱动”的定额调整机制,数据来源聚焦基层可获取渠道:整合地县气象站实时降水、气温数据,田间土壤墒情传感器监测数据,以及农户灌溉实操记录,替代单一理论模型测算。针对棉花、小麦、瓜果等主导作物,按生育期(播种、灌溉关键期、成熟期)划分定额区间,采用“基准值+调节系数”的实操公式,调节系数与年度降水距平、土壤墒情等级直接挂钩(如降水偏少20%以上时,定额上调10%-15%),确保标准贴合田间实际需水。

依托现有基层水利信息化平台升级改造,无需重复建设,实现动态定额的便捷核算与推送。配套出台《新疆农作物用水定额动态调整技术规程》,明确县乡两级职责:县级水利部门牵头,每年结合气象预警数据完成定额微调,每五年联合农业部门开展实地调研,整合灌区用水实测数据完成标准重修。

动态定额需与基层管理机制衔接,将分区域、分作物的动态标准嵌入水价收缴、节水补贴发放流程,比如超动态区间用水实行阶梯水价,节水达标农户给予直接补贴,让动态定额不仅“算得准”,更能“推得开、用得上”,切实提升基层水利站的执行效率与农户的配合度。

参考文献:

[1] 栗泓屿. 基于水资源承载力及供需平衡分析的玉林市水资源优化配置研究[D]. 广西大学, 2025.

[2] 苏冬源, 何令祖, 莫明珠等. 广西农业灌溉用水定额修订方法[J]. 节水灌溉, 2025(03): 100-104+112.

[3] 曹进军. 石羊河流域农业用水定额与重点治理综合效应评价研究[R]. 甘肃省水利厅石羊河流域水资源利用中心, 2023.

作者简介: 黄保林(1996.01-), 男, 甘肃甘谷, 硕士研究生, 水利工程师, 研究方向: 水资源管理、水利工程运行管理。