

巴楚县灌区高效节水灌溉技术应用与效益分析

托合提麦提·阿卜来提

新疆维吾尔自治区喀什地区巴楚县改水服务站

DOI:10.32629/hwr.v10i3.6893

[摘要] 巴楚县为叶尔羌河流域下游干旱绿洲县域,农业灌溉用水占比超90%,水资源短缺与利用低效制约农业可持续发展。本文以县域主要灌区为研究对象,通过实地调研、统计对比法,梳理膜下滴灌、低压管道输水等技术应用现状,从节水、增产、节本、生态四维构建效益评价体系。研究表明,截至2025年底,巴楚县高效节水灌溉面积达122.6万亩,灌溉水利用系数由2020年的0.52提升至0.74,亩均灌溉用水量减少43.1%,主要作物亩均增产15%~28%,亩均纯收益增加220~350元,同时有效遏制了区域土壤次生盐渍化趋势。针对当前技术推广过程中存在的老旧灌区配套不足、管护机制不健全、智慧化水平偏低等问题,提出完善工程配套、健全管护体系、推进智慧灌区建设等优化对策,为干旱区县域灌区高效节水改造提供实践参考与理论支撑。

[关键词] 高效节水灌溉;灌区;膜下滴灌;效益分析;巴楚县;干旱区

中图分类号: S275.1 **文献标识码:** A

Application and Benefit Analysis of High-Efficiency Water-Saving Irrigation Technology in the Canal Irrigation District of Bachu County

Tuohetimaimiti·Abulaiti

Water Improvement Service Station in Bachu County, Kashgar Prefecture, Xinjiang Uygur Autonomous Region

[Abstract] Bachu County is an arid oasis county in the lower reaches of the Yarkand River Basin, with agricultural irrigation water accounting for over 90%. The shortage and inefficient utilization of water resources constrain the sustainable development of agriculture. This article takes the main irrigation areas in counties as the research object, and through field research and statistical comparison methods, sorts out the current application status of technologies such as subsurface drip irrigation and low-pressure pipeline water delivery. A benefit evaluation system is constructed from the four dimensions of water conservation, yield increase, cost saving, and ecology. The research results show that by the end of 2025, the high-efficiency water-saving irrigation area in Bachu County will reach 1.226 million mu, the irrigation water utilization coefficient will increase from 0.52 in 2020 to 0.74, the average irrigation water consumption per mu will decrease by 43.1%, the average yield of major crops per mu will increase by 15% to 28%, and the average net income per mu will increase by 220–350 yuan. At the same time, it will effectively curb the trend of secondary soil salinization in the region. In response to the problems of insufficient supporting facilities, inadequate management and protection mechanisms, and low level of intelligence in the current technology promotion process of old irrigation areas, optimization measures such as improving engineering supporting facilities, improving management and protection systems, and promoting the construction of smart irrigation areas are proposed to provide practical reference and theoretical support for efficient water-saving renovation of irrigation areas in arid counties.

[Key words] High-efficiency water-saving irrigation; Irrigation district; Under-mulch drip irrigation; Benefit analysis; Bachu County; arid zone

引言

巴楚县位于新疆西南部,塔里木盆地西北缘、叶尔羌河下游,地理坐标介于77° 22' 79° 03' E, 38° 32' 39° 50' N,辖12乡

镇1林场,耕地约180.5万亩。区域属大陆性干旱荒漠气候,年均降水42.6mm、蒸发2286.3mm,水资源先天不足且分布不均,绿洲生态脆弱^[1]。农业是巴楚县主导产业,棉花、小麦、玉米、特色

林果等作物种植面积占耕地面积的95%以上,农业灌溉用水长期占据区域总用水量的90%以上,传统大水漫灌灌溉方式存在水资源利用率低、渗漏损失大、土壤盐渍化加剧等问题,与区域水资源刚性约束要求矛盾日益突出。

近年来,国家相继出台《全国中型灌区续建配套与现代化改造实施方案(2023-2025年)》等政策文件,自治区加大对南疆灌区高效节水改造的资金与技术支持力度,巴楚县依托政策红利与资金保障,规模化推进高效节水灌溉工程建设。截至2025年底,全县高效节水灌溉面积突破120万亩,成为南疆地区高效节水改造的重点县域。当前干旱区高效节水研究多聚焦流域或全疆层面,县域尺度实证研究薄弱,且缺乏系统效益量化分析^[2]。

本文基于巴楚县2020—2025年灌区水利统计数据、实地调研数据及农户访谈数据,系统分析巴楚县高效节水灌溉技术的应用现状,量化评估其综合效益,剖析现存问题并提出优化对策,旨在为巴楚县灌区现代化改造提供实践依据,为同类县域提供参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

巴楚县灌区主要依托叶尔羌河地表水灌溉,辅以地下水补充,全县划分为4个大中型灌区、12个小型灌区,灌溉总面积180.5万亩。区域土壤以砂质壤土为主,保水能力较弱,传统土渠输水渗漏损失率高达40%~50%,灌溉水利用系数仅0.52,远低于全国平均水平(0.56)。

县域作物种植结构以经济作物为主,棉花种植面积约105万亩,占耕地面积的58.2%;小麦、玉米等粮食作物种植面积约50万亩,占耕地面积的27.7%;红枣、杏等特色林果种植面积约25.5万亩,占耕地面积的14.1%。不同作物对灌溉方式的适应性差异显著,棉花、林果等经济作物适宜膜下滴灌,粮食作物适宜低压管道输水灌溉,为高效节水灌溉技术的差异化推广提供了基础条件。

1.2 数据来源

本文数据主要来源于三类:一是巴楚县水利局2020—2025年《灌区运行管理年报》《高效节水项目建设台账》,涵盖灌溉面积、用水量、工程投资、运行成本等核心数据;二是实地调研数据,2025年7—9月,选取4个大中型灌区、8个小型灌区的120户农户进行问卷调查,回收有效问卷112份,获取作物产量、灌溉成本、用工量等微观数据;三是参考《新疆水资源公报》《新疆叶尔羌河流域规划报告》等行业报告,确保数据的权威性与可比性。

2 巴楚县灌区高效节水灌溉技术应用现状

2.1 主要技术模式及应用范围

结合县域作物种植结构与自然条件,巴楚县高效节水灌溉技术以膜下滴灌、低压管道输水灌溉为主,辅以喷灌技术,形成“差异化适配、规模化推广”的应用格局。

2.1.1 膜下滴灌技术

膜下滴灌是巴楚县应用最广、面积最大的高效节水技术,

核心原理是将滴灌带铺设于地膜下方,通过低压输水系统将水肥精准输送至作物根区,实现“滴灌+覆膜+水肥一体化”协同应用。该技术主要应用于棉花、红枣、番茄等经济作物,适配县域砂质壤土保水能力弱、经济作物需精准水肥供给的特点。截至2025年底,全县膜下滴灌面积达92.3万亩,占高效节水灌溉总面积的75.3%,主要分布在农三师五十一团、五十二团及周边乡镇棉花种植区,以及红枣主产区的英吾斯塘乡、夏马勒乡。

2.1.2 低压管道输水灌溉技术

低压管道输水灌溉以地埋PVC/PE管道替代传统土渠,通过低压水泵将水输送至田间,减少输水过程中的渗漏与蒸发损失,具有施工成本低、操作简便、适配性广等特点。该技术主要应用于小麦、玉米等粮食作物灌区,适配县域粮食作物种植面积广、灌溉周期集中的需求。截至2025年底,全县低压管道输水灌溉面积达25.8万亩,占高效节水灌溉总面积的21.0%,主要分布在多来提巴格乡、阿纳库勒乡等粮食作物主产区。

2.1.3 喷灌技术

喷灌技术通过喷头将水雾化后均匀喷洒至田间,适用于地形平坦、需改善田间小气候的区域,主要应用于生态林、苗圃及特色花卉种植区。截至2025年底,全县喷灌面积达4.5万亩,占高效节水灌溉总面积的3.7%,呈逐步增长趋势,主要分布在县域生态林防护带及现代农业示范园区。

2.2 工程建设与推广模式

巴楚县高效节水灌溉工程推广采用“政府主导、资金整合、农户参与、市场化运维”的模式,确保工程落地与长效运行。

2.2.1 资金投入与工程实施

工程采用“政府主导、资金整合、农户参与、市场化运维”模式。资金以中央、自治区专项资金为主,地方配套为辅,2020—2025年累计投入8.6亿元,其中中央5.2亿元、自治区2.1亿元、地方及自筹1.3亿元。工程实施由县水利局牵头,委托具备水利施工资质的单位承担设计、施工与验收,严格执行《节水灌溉工程技术标准》(GB/T 50363-2018)等行业标准,确保工程质量达标。

2.2.2 运维管理与技术服务

建立“县水利局统筹、乡镇监管、村级运维、农户参与”的四级管护体系,县水利局负责制定运维制度、拨付运维经费,乡镇负责监督管理工作落实,村级组建专业运维队伍(每村2~3名),负责管道维修、设备调试等核心工作,农户承担日常清洁、设备操作等基础管护任务。同时,县水利局联合农业农村局,每年开展培训20余场次,培训1500余人次,发放手册3000余册,组建10支技术服务队伍,保障工程长效运行。

3 高效节水灌溉综合效益量化分析

3.1 节水效益分析

高效节水灌溉技术的核心效益为水资源节约,通过对比2020年(传统灌溉为主)与2025年(高效灌溉普及)的灌溉用水量数据,量化节水成效。

从灌溉水利用系数来看,2020年巴楚县灌区灌溉水利用系数仅0.52,2025年提升至0.74,提升幅度达42.3%,输水损失与田

间渗漏损失显著减少。从亩均灌溉用水量来看,传统漫灌亩均灌溉用水量为 $680\text{m}^3/\text{亩}$,高效节水灌溉后,膜下滴灌亩均用水量降至 $280\text{m}^3/\text{亩}$,低压管道输水灌溉亩均用水量降至 $360\text{m}^3/\text{亩}$,亩均灌溉用水量分别减少58.8%、47.1%。按全县122.6万亩高效节水灌溉面积计算,2025年全县年节约灌溉用水量约4.67亿 m^3 ,节约水量占全县农业灌溉总用水量的38.2%,有效缓解了区域水资源供需矛盾,为地下水压采、生态补水提供了水源保障。2025年,全县地下水开采量较2020年减少2.1亿 m^3 ,地下水位下降速率由2020年的0.82m/年降至0.35m/年,地下水超采治理取得显著成效。

3.2 增产效益分析

基于112户农户的实地调研数据,对比高效节水灌溉与传统灌溉的作物产量,分析增产效益。

3.2.1 主要作物产量变化

棉花作为县域主导作物,膜下滴灌应用面积最广,棉花亩均产量达420kg,较传统漫灌增80kg,增幅23.5%;小麦亩均550kg,增70kg,增幅14.6%;玉米亩均780kg,增130kg,增幅20.0%;红枣亩均1800kg,增400kg,增幅28.6%。按种植面积测算,全县年累计增产农产品2.86亿kg,保障粮食与农产品供给,支撑农业经济增长。

3.2.2 增产效益总结

高效节水灌溉通过精准供水肥,改善作物根区土壤水分、养分条件,解决了传统灌溉“水肥不均、旱涝不均”的问题,显著提升作物产量。按2025年巴楚县主要作物种植面积计算,全县年累计增产农产品2.86亿kg,有效保障了县域粮食安全与农产品供给,为农业经济增长提供支撑。

3.3 节本增效分析

高效节水灌溉在节水、增产的同时,减少了灌溉、施肥、用工等成本,实现节本增效。基于农户调研数据,从成本与收益两个维度量化分析。

3.3.1 成本节约

灌溉成本方面,传统漫灌120元/亩,膜下滴灌降至55元/亩、低压管道70元/亩,分别节约65元、50元。用工成本方面,传统亩均用工8个,高效节水降至3个,按日薪120元算,亩均节约600元。农资成本方面,水肥一体化使化肥、农药利用率提高20%~25%,亩均化肥用量减25kg、农药减1.2kg,节约农资成本80元。

3.3.2 收益增加

结合产量提升与成本节约数据,高效节水灌溉亩均纯收益显著增加。棉花由1800元增至2450元,增650元;小麦由1000元增至1350元,增350元;玉米由1200元增至1800元,增600元;红枣由3500元增至5200元,增1700元。全县年增纯收益约7.17亿元,农户种植积极性大幅提升^[3]。

3.4 生态效益分析

3.4.1 土壤盐渍化治理

传统大水漫灌易导致地下水位上升,盐分随水分蒸发在土壤表层积聚,加剧土壤次生盐渍化。高效节水灌溉通过精准供水,

减少田间渗漏,降低地下水位,同时地膜覆盖抑制土壤水分蒸发,减少盐分表聚。2020—2025年,巴楚县盐渍化耕地面积由65万亩降至52万亩,盐渍化耕地占比由36.0%降至28.8%,重度盐渍化耕地占比由12.0%降至5.5%,土壤盐渍化治理成效显著。

3.4.2 生态系统改善

一是农田生态环境改善,高效节水灌溉减少化肥、农药流失,农业面源污染负荷降低,农田土壤有机质含量由1.2%提升至1.5%,土壤理化性质逐步优化。二是区域生态补水增加,节约的灌溉水量用于叶尔羌河下游生态补水与荒漠植被灌溉,2025年生态补水量达1.2亿 m^3 ,区域胡杨林、荒漠灌木林植被覆盖度由38%提升至45%,鸟类、小型兽类等生物多样性显著增加,绿洲生态系统稳定性增强。

4 存在的主要问题

4.1 老旧灌区配套设施滞后

巴楚县部分老旧灌区(如小型灌区)建设时间较早,工程设计标准低,配套的输水管网、计量设施不完善,部分管道因老化、腐蚀出现渗漏、破损问题,影响高效节水灌溉效率。据调研,全县12个小型灌区中,6个灌区的管网老化率超过30%,10个灌区缺乏精准计量设备,无法实现灌溉水量的精细化管控,制约了高效节水灌溉效益的充分发挥。

4.2 工程管护机制不健全

尽管建立了四级管护体系,但仍存在管护责任不明确、运维经费不足、农户管护意识薄弱等问题。部分村级运维队伍人员专业技能不足,无法及时处理管道堵塞、滴头堵塞等故障;部分农户对节水工程的重要性认识不足,存在随意破坏灌溉设施、违规用水等行为,导致工程运行效率下降、使用寿命缩短。此外,县级运维经费仅能覆盖30%的基础管护需求,剩余经费缺口较大,影响管护工作常态化开展^[4]。

4.3 智慧化灌溉水平偏低

巴楚县高效节水灌溉以人工控制、经验调度为主,智慧化灌溉设备(如物联网传感器、智能控制阀、远程监控系统)应用率不足10%,仅在2个现代农业示范园区实现小规模试点。缺乏信息化管理平台支撑,无法实时监测灌溉水量、土壤墒情、作物长势等数据,灌溉调度的精准性与时效性不足,难以实现水肥资源的最优配置,与灌区现代化改造的目标存在差距。

4.4 技术推广差异化不足

针对不同作物、不同地块的灌溉技术适配性研究不足,部分非优势作物种植区盲目推广膜下滴灌,导致技术应用效果不佳;部分地形复杂地块的灌溉工程设计不合理,未能充分发挥节水增效作用。同时,高效节水灌溉技术的创新应用(如水肥一体化精准调控、盐碱地改良配套技术)推广力度不足,技术模式的多样性与灵活性有待提升。

5 优化对策与建议

5.1 推进老旧灌区配套改造

针对老旧灌区设施滞后问题,制定专项改造方案,依托灌区现代化改造专项资金,优先改造管网老化、计量缺失的小型灌

区。按照《灌区现代化改造技术标准》，更新输水管网、加装精准计量设备、配套水肥一体化系统，提升老旧灌区工程标准化水平。2026—2028年，计划完成6个小型灌区的配套改造，改造管网长度120km，加装计量设备200套，实现老旧灌区高效节水灌溉全覆盖。

5.2健全工程长效管护体系

一是明确管护责任，细化四级管护体系职责，签订管护协议，将管护成效纳入乡镇、村级考核，确保责任到人。二是保障运维经费，建立“财政补贴+农户自筹+市场化运营”的经费保障机制，县级财政逐年增加运维经费投入，同时对农户收取适度灌溉运维费，弥补经费缺口。三是强化农户培训，定期开展节水工程管护、设备操作等培训，提升农户管护意识与技能，建立农户管护激励机制。

5.3加快智慧灌区建设

依托新疆智慧水利建设整体规划，搭建巴楚县灌区信息化管理平台，整合灌溉水量、土壤墒情、作物长势等数据，实现远程监控、精准调度。推广物联网、大数据、智能控制等技术，在大中型灌区全面安装智能控制阀、墒情监测传感器，逐步实现高效节水灌溉的“数字化管控、精准化调度”。2026—2027年，完成4个大中型灌区的智慧灌区建设，实现灌溉数据实时共享、调度指令精准下达，智慧化灌溉设备应用率提升至50%以上。

5.4优化技术推广与创新应用

一是开展差异化技术推广，结合县域作物种植结构、地形条件，制定“一区一策、一作物一策”推广方案，针对粮食作物重点推广低压管道输水灌溉，针对经济作物重点优化膜下滴灌技术，针对生态林推广高效喷灌技术。二是加大技术创新支持，联合科研院所、水利企业，研发适配巴楚县干旱区特点的高效节水灌溉配套技术，如耐盐碱滴灌带、精准水肥调控系统、地形适配型喷灌设备，提升技术适配性与创新性^[5]。

5.5强化政策与资金保障

加大中央、自治区对巴楚县高效节水改造的政策倾斜与资金支持，整合水利、农业农村、乡村振兴等部门资金，形成资金

合力。完善地方配套政策，出台高效节水灌溉项目补贴、农户用水优惠等激励政策，调动农户参与高效节水改造的积极性。同时，鼓励社会资本参与，拓宽资金渠道，保障高效节水灌溉工程持续推进。

6 结论

巴楚县高效节水灌溉推广成效显著，形成以膜下滴灌为主、低压管道输水为辅的技术格局，2025年底高效节水面积达122.6万亩，灌溉水利用系数大幅提升，实现节水、增产、节本、生态多重效益。当前仍面临配套滞后、管护薄弱、智慧化不足等问题，需通过改造老旧灌区、健全管护体系、推进智慧建设、优化技术推广等措施解决。

巴楚县高效节水灌溉的实践证明，干旱区县通过规模化推广高效节水灌溉技术，是破解水资源短缺瓶颈、推动农业可持续发展的有效路径。未来，需持续推进灌区现代化改造，强化技术创新与管理创新，进一步提升灌区高效节水灌溉水平，为巴楚县乡村振兴与水利高质量发展筑牢水资源保障。

[参考文献]

- [1]新疆维吾尔自治区水利厅.新疆水资源公报(2020—2025)[R].乌鲁木齐:新疆维吾尔自治区水利厅,2021—2026.
- [2]李阳,王忠,吕洋.新疆叶尔羌河流域灌区高效节水灌溉模式与效益分析[J].水利水电技术,2023,54(8):112—120.
- [3]王浩,陈敏,李鹏.高效节水灌溉对干旱区农业经济的影响——基于新疆南疆县域的实证分析[J].农业经济问题,2023,(7):89—98.
- [4]刘勇,张婷,李刚.灌区高效节水灌溉工程管护机制研究[J].水利发展研究,2024,24(3):45—50.
- [5]李华,王健,刘超.干旱区高效节水灌溉技术创新与应用进展[J].水利科技与经济,2024,30(6):1—8.

作者简介:

托合提麦麦提·阿卜来提(1997—),男,维吾尔族,新疆皮山人,本科,中级职称,研究方向:水利专业工程建设。