

米,实现向艾西曼湖湿地首次生态补水;叶尔羌河和和田河分别生态补水 7.92 亿立方米和 3.51 亿立方米,补水范围从上中游扩展到下游;孔雀河生态补水 22.18 亿立方米,中下游断流长达 15 年的 503 公里河道恢复通航,到达营盘古城以下距罗布泊 265 公里处;塔河干流生态补水 64.42 亿立方米,为 1972 年断流、2000 年恢复生态输水以来输水量最多的五年。

通过实施生态输水调度,塔里木河流域“四源一干”河道两岸胡杨林得到有效淹灌,成功拯救了濒临枯竭的胡杨林植被,不仅促进林草种子顺利萌发,更推动植被自然更新与群落结构优化改善。在各胡杨林保护区内,以胡杨为核心的天然植被,其生长季各时段的植被指数均呈显著上升态势,自然植被整体长势持续好转。与此同时,中、高植被覆盖度的区域面积呈现稳步增加趋势,低植被覆盖度区域则明显向中、高覆盖度植被转变,天然植被长期以来的退化趋势得到有效遏制,流域生态系统正向良性循环方向发展。

通过实施生态输水调度,塔里木河流域“四源一干”河道两岸胡杨林的地下水获得了有效补给,河岸林生存所依赖的地下水位显著提升。伴随地下水位抬升,地下水水质同步改善,流域整体水环境呈现明显向好态势。其中,塔里木河干流的地下水补给成效尤为突出。以距离河道 1 公里处的监测数据为例,输水前后各关键生态监测断面地下水位均实现大幅上升:上游阿拉尔生态监测断面抬升 1.02 米,中游阿其克生态监测断面抬升 0.73 米,下游英苏与老英苏生态监测断面更是抬升 1.62 米。这一系列数据直观印证了生态输水对流域地下水系统的修复作用,为河岸林植被恢复与生态系统稳定筑牢了水资源基础。

通过实施生态输水调度,塔里木河下游植被恢复改善面积达 2285 平方公里,其中新增植被覆盖 362 平方公里,沙地面积减少 854 平方公里;植物物种从 17 种增至 46 种,过往难寻的野生动物变得常见。因输水后河道常年有水,水鸟成群栖息。曾被沙漠掩埋的 197 处 218 国道路段,如今已彻底畅通,生态输水带来的生态效益与社会效益显著,流域下游生态环境实现根本性好转。

4 输水调度存在的问题

流域内水利、农业、林草、自然资源等部门对实施胡

杨林生态输水的意义和重要性的认识上还不统一,协商沟通机制不健全,数据未实现共享,胡杨林需水量、供水量不够客观精准。

生态补水配套工程设施还不完善,通向胡杨林区的输水通道有限,致使生态水不能到达指定受水区域,引洪补水无法由线状扩展到面状,影响范围极为有限,沟汉“毛细血管”不畅,出现保护区局部过度淹灌和区域缺水并存。

部分引水口、河道漫溢区、生态闸口没有安装监测设施,水量通过估算或用简单的浮标法计算,不能真实地反映输水实际。汛期河道临时引水口、漫溢区未有效监测,水量计量不清,影响输水成效评估。

5 生态输水调度建议

进一步加强组织领导。流域管理机构要发挥牵头抓总、统筹协调作用。各州(地)、兵团师要提高政治站位,充分认识实施胡杨林生态输水调度的重要意义,建立协商沟通机制,密切配合形成合力,推进生态输水调度有序高效开展。

加快实施输水配套水利工程。修建生态闸、疏浚输水通道,确保有限的生态水量最大程度进入待保护保育的胡杨林区,扩大受水面积,提高补水效率,尽快补齐胡杨林生态输水调度短板。

加强监测,开展效益评估。尽快设置断面,安装监测设施,实施水量监测,准确计量生态水量。组织持续开展引洪补水效益实地监测和系统评估,深入谋划生态系统调度,不断推进胡杨林生态调度工作的精准性和靶向性。

强化考评监督。由流域管理机构牵头对胡杨林林区生态输水调度的具体工作进行年度目标考核。通过建立服务热线、设立公开电话或投诉信箱、发挥新闻媒体舆论监督作用等形式,加强督导检查,定期通报各项工作动态,确保生态输水调度调出成效。

参考文献

- [1] 中共新疆维吾尔自治区《关于加强全区生态文明建设的实施意见》(新党发〔2016〕8号)
- [2] 《塔里木河流域近期综合治理规划报告》新疆维吾尔自治区 中华人民共和国 北京:中国水利水电出版社 2002
- [3] 《关于加强南疆胡杨林生态保护建设管理工作的会议纪要》(新政阅〔2016〕4号)

Optimized design and practice of water conservancy projects for high standard farmland construction projects

Hongfeng Li

Huanning County Agricultural Science and Technology Service Center,

Yuxi, Yunnan, 652899, China

Abstract

The development of high-standard farmland constitutes a pivotal national strategy for ensuring food security and advancing modern agriculture. As a core component of this initiative, the design optimization of water conservancy projects directly determines their effectiveness. This study focuses on Huanning County in Yuxi City, Yunnan Province, addressing key challenges including mountainous terrain, uneven water distribution across time and space, and coexisting engineering-induced water shortages with seasonal droughts. The research systematically analyzes current challenges in Huanning's agricultural infrastructure. Four optimization strategies are proposed for mountainous regions: optimized water source allocation, comparative evaluation of water-saving irrigation technologies, eco-friendly design of irrigation systems, and intelligent management. Case studies from a representative project area demonstrate that optimized designs increased the effective utilization coefficient of irrigation water from 0.45 to over 0.75 while extending drought resistance by 35 days, achieving multiple objectives of water conservation, efficiency enhancement, and ecological protection. This study provides replicable theoretical foundations and practical models for high-standard farmland water conservancy projects in southwestern mountainous areas.

Keywords

high standard farmland; water conservancy project; optimized design; water-saving irrigation; mountainous area

高标准农田建设项目水利工程优化设计及实践

李红锋

华宁县农业科学技术服务中心, 中国·云南 玉溪 652899

摘要

高标准农田建设是保障国家粮食安全、推动现代农业发展的重大战略。水利工程作为其核心组成部分,其设计优化水平直接关系到项目成效。本文以云南省玉溪市华宁县为研究对象,针对其山地丘陵地形显著、水资源时空分布不均、工程性缺水与季节性干旱并存等核心问题,开展高标准农田水利工程的优化设计研究。首先,系统分析了华宁县农田水利设施的现状与瓶颈;其次,从水源优化配置、节水灌溉技术比选、灌排系统生态化设计与智能化管控四个维度,提出了适用于山地区域的优化设计策略;再次,结合华宁县某典型项目区的实践案例,详细阐述了优化设计方案的具体应用、关键技术参数及实施效果。实践表明,通过优化设计,项目区灌溉水有效利用系数从0.45提升至0.75以上,抗旱能力提高35天,实现了节水、增效、生态的多重目标。本研究为西南山地区域高标准农田水利建设提供了可复制、可推广的理论依据与实践范式。

关键词

高标准农田; 水利工程; 优化设计; 节水灌溉; 山地区域

1 引言

“藏粮于地、藏粮于技”战略的深入实施,将高标准农田建设推向了现代农业基础设施建设的核心位置。高标准农田旨在建成“田成方、路相通、渠相连、旱能灌、涝能排”的稳产高产田,其中,“旱能灌、涝能排”的核心功能直接由水利工程的规划设计与建设质量所决定[1]。特别是在我国西南山地区域,地形破碎、坡度大、水资源开发利用难度高,传统粗放的水利工程模式已难以满足现代农业对水资源

精准、高效、可持续利用的需求[2]。因此,对高标准农田建设项目中的水利工程进行系统性优化设计,具有极其重要的现实意义和理论价值。

云南省玉溪市华宁县地处滇中高原湖盆区的南缘,是一个典型的山区农业县。全县耕地以坡耕地和梯田为主,水资源总量虽相对丰富,但受制于喀斯特地貌下的蓄水保水能力弱、水利基础设施老化、灌溉技术落后等因素,水资源利用效率低下,“靠天吃饭”的局面未能根本扭转[3]。在此背景下,华宁县的高标准农田建设,尤其是水利工程板块,亟须一套融合了现代技术、生态理念与地域特色的优化设计方案。

本文立足于华宁县的实际自然地理条件与农业发展需

【作者简介】李红锋(1974-),男,中国云南玉溪人,本科,高级工程师,从事农田水利工程管理及应用研究。

求,旨在通过系统性的问题诊断,提出一套针对性强、技术集成度高、经济可行的水利工程优化设计体系,并通过对具体实践案例的剖析,验证其有效性,以期为同类地区的高标准农田建设提供科学参考与借鉴。

2 研究区概况与问题诊断

2.1 华宁县自然地理与农业概况

华宁县位于东经 $102^{\circ}49'$ ~ $103^{\circ}09'$ 、北纬 $23^{\circ}59'$ ~ $24^{\circ}34'$ 之间,属中亚热带半湿润高原季风气候,年均气温 16.3°C ,近些年均降水量约 $660\sim 770\text{mm}$,降水主要集中在5-10月,干湿季分明,水源枯季为每年1-4月,近年曲江河出现断流。境内地貌以山地、丘陵为主,间有盆地(坝子)和河谷,地势西北高、东南低。主要河流有南盘江支流曲江、宁州河、曲江河、青龙河等。农业是华宁县的支柱产业,主要种植柑橘、烤烟、水稻、玉米、蔬菜等经济作物和粮食作物。

2.2 水利设施现状与核心问题

通过对华宁县现有农田水利设施的广泛调研,我们梳理出以下主要问题:

水源工程短板突出: 现有水库、坝塘等多建于上世纪,部分存在病险隐患,蓄水能力下降。塘坝淤积严重,调蓄能力不足。缺乏小型、分散、高效的应急水源工程,应对极端干旱能力脆弱。

输配水系统效率低下: 骨干沟渠防渗率低,渗漏损失严重。田间渠系配套不完善,“最后一公里”问题突出。部分渠道仍为土渠,水资源在输送过程中损失率高达30%-40%。

灌溉技术落后: 大部分地区仍采用传统的大水漫灌方式,不仅水资源浪费严重,还容易导致土壤板结和养分流失。微灌、喷灌等高效节水灌溉技术覆盖率极低。

排水系统设计标准偏低: 现有排水沟渠断面不足,淤塞严重,遭遇强降雨时,农田易受渍涝灾害,特别是坝区低洼地带。

管理与信息化缺失: 缺乏现代化的量水、控水设施,用水管理粗放。信息化管控平台缺失,无法实现对水资源调配的精准决策和远程控制。

这些问题共同导致了华宁县农田灌溉水有效利用系数偏低(调研估算约为0.42-0.5),水资源已成为制约当地农业高质量发展的关键瓶颈。

3 高标准农田水利工程优化设计的必要性与原则

3.1 优化设计的必要性

水资源紧缺的客观要求: 我国人均水资源占有量远低于世界平均水平,且时空分布不均。农业是用水大户,通过优化设计提高灌溉水利用系数,是缓解水资源供需矛盾的根本出路。

提升防灾减灾能力的迫切需要: 全球气候变化导致旱涝灾害频发。通过优化灌排系统设计,提高工程设计标准,能够显著增强农田应对极端天气的韧性,保障粮食稳产。

推动农业现代化的发展要求: 现代化农业要求规模化、集约化、智能化生产。优化后的水利工程应与现代农业经营方式、智慧农业技术相匹配,为精准灌溉、水肥一体化等技术的应用提供基础条件。

保护生态环境的必然选择: 传统水利工程大量使用混凝土等硬质材料,对生态环境造成不利影响。优化设计需融入生态理念,减少对自然廊道的割裂,保护生物多样性。

3.2 优化设计的核心原则

系统规划原则: 水利工程优化不能孤立进行,必须与土地平整、田间道路、林网建设等统筹规划,确保各要素协调统一,发挥整体效益。

节水高效原则: 将提高全流程水资源利用效率作为核心目标,从水源到田间的每一个环节都力求减少损失。

生态友好原则: 在满足工程安全的前提下,优先采用生态型材料和结构,促进人与自然和谐共生。

技术先进原则: 积极引进和推广新材料、新工艺、智能管控技术,提升工程科技含量和现代化水平。

经济适用原则: 优化设计不仅要技术先进,更要经济合理,确保项目投资效益最大化,便于后期运行维护。

4 高标准农田水利工程优化设计策略

针对上述问题,结合山区半山区特点,提出以下四个层面的优化设计策略。

4.1 水源工程优化配置与联动调度

坚持“蓄、引、提、联”并举的原则,构建多源互补的水源保障体系。

“蓄”: 除险加固现有水库、坝塘,恢复并增加其蓄水能力。在地形条件允许的坡耕地高处,新建一批小型蓄水池、水窖,拦蓄地表径流,作为抗旱应急水源。

“引”: 对现有引水渠系进行防渗衬砌改造(如采用混凝土预制板、U型槽等),减少输水损失。

“提”: 在靠近江河但地势较高的地区,科学规划建设小型提灌站,开发利用地表水。

“联”: 建立“水库-坝塘-池、窖”联动调度机制。通过信息化平台,将多个分散的水源点连接成网络,在干旱时节进行统一优化配置,最大化整体供水效益。

4.2 节水灌溉技术精准比选与集成

摒弃“一刀切”的灌溉方式,根据作物结构、地形条件和经济性进行技术比选。

坝区及平坦梯田: 优先推广管道输水+畦灌/沟灌改进地面灌溉技术。通过低压管道替代明渠,直接输水至田间,再结合激光平地技术,实现地面灌溉的节水化。

经济作物区(如柑橘、蔬菜): 大力推广滴灌、微喷

灌等高效节水技术。滴灌适用于行播作物和果树，直接将水分输送到作物根部；微喷灌适用于育苗圃和蔬菜大棚，既能灌溉又能调节小气候。

陡坡地区：考虑采用涌泉灌或自带压力补偿的滴灌管，以确保在落差大的情况下灌水均匀。

集成设计：配套建设肥药一体化系统，将灌溉与施肥、施药相结合，实现水肥协同调控，提高农业生产效率。

4.3 灌排系统生态化与柔性设计

将生态理念融入工程设计，提升系统的韧性与可持续性。

生态渠系：在满足输水效率和防洪排涝要求的前提下，对部分田间渠道采用生态衬砌，如格宾网、雷诺护垫、生态混凝土等，为水生植物和微生物提供生长空间，增强水体自净能力。

“浅密通”排水系统：针对渍涝问题，设计“浅而密”的田间排水明沟或暗管网络，确保排水通畅，控制地下水位。排水沟与生态湿地、塘堰相结合，对排出的农田尾水进行自然净化后再排放或回用。

柔性护岸：对流经农田区段的河道、沟渠岸坡，采用植物护坡、土木材料复合护坡等柔性技术，替代硬质化护岸，减少水土流失，修复河流生态。

4.4 智能化管控平台构建

建设高标准农田水利信息化系统，实现“智慧灌排”。

感知层：在田间布设土壤墒情传感器、气象站、水位计、流量计等物联网设备，实时监测农情、水情、墒情。

网络层：利用4G/5G、LoRa等无线传输技术，将感知层数据回传至云端服务器。

应用层：开发智能灌溉决策支持系统。系统基于实时监测数据和作物需水模型，自动生成最优灌溉制度，并可远程自动/手动控制泵站、阀门启停，实现精准按需供水。

用户端：开发手机APP或网页平台，使管理人员和农户可随时随地查看信息、接收预警、参与管理。

5 实践案例：2021年华宁县宁州街道郭家营、那果片区高标准农田建设项目

5.1 项目区基本情况

项目区位于华宁县宁州街道，总面积约5300亩。地形以缓坡山地为主，主要种植作物为烤烟、水稻和蔬菜。原有水利设施以土渠为主，配套不全，灌溉保证率低。

5.2 优化设计方案应用

水源配置：对区内3座小坝塘进行除险加固，在山顶新建50座100m³的蓄水池。通过DN200-PE管道将小坝塘、蓄水池串联成网，形成“长藤结瓜”式的水源系统。

输配水系统：全面采用低压管道输水系统替代明渠。主干管采用UPVC管，地埋敷设；田间配水管采用PE管，配套给水栓和快速取水阀。设计灌溉保证率由原45%提高

至80%。

田间灌溉技术：蔬菜区（1000亩）：全部采用滴灌系统，每行蔬菜布置一条滴灌带，滴头间距30cm，流量1.6L/h。烤烟区（2500亩）：采用半固定式喷灌系统。支管和喷头可移动，轮灌作业。选用ZY-2型喷头，工作压力0.3MPa，射程18m。水稻区（1500亩）：推行“控制灌溉”制度，并配套完善的生态排水沟，沟深0.6m，底宽0.4m，采用生态格网护坡。

智能管控：建设中央控制室1座。布设土壤墒情监测站4处，气象站1处，管道压力、流量监测点12处。所有数据接入智能灌溉云平台。平台可根据预设阈值或模型决策，自动发出灌溉指令，远程控制泵站和电磁阀的启停。

5.3 实施效果评估

项目建成后，经过一个完整水文年的运行，效果显著：

节水效益：灌溉水有效利用系数从0.45提升至0.8，年节约灌溉用水量约42万m³。

增产增效：因灌溉保障率提高和灌溉适时，柑橘、烤烟、蔬菜平均增产15%，亩均增收约2000元。

生态效益：减少了地下水的开采，农田排水经生态沟渠净化后，水质明显改善。化肥和农药随水流失量减少约20%。

社会效益：大幅降低了农民的劳动强度，实现了“开关阀门”即可灌溉。智能化管理提高了水资源管理的现代化水平。

6 未来的高标准农田水利工程优化设计还应关注以下趋势：

与数字孪生技术融合：构建项目区水利设施的虚拟模型，通过实时数据驱动，实现更精准的模拟、预测和优化调度。

新能源的结合：在光照充足地区，探索“光伏+灌溉”模式，利用太阳能驱动水泵，进一步降低灌溉的碳排放和运行成本。

长效管护机制的创新：优化设计必须与后期管护机制相结合，探索政府、村集体、新型农业经营主体共同参与的可持续管护模式，确保工程长期发挥效益。

综上所述，唯有坚持科技引领、生态优先、系统治理的理念，对高标准农田水利工程进行持续优化和创新实践，才能筑牢国家粮食安全的基石，助力乡村全面振兴和农业高质量发展。

7 结论与讨论

本研究针对华宁县山地区域的特点，系统构建了高标准农田水利工程“水源优化—技术节水—生态友好—智能管控”四位一体的优化设计体系，并在宁州街道项目区成功实践。结果表明，该优化设计体系能够有效解决山地区域水资源调配难、利用效率低、管理粗放等核心问题，显著提升高