

Problems and precautions in the planning and design of small-scale agricultural water conservancy projects

Jing Fang

Yellow River High Lift Irrigation Development Center in LuanJingTan Ecological Migration Demonstration Zone, Alxa League, Inner Mongolia Mongolia, Alxa, Inner Mongolia, 750306, China

Abstract

As an important component of agricultural infrastructure, small-scale agricultural water conservancy projects play a crucial role in ensuring food security, improving irrigation efficiency, and promoting rural economic development. In recent years, with the acceleration of agricultural modernization, traditional water conservancy facilities have become unable to meet the production needs of efficient and water-saving, and engineering planning and design are facing new challenges. Due to resource constraints or outdated technological concepts, some regions have not fully considered the contradiction between water supply and demand, technological adaptability, and ecological carrying capacity during the planning stage, resulting in difficulty in sustaining the benefits of the project. In addition, due to the outflow of rural labor and insufficient capital investment, some projects have fallen into the dilemma of redundant construction or inefficient operation. How to balance production demand, resource utilization, and ecological protection through scientific design has become the core issue of current agricultural water conservancy construction. Studying the common problems in its planning and design and proposing improvement paths have practical significance for optimizing agricultural resource allocation and promoting rural revitalization.

Keywords

small-scale agricultural water conservancy projects; Planning and design; Issues and precautions

小型农田水利工程规划设计存在的问题及注意事项

方京

内蒙古阿拉善盟李井滩生态移民示范区李井滩黄河高扬程灌溉事业发展中心, 中国·内蒙古 阿拉善 750306

摘 要

小型农田水利工程作为农业基础设施的重要组成部分, 在保障粮食安全、提升灌溉效率及促进农村经济发展中发挥着关键作用。近年来, 随着农业现代化进程加快, 传统水利设施已难以满足高效节水的生产需求, 工程规划设计面临新的挑战。部分地区因资源条件限制或技术理念滞后, 在规划阶段未能充分考虑水资源供需矛盾、技术适配性及生态承载能力, 导致工程效益难以持续发挥。加之乡村劳动力外流与资金投入不足, 部分项目陷入重复建设或低效运行的困境。如何通过科学设计平衡生产需求、资源利用与生态保护, 成为当前农田水利建设的核心议题。研究其规划设计中的共性难题并提出改进路径, 对优化农业资源配置、推动乡村振兴具有现实意义。

关键词

小型农田水利工程; 规划设计; 问题及注意事项

1 引言

农田水利工程是农业生产的命脉, 其规划设计的合理性直接影响区域抗旱减灾能力与粮食稳产潜力。小型工程因贴近农户生产场景, 在灵活调度水资源、改善田间微环境方面更具优势, 但受制于技术门槛和认知差异, 实践中常出现系统性不足。部分项目因前期调研不充分, 导致水源分配失衡或工程布局失当; 有的过度依赖传统经验, 忽视现代节水技术与智能监测手段的应用; 更多案例则暴露了经济评估片

面化、生态预判缺失等问题。这些矛盾折射出基层水利建设中科学思维与综合统筹能力的短板。本文立足当前农业需求, 系统剖析规划设计环节的关键问题, 探索兼顾实用性与可持续性的解决路径, 为提升工程效能提供理论支撑。

2 小型农田水利工程的功能与作用

小型农田水利工程作为农业生态系统的调控中枢, 依托沟渠、塘坝、泵站等基础设施, 构建起多维度水资源管理框架, 其功能不仅限于传统灌溉排涝的物理边界。在空间维度上, 工程系统通过精准配水网络调节田间墒情动态, 既保障作物需水关键期的水分供给, 又能在汛期快速疏导地表径流防止内涝; 在时间尺度上, 依托蓄滞结合的设计逻辑,

【作者简介】方京(1985-), 女, 中国内蒙古阿拉善人, 本科, 助理工程师, 从事农田水利研究。

实现降水资源的跨季节分配,缓解干旱与洪涝交替引发的生产波动。技术层面,此类工程通过闸阀联动、水位传感等自动化装置,形成对土壤含水率与地下水位变化的动态响应机制,进而优化区域水循环模式。生态价值则体现在对微地形水系的修复重构,既维持农田生物多样性所需的湿润环境,又通过泥沙拦截和养分截留减少面源污染。从系统论视角审视,其本质是以人工干预弥补自然水循环的时空失衡,在提升农业抗逆能力的同时,维系水土资源可持续利用的脆弱平衡。

3 小型农田水利工程规划设计存在的问题

3.1 水资源管理不足

水资源管理不足往往源于对区域水循环系统多要素耦合作用的认知偏差,导致工程效能与生态可持续性间的矛盾凸显。当前规划环节对地表水与地下水转化关系的量化分析存在疏漏,未能构建涵盖降水入渗、侧向径流及蒸散耗水的动态平衡模型,致使取水方案偏离实际补给能力。技术层面,输配水系统设计常采用静态定额法确定灌溉需水量,忽视作物生育期需水规律与土壤墒情的时空异质性,造成高峰期用水紧张与平水期资源闲置的双重浪费。管理架构中,缺乏智能监测设备对渠系渗漏、蒸发损失的实时反馈,传统人工调度难以精准匹配田间需水波动。更为严峻的是,跨部门协作机制缺失使得工程规划与流域水资源配置方案脱节,局部过度开发引发地下水位持续下降或河道断流等次生问题^[1]。这种割裂式管理思维还体现在对回归水资源的循环利用设计空白,未能将排水沟网与蓄水设施形成闭合回路,削弱了水资源的重复增效潜力。

3.2 规划设计缺乏科学性

小型农田水利工程规划设计的科学性缺失,集中体现在对自然要素与工程系统交互机制的认知断裂,使得技术方案难以适配动态变化的农业水环境。传统规划模式过度依赖经验性参数,忽视土壤渗透系数、微地形集水能力及作物根系吸水特征的空间分异规律,导致输配水系统布局偏离实际水文地质条件,引发局部区域灌排效率衰减。技术层面,未将分布式水文模型与地理信息系统深度融合,无法精准模拟不同降水情景下地表径流与地下水的联动响应,致使闸坝高程设定或泵站扬程选择偏离最优阈值。设计过程中对水力计算简化过度,未考虑非恒定流条件下管道淤积对过水断面的渐进式侵蚀效应,埋下运行期流量分配失衡的隐患。材料选型与结构设计中,缺乏对冻融循环、盐碱腐蚀等环境因子的量化评估,加速设施老化并抬高维护成本。更为深层次的问题在于,规划阶段未构建涵盖气候波动、种植结构调整的长周期适应性框架,工程韧性在极端天气事件频发背景下暴露出明显短板。

3.3 经济可行性分析不全面

成本估算环节常局限于直接工程费用,忽视土地机会

成本、生态补偿支出及设施退化衍生的隐性维护投入,造成初期预算与后期实际支出的显著偏差。效益评估维度过于聚焦农业增产的直接经济价值,对水资源再生利用产生的环境正外部性、区域抗旱能力提升带来的社会效益缺乏量化转化机制,导致成本效益比计算失真。资金结构设计中,对地方财政配套能力与农户支付意愿的匹配度测算不足,融资渠道过度依赖政府拨款而忽略市场化运作潜力,弱化项目的财务自主造血功能。技术经济比选过程中,未将气候波动引发的灌溉需求变化、作物结构调整导致的用水模式转型等动态因子纳入贴现模型,静态分析框架难以反映工程真实经济寿命。此外,对替代技术方案的机会成本比较流于形式,未能结合区域劳动力价格与材料运输成本差异优化技术路径,间接推高单位水量的供给成本。

3.4 生态环境影响评估缺失

小型农田水利工程规划设计中的生态环境影响评估缺失,折射出对工程系统与生态服务功能交互机理的认知断层,导致技术方案难以兼顾水资源开发与生物多样性保护的双重诉求。规划阶段未建立涵盖水文连通性、土壤微生物活性及植被演替规律的多层次评价体系,致使沟渠硬化、泵站建设等工程行为改变局地微气候与物种栖息环境的潜在风险未被量化预警。设计环节对水系廊道切割效应的忽视,可能阻断鱼类洄游通道或两栖动物迁徙路径,破坏生态网络完整性。生态基流保障机制的空白设计,使得枯水期河道生态需水被工程取水挤压,诱发下游湿地萎缩或地下水补给链断裂。土壤盐分运移模型的缺失应用,加剧了灌排系统运行后盐分在耕作层与潜土层间的异常富集趋势^[2]。更深层问题在于,未将工程扰动纳入区域碳汇能力演变的动态评估框架,农田生态系统碳氮循环的再平衡过程失去科学预判,这种单向度的技术思维最终削弱了水利工程在生态安全格局中的协同价值。

4 小型农田水利工程规划设计的注意事项

4.1 合理进行水资源评估

水资源评估需构建多维度动态耦合的技术框架,尤其针对内蒙古阿拉善盟李井滩黄河灌区这类生态脆弱区,须精准协调地表水引黄能力与地下水补给的时空匹配关系。该区域扬黄灌溉工程规划中,需系统辨识黄河水沙情势年际波动特征,采用分布式水文模型解析河道径流与灌区退水的联动效应,避免过量引水扰动下游冲积扇地下水埋深阈值。技术层面应强化土壤-植被-大气连续体(SPAC)水分传输模型的应用,结合荒漠草原区高蒸发特性,优化渠系衬砌与膜下滴灌的协同节水模式,抑制潜水蒸发引发的盐分表聚风险。针对黄河水含沙量高的特性,需在泵站前池设计中集成泥沙絮凝沉降计算模块,保障输水系统长期过流稳定性。生态维度上,须划定灌区与贺兰山山前绿洲的生态缓冲带,运用生态水文学原理将胡杨林根系吸水深度纳入地下水采补

平衡方程。

4.2 采用科学的规划与设计方法

在内蒙古阿拉善盟李井滩黄河灌区扬黄节水改造中，需深度融合区域自然本底特征与工程运行需求。规划阶段应构建三维地质-水文耦合模型，精确解析黄河水入渗补给的时空分异规律，结合荒漠区土壤蒸发强烈特性优化输水渠道纵坡比降与防渗衬砌组合方案^[1]。设计层面需集成遥感反演与地面监测数据，动态校准灌区作物需水模数，运用智能算法匹配滴灌带布设密度与土壤入渗速率阈值，避免深层渗漏引发盐分活化。针对黄河水泥沙含量波动特征，须在泵站前池设计中嵌入水沙分离计算模块，结合紊流剪切应力阈值确定沉沙池几何参数。

4.3 加强经济与财务分析

在小型农田水利工程规划设计中强化经济与财务分析的深度与广度，亟需构建全生命周期成本收益的动态追踪框架，尤其对于内蒙古阿拉善盟李井滩黄河灌区这类生态-经济复合敏感区域。扬黄灌溉系统的成本核算需统筹考虑引黄水沙含量波动带来的泵站能耗增量、渠道清淤频次提升等隐性成本，结合荒漠草原区冻融循环对混凝土衬砌的侵蚀速率修正维护周期预算。效益评估须突破单一农业产出维度，将防风固沙林带管护投入与草场载畜量提升的协同收益纳入成本分摊模型，建立生态补偿成本与节水增产效益的联动核算机制。针对李井滩灌区农牧户支付能力差异，需运用空间聚类算法划分水费承受等级，设计阶梯式水价形成机制时融合玉米与苜蓿等作物的水分产值差异，同步嵌入水权交易市场的远期价值贴现因子。融资结构设计中应平衡政府生态补偿专项资金与社会资本收益诉求，探索将节水设施产权与节水认证收益捆绑的抵押融资模式。特别需关注黄河水沙资源化利用的技术经济边界，基于泥沙絮凝沉降能耗阈值优化沉沙池清淤成本分摊比例^[4]。

4.4 注重生态与环境保护

内蒙古阿拉善盟李井滩黄河灌区的扬黄灌溉工程中，规划阶段应优先维系黄河故道与荒漠草原过渡带的水文连通性，针对高扬程提水可能引发的河道生态基流削减问题，设计引水口位置时预留天然河岸缓冲带以保护土著植被根系发育空间。技术层面须耦合水土保持措施与节水灌溉技术，在输水渠系布设中嵌入生态跌水结构，利用重力势能自然复氧改善灌区退水水质，同时采用根系导渗技术控制沙质土壤区膜下滴灌引发的盐分侧向迁移。针对黄河水泥沙资源化利用需求，沉沙池设计需平衡清淤频率与底栖生物栖息地

稳定性，同步在弃土区实施草方格与沙枣混播的快速固沙技术。生态监测维度上，需布设地下水埋深-盐分-植被盖度协同观测网络，结合荒漠草原碳汇潜力评估结果动态调整灌排制度。

4.5 提升综合规划能力

在小型农田水利工程规划设计中强化综合规划能力，需构建多要素协同决策的技术框架，内蒙古阿拉善盟李井滩黄河灌区扬黄灌溉系统的迭代升级为此提供了实践样本。规划初期应整合水文地质、生态敏感区与农牧业生产的三维空间叠置分析，运用多源数据融合技术精准识别黄河高扬程提水区与荒漠草原过渡带的水土资源匹配阈值。针对李井滩灌区特有的风沙-盐碱复合胁迫，需耦合地下水数值模型与地表水动力模块，建立引黄水量-地下水回补-植被蒸散的动态平衡方程，确保灌排系统设计既满足玉米与牧草轮作的水分需求，又维持荒漠化逆转临界水位。技术路径上须突破单目标优化局限，在泵站群布局中嵌套生态基流保障算法，同步协调沉沙池清淤周期与黄河水沙通量变化规律，降低高含沙水流对输水建筑物的磨蚀风险。规划实施阶段需植入动态适应性管理模块，结合遥感反演的地表蒸散异常信号与地面监测井网数据，实时修正膜下滴灌系统的运行参数。

5 结语

小型农田水利工程规划设计的优化，是破解农业水资源约束、实现集约化生产的重要突破口。面对当前存在的技术粗放化、生态忽视及统筹不足等挑战，需从全生命周期视角重构设计逻辑。通过精准评估资源禀赋、引入动态模拟技术、强化成本效益分析，可有效提升工程的适应性与抗风险能力。同时，将生态修复理念融入沟渠布局与材料选择，既能减少环境扰动，又可增强系统的自然调蓄功能。未来发展中，需以多学科协作打破专业壁垒，结合地域特色创新工程模式，使水利设施真正成为连接自然生态与农业生产的韧性纽带，为乡村振兴注入持久动力。

参考文献

- [1] 赵洪亮.农田水利工程规划设计存在的问题及改善对策[J].电脑爱好者(电子刊), 2023(7):4581-4582.
- [2] 许有清.农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析[J].水电水利, 2023, 7(8):43-45.
- [3] 李贵良.小型农田水利工程规划设计的问题及注意事项[J].地产, 2023(14):0025-0027.
- [4] 韩祥国.农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析[J].当代农机, 2024(5):80-80.