

# 高效节水灌溉工程施工技术优化与实践研究

张军

平罗县陶乐吉兴水利水电工程有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i6.4508

**[摘要]** 在全球水资源日益紧张、气候变化加剧的背景下,发展高效节水农业已成为保障国家粮食安全、促进农业可持续发展的核心战略。高效节水灌溉工程作为其关键载体,其施工质量与技术水平直接决定了项目的长期效益与运行稳定性。本文以宁夏回族自治区平罗县高仁乡八顷村现代高效节水农业建设项目为具体案例,深入剖析了该项目在首部枢纽、田间管网、自动化控制及配套工程等环节所采用的关键施工技术,并重点探讨了针对当地地形、土壤、作物及水源条件进行的技术优化策略。研究发现,通过精细化的设计比选(如轮灌制度)、高标准的材料设备选型、严格的施工过程管控以及多专业协同的综合配套措施,能够有效解决干旱半干旱地区高效节水灌溉工程实施中的痛点,显著提升水资源利用效率和农业综合生产能力。本案例的实践经验可为我国西北乃至全国同类地区的高效节水灌溉工程建设提供有价值的参考与借鉴。

**[关键词]** 高效节水灌溉; 施工技术; 技术优化; 滴灌; 轮灌制度; 平罗县  
**中图分类号:** S275 **文献标识码:** A

## Research on Construction Technology Optimization and Practice of High-Efficiency Water-Saving Irrigation Engineering

Jun Zhang

Pingluo County Taole Jixing Water Conservancy and Hydropower Engineering Co., Ltd.

**[Abstract]** Against the background of increasingly tight global water resources and intensifying climate change, developing high-efficiency water-saving agriculture has become a core strategy for ensuring national food security and promoting sustainable agricultural development. As the key carrier, the construction quality and technical level of high-efficiency water-saving irrigation engineering directly determine the long-term benefits and operational stability of the project. This paper takes the modern high-efficiency water-saving agricultural construction project in Baqian Village, Gaoren Township, Pingluo County, Ningxia Hui Autonomous Region as a specific case study. It deeply analyzes the key construction technologies adopted in the head hub, field pipe network, automation control, and supporting facilities of this project, and focuses on discussing technology optimization strategies tailored to local terrain, soil, crops, and water source conditions. Research shows that through refined design comparison and selection (such as rotation irrigation systems), high-standard material and equipment selection, strict construction process control, and comprehensive supporting measures with multi-disciplinary collaboration, the pain points in implementing high-efficiency water-saving irrigation projects in arid and semi-arid regions can be effectively addressed, significantly improving water resource utilization efficiency and comprehensive agricultural production capacity. The practical experience of this case can provide valuable reference for the construction of high-efficiency water-saving irrigation projects in northwest China and similar regions nationwide.

**[Key words]** high-efficiency water-saving irrigation; construction technology; technology optimization; drip irrigation; rotation irrigation system; Pingluo County

### 引言

我国人均水资源仅为世界平均四分之一,且分布不均,农业

用水效率低制约经济社会可持续发展。在此形势下,党中央、国务院将“节水优先”确立为新时期治水首要方针。高效节水灌

溉技术精准、可控、高效,是破解农业用水困局、推动农业现代化转型的关键。该技术涵盖从水源取水到田间精准配水的完整链条,涉及多专业领域,且需与当地自然地理条件、农业生产模式深度融合。施工粗糙则效益打折,精心施工则效益远超预期。宁夏地处西北内陆,干旱半干旱,水资源匮乏制约农业发展。平罗县作为宁夏重要商品粮基地,农业用水矛盾突出。在此背景下,平罗县高仁乡八顷村现代高效节水农业建设项目,对缓解当地农业用水矛盾、推动农业可持续发展具有重要的示范意义。

## 1 项目概况与基础条件分析

### 1.1 项目基本情况

平罗县2022年高仁乡八顷村现代高效节水农业建设项目,旨在通过对0.64万亩(约6435亩)耕地进行系统性改造,构建一套现代化、智能化、高效化的农业灌溉体系。项目核心目标是通过工程措施,大幅提升区域内的水资源利用效率,降低农业生产成本,同时为农业产业结构调整 and 现代化经营奠定坚实基础。

### 1.2 区域自然与农业生产条件

根据项目文件及相关背景知识,可以推断出该项目所处区域具有以下典型特征:项目区位于宁夏平原,地势总体较为平坦,但可能存在局部微地形起伏。文件中提及对4#系统进行了“支管轮灌”与“分干管轮灌”的方案比选,这表明地形高差是影响系统设计的关键因素。该区域土壤类型可能以沙壤土或轻壤土为主,这类土壤渗透性强,保水能力相对较弱,非常适合采用小流量、高频次的滴灌或微喷灌技术,以减少深层渗漏损失。属于温带大陆性干旱气候,日照充足,昼夜温差大,适宜多种作物生长,但降水稀少,农业完全依赖引黄灌溉。因此,项目采用了“全部为加压系统”的设计,说明其水源可能是经过处理的黄河水或地下水,需要通过泵站加压后才能满足灌溉需求。这些基础条件共同构成了项目技术方案选择与施工优化的根本依据。

## 2 核心施工技术体系与优化实践

高效节水灌溉工程的成功,在于其每一个子系统都能高效、可靠地协同工作。八顷村项目构建了一个由首部枢纽、田间管网、自动化控制及配套工程组成的完整技术体系,并在多个环节体现了显著的优化思想。

### 2.1 首部枢纽工程: 系统的核心与安全保障

首部枢纽是整个灌溉系统的动力源和水质净化中心,其性能直接决定了下游所有设备的寿命和灌溉效果。(1) 加压泵站建设: 项目新建了一座建筑面积达613.17平方米的加压泵站,内含主、副厂房,安装了4台水泵,分别服务于4个独立的灌溉系统。这种模块化、分区化的设计,一方面便于管理和维护,另一方面也增强了系统的灵活性和可靠性。当某一区域需水量变化时,可以独立调控对应系统的水泵,避免了“大马拉小车”的能源浪费。(2) 多重过滤组合: 针对黄河水含沙量大、杂质多的特点,项目采用了“砂石+叠片过滤器”的双重过滤方案<sup>[1]</sup>。砂石过滤器能有效去除水中的大颗粒泥沙和有机物,而叠片过滤器则能精密拦截细小的悬浮物。这种组合过滤模式,相较于单一过滤方式,能更全面地保护下游昂贵的灌水器(如滴头),防止其堵塞,是保

障系统长期稳定运行的关键技术措施。(3) 精准计量与施肥一体化: 每个系统均配套了电磁流量计和施肥设施。电磁流量计能够实时、精确地监测灌溉用水量,为科学用水管理和水费计收提供数据支撑。施肥设施(通常指文丘里施肥器或注肥泵)则实现了水肥一体化,将可溶性肥料随灌溉水一同施入作物根区,不仅提高了肥料利用率,减少了环境污染,还节省了人工追肥的成本。这种“水-肥-药”同步管理的理念,是现代农业技术的重要体现。

### 2.2 田间管网工程: 精准输配的毛细血管网络

田间管网是连接首部与作物的“最后一公里”,其布局、材质和施工质量至关重要。(1) 分级管网与合理选材: 项目采用了干管→分干管→支管→滴灌带的四级管网结构。对于承压较高、埋深较大的干管和分干管,选用了强度高、耐腐蚀的PVC管道(总长93.41km);而对于靠近地表、需要一定柔韧性的支管,则选用了PE管道(总长45.65km)。这种根据管道功能和受力情况合理选材的做法,既保证了工程的安全性,又兼顾了经济性。(2) 滴灌带的大规模应用: 项目铺设了长达3901.95公里的滴灌带,这是实现“高效节水”最核心的终端设备。滴灌技术通过毛管上的滴头,将水缓慢、均匀地滴入作物根部附近的土壤,几乎不产生地表径流和深层渗漏,水分利用效率可达90%以上。文件特别强调“滴灌、微喷灌灌水器流量不应形成地表径流”,这充分体现了设计者对节水效果的极致追求<sup>[2]</sup>。(3) 精细化的附属设施建设: 为保障管网系统的安全和操作便利,项目配套建设了858座各类闸阀井、8处管道穿路和113处管道穿渠工程。这些看似微小的构筑物,实则是系统不可或缺的组成部分。闸阀井便于检修和分区控制,穿路、穿渠工程则确保了管道在穿越交通要道和现有水利设施时的结构安全,体现了施工组织的周密性和前瞻性。

### 2.3 轮灌制度优化: 基于地形的智能调度

轮灌制度是指将一个大的灌溉区域划分为若干个轮灌组,按计划轮流供水,以减小同时工作的管道流量,从而降低管径和水泵功率,节约投资和运行成本。八顷村项目在此方面展现了高度的精细化设计理念。项目并未对所有系统采取“一刀切”的轮灌方式,而是“以4#系统为典型做了支管轮灌和分干管轮灌方案比选”。最终,根据“地形及投资情况”,决定4#系统采用分干管轮灌,而1~3#系统采用支管轮灌。这意味着设计团队对每个子区域的地形高差、地块形状、作物需水等进行了详细分析和模拟计算。对于地形起伏较大、高差明显的4#系统,采用更高一级的分干管轮灌,可以更好地平衡各支管末端的压力,确保灌水均匀度;而对于地形相对平缓的1~3#系统,则采用更精细的支管轮灌,能进一步缩小轮灌组面积,提高用水的灵活性。这种“因地制宜、一区一策”的优化方法,是项目技术先进性的集中体现。

### 2.4 灌水器选型: 匹配农艺需求的核心

灌水器是直接和作物对话的终端,其选型直接关系到灌溉效果。(1) 小流量、低压原则: 文件明确指出,“宜选择小流量灌水器”,“喷灌灌水器宜优先选用低压喷头”。这一原则有双重优势:一是小流量可以延长单次灌溉时间,使水分有更充分的

时间入渗,减少蒸发损失,尤其适合渗透性强的沙质土壤;二是低压运行可以显著降低系统的工作压力,从而减小水泵能耗,延长管道和设备寿命,降低运行成本<sup>[3]</sup>。(2)杜绝地表径流:再次强调“滴灌、微喷灌灌水器流量不应形成地表径流”,这不仅是节水的要求,也是防止水土流失、避免养分随径流流失、维持田间良好作业环境的必要条件。这要求在设计阶段就必须精确计算土壤入渗速率,并据此选择合适的灌水器流量和布置间距。

### 2.5 综合配套工程:构建现代农业生态系统

高效节水灌溉并非孤立的水利工程,而是现代农业生产体系的重要一环。八顷村项目注重多措并举、综合配套。(1)田间道路工程:修建了适应农业现代化需要的田间道(机耕路)和生产路,路面宽度分别为3-6米和不超过3米。完善的道路系统,不仅方便了播种、施肥、收获等机械化作业,也为灌溉设备的安装、维护和日常巡查提供了便利,是提升农业生产效率的基础保障。(2)农田防护林工程:在平原地区加强农田防护林网建设。防护林能有效防风固沙、调节农田小气候、减少作物蒸腾,与高效节水灌溉形成协同效应,共同构建起一个更加稳定、高产的农田生态系统。(3)严格的管理制度:项目强调“建立专门的管理机构,配备专职管理人员”,并“制定严格的管理制度,及时进行水量监测和设备设施维护”。这表明项目管理者深刻认识到,“三分建,七分管”,再先进的硬件设施,若缺乏科学的运维管理,其效益也将迅速衰减。将工程措施与管理措施紧密结合,是确保项目长期发挥效益的根本保证。

### 3 施工关键技术要点与质量控制

基于上述设计方案,其施工过程必然涉及一系列关键技术要点和严格的质量控制措施。(1)管道安装:PVC和PE管道的连接方式(如胶粘、热熔对接、电熔连接等)必须严格按照规范执行,确保接口的密封性和强度。管道沟槽的开挖深度、坡度和平整度需精确控制,回填时应使用细土并分层夯实,防止管道因不均匀沉降而损坏。(2)过滤系统安装:砂石过滤器的滤料级配、填充高度,叠片过滤器的叠片清洁度和压紧程度,都必须符合设计要求。反冲洗管道的安装位置和坡度也需精确,以确保反冲洗效果。(3)自动化设备调试:电磁流量计、压力传感器、电磁阀等自动化设备的安装位置、接线和信号传输必须准确无误<sup>[4]</sup>。系统联调是关键环节,需反复测试,确保从中央控制器发出的指令能准确无误地传达到每一个执行单元。(4)滴灌带铺设:滴灌带的铺设应平直、无扭曲,与作物行向平行。其埋设深度或地表固定方式需根据当地农艺要求(如是否覆膜、是否免耕)确定。铺设完成后,需进行通水冲洗,清除管道内的杂质。

### 4 效益分析与推广价值

八顷村项目的实施,预计将带来显著的综合效益:(1)经济效益:通过节水(预计节水量可达30%-50%)、节肥、省工,直接降低农业生产成本;同时,精准的水肥供应有助于提高作物产量和品质,增加农民收入。(2)社会效益:项目的成功实施,为当地培养了一批懂技术、会管理的新型职业农民,提升了区域农业现代化水平,对巩固脱贫攻坚成果、推动乡村振兴具有积极意义。(3)生态效益:大幅减少农业用水,有助于缓解区域水资源压力;减少化肥流失,可有效防控农业面源污染,保护水生态环境。该项目的推广价值在于,它提供了一套完整的、可落地的干旱半干旱地区高效节水灌溉解决方案。其“精细化设计、高标准建设、智能化管理、综合化配套”的模式,对于我国北方广大缺水地区具有极强的借鉴意义。

### 5 结语

平罗县高仁乡八顷村现代高效节水农业建设项目,通过系统性的技术集成与深度优化,成功构建了一个高效、可靠、智能的现代灌溉体系。其核心经验在于:一是以水定技,精准匹配:所有技术选择均紧密围绕当地“水少、土沙、地平、光足”的自然禀赋展开,确保了技术的适用性和有效性。二是系统思维,协同优化:将首部、管网、灌水器、道路、林网等视为一个有机整体,进行统筹规划和协同设计,实现了1+1>2的综合效益。三是精细管理,长效运行:从设计源头就植入了全生命周期管理的理念,通过建立专业管理机构和严格制度,为工程的长期稳定运行提供了组织和制度保障。未来的项目可以在八顷村模式的基础上,进一步深化数据驱动的智能决策,例如利用土壤墒情传感器、气象站和作物生长模型,实现灌溉的全自动、自适应调控,真正达到“按需供水、精准到株”的理想状态。

### [参考文献]

- [1]桑之军.节水灌溉水利工程施工技术研究[J].中国设备工程,2023,(02):194-196.
- [2]孟建,王静.基于节水灌溉水利工程施工技术研究分析[C]//上海筱虞文化传播有限公司.Proceedings of 2023 Seminar on Engineering Technology Application and Construction Management.河南省武陟县武陟第二黄河水务局,2023:154-155.
- [3]高婕.节水灌溉水利工程施工技术探析[J].建材发展导向,2022,20(16):181-183.
- [4]陈影.节水灌溉水利工程施工技术探析[J].新农业,2021,(24):12-13.