

# 农田水利工程中的高效节水灌溉工程技术

代龙

重庆市垫江县乡村振兴服务中心

DOI:10.32629/btr.v8i10.5079

**[摘要]** 农田水利工程中,高效节水灌溉技术依托水分运移、作物需水适配等基础理论,发展出喷灌、微灌、滴灌等多种技术类型。工程结构涵盖水源、输水管网、田间设施、控制调节及附属配套设施,施工工艺包括前期勘测、基础施工、管网铺设、设备安装调试等环节。本文系统梳理了高效节水灌溉工程的技术原理、结构组成、施工流程及关键要点,为提升农田灌溉效率、优化水资源配置提供技术参考。

**[关键词]** 高效节水灌溉; 技术类型; 工程结构; 施工工艺; 水资源利用

中图分类号: S274 文献标识码: A

## Efficient Water-Saving Irrigation Engineering Technologies in Farmland Water Conservancy Projects

Long Dai

Rural Revitalization Service Center of Dianjiang County, Chongqing

**[Abstract]** In farmland water conservancy projects, efficient water-saving irrigation technologies are developed based on fundamental theories such as soil moisture movement and crop water demand matching, and include various types such as sprinkler irrigation, micro-irrigation, and drip irrigation. The engineering structure consists of water sources, water transmission pipe networks, field facilities, control and regulation systems, and auxiliary supporting facilities. Construction processes include preliminary surveying, foundation construction, pipeline installation, and equipment installation and commissioning. This paper systematically reviews the technical principles, structural composition, construction procedures, and key technical points of efficient water-saving irrigation engineering, providing technical references for improving irrigation efficiency and optimizing water resource allocation.

**[Key words]** Efficient Water-Saving Irrigation; Technology Types; Engineering Structure; Construction Process; Water Resource Utilization.

### 引言

水资源短缺与农业用水需求增长间的矛盾日益突出,传统灌溉方式因效率低下、浪费严重难以满足现代农业发展需求。高效节水灌溉技术通过精准控制水量、减少输水损失,成为缓解水资源压力的关键手段。随着材料科学、信息技术与农业工程的深度融合,滴灌、智能调控等新技术不断涌现,推动灌溉系统向高效化、智能化方向发展。

### 1 农田水利高效节水灌溉基础理论

#### 1.1 农田水分运移相关原理

农田水分迁移遵循多孔介质流动规律,重力势与基质势共同构成驱动力。在非饱和土壤中,水分传导率随含水率降低呈指数衰减,黏土因孔隙结构复杂表现出更强的持水特性<sup>[1]</sup>。水分再分布阶段,湿润锋推进速度随时间延长逐渐减缓,最终形成稳定的水分分布剖面。土壤水吸力与含水率关系曲线存在滞后效应,

脱水过程吸力值始终高于吸水过程,这种特性对灌溉制度制定具有重要影响。

#### 1.2 作物需水适配相关机理

作物水分需求由蒸腾作用与土壤蒸发共同构成,叶面积指数是决定蒸腾强度的关键参数。光照增强时,气孔开度增大促进蒸腾,但超过光饱和点后需水趋于稳定。作物存在水分利用效率阈值,轻度干旱胁迫可诱导根系合成脱落酸,通过调节气孔开度减少无效蒸腾。不同生育阶段需水规律差异显著,营养生长阶段需水侧重于构建光合体系,生殖生长阶段则集中于籽粒灌浆。根系吸水速率与土壤水吸力呈负相关,当吸力超过临界值时,吸水能力急剧下降导致作物萎蔫。

#### 1.3 节水灌溉技术应用基础

滴灌依托低压管道完成水肥定向输送,水流以层流形态流动,可有效规避土壤深层渗漏损耗。微喷灌借助旋转喷头雾化出

水,将水滴粒径控制在1~1.5毫米,既能均匀润湿作物冠层,又可防止表层土壤出现板结。膜下滴灌搭配地膜覆盖措施,能够抑制田间棵间蒸发,同步提升浅层地温,助力作物苗期健壮生长。变频调速技术可实时感知管网压力变化,动态适配水泵运行工况,维持灌溉系统持续高效运转,相较传统供水模式可降低能耗。土壤水分传感器搭配智能调控系统,能够依据作物不同生育期需水特征,自动匹配灌溉供水体量,实现按需精准补水。

#### 1.4 农田水利灌溉布设基本原则

灌溉单元划分应顺应地形等高线走向,单元面积需与灌溉设备控制能力匹配,避免跨单元供水造成压力波动。管网布置需兼顾经济性与可靠性,干管沿主风向延伸可减少风荷载影响,支管垂直干管布置以缩短末级管长。水源选择应优先利用地表水,地下水资源开发需进行可持续性评估,开采量不得超过补给能力的60%。灌溉制度制定需结合当地降水特征,雨养区应设置调蓄水池储备汛期雨水,干旱区需配套浅层地下水回灌设施维持生态平衡。系统设计应预留升级空间,便于后续集成智能监测与调控设备。

### 2 农田水利高效节水灌溉主要技术类型

#### 2.1 喷灌灌溉技术

喷灌技术通过高压水泵将水加压后经管道输送至喷头,利用喷头旋转或固定喷射实现均匀湿润<sup>[2]</sup>。该技术核心在于喷头结构与工作压力匹配,旋转式喷头借助水流反作用力实现360度旋转,射程可达数十米,适用于大面积农田;固定式喷头则通过多喷嘴组合实现扇形或全圆喷射,常用于局部灌溉或苗圃作业。喷灌系统需根据地形坡度调整喷头间距,确保湿润区域重叠率满足设计要求,避免出现漏灌或积水现象。

#### 2.2 微灌灌溉技术

微灌技术以低压管道为载体,通过微喷头或渗灌器将水缓慢输送至作物根区,具有节水高效、精准可控的特点。微喷头通过旋转或折射原理将水流分散为细小水滴,喷射半径通常小于5米,适用于果树、蔬菜等经济作物灌溉。渗灌器则埋设于地下,利用毛细作用使水分缓慢上升至根层,可显著减少地表蒸发损失。微灌系统需配备高精度过滤设备,防止微小孔隙堵塞,过滤精度需根据水质条件选择,浑浊水源需采用砂石过滤器与网式过滤器组合处理。系统运行压力较低,通常维持在0.1—0.3兆帕,对管道密封性要求较高。

#### 2.3 滴灌灌溉技术

滴灌技术通过滴头或滴灌带将水以点滴形式缓慢渗入土壤,实现根区局部精准供水。滴头流道设计是技术关键,迷宫式流道通过延长水流路径降低流速,涡流式流道则利用离心力消除杂质沉积,不同结构滴头适用于不同水质条件。滴灌带采用内嵌扁平滴头设计,具有安装简便、成本低廉的优势,但易受鼠害或机械损伤影响使用寿命。系统布设需根据作物种植模式确定毛管间距,果树灌溉通常采用单行毛管布置,蔬菜种植则采用双行毛管交叉布置。滴灌系统需定期冲洗管道,防止滴头堵塞导致灌溉均匀性下降。

#### 2.4 低压管道输水灌溉技术

低压管道输水技术利用管道替代明渠输送灌溉水,可减少输水过程中的渗漏与蒸发损失。管道材质选择需综合考虑成本、耐久性与施工条件,PVC管具有重量轻、耐腐蚀的特点,适用于地面铺设;PE管柔韧性好、抗冲击能力强,常用于埋地铺设;钢管则适用于高压或长距离输水场景。管道布设需遵循最短路径原则,减少弯头与接头数量以降低水头损失,地形起伏较大区域需设置排气阀与泄水阀防止气阻与冻胀破坏。系统运行压力通常控制在0.2—0.5兆帕,需配备安全阀防止超压损坏管道。

#### 2.5 渠道防渗节水灌溉技术

渠道防渗技术通过在渠床铺设不透水材料减少输水损失,常见防渗材料包括混凝土、土工膜与石材。混凝土衬砌具有强度高、耐久性好的优势,可采用预制板或现浇工艺施工,需设置伸缩缝防止温度裂缝;土工膜防渗层厚度通常为0.3—0.5毫米,需与砂垫层复合使用以提高抗穿刺能力;石材衬砌则利用天然石料拼接形成防渗面,适用于地形复杂区域。防渗渠道断面设计需兼顾水流条件与施工便利性,梯形断面适用于中小流量渠道,U形断面则具有水力条件优、抗冲刷能力强的特点。

### 3 高效节水灌溉工程结构组成与布设要点

#### 3.1 水源工程配套构造

水源工程是节水灌溉系统的基础支撑,需依据区域水资源条件选用地表水或地下水开发形式。地表水源取水口宜远离泥沙淤积区域与污染源,配套修建沉沙池及过滤设施,以此降低进水浑浊程度<sup>[3]</sup>。地下水源开发前应开展水文地质勘察,合理确定井体深度与取用规模,防止出现地面沉降、海水入侵等生态问题。水源工程均需配套设置水量计量装置,不同类型流量计可适配不同输水工况,各有适用优势。水质条件欠佳的区域应增设预处理设施,借助加药混凝、沉淀等工序净化水体杂质,为后续整套灌溉设施平稳运行提供可靠水源保障。

#### 3.2 输水管网系统组成

输水管网承担将水源输送至田间任务,需根据地形高差与用水需求设计管径与布局。干管负责长距离输水,通常采用PE管或钢管,管径选择需满足经济流速要求,流速过低增加管网投资,过高则引发水锤效应。支管连接干管与田间设施,管径随分支数量增加逐级减小,末端管径不宜小于25毫米。管网布设应遵循最短路径原则,减少弯头与三通数量以降低水头损失,地形起伏较大区域需设置排气阀防止气阻。埋地管道需铺设砂垫层保护,管顶覆土厚度应大于当地冻土层深度,避免冻胀破坏。

#### 3.3 田间灌溉设施配置

田间灌溉设施需根据作物种植模式与灌溉方式确定,喷灌系统需配置喷头、支架与移动轨道,喷头间距根据射程重叠率设计,确保湿润均匀性。微灌系统需铺设滴灌带或微喷管,滴灌带孔距应与作物株距匹配,微喷管喷射半径需覆盖作物冠层。果树灌溉常采用环绕式布管,蔬菜种植则采用平行式布管。田间设施安装需保持管件连接紧密,滴灌带末端需设置堵头防止漏水,微喷管需通过支架固定保持喷射角度稳定。

### 3.4 控制调节装置布设

控制调节装置实现灌溉系统的精准运行,首部枢纽需安装过滤器、施肥器与压力调节阀,筛网过滤器过滤精度应与滴头孔径匹配,文丘里施肥器利用负压原理实现水肥一体化。田间需布置电磁阀与压力传感器,电磁阀通过接收控制信号实现分区轮灌,压力传感器实时监测管网压力变化,数据传输至中央控制系统进行动态调节。智能灌溉系统可集成气象站数据,根据蒸发量与降雨量自动调整灌溉定额,提升水资源利用效率。

### 3.5 附属配套设施设置

附属设施保障灌溉系统长期稳定运行,排水系统需在低洼区域设置排水沟,防止田间积水影响作物生长,排水沟断面尺寸根据设计排水流量确定。道路系统应满足灌溉设备通行需求,田间路宽度不宜小于3米,路面采用砂石或混凝土硬化处理。电力设施需为水泵与控制系统提供稳定电源,低压线路应采用绝缘导线架设,配电箱需设置漏电保护装置。管理用房用于存放维修工具与备品备件,建筑面积根据系统规模确定,需配备通风与防潮设施。

## 4 高效节水灌溉工程施工工艺与流程

### 4.1 前期勘测与布局规划

施工启动前需开展系统性勘测工作,重点核查水源分布特征与地形地貌条件。针对地表水源,需测定枯水期最低水位及流速变化规律,结合河流含沙量数据评估取水可行性;地下水源勘查应通过地质雷达探测含水层厚度,结合抽水试验确定单井出水量。地形测绘需采用三维激光扫描技术,生成高精度数字高程模型,识别坡度突变区域并优化管道走向<sup>[4]</sup>。水源工程选址应避免开生态保护区与地质灾害频发带,地表水取水口需设置于水流平缓段,防止泥沙淤积影响设备运行。管网布局规划需结合作物种植模式,采用图论算法确定最短路径,确保各灌溉单元水压均衡。

### 4.2 基础工程施工工序

基础工程包含管沟开挖与结构浇筑两大核心环节。管沟开挖应遵循“分层分段”原则,先剥离表层腐殖土单独堆放,机械开挖至设计标高附近时改用人工精修,避免扰动原状土结构。沟壁处理需根据土质条件选择支护方式,粉质黏土区域采用木板桩支护,砂质土层则需浇筑混凝土护壁。镇墩浇筑前需进行地基承载力检测,对软弱土层进行换填处理,钢筋骨架绑扎应符合抗震设计要求,纵向钢筋搭接长度需满足规范限值。混凝土浇筑采用跳仓施工法,相邻仓块浇筑间隔不少于7天,防止收缩裂缝产生。

### 4.3 管网铺设安装工艺

管道安装需严格把控连接质量,PE管热熔对接时应控制加热板温度均匀性,采用红外测温仪实时监测,确保熔接面受热一致。钢管焊接需执行“先点焊、后满焊”工艺,焊缝打磨应顺金属纹理方向进行,避免产生应力集中。管道敷设需设置连续支撑,架空段采用U型卡固定,埋地段则需在管顶铺设警示带,防止后续施工破坏。地形起伏较大区域应安装自动排气阀,阀体垂直度偏差控制在规定范围内,确保排气功能正常。

### 4.4 田间设备安装调试

滴灌系统安装需保持滴灌带平直,采用专用固定卡扣防止位移,滴头朝向应与作物种植方向一致。微喷头安装高度需根据作物生长周期调整,初期安装于支架低端,随着植株增高逐步提升。电磁阀调试应检查动作可靠性,通过手动触发测试阀体开闭流畅性,电气连接需采用防水接头,绝缘电阻值符合安全标准。控制系统编程需输入作物需水规律参数,设置多级灌溉阈值,实现精准调控。

### 4.5 工程配套施工要点

排水系统施工需确保沟底纵坡满足自流排水要求,采用激光水准仪进行过程检测,侧壁砌筑应错缝搭接,砂浆饱满度达到标准。道路工程基层处理需清除浮土杂物,采用振动压路机分层压实,面层混凝土浇筑应控制坍落度,及时进行拉毛处理增强摩擦力。电力线路架设需遵循“强电下引、弱电上走”原则,电缆穿管敷设应留有松弛余量,防止热胀冷缩导致破损。管理用房建设需注重防潮处理,地面铺设防潮层,墙体设置通风口,门窗采用密封设计降低热损失。

## 5 结束语

高效节水灌溉工程的实施需统筹技术选型、系统设计与施工管理,通过科学规划水源布局、优化管网结构、配置智能调控设备,实现水资源的高效利用。工程实践中应注重技术创新与经验总结,强化全生命周期维护管理,确保系统长期稳定运行,为保障粮食安全与农业可持续发展提供坚实支撑。

### [参考文献]

- [1]石坚.农田水利工程高效节水灌溉技术的应用分析[J].中国农机装备,2026(2):117-119.
- [2]宋洪强.高效节水灌溉技术在农田水利工程中的应用要点[J].江西农业,2025(7):134-136.
- [3]高元蛟.高效节水灌溉技术在农田水利工程中的应用[J].河北农机,2025(4):135-137.
- [4]林根堂.高效节水灌溉技术在农田水利工程中的运用[J].农村实用技术,2025(3):73-74.