

高效节水灌溉工程规划与设计

丁晓军 申泽昊

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 在农业水资源日益紧张背景下, 高效节水灌溉工程技术成为保障农业可持续发展的关键。本文系统阐述了滴灌、喷灌、微灌等主流节水灌溉技术的原理与适用场景, 分析了灌溉系统组成及技术适配逻辑。从规划前期勘察、系统布局到用水量计算, 构建了完整的工程规划体系。针对取水、输水、田间设施及控制监测等设计环节提出关键技术要点, 并通过技术适配、系统衔接与节能降耗三方面优化路径, 为提升灌溉工程效能提供理论支撑与实践指导。

关键词: 高效节水灌溉; 工程规划; 工程设计; 技术适配; 节能降耗

引言: 农业是用水大户, 在水资源日益紧张的当下, 发展高效节水灌溉工程迫在眉睫。传统灌溉方式水资源利用率低, 造成大量浪费, 难以满足现代农业发展需求。高效节水灌溉技术凭借精准灌溉、减少蒸发渗漏等优势, 成为农业节水关键。通过科学规划与设计, 能充分发挥技术效能, 提高灌溉质量与效率, 降低水资源消耗, 保障农作物产量与质量, 对农业可持续发展和保障粮食安全意义深远。

1 高效节水灌溉工程技术基础

1.1 节水灌溉技术类型

在农业水资源高效利用领域, 滴灌、喷灌与微灌等主流节水灌溉技术各具特色, 为不同灌溉场景提供了多样化解决方案。滴灌技术基于毛细作用原理, 通过低压管道系统将水与养分精准输送至作物根系附近, 实现局部湿润灌溉。该技术特别适用于干旱地区、透水性强的沙质土壤以及经济价值较高的果树、蔬菜等作物种植^[1]。其核心优势在于显著减少水分蒸发与深层渗漏, 同时可结合施肥装置实现水肥一体化管理。喷灌技术利用喷头将水喷洒至空中形成细小水滴, 模拟自然降雨过程进行灌溉。该技术适用于地形起伏较大的区域以及大田作物种植, 具有灌溉均匀度高、适应性强等特点。微灌技术作为滴灌技术的延伸, 通过微喷头或渗灌管实现更精细的水分调控, 在花卉种植、温室栽培等场景中展现出独特优势。这些技术在实际应用中需重点关注系统压力管理、灌水器防堵塞以及田间布置规范等操作要点, 确保技术效能充分发挥。

1.2 灌溉系统组成

完整的高效节水灌溉系统由多个功能模块协同构成。水源取水系统作为灌溉源头, 需根据水质条件配置相应的预处理设施, 确保进入系统的水质符合灌溉要

求。输水系统承担着将水源输送至田间的重要任务, 其管道材质选择需综合考虑耐压性、耐腐蚀性以及经济性等因素, 管道布局应遵循最短路径原则以减少水头损失。灌溉喷头与滴头组件作为终端执行机构, 其性能直接决定灌溉质量, 需根据作物需求与土壤特性选择合适型号。控制组件包含压力调节器、过滤器、施肥装置等关键设备, 通过精准调控系统运行参数, 实现灌溉过程的智能化管理。各组成部分通过法兰连接、快速接头等方式实现可靠衔接, 设计时需重点关注接口密封性、系统水力平衡以及便于维护检修等要点, 确保整个系统运行稳定高效。

1.3 节水灌溉技术适配逻辑

技术选型需建立在对灌溉场景全面分析的基础上。水资源条件是首要考量因素, 在水资源匮乏地区应优先选择滴灌、微灌等高效节水技术, 而在水源相对丰富的区域可考虑喷灌技术。土壤特性直接影响水分入渗与保持能力, 沙质土壤宜采用滴灌以减少深层渗漏, 黏质土壤则可适当增大喷灌强度。作物类型决定着灌溉制度设计, 果树种植需重点关注根系分布特征, 蔬菜栽培则需满足频繁灌溉的需求。通过构建技术适配评估体系, 将水资源、土壤、作物等要素进行量化分析, 可为技术选型提供科学依据, 确保所选技术与实际灌溉需求形成精准匹配。

2 高效节水灌溉工程规划内容

2.1 规划前期勘察

规划前期勘察是高效节水灌溉工程建设的基石性工作。水资源勘察需从多维度展开, 既要调查地表水与地下水的赋存状态, 明确水源类型及分布特征, 又要通过长期水文观测掌握水量动态变化规律, 评估不同季节可利用水量。水质分析应涵盖矿物质含量、酸碱度、有

害物质浓度等关键指标,判断水源是否符合灌溉水质标准。对工程区域土壤特性的勘察需聚焦质地结构、孔隙率、持水能力等参数,通过取样分析确定土壤类型及肥力状况。地形地貌勘察要运用现代测绘技术,精确测量地面高程变化,识别坡度、坡向等地形要素^[2]。作物种植布局调查需详细记录现有作物种类、种植面积及轮作制度,结合农业发展规划预测未来种植结构变化趋势。灌溉需求分析要综合考虑作物生育期需水规律、土壤水分保持能力及气候条件影响,为后续设计提供量化依据。这些基础数据的准确性直接影响工程规划的科学性与可行性。

2.2 灌溉系统布局规划

系统布局规划需建立在对勘察成果深度解读的基础之上。水源取水点选址应遵循就近取水、水质优良、便于维护的原则,对地表水源要考虑防洪安全,对地下水源需评估开采可持续性。输水线路走向设计要统筹考虑地形条件、用地性质及工程经济性,优先选择地势平缓、障碍物少的路径,减少穿越道路、沟渠等特殊地段的次数。灌溉区域划分要结合地形特征与作物分布,将地形相似、作物需求相近的区域划为同一灌溉单元,便于实施统一灌溉管理。灌溉单元设置需兼顾系统运行效率与维护便利性,合理确定单元面积与控制范围。布局优化过程中要运用水力计算模型,分析不同方案下系统水头损失分布,通过调整管径、坡度等参数实现水力平衡,确保各灌溉区域获得均匀的水量分配。

2.3 灌溉用水量计算

用水量计算是精准灌溉的核心环节。作物需水量确定需采用参考作物蒸发蒸腾量与作物系数相乘的方法,参考作物蒸发蒸腾量可依据气象站观测数据,通过彭曼公式计算获得,作物系数则需根据作物种类、生长阶段及气候条件修正。土壤墒情监测要建立长期观测点,定期测定土壤含水率,掌握土壤水分动态变化规律。蒸发量测定可采用小型蒸发器或大型蒸发池,连续记录水面蒸发数据。灌溉定额制定要综合考虑作物需水规律、土壤有效持水量及降水补给量,通过水分平衡分析确定理论灌溉量,再结合灌溉方式效率系数进行修正。计算过程中要建立动态调整机制,根据作物生长阶段变化及时修正灌溉定额,既要满足作物生长需求,又要避免过量灌溉造成水资源浪费^[3]。

3 高效节水灌溉工程设计关键环节

3.1 取水工程设计

取水工程设计需紧密结合水源特性展开针对性部署。针对地表水源,取水构筑物设计要充分考虑河流水

文特征,在枯水期水位条件下确保取水可靠性,通过设置拦污栅、沉砂池等预处理设施,降低泥沙与漂浮物对取水设备的影响。对于地下水源,需根据含水层厚度与水质状况选择管井或大口井形式,合理确定井深、井径及滤水管配置,防止因过度开采引发地面沉降等环境问题。取水能力设计要基于灌溉系统最大用水需求,预留适当富余量以应对极端气候条件,通过设置调节水池或压力罐实现水量调节,保障供水稳定性。取水方式选择要兼顾经济性与适用性,在水量充沛区域可采用自流取水,在需要提升水位的场景配置合适功率水泵,水泵选型需通过水力计算确定扬程与流量参数,确保与整体灌溉系统需求精准匹配。

3.2 输水系统设计

输水系统设计要秉持高效节水理念优化各项参数。管道输水设计需根据流量要求与经济流速确定管径,通过水力坡降计算校核管道坡度,在满足自流输水条件下尽量减小埋深以降低工程成本。管道材质选择要综合考量耐压性、耐腐蚀性及使用寿命,在地质条件复杂区域采用柔性接口管道增强适应性。渠道输水设计要运用防渗技术减少渗漏损失,根据地形条件选择梯形或弧形渠道断面,通过衬砌材料比选确定最佳防渗方案,渠道坡度设计要兼顾输水速度与防冲刷要求。输水系统布局要遵循最短路径原则减少水头损失,在地形起伏较大区域合理设置跌水与陡坡等衔接构筑物,通过安装压力表、流量计等监测设备实时掌握输水状态,为系统运行调控提供依据。

3.3 田间灌溉设施设计

田间灌溉设施设计需实现精准化与均匀化目标。滴灌系统设计要根据作物根系分布特征确定滴头间距与埋设深度,在黏质土壤区域适当增大滴头间距,在沙质土壤区域减小间距以提高灌溉均匀度,滴头流量选择要结合土壤入渗速率避免产生地表径流。喷灌系统设计要依据作物冠层高度与种植密度确定喷头布置形式,在高大作物区域采用旋转式喷头扩大覆盖范围,在低矮作物区域采用固定式喷头增强灌溉精度,喷头工作压力控制要确保水滴雾化效果满足作物需求。微喷灌系统设计要兼顾灌溉与降温功能,通过调节微喷头角度与流量实现局部湿润与全株喷洒的灵活切换,在设施农业中展现独特应用价值。

3.4 控制与监测系统设计

控制与监测系统设计要构建智能化管理平台。控制模块设计要集成多种控制模式,时间控制模块可设定周期性灌溉程序,流量控制模块能根据土壤湿度自动调节

供水量,压力控制模块可维持系统稳定运行状态,通过模块化组合满足不同场景需求。监测设施配置要覆盖灌溉全过程关键参数,土壤墒情监测采用频域反射技术实现多点实时监测,气象站监测模块集成温湿度、风速风向等要素为灌溉决策提供环境依据,流量计与压力表监测设备运行状态确保系统安全^[4]。数据传输采用无线通信技术构建监测网络,通过云平台实现数据存储与分析,运用机器学习算法建立灌溉预测模型,根据作物生长周期与气候条件生成优化灌溉方案。系统界面设计要兼顾专业性与易用性,为管理人员提供直观的操作界面与决策支持。

4 高效节水灌溉工程规划与设计的优化路径

4.1 技术适配优化

技术适配优化需立足工程区域自然禀赋与生产特征开展系统性设计。针对水资源禀赋差异,在年降水量充沛区域可重点发展喷灌技术以扩大覆盖范围,在干旱缺水区域则应优先采用滴灌技术实现精准供给,通过技术差异化配置提升资源利用效率。土壤特性多样性要求技术选择具备动态调整能力,沙质土壤区域需通过增大滴头流量补偿快速入渗特性,黏质土壤区域则要减小滴头间距避免灌溉死角,这种适应性调整可使灌溉均匀度显著提升。作物种植结构演变对技术适配提出持续优化需求,经济作物种植区应集成水肥一体化装置提升综合效益,大田作物区则需配置移动式喷灌设备增强作业灵活性,通过技术组合创新满足多元化生产需求。技术参数优化要运用多因素耦合分析方法,综合考虑作物需水规律、土壤持水能力及气候条件影响,建立动态调整机制确保技术方案始终与生产需求保持高度契合。

4.2 系统衔接优化

系统衔接优化需突破传统分段设计思维,构建全流程协同运行体系。取水环节与输水环节的衔接要强化水量调节功能,通过设置缓冲设施平衡水源波动与输水需求,避免因压力突变引发系统故障。输水系统与田间灌溉设施的衔接需注重水力匹配性,管道末端要配置稳压装置确保滴灌系统工作压力稳定,渠道衔接处要设置流量分配设施实现精准灌溉。控制监测系统与执行机构的衔接要形成数据闭环,传感器布置密度要与灌水器间距相协调,确保监测数据能够及时触发调控指令,这种全系统协同设计可显著提升运行稳定性。各环节衔接结构

要采用标准化接口设计,既便于施工安装又利于后期维护改造,通过优化衔接节点构造减少能量传递损耗,使灌溉系统形成有机整体。

4.3 节能降耗优化

节能降耗优化需贯穿工程全生命周期管理。设备选型阶段要建立能效优先原则,水泵选型需通过特性曲线分析确定最佳工况范围,电机配置要采用智能调速技术实现流量按需调节,这种精准匹配可降低无效能耗。管道设计要运用流体力学原理优化管径组合,通过计算经济流速减少沿程阻力,在长距离输水工程中采用变径管道实现能量梯级利用。材料选择要兼顾功能性与环保性,采用新型涂层技术降低管道摩擦系数,使用再生材料制造灌溉设备减少资源消耗,这种绿色设计可降低全生命周期成本^[5]。运行管理阶段要构建智能调控系统,通过气象数据实时修正灌溉计划,在雨季自动调整作业程序,在高温时段优化喷雾降温策略,这种动态管理可避免能源浪费。节能设计要形成技术集成效应,将压力调节、流量控制、能量回收等技术进行系统集成,构建低能耗、高效率的现代化灌溉体系。

结束语

高效节水灌溉工程规划与设计是一项系统且复杂的工作,涉及多方面内容。从技术基础的把握,到规划内容的精准实施,再到设计关键环节的细致考量,以及优化路径的不断探索,每一步都影响着灌溉工程的质量与效益。通过科学合理的规划与设计,能够显著提升水资源利用效率,降低灌溉成本,促进农业增产增收。在实际工程中,需结合具体情况灵活运用相关理念与方法,推动高效节水灌溉工程不断发展完善。

参考文献

- [1]李保强,徐欣,张永泉.高效节水灌溉技术在农田水利工程中的应用[J].中国农机装备,2025(10):117-119.
- [2]朱臣.农田高效节水灌溉工程建设与管理的思考[J].农业灾害研究,2024,14(5):266-268.
- [3]李月彬.农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析[J].数字农业与智能农机,2024(5):68-70.
- [4]陈伯成,陈峰.农田水利工程节水灌溉技术探讨[J].农业灾害研究,2023,13(2):176-178.
- [5]陈广才.农田水利高效节水灌溉工程设计探讨[J].房地产导刊,2023(12):134-135,138.