

水利工程建设与农业灌溉系统优化设计

刘立丽

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 河北 石家庄 050085

摘要：文章聚焦水利工程建设与农业灌溉系统优化设计。阐述了水利工程建设对农业灌溉系统在资源调控、改善灌溉条件及增强抗灾能力等方面的重要意义，分析了当前存在的设施老化、灌溉效率低和水资源调配不合理等问题。基于此，提出遵循因地制宜、节水高效、可持续发展原则，从水利工程建设优化、农业灌溉系统技术升级、水资源调配与管理优化等方面进行改进，以提升农业灌溉效率，促进农业可持续发展。

关键词：水利工程建设；农业灌溉系统；优化设计

引言

农业作为国民经济的基础产业，其发展离不开稳定高效的水资源供应。水利工程建设是保障农业灌溉用水的重要支撑，而农业灌溉系统的优化设计则能进一步提高水资源利用效率。随着农业现代化进程的加快，传统水利工程建设与农业灌溉系统已难以满足现代农业发展需求。当前，水利工程建设与农业灌溉系统面临着诸多挑战，如设施老化、灌溉效率低下等。因此，深入研究水利工程建设与农业灌溉系统优化设计具有重要的现实意义。

1 水利工程建设对农业灌溉系统的重要意义

水利工程建设在农业灌溉系统中占据着举足轻重的地位，是保障农业生产稳定、高效发展的关键基础。从水资源调控角度来看，水利工程犹如巨大的“水调节器”。水库、塘坝等蓄水工程能够拦蓄天然降水，将丰水期的多余水资源储存起来，在枯水期释放，有效调节水资源的时间分布不均。这使得农业灌溉在干旱季节也能获得稳定的水源供应，避免因缺水导致农作物减产甚至绝收；引水工程可以将水资源从水源丰富地区调配到缺水地区，优化水资源的空间配置，扩大农业灌溉面积，让更多农田受益。在改善灌溉条件方面，水利工程发挥着不可替代的作用。渠道是农业灌溉的“血管”，新建或改造的防渗渠道能减少水在输送过程中的渗漏损失，提高水资源的利用效率。通过科学规划渠道布局，合理设置渠道断面尺寸和坡度，可确保水流顺畅，满足不同农田的灌溉需求。泵站等提水设施能够将低处的水提升到高处，克服地形高差对灌溉的限制，使山区、丘陵等地区的农田也能得到有效灌溉。水利工程建设还能增强农业灌溉系统的抗灾能力。在遭遇洪涝灾害时，水利工程可以拦蓄洪水，削减洪峰流量，减轻下游农田的受灾程度。

2 水利工程建设与农业灌溉系统的现状问题

2.1 水利工程施工设施老化严重

早期落成的水利工程因受限于当时的技术水平与建筑材料性能，在结构设计和施工工艺层面存在固有缺陷。以灌溉渠道为例，众多采用素土夯实或浆砌石的简易结构，在长期水流冲刷、冻融循环及基础不均匀沉降作用下，结构稳定性持续下降。渠道壁面出现的细微裂缝在水流侵蚀下不断扩张，发展为贯穿性渗漏通道，致使水资源在输送过程中大量流失。据测算，部分土质渠道的渗漏损耗率可达输水总量的30%-40%，降低了灌溉水的有效利用率。小型水库与塘坝同样面临严峻的老化问题。坝体因长期承受水压力、风浪冲击以及生物侵蚀，出现坝坡失稳、蚁穴渗漏等隐患；溢洪道与放水涵管因缺乏系统性维护，淤积堵塞现象频发，过水能力显著下降。雨季时，老化溢洪道泄洪能力不足，致使溃坝风险攀升；旱季中，放水设施故障频发，农田难获及时灌溉。传统泵站设备经长期高强度运行，机械部件损耗严重，运行效率下降20%-30%，故障多发，无法满足灌溉高峰用水需求^[1]。

2.2 农业灌溉系统效率低下

（1）农业灌溉领域，粗放型大水漫灌模式仍占主导，该方式忽视农作物需水特性，水分因蒸发与深层渗漏大量损耗，导致农作物实际吸水量不足灌溉总量40%。且因缺乏精准调控，土壤含水率难以维持作物生长最佳状态，过湿引发根系缺氧腐烂，过干阻碍植株发育，显著影响农产品产量与品质。（2）灌溉系统布局设计缺陷显著制约其运行效率。部分区域输水管道网络规划欠妥，管径规格不匹配、管线迂回曲折，致使水流输送过程中沿程阻力与局部水头损失过大，末端农田因水压不足，出现灌溉覆盖不均与水量供给匮乏现象。（3）多数灌溉系统仍依赖人工操作，从水源启闭到水量调节均需

人工现场控制,增加人力成本,且无法依据天气变化、土壤墒情实时调整灌溉策略,难以实现灌溉时间与水量的精确把控,与现代农业高效节水发展趋势严重不符^[2]。

2.3 水资源调配不合理

当前水资源调配体系缺乏系统性与科学性,难以实现区域水资源的均衡配置。不同区域间因地理条件、用水需求差异,水资源供需矛盾突出。在水资源丰富地区,存在过度引水、低效用水现象;而缺水地区则长期面临灌溉用水不足困境。农作物种植结构与水资源禀赋的不匹配,也加剧了用水矛盾,高耗水作物的大面积种植挤占有限的水资源。地表水与地下水的联合调度机制缺失,导致水资源开发利用失衡。过度开采地下水用于农业灌溉,使得地下水位持续下降,引发地面沉降、海水倒灌等地质灾害,破坏区域生态平衡。水利工程与灌溉系统在功能衔接上存在断层,水库、渠道、泵站等设施未能形成有机整体,水资源在存储、输送、分配环节的衔接不畅,造成水资源在转换过程中的大量损耗。缺乏有效的水资源监测与调配手段,难以根据水资源动态变化及时调整用水计划,导致水资源浪费与短缺问题并存,制约农业生产的可持续发展。

3 水利工程建设与农业灌溉系统优化设计原则

3.1 因地制宜原则

(1)水利工程建设与农业灌溉系统设计的核心在于与地域自然条件、农业生产特征的深度耦合。地形地貌因素直接影响系统布局,山区利用地势高差构建自流灌溉体系,通过重力输水减少动力设备依赖,降低能耗;平原地区则需结合农田布局与天然水系走向,优化渠道管网规划,确保输水路径短、水力条件佳,规避迂回输水导致的能量损失与水资源浪费。(2)气候条件对灌溉系统功能定位起决定性作用。干旱地区需强化水资源存储与精准利用,配置集雨工程与滴灌、微喷灌等节水设施;湿润地区则以排水防涝为重点,构建完善的排水沟渠网络,保障农田排涝顺畅。(3)土壤特性与作物种植结构是灌溉方式选择的关键依据。砂土保水能力弱,采用滴灌、微喷灌可减少深层渗漏;黏土透气性差,沟灌方式能有效避免积水。需依据作物生育期需水规律制定差异化灌溉制度,实现水资源精准供给,提升灌溉系统适配性与农业生产效率。

3.2 节水高效原则

以提升水资源利用效率为目标,节水高效原则贯穿水利工程与灌溉系统设计全程。在灌溉技术设备层面,大力推广滴灌、微喷灌、喷灌等先进节水方式。滴灌通过滴头将水直接输送至作物根系附近,减少蒸发与渗

漏,适用于经济作物,可使水分利用率达90%以上;微喷灌以细小雾滴喷洒,湿润范围广、蒸发少,常用于果园、菜地;喷灌模拟降雨,均匀度高、节水显著,适合大田作物。这些技术相比大水漫灌,能有效降低水分损耗,精准满足作物需水。水利工程建设中,渠道防渗是节水关键环节。采用混凝土衬砌、塑料薄膜防渗等技术,可大幅降低渠道输水渗漏损失,使渠道水利用系数显著提升。在灌溉系统水力设计上,通过科学计算管径、管长和坡度,优化水流路径,减少沿程阻力和局部水头损失,提高输水效率,确保末端农田获得充足水压与水量。借助信息化技术,构建智能灌溉控制系统,利用土壤湿度传感器、气象站实时采集数据,结合作物需水模型,自动调节灌溉时间和水量,实现灌溉精准化,避免水资源浪费,以有限水资源创造更大农业生产价值^[3]。

3.3 可持续发展原则

(1)水利工程建设与农业灌溉系统的优化设计,核心在于以可持续发展理念统筹农业生产需求与生态环境保护,在水资源开发利用环节,通过地表水与地下水协同调度,规避过度开采,维系水资源自然循环平衡;强化天然河道、湖泊及湿地生态系统的完整性保护,防止工程建设对水生生物栖息地造成破坏,保障生物多样性稳定。(2)施工阶段采用生态友好型技术,如预制构件的应用可有效减少现场污染,合理处置开挖土方以防控水土流失。灌溉系统推广再生水回用技术,经处理达标后用于农业灌溉,实现水资源循环利用,缓解供需矛盾。(3)材料设备选型遵循耐久性原则,优先选用PE、PVC等耐腐蚀、抗老化材料,降低更换频率与资源消耗;系统设计注重可维护性,构建定期检修机制,保障工程设施长期稳定运行。通过上述技术路径,实现农业生产与生态保护的协同发展,夯实水资源可持续利用基础,为农业现代化提供长效支撑。

4 水利工程建设与农业灌溉系统优化设计策略

4.1 水利工程建设优化

在规划环节,通过高精度测绘与水文数据分析,精准评估区域水资源承载能力,结合农业种植结构、地形地貌特征,科学规划工程布局与规模。多功能水利枢纽工程的建设可实现蓄水、防洪、灌溉、发电等功能一体化运作,通过水位调控与水量分配,满足不同季节、不同场景的用水需求,提升水资源利用效益。灌溉渠道的升级改造是关键。采用U型混凝土、复合土工膜等防渗材料与工艺,可降低渠道渗漏损耗,U型结构凭借良好的水力特性,能减少水流阻力,提升输水效率,降低渠道维护成本。针对小型水库和塘坝,通过坝体加固、溢洪道

拓宽、放水设施更新等工程措施,增强其稳定性与安全性,提升蓄水调洪能力,保障灌溉水源的稳定供应。老旧泵站的改造聚焦设备更新与系统优化,选用高效节能的轴流泵、离心泵及变频电机,优化泵站管路布局,通过水力模型模拟与参数调试,降低能耗,使提水效率提升30%以上,满足农业灌溉高峰期的大流量用水需求。

4.2 农业灌溉系统技术升级

(1) 农业灌溉系统技术革新围绕精准节水与智能调控展开,依据作物需水特性及种植模式灵活部署灌溉技术。滴灌系统利用毛管与滴头,将水肥精准输送至蔬菜、果树等经济作物根系,减少无效损耗,提升肥效,使作物产量与品质提升20%-30%。大田作物采用喷灌、微喷灌技术,以分散水滴保障灌溉均匀,节水率较漫灌提高40%-50%。(2) 智能灌溉控制系统的应用推动灌溉管理向自动化与精准化转型。该系统集成土壤湿度传感器、气象监测站及作物生长感知设备,实时采集土壤墒情、气象参数及作物生理指标数据,经数据处理算法与需水模型运算,生成科学灌溉决策方案。通过自动控制电磁阀、水泵等终端设备,实现灌溉时间与水量的动态调节。(3) 灌溉用水计量体系依托超声波流量计、电磁流量计等设备,构建起全域用水监测网络,为水资源精细化管理提供量化数据支持。该体系服务于灌溉成本精确核算,还为节水激励机制提供客观依据,有助于培育农户节水行为模式,推动农业灌溉向高效可持续方向发展^[4]。

4.3 水资源调配与管理优化

水资源调配与管理优化旨在构建科学高效的水资源利用体系。通过新建水库、塘坝等蓄水工程,以及铺设输水管网、开挖引水渠道等输水工程,实现水资源在时空上的合理调配,缓解区域间、季节间的供需矛盾。水资源监测网络的搭建,利用卫星遥感、物联网传感器等技术,实时获取水位、流量、水质等数据,结合大数据

分析与预测模型,掌握水资源动态变化规律,为调配决策提供科学依据。在灌溉管理中,用水总量控制与定额管理相结合,根据不同作物生育期需水量,制定差异化用水定额,将有限水资源分配至各灌区与农户。用水合作组织的建立,由农户自主参与灌溉用水管理,通过协商制定用水计划、协调用水纠纷,实现灌溉用水的公平分配与高效利用。灌溉系统维护管理方面,制定周期性巡检制度,利用无人机巡检、管道内窥检测等技术,对渠道、管道、设备进行全面检查,及时发现并修复渗漏、堵塞、设备故障等问题,同时建立设备维护档案,记录运行数据与维修历史,为设备更新与系统优化提供参考,保障灌溉系统长期稳定运行。

结束语

水利工程建设与农业灌溉系统优化设计是提升农业水资源利用效率、保障农业可持续发展的关键举措。通过遵循因地制宜、节水高效、可持续发展原则,从水利工程建设、灌溉系统技术升级以及水资源调配与管理等多方面进行优化,能够有效解决当前存在的问题。未来,应持续加强技术创新与实践探索,不断完善水利工程建设与农业灌溉系统,以适应现代农业发展的需求,为农业的高质量发展提供坚实的水资源保障。

参考文献

- [1]陈际旭,董璇.水利工程建设中水土保持绿化灌溉设计[J].水科学与工程技术,2025(2):52-53.
- [2]高振海.惠民县农田水利工程建设维护技术现状与优化研究[J].价值工程,2025,44(5):165-168.
- [3]章万静.一种农业自动化灌溉系统的高效能设计研究[J].农机化研究,2025,47(1):130-134.
- [4]贺艳娜.农业水利工程对提高农田灌溉效率的作用与实现路径研究[J].江西农业,2025(3):121-123.