

灌区节水配套水利工程设计优化研究

崔佰伟

河南省水务规划设计研究有限公司 河南 郑州 450000

摘要：随着水资源日益紧张，灌区节水配套水利工程的设计优化显得尤为重要。本文探讨了灌区节水配套水利工程的设计原则、主要节水灌溉技术以及设计优化方法。通过资源节约、安全性、经济合理、生态环保和协同性等原则指导工程设计，介绍了滴灌、喷灌及其他节水灌溉技术。在渠道防渗、灌溉技术、灌区建筑物和信息化管理系统等设计方面提出了具体的优化方法。提出了多元资金筹措、技术创新与人才支撑、全方位质量管控和公众参与等保障措施，旨在为灌区节水配套水利工程的设计优化提供理论参考和实践指导。

关键词：灌区；节水灌溉技术；节水配套水利工程设计优化方法；措施

引言：传统的灌溉方式存在水资源浪费严重、灌溉效率低下等问题，已难以满足现代农业发展的需求。本文旨在探讨如何通过科学的设计原则、先进的节水灌溉技术和有效的设计优化方法，提高灌溉水的利用效率，保障农业生产的可持续发展。

1 灌区节水配套水利工程设计原则

灌区节水配套水利工程的设计原则应综合考虑水资源的高效利用、工程的安全性、经济合理性以及生态环境保护等多个方面，具体原则如下：（1）资源节约原则。水资源是有限的，灌区节水配套水利工程的设计应秉持资源节约的原则。通过采用先进的节水技术和设备，优化灌溉制度和灌溉方式，提高灌溉水的利用效率，减少水资源的浪费。设计时充分考虑水资源的时空分布和变化，确保工程的可持续运行。（2）安全性原则。工程的安全性是设计的首要考虑因素。设计时应确保水利工程主体结构的安全性，避免因设计或施工缺陷导致的溃坝、决堤等事故。还要考虑工程在极端天气条件下的防洪能力，防止洪水对人民生命财产造成威胁。（3）经济合理原则。灌区节水配套水利工程的设计应遵循经济合理的原则。在保障工程功能的前提下，尽可能降低工程造价和运行成本。通过优化设计方案、采用适宜的材料和技术、提高施工效率等措施，实现工程的经济效益最大化。（4）生态环保原则。在水利工程的设计过程中，要注重生态保护，减少对生态环境的破坏。设计时应充分考虑工程对当地生态环境的影响，采取必要的生态修复和补偿措施。同时推广绿色水利工程设计理念和方法，实现水利工程与生态环境的和谐共生。（5）协同性原则。灌区节水配套水利工程涉及水源、渠道、田间设施等多个部分，各环节需协同运作。要确保不同区域、不同功能设施间有效衔接，形成有机整体，提升

整体节水效益^[1]。设计要有前瞻性原则，充分预估未来农业发展、气候变化对用水需求的影响，预留一定的升级改造空间，使工程能持续适应不断变化的实际需求。

2 节水灌溉的主要技术

2.1 滴灌技术

滴灌技术通过滴灌管向植物的根部滴水，显著减少了水分的蒸发和流失。这种方法非常适合果园和蔬菜园的灌溉，可以根据植物的需求精确控制水量，提高灌溉效率。滴灌系统通常由一系列滴灌管、过滤器、压力调节器和滴灌头组成。水从源头通过管道输送到农田，经过过滤器和压力调节器的处理后，通过滴灌头均匀滴在植物根部。滴灌头的设计使得水流以微小的流量滴出，能够确保水分直接输送到植物根部，避免了地面蒸发和深层渗漏。滴灌技术的优点在于节水效果显著，水的利用率可达95%以上。与传统的地面灌溉方式相比，滴灌能够减少大量的水分蒸发和流失，提高灌溉水的利用效率。滴灌技术的实施需要注意水质问题。由于滴头孔径较小，容易堵塞，因此应对水源进行严格的过滤处理。

2.2 喷灌技术

喷灌技术是将水喷洒在植物上，类似于自然降雨。这种方法适用于大面积的农田灌溉，能够均匀分布水分，减少浪费。喷灌系统通常由水泵、喷头、管道和控制系统组成。水泵将水从水源吸取，然后通过管道输送到农田，喷头将水以雨滴状均匀喷洒在植物上。喷灌系统可以根据需要调节喷头的喷洒范围和喷洒强度，以实现均匀灌溉。喷灌技术的优点在于节水效果显著，水的利用率可达80%以上。与传统的地面灌溉方式相比，喷灌能够减少大量的水分蒸发和流失，提高灌溉水的利用效率。喷灌技术的实施需要注意风力对喷灌效果的影响。当风速较大时，喷洒的水滴容易被吹散，降低灌溉的均

匀性和有效性。因此,在选择喷灌形式和设计喷灌系统时,需要充分考虑当地的气候条件。

2.3 其他节水灌溉技术

除了滴灌和喷灌技术外,还有以下多种实用的节水灌溉技术,如渠道防渗、管道输水、微灌、地下灌溉、渗灌和膜上灌等。(1)渠道防渗技术。通过在渠道表面铺设防渗材料,减少渠道输水过程中的渗漏损失。这种技术不仅能够提高灌溉水的利用效率,还能够降低地下水位,防止土壤次生盐碱化。常用的渠道防渗材料有三合土、砌石、混凝土和塑料薄膜等,可以根据实际情况进行合理选择。(2)管道输水技术。管道输水技术是利用管道将水直接送到田间灌溉,减少了水在明渠输送过程中的渗漏和蒸发损失。这种技术节省了渠道占地,能够克服地形变化的不利影响,且投资相对较小。常用的管材有混凝土管、塑料硬(软)管及金属管等,可以根据农田的实际情况进行合理选择。管道输水技术通常与喷灌、滴灌等田间节水措施配套使用,以实现更高的节水效果。(3)微灌技术。微灌技术是一种根据作物需水需求,通过管道系统和安装于末级管道上的灌水器,将水和营养物质均匀、准确地送到作物根部附近土壤层上的灌溉方式。微灌技术包括滴灌、微喷灌、渗灌等多种形式,具有节水、增产、优质的效果。微灌技术主要适用于果树、经济作物、花卉、草坪等作物的灌溉。(4)地下灌溉技术。地下灌溉技术是将灌溉水引入地下一定深度,通过土壤毛细管作用湿润作物根部附近的土壤层,以满足作物生长需水要求。(5)渗灌技术。渗灌技术是利用特制的渗灌毛管埋入地表以下,通过毛细孔以渗流形式湿润周围土壤。这渗灌系统能够持续、稳定地向植物根部供水,促进植物根系的发展,提高作物的抗旱能力。(6)膜上灌技术。膜上灌技术是在地膜覆盖的基础上,利用膜上行水或膜下滴灌等方式向作物供水。覆膜灌能够减少土壤水分的蒸发,提高土壤温度,促进作物生长^[2]。膜上滴灌和膜下滴灌是覆膜灌技术的两种主要形式,它们分别适用于不同作物和气候条件。

3 灌区节水配套水利工程设计优化方法

3.1 渠道防渗设计优化

渠道作为灌区水利工程的关键输水设施,其渗漏损失在总水量损失中占比颇高。传统土渠因土质疏松、孔隙较大,水分极易下渗,导致水资源浪费严重。为解决这一问题,新型防渗材料的选用至关重要。纤维混凝土凭借其良好的抗裂性能,可有效降低渠道裂缝产生,减少渗漏。相较于普通混凝土,纤维混凝土在同等条件下,能将渗漏量降低约30% - 40%。土工膜也因其卓越

的防渗特性被广泛应用。它具有质量轻、施工便捷等优点,铺设在渠道底部及边坡,能形成一道高效的防渗屏障。在渠道断面设计方面,梯形断面在小型灌区较为常见,因其施工简单、边坡稳定性好。但在大型灌区,U形断面优势明显,其水力半径大、糙率小,可有效提高输水能力,减少水头损失。为了进一步优化渠道防渗设计,还可在材料铺设工艺上进行创新。比如采用热焊接技术铺设土工膜,能提升拼接处的密封性。结合地理信息系统(GIS)精准定位渠道易渗漏区域,针对性地加强防渗处理,全方位降低渗漏风险,提升输水效率。

3.2 灌溉技术优化

传统漫灌方式用水量大,水资源利用率低,仅为30% - 40%。喷灌技术通过喷头将水均匀喷洒在农田,模拟自然降雨,能根据作物需水情况精准控制水量,水资源利用率可提高至70% - 80%。在地势较为平坦、种植面积较大的灌区,大型中心支轴式喷灌系统适用性强,可实现大面积自动化灌溉。微灌技术,如滴灌、微喷灌等,更是将水直接输送到作物根部,减少了蒸发和深层渗漏损失,水资源利用率高达85% - 95%。对于经济作物区或干旱缺水地区,微灌技术尤为适用。在确定灌溉技术方案时,综合考虑作物种类、土壤质地、地形条件及经济成本等因素。蔬菜种植区对水分精准度要求高,可优先选用滴灌;果园地势复杂,微喷灌则更为合适。通过建立灌溉决策模型,结合气象数据、土壤墒情和作物生长阶段,实时调整灌溉水量和时间,实现精准灌溉,进一步提高水资源利用效率。

3.3 灌区建筑物优化设计

灌区中的水闸、渡槽、涵洞等建筑物对水流控制和输送起着关键作用。在水闸设计中,合理确定闸孔尺寸至关重要。依据流量计算和水位控制要求,精准设计闸孔数量与宽度,确保在不同来水情况下,既能有效调节水位,又能满足过流需求。渡槽作为跨越障碍的输水建筑物,结构选型直接影响其造价和运行稳定性。在地形平坦、跨度较小的地段,可选用梁式渡槽,其结构简单、施工方便;在跨越深谷或宽阔河道时,拱式渡槽凭借其良好的受力性能和较大的跨越能力成为首选。在渡槽设计中,采用有限元分析软件对结构进行力学计算,优化槽身厚度和支撑结构,在保证安全的前提下,降低工程造价约10% - 15%。涵洞设计需充分考虑地基承载能力和水流冲刷问题。合理选择涵洞材料,如钢筋混凝土涵洞具有较好的耐久性和抗冲刷能力。对涵洞进出口进行防护设计,设置消力池、护坡等,减少水流对涵洞的破坏,保障其长期稳定运行。

3.4 信息化管理系统优化

构建涵盖灌区水资源监测、灌溉设备运行监控、气象信息采集等多模块的综合信息化管理平台,实现对灌区水利工程全方位、实时化管理。在水资源监测方面,利用传感器网络实时采集渠道水位、流量、水质等数据,通过无线传输技术将数据汇总至管理中心。管理人员可根据这些数据及时掌握水资源动态,合理调配水量。当某条渠道水位下降过快时,系统自动发出预警,管理人员可迅速采取措施,如调整上游水闸开度,保障渠道正常输水。对灌溉设备的远程监控,可实现对喷灌、微灌系统的启停控制、流量调节等操作。通过手机 APP 或电脑客户端,操作人员可随时随地对设备进行管理,提高灌溉管理效率。结合气象信息采集,如降雨量、气温、风速等数据,利用大数据分析和人工智能算法,预测作物需水量,为灌溉决策提供科学依据^[3]。在降雨来临前,系统自动调整灌溉计划,避免过度灌溉造成水资源浪费。

4 灌区节水配套水利工程设计优化的措施

4.1 多元资金筹措与合理调配

资金是灌区节水配套水利工程设计优化得以实施的基础。相关部门应发挥主导作用,设立灌区节水专项财政预算,加大对重点工程的直接拨款力度。对大型灌区的骨干渠道防渗改造、高效节水灌溉设施建设等项目给予足额资金支持。积极吸引社会资本参与,通过 PPP 模式,与企业合作共同开发建设。设立专门的资金监管账户,确保专款专用,对资金流向进行全程监控,定期审计,防止资金挪用,保障每一笔资金都切实用于工程优化设计与建设。

4.2 技术创新与人才支撑体系

技术创新是推动工程设计优化的核心动力。加强与水利科研院校、专业研究机构的产学研合作。联合开展课题研究,如研发新型高效防渗材料、精准灌溉控制技术等。重视人才培养与引进。定期组织工程技术人员参加专业培训,内容涵盖最新节水灌溉技术、工程设计规范等。同时,出台优惠政策吸引高层次水利人才投身灌区建设,充实技术力量。

4.3 全方位质量管控机制

在工程设计阶段,组建由资深水利专家、设计工程师组成的审核小组,对设计方案进行多轮评审,从节水效益、工程可行性、安全性等多维度把关,确保设计方案科学合理。施工过程中,建立质量巡查制度,安排专业监理人员对每一道工序进行实时监督,如渠道混凝土浇筑、设备安装等关键环节,严格按照施工标准执行,发现问题立即整改。施工完成后,进行全面质量验收,对工程实体质量、设备运行性能等进行检测评估,验收合格后方可投入使用。

4.4 公众参与与宣传教育

通过举办节水知识讲座、发放宣传手册等方式,向灌区居民普及节水知识与工程建设意义,提高公众节水意识。设立公众意见反馈渠道,如热线电话、网络平台等,鼓励居民对工程设计与建设提出建议。在工程建设过程中,优先雇佣当地劳动力,使其直接参与工程建设,增强其对工程的认同感与责任感^[4]。在渠道施工中,吸纳当地有一定施工经验的村民参与,既解决部分就业问题,又能让他们更好地了解工程,后期主动参与工程维护,形成全社会共同关心、支持灌区节水配套水利工程设计优化的良好氛围。

结束语:本文通过对灌区节水配套水利工程的设计原则、节水灌溉技术及设计优化方法的深入研究,提出了一系列切实可行的优化措施。这些措施的实施将有助于提高灌溉水的利用效率,保障农业生产的稳定发展。未来将继续加强技术创新和人才培养,完善质量管控机制,推动公众参与,为灌区节水配套水利工程的设计优化贡献更多力量。

参考文献

- [1] 靳伟. 水利工程灌区节水改造技术解析[J]. 建筑工程技术与设计,2021(2):21-22.
- [2] 邴玉超. 水利灌区节水配套改造的思考分析[J]. 城镇建设,2021(15):173-174.
- [3] 曹明. 灌区骨干节水工程渠道横断面设计方案比选研究[J]. 陕西水利,2024(4):92-95.
- [4] 张颖,王伟,卢发周. 中型灌区续建配套及节水改造现状及对策[J]. 水利技术监督,2021(8):164-166.