

水资源高效利用导向下节水水利工程设计策略研究

巩明

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

DOI:10.61369/ADA.2026010061

摘 要： 水资源高效利用是新时代水利建设的重要发展方向，节水水利工程设计是提升水资源利用效率、保障水利工程长效运行的关键环节。本文以水资源高效利用为核心导向，系统梳理供需适配、生态护航、多效协同的节水水利工程设计原则，深入剖析地形水文约束、用水需求波动、技术与工程结构适配不足、工程耐久性不足等现实设计难点，针对性提出地形精准适配、智能响应调控、技构一体化融合、基材强固长效的优化设计策略，以期为我国节水水利工程的科学规划、规范设计与高效实施提供理论参考，助力区域水资源集约高效利用与水利事业高质量发展。

关 键 词： 水资源高效利用；节水水利工程；设计策略；生态水利；供需适配

Research on Design Strategies of Water-saving Hydraulic Engineering under the Guidance of Water Resources Efficient Utilization

Gong Ming

Xinjiang Corps Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang 830000

Abstract： Efficient water resource utilization has become a pivotal direction for water conservancy development in the new era. Water-saving engineering design serves as a critical component to enhance resource efficiency and ensure sustainable operations of hydraulic projects. Centered on optimal water resource utilization, this study systematically outlines design principles encompassing supply-demand alignment, ecological safeguards, and multi-functional synergy. It conducts in-depth analysis of practical challenges including topographical-hydrological constraints, fluctuating water demands, inadequate technical-engineering compatibility, and structural durability limitations. The research proposes targeted optimization strategies featuring precise terrain adaptation, intelligent adaptive regulation, integrated technology-structure integration, and durable substrate reinforcement. These findings aim to provide theoretical references for scientific planning, standardized design, and efficient implementation of water-saving hydraulic projects in China, thereby promoting regional water resource conservation and high-quality development of water conservancy initiatives.

Keywords： efficient water resource utilization; water-saving hydraulic engineering; design strategies; ecological hydraulic engineering; supply-demand matching

引言

新时代我国水利建设迈入高质量发展新阶段，水资源集约高效利用已成为保障国家水安全、推进生态文明建设的核心要义。随着城乡融合发展、农业现代化提速与生态保护刚性约束持续强化，水利工程建设逐步向节水增效、生态友好、功能协同的方向深度转型。节水水利工程作为优化区域水资源配置、盘活全域用水效能的关键载体，其源头设计环节是把控工程品质、释放节水价值的核心关口，立足高效利用导向深耕工程设计逻辑，是顺应水利行业变革、筑牢水资源可持续利用根基的必然路径。

一、水资源高效利用导向下节水水利工程的设计原则

（一）供需适配提效控损

供需适配提效控损是节水水利工程设计的核心准则，始终以水资源高效利用为根本指向，锚定水资源供给与用水需求的精准契合这一核心。该原则立足区域水资源禀赋特征，统筹农业、工业、生活等多元用水诉求，将供需平衡作为工程设计的底层逻辑，

拒绝脱离实际的粗放式设计思路。其核心是通过遵循供需适配的设计逻辑，从源头规避供需错配引发的水资源低效消耗，严格把控输水、配水全流程的无效损耗，依托科学的供需匹配理念，规范工程规模、布局与输配体系的设计方向。这一原则确保水利工程设计始终贴合水资源高效配置的本质要求，让工程功能服务于水资源利用效率的提升，实现水资源供给与需求的动态适配，筑牢节水水利工程的设计根基。

（二）生态护航永续发展

生态护航永续发展是节水水利工程设计不可逾越的底线原则，深度契合生态文明建设与水资源可持续利用的核心要求。该原则将生态保护置于工程设计的优先层级，打破传统水利工程重工程效益、轻生态保护的设计局限，把水生态系统的健康与稳定作为设计的重要考量维度。其核心内涵是在工程设计全过程坚守生态优先理念，充分考量工程建设对水系连通性、河湖生态环境及水生境的影响，以保障生态流量、维护水生态平衡为设计前提，确保工程设计不突破生态承载阈值^[1]。这一原则平衡了工程建设与生态保护的关系，既保障水利工程发挥节水效能，又守护水生态系统的完整性，为水利工程长期可持续运行提供生态支撑，实现水资源利用与生态保护的协同发展。

（三）多效协同价值倍增

多效协同价值倍增是水资源高效利用导向下节水水利工程设计效益准则，立足工程综合价值最大化的设计目标，摒弃单一功能导向的传统设计模式。该原则以节水为核心导向，统筹整合水利工程的多元功能属性，将灌溉、防洪、生态补水、城乡供水等功能融入工程设计体系，通过功能协同的设计理念，提升工程的场景适配性与综合利用率。其核心是依托多功能集成的设计逻辑，让单一工程承载多元用水保障需求，在强化节水核心效能的同时，延伸工程的社会价值与经济价值。这一原则确保节水水利工程不仅实现水资源高效利用的核心目标，更能兼顾区域发展的多元需求，达成节水效益与综合效益的双向提升，最大化释放水利工程的资源价值与社会效能。

二、水资源高效利用导向下节水水利工程的设计难点

（一）水文地形约束布建

水文与地形条件的复杂性，是节水水利工程设计面临的基础性制约。不同区域地形地貌差异显著，山区地势起伏大、沟壑纵横，干旱区地貌开阔但水资源分布零散，均直接限制工程选址、输水线路规划与构筑物布设的合理性。地形起伏造成输水线路被迫迂回延伸，长距离、高扬程输水过程中，沿程水头损失、能量消耗大幅增加，输水效率难以保障。同时，区域水文情势存在时空波动性，径流变化、水位涨落等不确定性因素，使得工程设计参数难以精准确定^[2]。加之山区易受地质灾害、干旱区易受地表渗漏与强蒸发影响，进一步加剧工程布局与结构设计的难度，导致工程布设难以形成连贯高效的输配水体系，无法完全贴合水资源高效利用的基础要求，也让工程建设与运行的初始条件始终处于不稳定状态。

（二）需求波动调度棘手

用水需求的动态性与时空不均衡性，给节水水利工程设计带来显著的调度适配难题。农业灌溉受季节、作物生长周期影响，用水需求呈现明显的季节性峰值；工业生产用水连续性强、波动幅度不一；城乡居民生活用水相对稳定但时段差异突出。多元用水主体的需求在时间与空间上交错变化，传统水利工程固定化、单一化的设计模式，无法适配动态变化的用水需求。随着城镇化

推进与产业结构调整，用水需求的差异化、碎片化特征愈发明显，工程调度体系缺乏灵活适配的设计基础，既无弹性调节空间，也无动态适配机制，难以实现供需实时匹配，极易出现供水过剩或供给不足的问题，直接制约水资源高效利用目标的实现，动态供需匹配的设计难度持续凸显。

（三）技构适配衔接失度

现代节水技术与传统水利工程结构之间的兼容性不足，是制约节水效能释放的关键问题。精准灌溉、智能监测调控、信息化配水等新型节水技术，对工程结构的布局、尺寸、水力参数均有特定要求，而传统渠道、泵站、闸坝等水利构筑物，多依据常规输水配水标准设计，在结构形式、接口条件、运行模式上与新技术存在天然衔接短板。设计过程中技术体系与工程结构难以深度融合，传统结构缺乏适配智能设备的安装空间、数据监测点位与调控接口，结构参数无法匹配节水技术所需的压力、流量与流速标准，新技术无法依托工程载体有效落地。二者衔接断层直接导致节水技术应用效果大打折扣，工程整体节水效率难以达到预期标准，也让现代化节水手段难以真正融入工程运行全流程。

（四）工况损耗耐久存险

工程运行过程中的各类损耗与耐久性隐患，是节水水利工程设计必须直面的长期问题。输水过程中泥沙淤积易堵塞通道、改变水力条件，持续的水力冲刷会侵蚀工程结构，长期运行还会引发材料老化、构件性能衰减等问题，这些工况损耗直接影响工程运行稳定性与安全系数。若设计阶段未能对耐久性风险进行全面预判，未针对损耗问题开展前置性考量，会导致工程后期运行故障频发、使用寿命大幅缩短^[3]。随着运行时间推移，损耗问题会不断累积放大，结构渗漏、输水不畅等问题会进一步加剧水资源输配损耗，既增加后期运维成本与管理压力，也无法保障水资源高效利用的长效性，违背节水水利工程可持续运行的核心要求，让工程的节水效益随时间逐步衰减。

三、水资源高效利用导向下节水水利工程的设计优化策略

（一）精绘地形适配布点

在工程设计前期，全面采用GIS地理信息系统完成区域地形测绘与空间分析，结合专业水文模型开展径流、水位、流量等水文要素的定量计算，形成高精度地形水文基础数据。依托三维地形建模技术完成地形高程校准与地质条件叠加分析，将地形坡度、地表汇流条件、地下水位埋深等要素全面纳入点位设计依据。对多组输水线路方案进行量化比选，综合核算各方案的输水距离、水头损失、工程土方量，确定最优线路方案。同步开展野外实地勘测校验，将现场岩土特性、地表障碍物、地下构筑物分布等实地数据与模型数据相互印证，提升基础数据的真实可靠性。依据测绘与计算结果，对梯级泵站、调蓄池、输水管道等核心设施进行点位定制化设计，精准确定设施的布设位置、安装高程与建设规模。按照地形走势精细化核算输配水线路纵坡与埋深参数，合理设定管线坡度、转弯角度与连接形式，主动避让地形

起伏过大、地质条件薄弱区段。结合水文时序数据校核泵站梯级扬程与调蓄池有效容积，同步考虑地下冻土层、地下管线交叉等约束条件优化管线埋深，针对特殊地形区段增设过渡连接结构，对地质不稳定段提前设计加固防护形式，通过全要素、多维度的数据驱动设计，最大限度降低地形起伏与水文波动带来的输水损耗，实现工程布局与场地自然条件的深度适配。

（二）智调结构响应需求

在工程结构设计中采用模块化可调式构造形式，设计并配置可变孔径闸门、分层取水设施、可调式配水堰体等可调型构筑物，明确各类结构的调节范围与操作方式。细化各可调构筑物的调节精度与执行机构设计，确定闸门开度调节层级、取水层位高程间距、配水堰调节幅度等具体实操参数。同步搭建智能调度控制模块，将需水流量、供水时段、用水类型等参数纳入设计体系，建立结构调节与调度指令的联动机制，预留监测信号与控制指令的标准接入端口^[4]。在设计中嵌入多用户用水优先级逻辑，针对农业灌溉、工业生产、城乡生活用水设定差异化调度规则，预留季节调度、应急调度的程序接口。同步完成调节执行机构的双模式控制设计，兼顾自动调控与手动应急操作，在关键调控节点布设标准化监测点位，实时采集水位、流量等调控依据数据。针对不同季节、不同用水主体的需求变化，完善结构调节接口与调度切换路径，明确各调节单元的联动响应逻辑，通过构筑物参数的实时调整与调度模式的动态转换，稳定适配各类用水需求波动，构建响应及时、调控精准的柔性供水工程体系。

（三）技构一体增效节水

推行节水技术与水利工程结构同步设计、一体化融合，将滴灌、喷灌、低压管道输水等节水技术直接嵌入渠道、泵站、配水枢纽等工程主体设计中。采用全流程水力模拟软件逐段核算工程水力条件，根据节水技术运行压力、流量要求，反向优化渠道断面尺寸、泵站扬程、配水支管管径等核心水力参数，确保上游工程输出与末端技术需求精准匹配。设计工程结构与节水技术的专用衔接接口，统一法兰尺寸、接驳点位与布设间距，从构造层面消除技术与工程间的衔接障碍。针对不同节水技术的应用场景，分区优化配套工程结构形式，在大田灌溉区适配喷灌配套管网，在设施农业区匹配滴灌专用配水结构。在渠道、管线等结构内预

设节水设备安装基座、监测线缆敷设通道与流量监测点位，同步完成配水分流结构、压力调节设施的一体化布局。从水源输送、干线配水到末端用水全环节优化水力衔接关系，规避局部水头损失与压力失衡问题，在设计阶段明确技术与结构的同步施工工序，避免后期改造对工程整体造成影响，构建技术适配、结构协同、流程顺畅的节水工程体系，实现节水技术与水利工程结构的全方位无缝衔接。

（四）强固基材长效稳运

在工程设计中严格选定抗腐蚀、抗泥沙磨损、抗水力冲刷的工程材料，明确材料的性能指标与应用部位，确定混凝土强度等级、防腐涂层厚度、管材耐压参数等具体执行标准，针对不同运行区段工况匹配差异化材料方案。针对输水过程中的水力冲击、泥沙淤积等工况，优化结构受力分布与断面形态，采用流线型过流断面设计，对易冲刷、易淤积部位进行加厚、加固并增设导流、消能细部构造。在各类构筑物中标准化预留检修通道、清淤作业空间、构件更换位置与设备安装基坑，明确各空间尺寸与操作条件，满足后期全周期运维需求。同步设计专用排沙、清淤结构，针对泥沙淤积问题预设疏导与清理条件，对高寒地区增设抗冻胀构造措施，适配区域气候特性^[5]。对泵站、闸阀、管线等关键设施开展耐久性专项设计，合理布设支墩、伸缩节与密封防护装置，强化结构抗沉降、抗变形能力，同时预留易损构件的快速替换结构条件，从材料选型、结构构造、运维预留三维度筑牢工程长效运行基础，完成全生命周期耐久性指标验算，保障工程全生命周期稳定运行。

四、结束语

节水水利工程设计是水资源高效利用的关键环节。唯有坚守供需适配、生态优先、多效协同原则，直面地形约束、需求波动、技构适配、工程耐久等核心难点，通过精细化布局、智能化调度、一体化融合、长效化加固，才能打造高效、生态、稳定的节水水利工程。未来应持续深化技术与工程融合创新，以科学设计赋能水资源高效利用，为水利事业高质量发展筑牢根基。

参考文献

- [1] 李代忠. 小型农田水利工程的节水灌溉方案设计 [J]. 农村科学实验, 2025, (08): 87-89.
- [2] 姚力铭, 周庆连. 水利工程节水灌溉设计与规划问题研究 [J]. 黑龙江粮食, 2023, (05): 41-43.
- [3] 张奎忠. 水利工程节水灌溉设计与规划中存在的问题及解决措施 [J]. 冶金管理, 2021, (23): 99-100.
- [4] 孙永祥. 浅析水利工程节水灌溉设计与规划中存在的问题及解决措施 [J]. 低碳世界, 2021, 11(08): 70-71.
- [5] 王荣宽. 水利工程节水灌溉规划设计探讨 [J]. 南方农业, 2020, 14(17): 174-175.