

# 水利工程管理中的水资源优化配置策略研究

刘 森<sup>1</sup> 王 婷<sup>2</sup> 潘增辉<sup>3</sup> 吴 劲<sup>4</sup> 吕 旺<sup>5</sup>

1. 河北省水利科学研究院（河北省大坝安全技术中心、河北省堤防水闸技术中心） 河北 石家庄 050057

2. 中国水利水电科学研究院 北京 100038

3. 河北农业大学 河北 保定 071000

4. 北京师范大学 北京 100875

5. 河北省水资源研究与水利技术试验推广中心 河北 石家庄 050031

**摘 要：**随着经济社会快速发展与水资源日益紧张，水利工程管理中水资源优化配置成为关键。本研究系统分析了水资源优化配置的理论框架，包括定义、原则及理论模型。探讨了水利工程在调节水资源、提升利用效率及生态保护方面的作用，并提出了供需预测、配置方案制定、智能算法应用及科学调度等策略。最后，从制定合理配置方案、强化管理法规、提升公众节水意识等方面提出实施路径，旨在为水资源高效利用和可持续发展提供理论支持与实践指导。

**关键词：**水利工程管理；水资源；优化配置策略

**引言：**水利工程管理对于保障水资源的安全、高效和可持续利用具有重要意义。随着全球水资源短缺问题的加剧，如何在水利工程管理中实现水资源的优化配置，成为当前亟需解决的问题。本研究旨在深入探讨水资源优化配置的理论基础与实践策略，分析水利工程在水资源调节、利用效率提升及生态保护中的作用，提出科学合理的配置方案与管理措施，为水利工程管理提供理论支撑与实践指导，促进水资源的可持续利用与社会经济的和谐发展。

## 1 水资源优化配置的理论基础

### 1.1 水资源优化配置的定义与内涵

（1）概念及目标。水资源优化配置是在流域或区域尺度上，综合自然条件与社会需求，通过工程与管理手段对水资源在时空、部门间进行科学分配的过程。其核心目标是实现水资源供需平衡，在保障生活、生产用水的同时维护生态系统稳定，最终达成经济、社会与生态效益的协调统一。（2）对经济社会可持续发展的作用。通过合理分配水资源，为农业稳产、工业升级提供基础支撑，促进产业结构优化；保障城乡居民用水安全，提升生活质量，维护社会公平；维系河湖、湿地等生态系统功能，为长期发展保留生态容量，是可持续发展的重要保障。

### 1.2 水资源优化配置的原则

（1）可持续性原则。要求水资源开发利用强度不超

过其再生能力，如控制河道取水量以维持基流，限制地下水开采以保护含水层，确保后代用水权益不受损害。

（2）公平性原则。兼顾区域间、部门间及人类与生态的用水需求，既保障欠发达地区基本用水，又为生态系统预留合理水量，避免因分配失衡引发矛盾。（3）效率性原则。通过技术革新（如节水灌溉）与管理优化（如阶梯水价），提高水资源转化效率，减少输水损耗与低效利用，以最小消耗实现最大效益。

### 1.3 水资源优化配置的理论模型与方法

（1）模型介绍。线性规划通过构建线性目标函数与约束条件，求解单目标最优分配方案；非线性规划可处理水流损失等非线性关系；多目标规划能同步优化经济、生态等多个目标；动态规划则适用于分阶段的水资源调度问题。（2）应用及局限性。线性规划适用于简单系统，计算高效但难以反映复杂关系；非线性规划精度更高，却存在求解难度大的问题；多目标规划需主观设定权重，可能影响结果客观性；动态规划在大规模系统中易受“维数灾”制约，应用范围受限。

## 2 水利工程在水资源优化配置中的作用

### 2.1 调节水资源

（1）基础设施的调度与储存功能。水库作为核心水利设施，通过拦蓄汛期洪水实现水资源的集中储存，在枯水期开闸放水补充河道流量；水渠构成跨区域输水网络，如南水北调工程的输水干渠，将南方丰沛水源输送至北方缺水地区；水闸则通过闸门启闭控制水流速度与方向，在河道分流、灌溉引水等场景中精准调控水量。

**项目：**河北省重点研发计划项目（21374201D）

河北省重点研发计划项目（22374205D）

这些设施协同运作,形成“蓄、引、调”一体化系统,实现对天然水资源的人工干预与管理。(2)时空分配的调节作用。在时间维度上,水库可将雨季集中的降水储存至旱季使用,缓解季节性缺水矛盾,如三峡水库在长江枯水期加大下泄流量,保障中下游航运与灌溉需求;在空间维度上,跨流域调水工程打破水资源分布的地域限制,如引滦入津工程让天津市民用上河北的优质水源,实现水资源在区域间的均衡分配<sup>[1]</sup>。

## 2.2 提高利用效率

(1)技术手段的应用。水利工程通过渠道衬砌减少输水过程中的渗漏损失,采用滴灌、喷灌等高效灌溉技术提高农田用水转化率;泵站的智能化改造实现按需供水,避免水资源浪费;水质净化设施与输水工程结合,提升劣质水的可利用性,拓宽水资源来源。(2)干旱地区的实践案例。我国西北干旱区的坎儿井系统,通过地下暗渠将天山融水引入绿洲,减少蒸发损耗,使葡萄、哈密瓜等作物产量提高30%以上,同时提升果实糖分含量,形成特色优质农产品产业。

## 2.3 保护生态环境

(1)生态保护功能。水利工程通过维持河道基流,保障水生生物栖息地;水库调蓄可减轻洪涝灾害对沿岸生态系统的破坏;水土保持工程减少水土流失,保护水源地水质,如千岛湖水利枢纽通过稳定水位,维护了湖区周边湿地生态系统的完整性。(2)效益平衡的实现路径。在工程建设中采用生态友好型设计,如鱼道建设保障鱼类洄游;运营过程中严格控制库区水位变幅,避免岸线生态退化;建立生态补偿机制,将工程收益的一部分用于周边生态修复,如丹江口水库在南水北调中线工程中,通过植树造林抵消工程对局部生态的影响,实现经济效益与生态保护的协同发展。

## 3 水利工程管理中的水资源优化配置策略

### 3.1 供需分析与预测

(1)未来水资源供需情况预测。依托多年水文监测数据建立基础数据库,结合气候模型模拟降水量、蒸发量等自然变量的变化趋势,运用机器学习算法构建供需预测模型。例如,通过分析近30年流域来水量与农业灌溉用水量的关联数据,结合未来50年气温上升情景预测,可推算出不同干旱等级下的水资源缺口。同时,将冰川消融、地下水补给等动态因素纳入模型,提高预测精度,为长期配置规划提供科学依据。(2)社会经济活动对水资源需求的影响。城市化进程导致生活用水需求年均增长3%-5%,工业集聚则推高生产用水强度,如煤化工产业每吨产品需消耗数百吨水资源。农业结构调整

同样显著影响需求,经济作物种植面积扩大使灌溉用水需求增加20%以上。此外,旅游业发展带来的季节性用水波动,以及新能源产业(如水电站、氢能生产)的兴起,进一步加剧水资源供需矛盾,需在配置中动态调整权重<sup>[2]</sup>。

### 3.2 水资源配置方案制定

(1)分区域、行业 and 时间的配置方案。针对干旱地区推行“优先保障生活用水,压缩农业高耗水作物灌溉配额”的方案,如西北绿洲区将棉花种植灌溉水量削减15%,转而保障城镇供水;工业领域实施“循环用水达标企业优先分配”政策,对再生水利用率超80%的企业给予30%的配额奖励。时间维度上,汛期增加生态补水占比至25%,枯水期则将工业用水重复利用率标准提高至90%,通过弹性调节平衡供需。(2)考虑的关键因素。水资源时空分布差异决定跨流域调水规模,如南水北调中线工程需根据汉江流域来水丰枯调整输水量。需求多样性要求配置方案覆盖生态基流(维持河道自净能力需保留多年平均流量的10%-20%)、农业灌溉保证率(粮食主产区需达75%以上)等多重指标。同时,需预判极端天气事件影响,如设定连续干旱3个月时的应急供水预案,将生态用水临时压缩至最低阈值。

### 3.3 智能优化方法的应用

(1)智能算法的实践应用。遗传算法通过模拟生物进化过程求解多目标配置问题,在流域水库群联合调度中可缩短求解时间60%;粒子群优化算法能快速响应用水需求变化,在城市供水管网动态调配中实现压力平衡与漏损率降低8%。模糊逻辑算法则适用于处理水质模糊评价指标,在再生水回用配置中精准划分适用场景,如将水质达标率90%的再生水优先用于市政绿化<sup>[3]</sup>。(2)优势与挑战。优势在于处理复杂非线性问题的效率远超传统模型,且能动态适配参数变化。但面临数据采集成本高(需布设数千个监测点)、算法稳定性不足(极端数据易导致收敛偏差)、以及决策解释性弱(黑箱模型难以让管理者理解配置逻辑)等挑战,需结合专家经验进行人工修正。

### 3.4 调度策略与水资源管理

(1)各类调度策略介绍。水库调度采用“蓄丰补枯”模式,如三峡水库在6-9月蓄水至175米,10月后逐步泄放至145米以保障中下游冬春用水;灌溉调度推广“量墒灌溉”技术,通过土壤墒情传感器数据调控滴灌系统,使亩均用水量减少30%。生态调度则注重维持河湖健康,如黄河调水调沙期间将流量提升至2000立方米/秒,冲刷河道泥沙并改善鱼类产卵环境。(2)平衡人类

与生态需求的作用。调度策略通过设定生态用水刚性底线（如塔里木河下游每年下泄3.5亿立方米生态水），避免人类活动挤占生态空间。同时，采用“动态补偿”机制，当农业灌溉用水挤占生态配额时，从工业用水节约量中调剂补充，实现“用水总量不突破、生态底线不触碰”的双重目标，保障水利工程可持续发挥综合效益。

#### 4 水资源优化配置的实施路径与保障措施

##### 4.1 制定科学合理的水资源配置方案

（1）综合考虑地区差异、行业需求和生态安全等因素。需立足区域自然条件与发展定位，构建差异化配置框架。针对干旱地区，优先保障居民生活用水与绿洲生态用水；湿润地区则平衡农业灌溉与工业用水需求。按行业特性制定用水标准：农业聚焦高效节水，工业强化循环利用，服务业推广节水器具。将生态安全作为底线，预留河道生态基流与湿地补给水量，避免过度开发导致生态退化，实现生活、生产、生态用水的动态平衡。（2）确保水资源配置方案的可行性和有效性。依托水资源承载力评估与供需预测模型，通过多情景模拟验证方案适配性。建立跨部门评审机制，结合经济社会规划调整指标参数。引入弹性调节机制，针对极端天气与污染事件制定应急供水预案。每年度开展实施效果评估，根据水资源总量变化与用水结构调整优化配置指标，确保方案兼具实操性与可持续性。

##### 4.2 加强水资源管理与法规建设

（1）完善水资源管理的法律法规体系。以《水法》为核心，结合地方实际制定配套法规细则，明确水资源开发、利用、节约、保护的权责划分。针对跨区域水资源调配、地下水超采治理、再生水利用等重点领域，出台专项管理办法，填补法律空白。同时，推动法律法规与经济政策、技术标准的衔接，形成“立法—实施—监督”闭环体系，为水资源优化配置提供刚性制度保障。

（2）强化水资源管理的执行力和监管力度。建立跨区域的水资源统一管理机构，打破部门分割与地方保护主义，统筹协调流域与区域水资源配置。推行水资源刚性约束制度，将用水总量、强度、效率等指标纳入地方政府绩效考核，严格落实取水许可和水资源论证制度。运用卫星遥感、智能监测等技术手段，构建全覆盖的水资源监控网络，对重点用水单位、排污口实行实时监管。加大执法力

度，严厉打击非法取水、超标排污等行为，形成“源头严防、过程严管、后果严惩”的监管格局<sup>[4]</sup>。

##### 4.3 提升公众节水意识与教育

（1）开展节水宣传教育活动。构建多层次宣传体系，利用电视、网络、社区宣传栏等载体，普及水资源短缺现状与节水重要性，将节水知识纳入中小学教育体系，开展“节水进校园、进社区、进企业”活动。通过世界水日、中国水周等主题活动，组织节水公益讲座、知识竞赛、节水器具展示等互动性活动，增强公众的节水紧迫感与参与感。树立节水先进典型，推广家庭、企业的节水经验，营造“节水光荣、浪费可耻”的社会氛围。（2）推广节水技术和水资源回收利用方法。加大节水技术研发与推广力度，在农业领域普及滴灌、喷灌等高效节水灌溉技术，在工业领域推广水循环利用系统、中水回用技术，在生活领域推广节水型马桶、淋浴器等器具。建立再生水利用激励机制，对使用再生水的企业给予税费减免，完善再生水管网建设，扩大再生水在城市绿化、道路清扫、工业冷却等领域的应用。通过技术赋能与政策引导，降低单位GDP用水量，提高水资源循环利用率，形成全社会共同参与的节水型社会建设格局。

##### 结束语

综上所述，水利工程管理中的水资源优化配置是确保水资源可持续利用、支撑经济社会发展的关键。通过综合应用供需分析、智能优化技术、科学管理策略等手段，我们能够更有效地应对水资源短缺挑战，实现水资源在经济、社会和生态方面的平衡发展。未来，持续创新水资源管理理念与技术，强化政策法规支撑，提升公众节水意识，将是推动水资源优化配置策略不断深化的重要方向。

##### 参考文献

- [1]邓贵友.水利大坝工程对洪水调控与水资源优化的影响研究[J].水利科技与经济,2025,31(04):44-45.
- [2]冉小丽.干旱区农田水利工程水资源优化配置技术研究[J].新疆农机化,2025,(05):45-47.
- [3]张功.农田水利工程运行管理与水资源利用存在问题及优化措施[J].河北农机,2023,(13):115-117.
- [4]张杰.水利工程灌溉中水资源的合理配置研究[J].水上安全,2024,(12):131-133.