

# 小型水利枢纽设计中水资源优化配置的具体实践

胡玮烨

吉安市水利水电规划设计院

DOI:10.12238/hwr.v9i1.6036

**[摘要]** 随着水资源问题凸显,小型水利枢纽设计中的水资源优化配置愈发关键,传统配置方式难以满足区域发展需求,促使对其深入探究,内容涉及分析枢纽水资源特性,依据公平、效率、可持续原则构建配置模型。方法上综合考虑时空分布与供需矛盾设定目标函数、约束条件,选用适宜优化方法并设计多方案比选。经实践,有效提升水资源利用效率,缓解供需矛盾,保障用水安全与生态平衡,此研究为小型水利枢纽设计与运行提供科学依据,助力区域水资源管理与可持续发展。

**[关键词]** 小型水利枢纽; 水资源优化配置; 实践应用; 高效利用; 综合效益

中图分类号: TV61 文献标识码: A

## The specific practice of optimal allocation of water resources in the design of small water conservancy hubs

Weiye Hu

Ji'an Water Conservancy and Hydropower Planning and Design Institute

**[Abstract]** With the prominence of water resources, the optimal allocation of water resources in the design of small water conservancy hubs is becoming more and more critical, and the traditional allocation methods are difficult to meet the needs of regional development, which prompts in-depth exploration of them, which involves analyzing the characteristics of water resources of the hubs and constructing the allocation model according to the principles of fairness, efficiency and sustainability. In terms of method, the objective function and constraints are set by comprehensively considering the spatiotemporal distribution and the contradiction between supply and demand, and the appropriate optimization method is selected and multiple schemes are designed. Through practice, this study can effectively improve the efficiency of water resource utilization, alleviate the contradiction between supply and demand, and ensure water security and ecological balance, which provides a scientific basis for the design and operation of small water conservancy hubs, and contributes to regional water resources management and sustainable development.

**[Key words]** small water conservancy hub; optimal allocation of water resources; practical application; efficient utilization; Comprehensive benefits

### 引言

在全球资源格局深刻变革的当下,水资源的战略地位日益凸显,其合理配置与高效利用成为可持续发展的核心议题,小型水利枢纽作为区域水资源调配的关键节点,承载着平衡多方需求的重任。从传统水利工程迈向绿色、智能与协同发展的新征程中,如何突破水资源时空局限,化解供需矛盾,遵循公平、效率与可持续的准则进行优化配置,成为亟待探索的前沿领域。这不仅关乎区域生态稳定与经济繁荣,更对构建水资源集约利用的全新模式有着深远的示范意义,由此开启小型水利枢纽水资源优化配置的深度剖析。

### 1 小型水利枢纽水资源特性分析

受降水季节性因素影响,水资源从时间维度和空间维度来看,其分布呈现出较大差异。在秉持新发展理念的背景下,充分考量水资源这种时空分布特征,对小型水利枢纽蓄水、放水策略的合理规划颇有益处,能够为水资源的长期稳定供应提供有力保障。水源的天然储量以及补给能力本就有限,并且深受自然条件波动的影响,倘若遭遇连年干旱的情况,水源补给便会随时减少,供应能力会相应下降,而小型水利枢纽调蓄能力相对薄弱这一状况,更是进一步对供应的稳定性形成了限制。伴随区域内经济不断发展以及人口持续增长,对水资源的需求处于不断攀升的态势,农业灌溉所需水量颇为庞大且具有较强的季节性特点,工业生产对水质和水量有着特定要求,居民生活用水的需求也

在日益增长。鉴于这种供需不平衡的局面,在小型水利枢纽设计过程中,需精准评估各方用水需求,紧密结合水源供应能力,借助科学的水资源优化配置手段来缓解供需矛盾,进而保障区域水资源的可持续利用<sup>[1]</sup>。

## 2 水资源优化配置原则在小型水利枢纽中的应用

### 2.1 公平性原则的体现

公平性在不同用水主体的合理考量中得以彰显,在农业用水层面,需保证灌溉用水得以合理分配,不管是规模宏大的种植区域抑或零散分布的农田,均能在作物关键生长期获取充足水源,以此保障粮食生产活动顺利开展以及农民基本生计得以维持。工业用水范畴内,依照各行业生产规模与用水特性公平分配水资源,杜绝因企业规模大小或影响力强弱而致使用水出现不合理倾斜现象,从而确保各工业企业享有公平竞争契机。居民生活用水方面,无论城市乡村、富裕贫穷,基本生活用水需求均应得到切实保障,尤其在水资源紧张际,借助合理调度确保居民用水优先性。从区域视角审视,枢纽覆盖范围内不同地区,无论地理位置远近,皆应被公平对待,干旱地区与相对湿润地区间达成平衡,切不可因自然条件差异而漠视干旱地区用水诉求。

### 2.2 效率性原则的实践

在用水环节践行效率性原则,推广高效节水技术势在必行,农业领域采用滴灌、微灌等精准灌溉技术,相较传统大水漫灌,可极大提升灌溉水利用效率,减少水资源浪费,促使每一滴水皆能发挥最大效能,达成农作物增产增收效。工业方面激励企业运用循环用水系统与先进水处理技术,提高工业用水重复利用率,降低单位产值耗水量,在有限水资源条件下实现更大生产价值,水利枢纽运行管理进程中,借助科学调度与智能化控制手段提升效率。运用先进水文监测设备与数据分析技术,实时掌控水资源动态变化,精准操控枢纽蓄水与放水作业,避免因蓄水不足引发水资源浪费或因蓄水过度造成洪灾风险<sup>[2]</sup>。

### 2.3 可持续性原则的落实

落实可持续性原则,水源保护需从源头着力,对小型水利枢纽水源地予以严格保护,划定水源保护区,防范周边区域工业污染、农业面源污染以及生活污水排放对水源的侵害。水源保护区内限制高污染工业企业建设,规范农业生产中化肥与农药使用,强化居民生活污水治理与监管,保障水源水质安全与水量稳定,小型水利枢纽运行不可牺牲生态环境,需保障河流、湖泊等水域生态需水量。经由科学计算与模拟确定合理生态基流,在满足农业、工业及生活用水需求的同时维持河流自净能力与水生生物生存环境。

## 3 小型水利枢纽水资源优化配置模型构建

### 3.1 目标函数设定

在小型水利枢纽水资源优化配置中,目标函数的设定是关键环节,其核心在综合考量多方面因素以实现效益最大化,从经济层面出发,以最小化水利枢纽建设、运营及水资源调配成本为目标,包括工程设施的建设投资、设备维护费用以及水资源运输

成本等,同时追求最大化水资源利用所带来的经济产出,如农业增产收益、工业增值效益等。社会层面则聚焦保障区域内居民生活用水的稳定性与充足性,提升居民生活质量与满意度,并且兼顾社会公平性,确保不同群体、不同区域在水资源分配上的相对均衡。生态方面,目标是 minimized 水利枢纽运行对周边生态环境的负面影响,如减少对河流生态系统的干扰、保护湿地面积与功能等,力求实现水资源利用与生态保护协同共进,构建这样多维度的目标函数,引导小型水利枢纽水资源优化配置朝着综合效益最优的方向发展,契合新发展理念中对多元价值平衡的追求。

### 3.2 约束条件确定

确定约束条件方面,水量平衡约束居首位,要求任意时段内,水利枢纽蓄水量变化等同该时段来水量与出水量差,以此确保水资源时空维度合理分配与稳定供应,杜绝过度蓄水或无水可用极端情形出现。供水能力约束依据水利枢纽工程规模、设施性能等确定其最大供水流量与总量,防止超能力供水致使工程损毁或供水中断。需水要求约束充分考量区域内不同用户用水需求特性与变化规律,农业需水季节性起伏、工业生产连续性用水需求以及居民生活用水基本标准皆须纳入其中,确保满足各方基本且必要用水需求。水质约束则严格限定供水水质标准,无论是生活用水、农业灌溉用水抑或工业用水,均需契合相应水质规范,防范因水质问题引发健康风险、农业减产或工业生产事故等,借由这些约束条件精准确定,在保障水资源优化配置科学合理框架内施行<sup>[3]</sup>。

### 3.3 常用优化方法选用

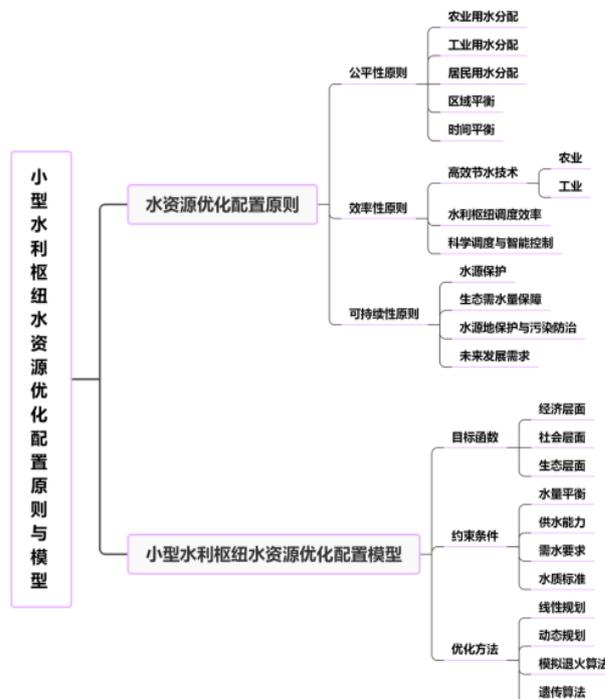


图1 小型水利枢纽水资源优化配置原则与模型

选用常用优化方法时,在线性规划方法在处置水资源分配基本问题方面颇具优势,其能够依据目标函数与约束条件构建线性模型,借助单纯形法等求解手段,迅速推导出在特定条件下最优水资源分配方案,尤其适用于简易系统中水资源不同用户或区域间分配事宜。动态规划则契合具有多阶段决策特性的小型水利枢纽水资源配置流程,例如不同季节、不同水位条件下水资源调度决策,其能够将复杂多阶段问题拆解为一系列相互关联子问题,借由逆向递推或正向递推求解,觅得全局最优策略,有效应对水资源系统动态变化。模拟退火算法处置水资源优化配置中非线性、复杂约束问题时表现卓越,其模拟固体退火进程,以特定概率接纳劣解,进而跳出局部最优解,面对复杂水利枢纽运行环境与多目标优化需求实际,能够探寻更为广阔解决空间,寻觅更优配置方案。遗传算法基于生物进化原理,借由选择、交叉与变异操作对种群予以迭代优化,在求解组合优化问题方面独具优势,可众多潜在水资源配置组合中筛选出最优或近似最优解,为小型水利枢纽水资源优化配置提供丰富多样方法选项,以适配不同实际情形与需求。如图1所示:

#### 4 小型水利枢纽水资源优化配置方案设计与比选

##### 4.1 多方案设计

自水源利用视角切入,精心设计多元取水方案,其一方案或聚焦地表水的深度开发,借助修筑引水渠道、泵站等设施,高效地将河流、湖泊水资源引入枢纽;另一方案则可思索加大对地下水的合理采掘运用,结合当地水文地质状况,明确适宜的开采井位与开采量。在水资源调配范畴内,拟定多种分配方案,诸如依用水需求优先性的分配方案,优先确保居民生活用水的稳定供给,继而依据农业生产的季节性需求特性以及工业生产的关键程度予以调配;能设计依据区域发展战略的分配方案,针对重点发展区域或生态脆弱区域予以特殊的水资源倾斜政策。从水利枢纽的运行模式考量,存在常规运行方案与应急运行方案,常规运行方案依据历史水文数据以及长期用水需求预测,制定日常的蓄水、放水规划,以维系水资源的稳定供应与水利枢纽的平稳运作。应急运行方案则面向洪水、干旱等极端自然灾害情形,明确特殊的水位管控、水量调度策略,确保在灾害期间最大程度削减损失并保障关键用水需求。推广农业节水灌溉技术与工业节水工艺的不同应用程度方案;设计中水回用不同领域(诸如城市景观用水、农业灌溉补充用水等)的方案,借由多种方案的综合设计,为后续比选营造丰富的抉择空间,契合新发展理念中对创新与多元性的诉求<sup>[4]</sup>。

##### 4.2 技术性、经济性、社会性综合比选

技术性、经济性、社会性综合比选层面,自技术性维度审视,评定各方案的工程可行性与可靠性,剖析不同方案对水利枢纽现存设施及未来扩建改造的技术要求,例如部分方案或许需借助先进的自动化监控系统以精准调控水资源分配,而另一些方案可能对枢纽的储水设施容量与结构存有特殊需求。比对各方案在应对各异水文条件(丰水期、枯水期、洪水期)时的技术适应性,择取技术风险较低、操作简易且能长期稳定运行的方案。成本涵盖建设成本、运营成本以及潜在的环境成本。效益则囊括水资源利用所衍生的直接经济收益以及因保障水资源供应而带动区域经济发展的间接效益。经由成本效益剖析,筛选出经济上更具优势、投资回报率较高的方案,社会性维度下,考量各方案对社会的影响。关切居民生活用水质量与稳定性的保障程度,解析对当地就业的带动效能,评估对社会公平性的影响。综合技术性、经济性、社会性的多方面评估结论,权衡利害,最终确定为适宜的小型水利枢纽水资源优化配置方案,以达成区域的可持续发展与和谐稳定。

#### 5 结语

小型水利枢纽设计中的水资源优化配置是保障区域水资源合理利用与可持续发展的核心任务,深入剖析水资源特性,遵循公平、效率、可持续原则,构建科学模型与多方案比选,可有效应对时空分布不均与供需矛盾。实践中,需持续融合先进技术与创新理念,精准落实各环节工作,以提升枢纽运行效益,维护生态平衡,为区域发展筑牢水资源坚实基础。

#### [参考文献]

- [1]王成.小型农田水利工程监理工作存在的问题分析及对策建议[J].新农村,2024,(32):52-54.
- [2]吴思.新时代农村小型农田水利工程管理优化策略研究[N].江苏经济报,2024-11-08(T04).
- [3]祝二浩,袁明道,张旭辉,等.广东省持续深化推进小型水利工程管理体制改革的思考与展望[J/OL].水利发展研究,1-8[2024-12-16].
- [4]王济宁.小型农田水利工程灌溉管理存在的问题及建议[J].当代农机,2024,(10):76+79.

#### 作者简介:

胡玮焯(1988--),男,汉族,湖南宁乡人,本科,工程师,从事水利工程检测及设计工作。