水利工程对流域水资源优化配置作用研究

邹剑钧

（丹阳市水利局水利工程管理所，江苏 镇江 212300）

摘 要 流域水资源优化配置可以保障区域供水安全、生态安全与经济社会协调发展，当前受气候变化与人类活动影响，流域水资源时空分布不均、供需矛盾突出等问题普遍存在，亟需通过系统性调控措施提升配置效率。本文围绕水库、引调水、河道整治、灌溉等水利工程类型，分析其在流域水资源优化配置中的具体调控机制，提出跨区域联合调度、智慧水利应用、节水型社会建设等实现路径，以期为促进流域高质量发展提供有益参考。

关键词 水利工程；流域水资源；优化配置；调控作用；智慧水利

中图分类号：TV213 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2025.35.036

0 引言

我国流域水资源普遍存在时间上丰枯不均、空间上分布失衡特征，加之城市化、工业化进程加快，部分地区面临水荒与洪涝并存、生态用水被挤占等问题，“重开发、轻配置”的管理模式已难以为继。水利工程作为人为干预水资源时空分布的核心手段，通过水库调蓄削峰填谷、引调水工程跨区互补、河道整治修复生态、灌溉工程提质增效等多重功能，对于破解流域水资源矛盾发挥着重要作用。

1 流域水资源配置现状分析

流域水资源配置是保障区域水安全、支撑经济社会可持续发展的核心环节。我国主要流域的水资源配置体系在应对气候变化加剧、用水需求多元化等挑战时，仍面临诸多结构性矛盾与制度性瓶颈，亟需系统梳理与精准施策，现状特征可归纳为以下四个维度：水资源时空分布失衡问题突出、供需矛盾随发展持续加剧、生态用水被严重挤压以及跨区域协同配置机制薄弱。问题的交织叠加制约着水资源的优化利用，更对流域生态环境安全与区域协调发展构成严峻挑战。

1. 水资源时空分布失衡问题突出。受季风气候与地形条件影响，流域存在时间上丰枯骤变、空间上南多北寡特征，如黄河流域多年平均降水量仅446毫米且60%集中于7-9月，冬春常因枯水导致断流，长江流域虽水资源丰沛，但流域内鄂北岗地等区域仍存在季节性缺水供需错位显著[1]。

2. 供需矛盾随发展持续加剧。工业化、城镇化进程推高用水需求，北方地区尤为突出，黄淮海流域人均水资源量不足全国的1/5，农业灌溉仍普遍采用大水漫灌，灌溉水利用系数仅0.55，低于发达国家0.7的水平，部分地区为保障城市供水过度抽取地下水，形成大面积漏斗区，地面沉降风险攀升。

3. 生态用水被严重挤压。为满足生产生活需求，部分流域生态流量保障不足，河流断流、湖泊萎缩现象频发，如海河流域河道生态基流达标率不足，永定河曾长期干涸，西北内陆河下游湿地退化，生物多样性受损，生态系统服务功能减弱。

4. 跨区域协同配置机制薄弱。各行政单元多从自身需求出发，缺乏统一调度平台与信息共享机制，丰水期“弃水”、枯水期“争水”现象并存，中小河流治理标准不一，洪水风险转移问题突出，整体配置效率偏低。

2 水利工程在流域水资源配置中的调控作用

2.1 水库工程的调蓄与供水调控功能

水库工程在流域水资源配置中承担着调蓄径流、削峰补枯和稳定供水的核心功能，水库通过拦蓄来水，平抑洪峰流量，不仅保护沿岸区域安全，也为后期调水提供储备条件。在枯水期或供水压力增大阶段，水库可适时释放库水以补充河道基流，维持城镇生活供水和基本生态流量。农业需水集中期，水库可按需加大下泄量以满足灌区灌溉需求，促进作物稳产增产。水库蓄存的稳定水量可在高峰用水阶段发挥调节作用，平衡区域供水负荷。在多水库联调格局下，上、下游间可通过调度库容形成梯级补水体系，提高流域统一调控能力。水库工程在应对干旱、调节季节性水量差异和支撑工业、农业、生活用水连续性方面发挥着不可替代的作用，是维持流域水资源可持续供给的基础枢纽。

2.2 引调水工程对区域水量再分配的影响

引调水工程通过构建跨区域输水通道，实现水资源从丰水区向缺水区、从丰水时段向枯水时段的再分配，是优化区域供需格局的重要手段，引调水工程的实施可弥补本地水源不足，缓解因降水偏少或地下水过度开采造成的供需矛盾。引调水工程不仅能提供稳定补给，也能在供水压力骤增时发挥应急调度作用[2]。例如：在干旱年份或极端气候阶段，通过提高调水频次和输水流量，可有效避免城镇供水短缺，引调水工程通过定向补充河道水量，提高湿地水位，有助于维护生态系统稳定性，减少鱼类栖息地退缩，扩大工业和农业发展空间，通过提高区域水资源承载能力吸引经济布局，促进资源均衡配置。引调水工程通过构建时空补偿机制，实现流域范围内水资源的合理再分配，有效缓解区域间供水差异，提升整体水资源调控韧性。

2.3 河道整治与生态补水工程的调节作用

河道整治与生态补水工程在流域水资源配置中主要发挥改善水力条件、维持水体连续性和提升生态功能的调节作用。疏浚淤积物、优化断面形态、恢复自然弯曲度可提高水体流动性，减少局地滞留时间，提升河道的行洪和输水能力，生态化护岸和缓坡设计则可改善水生生物生境条件，增强水体自净能力，生态补水工程主要在枯水期或水体断流风险增大时，通过水库补水、引水分流或再生水回用等方式维持最低生态流量，该调节功能有助于改善河湖整体水动力结构，提升水质循环效率，补水可提高沿河地下水位，缓解因地下水过度抽取导致的地表沉降和生态退化，河道整治与生态补水工程在水资源配置体系中形成互补关系。

2.4 灌溉工程对农业用水效率的提升作用

灌溉工程通过改善输水方式、提高灌溉均匀性和减少无效损失，在农业用水效率提升中具有明显的作用。渠系防渗、管道输水、智能量测等工程可减少输水过程损失，使更多水量有效到达农田。喷灌、滴灌、微灌等高效节水技术可实现按需补给，通过控制水分分布提高作物水分利用效率。灌溉工程可结合墒情监测实现基于作物需水规律和土壤水分状况的动态调节，减少无效灌水量，提高水生产力。灌溉工程的完善有助于稳定作物产量，提高农业抗旱能力，使农业系统在持续少雨年份仍保持经济产出，降低地下水开采压力，最终实现农业生产与水资源可持续利用之间的平衡。

3 水资源优化配置的实现路径与措施

3.1 建立跨区域联合调度与信息共享机制

3.1.1 构建跨区域协调组织体系与统一调度规程

在跨行政区供水矛盾较为突出的流域，应建立由水行政主管部门、城市水务机构、灌区管理单位和生态监管部门共同组成的联席协调机构，明确成员单位的调度权限与责任分工，实施统一调度规程。联席机制可设立定期会商制度，围绕库容消落安排、灌区需水曲线、城市供水高峰时段等要素开展协同研判，在遭遇连续少雨年份时由统一机构根据预警等级调整分水方案，对城市生活用水、河道生态流量和灌区灌溉实行差异化保障[3]。例如：某流域上游布设有多座中型水库，承担下游城镇生活供水与灌区灌溉的双重功能，区域联调机构基于统一调度指令对农业灌溉计划实施分期编排，将集中灌溉分解为多个阶段，根据不同作物生长周期错峰供水，避免在关键育苗期之后仍维持高水量灌溉造成浪费，平台对城镇供水管网实时监测，当早晚高峰阶段出现压力下跌趋势，上游水库通过调节泄量“脉冲式”补水，使沿线取水厂进水量保持稳定，整个枯水期内该地区未出现河道断流、湿地退化等生态风险，居民投诉率下降，灌区作物单产保持在多年平均水平，提高流域水资源配置韧性。

3.1.2 搭建数据共享平台与标准化监测体系

跨区域调度常因水情信息不对称产生滞后和偏差，需建设覆盖流域的水文信息共享平台，接入降雨过程、水库库容、渠道输水量、地下水埋深、河道流速及水质指标等实时数据并制定统一监测标准，平台可嵌入水量平衡模型和供需预测模块，对未来水量缺口进行滚动预测，对可能出现的局部缺水区域提前预警，布设在线取水计量设备、自动化闸门及远程监测终端，可实现多库、多渠、多泵站的可视化调度。

3.2 推进智慧水利与动态决策支持系统应用

3.2.1 构建水资源大数据采集与数字孪生运行体系

随着水资源调度精细化需求提升，应在重点河段、灌区干支渠、地下水敏感区等位置布设在线监测传感器、流量计、水质站和墒情探头，实现实时采集水位、流速、浊度、土壤含水量及降雨量等关键数据并统一接入智能管控平台，将水库调蓄规律、河道补水特征和灌区需水曲线数字化表达，使管理者能够在虚拟环境中模拟不同调度策略的效果，提前评估风险点[4]。例如：某灌区建设智慧监测系统后，平台可实时显示

各支渠流量、渠首水位和农田土壤湿度，当连续晴旱导致土壤含水率低于阈值时系统自动触发补水方案，调整闸门开度，为关键作物地块优先供水，对灌溉结束后渠道水量进行归集分析，识别超灌区域并给出用水预警，帮助管理单位优化轮灌顺序，该灌区平均无效输水损失降低约两成，灌水均匀度提升。

3.2.2 利用智能算法与优化模型开展多场景决策支持

在平台运行中，可引入机器学习、优化算法和水文预测模型，对未来降雨过程、蒸散耗水强度及管网压力变化进行模拟分析，通过计算不同调度策略下的水量分配结果，找出兼顾节水、保供与生态需求的最优方案。系统可建立数据库记录调度历史，自动识别常见耗水异常、管道漏损风险和非计划取水行为，并通过可视化界面向管理者直观呈现决策依据。例如：某河湖连通区在枯水年应用决策支持系统设置了三种调度情景，优先保障生活供水、兼顾灌区用水、强化生态补水，上游库区夜间错峰释放水量，通过干渠连通湖泊维持最低生态水位，同时压缩非关键时段的农业灌溉量，系统实时跟踪流量与水位变化，一旦监测点出现偏差，模型立即重新计算并下发调整指令，该区域在无额外水源输入的情况下实现了湿地水位稳定、城镇供水安全和灌区产量不降的目标[5]。

3.3 实施节水型社会建设与生态用水保障策略

水资源短缺与生态退化的双重压力，倒逼流域治理转向节流与护源并重，实施节水型社会建设与生态用水保障策略，是缓解供需矛盾、维持河流健康、实现可持续发展的必然选择，节水型社会通过制度约束、技术革新与观念转变，从需求端减少水资源浪费，提升利用效率。生态用水保障则通过刚性约束与科学调度，确保河流、湖泊、湿地等生态系统的基本需水。二者协同既能“省出”更多水资源用于生产生活，又能“留足”生态空间维持系统平衡。

1. 全面推进节水型社会建设，强化需求端管理。建设节水型社会需要构建完善的制度体系。要严格落实水资源消耗总量和强度双控制度，将用水指标分解到各行业和用水户。推行阶梯水价制度和用水定额管理，对超过定额的用水实行惩罚性水价，对节水成效显著的单位和个人给予奖励。制定和修订用水产品、用水行业的水效标准，为节水工作提供技术依据，形成有效的约束和激励，促使全社会形成节水内生动力。

2. 加强技术创新与推广应用，提升用水效率。农业领域，要大力发展高效节水灌溉，推广滴灌、微灌等先进技术，推进水肥一体化，提高灌溉水利用系数。工业领域，要加快节水技术改造，推广循环用水、串联用水等节水工艺，提高工业用水重复利用率。城镇生活领域，要全面推广使用节水型器具，降低供水管网漏损率，要积极推进非常规水源利用，加强再生水、雨水等资源化利用，减轻新鲜水资源取用压力，实现水资源从“粗放利用”向“集约高效”转变。

3. 健全生态用水保障机制，维护河流健康。保障生态用水需要建立科学的管理体系。首先要开展生态需水研究，科学确定河流、湖泊、湿地的生态基流和敏感期生态需水过程。其次要将生态用水纳入水资源统一配置，在制定流域水量分配方案时预留足够的生态水量。最后要完善生态调度机制，优化水利工程调度，保障重要河湖生态用水，对于生态严重退化的区域要实施生态补水工程，逐步恢复受损生态系统，及时发现和处置生态用水保障不足的问题，确保生态系统得到最基本的水量保障，维护河流生态环境。

4 结束语

水利工程通过调蓄、输配与生态调节，成为流域水资源优化配置的核心支撑。跨区域联合调度打破行政壁垒，智慧水利提升决策精准度，节水型社会与生态保障协同发力，既缓解了供需矛盾，又修复了水生态环境，提升了水资源利用效率，更推动了流域从“被动治水”转向“主动管水”。完善工程体系与制度创新将助力实现水安全、生态美与经济兴的有机统一，为流域高质量发展注入持久动力。

参考文献：

[1] 于青云，于宁，盖炜．黄河水资源配置与调度管理研究[J]．现代工程科技，2025,04(15):189-192.

[2] 马彪，邵朋昊，王天宇．安宁河流域灌溉发展潜力及水资源配置[J]．南水北调与水利科技(中英文),2025,23(S1):24-29.

[3] 龙晓彤，牛永强．新形势下黄河流域水资源配置战略调整研究[C]//河海大学，浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院)，浙江省水利学会．2024(第十二届)中国水生态大会论文集．黄河水文勘察测绘局，2024.

[4] 屠田霖，谢坤，王梅馨．高原湖泊异龙湖流域水资源配置分析[J]．人民珠江，2024,45(S1):162-165,169.

[5] 吾斯曼江．塔里木河流域水资源配置模式及水价确定[J]．河南水利与南水北调，2022,51(09):34-35.