

区域水系协同调控及对策研究

王冬梅¹, 桑学锋², 石一凡¹, 郑 阳², 雷其鸣²

(1. 江苏省水利科学研究院, 江苏 南京 210017; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038)

摘要:为进一步推进水资源、水生态、水环境的相互协调与健康发展,基于对水资源、水环境、水生态“三水统筹”系统调控及协调发展内涵分析基础上,提出“源汇通畅,承载均衡”协同调控机制,探讨适应性调控路径与对策措施。相关研究对流域发展与生态保护、规划设计及实施具有借鉴意义。

关键词:水资源; 水生态; 水环境; 协同调控; 对策措施

中图分类号:TV213.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7839(2024)12-0016-0004

Research on coordinated regulation and countermeasures of regional water system

WANG Dongmei¹, SANG Xuefeng², SHI Yifan¹, ZHENG Yang², LEI Qiming²

(1. Jiangsu Hydraulic Research Institute, Nanjing 210017, China;

2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: To further promote the mutual coordination and healthy development of water resources, water ecology and water environment, based on the analysis of the connotation of the systematic regulation and coordinated development of the "three waters integration" of water resources, water environment and water ecology, a coordinated regulation mechanism of " Good water circulation, Balanced carrying capacity " is proposed, and the adaptive regulation paths and countermeasure are explored. The relevant research has reference significance for watershed development, ecological protection, planning and design as well as implementation.

Key words: water resources; water ecology; water environment; coordinated regulation; countermeasures

1 概 述

水资源、水环境、水生态协调发展是生态文明和经济社会系统的重要基础和基本组成。《重点流域水生态环境保护规划》明确了推动重点流域水生态环境保护,更加注重由污染防治为主向水资源、水环境、水生态“三水统筹”转变。在区域供水水源

存在地表、地下、雨洪、再生、外调等水源和生活、工业、农业、生态等多用户的复杂供水系统结构,如何从协同调控的角度开展“三水统筹”调控研究,统筹水资源、水环境、水生态治理,推动重要江河湖库生态保护治理,具有重要的科学意义和实践需求。

近年来,相关学者专家在水资源开发利用、水污染治理等方面开展了大量研究^[1-3],水资源利用、

收稿日期: 2024-09-18

基金项目: 水利部重大科技项目(SKS-2022072); 江苏省水利科技项目(2022044); 江苏省水利科学研究院自主科研项目(2023z034)

作者简介: 王冬梅(1978—),女,研究员级高级工程师,硕士,主要从事河湖监测、规划与修复等研究工作。E-mail: 172905559@qq.com

人水协同发展、污染防治、产业结构调整等也成为研究热点^[4-5]。本文在相关研究成果^[6-7]基础上进行分析总结,探索“三水统筹”良性循环的调控内涵和调控机制,提出区域水系协同调控策略及对策措施,为流域高质量发展及可持续开发利用提供依据。

2 相关研究及主要特点

随着经济社会不断发展,人类的活动不断加强,区域水资源开发利用水平以及水资源承载能力和水环境承载能力也不断变化^[8],为着力推动水生态环境保护由污染防治为主,向水资源、水环境、水生态等要素系统治理、统筹发展转变,必须统筹水资源、水环境、水生态治理,构建“三水统筹”系统治理新格局。

2.1 相关研究

(1)全流域管理模式采用流域统一管理,在全流域尺度上管理而非局部管理,是整个区域水生态系统修复的关键。同时,尤为注重源头治理,将源头治理作为水生态保护修复的前提和基础,提出了新的管理技术与办法,包括水权分析系统、污水资源化系统、城市雨水管理系统和水资源决策系统。

(2)生态系统管理与集水区管理模式针对部分区域森林资源系统广泛的特点提出了生态系统管理方式。重点是森林水资源系统要素间的联系,核心是把控水资源系统与社会经济及生态环境间的联系,强调水资源管理应更多地关注整个水资源系统,而不是简单的河流开发利用。同时针对管理主体,提出了集水区管理模式,该模式强调集水区自然资源的地方分权,突出相互合作和谁多投资谁多受益的方法。

(3)自然适应型河流治理方式在河流治理中根据自身实际情况,如岛屿河流众多、人类活动密集,首先满足防洪、水资源的利用,尽量恢复到原来的自然生态多样性,尊重自然条件的治理、修复水生态环境,采取有效的人工手段,再生河流的生态系统。

(4)量水开发模式与协调开发模式则立足当地基本水情及发展背景,提出了治水管理“量发展”的理念,即在水资源管理中坚持“生活用水控制增长,工业使用新水负增加,农业使用新水负增加,适度生态使用”的原则,坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理。

(5)人水和谐建设模式坚持以水定城、以水定

地、以水定人、以水定产,统筹城市面积、人口、水量及产业规划与水资源之间的关系,在城市建设中也将采用智慧生态为标准进行规划。先行规划所有地下资源,再进行地上城市建设,较好地体现了生态优先、绿色发展理念。

(6)共享自治管理方式主要针对南方发达农业地区的丰富水资源和自然生态环境,率先建立了综合治污、防洪、节水、排涝、供水的五大共同防治节水模式,即积极实行节水,改善水质,实现了防洪和排涝标准的提高。同时,在保供水、抓节水方面,实施“多源共济、库供为主、联调互补”供水格局和区县节水型社会建设,提升供水保障和高效率用水。

(7)流域的全口径治理模式主要指“生态治河、综合整治、流域管理”全口径治理模式,逐步实现从传统水利功能的实用价值向水生态文明的社会价值转变,由单一目标、分区治理传统思维向流域统筹、系统治理思路转变。

2.2 主要特点

为改变传统的以需定供、单纯节水、污染治理等管理方式以适应未来即将面临的新形势、新要求、新挑战,调控措施及方法具有以下特点。

(1)以流域为关键单元,关注修复水的自然属性;

(2)强调水系统的整体性,而非简单的一次性水资源本身;

(3)强调源头-过程-末端全过程综合治理,而非只注重末端治理;

(4)最大限度减少对天然水循环的扰动,量水发展,适水发展。

3 水资源协同调控内涵及调控机制

为了应对不断变化的水资源安全保障需求,需将人类活动的影响与水资源协同治理,实现水资源、水环境和水生态的协同治理,实现流域可持续发展。

3.1 良性循环内涵

水,源于山川,游之河渠、汇入湖库,供于城乡,润于田野,这是陆地水循环的过程,也是对水资源功能的高度概括。因此,流域水资源的协同调控就是在各要素中,遵循自然规则,通过行为的自我约束,维护水的生态和环境的基本特征,遵循经济规律。通过合理调控利用,保障好水的经济与社会服务功能,从而在陆面水循环系统的各环节和水资源开发利用的各领域中实现人与自然和谐共生。水资源良性循环调控重点见图1。

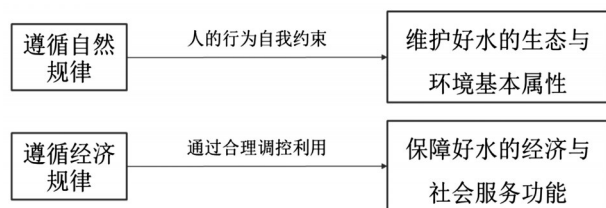


图1 水资源良性循环调控重点

3.2 系统协同调控机制

水循环是水资源问题研究的基础,随着经济社会的发展,“三水统筹”系统转变为降水产汇流自然循环和经济用-耗-排社会循环相结合的二元水循环^[9]。水系统的自然循环遵循降水产流最后汇入湖库以及水生态、水环境的伴生过程,是一个汇集的过程;水系统的社会循环遵循经济社会发展过程,包括取-用-耗-排的水量和水质联动过程,体现从水源工程到不同空间用户的水量水质传输,是一个发散的过程。因此,“三水统筹”系统的协同调控机制主要体现在以下2个方面:

一是系统的源汇通畅,指从降水产汇流下水量水质循环的角度,统筹地表水、地下水、外调水、雨洪水、排水等综合治理和调控。表现为以自然为主体适当建设水利措施调节流域水流峰值和低影响开发,如海绵流域建设、河湖互联互通、雨洪资源利用、雨污分流等,目标是降低水流极值过程,增加匹配过程,实现蓄排得当和水流畅通。源汇通畅是实现天然性、全面性、安全性良性循环的基础载体。

二是系统的承载均衡,指从经济社会活动下的水量和水质精细管理的角度,实现水资源高效利用及水生态、水环境的健康发展。表现为水量水质均衡及效率提升,如耗水管理、节水推进、量质调控、河湖管理等,最终实现承载均衡与协同发展。承载均衡是实现均衡化、层次化、可控化协同发展的主要抓手。

基于二元水循环的“三水统筹”协同调控关系见图2,“三水统筹”调控与治水思路的联动关系见图3。

3.3 协同调控关键措施

3.3.1 开展海绵流域建设,提高水资源环境承载匹配性

海绵流域核心就是遵循水资源循环的自然过程和科学机理,目的是充分发挥自然地理要素对水循环的削峰补枯调节作用,提升对径流的综合调节性能,实现供水安全保障与生态环境用水的过程匹配。山区是水资源的发源地,山溪径流水质优良,但地势落差大,水流失很快。实施以生态修复为中心的生态型海绵小流域治理模式,具体包括上游封

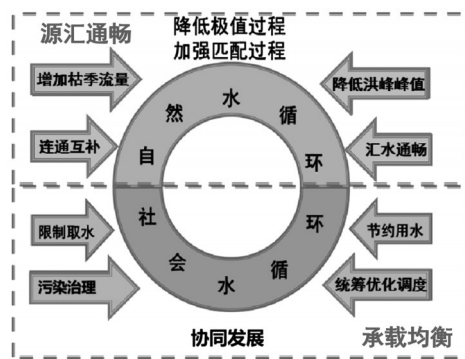


图2 基于二元水循环的“三水统筹”协同调控关系

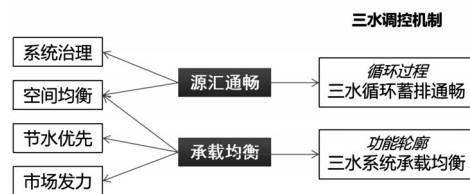


图3 “三水统筹”调控与治水思路的联动关系

禁治理,促进生态修复;中游多为人类活动聚集区和农田分布区,因地制宜实施坡改梯,加强农业管控;下游生态河道治理,构建多库连通提升径流综合调控能力。除实施清洁海绵流域建设外,考虑水库多分布在山区,科学实施水库的汛限、旱限水位动态调控也是一种比较好的方式^[10]。

3.3.2 建设“量-质-效”提升体系,降低河湖水体污染

避免地区废污水排放量远超水环境承载能力,单纯以控制水量为主的水资源管理已无法应对河湖水体污染。加强水资源的“量-质-效”一体化管控,是统筹解决水体污染、促进水资源高效利用的重要举措。以最小的水生态干扰来获得最大的经济社会效益^[10],主要包括城市再生水提标及利用提升和农村面源污染一体化防控等措施。

3.3.3 强化水资源多主体均衡调控,实现供用水均衡和高效利用

在用水方面,逐步改变生活、工业、农业、生产与生态之间出现用水矛盾与失衡现象^[2];在供水调控方面,进一步完善区域水网存在的薄弱环节,统筹协调不同水源,因此,亟需开展区域内实施深度节水、耗水统一调控等措施,实现供用水均衡和高效利用,主要包括适应新旧动能节水、立体水网建设、水资源消耗时空均衡统一调控、海化淡化利用等措施。

3.3.4 推进现代水利综合管理体系,兼顾智慧管理与水文化提升

用水过程按照取水过程、用水过程、耗水过程和排放过程,涉及水资源信息和水资源管理的各方

面。为逐步实现水务智慧一体化治理,需统筹考虑水文化悠久的历史与传承,实行“保护弘扬优秀传统文化,延续历史文脉”的要求,在实施水务一体化体制改革的同时,水文化建设与弘扬相辅相成,也是提升管理质量的重要方面。

4 结 语

本文对“三水统筹”系统协同调控及协调发展的内涵展开了探讨,提出“源汇通畅,承载均衡”的协同调控机制。对于促进区域水资源与经济社会和生态环境的协调发展,进而实现水资源系统的良性循环具有一定指导作用。通过上述措施提高水资源利用效率,最终实现水资源源汇通畅、承载均衡,实现人水和谐。同时,从水务一体化的调控角度,进一步加强水资源“量-质-效”一体化管控,提出“三水统筹”系统调控路径,对流域发展与生态保护、规划设计及实施具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 蔡喜明,翁文斌,史慧斌. 基于宏观经济的区域水资源多目标集成系统[J]. 水科学进展,1995(2):139-144.
- [2] 王浩,秦大庸,王建华,等. 区域缺水状态的识别及其多

维调控[J]. 资源科学,2003(6):2-7.

- [3] KHOSROJERDI T, MOOSAVIRAD H S, ARIAFAR S, et al. Optimal allocation of water resources using a two-stage stochastic programming method with interval and fuzzy parameters[J]. Natural Resources Research,2019,28(3):1107-1124.
- [4] 王小军,张建云,贺瑞敏,等. 区域用水结构演变规律与调控对策研究[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(2):61-65.
- [5] 文俊,金菊良,王龙,等. 区域水资源可持续利用预警评价的理论框架探讨[J]. 水利科技与经济,2006(8):518-524.
- [6] 李群,彭少明,黄强. 水资源的外部性与黄河流域水资源管理[J]. 干旱区资源与环境,2008(1):92-96.
- [7] 魏加华,王光谦,蔡治国. 多时间尺度自适应流域水量调控模型[J]. 清华大学学报(自然科学版),2006(12):1973-1977.
- [8] 郦建强,王平,何君,等. 水资源空间均衡理论方法与对策措施研究[J]. 中国水利,2019(23):23-25.
- [9] 张万顺,王浩,周奉. 长江流域三水协同调控关键技术应用展望[J]. 人民长江,2023,54(1):8-13.
- [10] 严子奇,周丽垚,程刚,等. 控制性供水湖泊旱限水位确定方法——以洱海为例[J]. 水科学进展,2024(1):1-10.

(上接第15页)

表2 运粮河河道水质检测数据

采样点位	采样时间	样品性状	pH 值	$\rho(\text{DO})/(\text{mg/L})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg/L})$	$\rho(\text{TP})/(\text{mg/L})$	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg/L})$
JC16 运粮河(南庄泵站排口处)	2020年1月 (清淤前)	无色无嗅清澈	7.16	8.0	3.03	0.34	4.7
	2021年1月 (清淤后)	无色无嗅清澈	7.54	10.5	1.01	0.19	3.7

打围堰、不断流的前提下5个月完成了约25万 m^3 的淤泥量清淤、处置,对比传统清淤方法有明显优势。根据对运粮河湿式清淤工程的选定、可行性分析与湿式清淤工程量的计算,湿式清淤适用城市骨干河道,工程实施后,运粮河水质透明度、氨氮、总磷等指标明显改善,稳定达到Ⅳ类水质标准。鉴于运粮河湿式清淤取得的效果,外秦淮河清淤工程于2021年9月开工,同样利用湿式清淤法,施工期间不断流、不停航、不影响河道景观,充分运用环保绞吸、水下潜管、板框压滤等先进工艺,至2023年1月15日完工,顺利清除109万 m^3 淤泥。

参考文献:

- [1] 赵博文. 小河道清淤工程中的不同施工方案[J]. 内蒙古水利,2020(2):62-63.
- [2] 张艳. 河道湿式清淤及淤泥处理技术探析[J]. 黑龙江水利科技,2020,48(6):150-152.
- [3] 陈正梁. 河道环保清淤工程施工技术研究[J]. 资源节约与环保,2020(7):33.
- [4] 单玉书,沈爱春,刘畅. 太湖底泥清淤疏浚问题探讨[J]. 中国水利,2018(23):11-13.
- [5] 郭军峰,方文超. 防洪治理中沟渠清淤疏浚方式比较[J]. 河南水利与南水北调,2024,53(4):36-37.
- [6] 韩冰,李云龙,刘艳亭. 简析三种挖泥船在疏浚工程中的适用性[J]. 港口航道与近海工程,2024,61(2):146-150.