

文章编号:1671-6833(2026)01-0001-10

“四水四定”和谐共生的理论体系及应用途径

左其亭^{1,2}, 李佳敏¹, 陶洁^{1,2}, 吴青松¹

(1. 郑州大学 水利与交通学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南省水循环模拟与水环境保护国际联合实验室, 河南 郑州 450001)

摘要:“四水四定”和谐共生作为一种新兴的水资源管理理念,强调在水资源刚性约束下,深入贯彻“四水四定”原则和“和谐共生”理念。系统分析了“四水四定”和谐共生的提出背景,在明晰“四水四定”原则与“和谐共生”理念的基础上,界定了“四水四定”和谐共生的概念,从人文系统、水系统交互作用的视角解析了其深层内涵。以区域水平衡原理、人与自然共生共荣原理和人水关系和谐演变原理为基本原理,以系统识别、模拟分析、度量评估和优化调控为主要方法,从协调发展、动态调控、系统协同、供需平衡及适水发展5个方面介绍其主要理念,构建了“四水四定”和谐共生的理论体系框架并系统阐述其理论基础的核心内容,进一步从规划、政策、管理、战略、技术和学科等多层面探讨了“四水四定”和谐共生的应用途径与前景。该研究为水资源精细化管理与多系统协同发展提供理论依据与实践参考。

关键词:“四水四定”; 和谐共生; 人水关系学; 和谐论; 水资源管理

中图分类号: C913; F205; TV213.4

文献标志码: A

doi: 10.13705/j.issn.1671-6833.2026.01.009

水资源既是推动经济社会长远发展的关键战略要素,也是保障生态系统稳定和良性运转的核心支撑^[1]。随着生态文明建设的持续推进,水资源在国家生态安全体系中的战略地位日益凸显,其管理理念与治理模式正发生深层次、系统性的转型。水资源管理正经历由单一模式向综合统筹的转型,传统调控机制已难以有效应对当前多元化、动态化的用水需求与资源约束^[2]。2014年3月14日,习近平总书记明确了“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的“四水四定”要求^[2]。在此背景下,中国不断推进水资源管理制度创新,以水资源刚性约束为核心理念的“四水四定”原则应运而生,致力于提升水资源配置的科学与系统性,为实现生态环境保护与经济社会高质量发展协同并进提供坚实支撑。

“四水四定”与“和谐共生”是中国现代治水的核心理念,“四水四定”和谐共生为水资源管理提供了一种新的理念。实现水资源开发利用与生态系统、经济社会系统等多系统之间的和谐共生,是保障良好人水关系、推动水资源管理体系系统化的关键。

“和谐共生”作为新时代生态文明建设的核心理念^[3],理应上升为“四水四定”原则实施的核心指导思想。将“和谐共生”理念系统融入“四水四定”理论体系,不仅是对中国水资源管理的理论深化和实践拓展,更是实现水资源可持续利用、区域生态安全与经济社会协同发展的内在要求。

目前,众多学者围绕“四水四定”展开的研究日益丰富,涵盖理论^[4-6]、技术^[7-8]、实践^[9-11]等多层面。如左其亭等^[2]对“四水四定”概念进行了界定与内涵解读,构建了其理论体系框架;王若禹等^[12]基于系统梳理的水资源管理经验,总结提出“四水四定”水资源调控的理论体系与管理规范;刘海娇等^[13]基于 DPSIR 模型构建了“四水四定”指标体系与评价模型并在济南市进行了应用实践;仕玉治等^[14]基于“四水四定”对山东省沿黄区域9个地级市进行行业水权分配并探讨水资源承载阈值。此外,关于“和谐共生”理念融入水资源管理理论体系的探讨也在不断拓展。如左其亭等^[15]通过系统解析人与自然和谐共生的概念及其内在逻辑,构建了

收稿日期:2025-07-30;修订日期:2025-09-29

基金项目:国家重点研发计划(2024YFC3211301)

作者简介:左其亭(1967—),男,河南固始人,郑州大学教授,博士,主要从事水文学及水资源研究,E-mail: zuoqt@zzu.edu.cn。

通信作者:陶洁(1986—),女,江苏盐城人,郑州大学副教授,博士,主要从事水文学及水资源研究,E-mail: taojie2015@zzu.edu.cn。

引用本文:左其亭,李佳敏,陶洁,等.“四水四定”和谐共生的理论体系及应用途径[J]. 郑州大学学报(工学版),2026,47(1):1-10. (ZUO Q T, LI J M, TAO J, et al. Theoretical system and application pathways of harmonious coexistence of "defining the scales based on water" [J]. Journal of Zhengzhou University (Engineering Science), 2026, 47(1): 1-10.)

较完善的人与自然和谐共生理论体系;程婧^[16]强调自然要素的系统性与协同性,以推动人与自然和谐共生;孙嘉笠^[17]立足于生态文明建设背景,探索了实现人与自然和谐共生的中国式现代化理论基础与实践路径。

目前,对于“四水四定”和谐共生尚未形成完善的理论体系。针对这一问题,基于国家重点研发计划“黄河流域‘四水四定’关键技术集成与示范”项目的研究成果,本文旨在系统分析“四水四定”和谐共生的提出背景与重大意义,构建“四水四定”和谐共生的理论体系,并探讨其应用途径。

1 “四水四定”和谐共生理论体系的提出

1.1 提出背景

(1)科学认识和实践“四水四定”原则需要“和谐共生”理念。“四水四定”原则是以水资源刚性约束为核心,以“和谐共生”理念为指导思想,系统实施用水与管水措施,达到人与自然共生共存、协调发展的状态。“四水四定”原则强调保持良好的人水关系;“和谐共生”理念推动人水关系不断向良性状态演变并最终走向和谐状态,达到人与自然的和谐平衡。基于“和谐共生”理念进行水资源动态调配,维持“四水四定”供需平衡,进而实现人与自然和谐共生。

(2)“四水四定”原则与“和谐共生”理念共同服务于人与自然和谐共生,二者相辅相成,具备形成理论体系的基础。“四水四定”在资源配置与制度落地层面为“和谐共生”提供技术路径和实施保障,是理念转化为实践的关键依托;“和谐共生”在价值层面为“四水四定”确立方向与目标,构成其根本理念与最终追求。

(3)“四水四定”原则涉及多层次、多部门、多区域的协同,亟须和谐共生理念及完善的理论体系。“四水四定”原则涉及生活用水、土地利用、人口迁移、产业布局、生态保护等多领域,聚焦水资源与多部门间和多水源过程的协同关系。如何协调各部门实现“四水四定”的多层级和谐共生是个复杂的问题。

一个完善的理论体系是处理这些复杂问题的关键,驱动着“四水四定”原则和“和谐共生”理念的贯彻落实。

1.2 概念解析

目前已有学者对“四水四定”进行了定义,如左其亭等^[2]给出“四水四定”的狭义定义和广义定义,其狭义定义是“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的简称;其广义定义是以水资源刚性约束为核心理念,以“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”为具体抓手,通过协调良好的人水关系,促进人与自然和谐共生的一种水资源管理原则。

“和谐”一词源于中国传统哲学,释义为配合得适当、和睦与融洽^[18],强调各要素在整体中的互利共生,在共享资源与风险、协同增益中共同发展,维系整体的持续健康与繁荣。左其亭^[19]对“和谐”进行定义:为了达到“协调、一致、平衡、完整、适应”关系而采取的行动。“共生”亦称“互利共生”,是生物种间关系之一,泛指两种或两种以上生物生活在一起的相互关系^[18]。在现代社会中,“共生”主要包括人与自然、经济社会与生态环境之间的长期共存与共同繁荣。基于对“和谐”“共生”的理解,可以给出如下定义:“和谐共生”是指不同主体在同一环境或体系中,紧密互动、相互依存、相互适应、协调一致,保持动态平衡、系统完整,以实现长期共存、利益共享与共同繁荣的状态。

基于以上分析和认识,本文给出“四水四定”和谐共生的定义:是以水资源刚性约束为核心理念,以“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”为具体抓手,通过水资源-经济社会-生态环境多系统紧密互动、相互依存、相互适应、协调一致,保持动态平衡、系统完整,以实现人水关系长期共存、利益共享与共同繁荣的状态。

图1展示了“四水四定”与人水关系之间的相互联系,同时呈现了其关键目标和各要素之间的逻辑关系,有助于进一步厘清“四水四定”和谐共生的核心内涵及其逻辑关系。

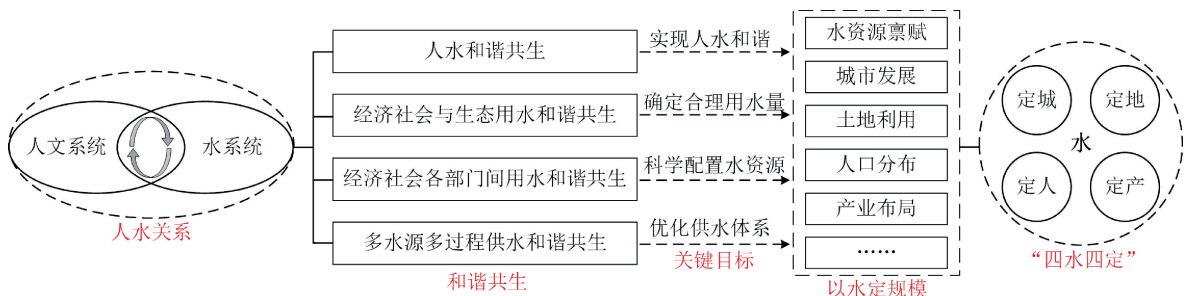


图1 “四水四定”与人水关系的概念关联示意图

Figure 1 Conceptual schematic diagram of the relationship between the "defining the scales based on water" and the human-water relationship

1.3 内涵解读

“四水四定”和谐共生实现了原则与理念的深度融合,推动“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”刚性约束与“和谐共生”核心理念的相互支撑、协调统一。该理论体系通过水资源刚性约束明确了城镇布局、土地利用、人口规模和产业发展的基本边界,强化了资源配置的科学性与约束性;并以人水关系和谐共生为核心目标,强调水资源管理不仅关乎供需平衡,更关乎社会发展方式与生态文明建设的根本转型;有效推动了“和谐共生”理念在水资源管理原则中的落地,为协调水资源-经济社会-生态环境多系统共生共荣提供了实践路径。“四水四定”和谐共生不仅拓展了中国治水理论的深度与广度,并在保障水资源可持续利用、维护区域生态安全、促进经济社会高质量发展与生态文明建设方面展现出不可替代的战略价值,充分体现了中国新时代治水理念的科学与前瞻性。“四水四定”和谐共生不仅是一种资源配置原则,更是一种统筹发展与保护的系统性治理理念。其内涵可从以下4个方面进行深入解读。

(1)人水和谐共生。“四水四定”和谐共生的核心思想之一是实现人水和谐共生,通过刚性约束与灵活调配相结合的治理模式,科学调控人水关系,使人类活动与水循环过程始终处于动态反馈与协同演化之中,支撑生态文明建设目标。“四水四定”和谐共生的贯彻落实有助于推动人水关系不断向良性状态演变并最终走向和谐状态。

(2)经济社会与生态用水和谐共生。“四水四定”和谐共生将水资源既定位为制约经济社会发展的“刚性边界”,又赋予其推动生态文明建设的“驱动要素”角色。在确保供需动态平衡的前提下,通过生态补偿与弹性调配机制,不仅满足经济社会在用水时序和空间上的合理需求,更保障了生态系统的自我修复与生态服务功能,使得人类社会活动与水系统在运行过程中得以相互支撑、协同发展。

(3)经济社会各部门间用水和谐共生。经济社会各部门间用水和谐共生强调总体统筹与均衡分配,构建区域水资源总量控制与分配机制,将农业、工业与城镇生活用水等各部门需求置于同一调度体系中。在“四水四定”和谐共生理念的指导下,持续优化用水结构以减少部门间的用水竞争,协同推进用水效率、经济效益与生态效益的统筹提升,真正实现经济社会内部用水的高效与平衡。

(4)多水源多过程供水和谐共生。“四水四定”和谐共生在供水视角体现为整合多水源、融合多过

程,形成一个多层次、多路径、可动态调节的供水体系。通过优化地表水、地下水、非常规水等多类水源结构,借助污废水回用与差异化处理工艺,实现取水、水处理、输水、配水、用水等供水过程的协同发展。“四水四定”和谐共生理念的实施有助于提高供水过程的可靠性和节水效率,增强供水系统的韧性与灵活性,从而推动城乡供水与生态安全的协同共生。

1.4 重大意义

(1)科学调控人水关系,实现人水系统和谐共生。“四水四定”和谐共生是科学调控人水关系的核心理念,系统调节人文系统与水系统之间的相互作用机制,有效引导经济社会活动在水资源承载范围内高效进行,推动人水关系不断向和谐状态演变。“四水四定”和谐共生的提出为水资源管理提供了系统的方法体系,并强调了人类与自然界的共生共荣关系,为实现人水和谐共生奠定了坚实的理论基础。

(2)协调水与发展规模,支撑人与自然和谐共生。“四水四定”和谐共生是“以水定规模”的指导思想,是寻找经济社会发展与生态平衡间最佳契合点的理论依据。以水资源刚性约束制度和“三条红线”界定经济社会活动上限,在经济社会发展规划与水资源可持续供给能力相匹配的前提下,使得经济社会发展规模最大化,落实生态文明建设,推动人文系统与水系统达到共生共存的状态,进而实现人与自然和谐共生。

(3)构建系统耦合机制,推动多要素协同联动。“四水四定”和谐共生强调在跨部门、跨区域和跨层次的治理格局中构建多要素耦合体系,实现资源的最优配置。该理念为多目标协同发展提供了路径支撑,将“水-城-地-人-产”视为命运共同体,通过设定兼顾经济效益、社会效益与生态效益的复合目标,促进各要素协同演化,进而推动人类社会与水系统的深度融合与和谐共荣。

2 “四水四定”和谐共生的理论体系框架及主要内容

2.1 “四水四定”和谐共生的理论体系框架

基于对“四水四定”和谐共生概念解析和内涵解读,为系统展示人文系统与水系统的和谐共生路径,构建了如图2所示的“四水四定”和谐共生理论体系框架。

该理论体系框架的主要内容有:①“四水四定”和谐共生的概念及内涵,包括4个层面的共生,即人

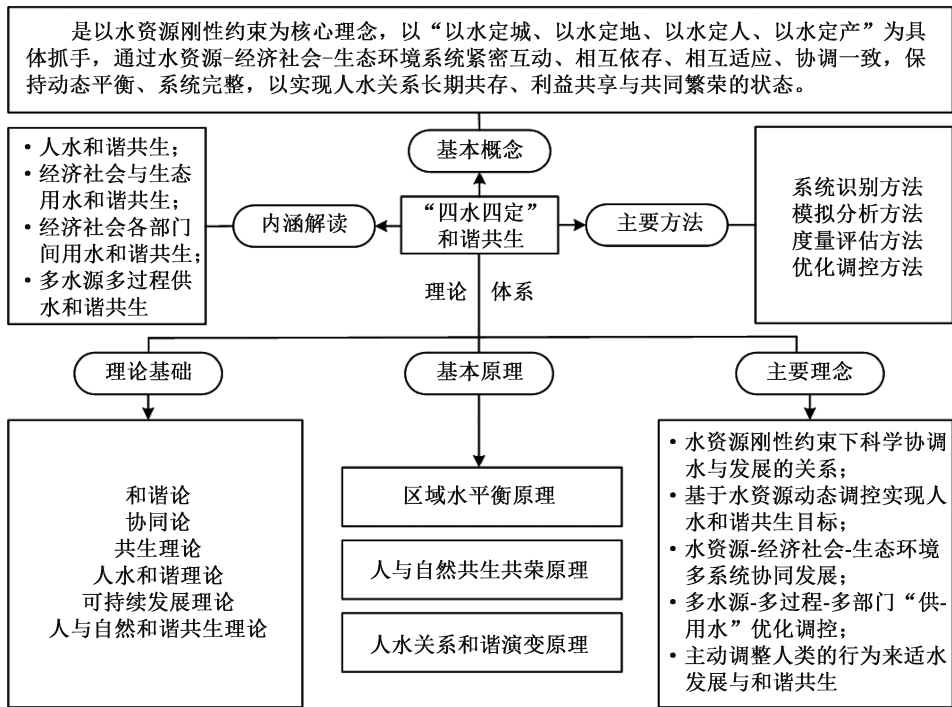


图2 “四水四定”和谐共生理论体系框架

Figure 2 Theoretical framework of the concept of harmonious coexistence of "defining the scales based on water"

水和谐共生、经济社会与生态用水和谐共生、经济社会各部门间用水和谐共生、多水源多过程供水和谐共生;②“四水四定”和谐共生具有一定的基本原理,包括区域水平衡原理、人与自然共生共荣原理、人水关系和谐演变原理;③“四水四定”和谐共生具有其他交叉学科和理论的支持,又具有系统的方法论及广泛的应用实践;④“四水四定”和谐共生具有明确的理念。目前,该理论体系框架已形成了包含理论基础、基本原理与主要理念的理论体系和与之配套的方法论,包括系统识别、模拟分析、度量评估和优化调控等定量研究方法,并可以在规划、政策、管理、战略、技术和学科等多个层面得到深入应用。

“四水四定”和谐共生的主要内容包括理论基础、基本原理、主要理念和主要方法,以下将分别从这4个方面对该框架展开论述。

2.2 理论基础

(1) 和谐论。和谐论是“四水四定”和谐共生的理论基础之一,提供了研究“和谐”行为的理论体系与方法论,为多系统的协同演化与动态平衡提供可操作的行动纲领^[15]。和谐论可以协调人与自然、经济社会与生态系统、经济社会内部之间的和谐关系,从定性、定量两方面对各系统的和谐关系进行量化识别与评估调控。

(2) 协同论。协同论强调不同系统在相互作用中可产生协同增效,认为工业、农业、人类生活等用

水部门并不是相互独立的,而是有着共生共存的关系^[19]。通过统一管理机制实现跨系统、跨部门的协同优化,能够提升供水效率、增强系统韧性,从而推动“四水四定”和谐共生。

(3) 共生理论。共生理论将不同系统置于生命共同体视域,强调人文系统、水系统的相互依存、相互作用与共同演化^[15]。“共生”是实现“共荣”的基础,基于“生命共同体”进行水资源管理,能够使得人水系统在面对生态退化或社会需求变化时,实现同步调整与协同优化,最终达到“四水四定”和谐共生的状态。

(4) 人水和谐理论。人水和谐理论以人水系统为研究对象,以和谐论为指导,是“四水四定”和谐共生的重要理论。该理论主张人文系统与水系统应保持动态协同,通过互补与反馈机制实现系统间的平衡与增益,从而实现人与水的和谐共生。该理论强调在“以水定规模”中同步考虑社会需求与生态功能,倡导适应性治理与多元参与,最终实现人水和谐。

(5) 可持续发展理论。可持续发展理论为“四水四定”和谐共生提供了宏观价值指引与长效路径,其核心在于满足当代用水需求的前提下,不损害后代用水权益与生态系统安全。可持续发展视角使“四水四定”原则超越了单纯的调度方法,升格为兼顾社会需求、环境承载与未来福祉的系统性治理范式^[20],进而达到“四水四定”和谐共生的状态。

(6)人与自然和谐共生理论。人与自然和谐共生理论是“四水四定”和谐共生的核心基础,是将人类与自然界视为一个相互依存、共同演化的复杂系统^[3]。该理论主张尊重自然规律,将生态承载力作为经济社会发展的基本约束,强调保护生物多样性与生态功能,为实现多主体可持续共存与良性互动提供了坚实的理论支撑。“四水四定”和谐共生是在人与自然和谐共生理论基础上的深化与拓展,二者均以实现人水关系和谐共生为核心目标。人与自然和谐共生理论为“四水四定”和谐共生提供了基础与科学指导,后者则在水资源管理领域将人与自然和谐共生具体化与制度化,二者共同推动中国水资源管理与生态文明建设的可持续发展。

2.3 基本原理

“四水四定”和谐共生的基本原理是对人水和谐共生、经济社会与生态用水和谐共生、经济社会各部门间用水和谐共生、多水源多过程供水和谐共生的基本规律的诠释,主要包括3个方面。

(1)区域水平衡原理。区域水平衡原理包含水收支平衡、经济社会供需水平衡、经济社会与生态用水平衡、人水和谐平衡四大平衡过程^[21],强调水资源在时间和空间上的动态均衡性和适应性,可通过对水网工程的科学智慧调控和水资源系统管理,实现水资源在不同行业、不同区域、不同过程间的时空均衡。该原理为人水和谐共生、经济社会与生态用水和谐共生、经济社会各部门间用水和谐共生、多水源多过程供水和谐共生提供理论支撑,维系人水系统的稳定。

(2)人与自然共生共荣原理。人与自然共生共荣原理是指在人与自然相互依存、相互影响的基础上,倡导尊重自然规律,实现人类社会与自然生态的协同演化与共同繁荣。人与自然不是对立的“主体-客体”关系,人类既是自然的受益者,也负有维护自然的责任,彼此荣辱与共。该原理在水资源管理方面具有重要意义,应统筹考虑经济增长与生态保护对水资源的双重需求,确保在有限的水资源条件下使生态系统和社会经济系统形成良性反馈与循环,实现经济社会与生态用水和谐共生。

(3)人水关系和谐演变原理。人水关系和谐演变原理是科学调控人水关系的关键指导,协调人水关系不断向良好状态演变并最终走向和谐状态^[21]。人水关系的演变并非线性进程,随着社会对水资源需求的增长和水资源承载能力的变化,人水关系在和谐、单向掠夺、恶化、初步好转、再次和谐等阶段中不断循环演替。人水关系的演变规律是坚定不

移地走和谐之路,始终坚持以生态系统健康为底线,合理调控社会用水行为,为推动区域生态文明建设提供坚实支撑,最终实现人水和谐共生。

2.4 主要理念

(1)水资源刚性约束下科学协调水与发展的关系。水资源是有限的,一切发展都要以水资源可利用量为前提,避免因过度开发而导致资源枯竭。“以水定发展”“以水定规模”均是以水资源刚性约束为核心理念^[22],科学协调水与发展的关系。因此,应在水资源刚性约束的前提下,坚持以水资源承载能力为界线,以水资源可利用量作为发展规划的红线,保证供需水动态平衡,实现对经济社会各类用水单元的科学调控,进而实现“四水四定”和谐共生。

(2)基于水资源动态调控实现人水和谐共生目标。“四水四定”和谐共生认为,水资源管理并非遵循固定不变的原则,而是根据水资源现状进行灵活调控的科学指导。在水资源供需格局持续变化的背景下,需构建以实时监测、动态评估与智能调度为核心的水资源管理体系^[23],保障良好的人水关系,使人水关系不断向和谐状态演变。水资源动态调控可使水资源配置、经济社会发展及生态保护需求协同演进,保持供需平衡处于生态安全阈值范围,从而实现人水和谐共生的目标。

(3)水资源-经济社会-生态环境多系统协同发展。“四水四定”和谐共生理念主张多系统相互依存、协同发展。在该理念的统领下,水资源、经济社会与生态系统3个子系统被视为荣辱与共的整体,构成一个具有多级反馈和自适应性的复杂网络。在水资源管理中统筹考虑水资源、经济社会与生态环境的协同发展^[24],将水量定额与水质定标作为硬性约束,为经济活动与生态过程划定可持续运行边界,对推动人水和谐共生、经济社会与生态用水和谐共生具有重要意义。

(4)多水源-多过程-多部门“供-用水”优化调控。“四水四定”和谐共生涉及多水源-多过程-多部门的协同发展,“供-用水”优化调控要求将地表水、地下水、非常规水等多元水源纳入统一配置体系^[24],通过取水、调蓄、输配、用水、处理回用等关键环节的过程化闭环管理,实现水量与水质的多重优化。多水源-多过程-多部门“供-用水”优化调控有助于实现区域水资源供需平衡、强化各用水单元间的协调关系,也为“四水四定”在生态承载力约束下的可持续实施提供了核心理念与实践支撑。

(5)主动调整人类的行为来适水发展与和谐共

生。适水发展与和谐共生意味着在区域发展过程中,将水资源的时空分布特征、水资源承载能力与生态需求要求作为前提,动态调控与系统优化水资源管理方法,实现人水和谐共生。人文系统与水资源是具有复杂交互作用的共生共荣系统,人类对水资源不能是单方面的掠夺,应提高人类节水与生命共同体意识,主动调整人类的行为来适水发展与和谐共生。

2.5 主要方法

(1) 系统识别方法。在系统识别“四水四定”和谐共生的过程中,需要多种技术方法的融合与协同应用。遥感与GIS技术能够高效识别水资源的空间分布格局,为缓解空间尺度上水资源配置不均问题提供精细化的数据支撑。水文模型^[25]与系统动力学方法有助于揭示经济社会用水需求与水资源承载能力之间的动态耦合关系,为实现经济社会各部门间用水和谐共生提供方法论支撑。多目标优化与决策支持技术在统筹水资源开发利用与生态环境保护方面发挥着关键作用,能推动人水系统协同发展,实现多维度用水体系和谐共生。关联分析与回归分析等统计方法是量化“四水四定”和谐共生复杂机制、识别关键驱动因子的重要工具。

(2) 模拟分析方法。模拟分析方法在支撑“四水四定”和谐共生研究中具有关键意义,能够动态展现水系统的演化过程与多因素驱动下的响应特征。通过构建适用于不同时空尺度的水文、水资源及生态模拟模型,可系统评估自然变化与人类活动对水资源格局与生态系统功能的影响。以SWAT^[26]、MIKE SHE、WEAP等为代表的过程驱动型水文模型,可用于模拟气候变化、工程调度等因素对水循环过程的扰动与响应。生态模拟模型(如QUAL2E、AQUATOX等)可量化水系统服务的时空演变,评估不同“四水四定”方案对生态系统健康的影响,寻找达到和谐共生的平衡点。系统仿真与情景模拟技术可在不同情境设定下预测不同政策路径的用水格局与生态反馈,为优化水资源管理策略提供定量支撑。

(3) 度量评估方法。度量评估方法侧重于为“四水四定”的落实效果与人水系统和谐共生程度提供量化支撑,其核心包括3大环节:①在明确判别准则方面,将“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”及和谐共生目标细化为一套可衡量的评价准则;②在构建指标体系方面,依据既定准则构建指标体系,对各指标实施归一化和客观赋权处理,为综合评估奠定数据基础;③在综合度量评估方面,可采用

模糊综合评价、层次分析法(AHP)、TOPSIS等多准则综合评价技术,对各准则的计算结果进行加权汇总,得到多系统和谐共生水平的综合评价结果。上述环节可实现对“四水四定”和谐共生状态的系统化、动态化评估,为“四水四定”实施的优化与动态调整提供量化决策支持。

(4) 优化调控方法。在“四水四定”原则的基础上,优化调控方法以和谐共生程度最大为目标,通过反馈闭环实现用水系统的动态平衡,最终协调人文系统、水系统达到稳定、平衡与共生共荣的状态。所有应用于协调人与水的关系、水与发展的关系的方法均属于“四水四定”和谐共生调控方法。例如水资源优化配置、水权交易、水库调度中利用进化算法(如NSGA-II)、模型预测控制(MPC)或动态规划等技术,以及在满足生态保护和水质标准的约束下动态调整用水量与分配方案等方法^[27]。不同于传统单一目标的水资源管理方式,“四水四定”和谐共生调控方法强调以和谐共生程度最大化为目标,确保各子系统在满足各自需求的同时实现协同演化与共生共荣。

3 “四水四定”和谐共生的应用途径

“四水四定”和谐共生立足于水资源的有限性,通过系统调控“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的水资源管理原则,旨在推动人水系统的协同发展和谐共生。该理念的应用对于实现多系统、多部门、多层次和谐共生具有重要意义,具体应用途径如下。

3.1 应用于国民经济发展规划

“四水四定”和谐共生强调水资源是经济社会发展的刚性约束条件,也是推动国民经济高质量发展的基础支撑。在国民经济发展规划中,该理念的应用途径主要体现为“以水定发展”,包括城、地、人、产等多方面,即通过科学评估区域水资源承载能力,优化调整城市规模与空间结构,削弱城市化带来的资源超载风险,实现城市发展与水环境容量的动态平衡^[28];优化土地开发强度与使用结构,推动“生态保护-经济发展”空间的耦合协调,提升空间治理的生态韧性;推动人口与水资源的分布适配,缓解人口集中导致的用水矛盾;以水资源刚性约束引导产业结构优化,严格控制高耗水、高污染产业的规模,支持绿色低碳产业发展,推进节水型社会建设。

“四水四定”和谐共生为中国国民经济发展规划

划提供了坚实的战略支撑,未来有助于推动形成系统性与前瞻性兼备的水资源-经济协同治理体系。在该理念指导下,发展模式将实现由“资源约束驱动”向“资源引领发展”的根本性转变,使水资源不仅成为经济增长的底线约束,更上升为优化区域经济布局、推动产业结构升级及引导人口空间重构的核心驱动力。该理念将有效促进经济体系向绿色化、低碳化与高效化方向演进,支撑构建韧性更强的国土空间格局与经济安全屏障。

3.2 应用于生态用水保障及生态文明建设

“四水四定”和谐共生在生态文明建设中具有战略性引导作用,尤其体现在生态用水保障与生态文明建设领域^[29],为统筹水资源合理利用与生态环境保护提供了系统化的理论框架与实践路径。该理念强调将水资源承载能力作为制定生态红线的重要约束,将“和谐共生”思想贯穿于水资源利用与生态保护全过程,明确水生态保护目标,完善以水量调控为基础的生态用水保障机制。倡导恢复自然水文过程,明确河湖生态流量及重要湿地的水资源约束红线,优先保障河流断面生态基流,实现河流生态环境健康稳定;优化生态敏感区的人口与产业布局,动态监测并及时制止可能破坏生态用水系统的人为活动,推进新时代生态文明建设。

在持续贯彻落实习近平总书记“绿水青山就是金山银山”“山水林田湖草是生命共同体”思想的背景下,“四水四定”和谐共生在生态保护与资源优化配置中将发挥愈加突出的系统引领作用。该理念不仅促使水资源管理模式由以供给为核心的传统路径转向以生态保护和系统协调为导向的新型治理框架,还能推进社会多元主体在水生态保护中的协同作用,从理论层面为用水系统的长期稳定奠定了坚实基础,逐步实现人文系统与水系统的和谐共生。

3.3 应用于人水关系和谐调控

“四水四定”和谐共生为实现人水和谐共生提供了科学依据与理论支撑,强调在开发利用水资源的过程中,坚持遵循自然规律与生态边界,推动人类社会活动与水资源供需条件相适应。通过“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”原则,引导城乡建设、土地利用、人口流动及产业布局向“适水化”方向转变,减少人为活动对水系统的不利影响,实现人文系统与水系统相互依存、相互支撑的良性循环。该理念通过适当约束人类经济社会活动,增强全社会对水资源保护的责任意识与行动能力,引导各产业不断向“适水”方向发展,实现从“人水矛盾”到“人水和谐”的根本性转变^[21],推动人水关系向和

谐共生方向发展,有助于形成共生共荣、协调有序的现代人水关系格局。

“四水四定”和谐共生将推动人水关系调控进入更高层次的协同治理阶段。伴随着水资源法治体系完善和社会节水意识的全面提升,人水关系将逐步由被动适应型转向主动协同型,使人口分布、经济结构与水系统之间的关系更加稳定与和谐。未来通过健全水资源综合调控体系、完善用水权分配与交易机制、强化公众参与和社会监督,促使人类从单纯的水资源使用者逐步转变为积极的水生态守护者,有效保障良好的人水关系,实现人类活动与用水系统的动态平衡。

3.4 应用于国家水战略规划及水网建设

2023年5月25日中共中央、国务院印发的《国家水网建设规划纲要》提出,“牢固树立生态文明理念,坚持山水林田湖草沙系统治理,尊重自然、顺应自然、保护自然,把生态优先、绿色发展理念贯穿国家水网建设和运行管理全过程”。因此,加快构建国家水网是推进生态文明建设的必然要求。面对中国“水资源时空分布不均、水安全风险日益加剧”的严峻局势,作为新时代水资源管理的重要理念,“四水四定”和谐共生可在工程层面引导资源高效配置与生态系统协同保护;确立以水资源承载能力为核心的国土空间治理新格局,使人口分布、产业布局、城市建设、生态保护与水资源调控深度耦合,推动水资源在不同尺度下的合理分配。

“四水四定”和谐共生将在未来持续为中国国家水战略规划与水网建设提供系统性、前瞻性的理论指导,有望构建覆盖全国、分级分区、互联互通的现代化水网格局,实现跨流域、跨区域、跨部门的水资源高效调度与动态管理。借助智慧水利、数字孪生等新一代信息技术,可显著提升水网运行的实时监测与精准调控能力,增强应对洪旱灾害和极端气候事件的韧性^[30]。

3.5 应用于水资源合理分配及优化调度

“四水四定”和谐共生通过统筹多源供水、多元需求和多尺度管理,将水资源视为“发展边界”,通过“以水定规模”将区域可利用水资源量与城市发展、土地利用、人口规模、产业布局以及生态保护紧密相连,构建以生态优先、统筹协调、公平高效为特征的水资源配置体系,提升水资源配置的系统性与约束性。该理念打破传统水资源调度中“单一水源、静态分配”的局限,通过统筹地表水、地下水、非常规水的多源联合调度机制,依托实时监测、动态预测和精细化管理,实现水资源的供需优化调配、季节性平衡与应急保障的有机统一。

在新一代水资源利用技术快速发展的背景下,随着海水淡化、雨水集蓄利用、再生水回用、苦咸水淡化、矿井水利用等非常规水利用及水循环再制造等技术的成熟,“四水四定”和谐共生可作为技术应用落地的重要规划依据,为非常规水由补充性资源向战略性水源的转变提供调度支撑。该理念有望为中国水资源管理开辟全新路径,未来的应用还可拓展至应对极端气候事件领域,构建集灾前预警、应急调度与灾后恢复于一体的综合水资源保障体系,显著提升中国水资源管理的韧性与适应力。

3.6 应用于学科发展研究

“四水四定”和谐共生在学科研究中具有重要引领作用,对交叉学科深度融合与创新发展的核心推动作用,涉及人水关系学、水文学、生态学、经济学、社会学、管理学等多个领域。在学科发展过程中,该理念以水资源刚性约束为前提,以实现人水系统和谐共生为导向,使不同领域学科在研究对象、研究方法与评价体系等层次实现有机衔接,进而形成面向“水资源-经济社会-生态环境”多系统协同发展的综合研究格局,为完善交叉学科体系提供新思路。

“四水四定”和谐共生有助于推动学科在系统建模、指标量化和综合评估等方面的发展。结合数字孪生、智慧水利等新兴学科,该理念为科学调控复杂人水关系提供了量化依据。该理念为新兴交叉学科的发展提供方法论支撑,促进学科体系在应对资源约束、环境变化及可持续发展等挑战中持续优化与创新。

4 结语

本文系统梳理了“四水四定”和谐共生的提出背景,界定了“四水四定”和谐共生的概念,从人水和谐共生、经济社会与生态用水和谐共生、经济社会各部门间用水和谐共生、多水源多过程供水和谐共生4个维度解读了其核心内涵;总结提出了“四水四定”和谐共生的理论体系框架及主要内容,从6个层面对其应用途径进行了探讨分析。

本文对“四水四定”和谐共生的理论体系进行了初步探索,并形成了较为系统的理论体系框架,旨在为水资源精细化管理与多元系统协同治理提供理论依据与实践指导。但当前理论体系发展尚处于起步阶段,后续研究亟须加强多学科交叉融合,持续拓展“四水四定”和谐共生在不同区域场景实践中的普适性与响应能力,进一步推动中国水资源管理现代化的高质量发展。

参考文献:

- [1] LI Z Y, CAO L, WANG S X, et al. Spatiotemporal evolution and coupling coordination of multi-objective and multi-dimensional water resources carrying capacity[J]. *Ecological Indicators*, 2025, 178: 113965.
- [2] 左其亭, 李佳敏, 马军霞, 等. “四水四定”研究 I: 概念内涵及理论依据[J]. *南水北调与水利科技(中英文)*, 2025, 23(3): 481-488.
ZUO Q T, LI J M, MA J X, et al. Research on "defining the scales based on water" I: conceptual connotation and theoretical basis[J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2025, 23(3): 481-488.
- [3] 左其亭, 张志卓, 马军霞, 等. 人与自然和谐共生的水利现代化建设探析[J]. *中国水利*, 2021(10): 4-6.
ZUO Q T, ZHANG Z Z, MA J X, et al. Thought on modernization of water conservancy in harmonious coexistence between man and nature[J]. *China Water Resources*, 2021(10): 4-6.
- [4] 王浩, 许新发, 成静清, 等. 水资源保护利用“四水四定”: 基本认知与关键技术体系[J]. *水资源保护*, 2023, 39(1): 1-7.
WANG H, XU X F, CHENG J Q, et al. "basing four aspects on water resources" in water resources protection and utilization: basic cognition and key technology system[J]. *Water Resources Protection*, 2023, 39(1): 1-7.
- [5] 褚俊英, 李孟泽, 周祖昊, 等. 水资源保护利用“四水四定”的创新管理模式[J]. *水资源保护*, 2024, 40(2): 23-27, 71.
CHU J Y, LI M Z, ZHOU Z H, et al. Innovative management pattern of "four water-based principles" in water resources protection and utilization[J]. *Water Resources Protection*, 2024, 40(2): 23-27, 71.
- [6] 易森, 张宁, 赵磊. “四水四定”视域下中国流域经济高质量发展探析[J]. *经济纵横*, 2024(1): 110-118.
YI M, ZHANG N, ZHAO L. High-quality development of China's river basin economy from the perspective of "basing four aspects on water resources"[J]. *Economic Review Journal*, 2024(1): 110-118.
- [7] 左其亭, 贺豪, 臧超, 等. “四水四定”研究 III: 实施路径及保障体系[J]. *南水北调与水利科技(中英文)*, 2025, 23(3): 499-506.
ZUO Q T, HE H, ZANG C, et al. Research on "defining the scales based on water" III: implementation path and guarantee system[J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2025, 23(3): 499-506.
- [8] 左其亭, 纪义虎, 陶洁, 等. “四水四定”研究 II: 理论方法及应用领域[J]. *南水北调与水利科技(中英文)*, 2025, 23(3): 489-498.

- ZUO Q T, JI Y H, TAO J, et al. Research on "defining the scales based on water" II: theories, methods and their application fields[J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2025, 23(3): 489-498.
- [9] 潘慧民, 门宝辉, 王红瑞, 等. 基于 DPSIR-对称交互熵的泰安市水—城地人产系统协调性评价[J]. *水电能源科学*, 2024, 42(5): 80-83, 18.
PAN H M, MEN B H, WANG H R, et al. Evaluation of coordination of water-people-land-industry-city system in Taian City based on DPSIR-symmetric cross-entropy method[J]. *Water Resources and Power*, 2024, 42(5): 80-83, 18.
- [10] 魏豪杉, 王红瑞, 郝鹏鑫, 等. 基于水资源空间均衡的“四水四定”调控模型的应用[J]. *水资源保护*, 2024, 40(5): 78-85, 130.
WEI H S, WANG H R, JIA P X, et al. Application of water resources spatial equilibrium-based "defining city, land, population, and industry based on water" regulation and control model [J]. *Water Resources Protection*, 2024, 40(5): 78-85, 130.
- [11] 王浩, 周祖昊, 褚俊英, 等. 北方缺水地区“四水四定”创新管理战略研究[J]. *人民黄河*, 2025, 47(2): 1-7.
WANG H, ZHOU Z H, CHU J Y, et al. Innovative management strategy of "defining city, land, population and production by water" in water-scarce areas of northern China[J]. *Yellow River*, 2025, 47(2): 1-7.
- [12] 王若禹, 赵志轩, 黄昌硕, 等. “四水四定”水资源管控理论研究进展[J]. *水资源保护*, 2023, 39(4): 111-117.
WANG R Y, ZHAO Z X, HUANG C S, et al. Research progress on water resources management theory of "basing four aspects on water resources" [J]. *Water Resources Protection*, 2023, 39(4): 111-117.
- [13] 刘海娇, 陈学群, 刘彩虹, 等. 基于 DPSIR 模型的“四水四定”高质量发展协调性评价[J]. *人民黄河*, 2022, 44(11): 72-77.
LIU H J, CHEN X Q, LIU C H, et al. Evaluation and application of "basing four aspects on water resources" high-quality development coordination based on DPSIR model[J]. *Yellow River*, 2022, 44(11): 72-77.
- [14] 仕玉治, 赵立杰, 李福林, 等. 基于行业水权分配的山东省沿黄区域水资源承载阈值探讨[J]. *人民黄河*, 2025, 47(2): 87-94.
SHI Y Z, ZHAO L J, LI F L, et al. Discussion on water resources carrying threshold along the Yellow River in Shandong Province based on industrial water rights allocation[J]. *Yellow River*, 2025, 47(2): 87-94.
- [15] 左其亭, 张乐开, 张羽, 等. 人与自然和谐共生理论与实践[J]. *华北水利水电大学学报(自然科学版)*, 2023, 44(6): 10-15, 65.
ZUO Q T, ZHANG L K, ZHANG Y, et al. Theory and practice of harmonious symbiosis between human and nature[J]. *Journal of North China University of Water Resources and Electric Power (Natural Science Edition)*, 2023, 44(6): 10-15, 65.
- [16] 程婧. 生态文明视域下的山水林田湖草生命共同体建设: 评《人与自然和谐共生: 山水林田湖草生命共同体的理论与实践》[J]. *生态经济*, 2023(6): 230-231.
CHENG J. Construction of life community of landscape forest, field, lake and grass from the perspective of ecological civilization: comment on harmonious coexistence between man and nature: theory and practice of life community construction of landscape forest, field and lake and grass[J]. *Ecological Economy*, 2023(6): 230-231.
- [17] 孙嘉莹. 人与自然和谐共生现代化的理论渊源、实践指向与时代价值[J]. *学校党建与思想教育*, 2023(24): 84-86.
SUN J L. Theoretical origin, practical orientation and time value of the harmonious coexistence and modernization between man and nature[J]. *The Party Building and Ideological Education in Schools*, 2023(24): 84-86.
- [18] 上海辞书出版社. 辞海 [EB/OL]. (2025-03-21) [2025-09-26]. <https://www.cihai.com.cn/home>.
- [19] 左其亭. 和谐论的数学描述方法及应用[J]. *南水北调与水利科技*, 2009, 7(4): 129-133.
ZUO Q T. Mathematical description method and its application of harmony theory [J]. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology*, 2009, 7(4): 129-133.
- [20] ALAM M S, DINÇER H, KISSWANI K M, et al. Analysis of green energy-oriented sustainable development goals for emerging economies[J]. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2024, 10(3): 100368.
- [21] 左其亭, 吴青松, 金君良, 等. 区域水平衡基本原理及理论体系[J]. *水科学进展*, 2022, 33(2): 165-173.
ZUO Q T, WU Q S, JIN J L, et al. The basic principle and theoretical system of regional water balance[J]. *Advances in Water Science*, 2022, 33(2): 165-173.
- [22] 游进军, 贾玲, 杨朝晖, 等. 协调公平与效率的“四水四定”研究 I: 方法与模型[J]. *水利学报*, 2024(2): 158-166.
YOU J J, JIA L, YANG Z H, et al. Study on "water dominates development" based on equity and efficiency I: methodology and model [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2024(2): 158-166.
- [23] OTAMENDI U, MAIZA M, OLAIZOLA I G, et al. Integrated water resource management in the Segura Hydrographic Basin: an artificial intelligence approach[J]. *Journal of Environmental Management*, 2024, 370: 122526.
- [24] 左其亭, 王鹏抗, 张志卓, 等. 黄河流域水资源利用

- 水平及提升途径[J]. 郑州大学学报(工学版), 2023, 44(3): 12-19.
- ZUO Q T, WANG P K, ZHANG Z Z, et al. Utilization level and improvement approach of water resources in the Yellow River Basin[J]. Journal of Zhengzhou University (Engineering Science), 2023, 44(3): 12-19.
- [25] YOON H N, MARSHALL L, SHARMA A. Evaluating the influence of hydrologic signatures on hydrological modeling using remotely sensed surrogate river discharge [J]. Journal of Hydrology, 2024, 644: 132049.
- [26] 宋玉鑫, 左其亭, 马军霞. 基于 SWAT 模型的开都河流域水文干旱变化特征及驱动因子分析[J]. 干旱区研究, 2021, 38(3): 610-617.
- SONG Y X, ZUO Q T, MA J X. Variation and dynamic drivers of drought in Kaidu River Basin based on the SWAT model[J]. Arid Zone Research, 2021, 38(3): 610-617.
- [27] 邓毛颖, 邓策方. 动态规划法在水资源分配中的实践[J]. 给水排水, 2021, 47(增刊2): 253-256, 271.
- DENG M Y, DENG C F. Optimal allocation of water resource based on dynamic programming [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(S2): 253-256, 271.
- [28] 赵勇, 常免宇, 李海红, 等. 缺水胁迫区水系统优化调控理论与模式[J]. 水利学报, 2024, 55(2): 202-213, 225.
- ZHAO Y, CHANG H Y, LI H H, et al. Theory and pattern of optimal regulation of water system in water shortage stress area[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2024, 55(2): 202-213, 225.
- [29] GUO Y N, YANG L S, WANG L, et al. Assessment of ecological civilization construction from the perspective of environment and health in China[J]. Eco-Environment & Health, 2024, 3(3): 281-289.
- [30] 余运磊, 曹一一, 周琪, 等. 国家水网对中国地级市水资源短缺的缓解效果评估[J]. 水利学报, 2025, 56(4): 531-540.
- SHE Y L, CAO Y Y, ZHOU Q, et al. Assessment the impact of the National Water Network on water shortages in Chinese prefecture-level cities[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2025, 56(4): 531-540.

Theoretical System and Application Pathways of Harmonious Coexistence of "Defining the Scales Based on Water"

ZUO Qiting^{1,2}, LI Jiamin¹, TAO Jie^{1,2}, WU Qingsong¹

(1. School of Water Conservancy and Transportation, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Henan International Joint Laboratory of Water Cycle Simulation and Environmental Protection, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The "defining the scales based on water" harmonious coexistence is an emerging water-resources management concept, emphasizes the thorough implementation of the "defining the scales based on water" principles and the concept of "harmonious coexistence" with the rigid constraints of water resources. The concept's background was systematically analyzed, and based on clarifying the principles of "defining the scales based on water" and the concept of "harmonious coexistence", its definition was established. The deeper connotation was examined from the perspective of interactions between human systems and water systems. The concept was based on three fundamental principles: the regional water balance principle, human-nature symbiotic co-prosperity principle, and human-water relationship harmonious evolution principle. Its main methodological approach included system identification, simulation analysis, metric evaluation, and optimization control. The core concepts were articulated across five dimensions: coordinated development, dynamic regulation, system-level synergy, supply-demand balance, and water-adapted development. Based on these elements, a theoretical framework for the concept of harmonious coexistence of "defining the scales based on water" was established, and its theoretical foundations were systematically elaborated. Furthermore, the concept's application pathways and prospects were explored from multiple dimensions, including planning, policy, management, strategy, technology and discipline. The study provided a theoretical basis and practical reference for the refined management of water resources and the coordinated development of multiple systems.

Keywords: "defining the scales based on water"; harmonious coexistence; human-water relationship discipline; harmony theory; water resources management