

协同治理视角下中国水治理效能的演变特征与贡献测量

吴丹^{1,2}, 陈江南¹

(1. 北方工业大学经济管理学院, 北京 100144; 2. 北方工业大学资源与环境管理研究中心, 北京 100144)

摘要:从水资源、水环境和水生态协同治理视角,构建了水治理效能评估指标体系与综合评估模型,通过明确中国水治理效能演变特征,测量各关键因素对水治理效能的贡献,验证了该指标体系与模型的有效性。研究表明:1980—2022年中国水治理效能历经缓慢提升、快速提升、增速减缓3个时期,各时期特征明显;第1时期集约利用能力相对提升较快,生态修复与环境保护措施不足;第2时期安全保障能力快速提升并居于首位,集约利用和环境保护能力也大幅提升,生态修复能力提升缓慢;第3时期水资源、水环境和水生态治理实现了均衡发展,协同治理等级从失调转为优质协同,但仍存在农业用水控制、排污控制和生态修复等难题。

关键词:水治理效能;协同治理;水资源;水环境;水生态

中图分类号:TV213.4

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2025)05-0268-10

Evolutionary characteristics and contribution measurement of China's water governance effectiveness from the perspective of collaborative governance//WU Dan^{1,2}, CHEN Jiangnan¹ (1. School of Economics and Management, North China University of Technology, Beijing 100144, China; 2. Research Center for Resource and Environmental Management, North China University of Technology, Beijing 100144, China)

Abstract: The evaluation index system and comprehensive assessment model for water governance effectiveness were constructed from the perspective of coordinated governance of water resources, water environment, and water ecology, and the validity of this index system and model was verified by clarifying the evolution characteristics of China's water governance effectiveness and measuring the contribution of each key factor to water governance effectiveness. The research found that from 1980 to 2022, China's water governance effectiveness experienced three periods: slow improvement, rapid improvement, and a slowdown in the growth rate. The characteristics of each period were distinct. In the first period, the ability for intensive utilization increased relatively rapidly, while ecological restoration and environmental protection measures were insufficient. In the second period, the security guarantee ability improved rapidly and ranked first, while the abilities for intensive utilization and environmental protection also significantly improved, but the ecological restoration ability improved slowly. In the third period, water resources, water environment, and water ecology governance achieved balanced development, and the coordination level shifted from imbalance to high-quality coordination. However, there were still problems such as control of agricultural water use, pollution control, and ecological restoration.

Key words: water governance effectiveness; coordinated governance; water resources; water environment; water ecology

近年来,水利部、生态环境部和国家发展和改革委员会等部委密集出台并实施了《水效领跑者引领行动实施方案》《“十四五”节水型社会建设规划》《关于进一步加强水资源节约集约利用的意见》《“十四五”水安全保障规划》《重点流域水生态环境保护规划》等政策举措,进一步完善了现代水治理

体系。

水是集资源要素、环境要素、生态要素于一体的重要资源,我国水治理实践在保障经济社会高质量发展和生态环境保护中发挥了重要的作用。从资源要素看,水治理的核心在于提高水资源节约集约安全利用水平;从环境要素看,水治理的核心在于提高

基金项目:国家社科基金后期项目(22FGLB016);教育部人文社会科学研究青年基金项目(21YJCZH176);北方工业大学北京城市治理研究基地项目(2025CSZL06)

作者简介:吴丹(1986—),男,教授,博士,主要从事城市治理与资源环境管理研究。E-mail:wu_daniel@163.com

通信作者:陈江南(2001—),女,硕士研究生,主要从事技术经济及管理研究。E-mail:jiangnan19_chen@163.com

水环境保护能力,保护好水资源数量和质量,包括加强废污水的净化处理、改善河流水质和控制水污染物的排放;从生态要素看,水治理的核心在于提高生态修复能力,保护好水资源的生态功能,以保障水资源可持续利用和生态系统良性循环,防止水资源枯竭或遭到破坏,包括加强水土流失治理、地下水开采控制、自然湿地保护、林业建设和生态用水保障。

在我国水治理实践工作中,水利部门与生态环境部门均发挥着关键作用。水利部门强调水资源治理,其核心目标是实现水资源的可持续利用与水安全保障,既重视水的资源属性,致力于保障水资源在不同领域的合理分配与高效利用,也要兼顾水生态保护与水灾害防治。生态环境部门则侧重从宏观生态系统角度出发,强调水环境保护和水生态修复,将水资源视为生态系统的核心要素,通过系统治理措施,保障水环境质量达标提升,恢复和维护水生态系统健康。因此,尽管水利部门和生态环境部门在水治理工作中的侧重点有所不同,但在水资源节约集约安全利用、水环境保护和水生态修复等领域目标一致,均致力于实现水资源的可持续利用、水生态环境改善与水安全保障。在此背景下,亟须统筹水资源、水环境和水生态协同治理,构建较为完善的水治理效能评估指标体系,以科学检验中国水治理实践成效,明确水治理短板,推动水利高质量发展。基于此,本文在梳理水治理评估研究现状的基础上,从水资源、水环境和水生态协同治理视角,构建中国水治理效能评估指标体系,开展中国水治理效能评估,为国家相关管理部门深化水治理实践、推进水治理现代化提供参考。

1 水治理评估研究综述

提高水资源节约集约利用水平、保障国家水安全、维护健康的水生态环境,以水治理现代化支撑中国式现代化,是关系国计民生的大事^[1]。目前,全球水治理研究主要围绕以下方面展开:①水治理体制,是水治理的组织形式与行为主体,明确了国家政府和非政府组织在水治理中扮演的角色^[2-3]。②水治理路径和机制,是以水利法律法规为基石,以水管理政策制度为支撑,以水利科技创新为途径,通过转变水资源管理公共机构的职能,不断扩大市场在水治理中的决定性作用,实现政府、市场和社会公众的多元共治,推动水治理现代化^[2,4-5]。③水治理能力评估,是对水治理实践成效开展全面系统的考量^[6-9],包括评估指标(如水资源利用指标^[10-11]和水环境保护指标^[12-13])的构建,评估方法(如模糊综合评价法、理想解模型等定量方法^[14-15])的选取,以及

评估结果的剖析,如针对国家、地区、流域、省域和城市等不同层面^[16-20]。

总体来看,水治理评估重点从4个维度展开。①水资源治理评估,其目的是实现水资源的可持续发展^[21]。Hellstrom^[22]和 Bossel^[23]分别构建了社会经济-文明发展-公共卫生-环境四维水资源评估指标体系和生存-能效-自由-安全-适应-共存六维水资源治理评估框架。王浩等^[24]提出了新时期以“量-质-域-流-生”协同保护修复为核心的流域水资源保护新理念,明确了流域水资源保护的体系框架。黄万华等^[25]从治理绩效的视角出发,构建包含水资源开发利用、水质控制与水污染防治、水环境治理以及水生态修复等4个维度的评价指标体系。②水环境治理评估,其目的是提高水环境绩效并保障水环境安全。田培等^[26-27]、孙晗等^[28-29]分别基于 DPSIR、PSR 模型框架,考虑工农业及生活对水环境的影响,构建了水环境绩效、水环境安全评估方法。③水生态治理评估,其目标是保障水生态系统的健康和可持续性。陈默等^[30]、胡小红等^[31]分别构建了物质产品-调节服务-文化服务、群落丰富度-个体相对丰度-生物耐污能力等三维水生态系统健康评估体系。张胜武等^[32]以区域发展特色为立足点,从水安全、水生态、水环境、水节约、水监管、水文化和水设施等7个维度构建水生态文明综合治理评价指标体系,进而对淮河生态经济带的水生态治理水平进行了评价。褚克坚等^[33]综合运用生物完整性指数、鱼类群落结构、栖息地评价指数以及 AHP-Fuzzy 等方法,评估了河流水生态健康。④综合治理评估,其目的是全面系统地衡量水资源、水环境、水生态的治理效能。王敏等^[19]、付晓花等^[34]和方奕舟等^[35]分别构建了人口-经济-协调-生态、气候-水文-水动力、水安全-水生态-水环境-水管理等不同维度的综合治理评估体系,运用空间分析方法、SWAT 模型及 AHP-模糊综合评价法,综合评估了水治理成效。

梳理现有文献可知,既有成果为深化中国水治理评估研究提供了多学科交叉基础,为推动水利高质量发展奠定了重要的实践指导。但学者们基于知识背景的差异,提出的水治理评估视角呈现多元化特征,没有充分体现水资源、水生态、水环境三水统筹的系统治理思路。因此,立足水资源、水环境和水生态协同治理视角,完善水治理效能评估框架体系,全面、系统评估和检验水治理实践成效,已成为亟须深化研究的重要课题。为此,本文在深入剖析经济社会发展与水治理之间交互作用机制的基础上,进一步优化了水治理效能评估指标体系的设计,采用目标一致性法与层级等权赋权法对指标进行赋权,

并将理想解模型、贡献度模型与协调度模型有机耦合,构建水治理效能综合评估模型,并应用于中国水治理效能的实证评估。

2 协同治理视角下水治理效能评估指标体系构建

2.1 水治理效能评估指标设计

中国经济发展与水治理的交互作用机制(图1)对构建水治理效能评估框架体系具有重要的指导意义。由图1可知,在经济发展与水治理实践中,工农业发展、服务业快速扩张以及庞大的人口规模等因素,对水资源、水环境和水生态形成显著的压力,进而制约了经济的高质量发展。为此,政府部门以水治理体系改革创新为动力,通过优化产业结构、完善

政策体系、发挥市场机制,统筹推进水资源、水环境和水生态的协同治理,持续提升水治理效能。

在水资源治理方面,通过贯彻落实“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”十六字治水思路,将水资源作为刚性约束,制定并落实节水型社会建设规划,实行最严格水资源管理制度,强化双控行动方案,提升节水管控和集约利用能力;同时,通过制定与落实水安全保障规划,提高水安全保障能力。

在水环境保护和水生态修复方面,通过制定并落实《重点流域水生态环境保护规划》《水污染防治行动计划》《生态文明体制改革总体方案》等政策,加强水生态环境建设,提高环境保护和生态修复能力,最终实现水治理效能的提升。

综上,水治理效能评估本质上是政府管理部门

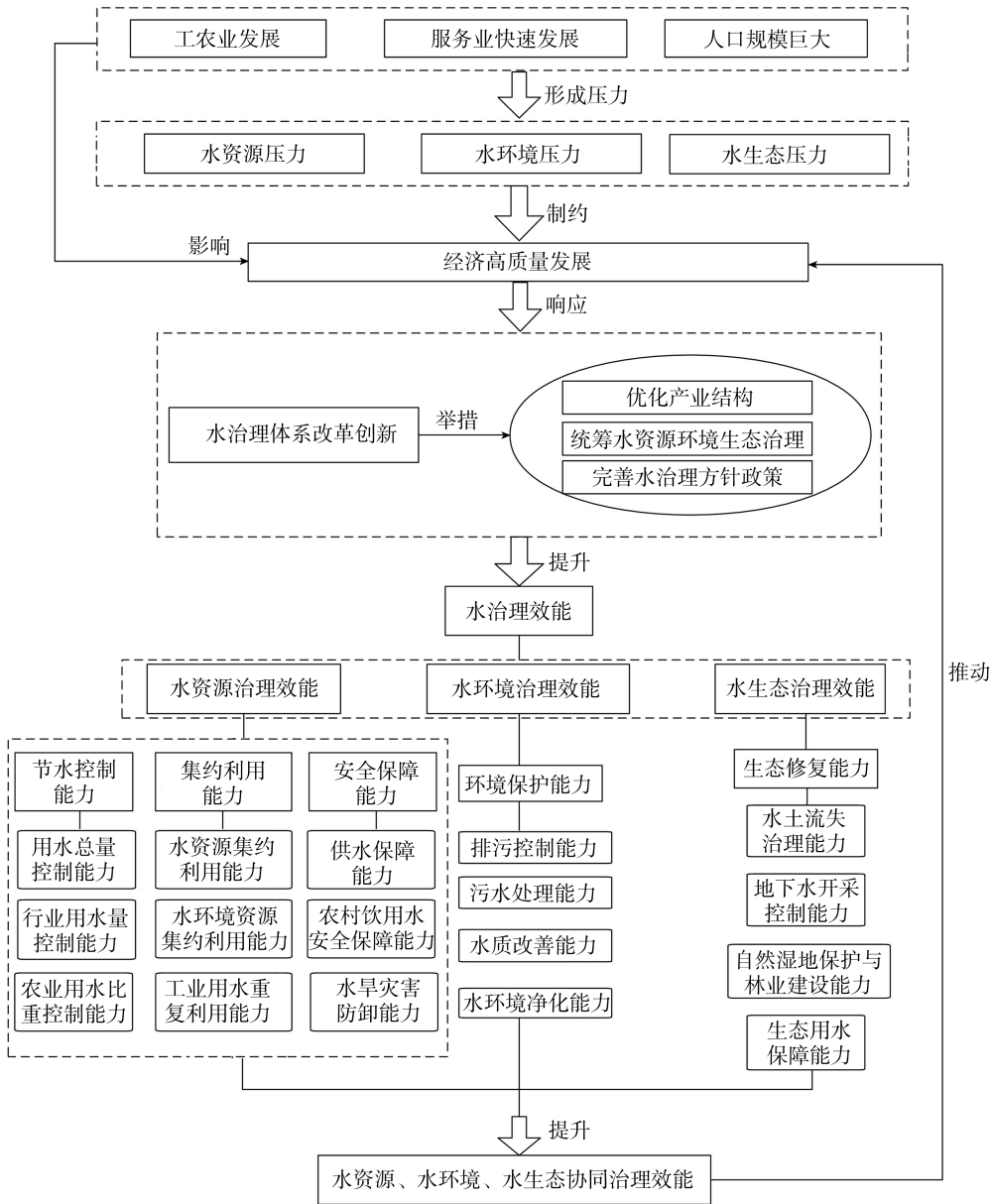


图1 经济发展与水治理交互作用机制

Fig.1 Interactive mechanism between economic development and water governance

对我国水治理实践成效的评估,是对水资源、水环境和水生态协同治理效能的评估,具体涵盖节水控制、集约利用、安全保障、环境保护、生态修复 5 个维度能力的评估。需要说明的是,水资源、水环境和水生态协同治理并非忽视水灾害治理,而是将其影响纳入 5 个维度的评估体系中,在安全保障能力与生态修复能力维度中,综合考量水灾害对水资源、水环境和水生态的影响及治理措施成效,以打破生态环境部门与水利部门之间的壁垒,促进不同部门在政策制定、规划实施和监管执法等方面系统协调配合,形成水治理合力,充分体现各部门对水治理的多元共治格局。

基于此,结合我国水治理实践及相关学者的研究成果^[36-39],遵循系统科学性、客观代表性、动态可比性、可操作获得性等指标选择原则,设计协同治理视角下水治理效能评估指标体系,如表 1 所示。表 1 指标数据来源于《中国统计年鉴》《中国水资源公报》《中国生态环境状况公报》《中国水旱灾害公报》《城乡建设统计年鉴》等。指标标准值主要依据《加快推进新时代中国水利现代化的指导意见》《“十四五”节水型社会建设规划》《国家节水行动方案》《“十四五”水安全保障规划》《关于进一步加强水资源节约集约利用的意见》《工业废水循环利用实施方案》《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》等政策报告的发展规划值、参考文献[16]和[19]以及发达国家指标实际值的平均值得出。

表 1 协同治理视角下水治理效能评估指标体系

Table 1 Evaluation index system of water governance efficiency from the perspective of collaborative governance				
评估主维度	评估次维度	评估内容	评估指标	指标标准值
水资源治理	节水控制能力	用水总量控制能力	用水总量弹性系数	≤0
		农业用水量控制能力	农业用水量弹性系数	≤0
		工业用水量控制能力	工业用水量弹性系数	≤0
		农业用水比重控制能力	农业用水比例	≤50%
	集约利用能力	综合用水效率	万元 GDP 用水量	≤50 m ³
		工业用水效率	万元工业增加值用水量	≤50 m ³
		农业用水效率	灌溉水有效利用系数	≥0.8
		工业用水重复利用能力	工业用水重复利用率	100%
		水环境资源利用效率	万元 GDP 废水排放量	≤4 m ³
		供水保障能力	城乡生活供水普及率	100%
水生态环境治理	安全保障能力	农村饮水安全保障能力	农村饮水不安全人口占比	0
		防洪能力	防洪能力指数	≥80%
		水旱灾害损失控制能力	水旱灾害直接经济损失占 GDP 比重	≤0.5%
		污水处理能力	城镇污水处理率	100%
	环境保护能力	水质改善能力	主要江河湖泊水功能区水质达标率	≥95%
		工业废污水净化能力	工业废污水排放达标率	100%
		水环境保护能力	七大水系国家控制地表水监测断面水质好于Ⅲ类的比例	100%
		排污控制能力	COD 排放总量弹性系数	≤0
		水土流失治理能力	水土流失面积占比	≤15%
		地下水开采控制能力	地下水占供水总量比重	≤15%
水生态治理	生态修复能力	自然湿地保护能力	自然湿地保护率	≥95%
		林业建设能力	森林覆盖率	≥35%
		生态用水保障能力	生态用水比例	≥10%

2.2 水治理效能综合评估模型构建

基于表 1 的评估指标体系,运用目标一致性法与层级等权赋权法对指标进行赋权;在此基础上,将理想解模型、贡献度模型与协调度模型有机耦合,构建水治理效能综合评估模型。

2.2.1 水治理效能测算模型

采用理想解模型^[15,25],测算不同时期中国水治理效能:

$$F_{jt} = \frac{1}{1 + \frac{\sum_{k=1}^n d_{jt}(x_{jtk}, x_{\alpha jk})^2}{\sum_{k=1}^n d_{jt}(x_{jtk}, x_{\beta jk})^2}} \tag{1}$$

其中

$$d_{jt}(x_{jtk}, x_{\alpha jk}) = \sqrt{\sum_{k=1}^n w_{jk}^2 (x_{jtk} - x_{\alpha jk})^2}$$
$$d_{jt}(x_{jtk}, x_{\beta jk}) = \sqrt{\sum_{k=1}^n w_{jk}^2 (x_{jtk} - x_{\beta jk})^2}$$

式中: F_{jt} 为第 t 时期第 j 维度的水治理效能指数, $j=0$ 代表水治理效能, $j=1\sim3$ 分别代表水资源、水环境和水生态治理效能, $j=4\sim8$ 分别代表节水控制、集约利用、安全保障、环境保护和生态修复能力; $d_{jt}(x_{jtk}, x_{\alpha jk})$ 、 $d_{jt}(x_{jtk}, x_{\beta jk})$ 分别为第 t 时期第 j 维度第 k 项评估指标与指标理想值、负理想值的距离;设 $x_{\alpha jk}=1$ 、 $x_{\beta jk}=0$ 分别为第 j 维度第 k 项评估指标的理想值、负理想值; x_{jtk} 为第 t 时期我国第 j 维度第 k 项评估指标经标准化后的指标值; w_{jk} 为第 j 维度第 k 项评估指标的权重。为减少人为因素的干扰,采用

层级等权赋权法确定指标权重, $\sum_{j=4}^8 \sum_{k=1}^n w_{jk} = 1$ 。为了将不同量纲、不同取值范围的指标转化为具有可比性的标准值,采用目标一致性法对指标进行标准化处理。

2.2.2 水治理效能贡献协调模型

a. 运用贡献度模型,测算水资源、水环境、水生态对中国水治理效能的贡献度,可表示为

$$M_j = 1/T \sum_{i=1}^T \frac{w_j F_{ji}}{\sum_{j=4}^8 w_j F_{ji}} \quad (j = 4 \sim 8) \quad (2)$$

式中: $M_j(j=4\sim 8)$ 分别为节水控制、集约利用、安全保障、环境保护和生态修复对中国水治理效能的平均贡献度; T 为计算时期数; w_j 为第 j 维度的相对重要性,考虑节水控制、集约利用、安全保障、环境保护和生态修复5个维度对水治理具有同等重要性,采用等权法予以确定。

b. 运用协调度模型,综合评估中国水资源、水环境和水生态协同治理效能:

$$\begin{aligned} D_t &= \left[\prod_{k=1}^3 D_{kt} \right]^{\frac{1}{j}} \\ D_{1t} &= \left[\prod_{j=4}^6 F_{jt} \right]^{\frac{1}{j}} \\ D_{2t} &= F_{2t} \\ D_{3t} &= F_{3t} \end{aligned} \quad (3)$$

式中: D_t 为第 t 时期中国水资源、水环境和水生态协同治理效能; D_{1t} 、 D_{2t} 、 D_{3t} 分别为第 t 时期节水控制、集约利用和安全保障3个维度的协同治理效能。依据陆远权等^[39]的研究成果,协同治理等级按照(0.0,0.1)、[0.1,0.2)、[0.2,0.3)、[0.3,0.4)、[0.4,0.5)、[0.5,0.6)、[0.6,0.7)、[0.7,0.8)、[0.8,0.9)、[0.9,1.0),划分为极度失调、严重失调、中度失调、轻度失调、濒临失调、勉强协同、初级协同、中级协同、良好协同、优质协同10个等级。

3 中国水治理效能评估

1980年以来,中国逐步构建起水管理政策框架,并开展了一系列水治理实践活动。将1980年作为起始年份开展中国水治理效能评估,主要与3个方面相关:①改革开放的历史背景。1980年是中国改革开放初期的重要时间节点,在此之后,中国经济步入快速发展阶段,工业化和城市化进程加速推进,水资源需求大幅增加,水环境与水生态问题也随之逐渐凸显。从这一时期起,中国在水资源管理、水环境治理和水生态保护领域,逐步制定并实施了一系列政策和措施。②水治理政策与实践的起点。

20世纪80年代初期,中国开始逐步构建水管理政策框架。例如,1980年湖北省对长江沿岸污染源的检查和治理,1984年开展的全国工业污染源调查,以及1986年颁布了《关于防治水污染技术政策的规定》并明确一系列水污染防治技术政策,既是中国水治理早期的重要实践,也是其发展的起点。③数据的可获得性。从1980年开始,中国的水资源统计和环境监测数据逐渐完善,可为长期的水治理效能评估提供较为完整和连续的数据支持。

3.1 水治理效能的时空分异特征及归因分析

依据构建的水治理效能评估指标体系,根据式(1)评估1980—2022年中国水治理效能,结果见图2。

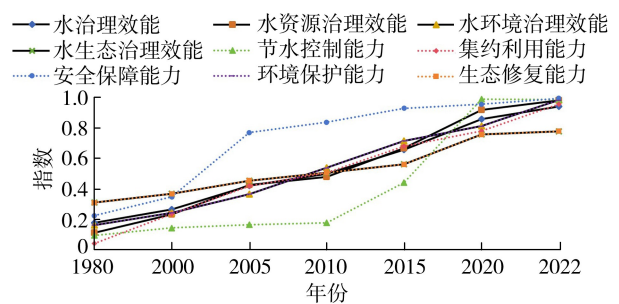


图2 中国水治理效能

Fig. 2 Effectiveness of water management in China

依据图2,1980—2022年中国水治理效能的提升经历了以下3个阶段。

3.1.1 缓慢提升期(1980—2000年)

该时期中国水治理效能指数呈现增长低迷态势,年均增长率仅为2.04%,处于低位;水生态治理效能指数最高,水环境治理效能指数次之。尽管水资源、水环境、水生态的治理效能指数分别以3.61%、2.00%和0.86%的年均增速实现了一定的增长,但三者均未取得显著突破性进展,尤其是水生态治理效能指数增长明显滞后,反映了该时期水治理面临的挑战,凸显了生态恢复与环境保护措施的不足及加强的迫切性。从各个维度能力指数变化看,节水控制、集约利用及安全保障能力指数年均增长率分别为2.04%、8.59%和2.00%,呈现集约利用能力相对提升较快的特点。

该时期水治理效能提升缓慢的主要原因为:①水资源供需矛盾加剧与行业用水发展不均衡。经济社会的快速发展提高了用水需求,农业用水占比偏高且调控乏力。从水资源利用系统性角度来看,其在产业间的分配存在失衡问题——农业用水缺乏高效的调控机制,导致大量水资源低效率使用,难以在满足农业用水需求的同时,兼顾其他产业及生态用水,从而加剧了水资源的供需矛盾。②综合用水

效率、行业用水效率及水环境资源利用效率偏低,限制了水资源利用效率的最大化,其根源在于技术水平落后与管理模式陈旧。在技术层面,工业生产中许多企业沿用陈旧的用水工艺,耗水量大且水资源循环利用率低;在管理模式上,缺乏统一高效的水资源综合管理体系,行业与部门间各自为政,难以形成水资源高效利用的合力;同时,供水系统与农村饮用水安全体系保障能力不足,防洪抗旱能力薄弱,这些因素从水资源的供给端和需求端交织作用,增加了水资源安全风险,导致水资源利用效率难以最大化。③排污控制机制存在缺陷,这是水环境治理效能较低的关键因素。由于缺乏严格有效的排污监管和惩罚机制,企业为降低成本,往往肆意排放污染物,使得化学需氧量(COD)等污染物排放量持续攀升。在污水处理方面,城镇污水处理能力欠缺、技术落后,无法有效处理大量污水,造成水质恶化。而由于水环境保护能力薄弱,水体的自净能力难以得到有效的维护和提升,致使水环境质量持续恶化,不仅直接削弱了水治理成效,更引发了水生态与水资源治理之间的恶性循环。④经济活动的扩张导致地下水过度开采、水土流失加剧,而生态用水保障、自然湿地及林业保护等关键领域的支持力度不够,严重制约了生态环境的可持续发展,进而较大程度限制了水生态治理效能的提升。

3.1.2 快速提升期(2000—2015 年)

该时期中国水治理效能指数呈现显著的增长态势,年均增速攀升至 6.17%。其中,水资源、水环境和水生态治理效能指数的年均增速分别为 7.22%、7.39%和 2.83%,与上一阶段相比均有明显提升,标志着中国在水资源管理、水环境保护和水生态修复方面取得了重要进展。值得注意的是,水资源治理和水环境治理效能指数增长势头较猛,截至 2015 年,中国的水环境治理效能指数略高于水资源治理,且两者均超过了上一阶段占据优势的水生态治理效能指数。

从各维度能力指数变化来看,节水控制、集约利用及安全保障能力指数年均增速分别高达 7.66%、7.29%与 6.72%。其中,安全保障能力指数不仅最早实现跨越式增长,而且始终位居首位,其次是集约利用能力指数。节水控制能力指数虽然在 2000—2010 年未出现显著增长,但在 2010—2015 年实现了质的飞跃,增幅高达 202.45%。此外,环境保护和生态修复能力指数也呈现出提速增长的发展态势,环境保护能力指数在 2000—2015 年大幅提升。相比之下,生态修复能力指数的增长相对平缓,这在一定程度上反映了生态修复工作的长期性与复杂性。

该时期水治理效能指数快速提升的主要原因为:①水资源供需矛盾缓解。2000 年以前,源于传统农业生产方式对水资源价值的认识不足以及农业用水成本偏低,农民缺乏节水动力,导致农业用水长期粗放且占比过高。政策引导和技术革新则通过改变激励机制和生产方式来优化水资源配置。例如,高效节水灌溉技术的推广,不仅降低了农业用水总量,还提高了灌溉效率,增加了单位用水量的农作物产出,实现了水资源利用的帕累托改进,使得水资源得以流向产出效益更高的产业,从而优化了产业间的水资源配置,从根本上缓解了水资源的供需矛盾。②综合用水效率、行业用水效率及水环境资源利用效率显著提升,工业用水重复利用技术的广泛应用起到了关键作用。从生产函数理论角度分析,作为企业重要生产要素的水资源,工业用水重复利用技术和生产工艺的优化,改变了水资源投入与产品产出之间的关系。先进的污水处理和净化技术,使得企业在生产过程中对水资源这一生产要素的使用效率大幅提高;减少了污水排放,降低了对水环境的负外部效应,从经济和环境两个维度推动了水治理效能的提升。③供水、防洪及水旱灾害管理能力的增强,为水资源安全提供了有力保障,但农村饮用水安全保障能力仍较为薄弱。其根源在于农村经济发展相对落后,缺乏足够的资金投入用于供水设施的建设和维护,加之农村地区监管体系不完善,导致其在水资源安全保障方面存在明显短板,制约了整体水治理效能在农村地区的发挥。④城镇污水处理与工业废污水净化能力快速提升,加之强有力的排污管控措施,有效减少了 COD 等污染物的排放,但水质改善与水环境保护能力仍需进一步巩固与提高。这是由于部分地区长期生态破坏严重,水生态系统的自我修复能力受损,恢复难度大。⑤地下水资源开采得到有效控制,自然湿地保护与林业系统建设能力增强,对加快生态修复起到了积极作用。然而,水土流失问题依旧严峻,生态用水保障能力尚显不足,这是源于现有生态用水的规划调配机制缺乏科学性,未能充分考虑生态系统不同时期、不同区域的用水需求,导致生态用水供需失衡,制约了生态修复的进程。

3.1.3 增速减缓期(2015—2022 年)

该时期中国水治理效能指数的年均增速适度放缓,降至 5.23%,反映出中国水治理工作进入了一个更为稳健与深化的发展阶段。其中,水资源治理效能指数增长最快,年均增速为 5.60%,水环境、水生态的治理效能指数分别以 4.61%和 4.78%的年均增速保持增长。与上一时期相比,水资源、水环境治理效能指数的增速均有所放缓,而水生态治理效

能指数的年均增速有所提高,三者增速差距有所缩小,反映出中国水治理政策逐渐向更均衡、更全面的方向发展。截至2022年,中国水治理效能指数从1980年的0.179增至0.942,其中,水资源、水环境、水生态的治理效能指数分别从0.116、0.166、0.312增至0.982、0.984、0.780,表明中国的水治理取得了显著成效,但是水生态治理还存在不足,即中国水治理效能的提升主要受到生态修复能力提升的限制。

从各个维度能力指数变化看,节水控制、集约利用和安全保障能力指数年均增速分别为12.13%、4.96%和0.97%。节水控制能力指数仍保持高速增长,而集约利用和安全保障能力指数的增速则有所放缓,尤其是安全保障能力指数增速放缓显著。节水控制、集约利用和安全保障能力指数分别从1980年的0.098、0.046、0.227增至0.988、0.957、0.996,反映出水资源治理效能的提升主要受限于集约利用能力的提升。

该时期水治理效能指数继续提升但增速减缓的主要原因为:①政策导向与资源配置优化。“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水思路的提出,从政策层面引导资源向节水领域倾斜。首先,从资源配置层面来看,政府通过财政补贴、税收优惠等手段,激励企业和社会资本投入节水技术的研发与设施建设,使得水资源在不同产业和用水环节的分配更加合理,工农业用水量及用水总量得到了有效控制。其次,实施最严格水资源管理制度和强化双控行动方案,推动了综合用水效率、行业用水效率及水环境资源利用效率显著提升,工业用水重复利用能力持续增强。同时,国家水安全保障战略深入实施,显著提升了供水、防洪、农村饮水安全及水旱灾害损失控制等多方面的能力。此外,在水环境和水生态治理方面,水土流失治理与地下水资源开采控制取得了积极进展,自然湿地与林业系统保护能力增强,使得水治理效能指数实现了稳定增长。②边际效益递减。随着水治理工作的推进,前期水环境治理取得了较高成效,进一步提升的难度增大,边际效益递减。在节水控制方面,农业用水比重因粮食安全需求难以大幅降低;在环境保护和生态修复方面,排污控制能力未得到进一步强化,导致COD排放量出现较大幅度的反弹,生态用水保障能力的提升仍显不足。而水生态治理由于其生态系统的复杂性和长期累积的破坏,成为水治理的主要短板。

3.2 水治理效能的贡献测量与协同治理效能评估

3.2.1 水治理效能的贡献测量

根据式(2),测量1980—2022年水资源、水环

境、水生态治理对中国水治理效能的贡献度,结果见图3。可知,1980—2022年,水资源、水环境和水生态治理效能的平均贡献度分别为31.40%、32.41%和36.15%,表明水资源、水环境和水生态治理较为均衡,实现了协同治理。从政策驱动的角度来看,国家在水治理领域逐渐认识到水系统各要素之间的内在关联性,政策制定不再局限于单一要素的治理,而是通过综合施策推动各要素的协同治理与均衡发展。这种均衡发展的实现并非偶然,而是在政策的引导下,资源利用、环境保护与生态系统协调发展的必然结果。

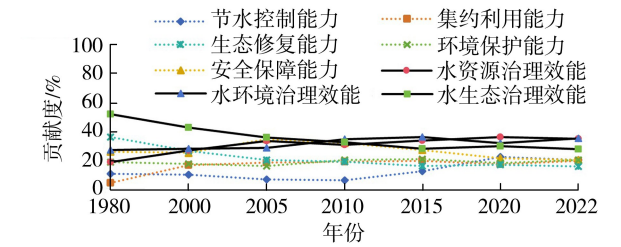


图3 中国水治理效能贡献度

Fig. 3 Contribution of China's water governance effectiveness

从贡献度的动态变化看,1980年水生态治理效能的贡献度最高,水资源治理效能最低。然而,随着中国对水资源治理重视程度的不断加深,节水、集约与安全利用理念日益强化,加之自2011年起实施的最严格水资源管理制度明确了水资源的产权归属与使用规范,以及双控行动对用水总量和强度控制指标的设定,进一步强化了用水主体的行为激励机制。在此背景下,企业和社会各界积极投入节水技术研发与设施改造,提升水资源的利用效率,从而有效推动了水资源治理效能的提升,其贡献度由较低水平逐步上升至2022年的35.74%。在安全保障、集约利用与节水控制等方面,水安全保障因直接关系国计民生,始终受到高度重视,其平均贡献度最高;集约利用能力随着产业结构优化和技术进步而稳步提升;节水控制能力则因政策持续激励与技术快速推广,贡献度增长较快。然而,水资源治理效能的提升在一定程度上削弱了水生态治理对中国水治理效能的贡献度,其比重由1980年的52.55%下降至2022年的31.40%,这与生态修复过程本身所具有的长期性、复杂性以及治理效果显现的滞后性密切相关。此外,水环境治理对中国水治理效能的贡献度变化较为平稳,2022年达35.85%。在水资源治理、水生态治理与水环境治理三大层面中,水环境治理对中国水治理效能的贡献度最高。

3.2.2 协同治理效能评估

根据式(3)测算1980—2022年中国水资源、水

环境和水生态协同治理效能,结果见表 2。

表 2 中国水资源、水环境和水生态协同治理效能
Table 2 Collaborative governance effectiveness of water resources, water environment and water ecology in China

年份	水资源节约-集约-安全利用		水资源-水环境-水生态	
	协同治理效能	协同治理等级	协同治理效能	协同治理等级
1980	0.100	严重失调	0.182	严重失调
2000	0.230	中度失调	0.278	中度失调
2005	0.380	轻度失调	0.417	濒临失调
2010	0.425	濒临失调	0.509	勉强协同
2015	0.655	初级协同	0.647	初级协同
2020	0.905	优质协同	0.828	良好协同
2022	0.980	优质协同	0.910	优质协同

根据表 2,1980—2022 年水资源-水环境-水生态协同治理效能从 0.182 增至 0.910,年均增速为 3.91%,协同治理等级已达到优质,反映出水治理各要素之间相互作用关系复杂。

初期,由于各要素治理水平较低,相互之间的协同效应难以发挥,处于严重失调状态。随着治理工作的推进,各要素治理效能逐步提升,正向反馈机制逐渐增强。水资源的合理利用有效减少了污水排放,有助于水环境质量的改善;良好的水环境又为水生态系统提供了适宜的生存环境,促进了水生态系统的修复进程;而健康的水生态系统进一步增强了水资源的涵养与净化能力,形成了良性循环,推动协同治理效能的持续提升。①在水资源治理层面,节水控制、集约利用与安全保障三者之间的协同治理效能由 0.100 上升至 0.980,年均增长率为 5.57%,并在 2020 年达到优质水平,这是多项政策引导、技术支撑与管理措施协同作用的综合结果。②在政策层面,节水优先战略引导全社会形成节水意识,推动节水控制能力不断提升;产业结构调整政策则促进了水资源集约利用模式的创新。③在技术层面,节水技术的研发与应用不仅提升了节水控制能力,也为集约利用提供了技术支撑;同时,先进的水利工程技术和水质监测技术显著增强了水资源安全保障能力。④在管理层面,统一的水资源管理体制有效协调了各部门之间的协作关系,强化了节水控制、集约利用与安全保障之间的协同配合,共同构建了水资源高效、可持续利用的坚实基础。

4 结 论

a. 1980—2022 年中国水治理效能经历了缓慢提升、快速提升和增速减缓 3 个阶段。①缓慢提升期(1980—2000 年)水生态治理效能指数的平均水平最高,水环境治理效能指数基本与水治理效能指数持平,而水资源治理效能指数平均值仅为 0.176,

处于较低水平,水资源的节水控制和集约利用能力尤其薄弱。②快速提升期(2000—2015 年)水资源治理的安全保障能力大幅提升,集约利用能力稳定增长,节水控制能力持续增强。三者协同推进,推动水资源治理效能显著提高;同时用水效率显著提升,使水资源治理效能指数超过了水生态治理效能指数。③增速减缓期(2015—2022 年)用水总量得到了严格控制,水资源治理效能指数进一步提升,水环境、水生态治理效能指数同步增大。但与此同时,水资源治理中的农业用水因粮食生产需求难以控制,水环境治理的排污控制能力没有得到进一步强化,水生态治理的生态用水保障能力提升略显不足。

b. 水资源、水环境和水生态治理对中国水治理效能的贡献度已从初期以水生态治理为主导,演进为三者均衡发力的格局;三者协同治理效能则从严重失调逐步趋向优质协同。尽管如此,仍需持续强化水资源节约集约利用,深化水安全保障体系建设;同时,亟须加大对水生态环境保护的投入,补足生态修复与环境保护的薄弱环节,进一步推动水资源、水环境和水生态的协同治理。

参考文献:

[1] 王红艳. 欧洲跨界河流共治实践及对推进水治理现代化的启示 [J]. 国外社会科学, 2022 (1): 144-153. (WANG Hongyan. The practice of transboundary river co-governance in Europe and implications for the modernization of water governance [J]. Social Sciences Abroad, 2022 (1): 144-153. (in Chinese))

[2] 吴舜泽,姚瑞华,赵越,等. 国际水治理的机制体制经验及对我国启示 [J]. 环境保护, 2015, 43 (22): 66-68. (WU Shunze, YAO Ruihua, ZHAO Yue, et al. International water governance mechanism and system experience and enlightenment for China [J]. Environmental Protection, 2015, 43 (22): 66-68. (in Chinese))

[3] 孙金华,王思如,朱乾德,等. 水问题及其治理模式的发展与启示 [J]. 水科学进展, 2018, 29 (5): 607-613. (SUN Jinhua, WANG Siru, ZHU Qiande, et al. Development and enlightenment of water issues and their governance models [J]. Advances in Water Science, 2018, 29 (5): 607-613. (in Chinese))

[4] 李昕蕾. 冲突抑或合作:跨国河流治理的路径和机制 [J]. 外交评论(外交学院学报), 2016, 33 (1): 126-152. (LI Xinlei. Conflict or cooperation: pathways and mechanisms of transnational river water governance [J]. Foreign Affairs Review (Journal of China Foreign Affairs University), 2016, 33 (1): 126-152. (in Chinese))

[5] PAHL-WOSTL C, GORRIS P, JAGER N, et al. Scale-related governance challenges in the water-energy-food

- nexus:toward a diagnostic approach [J]. Sustainability Science,2021,16:615-629.
- [6] LECINA S, NEALE C M U, MERKLEY G P, et al. Irrigation evaluation based on performance analysis and water accounting at the Bear River Irrigation Project (USA) [J]. Agricultural Water Management, 2011, 98 (9):1349-1363.
- [7] STEFANO L D, GILSANZ J D P, GILI F V. A methodology for the evaluation of water policies in European countries [J]. Environmental Management, 2010,45(6):1363-1377.
- [8] GONZÁLEZ R A, ARFA I, BLANCO M. Introducing GoNEXUS SEF: a solutions evaluation framework for the joint governance of water, energy, and food resources[J]. Sustainability Science,2023,18(4):1683-1703.
- [9] 吴丹,曹思奇,康雪,等. 我国水治理现状评估与展望 [J]. 水利水电科技进展,2019,39(1):7-14. (WU Dan, CAO Siqi, KANG Xue, et al. Assessment and prospect of current water governance in China [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2019, 39 (1):7-14. (in Chinese))
- [10] GEORGE B, MALANO H, DAVIDSON B, et al. An integrated hydro-economic modeling framework to evaluate water allocation strategies I: model development [J]. Agricultural Water Management,2011,98(5):733-746.
- [11] RIMIDIS A, DIERICKX W. Evaluation of subsurface drainage performance in Lithuania[J]. Agricultural Water Management,2003,59(1):15-31.
- [12] FRENI G, MANNINA G, VIVIANI G. Assessment of the integrated urban water quality model complexity through identifiability analysis [J]. Water Research, 2011, 45 (1):37-50.
- [13] JOHNS C. Water governance indicators in theory and practice: applying the OECD ' s water governance indicators in the North American Great Lakes Region[J]. Water International,2021,46 (7-8):976-999.
- [14] URICCHIO V F, GIORDANO R, OPEZ N I. A fuzzy knowledge-based decision support system for groundwater pollution risk evaluation [J]. Journal of Environmental Management,2004,73 (3):189-197.
- [15] WANG Nina, WANG Wenbin, SONG Tao. A quantitative evaluation of water resource management policies in China based on the PMC index model[J]. Water Policy,2022, 24(12):1859-1875.
- [16] 吴丹,王亚华. 中国水利现代化进程的再评价及其含义 [J]. 水利水电技术 (中英文),2022,53(5):137-151. (WU Dan, WANG Yahua. Re-evaluation and implications of the modernization process of China's water conservancy [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2022,53(5):137-151. (in Chinese))
- [17] 袁宏川,彭勃,李新哲. 基于 DPSIR 模型的长江流域中部地区水环境治理绩效评价[J]. 水电能源科学,2021, 39(5):61-65. (YUAN Hongchuan, PENG Bo, LI Xinzhe. Performance evaluation of water environment governance in the central Yangtze River Basin based on the DPSIR model [J]. Hydropower and Energy Science, 2021, 39 (5):61-65. (in Chinese))
- [18] 吴辉煌,范冰冰,张雪婷,等. 面向水环境现代化治理的绩效评估与优先区识别:以九龙江流域-厦门湾为例 [J]. 中国环境科学,2022,42(5):2471-2480. (WU Huihuang, FAN Bingxiong, ZHANG Xueting, et al. Performance evaluation and priority area identification for modern water environment governance:a case study of the Jiulongjiang River Basin-Xiamen Bay [J]. China Environmental Science, 2022, 42 (5):2471-2480. (in Chinese))
- [19] 王敏,李云,刘莹莹,等. 中国式水治理现代化发展评估及时空特征[J]. 中国农村水利水电,2024(5):176-183. (WANG Min, LI Yun, LIU Yingying, et al. Evaluation and spatiotemporal characteristics of the modernization development of Chinese water governance [J]. China Rural Water and Hydropower,2024(5):176-183. (in Chinese))
- [20] 唐洋博,李玮,吴一帆,等. 基于目标评测模型的城市水环境治理成效评估[J]. 人民长江,2023,54(2):98-105. (TANG Yangbo, LI Wei, WU Yifan, et al. Assessment of urban water environment governance effectiveness based on a target evaluation model [J]. Yangtze River,2023,54(2):98-105. (in Chinese))
- [21] 夏军,左其亭. 中国水资源利用与保护 40 年 (1978—2018 年) [J]. 城市与环境研究,2018(2):18-32. (XIA Jun, ZUO Qiting. 40 years of water resource utilization and protection in China (1978-2018) [J]. Urban and Environmental Studies,2018(2):18-32. (in Chinese))
- [22] HELLSTROM D. A framework for systems analysis of sustainable urban water management [J]. Environmental Impact Assessment Review,2000,20(2):311-321.
- [23] BOSSEL H. The human actor in ecological-economic models: policy assessment and simulation of actor orientation for sustainable development [J]. Ecological Economics,2000,34:337-355.
- [24] 王浩,王建华,胡鹏. 水资源保护的新内涵:“量-质-域-流-生”协同保护和修复[J]. 水资源保护,2021,37(2):1-9. (WANG Hao, WANG Jianhua, HU Peng. New connotations of water resource protection: synergistic protection and restoration of “quantity-quality-domain-flow-ecosystem” [J]. Water Resources Protection, 2021, 37(2):1-9. (in Chinese))
- [25] 黄万华,王梦迪,高红贵. 长江流域水资源管理绩效水平测度及时空分异[J]. 统计与决策,2022,38(20):48-53. (HUANG Wanhua, WANG Mengdi, GAO Honggui. Measurement and spatiotemporal differentiation of water resource management performance in the Yangtze River Basin [J]. Statistics and Decision, 2022, 38(20):48-53.

- (in Chinese))
- [26] 田培,韩昊廷,李佳,等. 长江经济带水资源开发保护与绿色发展的耦合协调关系研究[J]. 长江流域资源与环境,2023,32(10):2085-2097. (TIAN Pei,HAN Haoting, LI Jia, et al. Study on the coupling coordination relationship between water resource development and protection and green development in the Yangtze River Economic Belt[J]. Resources and Environment in the Yangtze River Basin, 2023, 32(10): 2085-2097. (in Chinese))
- [27] 何贝贝,李绍飞,朱习爱. 天津市水环境安全评价及其指标体系研究[J]. 水资源保护,2016,32(1):125-129. (HE Beibei, LI Shaofei, ZHU Xiai. Study on the evaluation of water environment safety and the index system in Tianjin City[J]. Water Resources Protection, 2016,32(1):125-129. (in Chinese))
- [28] 孙晗,唐洋. 基于 PSR 框架构建水环境绩效审计评价体系[J]. 财会月刊,2014(14):94-96. (SUN Han, TANG Yang. Construction of a water environment performance audit evaluation system based on the PSR framework[J]. Finance and Accounting Monthly, 2014(14):94-96. (in Chinese))
- [29] 张奇琦,宋钰怡,石怀旺. PSR 模型下安徽水环境绩效审计评价体系构建[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2020,33(4):10-12. (ZHANG Qiqi, SONG Yuyi, SHI Huaiwang. Construction of a water environment performance audit evaluation system based on the PSR model in Anhui[J]. Journal of Heilongjiang Vocational Institute of Ecological Engineering, 2020, 33(4): 10-12. (in Chinese))
- [30] 陈默,林育青,张建云,等. 水生态系统生产总值核算体系及应用[J]. 水资源保护,2023,39(1):234-242. (CHEN Mo, LIN Yuqing, ZHANG Jianyun, et al. Accounting system and application of water ecosystem gross product[J]. Water Resources Protection, 2023, 39(1):234-242. (in Chinese))
- [31] 胡小红,左德鹏,刘波,等. 北京市北运河水系底栖动物群落与水环境驱动因子的关系及水生态健康评价[J]. 环境科学,2022,43(1):247-255. (HU Xiaohong, ZUO Depeng, LIU Bo, et al. Relationship between benthic macroinvertebrate communities and water environmental driving factors in the Beiyun River system of Beijing and evaluation of water ecological health[J]. Environmental Science, 2022, 43(1):247-255. (in Chinese))
- [32] 张胜武,黄超群,李小胜,等. 淮河生态经济带水生态文明发展水平的时空格局演变及收敛性研究[J]. 长江流域资源与环境,2023,32(10):2158-2172. (ZHANG Shengwu, HUANG Chaoqun, LI Xiaosheng, et al. Evolution and convergence of the spatiotemporal pattern of water civilization development level in the Huai River Ecological Economic Belt [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2023, 32(10): 2158-2172. (in Chinese))
- [33] 褚克坚,阚丽景,华祖林,等. 平原河网地区河流水生态评价指标体系构建及应用[J]. 水力发电学报,2014,33(5):138-144. (CHU Kejian, KAN Lijing, HUA Zulin, et al. Construction and application of a river water ecological evaluation index system in plain river network areas[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2014, 33(5):138-144. (in Chinese))
- [34] 付晓花,董增川,韩锐,等. 复杂河网地区气候-水文-水动力耦合模型模拟[J]. 水资源保护,2023,39(3):162-169. (FU Xiaohua, DONG Zengchuan, HAN Rui, et al. Simulation of climate-hydrology-hydraulic coupling model in complex river network areas [J]. Water Resources Protection, 2023, 39(3):162-169. (in Chinese))
- [35] 方奕舟,陈志和,熊育久. 基于 AHP-模糊综合评价法的中山市水生态文明城市建设评估[J]. 中山大学学报(自然科学版),2021,60(3):88-98. (FANG Yizhou, CHEN Zhihe, XIONG Yujiu. Assessment of water ecological civilization city construction in Zhongshan City based on AHP-Fuzzy comprehensive evaluation method [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2021, 60(3):88-98. (in Chinese))
- [36] 李轶,万芬芬,张文龙. 长三角地区工业园区水资源高效利用的发展趋势与策略[J]. 河海大学学报(自然科学版),2023,51(3):1-9. (LI Yi, WAN Fenfen, ZHANG Wenlong. Development trends and strategies for efficient water resource utilization in industrial parks in the Yangtze River Delta region [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2023, 51(3):1-9. (in Chinese))
- [37] 刘波,汪紫薇,王文鹏,等. 我国城市用水效率关键指标时空格局分析[J]. 河海大学学报(自然科学版),2020,48(6):534-541. (LIU Bo, WANG Ziwei, WANG Wenpeng, et al. Analysis of the spatial-temporal pattern of key indicators of urban water use efficiency in China[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2020, 48(6):534-541. (in Chinese))
- [38] 方隽敏,黄德春,贺正齐. 绿色发展对水资源-能源-粮食系统的影响[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版),2024,26(1):132-142. (FANG Junmin, HUANG Dechun, HE Zhengqi. The impact of green development on the water-energy-food system [J]. Journal of Hohai University (Philosophy and Social Sciences), 2024, 26(1):132-142. (in Chinese))
- [39] 陆远权,张源. 长江经济带基本公共服务与新型城镇化耦合协调发展研究[J]. 统计与决策,2023,39(12):85-89. (LU Yuanquan, ZHANG Yuan. A study on the coupling and coordinated development of basic public services and new-type urbanization in the Yangtze River Economic Belt[J]. Statistics & Decision, 2023, 39(12): 85-89. (in Chinese))

(收稿日期:2024-12-25 编辑:胡新宇)