

# 中国水利新质生产力发展水平及时空演化和驱动因素分析

石岩,杨世鹏,陈薇伟,范云娇,芦磊

(华北水利水电大学环境与市政工程学院,河南 郑州 450046)

**摘要:**为测度水利新质生产力的发展水平,分析其时空演化和驱动因素,更好地促进水利新质生产力的发展,基于水利新质劳动者、水利新质劳动对象和水利新质劳动资料构建了水利新质生产力指标评价体系,运用熵权法测度了其2006—2022年间的发展水平,采用核密度估计法、标准差椭圆模型、Dagum基尼系数探究了其时空演化,运用地理探测器研究了其驱动因素。研究表明:水利新质生产力整体呈现上升趋势,从2006年的0.143上升至2022年的0.324;水利新质生产力的重心整体上呈现向南移动的趋势;水利企业专利数、工业废水治理设施数等指标是水利新质生产力的重要驱动因素。

**关键词:**时空演变;驱动因素;熵权法;基尼系数;地理探测器;水利新质生产力

中图分类号:TV213.9

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2024)06-0121-06

**Evaluation of development level of new quality productivity of water conservancy in China and analysis of its spatial and temporal evolution and driving factors//**SHI Yan, YANG Shipeng, CHEN Weiwei, FAN Yunjiao, LU Lei (School of Environmental and Municipal Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450046, China)

**Abstract:** In order to measure the development level of water conservancy new quality productivity, analyze its spatial and temporal evolution and driving factors, and better promote the development of water conservancy new quality productivity, we constructed an evaluation system of China's water conservancy new quality productivity indicators based on the water conservancy new quality laborers, water conservancy new quality labor objects, and water conservancy new quality labor materials, and used the entropy weighting method to measure its level of development from 2006 to 2022, and used the kernel density estimation method, standard deviation ellipse, Dagum's Gini coefficient were used to explore its spatial and temporal evolution, and geographic detectors were used to investigate its driving factors. The results show that the overall new quality productivity of water conservancy shows an upward trend from 0.143 in 2006 to 0.324 in 2022; the center of gravity of the new quality productivity of water conservancy shows a tendency to move southward; the number of patents of water conservancy enterprises and the number of industrial wastewater treatment facilities are the important driving factors of the new quality productivity of water conservancy.

**Key words:** spatio-temporal evolution; driving force; entropy weight method; Gini coefficient; geographical detector; new quality productivity of water conservancy

2024年2月,水利部部长李国英首次提出水利新质生产力的概念。水利新质生产力是以水利科技创新为主导,以新一代信息技术为支撑,追求水利高科技、高效能、高质量,符合新发展理念的先进水利生产力<sup>[1-2]</sup>。虽然中国拥有丰富的治水经验,但在新时代水利高质量发展过程中,仍面临着水利行业复合型人才稀缺、科技创新资金投入有限、水资源分布不平衡、流域防洪工程体系不完善等问题,因此,推

动实现水利现代化、发展水利新质生产力至关重要<sup>[3-4]</sup>。左其亭等<sup>[2,5]</sup>认为,水利新质生产力旨在构建一种高标准保障水安全、高度维护生态健康、高效支撑经济发展、高度满足人民幸福的水利高质量发展模式,以推进水利高质量发展;王喜峰<sup>[6]</sup>认为,水利新质生产力是通过水资源的刚性约束,从生产力优化布局的角度,对劳动者(人)、劳动对象(地、城)、劳动资料(产)进行优化组合,实现生产力的跃

升;钱峰等<sup>[7]</sup>基于新质生产力的科学内涵和重大意义,探讨辨析建设数字孪生水利与发展新质生产力之间的内在联系和逻辑;唐洪武<sup>[8]</sup>提出发展新质生产力、提升水安全保障能力在发展理念、目标指向、实施动力等关键要素上具有内在的逻辑契合性;徐锦才<sup>[9]</sup>基于水利新质生产力,提出应全面实施小水电绿色改造,推进小水电绿色、高质量发展十分迫切;许全喜等<sup>[10]</sup>结合新阶段长江治理保护中面临的挑战,探讨了发展水利新质生产力的重要性;彭静等<sup>[11-12]</sup>从数字孪生水利、水利标准体系、人才培养等方面提出发展水利新质生产力的路径。综上可以看出,关于水利新质生产力的研究主要集中在水利新质生产力的概念和内涵、理论框架及实施路径上,而相关定量研究较少<sup>[13]</sup>。

本文从水利新质劳动者、水利新质劳动对象和水利新质劳动资料三大要素选取指标构建水利新质生产力综合评价指标体系,综合测度中国水利新质生产力的发展水平并分析其动态演变趋势和驱动因素。

## 1 研究方法和数据来源

### 1.1 指标体系构建

对水利新质生产力的评价建立在水利新质劳动者、水利新质劳动对象和水利新质劳动资料的基础上,其评价指标体系见图1(图中括号内数据为指标权重,“+”表示正向指标,“-”表示负向指标)。

### 1.2 模型方法

本文主要的研究方法有:①熵权法。通过熵来衡量系统的无序程度,数据差异越大其所提供的信息量越多,其熵值越小,则权重越大<sup>[14]</sup>。采用信息熵权法进行赋值,用综合评价指数来衡量中国水利

新质生产力水平。②利用核密度估计法研究物体的空间分布态势及变化趋势<sup>[15]</sup>,以高斯核密度探究中国水利新质生产力时序分布特征。③标准差椭圆模型是一种空间统计模型,用于揭示地理要素空间分布特征,标准差椭圆的长轴和短轴可以指示地理要素分布的方向和范围<sup>[16]</sup>。④Dagum 基尼系数及分解法是一种衡量地区差异的方法,可分解为地区内差距、地区间差距和超变密度3个部分<sup>[17-18]</sup>。将中国分为东部地区、中部地区、西部地区和东北地区,测算各区域基尼系数并对其进行分解。⑤地理探测器是一种新型的空间统计学方法,具有较少的前提制约条件,应用较为广泛<sup>[19-20]</sup>。引入地理探测器中的因子探测和交互探测器模型,可以定量探测中国水利新质生产力形成的机理。

### 1.3 数据来源

采用中国除去西藏和港澳台的30个省(自治区、直辖市)2006—2022年共17年的研究数据。水利企业专利数、水运客运量、水运货运量、水库总库数来源于《中国统计年鉴》;工业废水排放量、工业废水治理设施数来源于《中国环境统计年鉴》;工科毕业生占比来源于《中国教育统计年鉴》;高等学校研发课题数目来源于《中国科技统计年鉴》;水利行业工作人数、水利行业施工项目、水利行业工人结构来源于《中国水利统计年鉴》等。技术交易活跃度使用技术交易成交额与地区GDP的比值衡量<sup>[21]</sup>,对于个别缺失数据,采用插值法或移动平均法进行补充。

## 2 讨论与分析

### 2.1 中国水利新质生产力时序演变特征

2006—2022年中国水利新质生产力发展水平



图1 水利新质生产力评价指标体系

Fig. 1 Indicator system of new quality productivity of water conservancy

如图 2 所示,中国水利新质生产力发展水平呈上升趋势,从 2006 年的 0.143 增至 2022 年的 0.324,平均增长率为 7.92%,2020 年、2021 年由于疫情原因,发展水平有所下降。按区域分析,虽然各区域的发展趋势与全国基本一致,但区域间发展水平差异明显。2006—2012 年,发展水平由高到低依次为东部、中部、东北、西部地区;2012 年后,发展水平由高到低依次为东部、中部、西部、东北地区。东部和中部地区的水利新质生产力发展水平高于全国平均水平,而西部和东北地区则低于全国平均水平。东部地区水资源丰富,水利科技研发能力强,且水资源利用率较高,环境污染得到了有效改善。

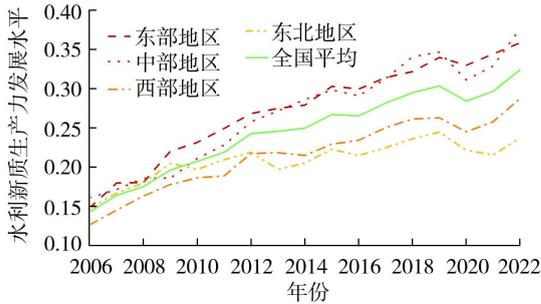


图 2 中国水利新质生产力发展水平

Fig. 2 Development level of new quality productivity of water conservancy in China

为进一步揭示水利新质生产力的动态演化特征,对其进行核密度估计分析(图 3)。由图 3 可知,在分布位置上,水利新质生产力分布曲线中心位置不断右移,表明水利新质生产力发展水平呈逐渐上升趋势,这主要是我国近年来水利信息基础设施建设不断完善、信息技术标准不断规范、水资源优化配置水平不断提高的结果;在分布形态上,主峰高度连

续下降,表明研究区内部差异性不断增加;在延展特性上,随着时间的演进,右拖尾现象逐渐明显,说明领先区域水利新质生产力发展水平与全国平均水平之间的差距在扩大,这是由于中国水利新质生产力发展水平较好的地区具有较好的水利基础设施和水资源优化配置能力,这些优势可以吸引更多的创新人才,实现高新技术产业高质量发展,加速改善水利新质生产力的发展水平。

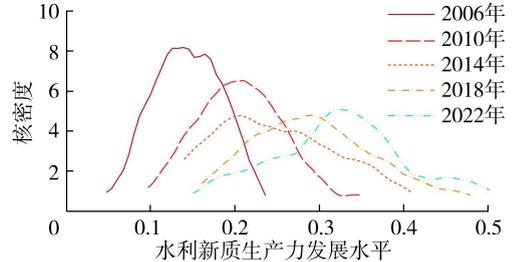


图 3 中国水利新质生产力发展水平核密度

Fig. 3 The kernel density plot of the development level of new productivity in water conservancy in China

## 2.2 中国水利新质生产力空间差异特征

为了进一步研究中国各省水利新质生产力发展水平时空分布特征,以 2006 年、2010 年、2014 年、2018 年、2022 年的水利新质生产力发展水平为基础,运用 ArcGIS 软件绘制中国各省水利新质生产力发展水平时空分布图,见图 4(审图号为 GS(2024)0650 号)。总体而言,中国各省水利新质生产力发展水平呈上升趋势,其中,2006 年主要以第 5 梯队(0.1~0.2)为主;2010 年北方地区主要以第 5 梯队为主,南方地区主要以第 4 梯队(0.2~0.3)为主;2014 年北方地区主要以第 5 梯队为主,南方地区主要以第 3 梯队(0.3~0.4)为主;2018 年北方地区主

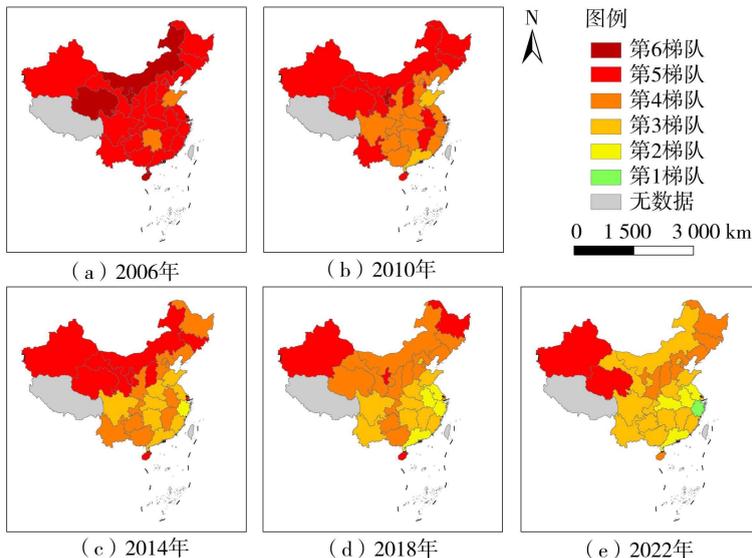


图 4 中国水利新质生产力发展水平时空分布

Fig. 4 Spatial and temporal distribution of the development level of new quality productivity of water conservancy in China

要以第4梯队为主,南方地区主要以第3梯队为主;2022年主要以第3梯队为主,其中青海和新疆的水利新质生产力发展水平较低,属于第5梯队,东部沿海地区的水利新质生产力发展水平主要以第1梯队(0.5~0.6)和第2梯队(0.4~0.5)为主,特别是浙江水利新质生产力发展水平改善效果最好,这是因为浙江水资源丰富、水利行业施工项目较多、水利科研经费支出较高以及政府为水利行业的技术研发提供了强有力的支持。新疆水利新质生产力发展水平增加值为0.11,和其他各省相比,存在一定的差距。

### 2.3 中国水利新质生产力标准差椭圆分析

为了进一步了解研究区域的时空演变特征,揭示研究时段内演变规律和重心演变趋势,根据2006年、2010年、2014年、2018年、2022年中国水利新质生产力发展水平,基于标准差椭圆模型,得到中国水利新质生产力发展水平的空间格局,见表1。由表1可知,在移动轨迹及方向上,2006—2022年中国水利新质生产力发展水平生成的椭圆总体呈现向南方移动,但是在偏移过程中,其方位角发生了变

化。2006年标准差椭圆方向为北偏东33.23°,长轴位于东北-西南方向,短轴位于东南-西北方向;2022年标准差椭圆方向为北偏东24.58°,长轴位于东北-西南方向,短轴位于东南-西北方向。从椭圆面积可以发现,中国水利新质生产力发展水平的标准差椭圆面积呈现减小的趋势,说明中国水利新质生产力的聚集程度总体有所上升,且聚集趋势明显增强。从重心迁移曲线可以发现,水利新质生产力重心均位于河南省境内,重心逐步向南迁移了105.65 km,表明2006—2022年中国水利新质生产力发展处于平稳状态,且南方地区水利新质生产力发展水平越来越高,这是由于南方地区水资源丰富,水利研发经费支出较高,且有较多的水利企业专利数,促进了南方地区水利新质生产力的发展。

### 2.4 中国水利新质生产力发展水平差异及来源分解

厘清水利新质生产力空间差异来源及其演变特征,可为各省改善水利新质生产力提供重要指导。根据Dagum基尼系数及分解法对2006—2022年中国水利新质生产力进行分析,结果如图5所示。

表1 中国水利新质生产力发展水平重心分布及移动轨迹

Table 1 The distribution and trajectory of the centroid of development level of new productivity in water conservancy in China

年份	重心(坐标)	长半轴/km	短半轴/km	方位角/(°)	面积/万 km <sup>2</sup>
2006	33°50'11"N, 112°46'22"E	1 141.65	942.36	33.23	337.97
2010	33°22'52"N, 112°46'53"E	1 132.85	938.84	27.89	334.11
2014	33°02'47"N, 112°48'16"E	1 105.41	945.70	28.83	328.40
2018	33°02'12"N, 112°43'53"E	1 107.74	930.37	27.24	323.76
2022	32°53'34"N, 112°54'16"E	1 098.84	898.36	24.58	310.11

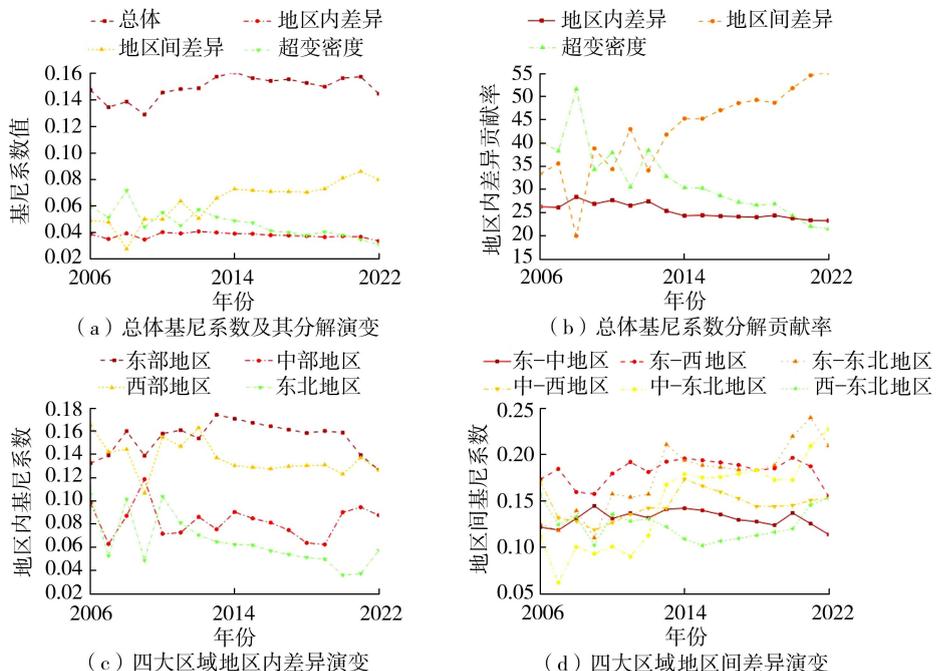


图5 中国水利新质生产力发展的区域差异演变

Fig. 5 The evolution of regional disparities in the development of new productivity in water conservancy in China

由图 5(a)可见,水利新质生产力的总体空间差异基尼系数 2006 年为 0.147,2009 年下降至 0.129,2010—2022 年呈上升趋势。由图 5(b)可见,2006—2012 年空间差异主要来源为超变密度;2013—2022 年空间差异主要来源为地区间空间差异,其中,地区间空间差异贡献率呈上升趋势,超变密度贡献率呈下降趋势,而地区内空间差异贡献稳定,变化平缓。由图 5(c)可见,东部地区内空间差异在 2006—2013 年呈波动上升趋势,2014—2022 年呈波动下降趋势;中部地区内空间差异在 2006—2014 年呈倒 W 形变化特征,2009 年为最高点,达到 0.119,2015—2018 年呈下降趋势,2019—2022 年呈上升趋势;西部和东北地区内空间差异呈波动下降趋势。2006—2022 年东部、中部、西部、东北地区内空间差异平均值为 0.155、0.083、0.137、0.064,东部地区占主导地位。由图 5(d)可见,东-中和东-西地区间空间差异呈平稳波动趋势;东-东北和中-东北地区间空间差异呈波动上升趋势;中-西地区间空间差异在 2006—2009 年呈下降趋势,2010—2014 年呈上升趋势,2015—2022 年呈下降趋势;西-东北地区间空间差异在 2006—2015 年呈下降趋势,2016—2022 年呈上升趋势。2006—2015 年东-西地区间空间差异占主导地位,2016—2022 年东-东北地区间空间差异占主导地位。

## 2.5 中国水利新质生产力驱动因素分析

为进一步探讨中国水利新质生产力的驱动因素,基于地理探测器,对中国水利新质生产力的内部驱动因素进行识别和探测,不同年份间解释力具有一定的差异性,如图 6 所示,图中  $q$  为驱动因素对水利新质生产力的解释力。2006 年  $x_5$  和  $x_{16}$  的解释力最高,是影响中国水利新质生产力的主导驱动因素,较多的工科毕业生为水利行业提供了更多的技术创新人才,推动了新技术、新工艺的开发与应用;而较多的水库能增强水资源调度能力和防洪抗灾能力。2014 年  $x_{12}$  和  $x_9$  的解释力最高,是影响中国水利新质生产力的主导驱动因素。水利企业专利数的增加推动了技术创新和行业标准化;而工业废水治理设施数的提升有效改善了水环境质量,促进了水资源的可持续利用,并推动了废水处理设备的制造和技术研发。2022 年  $x_{17}$  和  $x_{12}$  的解释力最高,是影响中国水利新质生产力的主导驱动因素。水运货运量的增加可以有效带动沿江、沿河经济带的产业聚集和发展,这些经济带的发展又为当地水利工程提供了更强的资金支持与技术需求,推动了水利行业的发展。从平均值来看, $x_{12}$ 、 $x_9$  和  $x_{17}$  的平均值均大于 0.5,表明其对中国水利新质生产力的发展起主

导作用,而工业废水排放量和水利行业工人结构对中国水利新质生产力发展的驱动力较弱。

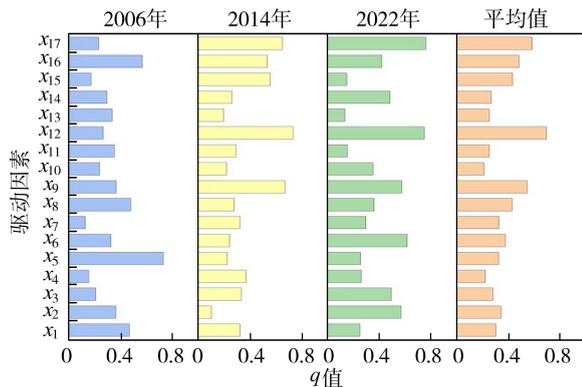


图 6 中国水利新质生产力单因素驱动力探测结果

Fig. 6 The univariate driving force exploration results of new productivity in water conservancy in China

## 3 结 论

a. 从时间演变趋势来看,中国水利新质生产力整体呈现上升趋势,其中,东部改善效果最好,西部改善效果不明显,区域间水利新质生产力差异显著扩大;从空间演变趋势来看,浙江水利新质生产力发展最好,中国水利新质生产力的重心总体呈现向南移动的趋势。

b. 从空间差异演变特征来看,中国水利新质生产力的总体空间差异程度呈先下降后上升的趋势;就地区内空间差异程度而言,东部地区占主导地位;就地区间空间差异程度而言,东-西地区间和东-东北地区间空间差异占主导地位;就基尼系数分解贡献率而言,空间差异主要来源为地区间空间差异。

c. 从驱动因素来看,中国水利新质生产力是多因素作用产生的复杂现象,水利企业专利数、工业废水治理设施数、水运货运量逐渐成为主要驱动因素。

## 参考文献:

[1] 罗京. 建设有利于发展水利新质生产力技术标准体系[N]. 中国证券报,2024-02-22(A02).

[2] 左其亭,秦西,马军霞. 水利新质生产力:内涵解读、理论框架与实施路径[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版),2024,45(3):1-8. (ZUO Qiting, QIN Xi, MA Junxia. New quality productivity of water conservancy: connotation interpretation theoretical framework and implementation path[J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power (Natural Science Edition), 2024, 45(3): 1-8. (in Chinese))

[3] 李国英. 为以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业提供有力的水安全保障:写在 2024 年“世界水日”和“中国水周”之际[J]. 水资源开发与管理,2024,

- 10(3):1-2. (LI Guoying. Providing powerful water safety guarantee for comprehensively promoting the construction of a strong country and the great cause of national rejuvenation with Chinese modernization; written on the Occasion of World Water Day and China Water Week in 2024 [J]. Water Resources Development and Management, 2024, 10(3):1-2. (in Chinese))
- [4] 戴济群. 关于因地制宜发展水利新质生产力的思考[J]. 中国水利, 2024(6):6-11. (DAI Jiqun. Thinking on developing new quality productive forces of water conservancy according to local conditions[J]. China Water Resources, 2024(6):6-11. (in Chinese))
- [5] 左其亭, 秦西, 马军霞. 对水利新质生产力的理解及发展思考[J]. 中国水利, 2024(6):21-25. (ZUO Qiting, QIN Xi, MA Junxia. Understanding of new quality productive forces of water conservancy and thoughts on its development [J]. China Water Resources, 2024(6):21-25. (in Chinese))
- [6] 王喜峰. 水利新质生产力的内涵界定及发展路径研究[J]. 中国水利, 2024(6):26-30. (WANG Xifeng. Research on the connotation definition and development path of new quality productive forces of water conservancy [J]. China Water Resources, 2024(6):26-30. (in Chinese))
- [7] 钱峰, 夏润亮. 数字孪生水利赋能水利新质生产力发展框架研究[J]. 中国水利, 2024(8):6-10. (QIAN Feng, XIA Runliang. Research on the development framework of new quality productive forces of water resources enabled by digital twin water conservancy [J]. China Water Resources, 2024(8):6-10. (in Chinese))
- [8] 唐洪武. 以发展新质生产力提升水安全保障能力的逻辑机理与关键路径[J]. 中国水利, 2024(8):1-5. (TANG Hongwu. Logical mechanism and key path of developing new quality productive forces to enhance capability of safe guarding water security[J]. China Water Resources, 2024(8):1-5. (in Chinese))
- [9] 徐锦才. 基于水利新质生产力的水电绿色发展[J]. 中国水利, 2024(8):11-13. (XU Jincai. Green development of small hydropower based on new quality productive forces of water resources [J]. China Water Resources, 2024(8):11-13. (in Chinese))
- [10] 许全喜, 许继军. 长江流域发展水利新质生产力路径探析[J]. 中国水利, 2024(6):12-16. (XU Quanxi, XU Jijun. Exploring path of developing new quality productive forces of water conservancy in the Yangtze River Basin [J]. China Water Resources, 2024(6):12-16. (in Chinese))
- [11] 彭静. 发展水利新质生产力做好科技创新大文章[J]. 中国水利, 2024(6):1-5. (PENG Jing. Developing new quality productive forces by sci-tech innovation of water conservancy[J]. China Water Resources, 2024(6):1-5. (in Chinese))
- [12] 余欣. 以加速治黄科技创新发展黄河保护治理新质生产力[J]. 中国水利, 2024(6):17-20. (YU Xin. Accelerating scientific and technological innovation and developing new quality productive forces for preservation and management of the Yellow Rive [J]. China Water Resources, 2024(6):17-20. (in Chinese))
- [13] 杨亚锋, 周晓晓, 王红瑞, 等. 中国水利新质生产力评价及障碍因子诊断[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2024, 45(6):1-8. (YANG Yafeng, ZHOU Xiaoxiao, WANG Hongrui, et al. Evaluation and obstacle factors diagnosis of new quality productivity of water resources in China [J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power (Natural Science Edition), 2024, 45(6):1-8. (in Chinese))
- [14] 季好, 陆宝宏. 南京市水资源可持续利用评价[J]. 水资源保护, 2014, 30(1):79-83. (JI Yu, LU Baohong. Assessment of sustainable utilization of urban water resources in Nanjing [J]. Water Resources Protection, 2014, 30(1):79-83. (in Chinese))
- [15] 张晨钰, 王伟, 黄莉, 等. 高度城镇化背景下深圳市易涝点驱动因子分析[J]. 水资源保护, 2024, 40(2):35-45. (ZHANG Chenyu, WANG Wei, HUANG Li, et al. Analysis of driving factor for waterlogging points in Shenzhen City under high urbanization background [J]. Water Resources Protection, 2024, 40(2):35-45. (in Chinese))
- [16] 徐丽丽, 束龙仓, 李伟, 等. 2000—2020年中国地下水开采时空演变特征[J]. 水资源保护, 2023, 39(4):79-85. (XU Lili, SHU Longcang, LI Wei, et al. Spatial and temporal evolution characteristics of groundwater mining in China from 2000 to 2020 [J]. Water Resources Protection, 2023, 39(4):79-85. (in Chinese))
- [17] 黄锋华, 黄本胜, 洪昌红, 等. 粤港澳大湾区水资源空间均衡性分析[J]. 水资源保护, 2022, 38(3):65-71. (HUANG Fenghua, HUANG Bensheng, HONG Changhong, et al. Analysis of water resources spatial equilibrium in Guangdong, Hong Kong and Macao Greater Bay Area [J]. Water Resources Protection, 2022, 38(3):65-71. (in Chinese))
- [18] 孙克, 张信为, 聂坚, 等. 中国省域水资源利用绩效评价及空间分异和驱动因素分析[J]. 水资源保护, 2023, 39(4):102-110. (SUN Ke, ZHANF Xinwei, NIE Jian, et al. Evaluation of provincial water resources utilization performance in China and its spatial differentiation and driving factor analysis [J]. Water Resources Protection, 2023, 39(4):102-110. (in Chinese))

(下转第 138 页)

- [J]. Yellow River, 2022, 44 (Sup2): 63-65. (in Chinese))
- [36] 徐蕴韵,吴昊,李永泰,等.南水北调东线江苏段用水结构及其时空演变[J].水资源保护,2022,38(2):97-102. (XU Yunyun, WU Hao, LI Yongtai, et al. Water consumption structure and its temporal and spatial evolution in Jiangsu section of east route of South-to-North Water Diversion Project[J]. Water Resources Protection, 2022,38(2):97-102. (in Chinese))
- [37] 焦士兴,李青云,王安周,等.基于生态位的安阳市用水结构与产业结构动态演化分析[J].水资源保护,2021,37(1):79-85. (JIAO Shixing, LI Qingyun, WANG Anzhou, et al. Dynamic evolution analysis of water consumption structure and industrial structure based on niche in Anyang City[J]. Water Resources Protection, 2021,37(1):79-85. (in Chinese))
- [38] 徐方圆,石家豪,韩宇平,等.河南省黄河流域用水结构演变与空间均衡状态评价[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2023,44(1):41-48. (XU Fangyuan, SHI Jiahao, HAN Yuping, et al. Evolution of water use structure and evaluation of spatial equilibrium in the Yellow River Basin of Henan Province [J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power (Natural Science Edition), 2023, 44 (1): 41-48. (in Chinese))
- [39] 张洪波,兰甜,王斌.基于洛伦茨曲线和基尼系数的榆林市用水结构时空演化及其驱动力分析[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2018,39(1):15-24. (ZHANG Hongbo, LAN Tian, WANG Bing, et al. Analysis of temporal and spatial evolution and driving forces of water consumption structure in Yulin City based on Lorenz curve and Gini coefficients [J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power (Natural Science Edition), 2018, 39 (1): 15-24. (in Chinese))
- [40] 刘欢,宋孝玉,李磊,等.中国31省(市、自治区)水资源承载力评价及预测研究[J].干旱地区农业研究,2023,41(4):226-237. (LIU Huan, SONG Xiaoyu, LI Lei, et al. Evaluation and prediction of water resources carrying capacity in 31 provinces, municipalities and autonomous regions of China [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2023,41(4):226-237. (in Chinese))
- [41] 贾玉博,杨宏伟,粟晓玲,等.基于水循环和水代谢理论的石羊河流域水资源承载力评价[J].水资源保护,2024,40(5):86-94. (JIA Yubo, YANG Hongyu, SU Xiaoling, et al. Water resources carrying capacity evaluation in the Shiyang River Basin based on theories of water metabolism and water cycle [J]. Water Resources Protection, 2024,40(5):86-94. (in Chinese))
- [42] 陈晓清,侯保灯,周毓彦,等.中国地理分区用水结构时空演变对比分析[J].中国农村水利水电,2021(6):78-85. (CHEN Xiaoqing, HOU Baodeng, ZHOU Yuyan, et al. A comparative analysis of the spatial and temporal evolution of water use structure in geographical regions of China[J]. China Rural Water and Hydropower, 2021(6):78-85. (in Chinese))
- [43] 夏帆,陈莹,窦明,等.水资源空间均衡系数计算方法及其应用[J].水资源保护,2020,36(1):52-57. (XIA Fan, CHEN Ying, DOU Ming, et al. Calculation method and application of spatial equilibrium coefficient of water resources[J]. Water Resources Protection, 2020,36(1):52-57. (in Chinese))
- [44] 刘雁慧,李阳兵,梁鑫源,等.中国水资源承载力评价及变化研究[J].长江流域资源与环境,2019,28(5):1080-1091. (LIU Yanhui, LI Yangbing, LIANG Xinyuan, et al. Study on water resource carrying capacity evaluation and change in China [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28 (5): 1080-1091. (in Chinese))

(收稿日期:2024-02-11 编辑:王芳)

(上接第126页)

- [19] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134. (WANG Jinfeng, XU Chengdong. Geodetector: principle and prospective[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72 (1): 116-134. (in Chinese))
- [20] 王海云,匡耀求,郑少兰,等.粤港澳大湾区2010—2020年湿地时空变化及驱动因素分析[J].水资源保护,2023,39(4):126-134. (WANG Haiyun, KUANG Yaoqiu, ZHENG Shaolan, et al. Spatial-temporal changes of wetlands and its driving factors in Guangdong Hong Kong-Macao Greater Bay Area from 2010 to 2020 [J]. Water Resources Protection, 2023, 39 (4): 126-134. (in Chinese))
- [21] 孙豪,桂河清,杨冬.中国省域经济高质量发展的测度与评价[J].浙江社会科学,2020(8):4-14. (SUN Hao, GUI Heqing, YANG Dong. Measurement and evaluation of the high-quality of China's provincial economic development [J]. Zhejiang Social Science, 2020(8):4-14. (in Chinese))

(收稿日期:2024-09-22 编辑:胡新宇)