

基于 LMDI 的长江经济带用水量时空差异的驱动效应

张陈俊¹,朱炯焯¹,陈洁²,刘璇³,石常峰³

(1. 江苏科技大学经济管理学院, 江苏 镇江 212100; 2. 上海交通大学环境科学与工程学院, 上海 201199;
3. 河海大学商学院, 江苏 南京 211100)

摘要:为量化长江经济带用水量演变的驱动因素,分析了研发因素对用水总量的影响,对对数平均迪氏指数(LMDI)法分解框架进行了改进,将用水量分解为用水强度效应、产业结构效应、研发效率效应、研发规模效应、城镇化效应和人口规模效应。结果表明:对长江经济带而言,研发规模、城镇化、人口规模是促进用水总量增加的因素,其中研发规模的促增效应最大;用水强度、研发效率、产业结构是抑制用水总量增加的因素;产业用水强度下降对用水总量的促减效应先后来源于第一、二产业;第一产业占GDP比例下降是产业结构调整抑制用水总量增加的主要来源。对长江经济带各省市而言,用水强度、研发效率、产业结构是促进其用水总量下降的因素;研发规模、城镇化是促进用水总量增加的因素,人口规模对用水总量的促增效应和促减效应具有差异性;除上海和重庆,其他省市用水强度下降对用水总量增加的抑制作用主要来源于第一、二产业;产业结构调整对用水总量增加的抑制作用主要来源于第一产业占GDP比例下降。

关键词:用水总量;时空差异;LMDI;驱动效应;长江经济带

中图分类号:F124.5

文献标志码:A

文章编号:1003-9511(2024)03-0014-07

Driving effect of spatial-temporal difference in water consumption in the Yangtze River Economic Belt based on LMDI//ZHANG Chenjun¹, ZHU Jiongye¹, CHEN Jie², LIU Xuan³, SHI Changfeng³ (1. School of Economics and Management, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212100, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 201199, China; 3. Business School, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: In order to quantify the driving factors of the evolution of total water consumption in the provinces of the Yangtze River Economic Belt, the article analyzes the impact of R&D factors on total water consumption and improves the logarithmic mean Divisia index (LMDI) decomposition framework to decompose the evolution of total water consumption into water intensity effect, industrial structure effect, R&D efficiency effect, R&D scale effect, urbanization effect and population scale effect. The results show that for the Yangtze River Economic Belt, the R&D scale, urbanization and population scale are the factors contributing to the increase in total water consumption, with the R&D scale having the greatest contribution to the increase. The water intensity, R&D efficiency and industrial structure are the factors inhibiting the increase in total water consumption. The reduction in industry water intensity contributes to the decrease in total water consumption from the primary and secondary industries in turn. The decline in the primary industry's proportion of GDP is the main source of the industrial restructuring that inhibits the increase in total water consumption. For the provinces in the Yangtze River Economic Belt, water intensity, R&D efficiency and industrial structure are the factors contributing to the decline in total water consumption. The R&D scale and urbanization are the main and secondary factors contributing to the increase in total water consumption, and there are differences in the contribution of population scale to both incremental effect and decremental effect on total water consumption. With the exception of Shanghai and Chongqing, the inhibiting effect of declining water intensity on the increase in total water consumption in the other provinces was mainly from the primary and secondary industries. The inhibiting effect of industrial restructuring on the increase in total water consumption is mainly due to the decline in the proportion of primary industry.

Key words: total water consumption; spatial-temporal difference; LMDI; driving effect; Yangtze River Economic Belt

基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目(22YJCH232)

作者简介:张陈俊(1987—),男,副教授,博士,主要从事水资源管理研究。E-mail:zhangchenjun1987@126.com

水是事关国计民生的基础性自然资源和战略性经济资源,是生态环境的控制性要素。我国人多水少,水资源时空分布不均,供需矛盾突出。按不变价格计算,2000—2020年GDP年均增长率达8.67%,用水总量年均增长率为0.28%。粗放式经济增长是以资源消耗和环境污染为代价,而我国是一个十分缺水的国家,用水总量控制依然面临巨大的挑战。基于此,《国家节水行动方案》明确提出,到2035年全国用水总量控制在7000亿 m^3 以内,该目标的提出对我国节水工作的开展具有战略指导意义。

长江经济带作为我国综合实力最强、战略支撑作用最大的区域之一,区域内11个省市2020年GDP为470809.8亿元,占全国46.62%;用水总量为2482.9亿 m^3 ,占全国42.71%。由此可见,长江经济带用水总量控制将关系到全国用水总量控制工作的顺利完成,也将为其他区域的节水工作起到示范作用。同时,长江经济带覆盖的11个省市的用水总量存在较大的差异,以2020年为例,用水总量最大的江苏(572亿 m^3)是最小的重庆(70.1亿 m^3)的8.16倍。因此,精确识别长江经济带用水总量变化的驱动因素,探究各省市用水总量空间差异的驱动因素,有助于各省市识别出用水总量空间差异的主要因素,从而“取长补短”,提出具有针对性的节水政策。

学术界已经开展了大量关于用水量变化驱动因素的研究,可以将其归结为计量经济学模型、结构分解法(structural decomposition analysis, SDA)、指数分解法(index decomposition analysis, IDA)三类研究方法。①计量经济学模型,主要包括两个方面。一方面,将环境库兹涅茨曲线应用于用水量研究,检验经济增长与用水量之间是否存在倒U形特征,如张陈俊等^[1]研究发现用水量与经济增长的关系具有多种表现形态,与地区、用水类别、估计方法等密切相关;张月等^[2]研究发现中国人均工业用水与人均GDP存在着倒U形关系;Diego等^[3]以西班牙为对象,研究发现城市用水、热电部门用水与收入之间皆存在倒U形关系;Hao等^[4]基于中国29个省市的面板数据,研究发现人均用水量与人均GDP之间呈N形关系。另一方面,运用回归模型研究各因素对用水量的影响,如阚大学等^[5]运用面板平滑转换回归模型和城市动态面板数据,实证发现中国城镇化对水资源利用总量的影响是非线性的;金巍等^[6]研究发现农业生产效率对农业用水量存在显著的“门槛抑制效应”;赵良仕等^[7]采用逐步回归方法估计用水效率、降水量、种植结构等因素对农业灌溉用水量的影响。②结构分解法,该方法基于投入-产出数

据,但中国每五年编制一次投入产出表,年限过长不利于开展深入研究,其应用受到了制约。张玲玲等^[8]运用结构分解法将江苏省产业用水变化分解为产业技术效应、用水强度效应、国内最终需求成长效应、国内最终需求效应、出口成长效应和出口结构效应;王苗苗等^[9]通过结构分解方法对张掖市2002—2012年水资源管理阶段进行评价。③指数分解法,该方法依赖于指数理论,对数据要求较低,并且具有计算简单、容易理解等优点,被广泛运用于水资源领域。张陈俊等^[10]采用对数平均迪氏指数(logarithmic mean Divisia index, LMDI)法将长江经济带、中国用水总量变化的驱动因素分解为生产强度效应、产业结构效应、经济规模效应、生活强度效应和人口规模效应;Li等^[11]将中国西北地区生产用水量变化分解为用水效率、产业结构、人均GDP和人口规模;Zhang等^[12]采用LMDI方法将江苏省生活用水量变化分解为生活用水强度、城镇化和人口规模;赵存学等^[13]将长江经济带生活用水量变化分解为消费强度效应、人均消费效应、城镇化效应和人口规模效应。指数分解法还被广泛应用于地区用水量空间差异驱动因素的研究^[14-15]。

从现有研究来看,用水量时空差异的驱动因素主要集中在规模、结构和技术3个层面,规模因素主要包括增加值、人口规模等,结构因素主要包括产业结构、城镇化等,技术因素主要包括用水强度等,尚未发现研发支出对用水量变化的影响。因此,本文首次分析了研发因素对用水量的影响,用LMDI方法量化长江经济带11个省市用水总量演变的驱动因素,同时选择用水量最小的重庆作为比较对象,分析2000年、2020年长江经济带其他10个省市与重庆用水总量空间差异的驱动效应。

1 影响机理、模型构建与数据来源

1.1 影响机理

用水量演变的驱动因素可以归结为规模、结构和技术3个维度,研发因素中的研发规模、研发效率应该分别归属于规模和技术维度,本文为了突出研发因素对用水量变化的影响,将其作为第四个维度,各因素对用水量变化的影响机理与作用机制如图1所示。

在研发因素中,若研发支出用于节水技术,将有助于提高水资源利用效率,减少用水量。若研发支出着力于扩大生产规模、提高劳动生产率,将直接增加产出,促进经济增长。不同的经济增长方式对用水量的作用效果不同,集约型经济增长方式有助于节水用水,而粗放型经济增长方式是以资源消耗和

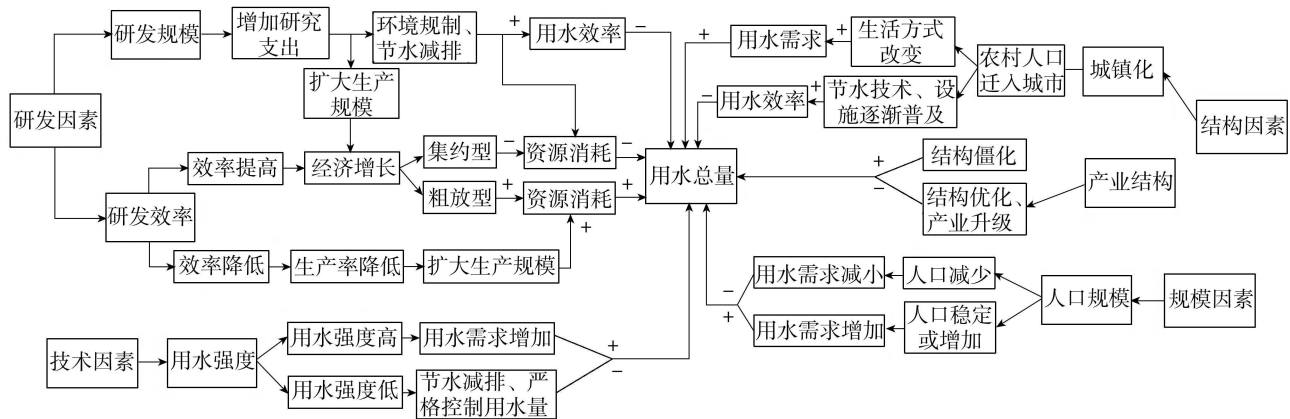


图1 用水量演变驱动因素的影响机理和作用路径

环境污染为代价,将增加用水量。增加研发投入可以提高研发效率,从而进一步提升企业的绩效,助推经济增长^[16],经济增长又会对用水量形成进一步需求。在技术因素中,用水强度下降势必降低用水需求,从而减少用水量^[17]。在结构因素中,各产业水资源利用效率存在较大差异,产业结构由“一二三”转变为“二一三”或“三二一”的优化升级将有助于减少用水量。同时,随着我国城镇化进程不断加快,城乡结构对水资源利用也将产生重要影响,由于城市具有更加健全的用水设施,城市居民人均生活用水量大于农村,用水量将增加。与此同时,城市的节水技术、管理水平更加先进,输水设施更加完备有效,用水的高效率将促进用水量下降。在规模因素中,人口规模变化将对用水量产生重要影响。一方面,人口规模的增长势必增加消费需求,促进生产规模扩大,从而增加对生产用水的需求;另一方面,虽然我国仍将处于人口的平稳增长期,但人均生活用水量在日益增加。同时,随着生活水平逐渐提高,人们对水资源需求的层次也在提升,开始追求享受型用水,从而增加对生活用水的需求。因此,由人口规模扩大引致的用水总量增加也需得到足够的重视。

1.2 模型构建

1.2.1 用水总量时间差异驱动效应分解模型

本文采用 LMDI 分析长江经济带用水量的变动,分别从用水强度、产业结构、研发效率、研发规模、城镇化水平和人口规模 6 方面分解用水量,并创新性地将研发因素纳入 LMDI 分解模型。长江经济带 11 个省市用水总量 W 可表示为

$$W = \sum_i I_i T_i E S U P \quad (1)$$

式中: I_i 为第 i 产业用水量与第 i 产业增加值的比值,反映用水强度; T_i 为第 i 产业增加值与地区生产总值的比值,反映产业结构; E 为地区生产总值与研发支出的比值,反映研发效率; S 为研发支出与城镇

人口的比值,反映研发规模; U 为城镇人口与总人口的比值,反映城镇化水平; P 为总人口,反映人口规模。

如果时间从 $t-1$ 变化到 t ,用水总量变化量 $\Delta W_{t-1,t}$ 可由下式计算:

$$\Delta W_{t-1,t} = W_t - W_{t-1} =$$

$$\Delta W_I + \Delta W_T + \Delta W_E + \Delta W_S + \Delta W_U + \Delta W_P \quad (2)$$

式中 ΔW_I 、 ΔW_T 、 ΔW_E 、 ΔW_S 、 ΔW_U 、 ΔW_P 分别为用水强度效应、产业结构效应、研发效率效应、研发规模效应、城镇化效应和人口规模效应,分别表示用水强度、产业结构、研发效率、研发规模、城镇化和人口规模变化对用水总量变化的影响。具体计算过程参考文献^[14]。

1.2.2 用水总量空间差异驱动效应分解模型

假定地区 1 和地区 2 的用水总量空间差异 $\Delta W_{1,2}$ 可表示为

$$\Delta W_{1,2} = W_2 - W_1 =$$

$$\Delta W'_I + \Delta W'_T + \Delta W'_E + \Delta W'_S + \Delta W'_U + \Delta W'_P \quad (3)$$

式中 $\Delta W'_I$ 、 $\Delta W'_T$ 、 $\Delta W'_E$ 、 $\Delta W'_S$ 、 $\Delta W'_U$ 、 $\Delta W'_P$ 分别反映地区 1 和 2 用水强度差异、产业结构差异、研发效率差异、研发规模差异、城镇化差异和人口规模差异对用水总量空间差异的影响,具体计算过程参考文献^[14]。

对用水总量空间差异驱动效应进行分解的关键环节之一是确定比较对象。依据 Ang 等^[18]比较对象选择策略的研究,本文将长江经济带用水总量最少的重庆作为比较对象,找出其他省市用水总量大于重庆的驱动因素及其贡献程度。

1.3 数据来源

基于数据可获得性,本文所选数据的时间跨度为 2000—2020 年,包括 GDP、用水量、研发支出和人口指标,数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国水资源公报》《中国科技统计年鉴》以及各省市统计年

鉴。相关指标解释如下:

a. 增加值指标。为了消除价格因素影响,长江经济带 11 省市三次产业增加值均按照 2000 年不变价格进行调整,调整后的三次产业增加值加总便得到地区 GDP。

b. 用水量指标。《中国水资源公报》将省市用水总量划分为农业用水、工业用水、生活用水和生态用水四个部分,其中生态用水于 2003 年开始统计。为了与三次产业口径保持一致,需要对用水总量分类进行重新调整,即将农业用水作为第一产业用水,工业用水作为第二产业用水,根据孙才志等^[19]研究成果,将生活用水作为第三产业用水。调整后的三次产业用水量加总便得到用水总量。

c. 研发支出指标。11 省市研发支出按 2000 年不变价格进行调整以消除价格因素影响。

d. 人口指标。由于地区社会经济发展不平衡,人口流动规模较大,但很多流动人口的户籍并未发生改变,因此,常住人口而非户籍人口更能真实反映一个地区的人口状况。城镇人口数据直接从统计资料中获取。

2 结果与分析

2.1 长江经济带及 11 省市用水总量演变趋势分析

2.1.1 长江经济带用水总量演变趋势分析

图 2 为 2000—2020 年长江经济带用水总量的演变趋势。总体上看,用水总量呈上升趋势,从 2000 年的 2 232.15 亿 m^3 增加到 2020 年的 2 426.80 亿 m^3 ,增加了 194.65 亿 m^3 ,年均增长率为 0.42%,其中 2013 年达到最高值(2 625.26 亿 m^3),相比 2013 年,2014 年用水总量下降了 47.55 亿 m^3 ,可能是贯彻落实最严格水资源管理制度的结果。2003 年、2020 年与前一年相比,用水总量都出现较大幅度下降,分别下降 106.23 亿 m^3 和 180.01 亿 m^3 ,前者可能是由于 2003 年供水量不足以及《中华人民共和国水法》推行建设节水型社会所带来的积极影响,后者可能是受降水颇丰的影响。

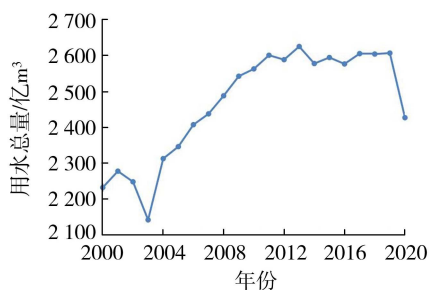


图 2 2000—2020 年长江经济带用水总量演变趋势

2.1.2 11 省市用水总量演变趋势分析

表 1 为 2000—2020 年长江经济带 11 省市用水总量统计结果,可以看出:①2000—2020 年 11 省市绝对用水量存在较大的差异,平均用水量最大的是江苏,为 539.50 亿 m^3 ,平均用水量最小的是重庆,为 74.22 亿 m^3 ,前者是后者的 7.27 倍。②11 省市用水总量存在不同程度的波动特征,安徽用水总量的变异系数最大,达 16.35%,而变异系数最小的云南仅为 1.78%。可见,长江经济带 11 省市用水总量变化趋势存在较大差异。此外,研究发现 2000—2020 年 11 省市用水总量呈现上升—下降交替变化趋势,除云南 2020 年出现小幅度增加外,其他省市较 2019 年相比都出现了下降;11 省市在 2012 年、2013 年附近都出现用水总量下降趋势,主要因为《关于实行最严格水资源管理制度的意见》《实行最严格水资源管理制度考核办法》的发布及实施对用水需求起到很大的约束作用。

表 1 2000—2020 年长江经济带 11 省市用水总量统计结果

省市	平均值/ 亿 m^3	中位数/ 亿 m^3	标准差/ 亿 m^3	最小值/ 亿 m^3	最大值/ 亿 m^3	变异系 数/%
上海	111.51	108.38	8.99	96.70	125.07	8.06
江苏	539.50	548.91	50.84	418.80	615.40	9.42
浙江	188.52	193.74	13.98	157.00	208.01	7.42
安徽	251.44	267.44	41.12	176.69	291.97	16.35
江西	230.82	236.48	23.60	171.50	262.69	10.22
湖北	276.04	280.80	19.87	240.86	301.50	7.20
湖南	321.96	323.90	8.03	298.20	333.40	2.49
重庆	74.22	76.30	9.16	56.33	86.01	12.34
四川	228.25	228.16	19.99	205.85	262.60	8.76
贵州	96.48	96.80	6.00	84.16	107.10	6.22
云南	148.04	147.80	2.64	143.59	153.60	1.78

2.2 长江经济带及 11 省市用水总量演变的驱动效应分解

2.2.1 长江经济带用水总量演变的驱动效应分解

将 2000 年设为基础年,2000—2020 年各因素对长江经济带用水总量变化的贡献值逐年累加得到各因素的累积效应值,如图 3 所示。

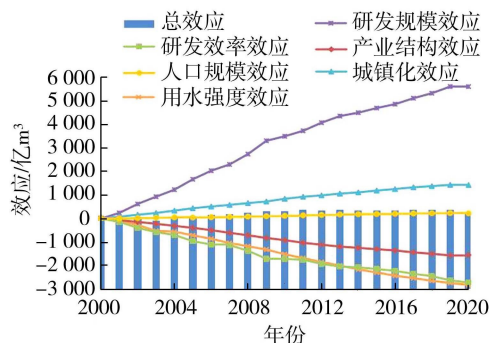


图 3 2000—2020 年长江经济带用水总量演变驱动效应分解

从促增效应来看,研发规模因素对用水总量增加的促增效应最大,由2001年的242.46亿 m^3 增加到2020年的5599.84亿 m^3 ,年均增长率达17.97%,这表明研发支出的增加助推了经济增长,从而增加了对水资源的需求。城镇化因素对用水总量增加的促增效应仅次于研发规模,由2001年的82.19亿 m^3 增加到2020年的1426.98亿 m^3 ,年均增长率达16.21%,这表明城镇化将导致用水总量增加。人口规模因素对用水总量的促增效应弱于研发规模和城镇化因素,2000—2020年累积效应仅为229.46亿 m^3 ,年均增长率为17.57%,虽然我国总人口规模相对稳定,但随着收入增加和生活水平提高,广大居民对水资源的需求层次将逐渐提高,因此,人口规模对用水总量的促增效应仍不容忽视。

从促减效应来看,用水强度因素对用水总量增加的促减效应的绝对值由2001年的92.12亿 m^3 增加到2020年的2812.17亿 m^3 ,年均增长率为19.71%,可见,产业用水强度下降对用水总量增加的抑制作用非常显著,并于2014年反超研发效率效应,成为抑制用水总量增加的首要因素。研发效率因素对用水总量增加的促减效应的绝对值由2001年的135.22亿 m^3 增加到2020年的2709.83亿 m^3 ,年均增长率为17.09%,研发效率下降的原因在于国内生产总值年均增长率小于研发支出年均增长率,按照不变价格计算,两者的年均增长率分别为10.24%和16.69%,研发效率提高将会促进经济增长,从而会带来产业结构优化升级、用水强度下降等,进而引致用水总量下降。产业结构因素对用水总量增加的抑制作用弱于用水强度和研发效率,绝对值由2001年的62.48亿 m^3 增加到2020年的1539.62亿 m^3 ,年均增长率为18.37%,产业结构由高耗水的第一产业向低耗水的第二、三产业转移,将有助于减少用水总量。

图4显示了2000—2020年用水强度效应和产业结构效应在三次产业内部的差异,三次产业用水强度普遍下降,对长江经济带用水总量增加起到抑制作用,2001—2007年第一产业用水强度下降对用水总量增加的抑制作用强于第二产业,绝对值分别为432.51亿 m^3 和431.11亿 m^3 ,而2008—2020年第二产业用水强度的抑制作用实现了反超,第三产业用水强度的抑制作用始终弱于第一、二产业,2000—2020年累积效应的绝对值为502.64亿 m^3 。第一产业占国内生产总值比例下降是产业结构调整对用水总量增加起到抑制作用的主要原因,2000—2020年累积效应的绝对值达1665.89亿 m^3 ,第二产业的产业结构效应呈倒U形,2014年第二产业所

占比有所下降,对用水总量增加的抑制作用有所减弱,第三产业所占比例变化对用水总量增加的影响较弱。

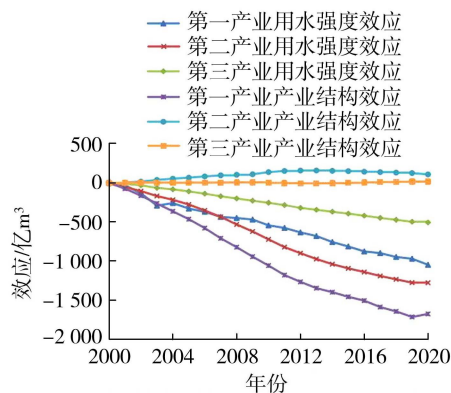


图4 2000—2020年用水强度效应和产业结构效应的产业差异

2.2.2 11省市用水总量演变的驱动效应分解

总体来看,用水强度、产业结构、研发效率对长江经济带各省市用水总量增加起到促减效应,而研发规模、城镇化、人口规模对用水总量增加起到促增效应,并且各省市用水总量变化的驱动效应存在较大的差异性。

a. 用水强度效应。除安徽2001年、2002年用水强度出现上升外,其他省市用水强度普遍下降,有效促进了用水总量的下降。其中,江苏用水强度效应的绝对值由2001年的6.59亿 m^3 增加到2020年的529.63亿 m^3 ,且年均增长率为25.97%,对用水总量下降的促进作用大于其他省市,而重庆最小,用水强度效应的绝对值仅从2001年3.23亿 m^3 增加到2020年的96.06亿 m^3 ,且年均增长率为19.56%。

b. 产业结构效应。所有省市产业结构调整都促进了用水总量下降,产业由耗水强度大的第一产业向耗水强度小的第二、三产业转移,从而带来用水总量的下降。其中,江苏产业结构调整对用水总量增加的促减效应最大,绝对值由2001年的16.69亿 m^3 增加到2020年的352.22亿 m^3 ,年均增长率为17.41%。重庆产业结构调整对用水总量的促减效应最小,绝对值仅从2001年的0.71亿 m^3 增加到2020年的27.67亿 m^3 。总体来看,产业结构对用水总量增加的抑制作用弱于用水强度。

c. 研发效率效应。上海、湖北、重庆、四川、贵州和云南研发效率对用水总量增加的促减效应小于用水强度,江苏、浙江、安徽、江西和湖南则正好相反,研发效率对用水总量增加的促减效应大于用水强度。其中,江苏研发效率对用水总量增加的促减效应最大,由2001年的61.26亿 m^3 增加到2020年

的616.82亿 m^3 ,年均增长率为12.92%。贵州研发效率对用水总量增加的促减效应最小,由2001年的12.99亿 m^3 增加到2020年的68.92亿 m^3 ,年均增长率为9.18%。

d. 研发规模效应。除个别省市、个别年份外,研发规模是促进用水总量增加的首要因素,并且远大于城镇化和人口规模两个因素。其中,江苏研发规模对用水总量增加的促增效应最大,由2001年的91.45亿 m^3 增加到2020年的1260.81亿 m^3 ,年均增长率为14.81%,城镇居民人口研发支出由2000年的240.07元增加到2020年的2964.08元(按照2000年不变价格);重庆研发规模对用水总量增加的促增效应最小,2000—2020年累积效应仅为167亿 m^3 ,并且2001年为负值。

e. 城镇化效应。所有省市的城镇化都是促进用水总量增加的因素,不过弱于研发规模因素。除上海外,其他省市城镇化对用水总量增加的促增效应都大于人口规模因素,并且上海是长江经济带城镇化效应最小的省市,2000—2010年累积效应仅为18.29亿 m^3 ,主要因为上海城镇化水平已经很高,2020年城镇化率达89.31%,提升空间远小于其他省市。江苏的城镇化效应最大,由2001年的11.88亿 m^3 增加到2020年的286.33亿 m^3 ,年均增长率达18.23%。

f. 人口规模效应。各省市人口规模对用水总量增加的促增效应和促减效应皆有出现,具有较大的差异性。上海、江苏、浙江、江西、湖北、云南的人口规模效应始终是正值,不过湖北在2020年出现较大幅度下降。安徽、贵州呈现正负交替的特征,湖南由正变为负,而重庆和四川却相反。其中,江苏人口规模对用水总量增加的促增效应最大,由2001年的1.99亿 m^3 增加到2020年的73.13亿 m^3 ,年均增长率为20.90%。可以看出,长江三角洲地区人口规模对用水总量增加的促增效应明显大于其他省市,原因在于长江三角洲地区社会经济发达,有大量的人口流入,并且收入和生活水平高,对水资源的需求更加丰富,将带来更大的用水总量增加。

计算得到2000—2020年长江经济带11省市用水强度效应和产业结构效应在三次产业内部之间的差异,结果表明,从用水强度效应来看,2000—2020年除上海的第一产业用水强度效应为正值外,其他省市的三次产业用水强度效应都是负值,意味着三次产业用水强度普遍下降,促进了用水总量的下降;11省市用水强度对用水总量增加的抑制作用的主要产业来源也存在差异,其中,上海、江苏、浙江、安徽、湖北、重庆、四川来源于第二产业,江西、湖

南、贵州和云南来源于第一产业,除上海和重庆外,其他省市第三产业用水强度对用水总量增加的抑制作用都弱于第一、二产业。

产业结构效应在三次产业内部差异的分析过程与技术进步效应不同,根据产业结构演变规律,第一产业逐渐向第二、三产业转移,即第一产业比例逐渐降低,第二、三产业比例逐渐提高。当产业结构效应在某产业内部为负值时,表明该产业比例的下降会带动用水量的下降,对第一产业而言,应降低第一产业比例,以节约用水量,但对第二、三产业而言,反而需要提高第二、三产业比例。长江经济带11省市第一产业增加值所占比例普遍下降促进了用水总量下降,其中,江苏的促减效应最大,其绝对值由2001年的18.18亿 m^3 增加到2020年的375.72亿 m^3 ,年均增长率为17.28%。

2.3 长江经济带11省市用水总量空间差异驱动效应分解

限于篇幅,本文仅对比分析2000年、2020年长江经济带重庆与其他省市用水总量空间差异的驱动效应分解结果。

a. 用水强度效应。2000年、2020年上海、江苏等10省市产业用水强度均大于重庆,其中,用水强度效应在第一产业内部均为正值,表明10省市第一产业用水强度都大于重庆,这是用水强度促增用水量空间差异的主要来源。2000年江苏、浙江和云南以及2020年四川第二产业用水强度效应为负值,其他省市均为正值,可见,第二产业也是促增用水量空间差异的来源。2000年、2020年上海、江苏、浙江和安徽第三产业用水强度效应均为负值,意味着用水强度小于重庆,起到了抑制用水量空间差异扩大的作用,而其他省市则大于重庆。因此,长江经济带11省市应通过降低用水强度以减少用水量,重点提高第一、二产业用水效率,非长江三角洲地区还同时需要关注第三产业用水效率的提高。

b. 产业结构效应。上海、江苏和浙江产业结构变化对用水总量的抑制作用大于重庆,而其他省市却促增了用水总量空间差异。当其他省市某个产业所占比重大于重庆时,会加大用水量空间差异,带来的启示是降低该产业所占比例,但是现实中第一产业用水强度要远大于第二、三产业,因此,各级政府期望降低第一产业比例,促进产业结构由“一二三”向“二三一”或“三二一”转移。因此,不管产业结构效应是正值还是负值,第一产业都是主要来源,仅有上海、江苏和浙江第一产业增加值所占比例小于重庆,有利于缩小用水量空间差异,而其他省市则大于重庆,加大了用水量空间差异。

c. 研发效率效应。2000 年浙江、江西、湖南、贵州和云南的研发效率高于重庆,研发效率是抑制用水量空间差异的促增因素;到 2020 年,仅有江西、贵州和云南的研发效率高于重庆。

d. 研发规模效应。2000 年上海、江苏、浙江、安徽、湖北和四川研发规模都大于重庆,研发规模是引致用水量空间差异的促增因素;而到 2020 年,仅有上海、江苏和浙江的研发规模依然大于重庆,这 3 个省市社会经济发展水平在全国名列前茅,而其他省市的研发规模被重庆超越。

e. 城镇化效应。除上海、江苏和浙江外,其他省市城镇化率都小于重庆,城镇化对其他省市用水量与重庆之间的空间差异起到促增效应,上海的促增效应最大,城镇化率由 2000 年的 74.60% 上升到 2020 年的 89.31%,重庆则由 2000 年的 35.59% 上升为 2020 年的 69.46%;上海城镇化效应由 2000 年的 57.22 亿 m^3 变化为 2020 年的 19.55 亿 m^3 。城镇化缩小用水量空间差异最明显的是云南,由 2000 年的 -37.12 亿 m^3 变化到 2020 年的 -33.20 亿 m^3 。

f. 人口规模效应。除上海外,其他省市人口规模都大于重庆,人口规模对其他省市用水量与重庆之间的空间差异起到促增效应。其中,江苏与重庆之间的人口规模效应最大,四川次之,主要因为人口规模空间差异比较明显。

3 结论与建议

3.1 结论

a. 研发规模与城镇化是长江经济带整体用水总量增加的主要与次要因素;用水强度于 2014 年反超研发效率,成为抑制用水总量增加的首要因素。从驱动效应在三次产业内部的差异来看,长江经济带三次产业用水强度普遍下降,显著促进了用水总量的下降,其中第一产业所占国内生产总值比例下降是产业结构调整对用水总量增加起抑制作用的主要来源。

b. 总体来看,长江经济带 11 省市用水强度普遍下降,有效促进了用水总量下降,江苏的用水强度效应最大,重庆最小;研发规模是促进各省市用水总量增加的首要因素,远大于城镇化和人口规模。从驱动效应在三次产业内部的差异来看,除上海和重庆外,其他省市用水强度下降对用水总量增加的抑制作用主要源于第一、二产业。

c. 以 2000 年、2020 年为例,长江经济带 11 省市产业用水强度加大了重庆与其他省市用水总量的空间差异,并且主要来源于第一产业。仅有上海、江苏和浙江产业结构调整抑制了重庆与其他省市用水

总量之间的空间差异。除上海、江苏和浙江外,其他省市城镇化率都小于重庆,对重庆与其他省市用水量之间的空间差异具有促增效应。除上海外,其他省市人口规模都大于重庆,对重庆与其他省市用水量之间的空间差异具有促增效应。

3.2 建议

a. 着力降低产业用水强度,实现集约式发展,尤其第一产业要开展农业用水精细化管理,科学合理确定灌溉定额,推广喷灌、微灌、滴灌、低压管道输水灌溉、集雨补灌等技术。优化升级产业结构,保证粮食安全的前提下,推动第一产业逐渐向第二、三产业转移。第二产业是我国最重要的用水部门之一,也是产生碳排放的主要领域之一,对全国整体实现碳达峰具有重要影响。工业企业需通过水管理实现节能降耗,推动低碳绿色发展。

b. 积极引导节水设施技术的研发,努力改变研发效率低下的现状,不能因为低效率对用水总量增加起到抑制作用而放弃提高研发效率,研发效率提高将会促进经济增长,集约型发展模式增加将会带来用水效率提高,产业结构优化升级,最终促使用水总量下降。

c. 实行更高质量的城镇化,充分发挥城市群的集聚效应,提高水资源利用效率,减少用水量。人口规模增长速度放缓,且对用水量的促增效应最小,但也不能忽略,应大力宣传普及节水意识,增强节水的积极主动性。

d. 长江经济带各省市可以对标重庆,从自身实际出发,从用水强度、产业结构、研发规模及效率、城镇化、人口规模等因素出发,挖掘实际可行且具有操作性的节水措施,实现水资源消耗刚性约束目标。

参考文献:

- [1] 张陈俊,章恒全,陈其勇,等. 用水量与经济增长关系的实证研究[J]. 资源科学,2015,37(11):2228-2239.
- [2] 张月,潘柏林,李锦斌,等. 基于库兹涅茨曲线的中国工业用水与经济增长关系研究[J]. 资源科学,2017,39(6):1117-1126.
- [3] DIEGO S, MIGUEL P. The environmental Kuznets curve at the thermoelectricity-water nexus: empirical evidence from Spain[J]. Water Resources and Economics, 2022, 39:100202.
- [4] HAO Y, HU X L, CHEN H Y. On the relationship between water use and economic growth in China: new evidence from simultaneous equation model analysis [J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 235:953-965.

(下转第 51 页)

- [8] 高晓龙,黄俊雄,韩中华,等.北京流域管理的“大部制”研究[J].北京水务,2016(2):39-41.
- [9] 北京水务统计年鉴 2020 [R].北京:北京市水务局,2021.
- [10] 北京市水资源公报[R].北京:北京市水务局,2021.
- [11] 潘安君.把准方向 锁定目标 加快推进首都水治理体系和治理能力现代化:在2020年北京市水务工作会议上的报告[J].北京水务,2020(1):1-6.
- [12] 马东春,朱承亮,王宏伟,等.北京市水与经济社会协调发展程度研究(2005—2015年)[C]//北京市水科学技术研究院.北京水问题研究与实践(2018年).北京:中国水利水电出版社,2019:273-283.
- [13] 高晓龙,程会强,郑华,等.生态产品价值实现的政策工具探究[J].生态学报,2019,39(23):8746-8754.
- [14] KEMKES R J, FARLEY J, KOLIBA C J. Determining when payments are an effective policy approach to ecosystem service provision [J]. Ecological Economics, 2010,69(11):2069-2074.
- [15] GAO Xiaolong, HUANG Binbin, HOU Ying, et al. Using ecosystem service flows to inform ecological compensation: theory & application [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health,2020,17(9):3340.
- [16] 长江经济带生态补偿与绿色发展体制改革 [R]. 北京:中国环境与发展国际合作委员会,2020.
- [17] 石玉波,张彬.我国水权交易的探索与实践[J].中国水利,2018(19):4-6.
- [18] 王亚华,舒全峰,吴佳喆.水权市场研究述评与中国特色水权市场研究展望 [J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(6):87-100.
- [19] 国务院.取水许可和水资源费征收管理条例[EB/OL].(2017-03-01)[2023-03-05].<https://flk.npc.gov.cn/detail2.html?ZmY4MDgwODE2ZjNjYmIzYzAxNmY0MTMzNGJmZTFjYjM>.
- [20] 王寅,任亮,王崴,等.基于合同节水管理模式的水权交易可行性研究[J].水利经济,2019,37(4):39-41.
- [21] 付实.美国水权制度和水权金融特点总结及对我国的借鉴[J].西南金融,2016(11):72-76.

(收稿日期:2024-01-22 编辑:胡新宇)

(上接第20页)

- [5] 阚大学,吕连菊.城镇化对水资源利用的非线性影响:基于面板平滑转换回归模型研究[J].华中科技大学学报(社会科学版),2017,31(6):126-134.
- [6] 金巍,刘双双,张可,等.农业生产效率对农业用水量的影响[J].自然资源学报,2018,33(8):1326-1339.
- [7] 赵良仕,李曼丞.辽宁农业灌溉用水影响因素时空差异性研究[J].中国农业资源与区划,2023,44(9):111-123.
- [8] 张玲玲,李晓惠,王宗志.最终需求拉动下区域产业用水驱动因素分解[J].中国人口·资源与环境,2015,25(9):124-130.
- [9] 王苗苗,马忠,惠翔翔.基于SDA法的水资源管理评价:以黑河流域张掖市为例[J].管理评论,2018,30(5):158-164.
- [10] 张陈俊,吴雨思,庞庆华,等.长江经济带用水量时空差异的驱动效应研究:基于生产和生活视角[J].长江流域资源与环境,2019,28(12):2806-2816.
- [11] LI A J, ZHOU D L, CHEN G S, et al. Multi-region comparisons of energy-related CO₂ emissions and production water use during energy development in northwestern China [J]. Renewable Energy, 2020, 153: 940-961.
- [12] ZHANG C J, XU J, CHIU Y H. Driving factors of water use change based on production and domestic dimensions in Jiangsu, China [J]. Environmental Science and Pollution Research,2020(27):33351-33361.
- [13] 赵存学,邓建高,张陈俊,等.长江经济带居民生活用水的重心移动与驱动效应研究[J].长江流域资源与环境,2021,30(4):827-838.
- [14] 张陈俊,许静茹,张丽娜,等.长江经济带水资源消耗时空差异驱动效应研究[J].资源科学,2018,40(11):2247-2259.
- [15] 张陈俊,赵存学,林琳,等.长江三角洲地区用水量时空差异的驱动效应研究[J].资源科学,2018,40(1):89-103.
- [16] 李中,周勤.内生性约束下研发投入、研发效率与企业绩效:中国高技术产业细分行业的样本[J].软科学,2012,26(7):11-14.
- [17] 章恒全,杨柳,张陈俊.长江经济带用水量演变的驱动因素与预测:基于LMDI与SD模型[J].工业技术经济,2021,40(6):143-152.
- [18] ANG B W, SU B, WANG H. A spatial-temporal decomposition approach to performance assessment in energy and emissions [J]. Energy Economics, 2016, 60: 112-121.
- [19] 孙才志,谢巍.中国产业用水变化驱动效应测度及空间分异[J].经济地理,2011,31(4):666-672.

(收稿日期:2023-11-15 编辑:骆超)