

城镇化进程中水资源消耗的影响因素研究

章恒全¹,高圆¹,张陈俊²

(1. 河海大学商学院,江苏 南京 211100; 2. 河海大学企业管理学院,江苏 常州 213022)

摘要:在“多项连乘和加总”及向量扩展形式的 LMDI 模型基础上,构建城镇化进程中人口-居民消费-用水强度的分解框架,分析 2003—2016 年间水资源消耗的影响因素。研究表明:人口规模扩大和人口城镇化对用水量增长均为正向促进作用,且前者驱动力强于后者;居民消费水平提升是拉动用水量增长的主导因素,而居民消费结构优化升级和居民消费率上升均有效抑制了水资源的消耗,且前者更为显著;用水量的下降主要得益于产业技术进步,生活用水量的增长主要源于生活强度效应。进一步指出未来应合理控制我国人口规模和人口流动,加速居民消费结构的优化升级,注重强化产业技术创新,深挖农业节水潜力,提升居民消费率以实现既定经济规模下的相对节水。

关键词:城镇化;水资源消耗;人口;居民消费;用水强度;LMDI

中图分类号:F205;F126

文献标志码:A

文章编号:1003-9511(2020)01-0036-06

城镇化是主要表现为农村人口向城镇迁居,二、三产业向城镇入驻的经济社会现象^[1]。我国在城镇化快速发展的同时面临着十分严峻的水资源形势^[2],95% 以上的特大城市长期受到缺水困扰^[3]。相关研究指出,城镇化水平每提高 1%,用水总量将提高 0.58%^[1]。到 2030 年,我国城镇化水平预计接近 70%,必将产生更多的用水需求^[4]。因此,在城镇化背景下分析水资源消耗的影响因素,有助于为相关部门制定切实可行的水资源政策提供参考,以缓解我国的供水压力。

国内外学者针对用水量影响因素开展了大量研究。

a. 从某一类用水角度出发的研究表明:①经济发展是促进工业用水增长的主要因素^[5-6],推动规模以上工业技术进步是降低工业用水强度的有效途径^[7]。②我国每年消耗的大部分水资源来自农业^[8],2016 年农业用水量占用水总量的比例超过 60%^[9],提高农业用水效率有助于降低农业用水量^[10-12]。③分析居民用水的影响因素多从微观层面出发,包括阶梯水价^[13]、受教育程度^[14]和节能设施的推广^[15]等。

b. 从用水总量角度出发的研究多集中于技术进步、产业结构调整、经济发展和人口规模^[16]。学

者们普遍认为技术进步是抑制用水量增长的主要因素^[17],但需警惕由于技术创新欠缺而导致的“回弹效应”^[18];产业结构调整亦对用水量增长具有抑制作用^[19],其中第一产业比重下降是用水量减少的主要原因^[20-21];而经济发展水平的提高和人口规模的扩大均促进了用水量的增长^[22]。

近年来,学者们逐渐将研究目光转向城镇化与水资源的关系^[23-24]上,城镇化已逐渐成为拉动用水量增长的关键因素^[25],城镇化引发的人口结构变动将对水资源消耗造成长期压力^[26]。

综上所述,从研究方法来看,现有研究普遍采用“单项连乘和”的因素分解法,一定程度上局限了表达式涵盖的内容,造成分解趋于同质化;从研究视角来看,现有研究大多停留在分析人口结构变动与水资源消耗之间的关系,忽略了居民消费结构对水资源消耗的影响。鉴于此,本文构建“多项连乘和加总”及向量扩展形式的 LMDI 模型,将居民消费水平、居民消费结构及居民消费率纳入模型,探析城镇化进程中人口、居民消费、用水强度对水资源消耗的影响效应,并提出有针对性的对策建议。

1 模型构建

指数分解法被广泛运用于水资源消耗的影响因

基金项目:国家自然科学基金青年项目(41701610);教育部人文社会科学研究青年基金(17YJC790194)

作者简介:章恒全(1957—),男,教授,博士,主要从事投资和项目管理研究。E-mail:hqzhang630@163.com

素分析中,其中 LMDI 方法因可以避免模型存在残差和零值被认为是最优的^[27-28]方法。将 LMDI 模型改进为“多项连乘和加总”的形式:

$$W = W_1 + W_2 = \sum_i W_{1i} + \sum_j W_{2j} = \sum_i \frac{W_{1i}}{G_i} \frac{G_i}{H_i} \frac{H_i}{H} H + \sum_j \frac{W_{2j}}{P_j} \frac{P_j}{P} P \quad (1)$$

式中: W 为用水总量; W_1 为生产用水量; i 为三次产业; W_2 为生活用水量; j 为城镇、农村; G 为国民生产总值; H 为居民消费总额; P 为人口数量。考虑到我国城乡二元结构的差异,将居民消费以向量形式进一步扩展为

$$H = \begin{pmatrix} \frac{H_u}{P_u} & \frac{H_r}{P_r} \\ \frac{P_u}{P} & \frac{P_r}{P} \end{pmatrix} P \quad (2)$$

式中: P_u 和 P_r 分别为城镇和农村人口数量; H_u 和 H_r 分别为城镇和农村居民消费额。令

$$\begin{aligned} I_{1i} &= \frac{W_{1i}}{G_i} & R_i &= \frac{G_i}{H_i} & S_i &= \frac{H_i}{H} \\ p_u &= \frac{P_u}{P} & p_r &= \frac{P_r}{P} & h_u &= \frac{H_u}{P_u} \\ h_r &= \frac{H_r}{P_r} & I_{2j} &= \frac{W_{2j}}{P_j} & p_j &= \frac{P_j}{P} \end{aligned}$$

式中: I_{1i} 为第 i 次产业的生产用水强度; R_i 为经济对居民消费的抑制程度,称为消费抑制因子; S_i 为居民第 i 次产业产品消费占消费总额的比重,反应居民消费结构; p_u 、 p_r 分别为城镇和农村人口数量占人口总数的比重; h_u 、 h_r 分别为城镇和农村居民人均消费额; I_{2j} 为城镇和农村居民的生活用水强度; p_j 为城镇化率。可得

$$W = \sum_i I_{1i} R_i S_i (p_u p_r) \begin{pmatrix} h_u \\ h_r \end{pmatrix} P + \sum_j I_{2j} p_j P \quad (3)$$

将式(3)加号左右两边取自然对数,再取微分可得

$$d \ln W_1 = d \ln \left(\sum_i I_{1i} R_i S_i p_u^{\alpha} p_r^{1-\alpha} h_u^{\alpha} h_r^{1-\alpha} P \right) \quad (4)$$

$$d \ln W_2 = d \ln \left(\sum_j I_{2j} p_j P \right) \quad (5)$$

其中

$$\alpha = \frac{p_u h_u}{p_u h_u + p_r h_r}$$

式中 α 为城镇居民消费额占居民消费总额的比重。由此可得各因素对水资源消耗影响的关系式:

$$W = \sum_i I_{1i} R_i S_i p_u^{\alpha} p_r^{1-\alpha} h_u^{\alpha} h_r^{1-\alpha} P + \sum_j I_{2j} p_j P \quad (6)$$

运用 LMDI 方法对式(6)进行分解,以 0 和 T 分

别代表基期和考察期,各因素对用水量变动的贡献值表达式如下。

生产强度效应:

$$E_{I_1} = \sum_i \frac{W_{1i}^T - W_{1i}^0}{\ln W_{1i}^T - \ln W_{1i}^0} \ln \frac{I_{1i}^T}{I_{1i}^0} \quad (7)$$

消费抑制效应:

$$E_R = \sum_i \frac{W_{1i}^T - W_{1i}^0}{\ln W_{1i}^T - \ln W_{1i}^0} \ln \frac{R_i^T}{R_i^0} \quad (8)$$

居民消费结构效应:

$$E_S = \sum_i \frac{W_{1i}^T - W_{1i}^0}{\ln W_{1i}^T - \ln W_{1i}^0} \ln \frac{S_i^T}{S_i^0} \quad (9)$$

生产城镇化效应:

$$E_{U_1} = \sum_i \frac{W_{1i}^T - W_{1i}^0}{\ln W_{1i}^T - \ln W_{1i}^0} [\alpha^T \ln p_u^T - \alpha^0 \ln p_u^0 + (1 - \alpha^T) \ln p_r^T - (1 - \alpha^0) \ln p_r^0] \quad (10)$$

居民消费效应:

$$E_h = \sum_i \frac{W_{1i}^T - W_{1i}^0}{\ln W_{1i}^T - \ln W_{1i}^0} [\alpha^T \ln h_u^T - \alpha^0 \ln h_u^0 + (1 - \alpha^T) \ln h_r^T - (1 - \alpha^0) \ln h_r^0] \quad (11)$$

生产端人口规模效应:

$$E_{P_1} = \sum_i \frac{W_{1i}^T - W_{1i}^0}{\ln W_{1i}^T - \ln W_{1i}^0} \ln \frac{P^T}{P^0} \quad (12)$$

生活强度效应:

$$E_{I_2} = \sum_j \frac{W_{2j}^T - W_{2j}^0}{\ln W_{2j}^T - \ln W_{2j}^0} \ln \frac{I_{2j}^T}{I_{2j}^0} \quad (13)$$

生活城镇化效应:

$$E_{U_2} = \sum_j \frac{W_{2j}^T - W_{2j}^0}{\ln W_{2j}^T - \ln W_{2j}^0} \ln \frac{P_j^T}{P_j^0} \quad (14)$$

生活端人口规模效应:

$$E_{P_2} = \sum_j \frac{W_{2j}^T - W_{2j}^0}{\ln W_{2j}^T - \ln W_{2j}^0} \ln \frac{P^T}{P^0} \quad (15)$$

总效应:

$$\begin{aligned} \Delta W &= \Delta W_1 + \Delta W_2 = (W_1^T - W_1^0) + (W_2^T - W_2^0) \\ &= (E_{I_1} + E_R + E_S + E_{U_1} + E_h + E_{P_1}) + (E_{I_2} + E_{U_2} + E_{P_2}) \quad (16) \end{aligned}$$

2 数据说明

本文所用数据的时间跨度为 2003—2016 年,用水量、产值、居民消费、人口数量等原始数据源自《中国水资源公报》和《中国统计年鉴》。对本文数据解释如下:

a. 时间跨度。考虑到 2003 年以前及 2017 年的三次产业用水量无法获取,因此研究期为 2003—2016 年。

b. 用水量数据。本文所用用水量数据需与三

次产业产值保持一致,因此将《水资源公报》中用水量数据进行了整合:将农业用水和牲畜用水合计为第一产业用水,工业用水和建筑业用水合计为第二产业用水,第三产业用水保持不变,并将三次产业用水合计为生产用水,将城镇居民用水和农村居民用水合计为居民生活用水,暂不考虑生态用水。

c. 产值数据。为消除价格因素影响,我国三次产业产值均折算为2003年不变价,GDP由调整后的三次产业产值加总得到。

d. 居民消费数据。参考相关研究^[29],将食品定义为居民第一产业产品消费,居住、生活用品及服务定义为居民第二产业产品消费,衣着、交通通信、教育文化娱乐、医疗保健和其他定义为居民第三产业产品消费,居民各消费数据亦折算为2003年不变价格。

3 实证结果分析

中国用水总量由2003年的5240.6亿 m^3 增加到2016年的5895.2亿 m^3 ,增加了654.6亿 m^3 。变化趋势表明,2003—2013年用水总量呈上升趋势,而2013—2016年呈下降趋势。其中,生产用水量与用水总量变化趋势非常相似,而生活用水量一直上升。

我国用水量变动分解结果如图1所示。生产用水量累计上升522.42亿 m^3 ,占用水总量变动的79.81%,其中生产强度效应、消费抑制效应和居民消费结构效应分别累计达-3470.46亿 m^3 、-705.64亿 m^3 和-2220.42亿 m^3 ,绝对值占总效应的比重分别为530.13%、107.79%和339.18%,充分说明三者对我国水资源消耗均具有抑制作用。生产端人口城镇化效应、居民消费效应和生产端人口规模效应分别累计达919.24亿 m^3 、5641.02亿 m^3 和358.67亿 m^3 ,三者均正向促进了我国水资源消耗,其中居民消费效应是驱动用水量增长的主要因素,占总效应的比重高达861.7%。生活用水量累计增长132.23亿 m^3 ,占用水总量变动的20.19%,生活强度效应、生活端人口城镇化效应和生活端人口规模效应分别累计达到61.44亿 m^3 、36.75亿 m^3 和34.04亿 m^3 ,均对用水量增长起正向促进作用。

3.1 人口因素与水资源消耗

生产端和生活端人口规模效应分别反映了人口数量变化对生产用水和生活用水的影响,二者之和即为人口规模效应。生产端人口城镇化效应和生活端人口城镇化效应分别反映了人口结构调整对生产

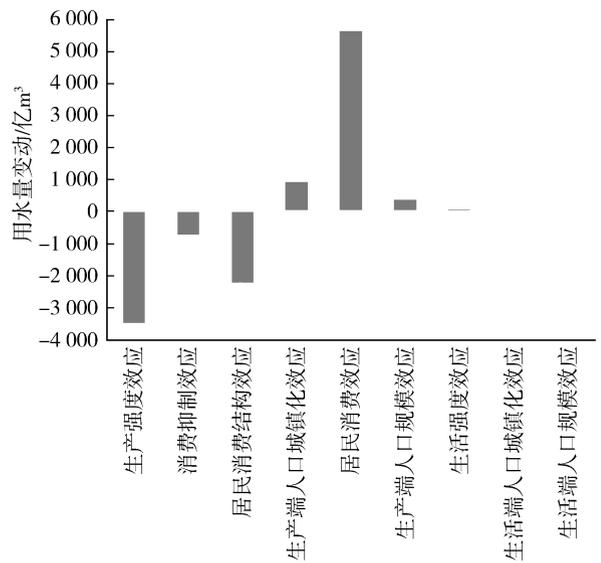


图1 各驱动因素的累计变动量

用水和生活用水的影响,二者之和即为人口城镇化效应。由图2可知:生产端和生活端人口规模效应的变动趋势均较为平稳,前者始终在25亿~35亿 m^3 之间波动,后者始终在2亿~4亿 m^3 之间波动。生产端人口城镇化效应和生活端人口城镇化效应总体呈波动下降趋势,生产端人口城镇化效应对用水量的促进作用始终大于人口规模,而生活端人口城镇化效应的驱动力与人口规模十分接近。总体来看,人口城镇化效应的累计贡献值为人口规模效应的2.43倍。

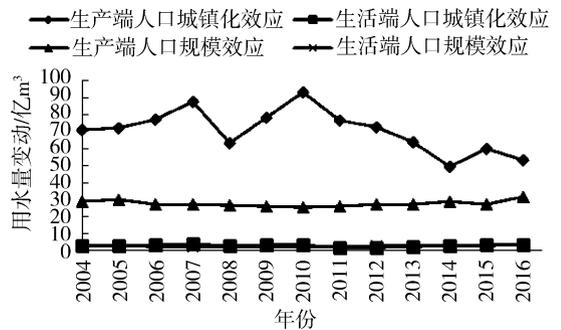


图2 各人口效应变化趋势

究其原因,研究期内我国人口数量由12.92亿人增长至13.83亿人,年均增长率仅为0.5%,增长幅度较小;城镇人口由5.24亿人增长至7.93亿人,年均增长率为3.2%;而城镇化率由2003年的40.53%增长至2016年的57.35%,变化幅度远超过人口规模。与此同时,城镇人口增长率处于波动下降趋势,与人口城镇化效应的变化趋势基本一致。由于我国的计划生育政策使得人口数量始终处于低速增长状态,虽然目前人口规模对用水量的驱动作用较为平稳,但随着十八届五中全会后二胎政策的

全面开放,目前60%的城镇化率说明未来人口数量提升带来的用水压力不容小觑。而我国城镇化进程在未来10年将继续处于快速发展状态,距离城镇化发展的平缓阶段仍有一段较长的路^[30],因此人口城镇化在近期依然是推动我国水资源消耗的主要人口因素之一。

3.2 居民消费因素与水资源消耗

3.2.1 居民消费水平

依据式(11)分解得到城乡居民消费效应的变动趋势如图3所示。居民消费对水资源消耗的驱动作用占主导地位,远大于模型考察的其他因素。居民消费效应的变化趋势呈现周期性特征:用水量由2004年的307.87亿 m^3 增长至2005年的516.36亿 m^3 ,2006年回落至418.58亿 m^3 ,2007—2008年小幅度波动,2008年后循环相似的变化趋势。对比城乡居民消费效应:城镇居民消费对用水量的驱动力明显大于农村居民消费,前者在300亿 m^3 左右波动,后者在100亿 m^3 左右波动,城镇居民消费效应的累计贡献是农村的2.25倍。

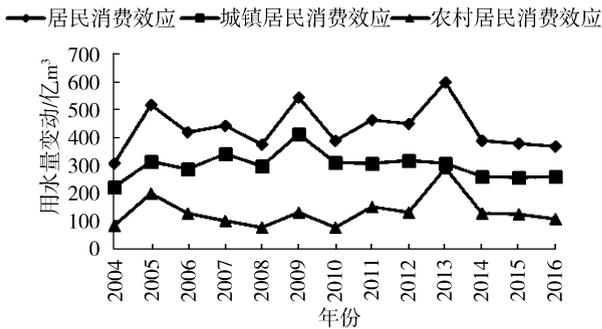


图3 城乡居民消费效应变化趋势

究其原因,居民消费的产品或服务是其原料、生产、运输、销售等生命周期中消耗的水资源的集合,居民消费水平间接影响着水资源的消耗情况。自2003年以来,我国逐渐走出通货紧缩的困局,实施较为稳健的财政政策,居民消费水平不断提升,在此背景下用水总量亦随之增加。研究期内我国居民消费总额由4.9万亿元增长至18万亿元(2003年不变价格),增长近3倍。从城乡居民消费来看,城镇居民消费额始终高于农村,城乡消费差距由2003年的1.92万亿元增长至2016年的9.65万亿元,增长了4倍多。居民消费城镇与农村的比例呈波动上升趋势,由2003年的2.3:1增加至2016年的3.3:1。至2016年,我国城镇居民消费额占居民消费总额的比例达76.8%,而占据总人口42.7%的农村居民消费额仅占居民消费总额的23.2%。随着城镇化的不断深入,可以推测,居民消费尤其是城镇居民消费

将成为未来促进水资源消耗的主导因素。

3.2.2 居民消费结构

居民消费结构效应反映了我国居民消费结构优化升级对水资源消耗的影响,根据式(9)的分解结果,居民消费结构调整对用水量增长具有持续的抑制作用,负向贡献累计高达-339.18%,其变动趋势如图4所示。居民消费结构效应呈现阶段性特征:2004—2008年,用水量变动由-177.29亿 m^3 小幅增长至-146.16亿 m^3 ;2008—2010年,用水量变动大幅减少至-264.62亿 m^3 ,降幅为81.1%;2010—2013年,用水量变动快速上升至-102.65亿 m^3 ,增幅为157.8%;2013—2016年,用水量变动再次小幅回落至-156.43亿 m^3 。

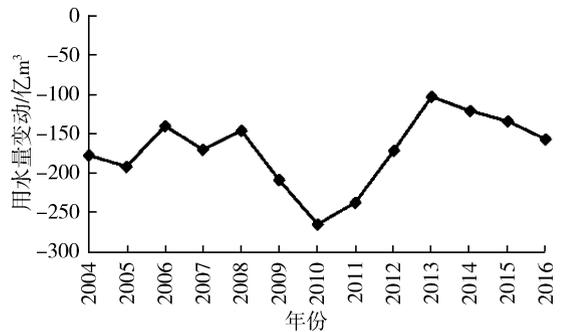


图4 居民消费结构效应变化趋势

究其原因,居民消费引起的间接耗水表征了消费品生命周期中在各个产业部门消耗的水资源的总和,即居民对不同产业产品或服务的消费,会间接促进相应产业的水资源消耗,也就是说居民消费结构最终影响水资源的消耗情况。随着我国居民消费水平的提高及消费观念的转变,我国居民三次产业的消费比率由2003年的40:18:42转变为2016年的19:27:54,总体表现为第一产业消费品逐步被二、三产业消费品取代,食品支出占居民消费的比重不断下降,而居住、医疗、交通、生活用品及服务支出占居民消费比重显著上升。水资源由用水效率低的第一产业流向用水效率高的二、三产业,有效抑制了用水量的增长,居民消费结构的优化升级累计减少2220.42亿 m^3 耗水,如图5所示。事实上,生产与消费是相对均衡的^[31],居民消费结构的优化也有助于产业结构的转型,若辅以政策积极引导居民消费结构的优化升级,既能有效缓解我国目前面临的水资源压力,又能帮助改善我国目前产业结构升级乏力的现象。

3.2.3 消费抑制因子

用支出法计算的GDP包括居民消费、政府消费、固定资产投资以及净出口4项,居民消费占GDP

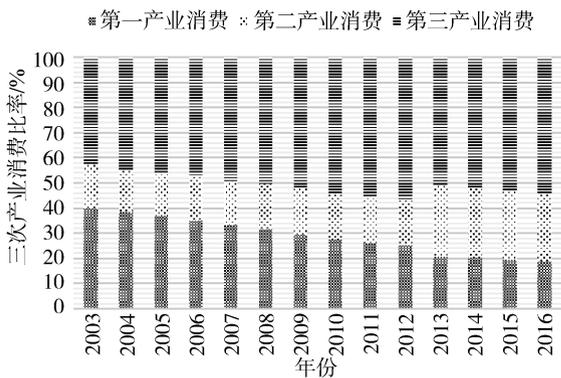


图5 三次产业消费比率变化趋势

的比重为居民消费率,消费抑制因子即为居民消费率的倒数。当GDP一定时,消费抑制因子与居民消费率反向变动,与剩余3个经济成分同向变动。消费抑制因子对用水量变动的贡献值如图6所示,以2008年为界呈现明显的阶段性特征:2008年以前,除2005年以外消费抑制效应均为正值,对用水量的增长表现为正向促进作用;2008年以后,除2010年以外消费抑制效应均为负值,对用水量的增长表现为负向抑制作用。消费抑制因素对水资源消耗的影响总体上表现为负效应,累计贡献-705.64亿m³。

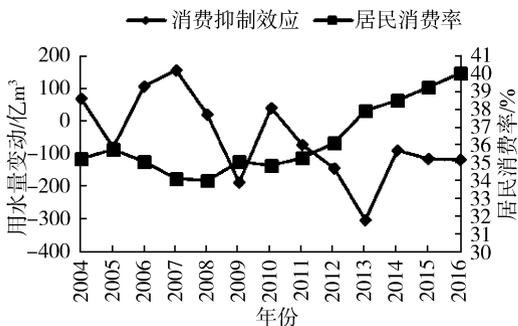


图6 消费抑制效应变化趋势

究其原因,我国居民消费率(如图6所示)同样以2008年为拐点呈现出明显的阶段性特征,2003—2008年,居民消费率由35.68%波动下降至34.00%,2008—2016年,居民消费率由34.00%波动上升至40.04%。可以看出,研究期内消费抑制效应与我国居民消费率之间存在反向变动的内在逻辑。随着居民消费率的降低,即政府消费、固定资产投资及净出口3个经济成分比重的升高,对应着用水总量的增加,反之亦如此。居民消费与政府消费、固定资产投资以及净出口3个经济成分用水强度的差异导致了其对用水总量贡献的差异。实证结果说明,居民消费相较于政府消费、固定资产投资以及净出口3个经济成分而言具有用水强度的比较优势,即居民消费品产业部门的用水强度总体低于

其他经济成分。在经济规模既定的前提下,刺激居民消费意味着抑制了高用水强度经济成分的发展,有利于水资源要素由高用水强度的经济成分向低用水强度的经济成分流动,能够有效抑制用水量的增长。

3.3 用水强度因素与水资源消耗

生产用水强度为生产用水量与GDP的比值,生活用水强度为生活用水量与人口数量的比值,分别表征了生产用水强度和生活用水强度对用水量变动的贡献,贡献值如图7所示。其中,生产强度效应对用水量的增长具有持续的抑制作用,是考察的所有因素中抑制作用最显著的,贡献率高达-530.13%,凸显了产业技术进步的重要地位。而生活强度效应总体上对用水量增长表现为促进作用,若单独从生活用水量来看,生活强度效应对生活用水量变动的贡献率为46.46%,是生活端影响力最大的因素。

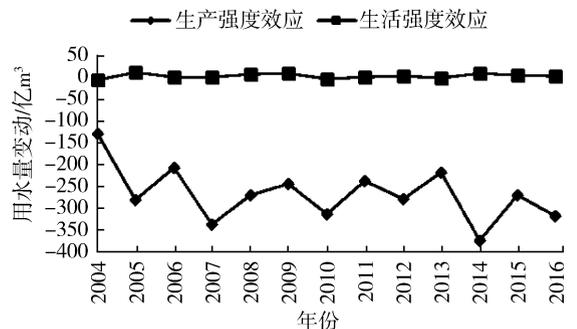


图7 用水强度效应变化趋势

究其原因,近年来,我国出台了一系列产业技术政策和节水环保政策,产业用水效率明显提升,生产用水强度一路走低,万元GDP用水量由2003年的349.2m³/万元减少至2016年的118.1m³/万元,降幅为66.2%。三次产业内部对生产强度效应的贡献率分别为53.13%、45.97%和0.89%,可见第一产业用水强度的降低对用水量下降的贡献最大,第二产业次之,第三产业最小且远小于一、二产业。而我国居民生活用水强度则不断上升,由2003年的34.2m³/人升高到2016年的41.5m³/人。随着我国居民生活水平的提高,城镇和农村居民的生活方式逐步同质化,城乡居民人均生活用水量差距逐步缩小,因此生活强度效应对生活用水量变动的贡献最高。

4 结论与建议

4.1 结论

本文基于改进为“多项连乘和加总”及向量扩

展形式的 LMDI 模型,对 2003—2016 年间的水资源消耗进行人口、居民消费、用水强度三方面的因素分解分析,得出以下结论:①人口因素方面,人口规模扩大与人口城镇化对用水增长均为正向促进作用,生产端及生活端人口规模效应变化趋势较为平稳,生产端及生活端人口城镇化效应波动下降,人口城镇化效应是人口规模效应的 2.43 倍。②消费因素方面,居民消费水平的提升是拉动物水量增长的主导因素,城镇居民消费引发的用水量是农村的 2.25 倍。而居民消费结构的优化升级和居民消费率的上升均有效抑制了水资源的消耗,居民第一产业消费比率逐渐向二、三产业转移是居民消费结构效应对水资源消耗产生抑制作用的原因。③用水强度因素方面,用水量的下降主要得益于产业技术进步,生产强度效应是考察的所有因素中对水资源消耗抑制作用最显著的。而生活强度效应总体促进了用水量的增长,是对生活端用水量增长贡献最高的因素。

4.2 建议

a. 进一步完善我国的人口政策。在我国全面放开二胎政策的背景下,未来人口规模因素对水资源消耗的影响力将进一步增强,持续快速发展的人口城镇化进程也将产生更大的用水需求。为制定妥善的人口政策,一方面要时时监控新增人口数量对水资源造成的压力,严格控制人口总数,可以通过缩小人口规模减少用水量;另一方面,要保证农村人口合理有序地向城镇流动,注重合理控制人口城镇化的发展速度,避免城镇人口爆炸式增长。

b. 引导居民消费方式合理转变,加快居民消费结构优化升级。首先,要注重引导居民尤其是城镇居民形成“绿色消费,适度消费”的观念,倡导节水、低耗水产品的推广使用,同时不能忽视城乡均衡发展。其次,要发挥价格杠杆在市场的调节作用,通过价格杠杆促进居民消费结构的优化升级,并积极助推第三产业发展,提高第三产业消费品在居民消费支出中的比重。最后,推进以拉动内需为导向的国内经济结构调整,充分发挥居民消费相对于其他经济成分的用水强度优势,在既定的经济规模下实现相对节水。

c. 强化节水技术创新,加速节水系统建设。产业技术创新依然是我国节水事业的主要推动力,污水处理、循环利用等节水技术应得到进一步的创新和推广。但近年来我国对农业节水的重视不够,必须深度挖掘农业节水潜力,鼓励农业节水技术的研发,不断提高农业用水效率。与此同时,降低人均生

活用水量对减少居民生活用水有强大的驱动力,应加强节约生活用水的教育宣传力度,培养居民尤其是农村居民形成节水意识和节水习惯。

参考文献:

- [1] 马海良,徐佳,王普查. 中国城镇化进程中的水资源利用研究[J]. 资源科学,2014(2):334-341.
- [2] 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.
- [3] 阚大学,吕连菊. 中国城镇化对水资源利用的影响[J]. 城市问题,2018(7):4-12.
- [4] NORMILE D. China's living laboratory in urbanization[J]. Science,2008,319(5864):740-743.
- [5] 马海良,姜明栋,侯雅如. 长江经济带城镇化对工业用水的脱钩研究:基于“十一五”和“十二五”时期的对比分析[J]. 长江流域资源与环境,2018(8):1683-1692.
- [6] 张陈俊,章恒全. 新环境库兹涅茨曲线:工业用水与经济增长的关系[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(5):116-123.
- [7] 余许友,张陈俊. 基于多层次 LMDI 的工业用水效率规模结构因素分析[J]. 统计与决策,2016(4):113-117.
- [8] 刘双双,韩凤鸣,蔡安宁,等. 区域差异下农业用水效率对农业用水量的影响[J]. 长江流域资源与环境,2017(12):2099-2110.
- [9] 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(8):1326-1339.
- [10] BOZORG-HADDAD O, MALMIR M, MOHAMMAD-AZARI S, et al. Estimation of farmers' willingness to pay for water in the agricultural sector[J]. Agricultural Water Management,2016,177:284-290.
- [11] QADIR M, BOERS T M, SCHUBERT S, et al. Agricultural water management in water-starved countries: challenges and opportunities[J]. Agricultural Water Management, 2003,62(3):165-185.
- [12] DOUNGMANEE P. The nexus of agricultural water use and economic development level[J]. Kasetsart Journal of Social Sciences,2016,37(1):38-45.
- [13] 黄鑫,黄智峰,张立尖,等. 阶梯水价实施对居民用水量时间序列的影响[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(增刊2):103-106.
- [14] 廖显春,夏恩龙,王自锋. 阶梯水价对城市居民用水量及低收入家庭福利的影响[J]. 资源科学,2016(10):1935-1947.
- [15] KENNEY D S, GOEMANS C, KLEIN R, et al. Residential water demand management: lessons from Aurora, Colorado[J]. JAWRA Journal of the American Water Resources Association,2008,44(1):192-207.

(下转第 48 页)

村经济,2016(12):76-90.

- [11] 韩海彬,赵丽芬. 环境约束下中国农业全要素生产率增长及收敛分析[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(3):70-76.
- [12] 汪辉平,王增涛,王美霞. FDI 对中国农业全要素生产率的空间溢出效应[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版),2017(1):123-129.
- [13] 李谷成,尹朝静,吴清华. 农村基础设施建设与农业全要素生产率[J]. 中南财经政法大学学报,2015(1):141-147.
- [14] 尹朝静,李谷成,范丽霞,等. 气候变化、科技存量与农业生产率增长[J]. 中国农村经济,2016(5):16-28.
- [15] 徐建国,张勋. 农业生产率进步、劳动力转移与工农业联动发展[J]. 管理世界,2016(7):76-87.
- [16] 叶文辉,郭唐兵. 我国农田水利运营效率的实证研究:基于2003—2010年省际面板数据的DEA-TOBIT两阶段法[J]. 山西财经大学学报,2014,36(2):63-71.
- [17] 汪琦,宋敏,张凤泽. 中国全要素农田水利效率及其空间分布格局[J]. 水利经济,2017,35(6):19-23.
- [18] 郭萍,余康,黄玉. 中国农业全要素生产率地区差异的变动与分解:基于 Färe-Primont 生产率指数的研究

[J]. 经济地理,2013,33(2):141-145.

- [19] 李超. 我国水利投资效率演进的时空特征及影响因素:基于空间计量的视角[J]. 水利经济,2014,32(6):12-16.
- [20] 史常亮,朱俊峰,揭昌亮. 中国农业全要素生产率增长地区差异及收敛性分析:基于固定效应 SFA 模型和面板单位根方法[J]. 经济问题探索,2016(4):134-141.
- [21] 李平. 提升全要素生产率的路径及影响因素:增长核算与前沿面分解视角的梳理分析[J]. 管理世界,2016(9):1-11.
- [22] 张乐,曹静. 中国农业全要素生产率增长:配置效率变化的引入:基于随机前沿生产函数法的实证分析[J]. 中国农村经济,2013(3):4-15.
- [23] 刘晗,王钊,姜松. 基于随机前沿生产函数的农业全要素生产率增长研究[J]. 经济问题探索,2015(11):35-42.
- [24] 刘华军,张权,杨骞. 城镇化、空间溢出与区域经济增长:基于空间回归模型偏微分方法及中国的实证[J]. 农业技术经济,2014(10):95-110.

(收稿日期:2019-04-24 编辑:胡新宇)

(上接第35页)

- [25] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,1994.
- [26] 袁斯煌. 业主驱动的 BIM 应用效益评价研究[D]. 重庆:重庆大学,2016.
- [27] 吴蔚. BIM 效益评价方法及应用研究[D]. 武汉:华中科技大学,2014.
- [28] 饶阳. 业主方 BIM 效益评价研究[D]. 武汉:华中科技大学,2016.
- [29] 中国水利水电勘测设计协会. 水利水电 BIM 标准体系[Z]. 2017-12-02.

(收稿日期:2019-04-19 编辑:胡新宇)

源利用与经济社会发展匹配度分析[J]. 水资源保护,2018,34(4):42-48.

- [22] 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(1):89-103.
- [23] TAO Y, LI F, CRITTENDEN J C, et al. Environmental impacts of China's urbanization from 2000 to 2010 and management implications [J]. Environmental Management, 2016,57(2):498-507.
- [24] FANG C, LIU H, LI G. International progress and evaluation on interactive coupling effects between urbanization and the eco-environment[J]. Journal of Geographical Sciences, 2016,26(8):1081-1116.

(上接第41页)

- [16] 张强,王本德,曹明亮. 基于因素分解模型的水资源利用变动分析[J]. 自然资源学报,2011(7):1209-1216.
- [17] 张陈俊,章恒全,陈其勇,等. 中国用水量变化的影响因素分析:基于 LMDI 方法[J]. 资源科学,2016(7):1308-1322.
- [18] 马剑锋,秦腾,佟金萍,等. 工业集聚、城市集聚与水资源消耗:基于省际动态面板数据的系统 GMM 分析[J]. 软科学,2018(1):95-99.
- [19] 秦昌波,葛察忠,贾仰文,等. 陕西省生产用水变动的驱动机制分析[J]. 中国人口·资源与环境,2015,25(5):131-136.
- [20] 秦腾,章恒全,佟金萍,等. 城镇化进程中居民消费对水资源消耗的影响效应研究[J]. 软科学,2016(12):29-33.
- [21] 郝林钢,左其亭,刘建华,等. “一带一路”中亚区水资

- [25] 秦腾,章恒全,佟金萍,等. 城镇化进程中用水量增长的门槛效应与动态作用机制分析[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(5):45-53.
- [26] 金巍,章恒全,张洪波,等. 城镇化进程中人口结构变动对用水量的影响[J]. 资源科学,2018(4):784-796.
- [27] ANG B W, ZHANG F Q. A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies[J]. Energy, 2000,25(12):1149-1176.
- [28] ANG B W. Decomposition analysis for policymaking in energy[J]. Energy Policy, 2004,32(9):1131-1139.
- [29] 俞剑,方福前. 中国城乡居民消费结构升级对经济增长的影响[J]. 中国人民大学学报,2015(5):68-78.
- [30] 乔文怡,李玟,管卫华,等. 2016—2050年中国城镇化水平预测[J]. 经济地理,2018(2):51-58.
- [31] 朱勤,魏涛远. 居民消费视角下人口城镇化对碳排放的影响[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(11):21-29.

(收稿日期:2019-05-20 编辑:胡新宇)