

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2022.01.006

节水建设城市用水时空差异模型研究

沈际杰, 柏欣莉, 衣 鹏

(河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

摘要:为了解决传统的结构分解法不能同时兼顾公式精简性与因素变化均匀性的问题,以结构分解法为理论基础并对其进行了改进,将其应用于节水建设代表城市——泰州市用水驱动效应的研究。研究表明:该地区 5 年间产业用水规模下降了 9.14%,技术效应是泰州市节水效益的主要贡献者;规模效应是导致泰州市产业用水量增长的主要驱动因素;与技术效应相反,结构效应对泰州市各地区产业用水量增长的抑制作用呈不断减弱的趋势,但在经济落后地区仍有较大潜力。以 GDIM 分解结果为比较基准,两种结构分解法在整体上可以得出相似的结论,但对于部分用水因素变化剧烈的地区,传统的结构分解法会产生过高的贡献因素评价。改进后的结构分解方法无论是计算结果还是经济意义都更为精确,适用于用水量变化波动不定、经济影响因素错综复杂的节水建设时期。

关键词:因素分解模型;用水量;时空分异;节水;产业用水;驱动效应;泰州市

中图分类号:TV213.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-1980(2022)01-0038-06

Research on temporal and spatial difference model of urban water use for water-saving construction

SHEN Jijie, BAI Xinli, YI Peng

(College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to solve that the traditional structure decomposition method cannot consider the simplicity of formula and the uniformity of factor changes at the same time, in this study the structure decomposition method was improved and applied to the research on the water driving effect of Taizhou City, the representative city of water saving. The research results show that the scale of industrial water consumption in the region has dropped by 9.14% in the past five years. Technical effects are the main contributor to Taizhou's water-saving benefits. The scale effect is the main driving factor leading to the growth of industrial water consumption in Taizhou. Contrary to technical effects, structural effects that have the inhibitory effect of the growth of industrial water consumption in various regions are showing a steadily weakening trend, but there is still great potential for structural effects in economically underdeveloped regions. Based on the GDIM decomposition results, the two structural decomposition methods can draw similar conclusions as a whole, while the traditional structural decomposition method will produce excessively high evaluations of contributing factors for some areas where water use factors change drastically. The improved structural decomposition method is more accurate both in terms of calculation results and in economic sense, and is suitable for water-saving construction periods when water usage fluctuates volatility and economic influencing factors are complicated.

Key words: factor decomposition model; water consumption; spatio-temporal differentiation; water saving; industrial water consumption; driving effect; Taizhou City

水资源短缺问题是我国经济社会可持续发展的关键性制约因素之一,节水型社会建设方兴未艾^[1-3]。因素分解法是将关键变化量分解成规模变化、结构变化、效率变化等不同的影响因素,为宏观分析水资源用量驱动因素与影响程度的常用方法^[4-8]。常见的因素分解方法包括结构分解法和指数分解法两类^[9-10]。由于所需数据量少且易于时空差异分析,以 LMDI^[11]为代表的指数分解法广泛应用于水资源领域。Duarte 等^[12]

作者简介: 沈际杰(1998—),男,硕士研究生,主要从事水文水资源研究。E-mail:1012079615@qq.com
通信作者: 衣鹏(1985—),男,教授,博士,主要从事水环境研究。E-mail:pengyi1915@163.com
引用本文: 沈际杰,柏欣莉,衣鹏. 节水建设城市用水时空差异模型研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),2022,50(1):38-43.
SHEN Jijie, BAI Xinli, YI Peng. Research on temporal and spatial difference model of urban water use for water-saving construction [J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2022, 50(1): 38-43.

利用指数分解模型分析了 1900—2000 年世界用水总量和经济增长的内在联系,认为经济的迅速发展和人口规模的快速增长是导致世界用水总量增加的主要原因,用水强度的下降则遏制了用水量增长的趋势;Luyanga 等^[13]利用指数分解模型对纳米比亚 1993—2001 年用水强度变化效应进行分解,证明了产业结构调整对于降低用水量的重要性;庄立等^[14]采用 LMDI 模型研究京津冀地区用水量的变化,认为技术效应是节水的主要驱动效应。

基于结构分解法的水资源利用现状研究也有了一定的进展,如佟金萍等^[15]基于完全分解模型对中国万元 GDP 用水量变动情况进行了因素分析,认为中国主要的节水驱动效应实现了从结构效应向技术效应的转变;张强等^[16]基于因素分解模型对中国水资源利用变化情况进行分解,认为水资源利用的关键影响因素是人口规模和用水强度;王凤婷等^[17]运用结构分解法分析了产业转型下北京市经济用水的驱动力,认为是产业转型升级。这些研究经济意义明确,易于进行水资源实地规划,但分解结果倾向于提高结构效应、技术效应的重要性,忽略了规模效应对用水量的促进作用。

基于此,本文在分析节水建设代表城市——泰州市各区用水量时空差异变化特征的基础上,对结构分解法进行优化修正,改进了以往结构分解模型结果经济学意义模糊或分解结果有偏的问题,以期用于探讨进入节水新阶段的城市用水量变化与社会发展的联系。

1 数据与方法

1.1 产业用水量变化结构分解模型

以梁进社等^[18-19]提出的能源消费增长完全分解方法(以下简称梁法)为基础,改进结构分解模型,来分析泰州市产业用水量变化的驱动效应。初期至末期的产业用水变化量可分解为

$$W_t - W_0 = A_t(B_t - B_0) C_t + A_t B_0(C_t - C_0) + (A_t - A_0) B_0 C_0 \tag{1}$$

$$W_t - W_0 = A_t(B_t - B_0) C_0 + A_t B_t(C_t - C_0) + (A_t - A_0) B_0 C_0 \tag{2}$$

式中: A_0 、 A_t 分别为一个时间段初期与末期的 GDP; B_0 、 B_t 分别为一个时间段初期与末期第一、第二、第三产业经济增加值占研究区域 GDP 的比例; C_0 、 C_t 分别为一个时间段初期与末期各产业部门单位产出用水量。

结合式(1)和式(2),得出梁法的最终分解公式:

$$W_t - W_0 = 0.5A_t(B_t - B_0)(C_t + C_0) + 0.5A_t(B_t + B_0)(C_t - C_0) + (A_t - A_0) B_0 C_0 \tag{3}$$

右式第一项是综合考虑两个时期技术进步情况下的结构效应,第二项是综合考虑两个时期产业结构变化情况下的技术效应,第三项是初期产业结构与技术水平下的规模效应。其中规模效应项排除了产业结构变化和技术进步带来的影响,仅以初期技术水平和产业结构进行计算,导致结构效应、技术效应、规模效应分解结果有系统误差。因此在此基础上,加入以下公式:

$$W_t - W_0 = A_0(B_t - B_0) C_0 + A_t B_t(C_t - C_0) + (A_t - A_0) B_t C_0 \tag{4}$$

$$W_t - W_0 = A_0(B_t - B_0) C_t + A_0 B_0(C_t - C_0) + (A_t - A_0) B_t C_t \tag{5}$$

$$W_t - W_0 = A_0(B_t - B_0) C_0 + A_0 B_t(C_t - C_0) + (A_t - A_0) B_t C_t \tag{6}$$

$$W_t - W_0 = A_t(B_t - B_0) C_t + A_0 B_0(C_t - C_0) + (A_t - A_0) B_0 C_t \tag{7}$$

结合式(1)~(7),综合考虑两个时期的产业结构、技术水平和规模水平,得到最终的分解公式:

$$W_t - W_0 = \frac{1}{6} \left[(B_t - B_0)((A_t + A_0)(C_t + C_0) + A_0 C_0 + A_t C_t) + (C_t - C_0)((A_t + A_0)(B_t + B_0) A_0 B_0 + A_t B_t) + (A_t - A_0)((B_t + B_0)(C_t + C_0) + B_0 C_0 + B_t C_t) \right] \tag{8}$$

将用水效应看作一个正方体,规模效应、结构效应、技术效应看作 X、Y、Z 3 个用水方向,两个时期的用水效应变化是 3 个用水方向的体积变化之和,结构分解方法则是用水效应体积变化之差的划分方法。改进后的结构分解模型图解见图 1(a),梁法结构分解模型图解见图 1(b)。

由图 1、图 2 可见,梁法结构分解模型将用水效应分解为一个长方体与两个直角梯台体,即梁法不考虑规模效应时间变化带来的影响,仅考虑不同时期下技术效应与结构效应带来的兼互影响。而改进后的结构分解模型将用水效应划分为 3 个直角梯台体,即改进后的分解方法将结构效应、规模效应、技术效应设置为

时间段内均匀变化,考虑了初期与末期3种效应的兼互影响。

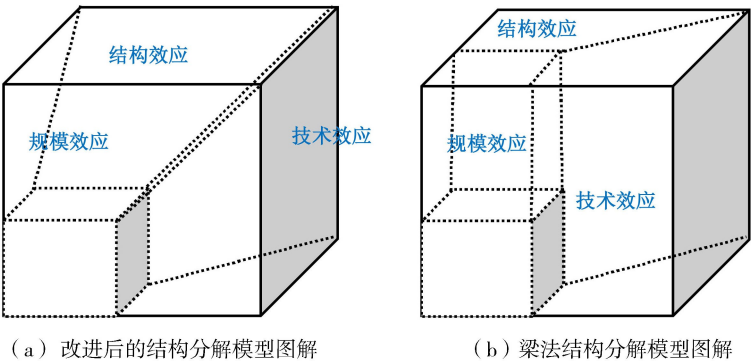


图1 结构分解模型图解

Fig.1 Diagram of structure decomposition model

对比式(3)与式(8),两者分解结果有 $(A_t-A_0)[(B_t+B_0)(C_t+C_0)+B_tC_t-5B_0C_0]/6$ 的偏差,结构效应和技术效应分解结果分别有 $(A_t-A_0)(B_t-B_0)(C_0-C_t)/6$ 和 $(A_t-A_0)(B_0-B_t)(C_t-C_0)/6$ 的偏差,均是梁法忽略规模效应时期间变化带来的误差。

改进后的结构分解方法在假设时段内用水效应均匀变化的前提下,确定了规模、结构、技术3种因素互相影响下的分解结果,且保证了经济发展情况下各项因素的经济学意义。该结构分解方法无论是计算结果还是经济学意义都更为精确,适用于用水量变化波动不定、经济影响因素错综复杂的节水建设时期。

1.2 数据来源与处理

选取2013—2018年为研究时段,研究数据来自于《泰州统计年鉴》与《泰州水资源公报》。由于经济数据和用水数据的统计范围存在差异,其中建筑业用水既归属于城镇公共用水,又归属于第二产业用水,因此对数据进行如下处理:①将城镇公共用水量作为第三产业用水量;②将建筑业经济增加值并入第三产业,与用水数据相匹配。

2 泰州市分区用水量变化的时空特征

作为江苏省优秀节水地区,泰州市采取了一系列节水措施,不断优化产业结构,推广节水技术,提高用水效率,取得了一定的效果。由图2可见,2013—2018年期间,泰州市的总用水规模减少了近2.5亿 m^3 ,下降幅度为9.14%,其中以2017—2018年下降幅度最为明显。而同期的可比价GDP总量却增加了2100.63亿元,增幅超过了60%。可见,自我国颁布节水型社会建设的相关法案后,泰州市的总体用水量与经济发展水平已经呈现明显的“强脱钩”状态。

从泰州市各区用水空间分布分析,兴化市的用水规模最大,占泰州市用水总量的比例在研究时段内均超过30%,其变化趋势同泰州市用水总量的变化趋势基本一致。靖江市的用水总量在5年间均呈现微弱的上涨的趋势,涨幅在10%左右;高新区用水总量涨幅较大,涨幅量为0.195亿 m^3 ,增长幅度为50%,但对泰州市总体用水量贡献不大。其余地区的用水量变化量在-0.5亿~ -0.2亿 m^3 之间,5年减少了10%左右,总体变化不大。在泰州市总体用水量平稳的情况下,泰州市用水总量的减少得益于用水量占比较大的兴化市用水量的减少。

从泰州市全市用水结构(图3)来看,泰州市生态用水量与城镇公共用水量相近,且总体平稳,增减量不超过0.15亿 m^3 。虽然泰州市人口规模逐步扩张,但农村生活用水量与城镇生活用水量增长趋势并不明显,增幅在2%之间。在2013—2018年间,农业用水量一直保持下降的趋势,2017—2018年下降幅度最大,2013—2014年间次之。工业用水量在2017年出现上升

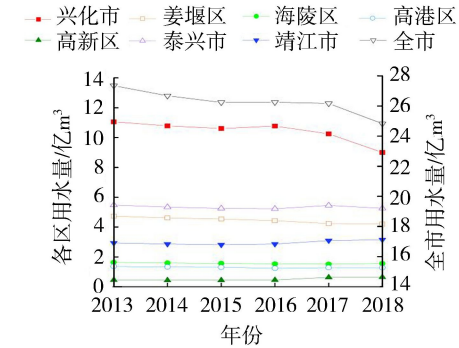


图2 泰州市各区与全市用水量变化

Fig.2 Changes in water consumption in districts and whole city of Taizhou

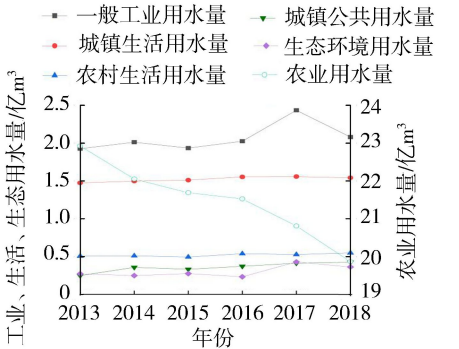


图3 泰州市各类用水量变化

Fig.3 Changes of various types of water use in Taizhou City

波动,但总体而言,工业用水量一直保持平稳不变。产业用水量始终处于泰州市水资源配置的主导地位,所以需要产业用水量的变化进行进一步研究。

3 泰州市产业用水量变化的驱动效应分析

3.1 泰州市产业用水量变化驱动效应的时间变化

根据改进的结构分解模型,计算 2013—2018 年泰州市分区与全市产业用水量变化的各项影响效应,结果见表 1~3。由表 1~3 可知,5 年间规模效应累计增加产业用水 127 331.4 万 m³,而技术效应和结构效应分别减少了 104 368.5 万 m³和 50 080.6 万 m³的产业用水,说明泰州市的用水量主要增长动力源自于社会经济的发展,而遏制用水量上涨趋势的主要因素是技术水平的提高。

表 1 2013—2018 年泰州市产业用水量变化的规模效应分解结果

Table 1 Decomposition results of scale effect of changes in industrial water consumption in Taizhou from 2013 to 2018

时段	规模效应/万 m ³							
	兴化市	姜堰区	海陵区	高港区	高新区	泰兴市	靖江市	泰州市
2013—2014 年	8 448.1	3 277.7	635.5	1 426.3	474.2	4 907.7	-142.7	28 350.6
2014—2015 年	6 647.2	2 743.0	804.2	1 278.3	427.9	4 356.4	2 857.6	21 761.1
2015—2016 年	11 619.1	4 634.3	1 326.7	1 289.0	431.2	5 479.5	1 686.7	25 499.4
2016—2017 年	13 944.1	5 463.5	1 708.2	1 754.5	733.5	6 843.0	3 645.9	34 727.4
2017—2018 年	4 326.7	2 613.2	517.2	1 189.4	563.1	3 964.5	2 243.2	16 992.9

表 2 2013—2018 年泰州市产业用水量变化的技术效应分解结果

Table 2 Decomposition results of technical effects of changes in industrial water consumption in Taizhou from 2013 to 2018

时段	技术效应/万 m ³							
	兴化市	姜堰区	海陵区	高港区	高新区	泰兴市	靖江市	泰州市
2013—2014 年	-5 013.5	-2 885.6	552.3	-799.9	-468.3	-2 701.0	-313.9	-12 378.3
2014—2015 年	-6 651.9	-2 437.4	-964.4	-850.5	-249.2	-2 999.7	-1 572	-16 199.7
2015—2016 年	-7 695.3	-4 894.4	-1 016.8	-1 741.3	-14.4	-4 970.4	-1 778.8	-22 049.8
2016—2017 年	-18 816.8	-5 927.4	-733.4	-716.4	1 218.0	-2 473.4	862.9	-26 754.8
2017—2018 年	-18 292.8	-3 060.7	134.4	-608.7	-53.1	-4 343.9	-320.5	-26 985.9

表 3 2013—2018 年泰州市产业用水量变化的结构效应分解结果

Table 3 Decomposition results of structural effects of changes in industrial water consumption in Taizhou from 2013 to 2018

时段	结构效应/万 m ³							
	兴化市	姜堰区	海陵区	高港区	高新区	泰兴市	靖江市	泰州市
2013—2014 年	-6 800.1	-1 710.2	-945.4	-815.6	27.5	-3 739	-177.9	-22 708.8
2014—2015 年	-1 824.5	-1 082.2	-171.7	-683.3	-272.6	-2 225.8	-1 763.7	-10 189.7
2015—2016 年	-2 451.7	-889.0	-242.2	-179.2	-215.9	-1 103.7	400.1	-3 778.3
2016—2017 年	-1 152.0	-1 404.0	-526.4	-697.2	-584.7	-3 707.3	-2 064.7	-10 541.5
2017—2018 年	1 473.3	87.2	45.1	-629.0	-268.8	-1 255.6	-1 192.9	-2 862.3

具体而言,研究期间泰州市各区在 2015—2017 年均出现了明显的规模效应增长,尤其以兴化市规模效应增长最为明显,增长量为 7 296.9 万 m³。结合泰州市人民政府公布的《2015 年助推经济加快转型升级相关政策》分析,规模效应的骤增很大程度上源于泰州市经济结构的转型升级。

由表 2 可知,研究时期内各区结构效应的节水收益在 2013—2014 年达到最大,共节约 22 708.8 万 m³的水资源量,之后呈现波动下降的趋势,说明产业结构调整带动的节水作用开始疲软,需要提高节水技术才能更好地推进节水社会建设。

各区的技术效应在研究期间对用水量的抑制作用整体呈现增强的趋势,结合《关于下达 2014 年全市节水型社会建设目标任务的通知》分析,认为研究时段技术效应的优化源自泰州市工艺技术的全面革新。研究时段初期结构效应的节水作用最大,但 2015 年之后技术效应的节水收益全面超过结构效应,可见建设初

期结构效应的节水效益最大,后期技术更新带来的节水效益更大,政府应先注重产业结构的优化调整,后加强节水技术的更新换代。

3.2 泰州市产业用水量变化驱动效应的空间分异

泰州市代表性分区产业用水量分解结果见表4。各区各个时段的规模效应都带动了用水量的增长,并在2016年后呈现明显的下降趋势。与泰州市不同的是,结构效应和技术效应分解结果有正有负,但大部分地区都呈现出结构效应节水收益逐渐减弱、技术效应节水收益逐渐增加的趋势。由表4可知,除2013—2014年外,其他时段兴化市、姜堰区技术效应基本上都高于结构效应,分析其原因主要是这些地区产业结构调整节水空间不大,用水效率的提高是产业用水减少的主要途径。

从表4可知,以高新区为代表的地区规模效应虽然微弱减少,但结构效应遏制用水量增长的作用依然优于技术效应,说明高新区和靖江市产业结构依然有优化空间。究其原因,高新区和靖江市属于泰州市的弱发展地区,其中高新区属于泰州市2009年划分的市区,经济相对落后。结合泰州市各分区GDP的情况,可以得出经济水平落后地区应以调整产业结构为节水方向、经济水平发达地区应以更新生产工艺为节水方向的结论。

3.3 因素分解方法改进前后结果比较

指数分解分为LMDI与GDIM两种,LMDI指数分解不能同时分析其他绝对量因素变化对用水量变化的贡献程度,而GDIM指数分解克服了以上缺陷,因此以GDIM指数分解结果为基准。以泰州市为例,将结构分解改进前后分解结果进行比较计算,结果见表5。

表 5 改进前后分解结果对比

单位:万 m³

Table 5 Comparison of decomposition results before and after improvement

unit: 10⁴ m³

分解方法	时段	结构效应		技术效应		规模效应	
		泰州市	高新区	泰州市	高新区	泰州市	高新区
改进后分解	2013—2014 年	-22 708.8	27.5	-12 378.3	-468.3	28 350.6	474.2
	2014—2015 年	-10 189.7	-272.6	-16 199.7	-249.2	21 761.1	427.9
	2015—2016 年	-3 778.3	-215.9	-22 049.8	-14.4	25 499.4	431.2
	2016—2017 年	-10 541.5	-584.7	-26 754.8	1 218.0	34 727.4	733.5
	2017—2018 年	-2 862.3	-268.8	-26 985.9	-53.1	16 992.9	563.1
改进前分解	2013—2014 年	-24 046.1	30.0	-13 122.6	-502.3	30 383.8	506.5
	2014—2015 年	-10 662.3	-291.0	-16 943.8	-266.2	22 958.1	462.7
	2015—2016 年	-3 988.3	-230.2	-23 238.5	-15.5	26 885.8	446.7
	2016—2017 年	-11 361.0	-635.3	-28 762.8	1 341.9	37 486.8	676.4
	2017—2018 年	-2 972.8	-283.9	-27 990.4	-55.6	18 106.2	581.6
GDIM 分解	2013—2014 年	-22 688.3	27.5	-12 222.1	-469.5	28 370.9	473.2
	2014—2015 年	-10 289.0	-271.0	-16 156.2	-248.4	21 625.7	427.1
	2015—2016 年	-3 671.6	-215.1	-21 913.8	-14.1	25 648.9	430.0
	2016—2017 年	-10 748.9	-584.3	-26 945.8	1 218.0	34 804.5	734.2
	2017—2018 年	-2 944.5	-268.3	-26 843.1	-52.1	16 855.6	562.4

从表4可见,改进前各分解结果的绝对值均大于改进后的分解结果,相较于GDIM指数分解法,改进前的分解结果产生了约6.64%的规模效应偏差、4.97%的结构效应偏差以及5.86%的技术效应偏差,而改进

表 4 泰州市各地区产业用水量分解结果对比 单位:万 m³

Table 4 Comparison of decomposition results of various regions in Taizhou

unit: 10⁴ m³

时段	地区	效应变化量		
		结构效应	技术效应	规模效应
2013—2014 年	兴化市	-6 800.1	-5 013.5	8 448.1
	姜堰区	-1 710.2	-2 885.6	3 277.7
	高新区	27.5	-468.3	474.2
	靖江市	-177.9	-313.9	-142.7
2014—2015 年	兴化市	-18 24.5	-6 651.9	6 647.2
	姜堰区	-1 082.2	-2 437.4	2 743.0
	高新区	-272.6	-249.2	427.9
	靖江市	-1 763.7	-1 572.0	2 857.6
2015—2016 年	兴化市	-2 451.7	-7 695.3	11 619.1
	姜堰区	-889.0	-4 894.4	4 634.3
	高新区	-215.9	-14.4	431.2
	靖江市	400.1	-1 778.8	1 686.7
2016—2017 年	兴化市	-1 152.0	-18 816.8	13 944.1
	姜堰区	-1 404.0	-5 927.4	5 463.5
	高新区	-584.7	1 218.0	733.5
	靖江市	-2 064.7	862.9	3 645.9
2017—2018 年	兴化市	1 473.3	-18 292.8	4 326.7
	姜堰区	87.2	-3 060.7	2 613.2
	高新区	-268.8	-53.1	563.1
	靖江市	-1 192.9	-320.5	2 243.2

后的分解结果产生的偏差均在 1% 以下。

结合图 1、图 2,由于进入节水建设阶段后,总体技术效应、结构效应变化呈下降趋势,规模效应呈上涨趋势,导致梁法计算的技术效应和结构效应均产生负偏差,即放大了技术进步和结构调整的节水作用,而规模效应产生正偏差,即放大了经济发展带来的用水量上涨的影响。梁法计算结构效应与技术效应时排除了规模效应的影响,仅以末期 GDP 为基准考虑;计算规模效应则排除了结构效应和技术效应的影响,仅以初期产业结构和技术水平为考虑因素,凸显了结构效应与技术效应的作用,削弱了规模效应的兼互影响作用。而改进后的因素分解法同时考虑初期和末期效应的兼互影响,避免了分解结果偏大或偏小的情况。

高新区属于泰州市规划新区,经济规模、产业结构、技术水平年变化较大,理论上运用梁法会产生更大的计算结果偏差。由表 5 可见,改进前的分解结果产生约 8.19% 的规模效应偏差、8.98% 的结构效应偏差以及 7.60% 的技术效应偏差,且部分时期偏差在 15% 以上,而改进后的分解结果产生的偏差均在 3% 以下。

总体来说,梁法与改进后的结构分解法在整体上可以得出相似的结论,但对于部分用水因素变化剧烈的地区会产生过高的贡献因素评价,尤其是节水政策频繁变动的节水建设阶段。

4 结 论

a. 本文在结构分解法的基础上,改进了其结构分解模型,在考虑了技术效应、结构效应、规模效应交叉影响的同时,保证了各分解项在经济学上的分解意义。梁法与改进后的结构分解法在整体上可以得出相似的结论,但对于部分用水因素变化剧烈的地区会产生过高的贡献因素评价。改进后的结构分解方法无论是计算结果还是经济意义都更为精确,适用于用水变化波动不定、经济影响因素错综复杂的节水建设时期。

b. 泰州市进入节水建设时期后,用水量基本保持平稳,GDP 的快速增长并没有导致用水量的骤增。技术效应是泰州市节水效益的主要贡献者,规模效应是导致泰州市产业用水量增长的主要驱动因素,结构效应对泰州市各地区产业用水量增长的抑制作用呈不断减弱的趋势。技术效应在研究期间内波动较大,但总体上技术效应对泰州市各地区产业用水量增长的抑制作用呈不断增强的趋势。

c. 以高新区为代表的经济落后地区结构效应仍有较大潜力,以兴化市为代表的经济发达地区则更倾向于技术效应带来的水资源利用优化效果。

参考文献:

[1] 李慧,丁跃元,李原园,等. 新形势下我国节水现状及问题分析[J]. 南水北调与水利科技,2019,17(1):202-208. (LI Hui, DING Yueyuan, LI Yuanyuan, et al. Analysis of the current situation and problems of water saving in my country under the new situation[J]. South-to-North Water Diversion and Water Science and Technology, 2019, 17(1):202-208. (in Chinese))

[2] 刘震. 节水型社会建设是节约保护水资源的有力措施[J]. 水利经济,2009,27(5):38-40. (LIU Zhen. The construction of a water-saving society is a powerful measure to save and protect water resources[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2009, 27(5):38-40. (in Chinese))

[3] 朱厚华,艾现伟,朱丽会,等. 节水型社会建设模式、经验和困难分析[J]. 水利发展研究,2017(4):33-35. (ZHU Houhua, AI Xianwei, ZHU Lihui, et al. Water-saving society construction model, experience and difficulty analysis[J]. Water Resources Development Research, 2017(4):33-35. (in Chinese))

[4] HOEKSTRA R, VAN DEN BERGH J C. Comparing structural decomposition analysis and index[J]. Energy Economics, 2003, 25(1):39-64.

[5] 王康. 基于 IPAT 等式的甘肃省用水影响因素分析[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(6):148-152. (WANG Kang. Analysis of factors affecting water use in Gansu Province based on the IPAT equation[J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(6):148-152. (in Chinese))

[6] 吕文慧,高志刚. 新疆产业用水变化的驱动效应分解及时空分异[J]. 资源科学,2013,35(7):1380-1387. (LYU Wenhui, GAO Zhigang. Decomposition and spatial differentiation of the driving effects of industrial water use changes in Xinjiang[J]. Resources Science, 2013, 35(7):1380-1387. (in Chinese))

[7] 刘猷,柏明国. 安徽省工业行业用水消耗变化分析:基于 LMDI 分解法[J]. 资源科学,2012,34(12):2299-2305. (LIU Xi, BAI Mingguo. Analysis of water consumption changes in the industrial sector in Anhui Province: based on the LMDI decomposition method[J]. Resources Science, 2012, 34(12):2299-2305. (in Chinese))