

Spatial-Temporal Differences in Water Use in the Yangtze River Delta Based on Complete Decomposition Method

Chenjun Zhang, Cunxue Zhao

College of Business Administration, Hohai University, Changzhou Jiangsu
Email: zhangchenjun1987@126.com

Received: Jun. 1st, 2018; accepted: Jun. 21st, 2018; published: Jun. 29th, 2018

Abstract

Based on the complete decomposition method, this paper decomposes the spatio-temporal differences in water use in the Yangtze River Delta from 2000 to 2015 into population effect, income effect, structural effect and intensity effect. The results show that: 1) Economic growth and expansion of population size are main factors to promote the increase of water use, while the decline in industrial water intensity and upgrading of industrial structure are the factors that inhibit the increase in water use; 2) The water use efficiency in the three industries in the Yangtze River Delta has generally risen, which has effectively promoted the decline in water use, especially the secondary industry. The role of industrial restructuring mainly comes from primary industry; 3) The main reasons for the higher water use in Jiangsu and Zhejiang than Shanghai are the large population size and low industrial structure. Therefore, to achieve a reduction in water use, we should further reduce industrial water intensity, optimize and upgrade the industrial structure, of course, still need focus on different industries; weighing the relationship between economic growth and water use, and controlling population size are also important ways to reduce water consumption; Jiangsu and Zhejiang can reduce the difference between water use and Shanghai by controlling population size and optimizing and upgrading industrial structure.

Keywords

Yangtze River Delta, Water Use, Spatio-Temporal Differences, Complete Decomposition Method

基于完全分解法的长江三角洲地区用水量时空分异研究

张陈俊, 赵存学

河海大学企业管理学院, 江苏 常州
Email: zhangchenjun1987@126.com

摘要

基于完全分解法, 将2000~2015年长江三角洲地区用水量时空差异分解为人口效应、收入效应、结构效应和强度效应, 结果表明: 1) 经济增长和人口规模扩大是推动用水量增加的主要次因素, 而产业用水强度下降和产业结构升级是抑制用水量增加的主要次因素; 2) 长江三角洲地区三次产业用水效率普遍提高, 有力促进用水量下降, 第二产业贡献最大, 产业结构调整促进用水量下降的来源主要是第一产业比重下降; 3) 江苏和浙江用水量大于上海的原因主要是人口规模较大和产业结构低级。因此, 进一步降低产业用水强度, 优化升级产业结构来实现用水量下降, 针对不同产业应该有所侧重; 权衡经济增长与水资源消耗之间的关系; 控制人口规模也是减少用水量的重要途径; 江苏、浙江可以通过控制人口规模和优化升级产业结构缩小用水量与上海差异。

关键词

长江三角洲, 用水量, 时空分异, 完全分解法

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

按照 1978 年不变价格计算, 1978~2017 年中国 GDP 年均增长率达到 9.51%, 快速经济增长却是以资源消耗和环境污染为代价。其中, 水资源是重要的生产要素, 用水量年均增长率为 0.64%, 而中国是一个严重缺水的国家, 人均水资源量不足世界人均水平的 1/3。水是生命之源、生产之要、生态之基, 人多水少、水资源时空分布不均是中国的基本国情和水情, 当前中国水资源面临的形势十分严峻, 水资源短缺、水污染严重、水生态环境恶化等问题日益突出, 已成为制约社会经济可持续发展的主要瓶颈[1]。因此, 对用水量演变趋势进行分解有助于掌握过去不同因素对用水量的影响情况, 将有利于制定执行可操作的适用的水资源政策, 对“三条红线”和“双控行动”的落实具有重要意义。

学术界已经开展了大量关于用水量或用水强度变化影响因素的指数分解研究。陈东景将中国工业水资源消耗强度变化分解为结构份额和效率份额[2]。刘翀等将安徽省工业用水量变化分解为规模效应、结构效应和用水定额效应, 结果显示规模效应是驱动工业用水量增加的主要因素, 而用水定额效应和结构效应都促进了工业用水量减少[3], 张礼兵等还考察了节水效应对抑制安徽省工业用水量增加的贡献[4]。秦昌波等将陕西省生产用水量变化分解为经济规模效应、产业结构效应和用水技术效应[5]。孙才志和谢巍将中国产业用水量变化分解为经济水平效应、产业结构效应、用水强度效应和人口规模效应[6]。Xu 等将北京市 1978~2012 年农作物水足迹变化分解为节水技术效应、种植结构效应、产出规模效应、城市化效应和人口效应[7]。韩琴等将中国 31 个省份灰水足迹效率变化分解为效率效应、结构效应、经济效应、禀赋效应、开发效应和技术效应[8]。陈东景、张陈俊等考察了区域经济份额对中国用水量变化的影响[9][10], 另外, 张陈俊等还分析了区域人口分布对用水量变化的影响[11]。从现有研究成果来看, 用水量或用水强度演变趋势的分解主要集中于时间视角, 缺乏空间差异影响因素的指数分解。国外空间差异驱动

效应分解研究主要集中于能源环境领域[12]。用水量空间差异驱动效应分解的意义在于有利于探索用水量地域差异的形成原因和影响机理, 用水量少的地区可以给予用水量多的地区可借鉴的节水对策, 先后实现用水量的“零增长”, 甚至“负增长”。

长江三角洲地区是中国经济最发达的热点地区, 也是水资源对经济发展约束尤为突出的地区。本文选择长江三角洲地区作为研究对象, 从时间和空间两个视角分解长江三角洲地区用水量的驱动效应, 有利于挖掘用水量时空差异的影响因素, 为控制用水总量提供对策建议。

2. 模型构建

完全分解模型由 Sun [13]于 1998 年提出, 是指数分解法中的一种重要模型, 本文利用该模型分解长江三角洲地区用水量时空差异的驱动效应。

假定地区用水总量 W 由公式(1)表示:

$$W = \sum_{i=1}^3 W_i = \sum_{i=1}^3 P \times \frac{G}{P} \times \frac{G_i}{G} \times \frac{W_i}{G_i} \quad (1)$$

式中, P 和 G 分别代表人口数和国内生产总值, G_i 和 W_i 分别表示第 i 产业增加值和用水量, 并且满足 $G = \sum_{i=1}^3 W_i$ ($i=1,2,3$)。

将公式(1)进一步改写成公式(2)的形式:

$$W = \sum_{i=1}^3 P \times Inc \times S_i \times I_i \quad (2)$$

式中, $Inc = G/P$ 表示人均国内生产总值, $S_i = G_i/G$ 表示第 i 产业增加值占国内生产总值的比重, $I_i = W_i/G_i$ 表示第 i 产业用水强度。

假定时间从 0 变化到 t , 用水总量变化量 ΔW 可以由公式(3)表示:

$$\Delta W = W^t - W^0 = \sum_{i=1}^3 P^t \times Inc^t \times S_i^t \times I_i^t - \sum_{i=1}^3 P^0 \times Inc^0 \times S_i^0 \times I_i^0 \quad (3)$$

可以将用水总量变化量 ΔW 分解为 4 个驱动效应, 如公式(4)所示:

$$\Delta W = \Delta W_P + \Delta W_{Inc} + \Delta W_S + \Delta W_I \quad (4)$$

依据“共同创造, 平等分配”原则[13], 4 个驱动效应分别如公式(5)~(8)所示:

人口效应:

$$\begin{aligned} \Delta W_P = & \sum_{i=1}^3 \Delta P \cdot Inc^0 \cdot S_i^0 \cdot I_i^0 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \Delta P \cdot (\Delta Inc \cdot S_i^0 \cdot I_i^0 + \Delta S_i \cdot Inc^0 \cdot I_i^0 + \Delta I_i^0 \cdot Inc^0 \cdot S_i^0) \\ & + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \Delta P \cdot (\Delta Inc \cdot \Delta S_i \cdot I_i^0 + \Delta Inc \cdot \Delta I_i \cdot S_i^0 + \Delta S_i \cdot \Delta I_i \cdot Inc^0) \\ & + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 \Delta P \cdot (\Delta Inc \cdot \Delta S_i \cdot \Delta I_i) \end{aligned} \quad (5)$$

收入效应:

$$\begin{aligned} \Delta W_{Inc} = & \sum_{i=1}^3 \Delta Inc \cdot P^0 \cdot S_i^0 \cdot I_i^0 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \Delta Inc \cdot (\Delta P \cdot S_i^0 \cdot I_i^0 + \Delta S_i \cdot P^0 \cdot I_i^0 + \Delta I_i \cdot P^0 \cdot S_i^0) \\ & + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \Delta Inc \cdot (\Delta P \cdot \Delta S_i \cdot I_i^0 + \Delta P \cdot \Delta I_i \cdot S_i^0 + \Delta S_i \cdot \Delta I_i \cdot P^0) \\ & + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 \Delta Inc \cdot (\Delta P \cdot \Delta S_i \cdot \Delta I_i) \end{aligned} \quad (6)$$

结构效应:

$$\begin{aligned} \Delta W_S = & \sum_{i=1}^3 \Delta S_i \cdot P^0 \cdot Inc^0 \cdot I_i^0 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \Delta S_i \cdot (\Delta P \cdot Inc^0 \cdot I_i^0 + \Delta Inc \cdot P^0 \cdot I_i^0 + \Delta I_i \cdot P^0 \cdot Inc^0) \\ & + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \Delta S_i \cdot (\Delta P \cdot \Delta Inc \cdot I_i^0 + \Delta P \cdot \Delta I_i \cdot Inc^0 + \Delta Inc \cdot \Delta I_i \cdot P^0) \\ & + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 \Delta S_i \cdot (\Delta P \cdot \Delta Inc \cdot \Delta I_i) \end{aligned} \quad (7)$$

强度效应:

$$\begin{aligned} \Delta W_I = & \sum_{i=1}^3 \Delta I_i \cdot P^0 \cdot Inc^0 \cdot S_i^0 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \Delta I_i \cdot (\Delta P \cdot Inc^0 \cdot S_i^0 + \Delta Inc \cdot P^0 \cdot S_i^0 + \Delta S_i \cdot P^0 \cdot Inc^0) \\ & + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \Delta I_i \cdot (\Delta P \cdot \Delta Inc \cdot S_i^0 + \Delta P \cdot \Delta S_i \cdot Inc^0 + \Delta Inc \cdot \Delta S_i \cdot P^0) \\ & + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 \Delta I_i \cdot (\Delta P \cdot \Delta Inc \cdot \Delta S_i) \end{aligned} \quad (8)$$

式中, ΔW_P 、 ΔW_{Inc} 、 ΔW_S 和 ΔW_I 分别表示人口效应、收入效应、结构效应和强度效应, 分别反映人口规模变化、经济增长、产业结构调整、产业用水强度变化对用水总量变化量 ΔW 的影响。

公式(4)~(8)展现了用水总量 W 从时间 0 变化到 t 时, 用水总量变化量 ΔW 的驱动效应。若存在两个地区, 分别用 $R0$ 和 $R1$ 表示, 用水总量的空间差异如公式(9)所示:

$$\Delta W = W^{R1} - W^{R0} = \sum_{i=1}^3 P^{R1} \times Inc^{R1} \times S_i^{R1} \times I_i^{R1} - \sum_{i=1}^3 P^{R0} \times Inc^{R0} \times S_i^{R0} \times I_i^{R0} \quad (9)$$

式中各变量的含义与公式(3)相同, 只不过公式(9)表示空间差异, 而公式(3)表示时间差异。

将地区 $R1$ 和地区 $R0$ 用水总量空间差异 ΔW^{R1-R0} 也分解为 4 个驱动效应, 即人口效应、收入效应、结构效应和强度效应, 如下所示:

$$\Delta W^{R1-R0} = \Delta W_P^{R1-R0} + \Delta W_{Inc}^{R1-R0} + \Delta W_S^{R1-R0} + \Delta W_I^{R1-R0} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \Delta W_P^{R1-R0} = & \sum_{i=1}^3 \Delta P \cdot Inc^{R0} \cdot S_i^{R0} \cdot I_i^{R0} \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \Delta P \cdot (\Delta Inc \cdot S_i^{R0} \cdot I_i^{R0} + \Delta S_i \cdot Inc^{R0} \cdot I_i^{R0} + \Delta I_i \cdot Inc^{R0} \cdot S_i^{R0}) \\ & + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \Delta P \cdot (\Delta Inc \cdot \Delta S_i \cdot I_i^{R0} + \Delta Inc \cdot \Delta I_i \cdot S_i^{R0} + \Delta S_i \cdot \Delta I_i \cdot Inc^{R0}) \\ & + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 \Delta P \cdot (\Delta Inc \cdot \Delta S_i \cdot \Delta I_i) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{Inc}^{R1-R0} = & \sum_{i=1}^3 \Delta Inc \cdot P^{R0} \cdot S_i^{R0} \cdot I_i^{R0} \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \Delta Inc \cdot (\Delta P \cdot S_i^{R0} \cdot I_i^{R0} + \Delta S_i \cdot P^{R0} \cdot I_i^{R0} + \Delta I_i \cdot P^{R0} \cdot S_i^{R0}) \\ & + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \Delta Inc \cdot (\Delta P \cdot \Delta S_i \cdot I_i^{R0} + \Delta P \cdot \Delta I_i \cdot S_i^{R0} + \Delta S_i \cdot \Delta I_i \cdot P^{R0}) \\ & + \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 \Delta Inc \cdot (\Delta P \cdot \Delta S_i \cdot \Delta I_i) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned}
\Delta W_S^{R1-R0} &= \sum_{i=1}^3 \Delta S_i \cdot P^{R0} \cdot Inc^{R0} \cdot I_i^{R0} \\
&+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \Delta S_i \cdot (\Delta P \cdot Inc^{R0} \cdot I_i^{R0} + \Delta Inc \cdot P^{R0} \cdot I_i^{R0} + \Delta I_i \cdot P^{R0} \cdot Inc^{R0}) \\
&+ \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \Delta S_i \cdot (\Delta P \cdot \Delta Inc \cdot I_i^{R0} + \Delta P \cdot \Delta I_i \cdot Inc^{R0} + \Delta Inc \cdot \Delta I_i \cdot P^{R0}) \\
&+ \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 \Delta S_i \cdot (\Delta P \cdot \Delta Inc \cdot \Delta I_i)
\end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
\Delta W_I^{R1-R0} &= \sum_{i=1}^3 \Delta I_i \cdot P^{R0} \cdot Inc^{R0} \cdot S_i^{R0} \\
&+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \Delta I_i \cdot (\Delta P \cdot Inc^{R0} \cdot S_i^{R0} + \Delta Inc \cdot P^{R0} \cdot S_i^{R0} + \Delta S_i \cdot P^{R0} \cdot Inc^{R0}) \\
&+ \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \Delta I_i \cdot (\Delta P \cdot \Delta Inc \cdot S_i^{R0} + \Delta P \cdot \Delta S_i \cdot Inc^{R0} + \Delta Inc \cdot \Delta S_i \cdot P^{R0}) \\
&+ \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 \Delta I_i \cdot (\Delta P \cdot \Delta Inc \cdot \Delta S_i)
\end{aligned} \tag{14}$$

式中, ΔW_P^{R1-R0} 、 ΔW_{Inc}^{R1-R0} 、 ΔW_S^{R1-R0} 和 ΔW_I^{R1-R0} 也分别表示人口效应、收入效应、结构效应和强度效应, 分别反映地区 R1 与地区 R0 人口规模差异、经济增长差异、产业结构差异和产业用水强度差异对用水总量空间差异 ΔW^{R1-R0} 的影响。

3. 数据来源

本文所用数据的时间跨度为 2000~2015 年, 所涉原始数据为人口指标、增加值指标、用水量指标, 数据来源于历年《中国统计年鉴》[14]和《中国水资源公报》(纸质版)[15], 对相关变量解释如下:

1) 人口指标。人口指标分为常住人口和户籍人口两种口径, 经济发展带动了大规模的人口流动, 但是户籍却未发生变化, 因此, 常住人口指标更能反映一个地区的人口状况。

2) 增加值指标。三次产业增加值均根据 2000 年不变价格进行调整, 以便消除价格因素影响, 国内生产总值由调整后的三次产业增加值加总得到, 人均国内生产总值由国内生产总值除以人口指标得到。

3) 用水量指标。《中国水资源公报》将省际用水总量划分为农业用水、工业用水、生活用水和生态用水, 并不是按照三次产业口径进行划分, 为了用水量口径与三次产业口径相一致, 需要对用水量分类进行调整, 过程如下: 将农业用水作为第一产业用水, 由于建筑业用水所占比重较小, 工业用水作为第二产业用水, 同时, 参考孙才志[6]的处理方法, 将生活用水作为第三产业用水, 用水总量由三次产业用水加总得到, 产业用水强度由产业用水量除以产业增加值计算得到。

4. 实证分析

4.1. 长江三角洲地区用水量变化趋势

图 1~图 3 分别反映上海、江苏和浙江用水量变化趋势。

1) 从时间视角来看, 江苏用水总量从 2000 年的 445.60 亿 m^3 增加到 2005 年的 514.76 亿 m^3 , 从 2010 年的 548.99 亿 m^3 增加到 2015 年的 572.50 亿 m^3 , 2000~2015 年 16 年期间, 年均增长率为 1.68%, 其中, 第一产业用水量所占比重最大, 4 个年份都在 40%以上, 2000 年将近 60%, 第二产业用水量次之, 第三产业用水量最小。

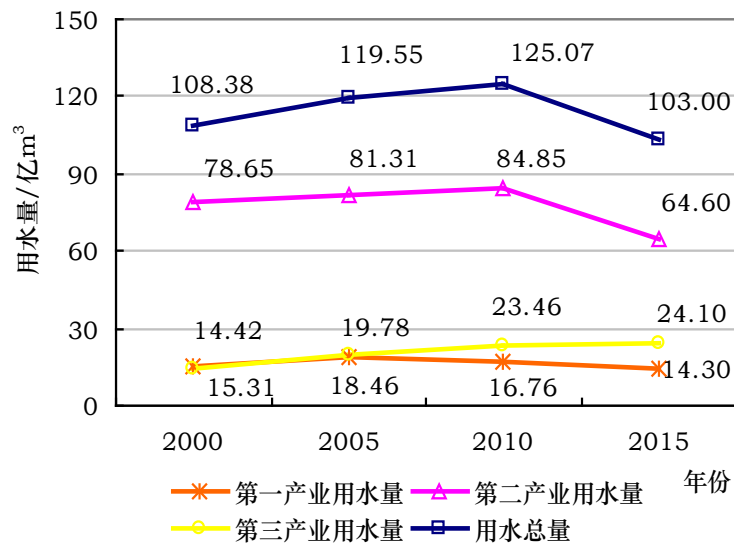


Figure 1. The change of water use for Shanghai from 2000 to 2015
图 1. 2000~2015 年上海用水量变化情况

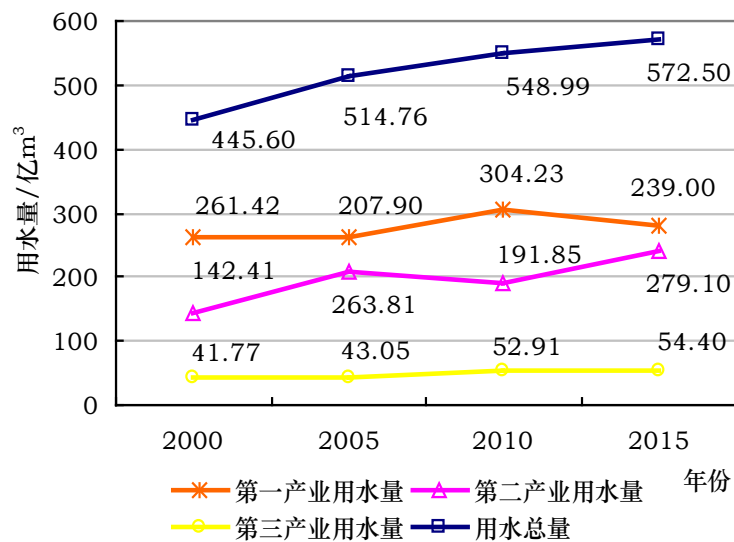


Figure 2. The change of water use for Jiangsu from 2000 to 2015
图 2. 2000~2015 年江苏用水量变化情况

浙江用水总量从 2000 年的 201.15 亿 m^3 下降到 2005 年的 196.15 亿 m^3 , 从 2010 年的 193.74 亿 m^3 下降到 2015 年的 180.60 亿 m^3 , 2000~2015 年 16 年期间, 年均下降率为 0.72%, 其中, 第一产业用水量所占比重最大, 4 个年份都在 45% 以上, 2000 年超过 60%, 第二产业用水量次之, 第三产业用水量最小。

上海用水总量从 2000 年的 108.38 亿 m^3 增加到 2005 年的 119.55 亿 m^3 , 从 2010 年的 125.07 亿 m^3 下降到 2015 年的 103.00 亿 m^3 , 呈上升后下降的趋势, 其中, 第二产业用水量所占比重最大, 4 个年份都在 60% 以上, 2000 年达到 70% 以上, 除 2000 年外, 第三产业用水量大于第一产业。

2) 从空间视角来看, 江苏用水总量在 4 个年份最大, 浙江次之, 上海最小。其中, 三次产业用水量都是江苏最大, 第一、三产业用水量浙江次之, 上海最小, 而第二产业却是上海次之, 浙江最小。

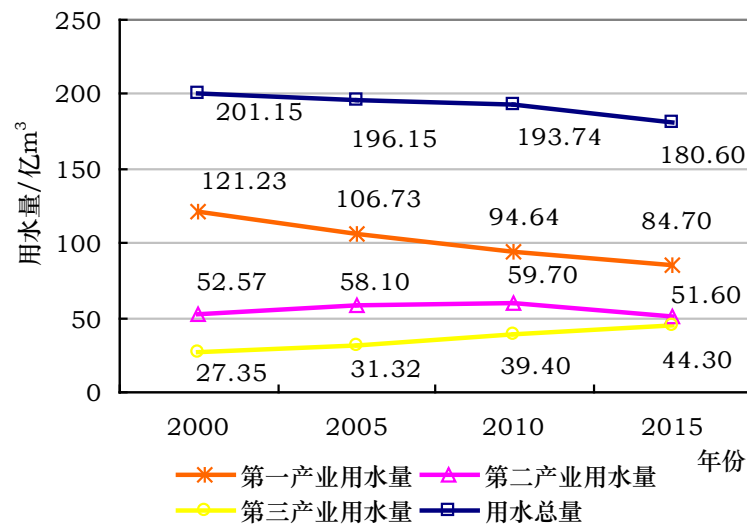


Figure 3. The change of water use for Zhejiang from 2000 to 2015

图 3. 2000~2015 年浙江用水量变化情况

4.2. 长江三角洲地区用水量时间差异的效应分解

利用公式(4)~(8)将长江三角洲地区用水总量变化的驱动效应分解为人口效应、收入效应、结构效应和强度效应, 分解结果如表 1 所示。

1) 在 2000~2015 年期间, 江苏用水总量累计增加了 126.90 亿 m^3 , 其中, 收入效应 ΔW_{inc} 和人口效应 ΔW_p 分别达到 875.53 亿 m^3 和 45.70 亿 m^3 , 前者是后者的 19 倍, 表明经济增长和人口规模扩大是推动用水总量增加的主要和次要因素。强度效应 ΔW_I 和结构效应 ΔW_S 分别达到 -479.95 亿 m^3 和 -314.38 亿 m^3 , 前者是后者的 1.5 倍, 表明产业用水强度下降和产业结构优化升级是抑制用水总量增加的主要和次要因素。

基于中国每五年制定实施一个社会经济发展规划的事实, 将 2000~2015 年划分为三个子时间段: 2000~2005 年(“十五”时期)、2005~2010 年(“十一五”时期)和 2010~2015 年(“十二五”时期), 三个规划期用水总量分别增加了 69.16 亿 m^3 、34.23 亿 m^3 和 23.51 亿 m^3 , 用水总量增加量逐渐缩小, “十二五”时期增加量最小, 与《最严格水资源管理制度》的贯彻实施密切相关。收入效应 ΔW_{inc} 和人口效应 ΔW_p 都是正值, 表明经济增长和人口规模扩大始终是用水量增加的推动因素, 尤其是前者。强度效应 ΔW_I 和结构效应 ΔW_S 始终是负值, 表明产业用水强度下降和产业结构优化升级是用水量增加的抑制因素, 尤其是前者。由于经济增长和人口规模扩大对用水量的促增作用完全抵消了产业用水强度下降和产业结构优化升级对用水量的促减作用, 最终导致用水量增加。

2) 浙江在考察期内用水总量累计下降了 20.55 亿 m^3 , 其中, 收入效应 ΔW_{inc} 和人口效应 ΔW_p 分别达到 281.07 亿 m^3 和 34.32 亿 m^3 , 前者是后者的 8 倍, 表明经济增长和人口规模扩大是推动用水总量增加的主要和次要因素。强度效应 ΔW_I 和结构效应 ΔW_S 分别达到 -223.10 亿 m^3 和 -112.84 亿 m^3 , 前者是后者的 2 倍, 表明产业用水强度下降和产业结构优化升级是抑制用水总量的主要和次要因素。三个规划期用水总量分别下降了 5.00 亿 m^3 、2.41 亿 m^3 和 13.14 亿 m^3 。收入效应 ΔW_{inc} 和人口效应 ΔW_p 都是正值, 表明经济增长和人口规模扩大始终是用水量增加的推动因素, 尤其是前者。强度效应 ΔW_I 和结构效应 ΔW_S 始终是负值, 表明产业用水强度下降和产业结构优化升级是用水量增加的抑制因素, 尤其是前者。与江苏不同的是, 产业用水强度下降和产业结构优化升级对用水量的促减作用大于经济增长和人口规模扩大

Table 1. The driving effect decomposition results of water use in Yangtze River Delta from 2000 to 2015
表 1. 2000~2015 年长江三角洲地区用水总量变化的驱动效应分解结果

省份	效应	2000~2005	2005~2010	2010~2015	2000~2015
江苏	ΔW_p	17.48	20.44	7.78	45.70
	ΔW_{inc}	284.12	335.57	255.84	875.53
	ΔW_s	-112.31	-119.99	-82.08	-314.38
	ΔW_l	-120.13	-201.79	-158.03	-479.95
	ΔW	69.16	34.23	23.51	126.90
浙江	ΔW_p	13.41	17.69	3.21	34.32
	ΔW_{inc}	114.38	95.32	71.37	281.07
	ΔW_s	-46.67	-39.86	-26.30	-112.84
	ΔW_l	-86.12	-75.57	-61.42	-223.10
	ΔW	-5.00	-2.41	-13.14	-20.55
上海	ΔW_p	19.08	24.88	5.56	49.51
	ΔW_{inc}	47.71	41.92	35.25	124.88
	ΔW_s	-7.71	-13.37	-16.69	-37.77
	ΔW_l	-47.91	-47.91	-46.19	-142.01
	ΔW	11.17	5.52	-22.07	-5.38

对用水量的促增作用, 引致用水量出现下降。

3) 上海在考察期内用水总量累计下降了 5.38 亿 m^3 , 其中, 收入效应 ΔW_{inc} 和人口效应 ΔW_p 分别达到 124.88 亿 m^3 和 49.51 亿 m^3 , 前者是后者的 2.5 倍。表明经济增长和人口规模扩大是推动用水总量增加的主要和次要因素。强度效应 ΔW_l 和结构效应 ΔW_s 分别达到 -142.01 亿 m^3 和 -37.77 亿 m^3 , 前者是后者的 3.8 倍, 表明产业用水强度下降和产业结构优化升级是抑制用水总量的主要和次要因素。三个规划期用水总量变化量分别为 11.17 亿 m^3 、5.52 亿 m^3 和 -22.07 亿 m^3 。收入效应 ΔW_{inc} 和人口效应 ΔW_p 都是正值, 表明经济增长和人口规模扩大始终是用水量增加的推动因素, 尤其是前者。强度效应 ΔW_l 和结构效应 ΔW_s 始终是负值, 表明产业用水强度下降和产业结构优化升级是用水量增加的抑制因素, 尤其是前者。

由于强度效应 ΔW_l 和结构效应 ΔW_s 在三次产业内部具有明显的差异, 因此用水量控制策略也应有所侧重。表 2 显示了 2000~2015 年长江三角洲地区结构效应和强度效应在三次产业内部的差异。

在 2000~2015 年期间及其各子时间段, 整体上看, 江苏、浙江强度效应 ΔW_l 始终是负值, 表明三次产业用水效率普遍提高, 有力抑制了用水量增加, 强度效应 ΔW_l 在第二产业内部最显著, 第一产业次之, 第三产业最小。上海强度效应 ΔW_l 在第二、三产业内部始终是负值, 且在第二产业内部更显著, 第一产业仅在 2005~2010 年为负值, 其他时间段都为正值。

结构效应 ΔW_s 在三次产业内部差异的分析过程与强度效应不同, 根据产业结构演变规律, 第一产业逐渐向第二、三产业转移, 即第一产业比重逐渐缩小, 第二、三产业比重逐渐扩大。结构效应 ΔW_s 在某产业内部为负值时, 表明该产业比重下降, 从而促进用水量下降, 对第一产业的政策启示是降低比重, 但是完全不适用于第二、三产业, 因此, 本文仅仅分析结构效应在第一产业内部的大小。长江三角洲地区结构效应 ΔW_s 在第一产业内部始终是负值, 表明第一产业比重下降普遍促进了用水量下降, 但是随着时间的推移, 第一产业比重下降对用水量下降的贡献逐渐缩小, 主要因为下降下界的存在。

Table 2. The industrial difference of driving effect of water use in Yangtze River Delta
表 2. 长江三角洲地区用水量变化驱动效应的产业差异

省份	效应	ΔW_s			ΔW_i		
		第一产业	第二产业	第三产业	第一产业	第二产业	第三产业
江苏	2000~2005	-127.91	15.94	-0.34	-36.86	-57.72	-25.55
	2005~2010	-126.67	4.74	1.94	-20.14	-158.00	-23.65
	2010~2015	-85.32	2.28	0.95	-78.05	-55.06	-24.91
	2000~2015	-339.89	22.96	2.55	-135.06	-270.78	-74.11
浙江	2000~2005	-50.18	2.56	0.94	-37.91	-32.54	-15.67
	2005~2010	-41.86	-0.50	2.51	-28.84	-32.15	-14.58
	2010~2015	-27.37	-2.70	3.77	-18.25	-27.75	-15.42
	2000~2015	-119.42	-0.64	7.22	-84.99	-92.44	-45.68
上海	2000~2005	-11.42	4.27	-0.56	4.58	-48.74	-3.75
	2005~2010	-10.49	-3.99	1.11	-0.95	-37.81	-9.14
	2010~2015	-8.40	-11.11	2.82	0.35	-35.89	-10.66
	2000~2015	-30.31	-10.82	3.36	3.98	-122.44	-23.55

4.3. 长江三角洲地区用水量空间差异的效应分解

在 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年 4 个年份, 上海用水总量都是最小, 因此, 以上海为参考对象, 分别测算江苏与上海、浙江与上海用水总量空间差异的驱动效应。基于公式(10)~(14), 将用水总量空间差异分解为人口效应、收入效应、结构效应和强度效应, 分解结果如表 3 和表 4 所示。

1) 江苏与上海用水总量空间差异的驱动效应分解: 在 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年, 江苏用水总量比上海分别多 337.22 亿 m^3 、395.21 亿 m^3 、423.92 亿 m^3 和 469.50 亿 m^3 , 差距逐渐扩大。其中, 人口效应 ΔW_p^{R1-R0} 和结构效应 ΔW_s^{R1-R0} 始终是正值, 表明江苏与上海相比, 人口规模更大, 产业结构比较低级, 是江苏用水总量大于上海的推动因素。收入效应 ΔW_{inc}^{R1-R0} 始终是负值, 表明江苏与上海相比, 人均 GDP 较小, 抑制了江苏用水总量与上海的差距拉大, 不过其绝对值呈递减特征, 说明两个地区经济发展水平差异带动用水总量差异的作用逐渐缩小。强度效应 ΔW_i^{R1-R0} 在 2000 年和 2005 年为正值, 在 2010 年和 2015 年为负值, 表明江苏产业用水强度由高于上海转变为低于上海, 有利于缩小两个地区用水总量的差异。

2) 浙江与上海用水总量空间差异的驱动效应分解: 在 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年, 浙江用水总量分别比上海多 92.77 亿 m^3 、76.60 亿 m^3 、68.67 亿 m^3 和 77.60 亿 m^3 。其中, 人口效应 ΔW_p^{R1-R0} 和结构效应 ΔW_s^{R1-R0} 是正值, 表明浙江与上海相比, 人口规模更大, 产业结构比较低级, 是浙江用水总量大于上海的推动因素。收入效应 ΔW_{inc}^{R1-R0} 和强度效应 ΔW_i^{R1-R0} 始终是负值, 表明浙江与上海相比, 人均 GDP 较小, 产业用水强度更低, 对浙江用水总量大于上海起到抑制作用。

5. 结论与建议

本文利用完全分解模型将长江三角洲地区用水总量时空差异分解为人口效应、收入效应、结构效应和强度效应, 得到如下结论:

1) 2000~2015 年以及子时间段内, 经济增长(ΔW_{inc})和人口规模扩大(ΔW_p)是推动长江三角洲地区用

Table 3. Decomposition effect of water spatial difference between Jiangsu and Shanghai
表 3. 江苏与上海用水量空间差异分解效应

	ΔW_P^{R1-R0}	ΔW_{Inc}^{R1-R0}	ΔW_S^{R1-R0}	ΔW_I^{R1-R0}	ΔW^{R1-R0}
2000	409.25	-320.52	204.11	44.37	337.22
2005	424.25	-290.28	243.21	18.03	395.21
2010	378.15	-184.15	262.64	-32.72	423.92
2015	356.86	-126.90	283.85	-44.32	469.50

Table 4. Decomposition effect of water spatial difference between Zhejiang and Shanghai
表 4. 浙江与上海用水量空间差异分解效应

	ΔW_P^{R1-R0}	ΔW_{Inc}^{R1-R0}	ΔW_S^{R1-R0}	ΔW_I^{R1-R0}	ΔW^{R1-R0}
2000	181.25	-151.06	109.21	-46.63	92.77
2005	176.47	-129.48	129.48	-99.87	76.60
2010	159.39	-103.33	132.38	-119.76	68.67
2015	139.96	-82.19	139.04	-119.21	77.60

水总量增加的主次因素, 而产业用水强度下降(ΔW_I)和产业结构优化升级(ΔW_S)是抑制用水总量增加的主次因素。2) 整体来看, 长江三角洲地区三次产业用水效率普遍提高, 促进用水量下降, 第二产业的贡献最大, 对江苏、浙江而言, 第一产业次之, 第三产业最小, 对上海而言, 第一产业仅在 2005~2010 年为负值; 产业结构调整促进用水量下降主要来源于第一产业比重的下降。3) 以上海为参考对象, 分解了江苏、浙江与上海用水总量差异的驱动效应, 得到人口规模较大和产业结构比较低级是江苏、浙江用水总量大于上海的主要原因; 经济发展水平相对较低, 对江苏、浙江用水总量大于上海起到抑制作用; 浙江用水强度始终小于上海, 而江苏仅在 2010 年和 2015 年小于上海, 有利于缩小用水量空间差异。

基于以上结论, 得到如下政策建议:

1) 进一步降低产业用水强度, 优化升级产业结构来实现用水量下降; 正确权衡经济增长与水资源消耗、经济增长的数量与质量之间的关系; 控制人口规模也是减少用水量的重要途径。2) 针对不同产业, 用水效率提高策略应该有所侧重, 应该重点放在第二、一产业, 第三产业用水效率提升空间有限; 优化产业结构主要在于降低第一产业比重。3) 与上海相比, 江苏、浙江缩小用水总量差异, 可以通过控制人口规模, 优化升级产业结构(由高耗水的第一产业向低耗水的第二、三产业转移)来实现。

基金项目

本文受到教育部人文社会科学研究青年基金项目(17YJC790194)资助。

参考文献

- [1] 本书编写组. 《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》辅导读本[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.
- [2] 陈东景. 中国工业水资源消耗强度变化的结构份额和效率份额研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(3): 211-214.
- [3] 刘翀, 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.
- [4] 张礼兵, 徐勇俊, 金菊良, 等. 安徽省工业用水量变化影响因素分析[J]. 水利学报, 2014, 45(7): 837-843.
- [5] 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.

- [6] 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.
- [7] Xu, Y., Huang, K., Yu, Y., *et al.* (2015) Changes in Water Footprint of Crop Production in Beijing from 1978 to 2012: A Logarithmic Mean Divisia Index Decomposition Analysis. *Journal of Cleaner Production*, **87**, 180-187. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.103>
- [8] 韩琴, 孙才志, 邹玮. 1998-2012 年中国省际灰水足迹效率测度与驱动模式分析[J]. 资源科学, 2016, 38(6): 1179-1191. <https://doi.org/10.18402/resci.2016.06.17>
- [9] 陈东景. 我国工农业水资源使用强度变动的区域因素分解与差异分析[J]. 自然资源学报, 2012, 27(2): 332-343.
- [10] 张陈俊, 章恒全, 龚雅云. 中国结构升级、技术进步与水资源消耗——基于改进的LMDI方法[J]. 资源科学, 2014, 36(10): 1993-2002.
- [11] 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, 38(7): 1308-1322. <https://doi.org/10.18402/resci.2016.07.12>
- [12] Ang, B.W., Su, B. and Wang, H. (2016) A Spatial-Temporal Decomposition Approach to Performance Assessment in Energy and Emissions. *Energy Economics*, **60**, 112-121. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.08.024>
- [13] Sun, J.W. (1998) Changes in Energy Consumption and Energy Intensity: A Complete Decomposition Model. *Energy Economics*, **20**, 85-100. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(97\)00012-1](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(97)00012-1)
- [14] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001-2016.
- [15] 中华人民共和国水利部. 中国水资源公报[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000-2015.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7540, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sd@hanspub.org