

引用格式: 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. [Zhang C J, Zhang H Q, Chen Q Y, et al. Factors influencing water use changes based on LMDI Methods[J]. *Resources Science*, 2016, 38(7): 1308-1322]. DOI: 10.18402/resci.2016.07.12

中国用水量变化的影响因素分析 ——基于LMDI方法

张陈俊, 章恒全, 陈其勇, 张万力

(河海大学商学院, 南京 211100)

摘要: 本文运用LMDI方法将中国用水量变化的影响因素分解为人口效应、区域人口分布效应、区域经济发展效应、区域产业结构效应和区域技术进步效应。研究发现, 技术进步和产业结构调整都是抑制用水量上升的影响因素, 但是技术进步更加显著。产业结构效应在各省份第一产业内部影响最大, 而技术进步效应却存在较大差异; 经济增长是用水量上升的主要推动力, 中部最显著; 人口规模扩大促进了用水量上升, 但是影响较小, 而人口分布(流动)变化促进中国用水量上升比较显著。另外, 区域经济份额相对变动对用水量的下降起到正向作用, 但是各省份之间存在较大差异, 东部地区经济份额提高促进了用水量上升。因此, 各省份需要加强节水技术创新, 更加重视农业节水; 优化升级产业结构, 由耗水强度大的农业向耗水强度小的第二、三产业转移; 东部发达地区加大对中西部欠发达地区资金、技术等支持。

关键词: 用水量; 区域异质性; 人口分布; LMDI; 中国

DOI: 10.18402/resci.2016.07.12

1 引言

自1978年改革开放至今, 国内生产总值年均增长率为9.72%^[1], 快速的经济增长伴随着资源消耗的不断增长, 水资源是经济社会发展的关键资源, 也是极其重要的生产要素, 该时间段, 全国总用水量增加了1328亿m³, 年均增长率为0.70%^[2]。中国是水资源短缺的国家, 人均水资源量约为2100m³, 不足世界人均水平的1/3, 在2006年联合国对192个国家和地区评价中, 中国从高到低排在第127位, 全国2/3城市缺水, 说明中国水资源条件是不好的^[1]。人多水少、水资源时空分布不均是中国的基本国情和水情, 水资源短缺等问题十分突出, 已成为制约经济社会可持续发展的主要瓶颈。因此, 用水量变

化的影响因素研究对解决水资源危机以及支撑经济社会发展具有重要意义, 相关研究也引起了诸多学者的重视。贾绍凤等和张陈俊等利用库兹涅茨曲线考察经济增长对用水量的影响并寻找用水量出现下降的阈值^[2, 3], 利用该方法的还有Jia等、Duarte等和刘渝等^[4-6]。吴宗杰等、张兵兵等和雷玉桃等利用VAR模型研究经济增长与用水量的互动关系^[7-9]。贾绍凤将发达国家工业用水零增长的原因归纳为产业结构升级、更高的环境保护要求和高耗水工业行业的萎缩^[10]。另外, 从变化趋势、水价、产业结构升级、环境立法和水资源本身限制五个方面分析中国用水量何时达到顶峰^[11]。佟金萍等研究发现技术进步有助于提高农业用水效率^[12]。贾绍凤

收稿日期: 2015-08-17; 修订日期: 2016-06-13

基金项目: 水利部中央分成水资源费项目(1261320212020)。

作者简介: 张陈俊, 男, 安徽六安人, 博士生, 主要研究方向为管理科学理论与应用。E-mail: zhangchenjun1987@126.com

通讯作者: 章恒全, E-mail: hqzhang630@163.com

1) 时间跨度为1978-2014年, 2014年国内生产总值指数为2823.2(1978年=100), 从而计算得到年均增长率。

2) 由于缺少1978年总用水量数据, 所以增加量为1979年的4767亿m³增加到2014年的6095亿m³。

2016年7月

等将北京市工业用水定额下降的原因归结为用水定额减少和产业部门结构调整^[13],吕文慧等和刘翀等将用水量变化(总效应)的影响因素分解为规模效应、结构效应和技术进步效应^[14,15]。

从现有研究来看,用水量变化的主要影响因素可以归纳为经济增长、产业结构调整以及技术进步,却忽略了区域异质性对用水量变化的影响,尤其是两种“空间效应”,即区域人口分布与区域经济份额,对中国这样一个区域社会经济发展差距较大的国家而言具有重要研究意义。本文重点分析区域人口分布的用水量变化因素分解,即区域人口占全国总人口比重变化对用水量的影响。区域人口分布主要受到人口自然增长和人口流动的影响,由于计划生育政策的执行,中国人口进入平稳增长阶段,2014年自然增长率仅为5.21‰,而人口流动规模却达到2.53亿人^[16],所以人口流动对人口分布产生重要影响,本文主要从人口流动角度解释区域人口分布对用水量变化的影响。人口从欠发达的内陆省份的农村迁移到较为发达的沿海省份的城市,从而改变区域人口分布(格局),进而改变了区域资源禀赋、生活方式、经济活动以及技术转移而导致省份和整个国家用水量产生变化。孙才志等和马海良等分别研究人口规模增长(人口效应)和城市化水平提高对用水量变化的影响,但都没有考虑区域人口分布因素^[17,18]。区域经济份额对用水量变化的影响已有相关研究,比如陈东景和张陈俊等^[19,20]。

2 模型设置及数据说明

2.1 模型设置

指数分解法(Index Decomposition Analysis,简称IDA)被广泛地运用于能源消耗和污染物排放的影响因素分析,也被运用到水资源领域,该方法被划分为很多种模型^[21],Ang等研究认为对数均值迪式指数分解法(Logarithmic Mean Divisia Index,简称LMDI)是最优的方法^[21,22],考虑到分解结果解释的难易程度,本文选择LMDI加法模型。

总用水量 TW 公式为:

$$TW = \sum_i \sum_j W_{ij} = \sum_i \sum_j P \times \frac{P_i}{P} \times \frac{G_i}{P_i} \times \frac{V_{ij}}{G_i} \times \frac{W_{ij}}{V_{ij}} \quad (1)$$

式中 P 为全国总人口数,且满足 $P = \sum_i P_i$; P_i 和 G_i

分别为第 i 个地区人口数和地区生产总值,且满足 $G_i = \sum_j V_{ij}$; V_{ij} 和 W_{ij} 分别为第 i 个地区第 j 次产业增加值和用水量。

将公式(1)进一步改写为:

$$TW = \sum_i \sum_j P \times S_{P_i} \times Inc_i \times S_{V_{ij}} \times Int_{ij} \quad (2)$$

式中 S_{P_i} 为第 i 个地区人口数占全国总人口数的比重; Inc_i 为第 i 个地区人均国内生产总值; $S_{V_{ij}}$ 为第 i 个地区第 j 次产业增加值占地区生产总值的比重; Int_{ij} 为第 i 个地区第 j 次产业用水强度。

限于篇幅,详细的推导过程不再列出,假定时间从 $t-1$ 变化到 t ,总用水量的变化量 ΔTW 将被分解为5个变化量:

$$\Delta TW = \Delta W_P + \Delta W_{S_P} + \Delta W_{Inc} + \Delta W_{S_V} + \Delta W_{Int} \quad (3)$$

5个变化量计算为:

$$\Delta W_P = \sum_i \sum_j \frac{W_{ij}^t - W_{ij}^{t-1}}{\ln W_{ij}^t - \ln W_{ij}^{t-1}} \ln \frac{P^t}{P^{t-1}} \quad (4)$$

$$\Delta W_{S_P} = \sum_i \sum_j \frac{W_{ij}^t - W_{ij}^{t-1}}{\ln W_{ij}^t - \ln W_{ij}^{t-1}} \ln \frac{S_{P_i}^t}{S_{P_i}^{t-1}} \quad (5)$$

$$\Delta W_{Inc} = \sum_i \sum_j \frac{W_{ij}^t - W_{ij}^{t-1}}{\ln W_{ij}^t - \ln W_{ij}^{t-1}} \ln \frac{Inc_i^t}{Inc_i^{t-1}} \quad (6)$$

$$\Delta W_{S_V} = \sum_i \sum_j \frac{W_{ij}^t - W_{ij}^{t-1}}{\ln W_{ij}^t - \ln W_{ij}^{t-1}} \ln \frac{S_{V_{ij}}^t}{S_{V_{ij}}^{t-1}} \quad (7)$$

$$\Delta W_{Int} = \sum_i \sum_j \frac{W_{ij}^t - W_{ij}^{t-1}}{\ln W_{ij}^t - \ln W_{ij}^{t-1}} \ln \frac{Int_{ij}^t}{Int_{ij}^{t-1}} \quad (8)$$

式中 ΔW_P 为总人口对总用水量变化的影响; ΔW_{S_P} 为区域人口分布对总用水量变化的影响; ΔW_{Inc} 为区域经济发展对总用水量变化的影响; ΔW_{S_V} 为区域产业结构对总用水量变化的影响; ΔW_{Int} 为区域技术进步对总用水量变化的影响,分别称为总效应、人口效应、区域人口分布效应、区域经济发达效应、区域产业结构效应和区域技术进步效应。

公式(5)反映了“空间效应”之一——区域人口分布对总用水量变化的影响,而另一“空间效应”——区域经济份额也将对用水量变化产生影响,借鉴公式(1),可以得到:

$$TW = \sum_i \sum_j W_{ij} = \sum_i \sum_j P \times \frac{G}{P} \times \frac{G_i}{G} \times \frac{V_{ij}}{G_i} \times \frac{W_{ij}}{V_{ij}} \quad (9)$$

$$= \sum_i \sum_j P \times Inc \times S_{G_i} \times S_{V_{ij}} \times Int_{ij}$$

式中 G 为国内生产总值,满足 $G = \sum_i G_i$; Inc 为人均国内生产总值; S_{G_i} 为第 i 个地区生产总值占国内生产总值的比重;其他变量与公式(1)和公式(2)含义相同。

人均国内生产总值 Inc 和区域经济份额 S_{G_i} 对用水量变化的影响,分别称为经济发达效应和区域经济份额效应,如公式(10)和公式(11)所示,而总人口 P 、区域产业结构 $S_{V_{ij}}$ 和区域用水强度 Int_{ij} 对用水量变化的影响,即人口效应、区域产业结构效应和区域技术进步效应,与前文相同,即如公式(4)、公式(7)和公式(8)所示。

$$\Delta W_{Inc} = \sum_i \sum_j \frac{W_{ij}^t - W_{ij}^{t-1}}{\ln W_{ij}^t - \ln W_{ij}^{t-1}} \ln \frac{Inc^t}{Inc^{t-1}} \quad (10)$$

$$\Delta W_{S_G} = \sum_i \sum_j \frac{W_{ij}^t - W_{ij}^{t-1}}{\ln W_{ij}^t - \ln W_{ij}^{t-1}} \ln \frac{S_{G_i}^t}{S_{G_i}^{t-1}} \quad (11)$$

值得注意的是,时间0到时间 t 的分解因素效应等于时间0到1、1到2、 \dots 、 $t-1$ 到 t 的效应累计加总。

2.2 数据来源和指标选取

本文所用数据的时间跨度为1998–2013年,根据历年《中国水资源公报》^[23]、《中国统计年鉴》^[24]和《中国人口和就业统计年鉴》^[25]整理计算得到,所涉数据为人口指标、产值指标和用水量指标,对相关指标做如下解释:

(1)人口指标。总人口指标口径常使用常住人口和户籍人口,改革开放以来,随着经济社会的快速发展,城乡之间、城市与城市之间人口流动的规模逐渐扩大,但很多流动人口的户籍并未改变,因此,常住人口更能真实反映一个地区的人口状况,所以本文选择各省份常住人口作为地区人口指标。各地区人口占全国总人口比重表示区域人口分布,区域人口流动是引起区域人口分布变化的重

要原因,中国流动人口规模巨大,从而对区域人口分布产生深远影响,将进一步影响区域用水量变化。

(2)产值指标。为了消除价格因素影响,各省份三次产业增加值按照1998年不变价格(1998=100)进行调整,调整后的三次产业增加值加总便得到国内生产总值,人均地区生产总值通过地区生产总值除以人口数计算得到。

(3)用水量指标。各省份用水量并不是按照三次产业口径进行划分,而是划分为农业用水、工业用水、生活用水和生态用水¹⁾四类,为了与三次产业相对应,需要对四类用水进行调整,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²⁾,云逸研究发现第三产业增加值与生活用水量高度相关^[26],同时参考孙才志的处理方法^[17],近似地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总用水量。各产业用水强度根据各产业用水量除以增加值计算得到。

3 考虑区域人口分布的用水量变化因素分解

3.1 分解因素效应的时间差异

根据公式(3)–公式(8),计算得到1998–2013年中国用水量变化的分解因素效应,如表1所示。该期间,中国用水量累计上升642.63亿 m^3 ,其中,产业结构效应和技术进步效应累计达到–3182.98亿 m^3 和–5483.06亿 m^3 ,绝对值占总效应的比重分别为495.31%和853.22%,充分说明产业结构调整和技术进步对用水量上升都具有抑制作用,但是后者的贡献更加显著;区域经济发达效应累计达到8704.51亿 m^3 ,占总效应的比重为1354.51%,是用水量上升的主要推动因素;人口效应和人口分布效应累计分别为490.16亿 m^3 和113.99亿 m^3 ,占总效应的比重分别为76.27%和17.24%,也是促进用水量上升的影响因素,但是影响程度却远远小于区域经济发达效应。

1998–2013年期间,总效应即用水量变化具有

1)生态用水自2003年开始统计。

2)第二产业用水量包括工业用水量和建筑业用水量,但是没有搜集到各省份建筑业用水量的相关数据,同时,建筑业用水量占总用水量的比重非常小,所以用工业用水代替第二产业用水。

表1 1998–2013年中国用水量变化的分解因素效应

Table 1 Decomposition factor effect of water use change in China from 1998 to 2013 (亿 m^3)

年份	人口效应	区域人口 分布效应	区域经济 发达效应	区域产业 结构效应	区域技术 进步效应	总效应
1998–1999	45.08	3.96	410.54	-160.19	-143.90	155.49
1999–2000	42.00	42.45	410.28	-206.96	-381.08	-93.31
2000–2001	38.44	9.84	441.66	-171.07	-249.01	69.86
2001–2002	35.67	7.05	503.57	-179.75	-436.70	-70.15
2002–2003	32.21	5.48	561.49	-227.62	-627.67	-256.10
2003–2004	31.41	7.74	620.13	-161.06	-273.86	224.37
2004–2005	32.41	12.27	619.53	-219.94	-369.52	74.75
2005–2006	29.66	10.56	673.53	-249.36	-302.74	161.65
2006–2007	29.48	11.52	723.97	-299.87	-454.13	10.97
2007–2008	29.21	3.94	625.39	-200.47	-381.21	76.86
2008–2009	28.35	1.82	619.31	-229.18	-347.91	72.40
2009–2010	28.18	-6.70	709.54	-259.48	-431.54	40.00
2010–2011	28.50	1.76	664.59	-240.71	-361.33	92.81
2011–2012	29.77	0.28	590.21	-192.89	-389.35	38.02
2012–2013	29.79	2.01	530.76	-184.43	-333.12	45.01
1998–2013	490.16	113.99	8 704.51	-3 182.98	-5 483.06	642.63

明显的阶段特征,2003年之前总效应是正负交替,2003年用水量却出现较大幅度的下降,可能与供水不足和新《水法》颁布掀起的节水热潮有关^[18],2003年之后总效应都为正值,说明中国用水量呈波动中上升的趋势。产业结构效应和技术进步效应始终为负值,除了1998–1999年外,所有时间段的技术进步效应绝对值都大于产业结构效应绝对值,可见,技术进步是促进用水量下降的最主要影响因素,产业结构调整是次要影响因素。区域经济发展效应始终是用水量上升的推动力量,但是在2007–2009年和2010–2013年出现下降,因为省份平均经济增长率有所下降¹⁾。人口效应也是用水量上升的影响因素,并经历下降到平稳的过程,因为中国人口进入平稳增长阶段。除2009–2010年外,其他时间段的人口分布效应都是正值,即区域人口分布变化促进了用水量的上升,但是其影响程度有限。

3.2 分解因素效应的区域差异

(1)省份差异。各省份用水量变化的分解因素效应如表2所示。1998–2013年期间,北京、河北等9个省份(含有7个东部省份)用水量出现下降,剩

下省份(主要是中西部省份)用水量都出现上升,说明东部地区用水量控制总体上要好于中西部地区。各省份总效应的标准差为45.31亿 m^3 ,而平均值仅为20.73亿 m^3 ,用水量下降和上升最多的省份分别为山东和江苏,分别达到42.54亿 m^3 和153.50亿 m^3 ,足以说明中国区域用水量存在较大差异,与经济发展水平、产业结构及节水技术等密切相关,也表明考虑区域异质性对用水量变化影响的必要性,图1(见1313页)显示了各省份用水量(总效应)的变化情况。

所有省份的技术进步效应都为负值,说明全国范围内用水效率普遍提高,是用水量下降的主要推动因素。技术进步效应的标准差为119.40亿 m^3 ,绝对值最大值(广东,509.28亿 m^3)是最小值(西藏,7.94亿 m^3)的64倍,表明区域用水效率提高对用水量下降的贡献存在较大差异,这主要与各省份三次产业内部用水效率差异密切相关。

与技术进步效应一样,所有省份的产业结构效应也都是负值,说明各省份产业结构调整,即高耗水的第一产业向低耗水的第二产业和第三产业转

1)与2007年相比,2008–2009年省份平均人均GDP增加率分别下降2.29个和2.57个百分点,与2010年相比,2011–2013年省份平均人均GDP增加率分别下降0.9个、2.5个和3.62个百分点。

表2 1998–2013年各省份用水量变化的分解因素效应

省份	人口效应	区域人口分布效应	区域经济发达效应	区域产业结构效应	区域技术进步效应	总效应
东部地区						
北京	3.02	14.78	35.36	-16.89	-46.28	-10.01
天津	1.90	7.47	34.49	-17.74	-24.79	1.33
河北	17.63	2.76	289.17	-121.78	-227.41	-39.64
辽宁	11.82	-5.50	218.46	-72.23	-159.32	-6.77
上海	9.95	46.61	118.79	-32.27	-134.99	8.09
江苏	43.24	2.57	828.53	-295.53	-425.30	153.50
浙江	17.20	22.85	277.44	-111.41	-214.11	-8.03
福建	16.28	7.33	294.28	-96.53	-194.00	27.37
山东	19.87	0.12	365.89	-167.18	-261.24	-42.54
广东	39.07	136.02	578.82	-249.97	-509.28	-5.33
海南	3.91	3.52	63.48	-12.89	-61.90	-3.88
中部地区						
山西	5.11	2.31	88.39	-40.79	-42.56	12.46
吉林	9.35	-6.06	175.06	-59.97	-95.16	23.22
黑龙江	25.60	-23.41	445.37	-138.86	-265.73	42.97
安徽	19.60	-28.37	393.75	-118.09	-152.46	114.43
江西	18.94	-4.36	344.68	-109.00	-191.61	58.64
河南	18.69	-17.60	342.72	-101.34	-241.24	1.23
湖北	23.04	-30.12	438.87	-112.26	-260.84	58.68
湖南	27.71	-21.21	517.16	-172.59	-331.99	19.09
西部地区						
内蒙古	14.81	-5.39	352.63	-192.64	-158.39	11.03
广西	25.60	-25.20	486.97	-169.14	-303.57	14.67
重庆	6.02	-6.77	134.00	-15.02	-88.91	29.32
四川	18.59	-30.05	377.82	-111.23	-219.36	35.78
贵州	8.11	-13.76	159.19	-39.35	-108.65	5.54
云南	12.76	4.17	203.66	-71.98	-146.74	1.86
西藏	2.58	3.58	46.51	-30.87	-7.94	13.86
陕西	6.97	-3.99	142.67	-56.91	-80.26	8.49
甘肃	10.46	-8.43	184.57	-73.25	-114.25	-0.89
青海	2.52	1.26	45.89	-23.13	-25.40	1.13
宁夏	6.77	7.70	110.38	-63.95	-87.21	-26.30
新疆	43.04	81.17	609.49	-288.20	-302.17	143.33

移,对用水量的下降产生显著的正向作用,2013年省份平均第一产业比重较1998年下降了12.55个百分点。除了内蒙古和西藏外,其他省份产业结构效应绝对值都小于技术进步效应绝对值,说明技术进步对用水量下降的促进作用大于产业结构调整。产业结构效应的标准差为77.43亿 m³,绝对值最大值(江苏,295.53亿 m³)是最小值(海南,12.89亿 m³)的23倍,足以见得,各省份产业结构调整对用水量

下降的影响也存在显著差异。

区域经济发达效应是各省份用水量上升的主要推动因素,经济增长需要投入生产要素,而水资源是要素之一,因此对水资源需求将增加。区域经济发达效应的标准差为195.47亿 m³,最大值(江苏,828.53亿 m³)是最小值(天津,34.49亿 m³)的24倍,说明各省份经济增长对用水量上升的影响存在较大差异,主要与经济发展水平之间的差异有关,

2016年7月

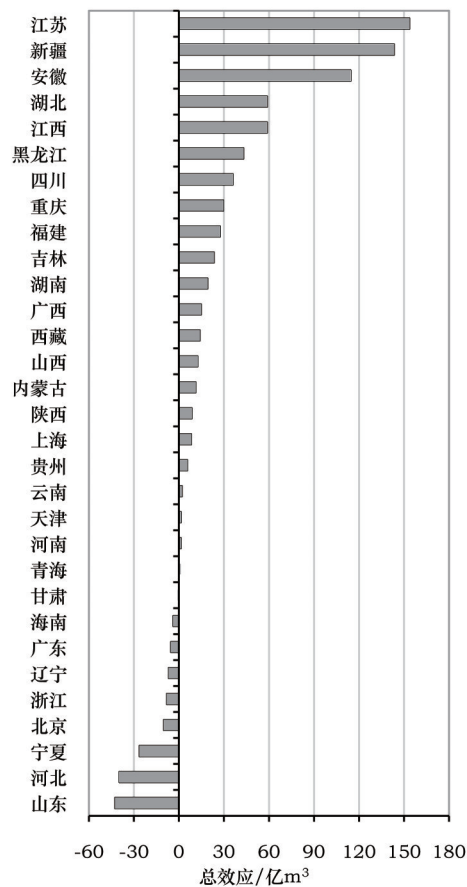


图1 1998-2013年各省份总效应

Figure 1 Total effect of each province from 1998 to 2013

1998-2013年期间,人均地区生产总值年均增长率最小的为7.04%,最大的为14.72%。

表2和图2都显示了人口分布效应,广东、上海等16个省份的人口分布效应为正值,说明省份人口占全国总人口比重上升,对用水量的下降起到负向作用,而湖北、安徽等15个省份的人口分布效应为负值,说明省份人口占全国总人口比重下降,对用水量的下降起到促进作用。由于全国用水量变化的分解因素效应是由各省份加权得到,人口分布对用水量变化的影响机理可以从区域用水强度和经济发展水平的差异来考虑:①省份人口占全国总人口比重上升省份(东部地区中10个省份所占比重上升)的用水强度总体上要低于省份人口占全国总人口比重下降省份(除辽宁外,都是中西部省份),如图3所示,人口由所占比重下降的省份迁移到所占比重上升的省份将促使全国用水量的下降,因为技术进步对用水量的下降起到正向作用;②省份人口

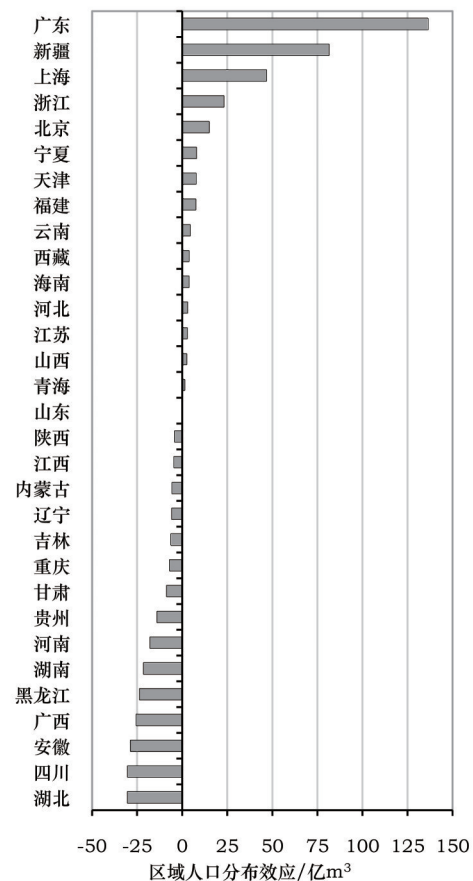


图2 1998-2013年各省份人口分布效应

Figure 2 Population distribution effect of each province from 1998 to 2013

占全国总人口比重上升省份经济发展水平(人均GDP)总体上要高于省份人口占全国总人口比重下降省份,如图4所示,人口由所占比重下降的省份迁移到人口所占比重上升的省份将促使全国用水量的增加,因为区域经济发展效应对用水量的下降起到反向作用。由于经济发达对用水量变化的影响大于用水强度(技术进步),从表1可以看出,从而导致人口分布效应为正值,表明将促进全国用水量增加。需要给予解释的是新疆人口分布效应为正值,主要因为其人口占全国总人口比重从1998年的1.4171%增加到1.6707%,增加了0.2536个百分点,由于丰富的土地资源、棉花生产及其与中亚国家繁荣的边境贸易,吸引了中西部一些贫困地区的人口迁入,导致其迁入率较高^[27]。

区域人口分布即区域人口占全国总人口比重的变化与人口流动(迁移)密切相关,人口从欠发达的内陆地区流动到发达的沿海地区,更具体地说,

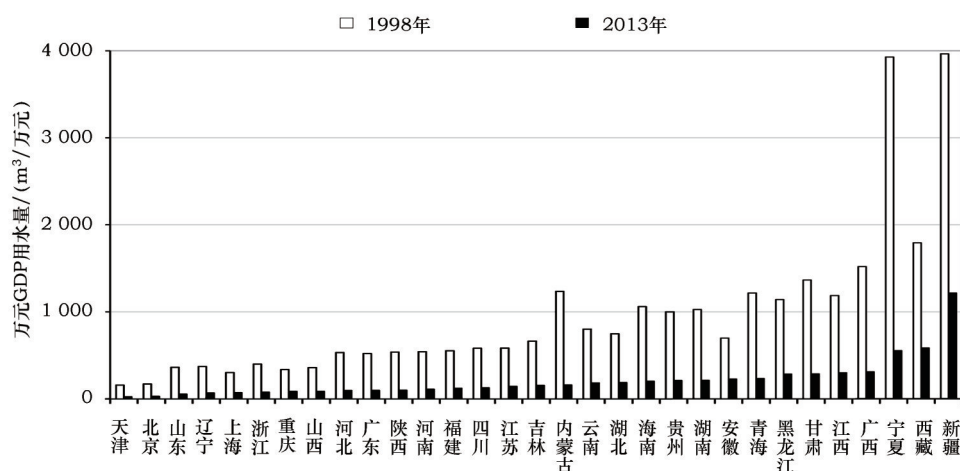


图3 1998年和2013年各省份用水强度

Figure 3 Water use intensity of each province in 1998 and 2013

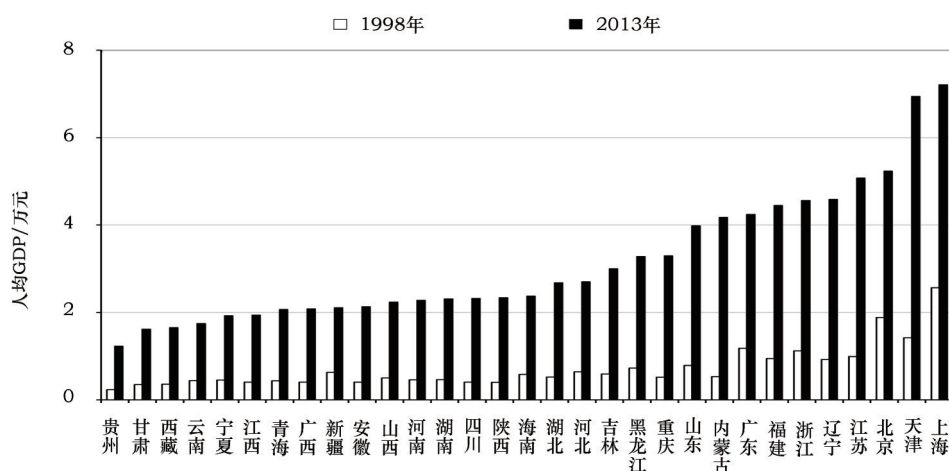


图4 1998年和2013年各省份人均GDP

Figure 4 Per capita GDP of each province in 1998 and 2013

从欠发达的农村地区流动到发达的城市地区,将对我国用水量变化产生显著的影响,主要表现为:①农村用水缺乏有效计量,水资源浪费现象比较严重,而城市计量设施和制度相对完善,以及节水宣传教育优于农村,将对用水量下降带来积极的影响;②生活方式的变化,会带来对用水量需求的变化;③经济活动的变化,由从事农业生产转向从事工业、建筑业和服务业生产,而三次产业用水强度却存在巨大的差异,会带来用水量的变化;④人口流动不仅仅短期内影响用水量,由于人口流动伴随

着技术的流动,将在长期内通过内生技术转移影响用水量。

各省份人口效应都是正值,说明人口增长促进了用水量的上升,因为人口增加势必引起居民消费增加,造成经济规模扩大,最终引起用水量上升,随着“二胎”政策的全面放开,在其他因素保持不变的情况,将一定程度上促进用水量的上升。

(2)东中西部地区差异。表3和图5都显示了中国东中西部地区用水量变化分解因素效应的省份平均值。1998–2013年期间,从省份平均水平来

1)由于东中西地区包含省份的个数不同,所以比较整体因素效应大小关系存在不合理性,因此,计算省份平均水平更能够反映地区因素效应大小关系的真实情况。

2016年7月

表3 1998–2013年东中西部地区省份平均用水量变化的分解因素效应

Table 3 Decomposition factor effect of water use change in Eastern, Medium and Western regions

地区	from 1998 to 2013					(亿 m ³)
	人口效应	区域人口分布效应	区域经济发达效应	区域产业结构效应	区域技术进步效应	
东部	16.72	21.69	282.25	-108.58	-205.33	6.74
中部	18.51	-16.10	343.25	-106.61	-197.70	41.34
西部	13.19	0.36	237.82	-94.64	-136.90	19.82

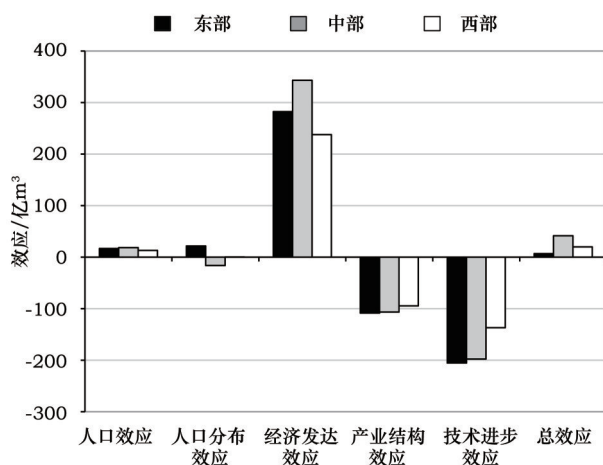


图5 1998–2013年东中西部地区省份平均用水量变化的分解因素效应

Figure 5 Decomposition factor effect of water use change in Eastern, Medium and Western regions from 1998 to 2013

看¹⁾,三个地区分别上升了6.74亿 m³、41.34亿 m³和19.82亿 m³,东部省份用水量上升最少。需要提及的是,江苏用水量累计上升了153.50亿 m³,因为经济增长带来的用水量上升完全抵消了产业结构调整和技术进步引起的用水量下降。

三个地区技术进步效应的绝对值都大于产业结构效应,表明技术进步对用水量下降的促进作用强于产业结构调整。

区域经济发达效应是三个地区用水量上升的决定性因素,从省份平均水平来看,中部最大,东部次之,西部最小,这与中部省份的较低初始经济水平而具有较大的增长潜力有关,同时,中部省份与东部省份在地理位置上紧密相连,可以更好地承接东部的产业转移,然后西部省份获取经济增长所需的资金、技术等资源能力要弱于东中部地区。

三个地区人口效应都为正值,促进了用水量上升,从省份平均水平来看,中部最大,东部次之,西

部最小,虽然对用水量上升的正向作用远远弱于经济增长,但仍然是不容忽视的因素。东部地区人口分布效应为正值,主要因为人口占全国总人口比重有所上升,比如广东、上海、浙江等,中部地区人口分布效应为负值,主要因为人口占全国总人口比重有所下降,比如湖北、安徽、河南等,而西部地区人口分布对用水量变化的影响较小,仅为0.36亿 m³。

3.3 分解因素效应的产业差异

(1)全国差异。1998–2013年期间,产业结构效应和技术进步效应在三次产业之间存在明显的差异,如表4所示。产业结构效应在三次产业内部累计分别为-3496.33亿 m³、317.06亿 m³和-3.71亿 m³,占产业结构效应的比重分别为109.84%、-9.96%和0.12%,表明产业结构调整对用水量下降的促进作用主要来源于第一产业,第二产业比重变化却促进了用水量的上升。从产业结构效应在三次产业内部变化趋势来看,第一产业始终是产业结构调整促进用水量下降的主要来源,而第二产业和第三产业的贡献较小,并且第二产业始终促进用水量上升,而第三产业正负作用交替。

技术进步效应在三次产业内部累计分别为-2385.00亿 m³、-2189.04亿 m³和-909.01亿 m³,占技术进步效应的比重分别为43.50%、39.92%和16.58%,可见,第一产业用水效率提高对用水量下降的贡献最大,第二产业次之,第三产业最小并且与第一产业和第二产业差距较大。从技术进步效应在三次产业内部变化趋势的比较来看,三次产业用水效率一直提高,除2011–2012年外,技术进步效应在第三产业内部始终弱于第一产业和第二产业。

(2)省份差异。表5(见1317页)显示了各省份产业结构效应和技术进步效应在三次产业间的差异。各省份产业结构效应在第一产业内部最大,对

表4 1998–2013年中国用水量变化分解因素效应的产业差异

Table 4 Industrial difference of decomposition factor effect of water use change in China from 1998 to 2013 (亿 m³)

年份	区域产业结构效应			区域技术进步效应		
	第一产业	第二产业	第三产业	第一产业	第二产业	第三产业
1998–1999	-173.10	5.56	7.35	-39.41	-70.34	-34.15
1999–2000	-225.61	7.94	10.70	-198.85	-132.31	-49.93
2000–2001	-189.56	8.92	9.57	-102.90	-108.92	-37.18
2001–2002	-202.15	19.13	3.27	-256.90	-133.98	-45.82
2002–2003	-260.69	38.62	-5.56	-441.22	-134.04	-52.41
2003–2004	-183.50	30.89	-8.45	-92.67	-129.74	-51.45
2004–2005	-243.54	23.49	0.12	-194.21	-118.58	-56.73
2005–2006	-275.89	28.44	-1.91	-96.31	-138.90	-67.53
2006–2007	-326.72	26.40	0.45	-220.09	-154.44	-79.60
2007–2008	-218.51	16.69	1.35	-133.21	-183.56	-64.44
2008–2009	-247.46	17.34	0.94	-101.83	-181.14	-64.94
2009–2010	-289.43	43.43	-13.48	-200.94	-166.51	-64.09
2010–2011	-260.89	27.74	-7.56	-121.87	-181.51	-57.95
2011–2012	-204.73	13.30	-1.47	-56.61	-197.45	-135.29
2012–2013	-194.55	9.16	0.97	-128.00	-157.62	-47.50
1998–2013	-3 496.33	317.06	-3.71	-2 385.00	-2 189.04	-909.01

用水量下降的贡献显著大于第二产业和第三产业,第一产业比重的普遍下降促进了用水量的下降。

各省份技术进步效应在三次产业内部都是负值,表明各省份三次产业用水效率普遍提高,对用水量下降都起到积极作用,但是各省份三次产业的贡献却存在较大差异,其中,技术进步效应在第一产业内部最大的省份有16个。从表5中可以看出,第一产业技术进步效应贡献最大的16个省份分别为河北、内蒙古、辽宁、吉林、浙江、山东、河南、湖南、广西、海南、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆;第二产业技术进步效应贡献最大的13个省份分别为天津、山西、黑龙江、上海、江苏、安徽、福建、江西、湖北、广东、重庆、四川和贵州;第三产业技术进步效应贡献最大的2个省份分别为北京和西藏。因此,各省份推行三次产业节水技术或措施时需要有所区别和侧重。

(3)东中西部地区差异。表6显示了东中西部地区用水量变化的产业结构效应和技术进步效应在产业间的差异,同样使用省份平均水平表示。三个地区产业结构效应对用水量下降的促进作用主要来源于第一产业,表明第一产业向第二产业和第三产业转移是用水量下降的主要原因,从省份平均水平来看,中部最大,东部次之,西部最小。

从技术进步效应在三次产业内部平均水平来看,三个地区在第一产业上基本相当,然而在第二产业和第三产业上,东部地区与中部地区差异较小,却都明显大于西部地区,所以第二、三产业节水技术和管理的推广需要引起西部省份的足够重视,虽然技术进步效应在第一产业上与东中部地区相当,主要因为初始用水效率较低,而非提高较快,所以第一产业节水仍然是工作的关键所在。

4 考虑区域经济份额的用水量变化因素分解

4.1 分解因素效应的时间差异

根据公式(10)和公式(11),计算得到1998–2013年经济发达效应和区域经济份额效应,如表7(见1318页)所示。人口效应、区域产业结构效应和区域技术进步效应与前文相同,不再列示。累计经济发达效应为8901.22亿 m³,占总效应的比重为1385.12%,与区域经济发达效应一致,在2007–2009年和2010–2013年2个时间段都出现了下降,但是其占总效应的比重一直较大,说明经济增长始终是用水量上升的推动因素。

经济份额效应累计达到-82.71亿 m³,其绝对值占总效应的比重为12.87%,对用水量的下降起到正

2016年7月

表5 1998–2013年各省份用水量变化的分解因素效应的产业差异

Table 5 Industrial difference of decomposition factor effect of water use change of each province from 1998 to 2013 (亿m³)

省份	区域产业结构效应			区域技术进步效应		
	第一产业	第二产业	第三产业	第一产业	第二产业	第三产业
东部地区						
北京	-17.48	-0.75	1.33	-11.36	-16.05	-18.87
天津	-17.79	1.07	-1.02	-4.62	-11.54	-8.64
河北	-127.20	4.34	1.08	-146.51	-45.68	-35.22
辽宁	-75.25	4.25	-1.23	-71.24	-51.58	-36.50
上海	-27.42	-7.51	2.66	-4.47	-106.07	-24.44
江苏	-324.09	26.55	2.00	-83.23	-269.17	-72.90
浙江	-119.31	3.14	4.77	-89.40	-83.76	-40.95
福建	-115.49	21.32	-2.36	-77.45	-97.04	-19.50
山东	-173.65	7.37	-0.91	-144.38	-73.73	-43.14
广东	-269.87	21.93	-2.02	-164.71	-243.31	-101.26
海南	-14.71	1.24	0.59	-47.13	-7.18	-7.59
中部地区						
山西	-43.02	2.34	-0.10	-7.96	-23.75	-10.85
吉林	-67.24	7.60	-0.33	-45.12	-33.55	-16.50
黑龙江	-146.21	6.10	1.25	-103.66	-135.71	-26.36
安徽	-150.09	33.99	-1.99	-36.64	-93.42	-22.40
江西	-129.78	25.76	-4.98	-77.58	-91.29	-22.75
河南	-113.62	13.91	-1.64	-126.86	-68.19	-46.19
湖北	-142.60	29.19	1.15	-61.46	-162.38	-37.01
湖南	-201.50	27.44	1.46	-154.44	-112.97	-64.58
西部地区						
内蒙古	-198.28	7.41	-1.76	-114.50	-23.79	-20.09
广西	-187.60	20.19	-1.72	-154.30	-90.59	-58.68
重庆	-25.28	14.81	-4.54	-6.40	-64.29	-18.22
四川	-132.29	24.81	-3.74	-68.31	-112.60	-38.45
贵州	-49.78	5.45	4.98	-31.70	-47.43	-29.52
云南	-77.36	3.95	1.43	-86.15	-32.19	-28.41
西藏	-31.64	0.60	0.17	-2.62	-1.20	-4.12
陕西	-59.79	3.45	-0.57	-37.95	-25.06	-17.25
甘肃	-76.74	2.50	0.99	-68.66	-32.04	-13.54
青海	-24.44	1.72	-0.42	-10.62	-10.11	-4.67
宁夏	-65.18	1.58	-0.35	-75.74	-9.19	-2.27
新疆	-291.65	1.33	2.12	-269.81	-14.19	-18.17

表6 1998–2013年东中西部地区用水量变化分解因素效应的产业差异

Table 6 Industrial difference of decomposition factor effect of water use change in Eastern,

Medium and Western regions from 1998 to 2013

(亿m³)

地区	区域产业结构效应			区域技术进步效应		
	第一产业	第二产业	第三产业	第一产业	第二产业	第三产业
东部	-116.57	7.54	0.44	-76.77	-91.37	-37.18
中部	-124.26	18.29	-0.65	-76.72	-90.16	-30.83
西部	-101.67	7.32	-0.29	-77.23	-38.56	-21.12

表7 1998–2013年中国用水量变化的分解因素效应

Table 7 Decomposition factor effect of water use change in China from 1998 to 2013 (亿 m³)

年份	经济发达 效应	区域经济 份额效应	年份	经济发达 效应	区域经济 份额效应
1998–1999	430.21	-15.71	2006–2007	749.80	-14.31
1999–2000	471.14	-18.40	2007–2008	619.31	10.02
2000–2001	466.89	-15.39	2008–2009	614.02	7.11
2001–2002	533.21	-22.59	2009–2010	702.51	0.33
2002–2003	588.63	-21.66	2010–2011	641.76	24.60
2003–2004	654.31	-26.44	2011–2012	561.33	29.16
2004–2005	647.67	-15.86	2012–2013	518.31	14.45
2005–2006	702.12	-18.03	1998–2013	8 901.22	-82.71

向作用,并且以2007年为临界点,具有明显的阶段性特征,由负值变为正值,即地区经济份额的相对变化对用水量下降的影响由正向变为负向。

4.2 分解因素效应的区域差异

表8显示了各省份及东中西部地区用水量变化的经济发达效应和区域经济份额效应。各省份经济发达效应都显著促进用水量上升,是用水量上升的主要推动因素,从省份平均水平来看,中部最大,东部次之,西部最小,与区域经济规模效应的省份平均水平大小关系一致。

表8和图6都显示了各省份经济份额效应,各省份之间存在较大差异,标准差达到25.63亿 m³,而平均值仅为-2.67亿 m³,反映了省份经济规模在全

国地位的相对变化对用水量变化影响的差异性。新疆、黑龙江等19个省份经济份额效应为负值,表明在全国经济中的地位有所下降,不考虑其他因素,将引起用水量下降,比如新疆,地区生产总值占国内生产总值的比重从1998年的1.3382%下降到2013年的1.1048%,下降了0.2334个百分点,内蒙古、江苏等12个省份经济份额效应为正值,表明在全国经济中的地位有所上升,将引起用水量的上升。

东部地区经济规模在全国的相对地位变得更加重要,经济份额有所上升,经济份额的省份平均值从1998年的5.18%增加到2013年的5.20%,引起全国用水量的上升,但是上升有限;中部地区经济

表8 1998–2013年各省份用水量变化的分解因素效应

Table 8 Decomposition factor effect of water use change of each province from 1998 to 2013 (亿 m³)

省份	经济发达 效应	区域经济 份额效应	省份	经济发达 效应	区域经济 份额效应	省份	经济发达 效应	区域经济 份额效应
北京	53.24	-3.10	山西	92.66	-1.96	内蒙古	268.56	78.69
天津	34.28	7.68	吉林	168.62	0.38	广西	465.39	-3.62
河北	314.70	-22.77	黑龙江	462.13	-40.17	重庆	112.84	14.39
辽宁	213.61	-0.65	安徽	365.97	-0.59	四川	338.02	9.75
上海	181.85	-16.45	江西	344.20	-3.89	贵州	148.87	-3.45
江苏	798.30	32.79	河南	336.09	-10.97	云南	230.56	-22.74
浙江	309.53	-9.23	湖北	417.84	-9.10	西藏	48.23	1.85
福建	297.36	4.25	湖南	502.40	-6.44	陕西	126.57	12.12
山东	353.00	13.01				甘肃	188.81	-12.66
广东	709.05	5.79				青海	46.14	1.01
海南	70.78	-3.78				宁夏	119.03	-0.94
						新疆	782.58	-91.92
东部	3 335.71	7.54	中部	2 689.91	-72.73	西部	2 875.60	-17.52
东部平均	303.25	0.69	中部平均	336.24	-9.09	西部平均	239.63	-1.46

2016年7月

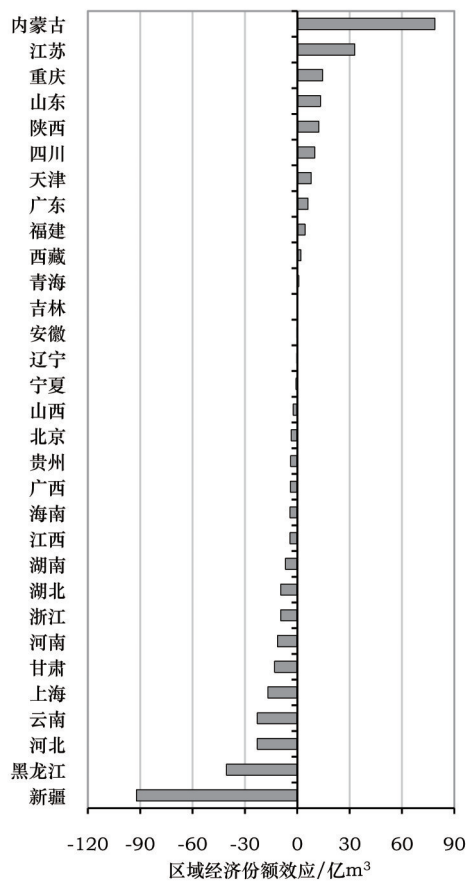


图6 1998–2013年各省份区域经济份额效应

Figure 6 Regional economic share effect of each province from 1998 to 2013

份额有所下降,经济份额的省份平均值从1998年的3.12%下降到2013年的2.98%,引起全国用水量的下降,西部地区经济份额有所上升但是区域经济份额效应为负值,主要与权数有关,新疆经济份额出现较大幅度下降。由于东部地区经济份额上升带来用水量增加量要小于中西部地区经济份额下降带来的用水量减少量,最终导致全国经济份额效应为负值。

5 结论及建议

5.1 结论

本文基于LMDI方法,主要分析考虑区域人口分布的用水量变化分解因素效应,将其分解为人口效应、区域人口分布效应、区域经济发达效应、区域产业结构效应和区域技术进步效应,得出如下结论:

(1)从用水量变化分解因素效应的时间差异看

出:产业结构调整和技术进步对用水量的上升具有抑制作用,但是技术进步的作用更加显著;经济增长是用水量上升的主要推动力,人口增长和人口分布变化也促进用水量的上升,却远远小于经济增长的作用;由于人口效应、区域人口分布效应和区域经济发达效应对用水量的上升完全抵消了区域产业结构效应和区域技术进步效应对用水量的下降,最终导致全国用水量在样本期内上升642.63亿 m^3 。

(2)从用水量变化分解因素效应的区域差异看出:各省份分解因素效应具有较大差异,表明考虑区域异质性对用水量变化影响分析的必要性;北京、河北等9个省份用水量出现下降,而绝大部分中西部省份用水量出现上升,东部地区用水量控制总体上好于中西部地区;技术进步促进用水量下降的作用普遍强于产业结构调整;经济增长是各省份和地区用水量上升的主要影响因素,从平均水平来看,中部地区最显著;各省份人口规模扩大促进用水量上升,但影响有限,也是中部地区最显著;从省际用水强度和经济发展水平两个角度分析人口分布对用水量变化的影响,人口占全国总人口比重上升省份的用水强度低于比重下降省份,人口流动会带来比重下降省份(流出地)用水量的下降,同时,人口占全国总人口比重上升省份的经济发展水平要高于比重下降省份,人口流动会带来比重上升省份(流入地)用水量的上升,由于上升的用水量大于下降的用水量,最终导致区域人口分布效应为正值,东部地区省份人口占全国总人口比重有所上升,而中部地区却有所下降。

(3)从用水量变化分解因素效应的产业差异看出:第一产业始终是产业结构调整促进用水量下降的主要来源;各省份技术进步效应在三次产业内部存在较大差异,东中部地区技术进步效应在第二、第三产业内部明显大于西部地区,而从全国来看,第一产业是技术进步促进用水量下降的来源。

(4)考虑区域经济份额的用水量变化分解因素效应表明:除了区域人口流动外,区域经济份额也对用水量变化产生影响,经济增长始终是用水量上升的主要影响因素;各省份经济份额效应存在较大差异,东部地区经济规模在全国的地位变得更加重要,引起全国用水量上升,中部地区却有所下降,西

部地区经济份额效应为负值主要与权数密切相关。

5.2 政策建议

(1) 经济发展是社会前进的动力,促进了用水量的增加,所以从这个方面减少用水量难度很大。由于技术进步是抑制用水量上升的主要影响因素,因此,各省份需要不断地进行节水技术创新,提高用水效率,尤其是中西部地区,但是各省份重点关注的产业应该有所区别和侧重;农业用水效率较低,具有更大的节水潜力,需要更加重视农业节水,采取各种措施,有效提高农田灌溉水有效利用系数,同时,也需要推进第二、三产业技术节水。

(2) 产业结构调整抑制用水量上升的作用仅次于技术进步,所以需要进一步优化升级产业结构,在保证农业基础地位和粮食安全的前提下,由耗水强度大的农业向耗水强度小的第二、三产业转移,同时,也需要优化不同产业内部结构,支持耗水强度小的行业发展。

(3) 区域人口分布变化促进了全国用水量上升,而人口流动是引起人口分布变化的重要原因。国务院2014年7月24日发布的《关于进一步推进户籍制度改革的意见》等鼓励和加快人口流动显然不利于用水量的控制,主要因为该政策的目标具有复杂性和多面性,控制用水量并不是其目标,因此不能否定人口流动趋势。虽然人口迁入促进东部地区大部分省份用水量上升,但是人口迁出却有利于大部分中西部省份用水量下降,东部省份控制用水量增长的能力远远强于中西部省份,因此,人口流动可以显著减少中西部欠发达省份用水量,且东部省份由于先进的节水技术与管理致使用水量增加有限。

(4) 绝大部分中西部省份用水量上升与自身节水技术与管理等落后存在密切关系,因此,经济发达地区需要加大对中西部欠发达地区给予技术、资金等各方面支持,同时,国家也需要给予政策倾斜。

参考文献(References):

- [1] 王浩. 中国水资源问题及其科学应对[EB/OL]. (2011-09-21) [2015-10-20]. <http://zt.cast.org.cn/n435777/n435799/n13215955/n13216711/13324916.html>. [Wang H. Water Resources Problem

and Its Scientific Response in China [EB/OL]. (2011-09-21) [2015-10-20]. <http://zt.cast.org.cn/n435777/n435799/n13215955/n13216711/13324916.html>.]

- [2] 贾绍凤,张士锋,杨红,等. 工业用水与经济发展的关系-用水库兹涅茨曲线[J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 279-284. [Jia S F, Zhang S F, Yang H, et al. The relationship between industrial water use and economic growth-based the water Kuznets curve[J]. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(3): 279-284.]
- [3] 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. [Zhang C J, Zhang H Q. A new environmental Kuznets curve: Relationship between industrial water use and economic growth [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(5): 116-123.]
- [4] Jia S, Yang H, Zhang S, et al. Industrial water use Kuznets curve: Evidence from industrialized countries and implications for developing countries[J]. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 2006, 132(3): 183-191.
- [5] Duarte R, Pinilla V, Serrano A. Is there an environmental Kuznets curve for water use? A panel smooth transition regression approach [J]. *Economic Modelling*, 2013, 31(38): 518-527.
- [6] 刘渝,杜江,张俊飏. 中国农业用水与经济增长的Kuznets假设及验证[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(4): 593-597. [Liu Y, Du J, Zhang J B. Hypothesis and validation on the Kuznets curve of agriculture water use and economic growth[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, 17(4): 593-597.]
- [7] 吴宗杰,董会忠. 水资源利用与经济增长时序变量动态关系实证研究-以山东省为例[J]. 东岳论丛, 2013, 34(7): 68-72. [Wu Z J, Dong H Z. The dynamic relationship empirical research between water use and economic growth time series variables-taking Shandong province as an example[J]. *Dong Yue Tribune*, 2013, 34(7): 68-72.]
- [8] 张兵兵,沈满洪. 工业用水与工业经济增长、产业结构变化的关系[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(2): 9-14. [Zhang B B, Shen M H. Relationship between the industrial water usage and the industrial economic growth and the industrial structure change [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(2): 9-14.]
- [9] 雷玉桃,黎锐锋. 中国工业用水影响因素的长期动态作用机理[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(2): 1-8. [Lei Y T, Li R F. Study on the dynamic long-term interaction-mechanism of Chinese industry water consumption and influencing factors[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(2): 1-8.]
- [10] 贾绍凤. 工业用水零增长的条件分析-发达国家的经验[J]. 地理科学进展, 2001, 20(1): 51-59. [Jia S F. The linkage between industrial water use decrease and industrial structure upgrade-

2016年7月

- experience of developed countries[J]. *Progress in Geography*, 2001, 20(1): 51-59.]
- [11] 贾绍凤, 张士锋. 中国的用水何时达到顶峰[J]. 水科学进展, 2000, 11(4): 470-477. [Jia S F, Zhang S F. When will fresh water use in China reach the climax[J]. *Advances in Water Science*, 2000, 11(4): 470-477.]
- [12] 佟金萍, 马剑锋, 王慧敏, 等. 农业用水效率与技术进步: 基于中国农业面板数据的实证研究[J]. 资源科学, 2014, 36(9): 1765-1772. [Tong J P, Ma J F, Wang H M, et al. Agriculture water use efficiency and technical progress in China based on agriculture panel data[J]. *Resources Science*, 2014, 36(9): 1765-1772.]
- [13] 贾绍凤, 张士锋, 夏军, 等. 经济结构调整的节水效应[J]. 水利学报, 2004, (3): 111-116. [Jia S F, Zhang S F, Xia J, et al. Effect of economic structure adjustment on water saving[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2004, (3): 111-116.]
- [14] 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. [Lv W H, Gao Z G. Industrial water utilization change and spatial-temporal difference in Xinjiang[J]. *Resources Science*, 2013, 35(7): 1380-1387.]
- [15] 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. [Liu C, Bai M G. Change in industrial water use in Anhui province based on LMDI[J]. *Resources Science*, 2012, 34(12): 2299-2305.]
- [16] 中华人民共和国国家统计局. 2014年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2015-02-26)[2015-10-20]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201502/t20150226_685799.html. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. Statistical Bulletin of National Economic and Social Development in 2014 [EB/OL]. (2015-02-26)[2015-10-20]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201502/t20150226_685799.html.]
- [17] 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. [Sun C Z, Xie W. Measurement of the driving effects on industrial water utilization change and its spatial difference[J]. *Economic Geography*, 2011, 31(4): 666-672.]
- [18] 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, 36(2): 334-341. [Ma H L, Xu J, Wang P C. Water resource utilization and China's urbanization[J]. *Resources Science*, 2014, 36(2): 334-341.]
- [19] 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. [Chen D J. Regional factor decompositions and difference of the change in agriculture and industrial water intensity in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2012, 27(2): 332-343.]
- [20] 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. [Zhang C J, Zhang H Q, Gong Y Y. Structural upgrading, technical progress and water resource consumption based on a refined LMDI method[J]. *Resources Science*, 2014, 36(10): 1993-2002.]
- [21] Ang B W. Decomposition analysis for policy making in energy: Which is the preferred method?[J]. *Energy Policy*, 2004, 32(9): 1131-1139.
- [22] Ang B W, Zhang F Q. A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies[J]. *Energy*, 2000, 25(12): 1149-1176.
- [23] 中华人民共和国水利部. 中国水资源公报[EB/OL]. (2014-11-20)[2015-10-20]. <http://www.mwr.gov.cn/zwzc/hygb/szygb/>. [The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. China Water Resources Bulletin [EB/OL]. (2014-11-20)[2015-10-20]. <http://www.mwr.gov.cn/zwzc/hygb/szygb/>.]
- [24] 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, 2014. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. China Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2014.]
- [25] 国家统计局人口和就业统计司. 中国人口和就业统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013. [Division of Population and Employment Statistics of the National Bureau of Statistics. China Population & Employment Statistics Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2013.]
- [26] 云逸, 邹志红, 王惠文. 北京市用水结构与产业结构的成分数据回归分析[J]. 系统工程, 2008, 26(4): 67-71. [Yun Y, Zou Z H, Wang H W. A regression model based on the compositional data of Beijing's water consumed structure and industrial structure[J]. *Systems Engineering*, 2008, 26(4): 67-71.]
- [27] 杨传开, 宁越敏. 中国省际人口迁移格局演变及其对城镇化发展的影响[J]. 地理研究, 2015, 34(8): 1492-1506. [Yang C K, Ning Y M. Evolution of spatial pattern of inter-provincial migration and its impacts on urbanization in China[J]. *Geographical Research*, 2015, 34(8): 1492-1506.]

Factors influencing water use changes based on LMDI Methods

ZHANG Chenjun, ZHANG Hengquan, CHEN Qiyong, ZHANG Wanli

(School of Business, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: The LMDI method was used to decompose the factors influencing water use in China into a population effect, regional population distribution effect, regional economic development effect, regional industrial structure effect and regional technical progress effect. We found that technical progress and industrial structural adjustment are two factors inhibiting the increase in water use, especially technical progress. Industrial structural effect of primary industry is the most significant factor in all provinces, but technical progress effect varies across provinces. Economic growth is the main impulse for rising water use which can be seen as the most manifested phenomenon in medium regions. An extended population promotes water use, however little effect working out; population distribution (folw) develops water use in China. Changes in regional economic share exert great influence on decreasing water use, but there is a significant difference between provinces. The rise of the economic share of the eastern region promotes increasing water consumption and proper measures should be taken to solve this unbalanced situation. Provinces should cement water-saving technical innovation and put high value on agricultural water saving. The country should optimize and upgrade industrial structure, transferring agriculture that consumes large sums of water to secondary and tertiary industries with relatively low water use. The eastern region needs to reinforce the financial and technical support towards the lesser developed central and western regions.

Key words: water use; heterogeneity of the regionals; population distribution; LMDI; China