

DOI:10. 3880/j. issn. 1004 - 6933. 2019. 05. 006

基于污水排放量分配的中国水资源利用效率测算

邓光耀

(兰州财经大学统计学院,甘肃 兰州 730020)

摘要:基于数据包络分析模型测算了中国 2004—2016 年的水资源利用效率,分析了污水排放量的分配方案。结果表明:各省级行政区水资源利用效率存在较大差异,北京、天津和上海的效率最高,而新疆、青海和宁夏的效率最低;对东中西三大区域来说,东部地区的水资源利用效率最高,中部次之,西部最低;水资源利用效率较高的地区可以承担更多的污水排放量,反之则需要削减污水排放量;水资源利用效率较低的地区应当向水资源利用效率较高的地区学习先进的节水和减排技术,实现控制污水排放量和水资源使用量的双重目标。

关键词:水资源利用效率;数据包络分析;核密度估计;污水排放量分配;中国

中图分类号:TV213.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1004 - 6933(2019)05 - 0028 - 07

Estimation of water use efficiency in China based on sewage discharge distribution // DENG Guangyao (School of Statistics , Lanzhou University of Finance and Economics , Lanzhou 730020 , China)

Abstract: Based on the model of data envelopment analysis, this paper estimated the water use efficiency in China from 2004 to 2016, and analyzed the plan of sewage discharge distribution. The results show that there are significant differences in the water use efficiency of various provincial administrative regions. Beijing, Tianjin and Shanghai have the highest water use efficiency, while Xinjiang, Qinghai and Ningxia have the lowest one. For the three major regions of middle, east and west, the eastern region has the highest water use efficiency, followed by the central region and the western region. Provincial administrative regions with higher water use efficiency can undertake more sewage discharge, whereas sewage discharge needs to be reduced. Provincial administrative regions with low water use efficiency should learn advanced water-saving and drainage reduction technologies from provincial administrative regions with high water use efficiency in order to achieve the dual objectives of controlling sewage discharge and water use.

Key words: water use efficiency; data envelopment analysis; kernel density estimation; sewage discharge distribution; China

随着经济的发展和人口的增长,中国对水资源的需求越来越大,加上水资源时空分布不均,导致了水资源供求矛盾日益尖锐。为了解决中国的水资源供求矛盾问题,提升水资源利用效率是必经之路。

目前学术界主要利用数据包络分析 (data envelopment analysis, DEA) 模型来研究水资源利用效率。由于产品生产过程中,除了水资源投入之外,还需要劳动力和资本等要素投入,因此利用 DEA 模型研究水资源利用效率一般是全要素视角,如 Hu 等^[1]从全要素视角对水资源利用效率进行了研究,

指出中国中部地区的水资源利用效率较低。由于水资源使用过程中,会产生大量的污水,因此大多数水资源利用效率的研究将污水视为非期望产出。马海良等^[2]基于投入导向的 DEA 模型,测算出含有非合意产出 (污水) 的全要素水资源利用效率,并采用托宾 (Tobit) 模型对影响水资源利用效应的因素进行了分析。买亚宗等^[3]对 2000—2012 年中国各省 (市、自治区) (以下简称“省”) 工业用水效率进行了测算,指出各省工业用水效率呈现不同的发展趋势。王莹^[4]分析了 2002—2012 年江苏省水资源利用效率,指出 DEA 有效的年份达到了 55%。Wang

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(71704070);教育部人文社会科学研究青年基金西部和边疆地区项目(17XJC790002);甘肃省高等学校科研项目(2017B-41);兰州财经大学丝绸之路经济研究院科研项目(JYYZ201603);兰州财经大学科研项目(Lzufe2018B-06)

作者简介:邓光耀(1985—),男,副教授,博士,主要从事资源环境经济研究。E-mail:dgy203316@163.com

等^[5]研究了2009—2010年中国各省的水资源利用效率,指出中国节水潜力和减排潜力存在区域差异。杨骞等^[6]在考虑污染排放约束的基础上,基于全局基准技术的非径向方向性距离函数模型,测算了中国2001—2012年中国分省和分区域的水资源绩效,并对其演变趋势和驱动因素进行了实证考察。Deng等^[7]基于水足迹视角,利用松弛测度(slack based measure,SBM)-DEA模型,对中国2004—2013年各省水资源利用效率进行了测算,并利用存在自相关和异方差的面板数据模型研究其影响因素。刘晓君等^[8]基于非期望产出超效率SBM模型,分析了西部各省水资源利用效率的动态演化趋势,并采用Tobit模型分析其影响因素,指出西部水资源利用效率整体不高。Yang等^[9]同时分析了2003—2014年中国各省水资源利用效率和能源利用效率,指出除了北京和上海等少数地区外,其他地区的水资源利用效率较低。邓光耀等^[10]利用Malmquist-Luenberger指数研究了中国各省水资源利用效率及回弹效应,指出各省水资源利用效率存在较大差异。赵沁娜等^[11]利用SBM-DEA模型测算了2005—2014年中国各省工业用水效率,并分析了其空间相关性,指出中国工业用水效率平均值从2007年开始呈现逐年上升的趋势,且总体呈现出东部大于中部大于西部的趋势,并且存在正的空间相关性。Zhou等^[12]基于两阶段SBM-DEA模型研究了中国各省2005—2016年的水资源利用效率,指出用水子系统的效率高于污水处理子系统的效率。张兆方等^[13]基于超效率DEA-Malmquist-Tobit方法研究了中国“一带一路”沿线各省水资源利用效率,指出水资源全要素生产率指数变动整体呈增长趋势,其变化主要由技术进步所决定。

虽然已有较多对中国水资源利用效率问题的研究,但都没有考虑水资源使用过程中对污水进行总量控制时,各省污水排放量应该如何重新分配。为此,本文利用零和数据包络分析(zero sum gains data envelopment analysis,ZSG-DEA)模型对2004—2016年中国水资源利用效率进行进一步研究。

1 研究方法

与经典的CCR(Charnes, Cooper, Rhodes)-DEA模型^[14-15]各决策单元(DMU)相互独立不同,Lins等^[16]建立的ZSG-DEA模型认为各决策单元之间某些变量存在总和约束。例如在水资源使用过程中,会产生大量的污水,而污水通常会对环境产生负面

影响,在现实中决策者会对污水进行总量控制。类似于Gomes等^[17-21]对CO₂、PM_{2.5}和能源消费的处理方法,本文将污水视为一种投入(只有将非期望产出作为投入,才能利用ZSG-DEA模型对污水排放量(碳排放、PM_{2.5})进行分配)。ZSG-DEA模型为

$$\begin{aligned} & \min h_{zk} \tag{1} \\ & \left\{ \begin{aligned} & \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_{ij} \left[1 + \frac{x_{ik}(1-h_{zk})}{\sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij}} \right] \leq h_{zk} x_{ik} \\ & \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk} \quad (r=1,2,\dots,s; \lambda_j \geq 0) \end{aligned} \right. \tag{2} \end{aligned}$$

式中: h_{zk} 为基于ZSG-DEA模型测算的水资源利用效率; n 为决策单元的总数; m 为投入变量的总数; s 为产出变量的总数; x_{ij} 、 x_{ik} 分别为决策单元 j 、 k 的第 i 种投入; y_{rj} 、 y_{rk} 分别为决策单元 j 、 k 的第 r 种产出; λ_j 为决策单元 j 的权重系数。由式(2)可得,决策单元 k 欲达到有效,需要在保持当前产出不变的情况下,将投入减少 $x_{ik}(1-h_{zk})$ 。根据比例分配原则,其他决策单元所分摊的投入增加量对应于它们原有投入在总投入中的占比,因此决策单元 $j(j \neq k)$ 从决策单元 k 处分摊得到的投入为

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}x_{ik}(1-h_{zk})}{\sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij}} \tag{3}$$

由于所有决策单元均会进行污水排放的调整,故决策单元 j 调整之后的污水排放量为

$$x_{ij}^{**} = \sum_{k=1, k \neq j}^n \frac{x_{ij}x_{ik}(1-h_{zk})}{\sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij}} - x_{ij}(1-h_{zk}) \tag{4}$$

由于式(1)和式(2)是非线性规划,不易直接求解,Gomes等^[17]证明经典CCR-DEA模型中水资源利用效率 h_{ck} 和式(1)中的 h_{zk} 存在以下关系:

$$h_{zk} = h_{ck} \left[1 + \frac{\sum_{j \in W} x_{ij}(1-\rho_{kj}h_{zk})}{\sum_{j \notin W} x_{ij}} \right] \tag{5}$$

其中

式中: W 为经典CCR-DEA模型计算得到的水资源利用效率不为1的省级行政区(决策单元)集合; h_{ej} 为决策单元 j 利用经典CCR-DEA模型计算得到的水资源利用效率。由式(5),经过多次迭代,可得到经过分配之后各省水资源利用效率值均为1。另外,利用式(4)可得到污水排放量在各省之间的分配情况。

2 数据来源

参考文献[7],将劳动力、资本、用水量和污水排放量视为投入,国内生产总值(GDP)视为产出,分别采用CCR-DEA模型和ZSG-DEA模型来研究2004—2016年中国大陆31省的水资源利用效率(限于数据的可得性,本文的研究范围不包括香港、澳门和台湾)。劳动力、用水量、污水排放量和GDP数据来自于历年的《中国统计年鉴》。由于各省生产所需要的资本投入不但在当年可以使用,而且以后的年份也可以继续使用以前投入的资本,故本文参考文献[22],通过永续存盘法计算物质资本存量,计算物质资本存量所需要的固定资本存量数据也来自于《中国统计年鉴》。另外考虑到通货膨胀的影响,以2004年为基期,对GDP和资本存量数据进行平减处理。

3 测算结果与分析

3.1 CCR-DEA模型测算结果

以2004年、2010年和2016年为代表年份说明各省利用CCR-DEA模型测算得到的水资源利用效率和初始污水排放情况,结果如表1所示(限于篇幅,只列出效率值较高和较低的省级行政区)。从表1可以看出:

a. 北京、天津和上海在代表年份中的水资源利用效率均为1.0000,说明3市处于CCR-DEA模型的前沿面上,效率值最高。这是因为北京、天津和上海为中国的直辖市,代表的是中国经济发展的最高水平,因此考虑资本、劳动力、水资源使用量和污水排放量在内的全要素水资源利用效率最高。另外,内蒙古、浙江和广东等省部分年度的水资源利用效率也达到了1.0000,这与这些省生产单位产出所消耗的资本、劳动力、水资源以及污水排放量较低有关(其中内蒙古单位产出的污水排放量较低)。

b. 水资源利用效率较低的是西北内陆地区的新疆、青海和宁夏,这是因为一方面这些省经济发展

水平较为落后,另一方面西北内陆地区的水资源蒸发量较大,因此相对于处于CCR-DEA前沿面上的北京、天津和上海来说,新疆、青海和宁夏水资源利用效率较低。

c. 污水排放量和水资源利用效率的相关性不高。例如广东和浙江等省污水排放量较高,但是水资源利用效率较高;青海和宁夏等省的污水排放量较低,但是水资源利用效率较低;北京和天津等省的污水排放量适中,但是水资源利用效率值较高。经计算,2004年、2010年、2016年以及2004—2016年水资源利用效率和污水排放量的相关系数分别为0.3808、0.3623、0.3351和0.3980,说明水资源利用效率和污水排放量相关性不大,各省可达到控制污水排放量,提高水资源利用效率的双重目标。

根据表1的结果,中国各省水资源利用效率存在较大差异,水资源利用效率较低的地区应当向水资源利用效率较高的地区学习先进的节水和减排技术,促进化工等高耗水行业节水技术的改造,大力推广使用节水设备和器具,提高工业污水和生活污水的处理水平,实现控制污水排放量和水资源使用量的双重目标。由于各省水资源使用量和污水排放量存在较大差异,因此在分解节水和减排目标时,需要注意各省水资源利用效率的实际情况,避免平均主义的现象。此外,需要进一步深化落实最严格的水资源管理制度,倡导节约环保的用水理念和用水模式,从政府和个人两方面入手,切实提高水资源利用效率。

为了分析各省水资源利用效率的区域差异,本文将中国大陆31个省划分为东中西三大区域,其中东部地区包括辽宁、北京、天津、河北、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西和海南等12个省;中部地区包括山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南等9个省;西部地区包括陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、四川、重庆、云南、贵州、西藏等10个省。2004—2016年各区域水资源利用效率如图1所示。

表1 代表年份水资源利用效率 h_{ek} 和初始污水排放量 S_1

省级行政区	2004年		2010年		2016年		2004—2016年平均值	
	h_{ek}	S_1 /亿t	h_{ek}	S_1 /亿t	h_{ek}	S_1 /亿t	h_{ek}	S_1 /亿t
北 京	1.0000	9.8000	1.0000	13.6000	1.0000	16.6419	1.0000	13.0827
天 津	1.0000	4.9000	1.0000	6.8000	1.0000	9.1534	1.0000	7.0916
内 蒙 古	1.0000	5.3000	0.9252	9.3000	0.8862	10.4696	0.9568	8.4907
上 海	1.0000	19.3000	1.0000	24.8000	1.0000	22.0759	1.0000	22.0710
浙 江	1.0000	28.1000	0.9886	39.5000	0.9720	43.0857	0.9882	37.8159
广 东	1.0000	54.2000	1.0000	72.3000	0.9588	93.8261	0.9943	75.7995
青 海	0.5626	1.4000	0.6247	2.3000	0.5579	2.7275	0.6117	2.1222
宁 夏	0.5384	2.4000	0.5480	4.1000	0.5691	3.3949	0.5409	3.6052
新 疆	0.7183	6.0000	0.7151	8.4000	0.6325	9.3907	0.6952	8.2087

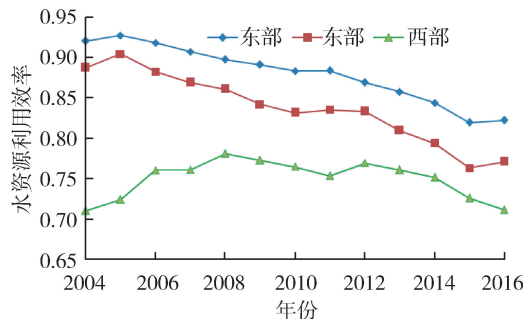


图1 2004—2016年各区域水资源利用效率

从图1可以看出:①2004—2016年东部地区的水资源利用效率最高,中部次之,西部最低,这是由于东部地区经济发达,生产技术更为先进,产出一定的情况下需要的投入较少。②2004—2016年东部和中部地区的水资源利用效率均有下降的趋势,而西部地区则先上升后下降,这是因为在初始年度内,东部和中部地区各省与处于前沿面的省生产技术差异较小,因此利用CCR-DEA模型测算得到的水资源利用效率均较高;随着时间的推移,其他省与处于前沿面的省生产技术差异在扩大,从而其他省的水资源利用效率相对于处于前沿面的省在下降。需要说明的是,由于节水技术的进步,从单位产出所需要消耗的水资源使用量来看,2004—2016年各省水资源利用的绝对效率是上升的,这与利用CCR-DEA模型测算得到的相对效率的趋势是不一致的。

为说明中国各省水资源利用效率的动态演进过程,参考文献[23],以2004年、2007年、2010年、2013年和2016年为例,对中国各省水资源利用效率进行核密度估计,结果如图2所示。

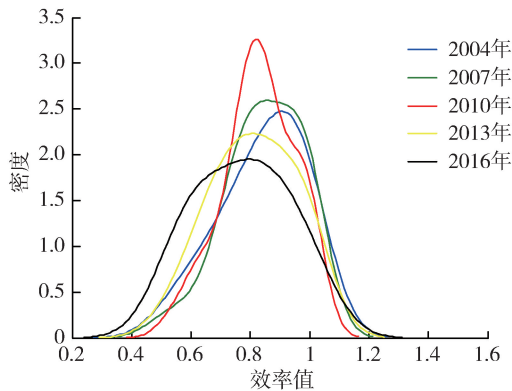


图2 水资源利用效率的核密度估计

从图2可以看出:①各年度密度函数中心值逐渐左移,说明利用CCR-DEA模型测算得到的中国各省水资源利用效率是下降的,与图1中的结果是一致的;②2010年密度函数中心的峰值比其他年份更大,说明2010年各省水资源利用效率在31省平均值附近的样本较多,数据更集中;③各年度均呈现单峰分布的特征,说明各省水资源利用效率未

出现两极分化的现象;④尾部图形呈现出左偏分布的特征,说明左边的样本量比右边更多,即考察年度里水资源利用效率大于31省平均值的省份更多。

3.2 ZSG-DEA模型测算结果

由于经过多次迭代之后,中国各省的水资源利用效率均会位于前沿面上,因此本文只列出利用ZSG-DEA模型计算得到的水资源利用效率的第一次迭代结果以及经过最终分配之后的污水排放量(表2)。

从表2可以看出:①与表1中利用CCR-DEA模型测算得到的水资源利用效率相比,各省利用ZSG-DEA模型得到的水资源利用效率的第一次迭代值更大,这是因为利用式(5)得到的水资源利用效率会收敛于1;②与表1中初始的污水排放量相比,最终分配的污水排放量部分省增加,部分省减少,但是各省污水排放量总和在对应年度保持不变。2004—2016年水资源利用效率平均值较高的北京、天津、内蒙古、黑龙江、上海、江苏、浙江、安徽、山东、湖南、广东、西藏等12个省污水排放量增加,水资源利用效率平均值较低的其他19个省污水排放量减少。

类似于碳排放权交易,在控制污水总量保持不变的情况下,在环境保护监督管理部门分配的额度内(即本文表2的测算结果),并在确保该权利的行使不损害其他公众环境权益的前提下,中国各省也可以实施污水排放权交易。通过污水排放权交易,有助于形成污染水平低、生产效率高的合理经济格局,最终促使环境质量随经济增长而不断改善。

图3为2004—2016年各区域最终分配污水排放量与初始污水排放量之差 $S_2 - S_1$,可以看出:①2004—2016年,东部区域 $S_2 - S_1 > 0$,这是因为东部地区各省水资源利用效率较高,可以分摊的污水排放量较多;中部地区和西部地区 $S_2 - S_1 < 0$,说明中西部地区可以分摊的污水排放量较少;②2004—2016年三大区域 $S_2 - S_1$ 变化较为频繁,经历了上升和下降的多次更迭。

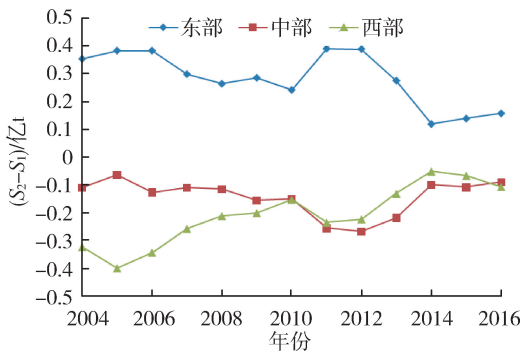


图3 2004—2016年各区域污水排放量之差

表 2 代表年份水资源利用效率 h_{zk} 和最终分配污水排放量 S_2

省级行政区	2004 年		2010 年		2016 年		2004—2016 年平均值	
	h_{zk}	S_2 / 亿 t	h_{zk}	S_2 / 亿 t	h_{zk}	S_2 / 亿 t	h_{zk}	S_2 / 亿 t
北 京	1.0000	10.1638	1.0000	14.0522	1.0000	16.9477	1.0000	13.5024
天 津	1.0000	5.0819	1.0000	7.0261	1.0000	9.3216	1.0000	7.3166
河 北	0.9714	20.8502	0.9664	26.2516	0.9712	28.5424	0.9672	26.1276
山 西	0.9962	9.7126	0.9596	11.7069	0.9543	13.5357	0.9633	11.7959
内蒙古	1.0000	5.4968	0.9848	9.4662	0.9914	10.5708	0.9936	8.6960
辽 宁	0.9738	19.6914	0.9601	21.6235	0.9519	22.1048	0.9622	22.5449
吉 林	0.9693	8.7506	0.9094	10.7264	0.9813	9.7013	0.9366	10.4955
黑龙江	0.9824	11.6179	0.9667	11.8916	0.9687	13.6465	0.9710	13.0593
上 海	1.0000	20.0165	1.0000	25.6246	1.0000	22.4814	1.0000	22.7883
江 苏	0.9448	45.4843	0.9836	56.3447	0.9902	62.1354	0.9768	55.9660
浙 江	1.0000	29.1432	0.9978	40.7208	0.9981	43.7884	0.9980	38.9638
安 徽	0.9643	14.8051	0.9760	18.6569	0.9853	24.1424	0.9696	21.1167
福 建	0.9463	18.9372	0.9460	23.3516	0.9801	23.6480	0.9439	23.6329
江 西	0.9585	11.9351	0.9637	16.0353	0.9895	22.2748	0.9660	17.1219
山 东	0.9962	27.2739	0.9698	43.6350	0.9864	50.9479	0.9796	41.5429
河 南	0.9762	25.4015	0.9358	34.6471	0.9612	39.2915	0.9459	33.9274
湖 北	0.8706	20.9982	0.9573	26.7904	0.9820	27.4701	0.9404	26.3550
湖 南	0.9757	25.2883	0.9939	27.5215	0.9939	30.2358	0.9905	28.2794
广 东	1.0000	56.2121	1.0000	74.7041	0.9971	95.2376	0.9996	78.1798
广 西	0.9811	22.2803	0.9000	29.0439	0.9533	18.7459	0.9231	24.6240
海 南	0.9022	3.0975	0.9439	3.6142	0.9601	4.3137	0.9301	3.5626
重 庆	0.9317	13.1496	0.9462	12.5225	0.9855	20.2763	0.9440	14.1864
四 川	0.9251	23.1900	0.9703	25.6592	0.9835	35.3166	0.9605	28.1553
贵 州	0.8656	5.0466	0.9463	5.9723	0.9840	10.0940	0.9388	7.4019
云 南	0.9580	7.7563	0.9455	8.9967	0.9475	17.4666	0.9431	11.5643
西 藏	0.9067	0.4719	0.9870	0.4081	0.9972	0.6238	0.9739	0.4489
陕 西	0.9468	7.4712	0.9628	11.5462	0.9752	16.5394	0.9645	11.8194
甘 肃	0.9230	4.3172	0.9602	5.0649	0.9708	6.5591	0.9548	5.4105
青 海	0.8362	1.2220	0.8974	2.1396	0.9494	2.6390	0.8903	1.9671
宁 夏	0.8224	2.0606	0.8644	3.6765	0.9515	3.2918	0.8589	3.2117
新 疆	0.9101	5.6763	0.9295	8.0793	0.9624	9.2050	0.9258	7.8746

同前,仍以 2004 年、2007 年、2010 年、2013 年和 2016 年为例,对各省 $S_2 - S_1$ 进行核密度估计,结果如图 4 所示。从图 4 可以看出:①各年度密度函数中心值在 0 左右摆动,这是因为密度函数的中心值反映了一组数据的平均值,而 31 省 $S_2 - S_1$ 的平均值为 0;②2016 年密度函数中心峰值比其他年份更大,说明 2016 年各省 $S_2 - S_1$ 在 31 省平均值附近的样本较多,

数据更集中;③各年度均呈现双峰甚至多峰分布的特征,说明各省 $S_2 - S_1$ 出现两极甚至多极分化的现象;④尾部图形呈现对称分布的特征,说明 $S_2 - S_1$ 大于 0 的样本和小于 0 的样本数量大致相同。

4 结 论

a. 中国各省水资源利用效率存在较大差异,北京、天津和上海位于 CCR-DEA 模型的前沿面上,效率最高,而新疆、青海和宁夏的水资源利用效率较低。

b. 2004—2016 年东部地区的水资源利用效率最高,中部次之,西部最低;东部和中部地区的水资源利用效率均有下降的趋势,而西部地区则先上升后下降。

c. 经过 ZSG-DEA 模型对污水排放量的分配之后,2004—2016 年水资源利用效率平均值较高的北京、天津、内蒙古、黑龙江、上海、江苏、浙江、安徽、山东、湖南、广东、西藏等 12 个省污水排放量增加,水资源利用效率平均值较低的其他 19 个省污水排放

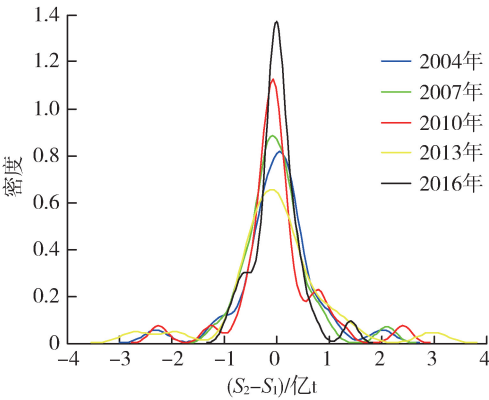


图 4 污水排放量之差的核密度估计

量减少。

参考文献:

- [1] HU J L, WANG S C, YEH F Y. Total-factor water efficiency of regions in China[J]. Resources Policy, 2006, 31(4): 217-230.
- [2] 马海良, 黄德春, 张继国. 考虑非合意产出的水资源利用效率及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(10): 35-42. (MA Hailiang, HUANG Dechun, ZHANG Jiguo. Water resource utility efficiency and its influencing factors considering undesirable goods [J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22(10): 35-42. (in Chinese))
- [3] 买亚宗, 孙福丽, 石磊, 等. 基于 DEA 的中国工业水资源利用效率评价研究[J]. 干旱区资源与环境, 2014(11): 42-47. (MAI Yazong, SUN Fuli, SHI Lei, et al. Evaluation of China's industrial water resources utilization efficiency based on DEA [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014(11): 42-47. (in Chinese))
- [4] 王莹. 基于 DEA 的江苏省工业水资源利用效率研究[J]. 水利经济, 2014, 32(5): 19-22. (WANG Ying. Research on utilization efficiency of industrial water resources in Jiangsu Province; based on DEA [J]. Journal of Economics of Water Resource, 2014, 32(5): 19-22. (in Chinese))
- [5] WANG Y, BIAN Y, XU H. Water use efficiency and related pollutants' abatement costs of regional industrial systems in China: a slacks-based measure approach[J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 101: 301-310.
- [6] 杨骞, 刘华军. 污染排放约束下中国水资源绩效研究: 演变趋势及驱动因素分析[J]. 财经研究, 2015, 41(3): 53-64. (YANG Qian, LIU Huajun. Water resources performance in China under the constraint on pollution emissions: dynamic trend and driving factors [J]. Journal of Finance and Economics, 2015, 41(3): 53-64. (in Chinese))
- [7] DENG G, LI L, SONG Y. Provincial water use efficiency measurement and factor analysis in China: based on SBM-DEA model[J]. Ecological Indicators, 2016, 69: 12-18.
- [8] 刘晓君, 闫俐臻. 基于数据包络模型的西部水资源利用效率及影响因素研究[J]. 水资源保护, 2016, 32(6): 32-38. (LIU Xiaojun, YAN Lizen. Research on water resources utilization efficiency and factors in western China based on data envelopment model [J]. Water Resources Protection, 2016, 32(6): 32-38. (in Chinese))
- [9] YANG W, LI L. Analysis of total factor efficiency of water resource and energy in China: a study based on DEA-SBM model[J]. Sustainability, 2017, 9(8): 1316.
- [10] 邓光耀, 韩君, 张忠杰. 中国各省水资源利用效率的测算及回弹效应研究[J]. 软科学, 2017, 31(1): 15-19. (DENG Guangyao, HAN Jun, ZHANG Zhongjie. Study on measure of water use efficiency and rebound effect of Chinese provinces [J]. Soft Science, 2017, 31(1): 15-19. (in Chinese))
- [11] 赵沁娜, 王若虹. 省际工业用水效率测度及空间关联特征[J]. 水资源保护, 2017, 33(5): 42-47. (ZHAO Xinna, WANG Ruohong. Measurement of provincial industrial water use efficiency and its characteristics of spatial association [J]. Water Resources Protection, 2017, 33(5): 42-47. (in Chinese))
- [12] ZHOU X, LUO R, YAO L, et al. Assessing integrated water use and wastewater treatment systems in China: a mixed network structure two-stage SBM DEA model[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 185: 533-546.
- [13] 张兆方, 沈菊琴, 何伟军, 等. “一带一路”中国区域水资源利用效率评价: 基于超效率 DEA-Malmquist-Tobit 方法[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2018, 20(4): 60-66. (ZHANG Zhaofang, SHEN Juqin, HE Weijun. An analysis of water utilization efficiency of the Belt and Road initiative's provinces and municipalities in China based on DEA-Malmquist-Tobit model [J]. Journal of Hohai University (Philosophy and Social Sciences), 2018, 20(4): 60-66. (in Chinese))
- [14] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.
- [15] COOPER W W, SEIFORD L M, TONE K. Data envelopment analysis [M]. 2nd. Berlin: Springer, 2007.
- [16] LINS M P E, GOMES E G, JOAO C C B, et al. Olympic ranking based on a zero sum gains DEA model [J]. European Journal of Operational Research, 2003, 148(2): 312-322.
- [17] GOMES E G, LINS M P E. Modelling undesirable outputs with zero sum gains data envelopment analysis models [J]. Journal of the Operational Research Society, 2008, 59(5): 616-623.
- [18] 曾诗鸿, 徐妍. 基于零和 DEA 模型的中国省级碳排放分配效率研究[J]. 管理现代化, 2014, 34(5): 63-65. (ZENG Shihong, XU Yan. Research on China's provincial carbon emission reduction allocation efficiency based on zero and DEA model [J]. Modernization of Management, 2014, 34(5): 63-65. (in Chinese))
- [19] MIAO Z, GENG Y, SHENG J. Efficient allocation of CO₂ emissions in China: a zero sum gains data envelopment model [J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 112: 4144-4150.
- [20] WU X, TAN L, GUO J, et al. A study of allocative efficiency of PM_{2.5}, emission rights based on a zero sum gains data envelopment model [J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 113: 1024-1031.
- [21] CUCCHIELLA F, D'ADAMO I, GASTALDI M, et al.

Efficiency and allocation of emission allowances and energy consumption over more sustainable European economies[J]. Journal of Cleaner Production,2018,182: 805-817.

[22] 张军,吴桂英,张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952—2000[J]. 经济研究,2004(10):35-44. (ZHANG Jun, WU Guiying, ZHANG Jipeng. The estimation of China's provincial capital stock:1952-2000[J]. Economic Research Journal,2004(10):35-44. (in Chinese))

[23] 邓光耀,张忠杰. 城市化、中国各省投资率的动态演进及驱动因素研究[J]. 经济问题探索,2016(12):75-81. (DENG Guangyao, ZHANG Zhongjie. Urbanization, dynamic evolution and driving factors of investment rates in China's provinces [J]. Inquiry into Economic Issues, 2016(12):75-81. (in Chinese))

(收稿日期:2018-08-22 编辑:熊水斌)

+++++

• 信息播报 •

亚洲的萎缩冰川保护庞大的人口免于干旱胁迫

2019 年 5 月 30 日,《自然》(Nature)发表了英国南极调查局 Hamish D. Pritchard 的论文“亚洲的萎缩冰川保护庞大的人口免于干旱胁迫”(Asia’s shrinking glaciers protect large populations from drought stress)。

全世界大约有 8 亿人的生存需要依赖亚洲高山区几千个冰川的融雪。水短缺使得这些区域很容易受到干旱胁迫,而冰川是独一无二的抵抗干旱的水源。

研究发现:亚洲高山区的季节性冰川融雪能够满足 2.21 亿人口的基本生活用水需求,或者相当于巴基斯坦、阿富汗、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦和吉尔吉斯斯坦的生活和工业用水。在干旱的夏季,冰川融雪是印度河、咸河、楚/伊赛克河上游流域的主要补给源,这大大减少了这些地区由于水资源短缺引发的社会不稳定、武装冲突和突发性移民。

然而,区域融雪的水资源量并不是可持续的,目前已经达到冰川物质平衡比率的 1.6 倍,而且未来将持续增加。在 IPCC 气候情景模式 RCP2.6 下,大约 2030 年达到峰值,即便采用缓和的 RCP8.5 预测,峰值时间也只能再延迟 10~30 年而已,然后将出现快速的下降。该研究首次定量计算了亚洲高山区冰川融雪对其补给流域干旱的重要贡献,指出了冰川缓解了该地区的水资源短缺(尤其是干旱的夏季),对亚洲高山区流域生存的人们产生极为重要的社会意义和生态价值。

Pritchard 是该论文的唯一作者。事实上,该论文的第一版本于 2017 年 5 月 11 日发表在《自然》第 545 卷,但两位学者 L. Zhao 和 J. Moore 发现了该论文使用物质平衡数据时出现错误,从而导致不正确的融雪占比计算。《自然》主编担心这个错误会影响论文的一些重要结论,Pritchard 随后撤稿,对全文进行重新撰写,新的稿件于 2019 年 5 月 30 日正式发表在《自然》569 卷。

河海大学雍斌教授供稿

• 信息播报 •

“2019 中国水资源高效利用与节水技术论坛”将在安徽合肥召开

为深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的十九大精神,积极践行“十六字”治水方针,落实“水利工程补短板、水利行业强监管”新时期水利工作重点,推动水资源高效利用、水环境持续改善、水生态良性修复,由河海大学联合安徽省巢湖管理局、安徽省水利学会共同主办,水资源高效利用与工程安全国家工程研究中心、安徽省巢湖研究院、安徽省水资源利用与水环境保护工程技术研究中心、《水资源保护》编委会、《江淮水利科技》编委会和北京沃特咨询有限公司共同承办的“2019 中国水资源高效利用与节水技术论坛”,将于 2019 年 11 月 15—17 日在安徽省合肥市举办。会议主题为“破解水问题,应对新挑战”,旨在聚焦水资源高效利用与节水减排的技术难点、河湖水系连通与生态流量调控的技术热点、水多水少与水滞水脏系统治理的技术盲点,倡导跨界融合和技术集成,激励技术创新和探索示范,鼓励深度交流和思想碰撞。本次会议主要以学术交流、互动讨论的方式进行,欢迎大家关注并参会。

(本刊编辑部供稿)