

# 我国绿色水资源效率测度及其与经济增长的脱钩分析

潘忠文,徐承红

(西南财经大学 经济学院,四川 成都 611130)



**摘要** 提高绿色水资源效率不仅可以有效降低水资源消耗,还有助于促进绿色发展、推进我国经济转型升级。采用包含非期望产出全局参比的 SE-SBM 模型核算出我国 31 省份 2000—2017 年的绿色水资源效率,并结合 Tapio 脱钩模型,研究水资源消耗、绿色水资源效率与经济增长之间的“脱钩”问题。研究发现:(1)2000—2017 年我国绿色水资源效率整体均值为 0.852,整体呈现为上升趋势,年平均增长率为 5.39%;(2)从区域层面来看,东部地区年平均增长率为 6.18%,中部地区为 5.37%,西部地区为 4.53%,东北地区为 4.79%;(3)从水资源消耗来看,我国水资源消耗与经济增长脱钩关系整体表现为弱脱钩;(4)从绿色水资源效率来看,我国绿色水资源效率与经济增长 2000—2005 年、2006—2010 年主要为弱脱钩关系,2011—2017 年主要为弱脱钩关系,同时扩张性负脱钩关系表现突出。因此,我国应提高科学技术水平,构建严格的管理制度,坚持产业改革创新,以推进水资源消耗与经济增长的强脱钩及绿色水资源效率与经济增长的扩张性负脱钩的实现进程。

**关键词** 绿色水资源效率;水资源消耗;经济增长;SE-SBM 模型;Tapio 脱钩

**中图分类号:**F 323.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2020)04-0001-09

**DOI 编码:**10.13300/j.cnki.hnwkxb.2020.04.001

水资源是自然生态系统的核心要素,贯穿于自然—人类社会—经济的各个层面。我国水资源供需矛盾空间分布极不均匀,造成了区域性的水资源短缺问题,已严重制约了我国经济、社会、生态环境的可持续发展<sup>[1]</sup>。《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》(国发〔2012〕3 号)中明确要求,确立用水效率控制红线,到 2030 年用水效率达到或接近世界先进水平。党的十八大和十九大报告中也多次提出了加快生态文明建设的改革措施,以此解决日益严峻的水资源短缺与水污染问题,而提高水资源效率自然成为有效解决水资源问题和实现经济高质量发展的必要手段<sup>[2]</sup>。

当前,关于水资源效率的测度与评价,国内外研究范畴主要为农业用水效率、工业用水效率、水资源综合用水效率和地域角度四个层面。农业用水效率层面:李静等研究发现我国农业用水效率具有节水潜能大,空间、时间波动大的特点<sup>[3]</sup>。陈洪斌运用空间滞后模型发现我国农业用水效率存在显著的空间溢出效应<sup>[4]</sup>。工业用水效率层面:石广明等利用数据包络法和 Malmquist 指数法测算了我国工业用水效率的动态绩效指数,发现工业用水绩效呈现退化趋势<sup>[5]</sup>。孙冬营等运用 SBM 模型测算了长三角城市群的工业用水效率,在考虑与不考虑非期望产出的两种情景下,工业用水效率十年间均值分别为 0.519 7 和 0.598 0<sup>[6]</sup>。Li 等利用 SBM-Undesirable 和 Meta-frontier 模型测算并分析了“共同前沿”和“群组前沿”两种情形下工业用水效率及其影响因素<sup>[7]</sup>。邓光耀等提出我国省份间的工业用水效率在生产阶段、污水治理阶段存在较大差异<sup>[8]</sup>。水资源综合效率层面:孙才志等利用扩展的 Kaya 恒等式和 LMDI 分解方法研究发现,产业用水效率和经济水平等因素显著影响用水效率变

收稿日期:2019-09-01

基金项目:国家社会科学基金重大项目“健全城乡发展一体化的要素平等交换体制机制研究”(14ZDA033)。

作者简介:潘忠文(1983-),男,讲师,博士研究生;研究方向:环境经济与可持续发展。

通讯作者:徐承红(1966-),女,教授,博士;研究方向:环境经济与可持续发展。

化<sup>[9]</sup>。地域角度层面:马剑锋等采用空间面板 Durbin 模型探究农业用水效率的空间效应,发现技术进步和效率追赶均显著促进本区域的农业用水效率,且前者的促进作用更大<sup>[10]</sup>。马骏等实证研究了人均 GDP 对用水效率的影响,且区域间的影响因素存在差异性<sup>[11]</sup>。张兆方等研究发现“一带一路”18 个省份的水资源效率整体呈上升趋势,各省份差异较大,呈现“东南>西北>东北>西南”的区域格局<sup>[12]</sup>。

脱钩理论(Decoupling Theory)<sup>[13-14]</sup>由经济合作与发展组织(OECD)提出,是用于描述经济增长与资源消耗或环境污染之间联系的基本理论,并逐渐应用于不同领域。吴丹等利用脱钩理论分析了我国经济增长与水资源消耗的脱钩情形,预测我国将在 2020 年后出现脱钩拐点,即呈现经济发展与水资源消耗的“绝对脱钩”的理想状态<sup>[15]</sup>。李宁等通过计算长江中游城市群 2000—2015 年水足迹,结合协调发展脱钩评价模型对水资源利用与经济增长协调关系进行评价,发现水资源利用与经济增长基本处于相对脱钩的初级协调状态<sup>[16]</sup>。洪思扬等利用空间重心测度方法与脱钩模型分析后发现:在地理位置幅度方面,水足迹重心大于人口和 GDP 重心;在空间协调性方面,水足迹-人口和水足迹-GDP 的差异均为东西方向大,南北方向小<sup>[17]</sup>。韩文艳等运用 Tapio 弹性分析法对中国 4 个直辖市 2001—2014 年水资源利用与经济增长的关系进行研究,发现两者之间总体处于弱脱钩状态<sup>[18]</sup>。

综上,国内外学者对工农业生产、社会治理过程的水资源效率进行了较为丰富的理论分析与实证研究,但是,较少关注绿色水资源效率与经济增长的脱钩关系,也较少从不同时间段不同区域视角研究两者间的关系。本文从以下两个方面进行探讨:一是利用水足迹法核算我国水资源消耗,并利用 SE-SBM 模型核算我国 31 省份 2000—2017 年的绿色水资源效率,以此衡量绿色水资源效率,考察水资源的“消耗数量”与“利用效率”现状;二是运用 Tapio 脱钩方法分析水资源消耗、绿色水资源效率与经济增长之间的“脱钩”问题,同时分三个时间段进一步研究全国 31 省份的脱钩关系。

## 一、理论分析

目前关于脱钩理论的应用领域涉及较广,主要研究两个不同变量的弹性变化关系,并以经济、社会、环境的绿色发展为评价目标。本文借鉴我国经济绿色发展宗旨,即强调水资源与经济效益、社会发展以及生态环境必须和谐统一,对绿色水资源效率的内涵进行解析,按照脱钩理论分析我国以及四个区域水资源消耗、绿色水资源效率与经济增长的最佳脱钩状态。

### 1. 绿色水资源效率的内涵

水资源效率是指利用水资源等相关资源要素带来的产出与要素投入的综合比值<sup>[19]</sup>。绿色水资源效率综合考虑了水资源的经济、生态、社会等功能,在绿色产出不减少的前提下减少水资源的投入量,属于水资源综合用水效率层面。秉承绿色的理念和内涵,绿色水资源效率目的在于减少社会生产中非期望产出和减少水资源等相关生产要素的投入,增加期望绿色产出,进而推进经济“高质量”发展。由此可知,绿色水资源效率的内涵包含了水资源的经济效益、社会效益及生态效益三个方面,经济效益目标是一定量经济效益所消耗的水资源最小化,社会效益目标是保证人类有序开展一切社会活动,生态效益目标是通过减少非期望产出量(如水体污染物)来减少对生态环境的负面影响,最终目标是实现经济-社会-生态环境的共赢。

### 2. 水资源消耗、绿色水资源效率与经济增长的脱钩分析

脱钩理论用来判断经济增长和水资源消耗的关系。所谓脱钩,就是突破经济增长和水资源消耗两者之间的依赖性,实现经济增长与水资源消耗减少或以较低的速率增长,既保证经济增长的最低门槛要求,又在适当的范围内保护水资源和推动经济发展。根据脱钩理论的分类原则,脱钩主要分为绝对脱钩和相对脱钩两大类。绝对脱钩是指经济增长且水资源消耗减少;相对脱钩是指经济增长且水资源消耗以低于经济增长的速率增长。按照 Tapio 脱钩的分类得到对应的脱钩判断(类型)体系,如表 1 所示。

表 1 脱钩判断(类型)体系

脱钩类型	$\Delta TE$	$\Delta TWC(\Delta GWE)$	$E(TWC, TE)E(GWE, TE)$	脱钩判断(类型)
脱钩	$>0$	$<0$	$\leq 0$	强脱钩(I型)
	$>0$	$>0$	$(0, 0.8)$	弱脱钩(II型)
	$<0$	$<0$	$\geq 1.2$	衰退性脱钩(III型)
负脱钩	$<0$	$>0$	$\leq 0$	强负脱钩(IV型)
	$<0$	$<0$	$(0, 0.8)$	弱负脱钩(V型)
	$>0$	$>0$	$\geq 1.2$	扩张性负脱钩(VI型)
连接	$>0$	$>0$	$(0.8, 1.2)$	增长连接(VII型)
	$<0$	$<0$	$(0.8, 1.2)$	衰退性连接(VIII型)

注: $\Delta TE$ 、 $\Delta TWC$ 、 $\Delta GWE$  分别表示经济总产值、水资源消耗量、绿色水资源效率的变化, $E(TWC, TE)$ 、 $E(GWE, TE)$ 分别表示水资源消耗、绿色水资源效率的脱钩弹性系数。

从具体分类来看,脱钩类型划分为 8 种基本类型。水资源作为经济增长的重要生产要素,产出为物质与服务,从表 1 的脱钩判断(类型)体系来看,经济增长应该以较少的水资源作为代价,既保证经济增长的同时,又使水资源的消耗量相对减少,这种情形为水资源消耗与经济增长的最佳脱钩状态,即强脱钩(I型);经济增长的同时,绿色水资源效率应该提高,且越高越满足经济的发展要求,这种状态为绿色水资源效率与经济增长的最佳脱钩状态,即扩张性负脱钩(VI型)。

## 二、研究方法 with 数据来源

### 1. 研究方法

(1)绿色水资源效率的测度方法。采用全局参比的 SE-SBM 模型<sup>[20]</sup> 测算绿色水资源效率,假设有  $N$  个决策单元( $DMU_n, n=1, 2, 3, \dots, N$ ),每个决策单元由  $M$  种投入( $x_i \in R_+^M$ )、 $G$  种非期望产出( $b_g \in R_+^G$ )和  $R$  种期望产出( $y_r \in R_+^R$ )三部分组成。 $\mathbf{X}$ 、 $\mathbf{Y}$  与  $\mathbf{B}$  都为矩阵,其中  $\mathbf{X}=[x_1, \dots, x_m]$ ,  $\mathbf{Y}=[y_1, \dots, y_r]$ ,  $\mathbf{B}=[b_1, \dots, b_g]$ 。基于规模报酬可变的情形,生产可能性集为  $T = \{(x, y, b) | x \leq \mathbf{X}\theta, y \leq \mathbf{Y}\theta, b \leq \mathbf{B}\theta\}$ ,其中  $\theta$  为权重向量。具体构建模型如下:

$$Min \rho_{se} = \frac{1 + \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{s_m^x}{x_{mk}}}{1 - \frac{1}{R+G} (\sum_{r=1}^R \frac{s_r^y}{y_{rk}} + \sum_{g=1}^G \frac{s_g^b}{b_{gk}})} \quad (1)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{mj} \theta_j - s^x = x_{mk} \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \theta_j + s^y = y_{rk} \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n b_{gj} \theta_j + s^b = b_{gk} \\ 1 - \frac{1}{R+G} (\sum_{r=1}^R \frac{s_r^y}{y_{rk}} + \sum_{g=1}^G \frac{s_g^b}{b_{gk}}) > 0 \\ m = 1, 2, 3, \dots, M; r = 1, 2, 3, \dots, R \\ g = 1, 2, 3, \dots, G; j = 1, 2, 3, \dots, n (j \neq k) \\ \theta, s^y, s^b > 0 \end{cases} \quad (2)$$

模型中,  $k$  为被评价单元,  $x_{mj}$  为第  $j$  个决策单元的第  $m$  项投入;  $b_{gj}$  为第  $j$  个决策单元的第  $g$  项非期望产出;  $y_{rj}$  为第  $j$  个决策单元的第  $r$  项期望产出,  $s^x$ 、 $s^b$  和  $s^y$  分别为投入变量、非期望产出和期望产出相对应的松弛变量; 式(1)  $\rho_{se}$  中的分子与分母分别表示生产决策单元实际投入与产出,  $\rho_{se}$  表示这一比值相对于共同的生产前沿平均可缩减比或平均可扩张比, 体现了投入无效率或产出无效率的情形。若  $\rho_{se} \geq 1$  时, 则表示该 DMU 处于有效率状态, 若  $\rho_{se} < 1$  时, 则表示该 DMU 处于无效率状态。

(2) 脱钩计算方法。脱钩模型的计算公式如式(3)~(4)。

$$e_{TWC(n)} = \frac{\% \Delta TWC}{\% \Delta TE} = \frac{(TWC_n - TWC_{n-1})/TWC_n}{(TE_n - TE_{n-1})/TE_n} \quad (3)$$

$$e_{GWRE(n)} = \frac{\% \Delta GWRE}{\% \Delta TE} = \frac{(GWRE_n - GWRE_{n-1})/GWRE_n}{(TE_n - TE_{n-1})/TE_n} \quad (4)$$

式(3)~(4)中,  $e$  表示弹性系数, 反映的是第  $n-1$  年到第  $n$  年的水资源消耗或绿色水资源效率与经济增长的变化关系。其中,  $\% \Delta TWC$ 、 $\% \Delta GWRE$ 、 $\% \Delta TE$  分别表示水资源消耗量、绿色水资源效率和经济总量的变化速率,  $TWC_n$ 、 $GWRE_n$  和  $TE_n$  分别表示第  $n$  年的水资源消耗量、绿色水资源效率和经济总产值。

## 2. 数据来源

研究样本为我国 31 个省、直辖市、自治区(全文均统称为省份, 限于数据可得性, 不包括台湾和香港、澳门的数据)。样本区间为 2000—2017 年, 数据来源于 2001—2018 年《中国统计年鉴》、各省份《统计年鉴》《中国农业年鉴》《中国农村统计年鉴》、全国水资源公报以及中国水利部和各省份水利厅网站等数据库。

## 三、实证结果与分析

### 1. 我国水资源消耗测算与分析

参照潘忠文等<sup>[21]</sup>的计算方法, 从农业、工业、生活、生态、贸易方面核算了 2000—2017 年全国及 31 省份的水足迹, 以此评价我国水资源消耗状况, 根据数据整理出 2000—2017 年水资源平均消耗情况, 结果如表 2 所示。

表 2 2000—2017 年我国各省份(区域)的水资源消耗均值

省份 (区域)	水资源消耗 均值/亿立方米	省份 (区域)	水资源消耗 均值/亿立方米	省份 (区域)	水资源消耗 均值/亿立方米
北京	129.13	江西	541.65	甘肃	256.23
天津	107.31	河南	1 573.41	青海	58.18
河北	1 171.64	湖北	892.52	宁夏	103.55
上海	180.27	湖南	857.32	新疆	648.39
江苏	1 141.96	内蒙古	655.05	辽宁	772.46
浙江	526.24	广西	785.92	吉林	560.72
福建	549.05	重庆	307.29	黑龙江	830.08
山东	1 766.00	四川	953.19	东部地区	6 812.95
广东	1 072.87	贵州	305.68	中部地区	5 009.14
海南	168.48	云南	629.34	西部地区	5 140.51
山西	285.34	西藏	58.81	东北地区	2 163.26
安徽	858.90	陕西	378.90	全国	19 533.72

从整体情况看,我国水资源消耗呈现东部、中部、西部、东北地区的递减态势,这与区域水资源禀赋和经济发展状况密切相关。从各省份来看,河北、山东、广东、江苏、河南等省份水资源消耗超过1 000亿立方米。北京、天津、上海等经济发达地区整体水资源消耗量较少,可能原因是水资源效率较高。西藏、青海、宁夏应该不仅与水资源效率较低有关,还与该地区的总体水资源数量小有关。

## 2. 我国绿色水资源效率测算与分析

借鉴 Tone 等的方法,采用全局参比的 SE-SBM 模型测算绿色水资源效率,模型中包括资本、劳动力和水资源三种投入和期望产出、非期望产出两种产出,资本投入采用资本永续盘存法核算,劳动力投入采用年底从业人员数衡量,水资源投入采用水足迹测度<sup>[21]</sup>,期望产出和非期望产出分别为 GDP 和污水排放量。为了更准确地描述我国经济的发展状况,以 2000 年不变价核算出我国 2000—2017 年的实际经济增长水平。同时根据模型的计算结果整理出 2000—2017 年我国各省份(区域)的绿色水资源效率均值,如表 3 所示。

表 3 2000—2017 年我国各省份(区域)的绿色水资源效率均值

省份 (区域)	绿色水资源 效率均值	省份 (区域)	绿色水资源 效率均值	省份 (区域)	绿色水资源 效率均值
北京	1.121	江西	0.838	甘肃	0.637
天津	1.044	河南	0.845	青海	0.684
河北	0.931	湖北	0.849	宁夏	0.676
上海	1.115	湖南	0.836	新疆	0.624
江苏	1.049	内蒙古	0.729	辽宁	0.801
浙江	1.021	广西	0.823	吉林	0.788
福建	0.853	重庆	1.008	黑龙江	0.754
山东	1.003	四川	0.914	东部地区	1.002
广东	1.052	贵州	0.813	中部地区	0.838
海南	0.828	云南	0.821	西部地区	0.752
山西	0.824	西藏	0.632	东北地区	0.781
安徽	0.837	陕西	0.658	全国	0.852

从表 3 可以看出,我国四个区域绿色水资源效率存在空间差异性,表现为东部、中部、东北、西部依次降低。从省份角度看,北京、上海、天津、广东、江苏、浙江等省份基本保持在效率前沿面。2000—2017 年,我国绿色水资源效率均值在 1.0 以上的省份主要位于东部地区,这有赖于我国东部地区的经济发展和科技进步。中部地区和东北地区,绿色水资源效率均值全部落在 0.75~1.00 之间,这说明中部、东北地区水资源相对缺乏以及技术层次与劳动力、资源配置之间的匹配效果欠佳。西部地区,绿色水资源效率表现最突出的是重庆,多年都保持在效率前沿面,一方面是具有较为丰富的水资源,另一方面是水资源的开发利用效率和配置效率较高。相比来说,云南、贵州位于我国西南地区,尽管具备水资源禀赋优势,但是由于水资源的开发利用与资本、劳动力的配置效率欠佳,两省份的绿色水资源效率并不高,但相对高于一般的西部省份。西藏、宁夏和新疆等的绿色水资源效率相对较低,究其原因,一是水资源受自然因素损耗较大,二是受农业技术、生产设备相对落后的影响,整体上降低了绿色水资源效率。

## 3. 我国经济增长、绿色水资源效率变化趋势

我国 2000—2017 年经济增长和绿色水资源效率变化趋势如图 1 所示。从图 1 中可以看出,我国经济增长在此期间表现为稳步增长趋势。以 2000 年不变价核算,我国 GDP 从 2000 年的 99 066.1 亿元增加到 2017 年的 579 511.6 亿元,年平均增长率为 10.91%;同时,我国绿色水资源效率除 2003 年稍有下降外,整体上也呈现出增长态势,由 2000 年的 0.429 7 增加到 2017 年的 0.975 5,年平均增长率为 4.94%。

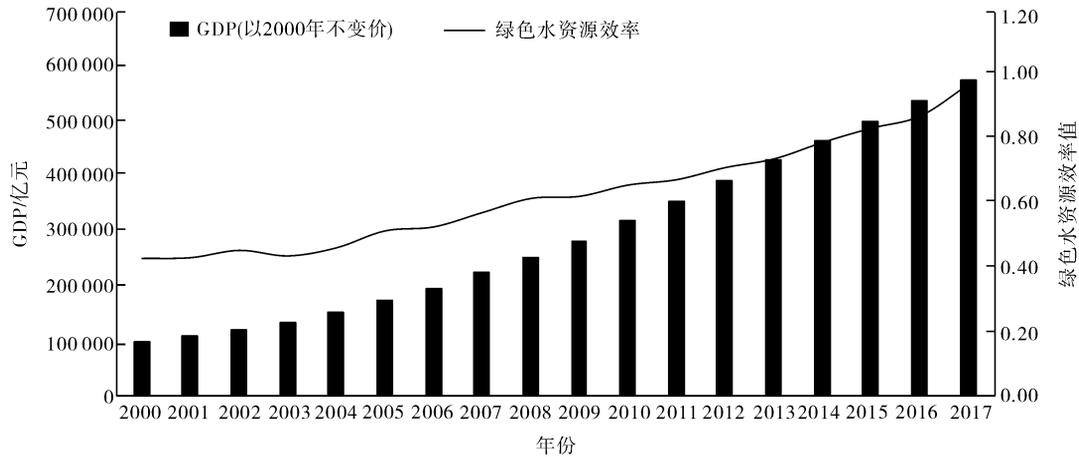


图 1 我国 2000—2017 年经济增长和绿色水资源效率变化趋势

#### 4. 我国水资源消耗、绿色水资源效率与经济增长的脱钩分析

(1) 整体脱钩分析。经数据处理后,将我国 2000—2017 年水资源消耗、绿色水资源效率与经济增长的数据进行脱钩计算,获得各年的弹性系数值并进行脱钩判断。结果如表 4 所示。

表 4 2000—2017 年我国水资源消耗、绿色水资源效率与经济增长的脱钩判断结果

年份	水资源消耗脱钩状态				绿色水资源效率脱钩状态			
	$\Delta A$	$\Delta B$	$e(A, B)$	脱钩判断	$\Delta C$	$\Delta B$	$e(C, B)$	脱钩判断
2000	-	+	-0.109 7	强脱钩	+	+	0.494 1	弱脱钩
2001	+	+	0.262 0	弱脱钩	+	+	0.056 0	弱脱钩
2002	+	+	0.401 8	弱脱钩	+	+	0.489 3	弱脱钩
2003	+	+	0.297 7	弱脱钩	-	+	-0.310 3	强脱钩
2004	+	+	0.351 2	弱脱钩	+	+	0.425 6	弱脱钩
2005	+	+	0.223 9	弱脱钩	+	+	0.875 3	增长连接
2006	+	+	0.289 3	弱脱钩	+	+	0.179 9	弱脱钩
2007	-	+	-0.219 5	强脱钩	+	+	0.580 8	弱脱钩
2008	+	+	0.287 7	弱脱钩	+	+	0.647 8	弱脱钩
2009	+	+	0.114 8	弱脱钩	+	+	0.092 8	弱脱钩
2010	+	+	0.129 2	弱脱钩	+	+	0.429 1	弱脱钩
2011	+	+	0.199 4	弱脱钩	+	+	0.220 3	弱脱钩
2012	+	+	0.540 2	弱脱钩	+	+	0.547 1	弱脱钩
2013	+	+	0.194 3	弱脱钩	+	+	0.401 8	弱脱钩
2014	+	+	0.199 0	弱脱钩	+	+	0.848 1	增长连接
2015	+	+	0.300 2	弱脱钩	+	+	0.722 0	弱脱钩
2016	+	+	0.046 1	弱脱钩	+	+	0.815 4	增长连接
2017	+	+	0.188 0	弱脱钩	+	+	1.574 4	扩张性负脱钩

注: $\Delta A$ 、 $\Delta B$ 、 $\Delta C$  分别代表水资源消耗、GDP、绿色水资源效率;“-”表示“ $<0$ ”,“+”表示“ $>0$ ”; $e(A, B)$ 、 $e(C, B)$  表示脱钩弹性系数。

根据 Tapio 脱钩模型判断的结论,从水资源消耗的脱钩判断来看,2000—2017 年我国经济增长与水资源消耗整体上处于弱脱钩状态,水资源消耗和经济增长都在增加的同时,但水资源消耗的增速要低于经济增长的增速。计算结果为 16 次弱脱钩和 2 次强脱钩,在 16 次弱脱钩状态中,脱钩弹性都在 0.540 2 以下,总体情况表现良好,2 次强脱钩状态出现在 2000 年和 2007 年。从绿色水资源效率的脱钩判断来看,2000—2017 年出现 13 次弱脱钩,3 次增长连接,1 次扩张性负脱钩和 1 次强脱钩。在弱脱钩中,脱钩弹性值有 4 次出现在 0.400 0 以下,9 次出现在 0.400 0 以上,总体情况不太理想。出现了 3 次增长连接,水资源效率与经济的增速相当,因此,2005 年、2014 年以及 2016 年呈现出较为

理想的脱钩状态,甚至在2017年出现了扩张性负脱钩的理想状态。在时间展现上,弱脱钩主要出现在2013年以前,增长连接和扩张性负脱钩出现在2014年以后,这表明我国绿色水资源效率和经济增长的脱钩关系逐渐向好的方向发展。

(2)区域脱钩分析。按照2000—2005年、2006—2010年和2011—2017年3个时间段分别对我国31省份水资源消耗、绿色水资源效率与经济增长进行脱钩计算,结果如表5和表6所示。

表5 2000—2017年31省份水资源消耗与经济增长的脱钩分析结果

时期	2000—2005年	2006—2010年	2011—2017年
强脱钩(I型)	京、粤	京、沪、津、浙	京、津、沪、苏
弱脱钩(II型)	沪、浙、黑、津、川、冀、闽、琼、皖	闽、粤、贵、黑、冀、苏、琼、豫、湘、桂、鲁	冀、浙、闽、鲁、粤、琼、晋、皖、赣、豫、鄂、湘、蒙、桂、川、贵、滇、藏、陕、渝
扩张性负脱钩(III型)	豫、湘、蒙、桂、渝、滇、藏、陕、甘、青、宁、新、辽、吉	蒙、滇、甘、晋、赣、藏、陕、宁	黑、甘、青、新
增长连接(IV型)	苏、鲁、晋、赣、鄂、贵	皖、鄂、渝、川、青、新、辽、吉	宁、辽、吉

注:我国31省份(表中用省份简称)没有出现衰退性脱钩(III型)、强负脱钩(IV型)、弱负脱钩(V型)和衰退性连接(VII型),故表中未列出。下表同。

根据表5脱钩计算的结果,从整体来看,我国没有出现衰退性脱钩、弱负脱钩、强负脱钩和衰退性连接四种类型。从不同时间段和分布情况看,2000—2005年,我国31省份的脱钩情况主要表现为扩张性负脱钩、弱脱钩和增长性连接三种类型,扩张性负脱钩型最突出,包括了我国14个省份,数量接近我国省份数量的一半。说明这一时期,我国区域整体上水资源消耗比较严重,不利于经济可持续发展,只有北京和广东表现为强脱钩。2006—2010年,弱脱钩类型为主要形式,包括福建等11个省份,说明这一时期我国用水消耗的情况得到较好的改善;另外,山西等8个省份为扩张性负脱钩型,北京等4个省份为强脱钩型,安徽等8个省份为增长连接型。2011—2017年,弱脱钩状态的省份增加到了20个,扩张性负脱钩和增长连接的省份分别减少到4个和3个,说明我国用水消耗得到进一步改善。

总体而言,从时间维度和区域差异的角度分析,除个别省份实现了水资源消耗与经济增长的强脱钩外,其他大部分省份的经济发展依旧还是以较高强度的水资源消耗为代价。经济增长与水资源消耗之间脱钩关系多趋向于弱脱钩、增长连接和扩张性负脱钩状态,偏离了“强脱钩”的理想状态。因此,我国经济绿色发展整体状况不容乐观,且水资源消耗降低还存在较大潜力。

表6 2000—2017年31省份绿色水资源效率与经济增长的脱钩分析结果

时期	2000—2005年	2006—2010年	2011—2017年
强脱钩(I型)	苏、浙、粤、藏、陕、甘	津、粤、琼、湘、蒙、桂	晋、皖、滇、宁
弱脱钩(II型)	冀、鲁、晋、吉、津、闽、琼、皖、青、宁、新、辽、黑、豫、鄂、湘	苏、浙、闽、鲁、晋、赣、鄂、川、滇、陕、宁、辽、吉、渝	赣、豫、鄂、川、藏、陕、吉、新、冀、蒙、甘、青、辽、黑
扩张性负脱钩(III型)	蒙、桂、川、滇	京、皖、贵、藏、甘、新	京、沪、苏、浙、渝、粤、闽、贵
增长连接(IV型)	京、赣、渝、贵、沪	冀、豫、沪、青、黑	鲁、琼、湘、桂、津

根据表6脱钩理论计算的结果,从整体来看,我国没有出现衰退性脱钩、强负脱钩、弱负脱钩和衰退性连接四种类型。从时间段和分布情况看,2000—2005年,我国31省份的脱钩情况主要表现为弱脱钩、扩张性负脱钩、强脱钩和增长性连接四种类型,其中16个省份为弱脱钩型,9个省份为增长连接、扩张性负脱钩型,说明这一时期我国区域层面绿色水资源效率与经济增长的脱钩效果不太明显。2006—2010年,弱脱钩类型仍是主要形式,包括江苏等14个省份,但是扩张性负脱钩的省份数增加,说明这一时期我国绿色水资源效率的情况有所好转,但效果不太明显。2011—2017年,弱脱钩类型依然占据最多省份,扩张性负脱钩、增长连接类型也包括较多省份,说明这一时期我国绿色水资源效率有了较大的改善。

## 四、结论与建议

### 1. 结 论

基于 2000—2017 年的省份面板数据,运用全局参比的 SBM 模型测度我国 31 省份的绿色水资源效率,并在此基础上利用脱钩理论分析水资源消耗、绿色水资源效率与经济增长的脱钩关系。得出如下结论:(1)2000—2017 年我国绿色水资源效率整体表现为上升趋势,样本期平均增长率为 5.39%,这与我国水资源改革政策的实施和科技创新的发展是密不可分的;(2)四个区域中东部地区增长最快,源于其具备资本、人才等资源禀赋优势,且与产业结构、技术创新的配置效果较好;(3)水资源消耗和经济增长脱钩关系整体表现为弱脱钩关系,而绿色水资源效率和经济增长脱钩类型在 2000—2005 年、2006—2010 年和 2011—2017 年主要为弱脱钩,但是 2011 年后“扩张性负脱钩”关系表现相对突出;伴随着经济的发展和时间的推进,水资源消耗强度和绿色水资源效率均向好的方向发展。因此,经过产业结构调整 and 经济发展、水资源管理等政策的实施,我国经济增长与绿色水资源效率之间的关系将呈现出可持续发展的趋势。

### 2. 建 议

(1)坚持绿色发展,节水优先,提高绿色水资源效率。坚持绿色发展理念,继续推进绿色经济“高质量化”;全面推进用水设施的资金投入与技术改造,大力培养技术人才,为绿色水资源效率提升提供坚实的设施基础和技术支撑。树立和坚持“节水优先”原则,精准调度、科学用水、系统治理和两手发力,在社会生产中,努力推进水资源利用的资源化、循环化、减量化进程;按照“优农业、稳工业、保生活、增生态”的绿色水资源保障总体思路,构建行之有效的绿色水资源安全保障体系,高效保障水资源安全,以此提高绿色水资源效率。

(2)坚持推行市场机制和构建严格管理制度,开展水资源消耗和强度的双控行动。完善我国水资源确权、水权交易等基础性市场制度,如在河北省征收水资源税的试点,建立税负补偿机制,是继“营改增”后税制改革的重要举措。重视优化行业布局、调整行业结构、改善供水结构等措施,以此缓和并化解水资源的供需矛盾。对于东部地区,政府应该持续挖掘节水潜力,强化污水处理能力和提高重复用水能力,并大力宣传环保意识,有效推进节水型社会的建设。中部、西部和东北地区既要提升科技水平,也要加强环境监测和政府监管,如健全地税部门与水利部门的联合监管体制和信息共享机制,同时辅以水资源效率的评价体系与惩罚机制,制定水资源税费征收标准,大力开展水资源“费改税”改革<sup>[22]</sup>,开展好水资源消耗和强度的双控行动,更好地推进绿色水资源效率的提升。

(3)坚持产业改革创新,建设现代化绿色水资源利用产业结构体系。产业升级是绿色水资源效率提升的重要方面,要推动产业升级和科学转型,即劳动密集工业向资本、技术创新为主的新型产业集群转型。坚持结构调整与技术进步齐头并进,对高耗水的传统产业进行科学整治。农业方面,大力发展节水型农业、生态农业和观赏农业,通过农业设施建设、项目投资、资产投入和技术革新的方式提高农业用水效率,如在农田灌溉方面应用微喷、滴灌等措施可以提高 10%~15% 的利用效率;工业方面,调整水资源从化工、钢铁、火电等高耗水产业向低耗水的高新技术产业转移。建设现代化绿色水资源利用产业结构体系,促进绿色水资源利用不断向生产前沿面靠近,以此提高绿色水资源效率。

## 参 考 文 献

- [1] 高齐圣,路兰.中国水资源长期需求预测及地区差异性分析[J].干旱区资源与环境,2016(1):90-94.
- [2] 徐承红,潘忠文.区域绿色水资源效率提升的门槛效应——基于异质性环境规制的视角[J].吉林大学社会科学学报,2019,59(6):83-94.
- [3] 李静,徐德钰.中国农业的用水效率及其影响因素——基于 MinDW 模型的分析[J].环境经济研究,2018(3):56-74.
- [4] 陈洪斌.我国省际农业用水效率测评与空间溢出效应研究[J].干旱区资源与环境,2017,31(2):85-90.

- [5] 石广明,王金南,毕军.基于莫氏指数的中国动态工业用水绩效分析[J].系统工程理论与实践,2013,33(12):3237-3242.
- [6] 孙冬营,余靖雯,刘凌燕,等.长江三角洲城市群工业用水效率评价及时空差异研究[J].长江流域资源与环境,2018(9):1901-1908.
- [7] LI J, MA X. Econometric analysis of industrial water use efficiency in China[J]. Environment development & sustainability, 2015, 17(5):1209-1226.
- [8] 邓光耀,张忠杰.基于网络 SBM-DEA 模型和 GML 指数的中国各省工业用水效率研究[J].自然资源学报,2019,34(7):1457-1470.
- [9] 孙才志,谢巍,邹玮.中国水资源效率驱动效应测度及空间驱动类型分析[J].地理科学,2011(10):1213-1220.
- [10] 马剑锋,王慧敏,佟金萍.技术进步与效率追赶对农业用水效率的空间效应研究[J].中国人口·资源与环境,2018,28(7):36-45.
- [11] 马骏,颜秉姝.基于环境库兹涅茨理论的经济发展与用水效率关系形态研究——来自我国 2002—2013 年 31 个省份面板数据的证据[J].审计与经济研究,2016(4):121-128.
- [12] 张兆方,沈菊琴,何伟军,等.“一带一路”中国区域水资源效率评价——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.
- [13] 蒋子良,毛德华,刘蒙罢.长江经济带城市发展与耕地安全压力的关系研究——基于“Tapio 脱钩理论”[J].湖南师范大学自然科学学报,2019,42(4):1-8.
- [14] 张峰,宋晓娜.环境规制、资源禀赋与制造业绿色增长的脱钩状态及均衡关系[J].科学学与科学技术管理,2019,40(4):32-47.
- [15] 吴丹.中国经济发展与水资源利用脱钩态势评价与展望[J].自然资源学报,2014,29(1):46-54.
- [16] 李宁,张建清.基于水足迹法的长江中游城市群水资源利用与经济协调发展脱钩分析[J].中国人口·资源与环境,2017,11(27):202-208.
- [17] 洪思扬,王红瑞.我国人口、经济和水足迹的空间关系测度及其脱钩关系分析[J].水电能源科学,2017,35(11):136-140.
- [18] 韩文艳,陈兴鹏.基于脱钩理论的城市水资源利用与经济增长关系研究[J].水土保持通报,2017,37(5):140-145.
- [19] 沈满洪.水资源经济学[M].北京:中国环境科学出版社,2009.
- [20] TONE K, SAHOO B K. Scale, indivisibilities and production function in data envelopment analysis[J]. International journal of production economics, 2003, 84(2):165-192.
- [21] 潘忠文,徐承红.我国水资源利用与经济增长脱钩分析[J].华南农业大学学报(社会科学版),2019,18(2):97-108.
- [22] 王晓洁,郭宁,杨梦.水资源费改税试点:成效、问题及建议[J].税务研究,2017,391(8):43-47.

(责任编辑:毛成兴)