

基于脱钩评价模型研究地区水资源与社会经济协调发展

谢静萱¹, 余秋黎¹, 闫卓尔²

¹四川大学水利水电学院, 四川 成都

²四川大学经济学院, 四川 成都

收稿日期: 2022年6月8日; 录用日期: 2022年6月29日; 发布日期: 2022年8月31日

摘要

基于冀川苏粤四省公报数据, 研究分析四省2010~2020年水足迹组成、水资源利用情况、经济发展状况, 并构建协调发展脱钩评价模型对水资源消耗与经济增长之间的关系进行评价, 最后研究脱钩影响因素, 并提出相关建议。结果表明: 2010~2020年四省均为农业用水量最大, 但水资源利用效率不断提高; 产业结构组成不同导致了经济发展水平的差异。由脱钩状态分析可知, 2010~2020年冀川两省脱钩弹性指数较为平稳, 属于脱钩阶段; 江苏省脱钩弹性指数波动较大, 经历了由脱钩到负脱钩的转变; 广东省经历了负脱向脱钩的发展, 实现了由粗放型经济向可持续发展性经济的转型。在脱钩因素研究中发现, 规模经济发展因素是四省水资源利用与经济协调发展的主要正向驱动因素。

关键词

公报数据, 水资源利用, 经济增长, 协调发展, 脱钩分析

Study on the Coordinated Development of Regional Water Resources and Socio-Economy Based on Decoupling Evaluation Model

Jingxuan Xie¹, Qiuli Yu¹, Zhuo'er Yan²

¹College of Water Resource and Hydropower, Sichuan University, Chengdu Sichuan

²School of Economics, Sichuan University, Chengdu Sichuan

Received: Jun. 8th, 2022; accepted: Jun. 29th, 2022; published: Aug. 31st, 2022

Abstract

Based on data from the gazette of four provinces, Ji, Chuan, Su and Yue, this paper studies and analyses

作者简介: 谢静萱(2002-), 女, 江西峡江人, 本科在读, 研究方向: 水资源利用与评价, Email: 1181380067@qq.com

文章引用: 谢静萱, 余秋黎, 闫卓尔. 基于脱钩评价模型研究地区水资源与社会经济协调发展[J]. 水资源研究, 2022, 11(4): 395-406. DOI: 10.12677/jwrr.2022.114043

the composition of the water footprint, water resources utilization and economic development in the four provinces from 2010 to 2020, and constructs a coordinated development decoupling evaluation model to evaluate the relationship between water consumption and economic growth. The results show that: all four provinces have the largest water consumption in agriculture from 2010 to 2020, but the efficiency of water resources use is constantly improving; the different composition of industrial structures leads to differences in the level of economic development. From the decoupling state analysis, it can be seen that the decoupling elasticity indices of Hebei and Sichuan provinces were relatively stable from 2010 to 2020 and belonged to the decoupling stage; the decoupling elasticity indices of Jiangsu province fluctuated more and experienced a shift from decoupling to negative decoupling; Guangdong province experienced a negative decoupling to decoupling and achieved a transition from a rough economy to a sustainable economy. In the decoupling factor study, it was found that the economic development factor of scale was the main positive driver of the coordinated development of water resources use and economy in the four provinces.

Keywords

Bulletin Data, Water Resources Utilization, Economic Growth, Coordinated Development, Decoupling Analysis

Copyright © 2022 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



1. 引言

“脱钩”的概念源于物理学领域，描述的是相互影响的两个或多个物理量之间的相互关系减小或不再存在的状态[1]。脱钩分析被广泛地应用于不同的研究领域，也是近些年的研究热点。孙付华[2] (2020)等通过构建扩展的水足迹-LMDI模型(Logarithmic Mean Divisia Index)，分析了江苏省水资源利用情况并讨论技术进步、产业结构、规模经济、常住人口等因素对脱钩状态的影响[2]；章恒全[3] (2019)等借助LMDI分解技术和Tapio脱钩模型，研究长江经济带工业水环境压力与经济增长的脱钩关系和努力程度；刘明胜[4] (2017)等从水足迹角度出发研究贵州省水资源利用和经济发展之间的脱钩状况；李宁[5] (2017)等通过脱钩分析研究了长江中游城市群水资源利用情况并提出相关建议。

综上所述，水资源利用与经济发展脱钩有关研究已取得一定的进展，但仍有一些问题有待解决：一是大部分水资源与经济脱钩研究模式较为单一，对于相关研究方法和指标的采用有很大的发展空间；二是典型省份的比较性研究仍较少。

因此，本文选取冀川苏粤四省为研究对象，基于水足迹、LMDI模型，利用脱钩模型研究2010~2020年冀川苏粤四省的水资源利用与经济发展关系，并从技术改进、产业结构、经济规模、常住人口四个方面，挖掘四省水资源利用及经济发展关系的驱动因素，为实现水资源利用与经济协调发展提供理论支撑。

2. 模型构建与数据来源

2.1. 基于水足迹的脱钩模型的构建

水足迹理论是在2002年由荷兰学者Hoekstra [6]提出。它是指一个区域(国家、人群)在一定时间内消费的产品或服务所需要的水资源量。其思想是以William Rees [7]提出的“生态足迹”概念和Tony Allan [8]的“虚拟水”思想为基础而产生的。

脱钩理论是通过经济变量与环境变量等相关数据来表征变量之间的阻断关系，是指具有相互影响的两个物

理量之间的关系从有逐渐到无的状态。脱钩指数是由经济发展与合作组织(OECD) [9]于 2002 年从 Zhang (2000) [10]提出的脱钩理论发展而来的。它可以表明经济与资源环境之间的关系, 已受到广泛认同。

由于篇幅有限, 水足迹计算原理参考文献《基于水足迹-LMDI 模型的江苏省水资源利用与经济发展的脱钩关系研究》[2]。

本文用水足迹模型计算四省水资源消耗与经济增长脱钩的弹性系数。脱钩指标表示环境压力变量与经济驱动变量变化率的比值。本文用水足迹 WF 衡量环境压力, 用 GDP 衡量经济驱动变量, 以此衡量二者间的脱钩弹性关系。

$$e = \frac{(WF_t - WF_{t-1})/WF_{t-1}}{(GDP_t - GDP_{t-1})/GDP_{t-1}} = \frac{V_t}{K_t} \quad (1)$$

式中: e 为水资源利用脱钩系数, WF_t 、 WF_{t-1} 分别为第 t 年和第 $t - 1$ 年份的水足迹总量, GDP_t 、 GDP_{t-1} 分别为第 t 、 $t - 1$ 年份的地区经济生产总量。 V_t 表示第 t 年的水足迹增长率, K_t 表示第 t 年 GDP 增长率。

Tapio [11]以 0、0.8、1.2 为临界值将脱钩弹性系数分为表 1 所示的八种情况。

八种脱钩状态中最为理想的是强脱钩状态, 该状态下水资源利用与经济增长呈现反向变动的关系, 表明经济增长不再依赖用水量的增加, 水资源利用效率提高, 进入可持续利用阶段。弱脱钩、扩张连接、扩张性负脱钩三种状态常常处于粗放型经济向可持续经济发展转型的中间状态, 一般出现在经济发展的初期和中期。尽管该阶段用水大量消耗, 但仍能带来经济的增长。

经济衰退时会出现弱负脱钩、衰退连接、衰退性脱钩、强负脱钩这四种状态。其中强负脱钩状态则最不理想, 经济发展并没有随着资源的消耗而得以提升。尽管其余三种状态都能表现出经济发展与水资源利用的双重减弱, 但弱负脱钩状态还是优于衰退性脱钩状态[1]。

Table 1. Decoupling index and decoupling status

表 1. 脱钩指数与脱钩状态

分类	状态	水资源压力增长率	经济驱动增长率	脱钩指数 e
脱钩	衰弱脱钩	-	-	$e > 1.2$
	强脱钩	-	+	$e < 0$
	弱脱钩	+	+	$0 < e < 0.8$
连接	扩张连接	+	+	$0.8 < e < 1.2$
	衰弱连接	-	-	$0.8 < e < 1.2$
负脱钩	扩张负脱钩	+	+	$e > 1.2$
	强负脱钩	+	-	$e < 0$
	弱负脱钩	-	-	$0 < e < 0.8$

2.2. 水足迹-LMDI 脱钩模型构建及驱动效应分解

为了进一步研究水资源利用与经济发展的脱钩关系, 结合 Tapio 脱钩弹性方法的基础上参考王喜峰、章恒全[2]等人的研究, 将脱钩因子分解为技术改进、产业结构、规模经济和常住人口四个方面。

$$e(WF, GDP) = \frac{\Delta WF}{\Delta GDP} \quad (2)$$

$$e(WF, GDP) = \frac{(\Delta WF_t + \Delta WF_s + \Delta WF_{mc} + \Delta WF_p)/WF}{\Delta GDP/GDP} \quad (3)$$

$$e(WF, GDP) = \frac{GDP}{WF \Delta GDP} \Delta WF_t + \frac{GDP}{WF \Delta GDP} \Delta WF_s + \frac{GDP}{WF \Delta GDP} \Delta WF_{inc} + \frac{GDP}{WF \Delta GDP} \Delta WF_p \tag{4}$$

$$e(WF, GDP) = e_t + e_s + e_{inc} + e_p \tag{5}$$

式中， e_t 为技术效应引起的脱钩因素变化； e_s 为产业结构效应引起的脱钩因素变化； e_{inc} 为规模经济效应引起的脱钩因素变化； e_p 为常住人口引起的脱钩因素变化。

2.3. 数据来源

本文各项原始数据为 2010 年至 2020 年冀川苏粤四省《统计年鉴》、《水资源公报》等公开数据。

3. 水足迹与经济成长的脱钩研究

3.1. 四省水足迹及经济发展分析

3.1.1. 水足迹组成分析

冀川苏粤四省水足迹相关指标测算结果如表 2 所示。由表 2 可知，2010~2020 年苏粤两省年均总水足迹及人均水足迹远高于冀川两省。从内部组成结构来看，水足迹内部差异明显。四省农业水足迹远高于生活、工业及生态水足迹。其中，广东省生活水足迹最大，江苏省工业水足迹最大，四川省农业水足迹最大，河北省生态水足迹最大。进出口虚拟用水量中，苏粤两省远高于冀川两省，且除四川省外，其余三省出口虚拟用水量大于进口虚拟用水量，虚拟水交易为顺差。

Table 2. Average annual water footprint from 2010 to 2020

表 2. 2010~2020 年水足迹

省份	生活水足迹	工业水足迹	农业水足迹	生态水足迹	进口虚拟水量	出口虚拟水量	总水足迹	人均水足迹
冀	24.92	22.23	131.16	9.04	5.50	9.85	179.36	241.87
川	42.19	47.88	155.35	4.59	18.55	13.62	241.53	294.23
苏	37.42	197.56	255.31	2.99	110.58	167.80	673.98	813.34
粤	98.40	112.15	221.50	6.13	158.27	236.14	1228.09	1101.89

注：人均水足迹：m³/人；其余：亿 m³。

3.1.2. 水资源利用情况

图 1~4，反映 2010~2020 年四省水资源利用指标。2010~2020 年四省水资源利用指标呈现较大差异。除河北省外，其余三省水足迹变化率波动幅度均较大。图 1 至图 4 可知，河北省的水资源自给率一致保持在 98% 以上，且水资源压力指数一直保持在 0.05 以下，水资源利用效率呈现逐年上升趋势，从 125.29 元/m³ 增长至 169.79 元/m³，涨幅为 35.2%；四川省的水资源自给率处于增长趋势，且约保持在 90% 的较高水平，水压力指数约为 0.05，水资源利用效率从 2010 年的 106.63 元/m³ 显著提高至 219.72 元/m³，涨幅约为 106%，主要原因在于四川省水资源的转移利用以及用水结构的变化；江苏省的水资源自给率呈现下降趋势，从 2010 年的 60% 下降至 2019 年的 49.67%，水资源压力指数却呈现逐年上升趋势，平均水平约为 0.14，水资源利用效率呈现逐年上升趋势，从 78.7 元/m³ 增长至 134.07 元/m³，涨幅为 72%；广东省的水资源自给率在 20% 水平波动，常年处于较低水平，水资源压力指数呈现增长趋势，在 2019 年时接近 0.3，水资源利用效率从 2010 年的 59.49 元/m³ 增长至 2019 年的 83.64 元/m³，涨幅为 40.6%。由此可知，广东省的水资源用水压力最大，江苏省次之。

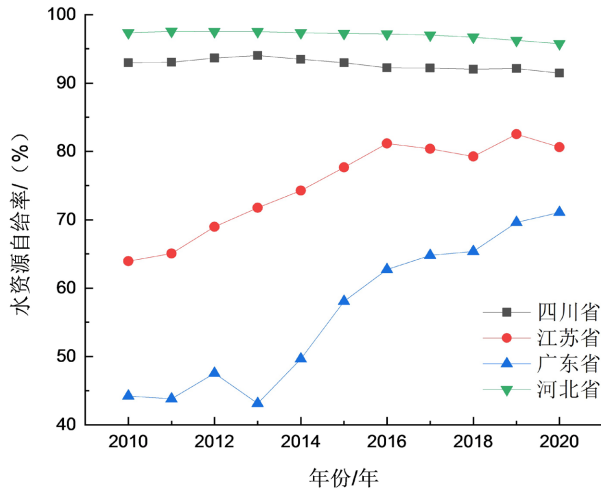


Figure 1. Self-sufficiency rate of water resources

图 1. 水资源自给率

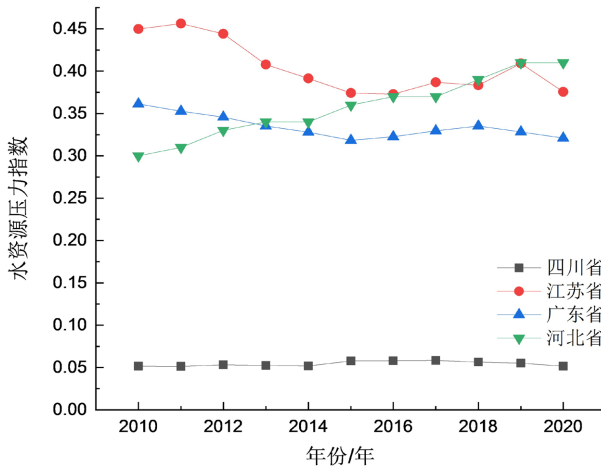


Figure 2. Water resources pressure index

图 2. 水资源压力指数

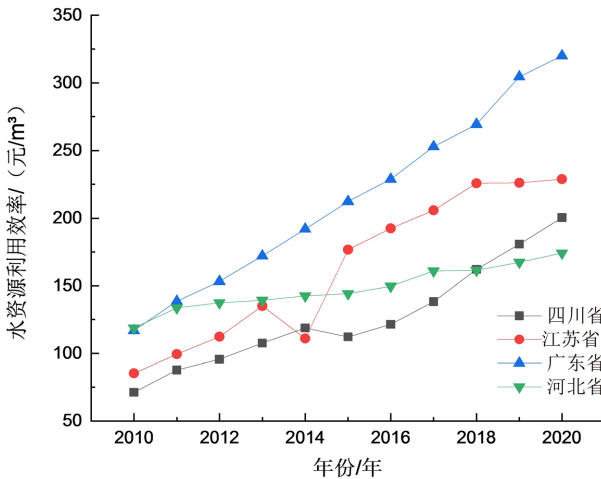


Figure 3. Utilization efficiency of water resources

图 3. 水资源利用效率

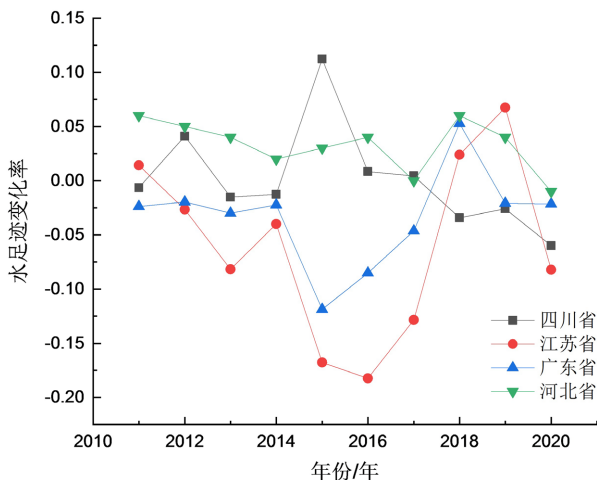


Figure 4. Change rate of water footprint
图 4. 水足迹变化率

3.1.3. 经济发展状况分析

表 3 反映 2010~2020 年四省经济发展指标。由表可知，苏粤两省年均生产总值及人均生产总值均远高于冀川两省。从生产总值组成情况分析，四省生产总值均主要由第二、三产业构成，但冀川两省第一产业贡献率略高于苏粤两省。从就业人员组成情况分析，冀川两省第一产业从业人员占比高于苏粤两省，第二、三产业从业人数占比略低于苏粤两省。由此可见，四省三大产业从业人数分布的差异在一定程度上导致其生产总值及人均生产总值的差异性。

Table 3. Average annual GDP from 2010 to 2020

表 3. 2010~2020 年均生产总值

省份	生产总值(亿元)	人均生产总值(元)	第一产业占比/%		第二产业占比/%		第三产业占比/%	
			产值	人员	产值	人员	产值	人员
冀	30,397.15	31,751.56	11.15	33.74	47.91	33.27	40.93	33.27
川	32,651.16	39,655.83	11.91	38.89	42.65	26.26	45.45	34.86
苏	72,556.41	90,634.27	5.29	17.81	47.63	41.10	47.07	41.09
粤	77,630.82	78,983.01	26.74	16.53	46.06	39.55	35.04	43.95

3.2. 水足迹与经济增长的脱钩分析

根据水足迹-LMDI 脱钩弹性模型，结合表 1 Tapio 脱钩状态划分标准，确定四省 2010~2020 年水足迹与经济发展的脱钩评价结果。由表 4 可以看出，四省水资源利用与经济发展脱钩状态呈现较大差异。

由表可知，2010~2020 年河北省脱钩弹性指数较为平稳，水资源利用速度低于同期经济增长速度，属于脱钩阶段。从各年水资源利用情况来看，2010~2018 年河北省水资源压力增长与经济驱动增长处于弱脱钩阶段。该阶段尽管用水大量消耗，水资源供给压力大，但仍能带来经济的增长，属于粗放型经济向可持续经济发展转型的中间状态。2018~2020 年河北省水资源利用与经济发展关系进一步优化，进入强脱钩阶段。该阶段水资源利用与经济增长呈现反向变动的关系，水资源压力指数呈现负增长，但经济驱动增长率呈现正增长，表明经济增长不再依赖用水量的增加，水资源利用效率提高，进入可持续利用阶段。

2010~2020 年四川省脱钩弹性指数在脱钩范围处于波动起伏状态，经历弱脱钩 - 强脱钩 - 弱脱钩波动变化阶段，最终趋于强脱钩的稳定状态。2010~2012 年四川省水资源压力增长与经济驱动增长处于弱脱钩阶段，该阶段

水资源压力不断增长,但仍能带来经济驱动增长。但 2012~2014 年四川省水资源利用与经济增长进入强脱钩阶段,该阶段经济增长不受水资源压力增长的约束,实现了水资源利用效率的提高,水资源将保障经济的可持续性增长,说明 2012 年以来四川省对用水及经济结构做出了一系列调整,使得经济的增长不再依赖于水资源的消耗。2014~2016 年四川省水资源利用与经济增长处于弱脱钩阶段,水资源对经济增长的制约作用再次显现。说明前阶段四川省对用水及经济结构的优化政策只能解决用水压力与经济增长之间短时期内的矛盾,并不能从根本上解决水资源对经济驱动增长的制约作用。2016~2020 年四川省水资源压力增长与经济驱动增长处于稳定的强脱钩状态,该阶段用水效率较高,水资源压力较小,经济稳步持续增长,进入理想的可持续发展状态,表明 2016 年四川省做出的一系列对用水结构的调整政策发挥了重要作用,并且从目前分析数据来看,该政策能够带来长期效益。

2010~2020 年江苏省脱钩弹性指数波动幅度较大,经历脱钩-负脱钩-脱钩-连接(过渡)-负脱钩的转变,整体朝着负脱钩阶段转变。2010~2020 年江苏省处于弱脱钩状态,经济增长的同时加大了水资源的供给压力,为 2012~2014 年水资源利用与经济增长进入负脱钩提供了前提条件。由于相关部门未及时调整用水及经济发展战略,水资源压力与经济增长之间的矛盾进一步深化,最终发展为负脱钩阶段,该阶段水资源压力增长与经济驱动增长处于双重减弱状态,江苏省经济发展处于衰退状态,该阶段应该引起相关部门的高度重视。2014~2016 年江苏省水资源利用与经济增长处于强脱钩阶段,水资源供给压力不再约束经济驱动增长,进入短期可持续发展阶段。但 2016~2018 年进入水资源供给压力与经济增长进入连接阶段,处于脱钩与负脱钩之间的过渡状态,2018~2020 年过渡到负脱钩阶段,水资源供给压力再次反映对经济增长的制约作用,经济发展并没有随着资源的消耗而得以提升。由 2010~2020 年江苏省水资源利用与经济增长之间的脱钩状态变化可知,近 10 年江苏省经济高速发展过程中,频繁遭受水资源供给压力的制约作用。因此,在未来发展中相关部门应该重视用水政策的调整,高度重视水资源利用与经济增长的协调发展。

2010~2020 年广东省水资源利用与经济增长趋势与江苏省具有高度的相似性,均处于不稳定波动状态,但广东省经历负脱钩-连接(过渡)-脱钩-连接(过渡)-脱钩阶段,实现从经济衰退至可持续发展经济的转型,呈现向好发展趋势。2010~2020 年广东省经济发展处于衰退阶段,经济增长的同时引发水资源供给压力急剧增长,处于水资源利用与增长处于不协调发展状况,未来水资源供给状况将极大地制约经济健康发展。经过相关部门对用水及经济结构的一系列调整,2012~2014 年广东省水资源利用及经济增长处于脱钩与负脱钩之间的过渡状态,并在 2014~2016 年时回到强脱钩状态,水资源供给压力不再制约经济增长,广东省经济实现由衰退阶段向可持续健康发展状态转变。2016~2018 年广东省经历短期脱钩阶段与负脱钩阶段之间的过渡阶段,2018~2020 再次处于水资源利用与经济协调发展的强脱钩状态。由此观之,2010 年以来广东省相关部门逐渐重视水资源供给压力与经济增长的协调发展状态,并最终实现了经济可持续健康发展目标。

综上所述,2010~2020 年河北省与四川省脱钩状态较为相似,均处于稳定的脱钩状态,水资源的供给能够维持经济的持续增长。江苏省与广东省脱钩状态较为相似,均经历脱钩、连接(过渡)、负脱钩三个阶段,但江苏省最终朝着负脱钩阶段发展,水资源供给将极大制约经济的可持续发展;而广东省最终朝着脱钩阶段发展,经济增长将不再依靠用水量的增加,经济逐渐实现健康可持续发展。

Table 4. Decoupling elasticity coefficient of four provinces from 2010 to 2020
表 4. 四省 2010~2020 年脱钩弹性系数

年份	ΔWF	ΔGDP	e	脱钩判断	年份	ΔWF	ΔGDP	e	脱钩判断
河北省					四川省				
10~12	0.01	0.15	0.08	弱脱钩	10~12	0.04	0.39	0.12	弱脱钩
12~14	0.01	0.04	0.37	弱脱钩	12~14	-0.02	0.21	-0.12	强脱钩
14~16	0.01	0.05	0.24	弱脱钩	14~16	0.11	0.15	0.77	弱脱钩

Continued

16~18	0.01	0.08	0.15	弱脱钩	16~18	-0.02	0.29	-0.07	强脱钩
18~20	-0.01	0.08	-0.16	强脱钩	18~20	-0.07	0.13	-0.51	强脱钩
江苏省					广东省				
10~12	0.19	0.30	0.65	弱脱钩	10~12	0.45	0.25	1.75	扩张性负脱钩
12~14	0.00	-0.13	0.00	弱负脱钩	12~14	0.15	0.19	0.81	扩张连接
14~16	-0.08	0.65	-0.13	强脱钩	14~16	-0.12	0.17	-0.68	强脱钩
16~18	0.33	0.20	1.61	扩张性弱脱钩	16~18	0.28	0.22	1.26	扩张性负脱钩
18~20	0.06	-0.01	-9.01	强负脱钩	18~20	-0.02	0.14	-0.17	强脱钩

3.3. 脱钩驱动因素及效应分析

本文在 Tapio 脱钩弹性模型的基础上,运用 Kaya 恒等式和 LMDI 方法,明确了影响水资源利用与经济发展脱钩关系的四个脱钩因素[2]。2010~2020 年四个省水足迹与经济发展脱钩状态的驱动效应脱钩因素分布情况见表 5。

由图 5~8 可知,规模经济效应是影响河北省水资源利用与经济发展的主要脱钩因素,发挥正向驱动效应,常住人口效应发挥微弱驱动效应,而技术效益发挥微弱负向驱动作用。2010~2020 年河北省技术、产业结构、规模经济、常住人口效应变化趋势较为平稳,无明显波动起伏变化,表明十年来河北省未对用水及经济结构做出重大调整,水资源压力与经济驱动增长之间的关系较为平稳。结合 3.2 节分析结构可知,河北省处于稳定的脱钩阶段,水资源能够供给经济的可持续发展,且其脱钩影响因素并未发生显著变化。

由图 5~8 可知,规模经济效应是影响四川省水资源利用与经济发展的主要脱钩因素,发挥正向驱动效应,常住人口效应发挥微弱驱动效应,而技术效应发挥负向驱动效应,产业结构效应并未发挥作用。2010~2020 年四川省规模经济效应与技术效应呈现此消彼长的负向变动关系,当规模经济效益的驱动作用减弱时,技术效应的抑制作用减弱,宏观上促进四川省水资源利用与经济增长的协调发展。

由图 5~8 可知,技术效应、产业结构效应、规模经济效应是影响江苏省水资源利用与经济增长关系的主要脱钩因素,常住人口效益发挥微弱驱动效应。由图 5~7 可知,2010~2020 年江苏省技术效应、产业结构效应、规模经济效应均呈现剧烈波动状态,反映江苏省产业结构、技术手段、经济规模的不断调整与改进。2010~2012 年江苏省技术效应发挥一定程度正向驱动作用,而技术效应发挥相当程度的负向驱动效应,宏观表现为水资源供给压力与经济增长的弱脱钩状态,尽管水资源压力不断增长,但仍然能够带来经济的增长。2012~2018 年江苏省技术效应、产业结构效应、规模经济效应均发挥显著正向驱动效应,常住人口效应发挥微弱驱动效用。在四个脱钩影响因素综合驱动作用下,江苏省在 2014~2016 年水资源供给压力与经济增长处于协调发展的强脱钩状态,经济增长不再依赖用水量的增加。2018~2020 年江苏省技术效应、产业结构效应、常住人口效应均未体现作用效果,而规模经济效应发挥负向驱动效应,最终表现为江苏省水资源压力与经济增长的强负脱钩状态,水资源供给压力将极大地制约规模经济增长。

由图 5~8 可知,2010~2020 年广东省技术效应、常住人口效应均呈现剧烈波动趋势,产业结构效应体现微弱驱动作用,2020~2018 年规模经济效应呈现正向驱动作用,2020 年发挥负向驱动作用。由图 5 与图 8 可知,2010~2020 年广东省技术效应与常住人口效应体现反向驱动效应,当技术效应发挥正向驱动作用时,常住人口效应发挥负向驱动作用,但技术效应的正向驱动效应强于常住人口的抑制作用。再加之规模经济效益的驱动作用,广东省水资源供给压力与经济增长关系尽管处于波动状态,但最终朝着经济健康可持续发展阶段发展。

综上所述,河北省与四川省水资源利用与经济增长的脱钩状态影响因素较为相似,技术效益发挥主要正向

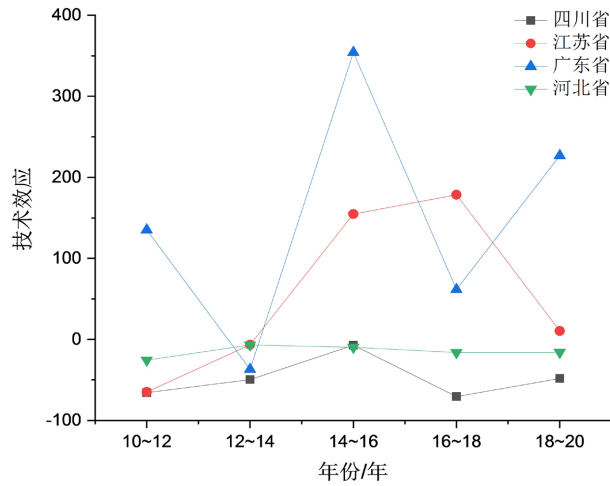


Figure 5. Technical effect
图 5. 技术效应

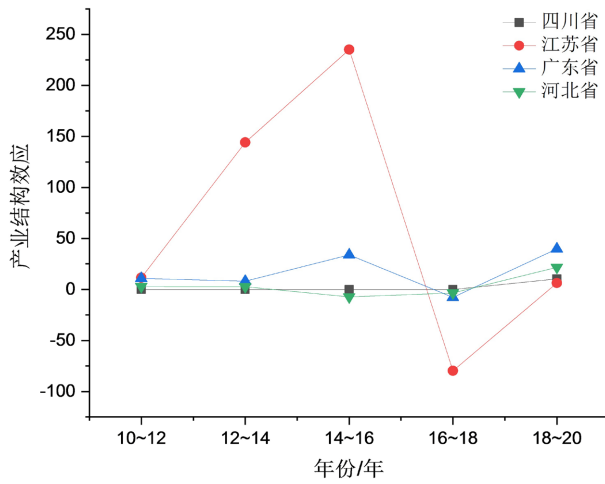


Figure 6. Industrial structure effect
图 6. 产业结构效应

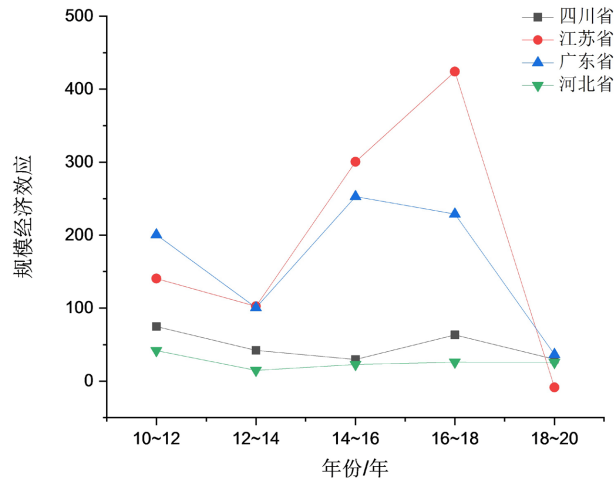


Figure 7. Economies of scale effect
图 7. 规模经济效应

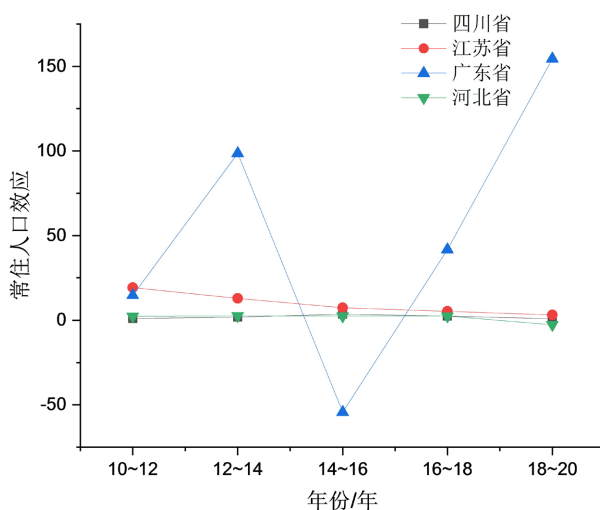


Figure 8. Resident population effect

图 8. 常住人口效应

Table 5. Decoupling factor analysis

表 5. 脱钩因素分析表

年份	技术效应	产业结构	规模经济效应	常住人口	年份	技术效应	产业结构	规模经济效应	常住人口
河北省					四川省				
10~12	-25.57	2.93	41.94	2.31	10~12	-65.73	-0.01	74.89	0.99
12~14	-6.91	2.62	14.72	2.57	12~14	-49.66	0.21	42.12	1.89
14~16	-9.78	-7.32	22.71	2.39	14~16	-7.18	0.03	29.78	3.56
16~18	-16.14	-3.47	25.86	2.45	16~18	-70.53	-0.01	63.17	2.42
18~20	-15.87	21.72	25.51	-2.67	18~20	-48.18	10.27	30.08	0.86
江苏省					广东省				
10~12	-64.84	11.46	140.45	19.2	10~12	135.09	10.73	200.42	14.75
12~14	-6.51	144.07	102.46	12.87	12~14	-36.77	8.1	100.72	98.57
14~16	154.58	235.18	300.4	7.39	14~16	354.02	33.82	252.91	-54.29
16~18	178.47	-79.63	424018	5.21	16~18	61.55	-7.66	228.93	41.68
18~20	10.27	6.24	-8.48	3.04	18~20	226.78	39.85	36.63	154.52

驱动作用，规模经济效应发挥抑制作用。江苏省与广东省脱钩影响因素较为类似，技术效应、规模经济效应均发挥显著作用，且均呈现剧烈波动状态。江苏省产业结构效应对水资源利用与经济增长的脱钩关系作用显著，其余三个省份产业结构效应发挥作用不明显。广东省常住人口效应对水资源利用与经济增长的脱钩关系作用效果显著，其余三个省份常住人口效应发挥作用不明显。

4. 结论与建议

4.1. 结论

根据水足迹组成分析可知，四省均为农业用水量最大，工业用水量次之，在此方面展开节水管理将取得极大效益。从水资源利用情况可知，四省水资源自给率、水资源利用效率呈现不断提高趋势，但河北省、四川省

的用水压力远远低于江苏省、广东省。由四省经济发展状况可知,三大产业产业结构的差异江苏省、广东省的生产总值远远高于河北省及四川省。

由四省水资源供给压力与经济增长的脱钩分析可知,河北省与四川省 2010~2020 年冀川两省脱钩弹性指数较为平稳,水资源利用速度低于同期经济增长速度,属于脱钩阶段;江苏省脱钩弹性指数波动较大,经历了由强脱钩到强负脱钩的转变;广东省经历了扩张性负脱钩向强脱钩的发展,实现了由粗放型经济向可持续发展性经济的转型。

在脱钩因素研究中发现,河北省与四川省水资源利用与经济增长的脱钩状态影响因素较为相似,技术效益发挥主要正向驱动作用,规模经济效应发挥抑制作用。江苏省与广东省脱钩影响因素较为类似,技术效应、规模经济效应均发挥显著作用,且均呈现剧烈波动状态。但江苏省产业结构效应、广东省常住人口效应对水资源利用与经济增长的脱钩关系作用显著,其余作用不明显。

4.2. 建议

为实现四省水资源利用与经济协调可持续发展,提出以下建议:

农业作为高耗水产业,在水资源日渐紧缺的情况下,如何提高水资源的利用效率,发展节水农业已成为各个地区农业可持续发展的重要举措。应多措并举保障农业合理用水、因地制宜推动农业产业结构调整、控制农业用水不合理增长、修订完善农业用水定额、大力推广农业节水技术。

工业也是用水的重要行业。虽然近几年冀川苏粤四省的工业用水效率大大提高,但与世界先进水平相比还有差距,工业用水还有较大的节水空间。应建立以水定产倒逼机制、推动工业结构调整和转型升级、大力推广工业节水技术、工艺和产品设备。

随着人口增长及城市化率提高,生活用水量与日俱增,应建立以水定城约束机制、着力推行用水计量和阶梯水价、全面推广生活节水器具、积极推进中水利用。

基金项目

四川大学 2022 年“大学生创新创业训练计划”省级项目:基于公报数据的地区水资源与经济发展关系对比分析(20220717L)。

参考文献

- [1] 潘安娥,陈丽.湖北省水资源利用与经济协调发展脱钩分析——基于水足迹视角[J].资源科学,2014,36(2):328-333.
PAN Ane, CHEN Li. Analysis on decoupling of water resource utilization and coordinated development of economy in Hubei Province from the perspective of water footprint. Resource Science, 2014, 36(2): 328-333. (in Chinese)
- [2] 孙付华,杨一帆,沈菊琴,张丹丹,王昌盛.基于水足迹-LMDI模型的江苏省水资源利用与经济发展的脱钩关系研究[J].江苏社会科学,2020(6):233-240.
SUN Fuhua, YANG Yifan, SHEN Juqin, ZHANG Dandan and WANG Changsheng. The decoupling relationship between water resource utilization and economic development in Jiangsu Province based on water footprint-LMDI model. Jiangsu Social Sciences, 2020(6): 233-240. (in Chinese)
- [3] 章恒全,陈纯,张陈俊.长江三角洲地区用水量演变与脱钩的驱动效应研究——基于 LMDI-Tapio 两阶段方法[J].资源开发与市场,2019,35(5):611-617+631.
ZHANG Hengquan, CHEN Chun and ZHANG Chenjun. Research on driving effect of evolution and decoupling of water consumption in Yangtze River Delta Region—Based on LMDI-Tapio two-stage method. Resource Development and Markets, 2019, 35(5): 611-617+631. (in Chinese)
- [4] 刘明胜,刘青山.基于水足迹视角下的水资源利用与经济协调发展脱钩分析——以贵州省为例[J].中国农村水利水电,2017(8):86-91.
LIU Mingsheng, LIU Qingshan. Analysis on the decoupling between water resource utilization and coordinated development of economy from the perspective of water footprint—Taking Guizhou Province as an example. Rural Water Resources and

Hydropower in China, 2017(8): 86-91. (in Chinese)

- [5] 李宁, 张建清, 王磊. 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, 27(11): 202-208.
LI Ning, ZHANG Jianqing and WANG Lei. Analysis on decoupling of water resource utilization and coordinated economic development of urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River based on water footprint method. Population, Resources and Environment of China, 2017, 27(11): 202-208. (in Chinese)
- [6] HOEKSTRA, A. Y., HUNG, P. Q. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Journal of Organic Chemistry, 2002, 11(7): 835-855.
- [7] REES, W. E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121-130. <https://doi.org/10.1177/095624789200400212>
- [8] ALLANJA. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. In Priorities for water resources allocation and management. London: ODA, 1993.
- [9] OECD. Indicators to measure decoupling of environmental pressures from economic growth. Paris: OECD, 2002.
- [10] ZHANG, Z. X. Decoupling China's carbon emissions increase from economic growth: An economic analysis and policy. World Development, 2000(28): 739-752. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(99\)00154-0](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(99)00154-0)
- [11] TAPIO, P. Towards a theory of decoupling: Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. Transport Policy, 2005, 12(2): 137-151. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.01.001>