

长三角城市群环境规制与水资源利用效率

童纪新, 赵崔妍

(河海大学商学院, 江苏 南京 211100)

摘要:运用超效率 SBM 模型和 Malmquist 指数分解模型,对长三角城市群 27 个城市 2012—2018 年水资源利用效率进行测算,构建以环境规制为门槛变量的面板门槛模型,分析环境规制对水资源利用效率的影响。研究结果显示:长三角城市群整体水资源利用效率良好,总体全要素生产率呈波动上升趋势;环境规制对于水资源利用效率存在单一门槛效应,当环境规制低于门槛值 0.494 时,环境规制对水资源利用效率的促进作用不显著,只有环境规制大于门槛值 0.494 时,才能显著促进水资源利用效率的提高。

关键词:超效率 SBM; Malmquist 指数; 水资源利用效率; 环境规制; 门槛效应; 长三角城市群

中图分类号: X24; TV213.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-9511(2021)04-0001-07

水资源作为重要的自然资源和经济资源,不仅关乎日常生活,还关乎社会经济发展与综合竞争力。党的十九大报告提出“加快生态文明体制改革,建设美丽中国”,把坚持人与自然和谐共生纳入新时代坚持和发展中国特色社会主义的基本方略,把水利摆在九大基础设施网络建设之首,提升水资源利用效率、优化水资源配置,推进绿色发展成为一项新的挑战。长三角地区是我国参与国际竞争的重要平台,该地区区位优势,经济基础雄厚,作为“一带一路”与长江经济带的交汇处,长三角城市群是我国经济社会发展的重要引擎,在促进经济增长和市场空间由南向北、由东向西拓展、协调区域发展方面起到至关重要的作用。虽然长三角地区河网密布,但就人均水资源而言,依然十分紧缺,水环境承载力整体形势严峻^[1],合理配置水资源成为必然选择^[2]。长江经济带作为中国经济发展的重要战略区域,而长三角城市群又是长江经济带的龙头,分析长三角城市群的水资源利用效率在当下十分必要。加之,面对环境污染问题关注度的提高以及生态文明建设的需要,环境规制的强度和规模在大多数地区都有了一定程度的扩大。2019 年 12 月,中共中央、国务院印发的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》对长三角城市群的环境发展提出了更高要求,指出了要扎实推进水污染防治、水生态修复、水

资源保护,促进跨界水体水质明显改善,并提出生态环境质量总体改善,跨界河流断面水质达标率达到 80% 的发展目标。在此背景下,环境规制对于水资源利用效率具有怎样的影响,以及环境规制在不同强度下,对水资源利用效率的影响作用是否相同,也值得探究。

1 文献综述

1.1 水资源利用效率

水资源利用效率一直是学术界有关水资源管理的热点研究问题,并且研究方法多样。

在数据包络分析法(DEA)^[3]方面,吴琼等^[4]采用传统 B2C 模型,基于 2003—2015 年全国 31 个省(区、市)数据分析水资源利用效率,并进行 Q 型聚类将研究区域划分为 3 种类型,具体阐述各地区用水效率差异的原因。江丽丽等^[5]基于江苏省 2010—2017 年生产用水数据,采用三阶段 DEA 法研究江苏省生产用水效率。该方法在传统 DEA 方法中加入了随机前沿分析,剔除了影响因素对水资源利用效率的影响作用。传统 DEA 模型只能计算出评价对象的相对有效性,无法评价已经实现相对有效的对象的优劣,而超效率 DEA 模型可以进一步分析有效决策单元。基于此,任俊霖等^[6]利用超效率 DEA 模型测度长江经济带 11 个省会城市

基金项目:国家社会科学基金(15AGL011);国家自然科学基金青年基金(71703072)

作者简介:童纪新(1964—),男,教授,博士,主要从事技术经济及管理研究。E-mail: jxtong@hhu.edu.cn

2011—2013 年用水效率,并用 Tobit 模型检验其影响因素。Lombardi 等^[7]采用数据包络分析,通过对意大利自来水公司效率的计算来评估国家水行业系统的技术和环境效率。

在其他研究方法方面,陈思源等^[8]采用随机前沿生产函数法构建农业水资源利用效率理论模型,分析广西农业水资源利用效率的变动状况以及耦合关系。管新建等^[9]采用条件广义方差极小法从指标基本集中选取 6 个指标,并用熵权模型计算出综合指数,对黄河流域水资源利用效率进行评估。邓益斌等^[10]运用泰尔指数分解法研究 2004—2013 年中国水资源利用效率的区域差异,该方法在空间意义上将泰尔指数分解为组间差异和组内差异,更易挖掘区域差异的内在因素。Li 等^[11]提出 AIC 变量选择法,考虑了投入产出间的所有变量组合,剔除了投入产出内部信息冗余的变量,其结果具有稳定性与有效性。郭利丹等^[12]运用万元 GDP 水生态足迹衡量出江苏省水资源利用效率。

从研究区域来看:①研究省际和某一流域的水效率的较多。武继尧等^[13]、钟丽雯等^[14]、张云宁^[15]分别对辽宁省、广西壮族自治区和江苏省水资源利用效率进行评价。巩灿灿等^[16]对黄河中下游沿线城市水资源利用效率进行测算,并分析时空演变趋势。Qi 等^[17]对长江经济带水资源利用效率进行评价并分析影响因素。②研究某一行业用水效率的也较多。孙付华等^[18]基于 DEA 和 Malmquist(全要素生产率)构建农业水资源利用效率评价模型,测算我国 31 个省(区、市)农业用水效率并分析空间和时间异质性。岳书敬等^[19]运用投入产出法对长三角地区整体用水、三大产业用水和制造业二分化行业用水进行差异分析。

关于长三角地区的研究,大多将长三角地区作为长江经济带一部分研究,或将水资源利用作为生态评估的一部分来研究。张玮等^[20]通过建立 EBM 模型评价 2006—2015 年长江经济带沿线省市绿色水资源利用效率。万正芬等^[21]通过 DPSIR 模型对长三角地区生态安全进行评估,指出区域用水难以有效支撑产业发展和人口集聚带来的水资源消耗,用水效率有待提高。朱智洛等^[22]利用灰水足迹测度研究长三角地区水质与经济的关系,发现长三角地区整体水质上升,水资源利用效率有所提高。

1.2 环境规制与水资源利用效率

关于环境规制对水资源效率的影响,现有文献主要是从农业用水效率、工业用水效率和水资源综合利用效率 3 个层面进行评价,此外,较多研究将环境规制纳入众多影响水资源利用效率的因素中,仅

分析环境规制对水资源利用效率是正向还是负向影响。杨骞等^[23]运用 DEA 和 Bootstrap 断尾回归模型实证检验,研究发现环境规制可以显著提升农业水资源利用效率。汪克亮等^[24]基于 EBM-Tobit 模型的两阶段分析,发现政府环境规制对长江经济带工业绿色水资源效率没有促进作用,回归系数为负,但未通过显著性检验。也有较少研究表明环境规制对水资源利用效率存在门槛效应,例如,徐承红等^[25]基于异质性环境规制视角实证研究发现环境规制对绿色水资源效率存在门槛效应,并且不同类型的环境规制对水资源利用效率存在空间异质性。

现有文献虽然对于水资源利用效率的研究十分丰富,但仍存在一些拓展空间。一是,目前将长三角城市群作为独立个体利用超效率 SBM 模型研究水资源利用效率的文献有待拓展,并且模型以及相关指标选取的不同也会影响结论的差异。二是现有文献大多局限于运用 Tobit 回归模型研究水资源利用效率的多种影响因素,仅大体研究环境规制对水资源利用效率是正向还是负向影响,关于环境规制对水资源利用效率的门槛效应的研究有待补充,环境规制达到何种力度才能有效促进水资源利用效率的提升需要加以验证。对于具有战略地位的长三角地区来说,环境规制与水资源利用效率二者之间是否存在非线性关系、表现形式如何需要进一步证实。因此,本文以长江经济带的龙头——长三角城市群为研究对象,利用超效率 SBM 模型以及 Malmquist 指数分解法对各城市水资源利用效率及各项指数进行分析,并运用面板门槛回归模型探究环境规制对水资源利用效率的影响作用。该研究对长三角地区乃至长江经济带的水资源管理具有一定的指导作用。

2 水资源利用现状及研究方法

2.1 水资源利用现状

2016 年 5 月 11 日,国务院常务会议通过《长江三角洲城市群发展规划》,规划中包含 26 个城市,长三角城市群以上海市为中心,辐射江苏省 9 市:南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州;浙江省 9 市:杭州、宁波、温州、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山、台州;安徽省 8 市:合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城。2019 年 12 月 1 日,《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》中新增浙江省温州市。

图 1 显示:长三角城市群 2012—2018 年农业、工业和生活用水总量呈现波动下降的变化趋势。2013 年用水量出现高峰后陡然下降,原因是 2013

年国务院发布《实行最严格水资源管理制度考核办法》，约束全国用水。2014—2016 年缓慢上升，但总体上升幅度不大。随后 2016—2018 年出现大幅度下降，原因是《长江三角洲城市群发展规划 2015—2030》和“十三五”水资源消耗总量和强度双控行动方案的提出，以及习近平总书记在重庆召开了推动长江经济带发展座谈会，指出把修复长江生态环境摆在压倒性位置，“共抓大保护，不搞大开发”，对长三角的水资源利用以及生态保护提出了更高要求。

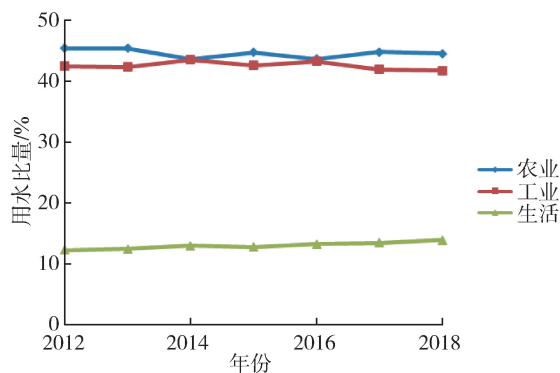


图3 长三角城市群各项用水比重

和产出之间的函数关系，避免主观因素影响，被广泛应用于各领域的绩效评价。

DEA 的分析模型种类较多，为避免传统 DEA 模型对于多个同时有效决策单元无法做出进一步比较的缺陷和径向、角度选择带来的偏差，笔者运用非角度、非径向超效率 SBM 模型对长三角城市群的 27 个城市 2012—2018 年水资源利用效率进行评价。该模型测出的效率值可以大于 1，便于对 DEA 有效的城市进行对比分析。

2.2.2 Malmquist 指数

全要素生产率指数 (Malmquist) 用来衡量生产效率的变化，Malmquist 指数 (M) 可以拆分为技术进步 (C_T) 和技术效率 (C_E)，而技术效率 (C_E) 又可以拆分为纯技术效率 (C_{PE}) 和规模效率 (C_{SE})，即 $M = C_T C_{PE} C_{SE}$ 。当 $M > 1$ 时，表明生产率水平提高，反之即为降低； $C_T > 1$ 时，表示技术进步； C_E 表示技术效率的变化程度， $C_E > 1$ ，表示技术效率提高； $C_{PE} > 1$ ，表示管理的改善使得效率得以改进； $C_{SE} > 1$ ，表示从长远来看，决策单元向最优规模靠近。

2.2.3 面板门槛回归模型

现有文献表明，环境规制可能对水资源利用效率存在门槛效应，为具体验证这一关系，借鉴 Hansen^[26] 的门槛回归模型构建以下模型：

$$W_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 E_{i,t} I(q_{i,t} \leq r_i) + \beta_2 E_{i,t} I(q_{i,t} \leq r_i) + \beta_3 C_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中： $W_{i,t}$ 为水资源利用效率； $E_{i,t}$ 为环境规制强度； q 为门槛变量； r_i 为门槛值； I 为示性函数； C 为影响水资源利用效率的控制变量。当满足括号内条件时取 1，否则取 0。当变量系数 β_1 与 β_2 不相等时，则表示存在门槛。

3 变量选取和数据来源

3.1 超效率 SBM 模型的投入产出变量

笔者没有笼统地选取供水总量作为投入指标，而是参照用水结构划分，选取农业用水量、工业用水

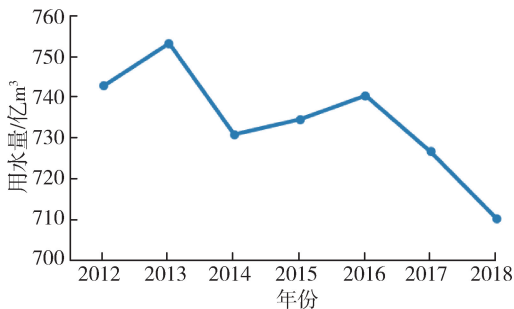


图1 长三角城市群用水量变化

图2与图3显示：农业用水量长期占居用水量首位，基本处于45%左右，近7年呈现波动下降趋势，但所占总用水量比重变化幅度不明显，主要是因为绝大多数地区仍以农业占据主导地位，农业用水比重大。工业用水量呈波动下降趋势，其所占总用水量比重近七年有所下降，但仍处于40%以上，主要是因为长三角地区虽然在节能减排技术的提高和环保措施的加强上有所进步，但其作为长江经济带的龙头，工业发展具有一定的规模，所以工业用水比例无法做到较大幅度的下降。生活用水量所占比重逐年稳定增加，主要是由于人口增长和生活水平的提高相应导致用水需求增加。

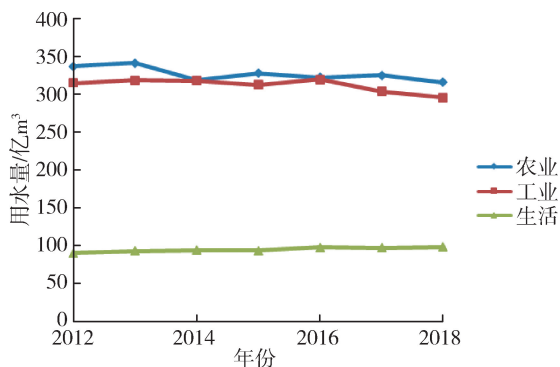


图2 长三角城市群各项用水量变化

2.2 研究方法

2.2.1 超效率 SBM 模型

数据包络分析 (DEA) 方法是一种评价决策单元投入产出效率的方法，由于不需要事先确定投入

量、生活用水量作为水资源的投入指标,选取就业人口作为人力投入指标,全年固定资产总额作为资本投入指标,为全面评价水资源利用效率,采用反映经济综合产出的 GDP 作为产出指标。

全年固定资产投资总额用固定资产投资价格指数进行平减,历年 GDP 用 GDP 平减指数进行平减处理,已统一调整至以 2006 年为基准的可比价格水平。

3.2 面板门槛模型的变量选择

由于影响水资源利用效率的因素较多,本文研究环境规制对水资源利用效率的门槛效应,选取环境规制作为核心解释变量和门槛变量,水资源利用效率作为被解释变量,经济发展水平、水资源禀赋、产业结构、人口密度和科技进步作为控制变量。

3.2.1 环境规制度量

学术界对于环境规制的度量方法较多,张翼等^[27]将度量方式概括为 3 种,一是政府管理视角,二是成本视角,三是污染物密度视角。以往研究中有些采用单一变量指标衡量环境规制,缺乏综合考虑。本文研究水环境规制对水资源利用效率的影响,考虑水环境规制的特殊性以及实证数据的可得性,选取废水中化学需氧量排放总量、氨氮排放总量、工业废水排放量和用水量作为环境规制的度量指标。作为废水中主要污染物,化学需氧量与氨氮排放总量能够较好地衡量环境规制效果;工业废水排放量与人口相关度较小^[28],减少了人口因素的影响,也能较好地衡量经济高速发展下水环境规制的力度;此外,选取农业、工业和生活用水量总量作为度量指标之一,用水量越大,节水意识越不明显,环境规制强度越弱。利用熵值法^[29]对 4 个指标进行无量纲化处理和权重确定,最终确定一个综合评价指标。熵值法主要过程如下:

a. 对数据进行无量纲化处理:

$$X_i = \frac{\max x_i - x_i}{\max x_i - \min x_i} \quad (2)$$

b. 确定第 i 年份第 j 项指标的比重:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^{27} X_{ij}} \quad (j = 1, 2, 3, 4) \quad (3)$$

c. 计算指标熵值:

$$e_j = \frac{-1}{\ln 27} \sum_{i=1}^{27} (Y_{ij} \ln Y_{ij}) \quad (j = 1, 2, 3, 4) \quad (4)$$

d. 计算各指标权重:

$$W_{ij} = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^{27} (1 - e_j)} \quad (j = 1, 2, 3, 4) \quad (5)$$

e. 计算综合指数:

$$E = \sum X_j \theta_j \quad (j = 1, 2, 3, 4) \quad (6)$$

最终,熵值法计算出的各项指标权重如表 1 所示。

3.2.2 控制变量

经济发展水平通常用人均 GDP 表示,有学者认为经济的快速发展会加剧经济增长与水资源利用之间的矛盾,也有一些学者认为发达地区对水资源利用更易产生规模效应。控制变量中的人均 GDP 用 GDP 平减指数进行平减处理,统一调整至以 2006 年为基准的可比价格水平。

水资源禀赋用人均水资源拥有量来衡量,有学者认为人均水资源拥有量高会降低水资源利用效率,即“资源诅咒”假说。也有一些学者证明水资源丰富地区能够吸引投资与相关人才,从而减少资源支出。

产业结构用第三产业增加值占 GDP 比重来表示,我国三大产业中第一产业耗水量最多,尤其是农业,加之农业用水技术不够先进,水资源浪费较严重,利用效率不高。而第三产业耗水较少,适当增加第三产业比重会提升水资源利用效率。

人口密度反映一个地区的紧凑程度,用各市历年总人口数与土地面积的比值来确定。人口密度高的城市更紧凑,资源分配更协调,有利于降低资源消耗,增加利用效率。

科技支出以地方一般财政科技支出的数据表示,一般来说,科技支出金额越多,技术更加先进,水资源利用效率更高。

3.3 数据来源

投入产出项中各用水量数据均来源于各市水资源公报,其余数据均来源于各市统计年鉴、国民经济和社会发展统计公报。化学需氧量、氨氮排放量、工业废水排放量以及用水量数据来源于各市环境状况公报。数据纵向覆盖 7 年(2012—2018 年),横向覆盖长三角城市群 27 个城市,共计 189 个决策单元。

表 1 2012—2018 年环境规制指标权重

指标	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
化学需氧量	0.1849	0.1866	0.1962	0.1856	0.1704	0.1685	0.1644
氨氮	0.2384	0.2328	0.2461	0.2536	0.2772	0.2779	0.3452
工业废水	0.2503	0.2601	0.2737	0.2741	0.2771	0.2874	0.2868
用水量	0.3263	0.3206	0.2841	0.2867	0.2753	0.2662	0.2036

4 超效率 SBM 和 Malmquist 指数评价结果

4.1 超效率 SBM 评价结果

运用超效率 SBM 模型测算长三角城市群 27 个城市 2012—2018 年水资源利用效率,所用软件为 MaxDEA pro,计算结果见表 2。

从整体水资源利用水平来看,长三角城市群 2012—2018 年水资源利用效率均值为 0.766,水资源利用率良好,但仍有较大提升空间。7 年间总体水资源利用效率呈波动上升状态,2018 年总体水资源利用效率最高,达到 0.798,整体态势偏好。

从各市历年水资源利用效率来看,始终保持在较前沿面的有无锡市、宁波市、金华市、舟山市、池州市和上海市,这几个城市在 2012—2018 年间每年始终保持 DEA 有效。无锡市 7 年间人均水资源拥有量平均只有 484 m^3 ,上海市 7 年间人均水资源拥有量在长三角城市群里一直处于末位,如 2018 年人均水资源拥有量仅有 159.67 m^3 ,无锡和上海水资源利用率较高的原因是区位优势,技术水平较高。池州市人均水资源拥有量始终处于长三角城市群中领先地位,2016 年人均水资源拥有量达 8638.6 m^3 ,是同年的 34 倍,但开发利用程度低,资本与劳动力

配置较好,所以水资源利用率较高。宁波市、金华市和舟山市的历年人均水资源拥有量在长三角城市群中处于中上水平,加之依靠严格的水资源管理制度,实现经济发展与资源节约同步提升。

芜湖市、马鞍山市、安庆市、滁州市和宣城市水资源利用效率一直处于较低水平,2012—2018 年间水资源利用效率均在 0.5 以下,这些城市集中在安徽省,产业结构以农业占据主导地位,并且目前农业用水技术较为落后,粗放式的农业用水方式导致用水效率较低。

4.2 Malmquist 指数评价结果

4.2.1 分年份的 Malmquist 指数

由 Malmquist 指数模型及 MaxDEA pro 软件,计算出长三角城市群 2012—2018 年各市的水资源利用 Malmquist 指数及各项指数分解值(表 3)。

表 3 显示:从时间序列来看,长三角城市群 2012—2018 年 Malmquist 指数均值(1.100)大于 1,总体全要素生产率实现增长,只有 2017 年 $M < 1$,但并不影响整体提升的趋势。此外,2012—2018 年 C_E 均值(1.019)、 C_T 均值(1.079)和 C_{PE} 均值(1.025)均大于 1,而 C_{SE} 均值(0.998)小于 1,说明长三角城市群 2012—2018 年期间,水资源利用的技术方面的

表 2 2012—2018 年长三角城市群各市水资源利用效率

决策单元	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	均值
南京	0.575	0.604	0.608	0.647	0.696	0.734	0.698	0.652
无锡	1.035	1.049	1.094	1.039	1.051	1.113	1.076	1.065
常州	0.597	0.611	0.614	0.623	0.649	0.617	0.640	0.622
苏州	0.674	0.655	0.696	0.757	0.796	0.734	1.006	0.760
南通	0.611	0.585	0.631	1.028	0.499	0.469	0.610	0.633
盐城	0.504	0.529	0.512	0.508	0.518	0.491	0.538	0.514
扬州	0.455	0.493	0.488	0.475	0.493	0.451	0.569	0.489
镇江	0.605	0.688	0.661	1.005	1.081	1.073	1.037	0.879
泰州	1.021	1.029	1.031	1.049	0.662	0.614	1.051	0.923
杭州	0.625	0.647	0.630	0.691	0.740	0.784	0.792	0.701
宁波	1.223	1.224	1.161	1.136	1.135	1.092	1.079	1.150
温州	0.559	0.562	0.555	0.616	0.643	0.748	0.702	0.626
嘉兴	0.695	0.711	0.675	0.666	0.675	0.640	0.628	0.670
湖州	0.555	0.598	0.608	0.613	0.623	0.640	0.638	0.611
绍兴	0.733	0.779	0.715	0.726	0.719	0.741	0.783	0.742
金华	1.395	1.176	1.187	1.198	1.206	1.164	1.156	1.212
舟山	1.584	1.515	1.491	1.447	1.407	1.397	1.556	1.485
台州	0.631	0.648	0.615	0.625	0.673	0.658	0.741	0.656
合肥	0.421	0.453	0.472	0.474	0.495	0.477	0.582	0.482
芜湖	0.285	0.301	0.308	0.313	0.316	0.310	0.319	0.308
马鞍山	0.347	0.379	0.374	0.382	0.394	0.371	0.397	0.377
铜陵	1.140	1.173	1.198	1.078	0.500	0.483	0.432	0.857
安庆	0.223	0.235	0.234	0.328	0.355	0.352	0.316	0.292
滁州	0.295	0.311	0.321	0.315	0.313	0.314	0.307	0.311
池州	1.101	1.111	1.130	1.153	1.193	1.197	1.210	1.157
宣城	0.337	0.369	0.387	0.396	0.420	0.430	0.401	0.392
上海	2.057	2.016	2.128	2.071	2.082	2.140	2.293	2.112
年度均值	0.751	0.758	0.760	0.791	0.753	0.749	0.798	0.766

改善起积极作用,而规模效率在一定程度上限制了长三角城市群水资源效率的提高。

表3 不同年份 Malmquist 指数

年份	C_E	C_T	C_{PE}	C_{SE}	M
2013	1.026	1.049	1.027	1.000	1.078
2014	0.984	1.111	1.004	0.980	1.093
2015	1.032	1.063	1.071	0.969	1.096
2016	1.013	1.072	0.981	1.047	1.084
2017	0.981	1.010	0.990	0.991	0.991
2018	1.077	1.168	1.075	1.004	1.256
平均值	1.019	1.079	1.025	0.998	1.100

从技术进步指数来看,长三角城市群 2012—2018 年间平均 C_T 为 1.079,并且各年 C_T 均大于 1,表明长三角地区技术进步优越,应继续保持对技术的重视,发挥节水技术的优势,引进节水技术人才。

从技术效率指数来看,2012—2018 年的 C_E 均值为 1.019,说明整体上管理水平有所提升,从技术效率指数的分解来看,纯技术效率均值为 1.025,但 7 年间呈现波动状态,应警惕出现下降趋势;规模效率均值为 0.998,并且也呈现波动状态,规模效率有待重视和改善,应合理配置资源,调整水资源投入规模,健全水资源管理制度。

4.2.2 分地区的 Malmquist 指数

表 4 显示:从全要素生产率来看,2012 年以来,长三角城市群中,只有铜陵市的 $M < 1$,呈负增长,增长率达 -3.8%。其他城市 M 均大于 1,均呈正向增长。其中,南通市 (1.205) 和镇江市 (1.280) 的 M 最高,全要素生产率增长最快,分别达 20.5% 和 28%。南京、无锡、苏州、盐城、扬州、泰州、杭州、温州、湖州、绍兴、台州、合肥和安庆的 M 也较高,均在 1.1 以上,增长率都在 10% 以上。长三角城市群绝大部分城市的全要素生产率都在提高。

从技术效率指数来看,宁波、嘉兴、金华、舟山、铜陵、滁州、池州和上海的 $C_E < 1$,表明技术效率下降。宁波、嘉兴、金华和铜陵是由于纯技术效率出现负增长,这些城市应加大“软”技术方面的投入与改进。舟山、滁州、池州和上海是由于规模效率呈现负增长,应当提高水资源与其他要素的匹配程度。此外,长三角城市群中只有不足 40% 的城市达到规模效率有效,说明并未实现规模效应,长三角城市群应当进一步合理规划各要素投入。

从技术进步指数来看,长三角城市群各城市平均增长 7.9%,说明技术引进、产品研发这类“硬”技术发挥重要作用,这与长三角地区资源优势相关,长三角地区汇集众多科研院校,人才储备丰富,并且对人才吸引力大。

表4 不同地区 Malmquist 指数

决策单元	C_E	C_T	C_{PE}	C_{SE}	M
南京	1.031	1.110	1.034	0.997	1.144
无锡	1.004	1.098	1.007	0.996	1.102
常州	1.006	1.067	1.012	0.994	1.075
苏州	1.080	1.085	1.078	1.001	1.174
南通	1.066	1.147	1.065	0.994	1.205
盐城	1.015	1.085	1.012	1.002	1.103
扬州	1.044	1.063	1.044	1.001	1.112
镇江	1.129	1.140	1.109	1.040	1.280
泰州	1.045	1.046	1.050	0.997	1.103
杭州	1.043	1.105	1.041	1.001	1.150
宁波	0.992	1.039	0.980	1.013	1.030
温州	1.035	1.074	1.042	0.993	1.106
嘉兴	0.970	1.091	0.984	0.985	1.056
湖州	1.020	1.082	1.024	0.997	1.104
绍兴	1.011	1.101	1.012	0.999	1.113
金华	0.974	1.052	0.971	1.004	1.025
舟山	0.995	1.046	1.051	0.949	1.045
台州	1.033	1.111	1.029	1.003	1.151
合肥	1.061	1.066	1.059	1.002	1.134
芜湖	1.014	1.059	1.019	0.996	1.074
马鞍山	1.014	1.056	1.024	0.991	1.072
铜陵	0.903	1.065	0.879	1.099	0.962
安庆	1.037	1.065	1.071	0.977	1.104
滁州	0.998	1.077	1.007	0.992	1.075
池州	0.992	1.062	1.016	0.977	1.052
宣城	1.014	1.077	1.031	0.986	1.092
上海	0.986	1.062	1.019	0.971	1.043
平均值	1.019	1.079	1.025	0.998	1.100

5 面板门槛回归分析

运用 stata15.0 对面板门槛模型进行检验,先后确定门槛效应是否存在以及门槛数量。并依次估算单门槛,双门槛和三门槛模型,所测出的 F 值和 P 值如表 5 所示。

根据表 5 结果可知,单一门槛值为 0.494, P 值为 0.007,在 1% 水平上显著。而双重门槛 P 值和三重门槛 P 值均不显著。这说明以环境规制为核心变量和门槛变量时,门槛效应存在,且表现为单门槛效应。环境规制与水资源利用效率之间呈现非线性关系。

表 6 的结果显示,当门槛值小于或等于 0.494 时,环境规制系数为 0.6074, P 值大于 0.1,不显著。当门槛值大于 0.494 时,环境规制系数为 1.9834, P 值小于 0.1,并通过显著性检验。即表明,当长三角城市群的环境规制力度小于或等于 0.494 时,环境规制对水资源利用效率有正向作用,但作用不显著;当环境规制力度大于 0.494 时,环境规制可以显著促进水资源利用效率的提高,每增加 1% 的环境规制力度,水资源利用效率增加 1.9834%。回归结果表明,在长三角城市群中,只有当环境规制达到门槛

表5 门槛效应检验

检验内容	门槛估计值	F 值	P 值	置信区间 下限	置信区间 上限	不同显著水平临界值		
						1%	5%	10%
单一门槛	0.494	104.72	0.007			96.0449	48.0874	36.0814
双重门槛	0.483	20.03	0.3133	0.4807	0.4834	197.2120	93.3904	64.2284
三重门槛	0.382	12.81	0.2233	0.3794	0.3824	212.3994	115.8362	60.6348

表6 环境规制对水资源利用效率的回归结果

解释变量	$R(R \leq 0.494)$	$R(R > 0.494)$	经济发展	水资源禀赋	产业结构	人口密度	科技支出	常数项
系数估计	0.6074	1.9834*	0.7337***	0.0319*	0.9862*	0.1886	0.0330	-1.4805

注:***、**、* 分别表示在1%、5%和10%的水平下显著。

值时,环境规制才能显著促进水资源利用效率的提高。

经济发展水平的系数为0.7337,并且通过显著性检验,表明经济发展水平可以显著促进水资源利用效率的提高;产业结构的系数为0.9862,并且通过显著性检验,表明第三产业所占比重越大,水资源利用效率越高;水资源禀赋对水资源利用效率有显著正向作用,这与“资源诅咒”假说相悖,表明水资源丰富的地区,浪费和不合理利用水资源的现象得到了一定控制;人口密度和科技支出对水资源利用效率均呈现正向作用,但影响作用不明显。

6 结论与建议

6.1 结论

本文基于长三角城市群2012—2018年面板数据,运用超效率SBM模型测算长三角城市群水资源利用效率,并分析全要素生产率指数变动情况,最后构建以环境规制为门槛变量的面板门槛模型,实证检验环境规制对水资源利用效率的影响作用,主要研究结论如下:①长三角城市群水资源利用效率良好,有较大提升空间,全要素生产率整体呈波动上升趋势;②长三角城市群各城市之间水资源利用效率有显著差异;③环境规制对水资源利用效率的影响存在单一门槛效应,不存在双重门槛和三重门槛效应。当环境规制力度低于门槛值0.494时,环境规制对水资源利用效率有促进作用,但不显著,环境规制力度高于门槛值0.494时,才能显著促进水资源利用效率的提升。

6.2 建议

为了推进长三角城市群水资源利用效率的提升,并更好地发挥环境规制对水资源利用效率的促进作用,笔者提出以下几点政策建议:

a. 长三角城市群整体水资源利用效率良好,但各市水资源利用现状不同,成因也各异。各市应当结合水资源利用水平和全要素生产率各项指数情况,着眼成因,针对性地调整,做到有的放矢,从不同

着力点提升水资源利用效率。

b. 长三角城市群应当继续保持技术进步的优势,推进技术创新,提升技术手段,发挥技术进步对水资源利用效率的积极作用,同时也要积极调整规模效率,合理规划各要素,改善水资源投入的结构与规模水平。

c. 重视环境规制对水资源利用效率的促进作用,继续加强各城市对水环境问题的重视,把握环境规制力度、完善环境规制政策,贯穿绿色发展理念。长三角各市政府要加以引导,具体评估各地环境规制力度,对于环境规制力度不足的城市,要合理加大环境政策实施力度,提升环境规制的效果,确保环境规制能够有效显著促进水资源利用效率的提升;对于环境规制力度过大的城市,应合理调配相关人力、物力资源,不应造成相关资源浪费。

参考文献:

- [1] 袁汝华,王霄汉. 基于Pythagoras-TOPSIS法的长三角水资源承载力综合评价分析[J]. 科技管理研究,2020,40(15):71-79.
- [2] 马骏,刘怡. 考虑水资源约束的长江经济带绿色可持续发展评价[J]. 水利经济,2020,38(3):13-18.
- [3] LILIENFELD A, ASMILD M. Estimation of excess water use in irrigated agriculture: a data envelopment analysis approach[J]. Agricultural Water Management,2007,94:73-82.
- [4] 吴琼,常浩娟,刘昭. 基于聚类的我国各地区水资源利用效率分析[J]. 人民长江,2018,49(14):55-60.
- [5] 江丽丽,赵敏. 江苏省生产用水利用效率分析[J]. 水利经济,2019,37(3):72-77.
- [6] 任俊霖,李浩,伍新木,等. 长江经济带省会城市用水效率分析[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(5):101-107.
- [7] LOMBARDI G V, STEFANI G, PACI A, et al. The sustainability of the Italian water sector: an empirical analysis by DEA[J]. Journal of Cleaner Production,2019,227:1035-1043.

(下转第18页)