DOI:10.3880/j.issn.1003-9511.2017.02.010

干旱区绿洲全要素农业水资源利用效率时空分异研究
——以新疆为例

杜 根,王保乾

(河海大学商学院,江苏 南京 211100)

摘要:选取 2004—2014 年新疆 14 个地州市际面板数据,基于投入导向的超效率 DEA 模型,依托共同前沿理论方法,采用全要素水资源效率测度思路,对新疆地州市以及分区域农业水资源利用效率进行测度,并对其开展时空分异研究。研究结果表明,新疆地州市农业水资源利用效率呈现不断增长趋势,三大区域农业水资源利用效率呈现出北疆、东疆及南疆依次递减规律;南疆主要地区、乌鲁木齐市与阿勒泰地区农业用水处于无效率状态,伊犁州直属县(市)、博尔塔拉自治州农业用水处于低效率状态,克拉玛依市、昌吉回族自治州、塔城地区、巴音郭勒自治州、和田地区、吐鲁番地区等农业用水处于高效率状态。

关键词:新疆;共同前沿;农业水资源利用效率;时空分异

中图分类号:F205;F224 **文献标识码**:A **文章编号**:1003-9511(2017)02-0047-06

中国水资源总量约为 2.81 亿 m^3,约占世界第 6 位,而人均水资源占有量却居世界第 108 位,属于世界 21 个贫水国家之一。国内水资源区域分布极不均衡,表现为南多北少、东多西少的特点。由于降水稀少、蒸发旺盛、耕地与水资源分布不适应等原因,我国干旱和半干旱地区缺水形势严峻,水资源问题已成为其经济社会发展的"瓶颈"。2013 年 9 月,习近平提出共建"丝绸之路经济带"的重大倡议,倡议要求构筑新一轮对外开放的"一体两翼",加快向西开放步伐,助推内陆沿边地区迈向对外开放的前沿。新丝绸之路经济带上的西北五省区——新疆维吾尔自治区、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区和陕西省面临重大发展机遇,区域交通枢纽中心、产业转移示范区、商贸物流中心等已进入方案规划实施阶段。新疆维吾尔自治区作为干旱和半干旱区典型代表,由于工业化、城镇化以及基础设施建设提速,加之水资源匮乏,势必加剧用水紧张问题,引发产业间用水矛盾和冲突。

选择新疆作为研究对象,主要基于两点:①虽然新疆水资源量相对比较丰富,2014 年水资源总量与人均水资源量分别为 726.9 亿 m^3 和 3186.9 m^3/人,在全国 31 个省市自治区中分别居第 14 位和第 9 位,但单位面积产水量却居于第 24 位,属于水资源缺乏地区。②农业用水量过多,造成新疆结构性缺水严重。③随着国家"一带一路"战略的实施,新疆作为丝绸之路经济带的核心区,势必加速工业化与城市化的进程,农业用水将进一步紧张。

近年来,农业水资源利用效率的研究主要集中在研究视角的选择上。无论是采用基于 C-D、超越对数生产函数的随机前沿分析(SFA),还是利用数据包络分析(DEA)法或综合评价模型研究农业水资源利用效率,都主要从微观、中观和宏观 3 个层面开展。早期农业水资源利用效率研究主要基于农户、田间或作物等微观尺度,如 Reinhard 等[1-4]从农作物角度研究农业水资源利用效率,李绍飞等[5-6]分别从灌区尺度与农户微观层面探究农业生产的灌溉用水效率。

由于水资源作为投入要素对整个农业生产过程的促进作用以及贡献程度的重要性逐渐凸显,一些学者从中、宏观层面对农业水资源利用效率进行了有益探索。刘渝等[7-8]从宏观层面探索了中国农业水资源利用效率;魏玲玲等[9]以新疆作为研究对象,采用随机前沿生产函数法测算了新疆的农业水资源利用效率。近年来,介于中、宏观之间的流域层

作者简介:杜根(1990—),男,硕士研究生,主要从事水资源技术经济、区域经济研究。E-mail:hhudugen@163.com

通信作者:王保乾(1964—),男,教授,主要从事水资源技术经济、国民经济可持续发展、区域经济发展与战略管理研究。E-mail:bq64@163.com

面农业水资源利用效率研究悄然兴起,该研究重点从流域角度认识并解决农业水资源供需矛盾,探讨如何合理配置流域水资源以及优化农业种植结构。陈大波等[10]、赵成峰等[11]、佟金萍等[12]分别从渭干河流域、叶尔羌河流域以及长江流域层面探究农业水资源利用效率问题。综合以上研究可以看出,鲜有介于微观、中观层面之间,以地级区作为农业生产的基本单元进行农业水资源利用效率的研究,忽视了区域农业发展的阶梯性、时空分异分析。

本文介于微、中观之间,研究干旱区典型——新疆农业水资源利用效率时空分异。主要贡献在于:①丰富了农业水资源利用效率的研究内容,分析了各地区农业水资源利用效率状态差异,为差异化农业节水政策的制定以及农业节水目标的实现提供理论支撑和决策参考。②考虑新疆农业以及经济发展的区域阶梯性和差异,引入共同前沿方法(meta-frontier)探讨区域前沿与共同前沿下农业水资源利用效率异同,检验农业或经济发展是否会导致农业水资源利用效率的差异。

1 研究方法与数据选取

1.1 农业水资源利用效率测度方法

本文采用的农业水资源利用效率测度方法借鉴 Hu 等[13]基于全要素生产率测度模型的用水效率测度思路,同时,依据农业水资源利用效率的定义,参考佟金萍等[8,12]对全国、长江流域农业水资源利用效率研究过程,以农业水资源利用追寻以最少的水量投入获取尽可能多的农作物产量和收入,从而达到农业高效用水为目标。将农业水资源利用效率(agricultural water efficiency)定义为:在农业多要素生产框架下(资本、劳动、技术等),达到技术效率最优所需的最少农业用水投入量(target agricultural water input),即农业用水最优使用量与实际投入量(actual agricultural water input)的比值。相对于单位农业产值用水量、单位粮食产值耗水量等农业水资源利用效率衡量指标,农业多要素生产框架下的农业水资源利用效率测度在考虑实际农业用水投入的基础上,增加了劳动力、农业机械、播种面积等多项投入,更为科学。农业水资源利用效率可表示为

$$F_{a,t}=\frac{K_{a,t}-Q_{a,t}}{K_{a,t}}=\frac{M_{a,t}}{K_{a,t}}=1-\frac{Q_{a,t}}{K_{a,t}} \qquad (1)$$

式中:F 为农业水资源利用效率;K 为实际农业用水投入量;Q 为损失(冗余)农业用水投入量;M 为最少农业用水投入量,即农业用水最优投入量;a,t 分别代表地区与年份。

从式(1)可以发现,既定产出下损失农业用水投入量是求解农业水资源利用效率的关键,可以采用规模报酬不变(CRS)假设下基于投入导向的 DEA 模型或超效率(super efficiency,SE)DEA 模型在技术效率最优条件下获取。一般来说,在数据包络分析确定生产前沿面时,有投入导向、产出导向两种测度方法可供选择。由于本文侧重考察给定农业产出,多要素投入实现技术效率最优条件下,农业用水最少投入量与实际投入量间的比率,因此,采用基于投入导向的测度方法。一些学者曾采用 DEA 模型测度农业水资源利用效率,但由于不能对有效的决策单元($\theta=1$)进行效率比较,实际应用中存在缺陷。鉴于此,本文采用 Anersen 等[14]于 1993 年提出的 SE-DEA 模型,对 DEA 模型有效单元进一步排序。SE-DEA 模型的基本思路是在评估决策单元时,将决策单元本身排除在决策单元的集合之外。如图 1、图 2 所示,CRS 假设下 DEA 模型中,$ABCD$ 为等产量线,构成了由有效单元组合产生的生产前沿面,E 为无效单元,E 点的效率为 $OE'/OE<1$。相对于 A、B、C、D 4 点,由于技术无效和配置无效,E 点生产同等量的产出需要更多的要素资源投入量。此外,DMUA、DMUB、DMUC、DMUD 处于效率前沿,均为有效单元,无法区分有效单元效率的相对高低。基于此,CRS 假设下 SE-DEA 模型提出了解决方案,在计算 DMUB 效率时,将 DMUB 排除在决策单元集合之外,有效前沿面由 $ABCD$ 变成 ACD,DMUB 的效率值 $\theta=OB'/OB>1$。同样可以测算出 A、C、D 点的效率值,其值均大于1。原来的无效单元E生产前

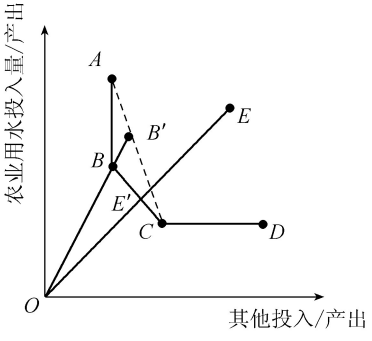

图 1 CRS 假设下 SE-DEA 模型

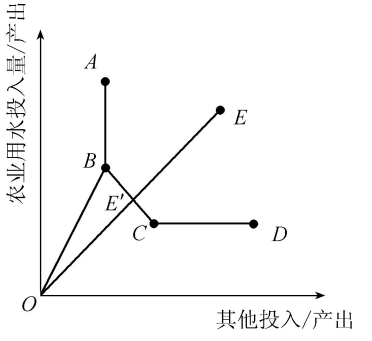

图 2 CRS 假设下 DEA 模型

沿面不变,效率值与 CRS 假设下 DEA 模型计算结果完全一致。SE-DEA 模型的数学形式见式(2):

$$\begin{cases} \min\left[\theta - \varepsilon\left(\sum_{i=1}^{m} s_i^- + \sum_{r=1}^{p} s_r^+\right)\right] \\ \text{s.t.} \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{n} \lambda_j X_{ij} + s_i^- = \theta X_{ik} \qquad (i = 1,2,\cdots,m) \\ \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{n} \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = Y_{rk} \qquad (r = 1,2,\cdots,p) \\ \lambda_j \geqslant 0, j = 1,2,\cdots,n, s_i^- \geqslant 0, s_r^+ \geqslant 0 \end{cases} \tag{2}$$

式中:n 为决策单元(decision making units,DMU)个数;$\boldsymbol{X} \in R^m$ 为投入向量;$\boldsymbol{Y} \in R^p$ 为产出向量;s_i^-、s_r^+分别为投入指标 i 和产出指标 r 的松弛量;ε 为非阿基米德无穷小,一般取值为 10^{-8};λ 为比例投入。与 DEA 模型中 $\theta \leqslant 1$ 取值范围不同,此处求得的各 DMU 生产效率值 $\theta \geqslant 0$,当 $\theta \geqslant 1$ 时,表明 DMU 位于生产前沿上,是技术有效的。

1.2 共同前沿(MF)方法

采用 DEA 模型分析生产效率问题时,其潜在假设认为被评价决策单元(DMU)具有相同或类似的技术水平,故而仅将具有相同性质的 DMU 放在一起评价而忽视了总体 DMU 可能存在的组群关系。由于不同区域所面对的生产前沿可能存在较大出入,此时,如果不考虑区域资源禀赋等差异,继续采用总体样本开展效率评价,将无法准确衡量各地区真实效率水平。共同前沿(meta-frontier,MF)方法提出针对不同前沿面(生产边界)下的评价对象进行更深层次的技术差异分析。一般地,设 x 是 v 维的投入列向量,y 是 w 维的产出列向量,则产出合集 $P(x)$、投入合集 $L(y)$、技术合集 T 分别定义为

$$P(x) = \{y:(x,y) \in T\}$$

$$L(y) = \{x:(x,y) \in T\}$$

$$T = \{(x,y):x \geqslant 0, y \geqslant 0; x \text{ 能生产出 } y\}$$

整个区域划分为 $j(j=1,2,3,\cdots,J)$ 个子区域,每个子区域的效率(技术)合集为 T^j,产出合集为 $P^j(x)$。理论上存在一个能够包络各区域技术水平的普适性共同前沿 T^*,即至少有一个区域的技术合集(T^1,T^2,$\cdots$,T^J)能使 x 生产出 y,从而推导出 $T^* = \{T^1 \cup T^2 \cup \cdots \cup T^J\}$,此时的产出合集为 $P^*(x)$,其生产前沿面作为共同前沿面(MF)。相似地,$P^j(x)$ 的生产前沿面作为区域前沿面(group frontier,GF),同时,对于所有的 $P^j(x)$ 要求是闭集且是有界的(闭集是数学上的要求,有界要求给定投入水平不能提供无限的产出水平)。图 3 为参照不同技术集合的 DMU 共同生产边界和群组生产边界。共同前沿指所有 DMU 潜在效率水平,而区域(群组)前沿指每组 DMU 实际效率水平。共同前沿下的 T^* 和区域前沿下的 T^j 具体可以通过变换式(2)生产边界评价对象计算得到。如果从投入变量 X 中分离出农业用水量及其松弛变量,记作 X_w 和 s_w^-,则

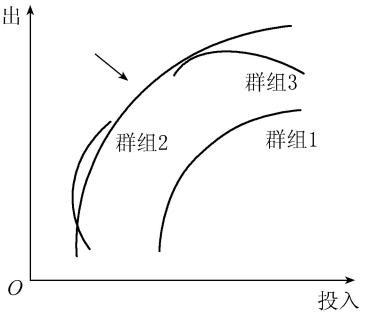

图 3 共同前沿与区域前沿

共同前沿下

$$T^* = (X_w^n - s_w^{-n})/X_w^n$$

子区域(群组)前沿下

$$T^j = (X_w^j - s_w^{-j})/X_w^j$$

MF 方法重要的一个概念是技术落差比率,本文定义为效率落差比率 G(EGR,efficiency gap rate),并描述各个子区域 G 为共同前沿下用水效率值与区域前沿下用水效率值之比,计算公式为

$$G^j = T^*/T^j = \frac{(X_w^n - s_w^{-n})/X_w^n}{(X_w^j - s_w^{-j})/X_w^j} \quad (0 \leqslant G^j \leqslant 1) \tag{3}$$

效率落差比率用于定量描述各个子区域与全疆之间农业水资源利用效率的差异程度,该值越高,表明子区域的农业水资源利用效率水平越接近共同前沿下的农业水资源利用效率水平,反之亦然。一般地,效率落差比率值应显著小于 1,只有这样才可以认为子区域的划分对研究农业水资源利用效率是必要的。

借鉴袁培[15]定义的区域碳排放效率追赶效应概念,定义区域水资源利用效率追赶效应 U(CUE,catch up effect)为 $t+1$ 时期效率落差比率与 t 时期效率落差比率之比,计算公式表示为

$$U = G_{t+1}/G_t \tag{4}$$

若 $U<1$,表明子区域农业水资源利用效率追赶共同前沿的农业水资源利用效率为负,即区域间用水效率差距随着时间推移在增大,反之亦然。

1.3 投入产出变量与数据说明

鉴于地区投入、产出指标数据的可获性,参照新疆行政区划标准,选取新疆 14 个地(地区)、州(自治州)以及市(地级市)(乌鲁木齐市、克拉玛依市、吐鲁番地区、哈密地区、昌吉回族自治州、伊犁州直属县(市)、塔城地区、阿勒泰地区、博尔塔拉自治

州、巴音郭勒自治州、阿克苏地区、克孜勒苏自治州、喀什地区、和田地区)作为农业水资源利用效率研究对象。由于新疆2004年才开始统计地州市农业用水数据,故构建2004—2014年(由于新疆14个地州市2012年农业用水数据缺失,时间跨度剔除2012年)新疆14个地州市农业面板数据。借鉴已有文献,综合考虑农业水资源利用资本、劳动、技术、自然资源等方面的投入,选择农业用水、农业机械、化肥、劳动、土地作为投入要素。其中,农业机械总动力、化肥施用量代理农业水资源利用资本投入,农作物播种面积代理农业中间投入,农林牧渔业从业人数(新疆地级区农业就业人数没有公布,以农林牧渔业从业人数代替农业就业人数),农业用水量代理农业劳动投入和水资源投入。在产出指标方面,本文的农业为狭义范畴上的种植业,因此将农业生产总值作为唯一产出要素,并以2004年为基期,通过价格平减指数获得年份间可比的农业生产总值。上述数据均来源于2005—2015年《新疆统计年鉴》、《新疆水资源公报》和《新疆农牧产品成本汇编》。

2 实证结果分析

利用效率测量软件EMS Version 1.30(Efficiency Measurement System)对基于SE-DEA模型的新疆农业水资源利用效率进行测算,并对全疆农业水资源利用效率开展时空分异与动态演进分析。

2.1 全疆农业水资源利用效率情况

从整体层面来看,区域前沿、共同前沿下的新疆历年全要素农业水资源利用效率总体呈现先上升后回落再上升的波动趋势,分别从1.357增长到1.587、从1.306增长到1.330。由于在共同前沿下,以全疆最优效率作为参照计算新疆14个地州市全要素农业水资源利用效率,因而其效率水平普遍低于区域前沿下的水平。进一步地,共同前沿下的新疆历年全要素农业水资源利用效率在2004—2007年间呈倒∪型分布,在2007—2014年间呈正∪型分布,见图4。2000年以来,新疆维吾尔自治区重点开展防渗渠建设和大型灌区续建配套与节水改造工程,2007年开始对田间高效节水工程实行财政补助政策,2009年田间高效节水工程补助标准大幅提升,推动了农业水资源利用效率持续增长。2010年全区全面启动定居兴牧水利工程,建设27项水源工程和212项配套工程,水库25座,渠首1座,饮水工程1项。渠首工程、干渠防渗工程、管道工程、扬水工程和渠系建筑工程等都为提高新疆农业水资源利用效率做出了突出贡献。此外,新疆2004—2014年效率落差比率波动浮动较小,基本与往年持平,说明近年来新疆各区域间农业水资源利用效率差异未显著缩小,天山北坡经济带、天山南坡产业带及南疆三地州贫困地区等区域政策对于缩小新疆区域农业水资源利用效率差异收效甚微。

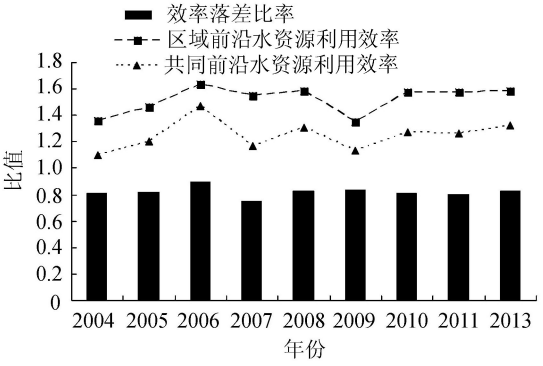

图4 新疆整体农业水资源利用效率变动

2.2 新疆农业水资源利用效率空间差异

在对新疆14个地州市所有投入和产出变量数据统计、观测的基础上,发现地区间投入和产出变量均存在明显差异,说明新疆地州市间农业经济和社会发展存在着空间非均衡性。为了分析不同前沿面下新疆全要素农业水资源利用效率内部区域差异,在地域单元划分上,除了考虑地州市和全疆层面外,采用新疆地区传统划分方法,把新疆地区14个地州市划分为北疆、南疆和东疆三大区域(北疆为乌鲁木齐市、昌吉回族自治州、克拉玛依市、塔城地区、阿勒泰地区、博尔塔拉自治州、伊犁州直属县(市);南疆为阿克苏地区、巴音郭勒自治州、克孜勒苏自治州、喀什地区、和田地区;东疆为哈密地区、吐鲁番地区)。表1测算的是共同前沿、区域前沿下新疆三大区域各年农业水资源利用效率均值以及效率落差比率,表2为新疆各地区农业水资源利用效率值、效率落差比率、追赶效应以及聚类结果。

从表1可以看出,农业全要素水资源利用效率呈现出北疆、东疆及南疆依次递减的规律,这与全国东、中、西效率水平逐步递减规律相悖,显示出新疆独特的区域发展特点与分布格局。具体来看,以新疆14个地州市作为参照,在共同前沿下,三大区域中北疆与东疆各年份都达到了效率前沿,而南疆仅个别年份效率值大于1;在区域前沿下,以区域内部若干地州市作为参照,三大区域所有年份都达到了效率前沿。尽管三大区域内部全要素农业水资源利用效率已达到饱和状态,但在共同前沿下,仍有农业节水增效的潜力。如在区域前沿下,2004—2014年间南疆农业全要素水资源利用效率均值为1.274,而共同前沿下水资源利用效率均值为0.934,表明南疆仍有6.6%的节水潜力。值得注意的是,近年

来南疆效率落差比率呈现下降趋势,与全疆农业水资源利用效率差异不断扩大,全要素农业水资源利用效率进一步恶化,农业用水形势堪忧,应作为农业节水增效的重点区域。除此之外,就北疆与东疆而言,前者11年间的效率落差比率水平小幅提高了1%,并以0.846的效率落差比率水平稳居新疆区域农业水资源利用效率第一,说明北疆区域与全疆农业节水技术、意识、管理水平等差异缩小。东疆效率落差比率水平虽小幅降低3%,但近3年来呈不断增长态势,总体效率水平比南疆区域高5%。因此,应把东疆作为缩小区域效率差距的次要考虑对象。

表1　新疆三大区域农业水资源利用效率

年份	共同前沿水资源利用效率			区域前沿水资源利用效率			效率落差比率		
	北疆	南疆	东疆	北疆	南疆	东疆	北疆	南疆	东疆
2004	1.166	0.945	1.274	1.405	1.212	1.552	0.830	0.780	0.821
2005	1.312	1.010	1.297	1.627	1.215	1.501	0.807	0.831	0.864
2006	1.322	1.304	1.225	1.743	1.995	1.578	0.758	0.654	0.776
2007	1.347	0.846	1.345	1.703	1.220	1.846	0.791	0.693	0.729
2008	1.480	0.999	1.460	1.838	1.187	1.656	0.805	0.842	0.881
2009	1.245	0.871	1.429	1.349	1.173	1.822	0.922	0.742	0.784
2010	1.530	0.838	1.459	1.801	1.159	1.806	0.850	0.723	0.808
2011	1.564	0.793	1.362	1.750	1.205	1.867	0.894	0.658	0.729
2013	1.635	0.867	1.348	1.820	1.161	1.827	0.899	0.747	0.738
2014	1.624	0.871	1.361	1.835	1.210	1.862	0.899	0.752	0.747
均值	1.423	0.934	1.356	1.687	1.274	1.732	0.846	0.742	0.788

由表2可以看出,为针对性地指导地区农业节水增效,于共同前沿、区域前沿下对新疆14个地州市效率进行聚类。11年考察期内,南疆主要地区(阿克苏地区、克孜勒苏自治州、喀什地区)、乌鲁木齐市与阿勒泰地区农业用水处于无效率状态,是农业节水增效首要考虑的对象;低效率地区伊犁州直属县(市)、博尔塔拉自治州应持续关注,预防恶化风险,寻求有效途径提升该类地区农业水资源利用效率;相比农业用水无效以及低效地区,克拉玛依市、昌吉回族自治州、塔城地区、巴音郭勒自治州、和田地区、吐鲁番地区等高效率地区虽在农业节水上处于领先地位,但仍存在节水增效空间。除此之外,表2中效率落差比率、追赶效应作为重要表征指标,能够为同类地区制定差异化节水政策提供参考依据。

a. 在无效率地区中,阿克苏地区、克孜勒苏自治州追赶效应均小于1,说明这些地区与其他地区效率差异存在扩大风险,分别以0.5%、1.6%的速率在恶化,具有强无效特征。而乌鲁木齐市、阿勒泰地区、喀什地区追赶效应大于1,表明这些地区与其他地区差异得到不断改善,分别以2.4%、1.5%、0.9%的速率追赶效率前沿面,具有弱无效特征。

b. 在低效率地区中,伊犁州直属县(市)(0.430)、哈密地区(0.640)效率落差比率水平相对较低,与全疆整体存在显著差距,农业水资源利用效率分别以0.3%、4.7%的速率在恶化,需要重点关注。而博尔塔拉自治州虽也处于低效率状态,但近年来不断优化,与全疆整体的效率水平差异较小,仅为0.155。

c. 在强效率地区中,虽然该类地区在不同参照前沿面下都处于效率前沿,不存在投入冗余、期望产出不足等情况,但作为一种相对效率衡量,仍然于区域内与整体存在差异,还有节水增效空间。如克拉玛依市、昌吉回族自治州、喀什地区与全疆整体存在约20%的差异,巴音郭勒自治州、和田地区与全疆整体存在约50%的差异,塔城地区与全疆效率几乎不存在差异,但其正以0.4%的速率恶化。

3　结论与政策含义

3.1　结论

本文在数据包络分析(DEA)和共同前沿(MF)

表2　新疆各地区农业水资源利用效率

区域	地、州、市	共同前沿水资源利用效率 F_{MF}			区域前沿水资源利用效率 F_{GF}			效率落差比率	追赶效应	聚类结果
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值			
北疆	乌鲁木齐市	0.782	0.438	0.610	1.048	0.503	0.776	0.786	1.024	N***
	克拉玛依市	6.413	2.978	4.696	7.224	3.455	5.340	0.879	1.027	H***
	昌吉回族自治州	1.221	0.974	1.098	1.608	1.033	1.321	0.831	1.029	H***
	伊犁州直属县(市)	0.724	0.542	0.633	0.894	0.579	1.473	0.430	0.997	L*
	塔城地区	1.565	0.907	1.236	1.565	0.936	1.251	0.988	0.996	H*
	阿勒泰地区	1.002	0.423	0.713	1.072	0.463	0.768	0.928	1.015	N***
	博尔塔拉自治州	0.982	0.775	0.879	1.265	0.814	1.040	0.845	1.033	L***
南疆	巴音郭勒自治州	1.235	0.956	1.096	2.111	1.831	1.971	0.556	1.004	H***
	阿克苏地区	0.957	0.755	0.856	1.071	0.873	0.972	0.881	0.995	N*
	克孜勒苏自治州	0.721	0.452	0.587	0.837	0.605	0.721	0.814	0.984	N*
	喀什地区	0.847	0.556	0.702	0.963	0.686	0.825	0.851	1.009	N***
	和田地区	3.238	1.009	2.169	5.612	1.292	3.452	0.628	1.036	H***
东疆	吐鲁番地区	1.975	1.600	1.788	2.495	1.874	2.185	0.818	1.019	H***
	哈密地区	1.008	0.736	0.872	1.638	1.086	1.362	0.640	0.953	L*

注:* 为 $U<1$;** 为 $U=1$;*** 为 $U>1$;H 为高效率地区($F_{MF}>1$、$F_{GF}>1$);L 为低效率地区($F_{MF}<1$、$F_{GF}>1$);N 为无效率地区($F_{MF}<1$、$F_{GF}<1$)。

理论框架下,采用全要素水资源利用效率测度思路,以农业增加值为期望产出,以农业机械总动力、化肥施用量、农作物播种面积、农林牧渔业从业人数和农业用水作为投入变量,对新疆 14 个地州市及三大区域的农业水资源利用效率进行了实证测度,考察了新疆农业水资源利用效率时空分异特征。

a. 考察期内,在整体层面上,区域前沿下、共同前沿下历年全要素农业水资源利用效率呈现上升—下降—上升的波动趋势,新疆各地州市农业水资源利用效率总体呈现增长趋势。

b. 在区域层面上,新疆具有独特的区域发展特点与区域分布格局,农业全要素水资源利用效率呈现出北疆、东疆及南疆依次递减规律,与全国东、中、西效率水平逐步递减规律相悖。虽然三大区域内部全要素农业水资源利用效率已达到饱和状态,但于共同前沿下,仍有农业节水增效的潜力。

c. 从单个地区、自治州、地级市来看,南疆主要地区(阿克苏地区、克孜勒苏自治州、喀什地区)、乌鲁木齐市与阿勒泰地区农业用水处于无效率状态;伊犁州直属县(市)、博尔塔拉自治州农业用水处于低效率状态;相比农业用水无效以及低效地区,克拉玛依市、昌吉回族自治州、塔城地区、巴音郭勒自治州、和田地区、吐鲁番地区等高效率地区虽在农业节水上处于领先地位,但仍存在节水增效空间。

d. 农村的发展和农业经济的增长,不仅依赖于科学技术的进步,还取决于水利这个命脉,保护水资源、节约用水、提高农业水资源利用效率,已在全社会达到共识。

3.2 政策含义

新疆农业水资源利用效率呈现较为明显的空间非均衡性特征,在分解农业节水目标时,要根据各地区的自然条件、资源禀赋、农作物种植结构、经济发展水平等因素进行差异化分解,根据各地用水效率的实际情况,避免“一刀切”现象。如新疆农业全要素水资源利用效率呈现出北疆、东疆及南疆依次递减规律,相关部门应把南疆作为农业节水增效的重点区域,东疆作为缩小区域效率差距的次要考虑对象,向北疆地区派发相对较少的节水任务。具体地,各地区应着重考虑自身农业水资源利用效率状态(无效率、低效率、高效率),结合当地的经济发展实际情况,选择有效的农业节水方式,并制定合理化、系统化的节水目标。

参考文献:

[1] REINHARD S, LOVELL C A K, THIJSSEN G. Econometric estimation of technical and environmental efficiency: an application to Dutch dairy farms[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1999, 81: 44-60.

[2] KARAGINNIS G, TZOUVELEKAS V, XEPAPADEAS A. Measuring irrigation water efficiency with a stochastic production frontier[J]. Environmental and Resource Economics, 2003, 26: 57-72.

[3] 夏莲,石晓平,冯淑怡,等. 农业产业化背景下农户水资源利用效率影响因素分析:基于甘肃省民乐县的实证分析[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(11):111-118.

[4] 耿献辉,张晓恒,宋玉兰. 农业灌溉用水效率及其影响因素实证分析:基于随机前沿生产函数和新疆棉农调研数据[J]. 自然资源学报,2014,29(6):935-943.

[5] 李绍飞. 改进的模糊物元模型在灌区农业用水效率评价中的应用[J]. 干旱区资源与环境,2011(11):175-181.

[6] 许朗,黄莺. 农业灌溉用水效率及其影响因素分析:基于安徽省蒙城县的实地调查[J]. 资源科学,2012,34(1):105-113.

[7] 刘渝,王岌. 农业水资源利用效率分析:全要素水资源调整目标比率的应用[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2012(6):26-30.

[8] 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.

[9] 魏玲玲,李万明. 新疆农业用水效率及其影响因素分析[J]. 新疆大学学报(哲学·人文社会科学版),2014,42(1):7-10.

[10] 陈大波,杨德刚,唐宏,等. 渭干河流域农业水资源消耗强度及其影响因素[J]. 干旱区地理,2014,37(3):509-519.

[11] 赵成峰,李青,王娇,等. 叶尔羌河流域农业灌溉用水效率分析:基于典型灌区 1 000 农户的调研数据[J]. 资源与环境,2015,31(11):1346-1352.

[12] 佟金萍,马剑锋,王圣,等. 长江流域农业用水效率研究:基于超效率 DEA 和 Tobit 模型[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(4):603-608.

[13] HU J L, WANG S C, YE F Y. Total-factor water efficiency of regions in China[J]. Resources Policy, 2006, 31: 217-230.

[14] ANERSEN P, PETERSEN N C. A procedure for ranking efficient unit in data envelopment analysis[J]. Management Science, 1993(10): 1261-1264.

[15] 袁培,冯朝阳. 新疆分区域全要素碳排放效率及其发展趋势比较分析[J]. 新疆大学学报(哲学·人文社会科学版),2014,42(3):7-13.

(收稿日期:2016-11-08 编辑:胡新宇)