

杨 朔,李世平,于文海. 基于省际层面的耕地生产效率比较分析——以陕西省为例[J]. 江苏农业科学,2014,42(8):441-444.

# 基于省际层面的耕地生产效率比较分析 ——以陕西省为例

杨 朔<sup>1</sup>, 李世平<sup>2</sup>, 于文海<sup>3</sup>

(1. 西安建筑科技大学管理学院,陕西西安 710055; 2. 西北农林科技大学经济管理学院,陕西杨凌 712100;

3. 中联西北工程设计研究院,陕西西安 710082)

**摘要:**以全国 31 个省、自治区和直辖市(不包括港、澳、台地区)构成的系统为研究对象,选用数据包络分析(DEA)方法基于投入导向下的 BCC 模型对全国各地区 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年的耕地技术效率、纯技术效率及规模效率进行了测算与分析。结果表明,全国各省(区、市)的耕地生产效率存在着较大的差异,其中东南沿海经济发达地区,传统农业大省,以及在生产中资本与技术投入相对合理的地区耕地生产效率均相对较高;相对于全国其他地区,陕西省仍是一个耕地生产效率相对较低,耕地投入要素利用不充分,并且投入规模相对不足的省份。

**关键词:**陕西省;耕地;生产效率;数据包络分析;耕地规模效率;耕地纯技术效率

**中图分类号:** F301.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)08-0441-04

我国是发展中的农业大国,人口多、人均耕地少、耕地后备资源不足,土地问题尤其是耕地问题始终是制约我国农业乃至整个国民经济发展的的重要因素。《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020 年)》中指出,到 2020 年,我国人口总量预期将达到 14.5 亿,2033 年前后达到高峰值 15 亿左右,为保障国家粮食安全,必须保有一定数量的耕地<sup>[1]</sup>。但人多地少的基本国情决定了保护耕地与保障经济建设始终是一对矛盾。在我国经济建设初期及经济高速增长阶段,耕地资源大量消耗的代价是难以避免的。尤其改革开放以来,随着社会的飞速发展,耕地面积呈大幅度减少的趋势,使得耕地保护与经济建设矛盾日益突出<sup>[2]</sup>。同时,随着人口的持续增长、经济发展过程中建设占用耕地以及生态退耕速度的逐步加快,耕地资源总量将进一步减少,现有耕地资源在利用过程中将面临更大的压力<sup>[1]</sup>。通过对我国各地区耕地生产效率进行比较分析,可以较为全面地了解区域耕地资源利用状况,发现并总结目前耕地资源利用过程中存在的主要问题,以及导致问题产生的原因,为合理利用耕地、耕地资源保护与整理提供了相关政策建议,从而对促进区域耕地可持续发展具有重要的现实意义。

目前国内学者从定量角度对土地效率问题进行研究的仍相对较少。梁流涛等利用 DEA 方法测度了 1997—2004 年间我国的耕地利用效率<sup>[3]</sup>。龙开胜等运用 C-D 生产函数和概率优势模型,对比分析了不同利用类型土地的投入产出效率关系<sup>[4]</sup>。周晓林等运用 DEA 的 CCR 模型和 BCC 模型对我国

“七五”到“十五”期间区域农地的生产效率差异进行了比较研究<sup>[5]</sup>。叶浩等运用随机前沿生产函数方法计算了 1990—2008 年间中国各省区的耕地利用效率并对其时空变化规律进行了分析<sup>[6]</sup>。赵京等运用 DEA 模型分析了农地整理区农户土地利用效率以及农地整理对农户土地利用效率的影响<sup>[7]</sup>。刘玉海等运用 SBM-DEA 模型对 1985—2010 年各省份全要素耕地利用效率进行了测算<sup>[8]</sup>。本研究在已有研究基础上,把耕地资源在农业生产领域中的具体利用过程抽象为将耕地视为主要的生产要素之一的过程,根据投入与产出之间的密切联系,具体测算和分析耕地资源生产配置的实际状态与有效配置的理想状态之间的差距,并且探讨这种差距存在的原因,从而希望找到能够有效缩小这种差距的对策措施。

## 1 模型设定与指标选择

### 1.1 模型设定

数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)是美国著名运筹学家 Charnes 等提出的一种效率评价方法。它运用线性规划(linear programming)方法构建观测数据的非参数分段曲面(或前沿)。然后,相对于这个前沿面来计算决策单元(decision making unit, DMU)的相对效率<sup>[9-10]</sup>。由于数据包络分析方法的实用性,以及模型不需要任何权重假设的特性,使其受到了众多研究领域的关注,在短时期内得到了广泛的推广和应用<sup>[11-12]</sup>。

在使用 DEA 方法进行效率测算时,首先需要假设规模报酬是否可变,其中 CCR 模型假设规模报酬不变(CRS),测度的是综合技术效率(TE),它衡量的是生产单位能够多大程度运用现有技术达到最大产出的能力,是生产绩效的集中体现,但这种假设与实际情况往往不符;而 BCC 模型假设规模报酬可变(VRS),扩展了 CCR 模型的使用范围,测度的是纯技术效率(PTE)与规模效率(SE)。

在实际的农业生产过程中,由于土地规模报酬递减规律,

收稿日期:2014-01-10

基金项目:陕西省软科学研究计划(编号:2013KRM28);陕西省社会科学基金(编号:12D085);西安建筑科技大学人才科技基金(编号:RC1202);西安建筑科技大学青年科技基金(编号:QN1224)。

作者简介:杨 朔(1982—),男,陕西西安人,博士,讲师,研究方向为土地经济与管理、区域经济发展。E-mail: yangguo2001\_82@sina.com。

在一定的技术条件下,随着土地投入的增加土地的产出物呈现增加的趋势,当达到一定的量以后,再追加投入土地的产出物就会呈现递减的趋势。BCC 模型的形式如下:

假设有  $n$  个决策单元,简称  $DMU$ ,  $DMU_j (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ , 每个  $DMU$  都有  $m$  项投入  $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ ,  $s$  项产出  $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$ , 其中,  $x_j > 0$ ,  $y_j > 0$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , 则 BCC 模型为

$$(P_{BCC}) = \begin{cases} \max h_0 = \mu^T y_0 + \mu_0 \\ s. t. \quad \omega^T \cdot X_j - \mu^T \cdot y_j - \mu_0 \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \omega^T \cdot x_0 = 1 \\ \omega \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases}$$

线性规划  $(P_{BCC})$  的对偶规划为:

$$(D_{BCC}) = \begin{cases} \min \theta \\ s. t. \quad \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0 \end{cases} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

引进非阿基米德无穷小量  $\varepsilon$  后,能得到如下线性规划:

$$(D_\varepsilon) = \begin{cases} \min \theta - \varepsilon (\hat{e}^T s^- + e^T s^+) \\ s. t. \quad \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - s^+ = y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0 \end{cases} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

其中,  $\hat{e}^T = (1, 1, \dots, 1) \in E_m$ ,  $e^T = (1, 1, \dots, 1) \in E_s$ ,  $\varepsilon$  为非阿基米德无穷小量,线性规划  $D_\varepsilon$  的最优解为  $\lambda^0, s^{-0}, s^{+0}, \theta^0$ , 则有:

- (1) 若  $\theta^0 = 1$ , 则决策单元  $DMU_{j_0}$  为弱 DEA 有效;
- (2) 若  $\theta^0 = 1$ , 并且  $s^{-0} = 0, s^{+0} = 0$ , 则决策单元  $DMU_{j_0}$  为 DEA 有效。

由于  $TE = PTE \times SE$ 。因此,可以将规模报酬不变的技术效率分解成纯技术效率 (PTE) 与规模效率 (SE) 这 2 个部分。耕地技术效率 (TE) 是指在一定时期和技术等要素投入条件下,耕地的实际产出与其最大可能产出之间的比率。耕地生产过程中的纯技术效率 (PTE) 指的是耕地开发利用过程中对现有的农业生产技术水平的发挥程度,如果在农业生产过程中现有的生产技术水平充分得到发挥,耕地资源被合理利用,则可以认为耕地生产的纯技术效率有效;否则,耕地生产的纯技术效率是无效的。从耕地生产效率的角度来说,农业生产过程中的耕地规模效率 (SE) 指的是耕地开发利用过程中的要素投入量满足农业生产对于耕地资源的需求程度。当耕地资源的投入数量不能满足农业生产对于耕地的需求时,农业产出无法达到产出最大化所要求的规模,此时的耕地规模是无效率的,通过增加耕地资源的投入量,可以促使农业生产取得更大的收益。

考虑到农业生产过程中规模报酬可变的实际情况,本研究采用规模报酬可变的 BCC 模型。同时,通过 BCC 模型可以将耕地技术效率 (TE) 分解为耕地纯技术效率 (PTE) 和耕

地规模效率 (SE), 这 3 方面信息能够全面地反映出耕地生产效率的变化过程。

## 1.2 指标选择

综合考虑现有研究文献中的经验与存在的问题,在充分借鉴梁流涛等<sup>[3]</sup>、龙开胜等<sup>[4]</sup>、周晓林等<sup>[5]</sup>研究成果的基础上,本研究将耕地置于种植业生产系统中,鉴于研究数据的可获得性,选取农作物播种面积 ( $10^3 \text{ hm}^2$ )、农业 (种植业) 从业人员 ( $10^4$  人)、农用机械总动力 ( $10^4 \text{ kW}$ ) 和农用化肥施用折纯量 ( $10^4 \text{ t}$ ) 为投入指标,分别代表了农业生产过程中的土地、劳动力和资本的投入数量。选取种植业总产值 ( $10^4$  元)、种植业增加值 ( $10^4$  元) 为产出指标,考虑各年数据之间的可比性,为了避免因价格波动而引起的测算偏误,本研究统一将种植业总产值以 1990 年为基准年进行折算。

## 2 耕地生产效率比较分析

### 2.1 省际间耕地生产效率比较分析

以全国 31 个省、自治区和直辖市 (不包括港、澳、台地区) 构成的系统为研究对象,投入产出的原始数据均来源于《中国统计年鉴》《中国农业年鉴》《中国农村统计年鉴》和《新中国农业六十年统计资料汇编》,本研究选取了从“七五”到“十一五”期间的代表性年份进行分析,运用 DEAP 2.1 软件计算耕地生产效率。表 1、表 2 和表 3 分别列出了基于投入导向下的 BCC 模型计算出的全国各地区 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年的耕地技术效率、纯技术效率及规模效率情况。

通过对表 1 进行分析可以发现,相较于其他省 (区、市),北京、上海、浙江、福建、广东、海南等地区的耕地技术效率常年处于有效或高效状态。除了北京以外,这些技术效率相对较高的地区均是位于我国东部或南部沿海综合经济实力最发达的地区。经济发展水平越高的地区,其农业生产在三大产业中的比重虽然会逐步降低,但其在农业生产方面,特别是资本和技术投入方面相对于全国其他地区仍旧具有明显的比较优势。这与周晓林等的研究结论<sup>[4]</sup>基本吻合。

通过分析还发现西藏地区耕地技术效率相对较高,其经济发展水平与其他省 (自治区、直辖市) 相比较并不具有优势,这一结果似乎与前面的分析相悖。但根据技术效率所表达的涵义,只要所评价的决策单元以最为有效的方式使用了既有的技术,则其技术效率相对较高。因此,即使经济发展水平相对较低,但是只要在生产过程中通过选用与其自身发展条件相适应生产技术,同样可以取得相对较高的技术效率。杨文举在其相关研究中也证实了这一现象的存在<sup>[13-15]</sup>。

在此需要强调的是本研究所分析的效率是相对指标,相对效率为 1 并不意味着某一省 (自治区、直辖市) 的耕地生产效率已经达到最高水平,而只是与全国其他地区进行比较时效率相对较高而已。

### 2.2 陕西省基于全国层面的耕地生产效率实证分析

陕西位于我国地理中心区,秦岭以北地区属于黄河中上游、秦岭以南属于长江上游,按地理位置特点可分为关中、陕北和陕南 3 部分,其中关中以平原为主,陕北是黄土高原,陕南是秦岭山脉。接邻省 (区、市) 有湖北、河南、山西、甘肃、四川、内蒙古、宁夏和重庆,是我国邻省最多的省份。与其他省

表 1 全国各省(区、市)耕地技术效率

地区	耕地技术效率				
	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年
北京	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
天津	1.000	1.000	0.959	0.688	0.811
河北	0.613	0.655	0.572	0.697	0.641
山西	0.544	0.474	0.441	0.396	0.460
内蒙古	0.852	0.807	0.739	0.692	0.386
辽宁	0.877	0.866	0.783	0.767	0.662
吉林	1.000	0.956	0.675	0.691	0.420
黑龙江	0.974	0.995	0.651	0.796	0.484
上海	0.927	1.000	1.000	1.000	1.000
江苏	0.868	0.937	0.800	0.962	0.728
浙江	0.828	1.000	1.000	1.000	0.947
安徽	0.804	0.707	0.470	0.416	0.397
福建	0.746	0.943	0.942	0.956	0.998
江西	0.848	0.933	0.645	0.620	0.443
山东	0.746	0.605	0.632	0.692	0.724
河南	0.695	0.596	0.560	0.505	0.539
湖北	1.000	1.000	0.622	0.619	0.588
湖南	0.824	0.789	0.593	0.755	0.661
广东	1.000	1.000	0.970	1.000	0.907
广西	0.745	0.754	0.500	0.643	0.539
海南	0.969	1.000	1.000	1.000	0.958
重庆	—	—	0.695	0.919	0.516
四川	1.000	1.000	0.748	0.881	0.634
贵州	1.000	1.000	0.709	0.674	0.516
云南	0.895	0.678	0.615	0.634	0.381
西藏	1.000	1.000	1.000	0.820	0.745
陕西	0.688	0.641	0.451	0.519	0.626
甘肃	0.619	0.659	0.595	0.651	0.675
青海	0.621	0.554	0.445	0.724	0.795
宁夏	0.523	0.423	0.364	0.399	0.397
新疆	1.000	1.000	1.000	1.000	0.746
平均值	0.840	0.833	0.715	0.746	0.656

份的经济发展速度相比,陕西属于中等发展省份,经济总量居全国中等水平。由于陕西特殊的地理位置以及经济发展水平,本研究以陕西省为例对其耕地生产效率进行具体分析。

通过与其他省(区、市)进行比较,我们发现陕西省与其他耕地生产效率较高的地区之间仍然存在着较大的差距。陕西省 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年基于省际层面的耕地技术效率平均值为 0.585,这表明相对于全国其他省(区、市),陕西省耕地的实际产出占理想状况产出的比例仅仅为 58.5 %。从耕地技术效率的长期变化趋势来看,陕西耕地技术效率值并不稳定,处于长期波动的状态。其中,2000 年的耕地技术效率更是仅为 0.451,相较全国其他地区只比山西、青海和宁夏略高。2010 年耕地技术效率虽提高到了 0.626,但仍旧与全国其他耕地生产效率较高的地区存在着巨大的差距。

耕地纯技术效率可以反映出生产技术更新速度的快慢和技术推广的有效程度。通过对表 2 进行分析可以发现,纯技术效率较高的地区其经济发展水平亦相对较高,如北京、江苏、上海、浙江、福建和广东等;亦或是传统农业大省,如黑龙江、吉林、辽宁、河北、河南、山东、四川、湖北和湖南等地区。

表 2 全国各省(区、市)耕地纯技术效率

地区	耕地纯技术效率				
	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年
北京	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
天津	1.000	1.000	0.959	0.736	0.832
河北	0.824	0.850	0.812	0.903	0.932
山西	0.574	0.505	0.464	0.423	0.556
内蒙古	1.000	0.848	0.799	0.694	0.574
辽宁	0.984	0.866	0.981	0.872	0.865
吉林	1.000	0.957	0.763	0.696	0.550
黑龙江	1.000	1.000	0.744	0.870	0.730
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
江苏	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
浙江	0.938	1.000	1.000	1.000	1.000
安徽	0.855	0.763	0.590	0.507	0.556
福建	0.764	0.946	0.987	1.000	1.000
江西	0.852	0.935	0.851	0.639	0.525
山东	1.000	0.738	1.000	1.000	1.000
河南	0.871	0.733	1.000	0.909	1.000
湖北	1.000	1.000	0.948	0.861	0.892
湖南	0.875	0.856	0.748	0.839	1.000
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	0.759	0.798	0.620	0.644	0.678
海南	1.000	1.000	1.000	1.000	0.960
重庆	—	—	0.825	0.923	0.747
四川	1.000	1.000	1.000	0.899	1.000
贵州	1.000	1.000	0.836	0.679	0.634
云南	1.000	0.752	0.753	0.662	0.557
西藏	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
陕西	0.689	0.643	0.605	0.559	0.710
甘肃	0.658	0.768	0.649	0.693	0.807
青海	0.718	0.634	0.616	0.848	0.874
宁夏	0.715	0.574	0.538	0.443	0.429
新疆	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
平均值	0.903	0.872	0.842	0.816	0.820

相较于技术效率,纯技术效率有效的地区相对增多,特别是一些传统农业生产大省。虽然这些地区的技术效率相对较低,但纯技术效率差别并不大,即使与其他省市区相比较纯技术效率也较高。由此可以表明这些地区在耕作过程中技术要素的投入产出比一直处于较高水平,即这些地区对于农业生产新技术的推广与应用相对较为重视。从另一方面也反映了种植业在产业结构中的比重虽然有所下降,但这些省份对其投入和重视程度却并未降低。由于技术效率 = 纯技术效率 × 规模效率,可见导致这些省份技术效率未达到最优的主要原因是由于它们的规模效率相对较低。

从表 2 中可以看出,陕西省 20 年来的耕地纯技术效率一直在低位徘徊,2010 年略微提高到 0.710。通过前面的分析,我们发现耕地纯技术效率与地区经济发展水平和农业生产基础联系均较为紧密。陕西省无论是在地理区位、经济发展水平,以及农业生产基础等诸多方面都与效率相对较高的地区存在着一定差距。虽然关中平原是陕西省传统的粮食主产区,但如果从省际层面进行分析的话,仍旧与周边的产粮大省(如河南省、四川省和湖北省)存在较大差距。

陕西省耕地规模效率在大多数年份均比技术效率和纯技

表 3 全国各省(区、市)耕地规模效率

地区	耕地规模效率				
	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年
北京	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
天津	1.000	1.000	0.999	0.934	0.976
河北	0.744	0.770	0.704	0.771	0.688
山西	0.947	0.939	0.950	0.935	0.828
内蒙古	0.852	0.951	0.924	0.997	0.672
辽宁	0.892	1.000	0.797	0.880	0.765
吉林	1.000	0.999	0.884	0.994	0.763
黑龙江	0.974	0.995	0.875	0.914	0.663
上海	0.927	1.000	1.000	1.000	1.000
江苏	0.868	0.937	0.800	0.962	0.728
浙江	0.883	1.000	1.000	1.000	0.947
安徽	0.941	0.926	0.798	0.820	0.715
福建	0.977	0.997	0.954	0.956	0.998
江西	0.995	0.999	0.757	0.970	0.843
山东	0.746	0.819	0.632	0.692	0.724
河南	0.797	0.813	0.560	0.555	0.539
湖北	1.000	1.000	0.656	0.719	0.660
湖南	0.941	0.922	0.793	0.900	0.661
广东	1.000	1.000	0.970	1.000	0.907
广西	0.982	0.944	0.806	1.000	0.795
海南	0.969	1.000	1.000	1.000	0.998
重庆	—	—	0.843	0.996	0.690
四川	1.000	1.000	0.748	0.980	0.634
贵州	1.000	1.000	0.848	0.993	0.814
云南	0.895	0.901	0.818	0.959	0.684
西藏	1.000	1.000	1.000	0.820	0.745
陕西	0.999	0.996	0.746	0.929	0.882
甘肃	0.941	0.857	0.917	0.939	0.836
青海	0.864	0.873	0.722	0.854	0.910
宁夏	0.732	0.790	0.675	0.901	0.925
新疆	1.000	1.000	1.000	1.000	0.746
平均值	0.929	0.948	0.844	0.915	0.798

术效率高。据此可以认为,陕西省相较我国其他地区耕地生产效率较低的主要原因是由纯技术效率较低所导致的。

将陕西省的耕地技术效率、纯技术效率和规模效率与全国平均水平进行对比可以发现,除了 1990 年、1995 年、2005 年和 2010 年的规模效率(分别达到了 0.999、0.996、0.929 和 0.882)略高于全国平均值(1990 年为 0.929,1995 年为 0.948,2005 年为 0.915,2010 年为 0.798)以外,其他阶段无论是技术效率还是纯技术效率均低于全国平均值,即使与同处西北地区的其他地区相比也不具有优势。这说明陕西耕地的投入产出状况与国内其他地区相比仍旧存在着较大的差距,且这种差距并未随时间的改变而加以改善。从另一方面也可以看出,陕西省相对于其他耕地生产效率较高的省(区、市)而言,耕地生产效率仍拥有较大的提升空间。

### 3 结论与建议

本研究在确定耕地生产效率分析模型与评价指标的基础上,运用数据包络分析(DEA)方法的 BCC 模型对全国各省(区、市)1990 年、1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年的耕地生产效率进行了分析。通过分析可以发现全国各省(区、市)

的耕地生产效率存在着较大的差异。其中东南沿海经济发达地区、传统农业大省,以及在生产中资本与技术投入相对合理的地区耕地生产效率均相对较高。

在以陕西省为例进行分析时,我们发现虽然近年来在与其自身比较时耕地生产效率确实取得了较大幅度的提高,但相对于全国其他省(区、市),陕西省仍是一个耕地生产效率相对较低,耕地投入要素利用不充分,并且耕地投入规模相对不足的省份。

根据以上的研究结论,我们认为要想改善陕西省耕地生产效率相对较低的现状,就必须在以下几个方面予以改善:加大农业投资力度,帮助农户提高生产率,减少生产中投入的浪费;增强农业科技创新能力,推动现代农业发展;根据不同地区的实际情况有针对性地制定发展规划,缩小地区发展差距,促进区域协同发展;通过股份合作、家庭农场、专业合作等多种方式大力培育新型农业经营主体,提高现有耕地资源利用效率和土地产出效率。

### 参考文献:

- [1] 全国土地利用总体规划纲要[N]. 中国国土资源报, 2008-10-24.
- [2] 蔡银莺, 张安录. 耕地资源流失与经济发展的关系分析[J]. 中国人口资源与环境, 2005, 15(5): 52-57.
- [3] 梁流涛, 曲福田, 王春华. 基于 DEA 方法的耕地利用效率分析[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2): 242-246.
- [4] 龙开胜, 陈利根, 占小林. 不同利用类型土地投入产出效率的比较分析——以江苏省耕地和工业用地为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(5): 174-178.
- [5] 周晓林, 吴次芳, 刘婷婷. 基于 DEA 的区域农地生产效率差异研究[J]. 中国土地科学, 2009, 23(3): 60-65.
- [6] 叶浩, 濮励杰. 我国耕地利用效率的区域差异及其收敛性研究[J]. 自然资源学报, 2011, 26(9): 1467-1474.
- [7] 赵京, 杨钢桥, 汪文雄. 农地整理对农户土地利用效率的影响研究[J]. 资源科学, 2011, 33(12): 2271-2276.
- [8] 刘玉海, 张丽. 耕地生产率与全要素耕地利用效率——基于 SBM-DEA 方法的省际数据比较[J]. 农业技术经济, 2012(6): 47-56.
- [9] Coelli T. A multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models[J]. Operations Research Letters, 1998, 23(3/4/5): 143-149.
- [10] Coelli T, Rahman S, Thirtle C. Technical, allocative, cost and scale efficiencies in Bangladesh rice cultivation: a non-parametric approach[J]. Journal of Agricultural Economics, 2002, 53(3): 607-626.
- [11] 常浩娟, 王永静, 程广斌. 我国区域农业生产效率及影响因素——基于 SE-DEA 模型和动态面板的数据分析[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(2): 391-394.
- [12] 刘雪冉, 赵艳玲, 李源, 等. 田块破碎对农业生产效率的影响——以皖江城市带为例[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(5): 316-319.
- [13] 杨文举. 技术效率、技术进步、资本深化与经济增长: 基于 DEA 的经验分析[J]. 世界经济, 2006(5): 73-83, 96.
- [14] 杨文举. 适宜技术理论与中国地区经济差距: 基于 IDEA 的经验分析[J]. 经济评论, 2008(3): 28-33.
- [15] 杨文举. 基于 DEA 的绿色经济增长核算: 以中国地区工业为例[J]. 数量经济技术经济研究, 2011(1): 19-34.