

区域 FEEEP 系统协调发展研究 ——基于 DEA 方法的实证分析

孙立成¹, 周德群¹, 胡荣华²

(1. 南京航空航天大学 经济与管理学院, 江苏 南京 210016;

2. 南京财经大学 经济学院, 江苏 南京 210003)

摘要: 食物、能源、环境、经济和人口是区域可持续发展最主要的五个要素, 简称 FEEEP 系统, 其协调发展水平在一定程度上反映了区域可持续发展的能力。文章在 DEA 方法的基础上实证分析了我国各地区 FEEEP 系统的协调发展水平、FEEEP 系统协调发展的主要影响因素以及相应的动态变化轨迹。结果表明: 在整体上我国各地区 FEEEP 系统的协调性具有下降的态势; 过高的“三废”排放、人口总量和带有区域特征的能源投入结构是导致区域 FEEEP 系统协调性下降的主要因素; 经过“十五”期间的发展, 我国各地区 FEEEP 系统协调性的区域差异越来越显著。

关键词: FEEEP 系统; DEA; 协调发展

中图分类号: F061.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9952(2008)02-0134-10

一、引言

FEEEP 问题的探讨源自于 1995 年亚太经济合作组织(APEC)各会员国在日本大阪举行的领导会议, 主要研究的内容是经济增长和人口膨胀对粮食、能源和环境的影响, 其中 F 代表的是食物(Food), 三个 E 分别代表能源(Energy)、环境(Environment)和经济发展(Economic Development), 而 P 则是指人口(Population)。

FEEEP 系统所涵盖的内容非常广泛且各要素之间相互关联相互影响。人口的增长从正负两个方面影响着资源环境和经济社会的发展(穆光宗, 1997), GDP 与能源总消费和具体的能源消费(包括煤、石油、天然气和水电力等)之间存在着长期的均衡关系(林伯强, 2001; 马超群、储慧斌等, 2004), 而能源的大量消耗, 尤其是以煤炭为主的能源消耗则是导致我国环境污染的主要因素(王红瑞等, 1999), 我国工业的高速发展在很大程度上也是以资源的消

收稿日期: 2007-10-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(90510010); 教育部人文社会科学研究项目(05JA910002)

作者简介: 孙立成(1977—), 男, 安徽安庆人, 南京航空航天大学经济与管理学院博士生;

周德群(1963—), 男, 江苏南京人, 南京航空航天大学经济与管理学院教授, 博士生导师;

胡荣华(1963—), 男, 江苏南京人, 南京财经大学经济学院统计系教授。

费和环境的破坏为代价的(金培,2005),而环境的破坏势必会带来生态系统的恶化、耕地面积的减少、自然灾害的加剧,人们赖以生存的粮食供应系统也必然会受到影响(田野,2004)。可见 FEEEP 系统所包含的内容是人类可持续发展最基本的五个方面,协调好这五者之间的关系并使它进入良性循环的发展轨道是区域经济和社会可持续发展的根本前提,任何一个环节处理不好都会影响社会的发展进程。

本文从系统论的角度出发,将我国各地区的 FEEEP 系统作为一个具体的决策单元来进行评测。主要解决以下三方面问题:(1)我国各地区 FEEEP 系统协调性到底如何?哪些地区协调性比较高,哪些地区协调性比较低?哪些是区域协调性高低的主要因素?(2)我国各地区 FEEEP 系统在不同的时间点是否发生了变化?变化的轨迹又是如何?(3)各决策单元的协调性是否存在显著的区域性差异?若存在,差异变化的轨迹又是如何?

二、区域 FEEEP 系统分析的模型和方法

1. 模型选取。区域 FEEEP 系统可以视为一个多投入和多输出的生产系统,可以表述为一个生产过程,系统的协调性主要是由系统的投入产出效率来反映,效率高的系统其协调性相对较好,效率低的系统则其协调性相对较差。对于协调性的评价方法比较多,主要有:层次分析法、模糊评价法、灰色评价法等,但这些方法在确定指标权重时都存在主观性强且相关性约束不容易检验等问题。本文采用生产前沿非参数 DEA 方法来对各地区 FEEEP 系统的协调性进行评价,这是因为:(1)DEA 以决策单元各输入输出的权重为变量,从最有利于决策单元的角度进行评价,避免了确定各指标在优先意义下的权重;(2)假定每个输入都关联一个或多个输出,而且输入输出之间确实存在某种关系,使用 DEA 方法则不必确定这种关系的显式表达式(魏权龄、岳明,1989)。由此可见,DEA 方法较其他方法更适用于具有多输入多输出的 FEEEP 系统的协调性评价。自 A. Charnes 和 W. W. Cooper(1978)在 Farrell 测度基础上提出了评价决策单元(decision making unit,简称 DMU)相对有效的非参数方法数据包络分析(data envelopment analysis)的第一个模型 C^2R 以来,DEA 方法取得了长足的发展,Charnes、Cooper 等(1985)提出了 C^2GS^2 模型,Charnes、Cooper、Wei 和 Huang(1987)提出了被称为锥比例的 DEA 模型—— C^2WH 模型等。在应用 DEA 方法时,具体模型的选取主要是考虑 DMU 的实际经济背景和评价的目的,其中 C^2R 模型是同时针对规模有效性和技术有效性进行评价(盛昭瀚、朱乔、吴广谋,1996),由于本文不仅要考虑区域 FEEEP 系统的协调性,而且还要考察规模对 FEEEP 系统协调性的影响,所以本文选取 C^2R 模型来评价我国各地区 FEEEP 系统的协调性。

2. DEA 方法 C^2R 模型。假设有 n 个决策单元(DMU),每个 DMU 都有

m 种输入和 s 种输出,其中, $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0$, $y_k = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T > 0$, x_{ij} 为 DMU_j 对第 i 种输入的投入量, y_{rj} 为 DMU_j 对第 r 种输出的产出量 ($j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, s$)。记 DMU_{j_0} 对应的输入、输出数据分别为: $x_0 = x_{j_0}$, $y_0 = y_{j_0}$, $1 \leq j_0 \leq n$, DMU_{j_0} 基于输入的带有非阿基米德无穷小的 C^2R 模型具体表达式如下:

$$\text{Min}[\theta - \epsilon(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)]$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s_i^- = \theta x_{j_0}, \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j - s_r^+ = y_{rj_0} \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, s_i^+ \geq 0, s_r^- \geq 0$$

其中: s_i^- 和 s_r^+ 分别为剩余变量和松弛变量, ϵ 为非阿基米德无穷小量, 一般取 $\epsilon = 10^{-6}$, $\lambda, s_i^-, s_r^+, \theta$ 为待估参量。

3. C^2R 模型经济含义。(1)当 $\theta = 1$ 时,若 $s_i^- = s_0^+$,则称决策单元 DMU_{j_0} DEA 有效,即决策单元 DMU_{j_0} 的投入产出已达到最优;若 $s_i^- \neq 0, s_r^+ \neq 0$,则称决策单元 DMU_{j_0} DEA 弱有效,即可以使输入 x_0 减少 s^- 而产出不变,或在投入 x_0 不变的情况下产出 y_0 可提高 s^+ 。当 $\theta < 1$ 时,则称 DMU_{j_0} 为 DEA 无效,即可通过组合将投入降至原投入 x_0 的 θ 比例而产出 y_0 保持不变。

(2)设 $k = \sum \lambda_i / \theta$,当 $k = 1$ 时,则表示 DMU_{j_0} 规模收益不变,此时 DMU_{j_0} 达到最大产出规模点;当 $k < 1$ 时,表示 DMU_{j_0} 规模收益递增,且 k 值越小规模递增趋势越大,表明 DMU_{j_0} 在投入 x_0 的基础上,适当增加投入量产出量将有更大比例的增加;当 $k > 1$ 时,表示 DMU_{j_0} 规模收益递减,且 k 值越大规模递减趋势越大,表明在 DMU_{j_0} 投入 x_0 的基础上,即使增加投入量也不可能带来更大比例的产出,此时没有增加决策单元投入的必要。

(3)将决策单元中投入各分量的剩余变量 s_i^- 与对应指标分量 x_{j_0} 的比例定义为投入冗余率,产出各分量的松弛变量 s_r^+ 与对应指标分量 y_{j_0} 的比例为产出不足率,这两个指标主要用于动态分析经济系统中各因素对系统的影响程度及其改进的方向。

三、区域 FEEEP 系统分析的指标和数据

FEEEP 系统是由食物、能源、环境、经济与人口五个子系统组成,因此 FEEEP 系统的投入和产出指标体系也是由体现这五个子系统特征的指标所构成。从具体的 DEA 方法对投入和产出指标体系的要求来看,一般将收益型的指标视为产出指标体系,此类指标的特点是指标值越大越好;将成本型指标作为投入指标体系来处理,此类指标的特点是越小越好(吴文江,2001)。

本文根据 FEEEP 系统各子系统的特点将经济与食物两个子系统划分为产出系统,将能源、环境和人口划分为投入系统。从具体的五个子系统来看,每个子系统都可以由多个相关的指标来反映系统的情况,为有利于各部门的

宏观调控,可以在这五个子系统中选择一些关键性的指标来进行总体规划和优化(曾嵘、魏一鸣等,2000)。在经济产出系统中,GDP 是经济系统中最主要的指标,它反映了各类投入要素的最终产出情况。食物是人类赖以生存的基础,从我国粮食产需状况来看,近几年我国粮食生产呈下滑态势,而粮食总消费水平却一直在缓慢上升(罗良国等,2005),本文将粮食总量作为食物系统的产出指标。人口增长是从正效应和负效应两个方面影响着经济的发展(穆光宗,1997),又由于我国现阶段人口总量基数巨大,其增长对经济的负面影响在整体上比正面影响要大,所以本文将人口总量视为人口系统的代表性指标来考虑。在能源系统中,由于我国经济的持续增长对能源消费具有很强的依赖性(马超群、储慧斌等,2004);电力消费是经济增长的 Granger 的原因,且相互之间存在长期的均衡关系(林伯强,2003);而水资源则是人类生存不可替代的资源,它广泛应用于防洪、发电、灌溉、城乡供水等关乎民生的各个方面(张奔,2001),但是由于我国的人均水资源占有量仅为 2 500 立方米,约为世界人均占有量的 1/4,被列为世界几个人均水资源贫乏的国家之一,因此本文选取能源消费总量、电力消耗总量、用水总量作为能源系统中具体的投入指标。在环境系统中,曾嵘、魏一鸣等(2000)在考察北京市 PREE 系统时也将工业废气、工业废水和固体废弃物作为环境子系统的主要影响因素来考虑;因此本文将“三废”的排放量作为具体环境系统的投入指标。具体指标体系如表 1 所示。

表 1 区域 FEEEP 系统投入产出指标体系

投入			产出	
能源投入指标	环境投入指标	人口投入指标	食物产出指标	经济产出指标
能源消耗总量 电力消耗总量 用水总量	工业废水排放总量 工业废气排放总量 工业固体废物总量	人口总量	粮食总量	GDP 总量

本文主要是选取“九五”和“十五”期间的最后一年,即 2000 年和 2005 年中国各地区 FEEEP 系统的数据来进行对比分析,表 1 中各指标的数据主要来源于《中国统计年鉴 2006》、《中国统计年鉴 2001》、《中国能源统计年鉴 2000—2002》和《中国能源统计年鉴 2006》。其中由于西藏自治区的社会经济系统与其他地区差异甚大,指标数据收集不齐,所以本文不包含西藏自治区;对于缺失 2000 年四川和宁夏的能源消耗总量数据,本文采用加权平均的方法推断出缺失的数据。

四、区域 FEEEP 系统协调发展的实证分析

基于上述 DEA 模型和区域 FEEEP 系统的指标体系数据,本文选用 Lingo8.0 软件来计算我国 2000 年和 2005 年 30 个地区 FEEEP 系统的协调性水平,具体计算结果如表 2 至表 4 所示。

1. 生产前沿面区域 FEEEP 系统协调性分析。由 DEA 模型的经济含义可知,处于生产前沿面的决策单元是 DEA 有效,即投入和产出达到了最优,其技术和规模效益也都有效,说明区域 FEEEP 系统在整体上也达到协调发展的状态。从表 2 可以看出处于生产前沿面的地区 FEEEP 系统具有以下两个特点:首先,两个年份处于生产前沿面的地区数量不同,2000 年处于生产前沿面的地区一共有 20 个;而到 2005 年处于生产前沿面的地区数量只有 2000 年的一半,可见经过“十五”期间的发展,有占样本 1/3 的地区 FEEEP 系统的协调性都相对变差。其次,从具体两个年份处于生产前沿面的地区来看,2005 年处于生产前沿面的 10 个地区在 2000 年也全都处于生产前沿面上,说明我国各地区经过“十五”期间的发展,处于生产前沿面上区域 FEEEP 系统的变化轨迹只存在单向变化过程,即只有以前是协调发展地区变为不协调发展地区的过程,而没有以前是不协调发展地区变为协调发展地区的过程。

表 2 生产前沿面区域 FEEEP 系统

年 份	2000	2005
地 区	北 京、天 津、内 蒙 古、吉 林、黑 龙 江、上 海、江 苏、浙 江、安 徽、福 建、江 西、山 东、河 南、湖 南、广 东、海 南、重 庆、四 川、贵 州、新 疆	北 京、内 蒙 古、吉 林、上 海、江 苏、安 徽、江 西、广 东、海 南、贵 州
合 计	20 个地区	10 个地区

2. 非生产前沿面区域 FEEEP 系统协调性分析。表 3 和表 4 是 FEEEP 系统 2000 年和 2005 年处于非生产前沿面的地区以及相应的投入要素的冗余状况。从具体数量上来看,2000 年有 10 个地区处于非生产前沿面上,而 2005 年有 20 个地区,说明这些地区投入产出未达最优,其技术和规模也非有效,相应的 FEEEP 系统协调性也相对较差。从具体的相对效率变化情况来看,可以将这些地区分为三类,即相对效率增加的地区和相对效率减少的地区,还有一类也属于相对效率减少的地区,但此类地区特征的相对效率是由有效变为无效地区。下面分别从这三类地区来分析 2005 年处于非生产前沿面区域 FEEEP 系统的协调性及相应的主要影响因素。

(1) 相对效率增加地区。由表 3 和表 4 可以看出有三个地区相对效率增加,表明“十五”期间这三个地区在整体上 FEEEP 系统的协调性有不同程度的提高,2005 年在这三个地区中协调性最好的地区是山西省,其相对效率为 0.90,其次是广西(0.88)和甘肃(0.72)。从具体的主要影响因素来看,由于山西和甘肃的规模收益是递增的,说明山西和甘肃两个地区增加要素的投入量将会带来更多产出量的增加,相应 FEEEP 系统的协调性也会得到改善,又由于山西省水资源的投入冗余率为 0,而其他因素的投入冗余率都较高,说明如果加大水资源的投入将会带来更多产出的增加,其 FEEEP 系统的协调性也会相应得到提高,因此可以看出水资源是山西 FEEEP 系统协调发展的瓶颈;

甘肃能耗和人口的投入冗余率为 0,说明能源贫乏和人口不足是甘肃经济发展的主要制约因素,其废水的投入冗余率也为 0,说明甘肃的废水控制和处理能力相对较强。由于广西的规模收益递减,而其能耗、电耗、废气和废水的投入冗余率都较大,说明降低这几个因素的投入将有利于广西 FEEEP 系统协调性水平的提高,这些因素则是制约广西 FEEEP 系统协调发展的主要因素。

表 3 2000 年非生产前沿面区域 FEEEP 系统

地区	DEA 相对效率	规模益值 k	投入冗余率(%)						
			能耗	电耗	水耗	废水	废气	固废	总人口
河 北	0.82	0.95	25.45	6.06	0.00	5.05	8.40	33.96	0.00
山 西	0.81	0.50	47.96	37.58	0.00	0.00	46.74	67.84	16.96
辽 宁	0.83	1.18	30.90	3.40	0.00	26.77	15.67	51.89	0.00
湖 北	0.92	2.75	12.96	0.00	0.00	32.89	0.00	1.63	0.00
广 西	0.84	0.73	0.00	13.07	21.24	11.54	40.57	0.00	3.43
云 南	0.96	0.70	0.00	5.84	0.00	0.00	3.68	20.52	32.46
陕 西	0.94	0.36	9.65	20.62	0.00	0.00	0.00	50.16	29.91
甘 肃	0.63	0.56	3.40	15.93	0.00	0.00	0.00	7.38	15.33
青 海	0.64	0.15	16.98	29.97	0.00	0.00	0.00	17.20	17.02
宁 夏	0.65	0.15	2.32	32.92	27.03	17.40	35.44	9.30	0.00

(2)相对效率减少地区。相对效率减少的地区主要有河北、辽宁、湖北、云南、陕西、青海和宁夏,从下降的幅度来看,青海的下降幅度最大,下降 30 个百分点,到 2005 年变为协调性最差的地区;其次为云南,下降 21 个百分点,由 2000 年的 0.94 下降到 2005 年的 0.75,协调性也由较高变为中等;下降幅度变化最小的是宁夏,下降 6 个百分点,在 2000 年和 2005 年均处于协调性较差的地区之一。在规模递减的三个地区中,河北和辽宁的能源投入中能源消费和电力消费都存在部分冗余,说明节约能源和电力是提高这两个地区协调性的重要手段;湖北的能源投入冗余率都为 0,说明湖北在能源利用上较合理。在环境投入要素中,河北和辽宁两个地区的“三废”的排放量都比较大,其冗余率都在 20%以上,可见大量“三废”的排放是导致这两个地区整体协调性减少的最主要原因,而湖北的废水和废气的排放量较高,固体废弃物的投入冗余率为 0,说明湖北的固体废弃物排放水平低,其治理能力也较强。在人口上,辽宁地区的人口投入冗余率为 0,河北和湖北分别为 3.75%和 15.17%,说明人口是导致河北和湖北地区 FEEEP 系统下降的因素,说明适度控制人口的增长、合理利用人口资源也将有利于湖北和河北 FEEEP 系统协调性的提高。规模递增的四个地区从区域上来看这四个地区均属于西部地区,由表 4 的投入冗余率可以看出在这四个地区中能源和水资源是云南和陕西产出的主要制约因素,也是 FEEEP 系统不协调的主要因素,而人口总量的不足则是青海和宁夏两个地区经济发展的主要瓶颈,可见在我国人口众多的前提下,鼓励人口向西部流动,提高西部人口密度是提高青海和宁夏两个地区经济产出提高 FEEEP 系统协调性的主要手段。

表 4 2005 年非生产前沿面区域 FEEEP 系统

地区	DEA 相对效率	规模益值 k	投入冗余率(%)						
			能耗	电耗	水耗	废水	废气	固废	总人口
天津	0.92	0.60	17.52	11.81	0.00	65.32	48.61	27.42	6.68
河北	0.64	3.02	7.80	2.95	0.00	21.75	32.89	41.78	3.75
山西	0.90	0.87	53.71	50.35	0.00	26.69	68.39	77.36	41.45
辽宁	0.71	2.04	13.94	6.41	0.00	34.63	41.40	45.74	0.00
浙江	0.92	3.86	0.00	10.96	6.56	50.65	31.67	0.00	0.00
黑龙江	0.99	1.02	0.16	0.00	1.05	0.17	0.00	0.70	0.58
福建	0.91	1.26	0.00	16.80	36.14	69.02	23.95	0.00	13.97
山东	0.99	3.41	17.37	12.80	0.00	38.36	41.14	34.22	24.42
河南	0.98	2.42	3.27	22.94	0.00	33.08	28.04	15.89	37.08
湖北	0.77	1.41	0.00	0.00	0.00	34.61	20.98	0.00	15.17
湖南	0.91	1.21	0.00	0.00	17.18	55.72	0.00	0.00	32.65
广西	0.88	1.81	0.00	5.58	33.81	56.67	33.08	0.00	0.00
重庆	0.86	0.74	0.00	0.88	0.00	58.73	2.11	1.57	20.30
四川	0.88	1.74	2.32	12.49	0.00	43.81	0.00	32.24	37.89
云南	0.75	0.48	0.00	15.04	0.00	0.00	16.44	38.60	29.98
陕西	0.75	0.93	0.00	9.05	0.00	23.43	9.99	42.33	25.45
甘肃	0.72	0.56	0.00	19.15	6.64	0.00	24.16	1.18	8.77
青海	0.34	0.27	0.93	9.74	13.15	0.00	2.59	8.66	0.00
宁夏	0.59	0.24	24.70	38.02	40.97	31.59	32.52	13.66	0.00
新疆	0.80	0.93	24.36	1.28	62.17	0.00	32.49	0.00	6.18

(3)相对效率由有效变为无效地区。这类地区一共有 10 个,减少幅度最大的地区为西藏,下降 20 个百分点,由 2000 年的高协调性变为 2005 年中等偏下的协调性水平,重庆和四川两个地区相对效率水平下降幅度也较大,分别下降 14 个和 12 个百分点,其协调性水平在 2005 年处于中等水平;其他各地区都有不同程度的下降,但下降幅度都不是很大,相对效率也较高,这些地区 FEEEP 系统的协调性也都处在中等以上的水平。从能源投入要素来看,能源总量和电力总量投入的减少将有利于山东和河南 FEEEP 系统协调性水平的提高,电力资源投入过多则是浙江、福建和四川三个地区 FEEEP 系统协调性下降的主要原因;水资源消耗最多的地区为福建和湖南,其投入冗余率分别为 36.14%和 17.18%,而水资源贫乏的地区则是天津,重庆之所以 FEEEP 系统协调水平相对较差也是与其能源总量和水资源的投入不足有关。从环境投入要素来看,在规模收益递减的七个地区中,除黑龙江外其他地区“三废”的排放水平都较高,其中废水投入冗余率最高的是福建,为 69.02%,其次是浙江,为 50.65%,浙江、福建、山东和河南四个地区的废气投入冗余率都在 20%以上,固体废弃物投入冗余率最高的是山东,为 34.22%,说明“三废”排放水平过高是这些地区总体协调水平下降的最主要因素;在规模收益递增的三个地区中,新疆的废水和固体废弃物的投入冗余率为 0,在理论上虽然增加这两个因素的投入可以提高新疆 FEEEP 系统的协调性,但放松对环境的管制,以破坏环境的代价来提高 FEEEP 系统的协调性是不合理的。在人口投入方面,除浙江

外,其他九个地区的人口投入都有不同程度的冗余,其中人口投入冗余率最多的地区是四川(37.89%),其次是河南(37.08%),可见人口众多是导致这些地区 FEEEP 系统协调性差的主要因素之一,然而人口因素又是区域长期积累下来的问题,在总量上很难在短期内得到有效改善,因此控制人口增长、优化人口结构、鼓励人口向人口贫乏地区流动是解决这些地区人口总量多的最主要途径。

3. 区域 FEEEP 系统协调性的空间差异分析。由上分析可见,我国各地区 FEEEP 系统的协调性在不同的时间点具有不同的特征,其影响因素也存在一定的区域特征,而且由于自改革开放以来我国经济的发展形成了东部、中部和西部三个明显的具有区域性差异的地区(蔡昉、都阳,2000),因此,我们将在整体上分别检验这三个区域 FEEEP 系统的协调性之间是否也存在相应的区域性差异,以及其差异性的变化情况,由于事先无法得知样本所属的总体,因此本文采用非参数 Kruskal-Wallis 方法对三个独立区域的样本在整体上进行检验,运用非参数 Mann-Whitney 方法对东部与中部、中部与西部、西部与东部两两区域之间进行比较检验,具体的检验结果如表 5 所示。

由表 5 可以看出,在 2000 年由于 Kruskal-Wallis 检验值为 0.10,说明在 0.05 的显著性水平下没有足够的理由拒绝“三个区域 FEEEP 系统的协调性没有差异”的假设,可以认为 2000 年我国东部、中部和西部的 FEEEP 系统的协调性没有差异,从具体的两两区域的 Mann-Whitney 检验值来看也均大于 0.05,也说明在 0.05 的显著性水平下三个区域 FEEEP 系统的协调性两两没有差异;而 2005 年 Kruskal-Wallis 检验值为 0.01,说明在 0.01 的显著水平下,有足够的理由拒绝“三个区域 FEEEP 系统的协调性没有差异”的假设,因此可以认为三个区域 FEEEP 系统的协调性存在差异,而从两两区域 Mann-Whitney 检验值来看东部和中部地区的检验值大于 0.05,而中部和西部、西部和东部的检验值均小于 0.05,因此可以认为在 2005 年东部和中部 FEEEP 系统的协调性不存在差异,而中部和西部、西部和东部则存在显著性差异,说明经过“十五”时期的发展,我国各地区 FEEEP 系统的协调性的区域特征越来越明显。

表 5 FEEEP 系统协调水平的区域差异性检验

年份	地区	平均值	最小值	最大值	区域差异检验	
2000	东部地区	0.97	0.82	1.00	东一中	0.83
	中部地区	0.97	0.81	1.00	中一西	0.10
	西部地区	0.87	0.63	1.00	西一东	0.06
	全国	0.93	0.63	1.00	东一中一西	0.10
2005	东部地区	0.92	0.64	1.00	东一中	0.91
	中部地区	0.95	0.91	1.00	中一西	0.01**
	西部地区	0.76	0.34	1.00	西一东	0.02*
	全国	0.87	0.34	1.00	东一中一西	0.01**

“*”表示在 0.05 水平下通过检验;“**”表示在 0.01 水平下通过检验。

五、结论和启示

由上实证分析可见:第一,我国各地区 FEEEP 系统的协调性在整体上趋于下降,且处于生产前沿面上的地区具有单向变差的过程。说明我国各地区“十五”期间的快速发展是以区域 FEEEP 系统协调性的下降为代价的,而 FEEEP 系统的协调性主要反映了一个地区的可持续发展能力,由此可见,我国各地区的可持续发展能力也随着时间的推移具有下降的态势。第二,从具体的影响因素来看,在整体上“三废”排放量、人口总量和具有各地区自身特征的能源要素投入结构是影响区域 FEEEP 系统协调性的主要因素,其中“三废”排放高和人口总量的众多是大多数地区带有共性的主要影响因素,因此,减少“三废”的排放以及提高其相应的治理能力和控制人口的增长是提高区域可持续发展能力的最有效措施,适合于我国大多数地区的可持续发展规划;而能源的投入则具有一定的区域特征,例如:天津地区水资源匮乏、山西煤炭资源丰富等这些都带有典型的区域特征。可见,积极做好优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类主体功能区划分工作,因地制宜地发挥区域优势、优化资源投入结构,尽可能减少环境和资源的约束所带来的影响是我国社会经济可持续发展的前提。第三,2000 年我国东部、中部和西部地区 FEEEP 系统的协调性相互之间不存在显著性差异,而到 2005 年这三个区域中东部和西部、中部和西部之间存在显著性差异,说明西部地区经过“十五”期间的发展其协调性的下降比中部地区和东部地区大,而 FEEEP 系统协调性的区域性差异已日趋明显,应该引起我们足够的重视。

参考文献:

- [1]Konstantions Bithas, Peter Nijkamp. Environmental-economic modeling with semantic insufficiency and factual uncertainty[J]. Environmental System, 1996,(2):35—42.
- [2]Li Zhi Dong. An econometric study on China's economy, energy and environment to the year 2030[J]. Energy Policy, 2003,31:15—26.
- [3]Markus Eggenberger, Maria do Rosario Partidario. Development of a framework to assist the integration of environmental, social and economic issues in spatial planning[J]. Impact Assessment and Project Appraisal, 2000,(3):31—53
- [4]Nicole Adler, Lea Friedman, Zilla Sinuany-Stern. Review of ranking methods in date envelopment analysis context[J]. European Journal of Operational Research, 2002,(8): 125—143
- [5]Toshihiko Nakata. Energy-economic models and the environment[J]. Progress in Energy and Combustion Science, 2004,(8):58—95
- [6]Young Seok Moon. Productive energy consumption and economic growth: An endogenous growth model and its empirical application[J]. Resource and Energy Economics,

1996,(18):26—43.

- [7]蔡昉,都阳.中国地区经济增长的趋同与差异—对西部开发战略的启示[J].经济研究,2000,(10):30—37.
- [8]金培.能源与环境约束下的中国工业发展[J].中国工业经济,2005,(4):12—15.
- [9]林伯强.中国能源需求的经济计量分析[J].统计研究,2001,(10):34—39.
- [10]林伯强.电力消费与中国经济增长:基于生产函数的研究[J].管理世界,2003,(11):18—27.
- [11]罗国良,李宁辉,杨建仓.中国粮食供求状况分析[J].农业经济问题,2005,(2):49—52.
- [12]马超群,储慧斌.中国能源消费与经济增长的协整与误差校正模型研究[J].系统工程,2004,(10):47—50.
- [13]盛昭瀚,朱乔,吴广谋.DEA 理论、方法与应用[M].北京:科学出版社,1996.
- [14]田野.影响我国粮食安全的主要隐患及对策建议[J].粮食问题研究,2004,(2):3—6.
- [15]吴文江.数据包络分析及其应用[M].北京:中国统计出版社,2002.
- [16]张奔.中国可持续发展水资源战略的若干问题[J].数量经济技术经济研究,2001,(12):28—30.

Research on the Coordinated Development of Regional FEEEP System: An Empirical Study Base on DEA

SUN Li-cheng¹, ZHOU De-qun¹, HU Rong-hua²

(1. College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China; 2. School of Economics, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210003, China)

Abstract: Food, energy, environment, economy and population is the most essential five elements which is called FEEEP system. Based on the DEA method, this paper analyzes China's regional coordination FEEEP system, the main factors of FEEEP system coordinated development and the dynamic corresponding track changes of it. The results show that on the whole the FEEEP system is in coordination with downward trend; Excessive “three waste” disposal, the total population and the regional characteristics of the energy input structure are the major factors leading to regional FEEEP coordination system; After development of the Tenth Five-year Plan Period, the regional differences of China's regional coordination FEEEP system is becoming increasingly evident.

Key words: system of FEEEP; DEA; coordinated development

(责任编辑 许 柏)