榆林市能源化工基地经济增长对资源环境的影响

李俊莉[1], 曹明明[2]

(1. 曲阜师范大学 地理与旅游学院, 山东 日照 276826; 2. 西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127)

摘 要: 在利用能值和物质流方法构建经济价值和环境影响评价指标的基础上,分别从 EKC 曲线特征,生态效率及其"脱钩"三个层面解析了榆林市经济发展对资源环境的影响。结果显示,经济发展与资源环境负荷之间"倒 U"形特征显著,EKC 转折点将出现在 2015 年前,届时经济价值与资源环境压力将分别较 2009 年增加 8.83 和 4.38 倍;生态效率在 11 a 间提高了 4.55 倍,生态效率的提高建立在生态压力不断增大的基础上;榆林市脱钩现象以弱脱钩和扩张性复钩的交替为特征,经济发展的弱可持续特征明显,相比于废物排放,资源投入对生态压力的升高具有更加明显的推动作用。改变传统经济增长方式,发展循环经济,促使榆林市在满足全社会物质需求总量的同时,实现经济与人口、资源、环境相协调发展是今后榆林经济持续发展的必由之路。

关键词: 经济增长; 资源环境; 榆林市能源化工基地

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2014)06-0282-06 **中图分类号**: X196

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.06.055

Impacts of Economic Development of Energy Industry Base on Resource and Environment in Yulin City

LI Jun-li[1], CAO Ming-ming[2]

(1. *College of Geography and Tourist, Qufu Normal University, Rizhao, Shandong* 276826, *China*;
2. *College of Urban and Environment, Northwest University, Xi'an, Shaanxi* 710127, *China*)

Abstract: Based on the indicators of economic value and environmental impact established by emergy and material flow method, the relationship between economic development and environmental quality was analyzed with the aspects of the features of environment Kuznets curve(EKC), eco-efficiency and the "decoupling". The results showed that: the characteristics of "inverted U" type was appearent between economic development and environmental quality, the turning point of EKC will occur before 2015, then the economic value and environmental impact will increase 8.83 and 4.38 times over 2009, respectively; Eco-efficiency increased 4.55 times in the last 11 years and is based on increasing ecological pressure; The decoupling phenomenon was characterized with alternative weak decoupling and expansion re-link and economic development was characterized with obvious weak sustainability, compared to waste discharge, resources input has a more significant role in promoting ecological pressure. Thus, it is the only ways for Yulin City to change traditional way of economic growth and develope circular economy to promote Yulin City to meet the whole social material needs, and at the same time, to achieve the coordinated development of economic development and population, resources, environment.

Keywords: economic development; resource and environment; energy industry base in Yulin City

经济发展与环境质量之间关系的讨论论证一直是环境资源与生态经济学的热点问题。环境库兹涅茨曲线(environmental Kuznets curve, EKC)是目前关于该关系的论证中被广泛引用的计量模型,它最早由美国学者 Grossman 和 Krueger[1] 于 1991 年根据经验数据提出。其核心是随着收入水平的提高,环境质量先破坏再好转,即环境破坏与收入水平呈"倒 U"形曲线。1990 年以来,众多学者通过对多种具体污染物的研究证实了 EKC 曲线的存在[1-4]。生态效率(eco-efficiency, EE)是衡量经济与环境之间协调发

收稿日期:2013-11-25 **修回日期**:2013-12-03
资助项目:曲阜师范大学科研启动基金项目"可持续发展实验区绿色发展路径研究"(BSQD201203)
作者简介:李俊莉(1976—),女(汉族),陕西省富平县人,博士,副教授,主要从事环境与可持续发展研究。E-mail:qfljl@163.com。
通信作者:曹明明(1960—),男(汉族),陕西省礼泉县人,教授,博士生导师,主要从事自然地理研究。E-mail:chengshi@nwu.edu.cn。

展的重要指标,通过对社会经济产品或服务的价值与环境影响的比值关系,要求从更少的自然资源中获得更多的福利,核心思想是最大化经济价值的同时,最小化环境影响[5]。研究证明,生态效率在有效促进经济转型,发展生态产业,缓解经济发展与环境保护的矛盾,实现经济的良性发展方面起到了积极作用[5-13]。但在解析经济发展与环境影响关系的应用中,EKC 曲线和生态效率本身还存在诸如指标选取综合性差,数据分析和数学计量方法涉及较少,计算结果在区域间不具备可比性等不足[5]。基于此,本研究试图以能值指标表示经济价值,部分地克服了 GDP 表征社会财富的缺陷,以物质流指标表示环境影响,更全面综合地代表了生态环境的压力,以资源型城市榆林为例,通过对 EKC 曲线特征分析,生态效率分析,以及基于生态效率的"脱钩"分析来解析经济发展与环境影响之间的深层次关系,希望为度量经济增长对资源环境的影响提供一个全新的视角。研究结果可为缓解资源型城市经济高速增长与资源环境加速恶化之间的矛盾提供方法和决策依据。

1　研究区概况

榆林市位于陕西省最北部,东临黄河,与山西隔河相望,北依内蒙;西与宁夏自治区和甘肃省接壤,南接延安市。现辖 1 区 11 县,该市总面积 43 578 km^2,总人口 334.73 万人,2009 年实现 GDP1 300 亿元,增速连续 7 a 保持陕西省第一。平均海拔 1 000～1 500 m,平均降水量 316.4～513.3 mm,属于温带半干旱大陆性季风气候。自然资源丰富,现已发现 8 大类 48 种矿产,其中 20 多种已探明储量,潜在价值超过 4.6×10^{13} 元。1998 年被批准为国家能源化工基地,是国家"西煤东运"的腹地、"西气东输"的源头、"西电东送"的枢纽。伴随着能源化工基地的建设,榆林市国民经济飞速发展。大规模、高强度、超常规的开发建设,使榆林脆弱的生态环境面临更大的压力,人口、资源、环境与发展之间的矛盾日显突出。

2　基于能值和物质流分析的指标设计

2.1　经济价值的测度

一个地区的年总能值(U)可用来度量该地区的年总财富。从生态学角度讲,系统排出的废弃物质和能量仍有其价值存在,但限于目前的技术水平不能有效利用,所以废弃物能值具有负效应,需要从总能值中扣除,由此得到有效能值产出(effective emergy output, EMO)指标,它反映了当前技术水平下系统创造的总财富;能值分析中的能值－货币比(emergy dollar ratio, EDR)是指与能值相当的市场货币价值,即以能值来衡量财富的价值;由于通过 EDR 可将系统中各种生态流的能值用货币来度量,因而将有效能值产出除以 EDR 即可得到有效能值货币价值(effective emergy-monetary value, EMV),该指标将能值与货币流统一起来进行评价,可以度量生态经济系统中储存资源和人类劳务、商品的宏观经济价值,是从宏观上探讨经济的理想尺度[5,11-12]。经济价值各指标的核算内容详见表 1。

表 1　能值和物质流分析的指标构成

项目	类 别	计算及表达方法	指标说明
经济价值	可更新资源能值	R	系统自有的能值财富
	不可更新资源能值	N	系统自有的能值财富
	输入能值	I	输入资源、商口财富
	废弃物能值	W	系统向环境排放的废水、废气、废渣能值
	能值货币比	EDR=U/GDP($)	经济现代化程度
	总能值	$U=R+N+I$	系统拥有的总能值财富
	有效能值货币价值	EMV=($U-W$)/EDR	表征系统中人类劳务、商品等的宏观经济价值
资源环境负荷	化石燃料	a_1	直接开采的煤、石油、天然气
	矿物质	a_2	直接开采的金属、非金属、工业矿物产量
	生物物质	a_3	农、林、牧、渔生产产量
	进口物质	a_4	自省外进口的资源量
	SO_2,烟尘、工业粉尘排放量	b_1	生产和生活过程中排放的 SO_2,烟尘、工业粉尘的量
	COD 排放量	b_2	工业废水中的 COD 和城镇生活污水中 COD 总排放量
	固废排放量	b_3	工业固废和生活垃圾的总排放量
	直接物质输入	DMI=$a_1+a_2+a_3+a_4$	表征直接物质输入对自然环境的压力
	区域过程排放	DPO=$b_1+b_2+b_3$	表征生态经济系统排放污染物产生的环境压力

2.2 环境影响的测度

物质流分析的基本观点为:人类活动产生的环境影响很大程度上取决于进入经济系统的自然资源和物质的数量与质量,以及从经济系统排入环境的废弃物质的数量与质量,前者产生对环境的扰动,引起环境的退化;后者则直接引起环境的污染[13]。在物质流分析中,多以直接物质输入(direct material input, DMI)表示进入经济系统的自然资源和物质的数量,以生产过程排放(domestic processed output, DPO)表示从经济系统排入环境的废弃物的数量。由于 DMI 和 DPO 是理论上描述社会物质循环的最佳指标[14-16],并且其数据可根据对现有的统计资料分析估算而得,因此,DMI 和 DPO 可作为环境影响的一种示踪指标,其既是对经济发展产生的环境影响的定量描述,又可为可持续发展研究提供一种新颖而简洁的思维方式。DMI 和 DPO 的核算内容详见表 1。

3 榆林市环境库兹涅茨曲线(EKC)

3.1 EKC 曲线分析指标阐释

关于 EKC 曲线分析的实证研究中,对于环境质量的表征,较多采用各种污染物的排放量或排放浓度来分析,但污染物排放不能代表经济过程中产生的所有环境压力。因而,本研究试图采用物质流分析中的环境影响指标(DMI+DPO)表示 EKC 分析中的环境质量指标,取能值分析指标中有效能值货币价值(EMV)的人均值表示 EKC 分析中的经济发展指标,对榆林市 1999—2009 年经济发展与环境质量之间的关系进行实证分析。

3.2 EKC 曲线特征分析

(1) "倒 U"形特征明显,研究期内转折点尚未出现。二次曲线拟合结果显示:榆林市环境库兹涅茨曲线的"倒 U"形特征显著(图 1)。研究期内曲线的最高点出现在 2009 年,由于榆林市尚处于经济快速发展阶段,因而整个 EKC 曲线的顶点尚未出现,即经济产出的增长带来的环境影响依然保持一定的增长势头,资源环境负荷不断增大。

(2) EKC 曲线转折点将出现在经济价值和资源环境压力同时增长的 2015 年前。对二次曲线求导,可得到环境质量转折点将出现在人均有效能值—货币价值 34 525 Em$(与有效能值相当的市场货币价值)的时候,采用年均增长率对人均有效能值—货币价值进行趋势预测,得出在 2015 年(预测值是 37 817 Em$)前,EKC 曲线转折点将出现,届时,人均有效能值—货币价值将较 2009 年增加 7.34 倍,环境影响将较 2009 年增加 5.15 倍。综上所述,目前榆林市尚未达到环境库兹涅茨曲线的转折点,如果不采取积极有效的措施,未来榆林市经济的快速发展必然以资源环境压力的加速增长为代价。

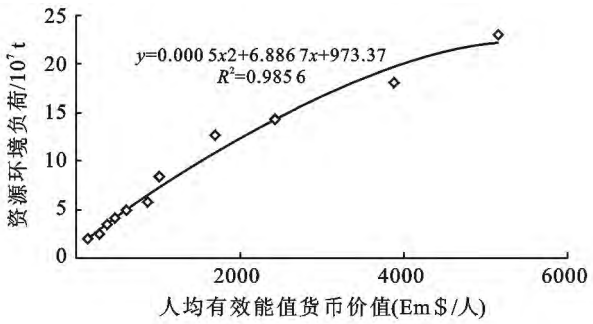


图 1 榆林市 EKC 曲线动态变化

4 榆林市生态效率分析

4.1 生态效率的测度

基于生态效率的表达式(生态效率=经济价值/环境影响),以有效能值货币价值(EMV)表示经济价值,以由资源压力和环境压力构成的生态压力(ecological stress)表示环境影响,相应的生态效率模型由资源效率和环境效率模型两部分构成,即分别从源头(减少原生资源的消耗)和末端(减少污染物的产生)来表征系统的生态效率。资源效率(EE_R)、环境效率(EE_P)和生态效率(EE)的计算表达式及 3 者之间的关系为:

$$EE_R = EMV/DMI;\ EE_P = EMV/DPO;$$

$$EE = EMV/ES;\ \frac{1}{EE} = \frac{1}{EE_R} + \frac{1}{EE_P}$$

式中:DMI——资源压力;DPO——环境压力;ES——生态压力。

由计算公式可知,生态效率会随着资源效率和环境效率的变化而变化,资源和环境效率若同时增大,则生态效率也随之增大;反之则减小;资源和环境效率若变化趋势相反,则生态效率的变化趋势与变化幅度较大的一方一致[17]。为了统一量纲以方便比较,计算公式中经济价值及资源、环境和生态压力均采用基准年的倍数来度量。

4.2 有效能值-货币价值(EMV)动态变化

榆林市 EMV 动态变化如图 2 所示。研究期内,总能值(U)年均增长 29.38%,废弃物能值(W)虽然稳步增长,但年均增长率仅 0.87%;1999—2009 年榆林市有效能值产出(EMO)由 1.83×10^{22} sej 增加到 3.59×10^{23} sej,年均增长 34.71%,能值货币比率(EDR)由 3.73×10^{13} sej/$ 下降到 2009 年的 1.94×10^{13} sej/$。因而,由快速增长的 EMO 和不断降低的 EDR 综合作用的结果是系统 EMV 以年均 43.79%

的速度由 1999 年的 4.90×10^{8} EM $ 上升到 2009 年的 1.85×10^{10} EM $,11 a 间增长了 37.76 倍,显然,榆林市总有效经济价值增长迅猛。

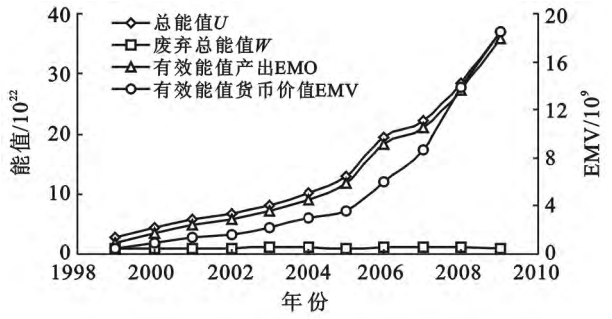


图 2　榆林市 EMV 与 EMO 动态变化

4.3　直接物质输入(DMI)和生产过程排放(DPO)动态变化

图 3 为榆林市 DMI 与 DPO 的动态变化图。由图 3 可以看出,1999—2009 年榆林市 DMI 和 DPO 的年均增长率分别为 31.62%和 6.08%,均小于有效能值—货币价值(EMV)的年均增长率。进一步对 DMI 和 DPO 进行线性拟合,相关系数为 0.975,函数表达式为:DMI=58.73×DPO−26 455,R^2 值为 0.983,表现出良好的回归效果,证明 DMI 和 DPO 线性关系显著。由此可以得出,榆林市经济增长具有较明显的"高物质投入,高污染排放"特征,其经济增长模式仍然处于粗放式的线性经济增长状态,而这种增长方式必然导致资源环境压力的急剧增加[5]。

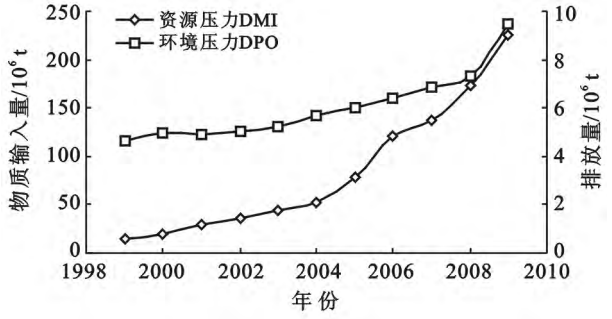


图 3　榆林市 DMI 和 DPO 动态变化

4.4　生态效率动态变化

根据测度公式可得到榆林市资源效率、环境效率和生态效率的变化趋势(图 4)。由图 4 可知,研究期内榆林市环境效率上升趋势最为明显,11 a 间增长了 21.08 倍;资源效率虽然呈现出较小的波动,但总体呈小幅增长趋势,11 a 间增长了 2.55 倍;二者共同作用的结果致使 11 a 间榆林市生态效率提高了 4.55 倍。值得注意的是,榆林市生态效率的提高是经济价值与生态压力同时增长的背景下相对变化的结果。即 2009 年有效能值—货币价值增长到 1999 年的 29.94倍,生态压力非但不能减小到 1999 年的 1/2 而是增加到 1999 年的 6.58 倍[5]。所以,虽然榆林市的生态效率在逐步提高,单位经济产出对生态环境的压力在逐渐下降,但生态环境的总压力却在逐年上升。

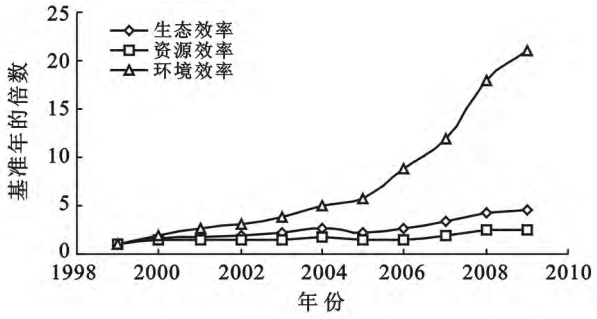


图 4　榆林市资源、环境、生态效率动态变化

5　基于生态效率的脱钩现象分析

5.1　脱钩分析模型

运用美国著名人口学家艾里奇(Ehrlich)在 1971 年提出的 IPAT 方程及其派生方程,可分析生态压力与经济增长"脱钩"的条件,即可通过生态压力与经济价值总量变化来判断经济发展与生态压力的脱钩与复钩关系[18-19]。结合邱寿丰等[19]人的研究,建立脱钩与复钩分析概念模型(图 5)。根据图 5 可知,强脱钩是指在经济总量持续增长的同时,生态效率不断提高而生态压力持续下降的状态,强脱钩是实现可持续发展的理想状态(Ⅱ区);强复钩是指经济总量持续降低,生态效率不断下降而生态压力持续升高的状态,即经济与环境全面复钩的状态,强复钩是实现可持续发展过程中最不利的状态(Ⅴ区)。其他 4 种状态虽然也实现了生态效率的降低或提高,但同时也分别出现了经济总量与生态压力的双增或双减情况,只是增或减的幅度相对变化有差异,由于这 4 种状态并未实现经济与环境的严格脱钩或全面复钩,因此被称为相对脱钩或复钩,具体称为弱脱钩(Ⅰ区)、衰退性脱钩(Ⅲ区)、弱复钩(Ⅳ区)和扩张性复钩(Ⅵ区),这 4 种状态均存在不利于可持续发展的不同因素[20]。

5.2　生态压力与经济增长的脱钩分析

经济发展和生态环境协调发展的过程也是实现物质减量化的过程,生态效率的内涵与物质脱钩是相同的,其目的都是实现经济增长的同时物质消耗减量。根据表 2 可见,1999—2009 年榆林经济总量和生态压力的变化率均大于零,根据图 5 模型可以判断,11 a 来榆林市脱钩状态始终处在坐标体系的Ⅰ区或Ⅵ区,即弱脱钩和扩张性复钩交替出现,还没有出现任何形式的强脱钩、衰退性脱钩、弱复钩和强复钩。

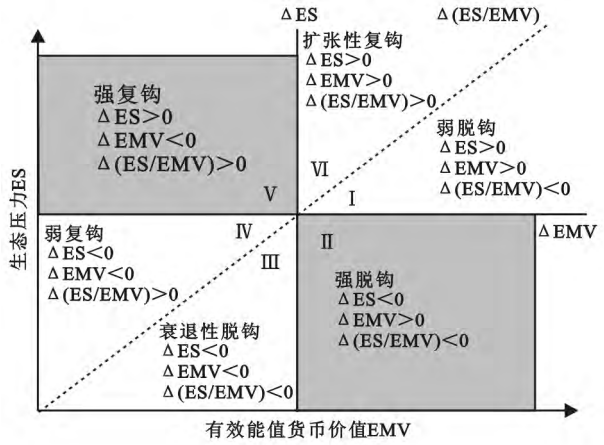


图 5 脱钩与复钩分析概念模型

进一步分析经济增长与资源压力、经济增长与环境压力的脱钩现象。据表 2，显然生产过程排放(DPO)与经济增长的脱钩现象最为明显，除 2001 年强脱钩外，1999—2009 年均处于弱脱钩状态；直接物质输入(DMI)与经济增长在 2001，2002 和 2005 年处于扩张性复钩状态，即榆林的经济增长是由更加没有效率、同时增加资源压力的技术导致的，其余年份处于弱脱钩状态。由此进一步证明，资源投入对生态压力的影响贡献较废弃物排放更大，也就是说生态压力的增长最主要来源于资源投入的增加。所以，生态效率的提高，尤其是资源效率的提高对于控制区域生态压力、推进经济增长具有至关重要的作用。

表 2 榆林市主要脱钩指标及脱钩类型

年份	△EMV	经济增长与资源压力			经济增长与环境压力			经济增长与生态压力		
		△DMI	$\Delta(\frac{DMI}{EMV})$	判断	△DPO	$\Delta(\frac{DPO}{EMV})$	判断	△ES	$\Delta(\frac{ES}{EMV})$	判断
2000	5.29E+08	4.66E+06	−5.66E−03	弱脱钩	3.16E+05	−2.68E−03	弱脱钩	4.97E+06	−8.33E−03	弱脱钩
2001	3.39E+08	9.48E+06	2.58E−03	扩张性复钩	8.61E+04	−9.42E−04	强脱钩	9.40E+06	1.64E−03	扩张性复钩
2002	3.51E+08	6.84E+06	1.38E−04	扩张性复钩	1.58E+05	−4.93E−04	弱脱钩	6.99E+06	−3.55E−04	弱脱钩
2003	4.95E+08	8.59E+06	−3.14E−04	弱脱钩	2.21E+05	−4.52E−04	弱脱钩	8.81E+06	−7.66E−04	弱脱钩
2004	8.78E+08	7.07E+06	−2.81E−03	弱脱钩	4.54E+05	−4.47E−04	弱脱钩	7.53E+06	−3.26E−03	弱脱钩
2005	5.69E+08	2.63E+07	4.51E−03	扩张性复钩	2.92E+05	−1.81E−04	弱脱钩	2.66E+07	4.33E−03	扩张性复钩
2006	2.28E+09	4.21E+07	−6.66E−04	弱脱钩	4.32E+05	−5.09E−04	弱脱钩	4.26E+07	−1.18E−03	弱脱钩
2007	2.84E+09	1.66E+07	−4.37E−03	弱脱钩	4.04E+05	−2.87E−04	弱脱钩	1.70E+07	−4.65E−03	弱脱钩
2008	5.33E+09	3.71E+07	−3.08E−03	弱脱钩	4.68E+05	−2.51E−04	弱脱钩	3.76E+07	−3.33E−03	弱脱钩
2009	4.19E+09	4.81E+07	−1.51E−04	弱脱钩	1.02E+06	−6.07E−05	弱脱钩	4.91E+07	−2.12E−04	弱脱钩

6 结 论

(1) 榆林能源化工基地经济增长对资源环境的影响主要表现为：经济发展与环境影响之间“倒 U”形特征显著；EKC 转折点将出现在 2015 年前，届时，经济价值与资源环境压力将分别较 2009 年增加 8.83 和 4.38 倍。EMV 年均增长率为 40.16%，而 DMI 和 DPO 年均增长率分别为 31.62%和 6.08%，3 者共同作用的结果使生态效率在研究期内增加了 4.55 倍。由此可见，榆林市经济的不断增长以资源环境压力的不断增加为代价。

(2) 基于生态效率“脱钩”分析结果显示，生态效率的提高是经济增长与生态压力实现脱钩的充要条件。研究期内，榆林市脱钩现象以弱脱钩和扩张性复钩的交替为特征，经济发展的弱可持续性特征明显；资源投入与经济增长的脱钩程度比废物排放与经济增长的脱钩程度要小；相比于废物排放、资源投入对生态压力的升高具有更加明显的推动作用。因而，提高资源效率是控制区域生态压力，进而提高生态效率的关键路径，也是榆林市实现发展方式转变的切入点。今后榆林市应采取切实有效的环境政策，在全社会范围内实行节“资”减排；推广清洁生产技术，减少污染物排放；发展循环经济，不断提高可循环使用物质和可再生资源的比重，逐步降低不可再生资源的使用，从源头上控制资源的过度消耗。

(3) 由于 EKC 曲线是在若干跨国数据和时间序列数据的基础上对经验数据进行的描述，并且曲线的变化受多种因素的影响，因而它只是一种可能而非必然，其形状是可以改变的，国家和地区都有突破曲线未来走势的可能。榆林市要突破 EKC 曲线的走势，需要政府和企业改变传统的经济增长模式，以较高的生态效率穿越环境高山或使 EKC 曲线变得低平并提前进入转折期。

[参 考 文 献]

[1] Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment[J]. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2):353-377.

[2] Selden T M, Song D. Environmental quality and devel-

opment: Is there a Kuznets curve for air pollution emissions?[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1994, 27(2): 147-162.

[3] Arrow K, Bolin B, Costanza R, et al. Economic growth, carrying capacity, and the environment[J]. Ecological Economics, 1995, 15(2): 91-95.

[4] Beckerman W. Economic growth and the environment: Whose growth?Whose environment?[J]. World Development, 1992, 20(4): 481-496.

[5] 李名升,佟连军.基于能值和物质流的吉林省生态效率研究[J].2009,29(11):6239-6247.

[6] Moll S, Gee D. Making sustainability accountable[C]. Eco-efficiency, resource productivity and innovation. Copenhagen: EEA, 1998.

[7] 王妍,卢琦,褚建民.生态效率研究进展与展望[J].世界林业研究,2009,22(5):27-33.

[8] Schmidheiny S, Stigson B. Eco-efficiency: Creating more value with less impact[M]. World Business Council for Sustainable Development, 2000.

[9] Korhonen P J, Luptacik M. Eco-efficiency analysis of power plants[J]. European Journal of Operational Research, 2004,154(2):437-446.

[10] 诸大建,邱寿丰.作为我国循环经济测试的生态效率指标及其实证研究[J].长江流域资源与环境,2008,17(1):1-5.

[11] 刘军.基于生态经济效率的适应性城市产业生态转型研究:以兰州市为例[D].甘肃 兰州:兰州大学,2007.

[12] 李俊莉,曹明明.基于能值分析的国家可持续发展实验区可持续性评估[J].水土保持通报,2012,32(6):172-176.

[13] 张研,杨志峰.北京城市物质代谢的能值分析与生态效率评估[J].环境科学学报,2007,27(11):1892-1899.

[14] 陈波,杨建新,石垚,等.城市物质流分析框架及其指标体系构建[J].生态学报,2010,30(22):6289-6296.

[15] 陈效逑,乔立佳.中国经济—环境系统的物质流分析[J].自然资源学报,2000,15(1):17-23.

[16] 黄和平,毕军,李祥妹,等.区域生态经济系统的物质输入与输出分析:以常州市武进区为例[J].生态学报,2006,26(8):2578-2586.

[17] 王微,林剑艺,崔胜辉,等.基于生态效率的城市可持续性评价及应用研究[J].环境科学,2010,31(4):1108-1113.

[18] 段宁,邓华."上升式多峰论"与循环经济[J].世界有色金属,2004(10):6-8.

[19] 段宁,邓华."上升式多峰论"与循环经济(续)[J].世界有色金属,2004(11):9-13.

[20] 邱寿丰.探索循环经济规划之道:循环经济规划的生态效率方法及应用[M].上海:同济大学出版社,2009.

(上接第 281 页)

[6] 胡喜生,洪伟,吴承祯.土地生态系统服务功能价值动态估算模型的改进与应用:以福州市为例[J].资源科学,2013,35(1):30-41.

[7] Wall D H. Sustaining biodiversity and ecosystem services in soils and sediments[M]. Washington D C: Island Press, 2004.

[8] Ruhl J B, Kraft S E, Lant C L. The law and policy of ecosystem services[M]. Washington D C: Island Press, 2007.

[9] 肖玉,谢高地,安凯.莽措湖流域生态系统服务功能经济价值变化研究[J].应用生态学报,2003,14(5):676-680.

[10] 王飞,高建恩,邵辉,等.基于 GIS 的黄土高原生态系统服务价值对土地利用变化的响应及生态补偿[J].中国水土保持科学,2013,11(1):25-31.

[11] 王晓燕,宋庆丰,毕华兴,等.黄土高原清水河流域土地类型利用变化及生态系统服务价值分析[J].林业资源管理,2012(5):89-93.

[12] 闵捷,高魏,李晓云,等.武汉市土地利用与生态系统服务价值的时空变化分析[J].水土保持学报,2006,20(4):170-174.

[13] 王宗明,张柏,宋开山,等.松嫩平原土地利用变化对区域生态系统服务价值的影响研究[J].中国人口·资源与环境,2008,18(1):149-154.

[14] 张霞.巩固退耕还林成果的对策措施[J].内蒙古农业科技,2012(3):135-135.

[15] 郭莹.隆德县退耕还林成效初探[J].科技信息,2013(24):437-437.

[16] 郭忠明.宁夏隆德县生态林业建设存在的主要问题及今后生态林业建设的重点[J].北京农业,2013(24):104.

[17] 李九仓.宁夏隆德县退耕还林地林下药材发展技术[J].北京农业,2013(27):80.