

基于能值和物质流的吉林省生态效率研究

李名升^{1,2}, 佟连军^{1,*}

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:为探讨生态效率计算方法, 结合能值分析和物质流分析构建了生态效率表达式, 并对吉林省进行实证分析。结果表明: ①生态效率在 17a 间提高了 2.9 倍; ②生态效率的提高使环境压力降低了 205.62%, 对经济增长的贡献率达 63.7%; ③人口增长并非环境压力升高的主要原因, 资源消耗对环境压力的影响比废弃物排放更大, 但其脱钩现象却弱于废弃物排放; ④2000 年以后, 生态效率对抑制环境压力升高、促进经济增长的作用都在下降, 各指标的脱钩指数也均在减小, 吉林省经济发展的不可持续性在增强。研究结果在理论上有助于深化生态效率研究方法, 在实践上有助于深思我国环保政策存在的缺陷, 对促进吉林省可持续发展也具有一定的借鉴意义。

关键词:生态效率; 能值分析; 物质流分析; 脱钩; 吉林

文章编号: 1000-0933(2009)11-6239-09 中图分类号: X24 文献标识码: A

Eco-efficiency of Jilin Province based on emergy and material flow

LI Ming-Sheng^{1,2}, TONG Lian-Jun^{1,*}

1 Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(11): 6239 ~ 6247.

Abstract: To investigate the calculating method of eco-efficiency, a calculation formula, which combined with emergy analysis and material flow analysis, was established and then it was applied to Jilin Province. The main results could be summarized as follows: ① In the past 17 years, eco-efficiency has increased by 2.9 times. ② The improvement of eco-efficiency makes environmental pressure decrease by 205.62% and its average contribution to economic growth is 63.7%. ③ Population growth is not the main cause for increasing environmental pressure. The influence of material input on environmental pressure is more obvious than that of waste discharge, but its decoupling index is lower. ④ After 2000, with the slow increase of eco-efficiency, its inhibitory effect on environmental pressure and promoting effect on economic growth are both decreasing. Furthermore, the decoupling indexes of most indicators are shrinking. The unsustainable factors are enhancing in Jilin Province. The result could be helpful to deepen the calculating method of eco-efficiency in theory and reflect the limitation of environmental policy in practice. Also, the result could benefit the sustainable development of Jilin Province to some extent.

Key Words: eco-efficiency; emergy analysis; material flow analysis; decoupling; Jilin Province

伴随着世界范围的资源短缺和环境恶化, 可持续发展日益成为世界各国追求的发展目标, 生态效率则成为不同层次上落实该目标的一个重要切入点^[1]。它将宏观尺度的可持续发展目标有效地融入到微观和中观的管理中, 在促进经济转型、发展生态产业、缓解经济发展与环境保护的矛盾、实现经济良性发展方面起到了积极的作用^[2~6]。

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(40635030); 中国科学院知识创新工程重要方向资助项目(KZCXZ-yw-342-2)

收稿日期: 2008-08-02; 修订日期: 2008-11-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tonglj@neigae.ac.cn

国外在理论上对生态效率的研究较为深入,实践中则在企业和行业领域得到了广泛应用^[4~6],而国内在这一方面尚处于起步阶段,在介绍国外先进概念与理论的同时,众多学者肯定了其在循环经济和产业生态评价^[7,8]、资源效率和环境效率的表征^[9]、资源可持续利用^[10]等方面的应用。但综合国内外研究现状,认为:区域层面生态效率研究略显薄弱;生态效率计算方法涉及较少,尚未达成共识;对生态效率驱动因素的研究与调控比单纯的生态效率评价更有现实意义。基于此,本文以能值分析指标表示经济价值,部分地克服 GDP 表征社会财富的缺陷;以物质流指标表示环境影响,从源头循环(减少原生资源消耗)和末端循环(减少污染物的产生)两方面考虑经济活动对环境的压力,从而构建生态效率指标,试图为生态效率计算方法提供一个全新的视角。在此基础上,对吉林省进行实证分析,探讨生态效率与环境压力、经济增长的关系,并从人口增长和环境压力来源两个角度出发分析生态效率的驱动因素,从而为吉林省可持续发展提供可资参考的建议,并进一步促进生态效率概念和计算方法在我国的推广与应用。

1 生态效率

1.1 生态效率及其表达

生态效率最初由世界可持续发展商业委员会(WBCSD)作为商业概念提出,其定义为:通过提供具有价格优势的服务和商品,在满足人类高质量生活需求的同时,将整个生命周期中对环境的影响降到至少与地球的估计承载力一致的水平上^[2];经合组织(OECD)将其拓展引申至整个经济领域:生态效率是生态资源用于满足人类需要的效率^[3];欧洲环境署(EEA)则有意用生态效率量化宏观层次的可持续发展进程:生态效率是从更少的自然资源中获得更多的福利^[11];其他组织和机构也对生态效率从不同角度进行了定义^[11]。

通过比较可以发现,虽然生态效率的定义和解释有所不同,但其基本思想是一致的,即在最大化价值的同时最小化资源消耗和环境污染。因此,生态效率的表达方式(生态效率 = 经济价值/环境影响)被普遍接受,差异主要是对价值和环境影响的解释有所不同。

目前经济价值的计算主要有 3 类方法^[7,12]:生命周期成本分析(LCC)、成本效益分析(CBA)和直接使用 GDP。LCC 计算了产品的整个生命周期内市场相关成本和收益,是当前产业生态化的主要研究工具,但是它比较适合于过程系统工程项目和产业实践,在区域尺度上的可操作性较差;CBA 则除了市场相关成本和收益外,还包括环境外部性经济成本,其缺点是环境外部性成本的量化方法仍未成熟;GDP 虽然是当前广为人知且统计资料最为齐全的经济产出指标,但因为在表征自然资源消耗、生态服务价值、环境污染等方面存在固有缺陷而饱受争议。对环境影响的表征则较为统一,一般认为环境影响指的是原材料、能源的使用和废弃物的排放^[11,13]。但是各种类型的环境影响却无法像经济指标那样直接相加,在集成之前需要赋予相应的权重。

1.2 基于能值和物质流的生态效率构建

一个地区的年总能值产出可用来度量该地区的年总财富^[14,15]。但系统排出的废弃物质虽然仍有其价值所在,但限于目前的技术水平不能有效利用,因此废弃物能值(WEM,单位:sej)具有负效应,需要从总能值(TEM)中扣除,由此所得的能值(称之为有效能值产出,EMO)可以反映系统经济规模,代表了当前技术水平下系统的总财富^[8]。而能值分析中的能值-货币价值是指与能值相当的市场货币价值,它表明所研究的能值相当于多少市场中流通的货币流。将系统的有效能值产出除以能值-货币比率即可得到有效能值-货币价值(EMV,单位:EM¥),这一指标将生态经济系统的能值与货币流统一起来进行评价,可用于度量生态经济系统中人类劳务、商品等的宏观经济价值。具有较高有效能值-货币价值的系统必然是具有较高经济产出的系统^[8]。

物质流分析的基本观点是:人类活动所产生的环境影响在很大程度上取决于进入经济系统的自然资源 and 物质的数量以及从经济系统排入环境的废弃物质的数量。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。相应的,物质流分析中以直接物质输入(DMI,单位:t)来表示进入经济系统的自然资源 and 物质的数量,而以生产过程排放(DPO,单位:t)表示从经济系统排入环境的废弃物的数量。因此,DMI 和 DPO 可以作为环境压力的一种示踪指标^[16]。

基于能值分析和物质流分析,本文以有效能值货币价值(EMV)表示经济价值(ECV),以加权调整的 DMI 和 DPO 的数量表示环境压力(ENP),由此构建的生态效率(EEF)表达式如下:

$$EEF_i = ECV_i / ENP_i = EMV_i / (aDMI_i + bDPO_i) \quad (1)$$

式中, i 为年份, a 、 b 分别为 DMI 与 DPO 的权重。因 DMI 与 DPO 数值相差较大,且物质输入与废物排放对环境产生的影响不同,为使 DPO 与 DMI 变化相同数量对环境压力产生相同效果,本文以 DMI 为基准,对 DPO 进行加权处理,故 $a=1$, b 的计算公式为: $b = \sum_{i=1}^n DMI_i / \sum_{i=1}^n DPO_i$ 。

2 吉林省生态效率研究

2.1 生态效率动态变化

吉林省有效能值-货币价值动态变化见图 1(为消除价格因素影响,在计算本文所构建变量过程中对所有涉及货币价值的原始数据均按 1990 年价格进行了换算)。研究期内,有效能值产出由 6.42×10^{22} sej 增加到 18.67×10^{22} sej,年均增长 6.9%;虽然废弃物能值呈稳步增长趋势,但增长速度较总能值增速低 4.5%,使得废弃物能值占总能值的比重由 8.0% 下降到 4.7%,表明系统的循环再生能力和废弃物的再生资源化水平随着经济发展有所提高,循环经济有了一定的发展;能值-货币比率则由 151×10^{10} sej/元下降到 89.5×10^{10} sej/元。三者综合作用的结果是系统有效能值-货币价值以年均 10.9% 的速度由 1990 年的 3.74×10^{10} EM ¥ 上升到 2006 年的 19.59×10^{10} EM ¥,增速略高于有效能值产出增速。

吉林省直接物质输入与生产过程排放动态变化如图 2 所示。1990~2006 年,DMI 和 DPO 分别由 10863 万 t、4815 万 t 增加到 21841 万 t、7660 万 t,年均增长率分别为 4.19% 和 2.77%,均小于能值-货币价值的增长率。DMI 和 DPO 具有显著的线性相关,其函数表达式为 $DMI = 3.578 \times DPO - 5297.04$,相关系数为 0.94,调整的判定系数为 0.87,表现出很好的回归效果。表明,吉林省经济增长具有较为明显的“高物质输入,高污染排放”特征,仍然处于一种粗放式的线性经济增长状态。

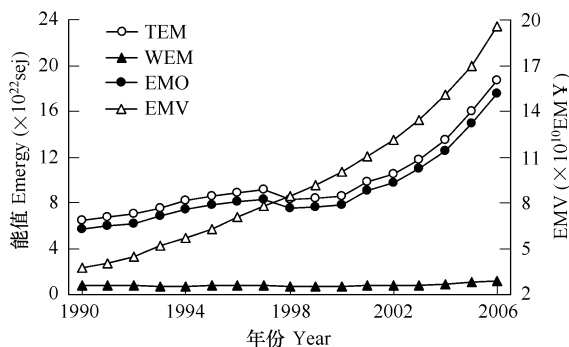


图1 吉林省有效能值-货币价值与有效能值产出动态变化

Fig. 1 Dynamic change of EMV and EMO in Jilin Province

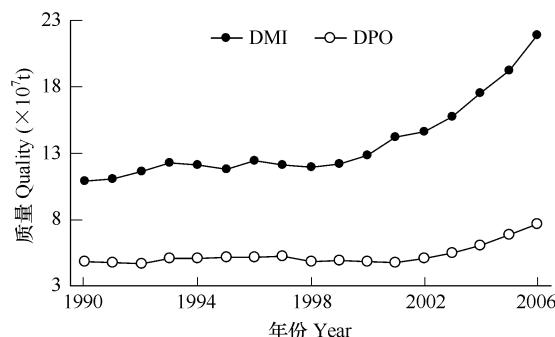


图2 吉林省直接物质输入和生产过程排放动态变化

Fig. 2 Dynamic change of DMI and DPO in Jilin Province

将有效能值-货币价值与 DMI 和 DPO 数据代入(1)式即可得到吉林省生态效率的变化趋势(图 3)。16a 间,吉林省生态效率由 160 EM ¥/t 增长到 471 EM ¥/t ,提高 2.9 倍。如果按此速度(年均增长 6.98%)进行趋势外推,吉林省在 1990~2010 年的 20a 内基本可以实现“4 倍数革命”(实际实现 3.8 倍数革命)。但是应该看到,吉林省所实现的“4 倍数革命”与 4 倍数革命的本意(人民福祉加倍而资源消耗即环境影响减半)是有所差异的:按现行发展速度,吉林省 2010 年环境压力非但不能减小到 1990 年的一半而是增加到 2.07 倍,只是表征人民福祉的能值-货币价值增长到 1990 年的 7.93 倍,两者的综合效果使吉林省实现“3.8 倍数革命”。由此可见,虽然该省生态效率在稳步提高,单位经济产出对环境的影响在下降,但环境总压力却在逐年上升,目前尚未达到“环境库兹涅茨曲线”的拐点。

2.2 生态效率与环境压力

运用分解分析思想,可以将环境压力的变化量分解为多个因子的变化,以确定这些因子对环境压力的贡献程度^[17]。本文中,将环境压力的变化量分解为经济规模效应(ENP_s ,表现为能值-货币价值的增长)和技术效应(ENP_t ,表现为生态效率的提高)之和(图4),则有:

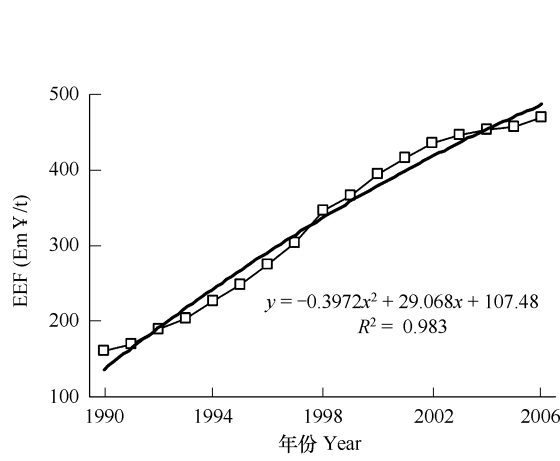


图3 吉林省生态效率动态变化
Fig.3 Dynamic change of EEF in Jilin Province

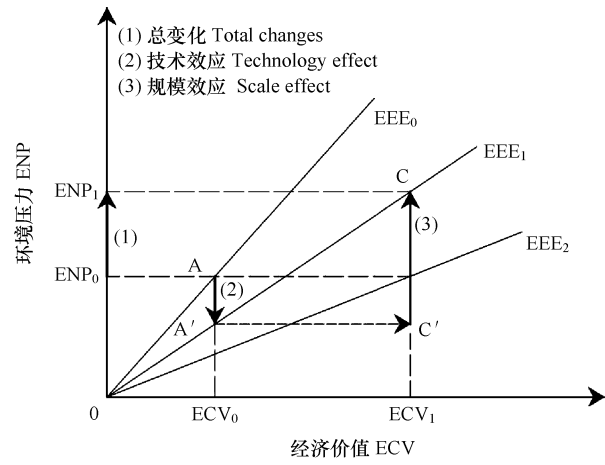


图4 环境压力的效应分解
Fig.4 Effect decomposition of environmental pressure

$$ENP_g = ENP_s + ENP_t = W_g (1 + 0.5E_g) + E_g (1 + 0.5W_g) \tag{2}$$

式中, $ENP_g = ENP_t/ENP_0 - 1$, $W_g = ECV_t/ECV_0 - 1$, $E_g = EEF_0/EEF_t - 1$ 。

由(2)式即可计算出 1990~2006 年经济增长与生态效率提高对环境压力变化的贡献程度(表1)。

表1 环境压力变化的分解结果
Table 1 Decomposition result of environmental pressure (%)

年份 Year	环境压力变化率 Growth rate of ENP	规模效应贡献 Contribution of scale effect	技术效应贡献 Contribution of technology effect
1990~2006	78.66	284.28	-205.62
1990~1995	7.61	55.05	-47.44
1995~2000	1.26	49.32	-48.06
2000~2006	63.96	87.85	-23.89
1990~1992	1.83	18.43	-16.60
1992~1994	6.32	25.16	-18.85
1994~1996	2.14	22.00	-19.86
1996~1998	-5.17	17.27	-22.43
1998~2000	3.91	17.30	-13.39
2000~2002	9.38	20.00	-10.62
2002~2004	19.66	23.97	-4.31
2004~2006	25.27	29.35	-4.08

规模效应对环境压力的增长在各年份均表现为推动作用,经济规模的扩大使环境压力增加了 284.28%; 由于生态效率的提高,技术效应在各年份则表现出与规模效应相反的抑制作用,使环境压力降低了 205.62%。但总体来看,生态效率提高对环境压力的抑制作用小于经济规模扩大对环境压力的促进作用,出现 DMI 与 DPO 均增大的局面,致使综合考虑 DMI 和 DPO 的环境压力除 1996~1998 年外均处于增长状态,一定程度加大了对生态环境的影响。

分阶段看,2000 年以后环境压力的喷发式增长构成了吉林省环境压力增长量的主体。2000~2006 年短短 6a 间环境压力的增长量占研究期内总增长量的 88.6%,其原因一方面是经济增长速度的加快(经济规模

增长量占总增长量的 60.3%),更重要的是技术效应抑制作用在减弱:2000 年以来,生态效率年均提高 3.0%,而之前的增长率为 9.4%,即 2000 年以后技术效应的抑制效果仅为之前阶段的 1/3。究其原因,与近年来吉林省重化工业的复苏、农产品加工业的崛起对资源和能源的大量需求以及投资带动型的增长方式密切相关。

2.3 生态效率与经济增长

由生态效率的表达式经一系列推导与变形最终可得到如下公式:

$$\Delta ECV/ECV = \Delta EEF/EEF + \Delta ENP/ENP \quad (3)$$

由此可得生态效率的提高对经济增长的贡献率为:

$$C = \Delta EEF/EEF \div \Delta ECV/ECV \quad (4)$$

利用(4)式考察吉林省生态效率对经济增长的贡献(表 2)可以看出,1990~2006 年间吉林省能值-货币价值年均增长率为 10.9%,其中生态效率提高对经济价值增长的贡献为 63.70%,经济增长的主要动力来源于效率的提高,但资源投入依然是经济增长的重要来源,而随之带来的是污染物的大量排放,经济发展的粗放型特征明显:1990 年以来,吉林省煤炭、石油的消费量年均增长 4.87% 和 5.74%,略小于生态效率提高率,建筑材料投入年均增幅则达到 8.88%,远高于生态效率提高率;工业 SO₂ 和工业固体废弃物排放量则年均增长 4.61% 和 3.11%。生态效率的提高对于控制区域环境压力、推进经济增长具有至关重要的作用。因此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,同时提高资源利用效率,发展循环发展,从源头上控制资源的过度消耗是减轻环境压力的关键路径,也是今后一段时期吉林省实现发展方式转变的重点。

值得关注的是,2000 年以来,能值-货币价值的增长速度有所加快,但生态效率的提高有限,对经济增长的贡献也大大减弱,6a 来平均贡献率仅为之前阶段平均值的 29%。尤其是 2003 年以后,生态效率对经济增长的贡献进一步下降。东北振兴以来吉林省经济的高速发展很大程度上是以环境压力的加速增长为代价。某种意义上而言,经济的过快增长并非国家和地区之福。

3 基于生态效率的脱钩现象分析

3.1 脱钩理论概述

脱钩概念最初来源于 OECD 对农业政策的研究,而环境领域专家将其用来形容阻断经济增长与环境压力之间的联系或使两者的变化速度不同步^[18]。当经济增长快于环境污染物增长时称为相对脱钩,而当经济增长而环境污染物增长量为零甚至是负值时称为绝对脱钩。由于脱钩分析能简单明了地说明资源环境变量与经济发展之间的关系,西方国家的研究日益活跃,已经被用来研究经济增长与环境污染^[18]、能源消费^[19]、农业生产贸易^[20]、物质流分析^[21]等方面。目前,我国已有部分学者在农业生态环境评价^[22]、耕地与经济增长^[23]、能源与经济增长^[24]等领域开展脱钩研究,初步显示了其重要价值。

① 传统经济增长方式下,资源的大量投入(结果就是环境压力的提高)一定程度上也可以促进经济增长,因此从表面上看(公式 3),环境压力的增长似乎也能促进经济增长,但这是不可持续的;集约式经济增长方式所追求的经济增长就是依靠技术进步(提高生态效率)降低对资源的依赖(降低环境压力)

表 2 生态效率对吉林省经济增长贡献

Table 2 Contributions of eco-efficiency to economic growth in Jilin Province (%)

年份 Year	能值-货币价值增长率 Growth rate of EMV	生态效率 贡献率 Contribution rate of EEF
1990~2006	423.99	63.70
1990~1995	66.95	85.06
1995~2000	60.48	97.23
2000~2006	95.58	25.21
1990~1992	19.94	89.18
1992~1994	27.44	72.41
1994~1996	24.13	89.23
1996~1998	19.24	133.76
1998~2000	18.43	75.84
2000~2002	21.01	50.61
2002~2004	24.44	16.33
2004~2006	29.88	12.32

现实世界中,绝对脱钩的出现仅限于部分国家的部分指标,而目前世界范围内所实现的脱钩仅是相对脱钩,大多数国家的环境压力依然是不断增加的,并且在某些情况下环境压力下降一段时间后又再次上升,这种现象被称为复钩。脱钩与复钩的测度可以用脱钩指数来表示:

$$DI = 1 - \frac{(ENP/DF)_t}{(ENP/DF)_0} \quad (5)$$

式中,ENP 为环境压力指标,DF 为驱动力指标。当 $DI > 0$ 时,脱钩现象出现,且 DI 越大脱钩现象越明显;当 $DI < 0$ 时,出现复钩现象。

基于本文对生态效率的定义,(5)式可变形为:

$$DI = 1 - EEF_0/EEF_t \quad (6)$$

即:脱钩与复钩是生态效率动态变化的反映,生态效率的提高是经济增长与环境压力实现脱钩的充要条件。

3.2 脱钩分析模型

由(5)或(6)式所得的脱钩指数仅能判断是否发生脱钩现象,而对于相对脱钩/复钩与绝对脱钩/复钩还需要从环境压力与经济价值总量变化上加以判断。因此建立如图 5 所示的相对脱钩与复钩概念模型,对吉林省经济发展与环境压力的脱钩与复钩关系进行分析。

将在经济总量持续增长的同时,生态效率不断提高且环境压力持续下降,即经济与环境绝对脱钩的情况称作强脱钩,这是实现可持续发展的理想状态(图 5 中 II 区)。而将在经济总量持续降低,生态效率不断下降而环境压力持续升高,即经济与环境全面复钩的情况称作强复钩,这是实现可持续发展过程中最不利的状态(图 5 中 V 区)。

其他情况虽然也实现了生态效率的降低或提高,但还分别出现了经济总量与环境压力的双增或双减情况,并未实现经济与环境的严格脱钩或全面复钩,因此被称其为相对脱钩或复钩,具体地划分出弱脱钩、紧缩性脱钩、弱复钩和扩张性复钩等 4 种情况(分别见图 5 中的 III、I、VI、IV 区)。在这 4 种情况中都存在不利于可持续发展的不同因素。

3.3 吉林省环境压力与经济增长的脱钩分析

3.3.1 脱钩与复钩类型判断

1990~2006 年间,吉林省生态效率及能值-货币价值表示的经济总量变化率均大于零,根据图 5 模型可知,16a 来吉林省没有发生任何形式的复钩,也没有出现紧缩性脱钩。但是 1991~1993、1996、1999~2006 年这 12a 加权的 DMI 与 DPO 总量持续增长,说明经济发展与环境压力处于弱脱钩状态,即图 5 中 III 区;其余年份环境压力出现小幅下降,处于图 5 中 II 区强脱钩状态。

弱脱钩现象的出现主要是结构效应、政策效应和规模效应共同作用的结果。1990 年以来,吉林省低附加值、高污染、高资源能源消耗的冶金、石化、造纸、皮革等行业在国民经济中所占比重逐渐下降,而电子、通讯、第三产业等高附加值、低污染、低消耗的行业逐步提高,同时产品结构和技术结构也出现了明显的升级。此外,随着市场机制的逐步完善,价格机制对资源产品供求关系调节作用得以加强,同时政府综合运用法律、政策、标准等行政、经济手段,有效促进了资源效率和环境效率的提高。但是,吉林省生态效率的提高速度还远低于经济发展对环境压力的增长速度,造成了环境压力与经济增长相对减少的同时其总压力却不断增加。这

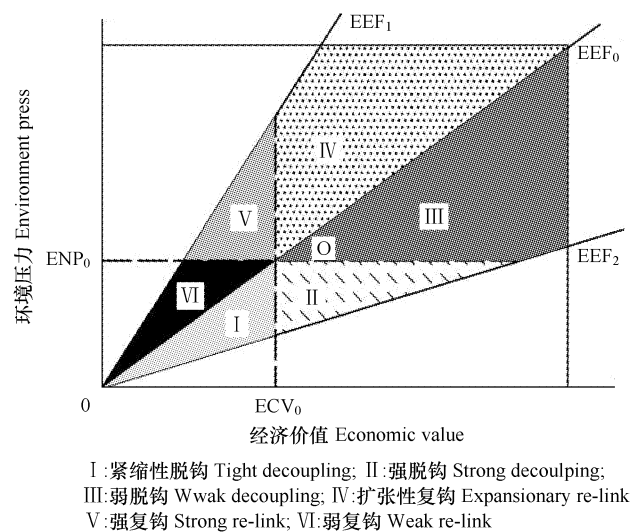


图 5 脱钩与复钩分析概念模型

Fig. 5 Concept model of decoupling and re-link

是吉林省今后经济发展中面临的一个主要矛盾。

1994 ~ 1995 年及 1997 ~ 1998 年这 4 个强脱钩年份环境压力下降的原因与全国宏观经济大背景密切相关。1992 年开始的经济过热使中央政府随后采取了货币与财政“双紧”的宏观调控政策,在对经济降温的同时有效抑制了高能耗高污染行业发展;而 1997 年出现的亚洲金融危机使包括吉林省在内的全国经济陷入前所未有的通货紧缩状态,经济增速放缓是 1997 ~ 1998 年环境压力下降的主要原因。

3.3.2 脱钩评价体系与评价结果

基于生态效率的脱钩分析仅考虑经济增长与环境压力的关系,但环境压力还受不同驱动力因素的影响,在不同强度的驱动力影响下,环境所受到的压力截然不同。为此,本文从人口增长、环境压力来源两个角度出发,把生态效率分解成如表 3 所示 3 组中间指标的组合。将原始数据代入(5)式可得脱钩分析指标体系的脱钩指数,主要脱钩指标的脱钩指数见表 4。

表 3 脱钩分析指标体系及其意义

Table 3 Indicator system and their implication for decoupling analysis		
指标 Indicators	计算公式 Calculation formula	含义 Meaning
I: 环境压力/经济增长 Environmental pressure/ economic growth	环境压力/能值货币价值 ENP/EMV	经济增长驱动下的环境压力增长 Environmental pressure growth driven by economic growth
I ₁₁ : 环境压力/人口增长 Environmental pressure/population growth	环境压力/人口数 ENP/total population	人口增长驱动下的环境压力增长 environmental pressure growth driven by population growth
I ₁₂ : 人口增长/经济增长 Population growth /economic growth	人口/能值货币价值 Total population/EMV	经济增长驱动下的人口增长 Population growth driven by economic growth
I ₂₁ : 环境压力/废物排放 Environmental pressure/waste discharge	环境压力/生产过程排放 ENP/DPO	废物排放增长驱动下的环境压力增长 Environmental pressure growth driven by waste discharge growth
I ₂₂ : 废物排放/资源投入 Waste discharge/resources input	生产过程排放/直接物质投入 DPO/DMI	资源消费增量驱动下的废物排放增长 Waste discharge growth driven by resources input growth
I ₂₃ : 资源投入/经济增长 Resources input/ economic growth	直接物质投入/能值货币价值 DMI/EMV	经济增长驱动下的资源消费增长 Resources input growth driven by economic growth
I ₃₁ : 环境压力/资源投入 Environmental pressure/ resources input	环境压力/直接物质投入 ENP/DMI	资源消费增长驱动下的环境压力增长 Environmental pressure growth driven by resources input growth
I ₃₂ : 资源投入/废物排放 Resources input/ waste discharge	直接物质投入/生产过程排放 DMI/DPO	I ₂₂ 的倒数,无明显意义 Reciprocal of I ₂₂ . Meaningless
I ₃₃ : 废物排放/经济增长 Waste discharge/ economic growth	生产过程排放/能值货币价值 DPO/EMV	经济增长驱动下的废物排放增长 Waste discharge growth driven by economic growth

表 4 吉林省分阶段主要脱钩指标的脱钩指数

Table 4 Decoupling index of main decoupling indicators during different period in Jilin Province						
时间 Time	I	I ₁₁	I ₂₁	I ₂₂	I ₂₃	I ₃₃
1990 ~ 2006	0.659	-0.627	-0.123	0.209	0.616	0.696
1990 ~ 1995	0.355	-0.029	-0.005	0.010	0.352	0.358
1995 ~ 2000	0.369	0.017	-0.074	0.136	0.320	0.412
2000 ~ 2006	0.162	-0.608	-0.041	0.075	0.129	0.195
1990 ~ 1992	0.151	-0.004	-0.045	0.088	0.109	0.187
1992 ~ 1994	0.166	-0.046	0.020	-0.042	0.183	0.149
1994 ~ 1996	0.177	0.004	-0.009	0.018	0.169	0.184
1996 ~ 1998	0.205	0.060	-0.011	0.022	0.195	0.213
1998 ~ 2000	0.123	-0.030	-0.032	0.062	0.094	0.150
2000 ~ 2002	0.096	-0.085	-0.044	0.080	0.059	0.134
2002 ~ 2004	0.038	-0.191	-0.002	0.004	0.037	0.040
2004 ~ 2006	0.036	-0.244	0.005	-0.009	0.039	0.031

环境压力/经济增长的脱钩指数均大于零,16a 间均发生脱钩现象。而发生强脱钩的 1994 ~ 1995 和 1997 ~ 1998 所对应时段其脱钩指数分别为 0.205 和 0.177,说明 1997 ~ 1998 年脱钩现象更为显著。

人类对物质财富的追求是产生环境压力的根源。但是从环境压力/人口增长的脱钩指数看,两者仅在 1995 ~ 2000 年出现很不明显的脱钩,大部分时段内处于复钩状态,说明虽然人能够对环境造成巨大压力,但从增量来看,人口增长并非环境压力增长的主要来源。其原因应该是我国严格的计划生育政策使得人口增长偏离自然增长规律,更相对独立于经济增长和环境压力的升高。

环境压力来源于资源投入与废物排放两方面,故环境压力/资源投入与环境压力/废物排放这两个指标的脱钩指数具有互补关系,当某一指标出现脱钩时,另一指标则出现复钩,反之亦然。如图 6 和表 4,大部分年份内,环境压力/废物排放出现复钩现象,即环境压力/资源投入出现脱钩,说明环境压力的增长最主要来源在于资源投入的增加。而与全国环境政策类似,吉林省环保政策以污染物控制为主,而在资源流通领域由于以市场调节为主,政府干预较少,对资源减量化措施还较为薄弱,这种政策的实施不利于控制环境压力。

DMI 与 DPO 具有较高的相关性,资源的大量投入将导致废弃物排放的增长。但 16a 来,由于废物减排技术的提高,两者在大多数年份内呈脱钩状态,物质投入与废物排放的相关性在减弱。

经济增长与资源投入、废物排放之间在 16a 中均出现脱钩现象,但废物排放/经济增长的脱钩指数比资源投入/经济增长的脱钩指数平均大 0.025,脱钩更为明显,而资源投入对环境压力的影响较废物排放更大。究其原因,一方面是废物减排技术比资源集约利用技术提高更快,另一方面也是环保政策的结果。这进一步说明我国环保政策在实践过程中存在的缺陷。

从指标的分阶段脱钩指数看,2000 年以后脱钩指数普遍小于 1990 ~ 1995 年和 1995 ~ 2000 年这两个时间段,部分指标在此阶段甚至出现复钩,生态效率的提高速度明显偏慢,环境压力增速则明显加快。因此,如果不采取有效措施,未来一段时间吉林省将有可能出现生态效率降低而环境压力升高的扩张性复钩,对区域可持续发展的作用更加不利。

4 结论

(1) 吉林省能值-货币价值年均增长 10.9%,而 DMI 和 DPO 年均增长 4.19% 和 2.77%,三者共同作用的结果是生态效率由 160EM ¥/t 增长到 471EM ¥/t,16a 间提高 2.9 倍。

(2) 生态效率的提高对抑制环境压力、促进经济增长具有积极效应。16a 内生态效率的提高使环境压力降低了 205.62%,但经济规模效应却使环境压力增长了 284.28%,致使总环境压力提高了 78.66%;而生态效率的提高对经济增长的平均贡献率为 45.59%。

(3) 生态效率的提高是经济增长与环境压力实现脱钩的充要条件。吉林省在 1990 ~ 2006 年间均出现经济增长与环境压力脱钩现象,但仅在 4 个年份中出现强脱钩。吉林省经济发展的弱可持续性特征明显。

(4) 对生态效率脱钩现象的分解分析发现:人口增长并非环境压力升高的主要原因;相比于废物排放,资源投入对环境压力升高具有更加明显的推动作用,但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。而目前的环保政策重污染排放控制,对资源投入端的管理相对薄弱,不利于控制环境压力。

(5) 2000 年以后,吉林省出现了不利于可持续发展的局面:生态效率对抑制环境压力升高、促进经济增长的作用都在下降,仅为之前作用强度的 1/3 左右,经济的高速增长是以环境压力的加速增长为代价;各脱钩分析中间指标的脱钩指数均在减小,部分指标甚至出现复钩。

References:

- [1] Moll S, Gee D. Making sustainability accountable: Eco-efficiency, resource productivity and innovation. Copenhagen: EEA, 1998.1 - 37.
- [2] Lehni M. Eco-efficiency: Creating more value with less impact. Geneva: WBCSD, 2000.3 - 34.
- [3] OECD. Eco-efficiency. Paris: OECD, 1998.7 - 22.
- [4] Côté R, Booth A, Louis B. Eco-efficiency and SMEs in Nova Scotia, Canada. Journal of Cleaner Production, 2006,14(6-7):542 - 550.
- [5] Korhonen P J, Luptacik M. Eco-efficiency analysis of power plants. European Journal of Operational Research, 2004,154(2):437 - 446.

- [6] D'Agosto M, Ribeiro S K. Eco-efficiency management program (EEMP): A model for road fleet operation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2004, 9(6): 497—511.
- [7] Zhu D J, Qiu S F. Eco-efficiency as the appropriate measurement of circular economy. *China Population, Resources and Environment*, 2006, 16(5): 1—6.
- [8] Liu J. Research on adaptable transformation of the urban industrial ecology based on eco-economic efficiency. The doctoral thesis of Lanzhou University, 2007. 1—210.
- [9] Zhang Y, Yang A F. Eco-efficiency of urban material metabolism. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(8): 3124—3131.
- [10] Gu X W, Wang Q, Liu J X, *et al.* Ecological footprint in sustainable use of resources in Liaoning Province. *Resources Science*, 2005, 27(4): 118—124.
- [11] United Nations Conference on Trade and Development. Integrating environmental and financial performance at the enterprise level: A methodology for standardizing eco-efficiency indicators. United Nations Publication, 2003. 29—30.
- [12] Huppes G, Ishikawa M. A framework for quantified eco-efficiency analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 2005, 9(4): 25—41.
- [13] Verfaillie H A, Bidwell B. Measuring eco-efficiency: a guide to reporting company performance. Geneva: WBCSD, 2000. 2—30.
- [14] Lan S F, Qin P, Lu H F. Emergy analysis of eco-economic system. Beijing: Chemical Industry Press, 2002. 387—397.
- [15] Hu D, Zhang Y P, Wen Q X, *et al.* The changes of gross assets in Beijing urban ecosystem and their ecological relations to city development. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2207—2218.
- [16] Chen X Q, Qiao L J. Material flow analysis of Chinese economic-environmental system. *Journal of Natural Resources*, 2000, 15(1): 17—23.
- [17] Hoekstra R. Structural decomposition analysis of physical flows in the economy. *Environmental and Resource Economics*, 2002, 23(3): 357—378.
- [18] OECD. Indicators to measure decoupling of environmental pressure from economic growth. Paris: OECD, 2002.
- [19] Ayres R U, Ayres L W, Warr B. Exergy, power and work in the US economy, 1900—1998. *Energy*, 2003, 28(3): 219—273.
- [20] OECD. Effects of quantitative constraints on the degree of decoupling of crop support measures. Paris: OECD, 2005.
- [21] Vehmas J, Kaivo-oja J, Luukkanen J. Comparative de-link and re-link analysis of material flows in EU-15 member countries. Wuppertal: ConAccount Conference, 2003.
- [22] He X B, Wen A B, Zhang X B. Decoupling indicators of soil erosion for agro-environmental assessment. *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(5): 852—856.
- [23] Chen B M, Du H L. Analyzing decoupling relationship between arable land occupation and GDP growth. *Resources Science*, 2006, 28(5): 36—42.
- [24] Zhao Y P, Sun Q H, Duan N. Responsive relationship between economic development and energy consumption in China. *Science Research Management*, 2006, 27(3): 128—134.

参考文献:

- [7] 诸大建, 邱寿丰. 生态效率是循环经济的合适测度. *中国人口·资源与环境*, 2006, 16(5): 1—6.
- [8] 刘军. 基于生态经济效率的适应性城市产业生态转型研究. 兰州大学博士论文, 2007.
- [9] 张妍, 杨志峰. 城市物质代谢的生态效率. *生态学报*, 2007, 27(8): 3124—3131.
- [10] 顾晓薇, 王青, 刘建兴, 等. 辽宁省自然资源可持续利用的生态足迹分析. *资源科学*, 2005, 27(4): 118—124.
- [14] 蓝盛芳, 钦佩, 陆宏芳. 生态经济系统能值分析. 北京: 化学工业出版社, 2002. 387—397.
- [15] 胡聃, 张艳萍, 文秋霞, 等. 北京城市生态系统总体资产动态及其与城市发展关系. *生态学报*, 2006, 26(7): 2207—2218.
- [16] 陈效述, 乔立佳. 中国经济-环境系统的物质流分析. *自然资源学报*, 2000, 15(1): 17—23.
- [22] 贺秀斌, 王安邦, 张信宝. 农业生态环境评价的土壤侵蚀退耦指标体系. *土壤学报*, 2005, 42(5): 852—856.
- [23] 陈百明, 杜红亮. 试论耕地占用与 GDP 增长的脱钩研究. *资源科学*, 2006, 28(5): 36—42.
- [24] 赵一平, 孙启宏, 段宁. 中国经济发展与能源消费响应关系研究. *科研管理*, 2006, 27(3): 128—134.