

基于资源生产率理论天津市可持续发展能力测度

苑清敏, 陈美林, 赵秀堃

(天津理工大学 管理科学与工程, 天津 300384)

摘要:为了探讨天津市可持续发展能力,依据资源生产率理论,通过建立资源利用效率分解模型,给出了经济增长与环境压力之间的相互关系,结果显示天津市的资源生产率总体呈上升趋势,由2001年的493元/吨上升到2008年的614元/吨,但是资源生产率(RP)的增长率小于GDP的增长率,表明2000-2009年天津市经济增长所带来直接物质消耗的反弹效应均大于资源生产提高率所带来的减量效应,经历了扩张性“复钩”——弱“脱钩”——扩张性“复钩”3个阶段,说明天津市发展处于不可持续状态。

关键词:可持续发展; 资源生产率; 天津市

中图分类号: F205 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2012)01-0126-05

Sustainable Development of Tianjin Based on Productivity Theory of Resources

YUAN Qing-min, CHEN Mei-lin, ZHAO Xiu-kun

(Management Science and Engineering, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China)

Abstract: In order to explore sustainability of Tianjin, according the theory of resource productivity, through establishing decomposition efficiency of resource mode, we gave the relationship between environment stresses. The result showed that the overall resource productivity was rising: 493 Yuan/t in 2011, 614 Yuan/t in 2009, but the growth rate of resource productivity (RP) is less in GDP, indicating that the direct material consumption knock-on effects are greater than the rate of resource production increase caused by reduction effect of Tianjin between 2000 to 2009, Tianjin experienced the process of “Expansive Re-linking”, “Weak De-linking”, “Expansive Re-linking” indicating that Tianjin is not in the state of sustainable development.

Key words: sustainable development; resource productivity; tianjin

0 引言

可持续发展概念源于对生态环境与自然资源的保护.应用资源生产率来测度城市可持续发展能力是城市发展研究的前沿领域.根据自然基金会

(WWF)的《2006年地球生命力报告》显示,如果人类按照目前的速度消耗地球资源,以资源不会被消耗尽为前提,那么到2050年人类将消耗掉相当于两个地球才能满足^[1].《地球生命力报告2008》显示,我们消耗自然资源的速度太快,以至于超出了资源更新的速度,仅在过去的35年里,人类就丧失了近

收稿日期: 2011-03-30

基金项目: 天津市科委科技发展计划项目(07ZLZLZT 03500); 天津市经信委基金项目(2010KT00912); 天津市哲学社会科学研究规划资助项目(TJYY072028)

作者简介: 苑清敏(1965—),女,博士,教授,E-mail: cml2005081002@126.com;

陈美林(1985—),女,硕士研究生.

1/3 的地球生态资源。《地球生命力报告 2010》显示,人类对自然资源的需求已经超过了地球承载力的 50%,2007 年需要 1.5 个地球来满足人类的生活和生产活动对资源的需求,并且指出要想确保地球可持续发展,支撑 2050 年全球人口突破 90 亿的预期需求,必须找到合理的解决方案,增加自然资源保护的投入^[1]。

有关资源生产率理论的文献可追溯到 1968 年艾尔斯和克尼斯的文章。20 世纪 90 年代初,奥地利、日本等运用资源生产率理论对各自国家自然资源进行了分析。2007 年欧盟统计局对 15 国的自然资源生产率进行了计算和比较,最后提出可持续发展政策。杨永华等(2007)^[2]运用资源生产率理论对中国的资源生产率理论进行的分析,指出提高资源生产率理论是提高可持续发展的主要手段。但目前资源生产率理论主要应用在国家层次,本文运用资源生产率理论对天津市的可持续发展进行了分析,弥补了资源生产率理论在城市层次的空白。

改革开放以来,我国经济一直处于平稳、快速增长模式,但经济增长在很大程度上是以牺牲资源为代价来实现的,经济增长方式呈现“高投入、高消耗、高污染”特征^[3]。目前我国处于城市化和工业化加速发展阶段,经济发展与环境资源保护之间的矛盾日益尖锐^[4],保持经济持续增长必定受到资源瓶颈的制约,这就要求在保护环境基础上,提高资源利用率,这才是实现可持续发展的本质。

1 原理与方法

1.1 资源生产率

“资源生产率”(RP)^[5]作为一国资源使用效率的测度,它将物质流指标和经济指标结合起来,用来综合地反映如何有效利用资源的指标。“资源生产率”(RP)是以货币表示的 GDP(国内生产总值)与物质直接投入比值,即

$$RP = \frac{GDP}{DMI} \quad (1)$$

DMI 为天然资源等的投入量,指国内开采或进口天然资源和进口的产品。因为天然资源是有限的,并且在开采中会产生环境负荷,所以应该提高资源生产率(RP)以投入较少的物质创造更多的 GDP(国内生产总值)。

1.2 直接物质投入

直接物质投入 DMI (direct material input) 衡量

的是一个国家或地区经济发展中生产和消费活动直接投入的物质投入量,又叫直接物质输入,等于区域内开采的资源量与进口资源量之和,直接物质投入 DMI 可以作为量化直接参与经济系统运行的物质的指标^[6]。DMI 按非生物物质、生物物质、进口三大部分来处理,非生物物质划分为化石燃料、金属矿物、工业原料、建筑材料四大类;生物物质则按农产品、饲养畜生的草、林业生物、渔业生物量、及其它生物量来计算;进口项则按化石燃料、生物物质、矿物和部分半成品计算。

1.3 资源利用效率分解

物质(或资源)消耗绝对减少是实现强可持续发展的基本条件,本文研究中用直接物质投入 DMI 来代表物质(或资源)的消耗,为满足这一命题,DMI 的增量 ΔDMI 小于或等于零,即 $\Delta DMI \leq 0$

$$RP = \frac{GDP}{DMI} \quad (2)$$

把资源生产率(RP)公式进行变形,可以得出资源生产率(RP)提高所带来的物质减量与经济增长带来的反弹效应。

对式(2)变形可得

$$GDP = RP \times DMI \quad (3)$$

由式(3)可得

$$\Delta GDP = DMI \times \Delta RP + \Delta DMI \times RP \quad (4)$$

由式(4)可变形得

$$\Delta DMI = DMI \times \frac{\Delta GDP}{GDP} - DMI \times \frac{\Delta RP}{RP} \quad (5)$$

式(5)中第一项表达了经济增长带来的“反弹效应”

$DMI \times \frac{\Delta GDP}{GDP}$; 第二项 $DMI \times \frac{\Delta RP}{RP}$ 表达了提高资源生

产率所带来的物质“减量效应”。要实现资源(物质)的绝对减量,就必须使得经济增长所带来的反弹效应小于提高资源生产率所带来的物质减量效应。通常,资源生产效率提高对物质(资源)消耗的向下驱动力小于 GDP 增长对物质(资源)消耗总量的向上驱动力,所以经济增长一般都伴随着物质(资料)消耗总量的增加,这种现象就是“增长效应”。^[8]

图 1CC' 为反弹效应,在资源生产率 RP 保持不变的情况下,由于 GDP 增长而引起的物质(资源)消耗的增加量,AA' 为减量效益,在资源生产率提高的情况下,保持 GDP 不变,引起物质(资源)消耗总量减少的部分。CC' 与 AA' 的和为“增长效益”,它表示物质(资源)消耗的实际增长量。当“反弹效应”小于“减量效应”时,“增长效应”为零或为负值,此时便

实现了物质(资源)消耗的零增长或绝对减量.图1表明,要想实现0-1期间的物质消耗零增长或绝对减量,经济增长量必须控制在AA'之内,AA'即为0-1期间实现物质(资源)消耗零增长的经济增长量.因此,在资源生产率(RP)增长速度一定的条件下,只有限制经济发展速度才能实现物质投入的绝对减量.

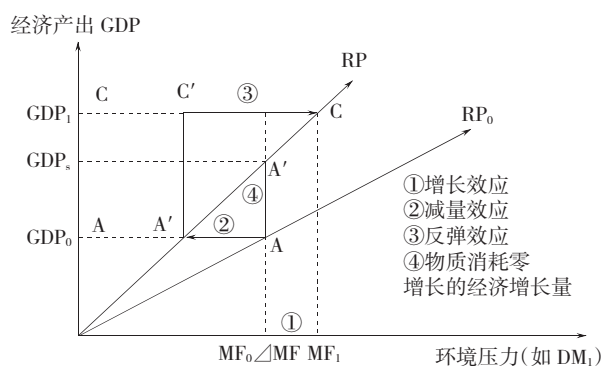


图1 减量效应、反弹效应与增长效应示意图

1.4 经济发展与环境压力的协同效应

人与自然和谐共处、协同演化,相互平衡,这是理想状态.本文运用“脱钩”“复钩”^[8]来衡量物质消耗、环境退化与经济增长之间的相互关系.^[10]

“脱钩”(de-coupling or re-linking):价值或产出增加的同时,物质和能源的绝对或相对减少,也叫去物质化(dematerialization),其相反的情况就是“复钩”(re-coupling or re-linking)在经济增长过程中,“脱钩”有两种:弱脱钩和强脱钩.弱“脱钩”指在一定时期内单位GDP环境压力是下降的,环境压力仍然在增加,只是增加的速度小于经济增长的速度.弱“脱钩”充分条件为:

$$\Delta \text{DMI} > 0 \text{ 且 } \Delta(\text{DMI}/\text{GDP}) < 0 \quad (6)$$

强“脱钩”是指环境压力减小,单位GDP环境压力下降.强“脱钩”充分条件为:

$$\Delta \text{DMI} < 0 \text{ 且 } \Delta(\text{DMI}/\text{GDP}) < 0 \quad (7)$$

由于经济增长和技术的限制,经济的增长可能不能实现弱(强)脱钩,这时就出现了“复钩”.复钩也分为“强复钩”和“弱复钩”.

强“复钩”充分条件是:

$$\Delta \text{DMI} > 0 \text{ 且 } \Delta(\text{DMI}/\text{GDP}) > 0 \quad (8)$$

弱“复钩”充分条件是:

$$\Delta \text{DMI} < 0 \text{ 且 } \Delta(\text{DMI}/\text{GDP}) > 0 \quad (9)$$

“脱钩”和“复钩”与环境压力 ΔDMI 、GDP的变化率 ΔGDP 、单位GDP环境压力变化 $\Delta(\text{DMI}/\text{GDP})$ 有着密切的联系, $\Delta(\text{DMI}/\text{GDP}) = \frac{1}{\text{RP}}$.

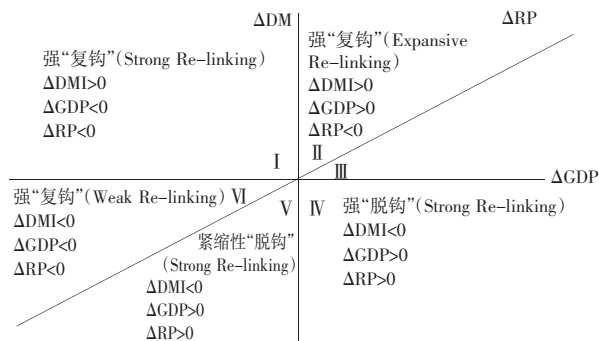


图2 经济发展和环境压力“脱钩”和“复钩”分析的概念模型^[11]

如图2所示,将经济总量增量(ΔGDP)和环境压力增量(ΔDMI)分别作为横坐标和纵坐标,而将环境压力与经济总量的相对量即单位GDP环境压力的增量($\Delta(\text{DMI}/\text{GDP})$)作为附加坐标介于经济增量坐标(ΔGDP)和环境压力增量 ΔDMI 坐标之间,这样将原来的4个象限划分6个象限.图2中IV区将在经济总量持续增长($\Delta \text{GDP} > 0$)的同时,环境压力 $\Delta \text{DMI} < 0$ 和单位经济产量的环境压力($\Delta(\text{DMI}/\text{GDP}) < 0$)同时减少,即经济增长 ΔGDP 和环境压力 ΔDMI 严格“脱钩”的情况称作强“脱钩”(Strong De-linking),这是实现可持续发展过程中最希望看到的理想状态;图2中I区而将在经济总量持续降低($\Delta \text{GDP} < 0$)的同时,环境压力($\Delta \text{GDP} > 0$)和单位经济产量的环境压力($\Delta(\text{DMI}/\text{GDP}) > 0$)同时增加,即经济增长 ΔGDP 与环境压力 ΔDMI 全面“复钩”的情况称作强“复钩”(Strong Re-linking),这是实现可持续发展过程中最不利也最不希望看到的一种状态,但实际中并不能完全实现经济增长与环境压力的严格“脱钩”或全面“复钩”,因此我们称其为相对“脱钩”或“复钩”.我们划分出图2中III区弱“脱钩”(Weak De-linking)、II区扩张性“复钩”(Expansive Re-linking)、V区紧缩性“脱钩”(Recessive De-linking)、VI区弱“复钩”(Weak Re-linking)等四种情况,以上这四种情况都存在着不利于可持续发展的因素.

2 数据收集和处理

研究中所用的主要数据来源于历年的《天津市统计年鉴》、《天津市工业经济年鉴》,矿物类的原始数据来自天津市国土资源厅,进口原始数据来自《天津市海关统计年鉴》.在数据收集过程中,根据国内外已有的研究成果、数据获取的难易程度以及

天津市的实际情况,一些缺失的数据以及数据的覆盖面做如下处理:

1) 忽略每年不足万吨物质的资料. 本章的进口是不仅指区域进口,还包括国内贸易部分,但成品和半成品不予以考虑.

2) 燃料包括煤、原油、天然气,然后折算成标准煤. 金属矿物包括铁矿石、有色金属矿石,但由于天津市没有完整的金属矿物统计资料,本文以生铁、钢材的产量代替. 工业原料的开采仅考虑了原盐的开采. 建筑材料本应该取砂、碎石子、粘土等开采量,但由于这方面天津市没有完整的统计资料,本文以水泥产量代替. 生物质包括了世界粮农组织统计的中国国内生产的生物类.

3) 统计的各类物质有些年份出现了数据缺失,本文采用简单的线性外推方法,根据其他年份的数据推算出来. 由于有些资料难以获得,所以统计的物质要比真实经济系统的物质范畴要小.

表 1 2000 - 2009 年天津市直接物质投入及其构成

年份	DMI/万吨	国内开采					实物进口/万吨
		生物质/万吨	化石燃料/万吨	工业原料/万吨	金属矿物/万吨	建筑材料/万吨	
2000	30 678.42	755.54	1 201.94	241.50	900.63	267.81	27 311
2001	34 885.36	831.01	1 494.84	238.49	1 069.03	338.99	30 913
2002	39 239.77	863.27	1 844.92	240.40	1 536.42	377.76	34 377
2003	44 247.66	884.34	1 983.56	220.48	1 939.97	449.31	38 770
2004	50 989.36	887.63	2 171.95	241.20	3 033.06	520.52	44 135
2005	56 230.22	868.36	2 663.93	230.10	3 279.68	519.15	48 669
2006	65 394.81	578.56	2 915.55	227.91	4 625.46	607.33	56 440
2007	74 407.02	584.19	2 926.55	237.03	5 877.81	611.44	64 170
2008	86 270.85	632.47	3 034.76	236.41	7 379.86	841.35	74 146
2009	113 917	699.74	3 471.63	225.70	11 277.07	934.84	97 308

注: 资料来源由《天津市统计年鉴》(2001 - 2010)、《天津市工业经济统计年鉴》(2001 - 2010)、《天津市海关统计年鉴》(2001 - 2010) 等公开数据整理获得.

根据本文计算结果进行整理得到表 2, 表 2 为天津市 2000 - 2009 年 GDP、直接物质消耗量(DMI) 和资源生产率(RP), 其中 GDP 以 2000 年不变价格表示. 2009 年的 GDP、直接物质消耗量(DMI) 和资源生产率(RP) 分别比 2000 年增长了 271.3%、294.8% 和 6.32%, 年均增长率分别为 30.14%、32.76% 和 0.702%. 天津市 2000 - 2009 年 GDP、直接物质消耗量(DMI) 和资源生产率(RP) 分析可知, 天津市的 GDP 的增长率(除了 2001, 2002, 2009) 超

过了直接物质消耗(DMI) 的增长率, 但是资源生产率(RP) 的增长率小于 GDP 的增长率, 因此天津市的环境压力还在加大.

表 2 2000 - 2009 年天津市资源生产率数值

年份	DMI/万吨	DMI 增长率/%	实际 GDP /亿元	实际 GDP 增长率/%	资源生产率 /(元/吨)	资源生产率增长率/%
2000	30 678.42	—	1 701.88	—	554.75	—
2001	34 885.36	13.71	1 720.312	1.1	493.13	-11.11
2002	39 239.77	12.48	1 931.084	12.3	492.12	-0.20
2003	44 247.66	12.76	2 190.836	13.5	495.13	0.61
2004	50 989.36	15.24	2 600.487	18.7	510.01	3.00
2005	56 230.22	10.28	3 086.791	18.7	548.96	7.64
2006	65 394.81	16.30	3 691.184	19.6	564.45	2.82
2007	74 407.02	13.78	4 389.554	18.9	589.94	4.52
2008	86 270.85	15.94	5 298.238	20.7	614.14	4.10
2009	113 917	32.05	6 719.01	26.8	589.82	-3.96

根据以上分析天津市资源利用效率如表 3, 表 3 是 2000 年 - 2009 年天津市直接物质消耗的减量效应、反弹效应和增长效应, 2000 - 2009 年经济增长对直接物质消耗的贡献总计约为 88 223.96 万吨, 资源生产率提高所带来的直接物质减量共计 5 018.07 万吨.

表 3 2000 - 2009 年天津市直接物资消耗的减量效应、反弹效应与增长效应

年份	反弹效应/(万吨)	减量效应/(万吨)	增长效应/(万吨)
	$MF \times \frac{\Delta GDP}{GDP}$	$MF \times \frac{\Delta RP}{RP}$	$MF \times \frac{\Delta GDP}{GDP} + MF \times \frac{\Delta RP}{RP}$
2000 - 2001	373.77	4358.81	4 732.58
2001 - 2002	4 282.91	80.42	4 363.34
2002 - 2003	5 246.13	-268.65	4 977.49
2003 - 2004	8 032.27	-1 487.21	6 545.07
2004 - 2005	8 858.72	-3 989.72	4 869.00
2005 - 2006	10 707.71	-1 794.62	8 913.09
2006 - 2007	11 838.02	-3 215.24	8 622.78
2007 - 2008	14 796.05	-3 399.75	11 396.3
2008 - 2009	24 088.38	4 697.89	28 786.27

天津市实际直接物质消耗的增长分为三个阶段: 第一阶段, 2000 - 2002 年, 经济增长所带来直接物质消耗的反弹效应上升, 减量效应呈现正值, 资源生产率绝对下降导致了减量效应为负; 第二阶段, 2002 - 2008 年, 经济增长所带来直接物质消耗的反弹效应呈现缓慢上升趋势, 并且超过了由于提高资

源生产率所带来的减量效应,并且差距越来越大;第三阶段,2008-2009 经济增长所带来直接物质消耗的反弹效应上升趋势越来越大,并且减量效应又呈现出正值,资源生产率绝对下降再次导致了减量效应为负。

整体上来看,2000-2009 年期间天津市的经济增长所带来直接物质消耗的反弹效应都超过了减量效应,这意味着经济增长中自然资源物质的增加远远大于资源生产率提高带来的减量效益,而且近年来这种差距越来越大,可见经济增长带来的资源消耗压力不断加大。

表 4 天津市 2000-2009 年直接物质消耗(DMI)、GDP 和资源生产率 RP

年代	$\Delta \text{DMI}/\text{万吨}$	$\Delta \text{GDP}/\text{亿元}$	$\Delta \text{RP}/(\text{元}/\text{吨})$
2000-2001	4 206.94	18.432	-61.62
2001-2002	4 354.41	210.772	-1.01
2002-2003	5 007.89	259.752	3.01
2003-2004	6 741.7	409.651	14.88
2004-2005	5 240.86	486.304	38.95
2005-2006	9 164.59	604.393	15.49
2006-2007	9 012.21	698.37	25.49
2007-2008	11 863.83	908.684	24.20
2008-2009	27 646.15	1 420.772	-24.32

根据本文计算结果进行整理得到表 4,通过前面介绍的概念模型可以看出 2000-2009 年天津市的经济总量(GDP)的增长率大于零,即 $\Delta \text{GDP} > 0$,物质消耗总量(DMI)的增长率也大于零,即 $\Delta \text{DMI} > 0$,2000-2002 年 $\Delta \text{RP} < 0$,即单位产值的物质消耗的增长率小于零,说明经济增长与物质消耗处于扩张性“复钩”(Expansive Re-linking)状态,即处于图 2 中的 II 区,这一状态占统计年限总数的 20%;2002-2008 年,年 $\Delta \text{RP} > 0$,即单位产值的物质消耗的增长率大于零,说明经济增长与物质消耗处于弱“脱钩”(Weak De-linking)状态,即处于图 2 中的 III 区,这一状态占统计年限总数的 70%;2008-2009 年 $\Delta \text{RP} < 0$,即单位产值的物质消耗的增长率小于零,说明经济增长与物质消耗处于扩张性“复钩”(Expansive Re-linking)状态,即处于图 2 中的 II 区,这一状态占统计年限总数的 10%。可以看出天津市物质消耗与经济增长的关系从短时间的扩张性“复钩”,到较长时间的弱“脱钩”,恢复到扩张性“复钩”,即以图 2 的 ΔRP 为轴心,在 II 区和 III 区摆动,最后停

留在 II 区,可见天津市存在着不利于可持续发展的因素。

3 结 论

通过天津市的资源生产率的计算、资源生产率效应解析以及经济发展与环境压力的详细分析,可以得出一下几个主要结论:

1) 除了 2000-2002,2008-2009 年外天津市的 GDP 的增长率均超过直接物质消耗的增长率,但是资源生产率的增长率小于 GDP 的增长率,天津市的环境压力还在加大。

2) 2000-2002,2008-2009 年天津市减量效应出现了正值,说明资源生产率绝对下降导致了减量效应为负,并且 2000-2009 年天津市经济增长所带来直接物质消耗的反弹效应均大于资源生产提高率所带来的减量效应,可见经济增长带来的资源消耗压力仍然很大。

3) 2000-2009 年天津市经济增长和物质消耗前期阶段处于扩张性“复钩”(Expansive Re-linking)状态,即处于图 2 中的 II 区,在中期处于弱“脱钩”(Weak De-linking)状态,即处于图 2 中的 III 区,最后有回到了扩张性“复钩”(Expansive Re-linking)状态,即处于图 2 中的 II 区,即经历了扩张性“复钩”——弱“脱钩”——扩张性“复钩”3 个阶段,说明天津市发展处于不可持续状态。

4) 通过提高资源生产率,促进物质(或资源)消耗绝对减少,实现资源消耗与经济增长之间的强“脱钩”发展模式,最终实现天津市可持续发展。

参 考 文 献:

- [1] JONATHAN Loh, Steven Gold Finger, Math is Wackemagel, et al. Living Planet Report 2006 [J]. Switzerland: World Wild Life Fund (WWF), 2006, 30(6): 101-135.
- [2] 杨永华,诸大建,胡冬洁. 资源生产率视角的经济增长模型分析 [J]. 东方论坛,2007(1): 18-22.
- [3] 刘华波,杨海真,顾国维. 我国经济发展的生态效率及其改进策略 [J]. 环境经济,2009,28(1): 99-104.
- [4] 张金平. 中国区域可持续发展定量研究进展 [J]. 生态学报,2009(12): 6702-6711.
- [5] 吴健生,张玉清,李萍. 基于生态足迹的城市地域可持续发展能力评价——以深证为例 [J]. 资源科学,2008,30(6): 850-856.
- [6] 朱远. 资源生产率的理论演进与评述 [J]. 经济研究,2010,206(11): 55-65.

(下转第 136 页)

表 8 华夏证券与华泰证券指标对比表

指标	华夏证券	华泰证券
管理机制竞争力 M	4	3
产品种类竞争力 P	3	3
服务范围竞争力 S	1	5
人性化的程度竞争力 C	5	4
硬件设施竞争力 H	2	4

5 结 语

对大多数券商,都可以根据 5 个指标来找出自身的不足.在未来我国的证券市场竞争格局重新定义的阶段,能够调整自己的发展战略,不仅可以在国内券商的竞争中站位脚跟,而且可以很从容的迎接来自国外券商的挑战^[7].在现在,很多多券商都没有从发展的战略高度定义网上证券交易,同时也没有从组织结构上,从人才的构成上为网上证券交易

作相应的调整,通过对竞争力的定义,可以使券商认识到网上证券交易的重要性,重振券商发展雄风.

参 考 文 献:

- [1] 鹿波. 香港交易所的监管职能及其经验借鉴 [J]. 农村金融研究, 2009(5): 24-28.
- [2] 赵苑苑. 无用内存单元自动回收过程的实时性问题研究 [J]. 计算机应用与软件, 2006(2): 137-139.
- [3] 张翠美. 论我国证券网上交易的发展前景 [J]. 现代商贸工业, 2009(2): 159-160.
- [4] 张轶, 刘斌, 李震. 一种新型的基金网上交易安全模型 [J]. 信息与电脑(理论版), 2011(7): 49-50.
- [5] 王培新. 试析网上证券交易侵权责任的归责原则 [J]. 内蒙古财经学院学报(综合版), 2008(4): 68-72.
- [6] 朱月珍. 基于身份认证的网上证券交易系统的安全性研究 [J]. 计算机应用与软件, 2009(4): 269-270.
- [7] 朱红, 陈星霖. 基于数据挖掘的网上证券交易异常行为分析 [J]. 计算机安全, 2011(8): 20-24.

(编辑: 王 萍)

(上接第 130 页)

- [7] 张音波, 夏志新, 陈新庚, 等. 基于物质流分析方法的区域可持续发展研究动态研究: 以广东省为例 [J]. 资源科学, 2007, 29(6): 212-218.
- [8] PEARCE D W. Measuring Resource Productivity [C] // Paper to DTI/Green Alliance Conference, 2001, 19(1): 46-95.
- [9] WEIZSACKER Ernstvon, KARLSON Charlie Hargroves, Michael H. et al. Factor Five: Transforming the Global Economy Through 80% Improvements in Resource Productivity [J]. Earths can

Publications Ltd. 2010, 27(2): 149-160.

- [10] 仇方道, 沈正平, 张敬, 等. 脱钩模型的煤炭城市可持续发展动态分析——以徐州市为例 [J]. 地域研究与开发, 2011, 30(3): 212-218.
- [11] 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]. 生态学报, 2009, 29(11): 6239-6247.

(编辑: 付长缨)