

文章编号: 1007-7588(2006)05-0127-07

辽宁省经济系统物质代谢的核算及分析

徐明, 贾小平, 石磊, 张天柱

(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要: 将人类社会经济系统看成自然生态系统中的一个子系统, 研究该系统物质代谢的数量和质量, 是目前产业生态学前沿研究的重点。本研究对辽宁省自 1990 年至 2003 年间的物质代谢情况进行了核算和分析研究, 从区域物质流情景的角度入手, 推进了中国经济系统的物质代谢及产业生态学的研究, 并与国内国际相关研究成果进行了对比。结果表明自 1990 年以来, 辽宁省社会经济系统物质代谢的变化过程与全国过程有一定的类似, 其所消耗的自然资源绝对数量较大, 相对数量也高于全国平均水平。然而数量上的优势并没有能够高效率的转化为经济上的贡献, 其自然物质生产效率不仅低于全国平均水平, 而且也远远低于国际先进水平, 以 2003 年单位自然物质投入所产生的 GDP 为例, 该值仅相当于 2000 年欧盟 15 国平均水平的 30%, 1996 年日本平均水平的 10%。辽宁省高数量的自然资源消耗并没有换来高质量的回报。最后对物质流核算与分析方法的发展进行了一定的探讨。

关键词: 物质代谢; 物质流核算与分析(MFA); 自然资源生产力; 物质生产效率; 产业生态; 辽宁省

1 研究背景

人类社会经济发展离不开自然资源, 许多工业经济系统首先需要从自然环境中提取自然物质, 经过工业生产系统加工转换成可供人类使用的商品。但在自然资源有限的前提下, 人类生存环境的保护和经济持续发展往往很难两者兼得。另一方面, 自然环境保护与经济持续发展两者之间也存在互补关系, 自然环境的改善可以促进经济发展, 而经济发展同时又可以给环境保护提供资金和技术。因此在大多数情况下, 必须在环境保护与经济发展之间对有限的自然资源做出最优化的配置, 协调经济发展与环境保护之间的关系, 以达到可持续发展的目的。

随着人类活动对自然生态的扰动不断增大, 人类社会经济系统的物质代谢越来越受到关注, 已经成为可持续发展研究领域的一个重要课题^[1]。目前世界各国进行国民经济核算时均采用由联合国于 1949 年推广的 SNA 国民账户体系(System of National Account), 作为该体系核心指标, 国内生产总值 GDP(Gross Domestic Product)在对国民经济系统物质代谢进行描述时显得力不从心。针对这种情况, 近年来在欧美兴起了物质流核算和分析(Material Flow Accounting and Analysis, MFA)的热潮, 该方法对联系

经济系统与外界自然环境之间的各种物质流进行统计核算和分析, 并提供一系列量化指标以描述该经济系统的物质代谢情况。

MFA 在欧美国家有较多的应用^[2~9], 自 2000 年以来, 该分析框架在中国也得到了一定程度的应用^[6~11]。这些已有的研究成果均以国家经济系统为研究对象, 对输入和输出该经济系统的物质流进行核算和分析。由于 MFA 方法视经济系统为一个“黑箱”, 只考察该“黑箱”与其外界的物质交换, 故无法描述其内部的物质流情景。目前国际物质流研究领域的焦点就是将该“黑箱”白化, 全面掌握经济系统内部物质代谢的情况。这个白化过程可以从两个角度着手, 一是将经济系统内部消费物质流的各行业部门进行划分, 对各行业部门之间的物质流动进行核算和分析; 另一个角度是进一步分析国家经济系统内部各区域经济系统的物质流情景。

辽宁省是我国的重化工业基地, 有丰富的自然资源。在工业化和城市化进程不断加快的同时, 辽宁省大力加强环境保护和生态建设, 基本遏制了污染加剧的趋势, 有效减缓了生态破坏的速度, 部分地区的环境质量有了明显改善。然而, 由于长期沿用传统的粗放型经济发展模式, 导致资源和能源消耗

收稿日期: 2005-09-15; 修订日期: 2006-04-17

基金项目: 教育部高等学校博士学科点专项科研基金项目: “区域物质代谢分析模型与方法”。

作者简介: 徐明(1981~), 男, 甘肃庆阳人, 硕士生, 主要从事环境管理及产业生态学方面的研究。

通讯作者: 张天柱, E-mail: zhangtz@tsinghua.edu.cn

量大, 环境污染和生态破坏问题突出。资源短缺和环境污染已经成为制约辽宁省经济社会持续健康发展的重要因素。在这种情况下, 对辽宁省经济发展过程中物质代谢情况进行核算分析, 掌握其物质代谢的数量和质量, 对调整辽宁省经济产业布局, 推动辽宁省经济实现生态化转型, 以及振兴东北老工业基地等重大课题均有较大的支持作用。本文对辽宁省自 1990 年至 2003 年间的物质代谢情况进行了核算和分析, 从上述第二个角度入手, 推进了中国经济系统的物质代谢研究。

2 MFA 方法框架

MFA 的理论基础在于如图 1 所示的经济—环境系统。在这个系统中, 社会经济系统被包含在自然环境系统中, 社会经济系统与其周围的自然环境系统由物质流与能量流相联结。为了描述这两个系统的关系, 物质代谢(material metabolism)^[12,13]的概念被提出, 社会经济系统被看作自然环境系统中一个具有代谢功能的有机体, 该有机体对自然环境的影响可以用其代谢能力(就如该有机体从自然环境中摄取的以及排泄到自然环境中的物质质量)来衡量。

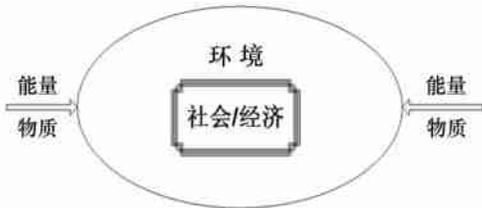


图1 经济—环境系统(据文献[4]修订)

Fig. 1 The economy-environment system (modified from reference[4])

根据物质守恒定律, 一定时期内输入一个系统的物质质量等于同时期该系统的存储量与输出该系统的物质质量之和。对于上述社会经济系统来说, 自然环境所提供的输入物质(input)进入该系统, 经过加工、贸易、使用、回收、废弃等过程, 一部分成为系统内的净存储(net accumulation), 其余部分输出物质(output)返回到自然环境中去, 而整个过程中的输入量恒等于输出量与存储量之和, 即:

输入 = 输出 + 净存储。

为了量化描述经济系统物质代谢的过程与程度, 物质流分析方法提供了一系列物质指标, 下面简要介绍最主要的 3 个指标。

(1) 直接物质输入 DMI(Direct Material Input): 指由外界输入经济系统, 直接参与经济系统运行, 具有确定经济价值的物质流。主要包括煤炭、石油、天然

气等化石燃料, 金属、非金属矿物, 粮食、牲畜等生物物质等;

(2) 总物质需求 TMR (Total Material Requirement): 指经济系统运行所需要的所有外界环境投入, 不仅包括直接进入经济系统的直接物质输入 DMI, 还包括由于开采、生产自然资源及其他经济行为所不可避免产生的、不进入经济系统参与运行、一经产生即变成废弃物、没有经济价值的物质流, 称之为隐流(hidden flow)^[3]、生态包袱(ecological rucksacks)^[14]或者未用流(unused flow)^[4]。隐流主要包括矿业生产中的掘进和剥离量, 农业生产收获过程中的损失以及建筑生产中的土石方挖掘等。

(3) 生产过程输出 DPO (Domestic Processed Output): 指经济系统运行所产生的各类排放至自然环境中的废弃物, 包括水体污染物、大气污染物、固体废弃物。

由于自辽宁省外(其它省份以及其他国家)输入或自辽宁省输出到省外的一次资源、成品及半成品实物数据不成系统, 故本文没有按照上述指标进行核算, 而采用了不包含省外输出或输入物质数据的指标进行核算, 即自然物质 DMI (NDMI)、自然物质 TMR (NTMR), 以及生产过程输出 DPO。

3 辽宁省物质代谢数量研究

通过对相关统计资料的整理, 核算出辽宁省自 1990 年至 2003 年间输入、输出的各种物质流数量, 计算出 NDMI、NTMR、DPO 等相关指标。根据物质流核算结果, 可以对辽宁省自 1990 年以来经济系统物质代谢的情况进行定量化的描述。

辽宁省 1990 年以来 NDMI 的组成以及变化情况如图 2 所示。矿物质是辽宁省直接输入物质中的最主要组成部分, 约占历年直接物质输入量的 62%, 其次为化石燃料, 约占 23%, 生物质所占比重

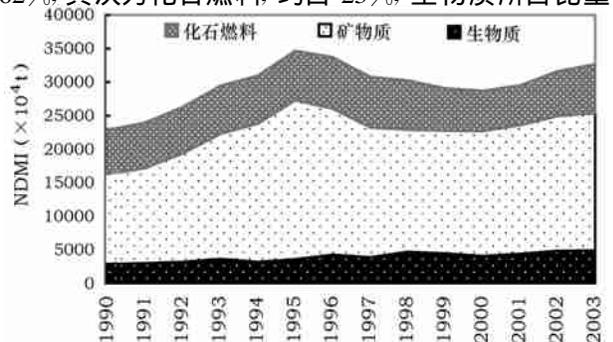


图2 辽宁省直接输入物质 NDMI 组成及变化

Fig. 2 The compositions and changes of NDMI in Liaoning Province

最小, 约为 15%。

纵观整个 NDMI 的变化, 可以发现其经历了 3 个阶段, 而这种变化主要是由于对 NDMI 其主导作用的矿物质的变化所引起的:

(1) 自 1990 年至 1995 年: NDMI 由 $22\ 858 \times 10^4\ t$ 增长至 $34\ 632 \times 10^4\ t$, 年均增幅为 8.66%

(2) 自 1995 年至 2000 年: NDMI 由 $34\ 632 \times 10^4\ t$ 降至 $28\ 696 \times 10^4\ t$, 年均降幅为 3.69%

(3) 自 2000 年至 2003 年: NDMI 由 28 696 万吨重新增长至 $32\ 679 \times 10^4\ t$, 年均增幅为 4.43%。

上述 3 个阶段与我国第八、第九和第十个“国民经济和社会发展五年计划”的时间跨度基本相符, 由此可见, 不同阶段的不同宏观政策对经济系统物质代谢具有较大的影响。

与直接物质输入 NDMI 类似, 辽宁省的总物质需求 NTMR 自 1990 年以来也经历了 3 个阶段的变化过程, 如图 3 所示。然而由于隐流在 NTMR 组成中所占比重较大(约占 90%), 因此 NTMR 的变化过程与 NDMI 在细节上略有不同。

自 1990 年至 1994 年: NTMR 经过起伏不定的增长, 由 $217\ 858 \times 10^4\ t$ 增至 $266\ 266 \times 10^4\ t$, 年均增幅为 5.14%, 其中隐流由 $195\ 000 \times 10^4\ t$ 增长至 $235\ 264 \times 10^4\ t$, 年均增幅为 4.80%;

(1) 自 1994 年至 1997 年: NTMR 由 $266\ 266 \times 10^4\ t$ 下降至 $232\ 313 \times 10^4\ t$, 年均降幅为 4.45%, 其中隐流由 $235\ 264 \times 10^4\ t$ 降至 $201\ 521 \times 10^4\ t$, 年均降幅为 5.01%;

(2) 自 1997 年至 2003 年: NTMR 由 $232\ 313 \times 10^4\ t$ 增长至 $377\ 253 \times 10^4\ t$, 年均增幅为 8.42%, 其中隐流由 $201\ 521 \times 10^4\ t$ 增长至 $344\ 574 \times 10^4\ t$, 年均增幅为 9.35%。另外, 自 1999 年之后, NTMR 有了较高速增长, 年均增幅达到 10.58%。

与物质输入指标 NDMI 及 NTMR 不同, 辽宁省生产过程输出 DPO 的变化呈现了 2 个不同的阶段, 如图 4 所示。

(1) 1990 年至 1997 年: 此期间 DPO 的变化呈现出“U”形曲线, 除了 1990 年和 1997 年分别为 $913 \times 10^4\ t$ 和 $853 \times 10^4\ t$ 之外, 其余年份的 DPO 均在 $750 \times 10^4\ t$ 上下波动;

(2) 1997 年至 2002 年: 经过 1998 年的略有增长之后, 辽宁省 DPO 开始持续下降, 由 1998 年的 $855 \times 10^4\ t$ 降至 2003 年的 $581 \times 10^4\ t$, 年均降幅达 7.44%。

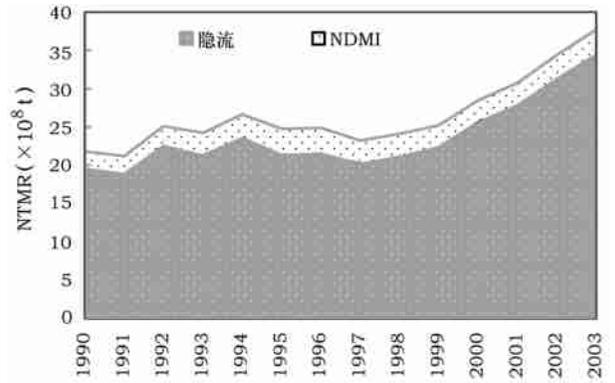


图 3 辽宁省总物质需求 NTMR 组成及变化

Fig. 3 The compositions and changes of NIMR in Liaoning Province

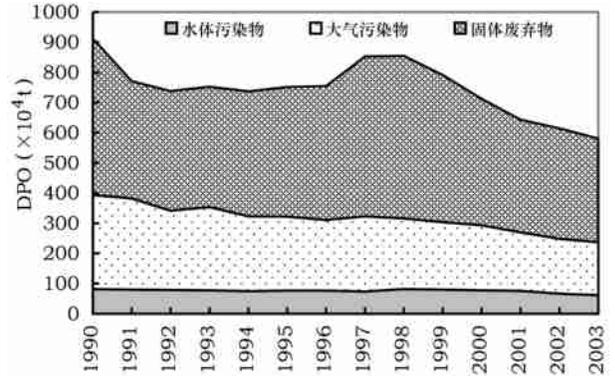


图 4 辽宁省生产过程输出 DPO 组成及变化

Fig. 4 The compositions and changes of DPO in Liaoning Province

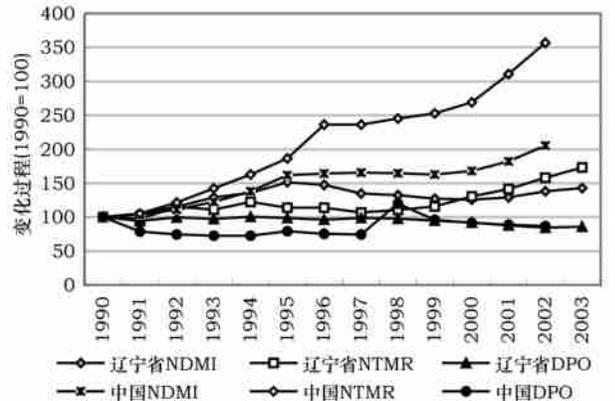


图 5 NDMI、NTMR 及 DPO 变化过程的对比

(数据来源: 参考文献 [9])

Fig. 5 Comparison of changes of NDMI, NTMR, DPO

(data source: reference [9])

在辽宁省 DPO 的 3 个组成部分中, 固体废弃物所占比重最大, 接近 60%, 其次为大气污染物, 约为 30%, 废水中的水体污染物所占比重相对较小, 约占 10% 左右。

将辽宁省物质流核算结果与我国相关研究成果进行对比, 可以发现辽宁省自 1990 年以来社会经济

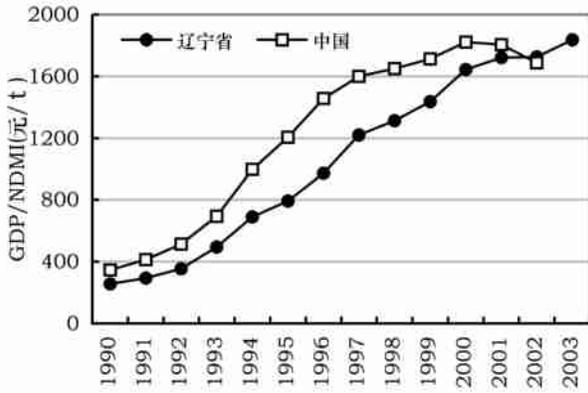


图6 单位NDMI所产生GDP的比较(数据来源: 参考文献[9, 15])

Fig 6 The comparison of GDP per NNDMI (data sources: reference [9, 15])



图7 单位NDMI所产生GDP的国际对比 (数据来源: 参考文献[3, 5, 9, 15])

Fig 7 The international comparison of GDP per NDMI (data sources: reference [3, 5, 9, 15])

系统能够物质代谢的过程与全国过程有一定的类似(图5)。

由图5可以看出,自1990年以来辽宁省NDMI与NTMR的变化过程与全国类似,均经过了3个阶段,所不同的是在第二个阶段,即1995至1999或2000年间,全国NDMI及NTMR仅表现出了较缓的增长,而辽宁省NDMI及NTMR却出现了一定程度的下降。

辽宁省DPO在1997年之前与1998年之前全国DPO有着较为相似的变化过程,均呈现出了一个“U”形曲线。自1998年之后,辽宁省DPO与全国DPO均表现出了较为稳定的下降。

4 辽宁省物质代谢质量研究

人类社会是一个社会、经济的复合体,其对自然环境的扰动一方面体现在物质代谢的数量上,另一方面也体现在质量上。将相关社会、经济指标与物

质流指标结合,可以从一定程度上反映人类社会经济系统物质代谢的质量。

单位物质投入所产生的GDP数量,可以用来衡量该经济系统的自然资源生产力。由于考虑到经济会受到通货膨胀或紧缩的影响,而物质流指标不随时间而变化,因此综合两者的比较时,需要将经济流数据换算成以某一既定时间价格为标准的基价(constant price)。本文根据国际货币基金组织IMF(International Monetary Fund)所提供的数据库,将中国以及辽宁省的历年GDP数据换算成按2003年人民币价格计算的基价^[15]。

如图6所示,自1990年以来,辽宁省以及中国单位NDMI所产生的GDP整体上均呈不断上升的过程,即说明其自然资源生产力在不断上升,仅有2000年之后中国平均水平有所下降。对比二者之间的关系,在2001年之前,辽宁省的自然资源生产力一直较低,约为中国平均水平的70%至95%。2001年之后,随着中国平均水平的略有下降,辽宁省的自然资源生产力开始处于全国平均水平之上。

将辽宁省、中国,以及日本和欧盟15国历年GDP数据换算成以2003年美元价格为基准的基价,对辽宁省自然资源生产力与国际先进水平进行对比,如图7所示。从图中可以明显的看出,辽宁省以及中国的自然资源生产力远远低于国际先进水平。以2003年辽宁省单位NDMI所产生的GDP为例,该值仅相当于2000年欧盟15国平均水平的30%,1996年日本平均水平的10%。

人均NDMI物质的占有量,一方面可以说明该地区自然资源的充裕程度,另外一方面也可以衡量该地区居民的物质福利。图8对比了辽宁省与全国人均NDMI的关系,可以看出,二者在变化过程上有一定的类似,均表现出了前文所提到的3个不同阶段。另外也可以很明显的看出,辽宁省的人均NDMI远高于全国平均水平。以2002年为例,辽宁省人均NDMI为7.60t,同时期全国平均水平为4.72t,仅为辽宁省的60%左右。由以上对比结果可以看出,辽宁省人均占有的自然资源数量高于全国平均水平,省内居民的物质福利也要高于全国平均水平。

以2003年价格计,对比辽宁省与全国历年每万元GDP所产生的DPO数量,可以反映经济系统的物质代谢对自然环境的直接影响,即衡量物质生产效率(图9)。从图9可以看出,自1990年以来,辽宁省以及中国单位GDP所产生的DPO量不断下降,以辽

宁省为例,其 2003 年每万元 GDP 产生 0.097t DPO,比 1990 年的 1.57t 减少了 93.82%。此外,在 2000 年之前辽宁省单位 GDP 所产生的 DPO 数量均高于全国平均水平,即其经济系统的物质生产效率低于全国平均水平。2000 年之后这种情况有了反转,辽宁省经济系统的物质生产效率开始高于全国平均水平。

作为衡量一个经济系统代谢能力的指标之一,废弃物的回收利用率体现了该系统与生态环境的友好程度。自 1990 年以来,辽宁省工业固体废弃物综合利用量的绝对数量在不断上升,到 2002 年工业固体废弃物综合利用量已达 $3\ 139 \times 10^4$ t。然而工业固体废弃物综合利用量在辽宁省自然物质消耗量中所占比重较小,2002 年仅为 NDMI 的 10% 左右,如图 10 所示。

综合以上讨论,可以看出自 1990 年以来,辽宁省所消耗的自然资源绝对数量较大,相对数量也高于全国平均水平。然而数量上的优势并没有能够高效率的转化为经济上的贡献,自 1990 年以来,辽宁省的自然物质生产效率不仅远远低于国际先进水平,而且也低于全国平均水平,高数量的自然资源消耗并没有换来高质量的回报。此外固体废弃物综合利用量虽然逐年升高,但是其占辽宁省自然物质消耗总量的比重仍然较低。

5 讨论

本研究运用已在欧美发达国家有广泛应用的物质流核算与分析方法,对辽宁省经济系统进行了物质流核算。根据核算结果,可以发现自 1990 年“八五”计划实施以来,随着“九五”、“十五”计划的陆续实施,辽宁省对自然资源的消耗呈现出了“八五”升、“九五”降、“十五”回升的过程。与自然资源消耗不同,辽宁省经济系统向自然环境排出的废弃物在 1997 年之前在一定范围内上下波动,自 1998 年之后开始逐年下降。与全国平均水平相比,虽然辽宁省人均自然资源消耗量远高于全国平均水平,但是其单位自然资源投入量所产生的 GDP 却长期处在全国平均水平之下。自 1990 年开始,辽宁省生产单位 GDP 向自然环境排放的废弃物数量不断下降,从 2000 年开始低于全国平均水平。根据上述物质流核算与分析的结果,结合相关研究成果,可以判断辽宁省物质代谢的数量高于中国平均水平,但是其质量却长期以来低于中国平均水平,与国外先进水平相差更大。

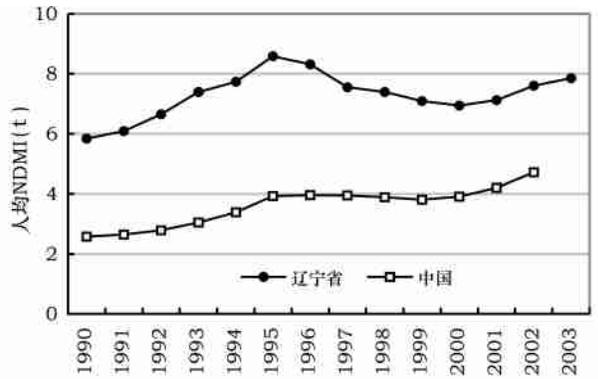


图 8 人均 NDMI 的比较(数据来源:参考文献[9])

Fig 8 The comparison of NDMI per capita (data source: reference [9])

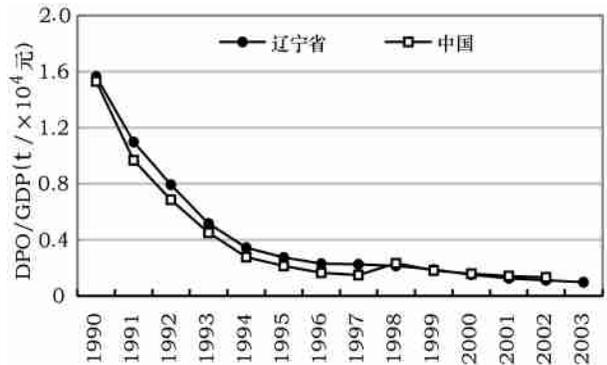


图 9 每万元 GDP 所产生 DPO 的比较

(数据来源:参考文献[9])

Fig 9 The comparison of DPO per 1000 Yuan GDP

(data source: reference [9])

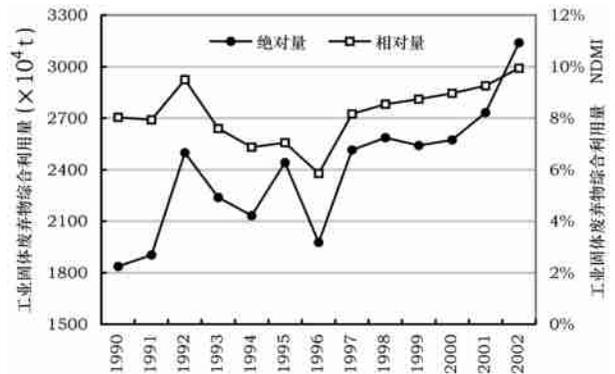


图 10 辽宁省历年工业固体废弃物综合利用量变化

Fig 10 The volume changes of industrial solid wastes

utilized in a comprehensive way in Liaoning Province

本文利用物质流核算与分析方法来研究省一级经济系统的物质代谢情况仍然存在一定的不足,其中最主要的是国内其他省份与目标省份的物质交换情况在统计数据中很少有体现。由于辽宁省是一个资源大省,大多数自然资源均依靠省内储量供应,故

省际物质流数据的缺失对于辽宁省物质流核算和分析工作并没有特别关键的影响。但是同样的工作如果在经济结构以来料加工、商业服务等为主的省份开展,则不能不寻找新的途径来获得省际物质流交换数据。此外,由于物质流核算与分析方法本身的特点,其对经济系统内部物质代谢的数量和质量很难描述,因此也就很难通过对经济系统的物质代谢分析向决策制定者提供符合可持续发展要求的政策建议。目前国际上这一领域的研究热点就是如何发展物质流核算与分析方法,或者与其他理论方法有机的结合,来克服物质流核算与分析方法与生俱来的这一弱点。

尽管存在上述困难和不足,物质流核算与分析方法由于其紧紧抓住了联系人类社会与自然生态环境之间最为关键的因素——物质流,并且具有较强的可操作性以及结果可视性,故而仍然是从宏观层次上量化人类社会经济系统可持续性的有效方法,大大推动了产业生态学理论的实证研究。尤其对于辽宁省这种仍然依赖消耗自然资源作为经济增长基础的经济体,用物质流核算与分析方法对其自然资源利用以及废弃物产生情况进行描述,是从宏观层次掌握该经济体物质代谢数量和质量的有效手段,也是该经济体后续可持续发展研究的基础。

参考文献 (References):

- [1] Fischer-Kowalski M. On the history of industrial metabolism[A] . In Boug D and Erkman S. Perspectives on Industrial Ecology[C] . Sheffield: Greenleaf Publishing, 2003. 35~45.
- [2] Adriaanse A, Bringezi S, et al. Resource flows: The Material Base of Industrial Economies[M] . Washington: World Resource Institute, 1997.
- [3] Matthews E, Bringezi S, et al. The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies [M] . Washington: World Resources Institute, 2000.
- [4] EUROSTAT. Economy-Wide Material Flow Accounts and Derived Indicators: A Methodological Guide [M] . Luxembourg: Statistical Office of the European Union, 2001.
- [5] EUROSTAT. Material Use in the European Union 1980 ~ 2000: Indicators and Analysis[M] . Luxembourg: Statistical Office of the European Union, 2002.
- [6] 陈效述 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. [CHEN Xiao-qi, QIAO Li-jia. The material flow analysis of economy-environment system in China[J] . *Journal of Natural Resources*, 2000, 15(1): 17~23.]
- [7] 陈效述, 赵婷婷, 郭玉泉, 等. 中国经济系统的物质输入与输出分析[J] . 北京大学学报(自然科学版), 2003, 39(4): 538~547. [CHEN Xiao-qi, ZHAO Ting-ting, GUO Yu-quan, et al. Material input and output analysis of Chinese economy system[J] . *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2003, 39(4): 538~547.]
- [8] 徐明, 张天柱. 中国化石燃料的物质需求总量测算分析[A] . 见: 贺延龄, 顾兆林, 陈杰主编. 第九届海峡两岸环境保护学术研讨会论文集[C] . 西安: 西安交通大学出版社, 2004. 1472~1476. [XU Ming, ZHANG Tian-zhu. Accounting and analyzing of total material requirement of Chinese fossil fuel[A] . In: He Y, Gu Z, Chen J. Proceeding of the Ninth Mainland-Taiwan Environmental Protection Academic Conference[C] . Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 2004. 1472~1476.]
- [9] Xu M, Zhang T. Material flow accounting and analysis in China[A] . In: Hong H. Proceeding of the 2nd International Conference on Environmental Concerns Innovative Technologies and Management Options[C] . Xiamen: Xiamen University, 2004. 508~517.
- [10] 徐明, 张天柱. 中国经济系统中化石燃料的物质流分析[J] . 清华大学学报(自然科学版), 2004, 44(9): 1166~1170. [XU Ming, ZHANG Tian-zhu. Material flow analysis on fossil fuel in Chinese economy system[J] . *Journal of Tsinghua University (Science and Technology)*, 2004, 44(9): 1166~1170.]
- [11] 徐明, 张天柱. 中国经济系统的物质投入分析[J] . 中国环境科学, 2005, 25(3): 324~328. [XU Ming, ZHANG Tian-zhu. Material input analysis of China economic system [J] . *China Environmental Science*, 2005, 25(3): 324~328.]
- [12] Ayres R. Industrial metabolism[A] . In: Ausubel J. Technology and Environment[C] . Washington: National Academy Press, 1989.
- [13] Fischer-Kowalski M, Haberl H. Metabolism and Colonization: Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature [M] . Wien: Schriftenreihe Soziale Ökologie, 1993.
- [14] Schmidt-Bleek F. Wieviel Umwelt braucht der Mensch?: MIPS—das Mass für ökologisches Wirtschaften[M] . Berlin: Birkhäuser, 1993.
- [15] International Monetary Fund. World Economic Outlook Database September 2004 [DB/OL] . <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2004/02/data/index.htm>, 2006-01-23.

Accounting and Analyzing Material Metabolism in the Economic System of Liaoning Province

XU Ming, JIA Xiao-ping, SHI Lei, ZHANG Tian-zhu

(*Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084 China*)

Abstract: Studying the quantity and quality of material metabolism in the socio-economic system, which is regarded as a sub-system of natural ecology system, is now the outstanding emphasis of Industrial Ecology research. Such research done in China mainly concentrated on national economic system. More detailed analysis on its sub-area, such as a province, is a useful way to expand the research works of material metabolism and Industrial Ecology, and is also helpful to the sub-area's sustainable development. Based on the Accounting and Analysis (MFA) method of Material Flow applied in western countries, the Liaoning Province in China was chosen as study area. The research can be regarded as the first attempt for studying the material metabolism at province level in China, and it also promotes the research works of material metabolism and Industrial Ecology in China. Considering the limitation of data of material import and export, a set of new indicators is developed to illustrate the natural resources consumption in Liaoning Province. The study calculates the material indicators of Liaoning from 1990 to 2003, from the input and output perspectives. These indicators are then connected with economic and demographic indicators to create new indicators, which scale the material intensity and efficiency of Liaoning's economy. The results showed that the changing process of material metabolism in Liaoning is similar with that of China in the same period. The changing process can be divided into three phases, which are highly consistent with the Eighth, Ninth, and Tenth Five-Year Plans implemented by Chinese government. It can also be seen as the obvious evidence that material metabolism of an economics system is greatly influenced by the macro-policy. The absolute amount of material metabolism in Liaoning is high, and the relative number is also higher than the average level of the whole China. However, the quantitative advantage of material metabolism did not lead to high economic return. Liaoning's physical productive efficiency is not only lower than the average level of whole China, but also extremely lower than the advanced level of developed countries. For instance, Liaoning's GDP generated by unit input of natural resources in 2003 is roughly equal to 30% of the average level of 15 main countries in European Union in 2000 and 10% of the average level of Japan in 1996. High quantity of natural resources consumption in Liaoning doesn't bring high quality of return.

Key words: Material metabolism; Material flow accounting and analysis; Nature resource productivity; Physical productive efficiency; Industrial ecology; Liaoning Province