内蒙古自治区经济系统物质利用及环境影响分析

赵 涛，周志刚
（天津大学 管理学院，天津 300072）

摘 要：运用物质流分析方法，对内蒙古自治区 2003—2007年的经济系统中物质的输入输出进行了分析，以揭示当地经济发展过程中的物质利用及其对环境造成的影响。分析结果表明：内蒙古自治区的经济增长是以资源高投入、污染高排放为代价的。拉动经济增长的主要物质投入来自本地化石燃料的开采，环境污染的主要来源是化石燃料燃烧产生的废气和工业生产排放的固体废弃物。提高资源利用效率，减少物质投入，才是实现内蒙古自治区环境经济协调发展的根本途径。

关键词：内蒙古自治区；经济系统；物质利用；环境影响；物质流分析
中图分类号：F062.2 文献标识码：A 文章编号：1006—2815(2010)01—0038—04

Material Utilization and Environment Impact of Inner Mongolia Autonomous Region Economy System

ZHAO Tao, ZHOU Zhi-gang
(School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In order to reveal the material utilization and environment impact of Inner Mongolia Autonomous Region, the method of material flow analysis has been applied to study the material input and output throughout the Inner Mongolia Autonomous Region economy system from 2003 to 2007. The results are shown as follows: the existed economic development model is characterized by high input and high emission, which mainly depended on the domestic fossil fuel; exhaust emission from fossil fuel combustion and industrial solid wastes are the major source of environmental pollution. Increase material utilization efficiency and decrease the input is a fundamental way to realize coordinative development of economy and environment.

Key words: inner mongolia autonomous region; economy system; material utilization; environment impact; material flow analysis

传统的 GDP核算体系不能完全反映经济系统对自然界的影响，为了量化经济发展过程中对自然资源的利用状况以及对自然环境造成的影响，物质流分析方法（Material Flow Analysis, MFA）应运而生。它以重量单位取代货币单位，追踪物质从自然界开采进入经济系统，并经过经济活动在各种人类社会阶段中移动，最后回到自然环境的情形。本文运用物质流分析（Material Flow Analysis, MFA）的理论和方法，追踪和考察了内蒙古自治区 2003—2007年经济系统的物质流动过程，旨在揭示当地经济发展过程中物质消耗及其对环境造成的影响，为内蒙古自治区可持续发展战略的制定和实施提供可参考的量化依据。

一、分析方法与指标

1. 分析方法

当前，国际上已初步建立起一套比较系统的基于国家层面的 MFA分析，并在欧美发达国家得到了多种方式的应用。

收稿日期：2009—08—23
基金项目：内蒙古自治区创新引导奖励资金项目（项目批准号：20071915）。
作者简介：赵涛（1960— ），男，吉林长春人，教授，博士生导师。研究方向：循环经济。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本文借鉴“欧盟导则”国家物质流分析框架，建立了如图 1所示的内蒙古自治区物质流分析框架。这里需要说明的是：由于目前国内对隐藏流系数方面的研究较少，而套用其他国家的隐藏流系数会带来很大的不确定性，为了满足数据的可获取性和科学性，本文侧重于研究直接投入物质的利用及其对环境造成的影响，分析框架中没有考虑隐藏流。

如图 1所示，输入端物质分为本地开采、进口物质两种类型。其中，本地开采是指本地区自然环境中开采出的各种原料，包括生物物质、化石燃料、金属矿物、非金属矿物四部分；进口物质指其他国家和地区进口的成品、半成品和原料。输出端物质分为区域内污染排放、出口物质两种类型。其中，区域内污染排放由经济系统排出的固体废弃物和废气组成，出口物质指内蒙古自治区交易到其他国家和地区的成品、半成品和原料。

2 分析指标

物质流分析的指标主要包括物质输入指标、物质输出指标、强度和效率指标等，结合研究的重点，本文选取的物质流分析指标和计算公式见表 1。

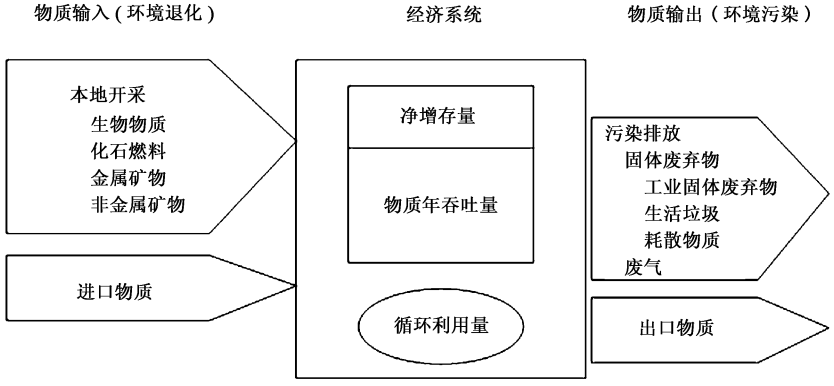

图 1 内蒙古自治区物质流分析框架

表 1 物质流分析指标及其核算规则

指标分类	指标名称		核算规则	备注
	全称	缩写		
输入	直接物质投入量	DMI	DMI=本地开采+进口	衡量内蒙古自治区动用的整个自然界物质总量
输出	区域内生产排出	DPO	DPO=废弃物排放+耗散损失	衡量内蒙古自治区区域内经济系统排放到环境中的有害物质总量
消费	区域内物质消耗	DMC	DMC=DMI-出口	衡量在内蒙古自治区区域内经济活动所消耗的物质总量
强度	物质生产力	MP	MP=GDP/DMI	衡量经济系统物质利用效率，指每吨物质消耗所创造的 GDP

二、数据的来源与处理

本文选择时间序列为 2003—2007年，数据主要来自国家、地区和各类行业统计年鉴，部分数据进行了估算。具体方法如下：

1. 物质输入端数据的来源与处理

生物物质以农作物、经济作物、林木和天然渔业的年产量代表，数据取自《内蒙古统计年鉴》。由于物质流分析只对通过系统边界输入输出经济系统的物质流予以考虑，经济系统内部的物质流并不在研究之列。在这一原则基础上，人工饲养、以农产品为饲料的水产品和畜产品被视为经济系统内部的物质流而不予考虑。而对于年鉴中给出的以体积度量的林木产量，近似按照干材密度 0.4 t/m^3[1](p110)进行质量折算。

化石燃料由原煤、原油和天然气的年产量代表，数据取自《内蒙古统计年鉴》。对于年鉴中给出的以体积度量的天然气数据，近似按天然气密度 0.717 4 kg/m^3 进行质量折算；金属矿物按内蒙古自治区的铁矿石、硫铁矿的原矿量和铜、铝、铅、锌、镁五种主要金属的工业产量综合代表，数据取自《中国金属工业统计年鉴》；非金属矿物以原盐的产量和建筑材料数量代表，建筑材料数量本应取黏土、砂和各种石料的开采量，但由于缺乏相应的年产量统计，本文采用北京大学陈效逑教授[2](p18)的办法，用主要由石灰岩生产的水泥产量代替，数据取自《内蒙古统计年鉴》。

进口物质不仅包括传统意义上的对外贸易部分，还包括国内贸易部分。由于进、出口内蒙古自治区的物质量难以统计，本文用其总产量减去总消费量，结果是正值则看作是该数据的净出口量，反之则看作是净进口量。[3](p1 487)

2 物质输出端数据的来源与处理

固体废弃物由工业固体废弃物、生活垃圾和耗散物质三部分组成。工业固体废弃物的排放量数量以产生量与综合利用量的差值代表，生活垃圾的排放量以垃圾清运量代表，数据取自《中国环境年鉴》。农药化肥耗散由于缺失相应的统计数据，根据相关研究成果，本文对氮肥、磷肥、钾肥的利

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

用率分别按 27.5%、18.1%、59.9%进行估算,[4](P5)复合肥的利用率按 30%、农药的利用率按 30%估算。[5](P1024)在化肥和农药施用量中扣除二者的利用量即为二者的流失量,化肥农药的施用量取自《内蒙古统计年鉴》。

废气主要包括污染气体和温室气体。废气包括工业废气和生活废气,工业废气包括工业二氧化硫、工业烟尘和工业粉尘,生活废气包括生活二氧化碳和生活烟尘;数据取自《中国环境年鉴》。温室气体以化石燃料燃烧排放的二氧化碳代表,其排放量采用下列公式计算:[6](P541)

$$M(CO_2) = \sum P_i F_i C_i$$

式中:P_i是第 i种化石燃料的消耗量,本文只考虑煤炭、石油、天然气三种化石燃料,数据取自《内蒙古统计年鉴》;F_i是第 i种燃料的平均氧化系数,煤炭、石油、天然气的平均氧化系数分别取 0.982、0.918、0.98;C_i为单位燃料中的含碳量,每吨标准煤的煤炭、燃油、天然气平均含碳量分别为 0.85、0.707、0.403。

三.结果与分析

通过对数据的收集和整理,内蒙古自治区 2003—2007年经济系统物质输入输出量如表 2所示。

表 2 内蒙古自治区经济系统的物质输入输出表 单位:10^4 t

类目	年份				
	2003	2004	2005	2006	2007
GDP(2003年不变价)	2388.38	2878.00	3563.00	4239.95	5049.78
直接物质输入(DMI)	22168.90	31660.66	37755.69	44726.22	53362.43
其中:					
本地开采	20721.27	28195.92	34397.92	40600.01	48892.57
化石燃料	14918.65	21471.82	26031.31	30312.23	36110.94
金属矿物	1941.87	2220.21	3092.98	4161.14	5787.20
非金属矿物	1096.58	1444.65	1848.09	2422.04	3117.62
生物物质	2617.34	2842.10	3229.48	3503.05	3637.23
进口物质	1594.46	3681.88	3553.83	4327.76	4709.44
区域内生产排放(DPO)	8524.08	10836.67	13441.07	15309.86	16766.55
其中:					
工业固体废弃物排放量	2909.15	3607.72	4722.96	5240.30	5196.76
生活垃圾产生量	391.5	329.2	329	331.2	349.9
化肥、农药流失量	66.65	74.52	82.96	90.10	98.86
工业废气排放量	179.1	189.2	235.6	214.2	198.7
生活废气排放量	30.1	30.7	33.5	34.5	33.3
化石燃料燃烧排放 CO2	5405.73	7009.05	8449.01	9820.86	11337.79
出口物质	7244.86	11557.96	13174.46	16218.04	19325.71
区域内物质消费(DMC)	15070.87	20319.91	24777.29	28709.73	34276.30

1. 物质输入与物质输出总量分析

从总量上看,内蒙古自治区的直接物质输入量和区域内生产排放均呈逐年快速增加的趋势。物质输入总量由 2003年的 22 168.90万 t增长到 2007年的 53 362.43万 t,年均递增 7 798.38万 t;伴随着经济系统物质消费的快速增长,物质输出也呈快速增长的趋势,由 2003年的 8 524.08万 t增加到 2007年的 16 766.55万 t,年均递增 2 060.62万 t(图 2)。可见,内蒙古自治区的经济增长方式是以资源的高投入和污染的高排放为代价的。

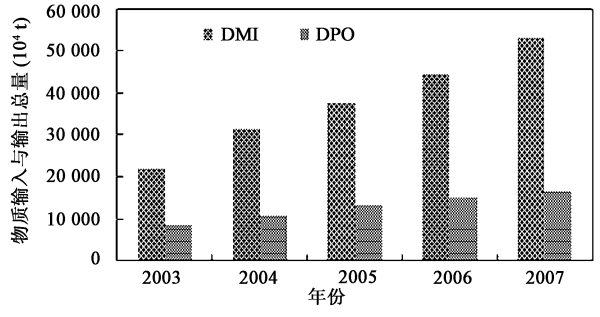

图 2 内蒙古自治区物质输入与物质输出总量

2. 物质输入与物质输出的结构分析

在内蒙古自治区物质输入总量的构成中,进口物质所占比重较少,化石燃料占 DMI的比重最大,年比重介于 67.30%~68.95%之间,这表明内蒙古自治区经济的发展很大程度上依赖本地物质特别是开采的化石能源。此外,2003—2007年,内蒙古自治区矿物物质的投入总量增长较快,这反映了自治区工业化进程加快和基础设施建设投入加强的实际(图 3)。在物质输出总量的构成上,化石燃料燃烧排放的 CO_2比重最大,且总量迅速提升;其次是工业固体废弃物,这表明内蒙古地区对环境造成污染的物质主要来自化石燃料的燃烧和工业过程废弃物的排放(图 4)。

3. 物质输入与物质输出增长速度分析

2004年,内蒙古自治区 DMI年增长率和 DPO年增长率

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

均明显高于 GDP的增长速度，呈现出典型的粗放型经济增长特征；2005年，DPO增长率有所降低，与 GDP增长率基本持平，DMI增长率则大幅下降，由 2004年的 42.82%下降到 2005年的 19.25%，低于同年 GDP增长率 4.55个百分点。但从 2006年起，内蒙古自治区 DPO增长率曲线向下逐渐远离 GDP增长率曲线，呈"弱脱钩"状态，而 DMI增长率曲线走势稳中有升，向上逐渐接近 GDP增长率曲线，到 2007年已略高于 GDP增长率曲线，呈现出"复钩"状态（图 5），这应当引起重视。为了解释这一现象，本文引入了物质生产力指标。

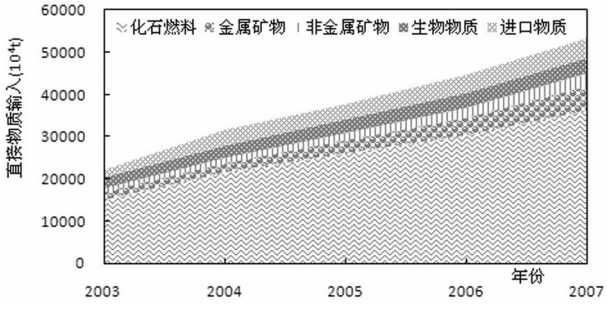

图 **3** 内蒙古自治区物质输入结构

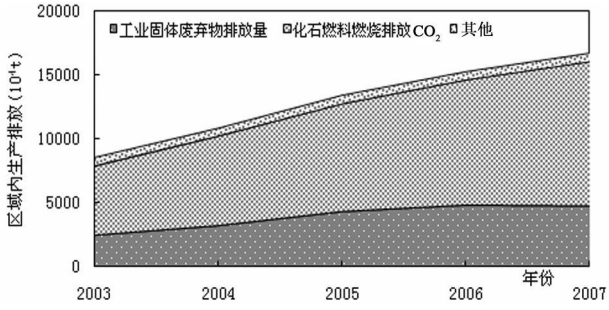

图 **4** 内蒙古自治区物质输出结构

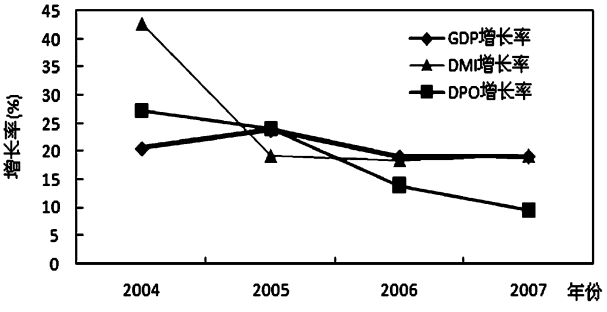

图 **5** 内蒙古自治区物质输入与输出增长率

物质生产力是衡量经济系统资源利用效率的指标，指每吨物质消耗总量所创造的 GDP。一般来说，物质生产力数值越大，经济系统越趋近于可持续发展的目标；数值越小，则越背离可持续发展的目标。[7](P73)按 2003年不变价格计算，内蒙古自治区 2003年的物质生产效率为 1 584.77元 /t（远低于国家同期水平 2 213.62元 /t[8](P111)），2004年有一个大的波动，降低到 1 416.35元 /t；2005年、2006年，资源生产力缓慢增长，2007年与 2006年基本持平（图 6）。这说明 2005年

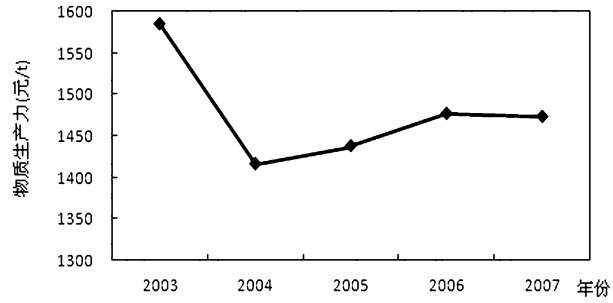

图 **6** 内蒙古自治区物质生产力

DMI增长速度的大幅降低的根源在于 2004年资源生产力的大幅降低，同时这也从侧面表明：2006年、2007年之所以出现 DMC与 GDP"弱脱钩"，DMI与 GDP的"复钩"的现象是因为内蒙古自治区环境末端治理取得一定成效，而循环经济尚处于起步阶段，成效还不显著。如何转变经济增长模式，提高物质生产力，应当成为内蒙古自治区实现经济可持续发展的关键。

四、结论

本文运用物质流分析的理论和方法，分析了内蒙古自治区环境—经济系统 2003—2007年的物质消耗与污染排放特征，结果表明：

（1）从物质输入和物质输出的总量来看，内蒙古自治区的经济增长是以资源高投入、污染高排放为代价的，是典型的粗放型增长方式。

（2）从物质输入和物质输出的结构来看，内蒙古自治区经济增长主要来自本地开采化石燃料的投入，化石燃料燃烧产生的废气和工业生产排放的固体废弃物是内蒙古自治区环境污染的主要来源，控制化石燃料的投入是减少环境压力的有效途径。

（3）从物质输入和物质输出的增长速度来看，内蒙古自治区环境末端治理取得一定成效，而循环经济成效还不显著，如何转变经济增长模式，提高资源生产力，应当成为内蒙古自治区经济可持续发展的关键。

参考文献：

[1] 邱寿丰，诸大建. 上海经济的直接物质投入和市内物质消耗[J]. 中国人口·资源与环境，2008，18（6）：110～115.

[2] 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）：17～22

[3] 郑友毅，王青，胡伯，等. 沈阳市物质投入分析[J]. 东北大学学报（自然科学版），2008，29（10）：1 486～1 493.

（下转第 44页）

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

施，使九州地区由传统的煤炭区转换成日本新的重要高新技术产业区。

七、转型基金路径

资源型产业转型需要巨额资金，尤其是转型初期的启动资金更为重要，应全方位、多层次、多渠道筹措转型基金。应从资源开发企业缴纳的资源税和增值税中提取一定比例返还地方作为资源型产业转型基金的主要来源。制定适当的财政援助政策和产业扶持政策，在财政信贷、产业布局、重大工程项目建设等方面给予优惠，扶持和帮助资源型城市治理保护生态环境。提高政府转移支付比例，在地区财政收入上缴中央财政的部分中，按一定比例返还地方，作为资源型产业转型费用。建立技术改造等专项基金，引导各金融组织参与投资、提供贷款和资助，为企业发展提供资金。考虑发行并建立转型基金，向用户征收“资源消费附加费”，设立专款专用制度。

八、人力资源开发路径

根据资源型城市发展需要，应该高起点、高标准地开办培训学校等。一般来讲，资源型城市的特大型企业都是资金、技术和智力高度密集的地方，企业的发展和建设对于人才和教育有着极高要求。随着资源型经济发展，城市经济结构、产业结构、技术结构也将不断完善和提高。但资源型城市由于开发历史较短，在近期内不可能建成如同大城市那样完整的教育培训体系，只能采取重点发展方针，高标准、高起点地建设骨干学校，高标准、严要求地培训师资，高质量、多规格地培养人才。一流的企业应该有一流的教育。资源型城市在教育发展中，一定要注重发挥企业的办学优势。

九、空间布局调整路径

增长极理论认为，在经济社会发展水平较低的山区要实现平衡发展是不可能的，经济增长通常是从一个或数个“增长中心”逐渐向其他部门或地区传导。因此，我们在进行山区产业空间重组时，必须选择交通便利、生态环境容量大、自然条件与经济基础较好的重点镇或中心城市优先发展。即，从交通区位、科技含量、发展潜力、经济效益、社会效益、环境效益等方面对企业进行全面评价，看其能否满足经济全球化的要求，产品是否符合产业发展趋势，是否符合增长极和增长轴线地区生态环境容量要求。对符合产业导向要求的企业，通过相关政策法规的制定、交通道路的建设等宏观措施引导其向城镇工业园区集中，形成产业簇群，产生簇群效应，使产业空间布局逐步趋向合理，推进山区经济社会环境可持续发展。对不符合产业导向要求的乡镇企业要坚决实施关停淘汰。

十、生态环境保护路径

保护生态环境是经济社会健康持续发展的关键。山区居高临下，各生态因素呈垂直分布，生态系统非常脆弱。山区生态环境一旦受到破坏，不仅影响到山区自身生产条件和生存环境，而且还将严重危及到平原和城市地区发展。山区是平原地区的生态屏障。我们无法设想，在山区生态环境遭受严重破坏的情况下会出现全国性的生态环境好转。在做好平原地区生态环境治理的同时，要下大力气搞好山区生态建设，而山区生态建设必须和山区经济社会建设结合起来进行。[4]

综上所述，山区资源型产业转型具有思维转变、体制改革、政策调控、技术创新、投资优化、财政扶持、产业转型基金设立、人力资源开发、生态环境保护等诸多路径，其中思维转变是前提，科技创新是关键，政策、体制、财政投资是保障，人力资源开发是根本，空间布局调整、生态环境保护是基础。只有同时处理好思维、体制、政策、技术、投资、财政扶持、转型基金、人力资源、空间布局、生态环境等各方面的关系，才能使其间互促互进，使山区资源型经济及时转型，山区特色优势及时转化为经济优势，最终推动山区经济社会环境健康可持续发展。

参考文献：

[1] 郭荣朝. 省际边缘区城镇化研究[M]. 北京：中国社会科学出版社，2006.5 30～37.

[2] 张米尔，孔令伟. 资源型城市产业转型的模式选择[J]. 西安交通大学学报，2003，23(1)：29～31.

[3] 郭荣朝，宋双华，刘合拴. 城市群功能结构升级路径探析[J]. 科学·经济·社会，2009，27(2)：35～37.

[4] 张茂胜，张茂忠. 西部资源型工矿城市可持续发展对策研究[J]. 中国人口·资源与环境，2002，12(1)：56～59.

（曹陇华　编发）

（上接第41页）

[4] 戴庆林，郑海春，王芬棠，等. 内蒙古地区化肥施用与肥分利用现状[J]. 内蒙古农业科技，2000(3)：3～5.

[5] 张音波，陈新庚，彭晓春，等. 广东省环境经济系统的物质流分析[J]. 环境科学学报，2008，28(5)：1 021～1 031.

[6] 陈效逑，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.

[7] 钱翌，杨立杰，段克. 青岛市环境—经济系统的物质流分析[J]. 青岛科技大学学报(社会科学版)，2009，25(1)：70～73.

[8] 孙启宏，李艳萍，段宁，等. 基于EW－MFA方法的我国1990—2003年资源利用与环境特征分析[J]. 环境科学研究，2007，20(1)：108～112.

（伟　华　编发）

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net