

文章编号:1004-8227(2011)06-0655-06

铜陵市资源利用与经济增长关系分析

王 远,王义琛,周 婧,王 芳,朱晓东,陆根法

(南京大学环境学院污染控制与资源化研究国家重点实验室,江苏 南京 210093)

摘 要:资源利用与经济增长之间的关系是资源与环境经济学研究的重要领域。以安徽省铜陵市为例,尝试运用物质流分析方法以及最新发展的自回归分布滞后模型(ARDL)对铜陵市 1990~2008 年资源利用和实际 GDP 二者关系进行检验和分析。采用了物质流分析指标中直接物质投入来表征区域资源利用量。ARDL 边界检验结果表明了资源利用和经济增长间存在稳定的长期均衡关系。进一步通过 ARDL-ECM 模型分析了区域经济增长对资源利用长期弹性系数和短期弹性系数,并揭示出资源利用对经济增长的短期和长期因果关系。研究结果表明当前资源投入在一定程度上拉动了铜陵经济增长。同时还对铜陵经济增长和资源保护战略提出了政策建议。

关键词:经济增长;资源利用;物质流分析;自回归分布滞后模型;铜陵

文献标识码:A

从理论研究、实证分析及政策制定角度认为,资源利用与经济增长二者间的因果关系有着重要的意义。如果资源利用与经济增长呈现单向因果关系,说明了资源投入是经济增长的引擎;反之则说明了经济增长拉动资源消费。为此,分析二者间具体因果关系和类型有助于区域经济发展与资源利用政策的制定。然而,针对这一研究需求和研究问题,由于缺乏综合衡量资源利用的分析方法和指标,现有文献仍主要停留于从定性的角度加以分析。正如恩德斯所言,定性分析(即非规范检验)有其缺陷,必须用规范检验来证实根据第一印象所做出的判断^[1]。近年来,随着物质流分析(Material Flow Analysis, MFA)方法以及时间序列分析方法的发展,使得我们有可能通过建立相关计量经济模型对二者的关系开展实证研究。

分析资源利用和经济增长之间的关系,首先必须探求反映区域资源投入的代理变量。针对这一研究需求,引入物质流分析方法是一有益尝试。物质流分析是用来追踪和衡量资源在系统内外流动和利用状况的方法,包括了流经经济系统开采、加工、生产、使用和作为废弃物处置回到环境中各环节内自然资源的流向和通量^[2,3]。1995 年,世界资源研究院的 Wernick 和 Aushel^[4]首先提出了国家尺度的物质流分析框架;2001 年,欧洲统计局总结了物质

流分析的研究进展,提出了更全面的物质流分析框架和技术指南,并用于计算欧盟(EU-15)及其成员国的物质投入研究^[5~8]。我国学者从 20 世纪 90 年代末开始对我国经济系统物质输入输出开展了相关分析,获得了许多有价值的研究成果^[9~16]。

判定资源利用和经济增长的协整和因果关系,可以借鉴和参照能源消费与经济增长关系的研究方法。通过双变量^[17,18]和多变量^[19~21]的 Johansen 协整检验方法和向量误差修正模型(Vector Error Correction Model, VECM),研究者分析了主要工业化国家能源与经济间的因果关系。应用同样的方法和技术,国内学者研究了中国能源消费与经济增长的关系,丰富对二者关系的认识^[22~25]。基于这样认识,已有研究结合物质流分析指标应用上述协整检验方法和模型分析了江苏省资源消费与经济增长之间关系^[26]。但是,随着时间序列分析方法的发展,Pesaran 认为 Johansen 协整检验分析涉及大量的内生变量、外生变量选择,滞后阶数以及趋势项、截距项的确定,使模型的稳健性不高,研究的结论具有很大的不确定性^[27]。同时, Johansen 协整检验要求数据具有大样本特征,而研究中国等发展中国家的宏观经济问题面临着有效样本数据较少等问题,因此应用 Johansen 协整检验和 VECM 模型开展研究存在一定的限制。近年来,有些研究开始尝试应

收稿日期:2010-09-06;修回日期:2010-12-07

基金项目:国家自然科学基金项目(40701063);安徽省科技重点项目(07020304097)

作者简介:王 远(1975~),男,福建省福鼎人,副教授,主要研究方向为环境经济与政策. E-mail: ywang@nju. edu. cn

用一种新的协整检验方法——自回归分布滞后模型 (Autoregressive Distributed Lag, ARDL), 对能源消费与经济增长的关系开展实证分析^[28~32], 从研究方法和技术上加强了对二者关系的认识。

在已有研究^[26]的基础上, 本文尝试应用最新发展的 ARDL 建模技术, 结合物质流分析指标, 以安徽省铜陵市为例来揭示资源利用与区域经济增长之间内在的因果发生关系和类型, 研究结果将更为可信。同时, 在现有关于铜陵市物质流量、结构、强度的研究^[16]基础上而提出结论和建议也有助于区域资源保护与利用政策的制定。

1 研究方法和数据

1.1 数据说明

本文主要使用时间序列数据对 1990~2008 年铜陵市实际国内生产总值 GDP 和资源利用 (由物质流分析中 DMI 指标量化得到) 进行了实证分析。名义 GDP 和相关 DMI 账户数据均来自铜陵统计年鉴 (1991~2009)。本文中, 实际 GDP 由名义 GDP 通过 GDP 平减指数 (以 1990 年为基准年) 计算得到, 同时依据欧盟物质流分析导则^[7]计算了直接物质投入 (DMI) 账户。研究分别对 GDP 和 DMI 变量取自然对数, 并分别表示为 $\ln GDP$ 、 $\ln RU$ 。

1.2 物质流分析方法

根据欧盟导则, 物质流分析提供了一系列指标来描述和量化经济和环境系统之间的物质流动, 其中最重要的物质输入指标包括: 直接物质投入 (Direct Material Input, DMI) 是指所有直接进入人类经济系统的能用货币衡量的物质, 包括研究区域内的本地采掘 (Domestic Extraction, DE) 和从其他经济系统进口 (Imports) 的物质。本地采掘包括化石燃料 (煤、石油、天然气等)、矿物 (金属矿物、工业非金属矿物、建材矿物等)、生物量 (农业、林业、渔业等)。进口物质包括区域以外进入本区域的化石能源, 金属, 工业矿产品以及对外经济贸易的成品和半成品。需要指出, 本文中物质流分析的结果, 不是对铜陵市进行全面的 MFA 核算, 其目的是为了构造区域经济增长与资源利用二者关系分析中表示自然资源投入的物质流投入量指标。因而在数据选择上, 只从铜陵市经济发展过程中经济系统物质输入的一方进行计算, 选取了直接物质投入指标进行分析。其中, 矿产资源统计项占物质输入统计项的大部分, 包括原煤、铁原矿、铁成品矿、硫铁矿、铜精

矿含铜量、金和水泥。数据主要来源于铜陵市统计年鉴、环境统计资料、铜陵市矿产资源报告以及对相关部门与相关行业的主要企业的调研资料, 并根据欧盟导则^[7]进行核算。综合计算后, 本文以物质流分析中的 DMI 指标来表征铜陵市资源利用量。

1.3 ARDL 方法

由 Pesaran 和 Shin (1999)^[27]提出, Pesaran 等人 (2001)^[33]推广和普及的 ARDL 方法是一种较新的协整检验方法。较传统的协整检验方法, ARDL 方法具有如下几个方面优点: ① ARDL 方法对数据的平稳性要求不严格, 不要求数据序列是同阶单整, 数据序列可以是 $I(0)$ 或 $I(1)$; ② ARDL 方法更稳健, 更适合对小样本的估计; ③ ARDL 通过简单的线性变换导出动态的误差修正模型 (Error-Correction Model, ECM), 这个误差修正模型同时整合了短期动态和长期动态。基于 ARDL 方法的上述优势, 本文选用该方法对资源—经济的关系进行分析, 分析步骤如下: 首先, 对表征区域经济增长的和资源利用的数据序列进行单位根检验, 进行单位根检验主要有 ADF 和 KPSS 检验法。若 $\ln GDP$ 和 $\ln RU$ 序列都是 $I(0)$ 或 $I(1)$ 过程, 我们就可以通过方程 (1) 和 (2) 对二者的协整检验关系进行 ARDL 边界检验分析。

$$\begin{aligned} \Delta \ln GDP_t = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_{1i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \\ & \sum_{i=0}^n \alpha_{2i} \Delta \ln RU_{t-i} + \alpha_3 \Delta \ln GDP_{t-1} + \\ & \alpha_4 \Delta \ln RU_{t-1} + \mu_t \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln RU_t = & \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} \Delta \ln RU_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{2i} \\ & \Delta \ln GDP_{t-i} + \beta_3 \Delta \ln RU_{t-1} + \\ & \beta_4 \ln GDP_{t-1} + \mu_t \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $\ln GDP_t$, $\ln RU_t$ 分别表示实际 GDP 和 DMI 的自然对数值, 相应的, $\Delta \ln GDP_t$, $\Delta \ln RU_t$ 分别表示二者差分值; α_1 、 α_2 、 β_1 、 β_2 代表了短期动态关系, α_3 、 α_4 、 β_3 、 β_4 代表了协整关系或长期动态关系。

ARDL 边界检验过程中, 方程 (1)、(2) 协整关系的原假分别设为 $\alpha_3 = \alpha_4 = 0$, $\beta_3 = \beta_4 = 0$ 备份假设分别为 $\alpha_3 \neq \alpha_4 \neq 0$, $\beta_3 \neq \beta_4 \neq 0$ 。边界检验使用 F 统计量进行联合显著性检验, 方程 (1)、(2) F 检验式分别表示为 $F_{GDP}(GDP|RU)$, $F_{RU}(RU|GDP)$ 。如果接受原假设, 意味着能不存在协整关系, 反之接受备份假设, 意味着存在协整关系。一旦确定变量间存在协整关系后, 可以进一步通过自回归分布滞后模

型(ARDL)进行变量间的长期和短期关系进行分析。本文基于方程(3)和(4)对经济增长与资源利用的长期效应进行分析。

$$\ln GDP_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_{1i} \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{2i} \ln RU_{t-i} + \mu_t \quad (3)$$

$$\ln RU_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} \ln RU_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{2i} \ln GDP_{t-i} + \mu_t \quad (4)$$

同时,基于方程(5)和(6)中误差修正机制对经济增长与资源利用的短期效应和因果关系进行分析。

$$\Delta \ln GDP_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_{1i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{2i} \Delta \ln RU_{t-i} + ECT_{t-1} + \mu_t \quad (5)$$

$$\Delta \ln RU_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} \Delta \ln RU_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + ECT_{t-1} + \mu_t \quad (6)$$

滞后阶数由信息准则(AIC或SBC)判定,式中 ECT_{t-1} 表示滞后的误差修正因子(Error Correction Term, ECT)。解释变量的F统计量联合显著性检验表征短期因果关系, ECT_{t-1} 系数的显著性t-检验表征长期因果关系。

2 铜陵市资源投入分析

铜陵市位于安徽省中南部,长江中下游南岸,占地面积1113 km²。铜陵市因铜、硫、铁、金等矿产资源丰富而得名,以矿产采掘加工为其主要工业支柱产业,是我国重要的资源型城市。2008年铜陵市全年实现生产总值325.31亿元,其中第二产业产值比重67.1%,同时,当年采掘加工化石燃料合计571.19万t,建筑矿物合计526.6万t,金属矿物合计690.15万t。巨大的资源消耗同时也给铜陵市带来了较为严峻的环境压力,如何协调好资源利用和经济发展将关系到铜陵市的可持续发展。

应用物质流分析方法对铜陵市1990~2008年资源投入及利用情况进行分析,结果表明,自1990年起铜陵市DMI呈上升的趋势,至2008年已达19.80×10⁶t,是1990年的2.75倍左右(图1)。期间本地采掘(DE)、区外进口(Imports)两个组成部分均呈增长趋势。其中,本地采掘增幅较大,达3.7倍,区外进口增长了约2.5倍左右。19a来铜陵市资源投入的结构并未发生大幅变化,本地采掘占直

接物质投入的比重基本维持在40%左右;而区外物质的输入始终在铜陵市社会经济发展中占据重要地位,其中能源和矿产资源进口量保持较稳定的增长速度。结合相对“脱钩”、“复钩”评价理论,分析铜陵经济增长GDP与资源投入DMI间评价指数,发现19a间二者均保持较高的增长速度,2000~2005年期间,铜陵市资源投入平均增长率14.8%,略高于同期GDP 14.6%的平均增长率,这期间处于扩张性“复钩”阶段,反映出了铜陵市资源生产水平。为此,研究将进一步通过计量经济模型,辨析二者的因果关系以及资源利用与经济增长间弹性系数。

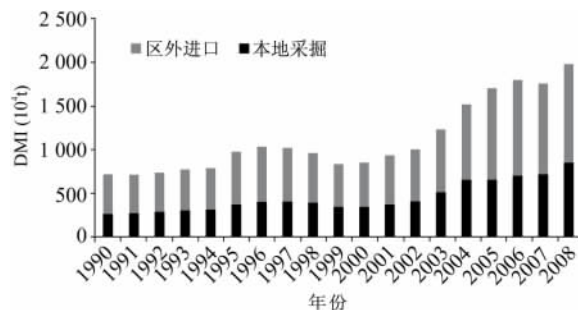


图1 1990~2008年铜陵市直接物质投入组成
Fig. 1 Composition of DMI in Tongling During the Period of 1990~2008

3 实证分析结果与讨论

3.1 平稳检验

在进行ARDL的边界协整检验之前,首先要对变量的平稳性进行检验,并确定其单整的阶数。尽管ARDL对变量协整关系的边界检验并不需要变量同阶单整,但由于Pesaran^[39]对边界检验的F统计值是基于假定变量是I(0)或I(1)计算获得,因此应用ARDL方法仍有一定的前提,那就是变量单整阶数不能超过1,否则判断存在协整的F检验将失效。因此,必须先对变量的单位根进行检验。表1列出了ADF和KPSS方法的检验结果。

ADF检验结果表明,lnGDP序列在两种模型(包含趋势项、不含趋势项)设定中都是非平稳的,其一阶差分序列是平稳的。KPSS检验发现,lnGDP水平序列在不含趋势项的模型设定中是非平稳的,而一阶差分序列在两种模型设定中均是平稳的。对于lnRU序列,KPSS检验发现,水平序列在两种模型设定中都是非平稳的,一阶差分序列均是平稳的。ADF检验发现,水平序列均是非平稳的,一阶差分序列在含趋势项的模型设定中,5%的显著性水平下是

平稳的。综合 2 种单位根检验方法, $\ln GDP$ 和 $\ln RU$ 序列是单整的 $I(1)$ 过程, 可以适用 ARDL 方法。

表 1 单位根检验

Tab. 1 Unit Root Test Results

变量	ADF 检验		KPSS 检验	
	No Trend	Trend	No Trend	Trend
$\ln GDP$	-0.526 7	-1.826 0	0.589 4**	0.068 4
$\Delta \ln GDP$	-5.241 9***	-4.717 6**	0.085 7	0.064 7
$\ln RU$	-0.304 4	-1.973 6	0.517 2**	0.125 9*
$\Delta \ln RU$	-2.468 8	-4.887 5**	0.148 4	0.072 5

注: (1) ADF 检验, PP 检验: H_0 = 序列存在单位根; KPSS 检验: H_0 = 序列是平稳; (2) “***”, “**”, “*” 分别表示 1%, 5%, 10% 的显著性水平。

3.2 ARDL 边界协整检验

基于方程(1)和(2)运用 ARDL 边界检验方法检验两序列的协整关系的存在性。首先, 对方程(1)和(2)进行估计时, 一般依据赤池信息准则(AIC)或施瓦茨贝叶斯准则(SBC)确定两变量一阶差分序列的合适滞后阶数。本文采用 SBC 准则, 确定序列最优滞后阶数为 3。确定滞后阶数后, 第 2 步根据方程(1)和(2)的 F 检验判定序列的协整关系的存在性, 检验结果为表 2。

表 2 协整检验

Tab. 2 Bounds F -test for Cointegration

检验式	F -检验值	10%临界值		5%临界值		1%临界值	
		$I(0)$	$I(1)$	$I(0)$	$I(1)$	$I(0)$	$I(1)$
$F_{GDP}(GDP RU)$	6.007 **						
		4.042	4.788	4.934	5.764	7.057	7.815
$F_{RU}(RU GDP)$	0.716						

注: 边界检验的临界值来源 Pesaran(2001), “**” 表示 5% 的显著性水平。

从表中可以看出, $F_{GDP}(GDP|RU)$ 统计量明显高于 5% 显著性水平下的临界值, 表明实际 GDP 作为响应变量时, 两序列存在着协整关系。而 $F_{RU}(RU|GDP)$ 统计量明显低于 10% 显著性水平下的临界值。为此, 说明了两序列间仅有一个协整矩阵。根据这一检验结果, 进而估计对应方程(3)和(5)。

3.3 ARDL 模型分析

根据变量间存在的协整关系, 通过方程(3)和(5)估计资源利用对经济增长的长期效应和短期效应, 分析结果分别见表 3 和表 4。

ARDL 模型的回归结果有一个比较高的拟合优度, 资源利用可以解释经济增长 95% 以上。残差

进行 J-B 正态性检验、序列相关 LM 检验、White 异方差检验, 结果表明残差是平稳的、正态的, 不存在自相关与异方差, 因此回归结果是可靠的。分析模型的回归结果可知, 在 1% 的显著性水平上, 资源利用的系数是显著的, 并且其系数符号与经济理论是相符的。从长期弹性系数的绝对值大小来看, 资源利用对经济增长有较大贡献, 资源利用每增长 1%, 将使 GDP 增长 2.4% 左右。

表 3 长期弹性系数分析

Tab. 3 Estimated Long-run Coefficients for the ARDL Model

	回归元	系数 [标准差]	T-比率 [P-值]
ARDL (1, 0), $\ln GDP$ 为被解释 变量	$\ln RU$	2.366 8 [0.438 8]	5.394 4 [0.000]
	Intercept	-19.965 5 [6.670 4]	-2.993 1 [0.010]
模型诊断与 分析	检验量	统计值	p-值
	Serial correlation	2.0813	0.149
	Normality	3.6767	0.159
	Heteroscedasticity	1.7465	0.186

表 4 是短期动态关系的回归结果。从表 4 可以看出, $\Delta \ln RU$ 在 1% 显著性水平下是显著的, 其符号与表 3 中一致。误差修正因子 $ECM(-1)$ 在 5% 水平上显著, 系数约为 0.06, 且有正确的符号(负号)。误差修正因子系数绝对值越大, 表明系统受到冲击以后, 向均衡回复的速度越快。由此说明, 当受到一个外部冲击后, 系统会以 6% 左右的速度向长期均衡调整。

表 4 短期弹性系数分析

Tab. 4 Estimated Short-run Coefficients for the Error-correction Representation Model

	回归元	系数	标准差	T-比率
$\Delta \ln GDP$ 为被 解释变量	$\Delta \ln RU$	0.134 9	0.045 6	2.960 1 [0.010]
	Δ Intercept	-1.137 9	0.443 0	-2.568 7 [0.022]
	$ecm(-1)$	-0.057 0	0.022 9	2.486 0 [0.026]

$$ecm = \ln GDP - 2.366 8 * \ln RU + 19.965 5 * Intercept$$

边界协整检验仅表明了资源利用和经济增长间存在着长期均衡关系, 需要通过误差修正机制来检验二者因果关系方向和类型。因果检验中, 解释变量的 F 统计量联合显著性检验表征短期因果关系, $ECT_t - 1$ 系数的显著性 t -检验表征长期因果关系。表 5 因果关系检验表明, 经济增长为响应变量时, F -检验和 t -检验均达到 5% 显著性水平以上。

检验结果说明,资源利用到经济增长存在着短期和长期的因果关系。

表 5 因果关系检验

Tab. 5 Results of Granger Causality F -tests

变量	F -检验		t -检验 ECT_{t-1}
	$\sum \Delta \ln GDP_{t-1}$	$\sum \Delta \ln RU_{t-1}$	
$\Delta \ln GDP_t$	—	8.762 2 [0.010]	-2.486 0 [0.026]
$\Delta \ln RU_t$	3.579 0 [0.081]	—	—

4 结论与建议

本文主要应用 ARDL-ECM 模型尝试对铜陵市 1990~2008 年期间经济增长和资源投入的动态关系开展了实证分析。首先应用物质流分析方法考察了铜陵市 1990~2008 年间物质投入,重点分析了衡量区域资源投入的关键指标—直接物质投入(DMI),以及其组成和结构。在边界协整检验的基础上,通过 ARDL-ECM 模型揭示资源利用对经济增长的长期效应和短期效应,同时通过误差修正机制揭示经济增长和资源利用之间的因果关系。研究结果表明资源投入和经济增长之间存在长期稳定的均衡关系,二者之间有着正向的关系。研究有力支撑了资源是铜陵经济增长的关键因素这一观点,即资源利用对铜陵的经济增长有着正向的因果影响。

资源利用与区域经济增长关系的研究结论对铜陵市的经济增长和资源保护战略均具有重要政策的指导。资源利用到经济增长的单向因果关系表明,由于铜陵市是典型工矿型城市,资源供应短缺将会一定程度阻碍区域经济产出。而保障资源供给是保持区域当前经济增长的必要条件,为此,在本地铜矿资源日益紧张的形势下,铜陵市应当保持资源进口增长,以维持区域经济的稳定发展。另一方面,区域经济产出不单关系到资源等要素投入量,同时还关系到资源等要素的生产率。目前铜陵市以自然资源初级开发加工为主的产业占工业总产值比重较大,约为 47% 左右,产业附加值普遍偏低。为此需要充分利用自身的资源优势和设备优势,优化产业结构,增加高附加值产业在全市产业结构中的比重,推动铜资源等主导产业为核心的“产业链延伸化、加工技术纵深化、附加值提高化”的建设。同时依靠科技进步,发展循环经济,依托清洁生产技术加强污染物排放控制和管理。在铜加工、电子材料、纺织、建材和精细化工五大产业间探索和构建高效的循环经济模

式,提高资源的循环利用率 and 综合利用率,提高科技进步对经济增长的贡献率。

综上所述,本文对铜陵市资源投入和经济增长的动态关系进行了全面细致的观察和分析,拓展了以往相关研究对能源消费与经济增长因果关系的研究。尽管本研究的发现是面向铜陵市的经济、社会等方面特征和规律;但是研究提出了两点创新,即通过物质流分析中直接物质投入指标来表征区域资源投入,同时结合最新的 ARDL 计量经济模型来研究资源与经济增长的方法具有普适性,可以适用于其他地区关于资源利用和经济增长的问题的讨论和研究。

参考文献:

- [1] 恩德斯著.应用计量经济学:时间序列分析[M].(第二版).杜江,谢志超译.北京:高等教育出版社,2006.
- [2] ADRIAANSE A, BRINGEZUS, HAMMOND A, et al. Resource flows: the material basis of industrial economies[M]. World Resources institute report, 1997, World Resources Institute, Wuppertal Institute, Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning, and Environment, Japans National Institute for Environmental Studies; Washington, DC.
- [3] MATTHEWS E, AMANN C, BRINGEZU S, et al. The weight of nations: Material outflows from industrial economies[M]. Washington DC: World Resaruces Institute Report, 2000.
- [4] WERNICK I K, AUSUBEL J H. National material flows and the environment[M]. Annual Review of Energy and Environment, 1995, 20: 463~492.
- [5] BRINGEZU S, SCHUTZ H. Material use indicators for the European Union, 1980—1997, Economy-wide material flow accounts and balances and derived indicators of resource use[M]. Eurostat Working Papers 2/2001/B/2, 2001.
- [6] BRINGEZU S. International comparison of resource use and its relation to economic growth: The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR[J]. Ecological Economics, 2004, 51(1-2): 97~124.
- [7] EUROSTAT. Economywide material flow accounts and derived indicators—A Methodological Guide[M]. Statistical Office of the European Union; Luxembourg, 2001.
- [8] EUROSTAT. Material use in the European Union 1980—2000: Indicators and analysis[M]. Luxembourg: Statistical Office of the European Union, 2002.
- [9] XU M, ZHANG T, Allenby B. How Much Will China Weigh? Perspectives from Consumption Structure and Technology Development[J]. Environmental Science & Technology, 2008, 42(11): 4 022~4 028.
- [10] 刘敬智, 王 青. 中国经济的直接物质投入与物质减量分析[J]. 资源科学, 2005, 27(1): 46~51.
- [11] XU M, ZHANG T. Material flows and economic growth in developing China[J]. Journal of Industrial Ecology, 2007, 11(1): 121~40.
- [12] 王 青, 刘敬智, 顾晓薇, 等. 中国经济系统的物质消耗分析[J]. 资源科学, 2005, 27(5): 2~7.

- [13] 孙启宏,李艳萍,段 宁,等. 基于 EW-MFA 方法的我国 1990~2003 年资源利用与环境影响特征研究[J]. 环境科学研究,2007,20(1):108~113.
- [14] 陈效迷,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.
- [15] 陈效迷,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.
- [16] 王 远,吴小庆,张 蓓,等. 基于物质流分析的资源型城市物质可持续利用研究——以铜陵市为例[C]//中国环境科学研究院. 环境经济进展(第一卷). 北京:中国环境科学出版社,2009:148~150.
- [17] EROL U, YU E S H. On the causal relationship between energy and income for industrialized countries[J]. Journal of Energy and Development, 1987, 3(13): 113~122.
- [18] HONDROYIANNIS L G S, Papapetrou E. Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece[J]. Energy Economics, 2002, 24(4): 319~336.
- [19] LEE C C. The causality relationship between energy consumption and GDP in G-11 countries revisited[J]. Energy Policy, 2006, 34(9): 1 086~1 093.
- [20] OH W, LEE K. Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: The case of Korea 1970—1999[J]. Energy Economics, 2004, 26(1): 51~59.
- [21] SOYTAS U, SARI R. The relationship between energy and production: Evidence from Turkish manufacturing industry[J]. Energy Economics, 2007, 29(6): 1 151~1 165.
- [22] 林伯强. 电力消费与中国经济增长: 基于生产函数的研究[J]. 管理世界, 2003(11): 18~27.
- [23] 韩智勇,魏一鸣,焦建玲,等. 中国能源消费与经济增长的协整性与因果关系分析[J]. 系统工程, 2004, 22(12): 17~21.
- [24] 刘 星. 能源对中国经济增长制约作用的实证研究[J]. 数量统计与管理, 2006, 25(4): 443~447.
- [25] 王 远,陈 洁,周 婧,等. 江苏省能源消费与经济增长耦合关系研究[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(9): 979~984.
- [26] 王 远,周 婧,王义琛,等. 江苏省资源消费与经济增长的协整分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(5): 157~162.
- [27] PESARAN M, SHIN Y. An autoregressive distributed lag modeling approach to cointegration analysis[M]//STROM S. Econometrics and economic theory in the 20th Century: The ragnar frisch centennial symposium. Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
- [28] CHANDRAN V G R, SHARMA S. Electricity consumption-growth nexus: The case of Malaysia[J]. Energy Policy, 2010, 38(1): 606~612.
- [29] NARAYAN P K, SMYTH R. Electricity consumption, employment and real income in Australia evidence from multivariate Granger causality tests[J]. Energy Policy, 2005, 33(9): 1 109~1 116.
- [30] ODHIAMBO N M. Energy consumption and economic growth nexus in Tanzania: An ardl bounds testing approach[J]. Energy Policy, 2009, 37(2): 617~622.
- [31] SARI R, EWING B T. The relationship between disaggregate energy consumption and industrial production in the United States: An ARDL approach[J]. Energy Economics, 2008, 30(5): 2 302~2 313.
- [32] ZACHARIADIS T. Exploring the relationship between energy use and economic growth with bivariate models: New evidence from G-7 countries[J]. Energy Economics, 2007, 29(6): 1 233~1 253.
- [33] PESARAN M, SHIN Y, SMITH R. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships[J]. Journal of Applied Econometrics, 2001, 16(3): 289~326.

EXPLORING RESOURCES USE AND ECONOMIC GROWTH RELATIONSHIP FOR TONGLING CITY OF ANHUI PROVINCE

WANG Yuan, WANG Yi-Chen, ZHOU Jin, WANG Fang, ZHU Xiao-dong, LU Gen-fa

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Relationship between resource use and economic growth is the important field of resources and environmental economics studies. The paper attempts to integrate Material Flow Analysis (MFA) approach and the newly developed autoregressive distributed lag (ARDL)-bounds testing approach to examine the relationship between resource use and real GDP for Tongling City of Anhui Province, during the period of 1990~2008. The direct material input (DMI), one of sub-accounts of MFA, is also used as the proxy variable of resource use. The results of the bounds test indicate that a long-run cointegration relationship exists between the proxy of resource use and the explanatory variable: economic growth. The long-run parameters are estimated through a long-run static solution of the estimated ARDL model, and then the short-run dynamics are estimated by the error correction model. The study also indicates the existence of short-run and long-run causality running from resource use to economic growth. The findings imply that resource use is a stable forcing variable for economic growth in Tongling City. The estimation results are also of policy implication on economic development and resource conservation strategies for Tongling City.

Key words: economic growth; resource use; material flow analysis; autoregressive distributed lag; Tongling City