

碳排放与经济增长互动关系的实证研究

——以武汉市为例

田云^{1,2},张俊飏^{1,2}

(1. 华中农业大学 经济管理学院,湖北 武汉 430070;2. 湖北农村发展研究中心,湖北 武汉 430070)

摘要 准确把握碳排放与经济增长间的关系,对于科学构建碳减排政策体系无疑具有重要的理论与实践意义。运用协整、误差修正模型及 Granger 因果检验,采用武汉市 1994—2009 年经济增长数据与碳排放量数据,研究碳排放与经济增长间的关系。结果表明:长期来看,碳排放与经济增长之间存在长期均衡关系,GDP 增加 1%,碳排放增加 0.407%;在短期内,二者存在着动态调整机制,当碳排放偏离长期均衡时,将以 52.93% 的力度调整至均衡状态;总体而言碳排放与经济增长之间互为因果关系。

关键词 经济增长;碳排放;协整;误差修正模型;格兰杰因果检验

中图分类号:F 206 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2013)01-0118-04

伴随着全球气候变暖趋势进一步加剧,越来越多的国家关注经济发展与资源、环境以及碳排放之间的关系。作为全球最大的发展中国家,我国经济发展取得了举世瞩目的成就,但在经济高速增长的同时,也引发了以二氧化碳为代表的温室气体排放的加剧。探寻一条适合我国国情的碳减排道路就显得十分重要,而掌握碳排放与经济发展之间的演变规律则是科学制定碳减排政策的重要前提。

国内外学者就碳排放与经济增长间的互动关系展开了深入研究,并取得了一些极具代表性的成果。赵丽霞等利用 Cobb-Douglas 生产函数,揭示了中国能源与经济增长之间存在的相关性,表明能源已成为中国经济增长过程中不可完全替代的限制性生产要素^[1]。李中才等通过研究发现 GDP 与总生态足迹、耕地足迹、能源足迹之间存在协整关系,而与草地足迹、林地足迹、建筑足迹、水域足迹不存在协整关系,证明我国经济增长方式属于资源、能源消耗型^[2]。张秀梅等对江苏省碳排放强度与经济发展间的关系展开了研究,发现其碳排放强度总体与经济发展水平呈正相关,与人均 GDP 呈倒 U 型曲线关系,曲线的拐点在 2.0~2.1 万元/人^[3]。虞义华等基于我国 29 个省市自治区 1995—2007 年的面板数据,分析了二氧化碳排放强度同经济发展水平及产

业结构之间关系,研究表明碳强度同人均 GDP 之间存在“N”形关系,第二产业比重同碳排放强度存在正相关关系^[4]。张丽峰则就我国产业结构、能源结构与碳排放的关系展开了研究,结果表明我国产业结构“二三一”的类型和以煤炭为主的能源结构决定了二氧化碳排放总量逐年增加,而近几年来产业能源利用率的下降将不利于我国节能减排目标的实现,产业节能减排任重道远^[5]。李波等通过对我国农业碳排放与人均 GDP 的 EKC 检验发现,倒 U 型曲线关系明显,且出现转折点的临界值是当人均 GDP 为 20 899 元^[6]。Sajal 以印度为例,运用协整理论与因果分析方法就该国碳排放与经济增长间的关系展开了研究,结果表明二者之间既不存在长期均衡关系,也不存在长期因果关系,但在短期内却存在双向因果关系,短期内碳排放量的减少会导致国民收入的降低^[7]。

碳排放与经济增长关系的研究,现有文献集中于 2 个方面:一是碳排放强度与产业结构间的关系;二是基于 EKC 理论的碳排放强度与经济发展水平(人均 GDP)间的关系,对碳排放与经济发展间的互动关系关注较少。武汉市作为华中地区中心城市,湖北经济发展龙头城市以及国家“两型社会”综合配套改革试验区,理应加快碳减排步伐。本文将以此

收稿日期:2012-09-15

基金项目:国家自然科学基金“气候框架公约下农业碳排放的增长机理及减排政策研究”(71273105);湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队“农业资源与环境经济问题研究”(T201219);中央高校基本科研业务费专项基金“农业废弃物利用与产业可持续发展的联动机制研究”(2012RW002)。

作者简介:田云(1986-),男,博士研究生;研究方向:资源与环境经济学。E-mail:tianyun1986@163.com

汉市为例,运用协整、误差修正模型及 Granger 因果检验,对碳排放与经济增长的互动关系展开研究。

一、变量选择及数据来源

利用武汉市 1994—2009 年的统计数据,采用协整的实证分析方法,利用 EG 两步法检验碳排放与经济增长之间的长期协整关系,再利用误差修正模型考察碳排放与经济增长的长期均衡是否存在短期修正效应,最后对两变量做格兰杰因果关系检验。主要选取以下变量:

(1)碳排放量(CO₂)。目前,相关统计年鉴、统计公报并未涉及武汉市历年的碳排放情况,本文借鉴田云等所测算的武汉市历年碳排放数据^[8]。

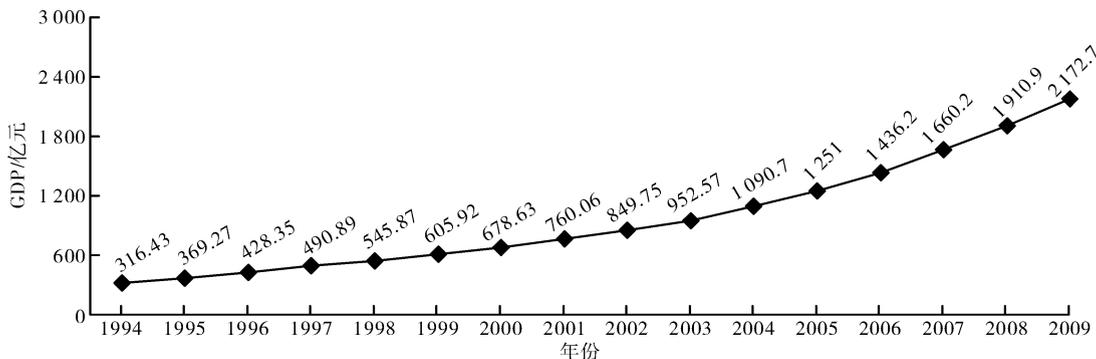


图 1 武汉市 1994—2009 年国内生产总值变化情况(按 1990 年不变价)

二、实证分析

1. 单位根检验

在检验碳排放与经济增长的协整关系之前,首先运用 ADF 单位根检验方法对两个序列进行平稳性检验。利用 Eviews5.0 软件中的 ADF 检验对序列 LCO₂ 和 LGDP 进行单位根检验,并根据 AIC 准则进行自动判定滞后阶数。ADF 检验结果如表 1 所示。

表 1 武汉市碳排放与经济增长变量的 ADF 单位根检验结果

变量	统计值	临界值	检验采取形式	结果
LCO ₂	-2.960	-3.363*	(C,T,2)	非平稳
LGDP	-3.093	-3.388*	(C,T,3)	非平稳
Δ(LCO ₂)	-1.792	-2.690*	(C,0,0)	非平稳
Δ(LGDP)	-0.817	-1.604*	(0,0,0)	非平稳
Δ(LCO ₂ ,2)	-3.819	-3.120**	(C,0,0)	平稳
Δ(LGDP,2)	-2.318	-1.971**	(0,0,0)	平稳

注: *、** 分别表示在 10% 和 5% 水平下显著。

由表 1 可知,时间序列 LCO₂、LGDP 的 t 统计量相应的概率值大于 10%,由此可认定序列 LCO₂ 和 LGDP 是非平稳的;序列 ΔLCO₂、ΔLGDP 的 t 统计量相应的概率值也大于 10%,可认为原序列在经

(2)经济增长(GDP)。GDP 虽然不能反映社会问题及其变化状态、不能反映经济增长成本,但仍是衡量经济增长最为有效的指标。鉴于此,选择武汉市 GDP 作为经济增长的替代变量。另外,为剔除价格波动的影响,在参照武汉市历年名义 GDP 总量的基础上,根据武汉市国内生产总值指数将当年 GDP 调整为以 1990 年为基期的实际 GDP。武汉市历年国内生产总值及产值指数数据均来源于《武汉统计年鉴 2010》。1994—2009 年武汉市经济增长时间序列见图 1。

为了减少波动,消除数据中可能出现的异方差,对碳排放量和实际国内生产总值分别取自然对数,记为:LCO₂ = ln(CO₂); LGDP = ln(GDP)。

过一阶差分后仍呈现非平稳特征;序列 Δ(LCO₂,2)、Δ(LGDP,2)的 t 统计量相应的概率值小于 5%,可认为原序列 LCO₂、GDP 在经过二阶差分后表现平稳,所以均为二阶单整序列。

2. 协整关系检验

时间序列 LCO₂、LGDP 是非平稳的二阶单整序列,为避免伪回归,需要对碳排放和经济增长两变量时间序列进行回归分析。在对 LCO₂、LGDP 两二阶单整序列进行回归分析前,有必要进行协整检验。因变量为碳排放,自变量为经济增长的协整回归方程为:

$$LCO_2 = 4.944 + 0.391LGDP + \epsilon_1$$

(15.579) (8.297) (1)

$$R^2 = 0.831; DW = 0.380; F = 68.840$$

由于 D-W 统计量比较小,表明残差序列可能存在自相关。通过 LM 检验可以检验回归方程中残差序列是否存在自相关(表 2)。

表 2 残差序列自相关的 LM 检验结果

F 统计量	21.270	概率	0.000
Obs * R ²	12.480	概率	0.002

LM 检验结果显示:Obs * R² 统计量=12.480,相

应的概率值为 0.002,远小于检验水平 $\alpha=0.05$,可认为方程(1)OLS 估计所得的残差序列存在自相关。

考虑加入适当的滞后项,得到 LCO_2 和 $LGDP$ 的分布滞后模型:

$$\begin{aligned} LCO_2 = & 2.1598 + 3.514GDP + 0.469LCO_{2(t-1)} - \\ & (2.662) \quad (2.998) \quad (2.630) \\ & 3.298LGDP_{(t-1)} + \epsilon_t \\ & (-2.920) \end{aligned} \quad (2)$$

$$R^2 = 0.964; DW = 1.070; F = 97.296$$

加入滞后项残差序列自相关的 LM 检验结果见表 3,表 3 显示; $Obs * R^2$ 统计量=5.328,相应的概率值 $p=0.070$,大于检验水平 $\alpha=0.05$,因此,可以认为估计方程(2)OLS 估计所得到的残差序列不存在自相关。利用上式求出 LCO_2 和 $LGDP$ 的长期关系; $LCO_2 = \beta LGDP + \epsilon_t$,其中, $\beta=0.407$,即碳排放对经济增长的长期弹性为 0.407。

表 3 残差序列自相关的 LM 检验结果(加入滞后项)

F 统计量	2.479	概率	0.139
$Obs * R^2$	5.328	概率	0.070

因此, LCO_2 与 $LGDP$ 的长期关系为:

$$LCO_2 = 0.4070GDP + \epsilon_t \quad (3)$$

对式(3)残差项 ϵ_t 进行单位根检验,结果见表 4。

表 4 残差序列 ADF 单位根检验结果

变量	ADF 检验统计量	1%临界值	5%临界值	10%临界值	结论
ϵ_t	-3.204	-2.792	-1.978	-1.602	平稳

3. 误差修正模型构建

协整检验结果证明碳排放增长与经济发展存在长期稳定的均衡关系,但是这种均衡关系是否构成因果关系,还需要进一步验证。为了考察两变量之间的短期动态关系,常用 ECM 模型估计,用 ΔLCO_2 和 $\Delta LGDP$ 分别表示 LCO_2 和 $LGDP$ 的一阶差分序列。以 LCO_2 为因变量, $LGDP$ 为自变量,进行最小二乘回归,可得到回归系数 0.391,则误差修正项定义为:

$$ECM = LCO_{2(t-1)} - 0.391LGDP_{(t-1)} \quad (4)$$

再利用 Eviews5.0 软件 OLS 方法估计得到如下误差修正模型:

$$\begin{aligned} \Delta LCO_2 = & 2.319 + 2.675\Delta LGDP - 0.529ECM_{t-1} \\ & (4.606) \quad (3.443) \quad (-4.956) \end{aligned} \quad (5)$$

$$R^2 = 0.719; DW = 2.368; F = 14.054; LM(2) = 0.826$$

式(5)误差修正项系数 t 统计量在 1%水平上显著,模型 F 统计量显著。LM 检验结果显示; $Obs * R^2$ 统计量=0.825,相应的概率值 $P=0.662$,大于检验水平 $\alpha=0.05$ 。因此,可认为 ECM 模型残

差序列不存在自相关,模型整体效果比较好。

式(5)说明短期碳排放量的增长在受到前一期非均衡程度影响的同时,也受到经济发展短期变动的影响(系数值为正,其通过显著性检验)。利用模型(5)可对碳排放的短期变动进行分析,碳排放短期变动可分为 2 个部分:一部分是由本期 GDP 变动的影响,另一部分是前一期碳排放偏离长期均衡关系的影响。GDP 增加一个单位,本年度碳排放同方向增加 2.675 个单位,即碳排放对经济增长的短期弹性为 2.675;上年度非均衡误差以 52.93%的比率对本年度碳排放增量做出修正,这种修正力度较大,能够保证碳排放与经济增长存在长期均衡关系。

4. Granger 因果关系检验

协整检验结果证明了碳排放与经济增长之间存在长期稳定的均衡关系,但这种长期均衡关系究竟是经济增长引进碳排放的结果,还是碳排放引进经济增长的结果,它们之间是否构成因果关系,仍需进一步检验。为此,引入格兰杰因果关系检验法对 LCO_2 和 $LGDP$ 进行检验。格兰杰因果关系检验实质上是检验一个变量的滞后变量是否可以引入到其他变量的方程中^[9]。分别取滞后期为 1、2、3、4 对 LCO_2 和 $LGDP$ 进行格兰杰因果关系检验,结果见表 5。

表 5 基于不同滞后长度的格兰杰因果关系检验结果

原假设 滞后阶	LCO_2 不是 $LGDP$ 的 Grange 原因		$LGDP$ 不是 LCO_2 的 Grange 原因	
	F	Pro.	F	Pro.
1	9.223	0.010	1.194	0.296
2	1.031	0.395	3.255	0.086
3	1.108	0.416	2.639	0.144
4	5.761	0.091	8.295	0.057

检验结果表明:在滞后 1 阶时,在 5%的置信水平下能够拒绝原假设“ LCO_2 不是 $LGDP$ 的 Grange 原因”,在滞后 4 阶时,原假设也能够 10%的显著性水平下被拒绝;另外,滞后 2 阶时,在 10%的置信水平下能够拒绝原假设“ $LGDP$ 不是 LCO_2 的 Grange 原因”,在滞后 4 阶时,原假设也能在 10%的显著性水平下被拒绝。因此,可大致认为 LCO_2 和 $LGDP$ 存在 Granger 双向因果关系。

三、结论与讨论

经过碳排放与经济增长互动关系的计量分析,可得出以下结论:

(1)从长期来看,碳排放与经济增长之间存在长

期均衡关系, GDP 增加 1%, 碳排放则增加 0.407%, 即碳排放对经济增长的长期弹性为 0.407。

(2) 从短期误差修正模型来看, 碳排放对经济增长的短期弹性为 2.675, 二者存在着动态调整机制; 误差修正系数(-0.529 3) 为负, 调整方向符合误差修正机制, 反映了碳排放偏离长期均衡关系的调整力度: 当碳排放偏离长期均衡时, 将以 52.93% 的力度调整至均衡状态。

(3) 通过 Granger 因果关系检验可知, 滞后长度为 1、2 时, 分别存在碳排放到经济增长和经济增长到碳排放的单项因果关系; 滞后长度为 4 时, 存在碳排放和经济增长的双向因果关系, 因此可大致认为碳排放与经济增长互为因果关系。

当前我国经济增长模式仍以粗放式为主, 在经济快速增长的同时也伴随着碳排放量的大幅上升, 经济增长也由此成为了碳排放增加的主要驱动因素。限于数据的可获取性, 本文也存在着一些局限性, 如所引入的碳排放数据与实际值仍存在一定距离; 虽验证了经济增长对碳排放的驱动性效应, 但对导致这一现象出现的深层次原因缺乏必要了解等, 这些不足仍有待进一步展开研究。

参 考 文 献

- [1] 赵丽霞, 魏巍贤. 能源与经济增长模型研究[J]. 预测, 1998, 6(6): 32-34.
- [2] 李中才, 王广成, 关晓吉. 中国生态足迹与经济增长的协整与误差修正[J]. 资源科学, 2008, 12(2): 262-266.
- [3] 张秀梅, 李升峰, 黄贤金, 等. 江苏省 1996—2007 年碳排放效应及时空格局分析[J]. 资源科学, 2010, 12(4): 768-775.
- [4] 虞义华, 郑新业, 张莉. 经济发展水平、产业结构与碳排放强度——中国省级面板数据分析[J]. 经济理论与经济管理, 2011, 12(3): 72-81.
- [5] 张丽峰. 我国产业结构、能源结构和碳排放关系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 12(5): 1-7.
- [6] 李波, 张俊飏, 李海鹏. 中国农业碳排放与经济发展的实证研究[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(12): 8-13.
- [7] SAJAL G. Examining carbon emissions economic growth nexus for India: a multivariate cointegration approach[J]. Energy Policy, 2010(38): 3008-3014.
- [8] 田云, 李波, 张俊飏. 武汉市碳排放的测算及影响因素分解研究[J]. 地域研究与开发, 2011, 30(5): 88-92.
- [9] 李平, 张俊飏. 中国财政科技投入与林业经济增长互动关系的实证研究[J]. 中国科技论坛, 2011(9): 134-138.

Empirical Study on Interactive Relationship between Economic Growth and Carbon Emissions

——A Case Study in Wuhan

TIAN Yun^{1,2}, ZHANG Jun-biao^{1,2}

(1. College of Economics & Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei, 430070; 2. Hubei Rural Development Research Center, Wuhan, Hubei, 430070)

Abstract Accurately grasping the long-term equilibrium relationship between carbon emissions and economic growth is of great importance to scientifically construct carbon emissions reduction policy system both in theory and practice. This paper studies the relationship between carbon emissions and economic growth by using co-Integration theory, Error Correction Model, Granger causality test and economic growth data and carbon emission data in Wuhan between 1994 and 2009. The result shows that in the long term, there exists equilibrium relationship between carbon emissions and economic growth, when economic growth increases by 1%, carbon emissions will increase by 0.407%, While in the short term, there exists dynamic adjustment mechanism between carbon emissions and economic growth, when carbon emissions deviate from long-term equilibrium, it will adjust to equilibrium with 52.93% strength. Granger causality test shows that in general there exists mutual causal relationship between carbon emissions and economic growth.

Key words economic growth; carbon emission; co-integration; Error Correction Mode; Granger causality test

(责任编辑: 金会平)