

基于 VAR（向量自回归）模型的我国碳排放与经济增长关系的动态分析^{*}

闵继胜，胡 浩

（南京农业大学，南京 210095）

摘 要：本文运用 VAR 分析方法，考察了我国 1994 - 2007 年碳排放量与经济增长之间的动态演进关系。研究结果显示：1. 经济增长是碳排放量增加的主要原因，人均碳排放量变化却不是引起人均收入变化的原因；2. 经济增长导致碳排放量上升，而碳排放量的增加反过来会抑制经济增长速度，但其影响存在一定的滞后期；3. 方差分解结果表明人均 GDP 能解释人均碳排放量预测方差的很大比重，而人均碳排放量在解释人均 GDP 的预测方差方面所起的作用很小。表明改革开放以来，我国的高速经济增长和工业化水平提升是以环境为代价；另一方面，长期以来，由于我国经济发展缺乏一个碳排放权的有效交易市场，使得环境污染所产生的负外部效应，无法通过碳排放权的清晰界定而影响到微观企业的生产行为，使得环境变化对经济增长的反作用有限。

关键词：VAR 模型；碳排放量；经济增长；动态分析

一、引言

自改革开放以来，我国经济一直保持着高速增长，然而，快速的经济增长，就不可避免地要加强对自然资源的开发利用，这就必然会给环境保护和资源消耗施加巨大的压力，使得经济增长和环境保护之间的矛盾日益突出。从国外的发展经验来看，大多数发展中国家在发展经济的过程中都面临着环境恶化和资源耗竭的难题。一方面自然资源的开采利用，工业污染物排放的不断增加，导致了环境质量的下降。2006 年，英国斯特恩在其发表的《气候变化经济学报告》中指出，如果人类按照目前的模式继续发展，到 21 世纪末，全球温度可能会升高 2℃ - 3℃ 以上。另一方面，整体环境恶化又会通过洪灾、雪灾等自然灾害形式反作用于人类，给人们的生命和财产造成了一定程度的破坏，不利于经济发展水平的提升。在全球气候变化下，近几年中国极端气候事件发生频率和强度明显增加。例如 2004 年 7 月 10 日，北京市由于暴雨引起的洪灾造成直接经济损失 600 多万元（民政部，2004）；2004 年 9 月 4 日至 8 日重庆市洪灾直接经济

损失达 21.23 亿元（民政部，2004）。如川渝历史罕见的高温伏旱和强暴雨、北方肆虐的沙尘暴以及 2008 年的雪灾等。气候变化已经对人类的生存和人类社会的经济、环境可持续发展构成了严重威胁，必须引起高度重视。基于此，本研究以主要的温室气体排放物 CO₂ 作为分析指标，来定量分析经济发展水平与碳排放量之间的动态关系，试图回答经济增长对碳排放量贡献率的大小；以及温室气体碳的排放对经济增长产生负面影响的程度。因此，本研究具有一定的现实意义。

二、文献回顾

关于环境污染与经济增长之间关系的研究源于美国经济学家 G. Grossman 和 A. Kureger（1991）通过研究发现经济增长和环境污染之间呈倒 U 型的关系，即环境质量随着经济增长的积累呈先恶化后改善的趋势，后被称为环境库兹涅茨曲线。之后，国内外学者针对环境污染与经济增长问题进行了大量的研究，概括起来，主要包括以下几个方面。

（一）有关环境库兹涅茨倒 U 型曲线的验证

作者简介：闵继胜（1983 -），男，南京农业大学经济管理学院农业经济管理专业博士研究生，研究方向：农业经济、环境经济；胡浩（1963 -），男，南京农业大学经济管理学院教授、博导。

^{*} 基金项目：本文系胡浩教授主持的国家社会科学基金重大招标项目：建设以低碳排放为特征的农业产业体系和农产品消费模式研究（项目批准号：10zd&031）和江苏省教育厅高校哲学社会科学研究重大项目：江苏省发展农业循环经济研究——基于资源再利用视角（编号：2010ZDAXM018）的阶段性研究成果之一。

Shafik (1994) 发现, 饮水安全和卫生状况随着人均收入的增长而持续改善, 而悬浮颗粒物 (SPM) 和二氧化硫 (SO₂) 排放则先恶化后改善, 但固体废弃物和碳排放量却随着经济增长呈现持续恶化的趋势。Selden & Song (1994) 考察了四种重要的空气污染物, 即二氧化硫 (SO₂)、二氧化碳 (CO₂)、二氧化氮 (NO₂) 和悬浮颗粒物 (SPM) 的排放问题, 发现它们与收入水平之间都存在“倒 U 型”的关系。国内学者范金 (2002) 以中国 81 个大中城市 1995—1997 年二氧化氮 (NO₂) 排放量、二氧化硫 (SO₂) 排放量、总悬浮颗粒物 (SPM) 浓度和年人均降尘量的面板数据对环境库兹涅茨曲线进行实证分析, 发现除氮氧化物浓度外, 其它污染物排放量与收入水平之间确实存在“倒 U 型”关系。但是, 他们的研究多以二氧化硫、氮氧化物等作为衡量环境质量的指标, 而仅以碳排放量作为环境指标的研究不多, 而且研究得出的结论差异较大。陆虹 (2000) 通过建立人均二氧化碳和人均 GDP 之间的状态空间模型, 发现二者不是简单呈现为倒 U 型关系。Martin Wagner (2008) 研究得出人均二氧化碳排放与人均收入呈单调递增的关系, 并且不存在拐点。Holtz - Eakin、Selden (1995)、Panayotou 和 Sachs 等 (1999)、Galeotti (2006) 等研究发现人均二氧化碳排放与人均收入呈倒 U 型。

(二) 有关环境变化反作用于经济增长的研究

Lopez (1994)、Bovenberg and Smulders (1996) 把自然资源和环境质量纳入生产函数式中, 作为类似于资本和劳动力的一种要素投入, 来考察资源可耗竭性对经济持续增长的制约。Tahvonen O and Kuuluvainen J (1993)、Selden and Song (1994)、Stokey (1998) 在模型中同时考虑到环境质量、污染对产出与消费的影响, 认为污染往往同时具有负的边际效用和整的边际产出。国内学者彭水军等 (2006) 以废水排放总量等六类环境污染指标, 实证考察了 1985—2003 年间我国环境污染与收入变化之间的长期关系和 Granger 因果关系以及相互动态影响效应, 研究结果表明, 经济增长对解释污染排放预测方差起着重要作用, 然而污染排放对经济增长预测方差的贡献度较小。

综合以上文献, 我们可以发现绝大多数学者未把碳排放量作为一个独立的指标, 来考察环境变化与经济增长之间的双向作用机制。因此, 本研究试图构建

一个分析框架, 将经济增长作为一个由环境变化与其他因素所共同决定的内生变量, 通过 VAR 模型的分析方法, 利用 1994—2007 年^①我国碳排放量作为环境污染指标, 从时序维度实证考察我国环境污染与经济增长之间的长期均衡关系和双向动态作用特征。

三、变量选取、数据来源与方法

(一) 变量选取

本文以碳排放量作为环境变化的指标, 是因为全球气候恶化很重要的原因就是全球气温升高^②, 而推动气温升高最重要的因素就是温室气体排放, 即碳排放量的增加。CO₂ 排放可分为自然排放和人工排放, 人工排放是由于人类活动引起的 CO₂ 排放, 主要包括化石燃料消耗、生物质燃烧等, 其中化石燃料消耗所排放的 CO₂ 占 95% 以上 (冯碧梅、刘传江, 2010)。由于我国工业部门生产主要依靠消耗化石燃料, 因此工业部门就是我国主要的碳排放部门, 所以本研究将以碳排放量作为环境污染的主要衡量指标, 一方面考察工业生产给环境带来的污染程度, 另一方面考察由于碳排放量增加所带来的环境恶化给经济增长带来的负面影响。另外, 与总量收入相比, 人均收入更能反映出真实收入水平变化对环境质量的影响。因此, 笔者选择以人均碳排放量 (per CO₂) 和人均收入水平 (per GDP) 作为分析变量。

(二) 数据来源

文中碳排放量和人均 GDP 数值均是根据历年《中国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》计算、整理所得。为剔除物价因素对人均收入的影响, 笔者以 1994 年为基期对当年的人均 GDP 数值进行折算; 人均碳排放量等于总碳排放量除以总人口数。

(三) 研究方法

1. 碳排放量的测算方法。碳排放量的基本公式 (Johan A、Delphine F、Koen S, 2002) 为:

$$C = \sum_i C_i = \sum_i \frac{E_i}{E} \times \frac{C_i}{E_i} \times \frac{F}{Y} \times \frac{Y}{P} \times P \quad (1)$$

式中, C 为碳排放总量, C_i 为 i 种能源的碳排放量; E 为一次能源的消费量; E_i 为 i 种能源的消费量; Y 为 GDP; P 为人口。由于本研究主要是工业行业的碳排放, 所以以化石燃料消耗为主要碳源, 工业行业碳排放估算公式为:

$$E_t = \alpha E_f + \beta E_m + \gamma E_n \quad (2)$$

式中, E_t 为工业行业碳排放总量; E_f 为煤炭消

^① 时间序列年限的选取是基于数据的可获性和一致性。

^② 全球变暖将导致气候灾难更频繁、更猛烈, “未来水世界”的场景和干旱缺水的困局会同时出现。如果气温上升 1.5℃ 以上, 全球 20% ~ 30% 的物种将面临灭绝; 如果上升 3.5℃ 以上, 40% ~ 70% 的物种将面临灭绝 (林伯强、蒋竺均, 2009)。

耗量; Em 为石油消耗量; En 为天然气消耗量; α 、 β 、 γ 分别为煤炭、石油、天然气消耗的碳排放转换系数^③。这里采用的计算公式 (2) 主要参考了徐国泉等人提出并改进的碳排放量分解模型中的算法, 由于该公式的算法已经得到认可, 因此采用该公式计算得到的碳排放量是可靠的 (徐国泉等, 2006)。

2. VAR 分析方法。在 VAR 系统中所有变量都被视为内生变量从而对称地进入到各个估计方程中, 因此, 与比较联立方程组估计法相比, VAR 分析可以较少地受到既有理论的约束 (彭水军等, 2006)。同时, VAR 方法的另一个优点在于它为分析系统中各

个变量之间的动态影响通过了很好的分析工具 (Lutkepohl H, 1993)。基于此, 本研究主要采用 VAR 方法来考察碳排放量与经济增长之间长期均衡关系和双向动态作用特征。

四、单位根检验

我们在对变量进行协整分析之前, 有必要对变量的平稳性进行检验, 若检验显示变量不平稳, 则不能进行协整分析, 只有变量在一阶平稳, 即 I (1) 条件下, 才能进行协整分析。通常情况下, 我们首先采用 ADF 单位根检验方法来检验变量的平稳性。

表 1 ADF 单位根检验结果

| 变量 Variable | ADF 检验统计量 The result of ADF unit root | 5% 临界值 The 5% Threshold | P 值 Probability | 结论 Conclusion |
|---------------------------------|--|----------------------------|--------------------|------------------|
| LN per gdp | -0.1690 | -3.1538 | 0.9191 | 不平稳 |
| Δ LN per gdp | -3.2598 | -3.1348 | 0.0481 | 平稳 |
| LN per co ₂ | -1.4309 | -3.1449 | 0.5320 | 不平稳 |
| Δ LN per co ₂ | -3.2129 | -3.1156 | 0.0478 | 平稳 |

注: Δ 表示一阶差分算子, LN per gdp、LN per co₂分别为人均 GDP 和人均碳排放量的自然对数。

ADF 检验结果表明 (表 1), 两个变量都存在一阶平稳。同时, 为了验证 ADF 检验结论, 我们需要同时采用 PP 检验方法对上述时序变量的平稳性进行检验。

表 2 PP 单位根检验结果

| 变量 Variable | ADF 检验统计量 The result of ADF unit root | 5% 临界值 The 5% Threshold | P 值 Probability | 结论 Conclusion |
|---------------------------------|--|----------------------------|--------------------|------------------|
| LN per gdp | -0.6814 | -3.1449 | 0.8152 | 不平稳 |
| Δ LN per gdp | -3.1754 | -3.1053 | 0.0418 | 平稳 |
| LN per co ₂ | -1.5466 | -3.1449 | 0.4772 | 不平稳 |
| Δ LN per co ₂ | -3.3199 | -3.1754 | 0.0398 | 平稳 |

注: Δ 表示一阶差分算子, LN per gdp、LN per co₂分别为人均 GDP 和人均碳排放量的自然对数。

PP 检验结果 (表 2) 与 ADF 检验结果一致, 证 验。

明了两变量满足一阶平稳条件, 可以进行协整关系检

五、协整关系检验

表 3 人均碳排放量与人均 GDP 之间协整检验结果

| 变量 variable | VAR 滞后阶数 Lag order of VAR | λ_{trace} | 5% 临界值 The 5% Threshold | λ_{max} | 5% 临界值 The 5% Threshold | 协整关系 Co integration relation |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 人均碳排放量 (LN per co ₂) | 2 | 16.5924 | 15.4947 | 10.4939 | 14.2646 | — |
| | | 6.0985 | 3.8415 | 6.0985 | 3.8415 | |

根据 Johansen (1991) 提出的基于 VAR 方法的协整系统检验, 考察了碳排放量和人均收入变量长期

稳定关系。检验结果表明 (表 3), LN per gdp 和 LN per co₂ 之间存在稳定的协整关系。这一检验结果与

^③ 煤炭、石油、天然气消耗的碳排放转换系数主要参考: 王雪娜. 我国能源类碳源排放量估算办法研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2006: 21 - 25.

我们预计的结果相一致。一方面我国为了发展经济，加强了对自然资源的开采利用，工业污染物（CO₂）排放量的不断增加，导致了环境质量的下降；另一方面，整体环境恶化又会通过洪灾、雪灾等自然灾害形式反作用于人类，给人们的生命和财产造成了一定程度的破坏，制约了经济发展水平的提升。即表明经济发展与环境恶化之间有着密切的联系。

我们对协整检验结果进一步分析，发现人均碳排放量与人均 GDP 之间存在长期的负相关性。这一结果的经济含义是：随着我国经济的增长、居民人均收入水平的提高，将有助于降低生产过程中的碳排放量。

六、格兰杰因果关系检验

表 4 人均碳排放量与人均 GDP 之间格兰杰因果关系检验结果

| 原假设 Null Hypothesis | 滞后阶数 Lag order | 样本数 Samples | F 统计量 F Statistic | P 值 Probability | 结论 Conclusion |
|---------------------------|-------------------|----------------|----------------------|--------------------|------------------|
| 人均碳排放量不是 人均 GDP 的格兰杰原因 | 2 | 12 | 0.2684 | 0.7721 | 接受 |
| 人均 GDP 不是 人均碳排放量的格兰杰原因 | 2 | 12 | 5.0144 | 0.0445 | 拒绝 |

本部分对人均碳排放量与人均 GDP 之间是否存在因果关系进行格兰杰因果关系检验。检验结果表明（表 4），在 5% 的显著性水平上，人均 GDP 是导致人均碳排放量变化的重要原因，但人均碳排放量变化却不是引起人均收入变化的原因。对这一结果的解释是：首先，长期以来，我国的经济 development 方式为简单粗放的外延式扩张，即经济增长主要依靠资本、劳动力等生产要素的投入，经济增长的根本推动力在于物质资本的积累。因此，相对于物质资本的积累而言，由温室气体（CO₂）排放量增加所引起的环境质量变化对经济增长的作用有限；其次，更为关键的是，长期以来我国经济发展缺乏一个资源、碳排放权的有效交易市场，导致由污染所产生的负外部效应不能够被市场定价机制进行内部化。因此，极大地限制了环境变化对经济发展的影响力；再次，就我国目前发展阶段而言，与发达国家相比，环境质量在居民效用函数中的比重相对较低，同时环境质量——收入弹性也较小，这些因素都影响了环境变化与收入之间的因果关系（彭水军等，2006）

七、基于 VAR 模型的动态分析

（一）脉冲响应函数分析

脉冲响应函数是指系统对某一变量的冲击或扰动所做出的反应。因此，可以通过脉冲响应函数来刻画每个内生变量的变动或冲击对它自己及所有其他内生变量产生的影响作用。下面笔者运用 IRF 方法考察了我国人均碳排放量与人均国民收入之间的冲击响应，分析结果见表 5。

从表 5 第二列结果可以发现，整个冲击响应期内，LN per GDP 对 LN per CO₂ 的冲击反应曲线大致呈“V 型”，人均 GDP 的累计冲击响应值为负值（-

0.01527），表明人均碳排放量上升对经济增长产生负面效应。从表 5 第三列结果可以看出，整个冲击响应期内，LN per CO₂ 对 LN per GDP 的冲击反应曲线大致呈“倒 U 型”，人均 CO₂ 的累计冲击响应值为正值（0.129017）。以上这一结果的经济含义为：经济增长导致碳排放量上升，而碳排放量的增加反过来会抑制经济增长速度。

表 5 脉冲响应函数分析结果

| Period | Response of LN per GDP | Response of LN per CO ₂ |
|--------|------------------------|------------------------------------|
| | LN per CO ₂ | LN per GDP |
| 1 | 0.000000 (0.00000) | 0.012874 (0.00442) |
| 2 | -0.000318 (0.00083) | 0.020837 (0.00617) |
| 3 | -0.000834 (0.00179) | 0.021059 (0.00749) |
| 4 | -0.001343 (0.00253) | 0.016572 (0.00812) |
| 5 | -0.001720 (0.00299) | 0.011526 (0.00875) |
| 6 | -0.001951 (0.00324) | 0.008448 (0.00964) |
| 7 | -0.002089 (0.00340) | 0.007773 (0.01020) |
| 8 | -0.002201 (0.00358) | 0.008662 (0.01016) |
| 9 | -0.002329 (0.00385) | 0.010042 (0.00979) |

| Period | Response of LN per GDP | Response of LN per CO ₂ |
|--------|------------------------|------------------------------------|
| | LN per CO ₂ | LN per GDP |
| 10 | -0.002485 (0.00421) | 0.011224 (0.00952) |
| 累计 | -0.01527 | 0.129017 |
| 脉冲响应曲线 | V 型 | 倒 U 型 |

（二）方差分解分析

接下来我们需要运用方差分解法来考察碳排放量与经济增长之间的影响重要程度。方差分解方法与脉冲响应函数方法所不同的是，方差分解法将系统的预测均方误差分解成系统中各变量冲击所作的贡献，进而可以考察任意一个内生变量的预测均方差的分解。

综合表 6 和表 7，我们可以发现，人均 GDP 能解释人均碳排放量预测方差的很大比重，而人均碳排放量在解释人均 GDP 的预测方差方面所起的作用很小。从表 7 的第三列可以看出，人均 GDP 至少解释了 52% 以上的人均碳排放量的预测方差，这一结果正反映了改革开放以来，我国的高速经济增长和工业化水平提升是以环境为代价，是导致碳排量增加、自然环境恶化的主要原因之一。相比较而言，人均碳排放量对人均 GDP 的解释程度相对较小，最大值仅为 5.4%（见表 6 的第四列），远低于人均 GDP 对人均碳排放量的预测方差的贡献程度。对这一结果的解释是：首先，长期以来，我国的经济发展方式为简单粗放的外延式扩张，经济增长主要依靠物质资本的积累。因此，相对而言，由温室气体（CO₂）排放量增加所引起的环境质量变化对经济增长的作用有限；其次，长期以来我国经济发展缺乏一个资源、碳排放权的有效交易市场，这使得环境污染所产生的负外部效应，无法通过排污权的清晰界定而影响到微观企业的生产行为；再次，与发达国家相比，现阶段我国居民的效用函数中环境质量所占的比重相对较小，同时环境质量——收入弹性也较小，这些因素都制约了碳排放所导致的环境变化对经济增长的反作用。

表 6 人均 GDP（LN per GDP）的方差分解结果

| Variance Decomposition of LN per GDP | | | |
|--------------------------------------|----------|------------|------------------------|
| Period | S. E. | LN per GDP | LN per CO ₂ |
| 1 | 0.002340 | 100.0000 | 0.000000 |
| 2 | 0.004810 | 99.56166 | 0.438336 |
| 3 | 0.007347 | 98.52417 | 1.475828 |
| 4 | 0.009808 | 97.29808 | 2.701916 |
| 5 | 0.012160 | 96.24257 | 3.757428 |
| 6 | 0.014433 | 95.50648 | 4.493517 |

| | | | |
|----|----------|----------|----------|
| 7 | 0.016678 | 95.06553 | 4.934469 |
| 8 | 0.018942 | 94.82410 | 5.175904 |
| 9 | 0.021255 | 94.68928 | 5.310723 |
| 10 | 0.023636 | 94.59972 | 5.400276 |

表 7 人均碳排放量（LN per CO₂）方差分解结果

| Variance Decomposition of LN per GDP | | | |
|--------------------------------------|----------|------------|------------------------|
| Period | S. E. | LN per GDP | LN per CO ₂ |
| 1 | 0.017828 | 52.14697 | 47.85303 |
| 2 | 0.029035 | 71.15971 | 28.84029 |
| 3 | 0.035899 | 80.96274 | 19.03726 |
| 4 | 0.039829 | 83.08520 | 16.91480 |
| 5 | 0.042041 | 82.08977 | 17.91023 |
| 6 | 0.043292 | 81.22065 | 18.77935 |
| 7 | 0.044156 | 81.17336 | 18.82664 |
| 8 | 0.045057 | 81.65604 | 18.34396 |
| 9 | 0.046196 | 82.40444 | 17.59556 |
| 10 | 0.047582 | 83.23535 | 16.76465 |

八、结论及讨论

本文运用 VAR 模型分析方法，实证考察了 1994~2007 年间我国碳排放量与经济增长之间的长期均衡关系和相互动态影响效应，得出以下结论：

（一）人均碳排放量与人均 GDP 之间存在长期的相关性，且相关性为负。表明我国经济增长与环境变化之间有紧密的联系，另外随着我国经济的增长、居民人均收入水平的提高，将有助于降低生产过程中的碳排放量。

（二）经济增长导致碳排放量上升，而碳排放量的增加反过来会抑制经济增长速度，但其影响存在一定的滞后期。

（三）从脉冲响应函数和方差分解结果可以看出，人均 GDP 能解释人均碳排放量预测方差的很大比重，而人均碳排放量在解释人均 GDP 的预测方差方面所起的作用很小。表明改革开放以来，我国的高速经济增长和工业化水平提升是以环境为代价，是导致碳排量增加的主要原因之一。另一方面，长期以来，由于我国经济发展缺乏一个碳排放权的有效交易市场，使得环境污染所产生的负外部效应，无法通过碳排放权的清晰界定而影响到微观企业的生产行为，使得环境变化对经济增长的反作用有限。

经济增长特别是工业化进程加快，就会带来碳排放量的增加，导致气温升高、气候恶化，这一结论已经被学者普遍接受。然而，当经济发展到一定水平后，随着人们环保意识的增强，政府节能减排力度加

大,使得碳排放量趋于稳定,到一定时期以后逐渐缩减,即所谓的环境倒U型曲线。因此,采取何种措施使环境倒U型曲线的拐点提前到来,是摆在我们面前的一个急需解决的课题。这可能需要政府从政策等方面着手,借助市场力量对碳排放权进行定价,并通过建立碳排放权交易市场,实施碳排放权交易,以充分发挥资源约束和环境规制对微观企业投资决策和生产行为的影响。

参考文献:

- [1] Lutkepohl H, 1993, Introduction to Multiple Time Series Analysis. Springer-verlag, ermany, .
- [2] Grossman, G. M. and Krueger, A. B., 1991, "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", National Bureau of Economic Research Working Paper, No. 3914.
- [3] Shafik, N., Bandyopadhyay, S., 1992, "Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-country Evidence", World Bank Policy Research Working Paper, No. 904.
- [4] Selden, T. M. and Song, D., 1994, "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?", Journal of Environmental Economics and Management, vol. 27, pp. 147 ~ 162.
- [5] Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H. and Wheeler, D., 2002, "Confronting the Environmental Kuznets Curve", Journal of Economic Perspectives, Vol. 16, pp. 147 ~ 168.
- [6] Shafik, N. and Bandyopadhyay, S., 1992, Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-country Evidence, background paper for World Development Report 1992, World Bank, Washington DC.
- [7] Selden, T. and Song, D., 1994, Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions? Journal of Environmental Economics and Management, 27: 147 - 162.
- [8] Bovenberg A, Smulders S, 1995, Environmental Quality and Pollution - Augmenting Technological Change in a Two-sector Endogenous Growth Model, Journal of Public Economics, 57: 369 - 391.
- [9] Martin Wagner, 2008, The Carbon Kuznets Curve: A Cloudy Picture Emitted by Bad Econometrics? Resource and Energy Economics, Vol. 30, pp. 388 ~ 408.
- [10] Holtz - Eakin, D. and Thomas M. Selden, 1995, Stoking the Fires? CO₂ Emissions and Economic Growth, Journal of Public Economics, vol. 57, pp. 85 ~ 101.
- [11] Panayotou, T., Sachs, J. and Peterson, A., 1999, Developing Countries and the Control of Climate Change: A Theoretical Perspective and Policy Implications, CAER II Discussion Paper, No. 44.
- [12] Galeotti, M., Lanza, A. and Pauli, F., 2006, Reassessing the Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emissions: A Robustness Exercise, Ecological Economics, Vol. 57, pp. 152 ~ 163.
- [13] Lopez R, 1994, The Environment as a factor of Production: The Effect of Economic Growth and Trade Liberalization, Journal of Environmental Economics and Management, 27: 163 - 184.
- [14] Stokey N, 1998, Are There Limits to Growth? International Economic Review, 39: 1 - 31.
- [15] Tahvonen O and Kuuluvainen J, 1993, Economic Growth, Pollution and Renewable Resources, Journal of Environmental Economics and Management, 24: 101 - 118.
- [16] Johansen S, 1991, Estimation and hypothesis testing of co integrating vectors in Gaussian vector autoregressive models. Econometrical, 51: 1551 ~ 1580.
- [17] 陆虹. 中国环境问题与经济发展的关系分析——以大气污染为例 [J]. 财经研究, 2000, (10)
- [18] 彭水军, 赖明勇, 包群. 环境、贸易与经济增长——理论、模型和实证 [M]. 上海: 三联出版社, 2006., 171 ~ 200.
- [19] 冯碧梅, 刘传江. 全球价值链视角的武汉城市圈产业体系构建 [J]. 中国人口·资源与环境, 2010, (3): 67 ~ 69.
- [20] 徐国泉, 刘则渊, 姜照华. 中国碳排放的因素分解模型及实证分析: 1995 - 2004 [J]. 中国人口·资源与环境, 2006, (6): 158 - 161.
- [21] 吴庆洲. 论 21 世纪的城市防洪减灾 [J]. 城市规划汇刊. 2002, (1): 68 - 70.
- [22] 民政部国家减灾中心灾害信息部. 全国灾害实录 [M]. 灾害信息, 2004, (8): 63 - 64.
- [23] 民政部国家减灾中心灾害信息部. 全国灾害实录 [M]. 灾害信息, 2004, (10): 61 - 64.
- [24] 范金. 可持续发展下的最优经济增长 [M]. 经济管理出版社, 2002.