

# 低碳经济约束下的中国潜在经济增长\*

袁富华

**内容提要:** 为对减排目标的经济意义进行比较系统的观察, 本文尝试着建立一个含有环境要素的增长核算框架。立足于这个分析性框架, 本文对中国经济长期增长的一些重要特征进行了揭示, 并对减排冲击和未来增长趋势给出了说明, 主要结论如下: (1) 改革开放至今, 中国潜在经济的增长速度平均为 9.5%, 其中, 大约 1.3 个百分点是环境的代价; 进入新世纪以来, 环境消耗拉动经济增长平均为 2 个百分点。(2) 在考虑低碳经济约束、人口转型的条件下, 未来 10 年中国潜在增长速度将逐步降低到 8% 以下, 现有生产模式不足以吸收减排冲击。(3) 为了保持经济的持续稳定增长, 技术进步和结构转型至关重要。

**关键词:** 低碳经济 潜在经济增长 技术进步

## 一、引言

低碳经济即低排放、低污染、环境和经济相协调的经济发展模式。2003 年低碳经济理念提出之后迅速引起广泛响应和讨论的原因, 在于当前全球生产和消费模式的失衡及增长不可持续性。次贷危机发生后, 全球经济进入所谓“新常态”(new normal), 即全球潜在增长率下降以及全球范围内(包括发达经济体与发展中经济体)的增长模式转型。2009 年末的哥本哈根会议, 发达国家和发展中国家在减排问题上虽然没有取得共识, 但是国际范围内致力于经济增长模式转换和结构调整的努力仍在继续。作为一个人口规模巨大的经济体, 中国所推进的工业化和城市化规模前所未有, 从这一特征来说, 中国未来经济增长将面临更大的资源环境约束。因此, 强调增长与资源环境的协调, 转变发展方式, 是中国经济潜力持续开发的关键。

为了促进增长方式转型, 我国提出 2020 年单位 GDP 碳排放比 2005 年减少 40%—45% 的目标。针对这一目标, 本文尝试着回答的一个问题是: 低碳经济下中国经济未来的增长状况如何? 从增长历史看, 长期存在于中国经济中的“低价工业化”模式, 对于突破贫困循环陷阱和奠定起飞基础居功至伟(张平、张晓晶, 2003), 但是, 这种低水平增长模式下的资源价格扭曲和短期化投资行为, 也诱致了重复建设和高耗能高污染问题的发生, 致使中国经济增长技术进步动力缺失和增长环境失衡的矛盾加剧。上个世纪 80 年代以来, 虽然万元国内生产总值能耗和碳排放大幅度降低, 但是, 受现有生产方式的限制, 碳排放总量的增长速度仍然增长较快。从 10 年样本期的平均情况看: 1989—1990 年的碳排放增长增速为 4.7%, 1990—1999 年为 3.4%, 2000—2006 年为 9.2% (数据来源于 CDIAC)。

\* 袁富华, 中国社会科学院经济研究所, 邮政编码: 100836, 电子邮箱: fuhua\_yuan@yahoo.com.cn。本文受国家社科基金重大招标课题“贯彻落实科学发展观与完善宏观调控体系”(批准文号 07ZD004, 首席专家张晓晶)和国家社科基金课题“中国经济快速增长时期的动力、源泉与模式研究”(批准文号 10BJY004, 袁富华主持)的资助。感谢张平研究员对于本文思路和组织的富有启发性的建议, 感谢张晓晶研究员对于文章内容进一步完善的意见, 对于模型构建中刘霞辉研究员的建议和计算过程中汪红驹研究员、陈昌兵博士的意见, 以及与王宏森博士、吴延兵博士和张自然博士的有益交流, 这里一并致谢。作者衷心感谢两位匿名审稿人富有建设性的意见, 文责自负。限于篇幅, 本文的大量算表没有列出, 感兴趣的读者可以向作者索取。

上个世纪 80 年代和 90 年代单位 GDP 碳排放的大幅减少,在某种程度上可以说是弥补低水平生产方式对环境的历史欠账。但是,在单位 GDP 减排空间受到 20 年的挤压后,减排目标所施加的力度能否为现有生产模式承受?我们认为,这才是减排目标之所以引起广泛关注的主要原因。为了就减排目标的经济意义进行比较系统的观察,本文尝试着建立一个含有环境要素的增长核算框架,而经典增长核算框架中的劳动力、资本、技术进步等要素也同样被这个框架关注,以便于进行较为深入的比较性说明。基于这样的思路和数据分析,我们给出了低碳经济约束下中国未来 10 年潜在增长的情景,认为现有低水平增长模式不足以承受这样的减排压力,而技术进步和结构转型在未来中国经济增长中将发挥越来越大的作用。

作为现有文献基础上的一个扩展分析,本文组织如下:第二部分是文献及笔者的评述,第三部分是方法和数据说明,第四部分是长期增长实证分析和预测,第五部分是对实证结果的现实检验,第六部分是结论和建议。

## 二、文献综述

本文研究与国内外现有潜在增长核算理论和方法一脉相承。从理论方法看,宏观经济模型通常把潜在产出当做一种平滑的确定性趋势看待,根据实际产出与潜在产出的缺口制定经济政策(Boschen and Mills, 1990)。真实周期理论产生后,人们对潜在增长的看法发生了变化,该理论认为,受劳动力供给和生产率变化的冲击,潜在增长将呈现不规则的波动,因此以平滑的确定性趋势看待产出缺口是有偏差的。

在这种状况下,为了对经济增长潜在趋势进行识别,一系列滤波方法被引入经济分析并得到广泛应用(Dupasquier et al., 1999),如 HP 滤波、BK 滤波、卡尔曼滤波等,类似的方法还有 Watson (1986) 等的单变量因素识别模型。无论是滤波方法还是单变量模型,其优点是简洁,局限是缺乏可以深入观察经济现象的信息。为此,综合随机分析与经济理论的多变量方法被引入进来,如 Cochrane(1994) 等。多变量方法引入增长核算领域的初衷(吕光明, 2007),是为了将经济理论或结构信息与滤波方法进行有机结合,使得潜在增长率估算既有经济含义(如潜在增长中的资本、劳动和技术进步贡献),又有统计意义(或将潜在产出当做一种长期趋势进行分离)。其中,将卡尔曼滤波方法与生产函数法结合起来对潜在增长趋势及技术进步因素进行抽取,在国内外相关研究文献中得到广泛应用。一些学者如刘斌和张怀清(2001)认为,相对于其他方法而言,多变量空间状态卡尔曼滤波方法是一种潜在产出估计的较为理想的方法。对于中国潜在经济增长率的估算,上述方法多有运用,如郭庆旺、贾俊雪(2004),董利民、吕连菊等(2006),刘斌、张怀清(2001),Young(2003),Chow & Li(2002)等。通过将污染或生产技术清洁度变量纳入生产函数,一些文献如 Bovenberg & Smulders(1995),Lighthart & Ploeg(1994),Stokey(1998),阿吉翁、霍伊特(2004)等分析了最优路径下污染控制之于长期增长的影响,认为污染控制将拉低均衡增长。

近年来,CO<sub>2</sub> 排放测算技术的完善以及碳排数据的可获得性,为经济增长的环境代价测算提供了便利,尝试性研究文献也不断产生。根据陈诗一(2009)的归纳,国内外文献中通常有两类处理排放变量的方法:一种是将污染排放作为投入要素,与资本和劳动投入一起引入生产函数,代表文献如 Mohtadi(1996)等,把排放和能源一起作为投入的代表文献有 Ramanathan(2005),Lu et al.(2006)等;另一种方法则将污染看作非期望产出,和期望产出(比如 GDP)一起引入生产过程,利用方向性距离函数来对其进行分析,比如 Chung et al.(1997)、涂正革(2008)等。鉴于本文的研究目的,我们采用第一种方法,把污染作为一种投入要素来观察长期中碳排放波动之于潜在增长的冲击问题。

## 三、方法与数据

带有环境变量的增长模型,本质上是把环境作为一种生产要素加以考虑。作为经济可持续增长的一种便利工具,近年来,内生增长理论对于污染控制与长期增长关系的分析取得了不少成果。现有理论文献中,Stokey(1998)引入生产技术清洁度的AK扩展模型,被认为是一个设定较为理想的分析框架。若以 $Y, L, K, B, z$ 代表产出、劳动力供给、资本投入、知识和技术清洁度,经过修正之后的Stokey模型可以写成: $Y = K^\alpha (BL)^{(1-\alpha)} z$ 。均衡分析揭示,长期中的均衡增长因清洁技术的采用或污染的降低而下降,但是,技术进步能够起到抵消长期增长下降的作用,且这种具有技术进步的增长是可持续的(阿吉翁、霍伊特,2004)。

本文的主要目的是在这样的一般性理论框架中,对碳排放约束下中国经济长期趋势及其影响因素进行探讨。鉴于状态空间模型在参数动态变化描述方面的便捷性,我们把中国主要宏观变量的关联分析建立于这种方法之上。遵循汉密尔顿文献(1999)论及的一般性模型,随机变参数系统的状态空间形式可以表示为:

$$\begin{aligned} \text{量测方程: } y_t &= x_t' \beta_t + x_t' \xi + w_t \\ \text{状态方程: } \beta_{t+1} - \beta &= F(\beta - \beta) + v_{t+1} \end{aligned} \quad (1)$$

其中, $y, x$ 为因变量向量和解释变量向量, $\beta$ 为随机变参数向量,扰动向量 $w, v$ 满足:

$$\begin{pmatrix} v_{t+1} \\ w_t \end{pmatrix} \sim N \left( \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{bmatrix} Q & 0 \\ 0 & \sigma^2 \end{bmatrix} \right) \quad (2)$$

下文的实际操作中,我们将用主要宏观经济指标替换这个抽象模型中的变量向量。为此,需要对这些经济指标进行一下概要性说明:(1)增长核算分析中所有价值量指标如GDP、资本存量 $K$ ,基期设定为1990年。本文运用中国国内生产总值核算资料中的固定资本形成指数以及统计年鉴的固定资产投资价格指数,对1952—2008年的国内资本存量序列进行了盘存合成,1952年起始期资本存量采用了何枫等(2003)的估算数据,折旧率取值5%。

(2)就业( $L$ )数据在1990年出现一个异常的增加,关于这个问题的产生原因,王小鲁、樊纲(2000)的文献进行了较为详细的分析,并对序列进行了矫正。本文劳动力供给长序列的1990年以前数据取自王小鲁、樊纲的估算,1991—2008年的数据来自《中国统计年鉴》,2009—2020年的劳动力供给运用年龄移算法估算得到。劳动力人口年龄移算法预测的含义是:按照年龄分组的人口,随着时间的推移和人口的年龄转组,将引起劳动力人口数的变动,即劳动力人口随年龄变动而变动。我国人口统计按照4岁年龄组距,将人口分为“0—4岁”,...,“65岁以上”等14组。本文采取滞后15年的年龄移算法,劳动力人口年龄估算遵循通常的“15—19岁”,...,“60—64岁”分组方法:分别以1994—2005年的年龄分组人口推算2009—2020年劳动力人口;劳动力供给数量为劳动力人口乘以劳动参与率。人力资本或有效劳动( $H$ )长序列中的1960—1990年数据取自王小鲁、樊纲(2000),1991—2008年为本文运用他们的估算方法得到。

(3)1953—2008年中国能源消费数据来源于中经网统计数据库;1952—2006年中国二氧化碳排放量( $CO_2$ )数据来自美国能源部二氧化碳信息分析中心(CDIAC)的估算<sup>①</sup>,2007—2008年数据根据这个长序列的能耗—碳排放系数进行推算和递补得到。

我们尽可能依据宏观变量之间的经验联系和统计关系,对影响长期增长的因素进行识别。用

<sup>①</sup> 下文关于中国二氧化碳排放量数据采用的是CDIAC 2009年5月发布的数据,长序列为1899—2006年;CDIAC 2010年6月发布的新版本数据序列是1899—2007年,长序列数据有所修正。

$\ln(\frac{GDP}{L})$ 、 $\ln(\frac{K}{L})$ 、 $\ln(\frac{CO_2}{L})$  分别表示对数形式的人均国内生产总值、人均资本存量、人均碳排放量(或技术清洁度), 其中,  $GDP$ 、 $K$ 、 $CO_2$ 、 $L$  为国内生产总值、资本存量、碳排放量和劳动力投入。总体来看, 1953—2006 年间, 三变量之间存在较强的共同趋势性, 这种共同趋势性是由增长过程本身要素间的相互影响决定的。简单的相关性分析显示, 人均国内生产总值与其他变量以及其他变量之间相关系数都在 0.9 以上。考虑到长期存在于中国经济增长过程中的低价工业化模式, 资本驱动增长和就业吸收, 以及增长高能耗和相应高污染的状况是不难理解的。变量  $GDP$ 、 $K$ 、 $CO_2$ 、 $L$  之间的长期均衡趋势, 就本文实证分析所运用的数据序列看, 经检验, 1960—2008 年间, 趋势性较强的三个人均变量  $\ln(\frac{GDP}{L})$ 、 $\ln(\frac{K}{L})$ 、 $\ln(\frac{CO_2}{L})$  均存在一阶单整性, 且至少存在一个协整关系。

对于这些具有长期均衡关系的因素, 建立一个因果反馈机制有益于下文的进一步分析。实际上, 人均形式和对数形式变量的引入, 纯粹是出于统计分析便利考虑, 主要是为了解决生产函数分析中的劳动、资本和碳排放的高度共线性问题。长期以来, 中国的低成本工业化模式根源于丰富的劳动力资源禀赋, 资本驱动、劳动驱动的增长模式, 一方面推动了国内生产总值的迅速扩大, 另一方面, 增长速度和规模扩张也是吸纳就业的内在要求。但是, 这种模式的一个显然的弊端是, 低成本扩张也导致能耗居高不下和环境的损害。为了进一步揭示长期增长中各变量之间的相互作用, 根据 AIC 准则, 我们对 1960—2008 年间差分形式的变量序列进行 3 价格兰杰因果检验。

从因果关系看: (1) 人均 GDP 增长速度  $\Delta \ln(\frac{GDP}{L})$  与人均资本投资增长速度  $\Delta \ln(\frac{K}{L})$  互为因果关系, 鉴于中国资本驱动的增长特征, 这种统计关系的经济意义明显。(2) 人均碳排放增长速度  $\Delta \ln(\frac{CO_2}{L})$  引致人均 GDP 增长速度  $\Delta \ln(\frac{GDP}{L})$  显著, 即中国长期经济的环境代价比较明显; 相对而言, 从统计意义上来说, 经济增长单向引致碳排放速度的关系虽然较弱(12%的水平上显著), 但是如果拉长滞后阶数, 经济增长引致碳排放的统计因果关系在 10%的水平显著。此外, 从中国历年经济增长和调控经验来看, 增长波动引起污染波动的事实的确存在, 因此, 可以认为两者之间存在统计意义和经济意义上的双向因果关系。(3) 人均碳排放增长速度  $\Delta \ln(\frac{CO_2}{L})$  单向引致人均资本投资速度  $\Delta \ln(\frac{K}{L})$ , 其经济含义是, 增长过程中若对环境改善的价值评价降低, 则诱致高耗能高污染投资上升。基于这种统计因果和经验对比分析, 我们可以对长期以来存在于中国经济增长中的资本驱动模式, 及未来增长转型对于潜在增长影响的机制给出一个简单的勾勒。这个简单的因果联系框架包括三个反馈路径: ①投资  $\rightarrow$  经济增长  $\rightarrow$  投资; ②经济增长  $\rightarrow$  碳排放  $\rightarrow$  经济增长; ③投资  $\rightarrow$  经济增长  $\rightarrow$  碳排放  $\rightarrow$  投资。我们感兴趣的是路径①和②, 它们基本说明了中国长期增长的机理, 即路径①所示的资本驱动模式和路径②所示的增长代价评价, 以及两个反馈路径中蕴含的投资方式转变、劳动力结构转型和节能减排对于未来增长潜力的影响及政策意义。

#### 四、潜在增长核算

##### (一) 潜在增长核算方程

鉴于 20 世纪 50 年代宏观变量序列波动较为剧烈的统计事实, 本文选取 1960—2008 年这一时期的数据样本进行实证分析。基于增长理论模型和变量间的统计关系, 为把碳排放对于增长的作用分离出来, 我们建立如下增长核算方程:

$$\text{量测方程: } \ln\left(\frac{GDP}{L}\right)_t = d_0 + \alpha_k^{(k)} \ln\left(\frac{K}{L}\right)_t + \alpha_{CO_2}^{(CO_2)} \ln\left(\frac{CO_2}{L}\right)_t + \alpha_{t1960-2008} + \mu_t(d'_0)$$

$$\text{状态方程: } \alpha_t^{(k)} = \alpha_t^{(k)}(-1), \alpha_t^{(CO_2)} = \alpha_t^{(CO_2)}(-1), \alpha_t = \alpha_t(-1) \quad (3)$$

其中,  $\ln(\frac{GDP}{L})$ 、 $\ln(\frac{K}{L})$  和  $\ln(\frac{CO_2}{L})$  表示对数形式的人均国内生产总值、人均资本存量、人均碳排放量(或技术清洁度); 参数  $\alpha^{(*)}$  表示弹性;  $t$  为 1960—2008 年时间趋势, 相应参数  $\alpha_t$  反映长期增长中的技术进步状况;  $d_0$  为截距,  $\mu_t(d'_0)$  为残差; 方程(3)刻画了变量间长期均衡关系。

## (二) 潜在增长核算方程的参数估计

### 1. 参数估计方法

立足于潜在增长核算方程(3), 在接下来的实证分析中, 我们将利用卡尔曼滤波方法, 对潜在经济增长率及时变参数  $\alpha^{(*)}$  和  $\alpha$  给出统计估计。具体说明如下: ①潜在 GDP 的估计: 本文采用时变参数的卡尔曼滤波方法, 基于核算方程(3)和向前一步预测获得人均潜在 GDP 增长率及相应潜在 GDP 增长率; ②时变参数或弹性  $\alpha^{(*)}$  及技术进步指标  $\alpha$ : 类似于潜在 GDP 的估计, 对于参数  $\alpha^{(k)}$ 、 $\alpha^{(CO_2)}$ 、 $\alpha$  采用向前一步预测获得, 由于本文采用了规模报酬不变形式的生产函数, 产出的资本弹性  $\alpha^{(k)}$  估出的同时, 产出的劳动弹性  $\alpha^{(l)}$  也被估出; ③碳排放贡献: 我们以碳排放贡献点数来计算潜在增长率中环境消耗的代价, 公式为: 产出的碳排放弹性  $\times$  碳排放增长率。

### 2. 实证结果

表 1 是增长核算方程(3)统计分析结果的一个汇报, 我们主要列示了改革开放以来的数据。为节省篇幅起见, 我们没有列出各年的参数估计值, 而是将历年参数估计值的简单平均值列出。从模型估计的潜在增长速度看, 1978—2008 年的均值为 9.5%。其中, 80 年代平均为 8.1%, 90 年代为 10.2%, 2000 年以来平均为 10.6%。从劳动力投入、投资和碳排放的参数  $\alpha^{(l)}$ 、 $\alpha^{(k)}$ 、 $\alpha^{(CO_2)}$  来看: (1) 经济增长对于投资增长的弹性, 经历了上个世纪 80 年代至 90 年代以来的缓慢上升, 但是从总的状况看, 长期增长的投资弹性较高, 1978—2008 年的均值为 0.62。(2) 碳排放对于经济增长的拉动效应在 30 年间平均为 0.23, 80 年代平均为 0.21, 90 年代为 0.25, 进入新世纪以来平均为 0.23。但是, 中国资本驱动的工业化模式, 经济增长的一部分是以高能耗和环境污染为代价, 根据估算, 1978—2008 年的平均 9.5% 的潜在增长速度中, 约有 1.3 个百分点是环境的代价。进入新世纪以来, 伴随新一轮经济规模的扩大, 环境代价也相应提高, 2000—2008 年环境消耗拉动经济增长平均为 2 个百分点。(3) 劳动力投入弹性相对较小, 30 年来平均为 0.15。(4) 技术进步速度 30 年中平均为 1.8%, 整体趋势是上世纪 80 年代平均为 1.8%, 90 年代为 1.7%, 新世纪以来为 1.9%。

表 1 潜在增长方程(3)的参数估计及碳排放核算

	弹性			技术进步	潜在经济增长速度: %	碳排放贡献点数: %
	$\alpha^{(k)}$	$\alpha^{(CO_2)}$	$\alpha^{(l)}$	$\alpha_t$ : %		
1978—2008	0.62	0.23	0.15	1.8	9.5	1.26
1978—1989	0.59	0.21	0.20	1.8	8.1	1.10
1990—1999	0.64	0.25	0.11	1.7	10.2	0.80
2000—2008	0.64	0.23	0.13	1.9	10.6	1.98

$\bar{R}^2 = 0.97, DW = 1.62$  (样本期: 1960—2008)

### (三) 现有经济模式下的能源消费与碳排放: 增长核算方程(3)的进一步说明

潜在增长核算方程(3)是传统两要素生产函数的一个扩展, 我们只是把碳排放作为增长的一个要素纳入进来。从因果关系上来说, 能源消费增加是碳排放增加的一个主要原因; 从中国能源消费和碳排放序列的统计性质上来说, 二者存在高度相关性, 因此, 增长核算方程(3)意味着, 我们实际

上把能源消费与碳排放视为同一现象的一体两面,这也是本文不同于一些文献同时将能源与碳排放纳入生产函数中的重要原因。对于这一点,本部分将从统计角度给出进一步说明。首先,1960—2008年间CO<sub>2</sub>排放量与能源消费量简单的相关性分析也显示,二者的相关系数为0.99,接近于1。其次,采用类似于增长核算方程(3)的状态空间模型,对于对数化的CO<sub>2</sub>排放量与能源消费量建立计量分析框架,我们的估算结果显示:从碳排放对能源消费的弹性表现来看,1978—2008年间,能源消费增长1%,碳排放增长约1.02%,近乎单一弹性,而且这种趋势在30年间波动较小(标准差为0.007)。也就是说,中国现有经济模式下,碳排放与能源消费同步增长,对于正处在工业化持续推进的中国经济而言,这个问题值得关注。上述分析也表明,节能减排是一个事物的两个方面,力度持续加大的减排意味着能源消费的节约和能源利用效率的提高,进而说明未来经济结构调整和技术进步之于持续增长的重要意义。

#### (四) 人力资本问题

增长核算框架中另一个值得讨论的问题是人力资本积累的作用。从中国经济增长的经验看,正如上文说明的那样,低价工业化模式及相应资本驱动型增长方式主导之下的中国经济增长,使得技术进步表现出“干中学”、“投中学”的特征(张平、刘霞辉,2007),而人力资本积累作为一个从属性因素存在于这一现实过程。因此,可以预期的是,就我们所观察的样本期间而言,增长核算框架中纳入人力资本因素后,不可能在很大程度上改变要素弹性模式。采用Collins & Bosworth(1996)关于人力资本的增长核算方式,令 $H_t = hL_t$ 表示经过劳动质量调整后的劳动投入或有效劳动,其中, $h_t$ 代表劳动者平均受教育年限,那么类似于方程(3)的包含人力资本的增长核算框架可以写为:

$$\begin{aligned} \text{量测方程: } \ln\left(\frac{GDP}{H}\right)_t &= n_0 + \gamma_t^{(k)} \ln\left(\frac{K}{H}\right)_t + \gamma_t^{(CO_2)} \ln\left(\frac{CO_2}{H}\right)_t + \gamma_t^{1960-2008} + \varepsilon_t(n'_0) \\ \text{状态方程: } \gamma_t^{(k)} &= \gamma_t^{(k)}(-1), \gamma_t^{(CO_2)} = \gamma_t^{(CO_2)}(-1), \gamma_t = \gamma_t(-1) \end{aligned} \quad (4)$$

表2报告了方程(4)参数估计结果的统计描述及与方程(3)参数估计统计描述的对比。从方程(4)参数估计的统计描述看,1978—2008年间产出资本弹性 $\gamma^{(k)}$ 、碳排放弹性 $\gamma^{(CO_2)}$ 的均值分别为0.66与0.22,与其间方程(3)及相应表1提供的参数均值相差不大。这种情况表明,若运用劳动者受教育年限来对劳动力投入进行调整,在评估期内不会从本质上改变生产函数的弹性模式。这种分析结果从一个方面揭示了中国长期经济增长的资本驱动模式特征,即从中国经济增长的历史经验来看,资本、劳动投入推动增长的格局非常明显。

#### (五) 基于主要因素的潜在增长核算

前文的两个主要工作,长期增长因素关联分析和主要宏观变量的长期增长效应分析,是本部分的基础。这里,我们尝试着根据上述统计分析结果,对中国未来10年潜在增长速度给出一个大致的评价,以便为进一步的政策分析做数据准备。与方程(4)比较起来,核算框架(3)在主要经济变量未来趋势说明方面更加简洁,因此,本文

表2 方程(4)与方程(3)

参数估计结果对比:1978—2008年平均值

	$\gamma^{(k)}$	$\gamma^{(CO_2)}$	$\gamma_t: \%$	$\alpha^{(k)}$	$\alpha^{(CO_2)}$	$\alpha_t: \%$
均值	0.66	0.20	1.2	0.62	0.23	1.8
中值	0.66	0.20	1.3	0.62	0.23	1.8
最大值	0.68	0.23	1.5	0.67	0.27	2.2
最小值	0.64	0.15	0.9	0.56	0.17	1.7

采用通常的做法,运用框架(3)进行未来增长情景分析。在潜在增长评价开始之前,有一个技术性细节需要讨论。我国碳排放远景的规划是依据单位国内生产总值制定的,而实证模型的参数估计主要针对GDP与碳排水平的关系给出结果。因此,为了运用模型的估算数据,这里将引入CO<sub>2</sub>排放量增长速度与单位国内生产总值碳排放增长速度的统计关系。基于本文变量序列,我们可以很

方便地给出单位国内生产总值碳排放及增长速度指标。若  $CO_2$  排放量增长速度与这个指标存在可计量的统计关系,那么我们就很容易把单位国内生产总值碳排放增长速度转化成  $CO_2$  排放量增长速度和人均  $CO_2$  排放量增长速度,运用量测方程参数对未来潜在增长的环境代价就可以识别了。图 1 给出了 1953 年以来中国碳排放量增长速度与单位国内生产总值碳排放增长趋势的直观印象,简单的相关关系分析也显示这两个波动序列的相关系数高达 0.9。带有截距和趋势的稳定性检验表明,对数化的碳排放水平序列和单位国内生产总值碳排放序列为  $I(0)$  过程。如果以  $\theta$  表示对数化的单位国内生产总值碳排放水平序列,对数化的碳排放水平用  $co_2$  代表,那么,控制了截距和长期时间趋势后,两者的统计关系如下:

$$co_2 = \underset{(17.37)}{7.69} + \underset{(8.20)}{0.77}\theta + \underset{(22.83)}{0.08}t_{1965-2008} + \underset{(3.11)}{0.52}AR(1) + \underset{(6.07)}{0.73}MA(1)$$

$$R^2 = 0.99, DW = 1.91 \quad (5)$$

(5) 式中,为了提高拟合优度和消除残差自相关,我们引入一阶自回归滑动平均  $ARMA(1, 1)$  对回归方程残差序列进行修正(高铁梅, 2009)。根据这个统计结果,我们接受长期中  $co_2$  对于  $\theta$  升降弹性为 0.77 的统计关系。基于这个统计关系和量测方程弹性,下面的数据模拟便有了依据。

### 1. 控制 K、L 和技术进步因素, 碳减排之于潜在增长影响的核算

考虑碳排放规划远景: 到 2020 年, 中国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%—45%。可以看出, 要在 15 年内达到这个目标, 单位国内生产总值二氧化碳排放应以年均 3% 的速度累积下降。基于这种理解, 这里以 2008 年潜在增长速度、变参数以及  $\theta$  弹性为基准, 观察低碳经济对潜在 GDP 的影响如表 3。

根据碳排放参数弹性变化趋势, 我们设定了两种情景 I 和 II。 $\alpha^{(CO_2)}$  情景 I 是按趋势预测, 可能是较为现实的情景, 假定从 2008 年逐渐降低到 0.1 左右的水平;  $\alpha^{(CO_2)}$  情形 II 是假定未来十年平均处于 0.1 左右的水平, 这个假定暗含污染拉动在未来十年的增长效应较低。情景 I 假定随着环境治理力度的逐步提高和减排措施的落实, 环境资本消耗对于增长的作用逐步降低, 这是一种较为可能的情景。在这种情景下, 2015 年之前, 8%—9% 的增长潜力仍可以维持。但是, 随着减排力度的累积性增强, 以牺牲环境为代价的高增长方式将不可持续, 潜在增长有可能降低到 8% 以下。情景 II 是一种理想中的状况, 假定未来 10 年里碳排放之于增长的效应平均维持在 0.1 的较低水平, 即使在这种理想状况下, 受减排的影响, 2015 年后潜在增长仍将降低到 8% 以下。

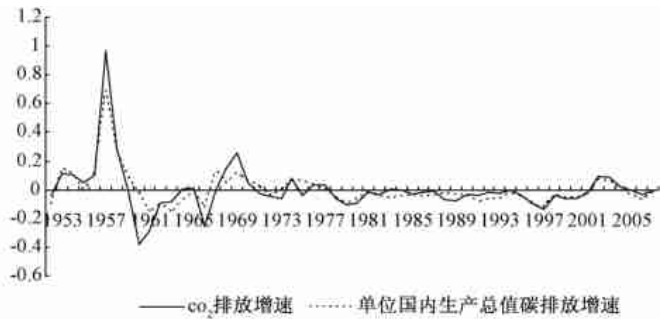


图 1 二氧化碳排放增长速度和单位国内生产总值碳排放增长速度的趋势对比

数据来源:《新中国五十五年统计资料汇编: 1949—2004》, 《中国统计年鉴 2009》, CDIAC。

### 2. 控制 K、技术进步因素, 考虑到劳动力增减的影响: 第一步修正

根据我们的年龄移算数据, 中国劳动力供给拐点趋势在 2010 年将会出现, 而劳动力供给持续的下降趋势在 2015 年之后将变得更加明显。考虑到劳动力供给对于中国经济长期增长的巨大作用, 这个因素在预测潜在增长时是需要考虑的。从长期来看, 根据前文模型实证结果, 在考虑环境资本消耗的条件下, 长期增长的劳动力供给弹性平均为 0.15。对于资本、劳动和碳排三个变量之间的关系, 根据模型统计结果的表现, 在进行未来预测时, 把增长的资本弹性  $\alpha^{(k)}$  暂时控制在 0.6 的水平比较合理。因此, 在剩下的 0.4 个点的弹性里,  $\alpha^{(l)}$  情景将随  $\alpha^{(CO_2)}$  变化而变化。表 4 中未来

潜在增长评价,是在表2的基础上做出的,持续性减排压力和劳动力结构转型,将把潜在增长速度下拉0.2个百分点左右。

表3 控制K、L和技术进步因素,到2020年单位国内生产总值减排45%下潜在经济增长速度  
(以2008年为基准)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	平均
$\alpha^{(CO_2)}$ 情形 I :	0.162	0.157	0.153	0.149	0.145	0.141	0.137	0.132	0.128	0.124	0.120	-
碳排放年均增长:%	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-
潜在增长速度:%	9.2	8.9	8.5	8.2	7.9	7.5	7.2	6.9	6.6	6.3	6.1	7.6
$\alpha^{(CO_2)}$ 情形 II :	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	-
碳排放年均增长:%	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-
潜在增长速度:%	9.5	9.3	9.1	8.9	8.6	8.4	8.2	7.9	7.7	7.5	7.2	8.5

表4 控制K、技术因素,考虑到劳动力增减的影响:第一步修正

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	平均
$\alpha^{(L)}$ 情形 I :	0.238	0.243	0.247	0.251	0.255	0.259	0.263	0.268	0.272	0.276	0.280	-
碳排放年均增长:%	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-
潜在增长速度:%	9.2	8.9	8.5	8.2	7.9	7.7	7.0	6.8	6.4	6.0	5.8	7.4
$\alpha^{(L)}$ 情形 II :	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	-
碳排放年均增长:%	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-
潜在增长速度:%	9.5	9.3	9.1	8.9	8.5	8.7	7.8	7.8	7.4	7.1	6.9	8.3

### 3. 资本存量增长速度8%的情景:第二步修正

1978—2008年中国资本存量的增长速度平均为10%,呈现较为稳定的线性增长;与此相对应,1978—2008年中国固定资本形成速度为11%,上世纪90年代中期以来增长较快,达到12%。从表4的情景来看,若不考虑固定资本形成速度降低的情况,2015年之前,中国潜在经济增长速度仍将处于8%—9%的水平。但是,2015年之后,减排力度的累积性增强,迫使潜在增长速度降低到7%—8%,若要维持较高的增长,资本增长可能是一个重要因素。表5给出了固定资本投资未来十年增长速度比历史平均趋势低2%—3%的情景,两种情景下,平均的潜在增长速度为6%—7%。表5的情景尽管在未来较短时期不会出现,但是数据模拟仍然揭示了这样一个现象,即长期资本驱动之下的经济,若投资率下降过于猛烈,则潜在增长的反应也相应激烈。鉴于中国庞大劳动力规模及经济发展的要求,维持较高资本形成率仍是必须的。

### 4. 技术进步的作用

上文数据分析述及,长期以来,中国碳排放始终处于走走停停的状态。表3—表5是对碳排放累积下降之于潜在增长的评价。实际上,根据碳排放远景规划,碳排放控制力度的增强,对于未来经济增长空间施加了很大压力。但另一方面,这种压力的有利之处是促进生产方式和投资结构的优化。有两个路径似乎可以阻止潜在增长的大幅下降:一是资本形成,二是技术进步。至少在较近的时期中,10%的资本形成速度可以阻止潜在增长速度的下降,但是,2015年之后,人口结构转型所带来的社会保障问题、减排目标的实施,都为这个较高的固定资本形成能否维持,施加了压力。有



一点可以肯定的是, 无论上述各种情景的预测, 2015—2020年的时期中, 若是技术进步速度不能达到年均3%的水平, 那么, 中国的潜在增长很可能降低到8%以下。

表5 控制其他因素和减排远景, 考虑到k增长速度8%情形的潜在经济增长速度  
第二步修正

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	平均
$\alpha^{(k)}$ 情形:	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	-
潜在增长速度 I : %	8.0	7.7	7.3	7.0	6.7	6.5	5.8	5.6	5.2	4.8	4.6	6.3
潜在增长速度 II : %	8.3	8.1	7.9	7.7	7.3	7.5	6.6	6.6	6.2	5.9	5.7	7.1

### 五、增长因素及增长转型期问题分析

让我们回到实际增长过程中来进一步印证实证分析的一些基本结论, 主要对投资和污染之于长期增长的作用进行直观的静态比较分析。表6列示了“七五”以来中国经济增长状况及资本和能耗, 其中, “七五”至“九五”这段增长历史在中国增长方式的体现方面最为典型。先设定比较分析的出发点。根据前文实证分析的结论, 碳排放的持续下降将导致长期增长速度的减缓, 除非在碳排放减少的同时有投资的支撑。首先, 中国经济增长中碳排放趋势的一个典型事实是, 单位GDP的碳排放在上世纪80年代以后呈现迅速下降态势(图2), 关于这一点, 在接下来的阐述中还要进行分析。1986—1990年到1991—1995年的10年里, 是单位GDP碳排放下降最为快速的时期, 累积下降50%。分阶段看, 1986—1990年到1991—1995年这段时期, 尽管碳排放下降很快, 但是持续高企的固定资产投资抵消了碳排放下降所带来的消极影响, 进而支撑起实际经济增长速度和潜在增长速度的高位运行。1991—1995年到1996—2000年的这段历史时期里, 单位GDP碳排放下降趋势进一步增强, 但是受宏观调控和国际经济环境的影响, 投资速度比前一阶段明显降低。这期间, 无论是实际GDP增速还是潜在GDP增速, 均出现显著下降趋势。2001—2005年这一段时期, 随着国内外经济环境的改善, 投资增长速度较快, 其间, 高涨的投资引致单位GDP能耗的上升和污染的回升。这段时期不仅实际GDP表现出了强劲增长, 而且经济增长潜力得到进一步开发, 潜在GDP达到11%的高水平。“十一五”以来, 在高投资的驱动下, 实际GDP增长速度高于潜在GDP增长速度。

表6 每5年主要宏观经济指标变动情况(1990年不变价GDP) 单位: %

	1986—1990	1991—1995	1996—2000	2001—2005	2006—2008
单位GDP碳排增减(阶段变动)	-12.9	-21.6	-27.0	+10.5	-8.4
单位GDP能耗增减(阶段变动)	-9.0	-22.6	-27.4	+7.6	-6.0
固定资产投资速度(5年平均)	16.5	36.9	11.2	20.2	24.7
实际GDP增速(5年平均)	7.9	12.3	8.6	9.6	11.2
潜在GDP增速(5年平均)	9.6	10.9	9.9	11.4	9.7

数据来源: <http://db.cei.gov.cn/>; CDIAC; 前文计量分析结果。

自然而然的问题是, 为什么进入新世纪以来, 单位GDP碳排放速度持续递减的趋势受到阻遏, 这种趋势的经济含义是什么? 为了对这个问题进行观察, 让我们回到图2。上个世纪80年代至90年代碳排放的迅速下降, 在很大程度上挤压了新世纪以来的减排空间。从趋势图可以看出, 一条“反S”型的减排力度轨迹, 在2000年以来已经隐约出现。这个轨迹暗示着, 如果以目前生产技术和产业结构继续支撑高位增长和庞大就业, 则减排将面临巨大压力, 于是, 我们似乎看到了这样一个“悖论”: 在现有投资和技术主导的增长模式, 要想维持高增长, 必须在减排和高投资驱动之间进行

转换,但是这种转换的一个可能效应是,高投资可能再次抵消减排力度,从而使得中国经济未来发展走入一个不确定性较大的循环;另一方面,如果为了减排而减排,在现有技术条件下,占能耗70%的工业无疑将受到很大冲击,进而降低未来增长速度。

因此,为减排力度持续加强制造较大空间的路径有两个:技术进步和产业结构调整。产业技术更新之于长期增长的益处,在经济文献中已经得到充分论证,这里,我们感兴趣的是两点:一是技术更新及相应旧增长模式的改造和新型工业行业的发展,不仅可以直接拉动更“清洁”的投资比重,而且可以通过增长质量的提高为未来持续增长培育潜力。再者,工业结构的转型,为服务业的健康发展带来激励,从而促使中国抓住城市化推动经济增长的机遇,这实际上是产业结构转型的问题。至此,我们对于低碳经济的影响及中国未来经济发展趋势,基本勾勒出了一个前景。

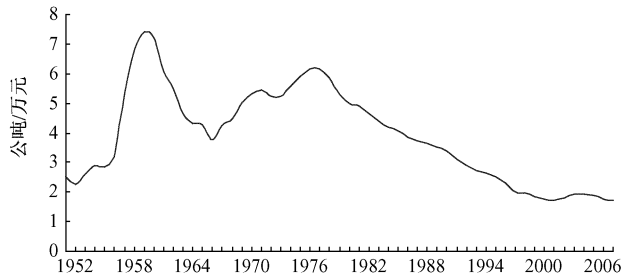


图2 1952—2008年单位GDP碳排放趋势(1990年不变价GDP)  
数据来源:《新中国五十五年统计资料汇编:1949—2004》,《中国统计年鉴2009》,CDIAC。

## 六、结论和建议

立足于经济增长核算模型及一系列统计数据,本文对碳排放之于长期增长影响和低碳发展要求下未来的增长前景进行了分析。总体看来,在投资模式不能得到顺利转型的情况下,低碳经济将削弱未来增长潜力。鉴于中国庞大劳动力存量的现实,低于8%的增长将会使就业压力凸显。但是,如果考虑到未来人口结构转型及一系列社会需求的日益扩大,长期存在于中国增长历史中的高投资的持续前景也不令人乐观。比如人口老龄化的来临将导致高储蓄的下降,并压缩资本形成速度的增长空间。因此,技术进步及结构转型的发展,自然成为未来增长着重关注的问题。基于本文的数据分析及相应问题解释,我们认为,以下几点值得思考:

1. 摆脱高增长依赖症,逐步容忍和适应经济增速的放缓,提高经济增长的质量。减排规划既是压力也是动力,根据前文分析,中国长期潜在增长的速度在9.5%左右,这个统计分析结果与国内文献的分析结果相差不大。但是,从现实经济表现看,受高投资驱动,中国增长历史上多次出现高于10%的情况,其结果是能耗和污染的加大。低碳情境下适度降低投资速度的结果并非不可容忍,只要维持一定的技术进步速度。从发展要求来看,未来8%的发展速度是可以容忍的。这个速度的内涵,本质上意味着增长质量提高和产业结构转型,从而有利于中国已经开启的城市化效应的发挥。

2. 建立环境污染对我国经济增长的反馈机制。本文第三部分关于增长机理分析的反馈路径,主要依据中国历史数据建立,碳排放变量的纳入,给予我们一个观察主要宏观变量反馈机制的视角。目前,污染问题还未能对中国的经济增长产生较强的抑制作用。污染对经济增长变化的反馈机制相对较弱说明,环境问题还是“外部性”的问题。存在着地方讲“发展”,中央讲“科学”,即由发展所产生的很多负的外部性,如污染问题等都要由国家层面来解决的情况,这意味着我国目前还缺乏有效的环境资源产权保护体系与市场交易机制,来对污染的负外部效应进行清晰界定。因此,建立清晰的环境资源产权界定体系与市场交易机制,是促进环境污染对我国经济增长的反馈机制的关键所在。

3. 促进产业结构转换,减弱增长对于资源环境的依赖。1985年以来我国经济增长过程中“先污染,后治理”的特征明显,而经济增长带来的污染增加是一个长期的过程。这和中国正处在工业

化发展阶段有很大关系。前文实证分析和表2提供了能耗与碳排联系的统计说明及进一步的对比性分析,数据和统计结论给予我们的印象简洁而直观。从能耗分布来看,长期以来,增加值占GDP 40%的工业部门耗用了70%左右的能源,尽管这是由工业生产本身的性质所决定,但中国工业生产过程中高耗能、高污染特征也加剧了能源消耗。以技术进步和增长质量提高为前提,工业部门生产方式的转型不仅有利于环境压力的缓解,而且有利于中国长期增长可持续潜力的深度挖掘。

4. 运用价格和财税手段,促进环境保护与经济增长之间的协调。价格和财税是保障环境与经济增长之间的协调的关键环节。长期以来中国能源价格偏低的情况至今没有得到很大改观,如果让中国未来经济增长逐步转入以技术进步和增长质量为支撑的轨道上来,进一步理顺资源能源价格依然是关键环节。能源价格的理顺主要从提高能源技术进步的角度,促进能耗总量和结构的转变,进而有利于长期增长资源环境压力的缓解。在公共政策支持方面,近年来,国家在环保的财政支持方面力度不断加大,但是由于环境税收体系建立的滞后,限制了环保公共投入支持的资金来源。从实施减排规划、促进增长方式转型的长远角度考虑,应参考发达国家在环保制度领域的有益经验。

#### 参考文献

- 阿吉翁、霍伊特, 2004:《内生增长理论》(中译本), 北京大学出版社。
- 陈诗一, 2009:《能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展》,《经济研究》第4期。
- 董利民、吕连菊、张学忙, 2006:《中国潜在产出测算实证研究》,《中国农学通报》第10期。
- 高路明, 2010:《2020年的中国——宏观经济情景分析》,世界银行中国研究论文第9期, 6月。
- 高铁梅, 2009:《计量经济分析方法与建模》,清华大学出版社。
- 郭庆旺、贾俊雪, 2004:《中国潜在产出与产出缺口的估算》,《经济研究》第5期。
- 汉密尔顿, 1999:《时间序列分析》(中译本), 中国社会科学出版社。
- 何枫、陈荣、何林, 2003:《我国资本存量的估算及其相关分析》,《经济学家》第5期。
- 刘斌、张怀清, 2001:《我国产出缺口的估计》,《金融研究》第10期。
- 吕光明, 2007:《潜在产出和产出缺口估计方法的比较研究》,《中央财经大学学报》第5期。
- 涂正革, 2008:《环境、资源与工业增长的协调性》,《经济研究》第2期。
- 王小鲁、樊纲, 2000:《中国经济增长的可持续性》,经济科学出版社。
- 张平、刘霞辉, 2007:《中国经济增长前沿》,社会科学文献出版社。
- 张平、张晓晶, 2003:《经济增长、结构调整的累积效应与资本形成》,《经济研究》第8期。
- Bovenberg A. and S. Smulders, 1995, "Environmental Quality and Pollution augmenting Technological Change in a Two sector Endogenous Growth Model", *Journal of Public Economics*, vol. 57, issue 3, p369-391.
- Boschen, J. and L. Mills, 1990, "Monetary Policy with a New View of Potential GNP", *Federal Reserve Bank of Philadelphia Business Review* (July-August): 3-10.
- Chow, G. and K. W. Li, 2002, "China's Economic Growth: 1952-2010", *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 51, No. 1, pp. 247-256.
- Collins, S. and B. P. Bosworth, 1996, "Economic Growth in East Asia: Accumulation versus Assimilation", *Brookings Papers on Economic Activity*, iss. 2, pp. 135-91 AN: 0436981.
- Cochrane, J. H., 1994, "Permanent and Transitory Components of GNP and Stock Prices", *Quarterly Journal of Economics*, 61 (1994): 241-65.
- Chung, Y.H. Fare, R and S. Grosskopf, 1997, "Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach", *Journal of Environmental Management*, 51, 229-240.
- Department of Trade and Industry, 2003, "Our Energy Future Creating a Low Carbon Economy", UK Energy White Paper.
- Dupasquier, C. G. and P. St Amant, 1999, "A Survey of Alternative Methodologies for Estimating Potential Output and the Output Gap", *Journal of Macroeconomics*, Summer, Vol. 21, No. 3, pp. 577-595.
- Lighthart, J. E. and Van der Ploeg, F., 1994, "Pollution, the Cost of Public Funds and Endogenous Growth", *Economic Letters*, 339-349.

(下转第154页)

## Insurance Growth Level, Structure and Influencing Factors: An International Comparison Perspective

Zheng Wei<sup>a</sup>, Liu Yongdong<sup>b</sup> and Deng Yiting<sup>c</sup>

(a: School of Economics, Peking University; Department of Agricultural and Resource Economics,

b: University of California, Berkeley; c: Fuqua School of Business, Duke University)

**Abstract:** In consideration of the limitations of the traditional methods for international insurance comparison, we propose in this paper a new paradigm. First, based on the “ordinary growth model”, we construct the “Benchmark Ratio of Insurance Penetration” (BRIP) as a new index for international insurance comparison. Second, we put forward the “adjusted growth model”, and then introduce the “trichotomy” of insurance growth structure based on this model. Third, by comparing the two models, we investigate the respective roles of economic factors and institutional factors in the insurance growth. The main findings are as follows. First, as the new indicator BRIP indicates, for the emerging countries, the benchmark adjusted insurance growth level is significantly higher than the insurance growth level measured by traditional methods; and for the developed countries, the benchmark adjusted insurance growth level is significantly lower than the insurance growth level measured by traditional methods. Second, from the perspective of growth structure, the insurance growth in developed countries is mainly driven by the economic factors, while that in emerging countries is largely driven by the institutional factors. Third, as the economy develops, the contribution of the institutional factors to the insurance growth would gradually decrease, and the economic factors would play a more active role in the insurance growth.

**Key Words:** Insurance; Growth; International Comparison

**JEL Classification:** G22

(责任编辑: 宏 亮) (校对: 梅 子)

(上接第 89 页)

Lu Xuedu, Jiahua Pan and Ying Chen, 2006, “Sustaining Economic Growth in China under Energy and Climate Security Constraints”, *China and World Economy*, 14(6), 85—97.

Mohtadi H., 1996, “Environment, Growth and Optimal Policy Design”, *Journal of Public Economics*, 63, 119—140.

Ramanathan Ramakrishnan, 2005, “An Analysis of Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions in Countries of the Middle East and North Africa”, *Energy*, 30(15), 2831—2842.

Stokey, N. L., 1998, “Are There Limits to Growth”, *International Economic Review*, 39(1), pp. 1—31.

Young, Alwyn, 2003, “Gold into Base Metals: Productivity Growth in the People’s Republic of China during the Reform Period”, *Journal of Political Economy*, vol. 111: 1220—1261.

Watson M. W., 1986, “Univariate Detrending Methods with Stochastic Trends”, *Journal of Monetary Economics*, 18, 49—75.

## The Potential Economic Growth of China with Restraint of Low Carbon Economy

Yuan Fuhua

(Institute of Economics, CASS)

**Abstract:** This paper established a growth accounting frame with environmental factor for the purpose of exploring the economic implication of carbon emission reduction scheme systemically, and discussed some key features of long term growth of China based on it. The main conclusions of this paper are as follows: (1) The rate of potential GDP has grown, on average, at the rate of 9.5% since the Reform and Opening up, and about 1.3 percent gained at the cost of pollution. (2) The restraints of low carbon economy and demographic transition would depress the rate of potential GDP below 8%, and the shock of carbon emission reduction could not be absorbed by the existing production pattern. (3) Technical progress and industrial transformation would be crucial to the future sustainable growth.

**Key Words:** Low Carbon Economy; Potential Economic Growth; Technical Progress

**JEL Classification:** Q210, O490, O300

(责任编辑: 詹小洪) (校对: 昱 莹)