

◆ 吴翔 彭代彦¹
Xiang Wu Dai-yanPeng

中国绿色经济效率及绿色全要素生产率分析

The Analysis of The Green Economy's Efficiency and Green Total Factor Productivity in China

摘要: 本文在计算出相对绿色 GDP 的基础上,运用三阶段 DEA 模型与 Malmquist 指数相结合的方法,对资源和环境约束下的绿色经济效率和绿色全要素生产率进行了研究。研究表明:经济开放度、经济社会结构、政策制度、人口结构和可持续发展五个方面的外部环境对经济效率均有显著影响;绿色经济效率受绿色规模效率较低的影响小于传统经济效率,且表现出更大的省际差异;绿色技术进步的负增长造成了生产前沿面的内陷,导致了绿色 TFP 低于传统 TFP。

关键词: 环境综合指数,绿色 GDP,绿色经济效率,绿色全要素生产率

中图分类号: F062.1 文献标识码: A

Abstract: On the basis of the accounting of relative green GDP, this article makes a analysis of the green economy's efficiency and green TFP considering the resources and the environments by means of combining the the three phase of the DEA model with Malmquist index. The research shows that external environment have a notable effect on the economy's efficiency. The green efficiency is less than the traditional one, which shows greater provincial differences. The negative growth of the green technology progress causes the backslide of the production with a result that green TFP is less than the traditional one.

Key Words: environmental composite index, green GDP, green economy's efficiency, green total factor productivity

¹ 作者简介: 吴翔, 华中科技大学经济学院, 邮政编码: 430074, 电子邮箱: kidxiang@hotmail.com; 彭代彦, 华中科技大学经济学院, 邮政编码: 430074, 电子邮箱: pengdaiyan0880@126.com。

一、引言

改革开放以来，中国经济高速增长的同时也带来了较严重的资源浪费和环境污染。资源方面，人们揭露了大量的资源浪费现象，就资源的利用效率来说，中国是最缺乏效率的经济体；环境方面，据《2011年中国环境状况公报》显示，我国2011年污染物排放总量依然巨大，并且在2012年全球环境绩效指数（EPI, Environmental Performance Index）排名中，中国在132个国家中名列第116位，环境情况不容乐观。在资源和环境约束下，这种粗放型的增长方式是不可持续的。诚然经济发展是第一要务，我们不能停止发展的脚步，而且发展中出现的问题也只有在发展中才能得到彻底解决，因此在发展过程中，有两个亟待解决的问题：其一是由粗放型增长方式所造成的资源浪费，即效率问题；其二是由片面追求GDP量的增长而忽视环境保护所造成的环境污染，即环境问题。面对以上两个问题，一方面应提高经济增长的效率，实现经济增长由粗放型向集约型的转变，节约资源；另一方面，应将环境的消耗及污染纳入经济增长核算的范畴，保护环境，建设“资源节约型、环境友好型”社会。

二、文献综述

由于资源不能无限投入，许多学者对经济增长的关注开始转移到经济增长绩效上来。Chow and Lin (2002)、Zheng and Hu(2004)、颜鹏飞、王兵(2004)、王志刚等(2006)分别运用不同的方法对我国省际间的生产效率进行了研究，得出了有价值的结论。但这些研究未考虑资源环境因素的影响，其结果会导致全要素产率的含义被误导(Shadbegian and Gray, 2005)。随着环境问题的日益突出，近年来许多学者开始将环境因素纳入到效率和全要素生产率的研究，陈诗一(2009)利用扩展新古典增长模型的Solow余值法在考虑CO₂排放的情况对我国工业的经济增长进行了研究；涂正革、肖耿(2009)在考虑SO₂排放的情况下，采用非参数规划方法研究了环境约束下的中国工业增长模式；胡鞍钢等(2008)和李静(2009)在考虑环境因素的情况下，以方向性距离函数(SBM)对中国区域生产技术效率状况进行了研究；王兵等(2010)将能源纳入投入变量，考虑SO₂和COD排放的情况下运用SBM方向性距离函数和卢恩伯格(Luenberger)生产率指标测度了中国环境效率、环境全要素生产率及其成分；还有许多学者利用Chung et al.构建的Malmquist-Luenberger(ML)生产率指数对全要素生产率进行了测算(如Fare et al., 2001; Jeon and Sickles, 2004; Yoruk and Zaim, 2005; Kumar, 2006)。

忽视经济增长的环境因素会扭曲对社会福利变化和经济绩效的评价，可能在政策建议上产生误导(Hailu et al., 2000)。目前将环境因素纳入模型分析的方法主要有三种：第一是借鉴Korhonen and Luptacik(2004)对负产出的处理方法之一，将其作为投入变量(Hailu and Veeman, 2001; Ramanathan, 2005; 陈诗一, 2009; 李胜文等, 2010; 张江雪、朱磊, 2012; 匡远凤、彭代彦, 2012)，这种做法不符合实际生产过程；第二是将环境作为一种非期望“坏”产出，利用方向性距离函数考虑其对经济增长的负面影响(Yoruk and Zaim, 2005; Kumar, 2006; Watanabe et al., 2007; 胡鞍钢等，

2008; 吴军, 2009; 涂正革、肖耿, 2009; 王兵等, 2010; 陈诗一, 2010), 但该方法存在“不可行解”的问题(匡远凤、彭代彦, 2012), 并且该方法无法摆脱传统 DEA 方法将无效率全部归咎于管理无效率的弊端, 不能充分考虑到投入产出的松弛型问题(李静, 2009), 因此无法分析影响无效率的因素; 第三是利用主成分分析或因子分析将环境因素(如污染等)合并进产出指标(朱承亮等, 2011), 用环境因素对原始产出指标进行调整得出考虑环境因素在内的新产出指标, 以新产出指标进行分析。该方法既不违背实际生产过程, 又可以对非效率的影响因素进行分析, 但目前运用尚少。且目前对于环境因素的考量局限于 CO₂、SO₂、COD 等“三废”方面, 对于综合环境的其他方面的考量较少。

就研究方法而言, 利用传统的生产函数(如 Solow 余值的增长核算法)对函数的约束较强且不能考虑生产过程中的无效率情况, 可能导致其结论有偏(郑京海等, 2005); 利用 SFA 方法, 由于需要预先设定函数形式以及假定误差项的分布, 其主观性和限制性较强, 一旦定义的函数形式或误差项的分布与实际情况不一致, 将在很大程度上影响其结果, 且参数估计有效性有赖于大量的样本数据; 传统的 DEA 方法虽然能够充分考虑投入产出的松弛问题, 并且具有不事先定义生产函数的形式, 也不事先假定误差项的分布, 以实物指标来估计生产前沿面, 客观且不需要大规模样本数据等优势, 但由于 DEA 方法把非效率全部归咎于管理非效率, 忽略了随机误差和外部环境的影响, 使分析结果存在偏差; 基于 DEA 方法的 SBM 方向性距离函数, 没有摆脱传统 DEA 方法将非效率全部归咎于管理非效率的缺陷, 且在引入非期望“坏”产出的情况下又遇到了“不可行解”问题。为了弥补 DEA 模型在非效率项方面的缺陷, 剥离外部因素的影响, Fried 等(1999)提出了四阶段 DEA 模型, 利用 Tobit 模型对非效率值进行调整, 虽然考虑了松弛量的截断问题, 但无法调整随机误差对效率的影响。为此, Fried 等(2002)提出了三阶段 DEA 模型, 利用随机前沿模型, 可同时调整环境变量与随机误差项的影响。

本文拟运用主成分分析法, 构建一套涵盖环境污染、生态资源和自然灾害三大方面的指标体系, 测算出一组反映各省份环境综合质量相对好坏的相对指数——环境综合指数(Environmental Comprehensive Index, ECI), 利用该指数对传统 GDP 进行调整得出相对绿色 GDP, 以绿色 GDP 代替传统 GDP 作为产出指标以实现环境因素的考量, 在此基础上运用三阶段 DEA 模型及 Malmquist 生产率指数对中国绿色生产效率及全要素生产率进行实证分析。这种做法做既不违背实际生产过程, 又可将造成无效的因素区分为环境因素、随机因素和管理无效并对非效率的影响因素进行分析, 且考虑的资源环境因素要比已有的利用其他方法所考虑的环境因素要全面的多。

三、相对绿色 GDP 估算

绿色 GDP 涉及的自然资源和环境部分包含甚广, 内容庞大复杂, 任何的指标体系都无法穷尽其各个方面, 这也正是我国绿色 GDP 核算尝试失败的原因之一。本文在借鉴以往研究的经验, 并结合数据的可得性, 从环境污染、生态资源和自然灾害三大方面选取如下指标体系构建环境综合指数:

表 1 环境综合指数指标体系

方面	分项指标	基础指标
环境污染	废水排放及处理	工业废水排放达标率
		废水中化学需氧量排放量
		废水中氨氮排放量
	废气排放及处理	工业废气排放总量
		二氧化硫去除率
		烟尘去除率
		粉尘去除率
	固体废弃物产生及处理	工业固体废弃物综合利用率
		工业固体废弃物处置率
		工业固体废弃物排放量
“三废”综合利用情况	“三废”综合利用产品产值	
生活垃圾处理情况	生活垃圾无害化处理率	
生态资源	森林资源	森林覆盖率
	湿地资源	湿地占国土面积比重
	自然保护区	自然保护区辖区占国土面积比重
自然灾害	地质灾害	地质灾害导致的直接经济损失
		地质灾害防治投资
	森林灾害	森林火灾导致的直接经济损失
		森林病虫害综合防治率
	环境污染与破坏	环境污染与破坏的直接经济损失

本文的指标体系中的基础指标对于环境综合质量的影响方向不一致，正向指标的值越大，环境综合得分越高，采用以下公式进行标准化：

$$\text{第}i\text{个指标的得分} = \frac{V_i - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \quad (1)$$

负向指标的值越大，环境综合得分越低，采用以下公式进行标准化：

$$\text{第}i\text{个指标的得分} = \frac{V_{\max} - V_i}{V_{\max} - V_{\min}} \quad (2)$$

其中， V_i 是某地区第*i*个指标的得分， V_{\min} 是所有地区第*i*个指标得分中的最小值， V_{\max} 是所有地区第*i*个指标得分中的最大值。通过以上标准化，各个指标的得分均与环境综合质量成正向关系，即各基础指标值越大，环境综合得分越高，反之亦然。本文所用环境数据来自于《中国统计年鉴》、《中国环境年鉴》、《中国林业统计年鉴》和《中国国土资源年鉴》。

本文采用主成分分析法测算2002—2009年中国各地区环境综合指数,为使各省份环境综合指数具有时间上的可比性,本文选定一个基情年份,并假定环境综合指数得分中各基础指标的权重在考察时期内保持不变。本文考察时间跨度较小,构成环境综合指数的指标体系在短期内较稳定,从而保证了假定的合理性。本文选取距离现在最近的年份作为基期,为剔除某年偶然因素导致的异常波动的影响,借鉴樊纲等(2003)的做法用2007、2008、2009年3年基础指标得分的平均值作为确定指标权重的基期数值,并以此计算出的权重对各年的环境综合指数进行测算¹。在得出ECI的基础上,

借鉴朱承亮等(2011)的做法,利用公式
$$ECI_i^* = \frac{ECI_i}{Max(ECI_i) - Min(ECI_i)} \times 0.4 + 0.6$$
 将ECI调整

到[0, 1]区间。经过调整后的环境综合指数与传统GDP²相乘便得到相对绿色GDP。经过环境综合指数调整过的相对绿色GDP不会高于传统GDP,也就是说,在考虑资源、环境因素之后GDP会有所下降,所降低的部分即为经济发展的资源、环境代价。环境综合质量较好的地区,GDP的降幅较小;环境综合质量较差的地区,GDP会出现较大幅度的缩水。³

四、研究方法及变量

(一) 三阶段 DEA 模型

Fried 等(2002)认为,传统 DEA 模型所得的无效率受外部环境、随机干扰和管理无效三部分的影响,而传统 DEA 模型无法区分这三部分的影响,因而在传统 DEA 模型的基础上建立第二阶段类似 SFA 模型:

$$s_{ik} = f^i(z_k; \beta^i) + v_{ik} + u_{ik} \quad (3)$$

其中 s_{ik} 表示第 k 个决策单元第 i 项投入的松弛量, z_{ik} 表示外部环境, β^i 为待估参数,一般取 $f^i(z_k; \beta^i) = z_k \beta^i$; 模型误差项为混合误差 $v_{ik} + u_{ik}$, $v_{ik} \sim N(0, \sigma_{vi}^2)$ 为随机干扰, $u_{ik} \sim N^+(0, \sigma_{ui}^2)$ 为管理无效, v_{ik} 与 u_{ik} 相互独立,且均与环境变量相互独立; $\gamma = \sigma_{ui}^2 / (\sigma_{vi}^2 + \sigma_{ui}^2)$ 为技术无效率方差占总方差的比重,当 γ 接近于 1 时,管理因素的影响占主导地位;当 γ 趋近于 0 时,随机误差的影响占主导地位。

利用 SFA 的回归结果对投入项进行如下调整,增加外部环境或运气较好 DUM 的投入,使各 DUM 处于同样的环境和运气之下,从而剔除环境因素或随机因素的影响。

$$\hat{x}_{ik} = x_{ik} + [\max_k \{z_k \beta^i\} - z_k \beta^i] + [\max_k \{\hat{v}_{ik}\} - \hat{v}_{ik}] \quad (4)$$

1 本文未详列环境综合指数结果,感兴趣的读者可向作者索取。

2 在计算传统实际 GDP 时由于统计数据没有 GDP 平减指数指标,因此本文参照司春林(2002)的做法推算出各地区 GDP 平减指数(GDP Deflator),再利用 GDP 平减指数将各年 GRP 调整为以基期 2002 年不变价格计算的实际值。

3 本文未列出各省市相对绿色 GDP 值,感兴趣的读者可向作者索取。

4 此处建立的模型为随机前沿成本函数(cost function),而非随机前沿生产函数(production function),应使用变量不取对数的成本函数。

其中 x_{ik} 表示原始投入， \hat{x}_{ik} 为其调整之后的值； β^i 为环境变量参数的估计值； \hat{v}_{ik} 为随机干扰项的估计值。

要进行以上调整，必须先将随机误差和管理无效分离。本阶段建立的模型为随机前沿成本函数而非生产函数，因此在计算管理无效率的条件估计时不能直接使用 Jondrow et al. (1982) 所提出的方法，而国内一些学者误用了 Jondrow et al. 的公式¹（罗登跃，2012）。根据 Coelli 的设定， $U = CE \cdot z_k \beta^i - z_k \beta^i$ (CE 为成本效率)。

利用调整后的投入和原始产出，再次进行第三阶段的 DEA 分析，得到剔除了环境因素和随机因素后的效率值。

(二) Malmquist 生产率指数

三阶段 DEA 模型是一种静态分析，所得的绿色效率是在既定的时期中各省份与相应前沿生产边界的距离关系，并不能体现生产率在经济动态增长中的作用大小。Malmquist 指数作为分析全要素生产率动态变化的指数可以把握环境全要素生产率本身的变动状况及其来源以及它们对绿色经济动态增长的贡献大小等，可弥补三阶段 DEA 模型无法进行动态分析的缺陷，并且 Malmquist 指数作为一种非参数生产率指数与非参数的 DEA 模型更为契合。Malmquist 指数考虑存在技术非效率的情况，在规模报酬可变(VRS)的假定下，将全要素生产率的变化分解为纯技术效率变化(PEFFCH)、规模效率变化(SECH)和技术变化(TECH)。根据 Caves et al.(1982)和 Fare te al.(1994)的方法，投入导向的 Malmquist 指数可以表示为：

$$M_i^k(x^{k,t+1}, y^{k,t+1}, x^{k,t}, y^{k,t}) = \frac{D_v^{k,t+1}(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})}{D_v^{k,t}(x^{k,t}, y^{k,t})} \times \left[\frac{D_v^{k,t}(x^{k,t}, y^{k,t})}{D_c^{k,t+1}(x^{k,t}, y^{k,t})} / \frac{D_v^{k,t+1}(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})}{D_c^{k,t+1}(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})} \right] \\ \times \left[\frac{D_c^{k,t}(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})}{D_c^{k,t+1}(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})} \times \frac{D_c^{k,t}(x^{k,t}, y^{k,t})}{D_c^{k,t+1}(x^{k,t}, y^{k,t})} \right] = PEFFCH_i^k \times SECH_i^k \times TECH_i^k \quad (5)$$

注： $D_c(x, y)$ 和 $D_v(x, y)$ 分别表示规模报酬不变和规模报酬可变情况下的距离函数。

式中， $M_i^k(x^{k,t+1}, y^{k,t+1}, x^{k,t}, y^{k,t})$ 表示第 k 个决策单元 t 期到 t+1 期投入导向的 Malmquist 指数； $D^{k,t}(x^{k,t}, y^{k,t})$ 和 $D^{k,t}(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})$ 分别表示以 t 期的技术为参照，第 k 个 DUM 在 t 期和 t+1 期的投入距离函数， $D^{k,t+1}(x^{k,t}, y^{k,t})$ 和 $D^{k,t+1}(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})$ 分别表示以 t+1 期的技术为参照，第 k 个 DUM 在 t 期和 t+1 期的投入距离函数； $PEFFCH_i^k \times SECH_i^k$ 表示综合技术效率变化指数，指在一定的技术水平下，对于技术利用的效率变化对全要素生产率变化的影响； $TECH_i^k$ 表示技术进步指数，指技术进步使生产前沿面移动对全要素生产率变化的影响。

(三) 变量及数据

1. 投入产出变量

¹正确的公式为 $E(u_i | \varepsilon_i) = [\lambda \sigma / (1 + \lambda^2)] [\phi(\varepsilon_i \lambda / \sigma) / \Phi(\varepsilon_i \lambda / \sigma) + \varepsilon_i \lambda / \sigma]$ ， $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$ ， $\sigma = \sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$ ， $\phi(\bullet)$ 和 $\Phi(\bullet)$ 分别为标准正态分布的密度函数和分布函数

本文选用前文测算出的相对绿色 GDP 作为产出指标,需要说明的是,本文运用三阶段 DEA 方法测算的是各地区的相对效率值,因此用计算出的相对绿色 GDP 作为产出指标并不影响最终的相对效率情况。选用资本 (K) 和劳动 (L) 作为投入指标。劳动投入以各地区就业人数度量;资本投入以各地区资本存量度量,由于资本存量没有现存数据供直接使用,因此本文使用“永续盘存法”进行估算,根据张军等 (2004) 的研究,本文选取固定资产形成总额作为当年固定资产投资指标,用固定资产投资价格指数进行平减,得到以 2002 年不变价格表示的实际投资序列数据,关于折旧率的选择,已有研究有较大出入,很多学者选用 5% 固定的折旧率,但吴延瑞 (2008) 首次使用各个地区不同的折旧率来进行研究,随后被王兵等 (2010) 所应用。所以本文同样选择吴延瑞 (2008) 研究中所采用的各个地区不同的折旧率估算出各地区资本存量。本文所用投入产出数据均来自《中国统计年鉴》。

2. 环境变量

环境变量选择应以对效率有影响但不在样本主观可控范围内的原则,到目前为止,没有一个正式的理论作为确定效率影响因素的依据 (王兵等, 2008), 因此本文在已有研究的基础上,结合数据的可得性,从经济开放度、经济社会结构、政策制度、人口结构和可持续发展 5 个方面考量外部环境对经济增长效率的影响。

经济开放度以外资依存度和贸易依存度度量,外资依存度用外商直接投资与实际生产总值的比值 FDI/GRP 表示;贸易依存度用进出口贸易总额与生产总值比值 TRA/GRP 表示;所有以美元计价的指标均用当年人民币年平均汇率折算成人民币,并全部按照基期 2002 年可比价格进行折算。经济社会结构以产权结构和城镇化率度量,产权结构用国有单位就业人员数占城镇单位就业人员数比重表示;城镇化率用城镇人口占总人口比重表示。政策制度以财政分权程度和转移支付程度度量,财政分权程度用地方政府预算内人均财政支出与国家预算内人均财政支出之比表示;转移支付程度用各地区来自中央补助的收入与地方财政支出之比表示。人口结构以老龄化和人力资本水平度量,老龄化用 65 岁及以上老人占 15 岁以上人口的比重表示;人力资本水平用高等学校在校学生数表示¹。可持续发展以环境污染治理强度度量,环境污染治理强度用工业污染治理投资完成投资占当年生产总值的比重表示。此外本文加入位置虚拟变量 D_1 、 D_2 分别表示东部和中部用以控制地区位置的影响。本文所使用环境变量数据均来自《中国统计年鉴》、《新中国六十年统计资料汇编》、《中国人口和就业统计年鉴》和《中国财政年鉴》,2009 年的 FDI 数据来自各省市统计年鉴。

五、实证结果及经验分析

(一) 绿色经济效率分析

1. 第一阶段 DEA 分析

¹Vandenbussche et al. (2006) 对人力资本组成部分对 TFP 作用的研究表明,仅仅接受过高等教育的人力资本部分才对 TFP 有显著的促进作用,而其余人力资本对 TFP 的作用并不显著。彭国华 (2007) 的实证研究也得出了相同结论。颜鹏飞,王兵 (2004)、王志刚等 (2006)、朱承亮等 (2009) 等学者在度量人力资本时也采用了在校学生数方面的数据。

利用 DEAP2.1 软件对我国 31 个省市 2002—2009 年经济效率进行分析, 得出各省份的效率值和投入松弛量, 由于第一阶段的分析未剔除外部环境因素和随机干扰的影响, 不能准确反映各省市经济效率的真实情况, 需要进行第二阶段的调整。¹

2. 第二阶段相似 SFA 回归

利用第一阶段得出的投入松弛量, 运用 Frontier4.1 软件, 以所选环境变量对投入松弛量进行 SFA 回归, 结果如表 2 所示。绝大多数系数均高度显著, 说明环境因素对效率值存在显著影响, 除 2004 年 γ 接近于 0 但不显著之外, 其余 γ 值均接近于 1 且高度显著 (其余年份未列出, 但结果均与表中类似), 说明在投入冗余中, 管理因素的影响占主导地位。此外, 较大的对数似然函数值也说明了本模型的适用性。这一结果表明环境因素和随机误差对效率值存在显著影响, 进行第二阶段的调整是有必要的。

表 2 第二阶段 SFA 回归结果

解释变量	2004		2007	
	资本冗余	劳动冗余	资本冗余	劳动冗余
常数项	162.173***	807.294	-2545.066***	-215.367***
FDI/GRP	-62700.441***	-9457.582***	-60627.985***	-6611.371***
TRA/GRP	-1758.910***	-35.196	-1478.630***	887.123***
产权结构	-16.690	-1.626	1581.966***	119.942***
城镇化率	7996.833***	-1936.144*	12778.889***	-3847.767***
财政分权程度	-792.257***	-155.261	-1811.475***	-391.675***
转移支付程度	-3327.783***	-1234.018	-1403.616***	64.362
老龄人口占比	38690.199***	15982.987***	34664.899***	24246.105***
在校大学生数	0.0002	-0.0001	0.0003	-0.0005*
环境污染治理强度	-60963.084***	-6020.641***	-542499.050***	-26168.260***
D1东部	-366.798***	-443.878	-1853.250*	-431.775***
D2中部	-1876.789***	29.491	-3965.674***	305.196*
σ^2	1579629.600***	313555.010***	6060178.600***	361545.890***
γ	0.049	0.772***	0.905***	0.962***
对数似然函数值	-264.713	-231.350	-273.695	-232.069

注: ***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著。由于篇幅所限, 本文仅给出最具代表性的年份回归结果, 感兴趣的读者可向作者索取全部结果

具体来看各环境变量对投入冗余的影响。由于第二阶段阶段是以环境变量对各投入的松弛量进行回归, 因此若系数为负, 则说明该环境变量能减少投入冗余, 即有利于效率的提高; 反之则不利于效率的提高。

¹ 本文未详列第一阶段 DEA 分析结果, 感兴趣的读者可向作者索取。

(1) 外资依存度。外资依存度有利于经济增长效率的提高，且通过了 1% 的显著性检验。FDI 能够部分解决我国资源稀缺等问题，并且同时带来先进技术和管理经验，这些都会产生溢出效应，能够提高地区的经济增长效率。

(2) 贸易依存度。贸易依存度有利于资本利用率的提高，且通过了 1% 的显著性检验，而不利于劳动利用率的提高，大多在 1% 的水平下显著。在贸易自由化的浪潮中，进出口贸易带来了专业的分工和资源的优化配置，资源的优化配置提高了资本的利用效率，使得我国资本投入冗余减少；但我国在国际贸易中出口商品仍以低附加值的初级商品为主，这些初级商品对技术和设备的依赖程度低，产出小，但劳动力的投入量大，因此导致了对劳动力利用的低效率，使劳动投入冗余增加。

(3) 产权结构。产权结构对经济效率的影响除少部分年份不显著外，大部分年份的影响为负且在 1% 的水平下显著。尽管 1978 年开始的国有企业“放权让利”以来，国有企业在不断进行改革，效率有了很大程度的提高，但与外资企业，港澳台资企业和民营企业相比其效率仍有待提高，此结论与姚洋、章奇（2001）和朱承亮等（2011）的结论一致。

(4) 城镇化率。城镇化率的提高降低了资本的效率，提高了劳动力的效率，均显著。城镇化使数以千万的农民转变为城市居民，在很大程度上解决了农村人多地少的矛盾，解决了农村剩余劳动力问题，实现了劳动力资源的优化配置；同时，城镇化引致大量生产性投资，提供大量的就业岗位吸收劳动力，从而导致了城镇化能够减少劳动冗余。但我国城镇化效率不高，国务院发展研究中心吴敬琏（2012）表示虽然目前我国城镇化速度在加快，但效率太低，使工业化和现代化受阻，同时摊大饼式的发展方式还导致了城市专业分工的水平很低，产业的空间结构恶化，造成资本使用效率低下，从而增加了资本投入冗余。

(5) 财政分权程度。财政分权程度有利于经济增长效率的提高且显著。作为一个由计划经济走向市场经济的发展中国家，中国式的财政分权使地方政府在转轨和发展的过程中扮演了“援助之手”（范子英、张军，2010）。地方政府对于当地的经济和资源情况更为了解，将更多的权利下放给地方政府使地方政府有更多的自主选择权去选择有效的发展方式，不仅有利于经济效率的提高和社会福利的改善，对行政效率也有很大的提升作用；另一方面，财政分权增加了地方政府创造财源的激励(Montinola 等，1995)，在地方官员晋升激励的作用下，经济权力下放可以更好地被用来促进地方经济的发展(周黎安，2004)，同时好的经济发展方式会产生外部性，从这个意义上讲，分权将会对经济增长效率的提高有积极作用。

(6) 转移支付程度。转移支付有利于经济效率的提高，对资本利用效率的提高通过了 1% 的显著性检验，对劳动利用效率的提高有部分年份显著性水平较低，但基本通过了 15% 的显著性检验(实际上除个别年份外¹，其余年份转移支付对劳动投入冗余的影响均为负且显著)。地方政府的公共支出与投资水平都会随着转移支付的增加而增加，而公共支出增加对于经济效率的正外部性会使经济

¹个别年份的例外可能与国家“西部大开发”、“振兴东北老工业基地”等战略调整有关，财政资源没有配置到它最应该流向的地方，而是大量的流向中、西部地区，而在这些政策刚实施的年份，这些转移支付在很大程度上提升了地方维护性支出而不是公共支出，只有基本公共支出对于生产效率才有正外溢性（马光荣，2012）。

效率得到提高，并且转移支付带来的市场整合实现了发达地区和欠发达地区双赢的局面，发达地区可以得到分工带来的效率提升，欠发达地区也可以享受技术溢出效应，都有利于经济效率的提高。

(7) 老龄化。老龄化降低了经济增长的效率，且均在 1% 的水平下显著。随着年龄的增长，首先，体力和精力的减弱，投入到劳动中的时间和机会减少，劳动生产率降低，甚至随着身体状况变差，会给年轻劳动力造成拖累，降低年轻劳动力的生产效率；其次，消费需求下降，阻碍全要素生产率的提高；最后，增加企业和社会的成本，并且学习和认知能力的下降导致在技术应用方面缺乏效率，从而对经济增长效率产生负面影响。

(8) 人力资本水平。人力资本水平对资本投入冗余的影响不显著，对于劳动投入冗余的影响为负且基本通过 10% 的显著性检验（其中 2006、2008 和 2009 年更是在 1% 的水平下显著）。说明人力资本水平的提高能够促进经济增长效率的改善，尤其是对劳动投入效率的提高有显著促进作用。现代化的科学技术和先进的管理手段，都需要通过人力资本来实现其对经济效率的提升作用，因此人力资本水平能够提升经济增长效率。

(9) 可持续发展投资。可持续发展投资会促进经济增长效率的提高，且通过 1% 的显著性检验。以将资源和环境纳入国民经济核算的绿色 GDP 作为经济增长指标后，可持续发展投资对经济增长的作用就显得非常重要。特别是在环境污染管制的前提下，如果生产造成的环境污染超标会阻碍生产甚至无法继续生产，则势必影响经济增长的效率。对环境污染治理的投资，不仅可以保证生产的顺利进行，而且会改善整体生产环境，产生正外部性，对当前生产的效率也会有所提高。由此可见，可持续发展投资不但有益于经济的长远发展，也有利于现阶段经济增长效率的提高。

3. 第三阶段 DEA 分析

根据 4 式对原始投入进行调整，用调整后的投入值和原始产出值再次进行第三阶段 DEA 分析，得到剔除外部环境和随机因素影响后的绿色经济效率，同时为了全面考察考虑资源环境因素下的绿色效率与不考虑资源环境因素下的传统效率间的差异，本文也对传统经济效率进行了分析，结果如表 3 所示。

表 3 第三阶段 DEA 结果

地区	传统效率			绿色效率		
	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	综合技术效率	纯技术效率	规模效率
北京	0.553	0.993	0.557	0.583	0.992	0.588
天津	0.451	0.996	0.453	0.474	1.000	0.474
河北	0.779	0.948	0.822	0.811	0.967	0.838
山西	0.463	0.959	0.483	0.378	0.919	0.412
内蒙古	0.469	0.967	0.485	0.429	0.948	0.452
辽宁	0.771	0.994	0.776	0.796	0.997	0.798
吉林	0.495	0.968	0.511	0.457	0.933	0.489

黑龙江	0.686	0.992	0.691	0.671	0.989	0.678
上海	0.882	1.000	0.882	0.797	1.000	0.797
江苏	0.992	0.996	0.996	1.000	1.000	1.000
浙江	0.826	0.924	0.894	0.940	0.998	0.943
安徽	0.644	0.963	0.668	0.673	0.972	0.692
福建	0.712	0.983	0.724	0.773	0.999	0.774
江西	0.562	1.000	0.562	0.580	0.993	0.584
山东	0.962	0.974	0.987	0.975	0.989	0.986
河南	0.783	0.935	0.837	0.788	0.917	0.859
湖北	0.758	0.985	0.770	0.783	0.989	0.792
湖南	0.716	0.982	0.729	0.667	0.949	0.703
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	0.536	0.965	0.556	0.539	0.963	0.559
海南	0.193	0.999	0.194	0.206	1.000	0.206
重庆	0.373	0.899	0.415	0.363	0.889	0.409
四川	0.700	0.911	0.768	0.674	0.889	0.758
贵州	0.318	0.951	0.335	0.299	0.939	0.318
云南	0.463	0.923	0.502	0.468	0.915	0.512
西藏	0.061	1.000	0.061	0.033	1.000	0.033
陕西	0.417	0.881	0.474	0.413	0.867	0.477
甘肃	0.311	0.957	0.326	0.292	0.940	0.310
青海	0.119	0.997	0.119	0.102	0.998	0.102
宁夏	0.113	0.993	0.113	0.101	0.995	0.102
新疆	0.346	0.945	0.366	0.294	0.915	0.321
全国平均	0.479	0.967	0.496	0.461	0.962	0.479
标准差	0.256	0.033	0.261	0.269	0.040	0.270
变异系数	0.534	0.034	0.526	0.584	0.041	0.563

由表 3 可见，经过第二阶段的调整后，传统经济效率中综合技术效率均值为 0.479，纯技术效率均值为 0.967，规模效率均值为 0.496；绿色经济效率中综合技术效率均值为 0.461，纯技术效率均值为 0.962，规模效率均值为 0.479，效率损失普遍存在。第三阶段各效率值相比第一阶段有明显的下降，说明忽略环境因素和随机干扰的影响会高估我国经济增长的效率。绿色效率小于传统效率，主要原因是规模效率较低，但由变异系数可以看出，省际间的差异却是前者更大，这表明在考虑资源和环境因素的情况下，我国省份间在发展中资源的浪费和环境的破坏程度不同而表现出

了更大的生产率差别。

考虑资源和环境约束后,大多省市绿色效率值相比传统效率值有所上升,东部和中部地区上升较明显,东部地区除上海外,中部地区除山西、吉林、黑龙江和湖南四省以外,其余各省市的绿色效率均有所上升;而西部地区除广西和云南外,所有省市在的绿色效率相比传统效率都出现了下降,西部区在发展的过程中的资源和环境问题更为严重,这也造成了绿色效率水平由高到底依次为东部、中部、西部,而西部地区绿色效率的下降是导致平均绿色效率低于传统效率的主要原因。

(二) 绿色全要素生产率及其分解

利用三阶段 DEA 模型调整后的投入变量和原始产出变量,根据 5 式计算全要素生产率及其分解指数,表 4 报告了 2002—2009 年平均传统全要素生产率和绿色全要素生产率及各自来源的平均变化指数情况。表 5 显示,大部分省市的绿色全要素生产率指数与传统全要素生产率指数相比均出现了下降(上海和甘肃有所上升,天津保持不变),全国平均绿色全要素生产率及其各项分解指数均小于传统全要素生产率,传统全要素生产率在考察期内保持不变,绿色全要素生产率年均下降 1.6%,反应了今年来我国经济粗放增长的事实。¹

表 4 中国平均全要素生产率及其分解指数

地区	传统全要素生产率					绿色全要素生产率				
	effch	tech	pech	sech	tfpch	effch	tech	pech	sech	tfpch
北京	0.995	1.036	1.000	0.995	1.031	1.005	1.024	0.996	1.009	1.030
天津	1.023	1.016	1.001	1.022	1.039	1.024	1.015	1.000	1.024	1.039
河北	1.014	1.008	1.015	0.999	1.023	1.002	0.984	1.009	0.992	0.985
山西	0.995	0.985	0.999	0.996	0.981	0.999	0.976	0.999	1.000	0.975
内蒙古	1.006	1.008	0.990	1.016	1.014	1.011	0.986	0.993	1.019	0.997
辽宁	0.999	1.013	1.000	0.999	1.012	0.990	1.005	1.002	0.988	0.995
吉林	0.979	0.994	0.987	0.991	0.973	0.969	0.985	0.994	0.974	0.954
黑龙江	0.999	0.985	1.000	0.999	0.985	0.982	0.979	0.999	0.983	0.962
上海	0.987	1.087	1.000	0.987	1.073	1.035	1.079	1.000	1.035	1.117
江苏	1.001	1.079	1.000	1.001	1.080	1.000	1.053	1.000	1.000	1.053
浙江	0.997	1.046	0.995	1.003	1.043	0.989	1.019	1.000	0.989	1.008
安徽	0.998	0.987	0.999	0.999	0.985	0.985	0.974	0.999	0.986	0.959

¹ 本文估计的年均增长率与已有的类似研究相比要低(如岳书敬等, 2006; 王兵等, 2010; 田银华等, 2011), 特别是绿色全要素生产率出现下降, 主要原因在于首先本文考察的时间范围将 2008 和 2009 两个受国际金融危机影响出现生产率剧烈下降的年份包括在内, 而已有研究的考察时期较早; 其次, 本文所考察的资源和环境因素相较于其他研究要全面的, 不仅考虑了环境污染, 还考虑了生态资源和自然灾害, 本文对于环境综合质量较全方位的考量可能是导致环境全要素生产率出现下降的主要原因, 这也在一定程度上反应了我国在经济发展过程中对资源和环境的破坏程度高出我们的预期。

福建	0.992	0.998	0.994	0.998	0.991	0.980	0.997	1.000	0.980	0.977
江西	1.002	0.982	1.000	1.002	0.984	0.998	0.974	1.000	0.998	0.973
山东	0.993	1.045	0.991	1.002	1.038	0.994	1.015	1.000	0.994	1.008
河南	0.978	0.987	0.978	1.000	0.965	0.970	0.974	0.977	0.993	0.945
湖北	0.994	0.989	0.997	0.998	0.984	0.986	0.978	1.000	0.986	0.965
湖南	0.997	0.983	0.999	0.998	0.980	0.983	0.974	0.991	0.992	0.958
广东	1.000	1.023	1.000	1.000	1.023	1.000	1.005	1.000	1.000	1.005
广西	0.990	0.982	0.988	1.002	0.972	0.989	0.974	0.990	0.998	0.963
海南	1.003	0.985	1.000	1.003	0.988	0.998	0.974	1.000	0.998	0.972
重庆	1.023	1.004	1.003	1.020	1.027	1.023	0.988	0.998	1.025	1.010
四川	1.007	0.987	1.008	0.999	0.994	0.997	0.974	1.000	0.997	0.971
贵州	0.995	0.981	0.999	0.996	0.976	0.992	0.974	0.994	0.998	0.967
云南	0.991	0.985	0.996	0.994	0.976	0.968	0.974	0.985	0.983	0.943
西藏	1.008	0.976	1.000	1.008	0.985	0.980	0.974	1.000	0.980	0.954
陕西	0.990	0.990	0.995	0.995	0.980	0.985	0.976	0.983	1.002	0.961
甘肃	0.979	0.983	0.989	0.990	0.963	0.995	0.975	0.999	0.995	0.969
青海	1.000	0.986	0.999	1.000	0.985	1.004	0.975	1.000	1.004	0.979
宁夏	1.004	0.987	1.000	1.004	0.990	1.013	0.975	0.999	1.013	0.987
新疆	0.994	0.993	0.994	1.000	0.987	0.970	0.981	0.994	0.976	0.951
全国	0.998	1.003	0.997	1.000	1.000	0.994	0.990	0.997	0.997	0.984

注：effch 为综合技术效率变化；tech 为技术进步；pech 为纯技术效率变化；sch 为规模效率变化；tfpch 为全要素生产率变化

从全要素生产率的分解指数来看，绿色全要素生产率指数比传统全要素生产率指数低的主要原因是技术进步的下降，全国传统技术进步年均增长 0.3%，而绿色技术进步年均下降 1%，说明我国的技术进步并没有朝着清洁技术的方向发展，在经济发展的过程中，资本深化带来的技术进步依然是以纯粹经济增长为导向，对于绿色技术的研发较少，因此生产的产品对环境污染程度未下降，导致了绿色全要素生产率的降低；传统和绿色综合技术效率均出现了一定程度的下降，说明我国技术扩散不到位，对于新技术的扩散和使用程度出现下降趋势，就两者的比较而言，绿色综合技术效率低于传统综合技术效率，主要是受到绿色规模效率低的影响，传统规模效率在考察其保持不变，而绿色规模效率在考察期内出现了下降，这意味着在环境管制下，我国绿色生产规模已普遍处于了规模不经济的阶段，在今后的发展中寻求技术效率的提高比追求规模扩大更为重要。

由表 5 三大区域全要素生产率及其分解指数变化情况可以看出，2002—2009 年期间，东部地区传统和绿色全要素生产率指数分别为 1.031 和 1.016，中部地区相应的指数分别为 0.980 和 0.961，

西部地区分别为 0.987 和 0.971。三大区域中只有东部地区无论是传统全要素生产率还是绿色全要素生产率均处于上升态势，中部和西部地区均出现下降，中部地区的下降幅度比西部地区更大。实际上，除个别时期外东部地区的传统或绿色全要素生产率指数均大于 1，而个别时期全要素生产率的下降可能是由于受到外部力量的干扰，如 2003 年的“振兴东北老工业基地”、2004 年的“中部崛起”和 2008 年的国际金融危机冲击¹可能是导致个别时期全要素生产率下降的主要原因，当然对于传统全要素生产率和绿色全要素生产率的影响在时间上可能存在微小的差异，而中部和西部地区大多数年份内传统和绿色全要素生产率均下降。

由全要素生产率的分解指数来看，东部地区全要素生产率增长的主要原因是技术进步，技术进步可以直接通过生产技术和污染处理技术的改进，或者间接的通过降低单位 GDP 的资源消耗和污染强度，从而降低资源使用、减少污染排放，提高全要素生产率 (Fare et al., 2001)。2002—2009 期间东部地区的传统技术进步指数和绿色技术进步指数分别为 1.030 和 1.015，年均增长分别为 3% 和 1.5%。除东部地区以外，中部和西部地区技术进步指数均小于 1，出现技术倒退，这意味着我国东部地区由于经济发展水平较高在经济发展中扮演着“技术革新者”的角色，无论是传统技术进步还是绿色技术进步均主要来自于东部地区，中部和西部地区只是作为跟随者模仿和学习先进技术，但从技术效率指数来看，这种对技术的学习和应用效果并不理想。在整个考察期内，中部地区的传统和绿色综合技术效率指数分别为 0.993 和 0.984，西部地区分别为 0.999 和 0.994，中部地区的下降幅度更大。从规模效率来看，中部地区传统和绿色规模效率指数都小于 1，说明中部地区已处于规模不经济的阶段，继续扩大生产规模会造成全要素生产率的下降，把精力更多的用在技术创新和提高技术效率上才是提高经济增长效率的可行之路。东部地区的传统和绿色规模效率均大于 1，可能的原因是由于东部地区受到来自其技术进步的支持，继续扩大生产规模有助于提高全要素生产率。西部地区的传统规模效率指数大于 1，且比东部传统规模效率指数更大，说明不考虑资源和环境因素的情况下，西部地区扩大生产规模对全要素生产率增长的促进作用显得更大，而西部地区的环境规模效率指数小于 1，意味着将资源和环境因素考虑在内，西部地区也处于规模不经济的阶段，可能的原因是西部地区由于发展落后，传统意义上尚处于规模报酬递增的阶段，继续扩大生产规模是有利的，而考虑资源和环境后，由于不像东部有技术创新的支持，继续扩大生产规模对于绿色全要素生产率会产生不利影响。

表 6 中国各年区域传统和环境全要素生产率及其分解

时期	区域	传统全要素生产率					环境全要素生产率				
		effch	tech	pech	sech	tfpch	effch	tech	pech	sech	tfpch
2002-	东部	1.000	1.030	1.000	1.001	1.031	1.001	1.015	1.001	1.001	1.016
2009	中部	0.993	0.986	0.995	0.998	0.980	0.984	0.977	0.995	0.989	0.961

1 “振兴东北老工业基地”和“中部崛起”战略使资源大量流向了特定的区域，而没有配置到它最应该流向的区域；2008—2009 年受国际金融危机的影响，是我国经济面临衰退的威胁，面对需求不足，大量企业缩减规模，可能是导致该时期全要素生产率下降的主要原因。

西部	0.999	0.988	0.997	1.002	0.987	0.994	0.977	0.995	0.999	0.971
全国	0.998	1.003	0.997	1.000	1.000	0.994	0.990	0.997	0.997	0.984

图 1 是 2002—2009 年间中国传统全要素生产率与绿色全要素生产率的时间变化趋势，由图 1 可以看出，考察期内大多数时间传统全要素生产率均高于绿色全要素生产率，并且两者的变化呈正相关，仅 2003—2004 和 2004—2005 期间绿色全要素生产率高出传统全要素生产率。

2002 年下半年开始我国经济开始回升，并且结构上也有所变化，出现了一批新的高增长主导产业，其中处在“龙头”位置上的是住宅、汽车、电子通讯和基础设施建设等行业，这些行业拉动了钢铁、有色金属、机械、建材、化工等中间投资品行业，以上两个方面又共同拉动了电力、煤炭、石油等能源行业的增长（刘世锦，2004）。从这些行业的结构来看，大多属于重化工业，而重化工业的发展，尤其是在最初的年份里对于资源和环境的负面影响不言而喻，因此出现了图 1 中 2002—2003 年绿色全要素生产率与传统全要素生产率的差距较大。2004 年 4 月，国家环保总局、发改委、监察部、工商总局、司法部、安全监管局六部委联合印发《关于开展整治违法排污企业保障群众健康环保专项行动的通知》，以及 2005 年 6 月，国务院办公厅印发的《关于深入开展整治违法排污企业保障群众健康环保专项行动的通知》，对于违法排污进行深入整治，使得在该时期污染排放减少，环境综合质量得到提高，也因此在此 2003—2004 年和 2004—2005 年两个时期绿色全要素生产率超过了传统全要素生产率。但我国绿色增长模式尚处于较初级的阶段，在环保专项行动的刺激减弱之后，2006 年后绿色全要素生产率又回到了低于传统全要素生产率的状态，但可以看到，两者的差距已经明显的缩小了，特别是在 2008—2009 期间，两者已经非常接近了，从这点上可以说明我国政府对环境问题的重视所采取的一系列环保工作是有所成效的。

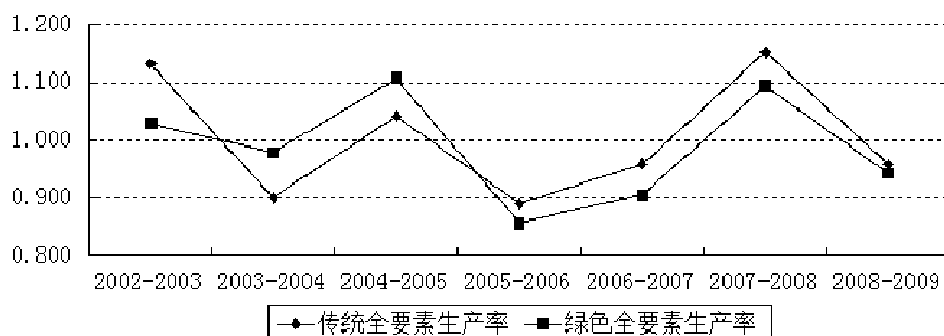


图 1 中国传统与绿色全要素生产率时间变化趋势

图 2 是考察期内中国绿色全要素生产率增长的分解情况。我国绿色全要素生产率在短期内波动，且波动主要受绿色技术效率变化的影响，图 2 显示环境全要素生产率的变化趋势与绿色技术效率的变化趋势基本一致。通过进一步的分解可以发现，绿色技术效率的变化主要来源于规模效率的变化，纯技术效率在考察期内基本上稳定只有小范围的浮动。而技术进步在此期间整体处于一个下降态势，但下降的不明显。这和已有的大部分相关研究不同，仅有颜鹏飞等（2004），匡远凤、彭代彦（2012）

的研究得出了类似结论。关于技术进步，一些学者（如林毅夫等，2003；Henderson et al., 2005）认为从理论上由于“过去掌握的技术不会遗忘”的假定，现实中不可能出现技术倒退的现象。本文认为从微观层面来说，该假定具有较强的合理性，但以省份或国家作为 DMU 的宏观层面上，其并非绝对适用。依据前沿分析方法，技术进步是由所有 DMU 中的最佳 DUM 的数据所构建的生产前沿面外移或是内陷所决定的，只有当最佳 DUM 的产出-投入比增大的情况下最优前沿面才会外移，呈现技术进步，反之则出现技术倒退。我国存在着明显的资本过度深化现象（张军，2002），在资本占支配地位的情况下，资本投入的过快增长，必然造成省级层面的产出-投入比普遍下降（仅北京、天津、辽宁、上海、江苏、浙江、山东、广东等东部省份例外），前沿面的内陷导致的技术倒退就不可避免的了。

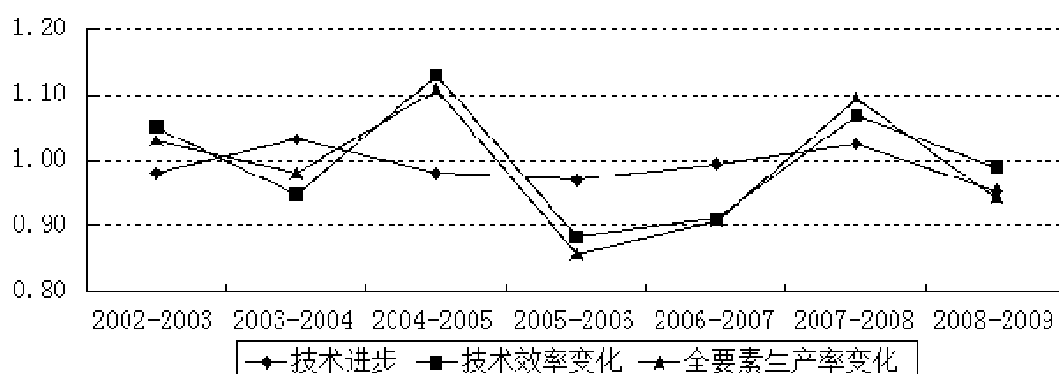


图 2 中国环境全要素生产率增长分解

六、结论

本文充分考虑了经济发展中的资源和环境因素，利用主成分分析法计算出相对绿色 GDP，并在此基础上利用三阶段 DEA 模型和 Malmquist 指数相结合，在规模报酬可变的情况下，对我国绿色经济效率及其影响因素和绿色全要素生产率的增长与分解进行了研究，主要有以下结论：

经济开放度、经济社会结构、政策制度、人口结构和可持续发展五个方面的外部环境对经济效率均具有显著影响，忽略外部环境和随机干扰的影响会高估我国经济增长的效率。剔除外部影响后我国传统经济效率和绿色经济效率均较低，主要受规模效率低下的影响。两者比较而言，全国平均绿色经济效率低于传统经济效率且效率水平省际差异增大，而东部和中部绿色效率相比传统效率有所上升，西部呈下降趋势，西部的绿色效率下降也是导致全国平均绿色效率低于传统效率的主要原因。

我国绿色全要素生产率增长小于传统全要素生产率增长，反应了我国粗放增长的事实，从全要素生产率的分解指数来看，绿色全要素生产率低下的主要原因是技术进步指数的下降，传统技术进步指数上升，而绿色技术进步指数下降，表明我国技术进步仍是以纯粹经济增长为导向，对绿色清洁技术的研发较少；传统和绿色综合技术效率均出现了一定程度的下降，其中绿色综合技术效率下降更多，主要是由于绿色规模效率的下降，考虑资源和环境因素后，各省市的生产规模已普遍处于

规模不经济的阶段，在今后的发展中寻求技术效率的提高比追求规模扩大更为重要。

三大区域中，只有东部的全要素生产率上升，中部和西部均下降，其中中部地区下降幅度更大。东部地区全要素生产率上升主要是来自技术进步的支持，而中部和西部地区均出现技术倒退，这意味着东部地区在经济发展中扮演着“技术革新者”的角色，中部和西部地区均作为跟随着进行模仿和学习，但从技术效率指数来看，模仿和学习的效果并不理想。而东部地区由于技术进步的支持，继续扩大生产规模有助于提高全要素生产率的增长，中部地区处于规模不经济阶段，比起扩大生产规模，加强技术进步和提高技术效率显得更为重要，西部地区扩大规模有助于提高传统全要素生产率增长，但由于缺乏技术进步的支持，会对绿色全要素生产率产生不利影响。

参考文献

- [1] Caves D. , Christensen L. C. Diwert W. E. The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity[J]. *Econometrica* , 1982,Vol.50, pp. 1393-1414.
- [2] 陈诗一.能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展[J]. *经济研究*,2009,(4).
- [3] 陈诗一.中国的绿色工业革命：基于环境全要素生产率视角的解释(1980—2008)[J]. *经济研究*,2010,(11).
- [4] Chow, G. , Lin, A. L. Accounting for Economic Growth in Taiwan and Mainland China: A Comparative Analysis[J]. *Journal of Comparative Economics* , 2002,Vol.30, pp: 507-530.
- [5] Coelli T J. , A guide to frontier version 4.1:A computer program for stochastic frontier production and cost function estimation[R]., Centre for Efficiency and Productivity Analysis(CEPA) Working Papers,1996.
- [6] 樊纲、王小鲁、张立文、朱恒鹏.中国各地区市场化相对进程报告[J].*经济研究*,2003,(3).
- [7] 范子英、张军.财政分权、转移支付与国内市场整合[J].*经济研究*,2010,(3).
- [8] Fare R. ,Grosskopf S. , Norris M. , Zhang Z. Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialized Countries[J]. *American Economic Review*, 1994,Vol.84, No.1, pp: 66-83.
- [9] Fare, R. ,Grosskopf, S. , Pasurka, C. Accounting for Air Pollution Emissions in Measuring State Manufacturing Productivity Growth[J]. *Journal of Regional Science*, 2001,Vol.41, pp: 381-409.
- [10] Fried H O, Lovell C A K, Schmidt S S, et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2002,Vol.17, pp: 121-136.
- [11] Fried H O, Lovell C A K, Schmidt S S, et al. Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 1999,Vol.12, No.3, pp: 249-267.
- [12] Hailu, A. ,Veeman, T. S. Non-parametric Productivity Analysis with Undesirable Outputs: An Application to the Canadian Pulp and Paper Industry[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, , 2001,Vol.83, pp: 605-616.

- [13] Hailu, A. and Veeman, T. S. Environmentally Sensitive Productivity Analysis of the Canadian Pulp and Paper Industry, 1959—1994: An Input Distance Function Approach[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, , 2000,Vol.40, pp: 251—274.
- [14] Henderson, D. J. and Russell, R. R. Human Capital and Convergence: A Production-frontier Approach[J]. *International Economic Review*, , 2005,Vol.46, pp: 1167—1205.
- [15] 胡鞍钢、郑京海等.考虑环境因素的省级技术效率排名（1999—2005）[J]. *经济学季刊*,2008,(3).
- [16] Jeon, B. M. , Sickles, R. C. The Role of Environmental Factors in Growth Accounting[J]. *Journal of Applied Econometrics*, 2004, Vol.19, pp: 567-591.
- [17] 匡远凤、彭代彦.中国环境生产效率与环境全要素生产率分析[J]. *经济研究*,2012,(7).
- [18] Kumar, S. Environmentally Sensitive Productivity Growth: A Global Analysis Using Malmquist-LuenbergerIndex[J]. *Ecological Economics* ,2006:Vol.56, pp: 280-293.
- [19] 李静.中国区域环境效率的差异与影响因素研究[J]. *南方经济*,2009,(12).
- [20] 李胜文、李新春、杨学儒.中国的环境效率与环境管制——基于 1986-2007 年省级水平的估算[J]. *财经研究*,2010,(2).
- [21] 林毅夫、刘培林.经济发展战略对劳均资本积累和技术进步的影响[J]. *中国社会科学*,2003,(4).
- [22] 刘世锦.我国进入新的重化工业阶段及其对宏观经济的影响[J]. *经济学动态*,2004,(11).
- [23] 罗登跃.三阶段 DEA 模型管理无效率估计注记[J]. *统计研究*,2012,(4).
- [24] 马光荣.对<中国如何在平衡中牺牲了效率：转移支付的视角>一文的评论[J]. *中国经济学*,2012,(6).
- [25] Montinola, G. ,YingyiQian, Berry Weingast. Federalism, Chinese style: the Political Basis for Economic Success in China[J].*World Politics*, 1995,Vol.48, No.1, pp: 50-81.
- [26] 彭国华.我国地区全要素生产率与人力资本构成[J]. *中国工业经济*,2007,(2).
- [27] 全炯振.中国农业全要素生产率增长的实证分析：1978~2007 年——基于随机前沿分析(SFA)方法[J]. *中国农村经济*,2009,(9).
- [28] Ramanathan, R .An Analysis of Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions in Countries of the Middle East and North Africa[J]. *Energy*, 2005,Vol.30, pp: 2831—2842.
- [29] Shadbegian, R. J. , Gray, W. B. Pollution Abatement Expenditures and Plant-level Productivity: A Production Function Approach[J]. *Ecological Economics*, , 2005,Vol.54, pp: 196-208.
- [30] 司春林、王安宇、袁庆丰.中国 IS-LM 模型及其政策含义[J]. *管理科学学报*,2002,(5).
- [31] 田银华、贺胜兵、胡石其.环境约束下地区全要素生产率增长的再估算：1998—2008[J]. *中国工业经济*,2011,(1).
- [32] 涂正革、肖耿.环境约束下的中国工业增长模式研究[J]. *世界经济*,2009,(11).
- [33] Vandenbussche J, Aghion P, Meghir C. Growth, Distance to Frontier and Composition of Human Capital[J]. *Journal of Economic Growth*, , 2006,Vol.11, No.2, pp: 127-154.
- [34] 王兵、吴延瑞、颜鹏飞.环境管制与全要素生产率增长：APEC 的实证研究. *经济研究*,2008,(5).

- [35] 王兵、吴延瑞、颜鹏飞.中国区域环境效率与环境全要素生产率增长[J].经济研究,2010,(5).
- [36] 王志刚、龚六堂、陈玉宇.地区间生产效率与全要素生产率增长率分解[J].中国社会科学,2006,(2).
- [37] Watanabe, M. and Tanaka, K. Efficiency Analysis of Chinese Industry: a Directional Distance Function Approach[J]. Energy Policy, 2007, Vol.35, pp: 6323—6331.
- [38] 吴军.环境约束下中国地区工业全要素生产率增长及收敛分析[J]. 数量经济技术经济研究,2009,(11).
- [39] 吴延瑞.生产率对中国经济增长的贡献: 新的估计[J]. 经济学季刊,2008,(3).
- [40] 颜鹏飞、王兵.技术效率、技术进步与生产率增长: 基于 DEA 的实证分析[J]. 经济研究,2004,(12).
- [41] 姚洋、章奇.中国工业企业技术效率分析[J].经济研究,2001,(10).
- [42] Yoruk, B. ,Zaim, O. Productivity Growth in OECD Countries: A Comparison with Malmquist Index[J]. Journal of Comparative Economics, 2005, Vol.33, pp: 401-420.
- [43] 岳书敬、刘朝明.人力资本与区域全要素生产率分析[J]. 经济研究,2006,(4).
- [44] 张江雪、朱磊.基于绿色增长的我国各地区工业企业技术创新效率研究[J]. 数量经济技术经济研究,2012,(2).
- [45] 张军.资本形成、工业化与经济增长: 中国的转轨特征[J]. 经济研究,2002,(6).
- [46] 张军、吴桂英、张吉鹏.中国省际物质资本存量估算: 1952—2000[J]. 经济研究,2004,(10).
- [47] 郑京海、胡鞍钢.中国改革时期省际生产率增长变化的实证分析(1979—2001) [J]. 经济学季刊,2005,(2).
- [48] 周黎安.晋升博弈中政府官员的激励与合作——兼论我国地方保护主义和重复建设问题长期存在的原因[J]. 经济研究,2004,(6).
- [49] 朱承亮、岳宏志、李婷.中国经济增长效率及其影响因素的实证研究: 1985—2007 年[J]. 数量经济技术经济研究,2009,(9).
- [50] 朱承亮、岳宏志、师萍.环境约束下的中国经济增长效率研究[J]. 数量经济技术经济研究,2011(5).