

环境污染的治理路径与可持续增长：“末端治理”还是“源头控制”？

刘伟明*

摘要：环境治理有两种不同的思路：“末端治理”和“源头控制”。本文将人力资本积累因素引入 Stokey - Aghion - 孙模型，考察了两种不同治理思路下的长期经济增长路径，探讨了地方政府在现行考核机制下的策略行为，解释了我国环境状况持续恶化的根本原因，并运用我国 2003 - 2012 年的省级面板数据进行了实证检验。研究表明：“晋升锦标赛”体制下，受任期期约束的政府官员偏好“末端治理”方式。而长时间维持环境保护法的基本标准不变，持续增加污染治理费用的“末端治理”思路并不可行，只有从源头上不断提高环保标准及执行力度，才能促使企业创新和使用清洁技术，实现环境保护和经济发展“双赢”的局面。

关键词：环境保护 治理路径 经济增长

一、引言

近年来，中国在发展经济和改善民生方面所取得的丰硕成果令世人惊叹，但全国各地越来越多地出现大面积雾霾天气的状况同样令人担忧，这对人民的生命健康安全构成了严重的危害。人们不禁要问，1972 年中国就参加了在瑞典斯德哥尔摩召开的第一次世界环境保护大会，并于 1979 年颁布了《中华人民共和国环境保护法》（试行），应该说提出环境保护的理念并不算晚，为什么到了三十多年以后的今天，环境状况非但没有改善，反而出现了恶化的迹象呢？

上述直观感觉得到了下列统计数据的佐证：根据美国耶鲁大学和哥伦比亚大学联合推出的 2012 年世界环境绩效指数（Environmental Performance Index）排名，中国在总共 163 个国家和地区中仅列 116 位；而由环保部环境规划院完成并低调披露的《中国环境经济核算报告（2008）》显示，中国的污染治理成本巨大且呈不断攀升之势（见图 1），如果加上生态环境退化成本，两者之和已经超过了国内生产总值（GDP）的 5%，对我国的可持续发展形成了严重的阻碍^①，有必要

* 刘伟明，江西财经大学江西经济发展与改革研究院，邮政编码：330013，电子信箱：liuweiming781123@163.com。

作者感谢教育部人文社会科学规划基金项目“基于碳排放的战略性新兴产业分区发展模式研究——以新能源产业为例”（项目编号：13YJAZH060）和江西省社会科学研究“十二五”（2013 年）规划项目“江西生态文明建设的策略和路径研究”（项目编号：13JL07）的慷慨资助。感谢复旦大学石磊教授的指导，感谢复旦大学陈钊教授、吴力波教授、范剑勇教授、芮明杰教授、章元副教授提出的中肯意见以及江西财经大学经济学院博士读书会同仁的有益评论，感谢复旦大学唐东波博士、西北大学刘瑞明副教授在本文的写作过程中提供的支持和帮助，感谢匿名审稿人。当然，文责自负。

^① 中国社会科学院副院长李扬在出席 2012 年 11 月 15 日“中国循环经济与绿色发展论坛 2012”时发言，“如果在 GDP 中扣除生态退化和环境污染造成的经济损失，我国的真实经济增长速度仅有 5% 左右”。

找到新的发展路径。

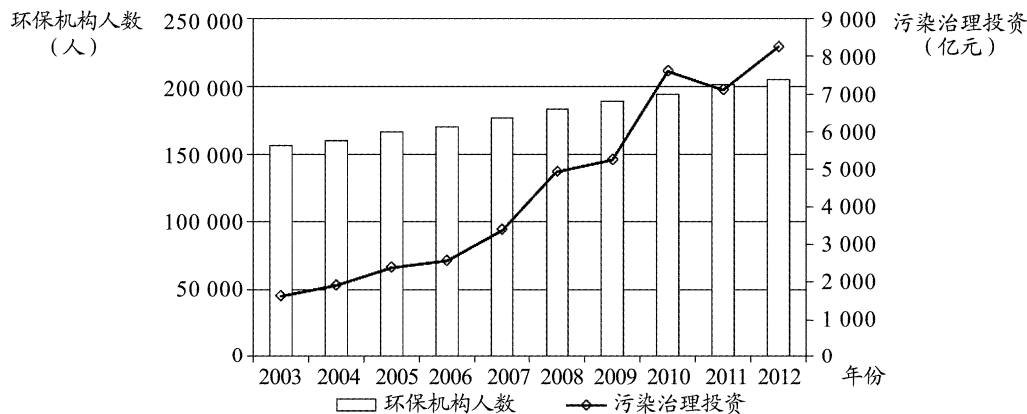


图1 2003-2012年中国的污染治理投资和环保机构人数

但在具体的市场经济实践中,经济增长和环境保护常常表现为矛盾统一体,呈现出两难格局(张红凤等,2009)。一方面,经济增长往往伴随着污染物排放量的增加,治理成本上升;另一方面,如果不发展经济,人民生活水平就无法改善。因此,环保工作出现了“不治理呼吸困难、治理了经济困难”的悖论。

“鱼和熊掌”真的不能兼得吗?如果我们反思多年来的治理思路,或许可以找到问题的症结所在:重“末端治理”而轻“源头控制”。作为环境保护工作的基本依据,环境保护法制定的许多条款标准偏低且多年未变,各地事实上的环保力度取决于当地制定的地方法规和执行力度。许多地方政府以“源头控制”降低辖区内企业的竞争力、影响本地居民的收入和福利水平为理由,普遍采用“末端治理”方式处理不断增加的污染物排放,从而导致污染治理成本的快速攀升。

现有文献鲜见对“末端治理”和“源头控制”两种不同治理思路展开讨论并模型化,本文试图比较这两种不同的治理思路,并回答如下命题:与“源头控制”方式相比,地方政府为什么普遍偏好“末端治理”方式?两种不同的治理方式对长期经济增长将产生怎样不同的影响?如何实现环境保护从“末端治理”方式向“源头控制”方式的转变?

本文的剩余部分安排如下:第二部分为文献综述,并为后文分析奠定理论框架;第三部分基于无限寿命期消费者效用最大化的前提条件,刻画了不同的治理思路如何导致不同的经济绩效;第四部分利用相关数据对假说进行了经验验证;最后为结论部分。

二、文献综述

对经济增长和环境污染的关系的研究起源于人们对环境承载能力的担忧,著名的“罗马俱乐部”成员 Medows 等(1972)提出经济增长需要大量的物质和能源投入,同时排放出大量的废物,导致环境质量的恶化和人民福利的下降,增长的极限即将到来,从而引发了广泛的讨论。一些环境经济学家运用新古典增长模型分别从环境污染和资源耗竭等角度对经济增长的影响进行了研究,发现情况也许未必如“罗马俱乐部”所说的那么糟糕,因为环境自身的净化功能(Forster, 1972)、人力对自然资源的替代(Stiglitz, 1974)和日新月异的技术进步(Dasgupta and Heal, 1974)都使得可持续增长成为可能。所不同的是,前两篇文献把环境、资源看作与资本、劳动力相类似的生产要素纳入到生产函数中,后一篇文献则遵循广泛应用的Ramsey - Cass -

Koopmans 框架,讨论了处于不同发展阶段的民众对环境质量的不同需求,从而把环境因素纳入到效用函数中。John 等(1998)在一个世代交替模型中综合考虑了环境的生产要素功能和效用满足功能,发现环境质量随着经济增长会出现先下降再上升的过程,论断了长期内经济增长和环境改善共存的可能性是存在的。Grossman 和 Krueger(1995)通过对 42 个国家的污染物(重金属、化学需氧量等)排放和经济增长的相关数据进行分析,证实了两者之间存在着类似于库兹涅茨曲线的倒“U”型关系,在发展初期,经济增长和环境恶化相伴相随;当经济发展到一定程度后,技术进步和结构升级将抵消经济总量增长导致的污染物的增加。这也得到了国内许多文献的证实(林伯强、蒋竺均,2009;许广月、宋德勇,2010)。

在上述文献中,技术进步是外生给定的,因此,所得结论的说服力受到了质疑。Lucas(1988)、Romer(1990)、Barro(1991)发展的内生经济增长模型,采取动态最优化的方法,暗含了短期和长期之间的利益权衡,经济学家很自然地把人口和环境因素引入内生经济增长模型,Stokey(1998)就是其中的代表性人物,他成功地将环境因素和 Barro(1990)的 A-K 模型相互融合,使得问题的解释变得相对容易。Aghion 和 Howitt(1998)在此基础上作了进一步拓展,引入了“创造性的毁灭”概念,规定环境质量有一个最低门槛,一旦污染水平超过这一阈值,环境修复将不再可能,发展后的模型被称为 Stokey-Aghion 模型。孙刚(2004)对 Stokey-Aghion 模型继续进行了完善和补充,把污染治理投资作为一个变量引入模型,分析了可持续发展的必要条件,但没有考虑人力资本因素,也没有指出稳态和平衡增长路径;^①彭水军和包群(2006)则吸收了 Lucas(1988)的思想,将人力资本因素引入 Romer(1990)的产品水平创新模型,指出了稳态和平衡增长路径,但他们的模型没有区分“末端治理”和“源头控制”两种不同的治理思路,黄菁和陈霜华(2011)在此基础上运用中国的经验数据作了实证分析。

现有文献没有能够把“末端治理”和“源头控制”两种不同的治理思路统一在同一个包含人力资本积累的内生经济增长分析框架内,探讨可持续发展的最优增长路径问题。本文意图架构这一桥梁,基于 Stokey-Aghion-孙模型,引入 Lucas 的内生经济增长思想,对原有模型作进一步拓展。本文的主要贡献如下:(1)解释了我国环境状况持续恶化的根本原因,探讨了地方政府在现行考核机制下的策略行为。(2)构建了一个包含人力资本因素的统一的内生经济分析框架,比较分析了“末端治理”和“源头控制”两种不同治理思路下的长期经济增长路径以及绩效差异,探讨了稳态和平衡增长路径的实现条件。(3)采用 2003-2012 年中国 29 个省域的面板数据,对保持可持续发展的条件作了实证分析,并对治理路径的选择给出了政策建议。

三、“末端治理”和“源头控制”绩效比较

考察一个封闭经济体,有无数无限期寿命(或有限寿命但无限世代)的同质消费者组成,为了简化分析,不考虑人口增长并将人口规模标准化为 1。消费者的效用函数由消费数量和环境质量共同决定,用 $U(C, E)$ 表示。其中 C 表示人均消费,而 E 表示环境质量,沿用 Aghion 和 Howitt(1998)的定义,环境质量存在一个上限值,即不可能超过完全无污染时候的环境质量,除非完全没有任何经济活动。因此可以定义 E 为实际环境质量和环境质量上限之差,故环境质量是一个负数,考虑到环境质量水平不能低于不可逆转的毁灭性灾难 E_{\min} ,可得 $E \in$

^①为了便于陈述,本文把孙刚扩展后的 Stokey-Aghion 模型称为 Stokey-Aghion-孙模型,本文的理论部分是对 Stokey-Aghion-孙模型的进一步拓展。

$(E_{\min}, 0)$ 。

(一) 基准模型和假设

假设 $U(C, E)$ 是一个标准的固定弹性、加性可分的效用函数, 可以表示为:

$$U(C, E) = \frac{C^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \frac{(-E)^{1+\omega} - 1}{1+\omega} \quad (\sigma, \omega > 0)$$

其中, $U_C = C^{-\sigma} > 0$, $U_{CC} = -\sigma C^{-\sigma-1} < 0$, $U_E = (-E)^{\omega} > 0$ 。 σ 表示跨期替代弹性的倒数, ω 表示消费者对环境质量的偏好程度或者环保意识。

由于 $U(C, E)$ 表示福利的瞬时效用, 则消费者的福利函数为:

$$W = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} U(C, E) dt \quad (\rho > 0)$$

ρ 表示时间贴现率, 即当代人对后代人利益的关注程度, $\rho \rightarrow 0$ 表示当代人把子孙后代的利益看得和自己一样重, $\rho \rightarrow +\infty$ 则表示当代人完全漠视子孙后代的利益。

根据 Stokey - Aghion - 孙模型, 社会总产出方程可以表示为:

$$Y = AKZ \quad (0 < Z < Z_f < 1)$$

其中 A 表示技术水准, K 表示资本总量, Z 表示实际采用的环境标准, Z 越大代表现行环境标准越低, ①由于实际采用的环境标准 Z 不能低于环保法规定的最低标准 Z_f , $Z < Z_f$ 。

污染物排放量 P 受到两方面因素的影响: 一是总产出水平 Y , 产出水平越高, 污染物排放量越多; 二是环境标准 Z , 环境标准越低, 污染物排放量越多。② 污染物排放量可以表示为:

$$P = YZ \quad (0 < Z < 1)$$

环境修复有两条途径: 一是环境的自我净化, 这里假设环境自我更新的速度为 θ ; 二是政府对环境的治理, 设政府治理污染的投资额为 I , 污染治理投资对环境质量改善的贡献为 $R(I)$, 由此环境质量的运动方程可以设定为如下形式:

$$\dot{E} = -YZ - \theta E + R(I)$$

经济可持续发展的首要条件是保证 $E > E_{\min}$ 成立, 这样环境质量才不会崩溃, 为了保证达到这一条件, 我们假设 $R'(I) > 0$, 并且环境治理投资对环境质量的改善没有上界, 即 $\lim_{I \rightarrow +\infty} R(I) = +\infty$ 。

环境治理和消费、折旧一样要消耗一部分社会产出, 这里用 C 表示消费, K 表示物质资本, δ 表示折旧系数, 物质资本的积累方程为:

$$\dot{K} = Y - C - I - \delta K$$

社会计划者的目标是代表性消费者在无限时域上的效用最大化, 其动态最优化问题为:

$$\text{Max}_{C, I} \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left[\frac{C^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \frac{(-E)^{1+\omega} - 1}{1+\omega} \right] dt$$

接下来我们将对基准模型进行拓展, 首先定义两种不同的治理思路:

(1) “末端治理”。一般是指在生产过程的末端, 针对已经产生的污染物实施有效的治理。

①如果没有环境规制, 实际产出等于潜在产出。而在存在环境规制的条件下, 总有一些企业因达不到环境标准而被停产, 使得实际产出水平低于潜在产出水平, 因此实际产出必须乘以一个小于1的值, 并且值越接近于1, 企业被停产的概率越低。

②感谢审稿人的有益意见, 为了降低模型的复杂度, 并不影响问题的分析和结论, 这里假设既定环境标准下执行力度不变。

“末端治理”在环境管理发展过程中是一个重要的阶段,有利于消除污染事件,也在一定程度上减缓了生产活动对环境造成的污染和破坏的趋势,但“末端治理”往往未涉及资源的有效利用,不是彻底治理,而是污染物的转移,并且运行费用巨大。在本文中,通过变量 Z_f 和 I 定义“末端治理”:即实际采用的环境标准等于环境保护法规定的最低标准 Z_f ,仅通过增加污染治理投资额 I 削减不断上升的污染物排放量的情形。

(2)“源头控制”。一般是指在生产过程中预防和控制污染,对整个生产过程进行全方位的综合治理,把污染消灭在污染源处。在本文中,通过变量 Z 定义“源头控制”,即实际采用的环境标准超过环境保护法规定的最低标准 Z_f ,并逐步提高环境标准 Z ,促使企业创新和使用清洁技术,达到减少污染物排放的目的。

(二)拓展模型 I :包含人力资本积累因素的“末端治理”思路

根据 Uzawa(1965)和 Lucas(1988)对人力资本生产函数的设定,可将人力资本划分为用于最终产品生产和用于人力资本积累两部分,设两部分的比例分别为 u 和 $1-u$,同时设人力资本积累速度为 μ ,则人力资本的积累方程为:

$$\dot{H} = \mu(1-u)H \quad (\mu > 0)$$

把人力资本理论与 Brock 和 Taylor(2004)的思想结合起来,最终产出方程可以表示成:

$$Y = AK^\alpha (uH)^{1-\alpha} Z \quad (0 < \alpha, Z < 1)$$

在考虑了人力资本积累因素之后,遵循“末端治理”思路的地区居民福利水平最大化的动态最优化问题可以表示为:

$$\text{Max}_{C,u,I} \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left[\frac{C^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \frac{(-E)^{1+\omega} - 1}{1+\omega} \right] dt \quad (1)$$

$$\text{s. t. } Y = AK^\alpha (uH)^{1-\alpha} Z_f \quad (2)$$

$$\dot{K} = Y - C - I - \delta K \quad (3)$$

$$\dot{E} = -YZ_f - \theta E + R(I) \quad (4)$$

$$\dot{H} = \mu(1-u)H \quad (5)$$

为求解上述方程组,首先需要构建最优增长路径的现值 Hamilton 函数:

$$\begin{aligned} \text{Hamilton} = & \frac{C^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \frac{(-E)^{1+\omega} - 1}{1+\omega} + \lambda_1(Y - C - I - \delta K) + \\ & \lambda_2[-YZ_f - \theta E + R(I)] + \lambda_3[\mu(1-u)H] \end{aligned} \quad (6)$$

由此可以解得消费者的最优消费路径为^①:

$$\frac{\dot{C}}{C} = \frac{1}{\sigma} \left[\alpha \frac{Y}{K} \left(1 - \frac{Z_f}{R'(I)} \right) - \rho - \delta \right] = \frac{1}{\sigma} \left[\alpha A \left(\frac{H_Y}{K} \right)^{1-\alpha} Z_f \left(1 - \frac{Z_f}{R'(I)} \right) - \rho - \delta \right] \quad (7)$$

在本模型中,依据环境质量方程 $\dot{E} = -YZ_f - \theta E + R(I)$,当产出 Y 持续增长时,因为无法调整 Z_f 的大小, YZ_f 趋向于无穷大,但由于污染治理投资 I 对环境的改善作用 $R(I)$,以及人力资本 H_Y 在本模型中是可变的,有可能实现经济的持续增长,这一结论可以通过方程(7)得以佐证。在(7)式中,只要人力资本积累和环境污染治理对环境质量改善的贡献大于物质资本增长对环境造成的损害,消费的持续增长就有可能实现,从(7)式还可以得知时间贴现率 ρ 和资本折旧率 δ 越小,消费持续增长的条件就越容易满足。

①设 $H_Y = uH$,具体计算过程见附录 1。

但满足环境质量方程和最优消费路径只是存在平衡增长路径和可持续发展成立的必要条件,而不是充要条件。如果存在平衡增长路径,则必然满足(8)、(9)两式^①:

$$g_Y = g_C = g_K = g_I = g_{R(I)} = g_E = g_{H_Y} = (\mu - \rho) \left[\sigma + \frac{Z_f(\sigma + \omega)}{R'(I) - Z_f} \right]^{-1} = (\mu - \rho) \left[\frac{R'(I)\sigma + Z_f\omega}{R'(I) - Z_f} \right]^{-1} \quad (8)$$

$$g_{R'(I)} = -(\sigma + \omega)g_C \quad (9)$$

由此可知,平衡增长路径得以成立的条件:一是 $\mu > \rho$,也就是说人力资本的积累率必须大于时间贴现率,这样人力资本开发部门才能避免角点解,即经济发展和人力资本积累都为零的情况,从而保证了经济的可持续发展;二是 $R'(I) > Z_f$,表明环境污染治理投资对环境质量改善的贡献必须达到一定的水平,高于社会计划者制定的最低环保标准。

我们分三类情况来讨论可持续发展的问题:

(1)假设环境污染治理投资对环境质量改善的边际贡献率递增,即 $R''(I) > 0$,显然根据(8)式,可持续发展完全可能实现。

(2)假设环境污染治理投资对环境质量改善的边际贡献率不变,即 $R''(I) = 0, R'(I) = \text{常数}$,根据(8)式,只要 $R'(I) > Z_f$,可持续发展也完全可以实现。

(3)假设环境污染治理投资对环境质量改善的边际贡献率递减,即 $R''(I) < 0$,则可持续发展将难以保持,只要 $R'(I)$ 下降到小于 Z_f 值时,(8)式将为负值,平衡增长路径不存在。

从方程(9)可知, $g_{R'(I)} < 0$,说明在现实生活中,环保技术水平在一定时间内不发生根本性进步的情况下,不断增加污染治理投资产生的边际贡献率是逐渐递减的,平衡增长路径不存在,由此可得命题1。

命题1:仅仅执行环保法规定的最低标准,试图通过不断增加污染治理投资额来实现经济增长和环境治理双重目标的“末端治理”思路不可行。

(三)拓展模型II:包含人力资本积累因素的“源头控制”思路

在“源头控制”的治理思路下,环境标准和执行力度可变,除此以外,模型基本沿用之前的假设,故动态最优化问题可以表示为:

$$\text{Max}_{C,u,I} \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left[\frac{C^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \frac{(-E)^{1+\omega} - 1}{1+\omega} \right] dt$$

$$\text{s. t. } Y = AK^\alpha (uH)^{1-\alpha} Z \quad (10)$$

$$\dot{K} = Y - C - \delta K \quad (11)$$

$$\dot{E} = -YZ - \theta E \quad (12)$$

$$\dot{H} = \mu(1-u)H \quad (13)$$

构建现值 Hamilton 函数:

$$\text{Hamilton} = \frac{C^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \frac{(-E)^{1+\omega} - 1}{1+\omega} + \lambda_1(Y - C - \delta K) + \lambda_2(-YZ - \theta E) + \lambda_3[\mu(1-u)H] \quad (14)$$

由此可以解得消费者的最优消费路径为^②:

^① $g_Y, g_C, g_K, g_I, g_E, g_{R'(I)}, g_{R(I)}, g_{H_Y}$ 分别代表相应下标变量的增长速度,具体计算过程详见附录2。

^②具体计算过程详见附录3。

$$\frac{\dot{C}}{C} = \frac{1}{\sigma} \left(\frac{1}{2} \alpha \frac{Y}{K} - \rho - \delta \right) = \frac{1}{\sigma} \left[\frac{1}{2} \alpha A \left(\frac{H_Y}{K} \right)^{1-\alpha} Z - \rho - \delta \right] \quad (15)$$

从(15)式可以看出,只要人力资本的增长速度快于物质资本的增长速度,并且足以抵消Z的下降速度,可持续发展目标就有可能实现,不过这只是必要条件,如果存在平衡增长路径,则必须满足以下(16) - (19)式^①:

$$g_Y = g_C = g_K = (\mu - \rho) \left[\sigma + \frac{\omega + \sigma}{(1 - \alpha)(1 + \omega)} \right]^{-1} \quad (16)$$

$$g_Z = -\frac{\omega + \sigma}{1 + \omega} g_C \quad (17)$$

$$g_P = g_E = \frac{1 - \sigma}{1 + \omega} g_C \quad (18)$$

$$g_{H_Y} = \left[1 + \frac{\omega + \sigma}{(1 - \alpha)(1 + \omega)} \right] g_C \quad (19)$$

由方程(16)可知, $\mu > \rho$, 这里的含义和“末端治理”模型中的含义是一样的,保证了在平衡增长路径上,产出、消费和物质资本以相同的速度持续增长。

由方程(17)可知, $g_Z < 0$, 即环境标准水平不断提高,清洁技术不断得到革新,在生产过程中的资源损耗越来越小。

由方程(18)可知,在“源头治理”思路下,平衡增长路径得以成立的条件还包括 $\sigma > 1$, 即消费者的跨期替代弹性小于1,从而保证 $g_E = g_P < 0$ 。也就是说,在该偏好约束下,理性消费者不会盲目追求短期GDP增长和即期消费,而把环境破坏到承载阈值以下,使其难以重新恢复。

由方程(19)可知,在源头控制情形下, $g_{H_Y} > g_C = g_K$, 人力资本的增长速度大于物质资本的增长,这刚好和方程(15)可以对应起来,这是因为人力资本的增加一方面要克服物质资本收益递减的趋势,另一方面要适应环境标准不断提高的要求,“源头控制”思路依赖于人力资本投入的增长速度。

比较方程(8)和方程(16),“末端治理”路径可以实现短期的经济增长,但是以不断增加的环境治理费用为代价,一旦环境治理费用占GDP的比重超过一定的比例,并且治理投资对环境质量改善的效果 $R'(I)$ 小于社会计划者规定的最低标准 Z_f , 持续增长就难以为继,由方程(8)可知, $g_E > 0$, $g_{H_Y} = g_C = g_Y$, 环境质量不断恶化,人力资本积累的速度等于经济增长的速度,证明了“末端治理”思路是一种“头痛医头、脚痛医脚”的方法。相反,“源头控制”思路不依赖于环境治理投资,而是通过对人力资本的投入,减少物质资源的损耗和污染物的排放,只要消费者足够理性,不把环境破坏到承载阈值以下,并且 $g_{H_Y} > g_C$, 就可以得到可持续的最优增长路径。

命题2:“源头控制”思路下可持续增长是可能的,但需要政府、消费者和企业的共同努力,包括逐步实行更为严格的环保标准,增加人力资本投入,降低对物质的无限制的即期消费欲望等等。

方程(16)对 $\mu, \rho, \sigma, \omega$ 分别求一阶导数,得到: $\frac{\partial g_C}{\partial \mu} > 0, \frac{\partial g_C}{\partial \rho} < 0, \frac{\partial g_C}{\partial \sigma} < 0, \frac{\partial g_C}{\partial \omega} > 0$ 。由于 $g_C = g_Y$, 由此可知:人力资本部门的开发效率越高,经济可持续发展能力就越强;时间贴现率 ρ

^①具体计算过程详见附录4。

越低,消费者越关心子孙后代的利益,越具有可持续发展意识,稳态经济增长率就越高; σ 越大,跨期替代弹性 $\frac{1}{\sigma}$ 越小,消费者越偏好持续平滑的消费,不愿意接受消费出现大的波动,稳态经济增长率较低; ω 越大,居民环保意识越强,长期增长率越高。由此可得命题3。

命题3:对于社会计划者来说,提高人力资本部门的生产效率、制定严格的环境标准,普及并加强全民的环保意识和可持续发展意识,就越有利于经济的长期稳定增长。

四、计量模型及结果

(一) 实证模型的构建

上文分析了“末端治理”和“源头控制”两种不同治理思路下的经济增长表达式 g_1 和 g_2 ,分别表示为:

$$g_1 = \frac{1}{\sigma} \left[\alpha A \left(\frac{H_Y}{K} \right)^{1-\alpha} Z_f \left(1 - \frac{Z_f}{R'(I)} \right) - \rho - \delta \right]$$

$$g_2 = \frac{1}{\sigma} \left[\frac{1}{2} \alpha A \left(\frac{H_Y}{K} \right)^{1-\alpha} Z - \rho - \delta \right]$$

和上述表达式相对应,我们可以同时构建“末端治理”和“源头控制”情形下的计量方程,如(20)式和(21)式所示:

$$\ln Y_{it} = c_1 + \alpha_1 \ln Y_{it-1} + \alpha_2 \ln K_{it} + \alpha_3 \ln H_{it} + \alpha_4 I_{it} + \alpha_5 GOV_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (20)$$

$$\ln Y_{it} = c_2 + \beta_1 \ln Y_{it-1} + \beta_2 \ln K_{it} + \beta_3 \ln H_{it} + \beta_4 \ln ER_{it} + \beta_5 GOV_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (21)$$

其中, Y_{it} 表示*i*省*t*年的人均GDP; K_{it} 表示*i*省*t*年的人均物质资本; H_{it} 表示*i*省*t*年的人均人力资本; I_{it} 表示*i*省*t*年的污染治理投资占GDP的比重; ER_{it} 表示*i*省*t*年的环保机构年末实有人数; GOV_{it} 表示*i*省*t*年政府主导和参与经济的程度, u_i 表示个体效应, ε_{it} 表示残差项。

(二) 数据来源

本文的数据主要来源于《中国统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国环境年鉴》、国家统计局网站专题数据中的环境统计数据、《新中国六十年统计资料汇编》,具体说明如下:

(1)人均GDP。《新中国六十年统计资料汇编》和《中国统计年鉴(2013)》分别提供了2003-2007年期间和2008-2012年期间以不变价格计算的人均GDP指数,本文使用的人均GDP是以2000年为基期,根据不变价格指数计算出来的2003-2012年各省份的人均国内生产总值。

(2)人均物质资本。张军等(2004)在《中国省际物质资本存量计算:1952-2000》一文中计算了中国大陆30个省区市的1952-2000年各年末的物质资本存量^①。本文采用张军等的做法——永续盘存法,计算了2003-2012年各省份的历年数据,其中物质资本存量的基期数据选取2000年上文中所提供的数据,投资额则采用各省份历年固定资产投资形成总额这一指标,并用固定资产投资价格指数平减,折旧率同样采用9.6%。在各省份历年物质资本存量资料得到以后,再根据《中国统计年鉴》,除以各省份历年人数,从而得到各省份历年人均物质资本。

^①1997年3月14日全国人民代表大会第5次会议作出了设立重庆直辖市的决议,为保证口径的一致性和可比性,张军等(2004)把重庆市和四川省合为一省统计。

(3)人均人力资本。本文采用的是人均受教育年限的方法。参照王小鲁(2000),本文将小学教育毕业年限设定为6年,初中教育毕业年限设定为9年,中专和高中教育毕业年限设定为12年,大学及以上教育毕业年限设定为16年。计算出各省份历年6岁及以上人口受教育年限总和后,再除以6岁及以上总人口就可得到。

(4)末端治理力度。《中国环境统计年鉴》和国家统计局网站都提供了各省份污染治理投资/GDP的比重,该指标主要用来衡量“末端治理”力度。^①

(5)源头控制强度。国内外学者度量环境标准及执行情况的方法主要有以下几种:一是环境规制政策(彭水军、包群,2006);二是人均收入作为源头控制强度的内生指标(Cole and Elliott,2003);三是规制机构对企业排污的检测次数或者规制机构的人数(Laplante and Rilstone,1996);四是污染物排放量的变化(傅京燕、李丽莎,2010)。本文采用第三种方法,用各地区环境保护系统各级机构年末实有人数来表示各地区“源头控制”的强度。^②

(6)地方政府主导经济程度。地方政府经常要在经济增长和环境保护这两个目标之间权衡,本文用财政支出占GDP比重衡量地方政府对经济的控制能力,地方政府主导和参与经济程度对地区经济增长也起着一定的作用。

由于重庆市和四川省合并为一省来统计,同时西藏自治区的数据缺失较多,因此本文使用的是2003-2012年29个省份的面板数据进行实证研究,各变量统计性描述见表1。

表1 样本变量的描述性统计量

变量名	表示符号	单位	均值	标准差	最小值	最大值
人均国内生产总值	<i>Y</i>	元/人	19 928	13 522	4 736	75 784
人均物质资本	<i>K</i>	元/人	50 461	34 811	9 034	212 753
人均人力资本	<i>H</i>	人年	8.38	0.97	6.04	11.84
污染治理投资/GDP	<i>I</i>	百分比	1.26	0.57	0.46	4.16
环保机构年末实有人数	<i>ER</i>	人	6121	4 540	620	22 608
财政支出/GDP	<i>GOV</i>	百分比	18.87	8.3	7.68	61.21

(三) 回归结果

如表2所示,由于经济增长和环境治理在一定程度上存在着相互影响关系,为了处理模型的内生性问题,并考虑到本文应用的是省级面板数据^③,本文选择动态GMM方法作回归分析。处理动态面板一般有两种方法,一种是差分广义矩(DIF-GMM)的方法,一种是系统广义矩(SYS-GMM)的方法。Blundell和Bond(1998)认为SYS-GMM的优点是可以提高估计的效率,缺点是必须假定被解释变量的差分与 μ_i 无关,其有效性必须通过过度识别检验和二阶序列相关检验来判定,本文选择两阶段系统广义矩的方法(two step system GMM,以下简称系统GMM),同时为了对比,还使用了混合OLS以及固定效应FE的估计方法,其中模型1-3对应“末端治理”情形,模型4-6对应“源头控制”情形。

^①使用这种方法的有Gray(1987)、黄菁和陈霜华(2011)。

^②本文曾经考虑用各省份环境法律法规的颁布数量来衡量源头控制强度,但发现数据的可得性很差。同时本文还尝试过把单位产值污染物排放量的变化作为源头控制强度的替代指标,但该指标只能反映源头控制的结果,而不能反映源头控制本身的强度,因此本文最终选择使用环保机构人数作为衡量指标。

^③本文曾经试图建立联立方程,但3SLS方法在处理面板数据方面存在一定的缺陷。

表 2 影响经济增长的各因素回归结果

因变量 lnY	末端治理情况			源头控制情况		
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
<i>Cons</i>	0.0985 (0.814)	0.856 *** (0.322)	0.0598 * (1.718)	0.0778 (0.500)	0.742 (1.117)	0.288 *** (12.63)
lnY(-1)	0.796 *** (29.38)	0.665 *** (0.0393)	0.689 *** (56.84)	0.805 *** (30.39)	0.665 *** (16.96)	0.723 *** (74.52)
lnK	0.164 *** (6.273)	0.189 *** (0.0362)	0.281 *** (22.38)	0.154 *** (6.139)	0.186 *** (4.859)	0.228 *** (26.69)
lnH	0.138 (1.624)	0.193 (0.188)	0.0890 *** (7.968)	0.136 (1.592)	0.189 (1.002)	0.0236 ** (2.198)
<i>I</i>	-0.0140 (-1.207)	-0.000286 (0.0159)	-0.0172 *** (-29.19)	-	-	-
lnER	-	-	-	0.00382 (0.433)	0.0179 (0.197)	0.00834 *** (3.541)
<i>Gov</i>	-0.00314 *** (-3.806)	0.00294 (0.00215)	-0.00675 *** (-22.12)	-0.00304 *** (-3.125)	0.00279 (1.225)	-0.00371 *** (-12.52)
AR(1)	-	-	0.0188	-	-	0.0206
AR(2)	-	-	0.2317	-	-	0.3054
Sargan	-	-	0.6586	-	-	0.6819
计量方法	POLS	FE	SYS-GMM	POLS	FE	SYS-GMM

注:括号内的数字为统计系数所对应的 t 统计值; *、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%。

系统 GMM 估计的二阶序列相关检验(AR(2))结果显示,在 5% 的显著性水平上,残差项存在一阶序列相关,但不存在二阶序列相关,表明模型设定是合理的,Sargan 过度识别检验结果也表明所使用的工具变量是有效的。^① 在所有的 6 个模型中,人均物质资本和人均 GDP 之间存在着显著的正相关关系,这和本文理论模型的结论是一致的,我国经济持续三十多年的高速增长,资本深化是一个重要的因素。由模型 3 和模型 6,与王小鲁(2000)的结论一致,人力资本对经济增长起着显著的正向作用,说明中国正在改变以往粗放型的发展方式,产业升级的过程实际上一直在持续进行,广东、江苏等发达省份提出的“腾笼换鸟”的发展战略就是这种现实趋势的体现(石磊、刘伟明,2012)。

对于我们重点考察的环境治理路径和经济增长之间的关系,本文的回归结果给出了明确的答案。依据模型 3,污染治理投资占 GDP 的比重与经济增长之间存在着显著的负相关关系,说明环境治理成本对经济增长有明显的拖累作用。在模型 6 中,环保机构年末实有人数和经济增长之间存在显著的正向关系,这在一定程度上证明了“波特假说”的合理性,即设计良好的治理机制可以促使企业创新清洁技术、提高生产效率,全部或至少部分弥补因提高环境标准而使企业承担的那部分成本。模型 3 和模型 6 的回归结果证明了“末端治理”和“源头控制”两种治理方式的不同功能,“末端治理”虽然对经济增长具有阻碍作用,但可以为“治本”赢得时间;在长期内,“源头控制”方式才是“治本”的关键,“治标”只能为“治本”服务,而不能作为“治本”的替代。因此,一方面大力发展“三高”产业,一方面又不断增加治理费用的思路是不可行的,姑且不论环境污染常常是不可逆的,即使可以恢复,巨大的恢复成本往往远远超过当初从污染中取得的收益,并且环境承受能力越接近于临界点,边际污染治理成本就越高,最终

^①本文中,系统 GMM 估计出来的被解释变量滞后一阶的系数大小正好介于用 POLS 和 FE 估计出来的系数大小中间,同样可以说明模型设定和估计方法是有效的。

使得财政开支不堪重负;既要“金山银山”,又要“绿水青山”的唯一办法就是从源头上控制污染物的排放,这就需要走产业升级和新型工业化之路,除了采取加大环保机构监管力度等命令控制型规制工具以外,市场激励型环境规制工具更是为企业的节能减排努力提供了经济激励,随着环境标准的逐步提高和清洁技术的创新与推广,经济增长和环境保护在长期内达到“双赢”是可能的。

在其他影响经济增长的因素中,财政支出占 GDP 的比重代表了地方政府对经济发展的参与程度,政府参与经济往往有两方面的作用,一方面政府通过招商引资、基础设施建设、教育科技投资等促进经济增长;另一方面,如果地方政府大搞政绩工程,盲目扩张项目、破坏市场经济,那么在长期内不仅不能促进地方经济的发展,而且可能造成资源耗竭、环境污染、增长乏力,从而从根本上损害地方经济的可持续发展。从本文的实证结果看,财政支出占比对经济增长起反向作用,说明当前阶段就本文关心的环境治理和地区经济增长的关系这一问题而言,后一种机理起主导作用。

五、结论和政策建议

持续了三十多年的高速发展后,不断攀升的污染治理费用使得全社会重新审视增长和环境之间的关系。在发展经济的同时保护好自然环境正逐步成为全社会的共识,但如何进行有效的污染防治,各利益参与者存在明显的分歧。本文吸收 Lucas 内生经济增长理论思想,对 Stokey - Aghion - 孙模型作了拓展,区分了“末端治理”和“源头控制”两种不同治理思路下的经济增长路径,并对引起经济增长的因素作了实证分析,我们发现:

第一,环境保护问题始终是一个权衡问题,以牺牲环境质量为代价的经济发展方式固不可取,而以停止经济增长来换取优良环境的主张也不可行。在同时包含消费水平和环境质量的效用函数中,只有实现环境保护和经济增长的双重目标,无限期寿命消费者的效用才能最大化。

第二,执行当前环保法规定的最低标准,希望通过不断增加污染治理投资额以实现经济增长和环境保护双重目标的“末端治理”思路不可行,在维持环境标准及执行力度不变的条件下,污染治理投资占 GDP 的比重和经济增长之间存在着反向关系,随着污染治理投资对环境质量改善的边际贡献率逐步递减,平衡增长路径将无法实现。而在“源头控制”情形下,企业将按照严格的环境标准推广清洁技术、不断改革创新,随着人力资本的积累和清洁生产技术的运用,就可能实现平衡增长路径和经济增长、环境保护“双赢”的目标。

一些地方之所以排斥“源头控制”的治理方式,关键在于在国内普遍存在的“晋升锦标赛”制度安排下,受任期约束的政府官员和无限寿命期效用最大化的消费者在利益目标上的一致性,两者在“短期目标”和“长期目标”上的错位使得“末端治理”思路成为必然。因此,中央应加大对地方官员在环境质量、民生福利、公众满意度等指标的考核力度,确保地方政府把提供美好秀丽环境、提高教育科技水平等工作放在更加重要的地位。

附录:

附录 1:(7) 式的推导

(6) 式分别对三个控制变量 C, I, u 求偏导数,得到一阶条件:

$$C^{-\sigma} = \lambda_1 \quad (\text{a})$$

$$\lambda_1 = \lambda_2 R'(I) \quad (\text{b})$$

$$\lambda_1(1-\alpha)\frac{Y}{u} - \lambda_2(1-\alpha)\frac{Y}{u}Z_f - \lambda_3\mu H = 0 \quad (c)$$

设 $H_Y = uH$, 把公式(b)代入公式(c), 可得到:

$$(1-\alpha)\lambda_1\frac{Y}{H_Y}\left[1 - \frac{Z_f}{R'(I)}\right] = \mu\lambda_3 \quad (d)$$

(6)式再对三个状态变量 K, E, H 分别求偏导数, 得到欧拉方程:

$$\dot{\lambda}_1 = \rho\lambda_1 - \lambda_1\alpha\frac{Y}{K} + \lambda_1\delta + \lambda_2\alpha\frac{Y}{K}Z_f \quad (e)$$

$$\dot{\lambda}_2 = -(-E)^\omega + (\rho + \theta)\lambda_2 \quad (f)$$

$$\dot{\lambda}_3 = \rho\lambda_3 - \lambda_1(1-\alpha)\frac{Y}{H} + \lambda_2(1-\alpha)\frac{Y}{H}Z_f - \lambda_3\mu(1-u) \quad (g)$$

由方程(a)、(b)、(e), 可以求得正文中的(7)式。

附录 2: (8)、(9) 两式的推导

如存在平衡增长路径, 由方程(3)可知, 变量 Y, C, K, I 有相等的增长率: $g_Y = g_C = g_K = g_I =$ 常数, 根据一阶条件, 可得:

$$\begin{aligned} -\sigma g_C &= g_{\lambda_1} \\ g_{\lambda_1} &= g_{\lambda_2} + g_{R(I)} \\ g_{\lambda_1} + g_C - g_{H_Y} + \frac{Z_f}{R'(I)} - Z_f g_{R(I)} &= g_{\lambda_3} \end{aligned}$$

根据方程(2), 可得:

$$g_C = \alpha g_K + (1-\alpha)g_{H_Y}$$

根据方程(4), 可得:

$$g_E = g_C = g_{R(I)}$$

根据方程(f), 可得:

$$g_{\lambda_2} = \omega g_E$$

根据方程(b)、(d)、(g), 可得:

$$g_{\lambda_3} = \rho - \mu$$

联立以上方程, 可得(8)、(9)两式。

附录 3: (15) 式的推导

根据(14)式, 三个控制变量 C, Z, u 的一阶最优条件为:

$$C^{-\sigma} = \lambda_1 \quad (h)$$

$$\lambda_1 = 2\lambda_2 Z \quad (i)$$

$$\lambda_3\mu H = \frac{\lambda_1(1-\alpha)Y}{u} - \lambda_2\frac{(1-\alpha)YZ}{u} \quad (j)$$

设 $H_Y = uH$, 并把(i)式代入(j)式, 则(j)式可以改写成下列形式:

$$\lambda_3\mu = \frac{1}{2}(1-\alpha)\frac{\lambda_1 Y}{H_Y} \quad (k)$$

对三个状态变量 K, E, H 求偏导, 得欧拉方程为:

$$\dot{\lambda}_1 = \rho\lambda_1 - \lambda_1\alpha\frac{Y}{K} + \lambda_1\delta + \lambda_2\alpha\frac{YZ}{K} \quad (l)$$

$$\dot{\lambda}_2 = \rho\lambda_2 - (-E)^\omega + \lambda_2\theta \quad (m)$$

$$\dot{\lambda}_3 = \rho\lambda_3 - \lambda_1(1-\alpha)\frac{Y}{H} + \lambda_2(1-\alpha)\frac{YZ}{H} - \lambda_3\mu(1-u) \quad (n)$$

由方程(h)、(i)、(l), 可求得正文中的(15)式。

附录 4: (16) - (19) 式的推导

根据方程(11), 可以知道在平衡增长路径下, 变量 Y, C, K 的增长速度相等且等于常数, $g_Y = g_C = g_K$ 。

根据一阶条件, 可得: $-\sigma g_C = g_{\lambda_1}, g_{\lambda_1} = g_{\lambda_2} + g_Z, g_{\lambda_3} = g_{\lambda_1} + g_Y - g_{H_Y}$ 。

根据方程(10), 可得: $g_C = \alpha g_K + (1-\alpha)g_{H_Y} + g_Z$ 。

根据方程(12),可得: $g_E = g_C + g_Z$ 。

根据方程(m),可得: $\omega g_E = g_{\lambda_2}$ 。

根据方程(i)、(k),方程(n)可以表示为: $\dot{\lambda}_3 = \rho \lambda_3 - \mu \lambda_3$,则可得: $g_{\lambda_3} = \rho - \mu$ 。

联立以上方程组,解得平衡增长路径上各变量的稳态增长率(16)-(19)式。

参考文献:

1. 傅京燕、李丽莎,2010:《环境规制、要素禀赋与产业国际竞争力的实证研究——基于中国制造业的面板数据》,《管理世界》第10期。
2. 黄菁、陈霜华,2011:《环境污染治理与经济增长:模型与中国的经验研究》,《南开经济研究》第1期。
3. 林伯强、蒋竺均,2009:《中国二氧化碳的环境库茨涅茨曲线预测及影响因素分析》,《管理世界》第4期。
4. 彭水军、包群,2006:《环境污染、内生增长与经济可持续发展》,《数量经济技术经济研究》第9期。
5. 石磊、刘伟明,2012:《“腾笼换鸟”和“承接转移”相互矛盾吗》,《经济学家》第5期。
6. 孙刚,2004:《污染、环境保护和可持续发展》,《世界经济文汇》第5期。
7. 王小鲁,2000:《中国经济增长的可持续性与制度变革》,《经济研究》第7期。
8. 许广月、宋德勇,2010:《中国碳排放环境库茨涅茨曲线的实证研究——基于省域面板数据》,《中国工业经济》第5期。
9. 张红凤、周峰、杨慧、郭庆,2009:《环境保护与经济发展双赢的规制绩效实证分析》,《经济研究》第3期。
10. 张军、吴桂英、张吉鹏,2004:《中国省际物质资本存量估算:1952-2000》,《经济研究》第10期。
11. Aghion, P., and P. Howitt. 1998. *Endogenous Growth Theory*. Cambridge: MIT Press.
12. Barro, R. J., 1991. "Economic Growth in a Cross Section of Countries." *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2): 407-443.
13. Blundell, R., and S. Bond. 1998. "Initial Conditions and Moments Restriction in Dynamic Panel Data Models." *Journal of Econometrics*, 87(1): 115-143.
14. Brock, W. A., and M. S. Taylor. 2004. "The Green Solow Model." NBER Working Papers 10557.
15. Cole, M. A., and R. J. R. Elliott. 2003. "Determining the Trade - environment Composition Effect: The Role of Capital, Labor and Environmental Regulations." *Journal of Environmental Economics and Management*, 46(3): 363-383.
16. Dasgupta, P., and G. Heal. 1974. "The Optimal Depletion of Exhaustible Resources." *Review of Economic Studies*, 41: 3-28.
17. Forster, B. A. 1972. "A Note on Economic Growth and Environmental Quality." *The Swedish Journal of Economics*, 74(2): 281-285.
18. Gray, W. B. 1987. "The Cost of Regulation: OSHA, EPA and the Productivity Slowdown." *American Economic Review*, 77(5): 998-1006.
19. Grossman, G. M., and A. B. Krueger. 1995. "Economic Growth and the Environment." *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2): 353-377.
20. John, A., R. Pecchenino, D. Schimmelpfennig, and S. Schreft. 1998. "Short - lived Agents and the Long - lived Environment." *Journal of Public Economics*, 58(1): 127-141.
21. Laplante, B., and P. Rilstone. 1996. "Environmental Inspections and Emissions of the Pulp and Paper Industry: The Case of Quebec." *Journal of Environmental Economics and Management*, 31(1): 19-36.
22. Lucas, R. E. 1998. "On the Mechanics of Economic Development." *Journal of Monetary Economics*, 22(1): 3-42.
23. Meadows, D. H., D. L. Meadows, J. Randers, and W. W. Behrens III. 1972. *The Limits to Growth*. New York: Universe Books.
24. Romer, P. M. 1990. "Endogenous Technological Change." *Journal of Political Economy*, 98(5): 71-102.
25. Stiglitz, J. 1974. "Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Paths." *Review of Economic Studies*, 41: 123-137.
26. Stokey, N. 1998. "Are There Limits to Growth?" *International Economic Review*, 39(1): 1-31.
27. Uzawa, H. 1965. "Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth." *International Economic Review*, 6(1): 18-31.

(下转第77页)

The Anti – Poverty Effectiveness of the Minimum Living Standard Assistance Policy in Rural China : Evidence from Five Central and Western Provinces

Han Huawei and Xu Yuebin

(School of Social Development and Public Policy, Beijing Normal University)

Abstract: Based on large sample household survey data from five provinces in central and western regions in 2010, this paper studies the anti – poverty effectiveness of Rural Minimum Living Standard Assistance (RMLSA) and its determinants. The results show that: the RMLSA has considerable anti – poverty effects on participating sample, although its effects on the whole sample and eligible sample are much less significant. The determinants of its anti – poverty effect include low coverage rate, high targeting error and assistant inadequacy. And these determinants are attributable to the insufficiency of local government financial ability, improper management pattern, lack of other social security policy in rural areas, and measurement error in means test. Policy simulation results indicate that it still has much room to improve in RMLSA. Establishing precise identification mechanism will be an important way to improve the anti – poverty effectiveness of RMLSA.

Key Words: Rural Minimum Living Standard Assistance; Anti – poverty Effectiveness; Targeting Error; Policy Simulation

JEL Classification: I3

(责任编辑:赵锐、彭爽)

(上接第 53 页)

Environmental Pollution, Abatement Path and Sustainable Growth: “End – of – Pipe Control” or “Source Control”?

Liu Weiming

(Institute of Jiangxi Economic Development and Reform, Jiangxi University of Finance and Economics)

Abstract: There are two methods in pollution abatement: “End – of – Pipe Control” and “Source Control”. In this paper, the factor of human capital accumulation is introduced into the Stokey – Aghion – GangSun model, we analyze the key factors which lead to the continued deterioration of environmental conditions in China, and explore the strategic behavior of local governments under the existing assessment mechanisms, as well as investigate two different long – run growth paths in the case of two different methods in pollution abatement and verify the theoretical model according to Chinese panel data from 2003 to 2012. We have the following findings: Under the “promotion tournament” system, government officials who are restricted by the tenure prefer to “end – of – pipe” approach. The way to maintain the same standard specified by the existing Environmental Protection Act is infeasible, and only by improving environmental standard to encourage the enterprises to innovate and use clean technology, we may achieve the “win – win” goal of economic growth and environmental protection.

Key Words: Environmental Protection; Abatement Path; Economic Growth

JEL Classification: H41, O21, Q56

(责任编辑:赵锐、彭爽)