

# The U-Shaped Relation between the Intensity of Environmental Regulation and Progress of Production Technology<sup>\*</sup>

## —An Analytical Framework Based on Neoclassical Theory

Zhang Cheng<sup>1</sup>, Guo Lu<sup>2</sup>, Tang Min<sup>3</sup>

- (1. Department of Chinese Studies, Aichi University of Japan, Nagoya 470-0296; School of Economics, Renmin University of China, Beijing 100872, China;
2. Institute of Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100836, China;
3. Beijing Beiguang Electronic Group Co., LTD, Beijing 100011, China)

**Abstract:** When "Porter hypothesis" was proposed, it has been attracted great attention in academic circles, and many related research began form then. However, there is little analysis on if different intensity of environmental regulation could have different affluence on production technology. For this reason, this paper constructs a mathematical model, which is based on the analytical framework of neoclassical theory, to analyze the relation between the intensity of environmental regulation and the progress of production technology, and the results show that: different intensity of environmental regulation could have different stimulating effect on the corporation which was regulated; there is a U-type relationship between the intensity of environmental regulation and progress of production technology. Therefore, the government should moderately improve the strength of environmental regulation, optimize the form of environmental regulation, to stimulate corporations to breakthrough "innovation threshold" as soon as possible, thus to induce the effect of innovative compensation, and realize the Win-win situation between the protection of environment, the progress of production technology and the increase of economy.

**Key words:** Environmental Regulation; Progress of Production Technology; U-shaped Relation

# 环境规制强度和企业的生产技术的“U”型关系研究

## ——一个基于新古典理论的分析框架

张成<sup>1</sup>, 郭路<sup>2</sup>, 唐敏<sup>3</sup>

- (1. 日本爱知大学中国研究科, 日本 名古屋 470-0296; 中国人民大学经济学院, 中国 北京 100872;
2. 中国社会科学院经济研究所, 中国 北京 100836;
3. 北广电子集团有限责任公司, 中国 北京 100011)

**摘要:**“波特假说”提出以后, 受到了学术界的广泛关注, 许多相关研究由此展开。但是, 鲜有学者分析环境规制强度的不同是否会对生产技术的进步带来不同的影响。基于此, 本文在新古典理论的分析框架下, 构建数理模型分析了环境规制强度和生产技术的进步的关系, 研究结果认为: 不同的环境规制强度会给被规制企业带来不同的刺激效应; 环境规制强度和企业的生产技术的进步之间符合“U”型关系。因此, 政府应当适度提高环境规制强度、优化环境规制形式, 刺激企业尽快突破生产技术的“创新阈值”, 实现“创新补偿”效应, 以此来实现环境保护和生产技术的进步、经济增长的“双赢”。

**关键词:** 环境规制; 生产技术的进步; “U”型关系

### 一、引言

自上世纪 70 年代以来, 环境问题的不断恶化引起了各国的广泛关注。我国历来重视对于环境

的保护和规制。早在上世纪 90 年代初, 中国就把环境保护作为基本国策并贯彻执行之; 进入新世纪后, 党的十六大提出以人为本的科学发展观, 不仅探索新工业化道路和社会主义新农村建设, 而且积极探索构建资源节约型和环境友好型社

<sup>\*</sup>基金项目: 本文获“中国人民大学博士研究生学术新人奖”和“日本爱知大学 2010 年度 ICCS 青年研究人员资助项目”的资助。

会，以及创建人与自然和人与人之间协调发展的和谐社会；党的十七大又把“建设生态文明”作为实现全面建设小康社会奋斗目标的新要求之一（于同申等，2010）。

但是由于我国面临着生态环境先天不足、后天失调、特别是加速实现工业化、城市化带来的多重压力，导致我国在尚未达到 EKC 理论拐点的历史阶段就不可避免地会排放出大量的污染物（张成等，2010）。根据美国耶鲁大学和哥伦比亚大学的科学家联合发布的 2008 年世界环境绩效排名 EPI (Environmental Performance Index), 中国在参评的 149 个国家和地区中位居 105 位，其 EPI 得分仅为 65.1 分，远远落后于排名第 1 的新西兰 (95.5 分)。

面对环境问题带来的巨大压力，能否实现环境保护和经济增长的“双赢”对于我国更是尤为重要。根据基于静态标准的传统假设，在技术、资源配置和消费者需求不变的情况下，企业已经做出了成本最小化的选择，环境规制的引入会增加企业的成本，削弱其生产率和竞争力，使得环境保护和企业竞争力目标之间构成一种两难选择 (Denison, 1981)，但是 Porter et al. (1991, 1995) 提出著名的“波特假说”，他认为企业的竞争优势不是依赖于静态效率和固定约束下的最优行为，而是依赖于变动约束条件下的改进和创新，基于动态角度，恰当的环境规制可以激发被规制企业进行技术创新，产生“创新补偿”效应，不仅能抵消环境规制的遵循成本，还能提高它的生产率水平，增强其绝对竞争优势。“波特假说”提出后，引起了国内外许多学者开始关注环境规制和技术创新的关系，由此引发了大量的实证研究。

由于验证方法、研究样本、变量构造等因素的不同，导致国内外学者对于环境规制和技术创新之间的关系并未达共识。如 Lanjouw and Mody (1996) 利用日本、美国和德国的数据分析了环境规制和专利申请数之间的关系，发现当滞后 1 至 2 年后，环境规制能够对专利申请数起到正向促进作用；Jaffe and palmer (1997) 基于产业层面的数据实证分析了环境规制与创新（分别以 R&D 投资额和专利申请数衡量）之间的关系，认为环境规制能够对以 R&D 投资额为衡量指标的创新

起到正向促进作用，但环境规制不能对以专利申请数为衡量指标的创新产生影响；Brunnermeier and Cohen (2003) 根据美国制造业的数据实证分析了环境规制（以污染消减成本和政府对污染案的检查数衡量）对技术创新（被限定为环境相关的技术创新，并以环境相关的专利申请数衡量）的影响，结果发现：治污消减成本的增加能够促进环境相关的专利申请数，但是政府对污染案的检查数对环境相关的专利申请数的影响并不显著；Hamamoto (2006) 的实证研究支持环境规制强度（以污染控制花费衡量）能够对创新活动（以 R&D 支出衡量）产生正向的影响；李强、聂锐 (2009) 利用 1999—2007 年的中国省际面板数据对环境规制（以工业污染治理项目本年完成投资合计衡量）与技术创新（分别以发明专利、实用新型专利和外观设计专利的数量衡量）的关系进行实证研究，研究结果认为：环境规制对核心创新指标产生了显著的正影响。

通过考察已有文献可以看出，其侧重点主要集中在验证环境规制对企业创新的影响方向和影响程度。虽然经验分析具体操作上的差异会在很大程度上影响两者之间的关系，但多数学者认为环境规制能够在一定程度上激励企业进行技术创新，从而产生正面影响。但是，随着环境规制强度的变化，其是否会对技术创新和技术进步产生不同的影响却鲜有文献涉及。基于此，本文将基于新古典的理论分析框架构建数理模型，研究随着环境规制强度的变化，会对生产技术进步产生何种影响，讨论两者的动态关系。为了对此进行分析，本文安排如下：第二部分基于新古典经济增长理论构建了一个经济人最优选择模型；第三部分基于这一最优选择模型分析环境规制强度和生产技术进步两者之间的动态关系；最后一部分为结论。

## 二、基本模型

借鉴 Selden & Song (1995) 和陆旻 & 郭路 (2008) 的带有污染的新古典增长模型，本文在模型中，首先假定存在一个理性经济人和政府，该国的人口增长率为零，且该国就业是充分的；在这个经济中，污染是从生产中产生的，政府为了整个社会福利的最大化，将对伴随生产而出现

的污染进行规制,并且政府的环境规制强度越高,相应的污染水平就会越低;该经济人的目的是使其在长期效用达到最大,其长期效用函数构造如下:

$$W = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U(C,t) dt \quad 0 < \rho < 1 \quad (1)$$

其中,  $\rho$  为时间贴现因子,  $C$  为消费,  $t$  为时间。  $U(C,t)$  表示这个经济人的效用函数且  $U'_C > 0$ 、 $U''_C < 0$ , 这表明随着消费量的增加, 经济人的效用是递增的, 但是增长量是边际递减的。

可以假设效用函数为:  $U(C) = C^{1-\sigma} / (1-\sigma)$ ,  $\sigma < 1$ ,  $\sigma$  为经济人的相对风险厌恶系数。

本文认为在假定人口增长率为零且就业是充分的条件下, 生产过程中的产出 ( $Y$ ) 是资本存量 ( $K$ ) 和生产技术进步① ( $\lambda(K_1)$ ) 的函数, 并且假设该技术是希克斯中性的。由于政府的环境规制制定了一定的污染水平, 经济人会采取两种方法把污染降低到给定水平内: 一种办法是采取和治污直接相关的措施。如从总产出中拿出一部分用于污染治理, 或者进行和治污相关的技术购买、技术创新, 无论哪种都能使单位产出的污染排放量降低, 在本文中将其统称为污染治理支出; 另一种办法是通过对生产技术的投入 ( $K_1$ ), 依靠生产技术进步使得产量得以提高, 再从这些更高的产出水平中拿出一部分进行环境治理以降低污染水平。由于经济人有这两种方式降低污染, 所以他总是在这两种方式中进行权衡, 以取得最优的污染治理支出和生产技术进步投入。在这种情况下, 资本增量 ( $\dot{K}$ ) 为产出减去消费、资本折旧、技术投入和污染治理之后剩下的部分。假设资本折旧率为  $\delta$ , 则资本增量如下所示:

$$\dot{K} = \lambda(K_1)f(K) - C - \delta K - K_1 - E \quad 0 < \delta < 1 \quad (2)$$

环境污染的变化受到三个方面的影响, 首先是产出的增加会加剧污染, 在其它条件不变的情况下, 污染随产出同比例增加; 其次是污染治理效应, 在治污规模报酬不变的情况下, 污染治理

① 借鉴 Arimura et al. (2007) 等人的分析思路, 本文将技术进步分为生产技术进步和治污技术进步。其中生产技术进步来源于生产技术的创新, 并能提高总产出 (GDP); 而治污技术进步来源于治污技术的创新, 它能降低单位产出的污染排放量。

支出 ( $E$ ) 是污染增量 ( $\dot{P}$ ) 的一次函数; 最后是污染本身也存在一定程度的指数“衰减” (Forster, 1980), 即大自然是以指数的形式对污染存量进行“消化”的。根据以上分析, 污染增量满足下式:

$$\dot{P} = \eta \lambda(K_1) f(K) - \alpha E - P^\gamma \quad \alpha > 0, \eta > 0 \quad (3)$$

其中,  $\eta$  为单位产出的污染排放量;  $\alpha$  表示单位治污支出带来的污染降低量;  $\gamma$  为衰减指数;  $P^\gamma$  是污染本身的衰减量, 也就是自然界对污染的吸收量。由于自然界对污染的吸收有一个阈值效应 (Stern et al. 1996), 当污染水平没有达到阈值时, 自然界能够较快的吸收污染, 此时的  $\gamma > 1$ ; 但当污染增多并越过阈值后, 自然界对污染的吸收能力就出现了下降的趋势, 即  $0 < \gamma < 1$ 。

生产技术水平的提高程度取决于经济人对生产技术进步投入量, 因此生产技术水平是生产技术投入的函数  $\lambda(K_1)$ 。假设新技术的产生服从 Poisson 过程② (Aghion & Howitt, 1992), 在一定期限内, 经济人在生产技术上投入越多的资金就会产生更多的生产技术进步。但是, 新技术的产生需要投入比以往更多的资金, 因此生产技术水平提高幅度随着资金投入的增加是不断递减的。根据以上说明, 可以认为生产技术水平满足:

$$\lambda'(K_1) > 0, \lambda''(K_1) < 0, \text{另外, 满足 } \lambda(0) = 0。$$

根据上面的内容, 构造式 (1)、式 (2) 和式 (3) 的现值 Hamilton 算子如下:

$$H = U(C) + \mu [\lambda(K_1) f(K) - C - \delta K - K_1 - E] + \theta [\eta \lambda(K_1) f(K) - \alpha E - P^\gamma] \quad (4)$$

现值 Hamilton 算子的一阶条件如下所示:

$$U'_C = \mu \quad (5)$$

$$\mu [\lambda'(K_1) f(K) - 1] + \theta [\eta \lambda'(K_1) f(K)] = 0 \quad (6)$$

$$-\mu - \alpha \theta = 0 \quad (7)$$

Euler 条件为:

$$-\dot{\mu} = \frac{\partial H}{\partial K} = \mu [\lambda(K_1) f'(K) - \delta] - \theta [\eta \lambda(K_1) f'(K)] \quad (8)$$

② 根据这种所述: 我们可以理解  $\lambda(K_1)$  是生产技术进步的一个期望。

$$-\dot{\theta} = \frac{\partial H}{\partial P} = -\theta[P^{\gamma-1}] \quad (9)$$

横截面条件如下：

$$\mu(\infty) = 0; \theta(\infty) = 0 \quad (10)$$

在政府环境规制的作用下，这一经济人对于消费、污染治理支出和生产技术投入的最优选择应当满足式(5)至式(10)，也许在现实中，一个经济人的实际选择可能会和这6个式子有所不同，但是并不会偏离这一最优路径太远，而是围绕最优选择上下波动。基于此，本文下一部分将分析随着政府设定的环境规制强度发生变化，经济人的相应最优选择会对生产技术进步带来何种影响。

### 三、环境规制强度与生产技术进步的“U”型关系

由于经济人在生产技术上有着不断的投入，因此这个经济的稳态增长率是不为零的。根据Romer(1990)和Aghion&Howitt(1992)等学者的分析，经济中的各个变量达到稳态时，变量的增长率是不变的。另外，经济人根据政府制定的环境规制水平，选择最优的消费、污染治理支出和生产技术投入，并且均满足上文的一阶条件、Euler条件和横截面条件。这就暗含着不同的环境规制强度会诱发不同的生产技术投入，以至于产出不同的生产技术进步。

对式(5)的时间t求导得：

$$U_C'' \dot{C} = \dot{\mu} \quad (11)$$

由于存在生产技术进步，所以稳态经济增长率不为零。令g为经济增长率③，稳态时，

$g = \frac{\dot{C}}{C} = \frac{\dot{\lambda}}{\lambda}$ 成立。联立式(5)和式(11)，可得：

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = -\sigma \cdot g \quad (12)$$

稳态时， $\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \frac{\dot{\theta}}{\theta}$ ，与式(9)和式(12)联立，可得：

$$-\sigma \cdot g = P^{\gamma-1} \quad (13)$$

定义环境规制强度为R，如果环境规制强度越高，则污染水平也就越低，因此污染水平与环

境规制强度满足  $P'(R) < 0$ ，但是随着环境规制程度的增强，污染的降低程度是递减的，因此满足  $P''(R) > 0$ 。而且再强的环境规制水平也不可能使污染全部消失，即  $\lim_{R \rightarrow \infty} P(R) \rightarrow 0^+$ 。式(13)也可以

$$\text{表示为： } g = \frac{P(R)^{\gamma-1}}{-\sigma} \quad (14)$$

对式(14)求一阶导，得：

$$g'_R = -(1/\sigma) \cdot (\gamma-1) \cdot P(R)^{\gamma-2} \cdot P'(R) \quad (15)$$

当环境规制强度较低、污染处于较高的水平时，自然界对污染的吸收能力降低， $0 < \gamma < 1$ 、

$P'(R) < 0$ ，可得： $g'_R < 0$ 。此阶段表明，当提高环境规制强度，企业会相对减少对生产技术的投入，使得生产技术进步减缓。当环境规制强度由低变高、污染出现下降并处于较低的水平时，由于 $\gamma > 1$ ， $P'(R) < 0$ ，可得： $g'_R > 0$ 。此阶段表明，当继续提高环境规制强度，企业会相对增加对生产技术的投入，使得生产技术进步加快。

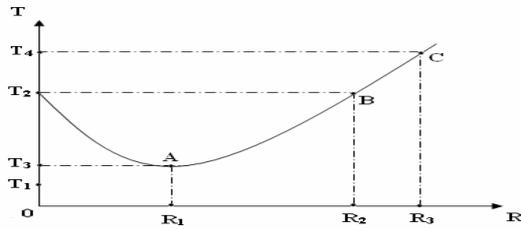
$$g''_R = -(1/\sigma) \cdot (\gamma-1) \cdot [P(R)^{\gamma-2} \cdot P''(R) + (\gamma-2) \cdot P(R)^{\gamma-3} P'(R)] \quad (16)$$

对式(14)求二阶导，得到式(16)，并且将各个变量的值代入，得到 $g''_R > 0$ 。因此，根据式(14)的一阶导和二阶导的值，可以得出环境规制强度与生产技术进步符合“U”型关系。

环境规制强度和生产技术进步的“U”型关系可以用上图一表示。横坐标轴表示环境规制强度(R)，纵坐标轴表示生产技术进步(T)。假使基年的生产技术水平为 $T_1$ ，在没有环境规制的情况下，特定年④之后的生产技术水平将会增至 $T_3$ 。

④ 由于企业需要时间进行生产技术的创新和运用，如果企业打破原有的生产技术创新投入量，在滞后特定年之后，这一投入量的改变才能在生产技术水平上得以体现，以此，这里的特定年就是指能够使得基年的生产技术创新投入得以体现的滞后期限。

③ 在稳态时，经济增长率即为生产技术进步率。



图一：环境规制强度和生产技术进步的“U”型关系图

此时引入环境规制水平，当环境规制水平较弱时（ $0 < R < R_1$ ），企业在短期从利润最大化的角度考虑，会在不影响产出的情况下，从可控的现金流中抽调出一部分资金用于治理污染排放，这部分资金可能会来源于企业的利润、生产技术创新投入<sup>⑤</sup>等，生产技术创新投入的减少将会降低未来的生产技术进步率；在长期，企业会力图提高减排技术来降低污染排放量，这需把创新资金中更大的份额<sup>⑥</sup>用于减排技术的创新，这会导致用于生产技术创新的资金的减少<sup>⑦</sup>（Rose 1983、Norsworthy et al. 1979），未来的生产率水平会低于没有环境规制时的未来生产率水平。因此，当企业面临较弱的环境规制水平时，无论企业的短期还是长期行为，都会导致这一企业在未来的生产技术水平低于  $T_2$ ，且在这一区间，生产技术水平呈现不断下降的趋势，并在环境规制强度为  $R_1$  时达到最低值  $T_3$ 。

随着政府制定的环境规制水平的不断提高，达到  $R_1$  时，将会引致“阈值效应”。较为严格的环境规制水平会迫使一些无法适应的企业退出市场，实现资源的集中和优化配置。存留下的优势企业，将更加倾向于加大创新力度，随着减排技术创新的资金份额的不断加大，在这一领域的创

⑤ 如果企业动用于生产的资金，就会降低产出，从而降低最终的利润。所以，企业在短期可能会从利润和生产技术创新投入中抽调资金用于治污支出。

⑥ 创新投入用于两个方面的创新：一是用于生产技术的创新，这会有效提高生产技术水平；二是用于减排技术的创新，并不能有效提高生产技术水平。

⑦ 虽然这一降低比率不一定和治污支出完全吻合，但是此消彼长的趋势是肯定的。

新成果和绩效是递减的，必将无法满足趋严的环境规制要求，企业将会加大用于生产技术创新的投入，以期促进生产技术进步，提高生产率、产出和利润，从增加的利润中再抽调出部分资金用于治污，以此来满足严厉的环境规制的要求。这样，在严格环境规制水平的制约下（ $R > R_1$ ），企业的生产技术水平将呈现上升趋势。当  $R_1 < R < R_2$  时，相应的未来生产技术水平仍然低于  $T_1$  水平，但是只要  $R > R_2$ ，相应的生产技术水平将高于  $T_2$  水平。如当环境规制强度处于  $R_3$  时，其特定年之后的生产技术水平  $T_4$  远大于不存在环境规制时的  $T_2$  水平。

通过以上分析，可见，随着环境规制水平的由弱到强，企业的生产技术水平会呈现先降低、后提高的趋势，即环境规制强度和生产技术进步之间符合“U”型关系。

#### 四、结论

上述分析是建立在新古典增长的框架下，根据相应假设，分析了经济人——企业在面对政府制定的不同环境规制水平如何最优选择其消费、污染治理支出和生产技术投入。研究表明：不同的环境规制强度会给企业带来不同的刺激效应；环境规制强度和生产技术进步之间符合“U”型关系，即较弱的环境规制强度会降低企业的生产技术进步率，而适度较高的环境规制强度则能提高企业的生产技术进步率。

基于以上研究结果，得出以下政策涵义。首先，我国政府应当进一步提高环境规制强度，刺激企业突破生产技术的“创新阈值”，实现“创新补偿”效应，以此来促进生产率增长，提高企业的国际竞争力。但是，这不意味着环境规制强度越高越好，实际上，每个企业在特定时点上都有特定的“U”型曲线，应当根据实际情况，及时调整环境规制水平至合理水平。其次，政府应当注重环境规制的形式。一国环境规制政策对其企业的影响，不仅与环境规制措施的松紧程度有关，而且还取决于环境规制的形式（Sartzetakis 1995）。合适的环境规制形式能够使得“U”型曲线的下降阶段更平缓，也能够促进拐点的尽快实现。目前，全球积极准备当中的碳交易就是重要

契机之一，我国应当积极参与，以此来更好的实现环境保护和技术进步、生产率提高和经济增长的“双赢”。

如何结合我国的数据，进行实证分析，以此来确定环境规制强度和生产技术进步的“U”型曲线的具体位置；以及环境规制水平的变化将会对生产率和经济增长带来何种影响等。将是笔者未来的研究方向。

## References (参考文献)

- [1] LI Qiang, Nie Rui, Environmental Regulation and Regional Technical Innovation: Empirical Study Based on China Provincial Panel Data[J]. Journal of Zhongnan University of Economics and Law,2009(4): 18—23  
李强,聂锐. 环境规制与区域技术创新——基于中国省际面板数据的实证分析[J]. 中南财经政法大学学报,2009,(4): 18—23
- [2] LU Yang, GUO Lu, The Reverse U-shaped Curve of EKC and J-shaped Curve of Pollution Abatement: based on the Analytical Framework of Neoclassical Theory[J]. The Journal of World Economy,2008(12): 82—92  
陆阳,郭路. 环境库兹涅茨倒U型曲线和污染治理的J曲线: 一个新古典增长框架下的理论解释[J]. 世界经济,2008,(12): 82—92
- [3] YU Tong-shen, ZHANG Cheng, The Relationship between Environmental Regulation and the Development of Economy: a Co-integration Analysis based on the Panel Data of China's Industry Departments[J]. Study & Exploration,2010(2): 131—134  
于同申,张成. 环境规制与经济增长的关系——基于中国工业部门面板数据的协整检验[J]. 学习与探索,2010(2): 131-134
- [4] ZHANG Cheng, YU Tong-shen, Does Environmental Regulation Influence Industrial Productivity in China: the Empirical Test Based on DEA and Co-integration Analysis [J]. Economic Theory and Business Management,2010(3): 11—17  
张成,于同申,郭路. 环境规制影响了中国工业的生产率吗? ——基于DEA与协整分析的实证检验[J]. 经济理论与经济管理,2010(3): 11-17
- [5] Aghion,P. ,Howitt,P. ,A Model of Growth Through Creative Destruction[J]. Econometrica, 1992(60): 323—351
- [6] Arimura Toshi,H. ,Sugino,M. ,Does Stringent Environmental Regulation Stimulate Environment Related Technological Innovation? [J]. Sophia Economic Review,2007(52): 1—14
- [7] Brunnermeier,S. B. ,Cohen,M. A. ,Determinants of Environmental Innovation in US Manufacturing Industries[J]. Journal of Environmental Economics and Management,2003(45): 278—293
- [8] Denison,E. F. , Accounting for Slower Economic Growth: the United States in the 1970s[J]. Southern Economic Journal,1981(47): 1191—1193
- [9] Forster,B. A. ,Palmer,K. ,Optimal Energy Use In a Polluted Environment[J]. Journal of Environmental Economics and management,1980(7): 321—333
- [10] Hamamoto,M. ,Environmental Regulation and the Productivity of Japanese Manufacturing Industries [J]. Resource and Energy Economics,2006,(28): 299—312
- [11] Jaffe,A. ,Palmer,K. ,Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study[J]. Review of Economics and Statistics,1997(4): 610—619
- [12] Lanjouw,J. O. ,Mody,A. ,Innovation and the International Diffusion of Environmentally Responsive Technology[J]. Research Policy,1996(25): 549—571
- [13] Norsworthy,J. R. ,Harper,M. J. ,Kunze,k. ,The Slowdown in Productivity Growth: Analysis of Some Contributing Factors[J]. Brookings Papers on Economic Activity,1979(79): 387—421.
- [14] Porter,M. E. ,America's Green Strategy[J]. Scientific American,1991(264): 168
- [15] Porter,M. E. ,Van Der Linde,C. ,Toward a New Conception of the Environment—Competitiveness Relationship[J]. Journal of Economic Perspectives, 1995(9): 97—118
- [16] Romer, P. , Endogenous Technical Change[J]. Journal of Political Economy,1990(98): 71—102
- [17] Rose,A. ,Modeling the Macroeconomic Impact of Air Pollution Abatement[J]. Journal of regional science, 1983(4): 441—459
- [18] Sartzetakis,E. S. ,Constantatos,C. ,Environmental regulation and international trade[J]. Journal of Regulatory Economics,1995,(8): 370
- [19] Selden,T. ,Song, D. ,Neoclassical Growth, The J Curve For Abatement, and The Inverted-U Curve For Pollution [J]. Journal of Environmental Economics and management,1995(29): 162—168
- [20] Stern,D. I. ,Common,M. S. ,Barbier,E. B. ,Economic growth and environment degradation: a critique of the environmental Kuznets curve[J]. World Development,1996(24): 1151—1160