

门槛效应、经济增长与环境质量

韩玉军 陆 旻

内容提要:根据“环境库兹涅茨假说”,随着经济的增长,环境质量先恶化后改善,变化过程中存在着所谓的“门槛效应”。本文采用 Hansen(2000)提出的“门槛回归”方法,以 108 个国家和地区作为横截面数据,对影响“环境库兹涅茨曲线”的多个因素进行了门槛效应分析。结果表明:一个国家或地区的收入水平、工业发展水平和贸易开放程度都存在着“门槛效应”。笔者发现,当贸易开放程度作为门槛变量时,可将“低收入-高工业”的国家分成两组。而在“低收入-低工业”、“高收入-高工业”和“高收入-低工业”的国家和地区中不再有“门槛效应”的存在。

关键词:环境库兹涅茨曲线;内生分组;门槛回归;贸易开放度

中图分类号:C812 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-4565(2008)09-0024-08

Threshold Effect, Economic Growth and Environmental Quality

Han Yujun & Lu Yang

Abstract: According to Environmental Kuznets Curve Hypothesis (EKC), environmental quality is degraded firstly in economic growth and then is improved for a country or region. This paper, using 108 countries and regions' panel data, analyzes EKC multi-factors' threshold effect by Hansen's method (2000). We find that threshold effect contemporarily appears in national income level, industrial growth level and international trade openness. The low income-high level industry nations can be divided into two groups when international trade is regarded as a threshold effect, meanwhile there is no threshold effect in low income-low level industry, high income-high level industry or high income-low level industry nations and regions.

Key words: Environment Kuznets Curve; Endogenous Splitting; Threshold Regression; Openness

一、引言

20 世纪 70 年代以前,人们普遍认为原材料、能源和自然资源的消耗大体上与经济增长呈正相关关系。然而,1991 年 Grossman 和 Krueger^[1]研究发现,经济增长与环境污染之间并不总是线性关系,而是在经济发展的初期阶段环境质量随经济增长而下降,当经济增长越过某一特定的“转折点”(Turning Point)时,环境质量将随经济增长而得到改善。经济增长与环境质量之间的这种“倒 U”型关系,被称为“环境库兹涅茨曲线”(the Environment Kuznets Curve,简称 EKC)。

在随后的实证检验中发现,大量污染物与收入水平之间并不总是存在所谓的“倒 U”型关系,而是更多的呈现出“N”型(或“-”型)。特别是 CO₂ 与收入水平之间的变化关系还存在较大分歧,除了“倒 U”型及“N”型关系外,更多的表现为 CO₂ 排放量随收入水平成正比例变化的线性关系。很多学者由此

认为,收入水平并不是引起环境质量变化的唯一决定因素,因此在实证研究中,除以“人均 GDP”作为主要解释变量外,还添加了其他一些重要解释变量。

其中, Grossman 和 Krueger (1995)^[2] 加入了特定地点(Location Specific)变量,主要包括:城市人口密度变量、水温变量、机器敏感度变量等,细致地刻画了由于生态地理因素所导致的观测站数据之间的差异。此外,收入分布、文化程度、民主政治、城市化比重等因素也被引入到了模型估计之中(Torras 和 Boyce, 1998^[3])。许多研究结果还指出,“外部冲击”特别是国际原油价格对能源结构的影响是 EKC 下降部分形成的主要原因。Unruh 和 Moomaw (1998)^[4] 研究发现,暂时的历史事件而不是特定的收入水平是转折点出现的根源,例如:20 世纪 70 年代原油价

1955 年,库兹涅茨研究发现,经济增长与贫富差距之间呈现一种“倒 U”型关系,由于经济增长与环境质量之间也出现了“倒 U”型关系,因此被命名为“环境库兹涅茨倒 U 型”假说。

格的上涨就导致了电能使用量的增加。值得注意的是,“移置假说”(Displacement Hypothesis)的提出者还认为贸易与 FDI 是发达国家环境污染程度降低的主要原因,即发达经济体的产品消费结构并没有随产品的生产结构发生转变,只不过是污染工业发生了转移。因此 EKC 的下降部分很可能是国际分工的结果,即“穷国”集中生产污染密集型产品,而“富国”专门生产清洁产品,但其消费结构却并未发生变化(Stern 等,1996^[5];Cole 等,2000^[6])。以上这些研究都相继得出了这样一个结论:即随着经济增长环境污染出现先上升后下降的趋势,然而下降趋势的形成很可能是由多种影响因素共同作用的结果。因此,需要对“环境库兹涅茨曲线”进行多因素的分段研究并对不同“阶段”分别进行考察。

然而,对样本数据进行分组时,其分组指标既可以是离散型变量(例如,“性别”)也可以是连续型变量(例如,一个国家的“收入水平”)。当以连续型变量作为分组指标时,就存在了一个分组的不确定问题(例如,“收入水平”达到多少才能称得上是一个高收入水平的国家)。因此,能否找到分组变量的一个恰当的门槛值(例如,“收入水平”1000 美元),并根据这一门槛值进行分组,是样本分组过程中存在的一个重要问题。而“环境库兹涅茨曲线”的研究中也存在以连续型变量作为分组指标的问题。例如:韩玉军,陆瑜(2007)^[7]将“人均 GDP”(5000 美元)和“工业增加值比重”(40%)作为分组标准,将总样本分成四组:“低工业-低收入”组、“低工业-高收入”组、“高工业-低收入”组和“高工业-高收入”组。但这种外生分组的办法可能使分组结果具有了较强的主观性,因而所得的结论与分组标准的选取之间有了极强的相关性。这一问题可以通过 Hansen(2000)^[8]的“门槛回归”(Threshold Regression)模型得到相应的解决。该方法的优点是以“内生分组”代替了“外生分组”的武断性,能够更为准确地揭示不同“组别”中解释变量与被解释变量之间的变化关系。

因此,本文将采用“门槛回归”的方法,检验“环境库兹涅茨曲线”中是否存在所谓的“门槛效应”,以及当存在“门槛效应”时,根据相应的门槛值对样本进行分组,在充分反映样本特性的情况下,考察不同“类别”的国家和地区其经济增长与环境质量之间的变化关系。文章的结构安排如下:第二部分是门槛回归模型的理论、应用和数据说明;第三部分是实证

结果和解释;第四部分是结论和对中国的启示。

二、门槛回归模型的理论、应用和数据说明

(一) 门槛回归模型

1. 模型设置。

Hansen(2000)将“门槛回归”模型的基本形式定义如下:

$$y_i = \beta_1 x_i + e_i, \quad q_i \leq q_1 \quad (1)$$

$$y_i = \beta_2 x_i + e_i, \quad q_i > q_1 \quad (2)$$

其中,作为解释变量的 x_i 是一个 m 维的列向量。 q_i 被称为“门槛变量”,Hansen(2000)认为门槛变量既可以是解释变量 x_i 中的一个回归元,也可以作为一个独立的门槛变量。根据其相应的“门槛值”,可将样本分成“两类”(two regimes)。

将模型(1) - (2)的形式改写成单一方程形式时,首先需要定义一个虚拟变量 $d_i(\cdot) = \{q_i\}$,此处 $\{ \cdot \}$ 是一个指示函数(indicator function),令集合 $x_i(\cdot) = x_i d_i(\cdot)$ 。因此,模型(1) - (2)可写成式(3):

$$y_i = \beta_1 x_i + \beta_2 x_i(\cdot) + e_i \quad (3)$$

通过这种添加虚拟变量的方式,可知 $\beta_2 = \beta_1 + \beta_3$ 。将式(3)进一步改写成矩阵形式:

$$Y = X\beta_1 + X_n\beta_3 + e \quad (4)$$

此时模型中的回归参数为 (β_1, β_3) 。在给定的前提下,式(4)中的 β_1 和 β_3 是线性关系。因此,根据条件最小二乘估计方法,用 $X^* = [X \ X_n]$ 对 Y 回归,得到相应的残差平方和函数如下:

$$S_n(\cdot) = S_n(\hat{\beta}(\cdot), \hat{\beta}(\cdot), \cdot) = Y'Y - Y'X^*(X^*X^*)^{-1}X^*Y$$

估计得到的门槛值就是使 $S_n(\cdot)$ 最小的 \hat{q} 。 \hat{q} 被定义为:

$$\hat{q} = \arg \min_n S_n(\cdot) \quad (5)$$

假定“门槛变量” q_i 存在一个连续分布(continuous distribution),在实际操作中,首先根据“门槛变量”中的数据大小进行排序(而“门槛变量”中的数据又是与解释变量、被解释变量中的数据保持相对不变的对应关系),再以“门槛值”进行分组。

Hansen(2000)中的一个重要思想就是以 $\beta_2 = \beta_1 + \beta_3$ 代表“门槛效应”。其主要目的是,当 $n \rightarrow \infty$ 时, $\beta_3 \rightarrow 0$ (将 β_2 固定,使 β_1 无限接近 β_2)。

其中, $q_n = \{q_1, \dots, q_n\}$ 。Hansen(2000)将门
槛变量中的每一观测值均作为了可能的门槛值,将
满足式(5)的观测值确定为门槛值。当门槛估计
值确定之后,那么其他参数值也就能够相应地确定。

2. 显著性检验。

门槛回归模型显著性检验的目的是,检验以门
槛值划分的两组样本其模型估计参数是否显著不
同。因此,不存在门槛值的零假设为: $H_0: \beta_1 = \beta_2$,
同时构造 LM 统计量:

$$L = n \frac{S_0 - S_n(\hat{\alpha})}{S_n(\hat{\alpha})} \quad (6)$$

其中, S_0 是在零假设下的残差平方和。由于
LM 统计量并不服从标准 χ^2 的分布。因此, Hansen
(2000)提出了通过“自举法”(Bootstrap)来获得渐进
分布的想法,进而得出相应的概率 p 值,也称为
Bootstrap P 值。这种方法的基本思想是:在解释变
量和门槛值给定的前提下,模拟(Simulate)产生一组
因变量序列,并使其满足 $N(0, \sigma^2)$,其中 σ 是式(4)
的残差项。每得到一个自抽样样本,就可以计算出
一个模拟的 LM 统计量。将这一过程重复 1000 次,
Hansen(1996)^[9]认为模拟产生的 LM 统计量大于式
(6)的次数占总模拟次数的百分比就是“自举法”估
计得到的 P 值。这里的 Bootstrap P 值类似于普通
计量方法得出的相伴概率 P 值。例如,当 Bootstrap
 P 值小于 0.01 时,表示在 1% 的显著性水平下通过
了 LM 检验,以此类推。

3. 置信区间

当确定某一变量存在“门槛效应”时,还需要进
一步确定其门槛值的置信区间。即对零假设 $H_0: \alpha = \alpha_0$
进行检验,“似然比统计量”(Likelihood Ratio
Statistic)可表示为:

$$LR_n(\alpha) = n \frac{S_n(\alpha) - S_n(\hat{\alpha})}{S_n(\hat{\alpha})} \quad (7)$$

Hansen(2000)认为,当 $LR_n(\alpha) > c(\alpha) = -2 \ln(1 - \sqrt{\alpha})$ 时,不能拒绝零假设(α 表示显著性水平)。其中,在 95% 的置信水平下, $c(\alpha)$ 等于 7.35。

(二) 模型应用和数据说明

1. 模型应用。

根据门槛回归原理可知:门槛变量既可以是模
型中的解释变量(例如,“人均 GDP”)也可以是其他
影响因素(例如,工业比重)。根据某一门槛变量的

门槛值(例如,“人均 GDP”5000 美元或者“工业比
重”40%)进行分组,可将样本分成两组,而两组数据
的参数估计结果是显著不同的。举例来说,如果门
槛变量——“工业比重”的门槛值为 40%,根据这一
门槛值进行分组,那么“工业比重”小于 40%时,收
入对污染的贡献大小与“工业比重”大于 40%时相
比会有明显的差别。这种用门槛回归方法得到的结
果比普通的回归结果更能准确地拟合数据,尤其在
解释变量与被解释变量之间不能用线性关系进行表
示时更为如此。因为,环境库兹涅茨曲线本身就是
经济增长(用人均收入表示)与环境质量(用不同的
污染指标表示)之间的一条非线性发展轨迹。

根据 Hansen(2000)的门槛回归原理,经济增长
与环境的的关系可以设定为如下形式:

$$E_{i,2003} = \beta_0 + \beta_1 y_{i,2003} + e_i \quad (8)$$

其中, E_i 代表环境指标,这里以“人均 CO_2 排
放量(公吨)”表示; y_i 表示收入水平,笔者以文献中
通常采用的“人均 GDP”作为代表性指标,这两项指标
来自《联合国统计局数据库》。 e_i 为随机误差项, i
代表特定的国家或地区,这里以 2003 年的 108 个
国家和地区作为截面数据。总样本中包含的国家和
地区详见表 2。

由于门槛回归方法本身具有分阶段回归的特
点,免去了实证研究中需要添加 $y_{i,2003}^2$ 才能观察
EKC 下降阶段的一些弊端。例如,对称的曲线(EKC
的上升部分和下降部分斜率相同)与现实情况不符,以及
 $y_{i,2003}$ 和 $y_{i,2003}^2$ 产生的多重共线性问题。但是采用门
槛回归的方法可以避免上述问题,笔者只需要观察
 $y_{i,2003}$ 前的系数 β_1 的符号和大小就能够确定:在不
同阶段(由不同门槛变量的门槛值划分的),经济增
长对环境质量的影响程度。

2. 门槛值的选择。

“环境库兹涅茨假说”以及相应的实证处理方法
都暗含了这样一个假设前提:即所有国家和地区
的经济增长和环境质量都将按照同一条 EKC 曲线发
展,意味着收入水平决定污染水平。通过截面数据
观测到:一些“穷国”位于 EKC 的初始阶段,一些发
展中国家接近于 EKC 的顶点或开始下降,而其余的
“富国”则产生了 EKC 的下降阶段。因此,收入水平

在大样本的情况下,可以采用“格点”(grid)的办法。

被认为是 EKC 形成的一个决定性因素。

然而,韩玉军、陆琦(2007)对“环境库兹涅茨假说”中隐含的“同质”假设前提以及在这一假设基础上进行的实证研究提出了质疑,并认为经济增长与环境之间的关系存在着一个“四阶段”的发展过程,即经济增长与环境的关系不仅取决于一个国家或地区的收入水平,同时也取决于它们的工业水平,存在着“低工业-低收入”、“高工业-低收入”、“高工业-高收入”和“低工业-高收入”四个不同的发展阶段。其中工业水平是造成环境污染的直接影响因素。

此外,根据“移置假说”,倒 U 型 EKC 的形成是由于开放经济中,发达国家和地区通过贸易和 FDI 向发展中国家和地区进行污染转移的结果。也就是说,发达经济体的产品消费结构并没有随产品的生产结构发生转变,只不过是污染工业发生了转移,而转移的途径主要是通过贸易和 FDI 的形式。因此,很多研究发现贸易和 FDI 是 EKC 形成的重要原因。

根据以上分析,笔者认为收入水平、工业水平、FDI 规模和贸易开放程度都有可能成为 EKC 转折点形成的原因。因此我们将变量(GDP,IND,FDI,TRA)分别作为门槛回归过程中的门槛变量。其中,工业水平由“工业增加值比重”表示(工业增加值与 GDP 增加值之比,简称 IND);FDI 规模由“FDI 净流入比重”表示(FDI 净流入与 GDP 之比);贸易开放程度由“贸易依存度”表示(进出口贸易总额与 GDP 之比表示,简称 TRA)。其中,IND、TRA 和 FDI 数据来自《世界银行发展数据库》。

值得注意的是,如果把门槛变量(IND,FDI,TRA)也作为解释变量放入模型(8)中,将产生多重共线性问题(GDP 与 IND、FDI、TRA 具有强烈的相关性)以及解释变量的内生性问题。这就使模型的估计结果不能说明解释变量对被解释变量的贡献大小和作用方向。另外,加入门槛变量(IND,FDI,TRA)将导致模型不能体现“环境库兹涅茨假说”本身的含义(收入与污染之间的变化关系)。因此,我们选择变量(GDP,IND,FDI,TRA)分别作为门槛回归过程中的门槛变量,但模型中的解释变量只包含 GDP。这种处理方法能够对不同“类别”国家和地区(由门槛变量的门槛值确定)的经济增长与环境质量(“人均 CO₂ 排放量”和“人均 GDP”)之间的变化关系进行准确的估计。

三、实证结果和解释

第一轮的门槛回归结果得到的 LM 值以及 Bootstrap P 值分别为:GDP 作为门槛变量的 LM 值为 26.5425,Bootstrap P 值为 0.0000;IND 作为门槛变量的 LM 值为 24.1701,Bootstrap P 值为 0.0000;FDI 作为门槛变量的 LM 值为 2.2941,Bootstrap P 值为 0.9260;TRA 作为门槛变量的 LM 值为 12.4890,Bootstrap P 值为 0.0000。第一轮的门槛回归结果表明,一个国家或地区的收入水平、工业发展水平和贸易开放程度三个指标都可能成为 EKC 中的门槛变量。但是,笔者选择其中 LM 值最大的收入水平作为初始的门槛分组指标。图 1 表示以“人均 GDP”作为门槛变量时,“似然比”序列 $LR_n^*(\cdot)$ 作为门槛值函数的一个趋势图。估计得到的门槛值 $\hat{\tau} = 6369$ 美元,该值能够确保函数 $LR_n^*(\cdot)$ 值最小(等于零),它位于图形的最低点。95% 的置信值为 7.35(在图形中由虚线表示)。在 95% 的置信水平上,其置信区间为 [6369,9199]。在图形中可以观察到,穿过水平虚线位置的点都落在了置信区间范围内。我们能够根据收入水平的高低将总样本分成两组,但门槛值的具体位置仍存在很大的不确定性。不过从图 1 中可以看出,置信区间范围相对较窄,在 108 个国家和地区中只有 7 个国家落在了 95% 的置信区间范围内,因此难以将这 7 个国家进行明确“类别”划分。我们以 6369 美元作为分组标准,可将 108 个国家和地区的总样本分成了 74 个低收入国家(GDP < 6369 美元)和 34 个高收入国家和地区(GDP > 6369 美元)。

笔者对高收入组(GDP > 6369 美元)进行第二轮的门槛回归。同样,我们得到了四个门槛变量的 Bootstrap P 值,分别为:GDP(0.3880);IND(0.0440);FDI(0.9650);TRA(0.6290)。表明在高收入组中,工业发展水平成为了继续分组的门槛变量。此时的

因此,韩玉军、陆琦(2007)从分组的角度入手,根据“工业化水平”和“收入水平”将 165 个国家和地区分成四组,实证结果表明,“高工业-高收入”组出现了 EKC 的“倒 U”型趋势;“低工业-低收入”组出现了一个微弱的“倒 U”型趋势;“低工业-高收入”组表现出了“-”型趋势;而“高工业-低收入”组环境污染与收入增长同步。

这种处理方法不仅能够验证韩玉军、陆琦(2007)的分组指标(“工业水平”和“收入水平”)值大小选取的准确性,也能够验证长期以来学术界广泛争论的焦点:开放经济是否有利于一国的环境保护。

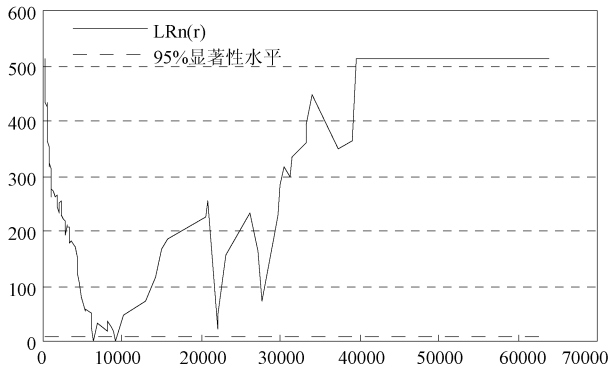


图1 第一轮:门槛变量“人均GDP”

IND 门槛值为 41.53 %。在 95 % 的置信水平上,其置信区间为 [41.53 % ,41.53 %]。图 2 表示在高收入组中,以“工业比重”作为门槛变量时,“似然比统计量”作为门槛值函数的趋势图形。笔者观察到,图中只有门槛值 41.53 % 落在了置信区间范围内。因此,能够较为准确地将 34 个高收入水平的国家和地区继续分成两组:30 个“高收入-低工业”国家和地区 (GDP > 6369 美元;IND < 41.53 %) 和 4 个“高收入-高工业”国家 (GDP > 6369 美元;IND > 41.53 %)。

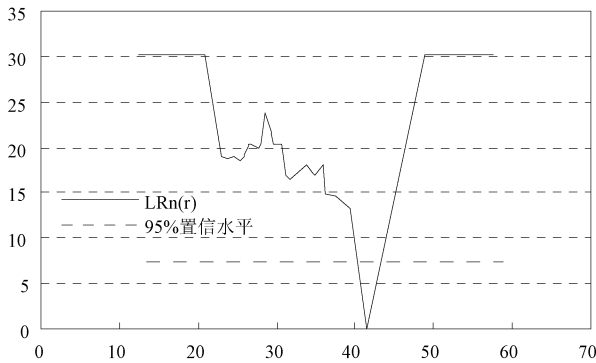


图2 第二轮(高收入组):门槛变量“工业比重”

同时,对低收入组 (GDP < 6369 美元) 进行第二轮的门槛回归。得到的四个门槛变量的 Bootstrap P 值分别为: GDP (0.0640); IND (0.0000); FDI (0.3810); TRA (0.0050)。根据最小概率准则,选择 IND 作为该组的门槛变量。说明了低收入国家中的工业水平再次成为了继续分组的门槛变量,但此时的 IND 门槛值为 29.59 %。在 95 % 的置信水平上,其置信区间为 [28.13 % ,30.10 %]。图 3 表示在低收入组中,以“工业比重”作为门槛变量时,“似然比统计量”作为门槛值函数的趋势图形。笔者发现,在 74 个国家中有 12 个国家落在了 95 % 的置信区间范

围内,因此难以将这 12 个国家进行明确“类别”划分。然而,从图 3 可以看出,门槛值的置信区间范围很窄。我们根据门槛值 29.59 %,将 74 个低收入水平的国家继续分成两组:40 个“低收入-低工业”国家 (GDP < 6369 美元;IND < 29.59 %) 和 34 个“低收入-高工业”国家 (GDP < 6369 美元;IND > 29.59 %)。在此,笔者根据“收入水平”和“工业水平”两个门槛变量将总样本分成四组:“低收入-低工业”、“低收入-高工业”、“高收入-高工业”和“高收入-低工业”。

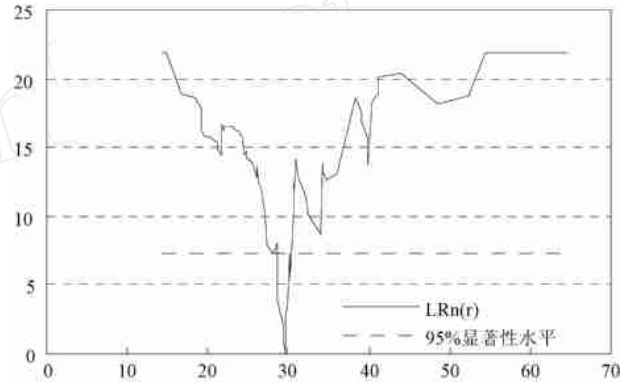


图3 第二轮(低收入组):门槛变量“工业比重”

在第三轮的门槛回归中,首先对“低收入-高工业”组 (GDP < 6369 美元;IND > 29.59 %) 进行门槛回归。得到的门槛变量的 Bootstrap P 值分别为: GDP (0.1900); IND (0.9790); FDI (0.4830); TRA (0.0760)。笔者发现贸易开放程度成为了“低收入-高工业”国家中的一个门槛变量。此时的 TRA 门槛值为 99.01 %,在 95 % 的置信水平上,其置信区间为 [52.57 % ,101.22 %]。图 4 表示,以“贸易开放度”作为门槛变量时,“似然比统计量”作为门槛值函数的趋势图形。由图 4 看出,门槛值的置信区间范围较宽。具体来看,在 34 个国家和地区中有 17 个国家落在了 95 % 的置信区间范围内,因此难以将这 17 个国家进行明确的“类别”划分。以 99.01 % 作为门槛值可将 34 个“低收入-高工业”的国家继续分成两组:21 个“低收入-高工业-低开放度”的国家 (GDP < 6369 美元;IND > 41.53 %;TRA < 99.01 %) 和 13 个“低收入-高工业-高开放度”的国家 (GDP < 6369 美元;IND > 41.53 %;TRA > 99.01 %)。而在这两组中不再有门槛值的存在。

而对“低收入-低工业”组(40 个)、“高收入-低工业”组(30 个)和“高收入-高工业”组(4 个)进行门槛分组时,这三组中的任一门槛变量的 Bootstrap P 值

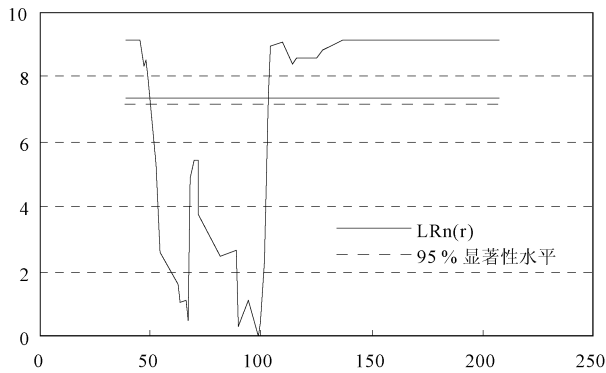


图 4 第三轮: 门槛变量“贸易开放度”

都不显著,因此停止了继续分组。说明了对于现有的门槛变量而言,这三组样本中都不存在进一步分组的可能。

在此,应用门槛回归的方法将总样本划分成了五组性质不同的子样本(详见表 1),而每组子样本中所包括的个体国家和地区详见表 2。

表 1 依据门槛值的分组结果

分组	组内特征	个体数量
组 1	GDP < 6369; IND < 29.59 %	40
组 2	GDP < 6369; IND > 29.59 %; TRA < 99.01 %	21
组 3	GDP < 6369; IND > 29.59 %; TRA > 99.01 %	13
组 4	GDP > 6369; IND < 41.53 %	30
组 5	GDP > 6369; IND > 41.53 %	4

注: IND 代表工业比重,用工业增加值与 GDP 增加值之比表示。TRA 代表贸易开放度,是贸易增加值与 GDP 增加值之比。

表 2 依据门槛值划分的五组国家和地区

组 1	贝宁、冈比亚、马拉维、巴拿马、喀麦隆、苏丹、巴西、阿尔巴尼亚、危地马拉、肯尼亚、塔吉克、塞内加尔、乌干达、尼泊尔、乌兹别克斯坦、卢旺达、土耳其、吉尔吉斯、巴基斯坦、津巴布韦、巴拉圭、拉脱维亚、摩尔多瓦、加纳、格鲁吉亚、尼加拉瓜、老挝民主共和国、约旦、墨西哥、印度、斐济、赞比亚、乌拉圭、突尼斯、叙利亚、厄瓜多尔、哥斯达黎加、秘鲁、哥伦比亚、摩洛哥(40 个)
组 2	阿根廷、埃及、委内瑞拉、波兰、伊朗、玻利维亚、俄罗斯联邦、南非、莫桑比克、阿尔及利亚、中国、也门、智利、萨尔瓦多、罗马尼亚、塞拉利昂、亚美尼亚、马其顿共和国、巴布亚新几内亚、哈萨克斯坦、菲律宾(21 个)
组 3	牙买加、乌克兰、加蓬、克罗地亚共和国、阿塞拜疆、立陶宛、保加利亚、泰国、越南、白俄罗斯、安哥拉、斯洛伐克、马来西亚(13 个)
组 4	中国香港、卢森堡、巴巴多斯、美国、希腊、法国、新西兰、荷兰、澳大利亚、丹麦、比利时、英国、意大利、瑞典、爱沙尼亚、葡萄牙、德国、西班牙、日本、芬兰、匈牙利、奥地利、加拿大、韩国、新加坡、瑞士、斯洛文尼亚、挪威、捷克共和国、爱尔兰(30 个)
组 5	特立尼达和多巴哥、阿曼、沙特阿拉伯、阿联酋(4 个)

下面,应用模型(8)分别对五组样本进行怀特异

方差调整后的最小二乘估计,其估计结果详见表 3。估计结果显示,五组样本的“组间”差异较为明显。在模型中表现为模型系数及其显著性水平存在较大的变化。同时我们发现,五组样本中都出现了随着人均收入水平的提高(在这里表现为“人均 GDP”的提高)，“人均 CO₂ 排放量”不断增加的现象,表现在模型中为“人均 GDP”估计值为正。但是却观察到,不同“类别”的国家和地区其边际污染排放量出现了较大的差异,这主要是由不同“类别”国家和地区的特征所引起的,具体分析如下。

表 3 五组样本的门槛回归结果

变量	总样本	组 1	组 2	组 3	组 4	组 5
C	2.6685*** (5.1698)	0.5414** (2.6322)	0.6801 (0.6782)	3.1219** (2.7451)	6.4813*** (3.6718)	4.8981 (0.7242)
GDP	2.77E-04*** (8.6623)	4.61E-04*** (4.6516)	15.08E-04*** (3.7641)	3.61E-04 (1.1507)	1.31E-04 (2.2211)	12.88E-04 (2.5382)
R ²	0.4145	0.3628	0.4272	0.1074	0.1498	0.7631
d. w.	1.4891	1.9959	2.0065	3.0145	2.6453	1.6660
obs.	108	40	21	13	30	4
GDP _t	9300	1480	2080	3040	27130	12020
边际污染	2.77E-04	4.61E-04	15.08E-04	3.61E-04	1.31E-04	12.88E-04
代表性国家	—	巴西、印度	中国、菲律宾	马来西亚	美国、瑞士	沙特阿拉伯

注:括号中的数值代表 t 值,“*”表示在 10% 显著性水平下通过 t 检验,“**”表示在 5% 显著性水平下通过 t 检验,“***”表示在 1% 显著性水平下通过 t 检验。GDP_t 代表样本内 GDP 均值水平;obs. 代表样本内个体数目。“边际污染”表示,收入每增加 1 单位,带来的污染增加量,此处为 CO₂ 的增加量(单位:公吨)。

首先,一个国家或地区的经济发展水平是解决环境污染问题的前提条件。在初始的门槛回归过程中,人均 GDP 在 6369 美元处存在一个“门槛效应”。越过这一门槛值的国家和地区,其污染的边际排放量递减,污染能够基本得到控制和解决(组 4)。表现在模型中为“人均 GDP”每增加 1 美元,“人均 CO₂ 排放量”仅增加 1.31 × 10⁻⁴ 公吨。

其次,工业发展水平又同时成为了这两组样本的另一重要门槛变量。表明了工业化程度是一个国家或地区环境污染的直接影响因素。然而,这一门槛值在不同组别中却存在一定的差异:低收入组的 IND 门槛值为 29.59%,而高收入组这一门槛值提高

然而,Grossman 和 Krueger(1995)强调:EKC 下降部分的形成并不是一个自动的过程,而是需要环境管制等政策措施加以配合才能得以实现。

到 41.53%。表明一个国家或地区的收入水平不同,其高工业和低工业的划分标准也不尽相同。在收入水平相似的前提下,那些工业比重较高的国家,其环境污染也普遍较为严重:在模型中表现为,组 2 (或组 5) 的人均 CO_2 边际污染排放量远远大于组 1 (或组 4)。根据收入水平和工业水平将总样本分成了四组:“低收入-低工业”(组 1)、“低收入-高工业”(组 2 和组 3)、“高收入-高工业”(组 5)、“高收入-低工业”(组 4)。以上的结论与韩玉军、陆晓(2007)的研究基本一致。

具体来看,“低收入-低工业”的国家其经济增长速度还很缓慢,经济增长与环境污染的矛盾在短时期内也不会被激化。“高收入-低工业”的国家和地区其环境污染主要是由较高的物质消费引起的。其中,机动车的尾气排放可能是“人均 CO_2 排放量”大小的决定因素。不过这一环境污染问题可以通过投入更多的资金和技术逐步得到控制和解决。同时我们发现,“高收入-高工业”的国家个体数量很少,它们主要是世界上的产油大国。虽然这些国家的人均收入水平较高,但经济结构的单一和对原油出口的严重依赖,导致了经济增长对环境造成了严重的污染。因此,这些国家环境质量随经济增长的长期变化趋势,将取决于今后的经济发展方向、政策措施和人们对环境问题的认识程度。然而,在“低收入-高工业”的国家中,经济增长与环境污染之间将出现了一个“两难”的问题。

值得注意的是,对“低收入-高工业”组进行门槛回归时,我们得到了一些重要发现。也就是说,一个国家的贸易开放程度对原本存在“两难”问题的“低收入-高工业”国家起到了关键作用。当贸易开放程度不足时,“低收入-高工业-低开放度”国家的污染排放量将随经济的增长积聚上升,表现在模型中为人均 CO_2 边际污染排放量高达 15.08×10^{-4} 公吨。因而这一类国家依然存在着一个“先污染”还是“先治理”的“两难”问题;然而,当贸易开放程度越过门槛值 99.01% 的时候,在“低收入-高工业-高开放度”的国家中,随着经济的增长污染排放量将迅速减少,模型中表现为人均 CO_2 边际污染排放量从 15.08×10^{-4} 公吨降至 3.61×10^{-4} 公吨。因此,在“低收入-高工业”的国家中,贸易开放程度又构成了一个非常重要的门槛。

长期以来,关于贸易对环境的影响问题一直存

在着争议。主要存在两类观点:持贸易有害论观点的学者认为,自由贸易追求的是利润最大化,其生产并没有考虑到社会和环境成本,因此贸易是导致环境问题的直接原因。而持贸易有益论观点的学者则认为,贸易自由化并非环境恶化的根本原因,通过限制贸易来解决环境问题只会造成进一步的扭曲。在门槛回归过程中,我们发现贸易自由化程度对“低收入-高工业”国家具有积极的影响作用。这种情况很可能是由两方面原因共同作用的结果:一方面,随着贸易开放程度的提高,贸易带动了本国经济的增长,进而更多的资金能够用于环境治理和保护。另一方面,在贸易自由化的过程中,先进的技术手段也在国与国之间迅速的传递。此时,贸易开放程度的提高并不会带来“向底线赛跑”(Race To the Bottom) 的现象。当然,最终的结果还将取决于一个国家或地区的环境管制力度和全民的环境保护意识。

四、结论和对中国的启示

对经济增长与环境质量变化过程中存在的“门槛效应”进行分析,笔者得到以下几点结论:

1. 在“环境库兹涅茨曲线”(EKC)中,多个因素都存在着“门槛效应”。首先,一个国家或地区的收入水平或称为经济发展水平将是决定经济增长与环境污染关系的一个重要门槛。只有当一个国家或地区有能力对污染进行治理的前提下,才能从根本上改善环境质量。因此,收入水平是一个先决条件。其次,工业水平成为了高收入组和低收入组中的另一个门槛。然而,这一门槛值在这两类样本中存在着差异。根据这两个门槛变量可将总样本划分出四组性质不同的子样本,而对其中的“低收入-高工业”组进行门槛回归时,发现贸易开放程度对该组国家产生了积极影响。然而,在本文的研究范围内,却并没有发现 FDI 是经济增长与环境质量变化关系的一个门槛。

当工业污染得到控制的时候,很多发达国家的污染将主要来自于对物质产品大量消耗带来的污染。

这些国家如果过于注重经济增长则很难避免由快速的经济增长所带来的环境污染问题。反之,如果注重环境污染治理和保护则在某种程度上将减缓经济增长速度,甚至会失去污染密集型产品生产的国际比较优势,进而更加缺少资金用于环境污染的治理,因此面临着“先治理”还是“先发展”的“两难”问题。参见韩玉军、陆晓,经济增长与环境的关系——基于对 CO_2 环境库兹涅茨曲线的实证研究,中国人民大学经济学院工作论文,200711001。

2. 不同“组别”之间的“人均 GDP”与“人均 CO₂ 排放量”之间的变化关系显著不同,表明了经过“门槛效应”这一内生分组处理后,有效地提取了子样本的组内特征信息。其中,在那些“低收入-低工业”的国家中,经济增长与环境污染的矛盾在短时期内不会被激化;“高收入-低工业”的国家和地区其环境质量将随经济增长得到根本改善;“高收入-高工业”的国家多为石油输出国,其环境问题较为严重;“低收入-高工业”的国家,在权衡经济增长与环境质量改善之间存在着一个“两难”的选择,而贸易开放程度对该组国家的环境问题产生了积极影响。但是却不能清晰地确定出贸易开放程度的门槛值。

3. 我国的现实经济条件决定了我们处在一个经济发展过程中的“十字路口”。未来的道路将如何选择将决定中国经济能否实现可持续发展的关键。我国的“人均 GDP”刚刚超过 1000 美元,与环境质量改善的阈值之间还存在很大一段距离。然而却已经出现了环境质量恶化与资源短缺等环境危机,如果继续走发达国家“先发展,后治理”的道路将是不切实际的。因此,在经济发展的过程中,将环境成本内部化、培育环境保护的全民意识、树立正确科学的发展观念、建设环境友好型社会,才是协调解决我国经济增长与环境问题的根本途径。

参考文献

[1] Gossman, G. M. and Krueger, A. B.. Environmental Impacts of the North American Free Trade Agreement. NBER. Working paper 1991,

no. 3914.
 [2] Gossman, G. M. and Krueger, A. B.. Economic Growth and the Environment[J]. Quarterly Journal of Economics, 1995(2) :353 - 377.
 [3] Torras, M. and Boyce, J. K.. Income, Inequality, and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve [J]. Ecological Economics, 1998(2) :147 - 160.
 [4] Unruh, G. C. and Moomaw, W. R.. An Alternative Analysis of Apparent EKC-type Transitions[J]. Ecological Economics, 1998(2) :221 - 229.
 [5] Stern, D. I., Common, M. S. and Barbier, E. B.. Economic Growth and Environment Degradation: A Critique of the Environmental Kuznets Curve[J]. World Development, 1996(7) :1151 - 1160.
 [6] Cole, M. A., Elliott, R. J. R. and Azhar, A. K.. The Determinants of Trade In Pollution Intensive Industries: North-South Evidence [J]. University of Birmingham, UK. Mimeo, 2000.
 [7] 韩玉军、陆喆. 经济增长与环境的关系——基于对 CO₂ 环境库兹涅茨曲线的实证研究. 中国人民大学经济学院工作论文, 200711001.
 [8] Hansen, B. E.. Sample Splitting and Threshold Estimation [J]. Econometrica, 2000(3) :575 - 603.
 [9] Hansen, B. E.. Inference When A Nuisance Parameter Is not Identified Under the Null Hypothesis[J]. Econometrica, 1996(2) :413 - 430.

作者简介

韩玉军,男,50岁,1997年毕业于中国人民大学经济学院,获经济学博士学位,现为中国人民大学经济学院教授、博士生导师,研究方向为国际贸易理论与政策。

陆喆,女,28岁,中国人民大学经济学院国际贸易专业博士研究生,研究方向为贸易与环境。

(责任编辑:李峻浩)

《统计研究》主要栏目中图分类号简明对照表

主栏目	分栏目	分类号
统计工作的改革与发展	法律法规	C829. 2
	统计方法制度	C829. 21
	统计管理体制	C829. 22
	统计资料管理,统计信息化建设,统计数据库	C829. 23
		C816
国外统计工作		C829. 1
	经济统计学	F222
	国民经济核算	F222. 33
	统计方法的应用与创新	C81
统计实证分析	统计调查、抽样与抽样分布:	C811
	概率论	0211
	数理统计方法(如非参数统计、参数估计、假设检验、时间数列、贝叶斯统计、相关分析与回归分析)	0212
	统计指数	C813
	统计模型的应用	C812
统计史		F222. 3
统计教育	C829. 29	C829. 29