

附图1 2004–2016年环境规制强度箱线图

附录 1 构造全域Luenbeger生产率指标方法

首先,通过研究期内的所有样本点构建生产前沿面,并用 PG 表示。假设存在 $i=1,2,\dots,N$ 个决策单元 (DMU), 每一个时期为 $t=1,2,\dots,T$ 。本文的投入要素包含资本 (K)、劳动 (L), 期望产出为各地区的实际生产总值 (Y), 非期望产出包括工业二氧化硫 (S)、工业烟尘 (D) 和工业废水 (W)。这种“多投入多产出”的全域生产技术可以表示为:

$$P^G = \left\{ (K, L, Y, D, S, W) : \begin{aligned} &\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \lambda_{it} K_{it} \leq K, \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \lambda_{it} L_{it} \leq L \\ &\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \lambda_{it} Y_{it} \geq Y, \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \lambda_{it} D_{it} = D \\ &\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \lambda_{it} S_{it} = S, \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \lambda_{it} W_{it} = W, \lambda_{it} \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

参考 Zhou 等 (2012), 假设各投入产出变量可以以不同的比例变化, 构造 NDDF 如下:

$$\overrightarrow{D^{non}}(K, L, Y, D, S, W; \mathbf{g}) = \sup \{ w^T \beta : ((K, L, Y, D, S, W) + \text{diag}(\beta) \cdot \mathbf{g}) \in P \} \quad (2)$$

其中, $\mathbf{g}$ 是方向向量, 表示投入和非期望产出缩减、期望产出扩张的方向; w 表示各投入产出变量的权重; β 表示各投入产出变量可以扩张和缩减的比例; $\text{diag}(\cdot)$ 表示对向量 β 进行对角化处理。

在 NDDF 基础上, 本文构建如下 Global-Luenbeger 生产率指标 (GTFP):

$$\begin{aligned} GTFP^{t,t+1} &= \overrightarrow{D^G}(x^t, y^t, b^t; \mathbf{g}) - \overrightarrow{D^G}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; \mathbf{g}) \\ &= \overrightarrow{D^t}(x^t, y^t, b^t; \mathbf{g}) - \overrightarrow{D^{t+1}}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; \mathbf{g}) \\ &\quad + [\overrightarrow{D^G}(x^t, y^t, b^t; \mathbf{g}) - \overrightarrow{D^t}(x^t, y^t, b^t; \mathbf{g})] - \\ &\quad (\overrightarrow{D^G}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; \mathbf{g}) - \overrightarrow{D^{t+1}}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; \mathbf{g})) \\ &= GTECH^{t,t+1} + GBPC^{t,t+1} \end{aligned} \quad (3)$$

其中,

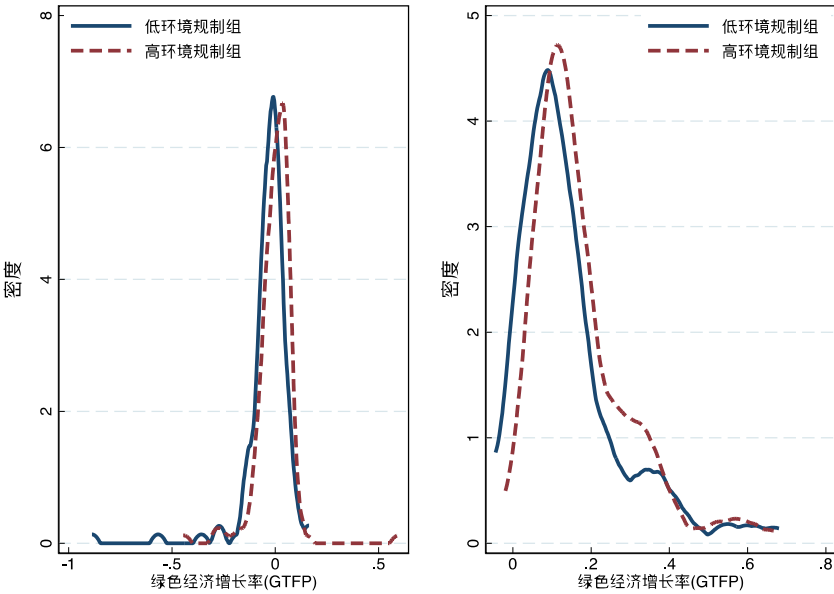
$$GTECH^{t,t+1} = \overline{D}^t(x^t, y^t, b^t; g) - \overline{D}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g)$$

(4)

$$GBPC^{t,t+1} = [\overline{D}^G(x^t, y^t, b^t; g) - \overline{D}^t(x^t, y^t, b^t; g)] - [\overline{D}^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g) - \overline{D}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g)]$$

(5)

上式中， x 、 y 、 b 分别表示每个地区在每个时期所使用的投入要素以及生产得到的期望产出和非期望产出。绿色经济增长指标 $GTFP > 0$ (< 0) 表明该城市 t 期到 $t+1$ 期的绿色全要素生产率提高（下降）。可以看出，Luenberger 指标表示为 $GTECH$ 和 $GBPC$ 的总和。其中， $GTECH$ 度量了第 t 期到第 $t+1$ 期之间技术利用效率的变化， $GTECH > 0$ (< 0) 表明该城市 t 期到 $t+1$ 期的绿色技术效率改善（恶化）； $GBPC$ 衡量的是第 t 期到第 $t+1$ 期之间技术进步的变化， $GBPC > 0$ (< 0) 表明第 t 期到第 $t+1$ 期的绿色技术进步水平提高（下降）。



附图 2 2006 年（左）与 2016 年（右）两个组别绿色经济增长率的核密度估计图

附表 1		两阶段最小二乘法回归结果	
		被解释变量: <i>GTFP</i>	
解释变量	工具变量	(1)	(2)
		<i>ln(VC)</i>	<i>TI</i>
第二阶段			
<i>ENR</i>		0.880*	0.422***
		(0.438)	(0.141)

控制变量	控制	控制
城市固定效应	控制	控制
弱工具变量检验 F 统计量	5.76	29.87
No. of Observations	3288	3276
No. of id	274	273

附表 2

相邻城市配对的回归结果

解释变量	被解释变量: <i>GTFP</i>	
	(1)	(2)
	未加权	加权
<i>L.ENR</i>	0.111*** (0.008)	0.110*** (0.008)
控制变量	控制	控制
城市固定效应	控制	控制
城市对-年份固定效应	控制	控制
No. of Observations	17964	17964
No. of id	273	273

注: 由于某个城市有多个相邻城市, 其观测值会多次出现在样本中, 因此相邻城市对匹配后的样本容量远多于原始样本容量。

附表 3

门槛效应的显著性检验结果

模型	门槛数	<i>F</i> 统计量	<i>P</i> 值	门槛值 (95%的置信区间)
模型 III	单门槛	47.96	0.0000	存在双门槛:
	双门槛	40.65	0.0000	门槛值 Y_1 : 0.3139
	三门槛	46.19	0.5400	门槛值 Y_2 : 1.2893