

# 附录

## 正文未报告部分

### 附录 1. 理论模型的完整推导过程

假设一个国家有 A、B 两个生产部门, 分别生产产品  $a$  和  $b$ , 其中,  $a$  为非清洁产品, 在其生产过程中将排放  $e$  单位的污染物,  $b$  为清洁产品。将  $b$  产品的价格定为 1,  $a$  产品的价格为  $p$ 。在两种产品的生产过程中均投入资本 ( $K$ ) 和劳动力 ( $L$ ) 两种要素。则产品  $a$ 、 $b$  的 C-D 生产函数为:

$$F_a(K_a, L_a) = K_a^\alpha L_a^\beta, \text{ s.t. } \alpha + \beta = 1 \quad (1)$$

$$F_b(K_b, L_b) = K_b^\gamma L_b^\delta, \text{ s.t. } \gamma + \delta = 1 \quad (2)$$

在没有进行任何雾霾治理时, 污染物的排放与产品  $a$  的产量是固定比例的, 要减少污染物排放需要将一固定比例 ( $\theta$ ) 的另一要素投入引入到方程 (1) 中, 构成如下产品  $a$  的联立生产函数方程:

$$a(K_a, L_a) = F((1-\theta)K_a, (1-\theta)L_a) = (1-\theta)K_a^\alpha L_a^\beta \quad (3)$$

$$e = \varphi(\theta)K_a^\alpha L_a^\beta \quad (4)$$

其中,  $\varphi(\theta)$  为雾霾治理效果, 随着治理强度  $\theta$  的增强, 污染物排放量  $e$  逐渐减少, 为方便起见, 令  $\varphi(\theta) = (1-\theta)^{1/\sigma}$ ,  $\sigma \in (0,1)$ , 因此, 方程 (4) 转化为:

$$e = (1-\theta)^{1/\sigma} K_a^\alpha L_a^\beta \quad (5)$$

将方程 (5) 代入方程 (3) 可得:

$$a(K_a, L_a) = e^\sigma [K_a^\alpha L_a^\beta]^{1-\sigma} \quad (6)$$

在既定的生产条件约束下, 实现产品  $b$  成本的最小化的条件为:

$$\min c^b(r, w) = rK_b + wL_b \quad (7)$$

$$\text{s.t. } F_b(K_b, L_b) = K_b^\gamma L_b^\delta$$

其中,  $r$ 、 $w$  分别为资本和劳动力的要素价格。构建拉格朗日方程后的一阶条件为:

$$\frac{K_b}{L_b} = \frac{\gamma w}{\delta r} \quad (8)$$

将方程 (2)、(8) 代入产品  $b$  的总成本函数可得:

$$c^b(r, w) = \left(\frac{\gamma w}{\delta} + w\right) \left(\frac{\delta r}{\gamma w}\right)^\gamma F_b(K_b, L_b), \gamma + \delta = 1 \quad (9)$$

生产产品  $b$  的边际成本为:

$$mc^b(r, w) = \frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma} r^\gamma w^\delta \quad (10)$$

同理, 在没有进行雾霾治理的情况下, 生产产品  $a$  的边际成本为:

$$mc^{Fa}(r, w) = \frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha} r^\alpha w^\beta \quad (11)$$

假设政府对每单位污染排放物征收  $\tau$  单位的排污费, 则生产产品  $a$  的成本最小化条件为:

$$\min c^a(r, w, \tau) = rK_a + wL_a + \tau e \quad (12)$$

$$\text{s.t. } a(K_a, L_a) = e^\sigma [K_a^\alpha L_a^\beta]^{1-\sigma}$$

同样构建拉格朗日方程后的一阶条件可得:

$$\frac{\sigma}{1-\sigma} \frac{a}{e} = \frac{\tau}{mc^a} \quad (13)$$

由于在完全竞争市场上企业的总收益等于总成本, 得到:

$$pa = mc^a a + \tau e \quad (14)$$

结合方程 (13)、(14), 可以计算 A 部门单位产出的污染物排放为:

$$\lambda = \frac{e}{a} = \frac{\sigma p}{\tau} \quad (15)$$

根据上式可以发现, 当非清洁产品  $a$  的市场价格提高时, 企业会因利润增加而增加生产, 从而产生更多的污染排放; 当雾霾治理强度增加时, 由于企业成本的攀升导致利润下滑, 因此, 会减少产品  $a$  的生产, 从而减少污染物排放。

A、B 两部门的利润函数分别为:

$$\pi^a = pa - rK_a - wL_a - \tau e \quad (16)$$

$$\pi^b = b - rK_b - wL_b \quad (17)$$

将排污费考虑到产品定价, 并将方程 (3)、(15) 代入方程 (16) 可得:

$$\pi^a = p(1-\sigma)(1-\theta)F_a(K_a, L_a) - rK_a - wL_a \quad (18)$$

令  $p^{Fa} = p(1-\sigma)(1-\theta)$ , 在完全竞争市场上, 企业利润最大化的条件为边际成本等于产品价格, 即  $mc^{Fa}(r, w) = p^{Fa}$ 、 $mc^b(r, w) = 1$ 。将企业利润最大化条件代入方程 (10)、(11), 解得要素价格分别为:

$$r = \left(\frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha}\right)^{\frac{\gamma-1}{\alpha-\gamma}} \left(\frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma}} (p^{Fa})^{\frac{1-\gamma}{\alpha-\gamma}} \quad (19)$$

$$w = \left(\frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha}\right)^{\frac{-\gamma}{\gamma-\alpha}} \left(\frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma}\right)^{\frac{\alpha}{\gamma-\alpha}} (p^{Fa})^{\frac{\gamma}{\gamma-\alpha}} \quad (20)$$

根据 Shepherd 引理, A、B 两部门单位产出对资本劳动力两种要素的需求分别为:

$$K_a = \frac{\partial mc^{Fa}(r, w)}{\partial r} = \frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha} \alpha r^{\alpha-1} w^{1-\alpha} \quad (21)$$

$$L_a = \frac{\partial mc^{Fa}(r, w)}{\partial w} = \frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha} (1-\alpha) r^\alpha w^{-\alpha} \quad (22)$$

$$K_b = \frac{\partial mc^b(r, w)}{\partial r} = \frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma} \alpha r^{\gamma-1} w^{1-\gamma} \quad (23)$$

$$L_b = \frac{\partial mc^b(r, w)}{\partial w} = \frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma} (1-\alpha) r^\gamma w^{-\gamma} \quad (24)$$

这个国家两种要素总的禀赋为:

$$\bar{K} = K_a F_a + K_b F_b \quad (25)$$

$$\bar{L} = L_a F_a + L_b F_b \quad (26)$$

将方程 (1)、(2)、(19)、(20) 代入方程 (25)、(26) 可得 A、B 两部门的均衡产出为:

$$a(p^{Fa}, \bar{K}, \bar{L}) = \frac{\alpha \left(\frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha}\right)^{\frac{-\gamma}{\gamma-\alpha}} \left(\frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma}\right)^{\frac{\alpha}{\gamma-\alpha}} (p^{Fa})^{\frac{\gamma}{\gamma-\alpha}} \bar{L} - (1-\alpha) \left(\frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha}\right)^{\frac{\gamma-1}{\alpha-\gamma}} \left(\frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma}} (p^{Fa})^{\frac{1-\gamma}{\alpha-\gamma}} \bar{K}}{\alpha-\gamma} \quad (27)$$

$$b(p^{Fa}, \bar{K}, \bar{L}) = \frac{(1-\gamma) \left(\frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha}\right)^{\frac{\gamma-1}{\alpha-\gamma}} \left(\frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma}} (p^{Fa})^{\frac{1-\gamma}{\alpha-\gamma}} \bar{K} - \left(\frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha}\right)^{\frac{-\gamma}{\gamma-\alpha}} \left(\frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma}\right)^{\frac{\alpha}{\gamma-\alpha}} (p^{Fa})^{\frac{\gamma}{\gamma-\alpha}} \bar{L}}{p(1-\sigma)(\alpha-\gamma)} \quad (28)$$

令  $S = \left(\frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha}\right)^{\frac{-\gamma}{\gamma-\alpha}} \left(\frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma}\right)^{\frac{\alpha}{\gamma-\alpha}}$ 、 $Q = \left(\frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha}\right)^{\frac{\gamma-1}{\alpha-\gamma}} \left(\frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma}}$  将方程 (27)、(28) 分别对排污费  $\tau$  求导, 来观察雾霾治理对两种产品均衡产出的影响:

$$\frac{\partial a(p^{Fa}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial \tau} = \frac{\partial a(p^{Fa}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial p^{Fa}} \frac{\partial p^{Fa}}{\partial \tau} = \frac{(1-\gamma)^2 Q (p^{Fa})^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma} \bar{K} + \gamma^2 S (p^{Fa})^{\frac{\alpha}{\gamma-\alpha} \bar{L}}}{p(1-\sigma)(\alpha-\gamma)^2} \frac{\partial p^{Fa}}{\partial \tau} < 0 \quad (29)$$

$$\frac{\partial b(p^{Fa}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial \tau} = \frac{\partial b(p^{Fa}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial p^{Fa}} \frac{\partial p^{Fa}}{\partial \tau} = -\frac{\alpha \gamma S (p^{Fa})^{\frac{\alpha}{\gamma-\alpha} \bar{L} + (1-\alpha)(1-\gamma) Q (p^{Fa})^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma} \bar{K}}}{(\gamma-\alpha)^2} \frac{\partial p^{Fa}}{\partial \tau} > 0 \quad (30)$$

由于  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \sigma, \theta \in (0,1)$ 、 $p^{Fa} = (p - \tau e)(1 - \theta)$ , 因此, 当雾霾治理强度较高时, 即  $\tau$  越大时, 非清洁产品  $a$  的产量会减少, 反之, 清洁产品  $b$  的产量会上升, 即工业产业结构不断改善。此外, 根据生产效率的指标测度公式:

$$TE = \frac{\sum w_i y_i}{\sum u_r x_r} \quad (31)$$

其中,  $y_i, x_r$  分别为第  $i$  种产出与第  $r$  种投入,  $w_i, u_r$  分别为产出与投入相应的权重, 根据此处两部门的模型, 认为分子的总产出为  $a, b$  两种产品产量之和, 记为  $Y(p, \tau, \bar{K}, \bar{L})$ , 分母的总投入包括资本 ( $\bar{K}$ ) 和劳动力 ( $\bar{L}$ ), 方程 (31) 可以改写为:

$$TE = \frac{Y(p, \tau, \bar{K}, \bar{L})}{u_1 \bar{K} + u_2 \bar{L}} = \frac{a(p^{Fa}, \bar{K}, \bar{L}) + b(p^{Fa}, \bar{K}, \bar{L})}{u_1 \bar{K} + u_2 \bar{L}} \quad (32)$$

由于  $\frac{\partial a(p^{Fa}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial \tau} < 0$ 、 $\frac{\partial b(p^{Fa}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial \tau} > 0$ , 因此, 雾霾治理对生产效率的影响是不确定的。

## 附录 2. 工业绿色转型指标体系

指标	子指标	用电量	计算方法
能源资源集约利用	规模以上企业单位工业增加值能耗 单位工业增加值用水量	能源消费量占工业增加值比重 工业用水量占工业增加值比重	
污染程度减少	单位工业增加值二氧化碳排放量 单位工业增加值二氧化硫排放量 单位工业增加值工业废水排放量	分别用能源消费量、水泥生产量及其二氧化碳的排放系数加权加总而得到二氧化碳排放量占工业增加值比重 工业二氧化硫排放量占工业增加值比重 工业废水排放量占工业增加值比重	
产业结构升级	六大高耗能行业占比 <sup>1</sup>	六大高耗能行业工业总产值之和占工业增加值比重 <sup>2</sup>	
生产率提升	全要素生产率 ✓	随机前沿法计算全要素生产率	
可持续发展	工业固体废物综合利用率	固体废物综合利用量占产生量比重	

资料来源: 作者整理

<sup>1</sup> 六大高耗能产业是指化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、石油加工炼焦及核燃料加工业、电力热力的生产和供应业。

<sup>2</sup> 由于规模以上工业企业的工业总产值缺少 2016 年的数据, 因此, 本文用主营业务收入加期末库存再减期初库存来代替。

## 附录 3. 工业绿色转型的计算步骤

首先, 将各指标数据按照正向指标和逆向指标进行标准化。具体公式如下:

$$x'_{ik} = (x_{ik} - \bar{x}_j)/sd_k \quad (1)$$

$$x'_{ik} = (\bar{x}_j - x_{ik})/sd_k \quad (2)$$

其中,  $x'_{ik}$  为  $i$  省份  $k$  指标标准化后的数据。 $x_{ik}$  为指标真实值。 $\bar{x}_j$ 、 $sd_k$  分别为  $k$  指标的平均值和标准差。方程 (1) 为正向指标的标准化公式, 方程 (2) 为逆向指标的标准化公式。由于计算出的标准化值可能小于 0, 因此, 需要对其进行平移, 具体平移幅度根据数值特征来选择, 本文的平移幅度为 5, 平移后的指标记为  $X_{ik}$ 。移动平均法

其次, 计算  $i$  省份  $k$  指标所占比重  $r_{ik}$ :

$$r_{ik} = X_{ik} / \sum_{i=1}^n X_{ik} \quad (3)$$

第三, 计算  $k$  指标的熵值  $e_{ik}$ :

$$e_{ik} = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n r_{ik} \ln(r_{ik}) \quad n=30 \quad (4)$$

第四, 计算  $k$  指标的权重:

$$w_{ik} = (1 - e_{ik}) / \sum_{k=1}^m (1 - e_{ik}) \quad m: \text{指标个数} \quad (5)$$

最后, 计算工业绿色转型指标:

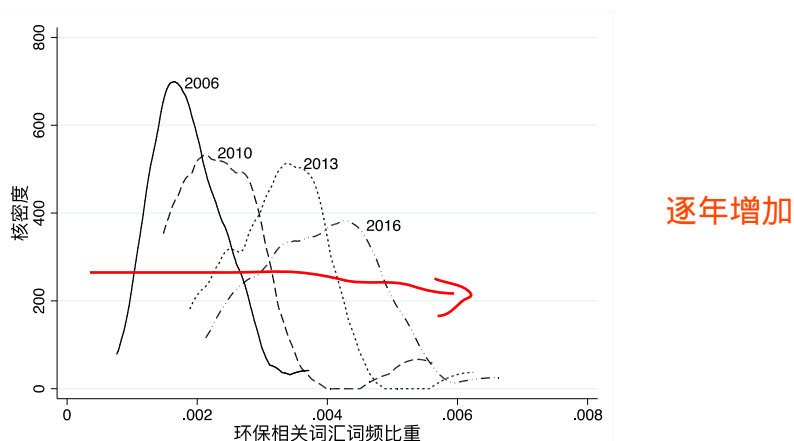
$$UPGRADE_i = \sum_{k=1}^m w_{ik} r_{ik} \quad (6)$$

## 附录 4. 2006-2016 年各省市工业绿色转型指数年均值排序

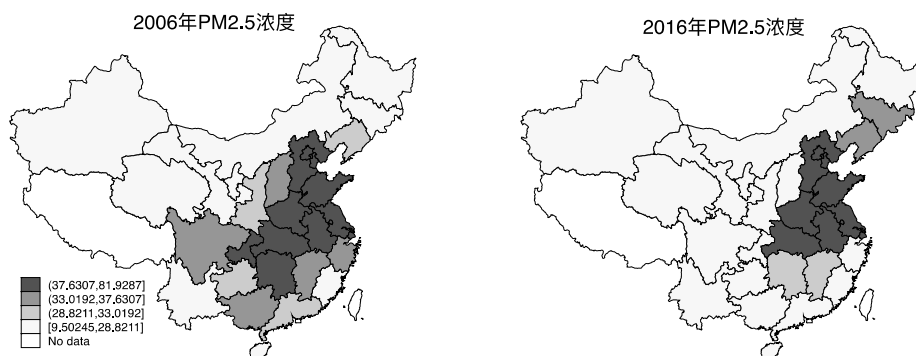
省份	工业绿色转型	排名	PM2.5 浓度	排名	高耗能行业占比	排名
天津	0.0398	1	73.9497	1	0.3441	19
北京	0.0369	2	46.8269	8	0.3024	23
上海	0.0369	3	53.0419	6	0.2496	28
浙江	0.0366	4	33.8165	14	0.2710	25
吉林	0.0364	5	32.8629	15	0.2550	27
广东	0.0361	6	30.7514	17	0.2154	30
福建	0.0355	7	21.3728	23	0.2576	26
陕西	0.0349	8	28.0703	19	0.3731	16
重庆	0.0346	9	31.3886	16	0.2467	29
江苏	0.0345	10	59.3047	3	0.2964	24
山东	0.0344	11	61.5028	2	0.3308	20
黑龙江	0.0341	12	21.8737	22	0.3052	22
河南	0.0339	13	54.2709	5	0.3744	15
安徽	0.0338	14	52.1573	7	0.3466	18
湖北	0.0332	15	45.6028	9	0.3584	17

资料来源: 作者统计

## 附录 5. 环保相关词汇词频比重历年核密度图



资料来源: 作者绘制

附录 6. 各省份 2006 年与 2016 年 PM<sub>2.5</sub> 浓度均值对比情况

资料来源: 作者绘制

## 附录 7. 变量描述性统计

变量	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
<i>UPGRADE</i>	330	0.0333	0.0029	0.0249	0.0400
<i>PM2.5</i>	330	3.4043	0.5537	1.9378	4.4058
<i>FREQU</i>	330	0.0029	0.0015	0.0008	0.0227
<i>LOGIS</i>	330	1.2215	1.7421	0.1186	13.7121
<i>COMMU</i>	330	9.9760	0.8559	6.6884	11.2578
<i>FDI</i>	330	0.3857	0.5403	0.0481	5.8516
<i>GOV</i>	330	0.2191	0.0952	0.0837	0.6269
<i>RD</i>	330	0.5114	0.5672	0.0260	4.0663
<i>AIS</i>	330	0.4002	0.0816	0.1191	0.5355

资料来源: 作者统计

## 附录 8. 按工业绿色转型和环境治理强度指标排序情况

省份	工业绿色转型排名	治理强度排名	省份	工业绿色转型排名	治理强度排名
天津	1	17	湖南	16	13
北京	2	12	四川	17	19
上海	3	28	辽宁	18	25
浙江	4	3	海南	19	16
吉林	5	30	青海	20	1
广东	6	5	江西	21	2
福建	7	11	内蒙古	22	7
陕西	8	15	河北	23	10
重庆	9	14	广西	24	21
江苏	10	4	新疆	25	26
山东	11	24	云南	26	18
黑龙江	12	22	山西	27	6
河南	13	29	甘肃	28	20
安徽	14	23	宁夏	29	27
湖北	15	9	贵州	30	8

资料来源: 作者统计

## 附录 9. PSM-DID 估计结果

本文以 2011 年国家发展改革委印发的《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》作为外生政策冲击, 先采用倾向得分匹配方法 (PSM) 对样本进行临近匹配, 再用匹配后的样本进行双重差分 (DID) 估计以降低估计偏误。为此, 构建双重差分模型如下:

$$PM_{it} = \alpha + \varphi_1 did + \varphi_2 treated + \varphi_3 post + \theta \sum X_{it} + \varepsilon_{it}$$

其中, *treated* 为分组变量, 以 2011 年的碳排放权交易试点省份北京、上海、天津、湖北、重庆、广东作为实验组 (*treated* = 1), 其他省份作为对照组 (*treated* = 0); *post* 为政策年份变量, 以 2011 年为政策冲击的时间节点, 2011 年及以后年份取值为 1, 2011 年以前年份取值为 0; *did* 为分组变量与政策年份变量的交互项, 也是该模型的核心解释变量, 用来表示环境治理的政策效果;  $\sum X_{jt}$  代表一系列控制变量, 相关解释与 2SLS 模型中的控制变量相同;  $\varepsilon_{jt}$  为随机扰动项。具体估计结果见下表:

## PSM-DID 估计结果

变量	(1)		(2)		(3)		(4)	
	UPGRADE	PM2.5	UPGRADE	PM2.5	UPGRADE	PM2.5	UPGRADE	PM2.5
PM2.5	-0.0081*		-0.0063		-0.0147		-0.0222	
	(-1.68)		(-1.57)		(-1.03)		(-0.80)	
did		-0.0702**		-0.0856*				
		(-2.16)		(-1.86)				

<i>did1</i>						-0.0355 提前一年 (-1.03)		
<i>did2</i>							-0.0286 提前两年 (-0.76)	
<i>treated1</i>				-0.0200 (-0.34)				
<i>treated2</i>				0.0140 (0.24)				
<i>treated3</i>				-0.0167 (-0.30)				
<i>treated4</i>				-0.0256 (-0.47)				
N	125	125	125	125	125	125	125	125
R <sup>2</sup>	0.852	0.966	0.873	0.966	0.681	0.964	0.334	0.964

注: 由于篇幅限制, 表中不再汇报控制变量的估计结果。

资料来源: 作者统计

#### 附录 10. GS3SLS 估计结果

		东部地区		中部地区		西部地区	
		<i>UPGRADE</i>	<i>PM2.5</i>	<i>UPGRADE</i>	<i>PM2.5</i>	<i>UPGRADE</i>	<i>PM2.5</i>
整体	<i>PM2.5</i>	-0.0031*** (-5.23)		-0.0003 (-0.30)		-0.0049*** (-6.35)	
	<i>FREQU</i>		54.9197** (2.06)		15.0434 (0.56)		9.7706 (0.41)
	策略互动	21.8341** (2.20)		58.6869*** (4.05)		46.5463*** (3.01)	
2006 - 2008	<i>PM2.5</i>	-0.0039*** (-4.01)		-0.0009 (-1.00)		-0.0067*** (-7.23)	
	<i>FREQU</i>		79.3780* (1.86)		289.7734*** (3.46)		-5.7619 (-0.25)
	策略互动	-7.3908 (-0.36)		61.9811*** (5.83)		2.5592 (0.09)	
2008 - 2010	<i>PM2.5</i>	-0.0036*** (-2.73)		-0.0012* (-2.10)		-0.0045*** (-9.47)	
	<i>FREQU</i>		-27.1997 (-0.45)		-88.6786** (-2.49)		-5.3119 (-0.36)
	策略互动	5.9706 (0.45)		17.8708 (0.39)		54.8400 (1.39)	

2010 - 2012	PM2.5	-0.0030*** (-2.78)		0.0008 (0.38)		-0.0063*** (-9.69)	
	FREQU		49.4212 (0.67)		23.2271 (0.54)		7.5667 (0.37)
	策略互动	-17.5632 (-0.92)		9.5477 (0.30)		-6.0086 (-0.28)	
2012 - 2014	PM2.5	-0.0029*** (-4.40)		-0.0074*** (-4.20)		-0.0024*** (-6.31)	
	FREQU		107.6189** (2.62)		-13.8978 (-0.46)		46.9259 (1.15)
	策略互动	39.2915*** (3.18)		-27.2109 (-1.12)		62.6628** (2.73)	
2014 - 2016	PM2.5	-0.0019*** (-3.19)		0.0038*** (2.97)		-0.0012 (-1.16)	
	FREQU		-103.3002* (-1.69)		-133.3627* (-1.97)		-37.2071 (-0.89)
	策略互动	29.8656 (1.56)		-27.0344 (-0.76)		13.5721 (0.39)	

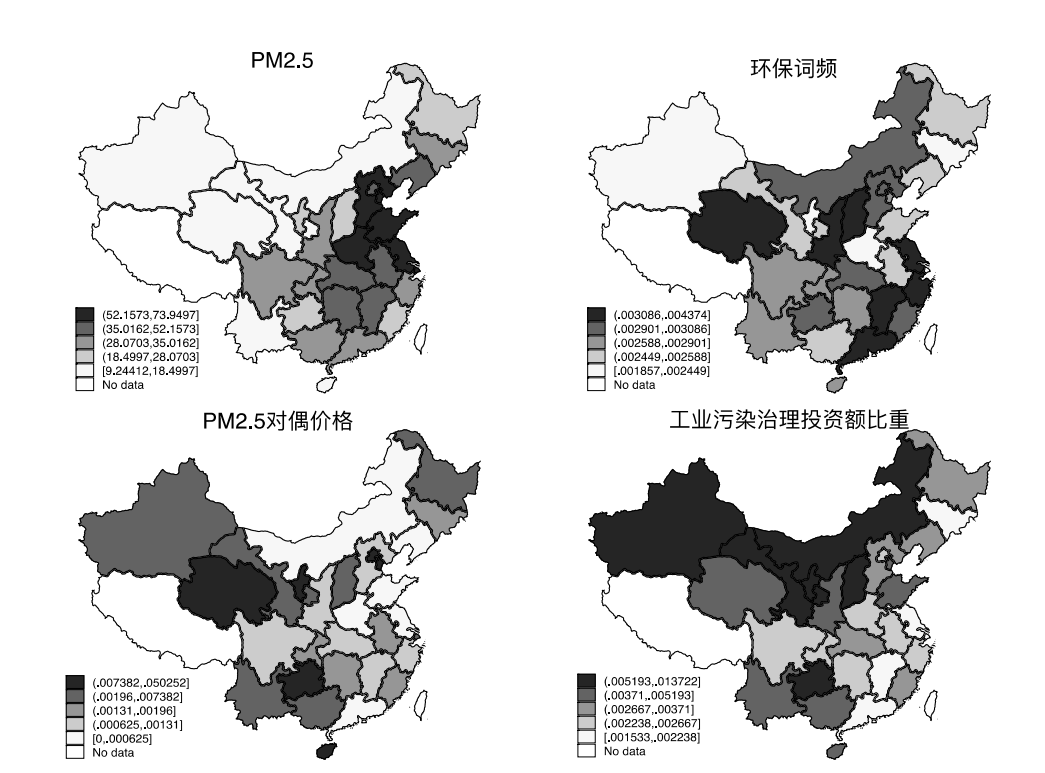
资料来源: 作者统计

如上表所示, 东、中、西三个地区从总体上看均采取相互模仿的雾霾治理政策, 但相互模仿的策略互动对不同地区工业绿色转型的影响却不尽相同。就东部地区而言, 环境治理 ( $FREQU_{it}$ ) 的估计系数显著为正, 且雾霾污染 ( $PM_{it}$ ) 的估计系数显著为负, 说明相互模仿的策略互动抑制了当地的工业绿色转型, 而中、西部地区的雾霾治理行为则呈现“模仿无效”的特征。Wheeler (2001) 认为若地区之间的环境治理政策呈现“模仿抑制”或“模仿无效”, 则可以认为政府之间存在“逐底竞争”的可能。

根据文中第三部分的统计分析, 本文分别将东、中、西部三个整体样本按照时间划分成五个子样本, 来进一步考察不同雾霾治理强度下, 地方政府间的策略互动行为对当地工业绿色转型的影响。研究结果发现, 对东部地区来说, 在雾霾治理强度较低时 (2006-2014 年间), 独立的雾霾治理政策 (策略互动的估计系数不显著) 会抑制工业绿色转型升级 (一阶段估计系数显著为正且二阶段估计系数显著为负), 甚至治理措施无效 (两个阶段回归中至少有一个阶段的估计系数不显著), 而在较高的雾霾治理强度下 (2014-2016 年间), 独立的政策措施才能促进当地的工业绿色转型 (策略互动的估计系数不显著且两阶段估计系数均显著为负)。对中部地区来说, 在雾霾治理强度较低时 (2008-2010 年间), 相互独立的雾霾治理政策更易推动当地的工业绿色转型, 从而有利于地区间形成“竞争向上”的良性互动, 而过高的雾霾治理强度虽然能够降低当地的雾霾污染 (2014-2016 年间), 却可能引起资本、劳动力外流, 或者迫使高耗能、高污染企业迁移至其他地区, 以此来降低本地区的污染排放强度, 并使得环境规制标准较弱的地区成为“污染避难所”, 反而不利于当地的工业绿色转型发展。对西部地区来说, 不论其采取模仿还是独立的雾霾治理政策, 对当地的工业绿色转型发展均未产生显著的影响, 这可能是由于西部地区本身的雾霾污染浓度较低、环保重视程度不高, 同时, 经济增长对于西部而言仍是首要任务, 更依赖于资本、劳动力、技术等要素资源的流入以及相关产业的支撑, 而技术与资金的缺乏使得工业绿色转型进程难以得到推进。



## 附录 11. 雾霾治理的空间特征图



资料来源：作者绘制

## 附录 12. 区域雾霾治理的资源错配

分类变量	等级	省市	污染重、治理少、成本低的省市
PM2.5 浓度	1	内蒙古、新疆、青海、云南、海南	吉林、辽宁、湖南、广西、河北、天津、山东、河南、上海、吉林、辽宁、河南、上海
	2	黑龙江、甘肃、山西、宁夏、贵州、福建	
	3	吉林、陕西、四川、重庆、浙江、广东	
	4	辽宁、北京、安徽、湖北、江西、湖南、广西	
	5	河北、天津、山东、河南、江苏、上海	
雾霾治理强度	1	新疆、吉林、辽宁、宁夏、河南、上海	
	2	黑龙江、甘肃、山东、安徽、四川、广西	
	3	天津、重庆、湖南、云南、海南	
	4	内蒙古、河北、北京、湖北、贵州、福建	
	5	山西、青海、陕西、江苏、浙江、江西、广东	
治理边际成本	1	内蒙古、辽宁、山东、河南、江苏、广东	污染轻、治理重、成本高的省份 山西、青海、云南、贵州、海南
	2	河北、陕西、四川、河北、浙江、江西	
	3	吉林、安徽、重庆、湖南、福建	
	4	黑龙江、新疆、甘肃、山西、上海、云南、广西	
	5	北京、天津、青海、宁夏、贵州、海南	
工业污染治理	1	吉林、江苏、上海、江西、广东	

投资比重	2	北京、河南、安徽、四川、重庆、浙江、湖南
	3	黑龙江、辽宁、河北、湖北、福建
	4	天津、青海、陕西、山东、云南、广西、海南
	5	内蒙古、新疆、甘肃、山西、宁夏、贵州

注: 表中的等级均按照相应指标数值由小到大进行五分位分组排序。

资料来源: 作者统计

### 附录 13. 引入市场分割后的回归结果

变量	(1)		(2)		(3)		(4)	
	UPGRADE	PM2.5	UPGRADE	PM2.5	UPGRADE	PM2.5	UPGRADE	PM2.5
PM2.5	-0.0182*** (-2.73)		-0.0236*** (-2.64)		-0.0191** (-2.52)		-0.0100*** (-3.85)	
FREQU		-29.6936*** (-2.71)		-22.4864*** (-2.62)		-23.8152*** (-2.63)		-45.1279*** (-4.92)
seg		-1.0983** (-2.43)						
<u>FREQU×seg</u> 整体市场分割		302.2604* (1.79)						
seg_com				-100.9993*** (-2.91)				
<u>FREQU×seg_com</u> 商品市场分割				45.9864166*** (2.98)				
seg_cap						-104.7025* (-1.80)		
<u>FREQU×seg_cap</u> 资本市场分割						29,744.2779 (1.34)	不显著	
seg_emp								-25.8285*** (-3.51)
<u>FREQU×seg_emp</u> 劳动力市场分割								8,743.9588*** (3.36)
N	330	330	330	330	330	330	330	330
R <sup>2</sup>	0.655	0.970	0.441	0.971	0.624	0.970	0.852	0.972

资料来源: 作者统计

### 附录 14. 资源错配指数的计算

关于错配指数的计算, 本文借鉴陈永伟和胡伟明 (2011) 的方法, 先计算要素价格绝对扭曲系数:

$$d_{Ki} = \frac{K_i / \sum K_i}{s_i \beta_{Ki} / \beta_K} \quad (1)$$

$$d_{Li} = \frac{L_i / \sum L_i}{s_i \beta_{Li} / \beta_L} \quad (2)$$

其中,  $d_{Ki}$ 、 $d_{Li}$  分别为资本和劳动力价格绝对扭曲系数。 $K_i$ 、 $L_i$  分别为资本存量和劳动力数量。 $s_i$  为地区 GDP 比重。 $\beta_{Ki}$ 、 $\beta_{Li}$ 、 $\beta_K$ 、 $\beta_L$  分别为地区资本和劳动力产出弹性、全国资本和劳动力产出弹性, 该产出弹性采用变系数模型估计得到<sup>1</sup>。根据计算得到的  $d_{Ki}$ 、 $d_{Li}$ , 得出资本和劳动力错配指数:

$$TK_i = 1/d_{Ki} - 1 \quad (3)$$

$$TL_i = 1/d_{Li} - 1 \quad (4)$$

由于得到的资本和劳动力错配指数存在负数的可能, 因此, 这里对其取绝对值 (季书涵等, 2016)。该值越大, 代表资源错配程度越高。

#### 附录 15. 引入政绩考核指标后的回归结果

变量	(1)	
	UPGRADE	PM2.5
PM2.5	-0.0164** (-2.47)	
FREQU		-16.0148** (-2.09)
FREQU×ZJKK		-109.0602** (-2.14)
ZJKK		0.2547* (1.71)
N	330	330
R <sup>2</sup>	0.717	0.971

资料来源: 作者统计

注: 该附录是期刊所发表论文的组成部分, 同样视为作者公开发表的内容。如研究中使用该附录中的内容, 请务必在研究成果上注明引文和下载附件出处。

引用示例:

参考文献引用范例:

[1] 朱军. 技术吸收、政府推动与中国全要素生产率提升[J]. 中国工业经济. 2017, (1): 5-24.

如果研究中使用了未在《中国工业经济》纸质版刊发、但在杂志网站上正式公开发表的数字内容 (包括数据、程序、附录文件), 请务必在研究成果正文中注明:

数据 (及程序等附件) 来自朱军 (2017), 参见在《中国工业经济》网站 (<http://www.ciejournal.org>) 附件下载。

<sup>1</sup> 感谢审稿人的宝贵建议, 本文根据 C-D 生产函数  $Y = AK^\beta L^{1-\beta}$  等式左右两边取对数后, 使用数据包络分析法 (DEA), 基于变系数模型估算得出资本和劳动力的产出弹性。