

## 附录 1:

地区  $j$  的基尼系数可表示为:

$$G_{jj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_j} |y_{ji} - y_{jr}|}{2n_j^2 \bar{Y}_j} \quad (1)$$

地区  $j$  和地区  $h$  之间的基尼系数可表示为:

$$G_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{n_j n_h (\bar{Y}_j + \bar{Y}_h)} \quad (2)$$

$n_j$  ( $n_h$ ) 表示地区  $j$  ( $h$ ) 内省份的个数,  $\bar{Y}_j$  ( $\bar{Y}_h$ ) 表示地区  $j$  ( $h$ ) 内的服务业碳排放全要素生产率平均值。同时我们定义如下变量:

$$p_j = \frac{n_j}{n} \quad (3)$$

$$s_j = \frac{n_j \bar{Y}_j}{n \bar{Y}} \quad (4)$$

$$d_{jh} = \int_0^\infty dF_j(y) \int_0^y (y-x) dF_h(x) \quad (5)$$

$$p_{jh} = \int_0^\infty dF_h(y) \int_0^y (y-x) dF_j(x) \quad (6)$$

$$D_{jh} = \frac{d_{jh} - p_{jh}}{d_{jh} + p_{jh}} \quad (7)$$

其中,  $D_{jh}$  表示地区  $j$  和地区  $h$  之间服务业碳排放全要素生产率增长的相对影响,  $F_j$  ( $F_h$ ) 表示第  $j$  ( $h$ ) 个地区的累计分布函数,  $d_{jh}$  表示地区间服务业碳排放全要素生产率增长的差值,  $p_{jh}$  为超变一阶矩, 可以理解为地区  $j$  和  $h$  中所有的  $y_{ji} - y_{hr} < 0$  的数学期望。

地区内差异  $G_w$ 、地区间差异  $G_{nb}$  和超变密度  $G_t$  则可以表示为:

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_{jj} p_j s_j \quad (8)$$

$$G_{nb} = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} D_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) \quad (9)$$

$$G_t = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (1 - D_{jh}) (p_j s_h + p_h s_j) \quad (10)$$

## 附录 2:

具体来说，本文对各省市服务业二氧化碳排放量主要是从能源消耗的角度进行估计，即根据《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南》提供的参考方法，使用能源数据估算主要化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，测算公式为：

$$CO_2 = \sum_{i=1}^8 CO_{2,i} = \sum_{i=1}^8 E_i \times NCV_i \times CEF_i \times COF_i \times \frac{44}{12} \quad (1)$$

其中， $i$ 为最终能源消费种类（化石燃料），主要有原煤、焦炭、原油、汽油、柴油、燃料油、天然气和煤油 8 种， $E_i$ 为第 $i$ 类化石燃料的消耗量， $NCV_i$ 为第 $i$ 类化石燃料的低位发热量， $CEF_i$ 为第 $i$ 类化石燃料的含碳量， $COF_i$ 为第 $i$ 类化石燃料的氧化率，据此可以得到各类化石燃料的碳排放系数计算公式：碳排放系数=低位发热量×含碳量×氧化率。

《中国能源统计年鉴》中仅公布了第三产业中的交通运输、仓储和邮政业，批发零售业和住宿餐饮业以及生活消费中各类化石燃料的消耗量，因此我们首先依据庞瑞芝和邓忠奇（2014）的做法，将第三产业中除交通运输、仓储和邮政业，批发零售业和住宿餐饮业外的其他行业中的各类化石燃料消耗量进行估算。接着将各省市交通运输、仓储和邮政业，批发零售业和住宿餐饮业以及其他行业的各类化石燃料消耗量加总得到各省市服务业的各类化石燃料消耗量，并运用式（1）进行测算，即可得到各省市历年服务业的二氧化碳排放量。

附表1 我国服务业碳排放全要素生产率变动的基尼系数及分解结果

年份	全国整体	地区内			地区间			贡献率 (%)		
		东部	中部	西部	东-中	东-西	中-西	地区内	地区间	超变密度
2001	0.060	0.023	0.032	0.108	0.027	0.068	0.079	33.01	17.33	49.66
2002	0.041	0.019	0.030	0.062	0.025	0.044	0.051	31.35	24.85	43.80
2003	0.034	0.033	0.026	0.037	0.031	0.037	0.034	32.81	27.16	40.04
2004	0.046	0.024	0.036	0.070	0.030	0.049	0.057	32.92	7.97	59.11
2005	0.048	0.038	0.032	0.061	0.036	0.054	0.052	31.76	37.02	31.22
2006	0.025	0.025	0.020	0.025	0.024	0.026	0.024	32.86	24.10	43.04
2007	0.017	0.009	0.017	0.025	0.013	0.017	0.022	32.66	2.21	65.23
2008	0.024	0.012	0.036	0.023	0.024	0.018	0.030	30.53	15.35	54.12
2009	0.018	0.011	0.021	0.020	0.017	0.016	0.021	31.16	10.92	57.92
2010	0.023	0.015	0.027	0.022	0.022	0.020	0.024	30.28	37.78	31.93
2011	0.032	0.029	0.040	0.022	0.037	0.026	0.033	29.99	43.81	26.19
2012	0.020	0.009	0.019	0.030	0.014	0.021	0.026	32.30	11.94	55.76
2013	0.032	0.029	0.025	0.032	0.032	0.031	0.032	31.22	31.01	37.76
2014	0.018	0.009	0.013	0.026	0.011	0.019	0.021	31.53	21.39	47.08
2015	0.015	0.015	0.012	0.012	0.016	0.015	0.013	29.78	28.55	41.67
2016	0.017	0.016	0.010	0.020	0.014	0.019	0.017	32.42	12.98	54.58
2017	0.018	0.013	0.015	0.024	0.014	0.019	0.021	33.45	9.41	57.14
2018	0.019	0.016	0.018	0.019	0.017	0.019	0.020	30.94	39.67	29.39
2019	0.025	0.028	0.029	0.014	0.029	0.022	0.023	31.08	35.30	33.62
2020	0.051	0.069	0.030	0.022	0.061	0.056	0.026	29.16	49.44	21.40
2021	0.038	0.032	0.064	0.014	0.048	0.025	0.038	28.69	41.32	29.99
均值	0.030	0.023	0.026	0.033	0.026	0.029	0.032	31.42	25.21	43.36

### 附录 3:

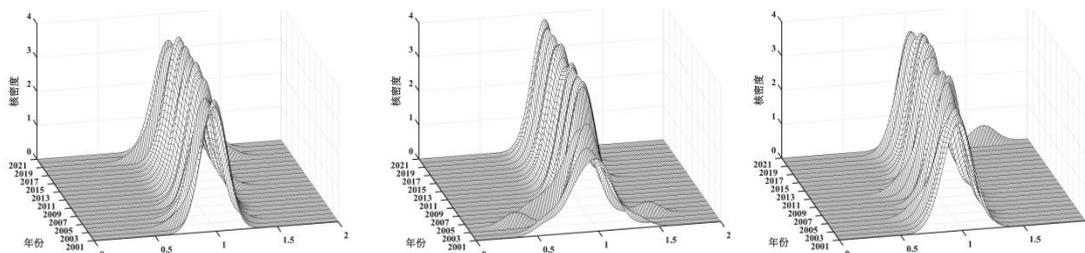


图 1 2000-2021 年东部、中部、西部服务业碳排放全要素生产率变动的分布动态演进

我们进一步绘制了 2000-2021 年我国东部、中部和西部服务业碳排放全要素生产率增长的 Kernel 密度估计图。从分布位置来看，三大区域 Kernel 密度函数的中心点均发生了显著的右移，表明各区域服务业碳排放全要素生产率的增长水平正在逐步提高。从分布形态来看，三大区域核密度曲线大致都经历了“下降-上升-下降-上升”的变化过程，变化趋势与我国总体的核密度曲线演化趋势大体一致。从分布延展性来看，中部和西部地区的曲线均不存在拖尾现象，而东部地区的核密度曲线出现了轻微的右拖尾现象，表明东部地区存在服务业碳排放全要素生产率增长水平较高的省市（如北京、上海、江苏等），这与前文对我国总体的分析结果是一致的。从分布极化现象来看，东、中和西部地区核密度曲线在个别年份都出现了双峰现象，但多数年份仍维持单峰状态，表明三大区域服务业碳排放全要素生产率增长存在一定程度的两极分化特征，所不同的是东部和中部地区的双峰出现在样本观测期早期，而西部地区的双峰现象出现在样本观察期后期（2021 年），表明西部地区服务业碳排放全要素生产率增长的绝对差异表现出正在扩大的趋势，需要在后续发展进程中引起重视。

## 附录 4:

本文从指标选取、地区异质性、样本异常值和工具变量选择等方面考虑估计结果的稳健性检验问题。在指标选取上，一方面，替换解释变量服务业外商直接投资（*fdi*）的指标衡量方法，将其用各省市服务业外商直接投资总额占服务业固定资产投资的比重来表示，估计结果列于表 6 中（1）列；另一方面，替换被解释变量服务业碳排放全要素生产率（*TFP*）的度量方法，将其用单位二氧化碳排放量的服务业产出来表示，估计结果列于表 6 中（2）列。在地区异质性上，考虑到由于特殊的行政地理位置可能使得直辖市与普通省份之间的不可比性，剔除了北京、天津、上海和重庆四个直辖市的样本数据，使用剩余的样本进行分析，估计结果列于表 6 中（3）列。在样本异常值上，一方面，为克服因变量服务业碳排放全要素生产率异常值和非随机性对模型估计结果的影响，分别剔除 1%的极大值和极小值后对模型进行重新估计，估计结果列于表 6 中（4）列；另一方面，为确保样本选取具有随机性和代表性，本文剔除金融危机期间的样本进行稳健性检验，结果列于表 6 中（5）列。在工具变量选择上，本文继续将解释变量的更高一阶滞后项作为工具变量对模型进行估计，估计结果列于表 6 中（6）列。经过上述的稳健性检验后，可以看出模型估计结果的显著性并未发生变化，表明本文的研究结论仍然是成立的，模型估计结果是稳健的。

表 6 估计结果的稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>L.TFP</i>	0.418** (0.167)	0.434** (0.162)	0.520*** (0.168)	0.455** (0.178)	0.374*** (0.108)	0.509*** (0.049)
$\ln gdp$	-2.497*** (0.613)	-2.362*** (0.596)	-2.629*** (0.618)	-2.564*** (0.624)	-2.279*** (0.354)	-1.577*** (0.312)
$\ln gdp^2$	0.209*** (0.055)	0.202*** (0.053)	0.231*** (0.054)	0.216*** (0.057)	0.212*** (0.032)	0.152*** (0.027)
$\ln fdi$	-0.085 (0.057)	0.222 (0.226)	0.763*** (0.208)	0.230 (0.264)	0.308 (0.202)	0.280 (0.600)
$\ln kl$	0.277 (0.209)	0.226 (0.195)	0.169 (0.175)	0.285 (0.229)	0.047 (0.131)	0.057 (0.056)
$\ln nc$	-0.661** (0.289)	-0.595** (0.284)	-0.565** (0.261)	-0.678* (0.339)	-0.626** (0.287)	-0.283** (0.126)
$\ln stru$	-1.623*** (0.457)	-1.461*** (0.459)	-0.813* (0.409)	-1.563*** (0.472)	-0.524*** (0.175)	-0.585** (0.212)
<i>AR(2)</i>	1.03 [0.302]	1.09 [0.274]	1.61 [0.108]	1.09 [0.276]	0.87 [0.384]	0.65 [0.517]
<i>Hansen</i>	5.61 [0.346]	5.68 [0.339]	4.69 [0.454]	4.64 [0.461]	7.17 [0.519]	16.71 [0.543]

注：\*、\*\*和\*\*\*分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平，小括号内为稳健标准误，中括号内为 P 值。