

碳排放与经济增长脱钩关系研究

尚文健 (北京市通州区生态环境监测中心, 北京 101101)

摘要: 基于 2005-2020 年数据, 运用数量脱钩 (环境库兹涅茨曲线) 及速度脱钩 (Tapio 弹性系数法) 测度方法对北京市某区碳排放与经济增长的关系进行实证分析。数量脱钩结果显示现阶段碳排放与经济增长处于 EKC “倒 U 型” 曲线右侧; 速度脱钩结果显示现阶段碳排放与经济增长呈强脱钩状态。分析表明数量脱钩与速度脱钩之间具有较强的对应关系, 且速度脱钩在精准化及精细化表征方面更具优势。

关键词: 环境库兹涅茨曲线; Tapio 脱钩; 脱钩分析; 碳排放

0 引言

近年来, 由二氧化碳排放引发的全球气候变化形势愈发严峻。“双碳” 承诺彰显了中国积极应对气候变化、努力构建人类命运共同体、走绿色低碳道路的坚定决心。在此背景下, 深入剖析二氧化碳排放与经济增长的关系成为实现绿色高质量发展的重要课题, 而实现二氧化碳排放与经济增长的脱钩更是研究的焦点。

碳排放脱钩是指二氧化碳排放与经济增长之间的关系逐渐减弱甚至消失的理想过程。就测度方法而言^[1], 脱钩分为数量脱钩和速度脱钩。其中“数量脱钩”是指环境污染物增长的数量 (水平) 或资源环境消耗的数量 (水平) 随经济增长出现下降的趋势, 较常用环境库兹涅茨曲线; “速度脱钩”是指某一时期内环境污染物增长速度或资源环境消耗速度慢于经济增长速度, 较常用 Tapio 弹性系数法。

针对碳排放, “数量脱钩”是指二氧化碳排放增加量随经济增长出现下降的趋势; “速度脱钩”是指某一时期二氧化碳排放增加的速度小于经济增长速度。

研究基于北京市某区 2005-2020 年数据, 运用数量脱钩 (环境库兹涅茨曲线) 与速度脱钩 (Tapio 弹性系数法) 两种测度方法分别对二氧化碳排放与经济增长的关系进行实证分析, 以了解二氧化碳排放与经济发展的关系, 并将数量脱钩与速度脱钩研究结果进行对比, 为碳管理决策提供科学的参考依据。

1 研究方法

1.1 环境库兹涅茨曲线

环境库兹涅茨曲线 (environmental Kuznets curve, EKC) 假说认为, 在经济发展的初期阶段, 随着人

均收入的增加, 环境污染由低趋高直至达到某个临界点 (拐点); 随着人均收入的进一步增加, 环境污染又由高趋低, 环境得到改善和恢复, 环境质量与经济发展的关系就会进入正相关阶段, 即人均收入与环境污染程度之间呈“倒 U 型”关联, 这一过程也被称为脱钩^[2]。

为避免单一方法估计导致对曲线和拐点的认识产生偏差, 研究构建五种模型进行拟合分析, 分别为线性方程、二次方程、三次方程、指数方程及对数方程。根据模型检验结果选取拟合度最高的模型。

1.2 Tapio 弹性系数法

Tapio 弹性系数法最早是在研究欧盟和芬兰交通运输部门二氧化碳排放量与经济增长之间脱钩关系时运用脱钩弹性观念创建的脱钩指标^[3]。此方法直接将某一时期内资源环境消耗速度与经济增长速度的比值作为脱钩测度指标, 是目前最典型的基于“速度标准”的脱钩测度方法之一。因其测量精度较高且所需数据较少而被广泛应用于能源消耗领域的研究^[1]。

采用王伟、蔡博峰的研究方法^[4], Tapio 弹性系数法计算公式为:

$$t = \frac{\% \Delta C}{\% \Delta GDP} = \frac{(C_1 - C_0) / C_0}{(GDP_1 - GDP_0) / GDP_0}$$

式中: t 为二氧化碳排放与经济增长的脱钩指数; $\% \Delta C$ 为二氧化碳排放变化率; $\% \Delta GDP$ 为经济增长率; C_0 和 C_1 分别为 t_0 和 t_1 时期的二氧化碳排放量; GDP_0 和 GDP_1 分别为 t_0 和 t_1 时期的 GDP。

脱钩状态分为六类: 强脱钩、弱脱钩、衰退性脱钩、扩张性负脱钩、弱负脱钩和强负脱钩, 其中强脱钩为最理想状态, 强负脱钩为最不理想状态。具体分型标准见表 1。

表1 Tapio 弹性系数法脱钩分型标准

脱钩类型	分型标准		
	%ΔGDP	%ΔC	t 范围
强脱钩	> 0	≤ 0	t ≤ 0
弱脱钩	> 0	> 0	0 < t < 1
衰退性脱钩	< 0	< 0	t ≥ 1
扩张性负脱钩	> 0	> 0	t ≥ 1
弱负脱钩	< 0	< 0	0 < t < 1
强负脱钩	< 0	≥ 0	t ≤ 0

2 数据来源及测算

2.1 经济增长指标

考虑数据可获得性,选取2005–2020年人均GDP作为经济增长指标。地区生产总值和常住人口数据均来自《北京市某区统计年鉴》。

2.2 二氧化碳排放指标

考虑化石能源消耗是碳排放的主要来源,研究以能源碳排放量作为经济活动的碳排放总量进行测算。参考联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)发布的国家温室气体清单指南中提出的二氧化碳排放量计算方法,采用以下公式进行计算:

$$E_{CO_2} = \sum_{i=1}^n E_i \times \xi_i$$

式中: E_{CO_2} 为二氧化碳排放总量; i 为能源种类; E_i 为第 i 种能源的数量; ξ_i 为能源 i 的碳排放转换系数(由生态环境部环境规划院碳达峰碳中和研究中心提供)。根据数据的可获得性并结合能源消费实际情况,选取2005–2020年具有代表性的煤炭、焦炭、电力、燃料油、汽(柴)油、液化石油气、天然气等七种能源进行计算。能源消耗数据来自《北京市某区统计年鉴》及该区统计局数据。

3 实证分析

3.1 数量脱钩——EKC 曲线分析

应用SPSS软件,以人均GDP为自变量,以人均二氧化碳排放量为因变量进行回归分析,得到五种计量模型回归结果,SPSS输出结果(R^2 、F检验值)如表2所示。

表2 计量模型回归结果

方程类型	R 方	F	P (Sig.)
线性	.532	15.909	.001
对数	.393	9.080	.009
二次	.860	39.969	.000
三次	.860	24.619	.000
指数	.523	15.362	.002

F检验用于检验回归效果的显著性。比较各模型,P值均小于0.01,说明这五个模型的数据拟合

有显著的统计学意义。其中二次和三次方程的决定系数 R^2 为最高且相同,进而选取二次和三次方程作进一步分析。比较二次和三次方程SPSS输出结果(方程系数及t检验值),如表3所示。

表3 二次、三次方程计量模型回归结果

方程类型	方程系数	t	P (Sig.)
二次	X	.000	4.417
	X ²	-1.790E-9	
	常数	3.444	6.968
三次	X	.000	.948
	X ²	-2.136E-9	
	X ³	2.817E-15	
	常数	3.295	2.031

t检验用于检验回归系数的显著性。比较回归结果,二次曲线的自变量系数t检验显著统计量P小于0.01,说明二次曲线的方程系数有显著的统计学意义。因此选取二次方程对结果进行解释。二次方程中二次项系数小于0,表明二次方程开口向下,EKC曲线模型呈“倒U型”,即人均二氧化碳排放量随着人均GDP的增加经历了一个先上升后下降的过程。表明在经济水平较低时,人均二氧化碳排放量随着经济增长不断增加,但在到达拐点后,人均二氧化碳排放量随着经济增长而不断下降。现阶段碳排放正处于EKC“倒U型”曲线右侧。依据模型系数进一步计算,人均二氧化碳排放对应人均GDP的拐点约出现在2009年。表明碳排放随经济增长在2009年之后呈下降趋势,即与经济增长呈脱钩状态。

3.2 速度脱钩——Tapio 弹性系数法分析

将人均二氧化碳排放和人均GDP数据带入Tapio弹性系数法计算公式,以1年为跨度分别计算2005–2020年逐年脱钩指数。因从环境消耗到经济效益产出需要一定周期,Tapio^[3]建议将测算时间跨度设为5–10年,再以6年为跨度分别计算2005–2010年、2010–2015年、2015–2020年之间的脱钩指数。脱钩程度见表4。

表4 碳排放与经济增长 Tapio 脱钩程度

年份	%ΔGDP	%ΔC	t	状态
以1年为跨度				
2005				
2006	0.1385	0.0468	0.3379	弱脱钩
2007	0.1279	0.0506	0.3956	弱脱钩
2008	0.0868	-0.0671	-0.7730	强脱钩
2009	0.1967	0.1097	0.5577	弱脱钩
2010	0.1389	-0.0436	-0.3139	强脱钩
2011	0.1061	-0.0299	-0.2818	强脱钩

2012	0.1021	-0.0120	-0.1175	强脱钩
2013	0.0933	0.0329	0.3526	弱脱钩
2014	0.0742	-0.0159	-0.2143	强脱钩
2015	0.0484	-0.0448	-0.9256	强脱钩
2016	0.0654	-0.0415	-0.6346	强脱钩
2017	0.0598	-0.0960	-1.6054	强脱钩
2018	0.1065	-0.0630	-0.5915	强脱钩
2019	0.0113	-0.0230	-2.0354	强脱钩
2020	-0.0521	-0.1180	2.2649	衰退性脱钩
以 6 年为跨度				
2005-2010	0.9021	0.0889	0.0985	弱脱钩
2010-2015	0.5011	-0.0694	-0.1385	强脱钩
2015-2020	0.1977	-0.3003	-1.5190	强脱钩

由以 1 年为跨度的脱钩结果显示, 2005–2020 年该区碳排放与经济增长之间均呈正脱钩状态。其中, 26.7% 的样本年份呈弱脱钩状态, 弱脱钩状态主要集中在 2005–2009 年之间, 表明人均二氧化碳排放与人均 GDP 均呈增加趋势且人均二氧化碳排放增加速度慢于人均 GDP 增加速度; 66.7% 的样本年份呈强脱钩状态, 强脱钩状态主要集中于 2010 年之后, 表明人均 GDP 呈增加趋势但人均二氧化碳排放呈降低趋势; 1 个衰退性脱钩样本年份出现于 2020 年, 表明人均二氧化碳排放与人均 GDP 均呈降低趋势, 且人均二氧化碳排放降低速度快于人均 GDP 降低速度。

由以 6 年为跨度的脱钩结果显示, 2005–2020 年人均二氧化碳排放与人均 GDP 之间由 2010 年之前的弱脱钩状态逐渐转变为 2010 年之后的强脱钩状态。2015–2020 年间的脱钩指数绝对值大于 2010–2015 年间的脱钩指数绝对值, 说明在人均 GDP 呈增加趋势的前提下, 该区“十三五”时期人均二氧化碳排放降低速度快于“十二五”时期人均二氧化碳排放降低速度。表明虽然 2010 年之后人均二氧化碳排放与人均 GDP 之间均呈强脱钩状态, 但是“十三五”时期的强脱钩程度要高于“十二五”时期的强脱钩程度。

3.3 数量脱钩与速度脱钩的关系

对比两种分析过程及实证结果, 有以下发现。

2005–2020 年间, 北京市某区二氧化碳排放与经济增长之间 EKC 曲线的“倒 U 型”拐点与 Tapio 弹性强脱钩状态起点出现的时间点非常接近。表明研究时段内数量脱钩与速度脱钩之间具有较强的对应关系。

从分析结果来看, 速度脱钩比数量脱钩更具优势。由 Tapio 弹性速度脱钩结果可知:

该区 2010 年之后的碳排放与经济增长呈强脱钩状态。由于 2015–2020 年间的脱钩指数绝对值大于 2010–2015 年间的脱钩指数绝对值, 可知“十三五”时期的强脱钩程度要高于“十二五”时期的强脱钩程度。表明速度脱钩测度能够根据脱钩指数大小对脱钩程度进行定量描述。

在“十三五”时期碳排放与经济增长呈强脱钩的状态下, 2020 年呈衰退性脱钩状态, 表明速度脱钩能够根据需要灵活选取研究时段以便动态表征碳排放与经济增长之间的关系。

4 结论

环境库兹涅茨曲线数量脱钩显示, 2005–2020 年北京市某区二氧化碳排放与经济增长呈“倒 U 型”, 现阶段处于 EKC “倒 U 型”曲线右侧, 即碳排放与经济增长呈脱钩状态。Tapio 弹性速度脱钩显示, 2005–2020 年该区二氧化碳排放与经济增长之间均呈正脱钩状态, 由 2010 年之前的弱脱钩状态逐渐转变为 2010 年之后的强脱钩状态。实证结果显示数量脱钩 (EKC 曲线) 与速度脱钩 (Tapio 弹性系数法) 之间具有较强的对应关系。

尽管从数量脱钩和速度脱钩分析均表明现阶段北京市某区二氧化碳排放与经济增长之间的脱钩状态非常明显, 但从速度脱钩分析来看仍有动态衰退性脱钩状态出现, 表明未来绿色低碳发展仍面临挑战。

从精准化定量描述脱钩程度以及精细化动态表征方面, 速度脱钩比数量脱钩更具优势。未来可注重脱钩规律和机理研究, 进一步完善分析方法, 为科学碳管理提供有力决策支撑。

参考文献:

- [1] 何洋洋, 魏振香. 工业碳排放与经济增长的关系——基于速度脱钩和数量脱钩的实证研究 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2021, 44(5): 19–29.
- [2] 虞依娜, 陈丽丽. 中国环境库兹涅茨曲线研究进展 [J]. 生态环境学报, 2012, 21(12): 2018–2023.
- [3] Tapio P. Towards a theory of decoupling: Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 [J]. Transport Policy, 2005, 12(2): 137–151.
- [4] 王伟, 蔡博峰. 中国城市碳排放类型与碳管理路径探析 [J]. 城市管理与科技, 2021, 22(05): 18–21.

作者简介:

尚文健 (1982–), 女, 河北廊坊人, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 生态环境监测及综合分析。