

中国烟草产业碳排放脱钩弹性及驱动因素

——基于Tapio脱钩模型与LMDI分析

李汝晴

(烟台大学 经济管理学院, 山东 烟台 264003)

摘要:新发展阶段,明晰烟草产业碳排放与产业增长的关联,厘清烟草碳减排路径,将助力推动烟草领域“双碳”进程。基于2000—2021年中国烟草产业碳排放测算数据,运用Tapio脱钩模型分析中国烟草产业碳排放与产业增长的关系,采用对数平均迪氏指数(LMDI)对碳排放驱动因素进行分解。研究结果显示:2000—2021年中国烟草产业碳排放与产业增长的脱钩状态相对稳定,大多呈现衰退脱钩现象。亩产效应和产业结构效应是碳排放量增加的主要驱动因素,而碳排放强度效应和生产规模效应对碳排放具有抑制作用。建议增加烟草行业的科研投入、优化烟草产业结构、提高亩产效益、制定科学合理的发展规模、推进绿色科技革新等方面开展烟草行业碳减排工作,推动低碳烟草产业高质量发展。

关键词:烟草产业碳排放; Tapio脱钩模型; LMDI模型; 驱动因素

中图分类号:F424 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-9659(2024)03-0082-08

气候变化及碳排放问题一直是全球和学界关注的议题,其核心是人类活动所产生的二氧化碳排放加剧全球暖化的进程。为此,中国在2020年提出“双碳”目标,计划于2030年前达到碳达峰,至2060年实现碳中和,从而展现了中国在应对气候变化的坚定态度^[1]。根据国际能源署(IEA)和国际货币基金组织(IMF)的数据,中国作为全球第二大经济体与主要碳排放源,对降低产业二氧化碳排放并应对碳关税的重视程度更高。作为中国国民经济的主要支柱和重要税源,烟草产业在2022年占全球烟草总销售量的近40%,但其对环境产生的影响不容忽视。一支卷烟,在整个“生命周期”能够排放14克二氧化碳。每年烟草生产释放的温室气体量大约为8400万吨二氧化碳,这等同于向太空发射28万枚火箭所产生的排放量。从种植、收割,再到加工以及烟叶干燥和香烟制造运输环节,都会消耗大量能源并排放二氧化碳。实现“碳达峰”和“碳中和”已成全球共识,因而所有产业,包括烟草产业,都需要采取相应措施降低温室气体排放量。目前,探讨我国烟草产业低碳发展的主要问题有烟草产业碳排放与经济的关系、烟草产业碳排放的驱动因素及应对这些驱动因素的低碳发展路径。文章通过Tapio脱钩模型和LMDI分解法,研究了2000—2021年烟草产业的碳排放趋势、驱动因素并提出了低碳化发展建议。此研究将对农业低碳发展以及经济转型和可持续发展提供参考。

学术界对碳排放与经济增长的脱钩关系及其驱动因素的研究主要集中于国家层面、区域层面和产业层面。在国家层面,金砖国家和美国、德国都运用了Tapio脱钩和LMDI模型来分析碳排放。这些分析揭示了从负脱钩向弱脱钩再到强脱钩的演变趋势。主要的碳排放推动力是经济活动增长率和人口规模,能源使用效率则有抑制影响^[2]。2000—2017年,美国、德国都经历了由强脱钩向弱脱钩过渡,其中能源利用效率降低被确定为减少碳排放的关键因素。能源结构的调整对德国在减轻二氧化碳排放方面更显著,而收入水平的提升则导致德国二氧化碳排放增加大于美国^[3]。巴基斯坦也应用了该模型,发现经济增长是其碳排放增加的主要原因,优化能源组合和提高能源效益可以有效遏止碳排放^[4]。在区域层面,中东地区和我国福建省的

[收稿日期]2023-11-03

[修回日期]2024-02-29

[基金项目]2023年度山东省重点研发计划(软科学)一般项目(2023RKY01016)。

[作者简介]李汝晴(1997-),女,硕士研究生,主要从事农业经济方面研究,E-mail:1336625486@qq.com.

闽三角地区以及郑州经济技术开发区都采用了 LMDI 和 Tapio 脱钩模型来研究碳排放的驱动因素。中东地区人口增长是主要的碳排放推动力,占比 53.89%^[5],而能源效益和补助起到了抑制作用。闽三角虽已改善碳排放状态,但强度脱钩尚低;人均 GDP 和居民数量为碳排放增长的主要影响因素,而优化能源组合和提升使用效益可遏止碳排放^[6]。郑州开发区在 2011—2016 年处于弱脱钩阶段,其中经济规模对碳排放起到抑制作用,提升能源效率则有助于减排^[7]。在产业层面,土耳其交通部门通过 LMDI 分析,揭示经济增长、人口规模及排放强度是碳排放的主要推动力,而运输效率对碳排放有抑制作用^[8]。孟加拉国农业部门采用 Tapio 脱钩模型和 LMDI 方法后,发现在 1990—2017 年,其农业二氧化碳排放与发展多呈现强脱钩和弱脱钩状态,其中人口规模、能源效益和农业经济活动是主要驱动因素,农业结构和能源结构则对碳排放有抑制作用^[9]。我国制造业的 LMDI 分析结果显示,经济增长和产业结构不完善导致碳排放增多,但能源强度对此有抑制作用^[10]。旅游业经 Tapio 脱钩模型、ESDA 和 LMDI 研究,处于弱脱钩状态,其中技术进步是减排的主要推动力,客流规模则是碳排放关键抑制因素。长远看,能源组合调整对减排有益,经济效应对减排贡献较小^[11]。

1 研究方法和数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 脱钩模型

“脱钩”是评估发展模式是否符合低碳要求的关键指标^[12-13]。通过“脱钩”可以更好地理解并反映出经济增长、生态环境以及能源消耗三者之间复杂交织的关系^[14]。当一个国家或地区处于早期阶段,两者往往会同步上升。但随着社会不断进步和技术持续改良,能源使用率开始放缓甚至下降,这种现象被称为“脱钩”。

经济合作与发展组织(OECD)和 Tapio 构建的脱钩模型是两种较为常见且被广泛接受的方法^[15]。相比之下, Tapio 脱钩模型通过弹性分析法来反映变量间的脱钩关系,有效地克服了经济合作与发展组织在基期选择上的困难。同时,由于其侧重对个体年份进行深入剖析,因此在判断脱钩状态演进过程中具有一定优势。因此,在本研究中选用了 Tapio 脱钩模型以探讨烟草产业及其碳排放情况,并根据该理论设立以下计算公式

$$e = \frac{\Delta C/C_0}{\Delta G/G_0} \quad (1)$$

其中, e 是脱钩指数,即我国烟草产业二氧化碳排放量对烟草产业增长的脱钩弹性系数,表示烟草产业碳排放量相对于烟草产业增长(烤烟产量)的变化所呈现出的变化趋势; C_0 是基期烟草产业的碳排放量; G_0 是基期烤烟产量; ΔC 是当期相对于基期的碳排放变化量; ΔG 是当期相对于基期的烤烟产量的变化量。

参照 Tapio 脱钩指标体系,可将烟草产业碳排放量与经济发展的关系界定为三种状态:脱钩状态、连接状态、负脱钩状态。脱钩状态指碳排放量与产业增长之间的相关性较小;连接状态指碳排放量与经济增长之间存在正相关关系;其余状态为负脱钩状态。

当烟草产业持续增长时,如果碳排放的产业增长弹性较小,则说明脱钩效果更为显著,即脱钩程度越高。在所有可能的状态中,最理想的情况是强脱钩状态,即经济活动扩大而二氧化碳释放却减少,并且在此过程中脱钩弹性系数相对较低;反之则是最不利境地——负脱钩状态,即尽管二氧化碳排放量上升但相关行业发展速率下降。

1.1.2 LMDI 分解法

碳排放因素分解方法主要包括结构分解分析(SDA)和指数分解分析(IDA)。尽管 SDA 通常基于投入产出表,但其连续性和完整性受限。相比之下,IDA 利用各行业部门和能源类型的数据进行研究的方式更具灵活性且在能源领域广泛应用。Divisia 指数法与 Laspeyres 指数法是较常用的方法。值得注意的是,对数平均迪式(LMDI)是 Divisia 的对数形式,能有效处理残差项问题并规避伪回归问题。此外,LMDI 模型适用于连续变化数据,拥有显著的驱动效应优势,成为经典的驱动效应因子判定工具。

在对烟草行业碳排放驱动因素进行分析时,可以参考 Yang 等人扩展的 Kaya 恒等式^[16],并结合 LMDI 方法来实施。根据这种方式,可以将我国烟草产业二氧化碳排放情况拆解如下

$$C = \sum C = \sum \frac{C}{G} \frac{G}{T} \frac{T}{P} P = \sum SMUP \quad (2)$$

式中, C 表示烟草产业碳排放量, G 表示烤烟产量, T 表示烟叶产量, P 为烟叶播种面积; S 为碳排放强度,表示

单位烤烟产量的碳排放(C/G); M 为产业结构因素,表示单位烟叶产量的烤烟产量(G/T); U 为烟草亩产水平,表示单位烟叶播种面积的烟叶产量(T/P)。

采用Ang^[17]提出的LDMI模型加法形式^[17],碳排放总量从第0年到第 t 年的变化 ΔC 可以分解为4个因素的影响,即碳排放强度效应(ΔS),产业结构效应(ΔM),烟草亩产效应(ΔU)和生产规模效应(ΔP)。碳排放量分解式为

$$\Delta C = C_t - C_0 = \Delta S + \Delta M + \Delta U + \Delta P \quad (3)$$

式中,碳排放强度效应(ΔS)表示烤烟产量对碳排放的驱动作用;产业结构效应(ΔM)表示产业结构变化对碳排放的驱动作用;烟草亩产效应(ΔU)表示烟草亩产的变化对碳排放的驱动作用;生产规模效应(ΔP)表示生产规模的变化对碳排放的驱动作用。式(3)中各效应的计算公式如下

$$\Delta S = \sum \frac{C_t - C_0}{\ln C_t - \ln C_0} \ln \left(\frac{S_t}{S_0} \right) \quad (4)$$

$$\Delta M = \sum \frac{C_t - C_0}{\ln C_t - \ln C_0} \ln \left(\frac{M_t}{M_0} \right) \quad (5)$$

$$\Delta U = \sum \frac{C_t - C_0}{\ln C_t - \ln C_0} \ln \left(\frac{U_t}{U_0} \right) \quad (6)$$

$$\Delta P = \sum \frac{C_t - C_0}{\ln C_t - \ln C_0} \ln \left(\frac{P_t}{P_0} \right) \quad (7)$$

1.2 数据来源

在我国碳核算数据库(CEADs)中,2021年是烟草加工碳排放量数据可获取的最新年份,鉴于数据的可获得性和分析的全面性,文章以2000—2021年为研究区间,21年的研究周期有利于从长期反映烟草产业与碳排放的脱钩关系,对碳排放的驱动因素分析也更加具有说服力。

烟草产业碳排放量(C)来自我国碳核算数据库(CEADs),烟草产业的烤烟产量(G)、烟草产业的烟叶产量(T)以及烟叶播种面积(P)数据均来自《中国统计年鉴》。烟草产业碳排放量以烟草加工碳排放量的数据为依据。由于烟草加工产业包括了烟草种植、收割、运输、烟草制造等多个环节,这些环节均会产生大量的碳排放,因此,以烟草加工碳排放量的数据作为烟草产业碳排放量的依据可以更全面准确地反映烟草产业对碳排放和气候变化的影响。

2 中国烟草产业碳排放与经济发展脱钩关系

2.1 中国烟草产业碳排放量和烤烟产量

2000—2021年中国烟草产业碳排放量和烤烟产量变化如图1所示。可清晰看出,中国烟草产业碳排放量总体呈现大幅度下降趋势,而烤烟产量整体呈现较为平稳的上升趋势。这说明随着时间的增长,在烤烟产量增加的同时烟草产业碳排放量减少,二者脱钩效果显著。

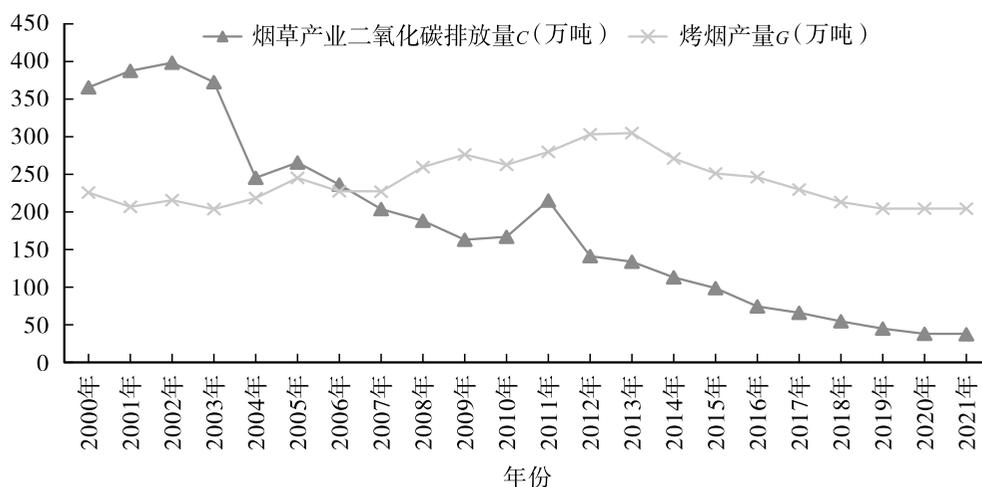


图1 2000—2021年中国烟草产业碳排放量和烤烟产量(单位:万吨)

数据来源:中国碳核算数据库(CEADs)。

2000—2004年,中国烟草产业碳排放出现下降趋势,与此同时,烤烟产量缓慢波动下降。中国烟草产业碳排在2000—2002年呈上升趋势,2002年达到峰值,约398.95万吨,较2000年增加9%,在2003—2004年急剧下降,至2004年低点时减少至64%,约243.67万吨。烤烟产量从2000年的223.8万吨降至2004年的216.27万吨。这意味着烟草产业的发展与烟草产业碳排放已形成脱钩关系,随着烟草产业的缓慢发展,烟草产业碳排放量急剧下降。2004—2013年,中国烟草产业碳排放总体走低,在2011年达到212.98万吨的峰值,而后骤然降至130.48万吨;与此相对,期间的烤烟产量却呈现波动上升趋势,在2013年达到峰值,为304.02万吨。在2013年中国烟草产业碳排放大幅度下滑,而烤烟产量却大幅度上升,其主要原因是2013年政府加大了对烟草行业的监管力度,采用更加严格的环保政策和标准,促使烟草加工企业进行技术进步,新的加工技术和设备的应用使得加工过程更为节能,从而减少碳排放,达到降低碳排放的目标。2013—2021年,中国烟草产业碳排放及烤烟产量同步下降,碳排在2021年降至32.62万吨;烤烟产量亦逐年减少,2021年降至202.07万吨。这主要是因为2021年新型替代烟草产品(如电子烟)的市场份额增大,部分取代了传统烟草,导致中国烟草产业碳排放和烤烟产量下滑。

2.2 我国烟草产业碳排放与产业发展的脱钩状态

2000—2021年中国烟草产业碳排放与产业增长处于脱钩状态(表1)。由表1可知,2000—2021年中国烟草产业碳排放与产业增长的脱钩状态较为稳定,大多呈现衰退脱钩的状态。

表1 2000—2021年中国烟草产业碳排放与产业增长脱钩状态表

年份	$\Delta C/C_0$	$\Delta G/G_0$	e	脱钩状态
2000—2001	0.061	-0.086	-0.707	强负脱钩
2001—2002	0.028	0.044	0.646	弱脱钩
2002—2003	-0.066	-0.056	1.168	衰退连接
2003—2004	-0.346	0.073	-4.716	强脱钩
2004—2005	0.085	0.126	0.672	弱脱钩
2005—2006	-0.113	-0.074	1.525	衰退脱钩
2006—2007	-0.141	-0.003	56.702	衰退脱钩
2007—2008	-0.078	0.148	-0.528	强脱钩
2008—2009	-0.138	0.065	-2.112	强脱钩
2009—2010	0.025	-0.050	-0.493	强负脱钩
2010—2011	0.298	0.067	4.471	扩张负钩
2011—2012	-0.352	0.085	-4.131	强脱钩
2012—2013	-0.055	0.006	-9.679	强脱钩
2013—2014	-0.162	-0.113	1.432	衰退脱钩
2014—2015	-0.133	-0.075	1.776	衰退脱钩
2015—2016	-0.260	-0.020	12.912	衰退脱钩
2016—2017	-0.123	-0.068	1.804	衰退脱钩
2017—2018	-0.186	-0.074	2.514	衰退脱钩
2018—2019	-0.196	-0.042	4.677	衰退脱钩
2019—2020	-0.174	0.000	-701.765	强脱钩
2020—2021	-0.020	-0.000	44.540	衰退脱钩

数据来源:中国烟草产业碳排放量数据来源于中国碳核算数据库(CEADs);中国烤烟产量数据来源于国家统计局。

2001—2003年,中国烟草产业的碳排放与产业发展关系从强负脱钩到弱脱钩再到衰退连接。2001年,烟草产业发展缓慢,碳排放却增加,其主要原因是使用能效低的过时设备。2002年,随着烟草产业快速发

展,碳排放也有所增长,表明产业增长与碳排放不尽然脱钩。2003年,烟草产业衰退,烟草产业碳排放量下降,体现了宏观经济和社会环境的影响。2004—2009年,中国烟草产业碳排放与产业发展经历了强脱钩、弱脱钩以及衰退脱钩的阶段。2004年,由于接纳了更高效的环保生产方式如烘烤技术和节能设备,产业增长期间碳排放降低。2005年,业内面临的产量增长压力使得在追求增长的同时碳排放有所上升。2006—2007年,由于清洁能源价格相对较高,烟草产业采用了能源成本较低的化石燃料,造成产业衰退期间碳排放上升。2008—2009年,烟草产业开始转向使用清洁能源,如天然气、太阳能和风能,导致产业增长与碳排放再次强脱钩。2010—2011年,中国烟草产业的碳排放与产业发展呈负脱钩状态。2010年,产业衰退,碳排放缓降。主要原因是经济效益下降、环保政策实施不力及企业自我调整限制了碳排放减少。2011年,产业增长,碳排放增加。规模扩张、环保忽视及供应链管理欠佳可为原因。该阶段凸显了政策执行及供应链管理在碳排放控制中的重要性。2012—2021年,中国烟草产业碳排放与产业增长呈脱钩状态,为强脱钩和衰退脱钩两种交替变化的阶段。2012—2013年,由于技术创新、生产流程优化以及环保消费趋势,产业增长的同时碳排放下降。2014—2019年,由于技术创新放缓、管理政策执行滞后、市场环境变化等原因,产业在衰退时碳排放反而增加。2020年,全球新冠肺炎疫情对烟草产业产生了影响,导致生产减缓,进而降低了碳排放。到2021年,全球经济在复苏阶段仍面临多个挑战,同时,消费者的行为模式发生改变,对健康的关注有所增强,从而降低了烟草产品的需求。

3 烟草产业碳排放驱动因素的LMDI分解

依据式(4)~(7)可得,2000—2021年中国烟草产业碳排放的加法LMDI分解结果如表2、图2所示。

表2 中国烟草产业碳排放的加法LMDI分解结果

(单位:万吨)

年份	总效应(ΔC)	碳排放强度效应(ΔS)	产业结构效应(ΔM)	亩产效应(ΔU)	生产规模效应(ΔP)
2000—2001	22.26	56.19	-2.76	-4.67	-26.50
2001—2002	11.03	-5.91	1.04	19.44	-3.54
2002—2003	-26.27	-3.89	8.64	-12.21	-18.82
2003—2004	-129.01	-150.51	2.15	19.06	0.29
2004—2005	20.62	-9.49	2.44	8.87	18.79
2005—2006	-29.79	-10.66	2.93	11.99	-34.05
2006—2007	-33.02	-32.48	2.44	-1.33	-1.65
2007—2008	-15.74	-42.42	1.46	6.22	19.00
2008—2009	-25.59	-36.51	-1.32	8.67	3.56
2009—2010	3.97	12.36	-1.11	-4.89	-2.39
2010—2011	48.86	36.77	1.42	-4.24	14.91
2011—2012	-74.94	-89.06	0.38	-1.04	14.79
2012—2013	-7.56	-8.31	1.86	-1.75	0.65
2013—2014	-21.11	-6.77	0.38	-2.22	-12.50
2014—2015	-14.52	-6.60	-1.67	4.77	-11.02
2015—2016	-24.64	-22.98	1.56	-0.17	-3.06
2016—2017	-8.62	-3.98	0.20	-0.46	-4.38
2017—2018	-11.48	-7.19	-0.67	0.09	-3.70
2018—2019	-9.84	-7.91	-0.14	-0.44	-1.35
2019—2020	-6.99	-7.00	0.34	0.12	-0.46
2020—2021	-0.66	-0.65	0.08	-0.07	-0.03
合计	-333.04	-347.00	19.68	45.74	-51.46

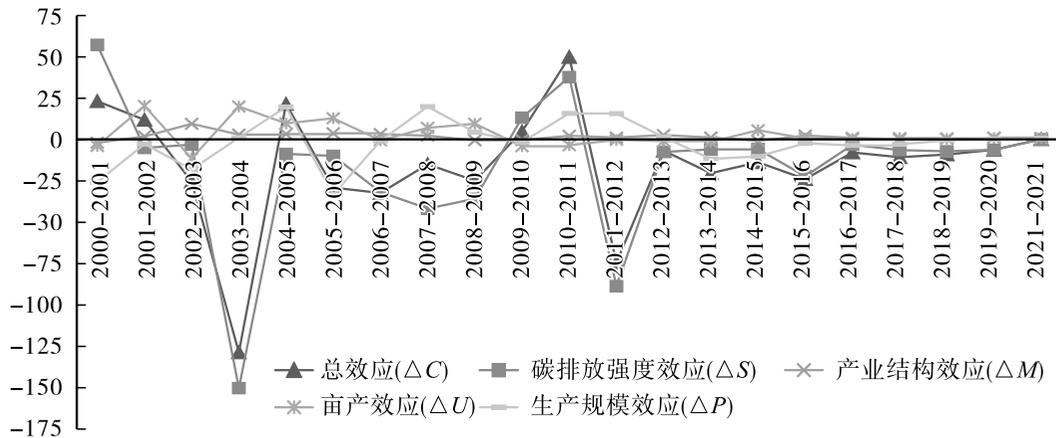


图2 中国烟草产业碳排放的加法LMDI分解结果

3.1 碳排放强度效应

烟草产业的碳排放强度效应波动明显。2001年达到峰值,碳排放为56.19万吨,主要是因为普遍使用陈旧和能源密集型技术,导致单位产出碳排放高。2004年下降至最低,碳排放为-150.51万吨,这是因为优化了能源结构,减少对高碳煤炭的使用,增加清洁能源利用。2011年碳排放强度大幅回升,到2012年又大幅下降至-89.06万吨,反映了全球对环保问题关注度增强,烟草产业受到国际舆论和市场压力后,逐步提高减排响应。

3.2 产业结构效应

产业结构效应对碳排放量整体呈平缓趋势。2001年为最低值,产业结构效应的碳排放为-2.76万吨。其主要原因是优化了生产流程。通过优化生产流程,烟草产业在提高生产效率的同时,实现了更低的碳排放。2003年碳排放峰值为8.64万吨,主要受市场需求特征和生产规模扩大的影响。如当市场对环保、低碳产品需求低,产业对改善产业结构缺乏动力。此外,大规模生产通常意味着更多能源和资源消耗,若未配合高能源效率和低碳技术,将导致碳排放增加。

3.3 亩产效应

亩产效应对碳排放波动明显,前期起伏大且后期平缓。2002年碳排放最高,为19.44万吨,是因为土地利用增加和尚未引入节能的环保技术或生产方式。2003年碳排放降至最低,为-12.21万吨,得益于烟草产业新技术的采用,如高效栽培、优良种质和科学施肥等,以及政策引导和支持,如严格环保要求、奖励低碳生产、限制高污染栽培等。这些因素都推动了单位产出碳排放的降低。

3.4 生产规模效应

生产规模效应对碳排放整体影响显著。2006年其对碳排放贡献最低,为-34.05万吨,主要得益于有效的生产流程管理和优化,如减少能源浪费、提高利用率并有效管理碳排放。而2008年其贡献最高,达19万吨,因烟草产业生产规模扩大,导致能源消耗和碳排放增加。加之这一年烟草产业主要依赖碳密集煤炭能源,而非清洁能源进一步促成碳排放增加。

4 结论与建议

4.1 结论

文章旨在探讨烟草产业碳排放与经济关联趋势及碳排放增长的关键因素。通过对2000—2021年烟草产业碳排放量化分析,运用Tapio脱钩模型研究其与经济发展的关系。同时,利用LMDI模型分析影响碳排放的主要驱动因素,并得出以下结论。

第一,中国烟草产业碳排放呈显著下降趋势。与烟草产业发展的关系呈前期强脱钩后期衰退脱钩特征,即早期烟草产业发展但碳排放减少,而后期烟草产业衰退碳排放反升。

第二,产业结构效应和亩产效应均为碳排放增长的正向驱动因素,但亩产效应驱动程度为产业结构效应的2.32倍,为主导因素。2002年,亩产效应对碳排放的贡献最高,达19.44万吨。而产业结构效应在2003年

达到对碳排放贡献最高值,为8.64万吨。

第三,碳排放强度效应和生产规模效应都是碳排放增长的负向驱动因素,其中碳排放强度效应为主导。2000—2021年对碳减排的贡献达最高值,为347万吨,是生产规模效应的6.74倍。2004年和2006年,碳排放强度效应和生产规模效应贡献碳减排最高,贡献值分别为150.51万吨和34.05万吨。

4.2 建议

文章采用LMDI全面分析模型,将中国烟草产业的碳排放影响因素划分为四类:碳排放强度效应、产业结构效应、亩产效应、生产规模效应。通过对2000—2021年我国烟草产业碳排放的特性以及驱动因素的深入研究,提出以下建议:

第一,加大烟草产业的科研投入,减少能源总消耗。尽管初步实现了烟草产业发展和碳排放脱钩,但在烟草产业衰退阶段的碳排放反升现象令人警觉。烟草企业在推进“双碳”过程中一定要关注、参与、应用技术创新成果^[18],淘汰落后的生产设备以提高烟草产业的能源使用效率,降低烟草产业的总体能耗水平。可通过引进先进节能环保技术,推广先进清洁生产技术,刺激行业节能水平的提高^[19],从而提高能源利用率。

第二,优化烟草产业结构,提高亩产效应。为了应对碳排放增长的正向驱动因素,应当对产业结构进行创新性调整,建立多元化的能源供应体系^[20],减少煤炭消耗,鼓励发展可再生能源利用技术和更具节能效率的生产方式^[21],实现能源结构低碳化发展。此外,利用技术进步和优质种植管理,提高亩产效率,从源头上减少碳排放。

第三,制定科学合理的生产规模,推动绿色科技创新。由于生产规模效应是碳排放增长的负向驱动因素,所以烟草产业应改进无土栽培和精准施肥等绿色推广技术来优化生产规模^[22]。同时,采用更先进的烟草花期调控和烟叶营养差异调控等技术,有序引导烟草产业的绿色发展,最终提高资源效率,优化产业结构和层次,在投入不变的情况下,实现提高单位面积烟叶的产量和质量的目标^[23]。

参考文献:

- [1] 王灿,张雅欣. 碳中和愿景的实现路径与政策体系[J]. 中国环境管理, 2020, 12(06): 58-64.
- [2] 王杰,李治国,谷继建. 金砖国家碳排放与经济增长脱钩弹性及驱动因素——基于Tapio脱钩和LMDI模型的分析[J]. 世界地理研究, 2021, 30(03): 501-508.
- [3] KOILAKOU E, HATZIGEORGIOU E, BITHAS K. Carbon and Energy Intensity of the USA and Germany. LMDI Decomposition Approach and Decoupling Analysis[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2023, 30(05): 12412-12427.
- [4] YASMEEN H, WANG Y, ZAMEER H, et al. Decomposing Factors Affecting CO₂ Emissions in Pakistan: Insights From LMDI Decomposition Approach[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2020, 27(09): 3113-3123.
- [5] KOUYAKHI N R. CO₂ Emissions in the Middle East: Decoupling and Decomposition Analysis of Carbon Emissions, and Projection of Its Future Trajectory[J]. Science of the Total Environment, 2022, 845: 157-182.
- [6] 侯丽朋,王琳,钱瑶,等.“双碳”目标下闽三角碳排放脱钩状态及驱动机制分析[J]. 生态学报, 2022, 42(23): 9663-9676.
- [7] 陈四瑜,刘晶茹,孙光明. 基于脱钩指数的工业园区碳排放与经济发展关系[J]. 环境科学, 2023, 44(11): 6412-6420.
- [8] ISIK M, SARICA K, ARI I. Driving Forces of Turkey's Transportation Sector CO₂ Emissions: An LMDI approach[J]. Transport Policy, 2020, 97: 210-219.
- [9] HOSSAIN M A, CHEN S. The Decoupling Study of Agricultural Energy-driven CO₂ Emissions from Agricultural Sector Development[J]. International Journal of Environmental Science and Technology, 2022, 19(05): 4509-4524.
- [10] 刘小丽,王永利. 基于LMDI分解的中国制造业碳排放驱动因素分析[J]. 统计与决策, 2022, 38(12): 60-63.
- [11] 翁钢民,李聪慧,潘越,等. 中国旅游业碳排放脱钩效应及影响因素研究[J]. 地理与地理信息科学, 2021, 37(02): 114-120.
- [12] LIU L L, DING D H, HE J. Fiscal Decentralization, Economic Growth, and Haze Pollution Decoupling Effects: A Simple Model and Evidence from China[J]. Computational Economics, 2019, 54(04): 1423-1441.
- [13] SHI Y B, ZHAO X X, JANG C L, et al. Decoupling Effect Between Economic Development and Environmental Pollution: A Spatial-temporal Investigation Using 31 Provinces in China[J]. Energy & Environment, 2019, 30(05): 755-775.
- [14] 薛建春,曹力博. 基于脱钩指数和LMDI模型的黄河流域能源低碳发展研究[J]. 前沿, 2023, (01): 70-79.
- [15] 杨浩,卢新海,匡兵,等. 城市紧凑度与碳排放强度的时空互动关系及驱动因素——以长株潭城市群为例[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(11): 2618-2629.

- [16] YANG J, CAI W, MA M, et al. Driving Forces of China's CO₂ Emissions from Energy Consumption Based on Kaya-LMDI Methods[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 711: 134-569.
- [17] ANG B W. The LMDI Approach to Decomposition Analysis: A Practical Guide[J]. *Energy Policy*, 2005, 33(07): 867-871.
- [18] 朱晓波, 范铁军. 中国钢铁正加速推进绿色低碳转型[N]. *中国冶金报*, 2023-03-30(002).
- [19] WANG X, LU C, SHI B, et al. Decomposition Analysis, Decoupling Status, and Future Trends of Energy Consumption in China's Iron and Steel Industry[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2022, 26: 885-908.
- [20] 张琦, 沈佳林, 许立松. 中国钢铁工业碳达峰及低碳转型路径[J]. *钢铁*, 2021, 56(10): 152-163.
- [21] ZHANG J, SHEN J, XU L, et al. The CO₂ Emission Reduction Path Towards Carbon Neutrality in the Chinese Steel Industry: A Review[J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2023, 99: 107-109.
- [22] 曲余玲, 狄嫣, 邢娜. 碳达峰、碳中和对钢铁行业的影响及路径分析[J]. *冶金经济与管理*, 2021, (04): 36-38.
- [23] 上官方钦, 刘正东, 殷瑞钰. 钢铁行业“碳达峰”“碳中和”实施路径研究[J]. *中国冶金*, 2021, 31(09): 15-20.

Elasticity and Driving Factors of Carbon Emission Decoupling in China's Tobacco Industry

——Based on the Tapio Decoupling Model and LMDI Analysis

LI Ru-qing

(*School of Economics and Management, Yantai University, Yantai, Shandong, 264003, China*)

Abstract: In the new development stage, clarifying the correlation between carbon emissions of tobacco industry and industry growth and identifying the pathways for tobacco industry carbon emission reduction will aid in achieving high-quality development of the tobacco industry and promoting the 'dual carbon' process in the tobacco field. Based on the carbon emission calculation data of China's tobacco industry from 2000 to 2021, Tapio decoupling model is used to analyze the relationship between carbon emissions and industry growth in China's tobacco industry, and employ the Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) to decompose the driving factors of carbon emissions. Research findings indicate that between 2000 and 2021, the decoupling status of carbon emissions and industry growth in China's tobacco industry has been relatively stable, exhibiting declinatory decoupling in most instances. The per-acre yield effect and industrial structure effect are the primary drivers of increased carbon emissions, whereas carbon emission intensity effect and production scale effect have a suppressing effect on carbon emissions. Recommendations for increasing research investment in the tobacco industry, optimizing the structure of the tobacco industry, improving yield per unit area, formulating a scientifically reasonable development scale, and promoting green technological innovation to carry out carbon emission reduction work in the tobacco industry, thereby aiding the high-quality development of the low-carbon tobacco industry.

Keywords: Tobacco industry carbon emissions; Tapio decoupling model; LMDI model; Driving factors