

# 基于 LMDI 的中国工业行业碳排放脱钩分析

涂红星<sup>1,2</sup>, 肖序<sup>1</sup>, 许松涛<sup>3</sup>

(1. 中南大学商学院, 湖南长沙, 410083; 2. 湖北理工学院经济与管理学院, 湖北黄石, 435003;  
3. 九江学院会计学院, 江西九江, 332005)

**摘要:** 基于 Tapio 模型, 利用 1994—2010 年中国工业行业面板数据, 实证研究了工业经济增长与碳排放的脱钩关系, 并运用 LMDI 方法对影响碳排放强度变化的主要因素进行了解析。研究发现, 2000 年之后中国工业经济增长与碳排放趋于稳定的弱脱钩状态, 波动性很小; 能耗脱钩因子对工业碳排放脱钩表现出持续的正效应, 对脱钩的影响力要远大于排放脱钩因子; 能源强度下降是推动中国工业碳减排的关键, 能源结构红利和工业结构红利尚未出现。在此基础上, 对中国工业碳排放脱钩历程及其影响因素的不同效应进行了经济解释, 并提出发展低碳经济的相关建议。

**关键词:** 工业行业; 碳排放; 脱钩分析; Tapio 模型; LMDI 方法

**中图分类号:** F062.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-3104(2014)04-0031-06

21 世纪以来, 中国工业再次重型化趋势驱动着经济快速增长, 经济总量占世界份额由 2002 年的 4.4% 提高到 2011 年的 10% 左右, 对世界经济增长的累积贡献率超过 20%。但一个不容忽视的问题是, 经济繁荣背后所面临的巨大资源和环境压力。国家能源局统计数据显示, 2012 年我国一次能源消耗总量达到 36.2 亿吨标准煤, 比 2011 年增长 4%, 赶超世界能源消费第一大国美国。UK Tydall Centre 研究报告表明, 中国人均碳排放水平低于欧美, 但接近全球 30% 的碳排放总量位居世界第一。从这些数据可以看出, 能源驱动型经济增长已经给我国生态环境带来严重后果, 节能减排形势不容乐观。在这种背景下, 研究中国工业经济增长与碳排放之间的复杂关系, 逐渐成为学术界和决策者关注的热点。

## 一、相关文献回顾

从现有文献来看, 对碳排放问题的研究大致有两类: 一类是采用不同分解技术对影响碳排放的因素进行分解, 另一类是运用 Tapio 模型测度经济增长与碳排放的脱钩关系。其中代表性的有: 陈诗一采用 LMDI

方法对改革开放以来中国工业全行业二氧化碳排放强度变化的主要原因进行分解, 发现能源强度降低是碳排放强度波动下降的决定因素<sup>[1]</sup>。赵志耘和杨朝峰利用生产和生活部门化石能源消费量和水泥生产量数据, 建立 LMDI 分解模型, 对影响中国碳排放变化的因素进行分解<sup>[2]</sup>。王峰等采用对数平均 Divisia 分解法对中国 6 大产业部门影响碳排放因素进行分解, 发现人均 GDP 是最大驱动因素<sup>[3]</sup>。涂正革和肖耿利用中国 30 个省市地区规模以上工业企业数据, 运用环境生产前沿函数解析出中国工业增长的源泉<sup>[4]</sup>。齐静和陈彬采用脱钩分析法研究重庆市工业部门经济增长、能源消耗和碳排放之间的关联特征, 并构建脱钩稳定性指标对脱钩状态的波动情况进行评价<sup>[5]</sup>。王欢芳和胡振华引入节能弹性中间变量构建 Tapio 脱钩模型, 对中国 28 个制造行业二氧化碳脱钩弹性和节能弹性进行了实证研究<sup>[6]</sup>。仲云云和仲伟周同时采用脱钩和 LMDI 分解模型, 研究中国碳排放的区域差异以及 9 类驱动因素的影响<sup>[7]</sup>。张建华和鞠晓峰提出了针对石化产业的解耦状态模型, 并运用 LMDI 分解法构建石化产业二氧化碳排放的影响因素模型<sup>[8]</sup>。邵桂兰和陈令杰分析了山东省经济增长与碳排放的脱钩关系, 并对每个因子的脱钩影响力作出定量评价<sup>[9]</sup>。

收稿日期: 2014-01-23; 修回日期: 2014-03-29

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(11&ZD166); 国家自然科学基金项目(71362017); 湖南省社会科学基金重点项目(12ZDB60)

作者简介: 涂红星(1976-), 男, 湖北黄石人, 湖北理工学院经济与管理学院讲师, 中南大学商学院博士研究生, 主要研究方向: 循环经济与低碳经济; 肖序(1954-), 男, 湖南永州人, 中南大学商学院教授, 博士生导师, 主要研究方向: 循环经济价值流分析; 许松涛(1973-), 男, 江西九江人, 博士, 九江学院会计学院副教授, 主要研究方向: 环境财务管理

通过文献梳理不难发现,大多数研究仅局限于某个区域或某些产业,并没有把研究范围扩展到整个宏观层面,而且时间跨度一般都比较短,要想更深入研究中国工业碳排放问题,有必要依据中国工业减排历史进程,在时间和空间维度上进行扩展。本文将在现有文献研究的基础上,进行以下两个方面探索:①在考察中国工业经济增长与碳排放脱钩关系基础上,对全行业碳排放的脱钩稳定性以及每个因子的脱钩影响力作出定量评价;②将Tapio脱钩模型和LMDI分解方法相结合,从工业全行业碳排放脱钩状态到影响碳排放的主要因素进行一个全方位研究,旨在挖掘中国工业碳排放脱钩状态及其影响因素变化后的历史经验,并给出一个合理的经济解释。

## 二、研究设计

### (一) Tapio 脱钩模型

Carter首次采用Decoupling(脱钩或解耦)这一物理学概念形容能源消耗与经济增长之间的响应关系<sup>[10]</sup>。Tapio将经济学上的弹性概念引入到脱钩理论,进一步提出了脱钩弹性概念<sup>[11]</sup>。本文借鉴Tapio的研究思路,构建中国工业经济增长与碳排放之间的脱钩理论模型,在引入能源消耗(E)中间变量的基础上,将工业二氧化碳排放(CO<sub>2</sub>)与工业总产值(G)之间的脱钩弹性 $\varepsilon(\text{CO}_2, G)$ 进行因子分解,得到排放脱钩因子 $\varepsilon(\text{CO}_2, G)$ 和能耗脱钩因子 $\varepsilon(E, G)$ ,具体分解过程如下:

$$\varepsilon(\text{CO}_2, G) = \frac{\% \Delta \text{CO}_2}{\% \Delta G} = \frac{\% \Delta \text{CO}_2}{\% \Delta E} \times \frac{\% \Delta E}{\% \Delta G} = \varepsilon(\text{CO}_2, E) \times \varepsilon(E, G) \quad (1)$$

Tapio模型的因果链分解能有效测度多变量间的解耦关系,但不能真实反映出单个因子对脱钩的影响力。为了测度排放脱钩因子和能耗脱钩因子的脱钩影响力,本文构建如下对数函数的因子影响力评价模型:

$$\pi_{\varepsilon(i)} = \begin{cases} \log_{\varepsilon(\text{CO}_2, G)} \varepsilon(i), & 0 < \varepsilon(\text{CO}_2, G) < 1 \\ -\log_{\varepsilon(\text{CO}_2, G)} \varepsilon(i), & \varepsilon(\text{CO}_2, G) > 1 \end{cases} \quad [ \varepsilon(i) \text{ 为 } \varepsilon(\text{CO}_2, E) \text{ 或 } \varepsilon(E, G), \varepsilon(i) > 0 ] \quad (2)$$

大量研究表明,处于工业化中期的中国工业经济增长与碳排放之间呈现出多种脱钩、复钩的波动状态。因此,有必要对脱钩状态的稳定性作出评价。在相关研究基础上,本文提出如下脱钩稳定性指标 $\delta$ :

$$\delta = \frac{1}{N-1} \sum \left| \frac{\varepsilon(i+1) - \varepsilon(i)}{\varepsilon(i)} \right| \quad (3)$$

上式中,  $N$ 表示样本总数,  $i=1, 2, 3, \dots, N-1$ ,  $\varepsilon(i)$ 表示第*i*期脱钩弹性。该指标反映脱钩状态的波动性大小,  $\delta$ 值越大表示脱钩状态的稳定性越差,波动性越大,反之亦然。

### (二) LMDI 分解法

为了对工业碳排放的脱钩变化原因做出一个合理解释,本文运用LMDI法对二氧化碳排放强度进行因子分解,解析出碳排放系数、能源结构、能源强度和工业结构等4个因子环比指数。首先,根据Kaya恒等式构造工业全行业二氧化碳排放强度公式:

$$CI = \frac{\sum_{ij} C_{ij}}{Y} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \cdot \frac{E_{ij}}{E_i} \cdot \frac{E_i}{Y_i} \cdot \frac{Y_i}{Y} = \sum_{ij} EC_{ij} \cdot ES_{ij} \cdot EI_i \cdot S_i \quad (4)$$

然后,按照LMDI乘积分解法,将排放强度环比发展指数进行如下分解:

$$RCI = \frac{CI^t}{CI^{t-1}} = RCI_{ec} \cdot RCI_{es} \cdot RCI_{ei} \cdot RCI_s = \exp \left[ \sum_{ij} \frac{CI_{ij}^t / Y^t - CI_{ij}^{t-1} / Y^{t-1}}{\ln(CI_{ij}^t / Y^t) - \ln(CI_{ij}^{t-1} / Y^{t-1})} \ln \left( \frac{EC_{ij}^t}{EC_{ij}^{t-1}} \right) \right] \cdot \exp \left[ \sum_{ij} \frac{CI_{ij}^t / Y^t - CI_{ij}^{t-1} / Y^{t-1}}{\ln(CI_{ij}^t / Y^t) - \ln(CI_{ij}^{t-1} / Y^{t-1})} \ln \left( \frac{ES_{ij}^t}{ES_{ij}^{t-1}} \right) \right] \cdot \exp \left[ \sum_{ij} \frac{CI_{ij}^t / Y^t - CI_{ij}^{t-1} / Y^{t-1}}{\ln(CI_{ij}^t / Y^t) - \ln(CI_{ij}^{t-1} / Y^{t-1})} \ln \left( \frac{EI_i^t}{EI_i^{t-1}} \right) \right] \cdot \exp \left[ \sum_{ij} \frac{CI_{ij}^t / Y^t - CI_{ij}^{t-1} / Y^{t-1}}{\ln(CI_{ij}^t / Y^t) - \ln(CI_{ij}^{t-1} / Y^{t-1})} \ln \left( \frac{S_i^t}{S_i^{t-1}} \right) \right] \quad (5)$$

其中*t*和*t-1*表示相邻的两期,公式(4)和(5)中的变量符号及含义详见表1。

表1 变量说明

变量符号	含义	计算公式
CI	二氧化碳排放强度	-
Y	工业总产值	-
Y <sub>i</sub>	第 <i>i</i> 个行业工业总产值	-
C <sub>ij</sub>	第 <i>i</i> 个行业第 <i>j</i> 类能源二氧化碳排放量	-
E <sub>ij</sub>	第 <i>i</i> 个行业第 <i>j</i> 类能源消耗量	-
E <sub>i</sub>	第 <i>i</i> 个行业能源消耗总量	-
EC <sub>ij</sub>	碳排放系数指数	EC <sub>ij</sub> =C <sub>ij</sub> /E <sub>ij</sub>
ES <sub>ij</sub>	能源结构指数	ES <sub>ij</sub> =E <sub>ij</sub> /E <sub>i</sub>
EI <sub>i</sub>	能源强度指数	EI <sub>i</sub> =C <sub>i</sub> /Y <sub>i</sub>
S <sub>i</sub>	工业结构指数	S <sub>i</sub> =Y <sub>i</sub> /Y

### (三) 数据说明

本文所涉及的主要变量为中国 38 个两位数工业行业总产值、能源消费量和二氧化碳排放量, 其中工业总产值、能源消费量数据根据历年《中国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》整理而得。各种统计年鉴中并没有直接提供二氧化碳排放量的相关数据, 需要进行估算。鉴于目前国内外对碳排放的测算技术已经很成熟, 本文参考陈诗一关于二氧化碳排放系数  $\sigma_j$  的估算方法<sup>[12]</sup>, 详见表 2。

## 三、实证结果与分析

### (一) 中国工业行业二氧化碳排放量测算

本文以三种主要化石燃料能源(煤炭、原油和天然气)为基准, 参照联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)提供的计算方法来估算工业二氧化碳排放量, 计算公式如下:

$$\text{CO}_2\text{排放量} = \sum_{j=1}^3 C_j = \sum_{j=1}^3 E_j \cdot \sigma_j = \sum_{j=1}^3 E_j \cdot NCV_j \cdot CEF_j \cdot COF_j \cdot \left(\frac{44}{12}\right) \quad (6)$$

图 1 和图 2 分别给出了 1994—2010 年中国工业能源消耗和二氧化碳排放的测算结果。从时间演化趋势上看, 两者之间呈现出高度一致性。在整个研究期间, 1996 和 2001 年是两个重要的时间节点。从 1996 年到本世纪初, 工业能源消耗和碳排放在此前一直上升的基础上首次出现了短暂的下降或停滞增长。而到了 2001 年之后, 这两个系列均开始步入快速拉升阶段。其中, 工业碳排放从 2001 年 32.05 亿吨一路飙升到 2010 年的 77.11 亿吨, 增幅达到 58.4%。

### (二) 中国工业行业碳排放脱钩分析

从表 3 可以看出, 中国工业经济增长与碳排放脱钩大致经历了 3 个主要阶段: 1995—1996 年的弱脱钩, 1997—1999 年短暂的强脱钩, 2000—2010 年漫长的弱脱钩。除了 1997—1999 这三年, 中国工业经济增长与碳排放长期处于弱脱钩状态, 即工业总产值与碳排放均同期增长, 但前者增长速度要快于后者。碳排放脱

钩程度与国家宏观经济调控的政策走向密切相关, 20 世纪 90 年代中后期中国开始推行节能减排政策, 实施了对国有企业抓大放小改革, 关停并转一大批以小煤矿为代表的排放密集型小企业, 对工业能源消耗的减少直接导致碳排放出现较大幅度下降。尤其是在 1997 年, 二氧化碳排放出现 1.8% 的负增长情况下, 工业总产值仍保持着 12.43% 的增长速度, 呈现出理想的强脱钩状态。直到 1998 年国家调控政策效果才开始显现, 工业总产值首度出现了 67.9% 的负增长, 工业经济增长与碳排放从强脱钩转变为弱负脱钩, 但经过短暂的一年调整期之后又重新回到了强脱钩状态。进入到 21 世纪, 中国再次出现了重工业化倾向, 能源消耗的剧烈增长带来碳排放持续走高。由于该时期工业总产值一直保持着强劲的增长势头, 而且增长速度一直都领先于碳排放增长速度, 使得工业经济增长与碳排放处于长期的弱脱钩状态。

为了评价排放脱钩因子和减排脱钩因子在脱钩中的地位和作用, 利用公式(2)分别测算出两因子的脱钩影响力。由表 3 可知, 排放脱钩因子的影响力方向变化不定, 时正时负。有时对工业经济增长与碳排放脱钩起促进作用, 有时起阻碍作用, 但这种促进或阻碍的作用力都很小; 相反, 能耗脱钩因子表现出持续的正效应, 而且对脱钩的影响力远大于排放脱钩因子。这些研究结果表明, 提高工业经济增长与碳排放的脱钩水平重点在于节能, 而不是一味地强制性减排。在我国现阶段, 优化能源结构、提高能源效率才是实现工业碳排放从弱脱钩向强脱钩转变的关键所在。

综上所述, 中国工业经济增长与碳排放交替呈现出多种复杂的脱钩和复钩状态, 因此有必要对脱钩状态的波动情况进行考察。根据公式(3)计算出各年份的脱钩稳定性指标, 结果如图 3 所示。在研究期间, 中国工业碳排放脱钩稳定性指标介于 0—0.35 之间, 脱钩状态总体较为平稳。相比较而言, 1998—2000 这三年间脱钩的波动性较大, 因为在此期间, 中国工业经历着从弱脱钩→强脱钩→弱脱钩的剧烈变化过程。直到 2001 年之后, 工业碳排放的弱脱钩状态基本趋于稳定, 波动性很小, 碳排放以更小的增长速度驱动着工业经济的平稳增长。

表 2 二氧化碳排放系数  $\sigma_j$  估算

能源名称 (单位)	平均低热发热量 $NCV_j$ (千焦/千克、立方米)	IPCC(2006)碳排放因子 $CEF_j$ (千克/吉焦)	碳氧化因子 $COF_j$	能源折算标准煤系数 (千克标准煤/千克、立方米)	$\text{CO}_2$ 排放系数 $\sigma_j$ (千克/千克标准煤)
原煤	20 908	26	0.99	0.714 3	2.763
原油	41 816	20	1	1.428 6	2.145
天然气	38 931	15.3	1	1.33	1.642

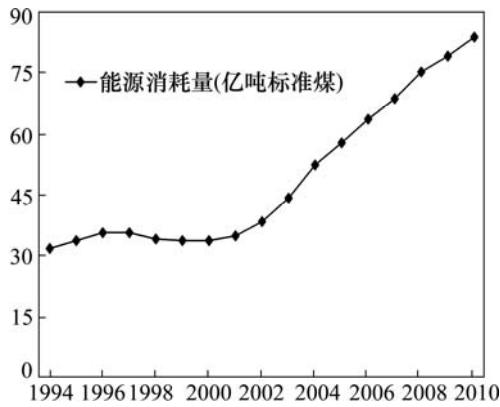


图1 工业能源消耗总量(1994—2010)

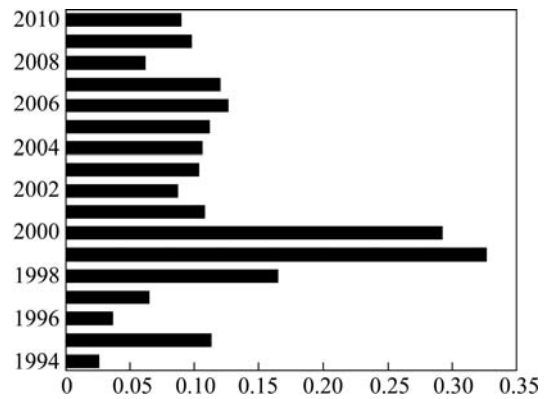


图3 中国工业行业脱钩稳定性分析(1994—2010)

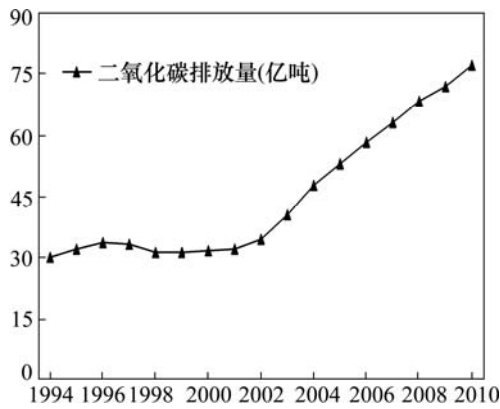


图2 工业二氧化碳排放总量(1994—2010)

(三) 中国工业行业碳排放脱钩原因分析

根据 Tapio 脱钩状态及其波动情况的研究结果, 本文将中国工业碳排放脱钩划分为 3 个主要阶段, 并利用公式(5)对影响工业碳排放脱钩的主要因素进行分解。由于 3 种能源的碳排放系数是固定不变的, 故碳排放系数指数  $RCl_{ec}=1$ , 最终解析出 3 个影响因子项: 能源结构指数、能源强度指数和工业结构指数, 结果见表 4。

1995—2010 年间, 中国工业碳排放经历了平稳增长、缓慢下降、急剧上升这三个阶段。从分解结果来看, 能源结构效应是推动工业碳排放持续增长的主导

表3 中国工业行业碳排放脱钩状态分析(1994~2010)

年份	$\% \Delta CO_2$	$\% \Delta E$	$\% \Delta G$	脱钩弹性值 $\varepsilon(CO_2, G)$	脱钩状态	排放脱钩因子 $\varepsilon(CO_2, E)$	能耗脱钩因子 $\varepsilon(E, G)$	排放脱钩因子影响力 $\pi_{\varepsilon(CO_2, E)}$	能耗脱钩因子影响力 $\pi_{\varepsilon(E, G)}$
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	0.064 7	0.064 3	0.236 3	0.273 7	弱脱钩	1.005 4	0.272 2	-0.004 1	1.004 1
1996	0.050 5	0.055 9	0.077 3	0.653 4	弱脱钩	0.903 1	0.723 5	0.239 4	0.760 6
1997	-0.018 0	-0.005 6	0.124 3	-0.145 1	强脱钩	3.214 3	-0.045 1	-	-
1998	-0.060 7	-0.045 1	-0.679 0	0.089 4	弱负脱钩	1.346 4	0.066 4	-0.123 2	1.123 2
1999	-0.003 6	-0.016 1	0.068 4	-0.053 4	强脱钩	0.226 6	-0.235 5	-	-
2000	0.012 8	0.001 4	0.151 3	0.084 5	弱脱钩	9.374 1	0.009 0	-0.905 7	1.905 7
2001	0.013 4	0.034 2	0.102 4	0.130 5	弱脱钩	0.390 3	0.334 2	0.461 9	0.538 1
2002	0.071 2	0.089 8	0.138 4	0.514 6	弱脱钩	0.793 1	0.648 8	0.348 8	0.651 2
2003	0.152 0	0.132 9	0.221 4	0.686 8	弱脱钩	1.143 8	0.600 4	-0.357 6	1.357 6
2004	0.150 2	0.158 9	0.294 7	0.509 7	弱脱钩	0.945 5	0.539 0	0.083 1	0.916 9
2005	0.096 6	0.090 0	0.198 3	0.487 2	弱脱钩	1.073 9	0.453 7	-0.099 1	1.099 1
2006	0.091 1	0.093 2	0.205 2	0.444 0	弱脱钩	0.977 6	0.454 1	0.027 9	0.972 1
2007	0.074 2	0.072 7	0.218 6	0.339 3	弱脱钩	1.020 2	0.332 6	-0.018 5	1.018 5
2008	0.075 4	0.088 7	0.201 3	0.374 6	弱脱钩	0.849 7	0.440 9	0.165 9	0.834 1
2009	0.054 1	0.049 6	0.074 8	0.722 7	弱脱钩	1.091 0	0.662 4	-0.268 3	1.268 3
2010	0.066 0	0.056 3	0.215 1	0.306 6	弱脱钩	1.171 7	0.261 7	-0.134 0	1.134 0

表 4 工业碳强度指数及其 LMDI 分解结果(1995—2010)

时期区间	碳强度指数	因素分解			脱钩趋势
		能源结构指数 <i>ES</i>	能源强度指数 <i>EI</i>	工业结构指数 <i>S</i>	
1995—1996	0.9369	1.0054	0.9504	0.9805	弱脱钩
1997—1999	0.8952	1.0175	0.9243	0.9519	强脱钩
2000—2010	1.0123	1.0592	0.9075	1.0531	弱脱钩
1995—2010	0.9286	1.0248	0.9281	0.9763	—

因素, 而能源强度效应则抑制着碳排放增长。在 1999 年之前, 工业结构效应对碳排放增长具有负向抑制作用, 而在 2000 年之后这种作用力发生了转向。与能源强度效应相比较, 能源结构和工业结构效应对碳排放强度的影响力均不大。中国目前是全球煤炭消费第一大国, 煤炭占了一次能源消费的 74.2%, 造成了二氧化碳排放强度居高不下。尽管近年来国家大力鼓励发展清洁能源、可再生能源, 以减少对一次化石燃料能源的刚性需求。但长期以来形成的能源驱动型经济增长模式, 要想在短期内调整这种格局难度很大。因此, 通过调整能源结构来实现减排目标, 可操作空间并不大。如果我国在 2020 年前能够实现非化石能源占一次消费能源比重达到 15% 的预期目标, 能源结构对减排的驱动效应将会凸显。

1995—1999 年间, 工业结构效应表现出对减排的促进作用, 这与始于上世纪 90 年代中期我国实施的国企所有制改革密切相关, 通过淘汰 10 万多家高能耗、高排放的小企业, 使得工业碳排放从 1996 年的 33.83 亿吨减少到 1999 年的 31.22 亿吨, 下降幅度达 7.7%, 工业结构调整对减排的拉动效应明显。但进入到 21 世纪, 随着中国重工业化趋势的再度重演, 传统的能源密集型行业急剧膨胀, 大量挤占低能耗行业的产出份额, 工业结构对碳排放强度下降的作用方向也因此而发生变化, 而且这种反向作用力正呈现出逐年加强之态势。

从时间演化趋势上看, 能源强度整体下降带来的直接减排效应显现(与陈诗一研究结论相似<sup>[1]</sup>), 而且这种正向作用力在逐渐加强。这表明近十年来, 国家通过鼓励开展环境技术创新, 对传统制造业进行改造升级, 从根本上极大改善了能源生产效率, 直接推动着中国工业二氧化碳减排。作为一个发展中国家, 能源消费仍然是拉动工业经济增长的引擎, 未来这种依赖程度只会越来越大。因此, 通过鼓励发展绿色技术来降低能源强度, 提高能源利用效率, 是实现中国工业

可持续发展的现实选择。

## 四、结论与启示

本文运用 Tapio 模型对中国工业经济增长与碳排放脱钩关系进行了测算, 并运用 LMDI 法对工业碳排放的主要影响因素进行了分解, 结果表明: ① 1995—2010 年间, 中国工业经济增长与碳排放经历了弱脱钩→短暂强脱钩→漫长弱脱钩的变化历程。能耗脱钩因子对工业碳排放脱钩表现出持续的正效应, 而且对脱钩的影响力要远大于排放脱钩因子。从总体上看, 中国工业经济增长与碳排放脱钩状态较为稳定, 特别是在 2000 年之后, 弱脱钩状态基本趋于稳定, 波动性很小。② 从分解结果来看, 能源结构、能源强度和工业结构是影响中国工业碳排放的主要因素, 其中能源强度下降对二氧化碳减排的贡献最大, 能源结构红利和工业结构红利尚未显现。本文的政策涵义在于:

(1) 中国工业尚未实现经济与环境的协调发展, 工业经济增长仍然依赖于对资源和环境的承载。在未来一个很长的时期, 中国工业经济增长与碳排放将一直处于弱脱钩状态, 工业经济快速发展以持续增长的二氧化碳排放为代价, 实现工业碳排放强脱钩目标任重而道远。

(2) 在短期内提高能源生产率、降低能源强度是促进中国工业减排的现实可行路径。相关研究表明, 中国目前的能源利用效率还不到 40%<sup>[13]</sup>, 提升空间仍然很大。这需要政府一方面建立健全完善的清洁生产激励机制, 引导企业开展绿色技术创新, 促进污染密集型行业从传统末端治理向清洁生产方式转变; 另一方面加快生态工业园建设, 用循环经济理念打造企业间小循环、园区内中循环、社会大循环这样一个完整的生态工业网络。

(3) 从长期来讲, 能源结构和工业结构的优化调整是中国低碳经济发展的加速器。在能源结构调整方

面,通过环境技术创新发展洁净煤技术,鼓励对清洁能源、新能源以及可再生能源的开发利用,逐步减少对煤炭等一次能源的依存程度;在工业结构调整方面,国家在制定相关产业政策时需要重新考虑生产要素的优化配置,加快发展战略性新兴产业,限制发展某些高能耗、高排放的污染密集型行业。不论是能源结构调整,还是工业结构调整都不是一朝一夕能解决的问题,更宜采取循序渐进的方法,“一刀切”做法只会损害中国工业的可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 陈诗一.中国碳排放强度的波动下降模式及经济解释[J]. 世界经济, 2011(4): 124-143.
- [2] 赵志耘, 杨朝峰. 中国碳排放驱动因素分解分析[J]. 中国软科学, 2012(6): 175-183.
- [3] 王峰, 吴丽华, 杨超. 中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J]. 经济研究, 2010(2): 123-136.
- [4] 涂正革, 肖耿. 环境约束下的中国工业增长模式研究[J]. 世界经济, 2009(11): 41-54.
- [5] 齐静, 陈彬. 城市工业部门脱钩分析[J]. 中国人口. 资源与环境, 2012, 22(8): 102-106.
- [6] 王欢芳, 胡振华. 中国制造业发展与碳排放脱钩测度研究[J]. 科学学研究, 2012, 30(11): 1671-1675.
- [7] 仲云云, 仲伟周. 我国碳排放的区域差异及驱动因素分析——基于脱钩和三层完全分解模型的实证研究[J]. 财经研究, 2012, 38(2): 123-133.
- [8] 张建华, 鞠晓峰. 基于 LMDI 的中国石化产业 CO<sub>2</sub> 排放的解耦分析[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2012, 39(10): 98-102.
- [9] 邵桂兰, 陈令杰. 碳排放与经济增长的脱钩实证研究——以山东省为例[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2012(4): 73-79.
- [10] CARTER A P. The economics of technological change [J]. Scientific American, 1966, 214(4): 25-31.
- [11] TAPIO P. Towards a theory of decoupling: Degrees of decoupling in the EU and case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 [J]. Journal of Transport Policy, 2005, 12(2): 137-151.
- [12] 陈诗一. 中国工业分行业统计数据估算: 1980—2008 [J]. 经济学季刊, 2011(3): 735-776.
- [13] 吴巧生, 成金华. 中国工业化中的能源消耗强度变动及因素分解——基于分解模型的实证研究[J]. 财经研究, 2006, 32(6): 75-85.

## An analysis of Carbon Dioxide Emission by Chinese Industries Based on LMDI Method

TU Hongxing<sup>1,2</sup>, XIAO Xu<sup>1</sup>, XU Songtao<sup>3</sup>

(1. Business School, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Economics and Management School, Hubei Polytechnic University, Huangshi 435003, China;

3. School of Accounting, Jiujiang University, Jiujiang 332005, China)

**Abstract:** Based on energy consumption and economic growth data of Chinese industries in 1994-2010, this paper puts forward a theoretical model to analyze decoupling relationship between carbon emission and industrial economic growth, and adopts LMDI method to decompose the driving factors of carbon emission. The authors find that the decoupling relationship between carbon emission and industrial economic growth is in a stably weak decoupling condition after 2000. In the two decoupling factors, the energy-consumption decoupling factor has a positive influence on the decoupling between carbon emission and industrial economic growth. Compared to the energy-consumption decoupling factor, the influence of emission decoupling factor is very weak. This paper also finds that the decrease of energy consumption intensity is mainly due to carbon emission-abate as a whole, while the structural bonus has not yet appeared in China. According to the results, the authors suggest a reasonable economic explanation and presents relevant policy to develop Chinese low-carbon economy.

**Key Words:** Chinese industry; carbon dioxide emission; decoupling analysis; Tapio Mode; LMDI Method

[编辑: 汪晓]