

基于 LMDI 方法的我国制造业发展与 CO₂ 排放脱钩关系研究

王雪松, 任胜钢, 袁宝龙, 付祥

(中南大学商学院, 湖南长沙, 410083)

摘要: 运用 LMDI 完全分解方法将 1995—2010 年三个“五年”规划期间我国制造业产业 CO₂ 排放分解为排放因子效应、能源强度效应、能源结构效应、产业结构效应和产业规模效应。通过产业发展与 CO₂ 排放脱钩测度模型计算,发现制造业经历了强复钩(1996—1999)、弱脱钩(2000—2001)、扩张性复钩(2002—2004)、弱脱钩(2005—2010)四个阶段。研究发现:产业规模扩张是导致我国制造业 CO₂ 排放增加的主要原因,产业结构变化也在一定程度上影响了 CO₂ 的排放变化,而能源强度降低是 CO₂ 排放减少的主要因素,排放因子效应和能源结构效应对 CO₂ 排放的变化起不到决定性的作用,但也在一定程度上影响了 CO₂ 的排放。

关键词: 制造业; CO₂ 排放; 脱钩; LMDI; Tapio 模型

中图分类号: F062.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2015)04-0138-07

一、引言

近年来,二氧化碳排放量越来越大,全球气候逐渐变暖,面对能源安全和气候变化的威胁,向低碳经济转型已经成为世界经济发展的大趋势。李克强总理在 2015 年两会中提出,要实施“中国制造 2025”战略,坚持创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展,加快从制造大国转向制造强国。由此可见,加快我国制造业由资源消耗大、污染物排放多的粗放制造向绿色制造转变,是我国制造业中长期发展的重要任务。目前中国正处于工业化发展的中期,这意味着中国在很长一段时间将要消耗大量的能源,CO₂ 排放的增加也就不可避免。根据 IEA^[1]的数据显示,2007 年我国 CO₂ 排放量已经超过美国,成为全球第一大 CO₂ 排放国,占世界碳排放量的 19.12%。制造业作为国民经济支柱,每年以 20%左右的速度强劲增长^[2],同时,制造业的能源消耗和 CO₂ 排放也随之增长。1995—2010 年,我国制造业 CO₂ 排放增加了 135%,占碳排放总量一半以上,而 CO₂ 排放增长率呈先增长后降低的趋

势,其中在 2003、2004 年增长速度最快,分别达到 18.35%和 18.68%。因此,研究我国制造业发展与 CO₂ 排放的脱钩关系,有助于综合判定我国制造业经济发展对环境的影响,在此基础上进一步分析制造业 CO₂ 排放快速增长的驱动因素,对我国促进制造业低碳发展具有重要现实意义。

二、文献综述

有关制造业 CO₂ 排放的研究大多数是对 CO₂ 的排放变化进行因素分解分析,而对制造业 CO₂ 排放和产值增长之间进行脱钩分析的很少。Ang 和 Pandiyan^[3] 基于 Divisia 方法把影响 CO₂ 排放变化的因素分解为能源强度效应、能源结构效应、CO₂ 排放因子效应、产业结构效应。Schipper^[4]采用自适应权重分解方法对 13 个 IEA 国家 1994 年制造业部门的 CO₂ 排放进行了因素分析,把影响 CO₂ 排放变化的因素分解为能源强度、产业结构、能源结构、经济产出,并分析了 13 个国家 CO₂ 排放变化的不同原因,结果表明能源强度和产出规模效应是导致各国制造业 CO₂ 排放变化不同

收稿日期: 2014-11-21; 修回日期: 2015-04-28

作者简介: 王雪松(1973-),女,吉林省吉林市人,中南大学商学院博士研究生,主要研究方向:区域与产业发展管理;任胜钢(1975-),男,湖南津市人,中南大学商学院教授,博士生导师,主要研究方向:区域与产业发展管理,创新网络;袁宝龙(1986-),男,甘肃庆阳人,中南大学商学院博士研究生,主要研究方向:区域与产业发展管理;付祥(1987-),男,湖北黄冈人,中南大学商学院硕士研究生,主要研究方向:区域与产业发展管理

的主要因素。Akboostanci^[5]利用 LMDI 方法对 1995—2001 年期间的土耳其制造业进行因素分解分析, 结果表明产业活动和能源强度是决定 CO₂ 排放变化的主要因素。Hammond 和 Norman^[6]利用 LMDI 方法把影响制造业 CO₂ 排放变化的因素分解为产出效应、产业规模效应、能源强度效应、能源结构效应、电力排放因子效应进行分析。李新运等^[7]运用两极分解平均法对 2007—2010 年行业碳排放量进行因素分解, 研究结果显示产业结构调整是降低碳排放的主要途径, 碳排放强度是降低碳排放的关键因素。这些研究只对影响制造业 CO₂ 排放变化的因素进行了分解分析, 并没有关于制造业部门的脱钩研究。

为了研究经济增长和环境变化的关系, Zhang^[8]首次把脱钩应用到环境研究领域, 经济合作与发展组织 OECD^[9]在 “Indicator to Measure Decoupling of Environmental Press from Economic Growth” 报告中正式提出了 “脱钩” 的概念。报告指出, 为了让脱钩予以量化, 采用 “脱钩指标” 来对脱钩状态进行测度。脱钩是在经济繁荣和环境破坏不平衡的背景下提出的。之后, 脱钩经常被应用在环境研究中用来描述经济活动和环境破坏之间的关系。Luken 和 Piras^[10]提到 “相对脱钩” 是指能源使用的速度是增加的但是增长速度小于经济产出的增长速度。然而 “绝对脱钩” 是指能源使用零增长或者负增长, 同时经济产出正增长。Tapio^[11]在研究欧洲的交通业脱钩情况中, 基于 “脱钩弹性” (decoupling elasticity) 的概念, 对脱钩指标进行了重新定义。其将脱钩指标划分为连结、脱钩、复钩三种状态, 再根据弹性值的不同, 进一步将指标体系细分为扩张性连结、紧缩性连结、弱脱钩、强脱钩、紧缩性脱钩、强复钩、弱复钩、扩张性复钩 8 个逻辑区域。王欢芳和胡振华^[12]基于 Tapio 脱钩理论研究了 2000—2009 年中国制造业经济发展与碳排放脱钩情况, 结果表明我国制造业的经济增长与碳排放之间为弱脱钩状态, 但他们并没有对影响制造业发展与碳排放脱钩的因素进一步分析。

LMDI 由于具有全分解、无残差、易使用、结果的唯一性、易理解等优点而在众多分解技术中受到重视。Ang^[13]以加拿大的产业能源消费和 CO₂ 排放为基础, 指出使用 LMDI 方法的分解分析不会出现未被解释的残差项, 并且所有的零值可以用一个很小的数来代替。后来, Ang 和 Liu^[14]给出了处理零值和负值的八种策略, 消除了 LMDI 在实践应用中的唯一不足。因此, 在当前的分解系统中, 修正后的 LMDI 方法被认为是最精确的指数分解方法, 被国内外学者广泛应用。涂红星等^[15]对 1994—2010 年中国工业行业的经

济增长与碳排放进行脱钩分析, 并利用 LMDI 方法对工业碳排放强度进行因素分解, 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, 能源强度下降是驱动中国工业碳减排的主要因素。冯博和王雪青^[16]分析了我国各省建筑业碳排放的脱钩状态, 并运用 LMDI 方法进行因素分解, 研究发现我国大部分省份的建筑业处于碳排放的弱脱钩状态, 其中碳排放强度和能源结构是导致碳排放增加的主要因素, 产业规模效应是碳排放减少的主要因素。

现有文献很少对造成脱钩的原因进行深层次分析。因此, 本研究选择我国制造业为实证对象, 通过构建新的脱钩测度模型, 对我国制造业在 1995—2010 年三个 “五年” 规划期间的 CO₂ 排放和制造业总产值进行脱钩分析, 有助于准确判断我国制造业发展对环境影响的阶段特征, 并通过因素分解深入分析造成脱钩的原因, 为我国制造业低碳化发展提供针对性的政策建议。

三、模型构建与数据处理

(一) 制造业发展与碳排放脱钩测度模型

根据 Tapio^[11]对脱钩指标的定义和分类, 本文以制造业总产值为横坐标, 以 CO₂ 排放变化量为纵坐标重新构建了脱钩测度模型, 如图 1 所示。

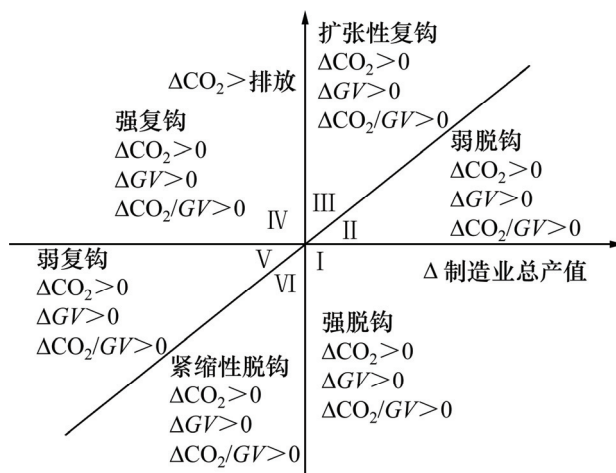


图 1 制造业发展与 CO₂ 排放脱钩测度模型

根据测度模型, 制造业发展与 CO₂ 排放之间的脱钩关系有 6 种可能性。本研究用 CO₂ 排放量与制造业总产值之间的比值来表示 CO₂ 排放强度。若 CO₂ 排放强度减小, 则为 “脱钩”; 反之, 则为 “复钩”。另外, 根据 CO₂ 排放的变动方向, 以及制造业总产值的变动

方向,进一步将“脱钩”细化为“强脱钩”“弱脱钩”“紧缩性脱钩”,将“复钩”细化为“强复钩”“弱复钩”“扩张性复钩”。

(二) 制造业 CO₂ 排放测算模型

依据 IPCC^[9]碳排放计算指南,得到制造业 CO₂ 排放测算公式如下:

$$C = \sum_{j=1}^{j=18} E_j f_j (j=1, 2 \dots 18) \quad (1)$$

C 为制造业 CO₂ 排放总量, E_j 为第 j 种能源转化成标准煤之后的消耗量, f_j 表示第 j 种能源的 CO₂ 排放因子。 j 表示 18 种能源形式,其中 16 种固定能源形式的 CO₂ 排放因子参考 IPCC 测算方法。热能 CO₂ 排放系数根据《中国电力年鉴 1996—2011》测算,电力能源消耗的间接排放因子通过煤炭排放因子来近似估算。

(三) 制造业 CO₂ 排放分解模型

为了对我国制造业的 CO₂ 排放变化进行分解分析,本研究结合《中国统计年鉴》中对制造业的部门划分,把制造业分为 15 个主要部门,用 i 表示,分别为食品和烟草加工制造业、纺织和皮革制造业、木材家具制造业、造纸印刷制造业、石油加工及焦炼、化学原料及制品制造业、医药制造业、化学纤维制造业、橡胶塑料制造业、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、金属制品业、机械电子制造业、其他制造业。

本文用 C 表示制造业总的 CO₂ 排放量,根据扩展后的 Kaya 恒等式,CO₂ 的排放可以表示如下:

$$C = \sum_{ij} C_{ij} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \cdot \frac{E_{ij}}{E_i} \cdot \frac{E_i}{P_i} \cdot \frac{P_i}{P} \cdot P \quad (2)$$

上式可以进一步表示为:

$$C = \sum_{ij} C_{ij} = \sum_{ij} CI_{ij} \cdot ES_{ij} \cdot EI_i \cdot IS_i \cdot P \quad (3)$$

其中 i 表示制造业的 15 个部门, j 表示制造业消耗的 18 种能源形式。公式(2)(3)中的变量含义见表 1。

根据 Ang^[13]的 LMDI 方法,CO₂ 排放量由基期 0 到目标期 t 的变化可表示为 ΔC , ΔC 可被分解为如下因素:

(a)排放因子效应(ΔCI),反映能源消费的平均排放因子的变化。

(b)能源结构效应(ΔES),反映各种能源在能源消费中的比例变化。

(c)能源强度效应(ΔEI),反映制造业能源消费占产

表 1 方程(2)(3)中各变量的含义

变量	含义
C_{ij}	第 i 个部门消费的第 j 种能源所排放的 CO ₂
E_{ij}	第 i 个部门消费的第 j 种能源
E_i	第 i 个部门消费的能源总量
P_i	第 i 个部门的制造业总产值
P	制造业总产值
CI_{ij}	第 i 个部门第 j 种能源的 CO ₂ 排放因子
ES_{ij}	第 j 种能源在第 i 个部门能源消费中的比例
EI_i	第 i 个部门的单位产出能源强度
IS_i	第 i 个部门的产出在制造业总产值中的比例

业增加值比例的变化。

(d)产业结构效应(ΔIS),反映制造业各行业增加值占行业总产值比例的变化。

(e)产业规模效应(ΔP),反映中国制造业总产值的变化,以 1955 年的不变价测量。

因此, ΔC 可被表示为(4)式:

$$\Delta C = C^T - C^0 = \Delta CI + \Delta ES + \Delta EI + \Delta IS + \Delta P \quad (4)$$

(4)式右边的各项计算如下:

$$\Delta CI = \sum_{ij} L(C_{ij}^T, C_{ij}^0) \ln \frac{CI_{ij}^T}{CI_{ij}^0} \quad (5)$$

$$\Delta ES = \sum_{ij} L(C_{ij}^T, C_{ij}^0) \ln \frac{ES_{ij}^T}{ES_{ij}^0} \quad (6)$$

$$\Delta EI = \sum_{ij} L(C_{ij}^T, C_{ij}^0) \ln \frac{EI_i^T}{EI_i^0} \quad (7)$$

$$\Delta IS = \sum_{ij} L(C_{ij}^T, C_{ij}^0) \ln \frac{IS_i^T}{IS_i^0} \quad (8)$$

$$\Delta P = \sum_{ij} L(C_{ij}^T, C_{ij}^0) \ln \frac{P^T}{P^0} \quad (9)$$

其中:

$$L(C_{ij}^T, C_{ij}^0) = \begin{cases} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^0} & , C_{ij}^T \cdot C_{ij}^0 \neq 0 \\ C_{ij}^T & , C_{ij}^T = C_{ij}^0 \\ 0 & , C_{ij}^T \cdot C_{ij}^0 = 0 \end{cases} \quad (10)$$

(4)式的含义是,制造业 CO₂ 排放量的变化可以表示为 5 种因素 CI , ES , EI , IS , P 的贡献值之和。其中, ΔC 表示 CO₂ 排放变化量, ΔCI , ΔES , ΔEI , ΔIS ,

ΔP 分别表示排放因子效应、能源结构效应、能源强度效应、产业结构效应和规模效应导致的 CO₂ 排放变化量。

(四) 数据来源与处理

由于“十二五”期间(2011—2015)的数据只公布了 2011 和 2012 年这两年, 不能完全反映一个“五年”规划的整体情况, 所以, 本研究采用 1995—2010 年三个“五年规划”的数据来研究制造业发展与 CO₂ 排放之间的关系。我国制造业及各部门的总产值数据来自历年《中国统计年鉴》, 然后根据折合系数把制造业总产值折换成 1995 年不变价, 我国制造业及各部门的能源消耗量来自《中国能源统计年鉴》。

四、实证结果及分析

(一) 我国制造业发展与 CO₂ 排放脱钩分析结果

通过脱钩测度模型计算, 1996—1999 年强复钩(除 1997 年紧缩性脱钩), 2000—2001 年弱脱钩, 2002—2004 年扩张性复钩, 2005—2010 年弱脱钩(除 2009 年强复钩)。整个来看, 自 1995 年以来, 我国制造业发展与碳排放脱钩具有明显的时间趋势特征, 即由强复钩到短暂的弱脱钩到扩张性复钩, 再转为长时期的弱

脱钩, 如表 2 所示。

(二) 我国制造业发展与 CO₂ 排放脱钩的原因分析

从上面的研究结论可以看出, 我国制造业发展与碳排放脱钩先后经历了四个阶段, 本研究利用 LMDI 方法对我国制造业 CO₂ 排放进行分阶段计算。计算结果如表 3 和图 2 所示。

1. 1996—1999 年强复钩原因分析

1996—1999 年期间, 我国处于重工业化时代的前导时期, 大规模的基础设施建设和装备制造业的发展对钢铁、水泥、有色金属等高能耗行业的产品需求大幅增加。因此, 能源效率低下, 能源强度的升高导致这个时期我国制造业 CO₂ 排放增加了 29 475 万吨, 增长 15.27%。同时, 在 1997 年, 受亚洲金融危机的影响, 有效需求不足和产能过剩导致制造业发展变缓, 制造业总产值整个时期下降了 12.3%, 因此产业规模效应降低了制造业的 CO₂ 排放, 减少 25 105 万吨。但是 CO₂ 排放强度在整个时期提高了, 在 1998 年高达 11.84%, 能源强度效应是这个时期制造业 CO₂ 排放呈现强复钩的主要原因。

2. 2000—2001 年弱脱钩原因分析

2000 年开始我国实施西部大开发战略, 投资总规模约 8 500 亿元, 居民收入水平的提高增加了对家电、汽车等耐用品的消费, 中国制造业大幅扩张, 使得机

表 2 我国制造业发展与 CO₂ 排放脱钩分析结果

年份	$\Delta CO_2/\%$	$\Delta P/\%$	$\Delta(CO_2/P)/\%$	脱钩状态	脱钩趋势
1995	—	—	—	—	—
1996	0.26	-0.67	0.93	强复钩	
1997	-3.79	-0.85	-2.97	紧缩性脱钩	强复钩
1998	0.77	-10.98	11.84	强复钩	
1999	2.59	-1.22	3.85	强复钩	
2000	1.87	6.68	-4.93	弱脱钩	弱脱钩
2001	2.56	3.33	-0.86	弱脱钩	
2002	6.68	5.64	0.66	扩张性复钩	
2003	18.35	14.25	1.48	扩张性复钩	扩张性复钩
2004	18.68	5.49	12.17	扩张性复钩	
2005	11.76	23.04	-13.98	弱脱钩	
2006	11.16	10.45	-0.45	弱脱钩	
2007	7.40	10.78	-4.18	弱脱钩	弱脱钩
2008	3.24	11.92	-9.06	弱脱钩	
2009	5.68	-0.14	5.83	强复钩	
2010	3.30	11.79	-8.87	弱脱钩	

注: ΔCO_2 , ΔP , $\Delta(CO_2/P)$ 的测算都以上一年为基准

表3 我国制造业产业 CO₂ 排放分解分析结果

单位: 万吨

年份	排放变化 ΔC	排放因子效应 ΔCI	能源强度效应 ΔEI	能源结构效应 ΔES	产业结构效应 ΔIS	规模效应 ΔP
1996—1999	-732	-493	29 457	6 060	-10 651	-25 105
2000—2001	9 106	-2 004	-13 956	5 257	-416	20 225
2002—2004	101 316	-476	9 875	4 520	21 400	65 997
2005—2010	151 726	-11 947	-119 840	23 636	-11 623	271 500
1996—2010	261 416	-14 920	-94 464	39 473	-1 290	332 617

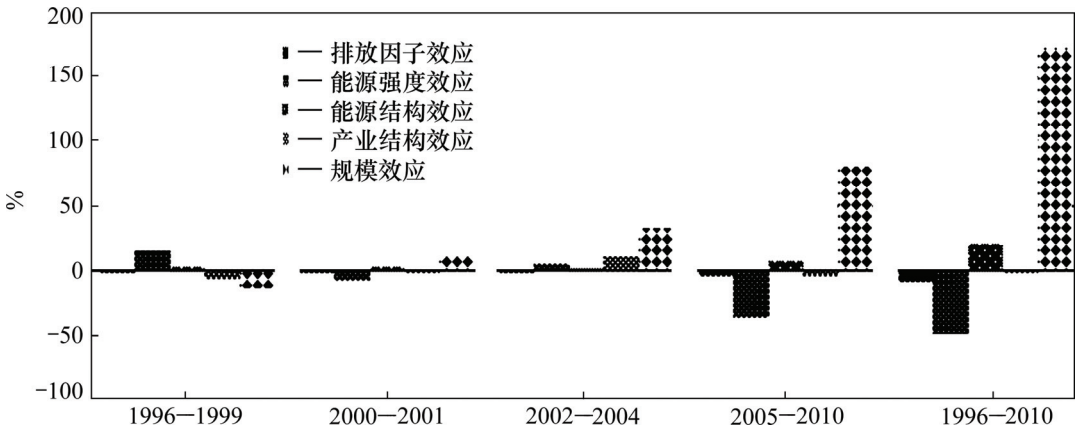


图2 我国制造业产业 CO₂ 排放分解分析图

械电子设备制造业总产值增加了 16.9%。同时，基础设施建设和居民消费升级带动了有色、石油化工等产品的需求，使得石油加工及炼焦业总产值增加了 42.1%，黑色金属冶炼及压延加工业(16.75%)，有色金属冶炼及压延加工业(10.75%)，金属制品业(7.93%)。我国制造业总产值在 2000 年、2001 年分别增加了 6.68%和 3.33%。但是，这些产品所在的行业多是高耗能行业，这使得产业规模效应导致能源消费增加，CO₂ 排放增加了 20 225 万吨，增长 10.52%。

同时，受 1998 年《节能法》的影响，我国制造业提出了从“速度、粗放型”向“效益、集约型”转变的发展思路，能源强度大幅下降，其中石油加工及炼焦业从 3.2 吨标准煤/万元降低到 2.46 吨标准煤/万元，有色金属冶炼及压延加工业从 5.49 吨标准煤/万元降低到 5.06 吨标准煤/万元。整个时期能源强度效应导致的 CO₂ 排放减少了 13 956 万吨，但是，仍无法抵消由于产业规模快速扩张产生的 CO₂ 排放增加，整个时期呈弱脱钩状态。

3. 2002—2004 年扩张性复钩原因分析

在此期间，国家实施积极的财政政策和稳健的货币政策，保持了国民经济的快速增长，使得制造业总产值增加了 14 482 亿元，增长 30.8%。同时，经济的增长也带动了汽车、钢铁、煤炭、建材、机械制造等

高能耗行业的快速增长，拉动了中国制造业的快速增长。其中机械电子制造业增长 38%，化学制品制造业(39%)，黑色金属冶炼及压延加工业(87.5%)，有色金属冶炼及压延加工业(52.9%)。但是这些高产出的行业大多数属于高耗能的行业，因此产业规模效应导致了 CO₂ 排放增加了 65 997 万吨，增长 32.84%。同时，这些高耗能的产业在我国整个制造业中的比重也有所上升，其中黑色金属冶炼及压延加工业在制造业中的比重由 6.87%提高到 9.85%，非金属矿物制品业由 4.84%提高到 5.83%，有色金属冶炼及压延加工业由 2.85%提高到 3.33%，于是产业结构效应也增加了 CO₂ 的排放，增加了 21 400 万吨，增长 10.65%。

因此，整个时期产业结构效应和产业规模效应是导致 CO₂ 排放上升的主要因素，同时能源强度效应和能源结构效应也在一定程度上增加了 CO₂ 的排放，使得中国制造业呈现扩张性复钩的状态。

4. 2005—2010 年弱脱钩原因分析

2005 年以来，我国发展制造业的战略重点是控制高耗能、高污染行业过快增长，加快淘汰落后生产能力，完善促进产业结构调整的政策措施，积极推进能源结构调整，并制定促进高技术产业发展的政策措施保障制造业集约式发展。因此，我国制造业的能源强度大幅降低，由 1.49 吨标准煤/万元降低到 1.03 吨标

准煤/万元。2006 年《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》提出,到 2010 年,主要污染物排放总量要削减 10%。2007 年,国家出台了《节能减排综合性工作方案》,明确了实现节能减排的目标和总体要求,提出了“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低 20% 左右。因此,2005—2010 年期间,中国制造业的能源强度大幅降低,由 1.49 吨标准煤/万元降低到 1.03 吨标准煤/万元,其中能源强度降幅较大的部门多属于一些能源消耗较少的部门。如食品烟草制造业的能源强度从 0.57 吨标准煤/万元降低到 0.3 吨标准煤/万元,纺织皮革制造业从 0.67 吨标准煤/万元降低到 0.42 吨标准煤/万元,木材家具制造业由 0.72 吨标准煤/万元降低到 0.3 吨标准煤/万元,石油加工及焦炼业、化学原料及制品制造业、化学纤维制造业、橡胶塑料制造业以及金属制品业的能源强度也都降幅很大。但是一些高耗能产业,非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业的能源强度并没有明显变化。

同时,我国制造业总产值大幅增长,从 61 546 亿元增加到 128 634 亿元,增长 109%,其中木材家具(234%),石油加工及焦炼(215%),有色金属冶炼及压延加工业(189%),其他制造业各部门也都有不同幅度的增加。因此,整个时期来看,能源强度效应对制造业 CO₂ 排放的减少做出了突出贡献,减少了 119 840 万吨,降低 35.61%,产业规模效应是导致制造业 CO₂ 排放增加的主要原因,增加了 271 500 万吨,增长 80.68%。由于产业规模效应造成的 CO₂ 排放增加大于能源强度效应引起的 CO₂ 排放减少,所以整个时期 CO₂ 排放增加,呈现弱脱钩的趋势。

总体来看,其一,产业规模效应是导致 CO₂ 排放增加最主要的因素。除了 1996—1999 年,在其他阶段都增加了 CO₂ 的排放,中国大力发展制造业使得制造业总产值呈现逐年增加的趋势,进而造成了 CO₂ 排放的增加,整个时期由于产业规模导致 CO₂ 排放增长了 332 671 万吨。其二,能源强度效应是减少 CO₂ 排放的决定因素。如果能源效率提高,就可以大规模地减少 CO₂ 的排放,反之如果能源效率低就会造成 CO₂ 排放的增加。我国的终端能源消费以煤炭为主,而对一些清洁能源的使用较少,这就使得制造业的能源结构效应一直在增加 CO₂ 的排放。但是,由于我国能源消费结构多年来变化不大,因此对碳排放的影响相对较小。其三,产业结构效应也在一定程度上影响了 CO₂ 的排放。中国制造业各部门的能源消费特征和生产技术特点不同,对碳排放和总产值的影响也会不同,如果大力发展碳排放较少和经济效率高的行业就会降低 CO₂ 的排放。其四,近年来由于技术的改善,使得我

国发电结构有所改善,进而降低了电力的 CO₂ 的排放因子。因此,除了 1996—1999,在其他阶段排放因子效应都在一定程度上降低了 CO₂ 的排放。

五、结论与启示

首先,产业规模效应是导致我国制造业 CO₂ 排放增加最主要的因素。整个时期使 CO₂ 排放增加了 172.4%,除了 1996—1999 年,产业规模效应都增加了 CO₂ 的排放。2002—2004 年,我国制造业 CO₂ 排放与总产值之间呈现“扩张性复钩”的状态。

其次,能源强度效应在减少 CO₂ 排放时起着至关重要的作用。整个时期我国制造业的能源强度从 1.28 吨标准煤/万元降低到 1.03 吨标准煤/万元,这使得 CO₂ 排放减少了 49%。另外,研究结果显示脱钩程度的变化趋势和能源强度的变化趋势十分相似,能源强度在制造业产业从复钩向脱钩转化的过程中有重要的作用。

再次,产业结构是造成 2002—2004 年期间我国制造业出现“扩张性复钩”必不可少的原因。研究结果显示,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等部门的总产值使得制造业 CO₂ 排放增加了 21 400 万吨。

最后,能源结构效应和排放因子效应在整个时期对 CO₂ 排放变化的影响较小,但也在一定程度上影响了 CO₂ 排放的变化。

本文的研究结果对我国发展低碳经济、绿色制造业具有重要的意义,为了早日实现我国制造业的强脱钩,建议政府可采取以下措施来减少 CO₂ 的排放。

第一,降低能源密集型行业的能源强度,优化能源消费结构。对于一些能源密集部门,能源强度下降仍有较大空间,如非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业等部门应该引进低碳节能技术,大力引进清洁生产工艺,进一步提高能源效率,优化能源结构,促进清洁燃料对化石能源的替代。

第二,调整产业结构。首先,政府部门必须增强对能源密集型部门的环境保护要求,同时通过降低这些部门的总产值比例来减缓制造业的 CO₂ 排放。对于一些碳排放强度较低而附加值较高的部门,包括机械制造业、通信设备及电子制造业等部门,国家应该重点发展。减少能源密集型部门的产品出口,如化学原料及制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业。其次,应该鼓励低碳排放部门的产品出口以保持这些部门的总产值在制造业总产值中的比

例, 以实现制造业的可持续发展。尤其对于一些碳排放强度较低而附加值较高的部门, 包括机械制造业、通信设备及电子制造业等部门国家应该重点发展。

第三, 由消耗电力所导致的间接 CO₂ 排放量是巨大的, 这就要求国家相关政府部门不仅要重视对产业固定能源所产生的直接 CO₂ 排放进行评估, 同时也要加强对电力能源消耗所导致的间接 CO₂ 排放进行考评和控制。另外, 提高发电效率, 降低发电标准煤耗率只能在一定程度上降低我国制造业的电力消耗所导致的 CO₂ 排放。要想从根本上解决问题, 就要加快发电结构的调整, 大力发展水电、核电、风电等清洁能源的发电形式, 降低火力发电的比例, 彻底改变以煤炭发电为主的发电结构。

参考文献:

- [1] IEA. CO₂ emissions from fuel combustion 2008 edition [R]. Head of Communication and Information Office, 2009.
- [2] 冯泰文, 孙林岩, 何哲, 等. 生产性服务业影响制造业能耗强度的路径分析[J]. 科研管理, 2009, 30(4): 80–88.
- [3] Ang B W, Pandiyan G. Decomposition of energy-induced CO₂ emissions in manufacturing [J]. Energy Economics, 1997(19): 363–374.
- [4] Schipper L, Murtishaw S. Carbon emissions from manufacturing energy use in 13 IEA countries: long-term trends through 1995 [J]. Energy Policy, 2001(29): 667–688.
- [5] Akbostanci E, Tunc G I, Turut-Asik S. CO₂ emissions of Turkish manufacturing industry: A decomposition analysis [J]. Applied Energy, 2011(88): 2273–2278.
- [6] Hammond G P, Norman J B. Decomposition analysis of energy-related carbon emission from UK manufacturing [J]. Energy, 2012(41): 220–227.
- [7] 李新运, 吴学猛, 马俏俏. 我国行业碳排放量测算及影响因素的结构分解分析[J]. 统计研究, 2014, 31(1): 56–62.
- [8] Zhang Z X. Decoupling China's carbon emissions increase from economic growth: An economic analysis and policy implications [J]. World Development, 2000(28): 739–752.
- [9] OECD. Indicators to measure decoupling of environmental pressure from economic growth [R] Paris: OECD, 2002
- [10] Luken R A, Piras S. A critical overview of industrial energy decoupling programs in six developing countries in Asia [J]. Energy Policy, 2011, 39: 3869–3872.
- [11] 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]. Journal of Transport Policy, 2005(12): 137–151.
- [12] 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.
- [13] Ang B W. The LMDI approach to decomposition analysis—a practical guide [J]. Energy Policy, 2005(33): 867–871.
- [14] Ang B W, Liu N. Negative-value problems of the logarithmic mean Divisia index decomposition approach [J]. Energy Policy, 2007(35): 739–742.
- [15] 涂红星, 肖序, 许松涛. 基于LMDI的中国工业行业碳排放脱钩分析[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2014, 20(4): 31–36.
- [16] 冯博, 王雪青. 中国各省建筑业碳排放脱钩及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(4): 28–34.

Using LMDI to analyze the decoupling of carbon dioxide emissions by China's manufacturing industry

WANG Xuesong, REN Shenggang, YUAN Baolong, FU Xiang

(Resource-saving and Environment-friendly Society Research Center, School of Business,
Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: This essay, by adopting the Log Mean Divisia Index (LMDI) method based on the extended Kaya identity, studies the total carbon dioxide emissions by China's manufacturing industry during the period 1996–2010 from the following including emission factors, energy intensity, energy structure, industry structure, and industry scale. As the results suggest, China's manufacturing industry has gone through four decoupling stages: strong negative decoupling stage (1996–1999), weak decoupling stage (2000–2001), expansive negative decoupling stage (2002–2004), and weak decoupling stage (2005–2010). Findings show that the increase in economic output has the largest effect on the increase of CO₂ emissions and that the decrease in energy intensity has incurred a considerable decrease in CO₂ emissions. Moreover, the impacts of emission factors, industry structure, and energy structure on CO₂ emissions are relatively small and not the determining factors to the changes of CO₂ emissions.

Key Words: manufacturing; CO₂ emissions; decoupling; LMDI; Tapio Model

[编辑: 苏慧]