

制造业高级化对能源强度的影响研究

——来自制造业强省的经验证据

马 珩

内容提要 产业转型升级是走新型工业化道路的必然选择。基于传统产业升级理论提出“制造业高级化”概念,从制造业结构优度和价值链高度两个维度构建制造业高级化指数,并对制造业强省的制造业高级化指数进行测度。以制造业强省的数据为样本,引入制造业高级化指数变量,构建多元线性回归模型,定量分析制造业高级化对区域能源消费强度的影响。研究结果显示,制造业高级化具有显著的节能降耗效应,制造业高级化是促进区域能源强度下降的主要驱动因素。

关键词 制造业 高级化 能源强度

马 珩,南京航空航天大学经济与管理学院副教授 211106

一、引言

2001年以后,中国制造作为“世界工厂”急速扩张生产,其发展已行进在资源消耗的可承受边缘。中国已经成为全球第二大石油消费国,到2020年中国的石油消费量将达到27亿吨,是美国的1.2倍,目前已逼近5成的能源进口比例在2025年也将达到8成。

制造业的能源消耗量依然在以较快的速度增长,仅2004年至2008年的5年间,制造业能源消耗量从115261万吨标准煤上升至168403万吨标准煤,增速高达46.11%,年均增长速度为9.22%。能源消耗总量在不断增加的同时,由于能源政策等原因还导致了能源利用效率低下,表现为单位产值能耗巨大。根据日本贸易振兴会的统计,美国11.73万亿美元GDP的一次能源消费量折算成石油约合23.32万吨石油,而中国1.65万亿美元GDP对应的一次能源消费量却高达13.86万吨石油。推算可知中国创造单位GDP所需要的石油是美国的4.2倍。与节能效率高的日本相比,单位GDP能耗更是高达日本的7.6倍。即使与印度相比,我国单位产值的石油消费量也超出印度1.5倍。2006年,中国消

本文为中央高校基本科研业务费专项科研项目“我国制造业转型升级对能源消费的影响研究”(NJ20130023);教育部规划基金项目“泛长江三角洲区域碳效率度量方法及其应用研究”(14YJA630040);国家自然科学基金项目“全球价值链视角下中国式装备制造业空心化的形成机理与突破路径研究”(71373121)阶段性成果。

耗了全球约40%的煤炭、60%的钢铁和70%的油气,却只创造了全球5%左右的GDP,单位GDP能耗是世界平均水平的5倍以上。

新型工业化道路要求制造业发展中,应注重提升自主创新能力,把资源节约和保护环境放在突出地位,通过绿色发展、循环发展和低碳发展等方式,推动制造业产业升级,促进中国制造业做大做强^[1]。

长三角、珠三角、京津冀都市圈的兴起为制造业的发展提供了强有力的支撑,我国制造业主要集中在东部沿海地区,而包括黑龙江、吉林和辽宁的东三省历史上一直是我国重要的装备工业基地。2011年的《中国制造业发展报告》显示,山东、安徽、河南、四川、湖北、福建在我国制造业强省排名中进入前15名。这些省市的工业化主要依靠制造业来推动,因此研究制造业发展对区域能源消费规律特征的影响、探索制造业转型升级与节能降耗之间的关系,具有非常重要的意义。考虑到数据的可得性,本文选取14个制造业较发达的省市为样本,研究其制造业高级化对区域能源消费强度的影响。

二、制造业高级化概念

Gerrifi等(1999)研究指出产业升级可以看成该国(地区)的企业以及产业整体在价值链上或者不同价值链间的攀越过程,以获取增加价值而不仅仅是产业结构的变迁^[2]。Poon(2004)认为产业升级是制造商从生产劳动密集型低价值产品的角色向生产更高价值的资本或技术密集型产品转移的过程^[3]。国内学者唐东波(2013)从全球价值链视角重新界定了“产业升级”的涵义,综合全球价值链和垂直专业化的视角,将产业升级在概念上定义为企业在整个价值链条上向能够实现更高附加值的环节转移,这不仅包括出口品技术结构(复杂程度)的提升还意味着更高的国内附加值份额^[4]。

产业结构理论从17世纪开始逐渐形成,该理论的基本思想是通过分析包括工、农、商业等产业之间的相互转换,探究产业结构的演进规律和基本方向。威廉·配第在《政治算术》中表述了商业的收益相对于制造业和农业而言最高的这一观点。他认为产业结构演变的基本方向应该是沿农业、工业向商业发展。

制造业的结构是指整个制造业的行业构成及其相互关系。按照劳动力、资本和技术三大生产因素在制造业中的结合方式和密集程度,可以划分为劳动密集、资本密集以及技术密集型制造业。世界制造业结构调整的主流是增加技术密集型部门的投资,发达国家制造业结构的转变显示出部门结构从劳动密集型向技术密集型转变的规律。制造业发展的基本趋向是劳动密集型制造业的发展形成了对机器设备等重化工业的需求,促成了一国中间产品和资本品工业的建立,随着市场需求上升推动制造业产业结构向附加值更高的资本密集和技术密集型产业转变^[5]。

可见产业结构由低级形态向高级形态演化,不仅仅体现为第一、二、三次产业之间的结构变动,也包含着制造业内部的结构优化,即制造业内部由劳动密集型制造业向资本密集、技术密集型制造

[1]宾建成:《新国际分工体系下中国制造业发展方向与对策》,〔福州〕《亚太经济》2013年第1期。

[2]Gereffi Gary. International trade and industrial upgrading in the apparel commodity chain. *Journal of International Economics*, 1999, 1(48):37-70.

[3]Poon. Beyond the global production networks: a case of further upgrading of Taiwan's information technology industry. *Technology and Globalization*, 2004, 1(1):130-145.

[4]唐东波:《贸易开放、垂直专业化分工与产业升级》,〔北京〕《世界经济》2013年第4期。

[5]殷醒民:《制造业结构的转型与经济发展——中国1978-1998制造业内部结构的调整》,〔上海〕复旦大学出版社1999年版。

业转变的结构变化过程。制造业结构从劳动密集型产业占主导阶段向资本密集型产业占主导阶段、技术密集型产业占主导阶段的转化,能够带来产业的高技术化、高加工化和高附加值化,提高制造业的经济效益水平。从国内外制造业发展实际情况来看,技术密集型产业仍然是我国制造业结构优化升级的方向。

波特最早提出了企业价值链的概念。价值链由众多的“价值环节”组成,但只有某些特定的价值环节才能创造更高的附加值。如果把全球价值链分为三大环节,第一环节通常是指包括研发、创意设计等活动,称为技术环节;由系统生产、加工、组装等分工环节在内的生产环节构成了第二环节;第三环节是由销售、批发零售、品牌推广及售后服务等分工环节组成的营销环节。由于这三个环节的价值关系呈现出“U”形状,学者们通常用一条“微笑曲线”来形象地描述各环节的价值分布规律,曲线低端的加工组装环节附加值最低,沿着曲线向两端移动,上游的研发设计和下游的营销环节附加值最高。

全球价值链分工模式使得制造业的竞争优势不再仅仅体现在某个产品和某个特定产业上,也体现在产业价值链的分工环节上。处于高端或战略性的环节将带来较高的产业附加值和获利能力,若位于价值链末端或普通环节则相应获得较低的附加价值与回报。

我国制造业凭借低成本生产要素优势成为“世界的制造业车间”,从事获利最少的组装和制造生产环节,在制造业产业链中的低附加值环节形成了一定的比较优势。但随着其他拥有更低生产要素成本区域的崛起,我国制造业在加工制造环节的优势也难以长期保持。

因此,在以全球价值链分工为主要形式的新型国际分工格局下,重新审视产业升级的概念显得尤为必要。本文提出“制造业高级化”概念。“制造业高级化”是指制造业向高附加值的产业与高附加值的环节升级的过程。制造业高级化由两个维度组成,其一为结构优度,高附加值制造业产业比重越大,制造业结构优度越高;其二为价值链高度,价值链高端环节的制造业产业比重越大,制造业价值链高度越高。制造业高级化目标是向高附加值制造业产业转化和向高附加值制造业环节攀升,提高制造业产品附加值,创造更多的利润。

三、制造业高级化指数构建

实现科学的测度是决定产业升级领域成为定量研究主题的关键。制造业高级化的概念是本文设定制造业高级化指数的主要依据。遵循数据的可获得性、简洁性与定量计算的可行性等要求,通过专家调查和实际数据分析方法,从制造业结构优度和制造业价值链高度两个系统考虑制造业高级化指数的构建。

将制造业高级化记为MA,构建制造业高级化指数

$$MA_j = w_E E_j + w_H H_j \quad (1)$$

其中, E_j 为制造业结构优度, w_E 为其权重; H_j 为制造业价值链高度, w_H 为其权重。并且 $0 < MA_j < 1$ 。

对于制造业高级化指数中结构优度与价值链高度的权重设置,本文设置调查问卷,采用专家调查法最终得到制造业结构优度和价值链高度的权重分别为60%和40%。

1. 制造业结构优度

设实际制造业结构为 $(a(L), a(C), a(I))$,其中, $a(L)$ 表示劳动密集型产业比重, $a(L)$ =劳动密集型产业总产值/制造业总产值; $a(C)$ 表示资本密集型产业比重, $a(C)$ =资本密集产业总产值/制造业总产值; $a(I)$ 表示技术密集型产业比重, $a(I)$ =技术密集产业总产值/制造业总产值。 $0 \leq a(L), a(C), a(I)$

≤ 1 且 $a(L)+a(C)+a(I)=1$ 。

设三种典型的制造业结构为:劳动密集型 $a_i(L)(1,0,0)$,资本密集型 $a_i(C)(0,1,0)$ 和技术密集型 $a_i(I)(0,0,1)$ 。如果制造业实际结构与典型结构的“距离”越大,两者的接近度越低。因而基于欧式距离构造制造业实际结构与典型结构的接近度。即

$$r=1-[(a(L)-a_i(L))^2+(a(C)-a_i(C))^2+(a(I)-a_i(I))^2]^{1/2}/\sqrt{2} \quad (2)$$

制造业结构优化的过程就是制造业从劳动密集型向资本密集型再向技术密集型为主导转变的过程。因而构造以下制造业结构优度模型:

$$E=\beta_1r_l+\beta_2r_c+\beta_3r_t \quad (3)$$

其中: r_l 表示实际制造业结构与劳动密集型结构的接近程度;

r_c 表示实际制造业结构与资本密集型结构的接近程度;

r_t 表示实际制造业结构与技术密集型结构的接近程度;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 为优度系数,且 $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$ 。如果实际制造业的结构越是接近技术密集型,其结构越优;越接近劳动密集型,其结构越劣。

2. 制造业价值链高度

基于数据的可获得性,选取R&D投入强度、专利申请数、专利授权数、新产品销售比重四个指标表征价值链上游环节,代表制造业的研发能力,选取驰名商标数、商标累计有效注册数、著名商标总量三个指标来表征价值链下游环节,代表制造业的营销能力。价值链高端环节的制造业产业比重越大,其制造业价值链高度越高。

由于样本省市存在地区面积差异(例如直辖市面积小、商标等等指标总量比较小),考虑到采用强度指标来评估制造业价值链高度更具有合理性,所以本文将7个指标换算成单位产值指标。在此基础上构建制造业价值链高度综合指数:

$$H_j = \sum_{i=1}^7 w_i V_{ij} \quad (4)$$

其中, V_{ij} 为无量纲化处理后的七个制造业价值链高度指标, w_i 为第*i*个指标的权重。

采用层次分析法(即AHP法)来确定制造业价值链高度指标中各二级指标的权重,如表1所示。

表1 制造业价值链高度指标与权重

指标	单位产值 驰名商标数	单位产值累计 有效注册数	单位产值著名 商标总量	R&D 投入强度	新产品 销售比重	单位产值 专利申请数	单位产值 专利授权数
权重 W(%)	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1

四、制造业高级化影响制造业强省能源强度的实证分析

齐绍洲(2013)等研究表明,技术水平、R&D和FDI均为能源强度的影响因素^[1]。叶翠红(2014)等对中国省域能源强度进行了实证检验,结果表明提高技术进步水平是中国各省域实现能源强度稳步降低的必由之路^[2]。郭雅恒(2013)研究表明经济增长、产业结构及能源消耗之间存在长期均衡关系;

[1]齐绍洲、王班班:《开放条件下的技术进步、要素替代和中国能源强度分解》,〔上海〕《世界经济研究》2013年第9期。

[2]叶翠红、赵玉林:《基于尖点突变模型的中国省域能源强度差异的实证分析》,〔北京〕《中国科技论坛》2014年第10期。

能源消耗与产业结构合理化存在双向的短期格兰杰因果关系^[1]。贺小莉(2013)等运用30个省市自治区1990-2011年的面板数据,采用面板平滑转换模型进行研究,结果显示我国能源消费与地区经济增长存在正相关关系,随着人均GDP的增加,能源消费量将会增加^[2]。李博(2013)等使用1998年-2009年的中国省级面板数据进行研究,结果表明能源强度存在区域性特征,城市化、工业化程度、以及技术创新能力是影响能源消费水平的重要因素^[3]。

然而已有研究多以国家、工业为对象,在占能源消费总量超半的制造业能耗方面的研究明显存在不足,尤其缺乏对因制造业结构调整、产业转型升级影响能源消费方面的定量研究。本文将引入制造业高级化指数变量,并构建多元线性回归模型,定量分析制造业高级化对14个制造业强省能源消费强度的影响。

1. 模型、变量及数据选取

在经济转型过程中的能源消耗强度的下降跟技术进步、结构调整等相关。因此,研究制造业高级化对制造业强省能源消耗强度影响的同时,也需要考虑这些因素对能源消耗强度的影响。理论分析与统计描述表明,能源消耗强度的影响因素主要包括经济发展水平、产业结构变动、技术进步和FDI等。本文选取2010年制造业强省的能源消耗强度作为被解释变量,将区域制造业高级化指数作为解释变量,而将经济发展水平、经济结构变动和外商直接投资作为控制变量引入,进行实证研究。由于制造业高级化指数中已经包含了代表制造业技术进步与制造业整体质量提升的指标,所以在构建制造业高级化对能源消耗强度影响的多元回归模型时不再引入技术进步变量。

建立多元线性回归模型如下:

$$EI = a_0 + a_1 PGDP + a_2 SPGDP + a_3 AI + a_4 SI + a_5 TI + a_6 FDI \quad (5)$$

a_0 :常数

PGDP:人均GDP

SPGDP:PGDP的平方

AI:制造业高级化指数

SI:第二产业比重

TI:第三产业比重

FDI:外商投资固定资产比重

(如果存在库茨涅茨曲线,则SPGDP的系数要小于0)

选择人均GDP来表征经济发展水平,工业增加值占GDP比重和第三产业增加值占GDP比重来表征产业结构,也代表了制造业量的变化;选择制造业高级化指数来表征制造业高级化程度(制造业的高级化也代表了制造业的内部结构变动与技术进步),选择外商投资固定资产比重来表征市场改革和对外开放。

根据式(1)得到各样本省市制造业高级化指数测度结果。劳动、资本和技术密集型制造业产值比重原始数据根据相关年份各省市统计年鉴整理计算。R&D投入强度、新产品销售比重、专利申请和专利授权数据根据相关年份《中国科技统计年鉴》整理计算;驰名商标数、累计有效注册数与著名

[1]郭雅恒、谢德泳:《产业结构、经济增长及能源消耗的计量分析》,〔北京〕《统计与决策》2013年第16期。

[2]贺小莉、潘浩然:《基于PSTR模型的中国能源消费与经济增长非线性关系研究》,〔北京〕《中国人口·资源与环境》2013年第12期。

[3]李博、李清彬:《中国人均能源消费水平地区差距的发展与解释——基于Shapley值分解方法》,〔北京〕《资源科学》2013年第6期。

商标总量数据来源于《中国商标战略发展报告》。制造业高级化指数、人均GDP、工业增加值占GDP比重、第三产业占GDP比重、外商直接投资与能源强度数据如表2所示。

2. 回归结果与分析

回归的结果如表3、表4所示。表3中的调整R平方为0.827,说明方程整体回归显著。

根据表4,回归方程为:

$$EI=5.933 + 0.064PGDP + 0.003SPGDP - 0.026AI - 0.052SI - 0.035TI - 0.030FDI \quad (6)$$

尽管PGDP,SPGDP的系数均不显著,但是都大于0,说明目前并不存在库茨涅茨曲线。还没有出现库茨涅茨效应,能源消耗强度的拐点还没有到。AI的系数为负,且显著,说明制造业高级化指数越高,能源强度越低,能效越高。SI,TI的系数都不显著,但是都为负,表明第二产业比重和第三产业比重高的省份能源强度较低。FDI的系数不显著,但是为负,这说明FDI还是促进了能源强度的降低。

为了剔除影响较小的因素,采用逐步回归重新估算方程。表5说明方程整体回归显著。

根据表6,最终估算的方程为:

$$EI=4.145-0.037AI-0.030SI \quad (7)$$

该回归方程的调整R平方为0.704(见表5),方程整体显著。而且AI,SI系数均为负,且显著。说明当前制造业高级化指数与第二产业比重提高,可以促进能源强度降低。

AI的系数为-0.037,小于零,而且在1%的置信水平下显著。这说明,制造业高级化指数每提高1个单位,能源强度降低0.037。制造业高级化程度的提高是促进能源强度下降的主要驱动因素。

制造业高级化指数高一方面说明制造业的内部结构较为合理,技术密集型行业在整个制造业中所占比重越来越大,而技术密集型制造业的特点是技术水平高和人员素质高,能耗小且生产效率

表2 制造业高级化和能源消耗强度原始数据

省市	制造业高级化指数	人均GDP(元)	第二产业比重(%)	第三产业比重(%)	外商投资固定资产投资比重(%)	能源消耗强度(万吨标准煤/亿元)
北京	81.26384354	75943	24.01%	75.11%	4.40%	0.4927
天津	52.20668556	72994	52.47%	45.95%	4.53%	0.7391
河北	39.15198805	28668	52.50%	34.93%	1.69%	1.3499
吉林	43.7071055	31599	51.99%	35.89%	1.96%	0.9573
黑龙江	46.2049431	27076	50.19%	37.24%	1.77%	1.0834
上海	56.32525342	76074	42.05%	57.28%	9.49%	0.6525
江苏	54.09841946	52840	52.51%	41.35%	7.47%	0.6222
浙江	53.30966342	51711	51.58%	43.52%	4.50%	0.6084
安徽	46.2593908	20888	52.08%	33.93%	1.81%	0.7854
福建	53.25339241	40025	51.05%	39.70%	5.41%	0.6656
山东	42.2439339	41106	54.22%	36.62%	3.51%	0.8886
湖北	43.33515117	27906	48.64%	37.91%	2.39%	0.9480
广东	52.40282374	44736	50.02%	45.01%	5.44%	0.5848
四川	47.54159833	21182	50.46%	35.09%	2.42%	1.0411

表3 能源强度回归模型整体显著性检验

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.909 ^a	.827	.678	.13579	2.096

a. Predictors: (Constant), FDI, SI, SPGDP, AI, PGDP, TI

b. Dependent Variable: EI

表4 能源强度回归系数

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
	B	Std. Error			
1 (Constant)	5.933	3.296		1.800	.115
PGDP	.064	.229	.530	.281	.787
AI	-.026	.011	-1.115	-2.377	.049
SPGDP	.003	.017	.220	.160	.877
SI	-.052	.043	-1.668	-1.197	.270
TI	-.035	.044	-1.611	-.778	.462
FDI	-.030	.026	-.291	-1.125	.298

a. Dependent Variable: EI

表5 能源强度逐步回归模型整体显著性检验

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.909 ^a	.827	.678	.13579	
2	.909 ^b	.826	.717	.12726	
3	.898 ^c	.806	.719	.12683	
4	.896 ^d	.803	.744	.12119	
5	.866 ^e	.750	.704	.13015	1.865

a. Predictors: (Constant), FDI, SI, SPGDP, AI, PGDP, TI

b. Predictors: (Constant), FDI, SI, AI, PGDP, TI

c. Predictors: (Constant), FDI, SI, AI, PGDP

d. Predictors: (Constant), FDI, SI, AI

e. Predictors: (Constant), SI, AI

f. Dependent Variable: EI

高。另一方面,以能源强度衡量的能源利用水平,也和各区域在国际分工中的不同地位相关,通常处于产业价值链低端的区域更倾向于生产能源耗高、劳动力密集的产品,从而导致能源强度相对较高。而制造业高级化指数越高也就意味着该区域处于价值链高端的制造业产值比重大,从事高附加值的研发设计与营销环节的比重高。制造业价值链中的研发与营销环节的产品对能源的依赖性小,能源强度也就相应较低。因此,一个地区制造业的高级化程度的提高能够导致该地区能源强度的降低和能源效率的提升。

第二产业比重SI系数为-0.030,小于零,并在1%的置信水平下显著。这说明,14个制造业强省从总体上来看,增加值占GDP的比重每提高一个百分点,能源强度平均下降0.030。说明了第二产业的发展也伴随着能源效率的提高。虽然第二产业比重总体呈现下降趋势,但从其工业结构内部来看,作为工业主体的制造业结构已经发生了明显的变化,呈现出技术密集化的总体特征。分析制造业的产值结构可以看出,资本密集型制造业产值比重从2001年的50.27%上升到2010年的

54.53%,技术密集型制造业产值比重从2001年的12.69%上升到2010年的16.16%。这说明第二产业内部能效较高的资本技术密集型产业的加速发展正在逐步替代高能耗的劳动密集型产业。这种工业部门内部不同能效的部门的比例变化带动了第二产业整体能源效率的提高和能源强度的降低。

五、结 论

在传统产业升级理论上提出了“制造业高级化”概念,构建了包含制造业结构优度和价值链高度两个维度的制造业高级化指数。以14个制造业强省的数据为样本,研究了其制造业高级化对区域能源强度的影响。实证研究结果显示,制造业高级化指数每提高1个单位,能源强度降低0.037。制造业高级化指数越高,则区域能源强度越低,能效越高。制造业高级化具有显著的节能降耗效应,制造业高级化是促进区域能源强度下降的主要驱动因素。研究结果还显示区域第二产业的发展也伴随着能源效率的提高。理论与实践证明,工业越发达的区域越是重视节能。这14个省市的研发投入力度与科技创新能力在不断增强,近年来广泛实施的各项节能措施与节能政策的效果也正在逐渐显现。这也说明在工业化进程中,伴随着区域工业化程度的提高,科技进步引领下的工业发展质量会随之提升,能源效率也将不断提高。

[责任编辑:天 则]

表6 能源强度逐步回归系数

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
	B	Std. Error			
1 (Constant)	5.933	3.296		1.800	.115
PGDP	.064	.229	.530	.281	.787
AI	-.026	.011	-1.115	-2.377	.049
SPGDP	.003	.017	.220	.160	.877
SI	-.052	.043	-1.668	-1.197	.270
TI	-.035	.044	-1.611	-.778	.462
FDI	-.030	.026	-.291	-1.125	.298
2 (Constant)	6.153	2.807		2.192	.060
PGDP	.097	.094	.802	1.034	.331
AI	-.026	.010	-1.127	-2.598	.032
SI	-.055	.035	-1.780	-1.579	.153
TI	-.037	.038	-1.738	-.970	.361
FDI	-.030	.025	-.295	-1.223	.256
3 (Constant)	3.575	.897		3.988	.003
PGDP	.013	.035	.104	.362	.726
AI	-.031	.009	-1.304	-3.326	.009
SI	-.023	.011	-.738	-2.183	.057
FDI	-.035	.024	-.339	-1.433	.186
4 (Constant)	3.559	.856		4.159	.002
AI	-.030	.008	-1.258	-3.554	.005
SI	-.023	.010	-.742	-2.299	.044
FDI	-.029	.018	-.284	-1.639	.132
5 (Constant)	4.145	.835		4.967	.000
AI	-.037	.007	-1.577	-4.973	.000
SI	-.030	.010	-.955	-3.010	.012

a. Dependent Variable: EI