

服务业真的比制造业更绿色环保?

——基于能源效率的测度与分解

白雪洁¹, 孟辉²

(1. 南开大学 经济与社会发展研究院, 天津 300071; 2. 南开大学 经济学院, 天津 300071)

摘要:资源环境强约束下,中国服务业能否担当起产业结构转型升级的重任,服务业真的比制造业更绿色环保吗?通过构建当期和两期技术下方向性距离函数,利用GBML指数核算了2004—2012年中国27个制造行业与14个服务行业的能源效率并对其进行分解。结论显示:服务业并未比制造业更为绿色环保;技术进步、资本投入能源效应以及能源结构效应是促进服务业能源效率提升的主要因素;产出结构效应与技术效率是导致服务业与制造业能源效率差距的主要因素。

关键词:服务业;制造业;能源效率;GBML指数;方向性距离函数

中图分类号:F062.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-9301(2017)03-0001-14

一、引言

过去30年中国经济的快速增长伴随着中国能源消费更高速的增长,包括能源消耗在内的资源要素投入式增长助推中国成为仅次于美国的世界第二大经济体,同时也把中国变成能源消费第一大国。现阶段中国面临经济增长的“新常态”,而工业化和城市化的快速推进使得能源需求与供给矛盾日渐尖锐。资源环境对经济发展所需的能源消耗与污染物排放的包容力日趋缩减,能源约束逐渐成为阻碍经济增长的主要因素之一。为此,中国政府明确提出,到2020年单位国内生产总值能源消费与二氧化碳排放分别比2015年下降15%和18%^[1]。由于能源结构存在一定程度的刚性,清洁、低碳能源与传统能源(煤炭、火电等)相比发展严重不足^[1],现阶段依靠能源结构实现减排难度较大,能源结构调整是一个长期目标。短期内,提高能源使用效率、减少能源消耗与浪费等减排手段更为可行。当前,中国制造业尚未从根本上摆脱高能耗、高排放的粗放式增长方式,而服务业按照通常的认知,被视为低能耗、低污染的绿色产业,从中央政府到各地方政府都把大力发展服务业,提升服务业占GDP的比重作为优化三次产业结构的一个目标来追求,似乎籍此可以减轻经济增长对资源环境造成的压力。然而,服务业构成丰富多样,技术经济特性千差万别,交通运输、餐饮零售和商业贸易等传统服务行业的快速发展使得服务业的节能减排问题逐渐受到关注,中国服务业发展并非绿色增长^[2],服务业并不应该也不能够被笼统地贴上绿色标签。因此,提升能源使用效率不仅是中国工业或制造业,也是服务业发展面临的严峻课题。

制造业作为能源密集型产业,不乏大量学者对其能源效率进行研究^[3-7]。在早期研究中,能源效

收稿日期:2016-12-22;修回日期:2017-02-17

作者简介:白雪洁(1971—),女,内蒙古通辽人,经济学博士,南开大学经济与社会发展研究院教授,研究方向为产业经济学;孟辉(1982—),女,辽宁营口人,南开大学经济学院博士研究生,研究方向为产业经济学。

基金项目:国家社会科学基金重大项目(13&ZD157);教育部人文社科研究规划基金项目(16YJA790002);教育部人文社科研究规划基金一般项目(15YJA790049)

率研究视角以单要素为主, Hu and Wang^[8] 构建了最初的能源效率评价指标, 劳动、资本等多要素可以纳入能源效率评价体系。随后有部分学者在此研究方法基础上对中国工业行业和区域能源效率进行研究^[9-11], 其中孙广生等^[12] 对能源效率变化进行进一步分解, 在原有技术进步和技术效率的基础上进一步分离出投入替代效应, 而王兵等^[13] 则结合 Wang^[14] 的研究, 将投入替代进一步分解为各要素-能源比率以及产出结构, 并将非期望产出纳入到 EDA 模型当中。然而有关服务业的能源效率, 仅庞瑞芝等^[15]、王恕立等^[16] 将能源与环境要素纳入服务业整体效率分析框架, 并没有从能源效率角度对服务业是否真的“绿色”进行测度。

总体来看, 有关能源效率的研究仍有许多有待深入之处: (1) 大部分研究在应用全要素能源效率进行核算时, 虽然将能源要素考虑到整体模型中, 但由于无法分离资本与劳动要素对全要素能源效率的贡献, 不能突出能源特征; (2) 虽然孙广生等^[12]、Wang^[14] 的研究解决了资本与劳动要素无法区分的尴尬, 但与能源投入几乎同时产生的环境负担作为非期望产出却没能考虑在内; (3) 王兵等^[13] 的研究考虑了非期望产出, 使能源效率计算更为合理, 但其在利用 DEA 来求解方向性距离函数时其投入和产出变动距离均为 β , 同时其方向向量选择也未考虑投入要素的方向, 这可能会造成能源效率计算出现偏差; (4) 目前针对能源效率的研究对服务行业较少涉及, 这可能加剧对服务行业所谓绿色属性的认识偏差。

从研究方法看, Chung *et al.*^[17] 开创性地利用方向性距离函数和 ML 指数从“绿色”角度对经济增长进行阐释, 该方法被许多学者广泛采用^[18-21]。由于 ML 指数、SML 指数^② 在求解跨期方向性距离函数时均面临线性规划无解的潜在问题^③, Oh^[22] 为解决 ML 指数所存在的问题, 构建了 Global Malmquist-Luenberger (GML) 指数, 然而这一指数虽然解决了跨期线性规划无解和指数不具传递性的问题, 但样本研究期限的变化造成其计算结果缺乏稳定性。Pastor *et al.*^[23] 的 BM 指数^④ 克服了 ML 指数、SML 指数求解过程中存在的无可行解与忽略技术退步问题, 与 GML 指数相比计算结果更具稳定性。

因此, 本文借鉴 Pastor *et al.*^[23] 研究方法, 结合王兵等^[13] 对 BM 指数的实证研究, 在改进其方向性距离函数模型的基础上, 构造 Green Biennial Malmquist-Luenberger 指数 (GBML), 测算 2004—2012 年中国 27 个制造行业和 14 个服务行业的能源效率并对其进行分解, 探寻能源效率变动的原因。

二、研究方法

(一) GBML 生产率指数

本文将 27 个制造行业和 14 个服务行业中每一个行业看作一个生产决策单位 (DMU), 结合 Färe *et al.*^[24] 提出的“环境技术”将能源要素与 SO₂、CO₂ 污染物纳入生产可能性集合, 构建既包含期望产出又包含非期望产出的生产前沿面。假设每一个行业都使用 I 种投入 $x = (x_1, \dots, x_I) \in R_+^I$, 生产出 $O + Q$ 种产出, 其中期望产出 O 种 $y = (y_1, \dots, y_O) \in R_+^O$, 非期望产出 Q 种 $b = (b_1, \dots, b_Q) \in R_+^Q$ 。由于生产可能性集满足有界闭集、期望产出与非期望产出的零结合性、期望产出和投入强可处置性以及非期望产出弱可处置性, 假设在每个时期 $t = 1, \dots, T$, 行业 $j = 1, \dots, J$ 的投入产出组合为 (x_j^t, y_j^t, b_j^t) , 且规模报酬可变更符合现实情况, 本文每个时期下的环境技术可表示为:

$$P(x) = \left\{ (x, y, b) : \sum_{j=1}^J z_j x_{ji} \leq x_i, \sum_{j=1}^J z_j y_{jo} \geq y_o, \sum_{j=1}^J z_j b_{jq} \leq b_q, \sum_{j=1}^J z_j = 1, z_j \geq 0; \forall j, i, o, q \right\}$$

其中, 每一个 DMU 的权重为 z_j , 而 i, o, q 分别代表投入要素、期望产出和非期望产出。根据 Chambers *et al.*^[25] 和 Chung *et al.*^[17] 提出的方向性距离函数基础上, 进一步一般化表示为:

$$\vec{D}_o(x, y, b; g_x, g_y, g_b) = \max \{ \beta \in \mathfrak{R} : (x - \beta g_x, y + \beta g_y, b - \beta g_b) \in P(x) \} \quad (1)$$

根据 Färe *et al.*^[26] 的研究发现, 当方向向量选取 $g = (y, -b, -x)$ 时与给定环境压力^⑤ 后最优

方向选择相一致,因此本文的方向选取为 $g = (y, -b, -x)$ 。

由于 ML、SML、GML 等生产率指数存在不同程度的缺陷,本文在 Pastor *et al.*^[23] 和王兵等^[13] 的 BM 和 BML 指数基础上,提出了 GBML 生产率指数^⑥。

$$GBML_t^{t+1} = \frac{1 + \bar{D}_0^B(x^t, y^t, b^t; g^t)}{1 + \bar{D}_0^B(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})} = \left[\frac{1 + \bar{D}_0^t(x^t, y^t, b^t; g^t)}{1 + \bar{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})} \right] \quad (2)$$

$$\times \left[\frac{1 + \bar{D}_0^B(x^t, y^t, b^t; g^t)}{1 + \bar{D}_0^t(x^t, y^t, b^t; g^t)} \times \frac{1 + \bar{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})}{1 + \bar{D}_0^B(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})} \right] = TEC \times TPC$$

与传统生产率指数相似,公式(2)可以分解为技术效率变化(TEC)和技术进步变化(TPC)。式(2)中的 $\bar{D}_0^t(x^t, y^t, b^t; g^t)$ 和 $\bar{D}_0^B(x^t, y^t, b^t; g^t)$ 分别代表 t 期技术下 t 期 DMU 的方向距离函数和两期技术(Biennial Technology)^⑦(t 期和 $t+1$ 期)下 t 期 DMU 的方向距离函数。 t 期当期和两期方向距离函数模型分别为(3)和(4)式:

$$\bar{D}_0^t(x^t, y^t, b^t; g^t) = \max \left\{ \beta^t : \beta^t = \frac{1}{2} \left[\left\{ \frac{1}{I}(\beta_i^t + \beta_k^t + \beta_c^t) + \frac{1}{O+Q}(\beta_y^t + \beta_e^t + \beta_s^t) \right\} \right] \right\}$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{j=1}^J z_j^t l_j^t \leq (1 - \beta_i^t) l_j^t, \sum_{j=1}^J z_j^t k_j^t \leq (1 - \beta_k^t) k_j^t, \sum_{j=1}^J z_j^t e_j^t \leq (1 - \beta_e^t) e_j^t, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^J z_j^t y_j^t \geq (1 + \beta_y^t) y_j^t, \sum_{j=1}^J z_j^t c_j^t = (1 - \beta_c^t) c_j^t, \sum_{j=1}^J z_j^t s_j^t = (1 - \beta_s^t) s_j^t,$$

$$\sum_{j=1}^J z_j^t = 1, z_j^t \geq 0; \beta_i^t \geq 0; \beta_k^t \geq 0; \beta_e^t \geq 0; \beta_y^t \geq 0; \beta_c^t \geq 0; \beta_s^t \geq 0$$

$$j = 1, \dots, J; I = 3, O = 1, Q = 2$$

$$\bar{D}_0^B(x^t, y^t, b^t; g^t) = \max \left\{ \beta^t : \beta^t = \frac{1}{2} \left[\left\{ \frac{1}{I}(\beta_i^t + \beta_k^t + \beta_c^t) + \frac{1}{O+Q}(\beta_y^t + \beta_e^t + \beta_s^t) \right\} \right] \right\}$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{j=1}^J z_j^t l_j^t + \sum_{j=1}^J z_j^{t+1} l_j^{t+1} \leq (1 - \beta_i^t) l_j^t, \sum_{j=1}^J z_j^t k_j^t + \sum_{j=1}^J z_j^{t+1} k_j^{t+1} \leq (1 - \beta_k^t) k_j^t, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^J z_j^t e_j^t + \sum_{j=1}^J z_j^{t+1} e_j^{t+1} \leq (1 - \beta_e^t) e_j^t, \sum_{j=1}^J z_j^t y_j^t + \sum_{j=1}^J z_j^{t+1} y_j^{t+1} \geq (1 + \beta_y^t) y_j^t,$$

$$\sum_{j=1}^J z_j^t c_j^t + \sum_{j=1}^J z_j^{t+1} c_j^{t+1} = (1 - \beta_c^t) c_j^t, \sum_{j=1}^J z_j^t s_j^t + \sum_{j=1}^J z_j^{t+1} s_j^{t+1} = (1 - \beta_s^t) s_j^t,$$

$$\sum_{j=1}^J z_j^t = 1, z_j^t \geq 0; \beta_i^t \geq 0; \beta_k^t \geq 0; \beta_e^t \geq 0; \beta_y^t \geq 0; \beta_c^t \geq 0; \beta_s^t \geq 0$$

$$j = 1, \dots, J; I = 3, O = 1, Q = 2$$

同理,我们可以求解 $t+1$ 期 DMU 的方向距离函数 $\bar{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})$ 和两期技术下 $t+1$ 期 DMU 的方向距离函数 $\bar{D}_0^B(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})$ 。

(二) 能源效率分解

王兵等^[13] 借鉴孙广生等^[12] 将单要素能源效率评价指标进行分解,使其可分解出包含全要素能源效率的分解项,让全要素生产率与其他各要素对能源效率的影响可进行直接比较。借鉴王兵等^[13] 的研究,本文从产出增长出发,根据产出增长分解公式进一步得到能源效率分解公式:

动力要素对能源的替代程度越高,即单位劳动使用的能源越少,产出与能源效率反而越高。

4. 资本投入的能源效应(KIEE) KIEE反映资本投入变化对能源效率的影响效应,其值越大资本要素对能源的替代程度越高,即单位资本使用的能源越少,产出与能源效率反而越高,反之亦然。

5. 碳-能结构效应(CSE) CSE反映了能源消费结构变化对单位能源CO₂排放量的影响,如降低石化能源消耗能够减少CO₂排放。但CO₂排放量减少所带来的能源结构变化并不能保证能源效率的提升,能源消费总量的变化会使得能源消费结构改变反而使能源效率下降。若能源消费总量上升,即使CO₂排放量减少带来能源结构改善,能源效率值降低;若能源消费总量下降,但其下降幅度超过服务业或制造业增加值下降幅度则会导致能源效率值提升。

6. 硫-能结构效应(SSE) SSE反映了能源消费结构变化对单位能源SO₂排放量的影响,如降低煤炭、石油等能源消耗能够减少SO₂排放。但SO₂排放量减少所带来的能源结构变化并不能保证能源效率的提升,其与CSE面临同样问题。

7. 产出结构效应(OSE) OSE反映了增加值(期望产出)与CO₂和SO₂排放量(非期望产出)在总产出中的比例变化对前沿产出的效应。主要体现在两个方面:(1)给定技术水平与投入要素,保持非期望产出与方向向量不变而仅由于期望产出改变对前沿产出的影响;(2)保持期望产出与非期望产出比例不变,而改变方向向量对前沿产出的影响。

三、数据处理

本文应用2004—2012年中国27个制造行业和14个服务行业共41个行业的增加值、资本投入、劳动投入、能源投入以及CO₂排放量和SO₂排放量^①进行研究。基本的数据来源是《中国工业经济统计年鉴》、《中国第三产业统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国统计年鉴》、《中国固定资产投资统计年鉴》、《中国劳动统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国人口和就业统计年鉴》和地方统计年鉴。

1. 期望产出(增加值) 本文选取了41个行业的增加值数据,并分别根据历年各行业工业品出厂价格指数和第三产业增加值指数将其平减到2004年的价格水平。由于2008年以后,《中国工业经济统计年鉴》以及《中国统计年鉴》中均不再统计制造业增加值,因此本文根据《中国经济景气月报》^②中“主要行业工业增加值增长率及出口交货值”对2008—2012年中国制造行业增加值进行核算。由于制造业增加值在统计过程中以规模以上企业进行统计,无法直接获得分行业制造业总增加值数据,直接应用会低估制造业各行业的产出能力。因此,为尽可能使数据更贴近行业现实,本文以分行业规模以上制造业增加值为基础估算分行业制造业总增加值,具体估算公式如下^③:

$$MSVA_i = \left(\frac{MSASAD_i}{TASAD} \right) \times TMVA$$

2. 资本投入 本文对2004—2012年制造行业和服务行业固定资本存量采取永续盘存(PIM)法进行估算,公式为:

$$K_{it} = K_{it-1}(1 - \delta) + I_{it}$$

上述公式中 K_{it} 表示第*i*个行业在第*t*年的固定资本存量, I_{it} 表示第*i*个行业在第*t*年的固定资产投资额, δ 表示固定资产折旧率。其中,制造业固定资产折旧率采用11.6%,服务业的折旧率为6%,并用固定资产投资价格指数将其折算为以2004年为基期的不变价格。对于初始年份的资本存量的获取,沿袭Hall和Jones^[27]的思想,采用 $K_{i2004} = I_{i2004} / (\delta_{i2004} + g)$ 估算2004年的资本存量,其中*g*是所考察的各行业2004—2012年固定资产投资年均增长率。

由于制造业分行业固定资产投资额在统计过程中仅统计城镇固定资产投资额,从而无法直接获得分行业全社会固定资产投资总额,直接应用会低估制造业各行业的资本投入。因此为使数据更贴近行业现实,本文在分行业制造业城镇固定资产投资额的基础上估算分行业制造业全社会固定资产投资额,具体估算公式如下^④:

$$MSTFAI_i = \left(\frac{MSCFAI_i}{TCFAI} \right) \times TMFAI$$

3. 劳动投入 采用各制造行业历年全部从业人员年平均人数这一指标,服务行业人数计算参考王恕立等^[28]的方法,估算出各服务行业的从业人员数。

4. 能源投入 制造业能源投入根据《中国能源统计年鉴》中历年能源消费数据获得,将其转化为标准煤。对服务业能源投入数据核算,本文先应用 RAS 法,得到中国历年投入-产出表^⑩,然后核算出 14 个服务行业对“煤炭开采和洗选业”、“石油和天然气开采业”、“石油加工、炼焦及核燃料加工业”、“电力、热力的生产和供应业”和“燃气生产和供应业”这五大能源行业的最终使用比例,最后按照这一比例分配服务业的能源总消耗量。

5. CO₂ 排放量 根据《中国能源统计年鉴》中提供的碳排放系数以及 IPCC 提供的基准核算方法^⑪,对制造行业能源终端消费(实物量)和服务业能源终端消费(实物量)CO₂ 排放量进行估算。

6. SO₂ 排放量 制造行业采用历年各行业工业废气排放及处理情况作为指标。由于《中国环境统计年鉴》没有给出具体服务行业数据,为得到服务行业数据,本文进行如下处理^⑫:

$$SESO_{2i} = LESO_2 \times SIL_i / TRP$$

四、实证分析

本文应用上述方法和数据对 2004—2012 年共 41 个行业的能源效率进行分解,下面从历年制造业与服务业能源效率变化、效率差距来源以及重点制造行业与服务行业能源效率差异和各分解项的能源效率贡献度三个方面进行实证结果的阐释。

(一) 服务业是否更为绿色环保? ——基于能源效率及其分解

由表 1 可知,制造业与服务业能源效率增长指数呈现震荡趋势,但制造业能源效率在样本期间均大于 1,而服务业仅有三年能源效率值大于 1。制造业能源效率总体上要优于服务业能源效率,这与通常的服务业“绿色”属性预期有很大偏差,与一些已有研究结果相似^[2]。2004—2012 年间,制造业能源效率年均增长为 7.1%,其中产出结构效应贡献度最高,为 62.07%。其他贡献度由高到低分别为技术进步(35.93%)、资本投入的能源效应(4.84%)、碳-能结构效应(4.11%)、技术效率(1.77%),而硫-能结构效应和劳动投入的能源效应贡献度为负,分别为 -0.19% 和

表 1 2004—2012 年制造业与服务业年均能源效率及其分解

年份	TE	TC	LIEE	KIEE	CSE	SSE	OSE	EP
2004—2005	0.996	1.024	0.989	1.010	1.002	1.014	1.020	1.055
2005—2006	1.024	1.023	0.995	1.006	1.008	0.988	1.015	1.060
2006—2007	1.015	1.029	0.998	1.005	1.000	0.994	1.093	1.138
2007—2008	0.997	1.008	0.994	1.002	1.009	0.997	1.015	1.022
2008—2009	0.974	1.055	0.999	1.002	1.001	0.999	1.077	1.105
2009—2010	1.030	1.018	0.994	1.001	1.002	1.010	1.036	1.092
2010—2011	1.009	1.005	0.986	1.000	0.998	1.004	1.075	1.077
2011—2012	0.966	1.039	0.999	1.001	1.003	0.994	1.019	1.021
平均	1.001	1.025	0.994	1.003	1.003	1.000	1.044	1.071
2004—2005	0.996	0.986	1.001	1.007	1.004	1.003	0.977	0.974
2005—2006	1.006	1.001	1.000	1.001	0.998	0.996	0.991	0.994
2006—2007	1.002	1.022	0.999	1.001	0.998	1.000	1.044	1.066
2007—2008	0.991	1.009	1.000	1.001	1.004	0.999	1.058	1.061
2008—2009	0.961	1.011	1.000	1.002	1.019	1.011	0.963	0.965
2009—2010	0.986	1.044	0.999	1.001	1.000	1.004	0.955	0.987
2010—2011	1.016	1.051	1.000	1.000	1.002	0.971	0.973	1.012
2011—2012	0.952	1.051	0.998	1.002	1.006	1.005	0.968	0.979
平均	0.989	1.022	0.999	1.002	1.004	0.999	0.991	1.005

数据来源:作者整理

-8.53%。而这一时期的服务业则与制造业能源效率表现出较大不同,主要表现为技术效率、产出结构效应平均增长率的下降。2004—2012 年服务业能源效率年均增长仅为 0.5%,技术进步平均增长率为 2.2%,资本投入的能源效应 0.2%,碳-能结构效应 0.4%,而技术效率、硫-能结构效应和产出结构效应负增长,分别为 -1.1%、-0.1% 和 -0.9%。这说明服务业的技术效率与产出结构对能源效率的增长起到了阻碍作用,也是导致制造业与服务业能源效率差异较大的主要因素,而产出结构

效应差距之大尤为突出。

从产出结构来看,制造业产出结构效应增长率为 4.4%,而服务业产出结构效应增长率为 -0.9%,这说明制造业目前的产出结构调整已经逐步显现出其对能源效率的积极影响,然而服务业目前的产出结构并不能有效地促进能源效率的提升,说明服务业当前的产出结构仍旧存在较大问题,应当加大优化其产出结构的力度。应用增加值与 CO₂ 和 SO₂ 总排放量的比率进一步衡量产出结构,即每单位增加值的污染物含量越高,则表明该产业污染越严重,产出结构缺乏环境友好度,反之则污染较轻,产出结构良好。据此可以发现,自 2004 年起直至 2012 年,制造业单位增加值的污染物排放稳步下降,而服务业单位增加值的污染物排放除 2008 年外呈现稳步上升趋势。虽然制造业单位增加值污染物排放量目前仍是服务业的 2.5 倍以上,但这种差异在很大程度上可能源自产业的技术经济属性差异,至少从变化趋势上可以看到,一直作为减排严控对象的制造业,自 2004 年以来,无论是纵向与自身以往相比,还是横向与服务业相比,其环境友好度都在明显上升,减排效果斐然,而且主要是由产出结构变化带来的。但遗憾的是,被视为整体产业结构优化方向的服务业,自身却暴露出产出结构不够“绿色”,环境友好度低的问题。从技术角度来看,可以通过当其他条件不变情况下单纯提升期望产出(增加值)或者优化产出结构,即期望产出增长率高于非期望产出(污染物排放量)或非期望产出下降幅度大于期望产出这两个途径优化能源生产率。服务业的增加值一直呈现增长趋势,因而只有当服务业产出结构优化时,才会促使生产前沿向上移动。

本文进一步将能源效率的七项分解合并为三项,分别是全要素生产率(TFP,技术效率和技术进步)、投入要素能源效应(IFEE,劳动和资本投入的能源效应)和结构效应(SE,碳-能结构效应、硫-能结构效应和产出结构效应)。同时,根据公式(6)中的最后分解项,可以得到历年制造业与服务业能源效率和三大分解项之比(见图 1)。

经过计算,制造业与服务业的 EP 之比与 SE 之比的相关性要大于 TFP 之比及 IFEE 之比^⑩,这说明结构效应与其他两个效应相比,对拉大制造业与服务业能源效率差距产生了更为关键和直接的作用。换言之,本文认为制造业与服务业间能源效率差异主要来源于各自的产业结构优化程度差异,进一步追溯,产业结构是要素投入结构的映射结果,间接反映投入的“绿色”水平。因此合理选择服务行业和制造行业,优化各自的产业结构水平是提升能源效率的重要途径。鉴于此,深入研究制造业与服务业内部的结构差异及其能源效率差距更显得十分必要。

(二) 服务行业是否更为绿色?——基于制造业与服务业细分行业能源效率差异

表 2 给出了我国制造业与服务业部分重点行业 2004—2012 年平均能源效率及其分解的结果。从能源效率增长来看,在 41 个行业中能源效率增长超过 10% 的行业共有 4 个,分别是木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业(M8),专用设备制造业(M22),废弃资源和废旧材料回收加工业(M27),水利、环境和公共设施管理业(S9),服务业中仅一个入围并位列第 4,而且水利、环境和公共设施管理业作为混合有公共服务属性的行业,其市场竞争部分的行业内容一般具有知识技术密集的特征,行业经济实力与研发能力较强,能够有效推动技术进步和产出增长,且无论服务过程还是服务产品形式都具有环境友好的特点,因此,其能源效率增长就不足为奇了。而在能源增长率前 10 位的行业,服务业中除去前述能源效率增长率超过 10% 的水利、环境和公共设施管理业之外,是知识和技术密集特征更为突出的教育业(S11)。由此可以发现,无论制造行业还是服务行业,其能源效率增长率超过 10% 的行业,主要都是其生产技术方式决定的行业产出能力较强且为低环境负担的,换言之,这类

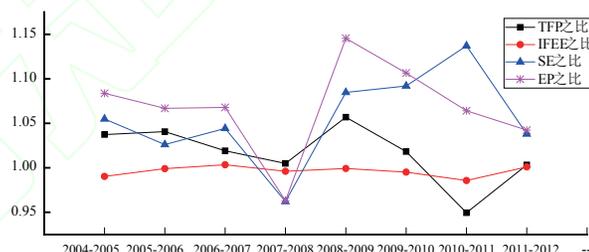


图 1 制造业与服务业能源效率及其分解之比

行业的能源效率增长主要来自于其产出结构效应(OSE),这印证了产出结构效应是决定能源效率增长的主要因素,和制造业一样,服务业各细分行业的生产技术特征迥异,一些服务行业本身具有能源密集型行业的特征且其生产方式又较为粗放,而另一些行业是由于缺乏对环境负外部性的约束,致使服务业整体的产出结构效应阻碍了服务业能源效率提升。能源效率不升反降的9个行业中制造行业仅有2个,服务行业有7个,正好占到14个考察的服务行业的一半,究其原因,这些服务行业能源效率下降的原因主要是技术效率和产出结构效应的下降。

上述因技术效率下降导致能源效率下降的服务行业分别是交通运输及仓储、邮政业(S1),信息传输、计算机服务和软件业(S2),批发和零售业(S3)、住宿和餐饮业(S4)、租赁和商务服务业(S7)、公共管理和社会组织(S14),制造业中是石油加工、炼焦及核燃料加工业(M12)和黑色金属冶炼及压延加工业(M18)。这2个制造行业是典型的高投入高排放的重工业,而6个服务行业中信息传输、计算机服务和软件业、租赁和商务服务业、公共管理和社会组织从技术经济属性来看,与其余3个所谓传统服务行业较为依赖能源投入的特征应该是不同的,但是其技术效率下降却拖累其能源效率下降,这也说明服务行业整体缺乏能源环境意识,认为节能减排是工业甚至是重工业面临的严峻挑战,忽视了行业自身资源要素配置中的能源环境约束,使得本来可以更节能环保的服务细分行业反而走入耗能污染的“歧途”,能源效率不升反降。服务业的结构优化不是一个简单地调整产出结构的问题,很多传统服务行业,不能因为其具有能源投入依赖与环境排放负担就缩减其发展空间,如交通运输及仓储、住宿和餐饮业等,这类行业的确存在不“绿色”的特点,但它对经济社会发展而言不可或缺,因此,对这类行业不是简单地“去除”,而是依照标准约束其“绿色化”发展。这就要求这类行业内的企业努力提升其资源配置效率,注重节能环保技术的开发使用等。

表2 我国制造业与服务行业分行业2004—2012年
平均能源效率及其分解

行业	TE	TC	LIEE	KIEE	CSE	SSE	OSE	EP
M1	0.995	1.018	1.000	1.006	1.001	1.000	0.988	1.009
M2	0.998	1.013	1.001	1.003	1.002	1.001	1.040	1.059
M3	0.999	1.012	1.000	1.006	1.002	1.001	1.028	1.047
M4	1.000	1.011	1.000	1.000	1.000	1.000	1.069	1.080
M5	1.000	1.011	0.997	1.001	1.000	1.000	1.012	1.021
M6	0.994	1.012	1.000	1.005	1.004	1.004	1.055	1.075
M7	0.988	1.007	1.001	1.006	1.006	1.003	1.035	1.046
M8	1.014	1.024	0.999	1.011	1.003	1.001	1.108	1.168
M9	1.023	0.991	1.002	1.001	1.001	0.985	1.071	1.065
M10	1.002	1.013	1.000	1.001	1.000	1.000	1.038	1.057
M11	1.004	0.995	0.997	0.997	0.998	1.004	1.083	1.076
M12	0.985	1.013	1.001	1.001	1.000	1.000	0.971	0.971
M13	1.001	1.011	0.995	1.001	1.000	1.000	1.026	1.036
M14	1.002	1.011	1.000	1.001	1.002	1.001	1.056	1.073
M15	1.001	1.030	1.001	1.003	1.001	1.000	1.042	1.080
M16	0.997	1.010	1.000	1.003	1.001	1.002	1.035	1.049
M17	1.004	1.010	0.997	1.003	1.000	1.000	1.068	1.084
M18	0.981	1.378	0.891	0.998	0.999	0.999	0.896	0.983
M19	1.000	1.010	1.000	1.002	1.000	1.000	1.030	1.045
M20	0.995	1.011	1.001	1.004	1.001	1.004	1.038	1.055
M21	1.008	1.019	0.996	1.009	1.001	0.997	1.049	1.081
M22	1.006	1.014	0.999	1.005	1.001	1.000	1.126	1.153
M23	1.006	1.023	0.998	1.007	1.000	0.999	1.035	1.072
M24	0.973	1.031	0.999	1.016	1.002	1.032	1.020	1.049
M25	1.000	1.053	1.000	1.000	1.000	1.000	1.031	1.085
M26	1.057	1.003	1.000	1.002	1.003	0.962	1.051	1.062
M27	1.000	0.946	0.966	0.998	1.048	1.000	1.183	1.124
S1	0.988	1.018	0.997	1.001	1.000	1.001	0.954	0.957
S2	0.956	1.034	1.002	1.003	1.013	1.005	0.968	0.979
S3	0.959	1.137	0.999	1.001	1.002	0.999	0.884	0.931
S4	0.981	1.018	0.998	1.003	1.000	1.000	0.987	0.988
S5	1.000	0.966	1.000	1.006	1.020	1.008	0.941	0.938
S6	1.000	1.006	1.000	1.000	1.000	1.000	1.003	1.009
S7	0.984	1.017	1.001	1.003	1.006	1.001	0.886	0.897
S8	0.994	1.012	1.000	1.002	1.003	1.000	1.008	1.023
S9	0.989	1.021	0.997	1.004	1.008	0.998	1.097	1.118
S10	1.000	1.045	0.999	1.000	1.000	0.972	0.994	1.000
S11	1.005	1.006	0.999	1.000	0.999	0.999	1.080	1.091
S12	0.994	1.009	1.000	1.002	1.002	1.000	1.039	1.046
S13	1.003	1.006	1.000	1.000	1.002	0.995	1.053	1.060
S14	0.993	1.010	1.000	1.000	1.002	1.000	0.980	0.987

数据来源:作者整理

技术进步是服务业能源效率增长的主要来源,且与制造业技术进步年均增长率相当,除金融业外,其余所有服务行业技术进步均促进能源效率增长。目前,我国处于工业化发展的中后期,服务经济处于起步阶段,从中短期来看,无论制造业还是服务业都无法从根本上改变现有能源消费结构,在消费结构具有较强迟滞粘性的情况下,技术进步必然成为节能减排促进能源效率提升的重要力量。不仅通过国家科技规划纲要加强对能源技术研发、创新的鼓励、引导与支持,而且近几年中央政府又出台专项能源技术发展规划来实现能源技术的进步,如《能源发展战略行动计划(2014—2020年)》、《能源技术革命创新行动计划(2016—2030年)》。

从劳动投入的能源效应来看,无论制造业还是服务业都抑制了能源效率的增长。本文研究的41个行业中,有20个行业劳动投入的能源效应低于1,即抑制了能源效率的增长,其中有11个制造行业和9个服务行业。虽然64%以上的服务行业劳动投入的能源效应并未对能源效率做出积极贡献,但服务业劳动投入的能源效应却优于制造业。这主要是由于大部分制造业劳动投入的能源效应较低,制造业生产本身依赖能源投入,劳动生产率较低导致单位劳动使用的能源较多,而并没有得到更多的产出,自然无法提高能源效率。劳动投入的能源效应最低的行业是黑色金属冶炼及压延加工业,年均负增长率为10.9%;信息传输、计算机服务和软件业劳动投入的能源效应最高,仅为0.2%,信息传输、计算机服务和软件业兼具资本密集和知识密集两大特征,较高的劳动生产率使其单位劳动的能源依赖很低,即单位劳动能够使用较少的能源产生较高的产出,自然会提高能源效率。但服务业中的大部分行业还不具有技术知识密集的属性,劳动力的集约使用程度不高,加之能源环保的软约束,使得服务行业的劳动投入成为能源效率提升的阻力而非动力。

从资本投入的能源效应来看,黄光晓和林伯强^[29]、王兵等^[13]分别应用不同的方法得到了增加资本投入可以减少工业部门能耗这一结论。制造业与工业相似,本文得出89%的制造业资本投入的能源效应能够促进能源效率增长,而这一结论得到了之前学者研究结果的有力支持。仅废弃资源和废旧材料回收加工业(M27)、黑色金属冶炼及压延加工业(M18)、印刷业和记录媒介的复制(M11)三个行业的资本投入的能源效应处于下降趋势。而所有服务行业的资本投入的能源效应均处于增长的趋势。金融业(S5)是所有服务行业中资本投入的能源效率值最高的,达到0.6%,意味着资本越密集的行业,资本利用率越高,其资本投入的能源效应对能源效率增长的促进作用越大。

一个有趣的现象是,80%以上的制造行业要素投入的能源效应是正向增长的,而仅有57%的服务行业其要素投入的能源效应为正,但是结合表1可以看出,服务业的要素投入的能源效应表现出逐渐改善的趋势,而制造业却与之相反,呈现出增长下降的趋势。服务业能源效率的改善,是通过改善劳动、资本和能源等社会资源的配置效率可以达到边际能源投入产品的最优产出,从而实现节能减排的最终目标。因此,不仅需要针对清洁能源和非清洁能源进行价格调整,鼓励清洁能源使用,还应根据不同服务行业的特性,提高或降低不同行业所使用的能源消费价格,促进节能技术的使用与推广,弱化高能耗的技术结构。虽然服务业要素投入的能源效应与结构效应相比对能源效率增长起到了积极推动作用,但是远不如技术进步贡献率高,这说明在经济服务化的过程中,依然体现出漠视节能技术、依赖能源投入为主的经济增长方式。

(三) 服务业与制造业能源效率增长差异来源——基于各分解项的贡献

根据之前的分析我们可以知道服务业与制造业的能源效率增长存在较大差异,制造业能源效率的增长速度要明显优于服务业,同时各行业间能源效率也存在一定差距,无论是服务业内部行业间还是与制造行业间的差距都不容忽视。因此,本文从各分解项对能源效率的贡献角度来剖析服务行业与制造行业能源效率增长差异的来源(详见表1和表2)。

技术进步(TC)持续对能源效率增长做出积极贡献,尤其是服务业的技术进步为其能源效率

提升贡献最高。许多学者研究得出制造业(工业)技术进步对能源效率提升有正向贡献^[13,18,30],这与本文得到结论相一致。但更为值得注意的是服务业的技术进步对服务业增长的贡献最为突出,随着互联网的广泛应用、计算机、物联网、云技术的发展,使得服务行业在提供产品和服务的过程中更多地减少能源损耗,先进能源技术的应用和更为高效的管理也能够降低能源、资本、劳动的消耗,以获取更多产出。比如批发和零售业、居民服务和其他服务业以及信息传输、计算机服务和软件业等,依托技术进步改变了原有提供服务过程中的能源消耗方式,有效促进了能源效率提升。

我们将碳-能结构效应(CSE)和硫-能结构效应(SSE)合称为能源结构效应。服务业在2004—2005年能源结构效应贡献较不明显,但在2005—2007年间一直处于抑制能源效率增长态势,制造业与服务业表现出相同特征,说明这一时期环境规制尚未对经济增长构成实质性的抑制作用。随后能源效应对服务业增长开始出现积极贡献,更于2008—2009年出现较大提升,能源效应增长率达到3%,但随后于2010—2011年再次下降,而这一时期的制造业却表现出微弱的增长趋势。这主要是由于随着将节能减排目标作为衡量经济发展质量的硬性约束条件之后,能源结构调整受到一定程度的重视,同时服务业不像制造业一样对能源需求具有刚性,因此其能源效应得到较大的提升。然而,能源结构调整更多体现在制造行业而非服务行业,这是由于2004年以后制造业单位能源CO₂排放量逐年减少,服务业单位能源CO₂排放量却稳步增加(2004年0.78吨/万元到2012年0.93吨/万元)。这意味着尽管能源结构效应得到优化,但能源效率仍会下降。通过对服务业和制造业的对比分析发现,对环境管制的加强确实对制造业和服务业的发展带来了积极变化,但是由于节能减排的压力以及服务业被认为是绿色环保行业,因此对其约束与规制力度远不如制造业,甚至在服务业发展过程中,更多依赖交通运输一类能源密集型服务业。

资本投入的能源效应(KIEE)是提升服务业能源效率的第三个来源,但其贡献较弱,年均增长率为0.2%,这说明在服务行业中单位资本所需要的能源不断减少,即服务行业可以使单位资本减少能源需求的同时,提高产出和能源效率。但与制造业相比,服务业的KIEE变化并不显著,这也说明服务业资本配置优化和减少能源消耗与浪费方面还有更大的空间,同时也有能力在进一步降低单位资本能源投入的同时提高产出能力。

劳动投入的能源效应(LIEE)对服务业和制造业的能源效率都存在抑制作用,且呈现出一定的持续趋势。然而,LIEE对制造业表现的更为明显,在2004—2012年间持续呈现抑制能源效率增长的态势,这主要是由于大多数制造行业中能源价格上升会使得劳动需求增加,表现出CPE互补性或MES替代性。而大多数服务行业属于劳动密集型或知识密集型行业,劳动力表现出了较强的不可替代性,使得LIEE的作用并不明显。但是,服务业的低端化以及高端服务人才不足,使得劳动投入的能源效应存在较大的上升空间。

产出结构效应(OSE)对制造业能源效率增长的贡献十分突出,而服务业的OSE却表现出较为明显的抑制作用。OSE表现最为突出的是废弃资源和废旧材料回收加工业,其OSE高达18%以上,且能源效率也较高(年均增长12.38%);最低的是批发和零售业,较强的产出结构效应抑制了能源效率的增长,其能源效率也较低(年均负增长6.85%)。而在服务业中水利、环境和公共设施管理业是OSE最高的行业,同时也是能源效率最高行业(11.79%),这说明服务业产出结构不够优化,不仅无法对服务业增长提供贡献,还起到较强的阻碍增长的作用。从另一角度也说明服务行业还具备较大的优化产出结构的空间,同时服务行业内部较大的差异也促使在服务业发展过程中要注重产业结构的优化。

服务业技术效率(TE)恶化较为严重,年均负增长率为1.1%,除2010—2011年年均增长达到最高值1.6%外,绝大多数年份处于阻碍能源效率增长状态,并且其负向贡献有逐渐恶化趋势。这说明我国服务业的技术效率还存在较大的提升空间,服务业不能因为自身对能源需求不如制造业旺盛就

忽略减少能源浪费,应该积极使用、引进或研发节能技术等更为合理、绿色的生产方式以实现技术效率提升。

图2给出了2004—2012年结构效应、要素投入能源效应和TFP对能源效率变化贡献的百分比堆积图,可以清晰地看出服务业与制造业能源效率差距来源,以及影响服务业绿色发展的因素。服务业与制造业相比,大多数影响因素呈现负向贡献,且历年波动幅度较大,各要素贡献度也并不稳定。结构效应是服务业能源效率变化的主要因素,TFP对服务业能源效率提升起到了最为重要的作用,而要素投入的能源效应则最不显著,存在较大的提升空间。通过与制造业各要素贡献进行对比,我们发现优化服务业产业结构和要素资源配置效率对提升服务业能源效率具有十分重要的现实意义。

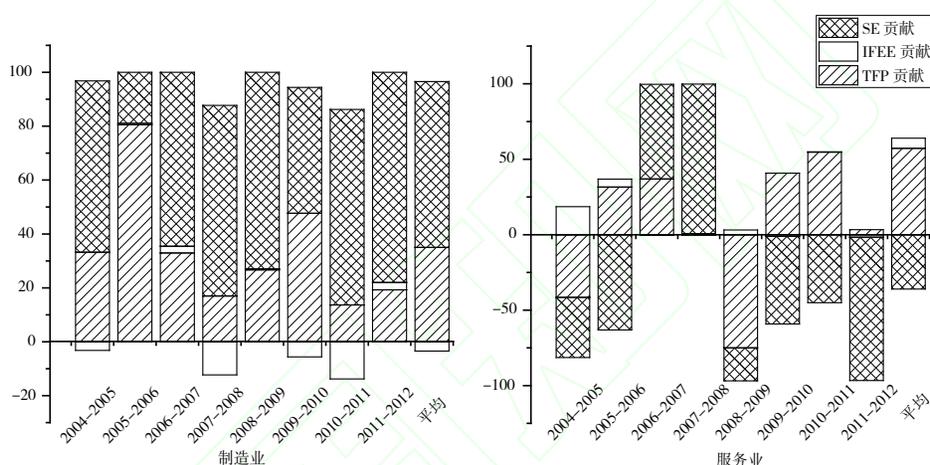


图2 2004—2012年SE、IFEE和TFP对能源效率变化贡献的百分比堆积图

五、结论与政策建议

本文通过构建当期和两期技术下的方向性距离函数,利用GBML指数将能源效率分解为全要素生产率(TFP)、要素投入的能源效应(IFEE)和结构效应(SE)三个部分,并进一步将其分解为技术效率(TE)、技术进步(TC)、劳动投入的能源效应(LIEE)、资本投入的能源效应(KIEE)、碳-能结构效应(CSE)、硫-能结构效应(SSE)以及产出结构效应(OSE)7个分解项。该方法既避免了原有方向性距离函数线性规划求解存在不可行解问题,又解决了原有DEA方法不允许技术倒退现象的不合理,同时还保证了结果的稳健,即使加入新时期数据也无需重新计算。本文核算了2004—2012年中国27个制造行业与14个服务行业的能源效率,并且通过对能源效率进行分解尝试回答“服务业是否比制造业更绿色环保”这一问题,同时对造成服务业与制造业能源效率差异的原因进行探索。

研究发现:首先,从行业整体对比来看,样本期间,制造业年均能源效率增长7.1%,要远优于服务业年均0.5%的增长率,技术进步、资本投入的能源效应以及能源结构效应对服务业的能源效率增长做出了积极贡献,但资本投入的能源效应以及能源结构效应贡献较小;其次,从各行业能源效率变化来看,制造行业与服务行业存在较为明显的差异性,除水利、环境和公共设施管理业能源效率年均增长超过10%以外,大多数服务行业位于所有行业能源效率的恶化区,如金融业、信息传输、计算机服务和软件业及租赁和商务服务业等资本知识密集型行业,而制造业则与之形成鲜明对比,能源效率下降的产业大多是以石油加工、炼焦及核燃料加工业、黑色金属冶炼及压延加工业等重工业为主;最后,通过对服务业与制造业能源效率各分解项的贡献考察,发现产出结构效应与技术效率是导致服务业与制造业能源效率差距的主要因素。

本文认为,从能源效率视角看,与制造业相比,服务业并未显现出其绿色环保的行业特性,与传统主观想法相悖。因此,为提升服务业发展质量和改善服务业能源效率,需从以下三个方面进行考虑:

第一,我国处于服务经济发展初期阶段,为了推进服务业能够快速发展,延续了原有工业发展的粗放模式,在发展过程忽略了对服务业的环境规制和环境技术的应用。由于服务业本身对能源需求不如工业或制造业旺盛,其本身能够造成的能源消耗和污染物排放总量远低于工业或制造业,在大力发展服务业的环境下加之我国能源价格体制并不合理,使得服务业发展过程中存在能源浪费以及粗放式发展,这也促使服务业技术效率阻碍能源效率增长。

第二,由于服务业本身也存在对能源较为依赖的行业,如交通运输、批发零售、住宿餐饮和商贸租赁等行业,而这些行业也是在服务经济发展初期最为容易见到发展效果的产业,其对扩大服务业在国民经济中的比重以及解决就业等方面都有较为突出的作用。因此,在服务业发展过程中其内部产业结构并不优良,也导致服务业发展流于低端化层面,有较大改进空间,也是导致服务业产出结构阻碍能源效率提升的重要因素。长此以往,与国家大力发展服务业,优化产业结构,促进经济绿色、健康和可持续发展的原有目标相悖,在发展服务业过程中绝不能忽视服务业的产业结构。

第三,现阶段我国要素市场与服务业市场化程度均受到一定程度的限制,价格管制、行政管制以及垄断现象并未消失,因此服务业各项要素的资源配置效率并不高,存在投入浪费或产出不足的现象,资本和劳动的能源效应并未发挥出来。现代化服务业大多是资本知识密集型产业,充分发挥优质资本和高端人才的作用不仅能够降低资本、劳动和能源的浪费,还能够提高产出水平减少污染物排放。然而,高端技术服务业的发展将会进一步带动其他产业低碳、绿色发展。

注释:

- ①国务院印发的《“十三五”控制温室气体排放工作方案》, <http://www.shanghai.gov.cn/nw2/nw2314/nw2315/nw32813/nw32816/nw32828/userobject82aw23432.html?3>。
- ②ML 指数和 SML 指数分别为 Malmquist-Luenberger 指数和 Sequential Malmquist-Luenberger 指数。
- ③SML 指数还存在不允许技术退步问题,这与经济现实相违背。
- ④BM 指数为 Biennial Malmquist 生产率指数。
- ⑤这里的环境压力指为解决方向选择所引入的外生权重 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, 详细计算推导与说明可见 Färe *et al.*^[26] 与庞瑞芝等^[15] 的文章。
- ⑥BM 指数在核算框架中并没有包含非期望产出,而 BML 指数尽管包含了非期望产出,但却存在潜在方向向量选择非最优与投入产出变动同比例变动这两个缺陷。
- ⑦利用 t 期和 $t+1$ 期两期观察值构造生产前沿,囊括两期内最佳生产点,解决了不可行解问题,使无效率生产点的投影位于边界之内。
- ⑧其中, $l = L/E, k = K/E, y = Y/E, c = C/E, s = S/E$
- ⑨制造业包括: M1 农副食品加工业, M2 食品制造业, M3 饮料制造业, M4 烟草制品业, M5 纺织业, M6 纺织服装、鞋帽制造业, M7 皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业, M8 木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业, M9 家具制造业, M10 造纸及纸制品业, M11 印刷业和记录媒介的复制, M12 石油加工、炼焦及核燃料加工业, M13 化工原料及化学制品制造业, M14 医药制造业, M15 化学纤维制造业, M16 橡胶和塑料制品业, M17 非金属矿物制品业, M18 黑色金属冶炼及压延加工业, M19 有色金属冶炼及压延加工业, M20 金属制品业, M21 通用设备制造业, M22 专用设备制造业, M23 交通运输设备制造业, M24 电气机械及器材制造业, M25 通信设备、计算机及其他电子设备制造业, M26 仪器仪表及文化、办公用机械制造业, M27 废弃资源和废旧材料回收加工业;服务业包括: S1 交通运输及仓储、邮政业, S2 信息传输、计算机服务和软件业, S3 批发和零售业, S4 住宿和餐饮业, S5 金融业, S6 房地产业, S7 租赁和商务服务业, S8 科学研究、技术服务和地质勘查业, S9 水利、环境和公共设施管理业, S10 居民服务和其他服务业, S11 教

育, S12 卫生、社会保障和社会福利业, S13 文化、体育和娱乐业, S14 公共管理和社会组织。

⑩《中国经济景气月报》在维普网中即可查询到, 每年 12 月份年报会公布全年数据。

⑪ $i = 1, \dots, 27$, 代表 27 个制造行业; $MSVA_i$ 代表第 i 个制造业的增加值; $MSASAD_i$ 代表第 i 个制造业规模以上的增加值; $TASAD$ 代表制造业规模以上总增加值; $TMVA$ 代表制造业总增加值。

⑫ $i = 1, \dots, 27$, 代表 27 个制造行业; $MSTFAI_i$ 代表第 i 个制造业的固定资产投资额; $MSCFAI_i$ 代表第 i 个制造业城镇固定资产投资额; $TCFAI$ 代表制造业总城镇固定资产投资额; $TMFAI$ 代表制造业全社会固定资产投资额。

⑬ 2005 年、2007 年、2010 年和 2012 年四张投入-产出表为统计局公布数据, 2004 年、2006 年、2008 年、2009 年、2011 年投入产出表根据就近原则, 应用 RAS 法外推得到。

⑭ PICC 核算公式: $CO_2 = \sum_{i=1}^n E_i \times NCV_i \times CEF_i \times COF_i \times (44/12)$ 。

⑮ $i = 1, \dots, 14$, SES_{O_2} 指第 i 个服务行业 SO_2 排放量; LES_{O_2} 指生活 SO_2 排放量; SIL_i 指第 i 个服务行业从业人口数; TRP 指常驻人口数。

⑯ 结构效应之比相关系数为 0.747, 全要素生产率与要素投入能源效应之比相关系数分别为 0.646 和 0.091。

参考文献:

- [1] 林伯强, 姚昕, 刘希颖. 节能和碳排放约束下的中国能源结构战略调整[J]. 中国社会科学, 2010(1): 58-71.
- [2] 庞瑞芝, 王亮. 服务业发展是绿色的吗? ——基于服务业环境全要素效率分析[J]. 产业经济研究, 2016(4): 18-28.
- [3] 史丹. 中国能源效率的地区差异与节能潜力分析[J]. 中国工业经济, 2006(10): 49-58.
- [4] 陈诗一. 中国的绿色工业革命: 基于环境全要素生产率视角的解释(1980—2008)[J]. 经济研究, 2010(11): 21-34.
- [5] BOYD G A, PANG J X. Estimating the linkage between energy efficiency and productivity [J]. Energy policy, 2000, 28(5): 289-296.
- [6] 李世祥, 成金华. 中国工业行业的能源效率特征及其影响因素——基于非参数前沿的实证分析[J]. 财经研究, 2009(7): 134-143.
- [7] 赫永达, 刘智超, 孙巍. 资本替代能源的节能减排效应研究[J]. 产业经济研究, 2017(1): 114-126.
- [8] HU J L, WANG S C. Total-factor energy efficiency of region in China [J]. Energy policy, 2006, 34(17): 3206-3217.
- [9] 庞瑞芝. 经济转型期间中国工业增长与全要素能源效率[J]. 中国工业经济, 2009(3): 49-58.
- [10] 孙广生, 杨先明, 黄炜. 中国工业行业的能源效率(1987—2005)——变化趋势、节能潜力与影响因素研究[J]. 中国软科学, 2011(11): 29-39.
- [11] 李兰冰. 中国全要素能源效率评价与解构——基于“管理-环境”双重视角[J]. 中国工业经济, 2012(6): 57-69.
- [12] 孙广生, 黄炜, 田海峰, 等. 全要素生产率、投入替代与地区间的能源效率[J]. 经济研究, 2012(9): 99-112.
- [13] 王兵, 於露瑾, 杨雨石. 碳排放约束下中国工业行业能源效率的测度与分解[J]. 金融研究, 2013(10): 128-141.
- [14] WANG C H. Sources of energy productivity growth and its distribution dynamics in China [J]. Resource and energy economics, 2011, 33(1): 279-292.
- [15] 庞瑞芝, 邓忠奇. 服务业生产率真的低吗? [J]. 经济研究, 2014(12): 86-99.
- [16] 王恕立, 滕泽伟, 刘军. 中国服务业生产率变动的差异分析——基于区域及行业视角[J]. 经济研究, 2015(8): 73-84.
- [17] CHUNG Y H, FÄRE R, GROSSKOPF S. Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach [J]. Journal of environmental management, 1997, 51(3): 229-240.
- [18] 王喜平, 姜晔. 碳排放约束下我国工业行业全要素能源效率及其影响因素研究[J]. 软科学, 2012(2): 73-78.
- [19] 沈坤荣, 金刚. 以提升全要素生产率为重点推进供给侧结构性改革[J]. 南京财经大学学报, 2016(3): 1-4.

- [20] 孔海宁. 中国钢铁企业生态效率研究[J]. 经济与管理研究, 2016(9): 88-95.
- [21] 庞瑞芝, 李鹏, 路永刚. 转型期间我国新型工业化增长绩效及其影响因素研究——基于“新型工业化”生产力视角[J]. 中国工业经济, 2011(4): 64-73.
- [22] OH D H. A global Malmquist-Luenberger productivity index [J]. Journal of productivity analysis, 2010, 34(3): 183-197.
- [23] PASTOR J T, ASMILD M, LOVELL C A K. The biennial Malmquist productivity change index [J]. Socio-economic planning sciences, 2011, 45(1): 10-15.
- [24] FÄRE R, GROSSKOPF S, PASURKA C A. Pollution abatement activities and traditional productivity [J]. Ecological economics, 2007, 62(3/4): 673-682.
- [25] CHAMBERS R G, CHUNG Y, FÄRE R. Benefit and distance function [J]. Journal of economic theory, 1996, 70(2): 407-419.
- [26] FÄRE R, GROSSKOPF S, WHITTAKER G. Directional output distance functions: endogenous directions based on exogenous normalization constraints [J]. Journal of productivity analysis, 2013, 40(3): 267-269.
- [27] HALL R E, JONES C I. Why do some countries produce so much more output per worker than others? [J]. Quarterly journal of economics, 1999, 114: 83-116.
- [28] 王恕立, 胡宗彪. 中国服务业分行业生产率变迁及异质性考察[J]. 经济研究, 2012(4): 15-27.
- [29] 黄光晓, 林伯强. 中国工业部门资本能源替代问题研究——基于元分析的视角[J]. 金融研究, 2011(6): 86-96.
- [30] 齐亚伟, 陶长琪. 我国区域环境全要素生产率增长的测度与分解——基于 Global Malmquist-Luenberger 指数[J]. 上海经济研究, 2012(10): 3-13.

(责任编辑: 禾 日)

Is the service industry greener than manufacturing industry? Based on measurement and decomposition of energy productivity

BAI Xuejie¹, MENG Hui²

(1. College of Economic and Social Development, Nankai University, Tianjin 300071, China;

2. School of Economics, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: Can China's service industry take the responsibility of transformation and updating of the industrial structure under strong resource and environmental constraints? Is the service industry greener than manufacturing industry? Based on the current and biennial Directional Distance Function (DDF), this paper applies Green Biennial Malmquist-Luenberger productivity index to measure and decompose energy productivity of 27 manufacturing industries and 14 service industries during 2004—2012. The results show that the service industry is not greener than manufacturing industry. The technical progress, capital input energy effects and energy structure effects are the main factors to improve energy efficiency of the service industry. The energy efficiency gap between the service industry and manufacturing industry is mainly caused by output structure effect and technical efficiency.

Key words: service industry; manufacturing industry; energy efficiency; Green Biennial Malmquist-Luenberger index; directional distance function