

价格扭曲、要素替代、相对效率与工业节能路径选择

----基于我国制造业行业数据的实证分析*

王维国¹², 潘祺志¹²

(1.东北财经大学数学与数量经济学院; 2.中国科学院预测科学研究中心东北分中心)

摘要:立足于节能减排的宏观目标与微观主体的要素配置需求, 本文通过构建包含技术效率损失与要素价格扭曲的确定性前沿成本函数及份额方程, 度量了制造业行业相对效率、要素价格扭曲, 并在此基础上估算了不同行业的规模报酬特征与要素替代弹性, 结论表明: 行业间相对技术效率水平与要素替代性征差异明显, 资本密集行业与劳动密集行业要素配置效率优化存在反向特征, 借助于要素替代与规模提升的节能路径只在部分行业适用。最后, 给出了相关节能政策建议。

关键词:价格扭曲; 要素替代; 技术效率; 节能路径

中图分类号: F271 **文献标识码:** A

Price Distortion, Factor Substitution, Relative Technical Efficiency and Path Finding of Industry Energy Conservation

---An Empirical Study base on China manufacturing sector data

Abstract: Rely on macro-targets of energy conservation and the elements configuration demand of microeconomic main body, this paper measured the relative technical efficiency, price distortion of manufacturing sector, factor elasticity of substitution and return to scale by building frontier cost function including technology inefficiency, deploy inefficiency. Result show that: there was significant difference of technical efficiency and elasticity of substitution with manufacturing sector. Factor configuration optimization has Opposite direction in capital-intensive sector to labor-intensive sector. The path of energy conservation depend on factor substitution and scale increasing is not suitable for all of sector. Finally, the study proposes constructive suggestions.

Key Word: price distortion; factor substitution; technical efficiency; path of energy conservation

引 言

诸多研究的结果都表明能源消费与国民经济产出间 Granger 非因果关系的存在(韩智勇等, 2004、马超群等, 2004、吴巧生等, 2005、赵进文等, 2007), 这意味着基于能源投入及由此衍生的环境问题的外部规制力一旦增强, 将对经济增长形成冲击。但一个可以观察到的事实是, “十一五”规划关于节能减排的强制约束并未伤害到中国经济增长, 而能耗强度及相关排放量却在短时期内有了一个显著的下降。齐建国(2007)将上述调控目标的取得归因于当前节能路径的选择。节能降耗约束所推行的行业能耗准入制度与规模门槛的提高使得中央政府的节能目标与地方政府的投资饥渴高度契合, 行业内部的规模整合即保证了经济的高增长, 又改善了能源效率¹。

但是, 受制于市场分割与国内市场壁垒影响下需求水平的限制(师傅、沈坤荣, 2008), 行业平均规模的提升将会遇到愈来愈大的阻力, 同时能源价格管制所导致价格无法反映环境成本等长期存在的弊病也并未得到本质的改善, 其与节能减排政策形成了实际的偏离(李世祥、成金华, 2009)。在价格调节手段缺位的条件下, 从能源视角考察是否存在着微观需要与宏观政策导向的背离²? 如果存在其矛盾又将如何加以修正? 具有长效机制的节能路径又将如何选择而实现生产者自省与政府目

*基金项目: 国家自然科学基金青年项目(批准号 70901016)

¹落后产能强制淘汰导致了行业内部投入要素向更具规模及效率的企业转移, 而技术改造过程中更先进的设备及技术工艺的应用也意味着效率的改善, 两者都导致行业层面能源效率的提高。

²例如根据单位 GDP 能耗的国际比较, 可以得出我国能耗强度高、能源要素存在过度投入的结论, 但“过度”的概念在微观层面衡量却可能得到相反的结果——能源要素的低价格, 使得生产者基于成本最优化的考虑而倾向于更多的投入, 但能源投入外部规制的存在使得实际投入可能少于最优投入水平, 即投入不足。

标的统一？本文正是基于上述问题而展开。

新古典分析框架下，要素节约主要通过以下两种途径加以实现，一是技术进步与技术效率的改善，从而提高要素净产出率；二是要素替代以及有偏技术进步的产生使得相同产出下更少的要素需求。将之与中国的现实相结合，在能源低价的背景下，节能目标的实现就将依托于效率提升、要素相对价格变化所引起要素替代的发生以及能源节约型技术的更多应用，也正因如此，微观主体的技术效率水平测度、要素间替代属性的识别、技术类型的判断就更显其重要性。

目前的相关研究主要围绕两条线索展开，一类是采用数据包络分析（DEA）方法或随机前沿生产函数法（SFA）集中于地区及行业维度的全要素能源效率分析（李廉水、周勇，2006；史丹，2006；魏楚、沈满洪，2007；史丹等，2008；师傅、沈坤荣，2008；唐玲、杨正林，2009），在此基础上节能潜力的计算也往往得到较为乐观的结论。但此类研究实际忽略了要素替代的发生以及非中性技术进步的存在，而将能源投入的变动全部归因于效率变化。另外的研究则将视线聚焦在要素的配置效率、价格扭曲及要素替代上，樊茂清等（2009）考察了制造业行业要素替代、贸易与能源强度的作用关系，并在份额方程中考虑了非中性技术进步及结构参数的影响，但其研究忽视了要素价格扭曲及因此对要素替代弹性测算的影响。鲁成军、周瑞明（2008）基于工业部门的MES模同样没有考虑价格扭曲的影响。陶小马等（2009）的超越对数成本函数模型测算了工业部门要素价格扭曲程度，并在此基础上计算了要素的自价格弹性及替代弹性。但由于其研究针对工业部门总体而展开，因此最终得到的弹性时序值实际包含了工业部门的结构变化，工业部门内部资本密集型产品及劳动密集型产品的相对比重变化，最终都将反映在要素弹性的变化中，且实证研究没有更好的手段将之分离出来（Mark J.Koetse，2006）。

有鉴于此，本文基于制造业2类行业构建了一个行业异质性超越对数成本函数模型，同时考察了技术效率、价格扭曲及非中性技术进步在行业间的差异化影响，并在此基础上测算了不同行业规模报酬属性及能源要素的相关替代弹性。具体的，第二节在Atkinson and Cornwell（1993）研究框架基础上给出了超越对数函数形式描述的变参数确定性前沿成本函数及份额方程，以期准确度量技术效率、要素价格扭曲及非中性技术进步的行业差异。第三节介绍了实证研究中涉及的数据、指标及估计过程与结果。第四节探讨了技术效率、配置效率、规模报酬、技术变化与节能政策需要的矛盾与联系。最后在第五节给出节能路径选择的微观现实。

1 模 型

1.1 技术效率与价格扭曲的度量

参数法的“Farrell 效率”衡量最早由Lau和Yotopoulos（1971）提出，并为多位学者应用并加以扩充（Atkinson and Halvorsen，1980,1984；Lovell and Sickles，1983；Atkinson and Cornwell，1993；Kumbhakar，1996a,1996b），其实际是在成本函数中导入一个介于0-1之间的未知参数，代表技术无效率的程度，同时用影子要素价格及影子成本函数和份额方程来度量配置无效率。

若记 $C_i(y, p)$ 为N个行业的最适成本函数， $f(x_i)$ 为产出函数，其中 $p_i' = (p_{1i}, p_{2i}, \dots, p_{ji})$ 为i行业的 $J \times 1$ 投入要素的价格矢量， $x_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ji})$ 为要素投入组合， y_i 为外生给定的产出水平，则有行业成本最优化的一般描述为：

$$C_i(y_i, p_i) = \min[(p_i' x_i | f(x_i) = y_i] \quad (1)$$

由Shephard's Lemma，对应的第J要素成本份额为：

$$M_{ji} = \partial \ln C_i / \partial \ln(p_{ji}) \quad J = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

当行业存在投入端技术无效率，即无法在产出水平既定时达到成本最小化，其成本函数变为：

$$C_i^T(y_i, p_i) = \min[(p_i' x_i | f(b_i x_i) = y_i] = (1/b_i) C_i(y_i, p_i) \quad (3)$$

式中参数 b_i ， $0 \leq b_i \leq 1$ 则衡量了第i($i = 1, \dots, N$)行业的技术无效率程度，此时所引致的成本增加即为

$$[(C_i/b_i) - C_i]。$$

再考虑配置无效率的存在³，此时行业要素投入的边际替代率偏离了市场价格比，即生产者并非基于市场价格而是影子价格决定其要素最优投入组合。设影子价格为 $p_i^s = (p_{1i}/h_{1i}, p_{2i}/h_{2i}, \dots, p_{ji}/h_{ji})$ ， $h_i = (h_{1i}, h_{2i}, \dots, h_{ji})$ ， $h_{ji} \geq 0$ ，则 h_{ji} 衡量了第 i 行业第 j 种要素的价格扭曲程度， $h_{ji} \geq 1$ 表示该要素在要素投入水平决定时存在过度投入。

此时的影子成本函数变化为：

$$C_i^{TI-AI}(y_i, p_i^s) = \min[(p_i^s/x_i | f(b_i x_i) = y_i] = (1/b_i) C_i(y_i, p_i^s) \quad (4)$$

对（4）式取对数可得真实成本函数的表达为：⁴

$$\ln C_i^{real}(y_i, p_i^s) = \gamma_0 - \ln b_i + \ln C_i(y_i, p_i^s) + \ln \sum_j M_{ji}^s h_j^{-1} \quad (5)$$

$$j = 1, 2, \dots, J, i = 1, 2, \dots, N$$

式中 $\ln b_i$ 为 i 行业的技术无效率所导致的成本增加项， $M_{ji}^s = \partial \ln C_i^{TI-AI} / \partial \ln(p_{ji}^s)$ 为影子成本份额。

此时的真实要素份额方程为：

$$M_{ji}^{TI-AI} = \partial \ln C_i^{TI-AI} / \partial \ln(p_{ji}^s) = M_{ji}^s h_{ji}^{-1} / \sum_j M_{ji}^s h_{ji}^{-1} \quad (6)$$

需要说明的是，比对（5）式与（6）式可知，技术无效率项并未进入到要素份额方程中，这并不表示技术无效率的存在不会影响要素投入，而是技术无效率会导致要素投入需求的成比例增加，从而成本份额不变，也正因如此，一个联立估计可以分离出个体的技术无效率差异。

给出成本函数 $C_i(y_i, p_i)$ 的真实函数形式后，就可对（5）式进行参数估计进而测度出技术无效率与要素价格扭曲的程度。Guilkey、Lovell 和 Sickles（1983）证明了在研究对象生产技术相对简单时，超越对数形式的成本函数相对其他形式更优，能提供更良好的逼近。在面板数据框架下，一个三要素投入（资本、劳动、能源）成本函数的截面变参数超越对数形式可描述为：影子成本函数：

$$\begin{aligned} \ln C_{it}^s = & \gamma_{i0} + \gamma_y \ln(y_{it}) + \frac{1}{2} \gamma_{yy} [\ln(y_{it})]^2 \\ & + \sum_j \gamma_{jyi} \ln(y_{it}) \ln(P_{jit}/h_{ji}) + \sum_j \gamma_{ji} \ln(P_{jit}/h_{ji}) + \frac{1}{2} \sum_j \sum_l \gamma_{jli} \ln(P_{jit}/h_{ji}) \ln(P_{lit}/h_{li}) \\ & + \gamma_{it} t + \gamma_{int} t^2 + \sum_j \gamma_{jit} \ln(P_{jit}/h_{ji}) t \\ & j, l \in (K, L, E), i = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (7)$$

借鉴樊茂清等（2009）及陶小马等（2009）的研究，式中导入了时间趋势变量 t 以度量技术进步的影响，同时考虑到非中性技术进步的存在，加入了要素价格与时间趋势的交叉项。

第 j 要素影子成本份额方程：

³ 技术与配置无效率的区别在于技术无效率度量在既定产出水平上，厂商无法采用最适技术以达到成本最小化，而配置无效率则指由于要素无法充分流动、要素管制的存在使得生产者的要素投入偏离了市场价格决定。

⁴ 详细的推导过程请参见 Atkinson and Cornwell(1994a)

$$M_{jit}^s = \frac{\partial \ln C_{it}^s}{\partial \ln(P_{jit}/h_{ji})} = \gamma_{ji} + \gamma_{jit}t + \gamma_{jyi} \ln(y_{it}) + \sum_l \gamma_{jli} \ln(P_{lit}/h_{li}) \quad (8)$$

真实成本函数为：

$$\begin{aligned} \ln C_{it}^{real} &= \ln C_{it}^s + \ln \sum_j M_{jit}^s h_j^{-1} \\ &= \gamma_{i0} - \ln b_i + \gamma_y \ln(y_{it}) + \frac{1}{2} \gamma_{yy} [\ln(y_{it})]^2 \\ &\quad + \sum_j \gamma_{jyi} \ln(y_{it}) \ln(P_{jit}/h_{ji}) + \sum_j \gamma_{ji} \ln(P_{jit}/h_{ji}) + \frac{1}{2} \sum_j \sum_l \gamma_{jli} \ln(P_{jit}/h_{ji}) \ln(P_{lit}/h_{li}) \\ &\quad + \gamma_{it}t + \gamma_{iit}t^2 + \sum_j \gamma_{ij} \ln(P_{jit}/h_{ji})t + \ln \left(\frac{(\gamma_{ji} + \gamma_{jyi} \ln(y_{it}) + \sum_l \gamma_{jli} \ln(P_{lit}/h_{li}))}{h_{ji}} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

$j, l \in (K, L, E), i = 1, 2, \dots, N$

式中， $\sum_j \gamma_j = 1$ ，对每一 i 有 $\sum_j \gamma_{jyi} = 0$ ， $\sum_j \gamma_{jli} = \sum_l \gamma_{jli} = \sum_j \gamma_{jli} = \sum_j \sum_l \gamma_{jli} = 0$ ， $\gamma_{jli} = \gamma_{lji}$ ， $j \neq l$ ， $j, l \in (K, L, E)$ ，且单调和凸性的正规条件同样需要满足。

第 j 要素对应的真实成本份额方程：

$$M_{jit}^{real} = \frac{(\gamma_{ji} + \gamma_{ij}t + \gamma_{jyi} \ln(y_{it}) + \sum_l \gamma_{jli} \ln(P_{lit}/h_{li}))}{(\sum_j \gamma_{ji} + \gamma_{ij}t + \gamma_{jyi} \ln(y_{it}) + \sum_l \gamma_{jli} \ln(P_{lit}/h_{li}))} \quad (10)$$

1.2 要素替代弹性与规模报酬

相关研究中常用的要素弹性计算有要素间交叉价格弹性 CPE (cross-price elasticity)、及 Morishima 替代弹性 MES (Morishima Elasticity)⁵。其中，CPE 反映了某种要素相对于另一要素价格变化所引起的投入变化，但对于要素投入比例的变化即相对份额的变化对价格变化的反应，则无法给出明确的解释（鲁成军、周瑞明，2008），属于单投入—单价格（one-input-one-price）弹性，而由 Blackorby 和 Russell（1981）在 Morishima（1967）的基础上拓展得到的 MES 替代弹性则能够考察在其他要素价格保持不变时单一要素价格变动所导致的要素投入组合的变化，属于单价格-两要素弹性（Mark J.Koetse，2006）。Blackorby 和 Russell（1989）认为 MES 优于 CPE 主要表现在，一是可衡量要素间替代的难易程度，即无法观测的潜在的技术变化，二是可同时从质与量两方面，评估两种要素价格或数量比变化，所导致的要素份额变化。对应超越对数成本函数及份额方程（9）与（10）式，不同要素弹性的计算如下⁶：

i 部门 j 要素的自价格弹性 OPE (own price elasticity) 为：

$$OPE_{ji} = \frac{\partial \ln x_{jit}}{\partial \ln P_{lit}/h_{li}} = \frac{1}{E(M_{ji}^s)} \gamma_{ij} + E(M_{ji}^s) - 1 \quad (11)$$

⁵ 还有一种常用的弹性度量 Allen-Uzawa 偏替代弹性 AES (Allen-Uzawa Partial Elasticity)，Berndt 和 Wood（1981）认为 CES 总体上要优于 AES，一是 CES 能够区分两要素间相互替代的差异；二是规模报酬不会影响 CES 的计算因此相对于要素份额变化更为稳定；最后是 CES 更适于不同个体间替代弹性的比较。因此 AES 本文并未进行计算。

⁶ 考虑到本文旨在测度技术与配置效率的行业差异，进而研究预设行业单元效率水平与要素弹性不存在时序变化，因此各种替代弹性采用样本期内相应要素平均份额计算得到。

i 部门 j 对 l 要素的交叉价格弹性 CPE (cross-price elasticity) 为:

$$CPE_{jli} = \frac{(\gamma_{jli} + E(M_{ji}^s)E(M_{li}^s))}{E(M_{ji}^s)} \quad (12)$$

根据 Blackorby 和 Russell (1981), 有 MES 的计算为:

$$MES_{jli} = CPE_{jli} - OPE_{ji} \quad (13)$$

最后, 给出规模报酬 RTS (return to scale) 的计算式如下:

$$RTS_i = \left[\frac{\partial \ln C_i^{real}}{\partial \ln y_i} \right]^{-1} = \left[\gamma_{yi} + \gamma_{yyi} \ln y_i + \sum_j \gamma_{jyi} \ln p_{ji}^s \right]^{-1} \quad (14)$$

则 $RTS_i \geq 1$ 或 $RTS_i \leq 1$ 衡量了递增或递减的规模报酬。

由 (11) - (14) 式可知, 存在要素价格扭曲的弹性度量方程与规模报酬计算实际是基于影子份额展开, 因此忽略价格扭曲时得到的替代弹性与规模报酬数值将产生偏误, 但技术无效率的存在却并不影响最终的计算。

2 样本、数据与模型估计

2.1 估计方法

为了简化参数估计过程, 将 (7) 式面板截面单元中最具技术效率的行业 (假定为 m) 其技术无效率参数标准化为 1⁸, 即 $b_m = 1$, 第 i 个行业的技术无效率参数定义为 $b_i = \frac{b_i}{b_m} = b_i$, 因此最后得到的估计结果实际是以第 m 行业为参照的相对技术无效率⁹。

将资本要素设为中立要素, 即设定 K 不存在价格扭曲 ($P_{Ki}^s = p_{Ki}$), 此时的 h_{Li} 与 h_{Ei} 实际衡量了基于资本要素的相对扭曲。

以上述为基础, 将式 (7) 及对应的两个份额方程组成联立方程组, 利用“似不相关”迭代广义最小二乘法 (SUR-IFGLS) 即可估计技术无效率参数 b_i 及要素相对价格扭曲 h_{Li} 及 h_{Ei} , 具体而言, 由于成本份额方程加总为 1, 因此舍弃资本份额方程, 由成本函数、劳动力及能源要素份额方程构成三方方程系统, 估计时, 采用个体变参数模型, 即认为 (7) 式中的待估参数在不同截面单元即行业间存在差异, 而在时序变化上保持恒定。

2.2 指标及样本选取

无论是基于参数法还是非参数法的效率衡量, 相对效率及要素扭曲的度量实际包含一个隐含的假定既比较单元均采用相似的技术。而工业部门内部行业间的技术同质假定却很难得到满足。龚益和彼得·劳埃德 (1999) 借助于对比分析发现行业间及行业内部采用的技术存在着本质差别, 基于类别或属性进行更细致的分组将有效提高生产或成本函数估计结果的稳定性。

为克服上述限制, 样本仅选取制造业中 22 个行业作为研究对象¹⁰, 同时参考张军等 (2009)、的做法,

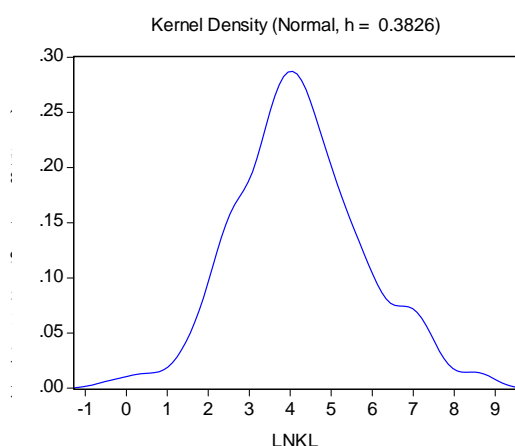


图 1: $\ln K/L$ 样本分布图

各行业不同年份的要素影子价格均值及产出均值与相应的成本函数最高的行业, 可先选定任一家予以标准化, 对参数进行估计后, 估率的行业。再将其标准化, 重新开始估计。

最具效率的行业实际就是 DEA 方法中的处于前沿面的单元, 但

改动, 造成数据资料的不连贯, 因此将制造业中的皮革、毛皮、乳制品业、家具制造业、印刷和记录媒介的复制、文教体育用品制材料回收加工业合并加总称为其他制造业; 此外, 2000 年前, 食

将制造业行业按照 2007 年行业劳均固定资产净值对数值平均划分为 2 组，图 1 给出了劳均资本的样本分布图，均值为 4.23，标准差为 1.57。划分结果见表 1。

考虑到我国能源价格管制政策的长期存在，行业技术差异主要表现为倾向于更多的资本投入抑或更多的劳动，资本密集型行业往往具有更高能耗强度的事实，可能是由于更复杂的工艺及更大型的设备应用总是伴随着更多能源的消耗，因此基于能耗强度并不直接导致行业本质技术变化的理解，本文的划分并未采用能源相关研究中惯常的按照能耗强度高低的行业划分（李力、王凤，2008；刘畅，2009），目的在于基于劳均资本投入识别行业的资本密集与劳动密集属性，从而放松技术同质假定对估计结果的影响。

表 1 行业劳均资本投入划分

分组	行业
资本密集	石油加工、炼焦、核燃料制造业、化学纤维制造业、非金属矿物制造业、黑色金属冶炼和压延制造业、有色金属冶炼和压延制造业、金属制品制造业、通用机械制造业、专用设备制造业、交通运输设备制造业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业、仪器、仪表及文化、办公用品机械制造业
劳动密集	造纸和纸制品业、化学原料、化学制品制造业、医药制造业、电气机械及器材制造业、农副及食品加工制造业、饮料制造业、烟草加工制造业、纺织业制造业、服装、鞋帽制造业、其他制造业、

由于缺乏 1985 年之前的工业部门分行业能源消费统计数据，样本区间确定为 1985-2007 年，本文的样本数据中，包括工业部门二类分类下的 22 个行业，资料源自历年《中国统计年鉴》、《中国工业经济统计年鉴》、《中国劳动力年鉴》。

产出 y_i

制造业分行业总产值数据选用《中国工业经济年鉴》、《中国统计年鉴》中行业总产值数据，并按照工业分行业出厂价格指数，对应折算为不变价（1985=100）。需要说明的是，分行业总产值数据在 1998 年前统计口径为乡及乡以上独立核算企业，而 1998 年后调整为全部国有及规模以上非国有企业，考虑到本文技术与配置效率的衡量基于“相对”意义展开，统一的数据口径变化对估计结果影响有限，因此对样本数据口径差异未做修正。

资本要素的价格 p_K 、投入量 x_K

资本要素投入量以制造业分行业历年固定资产净值年均余额代表，并以 1985 年为基期的固定资产投资价格指数折算为真实值，而资本价格并无直接数据，李治国和唐国兴（2002）估算了我国 1978-2002 年的资金租金成本率和资金使用成本率，其中的资金使用成本率与常用的资金成本率（资本折旧率加利率）较为接近，且考虑了通货膨胀的影响（杭雷鸣，2007），本文即采用上述得到的资金使用者成本，此外 2003-2007 年的成本率借鉴张熙（2009）利用分行业固定资产原值与净值之差加上资本折旧率代表。当然，这样的处理实际假定了资本价格并不存在行业差异。

劳动力要素的价格 p_L 和投入量 x_L

劳动力价格 x_L 以《中国劳动力年鉴》中历年分行业就业人员年平均工资代表，并按对应年份居民消费价格指数折算为不变价（1985=100），其投入量使用历年各行业平均就业人数计算。

能源要素的价格 p_E 和投入量 x_E

分行业能源投入量可从统计年鉴中直接获得，但能源价格却没有直接数据，此外虽然各行业能源消费量均以标准煤计量，但由于不同行业其能源要素的实际投入品种和投入数量不同即能源消费结构的差异，因此行业能源要素价格实际是各不相同的。单纯用年鉴中之燃料动力批发价格指数替代会掩盖行业间的能源价格差异，此外，历年的各能源品种（煤、电、汽油、柴油、焦炭等）其真实价格也较难准确获得，故此，本文以 2005 年各工业行业分品种的能源消费量为基期，乘上对应品种的能源价格¹¹，加总得到行业能源的价值投入，再除以该行业以标准煤为单位衡量的能源消费量¹²，

品分为食品加工业和食品制造业，2000 年后统计口径变为农副产品加工业和食品加工及制造业，因此将这两个行业合并为农副及食品加工制造业。

¹¹其中，煤炭价格使用国有大型煤矿煤炭落地价，原油使用大庆油田中质原油出厂价，焦炭、天然气使用中石化公布的月度批发价加权得到，电力价格使用国家电网上网价格，而燃油方面，2005 年我国五次调整了汽油、柴油、燃油

即得到 2005 年分行业能源价格数据，再利用燃料动力批发价格指数，逐年推算出不同行业的能源绝对价，以此表示能源价格。

总成本 C 及对应要素份额 S_K, S_L, S_E

总成本： $C_{it}^{real} = c_{Ki} + p_{Li}x_{Li} + p_{Ei}x_{Ei}$ ，

各要素份额为： $M_{ki}^{real} = c_{ki}/C_i, M_{Li}^{real} = p_{Li}x_{Li}/C_i, M_{Ei}^{real} = p_{Ei}x_{Ei}/C_i$

2.3 模型估计

借助于 Eviews5.1 软件，针对不同分组及全样本，得到了我国工业制造业行业的相对技术效率、要素价格扭曲、技术变化方向、规模报酬及要素替代弹性衡量的对应数值（分别见表 2、3、4、5、6）。成本函数的单调性条件要求要素价格与产出的一次项系数均为正，同时基于边际成本递增，产出二次项的系数也必须为正并且要素价格的二次项系数为负。由各估计参数结果可知¹³，全样本估计中要素价格、产出的一次项系数正值超过 57%，产出二次项系数有 14 个行业为正，价格二次项系数的估计并不理想，23 个行业中，只有 9 个行业系数为负，待估参数的总体显著率只有 39%。但将行业分组分别进行估计时，系数的显著性明显提高，达到 63%，价格、产出的一次项系数为正的比重超过 72%，产出二次项及要素价格二次项系数中，符合理论预期的行业上升到 16 个。这也从一个侧面反映了相对技术效率与价格扭曲衡量将严重依赖于内生假定—技术同质化的取得。为度量技术进步的影响，（7）式中导入了时间趋势变量，但估计结果表明趋势变量的二次项只有 8 个行业显著，因此最终的模型剔除了 t^2 项。总体显著性指标（Wald=279.81）通过了显著性检验，此外 SUR 的广义迭代最小二乘也修正了截面单元的异方差和短期自相关。

3 效率、价格扭曲、规模报酬与要素替代的差异化分析

3.1 行业相对技术效率的比较

据表 2 可知，行业相对效率估算并未表现出明显的一致性变化。在不同估计样本下，化学制品制造业都最具技术效率，而分组样本估计则显示出资本密集行业组内部，金属制品制造业效率水平最高。具体而言，全样本条件下劳动密集组别的技术效率估算值行业差异性相对较弱，大致在 54%-82%间波动，而分组估计则放大了行业间效率差异，不同样本估计的行业效率水平排序较为稳定，只有烟草加工制造业对样本选择高度敏感，全样本估计显示有较高的效率水平 0.73，而分组估计却得到最不具效率的结果。与劳动密集行业不同的是，两种估计条件下，资本密集行业组别的相对效率都呈现较强的差异化，全体与分组样本估计值中，最具效率的行业（交通运输设备制造业与金属制品制造业）其效率值分别是效率水平最低行业（非金属矿物制品业与通讯及电子制造业）的 2.7 倍与 4 倍。一个值得注意的行业是通讯、计算机与其它电子设备制造业，在分组样本估计时其效率值仅为 0.25，成为资本密集行业组中效率水平最低的行业，这与我们传统的“高附加值行业总是更具技术效率”的认识产生了偏离。

表 2 行业相对技术效率估算值

资本密集行业	全样本	分组样本	劳动密集行业	全样本	分组样本
石油加工、炼焦、核燃料制造业	0.6215	0.4863	造纸和纸制品业	0.6711	0.5723
化学纤维制造业	0.5809	0.8938	化学原料制造业	0.7474	0.6394
非金属矿物制造业	0.3367	0.5046	化学制品制造业	1	1
黑色金属冶炼和压延制造业	0.5154	0.8111	医药制造业	0.5429	0.4824
有色金属冶炼和压延制造业	0.6936	0.7826	电气机械及器材制造业	0.7063	0.7432

指导价，我们根据不同调整日期所对应的价格维持时期，做加权平均，得到其实际价格。
¹²我国行业能源消费统计中，由于一、二次能源转换的重复计算，分品种的能源消费合计并不等于行业能源消费总量，因此在能源价值投入的加总过程中，以一、二次能源投入比例进行加权。
¹³ 待估参数共计 526 个，碍于篇幅所限，本文未给出各参数值的具体估计结果，有兴趣的研究者可向作者索取。

金属制品制造业	0.6884	1	农副食品加工制造业	0.6844	0.789
通用机械制造业	0.6287	0.4102	饮料制造业	0.7931	0.5482
专用设备制造业	0.4842	0.7394	烟草加工制造业	0.7284	0.3003
交通运输设备制造业	0.8906	0.9439	纺织品制造业	0.8194	0.6345
通信、计算机及其他电子设备制造业	0.7791	0.2502	服装、鞋帽制造业	0.7006	0.4823
仪器、仪表及文化、办公机械制造业	0.4058	0.6353	其他制造业	0.7599	0.6452
资本密集行业平均效率	0.5302	0.7125	劳动密集行业平均效率	0.7146	0.5833

注：行业平均效率是采用行业历年年产出均值加权计算得到。

有趣的是，不同样本条件下资本密集与劳动密集行业的总体比较却为我们提供了更有价值的信息。全样本估算时，资本密集行业的相对效率值要普遍低于分组样本的估算，而劳动密集行业这一趋势却发生反转，此外，全样本条件下劳动密集行业比资本密集行业具有更高的平均效率¹⁴。一个可能的解释是，全样本条件下，由于体制化因素、要素流动受阻及外部管制的存在，使得要素真实价格已经偏离边际生产率¹⁵，从而造成效率评判更倾向于劳动密集行业所采用的相对简单、富含劳动及对要素价格变化更为敏感的技术类型与技术方向，从这个意义上说，资本形成与资本深化过程实际降低了行业相对技术效率水平。同样的理由也可以解释计算机与其它电子设备制造业的异常¹⁶，由于产品核心技术的缺乏，使得该行业从劳均资本投入看属于资本密集类型，但其技术选择更相似于劳动密集行业的简单技术。

3.2 行业要素价格扭曲的分析

表 3 给出了行业要素价格扭曲的度量，我们发现估计结果对样本条件比相对效率估算表现出更高的敏感性。相对于资本要素而言，能源与劳动力投入的价格扭曲即相对价格与相对投入的偏离是普遍存在的，不同样本条件下存在能源与劳动力过度投入的行业数量分别为 9 个、11 个、6 个和 13 个。其中全样本条件下金属制品制造业、化学原料制造业、化学制品制造业、纺织品制造业和饮料制造业存在严重的能源过度投入，而分组样本估计中，能源过度投入行业增加了造纸及纸制品业。存在较为严重劳动力过度投入的行业则有石油加工、化纤制造、金属制品制造、电器机械及化学原料行业。

受制于行业开放度、行业的地区分散化程度及所有制结构等多种差异性因素的存在，行业要素扭曲的比较并没有得到一般性的规律反映，但是，基于行业属性差异的比较却给我们更多有意义的结论。由份额加权的不同组别要素平均扭曲数值可知，两种估计条件下，资本密集型行业都存在能源要素的投入不足，即能源相对其他要素的边际产出比率均高于市场价格比率（陶小马等，2009），要素配置效率的优化将导致更多能源的投入，这从一个侧面印证了能源视角下我国宏观政策导向与微观效率改善需要的偏离。而劳动密集型行业的能源要素却有过度投入之嫌，配置效率的改善将对能源产生挤出效应。

表 3 行业要素价格扭曲估算值

行业名称	全样本		分组样本	
资本密集行业	劳动力	能源	劳动力	能源
石油加工、炼焦、核燃料制造业	2.3194	0.7452	1.2365	0.7493
化学纤维制造业	0.7398	0.4421	2.4738	0.6493
非金属矿物制造业	0.3391	0.6424	1.4765	1.0462

¹⁴ 由于估计方程残差相关性的存在，分组样本估计的资本密集行业效率与劳动密集行业效率并不具可比性，表中数值不能说明资本密集行业比劳动密集行业具有更高的平均效率。

¹⁵ 本文中价格扭曲是指生产者无法基于真实价格决定要素投入比例，而认为在一个要素充分流动的经济体中，要素真实价格就是其边际生产率的反映。但现实情况是，工业部门内部资本分配份额远高于劳动分配份额（白重恩等，2008）。这两种要素扭曲是不同的，一种是与真实价格的偏离，另一种是真实价格与边际产出的偏离。

¹⁶ 我们尝试将通讯、计算机与电子设备制造业调整到劳动密集型分组，则分组样本估算所产生的偏离得到修正。但烟草制品业的调整没有得到相同的结果。

黑色金属冶炼和压延制造业	0.6841	0.9649	1.6563	0.8769
有色金属冶炼和压延制造业	1.3899	0.5473	1.0763	0.4463
金属制品制造业	0.9151	1.5634	2.5432	0.5834
通用机械制造业	0.7675	1.0743	1.0746	1.0648
专用设备制造业	0.8624	0.5832	0.4756	0.7462
交通运输设备制造业	0.6366	0.8788	3.4391	0.9642
通信、计算机及其他电子设备制造业	0.9025	0.3872	0.4652	0.4631
仪器、仪表及文化、办公机械制造业	0.7448	0.2474	1.047	1.1452
行业要素平均扭曲	0.9421	0.9216	2.2529	0.6932
劳动密集行业				
造纸和纸制品业	0.8367	0.4632	0.8364	4.8562
化学原料制造业	0.7552	1.6483	1.6482	0.8101
化学制品制造业	1.4653	1.8254	0.6423	1.5352
医药制造业	1.9375	1.0378	1.0759	0.8364
电气机械及器材制造业	0.6294	0.9064	0.589	1.4692
农副食品加工制造业	0.9624	1.6616	0.4391	1.0473
饮料制造业	1.6428	1.7452	0.6899	3.6811
烟草加工制造业	0.6497	1.0462	0.8322	1.6832
纺织品制造业	0.5385	1.7631	1.4743	1.3759
服装、鞋帽制造业	0.7465	0.4692	1.0424	0.7452
其他制造业	1.003	0.2977	0.7839	1.4824
行业要素平均扭曲	0.8274	1.113	0.8405	1.4885

注：表中行业劳动力与能源要素平均扭曲是利用行业劳动力与能源投入总成本均值加权计算得到。

更进一步的，张军、陈诗一、Gary.H.（2009）描述了我国工业内部结构红利的变化模式，他们基于劳动与资本份额的相对变化将之区分为 1981-2001 年间要素从资本密集型行业向劳动密集型行业的转移和 2001 年后逆向的流动。与之对应，考虑到不同属性行业相反的能源扭曲方向，工业部门总体的要素配置效率优化就表现为 2001 年之前的能源挤出和 2001 年之后能源投入的增加，这种能源要素重置效应也对我国工业能耗强度的时序变化提供了解释（2001 年前稳定下降和 2001 年后迅速提高）。

3.3 行业规模报酬与技术变化方向

由表 4 可知，行业间规模报酬属性同样存在较大差异，全样本条件下，有 10 个行业表现出规模报酬递增的特征，而分组样本估计时，规模报酬递增的行业变为 12 个。金属制品制造业、通用机械制造业、交通运输设备制造业、电器机械及器材制造业、农副食品加工制造业、烟草加工制造业、纺织品制造业在不同样本下的规模报酬属性估计结果并不一致，但加总行业的结果对样本保持稳定，

表 4 行业规模报酬估算

行业	规模报酬		行业	规模报酬	
资本密集行业	全样本	分组样本	劳动密集行业	全样本	分组样本
石油加工、炼焦、核燃料制造业	1.0374	1.0966	造纸和纸制品业	0.6853	0.9546
化学纤维制造业	1.2539	1.073	化学原料	0.9329	0.7678
非金属矿物制造业	0.9158	0.8729	化学制品制造业	0.8622	0.8535
黑色金属冶炼和压延制造业	1.2677	1.0889	医药制造业	0.7009	0.8194

有色金属冶炼和压延制造业	1.7226	1.4516	电气机械及器材制造业	1.0747	0.6491
金属制品制造业	1.1061	0.7092	农副食品加工制造业	0.9245	1.0444
通用机械制造业	0.9582	1.3376	饮料制造业	0.8831	0.9304
专用设备制造业	0.8145	0.8214	烟草加工制造业	0.7648	1.1376
交通运输设备制造业	0.9393	1.1342	纺织品制造业	1.2705	0.7397
通信、计算机及其他电子设备制造业	1.0934	1.2551	服装、鞋帽制造业	0.913	0.9991
仪器、仪表及文化、办公机械制造业	1.0248	1.1168	其他制造业	1.3175	1.049
资本密集行业总体	1.0888	1.0059	劳动密集行业总体	0.8069	0.7726
总体行业			全样本：0.9465		
			分组样本：0.9811		

注：表中行业总体规模报酬是采用分行业规模报酬依行业产出均值比重加权计算得到。

表 5 行业非中性技术变化估计值

行业名称	全样本			分组样本		
资本密集行业	资本	劳动	能源	资本	劳动	能源
石油加工、炼焦、核燃料制造业	-0.119	0.068	-0.032	0.127	-0.039	-0.232
化学纤维制造业	-0.032	0.021	0.003	0.636	0.000	0.084
非金属矿物制造业	0.154	0.255	0.107	0.073	0.004	0.408
黑色金属冶炼和压延制造业	-0.232	0.008	0.061	0.141	0.000	-0.129
有色金属冶炼和压延制造业	0.084	0.065	-0.11	0.339	0.033	-0.110
金属制品制造业	0.411	0.212	0.020	0.348	-0.110	0.117
通用机械制造业	0.099	0.210	-0.012	0.129	0.138	0.313
专用设备制造业	0.110	0.154	-0.068	-0.265	0.219	-0.039
交通运输设备制造业	0.117	-0.067	0.112	0.191	0.003	-0.423
通信、计算机及其他电子设备制造业	0.313	-0.063	-0.110	-0.215	0.235	-0.052
仪器、仪表及文化、办公机械制造业	-0.039	-0.059	0.078	-0.282	-0.062	-0.072
劳动密集行业						
造纸和纸制品业	-0.052	0.058	0.019	0.331	0.164	0.124
化学原料制造业	-0.072	0.060	0.754	0.411	-0.140	-0.088
化学制品制造业	-0.096	-0.049	-0.767	-0.033	-0.132	0.004
医药制造业	0.124	-0.026	-0.126	0.044	-0.030	0.115
电气机械及器材制造业	0.088	0.041	0.005	-0.473	-0.045	0.013
农副及食品加工制造业	0.004	0.080	-1.147	-0.013	-0.317	-0.216
饮料制造业	0.115	0.105	0.701	0.238	-0.062	-0.003
烟草加工制造业	0.013	-0.030	0.417	0.216	0.068	0.028
纺织品制造业	0.216	-0.223	0.185	0.112	-0.119	0.068
服装、鞋帽制造业	0.080	-0.047	-0.051	0.003	-0.032	0.021
其他制造业	0.028	-0.277	-0.391	-0.135	0.154	0.256

注：表中以黑体代表在 5% 的显著性水平上显著。

全样本和分组样本估计都支持全部行业加总的规模递减特征。这与涂正革、肖耿（2005）和张军等（2009）的结果一致，而资本密集型行业则为规模报酬递增，劳动密集型行业规模报酬递减。这可能是严重的市场分割所导致的需求水平限制以及过度竞争对市场化程度较高的劳动密集型行业产生了更强约束的结果。

成本函数中非中性技术进步的参数估计结果由表 5 给出，参数估计的显著率仅为 38%，这与陶小马等（2009）的估计结果相似，但与樊茂清等（2009）的研究中多个行业表现出要素节约型技术进步的结果形成较大反差。但是该研究的成本函数描述中并未考虑到要素价格相对扭曲的影响，而价格扭曲的存在或者分摊了技术变化对要素价格的反应，或者延长了诱致型技术进步相对于要素价

格变化的反应时滞（Mark J.Koetse，2006）。

3.4 要素价格弹性与替代分析

表 6 行业要素替代弹性估算值

行业名称	分组样本							
资本密集行业	OPE-E	OPE-L	CPE-KE	CPE-LE	CPE-KL	MES-KE	MES-LE	MES-KL
石油加工、炼焦、核燃料制造业	-0.137	-0.613	-1.050	2.801	0.468	-0.287	0.395	0.109
化学纤维制造业	-0.267	0.037	-0.892	4.814	-0.694	-5.226	0.135	-0.249
非金属矿物制造业	0.092	0.702	-2.038	0.415	0.012	0.775	7.051	-0.383
黑色金属冶炼和压延制造业	-0.120	0.014	-0.079	0.037	-3.921	-0.180	-0.064	0.256
有色金属冶炼和压延制造业	0.004	0.010	-0.027	0.108	0.634	0.018	-0.056	1.155
金属制品制造业	-0.219	0.045	0.613	-2.785	0.930	-1.462	-0.040	0.354
通用机械制造业	-0.191	-0.518	-0.164	-0.457	-0.168	-0.373	-0.052	-0.233
专用设备制造业	-0.372	0.005	-1.102	0.016	2.001	-0.787	1.463	-0.021
交通运输设备制造业	0.144	-0.106	0.210	-0.057	0.071	4.338	-0.006	0.196
通信、计算机及其他电子设备制造业	0.753	0.404	-3.068	0.078	-0.008	-0.041	-0.010	0.042
仪器、仪表及文化、办公机械制造业	-0.089	0.082	0.015	-1.180	0.143	-0.340	0.072	0.451
行业平均替代弹性	-0.060	0.115	-0.517	0.720	0.222	-1.116	0.938	0.052
劳动密集行业								
造纸和纸制品业	0.373	-0.009	-0.126	-0.431	0.110	-0.150	-0.010	0.105
化学原料制造业	0.299	0.199	-0.188	-0.100	-0.089	-0.271	3.176	-0.029
化学制品制造业	-0.076	-0.465	0.078	1.508	0.145	-1.258	-1.151	-1.771
医药制造业	1.065	-0.061	4.080	-0.174	3.604	-1.475	-0.515	-2.904
电气机械及器材制造业	-0.121	0.020	1.238	-0.684	0.136	-0.135	0.010	0.636
农副及食品加工制造业	0.405	-0.022	0.206	-0.231	-0.075	-0.073	2.049	-0.033
饮料制造业	-0.557	0.058	1.391	0.056	0.443	6.280	-4.056	0.254
烟草加工制造业	0.334	-0.011	-0.031	0.843	-0.015	-0.206	0.059	-0.154
纺织品制造业	0.110	-0.014	-0.155	0.573	0.298	0.533	1.042	-1.047
服装、鞋帽制造业	-0.326	-0.057	0.147	0.302	-0.033	0.150	0.031	0.068
其他制造业	0.129	-0.028	0.140	0.135	0.295	-0.021	-0.012	-0.062
行业平均替代弹性	0.108	-0.152	0.471	0.131	0.207	0.846	1.222	0.640

注：1、表中 OPE-j、CES-ij、MES-ij 分别为 j 要素的自价格弹性、i 要素相对 j 要素价格变化所引致的 CES 弹性及 MES 弹性；

2、行业平均替代弹性中，OPE 是基于行业对应要素投入成本均值加权计算，CES 与 MES 中，涉及能源的替代是利用能源投入成本均值加权计算，而资本与劳动的替代权重取自历年劳动力投入价值量均值。

3、考虑到分组样本的估计更具稳健与合理性，表中未给出基于全样本计算的相关数据。

行业要素的替代弹性估算结果表明¹⁷，在分组样本条件下，资本密集行业组中有 7 个行业具有负的能源自价格弹性，大致在-0.3 水平以下而缺乏弹性，而非金属矿物制品业、有色金属、交通运输与通讯、计算机及电子行业自价格弹性为正，即能源价格的上升反而导致行业更多的能源投入。劳动密集型行业内部，正能源自价格弹性的行业数量上升到 7 个，但符合一般经济学假定---要素自价格弹性为负的行业只有化学制品制造业、电气机械及器材制造业、饮料制造业、服装鞋帽制造业。基于能源份额加权的资本密集行业能源自价格弹性为-0.06，而劳动密集行业的能源自价格弹性甚至为正，这进一步说明了尽管体制与宏观政策具有强烈的减少能源投入、提高能源效率的政治诉求，但能源价格体制改革的滞后，使得生产者缺乏节能的微观动力，能源要素的价格上涨并不能有效影

¹⁷ 我们同样计算了能源相对于资本与劳动力要素价格变化的替代弹性 CPE-EK、CPE-EL 及 MES-EK 与 MES-EL，碍于篇幅及研究侧重点的限制，文中并未给出。

响到资本密集行业的要素投入水平决定，而劳动密集型工业由于外部环境的恶化及负的配置效率变化（张军等，2009），其偏离劳动力比较优势，谋求资本深化及因此导致的更多能源投入的冲动就愈加强烈¹⁸。

根据要素交叉替代弹性 CES 的估算结果，资本密集型行业中，除金属制品制造业、交通运输设备制造业和仪器仪表行业外，其余行业能源与资本的交叉替代弹性均为负，即资本与能源要素表现为互补关系，而劳动力与能源间却表现为替代关系，结合对应行业的资本劳动间要素交叉替代关系，我们发现资本密集行业大体上表现为资本对能源的互补与劳动对能源的替代，对应弹性值分别为 -0.52 与 0.72。因此如果我们认为近十年来由于垄断程度增加及国有企业改制等非技术因素所引起的资本收入份额的增加进而刺激的投资率高企（白重恩等 2008）更显著的发生在资本密集型行业，那么这一趋势所导致重工业内部更多的能源需求与吸纳劳动力能力的不断恶化就不足为奇了。

劳动密集型行业的结果却显示了不同的信息，总体上看，资本对能源与劳动对能源的交叉替代在大多数行业得以成立，而资本对劳动也表现为替代关系，因此在劳动密集型行业内部，基于要素替代可能的存在，借助于资金及利税扶持、劳动力流动障碍与流动成本的降低，将能够有效改善行业能源效率。降低产品能耗水平。

最后，根据 Morishima 替代弹性的估算结果，基于份额加权的资本密集行业与劳动密集行业的平均 MES 弹性值与 CES 测算结果表现出相似的规律，即资本密集行业中，资本是能源的 Morishima 补偿，而劳动是能源的 Morishima 替代，而劳动密集型行业中，资本和劳动都是能源的 Morishima 替代。而在 CES 与 MES 的差异性方面，有 11 个行业资本对能源的 CES 与 MES 符号相反，同时有 10 个行业劳动对能源的 CES 与 MES 测算产生了偏离。

4 结 论

基于能源价格体制改革滞后所产生的我国节能约束下宏观政策导向与微观要素配置需要的割裂，以及诸多研究所表明工业行业内部具有行业异质性要素配置扭曲与效率水平低下典型事实，本文通过构建包含技术效率损失与要素价格扭曲的超越对数成本函数及份额方程，度量了制造业行业相对效率、要素价格扭曲，并在此基础上估算了不同行业的规模报酬特征与要素替代弹性，结论可归结如下：

1、制造业行业的相对效率水平差别显著，资本密集型行业与劳动密集行业相对效率平均值为 0.53 与 0.71，从这个意义上讲，借助于技术进步与行业技术效率提升缓解能源约束的潜力巨大。但同时，由于要素真实价格与要素边际产出的偏离，相对效率比较的技术类型更倾向于劳动密集型行业，因此会压低资本密集行业的效率衡量。技术同质假定与行业异质性的现实使得基于行业维度展开的研究对样本高度敏感；

2、在不同样本条件下，根据要素价格扭曲的分析，我们发现了资本密集行业与劳动密集行业要素配置效率优化的反向特征，结构红利的存在与不同类型行业配置优化对能源要素的效应差异，部分的解释了样本期内我国工业总体能耗强度的变动；

3、我国制造业表现为规模报酬递减，这与相关研究的结论一致，但行业内部，资本密集型行业与劳动密集型行业的规模报酬特征并不一致，资本密集型行业总体上表现为规模报酬递增。而非中性技术进步的作用并没有得到数据支持。

4、要素替代弹性的测算结果表明，不同行业要素替代性差异明显，总体而言，资本密集行业能源要素仅有微弱的负向自价格弹性，要素替代表现为资本对能源的互补和劳动力对能源的替代，而劳动密集型行业能源价格上涨甚至导致更多的能源需求，同时存在资本与劳动对能源的替代。

概括的，本文在节能约束视角下，基于行业技术与配置效率的差异化识别而展开的分析，进一步印证了我国能源价改滞后所导致的政府诉求与微观需要矛盾的存在，首先要素配置环节的优化并不一定导致能源投入的减少，如果我国工业化发展阶段特征所决定的重工业比重将长期稳定在一个较高水平，那么要素配置效率的改善将产生更多的能源需求；其次，目前的节能工作重点主要集中在行业内部落后产能淘汰与能耗准入所引起的规模门槛的提高，这实际属于行业内部的规模整合，受制于市场分割与地域性需求水平限制，其并不能有效带动行业总体规模的上升，尽管在短时期内能够有效缓解节能降耗压力，但这一过程不具持续性。而规模报酬效应的行业差异事实也说明借助于规模提升的节能路径不能在所有行业适用；最后，借助于要素替代的实现完成节能降耗目标只能

¹⁸ 陈剑波（1999）、张军（2002）的研究都发现，自 80 年代中后期开始，以集体及乡镇企业为代表的劳动密集型企业技术变化并没有沿着节约资本要素的方向发展，而是存在着一个资本不断深化的过程。

在劳动密集型行业实施, 资本市场的完善、融资渠道的畅通以及劳动力素质的提高, 确实能促进这些行业能耗水平的降低, 而资本密集行业资本形成加速及体制优势造成的资本廉价, 却会对我国工业能耗降低与就业产生负面冲击。

更重要的是, 上述的分析都直接或间接将矛盾集中于能源价格的管制, 当然, 能源价格体制改革的滞后有着种种现实原因, 通货膨胀的担忧、产业链条上成本转移能力的差异、经济增长冲击的考虑都使得能源价改举步维艰, 因此, 现实条件下可行的节能降耗路径也许只能依赖于技术进步与行业技术效率的显著提升, 而政策层面则应着力于资本密集行业、重工业及高耗能行业的政策抑制及劳动密集行业、轻工业的微观环境改善上。

参考文献

- [1] Farrell, M.J. The Measurement of Productive Efficiency[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1957,120(3): 253 ~ 281.
- [2] Aigner, D.J., C.A.K. Lovell and P. Schmidt. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models[J]. Journal of Econometrics,1977, 6(1): 21 ~ 37.
- [3] Meeusen, W. and J. van den Broeck. Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error[J]. International Economic Review, 1977,18(2): 435 ~ 444.
- [4] Bauer,P.W. An Approach for the Analysis of Multiproduct Technology and Efficiency Using Panel Data:An Application ti the U.S. Airline Industry”, Unpublished Dissertation ,1985, University of North Carolina.
- [5] Ferrier,G.D.and C.A.K.Lovell. Measuring Cost Efficiency in Banking:Econometric and Linear Programming Evidence[J]. Journal of Econometrics,1990,46: 229 ~ 245.
- [6] Atkinson,S.E.and C.Cornwell. Parametric Estimation of Technical and Allocative Inefficiencise with Panel Data[J]. International Economic Review,1994a,35,No.1:231 ~ 234.
- [7] Lau,L.J. and P.A.Yotopoulos. A Test for Ralitive Efficiency and an Application to Indian Agiculture[J]. American Economic Review,1971,61,No.1: 94 ~ 109.
- [8] Atkinson,S.E. and C.Cornwell. Estimation of Output and Input Technical Efficiency Using a Flexible Functional Form and Panel Data[J]. International Economic Review,1994b,35,No.1: 245 ~ 455
- [9] Kumbhakar,S.C. A Parametrics Approach to Efficiency Measurement Using a Flexible Prufit Function[J]. Oxford Economic Paper,1996a,43,No.2: 473 ~ 487
- [10] Kumbhakar,S.C. Efficiency Measurement with Multiple Output and Multiple Input[J]. Journal of Productivity Analysis,1996b,7,No2/3: 225 ~ 256.
- [11] Guilkey,D.K.,Lovell,C.A.K. On the Flexibility of the Translog Aproximation[J]. International Economic Review,1980,21(1): 137 ~ 147.
- [12] Kumbhakar,S.C. Modeling Allocative Inefficiency in a Translog Cost Function and Cost share Equations:An Exact Relationship[J]. Journal of Economitrics,1997,76: 351 ~ 356.
- [13] Kumbhakar, S.C. and C.A.K. Lovell. Stochastic frontier analysis[J]. 2000,New York : Cambridge University Press.
- [14] Mark J.Koetse,Henri L.F.de Groot,Raymond J.G.M.Florax,Capital-Energy Sunstitution and Shifts in Factor Demond:A Meta-Analysis[J],Tinbergen Institute Discussion Paper,2006-6
- [15] Bernet ER,Wood DO,Engineering and Econometric Interpretationsof Energy-Capital Complementarity:Reply and Future Results[J].American Economic Reviews,1981;71;1105-1110
- [16] 韩智勇,魏一鸣,焦建玲,范英,张九天.中国能源消费与经济增长的协整性与因果关系分析[J].系统工程, 2004, (12).
- [17] 马超群,储慧斌,李科,周四清.中国能源消费与经济增长的协整与误差校正模型研究[J].系统工程, 2004, (10).
- [18] 吴巧生,成金华,王华. 中国工业化进程中的能源消费变动—基于计量模型的实证分析[J].中国工业经济, 2005, (4).
- [19] 赵进文, 范继涛.经济增长与能源消费内在依从关系的实证研究[J].经济研究, 2007,(8).
- [20] 齐建国.中国经济高速增长与节能减排目标分析[J].财贸经济, 2007(10).
- [21] 师傅、沈坤荣.市场分割下的中国全要素能源效率: 基于超效率 DEA 方法的经验分析[J].世界经济, 2008(9).
- [22] 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).
- [23] 李廉水,周勇.技术进步能提高能源效率吗? -基于中国工业部门的实证检验[J].管理世界, 2006(10).
- [24] 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).
- [25] 魏楚,沈满洪.能源效率及其影响因素: 基于 DEA 的实证分析[J].管理世界, 2007(8).
- [26] 史丹,吴利学,傅晓霞,吴滨.中国能源效率地区差异及其成因分析[J].管理世界, 2008(2).
- [27] 唐玲,杨正林.能源效率与工业经济转型-基于中国 1998-2007 年行业数据的实证分析[J].数量经济技术经济研究, 2009(10).
- [28] 樊茂清,任若恩,陈高才.技术变化、要素替代和贸易对能源强度影响的实证分析[J].经济学季刊, 2009:9(1).
- [29] 鲁成军,周瑞明.中国工业部门的能源替代研究-基于对 ALLEN 替代弹性模型的修正[J].数量经济技术经济研究, 2008(5).
- [30] 陶小马,邢建武,黄鑫,周雯.我国工业部门的能源价格扭曲与要素替代研究[J].数量经济技术经济研究, 2009(11).
- [31] 张军,陈诗一,Gary H.Jefferson.结构性改革与中国工业增长[J], 经济研究, 2009(7).
- [32] 白重恩,钱震杰,武康平.我国工业部门要素分配份额决定因素研究[J], 经济研究, 2008(8).

- [33] 龚益, 彼得·劳埃德. 中国工业部门生产函数的参数估计[J], 数量经济技术经济研究, 1999(12).
- [34] 涂正革, 肖耿. 中国的工业生产力革命-用随机前沿生产函数对中国大中型工业企业全要素生产率增长的分界及分析[J], 经济研究, 2005(3).
- [35] 刘畅, 孔宪丽, 高铁梅. 我国能源消耗强度变动机制与价格非对称效应研究[J], 中国工业经济, 2009(3).
- [36] 李治国, 唐国兴. 中国平均资本成本的估算[J], 统计研究, 2002(11).
- [37] 张军. 资本形成、工业化与经济增长: 中国的转轨特征[J], 经济研究, 2002(6).
- [38] 陈剑波. 市场经济演进中乡镇企业的技术获得与技术选择[J], 经济研究, 1999(4).
- [39] 杭雷鸣. 我国能源消费结构问题研究[D], 上海交通大学, 2007