

电煤价格、产业政策与火力发电 产业的技术结构升级

白让让

(复旦大学 管理学院, 上海 200433)

摘要:中国经济增长的阶段性特征和资源禀赋决定了煤炭消耗总量和比例无法在短期内出现下降的趋势。火电产业不仅消耗了中国50%以上的煤炭,而且其各类污染物的排放量居于世界第一位,是决定中国环境质量的关键领域。文章把电煤价和产业技术政策作为关键变量,引入到对中国火电产业结构变化的分析中。研究发现:(1)电煤价格的不断上涨和双轨制的逐渐融合是导致大机组装机容量不断提高的市场化因素;(2)政府火电产业的结构、技术和环境保护政策的变化,影响了技术结构提升的趋势和幅度;(3)减少市场机制和政府干预之间的冲突,是实现电力产业“结构性”减排目标的主要前提。研究还表明,火电行业的结构优化和能源效率提高,不仅要发挥投入品价格的引导功效,而且更要提升环境监管和规制的作用。

关键词:火电行业;结构优化;节能减排;电煤价格;政府规制

中图分类号:F061.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2014)12-0076-13

一、引言

从20世纪80年代末开始,中国政府的决策层就试图通过能源结构的调整和优化来抑制环境持续恶化的势态,降低经济增长对资源投入的过度依赖。受制于增长模式、产业结构和资源禀赋等因素,煤炭、电力和石油等能源产业“节能减排”政策的实施效果却差强人意。2010年,中国占全球能耗总量的20.3%,使用了48.2%的煤炭、21%的水、10.6%的石油和3.4%的天然气等能源。对煤炭和火电的过度开发和使用,也使中国成为仅次于美国的二氧化硫排放国(《BP世界能源统计年鉴(2011)》)。这些后果是在各类能源价格持续上涨的背景下发生的,为什么煤炭、石油价格的提高没有引致清洁能源比重的上升,水电和核电的比例反而有所下降?如何评价“节能减排”政策和煤炭价格市场化对电力产业技术进步的影响程度,为本文研究的动因之一。

本文构建了一个价格机制、政府规制与企业技术选择的简化模型,结合对典型事实的必要描述,实证检验了电煤价格和产业政策对火电产业的产业结构升级的作用。初步的计量检验发现,电煤价格和“以大代小”、“上大压小”、“节能减排”等结构和技术政策在一定程度和时期内影响着火电自身结构的优化(以大机组装机容量比重来衡量)。这一发现为评价产业政策和市场机制的作用提供了经验依据。

能源消费与经济增长之间的依存关系、能源弹性或强度的变化趋势、能源耗费对环境污染的影响等诸多问题,是十余年来中国经济学界的一个热门领域(吴巧生和成金华,2006)。

收稿日期:2014-09-10

基金项目:国家自然科学基金项目(71273061);教育部人文社会科学研究一般项目(12YJA630003)

作者简介:白让让(1967—),男,陕西长安人,复旦大学管理学院副教授。

林伯强(2003)的协整检验发现,中国的 GDP、资本和人力资本与电力消费间存在长期的稳定关系,韩智勇等(2004)使用相同的方法和数据,却证明了包括电力在内的能源消费和 GDP 之间没有长期的稳定关系。赵进文等(2007)认为能源消费和 GDP 之间是非线性的关系,二者间的影响是非对称和阶段性的。然而,这些研究都没有对能源结构变化和影响因素进行分析。

电力和煤炭产业十分紧密的纵向关系,使电煤消费的总量和使用效率成为“节能减排”的关键环节。林伯强等(2010)认为,由于中国许多重要行业对煤炭和火电的依赖程度依然很高,通过改变能源结构来实现减排的空间不大。王锋和冯根福(2011)使用与林伯强等(2010)类似的方法进行估算,却发现降低火电消费量是实现碳排放目标的主要因素。于良春和林峰(2006)则认为优化水电和火电的比例和提高火电自身结构的高参数化,是保证电力生产可持续性的主要路径。Bloch 等(2012)运用柯布—道格拉斯生产函数的估算发现,中国的煤炭消费与 CO₂ 排放之间有着双向的短期和长期因果关系,因而政府很难真正执行减排政策。就不同能源总量间的替代关系而言,Ma 等(2008)的分析表明煤炭和电力是替代关系,煤炭与石油则是互补的。电力专家较多地从能源技术和区域调度的角度,分析火电结构的优化问题(陆延昌,1999;吕伟业,2002;刘耀东,2004;张安华,2006;谭忠富等,2008;成金华,李世祥,2010),很少考虑市场价格和政府规制对企业投资决策的影响。

陈诗一(2010)在解释环境约束下中国的绿色工业革命时,间接分析了政策因素对生产率变化的作用。Pettersson 等(2012)基于里昂惕夫(Leontief)生产函数,对欧盟各国火电行业燃料转换决策影响因素的计量检验表明,价格和环保政策的变化决定了发电厂从单一燃料向双燃料和多燃料机组(即燃煤、燃油、燃气发电方式)的调整程度。Xu 等(2013)从中美火力发电热效率的比较中,发现中国政府的“上大压小”措施具有明显的效果,但是未考虑电煤价格变化的直接促进作用。孙广生等(2012)认为中国不同地区能源效率变化的影响因素主要是技术进步和投入替代,而技术效率的贡献最小。成金华和李世祥(2010)对地区和产业能源效率的 DEA 分析中发现,要使中国能源产业的资本与燃料投入之间产生有效的替代关系,必须辅以能源价格的提高和政府节能政策的落实。

改革开放以来,中国电力产业运营模式的基本趋势是向价格引导的市场机制逐渐过渡,“双轨制”的效应在能源产业的生产、消费和管理体制的演变中得到了最完整的体现。时至今日,中国对电力产业的进入、融资、价格和环保等主要环节还在进行严格的规制,这些政策必然影响电力产业组织结构和经营业绩的变化。上述研究,主要是从全要素生产函数中分离出能源密度的决定因素,将“节能减排”政策外生化,较少考虑价格机制的内生作用;为此,本文将重点分析以下几个问题:(1)煤炭价格的长期上涨,是否对火电产业技术结构的变化产生实质性影响?(2)不同时期的电力产业发展、结构和环境政策,如何导致火电结构升级的波动或反复?(3)价格机制和政府干预是否对结构的变化产生交互影响或协同效应?

二、能源价格、节能政策与产业技术进步的机理分析

火力发电行业生产函数的特点在于,煤炭燃料费用一般占发电总成本的 50% 以上,而在总变动成本中,煤耗费用的比例会超过 80%,工资仅占 5% 左右(张明华等,2012)。在短期内不存在劳动和资本之间的替代关系,煤炭和助燃材料之间的互补性也不强。因此,电煤价格变化对企业内部不同技术效率机组结构的影响,只能通过选择较高技术参数的长期生

产函数来实现。具体而言,在短期内如果煤炭价格上涨,企业无法通过劳动和辅料的增加,减少对煤炭的投入需求,只有通过调整产量以减少损失。相反,若观察到煤炭价格的持续冲击,企业应该选择燃煤效率高的发电机组,以减少价格变化对长期利润的侵蚀。同时,由于发电生产具有一定的环境外部性,政府也会使用价格、税收和补贴等工具,鼓励企业提高技术水平。为此,本文构建了如下的简约模型,解释了价格、规制政策与技术选择的内在机理。

(一)燃料价格变化与生产技术选择

在包含技术进步的不变弹性生产函数(CES)基础上(Joshua,2008),有如下假定:代表型火电企业的产出 Q 是资本存量 K 、燃料投入 E 和能源技术 A 的函数,资本和燃料的价格分别是 r, w ,电力的规制价格是 P 。Joshua(2008)将对能源技术的需求解释为燃料价格的增函数,为计算的便利,本文假定技术投资的成本与技术水平存量 A 的关系是 $C(A) = (A^2)/2$ 。同时,为了分析短期燃料投入和技术的选择的关系,还将燃料 E 和技术 A 的权重分别设定为 s 和 $(1-s)$ 。公式(1)中的 α 和 $(1-\alpha)$ 分别代表资本和有效燃料投入的比例。CES 生产函数的替代弹性用 ρ 表示,并设定 $\rho < 1$ 。因此,企业的短期最优优化问题就是:

$$\begin{aligned} \max_{E, A} \pi_0 &= (P \times Q_0 - r \times K_0 - w \times E_0) - \frac{A^2}{2} \\ \text{s.t. } Q_0 &= (\alpha \times K_0^\rho + (1-\alpha)(A^s E_0^{(1-s)})^\rho)^{\frac{1}{\rho}} \end{aligned} \quad (1)$$

1. 燃料价格变化的短期效应

在短期内,资本存量保持不变,企业只能通过燃料投入量或提升燃料技术的变化,应对价格的冲击。为计算的方便,假定 K_0 固定为 1(字母中的下标 0 代表短期),那么当 $t=0$ 时,将目标函数中的产出 Q_0 用约束条件的展开式替代后,再对燃料投入和技术选择分别求一阶导数:

$$\frac{d\pi_0}{dE_0} = A^s P (1-s) E_0^{-s} (A^s E_0^{1-s})^{(\rho-1)} (1-\alpha) ((A^s E_0^{(1-s)})^\rho (1-\alpha) + \alpha)^{\frac{1}{\rho}} - w = 0 \quad (2)$$

$$\frac{d\pi_0}{dA} = A^{(s-1)} P s E_0^{(1-s)} (A^s E_0^{1-s})^{(\rho-1)} (1-\alpha) ((A^s E_0^{(1-s)})^\rho (1-\alpha) + \alpha)^{\frac{1}{\rho}} - A = 0 \quad (3)$$

求解式(2)和式(3)组成的联立方程,就可以得到短期内燃料投入和技术选择的最优值。考虑到求解 CES 函数的复杂性,我们将问题集中在燃料价格的变化对短期技术的影响上。微观经济学的反应方程代表的是企业最优决策的必要条件,将反应函数作为条件就可以确定要素之间的交叉弹性,即一种要素的价格变化对其他投入品数量的影响。对式(2)和式(3)进行简单变化后,两边相除就得到燃料价格 w 和短期技术 A 之间的关系式:

$$\frac{(1-s)A}{sE_0} = \frac{W}{A} \quad (4)$$

式(4)也意味着: $A = \sqrt{\left(\frac{s}{1-s}\right) \times w \times E_0}$ 。那么,给定燃料数量时,短期技术水平和燃料价格的一阶和二阶导数分别是:

$$\frac{dA}{dw} = \frac{1}{2} \left(\frac{s}{1-s}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{E_0}{w}\right)^{\frac{1}{2}} > 0; \frac{d^2 A}{dw^2} = -\frac{1}{4} \left(\frac{s}{1-s}\right)^{\frac{1}{2}} (E_0)^{\frac{1}{2}} W^{(-\frac{1}{2})} < 0 \quad (5)$$

可见,燃料价格提高会导致短期技术投入的增加,这种变化的幅度取决于技术和燃料在生产函数中的相对权重 $\left(\frac{s}{1-s}\right)$ 的大小,即给定同样的价格变化,燃料的边际贡献越高,对短期技术水平的投入需求越大。当然,由于固定资本 K 保持不变,特别是 A 和 E 在总生产函

数中的权重存在一个上限 $(1-\alpha)$,增加技术的边际报酬也会递减,即短期内技术升级的空间十分有限。

2. 燃料价格的长期冲击

在长期中,企业可以调整资本投资 K 来应对燃料价格增加对利润的侵蚀,由于高的资本投入水平意味着技术进步,因而资本增加也会减少产出的能源密度。假定短期的技术水平 A 已经内化在燃料的投入中,长期最优化问题就可以简化为(下标 1 代表长期):

$$\begin{aligned} \max_{E_1, K_1} \pi_1 &= (P \times Q_1 - r \times K_1 - w \times E_1) \\ \text{s.t. } Q_1 &= (\alpha \times K_1^\rho + (1-\alpha)(E_1)^\rho)^{\frac{1}{\rho}} \end{aligned} \quad (6)$$

基于标准的拉格朗日方法,资本投资和燃料投入对利润的一阶导数分别是:

$$\frac{d\pi_1}{dK_1} = P\alpha K_1^{\rho-1} (\alpha K_1^\rho + (1-\alpha)E_1^\rho)^{\frac{1-\rho}{\rho}} - r = 0 \quad (7)$$

$$\frac{d\pi_1}{dE_1} = P(1-\alpha)E_1^{\rho-1} (\alpha K_1^\rho + (1-\alpha)E_1^\rho)^{\frac{1-\rho}{\rho}} - w = 0 \quad (8)$$

两种要素的价格相除,可以得到如下的关系式:

$$\frac{r}{w} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \left(\frac{K_1}{E_1} \right)^{(\rho-1)}; \quad K_1 = E_1 \left(\frac{1-\alpha}{\alpha} \frac{r}{w} \right)^{\frac{1}{\rho-1}} \quad (9)$$

即在长期中,给定燃料投入量为正时,资本投入与燃料价格正相关:

$$\frac{dK_1}{dw} = \left(\frac{E_1}{r} \right) \left(\frac{1}{1-\rho} \right) \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right)^{\frac{1}{\rho-1}} w^{\frac{1}{\rho-1}} > 0 \quad (10)$$

式(10)表明,燃料价格的增加,会促使企业提高资本的投入量,使生产函数本身发生改变,以获得要素增加的规模报酬。比较式(5)和式(10)也会发现,燃料价格上升无论是在短期还是长期,都会减少企业对燃料投入的相对需求,而增加对技术进步的需求,可见价格机制本身就是技术进步的触发器。

(二) 政府“节能减排”政策与企业的技术调整

火电生产存在很强的外部性,燃烧效率低或低容量发电机组不仅会增加对煤炭资源的过度需求,也会产生二氧化硫、二氧化碳和其他废弃物的过量排放,因此需要政府的外部干预或规制。已有的研究在分析此类问题时,采取的是政策外生的方法,没有建立节能政策与企业利润之间的传导机制。下面的分析说明,适当的价格、税收或补贴手段,可以激励企业的技术进步或结构优化。

假定在长期中,企业同时拥有高耗能、高污染的老旧电站(企业 0)和节能效果显著的新型电厂(企业 1),如果不考虑需求约束和资金的时间价值,企业的利润就是两个电厂总收入 R 和总成本 C 之差的和:

$$\pi = (\pi_0 + \pi_1) = (R_0 - C_0) + (R_1 - C_1) \quad (11)$$

根据短期和长期生产函数的定义,老旧电厂的成本是发电量和不变资本(固定为 1)的函数,而新建电厂的成本则与投资相关,二者分别是 $C_0 = C_0(q_0, 1)$ 和 $C_1 = C_1(q_1, K_1)$,即二者的差异在于新电厂会发生沉淀成本,假定这一数额就是 $(C_1 - C_0)$,那么两个电厂对总利润的边际贡献可以表述为:

$$\frac{d\pi}{dq_0} = \frac{dR_0}{dq_0} - \frac{dC_0}{dq_0}; \quad \frac{d\pi}{dq_1} = \frac{dR_1}{dq_1} - \frac{dC_1}{dq_1} \quad (12)$$

要使企业增加高效率电厂的发电量,减少对已有电厂的依赖,就需要满足下面的不

等式：

$$\frac{d\pi}{dq_0} < \frac{d\pi}{dq_1}; \left(\frac{dR_0}{dq_0} - \frac{dC_0}{dq_0} \right) < \left(\frac{dR_1}{dq_1} - \frac{dC_1}{dq_1} \right) \quad (13)$$

这一不等式成立的条件除了前述燃料价格的不断上涨外,还可以通过对产出价格和生产成本的“扭曲”,即税收或补贴机制的设计得以实现,那么包含社会成本和收益的福利函数可以表述为:

$$S^w = (R_0 - C_0 - T(q_0)) + (R_1 - C_1 + S(q_1)) \quad (14)$$

其中, $T(q_0)$ 和 $S(q_1)$ 分别是政府对高耗能电厂的税收和对高效率电厂的补贴,式(13)成立的条件就转化为:

$$\frac{dS}{dq_1} > \left| \frac{dT}{dq_0} \right| \quad (15)$$

即只要政府对高效电厂的补贴额大于对老旧电厂的税收时,企业一定会选择通过投资更多高效机组代替落后的产能。原因在于,企业投资高效电厂的成本外化,可以缩短新电厂获得规模经济的时间。向老旧电站征收一定的资源税,相当于降低了其产出的价格或增加了运营费用,间接地减少了这类老旧电厂边际成本的优势。

基于上述分析,就可以把火电技术结构的变化解释为燃料价格、政府管制和产出价格(或需求波动)等要素的函数,进行必要的计量检验。中国火电产业的“节能减排”政策与产业组织、技术进步和税费设置等是交织在一起的,加之电煤的价格和数量长期受政府的规划,必要的经验阐述有助于理解研究问题的复杂性。

三、火电产业供给结构变化的典型化事实

(一) 改革开放以来电力产业的技术结构政策和调整(1980—2010 年)

1. 电力供需矛盾与小火电的快速发展(1981—1990 年)。电力产业的长期滞后,影响着国民经济的各个方面。1982 年,主管部门在第六个五年规划中提出了“水火并举、因地制宜”的原则,并从财政、税收和计划管理等方面,实施了“国家、企业、集体、个人一起来,大中小型一起上”的方针,试图在短期内扭转严重缺电的局面。在地方政府和高耗能产业(即小冶金、小煤窑、小钢铁)的引导下,小火电机组的高速发展使得水电装机容量和发电量的比重出现了下降的趋势。1985 年,中央政府提出了能源工业的发展要“以电力为中心,要积极发展火电、大力发展水电,有重点、有步骤地建设核电”的方针后,并未扭转小火电高速增长的势头。国务院在 1986 年专门出台了《关于发展小火电的暂行规定》,制定了“煤电联营、热点联产、限制发展”的基本原则。但是,随着 1987 年“政企分开、省为实体、联合电网、统一调度、集资办电”的二十字方针的提出和落实,无论是煤炭资源丰富的山西、山东和河南等省份,还是电力短缺的浙江、广东、江苏等沿海开放地区,都将小火电产业作为主要的经济增长点予以扶持。

2. 电力供求波动与“以大代小”政策的实施困境(1991—2002 年)。为扭转水电比重持续下降,特别是 5 万 KW 以下火电机组增加的不良势态,1991 年国家能源部推出了“以大代小”的政策,即“以高参数、大容量机组更新高耗能、高污染的中低压参数老机组”的举措。但是,中央和地方政府在电力产业不同环节的利益纠葛,限制了“以大代小”政策的具体落实,结构恶化的情况日益加重:水电的比重从“六五”规划初期的 30% 下降到 1997 年的 20% 多,10 万千瓦以下机组的容量接近 7 000 万千瓦,约占全部火电装机容量的 40%,这其中的 15% 还是容量小于 6 千瓦的小机组。

90年代中后期出现了电力短期过剩的局面,中央政府做出了“三年内不上马火电新机组”的决策,也限制了火电自身结构优化的进展。随着经济的复苏和再次加速,一些在“以大代小”中被暂时停止运行的老机组又重新上网发电。虽然国家陆续颁布了《关于严格控制小火电设备生产、建设的通知》(1995年)、《小火电机组建设管理暂行规定》(1997年)和《关于关停小火电机组有关问题意见》(1999年)等文件或政策,并强调“电网企业不得收购应关闭电厂的电量、项目审批实施实行老机组改造和小火电关停相互挂钩的制度”等严格要求;然而,多方办电、多级电网并存的格局,使得这些政策只对中央企业有约束,无法干预地方小电厂和区域电网的行为。

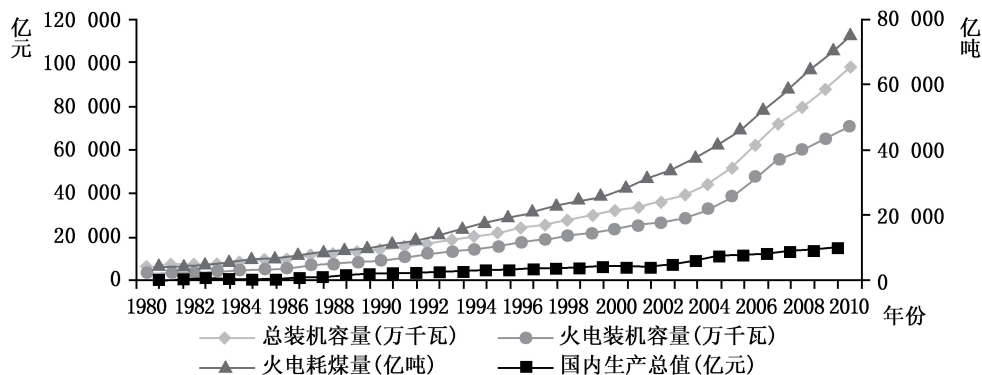


图1 中国的经济增长、电力供给和发电耗煤(1980—2010年)

3.“上大压小”政策的实施(2003—2010年)。2000年以后,电力供给不足的局面再次发生,使得“以大代小”政策难以为继。“高能耗、高排放、低效率”机组规模增加的负外部性日益显现,使得决策层将电力产业的发展模式转变为“调整电源结构,充分利用现有发电能力,积极发展水电、坑口、大机组火电,压缩小火电,适度发展核电”,关停小火电机组就成为优化火电结构的主要手段。

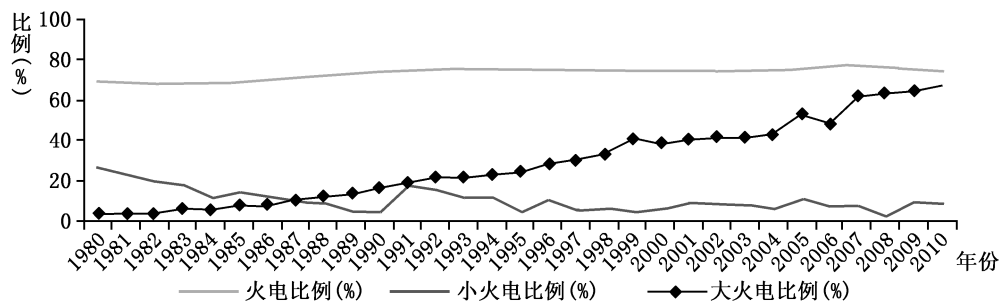


图2 火电总量和内部结构的变化

注:根据历年《中国电力年鉴》整理而得。

2007年,国务院发布了《关于加快关停小火电机组的意见》,强调综合运用经济、法律和行政等手段,通过为所有机组创造公平的竞争环境,对关停企业和地方给予奖励,促进淘汰落后小火电工作。“上大压小”的目标和措施十分明确:首先,设定了总目标并分解到各个省份,要求各地区以2010年为限,在大电网覆盖范围内逐步关停五类机组;其次,进入规制的措施十分严格:在建设大容量、高参数、低消耗、少排放机组的同时,必须以关停一部分小火电机组为前提;第三,借助市场和定价机制调动地方和企业实施“上大压小”的积极性,即新

建设机组的单机容量越高,关掉的小机组的容量折扣越低,同时降低小机组的上网电价。“上大压小”的效果很快显现,全国累计关闭小火电机组7 683万千瓦,30 万千瓦及以上机组的比例由 2005 年的 47% 上升到 2010 年的 71%。

(二)电煤定价机制市场化进程的演变

煤炭是火电生产最主要的投入品,煤炭燃料费用占到发电成本的 60%—70%,而煤炭消耗的效率是由发电机组的技术水平和容量规模先验决定的,因此煤炭价格的变化影响着火电行业技术升级和优化的长期趋势。1984 年之前,煤炭的定价权和使用数量的分配权都由中央政府所掌握,实行单一定价和统一配给的模式。1985 年以后,为落实煤炭行业的“大包干制”,对超出国家计划以外的产量部分,实行议价销售的方式。但是,电力产业仍采取低价统购的模式,只有计划外发电量所需的煤炭需要到体制外采购。由于统购统销的煤炭规模减少,国家又通过组织全国煤炭交易会下达“计划煤”指标的方式保障电力用煤。所以,在 1994 年放开煤炭价格之前,火电用煤就包括“重点电煤合同价和市场采购价”两种主要形式;但由于电力行业与煤炭行业的发展并不同步,计划内煤价并不一定低于市场煤价。

为扭转煤炭行业长期亏损的局面,并减少政府补贴的财政压力,国家决定从 1994 年开始,取消大部分的煤炭指导价格,实行两种价格的并轨,但煤电利益纠纷由此加剧,又不得不从 1996 年起恢复所谓的“电煤指导价”模式,由产业中的大企业按照政府设定的涨价幅度,通过订购会的方式协商下一年度的电煤合同。2002 年以后,政府不再发布所谓的指导价,而是公布一个“协调价格”供煤电双方参照。2005 年底,在决定不再干预电煤价格的同时,启动了“煤电价格联动机制”,以减少煤炭价格上升对发电企业利益的影响。然而,煤炭价格的大幅提高,使得火电全行业亏损后,国家“发改委”从 2008 年开始,又对电煤价格和运输进行了多次临时干预,至今仍旧存在重点电煤与市场电煤的差异。

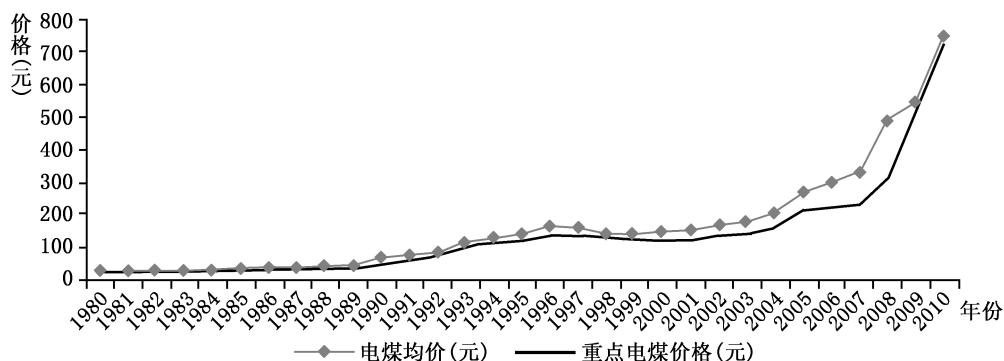


图3 电煤价格双轨制与趋势

资料来源:作者根据潘伟尔(2010)和成致平(2000)的文献整理而得。

对火力发电企业而言,在上网电价调整滞后的环境下,增加大容量机组的比重,就等于节约燃料费用和增加发电利润;因此,煤炭价格的长期上升,也会影响火电产业的技术结构变化和能源消耗强度的下降。例如,在 GDP 和煤炭消费总量依旧保持较快增加的前提下,2007 年以来,随着“上大压小”措施力度的加大,火电产业却通过大机组比例的提高和煤耗的减少,使二氧化硫的排放量比 2005 年减少了 29%、烟尘排量减少了 59%。可见,结构和技术的优化,而非简单地减少能源消耗总量,才是控制污染的主要途径。

四、数据、变量与计量模型设定

(一)数据、变量与回归方程

本文关于火电装机容量的数据来自历年《中国电力工业统计资料汇编》和《电力工业年鉴》;1999 年之前的电煤和重点电煤的价格数据出自《中国物价五十年》一书的附录(成致平,2000),2000 年以来的数据则根据专业文献整理而得(潘伟尔,2008;潘伟尔和王勇,2010;李镇西,2010;张华明等,2011)。各个变量的含义和计算方式如下:

“大机组装机容量占全部火电容量的比重”(Ratio)是被解释变量,它表示 30 万千瓦以上火电机组的装机容量占全部火电总装机容量的比例,反映的是火电行业内部“高效率、低能耗、低污染”机组代替中小机组的程度。主要解释变量包括电力供需比值(Demand)、电煤价格(Price)和产业政策(Policy):

(1)电力供需比值(Demand)指“全国用电设备容量和发电设备容量之比”,它反映的是电力产业总需求和总供给之间的均衡关系,按照以往的研究经验,当该比值高于 2.2 时,电力就处短缺的状态。相对于 GDP、工业总产值或人均收入等代理变量,该指标可以直接反映电力投资对潜在需求的敏感度。

(2)电煤价格(Price)。理论模型分析表明,燃料价格或电煤价格是影响结构调整的关键因素,由于在很长时间内,发电用煤的供给实行“双轨制”,本文分别使用电煤平均价格(Price₁)和重点电煤价格(Price₂)(这里的价格是指煤炭的“车板价”,不包括运输费用;价格数据均被 GDP 平减指数予以修正),实证检验价格与火电内部结构变化的关系。

(3)规制政策虚拟变量(Policy)。前文对典型化事实的描述性介绍发现,产业的结构、技术和环保等规制政策,也是政府影响火电产业发展的重要工具。按照政策的不同含义,本文采取虚拟变量的方法,将 1991—2002 年期间的“以大代小”措施定义为 Policy₁,2003—2010 年的“上大压小”方式界定为 Policy₂,那么 80 年代的发展小火电政策就成为一个参照系。结合理论分析和经验观察,我们将选择如下的回归方程进行实证研究:

$$Ratio_t = \beta_0 + \beta_1 \times (Demand_t) + \beta_2 \times (LnPrice_t) + \beta_3 \times (Policy_1) + \beta_4 \times (Policy_2) + \beta_5 \times (LnPrice_t) \times (Policy_1) + \beta_6 \times (LnPrice_t) \times (Policy_2) + e_t \tag{16}$$

在具体检验时,自变量除了前述的供需比值(Demand)、电煤价格(Price)和结构政策(Policy)外,还包括价格和政策变量的交互项,以观察价格对结构的影响在不同政策环境下的差异。为保证回归方程设定的合意性,以电煤均价(Price₁)和重点合同电煤价格(Price₂)为解释变量进行了回归后,再对回归方程的残差序列 e₁ 和 e₂ 进行单位根检验。结果证明变量之间具有“协整”关系,可以进行基于 OLS 模型的假设检验(篇幅所限未列出),主要变量的统计描述见表 1。

表 1 变量的统计描述

变量和符号		均值	最大值	最小值	标准差	观察值
大机组装机容量比例	Ratio	0.2884	0.6690	0.0390	0.1962	31
用电—发电设备容量比	Demand	2.5461	3.1800	2.1400	0.3324	31
电煤平均价格	LnPrice ₁	3.7849	5.0160	3.2231	0.4796	31
重点电煤价格	LnPrice ₂	3.6353	4.9752	3.0619	0.4413	31

(二)回归结果讨论

1. 电煤平均价格(Price₁)的估算结果分析。表 2 是基于电煤平均价格的 OLS 回归结

果,主要的发现包括:

(1)在不考虑产业政策变量的情况下,电煤价格的提高并不能导致大机组容量比重的增加。一方面,中国火电产业大机组的拥有者主要是大型发电企业集团,在较长时期内,这些企业可以通过国家计划获得价格低廉的煤炭资源,它们的投资决策对市场价格的变化并不敏感;另一方面,市场煤的使用者主要是地方中小电厂,较低的固定资产投资和地方政府在上网电价及电量方面的优惠政策,可以帮助企业抵消煤价上涨的压力。同时,小火电主要集中在山西、山东和贵州等煤炭资源丰富的省份,电煤价格相对于其他地区而言电煤价格十分低廉;而在煤炭资源相对稀缺的南方省份,政府的对高耗能行业的补贴也在间接鼓励小火电的发展。

(2)包括进入管制、投资限额和技术标准在内的综合性产业政策对火电机组容量比例的提升有着显著影响。从表 2 的模型 2 来看,政策虚拟变量($Policy_1$ 和 $Policy_2$)的系数都为正,且十分显著,说明无论是 20 世纪 90 年代“以大代小”,还是近十年的“上大压小”政策,都是影响大机组装机容量比重变化的重要因素。

(3)表 2 的模型 3 表明,电煤平均价格和“以大代小”政策之间交叉项的系数显著为负,说明在这一时期,价格机制并未对结构的提升产生正向的激励作用。潜在的原因是小火电在 80 年代的超常发展使一些地方政府业形成了对以往路径的依赖;“以大代小”政策较多地停留在中央政府和大型国有企业层面,无法通过有效的激励和约束机制引导地方政府的区域产业政策。另外,煤炭价格提高通常与电力供给不足同时发生,地方政府在短期内增加供给的主要途径是发展投资周期短、见效快的中小机组火电厂。典型化事实的介绍已经表明,市场机制和政府规制政策的不匹配,往往会产生“两败俱伤”的后果,需要发挥二者的正向协同作用。

表 2 电煤平均价格的回归结果

变量	模型 1	模型 2	模型 3
<i>Contant</i>	-1.1831 *** (-10.9226)	-0.8152 *** (-3.9178)	-0.9752 *** (-2.7619)
<i>Demand</i>	0.0289 (0.5261)	0.0964 (1.0832)	0.1331 * (1.5813)
$\ln Price_1$	0.3694 *** (9.7161)	0.2024 *** (3.4680)	0.2235 *** (2.3569)
$Policy_1$		0.1333 *** (3.0877)	2.9798 *** (2.6253)
$Policies_2$		0.1744 *** (2.6830)	0.2022 (0.5072)
$\ln Price_1 \times Policy_1$			-0.7456 *** (-2.49130)
$\ln Price_1 \times Policy_2$			-0.0165 (-0.1500)
$Adj.R^2$	0.8724	0.9064	0.9205
AIC	-2.3867	-2.6420	-2.7559
SC	-2.2479	-2.4107	-2.4321
<i>Log likelihood</i>	39.9932	45.9514	49.7161
F-统计量	103.5371	73.6504	58.8830
概率(F-统计量)	0.0000	0.0000	0.0000

注:***、**和*表示在1%、5%和10%水平上显著,括号内数值为t统计量。下表同。

2. 重点电煤价格($Price_2$)的估算结果分析。基于重点合同电煤价格的估算结果见表 3。与表 2 的不同之处在于:

(1)重点电煤价格的上涨,对火电产业的结构升级有着显著的正影响。应该指出的是,在考虑价格与政策共同作用的模型中, $\ln Price_2$ 系数的显著性降低,原因在于本文的政策虚拟变量是按照时间划分的,随着“以大代小”向“上大压小”政策的转变,大型企业能够以重点电煤价格得到的煤炭供给的比例越来越小,其对新机组规模和技术效率的选择,要依据市场价格而非计划价格。这一发现符合近 15 年来火电产业的发展主体逐渐由地方政府,向中央控制的大型独立发电企业集团转移的事实。随着“电煤价格双轨制”向完全市场化的过渡,这类企业的投资对煤炭价格的敏感度不断上升。同时,由于上网电价的调整滞后于煤炭价格的上涨,在同等的上网电价和发电时数下,只有不断增加“高参数、低煤耗”机组的比重和降低煤炭的消耗,才能避免陷入亏损的状况。

(2)规制政策作用提升。与表 2 相比较,表 3 中产业政策虚拟变量的显著性都有所提高,说明政府的参与是改善产业技术效率不可或缺的因素之一。2000 年以来,“电监会”、“发改委”、“能源局”和“企业协会”等火电产业的规制部门或组织,通过电厂投资、布局、上网价格和电量、环境评估等审批和监管,设定了越来越高的进入壁垒和门槛,限制了各类中小火电厂的生存机会和空间。

表 3 重点电煤价格的回归结果

变量	模型 1	模型 2	模型 3
<i>Contant</i>	-1.2285*** (-8.4803)	-0.7287*** (-3.1730)	-0.9371** (-1.8250)
<i>Demand</i>	0.1178** (1.8040)	0.1718** (1.8677)	0.1455** (1.8161)
$\ln Price_2$	0.3347*** (6.8052)	0.1251*** (2.2633)	0.2093* (1.4283)
$Policy_1$		0.1855*** (4.4884)	3.3810*** (3.3518)
$Policy_2$		0.2285*** (3.3869)	0.3997 (0.7759)
$\ln Price_2 \times Policy_1$			-0.8781*** (-3.1082)
$\ln Price_2 \times Policy_2$			-0.0560 (-0.3607)
<i>Adj-R²</i>	0.7898	0.8857	0.9160
<i>AIC</i>	-1.8876	-2.4417	-2.7007
<i>SC</i>	-1.7488	-2.2104	-2.3769
<i>Log likelihood</i>	32.2579	42.8457	48.8602
<i>F</i> -统计量	57.3577	59.0973	55.5047
概率(<i>F</i> -统计量)	0.0000	0.0000	0.0000

(3)重点电煤价格($Price_2$)与“以大代小”($Policy_1$)政策虚拟变量交叉项的系数,与表 2 的结论基本相近,都显著为负。除了前述的中央政策的效力难以获得地方政府认可和执行的原因外,政策本身的缺陷也不应忽视。20 世纪 90 年代的“以大代小”相对于近期的“上大压小”,面临较小的供需压力。但是,由于地方投资的小电厂在关停时,难以获得与中央所属大型发电企业同样的新增电力容量或者财政补偿待遇,特别是小火电企业的债务负担和下岗职工的安置费用,基本上都由地方政府承担,后者对“以大代小”政策采取的是消极抵制的

态度,加之这一时期的电煤价格相对稳定,导致了“中央企业关停、地方企业增容”的局面。

在表 2 和表 3 中,变量 *Demand* 的系数都为正(显著性不高),这至少可以保证计量检验符合经济学的逻辑,即经济增长是引致中国能源消费的关键变量。当然,与直接使用 *GDP* 或工业总产值相比较,用电设备与发电设备容量的比例变化,能够更好地刻画电力产业供需平衡的关系。发电企业事先得到用电设备容量增加或减少的信息后,可以判断短期和长期电力需求的趋势,进而决定是否增加发电能力。使用国内生产总值、人均收入、工业产值等滞后指标,对电力需求的预测只在宏观层面有意义,并不能完全用于直接指导行业的投资决策。

五、结论与政策含义

本文的理论模型、经验研究和初步的计量检验发现,投入品价格的变化和政府的规制政策共同决定了中国火电产业大机组比重的提高。

与已有研究相比较,文章的贡献体现在四个方面:其一,将政府对火电产业的结构、技术和税费等政策的变化和影响,作为分析火电技术结构优化的关键变量之一,进行了经验考察和计量检验;其二,中国特殊的资源基础和工业化阶段,决定着火电将长期居于能源供给的基础地位,“节能减排”的绩效必须依赖火电内部技术水平的升级;其三,用电煤价格,而非煤炭产业出厂价格指数,来分析火电产业技术结构的变化,符合微观计量分析对数据准确性的要求,避免使用其他代理变量造成的选择偏差和对政策绩效的不当评价;其四,将市场和政府两种因素一并考虑,才能对包括火电在内的能源产业的结构转型和升级,提出更加贴近实际的解释,这也是对已有研究的补充和完善(陈诗一,2010;Bloch 等,2010)。

研究的政策含义在于:(1)基于市场竞争的电煤定价机制,是引导火电企业提升发电设备“投入—产出”效率的核心因素。政府以自然垄断或公共产品为由,人为压低电煤价格以维护电力产业的利益,只会抑制火电的技术进步。(2)在制定能源结构调整和优化的政策时,政府必须以“激励相容”规则为前提,满足不同参与者的约束条件,才能使政策的目标在微观层面得以真正落实。(3)赋予产业规制机构足够的权威,使其能够与垄断企业、地方政府的利益保持适当的距离,是完成“结构性”减排目标的组织条件。

未来研究的相关问题包括:(1)从规制集权与分权的角度,解释为什么 2002 年以来电力产业的发展模式从“省为主体”逐渐过渡到以中央企业为主后,结构优化政策的效率也随之提高;(2)基于能源之间的替代关系,分析火电产业内部结构优化过程完成后,如何减少燃煤发电对环境外部性的政策设计问题;(3)检验不同地区资源禀赋和经济增长模式的差异,与节能政策选择偏好的关系,从而为区域化“节能减排”政策的设计提供依据。

参考文献:

- [1]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.
- [2]成金华,李世祥.结构变动、技术进步以及价格对能源效率的影响[J].中国人口·资源与环境,2010,(4):35—42.
- [3]成致平.中国物价五十年(1949—1998)[M].北京:中国物价出版社,1998.
- [4]韩智勇,魏一鸣,焦建玲,等.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,(7):17—22.
- [5]李镇西.中国煤炭价格指数及其应用[M].北京:煤炭工业出版社,2010.

- [6]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.
- [7]林伯强.电力消费与中国经济增长:基于生产函数的研究[J].管理世界,2003,(11):18—27.
- [8]刘耀东.中国电力工业结构、产能、产出、集中度、规模、生产率分析[J].中国能源,2004,(9):13—19.
- [9]陆延昌.加大电力结构调整力度关停小火电机组提高电力工业的经济和环保效益[J].中国电力,1999,(9):3—9.
- [10]吕伟业.我国电力产业结构调整重点的思考[J].管理世界,2002,(8):137—138.
- [11]吕伟业.中国电力工业发展及产业结构调整[J].中国电力,2002,(1):5—11.
- [12]潘伟尔,王勇.2009年煤炭经济运行评析[J].中国能源,2010,(3):21—25.
- [13]潘伟尔.2007年中国煤炭经济运行评析[J].中国煤炭,2008,(3):15—19.
- [14]孙广生,黄祎,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.
- [15]谭忠富,姜海洋,严菲.我国电力用煤效率分析及改进措施[J].中国能源,2008,(1):35—38.
- [16]王锋,冯根福.优化能源结构对实现中国碳强度目标的贡献潜力评估[J].中国工业经济,2011,(4):127—137.
- [17]王勇,潘伟尔.2008年煤炭经济运行评析[J].中国能源,2009,(3):13—17.
- [18]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析——基于分解模型的实证分析[J],财经研究,2006,(6):75—85.
- [19]于良春,林峰.中国发电能源结构与电力生产可持续性分析[J].山东社会科学,2006,(1):92—95.
- [20]张安华.中国电力工业能效问题分析[J].中国能源,2006,(7):16—18.
- [21]张明华,赵国浩,焦斌龙.煤炭资源价格形成机制的政策体系研究[M].北京:冶金工业出版社,2011.
- [22]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):31—42.
- [23]Pettersson F, Söderholm P, Lundmark R. Fuel switching and climate and energy policies in the European power generation sector: A generalized Leontief model [J]. Energy Economics, 2012, 34(4):1064—1073.
- [24]Bloch H, Rafiq S, Salim R. Coal consumption, CO₂ emission and economic growth in China: Empirical evidence and policy responses [J]. Energy Economics, 2012, 34(2):518—528.
- [25]Ma H, Oxley L, Gibson J K, et al China's energy economy: Technical change, factor demand and inter-factor/interfuel substitution[J]. Energy Economics, 2008, 30(5):2167—2183.
- [26]Linn J. Energy prices and the adoption of energy-saving technology [J]. The Economic Journal, 2008, 118(533):1986—2012.
- [27]Xu Y, Yang C Y, Xuan X W. Engineering and optimization approaches to enhance the thermal efficiency of coal electricity generation in China[J]. Energy Policy, 2013, 60(c): 356—363.

Prices for Coal Used in Power Generation, Industrial Policies and Upgrading of Technological Structure of Coal-fired Power Industry

BAI Rang-rang

(School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: The stage characteristics of economic growth and resources endowment in China determine the failure to decrease the total coal consumption and its proposition in the

short run, China's coal-fired power sector consumes more than 50% coal and its total pollutant emissions rank the largest one in the world, determining the environment quality in China. This paper takes prices for coal used in power generation and industry technology policy as key variables and introduces them into the analysis of structure changes in coal-fired power industry. It arrives at the conclusions as follows: firstly, the increase in prices for coal used in power generation and the constant integration of two-track price system are market-oriented factors contributing to the upgrading of large unit capacity of fired power plants; secondly, the government coal-fired power industry structure and changes in technology and environment-protection policy affect the trend and margin of the improvement of technology structure; thirdly, the decrease in the conflict between market mechanism and government intervention is the critical premise of the realization of structural emission reduction in coal-fired power industry. The results also reveal that structure optimization and the increase in energy efficiency in coal-fired power industry depend on not only the exertion of the guidance of input product prices, but also the improvement of the role of environment supervision and regulation.

Key words: coal-fired power industry; structure optimization; energy saving and emission reduction; prices for coal used in power generation; government regulation

(责任编辑 周一叶)

(上接第 26 页)

rating of information disclosure and earnings management level as proxies of information transparency and tests the effect of information transparency on the informativeness of the trading of executives and their relatives, namely medium-term and long-term returns. It comes to the following conclusions: the trading of executives with low information transparency could lead to significant abnormal returns, but executives with high information transparency could not; and the increase/decrease in corporate information transparency could enhance/weaken the informativeness of executive trading; however, information transparency has no significant effect on the trading returns of executives' relatives and the trading of all executives' relatives results in substantial abnormal returns. The results implicate that executive trading may be mainly based on their superiority of forecast of future medium-term and long-term corporate performance, while relative trading perhaps is more based on nonpublic inside information. It suggests that market regulators should devote to advance information quality of listed companies to decrease insiders' opportunity to fish in troubled water when trading their companies' stocks and take precaution against relatives' insider trading.

Key words: information transparency; insider trading; informativeness; executives' relative

(责任编辑 景 行)