

中国企业能源利用效率: 异质性、影响因素及政策含义

陈 钊, 陈乔伊

[摘要] 理解企业间能源效率的差异程度和影响因素有助于全面评估现有的节能政策并为未来的政策设计提供指引。基于此, 本文利用企业层面微观数据测算了 2001—2010 年中国工业企业能源效率的异质性, 并对影响企业能源效率的因素进行了分析。本文发现: 即使在细分行业内部, 企业间依然持续存在着巨大的能源效率异质性; 在不同维度上, 能源生产率的异质性超过了资本生产率、劳动生产率和全要素生产率等维度的异质性; 企业规模和区域差异是影响企业能源效率的最主要因素。本文进一步分析了与企业规模或地区相关的节能政策, 发现这些政策可能由于忽视了企业能源效率的异质性而导致能源投入从高效率企业转入低效率企业, 结果反而不利于整体能源效率的提高。本研究一个隐含的政策建议是, 节能政策应当弱化直接的总量目标控制, 加强市场化政策工具的运用, 如果无法避免节能总量目标的控制, 那么也应当充分考虑企业间能源效率的异质性, 对能源利用效率更低的企业实施更为严格的节能目标。

[关键词] 能源利用效率; 企业异质性; 节能政策

[中图分类号]F424 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2019)12-0078-18

一、问题的提出

自 1978 年以来, 煤炭消费占中国能源消费总量的比重始终超过 60%。^①虽然中国的煤炭资源相对丰富, 约占全球探明可采储量的 13%, 位列世界第三, 但中国煤炭年生产基数大, 根据世界能源委员会的推算, 截至 2011 年底, 中国煤炭的储采比仅为 34 年, 远低于世界平均的 119 年; 同时煤炭的过度开采和消费也引发了一系列生态环境问题。^②随着经济规模增长过程中能源消费的不断攀升, 中国政府也意识到能源形势和环境问题日益严峻。早在“十一五”规划中政府就已经提出“节能减排”的政策目标, 希望在“十一五”期间单位 GDP 的能耗可以降低 20%。2017 年国家发展和改革委员会与国家能源局发布的《能源发展“十三五”规划》明确提出, “到 2020 年把能源消费总量控制在

[收稿日期] 2019-08-13

[基金项目] 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“中国企业竞争力: 研发激励与政策评估”(批准号 17JJD790004)。

[作者简介] 陈钊, 复旦大学中国社会主义市场经济研究中心教授, 博士生导师, 经济学博士; 陈乔伊, 复旦大学中国社会主义市场经济研究中心博士研究生。通讯作者: 陈钊, 电子邮箱: zhaochen@fudan.edu.cn。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见, 当然文责自负。

① 数据来源:《中国统计年鉴》(2018)。

② 数据来源:《世界能源资源调查》(世界能源委员会, 2013)。

50亿吨标准煤以内”。然而,鉴于中国在煤炭上的资源和价格优势,以煤为主的能源格局将在相当长一段时期内无法改变,也就是说,提高现有能源的利用效率将会成为中国节能目标实现的最重要途径(林伯强等,2012)。

根据《BP世界能源统计年鉴》(2018)数据,2017年中国能源消费量增长3.1%,增量占全球能源消费增量的1/3,连续17年高居全球第一。如图1所示,中国的能源消费总量逐年攀升,工业部门占比接近70%,其中9个重点能耗行业又占整个工业行业能源消费的80%,占中国能源总消费超过50%,是节能工程的重中之重。^①工业能源消费的快速增加可能给人一种错误的印象,即中国工业能源利用粗放,企业能源效率低下。但实际上,改革开放以来中国的工业能源效率整体上持续提高,工业能源生产率从1985年的0.17上升到2000年的0.96,并进一步上升至2016年的3.97^②。30年内中国单位能源投入创造的工业总产值提高了22倍。

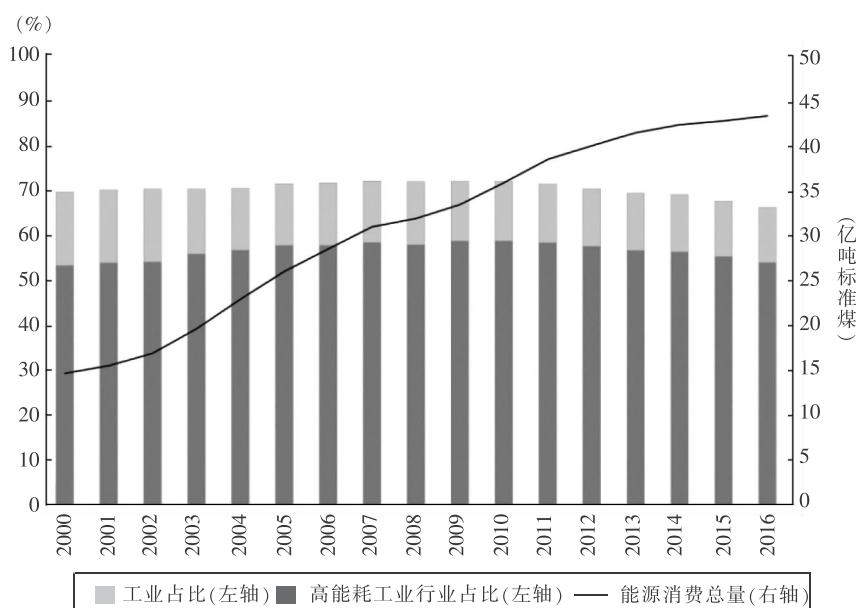


图1 中国能源消费基本情况

资料来源:《中国能源统计年鉴》(2014,2017)、《中国工业统计年鉴》(2005—2017)、《中国经济普查年鉴》(2004)。

基于Ang(2005)提出的LMDI分解方法能够更客观地告诉我们包括效率在内的不同因素对能源消耗变动的影响,国内也有学者利用这一方法对中国工业部门的能源消费进行分解,如Ke et al.(2012)。这一方法利用行业层面数据,将能源消费分解为规模效应(纯粹由产出规模变动导致的能耗变化)、结构效应(产出在不同行业间分布的改变引起的能耗变化)以及效率效应(由每个行业能源利用效率的变动导致的能耗变化)。图2是利用较新的行业数据进行的类似分解,可以看到,规模效应(即工业产出的高速增长)是中国工业能耗不断攀升的最主要原因,而能源利用效率却是显著减缓工业能耗增长的最重要因素。也就是说,随着工业产出的增长,如果不是工业能源利用效率的

① 9个重点能耗行业包括:煤炭开采和洗选业,纺织业,造纸和纸制品业,石油加工、炼焦和核燃料加工业,化学原料和化学制品制造业,非金属矿物制品业,黑色金属冶炼和压延加工业,有色金属冶炼和压延加工业,电力、热力生产和供应业。
 ② 工业能源生产率以单位能源投入的工业总产值来衡量,单位为亿元/万吨标准煤。数据来源:《中国能源统计年鉴》(1989,2000—2002,2016)、《中国工业统计年鉴》(1986,2000,2016)。

显著提升,中国的工业总能耗会增加得更快。相比之下,产业结构变化对工业能源消费的影响则较小,几乎可以忽略不计。

这说明,中国工业能源利用效率的快速提高是在行业内部发生的。随之而来的一个更为重要的问题是,这种发生于行业内部的能源利用效率显著提升又是怎样实现的呢?如果对这个问题的认识不清,不仅无法掌握未来持续改善能源利用效率的方向,甚至如本文将要指出的那样可能会出台一些适得其反的政策^①。

虽然本文的分解工作本身并不能直接回答能源效率提升的具体原因,但从中仍然可以找到一些线索。图2中一个耐人寻味的规律是,能源效率提高带来的能源节约量变化和总产出上升导致的能源需求量变化几乎完全同步,也就是说,图2中反映出来的能源效率提升是由产出增长所驱动的。这是一个巧合吗?如果企业节能技术进步的速度刚好能够使每年因效率提高节约的能源与因产出扩大而增加的能源需求成固定比例,那么这的确是一个巧合。但另一种更可能的情况则是:即便企业能源利用效率不变,只要产出的扩张更多地由高能源效率企业来实现,那么图中的效率效应也会和规模效应保持同步^②。对上述这两种可能性的判断具有明显的政策含义。如果效率效应和规模效应的同步由企业的节能技术进步驱动,那么未来政策的着力点就应当在技术层面,致力于企业如何突破技术瓶颈,提升能源利用效率。但如果效率效应和规模效应的同步主要是由行业内的结构效应所致,那么未来的政策着力点则应当是如何让产出进一步地向较高能源利用效率的企业集中。所以,对上述两种可能性的判断,决定了未来中国能源效率的提升需要从技术还是制度层面加以实现,这对于决策者有重大的参考意义。

那么,对于上述疑问,现有文献提供了怎样的洞见呢?现有研究的确认识到了技术进步和产业结构调整是决定能源效率的重要因素(李廉水和周勇,2006;魏楚和沈满洪,2008;张意翔等,2017),也谈及市场扭曲、政府干预、产业集聚、对外开放程度、所有制结构以及能源价格等诸多因素对能源效率的影响(Fisher-Vanden et al.,2004;傅晓霞和吴利学,2010;师博和沈坤荣,2013;罗会军等,2015;潘雄锋等,2017;邵帅等,2019),但是这些文献并没有注意到行业内部企业间能源利用效率的差异对整体能源效率提升的意义。导致文献存在这一缺憾的可能原因是现有文献对能源效率的测度主要在区域层面展开(史丹等,2008;林伯强和杜克锐,2013;李兰

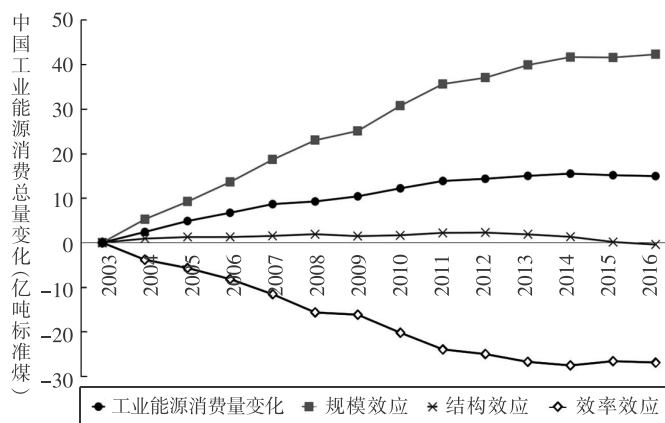


图2 中国工业能源消费总量变化分解

- ① 对这个问题的理想回答是利用企业层面的平衡面板数据(包含进入退出企业)进行类似的能耗分解,从而区分行业内的结构效应与企业层面的效率效应。但可惜的是,目前国内尚无理想的微观数据能够让我们从事类似的工作。例如,现有的污染企业数据(2001—2010年)在构成平衡面板后只剩下不到1万家企业,且几乎都是高效率的大企业,因而无法充分体现行业内可能的结构效应对能耗的影响。
- ② 特别需要说明的是,这种产出在不同企业间的分布变化是在行业内发生的,由此而引起的能源利用效率变化在图2中不会被归为结构效应(由行业间产出分布的变化而产生),而是会被归为效率效应。

冰,2015),相应地,对能源效率差异及其变化趋势的分析也停留于区域层面(李梦蕴等,2014;张志辉,2015;李双杰和李春琦,2018)。

但是,现有研究已经注意到即使在相同的地区和行业内,企业能源效率也存在巨大差异。例如,刘学之等(2017)发现在钢铁行业内部就存在着较大的企业能源效率差异,但该研究仅限于钢铁行业,也没有进一步将企业间的能源效率差异与中国能源效率的提升联系起来。魏楚和郑新业(2017)通过比较国内外主要工业品的能耗强度发现,中国超大企业和重点能耗企业的产品能耗强度其实已经达到甚至领先世界先进水平,但行业平均节能水平明显落后。上述发现已经提示中国同行业内的企业之间存在较大的能源效率差异。不过,由于数据的限制,魏楚和郑新业(2017)的研究主要从市场分割角度分析了中国各省份能源效率差异的产生原因,该研究无法在企业层面对能源效率的异质性进行直接的测度和分析。

为了弥补现有文献的不足,本文将首先利用企业层面的微观数据测算中国工业同行业内企业能源效率的异质性。如本文所猜想的那样,在细分行业内部,企业间能源效率的确存在着巨大的差异。这种差异远大于资本生产率、劳动生产率和全要素生产率等维度的异质性,并且没有随时间推移而呈现出缩小的趋势。这些发现有助于理解中国“微观技术赶超,但整体能源效率依然落后”(魏楚和郑新业,2017)的特征事实。这一发现意味着,未来中国能源利用效率的提升需要产能进一步向高能源效率的企业集中。于是,一个随之而来的问题是,哪些企业的能源效率更高呢?因此,本文的第二项工作就是进一步考察企业能源效率的影响因素。具体而言,本文将利用2001—2009年的中国污染企业数据和工业企业数据的匹配样本,考察同一行业内企业能源效率的高低会受到哪些企业或区域层面的因素影响。本文发现,企业规模和区域差异是解释中国企业能源效率最为重要的因素。这一发现对于未来进一步提升能源利用效率有重要的政策含义。例如,如果政策使产出向能源效率更低的企业或地区集中,那么未来提升能源利用效率的政策目标就会更难实现。正是出于这样的考虑,本文最后将对“十一五”时期以来实施的一系列针对企业和地区的节能政策进行评估。本文将发现,由于忽视了企业间能源效率的异质性,这些节能政策很可能导致产出向更低能源效率的企业集中,由此造成的资源错配反而不利于中国能源利用效率的提升。

综上,本文可能的创新和贡献如下:一是首次利用中国企业微观数据来测算能源效率并考察企业间效率的异质性。本文不仅提供了中国企业层面能源效率异质性的特征事实,而且从企业和区域两个角度考察了哪些因素对企业能源效率的影响最为重要。这些工作丰富了对于中国企业能源效率的特征事实的认识。二是分析了忽视企业间能源效率差异的节能政策可能造成的不利后果,有助于未来更有效的节能政策的设计。

本文余下结构安排如下:第二部分介绍采用的能源效率定义和测算方法,说明数据来源及处理,并对中国细分行业内企业能源效率的异质性进行测算;第三部分分析企业能源效率受哪些企业或区域层面的因素影响,为下文中的政策分析提供依据;第四部分从企业能源效率异质性的角度探讨相关节能政策对中国整体能源利用效率的含义;最后是本文的主要结论和相应的政策建议。

二、中国细分行业能源效率异质性测算

1. 数据来源与处理

为了测算企业层面的能源效率差异,并考察这种差异的影响因素,本文使用了中国污染企业数据(2001—2010年)和中国工业企业数据(2001—2009年),并对其进行匹配。中国污染企业数据提供了占中国主要污染物排放总量85%的企业的工业产值、能源投入以及污染排放等信息。2001—

2010年,共有219810家工业企业进入监测系统。该数据由污染企业自主上报,环保部门统计,并最终由县级地方环保部门进行监测和不定期检查以确保数据质量,被认为是中国最全面、最可靠的环境微观经济数据(Zhang et al., 2018)。由于“十一五”时期环境统计报表制度的变更,2006年以后,火电行业的污染排放情况单独统计,不再列入环境监测统计数据,为了保证数据的一致性和连续性,本文删除了全部电力、热力生产和供应行业的企业样本。

此外,为了进一步获得样本企业的增加值数据以及财务信息,本文利用法人代码和企业名称将污染企业数据库和工业企业数据库进行了匹配^①,全样本匹配率为54%,其中工业产值超过2000万元的企业的样本匹配率为76%,具体匹配情况见图3。

借鉴Lyubich et al.(2018)的做法,本文以能源生产率来衡量企业的能源利用效率,这样做也能够使该指标和其他要素效率的衡量指标具有可比性。具体地,如(1)式所示,企业的能源生产率(*Efficiency*)由企业单位能耗的工业产值来表示,也就是工业产值(*Output*)除以能源投入(*Energy Input*)。此外,本文也会利用企业单位能耗的工业增加值进行稳健性检验。

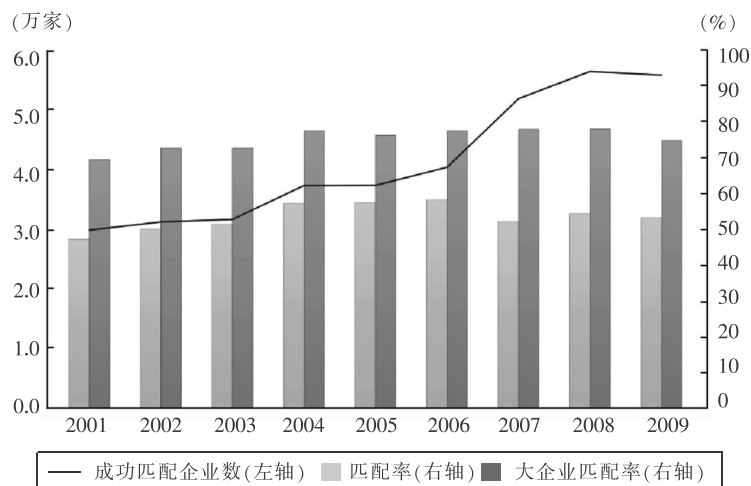


图3 污染企业数据库和工业企业数据库匹配情况

$$Efficiency = \frac{Output}{Energy\ Input} \quad (1)$$

由于污染数据库中缺少二次能源(电力)的相关数据,因此上式中的企业能源投入以工业企业使用煤炭的实物量来代表。正如林伯强和杜克锐(2014)所指出的,煤炭占中国能源消费的比例基本保持在70%,且中国能源消费结构的变动非常小,不同能源之间的替代不明显。因此,煤炭实物量能较好地反映中国工业企业的能源投入。此外,为了剔除异常值的影响,本文对企业能源生产率处于1%分位数以下和99%分位数以上的数据进行缩尾处理,这一处理并不影响本文的核心结论。

2. 细分行业能源生产率异质性测算结果

为了度量细分行业内企业间能源效率的差异程度,本文借鉴了Syverson(2004, 2011)和Hsieh and Klenow(2009)的做法,首先按照国民经济四位数将企业分为320个细分行业,其中的104个属于高能耗行业。接下来,可以获得每个细分行业内企业能源生产率自然对数的分布函数,然后分别用该分布函数90%分位数和10%分位数之差、75%分位数和25%分位数之差以及行业内标准差来测度每个细分行业内企业能源生产率的异质性。表1给出了2007年中国细分行业内企业能源生产率差异的均值和离散程度。平均来看,320个细分行业内各企业能源利用效率的异质性也是巨大的。

^① 法人代码,即组织机构代码,是依据GB11714-1997《全国组织机构代码编制规则》国家强制性标准编制的,对中华人民共和国境内依法注册、依法登记的机关、企业、事业单位、社会团体和民办非企业单位等机构颁发的一个在全国范围内唯一的、始终不变的法定代码标识。

给定相同能源投入,位于行业能源生产率分布 90%分位数的工业企业比位于 10%分位数的企业工业产值多 37.1 倍($e^{3.64}-1$),增加值多 41.1 倍,而同时期美国类似细分行业的平均差距仅为 8.7 倍和 11.6 倍(Lyubich et al.,2018),在 104 个高能耗行业中上述差距分别为 30.8 倍和 45.1 倍。从四分位差看,类似的较大差距同样存在,给定相同的能源投入,中国位于行业能源生产率分布 75%分位数的工业企业也比 25%分位数的工业企业的能源利用效率高出大约 5—6 倍。此外,中国细分行业内能源生产率标准差的平均值为 1.45,超过美国 60%。由此可见,与美国相比,中国工业同行业内企业能源效率的异质性非常大,这与前述中国能源效率的宏观特征事实相符。虽然目前中国已有部分企业通过专利发明、技术革新、设备换代使得自身能源效率达到甚至高于国际先进水平,但同行业内企业之间能源效率差异巨大,大部分企业依然存在技术落后、设备陈旧、管理不善等问题,导致了严重的能源浪费。这就能够解释为什么在部分企业能源效率达到国际先进水平的同时,中国工业企业的能源效率整体上仍然显著落后于发达国家。

表 1 细分行业内企业能源效率的异质性

	ln(工业产值/煤炭使用量)			ln(工业增加值/煤炭使用量)		
	(1) 全行业	(2) 高能耗行业	(3) 美国	(4) 全行业	(5) 高能耗行业	(6) 美国
	90%分位数—10%分位数					
均值	3.64	3.46	2.27	3.74	3.83	2.53
标准差	1.01	0.92	0.57	0.80	0.78	0.59
观测值	320	104	375	286	98	375
	75%分位数—25%分位数					
均值	1.89	1.76	—	1.96	1.96	—
标准差	0.67	0.60	—	0.50	0.52	—
观测值	320	104	—	286	98	—
	行业内标准差					
均值	1.45	1.40	0.89	1.48	1.52	0.99
标准差	0.32	0.28	0.22	0.26	0.24	0.23
观测值	320	104	375	286	98	375

注:美国企业能源效率的定义为单位 CO₂ 排放的交货值,单位是美元/吨。

资料来源:中国数据为本文计算整理,美国数据来源于 Lyubich et al.(2018)。

不仅如此,由图 4(1)和图 4(2)可知,中国同行业企业能源效率的巨大差异并没有随着时间推移而减小。相同能源投入,细分行业内能源生产率分布 90%分位数的企业与 10%分位数企业的产值相差始终超过 27.5 倍($e^{3.36}-1$)。此外,本文还注意到 2006 年中国同行业企业能源生产率的异质性还略有上升。一个可能的原因是,中国 2006 年推行了“千家企业节能行动”,要求 9 个重点耗能行业中规模最大的一千家企业在“十一五”期间节约 1 亿吨标准煤,首次以法律文件的形式确定了企业的约束性节能指标。一方面,这些高效率大企业会通过引进先进技术设备来进一步提高能源效率实现节能目标,由图 4(3)可以看出,2006 年中国高效率工业企业(细分行业内能源生产率分布 90%分位数)的能源生产率分布明显右移;另一方面,难以完成节能任务的企业也会被迫减产将需求转移给市场中的其他企业,市场需求增加,相关工业产品价格上升,会导致行业进入门槛降低,低生产率的企业涌入,由图 4(4)可知,2006 年中国低效率工业企业(细分行业内能源生产率分布 10%分位数)的能源生产率分布左移。因此,高效率企业能源效率进一步提高,低效率企业涌入市场,共同

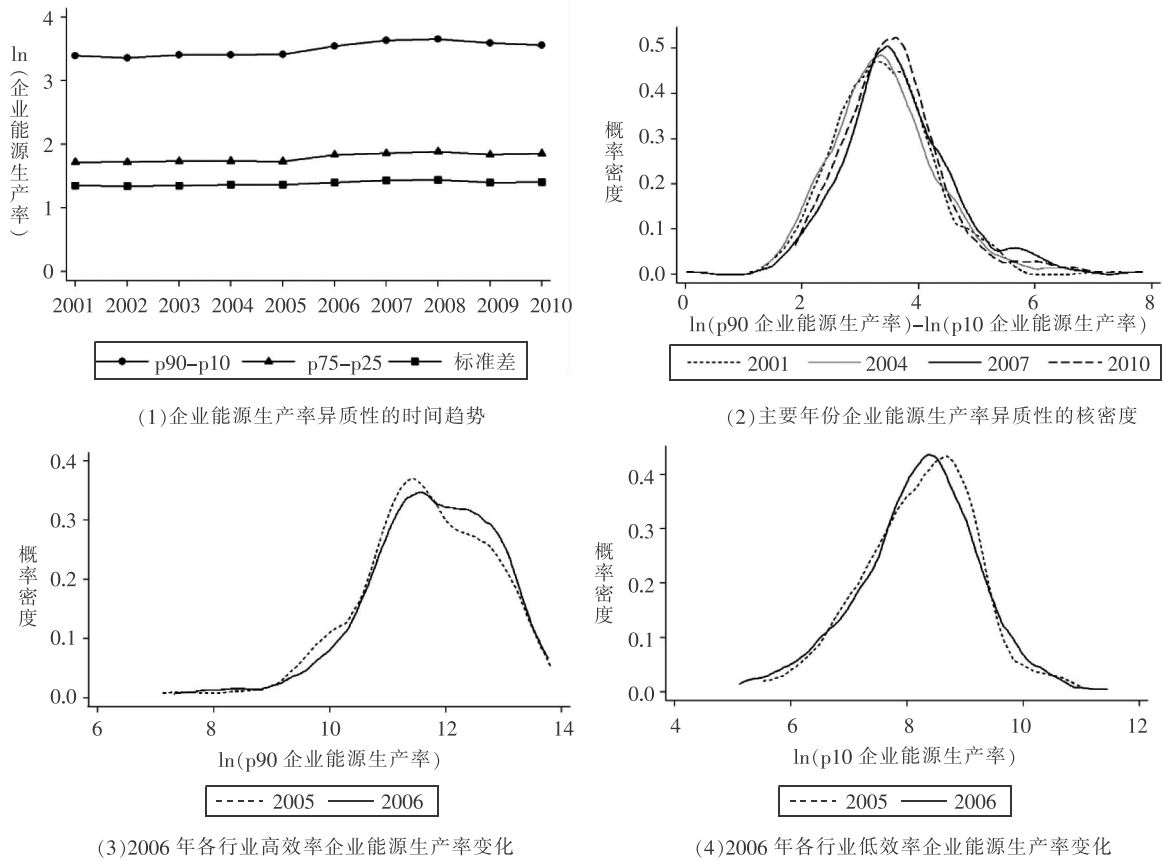
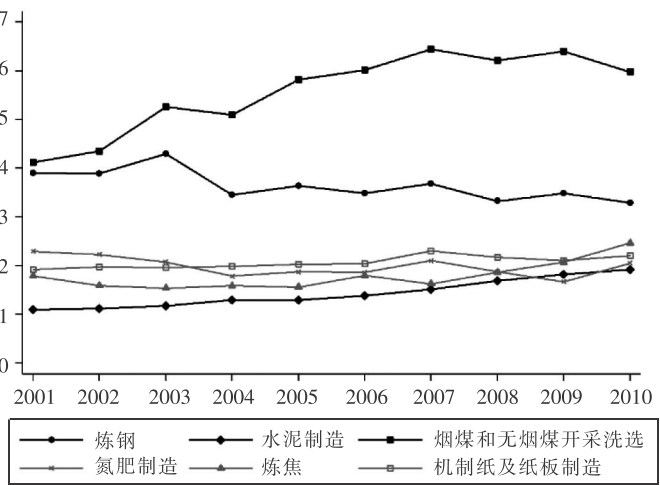


图 4 细分行业能源生产率异质性的时间趋势

作用使得行业内能源效率的差异进一步扩大。

考虑到钢铁、煤炭、石油石化、建材、化工和造纸行业被普遍认为是能耗较高的行业, 本文进一步对这些重点细分行业进行分析。从图 5 可以看出, 烟煤和无烟煤开采洗选行业能源效率异质性最大。相同能源投入, 该行业内能源生产率分布 90%分位数企业的产值是 10%分位数企业产值的 400 倍。从时间趋势看, 这一差距从 2001 年的 60 倍迅速扩大到 2007 年的 630 倍, 此后逐渐下降到 2010 年的 395 倍。由此可见, 烟煤和无烟煤开采洗选行业存在大量依靠资源消耗外延扩张的落后产能, 亟待关停低效率企业, 淘汰落后产能。炼钢行业的能源效率异质性虽然从 2004 年开始逐步下降, 但实际差距依然较大。相同能源投入下, 2010 年行业内能源生产率 90%分位数钢厂的产值是 10%分位数钢厂产值的 27 倍, 可见虽然目前中国大型钢铁企业的能源效率已经超越国际先进水平, 但行业中



其他企业的技术设备还有待提高,能源效率仍有很大提升空间。水泥制造、氮肥制造、炼焦、机制纸及纸板制造行业的能源效率异质性则相对较小,相同能源投入,行业内能源生产率90%分位数企业的产值是10%分位数企业产值的3—12倍。

3. 细分行业要素生产率异质性比较

全面认识能源生产率异质性的另一个角度是将其与其他要素的生产率异质性进行比较。为此,本文类比能源生产率,将其他要素的生产率定义为企业单位要素的工业产值或企业单位要素的工业增加值。由表2可知,中国工业企业能源生产率的异质性要大于劳动生产率、资本生产率以及全要素生产率的异质性。在规模以上工业企业样本中,相同能源投入,位于细分行业能源生产率分布90%分位数的企业比10%分位数的企业的工业产值多28.7倍;而给定相同劳动投入,位于劳动生产率分布90%分位数的企业仅比10%分位数的企业产值多12.3倍;对于资本生产率和全要素生产率,这一产值差距分别为16.3倍和8.1倍,也均显著小于能源生产率的差异。此外,中国细分行业内能源生产率的四分位差和标准差也显著高于所有其他要素生产率。

表2 细分行业内企业要素生产率异质性比较

	ln(工业产值/要素使用量)			ln(工业增加值/要素使用量)			(7) TFP
	(1) 能源	(2) 劳动	(3) 资本	(4) 能源	(5) 劳动	(6) 资本	
90%分位数—10%分位数							
均值	3.39	2.59	2.85	3.75	2.28	2.65	2.21
标准差	0.85	0.57	0.61	0.82	0.48	0.55	0.48
观测值	287	287	287	288	288	288	276
75%分位数—25%分位数							
均值	1.76	1.34	1.44	1.96	1.20	1.38	1.17
标准差	0.57	0.37	0.40	0.51	0.32	0.35	0.29
观测值	287	287	287	288	288	288	276
行业内标准差							
均值	1.36	1.04	1.15	1.48	0.90	1.06	0.88
标准差	0.28	0.18	0.20	0.27	0.15	0.17	0.15
观测值	287	287	287	288	288	288	276

图6进一步给出了不同要素生产率异质性的整体分布情况,图中可以更清楚地看到细分行业内能源生产率的异质性不仅均值最大,而且在不同细分行业间的差异也最大。

细分行业内较大的能源效率差异能够解释为什么中国既可以在微观上实现对发达国家的节能技术赶超,又可以在整体上表现出较为落后的能源利用效率。同时,这一发现也具有较为重要的政策含义,即使未来每一个企业的能源效率提升空间有限,但只要行业产

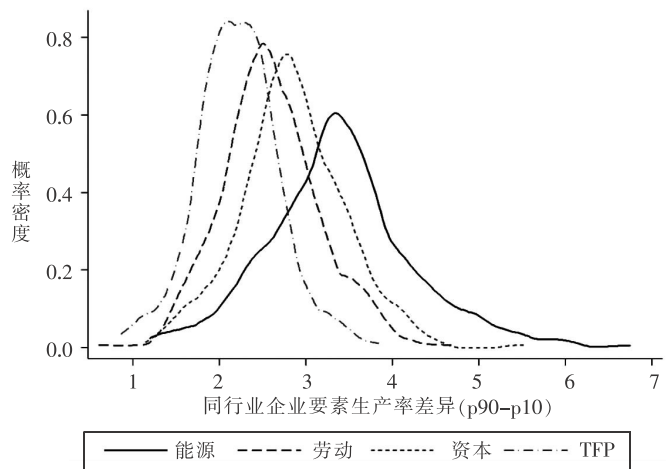


图6 细分行业内要素生产率异质性分布

能够进一步向高能源效率的企业集中,那么仍然可以在整体上实现能源利用效率的巨大提升。从另一个相反的角度讲,如果现行的一些政策导致产能从高能源效率企业向低能源效率企业转移,那么这样的政策就会不利于中国节能目标的顺利实现。但是在实践中,面向企业的政策往往不会直接与企业的能源效率挂钩,为此,本文在下面的第三、四两个部分进一步了解哪些因素会影响企业的能源效率,然后在此基础上去考察不同指向的政策对于中国整体的能源效率提升有何影响。

三、企业能源效率的影响因素分析

本文将利用污染企业数据库和工业企业数据库匹配生成的样本考察中国工业企业能源效率的影响因素及其相对重要性,这有助于进一步了解造成中国行业内企业能源效率巨大差异的原因。工业企业的能源效率不仅会受到企业自身特征和行为的影响,还会受到区域资源禀赋、经济发展以及政策制度等方面的作用,因此,本文将重点关注企业和区域层面因素对中国工业企业能源效率的影响。计量模型设定如下:

$$\ln(\text{Efficiency}_{i,j,k,t}) = \beta X'_{i,j,k,t} + \alpha_i + \lambda_{j,t} + \mu_{k,t} + \varepsilon_{i,j,k,t} \quad (2)$$

其中, $\ln(\text{Efficiency}_{i,j,k,t})$ 代表 k 省份 j 行业的 i 企业在第 t 年的能源生产率的自然对数。 $X'_{i,j,k,t}$ 为核心解释变量,代表影响企业能源生产率的企业和区域层面因素。遵循已有文献并考虑数据的可得性,本文选取的企业层面能源效率影响因素包括企业规模、所有制类型、是否出口以及企业发展阶段,而区域层面的影响很大程度上可以由企业所处的区位得以体现。其中企业规模(*Size*)以企业总资产的对数衡量;所有制(*Soe*)以企业的登记注册类型衡量,1代表国有企业,0代表非国有企业;出口情况(*Export*)在企业当年的出口交货值大于0时取值为1,反之为0;发展阶段(*Maturity*)以企业成立年限是否超过样本中位数衡量,当企业成立年限大于样本中位数(即9年)时,本文将该企业界定为已进入成熟期或衰退期,发展阶段变量设定值为1,反之为0;区域差异由东中西部哑变量来衡量,以西部地区为参照组,保留东、中部地区(*East, Central*)。在此基础上,为了明确企业能源效率存在区域差异的具体原因,本文还考虑了各地区的资源禀赋、经济发展以及产业集聚情况。地区资源禀赋(*Endowment*)以各省份原煤生产量与煤炭消费量的比例衡量;地区经济发展水平(*GDPPC*)以各省份人均地区生产总值衡量;行业集聚程度(*Agglomeration*)以各省份行业工业产值占当年该行业全国工业总产值的比例衡量。此外,为了排除企业异质性、行业冲击和地区冲击对实证结果的影响,本文还控制了企业固定效应,行业×年份固定效应以及省份×年份固定效应。企业层面数据来源于中国污染企业数据库和中国工业企业数据库,地区层面数据来源于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》以及各省统计年鉴。

在了解哪些因素对企业能源效率有显著影响的基础上,本文还希望知道这些影响企业能源效率的不同因素的相对重要性是怎样的。为此,本文采用 Shorrocks(2013)提出的夏普利值分解框架计算了2001—2008年各变量对同行业企业能源效率的影响程度。在变量选择方面,本文选取上述企业层面影响因素以及代表区域层面影响的省份哑变量作为自变量^①,同时考虑到不同行业能源效率差异巨大,本文选用剔除四位码行业×年份差异后的企业能源效率作为待分解的因变量,也就是说,本文的分解结果体现的是每个行业内部各因素对企业能源效率的相对重要性。

表3和表4分别汇报了所有工业行业和高能耗行业样本的回归结果。总体而言,企业能源效率与主要解释变量之间均具有较显著的相关关系,并且回归系数符号也与预期相符。图7显示了利用

① 在控制省份哑变量后,回归方程中地区资源禀赋变量(*Endowment*)和地区经济发展水平变量(*GDPPC*)的系数会因为共线性而被完全吸收。

夏普利值框架进行分解的结果,在所有影响因素中,代表区域差异的省份哑变量以及企业规模对企业间能源效率差异的贡献最大。具体而言,从回归结果可知:

(1)区域差异是造成企业间能源效率异质性的最重要原因,虽然其贡献率在样本期内有下降趋势,但仍始终排在第一位。这与本文的预期相符,因为省份哑变量涵盖了大量未观测到的因素,当中既包括不同能源效率企业的选址差异,也包括地区间资源禀赋、经济发展水平以及制度环境等方面异质性对企业能源效率的影响。由表 3 和表 4 的第(1)列可见,在控制了行业差异和企业特征后,东部和中部地区工业企业能源效率分别比西部地区高 30.0%和 6.6%;且这一影响在高能耗行业中更加明显,东部和中部地区高能耗行业企业能源效率分别比西部地区高 41.2%和 12.0%。这与大多数现有研究的结论是一致的,东部地区技术先进、资本密集、劳动力素质较高,因此,企业能源效率明显高于中西部地区。表 5 更加直观地展示了剔除产业结构差异后各省的相对企业能源效率。相对企业能源效率是指给定相同能源投入,各省份工业企业的平均产值与全国能源效率最高的上海工业

表 3 企业能源效率的影响因素

	ln(企业能源效率)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Size</i>	0.099*** (0.002)	0.101*** (0.002)	0.096*** (0.002)	0.067*** (0.004)	0.059*** (0.004)
<i>Soe</i>	-0.254*** (0.010)	-0.255*** (0.010)	-0.241*** (0.010)	-0.060*** (0.014)	-0.049*** (0.014)
<i>Export</i>	0.387*** (0.008)	0.383*** (0.008)	0.367*** (0.008)	0.027*** (0.008)	0.026*** (0.008)
<i>Maturity</i>	0.034*** (0.006)	0.036*** (0.006)	0.030*** (0.006)	-0.025*** (0.006)	-0.019*** (0.006)
<i>East</i>	0.300*** (0.008)	0.197*** (0.009)	0.025** (0.011)		
<i>Central</i>	0.066*** (0.009)	0.043*** (0.009)	0.006 (0.009)		
<i>Endowment</i>		-0.118*** (0.005)	-0.115*** (0.005)		
<i>GDPPC</i>			0.095*** (0.004)		
<i>Agglomeration</i>			0.456*** (0.022)	0.755*** (0.030)	0.756*** (0.030)
企业固定效应	否	否	否	是	是
行业×年份固定效应	是	是	是	否	是
省份×年份固定效应	否	否	否	是	是
N	229531	229531	229531	213496	213496
R ²	0.371	0.372	0.375	0.879	0.880

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%和 1%水平上显著,括号中为标准误。以下各表同。

企业的平均产值之比^①。即使在控制了各省份的产业结构差异后,东部沿海地区的企业能源效率依然明显高于中西部和东北地区。其中企业能源效率最高的有上海、浙江、山东和江苏。相同能源投入,中部地区的产出约为上海的64%,而西部和东北的产出则不足上海的50%。

为了进一步探究中国工业企业能源效率存在巨大区域差异的原因,本文在基准回归的基础上依次加入各地区的资源禀赋、经济发展水平以及行业集聚程度等控制变量。如表3和表4中的第(2)列和第(3)列所示,在加入上述控制变量后东部和中部地区哑变量系数的大小明显下降,这说明上述因素显著强化了地区间企业能源效率的异质性。具体而言,各地区的能源资源禀赋对企业能源效率有显著的负面影响。这与王秋彬(2010)的研究结论一致。一方面,能源效率较低的企业更倾向于选择资源储量丰富的西部地区;另一方面,根据“资源诅咒”理论,能源资源禀赋的增加会削弱企业的能源节约意识,进而降低企业的能源效率(潘雄锋等,2017)。地区经济发展水平对企业能源效

表4 高能耗行业企业能源效率的影响因素

	ln(企业能源效率)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Size</i>	0.047*** (0.003)	0.050*** (0.003)	0.047*** (0.003)	0.065*** (0.005)	0.053*** (0.005)
<i>Soe</i>	-0.160*** (0.015)	-0.163*** (0.015)	-0.148*** (0.015)	-0.045** (0.019)	-0.038** (0.018)
<i>Export</i>	0.526*** (0.011)	0.523*** (0.011)	0.510*** (0.011)	0.041*** (0.011)	0.041*** (0.011)
<i>Maturity</i>	0.021*** (0.008)	0.023*** (0.008)	0.012 (0.008)	-0.020*** (0.007)	-0.015** (0.007)
<i>East</i>	0.412*** (0.010)	0.317*** (0.012)	0.075*** (0.014)		
<i>Central</i>	0.120*** (0.011)	0.106*** (0.011)	0.053*** (0.011)		
<i>Endowment</i>		-0.111*** (0.006)	-0.107*** (0.006)		
<i>GDPPC</i>			0.154*** (0.006)		
<i>Agglomeration</i>			0.286*** (0.032)	0.615*** (0.048)	0.604*** (0.049)
企业固定效应	否	否	否	是	是
行业×年份固定效应	是	是	是	否	是
省份×年份固定效应	否	否	否	是	是
N	140283	140283	140283	131121	131121
R ²	0.300	0.301	0.305	0.870	0.871

① 为了剔除各省份产业结构差异的影响,本文首先用企业能源生产率的自然对数值作为被解释变量对四位码行业×年份虚拟变量进行回归,得到剔除行业差异影响的企业能源生产率(残差项);然后在各省份内对已剔除行业影响的企业能源生产率取平均值得到每个省份的(绝对)企业能源效率;在此基础上,以全国能源效率最高的上海企业能源效率为基准值1,用其他各省份企业能源效率与上海企业能源效率之比来衡量各省份的相对企业能源效率。

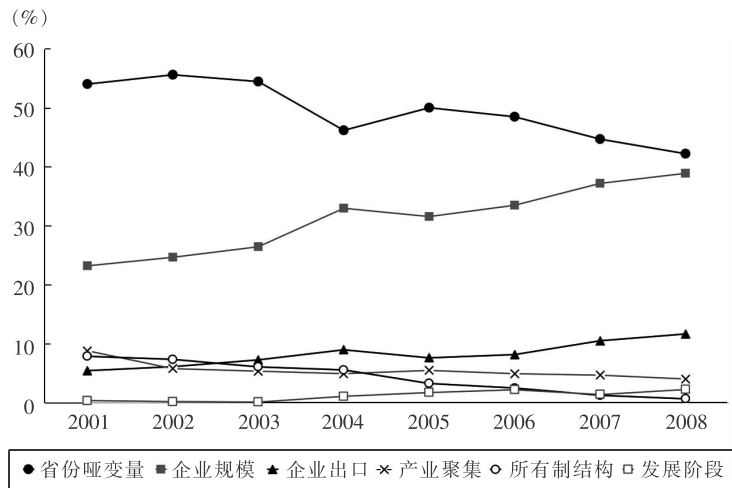


图7 企业能源效率影响因素的贡献度

省份	能源效率	省份	能源效率	省份	能源效率	省份	能源效率
北京	65.94	山西	40.55	内蒙古	39.93	辽宁	56.82
天津	58.33	安徽	78.86	广西	50.30	吉林	48.63
河北	46.97	江西	62.70	重庆	55.74	黑龙江	43.86
上海	100.00	河南	61.29	四川	53.13		
江苏	81.22	湖北	76.63	贵州	51.10		
浙江	86.34	湖南	65.35	云南	55.98		
福建	63.38			陕西	55.38		
山东	84.02			甘肃	44.55		
广东	53.97			青海	54.45		
海南	-			宁夏	46.16		
				新疆	43.00		
				西藏	-		
东部平均	71.13	中部平均	64.23%	西部平均	49.97	东北平均	49.77

率有显著的正向影响。随着经济发展到较高阶段,经济发展将不再完全依赖于大规模的能源消耗,同时随之而来的科技进步也会对企业能源效率提高有正向作用(张志辉,2015)。产业集聚对企业能源效率有显著的促进作用。在生产成本方面,产业的空间集聚有利于促进分工,提高企业专业化水平,同时还可以减少基础设施重复投入造成的能源浪费。在技术创新方面,相似企业的地理集中更容易产生知识和技术外溢,这不仅有利于行业内低能源效率企业模仿和学习高能源效率企业,还能够促进企业合作共同进行先进技术创造,提高整个企业群的能源利用效率(李思慧,2011;邵帅等,2019)。

(2)企业规模对企业能源效率有显著的正向影响,其影响程度仅次于区域差异,且随时间推移有明显的上升趋势。由表3第(5)列可知,企业总资产规模提高10.0%,能源生产率将提高0.6%,这说明工业企业能源使用存在明显的规模经济。一方面,高能源效率的先进技术设备通常固定成本高昂,只有超大规模企业才可以负担;另一方面,高能耗行业的产品生产过程大多需要高温环境,而生产规模扩大有利于减少散热面积,进而降低能量损失;此外,大企业还可以通过废热回收利用来提高能源效率,如在钢铁和水泥生产过程中都可以利用废热发电,然而小企业由于缺少相关技术和设

备,往往无法回收利用余热余能,造成了大量能源损失。如果直接用企业工业总产值的对数值作为解释变量对能源生产率的对数值进行回归,这一结果将会更为明显。在剔除掉不同行业的差异之后(控制四位码行业 \times 年份固定效应),中国工业企业的工业产出每提高10.0%,能源生产率将提高3.7%,并且度量规模的工业总产值对企业能源效率的解释力非常高,图8对此有非常直观的体现。

(3) 所有制结构变量与企业能源效率显著负相关。在相同条件下,国有企业比私营企业的能源生产率低5%,这与魏楚和沈满洪(2008)等人的研究结果一致。国有企业由于存在软预算约束、激励不足、经营自主权缺乏等问题,在实际生产经营过程中往往难以实现成本最小化,能源效率提高动机较弱。而且,目前中国能源要素的初始分配权和定价权尚未完全市场化,国有企业往往比私营企业拥有更多政治关联,能够以更低的价格获取更多的能源资源,甚至选择用价格低廉的能源来替代资本和劳动,造成大量能源浪费(杨其静,2011;孙传旺和林伯强,2014)。

(4) 出口贸易对企业能源效率提高有明显的促进作用。一方面,发达国家的跨境碳关税和高环保标准能够迫使出口企业改进技术设备,优化生产管理,从而降低单位产品的能源消耗和碳排放量(Hübler,2012)。另一方面,出口企业也可以“在出口中学习”(Blalock and Gertler,2004)。企业在对外出口过程中有更多机会接触国外先进技术和方法,可以在激烈的国际竞争中不断学习,降低企业产品的能源强度;不仅如此,高技术进口采购商为了保证其产品质量,通常还会向出口供应商提供专业建议和技术支持,帮助出口企业提高能源效率(林伯强和刘泓汛,2015)。

(5) 相比于成熟期和衰退期企业,刚刚进入市场的起步期和成长期企业能源效率更高。起步期和成长期的企业通常面临巨大的竞争压力,因而需要采用更加先进的生产技术、自动化程度更高的机器设备,能源节约意识也相对较强(张三峰和魏下海,2019)。成熟期和衰退期的企业则可以依靠已经建立的市场势力和品牌价值,即使产能相对落后短期内企业经营也不会受到严重影响,因此能源效率提高动机较弱;而且高能耗行业的大型机械设备通常价格不菲,无法做到随时更新换代,因此成熟期和衰退期企业可能拥有更多落后产能。

四、评价中国的节能政策:能源利用效率差异的视角

自“十一五”时期以来,中国各级政府已经充分认识到节能降耗的重要性和紧迫性,并实施了一系列针对地区、行业 and 企业的节能政策。毫无疑问,这些节能政策的出发点必然是希望提高能源利用效率。但是,如果政策制定者忽视了中国企业间存在的巨大能源效率差异,那么政策的结果就可能与初衷背道而驰。

接下来本文尝试从能源利用效率差异的视角出发来讨论这些节能政策对中国整体能源利用效

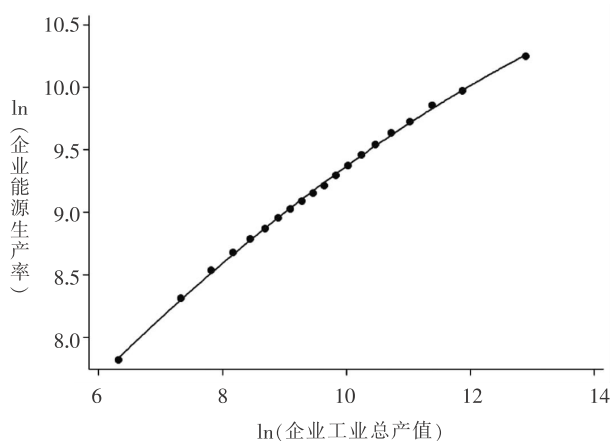


图8 企业规模与企业能源效率

注:通过 STATA 命令 `binscatter` 实现。具体操作是:首先将自变量(企业工业总产值的自然对数)分成等样本量的 20 组(程序默认值),然后分别对自变量和因变量(企业能源生产率的自然对数)求组内均值并绘制散点图。

率的影响。根据前面的分析,规模和区域差异是导致企业能源利用效率异质性的最重要因素,所以,本文将特别关注针对企业规模和地区的节能政策。先再次强调一下,有利于提升中国企业整体能源利用效率的政策应当促成企业的产能由行业内的中小企业向大企业转移,由中西部地区向东部地区转移。

1. 企业规模相关的节能政策

(1)限制大企业能源消耗。自“十一五”时期中国首次以法律文件形式确定节能约束性目标以来,针对高能耗大企业的节能政策应运而生且日臻完善。“十一五”期间,中国推行了《千家企业节能行动(发改环资[2006]571号)》,要求钢铁、有色、煤炭、电力、石油石化、化工、建材、纺织、造纸9个重点耗能行业内,2004年综合能源消费量18万吨标准煤以上的1008家独立核算企业与政府签订节能协议,承诺在“十一五”期间大幅提高能源利用效率,节能1亿吨标准煤。“十二五”期间,中国扩大了对高能耗企业的监管范围,实施《万家企业节能低碳行动(发改环资[2011]2873号)》,要求2010年综合能源消费量1万吨标准煤以上以及有关部门指定的年综合能源消费量5000吨标准煤以上的重点用能单位在“十二五”期间显著提升节能管理水平,形成长效节能机制,大幅提高能源利用效率,节能2.5亿吨标准煤。《“十三五”节能减排综合工作方案(国发[2016]74号)》进一步强化对重点用能单位的节能管理,开展重点用能单位“百千万”行动,分别在国家、省、地市层面对“百家”“千家”“万家”重点用能单位进行目标责任评价考核。

上述节能政策都强调对重点用能单位的节能管理,属于与企业规模相关的节能政策。这些政策从本质上来讲是对能源利用效率更高的大企业施加了政策限制或约束。这就可能导致行业内的产能反而向不受政策直接影响的规模更小的企业转移。给定企业间的能源利用效率存在巨大差异,这样的结果就不利于全行业整体能源利用效率的提高。

进一步考察这些政策的具体实施过程可以发现,虽然它们都强调提高企业能源利用效率这一出发点,但是在操作层面上又都通过设定具体的节能总量目标对企业进行责任评价与考核。而正如现有文献所指出的,中国企业节能政策在节能目标分配过程中,仅考虑企业所在行业和能源使用情况,并不关注企业真实节能潜力的异质性(Price et al., 2010; Zhao and Wu, 2016)。也就是说,这不可避免地会导致部分节能技术已经较高,因而节能潜力有限的企业反而不得面临过高的节能目标,这些企业甚至可能被迫通过减产来完成任务。这就会进一步导致大企业的一部分市场被中小企业占有,如本文前面所说,这将降低中国工业部门整体的能源效率。由此可见,在制定企业节能政策时,忽视企业异质性将可能导致产能由高效率企业向低效率企业转移,反而造成更大的能源浪费。

(2)淘汰中小企业落后产能。能源使用的规模经济是中国工业企业能源效率差异巨大的重要原因之一。在中国的高能耗行业中,中小企业数量众多,但其工艺和设备十分落后,能源利用效率极低。在前述企业能源效率异质性最大的采矿行业内,中小企业数目占比高达96%;在钢铁行业中,中小企业的数量占全行业的74%,但其工业产值仅占20%;建材行业工艺落后的企业中80%是中小企业^①。因此加强中国中小企业节能管理,推广先进节能技术,依法淘汰落后产能是中国节能工程的重要内容之一。

自“十一五”时期以来,中国政府已经意识到建立中小企业落后产能退出机制,加快中小企业节能技术改造对于经济结构调整和实现可持续发展的重要作用。《国务院关于进一步加强淘汰落后产能工作的通知(国发[2010]7号)》明确要求在2010年底以前,电力行业淘汰小火电机组5000万千瓦以上,煤炭行业淘汰小煤矿8000处,焦炭行业淘汰炭化室高度4.3米以下的小机焦,铁合金和电石

^① 数据来源:《国家发展改革委关于做好中小企业节能减排工作的通知(发改企业[2007]3251号)》。

行业淘汰 6300 千伏安以下矿热炉,钢铁行业淘汰 400 立方米及以下炼铁高炉和 30 吨及以下炼钢转炉、电炉等。与限制大企业能源消耗的政策刚好相反,这些政策都是淘汰小企业,因而有助于行业内的市场份额进一步向能源利用效率更高的大企业集中,整体上有利于提高行业的能源利用效率。而事实也恰恰表明,这些举措显著降低了中国高能耗行业的能源浪费,在“十一五”时期节能目标的实现中发挥了重要作用^①(闫林和翟义英,2011)。

本文关于企业能源利用效率异质性的讨论也能为淘汰中小企业落后产能政策提供进一步的认知。一方面,这类政策所针对的中小企业一定也是能源利用效率极其低下的企业。如果中小企业能够提高节能意识,从根本上改进能源利用效率,那么,这样的中小企业就不应该成为淘汰的对象。另一方面,中小企业往往具备比大企业更强的就业吸纳能力,行业内产能向大企业的转移意味着行业整体吸纳的就业量很可能会下降,这就需要政府同时考虑配套的就就业转移与安置措施。

2. 节能政策的地区偏向

在节能政策的执行上,中国五年规划制定的节能目标是首先按照目标责任制分配到各省份,再由各省级人民政府逐级分解落实到各市(县)及重点用能单位的。然而节能目标在各省之间并不是均匀分配的,在能源效率较高的东部地区节能要求更为严格,而为了促进欠发达地区的经济发展,对能源效率较低的西部地区的能源管制则相对宽松。根据《国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知(国发[2011]26号)》,“十二五”期间中国东部和中部各省份单位国内生产总值能耗降低平均目标分别为 16.58%和 15.89%,而西部各省份单位国内生产总值能耗降低的平均目标仅为 13.80%,具体见表 6。

省份	节能目标	省份	节能目标	省份	节能目标
北京	17	山西	16	重庆	16
天津	18	内蒙古	15	四川	16
河北	17	吉林	16	贵州	15
辽宁	17	黑龙江	16	云南	15
上海	18	安徽	16	西藏	10
江苏	18	江西	16	陕西	16
浙江	18	河南	16	甘肃	15
福建	16	湖北	16	青海	10
山东	17	湖南	16	宁夏	15
广东	18			新疆	10
广西	15				
海南	10				
东部平均	16.58	中部平均	15.89	西部平均	13.80

资料来源:《国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知(国发[2011]26号)》。

节能政策强度的地区差异导致了我国高能耗企业的“西迁”以及从发达地区向欠发达地区的“碳泄漏”(王文举和陈真玲,2019)。从分省份的角度看,这似乎是一个“双赢”的结果。对于东部地区而言,高能耗产业离开,地区能源消耗下降;对于西部地区而言,承接了东部地区的产能后,伴随的技术进步和规模效应可以促进当地企业能源效率的提升(Li et al.,2014)。但是从企业间能源效率异质性的角度出发,对这种地区倾向的节能政策的判断就会完全不同。虽然“西迁”并不必然导致

^① 人民网:《淘汰落后产能成效显著——“十一五”节能减排回顾之二》,2011年9月28日(网址:<http://energy.people.com.cn/GB/15777069.html>)。

同一个企业能源效率的改变,但是考虑到高能耗企业往往有着较高的迁移成本,更可能发生的情况是东部地区的高能耗企业减产,而这部分产量又被转移到节能政策强度相对较低的中西部地区的企业。而根据本文之前的分析,中西部地区企业的能源效率远低于东部地区,因此从全国看,这种地区偏向的节能政策所导致的产能转移可能造成整个行业能源利用效率的下降。

五、结论与政策建议

本文利用企业层面微观数据测算了2001—2010年中国同行业工业企业能源效率的异质性,发现在细分的行业内部,企业能源利用效率存在着巨大的差异,且没有随着时间推移出现减小的趋势。平均来看,2001—2010年给定相同能源投入,位于行业能源生产率分布90%分位数的企业与10%分位数企业的工业产值相差始终超过27.5倍,这远高于美国同期水平。上述企业间的能源效率差异在煤炭开采和洗选业、黑色金属冶炼和压延加工业等高能耗行业内尤为明显。并且,中国工业企业能源生产率的异质性超过了资本生产率、劳动生产率和全要素生产率等维度的异质性。

行业内企业能源利用效率的巨大差异意味着只要能够实现行业产能由低能源效率企业向高能源效率企业的转移,行业整体的能源利用效率就会显著提升。由于本文发现规模和企业所在区域是影响企业能源效率的最为重要的两大因素,因此专门分析了与规模和地区相关的节能政策。本文发现,虽然这些政策的出发点是提高企业的能源利用效率,但是由于忽视了企业间能源利用效率的异质性,这些政策有可能导致行业产能由高效率地区(或高效率企业)向低效率地区(或低效率企业)转移,结果反而加剧资源错配,恶化行业整体的能源利用效率。

本研究提醒政府在未来节能政策的制定中应当充分重视企业能源利用效率异质性可能造成的影响。具体的建议包含以下三个方面:①节能政策应当弱化直接的总量目标控制,加强市场化政策工具的运用。节能政策实施中直接的总量目标控制必然涉及指标的分解与落实,但是无论在地区层面还是企业层面的指标分解中,政府都不拥有足够的信息能够使最终的分解与目标单位的能源利用效率水平刚好吻合。更合理的做法是利用价格手段(能源价格市场化、阶梯能源价格、能源使用税、节能设备购置税收优惠和信贷优惠等),借助市场机制来调节企业的行为。这类做法的好处在于会使能源利用效率较低的企业承受更多的成本压力,因而将推动行业内的产能向更高效率的企业集中,显著提升行业整体的能源利用效率。并且,这样也免去了对大量规模较小的低效率企业进行指标落实与考核所造成的巨大监管成本。②如果无法避免节能总量目标控制的做法,那么节能任务的确定应当充分考虑企业间能源效率的异质性,对能源利用效率更低的企业实施更为严格的节能目标,防止落后产能由高效率的东部地区流入较低效率的中西部地区,以及由高效率大企业转移到较低效率的中小企业。③对于落后设备与落后产能,在建立退出机制的同时,也应当通过政策引导中小企业加快技术升级或促成与大企业的兼并重组,从根本上改善中国龙头企业技术领先世界,而行业整体能源效率却普遍落后的现状。

最后,本文的不足之处也是明显的。本文没有对文末所讨论的具体政策展开更为深入的研究,这既是受限于微观数据的可得性,也是因为对每一项政策的评估都有特定的因素需要考虑。希望借助本文的工作能够让决策部门与学术界意识到企业能源利用效率异质性对于节能政策效果的影响,启发更多的后续研究。

〔参考文献〕

- [1]傅晓霞,吴利学.中国能源效率及其决定机制的变化——基于变系数模型的影响因素分析[J].管理世界,2010,(9):45-54.

- [2]李兰冰. 中国能源绩效的动态演化、地区差距与成因识别——基于一种新型全要素能源生产率变动指标[J]. 管理世界, 2015,(11):40-52.
- [3]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):82-89.
- [4]李梦蕴,谢建国,张二震. 中国区域能源效率差异的收敛性分析——基于中国省区面板数据研究[J]. 经济科学, 2014,(1):23-38.
- [5]李双杰,李春琦. 全要素能源效率测度方法的修正设计与应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2018,(9):110-125.
- [6]李思慧. 产业集聚、人力资本与企业能源效率——以高新技术企业为例[J]. 财贸经济, 2011,(9):128-134.
- [7]林伯强,杜克锐. 要素市场扭曲对能源效率的影响[J]. 经济研究, 2013,(9):125-136.
- [8]林伯强,杜克锐. 理解中国能源强度的变化:一个综合的分解框架[J]. 世界经济, 2014,(4):69-87.
- [9]林伯强,刘泓汛. 对外贸易是否有利于提高能源环境效率——以中国工业行业为例[J]. 经济研究, 2015,(9):127-141.
- [10]林伯强,刘希颖,邹楚沅,刘霞. 资源税改革:以煤炭为例的资源经济学分析[J]. 中国社会科学, 2012,(2):58-78.
- [11]刘学之,黄敬,王玉. 基于 DEA 交叉效率模型的钢铁行业能源效率分析[J]. 管理世界, 2017,(10):182-183.
- [12]罗会军,范如国,罗明. 中国能源效率的测度及演化分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2015,(5):54-71.
- [13]潘雄锋,彭晓雪,李斌. 市场扭曲、技术进步与能源效率:基于省际异质性的政策选择[J]. 世界经济, 2017,(1):91-115.
- [14]邵帅,张可,豆建民. 经济集聚的节能减排效应:理论与中国经验[J]. 管理世界, 2019,(1):36-60.
- [15]师博,沈坤荣. 政府干预、经济集聚与能源效率[J]. 管理世界, 2013,(10):6-18.
- [16]史丹,吴利学,傅晓霞,吴滨. 中国能源效率地区差异及其成因研究——基于随机前沿生产函数的方差分解[J]. 管理世界, 2008,(2):35-43.
- [17]孙传旺,林伯强. 中国工业能源要素配置效率与节能潜力研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2014,(5):86-99.
- [18]王秋彬. 工业行业能源效率与工业结构优化升级——基于 2000—2006 年省际面板数据的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2010,(10):49-63.
- [19]王文举,陈真玲. 中国省级区域初始碳配额分配方案研究——基于责任与目标、公平与效率的视角[J]. 管理世界, 2019,(3):81-98.
- [20]魏楚,沈满洪. 结构调整能否改善能源效率:基于中国省级数据的研究[J]. 世界经济, 2008,(11):77-85.
- [21]魏楚,郑新业. 能源效率提升的新视角——基于市场分割的检验[J]. 中国社会科学, 2017,(10):90-111.
- [22]闫林,翟义英. 淘汰落后产能 优化产业结构——“十一五”山西淘汰落后产能工作回顾[J]. 中国经贸导刊, 2011,(7):46-48.
- [23]杨其静. 企业成长:政治关联还是能力建设[J]. 经济研究, 2011,(10):54-66.
- [24]张三峰,魏下海. 信息与通信技术是否降低了企业能源消耗——来自中国制造业企业调查数据的证据[J]. 中国工业经济, 2019,(2):155-173.
- [25]张意翔,成金华,汤尚颖,李通屏. 技术进步偏向性、产权结构与中国区域能源效率[J]. 数量经济技术经济研究, 2017,(8):72-88.
- [26]张志辉. 中国区域能源效率演变及其影响因素[J]. 数量经济技术经济研究, 2015,(8):73-88.
- [27]Ang, B. W. The LMDI Approach to Decomposition Analysis: A Practical Guide [J]. Energy Policy, 2005,33(7):867-871.
- [28]Blalock, G., and P. J. Gertler. Learning from Exporting Revisited in a Less Developed Setting [J]. Journal of Development Economics, 2004,75(2):397-416.
- [29]Fisher-Vanden, K., G. H. Jefferson, H. Liu, and Q. Tao. What Is Driving China's Decline in Energy Intensity[J]. Resource & Energy Economics, 2004,26(1):77-97.
- [30]Hsieh, C. T., and P. J. Klenow. Misallocation and Manufacturing TFP in China and India[J]. Quarterly Journal of Economics, 2009,124(4):1403-1448.

- [31]Hübler, M. Carbon tariffs on Chinese exports: Emissions Reduction, Threat, or Farce [J]. *Energy Policy*, 2012,(50):315–327.
- [32]Ke, J., L. Price, S. Ohshita, D. Fridley, N. Z. Khanna, N. Zhou, and M. Levine. China's Industrial Energy Consumption Trends and Impacts of the Top-1000 Enterprises Energy-Saving Program and the Ten Key Energy-Saving Projects[J]. *Energy Policy*, 2012,(50):562–569.
- [33]Li, H., T. Wu, X. Zhao, X. Wang, and Y. Qi. Regional Disparities and Carbon “Outsourcing”: The Political Economy of China's Energy Policy[J]. *Energy*, 2014,(66): 950–958.
- [34]Lyubich, E., J. Shapiro, and R. Walker. Regulating Mismeasured Pollution: Implications of Firm Heterogeneity for Environmental Policy[J]. *AEA Papers and Proceedings*, 2018,(108):136–142.
- [35]Price, L., X. Wang, and J. Yun. The Challenge of Reducing Energy Consumption of the Top-1000 Largest Industrial Enterprises in China[J]. *Energy Policy*, 2010,38(11):6485–6498.
- [36]Shorrocks, A. F. Decomposition Procedures for Distributional Analysis: A Unified Framework Based on the Shapley Value[J]. *Journal of Economic Inequality*, 2013,11(1):99–126.
- [37]Syverson, C. Product Substitutability and Productivity Dispersion[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2004, 86(2):534–550.
- [38]Syverson, C. What Determines Productivity[J]. *Journal of Economic Literature*, 2011,49(2):326–365.
- [39]Zhang, B., X. Chen, and H. Guo. Does Central Supervision Enhance Local Environmental Enforcement? Quasi-experimental Evidence from China[J]. *Journal of Public Economics*, 2018,(164):70–90.
- [40]Zhao, X., and L. Wu. Interpreting the Evolution of the Energy-Saving Target Allocation System in China (2006–13): A View of Policy Learning[J]. *World Development*, 2016,(82):83–94.

Energy Efficiency of Chinese Firms: Heterogeneity, Influencing Factors and Policy Implications

CHEN Zhao, CHEN Qiao-yi

(China Center for Economic Studies Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: Understanding the heterogeneity and influencing factors of firms' energy efficiency can help us evaluate the existing energy-saving policies and provide guidance for future policy design. Using firm-level micro data from 2001 to 2010, this paper estimates the heterogeneity in energy efficiency of Chinese industrial firms and explores its influencing factors. We find that heterogeneity in energy efficiency across firms is enormous even within narrowly defined industries. The heterogeneity in energy productivity exceeds that in capital productivity, labor productivity and total factor productivity. Moreover, size and regional difference are the most important factors affecting firms' energy efficiency. Based on these results, we further show that the size-dependent or regional energy-saving policies neglecting heterogeneity in firms' energy efficiency may lead to reallocation of energy consumption from more efficient to less efficient firms, which may hinder the improvement of the overall energy efficiency. Therefore, we suggest that energy-saving policies should use market-based policy instruments other than total amount targets of energy saving. If the total amount targets cannot be avoided, then the heterogeneity in firms' energy efficiency should be fully considered and more stringent energy-saving targets should be set for less efficient firms.

Key Words: energy efficiency; firm heterogeneity; energy-saving policies

JEL Classification: Q43 Q48 L53

[责任编辑:王燕梅]