

理性预期与能源投资

——基于中国碳减排承诺的自然实验

谢里 郑新业

(湖南大学经济与贸易学院, 湖南长沙 410079; 中国人民大学应用经济学院, 北京 100872)

摘要: 引入宏观经济学的理性预期分析框架来评估未来碳减排承诺如何影响当期的能源投资行为具有重要意义。能源项目投资规模大、持续时间长、不可逆性强,使得投资者在决策时会尽可能地纳入影响未来收益和成本的信息。本文将中国碳排放权交易市场试点政策与发电行业投资行为相结合,理论分析和实证检验了政府规划和实施的碳排放权交易市场试点政策如何影响企业的理性预期作用于当期发电技术项目投资,结果表明,碳排放权交易市场试点政策在规划期会促使企业相对提高试点地区低排放发电技术项目投资,特别是相对提高了这些地区低排放火力发电技术项目投资。碳排放权交易市场试点政策正式实施之后,企业降低了政策试点地区的高排放发电技术投资的实际利用水平。这一发现说明环境管制政策在正式实施之前的规划期,会对企业的投资行为产生预期管理效应,通过释放减排政策信号,促使企业先验地调整能源投资决策,以适应未来减排承诺目标。

关键词: 理性预期; 投资行为; 碳排放权交易市场

JEL 分类号: E22, L94, Q43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7246(2020)05-0151-19

一、引言

2014年中国提前实现了2009年哥本哈根会议前夕提出的“2020年二氧化碳减排目标”。2016年中国杭州G20峰会上,中国又正式向联合国递交加入《巴黎协定》批准文书,并且在不同国际场合公开承诺“中国将于2030年之前实现二氧化碳排放峰值且2030年二氧化碳排放强度比2005年下降60%至65%”等国家自主贡献减排目标(下文称“2030年碳减排承诺”)。中国既是世界上最大的发展中国家,也是世界能源消费和二氧化碳排

收稿日期:2019-08-08

作者简介:谢里,经济学博士,教授,湖南大学经济与贸易学院,E-mail:xiexan@163.com.

郑新业(通讯作者),经济学博士,教授,中国人民大学应用经济学院,E-mail:zhengxinye@ruc.edu.cn.

* 本文得到了国家自然科学基金面上项目(71573074和71774165)的支持。感谢匿名审稿人的宝贵意见,文责自负。

放大国。2018 年中国的能源消费总量为 3423 Mtoe, 约占世界消费总量的 24.7%, 同时, 二氧化碳排放量达到了 9805.1 Mt, 占世界二氧化碳排放总量的 29.1% (BP 2019)。

虽然中国提出“2030 年碳减排承诺”能否顺利实现备受国际学术界和实务界广泛关注(何建坤 2015; Li et al. 2018), 但是, 中国政府履行“2030 年碳减排承诺”的决心依然没有动摇。一方面, 政府不断动态调整如碳税、非化石能源补贴、环境管制标准、环境管制执法力度等节能减排政策, 促使企业降低能源消费和碳排放的强度(Li et al. 2018; 莫建雷等 2018)。另一方面, 政府已开始尝试建设二氧化碳排放权交易市场试点, 通过碳价格变化等市场调节方式约束企业的碳排放行为。尽管采用了行政干预和市场机制的各类碳减排政策工具约束企业的碳排放行为, 但由于企业投资建设高污染特征的生产技术项目一般具有规模大、周期长、不可逆性强等特征, 使得各类碳减排政策工具实施效果不明显或是作用发挥受限。即便如此, 政府在当期宣布未来某一时期将执行某项碳减排政策时, 企业会依据其在未来所处环境信息形成当期的理性预期。如果企业未来的行为与政府实施的政策背道而驰, 将受到较高水平的惩罚和造成成本损失(Lucas, 1976; Aumann and Dreze 2008)。因而, 在政府设定可置信的碳减排承诺前提下, 企业会综合以往、现有和未来可预期的信息, 提前调整投资决策, 以使当期的投资决策在未来产生的效果与政府的减排目标相一致。

为此, 本文将宏观经济学的理性预期纳入到能源项目投资决策之中, 分析政府为实现“2030 年碳减排承诺”制定的碳减排政策, 是否会影响企业理性预期, 进而先验作用于其能源项目投资行为。以往在检验政府制定的目标影响市场微观主体的理性预期所产生的行为效果时, 由于未来的数据无法获得, 通常以变量滞后项或外生变量为基础类推或模拟主体理性预期的未来行为效果。然而, 这仍是基于过去和现在的信息评估主体的行为决策, 忽略了政府为未来实现某一目标所制定的政策内生影响主体当前行为决策(Wallis, 1980)。中国的碳排放权交易市场试点政策作为政府实现碳减排承诺的工具, 是很好的检验企业理性预期在其能源投资行为中作用的自然实验。特别是将中国碳排放权交易市场试点政策与发电行业项目投资行为结合起来, 一方面, 2011 年 10 月, 国家发展和改革委员会印发了《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》, 批准计划于 2013 年底前在北京、上海、天津、重庆、湖北、广东和深圳等七省市¹开展建设碳排放权交易市场区域试点, 即向市场释放了重要信号, 意味着企业投资或运营高碳排放特征项目可能在未来增加额外的碳排放权交易成本, 这可能使企业先验地调整高排放与低排放能源项目的投资和运营行为。另一方面, 发电技术项目具有投资量大、建设周期长、不确定性强等基础工业投资特点(林伯强 2006), 此外, 发电行业既是能源消费特别是化石能源消费的大户, 又是二氧化碳、二氧化硫等污染排放物的主要来源(Li&Patiño - Echeverri 2017)。那么, 企业

¹ 由于 2011 年 10 月国家发展和改革委员会所印发的《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》中没有将福建省列入碳排放权交易试点地区, 同时, 福建省规划和实施碳排放权交易市场试点政策的时间在本文所选取的样本时间段之外, 因而, 本文暂没有将福建省作为碳排放权交易试点样本。

在进行发电技术项目投资选择时,考虑到发电技术项目投资不可逆性强,碳排放权交易市场建设会对企业投资高排放发电技术项目额外产生的碳排放权交易成本,使得企业有动力尽早地调整发电技术项目投资和运行结构,以在碳排放权交易市场正式实施时,减少企业额外承担的碳排放权交易成本。

为了检验企业发电技术项目投资行为决策中存在理性预期,本文构建了一个跨期的企业发电技术项目投资行为理论模型,进而运用双重差分方法,实证检验政府计划建设碳排放权交易市场通过影响企业理性预期作用于当期的发电技术项目投资行为,同时还评估和比较了政府规划和实施碳排放权交易市场试点政策对企业发电技术项目投资的影响。接下来的章节安排如下:第二部分是相关文献综述,第三部分是理性预期影响企业发电项目投资的理论分析,第四部分是计量模型设计与数据描述,第五部分是实证结果分析,第六部分是稳健性检验,第七部分是结论与政策启示。

二、文献综述

理性预期对主体的决策和行为影响最早可追溯到研究市场供需双方的行为策略。市场主体会从特定环境和所处文化背景中获取公共信息,形成主观的预期信念,推测其所选择某项行为策略如何影响其他参与方的行为策略,据此计算未来可获取的收益,以做出最有利的行为决策(Aumann and Dreze 2008)。Muth(1961)考察了农业生产者和消费者依据他们对农产品价格变化的理性预期,调整农产品的供需行为。Lucas(1967)探讨了完全竞争市场上厂商依据已有的和预期的产品价格信息初步确定当期的投资决策,再分析初步投资决策对下一期市场供需和价格的影响,进而做出当期最优投资决策。俞乔和刘家鹏(2013)认为国际金融危机时期,少数投资者能理性预期到政府会在市场波动剧烈时采取“救市”策略,而提前做出逆势投资的决策。田国强等(2016)认为存款保险制度有利于稳定存款者对其持有银行资产未来收益率的理性预期,从而可减少银行挤兑发生的概率和次数。Hodge(2017)分析了潜在竞争者在进入垄断市场之前,会收集的市场信息和评估其进入后对市场供需的影响,再做出是否入市的决策。虽然理性预期理论起源于微观领域,但也广泛应用于货币政策、通货膨胀与失业等宏观经济领域(庄子罐等,2012; Hodge 2017)。如Lucas(1973)将公众的理性预期引入到“传统的菲利普斯曲线”之中,提出了“附加预期的菲利普斯曲线”。进而,当政府宣布在未来某时期将要实施紧缩型货币政策时,不仅全社会的产出水平、利率和通货膨胀等经济结构变量就已经开始逐步向政策预期目标调整,而且,该政策的发布时间与正式实施的时间间隔越短,经济结构变量调整的速度越快(Luis and Jones 2013)。

与本文密切相关的另一支文献是涉及能源投资决策决定因素的研究,特别是发电技术项目投资决策决定因素的研究成果。这类投资项目的决策受自然资源禀赋、环境管制政策、技术特征和市场结构等多种因素的影响。Zhang et al.(2018)等都认为地区自然资源禀赋是影响地区发电技术项目投资选择的重要原因。Wang et al.(2018)等认为征收的

环境税和碳排放税、研发风力和核电发电与储能技术,能显著促进可再生发电技术项目投资。但考虑到可再生资源受自然条件约束造成供电不稳定和不能及时满足市场需求变化,使得发电厂商还需要投资火电、光伏等其他发电技术项目(Huber and Weissbart, 2015)。进而,从环境治理成本角度来看,企业似乎不会选择小型火力发电等高排放特征的发电项目投资。但在寡头垄断竞争市场上,由于投入成本低和便于调峰使得具有高排放特征的小型火力发电机组在电力需求高峰时期处于垄断地位(Arellano and Pablo, 2007)。相对于其他类型的发电技术项目,高能耗、高排放特征的发电技术项目具有投资规模小、建设周期短、灵活性强等优势(Hall et al. 2014),因而,企业在选择发电技术项目投资类型时,也会存在对高排放发电技术项目的投资激励(Reddy 2018)。

随着欧盟等国碳排放权交易市场的兴起,以碳排放权交易市场机制约束企业发电技术项目投资行为的成果也日益丰富。这些研究主要沿着碳权交易价格和碳市场配额两条脉络展开。一方面, Szolgayova et al. (2008) 认为碳权交易价格的波幅稳定且逐渐上升,会提高生物质能发电项目的相对利润和促进碳捕获与储存技术投资,激励发电商以生物质能源替代煤炭火力发电。Brauneis et al. (2013) 进一步认为在碳价处于高水平时,设置碳价下限将有利于激励发电商选择低碳发电技术,并且碳价的稳定上升有利于绿色发电技术项目的推广(Dong et al. 2018)。另一方面,碳市场配额分配的不确定将影响发电商投资不同燃料发电技术项目的成本与收益评估,从而影响到企业的发电技术项目投资决策(Laurikka and Koljonen 2006)。碳排放权交易市场过于充足的碳市场配额不能激励发电商投资清洁发电技术,但以拍卖方式发放配额则有利于鼓励发电商投资新能源发电项目,从而提高清洁发电项目在电源结构中的比例(Bonenti et al. 2013)。

虽然之前学者分别在理性预期理论和应用、能源投资决策的决定因素以及碳排放权交易市场对企业发电技术项目投资影响等方面取得许多有价值的研究成果。然而,从研究领域的交叉来看,仍需进一步拓展。首先,将理性预期应用于企业能源项目投资行为之中的研究较为鲜见。本文将宏观经济学中的理性预期理论引入到企业的能源投资行为之中,这是对理性预期和能源投资行为两类研究成果的有益衔接与互补。其次,Luis and Jone(2013)认为实证检验公众的理性预期对其当前行为调整的影响机制,需要以政策发布和正式执行时间存在间隔为前提。鉴于此,碳排放权交易市场试点政策分别于2011年末和2013年在七个省市规划建立和正式实施。如能验证企业在能源项目投资行为中存在理性预期,那么,国家可考虑在设定可置信的“2030年碳减排承诺”基础上,通过各项碳减排政策在规划期提前向市场发送未来市场环境的信号,影响企业理性预期,进而先验地作用于企业当期投资决策行为和碳减排决策,增强政府制定和实施碳减排政策的实际效果。

三、理论模型与假说

考虑企业对具有高排放的发电技术项目(H)和低排放特征的发电技术项目(L)之

间进行权衡选择投资。假设 T 为企业投资的发电技术项目的经营周期, 政府在第 t_0 期发布将在第 t_1 期正式实施碳排放权交易市场试点政策。 $p_H(t)$ 或 $p_L(t)$ 分别为 t 时期高排放或低排放发电技术项目在该地区的上网电价, $q(t)$ 分别为 t 时期市场电力需求量。令 r 为贴现因子, 则企业在第 t 期投资高排放或低排放发电技术项目在未来 T 时期内预期总收益分别为 R_H 或 R_L :

$$R_H = \int_{t_0}^T p_H q(t) e^{-rt} dt \quad (1)$$

$$R_L = \int_{t_0}^T p_L q(t) e^{-rt} dt \quad (2)$$

企业在第 t 期分别投资建设高排放或低排放发电技术项目的固定成本分别为 α_H 和 α_L 。由于高排放特征的发电技术项目比低排放特征发电技术项目建设规模小, 因而, $\alpha_H < \alpha_L$ ¹。在 t 时期, 企业投资运行发电项目生产电力时, 需要消耗燃料的单位成本 $\beta(t)$, 且高排放发电项目的单位燃料成本 $\beta_H(t)$ 大于低排放发电项目的单位燃料成本 $\beta_L(t)$ 。同时, 如果企业选择投资高排放或低排放发电项目生产电力的燃料消耗为 $x_H(q(t))$ 或 $x_L(q(t))$, 则企业投资选择高排放或低排放发电项目生产电力的可变成本为 $\beta_H(t)x_H(q(t))$ 或 $\beta_L(t)x_L(q(t))$ 。企业运行高排放或低排放的发电技术项目产生的污染物, 会面临政府的环境管制政策约束产生治理成本 $W(\bullet)$ 。这一治理成本与不同技术特征的发电机组运行的燃料投入量 $x_i(q(t))$ 和技术水平 $A(t)$ 有关。随着燃料投入量越多, 企业的环境治理成本越高; 而企业投资发电项目技术水平越高, 则其环境治理成本越低。由此, $\partial W(x_i(q(t)), A(t)) / \partial x_i(q(t)) > 0$ 和 $\partial W(x(q(t)), A(t)) / \partial A(t) < 0$, $i \in \{H, L\}$ 。考虑到第 t_0 期政府发布了计划于第 t_1 期开始正式实施碳排放权交易市场试点政策, 那么从第 t_1 期政策实施开始, 企业在政策试点地区运行所投资的发电技术项目会产生额外的碳排放权交易成本 $k(\bullet)$, 且这项成本与不同技术特征的发电机组运行的燃料投入量 $x_i(q(t))$ 和技术水平 $A(t)$ 有关。为了简化考虑², 假设企业投资高排放发电技术项目产生碳排放权交易成本为 $k(x_H(q(t)), A(t))$, 且该类型发电技术项目的燃料投入量越高, 其碳排放水平越高, 因而, 额外支付的碳权交易成本也会增加; 同时, 发电机组的技术水平越高, 其生产电力过程中碳排放水平越低, 因而, 降低了发电技术项目额外支付的碳排放权交易成本, 由此, $\partial k(x_H(q(t)), A(t)) / \partial x_H(q(t)) > 0$ 且 $\partial k(x_H(q(t)), A(t)) / \partial A(t) < 0$ 。

企业对不同技术特征的发电项目进行投资时, 会对其所选择投资发电项目的成本和

1 高排放特征发电技术项目为小装机容量火力发电机组, 而低排放技术特征发电项目为大容量火力发电机组和风力、水力和核电发电机组, 因而, 低排放发电机组项目建设的固定成本高于高排放发电机组。

2 本文界定的低排放发电技术项目为装机容量大的火力发电机组以及风力、水力和核能发电技术机组, 相对于高排放特征的小型火力发电机组, 低排放发电技术项目碳排放水平低, 因而, 本文忽略了低排放特征发电技术项目运行所产生的碳排放权交易成本。

收益进行预期,作为当期投资决策的依据。同时,企业的投资既可以货币或实物形态来刻画,也可采用其所投资实物的实际利用水平来反映。企业依据预期未来的成本和收益做出当期的投资决策时,因反映企业投资行为方式的不同而存在差别的成本函数。一方面,企业投资低排放发电技术项目的预期成本不会受到碳排放权交易市场试点政策的影响,因而,企业预期投资低排放发电技术项目产生的成本见式(3)。然而,当政府在 t_0 期发布将在 t_1 期实施碳排放权交易市场试点政策,企业从 t_0 时期开始,在政策试点地区投资高排放发电技术项目投资和运行的预期成本不仅包括固定成本、燃料成本和环境治理成本等,而且还包括 t_1 期之后政府实施碳排放权交易市场试点政策所产生的碳排放权交易成本。因此,企业在 t_0 期投资高排放发电技术项目的预期成本见式(4)。另一方面,如以企业投资高排放发电技术项目的实际利用水平来反映企业的投资,则在碳排放权交易市场试点政策没有正式实施之前,企业运行所投资的高排放发电技术项目时,其成本不会受到碳排放权交易市场试点政策的约束。在此条件下式(4)和式(5)中 $k(x_H(q(t)), A(t)) = 0$ 。而在碳排放权交易市场试点政策正式实施之后,企业投资高排放发电技术项目的运行成本才会受到碳排放权交易市场试点政策的约束。

$$C_L = \alpha_L + \int_{t_0}^T e^{-rt} \{ \beta_L x_L(q(t)) + W[x_L(q(t)), A(t)] \} dt \quad t_0 < t < T \quad (3)$$

$$C_H = \alpha_H + \int_{t_0}^{t_1} e^{-rt} \{ \beta_H x_H(q(t)) + W[x_H(q(t)), A(t)] \} dt \\ + \int_{t_1}^T e^{-rt} \{ \beta_H x_H(q(t)) + W[x_H(q(t)), A(t)] + k(x_H(q(t)), A(t)) \} dt \quad t_0 < t \leq T \text{ 且 } T > t_1 \quad (4)$$

那么,企业在 t_0 时期预期投资高排放和低排放发电技术项目所的预期净收益(π_H 和 π_L)分别如式(5)和(6):

$$\pi_H = R_H - C_H = \int_{t_0}^T p_H q(t) e^{-rt} dt - \left\{ \alpha_H + \int_{t_0}^{t_1} e^{-rt} \{ \beta_H x_H(q(t)) + W[x_H(q(t)), A(t)] \} dt \right. \\ \left. + \int_{t_1}^T e^{-rt} \{ \beta_H x_H(q(t)) + W[x_H(q(t)), A(t)] + k(x_H(q(t)), A(t)) \} dt \right\} \quad t_0 < t \leq T \text{ 且 } T > t_1 \quad (5)$$

$$\pi_L = R_L - C_L = \int_{t_0}^T p_H q(t) e^{-rt} dt - \left\{ \alpha_L + \int_{t_0}^T e^{-rt} \{ \beta_L x_L(q(t)) + W[x_L(q(t)), A(t)] \} dt \right\} \quad t_0 < t < T \quad (6)$$

进而,构造 T 期内企业在第 t_0 期两类不同技术特征发电项目预期净收益比例函数 $V(t) = \pi_H / \pi_L$,作为企业在 t_0 时期投资决策依据。将两类不同技术特征发电项目投资预期净利润比例函数对碳排放权交易成本 $k(\bullet)$ 求导,可得 $\partial V / \partial k = (e^{-rT} - e^{-rt_1}) / r\pi_L^2 < 0$ 。

由此,如以实物投资量反映企业投资,在第 t_0 期政府发布将在第 t_1 期正式实施碳排放权交易市场试点政策,企业预期第 t_1 期在试点地区所投资的高排放发电技术项目在投产运行过程中产生额外的碳排放权交易成本,这会降低第 t_0 期企业在试点地区投资高排放

与低排放发电技术项目的预期净利润比,从而企业会从 t_0 时期起开始在试点地区相对降低高排放发电技术项目投资。由此可得命题1:当政府规划但未正式实施碳排放权交易市场试点政策时,相对于低排放技术特征的发电项目,企业会在政策试点地区从碳排放权交易市场试点政策发布时起开始相对减少高排放发电技术项目投资。

进一步地,当政府在第 t_1 期正式实施碳排放权交易市场试点政策之后,在该项政策试点地区,如果企业会在第 t_1 期之后考虑投资建设高排放发电技术项目,则碳排放权交易市场的正式实施会额外增加企业投资高排放发电技术项目在投产运行过程中的碳排放权交易成本,这会降低企业会在第 t_1 期投资高排放与低排放发电机组的预期净利润比。由此可得命题2:当政府正式实施碳排放权交易市场试点政策之后,相对于低排放技术特征的发电技术项目,企业也会在政策试点地区相对减少高排放发电技术项目投资。

如以企业投资的不同发电技术项目的实际利用水平作为投资的反映,政府在正式实施碳排放权交易市场试点政策之前,企业在试点地区投资高排放与低排放发电技术项目的预期净利润没有实际受到影响,企业不会调整其投资高排放与低排放发电技术项目的实际利用水平。由此可得命题3:当政府规划但未正式实施碳排放权交易市场试点时,企业在未来政策试点地区对投资高排放发电技术项目的实际利用水平不会受到影响。

进而,当碳排放权交易市场试点政策正式实施之后,企业在政策试点地区所投资高排放发电技术项目在实际运行过程中,会受到碳排放权交易市场试点政策的影响而产生额外的碳排放权交易成本,这会降低企业会在第 t_1 期预期投资高排放与低排放发电机组的净利润比。因而可得命题4:当政府正式实施碳排放权交易市场试点政策之后,相对于低排放技术特征的发电项目,企业会在政策试点地区降低其投资的高排放发电技术项目的实际利用水平。

四、模型、变量与数据

(一) 计量模型与样本选择

在检验碳排放权交易市场政策是否会通过企业的理性预期影响其发电技术项目投资选择时,本文采用双重差分方法(Difference in Difference),选取样本的时间维度为2010年至2015年,涵盖了该政策的规划期和正式运营期。同时,将北京、上海、天津、重庆、湖北、广东等试点省市视为处理组¹,而将其他未试点的省份视为对照组,相应的计量模型设计如式(7):

$$Y_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Post_t^k + \gamma_2 Treat_i + \gamma_3 Post_t^k \times Treat_i + \sum \gamma_j \times others_{it} + \varepsilon_i + u_{it} \quad (7)$$

其中,下标 i 表示地区, t 表示不同年份, Y 为反映具有不同碳排放水平技术特征的发电

¹ 深圳市和广东省分别于2013年6月18日和2013年12月19日正式运营碳排放权交易试点省份,但深圳市属于广东省的行政管辖,因而,在实证模型中作为试点省市的处理组包括上海市、北京市、广东省、天津市、湖北省和重庆市六个省市。

电项目投资变量 γ_0 为常数项 ε_i 为地区的固定效应 μ_{it} 为特异性误差 $Post_i^k$ 为碳排放权交易市场规划或正式实施的虚拟变量,该变量上标 k 为计划实施年份或正式运行年份,该变量前置系数 γ_1 为其估计系数。如果是检验碳排放权交易市场计划实施对企业投资发电项目决策的影响,则该变量以 2012 年为分界时间。在 2012 年以前取值为 0,表示政府未出台碳排放权交易市场试点的规划,而在 2012 年(含)之后取值为 1,表示政府出台了碳排放权交易市场试点的规划。如果是检验碳排放权交易市场正式实施对企业发电技术项目投资行为的影响,则该变量以 2014 年为分界时间。在 2014 年以前取值为 0,表示政府没有正式实施碳排放权交易市场试点政策,在 2014 年(含)以后取值为 1,表示政府正式实施碳排放权交易市场试点政策。 $Treat_i$ 为是否作为碳排放权交易市场的试点省市的虚拟变量,该变量前置系数 γ_2 为其估计系数。作为受处理组地区该变量取值为 1,其余地区取值为 0。 $Post_i^k \times Treat_i$ 为地区分别与碳排放权交易市场以规划期或正式实施期为分界时间的交互项,该交互项的估计系数 γ_3 表示政府规划或者是正式运行碳排放权交易市场试点的政策对碳排放权交易市场试点地区与非碳排放权交易市场试点地区之间发电技术项目投资的影响差异。 $others_{it}$ 表示第 i 个地区在第 t 个年份的其他控制变量向量, γ_j 为控制变量向量中第 j 个控制变量的估计系数。

(二) 变量与数据

本文选择采用装机容量或平均利用小时数等实物形态量反映企业对不同发电技术项目投资。前者反映了企业对不同发电技术项目具有投资周期性特征的实际投资水平,后者反映企业对不同发电技术项目投资的实际利用水平。在实证检验中,先采用高排放发电机组装机容量增速(\dot{K}_H)和低排放发电机组装机容量增速(\dot{K}_L)来衡量企业的发电技术项目投资。其中,高排放发电机组装机容量为小于 10 万千瓦的火力发电机组的装机容量,而低排放机组容量为包括大于 10 万千瓦的火力发电机组、风力、水力和核能发电机组装机容量加总。风力、水力和核能设备装机容量数据来源于 2011 年至 2016 年《中国电力年鉴》。小于 10 万千瓦的火力发电机组装机容量数据来源于中国电力企业联合会和国家能源局对全国火力发电机组分类统计。为了验证数据的可靠性,将获取的数据重新按 2011 年至 2016 年《中国电力行业年度发展报告》中划分区域的口径进行数据再归整和比对一致后采用。本文还将火力发电设备平均利用小时数的增速(\dot{Time}_H)以及火力发电设备平均利用小时数占有所有发电机组平均利用小时数比例增速($\dot{PercentTime}_H$)作为企业发电技术项目投资的被解释变量,相应地,各地区火力、水力、风力和核能发电机组平均利用小时数数据来源于 2011 年至 2016 年《中国电力年鉴》。为进一步检验实证结论,将高排放特征和低排放特征的发电技术项目装机容量(K_L 和 K_H)、高排放与低排放机组装机容量比(K_L/K_H)以及火力发电机组平均利用小时数($Time_H$)或火力发电机组平均利用小时数占比($PercentTime_H$)作为稳健性检验中的被解释变量。

本文还控制了如下变量: ①自然资源禀赋(*Resource*)¹。以每单位土地面积上煤炭、石油、天然气工业销售产值来衡量,且各省市煤炭、石油、天然气各类资源工业销售产值均以2009年为基期的工业产品出厂价格指数进行平减。②发电技术进步(*Innovation*)。采用该地区发电项目的平均标准煤耗来衡量发电技术进步。③电力需求(*E-demand*)。电力系统存在集发、输、配、售和用瞬时完成供需特征,因此,衡量地区的电力需求应以本地发电商的电力供给水平来衡量市场对本地区的电力需求。④环境管制政策(*EnvReg*)。以各地区环境污染行政处罚案件数作为反映地区环境管制水平严宽的变量。⑤年份虚拟变量(*Yeardummy_t*)。控制“上大压小”政策的影响以及其他非预期因素。相应地,各变量数据来源于《中国工业经济统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国电力年鉴》《中国环境统计年鉴》和《中国城市统计年鉴》。表1是变量的描述性统计。

表1 变量描述性统计结果

变量	均值	标准差	最小值	最大值	变量	均值	标准差	最小值	最大值
\dot{K}_L	0.0992	0.0940	-0.1190	0.4571	$\ln K_H$	5.0623	1.1797	1.0986	7.2612
\dot{K}_H	0.1806	1.0835	-0.7872	12.7000	$\ln K_{L-Power}$	0.0801	0.0585	0	0.3108
$Percent\ Time_H$	-0.0366	0.1549	-0.9375	0.4000	K_H/K_L	7.4113	1.1415	2.7725	8.9078
$Time_H$	-0.0423	0.1351	-0.8948	0.3731	<i>Resource</i>	0.0149	0.0370	0	0.2400
$PerTime_H$	0.4910	0.1326	0.0100	0.7300	$\ln Innovation$	5.7178	0.0645	5.3471	5.9242
$\ln Time_H$	8.4150	0.3996	4.3040	8.7569	$\ln E-demand$	7.0794	1.0121	2.9957	8.4379
$\ln K_L$	7.8972	0.9479	4.2231	9.1742	<i>EnvReg</i>	4.3859	10.2160	0	98

注: ①变量前加“ln”表示该变量取了对数。②表中计算结果均按小数点后4位保留。

五、实证结果分析

表2报告了以2010年至2015年为样本和分别以地区高排放和低排放发电技术项目投资的装机容量增长率作为被解释变量,评估了碳排放权交易市场试点政策分别在规划期或正式实施期对该政策的试点地区和非试点地区高排放和低排放发电技术项目投资的影响差异。表2中第2列和第3列分别是以2012年碳排放权交易市场试点政策规划年份为样本时间分界点的估计结果。其中,在控制了地区自然禀赋、发电技术进步等因素之后,反映碳排放权交易市场试点政策规划期划分时段变量与试点地区变量的交互项 $Treat * Post^{2012}$ 在第2列估计系数显著为正,而在第3列的估计系数显著为负。这表明在2012

¹ 由于2013年之前各省市火力、风力、水力和核能发电价格数据缺失,因此以煤炭、石油等自然资源禀赋变量来代替反映煤炭、石油等发电燃料成本以及采用这些燃料的火力发电上网电价。

年规划碳排放权交易市场试点政策之后,与规划的非试点地区相比,政府规划的碳排放权交易市场试点政策显著提高了企业在该项政策试点地区的低排放发电技术项目装机容量增速,同时显著降低了这些地区高排放发电技术项目装机容量增速。表 4 还以 2010 年至 2013 年为时段样本,检验了碳排放权交易市场试点政策发布后至正式实施之前,该政策的计划执行对企业在该政策计划执行的试点地区与非试点地区发电技术项目投资结构的影响差异。从中可知,从 2012 年政府发布计划设立碳排放权交易市场试点地区的政策之后,考虑到发电设施存在一定的建设周期等特点以及未来碳排放权交易市场建立将提高高排放发电技术项目的发电成本,在碳排放权交易市场还没有正式运行之前,企业调整了在政策拟试点地区的发电技术项目投资,增加了这些地区的低排放发电技术项目投资和降低了高排放发电技术项目投资。

表 2 的第 4 列和第 5 列是以 2014 年碳排放权交易市场试点政策正式实施年份为样本分界点的估计结果。从这两列 $Treat*Post^{2014}$ 交互项估计系数可知,在北京市、天津市、广东省等试点地区正式运行碳排放权交易市场显著提高了这些地区的低排放发电技术项目装机容量增长率,而对高排放发电技术项目装机容量增长率变化却影响不显著。结合表 2 中第 2 列和第 3 列的估计结果,认为发电技术项目投资存在建设周期,企业发电技术项目投资行为受到预期碳排放权交易市场试点政策的影响,在碳排放权交易市场试点政策发布时,开始调整企业发电技术项目投资,提高了政策拟试点地区低排放发电技术项目投资而降低了高排放发电技术项目投资。当碳排放权交易市场试点政策正式实施之后,企业以先验的发电技术项目投资结构调整,来应对碳排放权交易市场试点政策可能为企业投资高排放发电技术项目所产生的碳排放交易成本。

表 3 报告了以 2010 年至 2015 年为样本和分别以地区火力发电机组平均利用小时数与该地区所有发电机组平均利用小时数的占比增长率和火力发电机组平均利用小时数增长率为被解释变量,评估碳排放权交易市场试点政策分别在规划期或正式运行期对企业在政策试点地区和非试点地区投资高排放和低排放发电技术项目的实际利用水平影响效果差异。表 4 的第 4 列和第 5 列还以 2010 年至 2013 年为时段样本,检验了碳排放权交易市场试点政策发布后至正式实施之前,该政策的计划执行对企业在试点地区和非试点地区投资火力发电技术项目实际运营的影响差异。表 3 中第 2 列和第 3 列是以碳排放权交易市场试点政策规划年份为样本时间分界点的估计结果,前者 $Treat*Post^{2012}$ 交互项的估计系数虽然没有在所设定的显著性水平上显著但都为负,而后者该交互项估计系数则显著为负。表 4 的第 4 列和第 5 列 $Treat*Post^{2012}$ 交互项估计系数虽然也没有在本文所设定的显著性水平上显著,但也都为负。这表明在碳排放权交易市场试点政策正式实施之前,该项政策计划实施没有改变企业在碳排放权交易市场试点地区高排放发电技术项目投资的实际利用水平。另外,表 3 的第 4 列和第 5 列是以 2014 年碳排放权交易市场试点政策正式实施年份为样本时间分界点的估计结果,这两列中 $Treat*Post^{2014}$ 交互项的估计系数都显著为负,表明碳排放权交易市场试点政策正式实施会促使企业在试点地区降低火力发电技术项目平均利用小时数和火力发电机组平均利用小时数占所有发电机组平

均利用小时数的比例,说明碳排放权交易市场试点政策在正式实施之后,才会促使企业相对降低在试点地区高排放发电技术项目投资的实际利用水平。

表2 以装机容量增长率为被解释变量的估计结果(2010年至2015年)

解释变量	\dot{K}_L	\dot{K}_H	\dot{K}_L	\dot{K}_H
常数项	-5.9243 (2.44)**	41.5704 (3.29)***	-6.2262 (2.61)**	38.3571 (3.18)***
<i>Resource</i>	1.0058 (1.77)*	-1.0012 (0.20)	1.1254 (1.78)*	-0.6003 (0.13)
<i>LnInnovation</i>	0.7968 (2.22)**	-5.7684 (3.13)***	0.8546 (2.40)**	-5.3880 (2.92)***
<i>LnE - demand</i>	0.2045 (2.21)**	-1.1709 (2.82)***	0.2003 (2.35)**	-1.0252 (2.92)***
<i>EnvReg</i>	0.0029 (1.37)	-0.0281 (1.58)	0.0024 (1.08)	-0.0312 (1.55)
<i>Post</i> ²⁰¹²	-0.0227 (0.80)	0.0646 (0.42)		
<i>Treat* Post</i> ²⁰¹²	0.0926 (2.16)**	-0.3071 (3.30)***		
<i>Post</i> ²⁰¹⁴			-0.0127 (0.52)	-0.0116 (0.06)
<i>Treat* Post</i> ²⁰¹⁴			0.0662 (1.85)*	0.1166 (0.35)
<i>Yeardummy</i> ₂₀₁₂	-0.0218 (1.12)	0.0579 (0.31)	-0.0265 (1.20)	0.0678 (0.71)
<i>Yeardummy</i> ₂₀₁₃	-0.0395 (1.88)*	0.4099 (1.00)	-0.0423 (1.65)	0.4178 (1.29)
<i>Yeardummy</i> ₂₀₁₄	-0.0087 (0.39)	-0.1396 (1.32)	-0.0107 (0.48)	-0.1447 (1.40)
R^2	0.18	0.07	0.18	0.07
样本数	153	151	153	151

注:①变量前加“Ln”表示该变量取了对数。②* P < 0.01, **P < 0.05, ***P < 0.1,括号内是t值。③计算结果保留小数点后4位。

表 3 以火力发电机组平均利用小时数增长率为被解释变量估计结果(2010 年-2015 年)

解释变量	$Percent\ Time_H$	$Time_H$	$Percent\ Time_H$	$Time_H$
$Post^{2012}$	-0.0503 (1.18)	-0.1678 (5.37) ***		
$Treat* Post^{2012}$	-0.0546 (0.91)	-0.0730 (1.99) *		
$Post^{2014}$			-0.0428 (1.13)	-0.1755 (5.71) ***
$Treat* Post^{2014}$			-0.1490 (3.80) ***	-0.0528 (2.09) **
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份虚拟变量	是	是	是	是
R^2	0.20	0.49	0.23	0.49
样本数	153	153	153	153

注: ①变量前加“Ln”表示该变量取了对数。②* $P < 0.01$, ** $P < 0.05$, *** $P < 0.1$ 括号内是 t 值。③计算结果保留小数点后 4 位。

表 4 2010 年至 2013 年为样本的估计结果

解释变量	K_L	K_H	$Percent\ Time_H$	$Time_H$
$Post^{2012}$	-0.0852 (2.93) ***	0.0107 (0.08)	-0.0515 (1.61)	-0.0515 (1.61)
$Treat* Post^{2012}$	0.0840 (2.86) ***	-0.1689 (1.34)	-0.0237 (0.61)	-0.0237 (0.61)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份虚拟变量	是	是	是	是
R^2	0.21	0.15	0.52	0.52
样本数	91	89	91	91

注: ①变量前加“Ln”表示该变量取了对数。②* $P < 0.01$, ** $P < 0.05$, *** $P < 0.1$ 括号内是 t 值。③计算结果保留小数点后 4 位。

六、稳健性检验

为进一步保证实证结果的稳健性,本节还分别采用地区低排放或高排放发电机组装机容量、地区高排放与低排放发电机组装机容量比、地区火力发电机组平均利用小时数占该地区全部发电机组平均利用小时数比例以及地区火力发电平均利用小时数来反映企业在该地区的发电技术项目投资决策。表 5 和表 6 是在控制了地区自然禀赋、发电技术进步等因素之后,分别以 2012 年碳排放权交易市场试点政策规划年份或以 2014 年碳排放权交易市场试点政策正式实施年份为样本时间分界点的估计结果。表 7 报告了在控制了同样因素后,以 2010 年至 2013 年为样本和以 2012 年碳排放权交易市场试点政策规划年份为样本时间分界点的稳健性检验结果。除了表 5 和表 7 中第 3 列 $Treat*Post^{2012}$ 交互项估计系数没有在所设定的显著性水平上显著之外,其余结果均稳健地支持实证分析结果。另外,表 5 和表 7 中第 3 列 $Treat*Post^{2012}$ 交互项估计系数虽没有在所设定的显著性水平上显著,但系数为负,这一方面由于电力项目投资量大、不可逆性强和回报周期较长等特征,另一方面,新建和淘汰发电技术项目都需要一定的时间周期,特别是以发电技术项目装机容量这一实物量指标反映投资时,即使企业未来可能面临受到碳排放权交易市场试点的影响而增加高排放发电技术项目运行成本,但对于已投资建设的高排放发电技术项目在没有获得合理的投资回报之前,企业不会轻易淘汰这些已投资和建设高排放发电技术项目。表 8 是以地区火力发电机组平均利用小时数与该地区所有发电机组平均利用小时数的占比或火力发电机组平均利用小时数为被解释变量来反映企业对高排放发电技术项目投资利用状况的稳健性估计结果,均稳健支持了主要结论。

表 5 以发电机组装机容量为被解释变量的稳健性检验结果(2010 年至 2015 年)

解释变量	$Ln K_L$	$Ln K_H$	K_H/K_L	$Ln K_L - Power$
$Post^{2012}$	0.1683 (0.0336) ***	0.3542 (0.1656) **	-0.0044 (0.0111)	0.1472 (0.0646) **
$Treat*Post^{2012}$	0.0649 (0.0331) *	-0.2257 (0.1429)	-0.0195 (0.0113) *	0.0599 (0.0336) *
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份虚拟变量	是	是	是	是
R^2	0.92	0.15	0.23	0.68
样本数	168	167	168	168

注:①变量前加“Ln”表示该变量取了对数。②* $P < 0.01$, ** $P < 0.05$, *** $P < 0.1$,括号内是 t 值。③计算结果保留小数点后 4 位。

表 6 以发电机组装机容量为被解释变量的稳健性检验结果(2010 年至 2015 年)

解释变量	$\ln K_L$	$\ln K_H$	K_H/K_L	$\ln K_{L-Power}$
$Post^{2014}$	0.1696 (0.0341) ***	0.3911 (0.1579) **	-0.0036 (0.0101)	0.1290 (0.0654) *
$Treat* Post^{2014}$	0.0728 (0.0359) *	-0.4282 (0.2900)	-0.0270 (0.0114) **	0.1492 (0.0477) ***
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份虚拟变量	是	是	是	是
R^2	0.92	0.20	0.26	0.70
样本数	168	167	168	168

注:①变量前加“Ln”表示该变量取了对数。②* $P < 0.01$, ** $P < 0.05$, *** $P < 0.1$ 括号内是 t 值。③计算结果保留小数点后 4 位。

表 7 2010 年至 2013 年样本估计结果

解释变量	$\ln K_L$	$\ln K_H$	K_H/K_L	$\ln K_{L-Power}$
$Post^{2012}$	0.0238 (0.0324)	0.1404 (0.1401)	-0.0054 (0.0129)	0.0044 (0.0709)
$Treat* Post^{2012}$	0.0614 (0.0235) **	-0.0761 (0.1187)	-0.0186 (0.0155)	0.1053 (0.0426) **
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份虚拟变量	是	是	是	是
R^2	0.90	0.24	0.29	0.67
样本数	106	105	106	106

注:①变量前加“Ln”表示该变量取了对数。②* $P < 0.01$, ** $P < 0.05$, *** $P < 0.1$ 括号内是 t 值。③计算结果保留小数点后 4 位。

表 8 以火力发电机组平均利用小时数增长率为被解释变量的稳健性检验结果

解释变量	2010 年至 2015 年		2010 - 2013 年样本	
	$PercentTime_H$	$\ln Time_H$	$PercentTime_H$	$\ln Time_H$
$Post^{2012}$	-0.0957 (0.0309) ***	-0.1899 (0.0768) **	-0.0966 (0.0236) ***	-0.0420 (0.0274)

续表

解释变量	2010年至2015年		2010-2013年样本			
	<i>PercentTime_H</i>	<i>ln Time_H</i>	<i>PercentTime_H</i>	<i>ln Time_H</i>	<i>PercentTime_H</i>	<i>ln Time_H</i>
<i>Treat* Post</i> ²⁰¹²	-0.0247 (0.0246)	-0.2517 (0.1106)**			0.0262 (0.0198)	-0.0368 (0.0236)
<i>Post</i> ²⁰¹⁴			-0.0903 (0.0289)***	-0.2187 (0.0758)***		
<i>Treat* Post</i> ²⁰¹⁴			-0.0528 (0.0191)***	-0.1815 (0.0854)**		
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份虚拟变量	是	是	是	是	是	是
<i>R</i> ²	0.39	0.57	0.41	0.56	0.36	0.37
样本数	168	168	168	168	106	106

注:①变量前加“Ln”表示该变量取了对数。②* $P < 0.01$, ** $P < 0.05$, *** $P < 0.1$,括号内是t值。③计算结果保留小数点后4位。

七、结论与政策启示

受限于案例和样本数据选取以及研究方法等约束,将理性预期引入到企业能源项目投资行为的研究还较为缺乏。与此同时,由于能源投资领域存在投资量大、不可逆性、周期长等特点,使得政府制定和实施如碳税、环境管制政策、非化石能源补贴、碳市场等各项政策工具对企业的碳减排激励作用有限。本文尝试将中国碳排放权交易市场试点政策与发电行业项目投资行为相结合,通过将发电技术投资项目分为高排放和低排放的发电技术投资项目类别,从理论和实证两方面验证了政府计划实施碳排放权交易试点政策影响企业理性预期,进而先验地作用于企业对高排放和低排放发电技术项目投资选择行为。结果表明,企业对政府计划在未来实施碳排放权交易市场试点政策存在理性预期,认为试点地区未来运行碳排放权交易市场会额外增加企业投资高排放发电技术项目的碳交易成本,因而,在碳排放权交易市场试点地区,企业从政府发布该项政策实施计划时期起,就开始降低高排放发电技术项目投资和提高低排放发电技术项目投资,特别是显著提高低排放发电技术项目中具有低排放特征的火力发电技术项目投资。同时,该项政策在规划期不会对企业在不同地区的高和低排放发电技术项目投资的实际利用水平产生显著差异。但自政策正式实施后,相比于政策非试点地区,企业在政策试点地区的高排放发电技术项目投资的实际利用水平会有所降低。

本文的理论分析和实证研究说明我国政府制定的碳排放权交易市场政策是有效约束企业环境污染行为的政策工具。这种政策工具的“有效性”不仅指碳减排政策在正式实施之后发挥效果,还包括在碳减排政策的酝酿或规划期,企业获得了在未来某时期将正式实施某项碳减排的政策信息,通过理性预期先验地调整企业的投资决策行为,以适应政府未来正式发布政策的环境。特别是对于投资规模大、周期长、不可逆的能源项目而言,政府宣布未来实施如碳排放权交易市场等政策时,相当于提前向市场发送了碳减排的政策信号,企业依据所获得政策信号,理性地开始调整企业投资决策和行为,降低高排放项目投资和增加低排放项目投资,以适应未来碳减排政策正式实施的环境。虽然本文以碳排放权交易市场试点政策作为研究对象,但以此为借鉴并推理,我国政府制定各类环境管制政策时,可发挥各类环境管制政策工具的预期管理功能,即在环境管制政策的规划期,企业会通过政策信号进行理性预期,先验地调整节能减排行为,以适应未来政府承诺的环境管制目标。

参考文献

- [1]何建坤 2015,《推动能源革命实现国家自主决定贡献目标》,《光明日报》2015年7月2日。
- [2]林伯强 2006,《中国电力发展:提高电价和限电的经济影响》,《经济研究》第5期,第115~126页。
- [3]林伯强和牟敦果 2009,《高级能源经济学》,中国财政经济出版社。
- [4]林毅夫、蔡防和李周,1999,《中国的奇迹:发展战略与经济改革》(修订版),上海三联书店和上海人民出版社。
- [5]莫建雷、段宏波、范英和汪寿阳 2018,《〈巴黎协定〉中我国能源和气候政策目标:综合评估与政策选择》,《经济研究》第9期,第168~181页。
- [6]田国强、赵禹朴和宫汝凯 2016,《利率市场化、存款保险制度与银行挤兑》,《经济研究》第3期,第96~109页。
- [7]俞乔和刘家鹏 2013,《系统性风险控制与动态逆势投资研究》,《经济研究》第2期,第68~82页。
- [8]庄子罐、崔小勇、龚六堂和邹恒甫 2012,《预期与经济波动——预期冲击是驱动中国经济波动的主要力量吗?》,《经济研究》第6期,第46~59页。
- [9]Arellano, María - Soledad and Serra Pablo. 2007. "A Model Of Market Power In Electricity Industries Subject To Peak Load Pricing" *Energy Policy*, 35(10) : 5130 ~ 5135.
- [10]Aumann Robert J. and Jacques H. Dreze. 2008. "Rational Expectations in Games" *American Economic Review* 98(1) : 72 ~ 86.
- [11]Bai J. and Perron P. 1998. "Estimating And Testing Linear Models With Multiple Structural Changes" *Econometrica* 66(1) : 47 ~ 78.
- [12]BP. 2019. "Statistical Review of World Energy" *UK London*.
- [13]Brauneis Alexander, Roland Mestel and Stefan Palan. 2013. "Inducing Low - Carbon Investment In The Electric Power Industry Through A Price Floor For Emissions Trading" *Energy Policy* 53(C) : 190 ~ 204.
- [14]Bonenti Francesca, Oggioni Giorgia, Allevi Elisabetta and Marangioni Giacomo. 2013. "Evaluating the EU ETS Impacts on Profits, Investments and Prices of the Italian Electricity Market" *Energy Policy*, 59(8) : 242 ~ 256.
- [15]Brown P. David. 2018. "Capacity Payment Mechanisms and Investment Incentives in Restructured Electricity Markets", *Energy Economics* 74(8) : 131 ~ 142.
- [16]Dong Feng, Dai Yuanju, Zhang Shengnan, Zhang Xiaoyun and Long Ruyin. 2019. "Can A Carbon Emission Trading Scheme Generate The Porter Effect? Evidence From Pilot Areas in China", *Science of The Total Environment*, 653(2) :

- 565 ~ 577.
- [17] Duan, H. B., G. P. Zhang, L. Zhu, Y. Fan and S. Y. Wang. 2016. "How will Diffusion of PV Solar Contribute to China's Emission – peaking and Climate Response?" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53(1): 1076 ~ 1085.
- [18] Friedman, M. . 1968. "The Role of Monetary Policy" , *American Economic Review* , 58(1) : 1 – 17
- [19] Hall, C. A. S. , Lambert, J. G. and Balogh, S. G. . 2014. "EROI of Different Fuels and The Implications for Society" , *Energy Policy* , 64(1) : 141 ~ 152.
- [20] Hiloidhari Moonmoon, Kathleen Aratjo, Shilpi Kumari, D. C. Baruah, T. V. Ramachandra, Rupam Katak and I. S. Thakura. 2018. "Bioelectricity From Sugarcane Bagasse Co – generation In India? An Assessment Of Resource Potential, Policies And Market Mobilization Opportunity For The Case Of Uttar Pradesh" *Journal of Cleaner Production* , 182(1) : 1012 ~ 1023.
- [21] Hodge, D. . 2017. "The Remarkable Persistence Of The Rational Expectations Hypothesis" , *Journal for Studies in Economics and Econometrics* , 2017 47(2) : 19 ~ 44.
- [22] Huber, Matthias and Weissbart, Christoph. 2015. "On The Optimal Mix of Wind and Solar Generation In The Future Chinese Power System" , *Energy* , 90(10) : 235 ~ 243.
- [23] Laurikka H and Koljonen T. . 2006. "Emissions Trading And Investment Decisions In The Power Sector—A Case Study In Finland" , *Energy Policy* , 34(9) : 1063 ~ 1074.
- [24] Li Feifei, Xu Zhe and Ma Hui. 2018. "Can China Achieve its CO₂ Emissions Peak By 2030?" *Ecological Indicators* , 84(1) : 337 ~ 344.
- [25] Li Jifeng, Ma Zhongyu, Zhang Yaxiong and Wen Zhichao. 2018. "Analysis on Energy Demand and CO₂ Emissions in China Following the Energy Production and Consumption Revolution Strategy and China Dream Target" *Advances in Climate Change Research* , 9(1) : 16 ~ 26.
- [26] Li Mingquan and Patiño – Echeverri Dalia. 2017. "Estimating Benefits and Costs of Policies Proposed in the 13th FYP to Improve Energy Efficiency and Reduce Air Emissions of China's Electric Power Sector" *Energy Policy* , 111(12) : 222 ~ 234.
- [27] Lucas, Robert E. Jr. . 1998. "Optimal Investment with Rational Expectations" , in R. Lucas and T. Sargent(eds.) " , Rational Expectations and Econometric practice" *Minneapolis University of Minnesota Press*.
- [28] Lucas, R. E. . 1973. "Some International Evidence on Inflation – output Tradeoffs" *American Economic Review* , 63(3) : 326 ~ 334.
- [29] Lucas R. E. . 1976. "Econometric Policy Evaluation: A Critique" , In Brunner K. and Meltzer A. H. (eds) " Stablization Of The Domestic and International Economy" *Amsterdam and New York North – Holland, Carnegie – Rochester Series on Public Policy*.
- [30] Luis Uzeda and Callum Jones. 2013. "Detection Of Anticipated Structural Changes In A Rational Expectations Environment" *Applied Economics Letter* , 20(14) : 1322 ~ 1327.
- [31] Muth J. F. . 1961. "Rational Expectations And The Theory Of Price Movements" *Econometrica* 29(3) : 315 ~ 335.
- [32] Rddy B. Sudhakara. 2018. "Economic Dynamics and Technology Diffusion in Indian Power Sector" *Energy Policy* , 120(6) : 425 ~ 435.
- [33] Szolgayova J. and Fuss S. Obersteiner M. . 2008. "Assessing The Effects of CO₂ Price Caps On Electricity Investments—A Real Options Analysis" *Energy Policy* , 36(10) : 3974 ~ 3981.
- [34] Tong Dan, Zhang Qiang, Davis J. Steven, Liu Fie, Zheng Bo, Geng Guannan, Xue Tao, Li Meng, Hong Chaopeng, Lu Zifeng, Streets G. David, Guan Dabo and He Kebin. 2018. "Targeted Emission Reductions From Global Super – Polluting Power Plant Units" *Nature Sustainability* 1(1) : 59 ~ 68.
- [35] Wallis F. Kenneth. 1980. "Econometric Implications Of the Rational Expectations Hypothesis" *Econometrica* , 48(1) :

329 ~ 354.

- [36] Wang B. , Liu L. , Huang G. H. , Li W. and Xie L. Y. . 2018. “Effects Of Carbon And Environmental Tax On Power Mix Planning – A Case Study Of Hebei Province , China” *Energy* , 143(1) : 645 ~ 657.
- [37] Zhang Yue, Jun , Peng Yulu , Ma Chaoqun and Shen Bo 2017, “Can environmental innovation facilitate carbon emissions reduction? Evidence from China” , *Energy Policy* , 2017 , 100(1) : 18 ~ 28.
- [38] Zhang Xu , Qi Tianyu , Ou Xunmin and Zhang Xiliang. 2015. “Research on the Energy and Economic Impacts of Multi – region Linked Emissions Trading System” *Energy Procedia* , 75(8) : 2495 ~ 2503.
- [39] Zhao Xiaoli , Zhao Yue , Zeng Saixing and Zhang Sufang. 2015. “Corporate Behavior And Competitiveness: Impact Of Environmental Regulation On Chinese Firms. ” *Journal of Cleaner Production* 86(1) : 311 ~ 322.

Rational Expectations and Energy Investment: A Natural Experiment Based on China’s Commitment to Carbon Dioxide Emissions Abatement

XIE Li ZHENG Xinye

(School of Trade and Economics , Hunan University;
School of Applied Economics , Renmin University of China)

Summary: At the G20 Summit in Hangzhou , China , in 2016 , China submitted its instrument of ratification of the Paris Agreement to the UN , and made a solemn commitment to the international community to meet its voluntary emission reduction targets , as follows “China will reach its peak in carbon dioxide emission before 2030 and its intensity of carbon dioxide emission will decrease by 60% to 65% in 2030 compared to that in 2005. ” To achieve this goal , the Chinese government has not only dynamically adjusted its energy conservation and emission reduction policies , but also tried to establish a carbon – trading market. However , the development of enterprises entails considerable pollution , and corporate energy projects are characterized by a large investment scale , long cycles , and strong irreversibility; thus the effect of carbon emission reduction policy tools is limited.

Due to constraints on the selection of cases , sample data , and research methods , research is still lacking on how to introduce rational expectation to investment behavior in corporate energy projects. As an important policy tool for the government to realize carbon dioxide emission reductions , China’s pilot carbon – trading market offers a concrete natural experimental setting to test whether corporate rational expectations affect energy investment behavior. In late 2011 , the Chinese government approved regional pilots for a carbon – trading market in seven provinces and cities by the end of 2013 , including Beijing and Shanghai , thus sending an important signal to the market. It means that corporate investment in or operation of high carbon emission projects may increase carbon – permit costs in the future , which may encourage enterprises to adjust investment decisions and operations in relation to high – and low – emission energy projects. At the same time , the power generation industry is not only the largest consumer of energy , especially fossil energy , but also the main source of carbon dioxide and other pollutants.

Therefore , this paper investigates the effect of China’s carbon – trading market pilot policy on the

investment behavior of power generation projects in China. By dividing power generation investment projects into high – emission and low – emission categories , the installation capacity of power generation technology or the average utilization hours of power generation projects and other physical measures are used to reflect enterprises' actual investment in power generation projects or effective utilization of the investment. On this basis , it is possible to construct a theoretical model of the investment behavior of inter – period enterprise power generation projects. The difference – in – differences method is adopted to empirically test how the government's carbon – permit market pilot policy affects enterprises' application of rational expectations to investment in power generation projects. The results show that companies have rational expectations of the carbon – trading market pilot to be implemented by the government in the future. In the pilot regions , enterprises began to adjust their investment in high – emission and low – emission power generation technology when the government issued the plan , which significantly reduced investment in high – emission power generation projects and increased investment in low – emission power generation projects. In particular , they significantly increased investment in thermal power generation projects with low – emission characteristics.

This study broadens research on the application of rational expectation to energy project investment , and demonstrates the existence of rational expectation in the investment behavior of energy projects. Even more importantly , it indicates that the planning period before the formal implementation of environmental regulation policy by the government will have the expected management effect on the investment behavior of enterprises. By signaling its emission reduction policies to promote enterprises' prior adjustment , the government can better meet its emission reduction commitments.

Keywords: Rational Expectations , Investment Behavior , Carbon – permit Market

JEL Classification: E22 , L94 , Q43

(责任编辑: 林梦瑶) (校对: ZL)