DOI:10.19511/j.cnki.jee.2020.04.002

提前公告的减排政策是否会导致绿色悖论?
——来自欧盟碳排放权交易体系的证据

诸思齐　蔡晶晶*

摘要:绿色悖论指出,有时政府雄心勃勃的减排政策,反而可能因为前瞻性生产者的动态供给侧反应,对温室气体排放造成适得其反的效果。本文利用欧洲各国加入碳排放权交易体系的时间差异,采用双重差分模型对比了过渡期间欧盟15国和其他国家化石燃料占比及二氧化碳排放量变化的差异。回归结果表明,相比公告前,公告后欧盟15国的化石燃料占总能源百分比相对其他欧洲国家平均上升2.116%,化石燃料碳排放量相对增加1002万吨,为绿色悖论的存在提供了支持性证据。由此提醒环境政策制定者对需求侧和供给侧的反应进行系统性的考虑,有意识地结合其他政策工具,抑制绿色悖论产生的负面效应。

关键词:绿色悖论;欧盟碳排放权交易体系;提前公告;减排政策

一、引言

随着全球气候变暖问题日益严峻,各国政府开始运用行政手段,如制定环境政策来应对这个问题。从《京都议定书》到《巴黎协定》,国际气候谈判作出一系列旨在抑制全球气候变暖的承诺。各国政府也陆续对环境政策做出了一系列探索,其中欧洲各国的减排政策实施在全球处于领先地位。1990年北欧各国最先开始征收碳税,2005年欧盟碳排放权交易体系(EU ETS)开始实施,逐渐形成了稳定的碳排放权交易市场。然而,正如Pindyck(2017)指出的,人们在碳排放社会成本的估计上缺乏共识,对征收多少碳税的问题很难达成一致,对现行减排政策的有效性也存在一定质疑。Sinn(2008)首次提出"绿色悖论"的概念,质疑减排政策的有效性。Sinn(2008)认为,化石燃料排放的二氧化碳——温室气体的最大来源,可能不会因那

*诸思齐,厦门大学经济学院,邮政编码:361005,电子信箱:siqizhu1999@outlook.com;蔡晶晶(通讯作者),厦门大学经济学院,邮政编码:361005,电子信箱:crystalgly@xmu.edu.cn。

本文系国家自然科学基金项目"基于社会规范与行为视角的生态系统服务付费:理论、实验与应用"(71774136),教育部人文社会科学研究规划基金项目"社会-生态耦合视角下生态系统服务付费的机制设计与有效性评估"(17YJA630003)的阶段性成果。感谢匿名审稿专家的评审意见,文责自负。

些旨在抑制需求的气候政策而减少。相反,生产者具有前瞻性,他们的预期和追求利润最大化的行为甚至可能导致温室气体排放增加,使情况相较没有减排政策时变得更糟,从而引发“绿色悖论”。Gerlagh(2011)又从时间维度区分了弱绿色悖论和强绿色悖论。弱绿色悖论指短期温室气体排放增加的情形;强绿色悖论则关注长期效应,指化石燃料所有者加速开采的动机最终增加了累积损害和当前成本。本文拟从弱绿色悖论角度,检验减排政策的有效性,发现可能存在的问题,促进减排政策及时调整、改进。

欧盟碳排放权交易体系是世界上第一个涵盖多国家、多行业,且具有强制约束力的总量管制与排放交易体系。从其实施的第二阶段(2008年)开始,EU ETS已覆盖了欧盟45%的二氧化碳排放总量和接近40%的温室气体排放总量(Ellerman & Buchner, 2008),现已成为全球最大的碳排放权交易市场。但和大部分减排政策一样,EU ETS存在提前公告的问题,即政策的提出和实施之间存在时滞,因此人们可以预期到该政策的实施,这种预期可能导致绿色悖论的产生,降低减排政策有效性。

在欧盟范围内建立排放权交易体系的构想始于上世纪90年代末,最初目的是确保当时的15个欧盟成员国能够在《京都议定书》规定的第一阶段(2008—2012年)履行承诺。此前,美国、英国、丹麦已率先开始尝试排放权交易体系,但这些尝试大都建立在自愿基础上或是仅覆盖单一行业,建立碳排放权交易体系的经验仍然缺乏。欧盟碳排放权交易体系从最初提出到正式实施经历了漫长的探索过程。1999年在讨论《京都议定书》的具体实施时,EU ETS的构想首次被提出。2000年,欧盟委员会发布的欧盟内部温室气体排放交易绿皮书丰富了这一构想,就该体系的约束性提出了若干选择,并在制度框架方面提出建议。直到2001年10月,欧盟委员会关于建立内部温室气体排放权交易体系的指令提案(Directive Proposal)将这一建议定义为一项“环境措施”,因此基于欧盟有关条约(即Article 175(1) of the EU Treaty),这意味着其被理事会以有条件的多数通过,并将与欧洲议会开启共同决定程序。该提案建议建立一个强制性体系,从二氧化碳排放入手;以1997年《负担分担协定》为基础,通过祖父制分配津贴;超过分配量的二氧化碳排放按照50欧元每吨进行罚款(Wettestad,2005)。随后,经过欧洲议会两轮讨论的修订,最终版本在2003年得到一致通过(EU ETS Directive 2003/87/EC),于2005年开始第一阶段的试运行(齐绍州、王薇,2020)。

从以上建立过程可以看出,EU ETS从提出到实施存在长达数年的时滞。同时,在欧盟签订《京都议定书》的背景下,欧盟内部关于环境问题的讨论达到前所未有的高度,成员国预期未来将有严苛的减排政策。逐渐增强的预期和存在实施滞后的政策为绿色悖论的出现提供了可能。尽管大部分关于EU ETS的研究着眼于其实施(2005年)后对成员国碳排放量的影响,但是仍然可以从这些文献中得出一些关于绿色悖论存在性的猜测:如在Jaraite-Kažukauske和Di Maria(2016)、Klemetsen等(2016)对欧盟碳排放权交易体系的研究中,部

分相关数据显示绿色悖论或许存在。Klemetsen 等(2016)利用挪威工厂级数据,按进入时间的不同对工厂进行分组,发现在第一阶段(2005年)和第二阶段(2008年)被纳入交易体系的工厂的碳排放密度在过渡时期(2001—2005年)大幅上升,而在此期间,第三阶段进入和不进入体系的工厂的碳排放密度则有所下降。Jaraite-Kažukauske和Di Maria(2016)利用立陶宛的工厂级数据得到了相似的结论,他们发现虽然碳排放量没有明显的变化趋势差异,但受EU ETS管制企业的平均碳排放密度从2003年开始持续攀升,直到2005年开始下降。

值得注意的是,欧盟碳排放权交易体系从最初15个成员国发展到现在的31个国家,这一扩张是分步完成的:2004年5月1日,10个东欧成员国宣布加入欧盟,之后这些国家才开始着手与欧盟碳排放权交易体系对接;2007年初,欧盟将罗马尼亚、保加利亚纳入其中;从2008年开始,欧洲经济区的其他三个国家(挪威、冰岛和列支敦士登)也被纳入这一体系。因此有理由认为,欧盟内部对这一政策始于上世纪90年代末的漫长讨论,并不会使这些后加入者在过渡期形成如同最初15个成员国一般强烈的预期。

考虑到欧盟碳排放权交易体系多国家、多行业、强制性的特点,欧盟成员国进入体系时间存在差异,以及政策实施的滞后性,本文以欧盟碳排放权交易体系为例,研究提前公告的减排政策是否会导致弱绿色悖论。一方面,其强制性避免了样本自选择问题;另一方面,作为世界范围内最大的碳排放权交易体系,它涵盖多个在地理位置上相近的国家,削弱了大多数单边政策存在的空间碳泄露问题。最后,根据各国加入时间的差异,EU ETS为进行双重差分提供了条件。本文拟利用进入时间的区别,将最初的欧盟15国(EU 15)作为处理组,将2004年后加入欧盟、在过渡期间(2001—2004年)不受预期影响的其他欧洲国家作为对照组①,探究欧盟碳排放权交易体系的提前公告是否在过渡期使处理组的碳排放较对照组显著上升,从而产生Sinn(2008)所谓的绿色悖论。

在欧盟碳排放权交易体系之后,加拿大、新西兰、澳大利亚等国先后建立碳市场,中国也于2013年开始在七省市进行试点并计划逐步推广至全国。碳市场已逐渐成为各国减排政策的主要形式,但其在建立过程中总是存在较长的政策时滞。本文针对欧盟碳排放权交易体系进行研究,也能为我国碳交易市场的建立提供参考,提醒政策制定者有意识地降低绿色悖论出现的可能性。

二、文献综述

Hotelling(1931)提出了可耗竭资源开采的霍特林规则。可耗竭资源的所有者因其资源的稀缺性而享有稀缺租金,可以得到高于边际开采成本的价格。霍特林认为,理性的资源所有

①EU ETS涵盖的所有31个国家中,有15个国家在2004年之前加入了欧盟,因此在EU ETS被提出到实施的过渡期内(2001—2004),他们会受到预期的影响,可能产生绿色悖论;其余国家在2004年之后分批加入,因此认为在这之前他们不会受到预期影响,作为对照组。

者的开采活动将遵循跨期套利均衡条件,使地下资产的收益率等于将其开采出来得到货币资产的收益率。根据霍特林规则,拥有产权保障的理性资源所有者将通过在长期分配开采活动,使资源租金按贴现率增加(即各期的稀缺租现值相等),从而使其利润的净现值最大化。因此,在未来减排政策将更为严格的情况下,具有前瞻性的可耗竭资源所有者预期到稀缺租金将下降,为维持利润最大化,可能有动力加速其开采活动,从而在短期内导致更多的温室气体排放。

以霍特林模型为基础,Sinn(2008)提出绿色悖论的概念,指出旨在减排的政策可能造成相反的效果。若政府为对抗气候变化问题而出台严苛的减排政策,以此来限制能源消费,但忽视供给侧的动态反应,可能会使大量化石燃料进入市场,导致供应激增,最终导致碳排放增加,与最初政府的设想背道而驰。近年来,随着环境问题日益突出,绿色悖论成为国内外学者热议的话题。

(一)绿色悖论在国外的研究发展

在Sinn(2008)提出"绿色悖论"的概念之后,Gerlagh(2011)区分了弱绿色悖论和强绿色悖论。弱绿色悖论指如果逐渐严苛的减排政策威胁到未来稀缺租金,那么根据霍特林规则,为了最大化其净现值,前瞻性资源所有者将加速他们的开采活动,导致短期的温室气体排放增加。强绿色悖论则关注长期效应,指化石燃料所有者加速开采的动机最终增加了累积损害和当前成本。

根据Gerlagh(2011)的定义,一系列文献通过建模分析探讨了不同政策情境下绿色悖论出现的可能性。但是,由于现实的复杂性,当这些文章在边际开采成本、是否存在替代品和空间碳泄漏等多个方面采取不同假设时,往往得出不同的结论。Van der Werf和Di Maria(2012)将相关研究根据政策类别的不同分类,归纳出几类在不同假设下可能导致绿色悖论的气候政策。

第一类政策是随着时间推移而逐步上升的碳税。Hoel(2012)、Hoel和Jensen(2012)分别提出了两种模型来研究这一类政策:Hotelling(1931)模型和Heal(1976)模型。这两种模型之间的差异在于边际开采成本是外生给定的,还是取决于资源存量随时间推移而逐渐增加的。在Hotelling模型中边际开采成本被视为外生给定,因此当碳税增长快于贴现率增长时,两种形式的绿色悖论均有可能出现。Heal模型将边际开采成本视为内生的,随着时间推移,资源存量日益减少,边际开采成本逐渐上升。此时只有当碳税增长率高于开采成本增长率时,近期排放量才会增加从而引起弱绿色悖论(Hoel,2012)。在边际开采成本递增假设下,一定时点后,开采化石能源不再是有利可图的,因此,部分化石能源将被留存在地下。只要累积开采量的减少抵消了早期开采量增加带来的负面影响,就不会发生强绿色悖论(Van der Werf & Di Maria,2012)。尽管相关文章在其他方面的假设各不相同,但在边际开采成本方面的分析

大多基于这两个模型。

其余两类可能导致绿色悖论的政策是具有时滞的政策和对替代能源进行补贴。这两类政策与碳税的逻辑类似。因为通常补贴可以看作对税收的替代,而具有时滞的政策可以被视为一种特殊的碳税,其开始的税率为零。Gerlagh(2011)研究发现对清洁替代品的补贴一定程度上会导致碳排放的增加。Di Maria等(2012)、Eichner和Pethig (2011)都使用Hotelling模型来分析具有时滞的总量交易政策的影响。Di Maria 等(2012)还考虑了化石燃料的异质性,指出各类化石燃料之间含碳量不同,因而具有不同的碳排放强度。当预期未来减排政策更为严格时,资源所有者不仅可能开采更多,也可能转向含碳量更高的化石燃料,进一步加剧绿色悖论效应,即所谓的"顺序效应"。这提醒研究者们,在分析绿色悖论出现的可能性时既要考虑生物能等清洁替代能源,也要考虑含碳量更高的"肮脏"替代能源。最后,当考虑空间碳泄露时,不对称的单边减排政策也存在诱发绿色悖论的可能性。

以理论模型分析为基础,关于绿色悖论的实证研究逐渐发展起来。Di Maria等(2014)对绿色悖论进行了第一个实证检验,他们使用工厂级别的数据和双重差分模型研究了美国酸雨项目的时滞性对煤炭价格、煤炭消费量以及煤炭含硫指数的影响。他们发现,随着1990年该计划的宣布,煤炭现货价格下跌了,这与绿色悖论是一致的。但是他们并没有发现如绿色悖论所预期的煤炭开采量增加。煤炭现货市场缺乏流动性、大量长期供给协议的存在以及大多工厂已经满负荷生产,可能是导致这一案例下绿色悖论证据不足的原因(Jensen et al.,2015)。此外,Hotelling规则基于稀缺性资源给所有者带来稀缺租金这一假设,但相比其他化石能源,煤炭的稀缺租金较低,这可能也是导致这一实证研究对绿色悖论的支持证据较弱的原因。Grafton等(2014)则使用美国的汇总数据来研究生物燃料补贴对石油生产的影响。他们发现,在1981年到2011年期间,美国对生物燃料的补贴与化石燃料的开采呈正相关,显示出弱绿色悖论的证据。

近年来,一些学者开始对绿色悖论的探究及涵义进行了拓展,不再局限于传统对绿色悖论的认识。如Najm(2019)认为,过去关于绿色悖论的文献过于狭隘地关注环境法规的动态,而忽视了化石燃料生产商的政治经济因素,应该将全球石油生产商视为利润最大化的同质群体。Najm(2019)提出不同的生产商受到不对称的激励,拥有监管者和生产者双重身份的威权生产者如沙特阿拉伯,和民主国家的私人石油生产商对环境法规有不同的反应,并通过对比美国和沙特替代能源的政策驱动轨迹对石油生产的不同影响验证了这一观点。Gerlagh和Heijmans(2019)则驳斥了Perino(2018)认为EU ETS有关市场稳定储备(MSR)的新规①能刺穿

①为稳定交易价格,欧盟在2015年实施了市场稳定储备(MSR),决定如果市场上的储存总量超过某个阈值,明年的部分配额将进入MSR而不是市场,但将在未来阶段重新投放市场。也就是说,MSR减少了短期排放,但没有减少累积排放限额。欧盟在2018年进一步调整了MSR的运作方式:当MSR的规模高于年度拍卖时,所有超过这一门槛的补贴将被永久取消(Gerlagh & Heijmans,2019)。

水床效应[①]的观点。他们通过建立理论模型并进行定量分析,认为EU ETS 2018年对MSR的新规定使得ETS的配额总量变为内生,而具有内生排放上限的排放权交易体系因为其配额供给对需求的动态反应,导致了一个新绿色悖论。

(二)绿色悖论在国内的研究发展

相较国外而言,国内对绿色悖论的研究发展较晚,但随着我国对环境问题的重视,近年来有关的讨论也日益激烈。国内文献更多集中在实证分析,且大都和国内的政治经济制度因素相结合。张华(2014)从地方政府竞争视角解读绿色悖论,发现相邻地区在纯粹的环境规制上表现为"竞争向上"型,但在地方政府竞争的影响下,相邻地区的环境规制则显著促进了碳排放,引发环境规制竞争的"逐底效应"和"绿色悖论"现象。Zhang等(2017)创造性地从财政分权角度对绿色悖论进行实证研究,发现单纯的环境政策可以减少碳排放,但是当财政分权加强时,环境政策反而具有负效应,而这一负效应在直辖市显著弱于其他地区。李程宇和邵帅(2017)则从供给侧改革的视角进行实证研究,发现单独的碳税政策不会引发"绿色悖论"效应,而碳税政策与考虑资本市场反映的供给侧改革情景下,引发"绿色悖论"效应的可能性大大提升。这些研究的结论说明减排政策的有效性受到多种因素的共同制约,政策制定者应综合考虑社会、经济、生态等各项政策目标,在制定减排政策时从系统性出发,和其配套的政治经济制度相协调,才能有效抑制如绿色悖论等负面效应。

还有一些文献着眼于环境规制的双重效应,如张华和魏晓平(2014)采用两步GMM法,发现环境规制对碳排放影响呈倒U型曲线,即随着环境规制强度由弱变强,影响效应由"绿色悖论"效应转变为"倒逼减排"效应。周肖肖等(2015)也发现环境规制与人均能源消费呈现倒U型关系,即只有超越一定门槛,环境规制的节能效用才能显现。这启示政策制定者加强环境规制,全方位优化环境规制政策体系,加速倒U型曲线拐点的到来。

综合来看,随着人们对环境保护的日益重视,绿色悖论近年来已成为国内外学者积极探讨的议题,但是关于绿色悖论的存在性仍然有争议,亟需通过更多实证研究进行检验。尽管强绿色悖论因为其较长的时间跨度而难以检验,但是一些学者提出,我们可能已经在经历着弱绿色悖论。因为不仅来自政府的官方宣布会导致资源所有者预期未来更为严格的减排政策,近十几年来对气候变化持续上升的关注和日益激烈的辩论也在无形中增强了这一预期。考虑到这种可能性和实证研究的可行性,本文以欧盟碳排放权交易体系为例检验弱绿色悖论存在的可能性。以往国内绿色悖论的实证研究大多仅包含对碳排放相关变量或能源消费变量的检验,而忽视了对绿色悖论机制的研究。本文同时将化石燃料百分比和化石燃料碳排放

①水床效应(waterbed effect)是指由于一些补充性政策,如支持可再生能源或逐步淘汰煤炭等,使得某些排放有所减少(Bertram et al.,2015),但由于排放上限固定,排放总量不会改变。相反,在ETS监管下的其他排放增加,且泄漏率为100%。

量作为因变量，更好地阐明了绿色悖论的机制。此外，本文展示了存在绿色悖论时提前公告减排政策的成本收益分析，为国内碳排放权交易体系建立过程提供参考，启示政策制定者在机制设计过程中考虑绿色悖论带来的环境负效应，有意识地减弱绿色悖论。

三、研究方法与模型构建

（一）研究方法

本文利用各国进入时间的区别，借鉴“准自然实验”和“双重差分模型”的方法，估计欧盟碳排放权交易体系相关政策的提前公告对各国碳排放产生的因果效应的大小，从而探究绿色悖论的存在性。政策的提前公告一方面导致了处理组的碳排放量在公告前后的差异，另一方面又导致了同一时点处理组与对照组之间的差异，双重差分模型有效控制了其他因素的影响和处理组与对照组之间的事前差异，进而识别出政策提前公告所带来的因果效应。采用双重差分模型研究绿色悖论和环境政策有效性是一种较为普遍的方法，例如Di Maria等（2014）利用双重差分和三重差分模型研究美国酸雨项目公告效应对绿色悖论的影响。因此，本文采用双重差分模型，将最初的欧盟15国（EU 15）作为处理组，将2004年之后加入欧盟、在过渡期内不受预期影响的其余国家作为对照组，探究欧盟碳排放权交易体系是否在过渡时期使处理组的碳排放较对照组显著上升，产生Sinn（2008）所谓的弱绿色悖论。

欧盟碳排放权交易体系在建立过程中存在多个关键时点。本文将2001年欧盟委员会指令提案的出台作为过渡时期的起点，原因在于它正式将排放交易体系定义为“环境措施”，基于欧盟条约，这意味着其被理事会以有条件的多数通过，并在之后与欧洲议会开启共同决定程序；同时该提案首次建议建立一个强制性体系并提出惩罚措施。相较于之前仅作为政策建议的绿皮书，这份提案体现出更强的约束性，首次释放了欧盟将建立交易体系的明确信号。此后的欧洲议会共同决定程序，就分配方式、覆盖范围等进行了更详细的商讨，但并未改变其作为强制性体系的实质。因此虽然关于排放交易体系的最终指令于2003年得到一致通过，但将2003年作为过渡时期的起点似乎太晚。有理由认为，在2001年欧盟委员会指令提案公告后，成员国已经预期到在未来它将面对更加严格的减排政策——欧盟碳排放权交易体系。

（二）模型构建

本文将以2004年欧盟东扩前的EU 15国为处理组（受到公告的影响），之后加入的国家为对照组，以2001年为过渡期起点，进行双重差异分析。分别以化石燃料碳排放量、化石燃料在总可用能源中所占的比例为因变量，检验政策提出前后，两组间因变量差异是否显著。经豪斯曼检验，以化石燃料百分比、化石燃料碳排放量为因变量时，p值均小于0.1，因此选择固定效应模型。参考Di Maria等（2014）研究美国酸雨项目的绿色悖论存在性时采用的模型，本文构建如下模型：

$$Y_{i,t}=\beta_{0,i}+\beta_{1,n}+\beta_2 Post\times ETS_i+\beta_3 x'_{i,t}+u_{i,t} \quad (1)$$

式(1)中,$Y_{i,t}$ 为因变量,表示一个国家在某一年的化石燃料碳排放量或化石燃料占总可用能源百分比。$\beta_{0,i}$ 和 $\beta_{1,n}$ 分别表示个体固定效应和年份固定效应。$Post\times ETS_i$ 为虚拟变量 *Post* 和 *ETS* 的交互项,其中 *Post* 为时间虚拟变量,对于2001年及之后年份 *Post* =1,否则 *Post* =0。*ETS* 为处理变量,对于EU 15国即处理组,*ETS* =1,其余国家 *ETS* =0。因此,$Post\times ETS_i$ 的系数 β_2 即为处理效应,表示在欧盟出台关于排放交易系统的指导提案后,处理组EU 15国相对对照组的平均因变量差异与出台前两组间差异的差值。根据弱绿色悖论,预期未来将受制于排放权交易体系的国家,其资源所有者将有短期内增加能源开采的激励,表现为在2001年后,处理组的平均碳排放量、化石燃料占总可用能源百分比显著高于对照组,即 $\beta_2>0$。$x'_{i,t}$ 为一组控制变量,包括实际GDP的自然对数值、工业增加值占比、能源税占比①、贸易开放程度等。实际GDP反映了各国生产能力,工业增加值占比反映了各国产业结构,能源税占比衡量了各国环境规制强度,而贸易开放程度影响各国间的空间碳泄露,本文参考Zhang等(2017)的做法,以商品及服务进出口占GDP百分比衡量一国贸易开放程度。各变量定义及其单位见表1。

表1　变量定义及单位

变量名	单位	定义
化石燃料碳排放量	百万吨二氧化碳	化石燃料(石油、天然气、煤)燃烧产生的碳排放
化石燃料百分比	%	化石燃料占总可用能源百分比
Post	——	2001年及之后年份 *Post* =1;2001年之前 *Post* =0
ETS	——	处理组(EU 15国) *ETS* =1;对照组(其他国家) *ETS* =0
$Post\times ETS_i$	——	交互项
ln(*GDP*)	——	实际GDP(2010年美元)的自然对数
能源税占比	%	能源税收占税收及社会贡献总收入的百分比(不包括估算的社会贡献)
工业增加值占比	%	工业增加值占GDP百分比
贸易开放程度	%	商品及服务进出口占GDP百分比

四、实证检验

(一)样本选取与数据来源

本文选取目前欧盟碳排放权交易体系包含的31个国家1995年至2004年的年度数据作为样本,以2001年欧盟委员会指令提案的出台为过渡期的起点。1995—2000年为公告前,对照组和处理组的组间差异是 D_0,2001—2004年是公告后(即过渡期),组间差异是 D_1,因此公

①欧盟统计局根据税基将环境税划分为能源税、交通税、污染税和资源税。据欧盟统计局的界定,二氧化碳与化石燃料之间存在密切联系,因此将其归入能源税范畴。

告效应即是 D_1-D_0。2005年1月1日欧盟碳排放权交易体系第一阶段开始实施,因此在检验绿色悖论时样本选取截止到2004年。因数据可得性,删去了列支敦士登。又考虑到挪威虽然于2008年才被纳入欧盟碳排放权交易体系,但在此之前已在本国建立起排放交易体系(2001年发布白皮书,2005年开始实施第一阶段),为避免歧义,选择在样本中删去挪威。此外,在最初15个欧盟国家中,丹麦①、英国②曾先于EU ETS开始尝试在本国内建立碳排放权交易体系,故选择删去丹麦和英国。因此,本文使用的样本中最终包括27个国家1995—2004年的数据,其中13个国家属于处理组,14个国家属于对照组。

本文结合了国际能源署(IEA)、世界银行(World Bank)以及欧盟统计局(Eurostat)的数据。其中,关于碳排放的数据来源于IEA;各国实际GDP、工业增加值占比、贸易开放程度的数据来自世界银行;各国化石燃料占总可用能源百分比以及关于能源税的数据来自欧盟统计局。

(二)描述性统计

表2展示了处理组和对照组在1995—2004年间化石燃料碳排放(百万吨二氧化碳)、化石燃料百分比(%)、实际GDP(单位为10亿,2010年美元)的描述性统计结果,可以看出这些变量在组间和组内均有较大差异。处理组的化石燃料碳排放量以及实际国内生产总值显著高于对照组。在化石燃料百分比方面,处理组平均较对照组高出约一个百分点。

表2　　描述性统计

EU 15国(除丹麦、英国)	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
化石燃料碳排放量	130	192.977	222.292	7.06	878.78
化石燃料百分比	130	79.502	16.994	38.1	98.67
实际GDP	130	854.369	938.439	30.556	3179.778
EU其他国家	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
化石燃料碳排放量	140	53.09	79.138	1.96	345.22
化石燃料百分比	140	78.659	17.636	29.18	100
实际GDP	140	67.934	81.385	5.567	366.948

相比均值,增长率更能反映两组在过渡期前后的差异。表3对比了2001年前后,处理组和对照组化石燃料碳排放、化石燃料百分比和实际GDP的年平均增长率。从表中可以看出,在2001年后处理组和对照组的化石燃料碳排放量和化石燃料百分比均有所上升。其中处理组的化石燃料百分比年平均增长率由2001年以前的负增长转变为2001年之后的0.2554%;

①1999年6月,丹麦议会通过了《二氧化碳配额法案》。欧盟委员会于2000年4月正式批准了《二氧化碳配额法案》,该法案于2001年1月生效。该系统覆盖了在丹麦运营的所有电力生产商,除了完全依赖可再生能源的生产商(Pedersen,2000)。

②英国碳排放权交易体系于2003年全面运行,是首个建立全国性、多部门的排放交易计划。

对照组的化石燃料百分比年平均增长率虽然在2001年后仍为负增长,但负增长程度放缓,由–0.5507%变为–0.2848%。同时对照组的化石燃料碳排放量在2001年后的平均增长率显著上升,由2001年以前的负增长转变为0.7884%。比较处理组和对照组2001年前后的年均增长率变化,似乎不能得出支持绿色悖论的结论。但值得注意的是,在2001年前后对照组和处理组的实际产出水平呈现不同的趋势,在对照组的实际GDP仍以4.4374%高速增长的同时,处理组的实际GDP年均增长率由2.7439%下降为1.3077%。对照组的碳排放量增长或许部分是由于国内经济快速发展导致的,而处理组在经济增长放缓的情况下,碳排放增长率却仍有所上升。当控制其他条件,如实际国内生产总值不变时,结论是否会发生改变?本文用固定效应模型控制其他变量的影响来进行回归分析。

表3　　年平均增长率

年平均增长率		1995—2000年	2001—2004年
EU 15国(除丹麦、英国)	化石燃料碳排放量	0.7371%	0.9536%
	化石燃料百分比	–0.1244%	0.2554%
	实际GDP	2.7439%	1.3077%
EU其他国家	化石燃料碳排放量	–1.7662%	0.7884%
	化石燃料百分比	–0.5507%	–0.2848%
	实际GDP	3.2335%	4.4374%
总计	化石燃料碳排放量	0.1490%	0.9174%
	化石燃料百分比	–0.3455%	–0.0220%
	实际GDP	2.7815%	1.5582%

(三)回归分析

根据上文所述模型(1),首先分别以化石燃料百分比(表4第(1)列)和化石燃料碳排放量(表4第(2)列)为因变量,控制国家固定效应和年份固定效应,对交互项 $Post \times ETS_i$ 和控制变量实际GDP、工业增加值占比、能源税占比、贸易开放程度等进行回归。回归结果如表4所示,核心变量 $Post \times ETS_i$ 的系数表示处理效应。若存在绿色悖论,在过渡期,处理组的资源所有者预期到未来将受制于排放交易体系,从而存在增加短期内化石能源开采的激励,导致该国所有可用能源中,化石燃料占比上升,从而燃烧化石燃料所产生的碳排放量也有所上升,即预期交互项 $Post \times ETS_i$ 的系数应显著大于0。

从表中可以看出,当以化石燃料百分比为因变量时,交互项系数为2.116,在5%的显著性水平上显著大于0,即控制其他条件不变,在2001年提案出台后,处理组与对照组的化石燃料占总能源百分比之差相比前期显著上升了2.116%。当以化石燃料碳排放量为因变量时,交互项系数在5%水平上显著大于0,表示2001年以后处理组的化石燃料碳排放量相比对照组也显著增加了。这两个模型的回归分析结果均为弱绿色悖论的存在提供了支持性证据。同时,第(2)列回归结果显示,能源税占比的系数在5%的水平上显著为负,说明征收能源税,加

强环境规制，能在一定程度上减少碳排放量，缓解绿色悖论带来的环境负效应。

表4　基准回归结果

变量	（1）	（2）
	化石燃料百分比	化石燃料碳排放量
$Post \times ETS_i$	2.116**	10.02**
	（0.791）	（4.849）
ln（GDP）	5.767	33.57
	（3.558）	（29.57）
工业增加值占比	−0.00474	0.0718*
	（0.00774）	（0.0403）
能源税占比	−0.00127	−0.0781**
	（0.00470）	（0.0309）
贸易开放程度	0.00898	−0.157*
	（0.0201）	（0.0826）
国家固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
常数项	−66.18	−722.7
	（90.61）	（750.1）
样本量	270	270
R^2	0.244	0.222
国家个数	27	27

注：括号内报告的是聚类在国家层面的稳健标准误；***、**、* 分别表示在1%、5%、10%的水平下显著。下表同。

五、稳健性检验

（一）动态平行趋势检验

上述基准回归模型存在两个缺陷：（1）双重差分成立的前提是，在受到冲击以前，处理组和对照组的因变量具有相同的变化趋势；（2）简单将2001年及之后时期设定为 $Post=1$ 的做法，将2001年及以后所有年份的处理效应视为是相同的。但在此例中，资源所有者增加短期内的开采活动需要时间，从而对碳排放量的影响也存在一定的滞后，同时随着指令提案陆续进入欧洲议会第一、二轮的讨论程序，处理组国家对于未来更严格的减排政策的预期更加明晰，资源所有者增加短期开采活动的激励也更加强烈。因此推测随着时间推移，处理效应或许更加显著。为检验在指令提案出台之前，处理组与对照组是否具有相同的变化趋势，同时考察处理效应在各个年份的动态异质性，对基准回归模型进行改进，建立如下模型：

$$Y_{i,t}=\beta_{0,i}+\beta_{1,n}\delta_n+\beta_{2,n}\times did_n+\beta x'_{i,t}+u_{i,t} \tag{2}$$

其中因变量 $Y_{i,t}$ 仍为化石燃料百分比、化石燃料碳排放量；$\beta_{0,i}$ 和 $\beta_{1,n}$ 分别代表个体固定效应和时间固定效应；δ_n 为年份虚拟变量，令第 n 年 $\delta_n=1$，其余年份 $\delta_n=0$；did_n 为年份虚拟变

量 δ_n 和处理变量 ETS_i 的交互项,即 $did_n = \delta_n \times ETS_i$ 。 $x'_{i,t}$ 仍表示如基准回归模型所述的控制变量。在回归方程中删去提案出台前一年,即2000年的交互项 *did*00 作为比较基期,核心变量 did_n 的系数 $\beta_{2,n}$ 则表示第 *n* 年相对2000年的处理效应。若处理组与对照组的化石燃料占比、碳排放量在提案出台前具有相同的变化趋势,则预期2000年以前的 *did* 系数应不显著异于0;若绿色悖论存在,即提案对于处理组有正的处理效应,则预期2001年及以后 *did* 系数显著大于0,且逐年增加。

表5　　动态平行趋势检验回归

变量	(1)	(2)
	化石燃料百分比	化石燃料碳排放量
*did*95	−1.667	−8.262
	(1.003)	(7.403)
*did*96	−0.767	−5.584
	(1.278)	(10.30)
*did*97	−0.997	−8.061
	(0.986)	(7.297)
*did*98	−0.602	−1.701
	(0.761)	(5.180)
*did*99	−0.283	−1.343
	(0.533)	(2.548)
*did*01	0.319	2.502
	(0.369)	(1.874)
*did*02	1.855**	5.229*
	(0.811)	(2.777)
*did*03	1.663	7.918*
	(1.089)	(4.363)
*did*04	2.030*	9.500*
	(1.113)	(5.026)
常数项	−80.94	−787.8
	(100.1)	(834.6)
国家固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
R^2	0.274	0.243
国家个数	27	27

表5报告了动态平行趋势检验的结果,因篇幅原因删去了年份虚拟变量和控制变量,只保留核心变量 *did* 的系数。第(1)列、第(2)列分别是对化石燃料百分比和化石燃料碳排放量回归的结果。各年 *did* 的系数值被提取出来,分别如图1、图2所示。图中横轴表示各个年份,各点对应的纵坐标表示该年 *did* 系数估计值,点上下两侧实线区域代表该年 *did* 系数95%的置信区间。从两幅图中可以看出, *did*95 — *did*99 的系数均在0附近波动,且不显著异于0,这符合2000年以前两组具有共同趋势的预期,因此双重差分成立。

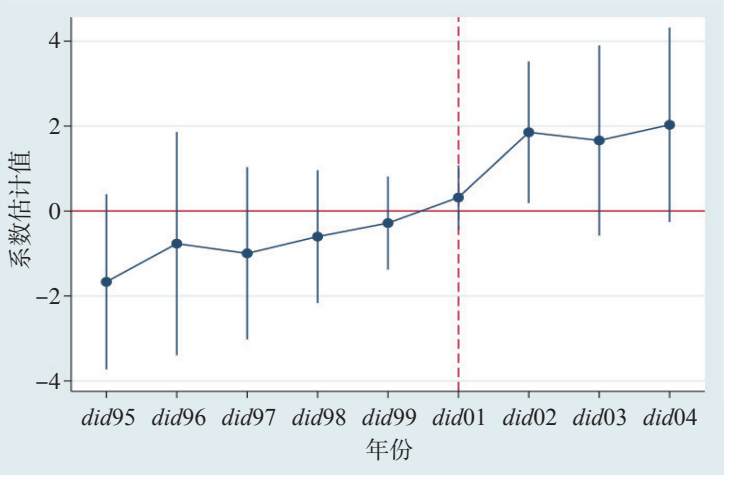


图1　化石燃料百分比的动态平行趋势检验

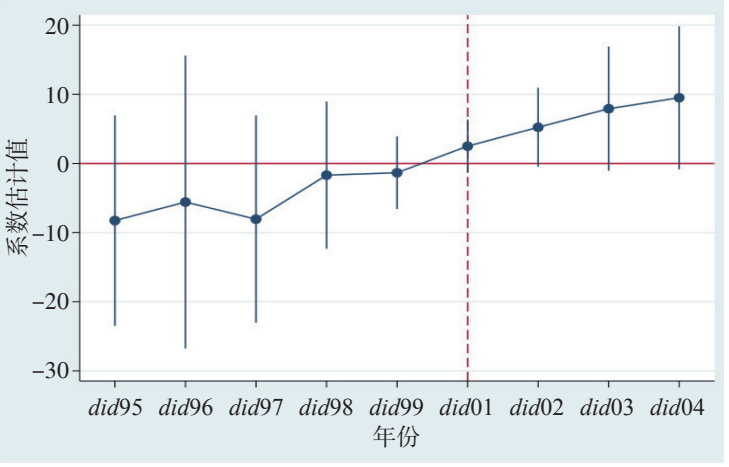


图2　化石燃料碳排放量的动态平行趋势检验

从第(1)列回归结果中可以看出，*did*01的系数并不显著异于0，表示在指令提案出台的当年，处理效应并不显著，这说明提案对资源所有者开采行为的影响具有一定的滞后效应；提案出台的第二年，即*did*02的系数相对前几年显著上升，且在5%的水平上显著大于0。表明在2002年体现出显著的处理效应，其他条件不变情况下，这一年处理组与对照组的化石燃料百分比之差相较2000年平均上升了1.855%。2003年的交互项系数虽然大于0，但并不显著，这或许是由于资源所有者的生产能力限制所导致的。2004年，处理效应在10%的水平上显著为正。

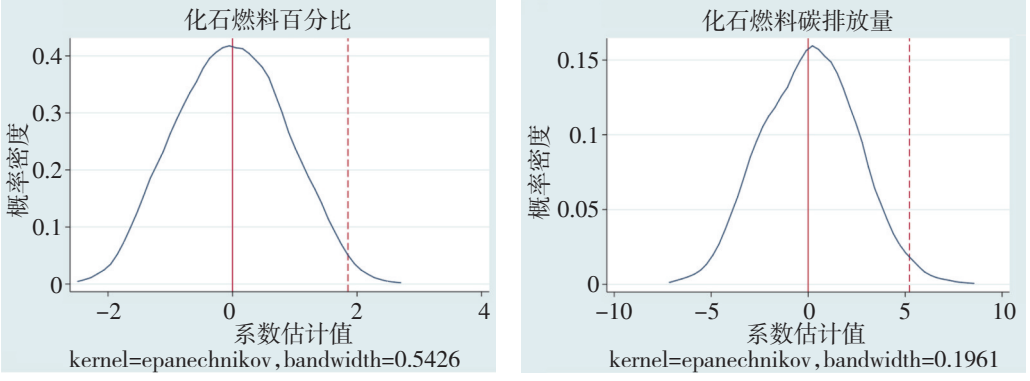
在第(2)列对碳排放量的回归中同样可以看出，处理效应在当年并不显著。但随着时间推移，*did* 的系数逐渐增大，由2002年的5.229上升到2004年的9.5，且保持在10%的水平上显著，显示出越来越强的处理效应。考虑到化石燃料从开采到使用具有一段时间的延迟，这种滞后且逐渐增强的处理效应是合理的。

(二)安慰剂检验

虽然本文通过双重差分和控制时间、地点固定效应的方法减轻了遗漏变量的问题,但仍然可能存在某些国家层面无法观测的因素,导致估计结果存在偏误。为进一步检验估计结果的稳健性,本文采取随机分配处理效应的方法来检验不可观测因素对估计结果的影响。这种安慰剂检验方法在双重差分法中广泛运用,如周茂等(2018)、任胜钢等(2019)。

本文从27个国家中随机选取处理组,假设处理组国家受到了欧盟碳排放权交易体系的影响,其他国家为对照组,并以化石燃料百分比、化石燃料碳排放量为因变量,分别进行1000次随机抽样,按式(2)进行回归,记录下 *did*02 的系数估计值。自变量 *did*02 的系数估计值既包含该年的处理效应,也包含不可观测因素对因变量的影响,而随机分配处理组确保自变量 *did* 对化石燃料百分比、化石燃料碳排放的影响为0。因此, *did* 系数估计值显著异于0,说明不可观测因素对因变量有显著影响,本文的估计结果存在偏差。

图3(a)、3(b)分别画出了以化石燃料百分比、化石燃料碳排放量为因变量进行1000次回归后 *did*02 系数估计值的分布。从图中看出,随机分配处理组后,系数估计值集中分布在0附近,且本文的真实估计结果如图中虚线所示,即来自表5第(1)、(2)列的 *did*02 系数估计值在图中为明显的异常值。这表明不可观测因素几乎不会对估计结果产生影响,前文的估计结果是稳健的。



(a)　　(b)

图3　随机处理后的*did*02系数估计值分布

六、考虑绿色悖论的EU ETS成本收益分析

前文的回归分析与稳健性检验说明,EU ETS的提前公告产生了绿色悖论,导致受公告影响的EU 15国(除丹麦、英国)在过渡期间化石燃料碳排放量相对增加1002万吨。那么,在已知绿色悖论带来环境负效应的情况下,EU ETS的实施是否仍能产生正的收益?多大的减排力度才能保证EU ETS的正收益?本部分根据前文估计的绿色悖论带来的碳排放增加量,对

欧盟碳排放权交易体系实施的第一阶段(2005—2007年)进行简单的成本收益分析。

收益主要来自EU ETS对碳排放量的影响,以及由此产生的直接影响(环境收益)和间接影响(健康状况改善等)。本文采用碳排放社会成本(SCC)来度量减排带来的收益。碳排放社会成本是在任何时点额外排放1吨温室气体所造成影响的边际成本,其中包括对环境和人类健康的"非市场"影响。非市场因素的存在和贴现率选择的不同使碳排放社会成本的估计在不同研究中差别较大。Tol(2008)基于1982年至2006年的211项研究,估计了SCC的联合密度函数。据Tol(2008)的估计,2001年后碳社会成本的均值为24美元①。本文采用Tol(2008)对碳社会成本的估计,并假定其不变,来估计EU ETS带来的收益,即收益=减排量×碳社会成本。

成本主要有交易成本、减排成本等直接成本,以及由此造成的企业竞争力下降、国内生产总值减少等间接成本。尽管减排压力可能导致企业面临更高的生产成本,由此造成企业竞争力下降和国内生产总值减少,但如Abrell等(2011)、Anger和Oberndorfer(2008)、Venmans(2012)等大多数事后分析表明,EU ETS在实施的第一阶段(2005—2007年),对企业竞争力和国内GDP并无显著影响。考虑到EU ETS第一阶段基于历史排放数据免费分配配额的祖父制分配方法和较低的碳价,大多数行业的成本并未大幅上升,这样的结果似乎是合理的。基于这些文献的研究成果,本文将EU ETS对企业竞争力和国内生产总值的影响忽略不计,主要考虑交易成本、减排成本等直接成本。

交易成本与EU ETS覆盖范围相关,包括政府的管理费用和企业的交易费用,均可分为一次性成本和周期性成本。政府管理费用的一次性成本有启动成本,周期性成本有监督、核查成本等。企业的一次性交易成本主要包括执行监测要求、量化和核查基准期排放的相关成本,周期性成本包括监督和报告、战略风险管理等。基于Betz(2006)对德国交易成本的估计,以及第一阶段EU ETS覆盖的装置数目和德国ETS装置数目的比例②,本文估计EU ETS在实施前产生了约4762万美元的一次性管理费用和约69265万美元的一次性企业交易成本,在实施后每年产生约4521万美元的政府管理费用和约44078万美元的周期性企业交易成本。

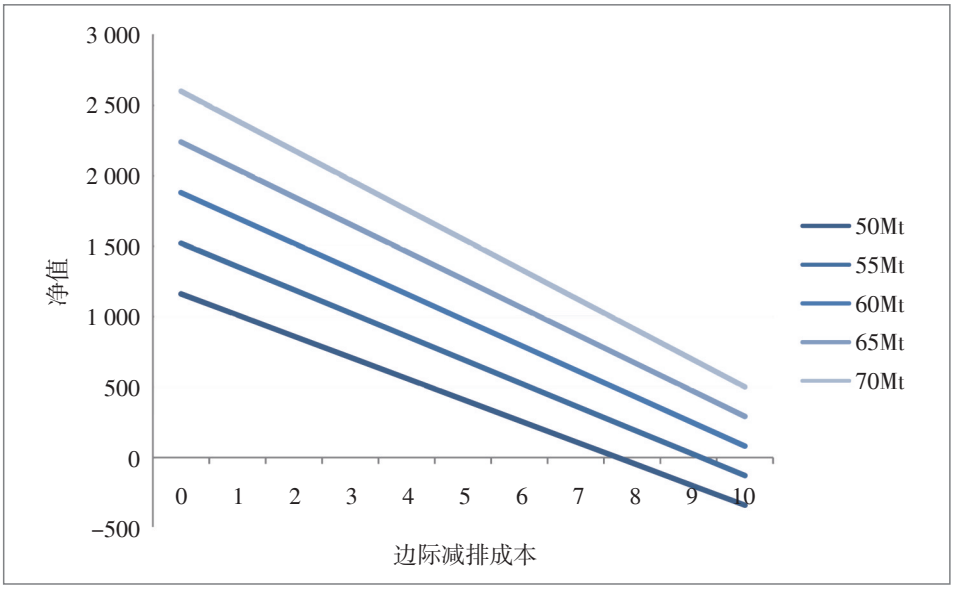
另一方面,减排成本与减排量正相关。Hintermann(2010)、Venmans(2012)等研究认为,配额价格反映了减排成本,在有效市场假设下,配额价格由参与企业的边际减排成本驱动。然而,在EU ETS实施的第一阶段,配额价格波动剧烈,从最初的30欧元跌至接近0欧元。Hintermann(2010)认为,在2006年4月价格暴跌之前,配额价格可能不是由决定边际减排成本的市场基本面驱动,而是受到自我实现的预期、拥有市场力量的公司的影响。用第一阶段的配额价格来估计减排成本非常困难。Reilly和Paltsev(2005)通过建模估计市场出清边际减

①成本收益分析部分的货币单位均折现为1995年美元。

②数据来自Abrell等(2011)。德国的ETS装置数目为1971个,EU ETS涵盖的装置总数为12601个。

排成本为0.6~0.9欧元,且价格在最极端的情景下也低于7欧元。经纪人、市场分析师对EU ETS第一期的价格预估略高,约为5~7欧元(PEW Center on Global Climate Change, 2005)。

图4估计了对应不同年均减排量时,EU ETS在实施第一阶段带来的净值(净值=收益-成本)与边际减排成本的关系。Ellerman和Buchner(2008)估计EU ETS在第一阶段带来的年均减排量为50~100百万吨;Anderson和Di Maria(2010)估计该值为58百万吨;Ellerman等(2010)估计该值为70百万吨。综合这些研究的估计结果,图4显示了年均减排成本为50、55、60、65、70百万吨二氧化碳时的情形。当EU ETS年均减排量为50、60、70百万吨时,使净值为0的边际减排成本分别为7.7、10.5、12.4欧元。只有边际减排成本低于这些值,EU ETS才会在过渡时期存在绿色悖论的情况下,在第一阶段产生正的收益;而在边际减排成本较高的情况下,减排带来的收益可能无法抵消绿色悖论带来的环境负效应,最终导致EU ETS在实施初期净值为负。



注:单位为百万美元,且折现为1995年美元。

图4　边际减排成本与EU ETS净值的关系

受限于数据可得性,仍有许多因素未考虑到本文的成本收益分析中,如EU ETS改革分配制度影响企业竞争力和管理费用,企业减排压力带来的技术变革,企业为获得免费配额而进行的寻租活动等。对EU ETS的成本收益分析需要更进一步的探索,而绿色悖论的存在提醒学者,考虑过渡时期碳排放量变化的成本收益分析,可能会与仅考虑实施后影响得出不同的结论。

七、总结

本文利用欧洲各国加入排放交易体系时间差异所引起的"准自然实验",采用双重差分模型对比了过渡期间EU 15国(除丹麦、英国)和其他国家化石燃料占比、二氧化碳排放量变化

的差异。基准回归结果表明，相比公告前，公告后EU 15国（除丹麦、英国）的化石燃料占总能源百分比相对其他欧洲国家平均上升2.116%，化石燃料碳排放量平均增加1002万吨，为绿色悖论的存在提供了支持性证据。稳健性检验部分通过平行趋势检验，验证了双重差分的可行性，通过安慰剂检验随机分配处理效应，表明不可观测因素几乎不会对估计结果产生影响，进一步验证了本文结论的稳健性。通过比较各年 *did* 系数的差异，本文发现处理效应在不同年份具有动态异质性，绿色悖论存在一段时间的滞后，EU ETS对处理组和对照组的化石燃料占比、碳排放量影响的差异呈逐年增加的趋势。本文还指出，绿色悖论的存在使成本收益分析更为复杂，在较高的边际减排成本下，考虑绿色悖论的环境负效应，减排政策实施初期带来的净收益可能为负。研究还发现，征收能源税、加强环境规制，能在一定程度上减少碳排放量，缓解绿色悖论带来的环境负效应。

因此，虽然本文的结论说明提前公告的减排政策确实会导致弱绿色悖论，短期内将增加化石燃料的使用和二氧化碳排放，但同时也应该看到，这些负面影响是可以缓解甚至避免的：绿色悖论的时间滞后性说明过渡期足够短时，其导致的碳排放增加是可以避免的；利用政策组合，如在建立排放交易体系的过渡时期加强能源税等环境规制，也能有效抑制绿色悖论的出现。

尽管关于提前公告的减排政策的长期福利效应尚不明确，其成本收益分析值得更进一步的探索，但当务之急是使政策制定者认识到绿色悖论的存在，并有意识地采取应对措施以缓解其对环境产生的负面效应。我国碳交易市场自2013年开始试点，2017年底启动全国碳排放权交易体系，但至今全国统一的碳排放市场尚未建立。这一漫长的建立周期为能源所有者提供了寻租空间，滋生了绿色悖论的可能。目前大部分研究仍集中在排放权交易体系在试点城市的减排效果，但本文的研究结果表明，这一政策公告对尚未实施排放权交易体系的非试点城市碳排放的影响，或许同样值得关注。

参考文献：

[1] 李程宇，邵帅. 可预期减排政策会引发“绿色悖论”效应吗？——基于中国供给侧改革与资本稀缺性视角的考察[J]. 系统工程理论与实践，2017，37(05)：1184–1200.

[2] 齐绍洲，王薇. 欧盟碳排放权交易体系第三阶段改革对碳价格的影响[J]. 环境经济研究，2020，5(01)：1–20.

[3] 任胜钢，郑晶晶，刘东华，陈晓红. 排污权交易机制是否提高了企业全要素生产率——来自中国上市公司的证据[J]. 中国工业经济，2019，(5)：5–23.

[4] 张华. “绿色悖论”之谜：地方政府竞争视角的解读[J]. 财经研究，2014，40(12)：114–127.

[5] 张华，魏晓平. 绿色悖论抑或倒逼减排——环境规制对碳排放影响的双重效应[J]. 中国人口·资源与环境，2014，24(09)：21–29.

[6] 周茂，陆毅，杜艳，姚星. 开发区设立与地区制造业升级[J]. 中国工业经济，2018，(3)：62–79.

[7] 周肖肖，丰超，胡莹，魏晓平. 环境规制与化石能源消耗——技术进步和结构变迁视角[J]. 中国人口·资

源与环境,2015,25(12):35-44.

[8] Abrell, J., F. A. Ndoye, and G. Zachmann. Assessing the Impact of the EU ETS Using Firm Level Data[R]. 2011.

[9] Anderson, B. and C. Di Maria. Abatement and Allocation in the Pilot Phase of the EU ETS[J]. Environmental and Resource Economics, 2010, 48: 83-103.

[10] Anger, N. and U. Oberndorfer. Firm Performance and Employment in the EU Emissions Trading Scheme: An Empirical Assessment for Germany[J]. Energy Policy, 2008, 36(1): 12-22.

[11] Bertram, C., G. Luderer, R. C. Pietzcker, et al. Complementing Carbon Prices with Technology Policies to Keep Climate Targets within Reach[J]. Nature Climate Change, 2015, 5(3): 235-239.

[12] Betz, R. Emissions Trading to Combat Climate Change: The Impact of Scheme Design on Transaction Costs [R]. 2006.

[13] Di Maria, C., I. Lange, and E.Van der Werf. Should We Be Worried about the Green Paradox? Announcement Effects of the Acid Rain Program[J]. European Economic Review, 2014, 69: 143-162.

[14] Di Maria, C., S. Smulders, and E.Van der Werf. Absolute Abundance and Relative Scarcity: Environmental Policy with Implementation Lags[J]. Ecological Economics, 2012, 74: 104-119.

[15] Eichner, T. and R. Pethig. Carbon Leakage, the Green Paradox, and Perfect Future Markets[J]. International Economic Review, 2011, 52(3): 767-805.

[16] Ellerman, A. D. and B. K. Buchner. Over-Allocation or Abatement? A Preliminary Analysis of the EU ETS Based on the 2005-06 Emissions Data[J]. Environmental and Resource Economics, 2008, 41(2): 267-287.

[17] Ellerman, A. D., F. J. Convery, and C. De Perthuis. Pricing Carbon: The European Union Emissions Trading Scheme[M]. United Kingdom: Cambridge University Press, 2010.

[18] Gerlagh, R. Too Much Oil[J]. CESifo Economic Studies, 2011, 57(1): 79-102.

[19] Gerlagh, R. and R. J. R. K. Heijmans. Climate-Conscious Consumers and the Buy, Bank, Burn Program[J]. Nature Climate Change, 2019, 9(6): 431-433.

[20] Grafton, R. Q., T. Kompas, N. Van Long, et al. US Biofuels Subsidies and CO_2 Emissions: An Empirical Test for a Weak and a Strong Green Paradox[J]. Energy Policy, 2014, 68: 550-555.

[21] Heal, G. The Relationship Between Price and Extraction Cost for a Resource with a Backstop Technology[J]. The Bell Journal of Economics, 1976, 7(2): 371-378.

[22] Hintermann, B. Allowance Price Drivers in the First Phase of the EU ETS[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2010, 59(1): 43-56.

[23] Hoel, M. Carbon Taxes and the Green Paradox. Climate Change and Common Sense: Essays in Honour of Tom Schelling[M]. Oxford: Oxford University Press, 2012.

[24] Hoel, M. and S. Jensen. Cutting Costs of Catching Carbon—Intertemporal Effects under Imperfect Climate Policy[J]. Resource and Energy Economics, 2012, 34(4): 680-695.

[25] Hotelling, H. The Economics of Exhaustible Resources[J]. Journal of Political Economy, 1931, 39(2): 137-175.

[26] Jaraite-Kažukauske, J. and C. Di Maria. Did the EU ETS Make a Difference? An Empirical Assessment Using Lithuanian Firm-Level Data[J]. The Energy Journal, 2016, 37(1): 1-24.

[27] Jensen, S., K. Mohlin, K. Pittel, et al. An Introduction to the Green Paradox: The Unintended Consequences of Climate Policies[J]. Review of Environmental Economics and Policy, 2015, 9(2): 246-265.

[28] Klemetsen, M. E., K. E. Rosendahl, and A. L. Jakobsen. The Impacts of the EU ETS on Norwegian Plants' Environmental and Economic Performance[R]. 2016.

[29] Najm, S. The Green Paradox and Budgetary Institutions[J]. Energy Policy, 2019, 133: 110846.

[30] Pedersen, S. L. The Danish CO_2 Emissions Trading System[J]. Review of European Community and Interna-

tional Environmental Law, 2000, 9: 223.

[31] Perino, G. New EU ETS Phase 4 Rules Temporarily Puncture Waterbed[J]. Nature Climate Change, 2018, 8 (4): 262–264.

[32] PEW Center on Global Climate Change. The European Emission Trading Scheme(EU–ETS): Insights and Opportunities[R]. 2005.

[33] Pindyck, R. Coase Lecture–Taxes, Targets and the Social Cost of Carbon[J]. Economica, 2017, 84(335): 345–364.

[34] Reilly, J. M. and S. Paltsev. An Analysis of the European Emission Trading Scheme[R]. 2005.

[35] Sinn, H. Public Policies Against Global Warming: A Supply Side Approach[J]. International Tax and Public Finance, 2008, 15(4): 360 – 394.

[36] Tol, R. S. J. The Social Cost of Carbon: Trends, Outliers and Catastrophes[R]. 2008.

[37] Van der Werf, E. and C. Di Maria. Imperfect Environmental Policy and Polluting Emissions: The Green Paradox and Beyond[J]. International Review of Environmental and Resource Economics, 2012, 6(2): 153 – 194.

[38] Venmans, F. A Literature–Based Multi–Criteria Evaluation of the EU ETS[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16(8): 5493–5510.

[39] Wettestad, J. The Making of the 2003 EU Emissions Trading Directive: Anultra–Quick Process Due to Entrepreneurial Proficiency? [J]. Global Environmental Politics, 2005, 5(01): 1–23.

[40] Zhang, K., Z. Y. Zhang, and Q. M. Liang. An Empirical Analysis of the Green Paradox in China: From the Perspective of Fiscal Decentralization[J]. Energy Policy, 2017, 103: 203–211.

Dose Pre–announced Emission Reduction Policy Leads to Green Paradox? An Empirical Study Based on EU ETS

Zhu Siqi and Cai Jingjing

(The School of Economics, Xiamen University)

Abstract: Green Paradox points out that sometimes government policies to reduce emissions can backfire on greenhouse gas emissions because of dynamic supply–side responses from forward–looking producers. In this paper, we compare the differences in the fossil fuel share and carbon dioxide emissions between EU 15 and other countries during the transition period by using a difference–in–difference model based on the time difference between European countries joining the ETS. The regression results show that the share of fossil fuels in gross available energy increased by 2.116% on average compared with other European countries after the announcement of Directive Proposal in 2001, and carbon dioxide emissions from fossil fuels increased by 10.02 million tons, providing supporting evidence for the existence of weak green paradox. This reminds policy makers to systematically consider the supply–side and demand–side responses and consciously combine policy tools to curb the negative effects of the green paradox.

Keywords: Green Paradox; EU ETS; Pre–announced; Emission Reduction Policy

JEL Classification: Q48, Q38, Q54, Q58

（责任编辑：朱静静）