

碳峰值约束与碳配置策略： 一个电力交叉补贴定价模型

乔晓楠

摘要 中国提出了计划在 2030 年左右实现二氧化碳排放达到峰值的目标，这一承诺将成为中国未来经济增长所需面对的一个重要约束条件。作者借助一个开放经济条件下的博弈模型，探讨了一国在通过能源结构转型以实现自身所承诺碳减排目标的过程中，如何在生产侧与消费侧进行电力的交叉补贴定价，进而合理配置有限的碳排放资源，最大化本国福利的问题。研究表明：一国消费侧的电力定价将随该国生产侧与消费侧的节能技术水平的提高而提高，随该国承担的减排责任所决定的本国单位电力成本的增加而降低，而一国生产侧的电力定价除上述影响因素外还受到两国人口数量、关税税率以及外国生产侧节能技术水平与外国单位能源成本等因素的影响。此外，一国可以根据生产侧相对于消费侧节能技术水平的差异，调节本国关税水平来缓解碳减排导致的能源成本上升的压力，而推动外国降低关税，打破贸易壁垒，也可以实现类似的效果。

关键词 碳峰值 碳配置 能源结构转型 交叉补贴

[中图分类号] F205 [文献标识码] A [文章编号] 2095 - 851X (2018) 01 - 0021 - 17

一、引言

近年来，中国应对气候变化所提出的碳减排承诺引起了广泛关注。2009 年中国

【基金项目】 国家社会科学基金一般项目“国际分工体系重塑与中国产业转型升级战略的政治经济学研究”（批准号：14BJL048）；中央高校基本科研业务费专项资金资助项目“中国城市居民环境改善支付意愿评估：一个基于微观数据调研的国际合作研究”（2017~2018 年）；中国特色社会主义经济建设协同创新中心项目“巴黎协议下国际分工格局调整与中国绿色低碳产业体系的发展路径研究”（2017~2019 年）。

【作者简介】 乔晓楠（1981-），南开大学经济学院、中国特色社会主义经济建设协同创新中心副教授、硕士生导师，邮政编码：300071。

致谢：感谢审稿专家匿名评审，当然文责自负。

向国际社会宣布“到2020年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%至45%”。此后,于2014年9月发布的《国家应对气候变化规划(2014-2020年)》(简称《规划》)中也延续了上述目标。而在2014年11月亚太经济合作组织(Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC)会议期间发布的《中美气候变化联合声明》(简称《声明》)则提出新的碳减排目标,即“计划2030年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰”。中国在《巴黎协定》的自主贡献中将碳减排目标确定为“二氧化碳排放2030年左右达到峰值并争取尽早达峰;单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%至65%”。其中,减排承诺逐渐从“碳强度”变为“碳峰值”,二者对于经济增长将产生的影响是明显不同的。碳强度的变化主要取决于能源强度和能源结构等因素的影响,而碳峰值的约束还意味着碳强度下降的幅度需要大于GDP增长的幅度,这样才能确保碳排放总量不再增长。换言之,即碳峰值约束较之于碳强度约束要更强。持续稳定的经济增长是中国实现“两个一百年”目标的重要基础。即使是新常态下经济增速换挡,6%~7%的年均增速在世界范围内也仍名列前茅。这将极大地增加中国兑现碳排放达峰承诺的难度。

借鉴世界其他国家的碳减排经验,单位能耗的碳排放量降低是各国碳减排的主要动力,并且依靠能源结构的转型来实现。为了有效应对全球气候变化,在前文提及的《规划》与《声明》中也都有相应的能源结构转型目标,即非化石能源占各类一次能源消费比重到2020年和2030年分别提高到15%左右和20%左右。在2014年11月发布的《能源发展战略行动计划(2014-2020年)》中提出的能源结构转型目标与《规划》一致,并且进一步细化,包括到2020年天然气比重达到10%以上,煤炭消费比重控制在62%以内等。

显而易见的是,在目前的能源价格体系之下,能源结构转型必然推动能源成本上升,否则,碳减排也就不会构成一种约束。那么,在开放经济的条件下,如何通过生产侧与消费侧差异化的能源定价来有效地分担能源结构转型的成本,进而实现社会福利的最大化则正是本文将要研究的第一个问题。以电力为例,中国长期以来实行的是工业用户补贴居民用户的政策,但是这一政策与发达国家恰恰相反,发达国家一般是以居民电价来补贴工业电价。具体来看,2010年中国居民电价与工业电价的比值为0.83,而发达国家的这一比值远大于1,其中美国为1.71、日本为1.51、法国为1.48、加拿大为1.36、英国为1.64、丹麦甚至高达3.12(罗斌、杨艳,2014)。由于生产侧与消费侧的不同电力价格会影响到特定经济主体的行为选择,进而也将影响到整体经济绩效以及碳排放量,因此也可以把这个问题理解为如何在碳排放峰值约束之下最优化碳配置策略的问题。此外,本文还将对两个问题进行延伸研究:其一是针对特定的碳减排目标如何确定一个既能满足生产消费需求又能实现成本最低的最优能源转型结构;其二是在碳减排的过程中关税等贸易政策可以发挥怎样的作用。上述问题的科学回答,对于已经深度融入全球化的中国如何成功兑现碳峰值减排承诺,显然具有重要的理论意义与现实意义。

本文将借助一个开放经济条件下的两国博弈模型加以分析，研究思路为对于任意一个国家而言，无论是生产侧还是消费侧都需要消耗电能，而单位电能的成本又由该国在履行碳减排承诺的过程中为供给所需电能而消耗的一次能源的成本决定。而一次能源的利用结构还将影响该国的碳排放总量，于是本文将考察碳排放总量约束下的电力定价策略及其对经济福利的综合影响。本文的贡献在于给出了一国在电价交叉补贴政策设计中需要遵循的原则，即何时以生产侧补贴消费侧，何时以消费侧补贴生产侧，并且对影响交叉补贴定价的各种因素进行了全面分析和讨论，进而确定碳峰值约束下的碳排放资源优化配置策略。此外，本文还指出一国可以根据生产侧相对消费侧节能技术水平的差异选择本国关税水平以及通过推进贸易自由化的程度来缓解碳减排导致的能源成本上升压力。

本文的具体安排如下：第一部分主要提出问题；第二部分对相关文献进行评述，进而指出创新点；第三部分给出模型的基本假设；第四部分针对不同阶段的博弈进行求解，并且对最优的生产侧与消费侧电力定价策略进行讨论；第五部分延伸研究最优的能源转型结构与贸易政策中关税调整的影响；最后总结全文并指出未来可能进一步拓展的研究方向。

二、文献评述

本文将研究开放经济中的国家如何通过能源结构转型实现本国所承诺的碳减排目标，以及如何通过生产侧与消费侧的电力价格设定来分担能源结构转型导致的成本增加进而最大化本国福利。与本文研究主题相关的文献主要包括以下两个领域。

第一是气候变化经济学。气候变化经济学不仅需要研究全球气候变化给世界各国经济发展带来的一系列影响，而且认为控制温室气体排放具有全球公共物品的属性，需要有效的机制设计实现全球治理（Nordhaus, 1994；Sandler and Hartley, 2001；Stern, 2007；Dell et al., 2009）。与此相关，一方面，有学者从减排责任分担的角度探讨机制的建立（Hoel, 1991；Carraro and Siniscalco, 1993、1998；Barrett, 1994、2007）；另一方面，也有学者关注碳减排条件下的经济增长路径（Nordhaus, 2007；Weitzman, 2003、2007）。有学者指出，气候变化和气候政策对经济增长具有一定的影响，只有在气候政策在全球范围内有效的情况下才具有积极的生长效应，而减排政策的生长效应与技术研发及其影响程度有关（Bretschger, 2017）。气候政策的有关措施可以通过碳税实现的收入对消费者进行再分配，这样将对消费者支出和 GDP 产生积极影响（Kober et al., 2016）。有学者提出价格型政策是各种减排政策中较为可行和有效的政策（Nordhaus, 2005），全球减排的最优路径是初期缓慢减排，并逐步加大减排力度至温室气体浓度达到稳定水平（Nordhaus, 2008）。当然，也有研究指出，通过特定程度的碳强度约束实现减排与碳交易政策相比，对社会福利的负面影响更小（范庆泉等, 2015）。高碳价可以通过推进气候友好型技术的创新来缓解气候变化问

题,并且推动一些以市场价格为导向的企业进行研发创新(Nordhaus, 2011)。碳的社会成本问题和气候变化问题可以通过气候经济综合评估模型(Integrated Assessment Model, IAM)进行分析(Nordhaus, 2013)。碳税政策和提高节能技术水平等政策的共同实施可以降低碳强度约束对经济的负面影响(张友国、郑玉歆, 2014)。气候变化经济学为本文提供了研究的起点,即碳减排构成经济增长的约束。当然,与已有文献的不同在于本文更加关注各国在承诺了碳减排目标之后的减排策略选择,而非如何针对分配责任进行讨价还价,以实现满足参与约束的减排机制。

第二是电力定价与交叉补贴。不同的学者对电力交叉补贴问题所持观点不尽相同。有的学者认为应该让工业用户补贴居民用户,对高耗能、高污染的企业征税并对居民进行补贴将有利于促使高能耗产业的优化升级,进而实现改善环境、促进就业和经济增长的“双重红利”(郑新业、傅佳莎, 2015)。也有的学者认为工业电价补贴居民电价的政策阻碍了工业的发展,主张效仿国外,实行居民用户补贴工业用户的政策,改变工业电价远高于居民电价的情况(阙光辉, 2003a、2003b; 齐放等, 2009; 朱成章, 2010; 孙传旺, 2014; 唐要家、杨健, 2014; 刘思强等, 2015、2016)。其理由是:根据“Ramsey定价原则”,由于受管制的垄断企业按照具有效率的边际成本定价方式无法收回固定成本,所以应该遵照逆弹性差别定价原则,即如果用户的需求价格弹性越高,其需要支付的价格应该越低。而通常工业用户的需求价格弹性要高于居民用户,所以其定价应该更低。并且,如果取消工业用户对居民用户的交叉补贴,那么工业用户受到电价下降的影响,用电量将增加,并且导致污染排放增加。但是有些学者认为由于在电价构成中环境成本仅为原工业电价的15%,所以取消交叉补贴,同时给工业用户增加环境成本,那么依然可以在确保节能减排目标实现的条件下,降低成本、提高效率。

已有文献虽然取得诸多进展,但是依然在以下四个方面留有探索空间。第一,虽然也有文献关注到一国电力在生产侧与消费侧的价格存在差异,并试图结合交叉补贴理论加以分析,但却未能给出严谨的定价分析框架。第二,对于一国在开放经济条件下为实现特定碳减排目标而采取的能源结构转型与电力定价策略研究有待深化,特别是缺乏对上述策略在国与国之间的互动影响以及对生产、消费、进出口带来综合福利影响的分析。第三,尚未涉及碳峰值约束下能源结构转型导致的能源成本上升如何通过交叉补贴定价进行消化,进而利用国内外两个市场与两种资源优化本国福利的研究。第四,由于较少考虑开放经济的影响,因此也没有分析一国贸易政策会对本国碳减排压力带来的影响。针对以上四点,本文试图提供一个分析框架,即在给定碳排放总量约束,并且能源结构转型导致碳排放成本上升的条件下,应该如何通过电力价格交叉补贴来优化生产侧与消费侧的碳排放配置策略,进而实现总福利的最大化。本文将主要构建理论模型并进行讨论,暂不涉及实证研究。在建模思路,本文吸收借鉴了战略性贸易政策理论与战略性环境政策理论,进而满足开放经济条件的研究需要,这也是本文在建模方法上的主要创新。

三、模型设定

考虑一个包括两个国家的世界经济系统，用 d 表示本国，用 f 表示外国。每个国家都拥有一定数量的居民，分别以 L_d 和 L_f 表示。这些居民一方面会就业于企业部门，从事生产活动，提供产品；另一方面也能够利用工作所获得的工资性收入购买商品，形成需求。本文假设在世界范围内，居民可以购买外国企业生产的商品，但却无法到外国企业就业。这意味着存在商品的国际贸易，但不存在跨国的劳动力流动。本国与外国均需使用一次能源来进行电力供应，而任一国家无论是生产侧还是消费侧均只消耗电力，不涉及对一次能源的直接利用。^① 此外，假设一次能源价格是外生的，并且越低碳的能源价格越昂贵，因此在不考虑技术进步的情况下，碳减排主要通过一次能源结构的转型来实现。

（一）消费者的偏好与效用

假设两国消费者的偏好相同，其代表性消费者均为拟线性偏好。其中， q_0 表示计数商品的消费数量，其价格可标准化为 1。公式（1）说明本文选择了同质品模型，且二次型效用函数可以获得线性需求函数。

$$U_i = u(q_i) + q_0, \quad u(q_i) = \left(a - \frac{q_i}{2}\right)q_i, \quad i = d, f \quad (1)$$

（二）商品生产与消费过程中的电能消耗及其碳排放

商品的生产过程与消费过程均会消耗电能。假设与一件商品相关的标准化能值消耗包括两部分，用 x_i ($i = d, f$) 与 y 分别表示单位商品在生产侧和消费侧所形成的电力消费量， x_i 和 y 越小则意味着节能水平越高。从目前世界的能源结构来看，化石能源仍然居于重要地位，因此能源利用必然导致温室气体排放。由于前文假设生产侧与消费侧均使用电能，因此 x_i 和 y 再乘以一个系数 k 就可以反映单位商品的生产或消费的碳排放水平。需要注意的是，为了简化分析，本文忽略了不同国家生产的商品在消费过程中导致的碳排放量差异，这与同质品模型的设定一致。^② 此外，假设计数商品的生产与消费不产生任何碳排放。

（三）碳减排、能源结构转型与电力定价

假设不同国家已就碳减排的目标与责任达成共识，每个国家将基于自身的减排责任履行减排义务。在节能技术不变的条件下，实现碳减排的主要方式就是推动能源结构转型。例如，减少煤炭的使用，转而利用石油、天然气，甚至是如水力、太阳能、核能等不产生碳排放的能源来发电。但问题在于更清洁的能源通常也更为昂贵，因此

① 该假设主要是为了简化分析，如允许生产侧或消费侧使用部分煤炭、石油、太阳能等其他形式一次能源，也不影响本文的结论。

② 如果采用异质品模型，那么也可以实现对不同国家企业产品消费过程中碳排放量差异影响的讨论。

能源结构的转型必定伴随着电力成本的上升,进而一个经济体碳减排目标的实现是必须付出能源结构转型成本的。于是,可以获得以下逻辑链条,即减排责任越大,碳排放削减量越高,进而转型后的单位电力成本越高。如果用 C_d 和 C_f 分别表示本国与外国单位电力的成本,那么它们也可以间接反映该国的减排责任与碳削减量。

进一步用 e_{ix} 和 e_{iy} 表示一国针对本国生产侧与消费侧所制定的电力价格,其中 $i = d, f$ 。如果忽略掉能源企业的盈利以及政府的补贴^①,则意味着一国的电力消费支出要覆盖该国能源结构转型后的电力生产成本。并且,假设各国均存在以下情况,即单位商品生产过程中形成的电力费用 $e_{ix}x_i$ 由生产者承担,而消费过程中形成的电力费用 $e_{iy}y$ 由消费者承担。

(四) 国际贸易成本

假设从 i 国向 j 国出口一单位商品,将付出的交通成本为 h ,其中 $i, j = d, f$ 。此外,本国和外国还分别向进口的单位商品征收关税,税率分别为 t_d 和 t_f 。交通成本可视为外生变量,并且忽略运输导致的碳排放。虽然各国政府可以自主制定关税税率,但是由于本文研究的重点并非关税的设定,所以同样将其视为外生给定。

(五) 生产与供给系统

假设任意一国的任意企业都只雇佣一个工人,并且向工人支付工资 w_i ,其中, $i = d, f$ 。由于本文假设劳动力不能跨国流动,因此不同国家之间的工资是存在差异的。

企业的利润为销售收入减去生产全部产品所需要支付的电力费用以及工人工资。公式(2)中 Π_i 和 π_i 分别表示企业的利润与销售收入。并且,基于对 x_i 的设定意味着由生产过程中节能技术的差异仅体现于不同国家之间,而不体现于同一国家的不同企业之间。用 q_{ij} 表示企业的产量,其中下标 i 表示商品的生产国,下标 j 表示商品的销售国, $i, j = d, f$ 。用 p_d 和 p_f 分别表示在本国与外国销售商品的价格,则可以进一步得到公式(3)。

$$\Pi_i = \pi_i - e_{ix}x_iq_i - w_i, \quad i = d, f \quad (2)$$

$$\pi_d = p_dq_{dd} + (p_f - h - t_f)q_{df}, \quad \pi_f = p_fq_{ff} + (p_d - h - t_d)q_{fd} \quad (3)$$

本文假设不同国家的企业之间进行产量竞争,但是每家企业都只获得零利润。于是,结合公式(2)和(3)可获得两国的供给系统。此外,本文进一步假设任意一国的企业都不会因节能技术劣势或减排责任过大等原因被彻底挤出,进而出现某国企业独占市场的局面。

(六) 消费与需求系统

消费者每消费一单位商品的支出由购买商品的花费与消费过程中涉及的电力费用

^① 基于平衡预算的考虑,补贴来源也必定是针对特定对象的税收,因此忽略掉补贴是一种合理的简化假设。

共同构成，进而根据消费者均衡原则可获得公式 (4)。其中， a 为市场容量，表示市场规模的大小； q_i 为某国单个居民消费商品的数量。如果用 Q_i 表示一个国家全部居民消费商品的数量，则有 $q_i = Q_i/L_i$ 。

$$p_i = a - q_i, \quad i = d, f \quad (4)$$

分别用 n_d 和 n_f 表示两国企业的数量。由于每家企业仅雇佣一个工人，且一般均衡状态下商品市场与要素市场均实现市场出清，因此有 $L_d = n_d$ 和 $L_f = n_f$ ，进而可以获得公式 (5)。

$$Q_d = n_d q_{dd} + n_f q_{fd}, \quad Q_f = n_f q_{ff} + n_d q_{df} \quad (5)$$

基于公式 (4) 和公式 (5) 可进一步得到两国的需求系统，即公式 (6)。

$$p_d = a - q_{dd} - \frac{n_f}{n_d} q_{fd}, \quad p_f = a - q_{ff} - \frac{n_d}{n_f} q_{df} \quad (6)$$

(七) 时序

假设博弈分两阶段进行。第一阶段，两国政府以本国居民福利水平最大化为目标确定各自电力的定价，即 e_{ix} 和 e_{iy} 。此时两国政府均无需考虑全球气候变化带来的环境影响。原因在于模型已经预设各国已经达成减排共识并自觉履行减排义务，于是环境影响即为一个由两国的碳排放量 M_d 和 M_f 共同确定的外生常数。博弈第二阶段，两国企业进行产量竞争并实现最优化利润目标。

(八) 小结

本文基于标准的均衡框架给出了经济系统的设定。不难发现，不同国家之间的差异性主要体现在由国家所承担的减排责任决定的 C_i 、生产低碳技术水平 x_i 以及关税税率 t_i 等方面。并且，本文假设上述信息对于两国的政府与企业均是公开的，不存在信息不对称的情况。

四、模型求解

(一) 博弈第二阶段求解：电力定价策略的综合影响分析

利用逆向求解法首先计算博弈第二阶段的均衡策略，并讨论交叉补贴定价，即碳配置策略的综合影响。

1. 均衡产量、均衡价格与均衡工资

在博弈的第二阶段，各国企业以利润最大化为目标进行产量竞争。

$$\Pi_d = p_d q_{dd} + (p_f - h - t_f) q_{df} - e_{dx} x_d (q_{dd} + q_{df}) - w_d \quad (7.1)$$

$$\Pi_f = p_f q_{ff} + (p_d - h - t_d) q_{fd} - e_{fx} x_f (q_{ff} + q_{fd}) - w_f \quad (7.2)$$

由于一国的电力消费支出要覆盖该国为实现碳减排所推动能源结构转型后的电力生

产成本，所以可获得公式 (8)。而公式 (9) 则进一步给出了 e_{ix} 和 e_{iy} 二者之间的关系。

$$[(n_d q_{dd} + n_f q_{fd})y + n_d(q_{dd} + q_{df})x_d]C_d = (n_d q_{dd} + n_f q_{fd})ye_{dy} + n_d(q_{dd} + q_{df})x_d e_{dx} \quad (8.1)$$

$$[(n_f q_{ff} + n_d q_{df})y + n_f(q_{ff} + q_{fd})x_f]C_f = (n_f q_{ff} + n_d q_{df})ye_{fy} + n_f(q_{ff} + q_{fd})x_f e_{fx} \quad (8.2)$$

$$e_{dx} = C_d + \frac{(n_d q_{dd} + n_f q_{fd})y}{n_d(q_{dd} + q_{df})x_d}(C_d - e_{dy}), \quad e_{fx} = C_f + \frac{(n_f q_{ff} + n_d q_{df})y}{n_f(q_{ff} + q_{fd})x_f}(C_f - e_{fy}) \quad (9)$$

将公式 (9) 代入公式 (7)，并进行最优化，即可获得本国与外国企业的均衡产量，计算结果如公式 (10) 所示。

$$q_{dd}^* = \frac{1}{3}(a + h + t_d - 2C_d x_d + C_f x_f - 2C_d y + 2e_{dy} y) \quad (10.1)$$

$$q_{df}^* = \frac{n_f}{3n_d}(a - 2h - 2t_f - 2C_d x_d + C_f x_f + C_f y - e_{fy} y) \quad (10.2)$$

$$q_{ff}^* = \frac{1}{3}(a + h + t_f - 2C_f x_f + C_d x_d - 2C_f y + 2e_{fy} y) \quad (10.3)$$

$$q_{fd}^* = \frac{n_d}{3n_f}(a - 2h - 2t_d - 2C_f x_f + C_d x_d + C_d y - e_{dy} y) \quad (10.4)$$

将公式 (10) 代入公式 (6)，可计算出均衡价格 p_d^* 和 p_f^* 。由于企业只能获得零利润，由公式 (2) 可知 $w_i^* = \pi_i^* - e_{ix} x_i (q_{ii}^* + q_{ij}^*)$ ， $i, j = d, f$ 。因此，基于公式 (10) 以及 p_d^* 和 p_f^* 可计算出均衡工资 w_d^* 和 w_f^* 。^①

2. 电力交叉补贴定价的综合影响分析

针对上述均衡，结合比较静态分析，可以进一步研究不同国家电力交叉补贴定价的综合影响。本文将重点考察电力定价对两个国家居民消费商品总量、企业生产商品总量、进出口贸易额、工资以及碳排放情况的影响。其中，居民的消费商品总量与工资同居民福利水平有关，而居民消费量又会与企业生产量一起共同影响碳排放总量。此外，因为模型涉及包含两国的世界经济系统，所以也有必要对国际贸易加以研究。由于本文对于本国与外国的相关设定具有对称性，因此下文仅给出本国电力定价的影响，外国碳配置策略的影响则省略。这里可以获得引理 1。

引理 1.1: e_{dy} 的提升促使本国消费者总消费量上升，对外国消费者总消费量没有影响。

令 $\Gamma_{dy} = n_d q_{dd} + n_f q_{fd}$ 与 $\Gamma_{fy} = n_f q_{ff} + n_d q_{df}$ 。

$$\frac{\partial \Gamma_{dy}}{\partial e_{dy}} = \frac{n_d y}{3} > 0, \quad \frac{\partial \Gamma_{fy}}{\partial e_{dy}} = 0 \quad (11.1)$$

引理 1.2: e_{dy} 的提升促使本国生产者总生产量上升，外国生产者总生产量下降。

① 两国产品的均衡价格以及居民的均衡工资可获得解析解。

令 $\Gamma_{dx} = n_d q_{dd} + n_d q_{df}$ 与 $\Gamma_{fx} = n_f q_{ff} + n_f q_{fd}$ 。

$$\frac{\partial \Gamma_{dx}}{\partial e_{dy}} = \frac{2n_d \gamma}{3} > 0, \frac{\partial \Gamma_{fx}}{\partial e_{dy}} = -\frac{n_d \gamma}{3} < 0 \quad (11.2)$$

引理 1.3： e_{dy} 的提升对本国出口贸易额（外国进口贸易额）没有影响，但可促使本国进口贸易额（外国出口贸易额）下降。

$$\frac{\partial n_d(p_f - h - t_f)q_{df}}{\partial e_{dy}} = \frac{\partial(p_f - h - t_f)}{\partial e_{dy}} \cdot n_d q_{df} + n_d(p_f - h - t_f) \cdot \frac{\partial q_{df}}{\partial e_{dy}} = 0 \quad (11.3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial n_f(p_d - h - t_d)q_{fd}}{\partial e_{dy}} &= \frac{\partial(p_d - h - t_d)}{\partial e_{dy}} \cdot n_f q_{fd} + n_f(p_d - h - t_d) \cdot \frac{\partial q_{fd}}{\partial e_{dy}} \\ &= -\frac{\gamma}{3} \cdot n_f q_{fd} - \frac{n_d \gamma}{3} \cdot (p_d - h - t_d) < 0 \end{aligned} \quad (11.4)$$

引理 1.4： e_{dy} 的提升对本国居民工资的影响不确定。并且，当外国消费电力价格低于单位成本时，即生产侧补贴消费侧时， e_{dy} 的提升使得外国居民工资下降，反之则无法判断。

令 $\Delta_{dd} = p_d - C_d x_d$ 、 $\Delta_{df} = p_f - h - t_f - C_d x_d$ 以及 $\Psi_d = e_{dy} - C_d$ ，于是基于公式 (7) 可获得公式 (11.5)。公式 (11.5) 说明本国的居民工资等于本国企业按照实际电力成本进行生产时，分别由本国市场与外国市场获得收益，再加上差异化电力定价导致的额外补贴。如果 $\Psi_d > 0$ ，那么意味着消费过程中的电力价格高于成本，进而使得企业生产享受了低价电力的补贴；反之则说明生产侧补贴了消费侧。

$$w_d = \Delta_{dd} q_{dd} + \Delta_{df} q_{df} + \Psi_d \gamma \left(q_{dd} + \frac{n_f}{n_d} q_{fd} \right) \quad (11.5)$$

基于公式 (11.5) 可得公式 (11.6)。公式 (11.6) 说明 e_{dy} 对 w_d 的影响包括以下三个方面。第一，由于随着 e_{dy} 的提升，本国市场的单位收益降低，但是销售量却可以提升，加之无法直接判断 Δ_{dd} 的符号，因此本国收益效应无法确定。第二，由于 e_{dy} 对外国单位收益和销售量均没有影响，因此外国收益效应为 0。第三，补贴效应当 $\Psi_d < 0$ 时为正，当 $\Psi_d > 0$ 时无法判断。综合考察， e_{dy} 的提升对本国居民工资的影响不确定。

$$\frac{\partial w_d}{\partial e_{dy}} = -\frac{\gamma}{3} q_{dd} + \Delta_{dd} \frac{2\gamma}{3} + \gamma \left(q_{dd} + \frac{n_f}{n_d} q_{fd} \right) - \Psi_d \frac{\gamma^2}{3} \quad (11.6)$$

令 $\Delta_{ff} = p_f - C_f x_f$ 、 $\Delta_{fd} = p_d - h - t_d - C_f x_f$ 以及 $\Psi_f = e_{fy} - C_f$ 。于是基于公式 (7) 可得公式 (11.7)。公式 (11.7) 说明外国的居民工资等于外国企业按照实际能源成本进行生产时，分别由外国市场与本国市场获得收益，再加上差异化电力定价导致的额外补贴。 Ψ_f 的内涵与 Ψ_d 相似。

$$w_f = \Delta_{ff}q_{ff} + \Delta_{fd}q_{fd} + \Psi_f y \left(q_{ff} + \frac{n_d}{n_f} q_{df} \right) \quad (11.7)$$

基于公式(11.7)可得公式(11.8)。公式(11.8)说明 e_{dy} 对 w_f 的影响同样包括以下三个方面:第一,由于 e_{dy} 对外国企业在外国的单位收益和销售量均没有影响,因此外国收益效应为0;第二,随着 e_{dy} 的提升,外国企业在本国市场的单位收益与销售量均下降;第三, e_{dy} 提升的补贴效应同样为0。因此,当 $\Psi_f < 0$ 时必有 $\Delta_{fd} > 0$,否则生产侧将无法承担对消费侧的电力补贴,进而可以判断 e_{dy} 的提升使得 w_f 下降。反之,当 $\Psi_d > 0$ 时无法判断。

$$\frac{\partial w_f}{\partial e_{dy}} = -\frac{y}{3}q_{fd} - \Delta_{fd} \frac{n_d y}{3n_f} \quad (11.8)$$

引理 1.5: e_{dy} 提升将促使本国碳排放总量上升,促使外国碳排放总量下降。

$$\frac{\partial [k_d(\Gamma_{dx}x_d + \Gamma_{dy}y)]}{\partial e_{dy}} = \frac{n_d k_d y (2x_d + y)}{3} > 0, \frac{\partial [k_f(\Gamma_{fx}x_f + \Gamma_{fy}y)]}{\partial e_{dy}} = -\frac{n_d k_f x_f y}{3} < 0 \quad (11.9)$$

(二) 博弈第一阶段求解: 最优电力定价策略的讨论

在博弈第二阶段的均衡求解之后,进入第一阶段的研究,进而将两国的电力定价内生,并分析其影响因素。

1. 最优电力定价策略

根据本文关于消费者偏好与效用的相关假设,可以获得拟线性偏好的间接效用函数。

$$V_d(p_d, w_d) = \frac{(q_d)^2}{2} + w_d - e_{dy} y q_d, V_f(p_f, w_f) = \frac{(q_f)^2}{2} + w_f - e_{fy} y q_f \quad (12)$$

由于碳排放引起的气候变化及其环境影响已经因减排协议的达成而确定,因此两国政府仅需要以最大化本国居民总福利为目标来决定电力定价策略。

$$\max_{n_d} V_d, \max_{n_f} V_f \quad (13)$$

基于公式(13)可以首先获得引理2。

引理 2.1: e_{dy} 与 e_{fy} 之间相互没有影响。

$$\frac{\partial e_{dy}}{\partial e_{fy}} = 0, \frac{\partial e_{fy}}{\partial e_{dy}} = 0 \quad (14.1)$$

引理 2.2: e_{dy} 对 e_{dx} 的影响不确定。

$$\frac{\partial e_{dx}}{\partial e_{dy}} = \frac{y}{x_d} \left[\frac{n_{dy}(\Gamma_{dx} - 2\Gamma_{dy})}{3(\Gamma_{dx})^2} (C_d - e_{dy}) - \frac{\Gamma_{dy}}{\Gamma_{dx}} \right] \quad (14.2)$$

引理 2.3: 当 $\Psi_f < 0$ 时, e_{dy} 的提升使得 e_{fx} 上升;当 $\Psi_f > 0$ 时, e_{dy} 的提升使得 e_{fx} 下降。

$$\frac{\partial e_{fx}}{\partial e_{dy}} = \frac{y}{x_f} \left[\frac{n_d y}{3(\Gamma_{fx})^2} (C_f - e_{fy}) \right] \quad (14.3)$$

联立公式 (13) 可解得 e_{dy}^* 和 e_{fy}^* 。

$$e_{dy}^* = \frac{a - C_d x_d}{y}, e_{fy}^* = \frac{a - C_f x_f}{y} \quad (15)$$

将公式 (10) 和 (15) 代入公式 (9)，将容易获得 e_{dx}^* 和 e_{fx}^* 。

2. 最优电力定价策略的讨论

在完成求解最优电力定价策略之后对其进行讨论。基于公式 (15) 直接可以获得命题 1。

命题 1：消费侧的节能技术进步将提升消费侧的电力定价水平，反之本国生产侧的节能技术进步将降低消费侧的电力定价水平。此外，一国能源结构转型后单位电力成本越高，即该国所承担的减排责任越大，低碳能源使用占比越高，也将促使本国降低消费侧的电力定价。

利用公式 (15) 分别计算 $e_{dy}^* - C_d$ 和 $e_{fy}^* - C_f$ 。基于公式 (16) 可获得推论 1。

$$\Psi_d^* = e_{dy}^* - C_d = \frac{a - C_d(x_d + y)}{y}, \Psi_f^* = e_{fy}^* - C_f = \frac{a - C_f(x_f + y)}{y} \quad (16)$$

推论 1：当 $a > C_i(x_i + y)$ 时，一国的消费侧电力价格将补贴生产侧电力价格；当 $a < C_i(x_i + y)$ 时，则生产侧电力价格将补贴消费侧电力价格；其中， $i = d, f$ 。

结合 e_{dx}^* 和 e_{fx}^* ，讨论 C_i 、 x_i 、 y 、 t_i 以及 n_i 的影响，进而获得引理 3。

引理 3.1： C_d 的提升对本国生产侧电力价格的影响不确定。

$$\frac{\partial e_{dx}}{\partial C_d} = 1 - \frac{y}{x_d} \left[\frac{n_d(2x_d + y)\Gamma_{dx} - 2(2n_d x_d + n_f x_d + n_d y)\Gamma_{dy}}{3\Gamma_{dx}^2} (C_d - e_{dy}) + \frac{\Gamma_{dy}}{\Gamma_{dx}} \left(1 + \frac{x_d}{y} \right) \right] \quad (17.1)$$

引理 3.2：当 $\Psi_d < 0$ 时， C_f 的提升促使本国生产侧电力价格提高；当 $\Psi_d > 0$ 时， C_f 的提升促使本国生产侧电力价格下降。

$$\frac{\partial e_{dx}}{\partial C_f} = -\frac{y}{x_d} \frac{n_d x_f \Gamma_{dx} + (n_d x_f + 2n_f x_f + n_f y)\Gamma_{dy}}{3\Gamma_{dx}^2} (C_d - e_{dy}) \quad (17.2)$$

引理 3.3： x_d 的提升对本国生产侧电力价格的影响不确定。

$$\frac{\partial e_{dx}}{\partial x_d} = -\frac{y}{x_d^2} \frac{\Gamma_{dy}}{\Gamma_{dx}} (C_d - e_{dy}) - \frac{y}{x_d} \frac{2C_d n_d \Gamma_{dx} - 2C_d(2n_d + n_f)\Gamma_{dy}}{3\Gamma_{dx}^2} (C_d - e_{dy}) + \frac{C_d}{x_d} \frac{\Gamma_{dy}}{\Gamma_{dx}} \quad (17.3)$$

引理 3.4：当 $\Psi_d < 0$ 时， x_f 的提升促使本国生产侧电力价格下降；当 $\Psi_d > 0$ 时， x_f 的提升促使本国生产侧电力价格上升。

$$\frac{\partial e_{dx}}{\partial x_f} = -\frac{y}{x_d} \frac{C_f n_d \Gamma_{dx} + C_f(n_d + 2n_f)\Gamma_{dy}}{3\Gamma_{dx}^2} (C_d - e_{dy}) \quad (17.4)$$

引理 3.5: y 的提升对本国生产侧电力价格的影响不确定。

$$\frac{\partial e_{dx}}{\partial y} = \frac{1}{x_d} \frac{\Gamma_{dy}}{\Gamma_{dx}} (C_d - e_{dy}) - \frac{y}{x_d} \frac{C_d n_d \Gamma_{dx} - (2C_d n_d - C_f n_f) \Gamma_{dy}}{3\Gamma_{dx}^2} (C_d - e_{dy}) + \frac{1}{x_d} \frac{\Gamma_{dy}}{\Gamma_{dx}} e_{dy} \quad (17.5)$$

引理 3.6: 当 $\Psi_d < 0$ 时, t_d 的提升促使本国生产侧电力价格下降; 当 $\Psi_d > 0$ 时, t_d 的提升促使本国生产侧电力价格上升。

$$\frac{\partial e_{dx}}{\partial t_d} = -\frac{y}{x_d} \frac{n_d (\Gamma_{dx} + \Gamma_{dy})}{3\Gamma_{dx}^2} (C_d - e_{dy}) \quad (17.6)$$

引理 3.7: 当 $\Psi_d < 0$ 时, t_f 的提升促使本国生产侧电力价格下降; 当 $\Psi_d > 0$ 时, t_f 的提升促使本国生产侧电力价格上升。

$$\frac{\partial e_{dx}}{\partial t_f} = -\frac{y}{x_d} \frac{2n_f \Gamma_{dy}}{3\Gamma_{dx}^2} (C_d - e_{dy}) \quad (17.7)$$

引理 3.8: n_d 的提升对本国生产侧电力价格的影响不确定。

$$\frac{\partial e_{dx}}{\partial n_d} = \frac{y}{x_d} \frac{(q_{dd} + n_f q_{df}/n_d) \Gamma_{dx} - q_{dd} \Gamma_{dy}}{3\Gamma_{dx}^2} (C_d - e_{dy}) \quad (17.8)$$

引理 3.9: 当 $\Psi_d < 0$ 时, n_f 的提升促使本国生产侧电力价格上升; 当 $\Psi_d > 0$ 时, n_f 的提升促使本国生产侧电力价格下降。

$$\frac{\partial e_{dx}}{\partial n_f} = \frac{y}{x_d} \frac{n_d q_{df}/n_f}{3\Gamma_{dx}^2} (C_d - e_{dy}) \quad (17.9)$$

基于引理 3, 可以获得命题 2。

命题 2: 当本国生产侧电力价格补贴消费侧电力价格时, C_f 和 n_f 的提升促使本国生产侧电力价格上升, x_f 、 t_d 以及 t_f 的提升促使本国生产侧电力价格下降; 当本国消费侧电力价格补贴生产侧电力价格时, C_f 和 n_f 的提升促使本国生产侧电力价格下降, x_f 、 t_d 以及 t_f 的提升促使本国生产侧电力价格上升; C_d 、 x_d 、 y 以及 n_d 的提升对本国生产侧电力价格的影响不确定。

五、延伸分析：能源结构转型与关税贸易政策

本节将对模型进行两个方面的延伸分析。一是在给定当期碳减排责任的条件下如何确定转型后的最优能源结构; 二是探究在以能源结构转型推动碳减排的过程中关税政策可以发挥怎样的作用。

(一) 能源结构转型

在模型设定的基础上进一步补充以下假设。假设任意一国可供选择的能源类型有 r 种, 每一种能源转化为标准能值 (如标准煤或者石油当量) 的转化系数为 g_r , 每一

种能源在利用的过程中单位消耗导致的碳排放量为 k_r 。并且，一国在获取单位电能的过程中需要付出的成本为 C_{ir} ，其中 $i = d, f$ 。 C_{ir} 与 k_r 的关系符合以下函数关系，即 $k_{ir}'(C_{ir}) < 0$ ，这意味着越是低碳的能源，其成本越高。^① 此外，为了简化分析，本文假设成本 C_{ir} 为每种能源需求量 h_{ir} 的外生变量。^② 结合上述假设，所谓的能源结构转型就是由 h_{ir} 的变化所导致的 $h_{ir}/\sum_r h_{ir}$ 的变化。在给定 h_{ir} 的情况下，可以由公式 (18) 确定单位能值的平均成本与平均碳排放量。结合 $k_{ir}'(C_{ir}) < 0$ 显然有 $k_i'(C_i) < 0$ 。

$$C_i = \frac{\sum_r C_{ir} h_{ir}}{\sum_r g_r h_{ir}}, \quad k_i = \frac{\sum_r k_{ir}(C_{ir}) \cdot h_{ir}}{\sum_r g_r h_{ir}} \quad (18)$$

如果用上标 0 表示基期，t 表示当期，则可以由 h_{ir}^0 确定 C_i^0 和 k_i^0 。令 M_i^0 表示一国基期的碳排放总量，进一步假设该国需要在基期碳排放总量的基础上削减 ΔM ，则有公式 (19)。

$$M_i^t = M_i^0 - \Delta M = k_i^0(\Gamma_{ix}^0 x_i^0 + \Gamma_{iy}^0 y_i^0) - \Delta M \quad (19)$$

基于公式 (20) 的最优化问题，可获得命题 3。其中，第一个约束条件为碳排放约束，即特定节能技术水平下完成碳减排目标的条件。第二个约束条件为电力需求约束，即包括生产侧与消费侧共同的电力需求总量约束条件。在涉及多种能源组合可以同时满足上述两个约束条件时，通过电力成本最小化来确定最优的能源转型结构。

$$\min_{h_{ir}} \sum C_{ir} h_{ir}^t \quad s. t. \quad \begin{aligned} k_i^t(C_i^t) \cdot [\Gamma_{ix}^*(C_i^t) \cdot x_i^t + \Gamma_{iy}^*(C_i^t) \cdot y_i^t] &\leq M_i^t \\ [\Gamma_{ix}^*(C_i^t) \cdot x_i^t + \Gamma_{iy}^*(C_i^t) \cdot y_i^t] &\leq \sum_r g_r h_{ir}^t \end{aligned} \quad (20)$$

命题 3：一国的最优能源转型结构 h_{ir}^t 可以由公式 (20) 求解确定。^③

由公式 (20) 中的碳排放约束条件，还可以获得推论 2，参见公式 (21)。

推论 2：能源结构转型带来的单位电力成本提升，将通过单位能耗碳排放降低的直接效应与价格变动导致电力需求量减少的间接效应共同推动碳减排。

$$\frac{\partial M_i}{\partial C_i} = k_i'(C_i)(\Gamma_{ix} x_i + \Gamma_{iy} y_i) - \frac{k_i}{3} [n_d y(2x_d + y) + 2x_d(2n_d x_d + n_f x_d + n_d y)] < 0 \quad (21)$$

(二) 关税贸易政策

最后分析关税对碳减排的影响。即在碳减排约束下，是否可以通过关税税率的调

① 不同国家的同种能源的碳排放系数是没有差异的，但是 $k_{ir}'(C_{ir}) < 0$ 中给出 k_{ir} 的下标 i 是因为不同国家获取电力的成本可能存在差异，因此在成本与能耗之间的函数关系上也存在差异。

② 该假设的含义为一国某种能源需求的变化并不影响获取电力的单位成本。例如，当一国需要增加某种能源进口量的时候，电力的价格并不会因此而上升。这样的假设对于小国可以直接适用，对于大国则需要进一步考虑能源供给情况，但即使如此也不影响本文分析的结论，只需给出 $C_{ir}'(h_{ir}) > 0$ 即可。

③ 当然，在特定的情况下最优的能源转型结构可能并不唯一。

整来缓解能源结构转型导致的电力成本上升压力。显然,关税税率的变化无法改变单位能耗碳排放量,但却可以改变电力的需求量。于是,通过公式(22)可以获得命题4。

$$\frac{\partial M_d}{\partial t_d} = \frac{n_d k_d (x_d - y)}{3}, \quad \frac{\partial M_d}{\partial t_f} = -\frac{2n_f k_d x_d}{3} < 0 \quad (22)$$

命题4:当 $x_d > y$ 时,提高本国关税税率有利于缓解碳减排和能源结构转型造成的电力成本上升压力;当 $x_d < y$ 时,降低本国关税税率则可以达到上述效果。此外,外国降低本国关税税率,减少贸易壁垒,也能够达到上述效果。

六、总结与政策启示

本文借助一个开放经济环境下的寡占竞争模型开展研究,得到以下主要结论。第一,一国消费侧的电力定价将随该国生产侧与消费侧的节能技术水平的进步而提高,随该国承担的减排责任所决定的本国单位电力成本的增加而降低,而一国生产侧的电力定价除上述因素外还受到两国人口数量、关税税率以及外国生产侧节能技术水平与外国减排责任决定的外国单位能源成本等因素的影响。第二,能源结构转型带来的单位电力成本提升,将通过直接与间接两个效应共同推动碳减排。第三,当本国生产侧能耗高于消费侧能耗时,提高本国关税税率有利于缓解碳减排和能源结构转型造成的电力成本上升压力;反之,降低本国关税税率则可以达到上述效果。此外,外国降低关税税率,也有利于缓解本国的减排压力。

基于以上结论,可以获得两点政策启示。第一,根据国内的电力生产成本与能耗技术水平进行生产侧与消费侧的电力交叉补贴定价,能够提升本国社会福利水平。第二,贸易政策与应对全球气候变化的环境能源政策需要相互协调配合,通过政策组合拳来降低能源结构转型带来的压力。

以各国为应对全球气候变化已经就各自的碳减排责任达成共识并作出承诺作为逻辑起点,本文提供了一个研究开放经济中各国进行产量竞争并推动能源结构转型的能源交叉补贴定价模型。在此基础上可进行以下拓展,进而也构成未来的研究方向。第一,将不同国家企业之间的同质品竞争拓展为异质品竞争。第二,引入关税之外的其他贸易政策。第三,引入能源供给国或者引入某一国家的能源供给部门,进而考虑能源贸易。当然,基于本文提供的研究框架与分析结论,结合模型参数的校准,进而针对中国的电力差别定价与交叉补贴进行实证研究也将是下一步的研究重点。

参考文献

范庆泉、周县华、刘净然(2015):《碳强度的双重红利:环境质量改善与经济持续增长》,《中国人口·资源与环境》第6期,第62~71页。

刘思强、姚军、叶泽(2015):《我国销售电价交叉补贴方式及改革措施》,《价格理论与实践》

第8期，第26~28页。

刘思强、叶泽、于从文、刘轶、张立岩（2016）：《我国分压分类电价交叉补贴程度及处理方式研究》，《价格理论与实践》第5期，第65~68页。

罗斌、杨艳（2014）：《农村居民电价补贴政策的博弈模型及实证研究》，《宏观经济研究》第9期，第37~47页。

齐放、魏玢、张粒子等（2009）：《我国销售电价交叉补贴问题研究》，《电力需求侧管理》第6期，第16~19页。

阙光辉（2003a）：《销售电价：交叉补贴、国际比较与改革》，《电力技术经济》第2期，第24~26页。

阙光辉（2003b）：《商业电价是否存在“歧视”——兼论销售电价联动与取消交叉补贴》，《电力市场》第11期，第22~24页。

孙传旺（2014）：《阶梯电价改革是否实现了效率与公平的双重目标》，《经济管理》第8期，第156~167页。

唐要家、杨健（2014）：《销售电价隐性补贴及改革的经济影响研究》，《中国工业经济》第12期，第5~17页。

张友国、郑玉歆（2014）：《碳强度约束的宏观效应和结构效应》，《中国工业经济》第6期，第57~69页。

郑新业、傅佳莎（2015）：《电力交叉补贴是中国特色“双重红利”》，《中国能源报》3月23日，第005版。

朱成章（2010）：《关于我国实行阶梯电价的建议和设想》，《中外能源》第5期，第13~17页。

Barrett, S. (1994), “Self-Enforcing International Environmental Agreements”, *Oxford Economic Papers*, 46, pp. 878 – 894.

Barrett, S. (2007), *Why Cooperate? The Incentive to Supply Global Public Goods*, Oxford: Oxford University Press.

Bretschger, L. (2017), “Climate Policy and Economic Growth”, *Resource and Energy Economics*, 49, pp. 1 – 15.

Carraro, C. and D. Siniscalco (1993), “Strategies for the International Protection of the Environment”, *Journal of Public Economics*, 52 (3), pp. 309 – 328.

Carraro, C. and D. Siniscalco (1998), “International Environmental Agreements: Incentives and Political Economy”, *European Economic Review*, 42 (3 – 5), pp. 561 – 572.

Dell, M., B. J. Jones and B. A. Olken (2009), “Temperature and Income: Reconciling New Cross Sectional and Panel Estimates”, *American Economics Review*, 99 (2), pp. 198 – 204.

Hoel, M. (1991), “Global Environmental Problems: The Effects of Unilateral Actions Taken by One Country”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 20 (1), pp. 55 – 70.

Kober, T., P. Summerton and H. Pollitt, et al. (2016), “Macroeconomic Impacts of Climate Change Mitigation in Latin America: A Cross-Model Comparison”, *Energy Economics*, 56, pp. 625 – 636.

Nordhaus, W. (1994), *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*, Cambridge: The MIT Press.

- Nordhaus, W. (2005), "Life After Kyoto: Alternative Approaches to Global Warming", *NBER Working Paper No. w11889*.
- Nordhaus, W. (2007), "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change", *Journal of Economic Literature*, 45, pp. 686 – 702.
- Nordhaus, W. (2008), *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*, Yale University Press.
- Nordhaus, W. (2011), "Designing a Friendly Space for Technological Change to Slow Global Warming", *Energy Economics*, 33 (4), pp. 665 – 673.
- Nordhaus, W. (2013), "Chapter 16 – Integrated Economic and Climate Modeling", *Handbook of Computable General Equilibrium Modeling*, 1, pp. 1069 – 1131.
- Sandler, T. and K. Hartley (2001), "Economics of Alliances: The Lessons for Collective Action", *Journal of Economic Literature*, 39 (3), pp. 869 – 896.
- Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Weitzman, M. (2003), *Income, Wealth, and the Maximum Principle*, Cambridge and London: Harvard University Press.
- Weitzman, M. (2007), "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change", *Journal of Economic Literature*, 45 (3), pp. 703 – 724.

Carbon Emission Peak Constraint and Carbon Allocation Strategy: A Power Cross-Subsidy Pricing Model

QIAO Xiao-nan

(School of Economics, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: During the APEC meeting in 2014, China set the target that carbon emission will peak around the year of 2030, which becomes an important constraint for China's future economic growth. By establishing an Oligopolistic production competition model, this paper discusses how to carry out the power differential pricing on the production side and the consumption side in order to maximize the national welfare under the pressure of carbon emission constraint. The results show that the power pricing on consumption side improves with the progress of the nation's energy saving technology on both sides, and decreases with the raising of nation's unit power costs. The power pricing on production side is not only influenced by the above-mentioned factors, but also influenced by the two countries' population, tariff rate, energy saving technology level of foreign country's production side, and the unit energy costs of the foreign country, etc. Moreover, based on the differences of the energy saving technologies between the production side and consumption side, nations can adjust the tariffs to relieve the pressure of higher energy cost caused by carbon emission reduction. Furthermore, pushing foreign country to reduce tariff and breaking trade barriers

will also achieve similar effects.

Key Words: carbon discharges peak value; carbon allocation; transformation of energy structure; cross-subsidy

责任编辑：张莹

气候变化经济学教材编写研讨会在滇召开

2017年12月22日，由中国社会科学院城市发展与环境研究所主办、西南林业大学经济管理学院承办的气候变化经济学教材编写研讨会在云南昆明召开。来自中国社会科学院城市发展与环境研究所“气候变化经济学优势学科”研究团队、清华大学、北京大学、武汉大学、北京师范大学、中央财经大学、对外经济贸易大学、安徽省经济研究院、南京信息工程大学、西南林业大学、湖北经济学院、香港城市大学、英国东安格利亚大学和日本名古屋大学等科研机构 and 高等院校的专家学者以及出版社代表40余人参加了本次研讨会。

会议首先由西南林业大学经济管理学院罗明灿院长致开幕词。他对前来参会的学者们表示欢迎，并介绍了经管学院在绿色会计、林业碳汇等领域的研究。在主旨演讲环节，中国社会科学院城市发展与环境研究所潘家华所长针对气候变化经济学教材体系的构建和编写安排进行发言，强调气候变化经济学教材应定位于“构建有中国特色的教材体系”“凸显气候变化学科的经济学特性”“形成系统完整的学科体系”“遵循生态文明范式体系”等。随后，日本名古屋大学薛进军教授、武汉大学齐绍洲教授、城环所陈迎研究员、英国东安格利亚大学关大博教授、香港城市大学张晓玲教授、湖北经济学院孙永平教授、中央财经大学崔莹教授、南京信息工程大学史军教授等十五位专家进行了主旨发言，详细介绍了各选题的背景与意义、编写基本框架和已有研究基础，涉及绿色发展经济学、碳市场经济学、碳排放清单编制的理论与应用、气候变化经济学导论、气候变化国际政治经济学、低碳城市的理论与方法、碳金融、应对气候变化中的环境政策等主题。

教材编写研讨环节在潘家华所长的主持下初步确定了教材选题和框架及编写人员。潘所长建议根据各位编委的研究领域，将气候变化经济学教材体系分为导论、减缓气候变化经济学、适应气候变化经济学、气候变化国际政治经济学、气候金融学、碳市场经济学、温室气体清单编制的理论与方法、贸易与气候变化经济学、气候变化的政策与工具、气候制度经济学以及气候变化经济学的基础教程、绿色经济等几个部分。薛进军教授认为应从理论、方法、模型构建上突破传统经济学体系，并强调明确气候变化经济学学科归属、体现中国特色。齐绍洲教授介绍了目前高校的课程体系，区分了本科生和研究生教学定位的差异，并建议气候变化经济学教材应注重生动性和可读性。北京师范大学刘学敏教授提出以“气候变化政治经济学”命名学科，强调对理论、规律的概括和经验的提升，建议跳出新古典主义逻辑，从中国视角着手气候变化经济学理论构建，针对研究生开设气候变化经济学专业。参会人员就学科定位、写作思路等问题展开热烈讨论。

最后，潘家华所长作总结发言，建议教材名称沿用中国社会科学院登峰战略优势学科建设项目“气候变化经济学”的表述，认为教材对象可定位于本科生选修课、硕士研究生主修课以及继续教育培训教学，并初步确定了教材编写的人员和 timetable。潘家华所长指出，气候变化经济学教材的编写工作“永远在路上”，需要大家持续努力。

(薄凡 供稿)