

碳排放与碳减排的经济学研究文献综述

周五七 聂 鸣*

摘要: 温室气体尤其是二氧化碳排放被认为是全球气候变暖的主要原因,主流科学界对此达成的共识及其激发的国际政治响应,推动了经济学界对碳排放与碳减排问题的研究,本文着重对碳排放增长的驱动因素、碳排放与经济增长的关系、能源与碳排放约束的绿色生产率与效率、碳减排机制与政策等方面的经济学研究进行回顾与评述。因素解析法虽能识别碳排放增长的主要驱动因素但其考察的因素具有局限性,多元计量分析弥补了因素解析法研究的不足,基于生产前沿的生产率与效率评价模型为低碳发展转型提供了良好的分析框架,宏观经济模型能模拟复杂经济系统中碳排放及碳减排对经济发展的内在影响。有关碳排放与碳减排的多视角研究有待完善,基于企业与居民行为的微观经济研究仍需深入。

关键词: 碳排放 碳减排 经济增长 低碳经济 环境效率

一、引言

碳排放最初只是一个科学认知问题,并没有进入经济学的研究视野。早在 20 世纪 70 年代末,科学家们在第一次世界气候大会宣言(1979 年)中指出,如果大气中 CO_2 浓度持续增加,20 世纪末全球气温上升将达到可测的程度,21 世纪中叶出现显著增温现象,全球气候变暖问题开始引起科学界乃至国际社会的关注。1988 年 11 月,联合国世界气象组织和环境规划署联合建立政府间气候变化委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC),整合全球相关领域的科学家对全球气候变化进行评估,IPCC 先后于 1990 年、1995 年、2001 年和 2007 年发布全球气候变化评估报告,2007 年第四次气候变化评估报告显示,始于 20 世纪中期可观测的全球气温上升,非常有可能由人类活动的温室气体排放引起,这种可能性达到 90% 以上(IPCC, 2007)。IPCC 评估报告成为国际社会认知和应对气候变化的重要科学依据,有力地推动了国际气候谈判进程,有关温室气体排放的《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》在 20 世纪 90 年代先后达成,主要经济发达国家承诺 2008 - 2012 年温室气体排在 1990 年基础上平均减少 5.2%,温室气体减排问题从此成为国际环境外交的核心议题,成为经济发达国家和发展中国家对话的重要内容。

在全球温室气体排放中, CO_2 所占比重最大,以 2004 年为例, CO_2 占全球温室气体排放的 76.7%,其中,化石燃料使用释放的 CO_2 占人类活动 CO_2 排放的 80% 以上,占全球温室气体排放的 56.6%(IPCC, 2007)。主流科学界对碳排放增温效应的关注及其激发的应对气候变暖的国际政治响应,直接推动了经济学界对碳排放问题的研究和重视。尽管仍有一些“怀疑论者”和“阴谋论者”对此提出了质疑与争论,但无法影响主流科学界对全球气候变暖达成的共识,无法改变国际社会推动节能减排和发展低碳经济的大趋势。正是在这一政治经济背景下,国内外有关碳排放与碳减排的经济学研究日益增加,成为现代经济学研究的热点问题。

本文试图对这一领域的经济学研究成果与研究进展进行回顾、总结与评述,余下内容安排如下:第二部分是有关碳排放动因的经济学研究评述,第三部分是碳排放与经济增长关系的研究评述,第四部分对能源与

* 周五七,华中科技大学管理学院,邮政编码:430074,淮南联合大学经济系,邮政编码:232038,电子信箱:oiotto@126.com; 聂鸣,华中科技大学管理学院,邮政编码:430074,电子信箱:nieming@mail.hust.edu.cn。

作者十分感谢匿名审稿专家的宝贵而细致的修改意见,他们的意见拓展了本文的研究视角,当然,文责自负。

碳排放约束的经济增长效率研究进行评述,第五部分对基于宏观经济模型的碳减排机制与政策进行研究评述,最后指出值得进一步关注的问题及其研究趋向。

二、碳排放动因的经济学研究

当碳排放的增温效应成为广泛共识,自然引起人们对碳排放增长的驱动因素探究,基于因素分解的解析研究方法开始在这一领域得到应用。因素解析研究把碳排放增长分解为人口规模、产业结构、能源强度、经济增长、技术进步等因素的影响效应,比较不同因素对碳排放增长的作用方向与贡献大小,识别影响碳排放增长的主要因素与次要因素、促进因素与抑制因素,从而分析碳减排路径与措施,因素解析法主要包括结构分解法(Structural Decomposition Analysis, SDA)和指数分解法(Index Decomposition Analysis, IDA)。

结构分解法(SDA)是以投入产出模型为基础的一种比较静态分析法,需要利用投入产出表中的数据。由于各国投入产出表往往间隔2~5年才发布一次,SDA难以避免数据的滞后性,且只能进行跨期比较分析,即对两个基准年之间的碳排放变化进行分解,中间年份的变化被忽略,不能客观反映某些因素的非线性变化对碳排放的影响。由于SDA采用矩阵运算,因而只能进行加法方式分解,分解形式也非唯一,从不同的影响因子排序出发,就可以得到不同的分解形式。为了减少运算量和不同分解形式的计算偏差,通常采用两极分解法,就某一个影响因子对因变量的效应而言,以始于第一个因子的变动效应和始于最后一个因子的变动效应的平均值作为其近似替代。SDA的优点在于能揭示经济系统各部门之间的内在联系,系统分析终端需求、中间投入及结构变动对碳排放的影响。Leontief和Ford(1972)最早利用SDA方法对美国空气污染排放的变动进行解析研究,Caster和Rose(1998)对1972-1982年美国碳排放变动进行结构分解,Peters等(2007)和Zhang(2009)对中国碳排放和碳排放强度变化进行了SDA的结构化解析研究。

指数分解法(IDA)最初主要有Laspeyres指数分解法和Paasche指数分解法,实质上是对各个解释变量的微分展开,前者以其他解释变量的基期指标值为权数,后者以其他解释变量的报告期指标值为权数,后者不如前者应用广泛,但两者均有分解残差。Sun(1998)提出了精炼Laspeyres指数分解法,将残差分摊给各个因子,实现了完全分解,但只适于加法分解,当因子超过3个时,分解形式极为繁琐。Divisia指数分解是对时间进行微分,根据积分近似运算中权数构造方式不同,分为算术平均Divisia指数分解法(AMD1)和对数平均Divisia指数分解法(LMD1)。AMD1取两个端点值的算术平均数为权数,简单易行,但分解结果存在残差,LMD1分解无残差,且对零值与负值数据能进行有效的技术处理。Ang和Zhang(2000)以及Ang(2004)对不同的指数分解方法进行了合意性检验与比较,结果表明,只有LMD1方法和精炼Laspeyres分解法能同时通过Fisher理想指数三项合意性检验,即时间可逆性检验、因子可逆性检验和循环性检验,且LMD1方法整体上要优于精炼Laspeyres指数分解法。LMD1方法成为近年来这一研究领域重要的技术分析工具,徐国泉等(2006)、魏一鸣等(2008)、宋德勇和卢忠宝(2009)、王锋等(2010)及陈诗一(2011)使用这一方法对中国(工业)碳排放、人均碳排放和碳排放强度的变动进行了因素解析研究。

从现有文献使用的解析方法来看,大多只选取SDA与IDA中的一种。如上文所述,这两种分解方法各有优缺点,如果能在分解模型中将两种方法融合起来,就可以从更多的层面考察碳排放(强度)变动的影响因素,提高模型的解析力度和解释深度。袁鹏等(2012)已在这方面做出了探索性研究,该文将SDA方法与LMD1方法相结合,从总量和行业视角将碳排放增长效应分解为能源效率效应、能源替代效应、技术进步效应、国内最终需求效应、出口效应、进口效应等6类效应,深化了对碳排放增长来源的解释。从分解指标来看,针对碳排放总量指标的分解较多,针对碳排放比率指标(如碳排放强度)的分解较少,这可能与《京都议定书》对附件I国家第一履约期内减排义务采取绝对量化减排的规定有关。但是,对于类似中国这样处于工业化发展阶段的国家,碳排放总量在今后一段时期内还会持续增长,基于碳排放强度下降的碳控制战略是适宜现阶段经济发展水平的理性选择,加强对这些国家碳排放强度变动的解析研究更具有现实指导意义。

从基础数据来看,由于我国市场经济制度建立的时间不长,早期统计数据质量不高,受地区行政区划及行业分类标准变化的影响,不同时期的统计口径存在不一致性,这对数据选取造成了很大的困扰,导致实证研究中存在行业层次过宽、时间跨度过短等问题。排除研究者的主观偏好,受统计数据本身的限制,实证研究中所截取的时间跨度越短,就越有可能低估结构性因素对中国碳排放(强度)变动的影响,最终可能影响碳减排尤其是结构减排的政策建议。另外,中国目前尚未发布有关碳排放总量及行业碳排放量的官方统计

数据,研究者要么根据 IPCC 推荐的碳排放估算参考方法自行估算,要么从国际主要温室气体排放数据开发机构^①的专业数据库中获取,数据来源不一致甚至数据自行估算有误,均有可能造成研究结果的差异。质量可靠的统计数据是碳排放解析研究的基础,如何获取微观层面尤其是细分行业及微观企业层次的投入产出数据,是中国碳排放经济学研究面临的技术难题。

三、碳排放与经济增长的关系研究

关于碳排放驱动因素的解析研究已经日臻成熟,但是,碳排放解析研究所能考察的因素具有局限性,有些影响因素难以纳入分解模型,比如经济发展水平与碳排放之间可能存在的二次关系、产权结构与技术溢出对碳排放的影响等。有关碳排放变动影响因素的多元计量分析可以弥补解析研究的不足,已有的碳排放解析研究也在变量选取、研究假设提出与研究结果对比等方面,为碳排放影响因素的经济计量模型检验奠定了基础。在对碳排放驱动因素的计量经济学研究中,经济增长对碳排放变动的影响备受学者关注,但不同的实证研究结论相差较大。

自 Grossman 和 Krueger(1991) 提出环境库兹涅茨曲线(Environmental Kuznets Curve ,EKC) 假说^②以来,经济增长与环境污染关系的实证研究不断涌现,但此类研究大多是针对二氧化硫、氧化氮、悬浮颗粒物等排放指标。20 世纪 90 年代以来,随着人们对全球气候变暖的关注,经济学者开始使用历史经验数据检验碳排放同经济增长之间是否存在 CKC 假说^③,典型实证研究如表 1 所示,研究结果并未得到一致的结论,这可能与不同研究所采用的计量方法及选取的样本不同有关。另外,与前述污染排放物相比,二氧化碳具有更强的空间外溢性,环境负外部性更明显,正如 Stern(2007) 在其研究报告中所指出的,温室气体排放是迄今为止人类所遇到的最大市场失灵,加上碳减排成本高回报低,各国主动减排意愿不足,这些因素都有可能导 致一些国家的碳排放与经济增长关系不符合 CKC 假说。

表 1 碳排放库兹涅茨曲线(CKC) 的典型实证研究

文献	主要解释变量	样本对象	数据	结论
Apergis 和 Payne(2009)	人均能源消费、人均收入	中美洲 6 国	面板数据 (1971 - 2004 年)	倒 U 型
Ang(2007)	人均能源消费、人均收入	法国	时间序列数据 (1960 - 2000 年)	倒 U 型
Jalil 和 Mahmud(2009)	人均能源消费、人均收入、外贸依存度	中国	时间序列数据 (1997 - 2005 年)	倒 U 型
Martinez 和 Bengochea(2004)	人均收入	22 个 OECD 国家	面板数据 (1975 - 1998 年)	N 型、倒 U 型
Wagner(2008)	人均收入	100 个国家	面板数据 (1950 - 2000 年)	单调递增

计量经济学研究对数据质量要求较高,在实证研究中,一些基于多国截面数据的跨国研究证实了碳排放与人均收入之间存在 CKC 关系,原因可能在于 CKC 曲线上升部分的数据来自发展中国家,而 CKC 曲线下降部分的数据则主要来自经济发达国家,但这一结论严格依赖于以下强假设,即简单地假定处于不同经济发展阶段国家的碳排放与经济增长之间的关系是同质的,而忽略了不同国家之间在经济结构、文化传统和历史发展等方面的差异,把倒 U 型曲线这样一个动态的历史现象变成了静态的国别现象。在这种强假设下推论出样本中每个国家的碳排放与人均收入之间均存在 CKC 关系是有失说服力的,由此得出的结论不能明确地适用于任何个别国家,不能转化为针对具体国家的可行政策建议。也有一些实证研究只考察人均收入对碳排放的影响,这种处理方法便于识别人均收入对碳排放的净影响,但遗漏了其他重要解释变量如能源结构、产业结构、环境政策和经济开放度等对碳排放的影响,估计结果可能是有偏的和不稳(Stern,1998)。因此,在

①此类机构有美国能源信息署(EIA)、美国橡树岭国家实验室二氧化碳信息分析中心(CDIAC)、世界资源研究所(WRI)、联合国气候变化框架公约(UNFCCC) 及经济合作与发展组织(OECD) 下设的国际能源署(IEA)。

②Grossman 和 Krueger(1991) 针对贸易与环境问题,首次从经验上验证了污染物排放与经济增长之间存在倒 U 型曲线关系,即污染排放随人均收入增加先增加后减少,这种倒 U 型曲线与 Kuznets(1955) 提出的收入分配不公平与经济发展之间的经验曲线相似,Panayotou(1993) 将其称为环境库兹涅茨曲线(EKC)。

③Wagner(2008) 将二氧化碳排放与人均收入之间的倒 U 型关系称为碳库兹涅茨曲线(Carbon Kuznets Curve,CKC)。

实证研究中,应该针对特定国家使用时间序列数据或面板数据进行研究,并将结构与制度性因素等重要解释变量纳入模型,由此得到的结论及政策建议对特定国家低碳经济发展更有现实意义。国内学者林伯强和蒋竺均(2009)、许广月和宋德勇(2010)、杜立民(2010)、李锴和齐绍洲(2011)等利用省级面板数据,陶长琪和宋兴达(2010)利用时间序列数据,对中国碳排放的多元影响因素及碳排放库兹涅茨曲线进行了计量检验。

针对碳库兹涅茨曲线(KKC)的计量经济学研究,适宜检验碳排放与经济增长的长期变化关系,其研究结论对样本、数据及计量方法的选择有较强的敏感性,一些学者使用脱钩理论分析一国碳排放与经济增长之间的关系。脱钩理论认为,若碳排放随经济增长而增加,表明两者之间存在耦合关系,与KKC曲线上升部分相对应;若碳排放不随经济增长而增加甚至还会减少,表明经济增长与碳排放相脱钩,与KKC曲线下落部分相对应。现有文献对脱钩的测度方法与类型划分不完全相同,Vehmas等(2003)利用环境压力、经济增长及单位国内生产总值的环境压力等指标变化量判断脱钩程度,将其划分为强脱钩、弱脱钩、衰退性脱钩、强复钩、弱复钩和扩张性复钩;OECD(2002)利用环境压力与GDP比率的期末值与期初值之比计算脱钩指数,从而识别环境压力与经济增长的脱钩和未脱钩状态,但无法识别绝对脱钩、相对脱钩及衰退性脱钩。Tapio(2005)对芬兰城市交通与GDP关系进行脱钩弹性分析,将脱钩细分为弱脱钩、强脱钩、弱负脱钩、强负脱钩、扩张负脱钩、扩张连接、衰退脱钩与衰退连接八种状态,克服了OECD(2002)脱钩指数模型对基期选择的敏感性而可能产生的测度偏差,又弥补其不能识别弱脱钩与强脱钩的不足,还能在模型中引入中间变量对脱钩指数进行链式分解,进一步解释脱钩关系变动的因果逻辑,因而在实证研究中得到了广泛应用。庄贵阳(2007)运用Tapio脱钩模型对包括中国在内的全球20个温室气体排放大国在不同时期的脱钩特征进行了分析。孙耀华和李忠民(2011)基于Tapio脱钩模型对1999-2008年中国各省区碳排放与经济增长之间的脱钩关系进行测度并进行因果链分解。现有文献大多从宏观层面分析碳排放与经济发展之间的脱钩关系,加强产业或行业层面的脱钩分析研究,对产业脱钩政策的制定及低碳导向的产业结构优化会有重要的参考价值和指导意义。

四、能源与碳排放约束的绿色生产率与效率研究

上述关于碳排放与经济增长关系的研究文献,大多只考察了经济增长对碳排放的单向影响关系,忽视了碳排放对经济增长的制约与反馈作用。根据新古典增长理论,经济增长取决于要素投入增加与全要素生产率提高,在能源与碳排放约束日益刚性的背景下,过度依赖投入扩张的传统增长模式是不可持续的,必须提高绿色全要素生产率对经济增长的贡献。因此,科学测度与客观评价能源与碳排放约束下的绿色生产率,深入剖析绿色生产率增长的来源及其影响因素,可以为探索低碳发展转型的体制、机制、政策与路径提供科学依据与经验支持。

传统的全要素生产率研究大多基于总量生产函数,并假设生产主体在生产前沿面上运行,遵循完全效率即没有非效率成份的存在,从而把全要素生产率等同于技术进步。但是,由于个体和组织的原因,低效率,生产决策单元并非都处于生产前沿,存在从生产前沿内部向生产前沿追赶(效率改进)和生产前沿向前推移(技术进步)的效应,这两种效应共同决定了全要素生产率增长。根据生产前沿面确定方法的不同,全要素生产率分为参数化与非参数化两类,前者采用随机前沿分析法(SFA)进行估计,后者利用数据包络分析法(DEA)进行测算,此方面更为详细的文献综述可参阅Zhou等(2008)和魏楚等(2011)。由于DEA方法能方便地拟合含有非期望产出的多产出生产活动,又可避免SFA关于模型设定与随机干扰正态分布的强假设偏误,在绿色生产率与效率研究中应用广泛。

在考虑碳排放的绿色生产率研究文献中,对碳排放通常有三种处理方法:一是将碳排放视为投入,虽能实现碳排放约束下期望产出最大化目标分析,但与实际生产过程并不完全吻合;二是将污染排放视为与期望产出相同的可自由处置性产出,利用Shephard距离函数和Malmquist指数测算全要素生产率增长和效率变化(Färe et al., 1994),由于没有考虑碳排放的负外部性,不能对绿色生产率进行合理评价;三是将碳排放视为弱处置性非期望产出^①,利用方向性距离函数和Malmquist-Luenberger生产率指数(MLPI)分析绿色生产

^①非期望产出(undesirable output)又被称为坏产出(bad output),相应地,期望产出(desirable output)也被称为好产出(good output)。

率增长及其来源(Chung ,et al. ,1997) ,MLPI 可分解为效率变化(EFFCH) 和技术进步(TECH) 的乘积 ,EFFCH(TECH) 大于 1 表明效率提高(技术进步) ,EFFCH(TECH) 小于 1 表明效率降低(技术退步) 。第三种方法同时兼顾了经济增长、能源与环境约束 ,为能源与碳排放约束下的绿色生产率增长及其来源提供了科学的分析工具 ,在绿色生产率与效率的实证研究中得到了广泛运用(Kumar 2006; 胡鞍钢等 2008; 涂正革 ,2008; 杨俊等 2010) 。

在测度能源与碳排放约束下的绿色生产率与效率时 ,前述文献借助基于径向与角度的 DEA 方法和方向性距离函数 ,对非期望产出减少和期望产出增加进行同比例的径向处理 ,较好地解决了含有非期望产出的生产率与效率评价问题 ,但无法剔除投入产出松弛所造成的非效率成份 ,当存在投入产出的松弛性问题时会高估效率水平 ,也不能解决模型关于径向或角度的选择所带来的测算偏差。Tone(2001) 构造了基于松弛变量的测度模型(Slacks - based Measure ,SBM) ,将松弛变量直接纳入目标函数;Tone(2003) 进一步提出了考虑非期望产出的 SBM 模型 ,较好地拟合了节能减排的可持续发展要求 ,有效地测度环境效率;李静(2009) 、涂正革和刘磊珂(2011) 利用 SBM 模型评价了中国不同地区的环境效率;Färe 和 Grosskopf(2010) 及 Fukuyama 和 Weber(2009) 在 Tone(2001 2003) 的基础上 ,提出了更加一般化的 SBM 方向性距离函数;王兵等(2010) 将可加性 Luenberger 生产率指标^①(Chambers ,et al. ,1996) 与 SBM 方向性距离函数相结合 ,把 Luenberger 绿色生产率指标分解为纯效率变化(LPEC) 、纯技术进步(LPTP) 、规模效率变化(LSEC) 与技术规模变化(LTPSC) 之和;庞瑞芝等(2011) 和董敏杰等(2012) 利用这一分析框架研究了中国工业绿色生产率增长及其来源。

由于受微观企业生产数据特别是污染排放数据可获得性的限制 ,与国外研究不同的是 ,国内学者很少从微观企业角度研究能源与碳排放约束下的生产率与效率 ,大多是从国家、地区和产业的视角对能源与碳排放约束下的生产率与效率进行实证研究 ,比较不同时期、行业及地区的绿色生产率与效率差异。基于绿色生产率指数分解可以判断生产率增长来源 ,但不能识别引起行业、地区绿色生产率与技术效率差异的原因 ,需要选择合适的计量经济学方法(如 OLS、GLS、IV、GMM、TSLS、MLE 等) ,对碳排放约束下生产率与效率的影响因素进行检验 ,特别是深层次的体制性因素与制度因素(如财政分权体制、地方政府政绩考核与晋升制度、环境补偿机制及能源价格形成机制等) ,从而为中国行业及地区碳减排提供经验证据。随着科学发展观的深入实践及资源节约型与环境友好型社会的构建 ,节能减排已成为推动结构改革与经济发展方式转变的内在动力。考虑能源与碳排放的绿色生产率指数测度与分解 ,为科学评价不同时期、地区和行业的低碳经济转型绩效提供了科学的分析框架 ,在未来低碳经济转型研究中将愈显重要。

五、基于宏观经济模型的碳减排机制与政策研究

在考虑能源与碳排放的生产前沿分析框架下 ,对全要素生产率进行测度与分解 ,可以为绿色生产率增长与低碳经济转型提供历史经验解释与实证依据 ,但不能深入阐释复杂经济系统中碳排放与碳减排对经济增长的内在影响机制 ,而宏观经济模型研究可以弥补这方面的缺陷 ,此类模型主要有三类: 一是最优增长模型(Optimal Growth Model) ,二是综合评价模型(Integrated Assessment Model ,IAM) ,三是可计算一般均衡模型(Computable General Equilibrium ,CGE) 。

最优增长模型是在 R - C - K 增长模型基础上 ,将碳排放引入生产函数或效用函数 ,借助微观最优化行为分析工具 ,阐释碳排放对最优增长路径的内在影响机制。Fankhauser 和 Tol(2005) 基于无限期界模型 ,将温室气体引致的气温变化引入效用函数和资本积累方程 ,气温变化影响资本积累和社会储蓄 ,从而影响长期经济增长 ,证明理性经济人的优化决策能保证稳态增长路径的唯一存在性。Ansuategi 和 Escapa(2002) 基于世代交替模型 ,考虑碳排放的滞后影响及代际溢出效应 ,假设社会计划者通过征收碳税影响社会福利的代际分配 ,社会计划者出于近视的利己考虑 ,忽略碳排放的跨期影响和收入代际转移支付 ,可能导致非帕累托最优和长期稳态增长路径的不稳 ,因此 ,必要的制度设计是平衡代际社会福利分配和实现长期稳态增长的重要保证。无限期界模型和世代交替模型是在新古典模型框架下 ,对碳排放约束下的最优增长路径进行动态分析 ,但两者均将可持续经济增长寄托于外生的技术进步 ,无法解释技术进步的来源 ,不能揭示技术进步对经

^①实证研究中把基于差分结构的全要素生产率测度称为指标(Indicator) ,基于比率结构的全要素生产率测度称为指数(Index) 。

济可持续发展的内在机制。运用内生增长理论可将源自知识积累、干中学、人力资本与研发等技术进步因素纳入模型,有助于克服上述研究的不足。

综合评价模型(IAM)考虑人类活动、大气构成、生态系统、能源系统与经济系统等相互之间的影响,模拟碳排放对宏观经济乃至全球经济系统的影响,而CGE模型通常被用来描述其中的经济子系统。典型的IAM模型有:美国耶鲁大学的DICE和RICE模型、德国汉堡大学的FUND模型、美国斯坦福大学的MERGE模型和《斯特恩报告》中的PAGE模型(Stern 2007)等,用于对全球或区域能源、气候和经济之间的相互影响进行综合评价。IAM模型是基于多国甚至全球经济系统的综合评价,涉及复杂的国际社会核算矩阵,许多学者倾向于采用一国或地区的CGE模型,如OECD开发的GREEN模型和LINKAGE模型、美国能源部开发的G-Cubed模型及日本国家环境研究所的AIM模型等。由于CGE模型以一般均衡理论为基础,结合理性经济行为主体的行为假设,在比较静态框架下模拟碳减排政策与外生冲击对经济系统的影响,能够描述宏观变量与微观变量之间的因果关系与内在行为机制,被广泛用于模拟公共减排政策的经济影响与社会后果。

碳减排政策主要有行政管制型、市场主导型与公众参与型三类,从政策执行效率及减排效果来看,选择合理的市场型政策工具仍是减排的关键,市场型政策工具主要有基于价格机制的碳税和基于总量控制的排放权交易。在全球温室气体减排的国际谈判中,基于定量减排的碳排放权交易更易于各国就责任分担达成协议,《京都议定书》设立了排放贸易(ET)、联合履约(JI)和清洁发展机制(CDM)三种排放交易机制,但没有对各国排放权初始额进行合理分配,国务院发展研究中心课题组(2009)提供了一个界定各国温室气体排放权的理论框架。国内学者关注的焦点是碳税和排放权交易这两种减排工具哪一种更适合于中国,刘小川和汪曾涛(2009)认为,在能源政府定价政策下,碳税的减排作用有限,应以排放权交易为主,能源价格机制形成后,碳税会是一个更好的选择;曹静(2009)比较分析则认为碳税政策更适合当前中国国情,并对碳税政策进行了系统的动态CGE模型分析;王灿等(2005)、姚昕和刘希颖(2010)也利用静态或动态CGE模型对中国碳税效应进行了模拟分析;李伯涛(2012)认为碳税和排放权交易各有优劣,关键在于如何对政策工具进行合理的设计。

CGE模型采用自上而下基于总量分析的建模方法,不能充分反映部门能源生产与利用过程中的技术细节,大多采用外生的技术进步,不能反映减排过程中的学习效应与技术溢出对减排成本的影响,关于经济主体的行为假定、闭合规则的选择和参数设定等对模拟结果影响较大。CGE模型中的贴现率、技术变化、气候变化及其损失等参数设定均具有很大的不确定性,对这些不确定性问题是否处理及如何处理也会影响模拟结果。如何在CGE模型中更有效地处理不确定性,并将内生技术进步纳入模型分析,将是CGE模型进一步发展的趋势。对于全球碳排放交易而言,排放交易是一个多边博弈的过程,CGE模型与不确定条件下的动态博弈行为模型相结合,也是该领域一个重要的发展方向。

六、结论与展望

碳排放是一个涉及多学科的研究领域,引起了众多不同学科背景的学者关注,同时也引起国内外经济学界对这一问题的关切,成为近年来经济学的研究热点,经济学者运用多种研究方法对碳排放与碳减排问题进行多视角的理论解释与实证检验,丰富了人们对低碳经济发展的认识,为减排政策的制定与实践提供了有价值的信息支持,但是,这一研究领域仍然存在一些问题有待经济学者的进一步努力和完善。

有关碳排放与碳减排的经济学研究,基于宏观视角的研究居多,基于企业与居民行为的微观经济研究有待深入,在宏观经济模型中所涉及的贴现率、不确定性等概念,也需要引起经济学者的重新审视,以提高宏观经济模型模拟结果的可靠性与可信性。尽管理论上认为技术创新与技术进步是实现碳减排的根本途径,但是低碳技术创新的私人激励严重不足,低碳技术的国际转移与国际扩散也存在诸多障碍,经济发达国家对发展中国家的低碳技术转移并无实质性进展,低碳技术标准也悬而未决。碳减排不仅需要技术,也需要付出成本甚至经济增长的代价,还要考虑社会福利的代际分配,更需要主权国家的长期合作。如何科学合理地界定各国碳排放初始权,如何处理好各种层次碳减排机制的公平性与灵活性,也是极富挑战性的经济学课题。德班气候大会给碳减排的全球合作带来了新的希望,同时也给经济学者对后京都时代国际气候合作机制留下了深邃的思考空间。

碳排放与碳减排问题不仅是环境问题,也是发展问题。中国是全球能源消费与碳排放的大国,也是一个

正处于工业化和城市化快速发展进程中的发展中国家,面临着能源约束、结构调整、减排与发展的深刻矛盾,毫无疑问,中国正在经历的经济转型为碳排放与碳减排的经济学研究提供了良好的样本,中国发展低碳经济的政策实践及经验研究对国际社会具有典型意义。根据德班气候大会达成的决议,从2020年开始各国将共同承担有法律约束的温室气体减排义务。因此,中国学者应该加强对碳排放与碳减排的经济学研究,为中国发展低碳经济及参与国际气候谈判提供决策参考,推动中国经济发展方式转变,增强中国在国际低碳经济博弈中的话语权与影响力。

参考文献:

1. 曹静 2009 《走低碳发展之路:中国碳税政策的设计及CGE模型分析》,《金融研究》第12期。
2. 陈诗一 2011 《中国碳排放强度的波动下降模式及经济解释》,《世界经济》第4期。
3. 杜立民 2010 《我国二氧化碳排放的影响因素:基于省级面板数据的研究》,《南方经济》第11期。
4. 董敏杰、李钢、梁泳梅 2012 《中国工业环境全要素生产率的来源分解:基于要素投入与污染治理的分析》,《数量经济技术经济研究》第2期。
5. 国务院发展研究中心课题组 2009 《全球温室气体减排:理论框架和解决方案》,《经济研究》第3期。
6. 胡鞍钢等 2008 《考虑环境因素的省级技术效率排名(1999-2005)》,《经济学(季刊)》第7期。
7. 李伯涛 2012 《碳定价的政策工具选择争论:一个文献综述》,《经济评论》第2期。
8. 李静 2009 《中国区域环境效率的差异与影响因素研究》,《南方经济》第12期。
9. 李锴、齐绍洲 2011 《贸易开放、经济增长与中国二氧化碳排放》,《经济研究》第11期。
10. 林伯强、蒋竺均 2009 《中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析》,《管理世界》第4期。
11. 刘小川、汪曾涛 2009 《二氧化碳减排政策比较以及我国的优化选择》,《上海财经大学学报》第4期。
12. 庞瑞芝、李鹏、路永刚 2011 《转型期间我国新型工业化增长绩效及其影响因素研究:基于“新型工业化”生产力视角》,《中国工业经济》第4期。
13. 宋德勇、卢忠宝 2009 《中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究》,《中国人口·资源与环境》第3期。
14. 孙耀华、李忠民 2011 《中国各省区经济发展与碳排放脱钩关系研究》,《中国人口·资源与环境》第5期。
15. 陶长琪、宋兴达 2010 《我国CO₂排放、能源消耗、经济增长和外贸依存度之间的关系:基于ARDL模型的实证研究》,《南方经济》第10期。
16. 涂正革 2008 《环境、资源与工业增长的协调性》,《经济研究》第2期。
17. 涂正革、刘磊珂 2011 《考虑能源、环境因素的中国工业效率评价:基于SBM模型的省级数据分析》,《经济评论》第2期。
18. 王兵、吴延瑞、颜鹏飞 2010 《中国区域环境效率与环境全要素生产率增长》,《经济研究》第5期。
19. 王灿、陈吉宁、邹骥 2005 《基于CGE模型的CO₂减排对中国经济的影响》,《清华大学学报(自然科学版)》第12期。
20. 王锋、吴丽华、杨超 2010 《中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究》,《经济研究》第2期。
21. 魏楚、黄文若、沈满洪 2011 《环境敏感性生产率研究综述》,《世界经济》第5期。
22. 魏一鸣、刘兰翠、范英、吴刚 2008 《中国能源报告(2008):碳排放研究》科学出版社。
23. 许广月、宋德勇 2010 《中国碳排放环境库兹涅茨曲线的实证研究:基于省域面板数据》,《中国工业经济》第5期。
24. 徐国泉、刘则渊、姜照华 2006 《中国碳排放的因素分解模型及实证分析:1995-2005》,《中国人口·资源与环境》第6期。
25. 杨俊、邵汉华、胡军 2010 《中国环境效率评价及其影响因素实证研究》,《中国人口·资源与环境》第2期。
26. 姚昕、刘希颖 2010 《基于增长视角的中国最优碳税研究》,《经济研究》第11期。
27. 袁鹏、程施、刘海洋 2012 《国际贸易对我国CO₂排放增长的影响:基于SDA与LMDI结合的分解法》,《经济评论》第1期。
28. 庄贵阳 2007 《低碳经济:气候变化背景下中国的发展之路》,气象出版社。
29. Ang B. W. 2004. "Decomposition Analysis for Policymaking in Energy: Which Is the Preferred Method?" *Energy Policy* 32(9): 1131-1139.
30. Ang B. W. and F. Q. Zhang. 2000. "A Survey of Index Decomposition Analysis in Energy and Environmental Studies." *Energy*, 25(12): 1149-1176.
31. Ang J. B. 2007. "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Output in France." *Energy Policy*, 35(10): 4772-4778.
32. Ansuategi A. and M. Escapa. 2002. "Economic Growth and Greenhouse Gas Emissions." *Ecological Economics* 40(1): 23-37.
33. Apergis N. and J. E. Payne. 2009. "CO₂ Emissions, Energy Usage and Output in Central America." *Energy Policy* 37(8): 3282-3286.
34. Caster, S. D., and A. Rose. 1998. "Carbon Dioxide Emissions in the US Economy: A Structural Decomposition Analysis." *Environmental and Resource Economics*, 11(3): 3-4.
35. Chambers, R. G., R. Färe, and S. Grosskopf. 1996. "Productivity Growth in APEC Countries." *Pacific Economic Review*, 1(3): 181-190.
36. Chung, Y. H., R. Färe, and S. Grosskopf. 1997. "Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach." *Journal of Environmental Management* 51(3): 229-240.
37. Fankhauser, S., and R. S. J. Tol. 2005. "On Climate Change and Economic Growth." *Resource and Energy Economics*, 27(1): 1-17.
38. Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris, and Z. Y. Zhang. 1994. "Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries." *The American Economic Review* 84(1): 66-83.
39. Färe, R., and S. Grosskopf. 2010. "Directional Distance Functions and Slacks-based Measures of Efficiency." *European Journal of Operational Research* 200(1): 320-322.

40. Fukuyama H. ,and W. L. Weber. 2009. "A Directional Slacks – based Measure of Technical Inefficiency. " *Socio – Economic Planning Sciences* 43(4) : 274 – 287.
41. Grossman ,G. M. ,and A. B. Krueger. 1991. "Environmental Impacts of the North American Free Trade Agreement. " NBER Working Paper 3914.
42. IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge MA: Cambridge University Press.
43. Jalil A. ,and S. F. Mahmud. 2009. "Environment Kuznets Curve for CO₂ Emissions: A Co – integration Analysis for China. " *Energy Policy* 37(12) : 5167 – 5172.
44. Kumar ,S. 2006. "Environmentally Sensitive Productivity Growth: A Global Analysis Using Malmquist – Luenberger Index. " *Ecological Economics* 56(2) : 280 – 293.
45. Kuznets S. 1955. "Economic Growth and Income Inequality. " *American Economic Review* 45 (1) : 1 – 28.
46. Leontief W. ,and D. Ford ,1972. "Air Pollution and the Economic Structure: Empirical Results of Input – output Computations. " In *Input – Output Techniques* ,ed. A. Brody and A. Carter 9 – 30. Amsterdam ,North – Holland: North – Holland Publishing Company.
47. Martine Z. I. ,and E. A. Bengochea. 2004. "Pooled Mean Group Estimation for an Environmental Kuznets Curve for CO₂. " *Economics Letters* 82(1) : 121 – 126.
48. OECD. 2002. "Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressures for Economic Growth. " Paris: OECD.
49. Panayotou ,T. 1993. "Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. " *Technology and Employment Programme* ,Geneva: International Labor Office ,Working Paper WP238.
50. Peters G. ,C. L. Weber ,D. Guan and K. Hubacek. 2007. "China ' s Growing CO₂ Emissions: A Race between Lifestyle Changes and Efficiency Gains. " *Environmental Science and Technology* 41(17) : 5939 – 5944.
51. Stern D. I. 1998. "Progress on the Environmental Kuznets Curve?" *Environment and Development Economics* 3(2) : 173 – 196.
52. Stern N. 2007. *Stern Review on the Economics of Climate Change*. Cambridge ,United Kingdom: Cambridge University Press.
53. Sun J. W. 1998. "Accounting for Energy Use in China ,1980 – 1994. " *Energy* 23(10) : 835 – 949.
54. Tapio P. 2005. "Towards a Theory of Decoupling: Degrees of Decoupling in the EU and the Case of Road Traffic in Finland between 1970 and 2001. " *Transport Policy* 12 (2) : 137 – 151.
55. Tone K. 2001. "Slacks – based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis. " *European Journal of Operational Research* , 130(3) : 498 – 509.
56. Tone K. 2003. "Dealing with Undesirable Outputs in DEA: A Slack – based Measure (SBM) Approach. " *GRIPS Research Report Series* 1 – 2003 – 0005.
57. Vehmas J. ,and J. Kaivo – oja J. Luukkanen. 2003. "Global Trends of Linking Environmental Stress and Economic Growth. " Turku: Finland Futures Research Centre.
58. Wagner M. 2008. "The Carbon Kuznets Curve: A Cloudy Picture Emitted by Bad Econometrics?" *Resource and Energy Economics* , 30(3) : 388 – 408.
59. Watanabe M. ,and K. Tanaka. 2007. "Efficiency Analysis of Chinese Industry: A Directional Distance Function Approach. " *Energy Policy* 35(12) : 6323 – 6331.
60. Zhang ,Y. G. 2009. "Structural Decomposition Analysis of Sources of Decarbonizing Economic Development in China: 1992 – 2006. " *Ecological Economics* 68(8 – 9) : 2399 – 2405.
61. Zhou P. ,B. W. Ang and K. L. Poh. 2008. "A Survey of Data Envelopment Analysis in Energy and Environmental Studies. " *Journal of Operational Research* 189(1) : 1 – 18.

A Review on Economic Studies of Carbon Emissions and Carbon Abatement

Zhou Wuqi^{1 2} and Nie Ming¹

(1: School of Management ,Huazhong University of Science & Technology;

2: Department of Economics ,Huainan United University)

Abstract: Greenhouse gas emissions ,especially carbon dioxide emissions ,are considered to be the main causes of global warming. Mainstream scientists reached a consensus on global warming and got an international political response which gave the economic circles a strong impetus to make diversified research on carbon emissions. This article focuses on the driving factors of carbon emissions ,the relationship between carbon emissions and economic growth ,green TFP and efficiency evaluation accounting for energy and carbon emissions ,carbon abatement mechanism and policies. Although decomposition analysis gives an approach to identify the influencing factors of carbon emissions ,they are limited to include some specific factors. Multivariate econometric analyses have been used to overcome the shortcomings of SDA and IDA. The Efficiency evaluation model based on production frontier analysis provides a good analytical framework for low – carbon economic development. Macroeconomic models can simulate the internal mechanism of carbon emissions and carbon abatement to economic growth in a complex economic system. Finally some issues deserving further attention are discussed.

Key Words: Carbon Emissions; Carbon Abatement; Economic Growth; Low – carbon Economy; Environmental Efficiency

JEL Classification: O1 ,O4 ,O5

(责任编辑: 彭爽)