

贸易开放与碳排放转移： 来自中国对外贸易的证据^①

马翠萍¹ 史丹²

(1. 中国社会科学院农村发展研究所；2. 中国社会科学院工业经济研究所)

【摘要】库兹涅兹曲线显示，1960~2010年中国经济增长与碳排放存在“N”形曲线关系，贸易开放对中国人均碳排放存在正向影响，贸易开放程度每提高1%，人均碳排放量增加0.3%。投入产出模型揭示，2007年中国对外贸易隐含碳排放转移27.1亿吨，占当年碳排放总量的39.76%。其中通信设备、计算机及其他电子设备制造业出口碳排放最高，占出口碳排放21.2%。依次为化学工业（10.7%）、电气机械及器材制造业（9.8%）、金属冶炼及压延加工业（8.68%）、通用、专用设备制造业（7.53%）。

关键词 库兹涅兹 贸易开放 投入产出 隐含碳排放 碳排放转移

中图分类号 F752.62 **文献标识码** A

DOI:10.13653/j.cnki.jqte.2016.07.002

引 言

2014年我国碳排放总量80亿吨，约占全球碳排放总量的1/4成为世界最大的碳排放国。特别是近年来经济持续增长与碳排放居高不下并存，从而导致发达国家将全球温室气体减排无效的矛头指向中国。国际舆论通过创造“污染天堂”“碳泄漏”等词汇不断营造中国贸易对本国国内甚至世界范围碳减排产生负面影响的氛围（Hamasaki, 2007；Maria和Werf, 2008；Gros等, 2010；Schaeffer和Sá, 1996；Weber等, 2008）。但“环境经济学家似乎主要关注封闭经济条件下的环境问题，然而对于大多数经济体而言，经济是开放的”（Beers和Bergh, 1996）。1990年中国因化石能源消耗排放二氧化碳23亿吨，仅占全球当年碳排放的10.6%，之后的10年碳排放增长缓慢，但自中国加入WTO后，贸易开放程度不断深化，出口高耗能产品急剧增加，伴随的是二氧化碳（CO₂）排放量由2000年的29亿吨增加到2010年的82.8亿吨，形成鲜明对比的是同期发达国家碳排放却明显放缓。由此，国际上越来越多的声音在质疑，贸易自由化是否正使二氧化碳排放从发达国家转移到发展中国家，发达国家是否通过外购高耗能、高污染产品，从而间接外购了“清洁环境”，而将“碳污染”留在了生产国。本文一是从理论上探讨贸易开放对中国碳排放量的影响，区分中国生产侧、消费侧对应碳排放，核算中国因货物贸易出口引致的碳排放量，检验发达国家环境清洁是否从中国“外购污染”（Rothman, 2000；Aldy, 2005；Cole和Elliott, 2005）；二是

^① 本文获得中国博士后第53批面上资助项目“开放经济下碳排放转移路径与我国碳减排问题研究”（2013M530810）；国家发改委中国低碳发展宏观战略研究项目“中国低碳发展产业政策研究”（201312）、中国社会科学院创新工程重大研究项目“转变经济发展方式与国家经济安全战略研究”的资助。

结合实际生产,科学定位我国碳减排重点行业,准确“锁定”我国高碳排放重点产品,从而为优化产业结构、建立行业准入政策、实施有效的监管政策,提供科学合理的依据。

一、文献综述

有关贸易开放与碳排放的问题近年来受到国内外学术界广泛关注,具有典型代表的是污染避难所假说学派。他们认为,国家较为严格的环境管制措施将会导致污染产业转移到环境管制较为宽松的国家,从而使污染产业承接国成为污染天堂(Pollution Haven)^①,导致碳泄漏(Kuik和Gerlagh,2003)。我们通过整理近20年的权威文献发现:贸易引致的碳泄漏程度在0~130%之间,主要集中在5%~20%^②。对此,竞次理论^③的解释是:为了提高出口产品竞争力,非附件1国家为吸引更多的外资和企业入驻,通过竞相降低环境标准,实施更加宽松的环境政策,导致其成为污染避难所。一般来说,非碳减排国开放程度高、在国外市场占有的市场份额越大,其越容易占有因碳规制失去的市场份额,贸易导致的碳泄漏就越容易发生^④,如果按照乌拉圭回合削减关税,则贸易自由化将增加3个百分点的碳泄漏(Kuik,2001)。

有关贸易自由化导致的碳排放流向的文献研究显示,贸易自由化,正使二氧化碳排放从发达国家转移到发展中国家(Schaeffer和Sá,1996)。进入后京都时代,大多数发展中国家越发成为隐含碳净出口国,而美、日等发达国家则成为隐含碳净进口国,它们将部分环境负担通过贸易途径有效地转移给了世界其他国家(Weber等,2008)。20世纪80年代中期,贸易开放下,OECD样本国家进口的工业制品含碳量占其碳排放总量的13%(Wyckoff和Roop,1994)。2004年“其他发展中国家”向“发达国家”出口了16亿吨的二氧化碳当量,占其国内碳排放的12%。以中国为典型代表的发展中国家是国际碳源转移的受害者,而“发达国家”是碳纯进口国,因国际贸易进口的碳排放量占其国内碳排放量的15%(Hübler,2009)。

由于本文研究聚焦中国,整理现有文献对中国贸易与碳排放转移研究我们发现,由自由贸易引致的碳排放转移程度存在的差异也是比较大的。从静态角度来看:魏本勇等(2009)从最终需求的角度测算出,2002年我国出口碳排放2.6亿吨,占当年国内总排放的23.45%。而2004年中国通过贸易向国外净出口了11.09亿吨二氧化碳。2006年,中国二氧化碳排量为55亿吨,其中国内消费产业的排放34.8亿吨,净出口行业中则隐含了16.6亿吨,约占全年总排放量的30.2%(Pan等,2008)。Hübler(2009)的研究也得到这个结论,并且进一步发现:2004年中国由于国际贸易相当于出口了11亿吨的二氧化碳,占中国当年碳排放总量的24%。一般来说,中国大约有1/3的二氧化碳排放隐含在出口产品中(Weber等,2008)。从动态角度来看:2000~2006年间,中国出口商品内涵的二氧化碳排放量从

① 污染避难所假说认为实施碳减排国增加了产品的生产成本,因此逐利企业会将产品的生产转移到环境管制较弱的非附件1国家,造成非附件1国家成为环境污染的避难所,或者污染天堂

② 马翠萍、史丹:《开放经济下单边碳减排措施加剧全球碳排放吗?》,《国际经贸探索》2014年第5期,第1~11页。

③ Schram对“竞次”一词是这样解释的:有时,也作为一个非常重要的隐喻,用来说明美国联邦政府和每一个联邦系统在洲际竞争中不堪一击(或脆弱不堪)。“竞次”比喻各州为吸引外部投资而引起的彼此间竞赛,在这个过程中各州竞相采取压低税收、降低投资者开销、变通相应政策等竞争手段,目的是创造出对外部投资更具吸引力的投资环境,尽可能使外资不会落入他人之手。

④ 当然我们认为这里应有一个前提条件,即产品市场是完全竞争型的,并不适用电力、石油等垄断市场。

2000年的9.6亿吨增加到2006年的19.1亿吨,占全国总排放的比重基本在30%~35%,而中美贸易顺差、中国与欧盟贸易顺差是产生净转移的主要原因。Yan和Yang(2010),Xu等(2011)等均采用投入产出模型估算了中国1997~2007年、2002~2008年间对外贸易的碳排放转移量,前者研究结果显示:1997~2007年间对外贸易引致的中国出口商品的碳排放占当年碳排放总量的10%~26.5%,后者发现2002~2008年我国出口贸易隐含碳以每年11%的速度增长。许广月和宋德勇(2010)的研究也证实了中国在1980~2007年出口贸易是碳排放的原因,并且碳排放对出口贸易的响应强度不断增强。

从已有研究文献我们可以看出,立足国际贸易视角探讨碳排放问题的研究始于国外,而且要远早于我国,国内不过是近几年才开始这方面的研究。已有研究的结论因为研究方法、研究视角、研究年份、研究对象、研究数据、研究目的的不同,得出的研究结论相差也比较大。梳理已有文献我们可以得到一个初步的结论:我国出口隐含碳排放量呈现不断增加的趋势,出口贸易对碳排放量的贡献不断增大,2002~2010年因国际贸易出口的碳排放占我国碳排放总量的10%~50%。但我们同时也发现对隐含碳排放的测算基本是直接进入主题的测算,在测算之前并没有检验贸易与碳排放之间是否存在关系,而割裂理论分析和实践检验的研究手法,显然不能充分证实研究的结论,本文拟对贸易开放与碳排放实证分析的基础上,从中国对外贸易实际小心求证理论分析结论,求证结果又进一步检验了理论分析的准确性,特别是本研究对高碳行业的科学定位、高碳产品的锁定,进一步丰富了已有研究内容。

二、贸易开放与碳排放的库兹涅兹曲线(EKC)检验

环境会伴随经济的发展而逐渐改善,产生了一系列的关于污染和收入关系的文献。世界诸多国家的经验数据显示,经济增长与二氧化碳排放存在典型的环境库兹涅兹曲线(Environmental Kuznets Curve, EKC)关系。然而二氧化碳与经济增长的关系并不像经济增长与环境污染和水污染那样呈现一致的检验结果(Saboori等,2012)。因为研究国别不同、选择时间段、研究目的的不同,得出结论也不尽相同,主要呈“ \nearrow ”形、倒“U”、“N”形、反“N”形,甚至没有显著的曲线关系等。例如Bednar-Friedl和Getzner(2003)的研究显示1960~1999年奥地利碳排放与经济增长的关系呈“N”形。1800~2003年芬兰呈“ \nearrow ”形。新西兰、德国、美国、英国在1960~1993年均呈“ \nearrow ”形(Bruyn等,1998);中国碳排放与经济增长在1971~2005年呈倒“U”形(Jalil和Mahmud,2009)。贸易自由化,正使二氧化碳排放从发达国家转移到发展中国家(Schaeffer和Sá,1996)。中国大约有1/3的二氧化碳排放产生于出口产品的生产(Weber等,2008)。

1. 数理模型

我们采用简化的EKC假说经济增长与碳排放一般简化模型进行回归分析,纳入贸易开放指标,探讨贸易开放与二氧化碳排放的关系

$$c_t = \beta_0 + \beta_1 y_t + \beta_2 (y_t)^2 + \beta_3 (y_t)^3 + \beta_4 open_t + \epsilon_t \quad (1)$$

其中 t 为时间, c_t 为人均二氧化碳排放量的自然对数、 y_t 为我国人均国内GDP(以2000年不变价表示)的自然对数, y_t^2 、 y_t^3 则为人均GDP的自然对数的二次方、三次方; $open_t$ 为贸易开放程度,采用通用的贸易依存度表示(即进出口贸易额/国内生产总值的自然对数表示)、 $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 为变量的待估计参数, β_0 为常数项; ϵ 为随机误差项。 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 决定环境CO₂排放的环境库兹涅兹曲线形状。主要有以下几种情况:①当 $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$,则碳排放与

经济增长不存在任何关系；②当 $\beta_1 > \beta_2$ ，且 $\beta_2 = \beta_3 = 0$ ，则存在单调递增或线性关系；③当 $\beta_1 < \beta_2$ ，且 $\beta_2 = \beta_3 = 0$ ，则存在单调递减关系；④当 $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ ，且 $\beta_3 = 0$ ，则存在倒“U”形关系；⑤当 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ 且 $\beta_3 = 0$ ，则存在“U”形关系；⑥当 $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ 且 $\beta_3 > 0$ ，解释变量与被解释变量存在“N”形关系；⑦当 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ 且 $\beta_3 > 0$ ，存在反“N”形关系。

2. 数据处理及结果分析

在本文为了保证数据的共识性，中国人均二氧化碳数据来自世界银行的 WDI 数据库，GDP、人口、贸易原始数据来自《新中国六十年统计资料汇编》及《中国统计年鉴》，采用 1960~2010 年时间序列数据，其中，人均 GDP 采用 2000 年不变价格人均 GDP，贸易依存度采用进出口贸易额/国内生产总值的自然对数表示，数据处理后如表 1 所示。

采用 Eviews 6.0 进行 OLS 回归，回归方程如下：

$$c_t = -67.924 + 24.647y_t - 0.3005(y_t)^2 + 0.1228(y_t)^3 + 0.2973open + \epsilon_t \quad (2)$$

(3.8966) (0.4917) (0.0204) (0.0858)

方程回归结果显示，拟合优度为 96.7%，在 1% 的显著水平下其所有回归系数均显著。人均收入的一次项系数为正，二次项系数为负，三次项为正，说明中国的二氧化碳排放量与经济增长存在“N”形关系，这与刘华军等（2011）对中国 1952~2007 年经济增长与人均碳排放关系检验一致，也与 Bednar-Friedl 和 Getzner（2003）对奥地利 1960~1999 年经济增长与人均碳排放关系检验一致。说明在第一个拐点，我国人均碳排放确实随着经济增长在经历上升后，又伴随经济增长开始下降，进入 2000 年以来，人均碳排放伴随经济增长出现持续增加态势，截至 2010 年，并没有出现拐点。此阶段我国人均 CO₂ 排放量的 EKC 曲线并不存在拐点，换言之它们与人均 GDP 之间呈现递增的关系。而贸易开放系数为正，表示贸易开放对中国人均碳排放是正向影响，即贸易开放程度每提高 1%，人均碳排放则增加 0.3%。

表 1 1960~2010 年我国人均碳排放量、GDP、贸易依存度

年份	人均二氧化碳排放 (千吨)	人均 GDP (万 元, 2000 年 不变价格)	贸易依存 度 (%)	年份	人均二氧化碳排放 (千吨)	人均 GDP (万 元, 2000 年 不变价格)	贸易依存 度 (%)
1960	1.17	855.62	8.81	1986	1.94	2549.66	25.11
1961	0.84	625.33	7.43	1987	2.04	2798.32	25.58
1962	0.66	577.7	7.03	1988	2.15	3065.58	25.41
1963	0.64	619.36	6.93	1989	2.15	3142.64	24.46
1964	0.63	718.91	6.7	1990	2.17	3216.79	29.78
1965	0.67	817.48	6.89	1991	2.25	3466.88	33.17
1966	0.71	880.63	6.79	1992	2.31	3915.02	33.87
1967	0.57	810.57	6.3	1993	2.44	4411.06	31.9
1968	0.61	755.9	6.27	1994	2.57	4932.57	42.29
1969	0.73	860.24	5.5	1995	2.76	5414.04	38.66

(续)

年 份	人均二氧化碳排放 (千吨)	人均 GDP (万 元, 2000 年 不变价格)	贸易依存 度 (%)	年 份	人均二氧化碳排放 (千吨)	人均 GDP (万 元, 2000 年 不变价格)	贸易依存 度 (%)
1970	0.94	998.4	4.99	1996	2.84	5894.2	33.91
1971	1.04	1040.25	4.96	1997	2.82	6377.73	34.15
1972	1.08	1055.65	5.81	1998	2.68	6814.75	31.81
1973	1.1	1113.08	8.07	1999	2.65	7274.26	33.34
1974	1.1	1118.03	10.42	2000	2.7	7828.01	39.58
1975	1.25	1194.77	9.64	2001	2.74	8419.04	38.47
1976	1.29	1159.38	8.92	2002	2.89	9124.61	42.7
1977	1.39	1230.98	8.46	2003	3.51	9979.26	51.89
1978	1.53	1356.29	9.74	2004	4.08	10921.36	59.76
1979	1.54	1439.81	11.19	2005	4.44	12085.16	63.22
1980	1.5	1534.41	12.54	2006	4.89	13545.46	65.17
1981	1.46	1592.81	15.03	2007	5.15	15384.12	62.78
1982	1.57	1710.03	14.49	2008	5.31	16780.85	57.29
1983	1.63	1870.7	14.42	2009	5.78	18238.08	44.19
1984	1.75	2126.75	16.66	2010	6.19	20047.12	50.24
1985	1.87	2379.08	22.92				

数据来源：笔者根据相关数据计算。

下面我们以中国出口货物贸易为例，实际探讨贸易开放途径导致的中国对外二氧化碳输出情况。

三、来自中国对外贸易的实践检验

1978年，我国对外实施开放，我国经济从封闭型、半封闭型转向开放型的过程中，中国经济对外开放度不断扩大，对外贸易一直保持着高速增长的状态。出口导向性经济特征明显。改革开放后的30多年中，进出口贸易总额从1978年的355亿元人民币增长到2012年的244160亿美元，年均增长率21.2%。中国在世界贸易上的排名从1978年时的第32位上升到2012年的第1位。其中，出口总额由1978年的167.6亿美元增长到2012年的129359亿美元，年均增长率21.6%。对外贸易对我国经济的影响越来越大，对外贸易总额占我国GDP比重由1978年的9.7%一路攀升至2011年的50%，由于受美国次贷危机影响，世界经济疲软，2012年我国对外贸易额占我国当年GDP比重略有下降，为47%（见图1）。

出口产品呈现高碳排放特点：在1985年之前，改革开放过程初期，中国出口产品中初级产品占50%以上，例如食品及主要供食用的活动物是当时主要的出口产品。20世纪80年代中期之后，我国出口产品结构发生急剧转变，工业制成品一跃成为出口的主导产品。90年代，中国对外贸易中工业制成品出口占货物出口贸易额比重在80%以上。2012年，工业制成品出口占货贸易额比重高达95%（见图2）。

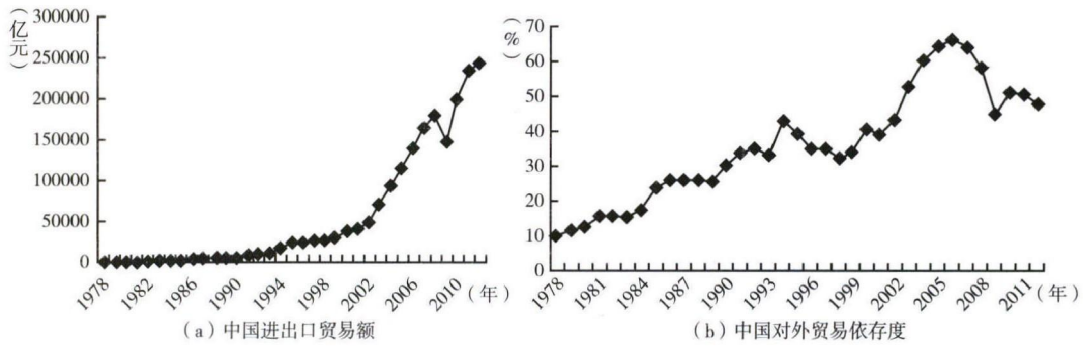


图1 1978~2012年中国贸易情况

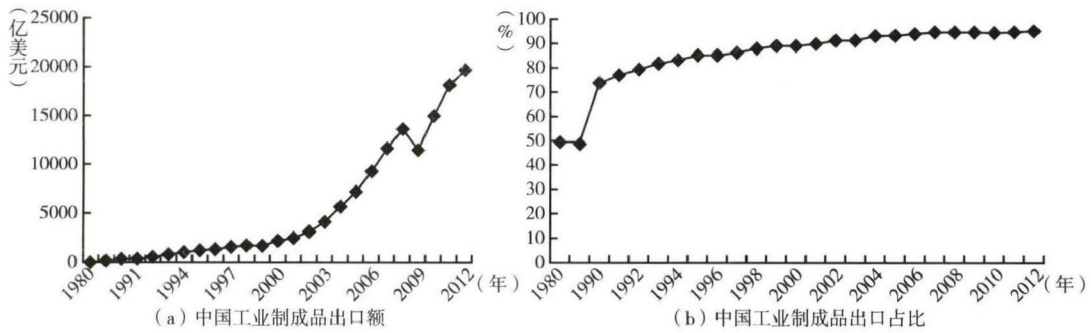


图2 1980~2012年中国工业制成品的情况

资料来源：2013年《中国统计年鉴》。

注：工业制成品根据SITC分类，包括几个大项：化学品及有关产品、轻纺产品、橡胶制品矿冶产品及其制品、机械及运输设备、杂项制品、未分类的其他商品。

根据以上实践表征，本文采用数理分析进一步检验。

1. 研究方法

对于碳排放量的测算，我们采用国际通用的基于投入产出表计算的隐含碳排放^①指标。投入产出表的行平衡原理：中间使用+最终使用=总产出。

$$X = AX + Y \tag{3}$$

其中，X为社会总产出列向量；Y为社会最终需求产品列向量，包括居民消费和政府消费构成的最终消费、固定资本形成和存货增加构成的资本形成、出口；A为反应技术水平的投入产出系数矩阵，AX表示中间使用。直接消耗系数反映了部门之间的直接经济技术联系。

$$a_{ij} = X_{ij} / X_j \tag{4}$$

a_{ij} 被称为直接消耗系，是第j部门生产单位产品直接消耗第i部门的产品投入量，我们

^① 1974年国际高级研究机构联合会(IFIAS)能源分析工作组在一次会议上会对隐含能源概念的界定，即：产品生产全过程(包括原材料开采、产品加工制造直至把最终产品运输至终端用户的整个过程)中所消耗的能源总量，学者基本认同隐含碳排放是指产品生产全过程中消耗能源所排放的CO₂量。

通过上式可以求解出 X ：

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (5)$$

其中 I 是 A 的同阶单位矩阵， $(I - A)^{-1}$ 被称为里昂惕夫逆矩阵。由于在短期内技术结构矩阵不会发生变化，则 $(I - A)^{-1}$ 为常数，设 $B = (I - A)^{-1}$ ，则有：

$$\begin{bmatrix} \Delta X_1 \\ \Delta X_2 \\ \vdots \\ \Delta X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} \cdots b_{1n} \\ b_{21} \cdots b_{2n} \\ \vdots \cdots \vdots \\ b_{n1} \cdots b_{nm} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Delta Y_1 \\ \Delta Y_2 \\ \vdots \\ \Delta Y_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

完全消耗系数矩阵^①：

$$E = \begin{bmatrix} b_{11} - 1, b_{12}, \cdots, b_{1n} \\ b_{21}, b_{22} - 1 \cdots b_{2n} \\ \vdots \cdots \vdots \\ b_{n1}, b_{n2} \cdots b_{nm} - 1 \end{bmatrix} = B - I = (I - A)^{-1} - I \quad (7)$$

令 CO_2 排放总量为 C ，第 j 部门的 CO_2 排放量为 C_j ，则：

$$C = \sum C_j \quad (8)$$

X_j 为 j 部门的总产出， E_j 表示 j 部门的碳排放强度系数，即每单位经济产出所排放的二氧化碳数量，则 j 部门直接 CO_2 排放强度系数可表示为：

$$e_j = C_j / X_j \quad (9)$$

设各产业部门直接排放强度系数组成的向量构成向量 A ，则根据投入产出模型，最终产品的完全碳排放强度系数，完全消耗碳排放系数是指某产品，生产单位最终产品对另一产品 i 的完全消耗量所引致的碳排放强度，包括直接消耗和间接消耗。

$$\text{隐含碳排放系数} = E[(I - A)^{-1} - I] \quad (10)$$

2. 数据来源及处理

我们所使用的数据主要来源于《中国能源统计年鉴 2008》《中国统计年鉴 2008》《中国投入产出表 2007》。以《中国投入产出表》中完全消耗系数表中的行业分类为基准，参考《国民经济行业分类》，调整合并能源消费行业分类部门，使其与《中国投入产出表》中完全消耗系数表中的行业分类相对应。将《能源统计年鉴》中 36 个工业部门依据投入产出表合并成 20 个工业部门，具体是将有色金属矿采选业、黑色金属矿采选业合并为金属矿采选业，非金属矿采选业、其他采选业合并为非金属矿及其他矿采选业，农副食品加工业、食品制造业、饮料制造业、烟草制品业合并为食品加工及烟草制造业，纺织服装鞋帽制造业、皮革毛皮羽毛（绒）及其制品业合并为纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业，木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业和家具制造业合并为木材加工及家具制造业，造纸及纸制品业、印刷业和记录媒介的复制、文教体育用品合并为造纸印刷及文教体育用品制造业，化学原料及化学制

^① 具体推导过程见：马翠萍、史丹：《产业隐含碳排放与贸易结构匹配下的碳关税研究——以中美贸易为例》，《上海财经大学学报》2014 年第 2 期。

品制造业、医药制造业、化学纤维制造业、橡胶制品业、塑料制品业合并为化学工业，黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业合并为金属冶炼及压延加工业，通用设备制造业、专用设备制造业合并为通用、专用设备制造业，废品和废料合并为工艺品及其他制造业中，合并后为27个产业部门，最后本文产业部门分为28个部门。根据IPCC(2006)碳排放的计算公式：

$$CO_2 = \sum_{i=1}^n CO_{2,i} = \sum_{i=1}^n E_i \times NCV_i \times CEF_i \times COF_i \times (44/12) \quad (11)$$

其中，CO₂为二氧化碳排放量；i为一次能源，本文选择煤炭、燃料油、汽油、煤油、柴油、天然气六种主要能源；E为能源消耗量；NCV为能源平均低位发热量；CEF为的碳排放系数。COF为碳氧化因子。44为二氧化碳分子量，12为碳的分子量。我们选择固体燃料、液体燃料、气体燃料二氧化碳排放系数分别为2.763千克/千克标煤、2.145千克/千克标煤、1.642千克/千克标煤（见表2），计算各产业部门消耗能源的直接二氧化碳排放量、直接碳排放强度（见表3）。

表2 不同能源折标煤系数、碳排放转化系数

能源	煤炭	石油	天然气
低位发热量 (kj/kg)	20706	41816	38931
折标煤系数 (kg 标准煤/kg)	0.71	1.43	1.33
中国二氧化碳排放系数 (kg/kg 标准煤)	2.763	2.145	1.642

资料来源：2008年《中国能源统计年鉴》；中国二氧化碳排放系数来自：陈诗一：《能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展》，《经济研究》2009年第4期。

注：能源消费总量分为终端能源消费量、能源加工转换损失量和能源损失量。

表3 2007年不同产业部门直接碳排放量、直接碳排放强度

分行业	二氧化碳排放量 (万吨)	部门总产出 (万元)	直接碳排放强度 (吨/万元)
农林牧渔业	10549.54	488930000	0.215768
煤炭开采和洗选业	29737.81	96450530	3.083218
石油和天然气开采业	4842.32	95348874	0.507853
金属矿采选业	836.80	61493459	0.13608
非金属矿及其他矿采选业	1258.59	38516131	0.32677
食品制造及烟草加工业	5619.40	417903947	0.134466
纺织业	4435.04	251973509	0.176012
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	706.30	180725774	0.039081
木材加工及家具制造业	777.46	109939306	0.070717
造纸印刷及文教体育用品制造业	6302.83	149330075	0.422073
石油加工、炼焦及核燃料加工业	132729.55	210745642	6.298092
化学工业	38846.75	619980926	0.62658
非金属矿物制品业	94601.41	228043740	4.148389
金属冶炼及压延加工业	108836.54	610959762	1.781403
金属制品业	919.76	177054748	0.051948
通用、专用设备制造业	3424.64	394865917	0.086729

(续)

分行业	二氧化碳排放量 (万吨)	部门总产出 (万元)	直接碳排放强度 (吨/万元)
交通运输设备制造业	1927.99	329784416	0.058462
电气机械及器材制造业	499.26	271550146	0.018385
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	416.17	411902530	0.010104
仪器仪表及文化办公用机械制造业	82.87	48796644	0.016983
工艺品及其他制造业	871.33	61834239	0.140914
废品废料	10.44	43659772	0.002392
电力、热力的生产和供应业	235197.78	314859884	7.469919
燃气生产和供应业	2743.77	11082895	2.475677
水的生产和供应业	71.86	11788262	0.060961
建筑业	2901.59	627217352	0.046261
交通运输及仓储业	29685.32	317001113	0.936442
合计	718833.11	—	—

注：原煤碳氧化因子为 0.99，其他为 1。

3. 总产出按当年生产者价格计算

采用式 (10) 测算出各产业隐含碳排放强度，与相应产业部门出口贸易额的乘积，我们便可得到各部门产品出口 CO₂ 排放量。

4. 结果分析

(1) 从表 4 显示的结果我们可以看出：我国产业间完全碳排放强度差异较大。中国产业部门隐含碳排放系数位于前五的分别是电力、热力的生产和供应业、金属冶炼及压延加工业、金属制品业、建筑业、非金属矿物制品业等重工业。而电力热力生产和供应业、金属冶炼和压延加工业、非金属矿物制品业、化学制品制造业位于典型的六大高耗能产业之列^①。

表 4 2007 年各产业部门隐含碳排放强度及碳排放出口

分行业	隐含碳排放强度 (吨/万元)	货物出口量 (万元)	出口二氧化碳 排放量 (万吨)
农林牧渔业	1.11	6659785	739.2
煤炭开采和洗选业	2.94	2337578	687.2
石油和天然气开采业	2.49	1735648	432.2
金属矿采选业	4.21	822875	346.4
非金属矿及其他矿采选业	3.25	1504403	488.9
食品制造及烟草加工业	1.55	19121135	2963.8
纺织业	2.44	82158911	20046.8
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	2.06	56726409	11685.6
木材加工及家具制造业	2.47	24244658	5988.4

① 根据国家统计局界定，六大高耗能行业分别为：化学原料和化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业、石油加工炼焦和核燃料加工业、电力热力生产和供应业。

(续)

分行业	隐含碳排放强度 (吨/万元)	货物出口量 (万元)	出口二氧化碳 排放量(万吨)
造纸印刷及文教体育用品制造业	2.60	22644209	5887.5
石油加工、炼焦及核燃料加工业	3.29	7678378	2526.2
化学工业	4.01	72379174	29024.0
非金属矿物制品业	4.31	14836921	6394.7
金属冶炼及压延加工业	4.57	51554905	23560.6
金属制品业	4.40	35585167	15657.5
通用、专用设备制造业	3.56	57368521	20423.2
交通运输设备制造业	3.15	32821566	10338.8
电气机械及器材制造业	3.90	68256592	26620.1
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	2.70	213775082	57719.3
仪器仪表及文化办公用机械制造业	2.89	32373998	9356.1
工艺品及其他制造业	2.86	13097173	3745.8
废品废料	0.39	317293	12.4
电力、热力的生产和供应业	6.70	651130	436.3
燃气生产和供应业	2.97	0	0.0
水的生产和供应业	3.81	0	0.0
建筑业	4.38	4088747	1790.9
交通运输及仓储业	2.86	39829759	11391.3
其他	0.43	71985983	3095.4
合计	—	934556000	271358.6

注：“其他”项出口贸易额根据《中国统计年鉴》进行调整。

相对碳排放最少的行业是废品废料业，其隐含碳排放强度是0.39吨/万元，在所有产业中是除了“其他”外，隐含碳排放强度唯一低于1.0万元/吨的产业，其次是农林牧副渔业，其隐含碳排放强度是1.11吨/万元，食品制造及烟草加工业也是碳排放强度较小的产业。其实这也不难理解，农业的生产对能源依赖程度有限，直接依赖仅局限于生产机械对柴油等的依赖，而间接能源依赖更多表现为对化肥使用的依赖。我国两次气候变化国家信息通报^①也显示，2005年由农业活动导致的碳排放仅占我碳排放总量的10.97%，如果纳入土地利用变化和林业的碳汇功能，农业活动引致的碳排放仅为温室气体净排放总量的5.7%^②。而食品制造及烟草加工业隐含碳排放强度也是比较低的，为1.55万元/吨，这是由于我国食品加工以初级加工为主，消耗的直接能源和中间投入品的间接能源较少；对于在估算所有行业中，完全碳排放强度最高的电力、热力的生产和供应部门（6.7吨/万元）。这主要考虑电力生产量大，且电力生产以火电为主，火电占比在79%~83%之间，而煤炭是碳排放系数较大的能源，同时火电能源转换效率相对不高，这些因素都直接或间接造成我国电力、热力的生产

① 分别是2004年提交的初始国家信息通报，报告期为1994年碳排放和2012年提交的《中华人民共和国气候变化第二次国家信息通报》，报告年为2005年碳排放情况。

② 这里的温室气体净排放总量是指计算时考虑土地利用变化与林业吸收汇。

和供应部门碳排放强度较大。

我们进一步通过比较产业间完全碳排放强度可以发现完全碳排放强度最高的电力、热力的生产和供应部门是最低完全碳排放强度废品废料部门（0.39 吨/万元）的 17 倍，而其他产业间也同样存在较大差异。

(2) 从表 5 出口货物隐含碳排放量来看，出口碳密集产品比较集中。2007 年我国由于货物贸易出口引致碳排放量 27.1 亿吨，占我国当年碳排放总量（67.9 亿吨）的 39.76%。其中通信设备、计算机及其他电子设备制造业出口碳排放最高，高达 5.77 亿吨，占出口碳排放总量的 21.2%。但从隐含碳排放强度来看，通信设备的隐含碳排放强度并不大，在 28 个产业部门排位 19 位，但由于其出口贸易额绝对数量排在第 1 位（占出口总贸易额的 23%），导致出口隐含碳排放最高。其次是化学工业，其出口碳排放占总出口碳排放量的 10.7%。观察数据发现，化学工业是我国六大高耗能产业，其隐含碳排放强度在所有产业部门中位居第 7 位，出口贸易额排在第 3 位，但由于贸易额占出口总贸易额的 7.7%，远远低于通信设备行业的贸易额，导致出口隐含碳排放排在第 2 位。排在第 3 位、第 4 位、第 5 位的分别是：电气机械及器材制造业、金属冶炼及压延加工业、通用、专用设备制造业，这五类产品出口隐含碳排放合计占总隐含碳排放出口量的 58%，我们认为出口隐含碳排放依附载体产品集中度较高。

表 5 隐含碳排放强度及出口二氧化碳排放量排位前 10 的产业

排位	分行业	隐含碳排放强度 (吨/万元)	分行业	出口二氧化碳排放量 (万吨)
1	电力、热力的生产和供应业	6.7	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	57719.3
2	金属冶炼及压延加工业	4.57	化学工业	29024
3	金属制品业	4.4	电气机械及器材制造业	26620.1
4	建筑业	4.38	金属冶炼及压延加工业	23560.6
5	非金属矿物制品业	4.31	通用、专用设备制造业	20423.2
6	金属矿采选业	4.21	纺织业	20046.8
7	化学工业	4.01	金属制品业	15657.5
8	电气机械及器材制造业	3.9	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	11685.6
9	水的生产和供应业	3.81	交通运输及仓储业	11391.3
10	通用、专用设备制造业	3.56	交通运输设备制造业	10338.8

(3) 结合我国货物出口市场来看，我国隐含碳排放呈现向国际多区域转移态势，但短期来看，日本、美国仍旧是我国隐含碳排放大国。从表 6 我们可以看出：香港、美国、日本是我国排名前三的产品出口市场。2000 年以来，美国替代香港成为我国最大的产品出口市场，占我国出口市场份额的 1/5 左右。1998 年出口三国（地区）的累计份额占当年产品出口总额的 58%，伴随出口市场多元化格局的形成，香港、美国、日本出口合计份额比重不断下降，2012 年，这一指标下降到 39%。中国因出口市场的多元化的形成，中国碳排放转移也呈现不断分散的局面，但是目前来看，美国、日本等由于进口了中国大量的工业初级制成品，仍旧是中国隐含碳排放转移的重要国家。

表6 1998~2012年中国主要出口货物市场 (单位:%)

排名	1998年		2000年		2005年		2010年		2012年	
	经济体	比重	经济体	比重	经济体	比重	经济体	比重	经济体	比重
1	中国香港	21.09	美国	20.91	美国	21.38	美国	18.0	美国	17.1
2	美国	20.66	中国香港	17.86	中国香港	16.34	中国香港	13.8	中国香港	14.1
3	日本	16.15	日本	16.72	日本	11.02	日本	7.7	日本	7.8
4	德国	4.00	韩国	4.53	韩国	4.61	韩国	4.4	韩国	4.4
5	韩国	3.40	德国	3.72	德国	4.27	德国	4.3	德国	4.0
6	荷兰	2.81	拉丁美洲	2.88	荷兰	3.40	荷兰	3.2	荷兰	3.1
7	英国	2.52	荷兰	2.68	英国	2.49	印度	2.6	印度	2.7
8	新加坡	2.15	英国	2.53	新加坡	2.18	英国	2.5	英国	2.3
9	中国台湾	2.11	新加坡	2.31	中国台湾	2.17	新加坡	2.1	俄罗斯	2.0
10	法国	1.54	中国台湾	2.02	俄罗斯	1.73	意大利	2.0	新加坡	1.9
合计	76.4		76.2		69.6		60.6		59.4	

数据来源:国家统计局编,《中国统计年鉴2013》,中国统计出版社,2012。

我国与欧盟和美国进行贸易的过程当中,欧盟和美国都通过向我国进口越来越多的CO₂密集型产品的方式移了部分国内CO₂的排放,这也证实了通过贸易的方式,我国成为了欧盟和美国的“污染天堂”。

四、主要结论及政策建议

1. 主要结论

第一,贸易与碳排放存在显著的关系:1963~2013年中国二氧化碳排放量与经济增长存在反“N”形关系,贸易开放对我国人均碳排放存在正向影响,贸易开放程度每提高1个百分点,人均碳排放则增加0.3个百分点。

第二,中国产业间隐含碳排放强度差异较大:电力、热力的生产和供应业、金属冶炼及压延加工业、金属制品业、建筑业、非金属矿物制品业等重工业隐含碳排放强度非常高,而废品废料业、农林牧渔业、食品制造及烟草加工业隐含碳排放强度较小。在估算所有行业中,完全碳排放强度最高的电力、热力的生产和供应部门(6.7吨/万元)是最低完全碳排放强度废品废料部门(0.39吨/万元)的17倍。

第三,以出口货物为载体的隐含碳排放总量大:2007年我国由于货物贸易出口引致碳排放量27.1亿吨,占我国当年碳排放总量(67.9亿吨)的39.76%。

第四,出口隐含碳排放依附载体产品集中度较高:在出口贸易中,通信设备、计算机及其他电子设备制造业出口碳排放最高,高达5.77亿吨,占出口碳排放总量的21.2%,其次是化学工业(10.7%)、电气机械及器材制造业(9.8%)、金属冶炼及压延加工业(8.68%)、通用、专用设备制造业(7.53%),这五类产品出口隐含碳排放合计占总隐含碳排放出口量的58%。

第五,我碳排放呈现向国际多区域分散倾向,但短期来看,日本、美国仍旧是我国隐含碳排放大国。目前我国出口市场呈现多元化的局面,中国碳排放转移也呈现不断分散的趋

势，但是短期来看，美国、日本等仍旧将进口中国市场大量的工业初级制成品，中国“代工厂”在短期内不会改变的现实，我国出口贸易的碳排放转移将在短期内继续发生。

2. 政策建议

第一，加强监管，建立严格的规制制度。本文研究证实，电力、热力的生产和供应业、金属冶炼及压延加工业，金属制品业，建筑业，非金属矿物制品业等重工业不仅隐含碳排放强度非常大，而且其出口贸易量又相对较高，导致将生产侧碳排放留在国内，引致我国碳排放总量居高不下。这就要求国内必须建立严格的“两高一资”（高耗能、高污染、资源性）行业市场准入制度。提高环境标准，控制高耗能、高排放产业发展的规模，特别是钢铁、造纸、化工等一大批高耗能工业项目。

以审批权下放为契机，改变原有对项目进入的审批制度，严把项目预审关，新上项目企业名单报经发改，工信部门审批、核准时，应要求环保部门全程参与，对高耗能、高污染企业，严把产业政策关。在引进外资企业时要与环保部门共同把关，对不符合国家产业政策的项目不予引进，从源头上控制和减少承接国际产业转移的碳排放。提高行业环保等方面标准，进一步完善和提高行业节能环保标准、产业质量标准等。着力强化产业监督和管理，特别是分行业分领域的节能减排约束。

第二，充分发挥市场在资源配置中的主导地位，引导产业结构优化。转变以出口拉动型的增长方式，扩大内需。中国经济增长的根本点不可能也不应该放在外部需求，也就是说我们要把扩大内需作为基本方针，扩大内需就需要我们转变经济增长方式、调整经济结构。这就要求充分发挥市场在资源配置中的主导地位，具体可以调整现有财政政策，引导产业结构优化。构建节能降耗型产业体系。大力发展能源消耗低、经济附加值高的金融、信息服务等现代服务业，特别是积极发展高技术产业和战略性新兴产业，稳步构建低能耗产业结构。具体可以通过调整现有税收体系，使其更加有利于低碳发展。在所得税上，对于企业符合条件的环境保护、节能减排项目的所得实行减征，甚至免征所得税，对于企业购置用于环境保护、节能减排等设备的投资额，按一定比例抵扣税收。在营业税上，对节能减排和环保技术的转让免征营业税。

第三，加快整合与碳排放有关的能源税和环境税，推出有利于环境导向的碳税^①。目前在世界上瑞典、挪威、荷兰、丹麦、德国、芬兰、英国、意大利以及美国旧金山海湾地区八个县的企业在国内均开征了碳税，我国目前虽然没有开征专门的碳税，但现有税收体系中，有部分税种与碳有关，如针对煤炭、柴油消费等直接征收的消费税和增值税，针对汽车消费、发电环节征收的消费税和增值税等。但环保效果并不明显。以此，我们建议将原对污水、废气、固体废物以及危险废物、噪声等方面的排污费以及高耗能产品的消费税改为环境税，使之成为整个税制体系中继流转税、所得税之后的又一主体税种。利用税收杠杆，逐步提高矿物燃料价格，抑制能源需求过快增长。建议将碳税纳入环境税体系中，通过对燃煤和石油下游的汽油、航空燃油、天然气等化石燃料产品，按其碳排放的比例征税从而实现减少化石燃料消耗。

第四，完善出口配额、出口退税等调节手段，优化贸易结构。出口配额、出口退税等调节手段应积极发挥鼓励出口企业加快转型升级，延长加工贸易国内增值链，不断扩大自主品

^① 碳税是针对二氧化碳排放而征收的，以减少二氧化碳排放为目的，以煤、石油、天然气等化石燃料的含碳量或企业的二氧化碳实际排放量为计税依据，对发展低碳经济具有直接的促进作用。

牌和自有技术产品,改善出口效益,进一步提升“中国制造”的国际影响力的作用。完善继续严格控制稀有资源以及高耗能、高污染、高排放等“三高”产品出口,对重点“两高一资”产品征收出口关税,减免节能环保设备的进口关税,逐步降低隐含碳排放。为了实现我国从贸易大国向贸易强国的转,在调整出口退税政策时,应分产业区别对待,适当调高资本技术密集型产品出口退税率,逐步调低劳动密集型产品的出口退税率。

参 考 文 献

- [1] Aldy J. E., 2005, *An Environmental Kuznets Curve Analysis of US State-Level Carbon Dioxide Emissions* [J], *Journal of Environment and Development*, 14 (1), 48~72.
- [2] Saboori B., Sulaiman J., Mohd S., 2012, *Economic Growth and CO₂ Emissions in Malaysia: A Cointegration Analysis of the Environmental Kuznets Curve* [J], *Energy Policy*, 51 (4), 184~191.
- [3] Weber C. L., Peters G. P., Guan D., Hubacek K., 2008, *The Contribution of Chinese Exports to Climate Change* [J], *Energy Policy*, 36 (9), 3572~3577.
- [4] Cole M. A., Elliott J. R., 2005, *FDI and the Capital Intensity of “Dirty” Sectors: A Missing Piece of the Pollution Haven Puzzle* [J], *Review of Development Economics*, 9 (4), 530~548.
- [5] Maria C. D., Van der Werf E., 2008, *Carbon Leakage Revisited: Unilateral Climate Policy with Directed Technical Change* [J], *Environmental and Resource Economics*, 39 (2), 55~74.
- [6] Gros D., Egenhofer C., Fujiwara N., 2010, *Climate Change and Trade: Taxing Carbon at the Border?* [R], Centre for European Policy Studies, Brussels.
- [7] De Bruyn S. M., Van den berg J. C. J. M., Opschoor J. B., 1998, *Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Basis of Environmental Kuznets Curves* [J], *Ecological Economics*, 25 (2), 161~175.
- [8] Bednar-Friedl B., Getzner M., 2003, *Determinants of CO₂ Emissions in a Small Open Economy* [J], *Ecological Economics*, 45 (1), 133~148.
- [9] Hamasaki H., 2007, *Carbon Leakage and a Post-Kyoto Framework* [R], Research Paper No. 287, Fujitsu Research Institute.
- [10] Pan J., Phillips J., Chen Y., 2008, *China’s Balance of Emissions Embodied in Trade: Approaches to Measurement and Allocating International Responsibility* [J], *Oxford Review of Economic Policy*, 24 (2), 354~376.
- [11] Jalil A., Mahmud S. F., 2009, *Environment Kuznets Curve for CO₂ Emissions: A Co-integration Analysis for China* [J], *Energy Policy*, 37 (12), 5167~5172.
- [12] Kuik O., Gerlagh R., 2003, *Trade Liberalization and Carbon Leakage* [J], *Energy Journal*, 24 (3), 97~120.
- [13] Kunnas J., Myllyntaus T., 2007, *The Environmental Kuznets Curve Hypothesis and Air Pollution in Finland* [J], *Scandinavian Economic History Review*, 55 (2), 101~127.
- [14] Hübler M., 2009, *Can Carbon Based Import Tariffs Effectively Reduce Carbon Emissions?* [R], Kiel Institute for the World Economy, Kiel Working Paper 1565, 10~11.
- [15] Xu M., Li R., Crittenden J. C., Chen Y., 2011, *CO₂ Emissions Embodied in China’s Exports from 2002 to 2008: A Structural Decomposition Analysis* [J], *Energy Policy*, 39 (11), 7381~7388.
- [16] Schaeffer R., de Sá A. L., 1996, *The Embodiment of Carbon Associated with Brazilian Imports and Exports* [J], *Energy Conversion and Management*, 37 (6~8), 955~960.
- [17] Rothman D. S., 2000, *Measuring Environmental Values and Environmental Impacts: Going from the Local to the Global* [J], *Climate Change*, 44 (3), 351~376.
- [18] Van Beers C., Van den Bergh J. C. M., 1996, *An Overview of Methodological Approaches in the*

Analysis of Trades and Environment [J], *Journal of World Trade*, (30), 143~167.

[19] Wang T., Watson J., 2007, *Who Owns China's Carbon Emissions?* [R], Tyndall Centre for Climate Change Research, Sussex, Working Paper No. 17376.

[20] Yan Y., Yang L., 2010, *China's Foreign Trade and Climate Change: A Case Study of CO₂ Emissions* [J], *Energy Policy*, 38 (38): 350~356.

[21] 陈迎、潘家华、谢来辉：《中国外贸进出口商品中的内涵能源及其政策含义》[J]，《经济研究》2008年第7期。

[22] 刘华军、闫庆悦、孙曰瑶：《中国二氧化碳排放的环境库兹涅茨曲线——基于时间序列与面板数据的经验估计》[J]，《中国科技论坛》2011年第4期。

[23] 马翠萍、史丹：《产业隐含碳排放与贸易结构匹配下的碳关税研究——以中美贸易为例》[J]，《上海财经大学学报》2014年第2期。

[24] 马翠萍、史丹：《开放经济下单边碳减排措施加剧全球碳排放吗——对碳泄漏问题的一个综述》[J]，《国际经贸探索》2014年第5期。

[25] 魏本勇、方修琦、王媛、杨会民、张迪：《基于投入产出分析的中国国际贸易碳排放研究》[J]，《北京师范大学学报（自然科学版）》2009年第4期。

[26] 许广月、宋德勇：《我国出口贸易、经济增长与碳排放关系的实证研究》[J]，《国际贸易问题》2010年第1期。

[27] 张晓平：《中国对外贸易产生的CO₂排放区位转移分析》[J]，《地理学报》2009年第2期。

Trade Openness and Carbon Emission Transfer: Evidence from China's Foreign Trade

Ma Cuiping¹ Shi Dan²

(1. Rural Development Research Institute, Chinese Academy of Social Science;

2. Institute of Industrial Economics, Chinese Academy of Social Sciences)

Abstract: Environmental Kuznets Curve shows, a cubic relationship between GDP and CO₂ emissions is found to fit the data most appropriately for the period 1960~2010 in China. Trade openness has positive influence on per capita carbon emissions in China. Trade openness degree increase 1%, per capita carbon emission increases correspondingly by 0.3%. Input-output model shows that in 2007 China exported embodied carbon emissions by 2.71 billion tons, accounting for 39.76% of China's total carbon emissions. Including communication equipment, computers and other electronic equipment manufacturing exports most carbon emissions, accounted for 21.2% of total exports of carbon emissions. Followed by chemical industry (10.7%), electrical machinery and equipment manufacturing industry (9.8%), metal smelting and rolling processing industry (8.68%), universal and special equipment manufacturing industry (7.53%).

Key Words: Kuznets; Trade Openness; Input-output Model; Embodied Carbon Emissions; Carbon Emission Transfer

JEL Classification: Q53; Q56

(责任编辑：彭 战)