

 中国社会科学院创新工程学术出版资助项目

中国省域能源消费碳排放时空特征研究

刘佳骏 著

——转移、相关与溢出



当代中国出版社
Contemporary China Publishing House

中国省域能源消费碳排放时空特征研究

——转移、相关与溢出

刘佳骏 著



当代中国出版社
Contemporary China Publishing House

图书在版编目(CIP)数据

中国省域能源消费碳排放时空特征研究：转移、相关与溢出 / 刘佳骏著. -- 北京：当代中国出版社，

2016. 6

ISBN 978-7-5154-0693-0

I. ①中… II. ①刘… III. ①能源消费—研究—中国
IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 103204 号

出版人	曹宏举
策划编辑	王延新
责任编辑	王延新
责任校对	康莹
装帧设计	信宏博·张红运
出版发行	当代中国出版社
地 址	北京市地安门西大街旌勇里 8 号
网 址	http://www.ddzg.net 邮箱:ddzgcbs@sina.com
邮政编码	100009
编辑部	(010)66572264 66572154 66572132 66572180
市场部	(010)66572281 或 66572155/56/57/58/59 转
印 刷	北京润田金辉印刷有限公司
开 本	720 毫米×1020 毫米 1/16
印 张	10 印张 2 插页 130 千字
版 次	2016 年 6 月第 1 版
印 次	2016 年 6 月第 1 次印刷
定 价	38.00 元

版权所有，翻版必究；如有印装质量问题，请拨打(010)66572159 转出版部。

基金资助：

国家自然科学基金青年项目：京津冀城市群碳排放空间格局与影响机制研究（41401188）

中国社会科学院财经战略研究院青年项目：
“十三五”推进能源消费革命对策措施研究

摘 要

本研究利用全国省级面板数据,结合重心模型对全国经济总量、碳排放与碳排放强度重心转移轨迹进行研究,并对其驱动因素进行了分析。结果表明:中国碳排放量与碳排放强度重心逐渐向西南方向移动,而经济重心却呈现出向西北方向移动的轨迹。利用空间相关模型与空间溢出模型,结合全国30个省区面板数据分析我国碳排放强度与人均碳排放的空间效应关系,研究结果表明:2000年至2010年间,碳排放强度局部范围内具有较高的空间相关性,“冷点”区与“热点”地区空间格局相对稳定;人均碳排放强度局部范围内空间相关性较低,没有出现显著的“凸点”和“凹点”现象;碳排放强度溢出效应显著区域主要集中在东部沿海经济发达省区与中西部传统能源产品输出省区,人均碳排放溢出效应显著的区域主要集中在环渤海与长三角城市群聚集的省区,中部(两湖、徽、赣)和云贵高原的人均碳排放存在一定集聚效应,但东部沿海经济发达省区碳排放强度与人均碳排放对碳排放占全国份额的负增长效应显著,而中西部能源产品输出省份正增长效应显著。

经济增长是导致碳排放增长的重要因素,能源效率可以有效抑制碳排放增长,并且能源效率的区域分布不均衡是导致碳排放重心与经济重心移动轨迹出现偏离的主要原因。产业结构则因碳锁定效应的影响在短时期内尚难较大程度地影响碳减排。据此,本文认为,在未来一段时间内,施行技术节能仍然是中国降低碳排放最直接、最有力的政策措施,尤其是对于中、西部地区,提高能效是推进节能减排的重要着力点;政府应继续加强对区域能效的有效监管,保证节能减排的各项政策法规切实施行;从长远看,优化产业结构与提升产业发展水平则是降低碳排放的根本措施。

目 录

第一章 绪论 / 001

- 一、研究背景 / 002
- 二、研究意义 / 010
- 三、研究技术路线 / 012

第二章 相关研究综述 / 013

- 一、相关理论综述 / 013
- 二、相关研究进展 / 017
- 三、研究进展评述 / 030

第三章 相关概念辨析与研究方法 / 034

- 一、概念辨析 / 034
- 二、研究方法 / 037
- 三、本研究概念与方法总结 / 044

第四章 中国省域碳排放空间格局 / 047

- 一、我国碳排放总量呈现高增长态势 / 047
- 二、分品种化石能源消费碳排放总量格局基本以煤炭产生的碳排放量为主 / 049
- 三、高碳排放总量省区从东向西逐步扩散，高碳排放累计量集中在环渤海地区 / 050
- 四、人均碳排放分布呈北高南低态势，碳排放密度呈由东部沿海向中西部地区递减趋势 / 052
- 五、碳排放强度分布由西部内陆省份逐渐向东部沿海地区递减，与经济发展水平呈正相关 / 055

第五章 中国碳排放重心空间转移与路径分析 / 058

- 一、碳排放空间转移特征 / 058
- 二、碳排放重心转移的驱动因素分析 / 061
- 三、主要结论与政策建议 / 063

第六章 中国省域碳排放空间相关性分析 / 068

- 一、碳排放强度空间相关性格局特征 / 068
- 二、人均碳排放空间相关性格局特征 / 071
- 三、主要结论与政策建议 / 075

第七章 中国省域碳排放空间溢出分析 / 078

- 一、碳排放强度空间溢出分析 / 078
- 二、人均碳排放空间溢出分析 / 080
- 三、主要结论与政策建议 / 083

第八章 节能减排管理措施的国际比较与经验借鉴 / 085

- 一、节能减排管理措施的国际比较 / 085
- 二、世界各国节能减排政策对我国的借鉴意义 / 098
- 三、我国节能减排建设的总体思路 / 099
- 四、我国节能减排建设的措施建议 / 100

第九章 “十三五”期间中国区域“减源增汇”减排路径与可行性分析 / 104

- 一、中国区域碳源汇平衡的技术路径 / 104
- 二、中国区域增汇减源措施的技术与经济可行性分析 / 108
- 三、中国区域人为增汇减源活动的管理措施 / 109

第十章 “十三五”期间我国应对气候变化的策略分析 / 115

- 一、气候变化国际谈判应对策略 / 115
- 二、加强国内应对气候变化工作的策略和建议 / 124
- 三、我国低碳发展需处理好的五大关系 / 129

第十一章 研究展望 / 132

- 一、以人均能源碳排放为约束 / 133
- 二、以万元 GDP 能源碳排放为约束 / 133
- 三、以能源碳排放总量减排为约束 / 133
- 四、低碳发展路径选择 / 134

参考文献 / 135

附录： 本研究主要数据 / 143

一、各地区能源消费量（万吨标煤） / 143

二、各地区人口（万人） / 145

三、各地区 GDP（1995 年不变价）（亿元） / 147

四、各地区城镇化率（%） / 149

五、各地区第二产业比重（%） / 151

第一章 绪 论

2009年,中国提出了到2020年碳排放强度较2005年下降40%~45%的目标。“十二五”规划中又提出实现能源消费的总量控制,并对各省市实施碳强度指标考核制度。然而,无论是总量控制指标还是碳强度指标,并没有考虑到各省市经济发展的阶段性特点、资源禀赋状况以及在区域经济发展中的战略地位,从而导致地方政府节能减排工作困难重重,极大地降低了政策的有效性。因此,为了兼顾减排指标的完成和地区经济的发展,政府有必要对我国碳排放的区域分布的演变趋势及其驱动因素进行深入的分析 and 研究,抓住影响区域降低碳排放的关键因素,制定能从根本上有效抑制碳排放的政策,以保证减排指标的顺利完成。

当前,中国经济社会发展正步入一个新的历史时期,应对气候变化工作面临的形势更为严峻,任务更加艰巨。2013年,中国反复出现大范围持续性雾霾天气,引起全社会高度关注,凸显出粗放发展模式已经难以为继,切实转变经济发展方式、推进绿色低碳发展任务日益紧迫。坚持绿色低碳发展、积极应对气候变化,既是新时期中国政府大力推进生态文明建设、实现可持续发展的必由之路,也是树立负责任的国家形象、为保护全球气候环境作出积极贡献的现实选择。中国政府高度重视应对气候变化问题,2014年5月出台了《2014—2015年节能减排低碳发展行动方案》,明确提出单位国内生产总值二氧化碳排放今明两年分别下降4%和3.5%以上;2014年9月印发了《国家应对气候变化规划(2014—2020年)》,明确了2020年前中国应对气候变化工作的指导思想、主要目标、总体部署、重点任务和政策导向;2014年9月在联合国气候峰会上,中国国家主席习近平特使、国务院副总理张高丽全面阐述了中国应对气候变化的政策、行动及成效,并宣布中国将尽快提出2020年后应对气候变化行动目标,碳排放强度要显著

下降,非化石能源比重显著提高,森林蓄积量要显著增加,努力争取二氧化碳排放总量尽早达到峰值。

2013年以来,中国政府紧紧围绕“十二五”应对气候变化目标任务,全面落实“十二五”控制温室气体排放工作方案,继续通过调整产业结构、节能与提高能效、优化能源结构、增加碳汇、适应气候变化、加强能力建设等综合措施,应对气候变化各项工作取得积极进展,成效显著。2013年单位国内生产总值二氧化碳排放比2012年下降4.3%,比2005年累计下降28.56%,相当于少排放二氧化碳25亿吨。与此同时,在气候变化国际谈判中,中国继续发挥积极建设性作用,推动华沙会议取得积极成果,广泛推进国际交流与合作,为应对全球气候变化做出了重要贡献。

一、研究背景

自英国2003年提出发展“低碳经济”的倡导以来,减少二氧化碳排放量、提高碳排放效率、发展低碳经济已经成为世界各国的共识。中国在2009年哥本哈根召开的世界气候大会上也做出承诺,到2020年中国单位GDP的二氧化碳排放量将下降40%—45%。鉴于中国自2007年以后成为仅次于美国的全球第二大温室气体排放的国家,减少二氧化碳排放量、提高碳排放效率将会成为中国长期关注的重要问题。但是目前我国仍然处于高速工业化和城市化的发展时期,特别是我国能源利用技术和效率普遍低于发达国家,导致我国的二氧化碳排放量居高不下。2012年我国共消耗了36.2亿吨标准煤的一次能源,占世界能源消耗总量的20%,其单位GDP能耗是世界平均水平的2.5倍,美国的3.3倍,日本的7倍,高于同期的巴西、墨西哥等发展中国家。我国目前仍然是高能耗、高排放的粗放型经济增长模式,过多的化石能源消耗排放了大量的二氧化碳,给我国二氧化碳的减排工作带来了较大压力。转变经济增长模式、提高碳排放效率、实现2020年单位GDP的二氧化碳排放量下降40%—45%的预期目标,已经成为社会各界关注的重要问题。

(一) 当前地球气候系统异常变化问题突显

近百年来,特别是近二三十年来,地球气候系统正经历着一次以变暖为主要特征的显著变化(秦大河,2008)。1906年至2005年全球地表平均温度上升了0.74摄氏度;1961年至2003年海平面平均每年上升1.8毫米,1993年至2003年平均上升速率为3.1毫米;北半球积雪退缩,北冰洋海冰面积在以每十年2.7%的速度递增;南极大陆冰雪融化速度也在加快,南极西部在2006年融化了大约

1320 亿吨的冰,而在 1996 年,这一数据是 830 亿吨 (EricRignotetc, 2008)。与此同时,全球环境也发生了重大变化:水资源短缺,生态系统退化,极端天气频发,土壤侵蚀加剧,生物多样性锐减,冰冻圈退缩等。气候变化问题已成为各国政府、公众和科学界关注的重大问题。

(二) 人类活动引起二氧化碳浓度增高很可能是导致气候变化的主要原因

气候受它自身和其他外部因素的影响是不断变化的,外部因素包括火山喷发、太阳活动以及人类活动导致的温室气体成分变化。温室气体主要包括水蒸气、二氧化碳、甲烷、一氧化氮、臭氧等气体。二氧化碳相对于其他气体虽然变暖因子不强,但是由于其浓度很高且在大气中留存时间长,而成为温室效应的首要气体(表 1-1 所示)。检测数据显示,目前大气中的二氧化碳含量是历史平均水平的 1.5 倍左右^①。在过去相当长的历史时期内,大气二氧化碳浓度基本维持在 280ppm 左右。1750 年以后开始迅速上升,到了 1950 年前后便直线上升,2005 年底到了 380ppm (见图 1-1,图 1-2)。可以说 1750 年是一个拐点。而 1750 年瓦特发明了蒸汽机,标志着人类工业化的开始,人类开始大量地使用化石燃料。所以,1750 年以后人类工业文明的大发展引起的大范围能源活动是大气二氧化碳含量迅速攀升的直接原因。大气中二氧化碳含量迅速升高很可能是全球气候变化最主要的原因。

表 1-1 各种温室气体的温室效应比较

温室气体	全球变暖因子 ¹			在大气中存留的时间/年	在大气中的浓度(ppb ²)
	20 年	100 年	500 年		
CO ₂	1	1	1	50—200	379000
CH ₄	62	23	7	12	1760
N ₂ O	275	296	156	114	320
CFCs	49000—10200	4600—14000	1600—16300	45—1700	小于 1
O ₃	—	—	—	0.1—0.3	—
H ₂ O	—	—	—	0.01	—

注: 1. 全球变暖因子 (GWF): 用来评估某种气体吸收和释放热量的能力。二氧化碳的 GWF 被设为 1。其他气体的 GWF 值表明了排放 1kg 该种温室气体相对于 1kg 二氧化碳所产生的温室效应;

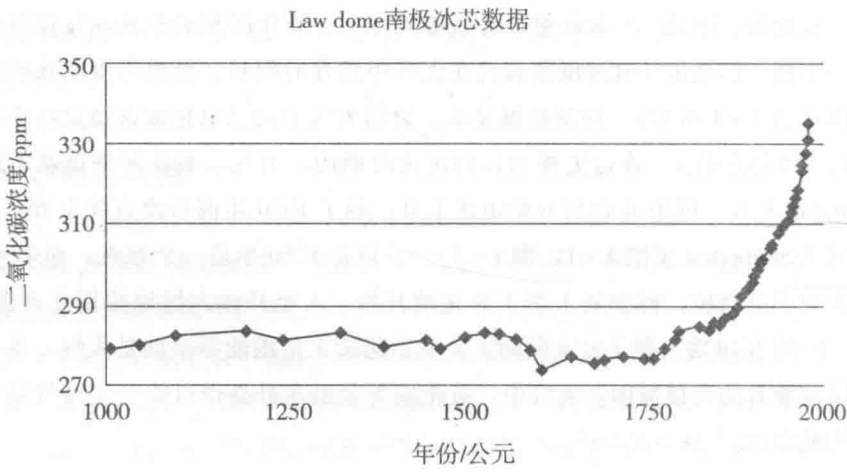
2. ppb: 每十亿单位中的含量;

3. 资料来源: 根据 IPCC 第三份评估报告 (2001) 整理 (IPCC, 2001)。

^① 20 世纪 80—90 年代, 南极 Vostok 站小组人员通过测量南极地下冰芯中气泡二氧化碳含量的方法测算了距今 42 万年以来 4 个冰期—间冰期大气中的二氧化碳含量; 同时, 一组澳大利亚和法国的研究者在南极大陆的 Lawdome 进行了冰芯试验, 测出了近 1000 年空气中二氧化碳的含量; 位于美国夏威夷岛的 Maunaloa 天文台从开始建立到现在观测了 1958 年以来大气中的二氧化碳含量, 显示了近 50 年来二氧化碳浓度的增长速度。

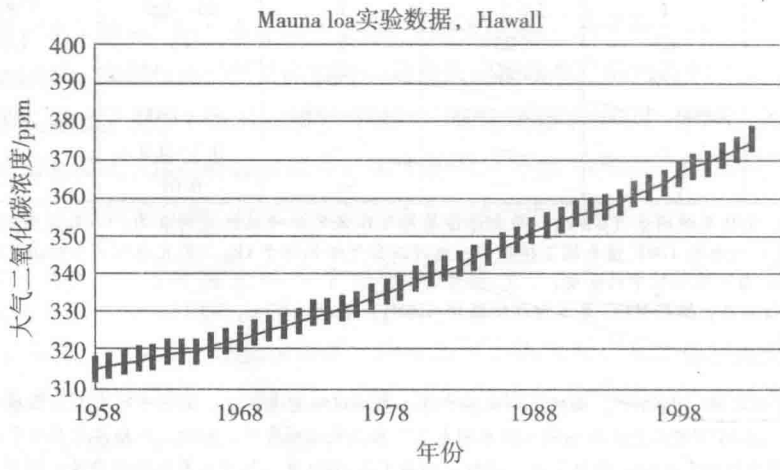
2001 年以来，科学家们对温室气体、太阳活动、陆地表面属性和气溶胶某些方面的相关模拟，做出了相应的量化估算。得出的结果是，人类活动的影响增加了 1.6 瓦/平方米，而自然界只有 0.12 瓦/平方米。联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）就地球气候变化问题先后完成了四次评估报告。2007 年第四次评估报告的结论是：人类活动很可能是气候变暖的主要原因，这种可能性在 90% 以上（IPCC, 2007）。

图 1-1 近一千年大气二氧化碳浓度变化



资料来源：(Etheridge D M, Steele L P, Langenfelds R L, etc., 1996)

图 1-2 近五十年大气二氧化碳浓度的变化趋势



资料来源：(Keeling C D, Whorf T P, 2005)

(三) 世界各国关于二氧化碳减排方案的谈判非常激烈

国际气候谈判自 1990 年开始,经历了十几年艰苦而漫长的谈判进程。1992 年 6 月,联合国环境与发展大会上各国政府签署了《联合国气候变化框架公约》(简称《气候公约》,英文缩写 UNFCCC),确立了稳定大气中温室气体的长期目标,以及公平和共同但有区别责任、可持续发展等一系列人类社会应对气候变化的重要原则,可以说是迄今为止在国际环境与发展领域中影响最大、参与最广、意义最为深远的国际法律文件。但《气候公约》未能就具体的减排义务做出明确规定。

1997 年 12 月,框架公约各缔约方在日本京都召开会议,并通过了具有法律约束意义的《京都议定书》,在《气候公约》下首次为发达国家和转轨经济国家规定了定量的减排义务:即到第一承诺期(2008-2012 年)整体减排 5.2%,其中欧盟减排 8%,美国 7%,日本 6%,俄罗斯持平。同时,为了降低减排成本,还引入排放贸易(ET)、联合履约(JI)和清洁发展机制(CDM)三个基于市场的灵活机制,允许发达国家通过市场或基于项目的合作进行“海外减排”。但是,美国以“气候变化的不确定性、对美国经济影响太大、中国和印度没有参与”为由拒不批准《京都议定书》,随后澳大利亚也退出议定书,导致《京都议定书》能否生效一度面临严峻的挑战。直至 2005 年 2 月,国际社会通过艰苦努力的谈判才达成妥协,在美国和澳大利亚退出下,才促成议定书正式生效。2005 年 11 月《气候公约》第 11 次和《京都议定书》第 1 次缔约方会议在加拿大蒙特利尔召开。一方面从法律上确保《京都议定书》步入实际运行的轨道,另一方面以“双轨”并行^①的方式启动了“后京都”谈判,即 2012 年《京都议定书》到期后温室气体新的减排方案谈判,起到了承上启下的作用。

同时,美国在联合国气候变化谈判之外一直在进行所谓的应对气候变化行动。以美国为主导分别发起了“氢能经济国际伙伴计划”“碳收集领导人论坛”“第四代国际论坛”以及“再生能源与能源效益伙伴计划”等。而最具影响的是 2005 年 7 月在美国的倡议下,来自美国、中国、日本、韩国、澳大利亚和印度六国的外长或代表,在老挝首都万象发表的《亚太地区清洁发展与气候新伙伴计划》(Asia Pacific Partnership on Clean Development and Climate)(中国网,2007),

^① 所谓“双轨”并行,其中“一轨”是在《京都议定书》下成立特设工作组,谈判发达国家第二承诺期的减排义务。而“另一轨”则是为了美国、澳大利亚等非议定书缔约方能够参与谈判,在气候公约下就促进国际社会应对气候变化的长期合作行动启动为期两年的对话。

决定建立新的伙伴关系，致力于通过国家间的技术转让开发清洁能源来满足日益增长的能源需求，以应对亚太地区的能源和气候变化等问题，但并没有硬性规定每个国家的排放消减义务。

但是随着 2012 年的临近，“后京都”谈判并未取得实质性的进展。在国际社会和各主要缔约方的不懈努力下，2007 年围绕气候变化问题召开了很多高级别会议。2007 年 2 月至 5 月，政府间气候变化专门委员会（IPCC）陆续发布第四次评估报告，对全球气候变化的现实、原因，全球气候变化对自然生态环境系统和人类经济社会的影响，以及减少温室气体排放的可能影响和相关政策措施给出了科学全面的分析评估，同时向全球发出最严重的警告；4 月，联合国安理会首次就气候变化与国家国际安全问题进行辩论，进一步提升了气候变化在国际政治议程上重要性；6 月，在德国召开的 G8 + 5 峰会继续聚焦气候变化并发表联合声明；9 月，美国主导召开了 16 个温室气体排放大国领导人峰会。尽管这些高级别会议或是一般性辩论，都不是“后京都”的正式谈判，也不以达成某种谈判结果为目标，更多地是为后续正式谈判创造了氛围，但由此可以看出气候变化问题在国际政治经济关系中的重要程度。

2007 年 12 月 3 日至 14 日《气候公约》第 13 次和议定书第 3 次缔约方会议在印尼巴厘岛召开。经过两周的艰苦谈判，孕育出备受瞩目的“巴厘岛路线图”。启动了后京都谈判，明确规定了谈判应该在 2009 年底之前完成，并为 2009 年前应对气候变化谈判的关键议题确立了明确议程，同时也将美国纳入进来。可以说，巴厘岛路线图让国际社会重新看到了各国共同应对气候变化行动的曙光。但是作为巴厘岛路线图的一丝曙光，2009 年 12 月 7 日至 18 日的哥本哈根联合国气候变化大会，即《联合国气候变化框架公约》第 15 次缔约方会议暨《京都议定书》第 5 次缔约方会议，仅仅通过一份不具法律约束力的《哥本哈根协议》，不能不让世人失望。如果在 2012 年《京都议定书》第一承诺期到期之前，国际社会没有达成一致的具有约束力的减排方案的话，那么人类应对全球气候变化的行动将受到重大挫折，因此根本哈根气候会议也被有些人认为是“拯救人类的最后一次机会”。

虽然联合国秘书长潘基文表示，将努力推动在 2010 年实现通过具有法律约束力的国际减排方案，但是从哥本哈根谈判历程的艰辛以及一些发达国家极不负责任的态度，可以预见其困难程度如何。

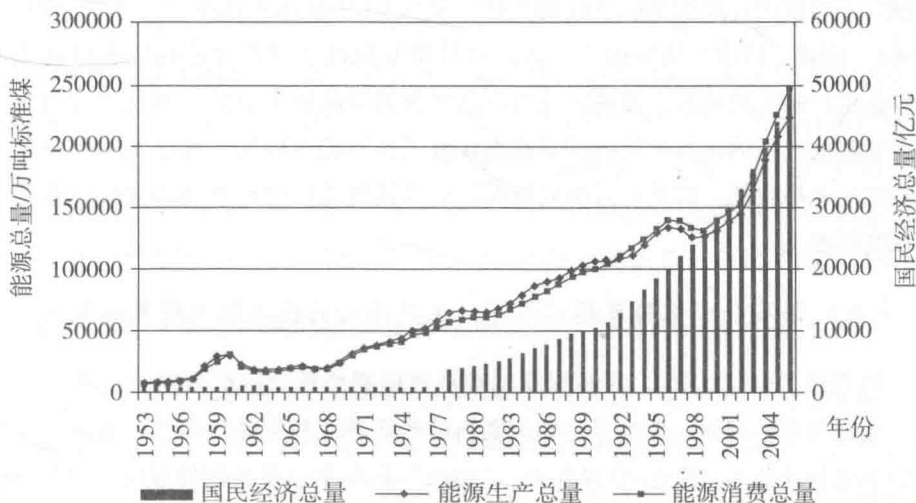
总之，通过国际社会关于减排方案的谈判历程可以发现，受到发展机会的博弈和利益的冲突，试图通过谈判达到直接减排的目的进而减缓全球气候变化，实现难度很大。其最为根本的原因在于在以生产为视角的当前温室气体排放账户核

算体系下, 削减温室气体排放即意味着放弃发展机会和经济利益。一般来说我们可以将生产视为供给, 消费视为需求。根据市场经济理论, 有需求就会有供给, 如果需求不减少, 供给很难削减。因此, 温室气体的全球减排方案可以换一个视角, 从改变世界人们特别是发达国家人们的消费习惯和消费方式入手, 间接减少生产排放, 也许会产生很好的效果。

(四) 我国碳排放总量增加迅速, 成为世界第一大碳排放国

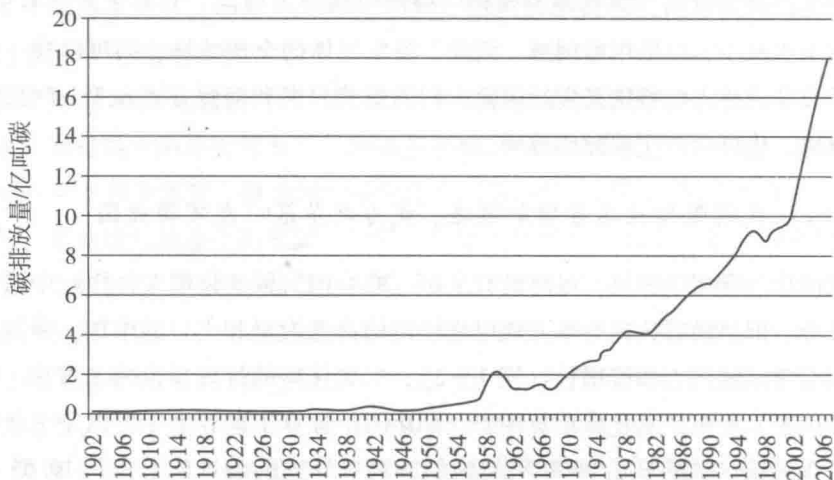
我国作为发展中国家, 虽然没有承担《联合国气候变化框架公约》中要求的减排义务, 但是随着我国改革开放以来经济的高速发展和人口的增加, 能源开发和利用总量也随之大幅度增长 (图 1-3), 二氧化碳的排放量也随之增加。美国橡树岭国家实验室二氧化碳信息中心 (CDIAC) 计算了世界上主要国家工业革命以来碳排放量, 结果显示 2006 年我国能源消费导致的碳排放总量为 16.65 亿吨碳, 第一次超过美国成为世界上第一大碳排放国, 占全球排放总量的 20.2%。根据 CDIAC 的计算结果, 我们可以看出我国近 100 多年能源消费导致碳排放量的增加趋势 (图 1-4)。

图 1-3 我国经济总量和能源消费趋势图



从图 1-4 中可以看出, 我国能源消费导致二氧化碳排放总量总体呈加速上升趋势, 且在 2002 年以后几乎呈直线增加。面对国际上要求中国减排的舆论压力以及 2012 年《京都议定书》第一承诺期的到期、后京都谈判的开始, 我国面临很大的减排压力。但是由于我国以出口为导向的外向型经济发展战略的实施, 产业

图 1-4 我国能源活动碳排放增量趋势图



结构中基础原材料工业和加工工业所占比重大，重工业化特征明显，产业结构的能耗比较高。据世界银行按 GDP 汇率计算，2003 年我国单位 GDP 的能源消耗，比世界平均水平高 2.2 倍。产业结构对一次能源消费的影响主要通过自身演进速率的快慢来实现，中国在长期一边倒的部门发展政策影响下，刚性演进特征极大地制约了国家产业结构节能效应的发挥，单位 GDP 能耗居高不下（张雷，2006，2008）。因此，以出口为导向的经济发展战略导致的我国产业结构特点以及我国在世界生产链中的位置，使我国成为发达国家消费品的主要供给国之一，而我国与世界其他地区的这种生产消费联系也导致了我国的碳排放中有很大部分是为其他国家承担责任。因此定量研究我国与世界其他地区的产业活动碳排放联系具有现实的意义。

（五）经济全球化程度越来越深，生产活动的区域联系越来越紧密

20 世纪 70 年代以来，发达国家的经济结构调整和产业扩散以及“布雷顿森林”金融体系的解体，促进了全球范围内的产业转移和贸易自由化，逐渐形成了新的全球劳动分工。而近 20 多年来，“冷战”的结束以及通信技术的飞速发展则进一步强化了这种趋势。一方面，商品、服务、生产要素和信息的跨国界流动的规模与形式不断增加；另一方面，不断深化的劳动分工和跨国投资所形成的全球生产网络和贸易网络，使世界各国经济相互依赖程度日益加深。因此，尽管还有争论，无论是学术界还是政界和商界基本上都承认世界经济进入了全球化时代（刘卫东，马丽，刘毅，2003）。在此背景下，参与经济全球化的程度成为影响地