

气候变化经济过程的复杂性丛书

中国碳排放问题和 气候变化政策分析

蒋金荷 著



China's Carbon Emissions and Climate Change Policy Analysis

中国社会科学出版社

气候变化经济过程的复杂性丛书

中国碳排放问题和 气候变化政策分析

蒋金荷 著



China's Carbon Emissions and Climate Change Policy Analysis

中国社会科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国碳排放问题和气候变化政策分析/蒋金荷著. —北京:
中国社会科学出版社, 2014. 12

(气候变化经济过程的复杂性丛书)

ISBN 978 - 7 - 5161 - 5203 - 4

I. ①中… II. ①蒋… III. ①二氧化碳—排气—研究—
中国 ②气候—政府—研究—中国 IV. ①X511 ②P46 - 012

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 282524 号

出 版 人 赵剑英
责任编辑 卢小生
责任校对 周晓东
责任印制 王 超

出 版 中国社会科学出版社
社 址 北京鼓楼西大街甲 158 号
邮 编 100720
网 址 <http://www.csspw.cn>
发 行 部 010 - 84083685
门 市 部 010 - 84029450
经 销 新华书店及其他书店

印 刷 北京明恒达印务有限公司
装 订 廊坊市广阳区广增装订厂
版 次 2014 年 12 月第 1 版
印 次 2014 年 12 月第 1 次印刷

开 本 710 × 1000 1/16
印 张 14.5
插 页 2
字 数 218 千字
定 价 56.00 元

凡购买中国社会科学出版社图书, 如有质量问题请与本社营销中心联系调换

电话: 010 - 84083683

版权所有 侵权必究

本书获得国家重大基础研究计划（973）项目（2012CB955801）和
中国社会科学院基础研究学者资助项目（2014—2018）资助

序

气候变化经济学是近 20 年才被认识的学科，它是自然科学与社会科学结合的产物，旨在评估气候变化和人类应对气候变化行为的经济影响与经济效益，并且涉及经济伦理问题。由于它是一门交叉科学，气候变化经济学面临很多复杂问题。这种复杂问题，许多可以追踪到气候问题、经济问题的复杂性。这是一项艰难的任务，是一个人类面临的科学挑战，鉴于这种情况，科学技术部启动了国家重大基础研究计划（973）项目——气候变化经济过程复杂性机制、新型集成评估模型簇与政策模拟平台研发（2012CB955800），我们很幸运接受了这一任务。“气候变化经济过程的复杂性丛书”就是它的序列成果。

在这个项目研究中，我们将围绕国际上应对气候变化和气候保护政策问题，展开气候变化经济学的复杂性研究、气候保护的国际策略与比较研究，展开气候变化与适应的全球性经济地理演变研究，中国应对气候变化的政策需求与管治模式研究。项目将在基础科学层次研究气候变化与保护评估的基础模型，以及气候变化与保护的基本经济理论、伦理学原则、经济地理学问题，在技术层面完成气候变化应对的管治问题，以及气候变化与保护的集成评估平台研究与开发，试图解决从基础科学到技术开发的一系列气候变化经济学的科学问题。

由于是正在研究的前沿性课题，所以，本丛书将连续发布，并且注重基础科学问题与中国实际问题的结合，作为本丛书主编，我希望本丛书对气候变化经济学的基础理论和研究方法有一定的贡献，而不是一些研究报告汇编。我也盼望本丛书在政策模拟的方法

2 中国碳排放问题和气候变化政策分析

论研究、人地关系协调的理论研究方面有所贡献。

我有信心完成这一任务的基础是，我们的项目组既有一流的、有责任心的科学家，还有大量勤奋的、有聪明才智的博士后和研究生。

王铮

气候变化经济过程的复杂性机制、

新型集成评估模型簇

与政策模拟平台研发首席科学家

2014 年 9 月 18 日

前 言

全球气候变化已成为国际上广泛关注的问题，也是学术界研究的热点领域。政府间气候变化专门委员会（IPCC）评估报告进一步从科学上确认了人类活动引起全球气候变暖的事实。国际社会各种多边或双边活动日益频繁，并把气候变化作为重要议题，如达沃斯论坛、八国集团峰会、中国与其他国家领导人的双边会谈等。碳排放问题是全球气候变化的中心议题，碳排放权的公正合理分配成为国际气候变化谈判的焦点。研究中国碳排放问题既是中国政府应对全球气候变暖降低碳排放的战略需要，也是解决国内能源资源结构性短缺、转变经济增长方式的内在迫切需要。

当前中国经济正处于城镇化、工业化推进发展阶段，经济社会发展具有典型的“二元经济”特征，这就需要，在未来一段时期内中国经济保持一定的增长速度，因而，能源需求和二氧化碳排放量也就不可避免地继续增长。另外，为了应对全球气候变化带来的威胁和挑战，中国政府在 2009 年主动做出国际承诺：到 2020 年，中国单位 GDP 碳排放强度比 2005 年降低 40%—45%。中美是目前世界上最大的碳排放国，为了推动 2015 年气候变化新协议的达成，双方领导人于 2014 年 11 月发表《中美气候变化联合声明》（以下简称《声明》）^①，《声明》提出：“美国计划于 2025 年实现在 2005 年基础上减排 26%—28% 的全经济范围减排目标，并将努力减排 28%。中国计划 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰，并计划到 2030 年非化石能源占一次能源消费比重提高到 20%

^① 《中美气候变化联合声明》，《中国日报》2014 年 11 月 12 日。

左右。”因此，研究碳排放问题具有很强的必要性和现实指导意义。

为了保护全球生态环境、保护气候资源，各国不断努力减缓气候变化，推出了一系列政策法规，施行低碳发展。从各个国家而言，这些努力都取得了一些成果；但从全球而言，至今都没能达到《京都议定书》规定的目标：“将大气中的温室气体含量稳定在一个适当的水平，以保证生态系统的平稳适应、食物的安全生产和经济的可持续发展。”政策评估在发达经济体是政策制定过程中的一项重要内容，因而本书对世界主要排放大国气候变化政策的比较分析以及中国气候变化政策的梳理，对于完善中国气候变化政策具有积极的启示和借鉴意义。本书的内容框架如下：

第一章简单介绍气候变化和碳排放问题的关系、气候变化的挑战，以及《IPCC 评估报告》和《斯特恩报告》。

第二章分析中国和世界能源消费、碳排放现状，给出了基于能源平衡表估算各部门、各地区碳排放量的方法和各种参数，以及适用于多种评价对象的迪氏指数分解模型，并利用指数分解模型对中国多种碳排放指标进行实证分析。

第三章利用终端能源消费数据，分析中国主要高排放行业——工业和交通运输业的碳排放特点，以及中国省（市、区）级碳排放特点：基于终端碳排放强度的指数分解结果。

第四章指出情景分析在研究碳排放问题复杂性中的作用，以及情景分析的含义和方法，介绍国际上几种主要的社会经济情景方法和 IPCC 开发排放情景历程，最后给出了基于 SRES 情景的中国及 31 个省（市、区）的人口、GDP 的四种情景预测结果。

第五章介绍气候变化影响综合评估方法、几种主要综合评估模型（IAM）特点及中国开发 IAM 模型的概况和最新研究进展。

第六章分析美国、欧盟和日本最近颁布的气候变化政策的特点。

第七章从国家层面梳理了中国气候变化政策体系，分析政策实施过程的约束，对比分析碳税政策和碳排放权交易的特点，总结几点启示和借鉴意义。

第八章介绍气候变化政策影响评估的含义及政策评估分析，包

括利用 CGE 模型模拟不同碳税税率下的影响、基于系统动力学模型开发了三种中国碳排放情景，最后探讨中国碳排放峰值问题。

第九章指出有待深入探讨的问题，包括社会经济新情景 SSPs、IAM 模型开发中的几个理论问题，以及新气候经济问题，即碳减排和经济增长共存问题。

本书是笔者对十几年来气候变化经济研究领域的综合思考和最新成果，是研究中国碳排放问题和气候变化政策分析的专著。本书有以下四个方面的特点：

(1) 对当前研究气候变化问题应用较广的模型方法进行综合评估和实际应用，如指数分解方法，突出了模型在政策评估中的重要性。

(2) 比较全面地总结了国际上主要社会经济情景方法，估算了中国及 31 个省（市、区）的人口、GDP 在 SRES 四种情景下 2010—2100 年预估值。

(3) 系统地梳理了几个主要经济体最新气候变化政策的特征。

(4) 给出了最新中国分部门分品种终端碳排放、分地区分品种能源消费和碳排放估算结果。

目 录

第一章 全球气候变化研究综述	1
第一节 气候变化与碳排放	1
第二节 气候变化的挑战	5
第三节 气候变化评估报告概述	10
第二章 碳排放驱动因子分析	12
第一节 能源和碳排放现状	12
第二节 碳排放驱动因子分析	28
第三节 指数分解模型实证分析	36
第三章 中国主要行业和区域碳排放分析	53
第一节 工业部门碳排放分析	53
第二节 交通运输业碳排放分析	60
第三节 中国区域碳排放分析	68
第四章 情景分析和 IPCC 排放情景	83
第一节 情景分析概述	83
第二节 国际上主要社会经济情景	87
第三节 IPCC 排放情景发展历程和中国 SRES 情景	96
第五章 气候变化综合评估方法	112
第一节 气候变化与低碳发展	112
第二节 综合评估方法概述	113

2 中国碳排放问题和气候变化政策分析

第三节	几种主要 IAM 模型比较	115
第四节	中国开展 IAM 模型研究概况	120
第六章	国际气候变化政策分析	123
第一节	气候变化政策概述	123
第二节	美国气候变化政策分析	123
第三节	欧盟气候变化政策分析	131
第四节	日本气候变化政策分析	137
第七章	中国气候变化政策分析	143
第一节	国家层面政策体系	144
第二节	政策约束分析	148
第三节	碳税和碳交易比较	150
第四节	经验和启示	155
第八章	气候变化政策影响评估分析	160
第一节	政策影响评估概述	160
第二节	基于系统动力学模型的碳排放情景分析	162
第三节	中国碳排放峰值问题分析	168
第四节	基于 CGE 模型的碳税模拟分析	172
第九章	有待深入研究的问题	179
第一节	社会经济新情景	179
第二节	模型开发中的几个理论问题	187
第三节	新气候经济：碳减排与经济增长共存	189
附录	2000—2012 年 30 个省（市、区）分品种能源 消费和碳排放量估算	194
参考文献		210

第一章 全球气候变化研究综述

在全球对气候异常问题日益关注、温室气体减排呼声与压力逐渐高涨的背景下，“低碳”已成为全世界范围内的热门词汇。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）评估报告进一步从科学上确认了人类活动引起全球气候变暖的事实，国际社会各种多边或双边活动日益频繁，并把气候变化作为重要议题，如达沃斯论坛、八国集团峰会、中国与其他国家领导人的双边会谈等。

第一节 气候变化与碳排放

已有的科学研究表明，全球气候变暖与人类活动造成的温室气体浓度升高有很大的相关性（IPCC，2007a）。气候变化已经给地球生态系统和人类社会带来了影响，虽然关于气候变化的幅度、影响强度以及区域分布等问题的认识还有很大的不确定性，但其未来的影响程度和后果则与人类社会如何应对气候变化所做的努力是密切联系的。防止气候变化的关键在于控制温室气体（Greenhouse Gas, GHG）[《IPCC 报告》中规定控制的 6 种温室气体为二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、氧化亚氮（ N_2O ）、氢氟碳化合物（HFCs）、全氟碳化合物（PFCs）和六氟化硫（ SF_6 ）] 排放量（IPCC，1992），特别是二氧化碳排放量。二氧化碳是最重要的人为温室气体，其中，能源系统排放的二氧化碳又占全部人为排放二氧化碳的 70%，主要是化石燃料生产和使用造成的。IPCC 推出了一系列关于气候变化问题的评估报告，对气候变化科学知识的现状，气候变化

2 中国碳排放问题和气候变化政策分析

对社会、经济的潜在影响以及如何适应和减缓气候变化的可能对策进行评估。这些评估报告使国际社会日益意识到全球气候变化对人类当代及未来生存环境的威胁和挑战，意识到采取共同应对措施的重要性和紧迫性。

根据 IPCC 最新发布的第五次评估报告 (AR5)^① (IPCC, 2013, 2014a, 2014b), 全球气候系统变暖的事实是毋庸置疑的。图 1-1 显示, 自 1950 年以来, 气候系统观测到的许多变化是过去几十年甚至近千年以来史无前例的。全球几乎所有地区都经历了升温过程, 气候变暖体现在地球表面气温和海洋温度的上升、海平面的上升、格陵兰和南极冰盖消融和冰川退缩、极端气候事件频率的增加等方面。全球地表持续升温, 1880—2012 年全球平均温度已升高 0.85℃。过去 30 年时间, 每 10 年地表温度的增暖幅度高于 1850 年以来的任何时期。在北半球, 1983—2012 年可能是最近 1400 年来气温最高的 30 年。特别是 1971—2010 年海洋变暖所吸收热量占地球气候系统热能储量的 90% 以上, 海洋上层 (0—700 米) 已经变暖。与此同时, 1979—2012 年北极海冰面积每十年以 3.5%—4.1% 的速度减少; 自 20 世纪 80 年代初以来, 大多数地区多年冻土层的温度已经升高。全球气候变化是由自然影响因素和人为影响因素共同作用形成的, 但对于 1950 年以来观测到的变化, 人为因素极有可能是显著和主要影响因素。目前, 大气中温室气体浓度持续显著上升, 二氧化碳、甲烷和氧化亚氮等温室气体的浓度已上升到过去 80 万年来的最高水平, 人类使用化石燃料和土地利用变化是温室气体浓度上升的主要原因。在人为影响因素中, 向大气排放二氧化碳的长期积累是主要因素, 但非二氧化碳温室气体的贡献也十分显著。控制全球升温的目标与控制温室气体排放的目标有关, 但由此推断的长期排放目标和排放空间数值在科学上存在着很大的不确定性。

^① 根据《联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第五次评估报告》, www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/。

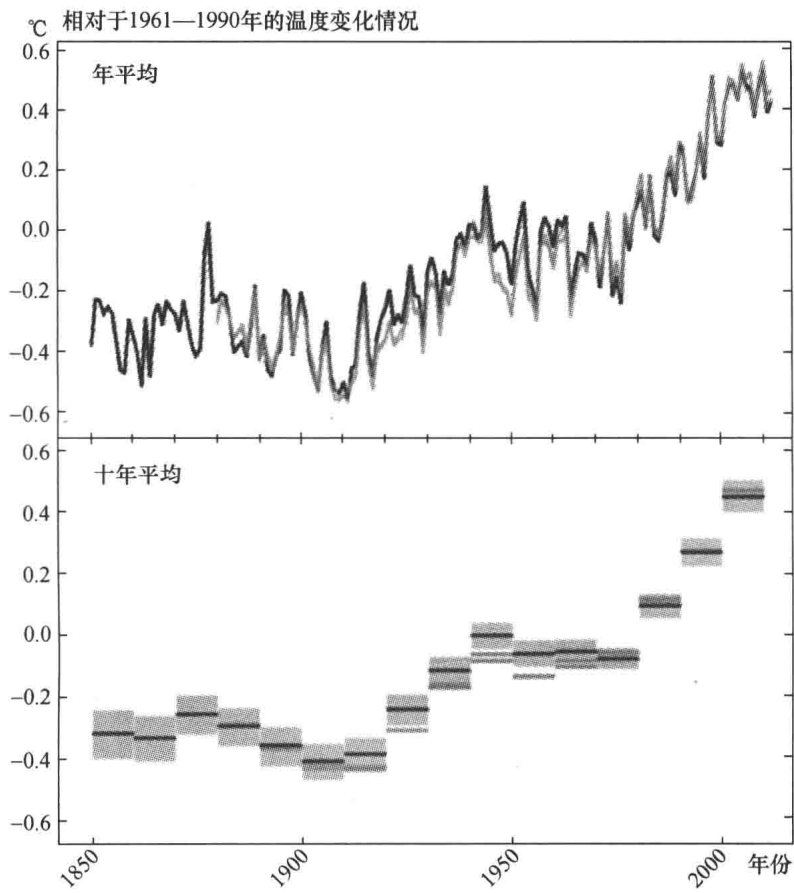


图 1 - 1 1850—2012 年全球综合陆地和海洋表面平均气温变化

资料来源：IPCC, 2013; Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (WGI, AR5)。

全球大气二氧化碳浓度已从工业化前的约 280ppm (ppm 为百万分之一)，增加到了 2005 年的 379ppm。2013 年甚至首次突破 400ppm (世界气象组织, 2014)。当前大气二氧化碳浓度值已经远远超出了根据冰芯记录得到的 65 万年以来浓度的自然变化范围 (180—330ppm) (见图 1 - 2)。工业化时期以来，大气二氧化碳浓度的增加，主要源于化石燃料的燃烧；其次是土地利用变化，但相对要小一些。化石燃料燃烧所导致的二氧化碳年排放量，从 20 世纪 90 年代的平均每年 64 亿吨碳 (即 235 亿吨二氧化碳)，增加到

4 中国碳排放问题和气候变化政策分析

2005—2010 年的每年 68 亿吨碳（即 249 亿吨二氧化碳），如图1-3 所示。与土地利用变化相关的二氧化碳排放量，在 20 世纪 90 年代估算值为每年 16 亿吨碳（即 59 亿吨二氧化碳），尽管这些估算值具有很大的不确定性。因此，限制能源系统化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放成为限制全球 GHG 排放的首要目标。

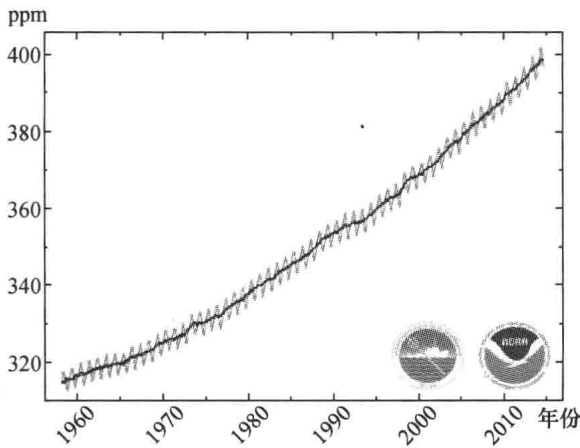


图 1-2 1960—2010 年美国夏威夷 NOAA 观察站
监察大气二氧化碳浓度

资料来源：同图 1-1。

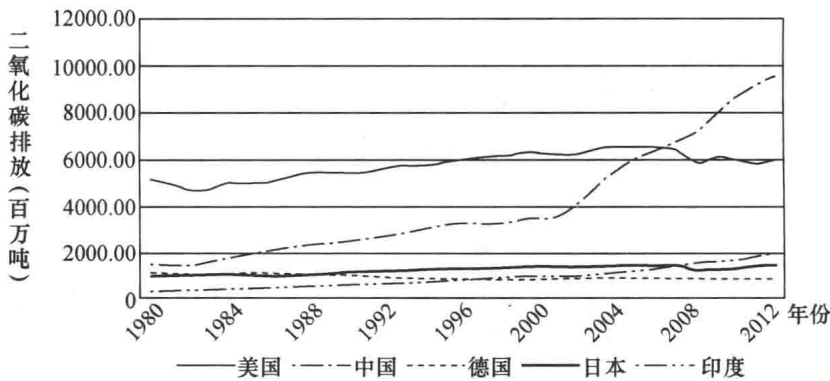


图 1-3 1980—2013 年主要排放大国的碳排放量

资料来源：BP Statistical Review of World Energy June 2014。

第二节 气候变化的挑战

全球变暖已被认为是不争的科学事实，而人类活动导致的大气二氧化碳等温室气体浓度的不断升高，被认为是近 50 年全球气候系统变暖的主要原因。为了尽量避免因二氧化碳等温室气体增加引起的全球变暖可能对人类健康、食物、水资源安全及社会稳定与经济发展等产生的一系列负面影响，世界各国正通过共同的努力来减少温室气体的排放以减缓全球变暖的进程。

目前，国际上虽然已经形成了以《联合国气候变化框架公约》为主体、以区域和国家减缓行动为支撑的国际气候变化减缓行动框架，但是，由于各国为了在国际事务中谋取最大的利益，各利益集团或缔约国之间就具体的减排方案等关系国家未来发展的问题进行着博弈。

一 已经观察到的影响

IPCC 第四次评估报告明确指出（IPCC, 2007b），自 1850 年以来最暖的 12 个年份中有 11 个出现在 1995—2006 年（1996 年除外）。多模式多排放情景的研究预估，到 21 世纪末，人类活动造成的温室气体排放增加将使地表平均气温比 1990 年增加 1.1—6.4℃，平均海平面增高 18—59 厘米。尽管预测的结果中还有一定的不确定性，但气候变化对人类的影响已成为公认的事实。全球气候变化的后果是冰川融化、海平面上升、生态系统退化、自然灾害频发，将深度触及农业和粮食安全、水资源安全、能源安全、生态安全和公共卫生安全，直接威胁人类的生存和发展。如果不加控制地继续发展下去，就可能导致气候变暖超过地球生态环境适应性调节范围的危险性，目前，厄尔尼诺等极端气候的出现已经证明了这种危险的存在。

国际科学界认为，目前所观测到的全球变暖现象，90% 以上的可能性是来自温室气体排放的贡献。而能源系统排放的二氧化碳占

全部人为排放二氧化碳的 70%，并且主要是由化石燃料（如煤炭、石油、天然气）生产和使用造成的。非能源系统排放的二氧化碳主要为土地利用引起，非二氧化碳主要是由农业生产和废弃物产生的（Stern，2006）。

中国气候变暖趋势与全球的总趋势基本一致。何文园等根据历年的中国平均气温记录数据（何文园等，2010），测得中国百余年来（1901—2006 年）平均气温升高了 0.7314℃。中国的年均温度百余年来一直呈振动上升趋势（见图 1-4），这主要源于此期间我国的二氧化碳排放量持续增长，而这又与我国经济持续快速增长对能源需求的急速扩张以及以煤炭为主的能源消费结构相联系，再加上粗放式的“高碳产业结构”，更进一步促进了二氧化碳等温室气体的排放。中国学者在中国近三千年来的气候变化对社会经济的影响方面基本上达成共识（丁敏，2005）。

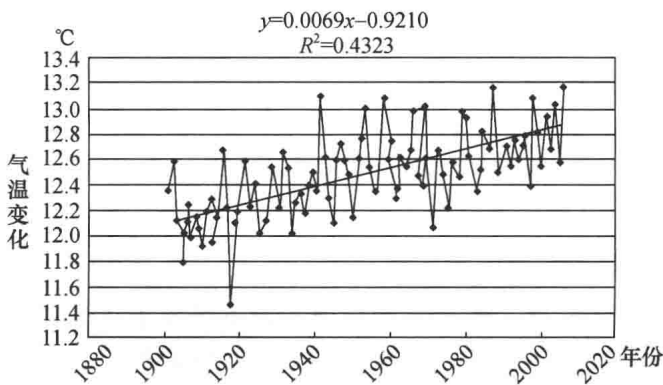


图 1-4 1901—2006 年中国年均气温变化

资料来源：何文园等（2010）。

二 气候变化对自然和人类环境的影响

气候变化对自然和人类环境的影响主要包括北半球高纬地区的早春农作物播种、森林火灾和虫害对森林的影响；对人类健康的影响，如欧洲与热浪造成的死亡率变化、某些地区的传染病传播媒介