

West 西部大开发研究丛书

The Reduction Potential and Abatement
Cost of Carbon Dioxide Emissions in China:
Provincial Panel Data Analysis

中国二氧化碳减排的潜力与成本 基于分省数据的研究

杜立民 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

West 西部大开发研究丛书

中国二氧化碳减排的潜力与成本 基于分省数据的研究

The Reduction Potential and Abatement
Cost of Carbon Dioxide Emissions in China:
Provincial Panel Data Analysis



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国二氧化碳减排的潜力与成本:基于分省数据的研究 / 杜立民著. —杭州:浙江大学出版社, 2015. 8
ISBN 978-7-308-15078-1

I. ①中… II. ①杜… III. ①二氧化碳—减量化—排气—研究—中国 IV. ①X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 205700 号

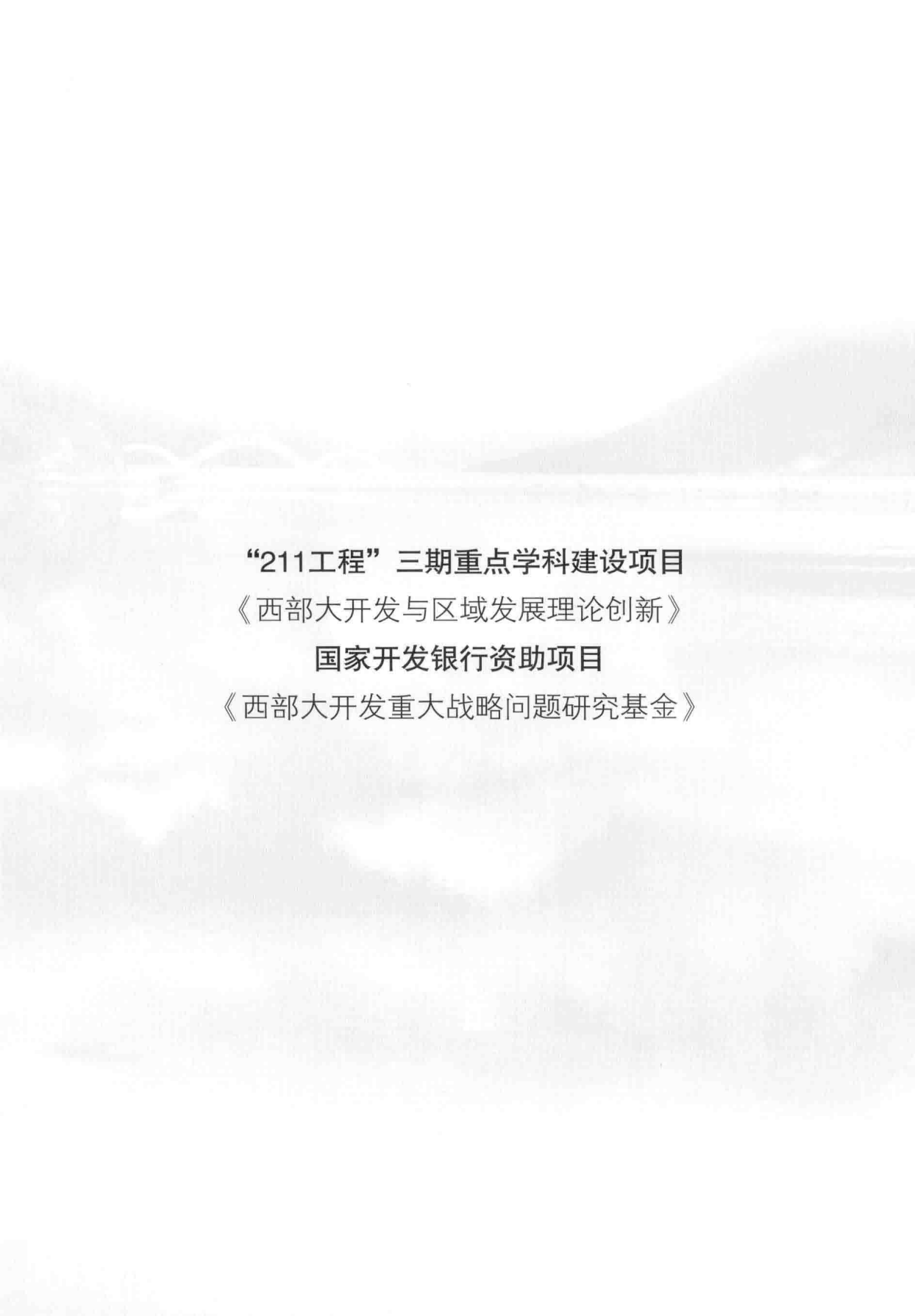
中国二氧化碳减排的潜力与成本:基于分省数据的研究
杜立民 著



责任编辑 樊晓娟
责任校对 余梦洁
封面设计 春天书装
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排版 杭州中大图文设计有限公司
印刷 杭州日报报业集团盛元印务有限公司
开本 710mm×1000mm 1/16
印张 12
字数 197 千
版印次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷
书号 ISBN 978-7-308-15078-1
定 价 36.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>



“211工程” 三期重点学科建设项目
《西部大开发与区域发展理论创新》
国家开发银行资助项目
《西部大开发重大战略问题研究基金》

西部大开发研究丛书

顾问 杜 鹰 王金祥 曹玉书
金德水 张 曦 胡本钢

编委会主任 秦玉才 陈子辰

编委会副主任 欧晓理 罗卫东 周谷平

编委会委员 (按姓氏笔画排序)

王一鸣	方攸同	史晋川	冯 君
朱新祥	孙晓文	杜 平	李洪波
李新平	杨天然	杨崇义	吴应伟
陈 健	孟东军	胡 军	胡章胜
姚先国	徐 强	徐建昌	高 鸿
郭秉晨	章远新	董雪兵	魏后凯

总序

2011年是“十二五”规划的开局之年,也是西部大开发新10年的起始之年。过去的10年是西部地区经济社会发展最快、城乡面貌变化最大、人民群众得到实惠最多的10年,也是西部地区对全国的发展贡献最突出的10年。西部地区经济年均增长速度达到11.9%,主要的宏观经济指标10年间都翻了一番以上。基础设施建设取得突破性进展。青藏铁路、西气东输、西电东送等标志性工程投入运营。生态建设规模空前,森林覆盖率从10年前的10.32%提高到现在的17.05%,提高了6.7个百分点。社会事业取得长足进步,“两基”攻坚计划目标如期完成,卫生、社会保障、就业等基本公共服务能力大大增强。人民生活水平得到明显提高,城乡居民的收入分别是10年前的2.7倍和2.3倍。改革开放深入推进,东、中、西部地区互动合作的广度和深度不断拓展,对内对外开放的新格局初步形成。广大干部群众开拓创新意识不断增强,精神风貌昂扬向上。

站在新的起点上,我们也清楚地看到,目前东西部发展的差距仍然较大。2009年,西部人均生产总值、城镇居民可支配收入、农村居民纯收入分别只有东部地区的45%、68%、53%,依然是我国区域协调发展中的“短板”。按照党中央、国务院的部署,深入实施西部大开发战略将放在区域发展总体战略的优先位置,给予特殊的政策支持,推动西部地区的经济综合实力上一个大台阶,人民群众的生活水平和质量上一个大台阶,生态环境保护上一个大台阶,基本建成全面小康社会。

浙江大学中国西部发展研究院(简称西部院)是在2006年10月由国家发展和改革委员会与浙江大学共建成立的,其目的是围绕西部大开发的全局性、综合性、战略性问题开展理论和应用研究,形成促进东西部地区互动合作、共同发展的重要科研交流和人才培养基地,为国家有关部门和地方政

府制定发展规划和政策提出建议,为各类企业、社会团体和组织提供咨询服务。

西部院成立迄今,作为一个创新科研实体,本着“跳出西部思考西部,跳出西部发展西部”的新视角,一直以“服务西部经济社会发展”为己任,以建设“科学研究基地、科技服务基地、人才培养和培训基地、国际合作与交流基地”为目标而努力奋进。先后承担了大量国家战略层面的项目研究,并对西部大开发中的前瞻性问题进行了一系列的学术探索,成果斐然,如先后参加了《关中—天水经济区发展规划》、《“十二五”时期促进基本公共服务均等化规划思路研究》、《呼包银重点经济区发展规划》、《“十二五”完善基本公共服务体系规划》等国家重大规划编制的相关研究,开展了《西部大开发与区域发展理论创新》、《西部大开发重大理论问题研究》等重大课题的研究,形成了有价值的成果,这些研究成果既为西部大开发提供了理论基础,对实践活动也具有积极的指导作用,体现了西部院作为西部开发智库的重要作用,体现了一个学术机构的社会责任。

此次西部院编辑出版的这套《西部大开发研究丛书》,是西部院自2008年始,针对西部大开发中的热点和难点问题,组织国内专家学者开展深入研究形成的一批重要成果,内容涉及西部地区政策评估、东西部差异变动分析、产业发展、生态环境保护、能源资源开发和利用、基本公共服务均等化、人才开发、文化发展及财税体制等与西部经济社会发展密切相关的多个领域,具有较高的理论意义和现实价值。我相信,这套丛书的出版发行将有助于把西部大开发问题的研究引向深入。



2011年10月

内容提要 本书从省际视角研究中国二氧化碳减排的绩效、潜力和成本问题。按照层次递进的关系,本书重点研究了以下四个方面的内容:第一,基于各省的能源平衡表,估计中国各省二氧化碳的排放量,并分析了各省二氧化碳排放的动态特征;第二,基于估算的各省二氧化碳排放量数据,在面板计量模型框架下考察各省二氧化碳排放的影响因素,并通过相关计量标准选出最优回归模型,然后通过情景模拟方法,预测中国在2020年的二氧化碳排放水平;第三,基于环境生产率 and 方向距离函数分析框架,考察了中国各省二氧化碳减排的绩效和减排潜力,并估计各省二氧化碳减排的边际成本,然后通过面板计量模型分析影响减排成本的主要因素;第四,在估计的二氧化碳减排成本基础上,通过计量模型拟合各省二氧化碳边际减排成本曲线,并通过样本内拟合标准和样本外预测标准选出最优的拟合曲线,然后在最优拟合曲线基础上,分析中国要在2020年达到二氧化碳排放强度比2005年降低40%~45%所必须承受的减排成本。本书的研究对低碳经济理论的发展有一定的贡献,对中国政府制定低碳经济政策具有积极的借鉴意义。

关键词 二氧化碳排放;环境效率;减排成本;省际差异

Abstract This book investigates the environmental efficiency, reduction potential and abatement cost of China's carbon dioxide emissions from the view of provincial differences. Specifically, the contents of the book focus on four highly correlated topics. The first topic is to estimate per capita and aggregate carbon dioxide emissions for each province of China, based on provincial energy balance sheets, and then investigate the dynamic characteristics of provincial carbon dioxide emissions, including emission structure and emission intensity, etc. The second topic is to investigate the driving forces of provincial carbon dioxide emissions based on the estimated emissions data. Both static and dynamic panel econometric models are used to run a series of regressions. In-sample fitness criteria and out-of-sample forecasting criteria are used to select an optimal econometric model. Then, the selected optimal model is used to forecast the carbon dioxide emissions of China up to the year 2020. The third topic is to estimate environmental efficiency, reduction potential and shadow price for each province of China when carbon dioxide emissions is taken into consideration. The analysis is based on the environmental production technology and directional

output distance function. The panel data econometric models are then employed to analyze the impact factors of the abatement cost of provincial carbon dioxide emissions. The fourth topic is to fit the marginal abatement cost curve of China's carbon dioxide emissions based on the estimated discrete provincial shadow prices. Four functional forms are employed, i. e. quadratic, logarithmic, exponential and power functional forms. Again, in-sample fitness criteria and out-of-sample forecasting criteria are used to select an optimal econometric model. Then, the optimal model is used to forecast the cost that China has to bear if its carbon dioxide emissions intensity is reduced by 40%~45% relative to the 2005 level by 2020. The research of this book adds to the literature of environmental economics and the results has important policy implications for the governments of China.

Key words Carbon Dioxide Emissions; Environmental Efficiency; Abatement Cost; Provincial Differences

目 录

第 1 章 导 论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究方法	2
1.3 研究框架	3
第 2 章 文献综述	4
2.1 引 言	4
2.2 二氧化碳排放的影响因素	5
2.3 二氧化碳排放的趋势预测	12
2.4 二氧化碳排放的环境效率	16
2.5 二氧化碳减排的边际成本	23
2.6 二氧化碳减排的成本曲线	28
2.7 二氧化碳减排的政策设计	33
2.8 本章小结	40
第 3 章 分省二氧化碳排放量估计	42
3.1 引 言	42
3.2 估计方法	43
3.3 估计结果	45
3.4 本章小结	58



第4章 二氧化碳排放的影响因素及排放趋势	67
4.1 引言	67
4.2 计量模型及数据	68
4.3 计量结果及讨论	72
4.4 模型选择	77
4.5 情景模拟	79
4.6 本章小结	84
第5章 二氧化碳减排潜力及成本估计	86
5.1 引言	86
5.2 理论模型	87
5.3 实证设定	92
5.4 数据和描述性统计	94
5.5 实证结果	95
5.6 本章小结	108
第6章 二氧化碳减排的边际成本曲线估计	115
6.1 引言	115
6.2 实证模型设定	117
6.3 数据和描述性统计	119
6.4 实证结果	123
6.5 模拟中国的二氧化碳减排成本	135
6.6 本章小结	139
第7章 结论与启示	141
7.1 主要结论	141
7.2 政策含义	142
7.3 进一步研究的方向	143
参考文献	145
索引	177
后记	179

Contents

1	Introduction	1
1.1	Research Background	1
1.2	Research Methodology	2
1.3	Research Framework	3
2	Literature Review	4
2.1	Introduction	4
2.2	Impact Factors of Carbon Dioxide Emissions	5
2.3	Trend Forecasting of Carbon Dioxide Emissions	12
2.4	Environmental Efficiency of Carbon Dioxide Emissions	16
2.5	Marginal Abatement Cost of Carbon Dioxide Emissions	23
2.6	Marginal Abatement Cost Curve of Carbon Dioxide Emissions	28
2.7	Policy Design of Carbon Dioxide Abatement	33
2.8	Summary of This Chapter	40
3	Estimating Provincial Carbon Dioxide Emissions	42
3.1	Introduction	42
3.2	Methodology	43
3.3	Results	45
3.4	Summary of This Chapter	58
4	Driving Forces and Emission Trend of Carbon Dioxide Emissions	67
4.1	Introduction	67
4.2	Econometric Model and Data	68

4.3	Empirical Results and Discussion	72
4.4	Model Selection	77
4.5	Scenario Simulation	79
4.6	Summary of This Chapter	84
5	Reduction Potential and Cost of Carbon Dioxide Emissions	86
5.1	Introduction	86
5.2	Theoretical Model	87
5.3	Empirical Model	91
5.4	Data and Descriptive Statistics	94
5.5	Empirical Results	95
5.6	Summary of This Chapter	108
6	Estimating the Marginal Abatement Cost of Carbon Dioxide Emissions	115
6.1	Introduction	115
6.2	Empirical Model	117
6.3	Data and Descriptive Statistics	119
6.4	Empirical Results	123
6.5	Simulating China's Carbon Dioxide Abatement Cost	135
6.6	Summary of This Chapter	139
7	Conclusion and Enlightenment	141
7.1	Main Conclusion	141
7.2	Policy Implication	142
7.3	Further Research Directions	143
	References	145
	Index	176
	Epilogue	177

1.1 研究背景

全球变暖和温室气体减排已经成为国际社会关注的焦点问题之一。斯特恩报告(Stern, 2007)指出,人类活动是以二氧化碳为主的温室气体增加的主要原因,工业革命前,大气中的温室气体存量只有 280mg/L 左右的二氧化碳当量,而目前已增加到约 430mg/L 二氧化碳当量。这些温室气体的增加已经导致全球气温上升超过 0.5℃,而且在未来几十年,将进一步导致全球气温增加至少 0.5℃。

即使当前的温室气体增长速度不再增加,到 2050 年,温室气体存量也将增加到工业革命前的两倍,即 550mg/L 二氧化碳当量,全球气温的增长将有 77%的概率超过 2℃。如果人类不采取减排行动,气候变化导致的总成本将是巨大的,相当于每年全球 GDP 损失至少 5%。相反,如果人类采取减排行动,减排的成本可以被控制在相当于每年全球 GDP 损失 1%左右(Stern, 2007)。

由于经济的快速增长和能源消费的持续增加,中国的温室气体排放也相应地大幅度增长。按照世界银行的数据,1979 年,中国的二氧化碳排放总量仅为 15 亿吨左右,而到 2010 年,已增加到近 83 亿吨,年均增长率达到 5.67%^①。中国已经成为全球最大的二氧化碳排放国家之一。

作为负责任的大国,中国对温室气体减排做出了巨大的努力,表现

^① 相关数据取自世界银行网站(<http://data.worldbank.org.cn/>)。

出了充分的减排诚意。2009年,中国政府宣布了控制温室气体排放的目标,即到2020年二氧化碳排放强度(单位GDP的二氧化碳排放量)要比2005年减少40%~45%。在国民经济与社会发展“十二五”规划中,中国政府进一步提出,到2015年,二氧化碳排放强度要比2010年下降17%左右。

2014年11月12日,中美两国在北京发布《中美气候变化联合声明》,进一步提出了新的二氧化碳减排目标,其中,中国政府计划到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年将非化石能源占一次能源消费比重提高到20%左右。

面对艰巨的温室气体减排任务,搞清楚中国温室气体排放的基本情况,分析影响温室气体排放的主要因素,探讨控制温室气体排放的有效路径,估算温室气体减排的经济成本,是中国政府有效控制温室气体排放、实现低碳经济转型的前提和基础,也是本书研究的主要目标。

中国的地区经济发展不平衡,产业结构差异较大,地区间二氧化碳减排的效率、潜力、成本也必然存在很大的差异,因此,政府在制定温室气体减排政策时,绝不能“一刀切”,而必须根据实际情况,实行差别化减排。为此,本书将基于省级二氧化碳排放的数据,从地区差异的视角出发,对中国二氧化碳减排问题展开研究。

1.2 研究方法

本书主要基于如下研究方法展开分析:

1. 面板计量方法

本书的研究主要基于1997—2012年中国30个省(自治区、直辖市)的面板数据展开,在分析中国二氧化碳排放的主要驱动因素时,使用了静态和动态面板计量模型,并基于样本内拟合标准和样本外预测标准,进行了最优计量模型选择。

2. 线性规划方法

本书在研究中国二氧化碳减排的效率和成本问题时,主要基于环境生产技术和方向产出距离函数方法展开,模型的求解主要采用了参数化的线性规划方法,其中方向产出距离函数被设定为二次函数形式。

3. 情景模拟方法

本书在研究中国二氧化碳排放趋势以及二氧化碳减排成本变动问题时,采用了情景模拟的方法。情景模拟结果的合理性和可靠性与相关变量的设定有直接关系,为此,本书参考了大量政府规划及相关研究成果,以增加研究结果的可靠性。

1.3 研究框架

全书共分为7章,除第1章导论和最后一章结论与启示外,其余部分的结构安排如下:

第2章对相关的已有研究文献进行了综述。重点回顾了六个方面的研究文献,包括二氧化碳排放的影响因素、排放的趋势预测、环境效率估计、影子价格测算、边际减排成本曲线拟合、减排政策设计等。在文献综述的基础上,本书提出了自己的研究视角和研究方法。

第3章是分省二氧化碳排放量估计。本章基于各省的能源平衡表,详细估算了煤炭、焦炭、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气七种主要化石能源燃烧排放的二氧化碳,包括排放总量和人均排放量。本章的工作为全书的研究提供了数据基础。

第4章对中国二氧化碳排放的影响因素进行了考察。本章基于静态和动态面板计量模型,考察了经济发展水平、产业结构、能源消费结构、城市化水平等众多因素对二氧化碳排放的影响,检验了环境库茨涅茨曲线假说,并基于最优计量模型对二氧化碳排放的趋势进行了情景模拟。

第5章对二氧化碳排放效率、减排潜力及减排的成本进行了估计。本章主要基于环境生产技术和方向产出距离函数方法展开研究,采用了参数化的线性规划方法对模型进行求解。本章估算的影子价格是下一章研究的基础。

第6章对二氧化碳减排的成本曲线进行了研究。本章主要拟合了四种边际减排成本曲线,即二次型曲线、指数型曲线、幂次型曲线、对数型曲线,并通过样本内拟合标准和样本外预测标准进行了最优的函数形式选择。基于估算的减排成本曲线,本章模拟了中国二氧化碳排放强度降低40%~45%所需付出的成本情况。

2.1 引 言

随着全球变暖问题的不断加剧,有关二氧化碳等温室气体减排的研究不断涌现。相关研究不仅涵盖了广泛的研究主题,而且应用了多种不同的研究方法。

面对温室气体的全球减排问题,人们首先会问的一个问题是,是什么因素导致了二氧化碳的持续增长?针对这一问题,大量已有研究试图进行回答。这些研究主要基于两种方法,即指数分解方法和计量回归方法。相关结论总体上比较一致,认为经济规模、产业结构、能源效率、城市化水平等是影响二氧化碳排放的主要因素。

人们可能关心的第二个问题是,未来二氧化碳排放的趋势如何?针对这一问题,大量研究模拟和预测了中长期全球及中国的二氧化碳排放量,主要用到的方法是系统优化模型和计量回归模型。有关中国二氧化碳排放量的预测结果并不一致,但是总体趋势仍然是明确的,即在 2020 年以前,中国的二氧化碳排放总量和人均二氧化碳排放量仍将持续增长。

对于中国而言,随着经济的进一步增长,二氧化碳排放量将持续增加,但是这并不意味着中国在碳减排方面没有进步,相反,中国政府做出了巨大的减排努力,这就涉及如何衡量二氧化碳排放绩效的问题。已有文献从单

^① 由于时间、精力及水平所限,无法对所有的相关文献进行述评,如有重要文献遗漏,敬请谅解。