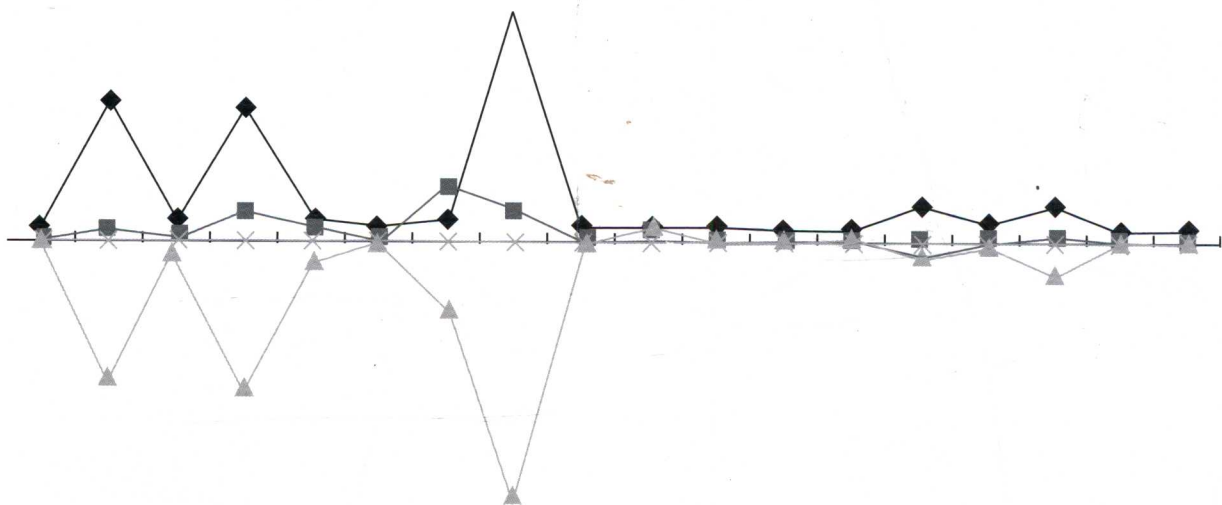


中国科协三峡科技出版资助计划

碳排放规律与 经济发展路径研究

白万平 著



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

中国科协三峡科技出版资助计划

碳排放规律与经济发展 路径研究

白万平 著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

碳排放规律与经济发展路径研究/白万平著. —北京:
中国科学技术出版社, 2015. 10
(中国科协三峡科技出版资助丛书)
ISBN 978 - 7 - 5046 - 6991 - 9
I. ①碳… II. ①白… III. ①二氧化碳—排气—研
究—中国 IV. ①X511
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 230103 号

总 策 划	沈爱民 林初学 刘兴平 孙志禹	责任编辑	韩 颖
项 目 策 划	杨书宣 赵崇海	责任校对	刘洪岩
出 版 人	秦德继	印刷监制	李春利
编辑组组长	吕建华 赵 晖	责任印制	张建农

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010 - 62103130
传 真 010 - 62103166
网 址 [http: //www. cspbooks. com. cn](http://www.cspbooks.com.cn)

开 本 787mm × 1092mm 1/16
字 数 180 千字
印 张 9
版 次 2015 年 10 月第 1 版
印 次 2015 年 10 月第 1 次印刷
印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

书 号 ISBN 978 - 7 - 5046 - 6991 - 9/X · 126
定 价 40.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

总 序

科技是人类智慧的伟大结晶，创新是文明进步的不竭动力。当今世界，科技日益深入影响经济社会发展和人们日常生活，科技创新发展水平深刻反映着一个国家的综合国力和核心竞争力。面对新形势、新要求，我们必须牢牢把握新的科技革命和产业变革机遇，大力实施科教兴国战略和人才强国战略，全面提高自主创新能力。

科技著作是科研成果和自主创新能力的重要体现形式。纵观世界科技发展历史，高水平学术论著的出版常常成为科技进步和科技创新的重要里程碑。1543年，哥白尼的《天体运行论》在他逝世前夕出版，标志着人类在宇宙认识论上的一次革命，新的科学思想得以传遍欧洲，科学革命的序幕由此拉开。1687年，牛顿的代表作《自然哲学的数学原理》问世，在物理学、数学、天文学和哲学等领域产生巨大影响，标志着牛顿力学三大定律和万有引力定律的诞生。1789年，拉瓦锡出版了他的划时代名著《化学纲要》，为使化学确立为一门真正独立的学科奠定了基础，标志着化学新纪元的开端。1873年，麦克斯韦出版的《论电和磁》标志着电磁场理论的创立，该理论将电学、磁学、光学统一起来，成为19世纪物理学发展的最光辉成果。

这些伟大的学术论著凝聚着科学巨匠们的伟大科学思想，标志着不同时代科学技术的革命性进展，成为支撑相应学科发展宽厚、坚实的奠基石。放眼全球，科技论著的出版数量和质量，集中体现了各国科技工作者的原始创新能力，一个国家但凡拥有强大的自主创新能力，无一例外也反映到其出版的科技论著数量、质量和影响力上。出版高水平、高质量的学术著

作，成为科技工作者的奋斗目标和出版工作者的不懈追求。

中国科学技术协会是中国科技工作者的群众组织，是党和政府联系科技工作者的桥梁和纽带，在组织开展学术交流、科学普及、人才举荐、决策咨询等方面，具有独特的学科智力优势和组织网络优势。中国长江三峡集团公司是中国特大型国有独资企业，是推动我国经济发展、社会进步、民生改善、科技创新和国家安全的重要力量。2011年12月，中国科学技术协会和中国长江三峡集团公司签订战略合作协议，联合设立“中国科协三峡科技出版资助计划”，资助全国从事基础研究、应用基础研究或技术开发、改造和产品研发的科技工作者出版高水平的科技学术著作，并向45岁以下青年科技工作者、中国青年科技奖获得者和全国百篇优秀博士论文获得者倾斜，重点资助科技人员出版首部学术专著。

由衷地希望，“中国科协三峡科技出版资助计划”的实施，对更好地聚集原创科研成果，推动国家科技创新和学科发展，促进科技工作者学术成长，繁荣科技出版，打造中国科学技术出版社学术出版品牌，产生积极的、重要的作用。

是为序。

作者简介



白万平，重庆市万盛区人，经济学博士，贵州财经大学教授，硕士研究生导师，中国数量经济学会常务理事，贵州省数量经济学会副理事长兼秘书长，贵州统计应用研究院院长。大学毕业后到贵州财经大学任教，其间，先后在中南财经大学、厦门大学、美国 Hope International University、西南财经大学学习访问。长期从事数量经济学、统计学应用研究和教学，主持各类项目 20 余项，出版专著 1 部，发表论文 30 余篇，主研项目曾获省部级科技进步奖、哲学社会科学奖。近年来致力于数量经济学在欠发达地区经济发展研究中的传播、应用和发展。

序 言

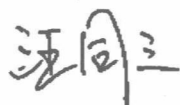
改革开放后，中国经济以 9% 以上的速度持续增长，经济总量快速膨胀，创造了经济发展的中国奇迹。根据世界银行核算结果，2010 年中国经济总量达到 5.93 万亿美元，超过日本当年的 5.5 万亿美元，已跃居全球第二，到 2013 年达到 9.24 万亿美元，是日本的 1.88 倍，美国的 55.1%。但在经济总量快速扩大的同时，能源消费总量、碳排放量也在快速增长，据 BP 石油公司统计，2008 年，我国碳排放量已超过美国，成为全球最大的排放国，2010 年初次能源消费量超过美国，位列全球之首，到 2013 年，中国的初次能源消费是美国的 1.26 倍、日本的 6 倍，碳排放量已经是美国的 1.6 倍、日本的 6.8 倍。以过度消费化石能源、牺牲资源环境换取高速经济增长的粗放式发展痕迹依然浓重。在此背景下，研究碳排放规律和经济发展路径不仅有重要的理论价值，也有十分重要的现实意义。

白万平教授以开阔的视野，选择全球气候变化与碳排放的关系为切入点，采用前沿的计量经济学因果关系研究方法，从定量分析的角度检验气候变化与碳排放的关系。通过追溯工业化以来各国碳排放的足迹，总结归纳工业化过程中的碳排放规律，一方面为发展中国家争取排放空间，另一方面为探索合理的经济发展现实路径奠定基础。进而提出发展路径的理论模型，得出不同的经济发展路径，从发达国家和发展中国家选择样本，检验理论分解路径的存在性和合理性。针对发展路径转变中能源强度下降这一关键因素，利用前沿的完全因子分解模型，选择节能潜力较大的欠发达地区为分解对象，寻找出重要的影响因子。在分析我国能源消费面临的严峻态势后，提出在已有调控政策和措施的基础上，需要根据碳排放规律和

不同地区所处的工业化阶段，进一步加强控制能源消费总量，结合情景测算法和倒逼机制，将总量分解到各地区，为控制我国能源消费总量提供决策参考。

本书具有较强的实践性、应用性和理论性，是少有的系统且全面的研究碳排放规律和经济发展路径的著作。深信著作的出版将对数量经济学、发展经济学和相关专业的发展带来一定的影响。时值“十二五”收官之际，我们欣喜地看到，“十二五”以来，国家全方位加大转变经济发展方式的力度，经济发展出现以经济增长速度不断下调、经济结构不断优化、经济增长动力多元化为特征的“新常态”，经济发展正在向可持续的方向转变。出现的趋势与作者研究的理想发展路径高度契合，已经彰显出本书的理论和实际价值。

中国数量经济学会原理事长
中国社会科学院学部委员



2015年2月16日

前 言

本书以作者的博士论文为基础，在理论和规范研究中力求全面介绍有关研究发展前沿，在经验和实证研究中尽量选择对中国有现实意义的典型和样本，旨在为发展中国家和地区进一步把握碳排放规律，争取发展空间，选择合适的发展路径提供借鉴。全书共分8章。第1章导论，提出研究的主要问题、背景、思路、重点和全书各部分的逻辑关系和结构。第2章是对全球气温变化与碳排放关系的分析。梳理统计因果关系检验的最新理论进展，并用时间序列、面板数据等多种统计因果关系检验方法分析碳排放和气温变化之间的关系，得出重要结论。第3章研究碳排放规律。从已经完成工业化的5个发展中国家碳排放过程中总结规律，选择4个发展中国家进行比较，预测中国碳排放峰值。第4章研究经济发展路径的理论分解方法。从资源环境约束的角度，在归纳发达国家在工业化不同阶段发展路径基础上，提出理论上的经济发展路径的分类方法。第5章是经济发展路径的经验分析。分别选择8个发达国家和发展中国家，检验各种理论路径的存在性，筛选出不同发展阶段的可行路径。第6章是能源强度下降的因子分解。对发展路径中能源强度这一关键性因素，采用完全因子分解模型，实证分解出欠发达地区影响能源强度下降的主要因子。第7章探讨中国控制能源消费总量的方法。根据碳排放规律和工业化的阶段性特征，提出分解能源消费总量的方法，并用于中国能源消费总量的区域分解，为控制能源消费总量提供决策参考。第8章得出主要结论，指出可以进一步深入研究的方向。

在本书的写作过程中，得到作者的博士生导师黎实教授的悉心指导，获得了西南财经大学统计学院庞皓教授、史代敏教授、谢小燕教授、李南

成教授等老师和在一起学习的众多同学的大力帮助，得到了家人和贵州财经大学的支持，在此表示感谢！

书稿完成后，经贵州省科协推荐，中国科协组织专家进行评选，最终获得中国科协三峡科技出版资助计划资助，在此，衷心感谢贵州省科协、中国科协和三峡集团。

尽管本书从酝酿、研究、撰写到修改已经历了较长时间，也力图将作者近年来的研究成果与读者共享，但由于水平有限，书中难免挂一漏万。希望各位专家、学界同仁和读者提出宝贵意见，以便进一步完善。

白万平

2015年2月20日

目 录

总 序

序 言

前 言

第1章 导论	1
1.1 研究的问题、意义和背景	1
1.2 研究的思路、结构和主要创新	6
1.3 研究的不足之处	9
第2章 碳排放增加与气温变化关系分析	10
2.1 问题的提出和研究现状	10
2.2 全球碳排放与气温非面板因果关系检验	19
2.3 碳排放与气温面板数据因果关系检验	26
2.4 小结	30
参考文献	32
第3章 经济发展中的碳排放规律	36
3.1 问题的提出与研究现状	36
3.2 全球碳排放规律	37
3.3 主要发达国家碳排放规律	40
3.4 发展中国家碳排放曲线	44
3.5 发达国家碳排放规律对中国的启示	48
3.6 小结	50
参考文献	50

第4章 经济发展路径的理论分解	52
4.1 问题的提出与研究现状	52
4.2 3E 系统演变与英国经济发展路径	54
4.3 经济发展方式路径的理论分解	62
4.4 小结	65
参考文献	66
第5章 经济发展路径的经验研究	69
5.1 发达国家经济发展路径检验	69
5.2 发展中国家经济发展路径检验	75
5.3 经济发展路径分解对中国的启示	82
5.4 小结	83
第6章 能源强度下降因素分解	87
6.1 问题的提出与研究现状	87
6.2 能源强度变化完全因子分解模型	90
6.3 能源强度变化因素分解的实证研究	91
6.4 小结	99
参考文献	99
第7章 能源消费总量控制研究	102
7.1 问题的提出与研究现状	102
7.2 “十二五”期间中国能源消费总量的测算与分解	105
7.3 能源消费结构和缺口分析	112
7.4 控制能源消费的政策建议	117
7.5 小结	120
参考文献	121
第8章 结论和展望	122
8.1 研究结论	122
8.2 研究展望	124
索 引	126

第1章 导 论

1.1 研究的问题、意义和背景

2010年,中国成为第一大能源消费国后,其能源消费问题越发引起国际社会的普遍关注。此前,中国政府在2009年全球气候变化大会上做出减排承诺,使中国成为首个做出承诺的发展中国家,显示了一个负责任大国的态度。但是,对于刚刚步入工业化中期、正在转变经济发展方式、需要又好又快发展的中国而言,承诺意味着未来发展面临生态环境和能源资源的双重约束下能否保持较快增长的压力和考验。然而,碳排放增加真的是气温升高的原因吗?如何检验,工业化进程中碳排放是否有规可循,经济发展的路径都有哪些类型,理论和现实的对应关系怎样,其中的关键因素的影响因子又是什么,不同经济发展路径下如何控制能源消费等一系列需要在理论上澄清、在现实中解决的问题,亟待采用科学的方法进行深入的研究,得出可信的结果。由此得出的研究结果不仅可以丰富经济学的理论方法,还将为科学决策提供有价值的参考依据。

1.1.1 研究的问题

气候变化是一个复杂问题,特别是自工业革命以来对全球气温变化归因的观点可谓众所纷纭,归并起来,主要有“因果论”和“无因果论”两种对立的观点,进而演化为政治上的“灾难论”和“阴谋论”^①。由西欧国家主导的、IPCC科学家提出的“因果论”观点认为,碳排放导致全球温度升高,要阻止气温升高,需要各国减少碳排放。但对于该问题,在科学界还存在着另一种截然不同的观点,即两者之间无因果关系,简称“无因果论”。对于两种观点,国内外都不乏支持者,令人费解的是,国内外学者特别是经济学者几乎都未能从数据中寻找两者的统计因果关系,提供有说服力的

^① 郎咸平等学者即持“阴谋论”的观点。

科学证据。有鉴于此，我们在分析两种不同观点的基础上，首先从碳排放增加与气温变化之间的统计因果关系入手，运用统计因果关系检验的多种方法，包括非面板和面板数据变量因果检验方法，较为系统地研究两者之间的统计因果关系，期望发现科学证据，弥补国内外学者对该问题研究中存在的空缺。

显然，碳排放的猛增是由工业化推进过程中大量消费化石能源引起，工业化又促进了新能源的发现、能源产业的发展，新能源为工业化提供新的动力。碳排放量与工业化进程密切相关，已经完成工业化的发达国家在工业化不同阶段的碳排放特征存在可循的路径，在非化石能源占比增加的条件下，发展中国的碳排放既存在路径依赖，又有新的特点，两类不同处在不同发展阶段的国家在工业化进程中的碳排放非线性变化规律，成为研究中的第二个重点问题。

经济发展是人类进步永恒的主题，在能源消费和碳排放约束下，经济发展可以有不同的路径选择。国内外经济学家从两个方面探索过发展路径问题：第一，从内生增长理论中探讨碳排放和能源消费约束下的最优平衡增长路径，但仅限于理论研究的层面；第二，经济史学家从历史角度研究中外不同的发展路径，但只是限于定性研究的层面。那么，能否以现代经济学中的增长理论为基础，导出在能源、碳排放约束下的理论路径，并进行经验检验，为中国不同地区转变经济发展方式提供路径参考？对该问题的研究成为本书的第三个重点问题。

工业化的不可逾越性决定了能源强度在经济发展路径中重要性。能源强度不仅是反映能源利用效率、产业结构调整的重要变量，还是中国自“十一五”以来严格控制的刚性指标，其升降受那些重要因素的影响？采用何种方法刻画这些因素影响的方向和大小？这些问题构成本书研究的又一个重要问题。

针对“十二五”规划中只对能源消费强度和结构有设定控制目标，但未对总量设置控制规划的实际，以及中央确定的经济发展目标和地方经济发展目标之间存在的差异，我们认为，“十二五”期间，能源消费总量和强度、结构一样，都应该是控制的对象，需要研究将总控制量合理分配到各地区的方法，由此构成重点研究的最后一个问题。

1.1.2 研究意义

如果说工业化是经济发展不可逾越的阶段，那么，碳排放量、能源消费量的实质就是一个国家和地区的发展权问题。在碳排放与气温变化“因果论”（“灾难论”）与“非因果论”（“阴谋论”）对立的态势下，国内学者很少发表对碳排放与气温变化关系的学术观点、提供量化证据。对于这种状况，我们采用近年来发展起来的面板和非面板 Granger 因果检验系列方法进行深入研究，有助于在认识上澄清两者之间的关系，拓宽统计因果关系检验的范围，为后续研究打下基础。

在碳排放与气温变化关系研究的基础上,探索工业化过程不同阶段的碳排放规律,一方面,有助于为发展中国家争取排放空间,使中国工业化过程有足够的能源动力支持,在国际事务中承担应该承担的、力所能及的责任;另一方面,有助于为中国处在不同发展阶段的地区转变发展方式提供启示和借鉴。

在碳排放和化石能源约束下,要转变经济发展方式,一个重要的问题就是选择合适的发展路径。从能源、生态环境和经济系统联系的视角,以内生经济增长理论为基础,追溯已经完成工业化过程国家的发展路径,提炼出经济发展路径的分解模型,对发展路径作出科学分类。以发达国家和发展中国家的经济发展过程验证其科学性和适用性;这样的研究不仅可以在理论上填补经济发展方式路径分类的空缺,也能为中国不同发展阶段的区域选择经济发展路径提供重要参考。

能源强度下降是经济发展路径中的重要环节,其实质是通过提高能源利用效率、控制和降低能源消费量,实现经济较快发展。在影响能源强度下降的众多因素中,选择适宜的影响因子,以恰当的方法分解,将理论结果用于西部欠发达的贵州,分解出影响能源强度下降的主要因素及其作用大小和方向,其结果能使西部其他地区抓住影响能源强度下降的主要因素,引导欠发达地区经济向科学的发展路径转变。

“十二五”期间,中国经济继续保持增长态势,各地区经济发展目标高出国家制定的目标,地方与地方、地方与中央在能源与碳排放问题上的博弈已经成为现实。要转变经济发展方式,走可持续发展之路,需要同时控制能源消费总量、降低强度、改善结构。在本书中,建立了情景预测和倒逼机制相结合的方法,计算出各地区的理论能源消费量和节能量,有助于为各级政府控制能源消费总量提供可操作的分解方法。

1.1.3 研究背景

2009年12月,联合国哥本哈根气候变化大会无果而终,全球气候变化可能导致人类生存环境恶化的现实使以美国为代表的伞形国家、欧盟、基础四国和G77国集团^①等不同利益主体间的博弈趋于白热化。随着“京都议定书”第一个承诺期结束时间的临近,2011年12月在南非德班召开的气候变化大会经过延期两天、马拉松式的谈判,才达成两个约束力不强的协议:第一,194个与会国家一致同意再延长5年《京都议定书》法律效力,即议定书附件1中主要由发达国家构成的缔约方从2013年开始执行第二个承诺期,并在2012年5月1日前提出量化减排承诺;第二,设立“绿色气候基金”,发达国家每年提供至少1000亿美元,帮助发展中国家适应气候变化。但会议刚结束,加拿大即步美国后尘,成为第二个宣布不执行减排协定的国家,两个北美发达

^① 伞形国家是指欧盟之外的发达国家,包括美国、日本、澳大利亚、新西兰等;基础四国指中国、印度、巴西和南非;G77国集团成立于1964年,主要由小岛国家和最不发达国家组成,详见<http://www.g77.org/>。

国家退出协定，值得深思。2013 年 11 月，华沙会议经过艰难谈判，最终就德班平台决议、气候资金和损失损害补偿机制等焦点议题签署了协议。但日本、澳大利亚明显推卸减排责任，与加拿大、美国一起被认为是减排问题上的“肮脏四国”。我们知道，世界气候变化组织提供证据所形成的观点是，人类为了追求经济增长目标，过度消耗能源造成的污染排放增量和存量与日俱增，仅仅依靠地球和大气环境自身难以降解，大气中以二氧化碳为主的温室气体浓度提高，将可能直接导致地球温度升高、海平面上升、环境恶化，这种观点被称作碳排放与气候变化的“因果论”或“灾难论”。与此相悖的观点认为，气温变化有其自身的规律，与人类活动产生的温室气体（主要是碳排放）之间没有因果关系，过度渲染气候灾难只不过是某些利益集团的阴谋，这也被称为“无关论”或“阴谋论”。在气候变化大会上各利益集团的表现实质上反映了不同经济主体间的利益博弈。那么，两者之间到底是什么关系，能否用现代计量经济学的研究成果对其检验，碳排放究竟有怎样的规律，经济发展的理论路径都有哪些，碳强度下降受哪些主要因素影响，应该如何控制能源消费等一系列问题都亟待从新的视角深入探讨。

自改革开放以来，中国经济持续快速增长，所创造的经济奇迹举世瞩目，2010 年，中国已经成为世界上第二大经济体，但在经济快速发展的同时，也成为最大的能源消费国和温室气体排放国，中国的能源消费控制问题已经成为中国目前和今后能否实现社会经济绿色可持续发展的关键要素之一。“十二五”开局之后，中央要求各地在科学发展观指导下，切实转变经济发展方式、适当放缓增长速度、科学合理制定“十二五”和中长期发展目标。从 2011 年公布的规划目标看，各省（市、区）设定的经济增长目标在 8% ~ 15%（见图 1.1），难以避免地展开了新一轮 GDP

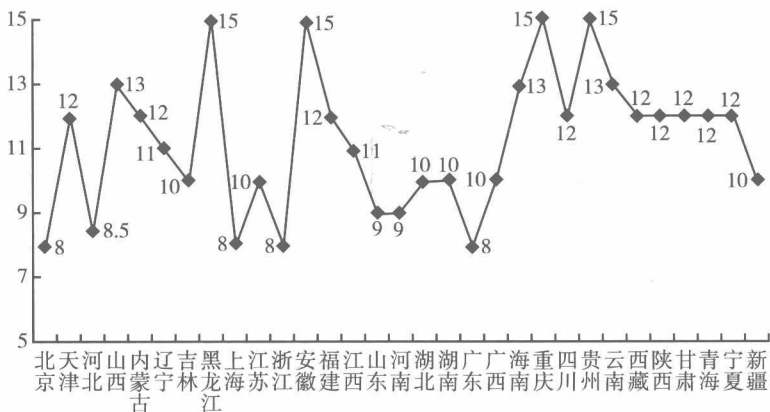


图 1.1 各地区“十二五”规划经济增长目标 (%)

资料来源：http://cn.chinagate.cn/reports/node_2364474_2.htm。

竞赛。贵州等9个省市都提出力争地区生产总值5年翻番，即年增长近15%的高目标，最低的北京、上海等地也达到了8%，各地规划目标总体上呈现“西高东低”态势。在2011年3月第十一届全国人民代表大会第四次会议政府工作报告中提出“十二五”期间中国年均经济增长7%，单位GDP能耗和二氧化碳排放分别降低16%和17%^①，显然各地经济增长目标都明显高于中央的目标，对经济增长存在较高的预期。

相比之下，地方政府对能源和碳排放的目标设定并不主动，少有具体的减排控制目标。尽管“十一五”期间能源强度五年累计下降19.1%，基本得到控制，但过快的经济增长使能源消费总量超过预期，局部生态环境恶化、地质灾害和极端天气频发，自然地人们会将这些后果联系到能源消费以及碳排放。总体上讲，中国经济发展方式未见实质性转变，经济还调整到最适宜的路径上发展。2010年中国经济总量世界第二、能源消耗总量世界第一，已经突破33亿吨标准煤，二氧化碳排放量超过65亿吨，在排放的二氧化碳中95%左右是由化石能源消费活动产生。照此趋势，在可以预见的技术条件和能源消耗结构下，能否同时实现到2020年碳强度比2005年下降40%~45%和经济增长的高目标，将面临严峻考验。由于能源结构决定着碳排放量，因此，能否实现两大目标，关键在于各地区能否选择合适的发展路径，控制能源消费特别是化石能源强度、结构和总量。在2011年政府工作报告中还指出，“十二五”期间，非化石能源占一次能源消费比重提高到11.4%。按规划要求，到2020年，非化石能源消费比重提高到15%，能源强度比2005年下降50%左右。这些目标都表明中国未来十年发展将经受能源约束的考验。令人欣喜的是，经过几年发展，中国经济已经进入“新常态”，经济发展的速度、结构和动力正在朝着可持续的预期方向变化，新常态派生新机遇，新常态下中国经济增长可能会更趋平稳，增长动力将更为多元，发展前景将更加稳定。

无论是在国际气候变化组织成员国大部分国家希望节能减排与部分国家拒绝减排，还是在国内中央和地方在经济增长和节能减排问题上一冷一热两种不同的积极性，都折射出不同利益主体在气候变化问题上的认识差异。这也说明，无论是学界、各级政府、还是企业或个人在碳排放与气温变化问题都需要加强认知。

地方政府和企业为实现中央设置的能源控制目标所做出的应对在“十一五”期间后半期表现得较为充分，特别是2010年，各地区采取了如拉闸限电、城市停止供暖等极端手段以实现能源强度下降目标，即便如此，就全国而言，能源强度并未下降20%，而能源消费总量则大大超出预期的30亿吨标准煤的高限。在经济发展方式转变的道路上，粗放型增长痕迹仍然严重，反映出对工业化不同阶段碳排放规律把握仍然不够，对经济发展路径认识仍然不充分。

^① 中央政府门户网站 <http://www.gov.cn>. 2011.3.15.