

2050CEACES

能源基金会 资助
世界自然基金会中国分会

中国2050年低碳发展之路 能源需求暨碳排放情景分析

China's Low Carbon Development Pathways by 2050
Scenario Analysis of Energy Demand and Carbon Emissions

国家发展和改革委员会能源研究所课题组



科学出版社
www.sciencep.com

2050CEACES

TK01
G900

能源基金会 资助
世界自然基金会中国分会

中国2050年低碳发展之路 能源需求暨碳排放情景分析

China's Low Carbon Development Pathways by 2050
Scenario Analysis of Energy Demand and Carbon Emissions

国家发展和改革委员会能源研究所课题组

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以 2005 年为基准年, 2050 年为目标年, 应用展望与回望相结合, 定性与定量相结合, 由上而下和由下而上的模型方法相结合以及情景分析等方法, 立足当前、着眼长远, 探讨了气候变化的事实及其对人类的影响、全球应对气候变化采取的措施及其对未来经济社会的影响、应对全球气候变化对中国的影响; 诠释了影响中国未来实现“三步走”发展战略目标的各种驱动和限制因素, 模拟分析了这些因素对中国 2005 ~ 2050 年的经济社会发展、能源需求和 CO₂ 排放的影响; 提出了在不同时段, 选择、推广应用不同技术和实施不同政策措施, 对实现低碳经济情景的主要途径及路线图。

本书可供政策制定者、科研人员和国内外相关领域的专家、学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国 2050 年低碳发展之路: 能源需求暨碳排放情景分析/国家发展和改革委员会能源研究所课题组著. —北京: 科学出版社, 2009

(中国可持续能源项目系列)

ISBN 978-7-03-025589-1

I. 中… II. 国… III. ①能源—需求—研究—中国②二氧化碳—排气—研究—中国 IV. TK01 X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 163408 号

责任编辑: 李 敏 张月鸿 张 震 王 倩 / 责任校对: 钟 洋

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 9 月第 一 版 开本: A4 (880 × 1230)

2009 年 9 月第一次印刷 印张: 11 3/4 插页: 2

印数: 1—3 000 字数: 350 000

定价: 68.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈长虹〉)

项目顾问

(以姓氏笔画为序)

王禹民	国家电力监管委员会	副主席
毛如柏	全国人民代表大会环境与资源保护委员会	原主任委员
仇保兴	住房和城乡建设部	副部长
石定寰	国务院参事室	参事
曲格平	中华环境保护基金会	董事会主席
杨纪珂	中国致公党中央委员会	名誉副主席
张国宝	国家发展和改革委员会、国家能源局	副主任 局长
陈清泰	国务院发展研究中心	原副主任
徐匡迪	中国工程院	院长
黄毅诚	中国能源研究会	名誉主席
傅志寰	全国人民代表大会财政经济委员会	原主任委员
谢伏瞻	国务院研究室	主任
楼继伟	国务院、财政部	原副秘书长 原副部长
路甬祥	中国科学院	院长
潘岳	环境保护部	副部长

核心专家组

(以姓氏笔画为序)

王庆一	中国能源研究会	研究员
王金南	环境保护部环境规划院	副院长 总工程师
王学军	北京大学城市与环境学系	教授
王毅	中国科学院科技政策与管理科学研究所	副所长

牛文元	中国科学院科技政策与管理科学研究所	研究员
白荣春	前国家发展和改革委员会能源局	原巡视员
冯 飞	国务院发展研究中心产业经济研究部	部 长
齐 晔	能源基金会北京办事处	首席代表
苏 明	财政部财政科学研究所	副所长
杨富强	世界自然基金会全球气候变化应对计划项目	主 任
李 平	中国社会科学院工业经济研究所	副所长
李善同	国务院发展研究中心发展战略和区域经济研究部	研究员
何建坤	清华大学	原副校长
		教 授
张希良	清华大学核能与新能源技术研究院	教 授
陈冬梅	世界自然基金会中国分会气候变化与能源项目	主 任
茅于軾	北京天则经济研究所	所 长
林而达	中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所	研究员
周大地	国家发展和改革委员会能源研究所	原所长
周凤起	国家发展和改革委员会能源研究所	原所长
胡 敏	能源基金会北京办事处中国可持续能源项目 低碳发展项目	主 管
唐 元	国务院政策研究室公交贸易司	司 长
韩文科	国家发展和改革委员会能源研究所	所 长
傅志华	财政部财政科学研究所	研究员
潘家华	中国社会科学院城市发展与环境研究中心	主 任

课 题 组

课题负责人

戴彦德	国家发展和改革委员会能源研究所	副所长
		研究员

课题组成员

胡秀莲	国家发展和改革委员会能源研究所	研究员
姜克隽	国家发展和改革委员会能源研究所	研究员
徐华清	国家发展和改革委员会能源研究所	研究员

朱跃中	国家发展和改革委员会能源研究所	副研究员
白 泉	国家发展和改革委员会能源研究所	副研究员
于胜民	国家发展和改革委员会能源研究所	副研究员

报告主要执笔人
朱跃中 白 泉 胡秀莲 于胜民 戴彦德

执行编辑

胡秀莲	国家发展和改革委员会能源研究所	研究员
陈灵艳	能源基金会北京办事处中国可持续能源项目 低碳发展项目	助 理
雷红鹏	世界自然基金会中国分会气候变化与能源 项目	项目官员

前 言

改革开放 30 多年来,中国经济社会发展取得长足进步,2008 年中国 GDP 已经达到 30 万亿元,按当前国际汇率折算,已经超过 4.4 万亿美元,经济总量已稳居世界三强之列;人民生活水平不断提高,城乡居民人均住房面积逐步改善,百户居民家用小汽车拥有量和冰箱、彩电、空调等耐用消费品比重稳步提高;随着经济实力的日趋壮大,中国在全球经济事务中的地位也不断上升,话语权和影响力不断增强。但是,中国人均收入水平还很低,2008 年人均 GDP 水平只有 2.2 万元,按国际汇率折算,还不足 3400 美元,并且城乡居民收入差距很大;地区经济发展很不平衡,东、中、西部的差异还非常明显,离全面建设小康社会、实现经济社会发展三步走的战略目标还有相当大的距离。

在过去 30 年经济社会的快速发展背后,中国仍未完全摆脱高投入、高污染、低效益的传统工业化增长模式,并因之付出了较大的资源和环境代价。1978 年中国仅消耗了 5.7 亿 tce 的能源,而到了 2008 年,中国能源消费总量达到 28.5 亿 tce。特别是“十五”期间(2001~2005 年),伴随着工业化、城市化进程的加速,中国能源需求出现了前所未有的高速增长态势——短短 5 年间,中国能源消费增量超过了改革开放 20 年(1981~2000 年)的总和。这种增长态势也使得中国能源消耗带来的 CO₂ 排放量^①迅速增长,据有关部门测算^②,1978 年中国碳排放量为 13.8 亿 t CO₂,2007 年达到 60.1 亿 t CO₂,1978~2007 年化石能源燃烧排放的 CO₂ 年均增速达到 5.2%。

事实上,能源是一个国家社会经济发展和基础,某种程度上也是衡量生活质量高低的标志。西方发达国家的发展历程表明,当人均生活水平和质量达到比较高的程度,其人均能源消费量均高于 4tce,人均 CO₂ 排放量也都在 9t 以上^③;中国经济相对发达的上海、北京、广东等地区的人均能源消费量也已超过 4tce,人均 CO₂ 排放量也接近发达国家水平,这也反映出经济发展和能源需求以及碳排放之间存在刚性的联系。尽管近几年中国能源消费总量以及 CO₂ 排放量增长非常迅速,但人均能源消费总量仅为世界平均水平的 79%、美国的 17%、OECD 国家平均水平的 28%^④,

① 以下不做特别说明,均为化石燃料燃烧所排放的 CO₂。按照政府间气候变化专门委员会(IPCC)的评估报告,2000 年全球因人类活动而引起的温室气体排放量中,能源利用所排放的 CO₂ 量约占 65%。按照国际能源署(IEA)提供的数据,2006 年欧盟 15 国能源排放的 CO₂ 量约占其排放总量的 80%。

② 按照能源研究所 2000 年的排放清单进行简单估算,其中煤炭、石油、天然气的排放因子分别为 0.732t C/tce、0.565t C/tce、0.445t C/tce。

③ 2005 年法国的人均 CO₂ 排放量仅为 6.2t,主要在于法国核电在能源消费中的比重达到 1/3 以上。

④ 根据 BP《世界能源统计》、《中国统计年鉴》相关数据整理而得。



CO₂ 排放量仅为美国人均排放水平的 22.5%、OECD 国家平均水平的 39.1%，比世界人均排放量还略低^①。

根据各方研究，实现既定的长期经济发展目标，能源消费成倍增长将难以扭转。若按照发达国家走过的道路，当 2050 年中国发展到中等发达国家水平时，即便达到目前能源效率最高的日本水平，届时能源需求也可能接近 60 亿 tce，显然这将会给全球能源供应带来严峻挑战。更为重要的是，大量消费能源，尤其是化石燃料消费，已经对全球环境造成了重大影响，特别是全球温室气体排放引发的气候变化问题，已成为当今社会普遍关注的全球性问题，也是国际能源界的热点问题之一。英国的《斯特恩报告》、美国前副总统戈尔的电视宣传片《不得不说的事实》、政府间气候变化专门委员会（IPCC）发表的评估报告，以及马德里俱乐部宣言，都肯定了全球气候变化主要是由于人类大量燃烧化石燃料所排放的 CO₂ 等温室气体引起的。IPCC 的报告认为，如果不采取有效行动，世界平均温度在未来 100 年最高可能增加 5.8℃，并对全球的可持续发展造成重大威胁。

随着政界和科学界对 CO₂ 等温室气体排放与气候变化之间相互关系认识的深入，要求国际社会采取对策、努力限制或减少 CO₂ 等温室气体排放的呼声也越来越高。由于气候变化与能源之间的关系密切，气候变化问题已日益成为各国制定国家能源战略的重要影响因素，一些主要国家纷纷将减缓温室气体排放作为指导本国能源战略调整的重要方向，重点是限制化石能源消费，鼓励能源节约和清洁能源使用。且不论欧洲、美国、日本等发达国家和地区提出的能源战略和温室气体减排目标能否真正落实，但气候变化问题已经成为世界能源发展新的制约因素，并成为自两次石油危机后推动节能和替代能源发展主要驱动因素，已是不争的事实。可以预见，随着国际社会对减排温室气体重要性认识的不断深化，能源技术向低碳、无碳化方向发展的趋势将日益增强。并且，在经济全球化和环境问题全球化的双重背景下，气候变化问题正从环境问题演变成一个涉及全球环境、国际政治、世界经济、国际贸易问题的复杂议题，并对未来世界的政治、外交、投资、金融、贸易、能源市场配置、能源技术开发、能源结构转型等产生影响。

从更为现实的角度看，全球气候变化问题已经成为当今世界政治、经济和外交博弈的热点问题，国际气候谈判自 20 世纪 90 年代启动之后，就一直存在着两个阵营、三方制衡的局势。当前有关加强公约实施以及温室气体减排、限排义务的谈判早已超出单纯的环境事务范畴，而被视为在广泛的安全和地缘政治问题上改变主要国家的国家利益平衡、关系到未来各国的发展空间和发展道路选择。为了实现《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）提出的“将大气中温室气体浓度稳定在防止气候系统受到危险干扰的水平上”的目标，同时增加谈判筹码，有关国际机构和组织纷纷采用排放情景的研究方法，对未来全球温室气体排放的趋势进行分析和展望。中国作为最大的发展中国家，在由国际组织和国外研究机构所作的排放情景中，都把中国的排放情景作为重要内容，或专门做中国排放情景。排放情景的结果常常被运用到激烈的国际谈判中，不仅被作为分析全球气候变化及其影响以及制定全球减排措施及减缓和适应战略的重要依据，将来有可能成为进行排放权分配和

^① 根据国际能源署（IEA）《Key World Energy Statistics 2008》整理。

制定限排指标的依据之一，而这些均关系到一个国家的主权和根本利益。

对中国而言，由于目前正处于工业化、城市化进程加快阶段，居民消费结构也处于升级换代之中，这一阶段恰恰是能源需求快速增长阶段，而且还很可能是化石燃料消费进入高速增长阶段，确实有必要研究探讨中国在经济高速持续增长过程中，能否吸取发达国家所经历的“先发展、后治理”的经验教训，探寻出一条既能减缓温室气体排放，又能促进可持续发展的双赢道路。事实上，在全球经济一体化的格局下，中国也存在利用后发优势，借鉴发达国家发展过程中曾经经历过的经验和教训，采取更先进的技术路线和管理模式，实现技术上的“蛙跳”式发展，以比较低的能源消费增长保持经济的稳定持续增长的可能性。作为世界上最大的发展中国家，随着综合国力的不断提升，在国际社会话语权的不断加强，中国也应当正视和关注国际热点问题，开展中国自己的能源需求暨碳排放情景研究，不仅可以修正国际社会给中国所设定情景的可能不合理性，维护国家利益，更重要的是可以发挥负责任大国的作用，掌握主动，抓住机遇。

正是在此背景下，课题组试图在应对全球气候变化的框架下，采用情景分析的方法，立足当前、着眼长远，对中国实现既定经济社会发展目标下的能源需求及 CO₂ 排放趋势作出判断和展望，研究、探索中国如何在资源与环境可承受的条件和约束下保证经济社会“又好又快”的发展，从中选择一条适合中国国情的低碳之路，描绘出中国低碳发展的路线图，进而提出相应的政策建议，包括国际社会如何为中国的低碳之路提供支持和保障，为政府相关部门提供决策依据。

2009 年 8 月



目 录

前言

执行总结 1

第一章 应对气候变化对中国的影响 5

 一、气候变化影响人类生存和可持续发展 5

 （一）气候变化影响生态安全 5

 （二）气候变化影响粮食安全 5

 （三）气候变化影响水资源利用 6

 （四）气候变化威胁海岸带和低洼地区的人居环境和社会经济 6

 （五）气候变化对社会经济等其他领域的影响 7

 二、气候变化催生人类价值观念的改革 7

 （一）人类对气候变化的归因认识和合作应对策略 7

 （二）应对气候变化的伦理和公平性问题 8

 （三）气候变化影响国家政治与社会管理 9

 （四）气候变化促进发展模式转变 10

 三、气候变化重塑国际关系 10

 （一）气候变化催生国际气候公约和规则体系 10

 （二）气候变化影响国际外交 11

 （三）气候变化诱发国内国际冲突 12

 （四）气候变化影响国际产业布局和贸易 12

 四、应对气候变化对中国的影响 13

 （一）气候变化制约中国的发展空间 13

 （二）气候变化促进中国走向可持续发展和低碳发展道路 14

 （三）气候变化有利于促进自主创新能力的提高，加快低碳型技术发展 14

 （四）气候变化催生中国低碳能源转型 15

 （五）小结 15

第二章 中国经济社会发展回顾和趋势展望 16



一、经济社会发展成绩显著，但发展质量亟待提高	16
（一）改革开放 30 年，中国经济社会发展成绩斐然	16
（二）经济增长质量不高，温室气体排放增长快	22
二、发展仍是未来 50 年中国第一要务，温室气体减排难度大	26
第三章 中国 2050 年能源需求暨碳排放情景分析	35
一、低碳发展（经济）的概念	35
（一）低碳的概念	35
（二）丹麦低碳实践与启示	36
二、2050 年中国能源需求暨低碳发展情景研究方法	38
（一）研究框架	38
（二）情景研究的模型方法	39
（三）情景研究的基本思路	40
三、中国能源需求暨碳排放情景设计	41
（一）情景定义	41
（二）情景描述	44
四、模型技术参数设计	51
（一）资源参数	51
（二）电力技术发展	53
（三）国民经济产业部门发展	59
五、能源和排放情景模型模拟分析结果	71
（一）一次能源需求量	71
（二）发电装机容量和发电量	72
（三）终端部门能源需求量	74
（四）主要产品能源强度	75
（五）化石燃料燃烧 CO ₂ 排放量	75
六、模型计算结果分析	76
（一）能源结构优化，能源需求量相对减少	76
（二）电源结构优化，单位发电量能源消耗系数降低	79
（三）技术进步和能效提高使终端能源消费量相对减少	80
（四）GDP 能源强度持续下降	84
（五）CO ₂ 排放量大幅度下降	85
（六）实现低碳情景的优先技术领域和措施	86
（七）实现低碳情景所需投入	87
第四章 中国低碳发展道路选择及路线图	89

一、国际社会应对气候变化的政策举措综述 89

 （一） 欧盟 90

 （二） 美国 91

 （三） 日本 92

 （四） 主要发展中国家 93

二、未来中国的低碳发展道路选择及采取不同途径后的节能减碳效果分析 93

 （一） 选择合理的生产方式和消费模式，降低能源服务需求 95

 （二） 优化生产结构和服务方式，提高能源利用效率、降低碳排放 104

 （三） 加快技术研发，促进终端用能技术水平改进 115

 （四） 建设高效、清洁、低碳的能源供应体系，推动能源转换部门技术进步 120

 （五） 研发下一代低碳型清洁能源和发展 CCS 技术 122

三、未来中国走低碳发展的路径选择分析及可能的路线图 123

 （一） 低碳能源发展的路径选择分析 123

 （二） 2050 年中国低碳能源发展的路线图 130

四、从中国未来低碳能源发展道路看 2050 年全球温室气体减排趋势 136

 （一） 全球可能的浓度稳定目标及其内涵 136

 （二） 全球实现 550ppm CO₂ 当量及其以下浓度目标的可能性分析 138

 （三） 中国低碳发展情景对全球温室气体减排的贡献及面临的挑战 139

第五章 基本结论和政策建议 141

 一、研究的基本结论 141

 （一） 未来能源需求和碳排放持续增长的趋势难以逆转 141

 （二） 建筑物和交通部门将逐渐成为未来能源需求和碳排放增长的主要贡献者 141

 （三） 未来中国电力需求、人均用电以及人均 CO₂ 排放将明显上升 142

 （四） 延续当前发展态势，未来能源供应体系和可持续发展将面临严峻挑战 143

 （五） 采取不同的政策举措和发展理念，能源需求和碳排放将发生重大变化 147

 （六） 选择合理的消费模式、转变经济发展方式和生产方式、大力推进技术进步、发展
 高效的能源供应体系是中国实现低碳能源发展的必由之路 149

 （七） 要实现中国的低碳能源发展道路，各类节能减排途径需齐头并进，关键部门要
 重点突破，推进技术进步、发展低碳技术是节能减排的根本保障 150

 （八） 中国化石燃料需求可在 2040 年之前达到峰值，碳排放将进入缓慢增长期 153

 （九） 推动能源可持续发展，能源供应需走多元化道路 154

 （十） 中国存在走低碳能源发展道路的可能性，但也有种种不确定性 155

 （十一） 中国能否创造一条低碳发展道路离不开国际社会的支持和理解 155

 二、政策建议 157

中国 2050 年低碳发展之路：能源需求暨碳排放情景分析	
（一）从国家战略高度重视气候变化问题，积极、主动加以应对，抓住机遇	157
（二）加强政府对可持续能源发展的干预力度和统筹能力	157
（三）积极参与国际气候谈判，维护广大发展中国家利益和发展权益	158
（四）制定低碳发展道路的路线图，围绕路线图拟定不同阶段的工作重点	158
（五）加强政府对走低碳发展道路的支持和引导	159
（六）建立有利于温室气体减排的市场信号	161
（七）加大低碳生产和低碳生活的宣传力度，充分调动全民参与积极性	161
附件 不同途径节能减碳效果的测算思路和方法	163
主要参考文献	166

图 表 目 录

图 2-1	中国 GDP 增长回顾 (1978 ~ 2008 年)	17
图 2-2	中国人均 GDP 变化状况 (1978 ~ 2008 年)	17
图 2-3	不同产业增加值指数变化状况 (1978 ~ 2008 年)	19
图 2-4	中国城市化率变化状况 (1978 ~ 2007 年)	20
图 2-5	中国进出口贸易额变化状况 (1978 ~ 2007 年)	21
图 2-6	主要国家人均 GDP 比较	22
图 2-7	中国分地区经济社会状况比较 (2007 年)	23
图 2-8	改革开放以来中国投资对经济发展的贡献率变化情况 (1978 ~ 2007 年)	23
图 2-9	美国、中国、欧盟 27 国的温室气体排放	25
图 2-10	中国城乡居民与日本居民每百户家庭家用电器拥有率的比较	27
图 2-11	中国与发达国家人均住宅使用面积的比较	27
图 2-12	汽车拥有率国际比较	28
图 2-13	中国与发达国家城市化率的差距	28
图 2-14	中国与发达国家道路密度的比较	29
图 2-15	中国与发达国家人均道路长度的比较	29
图 2-16	中国与发达国家人均铁路里程的比较	30
图 2-17	发达国家钢铁产量的生命周期特征	31
图 2-18	美国单位国民生产总值 (GNP) 的原材料消耗强度	32
图 2-19	日本钢铁、水泥和能源消费强度的变化	32
图 2-20	部分国家工业化过程中的人均 CO ₂ 排放	33
图 2-21	中国、美国和欧盟 27 国 1850 ~ 2005 年的累积温室气体排放	33
图 2-22	部分国家人均 CO ₂ 累积排放 (1850 ~ 2005 年)	34
图 3-1	IPAC 模型框架	39
图 3-2	研究中各模型的关联	40
图 3-3	情景分析采取的模型工具关联示意图	41
图 3-4	可替代的稳定水平类别的减缓情景的排放路径	43
图 3-5	主要发电技术的成本曲线	56
图 3-6	光伏组件生产的成本下降学习曲线	57
图 3-7	美国降低风电成本的经验	59

图 3-8	收入与汽车拥有量之间的关系	68
图 3-9	不同国家、地区的私人交通里程	69
图 3-10	2005 ~ 2050 年一次能源需求量	76
图 3-11	节能情景一次能源需求量构成	77
图 3-12	低碳情景一次能源需求量构成	77
图 3-13	强化低碳情景一次能源需求量构成	78
图 3-14	2035 年各情景一次能源需求量构成变化	78
图 3-15	2050 年各情景一次能源需求量构成变化	78
图 3-16	2005 ~ 2050 年发电量	79
图 3-17	2005 ~ 2050 年节能情景发电量构成	79
图 3-18	2005 ~ 2050 年低碳情景发电量构成	80
图 3-19	2000 ~ 2050 年强化低碳情景发电量构成	80
图 3-20	终端能源需求量	81
图 3-21	节能情景终端能源需求构成	81
图 3-22	低碳情景终端能源需求构成	82
图 3-23	强化低碳情景终端能源需求构成	82
图 3-24	各能源品种对低碳情景终端能源需求量减少的贡献	83
图 3-25	各部门对低碳情景终端能源需求量减少的贡献	83
图 3-26	工业内部各行业对低碳情景终端能源需求量减少的贡献	83
图 3-27	低碳情景 2050 年的主要高耗能产品单耗变化指数	84
图 3-28	单位 GDP 能源强度变化趋势	84
图 3-29	化石燃料 CO ₂ 排放量	86
图 3-30	单位 GDP 碳排放强度	86
图 3-31	能源工业投资需求	88
图 3-32	能源花费	88
图 3-33	实现低碳情景的额外投资	88
图 4-1	国际社会应对气候变化问题的主要里程碑	89
图 4-2	采取不同实施途径对能源需求及碳排放的影响	95
图 4-3	不同方案的能源需求暨碳排放结果比较示意	95
图 4-4	人均 GDP 和城乡居民人均住房面积	97
图 4-5	不同情景城乡居民住房面积增长比较	97
图 4-6	不同国家小汽车千人保有量的历史变化情况	98
图 4-7	不同情景中私家车行驶距离的变化	99
图 4-8	不同情景私人汽车保有量的变化	99



图 4-9 中国分运输方式货物周转量 100

图 4-10 煤炭占铁路运输比重和运输距离 100

图 4-11 不同情景客运周转量的变化 101

图 4-12 不同情景货运周转量变化趋势比较 101

图 4-13 分用途钢铁、水泥消费流向 102

图 4-14 不同情景钢铁、水泥产量变化趋势比较 103

图 4-15 中国社会零售消费总额与出口总额的对比情况 104

图 4-16 以矿石资源和回收资源为原材料的生产过程 105

图 4-17 通过炼钢炼铁技术替代实现生产结构优化 105

图 4-18 不同情景的电炉钢产量比较 106

图 4-19 节能情景和低碳情景中炼铁工艺的比重变化 106

图 4-20 吨水泥熟料综合能耗的改进 107

图 4-21 低碳情景和节能情景对水泥新型干法线的产量比重的不同设定 107

图 4-22 不同类型城市交通模式比较 109

图 4-23 不同情景的城市公共交通比重比较 109

图 4-24 中国不同交通运输方式的单耗比较 110

图 4-25 不同情景货运结构变化比较 110

图 4-26 不同情景客运结构变化比较 111

图 4-27 美国和日本按车型和排量分的私人汽车保有量结构 111

图 4-28 公路客运燃料结构比较 112

图 4-29 公路货运柴油类混合燃料结构比较 112

图 4-30 出租车的燃料结构比较 113

图 4-31 私家车燃料结构比较 113

图 4-32 不同采暖方式及技术单位供热面积的年能耗 114

图 4-33 节能情景和低碳情景中建材工业单位产品能耗的下降速度变化(2007 年 = 100) 117

图 4-34 城镇居民供暖、制冷负荷比较 118

图 4-35 中央空调系统运行效率设定比较 118

图 4-36 车用燃料消耗分布图 119

图 4-37 节能情景和低碳情景汽车燃油经济性改进比较 119

图 4-38 节能情景和低碳情景电源结构比较 120

图 4-39 煤炭多联产技术 121

图 4-40 节能情景和低碳情景中，燃煤电厂发电煤耗的差异 121

图 4-41 氢能利用原理图 122

图 4-42 CO₂ 捕获与封存系统示意图 123

图 4-43	不同情景的未来中国能源需求总量比较	124
图 4-44	不同情景的未来中国碳排放量比较	124
图 4-45	各途径对减缓能源需求快速增长的贡献状况比较 (基年 = 100)	124
图 4-46	各途径对减缓碳排放的贡献状况比较 (基年 = 100)	125
图 4-47	2020 年各途径对生活方式变化节能贡献率比较	126
图 4-48	2035 年各途径对生活方式变化节能贡献率比较	126
图 4-49	2050 年各途径对生活方式变化节能贡献率的比较	127
图 4-50	低碳情景与节能情景道路交通的能源需求与碳排放结果的差额	127
图 4-51	各部门对技术进步节能贡献度比较	128
图 4-52	各部门对技术进步减排贡献度比较	128
图 4-53	各途径对发电部门技术进步节能减排贡献度比较	129
图 4-54	不同情景的分方式发电装机容量比较	130
图 4-55	2020 年不同途径/行动对节能减排的贡献比较	131
图 4-56	2035 年不同途径/行动对节能减排的贡献比较	131
图 4-57	2050 年不同途径/行动对节能减排的贡献比较	132
图 4-58	各部门对节能减排的贡献度比较	133
图 4-59	各类途径对节能减排的贡献度比较	134
图 4-60	2050 年不同部门的低碳技术路线图	136
图 4-61	中国与世界主要发达国家人均累积排放指标的比较	140
图 4-62	中国与世界主要发达国家人均排放指标的比较	140
图 5-1	不同情景分部门终端用能构成变化比较	142
图 5-2	节能情景中分部门的终端能源需求增长趋势比较 (2005 年 = 100)	143
图 5-3	人均 CO ₂ 排放的国际比较	148
图 5-4	不同情景的能源需求和碳排放趋势比较 (2005 年 = 100)	154
表 2-1	中国城乡居民生活改善情况 (1978 ~ 2008 年)	18
表 2-2	中国城镇居民家庭耐用消费品拥有量与人均建筑面积	18
表 2-3	中国农村居民家庭耐用消费品拥有量与人均建筑面积	18
表 2-4	20 世纪 90 年代以来中国工业贡献率和拉动率演变状况	19
表 2-5	中国主要高耗能产品产量变化情况	20
表 2-6	基础设施建设相关指标变化状况	21
表 2-7	净出口对中国经济发展的贡献率 (1978 ~ 2007 年)	21
表 2-8	几种高耗能产品能耗的国际比较	24
表 2-9	中国城市、农村能源消费量的差异	29