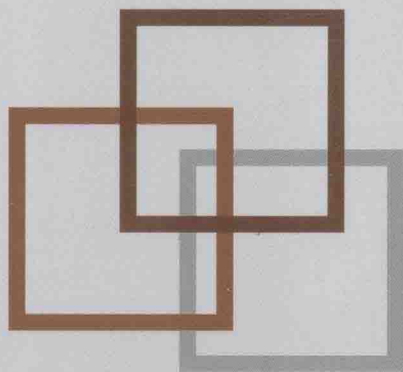


青年学者文库3

中国电力行业低碳化发展研究

ZHONGGUO DIANLIHANGYE DITANHUA FAZHAN YANJIU

赵洱崇◎著



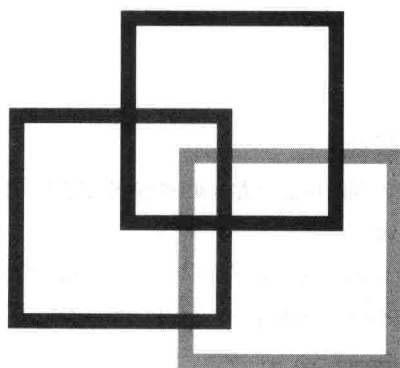
中国言实出版社

青年学者文库 **3**

中国电力行业低碳化发展研究

ZHONGGUO DIANLIHANGYE DITANHUA FAZHAN YANJIU

赵洱崇◎著



 中国言实出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国电力行业低碳化发展研究 / 赵洱崇著. — 北京:
中国言实出版社, 2013.5
ISBN 978-7-5171-0141-3

I. ①中… II. ①赵… III. ①电力工业—节能—研究
—中国 IV. ①F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 107750 号

责任编辑: 周汉飞 马晓冉

出版发行 中国言实出版社

地 址: 北京市朝阳区北苑路 180 号加利大厦 5 号楼 105 室

邮 编: 100101

电 话: 64924716 (发行部) 64924735 (邮 购)

64924853 (总编室) 64914138 (编辑部)

网 址: www.zgyscbs.cn

E-mail: zgyscbs@263.net



经 销 新华书店

印 刷 北京书林印刷有限公司

版 次 2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

规 格 710 毫米 × 1000 毫米 1/16 12 印张

字 数 194 千字

定 价 32.00 元 ISBN 978-7-5171-0141-3

《青年学者文库》书系出版前言

2013年5月4日，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在同各界优秀青年代表座谈时，对青年一代寄予厚望：“展望未来，我国青年一代必将大有可为，也必将大有作为。这是‘长江后浪推前浪’的历史规律，也是‘一代更比一代强’的青春责任。广大青年要勇敢肩负起时代赋予的重任，志存高远，脚踏实地，努力在实现中华民族伟大复兴的中国梦的生动实践中放飞青春梦想。”同时，习近平总书记也向全国广大青年提出了五点希望：广大青年一定要坚定理想信念、广大青年一定要练就过硬本领、广大青年一定要勇于创新创造、广大青年一定要矢志艰苦奋斗、广大青年一定要锤炼高尚品格。

青年是民族的未来，国家的希望。一个有着远大理想的民族，必然会把关注的目光投向青年，把青年看作是推动历史发展的重要力量。历史和现实也都告诉我们，青年一代有理想、有担当，国家就有前途，民族就有希望，实现我们的发展目标就有源源不断的强大力量。而作为广大青年的代表人物，青年学者肩负着更多的社会责任和民族期望，承担着塑造公共话语空间、培育公民道德、提升民族素养、促进文明进步的历史使命，在青少年中乃至全社会都有着很强的示范带动作用。他们热爱学术事业，无惧清贫，甘于寂寞，怀揣着对美好未来的憧憬，排除一个个艰难险阻，在追求真理的道路上奋力攀登；他们在我国的社会科学领域，以无畏的勇气，渊博的知识，出众的才华，书写着中国人对中国、对世界、对天地万物无穷奥秘的认识；他们是盗火的普罗米修斯，是为天地立心，为生民立命，为往圣继绝学，为万事开太平的民族精英，也是实现中国梦的重要力量。他们的思想也许在有些人看来是青涩稚嫩的，有着这样和那样的不足，但他们在各个研究

领域的真知灼见、非凡见解、卓越成就也是有目共睹的。长江后浪推前浪，有了他们的积极参与，我国科学文化事业也一定生机勃勃，前景辉煌。

实现中国梦，青春勇担当，社会主义的理论自信、科学自信、文化自信，在朝气蓬勃、继往开来的青年科研力量的参与下，也必将实现。为了展示当代中国青年学者的优秀研究成果，支持优秀青年学者大胆创新，中国言实出版社编辑出版了这套《青年学者文库》系列丛书。这套丛书的特点有以下几个方面：一是实用性，这套丛书不仅为读者提供了相关领域的专业知识，而且也为读者展现了研究的真谛。无论你是刚刚进入科研领域的新人，或是正在潜心撰写学位论文的莘莘学子，本套丛书都将带给你无穷的启发。二是权威性，丛书的作者都是该领域的专家学者，他们致力于相关领域专业问题的研究工作，其研究成果已得到了理论界和社会上的认可。三是丰富性，丛书收录的著作涉及多个领域——经济、金融、科技、社会、文化、教育等，内容丰富，题材广泛。四是创新性。丛书所收录的著作，其内容具有很强的独创性，作者虽多从人们熟知的领域入手，但资料翔实，分析透彻，论证合理，提出的新问题、新观点，发人深省，给人启迪。五是前瞻性。作者在深入理解与把握学术前沿动态的基础上，大胆预测，认真求证，求人所未求，思人所未思，体现了当代青年学者的胆识和担当。

青年人正处于学习的黄金时期，应该始终坚持把学习作为首要任务，作为一种责任、一种精神追求、一种生活方式，树立梦想从学习开始、事业靠本领成就的观念，让勤奋学习成为青春远航的动力，让增长本领成为青春搏击的能量。希望这套丛书能对所有渴望知识，勇于探索的年轻人有所帮助，增长他们的相关知识能力；也希望书中的文字可以重新点燃那些正在坎坷路途上跋涉的研究者们的信心。

编 者

2013年5月10日

自序

全球气候变化及其不利影响是目前人类共同面临的重大问题。由于大量消耗化石能源导致二氧化碳排放日益增多的危机，已经成为全世界关注的焦点。在新的历史条件和时代要求下，各国政府积极行动，努力摆脱传统的高碳能源发展方式，走绿色低碳的发展道路。作为全球二氧化碳排放量最大的国家之一，实施低碳经济战略，是我国发展经济的必由之路。二氧化碳的排放主要来自于能源部门，从我国二氧化碳的排放结构上看，由于我国的能源结构以煤为主，以燃煤发电为主要发电方式的我国电力行业碳排放量占燃烧化石能源总碳排放量的比例最大。因此，实现我国低碳经济的发展目标，电力行业必须承担重大减排责任。

本书将低碳作为关键因素引入我国电力行业之中展开分析，以此为主线，探究中国电力行业如何改革与发展，实现中国社会的低碳转型目标；在归纳分析了国内外最新科研资料和实践成果的基础上，以可持续发展、循环经济、技术经济和低碳经济等相关理论为研究依据，系统开展中国电力行业低碳化发展研究；先后进行了中国电力行业低碳化发展现状研究、中国电力行业电源低碳化发展研究、中国电力行业电网低碳化发展和电力市场建设研究，最后总结了主要结论并提出中国电力行业低碳化发展的政策建议。全书共分

为六章：

第一章为导论。首先对本书研究的国际、国内背景进行了阐述，指出了气候变化和二氧化碳排放给全球带来的深刻影响，强调了我国作为二氧化碳排放量最多的国家，能源的生产和消耗是造成污染的重要原因，阐明了电力行业大量消耗化石能源，是二氧化碳排放比重最大的行业，点出了在现实压力下，我国电力行业实施绿色发展战略，实现低碳化转型的重大意义。随后在对国内和国际最新研究成果进行归纳总结的基础上，提出了我国电力行业低碳化发展的研究思路，进而介绍了研究方法，并规划了研究的主要内容。

第二章为相关研究理论综述。该章总结分析了可持续发展、循环经济、技术经济和低碳经济的相关理论和方法，对相关理论与低碳经济之间的联系和区别进行了辨析，同时论证了低碳经济与科学发展观的关系、经济全球化对低碳经济转型的影响，指出了我国低碳经济的发展路径，特别对低碳电力等新理论观点进行了阐述，界定了低碳电力的定义和内涵，提出了低碳电力的发展模式，为后续的研究进行了理论的铺垫和方法的准备。

第三章为我国电力行业低碳化发展现状研究。该章首先描述了中国电力行业的发展概况，结合历史有关数据，对比分析了发电侧和电网侧的发展历程及现状。其次，对我国电力行业二氧化碳排放现状和减排结构进行了论证，指出了二氧化碳排放的五个主要特点。再次，分析归纳了“十一五”我国电力行业二氧化碳减排所做的主要工作，重点说明了我国电力行业低碳发展的主要约束为：资源型约束、结构性约束、经济性约束、技术性约束和政策性约束。最后，指出了我国电力行业低碳发展的战略路径选择。

第四章为我国电力行业电源低碳化发展研究。首先，文中分析了一次发电能源结构对能源经济低碳化的影响，建立了一次能源消费的碳排放量因素分解模型并展开了实证分析，构建并论证了我国

电源结构与碳排放量的弹性关系模型。其次，对中国火电产业的低碳发展进行了分析研究，从火电发展规模与水平、火电产业结构优化与碳排放、火力发电的低碳经济性、火电产业低碳化发展政策四个方面展开论证，指出清洁煤技术的研发和火电效率的提高能够有效促进二氧化碳减排。第三，重点论述了风电、太阳能光伏发电、核电、水电等清洁能源的发展，从产业总体状况、中国发展现状、低碳化发展政策、低碳经济性等几个方面展开科学论证。

第五章为中国电力行业电网低碳化发展和电力市场建设研究。本章首先对电网低碳化发展进行了必要性分析，指出了电网低碳化发展的重大意义，强调了智能电网是电网低碳化发展的重要途径。随后对电网低碳化发展和电力市场建设的国际经验进行了介绍分析，最后论述了国外电网和电力市场低碳化建设对我国的启示和借鉴。

第六章为主要结论和政策建议。在对全书的研究内容进行提炼总结的基础上，提出相关的政策建议：一要研究制定电力低碳发展规划，构建行业减排体系；二要强化清洁低碳电源建设，加速电力行业低碳转型；三要大力加强节能发电调度，提高清洁发电上网比重；四要推进研发低碳电力技术，推广减排科技示范工程；五要强化电力需求侧管理，推进实施综合资源规划；六要加强低碳电力市场建设，深化电价体制改革。

2012年5月

目录 CONTENTS

《青年学者文库》书系出版前言	编 者 (1)
自序	赵洱崇 (1)
第 1 章 导 论	(001)
1.1 研究背景和选题意义	(002)
1.1.1 研究背景	(002)
1.1.2 选题意义	(004)
1.2 国内外相关研究文献综述	(006)
1.2.1 国外研究文献综述	(006)
1.2.2 国内研究文献综述	(008)
1.3 研究思路、方法和内容安排	(012)
1.3.1 研究思路	(012)
1.3.2 研究方法	(013)
1.3.3 内容安排	(014)
第 2 章 相关研究理论综述	(017)
2.1 可持续发展相关理论	(018)
2.1.1 可持续发展的核心思想	(018)
2.1.2 可持续发展与低碳经济	(019)
2.2 循环经济相关理论	(021)
2.2.1 循环经济的核心思想	(021)
2.2.2 循环经济与低碳经济	(022)
2.3 技术经济相关理论	(025)
2.3.1 技术经济的核心思想	(026)

2.3.2 技术经济与低碳经济	(027)
2.4 低碳经济相关理论	(029)
2.4.1 低碳经济的主要思想	(029)
2.4.2 低碳经济是实践科学发展观的重大选择	(030)
2.4.3 经济全球化推进中国经济低碳转型	(031)
2.4.4 中国低碳经济的发展路径	(033)
2.4.5 低碳电力是实现低碳经济发展的关键载体	(034)
第 3 章 中国电力行业低碳化发展现状	(041)
3.1 中国电力行业发展状况述评	(042)
3.1.1 发电侧发展历程与现状	(042)
3.1.2 电网侧发展历程与现状	(046)
3.2 中国电力行业二氧化碳排放现状及主要特点	(048)
3.2.1 电力行业排放现状	(048)
3.2.2 电力行业减排结构	(050)
3.2.3 电力行业排放特点	(053)
3.3 中国电力行业二氧化碳减排所做的主要工作和发展约束	(055)
3.3.1 电力行业二氧化碳减排的相关工作	(055)
3.3.2 电力行业低碳发展的主要约束	(059)
3.4 中国电力行业低碳发展的战略路径选择	(062)
3.4.1 提高火电发电能效 大力推进清洁煤电发展	(062)
3.4.2 调整优化电源结构 增加清洁能源发电比重	(062)
3.4.3 提高输配电输送效率 加强智能电网建设	(063)
3.4.4 加快节能减排技术研发 推广低碳电力科技应用	(063)
3.4.5 研究制定配套政策 促进电力行业低碳发展	(064)
第 4 章 中国电力行业电源低碳化发展	(065)
4.1 一次发电能源结构对能源经济低碳化的影响	(066)
4.1.1 一次能源消费的碳排放量因素分解模型及实证分析	(066)
4.1.2 我国电源结构与碳排放量的弹性关系模型	(068)
4.2 中国火电产业的低碳发展	(072)
4.2.1 火电发展规模与水平	(072)
4.2.2 火电产业结构优化与碳排放	(074)
4.2.3 火力低碳化发展的经济性分析	(076)
4.2.4 火电产业低碳化发展政策分析	(079)

4.3 中国清洁能源产业的发展	(083)
4.3.1 中国风电产业发展与碳排放	(083)
4.3.2 中国太阳能光伏发电发展与碳排放	(094)
4.3.3 中国核电产业发展与碳排放	(104)
4.3.4 中国水电产业发展与碳排放	(113)
4.3.5 中国生物质发电产业发展与碳排放	(120)
第 5 章 中国电力行业电网低碳化发展和电力市场建设	(137)
5.1 电网低碳化发展的必要性及路径选择	(138)
5.1.1 电网低碳化发展的重大意义	(138)
5.1.2 智能电网是电网低碳化发展的重要途径	(138)
5.2 电网低碳化发展和电力市场建设的国际经验分析	(142)
5.2.1 英国的智能电网发展和电力市场建设	(142)
5.2.2 美国的智能电网发展和电力市场建设	(147)
5.3 国外电网和电力市场低碳化建设对我国的启示和借鉴	(153)
5.3.1 要把智能电网建设提升到国家战略高度	(153)
5.3.2 政府主导推动可再生能源与智能电网协调发展	(154)
5.3.3 加强对智能电网的财政投入	(154)
5.3.4 制定完善电网低碳化建设的财税政策支持	(154)
5.3.5 加大国家税收政策的支持力度	(155)
5.3.6 拓宽融资渠道推动电网企业科技创新	(155)
第 6 章 主要结论与政策建议	(157)
6.1 研究制定电力低碳发展规划 构建行业减排体系	(158)
6.2 强化清洁低碳电源建设 加速电力行业低碳转型	(160)
6.3 大力加强节能发电调度 提高清洁发电上网比重	(162)
6.4 推进低碳电力技术研发 推广减排科技示范工程	(164)
6.5 强化电力需求侧管理 推进实施综合资源规划	(166)
6.6 加强低碳电力市场建设 深化电价体制改革	(168)
参考文献	(169)
后 记	(179)

第一章



导 论

在全球气候变暖的背景下，世界各国都相继通过立法或政府规划等各种方式，积极推进二氧化碳减排。要减少二氧化碳的排放量，就需要大幅度降低经济活动中的碳密度，发展低碳经济。因此大力推动中国电力行业改革与发展既是当务之急，又关系和制约着中国经济的可持续发展，具有重要的战略意义。

1.1 研究背景和选题意义

1.1.1 研究背景

全球气候变化,是21世纪人类所面临的最艰巨的挑战之一。科学研究表明,由于直接或间接的人类活动日益造成全球气候变化,人类正面临着日趋严重的环境问题,温室气体浓度的不断增加所导致的全球变暖现象愈发凸显。以二氧化碳为主要部分的温室气体排放所产生的温室效应占到所有温室气体总效应77%以上。减少二氧化碳的排放,控制温室气体效应、减缓全球变暖已经到了刻不容缓的时刻。

在这样的背景下,全世界各个国家都相继通过立法或政府规划等各种方式,制定了各自的二氧化碳减排目标,采取调整经济结构,提高能源利用效率等措施来提高经济社会发展的可持续能力,积极推进二氧化碳减排。2003年,英国政府公布了能源白皮书《我们未来的能源——创建低碳经济》,首次提出了低碳经济的发展理念^①。低碳经济是能源消费方式、经济发展方式以及人类生活方式的全新变革,是人类社会从工业文明走向生态经济文明的巨大进步。

根据荷兰环境评估局的评估报告,2006年,中国二氧化碳排放增长11.8%,达到62亿吨;美国较2005年下降1.2%,排放量为58亿吨,中国由此超过美国成为世界上最大的二氧化碳排放国。2007年,中国增长7.8%,达

^①Secretary of State for Trade and Industry, UK. Energy White Paper. Our energy future—creating a low carbon economy[M]. 2003.

到 67.2 亿吨，占世界总排放量的 24.3%，远超美国的 59 亿吨，中国的二氧化碳增量占了世界总增量的近 60%，环境问题备受关注。2006 年瑞士达沃斯世界经济论坛发布的世界环境质量“环境可持续指数”（ESI）显示，在全球 144 个国家和地区中，中国的环境质量列 133 位。

1992 年 5 月 9 日，《联合国气候变化框架公约》正式发布，《公约》明确规定发达国家与发展中国家之间负有“共同但有区别的责任”。1997 年，在日本东京召开了联合国气候变化公约第三次缔约方会议，大会通过了《京都议定书》，规定了具有法律约束力的量化温室气体减排或限排指标。在 2008—2012 年期间，《公约》所涉及的 38 个国家，其二氧化碳等温室气体的人为排放量应该在 1990 年排放水平基础上至少减少 5%，其中，美国应削减 7%，欧共同体及欧盟成员国应削减 8%，日本和加拿大需削减 6%，俄罗斯等东欧国家可以维持在 1990 年排放水平上。

《京都议定书》提出了三种灵活机制：联合履约（JI）；清洁发展机制（CDM）；排放贸易（ET）。其中，清洁发展机制（CDM）的核心为允许发达国家通过与发展中国家开展项目合作，获得项目所产生的温室气体减排量。CDM 的设立目的在于：既要为促进发展中国家可持续发展和为实现《公约》的最终目标做出贡献，还要协助发达国家缔约方兑现其在《京都议定书》中的量化的温室气体减排承诺。

中国政府高度重视全球气候变暖问题，虽然发展中国家在 2012 年之前不需要承担减排义务，但我国已经采取积极的行动，不但于 1992 年、1997 年正式签署了《框架公约》与《京都议定书》，还在中国共产党的十七大报告中明确了“加强应对气候变化能力建设，为保护全球气候做出新的贡献”的重大目标和承诺。《国家“十一五”规划纲要》提出了 2010 年二氧化碳排放量下降 10% 的目标。2007 年 12 月，在印度尼西亚巴厘岛举行的联合国气候变化大会上，我国宣布了《中国应对气候变化国家方案》，全面阐述了中国应对全球气候变化的目标，提出通过改变发展方式、调整能源结构与提高能效等举措积极应对气候变化问题，在该方案第四部分特别指出我国减缓温室气体排放的政策和措施，包括电力行业等重点领域的改革目标与发展方略。2009 年 12 月，温家宝总理在丹麦哥本哈根联合国气候变化大会上向全世界承诺：到 2020 年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%—45%，

非化石能源占一次能源消费的比重达到 15%。2011 年,我国国民经济和社会发展十二五规划进一步指出,到 2015 年,非化石能源占一次能源消费比重达到 11.4%,单位国内生产总值能源消耗降低 16%,单位国内生产总值二氧化碳排放降低 17%。

1.1.2 选题意义

要解决气候问题就要减少二氧化碳的排放量,需要大幅度降低经济活动中的碳密度。在大多数经济活动中,大部分二氧化碳排放来自能源生产及使用,而电力系统尤为突出。温室气体的排放主要来自能源行业,来自 IEA (2009) 的统计数据表明:当前,能源生产和使用所带来的温室气体排放占排放总量 65%左右,到 2050 年,将占到温室气体排放总量的 85%左右。从二氧化碳排放的行业分布来看,电力行业的排放占全球二氧化碳排放总量的 41.3%,而在中国这一比例则达到了 50.3%。

来自电力行业的碳排放对气候变化的影响可被视为过多依赖和使用传统的化石燃料所带来的消极环境结果。当前,全球都在大力提倡减少化石燃料的使用,推进清洁能源的替代和发展,努力由高碳社会向低碳社会转型,这是大势所趋。而我国目前正处于工业化、城市化的快速发展时期,“多煤、贫油、少气”的资源禀赋条件与经济发展水平决定了我国化石燃料的使用和二氧化碳排放依然会难以避免。在新的历史条件和时代要求下,我国经济和社会的进步必须摆脱传统的高碳生产消费模式,走绿色低碳的发展道路。在确保能源安全、经济和社会稳定发展的基础上,研究我国如何向低碳发展转型、实现经济增长方式的转变十分必要。

二氧化碳的排放主要来自于能源部门,从我国二氧化碳的排放结构来看,由于我国能源结构以煤为主,以燃煤发电为主要发电方式的中国电力行业碳排放量占燃烧化石燃料总碳排放量的比重最大。正因如此,为实现低碳经济的发展模式,电力行业应该成为中国二氧化碳减排的主力军^①。在应对气候变化的行动中,电力行业必须承担重大减排责任。

英国等欧洲国家率先对电力行业进行了低碳改革,十几年来,加速刺激了

^①魏一鸣,刘兰翠,范英等.中国能源报告(2008):碳排放研究[M].北京:科学出版社,2008.

行业结构、市场规划及国内电力行业规则的重组,低碳发展的技术和政策所带来的对电力行业的环境影响十分显著,英国的电力行业二氧化碳排放急速下降。美国提出要大力发展低碳能源技术,推进清洁能源的发展,2009年通过了《美国清洁能源和安全法案》,规定低碳发展的目标与发展路线。日本在2008年提出了《构建低碳社会的12方略》,在全社会各领域实践低碳经济,全面建设低碳社会。德国注重风能、太阳能等新能源技术的开发,大力发展低碳产业。韩国把低碳经济和环境保护紧密结合,提出了低碳绿色增长战略。

以上分析说明,低碳经济背景下大力推进中国电力行业化改革与发展既是当务之急,又关系和制约着中国经济的可持续发展,具有重要的战略意义。庄贵阳等学者认为,低碳经济的实质就是能源效率和清洁能源结构问题,其核心是能源技术创新和制度创新,目标在于减缓气候变化和促进人类社会的可持续发展。即依靠技术创新及政策措施,实施一场能源革命,建立一种温室气体排放较少的经济发展模式,减缓气候变化^①。面向低碳经济的中国电力行业能源结构、能效提升、电力能源技术和相关发展政策是当前迫切需要深入研究的重要课题。

^①庄贵阳.中国经济低碳发展的途径和潜力分析[J].国际技术经济研究,2005,11:21-26.

1.2 国内外相关研究文献综述

1.2.1 国外研究文献综述

近年来,气候变化越来越成为各国政府、民众与工业界的热门话题,二氧化碳减排与低碳经济的发展越来越成为研究的热点领域。电力行业是二氧化碳最主要的排放源,对于低碳经济背景下的电力工业的发展与转型研究是学者们的关注焦点。总体来说,国外目前在低碳经济与电力工业领域的相关研究主要集中在以下五个方面:

1.2.1.1 气候变化与经济发展研究

2006年年末,一个影响深远的报告——《关于气候变化经济学的斯特恩报告》的发表,证实了气候变化能够引起的非常显著的全球社会和经济变化。Stern 强调了减少二氧化碳排放量的行为可以带来经济上的优势,定量分析了气候变化的经济影响;IPCC (2007)^①的研究指出,气候变化所引起的代价将致使全球 GDP 损失 5%;Foxon (2003)^②等人从宏观经济层面分析了低碳发展的政策、机遇与制约因素;Chris Hope 和 David Newbery (2008) 讨论了使用温室效应政策分析碳价格的主要问题。提出一系列的碳成本估算是可行的,但需要理解估算中的因素。Grubb (2006)^③分析了低碳发展目标与实现能源多

①IPCC. Climate Change 2007:mitigation. Contribution of Working Group III. To The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M].Cambridge University Press, New York.

②Foxon TJ. Inducing innovation for a low-carbon future: Drivers, barriers and policies[M]. London: Carbon Trust, 2003.

③Grubb M, Butler L, Twomey P. Diversity and security in UK electricity generation: the influence of low-carbon objectives [J]. Energy Policy, 2006, 34(18):4050-4062.