

China's path
to low-carbon energy

中国能源 低碳之路



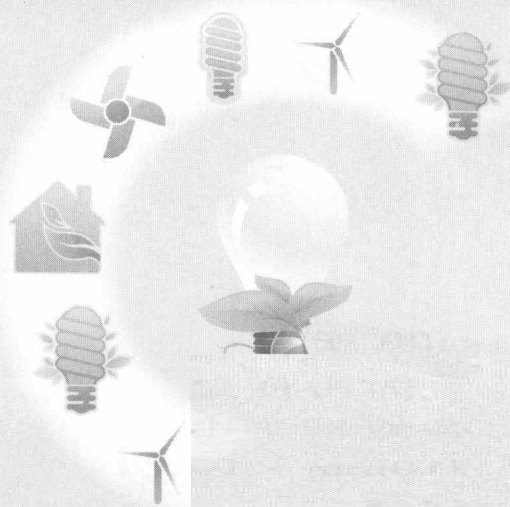
刘传庚 谭玲玲 丛威 赵龙祥◎著



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

China's path
to low-carbon energy

中国能源 低碳之路



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

北京

图书在版编目(CIP)数据

中国能源低碳之路/刘传庚等著.

北京:中国经济出版社,2011.5

ISBN 978-7-5136-0563-2

I. ①中… II. ①刘… III. ①能源—研究②气候变化—研究 IV. ①TK01②P467

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第009680号

责任编辑 赵静宜

责任审读 贺 静

责任印制 张江虹

封面设计 华子图文

出版发行 中国经济出版社

印 刷 者 三河市佳星印装有限公司

经 销 者 各地新华书店

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 14.5

字 数 200千字

版 次 2011年5月第1版

印 次 2011年5月第1次

书 号 ISBN 978-7-5136-0563-2/F·8755

定 价 38.00元

中国经济出版社 网址 www.economyph.com 社址 北京市西城区百万庄北街3号 邮编 100037

本版图书如存在印装质量问题,请与本社发行中心联系调换(联系电话:010-68319116)

版权所有 盗版必究 举报电话:010-68359418 010-68319282)

国家版权局反盗版举报中心(举报电话:12390)

服务热线:010-68344225 88386794

呼唤低碳发展理念

(代序)

能源与低碳经济,这是两个为国内外关注的话题。低碳经济概念的提出,无疑是人类社会文明的一大进步。发展低碳经济,一方面是积极承担环境保护责任,完成国家节能减排目标的要求;另一方面是调整经济结构,提高能源利用效益,走新型工业化道路,构建生态文明的现实途径,是实现经济发展与资源环境保护双赢的必然选择。

最近公布的《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中,正式提出了“树立绿色、低碳发展理念”的明确要求。2011年全国“两会”上,低碳发展也是代表、委员们讨论的热点话题,关于“低碳”的建议、提案也占了很大的比重。这表明,发展低碳经济、建设低碳社会已成为全社会共识,低碳理念已经深入人心。这对能源行业来说,既是压力,也是动力。

在低碳能源发展方面,虽然这几年我们发展很快,但与发达的工业化国家相比,仍然差距较大。未来五年乃至更长一段时间,我们从发展低碳经济、建设低碳社会的要求出发,应积极提倡“高碳能源低碳化利用”的先进理念,向科技要“低碳”,大力发展洁净技术,从生产、转换、运输和消费的整个环节,来考虑如何提高传统化石能源利用效率,降低单位碳排放。未来的中国,应该通过积极转



变经济发展方式、调整经济结构、落实节能减排目标,在发展低碳经济中找到新的平衡点。

这本《中国能源低碳之路》,是目前关于能源与应对气候变化问题方面,内容较全面、资料较翔实、文字较通俗的基础资料,是一本传播低碳理念,解读全球气候变化问题的科普读物。相信读者看后,会仁者见仁,智者见智,对低碳理念有更新、更深入的理解。

国家发改委能源研究所原所长、高级顾问
国家清洁能源规模化利用项目办公室执行主任

二〇一〇年十二月

前 言

科学家经过 180 多年的研究和预测,认为气候变化问题主要源自于温室气体的温室效应,大气中温室气体浓度越高,温室效应越强,气候升温越高,而对气候变化影响最大的是二氧化碳,主要是因为人类大量使用化石能源。政府间气候变化专门委员会第四次评估报告表明,大气中二氧化碳浓度已从工业革命前的 280ppm(百万分之一单位)上升到 2005 年的 379ppm,超过了近 65 万年以来的自然变化范围,近百年来全球地表平均温度上升了 0.74℃,全球气候变暖已成不争事实。

据美国橡树岭实验室研究报告,自 1750 年以来,全球累计排放了 1 万多亿吨二氧化碳,其中发达国家排放约占 80%。发达国家无约束地大量排放温室气体,对气候变化负有不可推卸的责任,理应承担主要义务。

气候变化问题不仅是环境问题,而且涉及到全球的政治、经济、外交和安全问题。气候变化问题与国际社会的回应进程是逐步深入的过程:科学研究—政治化—框架性公约—议定书—后京都谈判时代。回应过程是国家经济和环境权益再分配的过程,是反映复杂的国家利益冲突与协调的过程。应对全球气候变化问题是一项全球性任务,没有任何一个国家能够单独承担,在现有的全球治理框架下无法解决当前世界各国面临的能源、环境和气候变化挑战,只有通过合作,才能避免危机。

自 1990 年以来,国际社会经过了若干轮谈判,讨论和确定谁来减排、如何减排、减排多少、减排原则、减排时间表和减排机制等事务,形成了《联合国气候变化框架公约》、《京都议定书》等国际性文件,标志着气候



变化由自然科学问题转化为世界范围内的政治外交问题。

中国是气候变暖的受害国。近百年来,中国平均地表温度上升 1.1 度,高出全球平均上涨幅度。气候变化使中国的降水分布发生了改变,西部、华南地区降水增加,华北、东北大部分地区降水减少,形成南涝北旱。青藏高原冰川从 18 世纪末到现在融化了 24% 以上,到 2050 年可能再融化 27%。

中国作为发展中国家,经济发展水平相对较低,人均收入只有 3000 多美元,还有大量的贫困人口,因此发展仍然是第一要务。在中国目前的发展阶段,能源结构以煤为主,经济结构性矛盾仍然突出,增长方式依然粗放,能源资源利用效率较低,能源需求还将继续增长,控制温室气体排放面临巨大压力和特殊困难,这些都是中国实现可持续发展的重大制约因素。同时,积极应对气候变化,控制温室气体排放,也为中国落实科学发展观、加快转变经济发展方式带来重要机遇。

中国政府高度重视应对气候变化问题,采取了一系列政策和措施,大力调整经济结构,促进产业结构优化升级,努力形成“低投入、低消耗、低排放、高效率”的经济发展方式。积极发展循环经济,促进温室气体减排,推进资源利用减量化、再利用、资源化,从源头和生产过程减少温室气体排放。大力节约能源,提高能源利用效率,强化节能降耗问责制,加强节能统计体系、监测体系、考核体系建设,在重点行业 and 重点领域淘汰落后生产能力,有效推进节能减排工作。发展低碳能源,优化能源结构,可再生能源、新能源、天然气等无碳和低碳能源发展迅猛;大力开展植树种草等增加碳汇的活动。积极实施应对气候变化国家方案,克服各种困难,努力减少温室气体排放,加强应对气候变化能力建设,在这些方面,我们取得了显著成效。

国家主席胡锦涛指出,中国将进一步把应对气候变化纳入经济社会发展规划,并继续采取强有力的措施。一是加强节能、提高能效工作,争取到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年有显著下降。二是大力发展可再生能源和核能,争取到 2020 年非化石能源占一次能源消

费比重达到 15% 左右。三是大力增加森林碳汇,争取到 2020 年森林面积比 2005 年增加 4000 万公顷,森林蓄积量比 2005 年增加 13 亿立方米。四是大力发展绿色经济,积极发展低碳经济和循环经济,研发和推广气候友好技术(2009 年 11 月胡锦涛主席在联合国气候变化峰会上的讲话)。

2009 年 11 月 26 日,中国政府正式对外宣布控制温室气体排放的行动目标,决定到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%。这是中国政府第一次对全世界公开承诺量化减排指标。

中国政府旨在推动温室气体减排的碳强度指标的正式公布,是中国节能减排领域一次里程碑式的事件,表明中国积极为全球气候变化承担“共同但有区别的责任”。与此同时,随着碳控制指标的制订,一系列相关市场和监管体系将随之建立,中国将正式进入低碳发展时代。

中国低碳发展之路需要思考的问题是:(1)是否能够获得足够多、价格合理且又清洁的能源来支撑未来 30 年经济的快速增长?(2)我们又需要构建怎样的能源供给体系,才能确保对经济增长具有足够的能源支撑能力?(3)我们又要怎样才能像英美那样,使经济增长早日摆脱对能源增长的依赖,把能源供给的不确定性和高能耗经济的脆弱性降至最低水平?(4)能否化解高度依赖化石能源所带来的风险和脆弱性?(5)我们如何在改变能源生产与消费结构、提高能源使用效率、降低能源消耗和二氧化碳排放中,既满足我国经济社会发展的需要,又提高在国际能源政治中的话语权和影响力?

本书围绕国际社会全球气候谈判和我国经济社会发展的要求,在梳理能源与气候变化的关系、气候变化谈判历程和矛盾焦点、中国政府立场以及中国能源发展对策等方面,进行深入研究,提出中国能源领域发展的对策建议。

目 录

呼唤低碳发展理念(代序)

前言

第一章 气候变化问题:自然科学视角

- 一、气候变化的由来 / 1
- 二、未来全球气候变暖 / 5
- 三、气候变化涉及的自然科学问题的四个重要结论 / 6
- 四、适应气候变化的能源产业发展方向 / 7

第二章 全球碳排放现状及趋势:历史视角

- 一、全球碳排放历史及现状 / 9
- 二、碳排放量的计算 / 14
- 三、全球碳排放的基本特征 / 17
- 四、中国碳排放的总体状况 / 21

第三章 国际社会应对气候变化路线图:谈判演化视角

- 一、气候变化由科学研究到政治行动的过渡历程 / 31
- 二、联合国气候变化框架公约 / 32
- 三、京都议定书 / 35
- 四、《京都议定书》通过后的几个重要文件 / 35
- 五、《京都议定书》生效 / 37



六、国际气候谈判争议 / 38

第四章 国际社会应对气候变化路线图:新减排谈判视角

一、地球升温“2℃”概念的背后 / 48

二、后京都谈判过程中的各国立场 / 49

三、应对气候变化的其他新机制 / 53

四、美国气候与能源政策的变化对中国的压力 / 54

五、哥本哈根会议前部分国家宣布的减排目标 / 58

第五章 中国气候变化谈判应对措施:政府立场视角

一、国家领导人关于气候变化问题的主张 / 61

二、应对气候变化谈判“四项基本原则”的提出 / 73

三、《气候变化国家评估报告》解读 / 75

四、国家应对气候变化协调机制 / 78

五、中国 2020 年减排目标 / 81

第六章 中国能源发展之路:历史视角

一、中国能源资源储量 / 83

二、中国能源发展历程 / 91

三、新能源:中国能源产业发展取向 / 101

第七章 中国能源发展之路:中长期低碳发展视角

一、国外低碳经济研究的基本观点 / 107

二、国内低碳经济研究的基本观点 / 108

三、低碳经济与低碳发展 / 109

四、中国能源现状与出路 / 114

五、中国未来低碳发展的预测 / 118

六、中国能源技术安全 / 123

第八章 中国应对气候变化现实路径——非化石能源消费视角

一、我国一次能源消费的构成 / 132

二、非化石能源发展的现状 / 134

三、15% 目标实现的非化石能源需求分析与基本路径 / 138

四、未来能源消费展望 / 143

第九章 中国低碳发展的必经之路——节能和提高能效视角

一、我国节能和提高能效潜力巨大 / 146

二、中国特色节能之路(重点领域节能) / 149

三、大力实施淘汰落后产能 / 152

四、能源生产利用方式展望 / 153

五、节能政策建议 / 154

第十章 中国低碳发展的关键:洁净煤技术视角

一、中国能源结构与煤炭主体地位 / 163

二、煤炭加工技术 / 166

三、煤炭高效洁净技术 / 169

四、煤炭转化技术 / 171

五、煤炭燃烧污染排放控制技术 / 176

六、洁净煤技术发展趋势 / 179

第十一章 中国应对气候变化的能源对策

一、中国政府的能源政策 / 181

二、中国能源产业取得的主要成就 / 182

三、中国能源产业发展面临的挑战 / 189

四、中国能源产业发展的方向和目标 / 196

五、实现能源战略目标的四项计划 / 200

主要参考文献

第一章 气候变化问题:自然科学视角

一、气候变化的由来

气候变化^①问题主要源于温室气体的温室效应。在地球的大气层中,有一部分气体,例如二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳、六氟化硫等,由于可以无障碍地让太阳辐射到地球的热量通过,同时阻挡地球表面反射回来的长波辐射,致使地球大气层内部的温度升高,所以被称为温室气体(见表 1.1)。一般来说,大气中温室气体浓度越高,温室效应越强,气候变暖将进一步加剧。对气候变化影响最大的是二氧化碳,它的寿命期很长,一旦排放到大气中,其寿命可达 50 ~ 200 年,因而最受关注。

表 1.1 《京都议定书》限定的六种温室气体

1	CO ₂ (二氧化碳)
2	CH ₄ (甲烷)
3	N ₂ O (氧化亚氮)
4	HFCs (氢氟碳化物)
5	PFCs (全氟化碳)
6	SF ₆ (六氟化硫)

科学家早就对人类活动引起全球气候变化进行了研究和预测。

^① 《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)第一款中,将“气候变化”定义为:“经过相当一段时间的观察,在自然气候变化之外由人类活动直接或间接地改变全球大气组成所导致的气候改变。”UNFCCC 因此将因人类活动而改变大气组成的“气候变化”与归因于自然原因的“气候变率”区分开来。

1827 年,傅里叶(Baron J. B. Fourier)提出了温室效应理论^①,他认为大气中和温室玻璃内的环境条件非常相似,这也是温室效应得名的原因。

1860 年,美国科学家廷德尔(John Tyndall)测出二氧化碳和水汽对红外辐射的吸收率,他还大胆猜测,冰期的形成可能与大气中二氧化碳含量减弱有关。这说明人们已经开始注意大气中的温室气体浓度变化与气候变化的关系。

1896 年,诺贝尔化学奖获得者瑞典化学家斯凡特·阿列纽斯(Svante Arrhenius)预测:化石燃料燃烧增加大气中 CO_2 浓度,从而导致全球变暖。

1940 年前后,G. S. Calendar 首次计算了化石燃料燃烧使大气中二氧化碳浓度增加而导致的气候变暖效应。

1957 年,美国加利福尼亚斯克里普斯海洋研究所的 Roger Revere 和 Hans Sues 指出,二氧化碳浓度的增加将会带来严重的后果。

1957 年,NOAA 开始在夏威夷的 Mauna Loa 山开始进行大气中二氧化碳浓度值的观测。该山高约 3400 米,位于太平洋的正中,基本不受陆地上污染等影响,是观察大气自然状况的理想地点。加之观测仪器比较先进,使该观测结果经常出现在大气二氧化碳浓度变化的有关文献中,具有较高的参考价值。他们的观测结果表明,近年来大气中二氧化碳的浓度值一直在直线上升。

随着人类活动进一步加剧,大气中二氧化碳等温室气体的浓度还将增加,人们开始意识到问题的重要性,并开始了多学科、系统化地进行本领域的研究工作。近几十年来,温度升高的总体趋势更加明显,已经引起各方的严重关切。

^① 温室效应(西班牙语 Efecto Invernadero)又称“花房效应”,是大气保温效应的俗称。是指透射阳光的密闭空间由于与外界缺乏热交换而形成的保温效应,就是太阳短波辐射可以透过大气射入地面,而地面增暖后放出的长波辐射却被大气中的二氧化碳等物质所吸收,从而产生大气变暖的效应。

1982 年 Kuivinen 对生长于南部格陵兰地区的桦木、1996 年 Jacoby 等人对外蒙古中西部高山林线附近的西伯利亚松的树木年轮分析也表明不同时期的气候均有升高的趋势。

1985 年,法国和前苏联科学家们利用冰岩芯,重建了史前时期以来大气中碳元素含量及其与大气温度之间的相互关系。

1987 年,Goddard 空间站的科学家 James Hansen 综合研究和对比了卫星观测数据和地面资料,也认为近年来地球的迅速变暖是不容置疑的客观事实。

1999 年,挪威 Nansen 环境和遥感中心的 Joannessen 等科学家利用卫星微波遥感数据研究了北冰洋上永久冰层的变化。结果表明,1978—1998 年之间,这里的永久冰层覆盖面积正以每 10 年减小 3% 的速度萎缩。这些数据已经被广泛用于定量地说明北极地区冰层覆盖面积的变化。他们的数据还显示,这里的永久冰层面积和实际单位面积上的冰层平均厚度显著相关。这也可以视为全球气候暖化和温室效应增强的直接证据之一。^①

近几年来,人们对温室效应与全球变暖的研究在温室气体的有关变化细节、温室效应增强与气候变暖的关系、生态系统对气候变暖的响应等方面都取得了较大进展。

联合国环境规划署(UNEP)2008 年 3 月 16 日报告:由于全球气候变化,冰川正在以最快的速度融化,并且许多冰川可能在数十年内消失。科学家调查发现:世界各地近 30 条冰川,1980—1999 年平均每年退缩 0.3 米,但自 2000 年起,后退速度升至每年平均 0.37 米,2006 年平均退缩了 1.5 米(全球环境变化研究信息中心等编,2008)。

2008 年 6 月 19 日出版的 Nature 杂志报道来自美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室(Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL)、澳大利亚天气

^① 戴君虎,晏磊. 温室效应及全球变暖研究简介,世界环境,2001(4):18-21.



与气候中心(Centre for Australian Weather and Climate Research)以及南极气候和生态系统合作研究中心(Antarctic Climate and Ecosystems Cooperative Research Center)的研究小组利用改进观察方式比较气候模型显示,在1961—2003年,海平面每年的上升速度为1.5毫米,也就是说,在这42年间海平面大约上升了6.35厘米。

美国NASA戈达德太空研究所(Goddard Institute for Space Studies, NASA)主任James Hansen呼吁:大气中的CO₂浓度已经到了危险水平(385ppm是“引爆点”,2007年是383.1ppm)。控制大气中CO₂浓度成为人类社会刻不容缓的事情。

威尔森(H. Wilson)和汉森(J. Hansen)等^①应用全球大量气象站观测资料,将1880—1993年逐年气温对1951—1980年的平均气温求矩平值。计算结果为,全球平均气温从1880—1940这60年中增加了0.5℃,1940—1965年降低了0.2℃,然后从1965—1993年又增加了0.5℃。北半球的气温变化与全球形势大致相似,升降幅度略有不同。从1880—1940年平均气温增暖0.7℃,此后30年降温0.2℃,从1970—1993年又增暖0.6℃(见表1.2)。

表 1.2 威尔森、汉森等计算的全球平均气温升降结果

时间	全球平均气温升降
1880—1940	升高 0.5℃
1940—1965	下降 0.2℃
1965—1993	升高 0.5℃
1970—1993	升高 0.6℃
1998 ^①	升高 0.4℃
2007 ^①	升高 0.74℃

①引自顾朝林等,气候变化、碳排放与低碳城市规划研究进展. 城市规划学刊,2009年第3期 总第181期:39.

① 近代气候变化特征,中国科学技术蓝皮书第5号 http://www.china001.com/show_hdr.php?xname=PPDDMV0&dname=3T9J651&xpos=23.

二、未来全球气候变暖

政府间气候变化专门委员会(IPCC)^①第四次评估报告指出:全球明显变暖,未来持续升温。IPCC的主要依据是:

(1)最近 100 年(1906—2005)全球地表平均温度升高 0.74℃,自 1850 年以来,最暖的 12 个年份中有 11 个出现 1995—2006(1996 年除外),而 1998 年是自 1861 年以来有仪器记录的最暖的年份。

(2)过去 50 年的升温速度几乎是过去 100 年升温速度的 7 倍,也就是说地球变暖的速度在加快。

(3)自 1750 年以来,大气中的二氧化碳已经增加了 31%,甲烷的浓度增加了 151%,氧化亚氯增加了 17%,而且还在继续增加。

(4)由于全球平均温度上升,海水热膨胀和陆地山岳冰川消融导致海平面上升,潮汐测量资料显示,20 世纪全球平均海平面上升了 0.1 ~ 0.2 米,上升速率为 1.0 ~ 2.0 毫米/年。

(5)IPCC 预测:到 2100 年,全球平均气温将上升 1.1℃ ~ 6.4℃;11 ~ 32 亿人可能遇到饮用水问题;2 ~ 6 亿人将面临饥饿威胁;每年沿海地区的 2 ~ 7 亿居民可能遭受洪涝灾害。如果气候变化问题得不到缓解,将会引发洪水、干旱和热浪等更多的自然灾害。

(6)由前世界银行首席经济学家尼古拉斯·斯特恩(Nicolas Stern)主持完成的报告第一次以美元为单位对全球变暖的影响进行了评估,并给出了人类社会未来的图景。这份报告认为,如果在未来几十年内不能及时采取行动,那么全球变暖带来的经济和社会危机,将堪比世界大战以及 20 世纪前半叶曾经出现过的经济大萧条。届时,全球 GDP 的 5% ~ 20%

^① 注:为了给国际社会提供关于气候变化问题的权威的科学信息,1988 年,世界气象组织和联合国环境规划署成立了政府间气候变化专门委员会(IPCC),负责组织世界各地不同科学领域的专家,对有关气候变化的科学成果及技术、经济信息进行综合的分析与评估。IPCC 已分别于 1990、1995、2001、2007 年完成了四次气候变化评估报告。

都有可能损失殆尽。

三、气候变化涉及的自然科学问题的四个重要结论

当前,全球气候变化作为一个自然科学问题已经普遍为各国所接受。通过 IPCC 的报告,可以明确以下几个关于全球气候变化的事实:

1. 气候变暖已成无可争议的事实

人为活动很可能是导致气候变暖的主要原因。专家们在这一部分报告中预测说,从现在开始到 2100 年,全球平均气温升高幅度可能是 $1.8^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$,海平面升高幅度是 $18\text{cm} \sim 59\text{cm}$,而造成这一趋势的原因有 90% 可能是人类活动。

2. 气候变暖将使部分人面临死亡威胁

由于技术和财力方面的应对能力有限,那些最贫穷的国家受到的影响将最为严重。在非洲,酷热将使登革热、霍乱、疟疾等疾病蔓延,造成更多人死亡。

3. 全球气候变暖对世界各国社会、经济等各领域产生影响

有必要立即采取措施,使未来全球温室气体排放量控制在一个稳定的水平上,避免对人类生存环境、社会、经济等各领域产生严重的负面影响,但要实现这一点,经济上必定要付出一定代价。

4. 目前,全球温室气体浓度水平为 379ppm (百万分之一)二氧化碳当量

假设能够实现在 2030 年将温室气体浓度峰值控制在 $445\text{ppm} \sim 710\text{ppm}$ 之间,全球 GDP 最高可能损失 3%,如果尽快采取有效的减缓措施,那么对 GDP 的影响不大。如果现有的减缓气候变化政策和措施不加以改进,全球温室气体排放在未来几十年内仍将继续增加。