

Carbon Emission Study in Beijing

北京市碳排放研究

唐葆君 胡玉杰 周慧玲 著



科学出版社

北京市碳排放研究

Carbon Emission Study in Beijing

唐葆君 胡玉杰 周慧玲 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

21 世纪以来全球极端天气事件频发,气候变化问题成为人类发展的巨大挑战,与人类使用能源与排放活动密切相关。中国作为世界上最大的发展中国家、第一大能源消费和二氧化碳排放国家,其节能减排问题备受关注。首都北京是中国的超大型中心城市,其经济发展迅速,能源需求旺盛,历史排放严重,且面临着资源匮乏、环境污染、交通拥堵等一系列问题,成为学术界及政府共同关注的节能减排、低碳可持续发展的焦点。

本书立足于中国能耗及碳排放的现实背景,选取我国的首都北京作为低碳发展的研究对象,从能源利用与碳排放问题入手,研究北京市能源消费与二氧化碳排放的特点、基于三大产业视角的北京市能源消费影响因素、低碳约束下北京市工业部门发展能力评估、北京市交通运输业的能源消费影响因素、北京市电力部门碳排放及能源消费的影响因素、居民消费对能源消费及二氧化碳排放的影响、北京市碳市场的运行绩效与成熟度评估等重要问题,论述每个问题的研究思路、模型方法、数据处理,并对结论进行详细阐述,以政策分析为导向,提出对北京市低碳经济发展具有价值的参考建议。

本书可供从事城市低碳发展路径、应用经济、管理科学、环境与资源科学、能源经济等方面研究的技术人员、管理人员、科研工作者阅读和参考,也可作为高等院校相关专业的研究生、本科生和教师的参考教材,有重要的科学意义和广泛的应用价值。

图书在版编目(CIP)数据

北京市碳排放研究=Carbon Emission Study in Beijing/唐葆君,胡玉杰,周慧羚著. —北京:科学出版社,2016. 11
ISBN 978-7-03-050292-6

I. ①北… II. ①唐…②胡…③周… III. ①二氧化碳-排气-研究-北京 IV. ①X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 258134 号

责任编辑:耿建业 陈构洪 陈 琼 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:张 伟 / 封面设计:铭轩堂

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>

北京中石油彩色印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 11 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016 年 11 月第一次印刷 印张:12

字数:229 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着中国工业化、城镇化进程的加快推进,能源需求不断增长,资源环境承载能力已经达到或接近上限,特别是京津冀地区,高耗能、高污染行业相对集聚,环保减排压力倍增。首都北京作为中国的超大型中心城市,更面临着交通拥堵、资源匮乏、环境污染等一系列问题。党的十八届五中全会再次强调要坚持资源节约和环境保护的基本国策,坚持绿色发展,推动建立绿色循环低碳的产业发展体系。这对北京的节能低碳工作提出了更高要求。

发展低碳经济是突破北京市资源与环境约束的必然选择。城市低碳经济作为一种新的发展模式,旨在倡导一种以低能耗、低污染、低排放为基础的经济模式,涉及城市经济发展中的生产、分配、交换和消费等各个环节。按照《北京市国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》,绿色宜居类指标超过经济类指标,放在了更加重要的位置。“十三五”规划期间,北京市需要在保障城市经济高速发展的前提下,严格控制化石能源消费和碳排放增长,狠抓重点领域和关键环节,持续完善市场化机制,继续强化节能减排基础工作,实现北京市经济、社会、环境协调可持续发展。

本书出版正值“十三五”规划开局之年,期望书中研究成果能够助力北京城市建设,推动低碳经济发展取得新突破。本书从产业发展与二氧化碳排放的角度入手,分析北京市三大产业及主要行业的能源消费和碳排放情况,系统研究其影响因素,为北京市的产业发展和低碳减排工作提供政策参考。本书研究的主要问题如下。

(1) 能源消费与二氧化碳排放研究。

中国面临着能源消费与二氧化碳排放总量不断增加的严峻形势。北京作为中国的政治与文化中心,依托于其优厚的区位优势,具备较好的低碳发展能力。面对节能减排的机遇和挑战,正确选择适合自身的低碳经济发展道路至关重要。本书全面介绍中国及北京市能源消费特点与碳排放现状,发现中国当下存在能源利用效率偏低、碳排放强度偏高等问题,北京市能耗与排放整体优于全国平均水平,但行业间差异显著。研究结果表明,北京市经济发展对碳排放起主要推动作用。

(2) 北京市三大产业低碳发展研究。

北京市正处于工业企业和服务业等行业改革的关键时期。三大产业能耗约占北京市能耗总量的80%,因此,深入分析产业端能源消费与各影响因素间的内

在联系、考察重点行业的用能情况，对于提高北京市能源利用效率、优化产业结构具有重要的理论和现实意义。研究结果表明，北京市产业能耗增加的同时，能源利用效率也稳步提升；能源强度是能源消费的主要负向驱动因素。

(3) 低碳约束下北京市工业部门发展能力研究。

工业部门作为主要的能源消费部门，更是降低碳排放的关键，北京市的工业部门也存在减排需求和示范责任。本书针对北京市工业部门在低碳经济导向下的发展能力与减排潜力问题，从工业的低碳约束、规模效益、发展效率和发展实力等方面建立指标体系，分别得到在单个指标下的优势行业，并在综合评价指标体系下，确定汽车制造业为北京市低碳工业的优先发展部门。

(4) 北京市交通运输业低碳发展研究。

交通运输业对于地区经济发展和城市化建设具有重要作用，北京市社会及私人车辆规模快速增长，给能源消费总量控制增添了更大的挑战。通过总结梳理北京市交通运输业发展情况，发现其规模增长的同时也引起能耗快速上升，且能耗结构不尽合理。研究结果表明，人口强度对营运性道路交通能耗存在持续的负向驱动效应，而对社会及私人车辆能耗的驱动效应在逐渐降低。

(5) 北京市电力部门低碳发展研究。

中国的电力以火电为主，火电的生产主要依赖煤炭，发电过程伴随大量的二氧化碳排放。本书从总量上把握北京市电力及其碳排放情况，研究结果表明产业人均收入是影响北京市电力消费的主要因素。从生产和消费角度的研究结果显示，生产角度碳排放主要受能源强度的影响，而消费角度碳排放主要受火力发电能耗的影响。

(6) 居民消费对能源消费及二氧化碳排放的影响。

经济发展和城市化进程显著提高了北京市居民的生活水平。居民在消费日用品的过程中，势必引致能源消耗；同时，生产制造这些产品的能源投入也视为居民消费引致的能源消费。本书验证了收入水平提高对间接能源消费和碳排放的正向推动作用。研究结果表明，人均消费是居民直接碳排放的主要正向驱动因素，而单位消费支出的间接能耗是居民间接碳排放的最大影响因素。

(7) 北京市碳市场机制研究。

碳市场作为一种低成本、高效率的政策减排工具，在世界范围内得到推行。北京市是我国低碳试点城市、低碳交通试点城市和碳排放权交易试点城市。本书考察了2013年6月以来北京市碳排放权交易运行情况，发现交易已初具规模，企业履约情况良好。对北京市碳市场的绩效及成熟度评估结果显示，市场的综合能力位居全国试点第二位，但成熟度较低，有待于进一步活跃交易。

本书围绕上述北京市碳排放的焦点问题展开，针对具体产业和行业部门的重点问题进行剖析，简要论述每个问题的研究思路、模型方法、数据处理，并对结

论进行详细阐述，以政策分析为导向，提出对北京市低碳经济发展具有价值的参考建议。

本书由唐葆君负责总体设计、策划、组织和统稿。第1章由胡玉杰、唐葆君完成；第2章由周保进、唐葆君完成；第3章由赵一璠、周慧玲、唐葆君完成；第4章由周保进、唐葆君完成；第5章由李茹、唐葆君完成；第6章由李银玲、唐葆君完成；第7章由胡玉杰、唐葆君完成。尹佳音、余畅参与了本书的研究讨论和校对工作。

本书的研究与撰写得到了国家自然科学基金资助创新研究群体科学基金(No. 71521002)、国家自然科学基金面上项目(No. 71573013)、北京市自然科学基金(No. 9152014)等的支持。北京理工大学能源与环境政策研究中心(CEEP-BIT)的研究团队对我们的工作给予了大力支持。衷心感谢研究中心主任魏一鸣教授的鼓励、指导和斧正。值此，向他们的无私帮助表示崇高的敬意！

特别感谢本书引文中的所有作者！

限于著者知识修养和学术水平，书中难免存在不足之处，恳请读者批评、指正！

唐葆君

2016年4月于北京

目 录

前言

第 1 章 能源消费与二氧化碳排放研究	1
1.1 中国经济发展、能源利用与二氧化碳排放密切相关	2
1.1.1 经济发展推动能源消费,化石能源仍为主要能源消费品种	4
1.1.2 能源利用效率偏低,工业行业有待调整	6
1.1.3 二氧化碳排放不断增加,历史累计量低于发达国家	8
1.1.4 人均碳排放水平较低,碳排放强度较高	9
1.2 中国低碳经济发展研究	10
1.2.1 低碳经济发展的理论依据	10
1.2.2 在命令-控制型减排政策下,逐步引入激励型减排机制	13
1.2.3 抓住减排道路中的优势与机遇,应对劣势与挑战	16
1.3 北京市能源消费的特点	17
1.3.1 经济发展促进能耗增加,第三产业能耗比例上升	17
1.3.2 能源消费结构多元化,电力消耗占比较大	18
1.3.3 能源利用效率不断提高,分行业存在差异	19
1.4 北京市二氧化碳排放的现状分析	20
1.4.1 碳排放不断增加但总量较低,人均碳排放低于全国水平	20
1.4.2 人均历史累计碳排放量较高,位居全国前十	21
1.4.3 二氧化碳强度逐步降低,低于全国碳排放强度	21
1.5 北京市能源消费的二氧化碳排放变化研究	22
1.5.1 影响因素研究方法介绍——LMDI 分解法	22
1.5.2 能源消费促使碳排放增加,排放强度高于发达国家	25
1.5.3 经济发展驱动碳排放增加,降低能源强度有效实现控排	25
第 2 章 北京市三大产业低碳发展研究	30
2.1 北京市三大产业能源消费碳排放现状	31
2.1.1 产业能源消费总体呈上升趋势,产业间能源消费大	31
2.1.2 能源消费与经济增长相互影响,三大产业变革加剧	32
2.1.3 化石能源消费占据首位,非化石能源消费快速增长	34
2.1.4 产业能源效率稳步提升,提高能效是节能减排关键	36
2.1.5 行业能源消费变化显著,重工业比例正在逐步减小	38

2.2	北京市产业端能源消费影响因素分析	40
2.2.1	LMDI 模型构建及数据说明	41
2.2.2	三大产业能源消费驱动因素及其贡献	43
2.3	北京市产业能源消费和碳排放政策建议	45
2.3.1	北京市行业增加值与能源消费相互促进	45
2.3.2	北京市产业间重工业能源强度变动较大	47
2.3.3	提高能源强度和调整产业结构是可持续发展的必由之路	48
第3章	低碳约束下北京市工业部门发展能力研究	50
3.1	发展低碳工业对北京市节能减排具有重大意义	51
3.1.1	从产业结构和技术创新角度设计减排路径	51
3.1.2	碳排放的因素、计算和评价方法	52
3.2	北京市工业产出与碳排放的关系研究	53
3.2.1	基于人口、经济增长和技术进步的碳排放影响因素模型	53
3.2.2	北京市工业总产值是碳排放的主要驱动因素	55
3.3	北京市工业行业能源消耗与碳排放现状	57
3.3.1	北京市低碳政策初见成效	57
3.3.2	高耗能行业碳排放居高不下	58
3.4	北京市工业行业的综合评价研究	59
3.4.1	北京市工业行业评价方法与指标	59
3.4.2	制造业普遍具有碳生产力优势	60
3.4.3	电力、汽车制造和计算机通信制造的行业规模效益可观	61
3.4.4	工业行业效率整体表现优异	63
3.4.5	水资源等基础供应行业和高新技术行业较具发展能力	64
3.4.6	汽车制造业综合评价最优	65
3.5	北京市低碳工业发展的若干建议	68
3.5.1	依据低碳优势调整工业产业结构	68
3.5.2	重点培育新能源和高新技术产业	69
第4章	北京市交通运输业低碳发展研究	70
4.1	北京市交通运输业指标分析	71
4.1.1	交通运输线路里程稳步增长, 等级公路发展空间大	71
4.1.2	交通运输设备数量逐步增加, 出租车数量渐趋平稳	71
4.1.3	交通运输规模呈现快速增长, 不同交通方式有差异	72
4.1.4	交通运输能源消费快速增长, 能耗结构需不断完善	75
4.1.5	能源消费和经济增长正相关, 注重能源消费的质量	76
4.2	北京市营业性道路交通能耗影响因素分析	77

4.2.1	营业性能源消费模型构建与数据说明	79
4.2.2	营业性道路运输能源测算	80
4.2.3	提高能源效率、改善人口强度是营业性道路运输节能减排的关键	86
4.3	北京市社会及私人车辆能耗预测及影响因素分析	87
4.3.1	社会及私人车辆能耗研究方法 with 数据说明	87
4.3.2	社会及私人车辆能耗趋于稳定	89
4.3.3	社会及私人车辆能耗驱动因素及其总量分析	92
4.3.4	提高能源效率、加大基础设施投入是可持续发展的关键	94
第5章	北京市电力部门低碳发展研究	96
5.1	北京市电力基本情况	97
5.1.1	供电逐年增加,发电煤耗呈下降趋势	98
5.1.2	用电逐年增加,行业、区域差异明显	103
5.2	北京市电力消费与经济发展的关系	104
5.2.1	电力消费与经济增长相辅相成	105
5.2.2	产业人均收入是影响电力消费的主要因素	106
5.3	北京市电力部门碳排放情况及影响因素	110
5.3.1	北京市火力发电碳排放先增后减	111
5.3.2	生产角度碳排放主要受能源强度效应影响	113
5.3.3	消费角度碳排放主要受火力发电能源消耗影响	117
第6章	居民消费对能源消费及二氧化碳排放的影响	121
6.1	居民消费对能源消费及二氧化碳排放的影响研究	122
6.1.1	居民生活与能源消费、碳排放密切相关	122
6.1.2	居民不同消费领域的能源消费及碳排放分析	122
6.1.3	居民消费领域能源消费和碳排放量的影响因素分析	123
6.2	北京市居民消费及能源消费情况	124
6.2.1	居民消费支出逐年增加,城镇与农村消费构成存在差异	124
6.2.2	城镇能源消费结构有所改善,农村能源消费仍以化石能源为主	127
6.2.3	城镇与农村间接能源消费结构存在差异,农村间接能源消费较少	129
6.3	北京市居民二氧化碳排放情况	133
6.3.1	城镇直接二氧化碳排放量明显高于农村	134
6.3.2	食品等方面的间接碳排放量占比相对较大	135
6.4	不同收入水平居民能源消费及二氧化碳排放分析	137
6.4.1	居民收入水平越高,间接能源消费量越多	138
6.4.2	居民收入水平提高,二氧化碳排放量增加	142
6.5	居民消费对二氧化碳排放的影响分析	146

6.5.1	基于 LMDI 分解法的影响因素模型构建	146
6.5.2	人均消费驱动直接二氧化碳排放,降低单位消费能耗实现有效 减排	146
6.5.3	降低单位消费的间接能耗驱动减排,居民生活水平及人口因素 增加碳排放	150
第 7 章	北京市减排机制研究——碳市场机制	157
7.1	北京市低碳发展的经验借鉴及路径选择	158
7.1.1	借鉴发达国家低碳城市的转型发展经验	158
7.1.2	发展及完善适合自身的激励型减排措施	158
7.1.3	北京市与其他试点城市的碳市场建设对比	159
7.2	北京市碳市场机制运行情况分析	162
7.2.1	碳市场交易初具规模,市场流动性较差	162
7.2.2	控排企业较多,履约情况良好	164
7.2.3	立法不断完善,碳市场交易的流程逐步规范化	166
7.3	北京市碳市场机制综合评价指标构建与模型介绍	166
7.3.1	北京市碳市场机制评价的研究意义	166
7.3.2	综合评价指标体系的构建	166
7.3.3	建立基于变异系数法的 TOPSIS 模型	167
7.4	北京市碳市场发展的绩效与成熟度评估	169
7.4.1	综合能力评价较好,位居试点排序第二	169
7.4.2	运行成熟度较低,市场流动性差	170
7.4.3	运行绩效水平较高,经济效益有待改善	172
7.4.4	交易深度与减排效果的评价意义最大	173
参考文献		176

第1章 能源消费与二氧化碳排放研究

随着世界经济的发展，工业化进程不断加深，能源作为支撑国家经济增长的基本要素，是现代社会生存与发展的基础。能源消费与日俱增，温室气体排放备受关注，中国面临着能源消费与二氧化碳排放总量不断增加的严峻形势，面对着节能减排的机遇和挑战，如何选择适合自身的低碳经济发展道路至关重要。北京作为我国的政治、文化中心，依托于其优厚的区位优势，具备较好的低碳发展能力。伴随着北京生活环境、空气状况不断恶化，开展低碳经济发展路径的探寻与选择变得势在必行。因此，北京市不断增长的能源消耗与二氧化碳的排放问题亟须解决，本章深入分析能源消费中的二氧化碳排放变动的原因，寻求根本的解决方法，为北京市低碳路径的选择提供参考。

本章主要解决以下问题：

- 中国能源消费与二氧化碳的排放情况
- 中国低碳经济发展路径的理论与现实选择
- 北京市能源消费的特点
- 北京市二氧化碳排放的现状
- 北京市能源消费的二氧化碳排放变化

1.1 中国经济发展、能源利用与二氧化碳排放密切相关

能源作为支撑国家经济增长的基本要素,是现代社会生存与发展的基础。近年来,随着世界经济的发展,工业化进程不断加深,能源资源作为必不可少的基础发展要素,备受关注。能源的开发利用,与社会生产力、科学技术、人类生活水平的发展有密切的关系。能源的利用推动了社会经济的发展,社会经济的发展需要能源提供物质支撑,并且经济发展和科学技术的提高又推动了能源技术的研究,能源科技的每一次突破都能引起人类社会生产技术的革命,因此能源利用的发展与社会经济的进步相关且同步。20世纪70年代以来,世界经济总量与世界能源消费量呈现出显著的正相关(相关系数为0.986,双尾检验的 P 值=0.000),如图1-1所示。



图1-1 世界经济总量与能源消费量(1970~2014年)

数据来源: World Bank (2015), BP (2015)

工业革命以来,世界经济快速发展,经济总量大幅增加,从1970年的2.95万亿美元,增长至2014年的77.85万亿美元,实现25.39倍的增长;能源需求伴随着经济发展不断增加,由1970年的49.13亿吨标准油当量增加为2014年的129.28亿吨,年均增长率为2.23%。综合而言,经济增长与能源消耗密切相关,经济增速显著高于能源消费的增速,2014年的经济增速为能源消费增速的2.23倍,但经济增速与能源消费增速的差距却在逐年减小(图1-1)。随着世界能源需求的不断增加,能源的消费结构也在发生相应的变化。第一次工业革命促使煤炭能源消费的增加,随后汽车工业与跨国石油公司的出现,使石油工业获得了前所未有的发展,石油替代煤炭成为世界最主要的一次能源。目前的世界一次能源消费以石油、煤炭、天然气等化石能源为主。2013年较1971年而言,化石能源

比例呈小幅下降,降幅约为1%,石油、煤炭比例下降,天然气及可再生能源的比例有所上升,但是化石能源仍为世界的主要能源消耗品种,2013年约占84%(图1-2)。化石能源的大量开采与利用,以及其生产与消费过程中大量温室气体的排放,造成了严重的环境污染、生态破坏,是人类环境恶化和全球气候变化的主要原因。

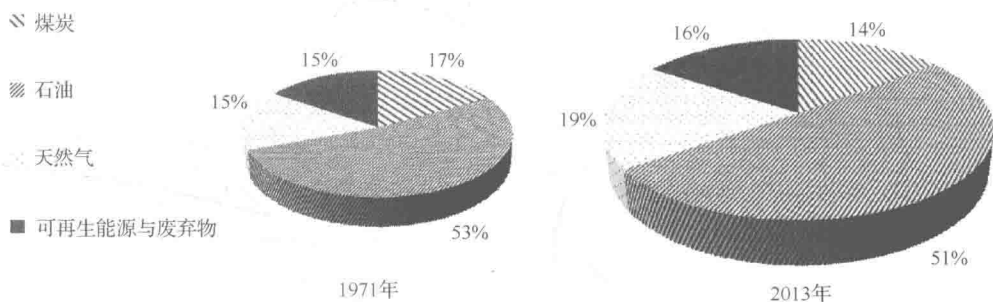


图1-2 世界能源消费结构对比 (1971年和2013年)

数据来源: IEA (2015)

随着人类生存与发展活动逐步增加,能源消耗不断加剧,而其中由化石能源消耗引起的二氧化碳排放及全球气候变化问题日益显著。全球气候变化的事实已经引起了国际社会的高度关注。政府间气候变化专门委员会(IPCC)第二次、第三次、第四次评估报告,均认为气候变化即全球变暖问题日益严重,且逐步验证了人类活动极有可能是气候变化的主要原因。人类现代的生产、生活方式造成大量的温室气体的排放。IPCC(2007)的统计数据表明,由于工业革命以后大量化石能源的利用,人类生产、生活导致的温室气体排放约占全球温室气体排放总量的90%以上,其中5个主要的温室气体排放部门中多数是化石能源消耗相对集中的部门。由人类活动引致的能源利用与温室气体的排放密切相关,能源消费需求的增加,化石能源消耗的加剧,促使二氧化碳排放的增加。1965年来,伴随着世界能源消费总量的增加,全球二氧化碳排放量呈现逐步上升的趋势,由1965~2014年的能源消费量与二氧化碳排放量的相关性检验显示,两者确实存在显著的正相关关系(相关系数为0.999,双尾检验的 P 值=0.000)。1965年二氧化碳排放量为116亿吨,伴随着经济发展带来的能耗加剧,2014年二氧化碳排放增长到355亿吨,在49年间增长了206%(图1-3)。世界各国已陆续开始关注这一问题,国家政策开始不断引导,如《中华人民共和国大气污染防治法》;能源利用、低碳技术逐步提升,能效增加,如大型风力发电设备,高性价比太阳能光伏电池技术,碳捕获、利用与封存技术,煤电的整体煤气化联合循环技术等,二氧化碳的排放增长率较能源消费而言逐步下降,这对于我国产业结构优化升级与科学进步而言具有较大的鼓舞意义。

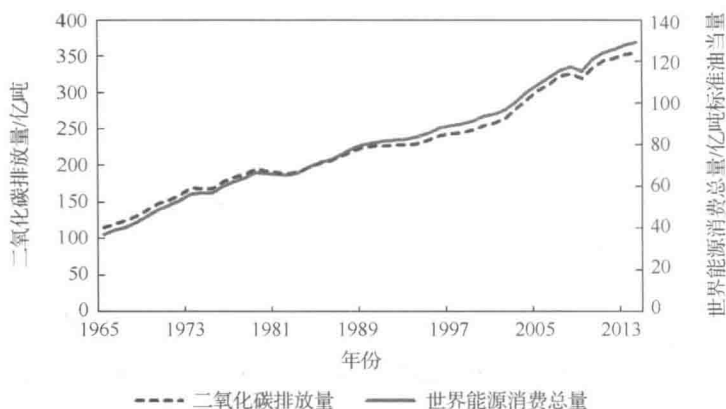


图 1-3 世界能源消费与二氧化碳排放情况 (1965~2014 年)

数据来源: BP (2015)

由此可见,伴随着经济的发展,能源需求不断增加,化石能源消耗日益加剧,造成了影响全球气候变化的温室气体的增加,对人类社会的可持续发展产生较大的不利影响。人类活动下的能源利用与二氧化碳排放密切相关。

1.1.1 经济发展推动能源消费,化石能源仍为主要能源消费品种

自改革开放以来,中国的经济迅猛发展,能源消费不断攀升。经济总量大幅增加,由 1978 年国内生产总值 1.53 万亿元增长为 2014 年的 43.18 万亿元 (2005 年不变价),实现了 27.22 倍的增长,平均年增长率约为 9.8%。人均 GDP 也不断增长,从 1978 年的 1589.08 元/人,上涨为 2014 年的 31571.76 元/人,但近年来,人均 GDP 的增速有所下降,2014 年的人均 GDP 增长率为 6.7%,较 2013 年 7.2% 的增长率略为下降,但总体仍呈中高速增长态势,如图 1-4 所示。

经济的快速发展导致能源消耗日益加剧,2000 年我国能源消费总量为 14.7 亿吨标准煤,2014 年我国的能源消费总量上涨为 42.6 亿吨标准煤,14 年间增长约 190%,平均年增长率为 8%。自 2010 年来,受经济下行的影响,能源消耗虽然总体仍在不断增加,但是其增长率却呈下降的态势,平均增长率约为 5% (图 1-4)。由此可见,我国能源消费与经济发展密切相关,能源消费总量较大,且不断快速增加,但近年来受制于经济下行的影响,能源消耗增速有所放缓。

我国能源消费结构逐步向多元化调整。但就能源禀赋而言,我国仍以化石能源 (煤炭、石油、天然气) 为主要的能源消费品种,综合消费占比超过 85% (图 1-5)。

作为煤炭资源大国,我国工业化进程中大量使用低价的煤炭资源,自 2000 年以来,煤炭消费量占全国一次能源消费量比例均超过 65%。我国煤炭终端能

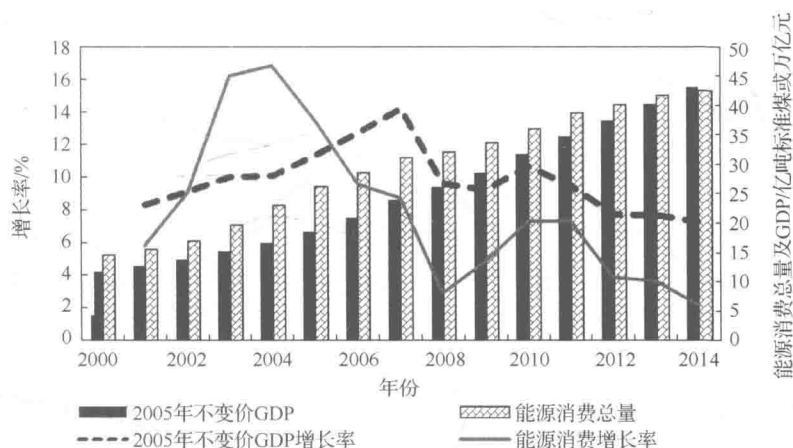


图 1-4 中国经济发展与能源消费情况 (2000~2014 年)

数据来源: 国家统计局 (2015) 及著者整理

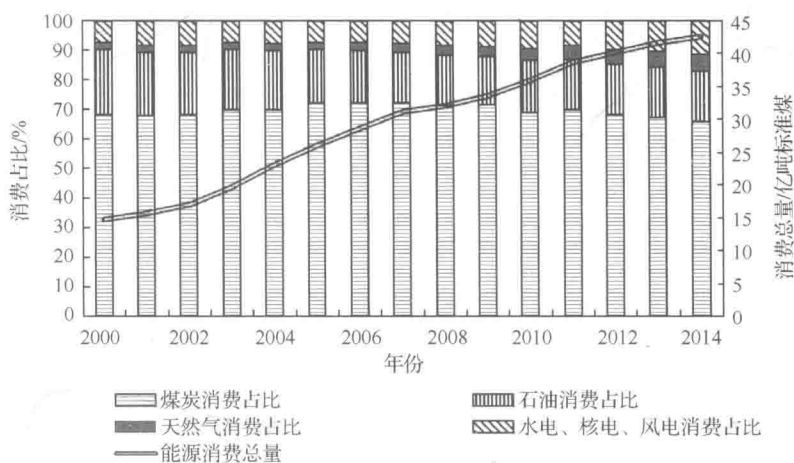


图 1-5 中国能源消费结构变化 (2000~2014 年)

数据来源: 国家统计局 (2015) 及著者整理

源消费总量震荡增加, 但占比有所下降, 而用于发电的煤炭消费总量在不断上升。2013 年我国煤炭供应量为 42.5 亿吨标准煤, 其中 19.52 亿吨用于火力发电, 较 2000 年的 5.58 亿吨达到近 2.5 倍的增长, 供热 2.27 亿吨, 炼焦 6.25 亿吨; 终端消费 11.95 亿吨, 生活消费 0.93 亿吨。近年来我国煤炭在终端消费总体占比下降, 促使能源消费向电力等清洁能源转换; 随着低碳经济的推行, 煤炭作为高污染、高耗能的能源资源品种, 总体消耗比例呈现明显的下降趋势, 占比由 2007 年的 72.5% 降低为 2014 年的 66%。由此可见, 我国能源消费结构呈现出不断优化的趋势。我国作为石油进口大国, 石油消耗占比较为平稳, 介于

16%~22%波动,2000年来比例保持低位(图1-5)。2013年我国的原油消费量为4.87亿吨,炼油效率为97.7%,形成汽油0.94亿吨,煤油0.22亿吨,柴油与燃料油分别为1.72亿吨和0.4亿吨等。我国石油的终端消费主要集中于工业、交通运输业,2013年分别占比35%与38%,这与发达国家石油约60%集中于交通行业的局面还有一定的差距,我国还有待调整优化。

天然气在我国的能源消耗占比较低,但近年来不断增加,由2000年的2.2%上涨为2013年的5.7%(图1-5)。我国的水电、核电、风电消费总量自2000年来不断增加,虽然整体占比较小,但是从其不断上涨的消耗占比可以看出,我国在不断地优化调整能源消费结构,能源消费结构朝着低碳、清洁、可持续发展的方向发展。

1.1.2 能源利用效率偏低,工业行业有待调整

我国节能意识不断增强,但是能源利用效率仍然偏低。自1953年第一个五年计划以来,能源开发利用不断加深,在建设前期能源消费模式较为粗放,单位产值能耗较大。随着改革开放,经济竞争逐步加剧,我国开始不断进行技术升级与经济结构调整,能源效率有了大幅度的提高,单位GDP能耗得以大幅度下降。自1980年以来我国能源效率不断提高,单位GDP能耗日益降低,由13.2吨标准煤/万元,下降为2013年的0.8吨标准煤/万元,实现了约94%的能耗节省,平均下降率为8.97%(图1-6)。

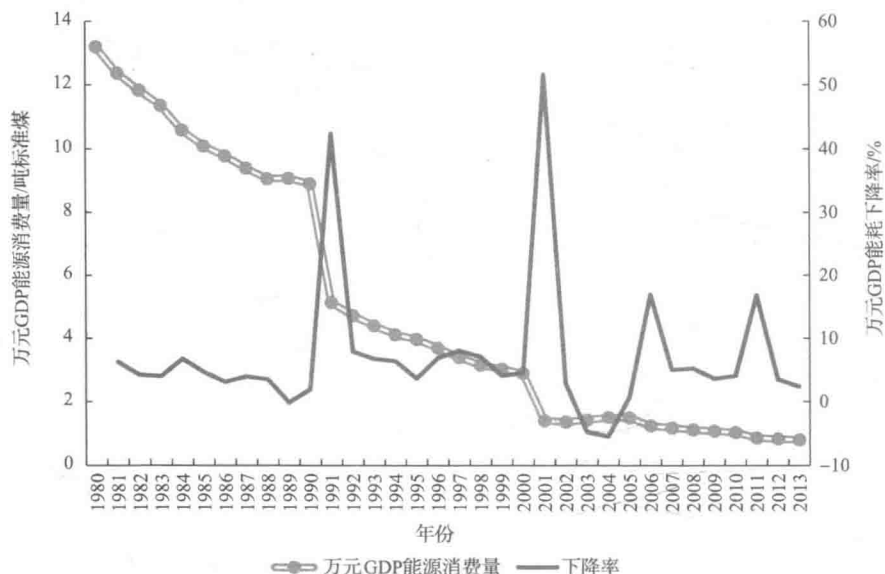


图1-6 中国单位GDP能源消费量(1980~2013年)

数据来源:国家统计局(2015)及著者整理

尽管我国在节能、提高能源利用效率的工作方面取得了较好的成绩，但是与发达国家相比，从产业结构、行业发展及单位产品能耗上，都存在较大的差距，具有较大的改善潜力。目前我国大力推行节能减排的发展政策，但是随着工业化进程的加深，能源密集型行业、高耗能行业仍在继续发展，调整产业结构、提高能源效率是推进社会经济低碳、绿色、可持续发展的必由之路。

就我国的行业单位生产总值能耗而言，工业，农林牧渔水利业，交通运输、仓储和邮政业为高耗能行业，其中工业占据主导地位，2014 年的单位生产总值的能耗达到了 75.64 吨标准煤/万元，远高于其他行业；农林牧渔水利业的单位产值能耗为 50.18 吨标准煤/万元，仅次于工业；而交通运输、仓储和邮政业则以 37.93 吨标准煤/万元的单位产值能耗显著高于其余行业（图 1-7）。工业行业中的高耗能行业主要集中于黑色金属冶炼及压延加工业，化学原料及化学制品制造业，非金属矿物制品业，有色金属冶炼及压延加工业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，电力、热力生产和供应业，煤炭开采和洗选业，它们的能耗水平占整个工业行业的 77.17%，其中钢铁行业能耗最高，贡献率达 36.89%（表 1-1）。这些高耗能行业的能源效率较低，因而它们是我国工业发展的重点节能降耗部门，重视自身的产业结构优化调整与技术进步十分重要。

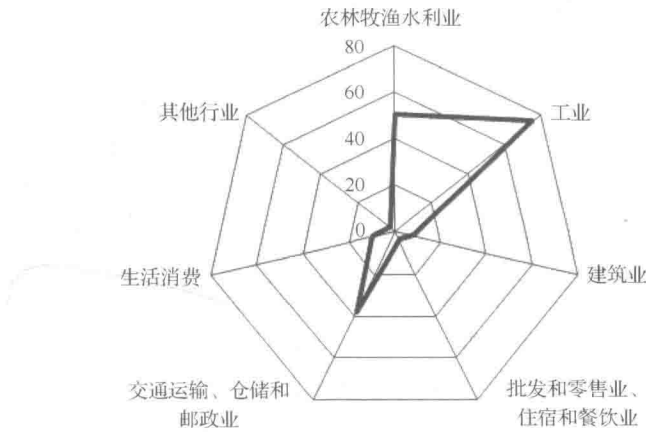


图 1-7 中国各行业 2014 年的单位生产总值能源消耗（单位：吨标准煤/万元）
数据来源：国家统计局能源统计司（2015）

表 1-1 高耗能工业行业的能源消费量及占比情况（2014 年）

行业	能源消费总量/亿吨标准煤	占工业能源消费比例/%
黑色金属冶炼及压延加工业	8.03	28.35
化学原料及化学制品制造业	4.67	16.46
非金属矿物制品业	3.71	13.09