

净零碳排放：

中国农村能源利用的未来蓝图

曹淑艳 等著



化学工业出版社

净零碳排放:

中国农村能源利用的未来蓝图

曹淑艳 等著



化学工业出版社

· 北京 ·

《净零碳排放：中国农村能源利用的未来蓝图》共分为9章。第1章着重介绍净零碳排放研究开展的背景、意义与总体思路。第2章从多视角描述能源的类型，以厘清各类能源术语的范畴，同时为居民生活能耗评估提供丰富的视角。第3、第4章运用丰富的统计数据、案例数据与实地调查数据，从政策执行的不同空间尺度单元论证中国农村生活能源系统正在走向高碳排放的常规趋势与显著的区域差异。第5章运用资源评估模型，评估了中国农村地区可供能源利用的可再生资源规模。第6章基于建构的碳足迹源—汇总评估框架，开展碳中和能力潜力实证评估。第7章综合运用定性的各种能源消费理论、驱动力模型、相关分析等技术，分析农村能源消费的机制。第8章对可再生能源新型燃料开发利用技术进行了技术经济评价。第9章基于净零碳排放的中国农村能源系统的挑战与目标，分析农村生活能源政策发展与改革的重点。

《净零碳排放：中国农村能源利用的未来蓝图》可供从事和关心农村能源工作的科研人员、技术推广人员以及企业界人士阅读，也可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

净零碳排放：中国农村能源利用的未来蓝图 / 曹淑艳等著. —北京：化学工业出版社，2017.8
ISBN 978-7-122-30007-2

I. ①净… II. ①曹… III. ①农村能源-能源利用-中国 IV. ①F323.214

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 145033 号

责任编辑：宋湘玲 王淑燕
责任校对：王素芹

装帧设计：韩 飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）

印 装：北京云浩印刷有限责任公司

710mm×1000mm 1/16 印张13 字数249千字 2017年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：68.00 元

版权所有 违者必究

致 谢

本书是在北京市哲学社会科学规划项目、北京市教育委员会社科计划重点项目（SZ201310017009）的资助下完成的，特此感谢！

前言

伴随着从低能源社会向高能源社会的转型，最普遍的、社会的、经济的、政治的甚至是心理的变迁，趋向现代化的巨大社会变迁，最终都能追溯到能源的转化。

在全球气候变暖与化石能源耗竭发展风险不断增加的大背景下，碳中性的能源系统正在引起青睐，成为全球碳排放控制与管理的终极目标，也是可持续发展能源战略的最终落脚点。中国作为全球第一大能源消耗国与第一大碳排放国，正在积极节能减排，走生态文明发展之路。自 21 世纪以来，中国一直致力于去化石能源研究，增强对可再生能源的开发利用，国家的能源战略在本质上致力于实现净零碳排放、碳中性，虽然尚未将净零碳排放正式载为国家能源战略的长远目标中。在国家能源系统中，农村生活能源系统是最具地利与资源优势、实现净零碳排放的重要部分。在中国，由于发展的限制，农村部门居民生活能源长期依赖生物质能源，净零碳排放；收入的增长，能源市场的发展……正在驱动居民生活能源消费日益远离可再生能源、远离净零碳排放，依赖化石能源。日益增多的研究、政策关注农村丰富的可再生资源，日益增多的研究也在关注农村居民生活能源正在走向高碳排放。但是，在生活现代化的发展潮流中，中国农村居民部门生活能源系统最大碳减排潜力与能源安全贡献能力，尚缺乏明确的科学论证与分析。有鉴于此，在北京市哲学社会科学规划项目、北京市教育委员会社科计划重点项目（SZ201310017009）的资助下，我们开展了中国农村生活能源系统净零碳排放的政策研究。净零碳排放的能源系统以及实现是一个重大的理论和现实的问题，也是关系国家生态文明建设、三农发展的重要问题之一。涉及政策目标、政策手段、技术与市场、能源服务等诸多政策方面。本研究着重于农村生活能源政策的减排目标的论证，即能否具有净零碳排放的潜力。由此促成了《净零碳排放：中国农村能源利用的未来蓝图》一书。

《净零碳排放：中国农村能源利用的未来蓝图》共分为 9 章。第 1 章“引论”着重介绍净零碳排放研究开展的背景、意义与总体思路。第 2 章“能源资

源类型、分布与影响”从多视角描述能源的类型，以厘清各类能源术语的范畴，同时为居民生活能耗评估提供丰富的视角；简洁分析了中国常规能源的资源状况和能源资源的经济、社会、环境作用，以揭示中国化石能源稀缺与能源安全挑战严峻的现实。从第3章到第6章构建和运用碳足迹源—汇平衡模型框架。第3、第4章运用丰富的统计数据、案例数据与实地调查数据，从政策执行的不同空间尺度单元论证中国农村生活能源系统正在走向高碳排放的常规趋势与显著的区域差异，运用驱动力模型、相关模型与案例分析在时空尺度上证明了农村人均生活能源消费规模具有经济指向性，各地农村生活能源消费具有地理特征和社会经济发展的差异性与收敛性，这一规律在省份亚尺度上也适用。第5章（碳足迹汇）运用资源评估模型，评估了中国农村地区可供能源利用的可再生资源规模。第6章基于建构的碳足迹源—汇总评估框架，开展碳中和能力潜力实证评估，区域的碳中和能力分为两类（完全碳中和、部分碳中和）、五级（一到五五级，级别越高，碳中和能力越大）。第7章综合运用定性的各种能源消费理论、驱动力模型、相关分析等技术，分析农村能源消费的机制。第8章对可再生能源新型燃料开发利用技术进行了技术经济评价。在某种意义上，第3、第4、第7、第8章也是对中国农村能源政策的实施效果的评价，同时，第7、第8章为2030年中国农村居民生活能源消费及其碳中和能力预测（第6章）提供了科学的支持。第9章基于净零碳排放的中国农村能源系统的挑战与目标，分析农村生活能源政策发展与改革的重点。

净零碳足迹的农村生活能源系统是富有感召力的。书中仅完成了政策目标的科学论证。关于政策上如何改革、创新与落实，尚待深入的研究。由于能力与条件所限，书中的疏漏在所难免，敬请同行专家和读者批评指正，并提出宝贵意见。

最后，在本书出版之际，衷心感谢北京市哲学社会科学规划办、北京市教育委员会对本书出版的支持，衷心感谢北京石油化工学院闫笑非、龙菲、周燕芳、谢婷、陈宝生、陈红、杨钟红、何伟等同仁与麻丽萍、高威、孙江玲、杨亚博、霍婷婷、李媛媛等同学，以及北京大学等单位李恩静、顾宇飞、张奕等对研究的协助与支持。

北京石油化工学院 曹淑艳

2017年5月

目 录

第 1 章 引论

1

- 1.1 研究背景与意义 1
 - 1.1.1 碳排放总量控制势在必行 1
 - 1.1.2 净零碳排放成为终极目标 5
 - 1.1.3 农村生活能源正走向高碳 6
- 1.2 研究思路与结论 8
 - 1.2.1 研究思路 8
 - 1.2.2 核心结论 9

第 2 章 能源资源类型、分布与影响

11

- 2.1 能源资源的类型 11
 - 2.1.1 常见一般分类 11
 - 2.1.2 基于碳排放的分类 13
- 2.2 中国常规能源资源状况 14
 - 2.2.1 常规能源的资源序列 14
 - 2.2.2 常规能源的空间分布 15
 - 2.2.3 常规能源的生产与消费 20
- 2.3 能源资源的作用与影响 22
 - 2.3.1 对经济社会的作用与影响 22
 - 2.3.2 对自然生态环境的作用与影响 24

第 3 章 中国农村生活能源消费多视角分析

26

- 3.1 全国视角的消费规模与结构分析 26
 - 3.1.1 消费阶段划分及其宏观特征 26
 - 3.1.2 生活消费总量估算与分析 28
 - 3.1.3 存在的主要问题 33
- 3.2 省份视角的消费规模与结构分析 35

3.3 典型区视角的农村生活能源消费分析	46
3.3.1 冬季取暖区	46
3.3.2 冬季非取暖区	55
3.4 中国农村生活能源消费的模式	60

第4章 中国农村生活能源消费的碳排放分析 65

4.1 碳排放核算原则与方法	65
4.1.1 核算原则	65
4.1.2 核算方法	66
4.2 碳排放的特征与挑战	68
4.2.1 碳排放的特征	68
4.2.2 碳排放挑战	72

第5章 中国农村零碳能源资源分析 79

5.1 生物质能源资源分析	79
5.1.1 分析方法	79
5.1.2 时间序列结果分析	84
5.1.3 空间分布分析	90
5.2 其他零碳能源资源分析	96
5.2.1 水能资源	96
5.2.2 风能资源	97
5.2.3 太阳能资源	99

第6章 中国农村的碳中和潜力评价 100

6.1 碳中和能力评价方法	100
6.1.1 碳中和评价框架	100
6.1.2 碳中和能力分类	102
6.1.3 未来的可能情景	103
6.2 中国农村的碳中和能力	103
6.2.1 基于全国与省份尺度的分析	103
6.2.2 基于细胞水平（行政村）的分析	106

7.1 影响机制的理论基础	108
7.1.1 消费行为理论	108
7.1.2 理性经济人说与行为经济人说	114
7.1.3 意识分析说与社会影响说	118
7.1.4 家庭能源消费行为分析框架	118
7.2 影响机制层次模型	124
7.3 非政策性影响机制	125
7.3.1 收入与生计	125
7.3.2 自然地理区位	129
7.3.3 家庭历史与生活习惯	131
7.3.4 燃料性能与价格	131
7.4 政策性影响机制	132
7.4.1 中国的农村能源政策	132
7.4.2 节能型政策的影响机制	137
7.4.3 洁能型政策的影响机制	139

8.1 生物质固化成型技术	143
8.1.1 技术机理与工艺	143
8.1.2 技术经济效益分析	147
8.2 生物质气化技术	150
8.2.1 技术机理与工艺	150
8.2.2 技术经济效益分析	155
8.3 生物质发电技术	159
8.3.1 技术机理与工艺	159
8.3.2 技术经济效益分析	167
8.4 生物质燃油技术	172
8.4.1 技术机理	172
8.4.2 技术经济效果分析	176
8.5 其他开发利用技术	177
8.5.1 沼气生产技术	177
8.5.2 家庭太阳能利用技术	181

8.5.3 家庭风能利用技术	184
----------------------	-----

第9章 净零碳排放的中国农村能源政策发展建议	185
-------------------------------	------------

9.1 被忽视的农村人均生活能源系统真相	185
----------------------------	-----

9.2 能源政策发展与转变的重点领域	186
--------------------------	-----

参考文献	189
-------------	------------

第1章 引论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 碳排放总量控制势在必行

碳排放引致的全球气候变化是人类发展必须面对的长期挑战与威胁。在 20 世纪后期和 21 世纪,它可能产生对经济社会活动干扰的风险,其损失程度估计与 20 世纪上半叶的世界大战和经济衰退的损失程度相当 (Stern, 2006)。化石燃料燃烧造成的 CO_2 排放量长期持续增长,是造成气候变化的主要原因。IPCC (联合国政府间气候变化专门委员会) 第四次研究报告表明,近 50 多年的气候变化,有 90% 的可能是由于人类活动排放温室气体所导致,其中, CO_2 系主要温室气体。工业革命以来,人为排放的 CO_2 (不含土地利用变化,下同) 量由 1850 年的 1.97 亿吨增长到 2011 年的 313 亿吨 (Stern, 2006; IEA, 2013)。大气中 CO_2 浓度 2012 年达到 394ppmv^①,较工业革命之前 (1750~1800) 的 280ppmv 水平提高了 40% (IEA, 2013)。全球总体上在变暖 (图 1-1)。1983~2012 年的 30 年是 1850 年以来气温最高的 30 年,在北半球,可能是过去 1400 年来气温最高的 30 年 (IPCC, 2013)。如果不采取任何减排行动,到 2035 年大气中温室气体的浓度将上升到工业化之前的两倍,我们将被迫接受全球平均温度上升 2℃ 多的局面 (Stern, 2006)。控制升温在 2℃ 以内,以防止灾难性后果,是全球应对气候变化的基本共识,已经写入《哥本哈根协议》。2014 年 11 月联合国发布报告称,在遏制气候变化问题上,要争取平均温度升幅不超过 2℃,至 2050 年全球温室气体排放须较当前减少 40%~70%,到 2100 年接近零。否则,到 21 世纪末,气候变暖将很可能在全球范围内带来严重的、广泛的、不可逆转的影响。1990 年全球温室气体排放量是 356 亿吨 CO_2 当量 (UNFCCC, 2010),如果 2050 年全球温室气体排放量能在 1990 年基础上减半 (Meinshausen 等, 2009),这意味着 2050 年排放量为 178 亿吨,若发达国家减排 80%,2050 年排放量为 37 亿吨,留下的排放空间是 141 亿吨。发展中国家 2005 年排放量为 197 亿吨

① ppmv, 无量纲单位,按体积计算的百万分之一。

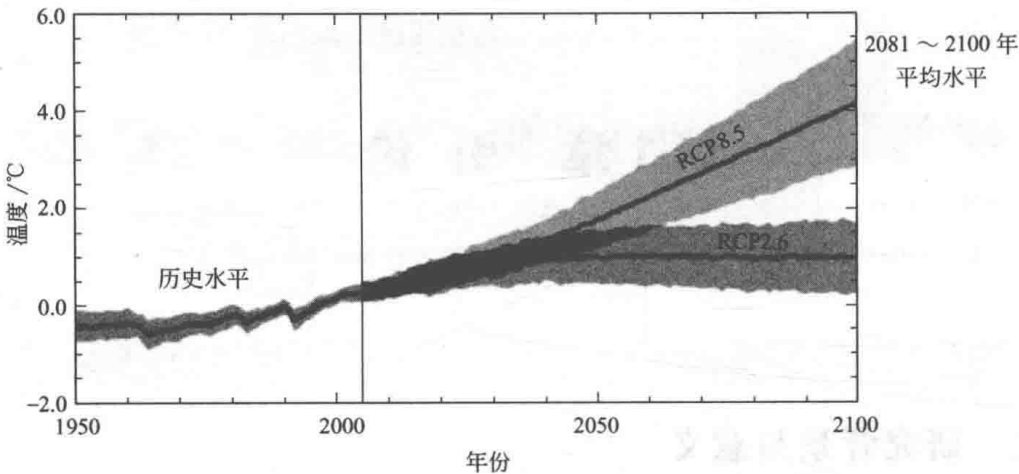


图 1-1 全球气温变化

来源：IEA (2013)，RCP n 意为“某种代表性浓度路线”，如 RCP2.6 意为 2100 年辐射强度稳定在 $2.6\text{W}/\text{m}^2$ 。

(WRI, 2010)，如果要实现全球目标，需要在 2005 年基础上绝对减排 28%。对于以发展经济应对气候变化的发展中国家而言，这样的目标是极具挑战性的。

改革开放以来，中国创造了举世瞩目的经济发展奇迹（图 1-2）。1978～2010 年，全国 GDP 平均增长率高达近两位数，为 9.89%，在世界可统计的 166 个国家中增速第一，是世界经济发展最有活力的区域，被誉为世界经济第一引擎。近几年来，GDP 增速放缓至 7%～8% 的，从世界范围看，中国仍然是世界主要经济体中的高速度，稳居世界经济第一引擎的位置。在历史上，任何一个国家都没有像中国这样迅速地占据世界舞台，并且是如此活跃，WTO 总干事素帕猜如此评价中国的经济发展奇迹。

当前，过量的温室气体排放已经成为人类社会最大的生态难题。由于能源供应对社会发展所具有的重要作用，在具体的减排责任上，各国都不免要捍卫自己的发展权。伴随经济的迅猛增长，中国已经在这场全球最大的生态矛盾斗争中逐渐成了主角。数据显示，中国已经分别于 2007 年与 2009 年发展成为世界 CO_2 第一大排放国与第一大能耗国（Chen, 2013）。能源供给和环境容量的压力越来越大，已成为制约中国经济持续发展的两大瓶颈。2012 年，全国能源消耗总量 $3.4 \times 10^9 \text{tec}^\bullet$ （CNBS, 2013），由此产生的 CO_2 排放量为 90 亿吨（Oliver 等，2013）。2013 年，全国煤炭消费量约 40 亿吨原煤，石油产品消费量超过 5 亿吨原油，大规模的化石能源消耗不仅排放了大量的 CO_2 ，还排放了大量的粉尘微型颗粒物和二氧化碳、硫化物、氮氧化物等污染物，导致城市雾霾频频发生。据预测，2050 年全国能源消耗总量在基准情景下将超过 62 亿吨（Chai & Zhang,

● tec: Ton of standard coal equivalent, 吨标准煤单位；仅包括商品性能源，如煤炭、石油产品、天然气、电力；秸秆、薪柴等非商品性能源消耗未记入，这类能源基本发生在农村地区。

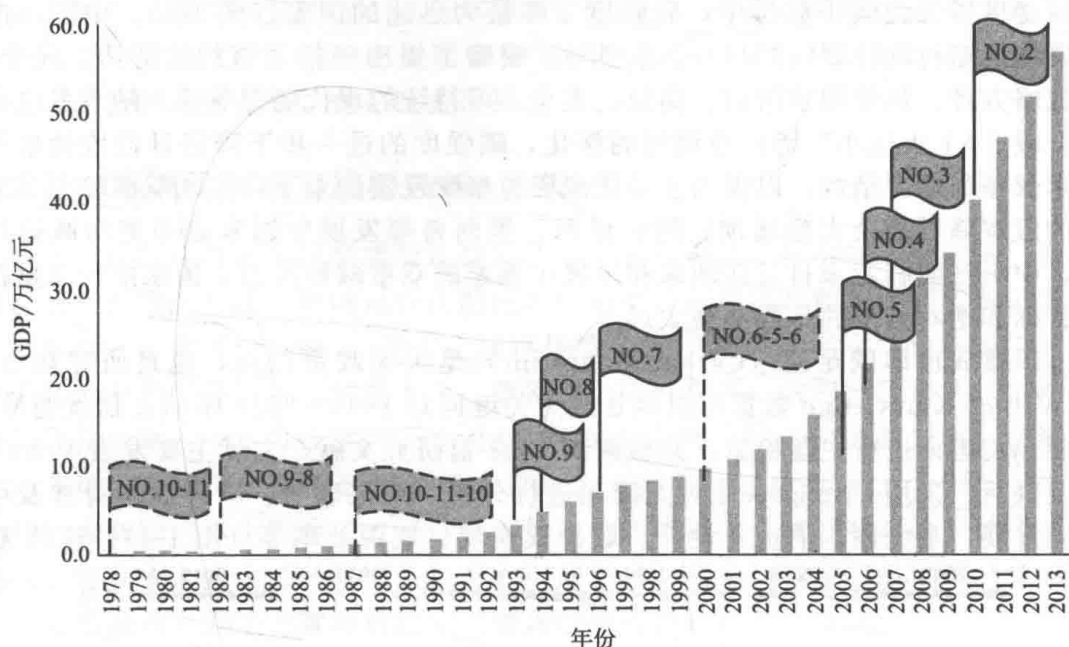


图 1-2 成果斐然的中国经济发展

注：旗帜中数据为中国 GDP 总量在世界各国的名次

2010), 2035 年全国 CO_2 排放量可能将接近美国、欧盟与印度的总和之多 (IEA, 2012)。2009 年 11 月, 中国政府向世界做出了庄严的承诺: 2020 年单位 GDP CO_2 排放量比 2005 年下降 40%~45%。国家十二五计划确立了“双约束”目标: 与 2010 年相比, 2015 年能源消耗强度下降 16%, 碳排放强度下降 17%。

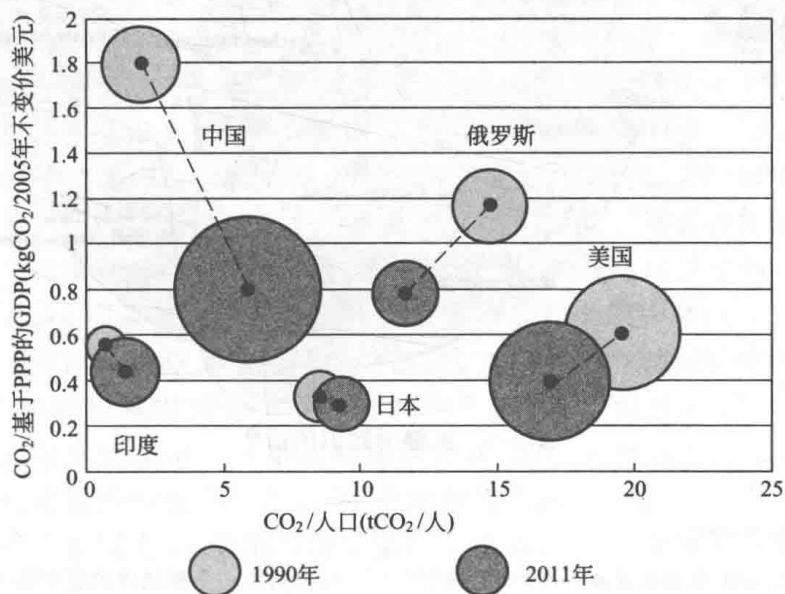


图 1-3 世界五大碳排放国的人均碳排放与碳排放强度变化

来源: IEA (2013), P₁₃

中国是世界五大碳排放国中，碳强度下降最为迅速的国家（图 1-3）。中国《能源发展战略行动计划（2014～2020 年）》明确了提出坚持“节约、清洁、安全”的战略方针，加快构建清洁、高效、安全、可持续的现代能源体系。随着发电设备升级、“上大压小”等产业调整的深化，碳强度的进一步下降将日益依赖生产技术效率与能源结构。以煤为主的能源资源禀赋现实约束下，未来能源转型与减排的成本降可能会大幅增加。随着巴西、墨西哥等发展中国家宣布绝对减排计划，中国正面临着来自发达国家和发展中国家的双重减排压力，国家推行总量控制目标和绝对减排的日程不会太远。

碳排放也即碳足迹（Carbon Footprint）是国家政策热点，也是研究热点。在 Web of Knowledge 数据库以碳足迹为关键词对 1990～2013 年的文献就题目、摘要和关键词进行主题检索，共检索到 1303 篇研究文献，文献主要发表于 2007 年及以后。采用 CiteSpace II 对关键词进行分析，结果表明：碳排放本身涉及可持续发展、系统性、消费、设计、碳排放表现、能源效率等（图 1-4），这些无

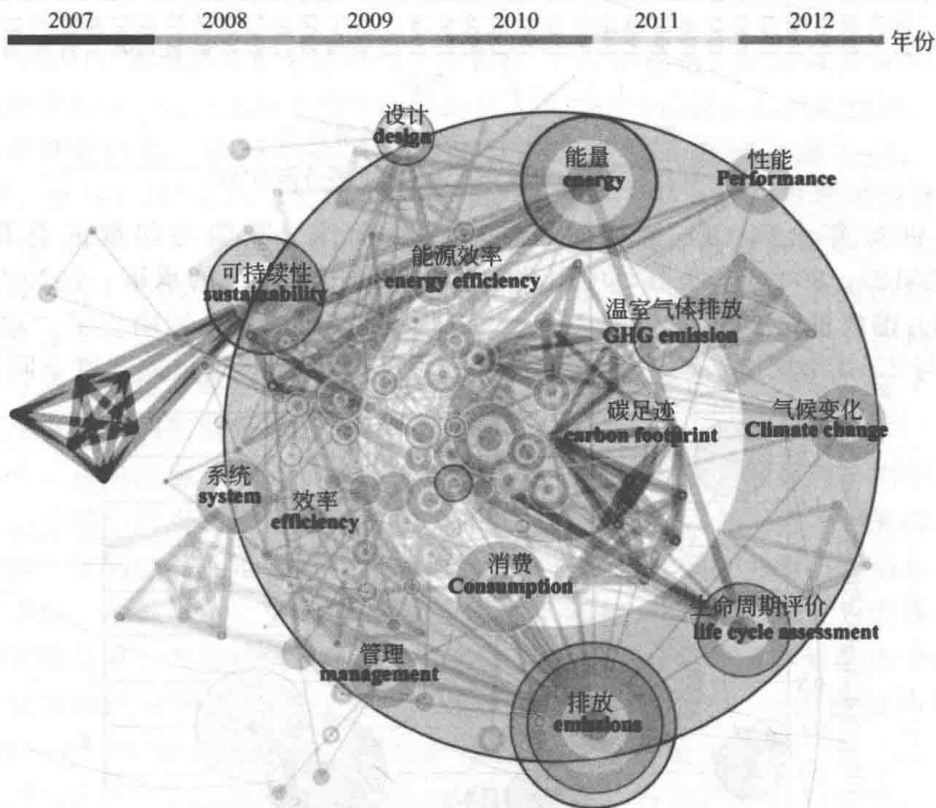


图 1-4 关键词知识图谱^①

① 采用 CiteSpace II 对文献题录中的关键词进行分析，可以判断一个领域内的研究热点。关键词的中心度主要通过紫色圈表示出来，“年轮”的颜色和厚度分别表示关键词出现的时间和数量，每个节点分别表示一个关键词，节点的大小表示关键词出现的频次，节点之间的连线越粗表示关键词之间的共现越高（蔡博峰等，2012）。

疑也是碳排放管理与控制的核心（蔡博峰等，2012）。低碳发展正在成为世界各国经济社会发展的共同战略目标，建立和实施全球 CO₂ 排放总量目标，是全球应对气候变化的必然之举，也是巨大挑战。

1.1.2 净零碳排放成为终极目标

伴随着从低能源社会向高能源社会的转型，最普遍的、社会的、经济的、政治的甚至是心理的变迁，趋向现代化的巨大社会变迁，最终都能追溯到能源的转化（查尔斯·哈珀著，1998）。作为全球碳排放大国，减缓碳排放增长将是中国一项长期的发展任务。由于与可再生能源资源的天然联系，农村能源成为应对全球气候变化方案一个不可或缺的重要组分。《中国应对气候变化国家方案》明确指出，支持在农村、边远地区和条件适宜地区开发利用生物质能、太阳能、地热、风能等新型可再生能源。在全球性碳排放空间稀缺与全球变暖影响风险不断增加的大背景下，碳中性的能源系统正在引起青睐，成为可持续发展能源战略目标的最终落脚点，是全球碳排放控制与管理的终极目标。

碳中性（Carbon Neutral），即碳中和、净零碳排放、净零碳足迹，指通过一定的措施“中和”能源生产及使用过程产生的 CO₂ 排放，实现零净碳量释放。自 1997 年问世以来，“碳中和”的概念在全球逐渐走红，受到了广泛的关注与回应。2002 年，英国建筑公司 ZED factory 在伦敦南部萨顿区贝丁顿地区，建成了世界上第一个完整的生态村 BedZED，也是英国最大的零碳生态区。2005 年，位于英国柴郡的阿什顿·海耶斯（Ashton Hayes）自发行动，拟将本村发展成英国第一个“碳中性”村。2007 年英国政府表明：从 2016 年起所有新建住宅必须达到碳中和的标准。2008 年 3 月，联合国副秘书长兼联合国环境规划和发展署执行主任阿奇姆·施泰纳首次提出“碳中和国家”概念，认为碳中和国家就是各国运用自身机制，创造出具有吸引力、创造性和公平的市场前景，以吸引有理念的投资行为，最终实现抵消本国自身产生的温室气体排放的国家。碳中和国家概念提出后，梵蒂冈、冰岛、马尔代夫、新西兰、哥斯达黎、挪威纷纷制定目标与计划，拟成为全球第一个碳中和国家。梵蒂冈的目标是通过向位于匈牙利的梵蒂冈气候森林即 Bükk 国家公园捐款的方式，成为全球首个碳中和国家。马尔代夫计划通过能源利用向风能与太阳能转型的途径，在 10 年内实现碳中和。冰岛的目标是到 2022 年前后基本成为“碳中和国家”。新西兰力计划到 2025 年实现 90% 的能源来自可再生能源。哥斯达黎加预计在 2030 年之前完全实现碳中和。挪威目标是通过碳抵消的途径，在 2050 年之前成为碳中和国家。许多国际知名企业也纷纷将碳中和视为 21 世纪品牌形象的重要依托，开始制定与执行碳中和计划。

中国在碳中和方面也开展了积极的探索。2008 年北京奥运会实现净零碳排放。同年，全球第一家碳中和酒店——Urbn 落户在上海外滩，该酒店通过购买

碳信用额，抵消碳排放，实现碳中和。2009 年上海济丰纸业包装公司通过碳抵消的途径，成为当年的碳中和企业。2010 年，北京市首个“零碳小屋”在丰台区东高地街道怡馨花园建成，光大银行通过付费向北京环境交易所购买碳额度的方式，成为国内首家“碳中和”银行。河北省怀来县拟发展成为中国首座零碳经济城市，2010 年发布的《怀来零碳城市发展宣言》展示了这一宏伟目标。

综合而言，在全球性碳排放空间稀缺与全球变暖影响风险不断增加的大背景下，净零碳排放的能源系统正在世界范围内引起青睐，并势必成为可持续发展能源战略目标的最终落脚点。长期而言，净零碳排放必将发展成为国家、地区与企业等各类实体的重要的竞争力资源！

1.1.3 农村生活能源正走向高碳

新中国成立以来，农村居民生活能源消费问题长期是能源贫困及其对自然生态与居民健康的影响（图 1-5）。提高煤炭、电力等高能质能源，是改善居民用能条件的途径，也是现代化发展的必然趋势。农村居民生活部门也因此增加了国家的碳减排压力。节能减排是中国建设资源节约型、环境友好型社会，增强可持续发展能力的重大战略。居民家庭是企业生产的主要购买者，其节能减排选择具有促进生产厂商节能减排的巨大作用。

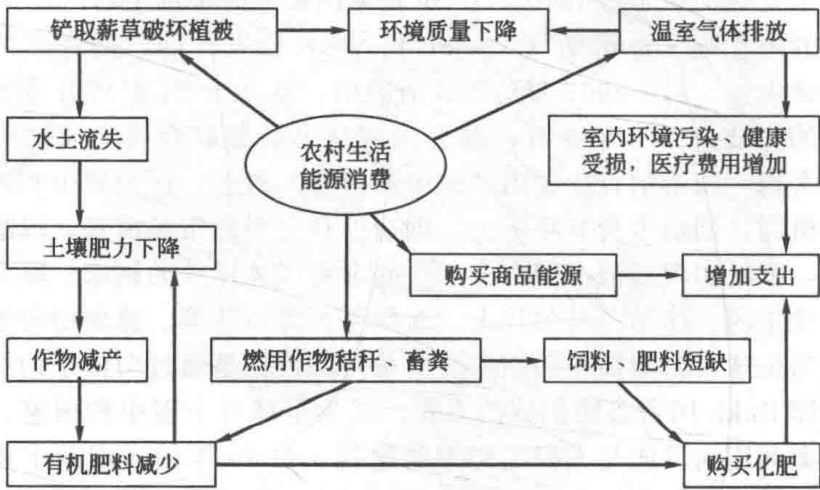


图 1-5 农村能源消费的生态环境与社会经济影响
来源：李国柱等（2008）

中国的居民部门，是世界第一大能耗居民部门，是国家第二大能耗部门，其能耗约占全国能耗总量的 23%（Eom 等，2012；Yuan 等，2013；Nejat 等，2015）。由于固体燃料（秸秆、薪柴与煤炭）利用效率低，农村居民部门在能耗总量上已经超越城镇地区（Pachauri & Jiang, 2008）。长期以来，由于商品性能

源获取的限制,农村居民以非商品性的传统生物质能为主要能源,特别是在1993年市场导向型能源改革之前(Zhang等,2014)。当前,中国农村居民生活能源消费正处于结构转型的关键时期,电力、煤炭、燃气等商品能源正在取代可再生能源(Jiang & O'Neill, 2004; Yao等, 2012), 2001~2008年生物质能源在农村家庭生活能耗中的比重由81.5%下降为70.9%(Yao等, 2012)。预测2020年全国农村居民生活用能消费总量将达到 $2.80 \times 10^8 \sim 3.58 \times 10^8 \text{tec}$, 年均增长速度为1.88%~3.44%(田宜水, 2014)。在一些地区,商品性能源已在生活能源系统中居于主导地位,例如,山东省中部的桓台县。1989~2009年桓台县农村居民生活能耗几近倍增,由0.329tec增长为0.638tec,其中,商品性能源所占比重由15.7%提高到了87.7%(Liang等, 2013)。桓台县人均纯收入在2009年为49000元,是全国同期平均水平的近8倍,可以作为未来发展情形的代表。上述分析凸显了农村具有巨大的碳排放增长潜在风险,也反映了农村生活能源系统正处于节能减排管理的重要战略机遇期。在中国能源规划战略中,农村能源一直处于被遗忘的角落,没有得到政策的足够重视。

农村能源消费已经成为全国能源总消费中的重要部分。1980~2006年,全国农村能源消费(含生产能源消费与生活能源消费)总量为 $3.28 \times 10^8 \text{tec}$ 增长到 $9.13 \times 10^8 \text{tec}$,农村能源消费占全国能源总消费的比例在2000~2002年间甚至超过了50%,最高达到了53.81%,虽然近年来该比例有所下降,但仍在1/3以上(程胜, 2009)。农村商品性能源消费比例由1980年的30.2%提高到2005年的69.8%(程胜, 2009)。农村能源消费由严重短缺、基本满足已经转向消费多样化发展,化石能源占比上升,生物能源占比下降。在生活部门,农村居民在朝高效化与清洁化方向转变的同时,也正在走向高碳化。作为农村居民重要的生产资料,舒适和节能的住宅以及清洁和高品位的生活能源,将共同构建农村居民生活条件改善和经济效益提升的保障(何建清, 2014)。

农村生活能源消费的结构转变,是中国农村现代化、农民过上小康生活的重要体现。随着经济的进一步发展,农村生活能源结构中商品性能源比例也将提高。如果没有政策干预,农村生活能源系统将随着经济的发展,陆续告别低碳的非商品性能源,以高碳排放的商品性能源为绝对的主导者。在后续章节之中,我们将用更多的数据与案例证明这一论断。农村居民的家庭生活能源消费向煤炭、液化气、石油和主要来自于火力发电的电能等商品性能源转化,不仅增加碳排放,还直接增加化石能源供应需求,并造成丰富的生物质能源被大量废弃。延续了上万年的净零碳排放农村生活能源系统,面临着与净零碳排放说再见的发展风险,而且,在煤炭依赖的商品化能源体系下,伴随能源结构的转型,踏上高碳之路。农村生活能源结构的转型,非源于农村居民对化石能源的需求偏好,而主要是农村居民对高能质、使用清洁、便利与安全的现代化能源的需求偏好。