

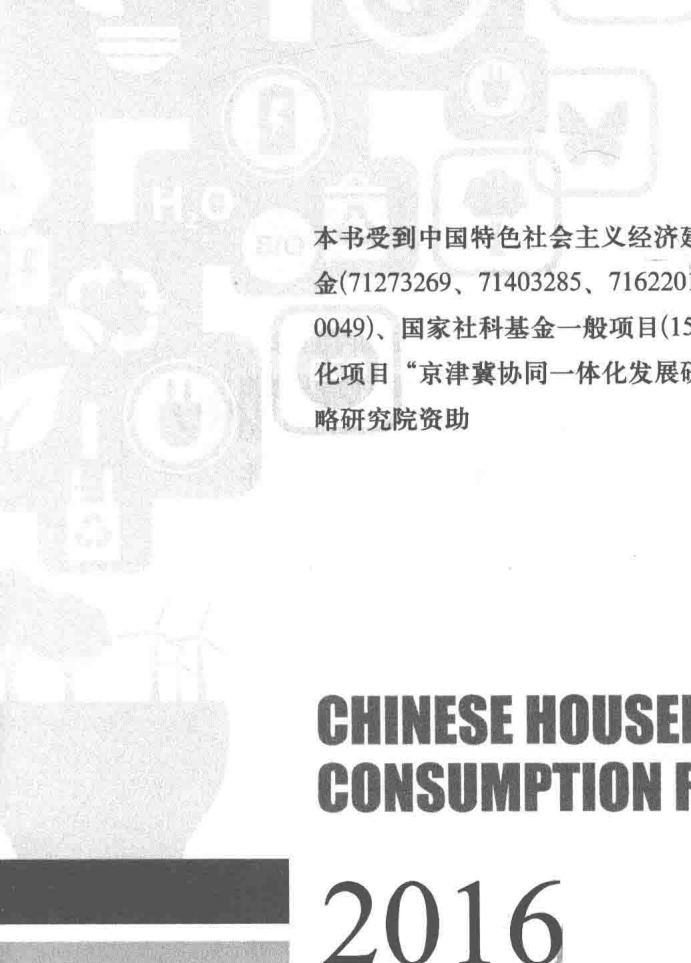
**CHINESE HOUSEHOLD ENERGY
CONSUMPTION REPORT**

2016
**中国家庭能源消费
研究报告**

郑新业 魏 楚 虞义华 秦 萍 等 著



科学出版社



本书受到中国特色社会主义经济建设协同创新中心、国家自然科学基金(71273269、71403285、71622014)、教育部人文社科基金(16YJA790049)、国家社科基金一般项目(15BJL099)、中央在京高校重大成果转化项目“京津冀协同一体化发展研究”、中国人民大学国家发展与战略研究院资助

CHINESE HOUSEHOLD ENERGY CONSUMPTION REPORT

2016 中国家庭能源消费 研究报告

郑新业 魏 楚 虞义华 秦 萍 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

为了进一步了解城乡居民家庭能源消费的特征和内在规律,中国人民大学能源经济系自 2013 年开始展开全国性的家庭能源消费调查。第三次调查于 2015 年夏季实施,覆盖 28 个省共 3 863 户城乡居民,旨在为后续数据调查和科学研究提供参照标准,本书是以第三次家庭能源消费调查数据为主,结合前两轮调查数据的总结性成果。

本书可以作为政策制定者和公众了解当前居民用能现状和变化的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中国家庭能源消费研究报告 2016 / 郑新业等著. —北京: 科学出版社, 2017.6

ISBN 978-7-03-052551-2

I. ①中... II. ①郑... III. ①居民-能源消费-研究报告-中国-2016 IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 080867 号

责任编辑: 马 跃 / 责任校对: 李 影
责任印制: 吴兆东 / 封面设计: 无极书装

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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 6 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2017 年 6 月第一次印刷 印张: 15 1/4

字数: 292 000

定价: 108.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《中国家庭能源消费研究报告 2016》编写组成员

郑新业	魏 楚	虞义华
秦 萍	谢伦裕	宋 枫
张晓兵	吴施美	胡竞秋
王 丹	赵宇彤	陈占明
夏晓华	黄 滢	

序 言

为了解我国家庭能源消费的基本状况、特征与影响因素，中国人民大学经济学院能源经济系自 2013 年开始展开了中国家庭能源消费调查（Chinese residential energy consumption survey, CRECS）。“第一次中国家庭能源消费调查”（CRECS 2012）首次设计了针对我国居民能源消费特征的入户调查问卷，并对全国 1 450 户城乡居民在 2012 年度的能源消费情况进行了收集，包括家庭基本情况、烹饪与电器、空间供暖、空间制冷、交通出行、能源支出，以及对不同的能源政策的认知程度。基于 CRECS 2012 的微观数据，课题组于 2014 年底出版并发布了《中国家庭能源消费研究报告（2014）》（科学出版社）。2014 年，我们聚焦于农村居民并开展实施了“第二次中国家庭能源消费调查”（CRECS 2013），对我国 3 404 户农村居民在 2013 年度的能源消费进行了系统收集，并开发了相应的核算模块用于估计农村居民的生物质能消费，相应的研究成果——《中国家庭能源消费研究报告（2015）》于 2016 年经科学出版社出版、发布。这两部关于中国家庭能源消费的研究成果引起了包括政府部门、学术机构、新闻媒体和社会公众的广泛关注。

“第三次中国家庭能源消费调查”（CRECS 2014）于 2015 年夏季正式实施，本次调查得到了中国人民大学中国调查与数据中心的大力支持，并与中国综合社会调查（Chinese general social survey, CGSS）同步实施。本次调查覆盖我国 28 个省（自治区、直辖市，不包含西藏、海南、宁夏、香港、澳门和台湾）共 3 863 户城乡居民，旨在为后续数据调查和科学研究提供参照基准。本书即以第三次家庭能源消费调查数据为主，结合前两轮调查数据的总结性成果。

本次入户调查以及后续的科学研究是多方合作的结果，中国人民大学经济学院能源经济系负责问卷设计、访员培训、研究报告写作等工作；中国人民大学中国调查与数据中心（National Survey Research Center at Renmin Liniversity of China, NSRC）负责样本抽样、问卷实施、数据校验等工作。中国人民大学国家发展与战略研究院、中国人民大学经济学院等机构为前期调研和后期研究协作提供了部分资助，中国特色社会主义经济建设协同创新中心为本书的出版提供了资助，在此表示衷心的感谢。

此外，在问卷设计、调研实施、数据统计、报告写作修改阶段，还得到了校内外诸多专家的热心帮助和指导，中国科学院谭显春研究员、刘宇副研究员，中

国石油大学赵晓丽教授，南京农业大学王效华教授，厦门大学何晓萍副教授，大连理工大学孙岩副教授，中国人民大学石敏俊教授、仇焕广教授、王卫东副教授、唐杰副教授等对研究思路和报告初稿提出了大量宝贵意见；中国人民大学国家发展与战略研究院、中国人民大学经济学院能源经济系的同学也为此次问卷成功实施提供了大量高效的助理研究工作，在此一并表示感谢。

在本书写作过程中，不同作者对书稿写作、修改和完善做出大量贡献。郑新业、魏楚统筹了数据调查过程和报告写作，各章节安排和贡献者分别如下。

第一章概括地介绍本书的研究背景、主要研究发现和政策含义，由魏楚执笔；其中智能家庭部分由吴施美、王丹、胡竞秋、魏楚共同完成。

第二章介绍本次入户调研的抽样方法与具体实施，并针对不同的问卷模块数据进行描述性分析，贡献者包括：魏楚（第一节），陈占明、曾诗培（第二节），夏晓华（第三节），宋枫、吴洁琪（第四节），黄滢（第五节），秦萍、苗温婕（第六节），张晓兵（第七节）。

第三章介绍“自底而上”、基于设备用能的家庭能源消费核算方法，由吴施美执笔。

第四章基于家庭能源消费核算数据进行不同维度的对比分析，由胡竞秋、吴施美和毕得执笔。

第五章对中国家庭能源消费进行国际比较，贡献者包括赵宇彤、王丹。

第六章对城镇、农村家庭能源消费进行定量分析，由谢伦裕、张舒涵执笔。

第七章对家庭电器拥有与收入不平等进行考察，由胡乃元、王奇童、张晓兵、秦萍执笔。

第八章考察农村居民选择热水器的影响因素，由虞义华、马本执笔。

第九章分析空气污染与居民幸福感之间的关系，由秦萍、苗温婕、张阳、陈帅执笔。

第十章系统地梳理我国居民需求侧管理的现状、机遇与挑战，由宋枫、吴洁琪执笔。

全书由魏楚、胡竞秋统稿，由于作者能力有限，本书难免存在不足，恳请专家和读者批评指正。

报告编写组

2017年2月

目 录

第一章 研究背景与主要结论	1
第一节 研究背景	1
第二节 主要研究发现	25
第二章 问卷数据描述性统计	30
第一节 问卷设计与实施	30
第二节 家庭特征	34
第三节 住房情况	41
第四节 厨房设备及家用电器	46
第五节 取暖与制冷情况	58
第六节 交通统计描述	67
第七节 家庭收支与能源消费	69
第三章 家庭能源消费估计方法	79
第一节 基本思路与方法	79
第二节 厨房设备能源消费估计	80
第三节 家用电器的能源消费估计	81
第四节 取暖、制冷和热水器的能源消费估计	85
第五节 家庭私人交通的能源消费估计	91
第四章 居民家庭能源消费分析与比较	92
第一节 中国家庭能源消费平衡表	92
第二节 居民家庭能源消费的有效能分析	101
第三节 居民家庭能源消费数量分析	107
第四节 居民家庭能源成本分析对比	115
第五节 居民家庭碳足迹分析对比	118
第五章 家庭能源消费调查国际比较	127
第一节 国际家庭能源消费比较	127
第二节 国际家庭能源消费调查比较	136
第三节 本章小结	143

第六章 居民用能的城乡比较	144
第一节 城乡家庭用能对比	144
第二节 影响因素对比	153
第三节 定量分析	154
第四节 本章小结	156
第七章 居民电器拥有与收入不平等	157
第一节 研究背景	157
第二节 数据说明	159
第三节 计量经济学模型	165
第四节 实证分析结果	167
第五节 本章小结	177
第八章 中国农村居民的热水器选择	178
第一节 研究背景	178
第二节 文献综述	179
第三节 数据简述	180
第四节 实证结果	183
第五节 本章小结	189
第九章 空气污染会降低居民的幸福感么？	192
第一节 引言	192
第二节 文献综述	193
第三节 数据统计描述	195
第四节 方程设定和实证分析	198
第五节 本章小结	204
第十章 居民需求侧管理研究	206
第一节 引言	206
第二节 中国居民家庭需求侧管理潜力分析	208
第三节 中国居民需求侧管理发展现状	218
第四节 新电改背景下居民需求侧管理的机遇与挑战	222
第五节 本章小结	225
参考文献	227

第一章 研究背景与主要结论

第一节 研究背景

全球正在经历信息化带来的巨大变革，中国也正处于城镇化、工业化驱动的高速列车上。在过去的三十多年里，中国的经济、社会、生态环境正在经历发达经济体数百年的演化历程，在这一被压缩的时间轴下，我国居民的生活环境、生活条件与消费模式也发生了前所未有的变化。

为了追踪我国居民消费模式的变动趋势、理解内在的动力机制、探讨居民的行为模式，中国人民大学经济学院能源经济系以家庭能源消费为关注点，于2013年初启动了CRECS，迄今已完成了三轮入户问卷调查。我们希望通过系统、全面地收集居民层面的能源消费数据，能够识别、凝练出具有重大理论价值的科学问题，能够为国内外科学研究提供开放性、基础性的数据资料，能够为解决重要现实问题、推动居民生活改善提供有价值的建议。

我们对中国家庭能源消费的研究动因，或者说研究的出发点与焦点，围绕以下三个基本问题展开：第一，过去中国家庭能源消费模式发生了怎样的变迁以及背后有哪些驱动机制。第二，现在中国家庭能源消费模式呈现出哪些特征、共性和异质性。第三，未来中国家庭能源消费模式会呈现怎样的发展趋势。此前的两部报告——《中国家庭能源消费研究报告（2014）》和《中国家庭能源消费研究报告（2015）》主要着眼于中国语境下的历史背景和现状分析，本书尝试将研究的空间维度拓展到全球，基于国际视野对家庭能源消费的未来发展进行探讨，希望通过对比来寻求一般性共性规律和差异化特征，通过观察、总结历史轨迹来展望未来。我们有以下几点发现。

一、“更强、更快、更亮”的动力能源需求

图1-1描述了人类社会在过去三千多年时间内利用能源产生动力的历史演进过程。可以看出，在很长一段时期内，人类仅仅依靠畜力作为动力来源；公元前300

年至公元前 200 年,欧洲人开始使用水能用于灌溉和动力源^①,但在随后的一千多年时间内,人类原动机的能量提升并不明显。直到 18 世纪蒸汽机的出现直接为世界带来了一种更有效、更强大的动力,催生了人类对煤炭的大规模利用和工业革命所需的动力,使人类利用能源获取动力的水平有了质的提升并不断刷新历史高度。

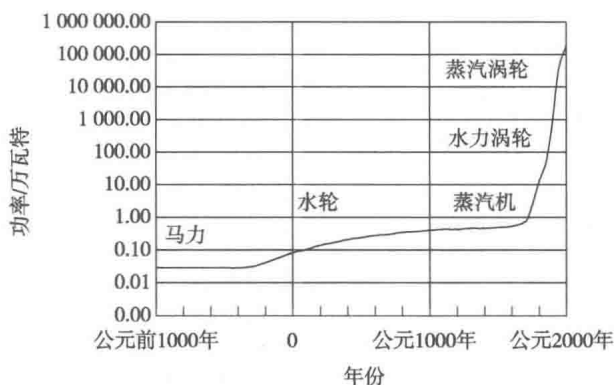


图 1-1 公元前 1000 年至公元 2000 年人类原动机的最大功率

资料来源: Smil V. World history and energy. Encyclopedia of Energy, 2004, 6: 549-561

伴随着人类原动机功率的极大提高,人类的交通工具在过去 300 多年中也经历了飞速变化。如图 1-2 所示,从最原始的时速仅有数千米的人力步行,到蒸汽机驱动的时速可达数十千米的汽车、轮船,以及时速过百千米的火车,再到时速近 1 000 千米的飞机,人类交通工具不断刷新的最高速度极大地缩短了人们交往的空间距离。

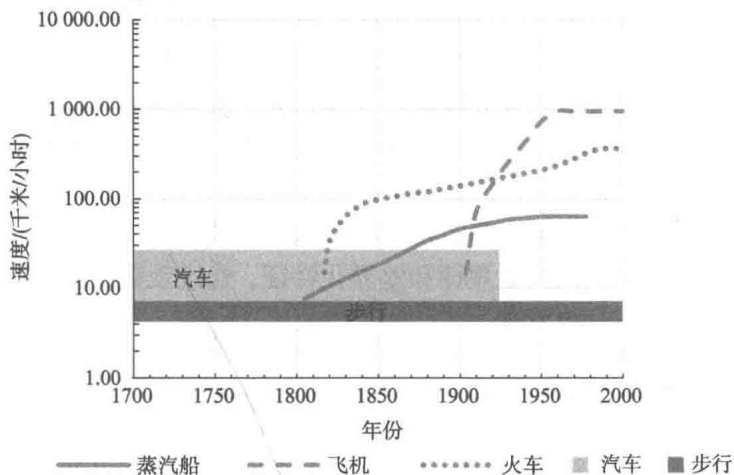


图 1-2 1700~2000 年人类交通工具的最高速度

资料来源: Smil V. World history and energy. Encyclopedia of Energy, 2004, 6: 549-561

^① 最早有水车记载的可能是地中海或者希腊,中国汉代开始利用水车生产谷物。见 Oleson J P. Greek and Roman Mechanical Water-Lifting Devices: The History of a Technology. Toronto: University of Toronto Press, 1984.

自从人类学会钻木取火以来，人类对光明的追求也从未停息，照明工具和照明燃料的发展史也见证了人类的发展历史。如图 1-3 所示，英国在 1700~2000 年分别经历了五种主要的燃料灯具，蜡烛、油灯的平均照明效率始终难以突破 100 流明，煤气灯、煤油灯使人类的照明方法向前迈进了一大步，但这些灯具都是依靠物质燃烧发出的光来照明的，直到 1879 年爱迪生发明了电灯，人类才走向了“更亮”的用电照明时代。

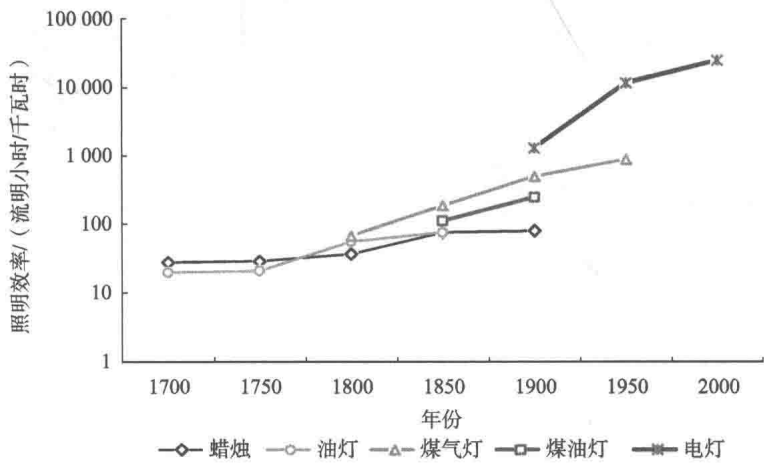


图 1-3 1700~2000 年英国不同燃料灯具的平均照明效率

流明是指一烛光 (cd, 坎德拉 Candela, 发光强度单位, 相当于一只普通蜡烛的发光强度) 在一个立体角 (半径为 1 米的单位圆球上 1 平方米的球冠所对应的球锥所代表的角度, 其对应中截面的圆心角约 65 度) 上产生的总发射光通量

资料来源: Fouquet R, Pearson P J G. Seven centuries of energy services: the price and use of light in the United Kingdom (1300—2000). The Energy Journal, 2006, 27 (1): 139-177

二、正处于第三次能源转型前夜

图 1-4 描述了 1800~2008 年全球能源消费的结构变迁。可以发现，这一时期始终伴随着生物燃料的持续下降——如果数据可得的话——可以想象在 1800 年之前的数千年内，人类只限于对天然能源，尤其是木材的直接利用。

正如未来学家杰里米·里夫金 (Jeremy Rifkin) 所说：“每一个伟大的经济时代都是以新型能源机制的引入为标志。”每一次能源的重大转型都会带来生产力的变革和生产生活方式的变革。18 世纪初，为满足英国煤矿地下水汲水的需要，蒸汽机在英国得到推广应用，到 18 世纪后半叶，以煤炭为主要动力的蒸汽机极大地替代了其他动力并支撑了第一次工业革命进程。到 19 世纪后半叶，人类历史上出现了第一次能源转换，1860 年煤炭在世界一次能源消费结构中仅占 13%，到 1910 年则上升为 55%，煤炭超过了生物燃料成为主导能源。19 世纪 70 年代开

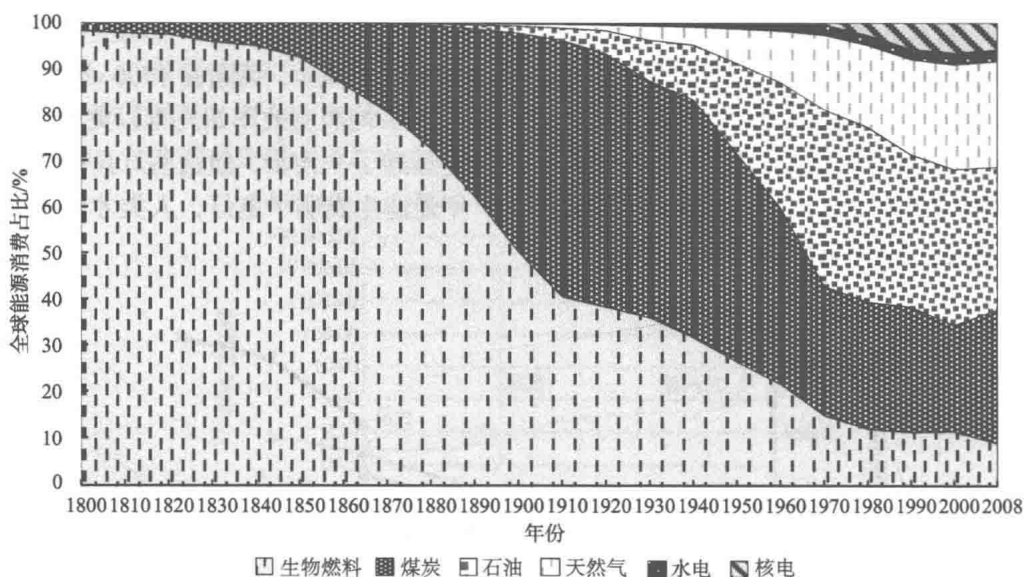


图 1-4 1800~2008 年全球能源消费历史走势

资料来源: Smil V. Energy Transitions: History, Requirements, Prospects. New York: Praeger Publishers, 2010

始,以石油为动力的内燃机和电力的发明应用再次引发生产技术变革,直接催生了汽车时代和电气时代,还推动了其他工业部门的升级。伴随第二次工业革命的是煤炭主导地位的下滑以及石油成为世界主要能源。1970 年,石油占世界一次能源消费结构的比重为 38%,煤炭占比仅为 28%,石油取代煤炭完成了能源的第二次转型。

世界上主要发达国家的能源转型历程也呈现高度一致性,如图 1-5、图 1-6 所示,在工业革命之前,人类社会利用的能源主要来自于自然界,如木材、水能、风能、其他生物质,以及以食物支撑的人力和畜力。英国从 17 世纪开始就出现了煤炭的广泛利用和对其他能源的替代,美国则是在 19 世纪中叶开始大规模利用煤炭,到 20 世纪初,英国和美国的煤炭消费占比达到了历史峰值,完成了第一次由木材向煤炭的能源转型。其后石油、天然气消费比重上升并逐渐取代煤炭成为主要能源,到 20 世纪 70 年代,石油消费达到历史新高,宣告第二次能源转型结束。

每一次能源转型也伴随着人们生活方式的变革。以图 1-7 中的美国居民供暖燃料为例,在 1940~2008 年,美国普通家庭选择的供暖燃料中,木材和煤炭燃料呈现持续下降趋势,燃料油一度流行但很快在 1960 年前后出现了下滑,液化石油气 (liquefied petroleum gas, LPG) 的使用比重略有变化但在家庭中占比不高,值得关注的是天然气的广泛普及,在 1970 年以后,有 50% 以上的家庭使用天然气作为住房供暖的主要燃料;此外使用电加热供暖的家庭占比也呈现持续增加的状态。

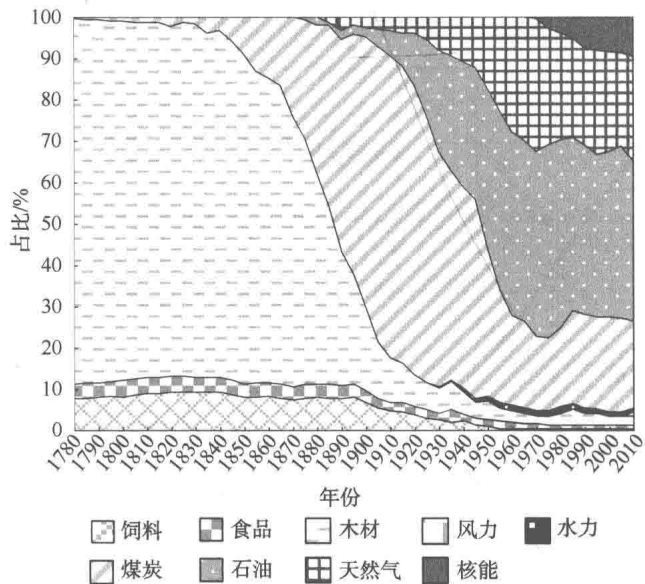


图 1-5 1780~2010 年美国能源消费结构

资料来源：O' Connor PA, Cleveland C J. U. S. energy transitions 1780—2010. *Energies*, 2014, 7: 7955-7993

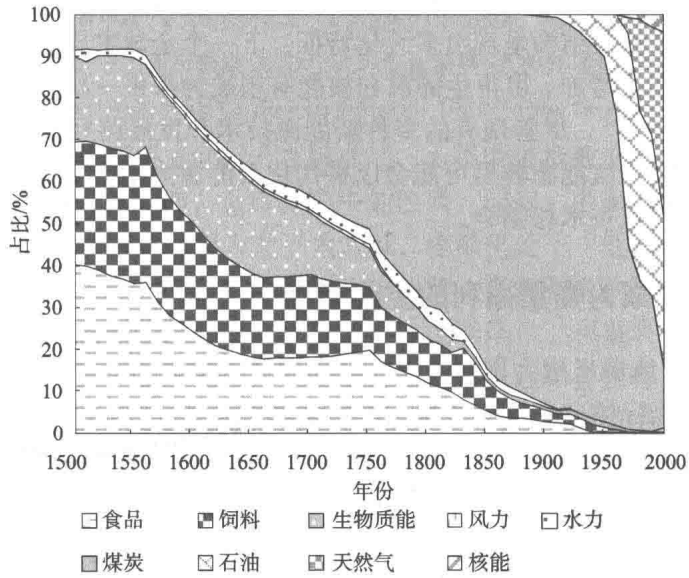


图 1-6 1500~2000 年英国能源消费结构

资料来源：Fouquet R. The slow search for solutions: lessons from historical energy transitions by sector and service. *Energy Policy*, 2010, 38: 6586-6596

势，到 2007 年底，有超过 30%的家庭采用电力作为供暖的主要能源。

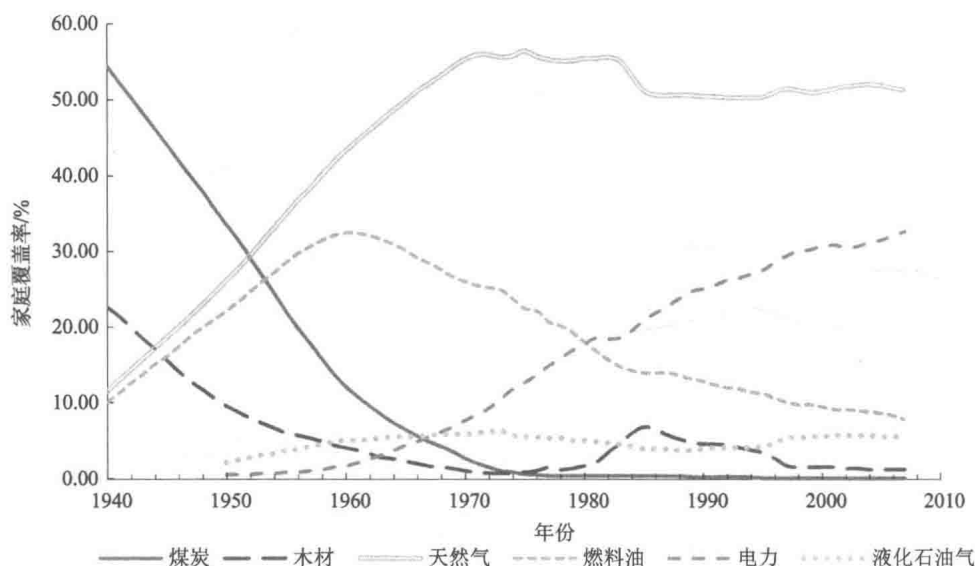


图 1-7 1940~2008 年美国居民供暖燃料转型历史

资料来源：O'Connor P.A. Energy transition. The Pardee Papers, No.12, Boston University, 2010

世界能源正处于一个新的变革前夜，第三次能源革命——对石油的替代——即将到来。能源消费结构呈现出多元化特征，下一个全球主导能源仍然未知：天然气的角色可能会增加、可再生能源和核能有望成为未来一次能源主角、电力将成为能源基础平台^①。尽管现有的多种新能源技术和发展路径仍存在不确定性，但即将到来的第三次能源转型可能会以替代化石能源为主要目标，并将与新的通信网络、智能信息技术相结合。

三、能源成为衡量福利的重要指标

毫无疑问，能源已成为推动人类社会发展的主要动力支撑。能源使用的数量、强度和结构等指标被广泛用于衡量人类社会福利水平。

人均能源消费水平常用来监测发展水平变化和不同地区间的发展差异比较。图 1-8 描述了全球各国人均能源消费水平和各国人类发展指数（human development index, HDI）的关系。其中，人类发展指数是由联合国开发计划署于 1990 年为替代传统的 GNP（国民生产总值）指标而创立的综合指标，它按照人类预期寿命、教育水平、生活质量三个维度来衡量各成员国人类发展水平。可以看出，各国的人均能源消费水平同各国的人类发展指数之间呈现很高的正向相关性。尤其对于人均能源消费水平较低的国家而言，其拟合曲线的斜率更为陡峭；

^① 国际能源署，《世界能源展望 2016》。

而随着人均能源消费的进一步增加，人类发展指数的变动更为平缓。

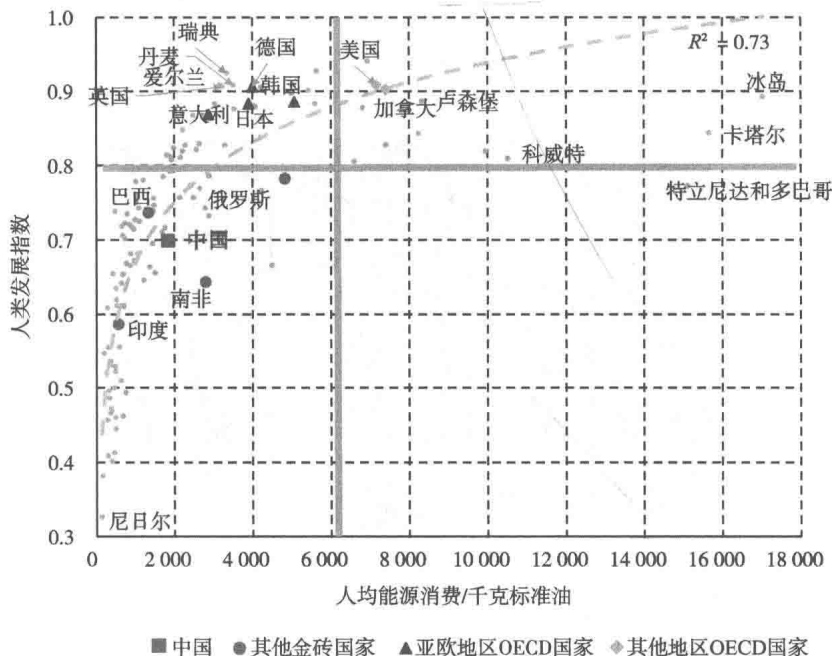


图 1-8 全球 134 个国家 2010 年人均能源消费-人类发展指数散点图

资料来源：World Bank. World Development Indicators; UNDP. Human Development Reports

不妨以人均能源消费 6 000 千克标准油、人类发展指数 0.8 为标准将坐标轴划分为四个象限，可以看出，金砖国家中的巴西、印度、中国、南非、俄罗斯等大多数发展中或转型国家都落入左下角区域，也即仍处于“低能源消费、低发展指数”阶段；与之相对的是右上角“高能源消费、高发展指数”国家，包括北美的美国、加拿大，欧洲的卢森堡、冰岛，中东的卡塔尔、科威特等发达经济体。右下角“高能源消费、低发展指数”区域包括特立尼达和多巴哥，意味着该国较高的能源消费水平没有带来更高的发展水平；相对而言，左上角所代表“低能源消费、高发展指数”则在某种程度上反映出低碳发展特征，即用较少的能源消费支撑了较高的发展水平，其中包括欧洲主要国家，如德国、英国、瑞典、丹麦、爱尔兰、意大利，以及亚洲的韩国、日本等国，这一区域的组合可能更为决策者所青睐。

能源的强度也是学术界和政策制定者十分关注的重要指标。一个有趣的例证就是如图 1-9 所示的夜间灯光卫星数据，科学家通过定量测度，发现在全球和区域尺度上，夜间灯光遥感信号能够对人类栖息地提供更丰富的空间信息，而且这些夜间灯光信号与社会经济变量有着很强的定量关联，因而可以用来测度、监测城市化进程和地区经济发展活动，并克服人类对经济、社会活动的统计偏误。图 1-10 中的研究基于卫星数据，发现全球各国的夜间灯光强度与常用的经济发展指标——GDP

(国内生产总值)之间存在显著的相关性,由此可以基于卫星遥感数据来对一些缺乏统计的欠发达地区的经济活动进行估计,也可以用来对已有的 GDP 统计数据进行了校正和预测。此外,还有文献将这一夜间灯光数据运用于其他领域,包括估计人口空间分布和土地利用变化、测度地区发展失衡、识别贫困群体等^①。

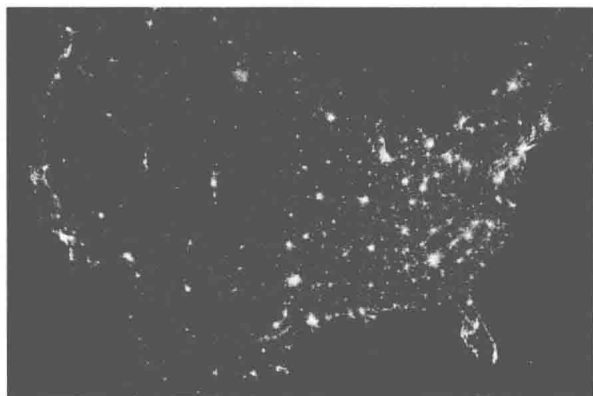


图 1-9 2012 年美国大陆夜间灯光图

资料来源: NASA/NOAA. The United States of America at night. https://www.nasa.gov/mission_pages/NPP/news/earth-at-night.html, 2012-12-05

此外,能源的消费结构也常用于评价不同地区的发展进程和差异。图 1-11 描述了各国 2010 年电力获取人口所占比重与该国人类发展指数之间的关系,可以看出,对于电力匮乏的发展中国家而言,是否能够获取和使用电力对于人们生活水平至关重要,电气化率的增加与发展水平的提高之间呈显著正相关,但当电力覆盖人口接近 100%时,各国发展程度的差异不再依赖于电气化水平的变动。中国的电气化水平在所有发展中国家中处于较高水平,1990 年电力覆盖人口就达到 94.2%,到 2010 年更是高达 99.7%,这一水平显著高于印度(75%)和南非(82.7%)等国,略高于巴西(98.9%),但低于俄罗斯(100%)和其他实现电力全覆盖的发达经济体。

除了利用新的清洁能源(如电力),对固体燃料(如煤球、薪柴、秸秆等)的使用也同样能刻画燃料结构和发展水平。图 1-12 描述了各国 2010 年使用非固体燃料人口比重与人类发展指数的关系。同样,我们发现那些拥有较多固体燃料消费人口的国家往往发展指数较低。例如,左下角的非洲国家尼日尔,该国仅有 3%的人口能够获取非固体燃料,包括汽油、天然气或者电力,而剩余的近 97%的人口只能依赖于较低热效率的固体燃料,这意味着那些家庭成员——往往是女性或是儿童——将花费较长时间去收集、运输和储存固体燃料,这一方面降低了

^① 关于这一数据的应用可参见王鹤饶,郑新奇,袁涛.DMSP/OLS 数据应用研究综述.地理科学进展,2012,31(1):11-18.

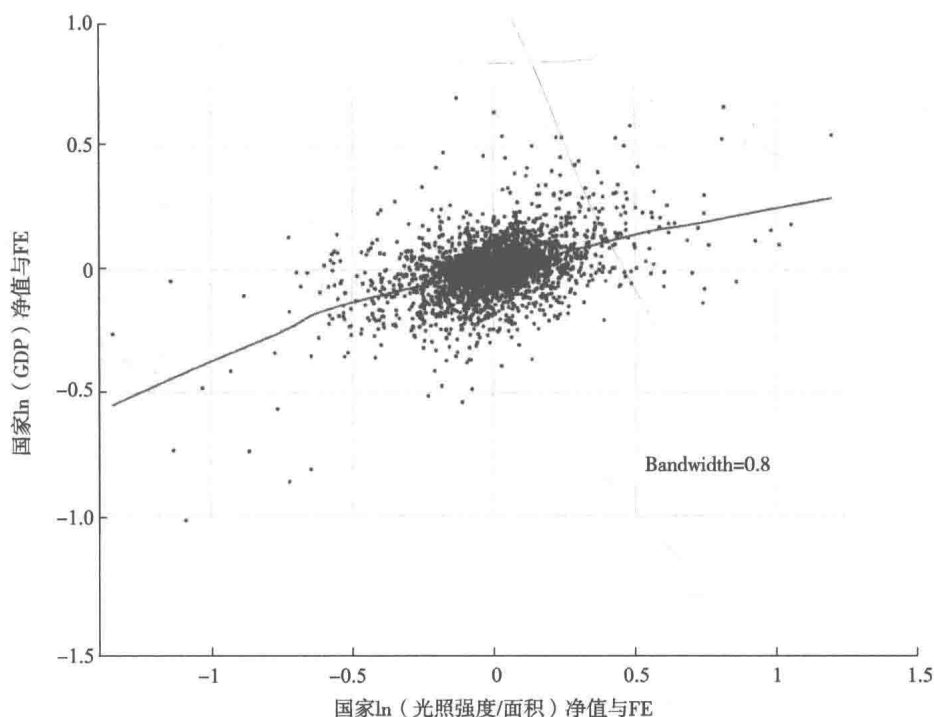


图 1-10 全球各国 GDP 与灯光强度拟合图

资料来源：Henderson J V, Storeygard A, Weil D N. Measuring economic growth from outer space. American Economic Review, 2012, 102 (2): 994-1028

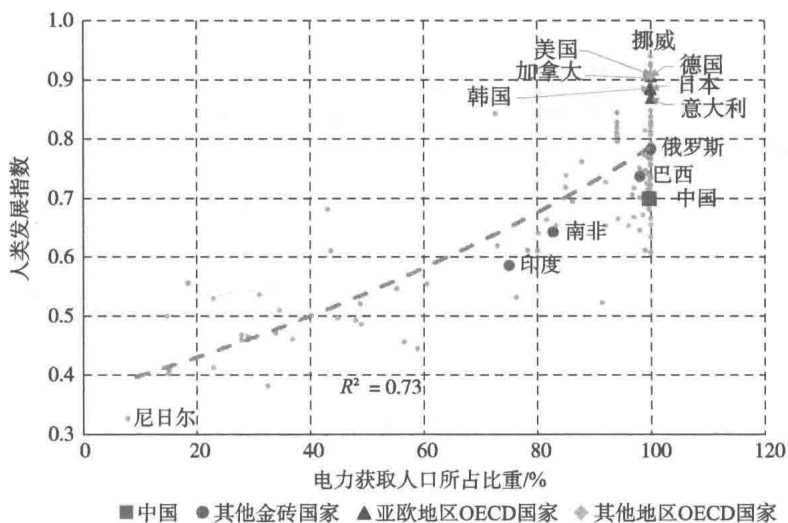


图 1-11 全球 134 个国家 2010 年用电人口比重-人类发展指数散点图

资料来源：World Bank. World Development Indicators. Global Consumption Database