



世界主要国家能源消费特征及 低碳发展水平评析

Evaluation and Analysis on the Energy Consumption's Characteristics and
the Low-Carbon Development (LCD) Level of the Major Countries Worldwide

贾俊松◎著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

世界主要国家能源消费特征及 低碳发展水平评析

贾俊松 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

世界主要国家能源消费特征及低碳发展水平评析 / 贾俊松著. —北京: 科学技术文献出版社, 2016.8

ISBN 978-7-5189-1730-3

I. ①世… II. ①贾… III. ①能源消费—研究—世界 ②节能—研究—世界
IV. ① F416.2 ② TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 167171 号

世界主要国家能源消费特征及低碳发展水平评析

策划编辑: 崔灵菲 责任编辑: 文 正 责任校对: 赵 瑗 责任出版: 张志平

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路15号 邮编 100038
编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部 (010) 58882868, 58882874 (传真)
邮 购 部 (010) 58882873
官 方 网 址 www.stdp.com.cn
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 北京教图印刷有限公司
版 次 2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷
开 本 850×1168 1/32
字 数 200千
印 张 7.375
书 号 ISBN 978-7-5189-1730-3
定 价 38.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

目前，全球一体化趋势使世界各国之间的关联性日趋突出、复杂性程度越发增强。同时，能源是社会经济可持续发展的基础。基于此，笔者在江西师范大学（鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室/地理与环境学院）工作期间，根据其在博士后期间的部分科研成果，进行理论扩充、实践延展及不断修订与完善形成本书。本书主要围绕“世界主要国家的能源消费特征及其低碳发展水平的评价与分析”等科学问题展开研究，获得的主要研究亮点如下：

（1）对世界主要国家（地区）能源消费（包括替代能源消费）在时间和空间上的差异性特点进行分析，认为经济增长是拉动能源消费需求的一个重要因素。发达国家经济增长对能源需求的拉动作用较小，发展中国家则较大。这是因为发展中国家能源密集型产业比重较高。空间上，能源消费总量与各区域的人类活动强度相关，且消费主要集中在北半球或北美、欧亚大陆及亚洲。消费结构受能源资源禀赋影响显著。人均能耗与能耗效率除与能源资源禀赋有关外，还与经济发展模式及人们的生活习惯等有关。

替代能源消费总量稳步上升，主要是因为替代能源生产量也在上升的缘故。水电和核电占有替代能源绝大部分份额，但其他6类替代能源（地热能，风能，太阳能、潮汐能及电池燃料，生物质及废弃物利用能，乙醇燃料，生物柴油）的增长率却更高，该6类替代能源又均为可再生能源。目前，世界主要国家（尤



其欧美)在国家政策、法律及制度上积极重视发展可再生能源,陆续提出明确发展目标,并通过强制立法等手段保障这些目标的实现。这必定对将来转变能源消费方式、减少对化石能源依赖性起到重要作用。

(2)对能源消费主要驱动因素分析发现:近年来(2009—2014年),全球尺度上对能源消费量增长最重要的影响因素为人口及其增长活动,其次为交通业与信息产业的活動(包括基础设施建设),然后为研究开发及医疗业活动,最后就是一般意义上的经济活动、农业生产活动及教育活动等。尽管能源资源禀赋对区域能源消费结构具有一定影响,但对总消费量的增长并无影响。

(3)对一些典型国家能源消费短中期的未来进行预测发现:尽管所采用的ARIMA模型存在一些不足,但其用于短中期预测是可行的,其预测结果可为将来预警系统等提供数据支撑。预测结果也显示,2008年这些典型的国家可能受全球经济危机影响,经济增长步伐有所减缓,从而能源消费量也有所降低。但是,近年来(2009—2014年),各国经济企稳回升,相应地,能源消费也呈现出不同程度的增长趋势。

(4)通过构建低碳发展水平评价指标体系,并通过整合模糊层次分析法FAHP和理想点法TOPSIS,对世界主要国家的低碳发展水平进行评价与分析,认为低碳发展水平概念可作为一种专门的指标或工具,该工具主要应用于对低碳发展模式的探讨和分析,整合的FAHP和TOPSIS两步方法,可以成功地应用于低碳发展水平的评价研究。评价具有一定的模糊性,因而,采用模糊性的口语化变量进行评估,可使评估更加真实。

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 世界能源消费及其影响因素	1
1.1.1 可持续发展、低碳经济与能源消费	1
1.1.2 世界能源消费及其影响因素研究进展	13
1.2 低碳发展水平评析	19
1.2.1 低碳发展模式	19
1.2.2 低碳发展水平评析理论与实践	22
1.3 研究目的、研究内容与技术路线	24
1.3.1 研究目的	24
1.3.2 研究内容	25
1.3.3 技术路线	25
第2章 世界主要国家能源消费特征	27
2.1 能源与替代能源相关概念	27
2.1.1 能源相关概念辨析	27
2.1.2 替代能源界定	29
2.2 研究方法与技术	31
2.2.1 因子分析法	31
2.2.2 聚类分析	32



2.2.3	GIS	33
2.3	能源消费特征分析	34
2.3.1	总能源消费特征	35
2.3.2	替代能源消费特征	53
2.3.3	替代能源激励政策	67
2.3.4	结论	72
 第3章 能源消费特征的影响因素——基于 Hi_PLS 模型		
	实证研究	74
3.1	递阶偏最小二乘模型	74
3.1.1	经典偏最小二乘模型	74
3.1.2	递阶偏最小二乘模型	77
3.2	潜在影响因素	78
3.2.1	自然方面影响因素	79
3.2.2	经济方面影响因素	79
3.2.3	人文社会方面影响因素	80
3.3	基于不同模型的影响因素分析	81
3.3.1	经典模型 (PLS) 结果分析	81
3.3.2	递阶模型 (Hi_PLS) 结果分析	84
3.3.3	结论	88
 第4章 能源消费的预测分析——基于 ARIMA 模型		
	实证研究	90
4.1	ARIMA 模型介绍	90
4.1.1	问题提出	90

4.1.2	ARIMA 模型建立	91
4.2	典型国家能源消费预测分析	93
4.2.1	具体研究内容说明	93
4.2.2	美国案例预测示例	93
4.2.3	其他国家预测分析	102
4.2.4	结论	108
 第5章 世界主要国家低碳发展水平评析——整合		
	FAHP 与 TOPSIS 法实证结果	110
5.1	研究方法	111
5.1.1	层次分析法	111
5.1.2	模糊集理论	113
5.1.3	模糊层次分析法	114
5.1.4	TOPSIS 法	121
5.1.5	整合的 FAHP-TOPSIS 过程分析法	123
5.2	低碳发展水平指标系统	124
5.2.1	国家区域说明	124
5.2.2	数据来源	126
5.2.3	指标系统确定	127
5.3	低碳发展水平评价结果与分析	131
5.3.1	指标权重	131
5.3.2	低碳发展水平时空动态演变	140
5.3.3	分析与讨论	146
5.3.4	结论	155



第6章 结论与展望	157
6.1 本书研究的创新性及主要结论	157
6.1.1 能源消费具体特征	157
6.1.2 能源消费影响因素	159
6.1.3 能源消费预测分析	160
6.1.4 低碳发展水平评析	163
6.2 未来可继续深入研究的方向	164
附 录	166
参考文献	203
后 记	222

图表目录

图 1.1	技术路线	26
图 2.1	1965—2014 年全球尺度国民生产总值与能源 消费总量	36
图 2.2	1965—2014 年主要国家能源强度指数	37
图 2.3	世界能源消费结构	38
图 2.4	总能源消费量的空间分布	44
图 2.5	人均能耗及人均 GDP	45
图 2.6	总能源消费量及人均能耗	47
图 2.7	能源消费结构	47
图 2.8	总能源消费聚类结果	52
图 2.9	总能源消费量、替代能源消费量及其比例	55
图 2.10	替代能源生产量、消费量及损耗比例	56
图 2.11	水电、核电及其他替代能源增长的时间动态	57
图 2.12	其他替代能源增长的时间动态	58
图 2.13	研究期间 6 类替代能源比例变化	58
图 2.14	27 个国家 6 类替代能源生产总量差异	62
图 2.15	26 个国家 6 类替代能源生产比例差异	64
图 2.16	6 类替代能源聚类结果	66
图 3.1	递阶偏最小二乘模型 (Hi_PLS) 建模示意	78



图 3.2 能源消费影响因素的 PLS 模型 VIP 示意	82
图 3.3 能源消费影响因素的 Hi_PLS 顶层模型 VIP 示意	88
图 4.1 完整 ARIMA 模型预测技术路线	92
图 4.2 1965—2013 年美国能源消费量变化趋势	94
图 4.3 美国能源消费对数项及其一次差分项和 二次差分项	95
图 4.4 模型 3 的 AR 和 MA 根的倒数	100
图 4.5 模型的拟合效果	101
图 4.6 澳大利亚能源需求预测效果	103
图 4.7 奥地利能源需求预测效果	103
图 4.8 土耳其能源需求预测效果	104
图 4.9 德国能源需求预测效果	104
图 4.10 意大利能源需求预测效果	104
图 4.11 波兰能源需求预测效果	105
图 4.12 北美地区能源需求预测效果	105
图 5.1 层次分析法流程	111
图 5.2 三角模糊数 $\tilde{M} = (l, m, u)$	115
图 5.3 $\tilde{S}_i$ 和 $\tilde{S}_j$ 相交	118
图 5.4 三角模糊数去模糊化的面心法示意	119
图 5.5 评价过程示意	123
图 5.6 47 个研究对象的地理位置	126
图 5.7 问卷调查专家居住位置示意	132
图 5.8 与口语化答案相对应的三角模糊数示意	134

表 2.1	不同历史时期能源消费增长对经济增长的 拉动作用（弹性系数）	40
表 2.2	各国家或地区能耗效率（经济效率）	51
表 2.3	不同阶段 6 类替代能源增长情况	59
表 3.1	影响因素内涵及其块号	85
表 3.2	Hi_PLS 模型回归结果	87
表 4.1	序列 {LNUS}、{DLNUS} 和 {D2} 的 ADF 与 PP 检验结果	96
表 4.2	序列 {D2} 的自相关函数和偏相关函数	97
表 4.3	有关序列 {D2} 的 ARIMA 模型及其参数	98
表 4.4	有关序列 {DLNUS} 的 ARIMA 模型及其参数	99
图 4.5	模型 3 的残差序列 Q 检验	101
表 4.6	其他一些国家或地区能源需求预测结果	102
表 5.1	47 个研究对象的名称及缩写	125
表 5.2	低碳发展水平指标系统的层次结构	128
表 5.3	采用的口语化答案及其转化为对应的三角模 糊数规则	133
表 5.4	某专家观点的三角模糊数矩阵（二级指标 评价层）	135
表 5.5	某专家观点的三角模糊数矩阵（碳排放现状 三级指标评价层）	135
表 5.6	某专家观点的三角模糊数矩阵（碳源控制水平 三级指标评价层）	136
表 5.7	综合的专家观点三角模糊数矩阵（二级指标 评价层）	137



表 5.8	综合的专家观点三角模糊数矩阵（碳排放现状 三级指标评价层）	137
表 5.9	综合的专家观点三角模糊数矩阵（碳源控制水平 三级指标评价层）	138
表 5.10	二级层次指标权重的 4 种结果比较与选择	138
表 5.11	指标系统权重	139
表 5.12	2007 年各国家（区域） DJ^* 、 DJ^- 和 CCJ 值	141
表 5.13	低碳发展水平的最终计算结果和排序	143
表 5.14	按 5 阶段法划分的 47 个国家（地区）的 分类结果	147
表 5.15	4 个国家研究年限内指标原始数据	153

第1章 绪 论

1.1 世界能源消费及其影响因素

1.1.1 可持续发展、低碳经济与能源消费

可持续发展 (Sustainable Development) 理论是当今世界最有代表性和影响力的理论之一。20 世纪 60 年代, 以美国生物学家 Carson 所撰写的《寂静的春天》(Silent Spring) 为开端, 人类就开始了对环境问题的关注及对传统发展方式的反思。20 世纪 70 年代初, 成立于 1968 年的罗马俱乐部提出了该组织的第一份研究报告《增长的极限》(The Limits to Growth)。这一报告迅速在世界各地传播并引起国际社会的普遍关注和广泛讨论, 讨论的中心问题为: 经济的不断增长是否会不可避免地导致全球性的环境退化和社会解体 (赵景柱等, 1999)。20 世纪 70 年代后期, 人们基本上达成了一个比较一致的结论, 即经济发展可以不断地持续下去, 但必须对发展加以调整, 即必须考虑发展对自然资源的最终依赖性。1980 年, 世界自然保护联盟 (IUCN)、联合国环境规划署 (UNEP) 及世界自然基金会 (WWF) 等国际组织一起, 共同发表了《世界保护策略》(World Conservation Strategy) 这份重要报告。该报告的主要目的有 3 个: ①解释生物资源保护对人类生存与可持续发展的作用; ②确定优先保护的问题及处理这些问题的要求; ③提出达到这些目标的有效方式。该报告分析了保



护和发展之间的关系，并指出：如果发展的目的是为人类提供社会和经济福利的话，那么保护的目的是要保证地球具有使发展得以持续和支撑所有生物的能力。保护与发展是相互依存的，二者应当结合起来加以综合考虑。虽然《世界保护策略》以可持续发展为目标，围绕保护与发展做了大量的研究和讨论，并且反复用到可持续发展这个概念，又给出该概念的大致轮廓与基本内涵，但是，它始终没有明确地给出可持续发展的定义。尽管如此，人们一般认为可持续发展概念的发端源于此报告（赵景柱等，1999）。

1983年12月，联合国秘书长任命 Brundtland 为主席，成立了包括马世骏先生在内的 22 人组成的世界环境与发展委员会（WCED）。经过近 4 年的时间，该委员会于 1987 年完成了《我们共同的未来》（Our Common Future）这份重要报告（马世骏，1995）。该报告第一次明确提出了可持续发展的定义：可持续发展是既满足当代人的需求，又不对后代人满足其需求的能力构成危害的发展（Sustainable development is the development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their needs）。《我们共同的未来》在给出可持续发展定义的同时，也从一些不同的角度对可持续发展加以阐释。

尽管《我们共同的未来》提出的可持续发展概念已被人们广泛接受，但迄今为止，由于各种原因，人们对可持续发展的研究多处于发展战略（方创琳等，2015）、评价指标体系（甘琳等，2009）及具体城市发展模式（牛海鹏等，2005）等的探讨阶段，对整个可持续发展理论具有重要创新和突破意义的观点或思想仍比较少。同时，近年来，气候变化（暖）等问题越来越引起人们的忧虑和注意。1979 年第一次世界气候大会就使人们普遍认识到大气中二氧化碳浓度在不断增加的事实。1988 年联

联合国环境规划署和世界气象组织组建了政府间气候变化研究专项小组（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC），专门研究气候变化（暖）及其相关问题。1992年联合国环境与发展大会上，154个国家签署了《联合国气候变化框架公约》（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC），这是关于气候变化问题的第一个国际性条约。1997年在日本京都通过了《联合国气候变化框架公约的京都议定书》，简称《京都议定书》（Kyoto Protocol），议定书设定了一些国家的二氧化碳减排目标和行动纲要。

在这些重大历史事件的推动下，低碳经济（Low-carbon Economics）思想理念及相关政策应运而生（张玉台等，2009），可以说，该思想正是人们在可持续发展理论框架下逐渐萌生出来的一个创新分支。所谓低碳经济，是指依靠技术创新和政策措施，实施一场能源革命，建立一种能够较少排放温室气体的经济发展模式，从而减缓气候变化，其实质是能源效率和清洁能源结构问题，核心是能源技术创新和制度创新，目标是减缓气候变化和促进人类的可持续发展（徐瑞娥，2009；王仕军，2009）。

低碳经济这一概念被明确提出并首次出现的官方文件是2003年英国政府发表的《能源白皮书：我们能源的未来——创建低碳经济》（Energy White Paper: Our Energy Future—Creating a Low Carbon Economy），该书提出了创建一个低碳社会的构想（张坤民，2008；朱松丽等，2008）。实际上，早在1991年，Yu等就认为能源消费效率（尤其是终端能源使用效率）的改进对二氧化碳减排的意义重大，并结合经济评价，进行了具体案例实证研究，但该研究也处于定性评价阶段。1998年，Kinzig等针对世界上一些主要国家的碳排放现状，根据可获得的能源和工业方面数据，设计了不同的未来碳排放情景，据此分析得出结论认为：无论是发达国家还是发展中国家，越早采取行动遏制大气中



二氧化碳浓度的升高越好。最后，还为一些国家提出了向低碳经济转型发展的具体对策建议。2000 年，McEvoy 等从长期以来环境保护与就业机会之间存在的不协调情况入手，调研发现发展低碳经济与扩大社会就业率之间也可能存在某种不协调，并采用情景分析法对该问题进行了深入探讨。Wordsworth 等（2003）估算了英国在低碳技术上实行投资政策的总价值，包括直接的税收收入和间接的金融融资收入。最后，将这些收入与投资方的投入进行分析，得出结论认为实行这些投资政策的供给方（政府）最终是可以盈利的，并据此进行了一些预测，提出了一些建议。郭斌等（2003）通过对 GIS 系统与能源结构优化模型和大气污染物控制模型的集成研究，开发出具有较强应用价值的可用于城市能源结构优化研究的 GIS 优化控制系统。由此可见，2003 年及以前的研究文献主要集中在实行低碳经济的可行性、低碳经济与就业及实行低碳经济的意义等方面。我国与低碳经济相关的研究则集中在能源结构及其优化的讨论上。

2003 年之后，Hanson 等（2004）以《京都议定书》的目标为导向，探讨了一些先进低碳技术方面的投资政策问题。Davies 等（2004）设计了一个可供超市等场所使用的制冷系统，该制冷系统可实现节能减排 26% 的目标。Nakada（2005）针对低碳能源技术的研发投入政策，探讨了解除一些政策规定及其对研发投入的影响问题。Grubb 等（2006）以英国电力系统为例，首先探讨了低碳战略与电力系统安全之间的关系，采用了两个多样性指标，使用情景分析方法进行分析，结果认为：低碳发展战略与电力系统的安全在本质上是协调一致的。提高燃油效率，并鼓励国内的汽车生产，促进其经济增长，是英国政府一贯追求的目标。Cousins 等（2007）分析了英国 60 年来的相关数据，提出了一些有益的对策。Natarajan 等（2007）以英国政府 2003 年发布的能源白皮书为背景，选择了 3 种不同的情景，探讨了低碳家庭