

能源经济与低碳政策丛书

国际石油市场 驱动机制与影响机理

INTERNATIONAL OIL MARKETS

Price Dynamics and Transmission Mechanism

姬强 范英 著



科学出版社

能源经济与低碳政策丛书

国际石油市场

驱动机制与影响机理

INTERNATIONAL OIL MARKETS
Price Dynamics and Transmission Mechanism

姬强 范英 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

国际石油市场正在经历前所未有的变化,石油生产国形势复杂多变,市场需求已经东移,新能源和可再生能源发展迅速。市场各方力量对石油定价权的争夺愈演愈烈,市场秩序面临深刻调整,国际油价影响机理和市场规律呈现新的特征。本书围绕国际石油市场价格运行规律,从市场内部微观行为机理、市场外部信息传导机制和石油市场的宏观经济影响三个大的维度,针对市场驱动机理、市场一体化程度、跨市场信息传导、油价冲击的经济影响、市场投资策略以及石油进口安全评估等内容展开深入的研究,尝试挖掘市场新的演化规律和特征。

本书适合能源相关政府部门、大型能源企业、投资机构、科研院所研究人员和行业协会专家阅读,也可以作为大专院校能源经济学和能源金融专业教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

国际石油市场:驱动机制与影响机理/姬强,范英著. —北京:科学出版社, 2017. 6

(能源经济与低碳政策丛书)

ISBN 978-7-03-052741-7

I. ①国… II. ①姬…②范… III. ①石油市场-国际市场-研究
IV. ①F416. 22

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第100012号

责任编辑:王 倩/责任校对:刘亚琦

责任印制:张 倩/封面设计:李姗姗

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>

中国科学院印刷厂 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:787×1092 1/16

2017年6月第一次印刷 印张:15 3/4 插页:2

字数:370 000

定价:128.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

总 序

能源和环境约束已经成为人类经济社会发展的重大挑战，节能减排和应对气候变化已经纳入中国社会经济发展的长远规划和发展战略中。中国在大力发展新能源和可再生能源、提高能源利用效率、降低单位 GDP 碳排放强度的同时，在“十三五”能源规划中进一步提出了控制能源消费总量，实现能源革命的新要求；随后承诺在 2030 年前后碳排放达到峰值，并争取提前实现；在《中美元首气候变化联合声明》中，习近平主席郑重宣布中国计划于 2017 年建成全国碳市场。

不断深入的能源革命和节能减排实践，对经济学和管理科学提出了新的挑战和要求，包括经济结构调整和经济转型、能源市场化改革、气候变化的全球性、新能源新技术的发展动力等，既有国际范围的课题，也有中国特有的问题。范英教授带领的研究组是国内较早对这些课题开展系统深入研究的团队，他们围绕能源和环境的现实挑战，应用扎实规范的经济学和管理科学理论方法，长期耕耘探索，不断积累，形成了丰富的研究成果。“能源经济与低碳政策丛书”是这些优秀成果的汇编，丛书具有以下鲜明的特点：

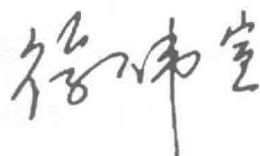
(1) 问题来源于实践。丛书每本专著的选题都来自现实的能源环境挑战，特别是针对中国经济的特点和所处的发展阶段，发挥了经济学和管理科学学以致用特点，直面问题，揭示规律，探索机制，提出优化的政策建议。

(2) 研究方法有创意。丛书采用规范的经济学和管理科学研究方法，基于大量的实际数据，理论研究和实证研究相结合。书中涉及很多数学模型和计算，研究成果已经过同行评议，并发表在国际国内一流学术期刊上。

(3) 重视研究结果的落实。在理论研究和模型分析的基础上，注重讨论决策和机制设计问题，以及决策变量与环境条件参数的关系，将现实的决策与未来的情景分析结合起来，最后推导出优化的政策选择。

“能源经济与低碳政策丛书”选题新颖、内容丰富、论证严谨，理论与实证相结合，具有创新性、前瞻性和实用性，是一套优秀的学术丛书。我希望并深信这套丛书的出版，

将进一步推动中国能源经济学、环境经济学和能源环境管理的学科发展，推动中国能源环境决策的科学化和国际化。希望范英教授团队和国际国内同行一道，在应对能源和环境挑战的事业中不断做出新的贡献。



中国优选法统筹法与经济数学研究会原理事长

中国科学院科技政策与管理科学研究所原所长

二〇一五年十月于北京

序

进入 21 世纪，在能源安全和气候变化的双重挑战下，市场成为能源环境经济系统稳定运行的重要载体。而石油作为世界上最重要的化石能源，其市场成熟度和开放度最高，在国际能源市场体系中占据着非常重要的地位，对于经济发展和国际金融货币体系的完善也具有重要的意义。

2014 年以来，油价波动进入低位持续期，百元油价时代似乎在离我们远去。然而，纵观历史，历次大幅度的油价波动都伴随着市场价格形成机制的深刻调整市场多空力量的重新洗牌，吸引国内外学者对国际油价新的影响机理进行探索，以便更好地揭示国际石油市场复杂的价格波动特征及动态演化规律。

姬强博士和范英教授撰写的这本对石油金融研究领域有益拓展的《国际石油市场：驱动机制与影响机理》著作，正是在这样的国际背景下完成的，体现了作者对于国际石油市场热点问题的敏锐把握和对市场背后的驱动机制的深入探索。该书的研究内容涉及国际石油市场的定价机理、全球市场的整合与分化、市场间信息传导机制，以及宏观经济影响和投资策略等多个方面。对国际石油市场的融合程度、油价驱动机理的动态演化、油气关系的协调与分离、石油的地缘政治属性、石油的金融传染机制等问题从新的视角进行系统的分析，观点和结论都颇具新意，对市场投资者具有重要的指导意义。

该书在多个问题的研究上另辟蹊径，巧妙结合不同的理论方法，具有创新性和前沿性，为石油市场研究提供了新的分析工具和研究思路。例如，作者将图论与计量经济学模型有序结合，提出识别油价驱动机理的系统分析方法；将社会网络分析理论用于分析世界石油市场体系，量化不同市场的地位和影响力；将大数据技术和网络信息用于量化突发事件对市场波动的影响等。

十多年前，我受聘中国科学院科技战略咨询研究院兼职教授，后又受聘担任首位特聘教授，对范英教授和姬强博士的团队有非常深的了解。他们的团队长期从事能源金融的理论与实证研究，在国际石油市场的驱动机制和广泛影响方面不断开拓进取，积累深厚。团

队不断发展模型方法和分析工具，承担了国家自然科学基金委员会、国家能源局及油气企业的大量项目，在国内外能源和金融领域重要期刊发表了一大批高水平的学术论文，在能源金融和市场领域从研究产出与水平两方面看都堪称国内一流研究团队。

姬强博士和范英教授在这些长期积累的成果基础上凝练而成的这本著作，内容逻辑清晰、观点鲜明，理论方法先进，具有很强的可操作性和实用性。希望该书的出版，能够为政府决策层制定石油战略和推动石油市场化建设提供理论指导，也能够为油气投资者制定投资策略和分析市场规律提供工具手段。最后，也希望该书的出版能够促进更多的学者、专业分析师和研究生从事能源市场的相关研究，共同推动中国能源金融与石油市场理论的研究和实战水平，为能源经济学的学科发展做出贡献。

姬 强

国家能源、环境和产业经济研究院院长

天津大学经管学部“千人计划”特聘教授

2017 年端午节于上海

前 言

石油作为世界上最重要的化石能源，对国家的经济发展具有不可替代的战略意义。自 19 世纪 60 年代现代石油工业诞生以来，世界石油控制权在欧美跨国石油公司和中东产油国之间经历了反复交替。自 20 世纪末，随着原油市场的发展和期货市场的成熟，石油市场成为全球石油资源优化配置的有效手段，其市场特征变化直接反映了各方力量的博弈，石油价格形成也完全由市场决定。这一阶段，石油市场的不确定性增加，市场特征更加复杂多变，特别是在后金融危机时代，对石油市场价格行为机理以及复杂特征的研究更加重要。

石油市场理论的发展及市场研究的热点往往跟随定价权的演化而不断延展。20 世纪 70 年代开始的 3 次石油危机，真正引发了世界诸多学者对石油市场的理论探索。当时的理论研究更多的还是探讨 OPEC（石油输出国组织）的“卡特尔”角色以及供需失衡对油价的影响机理。进入 21 世纪，在市场化定价机制下，随着 OPEC 市场份额的不断下降，OPEC 对价格的影响力也在减弱，市场研究关注的焦点也开始转移。

通过对当前的油价运行规律进行剖析发现，其波动幅度已经远远超出供需因素所能解释的范畴，石油价格更多地表现为金融属性和地缘政治属性，而不再单纯只是商品属性。石油市场已经成为金融系统中不可或缺的一部分，与金融市场之间的信息传导关系更加多样化和复杂化，也开始面临系统性风险和金融传染效应对市场的冲击。这个时候，石油价格波动不仅仅受到石油市场自身供需基本面、市场内部因素的影响，不同层面的外部信息流入也会对市场投资者情绪造成干扰，从而影响市场对未来价格的预期，对市场的研究也从简单的供需框架扩展到对市场微观行为机理的研究。

显然，在不同的内外部市场环境下，影响油价的驱动因素和作用机制都不一样。而高油价和低油价的运行轨迹和外力推动也存在很大的差异。2014 年下半年以来，国际油价大幅度下跌，国际石油从高油价进入低油价时代基本成为市场的共识，在可预期的 5~10 年，国际油价很难出现大的反转。本轮的低油价周期主要是由于全球石油供应宽松，而石油需求受经济低迷影响一直处于疲弱状态导致供需失衡所致。加上化石能源与非常规能源

产业之争、新能源技术革命、气候变化约束等外力合成，共同形成了当前的低油价走势。

在这样的背景下，各驱动因素对油价作用的新机理如何演化？市场投资者如何调整策略对冲风险？地缘政治事件对市场的影响如何量化？市场间的信息传染效应如何扩散？油价冲击对经济的影响如何传导？这些问题都需要从新的视角采用新的方法工具进行探索。

本书以国际石油价格新的运行规律为核心，研究内容主要分为石油市场内部微观行为机理、石油市场外部信息传导机制、石油市场宏观经济影响以及石油市场投资和贸易策略。

第1章绪论，主要凝练了在当前国际油价持续低迷的市场环境下，石油市场表现出的新的结构特征以及市场多方力量博弈的新动态，并对石油市场的理论发展进行系统的综述，梳理不同定价阶段石油市场的理论研究趋势和重要发现，最后总结石油市场未来可能的热点科学问题和研究方向。

第2~5章阐述石油市场内部微观行为机理。第2章从石油市场风险-收益之间的复杂关系入手，通过构建不同的模型系统分析石油市场的隐含波动特征，证实隐含波动指数能够有效的反映投资者情绪变化。第3章提出识别国际油价驱动因素的系统分析方法，通过整合偏最小二乘回归模型、向量误差修正模型和有向无环图技术，从同期信息传导机制，对油价的解释力以及对油价波动的贡献程度3个方面对油价上涨期和低迷期各因素的不同作用机理进行全面分析。第4章引入网络关注度，利用网络搜索指数量化突发事件对油价波动的影响，对金融危机、战争、OPEC会议及飓风等不同类型的事件进行对比分析。第5章将图论和社会网络分析理论引入石油市场体系结构特征的研究中，量化分析世界原油市场融合程度的演化规律及区域市场在市场体系中的地位 and 影响力。

第6~9章阐述石油市场外部信息传导机制。第6章综合运用面板协整、状态空间模型、马尔科夫机制转换模型及向量自回归模型等对国际油价与三大区域天然气价格之间的时变特征、机制转换及冲击的不对称性进行系统研究。第7章引入美元指数作为外生冲击，建立原油市场与各商品市场间的波动溢出模型，分析金融危机前后原油市场与各非能源商品市场间的信息溢出效应和动态相关性。第8章构造半旋转的 Gumbel Copula 函数并提出一种数据驱动的时变最优 Copula 识别方法，对国际油气价格与美元汇率之间的动态相依关系进行了研究。第9章对比分析中国石油市场与国内外商品市场之间的信息传导机制，分析了中国石油市场与国际市场之间的领先滞后关系。

第 10 章概述石油市场的宏观经济影响，构造结构 VAR 模型分析了石油供应冲击、全球实际总需求冲击和石油市场特定需求冲击对金砖五国（BRICS）工业产出、汇率和物价水平等宏观经济变量的不同影响。

第 11 ~12 章概述了石油市场的投资和贸易策略。第 11 章从炼油商面临裂解价差风险的视角，在考虑原油、汽油和热油之间信息交互的基础上提出了多产品的套期保值模型，为炼油商规避原油和成品油双重价格风险提供投资策略。第 12 章从石油进口供应链的视角，系统地构建反映各环节风险水平的指标体系，并提出两阶段 DEA-like 石油进口安全综合评价模型，对我国的进口安全形势以及主要风险因素进行研究。

本书的研究内容是在长期成果积累的基础上完成的。第 1 章由姬强完成；第 2、第 3 章由姬强、范英完成；第 4 章由姬强、郭剑锋完成；第 5 章由姬强、范英完成；第 6 章由耿江波、席雯雯、姬强和范英完成；第 7 章由姬强、范英完成；第 8 章由刘炳越、姬强和范英完成；第 9 章由姬强、范英完成；第 10 章由刘明磊、姬强和范英完成；第 11 章由姬强、范英完成；第 12 章由张海颖、姬强和范英完成。先后在我们中心工作和学习的老师与同学都对相关研究工作给予了不同程度的帮助和指导，他们是夏炎、朱磊、许金华、莫建雷、蔡圣华、孙德强、梁强、王海博、解百臣、杨冕、段宏波、毕清华、张毅、Faheemullah Shaikh、刘寅鹏、段菲、马嫣然、赵万里等。

在长期从事能源经济学和石油金融领域科学研究的过程中，我们得到了来自国家部委相关部门、业界和学术界众多专家学者的指导和帮助。我们对徐伟宣教授、蔡晨教授、汪寿阳教授、李善同教授、李一军教授、高自友教授、张维教授、潘教峰教授、穆荣平教授、杨烈勋教授、刘作仪教授、田立新教授、杨晓光教授、张中祥教授、周勇教授、李建平教授、周鹏教授、龙如银教授、张兴平教授、安海忠教授、冯连勇教授、孙梅教授、应尚军教授、张大永教授、Ronald D. Ripple 教授、David C. Broadstock 教授、王群伟教授、安丰全司长、陈卫东高工、单联文高工等专家给予的指导和帮助表示最诚挚的谢意！

本书的研究工作得到了国家自然科学基金（No. 71690245, No. 91546109, No. 71203210, No. 71133005）的支持，在此一并致谢！

限于我们的知识范围和学术水平，对于书中的不足之处，恳请读者批评指正！

姬 强 范 英

二零一七年一月

目 录

总序	
序	
前言	
第1章 绪论	1
1.1 石油市场博弈新动态	2
1.2 石油市场理论发展综述	4
1.3 石油市场的热点科学问题	20
第2章 国际原油价格隐含波动特征研究	22
2.1 石油市场隐含波动指数	23
2.2 油价收益与波动关系建模	24
2.3 数据和基本统计	26
2.4 风险-收益关系研究	28
2.5 本章小结	34
第3章 国际油价驱动机理识别的系统分析方法	36
3.1 国际油价驱动因素分析	37
3.2 油价驱动因素系统识别方法	38
3.3 数据及样本分析	42
3.4 国际油价驱动机理系统分析	45
3.5 本章小结	55
第4章 突发事件对国际油价波动的影响机理研究	56
4.1 事件影响的行为机理	57
4.2 石油相关事件	58
4.3 事件影响机理建模	61
4.4 石油相关事件影响分析	63
4.5 本章小结	70
第5章 国际原油市场动态协同性研究	72
5.1 国际原油市场体系	73

5.2	动态网络建模	74
5.3	原油市场基本统计	78
5.4	国际原油市场分析	82
5.5	国家原油市场分析	91
5.6	本章小结	100
第 6 章	国际原油市场与天然气市场动态关系研究	102
6.1	天然气定价机制的演化	103
6.2	油价与气价关系建模	104
6.3	数据来源	107
6.4	油气时变协动性分析	109
6.5	油价对区域天然气价格的影响	114
6.6	本章小结	124
第 7 章	国际原油市场对非能源商品市场的影响研究	125
7.1	原油市场与非能源商品市场的交互影响	126
7.2	跨市场波动溢出模型	127
7.3	各市场基本分析	129
7.4	原油市场与各商品市场间波动溢出效应分析	132
7.5	本章小结	137
第 8 章	国际油气价格与汇率动态相依关系研究	139
8.1	能源价格与汇率关系的经济学分析	140
8.2	时变最优 Copula 建模	141
8.3	油气价格与汇率相依关系实证研究	147
8.4	本章小结	151
第 9 章	中国石油市场的影响力研究	153
9.1	中国商品市场与国际商品市场的关系	154
9.2	市场间信息传导模型	156
9.3	石油及各商品市场样本分析	157
9.4	中国石油市场影响力分析	160
9.5	本章小结	170
第 10 章	结构化油价冲击对中国宏观经济的影响研究	172
10.1	油价与新兴经济体宏观经济关系	173
10.2	BRICS 石油供需形势	174

10.3	石油价格冲击建模	177
10.4	数据来源和预处理	179
10.5	油价冲击的宏观经济影响	180
10.6	本章小结	187
第 11 章	国际石油市场套期保值策略研究	189
11.1	炼油商组合投资策略	190
11.2	裂解利润的套期保值模型	191
11.3	数据及样本分析	195
11.4	套期保值效果分析与比较	197
11.5	本章小结	201
第 12 章	中国石油进口安全综合评估研究	203
12.1	中国石油进口现状	204
12.2	石油进口风险识别和指标选取	205
12.3	两阶段 DEA-like 石油进口安全评价模型	208
12.4	中国石油进口安全综合评价	210
12.5	本章小结	215
参考文献		218

Contents

Preface

Chapter 1 Introduction	1
1.1 New pattern of oil market	2
1.2 Literature review of oil market research	4
1.3 Hot scientific issues in the oil market	20
Chapter 2 Research on implied volatility for oil prices	22
2.1 Oil price implied volatility index	23
2.2 Modelling the relationship between oil returns and volatility	24
2.3 Data and statistics	26
2.4 Empirical analysis for risk-return	28
2.5 Conclusions	34
Chapter 3 System analysis approach for the identification of factors driving crude oil prices	36
3.1 Driving factors	37
3.2 Synthesis approach	38
3.3 Data and sample analysis	42
3.4 Driving mechanism of factors on oil prices	45
3.5 Conclusions	55
Chapter 4 Oil price volatility and oil-related events: an internet concern perspective	56
4.1 Behavioral mechanism of event impact	57
4.2 Oil-related events	58
4.3 Event study modelling	61
4.4 Effects analysis of the oil-related events	63
4.5 Conclusions	70
Chapter 5 Dynamic integration of world oil prices: globalisation vs. regionalisation	72
5.1 The world oil market system	73

5.2	Dynamic network modelling	74
5.3	Summary statistics of oil market system	78
5.4	Oil market integration from an International perspective	82
5.5	Oil market integration from a country perspective	91
5.6	Conclusions	100
Chapter 6 Dynamic comovement between international oil prices and natural gas prices		102
6.1	Evolution of natural gas pricing mechanism	103
6.2	Modelling the dynamic relationship	104
6.3	Data sources	107
6.4	Time-varying comovement analysis	109
6.5	Impacts of oil prices on regional natural gas prices	114
6.6	Conclusions	124
Chapter 7 Impact of oil price volatility on non-energy commodity markets		125
7.1	Interdependence between oil market and non-energy commodity markets	126
7.2	Volatility spillover model across market	127
7.3	Basic analysis for markets	129
7.4	Volatility spillover effect between oil and commodity markets	132
7.5	Conclusions	137
Chapter 8 Dynamic dependence between oil and gas prices and exchange rate		139
8.1	Economic analysis of the relationship between energy prices and exchange rate	140
8.2	Time-varying optimal copula model	141
8.3	Dependence analysis of oil and gas prices and exchange rate	147
8.4	Conclusions	151
Chapter 9 Influence of China's oil market		153
9.1	Relationship between domestic and international commodity market	154
9.2	Information transmission model across market	156
9.3	Commodity market sample analysis	157
9.4	Influence analysis for China's oil market	160
9.5	Conclusions	170
Chapter 10 Effects of structural oil shocks on China's macro-economy		172
10.1	Relationship between oil prices and emerging economies	173

10.2	Oil supply and demand in BRICS countries	174
10.3	Oil shocks modelling	177
10.4	Data preprocess	179
10.5	Macroeconomic impact of oil price shocks	180
10.6	Conclusions	187
Chapter 11	A dynamic hedging approach in multiproduct oil markets	189
11.1	Portfolio hedging strategy for refineries	190
11.2	Hedging model for crack spread	191
11.3	Data analysis	195
11.4	Hedging performance comparison	197
11.5	Conclusions	201
Chapter 12	Integrated evaluation for China's oil import security	203
12.1	Oil import situation in China	204
12.2	Risk identification and indicator system	205
12.3	Two-phase DEA-like model	208
12.4	Evolution and evaluation of China's oil import security	210
12.5	Conclusions	215
References		218

第 1 章 | 绪 论

进入 21 世纪,随着世界经济的快速发展,全球石油消费量增长迅速,其在全球能源消费中的比重始终维持在 30% 之上,在能源消费结构中长期占据主导地位。然而,由于石油资源在消费区域和储产区域分布的不均衡,超过 85% 的石油资源掌握在仅仅 5% 的资源大国手中,这也造成了大多数石油消费国需要通过贸易手段满足国内的石油需求。国际原油市场成为平衡世界各国石油供需的重要媒介,也是各国争夺石油话语权、抢占市场份额的主战场。为此,本章主要对本轮油价周期内,石油市场新的动态特征进行凝练,对石油市场的复杂特征和市场格局的演化规律进行系统的讨论,在此基础上,梳理了石油市场理论发展的脉络,清晰展示了石油市场理论研究的拓展和演变过程,并对未来石油市场的热点研究方向进行总结,这也是本书的立意所在。