

国外油气勘探开发新进展丛书

YOUQIKANTANKAIFAXINJINZHANCONGSHU

(十一)

OIL AND GAS EXPLORATION AND PRODUCTION RESERVES, COSTS, CONTRACTS

油气勘探与生产 ——储量、成本及合约

法国石油与发动机工程师学院经济与管理中心 著

吕 鹏 李素真 译

石油工业出版社



新进展丛书 (十一)

油气勘探与生产

——储量、成本及合约

法国石油与发动机工程师学院经济与管理中心 著

吕 鹏 李素真 译

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是一本关于石油勘探和开发经济学的书,提供了有关石油经济学的全方面信息。内容涉及石油的历史,石油价格以及石油行业的市场结构演变过程,储量分类和评估的各种方法,投资和成本分析,法律、合同及财务问题,安全、环保和伦理问题等。

本书面向对油气领域有所了解的各类读者,包括石油院校师生、油气行业科研工作者和工程技术人员、政治决策者等。

图书在版编目(CIP)数据

油气勘探与生产——储量、成本及合约 / 法国石油与发动机工程师学院经济与管理中心著;吕鹏,李素真译. —北京:石油工业出版社,2014.4

(国外油气勘探开发新进展丛书;11)

书名原文:Oil and Gas Exploration and Production: Reserves, costs, contracts
ISBN 978-7-5021-9943-2

I. 油…

II. ①法…②吕…③李

III. ①油气储量—研究②油气勘探—石油经济—研究

IV. ① P618.13 ② F407.22

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第018365号

Translation from the English language edition: “Oil and Gas Exploration and Production: Reserves, costs, contracts” coordinated by Centre for Economics and Management (IFP-School), translated from the French by Bowne Global Solutions Mr Jonathan PEARSE.

Copyright © Editions Technip, Paris, 2002. All Rights Reserved.

本书经Editions Technip授权翻译出版。中文版权归石油工业出版社有限公司所有,侵权必究。

著作权合同登记号 图字:01-2008-1466

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523541 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:18.75

字数:450千字

定价:75元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《国外油气勘探开发新进展丛书（十一）》

编 委 会

主 任：赵政璋

副 主 任：赵文智 张卫国

编 委：（按姓氏笔画排序）

马 纪 冯 定 吕 鹏 刘玲莉

刘德来 李 勇 李洪波 何保生

周家尧 章卫兵

序

为了及时学习国外油气勘探开发新理论、新技术和新工艺，推动中国石油上游业务技术进步，本着先进、实用、有效的原则，中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织多方力量，对国外著名出版社和知名学者最新出版的、代表最先进理论和技术水平的著作进行了引进，并翻译和出版。

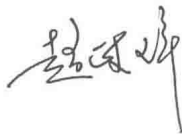
从2001年起，在跟踪国外油气勘探、开发最新理论新技术发展和最新出版动态基础上，从生产需求出发，通过优中选优已经翻译出版了10辑50多本专著。在这套系列丛中，有些代表了某一专业的最先进理论和技术水平，有些非常具有实用性，也是生产中所亟需。这些译著发行后，得到了企业和科研院校广大生产管理、科技人员的欢迎，并在实用中发挥了重要作用，达到了促进生产、更新知识、提高业务水平的目的。部分石油单位统一购买并配发到了相关的技术人员手中。同时中国石油总部也筛选了部分适合基层员工学习参考的图书，列入“石油图书进基层活动”书目，配发到中国石油所属的4万个基层队站。该套系列丛书也获得了我国出版界的认可，三次获得了中国出版工作者协会的“引进版科技类优秀图书奖”，形成了规模品牌，产生了很好的社会效益。

2014年在前10辑出版的基础上，经过多次调研、筛选，又推选出了国外最新出版的6本专著，即《油气勘探与生产——储量、成本及合约》、《产量递减曲线分析》、《实用钻井循环系统》、《管道风险管理指南——理念、技术及资源》、《管线规划及现场施工手册》、《泵和泵站操作手册》，以飨读者。

在本套丛书的引进、翻译和出版过程中，中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织了一批著名专家、教授和有丰富实践经验的工程技术人员担任翻译和审校人员，使得该套丛书能以较高的质量和效率翻译出版，并和广大读者见面。

希望该套丛书在相关企业、科研单位、院校的生产和科研中发挥应有的作用。

中国石油天然气股份有限公司副总裁



我们向所有帮助完成此书的人，同时也向我们整个团队，特别是负责准备工作的 Claudie Grévin 以及 Florence Gérard，表达最衷心的感谢。我们同时感谢将此书翻译成完美英文版的 Jonathan Pearse，以及审阅英文版并提出宝贵意见的 Toni Head。

最后，感谢道达尔公司、壳牌公司和英国石油公司慷慨地允许在本书中使用很多重要的照片。

感谢此次看似简单却激动人心的探险活动中的所有参与者。

Nadine Bret-Rouzaut

法国石油与发动机工程师学院

经济与管理中心石油经济与管理项目主任

Jean-Pierre Favennec

法国石油与发动机工程师学院

经济与管理中心主任

2004 年 3 月

第二版前言

本书第一版非常成功，不断加印。考虑到 2000—2007 年间石油行业发生的巨大变化，我们决定彻底重写此书。在 21 世纪初，很多专家都预测原油价格会上涨，但几乎没人敢设想油价会站稳在每桶 60 多美元的高位。

多高的油价才算高油价仍有待商榷，但“高”油价时代的到来的确改变了石油行业内力量的分布：产油国的力量得到强化，他们和跨国石油公司合作的想法不再那么迫切，这是一个重大的变化。20 世纪 90 年代，囊中羞涩的产油国急于与那些能够在金融市场上融得大笔资金的外国公司合作，“开放政策”大行其道。那时候，负债累累的产油国无法独立为石油行业必要的投资项目融到足够的资金。现在，尽管要优先发展经济，许多产油国还是被迫将石油销售收入中的一大部分用于民生项目，剩余收入并不总是足以满足油气行业的投资需求，但比起低油价时代，预算约束还是宽松一些。

对能源以及所有原材料的强大需求导致成本猛增，也影响到了石油勘探和开发领域。即使技术进步仍然作用明显，但高科技油田和通货膨胀导致生产成本猛增。

本书在上一版的基础上彻底重新审视并改写。我们必须感谢多名作者所做的巨大贡献。衷心感谢 Pierre Sigonney 全身心投入到最新的样稿中，没有他就没有这本书。我们同时感谢他的同事：Edna Bobot 和 Richard Rouhet。我们还要感谢法国石油与发动机工程师学院的 Oliveier Massol 所给予的大力帮助。

Nadine Bret-Rouzaut

法国石油与发动机工程师学院

经济与管理中心石油经济与管理项目主任

Jean-Pierre Favennec

法国石油与发动机工程师学院

经济与管理中心主任

2007 年 5 月

单位换算

符号：

$k=10^3$

$M=10^6$

$G=10^9$

$T=10^{12}$

t= 吨

m^3 = 立方米

ft^3 = 立方英尺

bbl= 桶

oe= 油当量

石油计量单位：

$1 \text{ bbl} \approx 0.14 \text{ t}$ ($1 \text{ t} = 7.3 \text{ bbl}$)

$1 \text{ bbl} = 0.159 \text{ m}^3$ ($1 \text{ m}^3 = 6.3 \text{ bbl}$)

天然气计量单位：

$1 \text{ Tm}^3 = 35.3 \text{ Tft}^3$ ($1 \text{ Tft}^3 = 28 \text{ Gm}^3$)

$1 \text{ boe} = 5.35 \text{ kft}^3$ ($1 \text{ kft}^3 = 0.18 \text{ boe}$)

以下人员为本书作出很大贡献：

Denis Babusiaux	第 1 章
<i>IFP</i>	
Jean-Pierre Favennec	
<i>IFP</i>	
Philippe Copinschi	
<i>IFP</i>	
Élisabeth Feuillet-Midrier	第 2 章
<i>IFP</i>	
Vincent Lepez	第 3 章
<i>Total</i>	
Roland Festor	第 4 章
<i>Total</i>	
Michèle Grossin	
<i>Total</i>	
Sébastien Barreau	
<i>IFP</i>	
Pierre Sigonney	
<i>Total, for the second edition</i>	
Denis uirauden	第 5 章
<i>Beicip-Franlab</i>	
Denis Babusiaux.....	第 6 章
<i>IFP</i>	
Nadine Bret-Rouzant.....	第 7 章
<i>IFP</i>	
Michel Valette	
<i>Total</i>	
Pierre-René Bauquis	第 8 章
<i>Total</i>	
Alain Chétrit	
<i>Total</i>	
Pierre Sigonney	
<i>Total, for the second edition</i>	

Nadine Bret-Rouzaut 和 Jean-Pierre Favennec 是整个工作中的协调者。

目 录

第 1 章 石油：一种战略商品	1
1.1 用途、重要性 with 未来前景	1
1.1.1 过去几个世纪石油的用途	1
1.1.2 石油的重要性	2
1.2 历史背景	4
1.2.1 第一次世界大战之前的大型石油公司（早期的竞争局面）	4
1.2.2 两次世界大战之间：政府的作用	12
1.2.3 两次世界大战之间（2）：多家石油公司之间的合作与竞争 （以土耳其石油公司为例）	15
1.2.4 第二次世界大战以后：日益增长的石油消费，新成立的石油公司， 欧佩克的诞生和发展	17
1.2.5 石油输出国组织作用的削弱和石油价格的下降	28
1.2.6 市场的力量	32
1.2.7 21 世纪：石油价格还会持续走高吗	33
1.3 石油市场和石油价格	37
1.3.1 影响原油价格的物理参数	37
1.3.2 原油定价机制的发展历史	38
1.3.3 价格构成的经济学分析	43
1.3.4 可能出现的发展变化	52
1.4 结论	58
第 2 章 石油和天然气的勘探和生产	59
2.1 碳氢化合物的形成	59
2.1.1 沉积盆地	59
2.1.2 石油地质	59
2.1.3 石油系统	62
2.2 油气勘探	62
2.2.1 勘探远景	62
2.2.2 地质学	63
2.2.3 地球物理学	64
2.2.4 勘探钻井	67
2.2.5 评估	72
2.3 开发和生产	73

2.3.1 油藏管理	73
2.3.2 油藏模拟模型	78
2.4 开发钻井	79
2.4.1 定向钻井, 水平钻井, 丛式井	79
2.4.2 完井阶段	81
2.4.3 油井产能	82
2.4.4 修井	83
2.5 油井流出物的加工	83
2.5.1 分离过程	83
2.5.2 油处理	84
2.5.3 水处理	84
2.5.4 气处理: 脱硫和脱水	84
第3章 油气储量	86
3.1 概念	87
3.1.1 政治和技术经济方面的限制	87
3.1.2 确定性和概率性估计	88
3.1.3 P90, P50, P10 等	89
3.1.4 1P, 2P 和 3P 储量	90
3.1.5 探明储量, 概算储量和可能储量	90
3.1.6 慎用各种不同的储量表示方法	90
3.2 储量的特点	91
3.2.1 常规碳氢化合物和非常规碳氢化合物	91
3.2.2 深海和超深海的石油	92
3.2.3 重油和超重油	93
3.2.4 油页岩	93
3.2.5 合成油	93
3.2.6 非常规天然气	94
3.2.7 两极地区	95
3.2.8 其他种类的非常规碳氢化合物	95
3.3 储量的生产	96
3.3.1 投入生产的决定	96
3.3.2 产出剖面图	96
3.3.3 哈伯特的峰值理论	97
3.3.4 技术进步对产出剖面图的影响	98
3.4 乐观主义者和悲观主义者	100
3.4.1 两种思想流派	100
3.4.2 自然论者还是经济学家	102

3.4.3 结论	102
3.5 储量和产量的地理政治分布	103
3.5.1 北美	104
3.5.2 南美	104
3.5.3 欧洲各国	106
3.5.4 非洲	106
3.5.5 中东地区	107
3.5.6 前苏联	109
3.5.7 亚洲及大洋洲地区	109
第4章 投资与成本	111
4.1 引言	111
4.2 成本分类	112
4.2.1 成本的种类	112
4.2.2 成本分析的例子	112
4.3 勘探成本	114
4.3.1 地球物理学	114
4.3.2 勘探钻井	117
4.4 开发成本	119
4.4.1 项目授权之前的各个重要阶段	119
4.4.2 开发钻井	122
4.4.3 生产设备和运输设备	124
4.4.4 概算开发成本的方法	129
4.4.5 实际开发项目	132
4.5 运营成本	141
4.5.1 运营成本的分类	141
4.5.2 运营成本的控制	143
4.6 控制成本	144
4.6.1 技术进步产生的影响	145
4.6.2 经济周期和合同策略对项目成本的影响	148
4.7 石油服务行业	151
4.7.1 历史背景	151
4.7.2 投资石油勘探和生产：石油服务业的市场	151
4.7.3 全球石油服务行业	154
4.7.4 通过收购不断发展	156
第5章 法律制度、财政制度和合同制度	159
5.1 关键问题	159
5.1.1 碳氢化合物的所有权和国家对自然资源的主权问题	159
5.1.2 油气勘探和生产模式	161

5.1.3	制度性选择	162
5.1.4	石油立法的内容	162
5.1.5	相关各方的目的	164
5.1.6	协调多项目标, 共同分担经济租金	164
5.1.7	合同类型	165
5.1.8	石油合同类型细分	165
5.2	石油勘探和生产合同的主要条款	168
5.2.1	合同的整体结构	168
5.2.2	技术、业务和行政方面的规定	168
5.2.3	经济、财政、金融和商业条款	173
5.2.4	法律规定	175
5.2.5	天然气条款	177
5.3	特许制度	177
5.3.1	一般框架	177
5.3.2	主要特点	178
5.3.3	其他石油利润税	181
5.4	产量分成合同	182
5.4.1	整体框架	182
5.4.2	主要组成部分	183
5.5	其他合同形式	185
5.6	分担经济租金对勘探生产活动的影响	187
5.6.1	灵活性和投资激励	187
5.6.2	不同制度的比较	191
5.6.3	前景展望	192
第6章	勘探开发决策	193
6.1	战略分析与公司目标的界定	193
6.1.1	理解公司运营的环境	193
6.1.2	优势与劣势	193
6.1.3	项目组合	194
6.1.4	联盟	194
6.1.5	战略部门: 组织形式与功能	194
6.2	经济评价(确定性条件下)和短期决策	195
6.3	开发中的决策以及关键回报率率的计算	197
6.3.1	贴现率与资本成本	197
6.3.2	构建现金流量表, 经营活动现金流, 一般做法	199
6.3.3	投资项目的评估准则: 净现值法与回报率	199
6.3.4	当量成本	201
6.3.5	融资组合及剩余权益法	202

6.3.6	继续参与评估项目	203
6.3.7	另一种方法计算项目的回报率：阿迪蒂法	203
6.3.8	一种新方法：一般税后加权平均资本成本法	205
6.3.9	处理不确定性的第一步：敏感性分析	207
6.3.10	一个经验评判标准：回收期（财务风险暴露期）	208
6.4	勘探的决策：概率论基础	208
6.4.1	“勘探”数据表	208
6.4.2	期望价值	209
6.4.3	序列决策与条件值	211
6.4.4	应用 NPV 期望值的局限性	214
6.5	结论	217
	参考文献	218
第 7 章	信息、会计和竞争分析	219
7.1	会计准则	221
7.1.1	资本运营成本	221
7.1.2	储量	223
7.1.3	折旧和减值准备	225
7.2	石油行业上游的竞争力分析	227
7.2.1	资产负债表附注的关于油气生产活动信息	228
7.2.2	指标	231
7.3	结论	234
	附录：财务会计基本原则	236
7A.1	资产负债表	236
7A.1.1	资产	236
7A.1.2	负债	237
7A.1.3	资产负债表的表述形式	238
7A.2	损益表	238
7A.2.1	损益表的表述	239
7A.2.2	中间级项目的表述	239
7A.2.3	折旧	240
7A.3	现金流量表	241
7A.4	合并报表	242
第 8 章	健康、安全、环保	246
8.1	行业风险	246
8.2	安全管理	246
8.2.1	派普·阿尔法事故	246
8.2.2	降低风险	247
8.2.3	安全管理系统	247

8.3 环境因素	248
8.4 环境管理阶段：前期—中期—后期	249
8.4.1 “前期”：准备阶段	249
8.4.2 “中期”：实施阶段	250
8.4.3 “后期”：修复阶段	250
8.5 健康、安全、环保一体化	251
8.6 石油和道德标准	252
8.6.1 石油行业的道德问题	253
8.6.2 资源国的道德问题	254
8.6.3 道德问题：环境保护和人权问题	256
参考文献	258
词汇表	261
索引	269

第 1 章 石油：一种战略商品

1.1 用途、重要性与未来前景

1.1.1 过去几个世纪石油的用途

石油（字面意思是出自石头的油）、柏油、沥青等词在最古老的文字中就已经出现。古人生动地描述了石油涌到地球表面，轻质成分自然汽化后所留下的黏稠物质。这些残余物用途广泛，例如渔民们常用其封堵船上的裂缝。传说盛着摩西沿尼罗河顺流而下的摇篮外侧就涂满了沥青，以防下沉。

在现代石油工业时代的曙光初现之前的多个世纪中，石油通常还有另外两种重要的用途，一种是被当作包治百病的万灵药（图 1.1 和文字框 1.1）。据漫画《幸运的卢克》的作者莫里斯与戈西尼所述，当时的人们认为石油可以治疗的疾病包括坏血病、痛风、牙疼、风湿病，甚至嵌甲。



图 1.1 被当作万灵药的石油

文字框 1.1 塞内卡人的香膏

“他继续说道：

……在那些日子里，我们的勇士们的儿子不去学校读书，但是他们能够听懂伟大的神灵所创造出来的嬉戏在水中、翱翔于天空、奔驰在草原或者隐藏于森林中的各种动物的语言。生存所需的一切知识他们都是无师自通。在深山或者密林中，他们常常需要穿越一些黑色的湖泊，湖水看似有毒。然而，猎人们却说，当夜幕降临，许多动物会云集于此来饮湖中黏稠之水。它们似乎是被湖边的玫瑰散发的香气所吸引，远道而来。”

“我们的兄弟塞内卡人第一个想到：

我们为什么不向这些鸟儿或者麋鹿学习呢？熊可以通过舔熊掌来度过漫长的寒冬，对于我们来说，如果我们喝了这些油乎乎的水，也许能够获得足够的力量来行走、打猎、战斗、抵御严寒。伟大的神灵把这些水放在我们行进的道路，一定有他的用意。”

“他们饮用了这些水，并且发现这些取自黑湖中的水事实上是一种效果非凡的药物，可以治疗所有勇士们有生之年可能患的疾病。喝了这种水的人不再被头疼或胃疼所困扰；他们看到在内脏上肆虐的虫子离开了自己的身体。将这些水浇到头上后头发长得更长；与族内医生使用的香膏相比，用黑水清洗过的伤口愈合更快。用黑水擦洗身体可以防蛇咬；易洛魁族人甚至声称，如果在纹身时使用一点取自黑湖的水，他们将不再惧怕弓箭。印第

安人将这些神奇的传说传遍整个大陆。现在，他们在为了这些黑湖而互相征战。他们在地面上盐分高的地方挖个洞，然后将自己的羊毛毯塞到洞里。傍晚时分，如果他们向伟大的神灵祷告，恳求慈爱怜悯。那么第二天早上，他们经常会奇迹般地发现毯子上裹了一层石油。他们还把石油分给朋友。我父亲过去经常告诉我，很多年前，我们的一个祖先曾经带了一名白人来到黑湖边，但是在印第安人的心中，伟大的神灵是天地间唯一的主宰者。”

由于其可燃性，石油被制成了一种战争武器——现代凝固汽油弹的前身，希腊人称之为“医用火”，罗马人称之为“燃烧油”，拜占庭人则称之为“希腊火”。



图 1.2 油灯

现代石油工业的发展则应该主要归功于物理学家阿尔冈发明的油灯（图 1.2），巴黎药剂师 Quinquet 对其进行了改进。这种灯格外明亮，因此迅速流行开来。这些油灯，形状大小千差万别，向生活在现代生活中的我们生动地展示了祖辈的日常生活。最初，他们主要使用鲸油。但随着鲸鱼数量的减少，鲸油产量已经无法满足人类的需要。取而代之的是一种产自石油的链烷烃，俗称“煤油”。但是很快，仅靠石油的自然渗出也无法满足日益增长的需求，因此人们开始了地下勘探工作，试图增加石油产量。1859 年 8 月 27 日，德雷克上校在美国宾夕法尼亚州的泰特斯维尔成功地打出了第一口产油井，23m 的深坑底部满是珍贵的石油（见 1.2.1.1）。

从原油中生产煤油的方法很简单。当时使用蒸馏技术把原油中相对密度较大的部分分离出来用作润滑剂，但是经过加工后的原油有一部分会被废弃掉；当时的环保要求可没有现在这么严格。

煤油消费量的增长导致了对原油需求量的猛增。在 19 世纪初，电灯逐渐代替了油灯，煤油的消费量开始下滑，但是这种下滑趋势逐渐被抵消了，因为汽车对汽油以及后来对柴油的需求量在不断增加（图 1.3）。当时正值汽车业快速发展时期。一段时间过后，重质燃料油成了炼油业的一个重要销售市场。温斯顿·丘吉尔曾经在 1911—1915 年期间任海军部第一海务大臣，英国舰队接受了他的提议使用重质燃料油，这给石油发展做出了非常重要的贡献。

然而，在第二次世界大战之前，石油的消费量仍然有限。全球范围内，除美国以外的国家消费量很少，煤炭仍然在全球能源领域占主导地位。1945 年“二战”结束之后，石油才逐渐成为一种值得一提的能源。1945 年石油消费量 $3.5 \times 10^8 \text{t}$ ，1960 年超过 $10 \times 10^8 \text{t}$ ，1970 年超过 $20 \times 10^8 \text{t}$ ，1990 年超过 $30 \times 10^8 \text{t}$ 。在 21 世纪初期，石油消费量已经接近每年 $35 \times 10^8 \text{t}$ 。

1.1.2 石油的重要性

地理学家伊夫·拉科斯特认为“地理是导致战争的重要原因。”我们还可以附加一点，石油也是导致战争的重要因素。在相当长的时间里如果没有金属或者某些农产品并无大碍，但是如果没有石油产品，那是令人无法想象的。在运输领域也不能没有石油，无论在和平年代还是战争时期，石油对每个国家都是非常重要的。