



石油科技知识系列读本
SHIYOU KEJI ZHISHI XILIE DUBEN

石油工业

概论

The Petroleum Industry: A Nontechnical Guide

作者: Charles F. Conaway

翻译: 高群峰

审校: 刘海洋



石油工业出版社



石油科技知识系列读本
SHIYOU KEJI ZHISHI XILIE DUBEN

石油工业

概论

The Petroleum Industry: A Nontechnical Guide

江苏工业学院图书馆
藏书章

作者: Charles F. Conaway

翻译: 高群峰

审校: 刘海洋

石油工业出版社

内 容 提 要

本书在讲述石油工业简史的基础上,介绍了地球的形成、油气的生成和聚集、石油的勘探和开发、炼油和石化以及石油的销售。本书揭开了地球物理学家、油藏工程师等专业人员的神秘面纱,使一个石油的门外汉也可以有机会一窥石油工业的堂奥。

本书内容深入浅出、文字通俗、语句流畅、图文并茂,是一本对石油工业概况了解的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

石油工业概论 / (美) Charles F. Conaway 著; 高群峰译.
北京: 石油工业出版社, 2009.12

(石油科技知识系列读本)

书名原文: The Petroleum Industry

ISBN 978-7-5021-7154-4

I. 石…

II. ① C…② 高…

III. 石油工业 - 概论

IV. TE

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 078344 号

本书经 PennWell Publishing Company 授权翻译出版, 中文版权归石油工业出版社所有, 侵权必究。著作权合同登记号: 图字 01-2002-3655

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

发 行 部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

787×960 毫米 开本: 1/16 印张: 13

字数: 216 千字

定价: 35.00 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

《石油科技知识系列读本》编委会

主 任：王宜林

副 主 任：刘振武 袁士义 白泽生

编 委：金 华 何盛宝 方朝亮 张 镇

刘炳义 刘喜林 刘克雨 孙星云

翻译审校：（按姓氏笔画排列）

尹志红	王 震	王大锐	王鸿雁	王新元
王瑞华	艾 池	乔 柯	刘 刚	刘云生
刘怀山	刘建达	刘欣梅	刘海洋	孙晓春
朱珊珊	吴剑锋	张 颖	张国忠	李 旭
李 莉	李大荣	李凤升	李长俊	李旭红
杨向平	杨金华	汪先珍	苏宇凯	邵 强
胡月亭	赵俊平	赵洪才	唐 红	钱 华
高淑梅	高雄厚	高群峰	康新荣	曹文杰
梁 猛	阎子峰	黄 革	黄文芬	黎发文

丛书序言

石油天然气是一种不可再生的能源，也是一种重要的战略资源。随着世界经济的发展，地缘政治的变化，世界能源市场特别是石油天然气市场的竞争正在不断加剧。

我国改革开放以来，石油需求大体走过了由平缓增长到快速增长的过程。“十五”末的2005年，全国石油消费量达到3.2亿吨，比2000年净增0.94亿吨，年均增长1880万吨，平均增长速度达7.3%。到2008年，全国石油消费量达到3.65亿吨。中国石油有关研究部门预测，2009年中国原油消费量约为3.79亿吨。虽然增速有所放缓，但从现在到2020年的十多年时间里，我国经济仍将保持较高发展速度，工业化进程特别是交通运输和石化等高耗油工业的发展将明显加快，我国石油安全风险将进一步加大。

中国石油作为国有重要骨干企业和中央企业，在我国国民经济发展和保障国家能源安全中，承担着重大责任和光荣使命。针对这样一种形势，中国石油以全球视野审视世界能源发展格局，把握国际大石油公司的发展趋势，从肩负的经济、政治、社会三大责任和保障国家能源安全的重大使命出发，提出了今后一个时期把中国石油建设成为综合性国际能源公司的奋斗目标。

中国石油要建设的综合性国际能源公司，既具有国际能源公司的一般特征，又具有中国石油的特色。其基本内涵是：以油气业务为核心，拥有合理的相关业务结构和较为完善的业务链，上下游一体化运作，国内外业务统筹协调，油公司与工程技术服务公司等整体协作，具有国际竞争力的跨国经营企业。

经过多年的发展，中国石油已经具备了相当的规模实力，在国内勘探开发领域居于主导地位，是国内最大的油气生产商和供

应商，也是国内最大的炼油化工生产供应商之一，并具有强大的工程技术服务能力和施工建设能力。在全球 500 家大公司中排名第 25 位，在世界 50 家大石油公司中排名第 5 位。

尽管如此，目前中国石油仍然是一个以国内业务为主的公司，国际竞争力不强；业务结构、生产布局不够合理，炼化和销售业务实力较弱，新能源业务刚刚起步；企业劳动生产率低，管理水平、技术水平和盈利水平与国际大公司相比差距较大；企业改革发展稳定中的一些深层次矛盾尚未根本解决。

党的十七大报告指出，当今世界正在发生广泛而深刻的变化，当代中国正在发生广泛而深刻的变革。机遇前所未有，挑战也前所未有，机遇大于挑战。新的形势给我们提出了新的要求。为了让各级管理干部、技术干部能够在较短时间内系统、深入、全面地了解和学习石油专业技术知识，掌握现代管理方法和经验，石油工业出版社组织翻译出版了这套《石油科技知识系列读本》。整体翻译出版国外已成系列的此类图书，既可以从一定意义上满足石油职工学习石油科技知识的需求，也有助于了解西方国家有关石油工业的一些新政策、新理念和新技术。

希望这套丛书的出版，有助于推动广大石油干部职工加强学习，不断提高理论素养、知识水平、业务本领、工作能力。进而，促进中国石油建设综合性国际能源公司这一宏伟目标的早日实现。

王卫华

2009 年 3 月

丛 书 前 言

为了满足各级科技人员、技术干部、管理干部学习石油专业技术知识和了解国际石油管理方法与经验的需要,我们整体组织翻译出版了这套由美国 PennWell 出版公司出版的石油科技知识系列读本。PennWell 出版公司是一家以出版石油科技图书为主的专业出版公司,多年来一直坚持这一领域图书的出版,在西方石油行业具有较大的影响,出版的石油科技图书具有比较高的质量和水平,这套丛书是该社历时 10 余年时间组织编辑出版的。

本次组织翻译出版的是这套丛书中的 20 种,包括《能源概论》、《能源营销》、《能源期货与期权交易基础》、《石油工业概论》、《石油勘探与开发》、《储层地震学》、《石油钻井》、《石油测井》、《油气开采》、《石油炼制》、《石油加工催化剂》、《石油化学产品》、《天然气概论》、《天然气与电力》、《油气管道概论》、《石油航运(第 I 卷)》、《石油航运(第 II 卷)》、《石油经济导论》、《油公司财务分析》、《油气税制概论》。希望这套丛书能够成为一套实用性强的石油科技知识系列图书,成为一套在石油干部职工中普及科技知识和石油管理知识的好教材。

这套丛书原名为“Nontechnical Language Series”,直接翻译成中文即“非专业语言系列图书”,实际上是供非本专业技术人员阅读使用的,按照我们的习惯,也可以称作石油科技知识通俗读本。这里所称的技术人员特指在本专业有较深造诣的专家,而不是我们一般意义上所指的科技人员。因而,我们按照其本来的含义,并结合汉语习惯和我国的惯例,最终将其定名为《石油科技知识系列读本》。

总体来看，这套丛书具有以下几个特点：

(1) 题目涵盖面广，从上游到下游，既涵盖石油勘探与开发、工程技术、炼油化工、储运销售，又包括石油经济管理知识和能源概论；

(2) 内容安排适度，特别适合广大石油干部职工学习石油科技知识和经济管理知识之用；

(3) 文字表达简洁，通俗易懂，真正突出适用于非专业技术人员阅读和学习；

(4) 形式设计活泼、新颖，其中有多种图书还配有各类图表，表现直观、可读性强。

本套丛书由中国石油天然气集团公司科技管理部牵头组织，石油工业出版社具体安排落实。

在丛书引进、翻译、审校、编排、出版等一系列工作中，很多单位给予了大力支持。参与丛书翻译和审校工作的人员既包括中国石油天然气集团公司机关有关部门和所属辽河油田、石油勘探开发研究院的同志，也包括中国石油化工集团公司江汉油田的同志，还包括清华大学、中国海洋大学、中国石油大学（北京）、中国石油大学（华东）、大庆石油学院、西南石油大学等院校的教授和专家，以及BP、斯伦贝谢等跨国公司的专家学者等。需要特别提及的是，在此项工作的前期，从事石油科技管理工作的老领导傅诚德先生对于这套丛书的版权引进和翻译工作给予了热情指导和积极帮助。在此，向所有对本系列图书翻译出版工作给予大力支持的领导和同志们致以崇高的敬意和衷心的感谢！

由于时间紧迫，加之水平所限，丛书难免存在翻译、审校和编辑等方面的疏漏和差错，恳请读者提出批评意见，以便我们下一步加以改正。

《石油科技知识系列读本》编辑组

2009年6月

前 言

本书成形于作者多年从事的油气咨询公司（OGCI）基础石油技术培训教学工作。本书的写作基于以下两点考虑：

- （1）我们对周围人的工作性质了解越多，我们对公司的价值也就越高。
- （2）即使是再高深的技术领域也是容易作一大概了解的。

作者写作本书的目的是欲揭开地球物理专家、油藏工程师等专业人员的神秘面纱，以使一个石油的门外汉也可以有机会一窥石油工业的堂奥。这里我们遇到的一个障碍是令人生畏的大量术语，正是这些术语使得那些石油专家显得莫测高深、遥不可及。因此书中要不断地使用并解释这些石油专用术语。读者要做好心理准备，因为这些术语往往会有着出乎意料的意思，比如“狗腿”、“鼠洞”或“落鱼”等。

书中各章节按照时间顺序编排。我们会从地球的形成谈起，接着谈到油气的形成及聚集，以及后续的勘探开发及销售。因为石油工业从根本上讲是一种商业行为，因此，经济及技术的双重考虑在每一步介绍中都得到了体现。

作者的目标是为读者提供一个比较容易掌握的，并对石油工业的总体了解。读者在基本了解及掌握了相当术语的基础上就可以有足够的自信向专业人员作进一步的探讨请教了。

Charles F.Conaway

目 录

石油工业简史	1
1 地球的形成	5
1.1 地球的起源	5
1.2 地球的构造	5
1.3 构造运动——改变地壳形状的运动	6
1.4 岩石的类型	9
1.5 沉积岩的形成	9
1.6 地质构造	12
1.7 陆地地貌	14
2 油气的生成和聚集	18
2.1 石油的生成	18
2.2 石油的化学构成	20
2.3 油藏岩石的性质	22
2.4 油气的运移和圈闭	26
2.5 油藏压力	30
3 石油勘探	33
3.1 地质勘探	33
3.2 历史上的勘探实践	34
3.3 地震勘探	36
3.4 其他地质工具	39
4 合同及法规	43
4.1 土地所有权	43
4.2 在美国获采矿权	43
4.3 监管法规	46
4.4 国际石油合同	49
5 油藏动态	52
5.1 油藏流体	52
5.2 油藏——一次采油	55
5.3 气藏	59

5.4	注水驱	60
5.5	热力采油	64
5.6	混相驱	66
5.7	流度比的改善	68
5.8	微生物驱油	68
5.9	油气储量	69
6	钻井	72
6.1	简介	72
6.2	早期的钻机	72
6.3	旋转钻井系统	73
6.4	常规钻井过程	79
6.5	井控	81
6.6	解卡	84
6.7	定向钻井	86
6.8	钻机搬迁	89
6.9	合同及人员	92
7	地层评价	93
7.1	数据要求	93
7.2	钻井数据	95
7.3	钻井液数据	95
7.4	取心	96
7.5	试油	98
7.6	裸眼测井	101
7.7	地层流体取样	105
8	完井	106
8.1	下套管	106
8.2	固井	109
8.3	套管射孔	112
8.4	油井增产措施	115
8.5	防砂	118
8.6	油井生产管柱及井口设备	121
9	油田评价及开发	125
9.1	陆上开发	125
9.2	水上开发	129

9.3	井场准备	131
9.4	修井	135
10	人工举升	137
10.1	自喷	137
10.2	有杆泵抽油	140
10.3	气举	144
10.4	电潜泵	146
10.5	其他举升系统	147
11	地面设备	148
11.1	各种地面设备	148
11.2	设备系统	153
11.3	地面设备布置	160
12	天然气	163
12.1	偏远气田	163
12.2	天然气的现场处理	163
12.3	多余伴生气的处理	164
12.4	天然气处理	165
12.5	天然气管线	166
12.6	液化天然气	166
12.7	天然气制油	168
13	炼油及石油化工	170
13.1	原料	170
13.2	流程	172
13.3	石油化工产品	176
14	石油的销售	178
14.1	原油销售	178
14.2	石油输出国组织 (OPEC)	178
14.3	天然气市场	179
14.4	炼油产品及石油化工产品市场	180
	名词解释	182

石油工业简史

石油工业的形成，既非一蹴而就，又非历时百年。欧洲历史早期，石油就被用来作为疗伤的药膏或是战争中的火攻武器。1854 年左右，在东欧出现了石油工业的萌芽，人们采用农用的杵来掘井采油。采出来的原油被用来提炼煤油，用作廉价煤油灯的燃料。到了 1859 年，煤油生意已经逐渐兴盛起来。当年欧洲全年的原油产量达到了 36000 桶^①，主要产自西班牙的加利西亚以及罗马尼亚。当时，东欧关键欠缺的是钻井技术。

这个问题被一个名叫乔治·比斯尔的人通过不懈努力解决了。比斯尔意识到可以采用开凿盐井的方式来开凿油井。原油当时被称为“岩石油”，被当作是凿盐过程中带出来的令人生厌的副产品。比斯尔吸引到了一些投资人后，成立了宾夕法尼亚石油公司。他们的第一个目标是找到一处有钻探前景的地区，然后找到合适的钻井人员来完成这一工作。这时，一位名叫埃德温·L·德雷克的人出现了。他与宾夕法尼亚石油公司的主要投资人之一在宾馆的一次偶遇后，被该投资人推荐来主持钻井工作。推荐他的这名投资人名叫詹姆士·汤森，是一位纽黑文的银行家。他被德雷克的言谈举止所打动，甚至劝说他购买公司的股票。1857 年，汤森派德雷克在宾夕法尼亚州的蒂图斯维尔征到了一块土地，接下来就开始打井。可惜不尽如人意的是，当地的钻盐工人对工作不够忠诚，很多人中途就打了退堂鼓，找别的活儿去了。直到 1859 年的春天，公司才幸运地找到了满意的钻井人员——“比利大叔”威廉·史密斯及他的两个儿子。史密斯是当地的一名铁匠，专门打制钻盐工具，对于石油钻井需要哪些工具，颇有一些知识。工作开展起来以后，投资人的钱一天天迅速地被项目吸进去，最后大部分人都停止了对项目的投入。汤森成了相信该项目一定会成功的唯一投资人，他甚至不惜自掏腰包对项目进行资助。就在最终连汤森也失去了信心，发函让德雷克停止作业的那一周，奇迹发生了。1859 年 8 月 27 日，钻杆掉到一个裂缝中，又下滑了 6 英尺^②：德雷克钻到原油了。

① 1 桶=158.987 升。

② 1 英尺=0.3048 米。

德雷克打到的这口井没有自喷能力，原油需要用手工泵到地面。该井的成功掀起了一场可与当年加利福尼亚州“淘金热”相比的原油“淘金热”。这一热潮带来了一个新的工业时代。油井如雨后春笋般在蒂图斯维尔地区出现，不过这些油井由于不具备自喷能力，产量仅徘徊在50桶/天左右。1861年，事情出现了转折，人们打到了世界上第一口自喷油井，产量达到了3000桶/天。1860年全年的产量仅徘徊在45万桶，1862年这一数字就飞跃到了300万桶/年。不幸的是，由于供大于求，油价直线下降，1862年当年的油价就从最初的10美元/桶一路跌到了10美分/桶以下，许多生产商深受其害。另一方面，这种大降价也从煤成油及其他照明用油那里抢得了相当一部分市场，对宾夕法尼亚石油公司石油的需求旋即增长了起来。

开放的市场以及巨大的利润使得稍有资金及钻井技术的个体商人纷纷加入钻油行业。由于缺乏秩序，导致过度生产，使得石油零售价格变得飘忽不定。当时的人们还根本不了解原油生产过程中地下发生的情况，石油地质还是一门闻所未闻的学科。人们认为找到原油凭的是运气和“嗅”到石油的天赋。直到后来，地质学家们才受邀加入进来，深入研究了油气储藏与地层构造及组成的关系。一个典型的例子是来自得克萨斯州博蒙特的机械师和木材商人帕提罗·希金斯，他深信在一座称为“纺锤顶”的山下埋藏着石油。在对该山无数次的实地考察中，他注意到山泉中常有气泡冒出。有一次，他拿一根木棍捅进一个山泉旁的土地，有天然气溢了出来。然而，每一名到该地考察过的地质专家都认为希金斯在痴人说梦，没人相信那儿真的有石油。由于被权威集团所否定，希金斯找不到一个支持他的人。然而，在坚持不懈的努力下，通过广告的方式，他最终找到了一个人来帮助他打井，这个人叫安东尼·F·卢卡斯。此人在盐丘硫磺钻探领域很有经验。两人此后得到了詹姆士·葛菲和约翰·加利合办的公司的赞助。该公司此前已经在堪萨斯州开发了美国中部第一个大油田。该公司的经验在钻探纺锤顶油区的过程中发挥了重要作用。1901年10月10日，在投入了两年努力后，卢卡斯和希金斯打到了当时为止最大的一口自喷井——卢卡斯1井。该井每天的产量达到了75000桶。这一事件掀起了美国西南部的石油潮，先是从得克萨斯州和路易斯安那州墨西哥湾沿岸地区的其他盐丘开始，一路扩展到了俄克拉何马州，并于1905年在那里发现了巨型的GlennPool油田。最后，原油潮扩展到了得克萨斯州北部。

原油产量的增加并不是完全来自新油田的发现，其相当一部分来自

破坏性争夺开采。由于大家都在同一地区开采，在缺乏相关地质知识和油井生产知识的情况下，每个人都竭力开采，多多益善，以防对手占了便宜。这种无序竞争和过度生产导致了油价不稳及产品浪费。

石油工业的起步时期，运输上也是极其混乱。在往铁路运输的过程中，遭遇沿路设卡，被索取高额过路费的情况时有发生。针对这种情况，一套木制管线被建造了起来，用来高效廉价地将石油输往铁路线。截至 1866 年，产油区已经建立了一套管网系统，并有干线连接至铁路车站。

洛克菲勒与标准石油公司

约翰·戴维森·洛克菲勒 1839 年出生于纽约州乡下，在经历了近一个世纪的人生岁月后，于 1937 年去世。洛克菲勒小时候，举家搬到了俄亥俄州。在他还是一名十几岁的少年时，就开始了雄心勃勃的生意尝试。当铁路延伸到克里夫兰时，他已经拥有了当地最大的炼油厂。靠着自己的积蓄和投资人的赞助，洛克菲勒全身心地投入到了石油生意中。他不断投资兴建新的炼油厂和公司。1866 年，他的公司销售额超过了两百万美元。在此基础上，洛克菲勒将石油行业的其他业务如生产和销售也一一整合进了他的公司。随着公司业务的壮大，他变得越来越不能容忍当时石油行业普遍存在的缺乏组织、飘摇不定和伪劣产品等弊端。太多的个体生产者导致了过度生产和价格不稳。由于产品质量监管方面的真空，石油产品质量无法得到保障，一些劣质甚至有害的产品充斥市场。比如一些含汽油成分过高的煤油，在用于煤油灯照明时，可能会发生致命的爆炸。洛克菲勒的标准石油公司通过系统地消灭或兼并其竞争对手来达到稳定石油行业的目的。洛克菲勒要么会与感兴趣的公司直接接触，直截了当地要求买下或兼并它，或是等待下一次由于过度生产导致油价低迷时趁火打劫买下竞争对手。更有时会采用压低当地原油价格的方法使对手陷入亏本运营，最后不得不缴械投降。洛克菲勒时常会暗中采用诡计打压对手。其中一个著名的例子涉及“南方发展公司”（South Improvement Company）。铁路运营商给南方发展公司这样有连续业务的大客户打折，使得该公司有能力进一步降低销售价格。此外，南方公司还从铁路那里得到了一种“退税”待遇，即小客户缴纳的运营税，被部分地拿出来奖励给南方发展公司这样的大客户。

此后，洛克菲勒将标准石油公司改造成了股份公司，在进一步扩大

公司利润的同时依然保持大权在握。其事业一帆风顺，截至 1879 年战争结束，他已经控制了全美国 90% 的炼油业。与此同时，石油运输的低效浪费问题也被标准石油公司所一举解决。木桶被彻底淘汰，取而代之的是火车装载的钢制油罐和公路上的马拉油罐车。

洛克菲勒不是世界石油舞台上的唯一玩家。俄国的诺贝尔兄弟（罗伯特、路德维格和阿尔弗里德三兄弟）石油公司、由法国罗思柴尔德家族赞助的俄国第二大石油公司 Bunge & Palashkovsky 石油公司都是其国际竞争对手。英国的塞缪尔兄弟日后也在罗思柴尔德家族的资助下加入了竞争行列，他们发明的新型安全油轮对石油的海上运输产生了革命性的影响。荷兰人也不甘落后，安昆·邵克在荷兰国王威廉三世的监督和支持下，成立了皇家荷兰石油公司。这些国际竞争者令标准石油公司加大了进军海外的力度。哪里有竞争者，哪里就能找到标准石油公司的身影。然而，这些强硬的国际竞争者没有一个在洛克菲勒强大的石油帝国面前乖乖就范。

19 世纪后半叶，电力行业的发展，特别是电灯的普及，使人们纷纷离开照明用油，导致石油生意一度低迷。好在 1895 年巴黎至波尔多往返的汽车赛上内燃机汽车每小时 15 英里^①的杰出表现使得石油业找到了新的市场。汽油，这种早期炼油业的副产品，摇身一变成了主打产品之一。此后，工厂、轮船及火车都相继从煤炭转向了石油这种高效的能源燃料。

① 1 英里 = 1.609 千米。

1 地球的形成

1.1 地球的起源

关于地球形成的确切机理至今仍存在争论。不过，围绕大爆炸理论已经达成了相当程度的共识。该理论认为，宇宙中所有的物质（指除了空间以外的一切）都被压缩成了质量无比巨大的一点，然后，由于巨大的压缩力而发生大爆炸。爆炸形成的宇宙尘在宇宙中飞散。最后，重力作用将这些宇宙尘聚集在一起，密度变大，形成了恒星和行星。

1.2 地球的构造

重力作用使得密度较大的物质，比如铁和镍，集中到了地球的中心，形成了地球的地核（图 1-1）。通过对穿越地球的地震波的研究，地震学家们认为地核主要由液态物质构成，其核为固态。

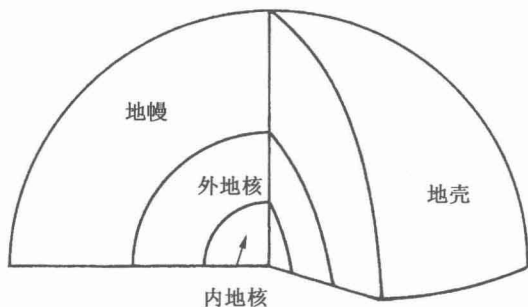


图 1-1 地球的构造

地核被地幔所包围，地幔主要由硅酸盐成分组成。由于热和压力的作用，地幔处在一种半固半液的塑性状态，会在压力下喷出。

地球的表面是固态的地壳。地壳由最轻的物质成分构成。可以说，地壳浮在密度较大的地幔上，地幔浮在密度更大的地核上。地球的这 3 个组成部分是由重力分异作用形成的。