

21世纪可持续能源丛书

石油与天然气 ——机遇与挑战

赖向军 戴林 编著



 化学工业出版社

21世纪可持续能源丛书

石油与天然气 ——机遇与挑战

赖向军 戴 林 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

石油与天然气——机遇与挑战/赖向军, 戴林编著.
北京: 化学工业出版社, 2005.1
(21 世纪可持续能源丛书)
ISBN 7-5025-6101-3

I. 石… II. ①赖…②戴… III. ①石油-基本知识
②天然气-基本知识 IV. P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 090181 号

21 世纪可持续能源丛书

石油与天然气

——机遇与挑战

赖向军 戴林 编著

责任编辑: 陈志良

责任校对: 顾淑云 李 军

封面设计: 于 兵 戴 林

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

[http:// www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 彩插 2 字数 295 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6101-3/TK·13

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

能源是人类社会存在与发展的物质基础。过去 200 多年，建立在煤炭、石油、天然气等化石燃料基础上的能源体系极大地推动了人类社会的发展。然而，人们在物质生活和精神生活不断提高的同时，也越来越感悟到大规模使用化石燃料所带来的严重后果：资源日益枯竭，环境不断恶化，还诱发了不少国与国之间、地区之间的政治经济纠纷，甚至冲突和战争。因此，人类必须寻求一种新的、清洁、安全、可靠的可持续能源系统。

我国经济正在快速持续发展，但又面临着有限的化石燃料资源和更高的环境保护要求的严峻挑战。坚持节能优先，提高能源效率；优化能源结构，以煤为主多元化发展；加强环境保护，开展煤清洁化利用；采取综合措施，保障能源安全；依靠科技进步，开发利用新能源和可再生能源等，是我国长期的能源发展战略，也是我国建立可持续能源系统最主要的政策措施。

面临这样一个能源发展的形势，化学工业出版社组织了一批知名学者和专家，撰写了这套《21 世纪可持续能源丛书》是非常及时和必要的。

这套丛书共有 11 册，以每一个能源品种为一册，内容十分广泛、丰富和充实，包括资源评价，新的工艺技术特性介绍，开发应用中的经济性和环境影响，还涉及到推广应用和产业化发展中的政策和机制等。可以说，在我国能源领域中，这套丛书在深度和广度上都达到了较高的学术水平和实用价值，不仅为能源工作者提供了丰富的能源科学技术方面的专业知识、信息和综合分析的政策工具，而且也能使广大读者更好地了解当今世界正在走向一个可持续发展的、与环境友好的能源新时代，因此值得一读。

我们期待本丛书的出版发行，在探索和建立我国可持续能源体系的进程中作出应有的贡献。

中国科学院院士

王大中

2004 年 7 月 8 日

前 言

我们每个人在现实生活中一直都无时无刻地、自觉不自觉地与石油和天然气发生着密切的关系，我们正在毫无意识地在享受着石油和天然气为我们的生活带来的快捷与便利。

我们身上的服装已经与太多种类的化纤纠缠在一起，日用品中大量的塑料制品，而这些都是来源于石油和天然气，只是人们已经忽略了它们的出处……我们无法想像，如果突然没有了石油和天然气，汽车将停驶，火车会停开，所有的飞机将静静地停在候机坪上，所有的大型机械都将停止运转……

从 20 世纪 40 年代开始，石油已不仅仅是一种能源产品、工业原料，其角色正变得越来越重要，它是一种重要的战略物资，是一种涉及国家能源安全的特殊产品，也是国际政治舞台上经常要使用和争夺的重要筹码。中东之所以成为“众矢之的”，最重要的原因是那里蕴藏着目前世界上已探明的石油和天然气储量的 60% 以上，所以以美国为首的一些国家才会不惜花费巨大的经济代价、军事投入和政治干预，其根本目的是为了石油和天然气。由此可见石油和天然气对任何一个国家的重要性。

但是，我们对石油和天然气到底知道多少，了解多少呢？

进入 21 世纪以来，可持续发展的观念已经为各国所接受并在其制定国家发展战略中得以充分体现。石油、天然气，在过去的一个多世纪乃至今天一直是全球经济发展的主要能源品种，也普遍被人们认为是化石燃料中的清洁能源，甚至可以说是整个人类生产生活的血脉与空气，石油的生产和消费是一个国家经济是否发达的重要标志之一。现今世界石油探明储量为 1400 亿吨，根

据各国的消费情况看，大约可以满足 50 年的需求量。石油已成为人类许多杰出成就的动力来源，同时也是环境保护焦点所在；而天然气以高效优质和清洁无污染等特点，成为世界包括我国在内的社会、经济和环境可持续发展中起重要作用的能源。其探明储量为 144 万亿立方米，在今后 30 年中将占世界一次能源的 30% 以上而超过石油成为世界第一大能源。

石油和天然气是一种与煤炭类似的不可再生的化石燃料，是关系到国计民生和国家经济安全的重要战略物资，是我国实现全面小康社会，实现现代化建设战略目标的重要保障。中国的石油和天然气工业必须坚持可持续发展战略，立足国内、开拓国际、油气并举、厉行节约、建立储备、维护安全，这是建立和完善中国石油和天然气工业的方针。如何寻找并获得宝贵的石油和天然气资源，合理利用使之发挥更大的经济效益和社会效益是大家关心的问题，石油安全供应的战略对国家的经济影响更是许多经济学家和政治家关心的重点问题。

本书对石油和天然气的生成理论、勘探开发以及加工利用的主要技术和工艺过程进行了介绍，希望能够使读者对石油和天然气发展有一些初步的认识。结合近年来中国的能源消费形势以及各有关研究部门和政府部门对石油和天然气的相关政策研究，对石油天然气领域未来所面临的挑战也进行了初步分析。

在本书的策划和编写过程中，根据我们对石油天然气领域发展的认识与思考以及长期以来的工作积累，尽可能地把所收集到的数据信息以及各方观点与读者分享，试图能够给予读者有关该领域发展及其所面临挑战的一个较为清晰的脉络，也为促进我国石油天然气的可持续发展作出一点微薄贡献。

在此，首先要感谢化学工业出版社组织了《21 世纪可持续能源丛书》，这套书为石油和天然气能源分析提供了一个难得的平台，使我们能够把本书呈献在读者面前；此外，本书的问世还要对以下各方人士的大力支持表示衷心地感谢，他们是：国家发展和改革委员会工业发展司陈世海，中国石油天然气股份有限公司蔺爱国、李润生、杜烈奋、张广杰、张清源、毕建国，国家发展和改革委员会能源研究所周大地、周凤起、杨青、梁志鹏，中国石油化工股份有限公司张振，中国石油化工联合会杨伟才、王子敏，清华大学王革华等。特别要感谢北京化工大学孟中为本书进行图表制作。

编 者

2004 年 8 月



图1 沙漠中的油田



图2 游梁式抽油机



图3 海上油气田



图4 常减压装置



图5 催化裂化装置



图6 加氢精制装置



图7 乙烯厂深冷分离装置



图8 乙烯厂夜景



图9 顺丁橡胶装置

目 录

第 1 章 石油和天然气的历史	1
第 2 章 石油与天然气的形成和运移	4
2.1 有关石油的几个概念	4
2.2 石油的形成	4
2.2.1 石油成因的无机学说	4
2.2.2 石油成因的有机学说	5
2.2.3 石油的形成	11
2.3 石油的运移	14
第 3 章 石油与天然气资源	16
3.1 世界油气资源分布情况	16
3.1.1 世界含油盆地概述	16
3.1.2 世界油气资源分布特点	17
3.2 中国油气资源分布及特点	18
3.2.1 中国油气资源分布	18
3.2.2 中国油气资源分布特点	19
第 4 章 石油与天然气的勘探	21
4.1 油气勘探技术发展简介	22

4.1.1	地震技术	22
4.1.2	井筒技术	22
4.1.3	非地震地质调查技术	23
4.1.4	石油地质模型化技术	23
4.2	油气勘探程序和油气评价	23
4.3	世界油气资源勘探展望	26
4.3.1	世界油气资源状况	26
4.3.2	世界油气资源勘探状况	32
4.3.3	世界油气资源勘探动向	36
4.4	中国油气资源状况	39
4.4.1	中国油气资源状况	39
4.4.2	中国油气资源分布特点	41
4.4.3	中国油气资源勘探方向	42
4.4.4	中国油气资源勘探新领域——非常规油气勘探	48
第5章 石油和天然气的开采		53
5.1	石油开采技术现状	56
5.2	中国油气开采技术的发展	57
5.3	石油和天然气的钻井技术	58
5.3.1	油气钻井工程发展概况	59
5.3.2	油气钻井工程的关键技术	61
5.3.3	油气钻井工程的发展方向	63
5.4	钻井过程中的完井工程	67
5.4.1	电缆输送套管枪射孔工艺(WCG)	69
5.4.2	油管输送射孔工艺(TCP)	69
5.5	主要采油技术和油气增产技术	70
5.5.1	油气混合物在井下的流动状态	70
5.5.2	主要采油技术	72
5.5.3	油气增产技术	75
第6章 石油和天然气的运输		77
6.1	油气集输	77
6.1.1	油气集输流程	78
6.1.2	中国油气集输技术与国外的差距	81

6.2 原油的输送	86
6.2.1 加热输送工艺	87
6.2.2 常温输送工艺	87
6.2.3 热处理输送工艺	87
6.2.4 加剂输送工艺	88
6.2.5 稀释输送工艺	89
6.2.6 热裂解输送工艺	89
6.3 油料的储存及运输	89
6.3.1 油库的分类、分级及功能	89
6.3.2 油料的运输	91
6.4 海上油田油气的输送	91
6.4.1 海上油气生产和集输的特点	91
6.4.2 海上油气生产和集输系统的模式	92
6.5 天然气的输送与调峰	94
6.5.1 天然气输送工艺	94
6.5.2 天然气净化	95
6.5.3 天然气的输送及调峰	97
6.6 天然气生产与供应的发展趋势	103
6.6.1 干线向长距离、大输量、大管径、高压力的方向发展	103
6.6.2 天然气转化为液体燃料技术的研究	104
6.6.3 建设中国的天然气产、供、销系统	104
6.6.4 建立中国的石油战略储备系统	105
第7章 石油的加工	107
7.1 石油加工的历史	107
7.2 石油加工过程	108
7.3 石油加工的主要工艺及装置	112
7.3.1 常减压精馏加工工艺	112
7.3.2 催化裂化加工工艺	115
7.3.3 石油的热加工工艺	120
7.3.4 催化加氢工艺	131
第8章 石油制品及其用途	134
8.1 汽油	134

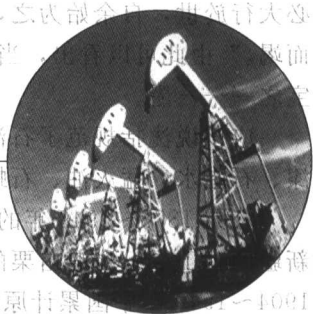
8.2	煤油	135
8.3	柴油	135
8.4	润滑油	136
8.5	沥青	137
8.6	石油焦	138
8.6.1	石油焦用作电厂锅炉的燃料	138
8.6.2	石油焦用作冶炼厂阳极糊和石墨电极的原料	138
8.7	石蜡	138
8.8	石油的第二代产品——石油化工产品	141
8.8.1	合成树脂	141
8.8.2	合成纤维	141
8.8.3	合成橡胶	141
8.8.4	化肥	141
第9章 石油化工		143
9.1	石油化工产品	143
9.2	馏分油蒸气裂解及设备	144
9.2.1	鲁姆斯 SRT 裂解炉	144
9.2.2	斯通-韦伯斯特管式裂解炉	148
9.2.3	KTI-GK 裂解炉	151
9.3	裂解气急冷和压缩过程	154
9.3.1	裂解气急冷工艺	154
9.3.2	裂解气压缩工艺	155
9.4	裂解气的分离——乙烯、丙烯和丁二烯的精制	157
9.4.1	乙烯、丙烯和丁二烯的精制	157
9.4.2	乙烯、丙烯和丁二烯产品树	159
9.5	芳烃生产过程	160
9.6	合成树脂、合成纤维与合成橡胶	161
9.6.1	合成树脂	161
9.6.2	合成纤维	164
9.6.3	合成橡胶	167
第10章 石油与天然气发展的问题与机遇		169
10.1	中国的能源结构	169

10.1.1	中国的能源发展历程	169
10.1.2	未来 20 年中国的能源需求	175
10.2	石油与天然气供需展望	176
10.2.1	2020 年的能源需求存在多种可能性	176
10.2.2	石油供需展望	178
10.2.3	天然气供需展望	195
10.3	中国石油与天然气的发展机遇	204
10.3.1	中国石油产业的发展机遇	204
10.3.2	中国天然气产业的发展机遇	209
第 11 章	中国石油与天然气的可持续发展	218
11.1	石油与天然气对中国经济发展的影响	218
11.2	中国能源战略面临的形势	219
11.3	国外能源战略特点	221
11.3.1	世界能源发展总体趋势	221
11.3.2	国外的能源战略特点	225
11.4	中国能源的可持续发展	234
11.4.1	科学发展观与社会可持续发展能源需求目标	234
11.4.2	中国可持续发展能源需求	236
11.5	石油和天然气的区域合作	237
11.5.1	油气资源丰富的里海盆地	237
11.5.2	世界油气资源最富集的中东地区	241
11.5.3	东南亚地区	246
11.6	中国多元化的能源安全系统	249
11.6.1	树立能源安全观念	249
11.6.2	中国的能源安全战略措施	250
11.6.3	中国能源多元化的资源可获得性	251
11.6.4	中国引进天然气的可能性	253
参考文献		256

領群曲。由是音“蕭合韻”式文（用）難具，玄式大數，也又不墨解，若順
 恒音未懸答不，律無中甄與中，遂至兩音（蕭）蓋，玄式韻全自。世領計大極
 四惠文盡歸千屈，而音田神母用大韻其益亡國人和也。

第 1 章

石油和天然气的历史

[illegible]

根据历史文献的记载，中国发现石油和天然气的时间比外国要早许多。早在公元前的文献《山海经》中就曾有这样的记载：“令丘之山，其无草木，多火。”这种现象有两种可能，一种是油田的凝析气通过底层的裂缝扩散到地表，遇火后发生燃烧的现象；另一种可能就是地下煤层气的扩散引起的。

许多地方志中就有关于石油和天然气的记载，在《汉书》、《蜀都赋》记载了陕西和四川地区发现天然气和石油油苗，陕西神木西南的鸿门，在挖掘水井的时候获得天然气并发生燃烧，当时的人们都感到神奇无比，称此井为火井，这是文献中第一次出现天然气井的记载。史书中还有关于石油的记载：“高奴，有洧水，可燃。”说明当时已经发现了一种漂浮在水面上可燃的物质——石油，这与后来宋代的著名地理地质学家沈括先生的记载是相符的。

在《天工开物》中就有利用天然气煮盐的记载，在《太平广记》中的记载更为详尽：“火井，井所出纵光五丈，深二三丈，在蜀都者，当时以竹板投以取火。诸葛丞相往视后，火转盛热。以盆著井上，煮盐得盐。”王登《西华县志》卷下《杂录》中最早的石油记载要追溯到公元265至420年，根据《博物志》记载，酒泉延寿（今天的玉门）南山（祁连山）流出的泉水“有肥，如肉汁”，盛入容器，由黄变黑，凝结成膏状，燃烧发光，极其明亮，人们用于照明，润滑车轴。公元561年，决在新疆也发现了石油，《北史》记载，龟兹国（今库车）西北大山中，有膏状物流出，长达数里，“状如醍醐”，甚臭，服用后，头发牙齿脱落者，能重新生长，治好了许多人的疾病。当时的人们将此膏状物视为珍宝，每年向朝廷进贡。宋太祖赵匡胤派使臣到龟兹国，命其来朝，并带回石油。这是有关石油的详细记载。当属宋代沈括的《梦溪笔谈》，在卷二十四杂志一中有详尽的描述：“鄜（Fǔ）州延境内有石油，旧说高奴县出脂水，即此也。生于水际沙石，与泉水相杂，惛惛而出，土人以雉尾扫之，乃采入缶中，颇似淳漆，燃之如麻，但烟甚浓，所需帷幕皆黑。余疑其烟可用，试扫其煤以为墨，黑光