



石油高等院校特色教材

# 石油工业概论

李治平 主编



课外借

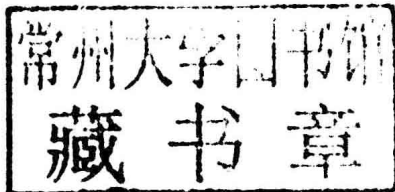
石油工业出版社  
Petroleum Industry Press

石油教材出版基金资助项目

石油高等院校特色教材

# 石油工业概论

李治平 主编



石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书以油气田开发为背景,详细阐述了石油工业中的勘探开发、石油地质、钻井与完井、油气藏评价、采油工程、提高采收率、油气集输、石油炼制等各个子系统的基本概念、原理和应用方法,同时注重给出各个知识点的历史沿革,便于读者深入学习。

本书主要作为高等学校石油工程及相关专业本科教材,也可供油田技术人员学习参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

石油工业概论/李治平主编.

北京:石油工业出版社,2014.8

(石油高等院校特色教材)

ISBN 978-7-5183-0050-1

I. 石…

II. 李…

III. 石油工业—高等学校—教材

IV. TE

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 047538 号

---

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:<http://pip.cnpc.com.cn>

编辑部:(010)64523579 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 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:11.25

字数:286 千字

---

定价:24.00 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

# 前 言

石油是国家的重要资源,是国民经济发展的基础。为了使石油院校的学生了解石油工业的概况,各石油院校都开设了“石油工业概论”类课程,其主要目的是:

- (1)让学生了解石油工业的发展情况与历史;
- (2)让学生了解石油勘探开发与炼化的基本原理、方法和技术;
- (3)激发学生学习专业课程的热情与兴趣;
- (4)为学生学好专业课程打下基础。

为配合中国地质大学(北京)“石油工业概论”课程的讲授,能源学院特组织相关老师编写了本书。本书的特点是:以基本原理为主,使用方法与先进技术相结合。本书对近年来国内外行之有效的技术方法作了着重介绍,体现了教材的先进性和石油工程技术发展的与时俱进。

本书由李治平担任主编,参加编写的人有岑芳、杨帆、谷丽冰、王树平、周金应、赖枫鹏、黄志文、张世浩、许进进、李庚、邹存友、雷霆等。全书由李治平统稿。

在编写过程中,笔者参考了大量的文献资料和书籍,在此对这些作者表示深切的谢意!由于编写人员水平有限,书中难免存在不妥之处,希望使用本教材的师生、读者提出批评并给予指正。

编 者

2013年9月

# 目 录

绪论	(1)
第一章 石油地质基础	(8)
第一节 地质的基本概念	(8)
第二节 油气聚集	(11)
第三节 油气藏流体	(20)
第四节 油藏压力	(24)
第五节 油藏描述	(26)
第六节 储集层建模	(29)
第二章 石油勘探方法	(34)
第一节 地面地形研究	(34)
第二节 地球化学勘探	(35)
第三节 地球物理勘探	(37)
第四节 微生物勘探	(41)
第五节 石油地质勘探的前沿技术	(43)
第三章 钻井与完井	(45)
第一节 钻井概述	(45)
第二节 常规钻井作业工序	(47)
第三节 旋转钻井系统	(49)
第四节 井控系统	(54)
第五节 特殊钻井及新技术发展	(56)
第六节 固井	(63)
第七节 完井	(69)
第八节 试油	(77)
第四章 油气藏评价	(80)
第一节 油气藏基本类型	(80)
第二节 油气藏驱动类型及开采特征	(83)
第三节 油气藏储量	(88)
第四节 油气藏开发方法	(91)

<b>第五章 采油工程</b> .....	(98)
第一节 概述 .....	(98)
第二节 注水采油工艺 .....	(103)
第三节 人工举升采油 .....	(107)
第四节 油井增产措施 .....	(112)
第五节 海上采油技术 .....	(119)
<b>第六章 提高采收率技术</b> .....	(130)
第一节 气体混相驱 .....	(130)
第二节 热力采油 .....	(133)
第三节 化学驱 .....	(135)
第四节 微生物采油 .....	(137)
<b>第七章 水平井开发技术</b> .....	(139)
第一节 水平井概述 .....	(139)
第二节 水平井钻井技术 .....	(141)
第三节 水平井完井技术 .....	(142)
第四节 水平井采油技术 .....	(145)
<b>第八章 油气集输</b> .....	(147)
第一节 油气输送方法的演变 .....	(147)
第二节 原油及成品油的集输 .....	(149)
第三节 天然气的管线输送 .....	(151)
第四节 管线的建设 .....	(152)
第五节 海上管线的敷设 .....	(153)
第六节 油气集输技术的新发展 .....	(154)
<b>第九章 石油炼制和石油化工</b> .....	(158)
第一节 石油产品的分类与质量要求 .....	(158)
第二节 原油的炼制 .....	(161)
第三节 石油化工 .....	(168)
<b>参考文献</b> .....	(173)

# 绪 论

石油又称原油,是从地下深处开采的棕黑色可燃黏稠液体。公元 977 年中国北宋的《太平广记》最早提出“石油”一词。北宋杰出的科学家沈括(1031—1095 年)在所著的《梦溪笔谈》中根据这种油“生于水际沙石,与泉水相杂,惘惘而出”而将其正式命名为“石油”。在“石油”一词出现之前,国外称石油为“魔鬼的汗珠”、“发光的水”等,中国则称其为“石脂水”、“猛火油”、“石漆”等。

放眼周围:建筑业中,从水泥厂、搅拌机到工地,所有水泥、物料都要通过运输方式运往工地;制造业中的钢板,最终送达客户手中,其配送物流也需要运输;零售业中生产出来的产品,从工厂到物流中心,最终卖往超市;粮食从田野、农场运到加工厂,再经过卡车运输到物流中心进行分配,最后到我们的餐桌上,“粒粒盘中餐,得来靠石油”……如果没有石油支撑着交通运输业,城市生活中人们如何获得日常生活所需?再看看其他方面:国际贸易中所有的集装箱运输都要经过货轮越洋而来,如果没有石油,货轮如何工作?城市中的人们怎么去上班、上课、健身、旅游、休闲?火车、大巴、地铁、学校班车离不开石油;市政交通、工程机械、各类运动、旅游业、医疗保健、冬季取暖同样离不开石油;石油同时还可用来发电……然而石油的用途远远不止这些,汽油、柴油、润滑油等数千种产品的生产原料都是石油,人们的日常生活离不开石油,各行各业也离不开石油。农业中的肥料、农药生产需要以石油为原料,几乎所有农用机械都以石油作为燃料,没有石油支撑,化工行业、汽车行业的基本需求将无法得到满足。石油是经济的血液,石油是国家的命脉!

## 一、国外石油开采历史

在世界各地,石油和天然气很早就被人们发现了。中国古代文献上关于石油和天然气的记载已有 3000 多年的历史,这是人类历史上最早的记载。欧洲和中东则将大量天然气苗当成“永恒之火”,拜火教盛行一时。一些油气苗、地沥青和各种沥青矿藏的地面露头,曾被视为奇迹,吸引了不少游客。人类历史上,石油在宗教、医药、照明、润滑、建筑、火攻等方面都起到过重要的作用。

最初,人类用土法人工挖的浅井开采石油,并将其作为商品进行买卖。19 世纪后半叶,俄国(1848 年在比比—埃巴特)、美国(1859 年在宾夕法尼亚州)相继钻成了各自的第一口产油井。在这之后,人类才真正开始规模化利用石油。这个时期,人们从石油中提炼煤油用于照明,被称为石油工业发展缓慢的“煤油时代”。20 世纪初,内燃机的广泛使用促进了石油工业的蓬勃发展,从 1900 年到 1940 年,石油主要用于提炼汽油,因而被称为“汽油时代”。1940 年后,化学工业的发展需要利用石油产品作为基础原料,提炼出的 3000 多种产品渗透到国民经济的各个领域,同时石油和天然气及其产品还是世界各国的动力燃料,在世界能源消费结构中已占 60%~70%。所以现代石油工业已发展到“燃料和化工原料时期”。

近代石油工业是伴随着世界资本主义的发展而发展起来的。由于石油具有良好的燃烧性能,而且能给资本家带来巨大利润,因此,各国资本家疯狂钻采石油。在 1860—1910 年的 50

年间,世界石油产量几乎以每五年增加一倍的速度剧增(表 1),当时俄国产油量居世界首位,美国石油工业的发展也甚为迅速。由于发现一个高产油田、高产自喷井能使资本家发财致富,所以石油工业中充满着投机与竞争,资本家争先恐后地在本国滥采石油,往往一个油田被几家公司分采,也不采取措施保护油层压力,致使能量过早枯竭,油田遭到破坏。20 世纪初期美、俄等国的石油工业就是这样畸形发展起来的。

表 1 世界石油产量(1860—2012 年)

年份	产量,10 <sup>4</sup> t	年份	产量,10 <sup>4</sup> t
1860	7	1945	35540
1865	37	1950	53845
1870	80	1955	79701
1875	130	1960	108142
1880	410	1965	155051
1885	500	1970	232412
1890	1050	1975	266155
1895	1420	1980	299586
1900	2043	1985	280960
1905	2946	1990	301585
1910	4490	1995	307224
1915	5920	2000	336169.5
1920	9440	2005	361808
1925	14640	2010	363089.5
1930	19320	2011	362800
1935	22680	2012	378583
1940	29450		

帝国主义垄断集团利用资本输出,控制了许多不发达国家的石油资源。他们首先侵入墨西哥、委内瑞拉、加拿大和印度尼西亚等国,在中东发现极为丰富的石油资源后,石油垄断集团纷纷侵入中东各国,先后控制了伊朗、伊拉克、科威特、沙特阿拉伯等国的石油开采权,使中东石油产量急剧增长。20 世纪 60 年代初期,中东各国相继实行石油国有化,丰富的石油资源才回到中东各国手中。现在,除上述四国外,中东的土耳其、叙利亚、巴林、卡塔尔、阿曼和阿联酋等都产石油,并在波斯湾发现了许多海上油气田。2012 年世界石油产量已达  $37.8583 \times 10^8 \text{t}$ ,其中中国石油产量为  $2.05 \times 10^8 \text{t}$ ,天然气产量为  $1067.6 \times 10^8 \text{m}^3$ 。世界主要产油国家石油产量如表 2 所示。



表 2 世界主要产油国家(不包括中国)1978—2012 年产量表

国家	1978 年		1990 年		2000 年		2010 年		2012 年	
	产量 10 <sup>4</sup> t	位次	产量 10 <sup>4</sup> t	位次	产量 10 <sup>4</sup> t	位次	产量 10 <sup>4</sup> t	位次	产量 10 <sup>4</sup> t	位次
俄罗斯	58442	1	57500	1	31625	1	51000	1	52250	1
美国	44636	2	36100	2	29110	3	27370	3	31650	3
沙特阿拉伯	40148	3	31075	3	39975	2	40650	2	49800	2
伊朗	26102	4	15600	4	18408.5	4	18500	5	15265	6
伊拉克	11904	5	10415	9	12833.5	9	11850	9	14400	7
委内瑞拉	10907	6	10590	7	15140	6	12650	8	12465	11
利比亚	10048	7	6845	14	7050	15	7750	16	6875	17
阿联酋	9351	8	10505	8	11152.5	11	11533.5	10	13249.5	9
科威特	9110	9	5400	16	8825	14	10150	13	13765	8
尼日利亚	8998	10	9040	11	10150	13	10400	11	10585	13
印度尼西亚	8369	11	6370	15	6336.5	16	4727	21	4350	22
墨西哥	6216	12	13165	6	15060	8	12879.5	7	12676	10
加拿大	6207	13	7540	13	10175	12	13725	6	15476.5	5
阿尔及利亚	5678	14	3985	17	4040	20	6250	19	6005.5	18
世界总产量,10 <sup>4</sup> t	303243		301585		336169.5		363089.5		378583	

海上油气勘探开展较晚,1928—1930 年委内瑞拉首先发现蒂·胡安纳和巴恰奎罗两个海上大油田后,许多国家都相继重视开展海上油气勘探,钻探技术和设备有了显著改善。从海边陆缘钻定向井(1938 年)、滨外固定平台(1946 年)、可移式钻井装置(1954 年)、自升式钻井装置(1955 年),到半沉浸式钻井装置(1958 年)等,高度自动化的海上钻井装置大量投产,大大促进了海上油气勘探的迅速发展。截至 2005 年年底,全世界已有 45 个国家在海上取得了油气勘探成果,发现了 500 多个海上油气田。

## 二、我国石油开采历史

我国是世界上最早发现、开采和利用石油及天然气的国家之一,根据史料记载已有 3000 多年的历史。由于天然气比石油更易从地层中逸出,遇到野火、雷鸣就会燃烧,因此,历史上对天然气的认识早于石油。

早在 3000 多年前(公元前 1122—770 年),周代《易经》就有了“上火下泽”、“火在水上”、“泽中有火”等记载,阐明了可燃的天然气在地表湖泊水面所出露的气苗。

最早有关石油的记载是 1900 多年前班固所著的《汉书·地理志》:“高奴,有洧水,可蘸”。高奴指今陕西省延安县一带,洧(音渭)水是延河的一条支流,蘸乃古代的燃字。这里描述的是水面上有像油一样的东西可以燃烧。由此可见,早在近 2000 年前我国就发现了能够燃烧的陕北石油。

267 年,晋朝张华著《博物志》详细描述了甘肃省酒泉县石油的特征:“酒泉延寿县南山出泉水,大如笕,注地为沟,水有肥,如肉汁,取著器中,始黄后黑,如凝膏,然极明。……彼方人谓之石漆水”。表明当时称石油为石漆水,且已开始观察和采集,用作润滑车轴和燃烧、照明。

9世纪初,唐朝李延寿在《北史·西域传》中记载了:“(龟兹)西北扣山中,有如膏者流出成川。行数里入地,状如醍醐,甚臭”。龟兹即今新疆南部库车一带,远在1100多年前我国就发现库车一带的沥青宛如奶酪一样黏稠,具有臭味。

在历史上,石油不仅用于润滑、照明、燃烧和医药,而且很早就用于军事上。据《元和郡县志》记载,公元587年,酒泉人民用油烧毁突厥族攻城的武器,保全了酒泉城。北宋神宗六年(公元1073年)在京都汴梁军器监设有专门的“猛火油作”,加工石油制作兵器。

我国四川劳动人民最早利用天然气煮盐在世界上都是闻名的。晋朝常璩(音渠)在《华阳国志》中记载了2200年前(公元前221—210年)的秦始皇时代,四川临邛县郡(即今邛崃县)西南劳动人民钻井开采天然气煮盐的情景:“有火井,夜时,光映上照。民欲其火,先以家火投之,顷许如雷声,火焰出,通捆数十里,以竹筒盛其光藏之,可拽行终不灭也。井有二水,取井火煮之,一斛水得五斗盐。”有时一口火井可烧盐锅700口。

我国是世界上最早开发气田的国家,四川自流井气田的开采约有两千年历史。《自流井》关于“阴火潜燃于炎汉”的报道表明,早在汉朝就已在自流井发现了天然气。据《富顺县志》记载,晋太康元年(公元280年)彝族人梅泽在江阳县(今富顺自流井)发现石缝中流出泉水,“饮之而咸,遂凿石三百尺,咸泉涌出,煎之成盐”,自流井因这口井自喷卤水而得名。

宋末元初(13世纪),我国已大规模开采自流井的浅层天然气。《富顺县志》描述“火井在彝西九十里,深四五丈,经五六寸,中无盐水”。1850年钻成的磨子井,在1200m深处钻达今三叠系嘉陵江统石灰岩第三组深部主气层,发生强烈井喷,火光冲天,号称“火井王”,投产后日产气量约 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。“经二十余年犹旺也”(见《自流井记》)。从汉朝末年开,在自流井大规模开采天然气煮盐以来,我国共钻井数万口,采出了几百亿立方米天然气和一些石油。这样长的气田开采历史在世界上也是罕见的。

中华民族的祖先,以其勤劳、勇敢和智慧,在认识、利用和开采石油天然气资源方面一直走在世界前列,积累了丰富的知识和宝贵的经验,为我们留下了一笔极其珍贵的文化遗产。

可是,近百年来,由于封建主义和官僚资本主义的长期统治,帝国主义的侵略和掠夺,使我国具有光辉历史的石油天然气工业,在新中国成立前陷入奄奄一息的悲惨境地——全国只有两个地质调查队,几十个地质勘探人员,90%以上的国土面积没有进行过石油地质调查;石油产量少得可怜,1904—1949年的45年间,全国只有几个小油田,石油累计产量不超过 $310 \times 10^4 \text{ t}$ (表3)。

表3 新中国成立前原油产量表(1904—1949年)

年份	产量,t	年份	产量,t
1904	122	1941	243082
1905	464	1942	308064
1910	561	1943	320970
1915	2569	1944	300346
1920	1132	1945	175657
1925	3526	1940	101010
1930	65229	1947	65902
1935	125895	1948	89035
1940	172311	1949	121000

1949年中华人民共和国成立后,中国人民坚决贯彻自力更生、艰苦奋斗的精神,发现了许多油气田,石油年产量成倍上升,从新中国成立前1948年的近 $9 \times 10^4 \text{t}$ ,至70年代末期就突破了 $1 \times 10^8 \text{t}$ 大关。早在1963年周恩来总理就向全世界庄严宣告:“我国石油基本自给,中国人民使用‘洋油’的时代已经一去不复返!”中国彻底甩掉了“贫油”帽子,一跃成为石油出口国。

回顾新中国的石油勘探历史,大致经历了三个阶段:新中国成立后前十年为第一阶段,开展全国石油普查,老一代地质学家李四光、黄汲清、潘钟祥、孙健初、谭锡畴、李春昱等陆续做过一些重要的石油地质调查研究工作,勘探重点在西部——四川、陕甘宁,以及酒泉、准噶尔、柴达木、吐鲁番、民和等盆地,除原有的老君庙、延长、圣灯山等油气田继续详探开发外,又陆续发现克拉玛依、冷湖、油砂山、鸭儿峡、蓬莱镇、南充等油田和川南一批气田,石油工业有了显著发展,但还没有根本改变我国石油进口的局面。1959年9月松辽盆地松基3井喷油使我国石油勘探工作进入了第二阶段,将石油勘探的重点从西部转向东部大平原。60年代初期,我国处在极端困难的情况下,开展了“松辽石油大会战”,拿下了大庆油田。从此,捷报频传,接连发现了山东的胜利油田(1963年)、天津的大港油田(1964年)等,石油年产量迅速增长,根本改变了我国石油工业落后的面貌。1975年任丘古潜山油田的发现,打开了石油勘探的新领域,首次在古老的中、上元古界白云岩中找到了巨大的地层油藏,标志着我国石油勘探工作进入了第三阶段,油气勘探向着更广阔的领域发展,不仅在中、新生界陆相地层,而且在古生界和中、上元古界海相地层中寻找油气宝藏,不仅找背斜、断层等构造油气藏,而且注意勘探古潜山、地层超覆、古三角洲、古河道等多种类型的地层油气藏,甚至将勘探区域扩展到更加边远的塔里木盆地和东南沿海大陆架。

### 三、石油开采的重要性

#### 1. 满足日益增长的能源需求

新中国成立以来,我国石油工业取得了巨大进步,为国民经济发展作出了重大贡献。尽管我国石油产量逐年上升,但依然赶不上我国经济发展对原油的巨大需求,这种石油供求矛盾使我国从1993年开始成为石油净进口国。

近年来,我国汽车保有量持续快速增长。截至2013年年底,我国汽车保有量为1.37亿辆,2013年,我国累计进口石油 $2.82 \times 10^8 \text{t}$ ,对外依存度已高达58.1%,能源安全形势不容乐观。同时从现在起到2020年,我国人均国民生产总值预计将以7%以上的速度持续增长;经济发展处于以制造业为主的阶段,诸多因素会继续推动石油消费的快速增长。如按照近两年石油消费增长速度发展,2020年全国石油需求量将会突破 $7 \times 10^8 \text{t}$ ,而我国原油产量只能保持略有增长。因此,我国石油对外依存度将会越来越高。

#### 2. 保障国家能源战略安全

自工业社会在百年前开始崛起以来,能源安全便是世界安全的重要内容。在第一次世界大战爆发之前,丘吉尔就曾精辟地指出,石油供应的安全与可靠性,完全取决于其来源的多样性。如今,这已经变成了一项基本原则。

石油是重要的能源和战略物资。当今世界,石油供应和需求的发展不仅仅是经济问题,而且一直是涉及国际关系的政治问题。当前,我国能源供需平衡发展中的主要问题已经由以总量平衡矛盾为主,转变为以结构性矛盾为主。这个结构性矛盾的突出表现就是石油供应短缺,

它已成为今后制约我国国民经济发展的瓶颈。

中国从 1993 年开始成为石油净进口国,目前的能源需求量以每年大约 15% 的速度增长,对外依赖程度与日俱增。为了国家的能源战略和能源安全,必须更进一步加强我国石油勘探开发的力度和深度。

#### 四、石油开发现状及世界油气产量

世界石油工业的发展已有 100 多年历史。1860 年,世界石油产量只有  $7 \times 10^4 \text{t}$ ,至 1978 年已增至  $30.32 \times 10^8 \text{t}$ 。2011 年,世界石油探明剩余可采储量为  $2013.7 \times 10^8 \text{t}$ ,其中沙特阿拉伯达  $359.73 \times 10^8 \text{t}$ ,占世界总储量的 17.87%,居世界第一。整个中东地区原油储量占世界总储量的一半以上。

(1) 原油产量。近年来,世界原油年产量大致在  $40 \times 10^8 \text{t}$  左右。全世界生产原油的国家和地区共有 90 多个。2011 年世界原油产量为  $36.28 \times 10^8 \text{t}$ 。2011 年中东地区合计原油产量  $11.30 \times 10^8 \text{t}$ ,占世界总产量的 31.1%;欧佩克原油产量为  $14.85 \times 10^8 \text{t}$ ,占世界原油总产量的 40.9%。

(2) 天然气产量。近年来,世界天然气年产量大致在  $3 \times 10^{12} \text{m}^3$  左右。2011 年世界天然气产量为  $32639 \times 10^8 \text{m}^3$ 。其中,年产天然气  $1000 \times 10^8 \text{m}^3$  以上的国家有美国、俄罗斯、伊朗、加拿大、卡塔尔、中国和挪威,这七个国家的天然气产量之和占全球总产量的 60%。年产  $600 \times 10^8 \text{m}^3$  以上的国家还有印度尼西亚、墨西哥和马来西亚。预测未来几年,伊朗、卡塔尔、澳大利亚以及中亚的哈萨克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦,南美的委内瑞拉、玻利维亚的天然气产量还会有较大增长;西欧和北美的产量大致维持现状或开始下降。

#### 五、世界石油工业前景

石油资源究竟还能用多久?这是大家非常关注的话题。20 世纪 70 年代,世界上曾出现“石油资源很快枯竭,石油工业即将走向穷途末路”的悲观论调。而事实是,随着科学技术的进步,人们对地下资源的认识不断深化,油气资源量在不断增加。1983 年在伦敦召开的第十一届世界石油大会估算的全球石油资源量为  $2460 \times 10^8 \text{t}$ ;1994 年在挪威斯塔万格举行的第十四届世界石油大会预计的石油资源量为  $3113 \times 10^8 \text{t}$ ;2000 年在加拿大卡尔加里召开的第十六届世界石油大会上,美国联邦地质调查局分布了他们的评估结论:全球石油资源量为  $4138 \times 10^8 \text{t}$ ,天然气资源量  $435.85 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。今后,随着人类认识自然的能力进一步提高,对油气资源的评估值还会增加,石油工业发展的资源基础还会扩大。

2005 年 9 月在南非约翰内斯堡召开的第十八届世界石油大会上,世界石油大会规划委员陈立滇教授说,1973 年世界石油产量是  $28.67 \times 10^8 \text{t}$ ,2004 年则为  $38.88 \times 10^8 \text{t}$ ,30 年间增产了  $10 \times 10^8 \text{t}$ ;1973 年在世界一次能源消耗中石油占 45%、天然气占 16%,2004 年石油的比重虽然下降到 34.4%,天然气的比重却上升到 21.1%。因此,目前虽然核能、水电能等能源比重在逐步加大,但石油、天然气仍然在能源格局中处于主体地位。

BP 首席执行官约翰·布朗在这次大会上发言指出,全球可供今后数十年开采的油气储量已登记在册。除此之外,还有许多资源有待发现。而且非常规石油资源量十分巨大,石油并未走向终结,石油终结的结论是错误的。

随着科学技术的进步,重油、高凝油、沥青砂、油页岩、煤层气等非常规油气资源也正在被

普遍地开发和利用。特别是开发利用埋藏在深海以及冻土层内的储量异常丰富的天然气水化物,在不远的将来也将成为现实。因此,我们完全有理由相信:世界油气资源的潜力是巨大的。在未来的 50 年内,石油和天然气仍将是各国经济发展的重要能源,仍然是维系世界经济、政治、军事格局平衡的重要因素。

## 志 愿 者 的 选 拔

### 一

（此处为模糊不清的正文内容，疑似为志愿者的选拔标准或流程描述）

### 二

（此处为模糊不清的正文内容，疑似为志愿者的选拔标准或流程描述）

### 三

（此处为模糊不清的正文内容，疑似为志愿者的选拔标准或流程描述）

# 第一章 石油地质基础

## 第一节 地质的基本概念

### 一、概述

地质是叙述地球历史、构造及其生命形成,尤其是记载岩石形成的学科。这对石油工业来说是很重要的,应用它可以预测石油会聚集在哪里。致力于石油工业的人都应熟悉地质学科的基本原理。

地质是建立在观察和许多其他学科基础上的。它的第一原理是:“现在是揭示过去奥秘的钥匙”,即“将古论今”。也就是说,今日作用于地球的过程基本上与过去相同。利用这些过程以及观察所得到的有关岩石和岩层的知识,石油地质学家就可以根据某地区的地质历史,来确定其地层是否可能含油。

油藏并不像通常想象的那样,是个充满油的地下大洞穴,而是由许多具有微小通道或孔隙的固体所组成的岩层,其内饱含着流体。储集层岩石常含有盐水以及各种不同的烃类。这些流体成层分布,最轻的(天然气)在顶部,其次是石油,最重的(水)在底部。油藏内常含有这三种流体。其中,天然气和水通常是驱替石油从生产层到地面的动力。

要使聚集的石油具有工业开采价值,油藏必须以某种方式封闭或圈闭油气,防止其逃逸;此外,油藏还必须具备一定的厚度、孔隙性和渗透性。

### 二、板块构造学说

许多地质学家认为,地壳像一个聚集在一起的板块。这些板块像互相对接的拼板玩具。与拼板玩具不同的是,地壳的很多板块是在不停地移动和改变形状的。在某些地方,它们相互交盖;而另一些地方,它们又连接或者彼此分离。解释这个过程的理论称为板块构造学说。

地壳有两种:海洋地壳与大陆地壳。海洋地壳较薄,大约8~11km,为重的岩浆岩(由冷却岩浆所形成的岩石)。大陆地壳较厚,约16~21km,且相对较轻。由于这些差别,大陆似浮在重岩石“海”中的“冰山”,它最厚的地方即是山脉。

有时,地壳板块断裂成两个或更多的小板块,彼此分开,形成海洋盆地。当大陆的两部分分离,岩浆从地幔中上升,在长的峡谷中固化形成海洋中的山脊。比大陆更薄、更致密的新地壳在两个新的陆地间向外扩展。

### 三、岩石

地壳的岩石从一种类型变成另一种类型要经历以下地质过程:侵蚀、沉积、胶结、压缩和熔融。

在流水及其他条件的作用下,大陆高地逐渐被剥蚀,其岩石碎屑被携入海中,沿着大陆的边沿沉积成厚厚的沉积层。经过水中矿物的彼此胶结及顶部沉积物的压力作用,就形成了沉

积岩层。一部分沉积岩埋藏在深处,在高温高压下形成变质岩。当温度和压力进一步增加,便将岩石中的一些矿物质溶化成岩浆,岩浆冷却和重结晶后变成了岩浆岩。变质岩和岩浆岩出露地表遭受剥蚀形成沉积物,沉积后形成沉积岩。如此循环往复。

由沉积物形成的沉积岩是石油地质学家最感兴趣的,大多数石油和天然气都聚集在那里。岩浆岩和变质岩很少含有石油或天然气。沉积岩可以简单地分为碎屑岩和非碎屑岩(表 1-1)。碎屑岩由原生岩石侵蚀所派生的单个颗粒组成,并且被晶质或非晶质的胶结物固结在一起,通常可以按颗粒的大小来分类。非碎屑岩是来自其他类型的沉积物,如化学沉淀和有机碎屑,并且在结构上各不相同。某些岩石(如石灰岩)由于其形成过程和出现的情况不同,而分别列在几种不同类别中。

表 1-1 沉积岩的简单分类

碎屑岩	非碎屑岩			
	碳酸盐岩	蒸发岩	有机岩	其他
砾岩	石灰岩	石膏	泥炭	燧石
石灰岩	白云岩	硬石膏	煤	
砂岩		盐	硅藻土	
泥岩		碳酸钾	石灰岩	
页岩				

#### 四、构造

以水平成层方式堆积的沉积岩称为层或床,然而由于地质作用常常导致变形。最常见的变形是褶曲(图 1-1),向上的褶曲称为背斜,向下的褶曲称为向斜。当地层断裂发生上下错动时就形成断层(图 1-2)。断层往往控制着油气的聚集。断层分为正断层、逆断层和平移断层。断层可以产生某些明显的地质特征:地堑和地垒(图 1-3)。被剥蚀的岩石表面埋藏在地下称为不整合,通常有平行不整合与角度不整合(图 1-4)两类。不整合可以起到聚集油气的作用。

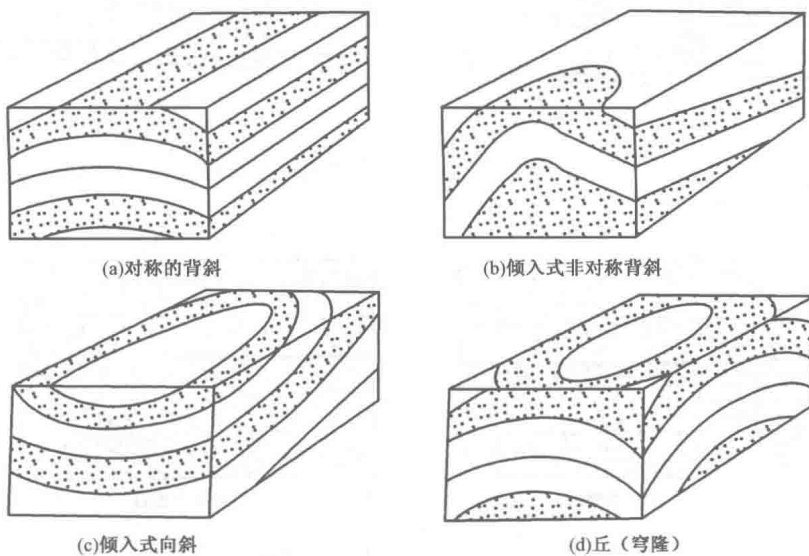


图 1-1 褶曲的类型

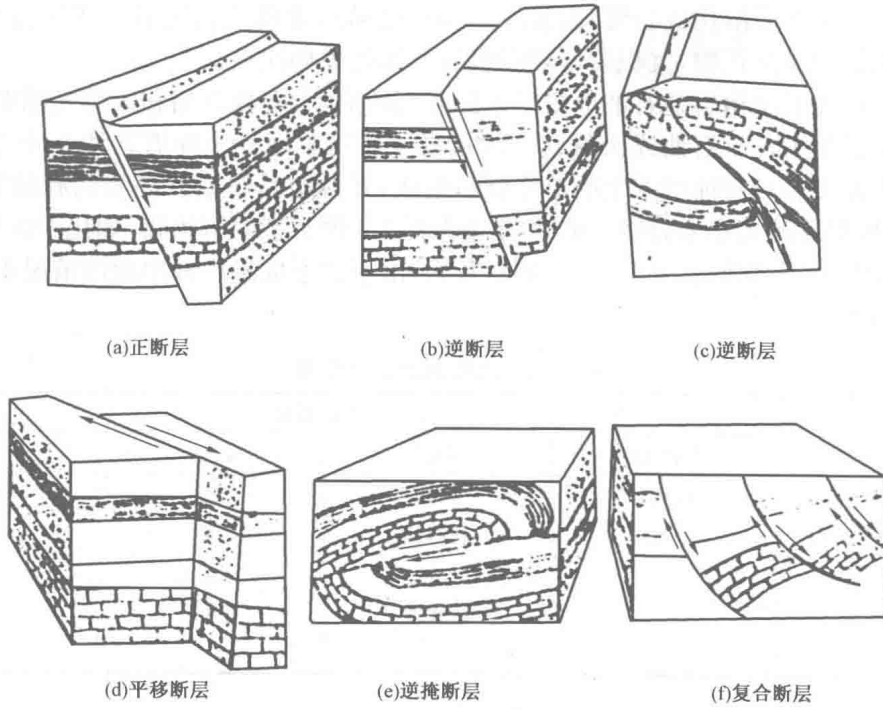


图 1-2 常见的断层样式

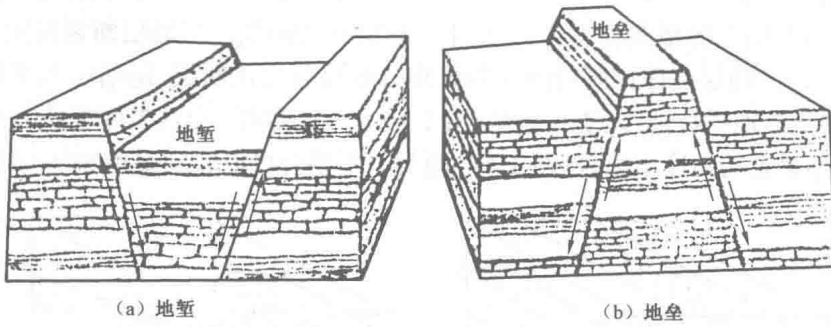


图 1-3 地堑与地垒

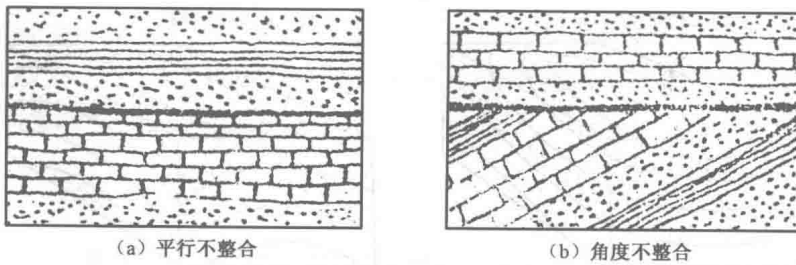


图 1-4 平行不整合与角度不整合



## 第二节 油气聚集

### 一、石油和天然气的成因

石油成因理论可以分为有机成因和无机成因两大学派。无机成因学说认为,石油是由自然界的无机物形成的;石油有机成因说认为,沉积物中的有机质在特定的地质环境中,在各种地质营力的综合作用下,经历生物化学、热催化、热裂解、高温变质等阶段,陆续转化为石油和天然气。

有机成因说认为生成油气的原始物质是沉积物中分散的有机质,即沉积有机质。沉积有机质来自生物圈中种类繁多的动物和植物,就生成油气而言,主要以低等水生动植物为主。在沉积作用下,沉积有机质埋藏深度逐渐加大,经历了复杂的分解和缩合作用,其中不溶性有机质称为干酪根。干酪根是生油岩成油母质的基本形式。干酪根是极其复杂的有机物质,化学成分是C、H、O、S、N等元素,以C、H、O为主。干酪根分为三种类型,I型干酪根:H/C原子比约为1.10~1.60,母体主要来源于藻类和水生低等微体生物;II型干酪根:H/C原子比约为1.10~1.35,母体主要来源于水生低等生物和少量陆源植物;III型干酪根:H/C原子比约为0.70~1.10,母体主要来源于高等植物,生油潜力较差(表1-2)。

表 1-2 干酪根元素组成

国家	盆地名称	元素组成, %			原子比		类型
		C	H	O	H/C	O/C	
美国	饶英塔	75.9	9.1	8.4	1.44	0.08	I
中国	松辽	60.04	6.83	10.28	1.39	0.13	
法国	巴黎	72.6	7.9	12.4	1.3	0.13	II
中国	渤海湾	57.7	5.52	8.12	1.15	0.09	
喀麦隆	杜阿拉	72.7	6.0	19.0	0.99	0.19	III
中国	鄂尔多斯	69.65	4.6	12.29	0.79	0.14	

### 二、生成油气的地质及动力条件

生成油气的过程,是沉积有机质经历加氢去氧富集碳的过程,这一过程必须在还原条件下进行,而还原环境的形成和持续时间的长短受当时地质和动力条件的制约。

地质历史上长期持续稳定下沉的沉积盆地是生成油气最重要的地质条件之一。在这样的沉积盆地中,沉降速度近似于沉积速度,使水体保持一定的深度,既有利于生物大量繁殖,又能使有机质免遭氧化。

有机质向油气的转化过程,是一个不断吸收能量的过程,其动力主要有细菌作用、催化作用、热力作用及放射性作用等。

(1)细菌作用:主要体现在两个方面,一方面是生油的原始物质,另一方面厌氧细菌可以促进有机质向油气转化。

(2)催化作用:在有机质向油气转化的过程中,自然界存在有机和无机两类催化剂,黏土矿