



当代石油和石化工业技术普及读本

勘探

(第二版)

中国石油和石化工程研究会 组织编写

王毓俊 执笔



中国石化出版社

当代石油和石化工业技术普及读本

勘 探

(第二版)

中国石油和石化工程研究会 组织编写

王毓俊 执笔

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

勘探/中国石油和石化工程研究会 组织编写. —2版.
—北京:中国石化出版社,2005
(当代石油和石化工业技术普及读本)
ISBN 7-80043-954-2

I. 勘… II. 中… III. 油气勘探-普及读物
IV. P618.130.8-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 114909 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850×1168 毫米 32 开本 3.25 印张 58 千字

2006 年 3 月第 2 版第 3 次印刷

定价:10.00 元

前 言

《当代石油和石化工业技术普及读本》(以下简称《普及读本》)第一版于1999年组织编写,2000年完成全部出版工作。第一版《普及读本》共出版了11个分册,其中上游4个分册,包括勘探、钻井和完井、开采、油气集输与储运系统;下游7个分册,包括石油炼制——燃料油品、石油炼制——润滑油和石蜡、乙烯、合成树脂、合成橡胶、合成纤维、合成氨和尿素。

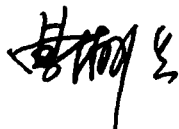
从一开始组织编写《普及读本》,我们就把这套书的读者对象定位在管理人员和非本专业技术人员,立足于帮助他们在较短的时间内对石油石化工业技术的概貌有一个整体了解。这套丛书列入了新闻出版总署“十五”国家科普著作重点出版规划;出版后在社会上,尤其是在石油石化行业和各级管理部门产生了良好影响;为了满足读者的需求,部分分册还多次重印。《普及读本》的出版发行,对于普及石油石化科技知识、提高技术人员和管理人员素质起到了积极作用,并荣获2000年度中国石化集团公司科技进步三等奖。

近年来,石油石化工业又有了快速发展,先进技术不断涌现;海洋石油勘探开发、天然气开发与利用在行业发展和国民经济中的地位越来越重要;随着时间推

移，原有分册中的一些数据已经过时，需要更新；各方面读者也反映，要求继续补充编写一些新的分册等。在征求各方面专家意见的基础上，我们决定对原先出版的11个分册进行修订，并补充编写9个新的分册，包括海洋石油勘探、海洋石油开发、天然气开采、天然气利用、石油沥青、炼油催化剂、炼油助剂、加油站、绿色石油化工。这9个分册分别邀请中海油、中石油、中石化以及中国石油和石化工程研究会相关领域的专家进行编写。原有分册的修订工作主要是补遗、更新、完善，不做大的结构性变动。

《普及读本》第二版修订、增补工作得到了中国石油化工股份有限公司的大力支持；参与丛书修订、编写工作的离退休专家、教授，勤勤恳恳、兢兢业业，其奉献和敬业精神令人感动。在此，谨向他们表示诚挚的敬意和衷心的感谢！

中国工程院院士



二〇〇五年八月八日

《当代石油和石化工业技术普及读本》

第二版

编 委 会

主任：曹湘洪

编委：（按姓氏笔画为序）

王子康	王少春	王丙申	王协琴
王国良	王毓俊	尤德华	亢峻星
刘积文	刘镜远	孙梦兰	孙殿成
孙毓霜	陈宝万	陈宜焜	张广林
张玉贞	李润清	李维英	吴金林
吴明胜	法琪璞	庞名立	赵 怡
宫 敬	贺 伟	郭其孝	贾映萱
徐嗶东	秦瑞岐	翁维琬	龚旭辉
黄伯琴	梁朝林	董恩环	程曾越
廖谟圣			

引 言

石油、天然气是一种天然生成的可燃性矿产，在国民经济、人民生活中占有重要地位。工农业生产、交通运输、国防建设等，都离不开石油、天然气。人们称它们为“能源家庭中的宠儿”、“万能的化工原料”。工业离不开石油，就像人体离不开血液一样，石油又被称为“工业的血液”。

石油、天然气在各种能源当中，占有重要地位。许多发达国家在 20 世纪 50 年代以前，主要用煤作能源。1950 年以后，石油逐步代替了煤，成为主要能源。到了 70 年代以后，发达国家石油、天然气在能源结构中的比例，逐步上升到 70% ~ 80%。中国能源结构中，煤占 70% 以上，石油、天然气、电力等约占 25% 左右。大量使用煤作燃料，空气污染严重。因此国家制订规划，大力开发油气田，使用洁净燃料，是经济可持续发展的需要。

石油、天然气不仅是一种燃料，而且还是十分重要的化工原料。有机化学工业的 8 种基本原料——乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔、萘等，皆可从石油中取得。有了这些原料，整个有机化学产品，基

基本上可以通过各种不同的途径合成出来。据统计，20世纪70年代以来，世界各国有有机合成产品中，70%以上来自石油化工。石油化工产品(包括精细化工)已有近万种，石油化学工业已成为国家的支柱产业，对经济建设、国防建设、人民生活有广泛影响。

中国是世界文明古国，也是发现和利用石油、天然气历史悠久的国家。早在秦汉时期，就在四川“采气煮盐”，成为世界上最早开凿油气井的国家。北宋杰出的科学家沈括曾预言“盖石油至多，生于地中无穷”，既指出了石油的来源，也预测了石油前景。

到了近代，由于封建主义的腐朽统治和帝国主义的侵略，中国石油工业十分落后，1949年石油产量仅12万吨。

新中国成立后，在中国共产党和人民政府领导下，石油工业迅猛发展。特别是松辽石油大会战，找到了举世闻名的大庆油田，一举结束了中国使用“洋油”的时代，实现了石油自给。20世纪60~70年代开展的渤海湾盆地石油会战，找到了胜坨、辽河、大港、任丘等大油田，建成了中国第二大油区。1978年，中国石油产量突破亿吨大关，跃入世界石油大国行列。石油产量的大幅度增加，为石油炼制和石油化工提供了雄厚的物质基础，石化产业迅猛发展，炼油能力已进入世界前列，石化产品正向国际先进水平迈进。80年代以来，中国

油气勘探进军大西北和海洋对外开放，在这两大战略接替区取得突破，石油天然气产量有了新增长，1999年中国石油产量达到1.6亿吨，勘探开发技术达到国际先进水平，石油地质理论有了新的建树。

需要指出，20世纪80年代以来，中国实施改革开放政策，国民经济快速发展，对石油、天然气需求急剧增加，而石油、天然气产量增长赶不上经济增长，加之一批老油田进入开发晚期，石油产量下降，1993年中国成为石油纯进口国，进口原油与日俱增。2003年进口石油超过1亿吨，2004年超过1.2亿吨，中国成为仅次于美国的世界第二大石油消费国，中国对国外石油依存度40%左右，并有继续上升的趋势，这就是中国石油工业面临的形势。

目 录

引言

第一章 石油、天然气的生成	(1)
第一节 石油、天然气的特性.....	(1)
第二节 沉积盆地和沉积岩.....	(4)
第三节 有机质是石油、天然气形成的基本 物质.....	(9)
第四节 有机质向石油、天然气的演化.....	(11)
第五节 生油岩的确定和评价.....	(15)
第二章 油气田的形成	(19)
第一节 储集层.....	(19)
第二节 盖层.....	(22)
第三节 圈闭.....	(24)
第四节 油气运移.....	(28)
第五节 油气聚集——形成油气田.....	(33)
第三章 石油、天然气勘探技术	(35)
第一节 野外地质调查技术.....	(36)
第二节 地震勘探技术.....	(39)

第三节	重力、磁力、电法勘探技术·····	(52)
第四节	遥感技术·····	(56)
第五节	钻井录井技术·····	(60)
第六节	地球物理测井技术·····	(66)
第七节	测试技术·····	(68)
第八节	石油地质综合研究·····	(70)
第四章	怎样寻找油气田·····	(73)
第一节	组织勘探队伍，全面地质调查·····	(74)
第二节	搞好综合评价，明确主攻方向·····	(75)
第三节	不怕挫折，坚持钻探，打开勘探局面 ···	(76)
第四节	锲而不舍，开拓创新·····	(79)
第五节	申请矿区，取得油气勘探权·····	(80)
第五章	中国油气勘探发展战略·····	(81)
第一节	战略转移，东部成为石油勘探主战场 ···	(82)
第二节	稳定东部，发展西部·····	(83)
第三节	对外开放，加快海洋勘探开发·····	(86)
第四节	向天然气生产大国迈进·····	(87)
第六章	中国油气勘探向世界进军·····	(88)

第一章 石油、天然气的生成

没有石油、天然气的生成，也就谈不上油气田的形成，因此，油气生成是石油地质理论的重要内容。要了解油气生成，首先需要了解什么是石油、天然气，它们有哪些特性。正是通过对石油、天然气的深入分析，才产生了油气生成学说(即有机生油学说)。形成石油、天然气的原始物质是赋存在沉积盆地中的沉积岩中的有机质，它经历了复杂的物理、化学变化，才演变为石油、天然气。

第一节 石油、天然气的特性

人们从电视、广播、报纸、杂志上经常获得石油、天然气和油气田的信息，油价上涨或跌落等。那么，石油、天然气是什么呢？简单地来说，石油和天然气就是地下岩石生成和储集的液态和气态的以碳氢化合物为主要成分的可燃性矿产。

从地下开采出来的石油，没有经过加工提炼成各种产品以前通称为原油。原油的化学元素主要是碳、氢、氧、氮、硫等。其中碳和氢所占比例最高，约95%~99%[其中，碳(C)84%~87%，氢(H)11%~14%]，

氧、氮、硫和其他微量元素约占 1% ~ 5% (硫含量少于 0.5% 称低含硫原油)。上述元素大多数都是以化合物的形态出现。名目繁多的化合物可分成两大类：由碳、氢元素组成的化合物，通常称为烃类化合物，如烷烃、环烷烃、芳香烃、烯烃等。这是原油的主要成分；另一类是含氧、氮、硫的非烃化合物，如含氧的酚、醛、酮，含氮的吡啶，含硫的硫醇、噻吩等。

原油的物理性质，包括颜色、相对密度、密度、黏度、凝固点、含蜡量、发热量等。原油的颜色有白色、淡黄色、褐色、墨绿色、黑色等。我们常见的原油一般是黑色。原油颜色的深浅和其中含有的非烃类物质多少有关。石油相对密度一般 0.76 ~ 0.96。美国常用 API 度、西欧常用波美度来表示石油的相对密度，API 度和波美度高的石油，实际上属于低密度的轻质石油。石油黏度是对流体活动性能的逆测定，石油黏度愈大，就愈难流动。用仪器测得的密度、黏度等，皆与石油的化学成分含量有关。石油的凝固点与蜡的含量有关。原油的化学成分和物理性质，直接显示了其作为某种资源可供人类广泛利用，如原油的“发热量”，就意味着它是重要的能源；众多的化学成分则意味着它是广泛的化工原料。

关于天然气，广义而言，自然界一切天然生成的气体，皆可称为天然气。在自然界它们的产状变化多端，既可以是气藏气、气顶气、溶解气，也可以是凝析气、煤矿瓦斯、固态气体水合物等。油气勘探所讲

的狭义的天然气，系指与油田、气田有关的可燃气体，成分以气态烃为主，多与生物成因有关。在特定条件下，也可能遇见以非烃气体为主的气藏，只要有工业价值，也要加以研究和利用。天然气的化学成分和物理性质，在常温常压下，甲烷(CH_4)至丁烷(C_4H_{10})为气态，是天然气的主要组成部分。其中，甲烷属烷烃最简单的化合物，是天然气的基本成分。有的气田甲烷含量可达90%以上，乙、丙、丁烷含量不多。油田溶解气，乙、丙、丁烷含量高(可达20%~30%)，称湿气；甲烷含量超过90%，称干气。还有二氧化碳、硫化氢、氮和稀有气体(氦)等。天然气的物理性质，包括相对密度、黏度、蒸气压力、溶解性、热值等，可在实验室测定。天然气相对密度为0.56~0.8。由于天然气化学组成变化大，物理性质变化也较大。有的地区的天然气，含有大量的二氧化碳(广东三水的天然气二氧化碳含量高达98%)，其物理性质与以甲烷为主的天然气物理性质迥然不同。

了解天然气的化学组成和物理性质，是为了更好地利用它。天然气是合成氨、乙烯、乙炔的重要原料。天然气主要成分甲烷，加工后可合成许多化工产品。如氧化甲烷可以得到甲醇、甲醛，甲醛既是燃料，也是塑料、合成树脂的原料；裂化甲烷可以得到乙炔；甲烷不完全氧化可以得到炭黑等等。天然气中的乙、丙、丁烷也是各种化学合成品的重要原料。天然气中含有的稀有

气体，在原子能和国防工程中起着重要作用。

天然气发热量高，燃烧完全，用天然气作燃料可大大减轻城市环境污染，因此称天然气是洁净的燃料。用天然气建立的温室培养蔬菜和农作物，不仅成本低，而且能促进蔬菜和农作物的成长。

第二节 沉积盆地和沉积岩

沉积盆地是石油、天然气生成和油气田形成的场所，世界上大量的石油、天然气，保存在沉积盆地中。这是因为沉积盆地提供了石油、天然气形成的丰富的有机质，也提供了有机质向石油、天然气转化的物理化学条件。

沉积盆地是地表比较低洼、被海水或湖水覆盖的地区，盆地周围有山地、丘陵，河流、风暴不断把山地、丘陵风化的砂土和动植物搬进盆地，盆地不断下沉，堆积物不断增加，并逐渐被压实(图 1-1)，松散的堆积物逐步演变为沉积岩。

沉积盆地的沉积岩厚度，由几百米至几千米，沉积盆地面积，由几百平方千米至几百万平方千米，大小不一。新疆塔里木盆地是中国最大的沉积盆地，面积达 50 万平方千米。沉积盆地底部(即基底)由火成岩或变质岩组成。火成岩是地壳深部岩浆喷出地表(火山爆发)或充斥于沉积岩中的一种岩石。变质岩是沉积岩或火成

岩经受高温、高压，岩性结构发生变化的岩石。沉积岩、火成岩、变质岩有密切联系，盆地周围山地、丘陵的火成岩、变质岩风化后变成碎粒，经河流、风暴搬运到盆地，形成了沉积岩。

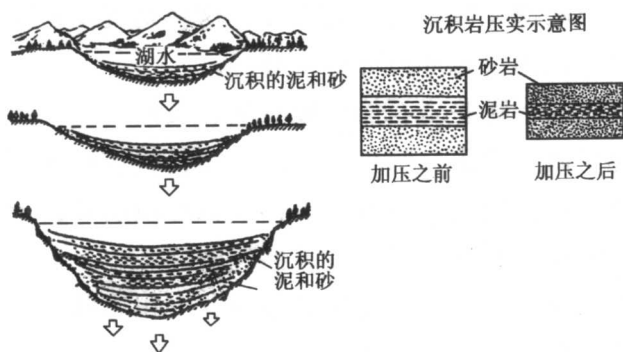


图 1-1 沉积盆地形成及沉积压实示意图

海洋环境盆地，形成海相沉积岩；陆地环境(包括河流、湖泊)盆地，形成陆相沉积岩。沉积盆地经常发生变化，海水、湖水退出，即变成陆地，松辽盆地就是由大湖泊演变为大平原，塔里木盆地经历了海洋、湖泊，演变为大沙漠。更有甚者，盆地剧变为高山峻岭。天山、昆仑山、祁连山等，都曾经是深陷的盆地，有巨厚的沉积岩，剧烈的构造运动，使其隆升为巨大山脉。在这些山上，仍可找到沉积岩。这就是“沧海桑田”的道理。

沉积盆地的沉积岩，为什么能生成石油、天然气呢？一是沉积岩中含有丰富的有机质(包括从陆地搬运

来的动植物、微生物和在海洋湖泊中生长的水生物), 即生成油气的母质; 二是还原型的沉积环境, 即一定深度的海水、湖水使沉积物与大气隔绝, 有机质不被氧化得以保存, 并由于不断加载、深埋, 温度、压力升高, 有机质不断演化成石油、天然气。这就是沉积盆地为油气生成提供的沉积环境和演化环境。

沉积岩中哪些岩石能生成石油、天然气呢? 经有机地球化学研究确定, 暗色(灰黑色、灰褐色等)泥岩、页岩、油页岩、煤层、石灰岩等, 还原环境明显, 十分有利于有机质聚集和向石油、天然气转化。

沉积盆地具有起伏变化的特点, 沉积岩厚度大、基底埋藏深的地方, 称为凹陷, 是油气生成最丰富的单元, 一般称为“生油凹陷”。沉积岩厚度小, 基底埋藏浅的地方, 称为隆起或凸起, 是油气生成后运移和聚集的单元。沉积盆地四周通常有大断裂, 作为盆地边界, 周围则是山地、高原等。中国陆地及海域沉积盆地分布见图 1-2。

中国陆地及海域沉积盆地中, 都堆积了哪些时代的岩层呢? 经过地质调查及钻探, 发现了元古代、古生代、中生代和新生代地层, 各时代地层皆已见到具有生油气能力的岩层, 也就是说, 距今 10 多亿年前的古老岩层和距今几万年的年青岩层, 皆可生成油气, 这对我们寻找不同时代的油气田, 是十分有利的。各时代地层纵向分布、绝对年龄及生物演化见地质时代表。