

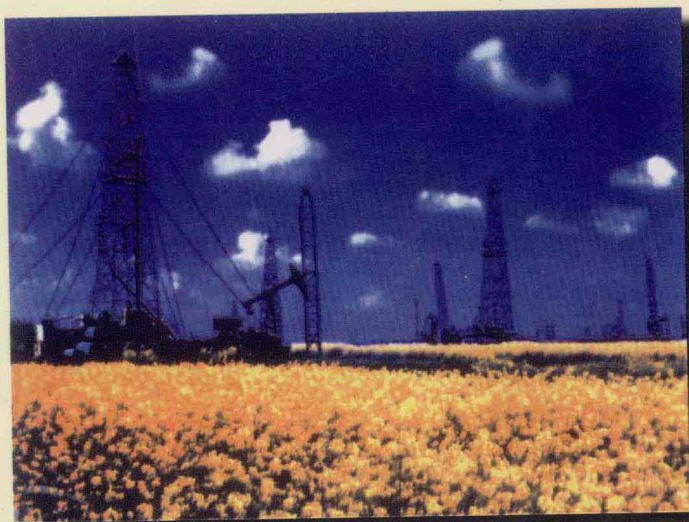
当代石油和石化工业技术普及读本

勘 探

(第三版)

中国石油和石化工程研究会 组织编写

王毓俊 执笔



中國石化出版社

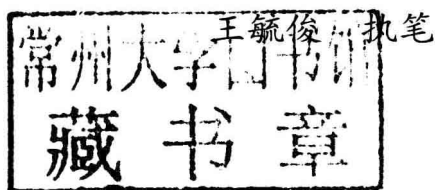
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

当代石油和石化工业技术普及读本

勘 探

(第三版)

中国石油和石化工程研究会 组织编写



中國石化出版社

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. —3 版.
—北京: 中国石化出版社, 2012. 4
(当代石油和石化工业技术普及读本)
ISBN 978 - 7 - 5114 - 1458 - 8

I. ①勘… II. ①中… III. ①油气勘探 - 普及读物
IV. ①P618.130.8 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 030743 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭,
或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

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

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

850 × 1168 毫米 32 开本 2.875 印张 52 千字
2012 年 4 月第 3 版 2012 年 4 月第 1 次印刷
定价: 12.00 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》)第一版共包括了11个分册,2000年出版发行;2005年起根据石油石化工业的新发展和广大读者的要求,在修订了原有分册的基础上,补充编写了海洋石油开发、天然气开采等8个新的分册,于2007年出版发行了《普及读本》第二版;2009年我们又组织编写了煤制油、乙醇燃料与生物柴油等7个分册。至此,《普及读本》第三版共出版了26个分册,涵盖了陆上石油、海洋石油、开采与储运、天然气开发与利用、石油炼制与化工、石油化工绿色化及信息化、炼化企业污染与防治等石油石化工业相关领域的内容。

《普及读本》以企业经营管理人员和非炼化专业技术人员为读者对象,强调科普性、可阅读性、实用性、知识及技术的先进性,立足于帮助他们在较短的时间内对石油石化工业各个技术领域的概貌有一个基本了解,使其能通过利用阅读掌握的知识更好地参与或负责石油石化业的管理工作。这套丛书作为新闻出版总署“十五”国家科普著作重点出版项目,从开始组织编写到最后出版,我们在题材的选取、大纲的审定、作者的选择、稿件的审查以及技术内容的把关等方面,都坚持了高标准、严要求,力求做到通俗易懂、深入浅出、由点

及面、注重实用，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，受到了广泛好评。为了满足读者的需求，其中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年度中国石油化工集团公司科技进步三等奖。

近年来，石油石化工业的发展日新月异，先进技术不断涌现；随着时间的推移，原有部分分册中的一些数据已经过时，需要更新。为了进一步完善《普及读本》系列读物，使其内容与我国石油石化工业技术的发展相适应，我们决定邀请国内炼油化工领域的专家对第一版及第二版的19个分册进行修订，组织该书第四版的出版发行，从而使该系列读物与时俱进，更加系统全面。

《普及读本》第四版的组织编写和修订工作得到了中国石油、中国石化、中国海油、中国神华以及中化集团的大力支持。参与丛书编写、修订工作的专家、教授精益求精、甘于奉献，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



二〇一一年八月八日

引言

中国是发现和利用石油、天然气最早的国家之一。公元前的秦汉时期，四川就已出现人工钻凿的盐井，伴随而出的天然气成为熬盐的燃料。西晋时期的《博物志》中说：临邛（成都附近）火井一所，深2~3丈。宋朝即有深5~8丈的钻井记录。中国古代钻井图（图0-1）显示了当时的钻井情况。

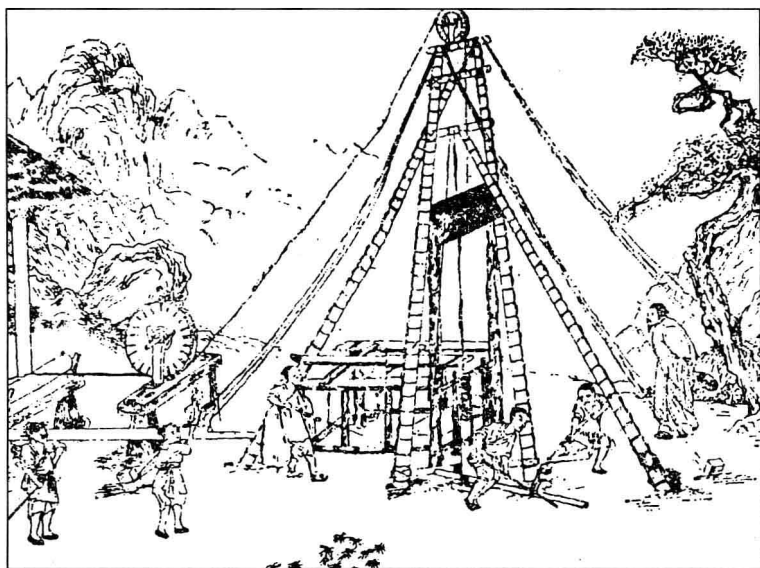


图0-1 中国古代钻井示意图

陕西北部发现石油亦有漫长历史。公元一世纪东汉历史学家班固(公元32~92年)的《汉书地理志》就有“高奴(陕北延长一带)有洧水可燃”。北宋科学家沈括(公元1031~1095年)在《梦溪笔谈》中指出“鄜延(富县、延安一带)境内有石油,旧说高奴县出脂水,即此也”。并预言此物必大。因此,陕北是中国最早发现石油的地方之一。《元一统志》(公元1286~1303年)记载“延安路石油条,鄜石脂,石油条”、“延长县南迎河有凿开石油一井,其油可燃”。延长、延安、延川一带遂成为中国石油工业的发祥地。

清光绪33年(公元1907年)钻探1口油井——延1井,井深81米,日产石油1~1.5吨,标志中国近代石油工业的起步。

中华人民共和国诞生的1949年,全国产油12万吨,其中天然油7万吨,页岩油5万吨。1978年中国石油产量达1亿吨,进入石油生产大国之列。2010年中国石油产量达到2亿吨,列世界第五位,天然气产量944.8亿立方米,列世界第六位。

自1978年改革开放以来,中国经济迅猛发展,国产石油、天然气满足不了经济建设和人民生活的需求,石油、天然气进口量与日俱增。2010年进口石油2.39亿吨,对外依存度达54%。

加强石油天然气的勘探开发、增加石油天然气产量、提高石油天然气的自给率,是确保能源安全的重要环节。石油石化战线广大员工关注和研究石油天然气勘探开发,将推动石油天然气产业快速发展。

目 录

引言

第一章 含油气盆地	(1)
-----------------	-------

第二章 油气田形成与分布	(6)
--------------------	-------

第一节 生油岩(烃源岩)	(6)
--------------------	-------

第二节 储集层	(9)
---------------	-------

第三节 盖 层	(12)
---------------	--------

第四节 圈 闭	(14)
---------------	--------

第五节 油气运移和聚集	(16)
-------------------	--------

第三章 非常规油气勘探	(19)
-------------------	--------

第一节 低孔渗储层油气勘探	(19)
---------------------	--------

第二节 稠油、重油、高凝油勘探	(20)
-----------------------	--------

第三节 页岩气勘探	(21)
-----------------	--------

第四节 煤层气勘探	(22)
-----------------	--------

第五节 油砂勘探	(24)
----------------	--------

第六节 油页岩勘探	(24)
-----------------	--------

第七节 天然气水合物(可燃冰)	(25)
-----------------------	--------

第四章 油气勘探技术	(27)
------------------	--------

第一节 野外地质调查	(28)
------------------	--------

第二节 地震勘探技术	(30)
------------------	--------

第三节 重力、磁力、电法勘探技术	(44)
------------------------	--------

第四节	遥感技术	(48)
第五节	钻井录井技术	(54)
第六节	钻井测井技术	(60)
第七节	钻井测试技术	(63)
第八节	油气地质综合研究与评价	(65)
第五章	油气勘探的实践与发展	(68)
第一节	自营与合作两条腿走路	(70)
第二节	统筹兼顾搞好战略布局	(71)
第三节	大力提高科技水平 发展实用技术	(71)
第四节	坚持速度和效益的统一	(72)
第五节	愈挫愈奋 坚持勘探	(72)
第六节	学习前辈 努力开拓	(73)
第七节	开阔视野 大胆走向世界	(74)
第六章	勘探远景与发展战略	(75)
第一节	老油气区开拓新层系、新类型向纵深发展	(76)
第二节	近海盆地油气储量和产量将有新增长	(76)
第三节	南方十一省油气勘探潜力不容低估	(77)
第四节	青藏高原油气、可燃冰资源丰富 ...	(79)
第五节	南中国海是重要接替战场	(80)
参考文献		(82)

第一章 含油气盆地

石油和天然气田，皆分布于沉积盆地中，研究不同类型沉积盆地的地质特征及油气田形成是石油地质勘探人员首先碰到的问题。

地壳表面起伏不平，其中的低洼部位在漫长的地质历史时期不断下降，接受海洋、湖泊、河流等沉积的就是沉积盆地。

沉积盆地堆积的沉积物厚度少则几十至几百米，多则数千米至数万里。沉积盆地内汇集了江河湖海水体中生长的各种生物遗体 and 来自周围隆起的各种沉积物。随着盆地不断下降，沉积物愈来愈厚，经过压实形成不同类型的沉积岩。其中有机物十分丰富的泥页岩构成生油岩(烃源岩)，颗粒较粗的砂砾岩和碳酸盐岩构成储集岩。沉积盆地形成见图 1-1。

在漫长的地质历史时期，地球经历了多次地壳运动，沉积盆地出现褶皱、断裂和不整合，为油气运移、聚集创造了条件。局部地区抬升、剥蚀，油气暴露地表形成“油砂山”、“黑油山”等遗迹。

经过地质调查，地球物理勘探和钻探，在沉积盆地中找到了生储油(气)岩层和油气田沉积盆地，称为含油气盆地。

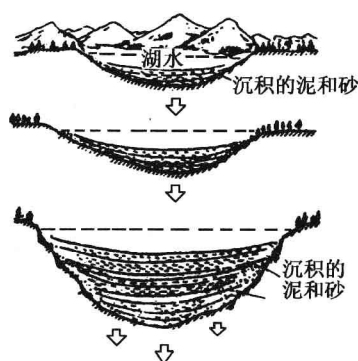


图 1-1 沉积盆地形成示意图

石油天然气勘探首要任务就是确定含油气盆地范围、沉积岩厚度及岩类、生储油(气)岩质量、油气聚集和保存条件、油气资源潜力等。并制定规划开展勘探，千方百计找到有工业价值的油气田。

经过 20 世纪艰苦勘探，在中国西部、东部和近海找到了一大批含油气盆地。

在中国西部的新疆、甘肃、青海、西藏、四川、宁夏、内蒙、陕西等省区分布着准噶尔、塔里木、柴达木、吐哈、羌塘、鄂尔多斯、四川等含油气盆地；在中国东部分布着二连、海拉尔、松辽、渤海湾、南阳、江汉、苏北等含油气盆地；在中国近海分布着渤海、北黄海、南黄海、东海、台湾西部、珠江口、琼东南、莺歌海、北部湾等含油气盆地，含油气盆地位置见图 1-2。

中国西部含油气盆地受欧亚大陆板块与印度、澳大利亚板块强烈挤压碰撞影响，被天山、昆仑山、阿尔金山、祁连山、秦岭、大巴山、龙门山等造山带包围，局

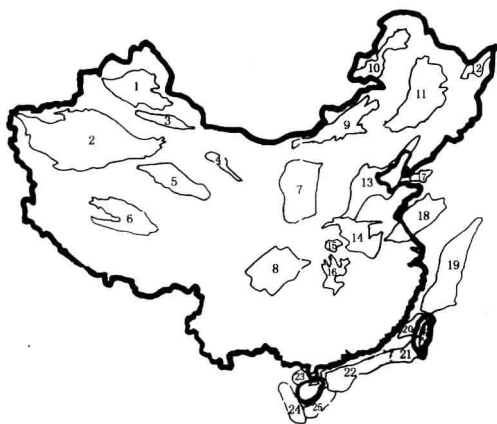


图 1-2 中国沉积盆地分布示意图

- 1—准噶尔盆地；2—塔里木盆地；3—吐哈盆地；4—酒泉盆地；5—柴达木盆地；
6—羌塘盆地；7—鄂尔多斯盆地；8—四川盆地；9—二连盆地；10—海拉尔盆地；
11—松辽盆地；12—三江盆地；13—渤海湾盆地；14—南华北盆地；15—南阳盆地；
16—江汉盆地；17—北黄海盆地；18—苏北南黄海盆地；19—东海盆地；
20—台西盆地；21—台西南盆地；22—珠江口盆地；23—北部湾盆地；
24—莺歌海盆地；25—琼东南盆地

部地区挤压、逆冲、褶皱、断裂强烈，多处见油气苗和沥青脉，例如：准噶尔盆地西北部的黑油山、柴达木盆地的油砂山、四川盆地的圣灯山、酒泉盆地的石油河等。油气苗、沥青脉引起地质勘探人员的关注，通过地质调查和钻探，相继发现了克拉玛依、老君庙、隆昌、延长等油气田，成为中国早期油气勘探的重要成果。

中国东部的松辽、渤海湾、河南、江汉、苏北等盆地，地表被第四系复盖，含油气岩层深埋在几百至几千米的地下，见不到油气苗。要通过地球物理勘探了解地下岩层与构造，这就是复盖区的特点。20 世纪 50 年代晚期至 70 年代，在松辽、渤海湾等盆地找到了大庆、胜

利、任丘、大港、辽河等大油田，成为中国石油主产区。

含油气盆地各部位沉积与沉降具有明显的差异。沉积岩厚度大的称为坳陷，沉积岩厚度小或缺失沉积岩的地区称为隆起。坳陷又进一步划分为凹陷和凸起。

沉积岩厚度大、有厚度可观的生油岩(烃源岩)，储集层和盖层的凹陷是油气勘探的重要单元，被生油凹陷包围的凸起是油气聚集的有利部位。松辽盆地北部大庆油田位于深凹陷中，不仅有巨厚的生油岩(烃源岩)，还有厚度可观的储集层、盖层和大型背斜构造，是世界级大油田。油气勘探的重要任务就是落实凹陷、凸起、斜坡带，明确勘探重点和突破方向。

中国含油气盆地的沉积与构造活动有明显的差异性。松辽盆地以中生代沉积为主，渤海湾盆地新生代沉积之下，有厚度可观的中生代、古生代和元古代沉积，构成多旋回叠加盆地。松辽与渤海湾盆地以拉张扭动运动为主，称张扭型盆地。

中部的鄂尔多斯和四川盆地，沉积了厚度可观的元古代、古生代和中生代地层，也是多旋回叠加盆地，在古生代和中生代找到了苏里格、长庆、普光、威远、合川等大气田以及西峰、姬源、安塞等大油田。

西部的塔里木盆地已发现古生代、中生代和新生代地层，亦为多旋回叠加盆地。准噶尔盆地以古生代和中生代沉积为主。新生代晚期，塔里木、准噶尔盆地周边山脉强烈活动，向盆地挤压、逆冲，形成大型冲断带，塔里木、准噶尔等盆地皆为压扭型盆地。在古生代、中生代地层找到了克拉玛依、克拉2号、塔河等大油气田。

中国含油气盆地沉积地层及地质运动见表 1-1。

表 1-1 地质时代表

地质时代单位				距今年龄/ 百万年	主要地壳 运动	构造 阶段	生物界的 演化
新 生 代 Rz	第四 纪 Q	全新世 Qh		1	喜山运动Ⅱ	喜 马 拉 雅 构 造 阶 段	 人类
		更新世 Qp					
	第三 纪 R	晚第 三纪 N	是新世 N ₂	28	喜山运动Ⅰ		
			中新世 N ₁				
		早第 三纪 E	渐新世 E ₃				
			始新世 E ₂				
			古新世 E ₁				
中 生 代 Mz	白垩 纪 K	晚白垩世 K ₂		68 ~ 72	燕山运动Ⅲ	阿 尔 卑 斯 构 造 阶 段	 哺乳动物 被子植物
		早白垩世 K ₁					
	侏罗纪 J		130 ~ 140	燕山运动Ⅱ 燕山运动Ⅰ 印支运动			
	三迭纪 T		175 ~ 185				
古 生 代 Pz	二叠 纪 P	晚二迭世 P ₂		220 ~ 230	海西运动 东吴运动	海 西 构 造 阶 段	 爬行动物 裸子植物
		早二迭世 P ₁					
	石炭纪 C		265 ~ 275	加里东运动 太康运动			
	泥盆纪 D		320 ~ 330				
	志留纪 S		370 ~ 390				
	奥陶纪 O		410 ~ 430				
	寒武纪 E		435 ~ 515				
			580 ~ 620				
元古 代 Pt	震旦纪 Z (晚元古代 Pt ₂)		900 ~ 1000	吕梁运动	加 里 东 构 造 阶 段	 两栖动物 鱼类 陆生 孢子植物 无脊椎动物 藻类	
	早元古代 Pt ₁						
太古代 A				1800	五台运动		

第二章 油气田形成与分布

中外油气勘探工作者普遍认识到：含油气盆地能否形成油气田(油气藏)不仅要考虑生油岩(烃源岩)、储集层、盖层和圈闭条件，还要考虑油气运移和保存条件。油气运移条件差、油气呈分散状态，保存条件差，油气泄露到地表形成黑油山、石油河、沥青矿等，油气已逸散至地表或大气中。

第一节 生油岩(烃源岩)

沉积盆地是否具有生油岩(烃源岩)是确定其勘探远景的首要条件。

海陆相沉积普遍发现，富含有机质的沉积岩在还原环境下，在温度压力作用下，有机质演化为碳氢化合物(油气)。中国元古代至新生代的海相或陆相沉积皆有生油岩，其中元古代至古生代以海相生油岩为主，中新世代以陆相生油岩为主，这就是中国生油岩的特点。

有机物向油气演化经历了多个阶段，即生物化学生气阶段、热催化生油气阶段、热裂解生凝析气阶段和深部高温生气阶段。

确定和评价生油岩要考虑下述因素：

(1) 有机质丰度：即岩石中剩余有机碳含量(实验室测定数值)。泥页岩剩余有机碳含量大于 0.5%，碳酸盐岩剩余有机碳含量大于 0.08%，即可列为生油岩。

(2) 有机质成熟度指标：包括干酪根的颜色及 $H/C \sim O/C$ 原子比关系，镜质体反射率(R_0)，热变质指数等。

(3) 烃类转化指标：是衡量有机质转化成烃类的数量指标，一是可溶性沥青含量及其组分组成，二是烃类含量及其族组成。岩石中溶解于有机溶剂的物质，称为可溶性沥青“A”，它的含量高的岩石可定为生油岩。烃类含量指可溶性沥青中总烃含量及其中的正烷族、环烷族、芳香族的含量。总烃含量高、正烷烃含量也高，表明有机质向石油转化程度高。

通过对全国陆相沉积盆地生油岩的研究，制定了陆相生油岩评价标准。从沉积相、干酪根类型、氢碳比、有机碳含量等 7 个方面的指标，确定好、中、差生油岩。

研究表明，我国大中型油田分布都是以优质生油岩为基础，其特点是：成油母质类型好(中间型至腐泥型)、有机质丰度高(有机碳含量 1.0% ~ 2.5%，总烃含量大于 500 毫克/升)，且经过充分的成烃演化作用，生成了大量的石油、天然气。有机质成烃演化过程见图 2-1。

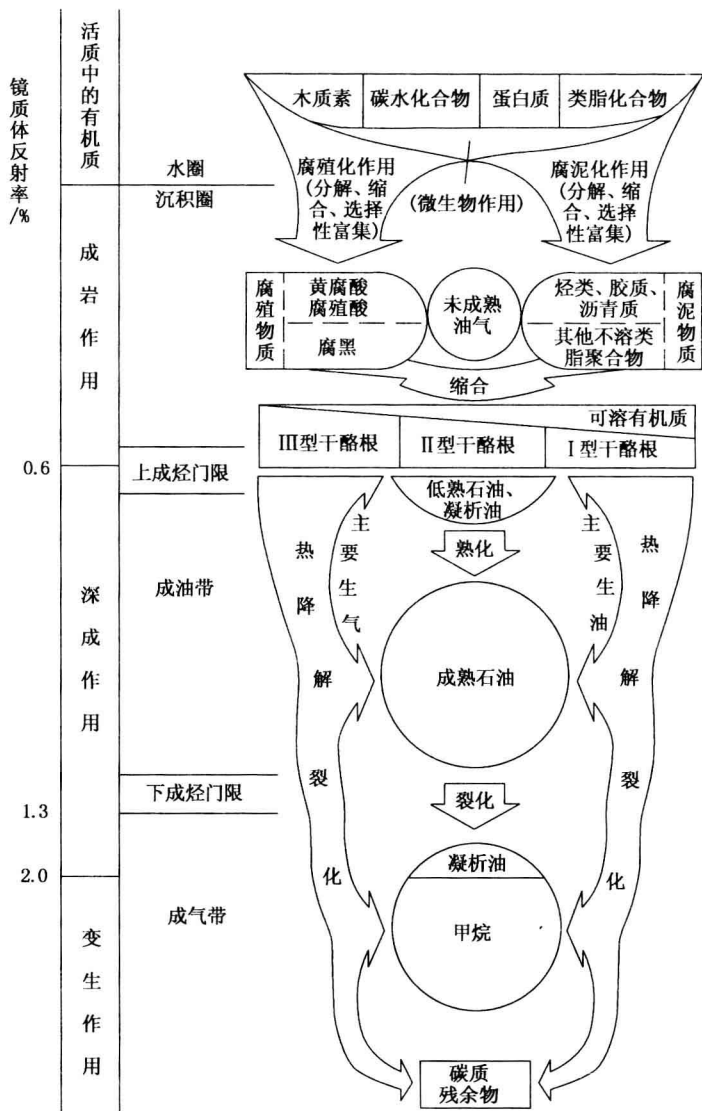


图 2-1 有机质成烃演化模式