

实用油藏工程

(美) C.R.史密斯 G.W.特蕾西
R.L.法勒



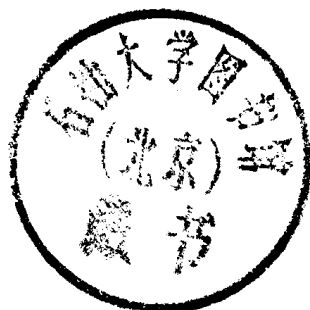
石油工业出版社

登录号	085440
分类号	7418.13
种次号	02

实用油藏工程

[美] C.R.史密斯 G.W.特蕾西 R.L.法勒

SY34/10
岳清山 柏松章等译



石油工业出版社



200418191

内 容 提 要

本书系统地讲述了现代油藏工程的基本理论和方法,并用实例简明扼要地说明了油气藏开发中可能遇到的一些问题及其处理方法。同时对于油气藏的合理开发利用、计算机模拟、试井等技术均进行了系统的概述。

本书对从事油藏工程、地质研究人员及石油院校有关专业的师生均会有指导性的作用及较大的帮助。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用油藏工程 / (美)C.R.史密斯(Charles,R.Smith)等著.

北京:石油工业出版社,1995.6

书名原文:Applied Reservoir Engineering

ISBN 7-5021-1366-5

I.实…

II.史…

III.油藏-基本知识

IV.P618.13

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里2区1号楼)

石油工业出版社排版

华北石油报社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 $36\frac{3}{4}$ 印张 925千字 印1—1200

1995年6月北京第1版 1995年6月北京第1次印刷

定价:38.00元

序 言

多年来,译者一直在梦想给我国从事油气开发工作的读者提供一本比较实用的“油藏工程”,本书的出版总算圆了这个梦。

本书的作者是从事多年油藏开发工作的著名美国油藏工程专家 Charles R.Smith, G.W.Tracy 和 R.Lance Farrar。

本书系统地讲述了现代油藏工程的基本理论和方法,熔入了作者的大量实践经验,并以例题的方式,简明扼要地说明了油藏开发中可能遇到的问题的处理方法。该书的特点是理论联系实际、通俗易懂、实用性强,是目前国内外已出版的较好的“实用油藏工程”书之一。

参加本书翻译的人员为:第一章李秀宁译;第二~八章岳清山和刘学峰译;第九、十章张爱卿译;第十一章刘学峰译;第十二章柏松章译;第十三~十五章朱亚东译;第十六章田楠和胡建国译;第十七章张中华译。全书由岳清山和陈元千进行了统一审校。

在本书的翻译出版过程中得到沈平平、唐养吾等同志的大力支持,在此表示谢意。由于时间仓促和水平有限,书中难免会出现一些错误,诚恳希望读者批评指正。

译者

1994年6月于北京

目 录

第一章 地质	(1)
第一节 烃源	(1)
第二节 油页岩	(3)
第三节 油气的运移和聚集	(4)
第四节 砂岩储集岩	(5)
第五节 碳酸盐储集岩	(20)
第六节 页岩储集层	(24)
第七节 蒸发盐岩储集层	(24)
第八节 火成岩和变质岩储集层	(24)
第九节 小结	(25)
参考文献	(25)
第二章 油藏岩石性质	(27)
第一节 孔隙度	(27)
第二节 渗透率	(33)
第三节 取心和岩心分析	(50)
第四节 毛管压力	(55)
参考文献	(62)
第三章 流体性质	(64)
第一节 引言	(64)
第二节 天然石油沉积物的性质	(64)
第三节 流体体系	(65)
第四节 气体性质	(71)
第五节 液态烃的性质	(97)
第六节 油气藏烃类流体的分类	(115)
第七节 地层水的性质	(119)
参考文献	(126)
附录 A 液烃流体性质分析报告	(127)
附录 B 常用的油的性质图表	(143)
第四章 油气藏容积	(145)
第一节 引言	(145)
第二节 地下图的绘制	(146)
第三节 手工数值积分算法	(151)
第四节 计算机积分法	(152)
参考文献	(153)
第五章 气藏	(154)

第一节	引言	(154)
第二节	原始气储量的确定	(154)
第三节	气的可采储量	(166)
第四节	井底压力的计算	(170)
第五节	气井产能测试	(183)
	参考文献	(202)
第六章	凝析气藏	(203)
第一节	引言	(203)
第二节	利用相图确定油气藏类型	(204)
第三节	油气储量和气藏动态计算	(205)
第四节	反凝析气藏的物质平衡计算	(218)
第五节	凝析气藏的循环注气	(218)
	参考文献	(221)
第七章	油气藏中流体的流动	(222)
第一节	达西定律	(222)
第二节	达西定律的一般式	(222)
第三节	孔隙介质中流体流动的分类	(223)
第四节	水平单相稳定流	(224)
第五节	有界面积内可压缩流体的拟稳态径向流	(229)
第六节	径向流系统中的平均压力	(230)
第七节	径向流系统中的调整时间	(231)
第八节	井的产能	(232)
第九节	流体的水平稳态多相流	(239)
第十节	水平非稳定单相流	(240)
	参考文献	(240)
第八章	油藏驱动机理	(241)
第一节	引言	(241)
第二节	一般物质平衡方程	(241)
第三节	物质平衡的线性表达式	(252)
第四节	驱动原理	(254)
	参考文献	(262)
第九章	溶解气驱油藏	(263)
第一节	引言	(263)
第二节	泡点以上的溶解气驱油藏	(263)
第三节	泡点以下的溶解气驱油藏	(264)
第四节	TRACY 的物质平衡法	(266)
第五节	原始原油储量计算	(267)
第六节	未来动态预测	(268)
	参考文献	(274)
第十章	多层油藏动态	(275)

第一节	引言	(275)
第二节	多层溶解气驱油藏	(275)
第三节	多层气藏	(281)
	参考文献	(288)
第十一章	非混相流体的驱替机理	(289)
第一节	引言	(289)
第二节	分流公式	(289)
第三节	分流公式的解法	(295)
第四节	前沿推进速度公式	(296)
第五节	稳定带的概念	(297)
第六节	驱替相的润湿性和初始饱和度的影响	(302)
第七节	气驱油	(305)
第八节	非混相驱概念的实际应用	(305)
第九节	非混相驱概念在非线性系统中的应用	(305)
	参考文献	(306)
第十二章	水驱油藏分析	(307)
第一节	引言	(307)
第二节	水驱油藏分析	(307)
第三节	水驱的识别	(309)
第四节	水域模型	(311)
第五节	稳态模型(Schilthuis)	(311)
第六节	非稳态流的水域模型——Van Everdingen 和 Hurst ⁽⁶⁾ 法	(318)
第七节	Fetkovich 有限水域模型	(352)
第八节	水驱预测	(373)
第九节	油田实例	(380)
	参考文献	(384)
第十三章	水锥和指进	(385)
第一节	引言	(385)
第二节	水锥	(385)
第三节	Meyer 和 Garder ⁽¹⁾ 方法	(386)
第四节	Chaney、Noble、Henson 和 Rice ⁽²⁾ 方法	(387)
第五节	Sobocinski 和 Cornelius ⁽³⁾ 方法	(395)
第六节	Bournazel 和 Jeanson ⁽⁵⁾ 方法	(398)
第七节	Kuo 和 DesBrisay ⁽⁴⁾ 方法	(400)
第八节	突破后的动态——底水驱油藏	(401)
第九节	油水界面的稳定性	(402)
	参考文献	(404)
第十四章	气顶驱动	(405)
第一节	引言	(405)
第二节	改善气顶驱的因素	(406)

第三节	重力分离驱或重力排泄的生产特征	(406)
第四节	气顶膨胀——前缘驱动过程	(407)
第五节	油藏气和油相对密度的计算	(408)
第六节	气顶侵入带中剩余油饱和度的计算	(410)
第七节	影响气顶膨胀驱石油采收率的因素	(412)
第八节	油气界面运移稳定性的判别	(418)
第九节	油气重力分离的判别	(420)
第十节	可能出现重力分离的范围	(422)
第十一节	井的泄油面积内的平均含气饱和度	(424)
	参考文献	(425)
第十五章	综合驱动油藏	(426)
第一节	引言	(426)
第二节	驱动指数的定义	(426)
第三节	油藏驱动指数的估算	(429)
第四节	采收率的定义	(430)
第五节	驱动指数对采收率的影响	(431)
第六节	有效采收率	(431)
第七节	气顶膨胀带中含油饱和度的确定	(432)
第八节	水侵带中含油饱和度的确定	(433)
第九节	未侵入带中含油饱和度的确定	(435)
	参考文献	(457)
第十六章	压力不稳定分析	(458)
第一节	引言	(458)
第二节	不稳定试井可获取的信息	(458)
第三节	实用的试井类型	(459)
第四节	不稳定流动理论	(460)
第五节	连续性方程的求解	(462)
第六节	压力降落特征	(465)
第七节	叠加原理	(467)
第八节	叠加原理——变产量法	(468)
第九节	表皮效应的讨论（近井区渗透率的变化）	(469)
第十节	压力恢复理论	(471)
第十一节	总流度 $(k/\mu)_t$ 的估算	(475)
第十二节	有效泄油半径 r_e 的估算	(476)
第十三节	油藏的总压缩系数	(477)
第十四节	井底污染（表皮效应）的计算	(480)
第十五节	气体的不稳定流动	(482)
第十六节	油井静压的计算	(487)
第十七节	气井静压的计算	(498)
第十八节	典型曲线拟合	(505)

第十九节	压降试井理论	(523)
第二十节	断层或非渗透阻挡层的探测	(533)
第二十一节	多条断层的确定	(539)
第二十二节	长条形油藏(如河道砂)中生产井的压力恢复数据	(544)
第二十三节	垂直裂缝井的压力恢复数据	(546)
第二十四节	多种孔隙产层中井的压力测试数据	(552)
第二十五节	钻杆测试	(553)
	参考文献	(559)
第十七章	计算机油藏模拟概论	(562)
第一节	引言	(562)
第二节	模型的不同类型	(562)
第三节	为什么要进行油藏模拟	(564)
第四节	模拟器的计算结果和误差	(564)
第五节	历史拟合	(565)
第六节	关键数据的识别	(566)
第七节	黑油数学模型的建立	(566)
第八节	黑油数值模型	(569)
第九节	用二维模型进行三维模拟的问题	(571)
第十节	解矩阵问题	(571)
第十一节	单井动态的模拟	(571)
第十二节	油藏模拟模型的应用	(572)
	参考文献	(573)
	符号术语表	(574)
	油藏工程中常用英制单位与 SI 单位换算系数	(578)

第一章 地 质

由于许多油藏工程师缺乏从事地球科学研究的功底，因而忽视了所研究油藏的地质基础。一般来说，通过钻井已确定了油藏（虽然并不总是如此），并且还获得了系统中各独立部分的一些资料。这些资料通过钻时、钻屑分析、裸眼井及下套管井的测井、岩心分析和描述、扫描电镜（SEM）和 X 射线衍射分析、中途测试、井壁取心、各种专门的测井以及试油来获取。经过一段时间，通常还会有生产数据。有证据表明，好的油藏描述将取决于特殊技术及对所做解释的认识。地质认识对此将有很大帮助。

第一节 烃 源

尽管已发现的油田中烃的存在是显而易见的，推测所研究油藏烃的生成仍是有用的，这一课题也已作了广泛的研究⁽¹⁾。

作为次要课题，烃为有机成因这一认识大体一致。这就意味着有机物必定是由天然有机体构成的，而后经沉积保存在沉积物中。在漫长的地质历史中，一部分有机物可能转化成象石油这样的复杂化合物，但并非全部地质历史都有利于有机物质的保存。

光合作用是有机物质大量生成的基础。大约在 20 亿年前的前寒武纪时期，光合作用显然是世界范围的现象。大气中氧气的富集是光合作用和大量有机物产生的结果。

以有机碳表示的一次有机产物的平均保存率估计小于 0.1%。人们发现，在一定的有利于生油岩沉积物沉积的缺氧环境下，有机碳保存率的上限大约为 4%，Deuser⁽²⁾ 对黑海有机碳的预测做了研究，结果绘于图 1—1。

从前寒武纪开始直到泥盆纪，有机物的主要生产者是海相光合浮游生物。自泥盆纪以来，较高等的陆源植物有机质增加。而象鱼类这些较高等动物的有机质，对沉积物中有机物的贡献简直小到可以忽略可计。细菌、浮游生物、浮游动物以及高等植物是沉积物中有机物的主要来源。

富含有机质沉积物沉积的有利条件是平静水域中的大陆架，像封闭环流的泻湖，河口、深水盆地以及大陆斜坡。

沉积物中有机质演化的三个主要阶段是成岩作用、深成作用和合成作用。

(1) 成岩作用从有微生物活动的最新沉积的沉积物开始，到成岩作用结束时，有机质主要由称为干酪根石化的非溶性有机残骸组成。

(2) 深成作用是沉积盆地下沉期间温度增加的结果。干酪根的热降解是大量烃生成的原因。

(3) 后成作用只有在温度和压力都很高，并在很深的深度下才能发生。在这个阶段，有机质仅由甲烷和残碳组成。残留干酪根转化为石墨质碳。

图 1—2 说明了有机质演化与深度关系的一段情况。图 1—3 表示了地质场合烃类的生成与有机质演化的关系。地球化学化石代表了地下烃的第一个来源，而干酪根的分解代表了烃的第二个来源。深度干酪根的热解是生成大量石油的重要因素。最新沉积的沉积物中的烃来

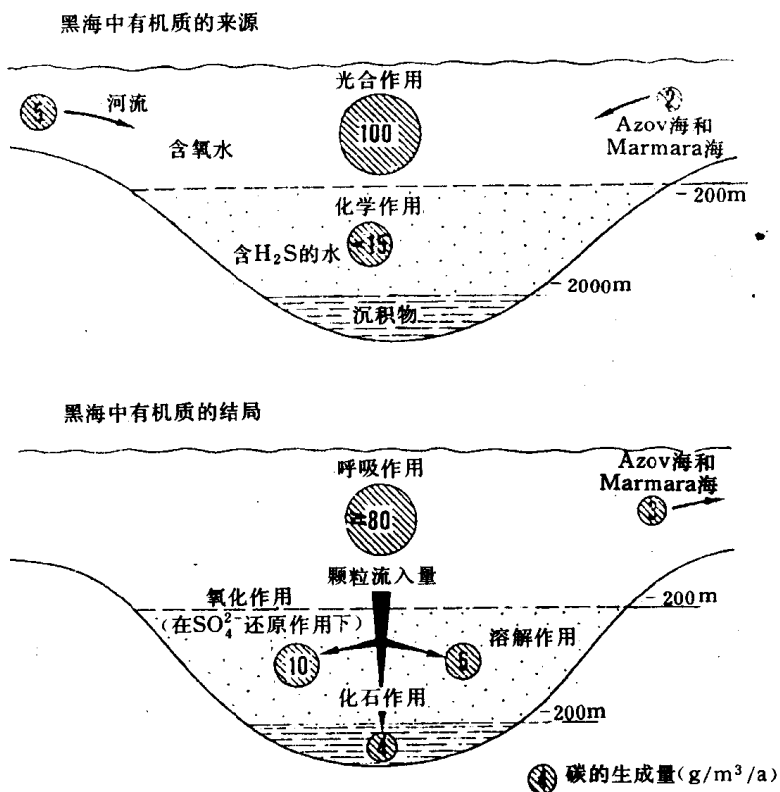


图 1—1 黑海的有机碳预算 (取自 Deuser)

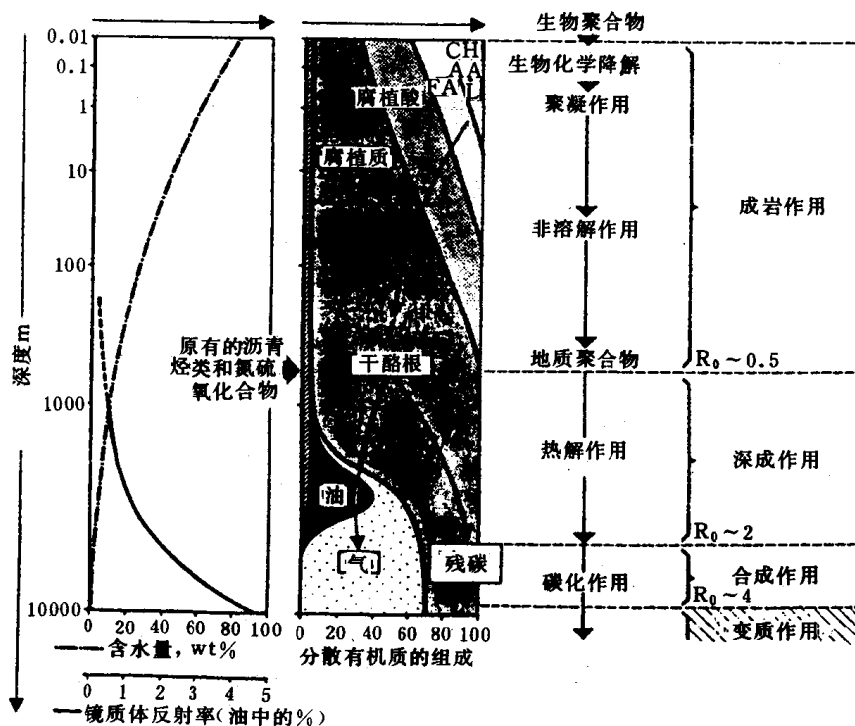


图 1—2 有机质与深度关系的一般形式 (取自 Tissot 和 Welte⁽¹⁾)

CH: 糖类; AA: 氨基酸; FA: 黄腐酸; L: 脂类; HC: 烃类; N.S.O: 非烃组分

自天然有机体，并且可看作为地球化学化石。烷烃、脂肪酸、萜烃、甾族化合物和卟啉是主要的地球化学化石族类。

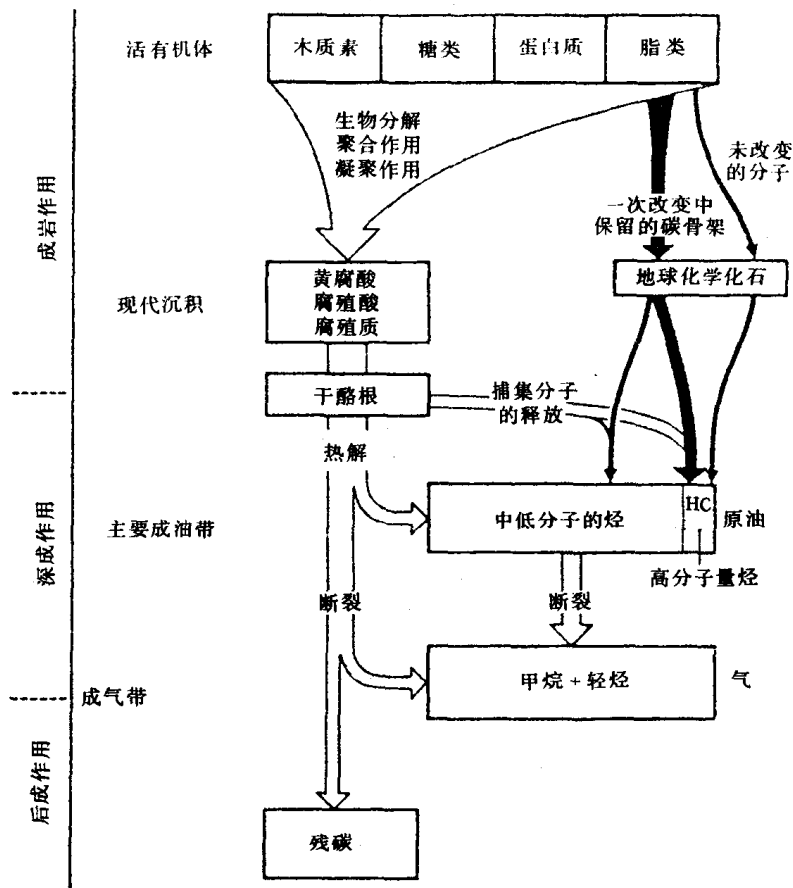


图 1—3 地质条件下的烃源 (取自 Tissot 和 Welte⁽¹⁾)

此处所用的干酪根是沉积岩中不溶于碱水溶剂或一般有机溶剂的有机成分。可用有机溶剂萃取的部分是沥青。干酪根是地球上有机碳的最主要形式，油藏中存在的量是煤加石油的 100 多倍，沥青的 50 多倍。具有高烃—碳比的干酪根有产生油、气的潜力。产生液态烃的大多数生油岩为海相沉积环境，这种环境中有机质的量通常受水生低等植物和细菌的控制。

第二节 油 页 岩

这里把靠热解能得到工业石油的浅层岩定义为油页岩。油页岩中含有的有机质主要为干酪根。油页岩是否有经济价值很容易确定。平均热解温度为 500℃，把岩石加热到该温度所需热量约为 250cal/g，干酪根的热值为 10000cal/g。如果岩石中干酪根的含量为 2.5%，那么，把加热岩石所需的总卡路里值换算成每吨加仑则为 3gal/t。文献采用 10gal/t 为油页岩的经济下限。

可以这样说，埋藏量很大的油页岩可能是石油来源的重要岩石，但由于富化度的要求则不大可能。

不同时期，各国曾发展过油页岩工业，法国 (1838)，苏格兰 (1850)，澳大利亚

(1865), 巴西 (1881), 新西兰 (1900), 瑞士 (1915), 瑞典 (1921), 爱沙尼亚 (现在的 USSR) (1921), 西班牙 (1922), 中国 (1929) 和南非 (1935)。二次世界大战期间或以后不久, 油页岩工业的发展达到了顶峰。

由于液态烃的生产相对较便宜, 因而大多数国家对油页岩的生产加以限制。

第三节 油气的运移和聚集

大部分油、气是在相对较粗粒的, 稍含或不含可溶性有机质的孔隙—渗透岩石中发现的。在这些岩石中所发现的石油, 不太可能就生于这些没有固体有机残痕的岩石中。因此, 大多数油、气藏只是移动烃的圈闭。

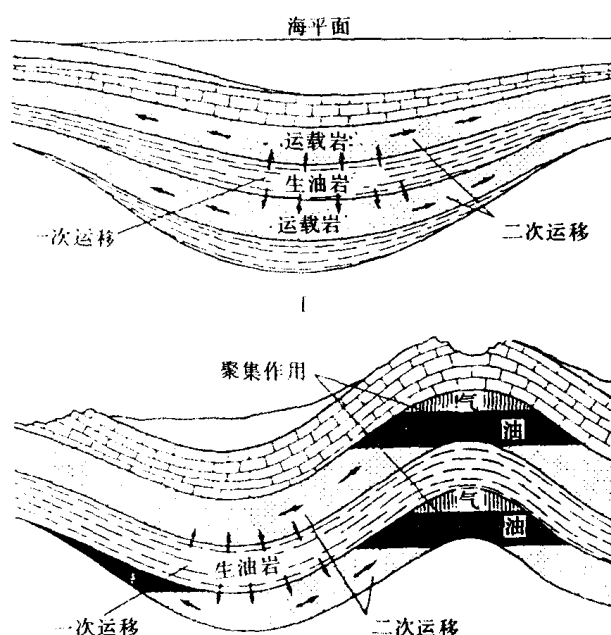


图 1—4 油—气通过一次和二次运移在油储中的聚集过程

由生油层中干酪根释放的石油组分及它们在细粒的生油岩的窄小孔隙中的迁移, 称为一次运移。从生油岩排出的油和气流过更大渗透性岩石的较宽孔隙的过程称为二次运移。图 1—4 说明了烃的一次和二次运移以及它们最终被捕集的情况。

由于地下的大多数可渗透岩石最初是被水饱和的, 烃的运移必然是由于活动水的流动或独立水相的出现, 通过驱替或扩散进行的。由于油和气的密度通常低于水的密度, 因此, 它们通常聚集在油捕的构造高部位。相对非渗透的盖层岩石限制了油、气的进一步运移。

对一次和二次运移过程的认识仍然不深。有关生油岩中的孔隙几何, 孔隙度与渗透率的关系以及水分布的资料非常少。而且关于石油运移的问题是一个大的理论问题, 并且还需要进一步量化。许多地

质文献已提到了这一课题, 但仍有很多不清楚的地方。这些理论在油气勘探中是非常重要的, 但对已探明油藏的油藏工程实践就起不到什么作用了。

对二次运移的距离作出推测是有益的。我们可以期望它是嵌入在第三纪或白垩纪有机页岩中孤立砂岩透镜体中的短距离的二次运移。也可以期望它像西加拿大泥盆纪塔礁中的烃的聚集那样, 经过长距离的运移。近似的物质平衡计算表明, 油、气聚集量与泄油面积之间存在一定的关系, 因此, 对大规模的烃聚集来说, 预料会有长距离的二次运移。加拿大的 Athabasca 重油和沥青砂以及中东的大油田都是长距离运移的好实例。

二次运移可以经过相当大的距离。有人提出, Athabasca 的烃聚集需 200mile 以上的二次运移。西加拿大的这种运移, 可能是沿大的白垩系—古生界不整合面进行的。

垂直距离上的二次运移只能通过断层、裂缝系统和其它可利用的通道 (如岩脉, 逆断层面和泥火山) 进行。据 Weber 和 Daukoru⁽³⁾ 报道, 同生断层可能是烃从生油页岩垂直向上运移的通道。图 1—5 说明了油经 Niger 三角洲同生断层发生运移和聚集的可能类型。

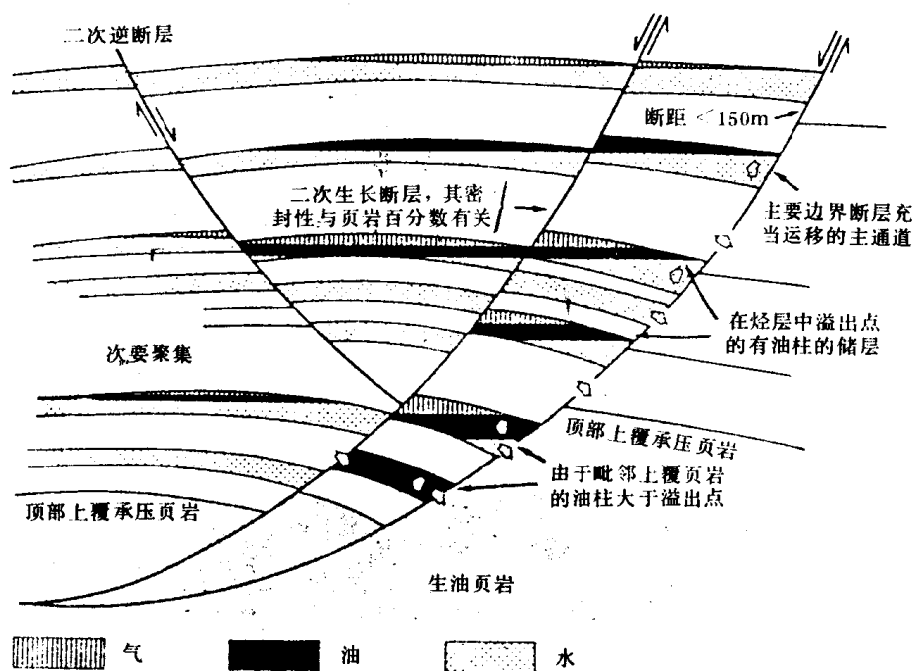


图 1—5 图解说明通过 Niger 三角洲同生断层油向油藏集和运移的各种通道

第四节 砂岩储集岩

世界级的大油田中, 大约有 60% 的油、气储藏于砂岩油藏中。若把中东的碳酸岩除外, 这个比例为 80%⁽⁴⁾。

一、沉积因素

在研究沉积因素对砂岩油藏的影响之前, 认识什么性质更有利于油、气开采是非常重要的。显然, 希望油藏体积大, 高孔隙度和高渗透率, 并且含水饱和度最小。这些性质可得到高产量和长的生产期。但是足够厚的生产层段可弥补较差的渗透率。若产品价格适当, 也能容许低的生产速度。当然, 还需考虑孔隙系统的连通性和规律性。各向同性的油藏似乎是最好的排布。但是, 由于沉积过程趋向于把不同大小的颗粒物质分成更小的分层, 因而各向同性的油藏是非常少见的。油藏工程文献中用油层非均质性对流体产生的影响, 来处理这一问题。这些非均质性, 即几何排布, 对采油速度以及油藏泄油的完善程度有很大影响。这里不涉及二次和三次采油 (甚至采气) 实际能达到的采收率。

二、环境的影响

Dettijohn⁽⁵⁾ 等人把砂体分成七个主要沉积环境或共生体: 沙漠风成砂、冲积砂、河成砂、三角洲砂、潮滩、障壁和砂坝、陆棚砂及深海砂。其它作者还有另外的划分方法。图 1—6 汇总了各种地质环境中砂岩的一些重要特性, 这里对倾角测量表达法过于简单。方法的改进表明, 其模式更为复杂。下面就每种环境作一简要讨论。

1. 沙漠风成砂

如图 1—7 所示, 沙漠风成砂以倾角直到 30° 的均匀、平行连续薄层为特点; 图 1—8 为风成沙丘和主流风向的示意图。月形沙丘为尖端指向主流风向的新月形状。当砂子的来源

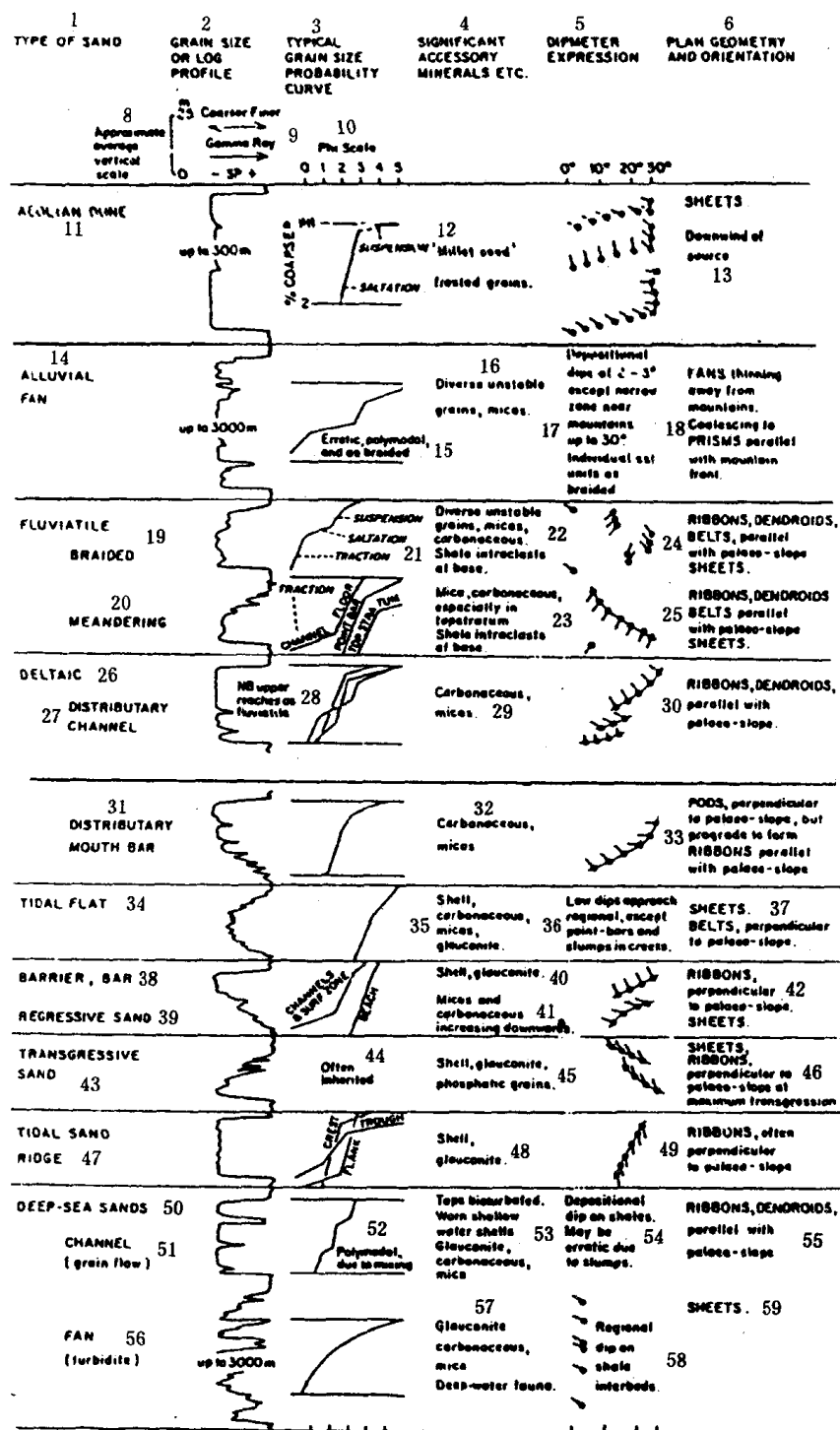


图 1—6 普通油藏砂岩类型：包括特性测井剖面，颗粒大小分布，重要伴生矿物，倾角的表达，平面几何形态和方向以及油藏特征（取自 Hobson⁽⁶⁾）

1—砂岩类型；2—粒径或测井剖面；3—典型的粒径概率曲线；4—重要的伴生矿物；5—倾角表示；6—平面几何形态和定向；7—原始孔隙度和渗透率各向异性等；8—近似的时效垂直比例尺；9—粗→细，伽马射线；10—比例尺；11—自然电位

1—风成岩；12—悬浮细砂，河底滚动砂；13—席状，顺风源方向；14—冲积扇；15—多模式的漂砾和角砾；16—各种不稳定的颗粒，云母；17—除近山峡谷各带，一般 $4^{\circ} \sim 9^{\circ}$ ，个别网状河道处高达 30° ；18—扇群：离山体越远越减薄，汇集于和山前带平行的柱体处；19—分支流；20—曲流；21—悬浮物，河底滚砂，牵引流；22—基底页岩中的各种不稳

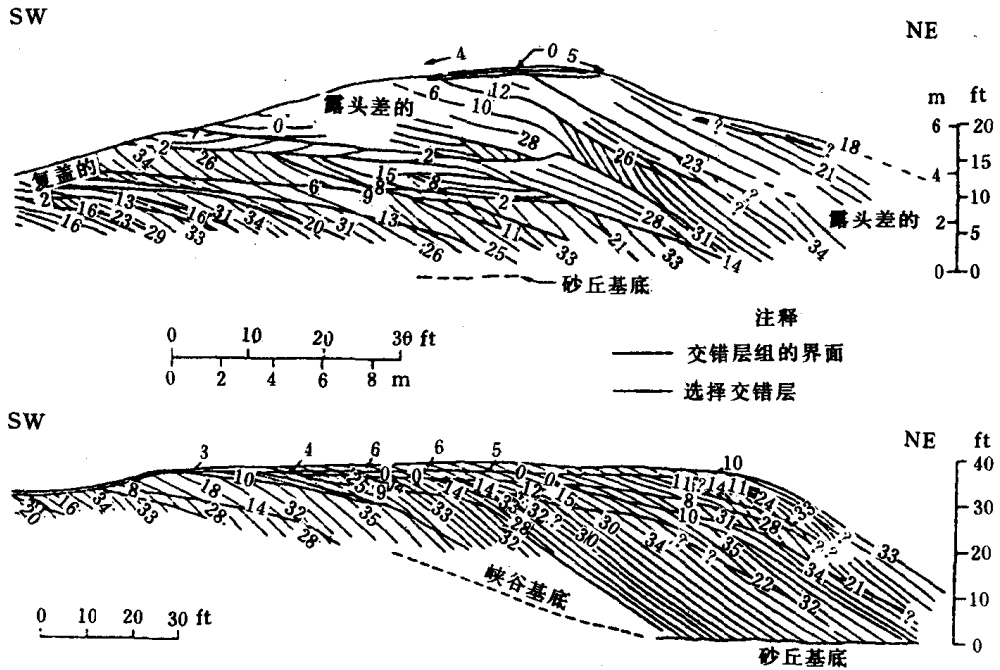


图 1—7 峡谷中的沙丘露头剖面：上图为与主流风向平行的新月形沙丘山脊剖面，下图为与主流风向平行的沙丘剖面

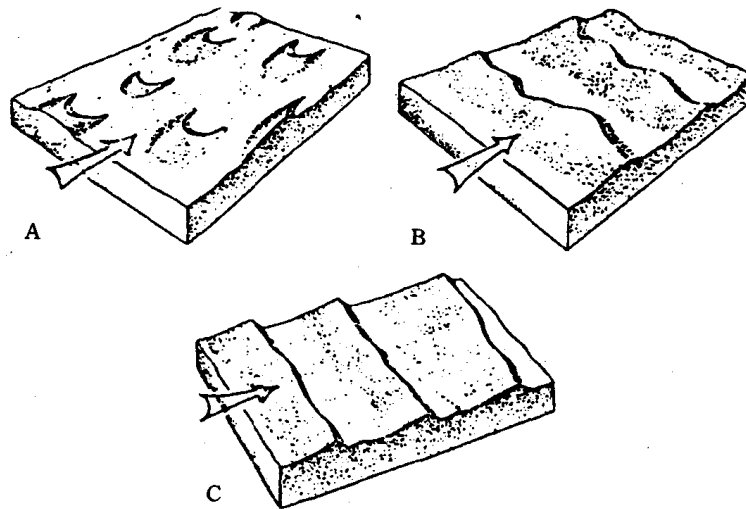


图 1—8 表示风向的风成沙丘的示意图

(A) 新月沙丘；(B) 新月山脊；(C) 横向沙丘 (取自 McKee⁽⁸¹⁾)

定的颗粒、云母、碳化物；23—顶部地层中基底页岩含云母、碳化物；24、25—与古斜坡平行的条带状分支，席状；26—三角洲；27—分流河道；28—NB 河道的上部流段；29—碳化物、云母；30—条带、分支、与古斜坡平行；31—分流河口坝；32—碳化物、云母；33—偏平透镜状与古斜坡垂直，但其前积与古斜坡平行；34—潮滩；35—页岩、碳化物、云母、海绿石；36—低倾角区域，除小溪中的点坝和塌陷外；37—席状、条带状与古斜坡垂直；38—障壁、砂坝；39—海退砂；40—薄夹层、海绿石；41—向下白云母、碳化物增多；42—条带与古斜坡垂直，席状；43—海进砂；44—常为继承性；45—薄夹层、海绿石、磷酸盐颗粒；46—席状、条带、在最大海侵时与古斜坡垂直；47—潮成砂脊；48—页状层、海绿石；49—条带常垂直于古斜坡；50—深海砂；51—水道（颗粒流）；52—由于混合形成的多模式；53—顶部生物扰动、环境恶化的浅水页岩层、海绿石、碳化物、云母；54—可能由于下滑移动，在页岩上形成最初的倾斜；55—条带、分支与古斜坡平行；56—冲积扇（浊积岩）；57—深水页岩层、碳化物、云母；58—页岩层内的区域倾斜

多于一个新月沙丘时，会形成新月沙丘连脊一个大的构造。在砂子的供应非常多时，就形成了横向山脊。

风成油藏砂岩由许多砂丘组成，并且可形成厚而广阔的系统。只要有适当的封闭，捕集几何体及生油岩，这些系统可为碎屑岩油藏提供最有利的条件。有时可以满足这些条件，厚度可能非常大。Van Veen^[9]所描述的北海南部 Lehman 气田中的二叠系赤底统沙丘砂岩的断开层序就厚达 200m。

图 1—9 给出了通过北海赤底统沉积盆地的剖面。该剖面分别为北海南部和北海北部的 Netherland 高点和 Fyn Grinstad 高点。除雨期以外，干涸的河谷是一条通道，盐滩伴生于沙漠湖的边缘，并且可能由含有结核状石膏的水平粘土层和细砂组成。盐滩也可能存在于沙丘之间，并可看成是干旱的潮滩。

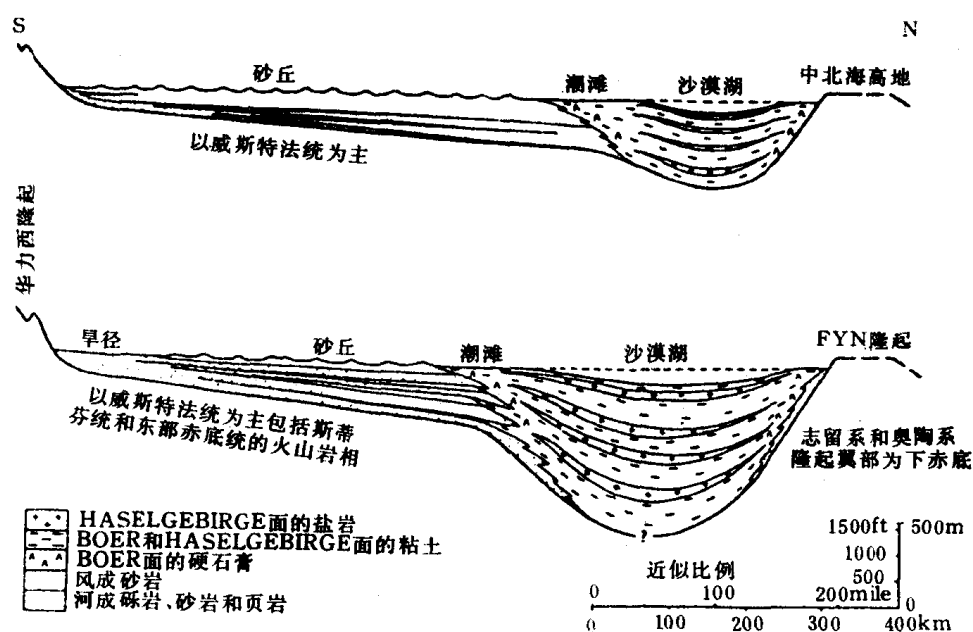


图 1—9 表示赤底统沉积盆地层面分布的北—南间断面谷 (取自 Glennie^[10])

解释为风成成因的其他砂岩，世界许多地方已有描述。怀俄明洲的 Tensleep 砂岩，科罗拉多洲西北部的 Weber 砂岩，以及怀俄明洲东南部的 Casper 砂岩，都被认为是风成的。伴生石膏和红层表明，这些砂岩大多形成于广泛干旱时期。

在墨西哥湾盆地，侏罗系 (J) 的 Norphlet 砂岩是风成砂油层，是 Leuann 盐蒸发后所形成的海岸砂丘。图 1—10 提供了阿拉巴马洲 Mobbile 县 Hatters Pond 和 Churchula 油田 Smack Over 地层的顶部构造图。据报道，在 Louisiana 和 Mississippi 盐盆区域，下伏 Norphlet 砂岩的最大厚度可达 700ft 以上。

风成砂岩油藏的孔隙度和渗透率变化很大，并且高分层性产生很强的各向异性。沙丘砂岩可延伸很广的区域，可称为大面积的层状沉积。这些层状沉积可通过构造而不是地层圈闭捕集油和气。

2. 冲积砂

图 1—6 概括了冲积砂的特征。流动的水和岩屑流为冲积扇或重建盆地的冲积岩席提供了必要的成分。结果是大量的碎屑沿山脚线性楔进。当山与平原接触处是一个活动断层带