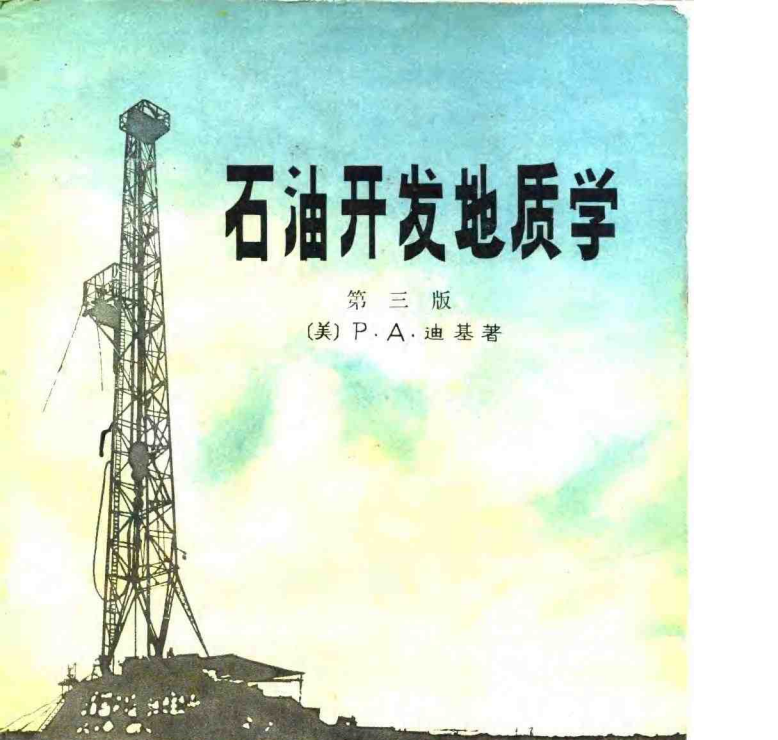
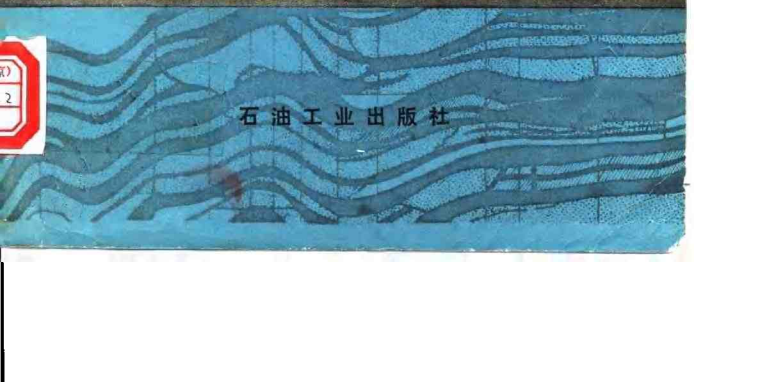




石油开发地质学

第三版

(美) P. A. 迪基 著



石油工业出版社



- 071162

P618.130.2

016

石油开发地质学

第三版

SYDS/13
〔美〕 P.A.迪基 著

闵豫译



200362767

石油工业出版社

内 容 提 要

本书根据1986年原文第三版进行翻译校订,该书除保留1981年第二版的内容外,新增加了5章:储量估算、注水中的地质因素、地质条件在注水设计中的应用、强化采油及强化采油实例。其它一些章节也增补了一些内容。本书全面介绍了油田开发地质方面的内容及其研究方法,论述了开发地质工作在油气藏开发中的作用,并通过一些具体实例说明开发地质工作的重要性。

本书供油田地质、油藏工程、油田开发管理人员和大专院校师生学习参考。

石油开发地质学

(第三版)

(美) P. A. 迪基 著

阎豫译

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京顺义燕华印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 22 $\frac{1}{4}$ 印张 557千字 印1—1,600

1991年5月北京第1版 1991年5月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0458-5/TE·441

定价: 5.80元

译者的话

P. A. Dickey教授所著的《油田开发地质学》自1979年出版以来,经过两次补充修改,于1986年出版了第三版。书中增加了很多新的内容,把当代石油工业在油气田开发方面的崭新发展作了全面的反映。至今为止,在油气田开发地质工作方面,这本书仍然是最好的和比较全面的一本论著。我高兴地接受了石油工业出版社的委托,在原先第一、第二版本的基础上,完成了对第三版的译文。

油田开发工作是包括地质、工程、经济、管理及市场等诸多方面的系统工程,一个油气田发现后是否投入大量资金进行开发,是在复杂的分析、判断、评价基础上的决策过程。如果只凭少数探井的数据进行决策,对油气田地下实际状况的认识往往存在着极大的不确定性,在决策中经常作出错误的结论。一些较为谨慎的人们往往不敢作出应作的决策而拖延了取得良好收益的时机;也有些人往往会作出过高的估计而造成经济上的损失;这样的例子并不少见。而更甚者,至今仍然存在着把这门复杂的科学决策过程置之不顾,以主观臆断和盲目蛮干来代替,凭主观和运气来进行油气田开发。这种思想一旦占了统治地位,就会长期影响这门科学的进展。

由于近年来在沉积相研究方面的迅速发展,可以用最少数的探井预测油气藏地质特征,而且从定性向定量方面发展;最新的井下测井技术,发展到可以作出储集层性质的定量解释;三维地震及高速计算机的引进,在开发工作中起了质的变化,使油藏模型的质量大为提高。有了这样的油藏模型,可以用计算机对各种开采方法进行定量的分析和评价,对可采储量的预测也有了更加可靠的数字。这一切使油田开发的决策过程更加科学化。而所有这些工作的基础是通过地质工作做出正确的油藏地质模型,这正是本书的内容。希望通过这本书的中译本的出版,对石油战线上的广大读者有所用处。

译文中术语所用的译名,基本上依据已出版的一些专门术语字典。为了使读者们了解原文术语的用词,更明白所反映的含意,得到更确切的理解,在书后加了专门术语的中英文名对照表,以便查阅。

译者:

闵豫 1988年夏,北京

序 言

自从本书第二版于1981年出版以来，对开发地质学重要性的认识已有提高。甚至认为在今后将有一半的石油地质家工作于油田开发方面而不是在勘探方面。特别是二次采油和强化采油项目要求对油藏的地质有详细而精确的了解；数值模拟方法的成功必须对地质参数有良好的估算。

随着这些方面的需要，写了关于储量估算，注水中的地质因素，注水实例，强化采油原理和说明强化采油中地质因素的实例等新的章节。重写并扩充了油藏流体特性一章。

关于电测和其它电缆测井的章节增加了很多新的资料。对石油发现的评价一章中增加了圈定油藏的最新的地震方法。在这些增补方面，感谢得克萨斯州休斯敦的Roberto Sarmiento。

P. A. 迪基 (Parke A. Dickey)

目 录

译者的话

序言

第一章 开发地质学的任务	(1)
开发地质学	(1)
开发地质学的应用实例	(1)
影响油藏特性的地质因素	(6)
油藏大小和形状	(7)
构造	(8)
流体含量	(8)
开发设计要适应地质条件	(9)
第二章 旋转钻井的确定	(12)
历史	(12)
旋转钻井法	(13)
样品的鉴定和描述	(14)
绘制录井图	(18)
第三章 岩芯分析	(22)
取芯次数和位置选定	(22)
取芯种类	(22)
岩芯的描述和保管	(24)
岩芯分析	(25)
第四章 泥浆录井	(32)
泥浆中的烃类显示	(32)
岩屑中石油的检测	(36)
泥浆录井的解释	(36)
泥浆录井仪记录的其他钻井参数	(36)
第五章 电法测井及其它电缆测井	(40)
电磁测井	(40)
放射性测井	(50)
其它测井	(54)
油气生产测井	(59)
第六章 砂岩储层的沉积环境	(62)
河流沉积物	(62)
三角洲沉积物	(68)
海滩砂及堡岛砂	(73)
深水沉积物	(75)

风成沉积物	(77)
沉积构造和结构	(77)
第七章 不同类型砂体的油田	(80)
河流砂体	(80)
海滩型砂体	(83)
浊流沉积	(88)
不同类型砂体组成的油田	(88)
电测曲线图型	(97)
第八章 砂岩的储层性质	(100)
第九章 碳酸盐岩储层地质	(116)
碳酸盐岩中的石油	(116)
现代碳酸盐沉积环境	(116)
碳酸盐岩种类的命名	(119)
古代碳酸盐沉积环境	(121)
碳酸盐的成岩作用	(123)
碳酸盐中的孔隙类型	(126)
第十章 碳酸盐岩储层中的油田	(133)
礁块油田	(133)
陆棚碳酸盐岩中的油田	(133)
裂缝型油田	(136)
深水碳酸盐岩中的油田	(141)
第十一章 石油与天然气	(144)
原油	(144)
天然气	(150)
油气的相态	(150)
石油的成因	(152)
生油岩	(157)
油气运移与聚集	(161)
第十二章 油田水	(168)
油田水的化学分析	(168)
油田水的化学组成	(169)
成因分类	(173)
化学分类	(173)
注水和强化采油的注入水	(183)
地层水中溶解的有机化合物	(184)
第十三章 地下压力	(191)
油藏压力的成因	(191)
低异常油藏压力	(197)
压力数据在开发中的应用	(201)
水动力 (流动) 的水系统	(207)

异常高压	(211)
异常高压的鉴别	(216)
第十四章 钻杆测试和不稳定试井	(234)
钻杆测试工具	(234)
钻杆测试压力记录	(235)
不稳定试井	(238)
第十五章 油气藏中的流体特性	(242)
岩石、油和水的毛细管性质	(242)
相对渗透率	(247)
一次采油机理	(248)
裂缝油藏的流体特性	(256)
第十六章 储量估算	(264)
体积法	(265)
物质平衡法	(268)
油藏模拟	(269)
产量递减曲线	(274)
估算天然气储量	(275)
储量的经济评价	(277)
第十七章 注水中的地质因素	(279)
单元采收率	(279)
驱扫效率	(283)
裂缝或“节理”	(289)
第十八章 地质条件在注水设计中的应用	(291)
划分单元	(291)
Bolivar Coastal 油田	(291)
Tapis 油田	(297)
Hartzog Draw 油田	(299)
West Seminole 油田	(302)
Burbank 油田	(304)
Bullion-Clintonville 油田	(305)
结论	(306)
第十九章 强化采油	(307)
强化采油的经济刺激	(307)
溶剂法	(308)
表面活性剂和其它化学剂	(310)
加热法	(311)
地质条件的限制	(312)
第二十章 强化采油实例	(314)
Golden Spike 油田	(314)
Scurry 油田	(315)

Loudon油田	(317)
Wilmington油田	(319)
Tia Juana 油田	(321)
Kern River油田	(322)
Bellevue (Bodcau) 油田	(323)
第二十一章 对石油发现的评价, 确定第二、三、四口井的井位	(327)
重新解释地震数据	(327)
钻第二口井的位置	(338)
第三口井和第四口井	(339)
附录 中英文词对照表	(341)

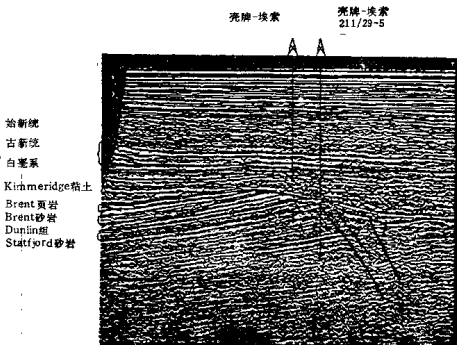


图1-1 Brent油田附近的地震剖面 (据Bowen)

陡而向西倾斜的斜坡。其下面是一套总的看来向西倾斜的层序，被一些正断层断开。发现井钻在潜伏高点顶部以西大约1公里的下倾部位（图1-2）。这里水深142米，位于Shetland岛东北150公里处。从英国在北海中最近的控制井向北370公里。

有根据推测这套未经扰动的沉积是第三系或白垩系，但是不整合面下的岩层的年代完全不知道，它可能是前寒武系。实际上它是侏罗系。在河流三角洲环境沉积的砂层的上面不整合地覆盖有115米厚的黑色和灰色页岩。第一口井发现了60米油柱，一年以后在构造顶部钻的第二口井发现了114米的纯油砂及其上面的53米气柱（图1-2）。这两口井都发现油下面有水。第二口井在产油气井段全部取了岩芯，分三段进行生产测试。多次对地层分段测试表明，油水接触面处的原油并没有被天然气饱和，溶解油气比向上朝着油气接触面逐渐增高。第二口井钻得更深，在下面发现了下侏罗系Statfjord砂层，这口井内该砂层含水。

由于地点遥远和费用很大，对下一步开发问题必须很快作出决策。这包括对平台和开采设施的设计，而要进行这些设计又要求作出开采方法的设计。对沉积环境所进行的地质研究，提供了对砂体特点、分布范围和非均质性的预测。地震资料给出了已知油水接触面以上的油田范围。估算的可采储量数为10亿桶（1.4亿吨）油和2万亿立方英尺（560亿立方米）天然气。为了偿还开发中的巨大投资，尽可能快地达到高的日产油量，而保持的时间应尽可能长。因此，第一座平台的设计日产量为10万桶（1.4万吨），日注水20万桶（3.1万立方米）并注入全部产出的天然气。

一年以后，即1973年，第三口井证实油田向北延伸，第四口井钻在高点的东翼，发现了下侏罗系砂层产油。这样，油藏向东扩大，增加了3亿桶（4300万吨）油和1.4万亿立方英尺（400亿立方米）天然气，但是开发计划没有多大变化。

此后，对油藏作了比较精细的模拟研究。通过对岩芯的地质研究，把储层划分为4个沉

积旋回，由此认为它们表现为3个分别的油藏。上部旋回和底部旋回表现出在侧向上有很好的连续性，而中部（下部三角洲平原相）旋回2和旋回3的侧向连续性差。仍然不清楚的重要问题是天然水侵入的强度。

通过这些模拟工作的结果，对一个具有几十亿桶的大油田，只钻了4口井之后，就可以预测最终可采储量，最佳日产量和油藏动态，并且作出了生产设施的设计。

油田开发之后，取得了更多的资料。在Brent砂层中的油实际上是很容易挥发的，气中含有大量凝析油。如何开采油藏要通过模拟研究来决定，而上述情况使数学模拟研究变得很复杂（Bath等，1980）。用地层测试器取样取得了流体特性资料。用重复地层测试器确定的地层压力资料特别有用。这些都清楚地表明，不仅在各个旋回之间的页岩层形成了不渗透隔层，在旋回内部的页岩层也是不渗透隔层。1979年开始在下倾部位注水，把压力保持在低于原始油藏压力500磅/英寸²的水平上。到1980年，Statfjord砂层还没有开发，或者说还不了解。没有很清楚的油气接触面，所含烃类可能是单一流体。看来可能适合于高压气混相驱方法开采。

尽管在油田开发之后增加了这些资料，而根据最先钻的4口井的资料所得出的概念，基本上得到了证实。1980年估算的可采储量是16亿桶。

阿拉斯加的Prudhoe Bay油田是另一个大油田，也是只钻了很少几口井之后通过研究而确定了详细的地质情况。根据这些研究，作出了为横贯阿拉斯加管道工程的巨额投资的决定（Eckelman和Dewitt，1975）。

美国得克萨斯 Hawkins 油田 得克萨斯州东部的 Hawkins 油田，是根据对地质情况和

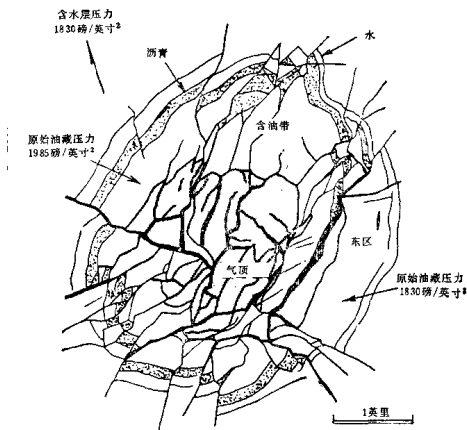


图1-3 Hawkins油田的沥青层和新层的位置（据King和Lee）

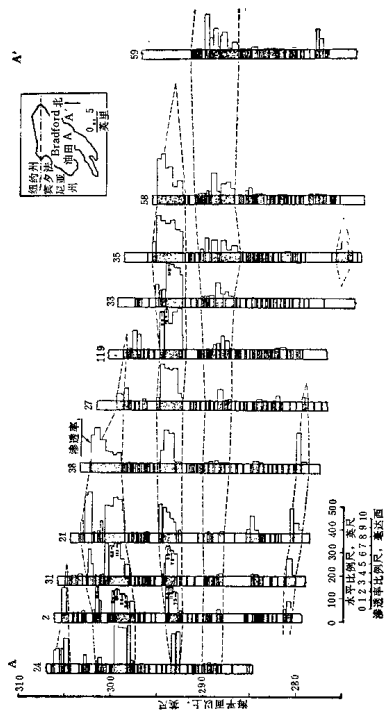


图1-4 宾夕法尼亚州Bradford油田表示各个砂层的油藏横剖面图 (据Wilson)

以往油藏动态进行仔细研究的结果改变了一个老油田的采油机理的实例 (King 和 Lee, 1976)。该油田发现于1940年, 到1974年已采油5亿桶(7100万吨)以上。产油层是白垩系 Woodbine 砂层, 在原来开发期间对该砂层取了大量的岩芯并作了地质研究。Hawkins 油田和1930年发现的东得克萨斯油田的含水层是同一个层位, 东得克萨斯油田已采出了大量的油和水, 它引起含水层压力下降, 影响并波及Hawkins油田。取芯发现油田西翼在油水接触面的上面有一层沥青(图1-3)。这个层位曾经是封闭压力的隔层, 故此当时的水层压力只有1830磅/英寸²(12620千帕), 而原始油藏压力为1985磅/英寸²(13680千帕)。在南北向主断层以东的地区, 该沥青隔层不起作用, 油田在强烈的水驱作用下开采。

油田西翼, 北部地区的水穿过沥青层, 提供了水驱条件。南部地区靠重力排油作用采油, 引起气顶从北向南迁移。在北部油已侵入气顶。根据1974年研究的结果, 决定在气顶中注入惰性气体(燃烧气), 以保持压力并制止油的迁移。主要靠重力排油作用产油。估算这种开采方法可以增加采出油量1.89亿桶(2700万吨)。

美国宾夕法尼亚州Bradford油田 Bradford油田发现于1871年, 在溶解气驱一次采油条件下, 已产油约2亿桶(2800万吨)。它是第一个为增加采油量而精心注水的油田(Fettke, 1950)。油田经营者认识到, 二次采油需要搞清油藏地质情况和流体特性, 因此三十年代宾夕法尼亚州就为研究油藏特性的现代科学奠定了基础。按砂层顶面绘制的图件表现出一个具有背斜构造的席状砂。经过对顿钻砂样的仔细研究, 表明油藏为一列彼此分隔的砂体, 它们象瓦片一样相互复叠在一起, 全部向西倾斜(图1-4)(Wilson, 1950)。曾试验对不同层位用不同的注入量来注水。

对可以注水的层位, 用水力压裂法增加其注水量, 但是由此而使天然节理张开, 导致注入水直接进入生产井中。因此把注水井网安排成为注水井排和产油井排都与天然裂缝平行的系统。这样, 注入水沿着与人工张开的裂缝成90°交角的方向推油。

根据各个砂体大小和形状的地质解释来设计二次和三次采油的有意义的实例还有: 美国科罗拉多州Rangely油田(Larson, 1974), 得克萨斯州Monahans油田(Dowling, 1975), 以及伊利诺斯州London油田(Harris 1975)。

影响油藏特性的地质因素

过去, 油田在一次采油的机理下开采, 对油藏的地质情况有准确的了解是有用的, 但并不真正那么重要, 油是靠本身的压力面流出的。油藏的非均质性和其他地质特征会增多或减少采出量, 但是经营者在利用这些特征方面也没有太多的事情可做。

从1940至1960年, 石油工程师们试图让经营者们相信, 不必按密井网钻井来进行采油。40英亩、80英亩、甚至160英亩1口井(16.32、64公顷)就可以把油藏中的油采完, 不必去钻那些不必要的井, 可以节省大量资金。在美国同一个油藏上往往有很多不同的经营者。有的公司想通过较少的油井, 譬如40英亩1口井, 生产相等的产油量, 从而节省资金。如果另外一些经营者钻较多的井, 譬如40英亩(16公顷)钻4口井, 那末前面那个公司节省的目的是不能达到的。油会向井网最密的地区移动。

二次采油的出现。把流体注入油藏, 一些聪明的经营者认识到, 这些注入的流体并不是均匀地驱扫油藏, 而是沿着含有大量剩余油的层位的顶部、下面或旁边绕流过去。二次采油, 尤其是三次采油中, 项目的成功主要在于良好的驱扫状况。一般说来, 缩小井距可以提高

驱扫系数。三次采油比一次或二次采油的费用要高得多，主要原因是需要更多的井数。

很多强化采油方法，在实验室里得到很好的结果，但是在油田上进行试验的结果很不好，由此发展了“适应性”的概念。希望可以得出一个数学表达式来表明理想状况和真实的非理想的地质环境中所发生的状况之间的关系。这是在想法上的严重错误。油藏开采的方法必须适应于地质情况；不能期望地质情况去适应数学方程。在考虑注水或强化采油作业时，必须按照油藏的地质情况来设计。强化采油方法的选择，井距和井网，以及整个作业的设计，都必须适应于该处的地质情况。

油藏大小和形状

地层的连续性 砂层总是成层状的，并通常是多层，被页岩夹层所分隔。各个砂体是单一的海滩砂，点坝砂或河道砂，它们相互紧靠或叠合在一起。每个砂体内部有良好的渗透性，而从一个砂体到另一个砂体，渗透性就很差。虽然在岩芯当中可以清楚地看到不渗透隔层，但是它们往往太薄而在电测曲线上表现不出来。

在精细的开采作业中，希望把各个砂体分开并分别确定出它们的渗透率。如果井距近到一定程度，可以圈定每个分层的范围。然后进行选择性地完井，用不同的压力把流体注入不同的砂体。

侧向连续性较好的砂体，具有进行强化采油的较好条件。水平的夹层或许有助于流体平行于层面的流动，因为这些夹层经常把渗透率明显不同的层位隔开。油藏的非均质性是引起强化采油失败的主要原因之一。

用这种方法来圈定碳酸盐岩油藏是困难的。一些直立的礁块具有良好的垂向渗透率。在这种情况下，重力排油、气顶驱或溶剂驱采油比较有利。有时可以确定出裂隙的方向，但是确定不了其平均间距或实际位置。

水体的大小和形状是确定油田在水驱条件还是在溶解气驱条件下开采的重要因素。有些油砂层在侧向上分布广泛。其中有东得克萨斯盆地的Woodbine砂层和俄克拉何马州Seminole地区的Wilcox砂层，在这些砂层中油藏是在持续的水驱条件下产油。很多油田，常常出现水向油藏推进只有几千英尺就不再继续向前推进的情况。这说明即使在大的水体中，侵入油藏的水也只是水体中水的体积膨胀的结果，没有来自地表的补给。与此相反，在近岸沉积环境的薄的透镜体储层中发现石油是最多见的。可能是巨厚砂层中没有足够的隔层把石油分离出来并保存下来。因此，对新发现的油田的水体大小及早作出判断是十分重要的。以后的油藏动态完全取决于这个条件。

很多碳酸盐岩油藏与大的含水层有水动力的连通，礁块更是如此，它的孔隙大部分被水充填，石油只在塔柱顶端占据很小的体积。如果有良好的垂向渗透率，采油时水就会上升而置换油。相反，有些礁块是孤立的，与大片的孔隙性碳酸盐岩不连通。

孔隙类型 孔隙的大小和形状有很大的变化。这取决于原始颗粒大小的分布状况，尤其取决于胶间粘土和次生二氧化硅的数量及其特点。砂岩中有的孔隙好象墙壁光滑的走廊，有的是或多或少被松散的粘土充填的不规则的孔洞。一般说来，光滑而均匀的孔隙可以得到最好的采收率，而对这个因素还没有给以足够的注意。

碳酸盐岩中的孔隙率变化更大。有的是大到可以开进去10吨卡车的洞穴，而旁边则是肉眼看不到的微细孔隙。因此，对碳酸盐岩中的流体特性知道得很少。常常试图把碳酸盐岩油藏的

动态和砂岩油藏相比较。我们真正需要的是去定量测定某个油藏的岩石孔隙大小和形状,然后去解释该油藏的动态。

Eikins在1950年就曾指出,溶解气呈连续的细线状从油中脱出,首先在通道中出现,然后在隙间孔隙中出现。这说明气体在碳酸盐岩中开始流动时的含油饱和度比在砂岩中的要高。因此,在具有裂隙和洞穴的碳酸盐岩中气驱采油的效率比在砂岩中的要低。由此认为,要取出隙间孔隙中的油,唯一方法是降低通道中的压力,因而油中溶解的气迫使它流出孔隙进入通道。用气或者水进行二次驱扫,只能推出通道中的油,它实际上堵住和封闭了隙间孔隙中的油。因为这个原因,在洞穴型或裂隙型灰岩中的二次采油项目很少是成功的。

岩石压实作用对采油量的重要性,还没有引起足够重视。这主要发生在相对未固结的岩层中。可以用页岩密度来定量地确定固结程度。如果页岩密度小于2.2,应该考虑压实作用和地表下沉的可能。

渗透率对采油量的影响是很大的。低渗透率岩层只有很低的一次采油量。故此油藏中还会有很多油,也是强化采油较好的对象。但是,低渗透率大大增加了注入流体的难度和费用。

构造

倾斜 岩层具有比较陡的倾斜时,重力排油和气顶驱才能达到有效的采收率,这时的倾角要有 15° 或更陡一些。倾斜陡对水驱开采也有利,因为水的密度较高会使它保持一个均匀的推进前缘。倾斜很陡而具有强烈水驱作用的油藏是盐丘翼部的特征。

断层 几乎所有的背斜油藏都被断层破坏。断层往往是垂直的,其走向与背斜轴线成大约 70° 的角度。它们一般是封闭型的,把油藏破碎成各个单元。每个单元有它自己的压力和油水接触面。显然,要使开采有效,必须把每个断块作为一个分别的油藏来考虑。

在有断层的油田中注水,水往往沿着断层流动。在正常情况下,断层是紧闭的,但是当注入压力超过了原始油藏压力时,流体使断层张开并沿断层流动。如果不是很快地把注入压力降下来,通过长久冲刷,油藏会遭到永久性损害。

节理 节理是天然形成的裂缝。它们在深部通常是紧闭的。可是,注水的压力会把它们张开。如果发生这种情况,会有严重的流失。

流体含量

原油地质储量 在一次和二次采油中要确定的最重要的数字是原油地质储量(Bond, 1979)。很多强化采油项目的失败,仅仅是因为没有足够的原油地质储量。根据岩芯或电法测井资料来确定原油地质储量的困难,将在第三章及第四章中详细讨论。

原始的原油地质储量中有时会是固体焦油(tar)。油藏中会有石蜡、沥青和焦沥青(pyrobitumen)。在岩芯分析和大多数电测井的地层评价方法中,并不能把它们从原始的原油储量中区分开。还没有发现大部分或全部“原油”都是固体烃类之前,二次采油作业就已经开始了。

由于钻井泥浆对岩芯和电法测井的影响,在一次采油之前确定原油地质储量是最困难的。在一次采油期末确定原油地质储量,严格地说同样是困难的。二次采油项目的成功取决于项目开始时和结尾时石油储量的差值。在二次采油期末之后,比较容易确定,到这个时候,含

油饱和度一般说来已经降低到不可再减低的最低值,钻井和取芯却不会使它再有任何的降低。

孔隙水饱和度 在一次采油条件下,孔隙中油和水的相对数量决定于储层岩石的毛细管特性。如果砂层主要是油湿的,通常认为水并不是好的驱油剂。水将从较大的孔隙中通过,不会把孔隙表面上的油剥落下来,也不能把细小孔隙中的油推出来。可是,Bradford砂层的含水饱和度比根据毛细管压力曲线预测的数值要低得多,所以该砂层必定是部分油湿的。在这里进行注水已经获得了显著的成功。这明确地表明并不是所有油藏都是以油湿为主的。

孔隙中含水饱和度高,就会提高气驱采油的效率(Dickey和Bossler, 1944)。这是因为水会把油挤到较大的孔隙中去,在大孔隙中的油可以被气推出。

含气量 溶解在油中的气愈多,一次采油的效率愈好。这是因为气量较大,膨胀作用把油推出孔隙。而且,粘度低的油中有大量的溶解气。因此,二次采油在低粘度油中也有最好的效果。

含气少的油是重质的和粘性的。这种油在一次采油时,有的只能采出10%。除了注蒸汽之外,在高粘油中进行二次采油没有很成功的结果。

有气顶存在时,可以用气顶驱的方法提高一次采油量。可是原始气顶的压力下降,会造成很多原油损失,而且无法挽回。油向上流入气顶内,砂层就被油所润湿。

开发设计要适应地质条件

井距 在分布广泛而均匀的砂层中进行一次采油,一口井就可以采完整个油藏。因此,增加油井的唯一好处是使采油速度加快。

井距愈近,采油更加完全,这是很明显的。但是,很多研究工作都未能表明一次采油的井距和最终采油量之间的定量关系(Craze和Buckley, 1945, Arps等人, 1967)。可是,很多油田原来用40或80英亩的井距开发,现在重新钻了更密的井网,事实表明最终采油量与井距并不是没有关系的。

二次采油时,更加需要密井网。不论是注水还是注气,注入流体的速度,都要快到足以使日产油量达到具有经济效益的水平。因此,井距将取决于渗透率。在注入井和生产井中都要打开砂体的同一个单元,这也是很重要的。

井网 强化采油作业时,井网必须适应地质情况。如果砂体是由一系列海滩沙或坝沙相互排列在一起所组成的,那么要确定出这些组成单元的分布方位。可以通过等厚图和电法测井曲线对比来确定。用电法测井曲线来对比砂层时,往往在某个方向上对比得很好而在另一个方向上根本不好对比。井网的安排应该在横跨砂体的方向上井距近一些,而沿砂体长轴方向上井距远一些。压力测定和干扰试验都是有用的。

如果有天然裂缝,或者有意地或意外地因高压引起裂缝存在,井网的安排必须使注入井到生产井的方向与裂缝方向呈直角。在强化采油时,通常比较有利的情况是注入井数至少等于生产井数。对于这一点还没有被普遍认识到。如果一口注入井被一圈生产井所包围,注入的流体可能沿某一个方向流去。反之,如果一口生产井被一圈注入井所包围,就会从各个方向迫使油流向生产井而不会有逃逸的可能。

完井方法 油气井的完井方法取决于地质情况,特别是岩石特性。

在未固结的地层中,砂粒会流入井眼,在井眼中充填而升高,并使其生产能力降低。砂粒磨损抽油泵和油管的连接部分。这种情况下,在井眼中下一个细筛网,并在细筛网的外面