



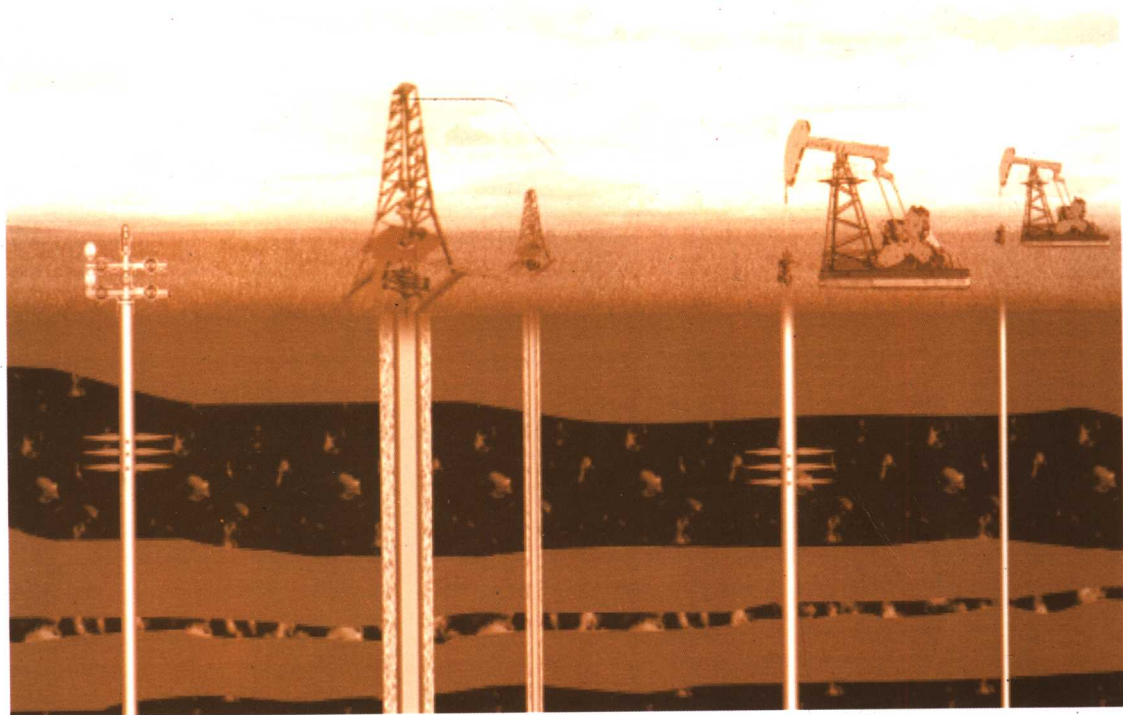
TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

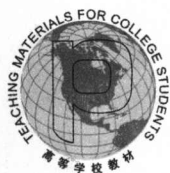
完井与井下作业

WAN JING YU JING XIA ZUO YE

步玉环 王德新 编著



中国石油大学出版社



TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS
高等学校教材

完井与井下作业

步玉环 王德新

编者
江苏工业学院图书馆
藏书章

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

完井与井下作业/步玉环,王德新编著.—2版.

东营:中国石油大学出版社,2006

ISBN 7-5636-2335-3

I.完... II.①步... ②王... III.①完井②井下作业(油气田) IV.①TE257②TE358

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 124137 号

书 名: 完井与井下作业
作 者: 步玉环 王德新 编著

责任编辑: 李 锋 高 颖 (电话 0546-8392791)
封面设计: 人和视觉

出 版 者: 中国石油大学出版社 (山东 东营 邮编 257061)
网 址: <http://www.uppbook.com.cn>
电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com
排 版 者: 中国石油大学出版社排版中心
印 刷 者: 东营市新华印刷厂
发 行 者: 中国石油大学出版社 (电话 0546-8392563, 8392791)
开 本: 180×235 印张: 14.75 字数: 297 千字
版 次: 1999 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 2 版第 1 次印刷
印 数: 3501—4500 册
定 价: 26.00 元



前言

Foreword

完井工程是一项系统工程,是联系钻井和采油生产环节的一个重要环节,通过完井环节,一口生产井交给采油部门进入长期的开采生产。在一口井的生产过程中,完井有着至关重要的作用,关系到整口井的生产寿命、油井产量以至于油田采收率的大小。完井工程是基础工程,只有完井工程搞好了,油气井的开采阶段才能正常生产。因此,完井工程既要考虑油田开发初期的要求,又要考虑油田开发后期的需要,如注水油田的后期增产增注、油水井的停产修复等。

随着油气田勘探技术的发展,尤其是随着复杂井的开发,完井越来越成为影响油田生产的决定因素,人们逐渐改变了完井工程是钻井或采油过程中的一个附属过程的观点,而且对完井的研究越来越重视。这一变化,符合科学技术发展的过程,也符合教育发展的认识过程。随着油气田油藏工程、钻井工程、采油工程技术的发展以及石油工程教育的进步,完井技术在石油工程技术教育中的地位得到相应的重视。随着科学技术的发展,完井工程技术理论也在不断完善,一些完井新工艺、新技术、新方法不断涌现。在此情况下,我们在王德新编著的《完井与井下作业》(1999 版)一书的基础上,重新编写了该书,以期对推动石油工程的教育有所帮助。

本书由步玉环、王德新编著,主要内容分为九章:第一章是完井工艺基础,主要介绍了原油和天然气的性质、油气藏的地质特点、岩石的油藏物性和储油特性对完井的影响以及完井的基本要求和设计;第二章从钻开生产层时岩石性质的变化和合理钻开生产层的角度介绍了钻开生产层的主要理论和措施;第三章油气井完井方法,主要介绍了完井的井底结构、常规及特殊工艺井的完井方法、完井方法的选择;第四章主要介绍了低渗透层、裂缝型储集层、高温和低温井、调整井的固井和完井;第五章重点介绍了射孔理论及工艺技术;第六章对油气井增产增注的酸化压裂及其他技术进行了介绍;第七章简单介绍了油气井的侧钻技术;第八章介绍了各种防砂工艺技术;第九章介绍了油气井井下套管修复、清砂、清蜡和检泵等井下作业技术。



本书从工具、设备到工艺、理论,内容比较详尽,可供从事钻井、采油、井下作业等工作的工程技术人员参考,又可以作为技术培训教材,并且可以作为石油工程专业学生本科教学中完井工程部分的教学用书,使学生对油田生产的各环节进行全面地了解 and 掌握。

由于时间仓促,加上我们水平有限,难免有错误或不足之处,欢迎批评指正。

编著者

2006年7月



目 录

Contents

绪 论	1
第一章 完井工艺基础	4
第一节 原油和天然气的性质	4
第二节 油气藏的地质特点简述	8
第三节 油藏的岩石物性对完井的影响	11
第四节 储油特性对完井的影响	15
第五节 完井的基本要求和完井设计	19
第二章 钻开生产层	23
第一节 钻开生产层时岩石性质的变化	23
第二节 合理钻开生产层	30
第三章 油气井完井方法	37
第一节 完井的井底结构	37
第二节 完井方法	39
第三节 特殊工艺井完井方法	48
第四节 完井方法的选择	57
第四章 复杂储集层的固井和完井	61
第一节 低渗透层的固井和完井	61
第二节 裂缝型储集层的固井和完井	64
第三节 高温井和低温环境的固井	75
第四节 高压气井的固井	80
第五节 超高外压层的固井	84
第六节 调整井的固井和完井	87
第五章 射孔	91
第一节 射开储层的条件	91
第二节 射孔枪射孔工艺	95
第三节 射孔参数对油井生产能力的影响	106
第四节 射孔液	113
第五节 影响射孔能力的因素	118



第六节 水平井射孔	121
第七节 新型射孔技术简介	122
第六章 油水井增产增注处理技术	126
第一节 酸化机理	126
第二节 各种岩性油气层的酸化	130
第三节 压裂机理与应用	134
第四节 压裂液	141
第五节 支撑剂	145
第六节 其他井底处理技术简介	147
第七章 侧钻	153
第一节 套管开窗和断铣	153
第二节 侧向钻进	162
第八章 防砂工艺	166
第一节 油气井出砂机理	166
第二节 出砂井的完井	175
第三节 砾石充填技术	184
第四节 机械防砂	195
第五节 化学防砂	203
第九章 常规井下修井作业技术	208
第一节 套管修复	208
第二节 清砂	219
第三节 防蜡与清蜡	222
第四节 检泵	227
参考文献	230



绪 论

完井(Completion)是联系钻井和采油两个生产环节的一个重要生产环节。完井是包括从钻开生产层、下油层套管、注水泥、射孔、砾石充填到试采等一系列生产过程的总称。完井的目的是建立生产层和井眼之间的良好通道,使油气井能长期高产稳产。

油气井的完井目前尚未有一个确切的定义。在生产技术的发展过程中,完井的概念在不断地扩大和完善。现代完井是建立在对油、气储集层的地质结构、储油性质、岩石力学性质和流体性质分析的基础上,研究井筒和生产层的连通关系,追求在井底建立有全井最小的油气流阻力、使一口井有最大的油气产量和最长的寿命这一目标,达到一口井有最大的效益的这样一门工艺技术,是一项系统工程。

现代完井工程的内容包括:

1. 钻开生产层

根据岩心分析的资料提出钻开生产层的钻井液类型,制定钻开生产层的具体方案,提出防止生产层被钻开后可能产生的岩石变形和污染的方法。

2. 提出完井的井底结构

按生产层的岩石性质、储油性质、流体性质和产层的开发方式等具体条件确定具体的完井井底结构,确定全井的完井方式。

3. 确定完井管柱的尺寸

按生产的要求确定合理的油层套管、油管等完井管柱的尺寸,并进一步确定全井各层套管的尺寸,由此确定全井的井深、井径等。

4. 封闭井底

在已钻成的井眼中下入油层套管,注水泥封固井筒。在不需要或不能下套管的井中裸眼完井或下衬管、筛管等完井管柱,必要时进行砾石充填。

5. 连通生产层

用射孔的方法将已封闭的井底射开,通过射孔孔道使产层和井眼相连。或用裸眼、衬管、筛管连通井眼与产层。

6. 完井的试井评价

正式投产前用试采的方法求取生产层参数,测试井的生产能力。

7. 其他完井作业

采取下筛管、砾石充填、化学固砂剂的挤注等加强弱地层和防砂的作业。

完井过程中除有一部分是钻井的生产环节之外,尚有相当大的一部分是属于井下



作业的范畴。如按传统的观点,试采、下筛管和砾石充填、套管修复、清砂、除蜡、产层的改造等都属于井下作业的范围。因此完井和井下作业是密不可分的。

自从有了油气的勘探和开发,有了钻井和采油,就有了完井。完井技术的进步是与钻井、油藏、采油工艺技术的发展紧密相连并相互促进的。在早期,对完井的认识仅停留在下套管固井和射孔上,完井技术仅仅是固井技术和射孔技术的结合。随着对储层岩石的深入研究和采油工艺的需要与发展,人们认识到完井不仅仅是射开油层,而是要封闭井下对采油生产不利的地层,并有选择地在不同的生产时期打开不同的生产层,使生产层与井筒有最优的连通,追求油气流有最小的流动阻力,全井有最大产量,在全井的寿命中井的大修最少,井的寿命最长,成本最低等目标。也就是说,应尽量延长井的寿命并在油气井的有效寿命期间获得最大的经济效益。将完井与地质、钻井、采油、油藏等理论结合在一起,完井的技术和理论才能得到长足的发展,完井才能成为促进油气勘探和开发技术进步的重要手段。

现代完井技术对解决在生产中所遇到的各种储层和与井筒的连通问题已基本成熟,其标志是完井技术已脱离早期的仅凭经验完井的阶段,已进入能数字化量化设计,并能进行优化整个完井过程的地步。

完井所涉及的理论范围主要包括岩石力学理论、岩石的沉积理论、油气层的储油结构理论、各种油气的渗流流动理论等,涉及的工艺范围有油气地质勘探、钻井、井下作业、采油等工艺过程。完井所决定的是在哪些层位完井,如何打开、连通生产层,如何封闭其他对生产不利的层位,决定井下的各种管柱的具体尺寸,决定一口井所能使用的开采方式和能采取的生产措施等。因此,把完井说成是联系钻井和采油两大生产环节的工程是恰如其分的。

完井工程是石油勘探开发这个系统工程中的一个子系统,这个子系统紧密联系钻井工程和采油工程两个系统。完井本身又构成一个系统工程。完井这个系统中也含有一系列的子系统,如固井工程系统、射孔系统、完井液系统、防砂系统等。从系统工程的角度来看,完井工程系统有一个整体优化的问题。研究完井,就是研究这一系统的整体优化。研究的方法就是将完井放到石油勘探开发大系统中,使完井在整个系统中处于优化状态。

完井在油气的勘探开发中占有重要的地位。现代完井的含义不仅是下套管固井和射孔,而是与一口井的稳产高产并获得最大的经济效益密切相关的、联系钻井和采油两大生产环节的工程。国外对此做了大量细致的研究,初步建立了较完整的完井理论和方法,建立了科学的完井设计方法、完井工程的工艺和技术及完井评价体系,在某些地区还建立了完井的专家系统。完井已开始进入科学化的阶段,完井过程能用数学过程表达,这就为完井的优化提供了条件。计算机系统的应用和完井专家系统更使优化设计完井过程成为现实。目前的完井工艺已能和钻井、采油工艺同步地发展,能在复杂储层、多种开采工艺条件下实现井筒和生产层的有效连通,并使井的寿命尽量延



长,使井的综合成本最低,效益最高。完井工艺也在随石油勘探和开发水平的进步而不断发展。我国在完井技术和工艺的研究方面尚与世界先进水平有较大的差距。但近年来我们在完井的理论和实践中也开展了较深入的研究,正朝世界先进水平迈进。编写本书的目的就是通过介绍先进的完井理论和工艺,使我们的完井技术提高一步。



第一章 完井工艺基础

一个较完善的完井设计是在安全的前提下使油气井获得最长寿命和最大效益的第一步。完井设计不仅要考虑地下的各种流体状况,还要考虑钻、采工艺和全井生产期间的各种变化。因此,研究地下流体和地下流体在生产中的变化,是完井工艺的基础。

第一节 原油和天然气的性质

钻成一口井的目的是开采对我们有用的地下流体,如在石油开发中是开采原油和天然气。油气井的完井所涉及的是油气藏,因此,油气藏的性质、流体的种类和采油工艺对完井有直接的影响。油气藏的埋藏深度、油气藏的储油类型、油气及其他流体的性质、钻井和采油的工艺等的差别以及井的类型的不同,要求井眼与生产层的连通方式也不同,完井的方法必然有所不同。完井首先所涉及的就是油藏类型和采油工艺对井眼与产层的连通方式的要求。因此油藏地质、采油工艺是完井的基础。

在地下岩石中储藏的油和气是混合在一起的,通常还含有水,它们混合储存在岩石的孔隙或裂缝中,并承受地下的高温高压。不同的油气藏的流体性质有很大的不同,对流体的开采有较大的影响,如产气和产油,所用的完井方式不同,稠油和稀油的开采方式也不同。在不同的生产时期井中的产出物不同,对完井的要求也不同。研究完井,必须要了解岩层中所含的流体,并应了解在井的全部生产过程中流体可能的变化。

一、流体的组分和性质

石油、天然气是国民经济中重要的能源。石油和天然气是碳和氢的烃类混合物,开采到地面上后,液态的是原油,气态的是天然气。天然气有甲烷、乙烷、丙烷、丁烷和戊烷等组分,其中还混杂有硫化氢、一氧化碳、二氧化碳等。原油是由烷烃、环烷烃和芳香烃组成的,除此之外尚有其他元素组成的化合物。烃的形态随储藏条件而变化,在不同的温度下,有的烃可从液态变成气态;在不同的压力下,有的烃可由气态变成液态;相对分子质量不同的烃还可互相溶解。这对油气井的开采有较大的影响,同时开采出的流体中通常还含有地层水或注入水。

1. 石油和天然气的组分

大多数的学者都认为石油和天然气是有机物在地下沉积条件下生成的。石油和



天然气都是碳和氢组成的烃类的混合物,不同的油藏中所含的烃类的分子组分及其含量均不同,即没有两种原油的成分是完全相同的。

从分子组分来看,天然气是甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等组分的混合物,气体分子中的碳原子从1~4,戊烷在通常情况下是气态,但很容易溶解于较重的烃类中,因此它可以划归于天然气,也可归于石油。碳原子数超过6就呈液态。也有的天然气中含有硫化氢、一氧化碳、二氧化碳等。随气层的生成条件不同,天然气的成分有相当大的差别。例如,油成气中主要是甲烷、乙烷、丙烷、丁烷和戊烷等组分,煤成气中含一氧化碳、二氧化碳较多,生物气中主要是甲烷气。某种天然气和油成气的成分见表1-1。

表 1-1 天然气成分

成 分	在天然气中的比例/%	在油藏伴生气中的比例/%
甲 烷	70 ~ 98	50 ~ 90
乙 烷	1 ~ 10	5 ~ 15
丙 烷	1 ~ 5	2 ~ 14
丁 烷	痕迹 ~ 2	1 ~ 10
戊 烷	痕迹 ~ 1	痕迹 ~ 5
己烷以上	痕迹 ~ 0.5	痕迹 ~ 3
二氧化碳	痕迹 ~ 1	痕迹 ~ 4
硫化氢	偶尔痕迹	无 ~ 4
氮	痕迹 ~ 5	

石油是烷烃、环烷烃和芳香烃的混合物。石油中含碳原子少的原油是轻质油,含碳原子多的是重质油。从原油中可分馏出各种相对分子质量的烃组分,有不同的用途。烃分子中含碳原子从6到40以上,其中碳原子6~10的烃成分是汽油;碳原子11~13的烃成分是煤油;碳原子14~20的烃成分是柴油;碳原子21~40的烃成分是润滑油;碳原子40以上的是沥青。含碳原子的数量越少,油的挥发性越强。随碳原子数量的变化,原油的各种性质有很大的差别,如密度、粘度、凝固点、溶解气体、流动性等。某种原油的成分见表1-2。

表 1-2 原油成分

成分(碳原子数)	质量比/%	分子类型	质量比/%
汽油($C_6 \sim C_{10}$)	29	烷 烃	28
煤油($C_{11} \sim C_{13}$)	10	环烷烃	48
柴油($C_{14} \sim C_{20}$)	12	芳香烃	15
润滑油($C_{21} \sim C_{40}$)	25	沥 青	7
残渣(C_{41} 以上)	24	杂 质	2



2. 流体的相态及其变化

物质在一定条件(一定温度和压力)下所处的状态称为相态。烃类在地下可以是液态(体),也可以是气态(体)。相态是随油气所处的压力和温度环境而变化的。相对分子质量很小的轻质烃(从甲烷到丁烷)在常温下是气态,而且能溶解在液态的、较重的烃类中,成为溶解气。有的轻质烃在井下高压环境下有可能变成液态。相对分子质量很大的重质烃(碳原子数超过 40)在常温常压下是固态,但在地下的高温条件下呈液态。在开采流体的过程中,温度、压力等环境条件的变化会引起流体相态的变化,对井的开采有影响。如含有溶解气的原油在压力变化时会发生相态的变化,某些溶解气会析出,占据井筒的较多体积,使井筒中的流体流态变化而影响生产。而重质油流动困难,需先行加热,对井眼条件提出的要求较高。

3. 流体的密度、粘度和凝固点

原油的密度一般是低于水的。液态烃类的相对分子质量小,油的密度就低;相对分子质量高,密度就高。碳原子数在 6~10 范围的油,密度在 $0.72 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$ 左右;碳原子数在 20 以上的油,密度在 0.9 g/cm^3 以上。相对分子质量越高,密度越接近于水。有个别种类的原油的密度超过水的密度。

天然气的密度在地面是与空气接近的,比空气略重。甲烷气与空气的密度比接近于 1。通常把常压和 20°C 条件下的油、气密度看成是标准的密度。

流体的粘度反映了流体的内摩擦力,粘度的单位是 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 。根据原油的粘度,可将油分成稠油和常规油。粘度在 $50 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以内的是常规油,在 $50 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以上的是稠油。

原油的凝固点反映了油的流动状态,相对分子质量越大,油的粘度越大,油的凝固点越高。高凝固点的原油流动性差,在常温下不易流动,低凝固点的油流动性好。有的原油在常温下是固态的,需加热才能流动。

高凝油含蜡量高,含重质烃多,粘度大,密度也较高。高凝固点的油,颜色较深,多呈黑褐色。低凝固点的油含轻质烃的成分多,粘度小,密度也较低,颜色浅,呈黄、红、棕红等色。

4. 地层水

大多数油藏中都含水。在油藏中含有的水多半是有一定矿化度的水,一般不会是较纯净的淡水。水中含有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 等离子,这些离子在开采中因温度和压力的变化,会析出或结垢,对储层岩石和井筒内的管柱有影响。

地层水的性质可用水的类型、矿化度、pH 值等表述。水的类型有氯化钙型、氯化镁型、硫酸钠型和重碳酸钠型等。大多数地层水的 pH 值在 4~8 之间,矿化度的范围很广。高矿化度的水有较强的腐蚀性,会堵塞产层和管柱。

二、油气藏的分类

油气藏可按产出物的不同分成油藏和纯气藏,在油藏中又有轻质油藏和重质油藏



的分别。通常油藏的产出物是原油和天然气(溶解气,也称分离气),单纯的油藏不多见。

1. 常规油藏

原油粘度在 $50 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下的是常规油,也称为稀油。含常规油的油藏是常规油藏。常规油藏的原油性质较好,含轻质成分多,开采较容易。在世界上曾见到有的油藏原油中含轻质成分很多,从井中采出后不加炼制就可直接加入汽车中使用的。原油中通常含溶解气和水,在地面上要先进行油、气、水的分离。我国的许多油田均属于常规油田。

2. 稠油油藏

我国通常把粘度在 $50 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以上的原油称为稠油。稠油也就是重质油,是分子量相当大的烃,通常含有较多的蜡质成分。稠油油藏又可分为普通稠油藏(粘度为 $50 \sim 10\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$)、特稠油藏(粘度为 $10\,000 \sim 50\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$)和超稠油藏(粘度 $> 50\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$)。普通稠油藏又分为普通Ⅰ型稠油油藏(油藏条件下粘度为 $50 \sim 100 \text{ mPa}\cdot\text{s}$)和普通Ⅱ型稠油油藏(粘度为 100 (油藏条件下) $\sim 10\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (地面脱气条件下))。稠油的相对密度均超过 0.92 。稠油油藏在开采中必须采取注热蒸汽等工艺加热原油,提高流动性。稠油油藏在开采中易造成地层的出砂。稠油的开采、储运和加工均较困难。

3. 高凝油藏

高凝油藏产出的为高含蜡原油。有的原油的凝固点很低,在常温下不凝固,流动性极好,易开采。有的凝固点很高,在常温下凝固成固体或半固体,流动极困难。我国有的油田的原油的凝固点高达 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,不加热无法流动。通常,高凝油都是稠油。

4. 天然气藏

在地面上得到的天然气可分为纯天然气和伴生气(分离气)。伴生气是溶解在原油中的气体,在采油过程中随压力和温度的变化从液体中析出的,通常是油成气。

天然气可分为油成气、煤成气和生物气。油成气是在生油的过程中形成的轻烃,通常是溶解在原油中,或存在于构造顶部形成气顶。煤成气是在生成煤矿时产生的气体,在煤田地质学中称为瓦斯气。生物气是专指在较浅的、年代较近(第四纪地层多见)的地层中的微生物腐败后生成的沼气(以甲烷为主)。油成气很少形成单独的气藏,天然气藏多是煤成气藏和生物气藏。有的油成气藏中的气体在被开采到地面上后,一些重质成分可凝聚成液体,称为凝析油。

气体的特点是体积随压力和温度的变化而有较大的变化。从地下采出的气体中经常含有腐蚀性成分,较典型的是硫化氢气体和二氧化碳气。

地下流体的性质对井的完成有相当大的影响,井中产气和产油,井的完成形式就不同;产稀油和产稠油,对井的要求也不尽相同。井中产出的流体,是完井时要考虑的一个重要因素。



第二节 油气藏的地质特点简述

油气资源是储藏在油层岩石中的,按储存的地质条件,油气藏可分为多种类型,不同类型的油气藏应有不同的完井方法。

一、储藏油气的岩石类型

能生成油气资源的地层称为生油层。一般认为生油的岩石是沉积岩石,在岩石中含有大量的浮游生物,在长久的沉积过程中在高温高压下生成油和气,泥岩、石灰岩是主要的生油岩石。生成的油气资源就储藏在地下的岩石中,但并不是所有的生油岩石均能储存油和气,多数的油和气从生油岩石运移到储油岩层中。能储存油气的岩层应是在附近有生油的条件,岩石中有孔隙或裂缝等储存空间,储油岩石上有不渗透的盖层,下有适当的封闭。在自然界中能储存油气资源的地层岩石有碎屑岩、碳酸盐岩等。

1. 碎屑岩油气层

砂岩是最主要的碎屑岩,是广泛存在的沉积岩。由岩石颗粒(砂粒)被胶结物粘结在一起,经上覆岩石的挤压、压实而成。由于砂粒的颗粒大小不同,相互接触的紧密程度不同,造成砂岩中有空隙,称为孔隙。在受挤压时,因所受压力不同和孔隙与外界的连接情况不同,压实程度有所差别,造成岩石的密度、孔隙度和孔隙内的流体压力不同。碎屑岩的胶结物不同,造成岩石的强度不同。孔隙是油和气的储存空间和油气流动的通道。砂岩一般不是生油层,所储存的油和气多半是从其他岩层中运移来的。

泥页岩也是碎屑岩,是主要的生油岩。泥页岩的孔隙很少,一般泥页岩不是主要的储油层。但在某些条件下,泥页岩中的裂缝也能储存油和气,形成裂缝型油气藏。

2. 碳酸盐岩油气层

碳酸盐岩主要是石灰岩和白云岩,是水中溶解的碳酸盐矿物析出而成的。碳酸盐岩是生油层。碳酸盐岩的孔隙不发达,但裂缝发育良好,很容易形成裂缝型油气藏。岩石越古老,裂缝越发达,形成油气藏的可能性越大。碳酸盐岩的储油空间与砂岩有很大的差别,裂缝是油和气的储存空间和流动通道。裂缝的特点决定了油气藏的开采方式。在石灰岩中也许有生物腐败后留下的小孔,形成孔隙。这些小孔与裂缝可沟通,孔隙也可储存油和气,称为生物灰岩油气藏。一般碳酸盐岩的强度较高。

除此之外,在变质岩及火成岩中也有油气储存的发现,多是后期的运移而成,但在自然界中较少。

二、油气储藏的类型

能储藏油和气的岩石空间既有岩石的孔隙,也有岩石裂缝。有的岩石易形成孔隙,如砂岩;有的岩石易形成裂缝,如石灰岩和泥页岩;在一般的储油岩石中往往是孔



隙和裂缝共存,但有主次之分。因此,单从储藏油气的构造来分,油气藏就有很多种类型。油藏形成的一般过程是石油在生油岩中生成,经运移到含孔隙或裂缝的岩石中保存,在储油层的上部有致密的盖层,盖层多是致密的泥岩、盐岩等,在底部有一定的圈闭。

1. 按储集层储油结构分类

通常把储存有油或气的岩层称为储集层,在生产中也称为生产层或简称为产层。储集层按储油的结构性质可分为孔隙型、裂缝型、裂缝-孔隙型和孔隙-裂缝型。

孔隙型储层是指岩石的孔隙既是储存油气的空间又是油气流动的通道的岩层,多为孔隙结构发达的碎屑岩,如砂岩等。孔隙型的储层,岩石的孔隙度可在较大的范围内变化,可从百分之几到30%左右。有较多孔隙的砂岩中裂缝就很不明显,是渗透性好的、强度较低的岩石。而孔隙少的砂岩中也许会有较多的裂缝,强度会较高。

裂缝型储层是指岩石裂缝既提供了油气的储存空间又是油气流的通道的岩层,岩层的孔隙度很低,孔隙基本不是储存的空间。石灰岩、泥页岩的孔隙度极低,其中经常有可以储存油气的裂缝。裂缝可以是因地质因素形成的,如岩石的解理面、断层面、不整合面等,也可以是岩石强度因素形成的。

孔隙-裂缝型储层是指岩石以孔隙为主提供油气的储存空间,裂缝主要是油气流产出的通道的储层,多为致密的砂岩、孔隙度较低的砂质泥岩等岩石。其特点是岩石的孔隙度低,渗透性差。

裂缝-孔隙型储层是指裂缝和孔隙同为储存油气空间和油气流通道的储层岩石。在这种岩石中裂缝并不十分发育,孔隙度也较低,在某些带孔洞的生物性灰岩、泥岩中出现。实际上裂缝-孔隙型储层和孔隙-裂缝型储层往往是难以区分的。

除此之外,在石灰岩地层中还有溶洞型的储层,油和气储存在石灰岩的洞穴中,只要钻进溶洞,井的产量就很高。

2. 按地质构造分类

油气藏在地下能形成有规模、有开采价值的油气田,是因为有储藏油气的构造存在。按构造分类,油气田可分成受构造控制的层状油气藏、块状油气藏、断块控制油气藏、透镜体油气藏及受裂缝控制的油气藏等。不同的构造,对油气藏开发应有不同的要求。

受构造控制的层状油气藏多是由构造控制的背斜圈闭,称为背斜油气藏,见图1-1。这种油气藏的构造完整,有统一的油气水界面,气油层在纵向上分层好,有多个层系。容易在构造的顶部形成天然气的聚集,成为气顶。水在构造的底部,封闭油和气,形成底水。在开采中水和气的界面会移动。构造中各层间的差异较大,各个单层的厚度较小,层间的生产状况也不完全相同。形成的油田的面积受构造的控制,有的很大,储量丰富,而有的较小。这种油气田比较适合分层开采,分层注水,一般采用射孔完井法进行完井。

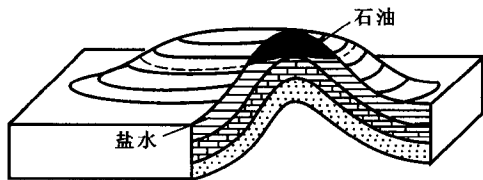


图 1-1 背斜油气藏

受断块控制的油气藏的地下情况较复杂,储油层靠断块的断层面遮挡封闭,成为断层油气藏,见图 1-2。生产层是孔隙型的,主要受断块的控制。油气资源运移到储层的边部被不渗透的断层面遮挡,形成油气藏。油气藏构造或砂岩体被断块分成许多小块,每个断块内的压力体系不同,含油气状况也不完全相同。断块油气藏的开采极其复杂,在完井中多用射孔完井法。

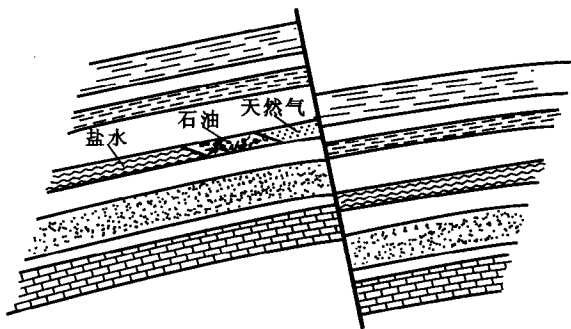


图 1-2 断块油气藏

透镜体油气藏多是孔隙型的油气藏,这种油气藏往往是砂岩透镜体的尖灭,分布形状类似于透镜,故称为透镜体油气藏,见图 1-3。储油构造以透镜体砂岩的孔隙为主。透镜体砂岩的含油面积一般较小,它的分布是零散的,隐藏在不渗透的其他岩石中,通常被称为隐蔽性油气藏。它在勘探和开采上均有较大的难度。在勘探中常用数字化的三维地震勘探发现。在钻井中用定向钻进钻入透镜体油气藏。除此之外尚有岩性尖灭油气藏(图 1-4)、不整合油气藏(图 1-5),它们都属于隐蔽性的复杂油气藏。

上述油气藏都是孔隙型油气藏,可属于一大类。另一类油气藏是裂缝型油气藏。

裂缝型油气藏主要受裂缝带的控制而不受构造的控制。裂缝带的发育和分布与地质构造运动有密切的关系,而与具体的地质构造无直接关系。裂缝带的形成主要由地盘的升降、地层的褶曲或扭转、地层的断裂等构造运动造成。裂缝型油气藏多是在石灰岩或泥页岩等比较致密的岩层中形成,生产层的厚度大,单井的产量不均匀,只有在裂缝发育带上的井才有高的产量。

油气藏构造对于完井也有相当重要的影响。孔隙型油气藏和裂缝型油气藏的完井方式是有明显差别的。油气藏的类型和具体条件也是完井中的重要因素。