

油气田 地下地质学

主编 张世奇 纪友亮



中国石油大学出版社

油气田地下地质学

张世奇 纪友亮 主 编

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

油气田地下地质学/张世奇主编. -东营:中国石油
大学出版社,2005.5

ISBN 7-5636-2060-5

I.油… II.张… III.油气田-石油天然气地质
IV.P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 044059 号

书 名: 油气田地下地质学
作 者: 张世奇 纪友亮 主 编

责任编辑: 周洁韶

封面设计: 傅荣治

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: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546-8392791,8391797)

开 本: 185×260 印张:18.875 字数:480千字

版 次: 2006年12月第1版第2次印刷

印 数: 1001~3000册

定 价: 27.00元

前 言

Foreword

油气田地下地质学是一门综合性和实践性都很强的专业技术课。它涉及的范围较广,包括从钻井地质资料的录取到综合运用地质、地球物理和油层测试、实验室化验分析资料来研究地下油层间的对比关系、油气田地质结构、储层特征、油气水分布、地下温度和压力条件、油气储量计算等地质问题。它为油气田勘探、开发方案的编制和调整提供可靠的地质依据。

本教材是根据石油大学新教学大纲编写的。在保持本学科理论全面系统的基础上,增加了近年来油气田地下地质研究的新进展。如在第一章中增加了现代录井方法的内容;第二章中增加了层序地层学地层对比方法;在第三章中从储层沉积微相研究到综合评价等,较系统地介绍了储层特征的研究内容。

本教材由张世奇和纪友亮任主编。参加编写的人员分工如下:

绪论、第五章由张世奇编写;

第一、二章由纪友亮、张世奇编写;

第三章由张立强编写;

第四、六章由李红南编写。

本教材由中国石油大学林承焰教授审阅,提出了许多宝贵意见,蒋有录教授也给予了鼓励和指导。在编写过程中得到地球资源与信息学院、教务处和出版社等单位专家和学者们的热情支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不当和错误之处,衷心欢迎使用本教材的师生和广大读者批评指正。

编者
2005年1月

目 录

Contents

绪论	1
第一章 钻井地质	7
第一节 钻井地质设计	7
第二节 探井地质录井	15
第三节 中途测试及其资料的定性分析	54
第四节 完井过程中的地质工作	59
第五节 完井总结图与完井报告的编制	63
第二章 地层对比及地质图件的编制	67
第一节 地层对比	67
第二节 层序地层学对比法	73
第三节 油层对比	78
第四节 碎屑岩油层对比成果图的编制与应用	91
第五节 碳酸盐岩储集层的储集单元对比	96
第三章 储层特征研究	100
第一节 沉积微相研究	100
第二节 储层非均质性研究	112
第三节 裂缝性储集层	137
第四节 影响储层特征的地质因素	148
第五节 储层敏感性	160
第六节 储集层地质模型与储集层综合评价	171
第四章 油气田地下构造的研究	180
第一节 利用地层倾角测井资料研究地下构造和褶皱要素	180
第二节 断层研究	188
第三节 油气田地质剖面图及构造图的编制	200
第五章 地层压力与温度	211
第一节 地层压力	211
第二节 地层温度	232
第六章 油气储量计算	242
第一节 工业油气流标准	242
第二节 油气储量分类及综合评价	243

第三节 油、气储量计算方法	248
参考文献	294



2013.5.10

1	.....	卷一
2	.....	卷一第
3	.....	卷一第
4	.....	卷二第
5	.....	卷二第
6	.....	卷二第
7	.....	卷二第
8	.....	卷二第
9	.....	卷二第
10	.....	卷二第
11	.....	卷二第
12	.....	卷二第
13	.....	卷二第
14	.....	卷二第
15	.....	卷二第
16	.....	卷二第
17	.....	卷二第
18	.....	卷二第
19	.....	卷二第
20	.....	卷二第
21	.....	卷二第
22	.....	卷二第
23	.....	卷二第
24	.....	卷二第
25	.....	卷二第
26	.....	卷二第
27	.....	卷二第
28	.....	卷二第
29	.....	卷二第
30	.....	卷二第
31	.....	卷二第
32	.....	卷二第
33	.....	卷二第
34	.....	卷二第
35	.....	卷二第
36	.....	卷二第
37	.....	卷二第
38	.....	卷二第
39	.....	卷二第
40	.....	卷二第
41	.....	卷二第
42	.....	卷二第
43	.....	卷二第
44	.....	卷二第
45	.....	卷二第
46	.....	卷二第
47	.....	卷二第
48	.....	卷二第
49	.....	卷二第
50	.....	卷二第
51	.....	卷二第
52	.....	卷二第
53	.....	卷二第
54	.....	卷二第
55	.....	卷二第
56	.....	卷二第
57	.....	卷二第
58	.....	卷二第
59	.....	卷二第
60	.....	卷二第
61	.....	卷二第
62	.....	卷二第
63	.....	卷二第
64	.....	卷二第
65	.....	卷二第
66	.....	卷二第
67	.....	卷二第
68	.....	卷二第
69	.....	卷二第
70	.....	卷二第
71	.....	卷二第
72	.....	卷二第
73	.....	卷二第
74	.....	卷二第
75	.....	卷二第
76	.....	卷二第
77	.....	卷二第
78	.....	卷二第
79	.....	卷二第
80	.....	卷二第
81	.....	卷二第
82	.....	卷二第
83	.....	卷二第
84	.....	卷二第
85	.....	卷二第
86	.....	卷二第
87	.....	卷二第
88	.....	卷二第
89	.....	卷二第
90	.....	卷二第
91	.....	卷二第
92	.....	卷二第
93	.....	卷二第
94	.....	卷二第
95	.....	卷二第
96	.....	卷二第
97	.....	卷二第
98	.....	卷二第
99	.....	卷二第
100	.....	卷二第

绪 论

一、油气田地下地质学的概念

油气田地下地质学是为适应石油天然气勘探开发工作的需要而发展起来的一门学科,是一门综合性和实用性很强的课程,文献中没有给出确切的定义。本书对其基本概念综述如下:

油气田地下地质学是研究钻井地质设计、地质录井等地质资料的获取方法以及综合运用地质、地球物理、油层物理、地层测试、分析化验等资料,进行地层及油层对比,研究油气田地质构造、储层特征、温压条件、油气储量计算等地下地质问题,为油田详探和开发方案编制、方案调整提供可靠依据的地质学科。

二、油气田地下地质学的发展历史

现代石油工业若从 1859 年算起,已有近 150 年的历史。然而油气田地下地质学的出现还不到 60 年,它是石油开发深入发展的产物,随石油开发技术的发展而发展,作为一个成熟的学科而高速发展则是近 20 多年的事情。

早期的石油工业,石油勘探由地质学家为主体来进行,油气田发现以后交由石油工程师管理开采,地质学家不参与石油开采活动。美国石油地质学家协会(AAPG)与石油工程师协会(SPE)的成立,以及它们在学术会议、出版物上表现出的学术分工,也非常明显地反映了这一历史分割。这是由当时石油开发的水平所决定的。

20 世纪 30 年代以前,油田发现以后,油田主抢占租地,抢先钻生产井采油,油田开发比较盲目,是所谓“掠夺式开采”的阶段。这以美国 20 世纪 30 年代初发现并投入开采的东得克萨斯大油田最为典型。该油田 1930 年 9 月发现,很多公司蜂拥而上,到 1932 年底就钻成近万口采油井,10 年内在 560 km² 含油面积内钻成 26 000 口生产井。油井出现明显的井间干扰,过早见水,产量递减过快等,促使石油工程师们采用限制井距和单井产量来保护油田的生产,油田开发转入了“保守开采”阶段。当时美国得州的铁道委员会所提出的限制井距和单井配产的法规,代表了 20 世纪 30—40 年代石油开采的主导战略思想。这时石油开发还处于仅仅利用油田天然能量开采的阶段,虽然促进了油层物理、渗流力学以及油藏工程等学科和技术的发展,但油田地下地质仍处于“笼而统之、大平均”的油藏气概念水平,一张构造图、一张等厚图以及几个平均参数,完全可以满足开发的需要。真正的油气田地下地质学不可能在此时产生。

20 世纪 40 年代,由于污水回注,带来油田开发的一次历史性革命。注水开发(西方当时称二次采油)在 20 世纪 50 年代很快成为普遍工业性应用的主导开发方式。这一历史性的变革,是油气田地下地质学产生并逐步成熟、独立的主要契机和动力。

注水开发首先遇到的问题是储层连续性和连通性问题,没有分单层的储层等时对比,就不可能搞清每个储层的连续性和连通性,这正是为什么早期开发地质工作者把油层的小层(单层)对比作为最基础和最重要的工作予以讨论和攻关的原因。注水开发紧接着遇到的第二个问题是储层客观存在的非均质性问题,储层各种尺度的非均质性极大地影响到注水开发效果。

当然早期注意的是层间、平面等比较宏观规模的非均质性。这就要求把每口井每个储层的岩石物理属性求准,从而掌握它们的空间分布规律。这些逐渐被人们认识到的注水开发中必须进一步深入研究的油藏地质问题,突破了“笼而统之、大平均”的传统地质工作方法,从而促进了油气田地下地质学的产生和发展。

油气田地下地质学的出现和萌芽时期,可以苏联 M.Φ. 米尔钦克于 1946 年出版的《油矿地质学》和美国 L.W. 里诺编纂于 1949 年出版的《地下地质学》为标志;后者更多地侧重于录取和建立钻孔地质剖面的方法,前者更具创立油田地下地质学的代表性,这与苏联比较广泛地采用注水开发,并将其应用于油田早期开发,作为一次采油方式有关。从 1975 年 M.N. 马克西莫夫编写的《油田开发地质基础》来看,苏联油气田地下地质学已比较成熟,而美国正式出版的《石油开发地质学》在 1979 年才由塔尔萨大学的 P.A. 迪基完成。

我国油气田地下地质学的成熟应归功于 20 世纪 60 年代初大庆油田的开发。大庆油田是非均质性相当严重的陆相多油层油田,实施了早期保持压力的内部注水开发战略。油田决策者在总结学习前苏联和我国玉门等老油田开发经验的基础上,一开始就非常重视开发地质工作,把石油地质队伍明确划分为“区域地质”(专于盆地的区域勘探)和“油田地质”(专于油田开发中的油田地质工作)两部分,成立了由 140 多名地质技术人员组成的油田地质科研队伍,专门从事当时投入开发的喇萨杏油田的油田地质研究。从 1960 年到 1964 年,突破了陆相碎屑岩储层的小层对比技术以及测井定量解释分层孔隙度、饱和度、渗透率的技术,在此基础上提出了油砂体的概念,正确指出注水开发中控制油水运动的基本单元是油砂体,形成了一套以油砂体为核心的储层地质研究方法。这是大庆油田实施分层开采,实现长期高产稳产的基础,至今仍发挥着重要作用。

20 世纪 70 年代,随着注水开发的深入,储层非均质性对采收率的影响表现得更为明显;由于油价上涨,三次采油技术受到重视,在美国,各种先导试验纷纷出现,工业性应用也具有一定规模,促使油气田地下地质工作向更深层次发展。最具代表性的是沉积相分析引进到油田地下地质的储层研究中。

我国油田开发中储层沉积相研究早在 20 世纪 60 年代初期就已经开展。在 1964 年形成油砂体理论以后,当即提出进一步开展“微观沉积学”的研究,即把过去以盆地大区域为对象、岩相古地理分析为主体,为勘探服务的沉积学理论和方法,引进到油田用于研究油砂体的沉积成因、分布和储层特征。

我国较早地在油气田地下地质工作中开展储层微相研究,仍然离不开大庆油田油层注水开发实践的推动。以主力油层单层突进为标志的层间矛盾,注入水平面上的条带状水淹和“南涝北旱”的出现;特别是 1964 年在注入水前缘后面钻成第一口密闭取心的检查井,发现主力储层在产水 90% 以上时,仅底部 1/3 ~ 1/4 厚度受到强水洗。这些水驱油过程的严重非均质性,推进了储层地质研究的深入。20 世纪 70 年代初,微相研究肯定了大庆油田储层属于大型湖盆河流三角洲沉积,揭示了河道砂体、河口坝砂体及其三角洲前缘席状砂的不同水驱油特点,为 1972 年大庆油田进行第一期加密调整提供了重要的地质依据。1974 年,石油工业部在江汉油田召开的全国油田地质会议上,推广了大庆油田开展储层微相研究的经验,油气田地下地质工作中的储层沉积相研究从此在全国各大油田全面开展。

进入 20 世纪 80 年代,石油工业出现一些新的形势,加上现代高新技术的飞速崛起,促使油田地下地质又进一步向更高更深层次发展。首先是石油资源配置的新形势,一些主要产油国都面临这样的情况:已开发的含油气盆地和油气田进入勘探开发高成熟期,勘探工作转向自

然地理条件很差的边远地区,勘探成本大幅度上升;已有的老油田由于油价疲软,高成本的三次采油技术在经济上无法使用,依靠二次采油,平均采收率仅35%左右,大有潜力可挖。一般估计,由于储层各种非均质性的隔挡,尚有20%的可动油未被二次采油驱油剂(注水)所波及到,通过深化认识储层非均质性及改善二次采油技术,这部分可动油完全可以采出;特别是水平井的出现,为改善二次采油提供了重要手段。因此,普遍认为,在老油田进一步加强开发地质研究,深化认识非均质性,通过钻加密井和其他改善采油的方法,进一步提高老油田采收率,所能获得的经济效益远大于边远地区的勘探效益。这就需要更精确地描述地下剩余油的分布,要求油藏描述向更小尺度的定量化描述发展。其次,计算机技术的发展,数学与地质的结合,为描述一些地质现象提供了新武器,地质统计学的兴起,就是最好的体现;三维地震的发展,使得用地震技术可以解决开发中的储层描述问题,相应地形成了储层地震技术。这些都为实现精细定量描述储层提供了可能。油田地下地质、油藏描述由宏观向微观、由定性向定量方向大大前进了一步,也由单一的地质学科走向了与地球物理、油藏工程、采油工程等多学科协同综合发展的道路。

1985年由美国能源部主持的第一届国际储层表征会正是以油藏描述为核心的油气田地下地质学这一飞跃的标志。更令人深思的是,一向以讨论石油地质勘探技术为宗旨的AAPG刊物,也将1988年10月号作为开发地质专刊,并使AAPG每年的11月号成为以发表油田地下地质论文为主的专刊。这表明油气田地下地质学已成为石油工业中非常重要的地质基础学科,已非常成熟地按着本身的特点和规律在向前发展。

三、油气田地下地质学的任务

油气田地下地质学的任务是什么,这无疑是个非常重要的问题。有的专家指出:“油气田地下地质学以正确描述开发地质特征为主要任务,是正确管理油气藏的基础,已逐渐成熟为与石油勘探并列的、石油地质学的两大分支学科之一。”以上提法明确地指明了,油气田地下地质学的主要任务就是正确认识和描述油气藏的地下地质特征。但是,M.H.马克西莫夫所著的《油田开发地质基础》和P.A.迪基所著的《石油开发地质学》两本书中并没有上述提法。这两本书,尤其是前一书已经打破了“认识和描述”的范围,广泛论及了油田开发设计,油田开发的调整以及提高采收率的问题。随着油气田地下地质学的发展,尤其是进入21世纪后,油气田地下地质学已经不能满足于仅对油气田的一般认识和描述。油气田地下地质学应该在正确认识和描述油气藏地下地质特征的基础上,达到最大程度地开发利用油气资源的目的。

这里需要强调的是油藏地下地质特征这一概念。油藏地质特征很多,可以从不同侧面来表征,不同勘探开发阶段由于目的、任务不同,所要重点把握的特征会有所不同。例如,从勘探寻找油藏的目的出发,圈闭条件重于储层的非均质性;从开发油藏的目的出发,则可以完全相反。进入开发阶段以后,油藏描述的任务是正确地描述油藏的开发地质特征。强调开发地质特征这一概念的意义有二:

一是区别开发阶段所要研究的油藏地质问题与勘探阶段不同。所谓油藏的地下地质特征,可以从总体上定义为:“油藏所具有的那些控制和影响油气开发过程,从而也影响所采取的开发措施的所有地质特征。”

二是不同开发阶段,或者采取不同开发措施时,所要研究的地下地质特征应有所不同,或内容增减,或侧重点不同,或描述尺度有别,等等。

根据我国油田开发的实践,油气藏的地下地质特征概括起来可包括以下九大方面:

- (1) 储层构造形态、倾角,断层分布及其密封性,裂缝发育程度;
- (2) 储集层的岩性、岩石结构、几何形态、连续性,储油能力和渗流能力的空间变化,即储层各项属性的非均质性;
- (3) 隔层的岩性、厚度及空间变化;
- (4) 储层内油、气、水的分布及相互关系;
- (5) 油、气、水的物理化学性质及其在油田内的变化;
- (6) 油气藏的压力、温度场;
- (7) 水体大小,天然驱动方式及能量;
- (8) 石油储量;
- (9) 与钻井、开采、集输工艺有关的其他地质问题。

关于油藏地下地质特征,还需要进一步说明以下几个问题。

第一,油藏地下地质特征仍离不开石油地质学的三个基本论题:构造、地层(储层)和流体(油、气、水)。然而进入油田地下地质领域后,储层已成为核心。油田地下地质工作的主要任务是进行油藏描述,储层描述则是油藏描述的核心。油藏描述的任务就是揭示油藏的油田地下地质特征。

第二,任何地质体都是在地质历史中,在一定的空间,经历各种地质作用而形成的。因此总可以从宏观到微观,分成不同层次来观察、分析它。油藏也不例外,油藏地下地质特征可以而且必须从宏观到微观分成不同层次来描述。不同层次的地下地质特征对油藏开发过程的影响不同,一般来说,随着油田开发的逐步深入,油藏地下地质特征的研究也总是需要从宏观向微观深入。

第三,油藏地下地质特征的具体内容总在不断扩大和深化。随着油田开发的深入和开发技术的不断提高,总会有一些目前还未认识到的影响油藏开发的新地质因素被不断揭露,需要油田开发地质学家与油藏工程师去及时发现和有预见地进行超前研究。

四、油气田地下地质学的资料获取手段

石油工业发展到今天,在现代高新技术的推动下,采集油气藏地下地质资料的技术手段日新月异,但就资料类别而言,仍不外乎三大类:地质的、地球物理的和工程的。从所采集的资料性质上,则又有直接的和间接的、静态的和动态的之分。一种技术手段只能从某些侧面了解地下油气藏,而且各种技术在采集资料的质量上和经济可行性上(即可获得的数量上)有很大差别,又存在相互补充的关系,因此,在各个开发阶段怎样扬长避短,发挥各种技术的作用,综合应用好各种技术手段,经济合理地安排好资料录取部署,以保证该阶段齐全准确地采集到必要的油气藏地质信息,这同样是油气田地下地质工作者很重要的任务。

地质录井是当前直接获取油气藏地下地质特征信息的主要手段,其中最重要的是岩心录井。油气藏进入开发阶段以后,钻取含油气层段岩心是必不可少的一个环节,这里强调的是一定要取全一个完整的连续的含油气层段柱状剖面,既包括储层,也要包括隔夹层及其他非储层。这是直接观察、描述各种地质、沉积、含油气现象无可替代的资料。我国陆上油田开发实践表明,只针对储层间断取心的做法,在还没有确定开发是否可行以前的评价阶段是可取的,一旦决定投入开发,一个完整连续的含油气层段岩心剖面是不可避免的。不仅很多地质、沉积现象必须在连续剖面上才能全面综合分析,开发地质最基础的油层详细对比所依赖的对比标准层(标志层)往往是非储层,而且隔夹层性质、产状和分布也是影响开发过程的重要因素,特

别是采用注水和其他三次采油方法时。

为了取得完整的连续剖面岩心,大庆油田的经验还告诉我们:提高岩心收获率是关键。90%~100%收获率的岩心,其地质应用效果是低收获率的同样长度岩心根本无法比拟的。

岩心提供岩样进行分析、测试、实验,以取得各种静态和动态储层参数。很多参数目前还只能通过岩心样品得到,别的技术无法代替。实际工作中,对岩心分析内容、样品规格、取样密度等都形成了一定规范要求。随着高新技术的发展,测试实验仪器发展很快,费用也相应增加。一个优秀的油气田地下地质工作者,应该经济合理地选择测试实验内容和数量,以最经济的资料数量,来最大限度地满足油藏描述需要。

近年来,无损伤的岩样测试技术的发展,如层析成像(CT)、核磁共振成像(NMRI)等,将会在节约岩心、提高数据的同一性等方面发挥重要作用。

地球物理测井是当前获取开发井井孔所钻遇的储层资料信息最为普遍应用的手段。众所周知,不可能每口开发井都取岩心,绝大多数开发井仅有地球物理测井资料可供应用。地球物理测井是用各种仪器测量岩层的电、声、放射性等物理参数,所测得的属于储层的间接资料,通过解释模型反演得到储层地质参数。

以三维地震为基础的储层地震的兴起,为地下储层描述提供了一项重要的新的间接资料。储层地震目前存在的主要弱点是纵向分辨率较低。在采集上没有根本解决这一问题之前,通过纵向分辨率较高的测井信息的约束和刻度标定,可以在一定程度上提高分辨率,在一定的开发阶段和一定的油气藏地质条件下,可以解决部分开发地质问题。

综合岩心、测井、地震技术,以岩心刻度测井,以测井约束地震,以地震高密度的采集弥补钻井资料控制点的不足,将成为油气田地下地质工作采集油气藏静态资料信息的一个核心系统。

工程测试是直接获取油气藏流体及各种动态资料的手段。描述储层流体性质及分布,绝大部分只能依赖工程测试资料,少量可以通过测井描述的,也必须由测试资料检验校正。油田开发过程中,日积月累的大量动态数据,特别是分层测试资料,是很重要的检验和修正油气藏静态特征描述的依据,如储层对比关系、连续性、渗透率方向性、断层的开启程度等。油藏数值模拟进行开采历史拟合,就是依据动态资料对油藏原始静态特征的全面检验和修正。近年来应用试井和示踪剂测试技术,结合储层地质模型进行反复正反演,求得井间储层参数非均质分布,是用工程测试资料描述储层向更深层次发展的探索。

五、油气田地下地质学课程特点

1. 综合性强

油气田地下地质学是一门综合性学科,它与石油地质、储层地质、地质录井等课程彼此结合,相互渗透,互为补充,是油气勘探专业的主要专业课之一。为了学好这门课,学生应先学习基础地质学、石油地质学、地球物理勘探、地球物理测井等学科的知识,能编制简单的地质图件和利用测井资料识别油、气、水层等。

2. 实用性强

油气田地下地质学与油气田开发生产实际紧密结合,有较强的实践性,如习题中安排的油层剖面对比图的编制、小层平面图的编制等都是油气田地下地质研究中常做的工作,通过它们可以增强学生分析和解决实际问题的能力。

3. 内容广泛

包括钻井地质、地层对比、储层特征、地下构造、地层压力和温度、储量计算等内容,涉及钻井地质学、地层学、储层地质学、构造地质学、沉积学、石油地质学、油层物理等多学科知识。

4. 偏重方法

虽然本课程涉及多门学科,但它是一门偏重方法的课程,如地质录井中强调各录井方法及其差异;油层对比中着重介绍对比方法和对比流程;构造研究中强调断面构造图和油层顶面构造图的编制方法;储量计算中突出石油和天然气储量的计算方法等。

第一章 钻井地质

在寻找油气过程中,通过地面地质调查或地球物理勘探,可以指出含油气有利地区和有利构造。但必须通过钻井和试油,才能证实有无工业油气藏。钻井地质工作的任务,是在钻井过程中取全取准各项直接和间接反映地下地质情况的资料和数据(表 1-1),为油气层评价提供可靠的第一性资料,为油气田的勘探与开发奠定基础。各种地质录井(包括测井)的质量好坏,将直接关系到能否迅速查明地下地层、圈闭、含油气水等情况,影响油田的勘探速度和开发效果。因此,钻井地质工作在整个油气田勘探开发过程中十分重要,必须认真做好。

表 1-1 钻井地质取全取准 12 类资料 71 项数据

资料类别	项 目 内 容
1. 井位资料	(1) 井位 (2) 井别 (3) 井位坐标 (4) 海拔高度
2. 岩屑资料	(5) 岩性 (6) 结构 (7) 荧光 (8) 含油程度 (9) 化石 (10) 缝缝 (11) 洞洞
3. 泥浆资料	(12) 性能 (13) 泥浆处理 (14) 槽面显示 (15) 漏失 (16) 井涌(喷)
4. 岩心资料(包括井壁取心)	(17) 收获率 (18) 岩性 (19) 结构 (20) 构造 (21) 缝缝 (22) 洞洞 (23) 接触关系 (24) 化石 (25) 倾角 (26) 荧光 (27) 含油程度 (28) 含气情况 (29) 破碎、磨损情况
5. 钻时、气测资料	(30) 钻时 (31) 气测值 (32) 组分 (33) 放空 (34) 后效
6. 测井资料	(35) 标准测井 (36) 组合测井 (37) 放大曲线 (38) 碳酸盐岩测井系列 (39) 其他测井
7. 试油或中途测试资料	(40) 完成方法 (41) 洗井和锈喷 (42) 求产 (43) 压力 (44) 温度 (45) 原油含水、含砂 (46) 井间干扰或层间干扰
8. 特殊作业资料	(47) 酸化 (48) 压裂 (49) 喷砂射孔 (50) 打水泥塞 (51) 封隔器、地层测试器 试油资料
9. 分析化验资料	(52) 岩石矿物 (53) 油层物性 (54) 古生物 (55) 生油指标 (56) 地面原油性质 (57) 天然气性质 (58) 地层水性质 (59) 高压物性 (60) 开发试验
10. 井身资料	(61) 完钻井深度 (62) 井身结构 (63) 井身质量 (64) 工程大事纪要
11. 地震测井资料	(65) 井况 (66) 施工和采集资料 (67) 垂直地震剖面资料
12. 试验性资料	(68) 录井资料:页岩密度、碳酸盐含量、孔隙压力、“d”指数资料 (69) 测井资料:地层倾角测井、井下电视测井、岩性测井。 (70) 电缆测试 (71) 分析化验资料:电镜扫描、绝对年龄测定

(据江汉钻井地质队,1982)

第一节 钻井地质设计

在一个新探区,为了迅速发现油气藏,及时扩大勘探成果,在已掌握区域地质、地球物理勘探资料的基础上,需要编制一个钻探的总体设计。在总体设计中规定了勘探总任务,进行全区勘探的程度与方法、井别、井位部署等。

单井地质设计是根据钻探总体设计的要求编制的,它是完成总体设计任务的一个部分,也是顺利完成钻探任务必不可少的一个环节。

一、井别

根据“油气勘探工作条例”和“油气勘探程序与地震地质解释评价工作流程、要求”的原则,结合当前盆地油气勘探过程中的具体特点,对井别划分和井号编排提出以下规定。

(一) 井别划分

1. 探井分类

探井分类要与我国目前的勘探阶段划分、勘探程序结合起来,要与油气勘探的钻探目的紧密结合起来。我国探井分类主要有:

(1) 地质井

在盆地普查阶段,由于地层、构造复杂,用地球物理勘探方法不能发现和查明地层、构造时,为了确定构造位置、形态和查明地层层序及接触关系而钻的井。

(2) 参数井(地层探井、区域探井)

在油气区域勘探阶段,在已完成了地质普查或物探普查的盆地或坳陷内,为了解一级构造单元的区域地层层序、厚度、岩性、生油、储层和盖层条件、生储盖组合关系,并为物探解释提供参数而钻的探井。它属于盆地(坳陷)进行区域早期评价的探井。

(3) 预探井

在油气勘探的圈闭预探阶段,在地震详查的基础上,以局部圈闭、新层系或构造带为对象,以发现油气藏、计算控制储量和预测储量为目的的探井。它属于新油气藏(田)的发现井。按其钻井目的又可将预探井分为:① 新油气田预探井,它是在新的圈闭上找新的油气田的探井;② 新油气藏预探井,它是在油气藏已探明边界外钻的探井,或在已探明的浅层油气藏之下,寻找较深油气藏的探井。

(4) 评价井

在地震精查的基础上(复杂区应在三维地震评价的基础上),在已获得工业性油气流的圈闭上,为查明油气藏类型、构造形态、油气层厚度及物性变化,评价油气田的规模、产能及经济价值,以建立探明储量为目的而钻的探井。滚动勘探开发中与新增储量密切相关的井,亦可列为评价井。

(5) 水文井

为了解水文地质问题和寻找水源而钻探的井。

2. 开发类井的分类

(1) 开发井

当地震精查构造图可靠、评价井所取的地质资料比较齐全、探明储量的计算误差在规定范围以内时,可根据编制的该油气田开发方案,为完成产能建设任务按开发井网进行钻井,这样所钻的井称为开发井。

对探明储量风险较大,或地质构造复杂、储集层岩性变化大的油气藏,可减小开发方案内所拟定的开发井密度,先钻一套基础井网,作为开发准备井。为落实探明储量,准备产能建设,获得试采资料,进行油藏工程研究做好开发准备,逐步将油气田转入正式开发。

(2) 调整井

油气田全面投入开发若干年后,根据开发动态及油藏数值模拟资料,为提高储量动用程

度,提高采收率,需要分期钻一批调整井,根据油气田调整开发方案加以实施。

(二) 井号编排

1. 探井井号编排

(1) 参数井

以基本构造单元——盆地统一命名。取井位所在盆地名称的第一个汉字加“参”字组成前缀,后面再加盆地内参数井序号(阿拉伯数字)命名。如江汉盆地第一口参数井命名为“江参1井”。

(2) 预探井

以井位所在的十万分之一幅地形图为基础单元命名或以二级构造带名称命名。取地形图分幅名称的第一个汉字加分幅地形图单元内预探井布井顺序号命名。若地形图分幅名称的第一个汉字与该盆地其他地形图分幅名称的第一个汉字或区域探井号字头同音或同字,应选用地形图分幅名称中不同音、不同字的字作为井号字头。若设计预探井井位所在的地形图分幅名称与其他幅或区域探井所在的二级构造单元名称均同音或同字,则可选用地形图分幅内,次一级地名中的第一个或其他汉字作为井号的字头。

以二级构造带名称命名时,采用二级构造带名称中的某一汉字加该构造带上预探井布井顺序号命名。

预探井井号应采用1~2位阿拉伯数字。

(3) 评价井

以发现工业油气流之后的控制储量所命名的油气田(藏)名称为基础,取井位所在油气田(藏)名称的第一个汉字命名。没有控制储量的以预测储量所命名的油气田(藏)名称为准进行井号命名。若油气田(藏)名称的第一个汉字与该盆地内其他井别井号命名的字头或其他油气田(藏)名称中的字同音或同字时,应由第一个以外的汉字,加油气田(藏)内评价井布井顺序号组成。

评价井井号应采用三位阿拉伯数字。

(4) 地质井

以一级构造单元统一命名。取井位所在一级构造单元名称的第一个汉字加大写汉语拼音字母“D”组成前缀,后面再加一级构造单元内地质井布井顺序号(阿拉伯数字)命名。

(5) 水文井

以一级构造单元统一命名。取井位所在一级构造单元名称的第一个汉字加汉语拼音字母“S”组成前缀,后面再加一级构造单元内水文井布井顺序号命名。

(6) 定向井

定向井的井号命名应在上述规定基础上,在井号的后面加小写的“x”,再加阿拉伯数字。如永921x2井表示在永921地区钻探的第二口定向井。

2. 开发井井号编排

开发井按井排编号,按油气田(藏)名称的第一个汉字-井排-井号命名。

3. 海上钻井井号编排

海上探井按区-块-构造-井号命名方案。采用经度一度、纬度一度面积分区,每区用海上或岸上的地名命名。区内按经度10分、纬度10分分块。每区划分为36块。每块内根据物探解释对局部圈闭进行编号。每个圈闭所钻的预探井为1号井,评价井为2、3、…号井。如BZ28-1-1井即渤中(Bozhong)区28块1号构造1号井。

海上油田开发井号编排,按油田的汉语拼音字头-平台号-井号命名。如埕北(Chengbei)油田用两座钻井平台 A、B 进行开发,每个平台设计钻开发井 27 口,A 平台的井号编排为 CB-A-1 至 CB-A-27;B 平台的井号编排为 CB-B-28 井至 CB-B-54 井。

二、直井地质设计

(一) 设计的依据

由于井别不同,钻井目的和任务不同,其地质设计的内容及要求也不完全一致,但设计时所考虑的因素、设计的步骤及方法大体上相似。进行设计前需要收集以下资料:

(1) 了解区域地质概况

收集地层综合柱状图,以及有关的地层研究报告。对于新探区还应到盆地边缘露头区踏勘剖面,了解区域地层层序、接触关系、岩性组合特征、岩性标准层、地层厚度及生储盖组合条件。

收集构造图、构造剖面图,了解本井所处的构造部位,断层情况(断层性质、断距大小、断层延伸情况)。收集通过本井的地震剖面图,了解地震标准层的特征、地层产状等。有时在一个新探区,因上述资料缺乏或不足时,还应收集重、磁力异常平面图和剖面图,以及通过地面实测的构造图和剖面图。

收集本区油、气、水层资料。了解油、气、水性质,纵向上的组合关系,横向上的分布规律以及油、气、水层压力。

(2) 熟悉邻井资料

收集邻井地层剖面图、地层对比图以及钻时、泥浆、气测、电测等资料。熟悉地层岩性特征,分析岩电关系,研究地层分段标志与标准层特征,掌握分层界线,以供设计参考。

收集邻井油、气显示和试油资料,预测本井油气显示井段。

收集邻井地层岩石的可钻性以及泥浆性能的影响。收集邻井井斜资料,分析井斜规律,预计本井易斜井段和井斜方位。

在开发区钻井,要收集邻井采油、注水层位压力等资料,了解油层连通情况及注水后的影响。

收集有关的地质、工程数据,进行分析研究,预测本井可能出现的各种情况。

(二) 设计内容

一般包括以下十项设计内容:

(1) 基本数据 井号,井别,井位,设计井深,目的层,完钻层位及原则。

井位:井位坐标、经纬度、地面海拔(对于海上钻井要填写水深)、构造位置、地理位置、测线位置;

设计井深:本井预计钻达某组段地层的深度。

(2) 区域地质简介 指地层、构造概况及邻井成果。

(3) 设计依据 即设计所提供的资料。

(4) 钻探目的 一般与井别有关,如预探井是以发现油气藏为目的。

(5) 设计地层剖面 包括层位、底界井深、厚度、分段岩性简述。

(6) 预计油气层位置。

(7) 故障提示 指钻井过程中可能发生故障或事故的层位、井段。

(8) 取资料要求 取全取准岩屑、钻时、气测、泥浆、荧光等录井资料和井壁、岩心等取心

资料数据。如岩屑录井的取样井段、间距、数量,钻时、气测录井的录井井段、测点密度、特殊要求(仪器型号、后效取样、泥浆真空蒸馏取样等)。

当钻遇明显油气显示和其他重要地质现象时,应设计停钻循环观察,以便准确判断油气层。

提出泥浆录井及氯离子滴定的测量井段、测点密度、要求。参数井、重点预探井进行氯离子滴定,其余各井根据实际情况而定。

提出荧光录井的湿照、干照、滴照、定级密度等要求。

设计取心井段、进尺、取心目的及原则。在设计取心总进尺中,应留有部分机动取心进尺,并写明目的、要求;提出井壁取心颗数及要求。

对地球物理测井的测量井段、测井系列选择、测井时间等提出要求。

实物剖面或岩样汇集的制作井段及要求,以及选送岩心、岩屑的送样原则,分析化验项目要求。

(9) 地层压力预测 邻井试油资料及压力预测曲线。

(10) 设计泥浆使用、性能要求等。

(11) 中途测试要求 确定钻遇什么情况进行测试。

预测测试层位、目的、方法及主要要求(方法分为电缆测试、裸眼封隔器测试、下套管封隔器测试及分层试油)。

(12) 特殊测井要求 包括地震测井、全井声速测井、地温梯度测井、地层倾角测井、井下电视测井等。

(13) 井身质量、井身结构要求 包括井斜度、水平位移允许范围,套管尺寸、下深及固井水泥返高等,根据地质条件提出要求原则。

(14) 施工过程中可能出现的重大地质问题,当与设计出入甚大时,采用的相应的预备方案和措施。

附图:① 设计井位区域构造图、地理位置图;② 主要目的层局部构造井位图;③ 通过设计井的“十字”地震时间剖面;④ 通过设计井的地质解释横剖面;⑤ 设计井柱状剖面图。

一般预探井、详探井的设计内容可根据地质情况和勘探程度适当精简。

(三) 井深及地层剖面的设计

设计井深及地层剖面时,首先根据地形地质图、构造图及正钻井与完钻井资料做出通过设计井的横剖面图,由此图按钻穿的最终目的层定出井深及该井穿过的地层剖面,即由完钻井的实际资料向设计井推测剖面岩性和厚度。此时应考虑因所处构造位置不同和断层的影响,可能产生的岩性和厚度变化。由于地层厚度和倾角的变化,设计深度与实际情况可能有所不符,因此在设计井深时,常常附加5%~10%的后备深度。如目的层井深是2000m,设计井深可定为2100m。在钻井过程中,应随时根据实际资料对原设计进行检验和修正。

【例1】某构造上已完钻1、3、4、5四口探井(图1-1),现设计2号井以了解构造顶部含油气及地层情况。经1、3、4、5四口井地层对比得知Nm组底界深度与构造图基本吻合,各井Ng组地层厚度接近一致;5井位于断层上盘,在Nm下段及Ng组共有三组油层;4井于Ng组见两组油层与5井Ng组油层相当;1井位于构造边部,含油差,仅有Ng组下部一组油层,厚度已减小。设计时,首先通过设计井及1、5两口井作横剖面图(图1-2);据2井在构造上的位置确定Nm组底界为1235m;据邻井Ng组厚度(250m左右)推断2井Ng组底界为1485m;2井油层井段由横剖面推断为1285~1310m及1380~1420m,Ng共两组油层;设计井要求钻穿Ng