

SHAYAN YOUTIAN KAIFA CHENGXU YU DIZHI GUANLI

砂岩油田 开发程序与地质管理

薛家锋 许运新 胡广斌 关明弘 编著

石油工业出版社

砂岩油田开发程序与地质管理

薛家锋 许运新 胡广斌 关明弘 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了从 20 世纪 60 年代以来大庆油田的开发程序与地质管理方面内容:包括油田开发前的准备、油田开发方案编制的步骤与方法、先导性矿场试验、早期注水保持油层压力、开发过程中的油水运动规律、开发调整与挖潜、高含水期开采特点与调整措施、砂岩体研究、采油工艺技术、岩心资料的科学化管理及地球物理测井在油田开采过程中的运用;在油田开发地质管理方面叙述了油田动态分析方法,油水井管理,油田分层开采管理及油田开发规范、要求等。

本书可供从事开发地质和地质管理人员,石油院校师生参考和阅读。

图书在版编目(CIP)数据

砂岩油田开发程序与地质管理/薛家峰等编著.

北京:石油工业出版社,2002.3

ISBN 7-5021-3373-9

I. 砂…

II. 薛…

III. 砂岩油气田—油田开发

IV. TE323

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 010339 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京乘设伟业科技排版中心排版

北京密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 370 千字 印 1—1000

2002 年 3 月北京第 1 版 2002 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3373-9/TE·2529

定价:42.00 元

前 言

大庆油田的开发创出了中国油田开发的道路，积累了很多宝贵的经验。本书仅从砂岩油田开发程序与开发地质管理这个侧面，反映和记述大庆油田的开发过程和地质管理经验。

全书共分 16 章，按内容概括起来可归纳为三部分。第一部分是油田开发前的准备。这部分重点叙述了在详探阶段开发人员要搞好油藏综合研究，为编制油田开发方案做准备；开辟生产试验区，认识油田地质规律，掌握开采过程中生产特点和工艺要求，为全油田确定开发层系、井网、注采系统、开采方式等提供实践依据，同时还要在全区钻开发资井；进行储量计算，科学选取储量计算中的各项参数。

第二部分是油田开发程序。论述了油田开发方案编制步骤与方法、先导性矿场试验、早期注水保持油层压力、开发过程中油水运动规律、开发调整与挖潜、高含水期开采特点与调整措施、砂岩体研究、采油工艺技术及地球物理测井在开采过程中的运用等内容。

第三部分是油田开发地质管理。主要包括油田动态分析方法、油田分层开采分层管理、注水井的管理、油水井改造与管理、井下技术作业地质管理、岩心资料的科学化管理；同时记录了大庆油田开发以来各个阶段的部分地质管理责任制、规章制度、开发规范、要求等。

大庆油田开发 40 年的历程，在开发程序与地质管理上，集中了从上至下各级领导、开发技术人员、采油系统的广大职工辛勤劳动的成果，凝聚了他们的心血和汗水，是集体智慧的结晶。

本书在编写过程中引用了教授级高级工程师张文昭、金毓荪、大庆油田采油工艺研究所等的科研成果，在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中难免会有一些缺点和失误，恳请读者能够提出批评和指正。

作者

2001 年 6 月于大庆油田

目 录

第一章 概述	(1)
一、开发前的准备.....	(1)
二、油田开发方案编制与开发程序.....	(1)
三、油田开发地质管理.....	(3)
第二章 油田开发的准备阶段	(5)
一、详探阶段油藏研究的内容.....	(5)
二、开辟生产试验区 and 钻开发资料井.....	(7)
第三章 石油与天然气储量计算	(9)
一、关于油气储量的分级分类.....	(9)
二、地质储量计算方法	(13)
第四章 油田开发方案的编制 and 开发程序	(19)
一、油田开发的方针 and 原则	(19)
二、编制开发方案的依据 and 内容	(19)
三、合理开发油田的程序	(20)
四、油田开发方案编制的步骤 and 方法	(20)
五、先钻井后定注采井别, 合理有效地开发不稳定油层	(25)
六、射孔方案的编制	(26)
七、在开发方案中对钻井完井工艺 and 采油工艺应有明确的要求	(27)
八、编制分层注水方案	(27)
九、分层配产配注方案的编制	(28)
十、开发方案的实施 and 调整	(32)
第五章 先导性矿场试验	(35)
一、根据不同开发阶段开展试验, 指导开发部署	(35)
二、中区西部生产试验区	(36)
三、开展小井距试验, 掌握注水开发规律	(38)
第六章 保持油层压力 with 早期注水	(40)
一、关于保持油层压力	(40)
二、注水开发油田的基本经验就是大打油田注水进攻仗, 实现油田长期高产稳产	(43)
三、国内其他油田注水开发状况	(45)
四、怎样注水	(46)
第七章 油层内油水运动规律	(48)
一、注入水在平面上总是首先沿着厚层下切带水淹	(48)
二、油水运动的过程就是产量转移接替的过程	(50)
三、由厚层下切带向边部驱油开发效果好	(50)
四、厚油层内部的水淹特点	(52)

五、中低渗透率油层含水上升慢、水淹厚度大、开采效果要好一些	(53)
第八章 大庆油田的开发过程与调整挖潜	(56)
一、开发过程与阶段划分	(56)
二、开发层系、井网和注采系统	(59)
三、调整挖潜	(62)
四、油田的最终采收率	(66)
第九章 油田高含水期开发特点、调整措施及对钻井与地面流程工艺的要求	(70)
一、高含水期油田开发的特点	(70)
二、高含水期油田开发调整的主要措施	(73)
三、高含水开发阶段对钻井、地面流程工艺技术的要求	(76)
四、高含水期油田开发的几个主要技术界限	(79)
第十章 大庆油田独树一帜的砂岩体研究	(86)
一、油砂体的地质特征	(86)
二、油田开发中油层细分沉积相的研究及应用	(91)
第十一章 采油工艺技术	(95)
一、分层注水工艺	(95)
二、分层采油工艺	(95)
三、分层改造工艺	(96)
四、机械采油工艺技术	(96)
五、分层测试工艺	(97)
六、油、水井套管大修工艺技术	(97)
七、非常规井采油技术	(98)
八、三次采油技术	(98)
第十二章 地球物理测井在采油工作中的应用	(99)
一、用放射性同位素载体法测分层吸水量	(99)
二、用油井涡轮产量计测分层产液量	(101)
三、用井下油水比例计找油井出水层位	(104)
四、用放射性同位素测井检查套管外窜槽	(105)
五、用井温测井找油井出气层位	(106)
第十三章 油田开发地质管理	(109)
一、油田动态分析方法	(109)
二、油田分层开采分层管理	(124)
三、注水井的管理	(130)
四、油水井改造与管理	(135)
五、井下技术作业地质管理	(137)
第十四章 岩心资料的科学化管理	(140)
一、岩心	(140)
二、取心目的	(140)
三、取心原则	(141)
四、岩心资料的科学化管理	(141)

第十五章 油田开发各项地质管理规范及取资料要求	(146)
第一节 大庆油田地下管理技术责任制	(146)
一、建立油田地下分级岗位责任制.....	(146)
二、建立了“井下作业工作条例”.....	(149)
三、油田储量计算明确了分工.....	(150)
第二节 大庆油田的《岗位责任制度》和《加强基层建设的八条要求》	(151)
第三节 油田动态管理	(152)
一、建立了油田动态管理制度.....	(152)
二、组建小层攻关队猛攻分小层的油田动态技术.....	(153)
三、油田动态分析发展为“五级三结合”的动态分析方法.....	(154)
第四节 管理好油田的标准	(154)
第五节 松辽地区地质资料规格和地质工作制度	(157)
一、取资料规格.....	(157)
二、地质业务制度.....	(165)
第六节 大庆油田勘探开发的主要地质技术规范——要解决的 20 个地质问题、要取得的 20 项资料 72 项数据和四全四准	(166)
第七节 大庆油田开发地质、采油人员观察须知和四全四准具体要求	(168)
一、观察人员须知.....	(168)
二、四全四准的具体要求.....	(174)
第八节 关于“地下警察”的任务与条件	(177)
第九节 大庆油田油水井井下作业验收制度与标准及压井施工规定	(184)
一、大庆油田生产办公室关于油水井压裂、下双管采油、化学堵水、下配产管柱及注水井酸化的验收制度及验收标准（试行）.....	(184)
二、大庆油田生产办公室有关压井施工的几项规定.....	(187)
第十节 大庆油田关于加强井下作业中地质工作的几项规定	(188)
第十一节 大庆油田关于油井封隔器堵水（配产）地质设计的几项规定	(189)
第十二节 大庆油田井下作业质量标准及取资料规格	(190)
第十三节 油藏研究应抓好的几项工作、油藏研究资料提纲和关于编制油田开发方案、调整方案的技术要点	(192)
一、努力提高开发方案和开发调整方案的设计水平.....	(192)
二、搞好现场开发试验.....	(192)
三、发展新的开发地质技术方法.....	(192)
四、开发总地质师的责任.....	(193)
五、油藏研究资料提纲.....	(193)
六、关于编制油田开发方案和调整方案的技术要点.....	(196)
第十四节 注水开发油田必须取好取全的 36 项资料	(202)
第十五节 注水开发油田进行加密调整应准确取好的资料数据	(203)
一、编制加密调整方案前应取好的资料数据.....	(203)
二、编制加密调整井方案前应分析的几个问题.....	(204)
三、钻加密调整井时应取好的资料数据.....	(205)

第十六节 三次采油调查需要取得的 6 个方面 43 项资料	(205)
一、油层岩石性质	(205)
二、原油性质	(206)
三、水的性质	(206)
四、油藏性质	(206)
五、开发情况	(207)
六、其他	(207)
第十七节 提高油田采收率现场开发试验暂行规定	(207)
第十八节 关于简化中小油田地面建设的意见	(208)
第十九节 大庆油田油井资料十全十准暂行规定	(210)
第二十节 原石油工业部关于对取全取准测井资料的若干暂行规定	(211)
第二十一节 大庆油田生产测井资料质量标准	(212)
一、生产测井资料质量标准	(212)
二、资料交接及付款制度	(212)
三、生产测井各项目资料价格	(213)
四、井场应具备的测井条件	(213)
第二十二节 大庆油田关于统一计算油田、区块地层压力和总压差的方法	(213)
第二十三节 大庆油田关于今后补钻调整井的原则及检查井、调整井的命名	(214)
一、关于今后补钻调整井的原则	(214)
二、关于检查井、调整井的命名及有关井名称的更改	(215)
第二十四节 大庆油田关于确定油层中部深度原则的规定	(215)
第二十五节 大庆油田关于在老开发区钻调整井对钻井质量的要求	(216)
第二十六节 原石油工业部关于加强油（气）储量管理和研究的规定	(217)
第二十七节 高产稳产采油队（矿）技术指标	(218)
第二十八节 采油队开发管理指标的暂行规定	(219)
第二十九节 原石油化工部关于地质资料上报的规定	(219)
第三十节 大庆油田高产稳产采油队评比办法	(220)
第三十一节 美国威明顿油田地表下沉与防治	(222)
参考文献	(224)

第一章 概 述

本章较系统地阐述了砂岩油田的开发程序和地质管理方面内容。

一、开发前的准备

这个阶段首先叙述了详探阶段油藏研究的内容,即开发人员参加详探工作的全过程。第一是与勘探人员一起编制详探设计,取全取准第一性资料,搞好油藏综合研究,为编制油田开发方案做好准备。第二是开辟生产试验区 and 钻开发资料井。开辟生产试验区是大庆油田在开发工作上的创举。开辟生产试验区的目的是用“解剖麻雀”的方法,在油田上突破一点,深入认识油田地质规律,掌握油层性质和开采过程中油气水的运动规律;研究油井开采特点和油层吸水能力,以及掌握采油工艺和集输工艺的方法等。通过生产试验区,为确定开发层系、开发井网、注采系统和开采方式等提供实践依据。

第三是储量计算。石油及天然气储量是编制油田开发方案、确定油田建设规模和国家投资的重要依据。也是指导油田进一步勘探、开发部署和国家长远规划的重要依据。因此,对储量工作必须严肃、认真、实事求是,以科学的态度反映地下的客观情况。储量计算主要是介绍储量的分级分类、计算方法和各项参数选取的依据。

二、油田开发方案编制与开发程序

这部分内容较系统地阐述了油田开发的全过程。即从油田开发方案编制、先导性矿场试验、早期注水保持油层压力、开发过程中油水运动规律、开发调整与挖潜、高含水期的开发特点和调整措施、砂岩体研究、采油工艺技术及地球物理测井在油田开采过程中的应用等。

1. 油田开发方案编制和开发程序

首先重点系统地论述了油田开发方案编制的步骤和方法。即从研究油田的地质特征和动态规律入手,客观地认识并掌握油田构造的特点、油层分布的特征、油、气、水分布的规律、油藏储量分布的状况及油层内油气水的运动规律和生产特点。

第二,在上述认识的基础上,再进行开发层系的划分和组合。

第三,选择开发方式,即依据什么能量开发油田。这就要从油田地质的实际条件出发。如果是注水开发,则要选择注水时间、注水方式、合理井网的布置等。

第四,先钻井,然后再定注采井别,合理有效地开发不稳定油层。即基础井网完钻后,首先研究油砂体的分布,暂不确定注水井和采油井的井别,完钻后,根据油砂体的形态、油层厚度及渗透率的变化,再具体选择合适的注水井和采油井的相对位置,组成合理的注采系统。在此基础上,再射孔投产。这种做法是大庆油田从开发实践中总结出来的经验。

第五,是编制射孔方案。按开发方案钻完井后,暂不射孔,先进行油层研究,搞清地质规律,根据油层实际情况,编制射孔方案后再射孔投产。

第六,是在开发方案中对钻井完井工艺要有明确的要求。如钻井液的选择、井径和完钻深度、井身结构、套管防腐措施、井口设备技术规范 and 安装要求等。同时也要对采油工艺提出要求,即是采用自喷开采还是抽油开采?对注水压力、工艺、清蜡、油层改造等都有具体的要求。

第七,编制注水方案和分层配产配注方案。

第八,对开发方案的实施和调整。

油田开发方案要想达到符合地下的实际情况,就要在实施中深入研究,进行逐步调整和完善开发设计。调整的对象主要包括开发层系、注水方式、井网、井别、射孔密度、低产区等。

2. 先导性矿场试验

超前进行先导性开发工艺试验的目的是超前认识油田开发的技术难点,从而超前组织科技攻关,做好开发前的工艺技术准备。大庆油田开发 40 年来,先后组织过一百余次油田开发矿场试验。如中区西部生产试验区、小井距试验区、表外储层开采试验等。这些试验,为编制油田开发规划、开发方案、实现油田高产、稳产提供了科学依据,并取得了巨大的开发效益。

3. 保持油层压力和早期注水

油层压力是驱油的动力。根据大庆油田的具体情况,油田投入开发后,就必须制定一条开发原则,即早期内部注水保持油层压力采油的开发原则。实践表明,保持油层压力开采是符合大庆油田地下实际情况的。保持油层压力是油田长期高产稳产的基础,所以,对注水开发油田的基本经验就是打注水进攻仗,实现油田长期高产稳产。从国内其他注水开发的油田开发状况也证明了这一点。

4. 油层内油水运动规律

掌握油水运动规律,充分发挥注入水的作用,对保持油田稳产、提高开发效果是十分重要的。根据大庆油田的开发实践表明,注入水在平面上首先是沿着厚油层底部水淹;油水运动的过程就是产量转移接替的过程;由厚油层底部向边部驱开发效果好;厚油层内的油层非均质性是决定水淹厚度大小的重要因素;中低渗透层含水上升慢,水淹厚度大,开采效果要好一点。

5. 大庆油田的开发过程和调整措施

根据大庆油田的开发实践,大体可分为 3 个大的开发阶段。

第一阶段是以主力油层为主要开采对象的高产稳产阶段,第二阶段是中低渗透率油层接替稳产阶段,第三阶段是高含水开采阶段。

在开发层系、井网和注采系统上,大庆油田根据不同地区的特点,先后编制了三十多个开发方案和调整方案,在开发层系划分上有 5 种类型。在井网大小上,由注采井距 250~300m 的井网到 1100~1000m 的大排距井网。在注水方式上,有行列注水、四点法面积注水和反九点法面积注水方式 3 种形式。在调整挖潜方面,主要应用平面沉积相带图为划分与调整挖潜接替稳产的基本单元;因势利导,强化开采好高渗透层;在河床砂体部位堵水和点状堵水,逐步形成高注低采、厚注薄采的注采系统;对河床下切带边部的中低渗透率油层还应通过补孔、压裂等挖潜措施实现接替稳产;对大片分布的中低渗透率差油层采用高压注水,油水井配套压裂措施,提高其生产能力。

6. 油田高含水期开发特点、调整措施及对钻井与地面流程工艺的要求

1) 高含水期油田的开发特点

(1) 各类油层将陆续由以提高波及体积为主的水驱阶段,进入到以提高水淹区内水驱油效率为主的水洗阶段。

(2) 油田含水上升率趋于减缓,但水油比增长速度很快。

(3) 油田采液指数将大幅度增加,采油指数将明显下降,产量递减速度加快。

(4) 地下油水分布进一步复杂化,剩下没有动用的油层部分更加零星分布。

(5) 高含水期油田的开采方式将由以自喷为主转变成为以机械采油为主。

(6)由于老井生产时间逐渐接近和达到井的使用寿命,再加上油田上进行高压注水等因素的影响,油水井套管损坏速度有急剧加快的趋势。

2)高含水期油田开发调整的主要措施

(1)在油田内钻加密调整井。

(2)改变开采方式。

(3)继续搞好以注水为基础的综合调整挖潜措施。

3)高含水开发阶段对钻井、地面流程工艺技术的要求

(1)对钻井的新要求:改造钻井工艺,改进射孔工艺等。

(2)对地面集输流程改造的新要求:主要是适应油田最大产液量的要求,要适应加密井网的要求,适应各种采油方式调整的需要,做到低能耗,努力减少总工程量的资金,搞好资源利用等。

4)高含水期油田开发的几个主要技术界限

(1)注水压力界限。

(2)油井井底流压界限。

(3)地层压力界限。

(4)油田高含水上升率界限。

7.大庆油田独树一帜的砂岩体研究

砂岩体研究,在油田开发过程中,通过油田开发加密井网,进一步深入了解砂岩体的形态、岩性、物性和含油性等特点,以及各砂岩体之间的分隔连通情况。通过生产实践和科研发现,大庆油田的萨、葡、高油层是由成千上万个砂岩体组成的。通过这些砂岩体形态分布和砂岩体内部非均质性的研究,做出砂岩体图。在油田开发过程中按砂岩体的分布、特点,进行布井和储量计算;另外还可以砂岩体为单元进行油田动态分析;同时砂岩体也是调整挖潜的重要地质依据。因此,对砂岩体的研究提高了油田的开发水平。

独树一帜的砂岩体研究,是大庆油田在油气勘探开发领域的独创,中国石油大学已将“砂岩体”理论编入大学教材《沉积岩》一书中。

8.采油工艺技术

采油工艺技术是提高油田开发效果的重要手段。大庆油田的采油工艺技术,从20世纪60年代开始至今,不断创新改造,为油田持续高产稳产发挥了重要作用。采油工艺技术主要包括分层注水工艺,分层采油工艺,分层改造工艺,机械采油工艺,分层测试工艺,油水井套管大修工艺技术,非常规井采油技术和三次采油技术。

9.地球物理测井在采油工作中的应用

地球物理测井在采油地质方面得到了新的应用。其特点是施工时效高、成本低、能较快地取得油水井的动态参数及检测井下技术状况等。主要方法有:用放射性同位素载体法测分层吸水量;用油井涡轮产量计测分层产液量;用井下油水比例计找油井出水层位;用放射性同位素测井检查套管外窜槽;用井温测井找油井出气层位等。

三、油田开发地质管理

1.油田动态分析方法

指出搞油田动态分析必须的基础资料,油田动态分析需要整理和编制的资料数据和图幅及油田动态分析的基本内容和方法等。

2. 油田分层开采、分层管理

介绍了分层管理的规范及取资料的要求等。

3. 注水井的管理

- (1) 把好注入水的水质关。
- (2) 把好平稳操作和平稳注水关。
- (3) 指示曲线的测试和应用。
- (4) 管好封隔器。

4. 油水井的改造与管理

- (1) 注水井改造。
- (2) 注水井管理。

5. 井下技术作业地质管理

- (1) 地质管理的内容及范围。
- (2) 地质设计方案的内容。
- (3) 掌握设计方案的方法。

6. 岩心资料的科学化管理

- (1) 取心目的。
- (2) 取心原则。
- (3) 岩心资料的科学化管理。

管理是科学,管理是生产力。这已被实践所证实。从大庆石油会战开始,原石油部党组就号召大庆油田广大职工全党办地质、全民办地质,要搞百万次分析,百万次对比,把地下油层情况搞得清清楚楚……。因为若地下情况搞不清楚,第一性资料不全不准,将直接影响开发效果。原大庆石油管理局局长李虞庚在庆祝大庆石油会战 20 周年总结中提到:“大庆 20 年来开发的主要做法和要点有 7 条。其中第一条就是大搞调查研究,取全取准大量的第一性资料,立足于对油层的确切认识。”

本书记录了大庆油田在开发地质管理方面,各个阶段制定出的地质工作责任制和取得资料要求、规范等。这些规范、制度、要求对油田全面稳产和提高开发效果起了重要的作用,至今仍具有可操作性和适用性。

第二章 油田开发的准备阶段

一、详探阶段油藏研究的内容

一个构造或地区在发现工业性油气流之后,就进入详探阶段。开发人员应该参加详探工作的全过程,和勘探人员一起编制详探设计,取全取准第一性资料,搞好油藏综合研究,为编制油田开发方案做好准备。

(1)详探阶段要通过地震细测、钻详探井和取心资料井、测井、试油和生产试验等方面的工作,搞清以下 10 个问题:

①地层层序和接触关系;

②地层剖面中对钻井工程有较大影响的浅气层、高压水层、易塌层、易膨胀层、膏盐层等特殊岩层的地质情况;

③储油层构造特征,包括褶皱、断层、裂隙特征等;

④储油层的岩石性质、孔隙分布特征及储油物性特征;

⑤纵向上油、气、水层分布情况,平面上和油层内部油、气、水分布关系;

⑥油、气、水的物理化学性质;

⑦油层压力和温度;

⑧油层生产能力和吸水能力;

⑨油藏驱动类型和驱动能量;

⑩水文地质特征和地下水动储量。

在搞清上述问题的基础上,对油藏进行综合研究,并计算油气储量。

(2)凡是发现工业油流的地区,应立即进行地震细测。地震细测的目的主要是查明油藏构造情况,以使用较少的探井、资料井完成详探任务。

地震细测的测线密度,应根据构造特点具体确定,一般应达到 $2\text{km}/\text{km}^2$ 以上。

地震细测的结果,应达到目的层构造形态清楚,断层情况清楚。对构造较简单的中深油藏,要基本搞清断距大于 30m 的断层的分布情况;对于复杂的断块油藏,要划分出断块区;并结合探井资料,编制出主要储集层的构造图。

(3)详探阶段必须钻取心资料井,一般情况下相距 2~3km 就要布置 1 口井。

每口资料井要对含油层段全部取心,岩心收获率要在 90% 以上。地质储量大于 5000 万 t 的油田,必须钻油基泥浆取心井或密闭取心井,取得原始含油饱和度和其它有关资料。

对岩心应进行系统的分析和实验研究工作:

①砂岩储油层要按每米不少于 10 块的样品密度,系统测定有效孔隙度(部分样品同时测总孔隙度)、渗透率(部分样品同时测水平和垂直渗透率)、油水饱和度、颗粒粒度和矿物成分、胶结物成分及含量、胶结类型、并鉴定粘土矿物。

砾岩储油层必须用全直径大岩心样品进行测定。碳酸盐岩储油层要详细研究孔、缝、洞特征。要做薄片、揭片、铸模、扫描电镜、微波探测等观察鉴定工作。

每口取心资料井都要根据分析实验资料编制完整的综合柱状剖面图。

②每个油田要按储油层类型,分区、分块进行油层物理基础实验。包括:研究孔隙结构,测定润湿性、毛管压力曲线和相对渗透率曲线,开展室内水驱油实验,研究驱油效率及水驱后油层结构及粘土矿物的变化等。

③对原油性质变化较大部分(如油气界面、油水界面附近),应利用岩心抽提原油进行微量油组分分析,细致了解原油性质的变化。

岩心应有严格的保管制度。在油田研究单位建设岩心库,由专人统一保管,一般至少保存20年。岩心的销毁必须经油田总地质师批准。岩心取样、选择要有严格的管理制度。具重要化石、沉积现象和其它地质现象的岩心,必须由岩心库保存或陈列,任何人不得据为己有。

对于搞乱岩心,损坏岩心,或丢失岩心的行为,要给予严肃处理。

(4)搞好测井工作,建立本油田的测井系列和各种解释图版。

详探井要尽可能采用多种测井方法,研究确定符合本油田地质特点的测井系列。

测井系列应能满足以下地质研究的要求:

- ①判断油层、气层、水层及干层;
- ②定量解释孔隙度、渗透率、含油水饱和度;
- ③划分渗透层、裂缝段、有效厚度、隔层及其它特殊岩层;
- ④地层对比、沉积相研究等。

基本测井系列应为:电阻率测井系列,孔隙度测井系列,以及完井工程测井。每个油田都要进行地温梯度测井,其它测井方法根据油田具体特点确定。

测井仪器必须标准化。

(5)详探井和资料井都要系统分层试油,通过试油要搞清楚。

①油、气、水分布。详探阶段试油工作的目的,首先是搞清油、气、水的分布。特别在油气界面和油水界面处,必须要有足够的分层试油资料。为此,要根据这个要求来确定试油层位。既不允许油、气、水层混在一起大段合试,又不要在含油层段中分层过细,层次过多。

②油气产能。详探阶段主要了解整个含油层段的生产能力。当层段过厚,层位过多时,应分段测试,但不要求单层的生产能力。试油中不能以初期放喷、瞬时折算的办法定产,要取得不同压差下的稳定产量,并计算采油指数。低产油层要进行增产措施,求得改造后的产能。

③原始油层压力及各层组、区块的压力系统。详探井尽可能先测压后求产,测得真实的原始油层压力。求产后,一般都要用高精度压力计测压力恢复曲线,计算油层流动系数、导压系数和有效渗透率。断块、岩性油藏要运用测压资料研究油藏边界条件。

④油、气、水性质。要进行地面脱气原油性质和地层条件下油气高压物性全分析。含蜡原油要测定析蜡温度。高粘度原油要测定温度—粘度曲线,并研究流变特性。凝析气田要测定相态平衡图。气顶气、夹层气、溶解气要分别测定相对密度、组分。地层水除一般全分析外,要注意稀有元素的测定。

⑤边水、底水能量。在油藏的边水或底水部位,必须选择一定数量探井进行试水,试水井需测压、求产。

详探井应自下而上逐层上返试油。当获得工业性油气流后,仍然要继续上返,搞清整个剖面的油、气、水分布。不应给试油井安排产量任务,以免影响试油资料的取得。

试油工艺应尽量采用新技术,提高试油效率。

二、开辟生产试验区 and 钻开发资料井

在初探阶段,仅探明了油田的分布面积和轮廓状况,还必须经过详探阶段,进一步了解油层特点,进行开发准备与过渡,才能正式投入开发。

1. 开辟生产试验区

开辟生产试验区的目的是:用“解剖麻雀”的方法,在油田上突破一点,取得经验,指导油田的开发。试验区大小视油田具体情况而定。

(1) 生产试验区的任务是:

第一,通过对油层静态资料的重点解剖,深入认识油田的地质规律,摸清油层的组成及其分布状况,掌握油层性质的变化,为编制开发方案提供可靠的地质依据。

第二,通过开发试验,比其它区先走一步,研究油田动态,深刻认识在开采过程中油、气、水的运动规律,为新区开发部署提供生产实践依据。

第三,通过试采,研究油井开采特点,天然能量消耗和补给情况。

第四,通过试注,研究油层开始吸水时的压力、吸水能力,试验注水工艺流程。

第五,试验开发初期的集输工艺、采油工艺、油层改造的技术条件和效果。

通过生产试验,为确定开发层系、开发井网、注采系统、开采方式等提供实践依据。

(2) 在取得大量齐全准确的第一性资料数据的基础上,搞好油藏综合研究。

油藏研究要贯穿于详探阶段的全过程,随着资料的逐步积累,要反复研究,不断深化。

油藏研究,首先要确定油藏类型并要对油藏的含油部分、含气部分和含水部分进行全面的,对油藏建立起整体的概念。要把石油地质与油藏工程结合起来。特别要加强油层物理实验研究,了解储油层的孔隙结构,油水在孔道内的原始分布状态,岩石表面对油水的润湿特性;研究在水驱油过程中油层物理性质的变化,以及毛管力、粘滞力、重力和驱动力之间的演变关系,为确定油田开发技术界限提供依据。

(3) 开辟生产试验区的基本原则是:

①生产试验区的位置和范围对全油田应具有一定的代表性。通过试验区认识的油层分布规律、流体性质及注水后的油、水运动规律对全油田应有较普遍的指导意义。因而试验区的位置不应过于靠近油田边缘,所开辟的范围也应占油田总面积的一定比例;

②应保证生产试验区具有一定的独立性。要把试验区对全油田合理开发的影响降低到最小限度,又要保证邻区投入开发不致影响生产试验的继续进行。为此,在采用切割注水条件下,注水井排的切割方向和层系的划分,要慎重确定,既要考虑试验区的试验要求,又要考虑邻区开发和整个油田合理开发的要求;

③根据初探对油田的认识,参考国内外油田开发经验,确定生产试验区的开发方式、层系划分和井网等具体部署。确定开发部署时,既要考虑到先进与合理,又要考虑具有较普遍的实际指导意义;

④针对合理开发油田的关键问题,确定切实可行的试验项目。进行开发试验的过程中应

坚持系统、周密的观察研究,掌握油田开发的动态,深刻揭露油田开发中的问题和矛盾,尽早取得指导油田开发的实践依据。

2. 分区钻开发资料井

钻开发资料井的目的是:为了更深刻地掌握全油田的地质规律和准备扩大开发的地区。

钻开发资料井的主要任务是:

第一,全面了解各区的地质概况,核实油层参数,确定分井、分层的有效渗透率;求得储量计算所需的油层有效厚度、孔隙度和含油饱和度等重要参数,算出油田储量。

第二,将分区钻开发资料井的成果,结合生产试验区所认识的油层分布规律,由点到面综合研究,初步掌握新区稳定油层的特点和基本规律,为新区的开发部署和投入开发创造条件。

钻开发资料井的部署要求是:先在生产试验区的邻区布井,然后根据扩大开发区的需要,逐步向外钻探。

第三章 石油与天然气储量计算

油、气储量是勘探开发各个阶段的综合成果,是指导油气田进一步勘探、开发部署、确定投资规模和制定国家长远规划的重要依据,因此储量工作必须严肃认真、实事求是,科学地反映地下客观实际。特别是当今的改革时期,随着包干政策的落实,企业自主权逐步增加,油气储量的合理标定和油气田的合理开发更显得十分重要。近年来随着世界上油气勘探迅速发展,不同类型复杂油气田的不断发现,油气储量工作也有新的发展和改进。本章吸取国外油气储量工作的有益经验,结合我国近年来勘探开发的实践,对油气储量计算与管理的若干问题,提出一些改进的建议。

一、关于油气储量的分级分类

我国油气储量的分级分类,长期以来都套用前苏联的标准,近年来随着世界上油气勘探开发的发展和我国对复杂油、气田勘探、开发的实践,老一套的分级分类已不适应工作的需要,必须进行修改、补充,一些新概念需要贯彻到勘探、开发工作中去。按照勘探程序,根据勘探程度和对地下认识程度的差别,建议形成一个资源—储量系列,划分为资源量、预测储量、控制储量、探明储量。

1. 资源量

这是经过地质、物探普查后对沉积盆地综合评价的最终成果,是未经钻探或钻探未获油气层或油气显示前对各种类型具有含油(气)远景的圈闭、构造带、凹陷,用圈闭法或生油量法估算的储量,国外常称为远景储量或推测储量(Potential Reserves or Speculative Reserves),我们称为资源量(Resources),以便与储量相区别。资源量是提供钻探预探井、参数井或编制长远规划的依据。

2. 预测储量

经过地震及其他物探工作普查的地区,一口或几口探井获油气层或油气显示的圈闭,按圈闭法估算的储量,或在已获工业油气流构造带内的邻近圈闭(或断块)两者地质条件基本相同,按圈闭法估算的储量也可定为预测储量。对于岩性油藏已有若干探井获得工业油气流,其周围根据地震详查和沉积相研究预测周围同类型的油气藏估算的储量也可定为预测储量。已开发油气田根据邻区已知资料预测的新含油层系也可定为预测储量。预测储量是提供进一步预探和地震详查的依据。

3. 控制储量

经过地震及其他物探工作详查的地区,一口或几口探井在一个或几个圈闭获得工业性油气流,经过测试已初步了解产油(气)层位的储集层岩性、物性、流体性质和油层压力。但油(气)藏地质特征还未完全探明,其油气藏的边界是由各种资料推测圈出的,储量计算采用的参数是根据少量的钻井、测井、试油资料确定的,或通过邻区类比确定,计算的储量精度较低,是提供进一步进行地震精查和评价性详探的依据,在滚动开发的复杂油田,控制储量与探明储量一起作为油田建设规划的依据。已获工业油流圈闭内解释为可能油层、油水同层、含水油层、差油层、致密油层等计算在控制储量级别中,经过进一步工作后予以升级或否定。

4. 探明储量

探明储量是在发现井发现油、气藏工业性产量后,经过地震详查、细测,对该油气圈闭的规