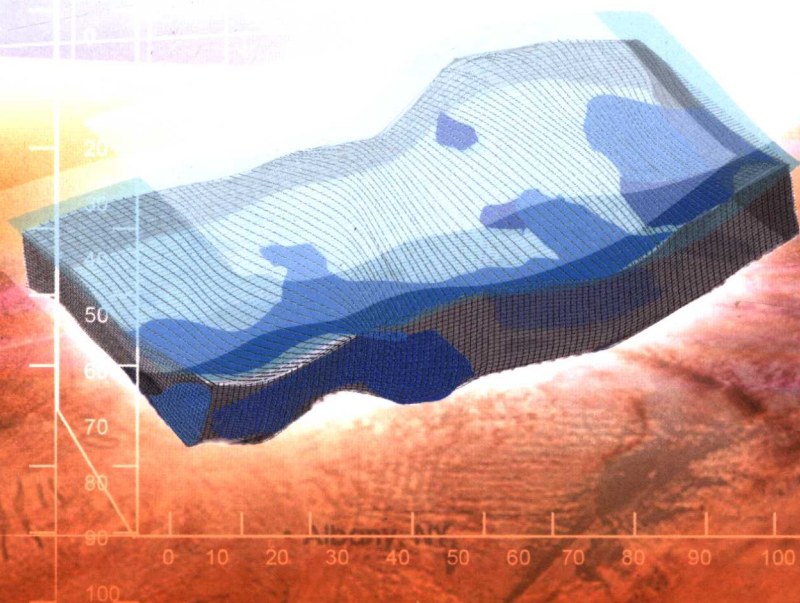




石油高职高专规划教材

油藏工程

廉庆存 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油高职高专规划教材

油 藏 工 程

廉庆存 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是一部油藏工程基础理论及其应用的教科书,简要介绍了油田开发设计、试井、油藏评价、油藏的经营管理、油田开发技术经济评价的方法,重点介绍了油田开发分析中的物质平衡方法、经验分析方法及开发分析实例。

本书除作为高职高专院校石油开采技术专业的教学用书外,还可作为矿场石油开采技术人员的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

油藏工程/廉庆存主编.
北京:石油工业出版社,2006.8
(石油高职高专规划教材)
ISBN 7-5021-5586-4

- I. 油…
- II. 廉…
- III. 油田开发-高等学校:技术学校-教材
- IV. TE34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 068085 号

出版发行:石油工业出版社
(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)
网 址:www. petropub. com. cn
发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店
印 刷:石油工业出版社印刷厂

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷
787×1092 毫米 开本:1/16 印张:18
字数:456 千字 印数:1—2000 册

定价:25.00 元
(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)
版权所有,翻印必究

前 言

本书是根据中国石油教育学会、石油工业出版社 2005 年 5 月云南丽江会议及 8 月山东胜利职业学院会议讨论制定的高等职业教育油气开采技术专业《油藏工程》教学大纲编写而成的。

油气开采技术专业的培养目标是:培养拥护党的基本路线,适应石油开采工作生产、建设、管理、服务第一线需要的,德、智、体、美全面发展的高等技术应用性专门人才。《油藏工程》是油气开采技术的重要组成部分,是专门研究油田开发方法的一门综合技术学科。它综合运用油藏地质、油层物理、渗流力学和采油工程等方面的成果以及所提供的信息资料,应用有效的开采机理和工程方法来预测和分析油藏未来的开发动态,并根据预测结果提出相应的技术措施,以获得最大的经济采收率。

作为油气开采技术专业的专业课,《油藏工程》应满足以下要求:(1)必须充分体现培养目标;(2)必须突出高等性和职业性;(3)教材内容的选取必须充分反映现代科技和生产发展水平,体现先进性;(4)必须密切结合矿场实际,体现实用性;(5)必须与社会认可的职业资格证书制度相衔接,与职业资格标准相适应;(6)教材的编写形式与内容排列应尽可能适合“讲练一体化”教学法的要求。另外,还要注意教材的层次、逻辑、规范性等。《油藏工程》教材正是按上述要求进行编写的。

本书分为八章,概括地介绍了油田开发的总体布局,全面地介绍了试井、油藏动态分析和预测的基本原理和方法,并且对现代油藏经营管理基本概念、基本过程以及对油田开发经济评价的基本方法作了介绍,为分析油藏生产动态,使油藏以最优的生产技术指标及最佳的经济效果生产提供方法和依据。本书需讲授 70 学时,带*号的为选学内容。

本书编写有以下几个特点:一是系统性,即在原理叙述上和基础理论的运用上注意其科学、严密和系统性,使学生通过学习对油藏工程有比较系统的了解。二是力求具有先进性,把近年来国内外有效而应用较好的一些方法如动态预测方法、现代油藏经营管理、改善油田开发效果等融入教材。三是实用性。为了培养学生的职业能力,使学生达到学以致用目的,在编写时密切结合矿场实际,各种概念和方法尽可能有油田实际背景。同时以大量的篇幅列出了油田生产中的资料与生产性计算和分析,所有例题和练习题均选自油藏实际。四是规范性。全书采用统一的国际单位制,符号都按标准注释。五是注意学生基本技术技能的培养。如把开发分析实例单列一章,采取边讲边练的形式,以培养学生收集、处理、分析数据的能力。

本书由石油高职高专院校联合编写:绪论、第六章由山东胜利职业学院廉庆存编写,第一章由天津工程职业技术学院杨艳丽编写,第二章由重庆科技学院唐洪俊编写,第三章由山东胜利职业学院张俨彬编写,第四章由渤海石油职业学院白君孝编写,第五章由大庆职业学院潘晓梅编写,第七章由天津石油职业技术学院刘红兵编写,第八章由山东胜利职业学院刘惠编写。

全书由廉庆存教授任主编,唐洪俊、白君孝副教授任副主编。胜利油田有限责任公司孙孟茹教授级高级工程师任本书主审,提出了许多宝贵的修改意见,在此表示感谢。

在编写过程中,我们参考了大量的文献,其中一部分已在书后参考文献中列出,在此对这些作者和未被列出文献的作者表示深切谢意。

由于编写人员水平有限,书中难免有不妥之处,希望使用此教材的师生及读者提出批评并给予指正。

编者
2006.4

目 录

绪论	1
第一章 油田开发简介	4
第一节 油田开发前的准备阶段	4
第二节 油田开发方针、原则及层系划分	7
第三节 砂岩油田的注水开发	15
* 第四节 油田开发方案编制简介	26
第五节 复杂油田的开发	32
习题	37
第二章 试井分析方法	38
第一节 油井稳定试井	38
* 第二节 气井稳定试井	44
第三节 不稳定试井的概念和原理	53
第四节 油井压力恢复试井	57
* 第五节 气井压力恢复试井	67
* 第六节 现代试井分析方法	74
习题	76
第三章 油藏评价方法	78
第一节 油气藏的压力系统	78
第二节 油藏的驱动类型及其特征	79
第三节 储量评价	83
第四节 油藏采收率的计算方法	91
习题	96
第四章 油田开发分析中的物质平衡方法	97
第一节 物质平衡方法所需的基础资料和物性参数	97
第二节 封闭弹性驱动油藏的物质平衡方法	100
第三节 弹性—局部水驱油藏的物质平衡方法	103
第四节 溶解气驱油藏的物质平衡方法	116
第五节 综合驱动油藏的物质平衡方法	119
* 第六节 气藏的物质平衡方法	125
第七节 物质平衡方法评价	135
习题	137
第五章 油田开发分析中的经验方法	139
第一节 油田的主要动态指标	139

第二节	油田产量的递减规律及其应用	142
第三节	油田产量的衰减规律及其应用	158
第四节	油田的含水上升规律及其预测	164
第五节	油田稳产预测方法	178
	习题	182
第六章	油藏动态分析实例	185
第一节	油藏动态分析所需基础资料	185
第二节	现场油水井动态分析的基本方法及分析实例	186
第三节	水驱油藏含水上升的测算与分析实例	193
第四节	油藏压力动态的测算与分析实例	204
第五节	水驱油藏采收率的测算	208
	附录 B 油藏沙二 3 单元动态分析实例	214
第七章	油藏管理	222
第一节	油藏管理的内涵及基本要素	222
第二节	油藏的经营管理	224
第三节	油田开发生态分析	230
第四节	油田开发调整	232
第五节	油藏管理的技术发展	238
	习题	241
*第八章	油田开发方案的技术经济评价	242
第一节	概述	242
第二节	工程技术经济分析的理论基础	245
第三节	工程技术经济分析的常用方法	258
第四节	油气田开发方案经济评价的具体内容	268
	习题	278
	参考文献	279

绪 论

油田开发就是在已经确定具有开采价值的油田含油面积上,根据油田的实际情况、油层特性和流体渗流的客观规律,以提高原油最终采收率和最佳经济效益为目的,采用先进的开采技术、方法和最优的生产技术指标,把地下油气资源最大限度地采出到地面的全过程。

油藏工程是专门研究油田开发的一门综合技术性学科,是用流体在地下的渗流规律认识和研究油藏,用工程手段开发和改造油藏的一门综合性的应用技术学科。它研究的主要课题是科学、合理、经济地开发油田的问题,是从事油田开发和开采的技术人员必须学习和掌握的一门专业知识。

要把开发油田的工作搞好,首先要对开发的对象——油层及其油、气、水特性和流体在油层中的流动规律有深刻的认识;其次是要制订出适合于该油田的开发方案;同时,还要在开发过程中对油藏动态进行预测和分析,不断加深对油藏的了解,以完善油田开发方案,达到自始至终科学、合理地开发油田。

本书的内容主要包括油田开发设计基础、试井基础、油藏评价、油藏动态分析的基本方法、油藏管理、油田开发方案的技术经济评价等内容。本书的重点是研究油田开发过程中油田动态分析的基本原理和基本方法。

为了更好地学习本课程内容,有必要了解油田开发的历史及现状。

自从美国和前苏联等主要产油国先后于 1859 年及 1860 年开始采油以来,油田开采和开发业已经经历了 140 多年的发展过程。

油田开发的最初阶段是从第一个油田投入开发到 1930 年前后,这个阶段大约经历了 70 年。这一阶段的特点是开采技术和装备落后,油田数目少,油田面积小,油藏埋藏深度浅,未把油田看成是一个整体,而是一块一块地分割开采,增加产量的惟一办法就是靠钻井。

第二阶段是 1930 年到 1940 年前后。经过长时间的实践、探索和研究,石油科技工作者已认识到一个油田是不可分割的整体,有的国家已开始将油田作为一个整体来开发。因此,这个阶段的特点是把一个油田作为整体来考虑。在这一阶段中,油田开发基础理论发展迅速,并建立了油藏驱动能量学说。这一阶段,泰斯提出了弹性液体在弹性多孔介质中的不稳定渗流理论;R. J. 薛尔绍斯研究了井底取样器和测量所取样品物理性质的方法,包括压力—体积—温度之间的关系,饱和度与饱和压力,油中溶解气的总量,不同温度和不同压力下游离出来的气体量,以及原油在溶解气分离后的收缩度等。1936 年,他根据所得各种基础数据,首次导出物质平衡方程式(material balance equation),经过不断发展和完善,这一方法已成为进行油田动态分析的重要方法之一。

第三阶段是 1940 年到 1950 年前后。这一阶段的主要特点是进一步建立了油田开发的基础理论,同时进行了大规模的人工注水(artificial water driver),成为人们能动地进行油田开发和油田改造的重要标志。

在此期间,关于水驱油理论的研究工作获得重大成果。巴克莱、列维莱特等人连续发表了油、水两相和油、气、水三相流动的研究报告和论文,成为水驱油的理论基础。

在前人从事开发实践和研究工作的基础上,前苏联学者, A. Д. 克雷洛夫等人合著的《油

田开发科学原理》一书于1948年出版。该书综合运用了油矿地质学、地下流体力学和专业经济学的基本理论和基本方法,来研究和解决油田开发问题,从而建立了比较完整的开发理论。

第四阶段是1950年到现在,油田开发进入现代化发展阶段。其主要表现为:

(1)进入20世纪50年代后期,油田开发的科学原理和油田开发实践都得到了新的发展。作为油田开发理论基础之一的地下流体力学及其在油田开发设计计算和开发分析中的应用取得重要进展。在油田开发实践方面,不仅根据实际情况发展了边缘水,而且在1956年前苏联首次在罗马什金大油田采用了内部切割注水方式进行油田开发。这是油田开发史上的一个创举,它为大规模地进行人工改造油田打开了新的一页。

(2)各种先进的观察和测量仪器仪表以及模拟实验技术与装备的应用,大大加深了人们对油层及其中流体从宏观到微观的方面的认识,为深入揭示油层的性质和其中流体运动的规律,进而为油层改造创造了有利的条件。

(3)油藏模型以及油田开发的分析、调整方法得到迅速发展。各种数值模拟研究油层的方法,从20世纪50年代开始有了进一步的发展。特别是1953年美国人G. H. 布儒斯等人,首次把计算机应用于油田开发的研究之后,计算机在油田开发方面的应用有了迅速发展。1959年美国学者J. 道格拉斯和D. W. 皮斯曼等,应用数值方法和计算机求解了描述两相多维渗流的复杂偏微分方程组。此后,计算机在油田开发各个方面的应用,特别是在渗流规律研究方面的应用,都取得了重要进展。

(4)油田开发和采油的工艺技术取得了新的成就。进入20世纪60年代后,开始采用不同井网分采不同层系的新工艺。为了减少井数和投资,美国和前苏联还发展了一井分采不同层系的新工艺。与上述新技术相适应,还研制出各种先进的机械设备。

(5)提高采收率的研究取得重大成效。提高采收率的途径,是热力驱油和化学驱油,同时包括目前各种聚合物驱油、微生物驱油和物理法提高采收率方法等。

(6)油藏精细描述技术的发展和成熟,使得人们能够更加深入地认识油藏,确定剩余油分布,确定合理的开发井网和开发方式。

(7)油藏经营概念的提出与经营模式的建立,就是运用各种手段和方法从油田地质、油田开发、开采工艺、经济评价规划等多方面对一个区块进行整体系统的研究,对油田开采现状进行分析评价,提出相应的问题和相应的对策,采取一些有效的增产增注措施,提高油田的开采效益。

(8)钻井技术的进步,特别是水平井、定向井、丛式井和多分支井技术的应用,使得油田开发能更好地控制地下储量,开发一些特殊油藏和边际油田,以较少的投入获得最大的开发效益。

石油在世界各国都起着相当重要的作用,与政治、经济、军事等关系极为密切,所以各国都相当重视石油的开采,这也是近年来的石油开采方法和技术发展较快的原因。目前世界石油开采处于旺盛期。

我国是发现和利用石油最古老的国家。但是解放前我国石油的最高年产量是 32×10^4 t,1949年产油不到 7×10^4 t,仅有老君庙、延长、独山子和台湾四处天然产地,根本谈不上科学开发。解放后,先后发现了克拉玛依、大庆、胜利、辽河等一系列大油田,已探明可采储量30多亿吨。特别是近几年,陆地、海上有了新的发现,勘探开发形势喜人。我国的石油工作者经过长期的开发实践,在油田开发方面也取得了可喜的成绩,我国的油田开发事业已经跨入世界的先进行列。

由于油藏深埋地下,地下条件复杂多样,投入开发的油田中各种井网、管网、采输系统星罗棋布,油田开发工程是综合运用多学科的巨大系统工程,这就决定了油田开发工程是知识密集、技术密集、资金密集的工程。为此要求油藏工作者既要有丰富的经验与知识,又要有高度的责任感,科学、严肃、认真地对待每项开发技术工作。学习油藏工程的基本要求,就是能运用所学知识进行油藏工程的初步设计,进行油藏动态分析和预测,为油田开发经营服好务。

第一章 油田开发简介

一个含油气构造经过初探发现具有工业油流以后,紧接着就要进行详探并逐步投入开发。所谓油田开发,就是依据详探成果和必要的生产性开发试验,在综合研究的基础上,对具有工业价值的油田,按照国家或市场对原油生产的需求,从油田的实际情况和生产规律出发,制订出合理的开发方案,并对油田进行建设和投产,使油田按预定的生产能力和经济效果长期生产,并在生产过程中对开发方案不断进行调整和完善,使油田保持合理开发,直至开发结束的全过程。

一个油田的正规开发包括下面三个阶段:

(1)开发前的准备阶段。此阶段包括详探和开发试验等。详探就是运用各种可能的手段和方法,对含油构造或者一个预定的开发区取得必要的资料,进行综合研究,力求搞清主要地质情况和生产规律,并计算出开发储量,为编制开发方案作准备。在此基础上,进行生产试验。对于大型油田一般采取开辟生产试验区的方法进行;而在中小型油田上,可以采用试验井组或试验单元的方法进行。

(2)开发设计和投产阶段。在投入开发之前,利用准备阶段提供的资料,根据油藏的具体情况及技术、经济的需要,制订一个基本开发方案。包括对油层的研究评价、开采方式的选择、层系划分、井网布置及具体实施。

(3)开发方案的调整和完善。在投入开发之后,研究油田动态变化规律,并运用这些规律来调整和完善开发方案。该项工作在开发过程中要多次进行。

在实际中,由于各油田的具体条件相差较大,其勘探开发程序的具体环节是不尽相同的,必须结合实际情况制订,并在实施过程中,努力使开发方案趋于完善。

油田开发方案的制订和实施是油田开发的中心环节,必须切实、完整地对各种可行的开发方案进行详细制订、评价和全面的对比,然后确定出符合油田实际情况、技术上先进、经济上优越的方案来。在实际过程中,尽管我们努力使油田开发方案趋于完善,但由于开发前不可能把油田各种地质情况都认识清,就不可避免地要在油田投产以后,出现一些原来估计不到的问题,其生产动态与方案设计不符合,加上国家对油田生产不断提出新的要求,就必须对油田开发方案进行调整,所以整个开发过程就是一个不断重新认识、不断调整和不断完善的过程。

本章主要介绍油田开发的方针原则、开发层系划分的知识和方法。由于我国各油田一般多采用早期注水保持压力的方式开发,故重点介绍注水开发的有关知识。

第一节 油田开发前的准备阶段

油田开发前的准备阶段主要工作一是详探,全面认识油藏;二是进行生产试验,认识油田的生产规律,为油田正式投入开发提供可靠的资料。

一、详探阶段的主要任务和方法

1. 详探阶段的主要任务

(1)以含油层系为基础的地质研究。要弄清全部含油地层的层序及其接触关系,各含油层系中油、气、水的分布,油层中盖层和隔层的性质,同时还要注意油层间是否有气夹层、水夹层、高压层和底水等。

(2)储油构造特征的研究。要求弄清油层的构造形态和圈闭条件,各层的连通情况,有无断层、断层的密封等。

(3)油层边界的性质以及油层天然能量、驱动类型和压力系统的确定。

(4)进行分区分层系的储量计算,在可能条件下进行可采储量计算。

(5)油井生产能力和动态研究。了解油井生产能力、出油剖面、产量递减、层间及井间干扰情况。对于注水井,必须了解吸水能力和吸水剖面。

(6)探明各含油层系中油、气、水层的分布关系,研究含油地层的岩石及所含流体的性质。

2. 详探阶段的工作方法

为了完成详探阶段的任务,必须运用各种方法进行多方面的综合研究,有次序、有步骤地开展各项工作。

(1)地震细测工作。在常规地震勘探的基础上,应进行加密细测,查明油藏构造形态和断裂情况,为确定含油带圈闭面积、闭合高度等提供依据。通常测线密度应在 $2\text{km}/\text{km}^2$ 以上。对断裂和构造复杂地区,测线密度应更大。

(2)详探资料井。它可以直接认识地层,这是详探阶段最重要、最关键的工作。原则上是尽量少打井,又能准确地认识和控制全部油层。在一般简单的构造上,相距 $2\sim 3\text{km}$ 一口井;复杂断块油田上,一口探井控制的面积可缩到 $1\sim 2\text{km}^2$,甚至更小。因此,对于详探资料井的井数确定、井位的选择、钻井的顺序及钻井过程中必须取得的资料等,都应作出严格的规定,并作为详探设计的主要内容。这些井有可能是今后的生产井,还要考虑与今后生产井网的衔接问题。

(3)油井试采。它是必不可少的一个重要步骤。通过试采暴露出油田在生产过程中的矛盾,以便在开发方案中加以考虑和解决。试采要为开发方案中某些具体的技术界限和技术指标提出行之有效的确定办法。

试采的主要任务是:①认识油井生产能力,特别是分布稳定的好油层的生产能力以及产量递减情况;②了解油层天然能量的大小及驱动类型和驱动能量的转化,如边水和底水活跃程度等;③了解油层的连通情况和层间干扰情况;④了解生产井的合理工艺技术和油层改造措施。此外,还应通过试采落实某些影响开采动态的地质构造因素(边界影响、断层封闭情况等),为今后合理布井和确定注采系统提供依据。有时在进行生产性观察之外,还必须进行一些专门的测试,如探边测试、井间干扰试验等。

从详探资料井和试采井获得的对油藏地质情况和生产动态的认识,是编制开发方案必备的基础。为了制定方案还必须预先掌握和了解在正规井网正式开发过程中,所采取的重大措施和决策是否正确和完善,而这些问题单靠详探资料井和试采井是不可能完全解决的。所以对一个大型油田,进行多方面、大规模开发试验是不可避免的。这些试验对于新开发区和大型油区非常重要。

二、油田开发生产试验区和开发试验

通过试采了解到较详细的地质情况和基本生产动态后,为了认识油田正式投入开发以后的生产规律,对于大型油田,在详探程度较高和地面建设条件比较有利的地区,首先划出一块有代表性的面积,作为生产试验区,并按正规的开发方案进行设计,严格划分开发层系,选用某种开发方式和井网布置,提前投入开发,取得经验,以指导全油田的开发工作。大油田开辟生产试验区,中小型油田开辟试验井组,复杂油田进行单井试验。其试验项目、内容和具体要求,应根据具体情况而定。

1. 选择生产试验区的原则

开辟生产试验区是油田开发工作的重要组成部分。如何正确选择生产试验区是油田开发工作不容忽视的问题,必须针对油田的具体情况,遵循正确的原则进行。

(1)生产试验区所处的位置和范围对全油田应具有代表性。试验区所取得的认识和经验具有普遍的指导意义。

(2)生产试验区应具有一定的独立性,对全油田开发的影响要最小,相邻区域也不要影响试验区任务完成。

(3)生产试验区的开发部署和试验项目的确定,既要考虑对全油田开发具备普遍意义的试验内容,也要抓住合理开发油田的关键问题。

(4)生产试验区也是油田上第一个投入生产的开发区。既要完成试验任务,也要完成一定的生产任务。因此在选择时还应考虑地面建设,要有一定的生产规模,以保证试验研究和生产任务同时完成,进展较快且质量较高。

2. 生产试验区的主要任务

(1)研究油层。

研究油层小层数目及连通情况、进行小层对比;研究各小层面积及分布形态、厚度、孔隙度、储量及渗透率大小和非均质情况,认识油层变化的规律,为层系划分提供依据;研究隔层的性质、分布情况。

根据获取的地质资料进行分析整理,作出二图一表,即小层平面图、油层连通图和小层数据表。

(2)研究井网。

研究布井方式、油水井的比例及井网密度,若是切割注水,还要研究切割距、井距和排距大小等;研究开发层系划分的标准以及合理的注采层段的划分办法;研究不同井网和井网密度对油层的控制程度;研究不同井网的产量、采油速度以及完成此任务的地面建设及采油工艺方法;研究不同井网的经济技术指标及评价方法。

(3)研究生产动态规律。

研究合理的采油速度及能维持油田在一定时期内稳定生产的最大产量;研究油层压力变化规律和天然能量大小;研究合理的地层压力下降界限和驱动方式以及保持地层能量的方法;研究注水后油水井层间干扰及井间干扰,观察单层突进(舌进、指进、锥进)、平面水窜及油气(油水)界面运动情况,掌握水线形成及移动规律,各类油层的见水规律。

(4)研究合理的采油工艺技术;研究适合本油田的增产和增注措施(压裂、酸化、防砂、降粘)方法及其效果。

以上是生产试验的主要任务,各油田都适用。但在实际上还必须根据各油田的不同地质条件 and 生产特点,确定针对该油田的一些特殊任务。如有天然能量的油田,就必须研究转注时间及合理注采比;有泥质胶结疏松砂岩的油田,很容易出砂,出砂是油田减产的主要矛盾,就要对有效防砂办法加以研究;而其他如断层对油水地下运动的影响,高渗透层、裂缝油田、特低渗透层、稠油层、厚层等的开采特点,都应结合本油田情况加以研究。

由于条件的限制,尽管生产试验区任务完成得很好,但仍是局部研究,如果区块选不好,更不能代表整个油田。它不可能进行一个油田尤其是一个大油田开发过程中所需要进行的多种试验,更不可能进行对比性试验。因此为了弄清各种问题,除生产试验区外,还必须进行多种综合的和单项的开发试验,为制定开发方案的各项技术方针和原则提供依据。

这些试验可分单项在其他开发区进行,也可选择井组、试验单元来进行。至于试验项目和名称,各油田情况不同,进行的试验项目差别很大。各项试验进行的方法和具体要求,同样也应根据具体情况制定和提出。这里只列出某些基本的和重要的试验项目,以供探讨。

3. 重要和基本的开发试验应包括的主要内容

1) 油田各种天然能量试验

这些能量包括弹性能量、溶解气能量、边水和底水能量、气顶气膨胀能量。应认识其对油田产能大小和稳产的影响,认识它们各自采收率的大小、各种能量及驱动方式的转化关系等。

2) 井网试验

包括各种不同井网和不同井网密度所能取得的最大产量和合理生产能力,不同井网的产能变化规律,对油层的控制程度以及对采收率和各种技术经济效果的影响。

3) 采收率研究试验和提高采收率方法试验

不同开发方式下各类油层的层间、层面和层内的干扰情况,层间平面的波及效率和油层内部的驱油效率,以及各种提高采收率方法的适用性及效果。

4) 影响油层生产能力的各种因素和提高油层生产能力的各种增产措施方法的试验

影响油层产量的因素很多,例如边水推进速度、底水突进、地层原油脱气、注入水的不均匀推进和裂缝带的存在等。要解决这些问题,提高油层生产能力,现场多采用油水井的压裂、酸化、大压差强注强采等措施。

5) 油田人工注水有关的各种试验

合理的切割距、注采井排的排距试验,合理的注水方式及井网,合理的注水排液强度及排液量,合理的转注时间及注采比,无水采收率及见水时间与见水后出水规律的研究等。其他还有一些特殊油田注水,如气顶油田的注水(老君庙油田)、裂缝油田的注水(克一乌大断裂附近)、断块油田的注水、稠油油田注水(克拉玛依、辽河油田)、特低渗透油田的注水等等。

总之,各种开发试验都应针对油田实际情况提出,在详探、开发方案的制定和实施阶段应集中力量早期进行。油田开发整个过程也是各种试验完善的过程,贯穿始终,不断寻求新的合理的试验,使整个油田开发趋于合理,以取得经验,指导全油田投入开发。

第二节 油田开发方针、原则及层系划分

一、油田开发的方针

正确的油田开发方针是根据国民经济对石油工业的要求和油田开发的长期经验总结制定

出来的,要服从“少投入,多产出”,确保完成原油产量的总目标。开发方针的正确与否,直接关系到油田今后生产的经济效果的好坏与技术上的成败。

制定油田开发方针应考虑以下几个因素:①采油速度,即以什么样的采油速度进行开发;②油田地下能量的利用和补充;③油田最终采收率的大小;④油田稳产年限;⑤油田开发经济效益;⑥各类工艺技术水平;⑦对环境的影响。这些因素往往是相互依赖又相互矛盾的,要统筹兼顾,全面考虑。根据国内外油田开发经验和国家能源需求情况,制定出科学的油田开发方针,并不断补充和完善。

二、油田开发的原则

合理开发油田的总原则应该是利用油田自然条件,充分发挥人的主观能动性,高速度、高水平地开发油田,以满足国家对石油日益增长的需要。必须依照对石油生产的总方针,根据市场的需求,针对所开发的油田的情况和现有的工艺技术水平与地面建设能力,制定具体的开发原则与技术政策界限。具体原则是:

(1)在油田客观条件允许的前提下(指油田地质储量、油层物性、流体物性),高速度地开发油田,保证顺利地完 成国家和油区按一定原则分配给它的计划任务。

(2)最充分地利用天然资源,保证油田获得最高的采收率。

(3)油田生产稳定时间长,而且在尽可能高的产量上稳产。

(4)具有最好的经济效益,用最少的人力、物力、财力,尽可能地采出更多的石油。

为满足以上原则,应对以下几方面的问题做出具体的规定。

1. 规定采油速度与稳产期限

一个油田必须要以较高的采油速度生产,以满足国家对能源的需求,同时要对稳产期或稳产期的采收率有明确的规定。二者必须根据油田的地质开发条件和采油工艺技术水平以及开发的经济效果来确定。这样油田类型不同,其规定也不同。稳产期的采收率一般标准是使原始可采储量的相当大部分在稳产期内采出。

2. 规定开采方式和注水方式

在开发方案中必须对开采方式做出明确规定,说明驱动方式、开发方式如何转化、什么时间转化及相应的措施。如果采取注水法开采,应确定注水时间及注水方式。

3. 确定合理的开发层系

开发层系是由一些独立的、上下有良好隔层、油层性质相近、驱动方式相近、具备一定储量和生产能力的油层组合而成的。它用独立的一套井网开发,是一个最基本的开发单元。当开发一个多油层时,必须正确划分和组合开发层系。一个油田用几套层系开发,是开发方案中的重大决策问题,是涉及油田基本建设规模大小的重大技术问题,也是决定油田开发效果的重要因素,因此必须慎重加以解决。

4. 确定合理的开发步骤

开发步骤是指从布置基础井网开始,一直到完成注采系统、全面注水和采油的整个过程中所必经的阶段和每一步具体做法。合理的开发步骤要根据科学开发油田的需要而具体制定,并要具体体现油田开发方针。通常应包含以下几个方面:

(1)基础井网的部署。基础井网是以某一主要含油层系为目标而首先设计的基本生产井和注水井。它也是进行开发方案设计时作为开发区油田地质研究的井网。研究基础井网,要

进行准确的小层对比,做出油砂体的详细评价,提供进一步层系划分和井网部署的依据。

(2)确定生产井网和射孔方案。根据基础井网,待油层对比工作完成后,依据层系和井网确定注水井和采油井的原则,全面部署各层系的生产井井网,编制射孔方案,进行射孔投产。

(3)编制注采工艺方案。在全面钻完开发井网后,对每一开发层系独立地进行综合研究,在此基础上落实注采井井别,确定注采层段,最后根据开发方案要求编制出相应的注采工艺方案。

5. 确定合理的布井原则

合理布井要求在保证采油速度的条件下,采用最少井数的井网,并最大限度地控制住地下储量,以减少储量损失。对注水开发油田,还必须使绝大部分储量处于水驱范围内,保证水驱控制储量最大。由于井网是涉及油田基本建设的中心问题和油田今后生产效果的根本问题,所以除了要进行地质研究外,还应采用渗流力学方法,进行动态指标计算和经济指标分析,最后做出开发方案的综合评价,并选出最佳方案。

6. 确定合理的采油工艺技术和增注措施

在方案中必须根据油田的具体地质开发特点,提出应采用的采油工艺手段,尽量采用先进的工艺技术,使地面建设适应地下实际情况,使增产增注措施充分发挥作用。

此外,在开发方案中,还必须对其他有关问题做出规定,如层间、平面接替问题,稳产措施问题以及必须进行的重大开发试验等。

三、油田开发层系的划分与组合

油层的层状非均质性是影响多油层开发部署和开发效果的最主要因素。合理划分与组合开发层系是从开发部署上解决多油层层状非均质性的基本措施。

实际上所发现的绝大多数油田属于非均质多油层或多油藏。我国克拉玛依油田就是其中之一。这些油层的特性彼此相差很大,开发过程中也会出现各种矛盾,不能同井合采。因此,在研究多油层油田开发的问题时,首先应认识划分开层系的意义,掌握划分开层系的原则和方法。

1. 开发层系划分的目的及意义

所谓开发层系的划分与组合,就是把特征相近的含油小层组合在一起,与其他层分开,用单独一套井网开发,以减少层间干扰,提高注水纵向波及系数及采收率,并以此为基础,进行生产规划、动态分析和调整。

1)划分开层系有利于充分发挥各类油层的作用

油田内各油层在纵向上由于沉积环境和条件不一样,可能造成岩石及流体性质有差异。若多层合采生产,必然要出现层间干扰,使油井产量下降;若高、低渗透层合采时,由于低渗透层的油流阻力大,它的生产能力往往受到限制;高、低渗透层合注时,注水量几乎全部被高渗透层吸收,高渗透层过早水淹或水窜,造成油井水淹,使采收率下降;若高、低压层合采,则低压层往往不出油,甚至高压层的油有可能向低压层倒流;稠油层和稀油层合采时,稠油层的生产能力也不易发挥出来。为了充分发挥各类油层的生产能力,必须划分开层系,这是实现油田稳产、高产、提高采收率的一项重要措施。

2)划分开层系是部署井网和规划生产设施的基础

确定了开发层系,一般就确定了井网套数(一般一套层系,一套井网),使研究和部署井网、

注水方式以及地面生产设施的规划和建设成为可能。每一个开发层系,都应独立进行开发设计和调整,如井网注采系统、工艺手段都需独立作出规定。

3)采油工艺技术的发展水平要求进行开发层系划分

多油层油田的油层数目有时高达几十个,开采井段有时也达数百米。采油工艺的任务就是充分发挥各油层作用,使他们吸水或产液均匀,往往需要采取分层注水、分层采油、分层控制的措施。由于目前分层开采技术水平有限,必须划分开发层系,更好地发挥工艺手段的作用,使油田开发效果更好。

4)油田高速开发要求进行开发层系划分

用一套井网开发一个多油层油田必然不能充分发挥各油层作用,尤其是当主要出油层较多时。为充分发挥油层的作用,就必须划分开发层系,这样才能提高采油速度,加速油田开发,缩短开发时间,并提高基建投资的周转率。

2. 开发层系的划分原则

根据国内外划分开发层系的经验教训,特别是老君庙、克拉玛依、大庆油田在层系划分方面的经验,合理组合与划分开发层系的一般原则是:

(1)一个独立的开发层系应具有一定的储量,以保证油井能满足一定的采油速度,并有较长的稳产时间和较好的经济指标。

(2)同一开发层系的各油层特性要相近,以保证各油层对注水方式和井网具有共同的适应性,减少开发过程中的层间矛盾及单层突进。油层性质相近包括:沉积条件、渗透率、油层分布面积、层内非均质程度等。例如各层渗透率级差不能超过4~5倍。

(3)各开发层系间必须有良好隔层,以便在注水开发的条件下,层系间能严格分开,确保层系间不发生串通和干扰。隔层厚度一般要求在5m以上。

(4)同一开发层系内油层的构造形态、油水边界、压力系统和原油物性应比较接近。例如原油粘度相差不超过3倍。

(5)考虑到分层开采工艺水平,开发层系不宜划分过长过细,这样既可少钻井,又便于管理,同时又减少了地面建设工作量,提高油田开发的经济效果。

(6)同一油藏中相邻油层应尽可能组合在一起,以便进行井下工艺措施,尽量发挥工艺措施的作用。

开发层系的划分,应根据油田开发的方针原则,结合油田的具体情况来定,并不是越细越好。若开发层系划分得不合理,或出现差错,将会给开发工作造成很大的被动,甚至要重新设计和部署油田建设,造成很大的浪费,给开发工作带来无穷后患。所以,开发层系的正确与合理划分是油田开发的一个基本部署,必须努力做好。

3. 开发层系划分的步骤

掌握了本油区探井、资料井、生产试验区或相邻油区的全部资料,并对所有资料进行归纳、整理和分析,进行深入的专题研究,搞清层系划分组合中的有关问题,研究有无必要划分层系。有了划分层系的必要性后,再研究划分层系的可能性,有了划分层系的可能性后,再研究如何合理划分,这是划分开发层系的中心任务。

根据我国具体的油田开发实践,在进行非均质多油层开发层系划分时,大体采取以下步骤进行研究。

1)研究油砂体的特性及对合理开发的要求,确定开发层系划分与组合的地质界限