

当代石油工业

科学技术

著
丛书

新楠
龙恽
穆裘

不同开发阶段的油藏描述

石油工业出版社

当代石油工业科学技术丛书

不同开发阶段的油藏描述

穆龙新 裘恽楠 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书针对油田不同开发阶段的特点和任务系统地论述了各阶段油藏描述的特点、重点内容、要求及经济有效的油藏描述技术和方法,提出了各阶段油藏描述的技术规范和精度要求及主要做法,总结了各种油藏描述技术的主要特点、研究方法和在油藏描述中的作用、解决的问题及世界油藏描述的新技术、新方法和新理论。

本书可供从事油藏描述、油田地质及相关学科的科研人员和领导参考,也可作为石油、地质高等院校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

不同开发阶段的油藏描述/穆龙新 裘恽楠著.
北京:石油工业出版社,1999.9

(当代石油工业科学技术丛书)

ISBN 7-5021-2733-X

I. 不…

II. ①穆…②裘…

III. 油藏描述

IV. P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 43676 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)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

850×1168 毫米 32 开本 3 印张 70 千字 印 1—5000

1999 年 9 月北京第 1 版 1999 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2733-X/TE·2148

定价: 10.00 元

普及石油科技知識
不斷提高職工素質

王濤



当代石油工业科学技术丛书

编辑委员会

主 任：石宝珩

副 主 任：蒋其圯 傅诚德

委 员：张家茂 程希荣 林长海 齐敬思

常务秘书：齐敬思

秘 书：张卫国 杨静芬 何 莉 谭忠心

序

21 世纪是一个知识经济的时代。科学技术特别是高新技术，在这个时代中将起着积极促进社会发展的作用，并改变和建立一些新的机制和观念。一些国际新动向表明，一个国家，一个民族，如果没有强大的经济基础和综合国力，在国际事务中就要处于极为不利的被动局面。因此，实施科教兴国，加速科技进步，促进经济发展是我国的基本国策。

中共中央总书记江泽民同志多次指出，发展社会生产力的决定性因素是人的因素，特别是各级领导干部的科学文化素质。因此，普及高新技术知识及先进的科学管理方法，反对伪科学、假科学是一项带有战略意义的任务。为此，石油集团公司有关部门经过两年多策划组织，邀请多位专家撰写的一套含多学科高新科技知识及管理方法的大型科普丛书《当代石油工业科学技术丛书》和广大读者见面了，这是我国石油发展史上的一件大好事，对提高广大石油职工素质和加快科技进步必将起到巨大促进作用。我作为一名石油科技工作者，投身祖国石油工业 50 多年的老兵，感到由衷地高兴！并衷心表示热烈的祝贺！

科技普及中有提高，提高科技中有普及。从建国初期开始，石油工业历任老部长、老领导都有重视科技普及工作的良好传统，不同历史时期出版的不同层次的各类科普读物培养和教育了几代人，起到了良好的社会效果。当今世界科技突飞猛进，石油工业发展所涉及的专业领域越来越多。在这种新形势下，这套丛书尤显珍贵。特值此，向这套大型丛书的策划者、组织者、撰写者以及出版发行单位的同志们致以崇高的敬意，他们的眼光和魄力值得钦佩，这套丛书将一定能够起到桥梁作用，促进科技成果转化为现实生产力。长江后浪推前浪，科技飞涛吼新韵。我热诚

希望把这种科普形式坚持下去，将有数量更多、质量更高的科普丛书问世，源源不断地提供给广大石油工作者。

田在艺

1999年6月1日

前 言

油藏描述是国外近二十年来，随着计算机技术的发展而迅速崛起的一项对油藏各种特征进行三维空间定量描述和预测的综合技术。它把地质、地震、测井、生产测试和计算机技术等融为一体，对油藏的格架、储层属性及其内部流体性质的空间分布等进行全面性的综合研究和描述，最终建立一个三维、定量的油藏地质模型，从而为合理开发这一油（气）藏制定开发战略和技术措施提供必要的和可靠的地质依据。实践证明，油田自发现之日起到最后废弃，每一项开发战略决策的制定、修改、实施均以油藏描述为基础。因此，油藏描述工作的可靠程度及准确程度也就决定了一个油田开发的成功与失败，即油藏描述是否符合客观实际，所以，国内外均把“油藏描述”放在突出重要的位置加以研究。

正因为如此，全面了解和认识油藏描述过去、未来和各项技术的主要特点和作用对于我们每一个石油工作者来说都十分必要，因此需要一本系统介绍油藏描述及其各项技术以及世界油藏描述技术发展的新技术、新方法、新理论和新动向的书。本书正是在这一思想指导下进行编写的，与已撰写和出版的大量有关油藏描述方面的报告、书和文章不同，本书重点针对油田不同开发阶段的特点和任务来论述各阶段油藏描述的特点、内容、要求及最经济有效的油藏描述技术和方法，提出了各阶段油藏描述的技术规范和精度要求及主要做法。同时系统地总结了各种油藏描述技术的主要特点、研究方法和在油藏描述中的作用、解决的主要问题，而且始终不忘记把有关的新技术、新方法和新理论以及世界油藏描述技术发展的新动向、新趋势和在生产中的应用介绍给大家。

本书在编写过程中参阅了大量国内外已发表和未发表的研究成果，参与编写工作或提供素材的人员还有陈亮、俞启泰、黄石岩、姚蓬昌、王振彪、贾爱林等，韩大匡，蒋其垠、陈丽华等专家给予了热情帮助和指导，在此表示衷心感谢！

由于作者水平有限，书中不妥之处敬请读者批评指正。

作 者

一九九八年十月二十日

目 录

第一章 油藏描述的概念、特点和发展现状	(1)
一、油藏描述的概念和内容.....	(1)
二、油藏描述的特点和作用.....	(2)
三、国内外研究简况和发展方向.....	(5)
第二章 不同开发阶段油藏描述的主要特点、技术要求和重点内容	(12)
一、油藏描述阶段的划分及主要特点	(12)
二、不同开发阶段油藏描述的重点内容和技术要求	(16)
三、不同油藏描述阶段的精度要求	(27)
第三章 油藏描述的主要技术	(31)
一、地质分析法	(31)
二、地震在油藏描述中的应用	(42)
三、测井在油藏描述中的应用	(49)
四、试井在油藏描述中的应用	(52)
五、地质模型建立技术	(53)
六、随机建模技术	(62)
七、储量计算	(75)
八、油藏描述中的计算机技术	(80)
参考文献	(82)

第一章 油藏描述的概念、 特点和发展现状

一、油藏描述的概念和内容

1. 概念

油藏描述是 70 年代末出现、80 年代发展起来并在不断完善的一项对油气藏进行综合研究和评价的新技术。它把地质、地震、测井、生产测试和计算机技术等融为一体，对油藏的格架、储层属性及其内部流体性质的空间分布等进行全面的综合研究和描述，最终建立一个三维、定量的油藏地质模型，从而为合理开发这一油（气）藏制定开发战略和技术措施提供必要的、可靠的地质依据。实践证明，油气田开发工作成败的关键在于对油气藏的认识，即油藏描述是否符合客观实际。因此，国内外均把“油藏描述”放在突出重要的位置加以研究。

可见，油藏描述是应用地质、物探、测井、测试等多学科相关信息，通过多种数学工具，以石油地质学、构造地质学、沉积学为理论基础，以储层地质学、层序地层学、地震地层学、地震岩性学、测井地质学、油藏地球化学为方法，以数据库为支柱，以计算机为手段，由复合型研究人员对油藏进行四维定量化研究并给以可视化描述、表征及预测的技术。油藏描述贯穿于勘探开发的全过程，从第一口发现井到油田枯竭为止是多次滚动进行的。

2. 油藏描述的内容

油藏描述的目标就是要对油藏三维空间各种开发属性进行系统的整体定量表征和准确预测。虽然不同勘探开发阶段油藏描述的重点内容和精度不同，但总体看油藏描述研究的主要内容有：

- (1) 地层划分和对比；
- (2) 构造形态、分布及成因；

- (3) 沉积体系和沉积相分析;
- (4) 成岩作用研究;
- (5) 储层特征和非均质性研究;
- (6) 隔、夹层研究;
- (7) 裂缝研究;
- (8) 储层地质模型建立 (分概念模型、静态模型和预测模型);
- (9) 储层在水驱或注水开发后的变化及非均质特征;
- (10) 储层内油、气、水的分布及其相互关系;
- (11) 油、气、水物理化学性质及其在油田内的变化;
- (12) 油藏的压力、温度场;
- (13) 水体大小, 天然驱动方式及能量;
- (14) 油气储量;
- (15) 与钻井、开采、集输工艺有关的其它油田地质问题。

二、油藏描述的特点和作用

1. 特点

总结这些年国内外油藏描述工作的经验和教训, 可以看出现代油藏描述与 80 年代以前传统的油藏研究或开发地质研究有很大的差别, 它表现出了以下重要特点。

1) 整体性

现代油藏描述将油藏的各种属性如构造、地层、储层、油气水等看成一个完整的系统来研究。油藏描述工作都遵循着从一维‘井剖面’的描述到二维‘层’的描述再到三维整体描述的三步工作程序, 依赖于三套基本的油藏描述技术, 即井孔柱状剖面开发地质属性确定技术, 细分流动单元及井间等时对比技术和井间属性定量预测技术。

2) 综合性

油藏描述是一项多学科综合、集约化、协同攻关的研究项目。需要把地质、地球物理、油藏工程、数值模拟、数学、计算机和现场等众多学科和部门组织成一个项目组, 协同攻关, 实行

统筹规划。才能作出真正高水平、符合地下情况的油藏描述工作，也才能为油田开发打下坚实的基础。同时要求研究人员由单一学科知识结构向具备多学科知识结构的复合型人才方向发展。

3) 预测性

现代油藏描述不仅要把地下油藏的三维特征描述清，而且更重要的是利用较少的资料，较准确地预测出地下油藏各种开发属性三维空间的具体细节。

4) 阶段性

油藏描述贯穿于勘探开发的全过程，从第一口发现井到最后废弃为止是多次分阶段滚动进行的。由于不同开发阶段的任务不同，所拥有的资料基础不同，从而造成了不同开发阶段油藏描述所要描述的重点内容和精度不同，其所采用的油藏描述技术和方法也有很大差别，即油藏描述具有阶段性。目前来看已初步发展了适应不同开发阶段的三大套或三大阶段油藏描述技术和方法，即（1）早期油藏描述——在油田发现后利用一口或几口探井、评价井对油（气）藏进行的综合研究与评价；（2）中期或一般所称的油藏描述——油田开发后含水较低时主要利用大量井的资料尤其测井资料所进行的油藏描述；（3）精细油藏描述——油田开发进入高含水期、特高含水期后主要针对剩余油分布及挖潜所进行的油藏描述。也就是说现代油藏描述特别强调针对性，要针对不同的开发阶段、油藏特点和所要解决的问题灵活进行，突出重点，采用先进实用的技术和方法。

5) 先进性

现代油藏描述尽量采用了各种先进实用的科学技术和方法。如现代数学方法和理论的大量应用，包括地质统计学及随机模拟、模式识别，模糊数学、专家系统、神经网络、分形几何等，以及测井和地震新技术的发展使油藏描述真正迈向了模型化、定量化和预测化发展的新局面。而计算机技术的大量应用不仅使上述成为可能，而且能使人们亲身领略到地下油藏的三维真实面貌，把研究人员从繁重的手工劳动中解放出来。

6) 早入性

实践表明现代油藏描述应从油田第一口发现井开始开展工作。油田发现后，开发工作人员介入的越早油藏描述工作开始的越早越好。

2. 油藏描述在油田开发中的作用和重要性

正由于油藏描述具有上述众多特点，油藏描述从 70 年代初由斯仑贝谢公司一提出，就显示出了对油田勘探开发和现代油藏经营管理的重要性。

目前，包括中国在内的一些主要产油国都面临着这样的形势：有利的含油气盆地及已开发的油气田都进入了勘探开发的高成熟期，勘探工作逐步转入地处偏远、自然条件恶劣的地区，勘探成本不断大幅度提高；开发工作则面临着老油田含水上升，产量递减。如何成功地开发新油田及对老油田挖潜稳产、提高采收率便成为开发工作者面临的两个重大课题。现代油藏描述技术正是顺应这一形势发展起来的，并显示出了巨大的作用和勃勃生机。

1) 油藏描述是新油田制定正确开发战略的基础和关键

对于勘探成本不断提高的新油田而言，每打一口探井或评价井的费用都是非常昂贵的，如何在勘探初期，甚至在一口发现井的条件下，便对油藏做出基本正确的描述，建立油藏概念模型，从而为制定正确的油田开发战略提供可靠的地质基础，并保证开发战略避免不可改正的错误，是油藏描述的关键。例如这些年以北京石油勘探开发科学研究院开发所为主体，在塔里木盆地的东河塘、塔中 4、吉拉克、牙哈、吐哈盆地的丘陵、胜利油田的埕岛以及东海平湖等油气田就是利用一口或几口探井、评价井对油藏进行了早期油藏描述，不仅对油藏做出了基本正确的描述和预测，而且保证了油田开发战略的正确制定，取得了巨大的社会和经济效益。

2) 油藏描述更是老油田挖潜提高采收率的基础和关键

对老油田而言，如何提高油田最终采收率是当务之急，油藏

描述则是提高采收率的前提和关键。目前，高成本的三次采油技术在多数老油田上还无法工业性应用，依靠二次采油平均采收率仅 35% 左右，一般估计还有 20% 的可动油是由于储层非均质性隔挡而未被注入波及到。这部分可动油通过深化认识储层非均质性及改善二次采油技术，是完全可以采出来的。特别是水平井的出现，为改善二次采油提供了重要手段。通过钻加密井，包括水平井、多底井、侧钻、再完井和其它调整措施，可进一步提高老油田采收率，其经济效益远大于边远地区勘探效益。然而各种调整措施均必须以搞清剩余油分布现状为基础，而认识剩余油分布则又必须依赖于可靠的油藏描述。因此，通过油藏描述，建立精细地质模型，正确预测井间砂体分布、储层非均质性及剩余油分布，已成为当前老油田深入挖潜、改善采油、进一步提高采收率面临的热门课题。例如大庆、胜利等油田针对本油田储层特点及油田进入开发后期如何寻找剩余油这一特点发展了一套以精细沉积微相研究为主线、动静结合确定剩余油分布的油藏描述技术，从而使高效调整井比老井综合含水上升速度下降了 20% ~ 30%，效果十分明显。

现在世界上不管是新油田还是老油田没有不进行油藏描述的，其差别只是深浅程度的不同而已。

三、国内外研究简况和发展方向

1. 国内外油藏描述研究简况

油藏描述经过 20 多年的发展已经成为人们认识油气藏最为有效的一项综合技术。如果把 70 年代以前所做的开发地质工作也称为油藏描述的话，那么油藏描述大致经历了这样四个大的发展阶段：以地质为主体的油藏描述（70 年代以前的开发地质研究）、以测井为主体的油藏描述（70 年代初由斯伦贝谢公司最早提出）、以物探（包括测井和地震）为主体的油藏描述（80 ~ 90 年代）、多学科一体化综合油藏描述（现代油藏描述，90 年代以来）。

国内 60 年代的油田地质工作就是以油藏描述为主要任务的。

不过当时主要是地层对比、构造、沉积等地质研究，用手绘的剖面图、平面图、栅状图、甚至以实体模型来表现油藏地质面貌。80 年代中期引进油藏描述（Reservoir Description）这一术语，并在吸收和消化国外油藏描述技术的基础上，在济阳凹陷的牛庄油田、东濮凹陷的文东油田、江汉凹陷的拖谢油田等地区开展了程度不同的油藏描述工作，获得了宝贵的经验。进入 90 年代，我国的油藏描述工作全面展开，并紧追世界先进水平，各油田和石油院校、研究单位开展了各种各样的油藏描述工作，并逐渐形成了一些适应我国陆相储层和多断块特点的油藏描述技术方法。如精细沉积微相研究技术、微构造研究技术、随机建模技术、综合储层预测技术、地质建模技术、裂缝预测技术、确定剩余油技术以及油藏描述、地质建模软件等。

1) 以地质为主体的油藏描述

70 年代以前的开发地质研究可以称为以地质为主体的油藏描述。这种描述强调以地质方法为主，辅以测井单井评价方法。如主要应用野外露头调查、取岩心及岩屑观察描述、实验分析测试及测井等资料，用构造地质学、沉积学及岩相古地理、储层地质学、地球化学等学科的研究方法，获得有关油藏的地层格架及含油层系、构造格架及构造样式、储集体类型及岩类、成岩作用及孔隙结构、流体性质及分布等特征。其特点是整个研究工作主要建立在静态资料和个别露头或剖面、单井点的基础上。缺少动静结合的整体油藏描述的功能，因而满足不了降低勘探风险和提高开发效益的要求。

2) 以测井为主体的油藏描述

油藏描述的概念和方法首先是由斯伦贝谢公司在 70 年代提出的。这一套油藏描述的技术和方法主要基于测井资料，因此把它称为以测井为主体的油藏描述。由于过去油藏模拟时，油藏工程师根据取心井或试井资料把油藏的垂直剖面集总成几个单元，并为每一单元指定一个孔隙度或渗透率的平均值，这是点的资料，忽略了小范围的非均质性和垂向渗透层屏障（隔、夹层）作

用，用这样的参数只能建立一个与真实地质体很少有联系的失真的地质模型，使模拟失效，将导致开发决策的失误。

斯伦贝谢公司认为电缆测井是唯一有良好深度控制且能逐英尺测试的方法。因而基于测井资料的油藏描述可能具有最高的精度。同时也强调了岩心、测试及测井资料的综合应用，以得出一个适用于全油田模拟输入的储集层模型，从而实现了从单井评价到多井评价的飞跃。

斯伦贝谢公司当时所提供的油藏描述技术服务包括以下软件：

(1) CLOBAL (地层评价解释程序)；

(2) GEODIP (地层倾角测井解释程序，是为沉积学研究提供详细资料的程序，是一种模式识别程序)；

(3) CLUSTER (在测井解释中心进行互相关对比的程序，用于求取倾角和构造研究)；

(4) TDT/CPI (热中子衰减时间测井计算机处理解释程序)；

(5) FACLOLOG (确定电性相的解释程序)；

(6) ELAN (矿物成分及流体体积解释程序) 等。

研究内容包括：

(1) 关键井研究；

(2) 测井资料标准化；

(3) 单井综合测井评价；

(4) 多井处理研究，井间地层对比；

(5) 渗透率及单井动态模拟研究；

(6) 储集层参数集总及储集层绘图。

不难看出，以上技术是以测井信息的应用为主体，以储集层参数三维分布为最终成果。这一技术服务在各国均引起了重视，与钻井取心资料为主体的储层描述相比是有良好的改进效果。但是这种单一学科模式化的技术对井间相关对比，特别是井稀条件下，仍然不能适应复杂储集体的描述及模拟的需求。因而，80