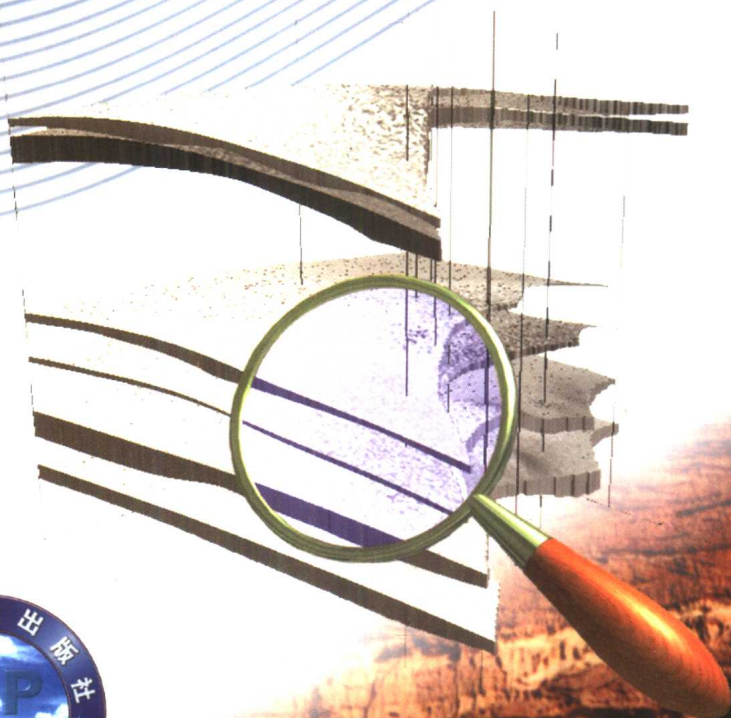


《沉积模式与地质模型新进展丛书》之三

精细油藏描述 及一体化技术

穆龙新 周丽清 郑小武 计智锋 著



《沉积模式与地质模型新进展丛书》之三

精细油藏描述及一体化技术

穆龙新 周丽清 郑小武 计智锋 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书归纳总结了我国高含水期油田开发特点及其对精细油藏描述的要求,提出以地质理论和方法为主导、多学科综合信息管理于一体化技术为平台的精细油藏描述配套技术。

本书是对精细油藏描述思想、实用地质方法和先进软件配套技术的系统研究和总结,适用于从事油藏描述和地质理论研究的专业研究人员、油田勘探开发工作者及相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

精细油藏描述及一体化技术/穆龙新等著.

北京:石油工业出版社,2006.11

(沉积模式与地质模型新进展丛书:3)

ISBN 7-5021-5579-1

I. 精…

II. 穆…

III. 油藏描述

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 066108 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.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 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

850×1168 毫米 开本: 1/32 印张: 7.75

字数: 206 千字 印数: 1—1500 册

定价: 28.00 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

《沉积模式与地质模型新进展丛书》

编 委 会

主 任：穆龙新

委 员：贾爱林 郑小武 于兴河

周丽清 赵国良 田中原

秘 书：赵国良

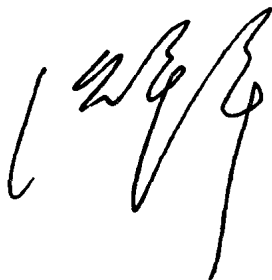
序

最近这些年，沉积模式与地质模型的定量研究是石油开发地质领域中最重大的发展之一。近年来我国油田开发正面临着从易开发区向难开发区、从部分高含水向全面进入高含水、从储采基本平衡向不平衡过渡的严峻形势，迫使我们更加全面深入地研究储集层三维分布规律。当前地下油水分布情况发生了巨大的变化，呈现出高度分散，局部集中，剩余油多分布在差、薄、边部位，开采难度增大等新特点，而造成这些特点的主要原因是由于储集层内部的各种非均质性及复杂的构造断层切割所造成的。因此为了搞清高含水期老油田地下剩余油分布规律和进一步提高滚动勘探开发工作水平，需要更加精细的油藏描述，建立精细的三维定量地质模型，发展一套适应开发中晚期的现代精细油藏描述技术，这是我们深度开发老油田，提高采收率的基础和关键。

这些年作者一直从事这方面的研究工作，特别是“八五”、“九五”期间承担了国家和中国石油天然气总公司科技攻关项目——露头储集层和现代沉积研究以及储集层预测方法、低渗透储集层裂缝研究、精细油藏描述等大型研究项目。在储集层精细预测的基础理论、预测方法、地质知识库、原型模型、地质统计学，尤其在随机模拟方法、油藏描述等方面做了深入细致的研究工作，取得了一系列的成果，丰富和发展了沉积模式和地质模型的研究理论和方法。这套丛书就是在全面总结国内外沉积模式与地质模型的基础上，针对我国陆相储集层特点，按沉积类型深入论述了沉积模式与地质模型的建模方法、高含水油藏精细研究以及储集层裂缝预测等方面的新理论、新技术和新方法，阐述了各种方法的应用条件、适用范围，以期对我国储集层精细建模和油藏描述工作的提高起到指导和促进作用。同时，还介绍了露头储

集层和现代沉积、裂缝研究和油藏描述的现状，特别是在定量沉积模式、储集层精细研究、地质建模、储集层预测、高含水油藏精细描述和裂缝研究方面的最新成果。

总之，这套丛书抓住了当前石油工业生产和研究的热门和难点，选材好，而且作者水平高，相信这是一套高水平的专业科技丛书。

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes.

2004 年 5 月

前 言

进入 20 世纪末，世界各国的油田开发尤其是我国的油田开发正面临着从易开发区向难开发区和边远地区，从部分高含水向全面进入高含水和高采出程度，从储采基本平衡向严重不平衡过渡，开采难度迅速增大等严峻形势，加之中国陆相储集层的复杂性，使我们对油藏的认识、开发和管理的难度越来越大。这时仅靠传统的油藏描述方法已不能满足现代油田开发的要求，迫切需要更加精细、有效的油藏描述技术和方法。

油田开发不同时期油藏描述的重点内容存在较大差别，在油田开发早期和中期，如何高效开发油田，搞清地质储量和可采储量，安排好注采井网等是油田开发的关键，需要重点研究储集体的连续性、厚度较大的储集层、高孔高渗带、明显的构造和断层等问题；油田开发晚期关心的是如何稳油控水，需要重点研究储集体的不连续性（分隔体）、低孔低渗带、薄储集层、隔夹层、微构造和小断层及岩石物性的非均质性等问题，其目的是搞清剩余油的分布。

油藏精细描述正是针对油田开发进入高成熟期后（如进入高含水期、特高含水期和三次采油）对剩余油分布及挖潜所进行的油藏描述。研究的具体问题是：流动单元划分与对比及流动单元的空间分布规律、精细沉积微相和微构造、隔夹层预测、注水开发过程中储集层物性和油气水动态变化规律、水淹层测井及有关了解剩余油分布状况的生产测井解释方法、层理、孔隙结构、黏土矿物等，以及综合地质、地震、测井、油藏、数模等成果研究剩余油的分布规律。

新的地质理论和思想是指导油藏描述工作的基础。本书在总结归纳我国高含水期油田开发特点及其对精细油藏描述要求的基

基础上,提出并系统地论述了以地质理论和方法为主导、多学科综合信息管理与一体化技术为平台的精细油藏描述配套技术;首次对精细油藏描述的技术要求、方法和内容作了详细的论述;同时也介绍了针对我国陆相油藏特点发展起来的一系列实用、有效和先进的精细油藏描述技术和方法,如陆相储集层的层次界面分析技术、精细沉积微相研究技术、微构造研究技术、储集层综合预测技术、地质建模技术、薄互层解释技术等。

油藏描述也是不同学科围绕一个共同目标开展一体化研究的系统工程,不仅需要以应用和发展先进的地质理论做指导,同时需要熟练掌握和应用基于计算机技术的多学科综合信息管理与勘探开发一体化油藏定量表征技术。一体化平台为不同专业组成的项目组提供了原始资料以及知识经验共享的技术平台,是目前正确认识地质规律和油藏特征的必要工具。三维精细地质建模与可视化技术是实现地质油藏整体刻画和动态监控的重要技术手段。本书大量介绍了近几年国内外发展和应用的大型油藏描述软件及其数据管理平台的功能和作用,这些软件对提高油藏描述工作的质量和效率具有关键作用。

本书在写作过程中得到了许多专家和同事的大力帮助,赵国良负责了全书的编辑和校阅,原瑞娥负责了图件的清绘。田中原、郭睿、许安著、郑晓东等人都提供了一些很有益的素材。在此一并表示衷心感谢!

著者

2006年4月

目 录

序

前言

第一章 油藏描述面临的挑战和新思考	(1)
第一节 油藏描述技术应用的现状和面临的挑战.....	(1)
第二节 精细油藏描述.....	(3)
第三节 油藏描述的一体化及系统化思维.....	(5)
一、一体化的含义.....	(5)
二、系统思维.....	(7)
第二章 我国高含水期油田开发特点及其对油藏描述的要求	(13)
第一节 我国陆相油藏的主要开发地质特征.....	(13)
一、多油层, 油层和隔(夹)层的薄层间互.....	(13)
二、多层层状边水油藏, 边水不活跃.....	(13)
三、原油黏度偏高.....	(14)
四、断层在注水开发中均起遮挡作用.....	(14)
五、储集层孔隙结构复杂.....	(15)
第二节 我国各类碎屑岩储集层中的储量和开采状况	(15)
一、有关定义.....	(15)
二、分类依据及方法.....	(16)
三、我国各类碎屑岩储集层中的储量和可动剩余油分布 规律.....	(19)
四、我国各类碎屑岩储集层中的储量和可动剩余油分布 规律总结.....	(24)
第三节 高含水期油田剩余油分布的总体特点.....	(25)

第四节 高含水期宏观规模与微观规模的剩余油分布规律	(26)
一、高含水期宏观规模的剩余油分布规律	(26)
二、高含水期剩余油微观规模分布规律	(27)
第五节 高含水期油田开发对油藏描述的要求	(28)
一、高含水期油田的资料特点	(29)
二、对油藏描述的技术要求	(30)
三、精细油藏描述的内容	(35)
第三章 精细油藏描述中的综合测井解释技术	(36)
第一节 测井多井储集层参数评价技术	(36)
一、岩心刻度测井技术	(37)
二、最优化测井精细处理解释技术	(38)
三、测井相分析技术	(41)
四、多井处理和解释技术	(42)
第二节 测井资料沉积微相分析技术	(44)
一、测井沉积微相研究方法	(45)
二、地层沉积因子的提取	(47)
三、沉积微相地质模型和测井模型的建立	(48)
第三节 测井资料低阻油层识别技术	(52)
一、低阻油层的概念	(52)
二、低阻油层的微观机理	(53)
三、低阻油层的地质成因	(54)
四、低阻油层的识别方法	(55)
第四节 裂缝测井识别技术	(68)
一、裂缝测井的响应特征	(68)
二、裂缝测井识别方法	(75)
三、裂缝参数的计算	(77)
第五节 生产测井技术和方法	(86)
一、生产测井技术	(86)
二、生产测井方法	(87)

三、生产测井技术的展望	(91)
第四章 精细油藏描述中的地震综合预测技术	(94)
第一节 波形分类技术	(95)
第二节 地震频谱分解技术	(96)
第三节 地震属性综合分析技术	(98)
第四节 三维相干体分析技术	(101)
第五节 地层倾角检测技术	(102)
第六节 地震反演(储集层横向预测)技术	(103)
一、道积分	(104)
二、递推反演	(105)
三、基于模型反演	(105)
第七节 其他技术	(106)
一、相干体技术	(106)
二、三维可视化解释技术	(107)
三、时间推移地震(又称为四维地震)	(107)
四、井间地震	(107)
第五章 油藏描述可视化与虚拟现实技术	(109)
第一节 三维地震数据体可视化与全三维地震精细解释 技术	(110)
一、三维可视化解释的基本概念	(110)
二、三维地震数据体可视化解释的基本流程	(113)
三、三维可视化解释的主要方法	(115)
四、三维可视化解释	(117)
第二节 多种数据体综合虚拟现实技术	(120)
一、虚拟现实系统与常规三维可视化的不同	(120)
二、虚拟现实系统的构成	(120)
三、虚拟现实系统在油气勘探开发中的主要应用	(123)
四、沉浸式三维虚拟现实系统(IR)的主要特点	(127)
第六章 一体化油藏描述数据管理平台	(131)
第一节 一体化油藏描述与数据库	(131)

一、基本定义	(131)
二、满足一体化研究的数据库问题	(131)
三、勘探开发数据库的分类	(132)
第二节 项目库的基本概念及建库注意事项	(134)
一、项目库的含义	(134)
二、项目数据的网络存储	(135)
三、创建项目库的基本步骤	(135)
四、项目库中的单位管理	(135)
五、项目库中的坐标参考系	(136)
第三节 GeoFrame 项目库的创建与管理	(140)
一、项目库的类型与数据共享机制	(140)
二、项目库的结构与文件系统	(142)
三、项目库的创建流程与步骤	(142)
四、项目库数据存取用户权限的管理	(143)
五、项目库的备份与恢复	(144)
第四节 GeoFrame 项目库数据管理	(145)
一、基础数据管理 (General Data Manager)	(145)
二、数据管理	(149)
三、数据加载工具	(150)
四、数据卸载工具	(151)
五、其他项目数据管理	(151)
第七章 以地质方法为主的一体化精细油藏描述	(153)
第一节 一体化精细油藏描述流程	(153)
第二节 层次界面分析与小层划分和对比	(153)
一、层次界面分析	(155)
二、结构 (构成) 单元划分 (Architectural Element)	(157)
三、流动单元研究	(158)
第三节 微构造研究	(162)
一、微构造的定义与重要性	(162)

二、微构造的研究方法	(163)
第四节 细分沉积微相研究	(165)
一、细分沉积微相的意义	(165)
二、细分沉积微相的技术特点	(165)
三、细分沉积微相的研究内容	(169)
第五节 隔夹层预测	(169)
第六节 岩石物理参数研究	(170)
一、变差函数的变化	(171)
二、岩石物理参数的变化	(171)
三、不同含水期孔隙度和渗透率的变化规律	(174)
四、大庆油田注水开发后的物性动态变化规律	(180)
第七节 流体性质研究	(182)
一、流体性质的研究内容	(182)
二、油气藏流体类型分析	(182)
三、利用动态资料确定目前流体界面	(183)
四、水淹层的解释和判断	(183)
五、原油性质的变化	(184)
第八节 剩余油分布规律研究	(185)
一、按油藏地质规模分类的剩余油研究方法	(185)
二、按研究内容分类的剩余油研究方法	(187)
三、单井剩余油饱和度测量技术	(191)
四、井间剩余油饱和度测量技术	(194)
第九节 地质、油藏、数模一体化研究剩余油分布的 方法	(195)
一、陆相油藏剩余油分布的基本特点	(195)
二、我国油田剩余油研究的主要方法	(199)
第八章 以计算机技术为主的一体化精细油藏描述	(203)
第一节 油藏描述中的计算机技术及一体化软件平台	(203)
一、油藏描述中的计算机技术	(203)

二、一体化软件平台.....	(203)
第二节 基于三维场的地质体解释、储集层预测及随机 建模的特色软件.....	(208)
一、Petrel TM （地质建模）软件的主要功能	(208)
二、面向油田开发工作流程的软件包——DecisionSpace	(215)
第三节 动态、集成化的油藏模型建立技术.....	(218)
结束语.....	(221)
参考文献.....	(225)

第一章 油藏描述面临的挑战和新思考

第一节 油藏描述技术应用的现状和面临的挑战

油藏描述是 20 世纪 70 年代后期发展起来的一门油气勘探开发综合技术,它以现代石油地质理论为基础,应用地震、测井、岩石试验、油藏工程及计算机技术,综合描述油藏的构造形态、地层沉积规律、物性及流体的空间分布。在不同的勘探开发阶段,利用不同的信息,采用不同的技术方法和手段,描述不同的具体对象。

油藏的描述实际上应包括描述—解释—预测三方面的内容,即首先对油藏的各种地质现象加以细致全面的描述(得出概念模型),从中作出正确的“成因—结果”解释(总结出油藏模式),然后,在正确的成因解释基础上,对下一步勘探开发部署所必须依据的油藏特征作出一定的预测,去指导推进下一阶段的工作。其中,储集层地质模型和油藏剩余油分布规律是油藏描述的核心内容。

纵观当今世界油藏描述的发展趋势正在迅速向系统化、理论化、精细化和预测化方向发展,新技术、新方法的应用节奏明显加快。其突出特点表现在油藏描述的整体性、综合性、预测性、阶段性、先进性和早入性,其发展趋势具有描述方法向多学科协同的集约化方向发展,描述软件向集成化方向发展,描述过程和知识向可视化方向发展,研究向系统化、理论化、精细化和预测化方向发展,应用新技术、新方法的节奏迅速加快。

针对我国陆相储集层的严重非均质性,在引进国外油藏描述思想的基础上,迅速吸收和消化国外精细油藏描述的理论、方法和技术,并针对中国陆相油藏特点发展了一系列实用、有效和先进的油藏描述技术和方法,特别是发展了适用不同开发阶段的油

藏描述技术,如陆相储集层的精细沉积微相研究技术、微构造研究技术、储集层综合预测技术、地质建模技术、薄互层解释技术等。总体来看主要有三大类技术系列:第一类是以大庆等油田为代表的细分沉积微相油藏精细描述技术系列,第二类是以大港冀东等油田为代表的复杂断块一体化精细油藏描述技术系列,第三类是以吉林、新疆等油田为代表的低渗透裂缝性油藏精细描述技术系列。同时在这些精细油藏描述中都有针对性地应用并发展了各种先进实用的技术,如动态、集成化的油藏模型建立技术、开发地震技术、全三维地震精细解释与可视化技术、多功能综合性一体化三维油藏描述软件等等。

虽然油藏描述技术发展很快,但是随着油田开发的深入,油藏描述面临着许多难题。总体来看有两大方面,一是如何针对油藏特点和所处的开发阶段采用有针对性的描述技术和方法;二是如何发展和完善各种油藏描述技术以适应现代油田开发生产的需要。作为中国陆相沉积的非均质、多油层注水开发的砂岩油田,油藏描述始终面临着三大课题:一是储集层的连续性和连通性问题;二是大型河流—三角洲沉积储集层客观存在的非均质性问题;三是剩余油分布的普遍性、多样性和复杂性问题。

就目前油藏描述水平来看,应该说静态描述较多,动态描述较少;定性描述较多,定量描述较少;表征性描述较多,预测性描述较少;宏观描述较多,微观描述较少。

因此,今后精细油藏描述技术需要攻克的技术难题还很多,总结国内外现代油藏描述技术所面临的挑战,主要有以下 14 个攻关难题:

- (1) 复杂断块油藏一体化精细油藏描述技术。
- (2) 动静结合的三维油藏模型精细预测技术。
- (3) 动静结合的微构造和微地质界面研究技术。
- (4) 细分沉积微相技术。
- (5) 层次界面和流动单元分析技术。
- (6) 储集层裂缝精细表征技术。

- (7) 综合储集层预测技术。
- (8) 低阻层和水淹层测井综合解释技术。
- (9) 储集层动态变化的宏观和微观分析技术。
- (10) 动态、集成化的油藏模型建立技术。
- (11) 油砂体剩余油储量计算和综合评价技术。
- (12) 薄互层检测和解释技术。
- (13) 适应不同类型储集层的地质统计学预测方法和软件。
- (14) 烃类直接探测方法。

第二节 精细油藏描述

从油田开发的角度看,随着油田开发进入到高成熟期后,地下油水分布发生了巨大的变化,开采挖潜的主要对象转向高度分散而又局部相对富集的、不再大片连续的剩余油,甚至转向提高微观的驱油效率上来。分析油田开发的这种变化给油藏描述对象所带来的变化就会发现一个很有意义的现象:油田开发早期和中期,搞清地质储量和可采储量、安排好注采井网等是油田开发的关键,从而要求油藏描述主要关心储集体的连续性、厚度较大的储集层、高孔高渗带、明显的构造和断层等问题;而到了油田开发的晚期则相反,应该重点关心储集体的分隔性(分隔体)、低孔低渗带、薄储集层、隔夹层、微构造和小断层及岩石物性的非均质性问题,其目的是搞清剩余油的分布。因此早期和中期的那种油藏描述方法和精度已远远不能满足这个阶段的开发要求,它要求更精细、准确、定量地划分和预测出各级分隔体、隔夹层和岩石物性非均质性的三维空间分布规律,刻画出微小断层、微构造的分布面貌,建立精细的三维预测模型,进而揭示剩余油的空间分布规律。

精细油藏描述正是针对这种情况而提出来的,即油田开发进入高成熟期后(如进入高含水期、特高含水期和三次采油),为了使油田经济有效地开发,提高油田采收率,以搞清油田的剩余