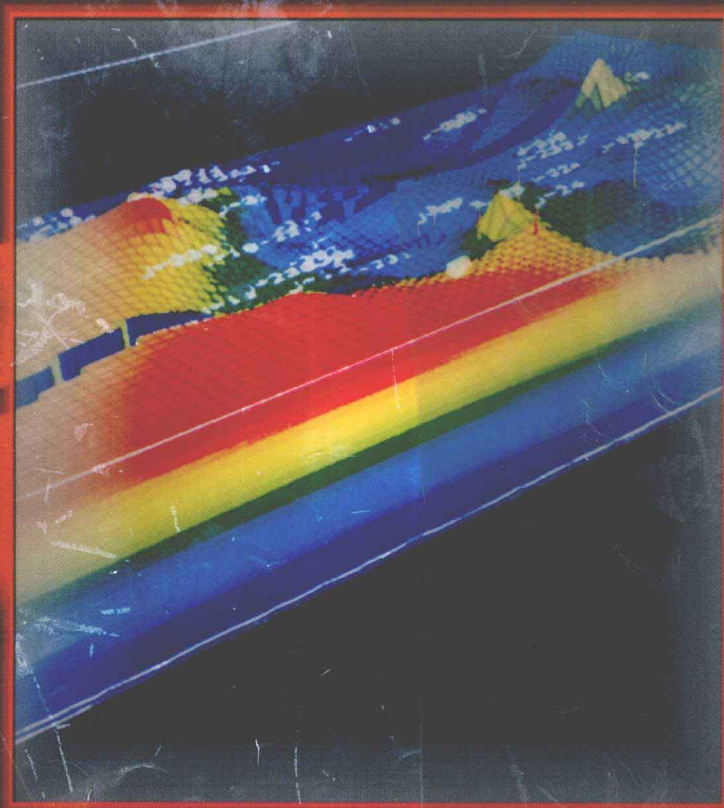


NONMARINE RESERVOIR DESCRIPTION

# 陆相油藏描述

张一伟 熊琦华 王志章 吴胜和 等著



石油工业出版社

# 陆相油藏描述

张一伟 熊琦华 王志章 吴胜和 等著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书系统阐述了陆相油藏的地质特点、勘探、开发阶段陆相油藏描述的目的、任务、内容及流程。以大量的实际资料展示了以地质为主体，多学科互相渗透和一体化研究的新思路，创造性地提出了储层岩石物理相与油藏渗流地质学新理论，发展并完善了陆相油藏描述软件系统。

本书可作为从事油气田勘探和开发工作的研究人员、现场工程师的参考用书或培训教材，也可作为石油、地质大专院校相关专业的教学参考书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

陆相油藏描述 /张一伟等著  
北京：石油工业出版社，1997.5  
ISBN 7-5021-1946-9

I. 陆…  
II. 张…  
III. 陆相油气田-油藏描述  
IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 02008 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

787×1092 毫米 16 开本 20¼印张 4 插页 554 千字 印 1—1500

1997 年 5 月北京第 1 版 1997 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-1946-9/ TE·1637

平装定价：40.00 元

精装定价：45.00 元

# 前 言

油藏描述是 70 年代末开始出现, 80 年代发展起来并逐步完善的一项服务于油气田勘探和开发的油藏地质综合评价新技术。实践证明, 勘探与开发工作的成败, 关键在于对油藏的认识是否符合客观实际。因而, 目前国内外均把油藏描述放在重要的位置加以研究。

“七五”期间, 国内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同时开展了适用于我国陆相油藏特点的勘探阶段的综合油藏描述研究, 取得了成功的经验, 完成了三套适用于岩性油藏、复式油气藏和断块油气藏的描述模式及相应的计算机软件系统, 推动了我国油藏描述技术的应用与发展。

“八五”期间, 针对我国东部高度非均质复杂断块油田开发难度大、效果差的特点, 中国石油天然气总公司先后组织了“改善枣园油田开发效果”、“高含水期油藏精细描述”、“油藏地质模式及开发模式”等重大课题的科研攻关, 进一步发展了多学科综合一体化的油藏描述技术。及时总结我国具有陆相特色的油藏描述技术和方法, 发展陆相非均质储层地质学理论是一项很有意义的战略性工作。本书从不同角度反映了我国在这一领域的研究成果。这些成果对于我国陆相复杂油藏具有较高的实用性, 其中不少理论、方法和技术是针对陆相油藏的特殊性以及在不完全拥有国外油藏描述所应具备的先进仪器设备和配套资料的条件下, 提出或研制成功的, 并在生产实践中取得了明显的经济效益和社会效益。

本书较系统地阐述了我国陆相油藏的特点及陆相油藏描述的新理论、关键技术和方法, 并以胜利牛庄油田、大港枣园油田、辽河冷东—雷家油田、华北荆丘油田、中原胡状集油田、新疆吐哈、焉耆等油田为例, 阐述了不同勘探、开发阶段油藏描述研究的目的、任务、内容及流程, 阐明了陆相油藏描述的基本理论、技术和方法, 以翔实的资料展现了陆相油藏描述的实效。

全书共分六章。第一章总论。系统阐述了油藏描述研究进展、面临的挑战及发展趋势, 并针对陆相油藏描述的特殊性, 提出了适应陆相油藏描述的两个新理论——储层岩石物理相与油藏渗流地质学, 阐述了具有中国陆相特色的 10 项配套技术。

第二章油藏模型与储层模型。系统阐述了储层与油藏地质模型的内涵, 探讨了储层及油藏地质模型的分类与分级, 总结了建立储层、油藏地质模型的技术与方法。

第三章勘探阶段油藏描述。系统阐述了此阶段油藏描述的目的、任务及研究内容, 强调勘探阶段油藏描述应重点进行构造研究及圈闭描述、沉积体系与沉积相研究、储盖层描述、油气水层识别与早期评价、流体地化特征及其分布规律、油藏概念模型建立、基本探明储量计算、油藏评价及先导开发实验区选择等。

第四章开发早期阶段油藏描述, 应以建立分级静态储层及油藏地质模型为目标, 为油藏数值模拟提供可靠的地质依据, 以保证合理制定开发方案。因而, 精细的小层划分与对比是基础, 关键井研究及多井评价是关键。这阶段对水驱油效果的地质因素应进行充分地研究, 因而本章介绍了我们提出的与储层质量评价及流动单元相关的岩石物理相理论, 以及影响波及效率的油藏渗流地质理论, 并介绍了陆相复杂油藏探明储量的计算方法及油藏综合评价方法。

第五章开发中后期油藏描述。强调在开发中后期阶段，油藏描述应以建立剩余油分布模型为核心，在开发早期油藏描述的基础上，充分应用各种静态和动态资料，进行井间储层表征及预测模型的建模研究、油藏地球化学研究、开发过程中储层参数及流体性质的动态变化研究、剩余油形成机制及分布规律的研究，最终建立剩余油分布模型，为油田的进一步挖潜和三次采油的实施提供充分的地质依据。

现代油藏描述的最大特点是油藏的定量化和计算机化，以及成果的定量化，因而，以上各阶段研究均有相应的软件系统。

本书由熊琦华、张一伟教授制定全书编写大纲，由熊琦华教授、王志章副教授、吴胜和副教授担任主编。第一章由熊琦华、张一伟编写；第二章由吴胜和、熊琦华编写；第三章第1~4节由张一伟、吴胜和编写，第5~7节由王志章、方朝亮编写；第四章由王志章、熊琦华编写；第五章由吴胜和、陈亮编写。参加本书编写的还有彭仕宓、徐樟有、张枝焕、蔡毅、吴欣松、刘宇红、马晓芬、陈崇河等。

全书由熊琦华教授统稿，张一伟、熊琦华教授审定。

本书在编著过程中得到中国石油天然气总公司科技发展局、勘探局、开发生产局的大力支持和帮助。武庆霞、孙靳同志为打印书稿付出了辛勤劳动，在此一并致谢。由于水平所限，时间紧迫，不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

1996年10月10日

# 目 录

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第一章 总 论                 | (1)  |
| 第一节 油藏描述的概念             | (1)  |
| 一、概念                    | (1)  |
| 二、油藏描述的任务及内容            | (2)  |
| 第二节 油藏描述发展现状            | (4)  |
| 一、以测井为主体的油藏描述           | (4)  |
| 二、多学科油藏描述发展阶段           | (5)  |
| 三、多学科一体化描述技术            | (7)  |
| 第三节 油藏描述面临的挑战及对策        | (8)  |
| 一、油藏描述面临的挑战             | (8)  |
| 二、提高油藏描述实效的对策           | (9)  |
| 第四节 陆相油田油藏基本特征          | (10) |
| 一、陆相油田油气区域成藏要素          | (10) |
| 二、油气藏类型及特征              | (13) |
| 三、油气藏烃类相态分类             | (17) |
| 四、油气藏的开发分类及特征           | (18) |
| 第五节 陆相油田油藏描述新理论及关键技术    | (20) |
| 一、储层岩石物理相和油藏渗流地质学的提出及应用 | (21) |
| 二、陆相油田复杂油藏描述关键技术        | (22) |
| 第六节 油藏描述软件系统            | (35) |
| 一、油藏描述软件系统的作用           | (36) |
| 二、油藏描述软件系统的特点           | (36) |
| 三、油藏描述软件系统的功能           | (37) |
| 四、油藏描述软件系统的结构           | (37) |
| 五、油藏描述软件系统实例(A系统)       | (38) |
| 参考文献                    | (39) |
| 第二章 油藏模型与储层模型           | (41) |
| 第一节 油藏地质模型              | (41) |
| 一、油藏地质模型的概念             | (41) |
| 二、油藏地质模型的建立基础           | (42) |
| 第二节 储层地质模型              | (43) |
| 一、不同勘探开发阶段的储层地质模型       | (43) |
| 二、储层地质模型的表征内容           | (45) |
| 三、储层地质模型的分级             | (49) |
| 第三节 储层建模的方法技术           | (52) |

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| 一、确定性建模 .....               | (52)         |
| 二、随机建模 .....                | (54)         |
| 参考文献 .....                  | (61)         |
| <b>第三章 勘探阶段油藏描述 .....</b>   | <b>(62)</b>  |
| 第一节 研究内容及流程 .....           | (62)         |
| 一、目的、任务 .....               | (62)         |
| 二、必备的信息基础 .....             | (62)         |
| 三、描述内容 .....                | (63)         |
| 四、技术路线与流程 .....             | (65)         |
| 第二节 构造研究与圈闭描述 .....         | (66)         |
| 一、反射层位的标定 .....             | (66)         |
| 二、构造图的编制 .....              | (67)         |
| 三、圈闭特征描述 .....              | (69)         |
| 四、构造发育史研究 .....             | (74)         |
| 五、圈闭和断层对油气聚集的控制作用 .....     | (75)         |
| 第三节 沉积相研究 .....             | (77)         |
| 一、岩心相分析 .....               | (78)         |
| 二、测井相分析 .....               | (82)         |
| 三、地震相分析 .....               | (88)         |
| 四、沉积相综合研究 .....             | (92)         |
| 第四节 储盖层描述 .....             | (95)         |
| 一、储层成岩作用研究 .....            | (95)         |
| 二、储层储集特征研究 .....            | (103)        |
| 三、储层横向预测 .....              | (116)        |
| 四、储层综合评价 .....              | (127)        |
| 五、盖层描述与评价 .....             | (133)        |
| 第五节 油、气、水层识别与评价 .....       | (139)        |
| 一、微分分析自动识别油、水层 .....        | (139)        |
| 二、利用可动水分析自动识别油、水层 .....     | (140)        |
| 三、多参数模式识别法 .....            | (140)        |
| 第六节 流体性质及分布规律 .....         | (149)        |
| 一、流体性质研究 .....              | (150)        |
| 二、流体性质非均质特征 .....           | (156)        |
| 三、流体性质平面上分布模式及其地质意义 .....   | (157)        |
| 第七节 油藏概念模型及油藏地质综合评价 .....   | (157)        |
| 一、油藏概念模型 .....              | (157)        |
| 二、探明储量计算 .....              | (163)        |
| 三、油藏地质综合评价 .....            | (166)        |
| 参考文献 .....                  | (168)        |
| <b>第四章 开发早期阶段油藏描述 .....</b> | <b>(170)</b> |

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| 第一节 研究内容及流程 .....                      | (170) |
| 一、开发早期阶段油藏描述任务 .....                   | (170) |
| 二、信息基础 .....                           | (170) |
| 三、描述内容 .....                           | (171) |
| 四、技术路线及流程 .....                        | (171) |
| 第二节 相控—等时小层对比 .....                    | (172) |
| 一、相控—等时小层对比方法 .....                    | (173) |
| 二、对比流程 .....                           | (174) |
| 第三节 关键井研究及多井评价 .....                   | (178) |
| 一、概述 .....                             | (178) |
| 二、测井资料标准化 .....                        | (178) |
| 三、陆相储层孔、渗参数测井—地质综合解释 .....             | (187) |
| 四、陆相储层原始含油饱和度研究 .....                  | (200) |
| 第四节 油层有效厚度研究 .....                     | (221) |
| 一、岩心含油级别的划分 .....                      | (225) |
| 二、岩性与含油产状、出油下限的确定 .....                | (225) |
| 三、测试法确定有效厚度物性标准 .....                  | (226) |
| 四、利用数理统计法确定有效层物性下限 .....               | (227) |
| 五、泥浆侵入法 .....                          | (227) |
| 六、经验统计法确定油层物性下限 .....                  | (229) |
| 七、利用密闭取心井资料确定原始含油饱和度标准 .....           | (232) |
| 八、利用相渗曲线、油藏条件下毛管压力曲线，确定原始含油饱和度下限 ..... | (233) |
| 九、有效厚度夹层扣除标准 .....                     | (234) |
| 第五节 油藏储层非均质性及其渗流地质特征研究 .....           | (235) |
| 一、油藏渗流屏障特征分析 .....                     | (235) |
| 二、油藏非均质性及其渗流差异特征研究 .....               | (240) |
| 三、储层孔隙模型及其渗流地质特征研究 .....               | (247) |
| 四、储层敏感性及其对渗流的影响 .....                  | (257) |
| 第六节 储层岩石物理相研究及储层质量综合评价 .....           | (263) |
| 一、岩石物理相的基本理论 .....                     | (263) |
| 二、小层沉积岩石微相研究 .....                     | (264) |
| 三、成岩储集相定量划分与平面展布 .....                 | (265) |
| 四、储层岩石物理相表征及储层质量评价 .....               | (271) |
| 第七节 油藏分级静态地质模型研究 .....                 | (277) |
| 一、建模技术与流程 .....                        | (277) |
| 二、建模技术关键 .....                         | (279) |
| 三、荆丘油田油藏分级静态地质模型 .....                 | (280) |
| 第八节 油藏质量综合评价 .....                     | (280) |
| 一、非均质油田储量计算方法与技术 .....                 | (280) |
| 二、油藏综合评价 .....                         | (285) |



|                      |       |
|----------------------|-------|
| 参考文献                 | (293) |
| <b>第五章 开发中后期油藏描述</b> | (294) |
| 第一节 研究内容及流程          | (294) |
| 一、目的任务               | (294) |
| 二、资料基础               | (294) |
| 三、描述内容               | (296) |
| 四、技术流程               | (297) |
| 第二节 井间储层表征及随机建模      | (298) |
| 一、序贯指示模拟方法及其应用       | (299) |
| 二、正演井间分形克里金方法及其应用    | (306) |
| 三、相控参数场随机模拟及其应用      | (312) |
| 第三节 开发过程中储层性质的动态变化   | (318) |
| 一、储层孔隙结构和岩石物性的动态变化   | (318) |
| 二、储层非均质性的动态变化        | (324) |
| 三、注入水对油层润湿性的影响       | (324) |
| 第四节 注水过程中流体性质的动态变化   | (326) |
| 一、原油物性的动态变化          | (327) |
| 二、原油化学组成的变化          | (328) |
| 三、油田水的地球化学变化         | (328) |
| 第五节 剩余油分布模型          | (329) |
| 一、陆相油藏剩余油分布的基本特点     | (329) |
| 二、剩余油分布的研究方法         | (337) |
| 三、剩余油分布模型            | (344) |
| 参考文献                 | (345) |

# 第一章 总 论

“油藏描述”是国外近二十年来，随着计算机技术的迅速发展而发展起来的一项优化全油田多学科相关信息来研究与定量表征、评价油气藏的新技术。

实践表明，勘探开发的成败关键在于对油藏认识是否全面、是否符合客观实际，评价是否正确。“油藏描述”二十年来的发展和应用证实了它是一项有效提高勘探开发水平及效益的支柱技术，因而引起国内外普遍重视，并获得迅速发展。

## 第一节 油藏描述的概念

### 一、概 念

油藏描述，简称 RDS 技术服务 (Reservoir Description Service)，就是对油藏各种特征进行三维空间的定量描述和表征以至预测。油藏描述的最终成果是建立反映油藏圈闭几何形态及其边界条件、储集及渗流特征、流体性质及分布特征的三维或四维油藏地质模型。

油藏描述在有些国家仍称之为油藏研究或油田研究。实际上现代油藏描述与 70 年代以前传统的油藏研究有很大的差别，表现在以下 6 个方面：

- (1) 油藏研究由单井点的研究向多井评价的飞跃；
- (2) 油藏研究由定性、半定量向定量化研究的起点；
- (3) 油藏研究由多学科分体式研究方式向优化多学科相关信息一体化系统工程研究方式的发展；
- (4) 油藏研究过程的计算机化及成果可视化；
- (5) 油藏研究充分应用了现代数学，如应用统计、模式识别、模糊数学、专家系统、神经网络、分形几何、地质统计及随机模拟，使研究成果——所建油藏模型科学化且具预测功能；
- (6) 油藏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发展。

因而，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。

这项技术对缓解随勘探开发难度加大、成本剧增且日益增长的缩短从勘探发现油气藏到开发生产的时间的压力，明显地优于以高费用钻井为主要手段的技术。

这项技术不仅最大限度地发挥了地质、地球物理（地震及测井）、钻井、测试等信息在油藏综合研究及评价中的作用，为寻找隐蔽油气藏和油气富集带，优选评价井位，预测产能、计算油气储量提供依据，还为油气藏数值模拟研究、优化开发方案提供可靠的油藏模型，为改善开发效果，提高最终采收率而进行的三次采油提供决策。总之，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。

## 二、油藏描述的任务及内容

油藏描述研究油藏的四维变化特征，这里已过去的时间是第四个变量。因而包括静态描述与动态描述。

不同的勘探开发阶段，由于研究任务不同、资料信息类别及拥有程度不同，所研究的内容及最终成果也各有所异。现按“阶段模式”分别叙述。

### （一）勘探阶段

在油藏描述中所谓的勘探阶段油藏描述是指第一口发现井到油田开发方案制定之前的研究与描述工作。目的是少井多探明储量及进行开发可行性评价，任务是利用少数探井、评价井及地震信息，以石油地质理论为指导，以构造地质学、沉积学、地球化学为基础；以层序地层学、地震地层学、地震岩性学为主要研究方法；在研究构造体系及构造样式、沉积体系及沉积相、成岩史及成岩作用、层序划分及体系域类型、烃源岩及流体地化特征的基础上，进行下列内容的描述与表征：

（1）地层格架（模型）。建立地层层序及综合剖面，划分生、储、盖组合，确定含油层系。

（2）构造格架（模型）。确定圈闭类型及高点、主断层、断裂系统的分布及性质、圈闭面积及闭合高度。

（3）储层格架（模型）。储集体类型及分布、储集岩岩性及厚度、储集物性参数变化趋势及规律。

（4）地化格架（模型）。烃源岩性质及分布、油藏类型及流体性质、流体分布及含油气面积。

（5）建立研究区油藏的概念模型，计算未开发探明储量。选择先导开发实验区为开发方案准备必要的基础。

### （二）开发早期阶段

开发早期阶段为开发方案初步实施阶段，即开发井网全部钻完。油藏描述的任务是搞清油藏中油气富集规律，指明高产区、段，模拟油藏中流体流动规律，预测可能发生的暴性水淹及储层敏感性，以便进行合理的现代油藏管理。为提高无水采收率及可采储量动用程度服务。

因而这阶段油藏描述的特殊性是以取心井为基础，利用开发井的测井信息进行四性关系的转换、储层及油藏参数的准确确定。即关键井研究及多井评价是主要方法，研究的基本单元是油层组中的小层，研究内容是影响流体运动的开发地质特征以及流体性质变化及分布规律，流体与储存流体的流场间的相互作用。

主要描述与表征的内容如下：

（1）沉积微相——岩石相；

（2）成岩储集相；

（3）裂缝相；

（4）岩石物理相；

（5）储层非均质特征；

（6）流体与流场相互作用特征——渗流地质特征。

（7）建立分级的油藏地质静态模型，计算开发探明储量（I级）。

在开发方案实施阶段还需利用各种测试资料、生产测井（开发测井）资料、生产动态资料所提供的信息进行油藏动态描述，即描述油气藏基本动态参数的变化规律，建立动态模型为调整方案提供依据。

### （三）开发中后期阶段

开发中后期是指开发方案已全面实施，到进行提高采收率的三次采油措施之前的阶段。

开发中后期的油藏大多已进入高含水的产量递减阶段。但由于储层非均质特征的差异性、屏障性、敏感性及变化的随机性，加之井网的不完善性，导致油水推进在纵、横向上的不均一性及油层动用程度的差异性，剩余油分布的零散性。同时，在长期水淹的储层中，储层及流体性质都将发生一系列物理的、化学的及机械的变化。以上这些因素使油藏各方面的非均质性更加突出。特别是储层非均质性，它是控制剩余油分布及进一步调整方案和储层合理管理的主控因素。

因而，这一阶段的油藏描述将以储层非均质变化特征为基础，以剩余油分布规律为核心，以储层、油藏的定量评价为目的，注重非均质成因机制综合效应的研究及剩余油分布规律综合控制因素的研究。特别是在开发井网条件下，井点储层参数在开发前后的准确标定及求取，以及井点间和无井区储层属性参数变化的内插与外推预测方法的应用及研究。在研究储层非均质特征的同时，进行油藏地球化学研究，即研究流体在开发过程中与储层间的作用及变化规律，并预测对驱油效果的影响；研究注入剂与油藏流体的配伍，为改善开发效果及三次采油措施方案的优选提供依据。

描述与表征的内容有下列六个方面：

- （1）井间非均质参数的随机模拟；
- （2）储层属性参数的变化及表征；
- （3）储层在水驱或注水开发后的变化及非均质特征；
- （4）剩余油饱和度、分布特征及储量复算；
- （5）目前油藏中流体性质的变化及其与储层相互作用等油藏地球化学特征；
- （6）油藏目前温度、压力场分布特征，边水及底水的水体体积变化特征。

通过以上各方面研究，建立储层结构模型，储层不同级别的非均质模型，岩石物理模型及剩余油分布模型。

以上是按“阶段模式”阐述的描述任务与内容，实际上这种建立在顺序处理问题基础上的阶段往往对缩短勘探开发时间、提高时效、节约资金是不完全合理的，因而在并行方式处理问题的观念指导下，滚动勘探开发在我国已被倡导并实施，所以油藏描述的阶段也不是截然分开的，往往勘探早期与评价阶段相交叉，评价阶段先导开发实验区与开发早期交叉，而开发早期与中后期的描述也是互有特殊性又有共性的。许多研究内容是相似的，只是精度不同而已。

此外，对于开发阶段的油藏描述，往往还需考虑直接影响开发部署及动态特点的内容。如块状油藏重要特征是存在底水，因而底水能量及底水推进条件是进一步描述的重点；小透镜体油藏的特点是各个小储油体形成的独立的油气系统，在含油井段很长，一口井钻遇多个储油体时，就出现纵向上油气水分布杂乱的现象，甚至出现油柱高度超出圈闭高度的现象。这种油藏在描述时，必须用试井资料进行探边测试，用压降法计算井所控制的储集体积，准确地解释每一口井的油气水层都是开发好这类油田的重点描述内容，而层状油藏描述的重点则应是各油层层间的、平面的、层内的非均质性及隔层的稳定性等等。

## 第二节 油藏描述发展现状

油藏描述服务技术自 70 年代初由斯仑贝谢公司最早提出，就显示了其对开发阶段油藏现代管理的重要性。

现代油藏管理包括以下 6 个方面：

- (1) 资料采集；
- (2) 油藏描述；
- (3) 驱替机理；
- (4) 油藏模拟；
- (5) 动态预测；
- (6) 开发战略。

即通过各类资料采集建立优化的数据库，在此基础上进行油藏描述，建立各类油藏地质模型进行驱替机理研究，将地质模型转化为模拟网块进行油藏模拟以预测开发动态及作开发战略的决策。其中油藏描述与油藏模拟是两个关键内容，而油藏描述所提供的油藏地质模型的准确性及精度又决定了油藏模拟结果的正确性及可靠性，因而近二十年来油藏描述发展迅速，总体上看可分为三个阶段。

### 一、以测井为主体的油藏描述

在国外，首先由斯仑贝谢公司在 70 年代提出以测井为主体的油藏描述技术，它是基于使测井资料在油藏描述中的贡献最大而提出的。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。

斯仑贝谢公司认为电缆测井是唯一的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。

斯仑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，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) FACLOG（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) 测井资料规一化；

(3) 渗透率分析;

(4) 储集层绘图及参数集总。

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,并较之以钻井取心资料为主体的储层描述取得良好的改进效果。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 年代初斯仑贝谢公司开始将三维地震信息及垂直地震(VSP)信息引入油藏描述的井间相关研究中,并强调地质学家与油藏工程师的协同工作,及适于全油田输入的储集层模型。

70 年代油藏描述重点是应用于油气田开发阶段的油藏动态监测及最终采收率的评价。

## 二、多学科油藏描述发展阶段

随着油气勘探开发难度日趋加大,投资费用日益增加,就要求石油地质工作者尽可能地掌握油藏各种地质特征,依据不同勘探开发阶段,不同的信息类别及资料占有程度研究并描述其三维空间分布,建立不同类型的油藏地质模型。因而 80 年代各国均发展了以不同学科信息为主体的不同类型的油藏描述技术。其中主要是如下四大类。

### (一) 以地质为主体的油藏描述

这种描述强调地质方法为主,辅以测井单井评价方法。如野外露头调查;取心井岩心及岩屑观察描述;实验分析测试;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。但这些都是建立在个别露头或剖面,个别井点基础上的研究。特别是在露头区则往往只能用类比的方法,借鉴各种模式来推断和描述油藏三维特征。因而满足不了降低勘探风险和提高开发效益的要求。

### (二) 以物探为主体的描述

地震信息具有覆盖面广,可提供无井区以及井间地质信息的优势,因而成为油藏描述中不可缺少的技术之一。

在勘探阶段地震油藏描述技术主要包括进行构造解释的技术;地震地层学技术确定沉积体系的分布及划分地震相;地震岩性学技术进行储层横向预测,确定储集体形态及分布、标定砂体深度及厚度、估算孔隙度、预测岩性变化;地震烃类检测技术可预测含油气性。

在开发阶段利用开发地震技术,即高分辨三维地震解释技术、地震层析技术、多波多分量解释技术、垂直地震剖面技术、振幅炮检距分析等对储层进行井间、井外地区的储层静态描述及动态监测,查明构造细微变化及油气水层分布。

因而,无论是勘探阶段还是开发阶段,地震描述技术都发挥着极其重要的作用。但地震技术需以井的资料结合才能作出符合实际的描述。这一类技术的弱点在于分辨率较低,多解性强,目前主要用于勘探阶段的油藏描述。但随着储层地震学的发展,地震描述在开发阶段也将显示其举足轻重的作用。

### (三) 以测井为主体的描述

继 70 年代斯仑贝谢公司提出的以测井为主体的油藏描述技术,又于 1985 年将三维地震及 VSP(垂直地震)资料引入油藏描述的井间相关对比研究中(见图 1-1)。近十年来各石油公司纷纷引用并发展了这一类技术。

研究现状:

(1) 1992 年 SPE 会议材料油藏描述研究内容及方法为：

- 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储层参数集总及储集层绘图。

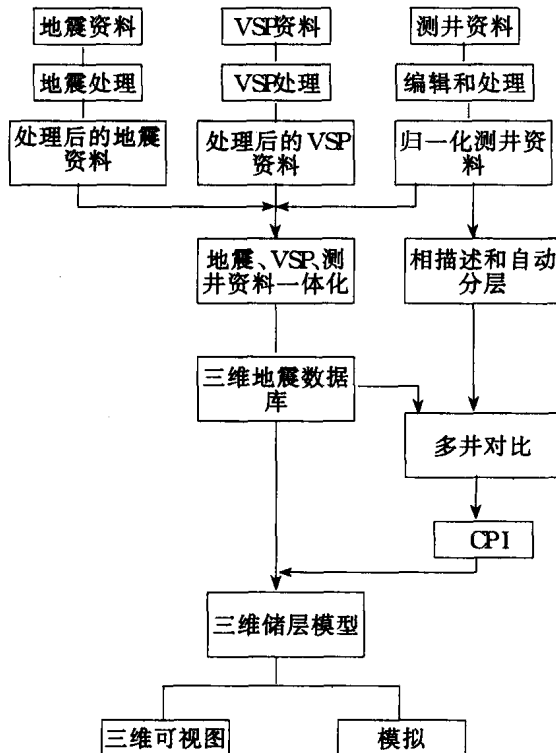


图 1 - 1 斯伦贝谢公司储层描述流程 (1985)

(2) 1992 年中国石油天然气总公司信息中心查新报告“现代油藏描述方法”研究方法主要包括：

- ①关键井研究；
- ②油田刻度；
- ③渗透率估算；
- ④集总（包括孔、渗、饱数值平均及数值累加）；
- ⑤网络内插和制图。包括：
  - 顶底构造图；
  - 含水饱和度；

- 厚度;
- 渗透率;
- 孔隙度。

其研究内容及成果为:

岩性特征。岩心描述、岩性、沉积环境和岩石特性分析。

构造特征。构造图、连续性、垂向和平面上的分布。

储层性质。储层特性参数的空间分布;储层分布以及泥岩的分布。

综合研究。三维油藏描述模型。

并指出常采用多学科协同进行油藏描述,根据油藏描述可得出适用于全油田模拟的油藏模型。

这一类技术仍然是以点的描述为基础,虽然在井间相关中引入了地震技术,但不同类型复杂油气藏都用程式化的软件系统及技术往往使提供的模型在一定程序上是失真的或不完善的。

#### (四) 油藏工程描述技术

在开发阶段,油藏描述不可少的是油藏动态描述。因而以油藏工程方法为主的描述技术应运而生,主要是利用各种测试信息,开发动态信息、检查井信息、生产测井信息等研究油藏动态变化特征、流体渗流机理、温压条件变化;进行单井的动态模拟与历史拟合,以预测油藏随时间的变化特征——四维变化特征的描述。

### 三、多学科一体化描述技术

单一学科技术发展虽然进步很大,但各自都存在不利的方面,因而 80 年代以来逐步向多学科一体化描述发展,提倡地质、物探、测井研究人员与油藏工程师协同工作,发展边缘科学及计算机的“地学平台”,以多种应用数学方法贯穿研究始终,如应用统计、人工智能、专家系统、分形几何学等等。其中最突出的是地质统计学随机模拟方法的应用。

油藏描述的直接目的在于准确地提供油藏数值模型。为勘探、开发的高效益奠定基础。传统的油藏模型是以少量确定性参数(钻井取心及测井)以常规统计学方法进行参数求取及空间分布内插。使所提供模型不能反映地质体变化的非均质性及随机性。由于地质变量在空间具有随机性和结构化的特点,为了准确求取油藏各项特征参数,近二十年区域化变量理论和随机模拟理论的发展和应用为油藏描述提供了一种新的工具,使油藏非均质特征得以更确切地描述和建立较符合地下实际的模型。

地质统计学在油藏描述中的应用可归纳为以下几方面:

(1) 参数估计。地质统计学的基本原理就是应用线性加权的方法对地质变量进行局部的最优化估计。

(2) 储层非均质性研究。储层非均质性对勘探开发都有重要影响,储层模型中对非均质性的描述与表征是关键。地质统计学中的随机建模技术就是针对非均质性研究提出来的,随机技术是联系观察点和未采样点之间的桥梁。其目的是以真实和高效的方法在储层模型中引入小型和大范围非均质性参数。

(3) 各种资料的综合应用。油藏描述涉及多学科多类型资料信息,如何系统地匹配使用好各种资料信息至关重要。地质统计学为此提供了许多方法,如指示克里金技术可将定性的信息进行系统编码,将定性的概念定量化,协同克里金可综合多种类型的信息,给出未采样



的参数值落入任何给定范围的概率分布,通过多定量回归处理出的模型与多种信息资料取得一致,而不是地质模型、地球物理模型、生产模型自成系统而无法综合在一起。

(4) 不确定性描述。过去是建立静态、动态的确定性模型。这种模型很难反映油藏地下复杂的变化。只有通过不确定性描述,从地质统计观点概括和综合地质模型,才能真实地反映复杂的油藏模型,而不会导致像传统油藏模型把控制流体在油藏中运移的复杂地质现象过于简单化。“如蛋糕层模型”,用这种模型模拟历史表明,往往给出过于乐观的油藏动态预测,造成开发过程的低效益。

总之,近几年来,地质统计学越来越广泛地用于油藏描述,诸如估算孔隙度的空间分布,模拟渗透率数值的连续性,定量估计油藏模型的不确定性,取样设计、流动模拟过程中的敏感性分析和风险分析等等。它的最大优点就在于能够方便地综合应用各种资料,如地质、地震、测井、生产等各方面的信息,这对准确描述岩心取样很稀疏的油藏是十分关键的。

### 第三节 油藏描述面临的挑战及对策

#### 一、油藏描述面临的挑战

油藏描述的理论及技术在 20 年中有了许多长足的进展。H.H.Haldorsen 等(1993)的统计结果表明,油藏描述技术初期对提高采收率有明显的效益,但在 80 年代末到 90 年代初虽然每年发表的论文数量及有关油藏描述的含义和短训班次次数剧增,而以油气区为单位的平均采收率并未显著提高,产量预测也存在着明显的误差。

我国油藏描述自 80 年代中期引入后,在一些不同类型的油田组织多学科一体化描述取得了明显的经济效益。因而国家储量委员会及中国石油天然气总公司先后作出了在报储量前必须进行油藏描述以确保在对油藏正确认识的基础上,使所计算的储量符合实际。国内各油田、各院校将油藏描述作为勘探开发必备的研究工作列入工作规范,有关专著及文章层出不穷,各油田均以巨资购置外国公司的油藏描述软件,但并不是每个油藏描述都见到成效,甚至认为以图形显示绘制出美观可视化的油藏图件便是油藏描述,有的以传统油藏研究充当油藏描述等等,使油藏描述的概念被扭曲。因而油藏描述面临着严峻的挑战及危机。

分析其原因,不外乎两个方面:

其一是忽略了油藏地质特征是千变万化的,每个阶段、每个油藏需要表征的问题是有很大差异的,因而用模式化的技术和软件来研究不同的地质体,不可能真实揭示它们的特殊性,也不可能发展有针对性的描述技术。

其二是目前应用于油藏描述的各种技术尚不能满足油藏描述目前的需要。

例如,目前对裂缝的研究、裂缝相的表征技术尚不成熟,特别是那些对渗流起屏障作用或起通道作用的微裂缝的研究,尚处于定性阶段。井间油藏及储层参数的预测主要依赖于地质统计学的克里金估计或随机模拟,但作为一门新的科学尚有许多局限及不足之处。

(1) 所产生的油藏模型的好坏强烈地依赖于所假设的随机函数的模型及所具有的数据,在数据很少的情况下,很难验证所假设的模型是否与实际的地质条件相符合。

(2) 变异函数的模拟带有许多主观性,而涉及多变量的交叉变异函数的模拟受到线性