

油藏评价阶段 建立地质模型的技术与方法

贾爱林 肖敬修◎著

YOU CANG PING JIA JIE DU AN
JIAN LI DI ZHI MO XING DE
JISHU YU FANG FA

石油工业出版社

油 藏 评 价 阶 段 建立地质模型的技术与方法

贾爱林 肖敬修 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书论述了油气藏早期评价阶段建立油藏地质模型的技术与方法。内容主要包括：油藏描述阶段的划分、油藏早期评价的特点、资料特征及要求、油藏构造描述、储层研究技术、隔（夹）层研究技术、储层流体性质及其分布、储层地质模型建立技术和方法、早期评价建模实例。

适于从事油藏描述及提高油气采收率的专业研究人员、技术人员和有关专业的师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

油藏评价阶段建立地质模型的技术与方法/贾爱林，肖敬修著．
北京：石油工业出版社，2002.8
ISBN 7-5021-3909-5

I．油…

II．①贾…②肖…

III．油气藏—评价—地质模型—技术

IV．P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 062541 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 15 印张 381 千字 印 1—1000
2002 年 8 月北京第 1 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3909-5/TE·2825
定价：35.00 元

前 言

油藏早期评价阶段储层地质模型的建立作为开发储层第一个建立的地质模型，对油（气）田的开发生产具有非常重要的影响，其可靠程度如何将直接影响到层系的划分、井网的布署及注采的配置等一系列重大问题，对油（气）田的经济效益产生最为直接的影响。同时早期建模作为储层地质模型建立的重要内容之一，其研究和发展水平将直接影响整个学科的水平。因此，将这一研究方向的研究水平加以提高，具有非常重要的意义。

本书的主要作者，参加了国内从 1988 年开始陆上发现的大部分油（气）田和海上部分油气田的早期建模工作，应该说积累了这一研究领域相当丰富的经验。其实早在 1999 年昆明召开的第一届全国储层表征技术研讨会上，就对我国十年来储层建模的发展历程作了简要的概括，同时，作为我国老一代的储层建模专家裘怿楠教授也一直希望能将这十几年的工作做一总结，以满足油田地质工作者的需要并为今后新发现的油（气）田的开发提供技术方法上的借鉴和参考。正是基于这样的考虑，在以前几个内部小册子的基础上完成了这一工作。

本书的研究内容针对性较强，主要是针对早期建模的技术方法、手段和工作流程展开论述，同时也加了几个较为典型的实例。读者不难发现，将早期建模进行程序化和规范化，不仅可以节约大量的研究时间，同时也在一定程度上可以提高早期建模的准确性和可靠性，对油田的有效开发是很有益处的。

原中国石油天然气总公司从“八五”开始一直到“九五”都将这一研究内容列入攻关课题，在经费上和研究方向上都给予了很大的资助和指导，才使得今天的这一专著能与读者见面。

本书全文由贾爱林、肖敬修主编，贾爱林统稿，在研究实例方面，全国先后有数百人参加了工作，因此可以说该书的问世是集体研究的结晶。特别是裘怿楠教授，在近年身体状况不太好的情况下，一直过问该书的编写工作，并与作者多次设计提纲，为这一工作的完成付出了大量的心血，在此表示深深的敬意，同时也感谢所有关心这一研究工作的领导和同仁，以及先后与作者一起完成油气田早期建模具体研究工作的同志们。

贾爱林 肖敬修

2001 年 3 月

序

储层评价技术的形成、更新和发展，本身就是储层地质学及其相关学科的理论研究向石油勘探开发生产力转化的最直接的一种体现。中国石油天然气集团公司在上个世纪后期组织“中国油气储层研究”十年科技攻关，其中一项重要成果就是配套形成五项储层评价技术。这些技术方法已经在生产工作中发挥了很好的作用，受到了储层地质工作者的广泛欢迎。

现在，《油藏评价阶段建立地质模型的技术与方法》的出版，说明了储层评价技术又向专项化前进了一步。这是我们储层地质界值得庆幸的一件事情。

油田从勘探发现后到投入正式开发以前，需要经历一个评价阶段，也就是勘探到开发的过渡阶段，它是石油工业上游活动非常重要的一个阶段。通过实施勘探开发一体化战略，确保油田经济高效地投入开发。在这一阶段，油藏地质工作的关键是取好所需的油藏地质资料，正确评价油藏开发地质特征，为编制油田总体开发设计提供科学的油藏地质模型。这一阶段工作往往会对一个油田开发的全过程起着决定性的作用。这一阶段又由于探井、评价井数量很少（有时甚至只有一口发现井），可供认识油藏的直接地质资料很有限，用于认识油藏地质特征建立地质模型的技术也面临着一些特殊的问题和难度。因此，在发挥多学科多专业协同工作中，需要采取一些特殊的技术和对策。

作者和他们的同事近20年来从事了国内十几个有代表性的新油气田投入开发前评价阶段的油藏描述和储层建模工作，这些油气田包括从西部到东部；从陆地到海上；从整装大油田到复杂断块；涉及到我国特有的各类陆相沉积储层；有的仅凭一口发现井的早期评价，也有的是在全面三维地震采集后的评价工作；油藏类型和评价条件都有一定的代表性。经油田投入生产开发一段时间的实践检验，证明评价阶段所建立的地质模型是成功的。本书的出版，是作者在这些工作中长期积累的经验的总结和升华。本书详细论述了早期评价阶段建立地质模型所面临的主要开发地质技术问题；所需要的资料内容；研究方法手段以及关键技术等，我相信，他们成功的经验和技能，对今后油气田早期评价和地质模型的建立肯定会发挥很好的指导作用，在提高石油采收率方面作出应有的贡献。

裴泽楠

2002年6月28日

目 录

第一章 概述	1
第一节 油藏早期评价的概念与特点.....	1
第二节 油藏描述阶段的划分.....	3
第二章 油藏早期评价阶段的特点	8
第一节 油藏早期评价阶段的特殊性.....	8
第二节 早期油藏描述的重点内容.....	8
第三节 概念设计阶段和开发方案设计阶段油藏描述的主要区别	10
第四节 早期油藏评价阶段油藏描述精度要求	10
第三章 油藏早期评价阶段资料特征与要求	13
第一节 地质录井资料	14
第二节 测井资料	17
第三节 开发地震资料	19
第四节 测试资料	20
第四章 油藏构造描述	21
第一节 构造形态特征	21
第二节 裂缝性油气藏	24
第五章 储层研究技术	45
第一节 储层沉积相分析技术	45
第二节 储层层组划分和对比技术	58
第三节 储层“四性关系”研究技术	68
第四节 微观孔隙结构描述技术	76
第五节 储层横向预测技术	84
第六节 砂体连续性与平面非均质性研究技术	91
第七节 主力层层内非均质性研究技术	93
第八节 层间非均质性研究技术	97
第九节 储层综合评价及分类技术	98
第六章 隔（夹）层研究技术	102
第一节 研究隔层的标准.....	102
第二节 隔层分布状况.....	104
第三节 对裂缝发育的地层要分析裂缝穿入隔层情况.....	104
第七章 储层流体性质及其分布	105
第一节 流体界面的确定.....	105
第二节 油藏含油气面积.....	110
第三节 储层流体性质.....	112
第四节 压力系统.....	116

第八章 早期油藏评价阶段不确定性分析	120
第一节 建立储层格架过程中的不确定性分析.....	120
第二节 储层地质属性参数以及储层性质不能搞错.....	123
第九章 储层地质模型建立技术和方法	125
第一节 储层地质模型分类.....	125
第二节 地质模型建立方法.....	127
第三节 建立储层地质模型的技术.....	138
第十章 建模实例	145
第一节 塔里木盆地东河一号油藏建模主要技术方法.....	145
第二节 丘陵油田三间房组储层地质模型.....	148
第三节 青海跃进二号油田 E_3 油藏随机建模	167
第四节 塔中 4 油田地质模型建立技术方法.....	176
第五节 吉林两井油田储层地质模型.....	196
第六节 塔里木盆地克拉 2 气田地质模型.....	215
参考文献	231

第一章 概 述

第一节 油藏早期评价的概念与特点

油藏早期评价阶段是指油（气）田从被发现到正式投入开发前的这一段时间，也是开发地质工作者最早介入的油（气）田研究阶段。这一阶段总体上属于早期油藏表征（Reservoir Characterization），按照现代油藏表征的阶段划分（裘怿楠，1993）应属于概念模型的建立阶段。

油藏表征是由油藏描述（Reservoir Description）一词演变而来的，这一概念最早见于 20 世纪 70 年代的国外文献中，很快被引入我国的储层研究中并得到了广泛的应用。经过几十年的发展，油藏表征的内涵已经发生了极大的变化，总体发展趋势表现为以下几个方面的特点，即宏观向微观方向发展；定性向定量和半定量方向发展；多学科多专业综合开展研究。特别是 1995 年以来，随着国内外储层露头精细研究的大规模开展（贾爱林，2000）原型模型的建立和储层地质知识库的积累为油藏表征的精细化和精确化奠定了相当的基础，也正是在这一研究的背景下，国家“九七三”重点基础研究课题下设了“储集层原型地质规律研究”（贾爱林等，2000）和“油藏精细地质模型研究”（颜捷先，宋新民等，2000）两个课题，要求在厘米级的纵向精度上研究储层的非均质性，并已取得了相当的进展。

由于油（气）田所处的开发阶段不同，油藏表征的研究内容在基本一致的情况下侧重点也有所差别，目前一般情况下将开发阶段划分为三个主要阶段，即开发评价阶段、主体开发阶段和挖潜、提高采收率阶段（裘怿楠，1993，1997）。由于各个阶段研究的主要目的不同，所拥有的资料情况不同，要解决的主要油藏问题不同，因而又各具不同的特征和研究方法。

本书主要是总结油藏早期评价阶段地质模型的建立技术和方法。关于油藏早期建模部分内容的文章已陆续有所发表（裘怿楠，1991；贾爱林，1994）但到目前为止还没有一本关于这一研究领域的专著或系统文章发表，而在另一方面，油藏早期建模又是油藏表征中极为重要的内容之一，这一阶段油藏建模的正确与否在经济上和生产上的影响都是极其巨大的。

油藏早期评价阶段所能获得的资料极少，地震以二维资料为主，测线密度为 $2\text{km} \times 2\text{km} \sim 1\text{km} \times 1\text{km}$ ；钻井很少，只有 1 口或几口探井或评价井的资料，井距以千米级计算，在缺乏静态和动态资料的情况下，通过近几年的实践，只要依据正确的工作方法，对油藏进行全面研究和评价，直接为开发可行性研究和制定开发设计方案提供可靠的地质依据，成功地建立地质概念模型，如塔中 4 当时只有 6 口井，东河塘 1 口井，东海平湖 1 口井。

油藏描述的主要任务是利用少数探井或评价井的钻井资料以及地震信息资料，以石油地质理论为主导，进行油藏描述和评价，扩大勘探成果，计算评价区的探明地质储量和预测可采储量；布好评价井，取好各种开发设计参数资料；确定开发方式和井网部署，对采油工程设施提出建议；优化开发设计方案，估算可能达到的生产规模，并对设计方案作经济效益评价，保证开发可行性研究和开发设计方案不犯原则性的错误。

由于油藏早期评价的特殊阶段性，其研究任务和-content 应着重强调以下十个方面。

①构造形态、断层、裂缝分布及其发育程度。

②储集层的岩性、岩石结构、储集体的几何形态、侧向连续性以及储层非均质性特征。

- ③储层层组划分和对比。
- ④储层沉积相及成岩史的分析研究。
- ⑤隔层的岩性、物性标准，确定隔层厚度及其空间分布状况。
- ⑥储层流体的物理化学性质以及储层内油、气、水的分布及其相互关系。
- ⑦油藏的压力、温度场的变化。
- ⑧估算油藏水体的大小，分析天然驱动方式及其能量强弱。
- ⑨计算探明石油地质储量。
- ⑩与钻井、开采、集输工艺有关的其它油田地质问题。

上述内容是控制和影响油（气）藏内流体储存和流动的主要因素，从而影响开发过程中各种油（气）藏的地质属性的变化。油（气）藏开发地质特征是以表征储层非均质性为其核心，可以归纳为三个主要部分：

- ①储层的构造特征；
- ②储层的建筑格架及其物性的空间分布；
- ③储层内流体分布及其性质。

至于其他地质属性也会影响该油（气）藏开发决策和措施。如易漏、易喷、易垮塌、易腐蚀、易膨胀等地层的存在，如区域的压力场、温度场、地应力场等分布状况，都应属于油藏描述的附属内容。

从上述油藏描述的内容看，油藏地质模型主要包括构造模型、储层模型、流体模型等。在这些模型建立中，储层地质模型是油藏描述所建立的各类地质模型中最难的一部分，也是最重要的核心部分。

不同开发阶段的油藏描述都涉及到储层地质模型的方方面面。从总体来看，早期油藏描述阶段是建立地质概念模型为主，即将油藏各种地质特征典型化、概念化、抽象成具有代表性的地质模型，要求储层总的地质特征和关键性的地质特征的描述，达到基本符合实际，不过分追求进行具体的客观描述。在描述构造、油气水系统和储层的基本面貌的基础上，重点是研究储层的基本格架模型，然后赋予各种地质属性量值用于表征储层非均质特征在三维空间的分布规律。储层建模的目标是为数值模拟提供一个储层整体地质概念模型。

储层地质模型的分类，目前有很多种方法，按不同开发阶段，占有基础资料的程度不同，完成地质任务有所差别，因而所建模型的侧重点及精度不同。因此，按不同开发阶段将储层地质模型分为概念模型、静态模型和预测模型。对不同开发阶段所建立的地质模型，按三步建模程序分一维井模型、二维层模型和三维整体模型。当然还有其他方法的分类，这里不再详细叙述。

油藏早期评价阶段，整体地质模型也可以用随机建模的技术方法来建立地质概念模型。不管哪一种方法建立的整体地质概念模型，都是用以满足评估油藏总的开发指标为目的。

为了满足数值模拟的要求，要把地质模型实行网块化，并对网块赋予各自的参数量值，反映储层参数的三维变化，即建成定量的、三维储层地质模型。

模型网块化的做法：首先是建立井模型，把各井同层位网块等时对比相连建立层模型，以同层位网块高程表征油藏构造特征；与非储层网块分隔的储层网块表征储层格架，对储层网块中赋予各种储层属性的量值表征这些参数空间分布和非均质性。

网块尺寸的大小，标志着模型的精细程度；每个网块参数量值与实际误差越小，标志着模型的精度愈高。近年来，开发所“MGSS”地质建模软件所建地质模型网块纵向上小于

1m, 平面上数十米级, 一个储集层系网块数可达百万级, 而目前流体流动模拟网格数可容纳千级。这样, 从储层地质模型转换油藏模拟模型时, 需要进行网格粗化。粗化的原则既要适合油藏模拟的需要, 又要保持储层非均质性的精细程度。如塔中 4 油田 CⅠ、CⅢ所建地质模型 78.12 万网块, 转换成油藏数值模拟网块为 1.0 万个。

第二节 油藏描述阶段的划分

油藏描述是 20 世纪 70 年代末开始出现, 在 80 年代发展起来的一项对油气藏进行综合研究和评价的新技术。油藏描述把地质、地震、测井、测试和计算机建模等技术融为一体, 对油藏的格架、储层属性及其内部流体性质空间分布等进行全面性的综合研究和描述, 并对地质现象作出解释和进行预测, 最终建立一个三维的、定量的油气藏地质模型, 为合理开发油气藏, 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, 油气田开发工作成败的关键在于对油气藏的认识是否符合地下客观实际。认识油藏和改造油藏始终是贯穿在油田开发的全过程。

现代油藏管理的目标是在搞清油藏地下的基础上, 决定开发战略, 优化开发方式, 确定开发技术措施, 投入最少的人力财力, 从油藏开发中获得最大的经济效益和石油采收率。也就是说搞好油藏描述是开发好油田的基础。

现代油藏管理技术环节中, 油藏描述所起的作用是为油藏流动模拟预测开采动态提供一个油藏地质模型。

随着计算机等高新技术的应用, 20 世纪 80 年代后期以来, 西方不用油藏描述 (Reservoir Description) 这一术语, 改用油藏表征 (Reservoir Characterization), 并将其定义为: “油藏表征是一个石油地质科学和数学的学科, 它寻求定量确定预测通过渗透介质流体流动所需的 (输入) 资料。虽然预测方法可有各种各样, 应用数值模拟是现行最重要的一种方法, 实质上是确定油藏数值模拟所需要的地质数据”。其他更简洁的定义也有: “油藏表征的目的是描绘出油藏地质的、岩石物理的、成岩的、构造的, 以及工程的参数。这些参数规定着流体在储层内流动的途径和屏障”。

总之, 油藏描述 (表征) 的目的是建立油藏地质模型。所以, 现代油藏描述技术就是油藏建模技术。总的规律是: 由定性向定量方向发展, 由宏观向微观方向发展, 由单一地质学科向多学科多专业综合方向发展。

油藏表征就是要最大程度地集成多种资料信息, 并且最大程度地减少油藏预测的不确定性。油藏开发的风险很大一部分来自油藏地质认识的不确定性。所以说, 搞好油藏描述 (表征) 是开发好油田的基础。

一、油藏描述的任务

现代油田开发是以实现正确的油藏管理为标志, 即用好可利用的人力、技术、财力资源, 以最小的投资和操作费用, 通过优化开发方法, 从油藏开发中获得最大的利润。为实现这一目标, 从技术上来说, 必须正确预测各种开发方法下的油田生产动态, 其研究内容包括:

资料采集 (Data acquisition)

油藏描述 (Reservoir description)

驱替机理 (Displacement mechanism)

油藏模拟 (Reservoir simulation)

动态预测 (Performance prediction)

开发战略 (Development strategy)

只有正确预测储层的分布特征和规律,才能作出正确的开发战略决策,优化开发方法。目前,多数人认为油田开发中具有两个技术支柱:即油藏描述和油藏模拟,后者技术问题已基本解决,而油藏描述虽然取得很大进展,从它的重要性和困难性来看很可能还要经过相当长时间的攻关,才能得到很好的解决。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是否符合地下客观实际。因此,国内外均把油藏描述放在很重要的位置加以研究。

在油藏管理的全过程中,搞好油藏地质特征的描述是很重要的一环。

油藏地质特征很多,可以从不同侧面来表征,不同勘探开发阶段由于目的、任务不同,所要重点把握的特征会有不同。例如,从勘探寻找油藏的目的出发,圈闭条件重于储层的非均质性;从开发油藏的目的出发,则可以完全相反。进入开发阶段以后,油藏描述是为开发服务,油藏描述的任务是正确地描述油藏的开发地质特征。所谓油藏的开发地质特征是指:油藏所具有的那些控制和影响油气开发过程,从而也影响所采取的开发措施的所有地质特征。油气藏开发地质特征是以表征储层非均质性为其核心,可以归纳为三个主要部分:

①储层的构造和建筑格架的描述。储层由一个或多个储集体构成,以一定的构造形态存在于地下。通过储集体的各种形式的几何形态、规模大小、侧向连接和垂向迭加等建筑条件,以及构造形态、断层、裂缝等构造条件,在地下构成一个或多个可供油气及其他流体在其内部储存和连续流动的连通体。这些连通体之间由不渗透的非储层和其他遮挡因素所隔开,圈定这一复杂的连通体的外部边界,描述其几何形态和产状,即储层建筑格架的描述。

②储层物性的空间分布。储层物性反映储层的质量。从宏观的储集体到微观的孔隙结构,储层各个级次的物性参数在空间上都有不同程度的变化,储层内部还存在各种不连续的隔挡,这些构成储层复杂的非均质性和各向异性,很大地影响着油气藏的开发效果。储层物性的空间分布和变化,可按不同级次的非均质性进行描述。

③储层内流体性质及其分布。储层内储存一定量的烃类才能构成油气藏,油气藏内一般存在油、气、水三种流体,以一定的相态、产状、相互接触关系和储藏量共生于油气藏内,这些内容属于储层内流体分布的描述。由于油气生成、运移、储存和埋藏的条件存在千差万别,使得不同油气藏之间和一个油气藏内不同部位流体性质及其空间变化也极大地影响着开发过程。

与油气藏共存的周围地层某些属性影响该油气藏的开发决策和措施。如易漏、易喷、易垮塌、易腐蚀、易膨胀等地层的存在,如区域的压力场、温度场、地应力场等分布状况,都应属于油藏描述的附属内容。

从上述油藏描述内容看,油藏开发地质特征仍离不开石油地质学的三个基本论题:构造、地层(储层)和流体(油、气、水)。进入开发阶段所要研究的构造是储层的构造,流体分布是储层内油、气、水的分布,而储层本身的非均质性更是油藏描述的重点。本书所指“储层描述”是狭义的储层本身特征的研究,不包含储层构造和流体(油、气、水)的内容。

总之,开发地质的主要任务是进行油藏描述,储层描述则是油藏描述的核心,油藏描述的任务就是揭示油藏的开发地质特征。

油藏开发地质特征必须从宏观到微观分成不同层次来描述,不同层次的开发地质特征对油藏开发各个阶段的影响不同,一般来说,随着油田开发的逐步深入,油藏开发地质特征研

究也总是需要从宏观到微观的层次深入。

随着油田开发的深入和技术的不断提高，油藏开发地质特征的具体内容总在不断扩大和深化，总会有一些目前还未认识到的影响油藏开发的新的地质因素被不断揭露，需要地质家和油藏工程师及时发现和有预见地进行超前研究。如引起储层伤害的是否仅是已经认识到的几类粘土矿物，是否还有新的伤害源？注水过程中储层内的溶解和结垢已经提出了新的问题等等。

二、油藏描述阶段的划分

一个油田从发现到废弃，油田开发工作要经历认识、实践、再认识、再实践的多次反复。实施各种开发措施，用多种开发手段加深对油藏的认识；在逐步认识油藏的基础上，进一步调整开发措施，在油田开发过程中逐步深化。依据每个阶段具有的地质资料基础不同，要完成的开发地质任务也不同，因而在储层评价的重点内容也有差异，所要达到的目标也就不一样。

油田开发阶段性的划分，国内外基本做法大同小异。一般说油田发现后可分为评价阶段→方案设计阶段→方案实施阶段→监测阶段→调整阶段→三次采油阶段，最后到油田废弃。每一个阶段反映了人们对油藏认识的不断深化。这些阶段可归为早、中、晚三个大的开发阶段，或者称为油田开发准备阶段、主体开发阶段和深度开发阶段（提高采收率阶段）图 1-1。

每个开发阶段，开发地质的任务是充分利用本阶段所取得的油藏资料信息，对油藏开发地质特征作出现阶段的认识和评价，目的是为后一阶段采取什么样的开发措施提供地质依据。开发阶段工作的成败，则用后一阶段所实施的开发措施结果的成败来检验。当然开发措施的成败不单是取决于所依据的对油藏地质特征认识的正确程度，还受措施本身是否得当的限制。但从开发地质工作可以说：通过后一阶段的开发实施之后增加了一定数量的油藏地质资料信息，加深了对油藏地质特征的认识，正是检验前一阶段开发地质工作成败的标准。前一阶段对一些关键油藏地质特征作出的判断和预测，与后一阶段实践后的认识符合程度愈高，说明前一阶段油藏描述工作成功率愈高。绝对符合一般是做不到的，只能在关键问题上不犯不可改正的错误。

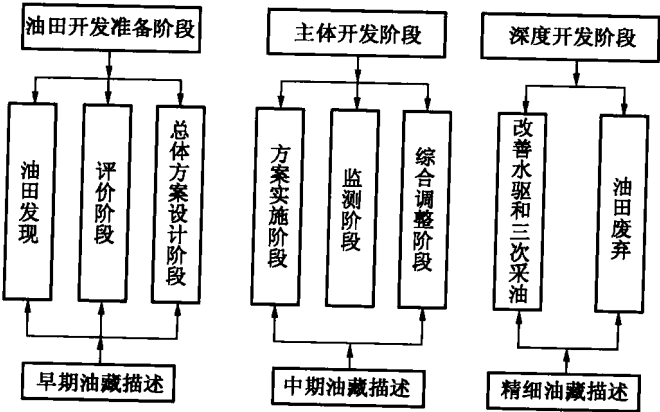


图 1-1 油藏描述阶段的划分与油田开发阶段的关系

新的开发阶段，对油藏地质特征的认识向前推进了一步。此时，又要为下一个阶段采取

开发措施，在更深、更细的尺度上进一步预测油藏开发地质特征，保证下一阶段开发措施的成功。新的开发措施，取得更丰富的油藏地质资料信息后，再来检验、修改和提高对油藏的认识。所以说油藏描述要随开发阶段前进而不断深化。

三个大开发阶段的油藏描述虽有其共同之处，但也有着很大的差别。表现在所拥有基础资料信息的质量、数量以及对油气藏所能控制的程度不同，所要解决的开发问题及油藏描述的重点和精度都极不相同。因此，总结国内外油藏描述的经验教训，寻找其共同规律和基本作法，将油藏描述的阶段与大的开发阶段相对应也可分为早、中、晚（精细）三大阶段的油藏描述，或者称为开发准备阶段的早期油藏描述、主体开发阶段的（中期）油藏描述和提高采收率阶段的精细油藏描述。

三大阶段油藏描述的重点、方法和技术要和解决的问题等明显不同，同时每一个小的开发阶段的油藏描述的重点和任务也有一些区别（表 1-1）。当然阶段的划分是相对的，油藏描述工作也是滚动进行的，不是一成不变的。

表 1-1 不同开发阶段及其油藏描述阶段的主要任务、技术和方法

开发阶段	开发研究的主要任务和内容	油藏描述的主要任务和内容	油藏描述的主要技术和方法	油藏描述阶段
开发准备阶段	评价阶段 计算油藏的探明地质储量预测可采储量； 从技术和经济上对油藏是否值得开发作出可行性评价； 预测可能达到的生产规模，提出规划性的开发部署； 提出钻、采、地面工程的轮廓设计	油藏的主要圈闭条件及圈闭形态、产状； 宏观的油气水系统划分及其控制条件； 油气性质和油藏类型； 储层宏观展布及储层参数； 建立初步的油藏概念模型	以区域和地震资料为基础确定油藏骨架； 以储层沉积学为基础，应用地质知识库和随机建模方法预测砂体空间分布； 整体概念模型建立技术	早期油藏描述
	方案设计阶段 对开发方式、层系、井网注采压力系统、采油速度、稳产年限等重大问题进行决策； 进行油藏、钻井、采油和地面建设工程的总体设计； 优选最佳开放方案	落实可采储量； 核实构造及油气水分布； 确定微相类型； 预测储层特别是主力储层的宏观分布规律； 完善和深化油藏地质概念模型	精细地震构造解释； 储层沉积微相描述； 地质概念模型建立技术	
主体开发阶段	方案实施阶段 确定注采井别、制定射孔方案和初期配产配注方案； 必要时对开发方案提出调整意见，交付实施投产； 进行动态监测，开发分析； 实行分层注水，调整好注采关系，实施各种增产增注措施	以钻井资料为主确定大比例的构造图并核实断块划分； 分层油气水分布图； 全油田小层对比统层、沉积微相研究，建立储层数据库； 建立储层静态模型	全区小层划分对比统层； 三维地震结合动静态资料的精细构造解释技术； 以测井资料为基础的多井储层评价技术； 以沉积微相为基础进行储层综合预测和油水分布规律分析	中期油藏描述

续表

开发阶段		开发研究的主要任务和内容	油藏描述的主要任务和内容	油藏描述的主要技术和方法	油藏描述阶段
主体开发阶段	调整阶段	分析储量动用、能量保持和利用的现状和潜力； 编制有关层系、并网等综合调整方案，并进行实施	综合所有静、动态资料，完善和精细化储层静态模型，并逐步向预测模型发展	动态监测、跟踪模拟、综合解释； 储层静态模型建立技术	中期油藏描述
挖潜提高采收率阶段	改善水驱和三次采油	搞清油田的剩余油分布特征及其控制因素； 开展各种改善水驱提高采收率的先导性试验，逐步工业化推广； 进行各种三次采油方法的室内研究和先导试验，扩大工业性试验和工业化推广； 编制三次采油方案	微构造和微相研究； 流动单元划分与对比； 注水开发过程中储层物性动态变化规律研究； 水淹层测井解释； 层理、孔隙结构、粘土矿物等精细研究； 储层预测模型建立； 剩余油分布特征及规律	细分沉积微相和微构造研究技术； 流动单元研究技术； 水淹层测井解释技术； 储层物性动态变化规律研究； 储层预测模型建立技术； 地质、油藏、数模一体化技术	精细油藏描述

第二章 油藏早期评价阶段的特点

第一节 油藏早期评价阶段的特殊性

油田发现后到投入全面开发前的这一阶段称为开发准备阶段，这一阶段所进行的油藏描述统称为早期油藏描述。该阶段的主要开发任务对油田经过评价阶段所钻评估井落实一定的探明储量，通过开发可行性研究确认有开发价值，即可进行开发前期工程准备，进入开发设计阶段。油田开发前期工程准备主要是补充必要资料，完成三维地震采集和处理，钻一定数量资料井（或评价井），取好各种开发参数资料，开展各种室内实验以及试采，视现场需要开辟先导试验区，进一步提高对油藏的认识程度，完成编制开发方案设计任务。

油藏早期评价阶段资料基础是1口或几口探井、评价井，以及地震详查（或细测）。要充分利用地震信息，充分利用少量的探井、评价井及现代测井、录井及测试技术，搞好录井、取心、钻杆测试、垂直地震剖面测量、试井、地层重复测试和试油等工作，多方面地获取地质资料，做到少井多信息。

开发评价和设计要求确定评价区的探明地质储量和预测可采储量；对开发方式、开发层系、井网密度和注采系统、合理采油速度、稳产年限、生产规模等重大战略问题进行决策；进行油藏工程、钻井工程、采油工程和地面建设工程的总体设计；优选技术经济指标最好的总体设计方案。以保证开发可行性研究和开发方案设计不犯原则性的错误。

早期油藏描述的任务是确定油藏的基本骨架（包括储层构造格架和储层格架），搞清主力储层的储集特征及其三维空间展布特征，明确油藏类型和油气水系统的分布。为此，要求在油藏描述中对下述重点内容要减少风险性，尽量避免犯原则性的错误：

①构造总体形态不能错，影响油水分布、压力系统的断层性质大体清楚，小断层预测存在可能性，构造两翼倾角的大小对底水油藏圈定含油气面积影响很大；

②大致搞清楚有几套油气水系统，确定各系统的油、气、水界面，确定压力系统及各套油气水系统的压力系数，圈定含油、气面积；

③流体性质大体清楚，查明油气水一般物理、化学性质，初步确定以烃类性质为表征的油藏类型；

④储层分布及岩石物理参数，要把握大的框架和原则，而不过多追求细节。储层物性基本面貌不能错，储层沉积方向、变化趋势要清楚，平面、层间非均质性概念要清楚，主力层层内非均质性概念要清楚，储层几何形态、沉积规模大小、连续性面貌不能错，隔层纵向和平面位置及其变化总趋势不能错。

第二节 早期油藏描述的重点内容

早期油藏评价阶段油藏描述必须保证开发可行性研究和开发设计的正确性，重点描述下列内容（按开发设计要求）。

①油田构造方面。主要利用地震资料通过探井、评价井的严格层位标定编制构造图，落

实构造形态，较准确地确定一、二、三级断层，组合四级断层；提交比例尺为 1:10000 的油气层顶面及标准层顶面构造图和主断层的断面图，并分析主要断层对油气水分布的控制作用。

裂缝存在时，要进行岩心裂缝描述，主要描述：裂缝产状，裂缝力学性质，裂缝形态包括长度、宽度、开度和密度或间距，列缝组系，裂缝与岩性关系，裂缝与构造、断层关系或无，试井资料解释裂缝成果等。

②落实油气水系统并分析其控制条件。以录井、取心、钻杆测试、试油、试井及测井资料划分并落实油气水系统，并确定各系统的油气、油水、气水界面和压力系统以及含油、含气面积，估计水体大小，分析其形成和控制条件。

作出各套油气水系统的平面油气水边界图；不同方向的油藏剖面图（纵向比例尺 1:500 或 1:1000，横向比例尺 1:200 或 1:500，表现每个单油层）。

③查明油气水物理、化学性质（包括地面及地层条件），确定以烃类性质为表征的油藏类型，编绘出油气水性质主要参数的平面和剖面变化图。

④搞清储层的主要展布特征及其岩石物理参数：主要包括地层划分和对比；储层沉积相划分和相模式建立；“四性”关系分析，确定各种测井解释方法及解释模型，建立测井相标准，划分储层和非储层界线，对储层进行分类分级，求取有效厚度、孔隙度、渗透率、含油（气）饱和度等参数；明确各类储层在剖面上和平面上的分布规律以及储量分布状况。预测各类储层成因单元几何形态、沉积规模及连续性；对各种储层作出微观孔隙结构评价特别是各种损害源和保护措施的评估；以层组和单层为单元，综合储油物性、润湿性、微观孔隙结构及储量丰度逐级作出储层评价。

⑤建立油藏地质概念模型。为储量计算和开发方案编制提供一个油藏整体地质模型和一些低级次的概念模型是早期油藏描述的最终成果。一般来说应逐步逐级建立起包括主力油层单砂体层内非均质性模型、各类油层典型的平面非均质模型、全层系的砂体连续性及其隔层分布模型和全油藏整体地质模型。全油藏整体地质模型必须反映层间和平面上的变化，必要时建立各区块油藏整体地质模型。根据数值模拟需要还可建立代表性的单井、井组精细地质模型。

概念模型是针对某一种沉积类型或成因类型的储层，把它代表性的储层特征（非均质性、连续性等）抽象出来，加以典型化和概念化，建立一个对这类储层在研究区内具有普遍代表意义的储层地质模型。概念模型并不是一个具体储层的地质模型，但它却是代表油田某一类储层的基本面貌。概念模型广泛应用于油田开发早期油藏评价阶段开发可行性研究和开发设计，主要应用储层概念模型研究各种开发战略问题。概念模型一般应依靠储层沉积学为基本手段，尽可能直接利用岩心资料来建立，避免在油藏早期评价阶段测井定量解释精度不高所造成的误差。

在早期油藏描述阶段，由于资料限制，可能对部分关键性地质因素不可能给出肯定的概念，这时应充分估计这些关键因素可能变化的范围，作出不同可信度的地质模型，即最大可能的模型、最小可能的模型及机遇率最高的模型，以便于在油藏模拟时进行必要的敏感性分析。如东湖平湖八角亭油气藏、塔里木盆地塔中 4 油田在早期油藏描述时都根据实际情况逐步建立起不同级别的地质概念模型，且充分利用随机模拟技术给出了不同可信度的地质概念模型。

第三节 概念设计阶段和开发方案设计阶段油藏描述的主要区别

虽然开发可行性研究阶段和开发方案设计阶段的油藏描述在大方面是相似的，但他们在所拥有的资料和研究侧重点是有区别。开发可行性研究阶段拥有的资料相对较少，要求研究的重点是储层的宏观变化特征。在开发方案设计阶段则补充了大量资料，如开发资料井、油层岩心剖面、各种室内试验以及试采或可能的先导实验区或试验井组等，进一步提高了对油藏的认识程度。早期油藏描述的主要目的是为开发方案中的重大战略问题，如确定开发方式、开发层系、井网密度和注采系统、合理采油速度、稳产年限、生产规模以及方案的总体设计和各种技术经济指标的优化等的决策提供地质依据，这些重大问题的正确决策依赖于对油藏主要地质特征认识的正确性。

开发可行性研究和开发方案设计两个阶段油藏描述具体差别主要为：

①构造描述方面。开发可行性研究阶段主要是初步搞清油层组顶面和主要断层的构造特征，编制比例尺为 1:25000 的构造图。到开发方案设计阶段要求更高，落实构造形态，要求提供比例尺为 1:10000 的构造图。

②油水系统研究方面。在开发可行性研究阶段主要是初步划分宏观的油气水系统并分析其控制条件，查明一般的油气水物理、化学性质和油藏类型；开发方案设计阶段则要进一步验证和落实油气水系统和流体性质的各项具体内容，作出各套油气水系统的大比例尺平面油、气边界图和主要参数的平、剖面变化图。

③在储层描述方面。开发可行性研究阶段主要是进行初步地层划分和对比（划分到砂组），确定储层大的沉积类型（一般到亚相），掌握主力储层各种参数空间变化的宏观趋势和各种储层参数的基本特征。

④建立油藏地质模型。开发可行性研究阶段建立油藏地质概念模型比较简单，以反映主力油层的均一化和随机模型为主；开发方案设计阶段则要求油藏概念模型更加准确或者说随机的成分减少，一般应逐级建立主力油层单砂体层内非均质性模型、平面、剖面非均质模型、全油藏整体地质概念模型等。

第四节 早期油藏评价阶段油藏描述精度要求

不同开发阶段的油藏描述不仅表现在每个阶段研究的主要内容、所要采用的具体技术和方法等方面的差别上，而且也表现在每个阶段具体描述对象的重点和精度的明显区别上。表 2-1 给出不同油藏描述阶段的精度要求。

一、地层

从油田开发角度出发，含油地层可以划分为含油层系、油层组、砂层组、小层（单层）、流动单元等。不同阶段的油藏描述虽然都以小层作为基本单元进行研究，但重点不同，早期油藏评价阶段油藏描述重点是划分对比好砂层组，至于小层可以划分但不必强求对比正确，只要求建立好以砂层组为重点的地层模型。