

油气藏的开发

分类及描述

唐曾熊 著



石油工业出版社

登录号	127209
分类号	TE 34
种次号	028

油气藏的开发分类及描述

唐曾熊 著



石油0121175

石油工业出版社

(京) 新登字 082 号

内容提要

本书从油气田开发的角度,以组成油气藏开发特征的三个要素——油气藏的几何形态、流体性质和储集渗流特征进行油气藏的分类;对不同类型的油气藏的油气藏描述重点内容及开发特征进行了论述;对油气藏的综合特征如储量、产能等及油气藏开发方案的编制作了概述。本书可供油气田领导干部、管理人员、油气田开发和开采专业技术干部和石油院校师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

油气藏的开发分类及描述 / 唐曾熊著

—北京: 石油工业出版社, 1994.10

ISBN 7-5021-1262-6

I. 油…

II. 唐…

III. 油气藏—分类—油田开发—研究

IV. TE34

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里 2 区 1 号楼)

石油工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 32 开 $4\frac{3}{4}$ 印张 74 千字 1—3000

1994 年 10 月北京第 1 版 1994 年 10 月北京第 1 次印刷

定价: 8.00 元

序 言

从发现油田到编制出油田开发方案是对油藏描述与油藏评价的过程。目前，世界各大产油公司都有一套油田评价的规程和油藏描述提纲。近年来，各种油藏描述技术不断发展，为准确地评价和描述油藏提供了强有力的手段，但这些新技术不能代替有经验的油藏工程师的综合分析能力和经验。有经验的油藏工程师在油田发现后，早期资料比较少的情况下，初步判断不同油藏的特征，并确定每个油藏取资料和调查研究的重点，以正确地使用各种油藏描述技术；不必按油藏描述提纲逐项并列地取资料而又不致于漏取必要的资料；用最少的评价并取得开发决策必要的资料。这样就可以缩短油藏评价的时间，大大地节约用于油藏描述的开支。此外，这种早期识别还可以初步预测油田开发中的敏感问题，如对压力、温度敏感等，以预防早期试采时犯下不可改正的错误。还有可能大体上预测油田开发的动态，为及早研究特殊的采油工艺和地面流程提出任务。本书的目的是将油藏工程师的丰富实践经验为广大油藏工程技术人员掌握，形成一个油藏早期识别及逐步深化的油藏描述系统，取代并列式的油藏描述提纲，以加速我国石油工业的发展。

既要早期识别油藏特征深入描述油藏，还要初步预测油藏开发动态特征，就要进行油藏分类。本世纪以来，中外地质学家的分类大致可分为油藏形态和成因分类两大派。着眼点是油藏的圈闭、聚集条件及分布规律，是为石油勘探发现新的油藏服务的，与油田的开发条件和开发特点关系较少。美国和苏联

的油藏工程师如麦斯盖特、克雷洛夫从油田开发的天然驱动能量把油藏分为水压驱动、气顶驱动、重力驱动和溶解气驱动等几类。这在主要在利用天然能量采油阶段是起到了好的作用，但在那个阶段这种分类也是不完善的，因为一个油藏普遍有两个以上的天然驱动能量，而在其依靠天然能量开发过程中，主导的驱动能量往往会发生转化。在目前各种人工影响和改善油田开发效果的措施日益广泛被采用的情况下，这种以天然驱动能量分类的方法显然更是不能满足要求了。我国的油田地质家和油藏工程师对油藏开发分类也做过不少研究工作。1981年闵豫在“油田开发地质学与油藏研究”一文中（石油学报第三卷第二期）论述了油藏研究的六个内容后，首先提出了按开发特点进行油藏分类的任务；1982年林志芳等人在“我国油藏的类型和开发特征的初步研究”一文（石油勘探开发科学研究院开发所内部研究报告）中将我国已有的油藏分为七类。即：中高渗透率多油层油藏、块状砂岩底水油藏、低渗透油藏、稠油油藏、裂缝孔隙型砂岩油藏、气顶油藏和凝析气顶油藏、裂缝性非砂岩油藏。1983年裘亦楠等在“我国油藏开发地质分类的初步探讨”一文中将油藏分为七大类二十亚类（石油勘探开发科学研究院开发所内部研究报告）。七大类为河流三角洲体系的砂岩储层油藏、冲积扇——扇三角洲——浊积扇沉积体系的砂岩储层油藏、三角洲间湖湾体系的席状砂岩油藏、稠油油藏、古潜山碳酸盐岩油藏、凝析气顶油藏和成岩作用改造的低渗透砂岩储层油藏。由于上述分类都是以当时我国已发现的油藏为对象，因而许多类型的油藏不可能被包含在当时的分类之中，如：高凝油、挥发油等。更主要的是上述分类把有可能在一个油藏中同时存在的不同性质并列了起来分为两大类，而同

一个油藏可以分入不同类中；因而划入同一类油藏的开发动态特征和开发方法会完全不同。这就失去了按开发特点进行油藏分类的目的。由于影响油田开发的因素太多，因而任何并列式的分类不是包括不全就是分类过多陷入烦琐哲学。但影响油田开发的因素是有主有从的，并非每个因素对每个油田都起作用，一些非直接的因素就不必进入分类系统，只考虑直接影响开发布署的开发动态因素，这些因素还可分为主从关系，因此又可以简化一些。但即使这样要进行分类，数量仍然是庞大的。因而本书仅仅是提出一个分类方法和描述系统，便于油藏工程师由主到从、由浅入深地认识油藏（见油藏开发特征分类描述系统）。

为什么要采用这样一个分类评价系统呢？因为油藏是由几何形态及其边界条件、储集及渗流特性和流体性质这三个独立的因素组合而成的，缺乏其中任何一个因素就构不成油藏。而其它一些因素则是从属于上述三个因素的或只是对上述三个因素中的某一类才显得特别重要的。例如只是在底水比较活跃的块状油藏中，垂直渗透率与水平渗透率的比值才显得特别重要，因为这对底水锥进状态会起决定性的作用；对裂缝孔隙性油藏或需要油水井压裂投产的低渗透性油藏，裂缝方向、裂缝渗透率与基质渗透率的比值才会使注水（气）开发采收率产生巨大的差异；只有挥发性油田或凝析气田才需要研究相图等。这些性质放在从属地位，只是说明这些性质不是每个油田都要研究或详细研究的，但是在它们起作用的那类油田，则对开发布署及动态特点会产生巨大影响甚至完全不同。因此，并不是只要按三大特征分类就可以有相近的油田开发布署和类似的油田动态特征，而必须按此系统都逐级逐步搞清，才能正确进行开

发布署和对油田动态特点有符合实际的概念。

要分类就要有一个分类标准（界限）、判别的手段和方法。这是一个相当困难的问题，对油藏的各种性质，不同人从不同角度出发有不同的分类标准和界限，有时很难说那一个定量界限更为准确，在界限附近分属两类的性质也难以有质的差别。本书为了实用，对有科学依据并为大家公认的定量标准或界限尽量采用；对没有通用定量标准的力求定性较确切。至于分类认识的手段和方法，由于油藏描述技术的飞速发展，只能以现在已成熟应用的技术为主作一个简要的叙述，并将随技术发展而不断修改和补充。

要逐级逐步按系统去描述油藏，在预探井发现油藏之后，就对油藏的基本分类能有所认识，然后在评价中按系统去取得深入描述油藏的各项资料，在评价井钻完后就可以对油藏特点作出正确的结论。

人们对油藏的认识还将在开发全过程中不断加深，有些油田也要在开发方案实施中进一步加深对油藏的认识并及时调整开发方案的内容。

目 录

第一章——油藏的几何形态分类及其评价描述方法 …	(1)
一、油藏的几何形态及边界条件分类定义 ……………	(1)
二、油藏几何形态及其边界条件的早期 识别方法 ……………	(4)
三、块状油藏的描述重点及其开发动态特征 ……………	(8)
四、层状油藏的描述重点及其开发动态特征 ……………	(16)
五、小透镜体油藏的描述重点及其开发动态特征 …	(27)
六、小断块油藏的描述重点及其开发动态特征 ……	(29)
第二章——油气藏按所储流体性质分类及 其评价描述方法 ……………	(33)
一、油气藏所储流体性质分类及定义 ……………	(33)
二、油气藏所储流体性质的早期识别方法 ……………	(39)
三、天然气藏的进一步描述及其开发动态特征 ……	(41)
四、凝析气藏的进一步描述及其开发动态特征 ……	(46)
五、挥发性油藏的进一步描述及其开发动态特征 …	(49)
六、稠油油藏的进一步描述及其开发动态特征 ……	(55)
七、高凝油藏的进一步描述及其开发动态特征 ……	(62)
八、常规原油油藏的进一步描述及其开发 动态特征 ……………	(65)
九、有气顶的各种油藏的进一步描述及其 开发动态特征 ……………	(73)
第三章——油藏储集渗流特征的分类及其 评价描述方法 ……………	(75)

一、油藏的储集渗流特征分类	(75)
二、油藏的储集渗流特征分类的早期识别方法	(76)
三、孔隙性储层的进一步描述及其开发动态特征	(79)
四、裂缝型及裂缝孔洞型储层的进一步描述 及其开发动态特征	(92)
五、双重介质储层的进一步描述及其开发 动态特征	(94)
第四章——油藏的综合评价和开发方案设计	(99)
一、储量的估算	(99)
二、油井及油田产能的确定	(113)
三、油气藏地质模型和油藏模型的确定	(118)
四、油气藏开发方式的确定	(120)
五、开发层系井网的优选	(124)
六、油气田开发动态监测系统及主要配套 采油气工艺技术	(129)

油藏的几何形态 分类及其评价描述方法

第一章

一、油藏的几何形态及边界条件分类定义

油藏的大小差异很大，油藏的几何形态分类无法用同一的定量尺寸比例来区别，只能用边界条件和其几何尺寸在开发中的作用来加以区别。这里讲的边界条件为不渗透岩层圈闭、气顶和底水。由于人工补充能量已广泛地被采用，在本书的分类中，气顶和底水主要不是区分天然驱动类型，而是区分开发布署和动态特征的不同。本书将油藏按几何形态及其边界条件分为块状、层状、透镜状和小断块四类。

1. 块状油藏

块状油藏为厚度大、面积与厚度比相对较小的油藏。但从油田开发概念上看更重要的是其上下边界，特别是下部边界。

如果油藏下部边界全部是底水，或从平面投影图上气顶和底水复盖了整个油藏面积的绝大部分；油藏内部又无连续性好的隔层或隔层已被发育的垂直裂缝所贯通，因而在开发过程

中整个油藏与气顶或底水形成一个统一的水动力学系统。

2. 层状油藏

层状油藏与块状油藏相比，不仅是厚度相对较小和面积相对较大。更重要的是油藏的上下边界主要是不渗透的岩层，而不是气顶和底水，这种不渗透岩层形成的油藏上下部边界内的重叠部分，应占油藏平面投影面积的 50% 以上，因而从油藏总体而言油藏有边水或岩性尖灭边界，只在面积不占主要地位，储量比例很小的油水过渡带有底水的特征。如有气顶，油气边界在开发过程中主要是顺储层的移动，而主要不是锥进。有的多油层油藏，也有全油藏统一的原始油水界面和油气界面，说明在油藏形成的漫长地质历史中是属于同一水动力系统，油藏的各个层和各个部位的原始压力也属同一压力系统。这样的油藏是块状油藏还是层状油藏呢？如果这个油藏各储层之间有连续性好的隔层，裂缝不发育或裂缝不穿透隔层，那么在开发中各油层就各自形成独立的水动力系统，这样的油藏应该是层状油藏。反之，如果隔层不连续而是大量贯通，在开发过程中各层之间仍然是同一水动力系统就属块状油藏。对于原始状态下为层状油藏的低渗透多油层油藏，要特别注意隔层的性质，如果隔层由泊松比小的石灰岩、钙质泥岩或碳酸盐岩含量高的

粉砂岩组成，即使在原始状态下没有形成窜通性裂缝，投入开发后如采用压裂增产或注水压力过高，都会将夹层压开使层状油藏向块状油藏转化，并往往造成开发系统紊乱，开发效果大幅度下降。对于一些面积小，单层厚度较大，边水又很活跃的层状油藏，在开发过程中由于边水的推进，也会由层状油藏转化为块状油藏。

层状油藏的储层展布面积应该比较大的，但由于中国以陆相沉积形成的储层为主，在整个油田（中等以上油田）全面分布的层状储层也为数不多，因而应该有一个与透镜状油藏区分的界限。如果在经济极限井距下——这个井距是随油藏厚度、深度、产能、原油质量和距下游工程的远近等而变化的——能形成较完整的注采井组则应属于层状油藏。在多油层条件下，占储量大多数的主力储层必须达到上述条件。

3. 透镜状油藏

透镜状油藏大部分是以岩性圈闭为主的油藏。储层分布不连续，单个储集体分布面积小，在经济极限井距下形不成完整的注采井组。这类油藏的大部分储量只能依靠弹性、溶解气驱和重力驱等天然能量开采。因而产量递减快，采收率低。有的油藏是由许多个另星分布的透镜体组成的，从油藏的叠加投影看是连

片分布的。每口评价井甚至开发井都钻到油层，油层对比有的层位相当，有的层位不相当，这时不要把油藏类别搞错了。如果搞错了，油藏开发动态与预测会有很大差异，开发的经济效益就会明显下降。对于大型岩性圈闭油藏如大型浊积砂等形成的油藏，不列入透镜体油藏，而按其边界条件（底水或边水）和隔层稳定性分别列入块状或层状油藏。

4. 小断块油藏

断层圈闭是断块油藏的特征。本书并不以圈闭类型分类，故以断层圈闭为特征的断块油藏，只要断块足够大，仍按其上下边界条件及隔层条件分别归入块状或层状油藏，小断块油藏是指因单个断块面积过小，在评价阶段，断块情况也难以确切搞清，而且无法在经济极限井距下形成完整的注采井组，其开发动态特征与透镜状油藏有相似之处。小断块油藏往往是依附于主力断块油藏的，但是开发布署必须与主力断块油藏有所区别。在井网很稀的油藏评价阶段，区分断块油藏各块的不同规模，对于确定开发布署是极有意义的。

二、油藏几何形态及其边界条件的早期识别方法

1. 预探井的各种录井、测井资料

从岩屑、岩芯、井壁取芯、录井及测井解

释等资料，可以得出岩性剖面，测井解释油气水层及测试（包括 RFT 测试）和试油结果可以确定油水界面，初步区分块状油藏与其它三类油藏。块状油藏一般有连续的较厚的储层，如连续的孔隙性碳酸盐岩或渗透性砂岩剖面，油水界面出现在储层中，而不是被隔层分开的独立的油层和水层，砂岩含油井段中缺乏属于稳定沉积类型的泥质岩层，碳酸盐岩储层中缺乏厚的纯石灰岩或泥灰岩夹层；另一种情况是储层为裂缝型或裂缝孔隙型，储层与夹层岩芯中有发育的劈理和垂直裂缝，测井解释在含油井段有肯定和普遍分布的裂缝显示。层状油藏一般为储层与非储层的交互分布，最典型的是砂泥岩剖面，砂泥所占比例接近，油气水关系简单，上气中油下水，油气水层分属由非储层隔开的不同储层。透镜状油藏岩性以泥质非储层为主，储层分布在相当长的井段中，探井纵向上油气水关系复杂，往往有多套油气水系统。小断块油藏的预探井必然要钻遇多条断层，由于在断块油田区最先钻探的一般是相对简单和面积大的断块，可以形成标准的地层剖面，所以通过地层对比不难判断。如在一个新探区第一口预探井钻到复杂断块区时，用预探井就难以判断断块的复杂程度。

2. 地震资料解释成果

地震资料与预探井资料的结合是区分油藏

几何形态的最重要手段。块状油藏在地震剖面上往往对应单一岩性的储层段内部反射波少，或有高度大、面积小的古潜山、礁块等圈闭显示，部分油田可以得到反映油水界面的平点展布整个油田。层状油藏在储层段为砂泥岩剖面，地震剖面在此段内反射波比较丰富连续。透镜状油藏在储层段地震剖面，反射波也相对较稀，且很不连续。小断块油藏都分布在山间盆地或断陷盆地，在拉张型断陷盆地断块构造的下降盘往往会形成断层很密集的地堑带和阶梯断裂带。这些带中油藏相当大部分都属于小断块油藏。

在预探井见油并经地震资料综合解释判断油藏几何形态特征后，对于块状和层状油藏一般可应用地震和测井等资料作储层横向预测的油藏描述工作，测网不够密的应补作地震精查；对于小断块油藏应该布署三维地震，在上述工作的基础上布署评价井，可以大大提高评价井的效率和效益。

3. 预探井的试井资料

预探井的试井重点除确定油气水层及其产能外是探边测试和压力系统的确定。块状油藏有相当大的底水能量补充，在压力恢复曲线上呈近无限大地层的反映或定压边界；层状油藏也不应见到明显的边界反映或只有单一的边界反映。多油层的油藏要应用重复地层测试仪

(RFT) 测得整个含油层系的压力系统, 层状油藏如油水界面深度相近, 其各层原始压力与深度关系的斜率数值上应相当于地下原油密度, 其高部位油层的压力系数一般应大于 1。小透镜体油藏和小断块油藏在压力恢复曲线上应有多个边界反映或呈定容边界, 多油层的小透镜体油藏, 各层原始压力与深度关系的斜率应接近于 1 兆帕 / 百米。

4. 评价阶段对油藏几何形态分类的确认

根据预探阶段以上三方面资料的综合研究, 应该对油藏几何形态分类有了判断。评价井的目的一是要用进一步的资料来确认上述判断是否正确, 再是要按几何形态分类后进一步描述的要求和重点取全取准必要的资料。

如在预探井阶段还不能非常确切地判断隔层的稳定性。应用评价井的资料进行小层对比和沉积相研究, 可以得到隔层稳定性连续性的确切成果, 区分层状或块状油藏就有充分的依据。三维地震和各井间的地层对比和断层组合, 进一步了解断块复杂程度。实践证明对于我国复杂断块油田在做完三维地震之后还不能使认识达到“定量”程度, 评价井的压力恢复曲线边界特征应与预探井基本相似, 此外预探井限于含油井段长度, 要准确地划出深度与原始压力关系的斜率往往比较困难, 而评价井钻在油藏圈闭的不同高度部位, 测压点分布的深度

差异可以更大，接近于整个油藏的油柱高度，斜率就可以更准确地确定，区别层状或透镜状油藏就比较可靠了。总之，评价井完钻后仍应进行各种资料的综合研究，油藏几何形态分类必须得到确认。

评价井的主要任务还是分类后的进一步描述，具体内容在下面各节中叙述。

三、块状油藏的描述重点及其开发动态特征

块状油藏的重要特征是存在底水，因而底水能量大小及底水锥进的控制就成为块状油藏开发决策的关键问题。底水能量及底水锥进条件就是块状油藏进一步描述的重点。

底水能量主要指底水的水体体积与油藏体积之比以及底水是否有补给来源。由于岩石和水的弹性压缩系数很小，为 $n \times 10^{-4}$ / 兆帕，因而如水体体积不比含油体积大几十倍以上，底水驱动就难以成为一个独立或主导的驱动类型。底水如有天然补给来源，则可以补充底水能量，查明这种水体的能量与常规水文地质方法相同。所以底水油藏在评价阶段应首先根据区域地质条件，对底水能量作一个初步的估计，如果底水能量不可能达到作为主导的驱动类型的规模，则底水能量可以不作为评价工作的重点。这样的油田如需补充能量保持压力开发，就要在底水中