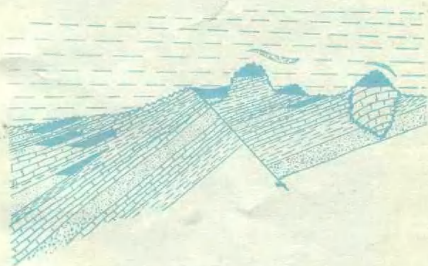


地层圈闭油气田

上册

勘探方法

〔美〕劳伯特·E·金 主编



石油化学工业出版社

1005

地层圈闭油、气田

上册

勘探方法

〔美〕劳伯特·E·金 主编

陈发景 等译



00257824

5470/20



200364621

石油化学工业出版社

内 容 提 要

本书系译自美国1972年出版的《Stratigraphic oil and gas fields》(Classification, Exploration Methods, and Case Histories)一书。中译本分上下两册出版。上册介绍地层圈闭油、气田的分类及勘探方法；下册介绍地层圈闭油、气田实例及勘探史。我们根据译为中用的原则，对原版本中某些不适宜的内容，作了删节。

本分册主要介绍勘探地层圈闭油、气田的地质和地球物理方法。

书中涉及的“地层圈闭”一术语，有着广泛的含义，除包括地层-岩性圈闭外，还包括了岩溶圈闭、不整合圈闭、构造圈闭和古地貌圈闭等。

本书可供从事石油地质勘探工作的技术人员、技术工人和有关院校师生参考。

Edited by ROBERT E. KING

STRATIGRAPHIC OIL AND GAS FIELDS

Classification, Exploration Methods, and Case Histories

Published jointly by the A.A.P.G. and the Society of Exploration

Geophysicists, Tulsa, Oklahoma, U.S.A., 1972

地层圈闭油、气田

上 册

勘探方法

陈发荣 等译

石油化学工业出版社出版

(北京和平里七十六号)

石油化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本787×1092¹/₁₆ 印张15字数25千字印数1—3,500

1977年7月北京第1版1977年7月北京第1次印刷

书号15063·油109定价1.20元

目 录

探寻地层、不整合、古地貌圈闭的理论基础.....	米歇尔·T·哈尔包铁 (1)
寻找地层圈闭的地质勘探方法.....	H·R·高尔德 (6)
地层圈闭的分类.....	G·里登豪斯 (9)
寻找地层圈闭的综合途径.....	D·C·斯万桑 (26)
不整合圈闭.....	P·A·契诺威斯 (39)
砂岩中的原生地层圈闭.....	D·B·马肯兹 (44)
碳酸盐岩地层圈闭的勘探方法.....	马伦·M·鲍尔 (60)
裂缝性储集层.....	戴维·W·斯底特尔恩 梅尔文·弗里德曼 (76)
测井资料和测斜仪在勘探地层圈闭中的用途.....	A·H·扎格勒 D·R·马杜萨克 (99)
用地球化学和水文地质学方法勘探地层圈闭.....	P·A·狄凯 J·M·亨特 (129)
地层圈闭的制图方法.....	F·B·里斯 (157)
地层圈闭的地震勘探.....	P·L·里昂斯 M·B·道平 (196)
地层圈闭勘探中重力、磁力和电法的应用.....	L·L·尼特尔特 (215)
用重力仪寻找地层圈闭.....	C·费立斯 (223)

探寻地层、不整合、古地貌圈闭的理论基础

米歇尔·T·哈尔包铁

摘要 大部分盆地都具有岩相变化、地层剥蚀的不整合以及潜伏的侵蚀面或堆积面,诸如礁块、潜山、古河床、滨外沙坝(barrier sand bars)等现象——这些是形成一些隐秘圈闭(subtle trap)^①的基本条件。

如果在一个正在发展而且还在不断地被充填的盆地上,发生了褶皱、正断裂、逆断裂以及有益脊和盐丘的形成,其最后产生的地层和构造形态就会变得很复杂。但是,不管这段历史怎样复杂,那些有利于形成地层圈闭、不整合圈闭和古地形圈闭的地层关系和岩性变化,总是继续存在的。

当油、气在压力和热力作用下从含有生活物质的沉积物中被挤入(初次运移)邻近的储集层时,它要通过过渡层运移(二次运移)到封闭的储集层或圈闭中。只要具备大量石油二次运移的必要条件,石油就会沿走向和上倾方向继续运移,直到全部运移着的油、气在地下被圈闭住,或运移到地表而散失掉。石油在运移过程中,将被沿途各种类型的圈闭所捕集,包括:地层圈闭、不整合圈闭、古地形圈闭、构造圈闭或这些圈闭的混合类型。

由于古地形圈闭、不整合圈闭和地层圈闭与下述各点有关:(1)与古老地质层面有关;(2)与不整合而上跟直接在不整合面下的地层位置有关;(3)和岩层内部与邻近地层岩性横向变化有关,所以一般认为,在构造圈闭发育以前,就有途成很多隐秘圈闭的存在。如果在一个特定的地区内油、气的运移是在构造运动之前发生的,那么所有在这早期运移过程中被捕集的石油都会在隐秘圈闭里。

由于隐秘圈闭一般是在不断重复的沉积过程中形成的,而这个过程中通常发生在同期构造运动之前,或者与同期构造运动相伴生,因此,含油盆地中的隐秘圈闭可能会多于构造圈闭。虽然,有很多石油已经运移到构造圈闭中,但很可能有更多的石油已聚集在早期(和同期)形成的隐秘圈闭中。因为在这种隐秘圈闭内可能有本国将来需要而尚未发现的巨大后备储量,因此,勘探工作者应当把有目的寻找这种圈闭作为他们勘探规划中的一个重要组成部分。

引言

美国今后陆上巨大的石油储量将在地层、不整合和古地形圈闭中找到——这里我们把这些圈闭称为隐秘圈闭。我们作这一笼统论述,在逻辑上从以下两方面的观察为基础:

① “subtle trap”是作者新创的术语,过去不常见人用过。“subtle”的原意是微妙、难于捉摸、神秘等,可译为“隐微”,但在这里用则不妥,因为象这种圈闭有时可能很大,故译为“隐秘圈闭”。——校者

1. 在地层圈闭(例如:南得克萨斯的杰克逊带和堪萨斯的胡戈登油田)、不整合圈闭(如东得克萨斯油田)和古地形圈闭(如在堪萨斯的克腊夫特-普洛赛区与潜山共生的地层圈闭和加拿大萨斯喀彻温东南部的大多数密西西比系油田)里,的确储集有大量的石油。

2. 在美国已勘探的盆地中,由于过去进行了密集的勘探工作,比较容易发现的构造圈闭,可能大部分都已找到;但是地质学家们认为,在国内盆地中,仍然可以发现巨大的石油储量。

如果上述两点是有根据的,那么,原来在这些盆地构造圈闭里的石油一大部分已被发现了。如在这些含油区中仍然有巨大储量没有发现,则从逻辑上推断,这些储量应该是在隐秘圈闭中,在所有盆地中这种类型的圈闭数目也许是很多的。

隐秘圈闭的产生

大多数盆地有相变、有地层剥蚀的不整合,以及诸如礁块、潜山、滨外沙坝、河床和其他有关地质现象之类的潜伏侵蚀面或堆积面——这些都是形成隐秘圈闭的基本条件。各盆地的岩性特征不同,有些主要是砂岩和页岩,有些是碳酸盐岩,也有些则具有以上各种特征。而岩性特征主要受沉积物来源和沉积环境的控制。

通常,一定地层的岩性横向变化是由于跨越沉积环境的界限、沉积物来源地的性质、沉积盆地的类型和形状,以及沉积地点的水深等造成的。而该地层内的孔隙度、渗透性,可能会受沉积后化学的和其他因素的影响。

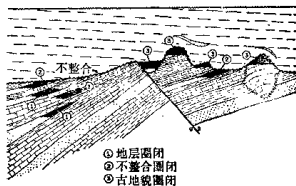


图1 隐秘圈闭类型假想图(注意地层圈闭和岩相横向变化的关系,以及不整合圈闭和古地形圈闭与侵蚀面和埋藏在下面的隆起之间的关系)

地层圈闭是在沉积过程中和沉积后,由于岩性变化而形成的(图1),属于这一类型的圈闭有:

(1) 沉积圈闭,这是由于岩相的横向变化,从渗透层变为非渗透层造成的,或者是由于与横向同期沉积不同的储集层的尖灭造成的。沉积的地层中这种现象是看不到的。

(2) 沉积后的圈闭,这是由于沉积后储集层的胶结作用或其他一些变化形成的。很显然,鉴于在沉积

过程中和沉积后,地层可能产生很多变化,因此,在所有的盆地里,一定有而且可能有很多形成地层圈闭的必要条件。

不整合圈闭是由于侵蚀而上面的一个不渗透层与侵蚀面下的一个储集层直接接触,造成封闭条件而形成的。这种类型的圈闭常常和角度不整合相共生。这种不整合圈闭与侵蚀面下的古地形圈闭(如潜山)应该加以区别。

由于不整合圈闭是沉积作用、构造运动和侵蚀作用这样一个旋回的产物,所以所有含油盆地都应当有这种类型的圈闭。它的大小可以从一个局部圈闭到象东得克萨斯油田那样一个区域性的不整合圈闭。

古地形圈闭是古代水下或陆面以及其上的凸起地形（这些是由侵蚀、河床冲刷、沉积等地貌作用产生的）被不同岩性的新地层埋没后形成的。潜伏礁块、河床、滨外沙坝和侵蚀面上的潜山就是这种地形的例子。古地形圈闭可以形成于侵蚀面的上面或下面，也可以直接或间接地与潜伏地形有关系。很难想象，在一个古老盆地的至少一个地区一个层段里会没有很多各种各样能直接或间接作为石油圈闭的潜伏地形。

墨西哥湾沿岸的几百个盐丘可以认为是活动的古地貌形态——不渗透的潜山，这些潜山在地质年代中不仅本身的形态在改变，而且还向纵横移动。在潜山形成中，每一个部位都影响着周围和上面地层的沉积位置和构造位置。

与盐丘相反，和古侵蚀地形有关的潜山则是一个稳定形态。潜山对沉积型式所起的作用是：在它被埋没和压实以后，沉积形态就变了，因为这时潜山已不再是沉积盆地中的重要因素了。但是，活动盐丘，一般来讲对周围和上覆地层的影响就复杂多了。其影响范围取决于盐丘活动性的多少。和稳定的潜山相反，一个活动性很强的盐体可以在漫长的地质年代中对沉积形式起作用。

如果，在一个正在发展而且不断被充填的盆地背景上，再加上褶皱、正断裂、逆断裂以及盐脊和盐丘的形成，那么，最后所形成的地层和构造形态就会变得更加复杂。但是，不管这段历史怎样复杂，那些有利于形成地层圈闭、不整合圈闭和古地形圈闭的地层关系和岩性变化，总是继续存在的。

在一个区域里，构造运动开始以前，发育的隐秘圈闭当然会受到构造运动的作用。例如，一个原来沿单斜走向尖灭的砂岩体地层圈闭，可以被拱起和叠加在背斜或穹窿上面或其翼部；它可以成为深部向斜区的一部分，可以被断层所折断，或者朝着原来走向的侧面发生倾斜。

不管构造作用如何，任何在原来尖灭圈闭中聚集起来的石油，在后来的构造作用下，都可以离开原来的位置运移到别的地方，或者在同一圈闭中以另一种形式聚集起来。或者，由于随着大规模隆起面产生的侵蚀的结果，使这些聚集起来的石油散失掉。

隐秘圈闭中石油的运移和聚集

地质学家普遍认为：石油在压力和热力作用下，以某种方式从含有生油母质的沉积物中挤到邻近的储油层中（初次运移），而后，这些油、气又通过过渡层运移到封闭的储油层或圈闭中（二次运移）。在某些油田里，因为储油层周围全是不渗透的岩层（封闭的储油层），所以即使有什么二次运移看来也是很少的。

闭合背斜中油、气和水的位置和重力分离作用，充分证明的确有石油沿着过渡层进入储油层的二次运移作用。否则，石油就应当在圈闭内的储油层中生成。

关于石油从生油区到储油层能运移多远的问题，各地质学家的意见是不一致的。笔者认为只要大量石油二次运移的下列必要条件存在，这种运移作用就会沿着走向和上倾方向继续下去，直到全部运移中的油、气被圈闭在地下或失散到地面为止。这些条件是：压力，热力，区域和局部倾斜，以及连通油层的良好过渡层。

所以，在运移通道上，只要有地层圈闭、不整合圈闭、古地形圈闭、构造或混合圈闭，石油就会被圈闭在那里。而没有被圈闭住的那部分运移中的油或气，将越过出露的过渡层，沿上倾方向继续运移到地表。

墨西哥湾沿岸的地质学家们都知道,墨西哥湾得克萨斯-路易斯安纳地区钻入安纳霍克海相楔状页岩体(中新世-渐新世)各井中,在沿走向长距离内有相似的电阻曲线型式或“跳动”。这个地下楔状页岩体与现代的海岸线几乎平行,其厚度朝着墨西哥湾上倾方向从几呎增加到几千呎。楔状页岩体把底部中新统同上费里奥层(渐新统)隔开;这层页岩据认为是形成中新统和费里奥两层砂岩中大量石油聚集的生油母岩。

安纳霍克楔形页岩体在电测井曲线上长距离的相似性,明显地说明,在很长的距离内,每一个电测井间隔都是具有几乎不变的电性特征。所以,在很长距离内,沿沉积走向,每一个这样的间隔都具有相同的岩性特征,或者无论在那个方向,电测曲线的型式是不变的。

如果一个地层的电测特性曲线(electrical-response patterns)与岩性有关,那么在一个长距离内电测曲线型式的相似性就说明,这个广泛分布的地层,或多或少是相同物质同时期沉积的,其中包括从这些物质中产生出石油和天然气。何况,安纳霍克页岩中,这些物质从岩性上和有机物上都已证明是同一来源,而且,都是在广阔的同一个海相环境中沉积的。

因此,安纳霍克页岩很可能是一个分布很广的地层,其中某些地层含有生油的原始物质。当沉积物质和沉积环境的性质发生改变时,地层的特征也将随之改变;不同地层的不同电测曲线特征就反映了这些变化。

如果油、气的初次运移能够从生油母质开始(这些生油母质的分布就象是在安纳霍克页岩中那样广泛),那么,很明显,如果过渡层是连接的话,一旦石油从那些岩层中开始二次运移,就一定可以横贯广阔的地区。

只要有有利的控制油、气生成和运移的条件,它就能在所经历的地质年代中,继续不断地流过广阔地区,除非在运移途中有区域性鼻状构造、向斜和断层转移它的流动方向。当石油沿走向和上倾方向运移时,它将被运移通道上各种圈闭所捕集,包括地层圈闭、不整合圈闭、古地形圈闭、构造圈闭或上述各种的混合圈闭。这些圈闭可能紧挨着开始二次运移的地区,也可能在它附近,或离得很远。所以:

1. 石油沿走向的运移范围可以很广,也可以朝着上倾方向运移一个很长的距离,它具体决定于有无原始物质和连接的过渡层。

2. 运移中的石油不会优先进入构造圈闭。

3. 石油沿通道运移过程中将会被任何一种合适的圈闭条件所捕集,只要在运移期间存在那些圈闭条件。

由于古地形圈闭、不整合圈闭和地层圈闭与下述几点有关;(1)与古老地质层面有关;(2)与不整合面以上地层以及紧挨着不整合面以下地层的位置有关;(3)和地层内部以及侧向相邻地层的岩性变化有关。因此,一般认为,在构造圈闭形成之前就可能存在形成大多数隐秘圈闭的条件。如果石油穿过一个特定地区的运移是在构造运动以前发生的,那末,全部被捕集的石油都将在隐秘圈闭之中。如果隐秘圈闭和构造圈闭两者都形成于运移之前,则两种圈闭都可形成油藏。在任何一种情况下,构造运动,即使发生在运移后,也会影响以前形成于隐秘圈闭中的石油聚集,从而改变了原来储集在这些圈闭中的石油的位置。

现在来看一下东得克萨斯油田。这个油田长45哩(75公里)以上,宽12哩(20公

里) (图2)。很显然, 横向运移的范围是很广的。如果得克萨斯盆地东翼的地质结构大致和西翼相似, 而伍德宾砂岩层 (下白垩系) 出露于地表, 那么, 该油田大部分储量可能早已失散在地表了。石油穿过伍德宾砂岩向东运移会使所有在运移中的石油都散失掉, 除去那些已经被早已存在的构造圈闭和隐秘圈闭捕集的石油之外。然而, 由于被削蚀的伍德宾砂岩层的东边缘楔入萨宾隆起西翼不渗透层之内, 使石油向东运移受阻, 从而形成了东得克萨斯油藏。

很自然要提出的有关问题: 在含油盆地中, 有没有象构造圈闭那样多的隐秘圈闭? 回答是: 很可能有**更多**。因为, 隐秘圈闭通常是在不断反复发生的沉积作用中形成的, 这种沉积作用一般总是先于构造运动, 或与同期构造发育有关。

含油盆地中已经生成了大量的石油, 但是由于缺乏圈闭条件已经散失了很多, 还有很多已经圈闭在构造异常里, 而很可能有更多的石油聚集在隐秘圈闭中, 现在的问题就是去寻找这些隐秘的油藏。

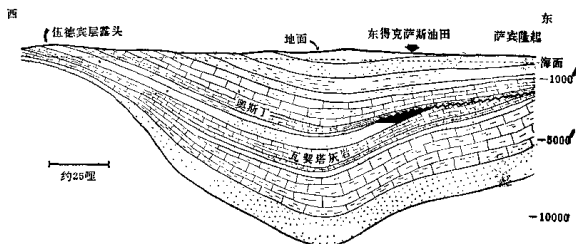


图2 东得克萨斯盆地概略横剖面 (表示受侵蚀的伍德宾砂岩, 楔入在奥斯丁和瓦契塔灰岩中间形成尖灭体, 从而在萨宾隆起西翼形成东得克萨斯油田的圈闭)。注意东得克萨斯盆地西面的伍德宾层露头 (深度单位为呎)。

(费琪译 王樊培校)

寻找地层圈闭的地质勘探方法

H·R·高尔德

三十年前,美国石油地质工作者学会出版了第一部综合论述地层圈闭的著作,即A·I·莱复生的著作《Stratigraphic Type Oil fields》(地层类型油田)。自那时以来,在认识地层圈闭及其勘探方法方面又有了许多重要的进展。因此,这部关于地层油、气田的论著从地质方法部分谈起,是完全适宜的。

下面的十一篇论文和这篇介绍性的文章一起,组成地质方法部分。这些文章,对当前采用的勘探地层圈闭最有用的方法作了全面的、最新的概述。

本书的第三篇是G·里登豪斯的一篇论文“地层圈闭分类”。他将地层圈闭划分为:

(1)靠近不整合的圈闭和(2)不靠近不整合的圈闭。前一类圈闭又根据它们在不整合的上部还是下部加以区分,而不靠近不整合的圈闭则分为原生(沉积)型和次生(成岩)型两类。在后一类中包括裂隙-孔隙圈闭,它们在岩相上有联系,但不是局部构造变形所造成。里登豪斯对这四种主要类型的地层圈闭又作次一级的划分,并给出区别不同类型圈闭的名称。

如里登豪斯所指出的,分类的侧重点放在寻找地层圈闭的实用性和力求简化。虽然地质方法部分的其他作者或本书其它部分的作者并没有遵循里登豪斯的分类,但他们所用的术语都是相当普通和有描述性的,因此他们的术语与里登豪斯的分类方案对照起来不会有困难。

在第四篇论文里,D·C·斯万桑强调了在勘探地层圈闭中利用和综合能得到的各种地质和地球物理资料的必要性,以及适当地检查地层圈闭远景的重要性。从这种观点出发,他概述了所推荐的一种有步骤的方法,应用于寻找各种类型的地层圈闭,和从未知区的区域普查到钻井稠密区的详查等每个勘探阶段。这个方法的基本步骤包括:(1)确定盆地类型和构造;(2)时间-地层框架(framework)的描述;(3)找出不整合;(4)环境岩相的解释(包括潜在的储集层);(5)恢复古地理;(6)评价地层的远景和作用;(7)通过勘探进行适当的检查。

在只有少数地表和地下资料的普查区,整个分析研究必须在很大程度上依据重力、磁力、地震,可能还有地质摄影资料。而在较为熟悉的地区,就有可能而且必须利用全部地质和地球物理资料——包括地表的资料,岩心和岩样,测井,地下压力和流体测量等。斯万桑指出,在这一类熟悉地区确定地层圈闭时,采用统计方法和计算机技术对于分析、制图以及描述性和检查性的推断解释具有极大的价值。

在第五篇文章里,P·A·契诺威斯详细地探讨了勘探不整合地层圈闭的最有效方法。他指出,虽然大陆地台上的不整合最多,它们在盆地的边缘也很普遍,甚至在盆地中央也有(虽然这里要少一些)。事实上,最大的地层圈闭油藏,包括象东得克萨斯、帕宾纳、克林顿这样一些例子,都出现在沿盆地边缘分布的不整合圈闭中。在寻找这类圈闭方面,契

诺威斯建议采用一种分析不整合的方法，包括详细再现不整合的历史，对附近的岩性和沉积岩相的了解，以及确定与不整合有关的不同类型的露头 and 地下岩层。

D·B·马肯兹在第六篇论文中总结出适宜于寻找砂岩中的原生地层圈闭的方法。文章引证的这一类圈闭最大的油藏有雷德瓦什、科林格东、米特修、贝耳溪、坎特班克、布尔班克和布雷特福特等。马肯兹指出，由于这一类原生砂岩圈闭部分地受下伏不整合侵蚀面的控制，不整合面的古地形图对于圈定出有远景的方向特别有价值。但是，就这一类圈闭以及其他不受下伏不整合面所控制的原生砂岩体来说，对于沉积条件的了解是最为有效的勘探方法。关于沉积条件的资料是通过对照露头、岩心和采样的研究而获得的。借助于对现代相似沉积层特性的知识来解释这些资料，常常能够对远景油藏的可能位置、大小、形状和走向提供有价值的线索。这些资料不仅在勘探阶段和油田开发时用得着，在圈定区域性的有利地区时也有用。除了岩心和岩样以外，测井和其他地下资料（包括粘土成分、流体压力或含盐量等的侧向变化）都可能指示砂岩中侧向附近可能有地层圈闭。

为了对认识原生砂岩体的沉积环境有所帮助，马肯兹表出了最常见类型的一些鉴定特征表。这些特征大部分都是从现代相似沉积层的研究而得出来的。他最后认为，砂岩中最大和最多的原生地层圈闭都产在浅海和沿海环境，而不是在三角洲和深水中。

马伦 M·鲍尔的第七篇文章概述了勘探碳酸盐岩地层圈闭的最有效方法。考虑到碳酸盐岩地层圈闭与构造圈闭之间有紧密的关系，鲍尔认为，一般地应当采用一种旨在全面探明构造的程序来寻找这一类圈闭。他列举了北美洲四个重要的碳酸盐岩产区作为例子，指出在每一个圈闭的下部都有一个构造台地，它们在区域重力与（或）磁力异常上有显示。这些台地起着控制原始地形的作用，而原始地形则影响了水流以及随后的碳酸盐岩沉积环境和岩相的发展。其中一个普遍的后果就是沿台地边缘发育碳酸盐岩礁块和粗颗粒岩石的滩。许多这些特征都能用地震方法探明，在许多地区这些岩相后来有一部分发生白云岩化，进一步提高了它们的储油性能。

根据这些发现，鲍尔强调了利用各种可能的地球物理方法（包括重力、磁力和地震方法）并与可能得到的地面和地下地质资料进行综合的重要性。在另一方面，特别重要的是仔细研究岩心和岩样，以便确定原生和次生岩相，作为建立整个岩相轮廓和圈定出有利地带的手段。

在第八篇论文中，戴维·W·斯底特恩和梅尔文·弗里德曼为我们提供了关于裂隙-孔隙圈闭的最新知识。既然裂隙是由构造力所产生的，把裂隙-孔隙圈闭列入地层圈闭一类中，似乎有些奇怪。但由于它与岩相的侧向变化有关，并且是由区域构造力而不是由局部构造运动所造成的裂隙-孔隙，的确符合地层圈闭的条件。这种在沉积之后形成的裂隙-孔隙圈闭，被列入次生类型地层圈闭是很适当的。这一类裂隙-孔隙圈闭的例子有面得克萨斯的斯普雷贝里（二叠系）砂岩和加利福尼亚圣玛丽油田的含裂隙的蒙特雷（中新统）页岩及粉砂岩。

正如斯底特恩和弗里德曼所指出的，目前在储油层工程研究中，都充分地利用关于裂隙的数据。除了探明在钻构造油桶时间接发现的裂隙-孔隙地层圈闭的延伸范围以外，他们不知道有什么明确的已经发表过的例子可以说明在钻探之前利用裂隙-孔隙资料来推断裂隙-孔隙地层圈闭。但是他们相信，人们关于岩石发生裂隙的知识以及分析裂隙的实验室和野外方法的发展已经进入到一个阶段，使得人们在勘探裂隙油桶时可以开始利用这

一类资料。因此他们概述了一种方法,联合运用野外和实验室技术来预测沉积盆地中哪一种岩性或岩相最有可能在深部发生裂隙。他们建议画出这种裂隙岩相图以圈定出上倾尖灭带,从而确定油、气聚集的有利地区。

本部分的后三篇文章不是讨论具体类型的地层圈闭,而是关于勘探各种地层圈闭时一般所采用的方法。其中有A·H·扎格勒和D·R·马杜萨克的关于利用测井和倾斜仪的方法,P·A·狄凯和J·M·亨特的地球化学和水文地质方法,以及F·B·里斯的制图和图示方法。

在这些论文中,扎格勒和马杜萨克指出测井在寻找地层圈闭中多方面的用途,包括用来对比地层、确定岩性和岩相类型、找出岩相变化或尖灭,分析地下流体、测定孔隙度和渗透率,以及发现不整合。测井曲线可以提供最详细和最连续性的各种地下资料,再辅以岩心和岩样资料,就成为寻找地层圈闭的重要手段。作者指出,当前各类测井记录的参数可以进行统计处理。因此他们认为,将来利用计算机对数字化的测井记录和地质资料进行多种形式的统计分析,可以为勘探和发现油、气的地层圈闭提供更为完整的方法。

关于倾斜仪方面,扎格勒和马杜萨克指出,一些较新的仪器可以提供质量和密度更高的资料,在协助寻找地层圈闭中已经显示出其用处。作者认为,除了发现对推断某些类型砂岩体的倾向有用的交错层以及发现表明靠近礁块的页岩覆盖以外,倾斜仪在寻找地层圈闭的许多其它应用方面有着巨大的潜力。

狄凯和亨特在他们的关于地球化学和水文地质方法的文章里,指出在勘探地层圈闭中利用地下流体资料和有机化学资料的重要性。除了要考虑地表油、气苗和钻探中遇到的油、气显示之外,还强调了岩石本身的有机化学分析作为识别生油层和剖面中可能含油层的价值。这一类测定,包括对细粒的地表和地下岩样中全部有机质和油、气分析,不仅能对含油地段提供重要线索,还可以对可能存在的油、气聚集类型(如是油还是气)提供重要线索。他们还指出了地下水中所溶解的油、气的价值,它标志着在区域范围内碰到溶解有油、气的那些部分地层中可能有油、气藏。

除了这些方法以外,狄凯和亨特还强调了地下压力和含盐度数据在寻找地层圈闭中的重要性。这两种参数之一在横向上发生突然变化时,就可能表明存在孔隙地层的中断或尖灭,从而确定可能聚集油、气的地段。

F·B·里斯的第十一篇论文用许多实例说明在寻找和圈定地层圈闭中证明是最有用处的各种平面图、剖面图和有关插图。这些图中有古环境图、构造图和地层剖面图,还有古地质图、等厚图和许多专门的图件。更为精确的图幅如三角图和方格图等,证明特别有用。

自从莱复生的著作出版以来,勘探地层圈闭的方法在三十年里虽已取得了许多进展,但仍然需要继续提高。例如,对于次生的或成岩的圈闭还掌握和了解得太少,因而在钻探之前对这类圈闭的预测方法仍不多。另外,随着勘探移向浅海,在这些只有地球物理资料和岩样稀少的遥远而生疏的地区,对于能预测有利的储油岩相的方法的要求也将不断增长。

(海秀珍译 刘和甫校)

地层圈闭的分类

G·里登豪斯

摘要 一个油、气的圈闭要同时有：a. 储集层；b. 在储集层中有一个低位能的隔离地区；c. 一个具有足够高的入口压力的屏障（或封闭），以保持其中储集有开采价值的油、气。圈闭有三种——构造的，地层的和水动力的。所有这三类圈闭都有一个储集层面为屏障所封闭，被遮挡所限制，但造成各种圈闭中的低位能区的原因则各不相同。在油、气聚集的分类中，确定油、气聚集现在位置的条件，只要能够证实就应当加以采用。

在这里所提出的地层圈闭分类中，主要强调在实用方面——就是说，这种分类是否有助于寻找新的油、气聚集，以及所建议的术语是否简单明了得能被大家所接受？一种利用屏障和储集层之间的时间关系的分类曾经考虑过而未予采纳。

这里建议的分类是从这样一个简单的概念出发的，就是地层圈闭靠近不整合还是不靠近不整合。对于不靠近不整合的圈闭来说，储集层和屏障可以是：（1）原生的（沉积的，通常是与相变有关的）或（2）全部或部分次生的（成岩作用的）。与不整合接触的那些圈闭可以是（3）在不整合面之下，或者（4）在不整合面之上，或者（5）不整合面上下都有。这种分类法采用了莱复生的某些概念，同时去掉了他分类中的一些矛盾之点。用这四种主要的圈闭类型（相变圈闭，成岩圈闭，不整合面下的圈闭，不整合面上的圈闭）可以更精确地说明各种不同的圈闭。

引言

地层圈闭是什么？在进行地层圈闭分类以前，必须确定它们是什么。

虽然非构造圈闭早在1880年已由卡尔所认识，而“由于岩层孔隙度变化而封闭的储集层”是由威尔逊（1934）在他的油、气分类中分出来的，“地层圈闭”这个术语是由莱复生（1936）提出的，他说：

“地层圈闭可以说是这样的一种圈闭，其中，地层变化是圈闭石油的储集层里的主要限制因素。”

关于地层圈闭与构造圈闭的区别，他作了这样的说明：在地层圈闭中，“……构成圈闭的支配要素是，砂层或孔隙性储集层变为楔状或尖灭，砂层侧向渐变为页岩或石灰岩，地层隆起，侵蚀和超覆，或地层层序中的类似变化”。

根据这个定义，大家都会同意一个被基本上是同年代页岩所包围的、完全充满着油或水的孔隙渗透性豆荚状砂岩，就是一个地层圈闭。但是，如果豆荚状砂岩没有完全被充满，里面哪部分有油、气就得由沉积倾斜或区域倾斜来确定。沉积倾斜当然可以算是地层的控制；但是区域倾斜就应加上构造因素。这种区域倾斜通常被认为是地层圈闭的构成要素

——一种不可缺少的构成要素。

与区域构造运动不同，局部构造运动使情况复杂化。豆荚状砂岩可以与一个背斜的顶点相重合，也可以限于一翼，或者在向斜中，或者被断层切割成两个或更多部分。在《地层类型油田》一书的前言中，莱复生作了这样明确的叙述：

一个地层油藏是在一面或更多方面被不管怎样形成的非孔隙性岩层所限的，除非这个非孔隙性岩层完全与局部构造变形相重合。这样，既不能把地层连续性因断层而中断，也不能把孔隙是由于断裂和角砾岩化的结果而形成的油藏看作是地层类型的油藏。在由局部隆起或变形所决定的油、气聚集区内，虽然储集岩发生变薄和尖灭，那里的油藏也不属于地层类型^①。

在这个定义下，就象通常采用的那样，背斜顶部豆荚状砂岩中的油、气聚集可以看作构造类型，而聚集在其翼部的则可以认为是构造类型的，或者按莱复生以后（1954）的分类为地层-构造混合类型。但是，如果在局部构造发生以前油、气已经聚集起来，而且油、气在豆荚状砂岩中的位置并没有因为这种局部构造变形而有实质上的移动，情况该怎样呢？这样的油、气聚集是地层控制的，而且与构造的关系完全属于巧合。“由局部隆起或变形所决定”的这句话，在莱复生1941年的定义中清楚地包括了这种可能性，但在实际上应用的是地理关系而不是时间关系。对于时间关系的确定，不仅在分类中，而且在勘探中也许是重要的。

直到1966年，象阿尔伯他“红水”岩礁那样的碳酸盐岩礁也会被大家承认是一种地层圈闭的，虽然其中的油、气分布有一部分是受区域倾斜所控制的。但是，在这一年，马廷（1966）指出，岩礁、侵蚀面以及其它类型储集层在形成时侧向被空气或水所限制的，只有以后在附近（和上面）有年轻的地层沉积时才能成为圈闭。对于这种圈闭，他建议采用“古地貌圈闭”，而且认为“地层圈闭”一词应限于在某一个地层内储集层性质发生横向变化所造成的那些圈闭。假如马廷的建议被接受，以前认为地层圈闭的大多数圈闭应属于他的古地貌圈闭类型。这样的圈闭，或者其中某些部分是不是应该作为一种单独的圈闭类型，或者它们究竟是不是一种圈闭呢？

在确定“什么是地层圈闭？”时，水动力是应重新考虑的另一因素。莱复生（1954）在发展他早先所下的地层圈闭的定义时，把水动力方面也包括进去了，他说：“油藏（Pool）可以位于下伏水面之上，这个水面可以是水平的，也可以是倾斜的……”。但是，水动力除了使油、气-水接触而倾斜外，还可以有其它的影响。正如希尔等（1961）和麦克尼尔（1965）所指出的，一个地层内有上倾方向尖灭时，如果水流是向下倾方向流动的话，就可能保持住油、气，如果水是向上倾流动的，或者水是静止的，那就保不住了。这样的圈闭是否应认为是地层圈闭？

需要重新考虑的另一因素是断裂。在1941年的讨论中，莱复生特别地把由于断裂和角砾岩化产生的孔隙面形成的油藏排除在外。但是，在1954年，他却把加利福尼亚的圣玛丽亚油田包括在地层圈闭内，虽然“孔隙是由于脆性的蒙塔雷页岩（中新世）和粉砂岩的断裂结果而形成的……”。西得克萨斯的斯帕雷贝里含油、气带亦是如此，那里的裂缝和石油

① 关于由断裂产生的孔隙问题，莱复生没有把由局部构造变形造成的和与它同时发生的断裂，同不是这样发生的断裂加以区别。在本文中对这两种断裂作了区别（见以下各节）。

生产与局部构造没有联系，裂缝起着“供油者”的作用，这种油是从渗透性太小不经断裂不会有工业开采价值的岩层中来的（威尔金森，1953）。在为地层圈闭下定义时，我们应该考虑储集层的孔隙性和渗透性是怎样发育的呢，还是应该考虑什么控制了圈闭本身的界限？我的结论是：边界的控制应该是决定性的因素。这样，与局部构造没有联系的裂缝-孔隙圈闭，应该是实实在在的地层圈闭。

圈 闭 的 类 型

在考虑圈闭的构造、地层、古地貌以及水动力各方面以前，先确定圈闭的基本必要条件是适当的。赫伯特（1953）依油、气圈闭的位能扼要地阐述如下：

“油、气具有的能量与它们的位置及环境有关，当涉及一个单位质量时，它可以叫作流体任一给定点的位能。当地下某一地区内某种流体的位能不是常数时，一种不平衡的力量将作用于流体，迫使流体向位能减小的方向流去。因此，呈分散状的油、气在地下会从高能地区向低能地区运移，最终停止在构成圈闭的位置上，那里它们的位能高于局部的极小值或最小值。几乎所有的石油圈闭都在低位能地区，同时被高位能地区和不渗透的屏障包着。

至于渗透性的屏障，赫伯特（1953）说：“参照表1所示，在页岩中石油的毛细压力是数十大气压，而在砂岩中它就急降到十分之几大气压级。因此，在这分界面上的油就被一种十分之几大气压的平衡压力从页岩驱到砂岩中。所以，这种难以克服的能量屏障使页岩-砂层界面看来象是一个单向导油（或气）的面。通过这样的分界面，石油能够从页岩流向砂岩，除了粘性阻力外，没有其它障碍，除非对砂岩中的石油加以一种比页岩中反向毛细压力的压力，石油断然不会向相反方向流去。”

当然，允许油、气进入的压力可以分为各种不同的等级——由页岩中的压力通过粉砂岩至页状砂岩和颗粒越来越大的砂岩。具有同样大小的中粒砂岩，其进入压力可以因为分差性、部分压实或部分胶结程度的差异而有所不同。当油、气聚集时，油、气滞向上压力会增加，直到在某些情况下超过了从前不渗透屏障某部分的进口压力，油、气就将流过这个屏障。这样就取得了平衡，如油、气继续运移，它们将以进入圈闭时同样的速度流出圈闭。在储集层与屏障之间进口压差程度可以控制油、气柱的高度，因此也控制了油、气聚集的横向范围。假如限制油、气聚集的屏障层或断层中裂缝的进口压力小于未断裂屏障的压力，也可以产生同样的效果。

这样，除极少数情况外，一个油、气圈闭要求同时具备：（a）油滞，（b）在油滞中有一个低位能的隔离区域，和（c）一个屏障（或封闭）具有足够高的进口压力，以保存一个具有开采价值的油、气储集。一个完全被油、气充满的隔离的豆荚状砂岩，对（b）来说可以是个例外；对于（a）和（c）来说，似无例外。

应该强调，高的进口压力（上述c）不是低孔隙性或无孔隙性的同义语。例如，某些构成圈闭屏障的页岩比邻近含有油、气的储集层具有更多的孔隙。孔隙的大小或它们之间的连结形状和大小，是重要的因素，而不是孔隙的总量。

为了区别圈闭的各种不同类型，我们必须确定“地层圈闭”的含义。我们应不应该象马廷（1966）所建议的那样局限于一个“特定地层”，还是把范围扩大些呢？地层学的定义已经确定如下：

“1.作为地质学分支的地层学，是讨论作为地壳——一部分的层状岩石的形成、组成、层序和对比关系；2.一个地区或区域描述地质学中有关该区域岩石的鉴定、特征、厚度、层序、年代及对比关系的部分。”

“地层学是地层的安排或排列，特别是关于地层的位置和层序。

从这些定义看来很清楚，“地层学”和“地层的”是个比较广义的术语，适用于多数地层，而不仅仅是构成一个地层的——一个层或层组。而且在横向或纵向的相邻岩层之间在时间关系上也沒有任何限制。在这种比较广义的解释下，占地貌圈闭是地层圈闭的一种。回顾过去，有人也许愿意用另一个术语——如“渗透性圈闭”——来代替地层圈闭。但是，“地层圈闭”已经如此广泛地被接受和应用，现在试图改闭更有描述性的术语恐怕只会引起混乱。

从前面的讨论表明，圈闭有三种基本类型——即构造圈闭、地层圈闭和水动力圈闭——而其中的任何两种或三种还可以混合在一起。这三种基本类型都有一个具有足够高进口压力的遮挡限制的储油层，以保存足够的油量成为有开采价值的油藏。每一类圈闭都是一个被隔离的低位能区，但引起隔离的原因是不同的。在一个构造圈闭中，隔离是局部构造变形的结果；在一个地层圈闭中，它是由于非构造性横向进口压力产生的屏障造成的；而水动力圈闭则是由于水流速率的结果。区域倾斜可以是地层圈闭的一个组成部分；区域倾斜变化（阶梯）可以是水动力圈闭的一个构成要素。

所有三种类型，有的充满着油、气，有的部分充满着油、气，也有不含油、气的。像有人所指出的那样，“一个陷阱总是一个陷阱，不管里面有没有一个耗子”。那些含有油、气的圈闭可以称作构造油藏、地层油藏或水动力油藏，或油、气聚集；那些不含油、气的圈闭，可作为潜在的油、气圈闭。

在油、气聚集的分类中，确定现在油、气聚集位置的条件，只要能够确定下来就加以利用。这样，一个地层圈闭的油藏（如一个被隔离的豆荚状砂岩中的油、气聚集）如碰巧位于一个油、气聚集以后才产生的局部隆起上，就应划为地层圈闭油藏。相反，如果油、气聚集产生在隆起出现之后，而且油、气运移到圈闭是因为这里具有局部较高的构造位置，那么，控制因素则应是构造。在其它地方，如油、气聚集是由于地层因素圈闭起来的，以后局部隆起完全地或实质上改变了油藏中油、气聚集的位置，这种油、气聚集应该是构造类型的或地层-构造混合类型的。

在有些情况下，构造发育和油、气聚集的相对时间是不清楚的。如果不试图确定它们的相对时间，那么，对于分类来说是没有根据的，而且也不应当冒然去作分类。假使已作了努力，但结论又不肯定，我建议用“构造圈闭（ $\uparrow$ ）”或“地层圈闭（ $\uparrow$ ）”，具体取决于哪种更为合适。这种办法允许根据已取得的证据的份量加以判断，加（ $\uparrow$ ）号是为了警告别人这里含有不肯定的意思。

有许多油藏的现在位置是一些构造、地层和水动力因素混合的结果，对于这种油藏，应该像先前其他作者所建议的那样，把圈闭称为混合圈闭较为恰当。山得斯（1943）提出的区别，适当地扩大到包括水动力圈闭在内的分类，似乎为这种混合圈闭的命名提供了一个好的根据。

地层圈闭分类的根据

在地层圈闭的描述或分类上，已经提出或应用的包括：

1. 圈闭形成的时间，即原生的——沉积环境直接产生的——对次生的——储集层沉积和成岩之后发育的；主要是不整合圈闭。
2. 储集层的种类，即碎屑岩和岩浆岩或化学岩。
3. 孔隙的种类，即粒间的、溶蚀的或裂缝的。
4. 储集层的成因，即冲积的、砂坝的或沙丘等等。
5. 与区域倾斜的关系：即敞开的（不依靠区域倾斜的）对封闭的有一个分界是区域倾斜造成的关系。
6. 储集岩的几何形状，即鞋带状砂体等。
7. 非渗透性屏障形成的方式，即渗透性原来就低（沉积作用），而储集层孔隙在成岩阶段被沥青、粘土或矿物质胶结质所堵塞。

地层圈闭分类的实质问题，在于它刚刚在研究。圈闭原来区分为构造的和非构造的。随着知识的增长，人们认识了更多的非构造圈闭，并试图把它们分在早已存在的合适亚类中。

大概最知名的分类是莱复生（1954）的分类，其概略摘要如下：

I. 原生地层圈闭——在岩层沉积和（或）成岩作用时形成的，包括：

A. 碎屑岩的岩相和凸镜体；

B. 火山岩的凸镜体；

C. 化学岩中的地层圈闭：a) 孔隙性岩相；b) 孔隙性小丘或凸镜状碳酸盐岩块。

II. 次生（不整合）地层圈闭——在储集层沉积和成岩作用阶段以后发育的某种地层异常或变化所造成的，几乎到处都与不整合相伴生。不整合上下的圈闭都称作次生的。

在这个分类及其应用上有几个前后矛盾的地方。其一是，莱复生包括在原生圈闭内的许多圈闭完全是或部分是由次生成岩作用成因的。例如，由次生白云岩化或那些由胶结作用结果而形成的圈闭。

其次是，把不整合上下的地层圈闭包括在同一类型的地层圈闭内。莱复生（1954）说：“被一个不整合所限制的圈闭是概括地被列为地层圈闭的，这种圈闭也能列为次生地层圈闭，因为它们是在储集层岩化和成岩作用以后形成的。”

可是，不整合上有许多圈闭，它们的储油层并没有经历过重大岩化作用或成岩作用，也没有覆盖它的屏障。对于不整合上的许多圈闭来说，不整合仅仅是非渗透屏障的一部分。如果不整合下的岩石是充分渗透的，而且向上倾方向延伸得很远，那就不会有圈闭。不错，在有些地方，屏障可能是原来的储集层，其渗透性已被成岩作用所减低，但是，通常在不整合下的岩层原来就是低渗透性的，而且以后也总是如此。在不整合之上的许多别的圈闭里，侵蚀而起的起伏控制着那里储集层的沉积。

我相信这里所建议的地层圈闭分类会消除这些矛盾。在以下的讨论和所建议的分类中，主要强调的为实用性——就是说，这种分类对寻找新的油、气聚集是否有帮助，以及所建议的术语是否简单明了能被大家所接受？

首先充分考虑了用储集层和屏障之间的时间关系，作为第一级的亚类分类标准。因为