

论油气藏定量评价的理论基础及有关参数

祝总祺

(西北大学地质系; 西安 710069)

根据 Hobson 公式详细地讨论了油气藏定量评价的理论基础, 阐述了盖层的相对性和油藏结构的涵意, 以及在油气藏形成中的重要意义, 提出了以油气潜量、储层和盖层的排驱压力、油藏内的流体密度差以及构造的闭合高度, 作为具体评价一个油气藏的参数, 并分析了这些参数之间的互补性及其意义。

关键词 烃柱最大临界高度 盖层的相对性 油藏结构

作者简介 祝总祺 男 60岁 副教授 石油地质

油气勘探中的一个十分重要的问题是对油气藏作出正确的早期评价。但是, 由于影响油气藏形成的因素很多, 所以, 长期以来一直停留在根据某个因素(如圈闭或储层)进行定性的评价, 缺乏一个进行定量评价的理论基础和方法。本文根据油气藏形成中的某些基本概念, 提出一个综合评价的方案。

油源是决定有无油气藏的前提, 因此, 我们假定生油岩是存在的, 而且生成的烃类的量也是充分的, 作为下面讨论的先决条件。

一、Hobson 公式

用以计算盖层能封存烃柱最大临界高度的霍布森公式^[1,2]是石油工作者都非常熟悉的, 它的表达式为:

$$P_d^{\#} = (\rho_w - \rho_o) \cdot g \cdot Z_{\max} \quad (1)$$

式中 $P_d^{\#}$ ——盖层的排驱压力; $\rho_w - \rho_o$ ——油水密度差; g ——重力加速度; $Z_{\max}$ ——能封存油柱的最大临界高度。即盖层可封存的油柱高度与其排驱压力的大小呈函数关系。该式的右侧实际表示油柱高度为 $Z_{\max}$ 时所产生的浮力。油柱的高度愈大, 所产生的浮力也就愈大, 因而要求盖层的排驱压力也愈大。如果油柱的实际高度大于计算的最大临界高度时, 它所产生的浮力将大于盖层的排驱压力, 此时, 油气藏内的烃类将发生泄漏。

从理论上讲, 式中的 $Z_{\max}$ 乃是自由水面以上连续烃相的整个厚度, 也就是说, 它包括纯油的和油水过渡带的全部厚度在内, 而人们感兴趣的往往是纯油部分, 因此, 在计算中应设法把过渡带的厚度从 $Z_{\max}$ 中扣除。

储层性质的研究表明, 油气藏内的过渡带厚度变化是很大的, 它主要受储层内部孔隙结构的控制。在其它条件相同的情况下, 粗结构储层内的过渡带厚度要比细结构的小得多, 也

就是说,储层内产生过渡带的厚度与储层的排驱压力成反比,于是就有:

$$H_{ow} = P_d^* / (\rho_w - \rho_o) \cdot g \quad (2)$$

从(1)式中减去(2)式,应是油藏内可以封存的纯油部分的高度。即:

$$H_o = (P_d^* - P_d^*) / (\rho_w - \rho_o) \cdot g \quad (3)$$

这就是盖层所以能起封存油气作用的毛细管封闭机理, Watts 称为薄膜封闭*。

二、盖层的相对性^[3]

由此,我们可以得出什么重要的认识呢?

(1) 盖层是相对于储层而存在的,离开储层盖层也就失去意义。(3)式告诉我们:烃柱高度与盖层和下伏储层间的排驱压力差成正比。由此可见,这里的盖层必须和下伏某个具体的储层相对应,如果脱离开下伏的具体储层,则皮之不存,毛将焉附。

(2) 上覆岩层能否起盖层作用,关键在于它与下伏岩层之间是否存在毛管压差,只要有这种压差存在,就能起封存的作用,当然,压差愈大,被封存的烃柱高度随之增大,显然,岩类在这里不是主要的,也就是说,岩石类型没有绝对意义。Smith^[2]在分析断层圈闭的机理时曾明确指出:“这里重要的参数是毛管性质,而不是岩石类型”。指出这一点的理论意义在于在油气勘探中,单凭岩石类型来确定储盖层的研究方法是远远不够的。在实际中,泥岩构成储层者有之,砂岩作盖层者亦不乏其例。

(3) 从上述公式中还可以看出,由于天然气的密度较之油的密度要小得多,因此,同样高度的气柱可以产生比油柱大得多的浮力。由此可见,一个拥有一定排驱压力的岩层可能对油来说是一个很好的盖层,而对气则不一定有效。

(4) 由于岩层的毛管性质在空间上的变异,某岩层在甲地是下伏岩层的有效盖层,到了乙地可能因其性质发生改变而失去其遮挡烃类的性能。

这四点也就是我们所说的盖层的相对性的全部内涵。

三、油藏结构

讨论到此,很自然地引出另一个在油气藏形成过程中具有举足轻重的因素——圈闭的闭合高度。圈闭在油气藏形成中的地位 and 作用一向为人们所重视,它的大小、形成时间的早晚和完整程度都直接影响到油气藏。但这里着重讨论圈闭的闭合高度与理论计算的烃柱的最大临界高度、油水过渡带厚度之间的关系。不难设想,这里可能会出现以下三种情况:

- (1) 圈闭的闭合高度小于过渡带的厚度,此时,圈闭内就不可能有纯油带出现;
- (2) 圈闭的闭合高度大于烃柱的最大临界高度,有可能形成油气藏,其充满程度应为最大临界高度与过渡带厚度之差;
- (3) 当圈闭的闭合度小于纯烃柱的高度时,闭合高度也就是它的最大烃柱高度。

下面的例子可以清楚地说明它们之间的关系。

* 肖无然,油气藏盖层研究概述,石油地质与实验,1991,(2),102—113.

图内圈闭A的闭合高度为50 m, 根据盖层 c_1 的排驱压力和储层 r_1 内的流体性质计算所得的烃柱的最大临界高度为80 m, 大于闭合高度。但按储层 r_1 的排驱压力求得的油水过渡带的厚度为30 m, 因此, 圈闭A中实际封存的纯油柱高度只能有20 m。

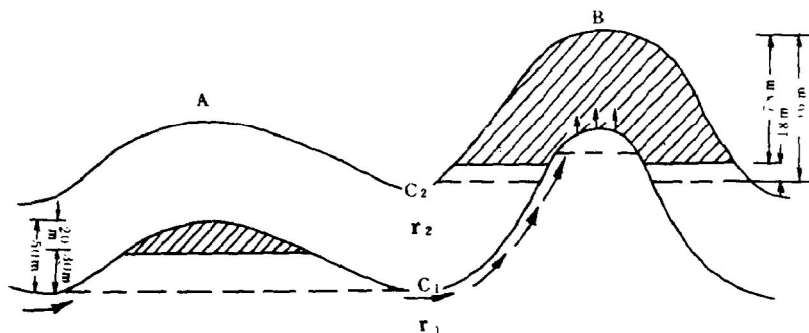


图1 油藏结构示意图

圈闭B的闭合高度为100 m, 虽比圈闭A大, 但由于盖层 c_1 的毛管性质在这里变粗, 仅能封存的最高临界高度为25 m, 而储层 r_1 内的油水过渡带厚30 m, 故在圈闭B的 r_1 储层内, 实际仅聚集25 m油水过渡带, 不能形成纯油带。由圈闭A不断向圈闭B供应的油气, 将突破 c_1 的遮挡, 向上运移到储层 r_2 内。储层 r_2 有较好的孔隙结构, 据 c_2 和 r_2 的排驱压力计算的最大临界高度和过渡带厚度分别为96 m和18 m, 均小于圈闭B的闭合高度, 故在圈闭B中除了18 m油水过渡带外, 尚能封存78 m的纯油柱。

由此不难看出, 决定一个局部构造能否形成油气藏, 能形成多大的油气藏, 不仅与构造的闭合高度有关, 而且与储层的孔隙结构、盖层的毛管特性, 以及地层内的流体性质均有关系。因此, 我们提出, 把盖层的毛管性质、储层的毛管性质、储层中的流体特性以及圈闭的闭合高度四者在品质上的有机配合称之为油(气)藏结构, 并把它作为对油气藏进行评价的基础。

油(气)藏结构和生储盖组合这两个术语是有本质的差别的, 后者只注重空间上的组合关系, 而前者不仅涉及空间关系, 更注意它们的品质的配合(量化)。很明显, 生储盖组合关系一旦形成, 则在地质历史中就不会发生变化了, 而由于某个地质事件引起生、储、盖、圈四要素的品质改变却是经常可以发生的, 而任意一项因素的变化都会直接影响油气在圈闭内的富集程度。油(气)藏结构这个概念的最大优点是有关因素都是可以量化的, 因而, 便于进行定量比较评价。

四、油(气)藏结构参数及其互补性

通过上述可集中到一点, 对某个局部构造进行评价时(假如油源是存在的), 可选择以下参数, 即盖层的排驱压力、储层的排驱压力、储层内油、气、水的密度以及圈闭的闭合高度进行综合评价。它们是油气藏评价的参数, 也是研究盖层性能时必选的参数, 因为, 有时盖层性能较差可以通过其它因素(如储层结构、过渡带的厚度)得到补偿。其余各项亦有此特点。下面列举了烃类聚集的不利因素和有利因素, 以及不利因素的可能补偿:

A. 不利因素：

1. 储层致密，孔隙结构差
2. 盖层性能不好
3. 闭合度低
4. 低流体密度差
 - a. 淡的地层水
 - b. 高密度原油

B. 有利因素：

1. 储层疏松，孔隙结构好
2. 盖层性能良好
3. 闭合度高
4. 流体密度差大
 - a. 浓盐水
 - b. 低密度原油或天然气

遇到不利因素的可能补偿：

A-1. 储层致密，孔隙结构差

可能补偿的条件：B-2, B-3, B-4

A-2. 盖层性能不好

可能补偿的条件：B-1, A-3, B-4

A-3. 闭合度低

可能补偿的条件：B-1, B-2, B-4

A-4. 流体密度差小

可能补偿的条件：B-1, B-2, B-3

这就是结构参数的互补性。大多数的自然现象都是受好几个因素的制约，单因素是比较少见的。这种互补性无疑在一定程度上加深和开拓了油气勘探的领域。

参 考 文 献

Abstract

This paper discusses the theoretical basis of the quantitative evaluation of an oil and gas reservoir in detail, and proposes the potential resources of oil and gas, the expulsive pressure of the reservoir and cap rocks, the density contract of fluid, and the structure closure as the parameters of evaluation, and also analyzes their complementarity and its significance.