

# 气藏的盖层特征及划分标准<sup>\*</sup>

孙明亮<sup>1</sup> 柳广弟<sup>1</sup> 李剑<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学·北京 2. 中国石油勘探开发院廊坊分院)

孙明亮等. 气藏的盖层特征及划分标准. 天然气工业, 2008, 28(8): 36-38.

**摘要** 盖层性质是决定天然气是否能够高效聚集的关键因素。为了评价天然气藏形成的有效性, 对我国40余个已发现气藏的盖层岩性、厚度以及排替压力等参数进行了统计分析, 建立了中、高效气藏盖层的判断标准。统计发现: 我国气藏的直接盖层以泥质岩为主, 其次为膏盐岩, 但后者封盖的储量较大。要形成中效天然气藏, 盖层厚度必须大于40 m, 盖层排替压力应大于15 MPa; 而要形成高效天然气藏则需要厚度超过100 m的直接盖层, 盖层的排替压力不应小于20 MPa。气藏盖层标准的建立为定量评价天然气藏形成过程的有效性提供了依据。

**关键词** 气藏形成 有效性 盖层 岩性 厚度 排替压力 分类 标准

对盖层的评价内容通常包含: 盖层岩性、盖层厚度以及断层的破坏程度等。在上述评价工作中评价标准往往较单一或定性, 如厚度达到若干便是有效盖层、由膏盐岩类构成的盖层封闭性要优于泥质岩盖层等, 且这些标准普遍使用于各种类型的油气藏<sup>[1-5]</sup>。事实上, 不同的油气成藏速率, 或者说成藏有效性的差异会要求不同的盖层性能。尤其是对于分子量小、易扩散的天然气, 盖层性质是决定天然气是否能够高效聚集的关键因素。为此, 通过对我国40余个大中型气藏盖层条件的统计, 对盖层评价的一些基本条件进行了分析, 初步建立了评价天然气成藏有效性的盖层基本标准。

## 一、气藏成藏效率

常用的气藏评价标准是建立在已发现气藏的性质或规模基础之上的。但是在评价天然气成藏过程中, 上述评价标准就会遇到一些问题。如, 在供气量充足的前提下, 评价盖层岩性和厚度相似但成藏期相差甚远的两个同等储量规模的天然气藏时, 成藏期长的盖层性能应该逊于成藏期短的, 这时使用储量规模的分类方法则无法将这两个气藏区分开, 也就无法区别对待这两个看似厚度、岩性均相近的盖层, 也就无法准确分析盖层在天然气成藏过程中的作用。

这里使用聚集效率和储量丰度来重新划分天然气藏类型, 并以此为基础进一步分析盖层的封闭性

能。聚集效率和储量丰度两个参数的含义及确定方法见文献[6], 此处仅给出气藏类型及划分标准(表1)。

表1 天然气成藏效率划分标准表

类型	聚集速率 [ $10^6 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{Ma})$ ]	储量丰度 ( $10^8 \text{ m}^3 / \text{km}^2$ )
高效气藏	>100	>10
中效气藏	10~100	4~10
低效气藏	<10	<4

应当指出, 天然气聚集速率代表了一个气藏聚集天然气速度的快慢, 而储量丰度则表述了一个气藏聚集天然气数量的多少。尽管两个参数都可以反映天然气藏形成的有效性, 但是表达的含义却存在差异。故使用不同参数划分所得的结果可能会存在一定的差异。

## 二、中、高效气藏盖层特征

从岩性、厚度及排替压力3个方面对我国已发现的40余个中、高效气藏盖层进行了分析。

### 1. 岩性

岩性是区别封盖层和储集层的首要条件。组成天然气封盖层的岩性非常广泛, 有泥岩、泥页岩、石灰岩、白云岩以及膏盐岩类等。

统计发现, 我国已发现大气田的盖层岩性基本

<sup>\*</sup> 本文受到国家重点基础研究发展计划(973计划)(编号:2001CB209103;2007CB209503)的资助。

**作者简介:** 孙明亮, 1978年生, 博士研究生; 主要从事油气成藏机理研究工作。地址: (102249)北京市昌平区中国石油大学资源与信息学院。电话: 13811570340。E-mail: anchor\_sun@163.com

上都是泥质岩和蒸发岩,火山岩及变质岩类鲜见。对我国40余个中、高效气藏直接盖层的岩性统计结果表明,泥质岩(包括页岩)是最广泛的岩类;而膏盐岩类居其次;其他蒸发岩类(包括石灰岩和白云岩)最少(图1)。

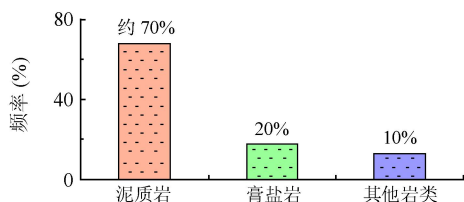


图1 盖层岩性分布频率图

从不同岩类封盖天然气藏的平均储量规模来分析,膏盐岩类盖层平均封闭储量近  $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,是几种岩类中最高的。而泥质岩类盖层略次,约为  $480 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。白云岩和盐岩类组成的盖层封盖的平均储量规模不足  $210 \times 10^8 \text{ m}^3$ (图2)。

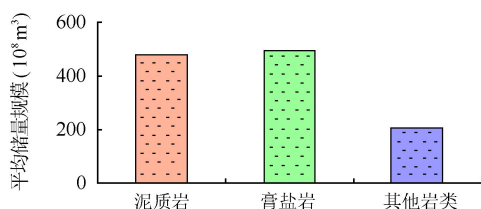


图2 不同岩性盖层封盖的平均储量分布图

可见,尽管泥质岩盖层从个数上讲是最多的,封闭的天然气总量也是最多的;但从封闭的平均规模来看,膏岩盖层更加有效,封闭能力更强。

## 2. 厚度

厚度也是评价封盖层的重要指标之一。通过延长散失时间,盖层厚度增大可以作为对岩石绝对封闭能力的一种补偿。由于天然气分子较小,扩散能力强。因此只有具有一定厚度的封盖层才能有效成藏,尤其对于中、高效气藏的形成,封盖层具有一定的厚度是必不可少的条件之一。

对我国40余个中、高效气藏盖层厚度与聚集速率的关系统计结果发现(图3);盖层厚度明显呈阶梯状分布,所有的统计数据均分布于阶梯状界限的右下半区。这表明,不同成藏效率气藏的盖层厚度存在着上限(图3)。中效气藏[聚集速率介于  $10 \times 10^6 \sim 100 \times 10^6 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{Ma})$ ]均分布于盖层厚度40~100 m之间,而高效气藏[聚集速率大于  $100 \times 10^6 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{Ma})$ ]直接盖层厚度则无一例外均大于100 m。

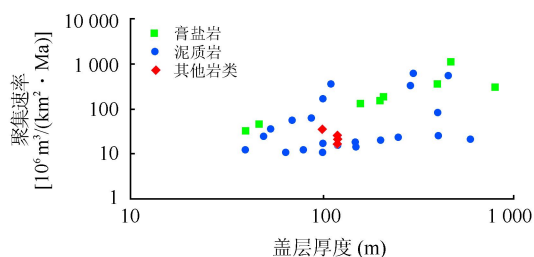


图3 盖层厚度与天然气聚集速率统计关系图

同时可以看出,在高效气藏中膏盐岩盖层的比例明显增多,但不同岩性的盖层厚度与聚集效率未发现明显的对应关系。

对盖层厚度与储量丰度的关系进行了统计分析,结果同样显示出,40 m是中效气藏(储量丰度大于  $4 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{km}^2$ )存在的最小直接盖层厚度,100 m则为高效气藏(储量丰度大于  $10 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{km}^2$ )所具备的厚度底限(图4)。

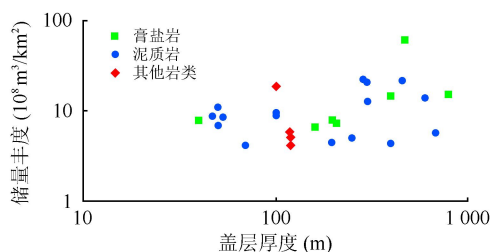


图4 盖层厚度与储量丰度统计关系图

可见,尽管岩石物性决定了封盖层封闭能力的大小,但是要短时间内产生规模聚集,形成中、高效气藏仍需要具有一定的厚度,这样才能真正有效地封闭住天然气。

## 3. 排替压力

排替压力是流体进入多孔介质、驱替流体发生流动的最小压力,排替压力是岩石封闭流体绝对能力的重要指标。

对我国40余个中、高效气藏的直接盖层排替压力与聚集速率关系的统计结果发现:两者同样符合阶梯状统计关系,所有常规气藏数据均为于右下半区,中、高效气藏盖层的排替压力也存在明显的界限(图5)。中效气藏排替压力均在15 MPa以上,而高效气藏则全部超过20 MPa。

储量丰度与排替压力的关系则不太明显,高效气藏和中效气藏的数据点混杂在一起,但仍可以看出的是,15 MPa依然是中、高效气藏形成的直接盖层所具备的最小排替压力(图6)。

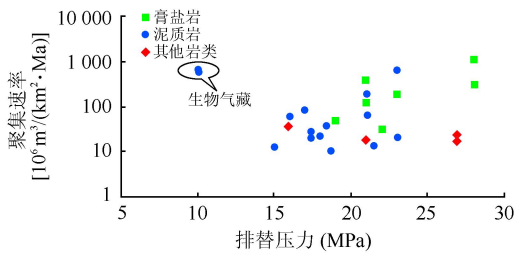


图 5 盖层排替压力与天然气聚集速率统计关系图

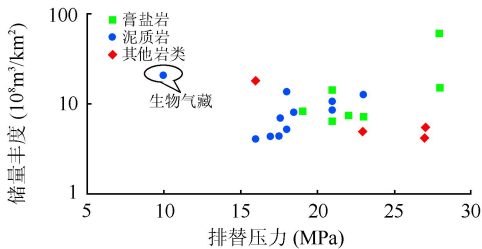


图 6 直接盖层排替压力与储量丰度统计关系图

### 三、中、高效气藏盖层标准

综上所述,无论是天然气的聚集速率还是聚集丰度,均与封盖层的厚度和排替压力有关,而且这种关系具有明显的量化关系。

故依据上述统计结果,初步拟定了天然气藏有效性的盖层标准(表 2)。即中效天然气聚集所必须具备的物性下限为:厚度大于 40 m,排替压力大于 15 MPa。而高效天然气聚集所必须具备的物性下限为:厚度大于 100 m,排替压力大于 20 MPa。

表 2 天然气成藏有效性盖层划分标准表

类 型	厚度 (m)	排替压力 (MPa)
高效气藏	>100	>20
中效气藏	40~100	15~20
低效气藏	<40	<15

### 四、结 论

对于我国气藏盖层特征的初步结果分析认为,泥质岩盖层是我国天然气藏中分布最广泛,也是封闭天然气量最多的岩类。但从单个气藏来说,泥质岩类盖层更多的是在中、低效气藏,而高效气藏中膏盐岩类盖层的比例明显增多。尽管以膏盐岩为盖层的天然气藏数量少于泥质岩盖层天然气藏,但是从封盖天然气的平均储量规模上来看,膏盐盖层却明显高于泥质岩盖层。

无论是聚集速率还是储量丰度,盖层厚度均与

之存在着明显的突破界限,即在一定的聚集速率和储量丰度范围内,存在统一的盖层厚度上限,不同的界限对应了不同级别的天然气成藏效率。初步分析认为,这种现象的出现与天然气成藏的“运聚动平衡”<sup>[7]</sup>有关。当天然气的聚集速率达到一定程度后,天然气的扩散速率达到了一定的“突破尺度”<sup>[8-9]</sup>,此时扩散速率大于聚集速率,分子级的天然气扩散距离(速率)与地质体级别的盖层厚度出现了临界态,盖层厚度对于扩散作用的补偿已无法通过简单的线性厚度增加完成,而是发生“阶跃”式的突变,盖层厚度与聚集速率储量丰度的关系也就表现出明显的阶梯状关系。这种阶梯状关系也就成为宏观尺度上划分盖层厚度对天然气扩散补偿作用的标准,或成藏有效性的尺度。

天然气成藏有效性的盖层划分标准有助于勘探工作中进一步寻找不同成藏效率的勘探目标区带。

必须指出的是,此评价标准仅为成藏有效性的一个关键因素,对应到某个具体的气藏还需要具体分析控制成藏的其他关键因素。这也是尽管许多气藏盖层已经满足一定级别,但成藏有效性级别却无法达到相应级别,所有数据点均在阶梯关系的右下半区的原因。这也说明盖层仅是一个必要条件,只有综合了其他的成藏控制因素后才能最终全面地分析气藏成藏的有效性。

### 参 考 文 献

- [1] 张厚福,方朝亮,高先志,等.石油地质学[M].北京:石油工业出版社,1999:143-147.
- [2] 戴金星,裴锡古,戚厚发.中国天然气地质学[M].北京:石油工业出版社,1996:1-20.
- [3] 戴金星,王庭斌,宋岩.中国大中型天然气田形成条件与分布规律[M].北京:地质出版社,1997:5-70.
- [4] 戴金星,宋岩,张厚福.中国大中型气田形成的主要控制因素[J].中国科学:D辑,1996,26(6):481-487.
- [5] 康竹林,傅诚德,崔淑芬,等.中国大中型气田概论[M].北京:石油工业出版社,2000:19-320.
- [6] 柳广弟,李剑,李景明,等.天然气成藏过程有效性的主控因素与评价方法[J].天然气地球科学,2005,16(1):1-6.
- [7] 郝石生,黄志龙,高耀斌.轻烃扩散系数研究及天然气运聚动平衡原理[J].石油学报,1991,12(3):17-24.
- [8] 郝锦志,雷树业,王补宣,等.多孔介质突破特性的薄层效应[J].清华大学学报:自然科学版,2004(2):286-289.
- [9] 胡雪蛟,杜建华,刘翔,等.多孔介质突破特性的尺度效应[J].科学通报,2001(4):345-347.

(修改回稿日期 2008-06-10 编辑 居维清)