

关于有效生油岩问题

盛志纬

(石油工业部石油勘探开发科学研究院)

作者提出的有效生油岩,系指成熟生油岩中能够排出或扩散出已生成烃类的那部分生油岩。本文除详细介绍划分有效生油岩和无效生油岩的方法和步骤外,还研究和分析了影响有效生油岩发育和分布的各种地质因素,以及有效生油岩与油气藏之间的密切关系,并明确指出有效生油岩才是油气藏形成的真正油(气)源岩。

石油地质学家在认识生油层的过程中,最初把颜色较深、含有较多各类古生物化石、并有黄铁矿晶粒、硫化氢气味的泥岩、页岩或灰岩均视为是生油岩。后来由于科学技术的发展,为生油岩的研究逐步提供了各种先进的仪器和理化分析手段,并取得了大量的科学资料和数据,证实并非所有的暗色泥、页岩或灰岩都是生油岩,其中有一些是各项地球化学参数达不到标准的非生油岩。

60年代初期,成熟度的概念被提出以后,人们又进一步认识到那些地球化学指标达到标准的生油岩中,还有一部分并不成熟,这些生油岩对油气藏形成贡献很小或没有任何贡献。因此,人们又把生油岩分为不成熟和成熟两部分。有人把成熟生油岩称之为有效生油岩(与我们提出的有效生油岩概念不同)。

在生油层定量评价中,排烃量的计算,逐步涉及了有关油气运移的问题。同时在实际工作中也常发现某些成熟生油岩(层)或成熟生油区,有一部分生油岩可以排出已生成的烃类,另一部分则不能产生排烃(如存在的油浸泥岩和油页岩)。为了区别这两种不同的情况,我们在成熟生油岩中或成熟生油区内,把能够产生排烃的生油岩划分出来,称为有效生油岩;把不能产生排烃的称为无效生油岩。

有效生油岩概念的提出,目的在于有助于人们对油气藏形成的油源层(岩)的认识更为深化更为准确。

一、有效生油岩确定的方法

有效生油岩在纵向上的累计厚度,以及在平面上的分布范围和体积的大小,直接关系到一个地区的含油(气)远景。正如我们在前面所提出的那样,有效生油岩才是真正的油源岩。所以,在一定意义上讲,我们评价某一地区的生油岩,最终从中识别和筛选出有效生油岩,也就是评价实际存在的油源岩的发育和分布。

要确定某一地区的有效生油岩,我们认为应遵循下列步骤:

1. 确定生、储组合模式

首先需要进行深入的地质研究, 搞清该区生油层与储集层在纵向和横向上的分布配置关系。根据我们的研究, 可把生、储油层在纵横向上的组合大致分为以下几种模式:

- (1) 交互层式(生油层与储集层呈交互层组合);
- (2) 下伏式(生油层在下, 储集层在上的组合);
- (3) 覆盖式(生油层在上, 储集层在下的组合);
- (4) 交叉式(生油层与储集层在横向上呈犬牙交错组合);
- (5) 侧变式(生油层与储集层在横向上呈侧向接触组合);
- (6) 复合式(生油层与储集层呈不整合、侧向、复盖式多种接触)。

2. 取样分析

如果生、储油层仅为单层组合(包括下伏式、覆盖式), 那么确定有效生油岩相对比较简单。在该组合分布范围内, 选择大致均匀有控制意义的井点, 然后对每口井, 从生油层与储集层接触面开始, 向生油层内部密集采样分析。采样一般以每米一个样为宜, 同时注意采样层段的岩性和有机碳含量及类型的相对一致性。最后对所采样品进行热解、氯仿抽提、族组份、正烷烃、异构烷烃、甾萜类等分析, 并研究这些组份和化合物在纵向上的变化规律。若生、储油层是多层交互组合(交互式、交叉式)时, 那么, 每一个井点还要在其纵向上对各层生油岩, 按上述单层的要求取样, 并进行相同的各项参数分析。

3. 确定有效厚度

一般把生油层内部这些组份和化合物开始变化的拐点, 视为排烃的起始点; 从排烃的起始点至生、储油层接触交界面的距离, 又定为排烃有效厚度。交互式、交叉式组合是在确定各单层有效生油岩厚度的基础上, 再求出累计的有效生油岩总厚度。侧变式、复合式中有效生油岩厚度确定的原则与上述基本相似。

4. 编制平面图

根据单井的地球化学分析资料和有效厚度, 在平面上选择一定密度井点进行类比, 在此基础上采用内插法, 编制出有效生油岩平面等厚度图。

对于一些缺乏详细资料或岩心的地区, 有效生油岩的厚度和体积, 只能通过与邻区或其它相似盆地、凹陷的资料进行类比确定。

二、确定有效生油岩的几个实例

近些年来, 许多研究者在油气资源评价中, 作了很有意义的工作, 提供了许多确定有效生油岩的实际资料。以下几个实例具有参考意义。

1. 东营凹陷利14井¹⁾

该井2318.5—2341.0m井段，单层生油层22.5m，为上、下储层所夹持。经地球化学分析判断，上供油带为17m，下供油带为4m，有效生油岩厚度为21m（图1）。

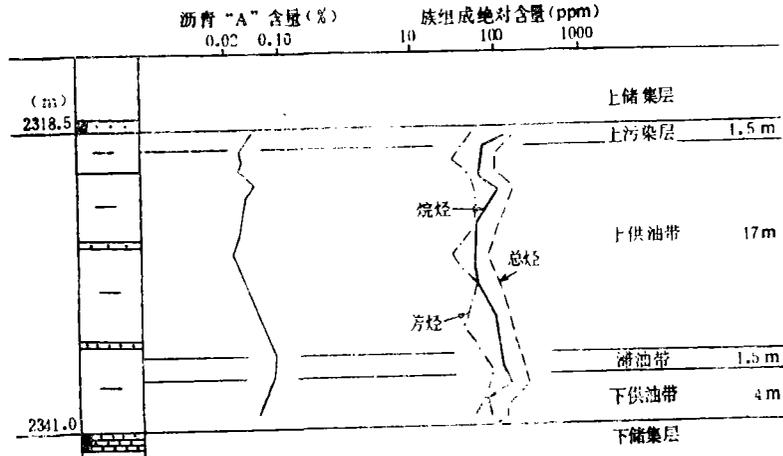


图1 利14井生油层排烃综合图
(据胜利油田资料)

2. 松辽盆地杏4井¹⁾

该井青一段生油层与下伏扶余油层为覆盖式生、储油层组合。表1可以看出，饱和烃含量从1513m开始向下明显减小，而芳烃和非烃含量则向生、储油层接触面相对增高，可见向下排烃的趋势是明显的。扶余油层（砂层）的顶界深度为1523m，因此可认为实际的排烃厚度为10m左右。

表1 杏4井岩石抽提物族组成表

层位	井深(m)	饱和烃(%)	芳烃(%)	胶质(%)	沥青质(%)
青一段黑色泥岩	1471	61.2	18.8	18.6	2.0
	1478	59.7	16.0	21.9	2.4
	1479	56.3	21.6	20.4	1.7
	1507	37.4	25.3	34.7	2.6
	1509	55.4	21.5	21.4	1.7
	1511	56.7	20.1	20.5	2.7
	1513	54.7	21.8	21.6	2.5
	1518	44.2	28.0	26.1	1.7
扶余油层砂岩	1543	60.9	20.8	16.9	1.3
	1544.7	64	19.6	14.4	1.5

1) 王捷、周光甲，济阳拗陷陆相生油地球化学及地质资源远景评价。

3. 潜江凹陷钟53井¹⁾

该井2515—2527m井段，单层生油岩厚为12m，也为上、下储层所夹持，但下部的储层为致密砂岩。对该层密集采样分析，结果见图2。

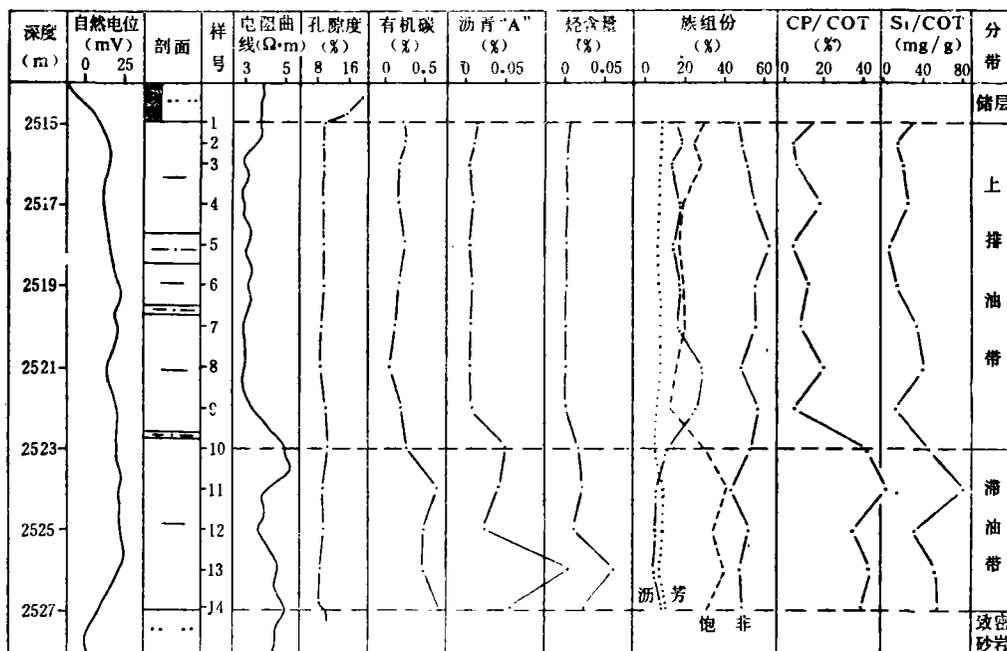


图2 钟53井潜四段生油岩排烃示意图
(据江汉油田资料)

由图2可看出，有机碳、沥青A、烃含量、饱和烃、CP/COT、S₁/COT等项指标，从2523米开始，向上呈低值，可能是向上面储层排烃所致。以此作为计算的起始点，向上至生、储油层交界面，钟53井的有效生油岩厚度约为8m左右。

4. 泌阳凹陷泌80井

根据对河南泌阳凹陷泌80井的热解的产率指数及气相色谱的正烷烃和植烷、姥鲛烷以及萘烷、甾烷等分析参数的研究，确定该井的排烃有效生油岩厚度8—35m。

三、影响生油岩有效厚度的因素

生油岩有效厚度因区域地质条件和沉积环境等差异，而表现出很大差别。究其原因，可归纳以下几方面：

1. 生、储油层在空间上的组合配置关系，这是决定生油层有效厚度的重要因素。流

1) 江继纲：江汉盐湖盆潜江组油气生成、运移及资源预测。

体压力原理指出，油气总是朝着压力降低的方向运移。笔者曾经论证（盛志纬，1978），当各种生、储油层组合所处的地质条件（包括生油层、储集层的性质、流体的性质和压力分布等）相似时，如果总厚度为100米的组合，其中生油层厚度相等，而且单层巨厚，出现排烃滞留带时，那么交互式（包括指状式）组合中的排烃有效厚度将大于下伏式，下伏式又大于覆盖式（图3）。侧变式和复合式一般比以上几种模式要小。

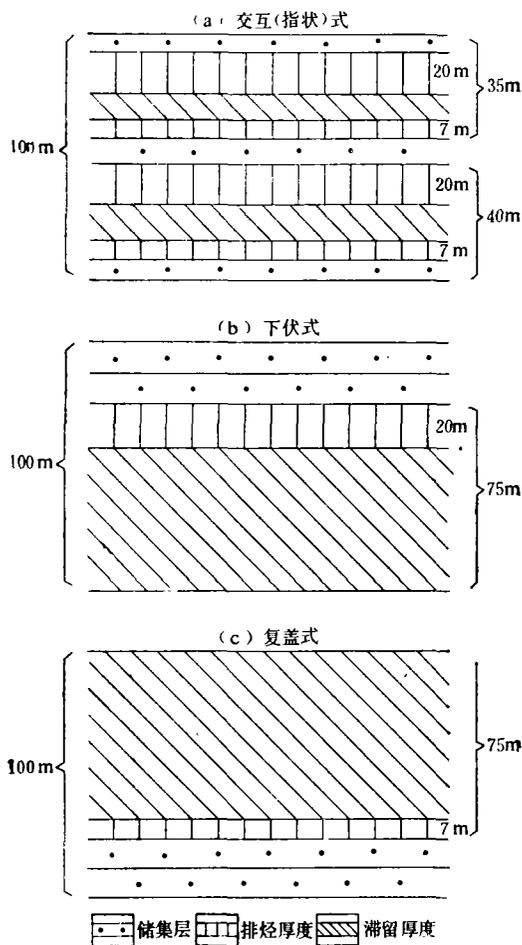


图3 各组合模式排烃有效厚度示意图
(生油层排烃出现滞留厚度时)

烃类分子时，同样可以具有一定的有效排烃厚度。相反孔、渗好的生油层，若所含的烃类较重时，有效厚度也受到一定限制。

3. 与生油层相伴生的储层性能对排烃厚度也有明显的影响。为了更好地说明这个问题，我们首先列举一个极端的例子，这就是任何一个良好的生油层，若上、下被不渗透的盐岩、石膏或致密的泥页岩层所夹持时，自然就不会产生油气的初次运移，当然也就不存在有效厚度问题。

若几个模式中 与生油层相伴生的同不储集层，其孔、渗性能从极差的级别向性能良

2. 生油层在埋藏的不同阶段，其孔、渗性能以及流体性质，对排烃有效厚度有着重要影响。众所周知，油气从生油层中排驱或扩散出来，实际上就是各种烃类分子穿透生油层孔隙的过程。孔隙度、渗透率相对较高的生油层，更利于油气分子的通过向外排驱和扩散。这种渗流性就会波及到生油层内部更深处烃类分子的运动。显然这种渗透性能较好的生油层产生排烃的厚度要比孔、渗较低的生油层大一些。

从运移的角度研究流体的性质，主要是指烃类分子的活性程度。这也不难理解，在相同孔、渗条件的生油层中，轻质烃类总是比重质烃类更容易向外运移或扩散，涉及到生油层内部的深度，也是轻烃大于重烃，也就是说轻烃的排烃有效厚度较大。所以，当生油层演化进入到产轻质油和气态烃为主的阶段时，其排烃有效厚度及排烃系数（即有效生油岩中的排烃量与已生烃量之比）就可能比中、低演化程度时的生油层要大得多。

应该指出，孔、渗性能与流体性质在油气运移中是互为补偿的因素，也就是说，孔、渗差的生油层，含有较轻的

好的方向渐次变化。那么，不难理解，发生在生油层由表及里的油气初次运移，也将由阻滞转向流畅，相应的排烃厚度也将由小而变大。

这种类型的例子，在自然界屡见不鲜。如江汉盆地明钾1井（图4），即为盐岩夹持生油层没有产生排烃的例子。图中地球化学指标的某些变化，可能是夹层中所含有机质丰度、类型的微小差别引起的，而不是排烃的象征，这里就不存在排烃厚度。

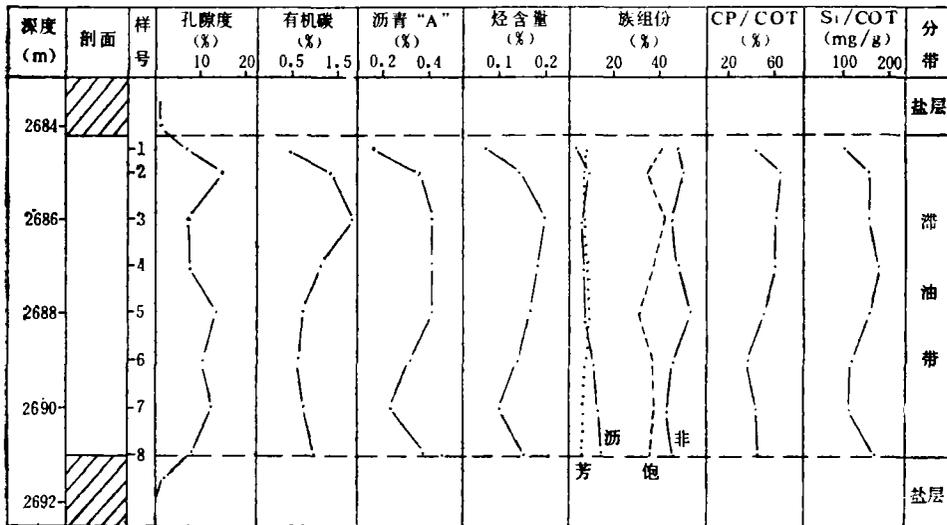


图4 明钾1井潜四段生油岩排烃图
(据江汉油田资料)

钟53井（图2）2523m以下井段各项地球化学指标呈现高值，可能就是因为下部致密砂岩的孔、渗极差，排烃很少所致。这比2523m以上排烃情况差得多，但又比图4明钾1井被完全不渗透的盐岩层夹持的排烃情况好。

4. 生油层内部提供的载体及其古水动力条件也会影响有效厚度。一般认为油气的初次运移，借助于粘土矿物转化过程中的再生水作为载体实现的。因此缺乏载体的生油层，只有其中的轻烃分子，可能通过单一的扩散方式向外排出。而扩散作用所能波及到生油层内部的深度，将受到很大限制。所以，这种情况的排烃厚度可能不会很大，甚至不一定存在真正意义的油气初次运移。自然界存在的油页岩，可能就是这种典型的实例。我国陆相生油层，除了极少数以伊利石为主，不利于提供载体外，绝大多数生油层的粘土矿物成份均以蒙脱石为主，具备提供再生水的良好条件。对油气初次运移有利，使生油层具有一定的排烃有效厚度。

这里所说的古水动力条件，主要是指与生油层相伴生储层中的流体，是否具有一定的活动性。若孔隙中的水处于停滞状态，那么最先由生油层向外排出或扩散的烃类分子，进入储层孔隙后，与孔隙水之间的溶解度就会逐渐降低，甚至达到饱和，从而使油气继续排出或扩散的过程缓慢或停止。此外，由于流体的停滞，烃类分子向处于封闭状

态的储层初次运移的结果，使压力系统达到平衡，也使油气初次运移的过程中止。

烃类分子的排出或扩散，总是从生、储油层接触面开始，逐步波及到生油层更深的内部。因此，初次运移过程在一定阶段后的中止，就会直接影响排烃厚度。相反只有运移过程最大限度的继续进行，生油层的有效排烃厚度才可能达到自然的最大值。

四、有效生油岩与油气藏形成

我们在前面已经提到，产生油气初次运移的那部分生油层，称为有效生油岩，这就是自然界存在的真正油源岩。因为有效生油岩已超出了生油岩本身的范畴，而成为与储集层或其它输导系统结合在一起的地质实体，因此有效生油岩的发育和分布，与一般生油岩有所不同。生油层单层和总厚度比较大的凹陷中心，往往因为缺乏储层和输导系统，有效生油岩的厚度并不一定大。相反在沉积过渡相带，砂层发育区，有效生油岩可能比较发育，而且有效总厚度也大。

江汉盆地潜江凹陷周矶—蚌湖成熟生油层分布面积为 988km^2 ，体积为 544km^3 。其有效生油岩则发育在凹陷的北部，分布的范围受砂层延伸方向所控制。不仅分布面积缩小了500平方公里（仅占成熟生油层总面积的42.4%），而且体积也只相当于成熟生油岩总体积的22%（图5）。

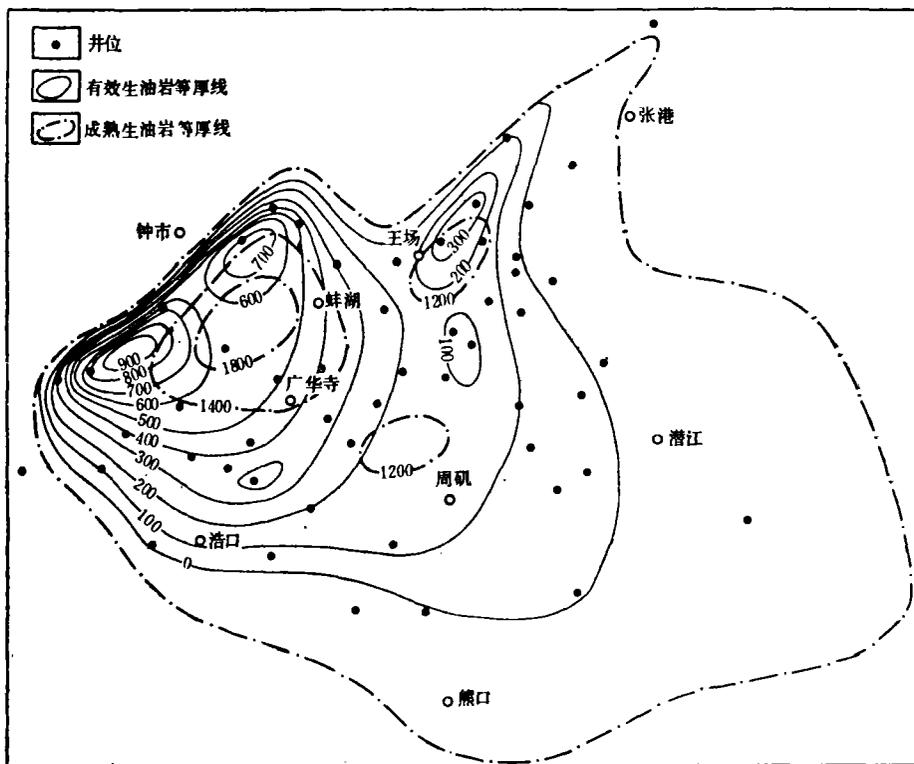


图5 潜江凹陷潜江组有效生油岩等厚图

（据江汉油田资料）

图中有效生油岩是根据成熟的砂泥段中的生油岩统计而得，不包括膏盐层段夹持的成熟生油岩，

以往人们在总结陆相盆地石油勘探经验和油气田分布规律时,笼统地认为生油层控制了油气分布,因此,一个有利的生油凹陷,就是一个油气富集区。现在看来,这种认识尚不够严格。实践证明,油气藏与有效生油岩具有更密切的关系,更准确地说,有效生油岩(即真正的油源岩)才是真正控制油气田分布的因素。这种规律的发现,实质上就更深一步地揭示了油气藏形成的油源机理。

五、有效生油岩与生油层评价

油气资源评价过程中,生油层的定量评价是不可缺少的重要组成部分。根据我们的理解,生油层的定量评价计算,需要估算出被评价生油层的已生烃量、残留烃量、初次运移量。而其中初次运移量是与油气勘探最密切有关的一项参数。因为初次运移出来的油气总是有一部分被圈闭聚集起来形成工业性油气藏,而成为勘探的直接对象。所谓油气初次运移量,当然只能是指有效生油岩中运移出来的烃类。因此,生油层定量评价中各项参数的计算,严格地说,应以有效生油岩(油源岩)为对象。而一般生油岩,即使是成熟生油岩(不排烃),都不属于计算评价的范围。

所以,确定有效生油岩的厚度、分布面积以及总体积,是定量计算上述几项参数最基础的工作。换言之,若没有明确的有效生油岩的概念和准确的有效生油岩的数据资料,从根本上说,就不可能进行任何有实际意义的生油层的定性、定量评价。

(收稿日期:1987年5月13日)

参 考 文 献

- [1] 盛志纬, 1987, 生油层定量评价中的排烃问题, 石油地质情报, 第1期。
- [2] 姜乃煌等, 1986, 泌阳凹陷核桃园组生油岩的排烃能力和排烃厚度初探, 石油勘探与开发, 第2期。

COMMENTS ON EFFECTIVE SOURCE ROCKS

Sheng Zhiwei

(Research Institute of Petroleum Exploration and
Development, Ministry of Petroleum Industry)

Abstract

In this paper, the concept of effective source rocks refers to those of source rocks in which the hydrocarbons already generated have been expelled or diffused out from their mature source rocks. Not only the methods and procedures are introduced in detail to distinguish the effective source rocks from ineffective ones, but also the various geological factors influencing the development and distribution of effective source rocks are discussed, and the relationship between the effective source rocks and oil/gas pools are studied as well. It is pointed out that only the effective source rocks are the real source of oil and gas.