

聚集期孔隙——评价油气储集层的重要依据

叶德胜 刘树晖 胡惟元

(地质矿产部零五项目工程处)

地面与地下,油区外与油区内孔隙度的不一致性表明,能否形成油藏既不决定于原始孔隙,也不取决于现今孔隙,而与聚集期孔隙密切相关。聚集期孔隙指成岩演化某一阶段与油气运移期相适应的孔隙。通过四川、贵州几个实例的分析,证明只有此类孔隙方能构成真正的储集空间,作为评价油气聚集层的重要依据。

在油气普查勘探中,人们均依据地面或井下岩心样品的现今孔隙度,作为评价油气储集层的主要参数之一。笔者发现:尽管地面或井下岩石样品的现今孔隙,在一定程度上反映了岩石的储集性,但却不能全面地、真实地反映其全貌(特别是不含烃类的或古老地层中的岩样)。只能用“聚集期孔隙”(或称“油前孔隙”或“适时孔隙”)才能正确评价油气储集层。所谓“聚集期孔隙”即油气运移、聚集期,相应储集层中所存在的孔隙。它是由特定的成岩阶段的某些矿物和组构所控制的。因此为了确定聚集期孔隙,必须进行详细的成岩作用研究,搞清孔隙演化的历史,烃类演化的历史(从油气生成到运移、聚集,乃至演化、变质的全过程),特别是这两者间的关系。

一、问题的提出

随着生产实践的不断深化,发现地面或油区外样品孔隙度较差或很差的岩层,有时在地下或油区内都成为孔隙良好的储集层。比如,贵州麻江古油藏志留系翁项群第二段砂岩,在古油藏范围内孔隙度可高达10%至15%,而在古油藏外孔隙度均 $<5\%$,多为1%左右。又如四川盆地之二叠系及三叠系虽具工业性油气,但在盆地边缘所采的地面岩样,其孔渗性却极差,甚至是不渗透的。这就清楚地表明,决不能简单地用地面样品及油区外样品的现今孔隙度来评价储层。强子同指出:“露头上或野猫井中出现的岩石的有效孔隙,并不代表未发现的油气田上的实际有效孔隙”¹⁾。徐志川(1984)^[1]将南盘江地区早二叠世茅口期生物礁灰岩的孔隙划分为四类,即原生孔隙、现有孔隙、有效孔隙及推测有效孔隙。并指出在评价储集层时既不能用原生孔隙,亦不能用目前采得的地面或井下不含油气样品的现有孔隙,而应当用有效孔隙及推测有效孔隙。

正如构造圈闭与油气聚集有一定的配置关系一样,孔隙与油气储集也存在着类似的配置关系,而且这种配置关系更为复杂。因此,必须考虑其成岩历史(特别是孔隙演化的历史)。于是这里便提出了这样的问题:在目前认识水平下,应如何评价储集层?

本文1985年1月30日收到。

1) 强子同,1980,关于碳酸盐岩成岩作用环境的若干问题。

二、几个实例

成岩作用的研究结果表明，孔隙与油气储集的配置关系很复杂。这是由于在漫长的成岩过程中，孔隙的演化历史（包括孔隙的增大与减小）极为复杂。

1. 四川震旦系白云岩储集层

四川震旦系白云岩的孔隙演化十分复杂（图1）¹⁾。从最初沉积时原始孔隙度40%

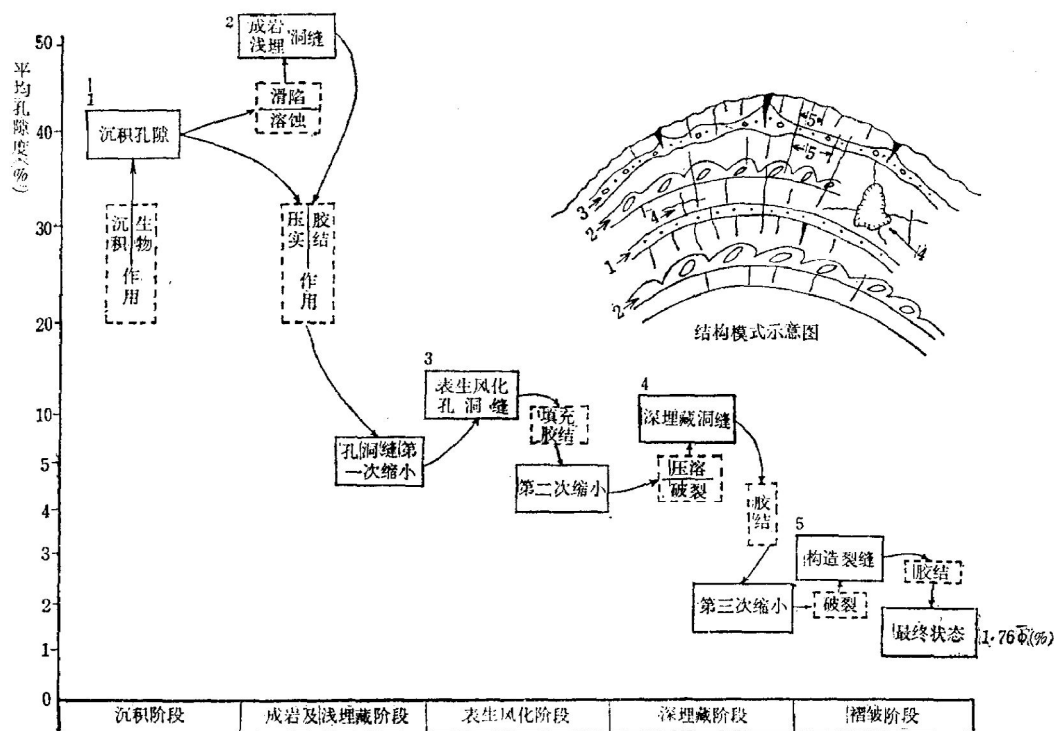


图1 震旦系白云岩孔洞缝的演化及储层结构模式 （据唐泽尧、孔金祥等，1982）

左右，历经沧桑，演化到现今的最终孔隙度1.76%左右。显然，既不能用原始孔隙，亦不能用现今孔隙来评价该层的储集性。只有用油气主要运移、聚集期，该层岩石的孔隙度（即“聚集期孔隙”）才能正确地反映该层的储集性。由于油气进入而抑制了该圈闭内成岩作用的继续进行，即抑制了孔隙的进一步演化^[2]。而该层的非含油气的部分，则因没有烃类的抑制作用，其孔隙则继续演化，当遭受胶结及压实作用时，孔隙则逐步减小乃至消失。

2. 贵州某地下三叠统永宁镇组颗粒灰岩储集层

据笔者等的研究²⁾，颗粒灰岩经历了复杂的成岩历史，近地表成岩作用及埋藏成岩作用均十分明显。主要成岩作用包括泥晶化作用、三个世代的胶结作用、溶解-充填作用、新生变形作用、白云石化作用、缝合线的形成、重晶石化及黄铁矿化作用等，并包括烃类的进入。其成岩序列及成岩环境归纳如图2。

1) 唐泽尧，孔金祥，1982，威远气田震旦系白云岩储层结构模式。

2) 参加该项研究的还有曾昭淦、陈焱彬、郑复中、李静璇、邱运鑫等。

标志	环境	大陆成岩环境		埋藏成岩环境		退后生— 表生成岩环境
		海底成岩环境	大气渗透	大气潜流	浅埋	深埋
颗粒泥晶化						
第一世代纤状环边胶结						
粒内溶解						
第二世代细粒状胶结						
粒内新生变形						
早期白云化						
早期缝合线						
黄铁矿化						
第三世代粗粒状胶结						
晚期白云化						
晚期缝合线						
进油						
重晶石化						
裂隙						
表生溶蚀						
地质时代		T ₁		T ₁ —T ₂		T ₃ —J
						K—目前

图2 下三叠统永宁镇组颗粒灰岩的成岩环境及成岩序列

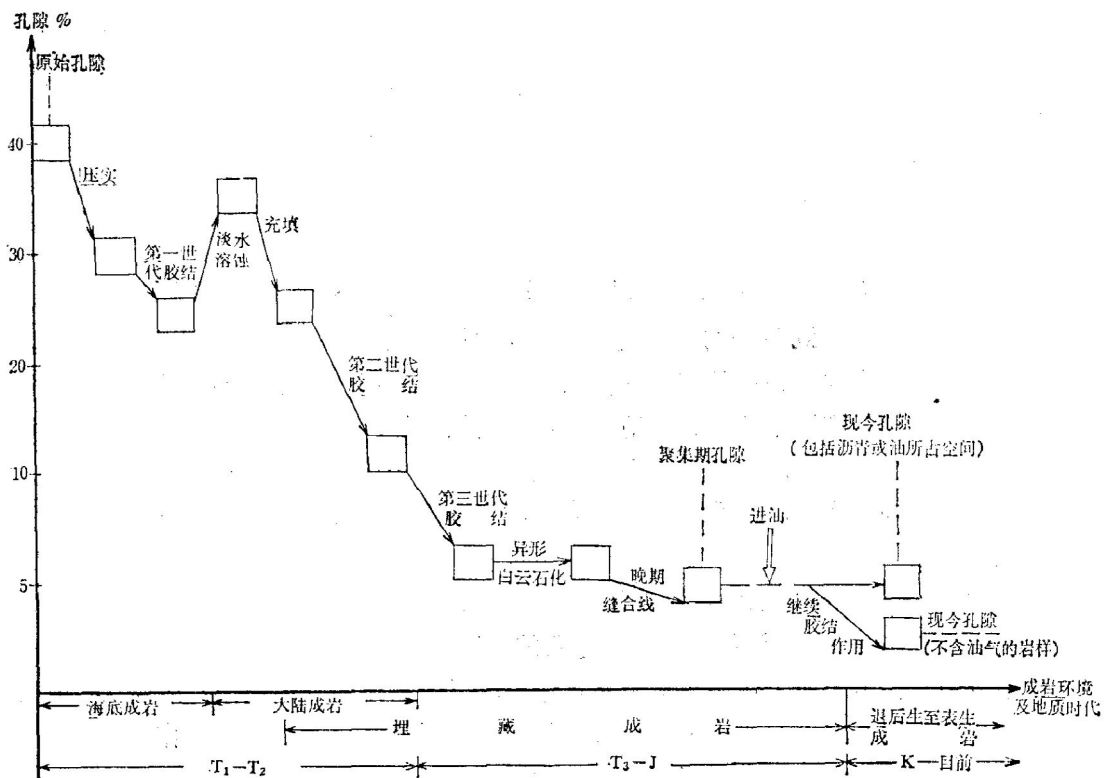


图3 永宁镇组颗粒灰岩的孔隙演化史

由于该区永宁镇组颗粒灰岩成岩历史十分复杂，因而其孔隙演化的历史也极其复杂

(图3)。由图3可以看出, 尽管该颗粒灰岩属浅滩沉积, 其原始孔隙度可高达40%左右, 并且有早期暴露所产生的次生溶蚀孔隙, 但由于烃类进入时期(即进油期)较晚(它发生于压实及三个世代的胶结作用等一系列使孔隙减小的成岩作用之后), 同时在埋藏环境也没有深部溶蚀作用所产生的次生溶蚀孔隙, 所以至进油期(或油气的主要运移、聚集期), 绝大部分原生孔隙及早期次生孔隙均已消失, 仅残存少许晶间孔隙及粒内晶间孔隙。此时期的孔隙(即聚集期孔隙)已降低到5%以下, 因而不能成为良好的储层。这种孔隙由于烃类的进入而抑制了其进一步演化, 从而得以长期保存; 而该层非含油部分, 则因成岩作用的继续进行使孔隙逐渐减小, 降低到1%左右(现今孔隙)。

3. 四川盆地八角场构造侏罗系大安寨石灰岩储集层

据强子同等的研究^[3], 八角场(即“双四角”)含油构造是一成岩圈闭。工业油井多分布于构造东南部, 非工业油井多分布于构造西北部, 甚至在构造东南部圈闭之外也有工业油气区。这一异常现象与成岩作用密切相关。

大安寨石灰岩成岩作用的过程也是孔隙演化的过程(图4), 影响孔隙演化的最主要的成岩作用是胶结作用和溶解作用。这些作用的共同结果, 使大安寨石灰岩从原始孔隙40—70%, 降低

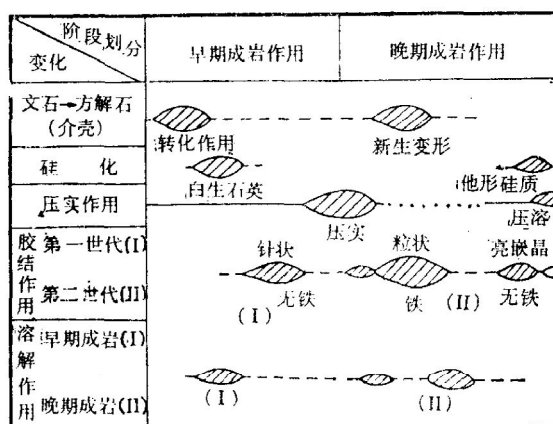


图4 大安寨石灰岩成岩作用的过程及其演化

(据强子同等, 1981)

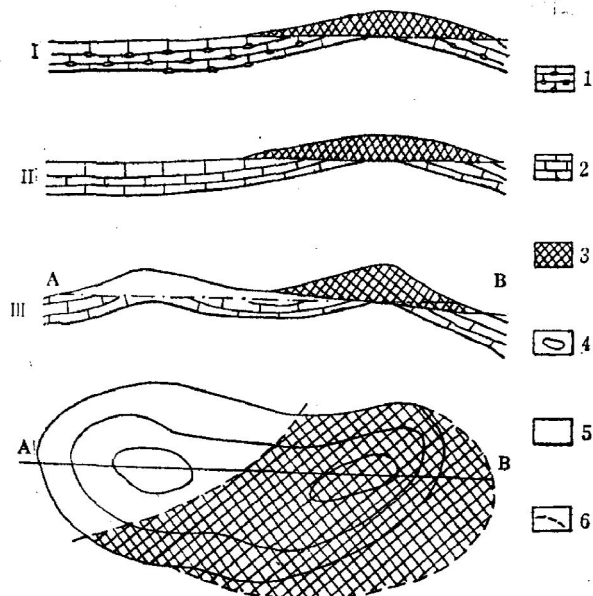


图5 “双四角”含油构造成岩圈闭形成模式

(据强子同等, 1983)

1—大三介壳灰岩, 2—大三成岩改造介壳灰岩, 3—工业油区, 4—圈闭线, 5—非工业油区, 6—圈闭外油区

到目前小于1%的孔隙度。

该成岩圈闭是在成岩作用和多期构造运动这两个基本因素影响下形成的。据笔者分析, 油气主要运移、聚集期发生于第二世代铁Ⅲ方解石胶结之前, 此时工业油气聚集于该期构造的顶部, 形成烃类圈闭。其后, 由于第二世代铁Ⅲ方解石的胶结作用, 使圈闭周围岩石的孔隙被彻底改造, 其孔隙性和渗透性变得极差, 以致呈现半封闭和封闭状态。最后, 由于燕山运动的影响, 使含油构造形态发生变化(图5), 高点向西移动, 因而出现了两个高点。一般情况下, 工业油气应当向西高点运移, 但是, 由于铁Ⅲ方解石胶结物的改造, 油气圈闭外

之孔、渗性极差,因而阻止它们移向西高点。并且,原始圈闭的、已经为成岩作用所封闭的工业油气都可以出现于新的构造圈闭之外(图5中虚线部分)。

4. 贵州东部麻江古背斜油藏志留系翁项群砂岩储集层^{[4] 1)}

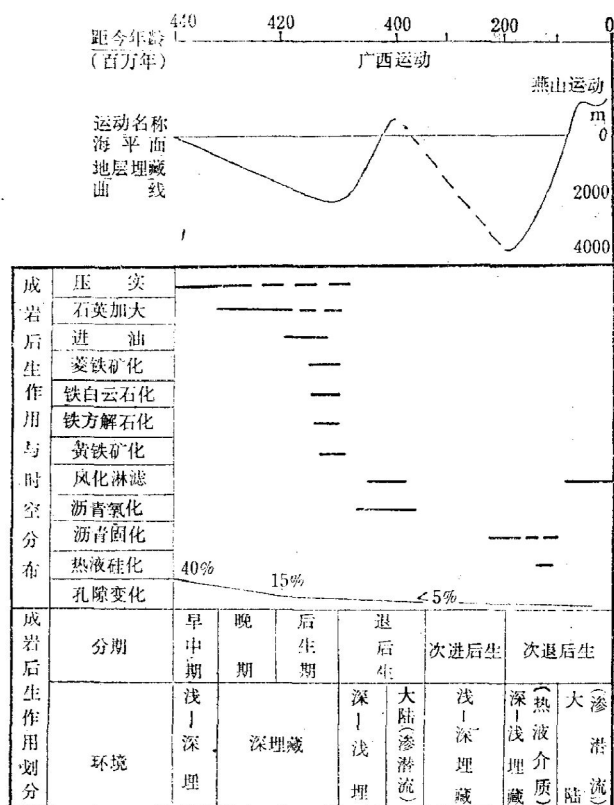


图6 贵州都匀洛邦志留系翁项群第二段砂岩成岩后生作用演替图 (据刘树晖等, 1983)

真实面貌。同时还表明在储集层评价及含油远景预测中, 研究孔隙演化史与油气主要运移、聚集期之配置关系的重要性。

三、结 语

1. 地表、井下不含油岩样的现今孔隙, 尽管在一定程度上反映了岩石的储集性, 但不能反映储集层的真实面貌, 因而不含油样品之现今孔隙不能作为评价储层的依据, 不需要对这种样品作大量的物性分析(包括孔隙度、渗透率、铸体、压汞等), 以提高油气普查勘探的经济效益。

2. 只有油气主要运移、聚集期的岩石所具有的孔隙(即聚集期孔隙), 才能正确地反映岩石的储集性能, 才能作为评价储集层的依据。为确定岩石的聚集期孔隙, 必须进行详细的成岩作用研究, 以搞清孔隙演化史。同时还必须分析油气生成以及运移、聚集乃至演化、变质的整个过程, 特别是这两者间的配置关系。

1) 刘树晖等, 1983, 贵州麻江地区志留系翁项群含沥青砂岩成岩序列的时代及粘土岩的生油时期。

据韩世庆及笔者等的研究, 麻江古油藏属古背斜控制的背斜构造型油藏系列, 主要储层为志留系翁项群第二段砂岩。该区志留系翁项群第二段含沥青砂岩的成岩序列的主要环节为压实→石英加大→进油→碳酸盐化→黄铁矿化→热液硅化(图6)。

由图6可见, 砂岩的原始孔隙为40%左右。经压实及石英加大后, 在油气主要运移、聚集期(即进油期)孔隙为15%左右(聚集期孔隙), 因而成为良好的储层。而非含油部分, 由于石英加大的继续进行, 以及碳酸盐化、黄铁矿化等作用, 而使现今孔隙降低到5%以下。正与聚集期储层配置协调。

以上各例表明, 用地表或井下不含油样品的现今孔隙来评价该层的储集性是不恰当的。只有岩石的聚集期孔隙, 才能反映其储集性的

3. 岩石的储集性能以及油气的分布与圈闭, 在很大程度上与成岩作用有关, 因为油气的生成以及运移、聚集过程是在成岩过程中进行的。因此要寻找油气的分布规律, 提高油气普查勘探的经济效益, 必须加强对成岩作用的研究。

本文初稿经罗蛰潭教授及曾允孚教授审阅, 并提出宝贵意见, 在此表示感谢!

参 考 文 献

- [1] 徐志川, 1984, 南盘江地区早二叠世茅口期生物礁的含油期. 石油勘探与开发, 第11卷, 第2期.
- [2] Moore, C.H., and Druckman, Y., 1981, Burial diagenesis and porosity evolution, Upper Jurassic Smackover, Arkansas and Louisiana. AAPG Bulletin, V.65, P.597-629.
- [3] 强子同等, 1981, 大安寨石灰岩的成岩作用与成岩圈闭. 地球化学, 第3期.
- [4] 韩世庆等, 1983, 黔东南江古油藏的发现及其意义. 石油与天然气地质, 第3卷, 第4期.

POROSITY OF ACCUMULATION STAGE —AN IMPORTANT EVIDENCE FOR EVALUATING HYDROCARBON RESERVOIRS

Ye Desheng Liu Shuhui Hu Weiyuan

(05 Project Administration, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The study of diagenesis, reservoir characters and the relationship between them indicates that there is a certain time conjunction relation between porosity evolution and hydrocarbon reservoiring just as that between geological structure and hydrocarbon accumulation, and moreover, the former is more complicated. Therefore, the present porosity of rock samples in outcrops and holes which do not contain hydrocarbon can not really reflect the reservoir characters of the rocks. Only the "porosity of accumulation stage" (i.e. the porosity of rocks in the main hydrocarbon migration and accumulation stage) can be one of the valuable parameters for the evaluation of hydrocarbon reservoirs. The study of diagenesis must be carried out in detail for determining the porosity of accumulation stage, so that one may clarify the history of porosity evolution. In the meantime, we must analyze the history of hydrocarbon generation, migration accumulation and evolution, especially the relationship between the history of porosity evolution and that of hydrocarbon evolution.