

陆相断陷湖盆的成岩圈闭

——以泌阳凹陷下第三系核桃园组三段为例

赵 迨¹, 赵全民², 孙 冲³, 王继英³, 古 哲³

(1. 成都理工学院, 四川成都 610059; 2. 中国地质大学, 湖北武汉 430074; 3. 河南油田, 河南南阳 473132)

摘要:泌阳凹陷下第三系核桃园组三段现多处于晚成岩阶段“A”亚期—“B”亚期,与成岩圈闭形成关系较密切的成岩作用为胶结作用和溶解作用。常见的胶结物以碳酸盐的分布最广、含量最高,溶解作用以晚期深埋溶解作用为主,表现为由有机质演化产生的酸液对碳酸盐胶结物、长石等的溶解。成岩圈闭形成的关键在于遮挡层的存在,核桃园组三段砂体相带多变,不同部位的胶结、溶解作用有所差异,在晚成岩“A”亚期,碳酸盐胶结物的胶结作用和溶解作用同时进行,常在扇体中部分支河道砂体主体部位发生溶解,而在侧缘、端部及上翘方向发生沉淀胶结,形成胶结遮挡带。根据成岩圈闭的特点,可将其划分为3大类,即与岩性尖灭有关的成岩圈闭、与断层有关的成岩圈闭、透镜型成岩圈闭,并可进一步细分为9个亚类。影响成岩圈闭形成的因素有沉积相、溶蚀作用、成岩作用、流体性质、断层作用及排替压力等,其中以沉积相、成岩作用及流体性质为主要影响因素。

关键词:陆相断陷湖盆;泌阳凹陷;成岩作用;胶结遮挡;成岩圈闭;成因

第一作者简介:赵迨,男,35岁,高级工程师(博士生),石油地质

中图分类号:P618.130.2*2

文献标识码:A

1 成岩作用

1.1 阶段

通过镜煤反射率、地温、粘土矿物组合及转变、岩石的结构构造特征、自生矿物及其组合特征等分析,可将泌阳凹陷核桃园组成岩阶段划分为早成岩未成熟和半成熟以及晚成岩的成熟和高成熟阶段。

1.1.1 早成岩阶段 A 亚期(未成熟)

该阶段岩石疏松,有早期的菱铁矿和泥晶碳酸盐胶结物,粘土矿物有大量的分散状蒙脱石,伊/蒙混层少。镜煤反射率 R_o 小于 0.35%,成岩温度小于 65℃,热解色谱的 T_{max} 可达 430℃,岩石中原生孔隙发育。

1.1.2 早成岩阶段 B 亚期(半成熟)

即有机质刚进入初期生油阶段,镜煤反射率 R_o 在 0.35%~0.5%之间,成岩温度在 64~93℃,热解色谱的 T_{max} 一般在 430~435℃。蒙脱石开始向伊/蒙混层转变,自生高岭石及石英次生加大开始发育,属原生—次生孔隙带。成岩作用以机械压实及早期碳酸盐胶结为主,溶蚀作用影响较弱。

1.1.3 晚成岩阶段 A 亚期(成熟)

埋深约 2 000~3 200 m,成岩温度在 93~

140℃,镜煤反射率 R_o 在 0.5%~1.35%之间,热解色谱的 T_{max} 一般可达 455℃。该阶段伊/蒙混层较多,可见鳞片状伊利石和绒球状绿泥石,碎屑颗粒具不规则溶蚀边缘,以次生孔隙为主。成岩作用主要为溶解、晚期碳酸盐胶结及石英长石次生加大。凹陷内核桃园组三段上亚段多处于此阶段。

1.1.4 晚成岩阶段 B 亚期(高成熟)

埋深一般大于 3 200 m,该阶段伊/蒙混层大量出现,伊利石、绿泥石大量增加,石英加大及长石溶解大量出现,镜煤反射率 R_o 在 1.3%~2.0%,成岩温度达 170℃,热解色谱的 T_{max} 达 455℃以上,深凹陷区核桃园组三段下亚段大部分进入此阶段。

1.2 类型

泌阳凹陷下第三系核桃园组碎屑岩成分成熟度和结构成熟度都较低,以岩屑砂岩为主,与成岩圈闭的形成密切相关的成岩作用主要为胶结作用和溶解作用。

胶结作用是使孔隙度减小的重要原因之一。本区常见的胶结物有碳酸盐类、粘土矿物、硅酸盐类等,其中碳酸盐胶结物分布最广、含量最高,主要为铁方解石、方解石,其次为白云石、铁白云石及菱铁矿。方解石多为亮晶,具嵌晶结构及细粒结构,白云石类亦多为亮晶,自形程度高多呈菱形,铁白云石常

沿白云石周边同轴生长。在各类薄片和电镜观察中,可以明确看出碳酸盐矿物至少有3期:早期碳酸盐矿物主要为泥晶方解石、白云石充填于碎屑颗粒间,局部可见栉壳状,形成于早成岩A亚期;中期碳酸盐主要为呈亮晶方解石、铁方解石,其次为白云石、铁白云石,具嵌晶结构及细粒结构,形成于早成岩B亚期;晚期碳酸盐主要为方解石、铁方解石、铁白云石,呈亮晶充填于粒间及裂缝,形成于晚成岩A亚期。硅酸盐胶结物主要有长石、石英,它们常以长石、石英颗粒的次生加大边形式产出。

泌阳凹陷的溶解作用大致有2期,即早期浅埋溶解作用及晚期深埋溶解作用。早期浅埋溶解作用主要发生在早成岩B亚期,孔隙流体沿颗粒周缘运动,致使颗粒周缘遭受一定的溶蚀,形成扩大

粒间、粒缘溶孔。晚期深埋溶解作用主要发生在晚成岩A亚期,由于源岩开始大量生烃,有机质释放大羧基和酚基,这些羧基和酚基溶于地层水中形成了大量羧酸,对前期形成的碳酸盐胶结物、长石等产生溶解。

2 成岩圈闭

2.1 类型

通过对泌阳凹陷已发现的或预测的成岩圈闭的综合分析,归纳起来可分为3大类,并可进一步细分为9个亚类(图1)。据现有资料统计,泌阳凹陷成岩圈闭中砂岩尖灭-胶结遮挡型占43.27%,胶结遮挡型占16.73%,透镜型成岩圈闭占2%,与断层有关的成岩圈闭占19.59%。

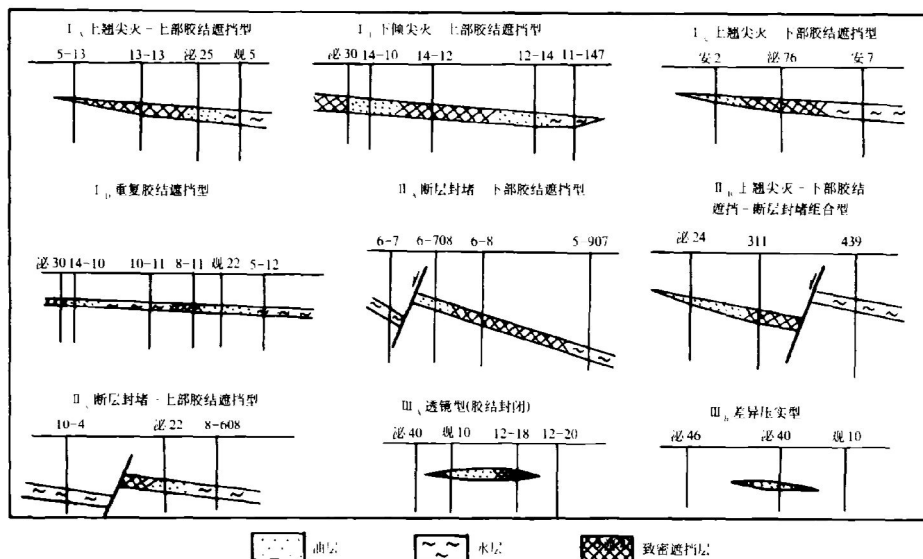


图1 泌阳凹陷成岩圈闭类型

Fig.1 Types of diagenetic traps in Biyang Depression

2.2 特点

从目前已在双河、赵四、下二门深层油田发现的一些成岩圈闭看,它们具有如下特点:

(1)岩性上翘尖灭砂体之上翘尖灭端和侧缘均发育宽窄不同的致密胶结干带,上翘端一般较窄,宽48~1176m,平均255m,两侧胶结带较宽,宽62~1800m,平均365m,其间存在一很窄的过渡带,宽25~72m,随深度增加,成岩作用强烈,胶结干带宽度变大。

(2)某些成岩圈闭的形成与断层活动有关。在上升盘断面附近成岩改造产生次生孔隙储层,并受

上部断层封堵(图1Ⅱ_A),在上升盘断面附近产生致密胶结干带形成封堵(图1Ⅱ_C);在下降盘断面附近产生致密胶结干带(图1Ⅱ_B)。

(3)由于成岩作用可出现上水下油的不正常分布状况。

(4)形成成岩圈闭最有利的相带为三角洲或扇三角洲前缘亚相及单个砂层的端部和中部。

(5)成岩圈闭中岩石所处的成岩阶段均较高,一般多处于晚成岩阶段A亚期~B亚期,即核桃园组三段大部分层段。

3 成因探讨

成岩圈闭的形成,首先必须有成岩致密遮挡层的存在^[1],所谓成岩致密遮挡层,是指由于强烈的破坏性成岩作用使其内部孔隙大部分被充填的岩层,以物性极差和排替压力高为特点,它的存在能阻止油气继续运移,从而在圈闭中聚集成藏。在形成成岩圈闭的诸多因素中,沉积相、成岩作用及储层流体性质是主要因素,且三者往往构成有机的联系。

3.1 沉积相

泌阳凹陷在下第三系核桃园组沉积时期,在凹陷北部发育有侯庄、古城、张厂等三角洲砂体;在凹陷南部发育有平氏、杨桥、栗园等近岸水下扇、扇三角洲砂体,这些砂体多为近源性沉积,以楔状体方式插入湖相泥岩。因受不同地域的古地形、物源、水动力条件和沉积条件的制约,导致砂体多变,主要发育有扇三角洲前缘水下分流河道、河道间、河口砂坝、远砂坝、席状砂等砂体,这些不同亚相带砂体横向上迅速尖灭,其非均质性特征明显。不同沉积相的储层,由于成岩作用不同^[2],其孔渗性、矿物成分类型、基质含量不同,次生孔隙的生成和演化亦不同^[3,4]。在砂体末端(尖灭线附近),沉积时水动力条件接近沉积泥质的低能环境,沉积物粒度小,孔径也小,在压实的作用下,变为以微孔隙为主的不渗透或低渗透层,形成了遮挡,遮挡的形成是沉积尖灭和压实成岩共同作用的结果。

3.2 溶蚀作用

胶结作用使孔隙减少,溶蚀作用可以形成次生孔隙,这个过程实际上是孔隙的再分配过程。孔隙再分配进程向着两个方向发展,即向孔隙汇集方向和溶解物质会集方向发展^[5]。孔隙汇集处形成储层,溶解物质会集处则形成遮挡,二者同时发生于一个系统中,在空间上密切联系,从而形成成岩圈闭。在泌阳凹陷核桃园组三段砂岩中,这种现象比较常见,据泌35井等36口井的岩芯观察,含油砂岩(孔隙汇集区)和钙质胶结的致密带(溶解物质会集区)在纵向上一起出现,二者之间界限分明但彼此相连。对同一个砂层,某处发育孔渗较好的储层部分(孔隙汇集区),而在横向上总会出现钙质胶结的致密带(溶解物质会集区)(图1)。这种现象一般发生在晚成岩阶段A亚期,碳酸盐溶解作用和胶结作用同时进行,下倾方向发生溶解,上翘方向

发生胶结。

3.3 成岩作用

(1)不同物源或同一物源分支河道的砂体交汇带,由于粒度小、孔径小,碳酸盐容易汇集。据对36块碳酸盐致密胶结的砂岩铸体薄片统计,碳酸盐(含铁方解石、白云石)含量在16%~36%,平均含量26.56%,使其内部孔隙大部分被充填,成为碳酸盐胶结致密带,造成成岩遮挡,使圈闭得以形成,此类圈闭平面分布范围基本同于砂岩上翘尖灭圈闭(图2)。

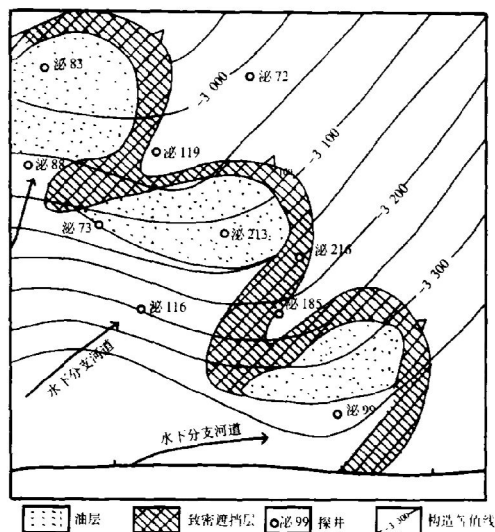


图2 泌阳凹陷安棚地区成岩遮挡油藏平面分布示意图

Fig.2 Sketch map Showing planar distribution of diagenetic shielding pools in Anpeng area, Biyang Depression

(2)泌阳凹陷南部陡坡带一侧发育一系列高水位域的近岸水下扇及低水位域的扇三角洲等扇体沉积,在远离尖灭端的扇体根部为粗碎屑砂砾岩,成层性和分选性很差,其间混杂堆积有紫红-杂色泥质岩,原始粒间孔隙度比较低,机械压实作用使扇体根部岩石变得致密;另外扇体根部离深湖区泥质岩较远,缺乏泥质有机质热演化形成的酸液对碳酸盐胶结物的溶蚀作用,次生孔隙不发育,岩性致密,因此可形成成岩遮挡,主要分布在凹陷东南部安棚地区泌97-99-115井以南区域。而扇体中部(前缘)砂体主要为水下分流河道砂岩,颗粒分选较好,其成岩过程比较复杂,压实、胶结、溶解作用都有发育,在早成岩B亚期,孔隙中中期碳酸盐沉淀胶结发育,而在晚成岩A亚期溶蚀作用加强,因而形成了较好的储集层。

3.4 流体性质

在晚成岩阶段 A 期,即 R_o 在 0.7% ~ 1.3% 之间,有机质大量生成油气,并发生运移进入砂岩孔隙系统中,即发生石油侵位作用,使正常的成岩环境发生巨大变化,原来的水-岩反应系统变成水-油-岩三相反应系统,从而使部分无机成岩作用受到抑制或终止^[6]。如泌 99 井深层系的油层,在构造低部位变为干层,造成这种现象的原因是,早期储层尚未经强烈成岩作用之前,油气就已经运移到其中,在后期进一步埋深成岩过程中,圈闭低部位水中的各种十分活跃的矿物成分与岩石发生交代和次生加大作用;或在成岩压实过程中,由于含水岩层没有圈闭条件,泄水条件充分,导致岩石颗粒受到强烈压实作用,使含水岩石的孔隙度减小,变为干层,而含油岩石中由于原油的支撑,阻止了压实作用的进一步发展。含油岩石在后期成岩作用过程中基本不可压缩;含水岩石则相反,甚至演变为干层。另外,如图 11B 所示现今构造低部位为油层而高部位为干层的情况也可能与此有关。在油气运移期,12-14 井区处于古构造高部位而含油,晚第三纪末期的构造运动使该区地层倾向发生反向,使现今油层处于低部位,高部位则靠成岩致密带遮挡。由此可见,孔隙度不完全受埋深的影响,而与含油、含水岩石的成岩作用有关。

3.5 断层作用

在断层发育的地区,砂层被断层切割,因应力

的集中、释放和温度的升高,在靠近断层部位 CO_2 分压降低有利于碳酸盐沉淀,使附近砂层形成胶结致密带,或者由于断层本身的封堵作用形成与断层有关的遮挡(图 11I)。

3.6 排替压力

据 Berg 方程原理^[7],封堵最大油气高度等于遮挡层和储集层的排替压力差与地层中水和烃类流体的密度差之比。

据此,我们认为在不同物源或同一物源的分支河道砂层尖灭端、侧缘交汇部位或扇体根部,其排替压力大于主体部位的排替压力,所以在上述砂层交汇带易形成致密干带,造成物性封堵。

参 考 文 献

- 1 周劲松. 成岩圈闭[J]. 石油知识, 1999, 21(5): 24 ~ 25
- 2 傅强. 成岩作用对储层孔隙的影响[J]. 沉积学报, 1998, 16(30): 92 ~ 95
- 3 Scherer M. Parameters influencing porosity in sandstone: a model for sandstone porosity[J]. AAPG Bull, 1987, 71(5): 489 ~ 491
- 4 Lomando A J. The influence of solik reservoir bitumen on reservoir quality[J]. AAPG Bull, 1992, 76(8): 1 137 ~ 1 150
- 5 Shanmugan G. Significance of secondary porosity in interpreting sandstone composition[J]. AAPG Bull, 1985, 69(3): 378
- 6 王琪, 史基安, 肖立新, 等. 石油侵位对碎屑储集岩成岩序列的影响及其与孔隙演化的关系[J]. 沉积学报, 1998, 16(3): 98 ~ 99
- 7 Berg R R. Capillary pressures in stratigraphic trap[J]. AAPG Bull, 1975, 59(6): 935

DIAGENETIC TRAPS IN FAULT-DEPRESSED LACUS BASIN:

Take Eh₃ Member in Biyang Depression as an Example

Zhao Zhui¹ Zhao Quanmin² Sun Chong³ Wang Jiying³ Gu Zhe³

(1. Chengdu College of Technology, Chengdu, Sichuan; 2. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei; 3. Henan Oilfields, Nanyang, Henan)

Abstract: Biyang Depression is a typical continental fault-depressed lacustrine basin. The Eh₃ member in the depression is in the A ~ B substages of late diagenesis, the cementation and solution of the diagenesis bear close relation with the formation of diagenetic traps. Carbonate is the main cement; deep burial solution in the late diagenetic stage is the major solution types. The existence of shielding bed is the key factor of forming the diagenetic traps. According to their characteristics, the diagenetic traps could be divided into three types such as the traps relating to lithologic pinch out, fault and lenticular types. These traps could be further divided into 9 subtypes. The factors that effected the formation of the traps include sedimentary facies, diagenesis, the features of fluid, solution, faulting and expulsive pressure. Among them, sedimentary facies, diagenesis and the feature of fluid are the main factors.

Key Words: fault-depressed lacustrine basin; Biyang Depression; diagenesis; cementation-shielding; diagenetic trap; genesis