

文章编号: 0253-9985(2001) 01-0082-06

三肇地区扶余和杨大城子油层储集层的成岩作用

王宝清¹, 徐文发², 刘站立², 孔繁忠², 常中原², 王春瑞²

(1. 西安石油学院石油天然气地质研究所, 陕西西安 710065;

2. 中国石油大庆油田公司勘探开发研究院, 黑龙江大庆 163712)

摘要: 三肇地区下白垩统扶余和杨大城子油层储集岩主要为具有较高杂基含量的岩屑长石细砂岩和长石岩屑细砂岩。孔隙度在 1%~21.3% 之间, 平均 10.9%。渗透率在 $0.01 \times 10^{-3} \sim 289 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间, 平均 $1.53 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。主要的成岩作用有压实作用、胶结作用、溶蚀作用、交代作用等。压实作用使孔隙大大减少; 根据结构、阴极发光特征、碳氧稳定同位素成分、主要元素和微量元素含量可以推测方解石胶结物形成于早成岩作用的还原条件下, 方解石胶结物的沉淀使沉积物(岩)的孔隙减少; 长石和中基性火山岩岩屑的溶蚀产生的孔隙约占现有孔隙的 1/3; 交代作用使大部分蒙皂石和高岭石已转变为伊利石和伊蒙混层, 或绿泥石和绿蒙混层, 对储集空间发育的影响不大。大部分储集岩的变化发生在早成岩作用阶段。

关键词: 储集岩; 压实作用; 胶结作用; 溶蚀作用; 成岩阶段

第一作者简介: 王宝清, 男, 56 岁, 教授, 石油地质学与沉积学

中图分类号: P618.130.2⁺1 文献标识码: A

三肇地区是松辽盆地中央坳陷区内的一个大型二级凹陷, 扶余油层和杨大城子油层分别属于下白垩统泉头组四段和三段^[1]。

扶余油层和杨大城子油层沉积时期, 三肇地区为古松花江水系的三角洲平原和汇水湖区。划分为大分流河道相、小分流河道相、近岸大决口河道相、小决口河道相、远端补给河道相、粉砂越岸相、泥质粉砂越岸相、泥沼相、决口扇或小三角洲相、分流河口三角洲相、还原湖泊相和河间湖相^[2]。储集岩主要沉积在各种河道相中, 埋藏深度在 1 043~2 393 m 之间。

1 岩石学特征

岩石的骨架颗粒以石英、长石和岩屑占绝对优势, 少数样品中含有一定量的介形虫碳酸盐碎屑。石英基本上为单晶石英, 长石以钠长石为主, 岩屑以各种火山岩、泥岩、粉砂岩岩屑和燧石为主。高的长石和岩屑含量, 低的石英含量是本区储集岩的显著特征(图1)。根据 Folk^[3] 砂岩分类, 储集岩属于岩屑长石砂岩或长石岩屑砂岩。各样品的岩石骨架颗粒成分变化不大(图1), 扶余油层和杨大城子油层储集岩在矿物成分上无明显差异。

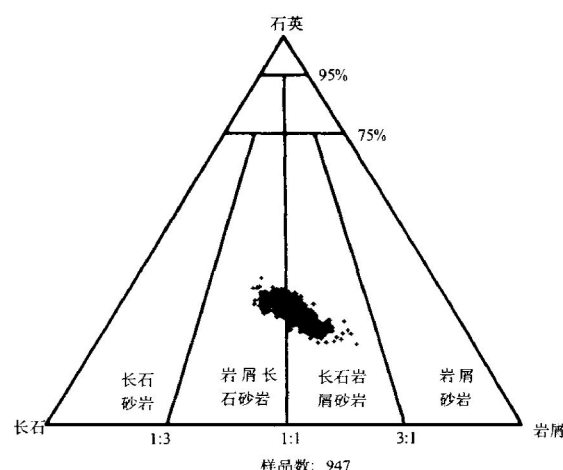


图1 碎屑成分和岩石类型

Fig. 1 Map of elastic composition and rock types

骨架颗粒占岩石体积的 50%~90%。根据 947 个薄片鉴定, 杂基含量 1%~38%, 平均 8%, 大部分样品杂基含量小于 15%。胶结物含量 2%~50%, 胶结物中以方解石最为常见, 其含量可大于 45%; 菱铁矿胶结物仅在不到 3% 的样品中见到, 且其含量小于 0.5%; 自生石英、长石、粘土虽是常见的胶结物, 但其含量分别不大于 2%~3%; 浊沸石仅见于埋深 2 000 m 以下的杨大城子油层中; 黄铁矿、褐铁矿、重晶石、锐铁矿等仅在极少数样品中见到。

碎屑颗粒的粒度中值在 0.01~0.94 mm 范围

内,粒度中值的平均值为 0.1 mm。储集岩由 3/4 以上的细砂岩、不到 1/4 的粉砂岩、小于 1 ϕ ~2 ϕ 的中粒砂岩组成。碎屑颗粒为次圆状至次棱角状或次棱角状至次圆状。约 70 ϕ 的样品 Trask 分选系数小于 2.5,属于分选好的,主要原因是碎屑颗粒普遍偏细。扶余油层和杨大城子油层储集岩的碎屑颗粒在粒度和分选性方面均未表现出明显的差异。储集岩整体上为颗粒支撑。碎屑颗粒以线接触为主,有少数点接触和凹凸接触,未见缝合接触。胶结类型以孔隙胶结为主,有少量接触式胶结和镶嵌胶结;次生加大胶结、带状胶结、栉壳胶结、基底胶结和嵌晶胶结仅出现在部分样品中,或在样品中作为次要的类型出现。

2 储层物性

根据 14 267 个样品分析结果,孔隙度在 1 ϕ ~21.3 ϕ 之间,平均 10.9 ϕ ,其中包括了少数非储集岩样品。根据 13 260 个样品分析结果,渗透率在 0.01×10^{-3} ~ 289×10^{-3} μm^2 之间,平均 1.53×10^{-3} μm^2 (图 2),以低渗透为特点。

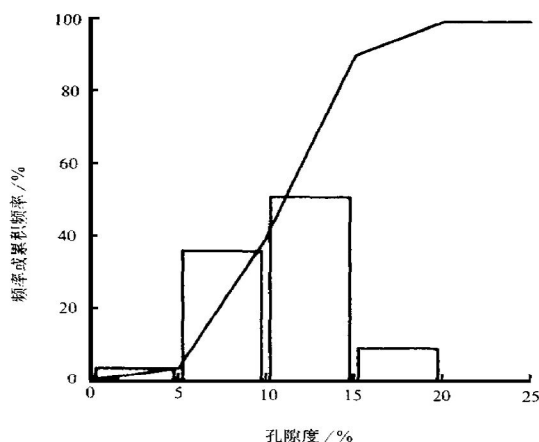


图2 孔隙度和渗透率分布直方图和累积频率曲线图

Fig.2 Histogram frequency distribution diagram of porosities and permeabilities

孔隙类型以粒间孔为主,这些粒间孔都是原生粒间孔经压实作用改造而明显缩小的,又有不同程度溶蚀的粒间孔。此外,有微孔隙、扩大的粒间溶蚀孔、粒内溶蚀孔、铸模孔和残余铸模孔、复合孔、胶结物内溶蚀孔等,这些孔隙约占总孔隙的 1/3。

3 成岩作用

重要的成岩作用有压实作用、胶结作用、溶蚀作用、交代作用等。

3.1 压实作用

在偏光显微镜下见到云母和介形虫碎片的塑性形变,大部分碎屑颗粒线接触,少数为点接触和凹凸接触,无缝合接触,说明岩石经历了中等强度的压实作用。

根据 Beard 和 Weyl^[4] 的资料, Scherer^[5] 提出了计算湿砂的原始孔隙度的公式

$$\text{原始孔隙度} = 20.91 + (22.9 / \text{Trask 分选系数})$$

根据上述公式计算,研究区储集岩的原始孔隙度为 23 ϕ ~36 ϕ ,平均 28 ϕ 。这里没有考虑含有碳酸盐胶结物的样品和杂基含量高的样品,这些样品的填隙物含量为 3 ϕ 左右。由于压实作用,平均孔隙度由 28 ϕ 减少为 10.9 ϕ ,压实率为 60 ϕ ,即由于压实作用原始沉积物的孔隙大约减少了 60 ϕ 。

一般来说,沉积物埋藏深度增加,压实作用强度加大。然而,在相同的压实作用强度下,不同性质的沉积物表现出了不同的压实结果。由于研究区储集岩粒度细,杂基含量高,碎屑颗粒又有较多的塑性岩屑,因此受压实作用影响大。

在温度高的条件下,压实作用将对沉积物施加更大的影响。研究区的地温梯度为每百米 3.49~6.47 $^{\circ}\text{C}$,平均每百米 4.68 $^{\circ}\text{C}$,属于高的地温梯度,这是造成压实作用对沉积物影响大的又一原因。

储集岩含有较多的碳酸盐胶结物,其沉淀减少了沉积物(岩)的孔隙空间,但由于这些碳酸盐胶结物形成较早,作为沉积物(岩)的骨架,抵抗了压实作用的影响,使孔隙得到一定程度保存。

扶余油层储集岩分布深度为 1 043~2 302 m,杨大城子油层储集岩分布的深度为 1 129~2 393 m,两油层储集岩的分布深度差别不大,加之其岩石成分和粒度分布及分选性相似,压实作用对两油层储集岩的影响差别不大,因而两油层储集岩的物性也没有明显差别。

3.2 胶结作用

主要的胶结作用有碳酸盐、硅质、自生粘土、长石和沸石的沉淀。

3.2.1 碳酸盐

碳酸盐胶结物基本上为方解石,其它的碳酸盐胶结物如铁白云石、菱铁矿和泥碳酸盐仅偶尔见到。约有 1/3 的样品含方解石,大部分样品方解石含量小于 5 ϕ 。方解石胶结物在碎屑颗粒之间呈等粒状或嵌晶状,表现出淡水成因特点。绝大多数方解石胶结物呈均一的、鲜艳的橙黄色阴极发光,

说明形成的物理化学条件相同。

方解石胶结物的 $\delta^{18}\text{O}$ 与 $\delta^{13}\text{C}$ 值分别在 $-2.346\text{‰} \sim -1.725\text{‰}$ 和 $-2.139\text{‰} \sim -0.491\text{‰}$ (PDB) 范围内, 其平均值分别为 -2.111‰ 与 -1.043‰ (PDB) (图 3)。

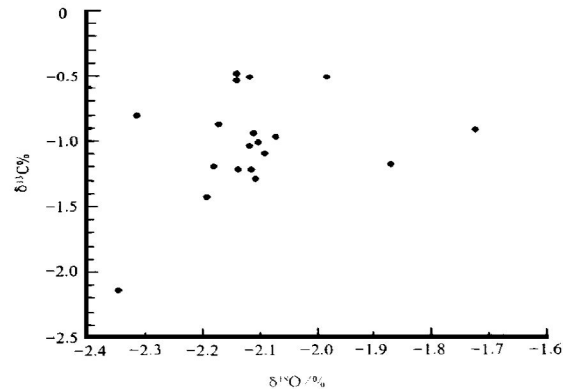


图 3 方解石胶结物的 $\delta^{18}\text{O}$ 与 $\delta^{13}\text{C}$ 值关系
Fig. 3 Relationship between $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values of calcite cements

不同沉积环境和不同地质时代方解石的碳氧稳定同位素值有所差异, 并且在成岩作用过程中会有变化。一般来说, 海相方解石较淡水方解石有较高的 $\delta^{18}\text{O}$ 值, 随着埋藏深度的增加, 介质温度升高, $\delta^{18}\text{O}$ 值降低, 地质时代越老, $\delta^{18}\text{O}$ 值越低。淡水的 $\delta^{18}\text{O}$ 成分及其形成的碳酸盐胶结物的 $\delta^{18}\text{O}$ 成分

强烈地受纬度和气候条件的控制^[6]。

在与大气 CO_2 进行交换开启体系的地表环境中沉淀的碳酸盐具有相同的碳同位素值, 这种共同性反映出地表水与来自大气 CO_2 层的碳的平衡关系。因此同期沉淀的海相和大气碳酸盐可能难以根据其碳同位素成分区分开^[7,8]。大陆环境中沉淀的碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 值受大气 $\delta^{13}\text{C}$ 和土壤带中陆源有机质氧化控制。

根据 Lohmann^[7] 统计, 白垩纪低纬度海洋碳酸盐的 $\delta^{18}\text{O}$ 与 $\delta^{13}\text{C}$ 值分别为 -0.2‰ 与 -0.3‰ (PDB)。根据古地磁研究, 泉头组沉积时期, 松辽盆地的古纬度与现在的纬度一致, 为 46°N 。根据孢粉资料, 泉头组沉积时期为干热气候。白垩纪松辽是一个大陆边缘的近海湖泊, 属于淡水-微咸水环境^[2]。扶余油层和杨大城子油层储集岩较白垩纪低纬度海洋碳酸盐的 $\delta^{18}\text{O}$ 值明显偏低, 原因为: (1) 淡水-微咸水较海水盐度低; (2) 纬度较高; (3) 高的地温梯度。 $\delta^{13}\text{C}$ 值也明显偏低, 其原因可能是: 方解石胶结物形成于浅处, 孔隙水受到渗滤及有机质氧化形成的 CO_2 的土壤带大气淡水的影响; 在较深处, 受到简单有机化合物发酵生成甲烷和 CO_2 的影响。后一种情况往往伴随着碳酸盐的溶解, 然而碳酸盐的溶解很少看到, 这样方解石胶结物只可能形成于早成岩作用阶段。

表 1 方解石胶结物的主要元素和微量元素含量

Table. 1 Contents of major and trace elements in calcite cements

统计值	MgO/ ‰	CaO/ ‰	Fe/ 10^{-6}	Mn/ 10^{-6}	Na/ 10^{-6}	Ni/ 10^{-6}	Sr/ 10^{-6}	Fe/Mn
范围	0~ 0.66	51.4~ 56	156~ 7 002	3 488~ 41 463	0~ 10 685	0~ 1 258	0~ 9 137	0.02~ 0.51
平均值	0.204	55.39	2 339	15 672	1 091	286.9	5 187	0.17
中值	0.175	55.51	1 751	14 376	816.2	157.2	5 203	0.14

根据 9 口井, 12 个样品, 60 点的电子探针波谱分析结果, 方解石胶结物的主要元素和微量元素含量示于表 1。高的 CaO 含量和低的 MgO 含量说明了方解石胶结物的淡水成因。如上所述, 砂岩沉积于淡水-微咸水环境, Ca, Mg 含量和胶结物的等粒结构所指示的淡水成因, 说明方解石沉淀于沉积之后的成岩作用阶段, 其孔隙水受淡水影响很大。高的 Mn 含量、低的 Fe 和 Ni 含量、低的 Fe/Mn 比值是方解石胶结物具有鲜艳的阴极发光的决定性原因。

在氧化条件下 Fe 和 Mn 呈氧化物和氢氧化物形式存在, 呈分散相出现或被吸附在粘土等矿物的表面。只有在还原条件下, Fe 和 Mn 才能以 Fe^{2+} 和 Mn^{2+} 的形式呈类质同象出现在方解石晶格中。现

代海洋以文石为主的灰泥以低的 Fe 含量为特征 ($180 \times 10^{-6} \sim 973 \times 10^{-6}$, 平均 472×10^{-6})。现代热带的文石沉积物具有低的 Mn ($< 20 \times 10^{-6}$) 含量, 中等 Na 含量 (约 $2\,500 \times 10^{-6}$) 和高的 Sr 含量 (约 $10\,000 \times 10^{-6}$)^[9]。相反, 现代温带的方解石沉积物有低的 Sr (约 $3\,000 \times 10^{-6}$) 含量, 高的 Na (约 $5\,000 \times 10^{-6}$) 和 Mn (约 150×10^{-6}) 含量^[10]。在成岩碳酸盐相中 Fe^{2+} 和 Mn^{2+} 的浓度取决于其来源和地下水的还原性。由于淡水作用的影响增加, Sr 和 Na 含量减少, 而 Fe 和 Mn 含量增加。与上述的现代热带和温带碳酸盐相比, 所研究的方解石胶结物含有高的 Mn, 中等的 Fe 和 Sr, 较低的 Na 含量, 说明方解石胶结物形成于早期成岩作用阶段受淡

水影响的还原的物理化学条件下。

3.2.2 硅质胶结作用

硅质胶结物基本上全为石英, 偶尔见到玉髓。自生石英或呈加大边的形式出现, 或充填孔隙中, 两种自生石英都常见, 但含量低, 一般不超过岩石体积的 1%。在石英颗粒相互接触和在强烈的压实作用下, 往往容易形成普遍的石英加大。储集岩中的石英碎屑常常与长石、岩屑等颗粒或粘土杂基接触, 因而石英仅轻微加大。由于压实作用造成原生孔隙的大量减少, 特别是喉道的明显变窄, 使得饱和 SiO_2 的水溶液无法流动, 因此沉淀于粒间孔隙的自生石英也不多。

3.2.3 长石的胶结作用

长石主要以加大边的形式出现, 石英加大边略微常见。充填于粒间孔隙中的、小的自形长石晶体仅偶尔见到。要形成自生长石, 除孔隙溶液中须有足够的 SiO_2 外, 还必须要 Al_2O_3 的浓度高, Na^+/H^+ 和 K^+/H^+ 活度比高, 以及较高的温度。储集岩中含有较多的粘土矿物, 在蒙皂石向伊利石转变的过程中释放出了大量的 Na^+ 和 K^+ 形成了高的 Na^+/H^+ 和 K^+/H^+ 活度比, 加之研究区又有高的地热场, 因此长石加大较其它地区发育。

3.3 溶蚀作用

长石和中基性火山岩岩屑的溶蚀是最普遍的溶蚀作用, 所形成的孔隙约占全部孔隙的 1/3。石英碎屑的溶蚀虽常见但很弱, 仅发生在石英碎屑颗粒的边缘, 大多呈港湾状。由石英溶蚀形成的孔隙不超过全部孔隙的 2%, 粒间充填的方解石胶结物则很少溶蚀, 介形虫体腔中的溶蚀孔隙可达 1 mm, 但由于介形虫碎屑含量不高, 这类碎屑的溶蚀不普遍, 方解石溶蚀形成的孔隙也只能占到全部孔隙的 1%~2%。

岩浆作用在地下深处形成的长石, 一旦进入表生作用带, 由于物理化学条件的改变而变得不稳定, 与大气和淡水接触, 就开始溶解。此时长石碎屑可能尚未进入沉积盆地, 处于风化作用阶段。长石的溶蚀往往从其内部开始, 解理缝或双晶面首先产生机械破裂, 形成微裂缝, 粒间溶液沿着微裂缝渗透, 溶解长石形成粒内溶蚀微孔、缝。粒内溶蚀微孔进一步溶蚀, 形成较大的溶蚀孔。溶蚀作用进一步发展, 形成长石残余铸模孔或铸模孔。

长石的溶解需要酸性的物理化学条件, 以下 3 种情况可以产生酸性条件, 使长石溶解: (1) 大气淡

水的淋滤作用; (2) 由于干酪根成熟所形成的 CO_2 而产生的溶蚀作用; (3) 蒙皂石和高岭石向伊利石的转化作用。本地区这 3 种条件均具备, 因此形成了大量的长石溶蚀孔隙。中基性火山岩岩屑的溶蚀情况和机理与长石类似。

与长石相似, 方解石的溶解也发生在酸性介质条件下。虽然在相同的物理化学条件下方解石比长石更易溶解, 但储集岩中方解石的溶蚀孔远远不如长石的发育。这主要是因为粒间方解石沉淀发生在成岩作用早期, 由于方解石的沉淀和沉积物的过早压实, 沉积物(岩)中孔隙少, 孔隙喉道窄, 有机质成熟和粘土矿物的伊利石化产生的酸性溶液难以流动, 无法与方解石接触, 方解石也很难接受淡水淋滤。长石碎屑的情况则不同, 长石在进入沉积盆地以前就形成了一些溶蚀孔隙, 压实作用对这些长石粒内孔影响不大, 在埋藏条件的酸性物理化学条件下, 业已存在的溶蚀孔可进一步扩大。因此, 长石溶蚀孔远较方解石溶蚀孔发育。

3.4 交代作用

交代作用主要是粘土矿物的转化。

各种粘土矿物中, 含量最高的是伊利石, 其次是绿泥石。大部分蒙皂石和高岭石已转变为伊利石和绿泥石, 及伊蒙混层和绿蒙混层, 伊蒙混层远较绿蒙混层普遍。随着埋藏深度的增加, 蒙皂石逐渐转化为伊利石。蒙皂石不能简单地通过离子交换转变为伊利石, 在碱性的孔隙水中, 经脱水作用、层间塌陷 K^+ 离子吸附及晶格的重新排列而形成伊蒙混层, 再进一步转变成伊利石。蒙皂石转化为伊利石, 除与埋藏深度和地温有关外, 还与层间溶液的化学成分有关, 如层间溶液中有 Fe^{2+} 和 Mg^{2+} 存在, 蒙皂石将转变为绿蒙混层, 最终变为绿泥石。综合粘土矿物的转化, 可以看出, 储集岩的成岩作用已进入晚成岩作用早期, 少数进入中期。

总的来说, 交代作用对储集空间的发育和演化影响不大。

3.5 成岩阶段划分

根据储集岩组分的相互关系、胶结物的地球化学特征、不同埋藏深度的矿物组合和岩石结构, 把成岩作用阶段划分为早成岩作用阶段和晚成岩作用阶段(图 4)。

早成岩作用阶段早期最大埋藏深度约小于 1 000 m, 古地温 70~90℃, 镜质体反射率小于 0.5%。机械压实作用为主, 碎屑颗粒以点接触为

主,有相当数量的线接触。方解石胶结物开始沉淀,混层粘土开始出现。原生孔隙和岩石体积尚未明显减少,孔隙度在25%以上。

作用或 自生矿物类型	早成岩作用阶段		晚成岩作用阶段		
	早期	晚期	早期	中期	晚期
压实作用					
方解石胶结作用					
自生石英					
自生长石					
黄铁矿					
钠长石化					
蒙皂石					
高岭石					
伊利石					
绿泥石					
伊蒙混层					
绿蒙混层					
长石和中基性火山岩岩屑溶蚀					
石英溶蚀					
方解石溶蚀					
浊沸石					

图4 成岩作用共生序列

Fig. 4 Paragenetic sequences of diagenesis

早成岩作用阶段晚期埋藏深度1 000~1 800 m, 古地温90~100℃, 镜质体反射率0.5%~1%。机械压实作用达到最大, 碎屑颗粒以线接触为主, 点接触明显减少, 开始出现少量凹凸接触。大量方解石沉淀, 石英和长石开始加大, 钠长石化普遍, 粘土矿物大量转化, 大量伊蒙混层和伊利石出现, 仅剩少量高岭石和蒙皂石, 大量长石和中基性火山岩岩屑溶蚀孔隙形成。然而, 由于压实作用使孔隙减少太多, 岩石的孔隙度减少至10%~20%, 最后沉积物转变为固结的岩石。

晚成岩作用阶段早期埋藏深1 800~2 200 m, 古地温100~120℃, 镜质体反射率1%~1.3%。碎屑颗粒以凹凸接触为主。成岩作用发展到这一阶段岩石的孔隙大量减少, 粒间孔隙溶液流动不畅, 但由于温度升高, 孔隙水与岩石的反应仍然进行, 石英和长石的溶解仍出现, 在岩石的另一些部位造成石英和长石加大, 石英和长石的加大更为普遍, 钠长石化继续, 蒙皂石和高岭石进一步减少, 伊利石进一步增加。浊沸石开始出现, 岩石的孔隙度进一步减少。杨大城子油层有少数储集岩经历了这一时期的变化。

晚成岩作用阶段中期埋藏深度约2 200~2 700 m, 古地温100~120℃, 镜质体反射率1.3%~1.95%, 粘土矿物组合以伊利石和绿泥石为特征, 混层粘土一般已消失, 浊沸石进一步发展, 自生矿物的大量生成使岩石变得更加致密。所研究的储集岩仅有个别样品进入此阶段。

晚成岩作用阶段晚期埋藏深度大于2 700 m, 所研究的储集岩均未进入此阶段。

4 结论

三肇地区扶余油层和杨大城子油层大部分储集岩进入了早成岩作用阶段的晚期, 少数储集岩进入了晚成岩作用阶段的早期。由于沉积物低成熟度、高杂基含量、细粒度和高地热场, 压实作用使原生孔隙大大减少。方解石胶结物主要形成于早成岩作用阶段的还原条件下, 少量的方解石胶结物可以抵抗压实作用的影响, 大量的方解石胶结物使原生孔隙减少。酸性条件下长石和中基性火山岩岩屑的溶蚀增加了沉积物(岩)的孔隙。

参 考 文 献

- 1 高瑞祺, 蔡希源. 松辽盆地油气形成条件与分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 1~321
- 2 高瑞祺, 萧德铭. 松辽盆地及其外围盆地油气勘探进展[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 1~229
- 3 Folk R L. Petrology of sedimentary rocks [M], Austin: Hemphills, 1968. 170
- 4 Beard D C, Weyl P K. Influence of texture on porosity and permeability of unconsolidated sand[J]. AAPG Bull, 1973, 57(2): 349~369
- 5 Scherer M. Parameters influencing porosity in sandstones: a model for sandstone porosity prediction[J]. AAPG Bull, 1987, 71(5): 485~491
- 6 Morad S, Al-Aasm I S, Longstaffe F J, et al. Diagenesis of a mixed siliciclastic/evaporitic sequence of the Middle Muschelkalk (Middle Triassic), the Catalan Coastal Range, NE Spain[J]. Sedimentology, 1995, 42: 749~768
- 7 Lohmann K C. Geochemical patterns of meteoric diagenetic systems and their application to studies of paleokarst[A]. In: James N P, Choquette P W, eds. Paleokarst[C]. New York: Springer-Verlag, 1988. 58~80
- 8 王宝清, 徐论勋, 李建华, 等. 古岩溶与储层[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 23~84
- 9 Miniman J D. Recent sedimentary carbonates I, marine carbonates[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1974. 375
- 10 Rao C P. Geochemistry of temperate-water carbonates, Tasmania, Australia[J]. Marine Geology, 1986, 71: 363~370

DIAGENESIS OF RESERVIORS IN FUYU AND YANGDACHENGZI OF SANZHAO REGION

Wang Baoqing¹ Xu Wenfa² Liu Zhanli² Kong Fanzhong²

Chang Zhongyuan² Wang Chunrui²

(1. Research Branch of Petroleum Geology, Xi'an Petroleum Institute, Xi'an, Shaanxi;

2. Exploration and Development Institute, Daqing Oilfield Company, Daqing, Heilongjiang)

Abstract: The reservoir rocks of Lower Cretaceous Fuyu and Yangdachenzi unites were deposited in channels on the deltaic flood plain in Sanzhao area. The reservoir rocks mainly consist of fine lithic arkose and feldspathic litharenite with abundant matrix. Porosity ranges from 1% to 21.3%, with a mean of 10.9%. Permeability ranges from 0.01×10^{-3} to $289 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ with a mean of $1.53 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. Main diagenesis includes compaction, cementation, dissolution, replacement and recrystallization. According to the texture; cathodoluminescence characteristics, carbon and oxygen isotopic composition, the contents of the main and trace elements, calcite cement formed in reducing condition during early diagenesis. Precipitation of calcite cement caused the decrease of porosity in sediments. Porosity formed by feldspar and intermediate/basic volcanic rock fragment dissolution makes up about one third of the whole porosity. Most smectite and kaolinite already changed into illite and chlorite, or mixed layered illite/smectite(I/S) and chlorite/smectite(C/S). Most changes of reservoir rocks occurred during early diagenesis.

Key words: reservoir rock; compaction; cementation; dissolution; diagenetic stage

(上接第 81 页)

IV类 非储层: 孔隙度 $< 9\%$, 渗透率 $< 0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

应该说明的是, 以上是针对孔隙型储层的分类, 对裂缝型, 裂缝-孔隙型储层有待进一步的研究。

参 考 文 献

- 1 黄凯, 赖世新, 陈景亮, 等. 准噶尔盆地二叠系含油气系统类型及展布[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(4): 287~292
- 2 赵旭东. 石油数学地质概论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992

CHARACTERISTICS AND CLASSIFICATION OF PERMIAN RESERVOIRS IN NORTHWESTERN MARGIN OF JUNGGAR BASIN

Li Rong

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu, Sichuan)

Abstract: Permian reservoirs in northwestern margin of Junggar Basin include sandstone, conglomerate, volcanic clastic rock and volcanic rock with low-medium porosity and permeability. The disperse distribution of porosity and permeability reveals the heterogeneity of the reservoir physical property. The pore spaces are mainly residual intergranular porosity, dissolution porosity in clastic rock reservoir, dissolution matrix porosity and fractures in volcanic reservoirs. Secondary dissolution porosity plays the key role of reservoir quality. The development of secondary porosity is closely related to depositional hiatus. Based on Q-mode factor analysis of eight variables of rock physical property and pore configuration, it is suggested that the lower limit of porosity is 9%; the lower limit of permeability of clastic rocks is $0.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; the lower limit of the permeability of volcanic rocks is $0.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. The Permian reservoirs could be divided into four types accordingly.

Key Words: Junggar Basin; secondary porosity; depositional hiatus; classification