

陕甘宁盆地东部上三叠统含油 长石砂岩的成岩特点及孔隙演化

柳益群 李文厚

(西北大学地质系,西安 710069)

提 要 本文通过对三条地表剖面和 20口探井的综合研究,认为斑脱岩和火山碎屑物质是影响陕甘宁盆地东部上三叠统长 6 油层组含油长石砂岩成岩作用的根本原因。浊沸石、方解石、绿泥石的胶结、化学压实作用和浊沸石、长石的溶解作用是影响砂岩储集性能的主要因素。孔隙的演化与成岩史、盆地演化史密切相关,长 6²—长 6¹是孔隙结构最好的层段。较好的储油砂体分布在子长、子北地区以及延安—延长—富县—宜川地区等利于浊沸石溶蚀的地带。

关键词 成岩作用 孔隙演化 长 6 油层组 上三叠统 含油长石砂岩

第一作者简介 柳益群 女 44岁 副教授 石油地质学 储层地质学

陕甘宁盆地东部上三叠统延长组是该盆地的一套主要含油层系。自 80年代初开始了砂体成岩作用及次生孔隙的研究,认识到浊沸石溶解形成的次生孔隙改善了长石砂岩的储集性能^[1]以来,人们对本区储集层的特点有了新的了解,从而大大开拓了盆地中、浅油层勘探开发的新局面。

然而,低孔、低渗、低产一直是陕甘宁盆地上三叠统油层的特点。绝大多数砂体的储油物性很差。因此,能否找到具良好储集性能的砂体,发现其形成及分布规律,找出影响储层物性的主要因素则成为现阶段迫切需要解决的问题。本文以陕甘宁盆地东部子长—延长地区的上三叠统主力油层组长 6 含油长石砂岩为目的层,在实测 3条地表剖面,观察描述 20口井岩芯的基础上,通过常规物性、压汞、铸体分析、X光衍射、电子探针、荧光光谱分析等多项测试方法,对储层的孔隙特征、储集性能影响因素、成岩史与孔隙演化史的关系,以及大地构造背景和沉积相带对储集体的控制等问题进行了分析与研究,旨在查明本区上三叠统含油砂体的形成条件,从而进行油气储集相带预测。

1 区域地质背景

陕甘宁盆地是在华北克拉通地块之上经历了长期演化过程的中生代沉积盆地。具有地形起伏平缓,地层升降运动缓慢,升降幅度小,沉积组分稳定,堆积速度慢,沉积物粒度较细,热流低,缺乏岩浆活动,成岩速度缓慢的特点^[2]。因此,该区缺乏形成油气聚集的二级构造

带和构造圈闭,油气藏的形成宏观上仅受控于岩性、岩相和古地貌。

陕甘宁盆地东部现今构造形态表现为简单的西倾单斜,也称陕北斜坡(图1)。该斜坡雏形出现于侏罗纪,形成于早白垩世。地表出露上三叠统和侏罗系地层,沉积厚度平均3000m左右。

上三叠统地层是一套河流湖泊相沉积。主要岩石类型是细、中细粒长石砂岩和粉砂岩及泥页岩,自上而下进一步分为 T_{3y1} — T_{3y5} 5个岩性段或长+长10共10个油层组,截止目前所发现的油主要见于长6油层组。长6储集层主要是河流河道相砂体,在主河道地带,特别是曲流河河道区,砂岩分选较好,浊沸石胶结的细粒长石砂岩成为主要含油岩石类型。其下伏地层长7油层组是主要生油岩,而上覆地层长4+5油层组则为区域性盖层。

2 含油长石砂岩的成岩作用

陕北斜坡上三叠统的物源主要来自盆地北部的阴山褶皱带和北东方向的吕梁古陆。由于二叠纪末阴山褶皱带形成时伴随了强烈的火成岩的侵入与喷发^①,这些岩浆活动一直持续到三叠纪,因此在陕北斜坡上三叠统中广泛分布着稳定的薄层斑脱岩(图版I-1),同时在砂岩颗粒中包含了较多的火山碎屑颗粒(图版I-2),这无疑对该区砂岩的早期成岩作用和中期成岩作用有着较大的影响⁽³⁾。

2.1 浊沸石的胶结作用是降低储层储集性能的重要原因。其成因与早期的火山物质水化和晚期的斜长石钠长石化有关。

浊沸石普遍出现在长6油层组以下层位的细粒长石砂岩中,含量一般在2%—5%之间,少部分达10%—25%。浊沸石分两个主要形成阶段,第一阶段形成的浊沸石与火山物质水化有关⁽⁴⁾,表现为浊沸石沿斜长石的双晶纹或解理缝分布,有些则完全变成浊沸石而呈现斜长石的假象(图版I-3)。第二阶段的浊沸石形成于中成岩期,在中成岩阶段蒙脱石夹层、泥岩和砂岩中的蒙脱石组分在向伊利石、绿泥石转化过程中大量脱水,并析出大量钙、镁、

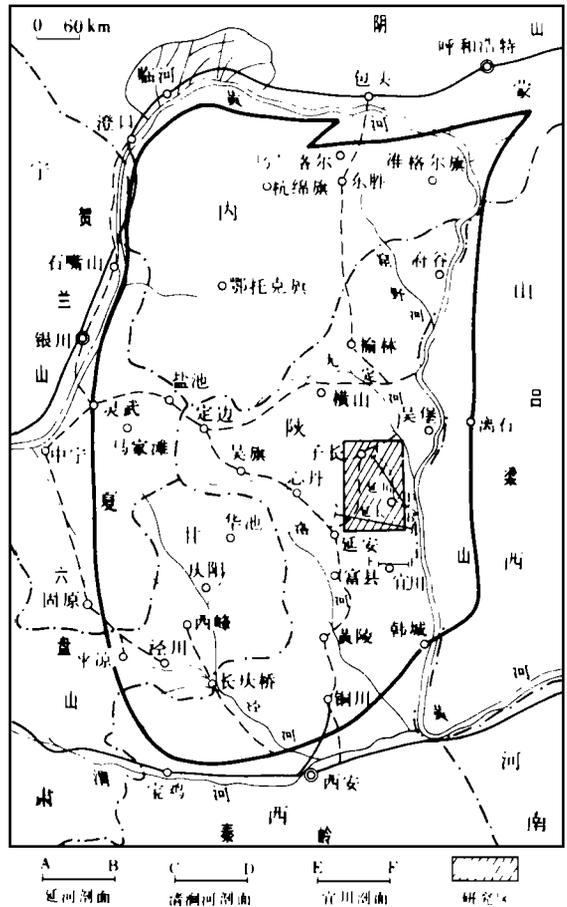
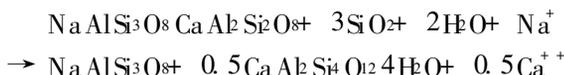


图1 研究区地理位置图

Fig. 1 Sketch map showing geographical position of the study area

① 李春昱,王荃,我国北部边疆及邻区的古板块构造与欧亚大陆的形成,见《中国北方板块构造文集》,中国地质科学院沈阳地质矿产研究所,1983,3—16

钠、铁等阳离子, 其中的钠离子形成钠长石; 镁、铁离子参与绿泥石的沉淀; 钙离子则随后形成浊沸石并充填剩余粒间孔(图版I-4)。同时在第二阶段浊沸石生成中作出贡献的还有斜长石的钠长石化^[1]。岩石进入到一定的成岩阶段, 孔隙水中的 H⁺ 和 OH⁻ 离子增多, 可使矿物发生水解作用, 使金属阳离子溶于水而被带出。由于钙离子比钠离子易溶, 因此, 多是斜长石中钙离子被释放到溶液中, 造成浊沸石的沉淀。而孔隙水中的钠离子则进入斜长石的晶格, 从而使大多数斜长石变成了钠长石。

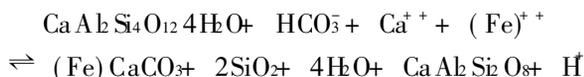


经电子探针和能谱测定, 浊沸石的平均化学成分为: SiO₂ 52.88%—55.02%, Al₂O₃ 20.66%—21.15%, CaO 7.75%—13.52%, Na₂O 0.03%—0.16%; 钠长石的平均化学成分为: SiO₂ 68.50%—68.48%, Al₂O₃ 21.15%—19.46%, Na₂O 11.52%—10.83%

2.2 方解石胶结是使储层物性变差、非均质性增强的主要原因, 对渗透率的影响尤为显著

本区碳酸盐矿物是仅次于浊沸石的主要胶结物。据茜素红 S⁺ 铁氰化钾混合液染色, 主要有方解石和铁方解石, 其次为白云石, 铁白云石偶见。前两种多呈孔隙式充填, 有些地方呈连晶式胶结, 其形成时间可从浊沸石沉淀之前直到浊沸石溶解之后。白云石多被方解石或铁方解石交代, 铁白云石析出时间晚于铁方解石。无论是早期胶结还是晚期胶结的碳酸盐, 对孔隙保存均不利, 并使渗透率明显降低, 由于其溶解较弱, 对次生孔隙的形成影响也不大。

晚期生成的方解石呈交代浊沸石或充填浊沸石溶孔的形式。如果地层水中有 HCO₃⁻、Ca⁺⁺ 和 Fe⁺⁺ 存在, 且具有较高的 pH 值和较低的 P_{CO₂}, 即可使浊沸石溶解而产生方解石或铁方解石沉淀:



2.3 自生钠长石和石英胶结是本区砂岩胶结物的主要类型

钠长石和石英是富火山碎屑物质地区砂岩的主要胶结物^[5], 在本区某些井中或某些层段含量甚至高于浊沸石和方解石。两者均呈孔隙式充填, 特别是充填于绿泥石薄膜残余粒间孔内, 降低了砂岩原始孔隙度。

2.4 石盐的存在说明孔隙水盐度高, 对矿物的溶解具有积极的影响

石盐是含沸石地层中必定出现的胶结物, 代表了孔隙水盐度增大的成岩环境。高盐度可以降低 pH 值, 促进矿物的溶解和次生孔隙形成。因此, 本区分布广泛的石盐对浊沸石、方解石的溶解是个有利条件。

2.5 绿泥石呈薄膜式包绕碎屑颗粒, 充填了原生粒间孔的部分空间, 但又使剩余粒间孔隙免于被机械压实所破坏

绿泥石胶结物在大多数砂岩中可占自生粘土矿物的 80% 左右, 甚至 90% 以上。电子探针测定其化学成分为: SiO₂ 31.17%, FeO 29.68%, MgO 10.82%, Al₂O₃ 14.68%, TiO₂ 1.67%, Na₂O 0.10%。绿泥石多呈针状和针叶状集合体沿碎屑颗粒呈环状分布, 形成薄膜

式胶结。这种粘土环边均匀地包绕在碎屑颗粒外面,阻碍了碎屑颗粒与孔隙水接触,从而减少了其它胶结物的沉淀,使抗压实的三角形粒间孔得以保留(图版I -5)。在一些含油层段,它们与浊沸石溶蚀孔相配合,往往构成本区最好的储集空间,在许多样品中均见到的油质沥青充填在其中,显然是油运移后的残留物。

上述几种胶结物的沉淀大约损失了 30% 的原始孔隙度。

2.6 机械压实作用使颗粒趋向紧密接触,但因胶结物的充填而使其受到抑制

本区上三叠统砂岩的压实效应明显表现出差异性,富含碎屑云母和陆源杂基的岩石,表现出颗粒接触以线状为主,颗粒定向或半定向排列,原生孔隙保留很少,溶蚀孔隙基本不出现,这种状况主要见于长 4-5 以上层位及长 6 油层组的粉砂岩中。而长 6 的细砂岩,由于富含浊沸石、方解石等胶结物,抗压实能力较强,因此表现出颗粒间多呈点、线接触,碎屑变形微弱,溶蚀孔隙较发育。

2.7 化学压实作用强烈,在中成岩阶段使孔隙度较大幅度降低

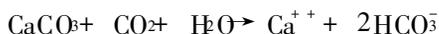
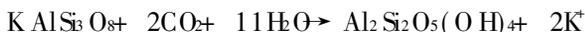
石英和长石的自生加大较为普遍,加大程度一般为 II 级,少数为 III 级。颗粒接触趋向紧密,部分颗粒接触关系由线状向凹凸状过渡。

据初步估算,化学压实作用同机械压实作用可使长 6 油层组的原始孔隙度在胶结作用后损失 30% 的基础上再降低 50%^[6]。

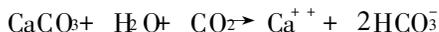
2.8 浊沸石、长石的溶解作用使砂岩物性得到改善,长 6 油层组含浊沸石长石砂岩成为上三叠统储层的主要次生孔隙储集体

钻井取心表明,有些井段虽然岩性相同,但油的显示却不同,有的是油斑、油浸砂岩,而相邻不过几公分的砂岩却毫无油的显示迹象。经镜下观察(图版I -6),不含油部分是方解石胶结的砂岩,而含油砂岩主要是由于浊沸石和长石发生溶解,从而产生了次生孔隙的缘故。

本区溶解作用至少有两期。第一期以长石、岩屑粒内溶孔与港湾状碎屑为特点,为早期溶孔,后被绿泥石薄膜包绕,应为近地表条件下大气淡水淋滤的结果。其反应式为:



第二期溶解作用发生于浊沸石形成之后,表现为浊沸石、长石的较强烈溶解(图版I -7)和第一期溶孔的再溶扩大以及方解石的弱溶,应为深溶作用,即有机质达到成熟阶段形成的酸性溶液溶解所致^[7,8]。此期溶解主要发生在长 6 油层组中部的长 6⁴-长 6³层段,向上至长 6²-长 6¹层段减弱,向下至长 6⁵层段基本消失。其反应式为:



当溶解作用发生后,随即而来的是油的运移。由于岩性致密,流体流动困难,致使一部分进入储层的油停滞在砂岩的孔隙内,或被吸附在碎屑云母、伊利石、绿泥石表面,很难进入二

次运移。X 荧光显微镜可清楚看到油质沥青和胶质沥青在砂岩中普遍分布(图版 I-8), 它们的出现使岩石的成岩作用变得缓慢或停止

溶解作用使本区致密储层的总孔隙度大约提高了 6%。

3 含油长石砂岩的储集特征及孔隙演化

3.1 孔隙类型

本区长 6 油层组的孔隙类型主要包括绿泥石薄膜剩余粒间孔、浊沸石等胶结物溶蚀粒间孔、长石碎屑溶蚀粒内孔、自生胶结物中存在的晶间孔。这些孔隙直径一般为 0.02—0.17 mm, 面孔率最高 5%—8%, 主要分布于长 6²—长 6⁴ 层段。另外, 还有机械压实作用形成的压实缝, 含量 0.2% 左右, 宽度 0.001—0.002 mm, 形成于油运移之前或趋于同期, 它们往往与溶蚀孔和剩余粒间孔配套, 形成较好的孔隙组合类型

3.2 孔隙结构及储层评价

根据本区储集层的孔隙结构参数、孔隙类型和连通情况, 将长 6 储层孔隙结构级别划分如下。

II B 级: 为本区最好的一种孔隙结构。孔隙度多为 10%—13%, 渗透率 $1—2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 排驱压力多数为 0.5—1 Mpa, 平均孔喉半径 0.3—0.5 μm , 有少量的溶蚀孔隙和原生孔隙, 微孔隙发育, 连通性较差。为中孔低渗型储层。

III A 级: 为本区分布最普遍的一种孔隙结构。孔隙度多为 5%—10%, 渗透率多数为 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 排驱压力为 1.2—4 Mpa, 平均孔喉半径多数为 0.05—0.2 μm , 以微孔隙为主, 偶见粒间孔隙, 连通性差, 为低孔特低渗型储层。

III B 级: 为本区最差的一种孔隙结构。孔隙度小于 8%, 渗透率小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 多数小于 $0.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。排驱压力极大, 一般在 4 Mpa 以上, 约一半大于 7 Mpa, 平均孔喉半径 $< 0.05 \mu\text{m}$, 基本无孔隙或少量微孔隙。为非渗透型储层。

含油长石砂岩的孔隙结构级别多数为 II B 级。

根据上述标准, 对长 6¹—长 6⁵ 各段储层作出评价, 其结果是, III A—II B 级孔隙结构在子长、子北地区长 6 各个层段均较发育。因此, 子长、子北地区是研究区内长 6 较好储层的最佳地区。长 6² 和长 6⁴ 为 III A—II B 级孔隙结构分布最广泛的层段, 以子长、子北地区和延长地区为最好。

3.3 埋藏史、成岩史与孔隙演化史

盆地的成岩史和孔隙演化史密切相关, 而盆地的演化史则控制了成岩史和孔隙演化史^①。陕甘宁盆地在晚三叠世早期是一个大湖盆, 深湖区主要分布在北自马家滩—定边, 南至正宁—直罗, 东起延安, 西止环县, 面积约 40000 km² 的范围内, 是最有利生油区。子长、延安以东地区为浅湖和三角洲相沉积, 生油层变薄。盆地沉降中心位于子长、吴旗、富县一带, 亦为三角洲前缘及浅湖相沉积。三角洲前缘的砂体进入早期成岩阶段后, 碎屑粘土通过渗流带下渗, 附着在颗粒表面形成粘土包壳, 其主要成分是蒙脱石。与此同时, 火山物质的水化形成

① R. 赫斯, V. 施密特, 沉积成岩作用讲稿汇编, 1986 年于成都地矿所讲学讲稿, 1985

浊沸石和钠长石的沉淀,当孔隙水逐渐变为碱性, P_{CO_2} 降低,则利于方解石沉淀,所有这些成岩作用使原生孔隙遭到较大损失。该时期在大气水淋滤作用下可产生一些溶蚀孔隙,但不易保存下来。晚三叠世中期,地壳缓慢上升,河流沉积逐渐占主导地位。三叠纪末期,印支运动的发生使盆地整体抬升,湖盆消亡,并造成盆地东高西低的构造形态,地层遭受剥蚀,发生短期沉积间断,缺失下侏罗统富县组底部地层。然而这次抬升未对孔隙演化产生太大的影响,因为当时长6以上地层沉积仅2000余米,有机质尚未进入成熟期(图2),因此不会产生深溶的次生孔隙。此时期最主要的成岩作用是粘土环边中绿泥石薄膜的形成,蒙脱石不断向伊蒙混层和绿蒙混层矿物转化,石英的自生加大开始出现,方解石、浊沸石仍然在适宜的条件下析出。地表大气水淋滤虽然产生了一些次生孔隙,但易被后来的成岩作用所破坏。此时期原生孔隙的丧失主要是胶结作用和机械压实作用。

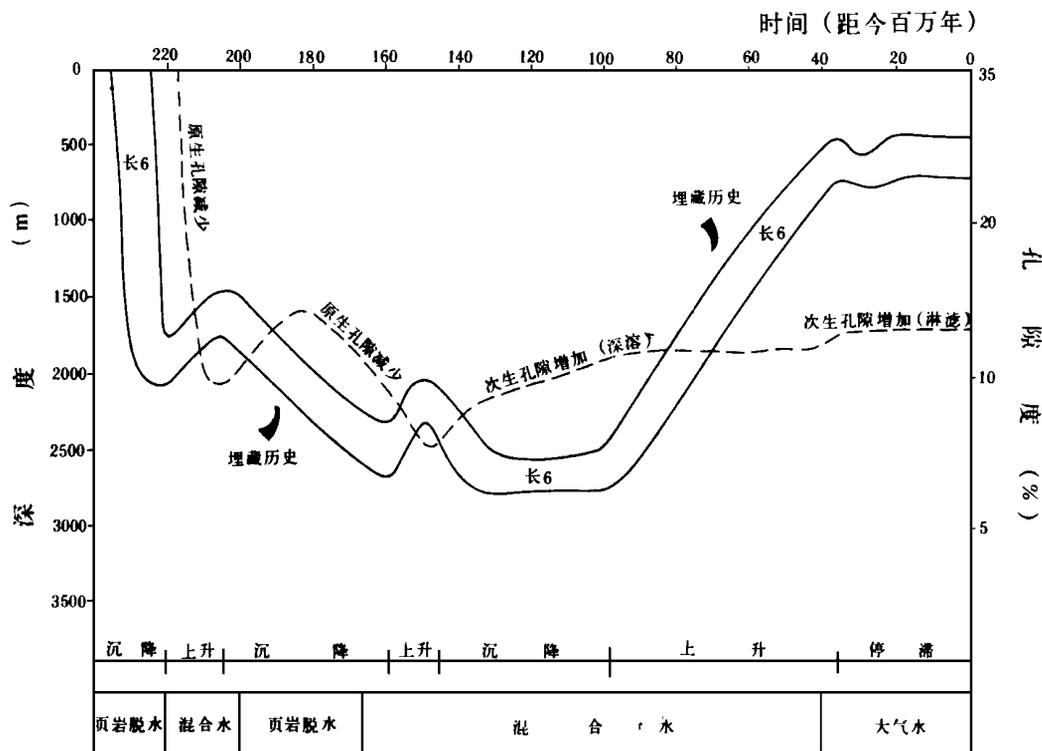


图2 长6油层组储层孔隙演化与盆地埋藏史的关系

Fig. 2 Relationship between pore evolution of reservoirs in the Chang 6 oil-bearing beds and burial history of the basin

经过短暂的剥蚀和沉积间断后,地层又开始缓慢沉降,开始了早侏罗世的湖泊沉积过程。中侏罗统沉积后,早期燕山运动使地层又一次抬升,这次抬升继承了盆地东高西低、东倾西陡的西倾单斜特征。至此,陕北斜坡雏形已经出现,但此时上三叠统仍未进入生油门限。

盆地在经过晚侏罗世的沉积间断后继而转入沉降,接受早白垩世沉积。早白垩世地层沉积后,长6油层组埋深约为3120 m,相应古温度约84℃。由于埋深加大,埋藏时间较长,生油岩渐趋成熟,开始成烃排烃过程。尔后,该区受强烈的中期燕山运动的影响,致使地层被强

烈抬升,进入了漫长的风化剥蚀时期,至此,陕北斜坡定形。燕山运动对本区油气储集和运移的影响是较大的,在早—中期燕山运动期间,地温梯度增加到 $3.0-3.1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ^①,有机质进入生油门限并达生油高峰,进入中成岩成熟阶段。此时一方面是自生石英、钠长石、浊沸石、铁方解石、铁白云石、伊利石、石盐等自生矿物的大量析出;一方面是长石、浊沸石的强烈溶解以及方解石、石盐的弱溶。由于缓慢而持续的上升运动改变了盆地深部压实水不易向上流动的状况,从而使压实水与大气水相混合,促进了次生孔隙的形成。到第三纪结束时,长6油层组在盆地东部已近地表,从而进入表生成岩阶段。

总之,陕甘宁盆地上三叠统长6油层组经历了晚三叠世的下降→晚三叠世末的上升→早、中侏罗世的下降→中侏罗世末的上升→早白垩世的下降→早白垩世末的上升等多次地壳升降(图2)。在这170百万年的演化过程中,孔隙的变化则经历了原生孔隙丧失→次生孔隙出现→原生孔隙和次生孔隙丧失→次生孔隙出现的反复过程。如果将原始孔隙度按3%计^⑥,那么经浊沸石、方解石、绿泥石等胶结物充填后变为24.24%,再经机械压实和化学压实后变为6.74%,对于大多数富柔性组分的砂岩来说,原始孔隙残留量仅为1.62%(面孔率)。进入成熟阶段后,溶解作用产生次生孔隙,连同后来在表生成岩阶段产生的淋滤孔隙,使总孔隙度回升到12.96%,面孔率最高为8.8%。

在整个盆地演化过程中形成的孔隙中,对油的储集有意义的共有三种,一是在早成岩—中成岩半成熟期经压实和胶结后残余下来的原生粒间孔隙,一是在燕山运动期间中成岩成熟阶段由于深溶作用产生的溶蚀孔隙;再就是在机械压实过程中形成的微裂缝。至于表生成岩条件下形成的淋滤孔,由于形成较晚,对油的早期储集意义不大。

4 有利储集相带的讨论

成岩作用研究结果表明,研究区北部长6油层组的成岩强度高于南部,这主要是因为两地的地层深度差了400m左右。换言之,青化砭—延长地区的长6层段的有机质成熟度与子长、子北地区的长3或长2层段相当。即在子长—子北地区不仅要考虑长6层段的油,而且要重视长4—5层段以上的油。特别是长2和长3层段,含有较多的原生剩余粒间孔,一旦有油源供应,就可以成为好的储层。另一方面,青化砭—延长地区有机质演化程度较低,位于更深层位的长8—长9层段正值生油高峰期,此段砂岩紧邻生油层,同时富含浊沸石,因此具有生成次生孔隙的条件,有望成为好的储层。

本区有利储集相带预测的另一个关键是含浊沸石砂体的分布。前已述及,有利储油砂体具备富浊沸石、长石、贫石英、云母和凝灰质的特点,因此富浊沸石的长石砂岩便是主要目的层段。本区浊沸石的出现明显受控于层位,主要见于长6层段及其以下的上三叠统,全区分布普遍^⑨。但是,正如前面已提及的,不同地区的成岩强度不同,有机质的分布及丰度也不尽相同,因此,含浊沸石砂岩的溶蚀情况也有较大差异,从此观点考虑,我们将研究区内有利于浊沸石溶蚀的地段作为最有利储集砂体分布区(图3)。

① 柳益群等. 陕甘宁盆地东部上三叠统长6油层组储集层研究. 研究报告, 1994.

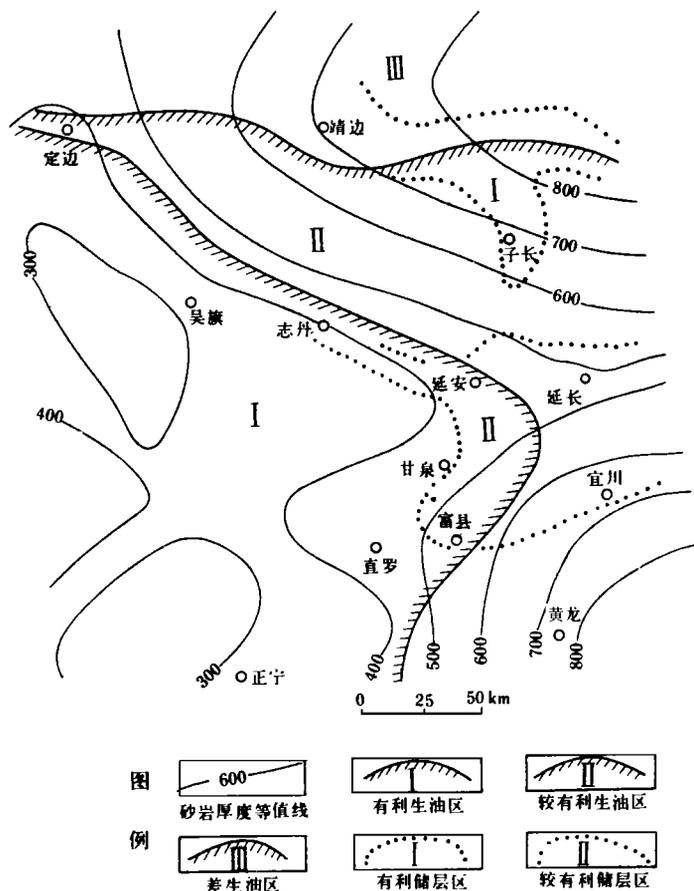


图 3 研究区上三叠统有利储层(含浊沸石砂岩)分布区

Fig. 3 Distribution area of fairly good reservoirs in the Upper Triassic (Sandstones containing laumontite)

参 考 文 献

- [1] 朱国华. 陕甘宁盆地西南部上三叠系延长统低渗透砂体和次生孔隙砂体的形成. 沉积学报, 1985, 3(2): 1-17.
- [2] A 帕克, B W 塞尔伍德. 沉积物的成岩作用. 贾振远等译, 中国地质大学出版社, 1989.
- [3] Liu Yiqun, et al. Formation Conditions of the Upper Triassic laumontite in the Ordos basin, "Very low grade metamorphism mechanisms and geological applications" Seismological Press (Beijing), 50-63.
- [4] 梅志超. 鄂尔多斯盆地三叠系长石砂岩中的自生浊沸石. 西北大学地质系建系 45 周年学术论文集. 西安: 陕西科学技术出版社, 1984, 95-101.
- [5] 西北大学地质系译. 碎屑岩成岩作用. 西北大学出版社, 1986
- [6] 刘宝玉, 张锦泉. 沉积成岩作用. 科学出版社, 1992
- [7] B Donald MacGowan 等, 杨志平译. 羧酸阴离子对油层骨架矿物颗粒稳定性的影响. 油气田勘探开发情报, 1991, (1): 1-10.
- [8] R K Stoessell, E D Pittman, 孙洪斌译. 次生孔隙再探: 羧酸及阴离子对长石溶解的化学原理. 石油科技情报, 1992 (1): 9-21.
- [9] 吴崇筠, 薛叔浩. 中国含油气盆地沉积学. 石油工业出版社, 1992

Diagenetic Characteristics and Porosity Evolution of the Oil- Bearing Arkoses in the Upper Triassic in the Eastern Shaan- Gan- Ning Basin

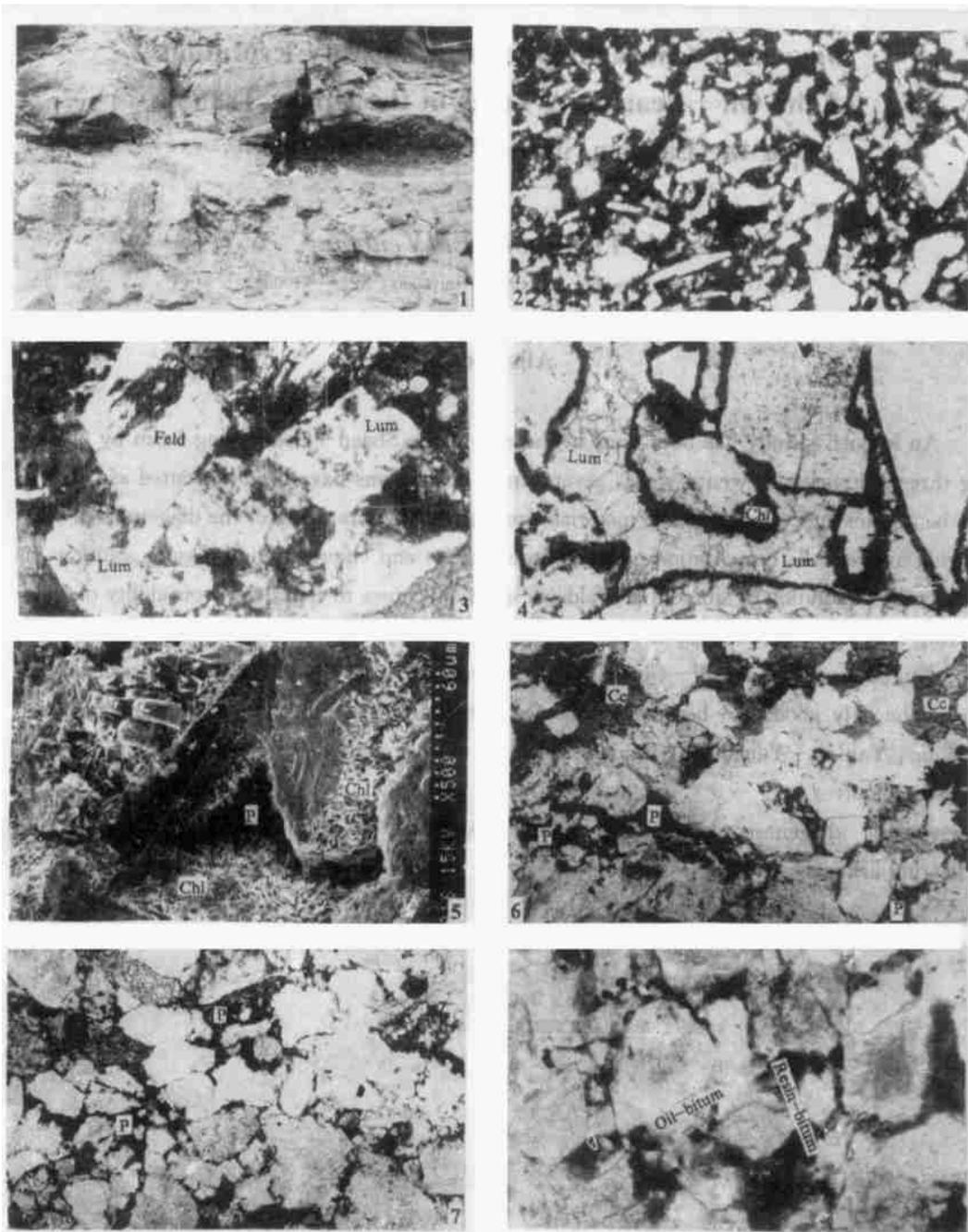
Liu Yiqun and Li Wenhou

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069)

Abstract

An intensive study has been done in the east of the Shaan- Gan- Ning basin by observing three sections and twenty wells, several main conclusions have been presented as follows: the bentonites and volcanic clastic materials are essential factors to effect the diagenesis of oil- bearing arkose; the cementation of laumontite, calcite and chlorite, the pressure solution, as well as the dissolution of laumontite, feldspar are main causes to effect reservoir ability of oil - bearing arkoses; the evolution of porosity has a relationship with the diagenetic history and the evolution of basin; Chang 6²- Chang 6⁴ oil- bearing beds are the best type of porosity structure; The fairly good oil- bearing sandbodies distribute in the area of Zichang and northern Zichang, Yan'an - Yanchang - Fuxian - Yichuan as well as those regions in which laumontite is easily dissolved.

Key words diagenesis porosity evolution Chang6 oil- bearing beds Upper Triassic oil - bearing arkose.



图版说明: 1. 延河剖面上三叠统中层位稳定的斑脱岩层。2. 采自延河剖面长6油层组中的凝灰质粉砂岩。单偏光 160X。3. 浊沸石呈斜长石假象(斜长石浊沸石化)。样品采自青化砭油田河121井长6⁴层段467.00m。正交偏光 160X。4. 浊沸石充填绿泥石薄膜残余孔。样品采自子长油田子84井长6⁴油层组。单偏光 160X。5. 绿泥石薄膜膜剩余粒间孔。样品采自青化砭油田河121井长6⁴层段467.00m。单偏光 160X。6. 浊沸石和长石溶解而方解石不溶。样品采自子长油田注水1井长6⁴层段758.94m。单偏光 63X。7. 浊沸石溶解扩大了孔隙喉道。样品采自子长油田注水1井长6⁴层段761.65m。单偏光 63X。8. 油质沥青(绿黄色)和胶质沥青(黑色)分布于颗粒间。样品采自延长油田延26井长6⁴层段475.40m。X荧光。