

浙江寿昌盆地火山砂岩的成岩作用 和原生孔隙的破坏、次生孔隙的形成

徐北煤

(浙江省石油地质研究所, 杭州)

摘要 因寿昌盆地横山组, 寿昌组的沉积特征、矿物成分和结构的差别, 导致其成岩作用具有明显的分带性(横山组为浊沸石带、寿昌组为钠长石带)。早期成岩作用以压实、压溶以及水化作用为主, 晚期成岩作用的脱水反应、溶蚀(解)作用产生次生孔隙, 使之可能成为油气储集层。

关键词 原生孔隙 火山砂岩 水化作用 脱水反应 压实、压溶作用 溶蚀(解)作用

作者简介 徐北煤 男 41岁 工程师 沉积学

一、寿昌盆地的沉积特征

寿昌盆地位于浙江建德县(图1)。发育于上侏罗统黄尖组(J_{3h})火山碎屑岩之上。盆地形成后又受到火山岩的覆盖, 属火山间歇的弧后陆前盆地。

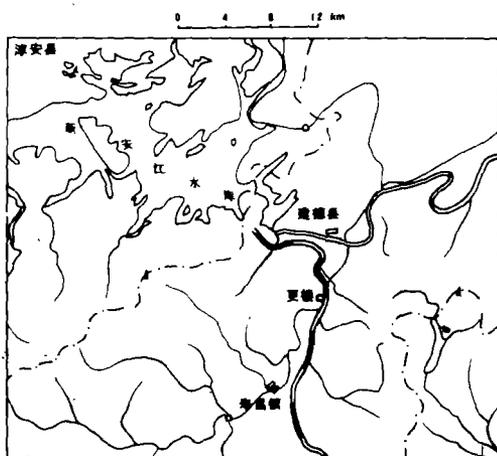


图1 寿昌盆地位置图

Fig.1 The location map of Shouchang Basin

盆地中沉积了一套河流相的下白垩统横山组(K_{1h})和浅湖—深湖相的上侏罗统寿昌组

(J_{3s}) 地层。

盆地中的横山组、寿昌组均是火山碎屑沉积岩堆积。其中寿昌组上段具有较好的灰黑、深灰色生油气的泥岩、灰质泥岩，下段为差的深灰、灰黑色生油气泥岩、灰质泥岩。横山组、寿昌组的砂岩属火山碎屑经搬运后再沉积的。特征为：

1. 矿物成熟度低 石英含量少于正常砂岩的石英平均含量 ($65 \pm \%$)。横山组属于长石质岩屑砂岩或混合砂岩，而寿昌组属于岩屑质长石砂岩类 (表 1) (刘宝珺, 1979)。横山组砂岩中长石以斜长石为主，寿昌组砂岩则以钾长石为主。

2. 结构成熟度低 横山组砂岩杂基含量高，砂岩分选性差，为棱-次棱角状。寿昌组的砂岩杂基均已强烈的钠长石化，含量难于估计。其砂岩分选性略好，以为棱角-次园状为主 (表 1)。

表 1 横山组、寿昌组火山砂岩岩性和沉积特征

Table 1. The characteristic of volcanic sandstone and the deposition of Hengshan Group and Shouchang Group

地层	颜色	沉积相	碎屑矿物 (%)			杂基含量 (%)	结构特征			特征自生矿物	
			石英	长石	岩屑		粒度 最大 一般	分选性	园度		接触关系
横山组	紫红 红色	河流相	19.4	24.1	56.1	17	1.5 0.5-1	差	棱角 次棱角为主	线接触 为主	浊沸石交代 充填、少量 钠长石
寿昌组	黑色 暗黑色	浅湖~ 深湖相	28.9	51.6	19.5	均已钠 长石化	4.5 1-0.2	差 中 好	次棱 次园 为主	点、线接触 为主	大量钠长石 交代、充填

注：横山组 15 个样，寿昌组 20 个样，粒度单位：mm。

3. 成岩矿物分带性明显 除共有碳酸盐。绿泥石等成岩矿物外。横山组富含浊沸石，寿昌组富含钠长石 (表 1)。上下分带性极为明显。

二、横山组、寿昌组火山砂岩的成岩作用

近年来，火山岩的成岩作用越来越得到重视。在研究火山砂岩的成岩作用时，出现浊沸石、钠长石等矿物，要注意区别成岩作用与变质作用。Surdam (1979) 研究了火山沉积砂岩成岩作用的范畴。对照横山组、寿昌组的薄片观察始终未出现硬柱石，斜钙沸石等矿物，表明该盆地中两组砂岩的成岩作用温度 $T < 200^\circ\text{C} \pm$ 和压力 $P < 3\text{kb}$ 的范围之内。横山组、寿昌组的砂岩仍保留原沉积的砂状结构，未出现片理化现象。自生矿物均少于 25%。

以上均说明；横山组、寿昌组的火山砂岩不属低变质，属于成岩作用范畴。

Surdam (1979) 将火山砂岩的成岩作用划分为以水化作用为主要特征的早期成岩作用阶段和以脱水反应为主要特征的晚期成岩作用阶段。笔者通过对横山组、寿昌组的沉积成岩作用现象观察。应用 Surdam 火山砂岩的成岩作用阶段划分法，并对照 Schmidt (1979) 的

方法划分了成岩作用阶段。

1. 横山组、寿昌组的成岩作用现象

(1) 压实与压溶作用

由于横山组和寿昌组火山砂岩中缺少刚性的骨架石英, 加上长石、岩屑和云母水化后易碎、易变形。在早期成岩作用阶段压实作用比较明显。表现为刚性碎屑的破碎和塑性碎屑的变形(黑云母被挤压歪曲和长石、岩屑的破碎)。

压溶作用也很明显, 缝合线构造较为发育。在受力小的地方出现石英、长石的再生长现象。表明碎屑颗粒各处受力不均匀。压实、压溶作用导致原生孔隙的破坏。

在泥岩、凝灰岩中同样可见到缝合线构造。且横山组的压实、压溶现象比寿昌组更为强烈。

(2) 水化作用

火山碎屑砂岩最显著的成岩现象为水化作用。水化作用指不含水或含水较少的矿物(岩屑、长石、玻璃以及火山灰尘)与水接触反应转变为含水或含水较多的矿物(如粘土类、沸石等)的作用。由于横山组、寿昌组含有较多的玻璃、长石、岩屑以及火山灰尘等活性物质组分, 使得该组岩石在早期成岩阶段水化作用非常强烈。产生了较多的环边状绿泥石, 浊沸石等矿物。

水化作用的结果使 pH 值升高和矿化度增大。pH 值升高稳定了碱土金属碳酸盐, 而矿化度增加对形成沸石反应的动力条件有影响。水化作用导致矿物体积增大, 使孔隙的空间被占据, 原生孔隙减少。水化作用是一放热反应, 可使地温梯度增高, 促使有机、无机化学反应加快, 使成岩作用加剧。

(3) 碳酸盐作用

火山砂岩的水化作用结果使碎屑矿物中的 Mg^{++} 、 Fe^{++} 、 Ca^{++} 等离子析出并进入孔隙水中。这些离子与油田中酸性水的 CO_2 发生反应形成碳酸盐。碳酸盐交代长石、岩屑以及充填孔隙。

碳酸盐作用首先形成白云石, 然后为方解石、铁方解石。这一顺序与一般碳酸盐作用不同, 是由于火山砂岩有较多含镁铁和钙质矿物。它们由深部的稳定状态到地表为很不稳定。水化作用首先会使 Mg^{++} 、 Ca^{++} 很快析出, 然后为 Ca^{++} 、 Fe^{++} 析出。以上结果, 亦是火山砂岩的特殊的成岩作用所决定的。

(4) 脱水反应

脱水反应是成岩作用后期的反应。岩石中火山物质经过强烈的早期水化作用所生成的粘土、沸石类含水矿物, 随埋深、温度和压力的增加变得不稳定。这时这些矿物中的部分或全部的水就会失去。该过程就叫脱水反应。寿昌盆地中脱水反应主要表现为随埋深增加杂基减少, 浊沸石消失。在横山组中可见到的浊沸石在寿昌组中完全消失, 代之钠长石普遍存在。

早期水化作用的粘土、沸石胶结脱水后变为钠长石胶结。脱水作用往往伴随有体积的收缩, 并形成晶间次生孔隙和裂隙的发育, 同时还有物质的转移。寿昌组中钠长石晶间次生孔隙, 众多的裂隙和裂隙中各种矿物的充填均为脱水作用的证据。

(5) 溶蚀(解)作用

寿昌组和横山组的溶蚀作用并不强烈, 但很普遍。水化作用导致孔隙流体 pH 值升高。pH 值升高使孔隙流由中性变为弱碱性时, 矿物中的离子难于溶出, 因而流体中的离子进入

或交代矿物形成粘土类矿物。当 pH 值上升为强碱性时，显著地溶出硅酸，残余铝、铁等氧化物和氢氧化物。横山组 pH 值为弱碱性环境，长石表面形成粘土矿物。在镜下石英、长石的港湾状的溶化解。这种溶蚀（解）一般只可产生少量的次生孔隙。

另一种属于酸性介质的溶解。这种溶解具选择性。在某些层段较为发育，形成次生孔隙。如寿昌组上段底部（828.44~828.55m，寿2井）和横山组中（263.0m，寿2井）浊沸石胶结物的溶解均属这种情况。为油田酸性水遇到长石和浊沸石以及碳酸盐起反应。须滕俊男（1974）认为，碱金属在酸中最容易被溶脱，其次是镁，最后溶出铝。

(6) 粘土矿物的成岩变化

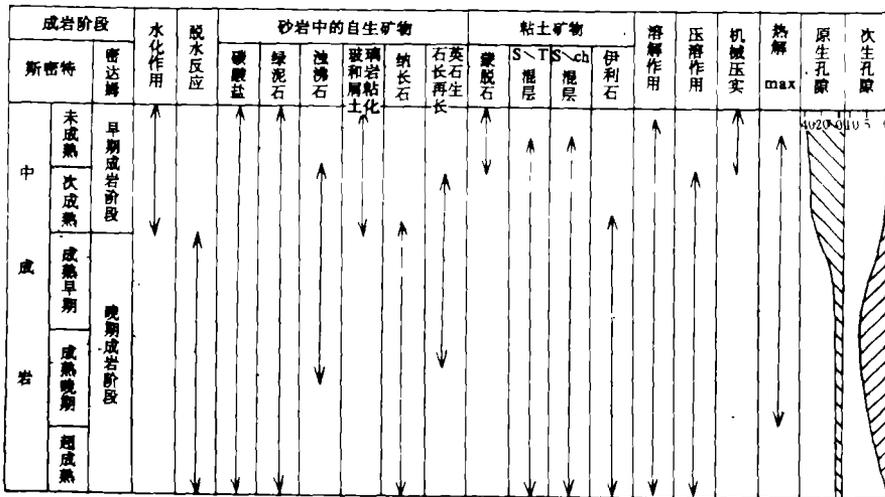
横山组成岩作用为成熟早期阶段，其粘土矿物为蒙伊混层和蒙绿混层。而寿昌组成岩作用已到达成熟晚期末，所以除蒙伊混层和蒙绿混层外还有一定数量的伊利石和绿泥石出现。由于横山组碎屑物主要为石英、岩屑、斜长石和黑云母等，成岩作用过程中势必析出镁、铁和钙等离子和少量的钾离子。所以形成的混层粘土矿物势必以蒙绿混层为主，蒙伊混层为次。而寿昌组中的碎屑矿物以石英、岩屑和钾长石为主，势必大量析出钾离子。所以在成岩过程中以蒙伊混层为主，蒙绿混层为次和伊利石为主，绿泥石为次。

2.成岩作用阶段的划分

根据 Surdam (1979) 和 Schmidt (1979) 成岩作用划分方法，结合本盆地实际情况，将寿昌盆地横山组、寿昌组的成岩作用划分成早期成岩作用阶段和晚期成岩作用阶段（表2）。

表2 寿昌盆地成岩作用序列表

Table.2 The diagenetic sequence of Shouchang Basin



三、原生孔隙的破坏和次生孔隙的形成

1.原生孔隙的破坏

横山组和寿昌组属贫石英岩，抗压实作用弱，原生孔隙遭到破坏。再加上压溶作用使受

力弱处石英沉淀即再生长占据一些空间,使原生孔隙遭到较严重破坏。据统计横山组经压实、压溶后原生孔隙由原来的 35% 减少到 7.85%,孔隙减少 77.57%。寿昌组由 35% 减少到 13.22%,孔隙减少 62.23%。由此可见压实、压溶对原生孔隙起着极其重要的破坏作用。

水化作用同样也影响孔隙度和渗透率。不需其他物质只增加水就可使孔隙度为 20% 的火山砂封闭起来。玻璃、火山岩屑和斜长石等颗粒的水化反应对火山碎屑砂岩的孔隙度和渗透率的影响是很明显的。结果是使原来体积小密度大的矿物转化为体积大、密度小的矿物,以斜长石为例,在水化前后体积之比为 1:1.53 (Surdam, 1979)。所以水化作用后可将几乎所有的孔隙空间都占据,是导致孔隙破坏和渗透率降低的另一个重要原因。^①

碳酸盐充填孔隙之中也导致原生孔隙的破坏。经镜下染色观察和阴极发光的观察;碳酸盐充填有白云石、方解石和含铁方解石。

2. 次生孔隙的形成

晚期成岩作用阶段的脱水作用导致次生孔隙的形成。由于脱水作用伴随体积的收缩。例如浊沸石和水化粘土转变为钠长石后,体积收缩形成次生晶间孔隙。在寿昌组中这种现象极为明显。这种晶间孔隙中有时被方解石、沥青和其他矿物所充填。

溶蚀(解)作用也能形成次生孔隙。早期成岩作用的水化作用,导致盆地属于碱性孔隙流控制。碱性能使硅酸溶解,这种溶解一般先在颗粒边缘,石英的溶蚀(解)就是一个很好的例子。当油田酸性水经过砂岩时,使经过的路途局部部位产生溶解作用。例如,长石、浊沸石的溶解。这种溶解极易产生次生孔隙。

晚期成岩作用的脱水作用伴随体积的收缩产生较多裂隙和物质转移。体积收缩和裂隙能为流体提供流动的通道,物质转移又能加速溶解作用。

结 语

1. 横山组、寿昌组属火山砂岩沉积。均属于贫石英岩类。横山组为富岩屑的斜长石岩屑砂岩或混合砂岩。而寿昌组则是以钾长石为特征的岩屑长石砂岩。

2. 横山组和寿昌组分别以浊沸石和钠长石成岩矿物为特征。结合 P-T 关系图观察岩石结构、构造和矿物成分仍属于砂岩,所以为成岩作用阶段。

3. 横山组、寿昌组原生孔隙经强烈成岩作用压实、压溶作用、水化作用被破坏碳酸盐充填作用为次要的破坏原因。次生孔隙形成于晚期成岩作用的脱水作用、溶蚀(解)作用阶段。次生孔隙的形成可构成良好的油气储层空间。

研究工作中得到我所朱国华高级工程师的帮助,在此表示感谢

收稿日期: 1988 年 11 月 17 日

^①张璞璐, 1984, 克拉玛依上二迭统粗碎屑储集体中自生沸石的析出与孔隙演化—国际交流地质学术论文集(为二十七届国际地质大会撰写) p.80-100.

参 考 文 献

- (1) 刘宝珺, 1979, 沉积岩石学, 地质出版社。
- (2) 陈丽华等, 1985, 扫描电镜在地质上的应用, 科学出版社。
- (3) 须藤俊男, 1974, 粘土矿物学, 严寿鹤等译, (1981), 地质出版社。
- (4) Surdam R. C. and Boles J. R., 1979, Diagenesis of volcanic sandstone. (ASPECTES OF DIAGENESIS) SEPM Spcial publication, p.227-242.
- (5) Schmidt V. and McDonald D. A., 1979, Secondary reservoir porosity in the cores of sandstone diagenesis. A.A.P.G. Continuiuny education course note series.No.12.

Diagenesis of Volcanic Sandstone in Shoushan Basin Especially for the Damaging of Primary Pores and the Forming of Secondary Pores

Xu Beimei

(Zhejing Institute of Petroleum and Geology, Hanzhou)

Abstract

Shouchang Basin is an accumulation basin of volcanic sandstone, which located in Shouchang, Zhejiang province. substrata of which is Henshan group of fluvial sediments (Lower Cretaceous) and the upper is Shouchang group of lacustrine deposit (Upper Jurassic), both of them are sandstones of low quartz contents, the former is characterized by plagioclase and lithoclast, and the later is mainly orthoclase and lithoclast. It is the different compositions which led to the different diagenesis of the two groups. Undertaken high temperature and pressure (i.e. above 200°C and less than 3 kb.), Henshan group undergone early diagenesis with the feature of laumontite formed by hydration; but Shouchang group undergoe late diagenesis characterized by albite formed by dehydration. Diagenetic zonation is obviously in the basin.

Diagenetic processes are based on the different mineral compositions and characters of the two groups. In the early diagenetic stage, because of the lack of quartz, primary pores are mainly damaged by compaction, pressure solution, hydration and the regrowth of quartz and feldspar, filling of carbonate can also destroy the primary pores. But the secondary pores can be formed by dehydration and dissolution during late diagenetic stage which made the strata be a potential reservoir of oil and gas.