

川东北地区飞仙关组储层中的埋藏溶蚀作用^{*}

曾 伟¹ 黄先平² 杨 雨² 王兴志¹
(1.西南石油大学 2.中国石油西南油气田公司)

曾伟等.川东北地区飞仙关组储层中的埋藏溶蚀作用.天然气工业,2006,26(11):4-6.

摘 要 根据沉积特征、孔隙类型及孔隙充填物的地球化学特征认识到川东北地区飞仙关组储层中有 2 期埋藏溶蚀作用:第一期埋藏溶蚀作用与上二叠统海槽相烃源岩成熟产生的有机酸有关;第二期埋藏溶蚀作用与热化学硫酸盐还原反应产生的 H₂S 有关。两期埋藏溶蚀作用主要发生在台地边缘鲕粒滩相中,台地内泻湖及点滩相中溶蚀作用则相对较弱。分析认为:台地边缘成为天然气勘探的有利地区,台地内为欠有利地区。

主题词 四川盆地 东北 早三叠世 储集层 溶蚀作用 埋藏作用 勘探评价

川东北地区位于四川、重庆交界的四川盆地东北部,研究区位于开江—云阳以北,万源—城口以南,开江—万源以东,云阳—城口以西的地区(图 1)。飞仙关早期,川东北地区为一个四周由深水海槽围绕的孤立碳酸盐台地,台地西侧为开江—梁平海槽,北侧是南秦岭洋(位于研究区以外),东侧为城口—鄂西海槽,南侧为开江—梁平海槽与城口—鄂西海槽的连通区(图 1)。海槽中沉积厚度大,主要为深灰

岩、膏质泥晶云岩、泥晶云岩及膏质砂屑云岩。沿开江—梁平海槽东侧的台地边缘鲕粒滩已发现罗家寨、渡口河和铁山坡等大、中型气田,台地内泻湖除金珠坪构造有低产气井外,其它构造天然气勘探效果不理想。

一、第一期埋藏溶蚀作用

烃源岩成熟所产生的有机酸或酸性水是埋藏溶蚀作用的重要因素,已为国内外广大石油地质工作者所公认。川东北地区飞仙关组第一期埋藏溶蚀作用就与开江—梁平海槽相中上二叠统烃源岩成油期产生的有机酸有关,时间大致在三叠纪末—中侏罗世末,埋深 2000~4500 m,主要在生油窗范围内(图 2)。溶蚀孔洞中充填有少量粗晶方解石,其包裹体



图 1 川东北地区飞仙关早期沉积相图

色泥晶灰岩、泥质泥晶灰岩及少量泥页岩和钙质泥岩;沿孤立台地边界发育近连续分布的台地边缘鲕粒滩沉积,岩性为鲕粒云岩夹鲕粒灰岩及少量泥晶灰岩,不含膏岩及其它蒸发岩,鲕粒云岩孔隙发育,是川东北地区飞仙关组良好的储集岩;台地内为蒸发泻湖,并发育点滩,沉积物主要为厚层(云质)膏

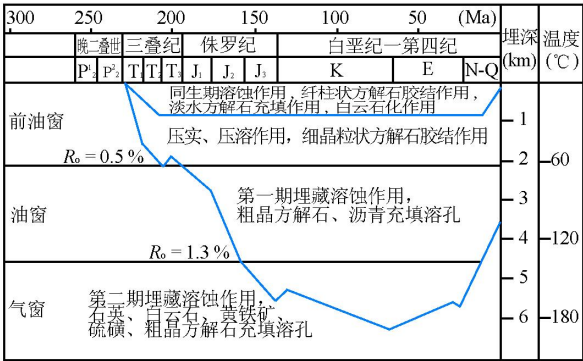


图 2 飞仙关组埋藏史与成岩演化序列图

^{*} 本文为“九五”国家重点科技攻关项目“四川盆地东北部长兴组—飞仙关组气藏成藏条件研究及勘探目标评价”的一部分,项目编号 99-110-02-01,并受到西南石油大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室资助。

作者简介: 曾伟,1963 年生,博士,副教授;主要从事油气地质研究。地址:(610500)四川省成都市新都区西南石油大学。电话:(028)83033069。E-mail:zengyunxian@petrochina.com.cn

均一温度 86~122 ℃。该期溶蚀作用较强烈,形成大量的粒间溶孔和白云石晶间溶孔,据铸体薄片观察统计,该期溶蚀作用形成的孔隙度大约为 6%。溶孔中普遍见沥青充填物,表明它们形成于沥青侵位之前,是液烃的主要储渗空间。

根据烃源岩热演化史、构造发育情况及溶蚀孔隙分布状况总结第一期埋藏溶蚀作用模式如图 3 所示。川东北地区长兴期、飞仙关期碳酸盐台地西南侧为开江—梁平海槽,海槽与台地之间发育有同生断层。飞仙关组气藏烃源岩主要为海槽相中的上二叠统暗色泥晶灰岩、灰质泥页岩及硅质泥页岩,次为飞仙关组下部的暗色泥晶灰岩、泥质泥晶灰岩及薄层泥页岩。在海槽相烃源岩热演化过程中形成的有机酸性水首先在侧向上运移至同生断层中,再沿同生断层向上运移至飞仙关组鲕滩储层中,在鲕滩储层中则是由台地边缘向台地内部作侧向运移。因此,从台地边缘向台地内部溶蚀作用逐渐减弱,台地边缘的渡口河构造、罗家寨构造及坡 1、2 井储层物性远较台地内部的紫 1 井、鹰 1 井、朱家 1 井、坡 3 井及金珠 1 井储层物性好。

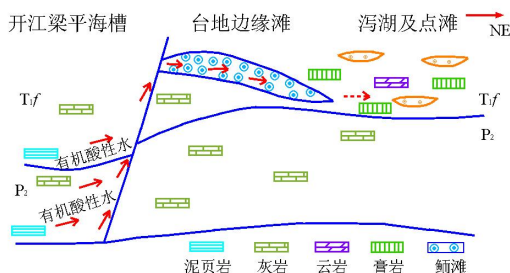
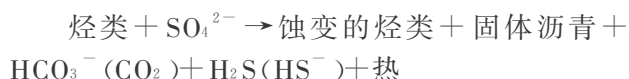


图 3 第一期埋藏溶蚀作用模式图

二、第二期埋藏溶蚀作用

第二期埋藏溶蚀作用与热化学硫酸盐还原作用有关,它产生的 H_2S 是碳酸盐岩溶蚀作用的一种重要营力^[1]。热化学硫酸盐还原作用是在深埋高温环境下进行的,温度一般大于 120 ℃,即有机质的降解阶段是 H_2S 生成的高峰时期^[2-5]。烃类作为参加反应的还原剂被降解、破坏,在高温条件下,如果有足够硫酸盐的存在,烃类可能完全被破坏而最终形成 H_2S 气藏^[5]。烃类还原硫酸盐的总的反应过程可概括为^[2]:



在这个反应过程中,产生的反应物除 H_2S 、沥青外,还有方解石、白云石、黄铁矿、元素硫等。

川东北地区飞仙关组是富含膏岩的地层,地层水中含大量 SO_4^{2-} 离子,在深埋、高温阶段,烃类与 SO_4^{2-} 反应,生成大量的 H_2S 。飞仙关组气藏中 H_2S 含量高达 10% 以上,表明飞仙关组地层中确实发生过强烈的热化学硫酸盐还原反应。另外,储层孔隙中普遍含 0.5%~1% 的黄铁矿充填物,少数井段(如坡 1 井)含量可达 5%,金属硫化物的出现常与 H_2S 的溶蚀作用有关^[6]。第二期埋藏溶蚀作用时间大致在中侏罗世以后,地层埋深在 4500 m 以上,即主要在生气窗范围内(图 2),溶蚀孔隙中常充填有石英、白色白云石、硫磺和粗晶方解石,它们含有大量气烃包裹体,沥青包裹体及气液两相包裹体,包裹体均一温度一般在 140~180 ℃。第二期埋藏溶蚀作用以形成铸模孔和粒内溶孔为主,孔隙中无沥青充填,表明它们形成于沥青侵位之后,它也可以改造第一期埋藏溶蚀作用形成的粒间溶孔和白云石晶间溶孔,这些孔隙中充填有沥青,但沥青并不是分布在孔隙边部,而是呈圆环形分布于孔隙中央,沥青圆环以内的孔隙是第一期埋藏溶蚀作用形成,沥青圆环以外的孔隙是第二期埋藏溶蚀作用形成。通过大量铸体薄片观察统计,第二期埋藏溶蚀作用形成的孔隙度大约为 8%,略高于第一期埋藏溶蚀作用。

对碳酸盐饱和的两种浓度 H_2S 地层水混合形成新浓度 H_2S 地层水对碳酸盐是不饱和的,因而这种新地层水对方解石或白云石具有较强的溶蚀作用^[6]。根据该原理,总结第二期埋藏溶蚀作用模式如图 4 所示。川东北地区飞仙关组由海槽相、台地边缘鲕滩相及台地内泻湖及点滩相组成,台地内泻

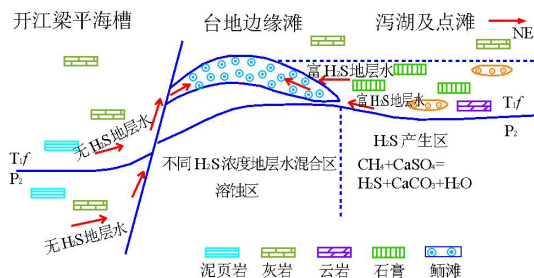


图 4 第二期埋藏溶蚀作用模式图

湖相为富含膏岩的地层,由于热化学硫酸盐还原反应而产生大量的 H_2S ,富含 H_2S 的地层水向台地边缘沉积或构造高部位鲕滩(构造—岩性)圈闭中运移。海槽相主要由泥晶灰岩和泥页岩组成,不含石膏,因此地层水中不含 H_2S ,这种不含 H_2S 的地层水沿同生断层运移至台地边缘鲕滩中。这样在台地边缘鲕滩中就有两种不同浓度 H_2S 的地层水混合,

从而产生强烈溶蚀作用。至于台地内泻湖及点滩,基本处于同一种 H_2S 浓度地层水中,因而与 H_2S 有关的溶蚀作用不强烈。

三、结 论

(1)川东北地区飞仙关组储层中有两期埋藏溶蚀作用,它们主要发生在台地边缘鲕粒滩中,使台地边缘鲕粒滩储层溶蚀孔隙发育,储层物性好,台地内泻湖和点滩两期埋藏溶蚀作用都较弱,储层物性较差。

(2)天然气勘探的有利地区为开江—梁平海槽东侧及开江—梁平海槽与城口—鄂西海槽连通区北侧的台地边缘鲕粒滩分布区,城口—鄂西海槽西侧的台地边缘鲕粒滩分布区已出露地表而失去勘探意义,台地内泻湖及点滩为天然气勘探的欠有利区。

参 考 文 献

- [1] MAZZULLO S J, HARRIS P M. Mesogenetic dissolution: Its role in porosity development in carbonate reservoir[J]. AAPG Bull, 1992, 76(5): 607-620.
- [2] MACHEL G H, KROUSE H R, SASSEN R. Products and distinguishing criteria of bacterial and thermo-chemical sulfate reduction[J]. Applied Geochemistry, 1995, 10(2): 373-389.
- [3] MACHEL G H. Souring by thermo-chemical sulfate reduction at 140 °C: Discussion[J]. AAPG Bull, 1998, 82(10): 1870-1873.
- [4] HEYDARI E, MOORE C H, SASSEN R. Late burial diagenesis driven by thermal degradation of hydrocarbons and thermochemical sulfate reduction: Upper Smackover carbonates, southeast Mississippi salt basin[J]. AAPG Bull, 1988, 72(1): 197-205.
- [5] HEYDARI E. The role of burial diagenesis in hydrocarbon destruction and H_2S accumulation, Upper Jurassic Smackover Formation, Black creekfield, Mississippi[J]. AAPG Bull, 1997, 81(1): 26-45.
- [6] HILL C A. H_2S -Related porosity and sulfuric acid oil-field karst[J]. AAPG Memoir, 1995, 63: 301-305.

(收稿日期 2006-07-11 编辑 黄君权)