

四川盆地泸州西部须家河组天然气成藏期次

杨玉祥¹ 李延钧² 张文济² 李其荣³ 隆 辉³

1. 中国石油大学(北京) 2. 西南石油大学 3. 中国石油西南油气田公司蜀南气矿

杨玉祥等. 四川盆地泸州西部须家河组天然气成藏期次. 天然气工业, 2010, 30(1): 19-22.

摘 要 为进一步明确四川盆地泸州西部地区上三叠统须家河组勘探目标, 对该区须家河组天然气成藏期次进行了研究, 以确认天然气成藏过程和成藏主控因素。通过对储层显微荧光薄片观察和流体包裹体特征与均一温度分析, 同时结合地温史和生烃史, 综合确定并认为泸州西部地区须家河组天然气具有3期成藏的特点: ①初次成藏期发生在中晚侏罗世, 主要形成低演化的煤系气; ②主要成藏期发生在燕山运动晚幕的白垩纪晚期和末期, 是须家河组煤系烃源岩大量生排烃期, 也是最高演化程度的时期; ③第三阶段为深层来源气的主要成藏期和各类天然气调整期, 主要发生在喜山运动阶段。

关键词 四川盆地 泸州西部 晚三叠世 成藏期次 流体包裹体 煤系气 显微荧光 均一温度

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2010.01.006

四川盆地泸州西部区块位于四川盆地南部(川南)低陡构造区, 印支期泸州古隆起核部附近, 地处四川省泸州市、泸县、江安县、南溪县及长宁县境内, 包括牟家坪、桐梓园、南井、荔枝滩等构造, 长江横穿该区, 面积约1 000 km² (图1)。泸州西部区块上三叠统须家河组具有较好的保存条件, 区内须家河组具有较稳定的泥页岩, 总厚80~220 m, 既可作为烃源岩, 又可作为气藏的直接盖层。研究区在以往的勘探过程中, 钻遇须家河组时油气显示频繁, 下伏下三叠统嘉陵江组和下二叠统已有开采多年的工业气藏, 展示了该地区丰富的油气资源, 具有多套储产层的良好勘探前景。该区位于华蓥山断裂带上盘, 烃源断层发育, 具备下伏深层烃源补充的优越条件, 为须家河组油气提供了丰富的物质基础。研究区须家河组勘探程度低, 是烃源和保存条件好、具备多套储产层的勘探潜力区域, 特别是近年来对须家河组专层井钻探已初见成效。因此, 对研究区须家河组天然气成藏期次的研究可以为天然气成藏过程和成藏主控因素的确认奠定基础, 从而明确有利勘探目标, 对增加新的天然气储量具有重要的现实意义。

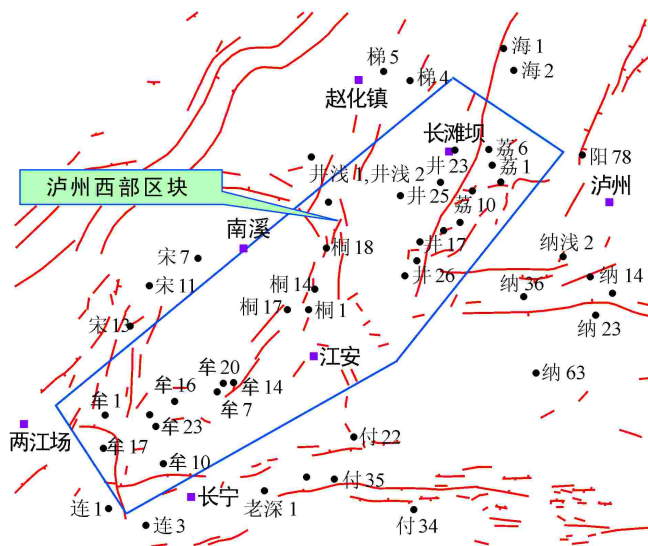


图1 泸州西部研究工区图

1 天然气成因与分布

据李延钧等^[1]利用天然气组成与碳同位素及结合生物标志化合物研究表明, 泸州古隆起区须家河组存在3种类型的天然气: ①须家河组煤系自生自储天然

基金项目 四川省重点学科建设项目(编号: SZD0414)。

作者简介 杨玉祥, 1960年生, 高级工程师, 博士研究生; 长期从事低渗透油气勘探开发管理和勘探开发战略研究工作。地址: (750006)宁夏回族自治区银川市中国石油长庆油田公司采油三厂。电话: 13895086229。E-mail: yyyxx99@126.com

气,这类天然气比较湿,伴生凝析油,乙烷碳同位素较重,反映了煤成气特征,主要分布在须家河组须六段 2 亚段透镜状砂体中;②深层来源天然气,这类天然气较干,乙烷碳同位素轻,反映高演化腐泥型成气特征,主要分布于深层断裂发育区;③上述二者混合成因天然气,天然气性质介于二者之间。

须家河组在泸州地区须一段和须二段缺失,分布的地层有须三、须四、须五段和须六段 1、2、3 亚段,其中须四段和须六段发育砂岩储层,须六段 2 亚段在研究区发育透镜状砂体。须三、须五段泥页岩和须六段泥岩夹层可作为良好的烃源岩,并含有煤层,属于煤系腐殖型有机质,有机质成熟度(R_o)现今分布在 0.9%~1.3%,处于成熟阶段。

2 须家河组天然气成藏期次

2.1 显微荧光观察

通过对荧光及铸体薄片的观察,能定性判断油气充注期次。从荧光强度上来看,对应气层或附近的薄片呈现较强—中等荧光,而非气层、致密层荧光强度极弱。这说明荧光是烃类在储层中储集和运聚所留下的踪迹。在储层薄片中还可见到分布于孔隙不同部位或裂缝中的荧光类型,并且强度也存在差异。这种差异反映了烃类充注的期次先后和时期的早晚,甚至充注烃类的相态差别或保存情况等。因此,荧光显微特征可以定性判断与分析储层烃类运聚或成藏期次,以及烃类保存和油气藏破坏的历史^[2-3]。

研究区储层普遍存在 2 类荧光:①孔缝中,特别是泥质部位多为浅黄色荧光;②破裂缝呈现浅或淡蓝色荧光。

以上表明研究区须家河组储层至少存在 2 期充注,其中呈现暗黄色或者褐、黄色的荧光强度较弱,多分布于原生孔缝或为泥质所吸附,表现为重烃含量较高的天然气或存在液态烃的伴生。判断为须家河组早期生烃,即煤系低熟系列烃类(液态烃或湿气为主)。而荧光强度中等或比较强,以淡黄色、浅白色等色调为

主的荧光多分布于自由孔隙空间及微裂缝、节理缝中,显然充注时期要晚一步,且烃类以气态烃或较干的气态烃为主。据烃源研究结果,可能为须家河组生烃高峰(天然气大量生成期)或深层来源干气充注所致。

2.2 流体包裹体特征

储层中的流体包裹体是储层成岩过程被自生矿物晶格所捕获而形成的油气水包裹体,它们记录了油气水充注储层时的组成、性质以及物理化学条件。不同自生矿物或不同期次的胶结矿物捕获的包裹体,其组成和物理化学性质不同,这些特征是油气藏形成演化历史的直接标志^[4-8]。笔者主要通过观察包裹体成分类型及其分布,统计包裹体均一温度,判断和对比油气在研究区储层中的充注和捕获历史。同时结合烃源的热演化史、地温史,以油气生成、运移、聚集的阶段性的理论,按照“分段捕获”原理综合分析^[9],进而确定泸州西部地区须家河组油气的成藏期次。

2.2.1 包裹体薄片观察

镜下观察,在石英晶体、石英次生边或微裂隙(或愈合微裂隙)中见有较多烃质包裹体和水质包裹体,在荧光显微镜蓝光和紫外光激发下,见有黄色、黄色带黄绿色、蓝色及蓝白色的荧光,说明该片有较多的烃类包裹体发育。

2.2.2 包裹体盐度值与均一温度

包裹体盐度值的变化与包裹体均一温度的相关性是受盆地的构造运动与热液活动决定的,盐度变化反映了地层流体矿化度的变化。由于在烃源岩进入大量生烃阶段有大量的有机酸形成,导致伴随的流体盐度较高;而在烃源演化后期阶段,流体盐度相应变低。

井 25 井须家河组储层两种盐度值反映存在 2 种烃源产物,其中第一种较低盐度(NaCl 质量分数为 6.6%~8.0%)对应较高的均一温度范围(115~150℃),应为演化程度较高的油气所伴生;第二种较高的盐度(NaCl 质量分数为 21.8%~22.1%)和较低均一温度范围(82~102℃),是刚进入大量生烃阶段的产物(表 1)。统计井 25 井须家河组储层与烃类包裹体

表 1 井 25 井流体包裹体特征表

(OL+OV)两相液烃			(WL+V)两相盐水		
宿主矿物分布形式	颜 色	均一温度范围/℃	宿主矿物分布形式	盐度/%	均一温度范围/℃
石英晶体	无色,浅粉红色、黄色	70~85	自由分布	6.6~8.0	115~150
	粉红,黄带黄绿,呈蓝	90~115			
	浅棕,黄带黄绿	130~170			
缝合线	浅棕、黄、亮黄色	102~130	微裂缝	21.8~22.1	82~102
	浅棕、棕,呈黄带黄绿	130~190			

伴生的盐水包裹体均一温度,绘制包裹体均一温度柱状图(图 2),可见均一温度存在 3 个主要峰温,对应 3 个温度范围:90~105℃、115~125℃以及 130~155℃。

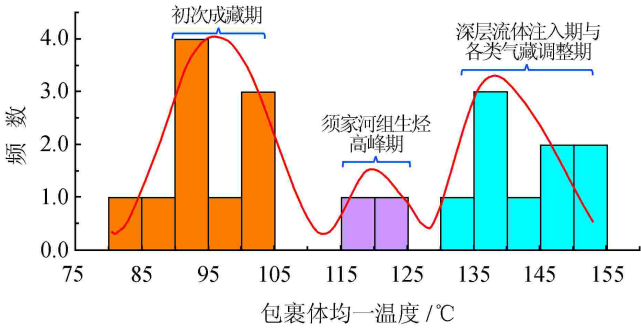


图 2 井 25 井盐水包裹体均一温度柱状图

与笔者所恢复的井 25 井古地温梯度和埋藏史及生烃史对照,可得到井 25 井成藏期次分析图(图 3)。由图 2 可知,在古地温为 90℃左右时,须家河组处于白垩系地层沉积初期,此阶段须家河组烃源岩成熟度 R_o 为 0.5%~0.7%,为生烃早期阶段,煤系烃源岩以生成部分液态烃和湿气为主,属于低演化系列烃类,绝对数量有限,但可优先占据储层原生孔隙,且因储层岩石没有完全压实而物性较好,利于烃类高效运聚,为初次成藏期。第二阶段均一温度为 115~125℃,对应白垩系地层沉积后期,烃源岩成熟度 (R_o) 为 0.9%~1.0% 以上,进入须家河组生烃高峰期。由于样品包裹体分布不均等因素,使得在分析的样品中所测得的该期包裹体均一温度数量不多,但这是须家河组烃源岩大

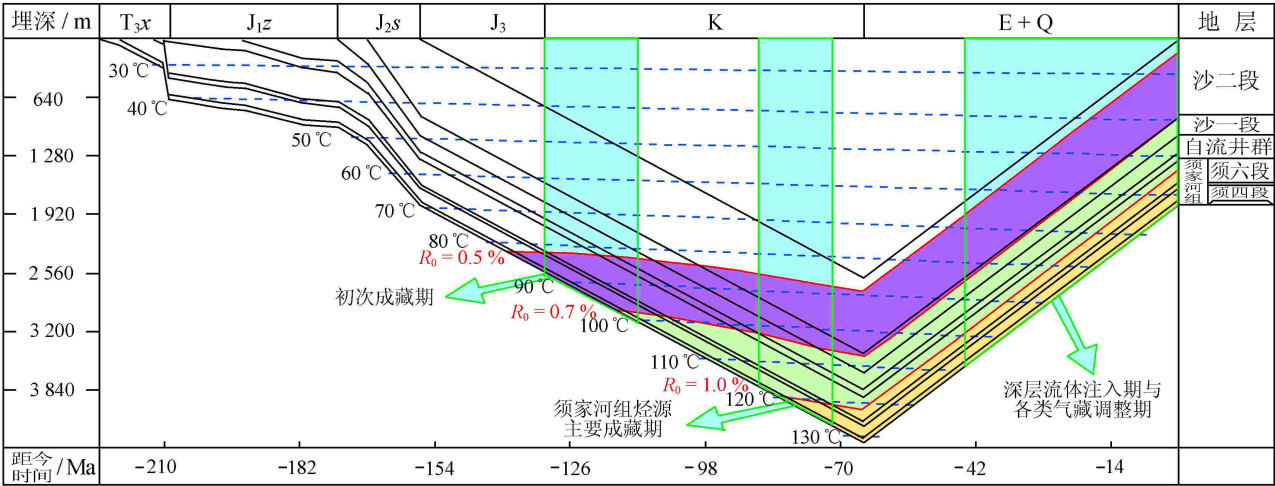


图 3 井 25 井成藏期次分析图

量生烃阶段,以生成煤成气为主,气体干湿度适中并含少量凝析油。因此应属于须家河组烃源的主要成藏期。

从古地温梯度图可以看出,井 25 井须家河组地层在演化过程中最高温度为 135℃,而包裹体均一温度存在的第三个范围,即 130~155℃部分超出了须家河组的古地温范围。此现象应是由于外来深层高温流体侵入造成的。这与前述的根据包裹体盐度较低所推测的存在高演化油气充注的结果一致。由此可见须家河组储层接受了深层流体及烃源的贡献,推测可能发生在喜山运动期,也即四川盆地普遍存在的天然气重新分配与调整期。因此高温流体对应这一成藏期。

2.3 深层来源气运聚时期分析

2.3.1 H₂S 气体

H₂S 气体生成常见的有 2 种方式。第一种是生

源成因,即细菌硫酸盐还原作用,该过程所需的环境条件是低温,目前大多数学者都认为该反应过程对烃类的降解主要发生在埋藏温度低于 60~80℃的浅埋藏环境中,此时油气处于未成熟阶段。第二种是热化学硫酸盐还原作用,在 100~200℃之间, R_o 相当于 1%~4% 的深埋高温环境中,在硫酸盐的参与下烃类常发生这样的次生变化^[10-11]。

在高温条件下,一般属于热化学硫酸盐还原作用,并形成含硫气藏,显然须家河组地层内不能形成 H₂S 气体。泸州地区只有嘉陵江组及其以下地层才具有硫酸盐岩的物质条件和 130℃以上的古地温条件。因此,在研究工区相邻的董 10 井、合 8 井、工 22 井的油气内含有 H₂S,是深层来源气注入须家河组的证据。由于在白垩纪末期之前,嘉陵江组地层的古地温未能

达到 130 ℃^[12]。因此该阶段的深层气不会早于白垩系沉积之前注入须家河组,所注入的时期只能在喜山期内。

2.3.2 储层荧光

须家河组本身的生烃时期应在晚侏罗世以后,晚于志留系烃源的大量生烃期。如果志留系高峰期产物在侏罗纪内注入须家河组,那么在须家河组的显微薄片上应该能够观察到高演化阶段的烃类充注原生孔隙。而实际观察到原生孔隙内部吸附低演化的煤成液态烃,并发出暗黄色、浅黄色的荧光。这说明原生孔隙内充填的不是志留系形成的高熟烃类,应为须家河组自生自储的油气。

深层来源烃类在研究区内须四段和须六段均有发现。在早中侏罗统沉积期须家河组地层演化程度较低,埋深不超过 500 m,须家河组盖层未完全压实,不具备作为气藏盖层的条件。故该期即使有深层来源天然气注入须家河组地层,也是难以保存的。

根据以上两点可以说明,在燕山期阶段须家河组地层未捕获到深层来源气。另外,笔者在气层的储层中发现很多微观的构造裂缝,裂缝内呈现浅绿色和白色的、中等—较高强度的荧光。这是后期深层来源天然气运移的证据。因此,现今的混源气应在喜山运动期内成藏,该时期构造运动导致储层中大量微裂缝形成,为储层中富集油气、短距离横向运移提供条件,同时深层断裂活动为深层烃源向上运聚提供了通道和途径。并且喜山期也是四川盆地气藏普遍的调整期。成藏时期上看,深层来源气具有晚期成藏的特点,所形成的须家河组深层来源气藏属于次生气藏范畴,是深层已形成气藏的天然气在喜山期的调整和转移。

3 结论

通过对储层显微荧光薄片观察和流体包裹体特征与均一温度分析,同时结合地温史和生烃史,综合分析后认为泸州西部地区须家河组气藏共分为 3 个成藏期

次:①第一阶段为初次成藏期,在中晚侏罗世,主要形成低演化的煤系气;②第二阶段为须家河组来源的主要成藏期,发生在燕山运动晚幕的白垩纪晚期和末期,主要由须家河组煤系烃源大量生烃,也是最高演化程度的时期;③第三阶段为深层来源气的主要成藏期和各类天然气调整期,主要在喜山运动阶段。

参 考 文 献

- [1] 李延钧.牟家坪—南井地区须家河组成藏条件研究[R].成都:西南石油大学,2008.
- [2] 李其荣,王廷栋,李延钧,等.泸州古隆起嘉陵江组油气成藏期的确定[J].天然气工业,2005,25(7):8-10.
- [3] 郭舜玲.荧光显微镜技术[M].北京:石油工业出版社,1994.
- [4] 赵孟军,宋岩,潘文庆,等.沉积盆地油气成藏期研究及成藏过程综合分析方法[J].地球科学进展,2004,12(6):939-946.
- [5] 赵靖周.油气包裹体在成藏年代学研究中的应用实例分析[J].地质地球化学,2002,30(2):83-87.
- [6] 胡忠良,肖贤明,黄保家.储层包裹体古压力的求取及其与成藏关系研究——琼东南盆地崖 21—1 构造实例剖析[J].天然气工业,2005,25(6):28-31.
- [7] 姜福杰,姜振学,庞雄奇,等.含油包裹体丰度指数确定油气运聚范围及应用[J].西南石油学院学报,2006,28(5):15-18.
- [8] 郑有业,黄高健.有机包裹体研究在石油地质领域中的应用现状[J].地质地球化学,1998,26(2):72-76.
- [9] 李延钧,李其荣,梁艳,等.应用烃类分段捕获原理研究油气运移聚集过程[J].天然气工业,2007,27(6):31-34.
- [10] 陈依伟,郭肖,陈亮,等.高含硫气藏硫沉积预测研究[J].西南石油大学学报,2007,29(增刊2):35-38.
- [11] 朱光有,张水昌,梁英波,等.中国高含硫化氢天然气成因初探[J].地质学报,2005,79(5):720.
- [12] 王长城,施泽进,张光荣,等.川东南嘉陵江组储层地质特征及储层预测研究[J].西南石油大学学报,2008,30(1):8-10.

(修改回稿日期 2009-12-27 编辑 罗冬梅)