

西昌盆地流体包裹体及其在 油气勘探中的应用*

覃建雄 张长俊

(成都理工学院沉积研究所, 610059)

李天生 李云岗

(四川石油管理局勘探开发研究院, 成都 610051)

通过对西昌盆地下二叠统碳酸盐岩流体包裹体研究证实, 储层成岩演化和烃类生成、运移、聚集的每一阶段均可形成流体包裹体, 是储层孔隙形成环境、发育阶段以及油气演化、运移、聚集的直接标志。不同世代胶结物和不同期次孔隙充填矿物中流体包裹体研究结果表明, 西昌盆地下二叠统烃源岩演化及储层孔隙的发展经历了准同生期、成岩早期和中晚期、表生期、再埋藏早、中、晚期7个演化阶段。其中, 表生期岩溶孔洞缝、再埋藏早期深部溶蚀孔洞缝和中晚期构造裂隙构成了区内聚烃期储集空间。石油开始生成和初次运移发生在晚二叠世(再埋藏早期), 大量运移聚集发生在三叠纪(再埋藏中期), 天然气大量运移聚集发生在侏罗纪及其之后(再埋藏晚期)。油气生成、运移和聚集与海西期玄武岩喷发(热)事件、印支-燕山期构造运动及岩浆多期侵入活动紧密相关。

关键词 流体包裹体 油气勘探 西昌盆地 下二叠统 应用

第一作者简介 覃建雄 男 27岁 讲师 储层沉积学

一、区域地质简况

西昌盆地位于扬子地台的西南缘。早二叠世古地理格局总体表现为西缘康滇古陆、向东沉积环境逐渐开阔、水体不断加深、沉积相带呈近南北向分布之特点。

下二叠统属典型的碳酸盐台地沉积体系, 成层稳定, 分布广泛, 自下而上由梁山组(P_1l)、栖霞组(P_1q)、茅口组(P_1m)构成, 代表一全球二级海进-海退层序。梁山组为滨海-岸后沼泽相沉积, 栖霞组主要为局限台地-开阔台地相碳酸盐岩, 茅口组表现为以开阔台地-台地边缘滩坝(礁)相为主的碳酸盐岩沉积, 顶部为一厚5—20 m的风化壳储层, 并直接为400—2000 m的巨厚玄武岩($P_2\beta$)所覆盖。在盆地演化过程中, 海西期、印支期、燕山期的构造运动、玄武岩喷发(热)事件和深部岩浆的多次侵入活动为本区油气生成、运移和聚集、储层孔隙的形成演化以及流体包裹体的发育和赋存提供了有利条件。

收稿日期: 1993-11-01

*参加野外工作的还有沈丽娟、何廷贵、殷继承等。

二、样品特征

为了确保样品的代表性和客观性,选择及测试分析时,笔者遵循(1)采样在区域及纵向上具规律性,(2)样品源于不同世代胶结物及不同期次的孔洞缝充填矿物,(3)测试样品应属于同一种矿物类型的原则,对研究区北部甘洛-新基姑剖面、南部普格-西罗剖面、西北部越西-裤裆沟剖面及中部昭觉-瓦井剖面,不同层位典型亮晶颗粒(生物屑)灰岩中不同世代胶结物和不同期次孔洞缝,以及构造裂隙充填矿物进行有规律采样(图1)。样品的岩石学特征表明,含流体包裹体的矿物包括方解石及白云石胶结物、铁方解石、铁白云石和石英脉或斑块。按成岩组构、胶结作用序次及孔隙充填矿物的产出关系,划分出下列8期成岩体系及孔隙矿物充填系列。第1期,颗粒(生物屑或内碎屑)灰岩中的第一世代栉壳状或马牙状方解石胶结物;第2期,滩坝(礁)相筳灰岩及生物礁灰岩准同生-成岩早期溶蚀孔洞充填的淡水方解石及白云石;第3期,颗粒灰岩中第二世代方解石胶结物——粒间镶嵌状细中晶方解石;第4期,颗粒灰岩中第三世代方解石胶结物——连生粗巨晶方解石;第5期,茅口组顶部风化壳储层中表生期岩溶孔、洞、缝充填的淡水粗晶白云石和淡水巨晶方解石;第6期,再埋藏早期与有机质热成熟作用有关的深部溶蚀孔、洞、缝中充填的非脉状铁方解石和铁白云石;第7期,再埋藏中期构造裂隙(早期构造裂隙)充填的脉状铁方解石和铁白云石;第8期,再埋藏晚期构造裂隙(晚期构造裂隙)充填的脉状铁方解石和铁白云石。

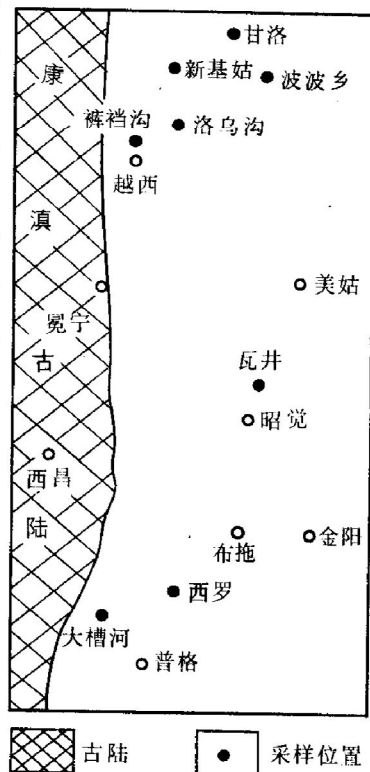


图1 采样位置示意图

三、流体包裹体

(一) 流体包裹体类型及特征

成岩流体包裹体(diagenetic fluid inclusions)系指在沉积、成岩演化过程中被捕获并封存于成岩矿物晶体中的流体包裹体。根据包裹体与主矿物之间生成关系,可划分为原生、次生和假次生包裹体三种成因类型。原生包裹体分布较规则,一般与矿物晶体生长面和系统边缘平行排列,广泛分布于第1—5期成岩矿物中。次生包裹体广泛分布于4—7期矿物系列中,排列方向不受晶体生长面的控制,而常常与裂隙方向一致,有时将原生包裹体错开。假次生包裹体常见于5—7期孔、洞、缝充填矿物中,沿裂隙方向分布。据镜下观察,不少假次生包裹体的走向常与原生包裹体有交汇点,但未错开原生包裹体。根据流体包裹体的物理性状、相态和组分,可进一步划分为:

1. 液体包裹体 气液比在1%—10%之间,无色、透明、不规则,是区内碳酸盐岩中较常见的一种,主要分布于第1、2、5期矿物中,少量见于第3期矿物中。

2. 纯液体包裹体 气液比小于1%,其它特征近似液体包裹体,主要分布于第2、5期

矿物中。

3. 气体包裹体 气液比为10%—95%，浅黄色、棕灰色、褐灰色，较规则，广泛分布于第4、6、7、8期矿物中，少量见于第3期矿物中。

4. 纯气体包裹体 气液比大于95%，主要分布于第6—8期孔、洞、缝隙充填矿物中，偶见于第4期连生方解石胶结物中。一般文献中除气液比为100%者外，均将它归入气体包裹体范畴，考虑到本区油气演化程度较高（5个样品的 $R_o=1.32\%—2.85\%$ ），故将它单独列出。

5. 含烃有机包裹体 除了有机质外，尚含有盐水溶液及其它非有机组分，是盐水溶液和油或气同时被捕获的不混溶包裹体。呈深灰、浅棕及黑褐色，形态较规则，气液比变化大。含烃有机包裹体按相态及组分可进一步细分为两个亚类：（1）由液态烃和盐水溶液构成（图版I-1），（2）由液态烃、气态烃和盐水溶液构成（图版I-2）。其中，（1）亚类见于第5、6期孔、洞、缝充填矿物中，而（2）亚类则多见于第7期（早期）构造裂隙充填矿物中。

6. 烃类有机包裹体 包裹体全为有机质构成，气液比50%—95%，通常60%—95%，油滴状，黑色或黑棕色，大小30—100 μm 。按室温相态可划分为4个亚类：（1）全为液态烃相构成（图版I-3），（2）由气态烃和液态烃两相构成（图版I-4），（3）全由气态烃相构成（图版I-5），（4）由沥青和气态烃相构成（图版I-6）。其中，（1）、（2）亚类主要分布于第7期（早期）构造裂隙充填矿物中，（3）、（4）亚类则广泛分布于第8期（晚期）构造裂隙充填的铁方解石和铁白云石中。

（二）包裹体均一温度和含盐度

温度和含盐度是烃类演化、生成、运移和聚集的两个关键因素，因而研究流体包裹体均一温度和含盐度具有重要意义^[1]。

通过对第1—8期不同世代胶结物及各期孔隙充填矿物中200个样品进行包裹体的均一温度和含盐度测定，结果如表1所示。从中可看出：（1）第1—4期方解石胶结物中，流体包裹体均一温度分别为25—30℃、20—30℃、40—55℃和45—90℃，含盐度wt%分别为3—5、1—3、4—8和5—10，揭示从准同生期到成岩早期再到成岩中晚期，储层孔隙发育及其胶结—充填矿物的形成温度及含盐度有逐渐增高的趋势，表明孔隙的发育及其胶结充填作用属正常地温梯度条件下埋深不断加大的产物；（2）与第1—4期相比，第5期岩溶孔、洞、缝充填矿物中流体包裹体的均一温度及含盐度明显降低（分别为30—40℃和<5 wt%），反映了正常成岩演化过程中的“成岩退变事件”。这是由于早二叠世晚期，构造抬升，岩层暴露，表生期淡水渗滤带的溶蚀作用和潜流带溶蚀孔、洞、缝胶结作用的产物；（3）第6期深部溶蚀孔、洞、缝充填矿物中，含烃液体有机包裹体同期盐水溶液包裹体的均一温度为100—125℃。表明石油开始生成和初次运移时的门限温度为100℃，但石油进入深部溶蚀孔、洞、缝后，未能抑制非脉状铁方解石和铁白云石的充填作用，导致在相对高温条件（120—125℃）下断续结晶充填，并捕获部分石油原始微滴；（4）第7期（早期）构造裂隙充填矿物中，烃类液体有机包裹体和烃类气液两相有机包裹体（图版I-3、4），广泛发育，均一温度为150—185℃，表明区内石油大量运移、聚集，并与区内早期构造裂隙形成及其矿物充填作用同步；（5）第8期（晚期）构造裂隙充填矿物中富含烃类气体有机包裹体和含沥青烃类气体有机包裹体（图版I-5、6），均一温度为240—300℃，表征区内天然气大量运移和聚集，并与早期构造裂隙及其矿物充填作用同步；（6）第6—8期孔、洞、缝充填矿物中含盐度明显增大，最小10 wt%，最大25 wt%，表明该期孔、洞、缝形成时的地球化学环境，最有利于油气的生成、运移和聚集。

表1 不同期次胶结物及孔隙充填矿物中流体包裹体特征表

样 号	层位	矿物名称	产状	期次	测定包裹体数目(个)	气液比(%)	均 一 温 度 (°C)			含盐度(wt%)
							变化范围	最高频率区	平均值	
Z ₁ -1-2	P _{1m}	栉壳状或马牙状方解石	第一世代胶结物	1	35	<5	25—30		27.5	3—5
Y ₁ -3-8										
P ₁ -9-25										
G ₁ -26-30										
Z ₂ -1-10	P _{1m}	淡水方解石	早期溶蚀孔洞充填矿物	2	30	<5	20—30	20—25	25	1—3
Y ₂ -11-15										
P ₂ -16-20										
G ₂ -21-25	P _{1q}									
Z ₃ -1-5	P _{1q}	粒间镶嵌状方解石	第二世代胶结物	3	55	5—10	40—55	50—55	47.5	4—8
Y ₃ -6-20										
P ₃ -21-30	P _{1m}									
G ₃ -31-35										
Z ₄ -1-5	P _{1m}	巨晶连生方解石	第三世代胶结物	4	85	5—30	45—90	60—70	67.5	5—10
Y ₄ -6-10										
P ₄ -11-20	P _{1q}									
G ₄ -21-25										
Z ₅ -1-2	P _{1m}	巨晶淡水方解石	岩溶孔洞缝充填矿物	5	10	<5	30—40		35	<5
Y ₅ -3-5										
P ₅ -6-10										
G ₅ -11-15										
Z ₆ -1-6	P _{1m}	斑块状铁方解石	深部溶蚀孔洞充填矿物	6	40	20—45	100—125	120—125	112.5	10—13
Y ₆ -7-8										
P ₆ -9-10										
G ₆ -11-15										
Z ₇ -1-10	P _{1m}	脉状铁方解石	早期构造裂隙充填矿物	7	70	30—85	150—185	160—170	167.5	15—18
P ₇ -11-15										
Y ₇ -16-20	P _{1q}									
G ₇ -21-30										
Z ₈ -1-10	P _{1m}	脉状铁方解石	晚期构造裂隙充填矿物	8	75	65—95	240—300	240—255	270	20—25
P ₈ -11-15										
Y ₈ -16-20										
G ₈ -21-25										

(三) 包裹体成分

通过对茅口组不同期次孔、洞、缝充填矿物流体包裹体气相和液相成分分析(表2, 3)可

以看出:(1)第5—8期孔、洞、缝充填矿物中 CH_4/CO_2 比值分别为0.376、1.443、1.86、2.54,表明随着均一温度的增高, CH_4 含量逐渐增加, CO_2 减少,符合油气演化的一般规律,故 CH_4/CO_2 比值可用以判别有机质成熟度;(2)区内下二叠统储层和川东二叠系(气田)均具有较高的 CH_4 含量,而浙江萤石矿(非油气区)则明显偏低(表2)。故 CH_4 含量或 CH_4/CO_2 值可作为寻找油气藏的标志;(3)包裹体液相成分中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 的含量高,成岩流体介质为 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{SO}_4^{2-}$ 型, Cl^- 含量偏高(表3),与海相碳酸盐岩地层封存卤水特征相近,故认为区内茅口期古水体或成岩流体与海水有一定的成因联系。

表2 流体包裹体气相成分分析结果表

样号	层位	测定矿物名称	期次	CO (ml/100g)	CH_4 (ml/100g)	CO_2 (ml/100g)	H_2O (ml/100g)	CH_4/CO_2
P_5-7	P_{1m} 顶	岩溶孔洞缝充填的淡水巨晶方解石	5	34.23	8.57	22.78	293.92	0.376
G_6-12	P_{1m_2}	深部溶蚀孔洞缝充填的斑状铁方解石	6	53.30	12.32	8.54	95.35	1.443
P_7-5	P_{1m_3}	早期构造裂隙充填的铁方解石	7	40.54	25.13	13.51	34.53	1.86
G_8-24	P_{1m_1}	晚期构造裂隙充填的脉状铁方解石	8	39.53	27.45	10.79	41.73	2.54
川东卧龙河 P_{1-2} 气层* 裂隙充填萤石矿物				69.59	732.43	14.43	137.19	50.75
浙江萤石矿* 萤石				85.46	0.79	5.24	11.62	0.151

* 据储同庆(1991)

表3 流体包裹体液相成分分析结果表($\times 10^{-6}$)

样号	层位	测定矿物名称	期次	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	样重(g)
P_5-7	P_{1m} 顶	岩溶孔洞缝充填的淡水巨晶方解石	5	2.01	1.23	60.2	33.3	87.4	0.19	1.20	50.97	0.1327
G_6-12	P_{1m_2}	深部溶蚀孔洞缝充填的斑状铁方解石	6	1.93	1.37	24.37	30.5	3.9	0.08	2.14	30.5	0.1395
P_7-5	P_{1m_3}	早期构造裂隙充填的脉状铁方解石	7	2.13	2.21	35.73	50.7	30.57	0.25	0.73	40.7	0.1470
G_8-24	P_{1m_1}	晚期构造裂隙充填的脉状铁方解石	8	1.95	4.27	40.27	58.73	20.12	0.37	1.57	38.75	0.1531

四、应 用

（一）盆地古地温及生油热历史

通过对第7、8期充填矿物中大量烃类有机包裹体进行均一化测温，大量烃类气液两相有机包裹体、同期盐水溶液包裹体的均一温度集中在150—185℃，与所测5个样品中4个样品的镜质体反射率值（1.32%—2.0%）相符。而含沥青烃类气体有机包裹体、同期盐水溶液包裹体的均一温度为240—300℃，与所测5个样品的镜煤反射率最大值（2.85%）基本一致。表明区内烃类大多正处于湿气—干气阶段，部分已达到过成熟阶段。因而主要为高成熟天然气，部分为高成熟—过成熟天然气，故在本区应以找气为主。

（二）油气演化程度和阶段

不同演化阶段，烃类有机包裹体类型及特征各异。因而利用烃类有机包裹体的均一温度和成分等，可确定油气生成阶段和演化程度。在区域上可划分出生油岩成熟区和未成熟区块。

所测约780个烃类有机包裹体中，烃类液体有机包裹体、烃类气液两相有机包裹体、烃类气体有机包裹体及含沥青烃类气体有机包裹体的百分含量分别为10%、30%、45%和15%，均一温度分别为100—120℃、150—185℃、240—250℃和300℃，气液比分别为5%—10%、15%—50%、95%—100%和100%。另外，据成分分析结果（表2），烃类气液两相有机包裹体中60%为CH₄，约40%为CO₂和H₂O；烃类气体有机包裹体中CH₄含量占85%以上，仅有15%的CO₂；而含沥青烃类气体有机包裹体则几乎全为CH₄。上述资料表明，研究区有机质已达高成熟—过成熟阶段，应以找气为主。

研究区西、南部主要出现烃类气体有机包裹体和含沥青烃类气体有机包裹体，均一温度超过140℃，通常为150—185℃；而烃类液体有机包裹体则广泛发育于研究区东、北部，均一温度低于120℃，通常为65—90℃；盆地中部以烃类气液两相有机包裹体为主，均一温度130—150℃。这种由盆地西、南部向东、北部均一温度逐渐降低，富气态烃有机包裹体含量不断减少而烃类液体包裹体不断增多的变化趋势表明，盆地的西、南部为高成熟—过成熟区，中部为高成熟区，向东逐渐过渡为低成熟—未成熟区。

（三）油气源性质

根据施继锡^[2]利用包裹体判别油气源的原则，区内构造裂缝充填矿物中的烃类有机包裹体，均反映其演化程度高于随机分布的烃类有机包裹体，下二叠统储层中的油气属自生自储性质。区内除了分布有烃类（纯）气体有机包裹体外，尚大量发育有烃类液体有机包裹体和烃类气液有机包裹体，并随着演化程度的增高，烃类液体有机包裹体逐渐减少，气体有机包裹体逐渐增多，直至全部演变为烃类气体有机包裹体。因而，区内下二叠统储层的天然气属油成气性质。

应该指出的是，上三叠统白果湾组为一套200—760 m湖沼相含煤碎屑沉积，但由于其下伏有400—2000 m厚的玄武岩（P₂β）而与下二叠统相隔，含煤岩系中的煤成气不可能向下渗入到下二叠统储层中，亦可佐证下二叠统储层中的天然气主要为海相烃源岩热演化作用的产物。

（四）烃的丰度

储层中烃类有机包裹体类型、数量等特征，能直接反映烃类自生成、运移及到达储层后

的种类和丰度^[2]。据施继锡等资料^[2],工业气层中气态烃有机包裹体的数量占包裹体总数的60%以上,气显示层一般占30%—50%,无气层0—20%。通过研究区200个地表样品的研究发现,在总数为1050个流体包裹体中,烃类有机包裹体含量为780个,约占75%(烃类液体有机包裹体、烃类气、液两相有机包裹体和含沥青烃类气体有机包裹体分别占3%、7%和90%),显然已达到工业气层指标。另外,前述烃类有机包裹体的颜色、形态、类型、气液比、均一温度、含盐度和成分特征,均证实研究区下二叠统烃源岩演化正处于天然气生成高峰,同样说明其油气丰度是可观的。

(五) 油气储集条件

最有利于油气运移和聚集的储集空间是与油气运移和聚集期有关的聚烃期储集空间。综合前述流体包裹体研究认为,第1—4期胶结物及孔洞充填矿物中,不含任何烃类有机包裹体,表明在下二叠统沉积成岩作用和孔洞缝发育、演化及其矿物充填过程中,还未有油气的生成和初次运移,即孔隙的形成作用早于有机质的热成熟作用。第5、6期孔隙充填的非脉状铁方解石和铁白云石中有少量含烃液体有机包裹体,其均一温度100—125℃(平均112.5℃),相应深度3076.9—3461.5 m(平均为3269.2 m)*,表明:(1)区内生油门限温度为100—125℃,门限深度为3076.9—3461.5 m;(2)烃类生成及初次运移与第6期深部溶蚀孔洞缝的充填作用同步;(3)第5、6期深部溶蚀孔洞缝形成稍先,油气初次运移稍后,因而第5期岩溶孔洞缝及第6期深部溶蚀孔洞缝构成区内部分有效储集空间。第7、8期构造裂隙充填矿物中分别富含大量烃类液相—气液两相有机包裹体和(含沥青)气体有机包裹体,均一温度分别为150—185℃和240—300℃,相应深度分别为4615.4—5693.2 m(平均5153.8 m)和7384.6—9230.7 m(平均8307.6 m),表明油、气大量运移聚集时的深度分别为5153.8 m和8307.6 m,稍晚于构造裂隙的形成作用,并与构造裂隙的矿物充填作用同步。可见,第7、8期构造裂隙是又一重要聚烃期的油气储集空间。

综上所述,第1—8期孔、洞、缝的形成和演化均先于烃源岩的热成熟作用。其中,第5—8期孔隙对储层的贡献重大。

通过下二叠统碳酸盐岩储层孔、洞、缝分布、500块铸体薄片观察统计、56个样品物性分析结果证实,第1—4期孔隙对储层的贡献仅占1%—3%,而第5—8期孔洞缝对储层的贡献达97%以上。这进一步证实了流体包裹体在储集条件评价中的正确性和可行性。

(六) 石油构造分析

1. 裂缝的成因及形成的相对时间

按成岩组构及缝隙间的产出关系,区内缝隙可划分为5种组系,即成岩期缝隙、岩溶期缝隙、后生期深部溶蚀孔洞缝、超压裂缝及早期和晚期构造裂隙。为了探讨各组系裂隙的成因、张开时间及其与油气运移之间的关系,对各组系缝隙中铁方解石及铁白云石中的流体包裹体进行了均一温度及含盐度测定。上述5组系裂隙均一温度分别为60—70℃、30—40℃、100—125℃、150—185℃和245—300℃,含盐度分别为5 wt%—7 wt%、≤5 wt%、10 wt%—13 wt%、15 wt%—18 wt%和20 wt%—25 wt%,表明各组系裂隙具有明显的分期现象。结合西昌地区构造演化历史,认为成岩期缝隙为早二叠世成岩作用产物,岩溶期缝隙为早二叠世末海西运动的结果,深部溶蚀孔洞缝及超压裂隙与P₂β热事件引起有机质热成熟作用所造成

* 区内平均地温梯度为32.5℃/km。

的深部溶解作用密切相关，早期和晚期构造裂隙分别为三叠纪印支运动和侏罗纪燕山运动的产物。岩溶孔洞缝、深部溶蚀孔洞缝及超压裂隙和构造裂隙充填矿物中富含烃类有机包裹体的事实说明，这些缝隙的形成和开启与油气的生成、运移和聚集是同步的或稍早。

2. 裂缝开启时的深度

从不同组系裂隙充填矿物包裹体均一温度可知，深部溶蚀孔洞缝及超压裂缝、早期纵张（构造）裂隙和晚期纵张（构造）裂隙充填矿物流体包裹体均一温度分别集中在 115℃、160℃ 和 245℃，故计算得各缝隙开启时的深度分别为 3538.5 m、4923.1 m 和 7538.5 m。区内石油和天然气大量运移时所处的深度分别为 5153.8 m 和 8307.6 m。与裂缝开启时的深度基本吻合。

（七）油气运移聚集的相对时间

区内第 1—4 期方解石胶结物及孔隙充填矿物中不含烃类有机包裹体，表明烃类生成晚于成岩胶结物及孔隙充填矿物的形成时间，第 5 期孔、洞、缝的形成是早二叠世末表生期岩溶和胶结充填作用的产物，故推断区内油气生成及初次运移至少在早二叠世末之后。第 5、6 期孔洞缝中含少量含烃类液体包裹体，证明石油形成初次运移。第 7 期（早期）构造矿脉中富含烃类液相—气液两相有机包裹体，表明处于高成熟阶段石油大量运移聚集。第 8 期（晚期）构造矿脉中富含（含沥青）烃类气体有机包裹体，表征进入过成熟阶段天然气大量运移聚集。根据上述分析并结合区域地质演化历史，区内油气开始生成和初次运移发生于海西期（P₂），石油大量运移和聚集发生在印支期（T），天然气大量运移和聚集发生在燕山期（J）。

（八）油气的运移方向

Levine 等.^[3]指出，烃类有机包裹体是油气运移聚集过程中遗留下来的“痕迹”和历史记载，其中含烃液体有机包裹体的出现标志着烃类物质已开始成熟，大量烃类液体有机包裹体和烃类气液两相有机包裹体的存在代表了石油的大量运移和聚集过程，而大量烃类气体有机包裹体和含沥青烃类气体有机包裹体的广泛分布则是天然气大规模运移聚集历史的直接标志。

通过对各组系裂缝充填铁白云石和铁方解石中流体包裹体类型及数量研究结果，发现烃类有机包裹体主要分布于区内 NNE 向和 SN 向走向纵张裂缝中（表 4），其中，NNE 向走向纵

表 4 不同组系裂缝充填矿物中的流体包裹体均一温度表

方 向	性 质	流体包裹体均一温度（℃）												
		70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310
NNE	走向纵张裂隙													
SN	走向纵张裂隙													
NEE	旋 转 缝													
NNW	平面剪切缝													
	层间滑动缝													

□ 无油气 □ 油为主 ■ 气为主

张裂缝中烃类有机包裹体约占包裹体总数的 45%，其中烃类液体有机包裹体占 15%，烃类气体有机包裹体占 30%，SN 向走向纵张裂隙中烃类有机包裹体约占 25%，其中烃类液体有机包裹体和烃类气体有机包裹体分别占 7% 和 18%；NNW 向平面剪切缝中烃类气体有机包裹体占

5%—10%，而NEE向旋转缝及层间滑动缝中未见烃类有机包裹体分布。可见，油气运移的方向与裂隙性质有关，其中平行于构造轴向的NNE和SN向走向纵张裂隙以及NNW向平面剪切缝是油气运移最有利的方向。

（九）油气运移通道

如前所述，在区内众多类型缝隙中，富含烃类有机包裹体的缝隙主要为平行构造轴向的走向纵张NNE向和SN向构造裂隙，其次是NNW向平面剪切缝，因而推断走向纵张裂隙是油气运移的主要通道，其次是平面剪切缝。上述走向纵张裂隙中充填的铁白云石和铁方解石中有大量“沸腾包裹体”，表明在油气运移过程中，这些部位压力相对较低，为油气运移聚集的部位。下二叠统顶部上覆巨厚玄武岩中方解石杏仁体内，很少见到烃类有机包裹体，说明油气很难穿过上覆玄武岩，是理想的封盖层。

成都理工学院沈丽娟、王运生、兰伯龙、何廷贵等参加了部分野外工作；蔡建明、李保华参加了大量室内测试工作；四川石油管理局勘探开发研究院化验室作了部分有机地球化学样品分析，在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 覃建雄. 矿物包裹体研究在油气评价和预测中的应用. 天然气地球科学, 1993, 4 (1): 24—30
- 2 施继锡等. 包裹体作为天然气运移判别标志的研究. 石油与天然气地质, 1991, 12 (2): 185—194
- 3 Levine R *et al.* Occurrence of fracture-hosted impsomite and petroleum inclusions, Quebec city region, Canada. *AAPG Bull.*, 1991, 75 (1): 139—155
- 4 Shelton K L. Fluid-inclusion studies of regionally extensive epigenetic dolomites Bonnetterre dolomite, Southeast Missouri. *Geo Soc America Bull.*, 1992; 104: 675—683
- 5 覃建雄. 矿物包裹体在沉积物成岩作用研究中的应用. 岩相古地理, 1993, 13 (3): 40—51

FLUID INCLUSION IN XICHANG BASIN AND ITS APPLICATION TO HYDROCARBON EXPLORATION

Qin Jianxiong Zhang Changjun

(Institute of Sedimentology, Chengdu Institute of Technology)

Li Tianshen Li Yungang

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Sichuan Petroleum Administration)

Abstract

According to the research made on fluid inclusions in Lower Permian carbonate rocks in Xichang Basin, the fluid inclusions could form in every stage of reservoir diagenetic evolution, hydrocarbon generation, migration and accumulation. This could be the direct evidence for the formation environment and development stages of reservoir porosity, and for hydrocarbon generation, migration and accumulation. The study on diagenetic cements and pore-filling minerals of fluid inclusions in different stages shows that the evolution of Lower Permian source rocks and reservoir porosity development underwent following seven diagenetic stages, namely penecontemporaneous, early diagenetic, mid-late diagenetic,