

油气藏研究中流体包裹体应用的几点体会

卓勤功¹, 宋岩¹, 倪培², 郝雪峰³, 熊伟³

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 南京大学地球科学与工程学院, 江苏 南京 210093;

3. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要: 储层流体包裹体蕴涵着丰富的油气成藏信息, 被广泛应用在含油气盆地热史分析、油气成藏研究等领域。值得注意的是, 含油储层流体包裹体均一温度高于其正常的埋藏温度, 据此计算的成藏时间较晚、流体古压力偏高; 含烃流体包裹体多形成于油气充注早中期, 有机质成熟度一般低于储层原油的成熟度; 早期少量油气充注与晚期大量油气快速充注均难以形成较多的含烃流体包裹体。流体包裹体丰度法确定的古油水界面和成藏期次偏少; 盆地晚期高温热液活动有利于驱动油气输导通道中吸附烃的运聚。这些认识对于深化流体包裹体形成机制和油气成藏机理具有重要的理论意义。

关键词: 均一温度; 成分; 丰度; 高温热液包裹体; 成藏期次; 古油水界面

中图分类号: TE122.1⁺¹

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2011)01-0122-07

引用格式: 卓勤功, 宋岩, 倪培, 等. 油气藏研究中流体包裹体应用的几点体会[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(1): 122-127.

0 引言

含油气盆地中次生流体包裹体一般发育在成岩矿物颗粒裂隙、自生矿物次生加大边、成岩胶结物或封闭的穿矿物颗粒微裂隙中^[1-3]。其中, 油气藏储层捕获的次生包裹体记录了油气充注时流体的各种物理、化学信息, 如温度、压力、组分、盐度、pH 及 Eh 等。因此, 流体包裹体已成为油气藏研究中必不可少的技术手段之一, 近年来在油气成藏研究多个方面取得了一批有意义的研究成果^[4-8], 也暴露了其中值得注意的问题^[9-10], 如油气源对比, 油气运移路径示踪, 油气充注温度和压力测定, 油气充注成藏时间和期次划分, 油气藏保存迁移过程恢复等。根据多年油气成藏研究中流体包裹体的应用, 关于流体包裹体的均一温度、成分和丰度等参数所代表的地质含义, 笔者具有几点体会, 而且, 笔者认为随着流体包裹体检测设备和技术的多样性、先进性以及人工

合成包裹体的研究进展^[11-13], 流体包裹体的应用由定性、半定量向定量发展的过程中, 这几点体会中所涉及的问题是无可回避的, 现将其分类呈献给各位读者, 以期有所裨益。

1 流体包裹体均一温度的应用

依据流体包裹体岩相学观察结果, 确定包裹体宿主矿物成岩序列及其赋存状态, 客观划分流体包裹体形成世代, 准确测定各世代流体包裹体均一温度, 结合地层埋藏—热演化史, 即可得到令人信服的油气成藏期次和时间。这是根据流体包裹体均一温度来确定油气成藏时间和期次的基本原理和方法, 也是石油地质科研人员梦寐以求的结果。另外, 流体包裹体均一温度是反演油气充注古压力的基本参数。由此可见, 流体包裹体均一温度是油气藏研究中最基本且最重要的一个参数。在应用中一般将流体包裹体均一温度当作储层正常的古埋藏温度, 笔

收稿日期: 2010-02-25; 修回日期: 2010-03-25.

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科技项目“东营凹陷成藏组合体理论研究”(编号: P00018); “济阳坳陷隐蔽油气藏成藏动力学研究及预测”(编号: P03038); “成岩过程中的耗水作用与油气成藏”(编号: P07009)联合资助.

作者简介: 卓勤功(1969-), 男, 安徽萧县人, 高级工程师, 博士后, 主要从事油气成藏研究. E-mail: zhuoqg@petrochina.com.cn.

者在对比构造位置相似的含油砂体与落空砂体时发现在实际研究中并非如此。

牛 110、牛 106、辛 154 和史 131 砂体为东营凹陷沙三段的 4 个砂岩透镜体,前 2 个为不含油的砂体,后 2 个为油藏。4 个砂体构造背景相似,均为东营凹陷沙三段长轴三角洲前缘的滑塌浊积扇;砂体埋深接近,位于 3 000 m 左右,距下部有效烃源岩 300~500 m。通过包裹体岩相学观察,确定该区存在 3 期流体包裹体。以第 2 期流体包裹体均一温度为例(表 1,图 1),对比含油砂体与不含油砂体捕获的流体包裹体均一温度,前者高于后者,差值大约为 18℃。原因是由烃源岩排出的高温含烃流体运移到储集层,运移过程中能量虽有损失,但也必然会提高储层的流体温度,从而能够捕获到均一温度较高的流体包裹体。而对于落空砂体,由于没有外来高温流体的侵入,其捕获的包裹体均一温度要低于相同构造背景下含油砂体的包裹体均一温度。

表 1 东营凹陷含油砂体与落空砂体包裹体均一温度对比					
井号	埋深/m	是否含油	包裹体产状	流体期次	均一温度/℃
牛 110	3 000.1	不含油	加大边	2	110
			加大边	2	112
牛 106	3 017.8	不含油	加大边	2	109
辛 154	2 934.5	含油	成岩裂隙	2	128
			成岩裂隙	2	129
			成岩裂隙	2	127
史 131	3 024.6	含油	成岩裂隙	2	128
			成岩裂隙	2	130

注:样品由南京大学测试,2008

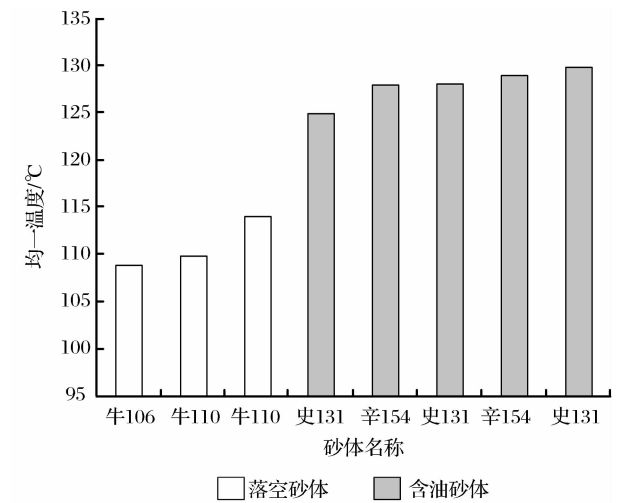


图 1 含油砂体与落空砂体流体包裹体均一温度对比

由此推论,不含油砂体的流体包裹体均一温度代表了储层正常的埋藏古温度,含油砂体的流体包

裹体均一温度一般高于该值,二者之差取决于源一储间距、油气运移通道。以东营凹陷古地温梯度 3.5℃/100m 计算,18℃ 的温差使储层古埋深增加量超过 500 m。因此,对于含油砂体,在利用流体包裹体均一温度时要进行温度校正,特别是源一储温差较大、断裂输导有利的中浅层,否则,得出的成藏时间较晚,得到的古流体压力较大。

2 流体包裹体烃类成分的应用

通常认为流体包裹体中烃类成分代表储层的烃类组成,较成熟的技术为爆裂法在线 GC-MS 检测,其结果常用于较强降解原油的油源对比、PVT 古压力模拟参数等。

事实上,对于发育多套烃源岩、多期成藏的含油气盆地而言,这种应用就值得谨慎考虑,因为,检测到的群包裹体烃类成分往往代表油藏中早期充注的油气,群包裹体烃类成分的成熟度比油藏原油的低。

惠民凹陷曲堤油田曲 10 井油砂包裹体有机成分与储层原油特征存在明显区别(表 2)。其中,包裹体烃成分成熟度较低,4-甲基甾烷和 C₂₄ 四环萜烷含量也较低,γ-蜡烷指数为 0.06,三环萜烷中 C₂₁>C₂₃;相反,储层原油的成熟度较高,4-甲基甾烷和 C₂₄ 四环萜烷含量也较高,γ-蜡烷指数为 0.17,三环萜烷中 C₂₁<C₂₃。油源对比和包裹体烃—储层烃对比表明,该区至少存在 2 期油气充注,第 1 期油气来自临南洼陷北部油源区,因其埋藏较深,先进入生烃门限,所生油气充注到曲堤油田储层中,储层含烃流体包裹体记录了该期油气活动,且在该区中生界潜山油藏中发现的原油也属于该期充注的产物。随着临南洼陷南部烃源岩埋深增大,进入了生烃门限,南部曲堤地区接受大量的来自第 2 期的油气充注,因数量上占绝对优势,所以储层中现存的原油呈现第二期油气的特征。

表 2 曲堤油田储层原油与包裹体烃成分 生物标志化合物特征参数对比						
井号	层位	样品	C ₂₉ 甾烷 20S/ (20S+20R)	4-甲基甾烷/ C ₂₉ ααα20R	三环萜烷 C ₂₁ /C ₂₃	γ-蜡烷 指数
曲 10	E _{s3}	原油	0.44	2.37	0.89	0.06
		包裹体	0.36	0.68	1.07	0.17
曲斜 17	Mz	原油	0.36	0.80	1.01	0.13

注:样品由中国科学院广州地球化学研究所测试,2002

东营凹陷梁家楼断块油气田储层原油与包裹体烃对比结果亦是如此。东营凹陷沙四段上亚段烃源

岩和沙三段下亚段烃源岩排烃有先后之分,前者排烃早,后者排烃相对晚^[14]。因此,沙四段上亚段烃源岩生成的油气先充注梁家楼地区储层成藏,并形成相应特征的油气包裹体;之后沙三段下亚段烃源岩生成的油气混入,则储层原油组成上发生了变化,可能因二者混入的比例不同呈现出 3 种类型的原油,即沙四段上亚段烃源岩特征的原油、沙三段下亚段烃源岩特征的原油或两者的混合产物,但无论何种情况,油气包裹体成分仍保持不变。也就是说,油气包裹体烃类特征与储层原油特征有区别,且包裹体烃类具早期充注原油的特征。

含烃流体包裹体是在烃类流体、水和矿物等多相条件下胶结物形成过程中的产物。研究表明,油气注入储层后,储层中的石英次生加大现象仍然发生,但明显受到抑制;自生伊利石的形成、钾长石的钠长石化等则被中止。

随着含油饱和度的增加,油气,特别是其中的羧酸,溶解了储层中的石英、铝硅酸盐等矿物颗粒并形成一定的空间,油气充填其中,由于油气流体的分隔,地层水与矿物无法接触,水岩作用受到抑制或中止,溶解空间无法封闭^[15],较难形成一定数量的烃类包裹体。因此,烃类包裹体无法记录油气成藏全过程,尤其是群包裹体有机成分,这也是为什么含烃

流体包裹体烃类成熟度一般低于原油成熟度的主要原因。

3 含烃流体包裹体丰度的应用

Eadington 等^[16]提出用含烃流体包裹体相对丰度(GOI)指标来表征砂岩储层含油饱和度及反映古油水界面变迁的技术方法^[17-18]。

用 GOI 指标来表征砂岩储层含油饱和度和含烃包裹体相对丰度的表达式为:

$$\text{GOI}(\%) = \frac{\text{含烃包裹体的矿物颗粒数目}}{\text{总矿物颗粒数目}} \times 100$$

Eadington 等^[16]和 Lisk 等对澳大利亚沉积盆地中的 16 个油田研究表明,水层样品的 GOI 值和油层样品的 GOI 值存在数量级的差别,把 GOI 值为 5% 确定为经验油柱门限值,把 GOI 值小于 1% 作为油气运移路径(水层)的指示。如此,沿油气藏剖面系统的取样,研究样品内含烃包裹体的丰度状况,可以确定所研究样品是处于油气的运移通道中还是古油层内。

利用该方法追溯东营凹陷砂岩透镜体油藏的古油水界面时,出现了意外结果,有的油藏仅能建立 1 期古油水界面,有的油藏无法恢复古油水界面。

东营凹陷营11油藏沙三段中亚段深水浊积扇

表 3 营 11 油藏沙三段中亚段含烃流体包裹体丰度

井号	深度/m	主矿物及产状	包裹体类型与荧光	GOI 值/%
营 11-8	3 065.5	石英颗粒加大边	OL,黄色荧光	2.617
	3 066.5	石英颗粒内裂隙	OL,黄色荧光	1.782
	3 067.5	石英颗粒粒间	无,少量黑色不发荧光沥青	0
营 67	3 066.0	穿石英颗粒裂隙	OL,深黄色荧光	2.158
	3 067.8	石英颗粒内裂隙	OL,深黄色荧光	0.438
	3 068.5	石英颗粒内裂隙	OL,深黄色荧光	0.296
	3 069.5	穿石英颗粒裂隙	OL,深黄色荧光	0.571
	3 070.5	方解石胶结物	OL,深黄色荧光	0.743
	3 071.2	石英颗粒内裂隙	OL,深黄色荧光	1.281
	3 075.0	石英颗粒内裂隙	OL,深黄色荧光	0.434
	3 077.0	穿石英颗粒裂隙	OV,冷冻后可见极少量,不发荧光	0
	3 080.0	极少数方解石胶结物	OL,黄色荧光	0.145
	3 084.8	穿石英颗粒裂隙	OV,冷冻后可见极少量,不发荧光	0
	3 186.0			
营 11-48	3 191.0			
	3 197.0	穿石英颗粒裂隙	OV,冷冻后可见极少量,不发荧光	0
	3 194.0			
	3 199.8			
	3 206.5			

注:样品由中国地质大学(武汉)测试,2005;OL 为液态烃包裹体;OV 为气态烃包裹体

油藏属于深湖一半深湖沉积环境,埋深为 2 700~3 200 m,构造完整,内部无断层,岩性主要为细砂岩,探明含油面积为 12.3 km²,压力系数为 1.57,油气充满度为 95%。

含烃流体包裹体分析结果表明(表 3),储层上部见到少量发黄色荧光和成熟度较低的油包裹体,但 GOI 值均远小于 5%,储层下部只有冷冻后方可见到极少量含烃流体包裹体,不发荧光,以烷烃为主,成熟度较高。因此,用 GOI 值无法恢复该油藏的古油水界面,且现今油水界面上下砂岩储层 GOI 值亦无明显数量级变化。类似的砂岩透镜体油藏有坨 74 油藏、史 10-C 油藏和史 128 油藏等。

油源对比表明,营 11 砂岩透镜体油藏的原油为混合来源,即来自牛庄洼陷沙四段上亚段烃源岩和沙三段中下亚段烃源岩,并以沙三段中下亚段烃源岩为主(图 2)。其中,沙四段上亚段烃源岩先进入排烃门限,生成的油气成熟度相对较低,于馆陶组沉积末期充注储层,上部储层捕获该期油气,形成了少量发黄色荧光的油包裹体;沙三段中下亚段烃源岩生成的油气成熟度相对较高^[19-20],于明化镇末期充注,该时期被认为是渤海湾盆地油气成藏的关键时刻^[21],油气藏成藏时间相对较短,为晚期快速充注成藏,仅在下部储层形成了极少量含烃流体包裹体,甚至没有。

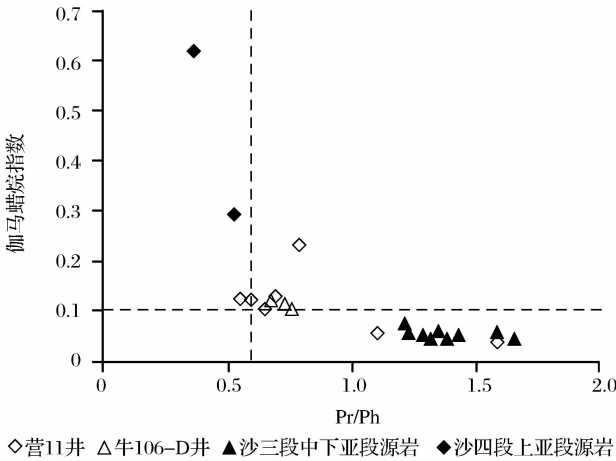


图 2 东营凹陷营 11 油藏和牛 106-D 油藏油源对比

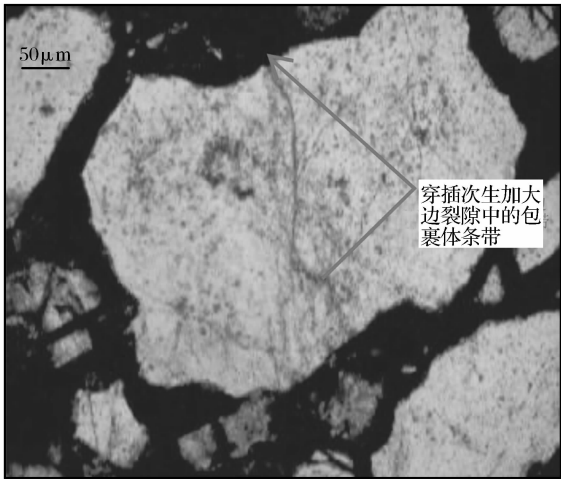
油气成藏过程是否有含烃流体包裹体形成,关键取决于储层中的含油饱和度及地层水的流动和介质条件。当油气充满系数较低时,储层含油饱和度较低,难以形成一定数量的含烃流体包裹体;当油气快速充注储层成藏时,储层含油饱和度快速升高,并将快速中止石英的胶结作用。因而,快速成藏亦难以形成一定数量的含烃流体包裹体。这正是在营

11 油藏等晚期油气快速充注的储层中难以观察到大量含烃流体包裹体的原因所在。

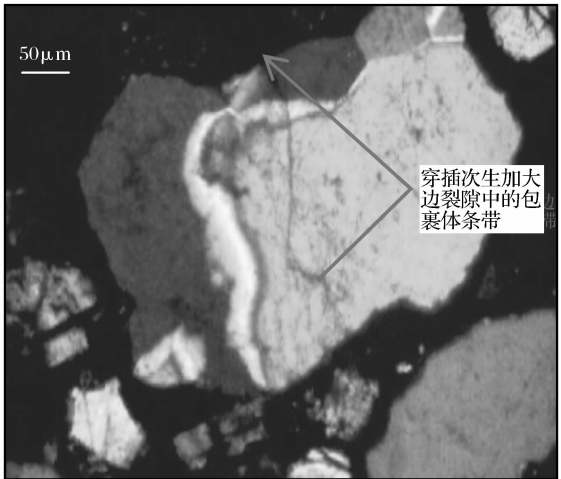
因此,早期油气少量充注储层和晚期油气快速充注储层成藏均难以形成一定数量的含烃流体包裹体。这样,利用含烃流体包裹体丰度法就难以恢复油藏各成藏期间的古油水界面。

4 晚期高温热液包裹体的思考

东营凹陷,乃至东部渤海湾盆地,新近纪以来地温梯度逐渐降低,盆地处于降温冷却过程^[22]。但储层中检测到的最后一期流体包裹体表明,盆地晚期经历了高温热液活动。这种包裹体是在成岩过程结束之后,由于构造活动等作用造成的裂隙在愈合时捕获的,沿着裂隙分布,裂隙穿插了石英的次生加大边或 2 个颗粒至 2 个颗粒以上(图 3),通常形成温度比成岩过程中捕获的盐水包裹体和烃类包裹体温



(a) 透射光显微镜下的照片



(b) 偏光显微镜下的照片

图 3 微裂隙捕获的次生包裹体

坨 164 井,3 417.6 m,包裹体条带穿插石英颗粒及加大边

表 4 东营凹陷晚期高温流体包裹体测试数据

井名	深度/m	主矿物及产状	均一温度/(℃/个)	盐度/(%/个)
坨 123	2 614.1	穿插多个石英颗粒裂隙	184~215/5	6.3~7.6/5
坨 124	2 475.7	穿多个石英颗粒裂隙	215~240/4	11.1~24.5/4
坨 144-1	2 419.7	穿多个石英颗粒裂隙	234~289/5	3.55~6.74/5
坨 164	3 417.6	穿石英颗粒裂隙	176~190/7	7.6~8.7/7
坨 160	2 625.4	穿多个石英颗粒裂隙	231~240/3	13.9~14.0/3
坨 170	3 415.0	穿石英颗粒裂隙	137~265/11	20.1~27.0/11
坨 71	3 177.5	穿多个石英颗粒裂隙	192~202/5	11.7~14.5/5
坨 74	2 981.8	穿多个石英颗粒裂隙	247~257/5	7.7/5
坨 76	3 453.5	石英颗粒加大边或穿其裂隙	154~233/11	5.3~24.6/11
牛 35	2 993.3	穿多个石英颗粒裂隙	205~352/8	1.74~18.2/8
牛 87	2 927.6	石英颗粒加大边	148~156/2	10.9~11.8/2
牛 106	3 010.5	石英颗粒加大边	150~183/9	异常(含 Ca ²⁺)
王 541	3 138.9	穿石英颗粒裂隙	190~265/5	2.9~6.7/5
辛 154	2 937.0	石英颗粒加大边	122~187/11	13.4~20.0/11

注:样品由南京大学测试,2008

度要高,多在 150~240℃ 之间(表 4),最高达 352℃,包裹体尺寸也略大,大多为 3~10 μm。

这种高温、高盐度的热液流体活动应该说与盆地含烃热流体无关。首先,该类包裹体世代最晚,位于含烃流体包裹体之后;其次,东营凹陷有效烃源岩现今埋深多处于 3 000~4 000 m 之间,按平均地温梯度计算,这种高温热液多来源于 4 000 m 以下;最后,东营凹陷目前尚无热裂解气的发现,油气流体温度多在 160℃ 之内。

由此推论,东营凹陷新近纪晚期大规模油气运聚之后,存在 1 期来自更深层的热液活动,虽然说该期热液活动在含烃流体的运移之后,但很可能有利于盆地中油气的运聚成藏,可起到油田开发中蒸汽驱的作用,将油气输导通道中残余油气进一步驱动进入圈闭成藏,这也是为什么目前在盆地输导层中很难见到大量吸附烃(残余油气)的原因。这一认识可能引起对含油气盆地油气运聚系数乃至资源评价的深入思考。

塔里木盆地库车坳陷砂岩储层中也检测到了均一温度大于 200℃ 的晚期流体包裹体^[23],说明即使是西部的“冷盆”,晚期亦存在高温热液活动。

5 结论

(1)含油储层受深部含烃流体的影响,其流体包裹体均一温度普遍偏高,不能代表该层正常的埋藏温度,由此推算出的成藏时间偏晚、流体古压力

偏高。

(2)流体包裹体群成分中有机质成熟度一般低于储层原油的成熟度,主要是早中期油气充注的产物。

(3)含烃流体包裹体记录的往往是早中期油气充注储层的过程,早期少量油气充注储层与晚期大量油气快速充注储层均难以形成一定数量的含烃流体包裹体。流体包裹体丰度法确定的古油水界面只代表部分油气成藏过程。

(4)盆地中晚期高温热液活动有利于驱动油气输导通道中吸附烃的运聚。

参考文献:

[1] Nedkvitne T, Karlsen D A, Bjørlykke K, *et al.* Relationship between reservoir diagenetic evolution and petroleum emplacement in the Ula field, North Sea[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 1993, 10(6): 255-270.

[2] Tao Shizhen, Guo Hongli, Zhang Baomin, *et al.* Petrography, classification, terminology and fundamental question ignored usually of inclusion in sediment rocks[J]. *Chinese Journal of Geology*, 2002, 38(2): 275-280. [陶士振, 郭宏莉, 张宝民, 等. 沉积岩包裹体的岩相学、分类、术语及常被忽略的问题[J]. *地质科学*, 2002, 38(2): 275-280.]

[3] Pan Liyin, Ni Pei, Ou Guangxi, *et al.* Application of organic inclusion study in petroleum geology: Conception, classification, formation mechanism and significance[J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 2006, 25(1): 19-26. [潘立银, 倪培, 欧光习, 等. 油气包裹体在油气地质研究中的

- 应用——概念、分类、形成机制及研究意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2006, 25(1): 19-26.]
- [4] Ou Guangxi, Li Linqiang, Sun Yumei. Theory and application of the fluid inclusion research on the sedimentary basins[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2006, 25(1): 1-11. [欧光习, 李林强, 孙玉梅. 沉积盆地流体包裹体研究的理论与实践[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2006, 25(1): 1-11.]
- [5] Tan Ying, Liu Deliang, Yang Xiaoyong, *et al.* Research on paleo-fluid potential and migration of oil-gas by use of inclusions in sedimentary rocks[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2002, 32(4): 470-480. [谈迎, 刘德良, 杨晓勇, 等. 应用流体包裹体研究古流体势及油气运移[J]. 中国科学技术大学学报, 2002, 32(4): 470-480.]
- [6] Feng Zihui, Ren Yanguang, Wang Cheng, *et al.* Study on inclusion of deep buried igneous reservoir and forming period of gas pool in Songliao basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2003, 14(6): 436-442. [冯子辉, 任延广, 王成, 等. 松辽盆地深层火山岩储层包裹体及天然气成藏期研究[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(6): 436-442.]
- [7] Wang Xiandong, Jiang Zhenxue, Pang Xiongqi. Summarization of the paleohydrocarbon-water contact restoring methods[J]. Advance in Earth Sciences, 2003, 18(3): 412-419. [王显东, 姜振学, 庞雄奇. 古油气水界面恢复方法综述[J]. 地球科学进展, 2003, 18(3): 412-419.]
- [8] Qiu Nansheng, Jin Zhijun, Hu Wenxuan. Study on the hydrocarbon charge history in Dongying depression by evidence from fluid inclusions[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 2000, 24(4): 95-97. [邱楠生, 金之钧, 胡文暄. 东营凹陷油气充注历史的流体包裹体分析[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2000, 24(4): 95-97.]
- [9] Liu Deliang, Tao Shizhen, Zhang Baomin. Application and questions about ascertaining oil-gas pools age with inclusion[J]. Natural Gas Geoscience, 2005, 16(1): 16-20. [刘德良, 陶士振, 张宝民. 包裹体在确定成藏年代中的应用及应注意的问题[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(1): 16-20.]
- [10] Liao Shimeng, Wang Qiang, Xu Zhiming, *et al.* The questions in application of inclusion composition analytical technique[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(2): 170-172. [廖仕孟, 王强, 徐志明, 等. 流体包裹体分子组成分析技术应用中存在的问题[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(2): 170-172.]
- [11] Wang Yang'en, Chen Chuanren, Huang Yuying, *et al.* Study of the trace elements in individual fluid inclusion based on SRXRF[J]. Science Technology and Engineering, 2009, 10(20): 6145-6149. [王阳恩, 陈传仁, 黄宇营, 等. 用 SRXRF 微探针研究含油气单个流体包裹体的微量元素分布[J]. 科学技术与工程, 2009, 10(20): 6145-6149.]
- [12] Zheng Jie, Chen Yong. Research and its application of fluid inclusion in lithogenesis based on Raman spectrum[J]. Xinjiang Oil Gas, 2009, 5(2): 18-23. [郑洁, 陈勇. 流体包裹体拉曼光谱研究及其在成岩作用中的应用[J]. 新疆石油天然气, 2009, 5(2): 18-23.]
- [13] Chi Guoxiang, Lu Huanzhang. Validation and representation of fluid inclusion microthermometric data using the fluid inclusion assemblage (FIA) concept[J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(9): 1945-1953. [池国祥, 卢焕章. 流体包裹体组合对测温数据有效性的制约及数据表达方法[J]. 岩石学报, 2008, 24(9): 1945-1953.]
- [14] Hao Xuefeng, Song Guoqi, Zong Guohong, *et al.* Reservoir forming mechanism of Liangjialou oilfield, the Dongying depression[J]. Petroleum Geology Experiment, 2004, 26(5): 452-456, 499. [郝雪峰, 宋国奇, 宗国洪, 等. 渤海湾盆地东营凹陷梁家楼油田成藏机理探讨[J]. 石油实验地质, 2004, 26(5): 452-456, 499.]
- [15] Zhang Zhijian, Zhang Wenhui. Formation mechanism of organic inclusions in clastic reservoir[J]. Geological Science and Technology Information, 1994, 13(1): 53-59. [张志坚, 张文淮. 碎屑岩储层中有机包裹体的形成机制研究[J]. 地质科技情报, 1994, 13(1): 53-59.]
- [16] Eadington P J. Identifying oil well sites[J]. United States Patent Application, 1996, (5): 543-616.
- [17] Zhu Yangming. The application of fluid inclusion in the petroleum exploration[J]. Explorationist, 1999, 4(4): 29-32. [朱扬明. 流体包裹体在油气勘探中的应用[J]. 勘探家, 1999, 4(4): 29-32.]
- [18] Bai Guoping. Research state and its development tends for application of inclusion technique in the petroleum exploration[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 2003, 27(4): 136-140. [白国平. 包裹体技术在油气勘探中的应用研究现状及发展趋势[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2003, 27(4): 136-140.]
- [19] Zhang Linye, Jiang Youlu, Liu Hua, *et al.* Relationship between source rock and oil accumulation in Dongying sag[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(3): 61-64. [张林晔, 蒋有录, 刘华, 等. 东营凹陷油源特征分析[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 61-64.]
- [20] Tan Lijuan, Jiang Youlu, Su Chengyi, *et al.* Characteristics of source rock in Boxing zone, Dongying sag[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 2002, 26(5): 1-4. [谭丽娟, 蒋有录, 苏成义, 等. 东营凹陷博兴地区烃源岩和油源特征[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2002, 26(5): 1-4.]
- [21] Sun Yumei, Li Youchuan, Gong Zaisheng, *et al.* Fluid inclusion evidence for late-stage petroleum accumulation, Bozhong depression, Bohai Gulf basin[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2009, 28(1): 24-33. [孙玉梅, 李友川, 龚再升, 等. 渤海湾盆地渤中凹陷油气晚期成藏的流体包裹体证据[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2009, 28(1): 24-33.]
- [22] Li Shanpeng, Qiu Nansheng. Studying the palaeoetherm of Dongying sag by using vitrinite reflectance[J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute: Natural Science Edition, 2003, 18(6): 9-11. [李善鹏, 邱楠生. 应用镜质体反射率方法研究东营凹陷古地温[J]. 西安石油学院学报: 自然科学版, 2003, 18(6): 9-11.]

[23] Li Huili, Qiu Nansheng, Jin Zhijun, *et al.* Study on hydrocarbon entrapment in Kela 2 gas field, Tarim basin: Evidence from reservoir fluid inclusion[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(4): 648-653. [李慧莉, 邱楠生, 金之钧, 等. 塔里木盆地克拉 2 气田储层流体包裹体与油气成藏研究[J]. *沉积学报*, 2003, 21(4): 648-653.]

Experiences on Application of Fluid Inclusion in Research of Reservoir

ZHUO Qin-gong¹, SONG Yan¹, NI Pei², HAO Xue-feng³, XIONG Wei³

- (1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing 100083, China;*
2. *School of Earth Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China;*
3. *Geological Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying 257015, China)*

Abstract: Fluid inclusion in reservoir implies abundant information of reservoir-forming, which is widely used in research of thermal history, reservoir-forming, and more territories in petroliferous basin. It is revealed that homogenization temperature of fluid inclusion in oiliness reservoir is more than its normal burial temperature. Reservoir calculated in view of the above is usually formed in late stage with relative high fluid paleopressure. Hydrocarbon-bearing fluid inclusions are mainly trapped in the early and middle period of petroleum migration and accumulation. The maturity of organic material is ordinarily lower than that of crude oil in reservoir. It is difficult to form abundant hydrocarbon-bearing fluid inclusions in the early stage of a little petroleum migration and in late period of a great quantity of petroleum migration speedily. Paleo-OWC and reservoir-forming stages assured by abundance of fluid inclusion are less. The hypothermal fluid action in the late evolution period is favourable for the migration and accumulation of adsorbed hydrocarbon in migration pathway. The results have great significance to study formation mechanism of fluid inclusion and reservoir.

Key words: Homogenization temperature; Component; Abundance; Hypothermal inclusion; Stage of reservoir-forming; Paleo-OWC.

简讯

我刊四位编委荣获国家自然科学二等奖

1月14日,中共中央、国务院在人民大会堂隆重举行国家科学技术奖励大会,党和国家领导人胡锦涛、温家宝、李长春、习近平、李克强等出席大会并为获奖代表颁奖。“中国天然气成因及鉴别”成果荣获国家自然科学二等奖,我刊主编戴金星院士代表项目组上台领奖,其他四位获奖人(中国石油勘探开发研究院实验研究中心主任张水昌教授级高级工程师、朱光有高级工程师、中国石油勘探开发研究院廊坊分院天然气所书记李剑教授级高级工程师、中国地质大学(武汉)副校长郝芳教授)也参加了颁奖大会。

国家自然科学奖注重基础研究和应用基础研究,强调“重大科学发现”,且每年度设立奖项较少,因此,已成为众多科学研究工作者追求的崇高荣誉。2010年度国家自然科学奖授奖项目30项,其中一等奖空缺、二等奖30项。本次获奖,是自1998年集团公司重组后中国石油天然气集团公司首次获得该项奖项。

(本刊通讯员)