

## 合肥盆地石炭系一二叠系储层流体包裹体特征 与油气运移研究

陈顺勇<sup>1</sup>, 俞昊<sup>2</sup>, 林春明<sup>1\*</sup>, 张霞<sup>1</sup>, 曲长伟<sup>1</sup>, 张妮<sup>3</sup>, 倪培<sup>1</sup>, 丁俊英<sup>1</sup>

1. 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室(南京大学), 南京大学地球科学与工程学院, 南京 210023;

2. 中国石油化工股份有限公司华东分公司, 南京 210036;

3. 金陵科技学院材料工程学院, 南京 211169

**摘要:** 合肥盆地石炭系一二叠系具有油气勘探潜力, 但研究薄弱。根据盆地中部安参1井石炭系一二叠系储层中流体包裹体的岩相学分析及显微测温, 主要讨论了油气运移特征。结果表明, 储层石英微裂隙及次生加大边中与油气包裹体伴生的盐水包裹体均一温度主要在145.2~150.2℃, 155.6~160℃及169.9~177.9℃等三个温度区间。结合储层埋藏史-热史, 发现储层主要经历了3期流体充注, 时间在162.1~157.2 Ma之间(晚侏罗世)。通过包裹体冰点的测定, 得到每一期流体的盐度特征, 结合构造演化、烃源岩发育背景, 推测油气主要是在石炭系一二叠系地层内部运移, 同时也可能有新元古界、下古生界等深部的热液通过深大断裂运移到石炭系一二叠系, 参与了油气的运聚, 这在研究区今后的油气成藏研究中需要注意。

**关键词:** 包裹体; 油气运移; 石炭系一二叠系; 合肥盆地

**中图分类号:** P618.13

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-7493(2015)01-0131-07

## The Features of Fluid Inclusions in Reservoir and Petroleum Migration of the Carboniferous-Permian Strata in Middle Hefei Basin

CHEN Shun Yong<sup>1</sup>, YU Hao<sup>2</sup>, LIN Chun Ming<sup>1\*</sup>, ZHANG Xia<sup>1</sup>, QU Chang Wei<sup>1</sup>, ZHANG Ni<sup>3</sup>, NI Pei<sup>1</sup>,  
DING Jun Ying<sup>1</sup>

1. State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing  
210023, China; 2. East China Branch Company, SINOPEC, Nanjing 210036, China;

3. Jinling Institute of Technology, Material Engineering College, Nanjing 211169, China

**Abstract:** Research about the Carboniferous-Permian reservoir in Hefei Basin with good petroleum potential is lacking. We mainly discuss the petroleum migration features through petrology and microthermometry analysis of the widely developed fluid inclusions in the well AnCan 1. The results show that the homogenization temperature of these aqueous inclusions in quartz micro-cracks and quartz secondary enlargement edge are mainly at 145.2~150.2℃, 155.6~160℃ and 169.9~177.9℃. Combined with the burial history-thermal history, we speculate that the reservoir experienced three major oil and gas filling stages during 162.1~157.2 Ma (Late Jurassic). By

**收稿日期:** 2013-06-28; **修回日期:** 2014-10-13

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(41272124); 南京大学“内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室”自主研究基金项目(2009-11-11)联合资助

**作者简介:** 陈顺勇, 男, 1988年生, 硕士研究生, 主要从事沉积学与石油地质学研究; E-mail: wscsy2007@163.com

**\*通讯作者:** 林春明, 男, 1964年生, 教授, 博士生导师, 主要从事沉积学与储层地质学研究; E-mail: cmlin@nju.edu.cn

measuring the freezing point of inclusions, we study the salinity characteristics. According to the tectonic evolution and development background of source rocks, we conclude that the petroleum migration mainly happened within the carboniferous-Permian strata. In the meantime the deep hydrothermal of the Neoproterozoic-Lower Paleozoic may also move to the Carboniferous-Permian through deep faults, and participated the migration and accumulation of oil and gas. Attention needs to be paid to research on the hydrocarbon accumulation of this area in the future.

**Key words:** Fluid inclusions, Petroleum migration, Carboniferous-Permian stratum, Hefei Basin

**Corresponding author:** LIN Chunming, Professor; E-mail: cmlin@nju.edu.cn

合肥盆地是我国东部一个陆相盆地,盆地及周缘油气显示丰富,在盆地南部的铁路隧道施工过程中曾先后发生数次自燃现象,表明盆地内曾发生油气生成和运聚过程,展示该区特别是石炭系—二叠系具有一定的油气勘探潜力(许世红,2007;孙连浦,2005)。据此,前人对盆地石炭—二叠纪地层(张交东等,2008)、沉积体系(李丕龙等,2003;林春明等,2011<sup>①</sup>)、烃源岩(李宗亮,2005;李丕龙等,2003)、构造与地球物理(许世红,2007;董波等,2002;李丕龙等,2003)、储层成岩作用特征(王鑫,1997;李丕龙等,2003)等方面做了初步研究工作,为全面了解油气成藏奠定了基础。但对该区的油气运移、油气成藏期次及其充注时期等方面的研究仍较为缺乏。这制约了勘探进程,也是多家地质单位对合肥盆地进行勘探,却一直未获得突破的一个重要原因。

储层流体包裹体记录了地质历史时期盆地内烃类流体的生成、运移、聚集和后期演化等重要信息,这些信息对于研究油气的运聚成藏过程具有重要意义。近年来,通过对储层流体包裹体进行深入研究,在探讨油气成藏期次和运移方向等方面取得了良好效果(赵力彬等,2005;施伟军等,2009;陈顺勇等,2013)。据此,本文在前人研究基础上,通过对盆地中部安参1井石炭系—二叠系储层中的流体包裹体进行分析,主要均一温度及盐度的测定,结合构造演化、储层成岩作用等油气地质条件,探讨其油气的运移期及基本特征,为合肥盆地(中部)油气勘探提供参考信息。

## 1 地质背景

### 1.1 区域地质背景

合肥盆地位于安徽省境内,面积约 $2.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,

构造上隶属于秦岭—大别造山带北缘与华北地台之间的过渡带,东以郯庐断裂带为界与张八岭隆起相接,北以寿县—定远断裂为界接蚌埠隆起,西以吴集断裂为界连长山隆起,南部直抵大别造山带(李丕龙等,2003;孙连浦等,2005)(图1a)。合肥盆地内部从南向北主要发育肥西—韩摆渡断裂、蜀山断裂及肥中断裂带,盆地中部主要包括肥西—韩摆渡断裂和肥中断裂带及其之间的地区(图1)。

### 1.2 构造演化

合肥盆地的构造演化史大致分为四个阶段,分别为:(1)加里东运动末期(Pz1),扬子板块向华北板块之下俯冲,造成裂谷关闭和北淮阳褶皱带的形成;(2)海西期(Pz2),华北地台与扬子板块之间再次发生裂陷活动,并形成完整的沟—弧—盆体系,沉积了石炭系—二叠系地层;(3)印支期(T),裂谷再次关闭,扬子板块再次向华北板块之下俯冲,地层由南向北发生大规模推覆,形成叠瓦冲断片;(4)燕山期(J-K),盆地整体坳陷,后期燕山运动在盆地内反映强烈,肥西—韩摆渡断裂、肥中断裂等EW向断裂沿印支期形成的冲断面再次挤压冲断;(5)喜山期(E-N),古近纪晚期,喜马拉雅运动表现较强烈,新近纪时期,盆地进入坳陷盆地发展阶段(李丕龙等,2003)。从上可见,合肥盆地经过了反复伸展—挤压的构造运动,从而形成了肥西—韩摆渡、蜀山及肥中断裂等深大断裂(图1a, b)。

### 1.3 地层特征

合肥盆地中部目前所钻遇古生界地层自下而上主要为奥陶系、石炭系及二叠系,志留系和泥盆系缺失,石炭系与二叠系的界限尚不明晰。石炭系—二叠系位于印支面之下,厚度达1000多米,砂岩、泥岩及泥质灰岩等层厚较大,烃源岩

<sup>①</sup> 林春明,张霞,姚玉来,等.2011.中国东南部海相地层沉积与层序地层学研究(内部报告).中国石油化工股份有限公司.

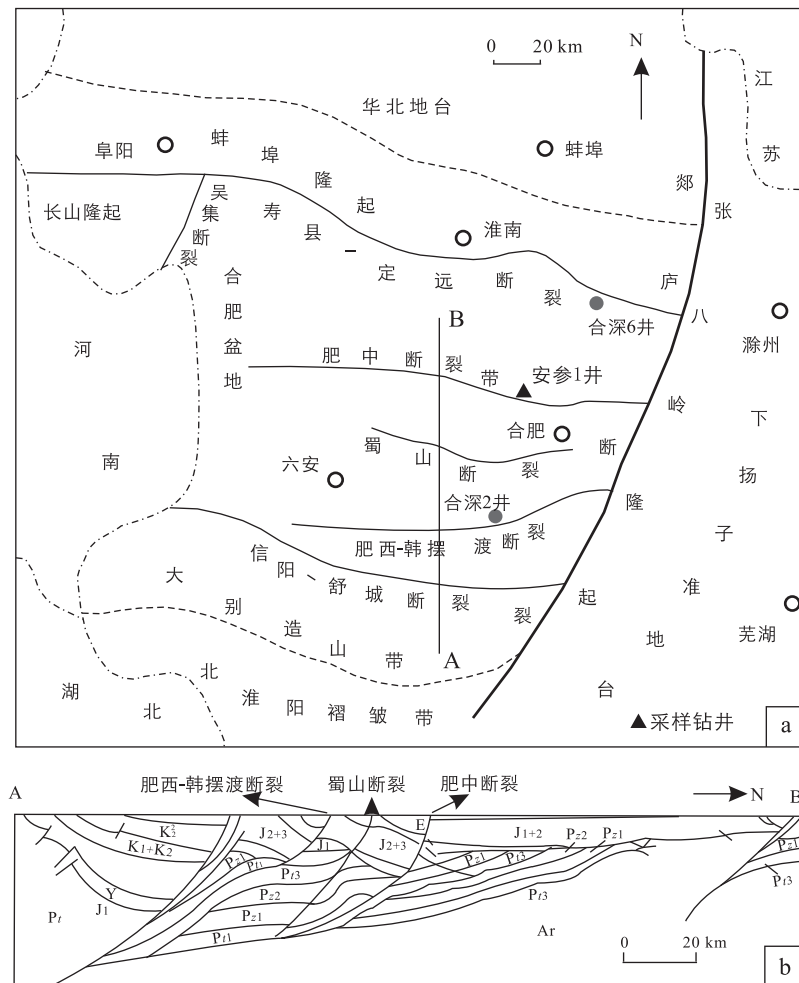


图1 合肥盆地构造背景及采样钻井位置 (据李丕龙等, 2002)

Fig. 1 Tectonic location and profile of Hefei Basin (after Li et al., 2002)

较为发育, 砂岩层面见水平发育的镜煤化树干, 靠近印支面的上部地层易被氧化, 故常见紫红色砂泥岩 (表1)。石炭系—二叠系沉积时期, 水体深度逐渐变小, 依次发育陆棚斜坡、前三角洲、三角洲前缘沉积 (李丕龙等, 2003)。

## 2 样品与实验方法

### 2.1 样品

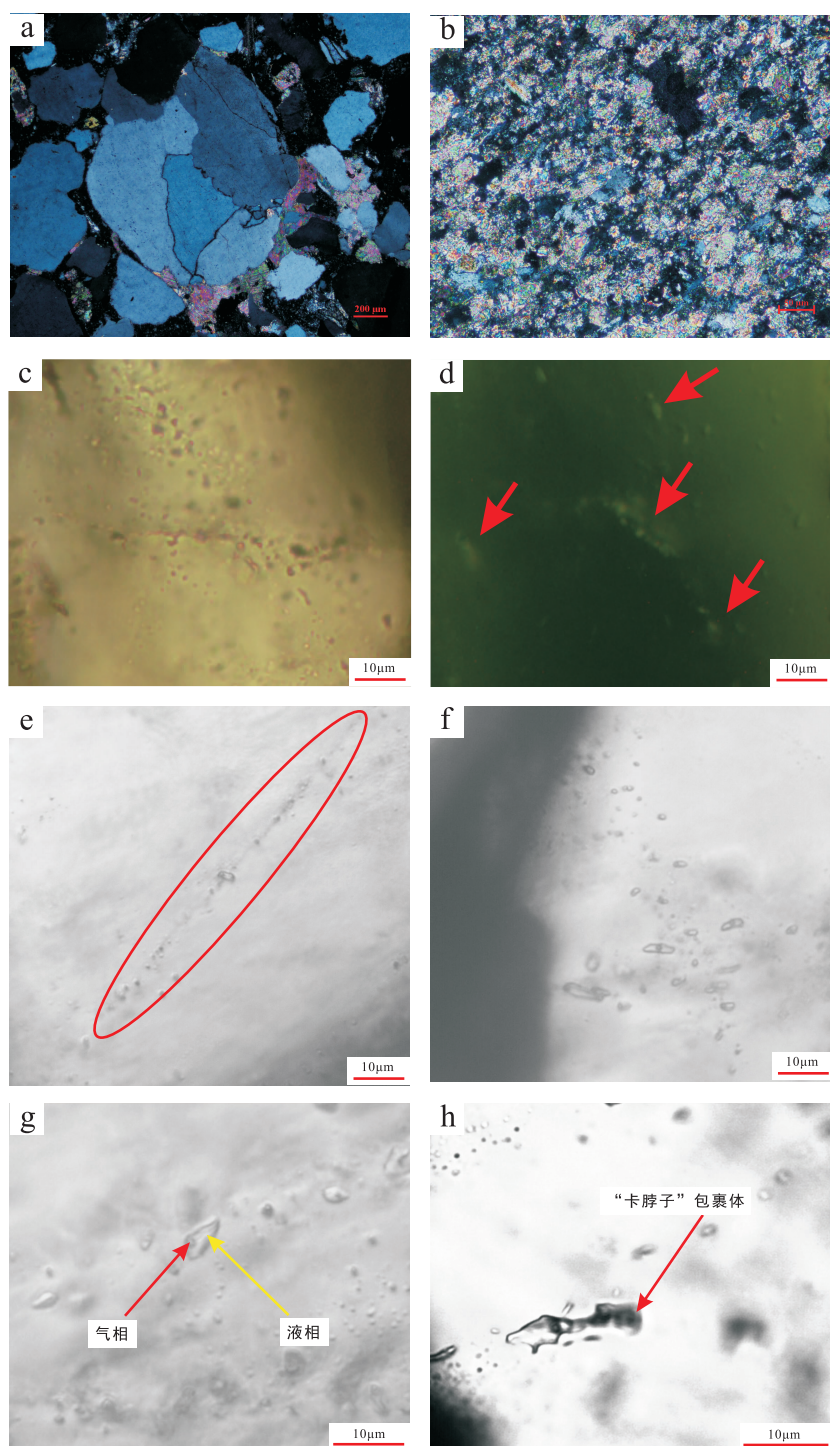
合肥盆地中部石炭系—二叠系地层埋藏深度

达到4000 m以上, 压实作用强烈发生, 孔隙保存条件差, 砂岩中杂基含量较高, 使得砂岩中原生孔隙及粒间溶蚀孔隙被极度压缩, 但强烈的压实作用同时会产生大量裂隙, 所以合肥盆地中部石炭系—二叠系储层为裂缝型储层, 储层岩性主要为石英砂岩 (图2a) 及泥质灰岩 (图2b)。本次从合肥盆地中部安参1井石炭系—二叠系储层共采样14件, 用于包裹体均一温度和冰点的分析测试, 其中砂岩样品4件, 泥质灰岩样品10件。

表1 合肥盆地钻遇古生界地层简表

Table 1 Summary of the Palaeozoic strata in Hefei Basin

界	系	深度(m)	岩性
古生界	石炭系—二叠系	4003.00~4193.50	以灰绿色、紫红色中、细砂岩为主, 其次为泥质砂岩、含砾砂岩、灰白色石英砂岩等, 中下部分别见薄层深灰色泥岩
		4193.50~5061.00	灰色、绿灰色泥质灰岩、灰质泥岩、砂质泥岩, 局部见薄层灰黑色、灰紫色泥岩
		5061.00~5150.00	暗紫色、灰紫色泥岩、灰质泥岩, 局部见含砾泥岩, 下部见二套细砾岩
	奥陶系	5150.00~5162.00	灰白色大理岩



(a) 石英砂岩, 安参1井, 4182 m, 正交光; (b) 泥质灰岩, 安参1井, 4307.6 m, 正交光; (c) 油气包裹体, 安参1井, 4185 m, 单偏光; (d) 蓝光激发下包裹体呈黄绿色-暗绿色荧光 (箭头所指, 与图2c同一视域), 安参1井, 4111 m; (e) 石英微裂隙中包裹体 (红色椭圆之内), 安参1井, 4185 m, 单偏光; (f) 石英次生加大边中包裹体, 安参1井, 4185 m, 单偏光; (g) 气液两相包裹体 (红色箭头所指为气相, 黄色箭头所指为液相), 安参1井, 4111 m; (h) 包裹体的“卡脖子”现象 (红色箭头所指), 安参1井, 4182 m

(a) quartz sandstone, Well Ancan1, 4182 m, (+); (b) argillaceous limestone, Well Ancan1, 4307.6 m, (+); (c) oil and gas inclusions, Well Ancan1, 4185 m, (-); (d) yellow-green-dark green fluorescence of inclusions under the blue light (red arrow, the same field of view with fig. 2c), Well Ancan1, 4111 m; (e) inclusions in the microcrack of the quartz (red ellipse), Well Ancan1, 4185 m, (-); (f) inclusions in the secondary quartz, Well Ancan1, 4185 m, (-); (g) gas (red arrow)-liquid (yellow arrow) inclusion, Well Ancan1, 4111 m; (h) the necking down of inclusion (red arrow), Well Ancan1, 4182 m.

图2 合肥盆地中部石炭-二叠系流体包裹体的透射光及荧光照片

Fig. 2 The micrographs in transmitted light and fluorescence of the Carboniferous-Permian fluid inclusions in middle Hefei Basin



## 2.2 实验方法

流体包裹体岩相学观察和显微测温在南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室的LinKam THMS600型冷热台上完成, 仪器的实验温度范围为 $-196.0\sim 600.0^{\circ}\text{C}$ 。当实测温度低于 $31.0^{\circ}\text{C}$ 时, 误差为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ , 实测温度介于 $31.0\sim 300^{\circ}\text{C}$ 之间时, 误差为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。实验步骤为: (1) 将采集的样品磨制成双面抛光的包裹体薄片; (2) 在显微镜下观察包裹体的岩相学特征, 包括产状、物理状态类型、充填度、大小及颜色等, 并对个体较大、现象较经典的包裹体或包裹体群作记号以备下一步研究; (3) 将包裹体片放于玻璃器皿中用酒精或丙酮浸泡, 直到将包裹体片两面的胶都清洗干净为止; (4) 对满足条件的包裹体进行均一温度及冰点的测定。具体过程为: 将清洗干净样品切割成小块, 把含有记号的小块样品放入样品室中, 将石英玻璃圆片嵌入弹簧夹中使样品保持封闭状态, 并记下待测包裹体的大小、形态、充填度、成因类型等特征, 然后选择具有一定外形、体积较大、腔壁较细及相界限清楚的包裹体进行均一温度、冰点的测定。温度测定时, 升温速度不宜过快 ( $5\sim 10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ), 在温度接近包裹体的均一温度, 气泡接近消失时, 升温速率降低 ( $1\sim 2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ), 确保实验精度。

## 3 实验结果

### 3.1 包裹体岩相学

包裹体岩相学观察是包裹体均一温度和冰点测试的基础 (陶士振, 2004)。研究区石炭系—二叠系储层中发现的油气包裹体形状大多不规则, 个体较小 (图2c), 在蓝光激发下油气包裹体发黄绿色—暗绿色荧光 (图2d), 据此可推测储层中捕获的油气主要可能为高成熟演化阶段的产物。本次工作所测试的包裹体主要为与油气包裹体同期形成的盐水包裹体 (冯乔等, 2006), 多分布在石英微裂隙 (图2e) 及次生加大边 (图2f) 中, 常呈定向排列, 所测包裹体按相态分类为气—液两相包裹体, 其气相部分呈灰黑色, 以球形或椭球形气泡悬浮在液相中, 液相部分无色透明 (图2g), 包裹体一般小于  $10\ \mu\text{m}$ , 气泡百分比 (气泡所占包裹体总体积的百分比) 变化较大, 为  $5\%\sim 30\%$ , 包裹体形状规则, 主要表现为成群包裹体的各个

包裹体形状基本相似 (图2f)。甄选包裹体进行均一温度及冰点的测试时, 将“卡脖子”形状包裹体 (图2h) 和气泡百分比出现异常 (出现极端数值) 的包裹体排除, 因为这些包裹体的均一温度不能代表包裹体形成时的流体温度 (卢焕章等, 2004; 陈顺勇等, 2013)。

### 3.2 包裹体均一温度及冰点

合肥盆地中部石炭系—二叠系储层中的包裹体均一温度主要介于  $140.0\sim 180.0^{\circ}\text{C}$  之间 (表2, 图3), 平均值为  $162.3^{\circ}\text{C}$ 。从均一温度直方图上可见, 研究区目的层段包裹体均一温度主要有3个区间, 分别为  $145.2\sim 150.2^{\circ}\text{C}$ 、 $155.5\sim 160.0^{\circ}\text{C}$  及  $169.9\sim 177.9^{\circ}\text{C}$  (表2, 图3)。据此推测合肥盆地中部石炭系—二叠系经历了3期流体充注, 其盐度分别为  $0.18\%\sim 2.07\%$ 、 $5.85\%\sim 6.59\%$ 、 $19.99\%\sim 25.82\%$  (表2)。

表2 合肥盆地中部安参1井石炭系—二叠系包裹体均一温度及冰点统计表

Table 2 The homogenization temperature and freezing points of AnCan 1 well Carboniferous–Permian inclusions in middle Hefei Basin

序号	期次	均一温度范围( $^{\circ}\text{C}$ )	平均均一温度( $^{\circ}\text{C}$ )	冰点范围( $^{\circ}\text{C}$ )	盐度范围(%)
1	第1期	145.2 ~ 150.2	147.0	-1.2 ~ -0.1	0.18 ~ 2.07
2	第2期	155.5 ~ 160.0	157.4	-4.1 ~ -3.6	5.85 ~ 6.59
3	第3期	169.9 ~ 177.9	173.1	-25.4 ~ -16.7	19.99 ~ 25.82

注: 盐度为NaCl重量百分数

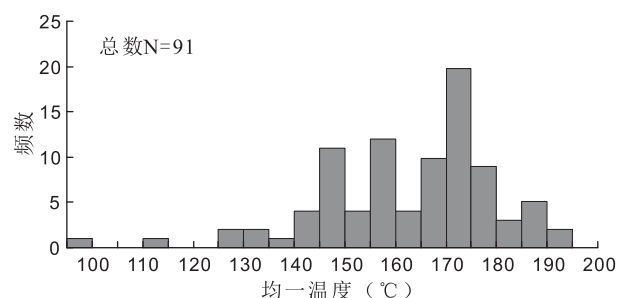


图3 合肥盆地中部安参1井石炭系—二叠系包裹体均一温度直方图

Fig. 3 The homogenization temperature histogram of AnCan 1 well Carboniferous–Permian inclusions in middle Hefei Basin

## 4 讨论

### 4.1 流体充注期次

将流体包裹体的均一温度范围投影到地层埋藏—热演化史图上, 可以大致得到流体充注的深度

和时期。本次所测包裹体均一温度主要介于140~180℃之间(图3),从埋藏史图可见,盆地中部石炭系一二叠系地层在晚白垩世及其以后稳定抬升,因此同一温度值在地层下降和上升阶段分别可能对应一次流体充注的深度和时间(图4),是否两个时间段都有流体充注需要甄别。

对于同一石英颗粒不同期次次生加大边中的包裹体,若随着加大边期次均一温度变高,表明随着时间变晚,地层在下降,则流体充注在地层下降阶段,反之,流体充注在地层抬升阶段。本次研究过程中,见一石英颗粒有多期次生加大边,在该石英颗粒的次生加大边中连续测定约20个包裹体的均一温度,发现随着石英次生加大边的期次变高,即由I期到II期,到III期次生加大边,包裹体均一温度大致由145.2℃、165.9℃增高到177.9℃(图5),可见包裹体均一温度沿晶体生长方向逐渐升高,表明石英次生加大边生长过程中,埋藏深度不断增加,包裹体均一温度逐渐增大(图5),故流体充注位于地层下降阶段。

将所测包裹体均一温度投到埋藏史-热史图(图4)上,得到流体充注的深度和时间为:第一期3110~3200 m、162.1~161.2 Ma(晚侏罗世),第二期3300~3390 m、160.8~160.1 Ma(晚侏罗世),第三期3600~3750 m、158.4~157.2 Ma(晚侏罗世)。

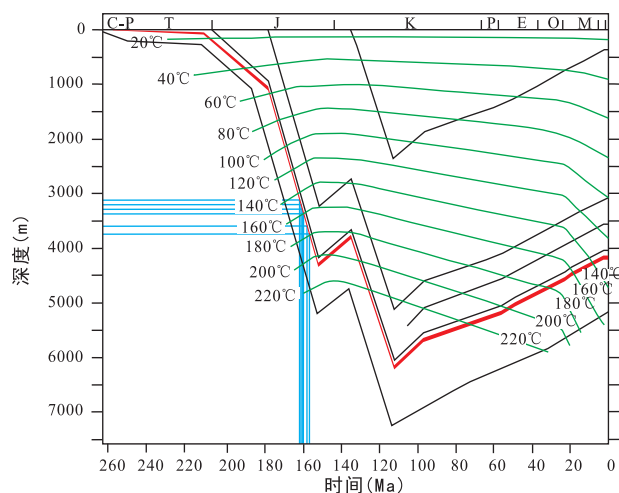


图4 合肥盆地中部石炭系一二叠系埋藏史及油气充注的深度与时代图

Fig. 4 The burial history and the depth-age of the oil and gas filling of Carboniferous-Permian strata in middle Hefei Basin

#### 4.2 油气运移探讨

包裹体盐度近似反映成岩期孔隙溶液的盐度,主要有3个影响因素:(1)同一期次流体包裹体具有相同或相近的盐度值;(2)一般来说,随着埋深增加,温度和压力增加,一些矿物会变得不稳定,使矿物溶解度增加或与孔隙溶液发生反应,从而使得孔隙溶液盐度增加(王成和邢顺全,1991);(3)包裹体盐度值的变化受盆地构造

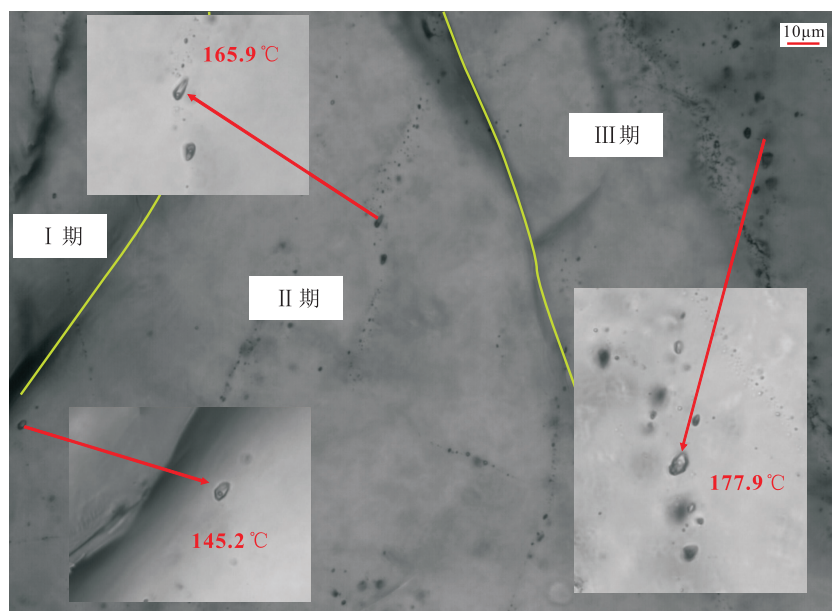


图5 合肥盆地中部安参1井石炭系一二叠系储层中石英次生加大边包裹体均一温度变化趋势图

Fig. 5 The variation trend chart of homogenization temperature of inclusions in quartz secondary enlargement edge of AnCan 1 well Carboniferous-Permian reservoirs in middle Hefei Basin

运动与热液活动的影响，断层构造可沟通地表，使浅层水侵入而降低溶液盐度值，也可使地球深部的热液流体上升而增大溶液的盐度。从合肥盆地的构造演化可知，加里东、海西、印支及燕山等时期的构造运动使得合肥盆地形成了肥西—韩摆渡及肥中断裂等深大断裂，为浅层流体及深部热液运移到石炭系—二叠系提供了充分条件。

合肥盆地中新世代为陆相湖泊沉积，湖水盐度较低，一般小于1%，海水盐度一般为3.5%。盆地中部石炭系—二叠系地层第一期流体包裹体盐度值为0.18%~2.07%，据此推测为原始孔隙溶液盐度随深度增加而增加所造成，流体在上古生界地层内部运移；第二期流体包裹体盐度值达到极高值5.85%~6.59%，表明流体同时受到原始孔隙溶液和深部热液的影响，部分流体在上古生界内部运移，部分流体由新元古界、下古生界运移到石炭系—二叠系；第三期流体包裹体盐度值为19.99%~25.82%，多来自深部的热液，即流体由新元古界、下古生界地层运移到石炭系—二叠系。华东石油局内部资料研究表明，合肥盆地石炭系—二叠系烃源岩较为发育，且存在自生自储的可能性，结合本文研究（表3），在中晚侏罗世处于高成熟期，故推测油气运移及充注主要发生在第一期，运移方向为上古生界内部运移，第二、三期为高温高盐流体，很可能有来自深部热液的影响。

表3 盆地中部安参1井石炭—二叠系所测包裹体盐度特征与油气运移

Table 3 The salinity characteristics and petroleum migration of inclusions in AnCan 1 well Carboniferous-Permian reservoirs in middle Hefei Basin

流体充注 期次	主要盐度范围 (%)	流体	油气运移方向
第1期	0.18 ~ 2.07	原始孔隙溶液	上古生界内部运移
第2期	5.85 ~ 6.59	原始孔隙溶液、 深部热液	内部运移、深部地层 —上古生界
第3期	19.99 ~ 25.82	深部热液	深部地层— 上古生界

## 5 结论

1) 合肥盆地中部地区石炭系—二叠系储层流体包裹体主要位于石英微裂隙及次生加大边中，均一温度主要在140~180℃之间，平均值为162.3℃，主要有3个区间，分别为145.2~150.2℃，155.6~

160℃及169.9~177.9℃，表明主要经历了3期流体充注，时间在162.1~157.2 Ma之间（晚侏罗世）。

2) 流体主要通过三种方式运移到盆地中部石炭—二叠系地层中：（1）含油气、盐水的混合流体在石炭系—二叠系内部运移；（2）原始孔隙溶液在石炭系—二叠系内部运移，部分深部热液由新元古界、下古生界通过深大断裂运移到石炭—二叠系；（3）主要为地球深部热液由新元古界、下古生界地层运移到石炭系—二叠系地层，可见，油气运移及充注主要发生在第一期，第二、三期为高温高盐流体，多来自深部的热液，因此在研究油气成藏时要注意深部流体的影响。

**致谢：**论文得到了中国石化华东分公司相关人员的支持和帮助，王兵杰、于进等参加了部分研究工作，在此一并表示感谢！

## 参考文献 (References):

- 陈顺勇, 俞昊, 林春明, 等. 2013. 下扬子黄桥地区二叠系龙潭组储层流体包裹体特征及油气成藏期研究[J]. 石油实验地质, 35(4): 389-394.
- 董波, 张德润, 李学田, 等. 2002. 合肥盆地磁场特征[J]. 石油实验地质, 24(3): 243-249.
- 冯乔, 马硕鹏, 樊爱萍. 2006. 鄂尔多斯盆地上古生界储层流体包裹体特征及其地质意义[J]. 石油与天然气地质, 27(1): 27-32.
- 李丕龙, 李学田, 姜建青, 等. 2002. 合肥盆地油气勘探现状及对策[J]. 石油实验地质, 24(3): 195-199.
- 李丕龙, 李学田, 宋明水, 等. 2003. 合肥盆地石油地质与地球物理特征研究及进展[M]. 北京: 地质出版社: 166-172, 38-64, 180-188, 145-152, 129-135.
- 李宗亮. 2005. 合肥盆地烃源岩特征及其热演化史研究[D]. 陕西: 西北大学, 32-39.
- 卢焕章, 范宏瑞, 倪培, 等. 2004. 流体包裹体[M]. 北京: 科学出版社: 135.
- 施伟军, 蒋宏, 席斌斌, 等. 2009. 油气包裹体成分及特征分析方法研究[J]. 石油实验地质, 31(6): 643-648.
- 孙连浦. 2005. 大别造山带与合肥盆地中生代构造—沉积演化关系研究[D]. 上海: 同济大学, 21-22.
- 陶士振. 2004. 包裹体应用于油气地质研究的前提条件和关键问题[J]. 地质科学, 39(1): 77-91.
- 王成, 邢顺淦. 1991. 砂岩中自生石英包裹体均一温度和盐度测定及地质应用[J]. 沉积学报, 9(3): 106-115.
- 王鑫. 1997. 合肥盆地周缘石炭—二叠系碎屑岩储层特征及盆内储集性预测[J]. 石油实验地质, 2(2): 39-44.
- 许世红. 2007. 郯庐断裂带苏皖段断裂—沉积响应及合肥盆地油气地质条件研究[D]. 山东: 中国石油大学, 95-103.
- 张交东, 王登稳, 刘德良, 等. 2008. 合肥盆地安参1井超深井钻遇的基底时代问题讨论[J]. 地质论评, 54(4): 433-439.
- 赵力彬, 黄志龙, 高岗, 等. 2005. 关于用包裹体研究油气成藏期次问题的探讨[J]. 油气地质与采收率, 12(6): 6-11.