

# 黔中隆起及周缘地区下组合含油气流体包裹体研究

冯常茂, 牛新生, 吴冲龙

(中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 应用均一法测温及激光拉曼探针等技术对黔中隆起地区下组合含油气流体包裹体进行了研究, 结果表明该区烃类包裹体个体较小, 无色, 形态不规则, 其烃类成分以  $\text{CH}_4$  为主, 具明显干气特征, 部分包裹体内含  $\text{CO}_2$ , 分析认为是碳酸盐(碳酸氢钙)因温度、压力的变化分解所致。均一温度测试结果显示下组合油气包裹体形成时的温度分别位于  $85\sim 125^\circ\text{C}$ 、 $125\sim 165^\circ\text{C}$  两个温度段, 结合该地区埋藏史及古地温史研究, 确定本区成藏期分别为早中寒武世—早三叠世及早三叠世—中晚侏罗世。

**关键词:** 流体包裹体; 激光拉曼光谱; 成藏期; 黔中隆起

中图分类号: P618.13:P59

文献标识码: A

文章编号: 1000-654X(2008)02-0121-06

## A study of hydrocarbon fluid inclusions in Qianzhong uplift and its adjacent areas

FENG Chang-mao, NIU Xin-sheng and WU Chong-long

(China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** By means of thermometry and Raman spectrum technology, this paper has studied characteristics of fluid inclusions of marine lower assemblage in Qianzhong uplift area. The result indicates that the fluid inclusions are characterized by small size, colorlessness and irregular shape, whereas the nature gas is a dry gas mainly composed of  $\text{CH}_4$ . Some  $\text{CO}_2$ -bearing inclusions were formed by carbonate [ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ] decomposition under the condition of temperature and pressure change. The homogenization temperature of inclusions in marine lower assemblage has two temperature ranges, which are  $85\sim 125^\circ\text{C}$  and  $125\sim 165^\circ\text{C}$ , respectively. It is thus concluded that the hydrocarbon accumulation periods of this area are Early-Middle Cambrian - Early Triassic and Early Triassic - Middle-Late Jurassic.

**Key words:** fluid inclusion; laser Raman spectrum; hydrocarbon accumulation periods; Qianzhong uplift

“黔中隆起”是指横亘于贵州中西部的加里东期近东西向古隆起(滇黔桂石油地质志编写组, 1987), 近年来因发现几处大规模的古油藏而引起广泛重视。该隆起展布于开阳、修文、黔西、大方、织金一带, 南北为黔南拗陷和滇黔北部拗陷所夹, 东北邻接武陵拗陷, 西部因岷紫-都安断裂走滑错断而与滇东隆起分开(图 1)。

黔中隆起是一个由四周褶皱-断裂带围限的、长期继承性发育的巨型古隆起, 在  $20\ 000\ \text{km}^2$  的广阔范围内, 地层平缓、构造简单, 下古生界和震旦系(即下组合 Z-E-O-S)发育齐全, 并具有如下特征: ①曾经拥有厚度巨大的“好”和“比较好”的烃源岩; ②曾经拥有厚度较大、类型较多、质量较好的储集体(层); ③曾经拥有 5 套配置良好的生-储-盖组合;

收稿日期: 2007-06-19; 修订日期: 2007-09-07

基金项目: 国家十五科技攻关项目(2004BA616A-06-01)

作者简介: 冯常茂(1979-)男, 在读博士生, 主要从事石油地质专业的研究工作, 电话: 027-63275706, E-mail: feng\_chang\_mao@sina.com。

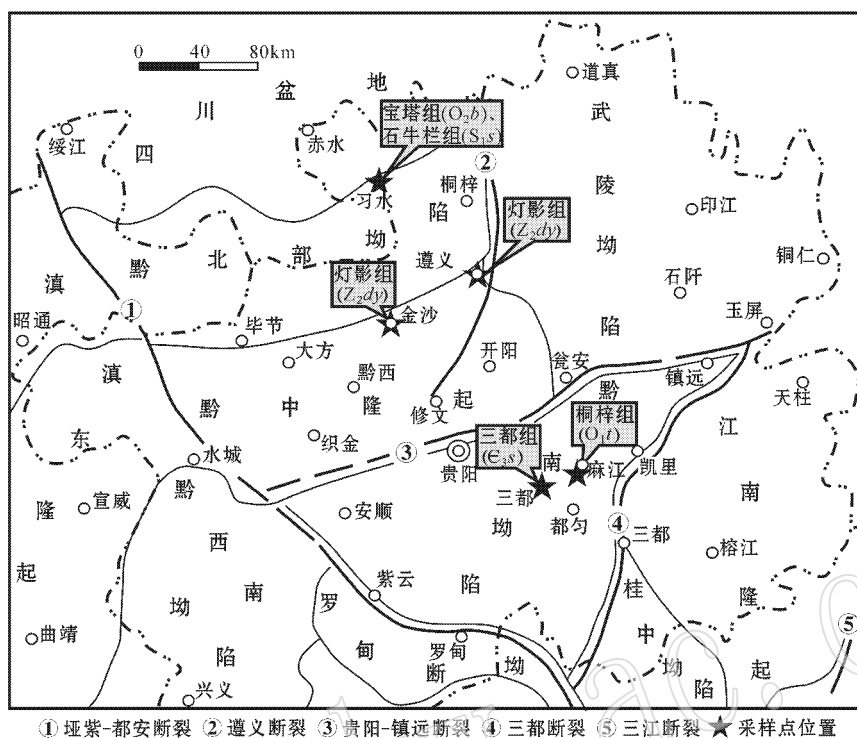


图1 黔中隆起及周缘地理位置和构造单元图[据滇黔桂石油地质志编写组(1987)修改]

Fig. 1 Geographic position and tectonic unit of Qianzhong uplift and its adjacent areas (after Compiling and Writing Group for Petroleum Geological Chronicle of Yunnan, Guizhou and Guangxi Petroliferous Region, 1987)

④曾经有过良好的油气成藏保存条件,发生过多期大规模油气成藏作用,古油藏十分发育。但由于后期的热演化 and 构造影响,露头上见及的古油藏均已裂解成沥青。

流体包裹体作为油气流体的唯一原始样品和直接标志,正日益受到国内外地质学家的重视,本文也试图从流体包裹体中所记录的油气成藏证据来探索本区的油气成藏期次,以期对黔中隆起及周缘地区油气的成藏有个系统、全面的了解。

## 1 油气成藏期的确定

成藏期是指油气运聚成藏的时期,确定成藏期是研究油气藏形成、分布和评价的核心。传统上,成藏期主要是根据烃源岩的主生烃期和圈闭形成期来确定,都是些定性分析的地质法(李明诚等,2005)。近年来,人们则根据储集层成岩矿物及其中的流体包裹体来研究成藏期,即通过对流体包裹体的均一温度和含烃组分等方面的测试,获得储集层包裹体形成的温度、压力和烃组分等宝贵信息。因为成岩矿物中的原生流体包裹体的均一化温度往往非常接

近于最大埋藏温度(Jourdan *et al.*, 1987; Walderhaug, 1990),而埋藏深度与温度有明显的正相关关系,因此通过测定流体包裹体的均一化温度,结合埋藏史和热演化史特征,确定流体运移幕次的温度和时间,就可以较准确地得知油气在储集层中运聚充注和成藏的时期。因而利用流体包裹体的均一温度分布图就成为研究烃类运聚和成藏期定年的一种重要方法(施继锡等,1987;刘德汉,1995;潘长春等,1996;查明等,2003;单秀琴等,2003;刘文斌等,2003)。

## 2 包裹体类型及激光拉曼光谱特征

### 2.1 包裹体类型及特征

本次研究的样品主要采自金沙、习水、遵义等地(图1),包括震旦系灯影组、奥陶系桐梓组、红花园组及志留系石牛栏组等下组合地层。

所采样品中流体包裹体基本都发育于方解石裂隙脉中,其类型基本都为原生包裹体,形状不规则(图2),个体较小,一般为 $1\sim 10\ \mu\text{m}$ ,个别包裹体个体较大,达 $15\ \mu\text{m}$ 。包裹体相态大部分为气液两相,气液比较小,一般5%左右,个别达20%。单偏光显

显微镜下,流体包裹体颜色较浅,为无色。流体包裹体的均一温度由中国地质大学(武汉)流体包裹体实验

室测定,仪器为英国 Leitz 公司生产的 THMSG600 型显微冷-热台,其所测温度范围为  $-190\sim 600^{\circ}\text{C}$ ,

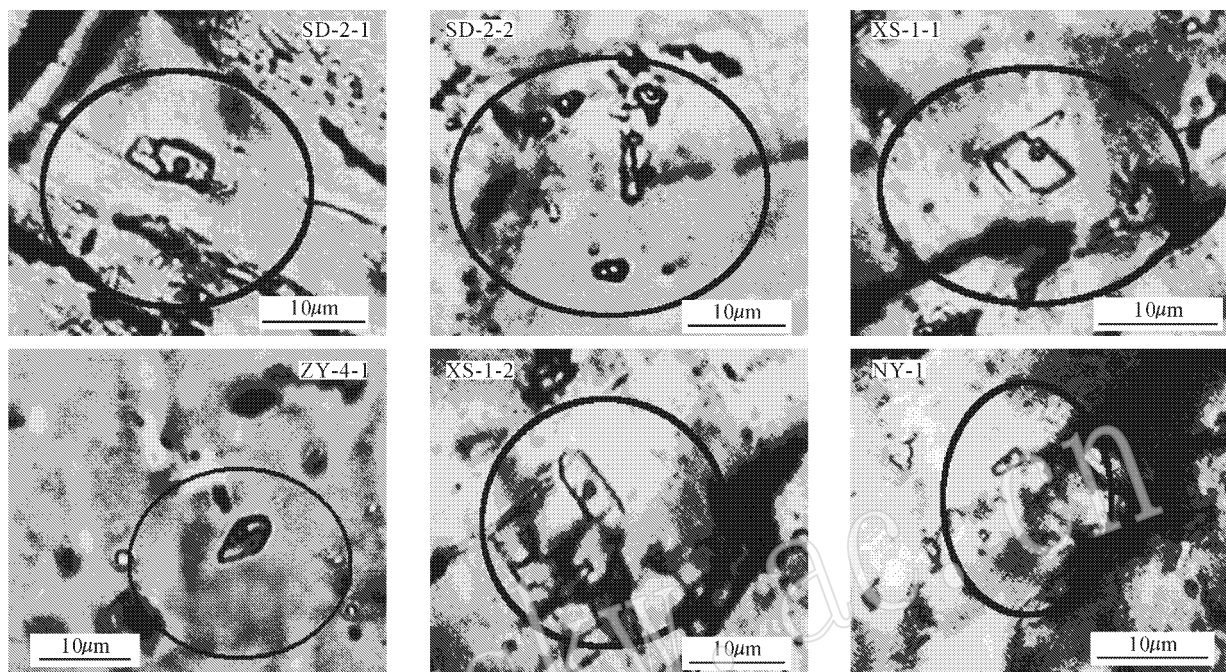


图2 黔中隆起地区流体包裹体形态显微照片(单偏光)

Fig. 2 Fluid inclusions micrograph of Qianzhong uplift area (plainlight)

表1 黔中隆起及周缘地区下组合流体包裹体均一温度表

Table 1 Homogenized temperatures of fluid inclusions in marine lower assemblage of Qianzhong uplift and its adjacent areas

地区	样号	层位	主矿物	类型	测温个数	均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	气液比/%
遵义	ZY-4	灯影组 $Z_2dy$	方解石	原生	11	110、145、148、125、98、89、106、134、127、109、107	1~20
金沙	JS-3	灯影组 $Z_2dy$	方解石	原生	10	131、138、117、108、129、149、153、145、161、135	5~7
纳雍	NY-1	灯影组 $Z_2dy$	方解石	原生	6	108、92、113、111、117、134	1~5
台江五河*	五 R1-顶	灯影组 $Z_2dy$	白云石	原生(盐水)	3	128、146、152	2~10
台江五河*	五 R-5	灯影组 $Z_2dy$	石膏	原生(盐水)	5	130、176、145、150、178	8~16
麻江羊跳寨*	羊 R3	灯影组 $Z_2dy$	石膏	原生(盐水)	1	167	15
台江五河*		灯影组 $Z_2dy$	石英		4	145、176、144、147	10~15
台江五河*	五 R5-5	九门冲组 $\epsilon_{1jm}$	方解石		3	135、134、148	10
麻江羊跳寨*	羊 R4-(3)	九门冲组 $\epsilon_{1jm}$	方解石		2	139、148	10、20
三都渣拉沟	SD-2	三都组 $\epsilon_3s$	方解石	原生	14	139、157、167、142、133、161、139、155、129、140、145、130、151、146	5~10
都匀坝固翁棚	DY-3	红花园组 $O_1h$	方解石	原生	6	110、80、107、5、73、98、7、70、5	3~10
习水良村	XS-1	宝塔组 $O_2b$	方解石	原生	12	148、127、123、137、151、148、153、160、145、152、159、181	5~10
习水良村	XS-2	宝塔组 $O_2b$	方解石	原生	15	99、103、114、136、141、124、130、127、136、135、144、166、138、123、167	5~7
习水良村	XS-3	石牛栏组 $S_1s$	方解石	原生	6	79、90、96、75、146、150	3~10
习水良村	XS-4	石牛栏组 $S_1s$	方解石	原生	11	147、169、130、188、139、139、176、180、165、174、149	5~10

\* 数据来源于中石化南方公司内部研究报告<sup>①</sup>。

① 中石化南方公司. 2003. 黔南“麻江古油藏”凯里残余油藏”研究(内部研究报告)。

精度  $0.1^{\circ}\text{C}$  以内。测温结果显示,样品中包裹体的均一温度变化范围为  $70.5\sim 188^{\circ}\text{C}$  (表 1)。

## 2.2 激光拉曼光谱特征

激光拉曼探针作为一种微观原位无损分析技术,目前在单个流体包裹体的定量研究方面已取得了很大的进展并得到了广泛的应用(Pasteris *et al.*, 1988; Wopenka *et al.*, 1990; 陈晋阳等, 2002; 何谋春等, 2002; 卢焕章等, 2004)。样品的拉曼光谱测试在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室进行,测试仪器为英国 Renishaw 公司生产的 LM-1000 型显微激光拉曼光谱仪,测试条件:氩离子激光器,激光波长为  $514.5\text{ nm}$ ,狭缝宽为  $25\ \mu\text{m}$ ,激光器输出功率  $10\text{ mW}$ 。

样品激光拉曼光谱测试结果显示,包裹体中气相部分以烃类为主,且  $\text{CH}_4$  含量较高,具明显干气特征,部分包裹体内含  $\text{CO}_2$ 。如 XS-2 样品中流体包裹体发现纯气相烃类,激光拉曼主峰位移为  $1605$ 、 $1331\text{ cm}^{-1}$  (图 3a); DY-1 样品包裹体内发现烃类成分有  $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$  的存在,其拉曼主峰位移分别为  $2913$ 、 $2961\text{ cm}^{-1}$  (图 3b); 18 号样品中则发现包裹体气相

成分由  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$  组成,  $\text{CH}_4$  含量  $56.2\%$ ,  $\text{CO}_2$  含量  $43.8\%$ ,其中  $\text{CH}_4$  主峰位移为  $2914\text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{CO}_2$  主峰位移为  $1387$ 、 $1284\text{ cm}^{-1}$  (图 3c)。推测该样品出现此种情况的原因:随着地层埋深加大,温度、压力均出现变化,早期溶解于水中的碳酸盐(主要为碳酸氢钙)因分解而释放出  $\text{CO}_2$ ,后  $\text{CO}_2$  为包裹体所捕获,而烃源则以晚期热解方式输入气态烃类。此外,部分包裹体内发现固态沥青,如 XS-4 样品中除发现气态( $\text{CH}_4$ )外,还发现有液态烃类及固态沥青质(沥青质主峰位移分别为  $1601$ 、 $1330\text{ cm}^{-1}$ ) (图 3d),推测该样品中气态烃类由原油裂解而来,后期液态烃类经氧化形成沥青。

由包裹体激光拉曼成分分析可以推测,研究区液态烃曾发生裂解,其裂解气为周围主矿物所捕获,形成了气相成分以烃类为主的流体包裹体;部分地区液态烃经后期氧化形成沥青,导致含固态沥青的流体包裹体的形成;而伴随着温度、压力的变化,局部地层中因碳酸盐分解而释出的  $\text{CO}_2$  及裂解所产生的气态烃均被包裹体捕获,从而导致气相成分由  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$  组成的气态烃类包裹体的出现。

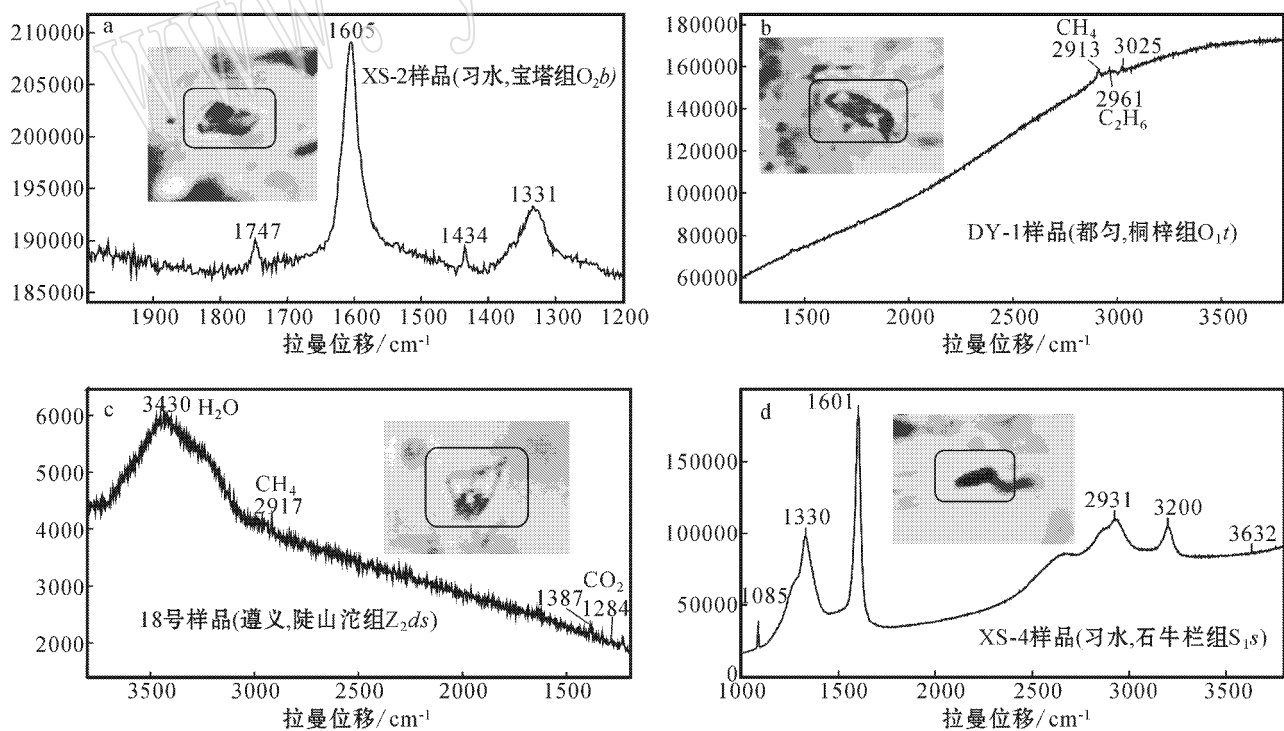


图 3 黔中隆起及周缘地区下组合流体包裹体样品激光拉曼光谱特征图

Fig. 3 Laser Raman spectral characteristics of fluid inclusions in marine lower assemblage of Qianzhong uplift and its adjacent areas

### 3 油气成藏期的确定

依据现有下组合流体包裹体均一温度数据,首先对其进行直方图分析(图4),结果表明,研究区下组合流体包裹体的均一化温度区间共分为两段:85~125℃、125~165℃。本区地层埋藏史和古地温史曲线<sup>①</sup>如图5。从相应的古地温史曲线可以看出,下组合经历的最大古地温约200℃在早白垩世灯影组出现,而本地区于泥盆、石炭纪及三叠纪早期地层的抬升致使本区下组合温度史发生变化,期间该套地层出现过短暂的温度降低后又升高的过程。其中均一温度85~125℃所对应的时间为550~243 Ma,相应的地质年代为早中寒武世—早三叠世,而125~165℃均一温度段所对应的时间是243~162 Ma,相应的地质时间为早三叠世—中晚侏罗世。由此认为黔中隆起及周缘地区下组合主要成藏时间可分为两期,第一期成藏持续时间较长,自早中寒武世一直持续至早三叠世;第二期则主要发生于早三叠世—中晚侏罗世。

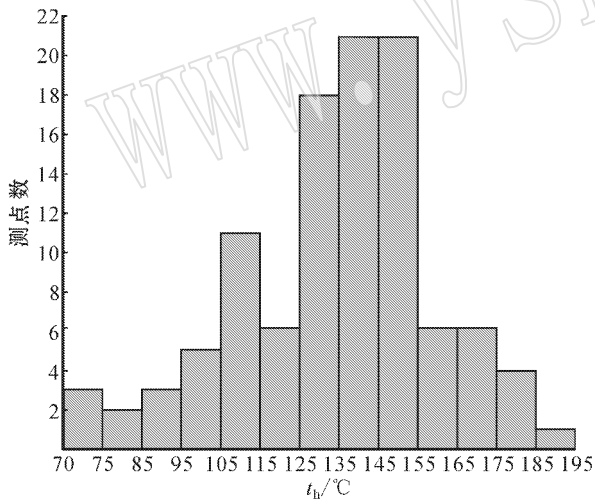


图4 研究区下组合流体包裹体均一温度分布图

Fig. 4 Distribution of homogenized temperatures of fluid inclusions in marine lower assemblage of the study area

### 4 结论

(1) 黔中隆起及周缘地区下组合地层方解石脉中的流体包裹体相态以气液两相为主,气液比较小,

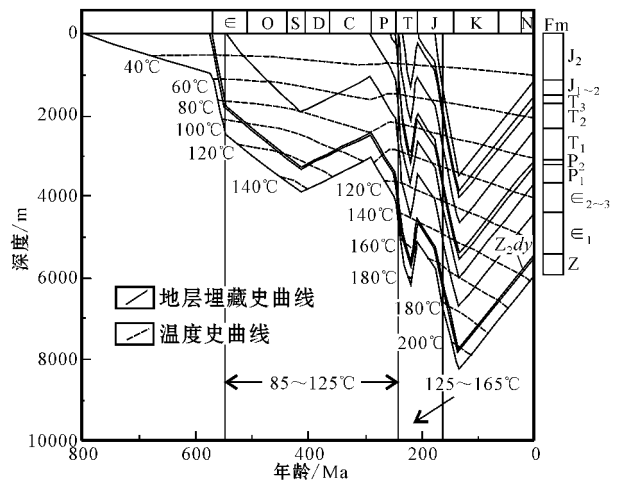


图5 黔中隆起区地层埋藏史及古地温史曲线

Fig. 5 Burial and palaeotemperature history curve of Qianzhong uplift area

包裹体形状不规则,个体较小。

(2) 激光拉曼测试分析结果表明,黔中隆起及周缘地区下组合流体包裹体气相成分以 $\text{CH}_4$ 为主,其中烃类明显具干气特征;并且在部分包裹体内发现 $\text{CO}_2$ ,推测是因温度、压力的变化,地层中碳酸盐(主要为碳酸氢钙)分解所致;此外,局部地区发现含固态沥青的流体包裹体。

(3) 流体包裹体均一温度表明,本区下组合流体包裹体均一温度范围为85~125℃、125~165℃。结合黔中隆起区地层埋藏史及古地温史曲线,确定其主要成藏期分别为早中寒武世—早三叠世及早三叠世—中晚侏罗世。

### References

- Chen Jinyang, Zheng Haifei and Zeng Yishan. 2002. Advance in application of laser Raman microspectrometry in study of fluid inclusions [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 21(2): 133~138 (in Chinese).
- Compiling and Writing Group for Petroleum Geological Chronicle of Yunnan, Guizhou and Guangxi Petroliferous Region. 1992. Petroleum Geological Chronicle of China [M]. Beijing: China Petroleum Industry Press, 61, 96~97 (in Chinese).
- He Mouchun, Lü Xinbiao and Wang Qunying. 2002. Measurement of laser Raman spectra in organic fluid inclusion [J]. Petroleum Geology & Experiment, 24(2): 181~184 (in Chinese).

① 赵鹏大, 吴冲龙等. 2006. 中国南方海相下组合成藏条件与选区评价——油气地质异常分析与资源定量预测. 中石化南方公司内部报告.

- Jourdan A, Thomas M, Brevart O, *et al.* 1987. Diagenesis as the control of the Brent Sandstone reservoir properties in the Creater Al-wyn area (East Shetland Basin) [A]. Brooks J and Glennie K. Petroleum Geology of North West Europe [C]. Graham and Trotman, Dordrecht, 951-961.
- Li Mingcheng, Shan Xiuqin, Ma Chenghua, *et al.* 2005. An approach to hydrocarbon accumulation period [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 26(5): 587-591 (in Chinese).
- Liu Dehan. 1995. Fluid Inclusion studies-an effective means for basin fluid investigation [J]. Earth Science Frontiers, 2(4): 149-154 (in Chinese).
- Liu Wenbin, Yao Suping, Hu Wenxuan, *et al.* 2003. Application and research approaches of fluid inclusions [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 24(3): 264-267 (in Chinese).
- Lu Huanzhang, Fan Hongrui, Ni Pei, *et al.* 2004. Fluid Inclusions [M]. Beijing: Science Press (in Chinese).
- Pan Changchun, Zhou Zhongyi and Xie Qilai. 1996. Hydrocarbon inclusions: Implications to petroleum geology and geochemistry [J]. Acts Sedimentologic Sinica, 14(4): 15-23 (in Chinese).
- Pasteris J D, Wopenka B and Seitz J C. 1988. Practical aspects of quantitative laser Raman microprobe spectroscopy for the study of fluid inclusion [J]. Geochimical et Cosmochimica Acta, 52: 979-988.
- Shan Xiuqin, Hu Guoyi and Gao Jiayu. 2003. Paleocurrent energy study with inclusion of gangue for Ordovician system in central Ordos basin [J]. Acta Petrologica Sinica, 19(2): 355-358 (in Chinese).
- Shi Jixi, Li Benchao, Fu Jiamo, *et al.* 1987. The organic inclusions and their relationship with oil and gas [J]. Science in China (B), 27(3): 318-323 (in Chinese).
- Walderhaug O. 1990. A fluid inclusion study of quartz cemented sandstones from offshore mid-Norway-possible evidence for continued quartz cementation during oil emplacement [J]. J. Sed., Petrol., 60: 203-210.
- Wopenka B, Pasteris J D and Freeman J J. 1990. Analysis of individual fluid inclusions by fourier transform infrared and Raman microspectroscopy [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 54: 519-533.
- Zha Ming, Zhang Yiwei, Qiu Nansheng, *et al.* 2003. Condition and Major Control Factor of Reservoir-Forming [M]. Beijing: Petroleum Industry Press (in Chinese).

## 附中文参考文献

- 陈晋阳, 郑海飞, 曾贻善. 2002. 流体包裹体的喇曼光谱分析进展 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 21(2): 133-138.
- 滇黔桂石油地质志编写组. 1987. 滇黔桂石油地质志 [M]. 北京: 石油工业出版社, 61, 96-97.
- 何谋春, 吕新彪, 王群英. 2002. 有机包裹体的拉曼光谱测定 [J]. 石油实验地质, 24(2): 181-184.
- 李明诚, 单秀琴, 马成华, 等. 2005. 油气成藏期探讨 [J]. 新疆石油地质, 26(5): 587-591.
- 刘德汉. 1995. 包裹体研究——盆地流体追踪的有力工具 [J]. 地学前缘, 2(4): 149-154.
- 刘文斌, 姚素平, 胡文瑄, 等. 2003. 流体包裹体的研究方法及应用 [J]. 新疆石油地质, 24(3): 264-267.
- 卢焕章, 范宏瑞, 倪培, 等. 2004. 流体包裹体 [M]. 北京: 科学技术出版社.
- 潘长春, 周中毅, 解启来. 1996. 油气和含油气包裹体及其在油气地质地球化学研究中的意义 [J]. 沉积学报, 14(4): 15-23.
- 单秀琴, 胡国艺, 高嘉玉. 2003. 鄂尔多斯盆地中部奥陶系方解石脉中包裹体流体势研究 [J]. 岩石学报, 19(2): 355-358.
- 施继锡, 李本超, 傅家谟, 等. 1987. 有机包裹体及其与油气的关系 [J]. 中国科学 B 辑, 27(3): 318-325.
- 查明, 张一伟, 邱楠生, 等. 2003. 油气成藏条件及主要控制因素 [M]. 北京: 石油工业出版社.