

塔里木盆地塔中45井油藏萤石化特征 及其对储层的影响

朱东亚¹, 胡文瑄¹, 宋玉才¹, 金之钧²

(1. 南京大学地球科学系, 江苏南京 210093; 2. 中国石化勘探开发科学研究院, 北京 100083)

摘要: 塔中45井油藏是位于塔中地区中上奥陶统碳酸盐岩地层中的一个油藏, 其储层中发现有大量的被原油充填的萤石脉。岩芯和镜下观察表明, 萤石是通过交代方解石形成的, 与萤石共生的有大量的热液矿物, 如石英、黄铁矿、绿泥石等。萤石中的流体包裹体可分为两期: 一期为原生包裹体, 均一温度主要为260~310℃, 最高达330℃, 为萤石形成时的热液流体温度; 另一期为次生包裹体, 均一温度主要为100~130℃之间, 含有大量有机包裹体, 代表油气运移成藏的温度。矿物组合和原生包裹体均一温度特征表明萤石的形成与塔中地区热液活动有关。理论计算表明, 萤石交代方解石后体积要减少33.5%, 这将在很大程度上使储层的孔隙度增加。实际岩芯和镜下观察也发现, 萤石中有大量的粒间孔隙, 并被原油所充填。因此认为, 塔中地区的热液活动以及萤石的沉淀在很大程度上改善了储层的储集性, 使其更有利于油气的聚集。

关键词: 塔里木盆地; 塔中45井; 储层; 萤石; 流体包裹体

中图分类号: P578.3⁺1; P618.130.2⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1000-0524(2005)03-0205-11

Fluoritization in Tazhong 45 reservoir: characteristics and its effect on the reservoir bed

ZHU Dong_ya¹, HU Wen_xuan¹, SONG Yu_cai¹ and Jin Zhi_jun²

(1. Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Petroleum Exploration & Development Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract: Tazhong 45 reservoir, lying in the Middle_Upper Ordovician strata of Tazhong area, is a fluoritized carbonate reservoir. There exist many fluorite veins filled with crude oils in its reservoir bed. The well core and microscope observation indicates that fluorite is formed by replacement of calcite. There are many hydrothermal minerals accompanying fluorite, such as pyrite, quartz and chlorite. Two generations of fluid inclusions are observed in fluorite, namely the primary and the secondary inclusions. Most of the primary fluid inclusions have homogenization temperatures between 260 and 310 °C, which represent the temperature of hydrothermal fluid responsible for fluorite precipitation. The secondary fluid inclusions have homogenization temperatures between 100 and 130 °C, which represent the hydrocarbon charging temperatures because there are many petroleum inclusions among the secondary inclusions. Characteristics of the mineral assemblage and primary homogenization temperatures indicate that the precipitation of fluorite is related to hydrothermal activities in Tazhong area. Theoretically, the volume will be reduced by 33.5% after the replacement of calcite by fluorite, which is likely to raise the reservoir quality to a great extent. There are also numerous intergranular pores filled with hydrocarbons in fluorite. Therefore, the hydrothermal activities and the precipitation of fluorite in Tazhong area greatly improve

收稿日期: 2004-09-03; 修订日期: 2005-01-04

基金项目: 国家基础研究优先发展计划(973)资助项目(G1999043309)

作者简介: 朱东亚(1975-), 男, 博士, 岩石矿物矿床学专业, 研究方向为石油地质及油气成藏机理, E-mail: zhu_dongya@sohu.com。

the reservoir property and make the Tazhong 45 reservoir more suitable for hydrocarbon accumulation.

Key words: Tarim Basin; Tazhong 45 well; reservoir bed; fluorite; fluid inclusion

位于塔里木盆地塔中地区的塔中45井揭示了一个特殊类型的油气藏,其储集层不但包括中上奥陶统常见的灰岩地层,而且还包括脉状的萤石层。除了Guihaumou等(2000)曾发现油气可以被捕获到萤石包裹体中外,塔中地区的萤石层作为油气储层还是首次发现。

塔中45井油藏有着相当可观的油气储量,其中油为1567.0万吨,气67.07亿立方米^①,在6020~6150 m之间的中上奥陶统碳酸盐岩储层中酸化后获得高产油气流。特别需要指出的是,位于其中的一层厚约14 m的萤石层和几条小的萤石脉中有着大量的裂缝和孔隙,并且大多数都被原油所充填,取芯时还可见原油外渗。这些特征意味着萤石是塔中45井油藏储层很重要的一部分,而萤石的形成过程可能对储层有着重要的影响,所以开展对塔中地区萤石的研究不但对认识塔中45井油藏有着重要的意义,而且还可以增加对油气储层类型的认识。

对于塔中45井油藏以及萤石的成因,许多学者已经做了不少的工作。钟广法等(2000)研究了萤石脉和油气成藏的叠合关系。林青等(2002)研究了塔中45井油藏的成藏史;赵霞(2000)、钟广法等(2000)、林青等(2002)及王飞宇等(2000)^②对萤石的成因做了探讨。前人研究认为,塔中45井油藏中的萤石成因和二叠纪强烈的岩浆活动有关(赵霞,2000;钟广法等,2000;林青等,2002;王飞宇等,2000^②),但在形成萤石的热流体温度上至今仍有较大争议,并且萤石化过程对储层的影响还尚未有学者涉及。本文在前人研究基础上,通过岩石学、地球化学、锶同位素以及流体包裹体等系统地探讨塔中45井油藏萤石的成因、热液流体活动特点以及萤石化过程对储层的影响。

1 塔中45井油藏概况

塔中地区位于塔里木盆地塔中隆起的中部。塔中1号断裂是塔中地区最大的一条断层,形成于加

里东晚期(贾承造,1997),是塔中地区流体活动和油气运移的通道。塔中45号构造是位于塔中1号断裂带西北端的穹隆状背斜,是塔中1号断裂带上的一个次级构造单元,形成于加里东期,定型于海西期(林青等,2002)。

塔中45井在6005.0~6150.0 m之间钻遇总厚度约145 m的中上奥陶统碳酸盐岩地层。从6005.0~6036.0 m,岩性主要是致密的深灰色泥岩和泥灰岩,中间夹有少量的薄层生屑灰岩和泥晶灰岩(图1);从6036.0~6077.0 m,主要是灰色生屑灰岩和粒屑灰岩,夹有少量的泥灰岩;从6077.0~6150.0 m,主要是灰色的粒屑灰岩和白色、浅黄色以及淡紫色的萤石,其中在6093.5~6107.5 m之间是一层厚约14 m、几乎连续发育的萤石层,在它上面和下面的粒屑灰岩层中也发育有几条厚度不等的萤石脉(图1)。

塔中45井油藏上部的灰岩储层中主要孔隙类型是粒间孔隙和构造裂缝。萤石层位于储层的下部,孔隙类型主要是晶间孔隙、解理缝、溶蚀孔洞和构造裂缝。由于萤石中发育有良好的由溶蚀孔洞、解理缝和构造裂缝构成的孔隙网络,所以多数萤石岩芯发生了破碎。中上奥陶统顶部致密的泥灰岩以及志留系底部的泥岩层起着良好的盖层作用。多数的生屑灰岩、颗粒灰岩以及萤石都不同程度地被原油充填,特别是萤石在取芯时还发现有原油外渗,它们共同构成了塔中45井油藏储集层的主体。

2 萤石和共生矿物特征

塔中45井从6020~6150 m的岩芯中具有不同厚度的脉,多数为萤石脉,只有少数为方解石脉,这些方解石脉多与萤石紧密共生在一起。在一个厚的萤石脉中还发现了一层薄的微晶石英脉(图2A)。除了萤石、石英脉外,在塔中45井以及周围其他井的岩芯中也发现不同数量的石英、黄铁矿、绿泥石等。这些矿物组合特征反映了塔中地区的一个热液

① 郭光辉,邓良全,卢玉红,等. 1997. 塔里木石油勘探开发指挥部1997年度控制储量报告.

② 王飞宇,邱楠生,胡文瑄,等. 2000. 含油气盆地油气藏形成期的流体历史分析. “大中型油气田成藏定量模式研究”成果报告.

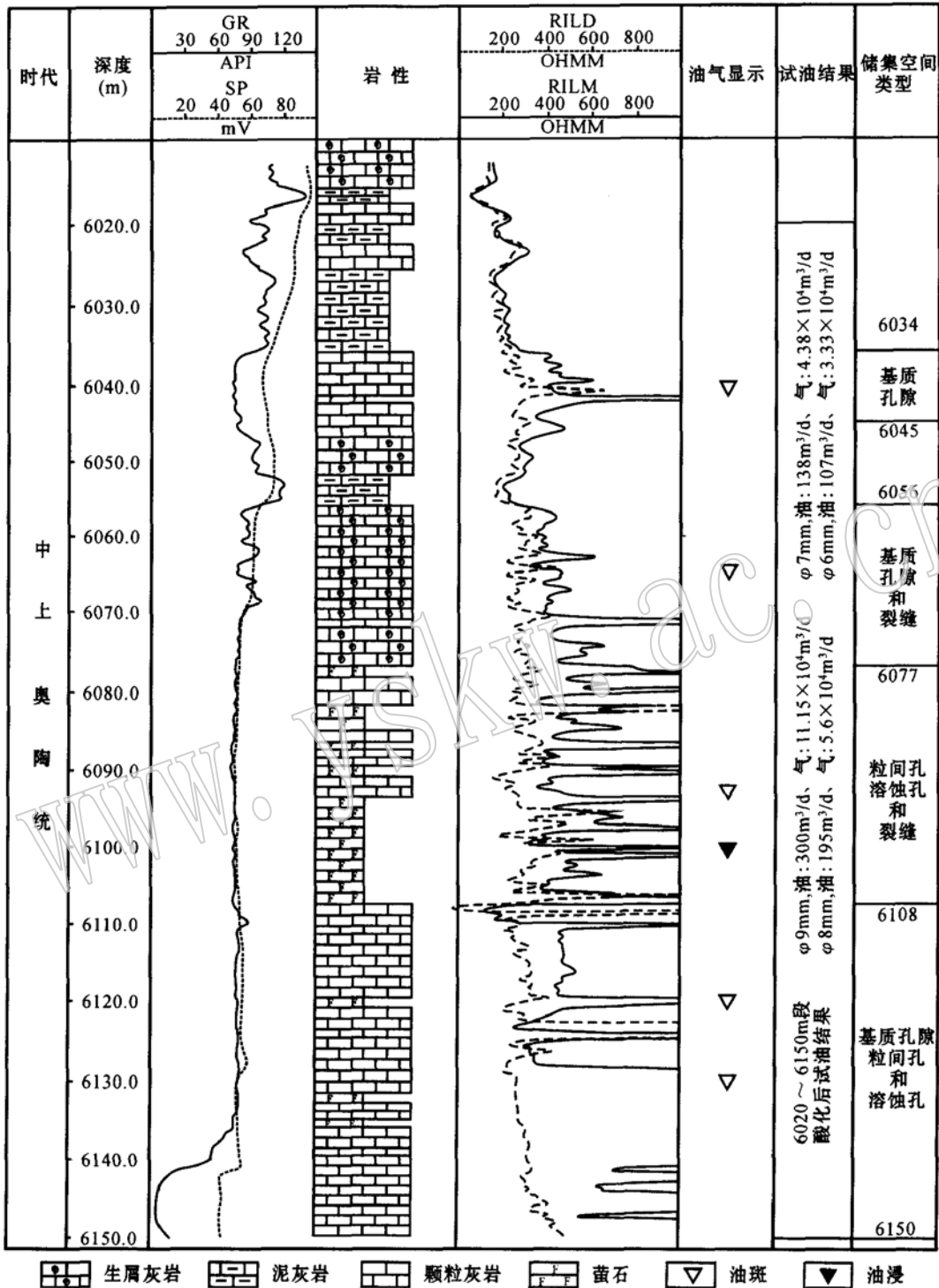


图1 塔中45井中上奥陶统地层柱状图

Fig. 1 Middle_upper Ordovician stratigraphic column of Well Tazhong 45

GR—自然伽马; SP—自然电位; RILD—深侧向电阻率测井; RILM—中侧向电阻率测井

GR—Gamma ray; SP—spontaneous potential; RILD—deep induction resistivity; RILM—medium induction resistivity

活动过程。此次热液活动的主要机制是萤石的沉淀生成, 另外还有一些其他的热液矿物与其相伴生。

2.1 萤石的产状

岩芯观察表明, 少量的萤石以浅灰色或褐黄色

微晶或粉晶形式产出,与灰岩围岩呈渐变过渡关系。其余大多数的萤石为白色到褐黄色的细晶及中晶晶体,有时也以粗晶形式出现(图2A),晶体形态多为半自形到他形(图2B)。萤石的晶间缝洞非常发育,当这些晶间缝洞被原油充填之后,萤石岩芯总体上表现为黄褐色。

从以下几个方面可以看出,塔中45井的萤石是通过交代方解石的方式产出的:①在方解石未被萤石完全交代的部位,可以看到方解石的交代残余,交代残余方解石位于萤石中间,具有被萤石侵蚀后形成的港湾状形态(图2C、D和E,其中C和D正交偏光,萤石全消光),表明了萤石对方解石的交代关系;②在某些方解石交代残余部位,可以看到萤石和方解石晶体呈锯齿状相互嵌合在一起(图2E);③岩芯观察可以见到萤石和灰岩围岩之间的渐变过渡关系。萤石交代方解石的一个重要结果是萤石中的解理缝比方解石中的要大,具有更多的晶间孔隙(图2E),并且这些解理缝和晶间孔隙大都充填有原油(图2F),而方解石中的解理缝却很少被原油充填。因此,交代后形成的萤石比方解石更适合作储集层。

2.2 共生矿物特征

塔中地区的硅化作用以两种形式出现,一种为微晶石英脉,另一种为分散的石英晶体。微晶石英脉见于塔中45井6101.2 m处的萤石层中,厚度约3~8 cm(图2A)。图2G为该微晶石英脉的镜下照片,从照片中可以看出,这条石英脉完全由细小的自形石英晶体组成。微晶石英脉位于萤石中,和萤石呈紧密共生在一起,它们之间没有明显的、截然的界面,并且两者之间的岩性也是从一种逐渐过渡到另一种,因此微晶石英脉和萤石应该是从同一热液流体中同时形成的。微晶石英脉和萤石之间的区别在于前者的颜色为浅灰色,并且晶体微小、致密,几乎没有晶间孔洞。分散的石英晶体零星地散布在萤石中间(图2D、H),多为半自形到自形,有时呈六边形的晶体形态。

在上覆的志留系砂岩样品中还发现了一个特殊的热碎裂现象(图2I):许多砂岩颗粒中都有一条或多条不规则的网状裂隙,这些裂隙多不具有方向性,不同颗粒之间的裂隙一般也都不具有连续性。如果是受定向外力作用产生的破裂,裂隙应该具有一定的方向性和连续性。造成砂岩颗粒热碎裂的原因是由于在热液活动过程中热液流体因压力降低导致体积迅速膨胀或发生沸腾所致(Phillips, 1972;

Jébrak, 1997; Westphal *et al.*, 2004)。这些热裂隙被从热液中同时沉淀出来的黄铁矿所充填(图2I)。除充填在热裂隙中之外,从热液中沉淀出的黄铁矿还以胶结物的形式充填在砂岩颗粒之间(图2I)。

笔者对黄铁矿做了电子探针分析,根据测得的钴(Co)和镍(Ni)的含量做出了钴镍关系图(图3)。黄铁矿中钴和镍含量的比值(Co/Ni值)可以用来确定黄铁矿的成因:如果Co/Ni>1,黄铁矿可能是从热液中沉淀出来的,否则黄铁矿可能是沉积形成的(Bralia *et al.*, 1979;熊先孝等,2000)。从图3中可以看出本区大多数的黄铁矿Co/Ni值都大于1,表明它们是从热液中沉淀出来的。

萤石化、硅化、黄铁矿化以及其他热液矿物的沉淀析出与塔中地区的热液流体活动、构造演化以及断裂、裂缝的发育有着密切的关系。巨大的塔中1号断裂在志留-泥盆纪时形成(贾承造,1997),其他的一些断层以及裂缝也伴随着强烈的构造运动开始出现。从岩浆活动中释放出来的富氟的热液流体沿着断裂与裂缝运移,当与已经存在的方解石脉或灰岩相遇时,萤石便开始沉淀生成。许多其他的热液矿物,如石英、黄铁矿、绿泥石等也伴随着萤石一起从热液中沉淀出来。

3 锶同位素特征

本次研究选取了塔中45井萤石层中的4个萤石、3个方解石和3个灰岩样品用于做锶同位素的测试。所取的方解石样品为与萤石接触的交代残余方解石,各样品的详细取样位置见表1。萤石和方解石先从岩芯标本中切下来,并压碎至0.3~1.0 mm大小,然后在双目镜下挑选出纯净的晶体颗粒。灰岩样品首先被敲碎,然后仅选取新鲜的碎片用作分析。然后,将方解石、萤石和灰岩样品在玛瑙研钵中研磨成粉末,用作最后的分析。锶同位素测定在Finnigan MAT Triton TI质谱仪上进行,测得的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值按照 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.1194$ 的质量分馏标准进行校正。测得的NBS987标准样品锶同位素平均值为 0.710218 ± 0.000029 ($n=105$)。

本区中上奥陶统灰岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的现今值介于0.708458和0.708688之间,正好位于Denison(1998)确定的奥陶系海相沉积碳酸盐岩的范围之内(图4)。方解石脉的值介于0.708898和0.709036之间,萤石脉的值介于0.708891和0.709305之间

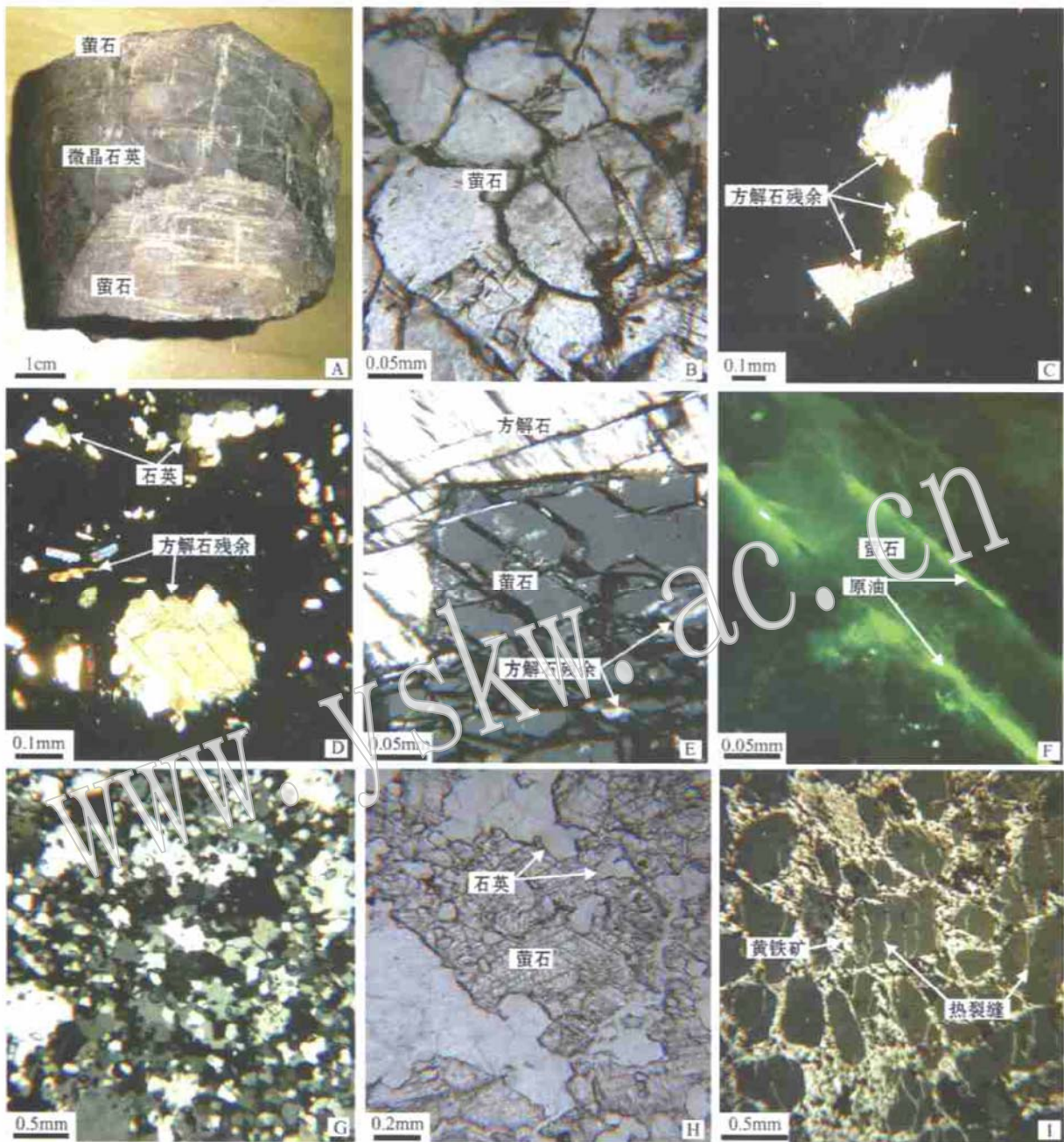


图 2 塔中 45 井热液矿物照片

Fig.2 Photographs of hydrothermal mineral in Tazhong 45 well

A—6101.2 m 处微晶石英脉和萤石共存, 岩芯; B—6106.8 m 处的萤石, 单偏光; C—6106.8 m 处萤石未完全交代方解石后留下的方解石残余, 正交偏光, 萤石全消光, 为黑色; D—6106.8 m 处萤石未完全交代方解石后留下的方解石残余, 正交偏光, 萤石全消光, 为黑色, 同时可见自形的石英晶体; E—6107.4 m 处的萤石和方解石, 萤石中可见方解石残余, 单偏光; F—6106.8 m 处萤石裂缝中所充填的原油, 紫外光下发黄绿色荧光; G—6101.2 m 处萤石中的微晶石英脉镜下照片, 正交偏光; H—6100.5 m 处的石英和萤石, 石英分布在萤石之中, 单偏光; I—5898.7 m 处砂岩颗粒中的热裂缝, 热裂缝被同时从热液中沉淀生成的黄铁矿所充填, 反射光

A—Microcrystalline quartz and fluorite at 6101.2 m, core photograph; B—Fluorite at 6106.8 m, polarized light; C—Calcite relict not completely replaced by fluorite at 6106.8 m, cross-polarized light, fluorite assuming black under complete extinction; D—Calcite relict and euhedral quartz at 6106.8 m, cross-polarized light; E—Fluorite and calcite at 6107.4 m, polarized light; F—Oil filled in fractures of fluorite at 6106.8 m, fluorescence assuming yellowish green under ultraviolet light; G—Microcrystalline quartz in fluorite at 6101.2 m, cross-polarized light; H—Quartz scattered in fluorite at 6100.5 m, polarized light; I—Hydrothermal fractures filled with syn-deposited pyrite at 5898.7 m, reflected light

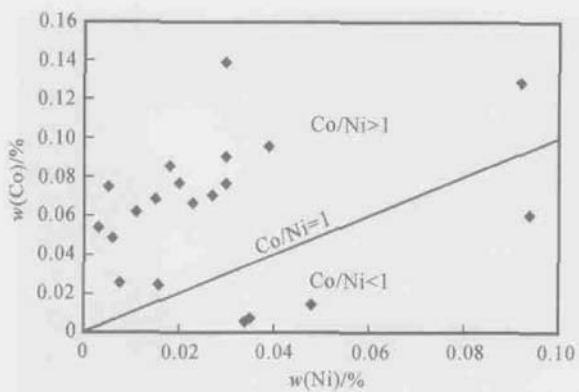


图3 塔中地区黄铁矿中钴镍含量关系图
Fig.3 Plot of Co versus Ni contents in pyrites from Tazhong area

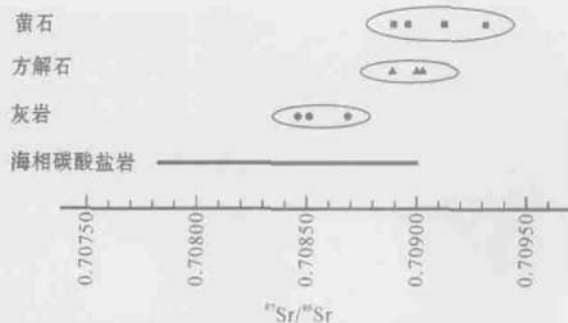


图4 塔中地区萤石、方解石和灰岩的锶同位素分布图
Fig.4 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of fluorite, calcite and limestone samples in Tazhong 45 Well
海相碳酸盐岩值引自 Denison 等 (1998)
Strontium isotopic compositions of marine carbonate from Denison *et al.*(1998)

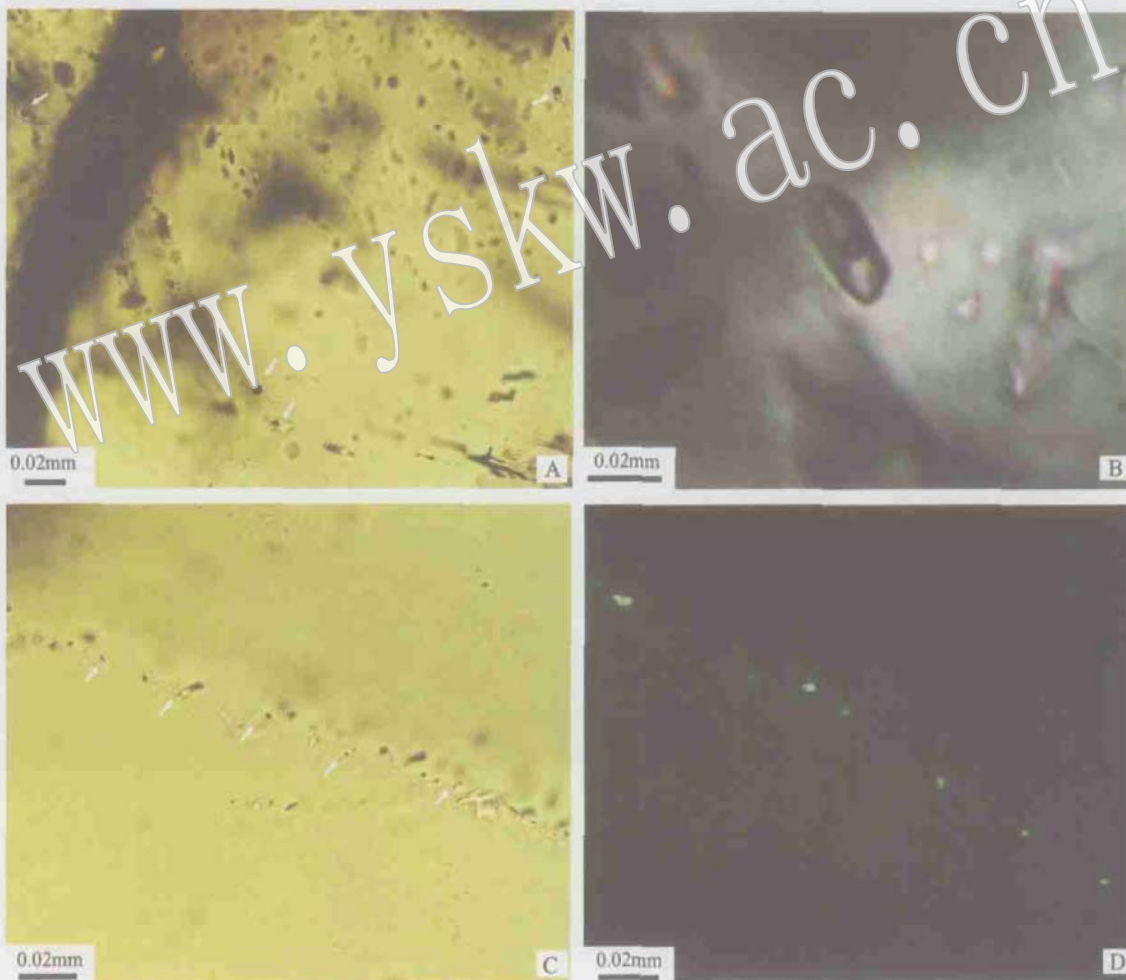


图5 塔中45井萤石中包裹体特征
Fig. 5 Photographs of fluid inclusions in fluorite from Tazhong 45 well
A, B—萤石中的原生包裹体, 分别位于6100.9和6104.2 m; C—萤石中的次生包裹体, 6100.2 m; D—萤石中发黄绿至亮黄色荧光的石油包裹体, 紫外光
A, B—Primary fluid inclusions in fluorite at 6100.9 m and 6104.2 m respectively; C—Secondary fluid inclusions in fluorite at 6100.2 m; D—Petroleum inclusions in fluorite, fluorescence assuming yellowish green to bright yellow under ultraviolet light

表1 塔中45井中上奥陶统灰岩、萤石和方解石的锶同位素测试值

Table 1 Strontium isotopic compositions of fluorite, calcite and limestone from Tazhong 45 well

深度/m	矿物	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
6 094.6	萤石	0.709 124 ±10
6 100.2	萤石	0.708 949 ±5
6 100.9	萤石	0.709 305 ±19
6 061.8	萤石	0.708 891 ±19
6 055.2	方解石	0.709 023 ±33
6 060.7	方解石	0.709 036 ±14
6 060.9	方解石	0.708 898 ±30
6 052.7	灰岩	0.708 458 ±32
6 063.7	灰岩	0.708 688 ±20
6 093.4	灰岩	0.708 511 ±12

(表1), 两者的锶同位素比值都比灰岩样品的稍高, 但萤石的值还要略高于方解石的值, 尽管两者之间存在着相似之处。

4 流体包裹体特征

流体包裹体分析测试工作在南京大学内生金属矿床国家重点实验室完成, 均一温度测试在 Linkam TH600 冷热台上进行。经温度校正后, 开始升温速率为 $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 在包裹体中气泡明显变小, 接近均一时, 升温速率降至 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 均一温度测试精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

塔中45井萤石中可见大量的流体包裹体, 可分成两种类型。一种类型为萤石中的原生包裹体(图5A、B), 为气液两相, 包裹体大小一般在 $12\sim 24\text{ }\mu\text{m}$ 之间, 气体含量为 $5\%\sim 10\%$, 均一温度范围较宽, 位于 $200\sim 330\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间, 主体温度为 $260\sim 310\text{ }^{\circ}\text{C}$ (表2, 图6)。这类包裹体多独立分布在萤石晶体颗粒内, 或者是几个随机散布在萤石晶体颗粒内。另一种类型为萤石中的次生包裹体(图5C), 也多为气液两相, 大小多在 $6\sim 12\text{ }\mu\text{m}$ 之间, 小于原生包裹体, 均一温度介于 $95\sim 155\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间, 主体温度为 $100\sim 130\text{ }^{\circ}\text{C}$ (表2, 图6)。这类包裹体沿着萤石晶体微裂缝呈串状密集分布, 数量多, 个体小, 并且许多包裹体在紫外光照射下发黄绿至亮黄色荧光, 为有机包裹体(图5D)。

萤石中原生包裹体的均一温度代表着萤石形成时的热液流体的温度。次生包裹体是在萤石形成后含油气流体运移过来时再次捕获的, 均一温度代表

了含油气流体运移成藏的温度。

5 讨论

5.1 萤石的形成机制

萤石的形成是富含氟的流体与碳酸盐岩或富 Ca^{2+} 的岩石或水之间相互反应的结果。矿物组合和萤石原生流体包裹体的均一温度特征(均一温度主体为 $260\sim 330\text{ }^{\circ}\text{C}$) 表明萤石很可能是从与火山活动有关的岩浆热液中沉淀生成的, 因为只有这样的热液流体才能达到这么高的温度。

塔里木盆地分别在震旦-寒武纪、早奥陶世、二叠纪和白垩纪的时候经历了四次地质热事件(陈汉林等, 1997), 能对塔中地区中上奥陶统造成影响的只有二叠纪的岩浆活动, 因为震旦-寒武纪以及早奥陶世的岩浆活动均早于中晚奥陶世, 而白垩纪的岩浆活动仅在塔里木盆地周围出现。二叠纪的时候, 几乎整个塔里木盆地都发生了强烈的岩浆活动, 这些岩浆活动可能会释放出大量的富含氟的热液流体。富氟热液流体沿着断层和裂缝移动, 当它与中上奥陶统灰岩中的方解石相遇时, 萤石将会通过交代方解石的方式沉淀生成, 与此同时, 许多与萤石伴生的热液矿物, 如黄铁矿、石英、绿泥石等也从热液流体中沉淀出来。萤石的形成与二叠纪岩浆活动有关的结论与钟广法等(2000)以及林青等(2002)所研究的结果相一致。

塔里木盆地二叠纪火成岩既包括基性的, 也包括中酸性的, 反映出一个完整的岩浆作用过程。基性火成岩, 如玄武岩、辉绿岩等在几乎整个塔里木盆地均有分布(苌衡, 2003); 中酸性火成岩, 如花岗斑岩、花岗二长岩、花岗岩等或多或少在塔里木盆地的北部、中部和南部都有分布(金之钧等, 2002); 在塔里木盆地的周缘则有大量的花岗岩出现。

在二叠纪岩浆作用的早期, 岩浆主要是由于地幔部分熔融所形成的镁铁质基性岩浆, 通常具有低的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值, 大约在 0.7044 左右(张云霄, 2000)。但在岩浆作用后期, 在岩浆上升过程中, 越来越多的地壳物质混染到岩浆中来, 岩浆最终变成长英质中酸性岩浆。中酸性岩浆通常具有高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值, 比如, 塔里木盆地北面天山海西晚期花岗岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值在 0.7143 左右(杨浩, 1988)。

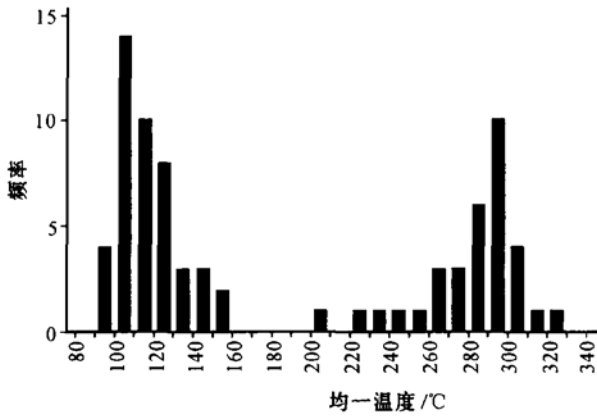
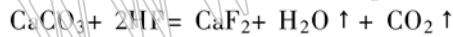


图6 塔中45井萤石中流体包裹体均一温度分布直方图
Fig. 6 Histogram for homogenization temperatures of fluid inclusions in fluorite of Tazhong 45 well

响,从而获得了较高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值。

5.2 萤石化作用对储层的影响

塔中45井油藏储集层主要是由灰岩和萤石组成的。由于萤石的厚度较大,孔隙度较高,所以萤石层构成了塔中45井油藏储层的重要组成部分。萤石交代方解石之后,体积会在一定程度上减小,这样萤石中的孔隙度就会大大增加。萤石交代方解石的反应可由下面的化学式表示:



化学式表明,在萤石交代方解石的过程中,1个方解石分子被1个萤石分子所取代。方解石被萤石交代之后,显微镜下可以观察到萤石中比残余下来的方解石中有更多的缝隙(图2E)。为了说明交代之后孔隙度能增加多少,笔者做了一个理论计算。

方解石和萤石的晶胞参数在表3中列出。从表3中可知1个方解石分子的体积为 61.30 \AA^3 ,1个萤石分子的体积为 40.76 \AA^3 。1个萤石分子的体积要比1个方解石分子的体积小 20.54 \AA^3 ,也就是说萤石交代方解石后体积能减小33.5%。体积缩减的结果使得萤石中产生大量的晶间孔隙,这些晶间孔隙为流体活动提供了初始的空间,流体活动进而使原生晶间孔隙溶蚀扩大,从而使储层物性得到进一步的改善。萤石中的原生晶间孔隙、溶蚀孔隙构成萤石层的主要储集空间,大多充填有后期运移进来的原油。

表3 萤石和方解石的晶胞参数(Klein and Hurlbut, 1999)

Table 3 Crystal parameters of calcite and fluorite (Klein and Hurlbut, 1999)

	方解石	萤石
晶系	三方晶系	等轴晶系
晶胞参数	$a = 4.989 \text{ \AA}$ $c = 17.062 \text{ \AA}$	$a = 5.463 \text{ \AA}$
单位晶胞体积/ \AA^3	367.78	163.04
配位数(Z)	6	4
分子体积/ \AA^3	61.30	40.76

5.3 塔中45井油藏充注时间

研究表明,塔里木盆地古生界存在着两套有效烃源岩层,即中下寒武统和中上奥陶统烃源岩(王飞宇等,1999^①;王飞宇等,2002)。其中,中下寒武统源岩在加里东晚期达到成熟阶段并大量生烃(Liu Luofu, 1998; 张水昌等,2000a),到了海西晚期,中下寒武统源岩已进入生气阶段,而不再具有大规模生油的能力(张水昌等,2000a)。燕山期至喜山期,中上奥陶统源岩进入成熟阶段并大量生烃(张水昌等,2000a,2000b)。由于萤石形成于二叠纪的岩浆热液流体,所以,可以推测萤石层中的原油应形成于二叠纪之后,这时候具有大规模生烃能力的烃源岩只有中上奥陶统烃源岩。

中上奥陶统烃源岩生成的油气沿着塔中1号断裂运移到塔中45井油藏中并聚集成藏,形成现今的塔中45井油藏。根据塔中45井埋藏史、热史(张水昌等,1999^②)以及次生流体包裹体均一温度推测,油气充注应发生在白垩纪末至古近纪的某一时间内(图7),这与钟广法等(2000)推测油气在二叠纪之后充注以及林青等(2002)所认为白垩纪之后油气充注对塔中45油藏有一定贡献的观点具有一定的一致性。

6 结论

塔中45井萤石中的流体包裹体有两种类型,一种为原生包裹体,均一温度主体位于 $260 \sim 310 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间,代表萤石形成时的热液流体温度;另一种为次生包裹体,均一温度主体位于 $100 \sim 130 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间,并且有大量的有机包裹体,代表油气运移成藏的温度。镜

①王飞宇,张宝民,边立曾. 1999. 塔里木盆地古生界有效生油岩的分布及生烃潜力评价. “九五”国家重点科技攻关项目“塔里木盆地石油天然气勘探(96_111)”成果报告.

②张水昌,王飞宇,刘洛夫,等. 1999. 塔里木盆地油气藏形成期研究. “九五”国家重点科技攻关项目“塔里木盆地石油天然气勘探(96_111)”成果报告,59.

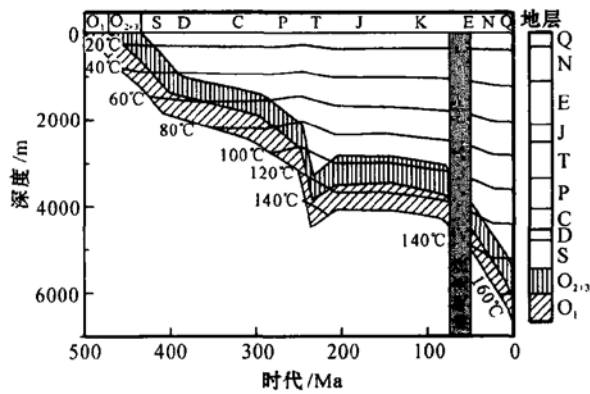


图7 塔中45井埋藏史、热史和油气充注
Fig. 7 Burial, thermal history and hydrocarbon
charging time
(埋藏史引自张水昌等, 1999)^①
(Burial history after Zhang Shuichang *et al.*, 1999)^①

下观察、矿物组合和流体包裹体均一温度特征表明塔中地区萤石形成与二叠纪热液活动有关。生成萤石的热液流体可能与二叠纪岩浆作用晚期由于岩浆-地壳相互作用形成的长英质中酸性岩浆有关。这种岩浆具有高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值, 并且还能从地壳中获得生成萤石所必须的氟。

理论计算和实际岩芯观察都表明, 塔中地区的萤石化作用使塔中45井油藏的储层质量在很大程度上得以改善, 加上后期的溶蚀改造以及构造运动产生的构造裂缝, 塔中45井油藏已经变得非常有利于油气的充注与聚集。白垩纪之后至古近纪的某一段时间中上奥陶统烃源岩生成的油气沿塔中1号断裂运移至塔中45构造并聚集成藏, 形成现今油藏。

References

Bralia A, Sabatini G and Troja F. 1979. A revaluation of the Co/Ni ratio in pyrite as a geochemical tool in ore genesis problem [J]. *Miner. Deposita*, 14: 353~ 374.
Chang Heng, Zhang Xinyan and Peng Xinling. 2003. The effects of igneous rocks on the oil and gas exploration in Tazhong area, Tarim Basin [J]. *Fault Block Oil and Gas Field*, 10(1): 5~ 8 (in Chinese).
Chen Hanlin and Jia Chengzao. 1997. A study on the geothermal events in Tarim Basin [J]. *Chinese Science Bulletin*, 42(10): 1 096~ 1 099 (in Chinese with English abstract).
Cherniak D J, Zhang X Y, Wayne N K, *et al.* 2001. Sr, Y, and REE diffusion in fluorite [J]. *Chemical Geology*, 81 (2): 99~ 111.

Denison R E, Koepnick R B, Burke W H, *et al.* 1998. Construction of the Cambrian and Ordovician seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ curve [J]. *Chemical Geology*, 152 (2): 325~ 340.
Faure G. 1997. *Principles of Isotope Geology* [M]. New York: John Wiley Sons Press, 97~ 146.
Guilhaumou N, Ellouz N, Jaswal T M, *et al.* 2000. Genesis and evolution of hydrocarbons entrapped in the fluorite deposit of Koh-i-Maran, (North Kirthar Range, Pakistan) [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 17(2): 1 151~ 1 164.
Jia Chengzao. 1997. *Tectonic Characteristics and Oil and Gas in Tarim Basin, China* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 272 (in Chinese with English abstract).
Jin Zhijun, Zhang Liuping, Hu Wenxuan, *et al.* 2002. Primary study of geochemistry features of deep fluid and their effectives on oil/gas reservoir formation in sedimental basin [J]. *Earth Science- Journal of China University of Geosciences*, 27(5): 659~ 665 (in Chinese with English abstract).
Lin Qing, Wang Peirong, Jin Xiaohui, *et al.* 2002. A brief analysis of reservoiring history of Tazhong 45 Ordovician reservoir in the North slope of Tazhong Area [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 29(3): 4~ 6 (in Chinese).
Liu Luofu. 1999. Distribution and significance of the carbazole compounds in Palaeozoic oils from Tazhong uplift, Tarim Basin [J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 72(1): 82~ 93.
Jébrak M. 1997. Hydrothermal breccias in vein-type ore deposits: A review of mechanism, morphology and size distribution [J]. *Ore Geology Reviews*, 12: 111~ 134.
Klein C and Hurlbut C S. 1999. *Manual of Mineralogy* [M]. New York: John Wiley & Sons, Inc, 401, 405.
Phillips R. 1972. Hydraulic fracturing and mineralization [J]. *Journal of Geology Society London*, 128: 337~ 359.
Wang Feiyu, Liu Changwei, Zhu Lei, *et al.* 2002. Organic maturity of Cambrian hydrocarbon source rocks in Tarim Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 23(3): 372~ 375 (in Chinese).
Westphal H, Eberli G P, Smith L B, *et al.* 2004. Reservoir characterization of the Mississippian Madison Formation, Wind River basin, Wyoming [J]. *AAPG Bulletin*, 88(4): 405~ 432.
Xiong Xianxiao and Yao Chaomei. 2000. Mineralogy of pyrites from the Xiangshan iron and pyrite deposits, Anhui Province [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 19(2): 185~ 192 (in Chinese with English abstract).
Yang Hao. 1988. The Genesis, characteristics distribution, tectonic background and relation with ore deposition of granite in East Tianshan [D]. Nanjing: Earth Sciences Department, Nanjing University (in Chinese with English abstract).
Zhang Shuichang, Zhang Baomin, Wang Feiyu, *et al.* 2000a. The Middle- Upper Ordovician: A main hydrocarbon source rock in Tarim Basin [J]. *Marine Petroleum Geology*, 5(1~ 2): 16~ 22 (in Chinese).

① 张水昌, 王飞宇, 刘洛夫, 等. 1999. 塔里木盆地油气藏形成期研究. “九五”国家重点科技攻关项目“塔里木盆地石油天然气勘探(96_111)”成果报告, 59.

- Zhang Shuichang, Zhang Baomin, Wang Feiyu, *et al.* 2000b. Studies on geochemistry of hydrocarbon source rocks in Tarim Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 21(6): 23~ 28 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Yunxiao. 2000. The Caladala basic rock and its tectonic background in West Tianshan [J]. *Xinjiang Geology*, 18(1): 258~ 263 (in Chinese).
- Zhao Xia. 2000. A discussion on the genesis of fluorite in Tazhong 45 well and Keping Xiker of Tarim Basin [J]. *Northwest Geology*, 33(3): 5~ 8 (in Chinese).
- Zhong Guangfa, Ma Zaitian, Liu Ruilin, *et al.* 2000. Origin of the oil and gas accumulation related to fluorite veins in Lower Ordovician limestones, Tarim Basin, Northwest China: Evidences from high resolution borehole electric image logs [J]. *Geological Journal of China Universities*, 6(4): 576~ 582 (in Chinese with English abstract).
- 业出版社, 272.
- 金之钧, 张刘平, 胡文瑄, 等. 2002. 沉积盆地深部流体的地球化学特征及油气成藏效应初探[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 27(6): 659~ 665.
- 林青, 王培荣, 金晓辉, 等. 2002. 塔中北斜坡塔中45井奥陶系油藏成藏史浅析[J]. *石油勘探与开发*, 9(3): 4~ 6.
- 王飞宇, 刘长伟, 朱雷, 等. 2002. 塔里木盆地台盆区寒武系烃源岩有机成熟度[J]. *新疆石油地质*, 23(3): 372~ 375.
- 熊先孝, 姚超美. 2000. 向山地区铁-硫矿床中黄铁矿矿物学研究[J]. *岩石矿物学杂志*, 19(2): 185~ 192.
- 杨浩. 1988. 东天山地区花岗岩的成因特征、分布规律及其与构造背景和成矿关系[D]. 南京: 南京大学地球科学系.
- 张水昌, 张宝民, 王飞宇, 等. 2000a. 中-上奥陶统: 塔里木盆地主要油源层[J]. *海相油气地质*, 5(1~ 2): 16~ 22.
- 张水昌, 张宝民, 王飞宇, 等. 2000b. 塔里木盆地中上奥陶统油源层地球化学研究[J]. *石油学报*, 21(6): 23~ 28.
- 张云霄. 2000. 西天山卡拉达拉基性岩及其构造背景[J]. *新疆地质*, 18(1): 258~ 263.
- 赵霞. 2000. 塔里木盆地塔中45井及柯坪西克尔萤石化成因讨论[J]. *西北地质*, 33(3): 5~ 8.
- 钟广法, 马在田, 刘瑞林, 等. 2000. 塔里木盆地奥陶系萤石脉-油气叠合成藏作用——高分辨率成像测井资料提供的证据[J]. *高校地质学报*, 6(4): 576~ 582.

附中文参考文献

- 袁衡, 张新艳, 彭鑫岭. 2003. 塔里木盆地塔中地区火成岩对油气勘探的影响[J]. *断块油气田*, 10(1): 5~ 8.
- 陈汉林, 贾承造. 1997. 塔里木盆地地质热事件研究[J]. *科学通报*, 42(10): 1096~ 1099.
- 贾承造. 1997. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京: 石油工

2005年全国岩石学与地球动力学研讨会 将于2005年11月在杭州召开

由国家自然科学基金委员会等数十家单位发起, 由中国科学院地质与地球物理研究所、浙江大学、岩石圈构造演化国家重点实验室联合主办的“2005年全国岩石学与地球动力学研讨会”将于2005年11月4~10日在浙江省杭州市举行, 希望地学界同行能积极支持和参与。

本次会议的目的是继续为从事岩石学与地球动力学研究的同行提供一个宽松的交流与讨论问题的平台, 展示其最新的研究成果。会议将有会前专题讲座、室内研讨和会后野外地质考察三部分内容, 室内研讨将采用专题发言和图板展示的方式举办, 由各专题召集人负责收集本专题论文摘要、确定发言题目、组织讨论等事务。会前专题讲座内容为同位素地质年代学与地球化学、变质岩石学相平衡理论与应用。会议学术委员会初步拟定的研讨专题有: 大洋岩石圈与蛇绿岩、壳幔相互作用与岩石圈演化、板内岩浆作用与地幔柱、花岗岩成因与地壳增生、高压-超高压变质与大陆深俯冲、前寒武纪地质演化、岩石物理、地质流体及其成岩成矿作用、岩石学研究的新方法与新技术等, 并正在征集新的专题题目。野外地质考察路线暂定为黄山、普陀山、三清山、千岛湖。

欲知会议的动态信息, 请直接浏览会议网址或向会议秘书处咨询, 通讯地址: 北京德外北土城西路19号中国科学院地质与地球物理研究所2005年全国岩石学与地球动力学研讨会秘书处, 邮编: 100029, 电话: 北京(010) 62008088, 62008018, 62007428, 62007900, 62007821; 杭州(0571) 87952791, 传真: (010) 62010846; E-mail: petrology2005@mail.iggcas.ac.cn, 网址: <http://www.iggcas.ac.cn/shouye.asp>。