

# 构造流体——一个新的研究领域

杨巍然 张文淮

(中国地质大学, 武汉, 430074)

**摘 要** 构造流体指岩石圈不同层次构造活动中产生的流体以及积极参与构造作用的流体。构造流体包裹体则是构造热流体的样品。构造流体的作用和意义在于影响岩石变形特征, 促进构造发生、发展, 判断构造环境及定量确定构造变动时代。构造流体研究方法包括流体包裹体研究、地球物理方法研究、电子显微镜研究和模拟实验研究。构造流体研究方向有专门构造流体研究、区域构造流体研究、应用构造流体研究和构造流体动力学研究。

**关键词** 构造流体 流体包裹体 微观信息

**CLC O35, P54**

长期以来, 地质科学仅仅限于用地壳固体物质的研究来建立和发展其知识和概念。但随着地壳流体作用方面资料的不断积累, 人们越来越认识到, 流体决定了地壳中的物质和能量的运动和交换, 因而它在很大程度上又直接影响和控制着地壳内部的成岩作用、岩浆作用、变质作用、构造作用和成矿作用等地质作用过程以及地质动力学机制与演化<sup>[1]</sup>。因而, 近年来地质流体引起地学界的广泛关注。一些国家及国际组织不断举行有关地质流体的国际会议, 出现了研究地质流体的热潮, 并将成为90年代乃至跨入21世纪的地学发展的重要方向之一。

## 1 构造流体的概念

所谓流体, 一般而言, 是指存在于大气圈、地面与地下特定范围的、以水为主含有超溶性气体(如 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{HF}$ 等)、简易离子( $\text{H}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ )以及络阴离子的气体或液体。狭义流体则单指存在于矿物岩石微观晶格、裂隙、宏观构造(节理、断裂、褶皱等)中的“地质流体”, 简称“流体”<sup>[2]</sup>。1993年在英国 Torquar 举行的 Geofluids 93国际会议提出的地质流体, 由油、气、成矿溶液与地下水四部分组成<sup>[3]</sup>。此外, 在岩石圈一定深度的地质作用下, 可产生局部硅酸盐熔体, 如剪切熔融。熔体也具有流体运动学的特征, 并可部分地保存在流体包裹体中。因此, 这些熔体也应属流体范畴, 正如 Wyllie (1991)所定义的: 流体包括熔体、液体( $\text{H}_2\text{O}$ )、气体( $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ )、超临界液体及未确定流体相<sup>[4]</sup>。地质流体根据流体的来源可分为浅层下渗流体(包括大气水、海渗水、陆地蒸发水和蒸发岩溶滤水

收稿日期: 1996-05-09 修改稿收到日期: 1996-06-20

作者简介: 杨巍然, 男, 1933年生, 教授, 博士生导师, 构造地质学专业。

本项目受自然科学基金项目(编号: 49572146)资助。

等)、深分泌上升流体(它们来自地幔的脱气作用、岩石圈中玄武岩类岩石的冷凝结晶、岩溶作用和软流圈深部等)。根据特定的地质作用可将地质流体分为盆地沉积流体、变质流体、岩浆流体、成矿流体和构造流体等。

构造流体体系指在岩石圈各不同层次构造活动中产生的流体或积极参与构造作用的流体。在构造应力作用下,岩石矿物将发生各种物理及化学变化,产生压实、压溶、剪切、交代、重结晶等作用,致使岩石矿物释放出结晶时封存的流体或释放出矿物岩石的结晶水、晶间水和裂隙水,形成构造运动热流体。

构造流体包裹体则是构造热流体的样品。在构造地质作用下,重结晶矿物或新矿物在结晶生长过程中,晶体必将产生各种位错、空缺、空洞、裂隙、窝穴等缺陷,构造热流体可能被捕获而被封存在其中,从而形成大量与构造运动有关的流体包裹体,称之为构造流体包裹体。它是各种来源的构造热流体的代表,是目前热流体唯一存在的样品,能够反映过去地质历史上曾经发生的构造运动的某些物理、化学条件,为构造地质研究提供某些定性、半定量的甚至定量的微观信息。

构造流体研究就是分析构造性质、构造环境、应力状态和力源与流体之间的相互关系及其规律性。

## 2 构造流体的作用与意义

流体与构造关系非常密切:一方面流体受构造控制,比如断裂构造是控制流体运移的重要因素,断裂带可起汇集水流作用,或作为渗透屏障,起阻碍流体迁移的作用(R. J. Knipe);活动断层能改变地下流场,使地层中某些部位产生超压区,而在其它地方产生低压区,形成地震水动力(seismo-hydraulics),在这种地震水动力驱动下,地下流体会发生迁移和重新分布,在特定条件下,深部流体可能通过破裂带突然向地表迁移。另一方面流体直接或间接参与构造作用,在构造演化中扮演了重要角色<sup>[5]</sup>。

### 2.1 影响岩石变形特征

流体的存在必然对岩石产生物理破坏作用和化学(腐蚀)作用。物理和化学作用均会改变岩石的性质,决定岩石变形特点。

Griggs(1967)<sup>[6]</sup>很早就注意到石英及其它硅酸盐矿物具有水弱化现象。以石英为主的岩石蠕变与其平衡水的氧逸度关系密切。在相对低温条件下,水有利于成核和位错结点的生长,水化滑移位错控制蠕变速率;在高温条件下,水有助于硅、氧的自扩散进行位错攀移,控制蠕变速率。橄榄石和石盐也具水弱化现象:干燥的橄榄石比有水存在的变形橄榄石强0.5倍<sup>[7]</sup>;天然变形的石盐中,在含卤水包体附近石盐的位错活性增强<sup>[8]</sup>。

流体与岩石接触所引起的应力腐蚀或Rheinder效应,使岩石的有效强度骤然下降。应力腐蚀的例子如硫磺溶液沿裂隙渗入玄武岩,会使玄武岩的有效强度降为原来的十万分之一<sup>[9]</sup>。

深部流体或熔体引起矿物颗粒边界弱化,致使岩石流变强度和有效粘度迅速减低,并导致变形机制从位错蠕变向扩散蠕变转化。例如上地幔橄榄岩动态部分熔融实验证实,5%~7%的初始熔体使干橄榄岩的流变强度(1 100 MPa)减低到20~30 MPa,有效粘度也减少2~3个数量级<sup>[10~11]</sup>。

## 2.2 促进构造发生和发展

流体对构造的形成和发展起着积极作用。Atkinson (1984) 指出: 水溶解作用促进亚临界裂隙的生长。亚临界裂隙生长指数  $n$  取决于裂隙的生长机理(应力腐蚀、压力溶解、离子交换、扩散、塑性流动等)<sup>[12]</sup>。由于应力腐蚀, 在很小应力作用下, 固体可以产生裂纹。随着流体的渗入, 裂纹不断扩大成断层。 $\text{CO}_2$  由液体 气体, 热膨胀系数是  $\text{H}_2\text{O}$  的 32 倍, 可使岩石破裂。氢是气体中膨胀系数最大的之一, 由液体  $\text{H}_2$  气体  $\text{H}_2$ , 膨胀系数远大于  $\text{CO}_2$ , 致使形成断裂——氢致断裂。流体沸腾释放大 量气体, 体积膨胀, 也是断裂形成的重要原因。

流体引起的岩石化学变化和相变, 可以使岩石的体积缩小造成空穴, 或使裂隙增大导致断层出现。Green (1995) 用模拟实验证实了橄榄石 尖晶石相变诱发断层<sup>[13]</sup>。

裂谷与流体的成生联系非常明确。大洋裂谷热流的研究证明, 在活动扩张中心的年轻洋壳中发生了受洋脊之下高温驱动的大规模流体和地热循环。大陆裂谷的流体研究也取得了新的突破: 世界所有现代大陆裂谷带的地表均具很高的热流值, 估算表明地壳深部温度可达 700~800℃ 以上, 区域热流主要来自软流圈的传导转换<sup>[14]</sup>。Kathleen Crane 等 (1991) 对贝加尔裂谷的 Frolkha Bay 喷口的研究表明, 这里热流值极高, 一般为  $500\text{mW}/\text{m}^2$ , 最高达  $1000\text{mW}/\text{m}^2$ , 许多特点都与大洋中脊相似, 因而认为大陆裂谷之下存在高温驱动的流体和热循环, 并推测这里可能就是幼年大洋产生的地方<sup>[15]</sup>。

流体与剪切带的关系也非常密切, 流体经常促进剪切带的发展<sup>[16]</sup>。Andersen (1991) 对挪威西部 Bergen 岛弧的加里东榴辉岩相剪切带进行了详细研究<sup>[17]</sup>, 证实了流体在剪切带发展中的积极作用。

Hubbert 和 Rubey (1959) 提出流体超压对逆冲断层的作用一直得到人们的关注。Fyfe 和 Kerrich (1985) 系统地研究了逆冲断裂作用流体的特点和演化, 指明了流体对逆冲断层发展的具体影响<sup>[18]</sup>。逆冲断层面实际上就是流体富集带, 流体一方面起润滑作用, 另一方面由于断面平缓, 流体超压将断层上盘托起, 好似“气垫”作用。这样, 断层很容易发生大规模运移, 甚至可以达到 100km 以上的规模<sup>[5]</sup>。

## 2.3 判断构造环境

不同物理化学条件、不同深度、不同应力状态所形成的流体包裹体有不同的特性, 因此, 通过流体包裹体组合规律的研究可为判断构造环境提供微观信息。比如笔者在大别—桐柏—秦祁造山带研究中总结了断裂性质与流体包裹体组合特征, 得出不同性质断裂有不同的流体包裹体特征: 张性断裂流体包裹体数量多, 粒径大, 气/液变化范围大, 以出现沸腾包裹体群为特色; 压性断裂流体包裹体粒径小, 具定向排列, 流体盐度大, 常遭变质, 随着变质加深流体包裹体成分发生有规律的变化:  $\text{CH}_4$ — $\text{H}_2\text{O}$ — $\text{CO}_2$ ; 韧性剪切带的流体包裹体数量少, 均一温度高, 发育有粒径大的深熔硅酸盐熔融包裹体和粒径小的纯  $\text{CO}_2$  流体包裹体, 随着温度、压力降低,  $\text{CO}_2$  减少, 并出现  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  的流体包裹体<sup>[19]</sup>。

## 2.4 定量确定构造变动时代

目前国内外较为先进的年代学研究方法之一, 就是对包裹体溶液中微量元素 Rb-Sr 的测定, 利用 Rb-Sr 等时线判断构造形成时代。如笔者在湖北黄陂木兰山蓝片岩中, 发现平行片理、平行褶皱、平行逆冲断层三组侧分泌石英脉, 分别取样后对其中流体包裹体进行 Rb-Sr 测定, 证实了片理是晋宁期形成的, 而逆冲断层时代为印支期<sup>[20]</sup>。

### 3 构造流体研究方法

#### 3.1 构造流体包裹体研究

构造流体包裹体是构造流体的代表,是直接观察研究流体的唯一样品。可以通过流体包裹体的温度、压力、盐度、密度、化学成分和同位素组成等的研究来判断构造形成环境、区域应力场方向、构造期次和演化顺序、划分构造区和构造带等。

#### 3.2 构造流体的地球物理方法研究

流体对岩石的物理性质的影响还表现在地震波速的变化方面:高压下流体(石油)饱和砂岩,应变小于干燥砂岩,纵波速度大于干燥砂岩,横波速度小于干燥砂岩<sup>[21]</sup>。在1.0~0.5 GPa 围压下,橄榄岩中5%左右粒间熔体可以使纵波速度( $v_p$ )减少5%,剪切波速度减少10%<sup>[22]</sup>。实际上,岩石圈中许多低速高导层都有构造意义,往往就是一个推覆断层面或拆离面。这样,我们可以利用地球物理资料结合其它地质信息,深入研究构造与流体之间的关系。Almendinger等(1983)通过Utah 1线的大陆地壳反射地震测深研究,对该区盆-岭构造特征的确定提供了很好的依据<sup>[23]</sup>。

#### 3.3 构造流体的显微镜研究

构造流体包裹体是微观地质现象,与显微构造关系密切,因此运用透射电子显微镜(TEM S)和扫描电子显微镜(SEM S)可以得到许多微观信息,特别是SEM S中的背射电子(BSE)图像分辨力更高,可以提供成分不同的颗粒间的衬度,能定量确定显微组构要素。因此,近年不少学者应用电子显微镜新技术进行这方面的研究,如Ronald(1994)运用TEM研究得出:石英中 $H_2O$ 从流体包裹体析漏出来和显微构造有关<sup>[24]</sup>。

R·J·奈普等论述了经历岩化的沉积物内流体的流动路线及其与显微构造演化、变形作用过程和流体流动之间的相互作用,并评价了显微构造分析在未来流体流动研究中的作用<sup>[25]</sup>。

#### 3.4 构造流体的模拟实验研究

由于构造流体具有复杂的地质演化历史,且人们无法目睹其过程,故通过相对近似条件的实验来模拟构造流体形成过程是非常必要的,它能为实际研究工作提供比较可靠的依据。

在进行构造热流体模拟时,不能采用简单的热传导模型,必须考虑构造运动造成的对流热传输。应该首先根据地质资料确定构造演化模型,然后进行构造演化和热演化的模拟。

目前,应加强差异应力作用下水、岩相互作用的模拟实验。随着电子计算机的发展,构造流体的数值模拟有望取得新的突破。

### 4 构造流体研究方向

构造流体的研究已进入一个新的时期,为了得到更快发展,可以从下面几个方向进行研究。

#### 4.1 专门构造流体研究方向

系统研究特定构造与流体之间的关系,用流体包裹体测定构造的压力、温度,恢复构造演化过程,探讨构造形成的机制,诸如断裂构造流体研究、俯冲构造流体研究、碰撞构造流体

研究、盆地构造流体研究等。现以俯冲构造为例加以说明:当饱含海水的低密度物质俯冲时,由于板块之间的挤压作用,流体首先被机械挤出;当板块继续俯冲时,温度、压力增高,低温含水矿物可转化为无水或少水矿物,其内的 $H_2O$ 、 $F$ 、 $Cl$ 、 $CO_2$ 、 $As$ 、 $S$ 、 $K$ 、 $Na$ 等组分活化形成流体,流体的排出反过来会影响增生棱柱体的热和流变学演化,并为深海生物群落提供养料;当俯冲至更深部,温度、压力进一步增高,不仅很多矿物脱去晶格中的水分,并诱发部分熔融反应,富 $K$ 、 $Si$ 、 $Na$ 、 $Al$ 等的物质开始熔融,形成富含气体和液体的熔体或岩浆,从而可改变上覆地体的总成分。由此可见,这些机械挤出、脱水释放、局部熔融产生的流体组合便是俯冲构造流体的特征。这些流体与构造之间的相互关系也加深了对俯冲构造演化规律和形成机制的认识。

#### 4.2 区域构造流体研究方向

着重研究区域构造与流体之间的关系,以确定区域构造环境、恢复区域构造演化过程和动力学特征。区域构造流体研究步骤一般为:通过构造解析建立区域构造格架和构造期次;在代表不同的构造期次的构造岩中取样进行流体包裹体测定,通过对比划分本区的流体包裹体的类型和期次;通过综合分析建立区域构造流体演化序列和动力学模型。Orange等(1993)对华盛顿Olympic半岛西部Hoh岩石组合的构造流体研究,建立了该区的构造和流体演化序列,为区域构造流体研究提供了一个很好的实例<sup>[26]</sup>。

笔者最近在安徽太湖县石榴辉岩分布区开展的区域构造流体研究得出:榴辉岩形成阶段(D<sub>1</sub>)发育有玻相熔融包裹体、流体熔融包裹体和纯 $CO_2$ 流体包裹体;区域面理形成阶段(D<sub>2</sub>)发育两相气液包裹体、单相水溶液包裹体, $CO_2$ 从流体相变为气+液相;韧性剪切带形成阶段(D<sub>3</sub>)发育气、液两相水溶液为特征;逆冲抬升阶段(D<sub>4</sub>)发育气/液比5%的两相包裹体;均衡抬升和断块抬升阶段(D<sub>5</sub>)发育三相包裹体和大量单相水溶液包裹体。它们分别对各个阶段的构造形成和发展发挥了积极作用。

此外,还可以进行区域构造流体对比研究,如笔者曾对华北古陆、秦岭造山带及两者之间的结合带进行了区域构造流体对比研究,取得了良好效果<sup>[27]</sup>。

#### 4.3 应用构造流体研究方向

流体与成矿的研究已有大量文章,并取得了新的进展。在此仅强调要加强构造、流体和成矿之间关系的研究,因许多金属矿床(如美国西部Mother金矿床、巴西Logoa Real铀矿床)与逆冲流体密切相关;特别要加强流体演化、构造演化和矿床形成之间关系的研究,因不同矿床与一定的构造流体演化阶段有关。

构造流体与古气候的关系已开始引人关注,因为构造流体中有许多挥发分,特别是 $CO_2$ 和 $N_2$ 。由于 $CO_2$ 与全球气候变化密切相关,故构造流体与古气候也有一定关系。如M·E·雷莫等提出:喜马拉雅造山作用通过增强硅酸盐岩石的可风化性而为大气 $CO_2$ 提供了一种重要的吸收器,因而造成了中—晚新生代变冷趋势。始新世碰撞造山作用期间碳酸盐岩石的 $CO_2$ 变质脱气作用发生在雷莫等提出的隆起致冷作用之前,因此,喜马拉雅造山作用可能与始新世的变暖和随后的全球变冷都有很大关系<sup>[28]</sup>。

构造引起地球深部大量流体的释放,如火山喷发,地震使大量气体、液体排放,是致使大气环境发生突变的重要原因。构造流体对地震灾害的影响得到充分重视,水库区活动断层充水可诱发地震的事实已得到完全证实。美国等国家还对危害大的活动断层(如圣安德烈斯断层)的危险地段不断人为注水,化大震为频繁的小震,以避免破坏性的大震发生。今后应加强

构造活动与水—岩反应机制的研究,以扩大其在地震预报、滑坡预测等方面的应用。

#### 4.4 构造流体动力学研究方向

构造作用的动因主要来自深部,深部流体在其中起有积极作用,深部流体的研究已开始得到重视<sup>[29]</sup>。组成上地幔流体的元素主要为H、C、O,其次为S、N、F、Cl,固相线下流体的元素种类及分子种属主要受氧逸度和晶体—流体之间的分配所定。深部流体的形成、流动和构造的关系极为密切:地幔离析是一种由脱蛇纹石化引起的超基性物质从俯冲岩石圈板块向上大规模运移的作用过程,这一作用的关键在于深部有超压流体相自由固体颗粒存在。从这种意义上看,地幔离析实际上是岩石流体化和贯入的一种特殊形式。F·巴里加等对地幔离析的重要构造意义进行了探讨,他认为地幔离析过程可以看作是“二级”板块构造作用<sup>[28]</sup>。

从全球构造而言更离不开深部构造流体:地幔分异即为深部构造流体化;地幔与下地壳之间的物质交换,构造流体具有关键作用。因此,加强深部构造流体的研究,可进一步了解地幔蠕变、板块活动、构造变动的过程与机制,从而有助于研究大陆动力学和建立新的构造观。

### 参 考 文 献

- 1 贾跃明.地壳中的热流作用.见:肖庆辉等编.地球科学前沿.武汉:中国地质大学出版社,1993.54~ 65
- 2 陶于祥,谢鸿森.地质流体与构造运动.地球科学进展,1994,9(3)24~ 29
- 3 沈照理,钟佐,文冬光,等.地质流体研究进展——1993年国际地质流体会议剖析.地球科学进展.1994.9(3)43~ 47
- 4 Wyllie P J. Magmatic consequences of volatile fluxes from the mantle. In:Perchuk L L (ed). *Progress in metamorphic and magmatic petrology*. London:Cambridge University Press, 1991. 477~ 503
- 5 Meissner K, Weyer R. The possible role of fluids for the structuring of the continental crust. *Earth Science Reviews*, 1992, 32:19~ 32
- 6 Griggs D T. Hydrolytic weakening of quartz and other silicates. *Geophys J*, 1967, 14:19~ 31
- 7 Blacic J D. Effect of water on the experimental deformation of olivine. *Am Geophys Union Monograph*, 1972, 16:109~ 115
- 8 Carter N L, Carter N L, Francis D, et al. Stress magnitudes in nature rock salt. *J Geophys Res*, 1982, 87:9289~ 9330
- 9 马宗晋,杜品仁.现今地壳运动问题.北京:地震出版社,1995.114
- 10 金振民,白武明.动态部分熔融作用及其地球物理意义.地质科技情报,1993,12(1)93~ 100
- 11 Jin Zhenming, Green H W, Yi Zhou. Melt topology in partially molten mantle peridotite during ductile deformation. *Nature*, 1994, 372:164~ 167
- 12 Atkinson B K. Subcritical crack growth in geological material. *J Geophys Res*, 1984, 89:4077~ 4114
- 13 Green Harry W. Deep earthquake: faulting triggered by the olivine-spinel transformation. *地学前缘*, 1995, 2(1):19~ 24
- 14 Lysak S V. Heat flow variations in continental rift. *Tectonophysics*, 1992, 208:309~ 323
- 15 Kathleen Crane Barbara Hecker and Vladimir Gokhbev. Heat flow and hydrothermal vents in Lake Baikal, USSR. *EOS*, 1991, 72:585~ 589
- 16 Newton R C. Fluid and shear zones in the deep crust. *Tectonophysics*, 1990, 182:22~ 37
- 17 Andersen T, Austrheim H, Burke E A J. Melt-mineral-fluid interaction in high-pressure shear zone in the Bergen Arc nappe complex, Caledonides of W. Norway: Implications for the fluid regime in Caledonian eclogite-facies metamorphism. *Lithos*, 1991, 27:187~ 204
- 18 Fyfe W S, Kerrick R. Fluids and thrusting. *Chemical Geology*, 1985, 49:353~ 362

- 19 杨巍然, 张文淮. 断裂性质与流体包裹体组合特征. 地球科学, 1996, 21(3): 285~290
- 20 杨巍然, 王林森, 韩郁菁, 等. 大别山蓝片岩-榴辉岩年代学新成果. 见: 壳幔演化与成岩成矿同位素地球化学. 北京: 地震出版社, 1993. 80~90
- 21 林桦. 流体饱和砂岩在高压下的物理参数. 地球物理学报, 1991, 34(3): 386~389
- 22 Soto H. Thermal structure of the low velocity zone derived from laboratory and seismic investigations. *Geophy Res Let*, 1988, 15(11): 1227~1230
- 23 Altemeinder R, Sharp J, Von Tish D, et al. Cenozoic and Mesozoic structure of the eastern Basin and Range province, Utah, from COCORP seismic reflection data. *Geology*, 1983, 11: 532~536
- 24 Ronald J, J Ben, H Jansen. A mechanism for preferential H<sub>2</sub>O leakage from fluid inclusions in quartz, based on TEM observations. *Contrib Mineral Petrol*, 1994, 116: 7~20
- 25 R·J·奈普. 俯冲带杂岩体半岩化沉积物内流体流动路线的显微构造演化. 国外地质科技, 1994, 6: 35~39
- 26 Orange D L, Geddes D S, Moore J C. Structural and fluid evolution of a young accretionary complex: The Hoh rock assemblage of the western Olympic Peninsula, Washington. *Geological Society of America Bulletin*, 1993, 105: 1053~1070
- 27 杨巍然, 张文淮. 流体包裹体在构造研究中的应用. 地质科技情报, 1986, 5(4): 17~25
- 28 汤葵联. 地质流体研究及其重要意义. 国外地质科技, 1994, 6: 1~15
- 29 Andersen T, Burke E A J, Neumann E R. Nitrogen-rich fluid in the upper mantle: fluid inclusions in spinel dunite from Lanzarote, Canary Islands. *Contrib Mineral Petrol*, 1995, 120: 20~28

## TECTONIC FLUIDS—A NEW RESEARCH DOMAIN

Yang Weiran      Zhang Wenhui

(China University of Geosciences, Wuhan, 430074)

**Abstract** Tectonic fluids are concerned with those produced and participating in the tectonic event at all depths of lithosphere. The fluid conclusion is as a sample of tectonic thermal fluids. Tectonic fluids show a prominent effect on microstructural changes of rocks, a great significance in origin of structures, structural environment, and determination of the age of structural events. For tectonic fluids are applied the fluid inclusion, geophysics, electronic microscopy and experimental modelling. The study is carried out in the following aspects: special tectonic fluid, regional tectonic fluid, applicational tectonic fluid, dynamics of tectonic fluid and so on.

**Key words** Tectonic fluid, fluid inclusion, micro-information

(责任编辑 王小龙)