

流体包裹体在断裂构造研究中的应用

周 竞 平

(中国地质大学, 武汉)

在断裂变形中,由于构造应力场的作用,断裂构造岩将产生压实、扩容、剪切和重结晶等作用,释放出部分的结晶水、晶间水和裂隙水,形成构造热流体,同时也有来自系统外部的地壳表层或深部岩浆活动的热流体。构造岩的流体包裹体犹如“黑匣子”从不同侧面记录了断裂变形环境及演化过程。随着流体包裹体研究理论及方法的进展,应用流体包裹体来解决特定的构造和结构已成为可能,它以其信息丰富、(半)定量、直接测试为特点,与日趋成熟的构造岩显微构造方法相结合,为构造工作者提供了研究断裂的新方法。

1. 流体包裹体提供的物理、化学信息

流体包裹体能直接或间接地提供构造物理和化学方面的信息主要有:① 流体的捕获温度;② 流体密度和盐度;③ 流体的捕获压力 and 对应深度;④ 流体化学成分;⑤ 流体的来源;⑥ 流体形成年龄;⑦ 包裹体的形态组合特征所反映的断裂面的力学性质及应力状态。

包裹体试样主要是动力变质矿物石英、方解石和胶结构造角砾的石英、方解石脉,将其制成双面磨光的无盖“厚”薄片(100—200 μ m),在镜下进行观测。除研究包裹体变形几何形态外,测量应选用自形的、发育好的包裹体面,避免不规则的颈状包裹体,包括弧立的和沿尾迹和裂隙的包裹体。在一个试样中具有相似大小、物相比率及温度特征的包裹体群被认为代表同一“液体事件”或液体捕获期。通过测量这种包裹体群中有代表性的包裹体并将其同试样中其他单个或包裹体群作比较,从而获得构造期热液的有关物化信息。

2. 研究断层形成的热动力条件

利用流体包裹体热动力参数可以获得断裂形成时的温度、压力、埋藏深度等信息, M. A. Hodgkings 和 K. Srows^[5]利用流体包裹体测定意大利 Alpi Apuane 山的角砾岩化断层带(窗口断层)的形成温度、压力和深度,以确定分隔下部变质岩系与上覆 Tuscan 推覆体的窗口断层是通过不断的张性活动面抬升到地表,还是断层的被抬升是通过侵蚀作用完成的(也即窗口断层没有进一步活动)。研究结果表明,断层流体的最低捕获校正温度为 299—245 $^{\circ}$ C, 流体最低压力范围为 105—240 MPa, 由此推测深度为 8—10.5 km。而断层下盘变质岩系中石英的流体校正温度为 270—37 $^{\circ}$ C, 表明断裂和下部变质岩系同形成于中浅地层。因此,窗口内岩石的出露是通过抬升的侵蚀作用完成,而没有进一步的窗口断层活动。

3. 划分构造区及边界断裂

由于断裂及所分割地块所处的地质构造环境的差异,其热流体性质也不一致,因而可以利用这些差异性划分不同的地块和边界断裂。如杨巍然等(1986)认为,黑沟—铁炉子断裂带本身及两侧地块的流体包裹体特征有明显的差异,结合地质特征认为该断裂带作为划分华北地台与秦岭地槽边界线最为恰当。张文淮^[1]还利用包裹体性质差异的界线来划分隐伏断裂。

4. 划分断裂带的变形期

依不同时期断裂变形所捕获的包裹体物化特征差异、含包裹体的裂隙优选方位及交切关系,可以划分断裂的活动期次及环境。后期形成的复合包裹体以新型包裹体为特征。如刘斌(1991)认为,大别—胶南变质杂岩体不同时期变形发育的变质带,其中包裹体特征有明显差异,并以此划分不同期次断裂及变形变质环境。此外,我们还可根据不同构造阶段流体包裹体密度分布趋势,分析断裂活动与迁移特征。

5. 判断断裂力学性质

不同力学性质的断裂带内元素迁移不一样,而且与系统外交换的程度也不一样,因而可利用包裹体 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比值、粒度、相态、形态特征等分析断裂的力学性质。刘斌^[2]对脆、韧性构造岩中的流体包裹体的研究认为,流体包裹体成分,特别是 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 的比值,可作为判断断裂力学性质和应变强度的依据。压性及压扭性应力形成的高应变韧性变形所形成的包裹体中 CO_2 含量高,而张性、张剪性应力所产生的低应变脆性变形条件的流体包裹体中 H_2O 含量高。

6. 应力场分析

利用包裹体研究断裂的构造应力场的基本思想是裂开愈合过程中保留了构造活动期的包裹体。系统地测量这些包裹体的构造组合、有关热力学参数以及变形矿物的组构特征,可以反演构造应力场。这种方法即为定向包裹体的面状要素与裂隙生成关系测量法(FIP),它由 Lespinasse 等^[7]于 1986 年提出。他们在研究法国中央地块花岗岩时,认为微裂隙中流体包裹体的优势方位,可反映区域应力场特征,并在 Styvvestre 花岗岩的研究^[6]中发现断裂带附近 5m 范围内微裂隙主要受断裂带的局部应力场控制,而断裂带 5m 以外的裂隙则反映了区域应力场特点。王桂兰^[4]利用包裹体的定向性、成带性、特定形态与裂隙组合特征,探讨断裂(裂隙)应力状态,甚至定量求出主应力值大小及方位。王治顺^[3]在郟庐断裂带南段的研究中论述了流体包裹体群与构造应力场的关系。在有未变形包裹体作参照的情况下,还可以将包裹体作为变形标志进行测量和分析构造应力场。

7. 断裂构造地球化学研究

由于包裹体成分测试技术的发展,可以用来测试断裂带中元素的形成和迁移特征,相比原来的构造岩化学分析或构造矿物学方法而言,显然具有成因较明确、易分辨、信息量大等特点。

包裹体在断裂带研究的应用中显示出不可估量的前景,但目前仍处于探索阶段,有许多理论和测试方法尚未解决,如断裂变形有关的次生包裹体测试、流体化学动力机制研究、包裹体与岩石组构的测试等都有许多工作要做。野外工作方面则要把构造分析与构造矿物学研究结合起来,并加强已有的断层带的研究(M. Jacobson, 1994)。

参 考 文 献

- 1 张文淮、陈紫英等,流体包裹体地质学。武汉:中国地质大学出版社,1993
- 2 刘斌,脆韧性构造岩中矿物流体包裹体研究——以上海及其邻区为例。矿物学报,1991(4)
- 3 王治顺,构造力学中流体包裹体研究。当代地质科学前沿——我国今后值得重视的前言研究领域,武汉:中国地质大学出版社,1993
- 4 王桂兰,流体包裹体形态组合与构造应力场的关系。中国地质科学院地质力学研究所刊(12),北京:地质出版社,1989
- 5 M A Hodgkins 等 [张小欧译],利用液态包裹体确定断裂带的压力、温度和运动历史:以意大利阿普阿内山为例。地震地质译丛,1995,17(1)
- 6 Lepinasse M, Cathelieu M, Fluid percolations in a fault zone: a study of fluid inclusion planes (FIP). Tectonophysics, 1990, 184: 173–184.
- 7 Lepinasse M, Pecher A, Microfracturing and regional stress field: a study of the preferred orientations of fluid inclusion planes in a granite from the massif central France. J. S. G., 1986, 8: 169–180.