

流体包裹体的研究方法以及应用

张群霞 (长江大学地球科学学院, 湖北 武汉 430100)

摘要: 本文主要对流体包裹体的研究方法进行分析。首先对流体包裹体进行成因方面分类, 在此基础上采用紫外荧光光谱、红外光谱和拉曼光谱技术对储层流体包裹体进行分析。其次, 利用流体包裹体的特点, 分析其地质作用, 判断油气成藏的期次, 油气运移的路线以及不同岩石中包裹体出现产生的问题。最后, 讨论未来研究的发展方向以及存在的问题。

关键词: 流体包裹体; 光谱分析; 油气运移

流体包裹体是指在矿物生长过程中, 充填、并被封闭在矿物的微细小洞、裂隙或粒间的一种或多种相态的物质(气、液或固), 这些物质在被矿物捕获时呈流体相而不是固体相。由于包裹体形成以后, 没有外来物质加入和自身物质的溢出, 因而可以作为原始的成矿液体来研究, 可以视为一个单独的地球化学体系, 能真实反映出成岩成矿时的流体性质, 是古流体的“活化石”, 为从岩石内部的微观世界寻找宏观油气藏的成藏条件提供了便利条件, 是解决油藏研究中时空及成藏环境问题的有效工具, 是从现在了解过去的最直接的证据。而包裹在晶格缺陷或穴窝中的有机的液体、气体组成的包裹体, 是油气运移、聚集过程的最直接标志^[1,2]。目前, 流体包裹体的均一温度、冰点和成分研究是重要的研究内容, 特别是在油气勘探方面。均一温度研究包裹形成时的温度, 对于油气藏而言就是油气充注时的温度, 因此利用流体包裹体的均一温度可以反映成藏期次、充注时间; 包裹体的冰点主要用于研究流体包裹体含盐度, 从而反映古地貌; 分析包裹体的成分, 可了解流体的组成。

1 流体包裹体的相关技术

1.1 流体包裹体的种类与区别

依据流体包裹体的物理状态分类, 将其分为岩浆包裹体和流体包裹体; 依据与主晶矿物的形成时间以及捕获时间的关系, 分为原生包裹体和次生包裹体, 但是标准不同导致包裹体的分类方法不同。例如, 原生包裹体与矿物颗粒同时形成; 次生包裹体形成于与主矿物改造事件有关的后期构造运动, 明显晚于主晶矿物。通过原生包裹体可以表明主晶矿物形成时的物理化学条件、流体环境, 次生包裹体则明确了主晶矿物在后期被改造时的物理化学条件、地质构造特征及流体环境。因此, 在油气勘探开发过程中, 主要分析与成岩成藏有关的流体包裹体, 需要特别针对油气勘探开发提出分类方案, 并综合分析包裹体的形态、主晶矿物与包裹体、包裹体与包裹体关系才能得出较为精确的结论。

1.2 流体包裹体显微测温法

1.2.1 均一温度法

均一温度测试研究是一种非破坏性分析方法, 是包裹体地球化学学科中一个重要研究内容。研究流体包裹体, 主要目的是了解矿物成矿以及成岩过程中的物理与

化学条件, 但由于地质作用的多样性, 包裹体类型是多种多样的, 因此单独研究成因具有局限性。因此, 研究者需根据不同的研究目的, 需要从多种多样的流体包裹体中选择能够提供有效信息的一类。该类包裹体需要满足: ①等容体系: 即被包裹前后体积不会改变; ②均一体系: 即流体包裹体被捕获时为均相, 所捕获的包裹体为均一相包裹体; ③封闭体系: 被捕获前后没有与外界发生过能量交换。

对包裹体进行研究的前提是, 被捕获的流体包裹体为单一相的均匀流体, 并且该流体充满着整个包裹体的空间。当外界环境发生变化时, 如温度与压力降低, 由于矿物的物理属性会导致矿物和流体的收缩(固体的收缩小于液体或气体的收缩), 因此包裹体流体就会沿着等容线渗透到两相界面的位置。当流体大于临界密度时, 气体会被分离出来; 如果流体小于临界密度时, 则会出现液体与气体的两相流体包裹体。在可逆条件下, 随着温度升高, 气液两相的比例随之发生变化, 当温度升高到一定条件时, 会发生相的转变, 即从气液两相转成单一的液相, 此时的温度为均一温度。

1.2.2 冰冻法

冰冻法是另一种不破坏流体包裹体结构的研究方法, 是研究包裹体含盐度与流体体系的一种基本方法。根据在低温冷冻的状态下被捕获的流体包裹体相态发生的变化, 获得相应的温度数据, 与已知的流体体系作对比, 进而得到盐度与成分。

1.3 流体包裹体成分分析技术

研究流体包裹体的成分是目前流体包裹体研究的一项基本任务, 更是一种基本的研究方法与研究手段。目前有两种方法: ①单个流体包裹体的成分分析; ②群体包裹体的成分分析。单个流体包裹体分析要选择具有代表性的, 个体较大的进行分析, 但是其分析结果具有重要意义, 能够代表不同时期的流体变化信息。群体包裹体分析则是通过压碎或热爆裂萃取法获得包裹体内的流体, 但是获得的数据代表性差, 难以区分不同世代的流体, 甚至会出现错误的结论, 优势在于获得的样品量较大, 大多数仪器都可以检出。单个流体包裹体的研究方法分为破坏性分析法和非破坏性分析法。非破坏性分析手段主要有: 傅里叶变换红外纤维光谱、核微探针、激

光拉曼光谱等;破坏性分析手段为激光剥蚀电感耦合等。

1.3.1 非破坏性分析

激光拉曼光谱法是分析流体包裹体内部相对分子质量小的元素所组成的多原子分子的强有力工具。拉曼光谱的工作波长在可见光范围内分辨率高,而且只需要特殊的拉曼峰的位置就能对其成分进行分析,但是需要对拉曼光谱仪进行校正,使其参数达到标准。但是由于仪器不同导致参数差异,因此,不同仪器之间的数据不能直接比较。而傅里叶变换红外纤维光谱的方法,可以分析体型相对较大的流体包裹体。并且,由于被分析的流体包裹体尺度与红外波长相差不大,所以红外光下被分析的流体包裹体会产生衍射作用。新型技术核微探针则能无损害且快速对微小区域进行扫描,并且可以同时进行分析多元分析。

1.3.2 破坏性分析

激光剥蚀电感耦合是一种微区微量元素分析技术。该技术能提供精确的空间分辨率以及精度,能满足单个流体包裹体多元分析的要求。

2 流体包裹体在地质中的应用

2.1 变质岩中流体包裹体的研究及应用

在研究变质岩的过程中,产生了:变质岩脉体的成因、变质岩流体的来源以及活动方式、变质岩中包裹体捕获后的变化、由于变质原因形成的流体包裹体的水的选择性遗漏和扩散研究等问题。

2.2 矿床学中流体包裹体的研究以及应用

在热液矿床的形成过程中,流体扮演着重要的角色,并且由于包裹体在矿物晶体中出现的广泛性以及后期在地质作用过程中的稳定性,成为研究原始成矿流体最理想的研究方式。通过对包裹体的研究,可以确定成矿流体的压力、温度、成矿深度、剥蚀深度以及成矿流体的组分、成矿的环境、成矿物质的来源等重要信息,因此,流体包裹体成为鉴别矿床类型的重要依据之一。

2.3 油气成藏中流体包裹体的研究以及应用

利用流体包裹体的均一温度数据,结合构造运动的演化,对油气成藏获得较好的研究。例如,通过分析各类烃包裹体,可以判定油气从生成到运移再到聚集的成藏信息,为油气勘探提供了重要的依据。测定盐水包裹体的均一温度以及冰点温度都被用于分析烃包裹体,而包裹体的产出、分布特征则用于分析油气成藏的过程。或者依据包裹体的显微测温数据、计算的捕获温度及捕获压力等资料,研究盆地烃源岩和储层的热演化史,为油气勘探评价提供了资料。一般的沉积体系,水流体含量大而且参与各种成岩作用的过程,因此一般的流体相都是油与水共存的。水在油中难以被完全排替,由此便会形成油气包裹体,这种包裹体可以发生在不同的时期,但由于石油对固结成岩有抑制作用,当圈闭中的水被排替后,随后的时间内油气包裹体更容易被捕获在油气藏中,与晚期相比,早期形成的油气包裹体较为活跃,存在于油气藏中的可能性更大。

2.4 对于生物信息的存储作用

流体包裹体是保存古老生物标志大分子的理想母体,由于液体压力增加,且体系封闭,以及有机金属化合物与片状化合物的出现容易导致石油的二次裂解作用。并且生物遗迹化石保存在流体包裹体中,为在地质以及陨石中寻找生命迹象提供了新手段。

2.5 利用流体包裹体判断油气运移方向

油气储层中的古流体势代表了古流体活动时期地下地质条件下流体运动趋势。通过古流体势可以研究油气运移以及聚集成藏的问题。传统的古流体势恢复通常采用油井中原油、气和油田水的数据进行计算;根据高程及埋藏历史的恢复,可以获得古海拔的高程。在多旋回盆地中,在多期生排烃和油气运移过程的情况下,计算出的体势难以确认油气在不同时期运移时的动力学特征。利用流体包裹体计算,由于可以捕获原样品,可以获得漫长地质年代中的各时期的油气运移、演化、聚集信息。研究中,将前期划分为油气充注期、油气成藏期,在此基础上恢复研究区域的古流体势,并判定油气运移和聚集的有利地带。

如上所述,流体包裹体在油气藏领域应用广泛,多在判定油气成藏期,烃源岩的成熟度,古油水界面等方面应用,例如以下方向:①通过计算古地温梯度,追踪区域演化史;②根据古地温强弱,计算不同成岩矿物的形成时间、温度、压力以及流体的形成过程;③研究油气藏内成藏期次和温度,分析油水古界面及充注史;④研究储层的构造演化;⑤寻找和发现新的油气藏。

3 流体包裹体的发展

流体包裹体研究是一门新兴而且处于飞速发展的边缘学科,但是在研究过程中仍有亟待解决的问题。例如,区分包裹体种类的方法,混相包裹体的成分含量,单相流体包裹体的提取方法,利用流体包裹体确定地质年龄等问题,依然需要不断利用新的技术和方法进行解决。并且,在未来将流体包裹体的研究与地质科学领域的研究相结合是一个新的目标。

综上所述,流体包裹体在地质学研究领域具有重要意义,是有机地球化学发展的里程碑。再者,虽然流体包裹体的研究已经取得很大进步,并且通过研究获得一些列重要信息。但是,目前的分析方法及技术仍然有欠缺,因此流体包裹体的研究方法与技术仍然需要改进,并结合多种方法进行研究,对油气藏的开发做出更加精确的结论推断。

参考文献:

- [1] 潘雪峰. 储层流体包裹体技术研究与应用 [D]. 成都: 西南石油大学, 2013.
- [2] 柳少波, 等. 流体包裹体成分研究方法及其在油气研究中的应用 [J]. 石油勘探与开发, 1997(03):29-33+98.

作者简介:

张群霞(1997-),女,汉族,山西武乡人,硕士在读,主要从事地质工程方面的研究工作。