

四、地质应用

法国的包裹体研究主要应用于成岩成矿理论研究方面，并以比来阐明成岩成矿的规律和矿床成因，以期有利于成矿预测。

法国除阐明包裹体中的 CO_2 含量与矿石中的铀含量之间有正相关关系，可利用这种关系进行找铀矿外，包裹体研究并未直接用于找矿，尤其爆裂法开展很少，利用爆裂法进行找矿则未见报导。

国外包裹体研究的进展

卢焕章

包裹体研究最近发展很快，不但在理论上，而且在方法上发展很快。在这一部分只介绍两个方面，即两种类型的包裹体和用于包裹体研究的均一法和冷冻法方面的进展。

一、两种类型的包裹体——双连正常包裹体和不混溶包裹体

在本节中讨论三个问题，一是两种类型的包裹体，二是沸腾的含义，三是关于卡脖子。

(一) 两种类型的包裹体

在以往的包裹体研究中，主要讨论正常的包裹体。大家知道矿物中流体包裹体是作为成矿溶液的样品保存下来的。对于这种正常的包裹体，其基本的假设有三条：

1. 包裹体是在均匀的流体中捕获的，捕获时是充满了包裹体整个空间的。2. 自从捕获之后，所包裹的物质没有任何流出和加入，因此他的成分和密度是不变的。3. 包裹体密封之后，其体积保持不变，因此它可以作为一个等容的地球化学体系来研究。

上述三个假设是包裹体研究的基础。但是随着包裹体研究的深入，越来越多地证明，包裹体可以从非均匀体系中捕获。这种从非均匀体系中捕获的包裹体我们叫做不混溶包裹体。这类包裹体是我们目前要强调的。

首先我们要讨论在自然界中有那几种不混溶性，以及从每种不混溶性中捕获的可能性。图1表示其体系的相图。过去我们讨论的正常流体包裹体是从图中的临界线以上的区域中捕获的，而当温度下降到低于临界温度后，便出现了两相：液相(L)和气相(V)。在自然界中从不混溶体系中捕获包裹体的可能性有以下三种。

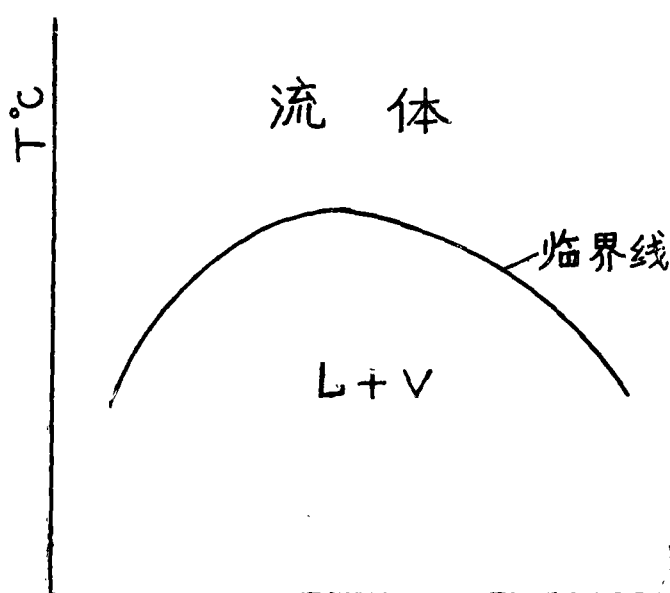


图1 某体系的相图

1. 从液相+气相的体系中捕获，即 $L + V$ 。

这种现象常见于表生作用或因压力释放或温度降低而产生的不均匀体系中。例如过去报道过石灰岩溶洞钟乳石中的包裹体，就是在这种不均匀的体系或者叫做不混溶的体系中捕获的。钟乳石形成时一方面有液体，另一方面，又存在空气，这种包裹体就是在这种不相混溶的体系中形成的。在捕获这种包裹体时，同时把气体和液体包裹进去。所以虽然当时形成的温度不过是几十度，但是如果用这种包裹体来测温，其均一温度可能达 $150-200^{\circ}\text{C}$ ，这当然是不符合实际情况的。原因是现在看到的这种包裹体中的气相，实际上是由二部分所组成，主要的部分是由原来所包含的气体所组成，小部分则由液体的收缩所引起。所以这种包裹体不能用于测温，但却能为我们提供当时的液体和气体的成分。

2. 从液体+固体的体系中捕获，即 $L + S$ 。

在晶体生长过程中，常常是在一个充满许多晶体质点的流体中，也就是过饱和状态。实际上当时存在两个相即固相和液相。当晶体质点或晶体挡住了溶液的通道造成相对的饥饿状态，便形成了空穴，在这种空穴中就形成包裹体。但是如果这种晶体也与其周围的流体一起被包入到一个包裹体中时，则它是在一个不混溶的体系中形成的。被包裹进去的晶体过去常常把它当成“子矿物”，这种子矿物在包裹体中的气相消失时也不溶解，如果继续加热，直到包裹体爆破，也不会出现溶解。因为他不是子矿物。

3. 从两种不混溶的流体中捕获，即 $L_1 + L_2$ 。

两种不相混的流体可以是完全不混溶，或部分不混溶，例如油和水，水和 CO_2 ，进一步来说例如熔融体和流体。这方面的例子如在研究密西西比河谷型 Pb-Zn 矿床时，在萤石中可以见到含有油和水的流体包裹体。这种包裹体表明形成 Pb-Zn 矿的流体在通过

其次我们知道,热液是从岩浆中分异出来的。热液从岩浆中分异出来后与熔融体共存。如果在这个阶段捕获的包裹体就包含有两个不相混的相-流体相和熔融体。作者在研究西藏的花岗岩时曾发现含有流体相的熔融包裹体。这种类型的包裹体的存在为从岩浆分异出流体提供了直接的证据。而这种证据对于岩浆的演化,热液的性质等是十分重要的。

为什么要研究这种不混溶的包裹体呢？换句话说研究它有什么地质意义？大家知道，在地质过程中存在许多不混溶性的过程（图2），这些不混溶性的过程对于了解地质过程及成因是十分重要的。举例来说，例如从熔融体到流体，这是一个不混溶的过程（图2）。地质过程中这么多的不混溶过程用什么方法去研究呢？当前是用这种不混溶的包裹体来进行的，这是一方面。其次，从正常的包裹体中区分出不混溶包裹体，对于包裹体数据的正确性、可靠性有重要的意义。

不溶解包裹体的研究才刚刚开始，它的应用及意义尚在发展之中。相信通过这一研究有助于揭示地壳中流体的本质。

自从60年代开展对斑岩铜矿的研究以来，关于成矿溶液（或成矿流体）的沸腾现象越来越引起了人们的注意。而这种沸腾的证据绝大多数来自流体包裹体的研究。

成矿流体的沸腾是指地壳中的超临界流体当其温度、压力发生变化时，由均匀的一相变成了不相混的两相-液相和气相，这种现象叫做沸腾。实际上沸腾中捕获的包裹体是不混溶包裹体的一个特定例子。图3表示捕获自均匀的超临界流体A，当温度降低到临界曲线之下，则形成了包裹体A，这就是我们前面说过的正常包裹体。另外，当成分为B的流体发生沸腾时，这时的流体在某一温度分出一个稀的气相和一个稠密的液体。

这两种不相混的流体被捕获在不同的包裹体中。这两种不相混的流体的成分与原来的流体的成分(B)是不相同的。单从NaCl的含量来比较, $B_1 > B > B_2$ 。

怎样在显微镜下通过包裹体研究来确定这种沸腾的存在呢？首先要在片子的相同位置找到含子矿物的包裹体和气体包裹体或者液体包裹体和气体包裹体共存，并确定他们是同一成因无疑。其次利用均一法分别测出他们的均一温度，如果他们是由于

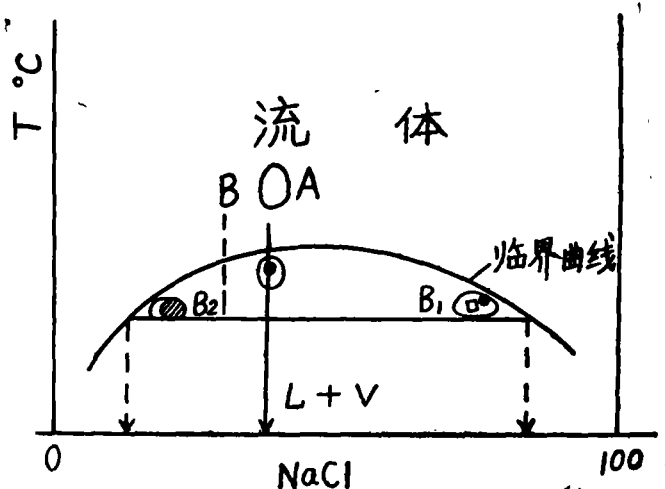


图3 沸腾图示

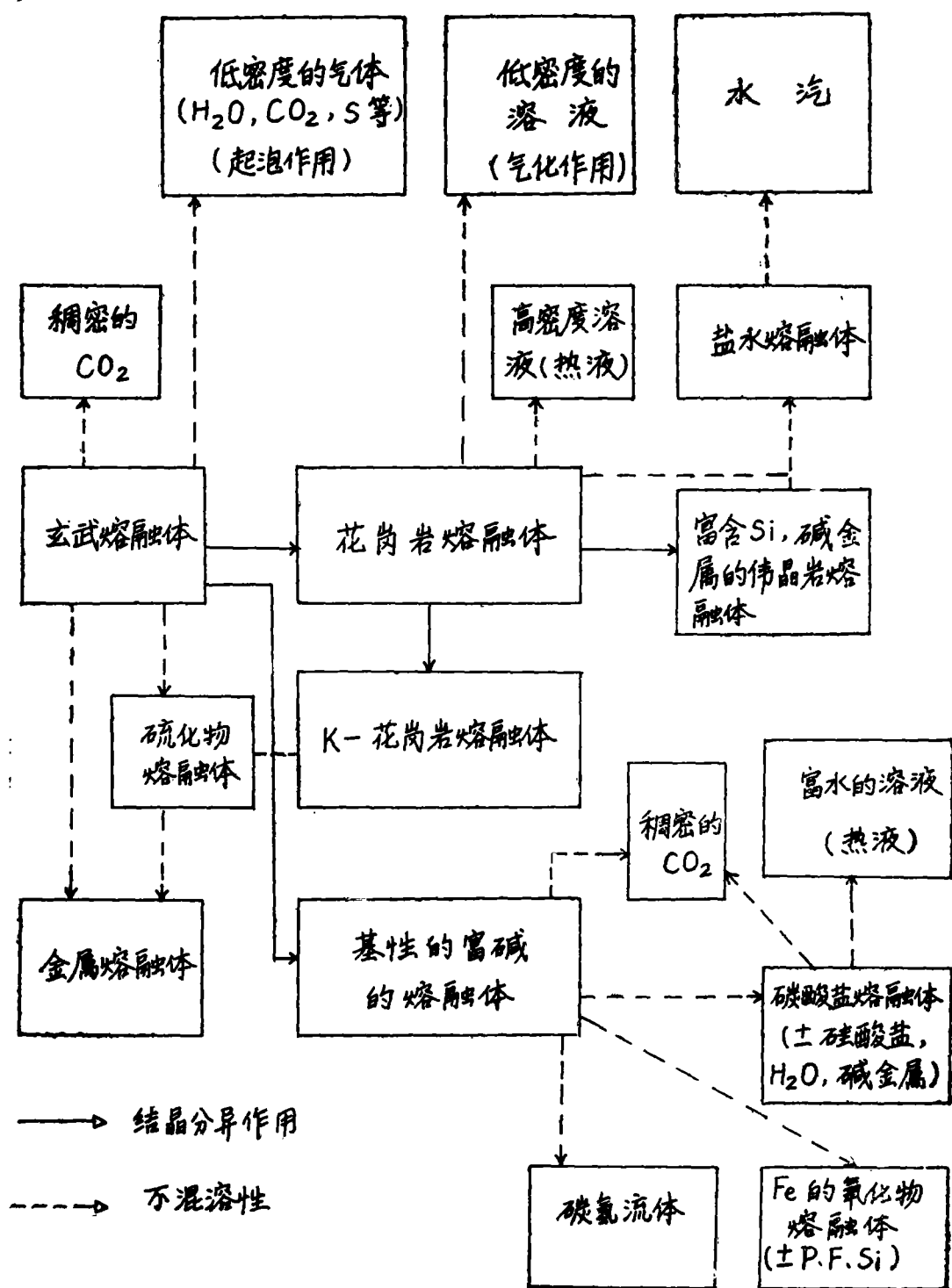


图2 地壳中的不混溶过程 (据Boedder, 1981)

沸腾引起的，则其均一温度应是相同的（由于测定的误差，可允许其差值在 10°C 之内）。如果符合这样的条件才能说流体发生了沸腾。从上面的叙述我们可以知道，成矿流体的沸腾实际上是不混溶性的一个特定的例子。

图3 沸腾图示

（三）关于“卡脖子”

卡脖子发生在捕获之后由于所包裹的流体在包裹体的墙上结晶而引起的。其形状象卡脖子故得名。图4说明了卡脖子的过程。这种包裹体是在 T_t 时捕获的。

到了 T_1 时它分出一个气相，温度降到 T_2 时，包裹体A被“卡出”而形成，温度降到 T_3 时，包裹体B形成，温度降低到 T_4 时，捕获了包裹体C。那么什么是这些温度之间的关系呢，根据许多实验的结果，其关系如下：

$$T_2 > T_3 > T_t > T_4$$

卡脖子的现象在我们实验工作中常常可以见到，所以一定要注意其均一温度与捕获温度之间的关系。

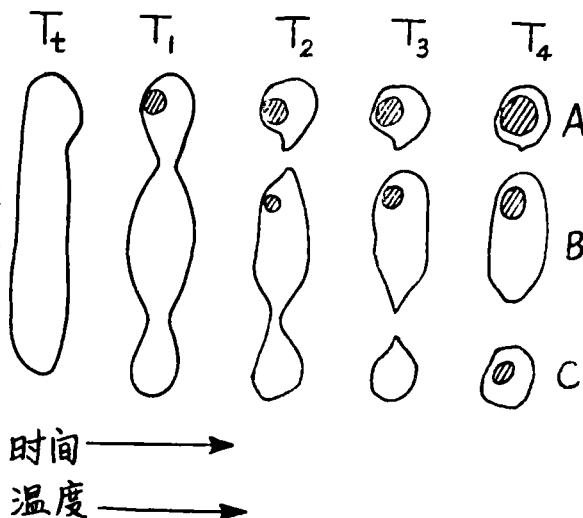


图4 卡脖子过程（据Roedder, 1981修改）

二、均一法和冷冻法仪器的主要进展

关于均一法和冷冻法的仪器，主要的进展有二，一是使用冷热台，即把冷台和热台结合起来，不再分成热台和冷台；其二是把显微镜+冷热台和电视结合起来，即显微电视法。下面我们分别来叙述。

（一）冷 热 台

目前国外流行的冷热台有三种，即Chaixmeca、U·S·G·S和Linkam。而其中主要的，应用最广的是法国南锡出的Chaixmeca（谢克斯梅卡）冷热台。

1. Chaixmeca冷热台

谢克斯梅卡冷热台的主要特点是：

（1）冷热台的光学系统很好，在冷热台中有两个聚光的透镜（ L_1 和 L_2 ），使样品中的包裹体以及包裹体中的各个相在显微镜下看得十分清楚。

（2）在冷热台中有均匀的温度梯度，在放样品的视域中，其温度梯度小于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。其测定的重现性也在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 之内。

(3) 冷热台下面的红外滤波片，有助于在冷冻试验中使其梯度降到最小。

(4) 很容易进行温度校正

(5) 样品的位置易调

(6) 仪器的读数的分辨能力是 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，这对于用冷冻温度来求盐度是十分重要的，因为冷冻温度 0.1°C ，大致相当于盐度为 $0.2\text{wt}\%$ 。

(7) 同一包裹体可以同时测出冷冻温度和均一温度。

由于上述优点，所以这种冷热台广泛地被美国、加拿大和法国的包裹体实验室所采用。

2. U · S · G · S 冷热台 (美国地质调查所冷热台)

这种冷热台是一种简易而实用的冷热台。这种冷热台是用气来加热和致冷的，在自然界中，空气是最好的热传导剂。所以在这种冷热台中其温度场特别均匀，这对于温度测定来说也是十分重要的。

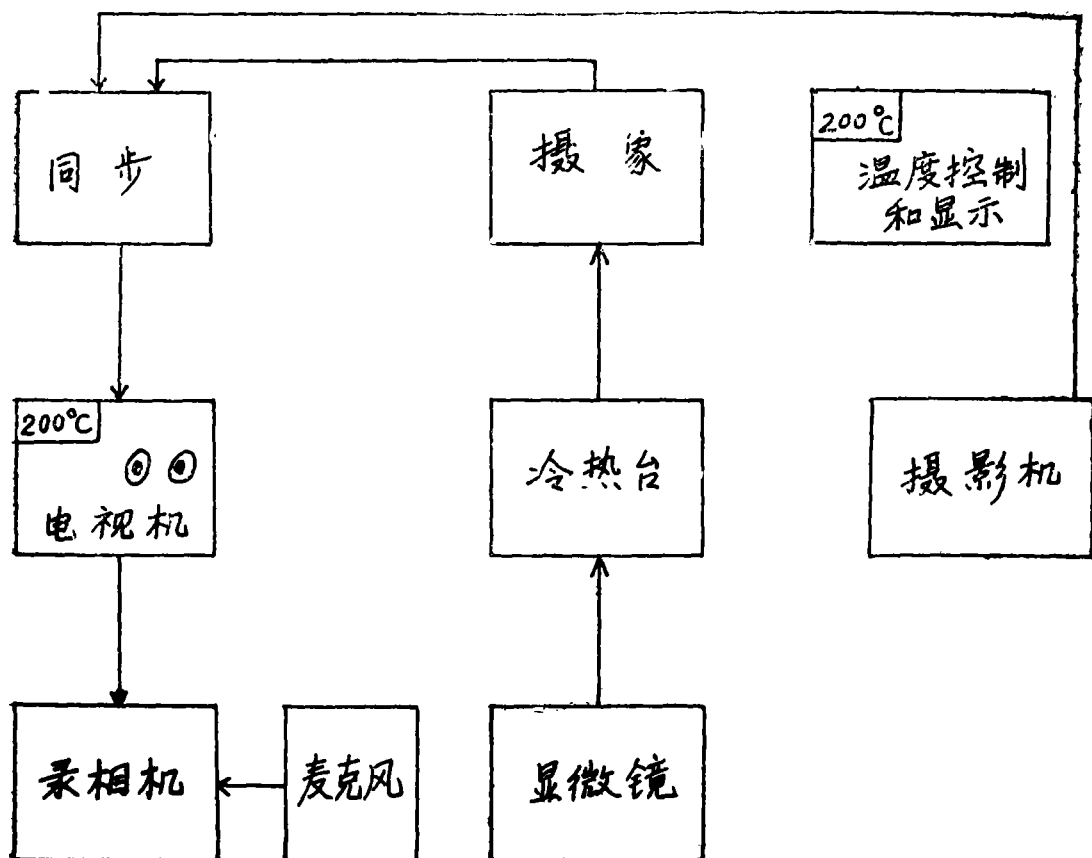


图5 显微电视法用于包裹体研究示意图

3. Linkam 冷热台

这是一种英国出的冷热台，尚少见。

显微镜+冷热台+电视是最近二年才发展起来的。图5是这种装置的方框图。这种

装置的主要特点是：

1.能对小于 $1\mu m$ 的包裹体进行温度和盐度的测定。尤其是对包裹体中各个相的变化
的观察十分有用。

2.能对显微镜下的现象进行观察，尤其是对随着时间或者温度的变化而变化的过程。

3.能用于教学和便于科学讨论

4.能用于其他各个学科的研究，例如生物学、物理学等。

5.观察方便

所以这是一种先进而实用的仪器和方法

磁铁矿的“鳞片结构”

任思明

(安徽省地质科学研究所)

磁铁矿是最常见的金属矿物之一，以往研究的也比较详细。其内部结构一般有环带结构，双晶结构和固溶体分解结构，分别由不同的形成环境所决定。我们在研究安徽霍邱，辽宁鞍山等地磁铁石英岩型铁矿床的磁铁矿时，发现它们还具有一种“鳞片结构”，形状特殊，分布普遍，尚未见报导。

安徽霍邱的磁铁石英岩，分布于皖西霍邱铁矿区，赋存于晚太古代霍邱群变质岩系中，呈层状、似层状产出。矿石以石英、磁铁矿为主要成份，含少量赤铁矿、铁闪石等矿物。具特征的条带状构造。磁铁矿多成粒状，颗粒细小，一般为 $0.02-0.5$ 毫米，半自形及自形粒状，与石英嵌合，成条纹状相间分布。少数包于石英之中。据单矿物化学分析，磁铁矿成份较纯，混入元素极少。矿石主要遭受区域变质作用，仅局部受热液及其它后期作用影响。在显微镜下对磁铁矿进行研究，发现在颗粒内部除具双晶结构外，尚存在有特殊的“鳞片结构”。其特征是：磁铁矿晶粒经浸蚀后，原来均一的内部出现许多细小鳞片状磁铁矿包体，形状成长条状，端部成燕尾形。小条长度仅 $0.01-0.1$ 毫米，宽度为 $0.003-0.03$ 毫米；也有的呈细小点状，形状为三角形、十字形等，粒径仅 $3-6$ 微米。一个个小条常单独地分布，有时成放射状，矛头状及交叉状集合体产出。各种形状的包体，均无定向，较均一地分布于磁铁矿颗粒之中，数量可达百分之三十左右。对于磁铁矿和其中的包体，经显微镜下观察及电子探针成份分析，结果表明两者完全相同，均为磁铁矿。对辽宁鞍山磁铁石英岩样品的观察，其中磁铁矿也具上述特征。