

是在临界点附近或临界点通过弯月面的消失而达到的。

10. 熔化（溶解）温度（ T_m ）及指明是什么相。例如：

$T_m\text{-clath}$ ：表示 $\text{CO}_2 \cdot 5\frac{3}{4}\text{H}_2\text{O}$ 或其它气水化合物的最后熔化温度（如甲烷水合物）。

$T_m\text{-hyd}$ ：表示 $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 或其它水合物的最后熔化温度。

$T_m\text{-dm}$ ：未定名子矿物的最后熔化温度。

11. 爆裂温度（ T_d ）

参阅“爆裂”部分。

12. 加热速率

在有相变发生时需要记下加热速率，因为加热速率对所记录数据的精度（或准确度）有影响（参阅“校准”部分）。

往往，在特定的温度或温度范围内包裹体显示可以看得见的变化，而不能将它们确定为各种相变。应该记录观察到的这些现象，虽然这只是定性的，但对以后的地质解释常常是有用的。如果使用印好的记录表格，为记录包裹体中未辨明的变化必需留有空格位置。

十、压 碎 台

自从Deicha（1950年）阐述了压碎台用于检测流体包裹体中有高压气体存在以后。这项技术已经应用于许多包裹体的研究中（这是把样品放在两个玻璃板之间的一种液体中压碎的方法）。利用压碎台人们可以确定包裹体中两个重要方面内容：这种方法是半定量的，但是非常灵敏地测定各种非冷凝气体压力和大致定性估计这些气体的成分。如果包裹体仅含有非挥发性盐类的水溶液，那么在常温下包裹体中的气泡是由 $\sim 20\text{mm}$ 压力的水蒸气组成的（注：应为 20mmHg 柱压力），在液体中压碎主矿物样品时，气泡将立刻破裂

并消失。然而，如果气相中有非冷凝气体存在时，气泡将破裂（或扩大），直到其中压力为一个大气压为止。因为直径为 $2\mu\text{m}$ 空气气泡只含约 10^9 个分子（约 10^{-14}g ），这种检测是非常灵敏的。如包裹体含有高压气体时，当第一条裂隙触及包裹体时气体将爆破而进入液体介质中。有时可以使用对某种气体的优良溶剂或不良溶剂的流体介质，并且观察所放气泡直径随时间而变化来粗略地估算气体成分。

已经制造了几种经过改进的新型Deicha压碎台（Roedder 1970年），这些改进型压碎台价格便宜，使用方便，并且适用于各种条件。^①这种装置实质上是由末端有轴的水平合页连接的一对金属板，而另一端有一个垂直的螺丝所组成（见图12—2）。下面的金属板要重一些，以便放到显微镜物台上时不用夹住就能保持稳定。放样品（S）的两片玻璃板装在金属板之间并保持在垂直观察孔的中心位置。压碎样品的力是靠旋转尼龙垫圈（N）上的螺母而平稳地施

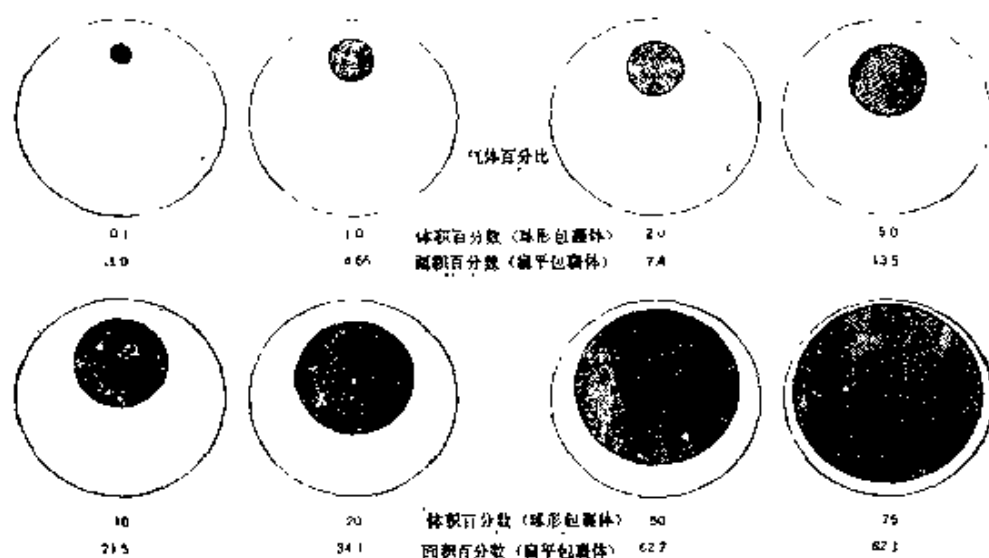


图12—1 两流体相包裹体裹球形和扁平包裹体中心气泡（气体）的体积百分数估算图，引自Roedder（1972年）

①法国Desilles南锡（Nancy）的Chaixmeca有限公司已有商品可买。用一个旧式汽车库门的合页上钻一个大孔就能容易地自己做一个廉价的压碎台。

加。通过在一根圆的、分成两段的水平轴上为下面的金属板安装一个支座，可以实现两片玻璃板从简单旋转到部分平移运动的自动对准和校准，水平轴与合页轴平行，且在与光轴交叉的地方断开，对多数测试来说使用显微镜观察用的普通载玻片即可，压碎样品时，刮伤或破碎的载玻片去掉就是了。

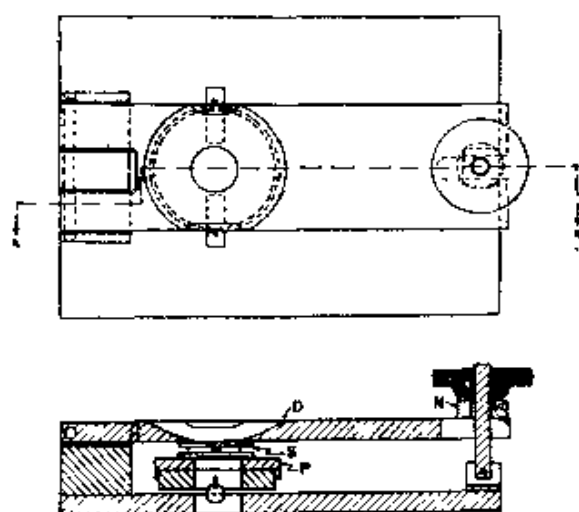


图12—2 显微压碎台平面图及剖面图

颗粒样品(S)放在两玻璃板间的油中，长约15cm。详细的结构和用法参阅Roedder(1970年)文献，和本文说明

十一、商业上能买到的冷热台

一些冷热台设计得能迅速并准确地达到 $-185^{\circ}\text{C} \sim +600^{\circ}\text{C}$ 的温度范围，并且具有良好的光学系统，可以在整个温度范围内观察流体包裹体。在任何显微测温装置的设计中还有一些主要指标是在低温使用时防止潮气凝结在样品上或光路系统的任何部位，在高温使用时防止损坏物镜，以及使得样品内及样品和温度传感器之间的热梯度减少到最小程度。

如同下面要讨论的，各个冷热台为减少水分的冷凝所用的方法有差别。然而，如果冷热台安装在能将空气温度调到最小的房间里，这个问题的影响就大大减小了。根据台的型号及所需的放大倍数，也许得使用各种长焦距物镜。这些物镜的优点是使物镜受热最少，以及从样品到物镜的热传导引起的热梯度减至最小，但分辨率

没有一般物镜好。最令人满意的高倍物镜是Leitz(莱兹)50/6.3 UTK或Zeiss(蔡司)30/0.60物镜。用单色光可以改善分辨率;虽然绿色滤光片能有效地消除整个光路系统的象差,但是光学图象很少如同在普通显微镜下获得的那样好。

在光路中始终要有一个红外滤光片,因为红外辐射能被 CO_2 吸收,从而引起富 CO_2 包裹体中产生局部内热,这是无法用温度传感器来测量的。如果红外辐射不能消除,那么测得富 CO_2 包裹体的均一温度要低几度,甚至对富 H_2O 包裹体也可能有影响(T.L.Woods, 个人通信)。

冷却或加热速率的自动化或半自动化控制和监视是很有用的。随着加热或冷却速率的增加将影响测量的准确性,因为加热或冷却速率的增加使样品和热电偶之间的热梯度增大,并且因为相变特别是熔化需要时间。假如在不同于未知样品的加热速率下对标样测量,那么几乎肯定会产生系统误差。大多数测量都采用反复加热方法,所以重要的是当接近相变温度时要放慢加热速率。

在两种加热速率之间有很大差别,一种加热速率对于普通中等盐度的包裹体可以用,并且仍然能获得准确结果;一种加热速率是为具很窄熔化范围的包裹体,如近于纯 H_2O 或纯 CO_2 包裹体所需要的。当熔化范围狭窄时,在热台处于这个狭窄温度范围内时必须添加熔化需要的全部热量,否则将会有热滞后出现,以至测出不正确的、偏高的熔化温度。因此Henry(1978年)发现对于准确测量 CO_2 熔化温度来说,必需以 $0.1^\circ\text{C}/\text{min}$ 的加热速率进行。Roedder和Belkin(个人通信)发现来自地热区的直径 $50\mu\text{m}$ 几乎是纯 H_2O 的包裹体($T_m - \text{冰} = -0.3^\circ\text{C}$),当加热速率大于 $0.14^\circ\text{C}/\text{min}$ 时将得出 $T_m = 0.2^\circ\text{C}$,甚至样品薄片浸没在控温的丙酮中也是如此。包裹体体积的增加也加剧这个问题的严重性。因此他们发现对于含纯 H_2O 的人造大包裹体(直径 $\sim 3\text{mm}$),加热速率为 $0.77^\circ\text{C}/\text{min}$ 时 $T_m - \text{冰}$ 为 $+2.7^\circ\text{C}$,甚至加热速率在 $0.05^\circ\text{C}/\text{min}$ 时仍然得出错误的结果($+0.4^\circ\text{C}$)。热传导效率较低的冷热台(如流动气体或静止传导

的方式)将产生更大的误差。然而对于许多研究,在相变温度时以 $\sim 0.4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率加热是比较满意的(MacDonald和Spooner 1981年)。

目前有三种商品冷热台具有大部分上述设计要求特征,其型号有法国南锡制造的Chaixmeca台,英国Surrey制造的Linkam台,以及美国地质调查所设计、由亚利桑那州立大学Sigma Gamma Epsilon社团制造的台^⑤。下面介绍这些台各自的特点,强调说明在不同情况下每个台所具有的优点。在引用的参考文献中有每个台的全部介绍。

在法国南锡岩石及地球化学研究中心设计制造了市场上的Chaixmeca冷热台的原型。Poty等人(1976年)介绍过这种仪器。图12—3是Chaixmeca台的示意剖面图,这个冷热台与莱兹H32长焦距物镜相配用,并且在台的上窗口放置一片1.8mm厚的石英板。使用莱兹UTK50物镜时用滑动玻璃盖更换石英滑板,以便改善对比度和清晰度。以这种方式使用时,物镜具有 $32\times$ 放大倍数,0.40N.A.及4mm的工作距离。当采用 $25\times$ 放大倍数的目镜时可达到最高的放大倍数,采用放大倍数低于 $16\times$ 的目镜时,在冷热台上不能有效地研究常见于非热液成因的岩石中的小包裹体。高温加热时,环绕物镜周围有一个水冷套,用于防止样品腔中的热辐射损坏镜头。

Chaixmeca台的一个重要的、也是其它两种台没有的特点,就是有一个特殊设计的能承受冷热台温度范围的聚光镜(图12—3)。

⑤ 价格(1980年11月)和地址:

Chaixmeca台: 34,000法国法郎, Chaixmeca B.P.3312, 54—14 Nancy, France.

Linkam台: 2277英国英镑, Linkam Scientific

Instruments, 37Pine Ridge, Carshalton Beeches, Surrey SM5 42Q,

England. U.S.G.S台: 3500美元, Sigma Gamma Epsilon Chapter, Dept. of Geosciences, Univ. Arizona, Tucson, Arizona 85721, U.S.A.

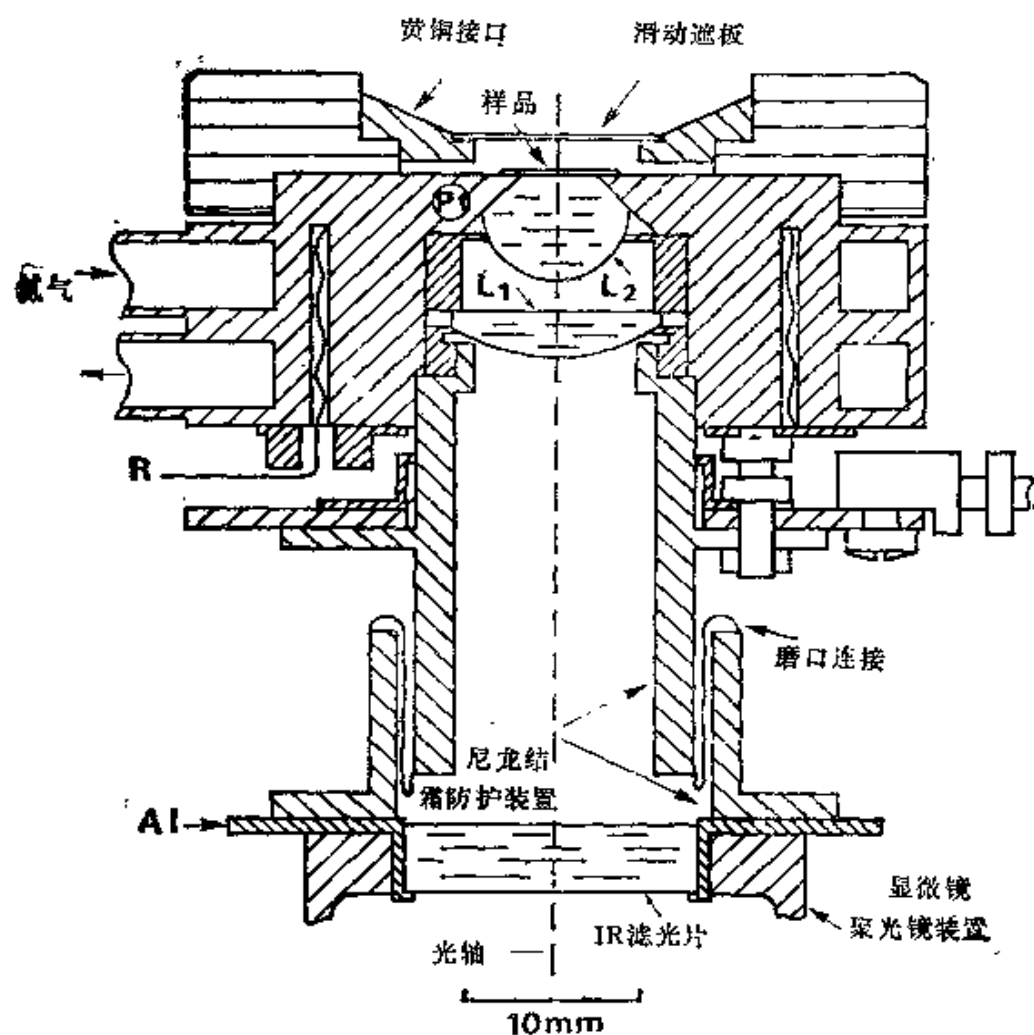


图12—3 Burruss (1977年) 修改的Chaixmeca台剖面图

图中除标明的以外, 其它元件都用黄铜制作, Al—安装红外 (IR) 滤光片的铝接口, N_2 —氮冷却气体进出口, Pt—铂电阻温度传感器, L_1, L_2 —聚光镜, R—电阻加热元件

其效果是大大地改善了照明和分辨率, 尤其对小包裹体 ($<15\mu m$) 更加实用。

在物镜和样品腔之间装置一个聚四氟乙烯的、塑料的、或橡皮的套圈, 可在低温冷冻时有效地防止空气中的水气进入光路系统。此套圈和台之间涂些活塞油, 以使空气中水分被隔在腔外面。如果还存在一些水气, 可在样品腔内外撒些硅胶或吸收剂。做完冷冻测

量后，要注意除去冷热台中的水气并保持干燥（一种方法是加热冷热台高于 100°C 除水气）。如果台内有水气将受到腐蚀而损坏。

对于Chaixmeca台的温度校正值（由于温度传感器与样品之间位置的差别所造成），从冷热台温度约 150°C 时的 4°C 增加到冷热台温度为 400°C 时的 15°C 。Cunningham和Corollo（1980年）对Chaixmeca台进行了改进，从而使校正值到 400°C 时减少为 8°C （Cunningham个人通信）。其改进特点是增加一个绝热环，来减少热辐射的损失，因而能更迅速更准确地达到较高温度（ $>200^{\circ}\text{C}$ ）。

老型号的Chaixmeca台的温度控制装置可以自动加热或冷冻达到预定温度。但是加热和冷却速率必须用手控制。如果温度读出接在纸带打印机上就相当方便了。这种型号是用 N_2 气或用过滤器除去 CO_2 和 H_2O 的空气通过液体 N_2 再经过台体达到冷冻的。加热升温采用电阻丝加热器。

自从Chaixmeca台首次在市场上销售以来，已经制造了很多变化类型。台的性能指标改变不大，但涉及到使用方式有两个较大的变化。首先，一些新型号现在是用液体和气体 N_2 混合直接流入台体中。这样可使台体更迅速地冷冻到低温（两分钟可达 -150°C ），在某些情况下这是很有用的。然而由于 N_2 的流速不容易控制（它只能或是打开或是关闭气流），在低温使用时，升温速率难以控制。其次，由于另一种设计上的改变不允许在低于 -50°C 的温度下使用电阻丝加热器，使得上述情况更为严重。在测量 CO_2 熔化温度时，较新型号的台子使用者还未能在 CO_2 的熔化温度下使得加热速率低于 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 而为测量混有如 CH_4 和 N_2 等成分对 CO_2 熔化温度降低的影响时，必须具有 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的加热速率。

Shepherd（1981年）介绍了英国Surrey制造的Linkam TH600台（图12—4）。它与Chaixmeca台有几个主要的不同点，首先在台的两个窗口之间和加热腔下面通入 N_2 气来防止水气的冷凝。在上部两个窗口之间通 N_2 气也用来防止物镜受热，从而可以去掉物镜的冷却套。其次在样品下而没有安置聚光镜，所以对于小包裹体

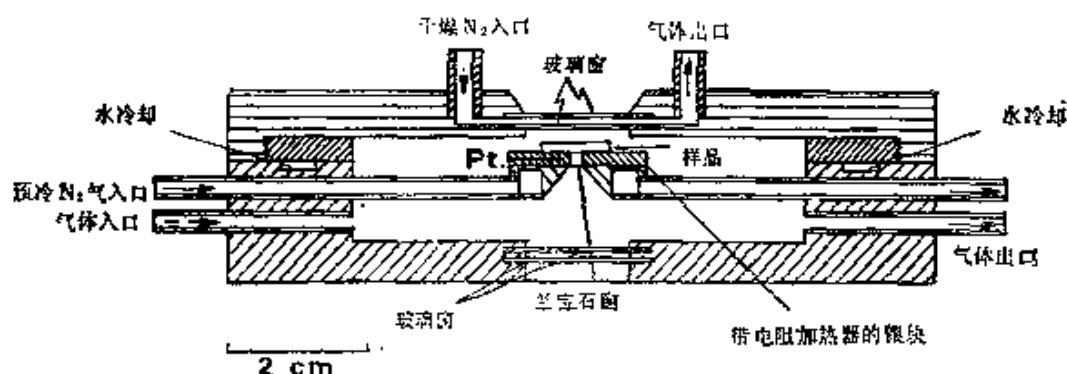


图12—4 Linkam台剖面图 (Shepherd, 1981年) Pt—铂电阻温度传感器

(15 μ m) 观察时的对比度及分辨率不如Chaixmeca台好。这些设计上的特点使它在整个温度范围内温度校正值最小。测量中的所有误差主要都由标样的性质引起 (参阅“校正”部分)。在 $-95^{\circ}\text{C} \sim +200^{\circ}\text{C}$ 之间误差为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$, 在 592°C 时增加至 $\pm 8^{\circ}\text{C}$ (MacDonalb 和 Spooner, 1981年)。加热速率从 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{min} \sim 90^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 之间分27档自动程序控制。冷冻方式与老型号Chaixmeca台相类似, 由预先被冷却的 N_2 气通入台体, 加热是利用电阻丝加热器。

对于研究变质岩的包裹体, 多数相转变是在低温时进行观察, 而且包裹体一般小于15 μ m (需要好的分辨率), 故Chaixmeca台在高温时所需要的校正并不成为严重问题。然而对各种热液环境的样研究中, 经常在高温下测量, 而且许多包裹体都大于15 μ m, 所以Linkam台可能较适用。

在美国地质调查所的T.L.Woods和其他人介绍了Werre等人设计的冷热台, 与Chaixmeca台或Linkam台有很大不同 (见图12.5)。样品的加热或冷冻是采用预热或预冷的 N_2 气直接通过样品上面。从室温至 500°C 通常使用一般空气 (钢瓶空气)。由于大多数被加热的材料都很小 (实际上仅仅是薄的金属芯和样品薄片), 所以与Chaixmeca台及Linkam台相比, 此台能达到快速加热。在高于室温时加热和冷却速率可快速地改变, 这就便于在均一温度附近反复精

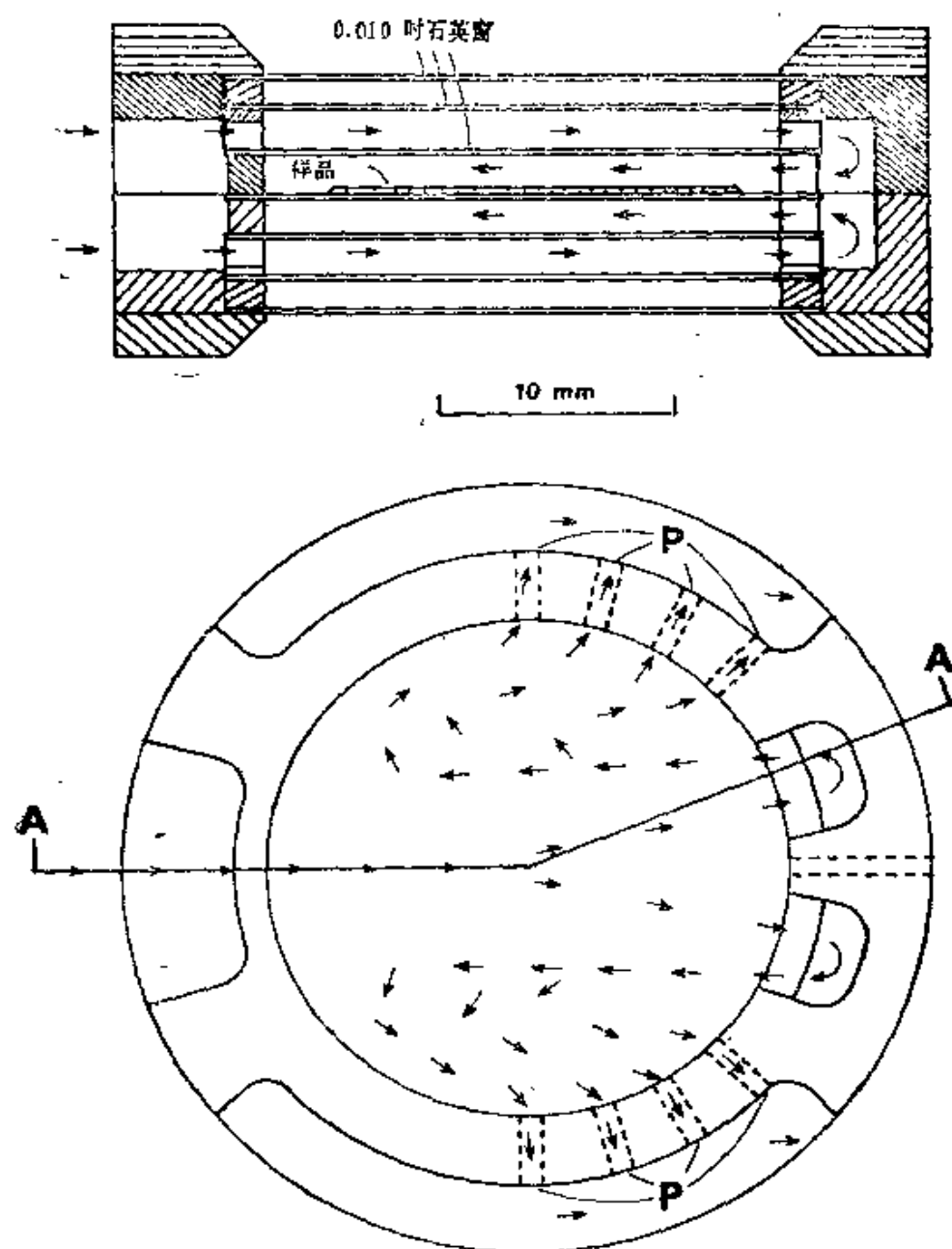


图12—5 Werre等人(1979年)设计的美国地质调查所冷热台的横剖面(上图)和平面图。箭头表示气流通道。A—A, 剖面切过的面。P, 气流入口, 在样品水平面上面有8个口, 下面也有8个口。外部的Marimet隔热部分未表示出来。这是用铌钢36制造的

确地测定均一温度。从视均一温度快速冷却样品就能看气泡是否立刻扩大而进入视域(这时表示均一温度还未达到), 或是否需要过

冷却才引起气泡突然生成（这时均一温度已经达到）。这就可以反复几次来测定包裹体精确的均一温度，而其它方式测定都不可能精确。迅速地来回升降温度也能测得溶化温度。对于确定固体的最终熔化温度，反复升降温度是必需的，特别是冰，它的折射率接近于水的折射率。此台要达到很低的温度（ $\sim -150^{\circ}\text{C}$ ）比其它台较慢（约十分钟），但随着隔热较好这一点可以得到改善。

在台中 N_2 气流连续不断围绕样品流过就使样品内的热梯度减到最小。这就可以测量较大的样品（如直径2cm样品）的任何部位的包裹体，温度校正值也不大。Chaixmeca台或Linkam台就不可能做这样大的样品测量，为做精确测量，包裹体必须放在中心直径3mm范围内（3mm范围的横向温度梯度为 $\sim 1^{\circ}\text{C}$ ，Poty等人1976年，DacDonald和Spooner, 1981年）。USGS（注：美国地质调查所）台与Linkam台一样没有内部聚光镜，这对于小包裹体的研究较Chaixmeca台要困难一些，但由于样品靠近显微镜载物台，故可使用普通显微镜载物台下的聚光镜。

USGS台的热电偶直接放在样品的上面，因而温度校正误差最小，对于所有的热电偶都需要作温度校正。热电偶还能向下夹住样品，所以样品就不会因 N_2 气流影响而移动位置。此台的这些特点使得更换样品比Chaixmeca台和Linkam台稍有点麻烦。从排气出口将冷的 N_2 气回吹到玻璃窗口上来防止窗口结霜。

十二、工业电视的选择

商业上现成的电视摄象机、监视器和录像机都可用于此系统中，用来记录以及为学生或同事演示流体包裹体相的状态。也可以把相转变录在录像带中供以后使用。一种瞬时摄像机调准在数字读出显示器上，当与荧屏分离装置连接时，能够把温度和光学图像一道显示出来。录像带伴音声道可以加上解说词。对于流体包裹体的研究用摄象机和监视器的分辨率要求大于700行/帧（1000行/帧的监

视器就可用)。因为在500行/帧时,流体包裹体的许多细节部分看不见。彩色摄像机和监视器限定在约400行/帧。录像机的分辨率实际上局限在约500行/帧,所以在现场当时获得的分辨率比从录像带上放录时的分辨率要好。

十三、校 正

所有冷热台都必需进行校正。特别是Chaixmeca台和Linkam台,因为它们的温度传感器都放在台里样品的下面和稍偏离样品处。因此,在这两个冷热台中热梯度导致传感器和样品的温度差别。校正方法是测量具有已知熔点的一些物质的熔化温度,这些物质要放在冷热台中和样品相同的位置。Jehl(1975年)用Chaixmeca台首先进行了广泛的研究,测出了各温度范围的校正值。

校正误差可能由多种原因产生,主要的干扰因素包括如下:
1)校正用的标准物质的几何形状和加热特性与主矿物中包裹体的几何形状和热特性之间的差别。2)标准物质中杂质的影响。3)商业产品所报导物质熔化温度数据的不精确。4)标准物质的热分解。5)被加热物质真正熔化温度的鉴定。6)标准物质出厂时和使用时成分有所改变。7)校正物质与包裹体之间有效热量不同。所有这些问题都并非无关紧要,在如下的文献中阐述并解决这些问题,Jehl(1975年),Poty等人(1976年),MacDonald和Spooner(1981年),Roedder(1976年)及Burruss(1977年)。也可见第291页。

校正用的化合物列于表12.1,此表是根据Jehl(1975年),Burruss(1977年),MacDonald和Spooner(1981年)等文献资料并增加了本书作者的一些资料。对很多其它化合物也和上述标准物质一样进行了试验,但是它们都不理想。

对于冷热台温度校正的精细程度随所研究的温度范围及相变而不相同。例如,气—液均一温度的几度误差不应影响根据等容线外推得到的结论。因为从流体的P—V—T特性的不确定性,流体本身

表12—1 用于温度校正的化合物的熔点

试 剂 (a)	分子式 (a)	T _m (a)	使用者 (b)	来源 (c)
甲苯①	$C_6H_5CH_3$	-95	PTN	1, 6
(正) 已 烷	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	-95.0	U	6
庚 烷	$CH_3(CH_2)_5CH_3$	-90.61	U	6
三氯甲烷	$CHCl_3$	-63.5	PTN	2, 6
纯CO ₂ 包裹体	CO ₂	-56.6	PN	采集的样品
(正) 辛 烷	$CH_3(CH_2)_6CH_3$	-56.79	TN	6
氯 苯	C_6H_5Cl	-45.6	PTN	3, 6
癸 烷	$CH_3(CH_2)_8CH_3$	-29.7	N	6
o-二甲苯	$C_6H_4(CH_3)_2$	-25.18	U	6
四氯化碳	CCl ₄	-22.99	PTN	6
十二 烷	$CH_3(CH_2)_{10}CH_3$	- 9.6	TN	6
水	H ₂ O	0.0	UT	
苯	C ₆ H ₆	+ 5.5	PN	1, 6
Merck 9640	?	+40	N	5
4-硝基甲苯	$CH_3C_6H_4NO_2$	+54.4	PT	4, 6
Merck 9670	?	+70	TN	5
萘	C ₁₀ H ₈	+80.55	P	4, 6
Merck 9700	?	+100	TN	5
苯 (甲) 酸	C ₆ H ₅ COOH	+122.4	P	4, 6
Merck 9735	?	+135	TN	5
Merck 9780	?	+180	TN	5
茴香酸	$CH_3OC_6H_4COOH$	+185	P	4, 6
Merck 9800	?	+200	TN	5
吡 啶	C ₅ H ₅ N	+247—248	P	4, 6
Merck 9847	?	+247	TN	5

续表 12--1

试 剂 (a)	分子式 (a)	T _m (a)	使用者 (b)	来源 (c)
硝 酸 钠	NaNO ₃	+308.8	TN	7
重铬酸钾①	K ₂ Cr ₂ O ₇	+398	PTN	5,6
铈	Te	+449.5	U	6
硝酸钡	Ba(NO ₃) ₂	+592	T	6
铟	Sb	+630.5	U	6

表12—1说明

(a) 除了Merck公司产品外, 其它试剂的名称, 分子式和熔化温度等资料引自Weast (1980年)。

(b) 使用者: P, Princeton (普林斯顿大学) (Burruss, 1977年); T, Toronto (多伦多大学) (MacDonald 和 Rpooner, 1981年); N, Nancy (南锡) (Jehl, 1975年); U, 美国地质调查所, Cunningham 和 Roedder 使用的标准物。

(c) 来源: (1) Matheson, Coleman 和 Bell, 光谱纯; (2) Mallinckrodt, 分析试剂; (3) J. T. Baker, “Baker分析”试剂; (4) Fischer 科学公司, 温度测量标准物; (5) Merch公司, Schemizkorper; (6) Aldrich 化学公司; (7) Sigma 化学公司。

①甲苯几乎不能冻结, 工业用重铬酸钾得不出正确的结果, 重现性也不好, 其原因大概是试剂不纯。

组成的不确定性引起的误差和估计捕获时压力的误差都较大。然而对于其它的研究, 如成分对CO₂—H₂O溶线影响的研究 (Hendel 和 Hollister 1981年) 来说, 在均一温度时对台体的校正是非常重要的。准确的校正通常对熔化温度的测量比均一温度的测量还重要。例如, CO₂的熔化温度仅低0.2℃, 这意味着体系中有明显数量的其它组分, 它在低温时相对于固体CO₂来说分离进入流体相中。测量气水化合物, 水合物及冰的熔化温度时的误差, 对于确定溶解在水溶液中的各种成分的数量和有无也可能产生重大错误。

这里抄录了Burruss (1977年) 制备标准的一个步骤:

“除了甲苯和重铬酸钾外, 其它所有的化合物试剂都焊封在长

形的毛细管中（管的内径： $50\mu\text{m}\times 150\mu\text{m}$ ）。封焊管的长度为6—12mm。毛细管的各扁平面能保证与冷热台接触导热良好。毛细管内径小能保证被观察的标准物质量也很小便于减少固体的熔化热。在大多数情况下能观察到在离开固体的毛细管各部分、体积与流体包裹体相近（标准物最大尺寸 $\sim 30\mu\text{m}$ ）的细小多晶质固体的熔化。加热速率慢时（ $\sim 0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ ），这些少量物质能够给出最明显的最后熔化温度。

换一种方法在冷热台中测量液体标准物时，其方法是找一块石英板，其厚度和直径和所研究的样品相近，在石英板上刻有一些约 $30\mu\text{m}$ 深的凹槽。在凹槽内滴上标准物试剂，并且盖上一个盖玻片。对于固体化合物标准物，选择和流体包裹体大小相近的颗粒放在两个盖玻片之间即可。”

某些标准物用毛细管方法效果较好，而有些标准物则用石英板测定效果好。升华化合物只能置于毛细管中测量，Burruss（1977年）采用的大多数化合物有升华现象，因而MacDonald和Spooner（1981年）没有使用。

Roedder（1976年）使用的校正步骤如下：“通常作者使用具有已知熔点的有机化合物的微小晶体，熔点是由商标注明的。这些标准物可以各自封焊在一小段壁薄的毛细玻璃管中。测量时放在台子中的样品切片之间或旁边。因为大多数杂质成分会降低熔点，熔化是在一个温度区间内发生，所以应该采用最后一个晶体的熔化温度。撒在样品切片底下或顶上已知熔点的标准物多余的晶体，可以得出有关热梯度的某些出乎意外的数据。所有校正工作都要在尽可能接近于未知样品的几何形状以及所用冷热台的条件下进行。同样，标准物和样品加热时不可能有相同的热梯度，因此还会产生测量误差。这种误差随使用的仪器和方法技术而不同。

均一温度的测量通常采用动态方法（即用连续升温方式，有时加热速率 $3\text{—}5^\circ\text{C}/\text{min}$ ），但是这种方法可能产生大的误差。而用每增加一个温度数值后调整冷热台的温度达到平衡会有更好的效

果，因为静止状态的热梯度通常低于动态加热的热梯度。

十四、测 量

在作地质解释之前，对约十多个岩石学上有关的样品中的每一个样品最少要做几十次测量。对每种包裹体组合（如成群的，成串的或在晶体各生长环带上的包裹体）的密度及成分的均匀性或不均匀性必须加以肯定；对每个孤立的包裹体也要测定。在个别成串的包裹体中可能有相似的成分和密度，或者常常是密度有变化而成分可能没有变化。包裹体均匀性差可能是有颈缩现象，流体发生泄漏或捕获了不均匀（不混溶）的流体所造成。如果谨慎客观地合理选择要测量的包裹体大约有200个数据就能确立一个模式并对结果提供初步分析解释的基础。在矿床研究中数据少一些也够用了，只要在矿床中常常具有的是单一世代的原生包裹体。

对一个切片中的所有包裹体都要先进行低温相变的测量。因为加热时包裹体可能爆裂或使主矿物受到拉伸，从而改变了包裹体的体积（见第五章）。例外的是，被研究的是容易变形矿物（如萤石，闪锌矿）中的高密度 H_2O 包裹体，在这种情况下，冷冻时流体膨胀引起包裹体伸长（Lawler，个人通信）。

对每个切片在能达到的冷热台限定温度范围内应进行尽可能多的测量。这样台的热梯度保持最小，从而提高了准确度。例如对于 CO_2+H_2O 包裹体，将台冷却到约 $-110^{\circ}C$ 及温度升至约 $-60^{\circ}C$ 。然后加热速率要逐渐地慢至 $0.1^{\circ}C/min$ ，以便测量 CO_2 的最终熔化温度。再次冷却后并再测量第二个包裹体中 CO_2 的熔化温度。对视域中所有要测量的包裹体重复这一步骤。下一步测量气水化合物的熔化温度（通常在 $+8^{\circ}C \sim +10^{\circ}C$ 之间）通过反复冷却使温度低到约 $-50^{\circ}C$ 。第三步在约 $+1^{\circ}C \sim +33^{\circ}C$ 之间冷却和升温测量 CO_2 的均一温度（如果均一温度高于气水化合物的熔化温度）。假如均一温度在 $-56^{\circ}C$ 和气水化合物熔化温度之间，上述步骤中的后两步步骤要改变