

矿物包体分类问题及其意义

(一种新的包体分类方案)

何 知 礼

(北京钢铁学院)

一、概 述

包体是矿物形成过程中被捕获的成矿介质,被称为成矿流体的样品。它是矿物最重要的标型特征之一。可作为译解成矿作用,特别是内生成矿作用的密码。因此,包体是一种最好的材料,可用于测定矿物、矿床或其他地质体形成过程中的物理地球化学作用的温度、压力、介质成分及性质等。用这些参数,可以有助于解决有关矿床成因、找矿标志、成矿规律及指导普查勘探矿床和寻找盲矿体等问题。包体矿物学作为一种新兴学科,近年来在国外获得了迅速发展,每年有大量成果问世。包体矿物学的一些原理和方法,尚可用于其他有关学科,如宝石学、炼钢学等。

包体在自然界分布极广。各种矿物,不管是人造的还是天然的,差不多都有包体。它一般很小, > 1 毫米的少见,通常只有数个 μ , 甚至更小。我国某地石膏中发现的异常成因包体长达 40 厘米,或许堪称包体之王了。

自然界现象形形色色。包体种类繁多,必须适当分类,才便于理论研究和实际应用。这正如矿床学上必须对矿床进行分类一样重要。

二、已有分类方案及有关问题

过去主要有两种分类方法,即成因分类与相态分类。前者,一般按成因正确地把包体分为原生、假次生和次生三类,国内外差不多都已通用。后者,是按包体的物理状态和成分分类,各国学者常有不同方案,他们在这方面作了大量工作。例如,苏联 H. П. 耶尔马可夫(Ермаков)^[8] V. A. 卡留日内(Kalyuzhnyy)^[3], 加拿大 F. G. 史密斯(Smith)^[6]、日本矢岛淳吉与武内寿久称等,均提出过一些较有名的分类。国内近年也出现一些有一定特点的分类方案。但现有方案中,有一些似过简略,有的又较繁杂,较难实用。而且,这些方案中差不多都只包括正常成因包体,对自然界另一大类包体,即异常成因包体未予涉及。H. П. 耶尔马可夫对某些物理成因包体作过研究,把它们分为几种,但未将它统一考虑在一个分类方案中。而且,对化学成因包体,国外很少研究,分类中也未提及。1977年,我们提出“钟乳石

中气-液包体的发现及其初步研究”一文^[1]以前,国内文献中也未见有关异常包体的研究报告或报导。

然而,异常包体的研究,具有十分重大的意义。尽管它不是包体矿物学的主要研究对象。

在爆裂测量中,如样品内杂有少量方解石等碳酸盐,常产生严重干扰。其原因有时被误认为起源于解理。但我们已查明,这是由这些碳酸盐中含有丰富的异常成因包体引起的。

此外,在一般矿物中,有时发现在一大批正常包体附近,出现一些极不寻常的包体。它们似乎不应存于该场合下。这类似是而非的异常包体,甚至使得一些最忠诚于包体矿物学的研究者产生迷惑。因为偶尔见到的这些零星的,或者完全是昙花一现的现象,使他们甚至怀疑:包体是否真的是矿物最重要的标型特征之一?它们是否真的能作为解释内生成矿作用的密码?但实际上,只要认真研究和弄清这些包体的成因,就会正确理解这些偶然出现的现象,只不过是有一些特定地质条件下出现的异常包体,从而可排除不必要的顾虑和坚定自己的工作方向。

总之,不能把异常包体误认为正常包体。反之,亦然。只要充分考虑包体的成因,即使初学者,也就绝不会把某些异常包体当作译解成矿作用(或成岩作用)的密码去加以利用,从而导致一些十分错误的结论。

三、本分类的目的、原则及方案

本分类的目的就是按上述情况,试图从成因角度,让我们在从事包体矿物学研究时,首先就特别注意所研究对象是否为正常包体;它们是分类中的哪一类型;是否宜于从事包体矿物学的测试工作;以及它们主要适用于测温还是主要适用于测压,或者两种都不适合。如这样就有可能预防或减少工作中可能产生的差错,从而增加测试数据的可靠性。本分类并非完善,但为了抛砖引玉,谨提出供同行参考。

分类原则是:先按成因分为正常与异常包体两大类;其次,对正常包体主要按物理状态和成分等分为若干亚类;对异常包体,仍主要按成因划分亚类;最后,为便于应用,分类方案应繁简适宜,而且要易于在偏光显微镜下区分包体类型。根据上述目的和原则,提出下列分类方案:

I. 正常包体

1. 固态包体——来自岩浆熔体

- (1) 晶质包体——形成于地壳深部,常可作侵入体矿物特征
- (2) 非晶质(玻璃)包体——多形成于地表,常可作为喷出体矿物或某些其他高温低压或常压形成的矿物的特征
- (3) 气态包体——两相高比容包体,均化成气相,可作为气成矿物特征
- (4) 纯液态包体——单相液态包体,可作为冷水沉积或低于50℃的温水沉积矿物特征
- (5) 多相包体——含固、液、气三相包体,常见于一些内生矿物中
- (6) 高盐度包体——在室温下具有石盐子矿物的包体,是成矿母液含盐度高的标志
- (7) CO₂包体——在低于CO₂临界温度条件下,常可见到三相流体,即H₂O溶液、液态CO₂和气态CO₂,它表明成矿母液富含CO₂

(8) 有机质包体——室温下,在气-液包体中含石油和(或)其他有机质(如甲烷、乙烷、沥青等)的包体,它反映成矿母液可能与某些有机质有一定联系

II. 异常包体

1. 物理作用形成的

(1) 天然作用形成的

(2) 人工作用形成的

2. 化学作用形成的

(1) 化学分解作用形成的

(2) 非均匀母液形成的

须要着重指出,只有正常成因包体才能应用于有关包体矿物学的各种测试工作和用来解决有关地质问题。而一切异常包体,通常不能用于测试工作,更谈不上用获自它们的一些包体参数去解决地质问题。

顺便说明:按水的P-V-T图解(图1)易理解气态包体(具高比容)主要适用于测压;液态包体(具低比容)主要适用于测温;介于两者间的包体,可用测压,也可用于测温,而精度中等^[3]。

按包体分类,易将矿床分为相应几大类。固态晶质包体来源于地壳深处的岩浆熔体,常见于一些侵入岩矿物中。包体内以结晶质和气体为主,可含少量液体和金属矿物或易溶卤化物。固态非晶质(玻璃)包体,其中的相和上述晶质包体的相似,但因是在高温低压或常压下形成的,因而来不及结晶而成为玻璃包体,主要见于火山岩及其有关的一些矿物中。气态包体包括纯气相包体及可均化成气态的两相高比容包体,它们可作为气成矿物及气成矿床特征。液态包体,主要与热液矿物及热液矿床有关。而单相液态包体则是冷水或低于50℃的温水中沉积的矿物及矿床的特征。CO₂包体表明成矿流体富含CO₂,本类包体广泛用于测压。高盐度包体,表明成矿流体盐度甚高,这类包体可能有特殊的找矿意义,已查明,许多斑岩铜矿周围有盐晕分布,是斑岩铜矿床的一种重要找矿标志。有机质包体可能与某些有机质有联系。因此,它们均分别列为一类。

每类尚可细分。例如,气态包体和液态包体,可按其中的相比再分为若干组,但继续分下去似复杂了,而且必要性也不太大。事实上,即使再分出若干类,也不可能把自然界所有包体种类都包括进去。变质岩包体研究不够,而且有些变质岩包体实际上是复合成因的包体,因此,这类包体暂未列入。

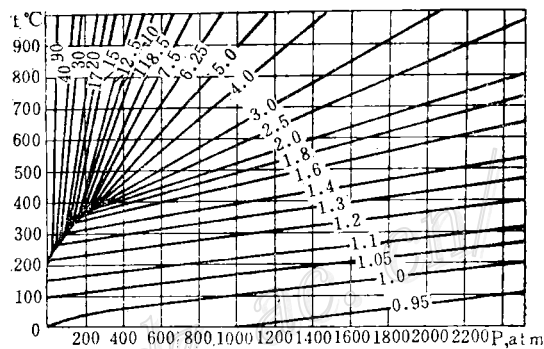


图1 具比容等值线的P-T图

(据 G.C 肯尼迪等)

四、正常与异常包体的定义及区分标志

凡符合本文开头所述包体定义并符合 H. C. 索尔比提出的包体研究的基础理论的包体,

属正常包体。反之,凡不符合上述基本定义及 H. C. 索尔比提出的基本理论的包体以及似包体和破坏了包体等,均属于异常包体。

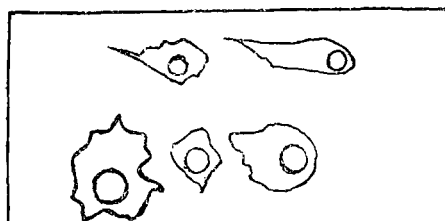


图2 钟乳石中气-液包体 它们在同一晶体同一生长带上同时形成,但充填度不同 某地钟乳石 $\times 250$
(何知礼, 1977)

关于区分正常与异常包体的问题,还有待于进一步研究。作者1977年曾提出一个区分这两种成因的气-液包体的标志^[1,2]。即在同一晶体,同一生长带上,同时形成的同种包体,其充填度或气相百分含量相差甚大,且用包体测温法所得充填温度也很不相同,则这是异常气-液包体的一个重要标志(图2)。反之,在同一晶体,同一生长带上,同时形成的同种包体,其充填度或气相百分含量基本相同,则它们是正常成因包体。但自然界现象十分复杂,有时为了鉴别包体成因,常需综合所有其他有关地质资料,才能得出较可靠结果。

五、异常成因包体形成机理

正常包体形成机理,国内外文献均有较详叙述。下面只着重叙述一下异常包体形成机理问题。

(一) 物理作用形成的异常包体: 种类较多,其中很多显然是物理作用形成的,而少部分,按我们的意见,则主要由物理作用,但也兼有部分化学作用所致。后者如某些异常的 CO_2 包体。

天然物理作用形成的异常包体: 一般可分为三类,即同生的、次生的和后生的。H. П. 耶尔马可夫对其形成机理有过详细叙述^[8]。这里引用他的一些观点并补充一些国内外实例。

(1) 同生异常包体: 成矿溶液中溶解有一些气体,其中 CO_2 是较重要的一个。当成矿溶液热动力参数降低时,可形成乳浊状 CO_2 并沾附在正形成的热液晶体的晶面上,而以纯 CO_2 包体的形态保存下来。在类似条件下形成的含有不同比例水溶液的 CO_2 包体,我们暂将它作为非匀母液形成的包体归入化学成因包体中。

有时类似情况发生于因压力急剧下降而使热液沸腾时。例如,溶液运行通道因迅速的构造运动而微微张开,压力就急剧下降,在此情况下,在深部成矿介质中可形成蒸气泡并被正在形成的矿物所捕获,成为气态包体。

还有一种假气态包体,实际上是一种空心包体或所谓真空包体。它们是在晶体生长过程中形成的空洞,不应被视为正常包体。其形成与晶面生长过程中固体质点的距离有关。这种作用的继续进行,还有可能形成相比不定的气-液包体。

在一些场合可遇另一情况。在晶体生长时,由于应力尚未使一些内部微裂隙达到晶面表面,这就可能形成一些未装满流体的异常包体。由于它们的平面能反射从侧面投射的光线,在显微镜下观察时,宛如闪光片一样。这些裂隙、空洞如能获得成矿介质,可发展成假次生气-液包体。

的确,过去很少用气-液包体资料来论证矿床的近地表成因。最近 P. J. M. 伊普马

(Ypma)^[7] 提出空气的出溶作用或平常的地表空气的圈闭作用也可捕获矿化卤水, 其包体的充填度变化很大。在压碎台上观察时, 压碎后蒸气相的量不变化, 据此, 可把这样的气体与承受有压力的收缩气泡或气体相区别。他发现澳大利亚贝尔塔那硅锌矿和石英中有许多被捕获的空气泡, 因此, 认为它们属于低温近地表成因。和它们一起被捕获的液体是含 Na、Ca、K 的不饱和的卤水, 由于凝结作用, 产生了 $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。这些包体虽有一定用途, 但由于其成因及其充填度变化很大, 似乎也应属于异常包体的范畴。

(2) 次同生异常包体: 可分为两种情况。一种与重结晶作用等密切相关, 在重结晶过程中, 随着温度下降, 原先已形成的正常气-液包体, 将产生非均匀分裂, 而形成充填度不同的异常包体 (图3、4); 另一种是矿物再次受机械应力影响, 已愈合的裂隙再次微张开 (它毕

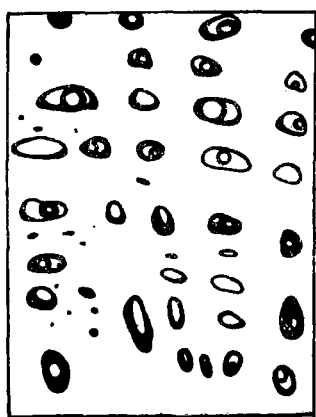


图3 绿柱石中的异常气-液包体
外贝加尔 $\times 100$
(据Г.Г.列姆列英)

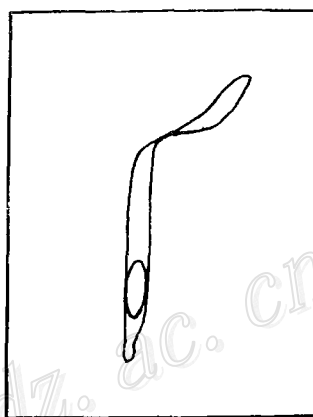
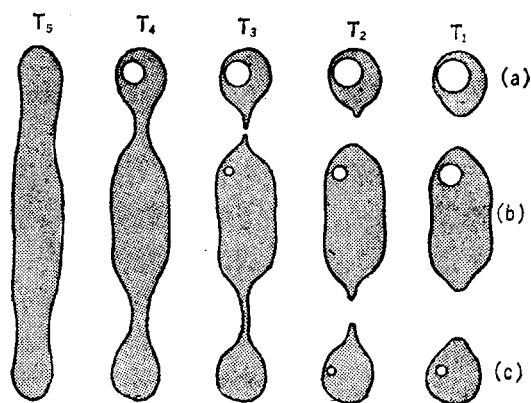


图4 绿柱石中的异常气-液包体
新疆可可托海 $\times 450$
(何知礼 1978)

竟是微弱带), 当其到达生长晶体的表面时, 成矿介质可重新贯入, 而形成所谓重装包体, 它们可形成于不同年龄和方向的治愈裂隙的交错通道中。

所谓“卡脖子”(necking down)包体^[4] (图5) 就属于上述第一种情况。值得注意的是: 若在“卡脖子”之前, 包体中气液相尚未分离, 也未分出固相, “卡脖子”后生成的包体是属于均匀分裂的结果, 其中相比仍然正常, 则可归入正常包体中, 可用于一般研究; 若在“卡脖子”时气液相已分离, 则“卡脖子”后形成的包体属于非均匀分裂, 自当归入异常包体范畴; 固相也如此, 在“卡脖子”以前, 包体中晶出固相, 当“卡脖子”时, 往往捕获的只是固态包体。在高盐



温度随时间下降

图5 “卡脖子”包体的形成过程示意图包体在 T_5 下为均质的, 由于“卡脖子”的结果, (a) 包体主要在高于 T_5 的温度下才能均化; (b) 在 T_5 与 T_4 间均化; (c) 包体在 T_2 与 T_3 间均化

(据E. 罗德, 1967)

度的石英包体中, 常可见到从原来的流态包体中分离出来的石盐晶体。

关于裂隙在降温条件下愈合的过程, Г. Г. 列姆列英已进行过很有意义的实验^[9], 在等温条件下愈合时, 所有空腔都含有完全相同的包含物; 如实验在升高温度时进行, 当冷却之后则在每个包体中都会出现一个气泡, 其容积与包体溶积以及冷却过程相适应; 在温度降低的条件下 (自 100℃ 以下) 愈合时, 当非平衡的管状和变形虫状的包体分裂后, 得到的是充填度极不相同的包体。诚然, 管状包体隔绝后, 由于发生一定冷却的原因, 出现一个其充填度与冷却过程相适应的气泡, 这个气泡在管状包体的一端浮起, 管状包体的分裂作用, 促使小包体自两端形成, 气泡进入一个子包体中, 于是包体中产生了异常的充填度。在冷却过程中, 形成许多具有这种异常充填度的包体, 即所谓异常包体, 当然也形成正常包体, 其充填度也是各不相同的。因它们是在不同温度条件下形成的 (图 6)。

上述实验结果, 可用来解释某些物理作用形成的气-液包体。照片 1 (照片均见文末图版) 也示这类物理成因异常包体的形成过程。

(3) 后生异常包体: 自然界中常出现这类包体, 它是由于许多原因造成的。

一种是由于天然过冷却作用, 使原有正常成因气-液包体结冰, 体积发生膨胀, 致使包体发生爆裂, 而形成异常包体。我国北方某些十分寒冷的地区可能出现类似情况。H. П. 耶尔马可夫认为, 西伯利亚陆台的冰洲石中未全被破坏的异常包体, 就是这样形成的; 另一种原因刚好与此相反。它们不是由于过冷作用, 而是由于过热作用形成的。这是在矿床形成后, 由于新侵入的岩浆物质的影响, 使原有正常包体遭受超过其形成温度的热力作用, 而发生爆裂的结果。

一般情况下, 破坏包体的微裂隙的形成, 使早期保存的母液的一部分从内部注入这些裂隙中, 直到整个包体中形成次生气态充填物。

沿小裂隙的爆炸, 伴随有充填其中的各种破坏了包体物质的扩散, 致使自然爆裂的晕圈

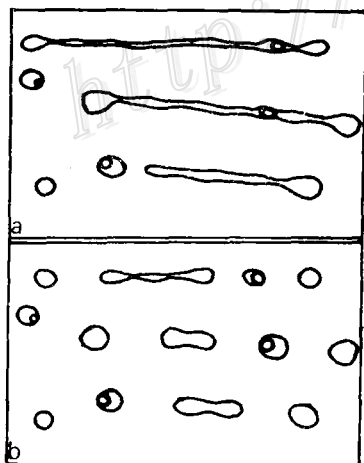


图 6 温度降低条件下裂隙愈合时异常包体的形成

照片 a 与 b 间相隔 18 小时 × 200
(据 Г. Г. 列姆列英)

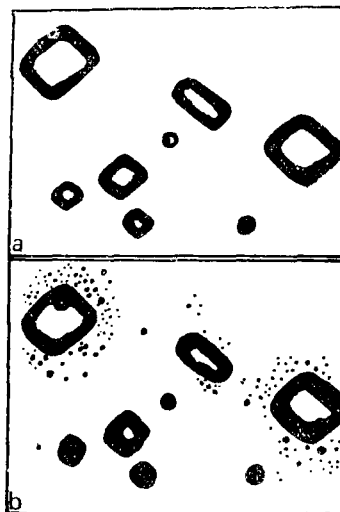


图 7 在受过一次加热的钠硝石晶体中, 大包体周围极小包体的形成

a—加热前的包体, b—加热后的包体 × 100
(据 Г. Г. 列姆列英)

中形成二次异常的子包体,这种包体带有异常的充填度,它与最初的充填度不同。

上述现象已被Г. Г. 列姆列英的实验证实。例如,当晶体在温度暂时升高或周期升高时,包体内压增大,于是在包体四周形成一些小裂隙,往这些小裂隙中挤进一些溶液,此时裂隙立即开始愈合,于是其中形成许多极小的包体(图7a、b)。冷却后,在包体中形成一个非常大的气泡,其容积与挤进四周裂隙中的液体体积相适应,所形成的小包体,在其母包体周围生成晕圈。这类包体曾见于石英斑岩中。

还有, H. П. 耶尔马可夫认为,自然界中一些带有分子晶格的化合物,看来难于长期保持其中的液体。如沸石类矿物就是这样,苏联希宾伟晶岩中的钠沸石就是实例。当这个矿物采到地表后,久而久之,通过晶格向外渗透,失去了自身的液体,并且在显微镜下露出中空的似气态包体,其中充填有蒸气和部分空气。

有少数矿物中的包体,由于密封不好,发生了渗漏,这种包体也应属于异常包体的范畴。

最后,我们认为尚有一种人为物理作用形成的包体。严格说来,因非自然作用引起的,可不列入分类中。但只有弄清其成因和形成过程,才有可能在工作中防止其出现,并且万一遇到时,不致被其迷惑和耗费时间去进行测试。这类包体曾发现于一些钠盐或钾盐中。沉积形成的钠盐或钾盐,本来常含单相液态包体,由于这些矿物在水中的溶解度大,在制片时采用干磨法可避免标本被溶解,但有可能因此产生异常气-液包体。因为,在干磨过程中,样品因摩擦将受高温加热,使包体壁的溶解度增大而发生溶解,结果,可能出现异常气-液包体。这些包体已被人工改造过,不能反映其真实的形成温度。磨制这类矿物时,可在其饱和溶液参与下进行。另外,有时也可用小刀沿这些矿物的解理直接劈下薄片供研究。在采集这些矿物标本(如盐钟乳)时,即使为了使其干燥,最好也不要加热,而应采取其他办法,以免在加热过程使原有包体被改造。

还应注意,这类矿物中的原生流态包体,在加热过程中因包体壁溶解度增大,包体性质迅速改变。因此,在爆裂图上可产生异常峰值和异常爆裂温度。在用爆裂法测量研究这类矿物时,可导致错误结果。

(二) 化学成因的异常包体: 可分化学分解作用形成的及非均匀母液形成的两种,分述如下:

1. 化学分解作用形成的异常包体^[1,2]: 这类包体在作者涉及这个问题以前,文献中未见报导。发现于钟乳石和石笋中的气-液包体(照片2)是本类包体的一个实例。据初步研究,这是一种化学分解作用形成的异常包体。鉴于钟乳石与石笋的典型外生成因及产状,以及未见任何热液蚀变现象,可以认为它们是在矿物形成过程中,在常温常压下形成的。众所周知,石灰岩中的方解石在风化过程中,在H₂O与CO₂参与下可形成碳酸氢钙。它是一种白色固体,但在水中的溶解度较大。当含有上述碳酸氢钙的水溶液沿石灰岩裂隙等向下流到适当地方,由于H₂O的逐渐蒸发和CO₂的逸出,便在溶洞中形成钟乳石和石笋,其反应如下:



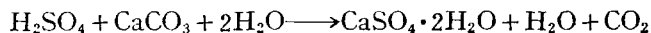
据上述见解和反应式,可知在钟乳石和石笋形成过程中有H₂O和CO₂的形成。因此,钟乳石和石笋中有可能捕获H₂O与CO₂,据此可推测它们中的气-液包体的形成可能与此有关。所见液相可能为H₂O,其中气泡可能为CO₂。它们被捕获时就是呈非均匀状态出现并保存至今。这些包体有一特征,即其气泡在低于31℃(CO₂的临界温度)下,未见其中有新的(液)

相产生。其原因可能是:在室温下,CO₂只有在60atm下才能液化,因而,在常温常压下观察时,未见其中CO₂液化并不奇怪。

关于这些异常包体的成因见解是否正确,关键在于证实其中气泡是否为CO₂。而这已被用Ba(OH)₂反应法进行的实验所证实。最近我们又用气相色谱法进行定量分析(承中国地质科学院周兴汉等同志测定),再次确认其为CO₂或主要为CO₂,并证实其液相为水溶液。关于这些问题,在作者另外一些论文和《包体矿物学》^①一书中均有详述,在此从略。

至于这些包体是否呈单相液态被包进去后再分解成气液包体的问题;按作者的研究和计算,这种情况是不可能的。作者将在即将发表的另一拙著《我国某锑矿石膏中异常包体的发现及其成因的初步研究——自然界又一种化学分解成因的气-液包体》中作必要的论述。

照片3—4为上述某锑矿石膏中的异常包体,据作者初步研究,它们也是化学分解形成的。其形成与它们所产出的硫化矿床氧化带中的下列化学反应作用有关:



可见这些异常包体的成因,与钟乳石和石笋中发现的异常包体的成因类似,都是化学分解的产物。其中液相均为水溶液,而气相都是CO₂,或主要为CO₂。这再次证明,自然界确实存在这一类成因的异常气-液包体。也许凡是由于复分解而形成的矿物,若其形成过程中同时有H₂O与CO₂等气体分出,均有可能形成这类包体。

2. 非均匀母液形成的包体:如果晶体在非均匀流体中形成,有时可形成异常包体。捕获两种不易混溶物的实例有:石油与水、或CO₂与水、液体与气体(例如沸水与蒸气)、液体和固体^[5]。

按形成机理,如溶液中存在有石油液滴等,也易形成包体。若主矿物形成于两流体相中或多相系统中,例如水溶液中有气泡,或水溶液中有CO₂,或者水溶液中有石油珠等不混溶物,则它可捕获其中一种或两种流体而形成包体。当这种小珠优先存在于生长着的主矿物面上,晶面稳定性受到破坏,主矿物将把它和水溶液一起捕获,而形成一种不混溶性的包体。这类包体,显然也应视为异常成因的包体。流体的不混溶性,一般主要是其化学性质所致,故这类包体暂归入化学成因包体的范畴。

随着包体矿物学的发展,分类问题将进一步得到改进和完善,同时还可能发现一些新的包体类型。已有的一些包体类型的形成机理(其中某些方面尚不清楚),也将被新的科学资料更好地说明。

上述工作是在北京钢铁学院地质教研室同志们热情支持下进行的,特别是袁怀雨为本文提出了一些宝贵建议,一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 何知礼 1981 钟乳石中气-液包体的发现及其初步研究 《矿物中包裹体研究》 科学出版社
- [2] 何知礼 1982 《包体矿物学》 地质出版社
- [3] Kalyzhyy, V. A., 1960, Liquid inclusion in minerals as a geologic barometer, International geology review, V. 2, No. 3.
- [4] Roedder, E., 1967, Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 515—574, Holt, Rinehart and Winston,

① 包体矿物学,北京钢铁学院,1979

Inc.

- [5] Roedder, E., 1977, Fluid inclusion as tools in mineral exploration, Econ. Geol., No. 3.
- [6] Smith, F.G., 1962, Physical geochemistry.
- [7] Ypma, P.J.M., 1976, Fluid inclusion characteristics of low temperature near-surface ore deposits, Example from the Beltana willemite ore body, South Australia, 25th. International Geological Congress—ABSTRACTS, V. 3.
- [8] Ермаков, Н.П., 1972, Геохимические системы включений в минералах.
- [9] Леммлейн, Г.Г., 1956, Образование жидких включений в минералах и их применение в геологической термометрии, Геохимия, No. 6.

<http://www.kcdz.ac.cn/>

THE CLASSIFICATION OF MINERAL INCLUSIONS AND ITS SIGNIFICANCE

(A New Scheme for the Classification of Inclusions)

He Zhili

(*Beijing Institute of Iron and Steel Technology*)

Abstract

Some well-known foreign inclusion mineralogists have already put forward a number of schemes for classifying mineral inclusions. Of these schemes, some seem rather complicated, some are comparatively simple. But they are mostly alike in essence and have the defect of not touching upon anomalous inclusions, which are actually of great significance. To people's more surprise, the inclusion formed through chemical reaction, a type of primary importance, had almost fully escaped the investigators' notice prior to 1977 when the author took up the problem.

In this paper, a new scheme for classifying inclusions are presented according to their genesis, physical state and chemical composition. It might serve to avoid some mistakes in the study of inclusion mineralogy.

First, one can differentiate anomalous inclusions from normal ones in the light of the genesis.

The normal inclusions can then be further divided into eight subtypes according to their physical state and chemical composition, and the anomalous inclusions into two subtypes, one from physical reaction and the other chemical reaction. Either of them consists of two groups.

Some mechanisms of the formation of anomalous inclusions are elaborated in this paper and great pains have been taken by the author to give a clear definition to both the anomalous inclusion and the normal one.

This scheme has the merit of being relatively complete and less complicated. It can be of some help in the determination and distinction of inclusions under the polarization microscope. With this scheme it might be easier to distinguish anomalous inclusions from normal ones.

Only normal inclusions can be used as the codes for translating the endogenic ore-forming processes. None of the anomalous inclusions has such function or possesses typomorphic peculiarities of minerals.

The following is my classification:

I. Normal inclusions

1. Solid inclusions

(1) Crystalline inclusions—inclusions usually found in intrusive bodies.

(2) Amorphous (Vitreous) inclusions—inclusions usually found in volcanic rocks and their related ore deposits.

2. Gaseous inclusions—inclusions of high specific volume with double fluid phases. They are usually found in pneumatogenic deposits and can be homogenized into gaseous phase.

3. Liquid inclusions—inclusions of low specific volume with double fluid phases. They are usually found in hydrothermal deposits and can be homogenized into liquid phase.

4. Pure liquid inclusions—monophase liquid inclusions, often seen in sedimentary minerals formed in waters below 50°C.

5. Multiphase inclusions—inclusions with gaseous, liquid and solid phases.

6. High salinity inclusions—gas-liquid inclusions with daughter minerals of salt at atmospheric temperature.

7. CO₂ inclusions—inclusions formed below the critical temperature of CO₂ and consisting generally of three phases, namely, water, liquid CO₂ and gaseous CO₂.

8. Organic inclusions—inclusions containing petroleum and/or other organic matters, such as methane, ethane and bitumen.

II. Anomalous inclusions

1. Inclusions formed through physical action.

(1) Inclusions formed through natural processes.

(2) Inclusions formed through artificial processes.

2. Inclusions formed through chemical reaction.

(1) Inclusions formed through chemical decomposition.

(2) Inclusions from heterogeneous mother solution.



说明

照片1 异常分裂的包体的形成

上、人造石英中包体,几乎完全分裂成两部分:带气相的两相部分(图右)和未残留压缩气泡的单相部分(图左)。它们在包裹矿物的整个冷却时期中,有一细通道保持连接, ($\times 120$); 中、苏联哈萨克斯坦伟晶岩萤石中的多相包体,濒临完全分裂的两部分由细通道保持着联系,右边在冷却时“长出气泡”,而左边矿物——囚徒的基本物质已结晶 ($\times 220$); 下左、在下通古斯克方解石的解理缝中,在快速结晶时,由于低温热液的分裂形成了粗大的双相包体和细小的多相包体 ($\times 45$); 下右,当晶体冷却时,人造石英晚期裂隙中包体的液体被分裂 ($\times 120$)

照片2 钟乳石中的异常气-液包体

1.液相; V.气相(广西桂林芦笛岩 $\times 500$)

照片3 平行石膏中一组解理分布的异常成因管状单

相液态包体及气-液包体

其中一个大的管状包体(长4.1毫米,气液比0.26)含两个气泡。转动薄片,气泡可沿管壁移动。拍摄后两日,上述气泡又合二为一(标本G-02 我国某锡矿 $\times 80$)

照片4 异常成因的细管状单相液态包体

在近视域中部偏下的一个三角形包体中尚有一小气泡(标本G-02 我国某锡矿 $\times 450$)

