

矿液流向的探讨

曾庆丰

探讨矿液的流向问题,有着重要的意义。形成内生矿床的矿液究竟是怎样运移的?从哪里上来又流向何处?这是一个复杂的过程,它取决于很多内在和外因素。现在我们所见到的矿石、矿体,是某一时期地质作用的结果,而它的演变过程是看不到的。因此,只能从这一过程所留下的特征和痕迹去摸索和了解其原来的发展演变情况。

目前,这方面的工作开展不多,报道也极少。作者根据自己的实践并参考有关材料,写成这篇短文,以期引起大家的重视。事实上,生产单位已经积累了很多极其宝贵的材料,有大量的系统的分析数据。为了更好地利用这些材料,让它发挥更大的作用,本文试图从一个侧面探讨这个问题。文中谈到的一些基本方法,生产单位大多是可以做得到的、可行的,特别是冶金部门广大矿山地质工作者具备最有利的条件(很多资料是现成的)去从事这方面的研究。下面简要介绍探讨矿液运移问题的一些基本方法。

一 成矿构造和矿体分析

成矿构造是成矿的先决条件之一,它为矿液的运移和沉淀提供空间场所。成矿构造是多种多样的,可以是原生的,也可是后生的,诸如断裂、裂隙、破碎带、不整合面、层面、岩石孔隙等等。它们往往既是导矿构造,又是储矿构造。例如某热液矿床的北西向断裂是主要的成矿构造,根据我们野外和

室内的研究,确定其性质属平移正断层,上盘向北西方向倾斜地向下错落,运动线倾斜角在 $50^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 之间。沿不同标高坑道所收集的系统资料绘制断裂等厚度图及矿体图(图1)表明:断裂中部厚度最大,沿走向向两侧变窄。中部张开最大地段的延伸方向并非铅直或水平,而是向北西倾斜。矿体正好产于其间,形成厚而富的致密状矿柱,其延伸方向与断裂上盘峰线基本吻合。鉴于成矿断裂

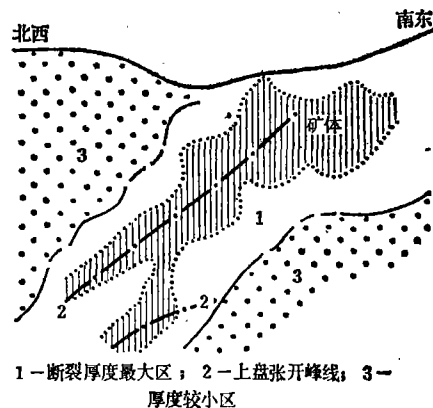


图1 成矿断裂及矿体纵剖面图

最大张开区与矿体分布的一致性,它们延伸方向与构造错动方向的一致性,并配合其他方面的分析,使我们有根据认为:处于高温高压的含矿溶液,是从西北方深部大致沿构造错动线向东南上方运移,当进入断裂最大张开的低压空间地段即沉淀而成富矿体。

在某些钨矿床中也发现矿液流向与构造

运动方向的相依关系。成矿期构造应力分析表明：成矿裂隙成生时最大主应力 σ_3 近南北向，最小应力 σ_1 近东西向，二轴近水平，但略有倾斜，中间应力 σ_2 与 σ_1 、 σ_3 垂直，其方向并非铅直，而是向西稍作倾斜。综合研究表明，矿液上升的方向也大体上近于 σ_2 方向，即由西下方倾斜地向东上方运移（图2、4）。

二 物质组分分析

矿液在运移过程中，随着物理化学条件的改变，在不同的地段往往析出不同的组分和形成品位不均的矿石。因此，矿床中诸元素的地球化学行为、矿物共生组合及结晶的先后关系等方面的特征，有可能反映出成矿过程中矿液运移的情况。这里着重讨论同一矿化阶段中同时形成或顺序形成的矿物和元素共生组合关系。某矿床主要矿化阶段含有锡石和黑钨矿，前者晶出较早，测定其形成温度也较高（锡石约 430°C 、黑钨矿约 350°C ）上部锡石常见，往下黑钨矿相对增加。矿床显示的垂直逆向分带特征，看来与挥发分及氧、硫浓度的作用有关，因为在该矿化阶段之初，活跃的挥发分容易跑到上部与氧结合形成含挥发分的矿物和金属氧化物。随后，氧的浓度降低而硫的浓度相对增加，故中下部黑钨矿较多地与硫化物共生。根据大量的、系统的化学分析数据，计算钨锡二者的比值，绘制出等比值线图（图2），清楚可见： WO_3 与 Sn 之比，从上部的 $0.5:1$ 往下 $0.8:1$ 、 $1:1$ 到 $5:1$ 。这表明上部锡含量相对高，往下逐渐递减，而钨含量相对增加。等比值线图明显反映出向西倾斜的波峰，表明矿液可能沿这个波峰方向上升，

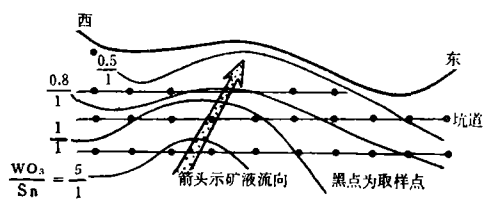


图2 矿床纵剖面钨、锡等比值线图

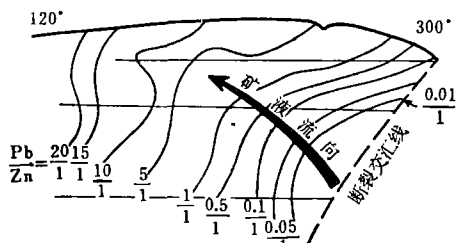


图3 矿床纵剖面铅、锌等比值线图
(据W.H.格罗斯)

首先沉淀出锡石，然后，黑钨矿的析出逐渐增加。同样，对多金属硫化物中铅锌作等比值线图也反映出同样的结果。说明矿液是由西下方上升，沿该方向倾斜地向东上方前进。

W.H.格罗斯在研究布莱克利品矿床时，利用铅锌等比值线及其他方法查明：矿液由断裂交汇处上升，沿成矿断裂向东南方向倾斜前进。如图3铅锌等比值线图所示，自北西向南东，先是锌含量相对高于铅（ $\text{Pb}:\text{Zn} = 0.01:1$ 、 $0.05:1$ 、 $0.1:1$ 、 $0.5:1$ ），逐步过渡到 $1:1$ ，往后则铅含量相对增高（ $\text{Pb}:\text{Zn} = 5:1$ 、 $10:1$ 、 $15:1$ 、 $20:1$ ）。格罗斯认为：铅锌比值的变化与矿液在运移过程中温度的变化相符合，所以沿波峰垂直等比值线方向代表了矿液流向。

某些研究者认为华东某铁矿中 $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TFe}$ 比值的变化是成矿物质运移和冷却过程发生的。 V_2O_5 与 TFe 呈正相关，钒可能呈类质同象分布于磁铁矿中， $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TFe}$ 的比值由下而上逐渐递减。因此查明二者比值变化的规律有助于了解矿液运移的通道和方向。

同理，有时可以利用同一矿物中某一组分含量变化的规律去探讨这一问题。如一些地质工作者发现某矿床中较早形成的磁铁矿（多与透辉石共生）中 TiO_2 含量较高，而形成较晚者（多与透闪石、阳起石共生）含量较低。可以认为，磁铁矿中 TiO_2 含量的多少反映了磁铁矿形成温度的相对高低，所以 TiO_2 含量变化的规律反映了矿液运移的情况。

综合上述，这种方法较为简易可行。从地球化学观点出发，有目的地利用所积累的

大量而系统的化学分析资料,在纵剖面或平面图上绘制不同共生元素或某一组分的等值线图,对我们解决这一课题将有很大帮助。

三 成矿温度和压力分析

在成矿过程中,矿液运移的实质就是由高压向压力最小的地方流动,温度由高向低,所以查明成矿压力或温度变化的规律性是研究矿液流向的最重要手段之一。对矿物形成温度、压力的测定,目前着重对矿物汽液包裹体的研究(均一法和爆裂法),或用热力学算法(对造岩矿物研究较深入,而造矿矿物研究较差,只有少数金属矿物如闪锌矿比较成功)、矿物及组分的共生相律关系和其他方法。于图2所述矿床中,我们在不同标高坑道内每50米取一黑钨矿样品,在实验室用爆裂法测出其温度,在纵剖面图上绘出等温线图(图4),清楚可见,在中部

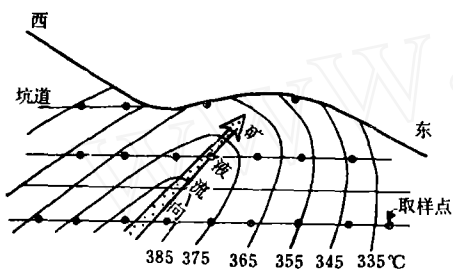


图4 矿床纵剖面黑钨矿等温线图

有一高温区(385°C),而且其延长轴向向西倾斜,在其两侧,温度逐步递减,每向外推50米,温度下降10°C左右,显示出明显的规律性。这个高温区的位置和方向与图2的结果相当一致。看来,矿液首先是沿这个方向上升的,因此在这一地段内黑钨矿形成的温度较高,而向外围则温度逐渐下降。

在成矿构造和矿体分析一例中(图1),也有类似的规律,在矿体内成矿温度为400~350°C,而由矿体向外两侧的温度明显偏低(350~320°C)。

图5为日本一铜矿床的纵剖面等温线图,该矿床成矿温度在260~190°C间,而且下部温度高,向上呈有规律的递减,图中曲线显示出两个波峰,沿这两个方向垂直等

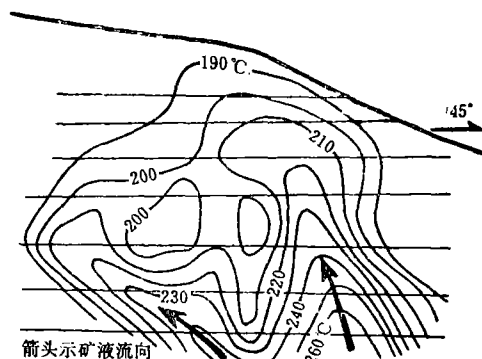


图5 日本某铜矿等温线图

温线标出的箭头方向,代表了矿液运移的方向,表明矿液从下部上升由北东向南西上方流动。

在平面图上作出等温线来进行分析,也是颇有成效的。国外有人利用闪锌矿作地质温度计对巴尔梅特铅锌矿床测定成矿温度表明,在硫化物富集地段温度高达475°C,而由此向四周随着温度梯度的变化逐渐下降为425°、400°、375°以至350°C,呈有规律的递减。在平面上把温度相同之点连成等温线,则高温区长轴方向代表了矿液的流向。

直接测出的数据,有条件时可用电子计算机加以处理,作出趋势面图。某些地质工作者对一矿床中的磁铁矿用爆裂法测定其形成温度,采用三次趋势面图(图6),从图

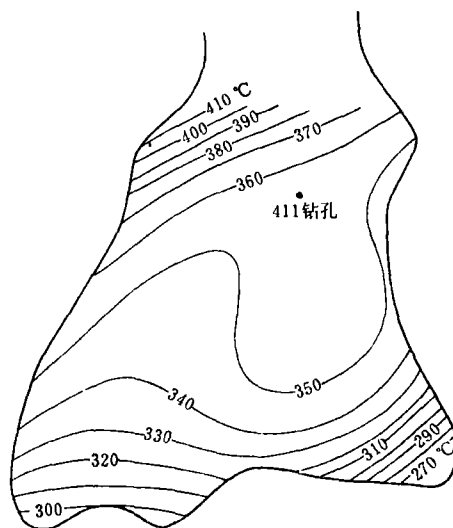


图6 磁铁矿爆裂温度三次趋势面图
(据宁芜科研队)

中清楚可见：北部温度高，向南逐渐降低。与此同时，系统测定共生矿物金云母的折光率（含铁量越高，折光率 N_g 越大），所反映的结果与上述一致，说明矿液自深处沿断裂交汇部位上升，并且向南运移扩展。

四 结晶矿物学分析

矿物晶体的发芽、生长情况常常有赖于成矿物质的来源和补充，如果从某个方向得到源源不断的（缓慢地）供应，那么生长就较快，而相反一面就要差些，由此在矿物中可以出现一系列的外形及内部结构特征。这可与植物生长年轮情况和生长特点相比拟。如果了解了这种特征和规律，就可帮助我们查明原来矿液运移的情况。这是一项深入细致的工作，应该有目的地采集定向标本，一定要在现场标明产状，在室内对切片进行观察，研究其各方面的特征，如晶形的不对称性、内部生长环带的差异性、晶形生长不完整性、平行连生的定向性，等等。一般须要选择自形晶的标本，石英、萤石、电气石、绿柱石、黑钨矿、锡石、毒砂、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等尤佳。我们对前述钨矿床进行工作时，曾研究了锡石、黑钨矿、石英、萤石等矿物生长特征的各个方面，发现有某些共同特点，表明矿液可能是从西部下方上升，从这个方向供应矿物结晶时的物质来源。这种现象与物质组分分析（图2）和成矿温度分析（图4）所得的结果相吻合。

此外，对矿物折光率的系统测定，晶洞

排列的规律以及其他方法，有时也为探索矿液运移问题提供一定的依据。

上面扼要地论述了探讨矿液运移问题的一些切实可行的基本方法。须要指出，在工作中应该同时利用多种途径，从各个方面相互配合，才有可能得出比较可靠的判断。也须看到，由于成矿作用是一个长期发展演变的过程，它常常是脉动的（多阶段），有时也有迭加（多期）和再造作用。矿液运移问题是复杂而多样的，解决这一课题不是轻而易举的，有时工作找不出规律，得不到予想的结果，这时不能牵强附会，不能主观推测，须要进一步深入调查。

研究矿液运移问题，涉及到矿田构造学、地球化学、物理化学、热力学、流体力学等很多方面。随着对这一问题的深入探讨，将为我们提供矿床形成条件的宝贵材料，诸如矿液的来源、运动方式、方向及流速以及矿石的形成。内生矿床的成矿溶液往往来自下部，它总是向压力小的地方运移。这些相对处于高温高压状态的矿液一旦与导矿构造沟通，则由于压力差而进入低压的构造空间，后者往往是成矿的有利场所。当我们查明矿液运移的通道和方向，并配合其他方面的研究（成矿内因和外因），才能比较正确地认识矿化富集的规律和分布的趋势。不言而喻，在实际工作中，这对于探采工程的部署、富矿地段和盲矿体的找寻、特别是矿床的深部和外围预测工作有着十分重要的意义。

2000年美国铜的需求情况

根据美国矿山局的估算，1975~2000年期间美国铜消费量的年增长率如以3.5%计，到2000年铜的需要量将达到510万吨。世界其他国家的总需要量将为1600~2700万吨，平均2100万吨。

2000年美国有关工业部门铜的需要量是：电气工业—1600~430万吨（平均360万吨）；建筑业—40~80万吨（估计60万吨）；机器制造业—35~55万吨（平均40万吨）；交通运输业—估计为20万吨；军火工业—估计为10万吨。

在铜矿找矿方面，预计将采用新的地球化学采样技术和工艺，利用红外线遥感照片发现异常。同时应加强成矿过程的研究，以便在最有潜在希望的地区安排勘探工作。

根据环境保护的要求，通过淋滤矿石直接沉淀铜的方法将被广泛采用。看来，用沉淀—溶化—净化法提取铜的技术将被采用电解法获取金属的离子交换工艺取代。从冶炼厂废气可制取大量的廉价硫酸，随着新的淋滤剂的研制成功，从废石堆提取铜的规模将扩大。

用原子爆炸预先把矿石破碎，然后在原地对大而贫的矿床进行淋滤的方法，将被广泛采用。更有效、更全面地回收利用废金属的问题将引起重视。对在海洋锰结核的开采加工过程中获得铜寄予很大的希望。采用微型铜制部件和铜镀金属部件，是今后节约铜的很有前景的方法。

（原文载：《Metal Bull. Monthly》，
1977，No80，pp. 9~13）