

试谈构造动力热液的成生与成矿

冯志文

(武汉地质学院)

在研究某些层控矿床和中—低温热液矿床的基础上,以热力学、分子物理学和统计物理学的理论为依据,同时考虑到划分矿床成因类型的基本原则,提出了“构造动力热液的成生与成矿”的设想,试图确立一个以构造动力为起因的新成矿模式。

本文在研究和实地考察一些层控矿床、中—低温热液矿床的基础上,以热力学、分子物理学和统计物理学的理论为依据,同时考虑了划分矿床成因类型的基本原则,提出了“构造动力热液的成生与成矿”的设想,试图客观地解释或评价发育在构造活动带中笼统称之为“地下水热液”成因的铁、铅、锌、铜、金、银、汞、铋等矿床,以期确立一个以构造动力为起因的新成矿模式,作为研究矿床成因和指导找矿的一个信息。

构造动力热液的成生及成矿涵义可概括为四点:

1.成矿物质的搬运介质主要是地下水(其中可包括部分来自深部的原生水和岩层或地体中的同生水或卤水)。

2.在构造应力集中和构造活动持续存在的应力场波及的岩层或地体中产生一聚集了大量的机械能和内能,当其能量被耗散而向热能转化的自然趋向发展时,势必形成一个相应范围的热力场。在这样一个不平衡的相对孤立的热力场自动趋向“热动平衡”的过程中,通过热传导为主的传热方式,使以地下水为主的成矿介质被加热而成为热水。

3.被加热的地下水,以强烈的活动性溶解和选择性萃取围岩中的易溶盐类和金属组份,使其成为具有一定温度并含有不同物质组合类型的成矿流体或成矿热液。

4.成矿流体随应力不均衡或应力局部释放所造成的水头差,驱使向张裂地段迁移一聚集,随物理化学条件的变化而使成矿物质沉淀一富集

成矿。

矿床一般特点

这种成生机制的矿床分布范围广泛,不论哪种构造单元或构造层中皆可发育,但成矿却以叠复式构造带为中心。如内蒙金厂沟和山东焦家金矿、鲁中淄河式铁矿、陕西大西沟—银洞子银—铅矿等,就是在不同大地构造单元和不同构造层中发育的、受复式断裂或褶—断束控制的矿床。

成矿时代自古至新皆有,而以多旋回活动的构造带对成矿更为有利。同时,矿床显示了多期重溶—叠加的特点,如招—掖金矿带上的某些矿床,其矿化和蚀变皆具有明显的叠复现象,并以较为复杂的矿物组合和较强的矿化为特征;而单一较晚的构造旋回中所形成的矿床或矿化带与其相反,如发育在较新的断裂带或中—新生代火山岩盆地内破碎带中的邹平和淄河一带的含Cu—Au石英脉—硅化带、湖南金坑冲含Au—Ag石英—硅化带、广西环江Pb—Zn矿床、福建罗桥Au矿、贵州杉树岭Pb—Zn矿,其矿石组合简单,蚀变类型单一,金属矿化富集程度较低。

该类矿床发育地区或构造带内,岩浆活动较微弱或没有岩浆岩出露,如湘—黔地区的Hg—Sb—Au矿区或矿带,在几百平方公里的范围内几乎未发现岩浆岩,但是它们与断裂构造带却密切伴随,即使是受一定层位控制,其富矿地段仍与同主断裂有成因联系的次级构造有关。

虽然,有些矿区发育有不同产状的岩浆岩,但与成矿并无直接的成因联系,如观音山—杉树

岭的Fe矿和Pb—Zn矿区，区内虽发育有峨眉山式玄武岩和辉绿岩（一期是2.46~2.83亿年；另一期是1.2~1.53亿年），但其与矿床在时、空和成因上则很难找到直接联系。

该类矿床的矿石组合类型较多，而且常因主岩建造类型而异。不同地区同类主岩建造中的同类矿石建造的矿床，其矿物共生组合和矿石结构构造具有非常相似的特点，如皆属于碳酸盐岩系中的淄河和观音山等碳酸盐型铁矿床。这些矿床的相似或一致性，不仅反映了它们在成矿地质环境和物理化学条件上的一致性，同时也显示了成矿物质与主岩建造组份的同一性和成因联系。

矿物中包裹体特征

据鲁中淄河，黔西观音山—杉树岭，陕西大西沟—银洞子，山东罗峰山、黄埠岭、阜山，河南金洞岔等铁、铅—锌、金—银矿床部分矿物中包裹体的综合研究表明，这类成因的包裹体以液相为主，气液比一般在10~15%，液相微带玫瑰色或淡绿色，气相呈淡蓝或无色，其分布和形状不规则，个别包裹体呈负晶形，大小多在5~10 μ 。

包裹体的均一温度变化值域在150~350℃之间，一般在200℃左右，与某些矿物对的氧同位素推算温度200~265℃基本吻合。

包裹体的成分，由于资料所限无法进行对比。但是从鲁中淄河地区碳酸盐矿物中包裹体可溶盐类的化学分析结果($K^+ + Na^+ = 28.61 \sim 77.17$ 毫克/公升， $Ca^{2+} = 9.44 \sim 28.30$ 毫克/公升， $Mg^{2+} = 8.73 \sim 11.44$ 毫克/公升， $Cl^- = 5.28 \sim 10.53$ 毫克/公升， $SO_4^{2-} = 93.47 \sim 210.28$ 毫克/公升， $HCO_3^- = 43.32 \sim 72.28$ 毫克/公升，盐度总量186.28~366.05毫克/公升；包裹体溶液的pH值7.1~7.3，Eh值(0.0 \pm)表明，成矿流体具有硫酸氯化物型卤水的特点。这与主岩建造中石膏和少量石盐的发育是密切相关的。

氧、碳、硫、铅同位素地球化学

这类矿床的各种同位素组成，虽然具有较宽的变化范围，但以强烈显示主岩建造特点和地下水性质的值域依然是明显的。

氧、碳同位素的组成，淄河地区热液型碳酸盐矿物 $\delta^{18}O = 10.39\%$ （17件样品均值），其碳同位素组成 $\delta^{13}C = 2.99\% \pm$ （据18件样品统计）。

硫同位素组成，据鲁中、黔西等地Fe和Pb—Zn矿床近200件数据综合分析表明：硫化物的 $\delta^{34}S$ 值分布很宽，即-25~+22%，硫酸盐的 $\delta^{34}S$ 值皆为正值，一般24.6~33.8%，这些数据皆反映了主岩建造中同生水或卤水的性质。

铅同位素组成，据粤北凡口Pb—Zn矿的组成， $^{208}Pb/^{204}Pb$ 和 $^{207}Pb/^{204}Pb$ 比较稳定。

8件样品的铅同位素年龄值有6件与主岩——上泥盆统天子岭组的地质年龄（350~360百万年）相近，反映了铅来自于主岩的特点。

构造动力热液的成生

构造动力热液的概念和存在依据，上面作了初步讨论，这里着重从构造动力变质和岩石应变热力学，以及有关实验资料等方面来分析其成生作用。

自破除了传统的“单纯岩浆期后热液”成矿理论以来，人们已广泛注意到非岩浆型热液的存在和地下水热液的成矿作用。但是对普通地下水如何转化为“热”成矿流体或热液的研究依然是笼统的。甚至包括像还正在成矿的索尔顿湖的热卤水和红海—亚丁海富含多金属的热卤水及沉积物的成因，也还是一个多解的疑题。

在许多论著中，常看到以地热或地热梯度和热点理论解释地下水的加热问题，当然，这些热源是不能忽视的。但是，我们认为应该正视以下这样一些事实。

其一，地热资源和地热梯度在地壳中的分布是不均匀的，高地热和高梯度只有在热点或岩浆活动区方可存在。但是，所谓的非岩浆热液矿床又往往是发育在几乎没有岩浆岩存在或出露的地区，那么，用平均地热梯度（30℃/公里，实际上随深度增加而减小）去推算最高可达350℃以上的地下水，只有在10公里以下的深处才能形成。当然，我们并不排除地壳深部可能存在地下水的活动，不过，从那些层控型地下水热液矿床形成的深度和矿床物质成分特点看，大量地下水的活

动可能主要集中在5公里以上的范围内或某些含水层中。例如,淄河铁矿主要富集于下古生界的几个层段中,尽管在基底泰山群中也有同样矿化,但其最大深度也不过5公里(下古生界厚达3000米左右,基底中的矿化深度不超过500米)。

其二,构造动力变质表明,应变岩石或矿物除因适应应力而形变外,还产生新生矿物或发生矿物相的转化。如淄河铁矿黑旺矿坑中,在主断裂附近的劈理带中发育的镜铁矿(由水赤铁矿应变而成),其形成温度上限为351℃(爆裂法),而方解石—镜铁矿氧同位素平衡温度为230℃。另外,湖南双峰测水附近的一条强烈压扭性构造带中发育的糜棱岩,其中新生石英沿拖曳褶皱的破劈理和层间虚脱空间而构成细脉或网脉;同时在一些磨擦镜面上发育有赤铁矿、绿帘石、方解石等应变矿物薄膜。这些应力下所成的新生矿物,同样属于相当高的温度下形成的。可见,构造动力下岩石变质和新矿物产生,以及矿物相变,是在相应的高温条件下产生的。当然,这些现象也为构造动力热液的存在提供了客观依据。

第三,涂光炽先生提出“花岗岩岩浆由断裂重熔而成的论点”启示我们,既然,断裂能导致形成花岗岩岩浆,那么,断裂使地下水加热成为地下热水,当然也就不难理解了。

另外, M. 弗里德、J. M. 洛根等用实验证实摩擦滑动可以产生玻璃。这为断裂重熔和构造动

力热液的形成,都提供了一定的依据。

综上所述,构造动力热液成生及成矿机制,可认为是:在一定的构造应力场作用下,构造应力集中区段内贮集的地下水(停滞或运动状态),因构造动力转化—释放热能而加热成为地下热水。随着地下热水的对流和不断溶滤或萃取围岩(特别是矿源层)中成岩成矿物质,而使其逐步成为含矿流体或成矿热液。当地质构造条件和物理化学因素发生变化时,成矿物质遵循晶体化学原理和溶度积公式先后沉淀—富集,而形成沿褶—断束、断裂带或破碎带发育的多矿种(Fe、Pb、Zn、Cu、Au、Ag、Hg、Sb等)的中低热液型矿床。

结 语

本文论题是多年来在从事矿床工作中形成的一个意外的粗浅认识或概念。由于工作中并未有意识地以命题为中心进行综合研究,因此,很难从涉及到的各个学科领域进行系统讨论。

文中所涉及的具体数据,除笔者收集的第一手材料外,还引用了部分前人的资料,在此深表谢意。

总之,由于命题涉及范围较宽,而立论依据又比较局限,所以文中错误或不妥之处难免,敬请地质界的同行们批评指正。

The Formation of Tectono-dynamic Hydrothermal Solution and Metallogenesis: A Superficial View

Feng Zhiwen

(Wuhan College of Geology)

Abstract

On the basis of the study on some stratabound ore deposits and mesothermal and epithermal deposits and in accordance with the theories of thermodynamics, molecular physics and statistical physics, and taking the fundamental principle of mineralogenetic types classification into consideration, the author advances a tentative idea concerning "the formation of tectono-dynamic hydrothermal solution and metallogenesis" and tries to establish a new mineralization pattern of tectonodynamical origin.