

浅成低温热液矿床特征及在我国的找矿方向

陈根文¹, 夏 斌¹, 肖振宇², 喻亨祥¹, 王 核¹, 钟志洪¹, 王国强¹

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510650; 2. 广东省旅游集团, 广东 广州 510020)

摘 要: 浅成低温热液矿床形成的构造环境主要为岛弧和岛弧之后的张裂带, 大多数形成于第三纪, 少数矿床形成于中生代和古生代。矿石具脉状、网脉状和角砾状构造, 发育有特征的矿物组合、元素分带。围岩具特征的蚀变分带。矿化围岩主要为分异良好的火山岩类。矿床形成于地表以下 1000 m 深度范围内, 成矿温度一般为 200 ~ 300 °C, 成矿流体以低盐度的大气降水为主。结合我国浅成低温热液矿床的形成条件分析, 提出该类矿床在中国的有利成矿区。

关键词: 浅成低温热液矿床; 矿床特征; 成矿模式

文献标识码: A

中图分类号: P611; P612; P618.51

浅成低温热液型矿床是金、银矿床的一种重要类型。按 W·林格伦 (1922, 1933) 对浅成热液的定义, 这类矿床包括贵金属 (碲化物或硒化物)、贱金属、汞和辉锑矿等矿床, 矿床是在低温 (小于 200 °C) 和中压条件下从有火成喷气的含水溶液中形成的, 是指发生在浅处并常在火山岩中定位的矿化体, 常出现一些不协调的矿物组合, 即在同一矿床中同时出现高温矿物组合和低温矿物组合。现代矿床学研究认为这类矿床普遍存在过较高的成矿温度 (200 ~ 300 °C), 有时可达 400 °C, 成矿压力低于 1.2 MPa。尽管如此, 现在仍然沿用了“浅成低温 (epithermal)”这个术语, 但概念的内涵已经发生了变化, 并不意味着这类矿床必须形成于低温 (如小于 200 °C) 条件下。浅成低温热液矿床包括火山、次火山热液矿床, 热泉型矿床以及微细浸染型矿床。前两类矿床的成矿围岩通常为火山岩、次火山岩, 后一类矿床的成矿围岩为碳酸盐岩和碎屑岩。本文将只讨论前两类矿床。目前比较流行的分类如下: Silberman 等 (1986) 将浅成热液矿床划分为高硫和低硫的富矿囊型以及高硫和低硫热泉型; Heald 等 (1987) 分为明矾石—高岭石型 (酸性硫酸盐型) 和冰长石—绢云母型; Bonham (1986) 将这类矿床为低硫型、高硫

型和碱性岩型。其中以 Heald 的分类和 Bonham 的分类应用最广。

1 成矿背景

浅成低温热液矿床形成的构造环境主要为岩浆弧和弧后的张裂带。这种岩浆既可以是陆缘岩浆弧, 也可以是岛弧环境。这样的构造在全球主要有 3 条, 即: 环太平洋成矿带、地中海—喜马拉雅成矿带和古亚洲成矿带。在环太平洋东西两带均发育有火山、次火山内外两条带。在环太平洋东带, 浅成低温热液型矿床除沿美洲西海岸岩浆弧分布外, 在弧后几百公里有一条平行于火山弧的弧后引张带。该带在不同地段表现形式不同, 在北美, 表现为盆地—山脉省, 正断层广泛发育, 地堑 (盆地) 和地垒 (山脉) 相间平行排列, 其双峰式火山作用表明拉张应力场的存在, 系弧后裂谷作用早期阶段的表现。盆岭省为北美一条长 700 km 的裂谷系的一部分, 包括哥伦比亚河玄武岩的运道岩墙和斯内克河平原西部的地堑。在南美的安第斯山脉东侧, 有大片高原碱性橄榄玄武岩发育, 说明在火山弧的内侧, 弧后引张作用广泛存在。在西太平洋也存在两条成矿带, 一条从日本列岛经我国台湾、菲律宾、加里曼丹岛、巴布亚新几内亚及所罗门群岛, 形成于岛弧环境。日本的菱刈、串木野、春日, 中国台湾的金瓜石矿及新西兰的豪拉基矿带, 巴布亚新几内亚的波尔盖拉矿均属该成矿带。另一条成

收稿日期: 2001-05-23; 修回日期: 2001-08-06。张哲编辑。

基金项目: 国家攀登计划预选项目 (编号: 95-预-25) 和国家重点基础研究发展规划项目 (编号: G1999043204) 联合资助。

矿带分布在大陆内部,从俄罗斯鄂霍茨克北缘,经我国东北东部,南至华南地区。我国一些重要矿床如二道沟、五凤、山门、冷水坑、遂昌、冶岭头、大岭口、紫金山、梅仙、嵩溪等矿床即产于这一成矿带中。在环太平洋带,虽然分布在东西太平洋两岸的浅成低温热液矿床数目近于相等,但分布在岛弧和大陆边缘的矿床数明显不均衡,其中14个超大型矿床中有10个分布在大陆边缘。分布在岛弧区的矿床全部为金矿,而以银为主要开采金属的矿床只有两个分布在大陆边缘。

成矿作用形成于复杂的地质环境中,一般与两个或多个方向发育的几个世代的断层或裂隙有关。矿床产出位置受区域性深大断层控制,多数情况下区域性大断层与火山口交汇部位是成矿的有利部位。大多数情况下,矿床并不直接产于深大断层中,火山口环形边界控制了某些金矿床的分布。这类矿床中均发育有断层或破裂,大多数为正断层,浸染状矿化主要产于孔隙度很高或破裂密集发育的部位,层面构造也是重要的控矿构造。如日本菱刈金矿1/3的矿石产于不整合以上的火山岩中,2/3的矿化形成于不整合以下的白垩系沉积岩基底中。最常见的区域构造环境是破火山口。破火山口环境的重要意义在于,它为年轻的热液系统提供极佳的流体通道系统,但也有一些矿床与火山口关系不密切,甚至直接产于沉积岩中的构造破碎带中,这类矿床的围岩对成矿影响不大。而Mckee(1979)统计的内华达31个破火山口中,只有2个是已知含矿的。Rytuba(1981)统计的美国西部125个破火山口中,仅有14个具有伴生矿,而这种含矿主要是因为破火山口产生了大型断裂系统,有利于对流热液和成矿液体流动所致。美国西南部第三纪火山岩区的浅成低温热液矿床的放射性同位素年龄数据表明,矿石的形成年龄比形成破火山口的火山活动要年轻得多。因此,在破火山口边缘及其围岩中的构造发育岩石中,似乎热液活动原本与破火山口活动无关,但与后期的次火山岩浆活动有关。

多数研究认为浅成低温热液矿床与中—新生代钙碱性火山岩区有关,包括基性—中酸性层状火山岩(安山岩),中—酸性(安粗岩—英安岩)岩流,酸性(高硅流纹岩)岩流穹隆,中—酸性破火山口和热液喷口。但Mckee(1997)统计的98个矿床中,仅有5个矿床产于硅质凝灰岩中,多数矿床产于安山质浅成岩和火山岩中。这是由于在热液活动期间,安山质火山碎屑岩具有高渗透性,并且安山岩在长期的矿化作

用中遭受断裂作用形成弧形或反弧形构造,并发育张裂隙和扩张孔所致。从环太平洋带14个浅成低温热液矿床的形成围岩看,其中有8个矿床与从流纹岩到安山岩的钙碱性火山岩有关,2个矿床与高钾钙碱性火山岩有关,1个矿床与岛弧拉斑玄武岩有关。这些矿床中,有3~4个矿床形成于爆破角砾岩中,3~4个矿床形成于流纹穹状杂岩中,1~2个矿床形成于火山灰流中,1个矿床形成于经历矿化事件的具崩塌构造的小型层状火山岩中,其他矿床形成于不确定的火山岩背景中。

浅成低温热液矿床的成矿时代一般较新,大多数形成于第三纪。形成于太平洋东岸岛弧的矿床比西岸大陆边缘的矿床平均年龄要晚。东太平洋岛弧区金矿床的形成年龄一般小于20 Ma,美洲西部的成矿年龄主要为39~10 Ma。我国东部浅成低温热液金、银矿床的成矿年龄为145~67 Ma。如二道沟金矿、五凤金矿、浙江遂昌金矿、福建紫金山金矿、粤东北嵩溪银锑矿等均形成于J—K。这段时期可能是浅成低温热液矿床形成的又一个重要时期。加拿大科迪勒拉西部的浅成低温热液矿床就形成于早侏罗世岛弧火山活动末期的安山岩中。浅成低温热液金矿床形成年龄较新的原因可能是由于这类矿床形成较浅,容易被剥蚀,矿床不易被保存造成的。在一定条件下也可保存下较早时期的矿床,如北美阿巴拉契亚造山带和澳大利亚北昆士兰地区和Lachlan造山带的一些浅成低温热液金矿床,其形成时代为古生代。我国新疆北部的阔尔真阔腊金矿、阿希金矿形成于泥盆纪和石炭纪。乌兹别克斯坦石炭—二叠纪造山带火山岩地区有碲化物产出。随着时代变老,矿床数目越来越少,在前寒武纪地体中,浅成低温型金属矿在加拿大安大略的Cobalt地区,苏必利尔湖的Silver湾,和加拿大西北地区的大熊湖、Bathurst湾区的那些小而富的银—钴—镍矿床就表现出很多这类矿床的地质特征。某些太古宙绿岩型金矿,如安大略省的Hemlo的那些矿床和南非的Muchison山脉的那些矿床,具有特征的低温浅成热液元素组合,包括Sb、Hg、Bi、As。这些矿床可能代表一种与大陆火山伴生的浅成低温热液矿床的太古宙原始同类物。

2 浅成低温热液型金、银矿床的基本特征

(1) 矿床形成于近地表。矿化最大深度不超过地表下1000 m,矿体可以具有相当大的长度,但在垂向上的长度平均为350 m。很少超过600 m。底部在

无矿围岩中或向下穿到次经济带中的矿带中, 含有贱金属硫化物。

(2) 脉状、网脉状和角砾状构造是矿床中的主要矿石构造, 还有条带状、壳状、多孔状、晶簇状, 以及由片方解石组成的网格状构造。

(3) 矿床形成于张性构造环境, 区域内具有良好的张性断裂体系和正断层。这些断裂系统通常与大规模的火山塌陷构造伴生。

(4) 矿化常常发生在具有良好分异的火山岩区、陆上火山碎屑岩和许多小型的次火山侵入体内。在未被强烈剥蚀的热液排放中心, 有时见到热泉矿床和火山喷气现象。

(5) 矿石与共生矿物在开放的裂隙中沉淀, 矿物沉积的重复循环比较常见。矿石矿物为细粒, 但常有粗粒的结晶良好的脉石矿物的次生加大边。某些交代结构也常见, 并以石英交代方解石呈假象为特征。

(6) 金、银是主要的有用金属, 同时还有较高含量的汞、砷、锑及微量的铊、硒和碲。金、银比的范围大, 银的丰度明显高于金。主要矿石矿物为自然金、自然银、银金矿、螺硫银矿和含银砷碲硫酸盐, 局部有硫化物的富集。常见方铅矿、闪锌矿, 铜常以黄铜矿形式出现, 但在有些矿床中形成硫砷铜矿、黝铜矿和砷黝铜矿, 有些矿床中还出现大量的辰砂、辉锑矿和硒化物。

(7) 脉石矿物主要由石英、方解石及少量的萤石、重晶石、绿泥石、白云石组成。硅以多种形式出现, 最常见的是石英, 也可见蛋白石、玉髓和方石英。

(8) 矿床含有一套矿石元素和微量元素异常: Au、Ag、Sb、Hg、Ti、Mo、W、Cu、Pb、Zn、Te、B 和 F。矿石元素在垂向上具有明显的分带, Cu、Pb、Zn、Ag 异常经常形成于矿体的下部, 近地表的元素有 Sb、Ti、Hg、Ba、As 和 F 等。矿石元素还出现侧向分带, Hg、Mn 和部分贱金属元素在蚀变带的周围形成分散晕。在西太平洋岛弧地区的新生代火山岩型金矿区往往为活动地热区, 在其地表径流中高度富集有特征的矿石元素和微量元素 Au、Ag、As、Sb、Hg、W 和 Ti。其高温区的元素异常垂直分带为: As、Sb、Au、Ti 富集在近地表, Ag、Se、Te、Bi、Pb、Zn、Cu、Co 主要富集在地热系的深部。

(9) 热液蚀变明显。贵金属矿化常与硅化有关。硅化带的两侧可以是伊利石—绢云母蚀变和黏土化, 这些蚀变都归属于大的青磐岩化蚀变内。在深部, 脉

状构造内含有冰长石; 靠近地表, 可以是大规模的泥化带为主, 其中含有明矾石。有些矿床具有铝质的高级泥化蚀变组合, 含有高岭石、绢云母、叶腊石, 与同源硬水铝石、锐铁矿。

但是不同类型的浅成热液矿床又可具有不同的特征, 我们这里按低硫化型、高硫化型和碱性岩型 3 种类型来描述。

2.1 低硫化矿床

就火山岩为围岩的低硫化型浅成热液矿床而言, 围岩是典型的钙碱或碱钙安山岩、英安岩、流纹岩安山岩或流纹岩。不论是低硅还是高硅, 这种矿床形成的地区总是有流纹岩, 它们作为主岩并没有什么意义。目前仍然认为流纹质火山作用与低硫化贵金属矿床具有空间关系, 与这类矿床共生的高硅质流纹岩含有较高的 Mo、W、F、Ni、Sn, 在某种意义上印证了 Burt 等提出的这类矿床产于含钼斑岩成矿系统的上部的说法。

矿石形成于开放的充填空间中, 具有脉状构造特征。胶状条带、壳状、梳状构造、角砾化构造及一些交代结构是这类矿床的典型组构。

矿石矿物主要有自然砷、自然铋、汞化物、金银矿、银硫化物、硫酸盐、银硒化物、贱金属硫化物等。其中能反映热液流体氧化—还原状态的矿物, 如毒砂和富铁闪锌矿是典型的低硫化态矿物, 它们在低硫化矿床中常见, 而在高硫化矿床中则少见或罕见。

围岩蚀变作用是由于 pH 近中性的热水产生的, 主要包括冰长石化、硅化、绿泥石化、绢云母化、泥化和青磐岩化。蚀变矿物组合具有分带现象, 在紧靠脉、网脉和裂隙附近的蚀变矿物有石英、冰长石、方解石、白云石、含锰碳酸盐和硅酸盐, 少量氟石和重晶石。在脉边缘的蚀变组合及裂隙蚀变包括高岭石、伊利石、绢云母、绿泥石、蒙脱石、钠长石、方解石、沸石。少数矿床中有绿帘石化、高岭石化和绢云母化大量形成于脉状构造上盘, 这种蚀变反映 H_2S 在矿液沸腾期间转变为蒸气相。泥化和绢云母化基本被限制在脉岩带中, 在地表常形成热泉及硅华。

含矿流体呈中到弱酸性, 具低盐度 (10%~5% NaCl), CO_2 、 CH_4 含量变化大, 低硫, 成矿温度为 200~300℃, 形成深度从小于 400 m 到 600 m 左右。

2.2 高硫化矿床

对以火山岩为容矿岩石的浅成热液矿床来说, 其围岩主要是钙碱性安山岩、英安岩、流纹英安岩, 偶见低硅流纹岩。在空间上与矿床共生的火成岩是斑

岩,典型的斑晶矿物包括斜长石、正长石、角闪石、黑云母及辉石类,这些斑岩、中性火山岩通常形成流纹—穹隆组合。这类矿床含丰富的硫及硫酸盐和硫化物,具有特定的矿石矿物(硫化物)组合,如 Hg、As 的硫化物、硫砷铜矿—四方硫砷铜矿组矿物、砷黝铜矿—黝铜矿组矿物、辉铜矿、自然银、银硫化物和硫盐、贱金属硫化物、碲化物等。

高硫化矿床的成矿流体可能与围岩蚀变流体不同。围岩蚀变在先,其流体呈酸性;成矿作用在后,其流体为中性。因此矿床中含有酸性条件下稳定的矿物,如明矾石、高岭石、迪开石、叶腊石、硬水铝石和绿黄晶。这些矿物组合构成了高硫化环境下初期淋滤过程形成的高级泥质蚀变组合。遭受酸性蚀变最强烈的岩石是一种被称为多孔硅化岩的二氧化硅残余,它常常是赋矿岩石,并伴有一个高级泥质蚀变晕,该蚀变晕向外依次形成伊利石、伊利石/蒙脱石或蒙脱石分带。典型的蚀变组合为泥化、石英—高岭石—钾云母、石英—伊利石—蒙脱石、石英—高岭石、明矾石—重晶石—叶腊石等。其蚀变分带特征为:在矿化构造及筒状构造中为硅化、石英—自然硫—重晶石、石英—叶腊石—氟氯黄晶组合,在高级泥化带附近为高岭石和绢云母等组合。

高硫型矿床的矿石组构变化较少,最为显著的特征是残余(多孔状)石英块体。成矿溶液由 200~250℃的酸性流体淋滤形成,在这种条件下不能形成硅化。

2.3 碱性岩型矿床

矿床的围岩以正长岩、响岩、橄玄岩、粗面岩为主,形成于各种环境中,如低平火山口—破火山口。碱性岩组分为: $\text{SiO}_2 > 45\%$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 8\%$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} < 1$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 1.7\text{FeO}$, $\text{Au} > 10 \times 10^{-9}$ 等。

矿石矿物组合包括: Ag—Au 的碲化物、银金矿、毒砂及含 Hg、Sb 的硫化物。含硫盐及一些贱金属硫化物。

蚀变作用包括硅化、碳酸盐化、绿泥石化、绢云母化、泥化。蚀变矿物分带表现为:近脉体蚀变矿物为石英、萤石、方解石或白云石、冰长石;脉边缘蚀变为钠长石、绿泥石、碳酸盐、绢云母、蒙脱石和伊利石。

浅成低温热液矿床中碱性岩型矿床比较少,研究得也不多。

根据 P. Heald 等的研究,低硫系列矿床与他本人划分的冰长石—绢云母型矿床可以对比,高硫化系列

相当于他划分的酸性硫酸盐型矿床。这两种矿床的区别主要在矿物组合上:冰长石—绢云母型矿床的矿物组合以绢云母蚀变占主要地位,有冰长石,此外有时有高岭石,常有硒化物,存在含锰的脉石矿物,常有绿泥石,无辉铋矿和硫砷铜矿;而酸性硫酸盐型矿床则相反,含硫砷铜矿、黄铁矿、铜蓝,广泛发育明矾石,数量较多的高岭石,无冰长石、硒化物,锰矿物和绿泥石稀少,有时有辉铋矿等。

另外,两类矿床中矿石沉淀与容矿岩石就位的时间关系也不同。据研究,酸性硫酸盐型矿床的矿石一般富含硫化物,矿石的沉淀看来发生在容矿岩石就位后不久(时间差小于 0.5 Ma)。而冰长石—绢云母型矿床的矿石沉淀作用几乎总是比容矿岩石的形成晚 1 Ma 以上。在尤里卡矿区,容矿岩石形成与矿石沉淀之间的时间间隔为 12~15 Ma。

在矿床的矿化规模上,每个矿区内,矿床的侧向延伸(1~200 km)远超过垂向延伸(200~1000 m)。酸性硫酸盐型矿床的垂向延伸一般不到 500 m,而冰长石—绢云母型矿床的垂向延伸范围可达 1000 m,其侧向延伸也比酸性硫酸盐型矿床大得多。

3 成矿成因和矿床模式

对成矿溶液的来源,早期以岩浆水为主的观点受到了挑战,矿床的流体包裹体和稳定同位素资料研究认为,浅成低温热液矿床是由相对较稀的、近中性到弱碱性的氯化物水溶液(5%NaCl 当量以下),经过沸腾或发泡放气、流体混合及氧化作用形成的,其形成温度一般为 200~300℃,最常见的是 230~260℃。流体在上升或侧向迁移过程中的沸腾或混合是 2 个重要的冷却过程。Pergera 金矿床的流体化学研究表明,成矿流体同时经历了岩浆热液金成矿的初始阶段,其中存在超高盐度的流体包裹体(32%NaCl 当量),这些流体代表着冷却下来的饱和盐度的岩浆源。同时在整个成矿过程中存在一种低盐度的被认为是大气起源经过演化的地下水。说明早期成矿溶液为以岩浆水为主,晚期成矿溶液以大气降水为主。目前在一些地区观察到的地表热泉大部分为大气降水来源。对成矿溶液来源的研究,多利用氢、氧、碳同位素示踪研究,近年来逐渐引入了 ^2He — ^{40}Ar 法及矿物包体中的 N_2 、He、Ar 等微量气体组成研究成矿溶液的来源。

矿石铅同位素研究认为,很多浅成热液型矿床中的成矿物质来自上地壳中,铅同位素组成落在造山带演化曲线之上,也有一部分铅同位素组成与其周围的

火山岩组成极为相似, 铅的来源可能与火山岩或岩浆流体有关。

现已对各种浅成低温热液矿床作了研究, 分别对不同矿床的成矿模式作了总结, L. J. Buchanan^[1]在综合了北美 60 多个产于火山岩系中的浅成低温热液金银矿后, 建立了“瓜那华托矿床综合性浅成火山热液金银矿床成矿模式”。该模式试图对整个浅成热液矿床的特点作出概括, 其主要思想为含矿溶液是由对流水体形成的, 对流水体中的水, 主要是大气水。当这种水循环到深部火山一沉积堆积物时, 形成热水, 并溶解了金属钾、钠、氯化物和硫, 形成低盐度的热液。这些热液在下部热力作用下, 通过裂隙系统上升。由于含矿热液存在较大的内压力, 当上升到地表附近时, 将发生沸腾。这种沸腾可以多次发生, 并且在不同时期内沸腾面的位置不一样。沸腾作用一方面形成爆破角砾, 在断裂裂隙附近形成细脉和网脉, 从而形成一个在沸腾面以上发育的漏斗状构造系统, 及由下部大脉构造和上部小脉构造和网脉组成的构造体系。由于沸腾作用, 使成矿溶液本身的物理化学条件发生剧变, 一方面使金属矿物沉淀出来, 一方面与围岩反应发生围岩蚀变。在沸腾面控制下, 下部形成贱金属矿床, 沸腾面之上形成贵金属矿床。这种沸腾作用是周期性发生的, 早期是强烈的沸腾期, 接着是无沸腾期或大大缓解的沸腾期。这样才有利于形成矿化分带。在热液上升过程中, 周期性沸腾使金属矿物沉淀。该成矿模式的另一个特点还在于, 提出了一个系统的矿物和蚀变分带型式, 因此受到了矿山地质工作者的欢迎。但该模式也遭到了异议, 特别是在实际研究中仅有少数矿床具有沸腾作用的迹象。还有些现象用沸腾作用不能解释, 如日本菱刈金矿, 常发现在较小范围内热液温度可由 250℃变到 200℃, 这样快的冷却速度不能简单地利用沸腾作用来解释, 也可能是与冷水混合的结果。冰长石和高岭石细粒集合体偶尔出现在石英脉中, 这与正常情况不符。正常情况下, 冰长石和高岭石多为绢云母稳定带所分隔, 两者不平衡共生。但如果在 150~200℃条件下, 且石英超饱和, 冰长石、高岭石也可以是稳定的组合。在本古矿脉中发现的特水硅钙石, 表明其形成于石英相对饱和的水中, 因此特水硅钙石的存在和冰长石、高岭石的共生表明上升流体的快速冷却。

Berger 等^[2]根据对世界上许多生产矿床的研究, 提出了浅成热液贵金属矿床的地质—地球化学概念模式, 分别对热液在不同的条件下的活动方式进行了总

结, 提出了 3 个表示浅成低温热液体系热液流动方式的主要流体力学单元: (1) 近地表至热泉喷口单位; (2) 上升、自由流动、向地表开放的 (物理上是开放的, 化学上是封闭的) 热液单元; (3) 周期封闭或抑制的流体单元, 其中封闭有热液胞及一些侧向流体。并据此建立了 3 个对应的模式。热泉沉积模式认为贵金属是在热液系统的近地表部分沉积的, 热液在地表表现为热泉、喷气孔或间歇泉, 并形成硅华, 泉华下面是强烈的硅化带、酸性硫酸盐及黏土蚀变带。开放对流模式认为, 大气水向下运动中, 受下部侵入体的热作用, 沿开放通道上升, 当体系压力超过围压时, 开始发生沸腾, 使 H₂S 和 CO₂ 等溶液气体从溶液中析出, pH 值发生变化, 温度降低, 因而发生沉淀作用。上面较冷的水或者先期形成的不渗透蚀变产物, 可以使析出的水蒸气和其他气体重新凝结并发生氧化, 产生酸性淋滤溶液, 使岩石蚀变。这种模式强调, 控制热液向上运移的构造通道是开放的, 可以使热液不断向上迁移。叠置热液胞模式提出, 热液在向上运移时受到了上部不透水层的阻挡, 使溶液发生侧向运动。在透水带, 因矿物沉淀引起的热液通道周期性封闭。当流体的内压上升超过围岩的强度时, 流体冲破围岩, 喷出地表, 形成构造裂隙并伴随有广泛角砾发育。由于溶液的叠加、周期性重复的成矿作用, 以及早期矿物的溶解交代, 形成复杂的矿物沉淀次序。

Sillitoe^[3]根据对环太平洋斑岩型矿床和浅成低温热液矿床的研究, 提出浅成低温热液矿床与斑岩型矿床相伴生的成矿模式, 认为一些浅成热液矿床是斑岩型矿床的高位体系。如美国北布莱克山第三纪火山岩中的金矿床, 在不整合面以上, 成矿温度低于 300℃, 矿化分为两个阶段, 第 1 阶段为石英—黄铁矿—辉钼矿—斜方辉铅铋矿—硬石膏—磁黄铁矿—黄铁矿组合, 第 2 阶段为黄铁矿—方铅矿—闪锌矿—黝铜矿—黄铜矿—冰长石组合, 为浅成低温热液矿床。向深部温度增加到 350℃, 金属分带为 Cu—Zn—Pb—Ag—Au—Mo—Bi, 表明深处矿化作用为与斑岩有关的深成中温热液环境。此外 Bonham^[4]、Cunningham (1991) 还分别建立了酸性硫酸盐型、冰长石—绢云母型、碱性岩型及玻利维亚火山穹隆贵金属矿床的成矿模式。

4 浅成低温热液矿床在我国的分布及找矿方向

浅成低温热液矿床在我国主要分布在 3 条成矿带

上: 环太平洋成矿带、三江成矿带和北天山—北山成矿带。其中环太平洋成矿带主要集中于两个地区, 一是东南沿海成矿区, 另一个是东北成矿区。与世界上其他浅成热液矿床相比, 在我国寻找该类矿床存在一些不利的因素。目前, 我国仅有台湾金瓜石金矿达超大规模, 而我国广泛分布的其他几个成矿床带, 矿床规模有限。近年来在新疆北部发现有浅成低温热液矿床, 但真正典型的浅成低温热液矿床主要是小到中型矿床。三江地区除发现金满为中型的浅成低温热液型铜矿床^[5]外, 至今没有发现成型的浅成热液矿床。另外, 我国的这类矿床形成时代较老, 不利于矿床的保存, 也是不利的因素之一。除台湾金瓜石矿床形成于第三纪外, 其他矿床主要形成于两个时期: 环太平洋成矿带、三江成矿带东侧, 其成矿时期主要集中在中生代的侏罗—白垩纪; 北天山—北山成矿带的成矿时代为泥盆—石炭纪。另外, 我国东南沿海成矿带, 银矿化高于金矿化, 形成一条以银铅为主的矿化带。但从空间上讲, 我国仍具有较好的浅成热液矿床的勘查前景, 全球 3 条重要的浅成热液矿床成矿带均经过我国, 地域上十分有利。近年来, 陆续在我国东部及华南地区, 北天山—北山一带及西南三江地区发现了浅成低温热液矿床。中国 3 条成矿带均具有有利的成矿背景, 东南沿海成矿带受中生代太平洋板块俯冲挤压和随后的剪切拉张, 发育了大面积的火山—一次火山活动, 并发现了一批中—大型规模的矿床。这一带以形成中到大型矿床的可能性较大, 不大可能形成超大规模的矿床。在矿床类型上, 东北地区以找金为主。近年来, 在该区发现了一系列较为典型的浅成低温热液矿床, 如团结沟金矿床、额仁陶勒盖银矿床、山门金矿^[6], 以及香炉碗子、五星山、刺猬猴沟、五凤、九十三沟^[7]、古利库^[8]等金银矿, 因此是今后找金的重要方向。华南一带应该以寻找银矿为主, 大岭口^[9]、梅仙、嵩溪^[10]等银金矿或独立银矿的发现, 为我们在这一带继续开展银金矿的勘探工作增加了信心。近年来在北疆相继发现了阿希、西滩大型金矿^[11]和索尔巴斯套、阿克提什坎、金山沟、康古尔、

阔尔真阔腊^[12]等一大批金矿床。该带广泛发育古生代岛弧成因的钙碱性火山岩, 因此是较好的成矿远景区。而三江地区, 发育有东西两条有利的岛弧火山岩带, 东带发现有浅成低温热液型铜矿和古热泉遗迹, 是开展铜矿找矿的有利地区。西带目前虽然仅发现有两河金矿, 但由于成矿时代新, 区内至今仍有大量热泉活动, 而且工作程度较低, 可能是很有找矿潜力的地区之一。

参考文献:

- [1] Buchanan L J. Precious metal deposits associated with volcanic environments in the southern Cordillera [A]. In: Dickinson W R, Payne W D. eds. Arizona Geological Society digest. 1981, 14.
- [2] Berger B R. The relationship of alteration and trace-element patterns [J]. Special Report Geothermal Resources Council, 1983, 13: 255.
- [3] Sillitoe R H. Characteristics and controls of the largest porphyry copper-gold and epithermal gold deposits in the circum-Pacific region [J]. Australian Jour. of Earth Sciences, 1997, 44: 373—388.
- [4] Bonham H F. Models for volcanic-hosted epithermal precious metal deposits: a review [A]. In: Volcanism, Hydrothermal Systems and Related Mineralization [C]. International Volcanological Congress, Symposium 5. Hamilton, New Zealand 1986, 13—17.
- [5] 颜文, 李朝阳. 一种新类型铜矿床的地球化学特征及热水沉积成因 [J]. 地球化学, 1997, 26 (1): 54—63.
- [6] 冯守忠, 冯森. 吉林山门金矿床地质特征 [J]. 贵金属地质, 2000, 9 (1): 15—19.
- [7] 刘斌, 马启波, 张哲. 延边东北部地区中生代火山—岩浆岩区金铜矿成矿特征 [J]. 贵金属地质, 2000, 9 (3): 149—154.
- [8] 杨芳林, 朱群, 李之彤, 等. 古利库金银矿床地质特征和成因 [J]. 贵金属地质, 2000, 9 (3): 15—19.
- [9] 周银河. 浙江大岭口银铅锌矿床地质特征及成矿模式 [J]. 矿产与勘查, 1989, 3 (6).
- [10] 蔡锦辉. 广东梅县嵩溪宝山银锡矿床成因探讨 [J]. 广东有色金属地质, 1996, (1—2): 6—10.
- [11] 韦成友, 薛春纪, 姬金生, 等. 东天山西滩浅成低温热液金矿床地球化学 [J]. 矿床地质, 2000, 19 (4): 322—329.
- [12] 廖启林, 戴塔根, 邓吉牛, 等. 新疆北部主要金矿床的成矿地球化学特征 [J]. 矿床地质, 2000, 19 (4): 298—305.

CHARACTERISTICS OF EPITHERMAL DEPOSITS AND THE
PROSPECTING GUIDE IN CHINA

CHEN Gen-wen¹, XIA Bin¹, XIAO Zhen-yu², YU Heng-xiang¹,
WANG He¹, ZHONG Zhi-hong¹, WANG Gou-qiang¹

(1. *Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou 510650, China;*
2. *Guangdong Touring Group, Guangzhou 510020, China*)

Abstract: The tectonic backgrounds of epithermal deposits are mainly island arc and arc-back extension belt. Most deposits of the type are formed in Cenozoic, with minority in Mesozoic and Palaeozoic. The structure of ore are of vein, stockwork and breccia. The ore bodies are charaterized by specific mineral assemblage, element belting and alteration zoning. The mineralization occurs in volcanic terrane that fractionate well. The mineralization depth is less than 1000 m. The mineralization temperature is in the range of 200 ~ 300 °C. The hydrothermal brine is dominated by low-salinity atmosperic precipitation. Based on the analysis for the condition of epithermal deposit formation in China, the authors propose favorable areas of mineralization in China.

Key words: epithermal deposit; characteristics of deposit; metallogenetic model

作者简介: 陈根文 (1964—), 博士, 矿床学专业, 主要从事砂岩铜矿和块状硫化物矿床研究工作; 通讯地址: 广州五山中国科学院广州地球化学研究所, 邮政编码 510650.

(上接第 161 页)

Key words: southeast Yunnan Province; Jinba; gold deposit; ultramicro-grained type; mineralization; prospecting condition; prospecting criteria

作者简介: 国家辉 (1942—), 男, 研究员, 1966 年毕业于长春地质学院矿产地质及勘探系, 主要从事金矿地质研究工作; 通讯地址: 沈阳市北陵大街 25 号, 邮政编码 110033.