

热泉型金矿床成矿地质环境及其在我国的找矿前景

卓维荣

热泉型金矿具有很高的经济价值,近年国际上该类型金矿的找矿获突破性进展。本文论述了该类型金矿成矿地质环境、地质特征,介绍了矿床模式和成矿机理;建议我国加强该类金矿的研究和勘查。

关键词: 热泉型金矿; 成矿地质环境; 成矿机理; 找矿前景

热泉型金矿床属浅成低温热液矿床,是在近地表火山温泉地热环境中形成的。这类矿床在全球分布广,单个矿床储量大,有的品位很高,且常伴生较丰富的Ag。近年来世界此类金矿的找矿工作取得了重大突破,如日本、菲律宾、新西兰、巴布亚新几内亚等,相继发现了数十个这类矿床,特别是波格拉和利希尔两个超大型矿床的发现,引起了地质界的重视,西南太平洋地区已成了金矿勘查的热点。目前,一个大规模的勘查活动正在长达1.2万km的太平洋岛链地区展开。研究矿床的成矿地质环境、地质特征及成矿模式,分析我国成矿地质条件和找矿前景,进而制订勘查战略,对我国金矿勘查实现新的突破将有重大意义。

热泉型金矿床成矿地质 环境及地质特征

矿床形成于中、新生代火山岛弧环境,矿床分布广而集中,目前发现的矿床全都集中于环太平洋、地中海—喜马拉雅、蒙古—鄂霍茨克这三条中、新生代火山岛弧带内,尤以环太平洋带最为集中。

热泉型金矿床与断裂构造关系密切。区域性深大断裂带严格控制着矿(化)带的空

间展布。矿床产在复杂的断裂构造区:火山构造——破火山口及其周围的放射状、环状断裂发育区;陡倾斜断裂构造——地堑、地垒发育区;大规模的走向滑脱断裂带;多组断裂构造的交汇复合区等。

热泉型金矿与岩浆热液活动,特别是火山岩浆及其热液活动关系密切。时间上,成矿作用与中、新生代,特别是第三纪岛弧或弧后扩张环境的岩浆(主要是长英质火山岩浆)—热液事件紧密相关;空间上,矿床产在复杂的火山环境中。大部分矿床的赋矿围岩为火山岩,矿床直接产在各类火山构造中。与火山温泉地热体系关系极为密切,大部分矿床都产在火山温泉或地热田中,许多矿床至今仍沸泉滚滚,热浪腾腾,金的成矿作用仍在持续。如安塔莫库矿床附近温泉泉华含金4g/t,日本别府温泉泉华含金56.5g/t,大分县一热泉含金高达238g/t,被称为“喷金的热泉”。

赋矿围岩和卡林型金矿不同。矿床产在褶皱基底之上的盖层沉积中,赋矿地层主要为新生界(特别是第三系),其次是中生界(主要是白垩系)。赋矿围岩岩性有两个显著特点:①不以碳酸盐岩为赋矿围岩,而主要产在火山碎屑岩(集块岩、角砾岩、角砾凝灰岩)和火山凝灰岩中,或产在碎屑沉积

岩(冲积扇或河流环境砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、砂岩、粉砂岩和湖环境粉砂岩、炭质泥质砂岩)中;②赋矿围岩均具有较大的孔隙度和渗透性。

矿石物质成分比较复杂。金颗粒较细,常呈微粒浸染状。一般显微镜下难以见到自然金颗粒,大多数矿床金呈碲化物、铋化物形式产出。矿石含银较高。含金银的矿物以银金矿、碲金矿、辉硒银矿、辉银矿、深红银矿最常见,其次是自然金、自然银、碲金银矿、碲银矿、针碲金银矿、硒银矿、角银矿、辉铋银矿、卤银矿、氟溴银矿、淡红银矿等。伴生金属矿物常见的是黄铁矿、白铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿,另有少量辉铋矿、黝铜矿、斑铜矿、辰砂和毒砂等。脉石矿物常见的有石英、高岭石、明矾石、绢云母、绿泥石、绿帘石等,有的矿床还有冰长石,次要者有方解石、萤石、沸石和重晶石等。

矿床有一套典型的微量元素组合,最具有指示意义的是Hg、Sb、As、Tl,有的还有Pb、Zn、Cu、Ba等。

流体包裹体和同位素研究表明,成矿与热泉和地热成因关系密切。同一矿床流体包裹体温度有不同值域,如菱刈矿床为100~160~220℃至210~260℃,辛诺拉矿床为140~190℃至270~310℃,阿库潘—安塔莫库矿床为205~245℃至255~285℃。表明成矿作用温度较低,主要为100~250℃,少数有达310℃者。成矿具有多期、多阶段的特点,随成矿作用的进行温度逐渐降低。根据上述温度区间流体沸腾压力推算,其成矿深度为100~1100m(有的推断最大深度为1800m),成矿环境为浅成低温环境。

流体包裹体和温泉水中含H₂、O₂、HO、F、Cl、B、I、CO、CO₂、HCO₃、N、NO、NO₂、NH₃⁺、CH₄、H₂S、S、SO₂、SO₄、Ar、He、Ra、Rn等组份,但其总量只有0.1~4.6%,一般小于4%,盐

度低。流体中有氧化组份加入,具有大气水渗和性质。

从同位素资料分析,阿库潘—安塔莫库矿床热泉中的 δD 值为-71~-57, $\delta^{18}O$ 值为3.2~6.1。老村庄矿床的C‰为-25.1~-24.2, $\delta^{34}S$ ‰为-10.1~+21.6,变化范围大。而含矿层中黄铁矿的 $\delta^{34}S$ ‰为-8.0~-3.5,与硫化物矿脉中的黄铁矿 $\delta^{34}S$ ‰(-6.8~-3.6)很接近。辛诺拉矿床 $\delta^{34}S$ ‰为-3.58~-0.52,具轻硫性质。菱刈矿床硫同位素资料也表明硫主要来自岩浆,但有围岩成分加入。可见,成矿流体具有深源(岩浆)水与大气水混合的特点。

成矿时代很新,大部分矿床形成于第三纪,如博迪矿床为7.1~8.2Ma;朗德山矿床为25Ma和9.5Ma;辛诺拉矿床为14Ma;菱刈矿床更新,为4Ma和1Ma。

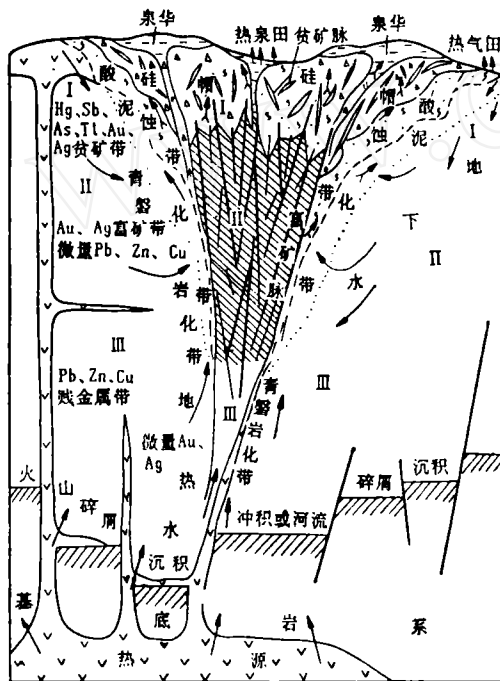
这类矿床又称为低品位、大储量矿床。据丹尼斯等主编的《矿床模式》一书所列热泉型金矿储量模式,90%的矿床矿石储量可达130万t,50%的矿床可达930万t,10%的矿床可达6600万t。如辛诺拉矿床金储量100t,麦克劳林矿床100t,朗德山矿床261t,老村庄矿床170t,菱刈矿床120t,阿库潘—安塔莫库矿床350t,波格拉矿床420t,利希尔矿床500t*。矿床品位一般较低,据《矿床模式》提供的资料,金平均品位:90%的矿床为1.4g/t,50%的矿床为2.6g/t,10%的矿床为4.7g/t。有的矿床平均品位很高,或有部分富矿,如波格拉金矿有金品位达25.5g/t的富矿带,智利埃印第奥矿床富矿部分金品位达271g/t,菱刈矿床平均品位达80g/t,其中菱泉1号脉含Au达644.5g/t,芳泉1号脉含Au高达1495.7g/t。矿床一般均含有可供综合利用的银,朗德山、辛诺拉、老村庄、菱刈、波格拉、利希尔等矿床伴生银储量均达数百吨至上千

* 有的资料介绍远高于此数。

吨。

成矿模式和成矿机理

国外对热泉型金矿模式的研究程度较高，建立了诸如“描述模式”，“品位储量模式”等。现据V.F.霍利斯特和B.R.博尔赫等的资料，将热泉型金矿成矿模式概括于附图，并简述如下：



热泉型金矿成矿模式图

1. 蚀变带

又称贫矿带，由大量蚀变岩石和部分矿化及温泉排出物组成。

(1) 泉华 为热泉的矿化作用和在地表的排出过程中，于热泉露头处沉淀而成。它是热泉沉淀的富硅残余物。泉华是热泉型金矿极好的找矿标志，往往指示其下有温泉存在。泉华中常含有较高的Hg、Sb、As及Tl，有时还含微量Au、Ag。如果泉华中有Au、Ag异常，那就预示着其下可能存在金银矿脉。

(2) 硅化带 或称硅质蚀变带，常发

育于泉华之下，其底部与热泉活动时存在的潜水面一致。常包括硅帽、酸蚀带、网状硅质脉、热液喷发角砾岩脉等。硅帽由团块状、不规则状热液硅质岩、角砾岩和强硅化围岩组成，呈面状产出，常覆于网状硅质脉和热液喷发角砾岩脉之上。酸蚀带是在近地表环境中，由于富含 H_2S 和 CO_2 等气体的热液流体与近地表水和一中一碱性溶液混合，产生 H_2SO_4 和 H_2CO_3 等酸性溶液和气体，与围岩发生反应，强烈溶滤围岩，因氧化硅溶解度低而沉淀，形成细粒、粉状、凝絮状石英，充填交代围岩而成。网状硅质脉和热液喷发角砾岩脉是热液通道的标志；硅质脉是热液充填形成的；热液喷发角砾岩脉是热液通道被多次充填堵塞一爆炸裂开形成的，是迅速上流的浅部热液沸腾和水热爆炸作用的产物，常具多次成脉和成（角砾）岩特征。硅化带中常有黄铁矿、白铁矿，有时还有辉锑矿、闪锌矿、方铅矿、辰砂和雄黄、雌黄等。它们主要出现在热液喷发角砾岩、硅质脉或硅帽中，在整个蚀变带内形成一个硫化物内核，其外为酸蚀带、泥化带和青磐岩化带。硅化带内最主要的非金属矿物是氧化硅矿物，通常为乳白色、微粒状石英，有时为玉髓及无水蛋白石，常见高岭石、明矾石、冰长石、绢云母、绿泥石、蒙脱石，有时还有萤石、方解石等，但它们的分布是无规律的。硅化是热泉型金矿最好的找矿标志，在火山温泉地热系中，如有硅帽，特别是网状硅质脉发育，则可能指示它处在比地表热泉深一点的地方；如恰恰在热泉的下面，则预示其下可能有金银矿脉。如发现多次热液沸腾作用形成的含硫化物石英脉和热液喷发角砾岩，则往往就是矿脉露头。

(3) 泥化带 又称泥质蚀变带或粘土化带。与酸蚀带无截然分界，通常位于酸蚀带之外或部分重叠产出。在形成酸蚀带的过程中，云母、长石等矿物蚀变成粘土矿物。此带中常见高岭石、绢云母、明矾石、蒙脱

石等及少量石英、绿泥石、绿帘石及黄铁矿等。高岭石和明矾石具有找矿指示意义。特别是明矾石，一些大型的热泉型金矿常与含明矾石的硅帽有关，而富含高岭石和明矾石、但缺氧化硅矿物的硅帽，常无重要的金银矿化。

(4) 青磐岩化带 普遍发育于以火山岩为围岩的矿床中，相当于泥化带的位置或稍外。日本的一些矿床中，多距金矿脉20~30m发育。系火山岩遭受绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化形成的。这个带的矿物有基性斜长石、绿泥石、绿帘石、碳酸盐矿物、石英、钾长石及黄铁矿、斑铜矿等。该带对寻找以火山岩为赋矿围岩的矿床具有极好的指示意义，特别是其中的钾长石化往往是近矿蚀变的标志。

除上述蚀变外，有人进一步细分出高岭石化、明矾石化、冰长石化、钾长石化、碳酸盐化、黄铁矿化等蚀变。

整个蚀变带的金银矿化，主要是与迅速上涌的浅部热液沸腾作用和热液喷发角砾岩化作用有关的细网脉矿化，规模小、品位低，普遍含Hg、Sb、As、Tl异常和微量Pb、Zn、Cu。

2. 富矿带

以富含Au、Ag和微量Pb、Zn为特征，是热泉型金矿的主要成矿部位，也是勘探的主要对象。

这个带常处于硅化带之下，距地表热泉100~300m深，形成于热泉活动期潜水面以下，由富含Au、Ag的单脉状、复脉状、网脉状矿体及其间的蚀变岩石组成。富矿石常具复杂的条带状、玛瑙纹带状、网脉状、角砾状构造。金属矿物主要是含金银的碲、锑、硒化合物和黄铁矿、白铁矿、闪锌矿、辉锑矿、方铅矿、黄铜矿、斑铜矿等，少量自然金、自然银呈微粒浸染状产出。脉石矿物有石英、冰长石、玉髓、钾长石等。近矿围岩蚀变和贫矿带相似（如硅化、泥化、青

磐岩化）。

3. 贱金属带

位于富矿带之下，主要是热液沿断裂弯曲、交切部位充填形成的较单一的石英脉；角砾构造较少，是金银矿体的根部。围岩蚀变由以高岭石化、蒙脱石化为主的泥化组合，转化为含绿泥石、绿帘石、钠长石、钾长石、石英、黄铁矿、方解石组合的青磐岩化，还有绿泥石—蒙脱石—方解石—石英过渡型蚀变。这个带常出现铅、锌、铜矿化，而只含微量Au、Ag，故称贱金属带。随深度加大，贵金属逐渐减少，而贱金属越来越占优势。靠近富矿带的Pb/Zn值较高，随深度增加Pb/Zn值降低；以非硫酸盐形式存在的Cu含量随深度增加而增加。在这个带中，Ag主要赋存在方铅矿中，Au及其碲化物则处于稳定状态。这个带往下逐渐变为绿泥石脉和含铁氧化物的石英脉，就基本不含Au、Ag了。

关于热泉型金矿的成矿机理，C.E.纳尔逊和D.L.贾尔斯等认为：在100~300℃的地热储中，升高温度，降低Eh值和pH值，从中性到碱性转化可以增大地热流体中Au的溶解度，从而形成富含Au的热液流体。Au矿源岩潜力的大小不完全取决于其在源岩中的含量，而主要取决于Au是否以易活化溶出的形式存在。Au的运移则取决于溶液中Au的浓度、热液流体的温度、压力梯度和运移通道等。Au的沉淀可能有不同的机制。有人认为，不同流体的混合导致Au沉淀；即近地表的酸性水与上升的中—碱性溶液的被动混合，导致二硫化物络合物不稳定而沉淀出含Au的沉淀物。但大多数矿床学者强调，热液喷发沸腾作用为金沉淀的主要机制。即在活动的地热储中，岩浆的侵入或喷发乃至地震活动，都可能触发热液喷发事件。这些作用会使地热储中的孔隙压力突然增大，当地热储中的流体压力超过围岩载荷和岩石抗张强度之和时，就会产生水力压

裂作用。水力压裂使热液流体通过岩石节理、裂隙、断裂构造或岩石孔隙等运移。水力压裂作用究竟是发展为热液喷发还是通过热液流体沿先成的构造薄弱带贯入而耗散能量,取决于热液流体的有效能量。当流体具有足够高的有效能量,流体沿通道运移达地热储上部的可渗透性岩层和断裂等构造系统时,由于通道的突然开启,围岩压力释放,流体压力梯度增加,引起流体沸腾,并抬升至近地表几百m处,从而使Au从深部被带上来,进入沸腾水面之上的热泉环境中。沸腾作用导致含矿流体冷却、氧化和pH值升高,使金与黄铁矿、石英及一套独特的元素组合共同沉淀下来。高流量之后,多次重复出现的水力压裂和热液喷发导致金的多次叠加沉淀,从而在温泉地热环境中形成具有经济价值的金矿床。

加强热泉型金矿的研究 和勘查

我国热泉型金矿床发现甚少,对其研究也不够。东南沿海,特别是台湾和海南诸省,处于太平洋中、新生代金成矿带西带中段;西藏及云南西部处于地中海—喜马拉雅中、新生代金成矿带东段,内蒙古、黑龙江

和吉林三省(区)北部处于蒙古—鄂霍茨克中、新生代金成矿带东段,具有热泉型金矿成矿的有利大地构造环境。上述地区又是板块俯冲碰撞作用形成的强烈褶皱冲断区,断裂活动复杂而强烈,具备热泉型金矿成矿的良好区域构造条件。这些地区又是我国中、新生代岛弧型火山岩发育区,火山岩浆,特别是长英质火山岩浆活动强烈,与这些岩浆活动相联系的深部热源和浅部温泉地热活动很普遍,具有热泉型金矿成矿的极为有利的岩浆—热液条件。

近年来发现的海南某金矿,其大地构造环境、成矿地质条件和矿化特征与日本菱刈金矿床相似。云南西部发现的两河金矿具有典型热泉型金矿床的一系列特征。因此,今后我国应特别重视和加强对热泉型金矿的研究和勘查,研究成矿环境和成矿模式,加强矿床开发和综合利用的研究,这对于我国金矿勘查取得新的突破将具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] 潘传彪,黄金,1988,第3期。
- [2] V. F. Hollister,地质地球化学,1985,第9期。
- [3] C. E. Nelson等,地质地球化学,1987,第12期。

Metallogenetic Environment of the Hot Spring Type Gold Deposit and Its Prospects in China

Zhuo Weirong

Hot spring type gold ores are provided with a great economical value. In recent years breakthroughs in exploration work for gold ores of this type have been made in some other countries. In this paper metallogenetic environment, geological features, metallization pattern and mineralogical mechanism are discussed. It is suggested that the investigation and prospecting for such type gold ores should be strengthened in our country.