

浅成热液金银矿床的沸腾-酸化成矿模式研究

林文通

(合肥工业大学, 合肥 230009)

关键词 地热系统、金矿化特征、沸腾作用、酸化作用、金矿床的垂直分带

近年来,对与中—新生代陆相火山活动有关的浅成热液金银矿床的成矿模式,如环太平洋全球性火山带金银成矿带内的金银矿床的成矿模式深受重视,对浅成热液金银矿床的沸腾-酸化成矿模式尤为赞赏。该模式是 Reed 和 Spycher(1985,1989)等通过对现代活动的地热系统的金银矿化特征的详细观察与研究,并结合模拟实验而提出来的。

1. 浅成热液金银矿床的沸腾-酸化成矿模式的金矿化特征 浅成热液金银矿床的沸腾-酸化成矿模式的金矿化特征主要表现为较深部为贱金属脉型、网脉型金矿化,较浅部为热泉型金矿化。

在区域性构造-岩浆活动所形成的地壳深部地热库的影响下,下渗的大气降水或海水和地层中各种形式的封存水被加热,形成地下热水。地下热水具有较高的淋滤性。在地热库热能的驱动下发生对流和环流等的热水循环,从围岩中浸取出金、银等成矿组分,形成含矿的地下水热液。它们在从深部向地表上升贯入构造裂隙的过程中,会引起压力、温度骤降,而产生沸腾。减压过程引起热液沸腾,使 CO_2 、 CO 、 SO_2 、 SO_3^{2-} 、 H_2S 、 F 、 Cl 等酸性气体大量逸出,热液的 pH 值明显升高,热液的温度进一步降低。造成自然金、黄铁矿、铜、铅、锌等硫化物及碳酸盐沉淀,形成地热系统中较深部的贱金属脉型、网脉型金矿化。

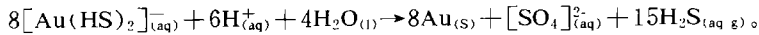
在来自潜水面附近的地下水游离氧和下渗的富氧大气降水的作用下, H_2S 被氧化成硫酸盐溶液,并使浅部的岩石遭受到广泛的酸性淋滤和酸化作用,形成强烈的绢云母化、高岭石化和硅化为主的粘土矿物蚀变带和淋滤硅化带(石英、玉髓及蛋白石)以及自然金、银金矿、黄铁矿、汞、锑、砷等硫化物及硫酸盐等的沉淀,形成地热系统中较浅部的热泉型金矿化。

2. 浅成热液金银矿床的沸腾-酸化成矿模式的成矿机理 沸腾过程中金的沉淀主要取决于沸腾热液的化学组分和性质:在还原硫浓度较低或金属/还原硫比值较大的高温、高盐度、酸性热液、氧化环境时,金主要呈 $[\text{AuCl}_2]^-$ 、 $[\text{AuCl}_4]^-$ 络合物形式存在;在还原硫浓度较高或金属/还原硫比值较小的中低温、弱酸—弱碱性热液、还原环境时,金主要呈 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 络合物存在;而在还原硫浓度很高,甚至过量或金属/还原硫比值极低的中低温、碱性热液,还原环境时,金主要呈 $[\text{AuS}]^-$ 、 $[\text{AuS}_2]^-$ 络合物形式存在。

沸腾作用引起高温、高盐度、氧化环境,酸性热液中的贱金属硫化物产生大量沉淀,造成热液中的还原硫强烈亏损,促进金氯络合物分解,沉淀出自然金和黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿及方解石等,形成了地热系统较深部的贱金属脉型、网脉型金矿化。

含有浓度较高的还原硫或金属/还原硫比值较小的中低温、弱酸—弱碱性热液还原环境的沸腾过程中,金呈 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 络合物稳定存在于液相中,并被长途迁移到近地表的热泉环境中。这是由于 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 络合物具有较大的稳定性,因此,沸腾并不使金从含有较高还原硫的天然热液中沉淀下来。这种热液类似于新西兰的布罗德兰兹地热系统的热液。

当这种类似于布罗德兰兹的含金沸腾热液上升到地热系统浅部热泉环境中时,由于富氧的地下水的作用,可使 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 络离子氧化沉淀出自然金:



含有浓度很高,甚至过量的还原硫或金属/还原硫比值极低的中低温、碱性热液、还原环境的含金沸腾热液被下渗的酸性硫酸盐溶液酸化时,产生了金的矿化。在深部高温沸腾过程中,各种稳定的化合物或络合物与金的络合物一起随沸腾热液迁移到浅部热泉环境中的 Hg、Sb、As 等,在酸化作用过程中呈雄黄、雌黄、辉锑矿、辰砂、深红银矿和淡红银矿等硫化物、硫盐与自然金、银金矿共沉淀,产生粘土矿物的酸性蚀变带和淋滤硅化带,形成绢云母、高岭石、冰长石、玉髓、蛋白石、明矾石、重晶石等,形成了热泉型金矿化。

除了酸化作用促使自然金、银金矿等在热泉环境下大量沉淀外,更为主要是,由于含金沸腾热液因受阻而增加压力,引起热液爆发,促进了金的沉淀。金矿物与水热爆发角砾岩共存证实了这一问题。另外,玉髓质泉华、蛋白石质泉华、晶洞氧化硅、硅帽等也是热泉型金矿床的重要特征。目前,在环太平洋火山带的全球性金银矿带中发现的众多热泉型金矿床,可分为典型热泉型:美国麦克劳林、哈斯布鲁克、哥登克罗斯,日本菱刈,中国云南两河等金矿床;卡林型:美国卡林、波斯特,中国东北寨、桥桥上、丘洛、二台子、石峡、三都—丹寨等金矿床;板其型:板其、丫他、紫木囱、金牙、高龙、罗楼等金矿床。

3. 浅成热液金银矿床沸腾-酸化成矿模式的金矿床垂直分带 浅成热液金银矿床沸腾-酸化成矿模式的金银矿床存在着明显的垂直分带。例如,美国的卡林金矿带的波斯特(卡林型)金矿区(含金 2g/t,储量 40t)的深部的贱金属脉型、网脉型硫化矿床(含金 7.5~13.5g/t,储量 271t)。它们伴生的机理是:被地热库热能所驱动的含矿地下水热液在沿裂隙系统上升过程中,随环境条件的变化,在适当的深度将所含的金属依次沉淀下来,分别形成贱金属型和热泉型金矿床。因为含矿热液在上升到一定的深度部位时,因减压而发生沸腾,使金属沉淀。在沸腾热液中金属沉淀的部位,基本上是随热液沸腾面位置的变化而变化。大多数贱金属型金矿带位于沸腾面之下,而热泉型金矿带则主要位于沸腾面以上,沸腾面附近则常为二者的混合带。

浅成热液金银矿床的沸腾-酸化成矿模式金矿床垂直分带的原因是沸腾改变了成矿温度。贵金属及挥发性金属的沉淀温度为 200~300℃,平均为 240℃。而贱金属硫化物矿物的沉淀温度略高、成矿部位较深、成矿时间也较早,形成贱金属型金矿化。而且,沸腾会改变热液的组分和性质。因为沸腾使大量的 CO_2 和部分 H_2S 等酸性气体逸出,热液的 pH 值、盐度、氧逸度变化, $(\text{HS})^-$ 、 S^{2-} 的活度增高,得以形成金硫络合物、金硫氢络合物,并与 Hg、Sb、As 的化合物或络合物一起迁移,产生共沉淀,形成金/银比值较高的热泉型金矿化。这两种金矿化是两种不同化学组分和性质的热液沸腾和酸化的结果。而这两种金矿床常一起伴生产出的原因,极大可能是:沸腾过程中浅成热液化学组分和性质的演化,造成化学组分和性质不同的两种热液先后在同一地热系统中活动,并分别富集成矿。