

从塑性—脆性变形转变过程中银金元素  
迁移聚集的微观机制\*

王小凤 白嘉启

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

作者(1987)曾提出,花岗岩由塑性—脆性变形转变过程中,重稀土元素迁移聚散的微观形变、相变机制。此后又在韧性剪切型金矿研究中又(1991)提出,在岩石流动过程中金元素活化迁移的微观机制。本文以江西万年虎家尖银金矿为例,阐明岩石由塑性—脆性变形转变过程中,银金元素迁移聚集的微观机制。

1 虎家尖银金矿床矿化富集过程

NE 向虎家尖压扭性断裂带,与之平行的褶皱带,其内一套从塑性剪切—脆性剪切—脆性张剪的动力变质岩带构成本区控矿与储矿构造。通过对该构造成矿带宏观与微观、形变与相变相结合的研究,认为它经历了三个变形—成矿阶段:塑性剪切—成矿阶段、脆性剪切—成矿阶段及脆性张剪—成矿阶段。在这演变过程中,银金元素发生活化,并逐渐向塑性变形的高应变区及脆性变形的应力集中区聚集成矿(见表 1)。

表 1 虎家尖银金矿带成岩成矿过程

成岩成矿阶段	I	II	III
构造应力场 ( $\sigma_1$ )	NW-SE	NW-SE	NE-SW
$\sigma_1-\sigma_3$ (MPa)	165~211		
$t$ (°C)	265~299	332~268	
地壳深度 (km)	10	5	
岩石变形	塑性变形 (塑性流动)	脆性变形 (碎裂流动)	脆性变形
结构面力学性质	塑性剪切, 反扭—顺扭	脆性剪切, 顺扭	脆性张剪
动力变质岩类型	千糜岩, 石英质糜棱岩	碎裂岩, 碎斑岩, 断层泥	角砾岩
石英脉类型	古石英脉	网脉	梳状、晶洞、晶簇
Ag 富集部位	塑性变形高应变区	脆性剪切变形应力集中区	脆性张剪破裂叠加区
	Ag 初步聚集形成高丰度区	Ag 高度富集形成高品位区	Ag 再次富集, 形成最高品位区
矿石结构构造类型	浸染状、条纹状、透镜状、塑性流动构造	碎裂、碎斑、脉状、碎裂流动构造	条带状、脉状、角砾状

第一阶段(塑性剪切—成矿阶段):在 NW-SE 向压应力作用下,岩石处于塑性流动状态,形成了 NE 向虎家尖塑性剪切带(反扭→顺扭)。与之相伴长石发生水解弱化作用,可溶的  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}^+$  随流体向高应变区迁移,导致粉砂质千枚岩、凝灰质千枚岩转为千糜岩和石英质糜棱岩(古石英脉)。同时其内的 Ag、Au、S、As 化物流体在高应变区沉淀聚集,形成浸染状、条纹状、透镜体等具塑性流动构造的矿石,构成银、金高丰度带。

\* 国家自然科学基金项目和地矿部行业基金项目资助

第二阶段(脆性剪切-成矿阶段):在NW-SE压应力作用下,岩石从塑性流动向碎裂流动转变。NE向虎家尖构造带由塑性剪切向脆性剪切(顺扭)转变,即在NE向密集折劈带基础上发育为NE向剪切破碎带,由一套具有碎裂流动构造的碎裂岩、碎斑岩带组成。在脆性剪切变形应力集中区,岩石渗透率相对增高导致Ag、Au、硫、砷化物流体向此应力集中区迁移并高度聚集,成为银、金高品位区,构成碎裂、碎斑、脉状等具碎裂流动构造的矿石。

第三阶段(脆性张剪-成矿阶段):在NE-SW向压应力作用下,地壳浅部的NE向虎家尖构造带由脆性剪切向脆性张剪转化,沿NE向剪切面发生启张,造成大量SiO<sub>2</sub>流体沿之形成大量梳状石英脉和张性角砾岩带。在这种脆性张剪叠加区,岩石渗透率相对最高,导致Ag、Au、硫、砷化物流体沿其迁移和集中,构成该成矿带中最高品位区,形成条带状、脉状、角砾状富矿石。

## 2 从塑性向脆性变形-成矿阶段演化过程中,银金元素迁移聚集的微观机制

(1)揭示银金的富集部位、赋存形式与岩石流动之间的关系,阐明变形-成矿过程中,Ag、Au元素活化迁移聚集的形变相变机制:①构造成矿带从塑性流动向碎裂流动的转变过程中,流体、变质反应、碎裂流动和晶体塑性流动之间的相互作用,能量转变作用,造成了银金元素的活化,并逐渐向塑性变形的高应变区和脆性变形的应力集中区迁移聚集成矿。②塑性剪切变形的高应变区由千糜岩和石英质糜棱岩带组成,其内石英晶格位错密度较高( $\bar{\rho}=165\sim 211\text{ cm}^{-2}$ ),形成大量晶格缺陷,能谱分析含Ag 0.5%~2.19%,这是导致银活化迁移聚集的超微机制,构成银金的高丰度带。③脆性剪切变形的应力集中区,由一套具有碎裂流动构造的碎裂变质岩带组成,构成银金高品位区,为主矿体。④脆性张剪破裂叠加区,由具有梳状构造、石英脉和角砾岩带组成,构成银金最高品位区。

(2)石英脉的类型是不同变形-成矿阶段和矿化富集程度的标志:在变形-成矿演化过程中,石英脉有从古石英脉→网脉→梳状、晶洞、晶簇状石英脉转变的特点,其石英结晶体、CO<sub>2</sub>与H<sub>2</sub>O光密度比值(红外光谱测定)升高,银金品位也随之升高。

(3)矿石结构构造类型也是不同变形-成矿阶段和矿化品位的标志:在变形-成矿演化过程中,矿石的结构构造有从塑性流动构造(浸染状、条纹状、透镜状)→碎裂流动构造(碎裂、碎斑、脉状)→脉状、条带状、角砾状构造演变的特征,其银金品位有升高的趋势。

根据以上所述,对于银金矿的找矿方向,首先应该寻找北东向塑性剪切带的高应变区,在此基础上确定有脆性变形叠加的应力集中区做为指导找富矿体的靶区。

# 构造应力场与成岩成矿同步演化研究的进展

王建平

(中国地质科学院地质力学研究所,北京 100081)

矿田构造学工作的中心应该在时间和空间上把握住成岩成矿与构造同步演化的关系。近代构造学将全球构造、区域构造和控制矿田、矿床、矿体的构造,乃至某些矿石结构构造、金属元素在矿石中的赋存状态,都归结于构造应力场及其变化所造成。80年代以来,我国