

紫金山矿田的斑岩-浅成液成矿系统*

Porphyry-Epithermal Deposit System in Zijinshan Orefield

张德全 李大新 丰成友

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

Zhang Dequan, Li Daxin, Feng Chengyou

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

摘要 紫金山矿田中绢云母-冰长石型浅成热液矿床、酸性硫酸盐型浅成热液矿床和斑岩矿床是以花岗闪长斑岩侵入体为中心的斑岩-浅成热液成矿系统的产物。其中,斑岩矿床与发育于花岗闪长斑岩顶部的高盐度岩浆流体有关;酸性硫酸盐型浅成热液矿床是近岩浆源的、从改造斑岩矿床后形成的含岩浆挥发分的热水中淀积形成的;而绢云母-冰长石型浅成热液矿床则是被侵入体侧向加热、侧向流动的中性-弱酸性热水淀积产物(相当于远成热液矿床)。

关键词 绢云母-冰长石型浅成热液矿床 酸性硫酸盐型浅成热液矿床 斑岩矿床 紫金山矿田

本文从福建紫金山矿田中的酸性硫酸盐型铜-金矿床、绢云母-冰长石型银-金矿床和斑岩铜矿床的地质-地球化学特征出发,讨论了三者之间的成因联系。

1 地质概况

紫金山矿田位于福建沿海中生代火山岩带的内侧,矿田呈北东向展布,在北东长 14 km、宽 8 km 的范围内,已发现金、银、铜矿床 7 处,其中控制储量达大型规模者 2 处。

矿田中主要出露晚侏罗纪花岗岩和早白垩世火山-侵入杂岩。尽管紫金山矿田的矿体在时空上与早白垩世花岗闪长斑岩有成因联系,但是该矿田中的大部分矿体都产于基底的紫金山花岗岩中。该岩体大面积分布于该矿田的中部,中粗粒碎裂花岗岩和中细粒黑云母花岗岩的 Rb-Sr 等时线年龄分别为 (157 ± 7.3) Ma 和 (141 ± 6.7) Ma (张德全等, 2001)。

早白垩世火山岩主要分布于区域西南侧的上杭-碧田白垩纪火山盆地中,而早白垩世侵入岩则趋向产于矿田的 NE 部。早白垩世石帽山群火山岩呈角度不整合复盖于晚侏罗世紫金山花岗岩之上。其由下部厚 900 m 的英安质、粗安质熔岩和火山碎屑岩以及厚 570 m 的上部流纹质熔岩和火山碎屑岩。紫金山矿田中的大部分铜、金、银矿体都产于靠近该不整合面之下的晚侏罗世紫金山花岗岩中。石帽山群下部层序中的英安岩和上部层序的流纹岩的全岩 Rb-Sr 等时线年龄分别为 (125 ± 9.8) Ma 和 (94 ± 7.7) Ma (张德全等, 2001)。罗卜岭花岗闪长斑岩是早白垩世侵入岩中出露面积最小 $(608 \text{ m} \times 100 \text{ m})$, 形成晚的浅成侵入体。它侵入于中寮花岗闪长岩体,全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 (105 ± 7.2) Ma, 它是石帽山群下部火山岩和上部火山岩喷发间歇期侵位的浅成侵入体,控制了中寮斑岩铜矿床的成矿作用。

钻孔资料表明,从地表往下,罗卜岭花岗闪长斑岩体急剧膨大,在 100 m 标高(地表出露标高在 400~500 m 之间)的深处已膨大到 $2.4 \text{ km} \times 2 \text{ km}$ 的面积,该岩体向西南方向膨大并隐伏于紫金山铜-金矿床的南东深部。1:5 万航磁 ΔT 等值线图显示,罗卜岭花岗闪长斑岩体对应于一个形态十分复杂的航磁异常。异常中

* 本文由国家重点基础研究项目“大规模成矿作用与大型矿集区预测”资助(项目编号: G1999043209)

第一作者简介 张德全,男,1948年生,研究员,长期从事矿床学和地球化学研究工作。

心对应于萝卜岭花岗闪长斑岩的地表露头, 100 m 标高处的岩体顶面与 200 nT 的 ΔT 等值线大斑吻合。自萝卜岭花岗闪长斑岩体的地表露头向外, 航磁 ΔT 正等值线逐步向 SW 和 NW 方向延伸, 反映该岩体自萝卜岭地表露头, 向 SW 和 NW 方向已下插到紫金山矿田大多数已知矿床的深部。紫金山矿田已发现的 7 个矿床中, 有 5 个矿床全部分布在 ΔT 等值线的陡变带和拐弯处。这在一定程度上反映矿床的分布受该斑岩体顶面产状和形态的控制(张德全等, 2001)。

紫金山矿田的线性构造由一系列 NE 向和 NW 向断裂和裂隙带组成, 通常横贯全区, 且总体而言 NE 向线性构造早于 NW 向线性构造。它们不但控制了上杭—碧田火山盆地的展布, 也控制了本区白垩纪岩浆活动和铜、金、银矿化。需要重点指出的是, 这些 NE 和 NW 向断裂在新生代构造旋回中都变成逆冲断裂带, 其单条断裂的最大垂直断距达 400 m。其中, 大多数 NE 向断裂的 SE 盘上冲, 而大多数 NW 向断裂的 NE 盘上冲, 这就导致在新生代构造旋回中, 本区自南西往北东、自北西向南东的渐进式隆升。正是由于这一过程, 才导致紫金山矿田中原本形成于不同高度和深度的不同类型床, 共同出露在现今的地表。

2 穿过 3 个不同类型矿床的地质剖面

碧田银-金-铜矿床、紫金山铜-金矿床和中寮铜矿床, 分别代表了紫金山矿田中的绢云母-冰长石型浅成热液矿床、酸性硫酸盐型浅成热液矿床和斑岩型矿床。笔者们在单个矿床研究的基础上, 实测了通过这 3 个矿床的 1:5000 地质剖面, 用以恢复它们的原始位置, 并研究它们之间的成因联系。

2.1 碧田矿床

碧田矿床位于紫金山矿田南西部的上杭—碧田白垩纪火山盆地边部, 是紫金山矿田中仅有的一个绢云母-冰长石型浅成热液银-金-铜矿床(黄铁心等, 1996; 那建国, 1998)。矿区出露的下白垩统石帽山群包括石帽山群上部流纹质火山岩和下部粗安质火山岩及次火山岩, 它们构成一个火山构造洼地。大量钻孔资料揭示, 晚侏罗世紫金山花岗岩, 作为该火山构造洼地的基底岩石, 广泛地隐伏于地表之下的 80~700 m 深处。在基底与火山岩层不整合面附近, 发育一组与不整合面平行(局部斜交)的铲式断裂-裂隙带, 它们大多被热液角砾岩和银-金-铜矿脉充填。碧田矿床的矿体呈似层状或透镜状体, 沿不整合界面的铲式断裂-裂隙带充填产出, 并构成总体走向 NW($310\sim 330^\circ$)、向 SW 或 NE 缓倾斜(倾角 $<30^\circ$)、由多层组成的矿体群, 隐伏于地表之下。矿体可分为银(金)、金(银)和铜 3 类, 其中金(银)矿体规模小, 仅局部可见, 而银(金)矿体和铜矿体走向长 100~700 m, 倾向延长在 500~1500 m 间。总体上, 银(金)和金(银)矿体在不整合面上、下的粗安质火山岩和花岗岩中均有产出, 而铜矿体仅产于不整合面之下的花岗岩中, 而且, 矿区西部以 Ag(Au)矿体居多, 矿区东部 Cu 矿体居多。矿石矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿, 少量方铅矿、闪锌矿、自然银、辉银矿、银金矿和自然金, 在铜矿石中, 偶见辉铜矿和铜蓝交代黄铜矿产出。脉石矿物主要有石英、玉髓、绢云母/水云母、冰长石, 少量菱铁矿、重晶石, 未发现明矾石。铜矿化(主要指黄铜矿和斑铜矿)与绢英岩化的关系较密切, 银金矿化与硅化和冰长石化关系密切。

2.2 紫金山矿床

紫金山矿床位于紫金山矿田的中部、碧田矿床之北东 3~6 km 处, 是典型的酸性硫酸盐型浅成热液铜-金矿床(张德全等, 1991, So et al., 1998)。该矿床产于一个被剥蚀残留的早白垩世火山岩穹的旁侧。该火山岩穹侵入于晚侏罗世花岗岩中, 其中心被火山管道相的英安斑岩充填, 四周被残留的早白垩世英安质火山岩和爆破角砾岩围限。绝大部分金和铜矿体产于早白垩世火山岩与侏罗纪花岗岩不整合界面之下的蚀变花岗岩中, 在矿区 SE 侧的蚀变英安斑岩中, 有少量金矿体和铜矿体。在火山岩穹 NW 侧的晚侏罗世花岗岩中, 发育密集的 NW 向断裂-裂隙带, 沿之有大量热液角砾岩和矿体充填。铜-金矿体主要分布于火山岩穹 NW 侧的强蚀变花岗岩中, 呈上陡下缓的似层状脉群, 沿 NW 向断裂-裂隙带产出。其中金矿体全部集中在浅部(650 m 标高之上)的强硅化花岗岩中, 金矿体则隐伏于深部(650 m 标高之下)的强明矾石化花岗岩中。铜矿体长 400~750 m, 平均厚 3.9~9.95 m, 倾斜延伸 80~1200 m, 平均铜品位 1.01%~1.57%, 矿体倾向 NE, 倾角 $46\sim 11^\circ$ 。金矿石由黄铁矿和少量自然金、铜蓝, 以及石英、少量蛋白石等组成, 铜

矿石由黄铁矿、硫砷铜矿、蓝辉铜矿、铜蓝,以及石英、明矾石、少量迪开石、绢云母组成,偶见黄铜矿、斑铜矿、闪锌矿、方铅矿、硫锗铜矿、似黄锡矿等。黄铜矿、斑铜矿通常被硫砷铜矿、辉铜矿和铜蓝交代。金矿化与硅化关系极密切,铜矿化与明矾石化有关。

紫金山矿区的周边被数条 NE 和 NW 向成矿后断裂围限成一个菱形地块,在成矿后这些 NE 向断裂的 SE 盘强烈上冲, NW 向断裂的 NE 盘强烈上冲,导致该矿区相对于碧田矿区的强烈抬升。

2.3 中寮矿床

中寮矿床是位于紫金山矿田北东部的一个斑岩型 C 铜(钼)矿床(张德全等,1996),该矿床距紫金山矿床约 0.8~2 km,两个矿床之间被五子骑龙铜矿床相隔。矿区内主要出露早白垩世花岗闪长岩(中寮岩体),罗卜岭花岗闪长斑岩侵入其中,并形成了典型的斑岩型蚀变和矿化分带。由黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿和少量辉钼矿组成的细(网)脉-浸染状矿化,主要在红柱石-绢英岩化带中呈面型分布,矿化带($w(\text{Cu})$ 0.1%~0.2%之间)厚达 100~350 m,局部有厚数米至 65 m 的铜矿体($w(\text{Cu}) > 0.5\%$)。矿化带的下部(近钾硅盐化带部位) $w(\text{Mo})$ 可达 0.06%~0.33%,并出现磁铁矿。中寮矿床与五子骑龙矿床之间被一条区域性 NE 向断裂相隔,而五子骑龙矿床与紫金山矿床之间发育多条 NW 向断裂,这些断裂在成矿后的活动,导致中寮矿床相对于五子骑龙矿床的大幅抬升,以及五子骑龙矿床相对于紫金山矿床的大幅抬升。

3 3种不同类型矿化的时空关系

3.1 蚀变和矿化分带

碧田矿床发育硅化(石英+玉髓)、绢英岩化(绢云母+石英)和粘土化(水云母+高岭石)蚀变,此外还见有碳酸盐化(方解石+菱铁矿)和绿泥石化。根据野外关系和镜下矿物组合的交代关系,绢英岩化形成最早,其常被粘土化蚀变叠加,也被石英-冰长石细脉穿插。强硅化和冰长石化通常发育在银(金)或金(银)矿体的旁侧,而强烈的绢英岩化通常发育在靠近不整合面之下的花岗岩中(Cu 矿体附近)。从银(金)和金(银)矿体向两侧数米至十数米范围内,发育硅化和冰长石化,再往外则显示为绢云母化和轻微碳酸盐化。矿体中心部位显示为强硅化,表现为宽 0.01~1 mm 的石英-玉髓脉密集充填,向外为冰长石化和硅化。总体上自矿区深部向地表有绢英岩化(不整合面之下的花岗岩中,产铜矿化)→硅化、冰长石化(不整合界面附近的粗安质火山岩和花岗岩中,产银、金矿化)→粘土化→碳酸盐化(粗安质火山岩中)的蚀变分带。相应地,该矿床呈现上银、金,下铜的矿化分带模式。需要指出的是,该矿床中的硅化和冰长石化晚于绢英岩化蚀变,亦即银-金矿化晚于铜矿化。

紫金山铜-金矿床具有典型的酸性硫酸盐型浅成热液矿床的蚀变和矿化分带(张德全等,1991)。该矿床以英安斑岩为中心,向外或向下依次出现硅化带(金)→明矾石化带(铜)→迪开石化带→绢英岩化带。绢英岩化蚀变较早,迪开石化交代绢英岩化,偶见明矾石化交代迪开石化,硅化蚀变最晚。

中寮矿床显示了典型的斑岩铜钼矿床的蚀变和矿化分带(张德全等,1996)。该矿床的蚀变分为 3 期:最早是发育于花岗闪长斑岩中的钾硅酸盐化和外接触带的青磐岩化;其后是叠加在钾硅酸盐化和青磐岩化之间的绢英岩化,与此同时,钾硅酸盐化核中出现大量硬石膏网脉;再后,绢英岩化带中自下而上出现红柱石、埃洛石、迪开石。由此,自花岗闪长斑岩向外,形成了硬石膏-钾硅酸盐化核、红柱石-绢英岩化、埃洛石-绢英岩化、迪开石-绢英岩化以及青磐岩化的蚀变分带。矿化则显示为上铜、下钼、再深部有磁铁矿的格局。

对比研究表明,中寮斑岩铜(钼)矿床中的绢英岩化蚀变,与紫金山矿床和碧田矿床最下部的绢英岩化带在时间上和成因上具有同一性。

3.2 五子骑龙矿床——被改造的斑岩铜矿上部带

五子骑龙是位于紫金山酸性硫酸盐型浅成热液铜-金矿床和中寮斑岩铜(钼)矿床之间的一个铜矿床。五子骑龙矿床是斑岩矿床与酸性硫酸盐型浅成热液矿床之间的转换带,该矿床的下部可以与中寮矿床的上部相连,而该矿床的上部则可以与紫金山矿床的上部相连。同时,野外及镜下观测结果证明,酸性硫酸盐

型浅成热液铜矿化晚于斑岩铜矿化。

3.3 流体包裹体

中寮斑岩矿床中的钾硅酸盐化蚀变带中流体包裹体均一温度 (t_h) 为 420~660℃ 和 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 10.5%~68.5%，而绢英岩化蚀变及铜矿化的 t_h 为 260~440℃ 和 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 4.5%~40.5%。后者的 t_h 及盐度与紫金山矿床绢英岩化蚀变的均一温度 (220~380℃) 和盐度 ($w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 2.5%~18.5%) 变化范围完全一致。紫金山矿床含金硅化带及含铜明矾石化带的均一温度为 120~220℃ 和 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 0.2%~15.51%。碧田矿床的冰长石化和硅化带以及银-金矿体中流体包裹体的均一温度为 120~260℃ 及 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 1.5%~4.8%，而该矿床下部的绢英岩化及铜矿体之均一温度为 260~380℃ 及 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 则是 4.8%~33.6%，与中寮矿床的绢英岩化蚀变及铜矿化的均一温度和盐度变化范围相近似。

3.4 成矿年龄

地质观测和测年数据 (Ar-Ar 和 Rb-Sr 等时线法) 和表明, 紫金山地区的斑岩铜(钼)矿化的钾硅酸盐化形成于 105~103.6 Ma, 绢英岩化改造和铜矿化 (黄铁矿+黄铜矿+斑铜矿组合) 发生于 (102.5±1.5) Ma 左右, 酸性硫酸盐型浅成热液铜-金矿化形成于 103~100 Ma 左右, 而绢云母-冰长石型浅成热液银-金矿化年龄应该介于 103~94 Ma 之间。

3.5 成矿深度及与隐伏的花岗闪长斑岩的关系

用矿化体上覆岩石地层的厚度和成矿后断裂的断距、从流体包裹体获得的压力与深度换算, 以及从物探数据推算的隐伏花岗闪长斑岩顶面深度, 对不同类型矿床的成矿深度及其与隐伏花岗闪长斑岩的空间关系进行了推算。构造复位、成矿深度换算和磁异常反演计算结果确认: 空间上, 中寮斑岩铜(钼)矿床位于花岗闪长斑岩顶部, 紫金山酸性硫酸盐型浅成热液铜-金矿床位于隐伏花岗闪长斑岩顶部之上 800~2000 m 的火山岩穹之核部, 而碧田绢云母-冰长石型浅成热液银-金矿床则产于远离花岗闪长斑岩的大型低平火山洼地中 (非中心式火山构造)。

4 结 论

(1) 紫金山矿田中 3 类不同成因类型矿床成矿作用研究显示: 成因上, 绢云母-冰长石型浅成热液矿床、酸性硫酸盐型浅成热液矿床和斑岩矿床是以花岗闪长斑岩侵入体为中心的斑岩-浅成热液成矿系统的产物。其中, 斑岩矿床与发育于花岗闪长斑岩顶部的高盐度岩浆流体有关; 酸性硫酸盐型浅成热液矿床是近岩浆源的、从改造斑岩矿床后形成的含岩浆挥发分的热水中淀积形成的; 而绢云母-冰长石型浅成热液矿床则是被侵入体侧向加热、侧向流动的中性-弱酸性热水淀积产物 (相当于远成热液矿床)。

(2) 时间上, 斑岩铜(钼)矿化形成最早, 酸性硫酸盐型浅成热液铜-金矿化较晚, 而绢云母-冰长石型浅成热液银-金矿化可能最后形成。空间上, 中寮斑岩铜(钼)矿床位于花岗闪长斑岩顶部, 紫金山酸性硫酸盐型浅成热液铜-金矿床位于隐伏花岗闪长斑岩顶部之上 800~2000 m 的火山岩穹之核部, 而碧田绢云母-冰长石型浅成热液银-金矿床则产于远离花岗闪长斑岩的大型低平火山洼地中 (非中心式火山构造)。

(3) 紫金山矿田中, 原来产于不同深度的碧田绢云母-冰长石型浅成热液 Ag-Au 矿床、紫金山酸性硫酸盐型浅成热液铜-金矿床和中寮斑岩铜(钼)矿床之所以共同出露于现今的地表, 主要是由于 NE 和 NW 两组断裂在成矿后的逆冲和推覆的结果。

参 考 文 献

- 张德全, 李大新, 丰成友, 等. 2001. 紫金山地区中生代岩浆系统的时空结构及其地质意义[J]. 地球学报, 22 (5): 403~408.
- 张德全, 李大新, 赵一鸣, 等. 1996. 五子骑龙矿床-被改造的斑岩铜矿上部带[J]. 矿床地质, 15(2): 109~122.
- 张德全, 李大新, 赵一鸣, 等. 1991. 紫金山矿床-我国大陆首例石英-明矾石型浅成低温热液矿床[J]. 地质论评, 37(6): 481~491.