

北祁连山桦树沟铜矿床成因类型 及成矿机制探讨*

杨建民¹ 毛景文¹ 张招崇² 王志良¹ 张作衡¹

(1 中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 2 中国地质科学院地质研究所, 北京)

提 要: 通过矿床地质特征、岩石学、岩石地球化学、同位素地球化学研究, 表明桦树沟铜矿床与铁矿床是不同成矿时代, 不同成矿作用的产物, 它们只是空间上的叠加。桦树沟铁矿床为同生海底喷流沉积铁矿床, 形成于中新元古代; 桦树沟铜矿床为加里东期中低温热液脉状铜矿床。

关键词: 中低温热液铜矿床 成矿机制 桦树沟 北祁连山

1989 年冶金部西北地勘局五队在桦树沟铁矿床西段补充勘探中, 于 FeV 铁矿体下部和底板围岩中发现了铜矿化, 随之勘明为中型规模的铜矿体, 引起了地学界的广泛关注和兴趣。对铜矿床的成因存在很大争议, 焦点在于铁、铜是同生关系还是先铁后铜, 以及有无火山活动存在。已有的铜矿成因观点有: 层控同源热液改造成因 (杨化洲等, 1991)^①, 热 (卤) 水沉积成因^[1], 火山沉积-变质热液成因 (梁仁枝, 1994)^②, 热液充填成因^[2], 火山喷气成因^[3], 喷气沉积-变质改造成因^[4], 海底喷流块状硫化物沉积成因^[5,6], 海底火山喷气沉积成因^[7]。镜铁山式铁矿床也被冠以“上铁下铜”的成矿模式。本文就这一问题提出一些看法。

1 桦树沟铜矿床成因类型

桦树沟铜矿床位于北祁连山加里东褶皱带西段桦树沟-斑赛尔山复背斜核部, 矿体由一系列矿脉群组成, 多产于 NW 向 F₁₀ 逆断层破碎带以及由主断裂派生的次级断裂、节理、片理发育的地段。通过对桦树沟铜矿床产出地质条件、矿床地质特征、岩石地球化学和同位素地球化学的研究, 我们认为桦树沟铁矿床与铜矿床是不同成矿时代, 不同成矿作用下的产物, 它们只是空间上的叠加。桦树沟铜矿床具有热液脉状矿床的特征。

(1) 铜矿体由一系列矿脉群组成, 多产于 NW 向 F₁₀ 逆断层破碎带以及次级断裂、节理、片理发育的地段。控矿断层破碎带走向 NW, 倾向 SW, 倾角 54°~73°。产于铁矿层底部的铜矿石呈网脉状或角砾状, 铜矿脉与铁碧玉岩条带斜交或直交, 黄铁黄铜石英脉胶结贫铁矿

* 本文系国家计委科技找矿项目“北祁连山西段镜铁山式铁铜矿床成矿预测和靶区优选”部分成果

杨建民, 男, 1958 年生, 副研究员, 从事矿物学岩石、矿床地质和地球化学研究工作。邮政编码: 100037

① 杨化洲、卢静文等, 1991, 甘肃省肃南裕固族自治县镜铁山铁矿床地质特征及其成因, 研究报告

② 梁仁枝, 1994, 北祁连地区火山活动与铜矿的形成环境研究, 合肥工业大学博士学位论文

石角砾；产于灰绿色含绿泥石石英绢云母千枚岩与黑色碳质千枚岩中的黄铜矿石英脉呈脉状或呈由密集的黄铜矿细脉组成的复脉，脉宽从数毫米到 20 cm 不等，长度不一。

(2) 铜矿体(脉)呈现出热液脉状矿床中常见的近矿围岩热液蚀变特征。热液蚀变矿物成分主要取决于围岩性质，如铁碧玉岩主要发育硅化、绢云母化，千枚岩中主要发育绢云母化、硅化、黄铁矿化和绿泥石化。

(3) 铜矿石矿物成分简单，除镜铁矿、菱铁矿、黄铁矿外，几乎全是铜的硫化物，如黄铜矿、辉铜矿和铜蓝等。脉石矿物有石英、白云石、绢云母、方解石、重晶石、绿泥石等。

(4) 铜矿石和硫化物中微量元素(Au、Ag、Pb、Zn、Ba、Sr等)含量变化大，反映出这些元素在矿石和硫化物中分布的不均匀性，这是热液矿床的共同特征。

(5) 具有热液矿床的矿石结构构造。其中以乳滴状结构、包含结构、交代或溶蚀结构为特征，矿石构造常见的为脉状、块状、浸染状和角砾状构造等。这些均说明在铜矿床成矿过程中存在充填-交代作用。

(6) 铜矿床中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 12.5‰~30.7‰，平均为 21.5‰，黄铜矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 -1.91‰~19.7‰，平均为 15.3‰。硫同位素组成变化大，其 $\delta^{34}\text{S}$ 值普遍高于 15‰，个别高达 30.7‰，这是很特殊的。铜矿床中的硫主要为海水硫酸盐无机还原作用的产物，少部分可能来自于岩浆热液。硫酸盐的无机还原作用需要较高的活化能，多发生在 250℃ 以上的热液体系和地壳深部环境中。

(7) 黄铜矿铅同位素组成表明，铜矿床中的铅为典型的异常铅。通常形成脉状矿床中的铅是异常铅。对异常铅的形成方式主要有两种解释：其一为混合铅模式；其二为两阶段或多阶段铅增长模式。结合桦树沟矿区地质演化历史，认为混合铅模式是造成黄铜矿具异常铅的原因。中新元古代的海底热液喷流成因的铁矿层与铁矿下盘千枚岩中 Cu 含量较高，为铜矿的形成准备了物质基础。加里东期岩浆期后含矿热液通过水/岩交换反应，热液萃取了矿源层中的 Cu，在构造有利部位充填成矿，使黄铜矿中的铅表现为异常铅。

(8) 凡有铜矿体、蚀变带存在的地区，总有加里东期石英闪长玢岩脉出现，二者有空间分布上的联系。在少数石英闪长玢岩样品中见到铜矿化。石英闪长玢岩与铜矿石在地球化学特征方面有许多一致性，如 Ti、Al、K、Na、Mn、P 含量极为一致，具有相似的稀土元素地球化学特征，说明石英闪长玢岩与铜矿床有成因联系。铜矿床形成晚于石英闪长玢岩，即形成于加里东期。

(9) 矿物流体包裹体均一温度表明，铜矿床成矿温度介于 120~260℃ 之间，成矿热液流体的盐度为 5.1%~11.4%，属中等盐度流体。

综上所述，桦树沟铜矿床是加里东期中低温热液脉状铜矿床。

众所周知，对矿床成因类型的正确认识不仅有助于对其进行勘查评价，而且对建立成矿模式，指导寻找同一类型矿床可起到重要作用。

广义块状硫化物矿床可分两大类：一类是主要产于火山岩中的喷流-火山成因矿床；另一类是主要产于沉积岩中的喷流-沉积矿床。这两大类又可进一步划分为若干不同的类型，但各类型之间并没有明显的界线，而是代表一个自然的连续的地质环境。由块状硫化物矿床组成的“大家庭”中的所有“成员”都有一套共同特点，就是所有的矿石都是喷流(exhalative)成因的，它们最初是作为海底化学沉积物从热卤水中沉淀下来。也就是说，这些矿床

中的矿石矿物是在同一成矿作用中生成的。在块状硫化物矿床“同生成矿”思想指导下，自 80 年代初起，已建立了比较客观的不同类型的块状硫化物矿床的成因模式。在这样的前提下，如果将桦树沟铜矿床中的细脉（或网脉）状铜矿化等同于通道系统，是发生在输送带内的裂隙充填和交代作用的产物，将桦树沟铁矿床中的铁矿体等同于块状硫化物矿床中沿地层分布的层状矿体，认为铁与铜矿化是同生的，必然得出“上铁下铜”的成矿模式。这也是不少学者提出的桦树沟（或“镜铁山式”）铁铜矿床成矿模式的共同之处。

矿床分类是矿床研究的基础。芮宗瑶等（1995）^①以容矿岩石作为分类的主线，结合矿床的形成地质环境、成矿作用、矿质来源及矿石和矿体的特征等，将铜矿床划分为 10 个主要矿床类型，依照该分类系统，桦树沟铜矿床当属与长英质岩有关的热液型铜矿床。

与长英质岩有关的热液型铜矿床分布于各种地质构造单元和时代，在我国以古生代优地槽褶皱带和滨太平洋陆相火山岩带最发育，成因上主要与花岗质岩浆活动有关。该类铜矿床的矿体呈脉状，容矿岩石可以是各种性质的围岩，矿石建造有 Cu 型、Cu-Au 型和 Cu-Mo 型，在岩浆水-天水混合溶液作用下，主要从围岩中萃取成矿物质，成矿温度为 120 ~ 420℃。

我国北部古生代褶皱带在海西时期具有广泛的花岗质岩浆活动，同时形成广泛的热液脉状铜矿。在新疆的阿吾拉勒山、博格达、哈尔里克和卡拉麦里等地，热液脉状铜矿多沿火山岩和火山碎屑岩的断裂破碎带充填，绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化和黄铁绢英岩化是寻找这类铜矿的良好标志。在燕辽地区，由于古老基底中铜的丰度值较高，受中生代花岗质岩浆侵位影响，形成一系列小型热液脉状铜矿。长江中下游安庆地区受月山闪长岩-花岗闪长岩体北枝控制，含矿热液充填于“X”形裂隙，形成著名的铜牛井铜矿，与铜矿脉伴随的蚀变有黑云母化、绿泥石化、碳酸盐化和阳起石化。加里东晚期热液成因的含铜石英脉型铜矿点在北祁连山西段分布较广，但一般不具工业意义。这些含铜石英脉主要有以下几种产出情形：沿加里东期断裂带的次级构造裂隙贯入，沿酸性侵入体附近的构造裂隙贯入，沿中基性火山岩、火山碎屑岩节理裂隙贯入等，矿化不受岩性控制，围岩蚀变有硅化、绿帘石化、绿泥石化或绢云母化。含黄铜矿石英脉一般规模不大。位于桦树沟铁矿 NW17 km 处的磨石沟铜矿化点中的含铜石英脉受 NW 向构造破碎带控制，矿脉以细脉为主，长数米，宽 1 cm 至数厘米，最大脉宽可达 1 m，长约 6 m，围岩为镜铁山群千枚岩。该矿化点成因类型与桦树沟铜矿的相同。

2 成矿作用机制

桦树沟铜矿床在构造上位于祁连山褶皱系北部加里东褶皱带西段桦树沟-斑赛尔山复背斜核部。矿体（脉）赋存在主向斜北翼的桦树沟铁矿 FeV 矿体下部和底板蚀变千枚岩中，铜矿围岩镜铁山群含铁海相沉积岩系形成于中新元古代裂陷槽。加里东构造旋回对北祁连地区影响最大，基本形成构造上总体呈 NW 向线状分布的格局。在加里东运动期，区内构造-岩浆活动十分强烈。早古生代巨型拗陷沉积褶皱隆起，使岩层及铁矿层发生强烈褶皱，形成

① 芮宗瑶、李朝阳、艾永德等，1995，我国铜矿主要类型、资源远景分析评估和找矿对策，科研报告

轴向为 NW 向的复式向斜构造, 变形作用以塑性变形为主。同时产生一系列 NW 向断裂带, F_{10} 逆冲断层不仅切割了 FeV 铁矿体北部, 使铁矿底板灰绿色千枚岩、钙质千枚岩缺失, 黑灰色炭质千枚岩直接与铁矿层接触, 还控制着石英闪长玢岩的分布。北祁连西段在志留纪开始出现大陆边缘沟弧盆俯冲机制, 在俯冲过程中, 生成一系列长英质岩浆岩并侵位上升, 在桦树沟铜矿附近出现的吊大板岩体和小柳沟岩体就是其中的一部分。铜矿床中的石英闪长玢岩也可能是这类岩浆进一步演化分异的产物。

在加里东期岩浆活动和侵位过程中, 不仅引起热效应的热机作用, 而且其派生的岩浆期后含矿热流体连同下渗大气降水构成对流循环的热液系统。在这种热液系统的演化过程中, 随着水/岩交换反应的不断进行, 成矿物质不断地被从铜含量较高的千枚岩和铁矿层中萃取出来, 致使成矿元素浓度在热液中逐渐增加。NW 向逆冲断层、NNW 向剪切断裂以及较低序次的构造不仅是成矿流体汇聚、迁移的通道, 也是矿化就位直接场所。由于压力降低而使热液发生沸腾作用, 其中挥发组分向外逸散, 引起绿泥石化、绢云母化、硅化等围岩蚀变。与此同时, 温度的降低以及其它物理化学条件的变化, 使成矿热液最终卸载成矿。

铜矿床形成之后, 次生氧化带不甚发育, 无铜的次生富集现象。

根据上述对桦树沟铁铜矿床成矿机制的分析和讨论, 兹提出中新元古代同生喷流沉积成铁矿和加里东期热液成铜矿的复合成矿模式图 (图 1)。

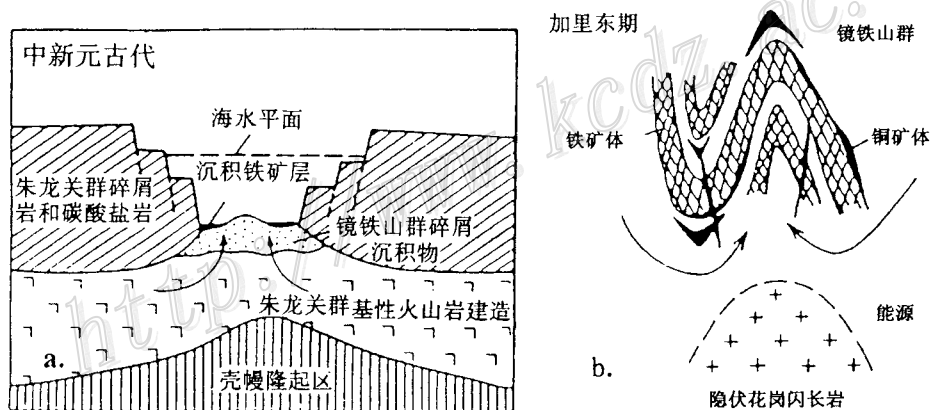


图 1 桦树沟铁、铜矿床成矿模式图

1—中新元古代以沉积岩为容岩铁矿成矿模式; b—加里东期热液铜矿成矿模式

参 考 文 献

- 1 黄永平, 吴健民. 甘肃桦树沟(铁)铜矿床成矿条件与成因探讨. 矿产与地质, 1992, 28 (6): 81~89.
- 2 赵晓强. 甘肃镜铁山铁铜矿成矿条件及找矿预测. 甘肃地质学报, 1995, 4 (1): 54~61.
- 3 于浦生, 郭介人. 海相火山-沉积建造铁铜矿床类型及地质特征. 地球学报, 1996, 17 (增刊): 50~56.
- 4 周涛发, 岳书仓, 刘因等. 甘肃桦树沟(铁)铜矿床稀土元素及硫同位素地球化学意义. 安徽地质, 1996, 6 (3): 57~62.
- 5 薛春纪, 姬金生, 张连昌等. 北祁连镜铁山海底喷流沉积铁铜矿床. 矿床地质, 1997, 16 (1): 21~29.
- 6 孙海田, 李锦平. 北祁连金属成矿省时空格局, 演化及成矿作用. 地质学报, 1997, 71 (2): 170~179.
- 7 刘华山, 李秋林, 于浦生等. “镜铁山式”铁铜矿床地质特征及其成因探讨. 矿床地质, 1998, 17 (1): 25~35.