

新疆小热泉子铜(锌)矿床的地质特征及成因探讨

陈文明 周秀仲

刘国忠 王宗社

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京) (新疆地矿局第 11 地质队, 托克逊县)

新疆小热泉子铜(锌)矿是新疆地矿局地质 11 大队最近发现的具中型以上规模的铜(锌)矿床。它位于塔里木板块与准噶尔板块交合部位的哈尔里克一大南湖岛弧带上, 中天山隆起带东北缘的火山群间沉积盆地中。区内出露的地层主要是下石炭统小热泉子组的一套滨、浅海相的杂色—黑色沉凝灰岩(混合的火山沉积碎屑岩)凝灰岩夹正常的沉积岩。出露的岩浆岩主要为酸性火山熔岩(除火山碎屑岩外), 以碱长流纹岩为主, 其次是碱长流纹斑岩及部分碱长花岗斑岩。矿区主要由 I、III 号矿床, V 号矿点及 II、IV 号蚀变带组成。本文着重论述 I 号矿床。

1 矿床地质特征

I 号矿床位于矿区的东南部, 是目前工作的主要对象。矿床的矿体分氧化带的氧化矿体、次生富集带的混合矿体及原生带的硫化物矿体 3 类。

1.1 氧化带的氧化矿体

地表氧化矿主要是由原生矿或矿源层在表生作用下氧化、淋滤富集而成。因此表生氧化矿的分布、形态、产状及贫富既受到原生矿或矿源层的控制, 同时又受到后期构造断裂, 破碎带的控制。因此区内的氧化矿均位于原生矿或矿源层的上部, 地下 25 m 以上的构造裂隙发育的地段。矿体呈环状分布, 即北部矿体的走向主要为北东-南西向, 倾向南东, 倾角 $30^{\circ} \sim 80^{\circ}$, 而东部矿体的走向主要呈南北向, 倾角较陡, 南部矿体倾向北西, 倾角约 35° 。矿体主要呈脉状、透镜状及不规则带状。矿体大小不一, 长 40~320 m, 宽 1~14 m, 延深较浅, 一般小于 25 m。

氧化带矿体的原岩主要是下石炭统小热泉子组第一段中上部的一套含铜混合的火山沉积碎屑岩及凝灰岩, 并以杂色含铜凝灰质粉砂岩为主。矿石的构造以脉状、网脉状、薄膜状、皮壳状、浸染状、粉末土状及蜂窝状为主, 矿石的结构主要有他形粒状结构、半自形粒状结构、胶状结构及交代假像结构等。矿石矿物主要有氯铜矿、胆矾、孔雀石、硅孔雀石、水锌矾, 其次有铜蓝、蓝辉铜矿、黄铜矿、闪锌矿及少量自然金等。脉石矿物主要有石英、长石、绢云母、碳酸盐、褐铁矿(以胶状水针铁矿为主)、黄铁矿、绿泥石、水铁矾、高岭土、石膏及石盐等。成矿元素主要是 Cu, 铜的品位为 0.43%~4.39%。有益伴生元素主要有 Au、Zn、Ag、S。Au 含量局部高达 16.5×10^{-6} , Zn 高达 4.84%, 其它伴生元素主要有 Re、Bi、Sb、As、Pb、F、Mo。

1.2 次生富集带混合矿体

该带矿体目前仅发现一处,即 Cu 43 号矿体的下部,其上部(地表以上)为氧化矿。它位于矿床东部 8 至 12 线附近。矿体形态复杂,上部为树枝状,倾角较陡($>60^\circ$);下部呈似层状,倾角 $30^\circ\sim 40^\circ$,走向为南北向。并沿矿体的走向及倾向均有起伏幅度不大的褶皱,并在褶皱的隆起及构造裂隙、片理发育地段矿体变厚、变富。已控制矿体长 110 m,宽 9.22 m,厚 3~15 m。矿石构造以块状、细脉状浸染状及条带层纹构造为主。矿石硫化物的结构以他形粒状及交代残余结构为主,局部可见黄铜矿的似豆状结构,粒径 $0.n\sim n$ mm。石英以他形粒状结构为主,矾类矿物(主要是水铁矾、水绿矾及水锌矾)以微粒及隐晶结构为主。主要矿石矿物有黄铜矿、方黄铜矿、铜兰、闪锌矿、水锌矾;其次为兰辉铜矿、氯铜矿、孔雀石、胆矾、碲铅矿及银金矿等。脉石矿物主要是石英及水铁矾、水绿矾等铁的矾类矿物为主,其次是褐铁矿、碳酸盐、绿泥石、绢云母、白钛矿、金红石、毒砂、石膏及萤石等。矿石的成矿元素主要是铜、锌。铜的含量较高,平均品位为 9.82%,最高达 21.46%。锌的含量变化较大(0.04%~26.38%),其它有益伴生元素有 Au、Ag、Se、Cd。硫化物的 S/Se 值为 31~529, $^4\text{He}/^3\text{He}$ 值为 0.04×10^{-6} , $^{40}\text{As}/^{36}\text{As}$ 值为 320.85~349.94, $\delta^{34}\text{S}$ 值 $3.1\text{‰}\sim 5.9\text{‰}$ 。硫酸盐中(矾类矿物) $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $2.9\text{‰}\sim 4.9\text{‰}$ 。脉石矿物石英的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值为 $-0.2\text{‰}\sim 0.4\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $7.5\text{‰}\sim 9.5\text{‰}$,石英中流体包裹体的 δD 值为 $-66\text{‰}\sim -121\text{‰}$ 。

根据该类矿体的矿石成分、结构构造及残留体的特征,该次生矿体的原岩可能为黑色含硫化物的硅质凝灰质页岩及含硅的块状、条带-层纹状硫化物矿石。

1.3 原生带的硫化物矿体

该类矿体主要呈多层似层状、透镜状及带状产于矿区穹隆构造的边缘,呈环状产出,北部、西南部矿体大致呈东西走向,西部及东部矿体大致呈南北走向。矿体的产状与地层基本一致,但二者常有 $5^\circ\sim 15^\circ$ 的夹角,并沿走向及倾向有起伏幅度不大的褶皱。已控制的矿体长 80~360 m,东西宽 40~120 m,最大厚度 43.61 m,一般厚 2~10 m。

矿体的容矿岩石主要有以下几类:

(1) 黑色硅质凝灰质页岩:它主要产于近地表次生富集带矿体的下部,作为残留体出现,分布比较局限。赋存其中的矿体主要由条带-层纹状、块状黄铜-黄铁矿矿石组成,矿化以 Cu 为主,品位较富。伴生 Au、Ag、Zn。

(2) 杂色含铜凝灰质粉砂岩、凝灰岩:它位于小热泉子组第一段中上部。该套岩石主要产于地表下 140 m 以上。它是由紫褐色凝灰质粉砂岩、凝灰岩与灰色凝灰质粉砂岩、凝灰岩互层组成。矿体主要呈多层、似层状产于其中的灰色层中,并以灰色凝灰质粉砂岩为主。矿层一般厚 2~10 m,局部可达 30 余米。矿化以 Cu 为主,呈细脉浸染状产出。品位中等,含铜 1% 左右。含锌不高,一般小于 0.5%,不形成独立锌矿体。金属矿物比较简单,以黄铜矿、黄铁矿为主,其次有闪锌矿。

(3) 黑色(含碳)含铜凝灰质泥岩、深绿色绿泥石岩及火山灰凝灰岩:它位于小热泉子组第一段的中部,主要产于地表下 50~350 m 处。矿体呈多层、似层状及透镜状产于其中的碳酸盐化绿泥石岩及绿泥石化、硅化的火山灰凝灰岩中。绿泥石岩中的绿泥石经 X 射线粉晶衍射分析为鲕绿泥石-斜绿泥石。矿体厚 5~45 m。矿石类型较复杂,有块状、角砾状、

条带状、浸染状、火焰状及脉状。矿化以铜、锌为主，锌可形成独立矿体。矿石品位较富，一般含 Cu 2%~10%，含 Zn 1%~13%。金属矿物相对比较复杂，除黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿外，尚有方黄铜矿、斑铜矿、铜蓝、毒砂、磁黄铁矿、方铅矿等。

(4) 灰白色硅质沉凝灰岩、凝灰岩及角砾凝灰岩：它位于小热泉子组第一段中下部，主要产于地表下 200 m 以下。矿体主要赋存于灰白色强硅化凝灰质粉砂岩及角砾凝灰岩中。矿体多呈薄层状、透镜状、条带状及脉状，规模不大，一般厚 2~10 m。矿化主要为铜、金、银。铜的品位较低，一般为 0.1%~1%，Au 含量相对较高一般为 0.2~1 $\mu\text{g/g}$ ，最高达 21.1 $\mu\text{g/g}$ ，局部可形成单独金矿体。矿化以细脉浸染型为主。

矿石结构主要有他形晶粒结构，碎屑结构，固溶体分离结构（黄铜矿、磁黄铁矿呈乳滴状定向分布于闪锌矿中），乳滴状结构（黄铜矿呈乳滴状不规则分布在闪锌矿或黄铁矿中），压碎结构及火焰状结构（黄铜矿呈火焰状产于矿石中）。

矿石的构造主要有浸染状构造、块状构造、条带状、层纹状构造、胶结状构造（黄铜矿、闪锌矿以胶结物的形式产于矿石中）、脉状构造、网脉状构造、鲕状构造（由黄铜矿、闪锌矿等矿物为鲕核而组成的鲕粒，如碳酸盐鲕粒、绿泥石鲕粒）、斑点或斑杂状构造（由闪锌矿、黄铜矿与碳酸盐、石英等矿物组成的团斑呈斑点状分布于矿石中）及环带状构造：如碳酸盐等矿物环绕闪锌矿碎屑分布。

金属矿物主要有黄铜矿、方黄铜矿、闪锌矿、铜蓝、蓝辉铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、赤铁矿、毒砂、方铅矿、碲铅矿及银金矿等。脉石矿物主要有石英、绿泥石、碳酸盐、绢云母、白钛石、金红石、石膏及萤石。

矿石的成矿元素除铜外尚有锌、金、银、硫及硒，其中 Zn、Au 已达工业品位，可形成独立矿体，已圈出锌矿体 7 个，金矿体 5 个。硫及硒可综合利用。矿石的微量元素主要有 As 150 $\mu\text{g/g}$ ，Mo 5.75 $\mu\text{g/g}$ ，F 533 $\mu\text{g/g}$ ，Re 150 $\mu\text{g/g}$ ，Cd 100 $\mu\text{g/g}$ ，Sb 100 $\mu\text{g/g}$ 。

该矿床硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值均为正值（+3.1‰~+11.1‰），平均值为 6.57‰，其中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为 7.49‰，黄铜矿为 6.27‰，闪锌矿为 5.12‰。黄铜矿与黄铁矿硫同位素对的计算温度为 251℃，黄铜矿与闪锌矿硫同位素对的计算温度为 339℃。硫化物中 S/Se 值为 13~1100， $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值为 $0.03 \times 10^{-6} \sim 0.28 \times 10^{-6}$ ， $^{40}\text{As}/^{36}\text{As}$ 值为 305.27~439.81。脉石矿物石英中 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 8.0‰， $\delta^{30}\text{Si}$ 值为 0.0‰。该矿床的蚀变主要有硅化（石英化）、钠长石化、碳酸盐化、绿泥石化、赤铁矿化、其次为绢云母化、绿帘石化、石膏化、高岭土化及萤石化。

上述蚀变在空间上有一定分带，深部以硅化为主，中部以碳酸盐化、绿泥石化为主，上部以赤铁矿化为主。

2 矿床成因探讨

关于该矿床的成因，不同研究者曾提出不同的认识，如有人根据区内发育有中酸性斑岩体，矿体附近多见中酸性斑岩脉，某些斑岩体的含铜量高于同类岩石克拉克值几倍以及该矿床具有明显的青磐岩化及细脉浸染状矿化等特征认为该矿床属斑岩型铜矿床。有人根据该矿床产于下石炭统小热泉子组的火山岩系，矿体呈层状、似层状，具一定的层位，矿化以铜、

锌为主,局部可见块状矿石以及矿床具明显钠化等特征认为该矿床为块状硫化物火山岩型铜矿。又有人根据产于火山岩系中的地表氧化矿及深部原生矿石多具脉带、网脉状及细脉浸染状构造,矿体受断裂构造控制及具强烈青磐岩化等特点提出该矿床为火山热液矿床。上述这些成因认识确实从不同方面反映了该矿床的某些地质事实,但是它们还都存在着某些难以解释的地质现象。如该矿床的矿体不产于斑岩体及其接触带;主矿体呈似层状,受一定的层位岩性控制;矿床的矿化以铜、锌为主,含钼较低(斑岩型铜矿主要为铜、钼矿化):缺乏斑岩型铜矿的重要蚀变——钾化(钾长石化及黑云母化)等地质特征均与斑岩型铜矿不符。关于块状硫化物火山岩型矿床的认识也与该矿床的以下地质事实不符:①该矿床的容矿岩石主要是一套混合的火山沉积碎屑岩、凝灰岩系,并非蛇绿岩或细碧角斑岩系;②矿石构造主要为细脉浸染状构造;③矿床中黄铁矿化不强,并缺乏重晶石化(黄铁矿化与重晶石化是该类铜矿最重要的蚀变)。另外该矿床的矿石大量出现碎屑状、角砾状、鲕状、团斑状、胶结状及层纹状等具沉积-成岩作用特征的结构构造,这些结构构造用上述的斑岩型、块状硫化物火山岩型及火山热液型铜矿的成矿模式均很难解释。

根据上述分析及该矿床的地质特征,我们认为小热泉子I号铜、锌矿床的形成经历了沉积-成岩成矿,成岩后的岩浆热液改造及表生氧化、淋滤的次生富集等几个成矿阶段。成矿物质具多源性,但其主要来源是火山。因此我们认为该矿床可能为火山(喷气)热液沉积矿床,它是火山作用、沉积作用及后期岩浆作用叠加改造、表生氧化、淋滤交代作用的结果。其证据如下:①该矿床产于古陆或隆起边缘构造岩浆活动带中的火山穹隆及其旁侧的火山沉积盆地边缘;②该矿床具一定层位,它所赋存的下石炭统小热泉子组第一、二段地层具Cu、Zn的高背景值,其含量是地壳克拉克值的几倍;③矿床中矿体的容矿岩石主要是一套由杂色凝灰质粉砂岩、黑色(碳质)凝灰质泥岩、绿泥石岩及硅质凝灰岩等组成的混合的火山沉积岩系;④矿床的主矿体呈层状、似层状,其倾向在总体上与地层一致,其倾角常与地层有一个 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 的小夹角(这是成岩成矿作用的特征),部分硫化物矿体及地表氧化矿体呈脉状产出,其产状与地层斜交;⑤矿床的矿化类型以Cu-Zn、Cu-Au型为主,含Mo低;⑥矿床的蚀变以青磐岩化(包括钠长石化、碳酸盐化、石英-绢云母化及绿帘-绿泥石化)、硅化及石膏化为主,钾化(钾长石、黑云母化)弱;⑦矿石中既有碎屑状、层状、条带-层纹状、鲕状、角砾状、团斑状以及胶结状等具沉积-成岩作用特点的结构构造,又具岩浆热液作用特点的脉状、网脉构造及固溶体分离结构;⑧金属硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $+3.1\%\sim 11.1\%$,平均为 $+6.57\%$ 。硫化物的S/Se值为 $13\sim 1100$, $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值为 $0.03\times 10^{-6}\sim 0.28\times 10^{-6}$, $^{40}\text{As}/^{36}\text{As}$ 值为 $305.27\sim 439.81$;⑨根据黄铜矿在闪锌矿中的出溶温度为 $350\sim 400^{\circ}\text{C}$ 及黄铜矿与黄铁矿的硫同位素对计算温度为 151°C ,黄铜矿与闪锌矿的硫同位素对计算温度为 339°C ,确定该矿床原生矿体的形成温度为 $250\sim 400^{\circ}\text{C}$;⑩矿区内岩浆活动强烈,发育有酸-基性的侵入岩及次火山斑岩。且局部含Cu、Zn较高。

(参考文献略)