镜铁山桦树沟铜矿床地质特征、成因及形成机制探讨

姚养利

(冶金工业部西北地质勘查局五队,酒泉 735000)

[摘 要]介绍了镜铁山式铜矿床的地质特征,分析了其成因,并对其形成过程进行理论推导。认为 该矿床为与火山作用有关的中—低温热液改造层控矿床。

[关键词]地质特征 热液改造 层控铜矿床 镜铁山 [中图分类号]P618.41 [文献标识码]A [文章编号]0495 - 5331(2000)05 - 0015 - 05

经过多年的工作,发现镜铁山矿区桦树沟铁矿 床是一个铁铜共生矿床,并且已初步探明12线以西 具有较好的铜矿成矿条件,类型好,品位高,其远景 可观。开采条件优越,投资少,见效快,对酒钢增加 产品品种,提高经济效益,具有深远的意义。

1 矿区地质

1.1 地层

矿区主要出露蓟县系镜铁山群下岩组一套浅变 质千枚岩。

1.2 构造

1) 桦树沟向斜:东起桦树沟口,北大河畔,向北 西西方向延伸,全长3 km以上。向斜北东端跷起并 封闭,向北西侧伏,侧伏角15°~30°,并沿走向有起 伏,9 线以西向斜轴部由于受 F₁₈断层的影响,使南 翼铁铜矿体下降,落差达200 m。向斜左右两翼对 称,翼部常有扭曲,波状陡倾或直立,轴面微向南倾, 南陡北缓,幅宽300 m~500 m。

2) 后期斜切逆断层 F₁₈:走向 NWW,倾角 75°~ 85°,北倾,地表破碎蚀变带宽几米至数十米,深部有 后期石英闪长斑岩脉侵入,充填。走向上由东向西 破碎蚀变带由宽变窄,断层延深大于 700 m,垂向断 距 150 m~200 m。

3)早期走向断层 F₁₀:位于 Fe 下盘,走向 310° ~320°,倾向南西,倾角约 62°~75°,断层面呈波状, 向东被 F₁₁和 F₁₂横向所切。东起 12 线,向西延至 2 线以西。上盘为 Fe ,下盘为灰黑色碳质绢云母千 枚岩,下盘千枚岩经受强烈挤压后,普遍发生片理 化,受后期热液活动影响,发生硅化、绢云母化、黄铁 矿化、铁白云石化和退色等蚀变。显压性,属逆断 层,断距较小。

1.3 侵入岩

矿区仅见石英闪长斑岩脉,多分布在铁矿层与

[收稿日期]1999 - 03 - 25;[修定日期]1999 - 06 - 20;[责任编辑]曲丽莉

下盘 Z xin¹⁻⁶层接触带和断裂带附近,铁矿体中,一般呈岩墙(脉)产出,长数百米至几十米,厚2m~10m,延深较大,局部与岩层斜交,交角较小。

1.4 矿区地质构造与铜矿化的关系

据资料分析,铁矿区在加里东—海西早期,主要 经受了三大幕的构造作用,其作用力方向分别为 30°,225 和 70°,强烈的构造作用使铁矿区形成了一 系列 NW 向的紧密倒转褶皱,产生了众多不同方向 的断裂,使地层经受了低一中级区域变质及强烈的 片理化、节理、褶劈理等变化。

 F_{18} 断层在深部与 F_{10} 层间破碎带相复合。由于 F_{18} 、 F_{10} 、 F_{11} 和 F_{12} 4 条断层的共同作用,在 Fe 和围 岩中产生斜列式张扭破碎带,成为热液上升良好通 道。其次, F_{10} 断层使 Fe 产生明显的层间破碎,成 为铜矿控矿构造,控制着铜矿的形态及规模。早期 由 NE - SW 方向挤压力作用于 Fe 矿体形成的"X" 共轭节理,处于扭张性破裂带内时,由于张引力作用 而拉开,形成张裂的 X 形空间,5 + 50 至 6 + 50 线间 形成的富矿体,形态就是如此(图 1)。



图1 "X"节理形成张节理空间力学示意图(a)与矿区 5+50和6+50间铜矿体平面(2880中段)图(b) 在层间破碎蚀变带内分布有后期脉体,主要为 石英闪长斑岩脉、重晶石脉、次生石英脉、铁白云石 脉和菱铁矿脉等。其中,沿早期纵向断裂带充填而 形成的石英闪长斑岩脉是热液上升的底板隔挡层。 从平面和剖面上都可发现,热液蚀变和铜矿化均局 限在石英闪长斑岩脉之上。有时,石英闪长斑岩脉本 身也遭受强烈蚀变,但一过脉岩,蚀变就很快消失。

2 铜矿床地质特征

铜矿体赋存于 Fe 矿体下部和底板围岩中,严 格受其地层岩性控制。从铜矿所在的部位及岩性, 可分为上部含铁碧玉岩型铜矿和下部千枚岩型铜矿 两类。矿体产状基本与地层产状相一致,与褶皱同 步,随铁矿层的弯曲而变化(图 2)。东起 11 线,西 至 0 线,在长约 1 100 m,宽 12 m~60 m,延深约 500 m的范围内共圈出铜矿体 8 个(表 1)。



图 2 Cu 矿体沿走向各剖面厚度品位变化曲线

表1 桦树沟铁铜矿区铜矿特征

τr	矿体 形态	1.111111111111111111111111111111111111			矿体支出			口侍亦	口位亦 原度亦				
10 体 号		¥	真厚	延深	·出露标高 (m)	倾向	_1入	₩ ₩ 均品位 (%)	品位受 化系数 (%)	序反文 化系数 (%)	赋矿特征	自然 类型	分布范围
Cu	似层状 透镜状	1010	0.94~34.39 平均 12.97	300~450 平均 420	2 400 ~ 2870	210 °~ 230 °	65 °~ 75 °	2.49	99.82	69.38	赋存于 Z ^j xjn ¹⁻⁷ 层及赤铁矿层	FeSi	11~7线 (37个工程)
Cu	透镜状	断续 >660	6.37	320 ~ 500	2 360 ~ 3 000	210 °	60 °~ 85 °	2.45	较稳定	89.75	赋存于 Z ^j xjn ¹⁻⁶ 层及蚀变岩中	Ph	3~9a 线 (29 个工程)
Cu	似层状	50	7.01	380	2435 ~ 2680	210 °~ 240 °	59 °	0.40		2.43	赋存于 Zixjn ¹⁻⁷ 层及 FeSi 中	FeSi	4线 (2个工程)
Cu	小透镜状	50	6.13	80	2 740 ~ 2 783	210 °~ 240 °	55 °	0.40	稳定	稳定	赋存于 Zixjn ¹⁶ 层	Ph	8线 (1个工程)
Cu	小透镜状	50	2.00	52	2 492 ~ 2 535	210 °~ 240 °	55 °	0.56	稳定	稳定	赋存于铁矿下盘	Ph	8线 (2个工程)
Cu	似层状	50	2.00	140	2 628 ~ 2 740	210 °~ 240 °	55 °	0.72	稳定	稳定	赋存于铁矿下盘	FeCu	10 线 (2 个工程)
Cu	小透镜状	50		$\langle \rangle$		\sim		0.21	稳定	稳定	赋存于 Zī xjn ¹⁻⁷ 层	FeSi	8线
Cu-l	脉状	50		245	$2600 \sim 2842$			0.24	稳定	稳定	, i	FeSi	9线

Ph 为千枚岩型铜矿。

- 2.1 铜矿体形态、产状和规模
- 2.1.1 Cu 矿体

分布于主向斜北翼 Fe 矿体下部的破碎含铁 碧玉岩(局部岩性为碎裂蚀变岩)中,东起 11 线西至 0线,长 1 010 m,走向 300 °~ 320 °,倾向 210 °~ 230 °,





倾角 65 °~ 75 °。 地表 11 线附近有零星矿体出露(图 3)。主要呈隐伏、半隐伏赋存于 2 400 m~2 870 m标 高间,延深 300 m~450 m,呈似层状—透镜状。矿体 厚 0.94 m~34.39 m,平均真厚 12.79 m,工程见矿最 大斜 厚 55.98 m(ZK9 - 5 孔)。厚度变化系数 69.38%(37个工程统计)。浅部连续性较差,深部较 稳定且厚度也较大。沿走向各剖面厚度变化:11线 ~7线比较稳定,厚14.00m~9.87m;6a线~2线波 动较大,厚8.34m~28.25m(图4)。总体属较稳定 矿体。



图 4 Cu 矿体沿走向各剖面厚度品位变化曲线 2.1.2 Cu 矿体

分布于 Cu 矿体之下部的蚀变千枚岩中,属半 隐伏 —隐伏的似层状 —透镜状矿体。地表 5a ~ 9a 线间,长度大于 660 m,厚 1 m ~ 23.13 m,平均真厚 6.37 m,厚度变化系数 89.75 %,工程见矿最大斜厚 25.74 m(ZK4 - 1 孔)。属不稳定矿体类型。矿体走 向300 空右,倾向约210°,倾角60°~85°,分布标高 2360 m(5线)~3000 m(8线 TC8),走向和倾向上矿 体连续性较好,但形态不规则,厚度不太稳定。沿走 向最厚处在4线,平均厚20.01 m,往西至3a线尖 灭,向东厚度起伏变化,尖灭于9a线,呈一西厚东薄 的蝌蚪形(图2)。沿倾斜方向也呈起伏状态。Cu 和 Cu 两矿体之间夹(石)层厚3 m~39 m,平均厚 14.85 m(14 个工程统计)。

2.1.3 其它小铜矿体

包括 Cu、Cu、Cu、Cu、Cu及 Cu-1 共6个矿体。主要分布于4、8、9、10 线部分地段,其 产状与主矿体基本一致。除 Cu产于 Cu矿体之 上7 m的蚀变千枚岩中外,其它均产于 Cu矿体 上、下的破碎含铁碧玉岩或贫铁矿中。各矿体均系 单剖面或单工程控制,故推测最长为 50 m的透镜 体,其中最大者 Cu及 Cu分别厚7.01 m及 6.13 m, Cu及 Cu厚均为 2 m。4 矿体均产于 Cu矿体之 上部,距 Cu矿体的水平距离分别为 6 m、30 m、16 m、19 m。

2.2 矿石矿物组分

金属矿物主要有黄铜矿(5.5%~80%),次为辉 铜矿(含量约1%)、黄铁矿(1%~3%)、菱铁矿(1% ~10%)。上部矿体(Cu 等)和断层上盘绢云母石 英千枚岩及石英脉中尚见少量黝铜矿、斑铜矿、铜蓝 及孔雀石等。脉石矿物主要有石英、铁白云石、白云 石、方解石、绢云母、重晶石、绿泥石等。其中石英、 碳酸盐、绢云母与铜的成矿关系密切。

2.3 矿石结构与构造

2.3.1 主要结构

1) 它形粒状结构。含铜矿物呈大小不一的它形 颗粒嵌布于碳酸盐类、石英、黄铁矿等矿物中,粒径 一般为 0.04 mm~0.125 mm。

2)交代结构。黄铜矿交代黄铁矿而成溶蚀状、 港湾状、不规则状。充填交代为黄铜矿呈细脉状沿 黄铁矿裂隙分布,黄铜矿交代镜铁矿等矿物的现象。 亦见辉铜矿、铜蓝、斑铜矿等沿黄铜矿颗粒边缘交代 而形成镶边结构。

3) 包含结构。黄铁矿经交代溶蚀包含于黄铜矿 中,也有早期黄铁矿碎裂后被黄铜矿所包裹,亦见黄 铜矿包裹粒径为 0.025 mm~0.15 mm 的脉石矿物和 呈残晶包裹于斑铜矿中。

2.3.2 主要构造

 1)浸染状构造。黄铜矿与斑铜矿沿岩石裂隙不 规则浸染状分布,黄铜矿与黄铁矿也可呈细脉浸染 状构造,是矿石中的主要构造。

2)条带、条纹状构造。黄铜矿呈它形粒状、浸染 状分布于碳质千枚岩条带中,顺片理有拉长现象,并 且定向分布。

3) 其它构造。当黄铜矿密集分布时(黄铜矿含量 80 %),亦见含铜硫化物沿含铁碧玉岩或贫铁角砾间充填交代而成脉状或角砾状构造。

2.4 矿物嵌布、共生特征

各种铜矿物在宏观上均与碳酸盐矿物、黄铁矿、 石英(碧玉)关系密切,微观看主要嵌布在碳酸盐矿 物、石英(碧玉)、黄铁矿不同比例所组成的多种条带 物颗粒间,特别是碳酸盐矿物颗粒间。无论是矿石、 矿化岩石和蚀变岩中的硅质石英条带、黄铁矿,还是 含铜石英脉,黄铁矿都具破碎裂纹特征。黄铜矿一 方面充填、交代和胶结石英、黄铁矿、破碎颗粒;另一 方面又沿石英、绢云母、绿泥石组成的集合体的两侧 呈浸染状产出。

2.5 铜矿石中铜的变化规律

从图 5 可看出各矿体铜品位变化情况:Cu 品 位变化系数为 99.82%,属较均匀分布,沿走向两端 起伏升降,无明显规律,沿倾向从上到下总体有升高 趋势,深部矿石较富。Cu 品位变化系数为 147.23%,亦属较均匀分布。沿走向呈现东(9线,平 均含 Cu2.46%)、西(4线,平均含 Cu2.74%)两端品 位高而中间低的起伏变化,沿倾向大致是深部富于 浅部。主矿体向边部厚度变薄,品位变低,出现表外 矿和矿化。从工程见矿情况看,一般是矿体厚度大, 品位也较高,厚度与品位成正相关。



图 5 Cu 矿体矿石品位直方图

物相分析结果(表 2)表明:硫化铜占 91.03%,

<u>表 2 铜矿物相分析结果 %</u>								
矿体号	· 矿物含量	硫化铜	氧化铜	结合铜	全铜	样品数		
C)	含量	1.835	0.12	0.057	2.012	66		
Cu	占有率	91.20	5.96	2.83	99.99			
Ċ.	含量	1.963	0.112	0.085	2.16	00		
u	占有率	90.88	5.19	3.94	100.01	00		
∽応▽	含量	1.908	0.115	0.073	2.096	154		
ᆂᆘᅜ	占有率	91.03	5.49	3.48	100	134		

氧化铜占 5.49 %,结合铜占 3.48 %,氧化铜(含结合

铜)分布零乱,比例低于 10 %,不能圈出氧化带和混 合带,均属硫化铜。

2.6 围岩蚀变

围岩蚀变与层间构造破碎带、铜矿化三者的统 一是本区铜矿体的突出特征。碳质千枚岩作为铜矿 体围岩及赋矿层,经强烈热液蚀变后被改造成为蚀 变岩。含矿热液在运移过程中与铝硅酸盐类物质化 学反应而产生绢云母化,同时析出硅质。碳酸盐物 质发生重结晶,造成岩石普遍褪色,发生不同程度的 硅化、碳酸盐化,伴随着多金属硫化物的分离、迁移 和聚集,形成有用的工业铜矿体。蚀变带的宽窄,往 往与其中赋存铜矿体的厚度成正相关关系(图 6)。 凡围岩蚀变强、蚀变厚度大的部位,铜矿化就好。



图 6 地表围岩蚀变宽度与铜矿化厚度关系图 2.7 矿体围岩及夹石

Cu 矿体的顶板岩石有灰绿色石英绿泥绢云 母千枚岩、含碳石英绢云母千枚岩;底为含碳石英绢 云母千枚岩。Cu 矿体顶板为铁矿和含铁碧玉岩; 底板直接围岩是灰绿色石英绿泥绢云母千枚岩,局 部为石英闪长斑岩脉。矿体中夹石多为含铁碧玉岩 及灰白色石英绿泥绢云母千枚岩,一般厚度小,不连 续,数量极少。

3 Cu 矿床成因探讨

1) 桦树沟铜矿产于 Fe 矿体下部及下盘围岩 中,与铁矿及围岩产状一致,多呈似层状、层纹状、透 镜状。由石英、重晶石、铁碧玉、铁白云石、绢云母、 黄铜矿、黄铁矿等矿物组成。铜矿常量元素除 Cu、S 外,Si、Fe、Mn、Ba 等组分含量高,Al、Ti、P 等组分含 量低。在千枚岩型铜矿石(Cu)中,SiO₂与Al₂O₃、 场O、H₂O⁺等构成绢云母外,相当部分是以硅化形式 出现。Fe₂O₃ 主要形成镜(赤)铁矿,FeO 主要与 S 形 成硫化物和部分菱铁矿,MnO 与 Fe 共生呈正相关, BaO 与重晶石脉分布有关。矿石热(冷)水沉积特征 明显,并具有条带状硅铁建造和高 Si 低 P、Al 特征。

2)铜矿富集受 F₁₀层间破碎带控制,该破碎带形 成宽广的褪色蚀变带,伴随强烈的片理化、硅化、铁 碳酸盐化、绢云母化、黄铁矿化,使原始沉积铜矿得 到进一步富集;含铁碧玉岩内强烈搓碎,形成挤压破 碎、硅化、黄铁矿化,构成含铁碧玉岩型富铜矿石。

3) 铜矿石微量元素铅、锌、银、镓、铟、铊、饿、镉、 碲等高于地壳平均含量,明显反映出热液作用特点。 硫同位素表(表 3) 反映出,网脉状铜矿石³⁴S 均值 较小,离差大,推测这部分硫来自地壳深部。后期热 液作用成矿温度为112~201,pH4.87,Eh 0.29, logfo,45.31,logf_{(0,}2.06。

表3 硫同位素测定结果 %								
产状	样品数	测定矿物	³⁴ S	平均值	离差			
条带状、纹层 状矿石	8	黄铁矿 黄铜矿	+14.6~+18.3	16.6	30.7			
角砾状、网脉 状矿石	9	黄铁矿 黄铜矿	+2.2~+19.7	11.4	21.9			
层状、重晶石	8	重晶石	+24.5 ~ +32.00	28.24	7.5			

4) 硫高,硫与铜含量有正相关,说明铜矿石与硫的分布主要与原始火山沉积元素分带有关,即由北向南有 Cu FeCu Fe 的分布规律,在后期改造和构造变形中含硫化物的热液经渗透和迁移进一步使铜硫再富集而成铜矿体。

综上所述,认为桦树沟铜矿为与火山作用有关的中一低温热液改造层控矿床。

4 铜矿床的形成机制

4.1 铜的物质来源 ——矿源层

矿区地层主要为镜铁山群,而镜铁山群有近 2/3 是千枚岩,厚度超过1700m。经分析可知,各种 千枚岩的铜背景值均在0.01%~0.07%之间,个别 达0.17%~0.27%,说明该区地层含铜较高。

4.2 铜元素的搬运与沉积

在低温和 pH 值呈中一低的氧化条件下,Cu 的 溶解度较大,而在还原条件下,Cu 将作为硫化物或 自然铜沉淀。所以,Cu 有从氧化区偏移,并向还原 区集中的趋势。根据铜的这种地球化学特性,本区 Cu 元素运移和沉淀的过程应该为:

1) F₁₈、F₁₀、F₁₁和 F₁₂断裂作用于 Fe 矿体,产生 斜列式筒状破碎带,热液沿该破碎带运移上升。

2) 随着外部条件和内部性质的变化,火山作用 所形成的热液运移到 Fe 矿体下部,使矿源层中的 Cu 迁移富集。

3) 上升的热液与 Fe 矿体下部的片理化碳质 千枚岩发生交代蚀变,进行硅化、碳酸盐化、绢云母 化等 H⁺消耗的反应,使呈弱酸性的含铜热液的稳 定性降低,促使硫化物的沉淀。其中淋滤出的碳质 是强还原剂,它使 SO₄²⁻ 还原成 H₂S。H₂S 水中的溶

7

解度首先取决于它的蒸汽压,其次取决于温度。随着温度的下降,H₂S在水中的溶解度逐渐增大,H₂S 分子发生电离,并通过下列两个步骤进行:

H₂S ~H⁺ + (SH)⁻和(SH)⁻ →H⁺ + S²⁻ 在 25 时,其电离常数分别为:

$$K_{1} = \frac{\left(\mathbf{H}^{+}\right)\left((\mathbf{S}\mathbf{H})^{-}\right)}{\left(\mathbf{H}_{2}\mathbf{S}\right)}$$
(1)
$$\left(\mathbf{H}^{+}\right)\left(\mathbf{S}^{2^{-}}\right)$$

$$K_2 = \frac{11}{(SH)}$$
(2)

由(1)、(2)可得: $[S^{2^{-}}] = K_1 K_2 \frac{[H_2 S]}{[H^+]^2}$

上式说明:溶液中 S^{2-} 离子的浓度正比于被溶 解的 H_2S 的浓度 $,H_2S$ 溶解的越多 ,溶液中 S^{2-} 的浓 度愈大。同时 S^{2-} 的浓度又反比于 H^+ 浓度的平方, 所以,随着 H^+ 的减少和 H_2S 的增加 ,使得 S^{2-} 的浓 度大大提高 ,故在中 —低温热液的情况下 ,有大量的 相对富硫的黄铜矿 (CuFeS₂) (伴生少量 FeS₂ 、PbS、 ZnS 等)生成。同时 ,由于硫酸盐溶液与硫化物之间 的作用常常表现为连锁式的反应系列。如:

CuFeS₂+CuSO₄ Cu₅FeS₄(斑铜矿)

C₅FeS₄+CuSO₄ CuS(铜蓝)

CuS+CuSO₄ Cu₂S(辉铜矿)

所以,与黄铜矿伴生还见有少量斑铜矿、铜蓝和 辉铜矿。这就是 Cu 矿体集中于 Fe 矿体底部及其 底板围岩的主要原因。其中,Fe 矿体为其顶板隔 挡层,石英闪长斑岩脉为其底板隔挡层(图 7)。



图 7 桦树沟铜矿床模式示意图

桦树沟铜矿床赋集于 Fe 矿体底部的 F₁₀层间 破碎带中。在 Fe_西 矿体下部没见到 Cu 矿体,这正 说明了该 Cu 矿体严格地受 F₁₀层间破碎带的控制。 从目前控制的情况看,12 线以西具有较好的成矿条 件,这对于以后扩大铜矿储量有深远的指导意义。

[参考文献]

[1] 杨化洲、卢静文等.镜铁山铁矿床地质特征及其成因[J].黑色 金属矿产,1991:21.

5 结语

DISCUSSION ON GEOLOGICAL CHARACTERISTICS, ORIGIN AND FORMATION PROCESSES OF THE HUASHUGOU COPPER DEPOSIT IN JINGTIE MOUNTAINS

YAO Yang - li

Abstract : Geological characteristics of Jingtie Mountain 's copper deposit was introduced. It 's origin and formation processes are analysised. Huashugou copper deposit is believed to be a midle - low temperature hydrothermal reworked stratabound deposit relating to volcanic action.

Key words copper deposit, geological characteristics, hydrothermal rework, stratabound deposit, formation processes, Jingtie Mountain



姚养利(1964 年 -),男。1988 年毕业于桂林冶金地质学院地质系矿产普查专业。现任冶金部西北地质 勘查局五队地质工程师。主要从事矿产普查与勘探工作。

通讯地址:甘肃省酒泉市盘旋西路 24 号 冶金部西北地质勘查局五队 邮政编码:735000