

喀拉通克铜镍硫化矿床的形成机制

Mechanism of Karalungke Cu-Ni Deposit, Xinjiang

邹海洋 戴塔根 胡祥昭

(中南大学地质系, 湖南 长沙 410083)

Zou Haiyang, Dai Tagen, Hu Xiangzhao

(Department of Geology, Central South University, Changsha 410083, Hunan, China)

摘要 喀拉通克铜镍硫化物矿床产于侵位于准噶尔褶皱系的中基性岩体群中, 下石炭统南明水组是这些岩体的直接围岩, 岩体群呈带状沿北西向断裂带分布, 主要岩体分异良好, 由下至上可划分为: 黑云母角闪橄榄苏长岩相、黑云母角闪苏长岩相、黑云母石英角闪辉长岩相和黑云母石英闪长岩相; 各岩相之间均呈渐变过渡关系, 矿体均赋存于中基性岩体的橄榄苏长岩相、苏长岩相和橄榄辉绿辉长岩中, 矿体形态与岩体基本一致。矿床的硫同位素、铅同位素、锶同位素和稀土元素特征表明: 这些岩体群具有明显的亲缘性, 它们和成矿物质均来源于深部地幔的玄武岩浆。

关键词 铜镍矿床 矿质来源 成矿机制 新疆

1 矿区地质概况

喀拉通克铜镍矿床位于中亚壳体北东部的阿尔泰山地洼区与准噶尔地洼区的过渡部位。其北有额尔齐斯北西向深大断裂, 南有乌仑古北西向深大断裂, 东邻卡依尔特—二台近南北向大断裂。该矿床受萨尔布拉克—喀拉通克复式向斜的次级背斜构造和北西向断裂构造控制。

1.1 地层

矿区出露地层主要为中泥盆统蕴都喀拉组 (D_{2y})、下石炭统南明水组 (C_{1n})。其中, 南明水组是矿区含矿岩体的直接围岩; 其下段为砾岩、凝灰质粉砂岩、泥板岩和硅质岩等近滨带-浅海陆棚-深海相沉积, 中、上段为沉火山角砾岩、碎屑沉凝灰岩、含碳质凝灰板岩等浊积扇沉积, 夹多层安山岩。其铷锶同位素全岩初始比值为 $0.70378 \sim 0.70383$, 其全岩等时线年龄为 (311 ± 16) Ma (王润民等, 1991)。

1.2 构造

矿床产于北西向萨尔布拉克-喀拉通克复式向斜东段的次一级褶皱中。矿区内断裂构造十分发育, 其中, 北西向断裂为控岩断裂, 使基性岩体呈带状沿该断裂带分布; 北北西向断裂与北东向和近东西向断裂一起控制着岩体和矿床的侵位和形成。

1.3 岩体特征

矿区内已发现岩体 10 个, 构成一个总体走向 310° 左右的岩带。按岩体产出特征和与构造的关系, 可分为南北两个岩带: 南岩带长 4000 m, 宽 100~300 m; 北岩带长 2200 m, 宽 50~250 m, 岩带中 Y_1 岩体长 695 m, 走向 $330 \sim 335^\circ$; Y_2 长 1440 m 以上、 Y_3 长 1320 m 以上、 Y_9 长 650 m 走向均为 310° 左右, Y_6 、 Y_7 、 Y_8 岩体走向 $NE30 \sim 45^\circ$, 与主构造线又有不同的偏离。

南岩带的 3 个主要岩体 (Y_1 、 Y_2 、 Y_3) 分异良好、相带清晰、矿化发育, 随着岩体基性程度增高而增强。北岩带的岩体 (Y_4 — Y_9) 岩体规模小、分异差、矿化相对较弱。

主要含矿岩体由上至下岩体可划分为：黑云母石英闪长岩相、黑云母石英角闪辉长岩相、黑云母角闪苏长岩相和黑云母角闪橄榄苏长岩相；各岩相之间均呈渐变过渡关系。

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征

喀拉通克矿区内除 Y_1 镁铁质岩体为已探明为大型铜镍硫化物矿床外， γ_2 、 γ_3 为中型铜镍硫化物矿床， γ_6 — γ_9 岩体为4个小型铜镍硫化物矿床。

γ_1 岩体矿化普遍，富集成工业矿体的部分占岩体总体积的40%左右；矿化局限于岩体范围内，且主要分布在岩体中下部的橄榄苏长岩相、苏长岩相及少量橄榄辉绿辉长岩中。矿体形态与岩体基本一致，向南东倾伏延伸，纵投影图上呈不规则透镜体状，横剖面上呈巢状或囊状，平面上呈荚豆状。 γ_2 岩体中的矿体西部呈巢状，东部呈船状产出。 γ_3 岩体中的矿体赋存于岩体底部呈似层状产出。

2.2 矿石特征

矿区矿石按自然类型可划分为：氧化矿石和原生硫化物矿石，前者数量有限，仅见于 γ_1 岩体北西端地表附近。按矿石构造可分为致密块状矿石、稠密浸染状矿石、中等稠密浸染状矿石及稀疏浸染状矿石等；一般情况下，致密块状矿石居中，向外依次为稠密浸染状矿石、中等稠密浸染状矿石和稀疏浸染状矿石。致密块状矿石与浸染状矿石和岩体之间，界线明显，而各类浸染状矿石之间以及它们与围岩之间则呈渐变关系。致密块状特富矿主要受北北西向的断裂控制；致密块状矿石又可分为致密块状特富铜镍矿石、致密块状富镍高铜矿石2种。

矿石组构主要为反映岩浆熔离作用的珠滴构造、浸染状构造、条带状构造及海绵陨铁结构等，和反映矿浆贯入成矿作用的块状构造和胶结状构造等；同时还有反映热液成矿作用的细脉-网脉状构造及马尾丝构造等。

不同类型矿石中已发现的矿石矿物50余种，主要有硫化物、砷化物、蹄化物、氧化物、自然金属及金属互化物等；其中以磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿、黄铁矿、紫硫镍矿和磁铁矿等为最主要的矿物成分。矿石化学成分特点为：铜镍是矿床的主要造矿元素并形成工业矿体，铜、镍分别与硫、铁形成重要的工业矿物黄铜矿、镍黄铁矿；可以综合利用的伴生元素有金、银、铂、钯、钴、硒、碲、硫；有害元素有铅、铋、铊、砷、铬、锰。

2.3 围岩蚀变特征

矿区内中基性岩体的围岩沉凝灰岩，在接触带发育有角岩化、碳酸盐化和炭质石墨化；岩体内部主要发育：滑石化、蛇纹石化、皂石化、绿泥石化、阳起石化、绢云母化、钠黝帘石化、碳酸盐化、钠长石化、葡萄石化和晚期硅化等。

3 成矿物质来源探讨

喀拉通克矿区矿床矿体均赋存于中基性岩体的橄榄苏长岩相、苏长岩相和橄榄辉绿辉长岩中，矿体形态与岩体基本一致。反映出本区铜镍矿体均受中基性岩体控制。

本矿区的93件硫同位素样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 为-1.0‰~1.9‰，变化范围小，平均值为0.3‰，呈塔式分布；且块状特富矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为0.5‰，大于浸染状矿石的0.2‰。表明硫来源于地幔。

矿石中的12件黄铁矿、磁黄铁矿和黄铜矿样品的铅同位素组成（王润民等，1991），浸染状矿石的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为17.923~18.007； $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.465~15.517， $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为37.582~37.813。块状矿石的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为17.893~17.975； $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.432~15.483， $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为37.474~37.632。浸染状矿石、块状矿石以及高铜块状矿石，它们的铅同位素组成几乎没有什么差别，且均落在大洋火山岩铅的同位素组成范围内。说明它们的矿石的铅来源相同，均来源于地幔的玄武岩浆。

岩体中各种岩石稀土元素的丰度 ($K \times \times$ 样品原始数据引自冉红彦等, 1994) 变化及配分型式 (Taylor S R et al., 1985), 都具有平坦型的配分型式 (图 1,2,3)。所有样品都具有正 Tm、负 Yb 的弱异常和明显的正 Lu 异常, 同一岩体中的样品曲线的形状相近、近于平行, 仅在稀土元素总量上存在差别, 不同岩体之间, 存在一定的差异, 表明岩体各相带岩石是由同一种岩浆经结晶分异作用而形成, 不同岩体之间具有明显的亲缘关系。而致密块状矿石与各岩相样品在稀土配分型式和含量上都差别很大 (图 4)。块状矿石的稀土总量都明显偏低, 说明致密块状矿石不是侵入体分异演化形成的, 而是反映其可能来源于地幔深熔流体的特征。

矿区主要岩体的铷锶同位素的初始比值在 0.7033~0.7044 之间, 岩体中的锶含量在 100~1400 $\mu\text{g/g}$ 之间 (王润民等, 1991), 也说明岩浆来源于深部地幔; 主要岩体的铷锶等时线年龄在 288~302 Ma 之间。

4 成岩成矿物理化学条件

根据本矿区斜方辉石中熔体包裹体均一温度 (王润民等, 1991)、金属硫化物的爆裂法测温结果、矿石中发育固溶体分离结构和共生金属硫化物对的硫同位素组成等, 本矿区矿石的形成温度为: 910 $^{\circ}\text{C}$ 以上金属矿物为熔融状态; 910~600 $^{\circ}\text{C}$ 形成磁黄铁矿和少量黄铁矿的组合; 600~350 $^{\circ}\text{C}$ 之间, 形成以磁黄铁矿为主的磁黄铁矿-镍黄铁矿-黄铜矿的矿物共生组合, 它是镍的主要成矿温度区间; 400~250 $^{\circ}\text{C}$ 之间, 生成以黄铜矿为主的硫化物共生组合, 它是铜和金银等稀有贵金属的主要成矿温度区间。

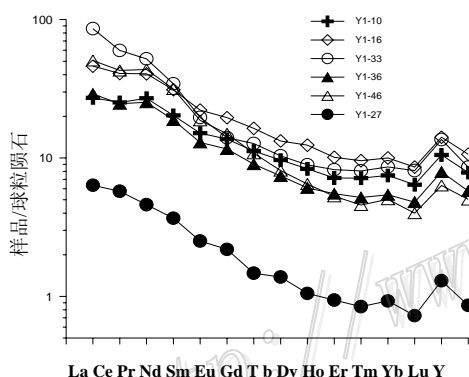


图 1 K₁ 岩体各岩相带样品的稀土配分模式图

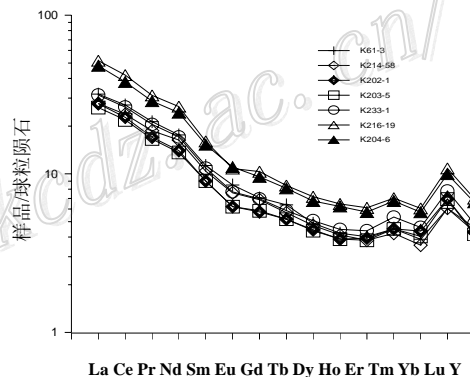


图 2 K₂ 岩体橄榄苏长岩相样品的稀土配分模式图

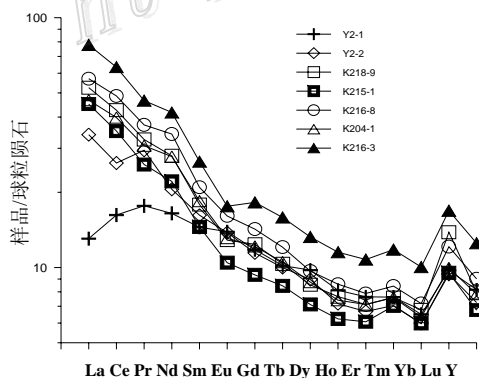


图 3 K₃ 岩体各岩相带样品的稀土配分模式图

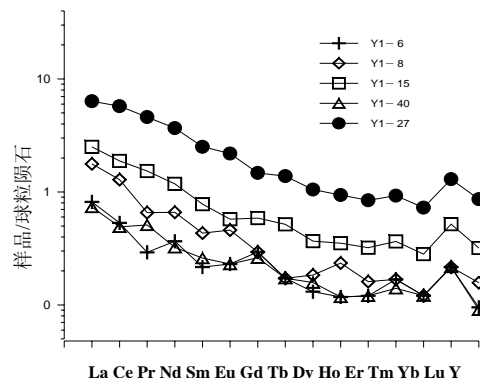


图 4 K₁ 岩体中矿石类型样品的稀土配分模式图

从本矿区岩浆矿床的矿石建造和岩浆岩的一致性, 以及致密块状特富矿中发育有高温矿物碳硅石和碳化钨等来看, 矿石的生成压力与接近中等深度的相应压力大致相当。

根据橄榄苏长岩中的辉石、致密块状特富矿中的磁黄铁矿和致密块状高铜特富矿中的黄铜矿的包裹体成分 (表 1), 这些矿物包裹体中含有较多还原组分的 H_2 、 CH_4 , 且 H_2 的含量递减, 说明本区的成岩成矿

是在一个相对很还原的条件下进行的,且矿体中存在的自然金属元素也同样说明了这一点,且铜镍等金属元素在含矿岩浆形成初期可能以氢化物的形式存在(郑大中等,1999)。

表1 喀拉通克流体包裹体气相成分色谱分析结果

矿物名称	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	CO	C ₂ H ₂	CO ₂	C ₂ H ₆	H ₂ O
辉石	5.363	痕量	痕量	14.064	痕量	痕量	361.147	/	24
磁黄铁矿	0.266	痕量	/	0.575	/	/	154.208	/	769
黄铜矿	0.095	痕量	痕量	1.714	痕量	/	68.341	/	605

注:中南大学地质所测试。

5 成矿机制

地核内富含镍、铜等成矿元素,它们与氢形成高活性、高扩散性的多种氢化物,当核幔发生双向交换作用时,地壳发生深大断裂构造运动,形成含矿岩浆,在构造动力的驱动下,不断上升,由于上部氧逸度剧增,金属氢化物不断氧化,再加上硫化作用,使金属硫化物混熔于岩浆中,形成富含金属硫化物岩浆。

这种含矿岩浆沿超壳深断裂上侵到地壳深部的岩浆房内。由于温度、压力降低和沿途混染,在高温下产生深部熔离作用。熔离出来的硫化物熔体,在重力作用下,呈滴状向下沉聚至岩浆房底部聚集形成底部矿浆、下部富矿浆、上部贫矿硅酸盐岩浆和无矿硅酸盐岩浆。这些岩浆在构造动力的驱动下,先后沿同一通道或不同通道上侵,定位于深断裂的次一级断裂构造所构成的岩浆室内。侵位顺序为硅酸盐岩浆、含矿硅酸盐岩浆、富矿浆、矿浆。在岩浆室内,产生就地熔离作用,并凝固固结,在岩体的中下部或底部可形成岩浆就地熔离型矿体;之后,深部岩浆房下部的富矿硅酸盐岩浆上侵,定位于岩体底部或根部先阶段的岩相和原生构造裂隙中,形成深部熔离贯入型矿体。最后是岩浆房底部残留矿浆上侵,定位于岩体底部构造裂隙及岩体接触带附近的围岩裂隙之中,经冷凝形成晚期贯入型致密块状特富矿矿体。由于岩浆的脉动式侵位,若岩浆先后沿不同通道上侵,不同的岩浆单独就位于不同的岩浆室内,经就地熔离作用,并冷凝成岩成矿,就形成含矿性差别极大的岩体群:不含矿的岩体、仅赋存就地熔离型矿体的岩体、就地熔离型矿体与深部熔离贯入型矿体并存的岩体、深部熔离型与贯入型矿体并存的岩体和全岩矿化的岩体。另外,岩浆侵位、冷凝、成岩、成矿过程中,由于外来含硫挥发性的渗入,致使岩体内部产生自变质作用,高温气态的硫与硅酸盐矿物结晶格架中的镍、钴作用,形成富含硫化物的气液,可叠加在岩浆熔离型矿体之中,形成岩浆熔离的硫化叠加型矿体。

参 考 文 献

- 冉红彦,肖森红. 1994. 喀拉通克含矿岩体的微量元素与成岩构造环境[J]. 地球化学, 23(4): 392~401.
- 王润民,赵昌龙,等. 1991. 喀拉通克一号铜镍硫化物矿床[M]. 中华人民共和国地质矿产部地质专报, 矿床与矿产(19). 北京: 地质出版社.
- 郑大中,郑若锋. 1999. 铜镍硫化物矿床的成矿机理新探[J]. 四川地质学报, 19(1): 38~45.
- Taylor S R, Mclennan S M. 1985. The continental crust: its composition and evolution. New York: Blackwell.