

某矽卡岩型铜矿床成矿规律的初步认识

六〇四队

某矿床为国内较大而又典型的矽卡岩铜矿床，它既和同类型矿床有相同之处，同时又有它本身的特点。现根据几年来勘探工作的成果以及我队与冶金部北京地质研究所共同研究的一些认识，进行综合整理，对成矿规律提出初步认识。由于水平有限，如有不当，希批评指正。

一、矿区地质概况

矿区位于扬子钱塘淮褶皱带中的下扬子褶皱带内。地层计有：志留系、泥盆系、石炭系、二迭系和三迭系。构成一轴向近东西的向北倒转、向南倾斜的复式向斜。

矿床位于复向斜核部次一级倒转褶曲中，在这些褶曲的核部有一系列东西向断裂，组成一纵向断裂系。另外，在褶曲由正常变为倒转处，发生横向扭力作用，从而产生一近南北向的横向断裂系（图1）。在纵横两断裂系交汇处，形成一构造软弱带，沿此侵入了岩浆岩。

矿区的岩浆岩，属燕山期产物，为一岩株—岩枝相的钙碱性系列的中酸性岩类—花岗岩长斑岩和石英闪长斑岩。岩株出露面积为0.9平方公里。在花岗岩长斑岩与中三迭统嘉陵江组灰岩接触处，形成了矽卡岩型铜矿床（伴生钼矿）。矿体沿岩体分为南北两个矿带。矿床内矿化范围较宽，从岩体向外达150米，延深在500米以上，构成一规模较大的矿床。

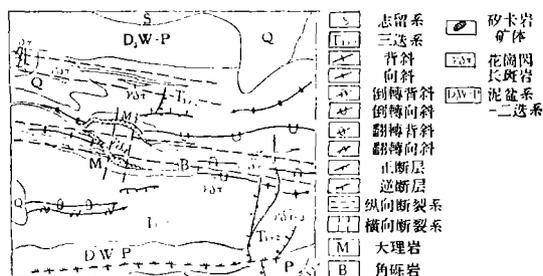


图1 矿区地质略图

二、成矿控制条件

(一) 构造控制：

1. 接触构造：矿体与岩体的产状和接触带的部位

等有密切关系，它们控制了矿体的形态、大小和产出部位。据此，可把接触构造分下列几种：

(1) 蘑菇状岩株顶部陡倾斜的矿体：此处是一构造活动带，使矿液易于流动和交代。同时，岩株的顶部和颈部间形成一半封闭的构造，成为矿体赋存的良好空间（图2之1，图3之1、2）。此外，此处的接触带在平面上和剖面上，都凹向岩体。凸入岩体的围岩被花岗岩长斑岩包围，在岩浆岩侵入和冷却时，有多种方向的挤压和剪切力造成裂隙，同时，花岗岩长斑岩又起着阻挡作用，从而有利于矿液的沉淀。所以，在岩株顶部接触带形成大而富的矿体。

(2) 起伏接触的矿体：在岩体的北缘，岩株顶部与灰岩间形成起伏接触。花岗岩长斑岩起着阻挡层作用，使矿液多沿接触带方向沉淀，从而形成一形态简单、厚度较薄，但很稳定的似层状矿体（图2之2上部）。

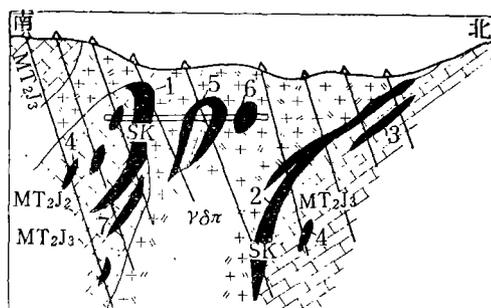


图2 成矿构造控制示意图

MT₂J₂：嘉陵江组第二段大理岩；MT₂J₃：嘉陵江组第三段大理岩；γδπ，花岗岩长斑岩；SK，矽卡岩矿体

(3) 上插式岩枝底板接触带的矿体：当从下向上侵入岩枝与主体岩株相交时，在交汇处形成一较小的半封闭构造，岩枝起着阻挡作用。故形成一些小的扁豆状矿体（图3之3）。

(4) 倒贯式岩枝底板的矿体：在倒贯岩枝与主体岩株交汇部位亦形成一局部的半封闭空间，从而形成一些小的矿体（图3之1上部）。但当和其他接触构造联合起来，则可构成大的矿体。

(5) 捕虏体矿体：在花岗岩长斑岩岩株体内有

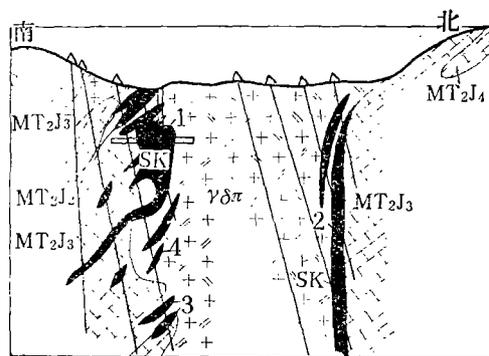


图 3 成矿构造控制示意图

MT₂J₂. 嘉陵江组第二段大理岩; MT₂J₃. 嘉陵江组第三段大理岩; MT₂J₄. 嘉陵江组第四段大理岩; $\gamma\delta\pi$. 花崗閃長斑岩; SK. 矽卡岩矿体

很多捕虏体, 它们每一个都是良好的封闭空间, 从而可形成一些形态不太规则、大小不等的矿囊和矿巢等。根据矿液交代程度可分两种: 一为全部交代的矿体: 矿液全部交代捕虏体成矿 (图 2 之 6), 一为周边式交代的矿体: 矿液仅沿捕虏体周围交代成矿 (图 2 之 5)。

(6) 残留体矿体: 当岩株和岩枝侵入时, 把一些围岩原地包围, 形成一些残留体, 它们多在岩株体的边部, 构成一良好的封闭空间, 故易被矿液交代成一些小的扁豆状矿体 (图 3 之 4)。

2. 裂隙构造: 围岩受区域构造力和岩浆岩侵入的影响, 产生一系列裂隙, 它们错综复杂, 分布很广, 但以接触带及其附近 (约向外 100—150 米) 范围最发育。从而使矿化遍及此区, 产生一些小矿脉。当几组裂隙交叉时, 则产生一些小矿囊、矿巢等。这从矿床中小矿体广泛分布可以证明 (图 2 之 4)。但它们在矿床中不占主要地位。根据裂隙形成的先后分为:

(1) I 期生成的裂隙: 是与褶皱作用产生的应力有关的裂隙, 其中不同性质的裂隙与一定的褶皱部位有关: 在褶皱轴部发育纵张裂隙和横张裂隙, 同时水平层间裂隙亦较发育。这些裂隙在矿床范围内, 已被岩浆岩的侵入所破坏, 但在矿床以外的部位可以见到。它们为岩浆岩的侵入和捕虏体的形成造成有利条件, 另外, 在褶皱翼部发育层间裂隙和垂直岩层走向或平行岩层走向以及斜交岩层走向的共轭剪切裂隙。这些裂隙是接触带以外小矿脉和小矿巢等赋存的主要部位。

(2) II 期生成的裂隙: 是与岩浆岩侵入的同时, 第 I 期裂隙再活动有关的裂隙。它们在接触带附近的围岩中特别发育, 蚀变和矿化多沿此分布, 成为

主矿体赋存的一个部位。这些裂隙有三组: 即纵向裂隙 (与接触带平行)、横向裂隙 (与接触带垂直) 和斜交裂隙。其中以纵向裂隙中矿化较富集, 横向裂隙次之, 而斜交裂隙中矿化比较差。但当几组裂隙交叉时, 矿化则加剧。

(3) III 期生成的裂隙: 是岩浆岩侵入后, 本身冷却收缩而产生的裂隙。这从图 2、3 中 1 和 2 矿体沿接触带分布可以证明, 这些裂隙在接触带附近主要发育纵裂隙和横裂隙, 而岩浆岩中心则以斜交裂隙为主。花崗閃長斑岩中的铜、钼矿化多受纵向和横向裂隙控制。产生一些细脉, 但它们多不形成工业矿体。

3. 层理构造: 嘉陵江组灰岩层理发育, 它们在应力作用下, 易产生层间滑动, 尤其是在岩浆岩上升之侧压力作用下, 更为发育。这为岩枝的侵入和后来矿液的沉淀造成有利空间。有时还可形成单独的外接触带矽卡岩矿体 (图 2 之 3)。层间滑动在岩体的南、北缘发育程度不一, 这是由于地层的倾向相对于岩体侵入方向的不同而造成的 (图 4)。北缘地层倾向岩体, 地层主要受顺层压力, 并由地层的自重抵消一部分。仅

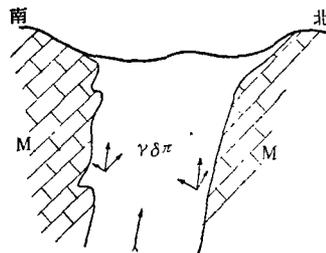


图 4 层间滑动发育程度示意图

仅 $\gamma\delta\pi$. 花崗閃長斑岩; M. 大理岩产生一些层间滑动裂隙。而南缘地层倾向与岩体相反, 地层主要受垂直于层理的推压力作用。故而产生较多的张裂隙, 所以南缘的岩枝比北缘多, 矿体亦较复杂。

4. 复合构造: 矿床中除一些小矿体受单一构造控制外, 主矿体都受两种以上的构造控制。这里主要是受接触构造—层理和裂隙构造的复合构造控制。如图 2、3 之 1 所示, 矿体上部受接触构造控制, 而下部受层理控制。另外, 在接触带的矿体, 往往有很多小矿条插入围岩的裂隙中, 使矿体的形态复杂, 分枝复合较多, 但所有分枝的根部都集中于接触带上。

(二) 岩浆岩的控制: 本区的矿床在空间上、时间和成因上受着花崗閃長斑岩—石英閃長斑岩岩体的控制, 现分述如下:

1. 空间关系: 矿床中矿体的形态、大小、富集程度和赋存部位随着岩体的产状、形态和规模的变化而变化。矿体的走向和倾向亦随岩体的走向和倾向而变化。在蘑菇状岩株顶部成为矿化中心, 形成厚度大、品位高, 同时又稳定的矿体。而当岩体从顶部向上形

成蘑菇状顶盖时，岩体厚度变薄，以至尖灭，矿体亦随之变薄而消失(图5)。当岩枝较多，破坏了接触带的完整性时，则不形成大的矿体，而是在岩枝的底板，形成一些小的扁豆状矿体。

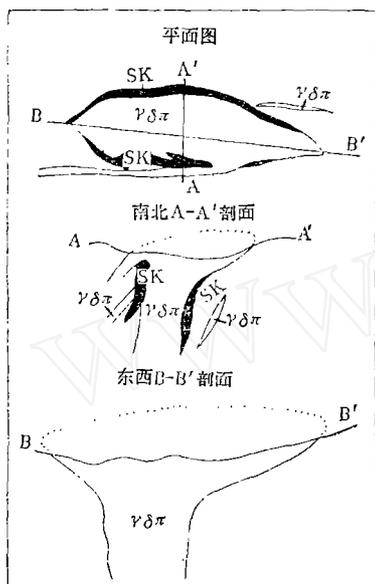


图5 花岗闪长斑岩岩体形态示意图

$\gamma\delta\pi$ ，花岗闪长斑岩；SK，矽卡岩矿体

2. 时间关系：含矿的矽卡岩不仅是由于交代灰岩而形成，而且可交代接触带附近的花岗闪长斑岩至石英闪长斑岩，形成内矽卡岩。其中往往残余有许多交代不完全的原岩成分。有时矽卡岩呈小脉状插入在岩体内部的裂隙中。在含矿矽卡岩中金属硫化物呈不规则的粒状、团块状和细网脉状穿插交代石榴石、透辉石和矽灰石等矽卡岩矿物。因此，可以看出矿化在时间上位于岩浆岩侵入和矽卡岩形成之后，是一种有间歇性的持续作用过程。

3. 成因关系：

(1) 同源关系：从矿体与岩体的空间关系上，可以说明矿液的通道和岩浆岩侵入的通道是一致的，此外，花岗闪长斑岩—石英闪长斑岩富含二氧化硅、三氧化二铝和碱金属。而在内接触带的含矿矽卡岩中出现钙铝石榴石、钠长石、斜长石、磷灰石和绿帘石等，这说明含矿矽卡岩溶液继承着岩浆岩的化学成分特性，从而可以说矿化溶液来自于同一岩浆源的岩浆残余溶液。再一方面，矿床有原生分带现象，规律是：花岗闪长斑岩→钼、铁→钼、铜→铜（铅、锌）→铅、锌→大理岩。这种分带是由于矿液离开花岗闪长斑岩岩体后，浓度和温度等物理化学条件的变化所致，这亦可说明矿液与岩体的同源性。

(2) 专属性关系：

① 岩石化学特征：区内除有中—酸性花岗闪长斑岩、石英闪长斑岩主岩体外，还有许多同源后期岩脉，如：花岗斑岩、花岗细晶岩、闪长玢岩和煌斑岩等。这些后期岩脉，除闪长玢岩和少数煌斑岩有微弱的黄铁矿和黄铜矿化外，其他都没有金属矿化，并且所有岩脉均与矽卡岩化无关。而所有含矿矽卡岩则与花岗闪长斑岩—石英闪长斑岩有关，并在岩石化学上有着一定的专属性。

② 岩浆岩的同化混染与矿化的关系：花岗闪长斑岩和石英闪长斑岩在侵入活动过程中，与碳酸盐岩石发生同化混染作用，引起岩相的变化，并影响到岩浆期后残余溶液的成分和性质。所以矿化与同化混染有一定的专属性，其表现为：

岩体中的二氧化硅含量从中心相到边缘相（包括岩枝、岩脉）由高变低，而氧化钙和氧化镁的含量则由低变高，特别是氧化钙增加很显著。氧化钾加氧化钠的含量减少，但氧化钠大于氧化钾，三氧化二铝的含量则变化不大。在矿物成分上，从中心相到边缘相的变化规律是：暗色矿物增多，发生角闪石代替黑云母，更钠长石代替正长石，斜长石由酸性变为较基性，由不明显的正常环带变为明显的反环带构造。另外，副矿物磷灰石和榍石的含量增多，粒度变大。

上述特征，表明花岗闪长斑岩—石英闪长斑岩受到碳酸盐的同化混染作用，在岩浆期后残余溶液中继承了同化混染岩浆成分的特性，使溶液富含氧化钙、氧化镁、二氧化碳和硫等成分，以致后来首先形成含钙、镁和铝的矽酸盐矽卡岩矿物，而后铜、钼等金属矿物析出成矿。

③ 地球化学特征与矿化的关系：从花岗闪长斑岩和石英闪长斑岩的分析样品中看铜、钼含量比克拉克值高得多。岩体本身的这种含铜、钼性应是矿体生成的主要因素之一，这亦说明矿化与岩浆作用在成因上有地球化学上的联系。

(三) 围岩的控制：区内的围岩有石灰岩、大理岩、矽卡岩化大理岩、矽卡岩（内外矽卡岩）、矽卡岩化花岗闪长斑岩和矽卡岩化石英闪长斑岩等。它们对成矿起着不同的作用。

1. 矿床主要赋存在花岗闪长斑岩与中三迭统嘉陵江组第二和第三段灰岩的接触带上。第二段为泥质、白云质、砂质灰岩，其化学性质不够活泼，渗透性也较差，对矿液的上升和沉淀起着隔挡作用，使矿液不易逸散，而向下交代矽卡岩成矿。第三段为层理发育、化学成分较纯的灰岩，由于化学性质较活泼，又有一

定的渗透性和空洞性，故易于交代形成矽卡岩而成矿。

2.大理岩和矽卡岩化大理岩：其化学性质较活跃，空洞性较好，易于成矿。大理岩中一般沿裂隙充填一些小矿体；而矽卡岩化大理岩中，矿液多沿大理岩中的矽卡岩条带交代成矿。但若大理岩处于接触带上或在岩体内形成捕虏体时，则很易交代成矽卡岩，而后形成富矿体，而远离接触带者，矿化较弱。

3.矽卡岩：它对矿液的沉淀起主导作用，这是由于它的渗透性和空洞性特别发育，表现在矿物颗粒形状、大小变化不等，孔隙度高，另外岩石疏松，裂隙较发育。这样，有利于矿液的渗透、循环和交代沉淀。再从化学性质来看，它具有较强的活泼性，同时矽卡岩中含有一定数量的铁元素，这正是形成金属硫化物所必需的。所以矽卡岩是最有利于硫化物大量交代沉淀的围岩，故矽卡岩体多为矿体。

4.矽卡岩化花岗闪长斑岩和矽卡岩化石英闪长斑岩：从其结构构造上是有利成矿的，但其中有不少惰性元素，故而矿化较弱，仅沿矽卡岩的小脉交代成矿，有时也沿裂隙充填，形成稀疏浸染和细脉浸染矿石。

三、成矿特点

(一)围岩蚀变：矿区由于花岗闪长斑岩的侵入及后期热水溶液的作用，致使围岩蚀变种类较多。其中与矿化有关的主要为大理岩化、矽卡岩化（矽灰石、石榴石、透辉石、透闪石、阳起石、绿帘石、金云母等）、绿泥石化和石膏化。其次为黑云母化、钠长石化、絹云母化、蛇纹石化和矽化等。

1.大理岩化：分布较广，围绕花岗闪长斑岩体周围生成大理岩，并为矿体的主要围岩。其作用在岩体的南缘较北缘强，这是因为地层向北倒转向南倾斜，而岩体亦向南倾，从而南缘的灰岩为岩体的上盘，受热力烘烤作用较强，所以大理岩化分布范围较大，从岩体向外达300—500米。而北缘的灰岩为岩体的下盘，受热力烘烤作用较南缘差，大理岩化作用的范围亦较小，从岩体向外只有100—300米。大理岩化后，又受到矽卡岩化和热液蚀变，故在大理岩裂隙中往往充填一些小矿脉。

2.矽卡岩化：在花岗闪长斑岩与大理岩的接触带上生成。其形状和规模受接触构造等控制。当大理岩凸入花岗闪长斑岩中或呈捕虏体时，形成的矽卡岩规模大，分带性良好。早期形成的是以矽灰石、透辉石为主的外矽卡岩和以石榴石和透辉石为主的内矽卡

岩，而晚期形成的则是含水矽卡岩矿物，如：透闪阳起石、绿帘石、金云母等，它们的含量较少。这些矽卡岩体往往被矿液全部交代而成矿体，所以矿体的大小是随着矽卡岩体的大小而变化，但也有少量无矿矽卡岩。

此外，在接触带附近的花岗闪长斑岩、石英闪长斑岩和大理岩中，还有不同程度的矽卡岩化，即一些矽卡岩团块及小脉和网脉穿插交代这些岩石，并有矿化伴随出现。

3.绿泥石化：往往迭加于早期矽卡岩和大理岩之上，而在花岗闪长斑岩岩体中亦有广泛分布。区内出现的绿泥石有两种，为不同时间的产物：一为黑绿色——黑色呈鳞片状和细粒状的绿泥石，交代早期矽卡岩矿物（透辉石和石榴石等），它多在接触带发育，有时交代花岗闪长斑岩中的暗色矿物和长石，以及在大理岩裂隙中有呈细脉状产出，其间常有浸染状硫化物出现。再一种为绿色叶片状绿泥石，在各类岩石的裂隙中发育，尤以外接触带中较多，为低温热液蚀变产物，它常与蛇纹石伴生，多受到黄铁矿浸染和碳酸盐化的重迭。从一般情况看来，前一种绿泥石化发育的地区矿化较好。

4.石膏化：区内对成矿有关的岩石普遍发育有硬石膏，呈脉状和网脉状和不规则粒状产出。它常充填在岩浆岩、矽卡岩和大理岩裂隙以及矽卡岩矿物粒间空隙中，有时则交代以上岩石中的有关矿物。一般来看，石膏化发育的地区，矿化较强。

根据以上几种对成矿有关的蚀变分布来看，在空间上虽相互重迭，但各有其重点，在时间上存在着一定的先后或迭加关系（见下表）。

(二)矿床的原生分带

1.矽卡岩的分带：当岩浆期后残余溶液在接触带中流动时，发生强烈的交代作用。在不同的物理化学条件下，产生不同共生组合的矽卡岩矿物，从而形成有规律的矽卡岩分带。如某穿脉矽卡岩分带由南向北为蚀变大理岩，矽灰石矽卡岩，透辉石—石榴石—矽

蚀变种类 \ 蚀变分布范围及强度	围 岩			
	石灰岩	大理岩	矽卡岩	岩浆岩
大理岩化	——			
矽卡岩化	----	——		——
绿泥石化	----	----	——	----
石膏化	----	----	——	----

—— 表示大量 ---- 表示少量

灰石砂卡岩, 矽灰石—透輝石砂卡岩, 透輝石—柎榴石—斜長石砂卡岩, 粒狀透輝石—柎榴石砂卡岩, 致密塊狀柎榴石砂卡岩, 透輝石—斜長石砂卡岩, 蝕變花崗閃長斑岩。

綜合礦區砂卡岩的分布有兩種形式:

(1) 單向式分帶: 此種形式在礦區內占主要地位, 其分帶如下。

內帶:

1. 蝕變花崗閃長斑岩; 2. 透輝石—斜長石砂卡岩帶; 3. 致密塊狀柎榴石砂卡岩帶。

外帶:

4. 粒狀透輝石—柎榴石砂卡岩帶; 5. 矽灰石—透輝石—柎榴石砂卡岩帶; 6. 矽灰石砂卡岩帶; 7. 蝕變大理岩。

(2) 對稱式分帶: 此種形式在礦區內是次要的, 僅局部存在。它是以矽灰石為中心向兩側作對稱分布, 而以火成岩為終止。即: 花崗閃長斑岩岩體←透輝石—斜長石帶←致密塊狀柎榴石帶←粒狀透輝石—柎榴石帶←矽灰石帶→粒狀透輝石—柎榴石帶→致密塊狀柎榴石帶→透輝石—斜長石帶→角閃石細粒花崗閃長斑岩(岩枝)。此種分帶是由于岩枝貫入外接觸帶的大理岩中, 並與主岩體相接, 構成一封閉或半封閉空間, 使溶液中的組份向相反方向進行交代的結果。

2. 金屬礦物的分帶:

(1) 金屬元素分帶: 礦床中除銅和鉬元素外, 尚有鐵、鉛、鋅等元素。這些元素在空間上是以花崗閃長斑岩岩體為中心, 向外作由高溫、中溫至低溫逐漸遞變的順向分帶, 其規律是: 花崗閃長斑岩岩體→鉬、鐵→鉬、銅→銅、鉛、鋅、→鉛鋅→大理岩(或大理岩化灰岩)。

這些元素中鉬、鐵以輝鉬礦和磁鐵礦產出, 它們多分布在岩體邊部和內砂卡岩帶之中, 屬高至中溫產物。銅是以黃銅礦和斑銅礦產出, 其分布雖然在花崗閃長斑岩、砂卡岩和大理岩都有, 但以砂卡岩帶中為主, 屬中溫產物。鉛、鋅以方鉛礦和閃鋅礦產出, 多賦存在大理岩裂隙中, 屬中、低溫產物。

(2) 礦石礦物分帶: 礦石內金屬礦物在砂卡岩中的分布除輝鉬礦外, 其它礦物在空間上亦從岩體向外作有規律的排列。規律是: 內接觸帶為磁鐵礦; 外接觸帶為斑銅礦; 而磁黃鐵礦、黃鐵礦和黃銅礦介於其間。即: 磁鐵礦→磁黃鐵礦→黃鐵礦→黃銅礦→斑銅礦。

上述分帶在岩體南北緣表現的方向不同, 南緣是

近一水平的分帶, 而北緣由于岩體超伏大理岩之上, 故而分帶方向改變為從上向下, 但實質上都是圍繞岩體而形成分帶。

雖然在實際中常發現一個帶中有其他礦物的重迭和穿插, 但各帶的主要礦物仍占優勢。此外, 當深部和接觸帶中有岩枝穿插時, 將破壞上面的分帶, 出現重迭、缺失現象, 或形成反向和對稱分帶, 而有時則根本無規律可尋。

(3) 砂卡岩分帶與礦石礦物分帶的關係:

砂卡岩分帶嚴格的控制着不同種類金屬礦物的沉澱。如輝鉬礦多分布在內帶砂卡岩中, 但當外帶砂卡岩中有岩枝穿插時, 也會有輝鉬礦出現。不論是內帶或外帶, 輝鉬礦多與含透輝石的砂卡岩有關。而銅礦、鐵礦的分布依賴於選擇交代不同帶的砂卡岩。如: 內砂卡岩帶中的礦石礦物為磁鐵礦、磁黃鐵礦、黃鐵礦和黃銅礦, 它們交代含鐵的輝石和柎榴石(主要為鈣鐵柎榴石), 呈稠密浸染狀、脈狀、網脈狀以及塊狀產出。在內、外砂卡岩帶之間的過渡處, 礦石礦物為黃銅礦和黃鐵礦, 它們選擇交代透輝石、鈣鋁柎榴石和鈣鐵柎榴石, 呈塊狀、稠密浸染狀和脈狀產出。而在外砂卡岩帶中的礦石礦物為黃銅礦和斑銅礦, 是選擇交代矽灰石, 呈稠密浸染狀產出。

上面這種關係除因礦液沉澱時, 溫度和壓力的不同影響礦物晶出時間不同外, 更主要的是圍岩化學成份, 特別是其中的鐵元素含量的差別, 影響到金屬礦物的空間分布。如早晶出的磁鐵礦及少量磁黃鐵礦, 除靠礦液中的鐵元素外, 更多的是取之於圍岩, 而稍晚晶出的黃鐵礦、黃銅礦除交代磁鐵礦(磁黃鐵礦)外, 更多的是交代透輝石、鈣鐵輝石、鈣鋁柎榴石或鈣鐵柎榴石; 更晚晶出的斑銅礦主要交代矽灰石或少量透輝石和鈣鋁柎榴石, 這是因為矽灰石砂卡岩帶中鐵質少, 和銅礦液的濃縮所致。從這些規律來看, 鐵元素在成礦中起一定的作用, 不同的砂卡岩帶中鐵元素的含量不同, 從而生成不同的礦石礦物。

(三) 成礦階段和礦物晶出順序: 在礦床的整個成礦過程中, 礦物晶出是從高溫到低溫按一定順序沉澱, 若以某些類別礦物開始大量晶出為標志, 可將整個成礦過程劃分為砂卡岩、氧化物、硫化物和碳酸鹽四個階段。

1. 砂卡岩階段: 由接觸交代作用生成簡單成份的砂卡岩, 主要由矽灰石、柎榴石和透輝石組成, 沒有金屬礦物礦化相共生。有時因二氧化矽、氧化鈣、三氧化二鋁過剩, 還有斜長石、石英、方解石等晶出, 但量很少。透輝石和柎榴石各有不同的先後世代。早

世代生成致密块状的柘榴石、透輝石，結晶度很差，或晶粒极微小。晚世代的柘榴石、透輝石则为自形晶，粗一中一細粒状集合体和脉状体，我們迭加于早世代柘榴石和透輝石以及矽灰石之上，并沿着晶隙和裂隙发育。

2. 氧化物阶段：是继接触交代作用后残余热水溶液的高温作用阶段。以生成大量磁鉄矿为标志。磁鉄矿呈自形、半自形晶粒状集合体，有时呈脉状、致密块状产在透輝石、柘榴石砂卡岩中，且往往共生有金云母、綠泥石等含水矽酸盐。但阳起石多被磁鉄矿穿插交代。可見磁鉄矿是在部分含水矽酸盐以后晶出，而与其后的含水矽酸盐同时大量共生。当磁鉄矿形成后，有赤鉄矿生成，并有赤鉄矿被交代形成穆磁鉄

矿。穆磁鉄矿的生成表明溶液中氧离子浓度降低，硫离子浓度增高，并向硫化物阶段过渡。

3. 硫化物阶段：是本矿床最重要的成矿作用阶段，生成大量的金属硫化物和相应的热液蚀变。这个阶段的成矿时间，开始时相当于高温热液作用的末期，而后包括整个中温热液作用过程。

在硫化物当中，輝鉬矿多与綠帘石、金云母、鈉长石、絹云母等热液蚀变产物伴生，交代透輝石、鈣鋁柘榴石、斜长石及透閃阳起石等早期形成矿物。而其他硫化物则較多地与綠泥石化、蛇紋石化、硬石膏化和部分絹云母化等伴生。可見輝鉬矿晶出时间較早，并有輝鉬矿被黄銅矿交代的現象。

(上接22頁)

不产生反循环或变成正循环。这必須用清除冲洗液内脏物，彻底检查钻具和正确掌握水量的方法解决。

3. 所钻岩层非常破碎，而且毫无粘性。这可用增

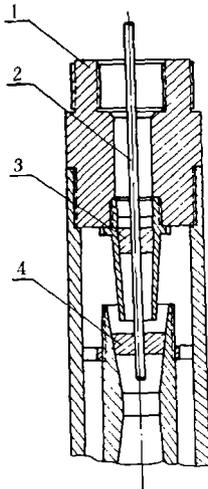


图 2

1. 上接头；2. 檢驗杆；3. 上錐状块；4. 下錐状块

长干采时间的方法解决。

四、几个具体问题

(一) 如何检查扩散管与喷嘴是否在同一中心线上的問題。整套钻具装配完毕后，往往由于加工上的原因而使扩散管与喷嘴之間不在一条中心线上，这容易造成反循环作用不良或根本不起反循环作用。因之，应进行检查。检查过程参看图 2。

先将与喷嘴内錐度相同的上錐状块放入喷嘴，再将与扩散管内錐度相同的下錐状块放入扩散管内，然后将檢驗杆由上錐状块的中空孔内插入。如能順利通过下錐状块的中空孔(此孔直径比檢驗杆大0.4毫米)，則合乎要求，否則要重新检查修理，直至能通过为止。

(二) 如何防止钻杆中的石块或其他杂物落进堵塞喷嘴的問題。

为了避免发生这类事故，可在連接喷嘴的接头①上，扭一个 $\phi 60 \times 50$ 毫米的钻杆接手(如图 2)。

以上是我們近年来在实践中摸索出的一点經驗，仅供同志們参考。

孙以聞