

龙门山铜矿床地质特征与 成矿控制因素

陈锡昆

(安徽省地矿局326地质队)

内容提要: 龙门山铜矿为一赋存于月山岩体内部的矽卡岩矿床,由一个中等规模的透镜状矿体和多个小矿体群组成。成矿母岩属燕山早期石英闪长岩-闪长岩体,成矿围岩以中三叠统白云岩、膏盐层和下三叠统薄层灰岩为主。主要控矿构造有三种类型:①“舌状体”构造(主矿体控矿构造);②向斜构造(浅部围岩中顺层产出的小矿体控矿构造);③压扭性构造裂隙(岩体中小矿脉控矿构造)。

矿床的成矿作用分为三期六阶段和两个亚阶段,其中石英硫化物期的早硫化物阶段是主要成矿阶段。常见金属矿物共生组合有四组,代表了从氧化物阶段至表生期的成矿演化过程。成因类型为接触交代矽卡岩型富铜矿床。

关键词: 龙门山 铜矿床 控矿构造 成矿作用 接触交代矽卡岩

一、矿区地质概况

龙门山铜矿床位于下扬子台坳中部北东向褶断隆起带—怀宁褶断隆起带内,为一中等规模含膏矽卡岩型富铜矿床。矿区出露地层有下三叠统南陵湖组薄—中厚层灰岩、中三叠统月山组薄层白云岩、角砾状钙质白云岩、膏溶角砾岩、钙质粉砂岩与铜头尖组紫色粉砂岩等。构造比较简单,浅部中三叠世地层中发育一个北东向正向斜——“铁铺岭向斜”,规模很小,长宽只数百米,褶皱轴略呈弧形,由北东向南西扬起,为一小型容矿构造。断裂构造有北西向、北北东向和近东西向三组,以北西向一组为常见(图1)。岩浆岩主要为燕山早期的中浅成中酸性侵入岩,取名“月山岩体”,为一沿层间构造和断裂带贯入的多枝状小岩体(图1)。分布面积约11km²。岩体中浅部为过渡相(含边缘相)带,主要为中细粒闪长岩;中深部岩石酸碱指数增高,有石英闪长岩、花岗闪长岩与闪长岩等,呈中—中粗粒结构,组成近中心相带。岩体年龄据全岩样K-Ar法同位素测定平均为125Ma。

受岩浆活动影响,矿区岩石普遍遭受变质改造。变质作用以交代为主,伴有不太强的热变质,形成一系列矽卡岩、蚀变闪长岩与低变质相角岩、大理岩等岩石。

矽卡岩是矿区最重要一类变质岩石,呈捕虏体状分布于岩体内部,含钙质矽卡岩、镁质矽卡岩与硅质矽卡岩三类,常见岩石类型有含膏石榴石矽卡岩(又名膏榴岩)、透辉石矽卡岩(含膏者又名膏辉岩)、方柱石矽卡岩、矽卡岩化闪长岩和数种过渡型岩石,均系矿床的主

要含矿岩石(图2)。

蚀变闪长岩分布比较普遍,自上而下可分出四个带(图2):

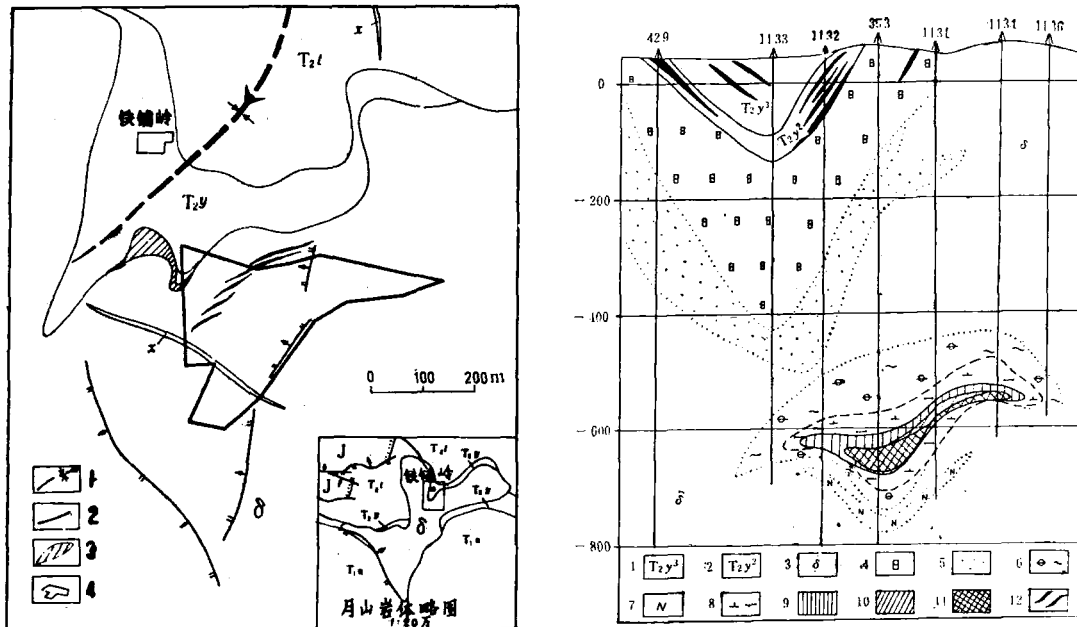


图 1 矿区地质构造略图(左图)

(据龙门山铜矿床地质报告资料)

1—铁铺岭向斜; 2—断层; 3—铜矿体; 4—深部矿体投影; T_{2t} —中三叠统铜头尖组; T_{2y} —中三叠统月山组; δ —闪长岩; x —煌斑岩脉

Fig. 1. Sketch geologic-structural map of the ore district (left).

1—Tiepuling syncline; 2—Fault; 3—Copper orebody; 4—Projection of orebody at depth; T_{2t} —Middle Triassic Tongtoujian Formation; T_{2y} —Middle Triassic Yueshan Formation; δ —Diorite; x —Iamporphytic vein.

图 2 变质带分布图(右图)

1—2—月山组三、二段; 3—闪长岩; 4—浅色蚀变带; 5—红长石化带; 6—深色蚀变带; 7—钠长石化带; 8—砂卡岩化带; 9—方柱石砂卡岩; 10—透辉石砂卡岩; 11—石榴石砂卡岩; 12—浅部矿体

Fig. 2. Distribution of metamorphic zone(right).

1—2—3rd and 2nd member of Yueshan Formation; 3—Diorite; 4—Leucocratic alteration zone; 5—Red feldsparization zone; 6—Dark-colored alteration zone; 7—Albitization zone; 8—Skarnization zone; 9—Scapolite skarn; 10. Diopside skarn; 11. Garnet skarn; 12. Orebody at small depth.

浅部中低温浅色蚀变带: 以碳酸盐化、高岭土化和硅化为代表, 伴有水云母化与弱钠长石化, 含脉状铜钼矿体, 为浅部闪长岩型矿体的找矿标志。

中部红长石化弱蚀变带: 表现为斜长石蚀变呈暗红色调, Fe_2O_3 含量稍许增加, 伴有弱泥化。为上下蚀变带的过渡带。

下部中高温深色蚀变带(近矿蚀变): 早期有钠黝帘石化、绿帘石化; 中期为阳起石化、碳酸盐化; 晚期绿泥石化。为深部砂卡岩矿体的找矿标志。

深部强钠长石化带: 见于砂卡岩矿体底板岩石中, 距矿体10—30m。带内岩石除斜长石大量被钠长石取代外, 角闪石等暗色矿物亦为粒状钠长石交代, 石英含量骤增(可达15—25%),

颜色呈肉红色，标志明显。有人认为，强钠化带的存在是钠盐沉积的一种标志。

二、矿床地质特征

矿床处在“月山岩体”东枝与北枝衔接的内凹部位(图1)。矿体分为浅、深两部分：浅部矿体以往称“铁铺岭矿床”；深部矿体现名“龙门山矿床”。本文将上述两个矿床统称为龙门山矿床。

(一) 深部矿体 产于岩体深部，由一个矽卡岩型矿体组成。矿体呈透镜状，局部具膨胀、收缩与分叉复合等现象。长502m，斜深100—470m，平均150m；厚一般10m左右，最大50.70m，平均13.90m。厚度变化系数 $V_m=123$ ，属很不稳定型。产状较平缓，倾向北西，倾角约20°，略有起伏(图3)，埋深560—730m。矿石类型主要有石榴石矽卡岩型铜矿石、方柱石矽卡岩型铜矿石与磁铁矿型铜矿石。各类型矿石成分列于表1。表1表明，组成深部矿

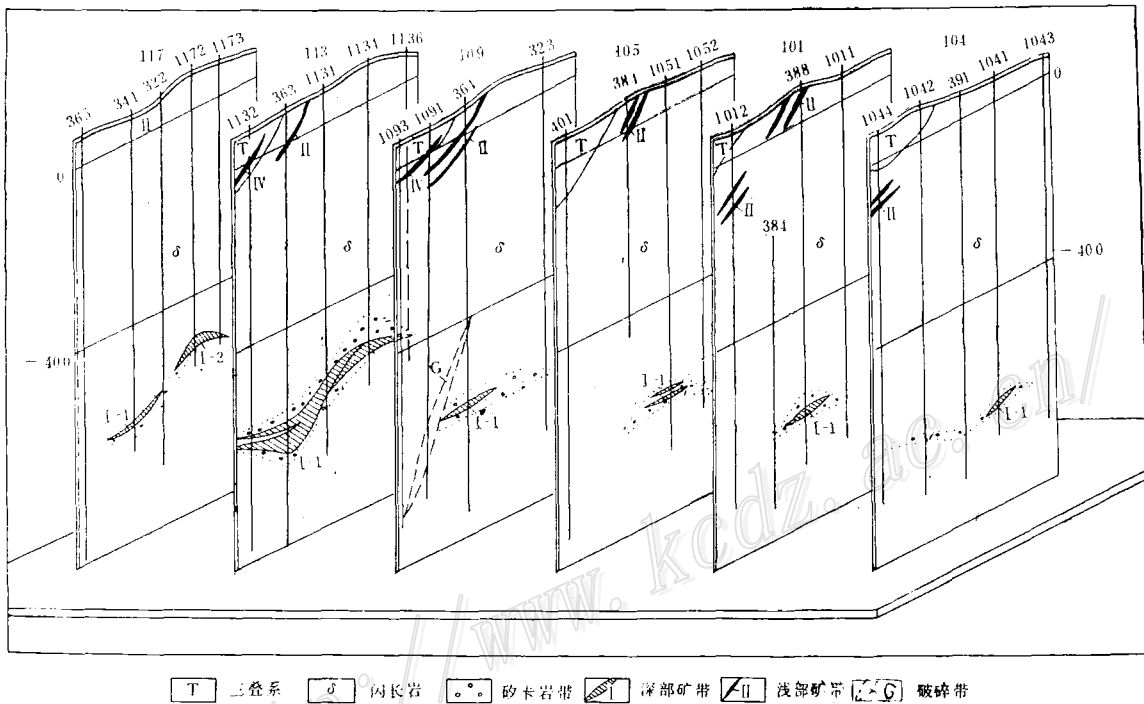


图3 剖面对比图

Fig. 3. Correlation of profiles.

Legends (from left): Triassic; Diorite; Skarn zone; Ore zone at great depth; Ore zone at small depth; Fracture zone.

体的主要金属矿物有黄铜矿、斑铜矿与磁铁矿三种，其次有赤铁矿与辉铜矿。

黄铜矿：是矿床最主要的有用矿物，在矿体中分布普遍，所载金属量占90%左右。其嵌布特征分为两种类型：

1. 疏散交代型嵌布：黄铜矿呈中粒他形或集合体疏散分布于脉石矿物或磁铁矿晶体中，形成浸染状、斑杂状构造；少量较大斑块中包含残余磁铁矿、黄铁矿与早期脉石矿物（石榴石），形成包含结构、交代残余结构；部分斑块边部围绕一层斑铜矿，状如荔枝外壳，甚至

表 1 主要矿石类型矿物成分一览表

Table 1. Mineral composition of major ore types

类 型	石榴石砂卡岩型铜矿石	方柱石砂卡岩型铜矿石	磁铁矿型铜矿石	
金 属 矿 物	主 要	黄铜矿、斑铜矿	黄铜矿	黄铜矿、磁铁矿
	次 要	磁铁矿、赤铁矿、辉铜矿、黄铁矿	斑铜矿、黄铁矿	斑铜矿、黄铁矿
	少 量	磁赤铁矿、针铁矿、辉铜矿、方 钴矿、镜铁矿	磁铁矿、赤铁矿、镜铁矿	镜铁矿
非 金 属 矿 物	主 要	石榴石、硬石膏	次透辉石、钠长石、方柱石、 绿帘石、硬石膏	次透辉石、钠长石、石 榴石、硬石膏
	次 要	阳起石、绿泥石(含黑硬绿泥石)、 方解石(含隐晶方解石)、石英、 次透辉石、绿帘石、白云石	阳起石、绿泥石(含黑硬绿泥 石)、方解石(含隐晶方解石)、 石英、石榴石、金云母	阳起石、绿泥石(含黑硬 绿泥石)、方解石(含隐晶 方解石)、石英、绿帘石
	少 量	褐帘石、磷灰石、白钛石、钾长 石、更钠长石、锐钛矿、水云母、 叶蜡石、方柱石	褐帘石、磷灰石、白钛石、角 闪石、透闪石、榍石、锆石、钾 长石	褐帘石、磷灰石、白钛 石、金云母

黄铜矿则呈残骸状，构成交代边缘结构与交代残骸结构等。

2. 间隙充填型嵌布：黄铜矿呈粒状集合体嵌布于石榴石或方柱石晶体间隙中，呈不规则多边形，边界平直，形似“角砾”。其中除伴生少量碳酸盐矿物外，一般不包含先期金属与非金属矿物。少量黄铜矿常沿石榴石与硬石膏接触线分布，形状呈极不规则状或串珠状。

斑铜矿：重要的含铜矿物，集中分布于矿体东段。嵌布形式有两种：一是围绕黄铜矿团块或残余体分布，形似环边；另一种呈独立的细粒他形晶与细粒黄铜矿伴生，呈密集浸染状嵌布于脉石中。

磁铁矿：主要分布于矿体西段，多呈自形一半自形晶密集浸染于岩石中，部分出现石榴石假象，构成交代假象结构。

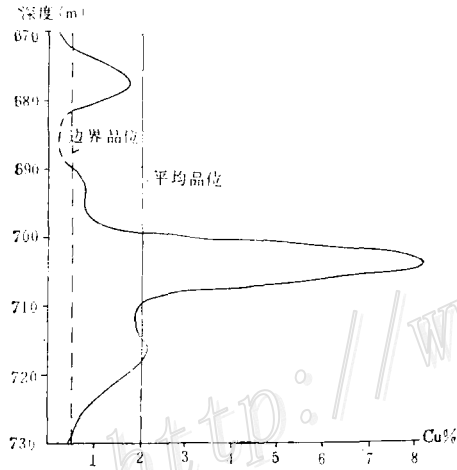


图 4 363孔深部矿体铜变异曲线

Fig. 4. Variation in copper content of the deep orebody along drill hole No. 363.

辉铜矿：少量，多见于黄铜矿、斑铜矿团块中，具线状嵌布特征，局部呈单一团块状。

赤铁矿：颗粒微细，多呈浸染状交代石榴石。

矿石的主要有用元素为铜，次为铁，伴生有金、银。

1. 铜元素含量与分布特征：

铜元素含量较高,平均品位2.01%,变化系数 $V_c=111$,分布很不均匀。平面上它有三个富集中心,基本与矿体明显的下凹和拱台构造相吻合。垂向上品位变异曲线于矿体中部普遍出现一个高值区,表明矿体中部为一优质矿石带(图4)。

上述分布特征说明铜元素具有定向富集的趋势,这种趋势明显受构造形态的控制。

2. 金、银及其它伴生元素

金:系主要伴生元素,矿石中平均含量为0.15g/t。品位变化与铜含量显示一定的相关性,两者之间大致服从于 $f(\text{Au}) \approx 7 \times 10^{-6} \text{Cu}$ 的函数式。初步分析它可能主要呈单矿物连生于铜矿物中。

银:矿石中银平均含量为2.15g/t,它与铜的关系没有金明显,估计也主要与铜矿物共生。

其他伴生元素含量低微,它们在矽卡岩型铜矿石和磁铁矿型铜矿石中的百分含量分别是: Pb为0.008和0, Zn为0.01和0, Mo均为0, S为3.64和1.99, Co为0.003和0.006, V为0和0.003, As为0.0002和0, Ga、Cr均为0.001, Ni为0.011和0.002, MgO为2.86和2.23。

(二) 浅部矿体 规模较小,埋深一般 $<200\text{m}$,部分为露头矿。已经探矿工程发现的矿体共35个,一部分位于中三叠世地层中,一部分赋存于岩体内。浅部地层中的矿体多呈透镜状顺层产出,产状随构造形态而变化(图2)。岩体内的矿体皆呈脉状,倾向北西,倾角中等至较陡,沿走向呈侧羽状排列,延展方向北东,构成沿接触带延伸的含矿带(图3)。

矿体中常见的矿石类型有闪长岩型铜矿石、角砾状大理岩型铜矿石与钙质粉砂岩型铜矿石三种,系由闪长岩、角砾状白云质大理岩与钙质粉砂岩经矿化而成。常见金属矿物以黄铜矿、黄铁矿为主,次有磁铁矿、赤铁矿与辉钼矿,浅部伴生较多的孔雀石、铜蓝、沥青状褐铁矿。其工业类型大部分为混合矿石。脉石矿物有方解石、白云岩与石英。金属矿物赋布特征也有两类:一类呈中粒他形粒状或集合体星散于岩石中,成为浸染状矿石;另一类与石英、方解石等伴生,呈中细脉状产出,形成脉状矿石。此外,还有少量细脉浸染状矿石。矿石中含铜品位较低,一般在0.5—0.6%之间,为一类贫矿矿石。

三、矿床控制因素初析

根据矿床地质特征分析,成矿作用有三个不可缺少的因素:岩体、构造和围岩。三个因素各司其“职”,形成一个复合控矿的成因模式。

(一) 岩体的控矿作用 成矿过程的岩体因素除体现于与矿床的时、空关系外,重要的还是通过气成-热水溶液的传递、渗滤,完成物质的交换、分异和富集而形成矿床。

1. 岩体的时、空控制作用: 岩体对矿床的空间控制,主要体现于矿体的赋存部位,易于识别。图2所示深部含矿矽卡岩和浅部矿体的相对位置体现了矿体空间分布对岩体的依赖关系。

标志时间控制的现象主要有两点:一是含矿岩石的交代成因;一是近矿围岩蚀变的存在。它们记录的成矿时间应晚于岩体。

由于缺实验数据,成矿绝对年龄还不清楚。附近的铜牛井铜钼矿床以Os/Re比值测算辉钼矿生成时间为131Ma(据326队1981年资料),属于早白垩世。它的成矿阶段大致相当于

龙门山矿床的石英硫化物期,推断后者成矿时代在燕山期,与岩体为同期产物。上述成矿年龄与岩体年龄有矛盾,可能由于测试的矿物种属和方法不同以及测试误差的原因造成的。

2. 气成-热水溶液的成矿作用

(1) 以双交代方式生成矽卡岩:矽卡岩的物质组成和内部结构有三个明显特征,这就是典型的布分规律、物质强烈地输入输出和易于交代的化学活性。

根据物质成分、结构、构造的差别,矽卡岩分为内、外两个蚀变带。外蚀变带由富含石榴石、透辉石的岩类组成,呈垂直分带序列;内蚀变带由硅质矽卡岩类组成,呈环状分带序列(图2)。内、外带既同一又分离的现象,反映蚀变原岩迥然不同的特性,同时也是不同物质相互渗透的标志。据粗略计算,仅仅生成外蚀变带的石榴石,就需从岩体中吸取大约430000t硅、铝氧化物,水溶液的重要性和它巨大的搬运能力可见一般。

关于矽卡岩的化学活性是普遍肯定的,仅就铜元素分配率即可说明。矽卡岩中含铜金属量占82%,其它岩石中含量之和不足其1/4,足见它易于交代的特性。

(2) 促进成矿元素的分异和富集:溶液中各种元素的沉积分别发生于介质的温度、压力、pH、Eh值演化的各个阶段。从溶液中最先沉积的是铁,并伴生围岩的钠长石化。推测铁主要呈 $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$, $\text{Na}[\text{FeCl}_4]$ 等易溶络合物的形式随溶液迁移,在进入矽卡岩后,由于出现化学反应和内压力突然减小,络合物分解为碱金属阳离子和络阴离子。 Na^+ 使围岩钠长石化,溶液逐渐被中和,络阴离子随之分解,铁质沉积。根据形成物多为磁铁矿分析,介质处于还原环境。

铁元素沉积后,溶液中 $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{CO}_3)_2]$ 、 $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ 等络合物含量相对上升,溶液转入酸性还原环境。此阶段成矿作用经历了与铁沉积时的中和、分解、沉积的类似过程。 K^+ 参与钾长石化,铜与硫、铁结合成硫化物沉积。早期硫化物的沉积顺序是黄铁矿→黄铜矿→斑铜矿,硫化价由 $[\text{S}_2]^{2-} \rightarrow \text{S}^{2-} \rightarrow \text{S}^{3-}$,表明还原作用逐步增强。

铜矿物的富集虽与溶液的滞流、矿质的不断补充有关,但很大程度还是取决于矽卡岩的孔隙度、上凸下凹的构造变化、层间虚脱以及构造裂隙等构造因素,矽卡岩矿体的三个富集中心即系一例。

关于矿化方向,根据矽卡岩中铁西、铜东的分布规律判断,矿化是由西向东发展;但微量元素分带序列指示的矿化方向是由东向西。

(3) 经渗滤交代使围岩蚀变,形成特定的找矿标志(仅阐述蚀变围岩微量元素的变化规律):以闪长岩为例,未蚀变岩石与蚀变岩石的微量元素丰度有所差别,其中Cu、Mn、Ba等10种元素含量变化较大(表2)。蚀变岩石中Ba、Mn、Cu、Mo 4种元素偏高。根据它们与蚀变类型的相关性判断,Ba、Mo主要在中低温阶段带入,Mn在高温阶段带入,铜随温度增高而增加。高温蚀变类型铜含量高,低温型铜含量低。这与铜矿物主要在高温热液阶段(早硫化物阶段)生成的现象相吻合。其余六种元素则被活动于间隙中的溶液带出。

(二) 成矿作用的构造控制因素 与岩体因素一样,成矿中的构造控制也很明显。矿床的控矿构造分为三类:“舌状体”构造、向斜构造与构造裂隙。

1. “舌状体”构造控矿:所谓“舌状体”构造是指由钙镁质围岩伸进岩体内的“半岛状”残余体,外形似口条,故名舌状。它实际上是岩体的大幅度内凹构造。深部矿体即位于它断续延伸的前沿捕虏体中,为矿床最重要的控矿构造。“舌状体”构造控矿除空间分布关系外,

表 2 闪长岩与蚀变闪长岩元素丰度表 (ppm)
Table 2. Abundances of elements in diorite and altered diorite (in ppm)

岩 石	元 素 含 量	Ba	Zr	Ti	Pb + Zn	Mn	Cu	Mo	Cr	V
闪 长 岩		433	114	4617	70	351	38	2.06	125	263
中低温浅色蚀变闪长岩		1033	53	3098	23	348	87	15	48	134
高中温深色蚀变闪长岩		1036	23	1786	22	436	101	3	59	106
深部矿体顶板		742	20	2917	32	1125	622	7.7	48	113
深部矿体底板		579	18	2108	24	2458	528	6	58	61

还有三个间接标志：①矿体顶底板普遍出现清晰的流动构造，标志成岩过程中捕虏体的阻流作用；②矿石的条带状构造发育，反映了原始岩层成层的构造特点；③含矿岩石富含钙镁，追溯它的原岩应为钙镁质围岩。

2. 向斜构造控矿：浅部围岩中的铁铺岭向斜是一个控矿构造，其中包含23个矿体。它们多数呈透镜状沿富含钙镁的岩层分布，产状变化严格受构造形状控制，是矿床较重要的储矿构造（图2）。

3. 构造裂隙控矿：岩体浅部裸露的侧羽状含矿带是一组受构造裂隙控制的矿体。矿带走向 50° — 230° ，矿脉走向 55° — 235° 。露头的容矿裂隙分为两组：一组走向为 290° — 320° 的张性节理；另一组走向为 340° — 30° 的压扭性节理（图5）。借用应变椭球体分析表明，构造应力作用方向大致为 305° — 125° （图6），含矿构造带应属压扭性质。

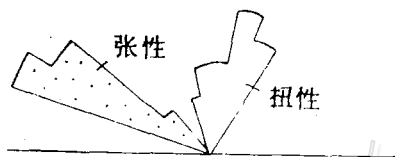


图 5 含矿裂隙玫瑰图
Fig. 5. Rose diagram of ore-bearing fissures.

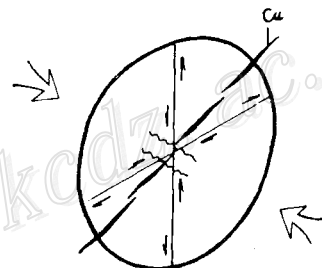


图 6 含矿裂隙应变椭球体分析
Fig. 6. Stress ellipsoid analysis of ore-bearing fissures.

(三) 成矿的围岩条件

1. 钙镁质岩层是矿床的主要成矿围岩：表3列出了深部矿体的主要矽卡岩矿物与围岩化学成分。石榴石、次透辉石为外蚀变带代表，方柱石可作为内蚀变带代表。前者具有高钙镁硅的特点；后者富含硅铝。它们的含量变化清楚地反映出各带相互间的递变关系。若以金属原子数作横向百分率换算，这种规律更为清楚（表4）。上述化学成分说明矽卡岩所需求的是钙镁质岩层。

2. 蒸发岩层的作用初析：矿区的蒸发岩层主要是膏盐层，系中三叠世泻湖相沉积。它的作用可能有两方面：①形成层间虚弱带，成为表层控岩构造。月山岩体的东枝与西枝系岩

表3 主要矽卡岩矿物与围岩化学成分(%)表

Table 3. Chemical composition of main skarn minerals and wall rocks (in percentage)

成 分	大理岩	白云岩	次透辉石	石榴石	方柱石	闪长岩
CaO	51.83	26.69	25.38	31.24	10.98	5.36
MgO	1.14	14.81	12.87	2.15	1.23	2.90
SiO ₂	2.79	1.80	47.57	37.71	50.05	58.06
Al ₂ O ₃	0.58	0.54	1.67	4.91	21.69	16.01
Fe ₂ O ₃	0.80	1.12	1.81	13.77	1.03	2.95
FeO		6.25	4.87	1.33		2.77

表4 金属原子数分配率(%)

Table 4. Distribution ratio of atomicity of metals (in percentage)

项 目	钙、镁质沉积围岩	石榴石	次透辉石	方柱石	闪长岩	合 计
Ca + Mg	42	20	25	7	5	99
Si + Al	1	18	22	28	31	100

表5 硫同位素测定结果表

Table 5. Sulfur isotope determinations

样 号	测 定 对 象	测 定 结 果		样 品 位 置
		$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$	$^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$	
359-1	片 状 硬 石 膏	15.5	21.830	363孔701~705m石榴石矽卡岩铜矿石
364	紫 色 硬 石 膏	14.9	21.894	363孔719~720m石榴石矽卡岩铜矿石
D ₁	硬 石 膏	25.50	21.667	363孔702m石榴石矽卡岩铜矿石
D ₅	硬 石 膏	25.38	21.670	1131孔640m矽卡岩铁矿石
D ₇	硬 石 膏	26.25	21.652	1132孔678m方柱石矽卡岩铜矿石
359	黄 铜 矿	15.2	21.888	363孔701~705m石榴石矽卡岩铜矿石
D ₁	黄 铜 矿	13.71	21.919	363孔702m石榴石矽卡岩铜矿石
D ₂	黄 铜 矿	14.03	21.913	363孔714m石榴石矽卡岩铜矿石
D ₃	黄 铜 矿	13.18	21.931	388孔700m石榴石矽卡岩铜矿石
D ₃	斑 铜 矿	11.83	21.960	388孔700m石榴石矽卡岩铜矿石

浆沿此构造贯入的部分(图1); ②促进残余岩浆的分异和富集成矿作用。矿床范围内, 尤其是深部矿体的近矿围岩钠长石化相当强烈, 其中钠质来源一部分出自岩浆分异的残余部分, 但大部分可能自蒸发岩层中带出。它们与成矿元素结合成易溶性络合物转入溶液, 参与富集成矿的活动过程。

含矿的矽卡岩中含有大量硬石膏, 它们大多呈填隙状嵌布于早期矽卡岩矿物晶体间隙内。据5个硬石膏样品的硫同位素测定, $\delta^{34}\text{S}$ 值在14.90—26.25‰之间(表5), 推测部分硬石膏由溶液中的 SO_4^{2-} 与 Ca^{2+} 结合形成, 部分则由于膏盐层经变质、再溶、迁移和再沉积而成。

四、矿床成因

(一) 成矿期与成矿阶段 矿床的成矿作用初步分为三期六阶段与两个亚阶段(表6)。

表6 成矿期与成矿阶段一览表
Table 6. Metallogenic epochs and stages

砂卡岩期				石英硫化物期			表生期
早砂卡岩 亚阶段	脉砂卡岩 亚阶段	含水砂卡 岩阶段	氧化物 阶段	早硫化 物阶段	晚硫化 物阶段	石英碳酸 盐阶段	

砂卡岩与金属氧化物主要形成于砂卡岩期,绝大多数简单砂卡岩出现在早砂卡岩亚阶段,晚砂卡岩亚阶段形成的为脉状砂卡岩,磁铁矿和大部分赤铁矿生成于氧化物阶段,此后逐渐过渡到石英硫化物期。石英硫化物期是矿床的主要成矿期,大部分黄铜矿、斑铜矿等金属硫化物在早硫化物阶段生成,晚硫化物阶段主要形成脉状矿体和浅部围岩中的矿体。石英碳酸盐阶段为石英碳酸盐细脉生成时期,很少含硫化物,是晚期的非成矿阶段。表生期在内生成矿作用结束后,生成次生铜矿物和褐铁矿等。

(二) 金属矿物生成顺序与共生组合 表6表明,金属矿物的生成具有多期多阶段甚至多世代的特点。它们的大致生成顺序是:磁铁矿—赤铁矿(磁赤铁矿)—早黄铁矿(微粒、微量)—黄铁矿(中细粒,少量)—早黄铜矿(浸染状,主要)—早斑铜矿(呈镶边或浸染状,主要)—辉铜矿—辉钼矿—晚黄铁矿(中粗粒,自形)—晚黄铜矿—晚斑铜矿(微细粒)—辉铜矿(细—微细脉)—铜蓝(内生期结束,以下为表生期)—铜蓝—孔雀石—沥青状褐铁矿—褐铁矿。

矿物共生组合大致分4组,按出现的先后顺序为:①磁铁矿—赤铁矿—黄铁矿组合;②黄铁矿—黄铜矿—斑铜矿组合;③黄铁矿—黄铜矿—辉钼矿组合;④铜蓝—孔雀石—沥青状褐铁矿组合。前3组为内生阶段产物;后1组为表生期组合。

(三) 矿床成因 综上所述,龙门山铜矿的成因类型为砂卡岩型;成矿时代为燕山期;成矿岩体属中酸性花岗闪长岩—闪长岩;三叠系下统南陵湖组灰岩、中统月山组白云岩、角砾状灰质白云岩与钙质粉砂岩为成矿有利的围岩。

关于矿质来源,根据5个黄铜矿(含斑铜矿)样品硫同位素资料(表5), $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围在11.83—15.2‰之间,判断部分硫可能由岩体供给,部分可能由中三叠统碎屑岩层供给。

本文主要以326队1984年龙门山铜矿床地质报告为基础编写而成。图件由王德清同志清绘。

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND ORE-CONTROLLING FACTORS OF THE LONGMENSHAN COPPER DEPOSIT

Chen Xikun

(326 Geological Party of Anhui Province, Anqing, Anhui)

Abstract

The Longmenshan copper deposit is of skarn type, its ore-forming wall rocks being Middle and Early Triassic limestone, dolomite, lime dolomite and calcic siltstone, and metallogenic parent rocks being early Yanshanian hypabyssal calc-alkaline-subalkaline granodiorite-diorite, with the orebodies present both in xeno-

lith-like skarns at the depth of the intrusive body and along the endo- and exo-contact zone at small depth.

The main orebody is a middle-sized one occurring at depth, which is lenticular in shape with localized expansion and ramification, being extremely unstable and having a thickness variation coefficient of $V_m=123$. Of all copper ore types, garnet skarn ore, scapolite skarn ore and magnetite ore are predominant. Metallic minerals comprise abundant chalcopyrite and bornite, moderate amounts of magnetite and hematite, and less molybdenite and skutterudite. As for gangue minerals, the commonly-seen ones include garnet, diopside, scapolite, albite, anhydrite, epidote, actinolite, quartz, calcite, K-feldspar and hydromica. The texture and structure are noted for metasomatic and intercrystalline filling types. Copper is pretty high in content, but shows an uneven distribution, being frequently concentrated at convex or concave position and in the middle of ore bed.

Orebodies at shallow depth are of small size, occurring in groups. According to their position of occurrence, they might be grouped into two types: (1) veinlike ones in intrusive body frequently arranged in feather shape; (2) lenticular orebodies occurring conformably in wall rocks, conditioned by structural styles. Ores are largely diorite type and brecciated marble type. In addition to the above mentioned copper minerals, considerable amounts of pyrite, molybdenite and copper oxides are observed. The gangue minerals are mostly calcite, dolomite and quartz. Ores contain relatively low copper, belonging to copper-poor type.

Ore-controlling factors may be summarized as follows:

(1) Intrusive body played its part in metallization in such aspects as metallogenic time, space, exchange, differentiation and concentration of rock-forming and ore-forming materials.

(2) Tongue-like structure, syncline at small depth and structural fissures acted as ore-governing structures.

(3) The role played by wall rocks finds expression in such phenomena as variation in chemical composition of skarn, structure of ore, selected metasomatism and space occupied by orebodies. In addition, sulfur isotope determinations might be of referential value. Ore-controlling wall rocks are part of Middle and Lower Triassic carbonate-evaporite formation.

Metallization of the ore deposit might be divided into skarn period, quartz-sulfides period and hypogene period, in association with four groups of mineral assemblage, i. e., magnetite-hematite-pyrite, pyrite-chalcopyrite-bornite, pyrite-chalcopyrite-molybdenite and covellite-malachite-bitumen-like limonite.

This deposit is genetically of contact metasomatic skarn type, with the ore materials supplied largely by the intrusive body and Middle Triassic clastic layer.