

云南某铜矿床的地质特征及其成因

王 可 南

一、区域地质简述

(一) 地层

本区出露地层以昆阳群为主，约占总面积的70%，其余则为震旦系濠江组、灯影组、陡山沱组及部分古生代地层。昆阳群为一套巨厚的浅变质岩系，主要为板岩、千枚岩、石英岩、砂岩及碳酸岩，厚度在10,000公尺以上，目前划分尚不一致。

(二) 构造

本区在大地构造上为一隆起地块，其基底由昆阳群组成；而盖层由震旦系地层组成。隆起的东面、西面及南面均分别为大断层所围限，并作为隆起与凹陷带的分界线。区内主要断裂为南北向和东西向，垂直断距一般均较大，将矿区地层分割为若干大小不等的断块；不仅使地层对比产生了困难，在一定程度上也影响着褶皱形态，以致在区内出现了短轴向斜和伏卧背斜等褶曲构造。

(三) 岩浆活动

1. 前震旦纪期:

(1) 火山岩: 分布于昆阳群地层中，大都属安山岩类，变质轻微，一般仅产生绿泥石化。具气孔状及

杏仁状构造和交织结构或变余交织结构。矿物成分主要为中性长石、绿泥石及绿帘石，尚有石英、方解石、绢云母、磁铁矿及白钛石等。

(2) 辉长—辉绿岩: 一般呈岩床、岩墙或岩瘤产出，多属浅成相，蚀变强烈，普遍具钠黝帘石化。岩石多呈暗绿色，岩体中心结晶较粗，边缘结晶较细。在本区南部此种辉长—辉绿岩以沉积接触关系覆于陡山沱组地层之下。矿物成分主要为斜长石、角闪石、辉石和钛磁铁矿。另尚有不同含量的黑云母、绿泥石、绿帘石、磷灰石、绢云母、方解石及石英等。

2. 华力西期:

(1) 玄武岩: 在滇东一带分布范围较广，其中常含自然铜。

(2) 辉长岩: 多呈岩床或岩墙产出，侵入于本区西南部的上震旦系地层、下寒武统及石炭—二迭系地层中。岩石蚀变轻微，常见有镶嵌含长结构。主要矿物为拉长石、普通辉石。另尚有少量的纤闪石、绿泥石、钛磁铁矿、磁铁矿、磷灰石、石英和方解石等。

二、矿床基本特征

(一) 地层控制与铜矿化的关系

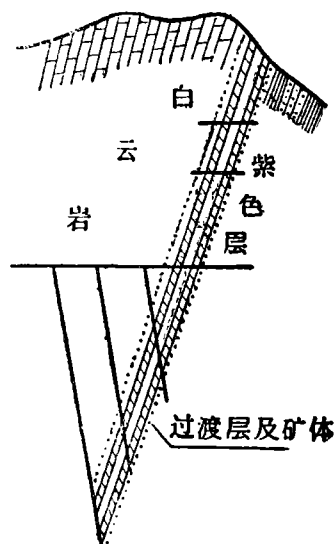


图1 昆阳群层状铜矿床
(矿体严格地受地层控制)

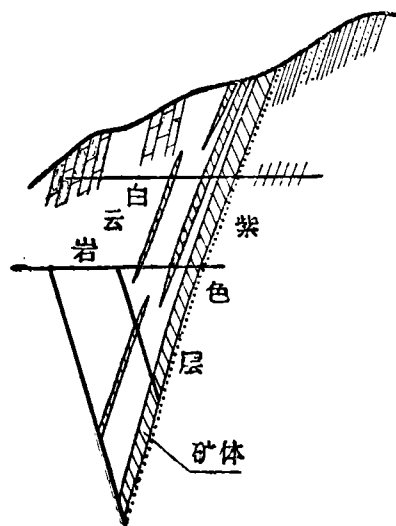


图2 昆阳群层状铜矿床
(矿体受地层的控制情况，主矿体上部尚有一些平行小矿体)

昆阳群中的铜矿床,都以明显的成层性和受地层控制为特点(图1.2)。矿体形态较简单,一般为层状或似层状;矿体与围岩的产状基本一致,厚度变化不大;矿体的延长及延深均大。这些矿体一般赋存于由紫色层至白云岩之间的过渡层位中(简称过渡层)。此层厚约10~40米,其顶、底部的岩层自下而上为:

1.紫色层:厚100~300公尺,为紫色板岩及石英砂岩的互层,局部夹泥砂质白云岩及白云岩的凸镜体。其中紫色板岩具规则的水平层理,而石英砂岩中常见有摆动波痕及斜层理。矿物成分主要为石英、绢云母、赤铁矿、镜铁矿及菱锰矿等,还有少量的白云石、方解石、黑云母、电气石及金红石泥点。紫色层与铜矿化的关系为:

(1)所有紫色岩石中除偶有裂隙矿外,均无层状矿体或矿化现象,故紫色层为矿体尖灭的天然界线。

(2)在紫色层内所夹的浅色泥质白云岩中有矿化现象。此白云岩(或浅色砂岩)当其厚度为1~2公尺,且位于紫色层顶部时常全部矿化。

2.过渡层:为灰白色、黄白色薄层泥质、粉砂质白云岩或泥质白云岩夹灰绿色板岩条带,质地甚细。主要矿物为白云石(50~85%),石英(10~30%)。另有绢云母、绿泥石、斜长石、电气石碎屑及金红石泥点。此层与铜矿化的关系为:

(1)过渡层是层状铜矿床的主要含矿层位,凡过渡层存在的地方,一般均有不同程度的矿化现象,故过渡层的长度基本上控制了矿化带的长度。

(2)过渡层中的泥砂质物质与铜矿化密切相关,表现为在石英粉砂质板岩中矿化富集。其中常有铜的硫化物呈极细的星点状密集地分布于石英颗粒之间。

(3)过渡层中铜矿物的共生分布规律常与围岩的物质成分有一定的联系,因而出现了带状分布现象。

3.白云岩:厚度200~400公尺,一般为红色、青灰色厚层至块状白云岩,其底部、中部或上部常含藻类化石。此层与铜矿化的关系为:

(1)所有红色白云岩中均不含矿。

(2)所有厚层状、块状白云岩中,除因构造断裂发育(包括含藻白云岩)而含矿外,一般不含矿。

上述资料表明:

(1)矿床位于海侵序列的层位中。

(2)矿床位于由碎屑岩相到碳酸岩相的过渡层位中。

(3)矿床位于由氧化环境到还原环境的转折层位中,或位于总的氧化条件下的局部还原层位中。

(4)矿床位于由慢速沉积(薄层)至快速沉积(厚层及块状层)的转折部位中。

(二) 矿物组分、构造和结构

1.矿物组分:铜矿床的矿物组合颇为简单。

(1)硫化矿物:主要为斑铜矿、黄铜矿及辉铜矿,次为黝铜矿及铜蓝。

(2)氧化矿物:主要为孔雀石,次为黑铜矿、硅孔雀石及蓝铜矿;赤铜矿极为少见。

(3)脉石矿物:主要为白云石、石英及方解石,次为黄铁矿及文石。

2.矿石构造:

(1)条带状或竹叶状构造:斑铜矿、黄铜矿及辉铜矿等细脉沿薄层泥质白云岩的层理呈条带状或竹叶状分布。

(2)细点状构造:黄铜矿、斑铜矿及辉铜矿等沿层理呈密集的点状分布。

(3)马尾丝构造:辉铜矿、斑铜矿及少量的黄铜矿沿层理和藻类化石的纹理分布。

(4)同心圆状构造:辉铜矿、斑铜矿及黄铜矿沿圆藻的纹理分布。

(5)细脉状及网脉状构造:斑铜矿、辉铜矿及黄铜矿沿节理裂隙充填而成。

(6)大斑点状及眼球状构造:斑铜矿或黄铜矿沿节理交叉处充填交代而成不规则的斑点状或眼球状。

(7)烟灰状构造:为辉铜矿的一种次生构造。

(8)角砾状构造:斑铜矿、黄铜矿沿围岩的破碎部分充填胶结而成。

(9)被膜状及葡萄状构造:是孔雀石及蓝铜矿沿节理、裂隙生成的一种次生构造。

3.矿物结构:

(1)格状结构:斑铜矿与黄铜矿二者之间常呈固溶体分离的格状结构。

(2)乳浊状结构:在隐晶质黄铜矿中有它形及半自形晶的黄铁矿颗粒。

(3)文象状结构:辉铜矿交代斑铜矿或斑铜矿交代黄铜矿而呈文象状结构或次文象结构。

(4)环状结构:辉铜矿沿斑铜矿的边缘交代而成环状结构。

(5)残余结构:早生成的石英、白云石晶粒被晚生成的黄铜矿、斑铜矿集合体交代熔蚀而成不规则的外形。

(三) 硫化物的带状分布

昆阳群中的层状铜矿床,均属于陡倾斜的矿体,矿体倾角一般为50°—70°。

铜的硫化物垂直分带与水平分带都比较明显。现分述如下:

1.垂直分带(从原始沉积状态看应为水平分带):

(1)甲矿段:自上而下为:辉铜矿、黄铜矿带→斑铜矿、黄铜矿带→黄铜矿带→黄铜矿、黄铁矿带→

黄铁矿、黄铜矿带。

(2)乙矿段：上部为辉铜矿、斑铜矿带，中部为斑铜矿、黄铜矿带，下部为黄铜矿带。

(3)丙、丁、戊矿段：随着地势由南而北逐渐下降，铜矿物也表现出了垂直分带现象。

丙矿段：由于所处的地势较高，硫化物以辉铜矿为主，斑铜矿次之。

丁矿段：在9号、10号硐内以斑铜矿为主；最低坑道以下200公尺处，经钻探证实主要为黄铜矿带。

戊矿段：上、中部为斑铜矿、黄铜矿带及黄铜矿、斑铜矿带，最低坑道以下经钻探证实以黄铜矿为主。

根据上述资料，本区铜矿床的硫化物可以分为四个大带：辉铜矿带→斑铜矿带→黄铜矿带→黄铁矿带。但因地表遭受侵蚀，使辉铜矿带几乎缺失，而黄铁矿带，又因勘探深度不够，仅在甲矿段开始出露。故本矿床在已勘探的范围内，主要为斑铜矿与黄铜矿带。因而全区的硫化物中斑铜矿与黄铜矿所占比例最大。

2.水平分带(从原始沉积状态看应为垂直分带)：

由矿体底部到上部，铜的硫化物常表现为由斑铜矿→黄铜矿的带状分布特征。

就岩性特征来看，这种分带现象常发生在由砂质白云岩到泥质白云岩的部位中。

上述现象说明了下面两个问题：

1)铜矿物分带与水体由浅到深的沉积序列相吻合。

2)铜矿物的分带与海进式的沉积序列相吻合。

(四)地球化学特征

本区铜矿床与火成岩在空间上的关系较为密切，主要表现在以下两点：

(1)铜矿床的上盘或下盘的一定距离内常有辉长—辉绿岩体出现。

(2)辉长—辉绿岩体边缘，局部有铜矿化现象。

由于这些空间分布关系，辉长—辉绿岩对铜矿床无疑产生了某些影响。但问题的实质是究竟矿质来源于岩浆期后热液，还是来源于同生沉积作用。从现有资料分析，尚未发现铜质与火成岩体之间有那些明显的、直接的依存关系。现说明如下：

1.岩石化学方面：根据岩石化学分析资料，现将本区各岩层中铜的平均含量列表如下(见表1)。

由表1可知，本区沉积岩中铜的平均含量均高于地壳中铜的克拉克值；火成岩中，以华力西期辉长岩含铜较高，而前震旦纪火成岩则较低。如果说在巨厚的昆阳群地层中出现了这种铜的区域背景值是由于和辉长—辉绿岩的期后热液存在着某些联系，确实难以使人相信，

表1

岩石名称	黑色板岩	紫色层	过渡层白云岩	无过渡层的层	石英岩	前震旦纪岩	前震旦纪岩	华力西期岩
铜的平均含量%	0.015	0.020	0.025	0.065	0.013	0.014	0.02	0.03

特别应该指出的是：在沉积岩中，无矿的过渡层其含铜平均值又最高。而且当我们把铜矿化与岩石化学分析资料综合考虑时，发现 Fe^{3+}/Fe^{2+} 比值， $MgO+CaO$ 和 $SiO_2+Al_2O_3$ 的含量与铜矿化之间尚存在着一些有趣的关系，即：

(1) $SiO_2+Al_2O_3$ 含量与Cu含量之间存在共振曲线关系，说明泥沙质与铜矿化之间存在着密切关系。

(2) Fe^{3+}/Fe^{2+} 比值和 $MgO+CaO$ 的含量与铜矿化之间存在着相互排斥的关系(见图3)。

根据目前的统计资料，本区含矿的过渡层中， Fe^{3+}/Fe^{2+} 的比值约在0.53左右，一般不超过1.00。众所周知，白云岩是易于接受交代作用的岩石，而铜矿化却与其成反比曲线关系。所有这些现象显然不能利用铜矿化和岩浆期后热液存在着某些关系来进行解释。恰恰相反，它正说明了铜矿化的同生沉积特点。

2.微量元素方面：根据大量光谱分析资料，将铜矿石和火成岩中的微量元素对比如表2。

从表2可以看出：

(1)Ga、Pb、Ni、Co、V、Ti为火成岩及铜矿石中的贯通元素，其中Ga、Pb、Ni、Co等元素的含量均甚微，故不易判别其间的成因联系。

Ti在火成岩中含量较高是因为其中含有钛磁铁矿所致。而沉积岩中(矿石)由于含钛矿物碎屑分布不均匀，故不够稳定。

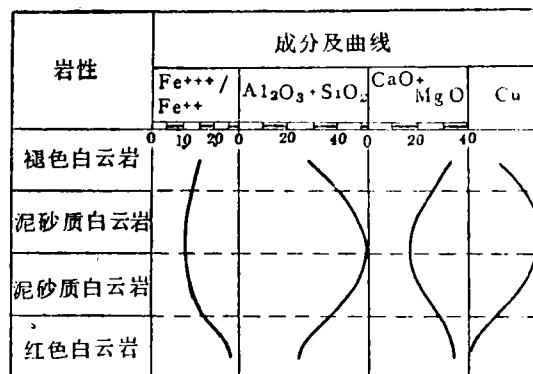


图3 过渡层中 Fe^{3+}/Fe^{2+} , $Al_2O_3+SiO_2$, $CaO+MgO$ 与Cu含量关系曲线

矿石与火成岩微量元素统计表
(以P.P.M.为单位) 表2

元素	甲矿石	乙矿石	丙矿石	前震旦纪 辉长辉绿岩(甲)	前震旦纪 辉长辉绿岩(乙)	二迭纪 辉长岩
Ag	20	10	20	0	0	0
Ge	1	1	2	0	0	0
Mo	20	10	20	0	0	0
Ga	10	20	10	20	10	30
Pb	200	30	700	20	10	30
Ni	20	50	20	20	30	20
Co	50	50	40	30	30	25
V	70	70	50	2000	200	2000
Ti	500	300	50	3000	1000	3000

(注)表中仅矿石与火成岩中的一部分微量元素

(2)Ag、Ge、Mo三元素多存在于铜矿石中,在辉长岩中很少发现,故作为与铜矿物伴生的Ag、Ge两元素来说,显然和辉长—辉绿岩没有成因上的联系。它们可能做为沉积硫化物中的原生杂质而存在。

大量的单矿物分析资料同样符合这一判断。如果能够把微量元素当做鉴别矿床成因的一项标志,那么,认为前震旦纪辉长辉绿岩是成矿母岩的看法,显然是缺乏有力的资料依据的。

3.同位素年龄资料:本区昆阳群的层状铜矿床中一般很少发现与铜矿物共生的方铅矿。全区仅在一处发育有多金属的重晶石脉,该重晶石脉系沿断层充填,其围岩为昆阳群红色白云岩;硫化矿物为黄铜矿、方铅矿及闪锌矿。对方铅矿取样并经中国科学院地质研究所测定,同位素年龄为10.39亿年。如果把该处的黄铜矿看做与其伴生的方铅矿为大致同时生成,则这一裂隙中的黄铜矿生成时间已经在10亿年以上。只此一点,也可以看出本区层状铜矿床与二迭纪辉长岩之间的成因上的否定关系了。

总之,以上资料已经说明了本区铜矿床具有比较明显的同生沉积特征。

三、铜矿床沉积后的改造作用

(一)在变质过程中重结晶作用对铜矿化的影响

整个昆阳群地层都遭受了普遍的轻变质作用。这种作用无疑会影响到其围岩中铜矿物的重新改造。以白云岩来说,则产生了普遍的重结晶现象。目前虽然

缺乏鉴别铜矿物在改造前后的具体标志,但下述资料仍然提供了一定的线索。

1.矿物的世代关系和结构问题:以前在研究本区铜矿物的生成和世代关系时曾这样叙述:“黄铜矿可分为三种。第一种为深黄色黄铜矿,其内部为他形粒状镶嵌具粗大复片双晶结构,与斑铜矿呈共生格状混溶体及相互包裹结构…此种黄铜矿在区内最为普遍。第二种为浅黄色黄铜矿。常见与黄铁矿共生。其共生情况有两种。其一为在黄铜矿基质中混溶有较多的他形及半自形黄铁矿颗粒,…为乳浊混溶结构;其二是黄铜矿与黄铁矿成互相包裹的状态或黄铜矿穿入黄铁矿中…第三种黄铜矿为一般黄铜色,表面易氧化生成一层褐红色薄膜。内部结构为他形细粒状到低温产出的石髓结构。不具双晶。…此种黄铜矿在某区呈细脉状穿入斑铜矿或呈环带状交代斑铜矿…”。

这里说明了两个问题。第一,铜矿物的世代关系反映着铜矿物的沉积变质或后期改造特征,即铜矿物在其沉积后有重新迁移现象,因而有相互穿插的关系。第二,作为区内普遍存在的斑铜矿、黄铜矿,其最一般的关系是固溶体分离结构。这使人联想到罗伯茨在其《黄铜矿与斑铜矿在水溶液中低温合成》一文中的实验资料。罗伯茨在2000个大气压力和100~200℃的温度条件下分别实验了硫化物沉淀后的重结晶作用,表明了黄铜矿、斑铜矿与铜蓝共生的类似情况。但罗伯茨的实验时间仅为72小时到20天。如果考虑到低级变质作用中所具有的温度、压力和时间条件,则斑铜矿和黄铜矿的这种结构有可能在这一过程中大量形成。

2.“硅化”作用:铜矿床中存在的主要的和普遍的围岩蚀变是“硅化”作用,它通常被当做是“热液”矿化期的蚀变作用,其主要标志是:

- (1)围岩中有含铜石英细脉或网脉穿插。
- (2)石英呈星点状分布于围岩中或交代白云石。
- (3)石英呈细脉沿层理分布(即所谓的“石英呈细脉沿层理交代”)。

进一步研究之后,认为有几个问题需要说明或澄清。

(1)碎屑石英:目前可以肯定,在泥质白云岩或泥砂质白云岩中存在着沉积碎屑石英。这种石英多呈不规则粒状,粒度大小不等,分选较差;而在白云岩中所夹的板岩条带中,则分选略好。因此把这种石英当做硅化作用显然是不够恰当的。

(2)硅质条带:为细晶集合体构成的石英条带,在风化面上常突起呈平行的纹理。在含矿层附近特别是在邻近过渡层上部的白云岩中分布极为普遍。它们和层理完全一致。这种硅质条带推测应属于胶体溶液的沉积,并经过了脱水和重结晶作用,最后形成了石

英条带。而且也可能和藻类化石存在着某些联系。

(3)对石英脉中的矿物和金属元素进行查定之后,发现它们和围岩中的物质没有差异,因此不能把这种石英看做是甚么“外来物质”。

总之,现有资料说明:本区白云岩中的 SiO_2 与沉积物的原生堆积存在着相应的关系。当沉积物沉积之后,随着埋藏深度的加大,温度、压力逐渐增高, SiO_2 比 CO_2 变得更 为活泼,因此产生了石英交代白云石的现象。所以本区的“硅化”作用,实际上是成岩作用、后生作用和浅变质作用的综合产物。此外,在围岩中偶而出现的再生电气石和在泥质物中出现的“绢云母化”作用,都应属于变质作用的产物。

(二) 构造断裂对铜矿床的改造作用

铜矿床的后期改造作用,特别表现在它和断裂构造的关系方面,而且以微裂隙为主。

1.变质细脉:本区在含矿层中普遍出现了变质细脉,形成了含铜白云石脉,含铜方解石脉,含铜石英脉和纯硫化物(斑铜矿、黄铜矿和辉铜矿)细脉。在无矿部分的围岩中,一般为铁锰白云石脉。这些细脉中的物质,均来自附近的围岩,看不出它们和大型断裂构造之间的必然联系。因此可称之为阿尔卑斯型细脉。

2.铜质的迁移特征:铜质的迁移现象在断裂构造发育的地方表现得最为明显;在断裂构造不发育的地段,铜矿化一般均位于过渡层内。这种现象看来主要是在变质过程中,通过微裂隙来实现的。因而在主矿体的上盘(一般是在上盘)出现了一些平行小矿体。例如本区某矿段中,铜的迁移距离就较大。由于该矿段正位于两个大断层的交汇处,岩石较为破碎,裂隙发育,致使过渡层上盘的白云岩在一定的范围内全部矿化,形成了所谓“满架葡萄栓”的特点。以致使矿石中铜的品位也相应的降低。但主矿体仍位于过渡层的上盘或其附近。

3.矿体形态的变化:凡是断裂构造发育的地方,矿体形态的完整性常遭到破坏;矿体通常为横断层所切割,但在断层两侧,其赋存层位仍然不变,只不过易于产生膨缩尖灭或分枝复合的现象,而且矿体并不因岩层的扭曲而改变其层位。此种现象在铜矿床中经常看到。

4.断裂对矿石类型的影响:断裂构造常影响着矿石的表生氧化作用。由于天水易沿断裂向下渗滤,往往在硫化矿石的下部,局部出现氧化矿石。本区某铜矿床在深达数百公尺的部位仍全部为氧化矿石就是一个明显的实例。

这样看来,断裂构造对于铜质的迁移和再分配起着重要作用。

(三) 火成岩(辉长辉绿岩)对于铜矿床的破坏和改造作用

1.火成岩体破坏了铜矿体的完整性:全区的层状铜矿床中都可以看到这种现象,即当火成岩体侵入于矿体部位时,矿体就变得零乱散布;矿体的成层性就遭到破坏而变得复杂。有时由于火成岩体占据了矿层的位置,因而造成了无矿缺口。而当火成岩体平行于矿体,且保持一定的距离时,矿体的完整性就表现得良好。以致连持“热液”观点的同志们也认为:“当火成岩体插入围岩时,则矿体变得不规则”。

2.火成岩体使铜矿化局部富集:这种现象通常发生在当辉长辉绿岩墙或岩脉穿入于含矿层位时,有时使其两侧的矿体有局部变富或变厚的趋势。

考虑到火成岩具有一定的热力,当其侵入含矿层附近时,不仅可在其边缘产生热力接触变质作用,使围岩发生绿泥石化、绿帘石化或透闪石化等蚀变作用,而且由于地下水的温度增高,也可使其附近的一部分铜质转入溶液中以进行再沉淀与再分配,因而在火成岩体的边缘偶而出现了一些轻微的铜矿化现象。这样看来,火成岩对于铜矿床也起着一定的改造作用。

四、结束语

综上所述,把本区铜矿床解释为沉积变质成因,似乎是比较合理的。之所以采用变质这个术语,首先是因为围岩已遭受了轻微的变质作用,使其中的物质发生了相应的变化和迁移;其次是充分估计了变质作用在矿床形成过程中的巨大意义。因为如果从“溶液的数量以及溶液形成和运动的持续时间”来考虑,则区域变质作用较之岩浆溶液作用要大得多。

总之,本区铜矿床的形成,首先应导源于同生沉积作用;之后,在漫长的地质历史中,由于变质作用(主要是区域变质作用,其次是动力变质和热力接触变质作用)使矿床中的铜质进一步地浓集或受到改造,以致形成了既具有沉积特征又具有“热液”特征的这种复杂的矿床面貌。

关于铜的沉淀作用和沉淀方式是一个复杂的问题。从本区铜矿床的特点来看,铜的聚集以化学沉积作用为主,它既可能和真溶液的搬运有关,又可能和胶体溶液的物质搬运和沉积有关,而且也可能和生物化学有一定的联系。

本文所引用的资料,为本区全体地质工作者辛勤劳动的所得,现仅加以综合整理。