

# 云南某铜矿床的展布特征及成矿预测

冉瑞岭 高质彬 赵玉山

## 概 述

云南某铜矿床在构造上位于康滇地轴东侧的次一级隆起中。该矿床从含矿带的分布,矿体产出形态,矿石组份及结构、构造,硫化物的带状性等方面所具有的特点,应属比较典型的沉积-变质矿床。本文试图从找矿、勘探角度探讨矿床的展布特征,并阐述在此基础上进行成矿预测所取得的效果。

与本文叙述有关的地层属元古界昆阳群。自下而上为因民组(厚度大于360米)、落雪组(厚140~485米)、黑山组(厚度大于800米),均呈过渡接触,主要为碳酸盐建造。

岩浆岩除少量中性火山岩外,一般为蚀变强烈、具钠黝帘石化的辉长-辉绿岩,多呈岩墙、岩床、岩脉及岩瘤产出。部分地区可见辉长岩与震旦系陡山沱组地层呈沉积接触,应属晋宁期。

矿床呈半环状分布于向斜构造的边缘部分。此向斜为一南翼倒转的同倾向向斜,轴向北西西,以B矿段南部为转折端向南东东扬起。其北西端被南北向断裂切割破坏,仅保留了南东部分。据现有资料分析,该向斜至少遭受过两次主要构造作用的影响。一次是晋宁运动形成的倒转褶皱,准平原化以后

沉积了震旦系及其以后的地层,在阿尔卑斯构造阶段,又参与褶皱,使南翼呈现出明显的“构造回春”现象。伴随向斜褶皱产生的次级断裂,破坏了矿带的完整性,在其影响下生成的一系列纵向、横向断裂及微裂隙,对矿床的后期改造起着重要作用。

此向斜是在沉积盆地的基础上发展起来的,具有构造上的继承性。矿带的空间分布实质上受沉积盆地的控制。

## 矿床展布特征

### 一、矿带对紫色岩层的空间依附关系

紫色岩层为紫红色薄至中厚层粉砂质白云岩、泥砂质白云岩夹暗紫色粉砂质白云质板岩。原生构造如粒级层、波痕及交错层等发育,具类复理石韵律,显色调,物质成分简单,横向分布较为稳定,构成含矿带的下盘。

矿带紧挨紫色岩层分布,二者形影相依,各以特殊的地球化学相彼此联系而又独立存在,在本区延长25600余米,厚度最小15米,最大114米,一般20~50米。矿体严格限制在矿带之内。除个别地段紫色岩层构成矿体的天然底板外,一般均与其保持1~10米的距离,呈一波状起伏曲线(图1)。

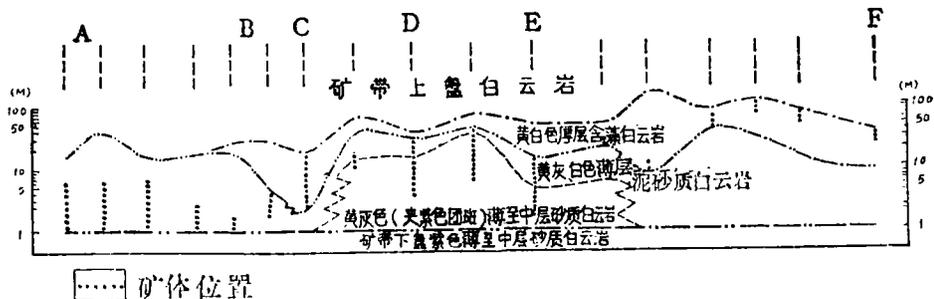


图1 紫色岩层与矿带空间关系曲线图

(横向比例1: 200000)

## 二、岩性序列对矿化规模、矿体形态的控制

矿带内的矿体，虽然呈现出明显的后期改造特征，但矿化规模、矿体形态依然清楚地受岩性序列的控制。矿带由以下几种岩性所组成：

**薄至中厚层含泥砂质白云岩：**白云石多呈微晶结构；泥质成分由细鳞片状、片状绢云母和细泥点组成，含量一般2~3%；砂质成分由石英、长石、电气石、锆石、金红石等组成，以石英、长石、电气石粉砂较为普遍，呈滚圆、半滚圆、半棱角状，粒度小于0.1毫米，一般在0.01~0.1毫米之间，其中石英含量较高，达10~15%。泥及粉砂成分在纵向上常由下而上逐渐减少，构成海进式韵律。此岩性若砂质减少、泥质增加，就变为含粉砂泥质白云岩。

**厚层含藻白云岩：**白云石呈微晶或细晶结构，含波状及柱状藻，有时构成藻礁，藻的基本层理由硅质及白云石相间成层组成，二氧化硅含量在18%左右。

**薄层含粉砂泥质白云岩：**白云石呈微晶结构，泥质多为绢云母，亦常见含钛泥质点，粉砂一般为石英。

**薄层砂质白云质板岩：**泥质多为片状绢云母及细泥点，砂质主要为石英粉砂碎屑。

沉积时物质分配的差异性，形成了不同的岩性序列。本区可大致划分为以下五种：

1. “单渐进式”序列：黄灰色薄层含泥粉砂质白云岩→黄色薄至中厚层含泥含粉砂白云岩→黄灰色含粉砂泥质白云岩。其特点为：

①颜色单一，多呈灰色或黄色；

②自下而上粉砂含量由多到少，粒度由粗到细的海进式韵律明显；

③矿带厚度变化不大，一般20~30米；

④岩性较稳定，骤然侧变现象少；

⑤主矿体集中于底部，其上平行排列着2~3个小矿体。矿化均匀，矿体沿走向薄而稳定。储量占14%。

2. “混杂式”序列：浅红色中厚层含泥砂质白云岩夹灰白色薄层泥质白云岩→紫色

砂质白云质板岩→灰白色厚层含藻白云岩。其特点为：

①颜色多样，深色浅色多次相间出现，浅色中常夹深色团斑；

②矿带厚度变化大，薄至10米，厚达45米；

③岩性侧变剧烈，常见紫色薄层板岩沿走向被灰白色泥质白云岩所代替、中厚层泥砂质白云岩被厚层含藻白云岩所代替；

④矿体多赋存于薄层泥质白云岩夹层中和含藻白云岩中。品位较高，厚度小，变化大。储量占7.5%。

3. “速变式”序列：紫色黄色薄层泥砂质白云岩→灰白色厚层含藻白云岩。此序列具下列特点：

①除底部外，颜色单一，多为黄白、灰白色；

②厚度变化大，小至15米，大至60米；

③两种岩性有消长关系，若泥质白云岩夹层增多则矿化减弱；

④矿体品位高、厚度大，赋存于含藻白云岩中，矿石以独具特色的“马尼丝”构造为主。储量占15%。

4. “复渐进式”序列：黄红色、灰色薄至中厚层砂质或泥砂质白云岩，间夹紫色团斑→黄色薄层含泥粉砂质白云岩→黄色薄层含泥含粉砂白云岩→黄白色含藻白云岩。其特点为：

①颜色可分上、中、下三带。下部灰夹紫，中部灰黄，上部黄色；

②由下至上，粉砂含量逐渐减少，粒度逐渐变细；

③厚度变化不大，一般45米左右。上、中、下三带呈消长关系；

④主矿体集中在中部，小矿体平行排列其上下。矿化较均匀，矿体规模大，延长延深稳定。储量占62.9%。

5. “远岸式”序列：黄白色、灰色夹紫色薄层泥砂质白云岩→黄白色硅质白云岩→灰色硅质白云岩。此序列有以下特点：

①颜色下杂、中浅、上深；

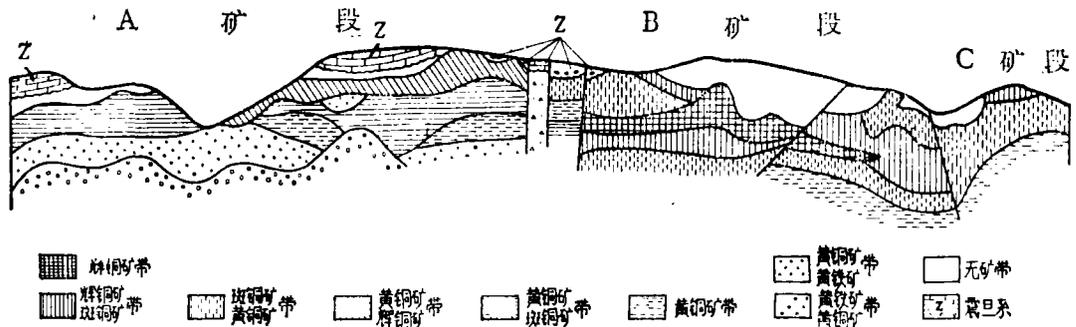


图2 硫化矿物水平带状分布图

(1: 50000)

②矿带厚度大，矿化微弱，规模小。矿体多赋存于上部，沿走向易于尖灭，最大延长仅140米，厚1~2米。储量占0.6%。

不同的岩性序列，反映出矿带在沉积条件上的不完全一致性，在一定程度上控制着矿化强度、规模、矿石构造和矿体形态。

### 三、硫化矿物带状分布特征

矿床在形成以来的漫长地质年代里，在各种后生作用（特别是变质作用）的影响下，不断地改变着原始的面貌，使同生沉积的各种硫化矿物的分布遭受一定程度的破坏。但本区除部分变质程度较深和表生作用较强烈的地段外，一般说来，沉积的硫化矿物的带状分布仍然是清楚的（图2）。

在A矿段及B矿段一带，含矿带中可见到底部为辉铜矿，向上逐渐被斑铜矿、黄铜矿所代替；E矿段底部为黄铜矿、斑铜矿，向上变为黄铁矿的纵向分带现象。但由于属薄矿体，纵向分带一般不具普遍性。从景观上看，比较明显的还是横向分带（水平分带）。在保留比较完整的地段，经勘探工程证实，上部首先是无矿带（无铜矿化带，以下同），向下渐次是辉铜矿→斑铜矿→黄铜矿→黄铁矿。虽然在多数情况下，一个带内的硫化矿物往往呈组合形式出现，但每一个带，一种或两种矿物仍然占有明显的优势。在B矿段上部的无矿带中富含赤铁矿（三氧化二铁含量大于7%，局部构成矿体），其下界距地表浅者100米，深者300余米，呈不规则的波状起伏。

不同地段，矿物组合形式有明显差异，A矿段至B矿段一带如图3所示。

硫化矿物水平分带具下列特点：

1. 两种或两种以上的矿物重迭，以一种矿物为主的组合带是主要的，单一矿物带是少见的。虽然组合形式各地段不尽相同，但矿带内浅部富铜贫铁、深部富铁贫铜的趋势是一致的；

2. 矿物带呈弯曲形态。弯曲剧烈地段，表现出现存矿床中带状的侧伏现象；

3. 矿物带的分布，控制矿体富厚中心的分布。当出现辉铜矿、斑铜矿带或斑铜矿、黄铜矿带时，含矿最富；出现黄铜矿、黄铁矿带时，则矿化减弱，矿体变薄以至尖灭；

4. 矿物带有宽窄的变化。C矿段、E矿段为宽带，宽带矿体延深大；A矿段为窄带，窄带矿体延深小。

### 四、矿带中物质集散的特点

1. **碎屑矿物**：矿带及其上、下盘岩石中存在的碎屑矿物主要为石英，其次尚有少（微）量的长石、电气石、锆石、白钛石等。长石为矿带中的特征矿物，其余均属贯通矿物。石英在紫色岩层中含量最高，一般为20%，局部地段高达38%；矿带中逐渐减少，一般为10~15%；上盘白云岩则多在5%以下，且以化学和胶体化学沉积形式取代碎屑沉积。

2. **岩石化学**：根据大量样品化学分析统计结果，矿带中无铜矿化的岩石铜含量为0.06%，显著地高于其下盘紫色岩层（含铜

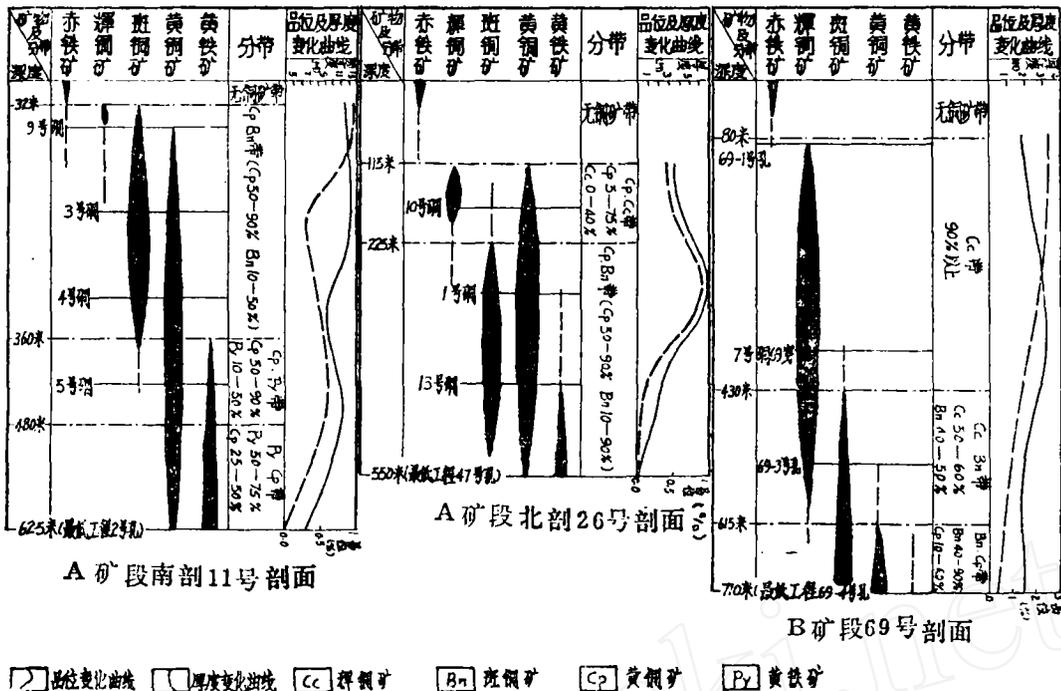


图3 金属矿物空间排列

0.025%) 和上盘白云岩 (含铜0.027%), 这充分说明含矿带确为一个铜的异常带。

矿带中后生作用不明显的沿层分布的散漫状矿石, 铜与 $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ 的比值呈共振关系。变质作用形成的脉状矿石, 由于变质过程中部分低价铁转换为高价铁而使铜与 $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ 的比值出现反比关系。矿带上、下盘岩石中 $Cu : Fe^{2+} : Fe^{3+}$ 的变化是有趣的, 其共同点为 $Cu/Fe^{2+} < 0.1$ 、 $Fe^{2+}/Fe^{3+} < 0.5$ , 但 $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ 的比值分布范围是各异的 (图4)。

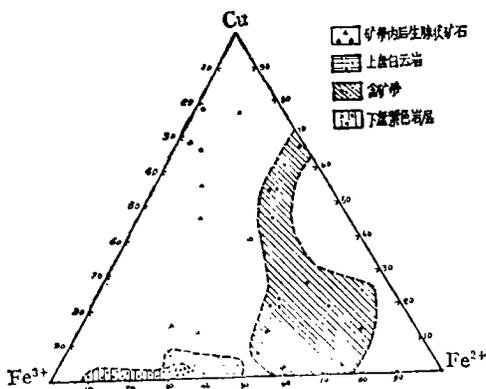


图4 B矿段含矿带及上、下盘岩石 Cu、 $Fe^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$ 百分含量变化

在矿带内, 铜与呈碎屑形式出现的 $SiO_2$ 及 $Al_2O_3$ 的含量通常保持正比关系。

3. 微量元素: 大量的微量元素查定结果表明:

- (1) Ag、Mo、Bi仅存在于矿带中, 其中Ag出现最为普遍, 其含量与硫化物的富集程度成正比;
- (2) Ti、Cr、Ni在含矿带及上、下盘岩石中普遍存在, 但由下至上含量逐渐减少, 与岩石中碎屑矿物含量变化一致;
- (3) Ge普遍甚微, 但矿带中含量高于上、下盘岩石;
- (4) Pb在矿带中普遍存在, 下盘缺失, 上盘偶见;
- (5) Zn、Zr上盘缺失, 在矿带及下盘岩石中为偶见元素。

### 五、沉积相对矿床的控制

#### 1. 沉积环境:

A矿段至E矿段一线, 呈南北向出露的落雪白云岩, 沉积厚度最大, 除局部地段外, 一般在410米以上, 最厚485米, 而A矿段的南西面及F矿段以北, 则均渐变为100余

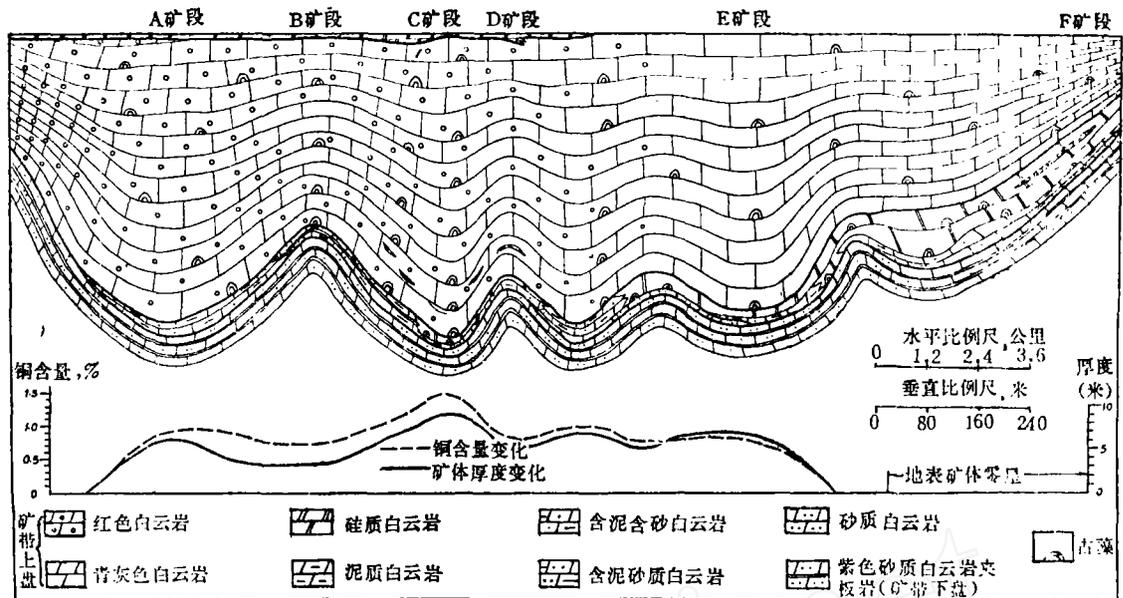


图5 云南某铜矿床落雪白云岩岩相剖面图

米。总趋势是东厚西薄。落雪白云岩中，普遍含古藻（迭层石），其中，上部特别发育，形成大群体边缘极不规则的藻礁。矿带下盘地层中沉积的原生构造如同生砾岩、竹叶状构造、斜层理、波痕等较发育。结合矿带中岩性和矿化特点，其沉积环境具以下特征：

(1) 落雪白云岩沉积的海水深度在200米以内；

(2) 物质由东向西搬运，海水由西向东进泛；

(3) 本区属元古代广阔海进的一部分，自身为逐渐开阔的半封闭的浅海盆地；

(4) 沉积的纵向变化，由浅海含细碎屑的碳酸盐相，转换为浅海生物化学沉积的碳酸盐相。矿带处于沉积相纵向变化的转折部位；

(5) A矿段至E矿段一带，落雪白云岩沉积底板的沉降幅度较大，形成了南北向沉积凹槽。凹槽沿长轴方向有轻微的波状起伏，形成四个垂直长轴的水下沟地和相应的脊地。凹槽控制铜质的分布范围，远离凹槽矿化逐渐减弱；沟地脊地控制铜质的浓集强度，沟地部位矿富，本区四个富矿地段均处

于沟地部位，相邻的脊地，则矿化相对减弱（图5）。

## 2. 岩相侧变

矿带内，一种岩性序列沿走向常被另一种岩性序列所代替，反映出岩相的侧变。凹槽中沟地部位海水动荡轻微，沉积作用比较稳定，沉积物单纯，具小韵律组合，侧变不明显；脊地部位沉积初期、中期海水动荡剧烈，升降频繁，沉积物较为混杂，侧变明显。而侧变最明显的是沟地向脊地的转换部位，其侧变形式有如下两种：一是“斜接式”，为夹层沉积的特征，两种沉积相相互交替；一是“犬牙式”，为厚层沉积的特征，两种沉积相更替超复。

矿带从近岸到远岸（即浅部向深部），在厚度上有增大的趋势。随着矿带厚度向深部的增大，铜矿化则逐渐减弱，矿体变薄、分枝而不连续，表明沉积持续时间较长，铜质分散。

当含泥的碳酸盐沉积侧变为含铁的粉砂质碳酸盐沉积时，相应的颜色由灰变紫，矿化由有到无。当生物化学沉积侧变为含高价铁的泥砂质碳酸盐沉积时，其颜色则由灰白变为暗红，矿化随着由强变弱、富矿变为贫

矿。

### 3. 矿床的地球化学相

矿带即铜异常带。矿带内肉眼见不到矿化的岩石，平均铜含量达0.06%，比上、下盘岩石高2~3倍。从广义上说，矿带就是一个含铜岩相，其本身即为铜的地球化学居留地。

下盘紫色岩层，铁的自生矿物多为赤铁矿等高价铁化合物，局部地段形成赤铁矿体。而矿带（除带状性的无矿带外）铁的自生矿物则多为低价铁化合物。上盘则出现比较纯的白云岩。表明从下到上为酸性介质向碱性介质的转换，矿带处于介质的转换点上。

菱锰矿（在A矿段为菱铁矿）在本区各层中为贯通矿物，但产出状态及含量有所不同，矿带中多呈自生矿物产出，而在上盘白云岩中主要呈脉状，且含量低。在D矿段以北，上盘白云岩中未发现菱锰矿，但出现黄铁矿。其次，下盘紫色岩层中的石英颗粒，表面具氢氧化铁薄膜，矿带中除表生作用剧烈者外，一般不存在此现象。经统计，下盘紫色岩层还原系数为0.26，矿带为0.63，上盘白云岩为0.75。说明从下到上为氧化环境向还原环境的转换，矿带则处于弱还原环境中。区内南部，上盘白云岩呈红色，还原系数为0.48，其形成原因有待进一步研究。

## 六、变质作用对矿体的影响

本区属浅变质区，变质作用一般不十分强烈。近矿围岩常见到的变质（蚀变）作用为硅化、绢云母化及绿泥石化。硅化为铜质的迁入蚀变；绢云母化与绿泥石化则多表现为铜质的迁出蚀变。变质作用既部分地改变着矿物种类、矿石结构、构造，也在一定程度上改变着矿体的形态和矿化的均匀性。伴随变质作用的铜质的迁移与再沉淀，虽然呈现出各种错综复杂的情况，但一般是沿着以下方向进行的。

**1. 向矿带上盘迁移：**该矿床主矿体一般处于平行矿体的下部。向上盘的迁移除个别地段使主矿体完全消失外，一般不影响主

矿体的连续性。其所形成的小矿体（相对而言），矿石构造主要为斑点状及脉状，产状多变，形态复杂，品位、厚度不稳定。铜质向上盘迁移的距离与强度看来主要与变质程度和上盘岩石裂隙发育程度有关，有的在主矿体附近形成小的平行脉，有的则形成极为复杂的“满架葡萄栓”。

**2. 向张力裂隙迁移：**一种是沿垂直或斜交的张力裂隙，形成以块状矿石为主的、与主矿体呈大角度交切的延伸不大的富矿节或富矿脉；另一种是沿层间裂隙组，形成以脉状、网脉状矿石构造为主的扁豆状富矿体。

**3. 向岩层的膨胀带迁移：**膨胀带往往是裂隙发育地带。一种是规模较大、倾角较陡的断层，其两侧的铜矿化呈现出明显的差异性，铜质沿地层膨胀的一侧聚集，形成富矿瘤；另一种是沿矿带内的小褶曲的弯曲部分，使矿体变厚变富。

以上特点表明，铜质的迁移与硅质相似，都是向着压力减低的方向。因此，由变质作用形成的铜矿化，往往伴随着强烈的硅化及白云石化。

变质作用的实质，是铜质在一定的物理化学条件下的再分配作用，既有贫化，也有富集。一地段的贫化，必然导致另一地段的富集；一地段的富集，也必然伴随着另一地段的贫化。

综上所述，本区成矿的主要控制因素有以下几点：

**1. 矿带对于紫色岩层具有密切的空间依附关系。**矿带赋存于落雪白云岩的下部，紫色岩层无例外地构成其底板。紫色岩层所代表的古气候、古地理环境及地球化学条件，为铜质的聚集创造了前提，而落雪白云岩下部（包括过渡岩相）则为铜质的沉淀和保存提供了条件。以上情况表明，该矿床比较严格地受地层的控制，确切地说是受紫色岩层一过渡相一白云岩所构成的海进式地层组合的控制。

**2. 矿带由不同的岩性序列所组成。**岩性序列的空间变化反映出沉积条件的差异性，

对矿化强度、广度、矿体形态、规模有着明显的影响。

3. 矿带的沉积环境为半封闭的浅海盆地，盆地中的凹槽控制着铜质的分布范围，凹槽内次一级的沟地和脊地控制着铜质的浓集强度。

4. 硫化矿物具水平带状分布特征。在区内，单一的矿物带仅在局部地段出现，比较普遍的是以一种或两种矿物为主的组合分带。虽然组合形式各地段不尽相同，但近岸（一般表现为现存矿床的上部）富铜贫铁，远岸富铁贫铜的趋势则是一致的。硫化矿物的带状分布控制着矿体的轮廓和富厚中心。

5. 变质作用虽然在不断地改变着矿床的原始面貌，并形成不同产状、形态和规模的变质脉（矿体），但一般不影响主矿体的连续性，也未完全破坏矿床的沉积特征。在变质过程中，铜质总是伴随着硅质向着压力减小的地带迁移。变质作用，就大范围而言，既是加富作用，也是贫化作用。

## 成矿预测

云南某铜矿床是我国重要的铜矿类型之一。赋存层位稳定，矿化规模大，矿体形态简单，品位中—富，质量良好。从矿床的展布和微观特征上，具比较明显的沉积—变质成因。沉积作用是矿床形成的主导作用。

我们于1964年运用以上成矿控制因素，对区内的B矿段进行了一次成矿预测的尝试，经几年来的找矿勘探实践检验，基本符合矿床的客观规律，效果良好。其地质、矿床情况与预测经过如下：

B矿段位于A矿段与C矿段之间，长3180米。除部分地段外，矿带所赋存的地层组合完整。地表经1:2000地质测量及40米间距的探槽揭露，仅局部地段有微弱铜矿化，无工业矿体存在。1964年以前曾三次在该区进行深部找矿工作：第一次是1956年，在不同地段、不同标高打了两个坑道，揭露结果，矿化依然微弱，仅出现零星矿体；第二次是1957年，又打了五个以上钻孔，也未见到矿

体；第三次是1960年前后，在前两次坑道工程的基础上，采用200×150米的网度，用钻探进行了比较系统的控制，结果还是由于没有发现理想的矿化而停止了找矿工作。当时，对本区矿床主张热液成矿的人认为此地段无火成岩出露，断裂不发育，地表无褪色带，成矿条件不利；主张矿床沉积成因的人，则将掩盖本矿段南部含矿带的震旦系砾岩，误认为与含矿带同时期的沉积砾岩，因而把此段当成了沉积的无矿缺口。三上三下，历时数年，几经反复，最后作出了无价值的结论。

1964年，我们在党和上级的领导下，遵循毛主席“认识来源于实践”的伟大教导，又对这个地段进行了认真的分析，在已有资料的基础上，深入野外，反复观察研究，从总结矿床规律入手，将此地段与相邻矿段进行对比，发现该地段含矿带岩性序列具独立特征，岩相有明显的侧变。其南的A矿段与其北的C矿段，硫化矿物具明显的水平分带现象，并有向此地段延伸的趋势。对南部的砾岩，进行了详细测定，确定其为震旦系山溪暂时流砾岩，并不影响矿带的连续性。此地段为整个含矿带的一部分，某些方面虽独具特点，但主要成矿条件相近，且两端均已存在工业矿体，应为成矿的有利地段。我们在同生理论的指导下，运用沉积矿床的工作方法，编制了成矿预测图，按不同地段、不同标高划分了各级预测区，推测地表以下100~300米的深度为无矿带的下界，无矿带之下将出现辉铜矿—斑铜矿等矿物带及工业矿体。

1965年，根据成矿预测图第四次对此地段进行深部找矿工作，几年来的实践证实预测效果是良好的，大量的深部工程所揭露的矿化情况，与原来预测的出入不大。到1972年止，本地段已提交了一定的工业远景储量。目前工程进展表明，矿化向南部和深部有增强的趋势，矿体连续稳定，估计远景在××万吨以上，预测地段本身构成一中型铜矿床，即将为矿山生产所利用。