

# 北衙金矿床构造地球化学特征及靶区优选

马德云<sup>1,2</sup>, 韩润生<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002; 2. 昆明理工大学国土系, 昆明 650093)

[摘要] 在总结矿床地质特征的基础上, 研究了矿床的构造地球化学特征, 然后提出了地质和构造地球化学找矿标志, 并据此在矿区内圈出了若干找矿靶区。

[关键词] 构造地球化学特征 靶区优先 矿床类型 金矿床 云南北衙

[中图分类号] P618. 51, P59 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2001)02-0064-05

## 1 矿床地质特征

### 1.1 地层

矿区出露地层为第四系、第三系及中三叠统北衙组。在矿区外围, 还出露下三叠统砂页岩及基底二叠系玄武岩。其中, 北衙组为一套海相碳酸盐岩建造。第三系上部的巨砾灰岩, 是在构造应力作用下, 矿区地层发生褶曲作用, 地表岩层发生变形破碎, 古岩溶漏斗受到挤压, 在重力作用下, 沿向斜两翼斜坡垮塌、滑移堆积而成的。下部的杂色含砾粘土, 为第三系风化物经过流水剥蚀和搬运作用形成的残积、坡积和洪积物。无论从分布、成分、构造、古地史、成因上看, 矿区第三系均与区域上丽江组特征具有明显的差异, 所以矿区第三系并非丽江组<sup>[1]</sup>。

### 1.2 构造

北衙矿区为一山间向斜断陷盆地。矿区构造活动强烈, 具有多期活动的特点。矿区至少经历了 3 期构造运动: 早期东西向挤压, 晚期受南北向的挤压, 末期可能又受到东西向的挤压。由近南北向褶皱和南北向、东西向断裂组成的区域性南北构造带, 构成矿区的基本构造格架, 是控岩控矿构造。各种次级构造裂隙控制了矿体的形状和分布。

地表次级构造裂隙具不同方向和不同性质, 主要可分为三类 5 种: ① 断裂破碎带; ② 层间滑脱空间; ③ 节理, 是在北衙向斜褶曲过程中形成的伴生构造, 组成褶皱断裂裂隙系统; ④ 接触带及其盖层围岩中张性断裂裂隙系统, 为岩体侵入形成的构造; ⑤ 岩溶裂隙, 包括岩溶漏斗, 由喀斯特地质作用形成。

在构造应力的作用下, 矿区形成了一套褶陷—断裂系统。断裂破碎带、褶皱层间虚脱空间等各种构造薄弱部位, 是碱性斑岩上侵和含矿热液运移及

沉淀的良好通道和场所。矿区内与成矿关系密切的主要是早期和晚期形成的断裂。

### 1.3 岩浆岩

矿区岩浆岩具有多期多类型活动的特点, 大致可以划分为:

1) 斑岩系列: 矿区内出露斑岩体为一套中偏酸性富碱质斑岩系列: 闪长岩—花岗斑岩—石英二长斑岩—石英正长斑岩—二长斑岩—正长斑岩。石英正长斑岩主要见于红泥塘。石英二长斑岩主要见于万洞山, 岩体中有黑云母化。二长斑岩主要分布于南大坪东部岩体。正长斑岩主要为桅杆坡斑岩体和笔架山岩脉, 局部有黑云母化。属喜山早期产物。

2) 基性岩类: 二叠系峨眉山组玄武岩, 构成了矿区的基底; (辉长) 辉绿岩主要见于金沟坝矿段。

3) 煌斑岩: 煌斑岩脉在矿区内十分发育, 一般分布于隐爆角砾岩筒及岩体接触带附近。

4) 隐爆角砾岩: 这是一种基性火山岩, 多分布在红泥塘。角砾大小悬殊, 成分复杂。其中以碳酸盐岩和玄武岩角砾最多。在角砾岩内及其外接触带均有矿化现象。在隐爆角砾岩与围岩灰岩的接触带见有崩塌角砾岩分布, 它比隐爆角砾岩含有更多的灰岩角砾, 矿化不如隐爆角砾岩强烈。另外, 在金沟坝、锅盖山、笔架山以及万洞山和吴家庄等地, 也发育有隐爆角砾岩, 从而在矿区内形成多个隐爆角砾岩筒中心。

### 1.4 矿床类型

#### 1.4.1 碱性斑岩型多金属硫化物矿床

矿区普遍经历了岩浆热液成矿作用, 形成夕卡岩型多金属硫化物矿床。在时间、空间和成因上, 北衙 Au、Ag、Pb、Zn、Fe 等多金属矿床均与碱性斑岩的侵入有密切的关系, 因此, 又称为碱性斑岩型金多金属硫化物矿床。

[收稿日期] 1999-10-01; [修订日期] 2000-08-01; [责任编辑] 张启芳。

[基金项目] 国家“九五”科技攻关项目及博士学位论文的部分研究成果。

按照矿体的产出部位,北衙斑岩型多金属硫化物矿床可划分为如下几种矿体类型:

1)接触带型:矿体产于岩体接触带上盘或下盘,矿体呈热液脉状、网脉状、透镜状、不规则囊状,主要受接触带构造以及盖层围岩中张性裂隙和古岩溶裂隙的控制。

2)构造裂隙型:产于陡倾斜断裂破碎带中的矿体,呈脉状、网脉状、透镜状。产于层间缓倾斜滑脱空间的矿体,呈似层状、透镜状。

3)岩体裂隙热液脉型:与剪切破碎带有关,沿裂隙充填含 Cu、Au 石英脉,地表不发育,主要见于万碛山矿段岩体内的深部岩心。

#### 1.4.2 风化矿床

矿区还经历了风化成矿作用。原生多金属硫化物矿床经过次生富集改造,形成残坡积砂矿床、硫化物矿床氧化带和次生富集带。

1)残坡积矿床:根据产出部位,可以细分为两种:一是古风化面型含砾砂金矿,主要分布在第三系古风化面底部含砂、砾的杂色粘土中,该类型的砂金矿是除接触带型和构造裂隙型之外的重要矿体类型。二是现代风化面型含砾砂金矿,为第三系底部的古风化面砂金矿、次生氧化富集矿、原生矿,沿现代地貌再次堆积而成。该类型金矿体仅局部可构成工业品位。

2)硫化物矿床氧化带和次生富集带:区内不同的矿床类型均不同程度地遭受过氧化淋滤次生富集的改造作用,使原生矿体变富。氧化带中的金矿体,在剖面上具有一定的分带性<sup>[2]</sup>。由上至下依此分为强氧化带(贫金带)、淋漓带(富金带)、过渡带、原生硫化物带。由上往下残留硫化物增多,金含量减弱,各带间呈过渡关系。

#### 1.4.3 河流冲积矿床

沉积成矿作用是矿区经历的第3次成矿作用,形成古河床砂金矿,属于机械沉积矿床。古河床砂金矿位于矿区北部、古风化面型残坡积砂金矿床的底部,是在矿区新发现的矿床类型。古砂金产在河床底部,即中一细粒砂质泥岩与黑色、黑绿色淤泥之间,其中,在细粒粉砂岩中金含量较高。

从上可得出,北衙碱性斑岩型多金属硫化物矿床的形成,经历了3次时间间隔较长而成矿环境差异悬殊的成矿作用。岩浆热液成矿作用,形成了金的初次富集;风化和沉积成矿作用属于外生成矿作用的两个阶段,对原生金矿床的次生富集改造起了重要作用,是形成北衙型金矿床的一个重要环节。

## 2 构造地球化学特征

在北衙矿区的断裂破碎带及接触带中取构造地球化学样品,共计90件。通过化学成分测试结果表明,无论是在断裂还是在接触带中,成矿元素的平均含量均高于围岩中同种元素的丰度值,一般来说,前者是后者的几倍,甚至几十至几百倍,这表明构造和岩浆活动使成矿元素具有强烈的分散和富集的趋势,断裂破碎带及接触带是含矿热液迁移和沉淀富集的有利场所,从而导致构造岩的普遍矿化,因此,断裂破碎带及接触带包含着丰富的成矿信息。选取27个成矿指示元素进行R型因子分析,按方差0.8确定因子个数为7个,相关矩阵经过极大斜交旋转后,将矩阵中每一列因子载荷大于0.5的元素划分为关联成员,由此得到如下7组因子:

#### ①斜交因子结构矩阵

- F<sub>1</sub>: Be (Na) K V Cr (Co) Ni Y Zr Mo La Ge Yb Al Si—Ca (—Mg)<sup>①</sup>;  
 F<sub>2</sub>: —Mn —Zn —Ag —Yb —Pb —Fe (Na) (Mg) (Ca) (Sr);  
 F<sub>3</sub>: (K) Co (Cu) Mo (Fe) (Al) Si (—Mg) —Ca;  
 F<sub>4</sub>: (Be) (Na) (Ti) Cu Nb;  
 F<sub>5</sub>: Na K Sr (Al) Si —Mg;  
 F<sub>6</sub>: —K (—Mo) (—La) —Al —Si Mg Ca;  
 F<sub>7</sub>: Au —Mg (Al) Si —Ca (Fe)。

#### ②斜交因子模型矩阵

- F<sub>1</sub>: Be (K) Ti V Cr Ni Y Zr (Mo) (Ag) La Ge Yb Al Si —Ca;  
 F<sub>2</sub>: —Mn —Zn —Ag (—Yb) —Pb —Fe Mg  
 F<sub>3</sub>: Co (Ni) Cu Mo (Ag)—Y;  
 F<sub>4</sub>: (Na) (Ti) Cu Nb;  
 F<sub>5</sub>: Na K Sr (Nb)—Mg  
 F<sub>6</sub>: (Ti) Cr (Co) Ni Zr Ag Au Fe—Y—Nb;  
 F<sub>7</sub>: —Ag (Pb) Au Fe。

可以看出, F<sub>1</sub> 显然代表与岩浆岩和碳酸盐岩有关的造岩元素组合。

F<sub>2</sub> 为中低温热液成矿作用,主要形成铁、铅、锌、银多金属等矿体。由于分析样品采集于断裂破碎带及接触带,从而样品中混入了较多的 Sr、Mg、Ca 等围岩碳酸盐岩元素,所以, F<sub>2</sub> 因子表现出热液成矿元素 Mn、Zn、Ag、Yb、Pb、Fe 与 Sr、Mg、Ca 等围岩碳酸盐岩元素共存现象,但二者没有成因上的联系,这从二者为负相关关系反映出来,说明铁、铅、锌、银成矿元素来源与碱性斑岩,经过活化迁移,然后在围岩裂隙沉淀形成矿体。斜交因子模型矩阵中的 F<sub>2</sub> 变为 Mn、Zn、Ag、Yb、Pb、Mg、Fe,说明 Mn、Zn、Ag、Yb、

① 圆括号代表方差接近于 0.5 的关联元素。

Pb、Mg、Fe 才是真正的共生或伴生元素。

F<sub>3</sub> 为高温热液成矿作用, 主要形成铜钼矿化。在其关联元素中, K、Al、Si 代表与碱性斑岩有关的元素, Mg、Ca 代表碳酸盐围岩, 二者呈负相关关系, 说明铜钼矿化主要产于二者的接触带中, 且成矿元素与碱性斑岩入侵有关。斜交因子模型矩阵中 F<sub>3</sub> 因子的关联元素为 Co、Ni、Cu、Y、Mo、Ag。

F<sub>4</sub> 因子可能代表矿区含铜花岗斑岩的侵入。

F<sub>5</sub> 意义不明。

F<sub>6</sub> 因子代表碱性斑岩侵入作用。其模型矩阵为 Ti、Cr、Co、Ni、Y、Zr、Nb、Ag、Au、Fe。说明金、银等成矿元素来源于碱性斑岩。

F<sub>7</sub> 反映了金的成矿作用。从其关联元素可以看出, 金元素与铝硅(代表碱性斑岩)铁(黄铁矿)正相关, 与镁钙(代表碳酸盐围岩)负相关。其模型矩阵为 Ag、Pb、Au、Fe, 说明 Au 与 Pb、Fe 密切共生, 因而金矿化与黄铁矿化、铅锌矿化有关。事实上, 黄铁矿、方铅矿为主要载金矿物就足以证明了这一点。

由于关联中的成员是关联所对应的因子意义下的元素组合, 所以因子在样品上的取值(因子得分)基本上可以反映成矿元素组合在该样品上的客观特征, 因子得分的高低代表了取样点矿化作用的强弱, 而因子得分的空间分布特征相当于矿床内矿化空间分布规律。因此, 可用因子得分等值线图来描述矿床的构造地球化学特征。从图 1 和图 2 可看出如下特点。

1) 异常分布特征: 矿区内矿化因子得分异常区具有成带分布的特点。正得分异常区主要分布在靠近盆地边缘的北衙向斜两翼, 负得分异常区则主要集中在矿区边部及盆地中央。东西两翼异常区均大致呈南北向连续分布。其中, 西翼异常区南端在锅盖山附近有向东南延伸的趋势, 北端在铁矿塘有向东北方向延伸的趋势; 西翼异常区, 虽然北衙村附近的异常值稍低, 但小米地异常区与红泥塘东侧的异常区在此基本相连成带, 这在异常立体图上表现的更为清楚。东西两翼的异常区南端在红泥塘与笔架山一带相连, 北端通过陈家岩硐、万硐山、小米地等地连在一起, 构成一个似椭圆形, 其形状与盆地内第三系分布大致相似, 其长轴方向为近南北向。

在向斜西翼的金沟坝附近有一明显的峰值异常, 总体位于矿化因子负得分区内, 但从外围到中心有增大的趋势。

2) 异常与矿体位置重叠: 已知矿段均位于矿化

因子得分异常区范围之内, 且异常的范围远大于矿段的范围。已知矿体的位置与矿化因子得分正高值异常区中心重合, 这说明矿化因子高值区是矿体原生晕的集中反映。

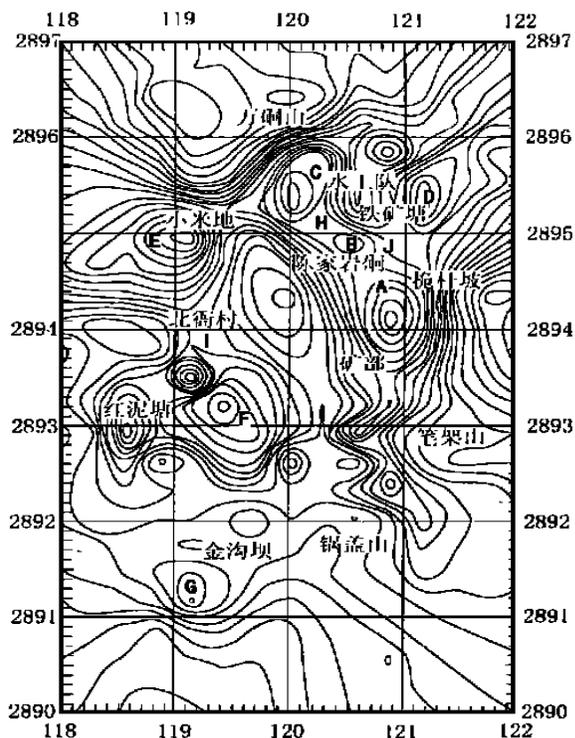


图 1 北衙矿区 F<sub>7</sub>(Au、Pb、Ag、Fe) 矿化因子得分等值线异常图

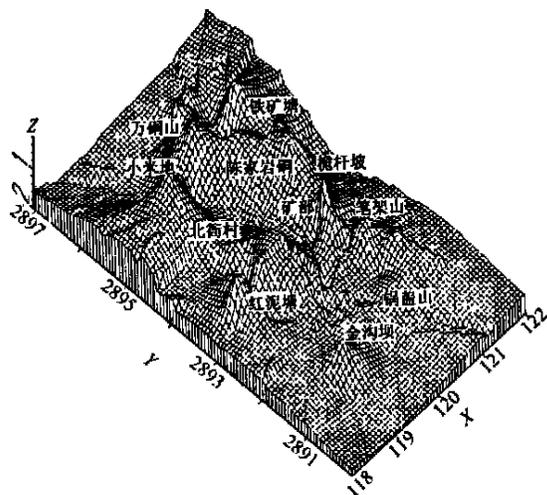


图 2 北衙矿区 F<sub>7</sub>(Au、Pb、Ag、Fe) 矿化因子得分立体异常图

3) 异常明显受断裂构造控制: 异常区总体上受区域性南北构造带的控制, 为导岩导矿构造, 是矿区内高级别的控矿构造。单个异常区受次级近南北向断裂及接触带的控制, 是矿区内直接控矿构造。在赋矿空间上, 具有“断裂破碎带+接触带”式的特点。

4)异常受岩体控制:异常区分布在岩体附近的断裂破碎带及接触带的各种构造裂隙中,二者距离一般不超过50 m,说明二者具有明显的空间依附关系,同时也说明,矿区成矿物质来源于深部碱性斑岩的侵入。

5)不同矿化类型具有不同的异常集中区:在空间上,不同的矿化类型,其因子异常区多数是基本一致的,但具有分带现象。金异常分布范围较广,在西带的万碛山、小米地、红泥塘、金沟坝和东矿带的铁矿塘、陈家岩硐、桅杆坡及笔架山均有分布;铜铅矿化异常主要集中在西带的万碛山、小米地、红泥塘和金沟坝,铅锌矿化异常则主要分布在锅盖山、笔架山和红泥塘。

### 3 找矿靶区优选

#### 3.1 地质、构造地球化学找矿评价标志

1)构造地球化学矿化因子得分异常区(原生晕)的存在与否:由于已知矿体的分布与矿化因子得分异常区位置一致,因此,矿化因子得分异常区就是矿体原生晕的反映,是矿质富集的中心。隐伏矿体原生晕的分布特点可用矿化因子得分异常区特征来描述,不同类型矿化因子的异常区用来分析隐伏矿体的矿化类型,根据因子得分异常区的变化特征用来推断隐伏矿体原生晕的性质。矿化因子得分异常区的存在与否是预测隐伏矿床(体)的首要准则。

2)铁异常区存在与否:已知矿体特别是金矿体与黄铁矿(褐铁矿)密切共生,因此,地表铁帽、褐铁矿角砾、褐铁矿脉和断裂构造岩中铁异常的分布,可预示矿化富集的可能性。

3)矿化因子得分异常区内断裂性质、组合型式:接触带、断裂破碎带特别是南北向断裂及其多组断裂的交汇部位、层间滑脱空间以及各种岩溶裂隙,是原生多金属矿体最有利的赋矿部位。

4)围岩蚀变异常区的存在及其组合特征:矿体与岩浆岩在时间、空间和成因上密切相关,而岩体侵入又常发生围岩蚀变,因此,浅部的围岩蚀变是推测深部是否存在隐伏岩体的重要依据,而且其蚀变类型对隐伏矿体的矿化类型也有指示作用。

5)地形、地貌特征:缓倾斜斜坡、地势低凹处、岩溶裂隙、古喀斯特漏斗,是寻找古风化面型残坡积砂金矿床的有利部位。

6)古河流沉积相存在与否古河道是寻找古河床型砂金矿的找矿标志。

7)已知矿体类型的组合型式。

由于矿区内不同类型的矿(床)体在空间上大体一致,所以在一地段已发现某一类型的矿(床)体,则不排除其他类型矿床(体)存在的可能性。

8)其他标志:遥感、物探、化探等异常,也是预测隐伏矿床(体)的重要依据。

#### 3.2 靶区优选

在研究矿区成矿条件和环境的基础上,根据前述找矿标志,通过类比原理,除去已知矿体(矿段),在矿区另外圈出了3种类型共10个有远景的找矿靶区(图1)。其中,A、B、C、D、E、F、G、I靶区的矿床(化)类型,为碱性斑岩型多金属硫化物矿床(化);H、I靶区的一部分为残坡积型砂金矿床(化),J为古河床型砂金矿床(化)。

A区位于金矿驻地北东侧(选场)的桅杆坡西坡上,B区位于陈家岩硐附近,C区位于万碛山南边、小米地东侧,D区于铁矿塘东坡陡崖附近,E区位于小米地与北衙村之间,F区位于红泥塘村东侧。在构造地球化学 $F_7$ (Au、Pb、Ag、Fe)矿化因子得分异常图上,上述5个靶区具有共同的特点:

1)靶区异常均位于矿化因子正高值得分区,而且具有明显的峰值;

2)异常区均大致呈南北向排列;

3)异常区附近均有岩体出露,二者距离一般不超过50 m;

4)异常区基本位于断裂较发育的部位,特别是南北向断裂;

5)C预测靶区具有明显的磁测异常(图3),且磁测异常有向E靶区方向延伸的趋势。另外,F靶区也落在磁测异常范围之内(图4)。

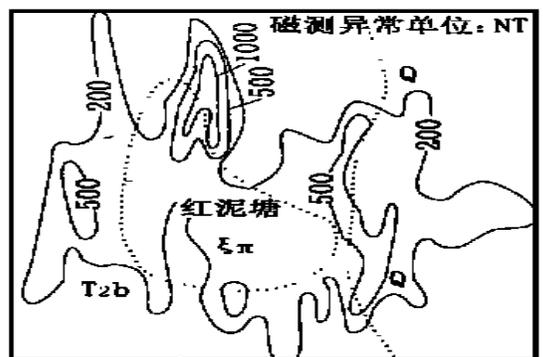


图3 红泥塘磁测 $\Delta Z$ 异常平面图

6)在D、E、F预测靶区均显示明显化探异常。

根据找矿标志和类比找矿原则,推断上述6个异常区极有可能是隐伏矿体原生晕反映,而且以热液脉状的原生矿体为主,赋存在断裂破碎带和接触

带中,属于碱性斑岩型金多金属矿(化)。

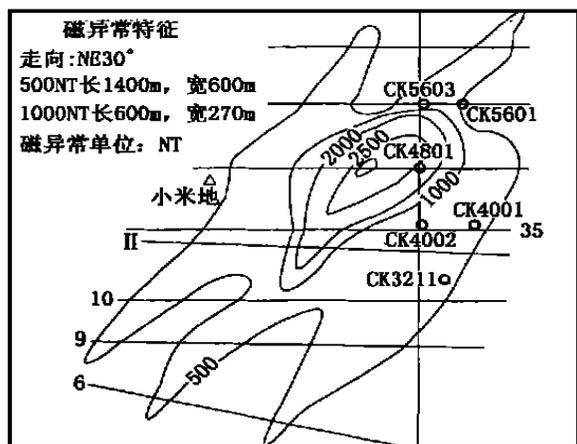


图4 北衙金矿万硐山磁测 $\Delta Z$ 异常平面图

G区: 位于金沟坝。该预测区与上述6个靶区有所不同。在金沟坝附近,有一较弱的负因子得分异常区,但从外围到中心表现出由负值向正值变化的趋势,表明此异常是矿体原生晕的头晕。根据此地岩体出露范围较小的情况,推测在金沟坝的原生金矿体埋藏可能较深。

H区: 该异常区范围面积较广,由A、B、C预测靶区和正在开采的万硐山矿段、笔架山矿段组成。异常区位于万硐山、小米地的东坡和铁矿塘、桅杆坡、笔架山的西坡之间,在陈家岩硐一带东西两侧异常区连为一片。向北到万硐山,并向小米地以西方向延伸;向南到锅盖山北端,并在此有向东南方向延伸的趋势,总体上呈半椭圆形分布,具有面型连续分布的特点,说明H区的矿床(化)类型不同于前面预测过的矿床类型。该预测区的东西边缘两侧均有岩体出露,其范围之内已有A、B、C预测区和正在开采的万硐山矿段和笔架山矿段,为G靶区提供了丰富的矿质来源。另外,从地形地貌上看,H靶区位于向斜两翼缓坡和盆地洼地中,其残坡积物内含有大量

的褐铁矿角砾。根据以上特征,推测H异常区的矿床类型应是古风化面型残坡积砂金矿床。

I区: 位于E区、F区之间的北衙村附近,与H区特征类似。从矿化因子得分异常立体图上可以明显看出,I区在北衙村附近与E区和F区相连,属于同一矿带。北衙村南北两侧发育的 $F_{23}$ 和 $F_{35}$ 断裂,使北衙村处于一个相对下陷的地块,使引起异常的矿体埋藏较深,所以北衙村附近的异常值稍低。引起I区异常的既有可能是斑岩型原生金矿体,又有可能是古风化面型的残坡积矿体,这可以从它们北端在小米地附近、南端在红泥塘与笔架山之间分别与G区大致相连的特点看出来。

J区: 异常范围包括北衙金矿驻地(靠近东侧)、五里盘、州水工队等地,大致呈南北向延伸。第三纪以来,由于降水充沛,矿区长期受到风化破碎,表部岩(矿)层剥蚀强烈;同时,矿区碳酸盐岩中具有较高的金背景值,所以矿区金物质来源丰富。另外,在构造上,北衙向斜为一山间断陷盆地,五里盘地段位于盆地中部北端。南部为给水区,北部锅厂河方向为出水口,矿区北端有汇水河流锅厂河。地貌、构造、水动力、及物源等有利条件,为形成沉积矿床—古河床型砂金矿提供了可能性。

#### 4 结论

断裂及接触带是矿区内重要的控矿因素,是成矿作用过程的历史记载。根据构造地球化学特征及成矿地质条件,可以预测隐伏矿床(体)的可能赋存部位及其矿化类型,为勘查工程布置提供依据,从而对寻找深部盲矿床(体)具有指导意义。

#### 参考文献

- [1] 马德云. 北衙碱性斑岩型金多金属矿床成矿动力学及成矿预测应用研究:[学位论文][D] 昆明:昆明理工大学,2000.
- [2] 赵晓鸥. 云南北衙铅矿氧化带含金性研究[J]. 地质与勘探, 1989(6).

### STUDY ON THE FEATURES OF TECTONOGEOCHEMISTRY OF BEIYA GOLD DEPOSIT AND ENCLOSED METALLOGIC TARGETS

MA De-yun HAN Run-sheng

**Abstract:** Based on the features of Beiya Gold Deposit, the paper dealt with the features of tectonogeochemistry of deposit, presented geological and tectonogeochemistry marks of exploring ores, and then enclosed some metallogenic targets.

**Key words:** tectonogeochemistry, type of deposit, metallogenic target

#### [第一作者简介]

马德云(1969年—),男,1992年毕业于昆明理工大学地质系普勘专业,1995年在本校国土系获硕士学位,2000年获博士学位,现在中国科学院地球化学研究所博士后流动站工作,现任昆明理工大学国土系讲师,主要从事科研和教学工作。

通讯地址:云南省昆明市学府路253号 昆明理工大学国土资源工程学院地球科学系 邮政编码:650093

