

333-341

中甸-大理-金平地区与喜马拉雅期斑岩  
有关的铅、铜钼、金矿床成矿模式

赵 准

(云南省地质矿产厅)

19618.205

## 1 成矿区域地质环境

矿床分布跨越扬子准地台、松潘-甘孜褶皱系、昌都-思茅褶皱系及华南褶皱系等四个一级构造单元,北起中甸,南至金平;西自永平,东到姚安约10万km<sup>2</sup>范围内,喜马拉雅期的局部扩张地带。在此扩张体系环境下,碱性、碱钙性和钙碱性岩浆侵入活动,晚期局部兼有喷发活动,于区内形成若干岩浆侵入或侵入-喷发活动中心。岩浆浅成-超浅成侵入伴有铅、铜钼成矿作用,产出姚安老街子式斑岩型铅矿、长安冲式斑岩型铜钼矿;岩浆侵入-喷发活动停止后,于地热异常场有金成矿作用发生,产出姚安干沟式浅成热液型金矿。

## 2 成矿区侵入岩-火山岩特征

岩体主要沿北西向金沙江-哀牢山深断裂带、北东向小金河-程海深断裂和隐伏深断裂带及北澜沧江深断裂东侧广泛分布,已发现岩体、岩体群140余个。属碱性、碱钙性和钙碱性系列的基-中-酸性岩。以浅成侵入为主,少数为中浅成或超浅成侵入体及火山岩。侵入体呈岩株、岩墙、岩脉及岩床状产出,岩体群常由一个稍大的岩体和一些更小的岩体组成;火山熔岩呈岩被产出。

多数侵入体,形成于喜马拉雅早期。由早→晚,显由中浅成→浅成,由碱性→碱钙性→钙碱性,由基性→中性→酸性的演化趋势。喜马拉雅晚期(上新世),为碱性玄武质、粗面质、安粗质岩浆喷发,生成相关的熔岩、火山碎屑岩,仍有超浅成的侵入活动,生成各类斑岩。

喜马拉雅早期,中浅成-浅成、碱性-碱钙性系列基-中性岩(常统称为“碱性岩”)岩体不多。以北澜沧江深断裂带东侧的永平卓潘岩体发育较为完整,岩体主体部分自内而外为含霓辉石岩→含霓辉正长辉石岩(等色岩)→霓辉正长岩、角闪霓辉正长岩和角闪正长岩,边缘有霞石正长岩;晚期有正长岩脉贯入。沿北西向的金沙江-哀牢山深断裂带和北东向的深断裂(隐伏深断裂)带,亦偶有含霞石(方钠)霓辉正长岩、霓辉正长岩等。碱钙性系列辉石正(二)长岩、正(二)长岩和正长(二长、闪长)斑岩,碱钙-钙碱性系列石英正(二)长岩和石英正长(二长、闪长)斑岩,以及钙碱性系列花岗斑岩等,为数众多,出现于各深断裂带,形成不同组合的杂岩群。杂岩群有橄榄-橄辉-角闪云斜煌岩、云煌岩和正煌岩脉贯入。

喜马拉雅晚期,碱性玄武岩、粗面岩、安粗岩及相关的火山碎屑岩,以及超浅成相的粗面斑岩、石英粗面斑岩和白榴粗面斑岩等,见于姚安、南华和剑川等地。

据喜马拉雅早期的丽江玉召块、金平安寨等六个岩体测定,  $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$  初始比值 0.7064—0.7077; 马厂箐、铜厂、宝丰寺、大莲花山、哈播、桃花、姚安等矿床(点) 金属硫化物硫同位素组成,  $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$  值为  $-1.9 \sim +9.1$ ; 马厂箐、铜厂、大莲花山、桃花、南板桥、哈播等岩体,  $\sum \text{REE}$  为 27.64—700.02ppm, 平均 298.72ppm,  $\sum \text{Ce}/\sum \text{y}$  均值为 7.52,  $\delta \text{Eu}$  平均为 0.90, 轻稀土富集, 铕亏损不明显, 标准化稀土配分曲线呈向右陡倾的平坦型。喜马拉雅晚期有火山熔岩(姚安矿区的石英黑云母粗面岩、黑云母粗面岩)  $\sum \text{REE}$  为 247.70—396.08ppm, 平均 321.89ppm,  $\sum \text{Ce}/\sum \text{y}$  均值为 5.76, 轻稀土富集, 重稀土较低, 标准化稀土配分曲线呈向右陡倾锯齿状,  $\text{Eu}_m/\text{Eu}$  值, 0.8328—1.0615, 火山岩铕异常不明显。<sup>①</sup>

上述说明, 喜马拉雅早期侵入岩和晚期火山岩, 岩浆分异程度较高, 均系地幔产物。

喜马拉雅早期, 碱性—碱钙性系列含霓辉辉石岩、含霓辉正长辉石岩, 有磷灰石、稀有和放射性元素矿化(永平卓潘)。碱钙性系列正(二)长岩、正(二)长斑岩和属于碱钙性系列的石英正(二)长斑岩, 以铅矿化为主, 含钾量高的岩石出现铅矿床(姚安老街子、鹤庆北衙等)。属于钙碱性系列的石英正(二)长斑岩和花岗斑岩, 产出铜铅矿床(金平长安冲、铜厂、祥云马厂箐、红河六方等)。从早→晚, 随岩浆演化, 由磷灰石、稀有和放射性元素→铅→铜铅矿化的演化序列。喜马拉雅晚期, 火山喷发及岩浆超浅成侵入后, 围绕火山机构产出浅成热液型金矿床(姚安干沟)。

### 3 各类型式矿床特征

铅成矿与喜马拉雅早期岩浆演化早阶段, 偏碱性岩浆侵入活动有关, 以姚安老街子铅矿床为代表; 铜铅成矿与岩浆演化晚阶段, 偏酸性岩浆侵入活动有关, 以长安冲、马厂箐铜铅矿床为代表; 金银成矿与喜马拉雅晚期岩浆侵入、喷发后的浅成热水活动有关, 以姚安干沟金矿床为代表。

各类型式代表矿床特征如下:

#### 3.1 姚安老街子式斑岩型铅矿床

矿床位于北西向梨梅山背斜向北倾状与北东向断裂交会处。成矿岩体侵位于下白垩统页岩夹砂岩、上白垩统砂岩、泥岩夹泥灰岩中, 为喜马拉雅期偏碱质中—酸性岩类, 岩体呈东西向展布, 呈一复杂的岩体群产出, 长 6km, 宽 1.5km, 面积 9km<sup>2</sup>。早期, 主要为黑云粗面岩(底部及边部有粗面质火山角砾岩), 岩石具粗面及斑状结构, 块状构造, 斑晶为透辉石、黑云母, 基质为正长石, 次为黑云母、辉石; 晚期为黑云正长斑岩、石英正长斑岩, 岩石具斑状结构, 基质微粒半自形结构, 主要矿物为正长石、黑云母, 次为石英。岩石化学成分(%):  $\text{SiO}_2$  60.74—62.50,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  11.10—13.96,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1.43—1.87,  $\text{FeO}$  0.50—0.81,  $\text{CaO}$  0.07—1.14,  $\text{MgO}$  0.08—0.20,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  4.73—5.65。

北西西向的  $\text{F}_3$ 、 $\text{F}_4$  断层, 控制 I 号矿群分布; 北东向的  $\text{F}_1$ 、 $\text{F}_2$  断层及两侧平行小断层, 控制 II、III 号矿群分布。

矿床主要特征:

<sup>①</sup> 据云南省地质科学研究所, 1985 年, 滇西东部斑岩和斑岩铜矿及云南省地矿局第一地质大队, 1990 年, 姚安金矿地质特征及其区域找矿意义(科研报告)成果综合。

含矿围岩主要为黑云粗面岩, 其次为黑云正长斑岩、石英正长斑岩。矿床有三个矿脉群: I 号矿脉群由 61 个矿脉组成, 占矿床总储量的 90%。该矿脉群赋存于  $F_3$ 、 $F_4$  两断层间岩体内的羽状裂隙中, 走向北西西。

主矿体长 650m, 延深 400m, 上部厚 250m, 下部厚 50m, 其余矿体长数十米至百米, 厚 1—10 米, 倾角陡。II、III 号矿脉群分布于岩体内外接触带, 分别由 36、66 个扁豆状矿体组成, 呈平行脉状, 矿体长 300m, 延深 > 50m。

矿石原生金属矿物有方铅矿、黄铁矿, 少量黄铜矿、闪锌矿和磁铁矿。次生矿物有褐铁矿、白铅矿、铁铅矾等。脉石以石英、重晶石为主。矿物组合为方铅矿—黄铁矿—石英—重晶石。矿石为细脉浸染状、网脉状、条带状、晶簇状构造, 自形、半自形、他形粒状结构, 局部被交代呈残余结构。

以贫矿石为主, 一般含铅 0.53—1.09%, 伴生钼 (0.013%), 银 (17—18g/t, 最高 50g/t) 及硒、碲、镉、铋等。

围岩蚀变有黄铁矿化、高岭土化、绢云母化、重晶石化, 蚀变强度与矿化呈正比。

成矿时代, 据岩体年龄确定为喜马拉雅期。

含铅 > 2% 的表内矿达中型。

矿床成因:

矿体呈细脉产出于斑岩及粗面岩中, 属岩浆期后热液气化阶段成矿, 为斑岩型铅矿。

### 3.2 长安冲式斑岩型铜钼矿床

矿床位于藤条河深断裂北东侧, 白马寨倒转背斜倾没转折端。矿区共 6 个小岩体, 其中 I、II 号岩体与成矿有关, 尤以 II 号岩体最为重要。

I 号岩体呈岩株状侵入中志留统中部白云岩、白云质灰岩和燧石灰岩层中, 为复式岩体。据岩体与岩体穿插关系, 从早到晚由辉石正长岩→斑状角闪石英正长岩→煌斑岩组成。斑状角闪石英正长岩边部出现斑状角闪石英二长岩和花岗闪长岩, 其接触关系不清。由辉石正长岩→斑状角闪石英正长岩 (含边部的斑状角闪石英二长岩及花岗闪长岩) 酸度上升 ( $\text{SiO}_2$  56.77—65.41—65.98%), 碱度下降 ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  8.95—6.74—7.20%)。矿化与钙碱性系列的斑状角闪石英正长岩关系密切。

斑状角闪石英正长岩侵位于中志留统碳酸盐岩层中, 接触变质和蚀变矿化发育于岩体顶部内外接触带。内接触带发育接触交代变质岩——透辉斜长岩。岩石部份出现较多的石榴石、方柱石、透闪石和绿帘石, 叠加钾长石 (黑云母)、石英、绢云母、碳酸盐化, 及辉钼矿、黄铁矿化, 形成内复杂砂卡岩, 是钼矿的主要产出部位。外接触带发育以透辉石、镁橄榄石为代表的钙质和镁质复杂砂卡岩, 是铜矿的主要产出部位。成矿划分为砂卡岩、氧化物、碳酸盐—硫化物及石英—硫化物等四个阶段。氧化物阶段有磁铁矿化; 碳酸盐—硫化物阶段以黄铜矿、辉钼矿化为主, 形成铜钼矿体。查明铜矿体 6 个, 钼矿体 10 个。

III 号岩体为斑状角闪石英正长岩, 岩体东接触带亦接触交代变质, 并有砂卡岩铜矿体产出。查明铜矿体 4 个。

I 号主矿体, 产于 II 号岩体的顶部及东侧接触带。内接触带为钼矿体, 走向长 490m, 宽 153m, 平均厚 4.76m, 平均含钼 0.122%; 外接触带为铜矿体, 走向长 530m, 宽 192m, 平均厚 6.72m, 平均含铜 1.50%。钼、铜储量各占全矿区储量的 82.6% 和 88.1%。矿石金属矿

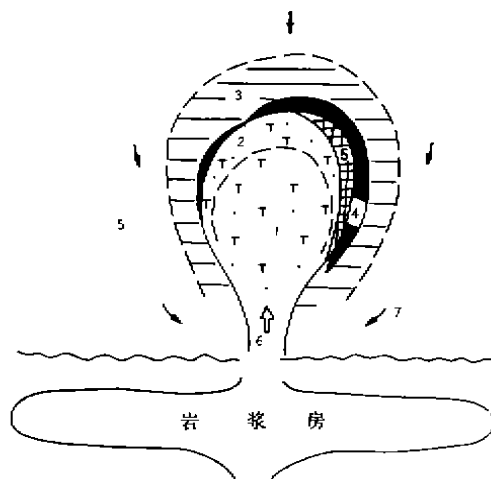


图1 长安冲式铜钼矿床成矿模式图

- 1—斑状石英正长岩； 2—钾硅化、绢云母化带；  
3—钙质岩化带； 4—铜矿体； 5—钼矿体；  
6—岩浆或混合热液； 7—天水或地表水。

物主要有磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、辉钼矿、黄铜矿和斑铜矿等。矿石具浸染状、细脉浸染状和块状构造。铜矿石伴生金 (0.26g/t)、银 (14.20g/t) 及硒、碲、钴、镓；钼矿石伴生金 (0.027g/t)、银 (2.67g/t) 及铈、镱、铈。

为小型铜钼矿床。矿床成矿模式如图1。

### 3.3 马厂箐式斑岩型铜钼矿床

成矿岩体群沿北东向的马厂箐—响水断裂带侵入。据岩体穿插关系，从早→晚，由正(二)长斑岩—石英正(二)长斑岩—斑状二长花岗岩、花岗斑岩—碱长花岗斑岩组成，为多阶段侵入复式岩体。岩石化学特征，从早到晚， $\text{SiO}_2$  增加，Fe、Mg、Ca 减少， $\text{Al}_2\text{O}_3$  略减少，K、Na 变化不大，仅晚期碱长花岗斑岩脉  $\text{K}_2\text{O}$  有较多增加，

达 6.80%。据钙碱指数及里特曼指数的变化，岩石由偏碱性的碱钙性变化到钙碱性，皮科克指数为 51.3，岩浆系列应属碱钙性系列。铜钼矿床与岩浆演化较晚阶段的钙碱性系列的斑状角闪黑云二长花岗岩关系最密切。

斑状二长花岗岩，呈岩株侵位于奥陶系下中统上部砂页岩夹透镜状灰岩层中，在平面上呈长圆状，剖面上呈蘑菇状。岩石化学成份 (%)： $\text{SiO}_2$  69.85， $\text{TiO}_2$  0.29， $\text{Al}_2\text{O}_3$  14.95， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2.37，FeO 2.15，MnO 0.05，MgO 1.24，CaO 1.57， $\text{Na}_2\text{O}$  4.08， $\text{K}_2\text{O}$  4.43， $\text{P}_2\text{O}_5$  0.17。岩石呈连续斑状(似斑状)构造，基质 0.03—1mm，斑晶分粗 (>4mm)、中 (2—4mm)、细 (0.3—2mm) 粒，与基质呈连续过渡。斑晶含量很高。钾长石 X 衍射分析单斜有序度 ( $\Delta Z$ ) 为 0.545—0.630，属低正长石。斜长石的  $t\text{LO}-t\text{LM}$  (斜长石中硅、铝有序度) 为 0.580，An 值为 22，与计算结果 (An=18) 大致相似。镜下尚见有高温的  $\beta$  石英，因此，岩体属中浅成侵入相。

岩体的热液蚀变，早期为钾化，中期为硅化，晚期为钾硅化。分为强硅化带、中等钾硅化带和弱钾硅化带。钼矿体主要赋存于中等钾硅化带内。围岩亦有钾长石化、黑云母化及硅化等蚀变。接触变质强烈，岩体之外形成 100—600m 的变质带。内接触带为接触交代形成的斜长透辉岩；外接触带，由内向外依次为透辉长英角岩带—阳起透闪长英角岩带—黑云母石英角岩带。角岩夹钙质复杂砂卡岩。铜矿体赋存于次闪石化、绿泥石化、石英化的透辉长英角岩带。

共有矿体 16 个。主矿体产于内外接触带，长 1350m，宽 100—600m，厚 30—140m，平均厚 83m，平均含钼 0.08%，铜 0.64%，铜钼储量占矿床总储量的 72%。矿床具中型规模。

矿石类型有: 斑岩型钼矿石、角岩、矽卡岩型铜矿石。矿石主要金属矿物有辉钼矿、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、砷黝铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿及白钨矿、闪锌矿、辉锑矿等; 脉石矿物有石英、长石、黑云母、绢云母、绿帘石、高岭石、石榴石、方解石等。铜矿石以浸染状、细脉状构造为主, 偶见条带状及块状构造; 钼矿石呈细脉浸染状构造。矿石伴生金 (0.019—0.444g/t)、银 (1.64—14.60g/t)、钨 ( $\text{WO}_3$  0.023—0.073%) 及铼、硒、碲等。矿物分带 (由内向外): 辉钼矿—→黄铜矿、黄铁矿—→黄铁矿、黄铜矿—→方铅矿。元素分带 (由内向外): 钼—→铜钼—→铜铁—→铅锌—→金银。

岩体的  $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$  初始比值为 0.7069, 岩浆源出上地幔, 经地壳有混染。金属硫化物  $\delta^{34}\text{S}\text{‰}$  为 -0.3—+4.3, 平均 +2.53, 频率图呈塔式分布, 属硫同位素均一化程度较高的上地幔来源。矿床获取两组测温结果: 一组是辉钼矿的爆裂温度与钼矿的主要赋存部位的均一法包体测温结果, 其温度为 192—233℃, 属中温热液阶段的产物, 可能属斑岩钼矿的形成温度; 另一组是黄铜矿、黄铁矿的爆裂温度和岩体中的均一法包体测温结果, 其温度为 280—374—430℃, 属气成高温热液阶段的形成物, 可能为矽卡岩铜矿的形成温度。<sup>①</sup>

综上所述, 马厂箐铜钼矿床是由早期矽卡岩型铜矿和晚期中温热液斑岩型钼矿组成矿床成矿系列, 其矿种和规模可能主要受控于所处的大地构造部位、岩浆的形成环境及分异程度控制。类型则受控于成矿构造及赋矿围岩岩性。

### 3.4 姚安干沟式热液型金矿床

#### 3.4.1 成矿地质条件

矿床位于滇中中生代红色盆地中部东侧。矿区为一北北西向平行排列的两背斜夹一向斜构造, 及其与之配套的北西、北东向剪切断层和东西向张扭性断层组成。中生代盆地基底, 为早元古代大红山群和荏林群, 出露于盆地南部及东侧, 为优地槽火山—沉积建造, 岩石富含铁、铜、金等元素, 是中生代盆地沉积物源之一, 亦是金矿成矿物源。

喜马拉雅运动, 中生代红盆局部扩张地带, 引发了岩浆侵入—喷发活动及铅、金成矿作用。

矿床构造控矿明显, 骨架褶皱及其与之配套的主干断裂控制矿体展布; 层间滑动面、破碎带控制矿体形态与规模; 层间剥离带、节理裂隙影响矿体的矿化强度。

#### 3.4.2 火山机构特征

矿区为一喜马拉雅期多旋回的, 由次火山—火山杂岩组成的火山机构。火山机构总体呈近东西向分布, 主体长约 5km, 宽约 2km, 呈卵形。

##### (1) 岩石特征

次火山岩与火山岩同源不同相。岩石成分与火山岩相似, 有正长斑岩、黑云辉石粗面岩、白榴斑岩和煌斑岩四类。正长斑岩类, 呈岩株、岩镰、岩枝、岩墙 (脉) 状产出, 普遍具斑状结构, 块状构造, 矿物主要为肉红色钾长石, 其次为黑云母、辉石、角闪石、石英、磷灰石等组成。根据矿物含量分为: 角闪石辉石黑云母石英正长斑岩及黑云母石英正长斑岩。黑云辉石粗面岩, 呈火山颈产状, 岩石具斑状结构, 块状构造。斑晶主要为辉石、黑云母; 基质为正长石、钠长石。白榴斑岩, 呈脉状产出, 斑晶以白榴石为主, 少量黑云母、角闪石和

① 据云南省地质科学研究所, 1985 年, 滇西东部斑岩和斑岩铜矿 (科研报告) 资料。

霓辉石;基质为白榴石及少量正长石。煌斑岩,分布于全矿区,呈脉状产出。斑晶以黑云母为主,少量正长石、斜长石、辉石、角闪石和磷灰石;基质与斑晶矿物种类相同。

火山熔岩呈岩被产出,主要有碱性玄武岩、粗面岩、安粗岩和响岩。火山碎屑岩,主要有玄武质火山角砾岩、响岩质熔结集块岩、熔结角砾岩、粗面质熔结角砾岩、爆发角砾岩及沉凝灰岩等。

#### (2) 岩石化学特征

正长斑岩与粗面岩、白榴斑岩与白榴石响岩的化学成分相近,系同源异相产物。火山一次火山杂岩  $\text{SiO}_2$  含量为 53.08—69.88%, 平均 62.28%;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  为 5.84—12.36%, 平均 9.56%,  $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ ;  $\text{CaO}$  为 0.09—6.26%, 平均 1.43%。<sup>①</sup> 岩石化学成分同国内外碱性岩成分相近。岩浆结晶分异程度较高,并有围岩的混染,多数为中酸性及中性岩类,少数为基性岩类,相当于 M. Apeacock 的碱钙性岩。在 J. B. Wright 的  $\text{AR}-\text{SiO}_2$  图上呈碱性。在 Q、Oy、Ab 三端元分类图上呈偏碱性的岩石。在邱家骧组合分类图上多数为粗面岩,次为响岩及碱流岩,少数为粗安岩和玄武粗安岩等。在里特曼—戈蒂里图解上反应出火山岩产出地质背景既非稳定地区,亦非造山带和岛弧地区,而且有过渡性质和特征。上述表明,本区火山活动可能是在长期稳定的基础上,于喜马拉雅期印度次大陆与欧亚大陆碰撞时,该区发生近似于北美西海岸第三纪“盆地山脉省”的局部扩张体系,在此背景之下,出现的石榴岩—正长岩系列的碱性岩浆浅成(次火山)侵位和地表火山喷发。

#### (3) 岩石稀土元素特征

次火山—火山杂岩稀土总量高,  $\Sigma\text{REE}$  147.79—542.58ppm, 极差达 394.77ppm, 但同一旋回同种类型岩石的稀土总量较为接近,表明稀土总量变化与岩浆旋回演化作用有关。岩石强烈富集轻稀土,重稀土较低,球粒陨石标准化曲线呈向右陡倾斜锯齿状,铕异常不明显,表明岩浆分异程度较高,且属幔源产物。

#### (4) 火山活动时代

第一旋回次火山岩,侵入于上白垩统江底河组地层中,次火山活动时期属喜马拉雅早期。第二与第三旋回火山杂岩之间,有上第三系上新统沙沟河煤系,表明火山活动时期属喜马拉雅晚期。据万明远等(1990) Rb—Sr 测年资料,第一旋回次火山活动时期为 48.90Ma;第二旋回火山活动时期为 48.90—3Ma 之间;第三、四次旋回火山活动时期为  $9 \pm 3\text{Ma}$  之后。

#### (5) 火山机构演化模式

据万明远等(1990)研究,火山机构演化具有如下特征:

①第一旋回为次火山相似浅成—超浅成侵入岩,为不完整的半旋回。第二和第三旋回为剧烈爆发—溢流相的基性—酸性岩,为完整旋回。第四旋回为基性岩脉及火山颈相爆发角砾岩。火山活动总体上呈显由强—弱—衰亡的规律。

②先期的火山通道常被次火山岩堵塞,后期又产生新的火山通道,喷发中心常转移。

③早期旋回常被晚期旋回穿切或覆盖,火山机构内的陷落盆地及外围的放射状和不连续的环状岩墙(脉)等的存在,表明具破火山口构造特征。

④火山机构内及其围岩中有铅、金矿床产出,表明火山机构对成矿有利。

<sup>①</sup> 据万明远等,1990年,姚安金矿地质特征及其区域找矿意义研究(科研报告)。

### 3.4.3 矿床地质特征

矿床内已发现金矿体 20 余个, 围绕火山机构, 于侏罗、白垩纪砂泥岩及黑云母石英正长斑岩中呈脉状产出。矿体主要赋存于近东西向和北东向张扭性断裂构造破碎带, 最富大的矿体, 长 489m, 斜深 370m, 厚 0.6—4.1m, 平均厚 1.39m, 金品位 1.04—24.30g/t, 平均 5.49g/t。金属矿物以黄铁矿(或镜铁矿)为主的矿石, 品位较贫; 以黄铁矿—镜铁矿为主(早期黄铁矿叠加晚期镜铁矿)的矿石, 品位较富。矿石垂向分带明显, 深部以黄铁矿为主的矿石, 中部为黄铁矿—镜铁矿矿石, 浅部以镜铁矿矿石为主。矿石结构主要有: 自形、半自形、它形及包含等结构。矿石构造主要有: 块状、斑杂状、层纹状、脉状及网脉状等构造。矿石矿物主要有自然金、自然银、镜铁矿、黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、砷锑黝铜矿及滇硫铜铅铋矿等; 主要脉石矿物有: 石英、钠长石、方解石、重晶石及绢云母等。

热液成矿分为石英—硫化物阶段、镜铁矿—氧化物阶段及重晶石—碳酸盐阶段。前两阶段为金的成矿阶段, 后一个阶段为银的成矿阶段。

主要蚀变有钠长石化、绢云母化、硅化、黄铁矿化、镜铁矿化、重晶石化、碳酸盐化、绿帘石化及绿泥石化等。构造破碎带蚀变强烈, 蚀变与矿化关系密切, 矿脉赋存于带状蚀变岩的中部。与黄铁绢英岩化关系密切的为黄铁矿—金矿化; 与镜铁矿—硅化关系密切的为镜铁矿—金矿化; 与重晶石—碳酸盐化关系密切的铅银矿化。多期蚀变叠加对成矿有利。

### 3.4.4 矿床成因及成矿模式

据万明远等(1990)对矿床稳定同位素的研究, 矿石硫同位素组成以富集重硫为特点, 仅个别样品富集轻硫。硫化物  $\delta^{34}\text{S}$  为  $-3.4—+9.1\%$ , 极差  $>10\%$ ; 硫酸盐  $\delta^{34}\text{S}$  为  $+10.41—+14.53\%$ 。成矿溶液中的硫主要来自岩浆岩和地层。

$\delta^{13}\text{C}$  为  $-3.69—-5.78\%$ , 计算出  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$  为  $-2.167—-4.622\%$ , 结合矿区地质条件分析, 成矿溶液中的碳可能来自围岩(陆相地层)。

包体水  $\delta\text{D}$  为  $-75.0—-167.7\%$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  (计算) 为  $-3.456—+8.788\%$ 。成矿介质为雨水, 且与现代雨水的同位素组成相似。

据硫同位素平衡温度, 含金硫化物成矿阶段的晚期温度为  $175^\circ\text{C}$ 。

成矿作用发生于喜马拉雅晚期。

据上所述, 姚安干沟金矿床应属浅成热液型金矿。其成矿机制为: 当岩浆活动停止, 岩浆岩和围岩发育构造裂隙, 地热异常场中下渗大气降水在环流过程中, 萃取成矿物质向扩容减压的构造裂隙等汇聚, 由于减压、沸腾、降温、自混合等多因素的综合影响而发生矿物沉淀。早期环流热液具有富硫、还原、富金的特点, 从而生成黄铁矿—自然金—石英组合的矿石, 后来, 随区域构造的演化, 容矿构造与地表沟通, 形成减压、沸腾和水蒸气爆炸的新环境, 早期生成的黄铁矿—自然金、石英组合的矿石被震碎, 被晚期具贫硫、富氧金浓度大幅度降低的热液充填, 生成镜铁矿—自然金(少量)—方解石组合的矿石, 近地表开放系统则生成方铅矿—自然银—重晶石组合的矿石。其成矿模式如图 2。

## 4 矿床的时空分布及区域成矿模式

不同矿种不同类型矿床的时空分布与岩浆演化、围岩性质及成矿环境等的关系密切。区内不同矿种不同类型的矿床在时间上的分布规律是: 喜马拉雅早期, 岩浆浅成—超浅成侵入

的早阶段,属碱钙性含钾较高的正长岩浆,产出斑岩型、矽卡岩型、脉型铅矿床;晚阶段,属钙碱性含钾较低的花岗岩浆,形成斑岩型、矽卡岩(角岩)型铜钼矿床。喜马拉雅晚期,岩浆侵入—喷发活动结束后,于地热异常区产出浅成热液型金矿床。

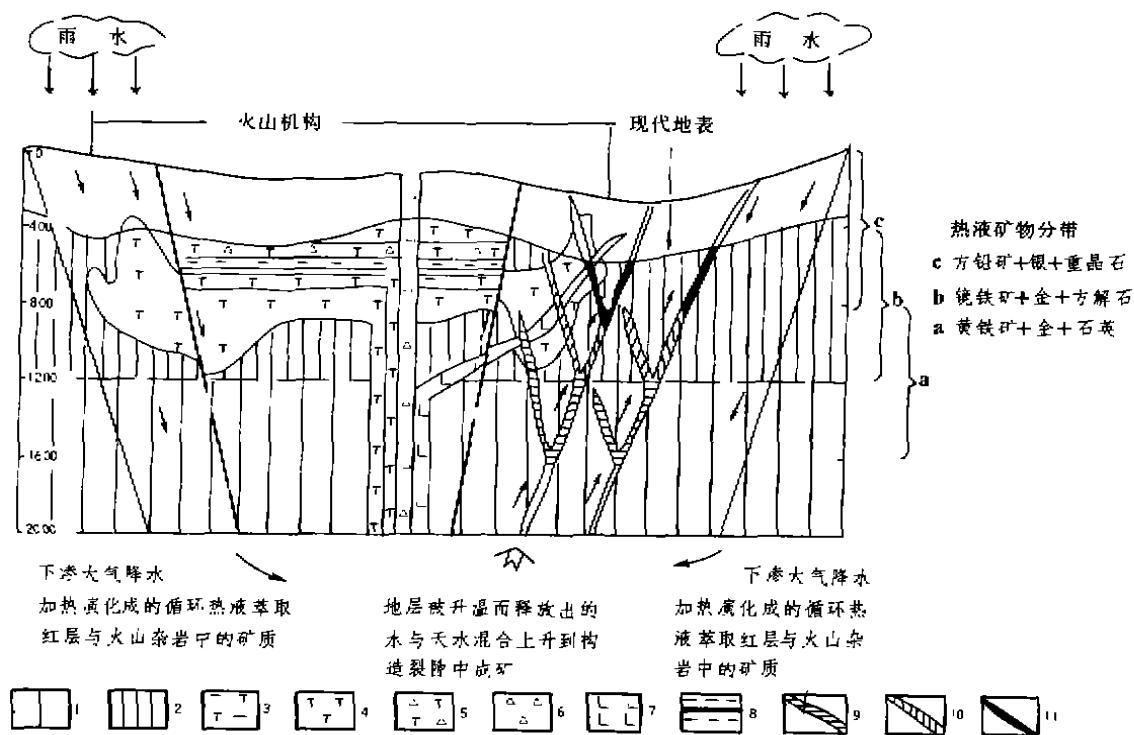


图2 姚安干沟金成矿模式 (据万远明, 1990)

1—侏罗纪构造层; 2—白垩纪构造层; 3—正长斑岩; 4—粗面岩; 5—熔岩角砾岩; 6—爆发角砾岩; 7—煌斑岩; 8—晚第三纪煤系; 9—第一阶段黄铁矿+金+石英矿脉; 10—第二阶段镜铁矿+金+方解石脉; 11—第三阶段方铅矿+银+重晶石脉。

在空间上的分布规律是:(1)与喜马拉雅早期岩浆浅成—超浅成侵入活动有关的斑岩型、矽卡岩(角岩)型、脉型铅、钼铜矿床分布于火山机构内部(或侵入体内外接触带);与喜马拉雅晚期岩浆活动结束后,地热异常场地下热液环流有关的浅成热液型金矿床,分布于火山机构外围。(2)喜马拉雅早期岩浆浅成—超浅成侵入早阶段,当围岩为铝硅酸盐岩时,铅矿化一般发生于岩体内,形成斑岩型铅矿(姚安干沟);围岩为碳酸盐岩时,铅矿化常发育于矽卡岩带及围岩的构造破碎带,形成矽卡岩型—脉型铅矿系列(北衙);岩浆浅成—超浅成侵入晚阶段,当围岩为铝硅酸盐岩时,钼矿化主要发生于岩体内接触带,铜矿化主要发生于角岩带,形成斑岩型钼矿—角岩型铜矿系列(马厂箐);围岩为碳酸盐岩时,钼矿化主要发生于岩体内接触带,铜矿化主要发生于矽卡岩带,形成斑岩型钼矿—矽卡岩型铜矿系列(长安冲)。

区域成矿模式如图 3。

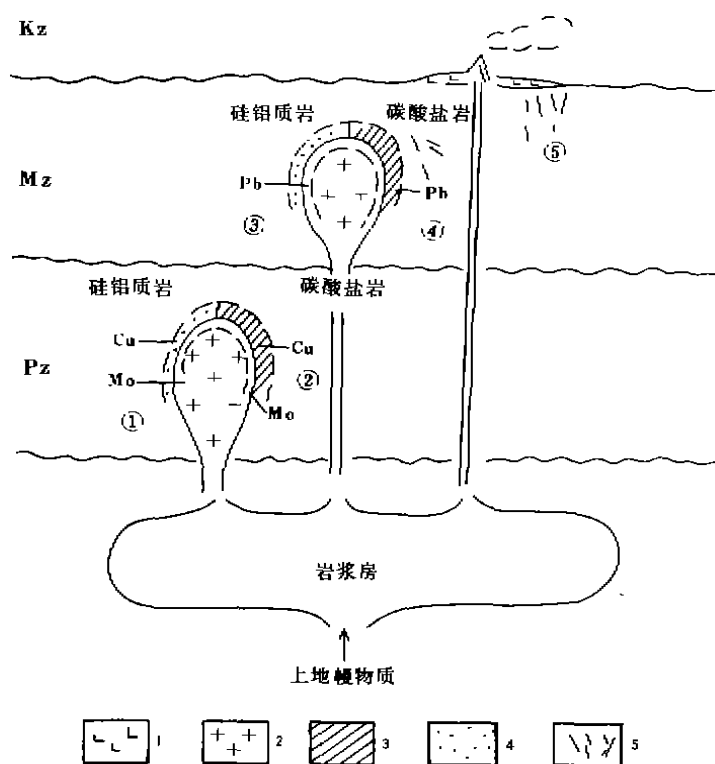


图 3 与喜马拉雅期侵入岩—火山岩有关的铜钼、铅、金银成矿系列矿床分布模式图

1. 火山岩; 2. 斑岩; 3. 矽卡岩; 4. 角闪岩; 5. 脉状岩;

① 马厂箐式; ② 长安冲式; ③ 老街子式; ④ 北衙式 ⑤ 干沟式