

文章编号:0258-7106(2004)04-0431-12

# 从赋矿岩系岩石类型的多样性论羊拉铜矿的成因\*

曲晓明<sup>1</sup> 杨岳清<sup>1</sup> 李佑国<sup>2</sup>

(1 中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037; 2 成都理工大学,四川 成都 610059)

**摘要** 通过野外调查和室内工作,将羊拉铜矿床按矿石的矿物成分和组构分出 9 种类型,包括矽卡岩型、大理岩型、砂板岩型、角岩型、凝灰质流纹岩型、玄武岩-辉绿岩型、花岗质碎裂岩-花岗斑岩型、安山岩型和绢英岩型。矽卡岩型矿石是构成矿体的最主要矿石类型,但在不同矿段可由碳酸盐岩(里农)和凝灰质火山岩(贝吾)两种原岩形成。矿体在赋矿岩系中有 3 种产出形态:顺层呈层状-似层状;沿花岗岩与沉积岩接触面呈透镜状;贯穿岩体和沉积岩呈大脉状。它们均与后期构造密切相关,矿体无确定的顶、底板岩石,围岩蚀变以矿体为中心呈环带状分布。研究表明,矿床相对赋矿岩系显示出明显的后成性,属于印支期花岗岩-花岗斑岩与古生代混杂岩通过强烈的接触交代作用形成的矽卡岩型铜矿床。

**关键词** 地质学 金沙江缝合带 赋矿岩系 矽卡岩 铜矿床 羊拉 云南

**中图分类号**:P618.41

**文献标识码**:A

羊拉铜床矿位于青藏高原东缘的金沙江缝合带中。三叠纪金沙江洋盆俯冲消亡,在强烈的陆-陆对接碰撞过程中,在中咱地块西侧形成了由不同时代、不同岩性岩块堆积而成的混杂蛇绿岩带。印支期花岗岩浆大规模侵入造成了混杂岩带成矿物质的活化富集,羊拉矿床就产出在这样一个印支期花岗岩广泛分布的非史密斯构造单元中。羊拉铜矿最早于 1965 年由云南地勘局十八地质队在茂顶-羊拉开展路线填图和矿产普查时被发现。1973 年四川地勘局区测三队在开展 1:20 万得荣幅填图时,对里农矿段进行了踏勘评价,指出羊拉一带找铜很有前景。1992 年后,除了云南地勘局三大队在羊拉一带开展普查找矿外,中国地质大学(宜昌地质矿产研究所、成都地质矿产研究所等多家单位也先后对羊拉铜矿开展了科研和评价工作,一致认为羊拉铜矿具有大型矿床规模,在区域上找矿潜力很大,但对于矿床的成因存在较大分歧。战明国等(1998)从成矿地质背景和控矿条件出发提出了复合成因观点,认为羊拉矿床由三种类型矿化叠加而成,包括华力西期喷流-热水沉积型、印支期接触交代型及燕山期-喜马拉雅期破碎带网脉型。路远发等(1998a;1998b;1999)从

矿物流体包裹体、矿床元素地球化学及碳、氧同位素角度论证了层状矽卡岩矿体属喷流沉积成因。潘家永等(2000;2001)通过矿床稀土元素地球化学和硅质岩成因的研究,指出海底喷流热水沉积作用在羊拉矿床的形成中起了主导作用。然而,云南地勘局第三地质大队在多年的矿区勘查中发现该矿床具有斑岩-矽卡岩型矿化的特点<sup>①</sup>。不同的观点反映了不同研究者对区域成矿背景和成矿作用的不同理解。由于该矿床是金沙江缝合带上迄今所发现的最大铜矿床,其成因类型的确定直接关系到今后三江地区的铜矿找矿方向,因而对其开展深入研究十分必要。本文在大量野外地质调查和室内研究的基础上,主要从赋矿岩系和矿床地球化学角度,对羊拉铜矿的成矿环境、矿化特征及成矿机理进行了探讨,对该矿床的成因提出佐证。

## 1 成矿构造背景与金沙江缝合带演化

羊拉铜矿床位于云南西北端,紧邻金沙江西侧,所处大地构造位置笼统称之为金沙江缝合带。缝合带东侧为中咱地块,西侧为昌都陆块,三者均经历了

\* 本文是国家“十五”科技攻关项目(课题号:2001BA609A-5)的阶段性成果

第一作者简介 曲晓明,男,1960年生,博士,研究员,主要从事造山带贵金属和有色金属成矿学研究。

收稿日期 2003-07-17;改回日期 2004-09-04。张绮玲编辑。

① 云南省地调院,2001.里农-路农-江边矿段阶段性评价报告。

漫长而复杂的地质演化历史(图1)。

中咱地块为一狭长梭状断块,与金沙江缝合带以里甫-日雨断裂带为界。断块内广泛分布前寒武系及古生界地层。其前寒武系基底是在古生代从扬子地块上分离出来的(刘增乾等,1993)。中咱地块内沉积岩系变化大,火山活动强烈,反应了地块产出

环境的不稳定性。

昌都-思茅陆块的沉积作用和构造活动也较复杂,从东到西可进一步划分出3个次级构造单元,即江达-维西古生代陆缘弧;察雅-江城中生代拗陷及杂多-景洪古生代火山弧(刘增乾等,1993)。紧靠金沙江缝合带的江达-维西火山弧中出露地层复杂,从前

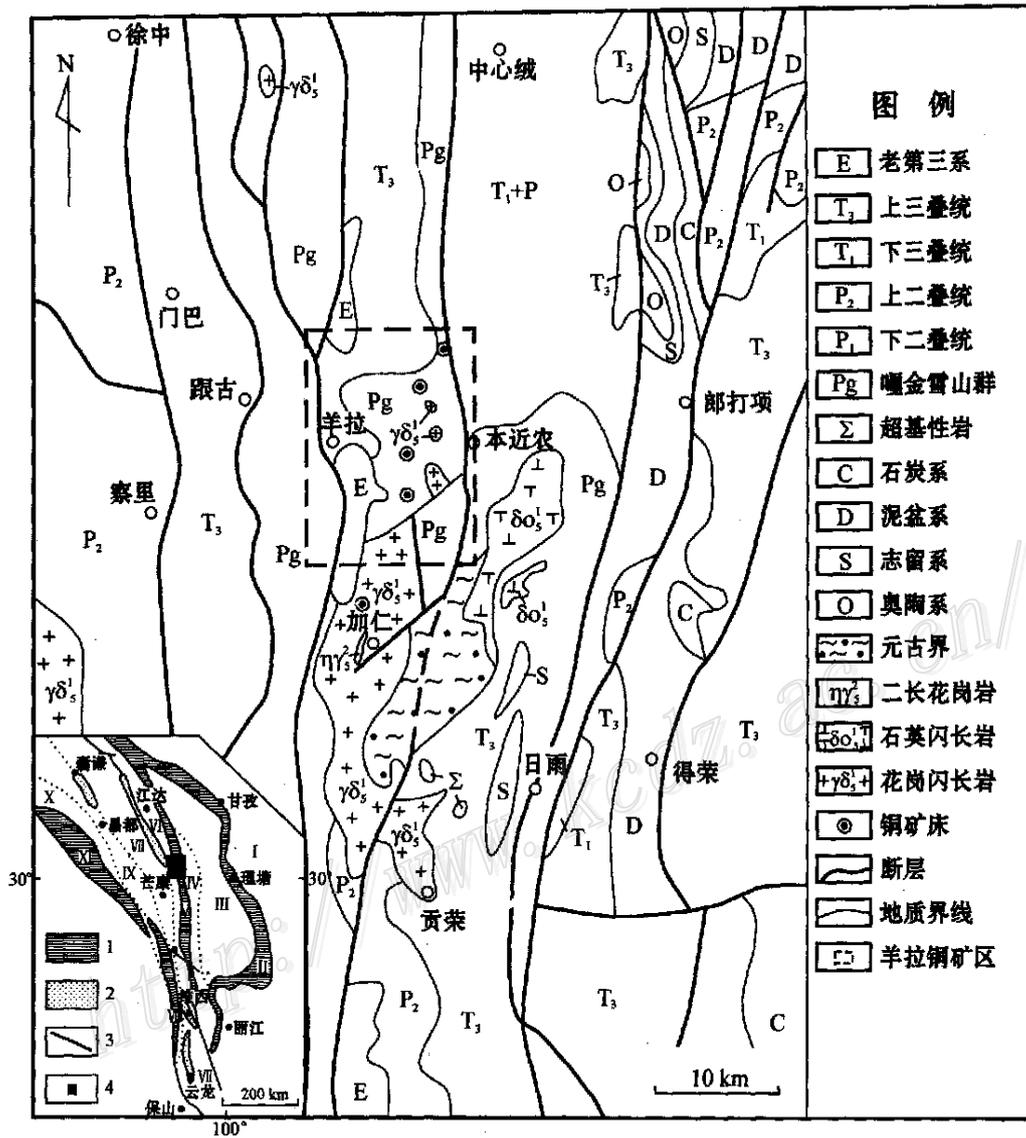


图1 羊拉铜矿床区域构造环境图

左下角索引图代表“三江”中北段构造格架: I—扬子地块; II—甘孜-理塘缝合带; III—义敦岛弧带; IV—中咱微地块; V—金沙江缝合带; VI—江达维西岛弧带; VII—昌都地块; VIII—澜沧江缝合带; IX—察隅地块; X—妥坝-盐井岛弧带; XI—怒江缝合带。1—缝合带; 2—火山沉积盆地; 3—断层; 4—研究区

Fig.1 Regional tectonic setting of the Yangla copper deposit

The left lower index diagram shows the tectonic framework of Sanjiang region: I—Yangze block; II—Ganzi-Litang suture belt; III—Yidun arc belt; IV—Zhongza microblock; V—Jinshajiang suture block; VI—Jiangda-Weixi arc belt; VII—Changdu block; VIII—Lancangjiang suture belt; IX—Chayu block; X—Touba-Yanjing arc belt; XI—Nujiang suture belt. 1—Suture belt; 2—Volcano-sedimentary basin; 3—Fault; 4—The study area

寒武系至上三叠统均有发育,特别是火山岩在各时代地层中分布很广。

处于两个陆(地)块之间的金沙江缝合带,地层、岩石的挤压、破碎十分强烈,冲断推覆和剪切走滑构造广泛发育。各类岩浆岩、碳酸盐岩、砂板岩、硅质岩的混杂堆积到处可见,岩块的时代包括了前寒武系至二叠系。虽然组成蛇绿岩套的各类岩石分布很广,但在一定范围内极难见到完整的蛇绿岩套剖面。准洋脊-洋脊玄武岩在带内广泛分布(刘增乾等,1993;王立全等,1999),表明该带在地质历史上曾是汪洋大海。羊拉铜矿就形成于一个蛇绿混杂岩和洋脊玄武岩广泛分布的环境中。

近年王立全等(1999)在金沙江缝合带的硅质岩中发现了晚泥盆世-早二叠世的放射虫。战明国等(1998)在羊拉矿区拉斑玄武岩中测得锆石  $U-Pb$  年龄为  $(361.6 \pm 8.5) Ma$ , 这表明金沙江洋盆在早石炭世已经形成,但早在晚泥盆世,沿中咱地块西侧的断裂带已构成拉张背景,并具备了洋盆的雏形。早二叠世是金沙江洋盆扩张的鼎盛时期,洋盆宽度达数百公里(莫宣学等,1993)。随着地壳裂开强度增大,在海盆最深处形成了由早石炭世-早二叠世型放射虫硅质岩、粉砂质页岩组成的硅泥质复理石建造,它们与广泛分布于中咱地块西侧的具枕状构造的洋脊-准洋脊拉斑玄武岩和嘎金雪山、贡卡、吉义独等地的镁铁-超镁铁岩共同组成洋盆蛇绿岩(莫宣学等,1998)。

早二叠世晚期,金沙江洋盆向西面的昌都-兰坪陆块之下俯冲。伴随着俯冲消减,在洋盆西侧分别形成了朱巴龙-羊拉-东竹林洋内弧及西渠河-雪压夹口-工农弧后盆地。两者的沉积建造类似,主要由茅口期基性、中基性火山熔岩、硅质岩、复理石砂板岩的旋回层组成,不同之处是在洋内弧中发育岛弧钙碱性系列的石英拉斑玄武岩,而在弧后盆地中主要为低  $TiO_2$  拉斑玄武岩。在昌都-兰坪陆块之上形成了江达-维西陆缘火山弧,并在其中形成了与火山活动有关的南仁-南佑多金属矿床(点)。

进入三叠纪,由于弧-陆碰撞,金沙江弧-盆系与两侧的昌都-兰坪陆块和中咱地块的构造沉积环境均发生了剧烈变化。金沙江洋盆消减闭合后转入残留洋盆的演化阶段。作为洋内弧的延续,在书松-通友一带出现碰撞岛弧型中酸性火山岩及浅成侵入岩(223~233 Ma,莫宣学,1993;王立全等,1999)。位于金沙江残留海盆西侧的昌都-兰坪陆块则由弧后

盆地向前陆盆地演化;东侧的中咱地块于二叠纪末抬升成陆。

中三叠世晚期,金沙江残留海盆消亡,发生陆-陆对接碰撞形成造山带。特别是进入晚三叠世后,全区进一步遭受强烈的挤压碰撞,导致深部壳(幔)源物质熔融,发生大规模的中酸性岩浆侵入活动,其侵入范围不仅波及整个金沙江弧-盆系,而且也涉及到中咱地块及江达-维西陆缘弧。这期岩浆活动对活化蛇绿混杂岩中的成矿物质及形成羊拉铜矿起到了重要作用。另外,在江达-维西陆缘火山弧东侧,其构造环境由挤压转为拉张,在原火山弧的基础上形成上叠火山裂谷盆地,发育了一套巨厚的双峰式火山岩。火山活动导致海底喷流热液系统的产生,在裂谷盆地的次级洼地中形成了鲁春火山喷流-沉积矿床(王立全等,2001)。

晚三叠世后,金沙江缝合带进入全面碰撞造山阶段。特别是新生代后,大规模的走滑和冲断推覆及拉伸作用,造成地表及岩石圈规模的分层拆离和滑脱,在中咱地块与金沙江缝合带之间的推覆-滑脱构造中形成了拖顶式铜多金属矿床(张继荣,1997)。

## 2 赋矿岩系层序及岩石类型

### 2.1 赋矿岩系层序

羊拉铜矿赋矿岩系笼统称之为嘎金雪山群(图1),它是由四川地勘局区调三队在1977年开展1:20万得荣幅填图时命名的,分布在东侧基本以里甫-日雨断裂为界,西侧以羊拉断裂为界的范围内。根据岩性组合特征将其划分为上、下两个亚群。上亚群为一套碎屑岩、灰岩、硅质岩、火山岩组成的不等厚火山-沉积岩系。火山岩以基性岩为主,有大小不等的“外来体”分布;下亚群以变质石英砂岩为主,相变不大,但变质程度普遍较深,混合岩化发育。

1998年宜昌地质矿产研究所和云南三大队经过工作认为,嘎金雪山群实际上是经构造变形和变质作用改造之后形成的一个构造地层单元,并将它改称为嘎金雪山岩群(何龙清等,1998),其中逆冲推覆构造普遍可见。成都地质矿产研究所也对它进行了研究,并认为嘎金雪山群是由不同岩性、不同时代、不同规模的构造岩片混杂叠置形成的非史密斯单元(王立全等,1999)。

本次工作进一步发现嘎金雪山群具有典型的混杂堆积特点,包含的地层时代跨度大,岩性复杂,它

们在一定范围内很难构成有相互叠置关系的沉积层序。对嘎金雪山上、下两亚群的对比发现,两者在岩性、变质程度等方面有较大差异。下亚群以石英岩、白云母石英片岩、斜长角闪片岩、二云母石英片岩等为主,沿片理混合岩化十分发育,厚度大于1700m。从岩性、变质程度及所处的构造位置看,它们可以和金沙江缝合带中部的元古界石鼓群、苍山群对比,因此将它们推定为元古界地块的残留体较为合理。目前除了与晚期基性岩脉和构造侵位的蚀变超基性岩有关的Cu、Ni矿化外,还未发现下亚群中有羊拉式铜矿床。

嘎金雪山群上亚群是羊拉铜矿的重要赋矿岩系,1993年云南地矿局三大队在开展找矿普查时,按时代由新到老将其划分为a、b、c、d、e 5个岩性段。a段以变质绢云母石英砂岩、含炭质黑云母石英片岩、变粒岩及中基性火山岩、硅质岩组合为特征;b段以深灰色绢云母石英板岩、浅灰色至灰色中厚层变质石英砂岩夹灰绿色基性岩、凝灰质砂板岩、大理岩为特征;c段中主要为中、厚层细晶大理岩、灰白色条带状细晶大理岩,其中也有凝灰质砂板岩、变质砂岩;d段以厚层块状变质石英砂岩为主,夹白色大理岩透镜体;e段主体为灰绿色致密块状玄武岩、蚀变杏仁状玄武岩,中下部夹大理岩、凝灰质绢云母板岩。

嘎金雪山群上亚群现在的构造层序是e段玄武岩被逆冲推覆在c、d段之上;c、d段又被逆冲推覆到

a、b段之上(图2)。在e段玄武岩中获得的锆石U-Pb年龄为 $(361.6 \pm 8.5)$  Ma(战明国,1998),相当于早石炭世。在a、b段角闪安山岩中分别获得角闪石K-Ar年龄 $(257 \pm 10)$  Ma和 $(269 \pm 12)$  Ma(王立全,1999);a、b段硅质岩的Rb-Sr同位素等时线年龄为 $(272 \pm 6)$  Ma(潘家永等,2001)。这表明嘎金雪山群上亚群至少包含了两个时代的火山碎屑沉积物。它们后来不仅受到构造活动的强烈错动、肢解,同时也遭受了大规模岩浆的侵入,是一组构造岩片的堆积体。

值得注意的是,嘎金雪山群实际上也是较典型的蛇绿混杂堆积体,虽然目前还未发现有序的蛇绿岩套剖面,但其岩石类型是较全的,包括:①在下亚群中广泛分布的构造侵位超基性岩,岩石类型有纯橄榄岩、斜辉橄榄岩、斜辉辉橄岩、辉石岩等,绝大部分已蛇纹石化。岩体与围岩均为断层接触,无明显的围岩蚀变,岩体也无冷凝边;②拉斑玄武岩不仅构成上亚群e段的主体,同时在a、b段中也成层广泛分布;③层状辉长岩在a、b段中成层分布,在其附近普遍发育辉绿(玢)岩;④硅质岩在a、b段中呈层状或透镜状产出。这些岩石组合特征说明羊拉铜矿处在一个蛇绿混杂岩广泛分布的、由不同时代构造岩片构成的俯冲构造带中。

## 2.2 赋矿岩系的岩石类型及特征

玄武岩:分布于e段和a、b段中,但两者有一定

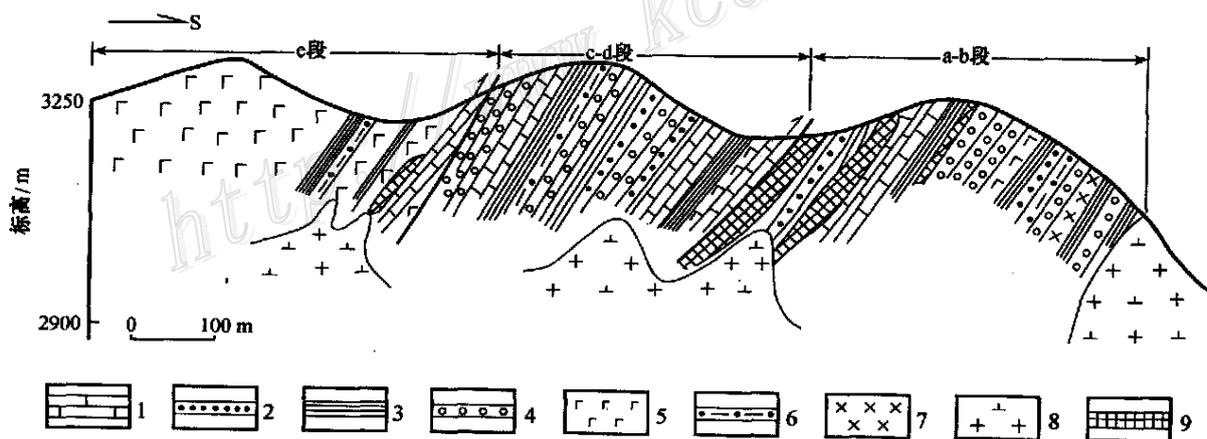


图2 羊拉铜矿区赋矿岩系(嘎金雪山群上亚群)推覆叠置关系剖面示意图

1—大理岩;2—砂板岩;3—泥质板岩;4—变石英砂岩;5—玄武岩;6—凝灰质流纹岩;7—辉绿辉长岩;8—花岗闪长岩;9—铜矿体

Fig.2 Sketch geological section showing thrust relationship of ore-hosting rocks (the upper half of Gajinxueshan

Group) in the Yangla copper deposit

1—Marble; 2—Arenaceous slate; 3—Argillaceous slate; 4—Meta-quartz sandstone; 5—Basalt; 6—Tuffaceous rhyolite;

7—Diabase-gabbro; 8—Granodiorite; 9—Copper orebody

的差异。e 段的玄武岩以深灰绿色厚层块状为主,局部具杏仁状构造,斑状结构,斑晶以自形培长石(An 74%)为主,偶见橄榄石和辉石。基质为间隐结构,自形板条状培长石沿一定方向交错分布,其间充填有辉石、磁铁矿等铁镁矿物。辉石含量约占 35%~40%,培长石 45%~50%,岩石普遍遭受绿泥石化。a、b 段的玄武岩一般以中薄层(<1 m)夹于碳酸盐岩及砂板岩中,斑状结构不明显,很少见杏仁状构造。基质中的自形板条状培长石辉绿结构特征更明显,辉石约占 35%,培长石约 60%。两类玄武岩中蚀变矿化相似,为透辉石化、次闪石化与黄铁矿、黄铜矿等硫化物叠加。

流纹英安岩:基本上只出现于 a、b 段,显示沉积微层理,具斑状结构,块状构造。斑晶由石英、钾长石组成,有时见黑云母斑晶。石英斑晶熔蚀明显,基质由微晶长英质组成,有时可见流纹构造。可能受后期岩浆流体的影响,部分基质已明显发生脱玻化作用。岩石普遍发生碳酸盐化和绢云母化。流纹英安岩的显著矿化标志是其中分布有网脉状黄铁矿和黄铜矿。

角闪安山岩:也分布于 a、b 段,斑状结构,块状构造,斑晶为角闪石,含量约 20%,具暗化边。基质由自形针状及板条状斜长石组成,有时呈现玻晶交织结构。

砂板岩:主要分布在 a、b 段,有时见于 e 段,层状构造明显,有时显凝灰流动构造,说明含一定的火山物质。岩石普遍遭受较强的绢云母化,有时构成微晶绢云母岩,但其中仍可见不均匀分布的微细粒石英。

辉长岩:主要分布在 a、b 段,灰黑色-深灰色,块状-层状构造,普通辉石+斜长石的含量在 90%左右,有时含 2%~5%的石英,磁铁矿 5%~10%。岩石具粗-中粒半自形等粒结构,辉石和斜长石含量基本相近,普通辉石普遍具角闪石化,保留辉石假象。矿化辉长岩以叠加有透辉石化和黄铜矿、黄铁矿等硫化物为特征。

辉绿玢岩:常与辉长岩伴生,灰黑色,具斑状结构,块状构造。斜长石和普通辉石含量相等,两者呈微晶-细晶结构,斜长石比辉石自形程度好,在斜长石交叉空隙中辉石呈半自形-他形颗粒充填,构成岩石的辉绿结构。岩石中绿泥石化、碳酸盐化十分发育,辉石普遍蚀变为角闪石。矿化辉绿玢岩以透辉石化、次闪石化及黄铁矿、黄铜矿化为特征。

硅质岩:分布于 a、b 层中,呈层状、似层状、透镜状产出,厚度一般不大于 1 m。灰白色,致密块状,有时显层纹状构造。石英颗粒一般小于 100  $\mu\text{m}$ ,有时含少量绢云母和炭质,偶见黄铁矿,极少构成矿石。硅质岩的 Rb-Sr 等时线年龄为(272 $\pm$ 6) Ma(潘家永等,2001),说明硅质岩形成于二叠纪中晚期,和嘎金雪山群中的安山岩形成时间基本一致。

此外,在羊拉矿区大面积分布的还有花岗闪长岩-花岗岩类。它们约占矿区面积的 20%。根据岩性及相变关系,这些岩体是岩浆多次活动形成的杂岩体(魏君奇等,1997),它们侵入嘎金雪山群中,岩体和嘎金雪山群接触部位均具有不同程度的角岩化和矽卡岩化。岩体总体呈串珠状沿金沙江南北向分布,岩石化学上属钙碱性系列。Rb-Sr 等时线年龄为(227.08 $\pm$ 1.39)~(208.25 $\pm$ 5.43) Ma, ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub> 为 0.7106~0.7102(魏君奇等,1997),反映了矿区内花岗岩是金沙江缝合带在三叠纪晚期陆-陆碰撞作用的产物。

### 3 赋矿岩系的矿化特征

#### 3.1 矿石类型

在羊拉矿区中几乎各类岩石均能构成矿石,成矿作用相对赋矿岩系毫无例外地具有后成性,即矿化是在矿区各类岩石形成后叠加上去的。目前,在羊拉矿区可划分出如下 9 类矿石:

(I) 透辉石-石榴石矽卡岩型矿石:是矿区最主要的矿石类型,主要分布在里农矿段,构成层状、似层状矽卡岩主矿体(II 号矿体)。另外在路农、贝吾、江边矿段花岗闪长岩体接触带上也有发育(图 3)。有时透辉石含量很低,矿石变为石榴石矽卡岩型。矽卡岩作为矿石矿物黄铜矿、黄铁矿等的载体,是成矿作用的基础。它们是嘎金雪山群中不纯质灰岩与后来侵入的花岗闪长岩、花岗闪长斑岩发生接触交代反应形成的,其产物主要是石榴石、透辉石。矽卡岩与围岩的接触关系清楚,纯透辉石-石榴石矽卡岩发育部位,普遍是围岩构造裂隙发育的破碎带。矽卡岩常含有灰岩内透镜体。矽卡岩可呈团块发育在变质砂板岩、碳酸盐岩、流纹岩中,或者呈脉状-似脉状产出,这些特点明显反映了矽卡岩的后成性。但矽卡岩的成矿作用又普遍发生在后期的酸性热液活动阶段,首先是磁铁矿及少量黄铁矿(黄铜矿)的形成,其后才是大量石英、阳起石(透闪石类)、黄铜矿、

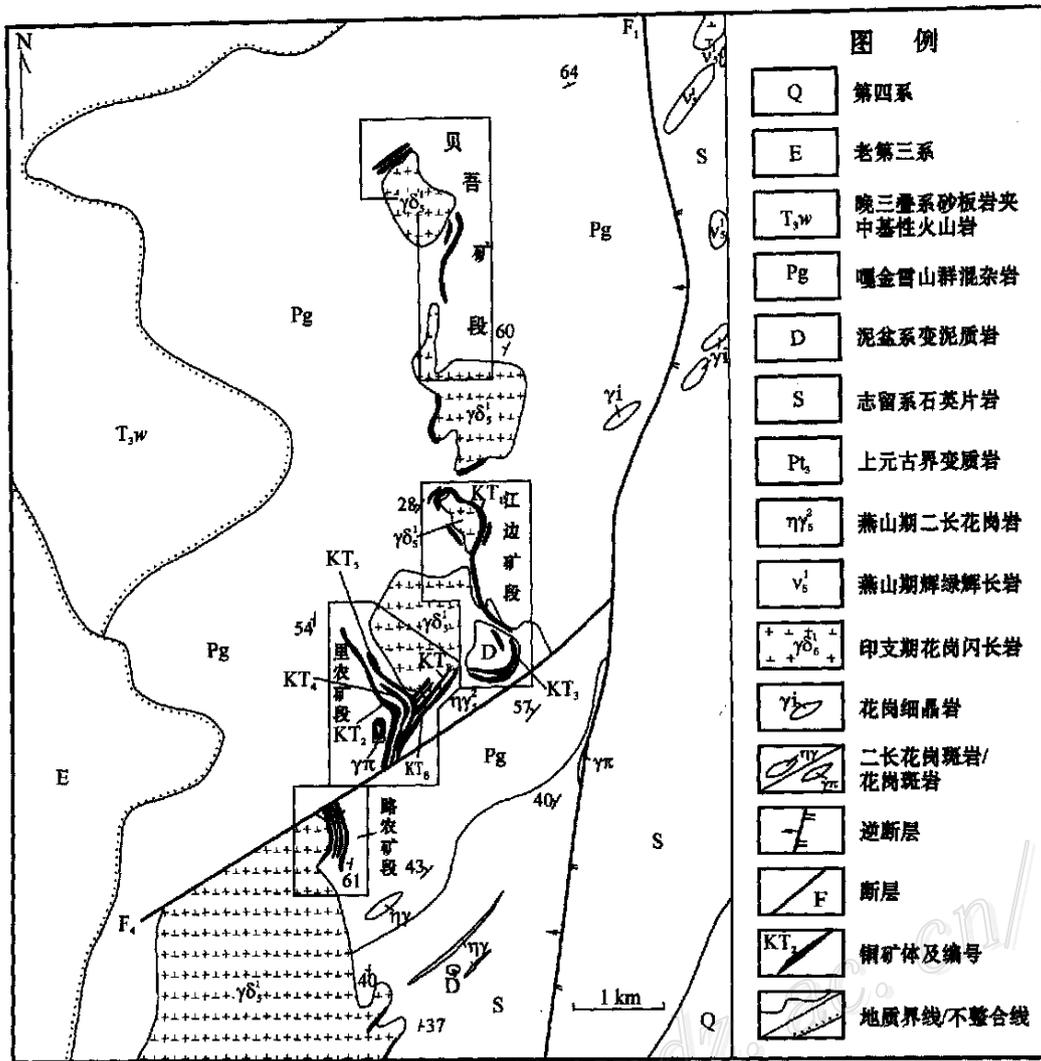


图3 羊拉铜矿区地质图

Fig.3 Geological map of the Yangla copper ore district

黄铁矿在透辉石、石榴石晶隙中充填。

(II) 大理岩型矿石:透辉石、次闪石、石英、黄铜矿等硫化物呈不规则团块状或细脉状分布于大理岩中,大理岩比较纯净,基本全由方解石组成,这是和构成矽卡岩的碳酸盐岩的重要区别。

(III) 砂板岩型矿石:在羊拉矿区分布最广,在变质石英砂板岩中,透辉石、次闪石、次生石英及黄铜矿等硫化物大部分呈微细粒面型分布。

(IV) 角岩型:角岩型矿石的主要特点是它们主要分布于矿区花岗岩体附近,受岩浆侵入时的热影响,砂板岩变成角岩,其后又受到含矿热液的改造,发生透辉石化、阳起石化及黄铜矿等硫化物化。金属矿物在角岩中分布不均,多呈细脉状分布。

(V) 凝灰质流纹岩型矿石:原岩中的火山凝灰

物质在成岩后受热液影响普遍发生绢云母化,而成矿作用往往叠加在绢云母化之上。透辉石、次生石英、阳起石、黄铜矿等硫化物呈斑点状不均匀的分布其中。

(VI) 玄武岩-辉绿岩型矿石:原来玄武岩中的辉石大部分已绿泥石化和次闪石化,后期透辉石呈细粒集合体分布其中,硫化物呈浸染状、似脉状分布。另外在玄武岩型矿石中,由于辉石普遍蚀变,产生的钛铁矿和磁铁矿可达10%~15%。

辉绿岩型矿石多以脉状产出,原岩中的斜长石基本上已粘土化,普通辉石绝大部分已绿泥石化及次闪石化,后期叠加的透辉石呈细粒他形集合体或呈脉状分布,黄铜矿等硫化物呈浸染状或不规则集合体分布,有时也呈细脉状分布。

(VII) 花岗质碎裂岩-花岗斑岩型矿石:它们构成内砂卡岩,即岩体边部在强烈的含矿热液作用下长石基本消失,被新生矿物透辉石、次闪石、次生石英及黄铜矿等硫化物取而代之。岩石破碎较强,蚀变强烈,其中的石英在矿石中可达到 50%,透辉石、次闪石及硫化物在矿石中呈斑点状不均匀分布。

(VIII) 安山岩型矿石:发育在构造破碎带中,角砾主要由安山岩组成。构造活动发生在成矿作用之前,含矿热液沿构造破碎带侵入,矿质以胶结物形式沉积在角砾之间。

(IX) 绢英岩型矿石:主要出现在矿区花岗闪长岩及花岗斑岩裂隙中,为成矿作用晚期的产物。矿石中 80% 以上由石英组成,黄铜矿等硫化物呈脉状分布于半自形的石英颗粒间。其他矿物主要是绢云母,偶见半自形钠长石。

### 3.2 不同类型矿石对矿床的贡献

羊拉矿区中的矿体是赋矿岩系的重要组成部分,它们和围岩既有密切的联系,同时又有显著差异,矿体产状主要有 3 种(图 3):①花岗闪长岩-花岗斑岩体外接触带的层状、似层状矿体;②花岗闪长岩-花岗斑岩体内接触带或岩体与沉积岩接触面附近的环状、弧形脉状矿体;③呈脉体分布于岩体与沉积岩系之间的贯通式裂隙中,呈密集的大脉状产出的矿体。现以几个主要矿体为例说明不同类型矿石在矿床中的构成情况。

KT<sub>2</sub> 矿体:是羊拉矿区最主要的矿体,分布于里农矿段 a、b 段沉积岩的层间裂隙中,呈层状-似层状产出,有分枝、复合现象。矿体顶板为大理岩,底板为变质石英砂岩,矿体长 1 980 m,厚 4.51 ~ 92.17 m,矿体与围岩的关系清楚。构成矿体的矿石类型有砂卡岩型、变质石英砂岩-砂板岩型、蚀变辉长-辉绿岩型。

KT<sub>4</sub> 矿体:分布于里农矿段 a、b 段沉积岩中,呈似层状顺层产出。矿体顶板为石英岩、石英砂岩,底板为大理岩,矿体与围岩关系清楚,控制矿体长 400 m,厚 3.20 ~ 22.9 m。围岩中热液蚀变明显。组成矿体的矿石类型有:砂卡岩型、变质砂板岩型、大理岩型。

KT<sub>6</sub> 矿体:矿区主矿体之一,沿里农矿段花岗岩与 a、b 段大理岩、砂板岩之间的构造裂隙带产出,形态呈大脉状。矿体顶板为绢云母石英砂岩、含炭质黑云石英片岩、花岗闪长岩,底板岩石为二长花岗岩。矿体与围岩关系清楚,矿体长 1 530 m,厚 4.28

~ 31.02 m,近矿围岩也有蚀变。构成矿体的矿石有碎裂状二长花岗岩(花岗闪长岩)型、构造角砾岩型、变质石英砂岩-砂板岩型。

KT<sub>8</sub> 矿体:位于 KT<sub>6</sub> 矿体之上,它们平行产出,相距 12 ~ 55 m,受 NE 向构造裂隙带的控制。矿体顶、底板均为花岗闪长岩和变质绢云石英砂岩。矿体由硫化物-石英脉型、花岗闪长岩型、构造角砾岩型等矿石组成。矿体长 1 300 m,厚 1.39 ~ 5.44 m。

KT<sub>1</sub> 矿体:产于江边矿段,沿江边-里农复式中酸性岩体北、东侧接触带呈半环状产出,矿体顶板为大理岩、变质石英砂岩,底板为花岗岩、变质石英砂岩。矿体与围岩关系清楚,长 1 040 m,厚 4.51 ~ 92.17 m,围岩蚀变明显。矿体由砂卡岩型、花岗岩型、变质石英砂岩型等矿石组成,矿体厚度变化大,产状不稳定,常有分枝复合现象。

KT<sub>3</sub> 矿体:沿江边花岗岩体外接触带呈似层状产出,顶板为大理岩,底板为闪长玢岩、变石英砂岩。矿体与围岩关系清楚,长 600 m,厚 6.63 ~ 19.08 m,产状变化大。矿体由砂卡岩型、构造角砾岩型等矿石组成。

## 4 矿石化学

羊拉铜矿产于由构造岩片堆积而成的混杂岩带中(嘎金雪山群),这使得赋矿岩系的对比变得十分困难。在这种情况下,矿石的化学成分可以发挥更好的作用,因为不同的化学元素在矿床蚀变矿化过程中具有不同的地球化学行为,借助它们的活动性组分(如大离子不相容元素 LILE)可以示踪岩石蚀变矿化过程中的演变关系;同时它们的惰性组分(如高场强元素 HFSE 和重稀土元素 HREE)可以为辨认原岩类型提供依据。将岩相学观察结果与矿石化学成分分析相结合可以有效地弥补由于层位混乱(混杂堆积)所带来的缺陷,从而使我们对羊拉矿区赋矿岩系和成矿过程的认识得以深化。

羊拉铜矿不同类型矿石的成矿元素和微量元素、稀土元素分析结果列于表 1。从这些分析结果发现,本矿区不同类型矿石与原岩之间存在不对等性,即同一类型的矿石可以由多种原岩形成;反过来,同一种原岩也可以形成不同类型的矿石。这种关系在不同类型矿石的原始地幔标准化微量元素分配曲线及对应的球粒陨石标准化稀土元素分配曲线上清楚地显现出来(图 4)。在图中尽管矿区中矿石类型

表1 羊拉铜矿区赋矿岩系不同类型矿石的成矿元素、微量元素及稀土元素分析结果 ( $\mu\text{g}/10^{-6}$ )Table 1 Contents of ore-forming elements, trace elements and rare earth elements in different ore types of the Yangla deposit ( $\mu\text{g}/10^{-6}$ )

	透辉石-石榴石矽卡岩型 (I)				砂板岩型 (III)						玄武岩-辉绿岩型 (VI)		
	ZK2-01	ZK2-04	ZK2-05	LN-13	BW-03	LT-04	LT-06	LT-12	LT-20	TJ-01	LT-03	LT-25	Lun-08
Rb	0.51	1.56	0.42	1.59	136	174	99.4	180	131	3.86	237	208	132
Ba	2.96	4.30	1.59	2.04	1356	171	88.6	688	233	18.1	747	499	613
Th	0.22	0.17	0.20	0.46	7.56	8.82	12.3	10.0	0.94	5.39	4.03	3.57	3.17
U	0.34	0.19	0.63	1.03	2.34	2.67	2.63	2.30	1.63	13.70	1.27	1.10	1.05
Nb	0.18	0.25	0.18	1.25	6.90	7.09	8.76	8.06	8.82	6.30	4.02	4.29	3.88
Ta	0.04	0.19	0.04	0.15	0.69	0.70	0.87	0.78	0.71	0.61	0.42	0.37	0.37
Sr	2.69	4.54	2.65	1.75	338	14.9	8.54	315	128	132	221	258	282
Zr	1.02	1.62	1.02	3.91	150	115	128	131	90.1	46.7	91.3	106	51.7
Hf	0.23	1.11	0.78	0.51	4.10	3.49	4.00	4.12	2.85	1.45	2.84	3.05	1.51
Ti	28.5	76.7	29.6	102	2860	3147	2987	4634	9832	5954	4382	4748	5117
Cu	23909	29511	19984	22202	7985	18111	15850	2159	4258	7464	1184	6145	28816
Pb	26.4	13.6	11.4	4.87	39.1	30.6	5.95	26.3	12.5	2300	9.96	3.07	11.2
Zn	132	790	308	2.55	409	592	363	1436	207	288	463	98.3	504
Mo	1.22	0.81	1.23	2.18	0.78	2.06	5.79	0.03	1.51	8.71	1.05	0.91	0.49
V	10.70	14.3	14.7	17.5	94.8	86.9	57.8	138	290	80.2	133	134	173
Cr	13.6	9.72	18.3	11.9	67.0	46.9	29.8	84.3	43.2	43.0	17.1	6.21	21.6
Co	44.5	22.90	56.90	3.06	25.2	19.30	16.6	11.2	23.3	6.60	23.3	8.18	223
Ni	25.0	12.4	29.60	12.8	76.3	62.90	28.0	41.0	38.4	12.3	24.3	3.72	68.0
Mn	2790	18.70	1925	2879	1502	2014	795	726	2154	1418	1332	515	2658
Ga	12.6	28.4	12.1	36.4	12.9	17.0	12.7	20.9	18.1	16.3	19.1	21.8	14.9
La	2.42	1.97	3.39	2.84	15.8	29.5	32.2	25.4	12.7	13.2	14.2	13.6	14.5
Ce	3.20	4.24	4.22	8.12	35.5	60.7	81.1	59.3	25.2	28.5	28.3	30.5	29.7
Pr	0.64	1.11	0.95	1.59	5.02	7.73	8.27	6.40	3.37	3.32	3.68	3.87	3.85
Nd	2.67	5.12	4.12	6.09	22.2	32.2	32.0	24.9	15.7	13.9	15.1	16.3	16.7
Sm	0.71	0.96	0.94	1.22	6.80	7.06	6.77	5.35	4.52	3.51	3.17	4.01	4.29
Eu	0.40	1.57	0.52	1.53	1.64	1.19	1.12	1.17	1.49	0.75	1.03	1.27	1.34
Gd	0.89	1.07	1.26	1.54	8.29	6.95	6.99	5.43	5.34	4.04	3.49	4.25	5.08
Tb	0.18	0.19	0.27	0.23	1.27	1.24	1.21	0.86	0.86	0.71	0.58	0.74	0.84
Dy	0.89	0.99	1.77	1.40	7.53	7.45	7.53	5.13	5.50	4.75	3.48	4.59	5.51
Ho	0.19	0.21	0.39	0.35	1.59	1.62	1.59	1.08	1.16	1.08	0.74	0.98	1.25
Er	0.64	0.67	1.23	1.00	4.52	4.84	4.80	3.26	3.34	3.33	2.09	3.02	3.83
Tm	0.09	0.10	0.22	0.14	0.64	0.69	0.67	0.50	0.48	0.49	0.34	0.45	0.61
Yb	0.60	0.98	1.03	0.82	4.12	4.40	4.40	3.33	3.03	3.15	2.09	2.83	4.42
Lu	0.11	0.09	0.15	0.14	0.63	0.62	0.66	0.47	0.45	0.41	0.34	0.48	0.83
Y	8.17	10.1	16.3	13.1	47.5	42.9	38.7	26.6	27.7	27.9	18.9	24.8	35.3
ΣREE	13.63	18.77	20.46	27.01	115.55	166.19	189.31	142.58	83.14	81.14	78.63	86.89	92.75
(La/Yb) <sub>cn</sub> *	2.34	2.39	1.91	2.01	2.23	3.90	4.35	4.43	2.44	2.44	3.95	2.79	1.91

注: \* 单位为1。样品分析在中国核工业地质分析研究中心完成,所用仪器是ELEMENT-2型ICP-MS,分析精度(RSD)小于2%。

多样,但每种矿石类型自身分配曲线形态却是相当一致的,反映了原岩类型起着控制作用,用这些分配曲线示踪原岩是有效的。另外,笔者还发现,一方面,同一种矿石类型在不同矿段可以有截然不同的分配曲线,如矽卡岩型矿石,贝吾矿段的样品比里农矿段样品的稀土元素和高场强元素的含量明显增高(图4 a, b),说明构成羊拉铜矿主体的矽卡岩型矿石

在不同矿段,其原岩类型是不同的;另一方面,不同类型矿石的微量元素和稀土元素分配曲线可以是相似的,如凝灰质流纹岩型、绢英岩型、角岩型、砂板岩型矿石(图4 e, f, g, h),说明它们在原岩物质组成上是有关联的,即凝灰质流纹岩型与砂板岩型体现了火山-沉积岩系的互层关系,而角岩型和绢英岩型则反映了这些原岩在变质方式和强度上的差异。作为

续表 1

Cont. Tab.1

	石榴石砂卡岩型 ( I )		凝灰质流纹岩型 ( V )			角岩型 ( IV )		花岗质碎裂岩型 ( VII )			大理岩型 ( II )	绢英岩型 ( IX )	安山岩型 ( VIII )
	BW-05	BW-06	JB-03	LT-24	Ln-28	LT-11	LT-08	JB-06	JB-08	TB-10	Lun-01	JB-29	Ln-19
Rb	0.56	0.39	388	204	114	16.50	161	263	243	250	1.41	327	152
Ba	5.08	11.2	1949	646	480	32.44	160	755	917	772	7.55	156	452
Th	4.56	4.85	26.3	4.0	5.89	3.50	13.2	15.8	13.9	11.4	0.17	17.9	0.59
U	4.02	5.22	5.61	1.34	1.87	1.69	3.17	28.6	8.88	4.59	0.21	11.7	1.98
Nb	1.52	1.70	9.01	4.52	6.61	2.47	10.3	6.22	5.88	6.19	0.16	10.0	4.54
Ta	0.40	0.39	2.15	0.39	0.63	0.25	1.12	0.99	0.94	0.65	0.07	3.12	0.58
Sr	42.6	6.34	122	243	204	24.8	18.9	69.7	61.6	66	282	20.4	55.5
Zr	55.8	57.6	104	22	95.4	33.1	148	52.6	68.7	58.2	1.58	80.8	13.20
Hf	1.57	1.65	4.19	3.44	2.83	1.17	4.78	2.28	2.80	1.87	0.09	2.88	0.95
Ti	1057	1547	2408	3489	3478	922	3568	1800	1730	1937	58.0	1198	10714
Cu	2996	4788	5428	7213	1774	11563	15908	14457	52278	4582	3461	4084	27821
Pb	32.9	16.5	33.5	10.8	132	13.3	3.34	29.1	61.9	39.1	3.55	429	63.2
Zn	45.0	111	77.4	652	24.1	1786	185	330	366	282	162	592	1436
Mo	0.51	0.63	8.89	1.48	1.26	1.54	1.28	3.70	5.76	4.99	0.53	2.51	1.81
V	50.4	52.8	38.0	51.9	101	26.6	91.1	74.90	29.0	41.4	4.32	25.9	277
Cr	24.6	23.7	17.2	10.1	54.2	19.6	57.0	14.2	11.40	15.1	6.01	12.9	22.6
Co	2.81	9.60	447	34.9	11.60	5.16	9.85	31.9	191.0	160	51.7	7.60	35.20
Ni	16.4	22.5	9.94	31.3	29.9	25.6	28.9	4.80	5.77	6.73	18.9	4.84	35.5
Mn	1593	2256	540	2117	1583	1439	565	697	620	637	1201	3341	1579
Ga	6.60	6.76	15.6	18.0	20.6	4.50	15.3	15.20	11.4	12.1	0.40	18.6	21.7
La	9.72	9.66	29.7	17.5	18.6	22.2	62.8	15.0	18.4	18.0	5.82	22.0	8.77
Ce	26.9	28.4	54.0	38.0	38.1	30.5	82.7	29.0	35.8	33.9	4.37	40.6	22.7
Pr	4.44	4.86	5.33	4.79	4.66	4.55	15.5	3.02	3.70	3.43	1.18	4.22	3.32
Nd	17.7	20.0	18.6	19.8	18.9	18.3	58.4	10.9	13.5	12.4	4.90	14.6	16.1
Sm	3.73	4.12	3.18	4.35	4.01	3.71	11.9	2.21	2.64	2.32	1.15	2.97	5.10
Eu	1.47	1.84	0.63	1.07	0.95	0.92	2.70	0.56	0.57	0.46	0.34	0.76	1.96
Gd	4.32	4.87	3.17	4.81	4.13	4.62	12.6	2.55	2.63	2.16	1.49	3.26	6.92
Tb	0.58	0.65	0.48	0.82	0.63	0.73	1.97	0.39	0.43	0.43	0.25	0.49	1.20
Dy	3.46	3.96	2.95	5.01	3.89	4.38	11.4	2.40	2.34	2.43	1.60	2.89	7.89
Ho	0.71	0.82	0.69	1.08	0.82	0.93	2.34	0.53	0.46	0.53	0.38	0.60	1.67
Er	2.15	2.33	2.06	3.19	2.48	2.70	6.46	1.66	1.49	1.56	1.18	1.69	4.79
Tm	0.31	0.33	0.33	0.46	0.37	0.34	0.88	0.25	0.22	0.22	0.17	0.27	0.68
Yb	1.92	2.15	2.07	2.78	2.59	2.03	5.45	1.78	1.60	1.32	1.11	1.93	4.32
Lu	0.29	0.33	0.34	0.46	0.39	0.29	0.79	0.33	0.25	0.21	0.18	0.29	0.62
Y	23.1	27.2	22.0	28.7	21.9	43.0	69.0	13.9	11.6	15.5	15.2	17.9	45.4
ΣREE	77.7	84.32	123.53	103.32	100.52	96.20	275.89	70.58	84.03	79.37	24.12	96.57	86.04
(La/Yb) <sub>cn</sub> *	2.94	2.61	8.34	3.66	4.17	6.36	6.70	4.90	6.68	7.93	3.05	6.63	1.18

I、II、III、IV、V、VI、VII、VIII、IX与文中矿石类型相对应。

侵入岩型矿石的两个端员组分,花岗质碎裂岩型矿石与基性岩型(玄武岩-辉绿岩型)矿石的分配曲线既有相似性又有系统差异(图4c,d)。相似性表现在Rb、Pb共同富集,Nb、Ta、Ti共同亏损,轻、重稀土分馏比较明显,反映了岛弧造山带岩浆作用的共有特点。其差异性表现为,与基性岩相比,花岗质碎裂岩的Th、U、Ta、Pb富集,Ti及中、重稀土更加亏损,Sr、Eu出现负异常。这些变化特点符合岩浆岩

分异演化的一般规律,起码说明角闪石和斜长石在花岗岩形成过程中发生过明显的分离结晶。

## 5 矿床成因

羊拉铜矿矿体的形成相对其赋矿岩系具有明显的后成性。作为矿区主要矿体的层状-似层状矿体(KT<sub>2</sub>、KT<sub>4</sub>)虽然产状和围岩一致,但是它们发育在

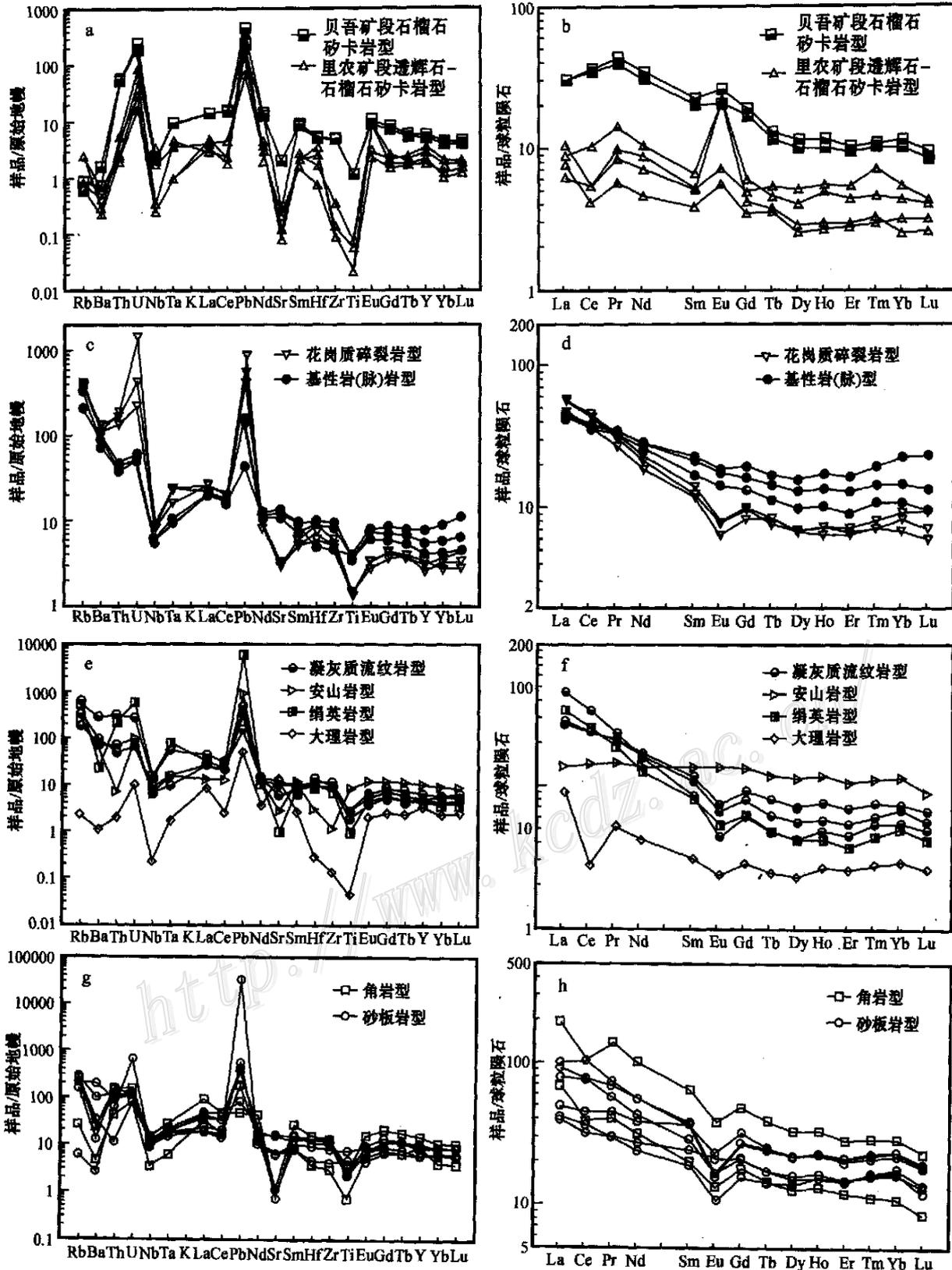


图4 羊拉铜矿区不同类型矿石微量元素蛛网图及对应的稀土元素分配曲线

Fig.4 Trace spiders and rare earth element distribution patterns of different ore types in the Yangla copper deposit

层间张裂隙中,和围岩关系清楚;上、下盘围岩明显不一致,矿体相对围岩更加破碎;围岩蚀变从矿体向外明显减弱。这一切均表明矿体是在赋矿岩系沉积-成岩之后,由于含矿热液沿层间裂隙活动,通过流体的叠加交代形成的。至于  $KT_6$ 、 $KT_8$ 、 $KT_1$ 、 $KT_3$  等脉状矿体,矿化相对赋矿岩系的后成性更是不言而喻。在所有矿体中,矿石类型都不是单一的,每个矿体至少由两种或两种以上的矿石类型组成,它们与围岩既有相似性,也有差异性。各矿体中广泛出现的角砾岩型矿石,角砾成分复杂,胶结物由成矿物质组成,显然,这些现象只有在晚于赋矿岩系的后成矿化中才能见到。矽卡岩型矿石是羊拉矿区组成矿体的最主要矿石类型,由这类矿石组成的矿体附近普遍存在碳酸盐岩和中酸性侵入体。矿区范围内最富的矿体也是由矽卡岩和花岗质碎裂岩组成的(表 1),符合接触交代矿床的岩石组合特征。单就矽卡岩型矿体而言,里农矿段的原岩是碳酸盐岩,贝吾矿段则生成于火山碎屑岩的接触变质带。矿体顶、底板没有固定的岩性层位,既可以是碳酸盐岩、变质石英砂岩-砂板岩,也可以是花岗闪长岩、二长花岗岩类,显然这和海底喷流沉积矿床中矿体均有相当稳定的顶、底板岩石是截然不同的。

以上所论符合后生成矿特点,即成矿作用发生在赋矿岩系沉积-成岩-变质作用之后,而与海底喷流-沉积型矿床的成矿特点明显不同。

## 6 结 论

(1) 羊拉铜矿床产于金沙江缝合带中,三叠纪金沙江洋盆俯冲消亡,在陆-陆碰撞过程中原始海沟强烈挤压、隆升,并残留了由不同时代、不同岩块组成的混杂岩,形成混杂堆积。它们之中蕴藏了丰富的成矿物质,印支期岩浆侵入及热液活动使成矿物质活化并富集成矿。

(2) 矿床中矿石类型复杂,矿区内出露的岩石单元几乎都被矿化,矿石具有明显的后期含矿热液叠加、改造的特征。同一矿石类型(矽卡岩型)在不同矿段可以由不同的原岩(碳酸盐岩和火山碎屑岩)形成。反过来,同一原岩(凝灰质砂板岩)也可以形成不同的矿石类型(如角砾岩型、绢英岩型)。

(3) 赋矿岩系中矿体产出形式多样,主矿体呈层状-似层状,与上、下盘围岩关系清楚,脉状矿体穿切矿区中各类沉积变质岩。矿体的上、下盘围岩没

有固定层位;从矿体向外,围岩热液蚀变由强到弱;同一矿体中往往包括多种矿石类型,这些矿化特征与海底喷流-沉积形成的 VHMS 型矿床是明显不同的。羊拉铜矿床表现出广泛的后生成矿形迹更多地说明它是一个与接触交代有关的斑岩-矽卡岩型矿床。

## References

- He L Q and Zhan M G. 1998. Stratigraphical classification and ore-hosting sequence study in the Yangla copper deposit district, the western Yunnan Province [J]. *Geology and Minerals*, (3): 37 ~ 41 (in Chinese with English abstract).
- Liu Z Q and Li X Z. 1993. Tectono-magmatic zone classification and mineral distribution regularity of the Sanjiang region [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Lu Y F, Chen K X and Zhan M G. 1998a. Fluid inclusion characteristics and genesis of the ore-bearing skarns in the Yangla district [J]. *Mineral Deposits*, 17 (4): 331 ~ 341 (in Chinese with English abstract).
- Lu Y F, Chen K X and Zhan M G. 1998b. Geochemical evidences for exhalation-sedimentary origin of the Linong stratiform skarn copper deposit, western Yunnan Province [J]. *Mineral Deposits*, 17 (Supp.): 705 ~ 708 (in Chinese).
- Lu Y F, Chen K X and Zhan M G. 1999. Geochemical evidences for the ore-bearing skarn origin of the Yangla district [J]. *Earth Science*, 24 (3): 298 ~ 303 (in Chinese with English abstract).
- Mo X X, Lu F X, Shen S Y, et al. 1993. Sanjiang Tethyan volcanism and related mineralization [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 266p (in Chinese).
- Mo X X, Shen S Y, Zhu W Q, et al. 1998. Volcanics-ophiolite and metallogeny of the middle-southern Sanjiang region [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Pan J Y, Zhang Q and Li C Y. 2000. Rare earth element geochemistry of the Yangla copper deposit, western Yunnan Province [J]. *Sinica Mineralogica*, 20 (1): 44 ~ 49 (in Chinese with English abstract).
- Pan J Y, Zhang Q, Ma D S, et al. 2001. Characteristics of siliceous rock and its relationship to mineralization in the Yangla copper deposit district, western Yunnan Province [J]. *Science in China (Series D)*, 31: 10 ~ 16 (in Chinese).
- Wei J Q, Zhan M G, Lu Y F, et al. 1997. Granitoid geochemistry of the Yangla copper deposit district, western Yunnan Province [J]. *Geology and Minerals of the Southern China*, (4): 50 ~ 56 (in Chinese with English abstract).
- Wang L Q and Pan G T. 1999. The temporal and spatial framework and geological evolution of the Jinshajiang arc-basin system [J]. *Acta Geologica Sinica*, 23: 206 ~ 218 (in Chinese with English abstract).
- Wang L Q, Li D M, Guan S P, et al. 2001. Assessment on the Luchun

- copper-zinc deposit, Deqin County, Yunnan Province [ M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Zhan M G, Lu Y F, Chen S F, et al. 1998. Formation conditions and genesis types of the Yangla large copper deposit, northwestern Yunnan Province [ J]. *Mineral Deposits*, 17 ( Supp.): 183 ~ 186 ( in Chinese ).
- Zhang J R. 1997. Geological characteristics of the Deqin copper deposits [ J]. *Yunnan Geology*, 16: 85 ~ 90 ( in Chinese with English abstract ).
- 路远发, 陈开旭, 战民国. 1999. 羊拉地区含矿砂卡岩成因的地球化学证据[ J]. *地球科学*, 24(3): 298 ~ 303.
- 莫宣学, 路凤香, 沈上越, 等. 1993. 三江特提斯火山作用与成矿[ M]. 北京: 地质出版社. 266 页.
- 莫宣学, 沈上越, 朱文勤, 等. 1998. 三江中南段火山岩-蛇绿岩与成矿[ M]. 北京: 地质出版社.
- 潘家永, 张 乾, 李朝阳. 2000. 滇西羊拉铜矿稀土元素地球化学[ J]. *矿物学报*, 20(1): 44 ~ 49.
- 潘家永, 张 乾, 马东升, 等. 2001. 滇西羊拉铜矿区硅质岩特征与成矿的关系[ J]. *中国科学 ( D辑)*, 31: 10 ~ 16.
- 魏君奇, 战民国, 路远发, 等. 1997. 滇西德钦羊拉矿区花岗岩类地球化学[ J]. *华南地质与矿产*, (4): 50 ~ 56.
- 王立全, 潘桂荣. 1999. 金沙江弧-盆系时空结构及地史演化[ J]. *地质学报*, 73: 206 ~ 218.
- 王立全, 李定谋, 管士平, 等. 2001. 云南德钦鲁春铍铜矿评价[ M]. 北京: 地质出版社.
- 战民国, 路远发, 陈式房, 等. 1998. 滇西北羊拉大型铜矿床形成条件及其成因类型[ J]. *矿床地质*, 17(增刊): 183 ~ 186.
- 张继荣. 1997. 德钦铜矿床地质特征[ J]. *云南地质*, 16: 85 ~ 90.

#### 附中文参考文献

- 何龙清, 战民国. 1998. 滇西羊拉铜矿床矿区层序地层划分及赋矿层位研究[ J]. *华南地质与矿产*, (3): 37 ~ 41.
- 刘增乾, 李兴振. 1993. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律[ M]. 北京: 地质出版社.
- 路远发, 陈开旭, 战民国. 1998a. 羊拉地区含矿砂卡岩流体包裹体特征及其成因意义[ J]. *矿床地质*, 17(4): 331 ~ 341.
- 路远发, 陈开旭, 战民国. 1998b. 滇西里农层状砂卡岩铜矿喷流-沉积成因的地球化学证据[ J]. *矿床地质*, 17(增刊): 705 ~ 708.

## A Discussion on Origin of Yangla Copper Deposit in Light of Diversity of Ore-hosting Rock Types

Qu Xiaoming<sup>1</sup>, Yang Yueqing<sup>1</sup> and Li Youguo<sup>2</sup>

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

### Abstract

The Yangla copper deposit is located in Jinshajiang suture belt on the eastern margin of Tibetan plateau. In Triassic, subduction and closure of the Jinshajiang oceanic basin and the associated continent-continent collision led to the formation of ophiolitic mélange composed of blocks of different ages and various lithologic characters to the west of Zhongza terrane. The Indosinian large-scale magmatic intrusion caused mobilization and concentration of ore-forming materials contained in the mélanges. Based on field geological investigations and geochemical ore studies, the authors found that almost all of the rock types occurring in the ore district were involved in the copper mineralization. According to mineral compositions and ore fabrics, 9 ore types have been recognized, namely, skarn, carbonate, slate-hornfels, tuffaceous rhyolite, basalt, gabbro-diabase, granite porphyry, breccia, and phyllic type. The skarn ore is the most important type and was formed from two kinds of original rocks of carbonate and tuffaceous volcanite respectively in the Linong and the Beiwu mine segment. The orebodies generally assume 3 modes of occurrence: stratified-stratoid forms along the bedding of wall rocks, lenses in the contact zones of granite with sedimentary rocks, and large veins penetrating granite and sedimentary rocks. The orebodies have no definite top and bottom rocks. Wall alteration shows zonation around the central ore. The mineralization shows obvious epigenetic characteristics and genetically belongs to skarn-type copper deposit formed from strong contact metamorphism of Indosinian granites with Paleozoic mélange of Gajinxueshan Group.

**Key words:** geology, Jinshajiang suture belt, ore-hosting rocks, skarn, copper deposit, Yangla, Yunnan