

# 滇西北衙金多金属矿床控矿因素与找矿方向

邹光富<sup>1)</sup>, 王鹏<sup>1)</sup>, 牛浩斌<sup>1)</sup>, 任飞<sup>1)</sup>, 宁括步<sup>1)</sup>,  
董黎阳<sup>1,3)</sup>, 李俊<sup>1)</sup>, 周业鑫<sup>1,2)</sup>

1) 成都地质矿产研究所, 成都, 610081; 2) 成都理工大学地球科学学院, 成都, 610059;

3) 中国地质科学院, 北京, 100037

北衙超大型金多金属矿床位于云南省鹤庆县北衙,是我国西南三江地区与喜马拉雅期富碱斑岩有关的一个典型矿床。自 1982 年以来,先后有多家单位和专家学者在该矿区做过地质矿产勘查和科研工作(蔡新平, 1991; 甫为民等, 1994; 邓万明 1998; 张学书, 1998; 刘秉光等, 1999; 李元等, 2000; 梁光河等, 2000; 崔银亮等, 2003; 马德云等, 2001; 任治机等, 2001; 葛良胜等, 2002; 郭远生等, 2005; 李晓勇, 2002; 晏建国等, 2002; 杨世瑜等, 2002; 刘建云, 2003; 张继荣等, 2004; 肖骑彬等, 2003; 徐兴旺等, 2003; 薛传东等, 2008; 肖晓牛, 2009; 吴开兴, 2009; 邓军等, 2010; 云南黄金矿业集团股份有限公司, 2011; 和文言等, 2012),取得了较丰富的地质矿产成果。特别是自 2008 年以来,云南黄金矿业集团股份有限公司通过矿区勘查工作,在找矿方面取得了较大进展。已在该区发现了狮子山、万洞山、红泥塘、大沙地、焦石洞、老马涧等多个大中小型金多金属矿床和矿点。其中矿区金矿储量已大于 200 吨,达到超大型规模,共伴生铅锌、银、铜、铁、硫也分别到达大-中型规模(和文言等, 2013)。显示该区为扬子地台西南缘金多金属矿成矿集中区。由于该区地质科研工作程度相对较低,成矿规律仍不是很清楚,特别是矿田构造、控矿因素及其控矿规律的研究比较薄弱,制约了进一步的找矿勘探工作。作者在前人工作的基础上,通过对矿区地质填图和对矿床地质特征、控矿因素、控矿构造、成矿过程与矿床成因等方面研究的基础上,分析了矿田控矿构造和矿床控矿因素,总结了成矿规律,提出了矿区和区域找矿方向,为本区找矿突破提出了新的思路。

## 1 区域地质背景

北衙金多金属矿床位于义敦岛弧与扬子陆块和金沙江—红河板块接合带的结合部位,被夹持在 NNW 向金沙江—红河板块接合带、NE 向宾川—程海断裂和丽江—木里断裂之间。矿区及外围出露地层以三叠系为主,其次是二叠系上统峨眉山玄武岩及古近系始新统和第四系更新统沉积。其中,三叠系主要为三角洲-滨浅海碳酸盐岩台地-砂泥质浅海斜坡浊积岩相-滨浅海碳酸盐岩台地-滨浅海陆棚-三角洲相沉积。从上至下划分为青天堡组( $T_{1q}$ )碎屑岩、北衙组( $T_{2b}$ )碳酸盐岩夹细碎屑岩-碳酸盐岩、中窝组( $T_{3z}$ )灰岩、松桂组( $T_{3sg}$ )碎屑岩。已发现有金矿床(点)主要分布在北衙组碳酸盐岩与喜马拉雅期富碱斑岩的接触带中。在喜山期,北衙地区受印度板块和欧亚板块碰撞造山的影响,在北衙地区发育了多期的构造岩浆和成矿作用。

与金多金属成矿有关的区域构造主要为 NNW 向金沙江—红河板块接合带、NE 向宾川—程海断裂和丽江—木里断裂带、玛曲—荷叶断裂带。这三组断裂带控制了北衙地区一系列金多金属矿床(点)。

区域上发育基性、中性、酸性及碱性岩类岩浆活动,可划分为 3 个岩浆活动时期:华力西期以基性辉长岩、二叠纪玄武岩岩浆活动为主;燕山期一早喜马拉雅期主要为富碱的石英斑岩、辉石正长岩、花岗斑岩及石英闪长岩、正长斑岩和煌斑岩岩浆活动;喜马拉雅期主要为中酸性富碱斑岩的侵入及苦橄玄武岩、橄斑玄武岩、碱性岩的喷溢(和文言等, 2013),分布于金沙江—红河板块接合带(断裂带)附近,与北部西藏玉龙斑岩带相连,在区域上构成规模较大的金沙江-哀牢山富碱斑岩带及其斑岩成矿带。北衙矿区及其外围的富碱岩体及其金多金

属矿床(点)就位于该带的富碱斑岩群内。区域矿产以与富碱斑岩密切相关的贵金属、有色金属和铁等黑色金属为主。矿床类型有斑岩型、矽卡岩型、热液充填型和爆破角砾岩型和叠加热液改造型金多金属矿床以及红土型金矿等。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 矿区地层

矿区出露地层有上二叠统峨眉山组(Pe)玄武岩、下三叠统青天堡组(T<sub>1q</sub>)、中三叠统北衙组(T<sub>2b</sub>)和第四系(Q)沉积物。但以中三叠统北衙组(T<sub>2b</sub>)出露为主。上二叠统峨眉山组玄武岩主要分布于矿区东部。下三叠统青天堡组主要分布于矿区北西部和东部,为一套灰黄绿色中层状玄武质砾岩、砂砾岩、灰黄色中厚层状中粒长石岩屑砂岩、含粉砂质泥岩、泥岩夹薄一中层状生物碎屑灰岩组成,为三角洲-滨海浅海陆棚相沉积;厚 407~448m。中三叠统北衙组主要分布于矿区中部和西部,岩性为泥岩夹白云质灰岩一角砾状灰岩、灰岩、生物骨屑灰岩、蠕虫状灰岩、泥质灰岩、砂屑白云岩、白云岩、灰岩组成。为一套以碳酸盐岩为主的浅海碳酸盐岩台地相-台地浅滩—浅海碳酸盐岩台地-潮坪相沉积,厚约 1080m。为矿区主要赋矿地层。第四系(Q)更新统与全新统的沉积物主要由复成分砾砂、黏土、细砂和残坡积砾石、岩块等组成。厚 0~175m。为矿区红土型金矿的主要赋矿地层。

### 2.2 矿区构造

矿区褶皱主要为 SN 向北衙-松桂复式向斜。向斜两翼局部地段受断层和燕山期—喜马拉雅期富碱岩浆侵入作用的影响,次级褶皱、断层以及节理、裂隙比较发育。矿区断层主要有 3 组:一组近 SN 向,另一组近 EW 向,第三组为 NE 向。近 SN 向断裂为喜马拉雅期早期富碱的石英斑岩的控岩及其矽卡岩型金多金属矿成矿的控矿断裂;NE 向断裂为喜马拉雅期中期富碱斑岩的控岩及其热液充填型和爆破角砾岩型金多金属矿成矿的控矿断裂;EW 向断裂为喜马拉雅期晚期富碱斑岩脉的控岩控矿及其斑岩型、矽卡岩型、热液充填型、叠加热液改造型金多金属矿床以及风化—堆积型金多金属矿及红土型金矿成矿的控矿断裂。

### 2.3 岩浆岩

矿区发育基性、中性、酸性及碱性岩浆岩。华

力西期主要为出露于矿区东部的二叠系峨眉山玄武岩。喜马拉雅早期主要为石英钠长斑岩、煌斑岩脉,喜马拉雅中期主要为石英正长斑岩、正长斑岩、隐爆角砾岩等,喜马拉雅晚期为黄铁矿化金矿化(?)黑云正长斑岩与煌斑岩脉。北衙矿区石英正长斑岩的锆石 LA-ICP-MSU 法 U-Pb 测年,确定其成岩年龄为  $36.36 \pm 0.26\text{Ma}$ (和文言等, 2013);北衙正长斑岩的钾长石 K-Ar 年龄为 27.30Ma(张玉泉, 1997)。其中,喜马拉雅中期的石英正长斑岩与矽卡岩型、热液充填型金多金属成矿作用关系最密切。喜马拉雅晚期的黄铁矿化金矿化(?)黑云正长斑岩与斑岩型、热液充填型金多金属成矿作用关系最密切。

### 2.4 矿体特征

矿区含矿带和矿体受 SN 向、近 EW 向和 NE 向断层及喜马拉雅期斑岩的联合控制,形成纵贯矿区的矿化构造碎裂岩带。主要含矿带位于矿区中部的万洞山矿段。该矿区矿体成因类型可分为五种:产于喜马拉雅中期的石英正长斑岩岩体内外接触带中的矽卡岩矿体;产于喜马拉雅晚期的黄铁矿化金矿化(?)黑云正长斑岩及其裂隙与节理中的斑岩型矿体;产于围岩中受层间破碎带或断层破碎带控制的层状、脉状和网脉状的热液型矿体;以及产于第四纪沉积物中的受次生风化破碎作用形成的残坡积型金多金属矿体;产于古风化壳及古岩溶洞洞中的受次生风化作用形成的红土型金多金属矿体。其中产于喜马拉雅晚期的黄铁矿化金矿化(?)黑云正长斑岩中的斑岩型矿体是作者近期在矿区填图中新发现的。在万洞山矿段,见喜马拉雅晚期黄铁矿化金矿化(?)黑云正长斑岩侵入于喜马拉雅中期的石英正长斑岩中,喜马拉雅晚期黑云正长斑岩中具有黄铁矿化和金矿化(?),其岩体本身就是斑岩型矿体。可以说是找到了真正的斑岩型矿体。解决了矿区斑岩型矿体在哪里的难题。同时也是矿区找矿方面的一项重要突破。此外,在上述五种矿体成因类型中,以产于喜马拉雅中期的石英正长斑岩岩体内外接触带中的矽卡岩矿体;产于喜马拉雅晚期的黄铁矿化金矿化(?)黑云正长斑岩中的斑岩型矿体;产于围岩中受层间破碎带或断层破碎带控制的层状、脉状和网脉状的热液型矿体是北衙矿床中最重要的矿化类型。目前圈定出金、铁、铜,银、铅、锌多金属矿体大小 400 多个,其中规模较大的矿体有 12 个(云南黄金矿业集团股份有限公司, 2011)。其

中,最大的 KT52 矿体走向长 1360m,延深 540m,厚度 0.86—103.76m,平均品位 Au2.68g/t,FeT/%为 35.69, mFe/% 为 24.42,Cu 为 0.42%,Ag 为 42g/t,Pb1.29%,Zn 为 0.33%,矿体规模达到超大型。总体上,北衙金矿床规模达到超大型,共、伴生矿产银、铅锌、硫达到大型规模,铁、铜达到中型规模(云南黄金矿业集团股份有限公司,2011;和文言等,2013)。

## 2.5 矿石类型及特征

前已述及,北衙矿区具有五种矿体成因类型。研究表明不同成因类型矿体中的矿石特征及矿物组成是不相同的。产于石英正长斑岩岩体内外接触带中的矽卡岩矿体,矿石主要呈块状、脉状或浸染状构造,组成矿石的金属矿物十分复杂,主要有磁铁矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、斑铜矿、孔雀石、自然金、自然银和银金矿等,脉石矿物主要有石榴石、辉石、长石、石英、方解石、绿泥石、绿帘石、白云石、重晶石、天青石和铬水云母等。

斑岩体内及其裂隙与节理中的斑岩型矿体,矿石主要呈脉状或浸染状构造,组成矿石的金属矿物主要有黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿、孔雀石、自然金(?)和银金矿(?)等;脉石矿物为钾长石、斜长石、石英、黑云母、绿帘石、绿泥石等。

产于围岩中受层间破碎带或断层破碎带控制的层状、脉状和网脉状的热液型矿体,组成矿石的金属矿物主要有磁铁矿、黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、自然金(?)等;脉石矿物为石英、方解石、白云石、绿帘石、绿泥石等。

产于第四纪沉积物中的受次生风化作用形成的残坡积型金多金属矿体,分布于万洞山矿段东侧,多为层状、脉状和网脉状的热液型矿体经风化破碎后短距离搬运沉积形成。其矿石金属矿物和脉石矿物组成与热液型矿体基本相同。

红土型金多金属矿体矿石的构造主要有皮壳状、钟乳状、多孔状、网格状等,矿石矿物主要为:褐铁矿、磁铁矿、自然金等;脉石矿物主要为粘土和砂砾石等。

上述矿石结构主要为半自形-他形粒状、交代溶蚀、交代残余、碎裂结构、固溶体分离、假象结构和包含结构等。

## 2.6 矿化期与矿化阶段

和文言等(2012)测得北衙矿区万洞山岩体中矽

卡岩化成因的白云母的结晶年龄为 32.5Ma,可以代表成矿作用的开始。

根据矿化特征与矿石结构构造、矿物共生组合、矿物标型特征和形成温度的资料和综合研究表明,北衙矿床成矿过程经历多期次多阶段成矿作用,总体上表现为矽卡岩化期、热液成矿期和表生期三期成矿作用。根据成矿演化过程及其矿物共生组合特点划分以下成矿阶段:

矽卡岩化期是北衙矿区的早期成矿期,表现为在富碱斑岩体侵入接触带附近的矽卡岩化和成矿作用。该成矿期主要形成铜、铁、金多金属矿。

热液成矿期是北衙矿区的另一个主要成矿期,与构造热液活动密切相关。该成矿期可进一步划分出高温热液阶段、中温热液阶段和低温热液阶段三个成矿阶段。

表生期主要是原生矿体在地表环境中形成一套次生矿物组合,如针铁矿、赤铁矿、铜兰、自然金等。

## 2.7 近矿围岩蚀变

北衙矿区近矿围岩蚀变类型主要为强烈的矽卡岩化,形成厚度较大分布较广的矽卡岩带及石榴子石、透辉石、阳起石、绿帘石矽卡岩及大理岩、结晶灰岩等。另外还有绿泥石、绿帘石、碳酸盐化、硅化、钾化等蚀变。

## 3 控矿因素分析

### 3.1 地层控制因素

矿区矽卡岩及其矿体的形成,与中三叠统北衙组地层关系密切。中三叠统北衙组主要分布于矿区在区内大面积分布,岩性为泥岩夹白云质灰岩、角砾状灰岩、灰岩、生物骨屑灰岩、蠕虫状灰岩、泥质灰岩、砂屑白云岩、白云岩、灰岩组成。为一套以碳酸盐岩为主的浅海碳酸盐岩台地相-潮坪相沉积组合。为矿区主要赋矿地层。本区灰岩、白云质灰岩和白云岩等碳酸盐类岩石,主要矿物成分为方解石和白云石,化学性质活泼,容易分解,物理性质脆性大,受后期构造影响,较破碎,渗透性强,富含 CaO 和 MgO 而易被交代,有利于岩浆热液及含矿溶液流通。碳酸盐类岩石在热液作用下,由于发生物质交换之交代作用,致使岩石的孔隙度增多、变大,有利于热液的流通,为铁铜金多金属成矿作用提供了条件,是矿区主要控矿围岩。矿区富碱斑岩体与灰

岩、白云质灰岩和白云岩接触部位常形成宽窄不等的矽卡岩带,已发现的与矽卡岩有关的原生铁金、铁铜金和铁铜矿体均赋存于矽卡岩带中。矿区矿体的形成与中上泥盆统灰岩较为活泼的化学性质有着直接的关系。

### 3.2 岩浆岩控制因素

矽卡岩型矿床是岩浆气水热液交代围岩的结果。因此,岩浆活动是本区铁铜金矿床成矿的主要控制因素。岩浆控制成矿作用主要有两种方式:(1)岩浆提供成矿物质和成矿流体,在岩浆及其流体的分异演化过程中成矿。(2)原有矿源层受岩浆热能和热液叠加改造而形成层控一矽卡岩矿床。矿区铁铜金矿床主要以上述第一种方式形成。矿区岩浆岩为富碱斑岩,其成岩时代有 3 期(徐兴旺等, 2006; 徐受民等, 2006; 曾普胜等, 2002; 和文言等, 2012): 早期的石英钠长斑岩和煌斑岩在 60-65Ma 侵位; 中期的石英正长斑岩和煌斑岩在 36-33Ma 侵位; 晚期的黑云母石英正长斑岩在 3.7Ma 侵位。与成矿密切相关的是中期的石英正长斑岩和晚期的黑云母石英正长斑岩。矿区铁铜金矿体均产于岩体与灰岩、白云质灰岩和白云岩接触交代形成的矽卡岩带中,喜马拉雅富碱斑岩为矿区主要的成矿母岩。矿区位于金沙江-哀牢山富碱斑岩构造带,自喜马拉雅以来发育多期次强烈构造期岩浆活动,有利于岩体对围岩的渗透和交代,为铁铜金多金属成矿作用提供了丰富的矿质来源和迁移富集的动力与有利的介质。因此,富碱斑岩体的侵位是本区铁铜金多金属成矿作用的关键因素。

### 3.3 构造控制因素

#### 3.3.1 断层的控矿作用

矿区位于义敦岛弧与扬子陆块和金沙江—红河板块接合带的结合部位,被夹持在 NNW 向金沙江—红河板块接合带、NE 向宾川—程海断裂和丽江—木里断裂之间。矿区断层发育,断层主要有 3 组: 一组近 SN 向,另一组近 EW 向,第三组为 NE 向。近 SN 向断裂为长期活动的区域性深大断裂,控制着喜马拉雅期早期富碱的石英斑岩的控岩及其矽卡岩型金多金属矿成矿的控矿断裂; 进而控制了矽卡岩带及铁铜金多金属矿体形成和分布。NE 向断裂为喜马拉雅期中期富碱斑岩的体侵入及其矽卡岩型、热液充填型和爆破角砾岩型金多金属矿成矿的控矿断裂; 为矿区导矿和容矿构造之一。NE 向

断裂为喜马拉雅期中期富碱斑岩的控岩及其热液充填型和爆破角砾岩金多金属矿成矿的控矿断裂; EW 向断裂为喜马拉雅期晚期富碱斑岩脉的控岩控矿及其斑岩型、矽卡岩型、热液充填型、叠加热液改造型金多金属矿床以及风化—堆积型金多金属矿成矿的控矿断裂。

#### 3.3.2 接触带构造的控矿作用

铁铜金多金属矿体多数情况下不仅仅是由简单断裂或接触带构造控制,而是断裂、接触带构造复合控制。接触带受成矿期断裂构造改造,形成成矿热流体活动及矿体储存空间,矿区主要铁铜金多金属矿体均受此种构造控制,如万洞山矿区、红泥塘矿区铁铜金多金属矿体产于接触带走向及倾向变化的凹陷处,又受断层的复合控制,形成了矿区较大的矿体。

### 3.4 蚀变控制因素

矿区围岩蚀变类型主要有矽卡岩化、绿泥石、透辉石、透闪石、绿帘石、大理岩化、绢云母化,其中矽卡岩化与成矿关系最为密切。已发现的数个大型矿体均产于岩体与灰岩接触带形成的矽卡岩带中。

## 4 矿床成因

矿区中三叠统北衙组主要为一套以碳酸盐岩为主的浅海碳酸盐岩台地相—潮坪相沉积组合。碳酸盐岩地层为岩浆热液交代作用和成矿作用提供了良好的条件。从矿体产出特征看,矽卡岩型矿体产状主要受接触带及与岩浆活动有关的断层破碎带控制; 热液充填型和爆破角砾岩型金多金属主要受与斑岩岩浆活动有关的断层破碎带控制; 斑岩型、热液充填型金多金属矿床受 EW 向断裂破碎带控制。矿区断裂和岩浆通道是矿区的导矿构造和容矿构造。

矿区岩浆岩为喜马拉雅期中晚期富碱斑岩。矿化主要产于中期富碱斑岩体内外接触带中,接触带具有较强的蚀变,矿体主要呈透镜状产出,部分脉状矿脉沿构造裂隙分布,说明铁铜金多金属矿化与岩浆岩侵位的年龄相近,但略晚于富碱斑岩侵位的时期。铁铜金多金属矿体主要产于岩体外接触带之矽卡岩及其断层破碎带中。另外,斑岩型铁铜金多金属矿体产于喜马拉雅期晚期富碱斑岩中。因此,可以认为该矿床属于喜马拉雅期中晚期富碱斑岩中高

温热液交代充填矽卡岩型矿床和斑岩型铁铜金多金属矿床。

## 5 找矿方向

(1) 在北衙矿区,一方面是沿已知矿体延伸方向及深部寻找新矿体。另一方面是在矿区花岗闪长岩体外接触带的断层破碎带及矽卡岩化带内开展找矿勘查工作,有望找到新的矿体;对已圈定的磁异常分布区开展异常查证和找矿勘查工作,有望找到新的矿体,扩大矿床规模。因此对北衙矿区开展系统勘查评价工作,有望找到新的铁铜金多金属矿体,扩大矿床规模。

(2) 在北衙矿区及外围和区域上,要加强和重视在第四系(Q)更新统与全新统的沉积物中有关风化-堆积型金多金属矿和红土型金矿的找矿勘查工作,有望找到新的金矿床。

(3) 在北衙矿区矿区外围对分布于喜马拉雅期中晚期富碱斑岩体内外接触带中的数个铁矿多金属矿床(点)进行重新检查评价,有望找到新的铁铜金多金属矿床。

(4) 在北衙矿区外围及金沙江-哀牢山富碱斑岩带成矿带综合应用地质、物探、化探和遥感资料,对富碱斑岩体接触带中已有的多个铁多金属矿化异常及矿床(点)进行异常查证和找矿勘查工作;结合已建立的找矿标志,加强对隐伏矿体的寻找,可望找到大型和超大型规模的铁铜金多金属矿床,实现在金沙江-哀牢山富碱斑岩成矿带的找矿突破。

本文为中国地质调查局北衙金矿远景区深部调查项目(项目编号: 1212011220249)资助。