云南北衙金矿床地质特征及成因研究

葛良胜1,郭晓东1,邹依林1,李振华1,张晓辉2

(1. 武警黄金地质研究所,河北 廊坊 065000; 2. 武警黄金十三支队,云南 昆明 650111)

摘 要: 云南北衙金矿床是滇西北地区与喜山期富碱岩类有关的典型代表之一。矿床成矿与区内富碱岩体(脉)形成与分布具有空间上形影相随、时间上相近或稍晚、成因上密切相关的联系。研究表明,北衙金矿矿化类型多样,特别是于近期发现的具有特大远景的红土型矿化体,更成为该矿区的一大特色。矿石中金属矿物复杂,蚀变强烈且分带明显。对矿床和相关的富碱岩体(脉)开展的金丰度值、同位素和稀土元素研究表明,富碱岩体本身并不是矿质的源地,成矿流体和主要矿质均源于地球深部,文章初步讨论了岩浆成岩与流体成矿之间的关系,指出岩浆的形成、演化与侵位过程实际上是深部流体上升的载体以及矿质在流体中得以集中并成矿的热机。

关键词: 北衙金矿床;富碱岩体;成因;云南

中图分类号: P611; P618.51 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2002) 01-0032-09

北衙金矿床是滇西北地区发现较早的与喜山期 富碱岩体脉有关金矿床的典型代表之一。特别是最 近在北衙矿区红土型矿化的发现与突破,加大了北 衙式金矿床的找矿意义,对该金矿开展地质研究将 有助于区域相似金矿床的寻找工作。矿区位于云南 省大理州鹤庆县北衙乡。大地构造上位于扬子板块 的西部边缘,区域性的 NW 向金沙江—哀牢山深大 断裂、近 SN 向的永胜—程海断裂带和 NE 向的丽江 断裂带分别在矿区的南、西北和东部通过。在区域富 碱岩体带中,北衙金矿区位于中岩带中部的鹤庆— 北衙岩体集中区内^[1,2,3]。

1 矿区地质特征

北衙矿区总体上受南无山复式背斜东翼的一个 NNE 向次级向斜构造控制, 地形上为一个小型的 SN 向山间盆地, 已知的矿化带和主要的矿体分布在 该盆地的东西两侧的山坡上(图1)。现有矿区长 6.5 km, 宽约为 3.5 km。据最新资料, 在原矿区西部的马 头湾碱性岩体中也发现了金矿化, 从而使矿区的宽 度增加到了 10 km 以上。

矿区内出露的地层主要为中三叠统北衙组灰

基金项目: 武警黄金指挥部 "八五 "重点地质科研项目成果。

武岩。其次尚有上三叠统松桂组砂页岩,主要见于矿 区外围,以及下第三系丽江组砂砾岩堆积物和第四 系红土层,其中红土层主要分布在盆地的中央。矿区 内的构造除发育 NNE 向的向斜外,尚有多组不同方 向的断裂。据蔡新平等^[4]研究,该区存在两条隐伏的 基底断裂,一条为近 EW 向,向东略向 NE 方向偏 转,我们认为其是区域上的洱源—北衙—永仁近 EW 向隐伏构造^[2,3]的一部分。另一条为 NE 向,大沿 向斜的西翼发育,在地表,两条断裂均表现为由多个 次级且近于平行的、具有等间距性特点的不连续断 裂组成,受向斜构造的影响,NE(NNE)向断裂组表 现更为明显。此外,矿区还见有 NW,NNW,近SN 向 等不同方向的多组断裂。

岩、下三叠统飞仙关组页岩和上二叠统峨嵋山组玄

矿区是合庆—北衙富碱岩体(脉)集中区的重要 组成部分,岩体(脉)主要产出在上述两组隐伏构造 的交汇部位,单个岩体(脉)的产状表现出受 NNE 向 构造的控制更为显著。矿区内及其东西两侧外围出 露的岩浆岩主要为正长斑岩、角闪石英二长斑岩、花 岗斑岩和煌斑岩等,规模较大的岩体主要有马头湾、 红泥塘、松桂、铺台山、笔架山、白沙井等。岩体一般 呈脉状,主要呈 NNE 或近 SN 向展布,少数为等轴 状(红泥塘,位于两隐伏构造的交汇部位),个别呈近

收稿日期: 2001-10-24; 修订日期: 2002-01-05

作者简介: 葛良胜(1966-), 男, 安徽潜山人, 高级工程师, 硕士, 现在武警黄金地质研究所从事大地构造和金矿床地质研究工作。



图 1 北衙金矿区地质略图

 Fig. 1
 Geological sketch of Beiya gold mine district

 1. 第四系
 2. 北衙组灰岩
 3. 腊妹组沙泥岩
 4. 二叠系玄武岩
 5. 丽江组

 灰岩角砾岩
 6. 正长班岩
 7. 岩体侵入破碎带
 8. (石英)正长斑岩
 9. 爆

 破角砾岩筒
 10. 震碎角砾岩
 11. 推测或实测断层
 12. 褶皱轴
 13. 地层

 产状或界线

EW 向。在红泥塘正长斑岩体的中心. 还见有隐爆角 砾岩筒形成,同时还可见到更晚一期的正长斑岩脉 穿入角砾岩筒中,显示出岩浆的多次活动特征。据前 人研究. 在矿区的南北外围不远. 有隐伏、半隐伏的 岩体或角砾岩筒存在,如焦石洞、老马涧和乱洞山 等,其出露位置也是受 EW 和 NE 向两组构造交汇 部位控制的。区域上,各主要岩体(含隐伏岩体)和隐 爆角砾岩筒之间具有大致近等间距的分布规律,例 如,在近东西方向上,由主要的隐伏断裂自西向东依 次控制着龙潭后山、马头湾、红泥塘、笔架山、禾沙井 等斑岩体,在北北东方向上,自南向北则依次分布有 老马涧、焦石洞、红泥塘、乱洞山、狮子山等斑岩体。 与其他富碱岩体集中区相比,本区岩脉不发育,仅有 少量见于笔架山和桅杆坡一带,呈顺层或切层状产 出的不规则岩脉,与少数矿脉有一定关系。值得注意 的是,区内富碱岩体(脉)主要见于近 EW 向隐伏构

造活动的范围内,在此范围之外,虽然也发育有 NE 向的断裂,但却没有相关的岩体出露,表明 了近 EW 向隐伏构造对富碱岩浆活动具有本 质上的控制作用。

2 矿床地质特征

北衙金矿床是在早期(上世纪 50 年代末) 勘查的铅锌银矿床的基础上,于 80 年代经有关 部门反复工作后确定的。由于对控矿因素的多 样性和矿化类型的复杂性认识不够深入,致使 对金矿体的产出规律认识不清,在一定程度上 影响了对矿体的深入勘探、圈定和利用。近年 来,针对该矿床开展的多次专项研究,已初步查 明了矿区的地质构造、矿床的控矿因素和矿化 富集规律,为该矿床的进一步勘探、扩大资源量 和开发利用奠定了基础。

2.1 矿化区(带)

根据最新的地质勘探资料,可将矿区(含外 围)划分为3个矿化区(带)。东区为向斜构造的 东翼,包括锅盖山、桅杆坡和笔架山等三个矿 段;西区为向斜构造的西翼至马头湾一带,主要 包括金沟坝、红泥塘和乱洞山等三个矿段;中区 (带)为向斜构造的轴部,为第四系的红土堆积 区,是区内红土型金矿重要分布区。虽然各矿区 (带)受近 SN 向向斜构造的控制,但主要矿化 地段则被严格地限制在 EW 向构造带的范围

内。由于具体的成矿条件不同,不同区(带)矿化类型、矿体特征、矿石矿物组成等均不相同,形成了本 矿床多因素控制、多矿化类型的复杂特点。

2.2 矿体赋存部位及其产出特征

北衙金矿床不同矿段中矿体的赋存部位及其产 出特征视各矿化区具体条件的制约,大致可作如下 的划分:

2.2.1 产于碱性斑岩体内裂隙和节理中的金-铜矿
 化

矿体沿裂隙和剪切节理产出,呈脉状或透镜体状,一般延伸不大,厚度小,但品位稳定,一般金品位w (Au)可达 4×10⁻⁶~8×10⁻⁶,该类矿体多见于钻孔的深部,以西区红泥塘矿段最为典型。

2.2.2 产于岩体内外接触带或接触破碎带中的矿
 体

此类矿体沿岩体与碳酸盐接触带产出,产状随

接触带变化,单个矿体呈脉状、透镜状产出,分支复 合、膨缩现象明显。在接触带岩体边缘的下凹部位矿 体膨大变厚,金矿化也较好,单工程平均品位w(Au)可达 6.86×10⁻⁶。在接触破碎带中的矿体呈脉 状、似层状或透镜状产出,形态复杂多变,分支复合 明显,破碎带中通常可见有斑岩脉多期侵入,矿化蚀 变强烈,有些较早侵入的煌斑岩脉蚀变矿化形成矿 体,金品位w(Au)可达 16.1×10⁻⁶。该类型的矿体 主要见于红泥塘和乱洞山矿,是矿区的主要矿体类 型。

2.2.3 产于岩体围岩中受构造破碎带或层面构造 控制的切层、顺层矿体

顺层矿体主要位于灰岩中挤压破碎带或不同的 岩石界面中,一般为层状或似层状,此类矿体形态简 单,矿石破碎再胶结现象明显,含块状的灰岩构造透 镜体,矿石品位变化较大,w(Au)一般为2.5×10⁻⁶ ~10.96×10⁻⁶;切层矿体主要充填在张性裂隙或断 裂带内,多出现在岩体顶部围岩或在短轴背、向斜轴 部发育的不同方向断裂或裂隙中。单个矿体规模较 大,地表出露几十或近百米,呈不规则脉状成群出 现,但厚度和延伸均较小。金品位较低,且不均匀,一 般w(Au)=0.2×10⁻⁶~2×10⁻⁶。这两类矿体,特别 是顺层矿体以东区最为常见和典型。

 2.2.4 产于古风化壳或现代剥蚀面上的红土型金 矿化体

产于古风化壳中的金矿化体主要见于第三系丽 江组底部、中三叠统灰岩顶部侵蚀面上的含金泥砾 冲积层中。含矿层呈层状不整合覆盖于不同岩性或 不同时代地层之上,其形态受古剥蚀面的形态控制, 矿石疏松,主要由风化残积褐铁矿及斑岩、灰岩的碎 块经紫红色粘土胶结而成,金品位低但较稳定,w(Au)平均1.51×10⁻⁶,厚0.8~9.3 m,平均5.36 m。后者主要见于中区(带)的第四系红色堆积物中。 在北衙外围的其他小型红土堆积层中也有分布,含 金的红土层无固定形态,产于盆地中或基岩为碳酸 盐的风化面上,厚度不一,金含量较低,w(Au)多在 1×10⁻⁶以下。据涂光炽先生(1997)在本区考察后认 为,该区红土型金矿具有较大的找矿前景。

2.2.5 产于爆破角砾岩筒中受角砾岩控制的角砾 状矿化体

主要见于红泥塘隐爆角砾岩筒中,矿化主要发 生在角砾岩筒边部的热液胶结物中,普遍矿化不强, 但局部有高品位,尚未圈出成规模的矿体。

从全矿区范围看,虽然矿体的赋存部位多种多

样, 其特征也各不相同, 但普遍与斑岩体有密切的关 系。无论何种矿体, 一般均产于距岩体一定的距离范 围内。一般距岩体愈近, 矿化愈强, 其规模也较大, 如 红泥塘、乱洞山等矿段; 反之远离岩体则矿化相对较 差, 如笔架山、桅杆坡等矿段; 更远则仅有矿化蚀变 现象。上述不同种类的矿体实际体现了从岩体向围 岩, 由于具体控矿因素改变而导致矿体产出的规律 性变化。

2.3 矿石类型及特征

北衙金矿床的矿石类型较为复杂,而且也非常 特别,对本区某些矿石的类型的认识尚有不同意见。 例如笔架山矿段常见的以褐铁矿为主要矿物成分的 矿石,有人认为其并非由原生疏化物矿石氧化而成 的氧化物型矿石,而是一种原生的氧化物型矿石。因 此对本区而言,所谓的原生或氧化矿石可能失去其 原有意义。根据矿石中硫化物与氧化物相对含量的 多少,可将本区矿石作如下划分:

2.3.1 硫化物矿石

主要见于前述第 1, 2, 5 类型矿化体的深部, 地 表及浅部基本不见, 数量极少。矿石主要呈块状、细 脉状或浸染状构造, 组成矿石的金属矿物十分复杂, 主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等, 其次有斑 铜矿、自然金、自然银和银金矿等。脉石矿物主要有 长石、石英、方解石、白云石、重晶石、天青石和铬水 云母等。

2.3.2 氧化物矿石

矿石呈致密块状、土状、蜂窝状、胶状、炉渣状等 构造。主要金属矿物为褐铁矿,大致可分为两种,一 种为致密块状,极坚硬,局部似炉渣。以褐铁矿脉的 形式呈层状或似层状产出,层位稳定,多见于前述的 第3类型矿化体中,在矿体深部与地表无明显变化。 另一种为褐土状,易碎、染手。呈层(脉)状或不规则 形状,特别是在岩体的内外接触带部位,褐铁矿呈褐 土状不规则团块在矿体内不均匀分布。一般在这种 矿化体中常见有一些硫化物的残余,如黄铁矿等。为 本区最为常见的矿石类型,各矿体均有产出,一般见 于中浅部或地表。

2.3.3 混合型矿石

前人亦称半氧化型矿石,也是本区主要的矿石 类型之一,但以西区更常见。矿石中硫化物和氧化物 混杂,二者均十分常见,且成分复杂。值得注意的是, 除极少部分氧化物可以肯定是由硫化物氧化而成 外,绝大部分氧化物则看不出这种变化关系,似乎是 同硫化物一起同时沉淀下来的;同样矿石中的硫化 物除极少数外,均无被氧化的痕迹。根据矿石的矿物 组合还可作进一步划分:①磁铁矿-赤铁矿-黄铁矿 型;②赤铁矿-褐铁矿-黄铁矿型;③褐铁矿-(黄铁 矿)-兰铜矿-孔雀石型等。矿石一般为黑褐色、黄褐 色或褐红色,有致密块状、网脉状、角砾状、土状、胶 体状、炉渣状、蜂窝状、泥状等构造形态。矿物组合中 以赤铁矿、褐铁矿、黄铁矿为主,但不同亚类含量不 一。次要矿物还见有铅铁矾、硬锰矿、铜蓝、黑铅矿、 黄钾铁矾、孔雀石、异极矿、菱锌矿、铁白云石、方解 石、石英以及磁铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等。 2.3.4 红土型矿石

古红土型矿石常有比较完整的剖面。含金的红 (褐)土多见于正长斑岩与碳酸盐的接触带附近。红 土矿石主要指位于剖面土壤带下部的含铁(锰)氧化 物红(褐)土带(主要由含金夕卡岩风化而成),其下 为浅色粘土带(主要由正长斑岩的长石类矿物风化 而成)和基岩带(正长斑岩或碳酸盐)。现代红土层则 没有完整的剖面,红土化作用正在进行之中。

2.4 矿石结构构造

矿石结构主要有残余结构、交代结构、交代残余 结构、假象结构和包含结构等,矿石的构造主要有皮 壳状、钟乳状、粉晶状、团块状、斑点(杂)状、条带状、 多孔状、网格状等。

2.5 矿石及含金矿物的化学成分

据采自红泥塘、乱洞山、笔架山等矿段中不同类 型矿石的化学和多元素分析,结果表明,矿石在化学 成分上以含铁为主(w(Fe₂O₃) = 44.37% ~ 72.83%),其次为SiO₂(w(SiO₂) = 1.99% ~ 7.98%)。多元素分析表明,矿石中除含金外,多数尚 有银、铜、铅和锌等多种有用元素。自然金成色较高, 为92.7%^[4],主要载金矿物除自然银外,尚有褐铁 矿、黄铁矿等。另据王会远等(1993)分析,方铅矿也 是区内重要的载金矿物之一^[5]。

3 热液蚀变特征

矿区内广泛发育不同类型的围岩蚀变。其蚀变 类型、蚀变程度和蚀变矿物组合等特征视具体条件 不同而有差异,形成了本区较为复杂的热液蚀变体 系。

3.1 富碱岩体蚀变

岩体蚀变主要表现为钾长石化,蚀变矿物主要 为正长石和绢云母。后期尚见一定规模的泥化、碳酸 盐化和绿泥石化等现象。正长石经渗滤状交代基质 及斜长石、石英等斑晶,斜长石被绢云母交代后形成 绢云母化长石,但仍保留有斜长石的假象和条纹。此 外,薄片中还常见到由钾化形成的钾长石细脉切穿 钾长石斑晶;石英被交代后常留有较大的残斑;基质 被交代后则出现大量鳞片状云母的集合体。泥化、碳 酸盐化和绿泥石化一般相伴产出,在岩体的边缘和 顶部最为强烈。富碱岩体的蚀变产物中一般较少见 有含金硫化物矿化,少量早期在斑岩体内部浸染状 分布的黄铁矿多已褐铁矿化,局部保留有黄铁矿的 晶形。但乱洞山岩体是一个例外。该岩体中除广见钾 化外,还有强烈的石英绢云母化、绿泥石化,以及较 强的金属硫化物矿化和更强的碳酸盐化,后期的泥 化作用也非常强烈,已很难发现残留的原岩斑晶。

3.2 围岩蚀变

矿区内矿体的围岩除岩体外基本上均为北衙组 灰岩。其中岩体的蚀变特征与前述相似。但灰岩中的 蚀变则有较大差异。受蚀变的灰岩普遍表现为铁含 量增高,形成铁化灰岩。据中国科学院(1998)研究, 铁化蚀变是本矿床最为显著的蚀变特征,有两种类 型(蔡新平等,1993):一为近接触带灰岩含铁量剧 增,w(TFe)可高达25%,同时伴有强硅化。由Fe²⁺ 交代灰岩中的钙、镁离子,形成铁白云石和菱铁矿, 易于氧化形成赤铁矿,岩石变成红褐色。另一种为原 含铁较高的灰岩(富含磁铁矿或赤铁矿),由于热液 影响,铁质从原岩中析出聚集成球团或呈不规则脉 体贯入原岩,地表所见的这些蚀变产物一般均已氧 化成褐铁矿,形成了褐铁矿团块或细脉。这两种铁化 灰岩中金的质量分数均显著增高,在红泥塘和乱洞 山周围极为常见。

3.3 接触带蚀变

蚀变产于岩体与灰岩的接触带,以发育较强和 典型的夕卡岩化为特征,多见于岩体的内凹部位,以 乱洞山最为典型;在相对平直上的接触带上,多表现 为大理岩化。夕卡岩化带内的蚀变矿物主要为磁铁 矿、赤铁矿、绿泥石、钙铁榴石、透辉石、阳起石,偶见 有符山石,自夕卡岩化带向外,便过渡到围岩蚀变 (铁化),向岩体内部则过渡到岩体蚀变(钾化)。这种 变化正体现了宏观上从岩体经接触带到围岩的典型 热液蚀变分带特征。

3.4 角砾岩蚀变

主要见于红泥塘爆破角砾岩筒中,在东区笔架 山层状构造角砾岩中基本不见热液矿化蚀变现象。 爆破角砾岩中的蚀变一般发育在胶结物中,角砾周 围仅见不厚的蚀变边、烘烤边、角岩化边或重结晶现 象。胶结物基本上由热液蚀变矿物组成,主要的蚀变 类型及蚀变矿物为:硅化、绢云母化、绿帘石化、绿泥 石化、透闪石化、赤铁矿化、褐铁矿化等。在角砾的边 缘和角砾岩与斑岩体的接触部位尚见有磁铁矿、镜 铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿和闪锌矿等多种金属 矿化,局部可见阳起石集合体。

3.5 其他蚀变

除了上述在不同岩性和不同部位发育的具有典 型特征的蚀变外,在矿区范围内还广泛发育硅化、黄 铁矿化、褐铁矿化等蚀变。其中硅化是矿区最发育的 蚀变, 范围广、面积大, 硅化带通常与前述的不同类 型蚀变相重叠。在岩体分布区,一般环绕岩体呈面状 分布: 在脉状矿体附近,则主要呈带状, 与矿脉平行 发育,区域上则与矿区(带)相平行。黄铁矿化主要见 于与岩体密切相关的有关矿体之深部,地表及浅部 多已氧化殆尽,仅见有少量黄铁矿的外形,钻孔中的 黄铁矿多呈散点状、团块状或细脉状产出,黄铁矿发 育的部位一般为金的富集部位。褐铁矿化同硅化一 样, 矿区范围内极为普遍。主要以褐铁矿脉的形式产 出,是本矿区金矿体的重要组成部分,褐铁矿是金的 重要载体。正如前述,对本区广泛发育的褐铁矿成 因,目前有不同的认识。在西区主要以土状,团块状 等产出的褐铁矿一般认为是原生硫化矿石氧化的产 物,但东区致密坚硬的褐铁矿脉体则可能是原生的 氢化物。

4 矿化富集作用

对北衙金矿的矿化富集作用研究,实际上就是 金矿的成矿期成矿阶段分析。分布于矿区内不同矿 段不同类型的矿体和矿石,除反映了矿石沉淀和矿 体形成的具体环境差异外,还从根本上表征了成矿 热液从相对高温到中低温直至表生氧化演化过程。 根据矿体的赋存部位、矿脉相互穿插关系和矿石矿 物特征,可以划分为内生成矿期和表生成矿期进行 讨论。

内生成矿期有 2 个成矿阶段, 表生成矿期有 1 个成矿阶段, 其矿化作用特征分别是:

4.1 中温相对深成阶段

该阶段的矿化产物主要见于红泥塘和乱洞山两 个矿段。其中以红泥塘矿段最为显著。矿化部位主要 为斑岩体的内部、岩体与围岩的接触带和发育于岩 浆房顶部区的隐爆角砾岩筒中。形成的矿石类型为 硫化物型,与之相伴有大规模的钾化蚀变作用。在斑 岩体与灰岩的接触带可形成一定规模的夕卡岩型矿 化体,同时硅化和铁化作用也大面积发育。虽然硫化 物矿石以及夕卡岩矿化体中均有一定的金含量,但 资料对比表明,该阶段不是本区金沉淀富集的主要 阶段。

4.2 中、低温浅成阶段

该阶段的矿化产物广见于矿区的各个矿段,特 别是地表或浅部区。矿化部位由斑岩体内部或附近 转移至外接触带或与斑岩体有一定距离的围岩中。 形成的矿石类型以混合型矿石为主,有一些特殊部 位可能形成原生的氧化型矿石(北衙东区那样的原 生氧化铁--金矿脉)。这些矿脉的特点是:矿脉直接充 填于陡倾斜裂隙或与之贯通的层间软弱带,脉体致 密坚硬。矿体与灰岩的界线十分清晰,灰岩没有或仅 有轻微的重结晶,但常常发生硅化,矿石中只发育泥 化或绢云母化等低温蚀变,常具胶状沉淀物。据蔡新 平等(1993)研究,金在这种矿脉中的赋存状态类似 于微粒型金矿,常以极细粒超显微包体形式分散在 氧化物褐铁矿中,局部出现的黄铁矿是无晶形的细 粒块状集合体,并无任何氧化迹象。没有典型的硫化 物矿床的铁帽,这些特点表明它们不是通常所称的 铁帽型金矿,而是浅成低温热液在近地表环境中形 成原生氧化矿床。

4.3 表生氧化阶段

虽然可能存在非氧化成因的氧化型矿石,但不 是所有的氧化型矿石都是原生的。本区有两类氧化 作用,一种为古氧化作用,形成了古红土型矿化。由 原生铅锌矿氧化形成的褐土状褐铁矿矿石是矿区重 要的金矿化体之一。金矿赋存的氧化带在剖面上有 一定的分带现象。0~20 m 为强氧化带,多为贫金 带,主要由褐铁矿、软锰矿和硬锰矿组成,形成皮壳 状、蜂窝状和多孔状,硅铁质格架明显,颜色多为褐 黑色或黄褐色; 20~100 m 为氧化淋滤带, 为富金矿 带,金最高品位 $w(Au) > 100 \times 10^{-6}$,以块状、胶状、 土状褐铁矿石居多,一般可有少量残余的硫化物矿 出现; 100~400 m 为半氧化带, 金品位一般 0.0x × $10^{-6} \sim x \times 10^{-6}$, 一般不具工业价值。再往下便过渡 到原生的硫化物带,含金更贫。另一类为现代氧化作 用, 它包括古氧化型矿石再次经历的表生作用, 形成 现代红土型矿化。本区特殊的地理地形和气候条件 非常有利于形成氧化淋滤作用。从整个矿区范围看, 虽然地表氧化作用一般表现为使矿体贫化,但由于

本区特殊的地形条件,又使得迁移出来的金不可能 发生远距离搬运,而是在一定深度范围内或某些地 形地理环境有利部位重新富集,形成了局部的富矿 段,这些地段正是北衙金矿区中区现代红土型矿化 体所在的位置。

5 金矿床成因研究

5.1 金矿的成矿时代

由于有关矿床和地层、岩体等之间的关系十分 清晰,可以认为本区与这些岩体(脉)有关金矿床的 成矿时代与富碱岩体(脉)形成的时代相近或稍晚, 这可以从矿床(脉)与岩体和地层之间的关系得到明 确的证明。

首先,赋矿地层主要依赖于富碱岩体(脉)侵入 的地层,而无明显的选择性,但具体的赋矿层位则依 岩性不同和距岩体(脉)远近有一定偏在性。根据区 内富碱岩体侵入的最高层位可知,成矿最晚应晚于 始新世,这同区内富碱岩体(脉)形成的时代相近或 一致。其次,矿体(脉)的产出与富碱岩体(脉)之间具 有十分密切的时空关系。迄今为止,区内各个岩体 (脉)分布区均见到了不同程度的矿化现象,一般表 现为铅锌矿化和金矿化相伴产出。矿脉与岩体(脉) 受控于同一构造-岩浆系统。这些特征反映了与富碱 岩体(脉)有关的金矿化是与铅锌矿化一起形成的。 此外,在晚于红泥塘岩体形成的角砾岩筒(角砾岩筒 产于岩体内部)中也发现有金矿化,但没有铅锌矿 化,表明在角砾岩形成之后虽没有发生铅锌矿化,但 金矿化作用仍在进行。再结合岩体(脉)和矿脉的产 出及其相互穿插关系,可以肯定矿化发生于岩浆活 动过程的中—晚期。综上所述,结合本区富碱岩体 (脉)(集中于 45~30 M a 的范围内)和区域上相似岩 体的实测年龄(65~19.5 Ma)^[4,6,9],可以推断出本区 金矿化内生阶段主要发生于 50~18 Ma 之间, 即喜 山早—中期。

5.2 成矿物质来源

5.2.1 不同地质体金丰度特征

根据对北衙地区蚀变和未蚀变的、蚀变强弱程 度不同的富碱岩体(脉)和不同时代地层的金丰度测 试(共 42 件样品)表明,矿区范围内的富碱岩体脉(w(Au) = 1.37 × 10⁻⁹ ~ 507 × 10⁻⁹)和不同时代地层 (w(Au) = 6.4 × 10⁻⁹ ~ 158.5 × 10⁻⁹)的金丰度值一 般均高于外围相同岩性或时代的岩石(w(Au) = 3.6 × $10^{-9} \sim 47 \times 10^{-9}$) 或地层(w (Au) = 0. 33 × $10^{-9} \sim 5.35 \times 10^{-9}$);同时在矿区内受到矿化蚀变的岩石(w(Au) = 157.95 × $10^{-9} \sim 507 \times 10^{-9}$) 或地层(w (Au) = $32 \times 10^{-9} \sim 158.5 \times 10^{-9}$) 一般都要明显高于未受 明显蚀变的岩石(w (Au) = $3.6 \times 10^{-9} \sim 17 \times 10^{-9}$) 或地层(w (Au) = $6.4 \times 10^{-9} \sim 7.1 \times 10^{-9}$)。此外,在 矿区范围内,同一时代或岩性的地层近矿的普遍要 比远矿者金丰度值高。与金矿关系最为密切的正长 斑岩类、煌斑岩类在矿区外围的金丰度值主要集中 在w (Au) = $2 \times 10^{-9} \sim 20 \times 10^{-9}$ 之间,平均约 4×10^{-9} ,与地壳或一般碱性岩浆岩类的金平均丰度值 相比,总体相似,单个样品少数略有偏高,但偏高不 多,与矿区内相同岩性的岩石形成了明显的对比。

由上述可见,从矿区到外围,从矿区内无蚀变岩 体到有蚀变岩体以及矿脉和岩脉之间的这种金丰度 值变化特征,表明矿区内或蚀变的富碱岩体(脉)金 丰度值较高应是矿化作用的结果,岩体或地层中的 金不仅没有大规模的迁出,反而有外来金的加入,或 者说在热液与岩石相互作用过程中,从岩体中带出 的金要低于从热液进入岩体的金量。同时考虑到区 域上出露的富碱岩体以小岩株或岩脉为主,本质上 难以提供足够的金以形成矿床,特别是有些岩脉本 身就受较强的矿化作用而成为矿体的一部分,反映 了它们并非作为矿源,其更主要的是作为金的矿化 富集场所而存在。上述分析表明,与金矿成矿具有密 切联系的富碱岩体和相关的围岩地层都不是金的主 要源地。

5.2.2 矿床同位素地球化学特征

为了深入查明区内金矿床的成矿物质来源,对 研究区内主要岩体及与之有关的矿脉开展了包括 硫、氢、氧、碳、铅同位素地球化学特征研究,相关的 资料及测试结果见表 1。

(1) 硫同位素地质特征

由表 1 可以看出, 区内金矿床矿石与富碱岩体 硫同位素组成具有如下主要特点:①北衙金矿床矿 石黄铁矿、方铅矿 δ (³⁴S) 值变化为- 6.6×10⁻³~2.8 ×10⁻³, 平均为不大的正值, 总体与陨石硫相近, 显 示出源于地球深部, 主要是上地幔或壳幔混源带的 特点; ②对比金矿床与区内蚀变花岗斑岩的硫同位 素组成(δ (³⁴S)=0.1×10⁻³~3.7×10⁻³)可知, 前者 的变化范围略大于后者, 总体十分相似。反映了二者 具有相同的初始来源, 同时也表明, 前者的经历要比 前者复杂一些。且随着矿脉与富碱岩体(脉) 之间时 空关系的疏远而更加明显。这种特点不仅表现在硫

同位素组成上,在下面讨论的内容之中,都有不同程 度的反映。

表1 北衙金矿区矿石与相关富碱岩体 S, H, O, C, Pb 同位素组成

Table 1 S, H, O, C, Pb isotope composition of god ore and related alkali-rich intrusion in Beiya gold mine district

	样品属性	矿石	矿石	蚀变花岗斑岩	正长斑岩				
硫	测试矿物	黄铁矿、方铅矿	方铅矿	黄铜矿					
同 位 素	$\delta($ $^{34}{ m S})$ / 10- $^{3}{ m S}$	- 6.6 ~ 3.7	- 2.4 ~ 2.8	0.1 ~ 3.7	1.4				
	均值/10-3	0.2	2. 53						
	样数	4	4	11	1				
	资料来源	本文和[5]综合	本文	[5]	[5]				
	样品属性	矿石	矿石	灰岩	含矿岩体	矿体			
氨	测试矿物	方解石	方解石	方解石脉	方解石脉	方解石脉			
碳	δ ($^{18}{ m O}_{{ m tr}{ m by}}$) / 10 ⁻³	- 15.19	- 19.72						
同	δ ⁽¹⁸ O ₇ K)/10 ⁻³	- 7.85	- 8.16	- 3.64/-2.44/-6.94	- 18.76	- 15.21			
位	δ(¹³ C) / 10 ^{− 3}			- 0.84 ~ 0.72	- 5.05~	8.13			
素	样数	1	1	3	1	1			
	资料来源	[5]			[6]				
	样品属性	矿石	矿石	矿石	正长岩	正长岩			
	测试矿物	黄铁矿	褐铁矿	方铅矿	全岩	全岩			
铅	$w\left(\left.^{206}\mathrm{Pb}\right)/w\left(\left.^{204}\mathrm{Pb}\right)\right.$	18.642	18.478	17.969	18.637	18.621			
回位	$w({}^{207}\mathrm{Pb})/w({}^{204}\mathrm{Pb})$	15.736	15. 553	15.226	15.728	15.709			
素	$w\left(\left.^{208}\mathrm{Pb}\right)/w\left(\left.^{204}\mathrm{Pb}\right)\right.$	39. 239	38.652	37. 591	39.094	39.038			
	样数	1	1	1	1	1			
	资料来源		本文和[5]综合						

(2) 氧、碳同位素地质特征

据中国科学院地质研究所研究,北衙金矿区6 个方解石氧同位素测试结果可分为两组。其一为以 较低的负值为特征(δ (¹⁸O) = -15.21 × 10⁻³ ~ 18.76 $\times 10^{-3}$), 是矿体和岩体内的方解石脉, 这组数据同 西南地勘局昆明地质研究所测试的数据(δ (¹⁸O) = - 15.19×10⁻³~19.72×10⁻³)十分相似。一般认为 具有负值组成的同位素氧为大气降水的特征,但同 时对方解石中碳同位素的分析表明, 其 δ (¹³C) 值变 化范围为-5.05×10⁻³~8.13×10⁻³,显示出与火 成岩气液包体的 $\delta(^{13}C)$ 值(-5×10⁻³~25×10⁻³)相 当,从而反映出其源于地下深部而与大气降水无关 的特点。对比另一组取样干沉积碳酸盐内的方解石 δ (¹⁸0)值为-2.4×10⁻³~6.94×10⁻³,以具较高的负 值为特点,因而也可能源于天水,但相对应的 δ (¹³C) 值为-0.84×10⁻³~0.72×10⁻³,近于0,十分明显 地显示出与海水碳酸盐的碳同位素组成(δ (¹³C) = - 3.2×10⁻³~5.2×10⁻³,平均-1.16×10⁻³)相似, 二者吻合得很好。这就证明了这两组碳、氧不是同一 来源,后者的碳可以肯定源于天水淋滤沉积碳酸盐

中的碳, 氧源于天水, 而前者碳则是深源碳, 故而其 氧并不一定是源于天水。换句话说,如果矿体和岩体 中的氧为大气降水来源,那么大气降水的循环,必将 同时改变流体中碳的同位素组成,因而具有海相沉 积碳酸盐的碳组成特征,显然这个结果没有发生。根 据有关报道,具有特别低的氧同位素组成也可能是 地下深部(地幔)流体源,综合分析认为,本区的成矿 流体中碳、氧也是以地幔源等深部来源为主的。但它 们为什么与其他地区形成明显的差别. 原因尚不清 楚。考虑到方解石形成于成矿作用的晚期,且接近于 地表,大气降水的影响也可能是存在的。将本区矿体 矿石矿物中包体水(代表的是成矿流体)和相应的富 碱岩体(代表岩浆流体)的氢、氧同位素组成加以比 较,不难看出二者是十分相似的,反映了二者具有相 同的源地,结合相关的碳同位素组成(δ^{13} C) = -2.7 × 10^{-3} ~ - 4.9×10⁻³), 幔源碳(δ (¹³C) 约为 - 5× 10⁻³~-7×10⁻³)可知,应以来自地幔或壳幔混合 层等深源为主。

(3) 铅同位素地质特征

区内金矿床矿石的铅同位素组成如表2所示。

由表可以看出,总体上 $w(^{204}Pb)/(^{204}P),w(^{207}Pb)/w$ (^{204}Pb)和 $w(^{208}Pb)/w(^{204}Pb)$ 的变化范围分别是: 17.969~18.642,15.226~15.736和37.591~ 39.239。与本区富碱岩体的铅同位素组成相比较可 以看出,二者变化趋势十分相似,但矿床的铅同位素 变化范围比富碱岩体要大。这既反映了二者的同源 性,同时证明矿石铅的来源更为复杂一些。这同前述 的硫、氢、氧、碳同位素所反映的特点一致。将矿石铅 同位素组成投入 $w(^{207}Pb)/w(^{204}Pb) -w(^{206}Pb)/w(^{204}Pb)$ +we物图上,其投点情况与上述分析相同,多数位 于地幔和造山带铅演化线之间,部分位于造山带和 上地壳演化线之间,也显示了以深源(上地幔或壳幔 带)铅为主,并可能有壳源混染的来源特征。 5.2.3 富碱岩体稀土元素地球化学特征

为了更深入地探讨与金矿成矿密切相关的富碱 岩体成因,开展了矿区富碱岩体的稀土元素地球化 学特征研究,相关富碱岩体(脉)稀土元素含量及相 关参数详见表 3,相应的稀土元素配分曲线如图 2。 从上述有关的图表可以看出如下一些特点:

表 3 北衙金矿区部分富碱岩体稀土元素组成

T able 3 REE analysis for some rocks of the alkali-rich intrusion in Beiya gold mine district

					$w_{\rm B}/10^{-1}$
样品	二长斑岩	石英 二长斑岩	正长斑岩	含金 褐铁矿石	含金 黄铁矿石
La	27	23	43	5	11
Ce	38	36	82	7.2	14
Pr	4.9	33	11	1.1	2.1
Nd	22	13	44	2.4	4.3
\mathbf{Sm}	3.9	1.8	7.1	0.72	0.8
Eu	1.3	0.71	2	0.27	0.14
Gd	4	2.3	5.7	0.59	0.75
Тb	0.73	0.38	1.3	0.23	0.28
Dy	2.5	1.3	4.9	0.42	0.35
Ho	0.66	0.38	0.94	0.18	0.2
Er	2.3	1.2	2.6	0.3	0.29
Τm	0.25	0.17	0.34	0.14	0.18
Yb	2.1	1	2.8	0.24	0.15
Lu	0.21	0.16	0.32	0.07	0.1
Y	20	10	23	3	1.9
Σree	109.85	114.3	208	18.86	34.64
δ(Eu)	1.1	1.21	1.02	1.34	0.62
б (Се)	0.65	0.22	0.77	0.6	0.57

资料由本文和文献[5]综合

(1) 矿区内中酸性富碱斑岩类稀土总量 w
(ΣREE) 总体偏低,变化为 109.85×10⁻⁶ ~ 208×10⁻⁶,其中正长斑岩较高,为 208×10⁻⁶,与我国 73



配分曲线图

Fig. 2 REE patterns of the alkali-rich intrusion and gold ore in Beiya gold mine district

个壳幔型花岗岩的平均值(164.3×10⁻⁶)相似。从早 到晚期岩石稀土总量有逐渐增高的趋势。w(Eu)出 现了不明显的正异常,变化为 1.02×10^{-6} ~1.1× 10^{-6} ,而w(Ce)则均为负异常,变化为 0.22×10^{-6} ~ 0.77×10⁻⁶。两个矿石样品的稀土元素总量均很低, 铕和铈的异常变化均比富碱岩体要大,含金的褐铁 矿与含金的黄铁矿铕异常形成了鲜明的对比。

(2)从稀土元素的配分曲线可以看出,其曲线配 分模式为向右的缓倾型,轻稀土略呈富集,石英二长 斑岩 Pr 出现了较明显的异常。矿石同岩石的配分曲 线相比,曲线(特别是重稀土部分)的波动明显,但总 体趋势仍很相似。反映出它们可能有共同的源区。

由上述岩石稀土元素地球化学特征可以看出, 本区矿石与岩浆岩的稀土元素配分曲线特征表明二 者均经历了大致相似的演化过程。但由于含矿流体 可能比岩浆活动的范围更大,且来源可能也更复杂, 因而也表现出略有差异。

综上所述,我们可以对本区金矿床成矿物质的 来源问题提出如下认识:作为主要矿质的金等相关 元素并不是主要源于已经成岩的碱性岩体或相关围 岩,显然含矿(成矿)初始流体就不可能是由岩浆本 身分异而来,因为如流体纯粹是从岩浆中分异出来 的,那么其中的矿质自然也就来源于岩浆或流体迁 移途经的围岩。上述资料表明,它们更可能是源于最 初的地幔流体,也就是这种地球深部流体即是成浆 流体,又是成矿流体(本身就含有成矿物质);但它们 相互之间的密切联系又表明它们曾共存于同一体系 ——即富碱岩浆系统中。

6 结论

根据上面的讨论,结合我们对区域富碱岩体成 因及形成演化过程的研究^[2,3],对于北衙金矿床的成 矿可以形成如下的初步结论:

(1) 北衙金矿床是滇西北与喜山期富碱岩浆活 动有密切时空和成因联系的典型代表之一, 它具有 形影相随、时间相近、成因相关的特点。有关研究表 明^[3], 这种联系在滇西北地区具有普遍性, 因此, 该 矿床的成矿作用是区域与富碱岩浆活动有关的金矿 成矿系统的一个缩影。

(2)岩浆成岩与流体成矿是伴随着岩浆-流体体 系演化的同一过程的两个方面。岩浆的形成与上侵 就位为成矿流体从地球深部上升并成矿提供了条件 ——岩浆是流体上移的载体,同时是流体从含矿热 液向成(富)矿热液转化的热机。也就是说从地幔上 升的流体虽然含有矿质,但它们分散在大量流体之 中,并未得到有机的集中,如果这种流体直接上升到 成矿部位沉淀可能只会形成毫无价值的矿化。但由 于流体上升至岩浆源区导致岩浆形成,并随着岩浆 的多次分异演化、上升,在环境物理化学条件和金在 流体演化中综合行为^[11]作用下,最后从岩浆系统中 分离出来的流体可能在数量上有所减少,但其中金 的含量却得到了明显的集中。

(3)结合区内成浆与成岩作用,北衙金矿床的成 矿过程大致可以这样进行描述:①区域隐伏的近 EW 向古深大断裂在喜山期特殊的地质地理条件下 重新活动^[1,2,3],激发了地球深部(地幔)富含碱质^[1,2] 和金等矿质的流体得以上升;②当流体上升至壳幔 混合带(层)时,导致了该带内岩石部分熔融,并形成 了富碱质的岩浆房;③此后富碱岩浆(它显然是地幔 流体和壳幔混合层物质的综合体)开始(主要沿近 EW 向构造)上升分异演化;④在岩浆上升分异演化 的过程中,流体与岩浆等之间也会发生复杂的相互 作用,从流体成浆之后的与岩浆共存,在流体与岩 石、进而是岩浆相互作用过程中,矿质含量进一步增高,并随岩浆的分异演化不断地聚集,逐渐与岩浆分离,变成独立的成矿流体;⑤由于金的亲碱性流体等一系列性质^[11],而一直偏向随流体一起活动,最终 (一般多在岩浆活动的中、晚阶段)脱离岩浆体系移 到合适部位形成金矿。流体的活动和演化时间、范围 均比岩浆大,因而其性质、成分等也要比岩浆复杂, 其他来源的流体和矿质并入也许是不可避免的,但 就本区而言,除个别地区或时期外,其数量和影响都 是很微小的。

参考文献:

- [1] 葛良胜, 郭晓东, 邹依林, 等. 滇西北地区(近) 东西向隐伏构造
 带的存在及证据[J]. 云南地质, 1999, (2).
- [2] 葛良胜, 郭晓东, 邹依林, 等. 滇西北(近) 东西 向隐伏构 造及其 对岩浆和金成矿 的控制作用[A].见:中国地质学会."九五"全 国地质科技重大成果论文集[C].北京:地质出版社, 2000.
- [3] 葛良胜,杨嘉禾,郭晓东,等.滇西北地区与碱性(杂)岩体(脉) 有关的金矿区域成矿条件及成矿预测(科研报告)[R].廊坊:武 警黄金地质研究所,1999.
- [4] 张玉泉, 谢应雯, 涂光炽. 哀牢山—金沙江富碱侵入岩及其同裂谷构造的关系研究[J]. 岩石学报, 1987, (1).
- [5] 刘景洪,李如良,邵伟年.云南鹤庆北衙金矿地质特征及成矿机 制探讨[J].西南矿产地质,1991,(2).
- [6] 西南地勘局昆明地质调查所, 滇西北与碱性火山次火山岩有关的岩金成矿规律及成矿预测(科研报告)[R].成都:冶金西南地质勘查局, 1992.
- [7] 岑况. 幔-壳地球化学演化和岩浆期后金属富集成矿的历程[J].地学前缘, 1999, (2).
- [8] 毕献武, 胡瑞忠, Cornell D H. 富碱 侵入岩与金成矿 的关系: 云南姚 安金 矿床成 矿流体 形成 演化 的微量元素和 同位素 证据
 [J]. 地球化学, 2001, (3).
- [9] 吕伯西,王增,张能德,等.三江地区花岗岩类及其成矿专属性.
 中华人民共和国地质矿产部地质专报(三)岩石矿物地球化学第18号[M].北京:地质出版社,1993.
- [10].吕伯西,钱祥贵.滇西新生代碱性火山岩、富碱斑岩深源包体岩 石学研究[J].云南地质,1993,(3).
- [11] 葛良胜. 岩浆体系演化中金的现状——兼论岩浆岩与金矿的 关系[J]. 黄金地质, 1995, (3).
- [12] 葛良胜, 郭晓东, 邹依林. 试论地球内部流体与地质作用—— 现代地质科学研究思考[J]. 地球科学地进展, 1998, (2).

(下转第46页)

46	地	质	找	矿	论	丛	2002年
				[2]	地质 张理	大学出版社, 1997. 131-I35. 刚. 稳定同位素在地质科学中的应用[M] . 西多	6: 陕西科学
					技术	出版社, 1985.	
参考文献:				[3]	王育	民,朱家鳌,余琼华,等.湖南铅锌矿地质[M].	北京:地质
					出版	社, 1988. 260-270.	

张纯臣,谭正修,朱伦杰,等.湖南省岩石地层[M].武汉:中国 [1]

DEPOSIT GENESIS AND GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF HOUJIANGQIAO Pb-Zn DEPOSIT IN HUNAN

LI Xiang-neng

(418 Brigade of Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Developement, Loudi 417000, China)

The Houjiang qiao Pb-Zn deposit features multi-source, multi-stage in mineralization, which is Abstract: mainly related to Devonian strata and hydrothermal activity. Studies on geology, isotopes and metallogenesis indicate that the ore-forming material derived from strata and magma derived from crustmantle. The deposit belongs to Pb-Zn deposit related to sedimentary-remobilization.

Key words: Hou Jiangqiao; Pb-Zn deposit; Geological characteristics; Deposit genesis; Hunan

(上接第40页)

GEOLOGICAL CHARA CTERISTICS AND GENESIS OF BEIYA GOLD DEPOSIT, YUNNAN PROVINCE

GE Liang-sheng¹, GUO Xiao-dong¹, ZOU Yi-lin, LI Zhen-hua¹, ZHANG Xiao-hui²

(1. Geological institute of the Armed police forces, Langf ang 065000, China; 2. The 13rd branch of the armed police forces, Kunning 650111, China)

Abstract: Beiya gold deposit, Yunnan province is one of the typical deposits related to alkali-rich intrusion of Himalayan period. It is characterized by multi-stages of ore formation and alteration zonation. Ore bodies' (lodes') occurrences are spatially, temporally (slightly later) and genetically related to alkalirich intrusions (dykes) in the mine district. However, data of gold abundance, isotope and REE of the deposit and related alkali-rich intrusions (dykes) show that ore material is not derived from the intrusion, together with ore fluid from deep source dominated by mixation of upper mantle and lower mantle and that relation between the alkali-rich magmatism and the ore genesis is complex.

Key words: Beiya gold deposit; alkali-rich intrusion; Yunnan province