

·非主题来稿选登·

云南澜沧地区南角河银多金属矿床的地质特征及成因

杨贵来^{1,2}, 杨伟光², 莫宣学¹, 曾普胜³, 和中华², 解 通²YANG Gui-lai^{1,2}, YANG Wei-guang², MO Xuan-xue¹,ZENG Pu-sheng³, HE Zhonghua², XIE Tong²

1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 云南地质矿产资源股份有限公司, 云南 昆明 650215;

3. 云南财经大学, 云南 昆明 650221

1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Yunnan Geology and Mineral Resources Co. Ltd., Kunming 650221, Yunnan, China;

3. Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221, Yunnan, China

摘要: 南角河银多金属矿是在地质调查过程中发现并评价的一个具有大型找矿远景的矿床。矿床产于临沧-勐海复式花岗岩基南段西侧与新元古界澜沧群变质岩的接触断裂破碎带(白章断裂)中, 矿体呈脉状, 形态单一。同位素及成矿流体分析结果表明, 成矿物质主要来源于花岗岩和澜沧群地层, 成矿流体以大气降水下渗加热上升回返并混合少量岩浆热液为特征, 以花岗岩和澜沧群变质岩为矿源层, 以断裂破碎带为赋存空间, 为具有明显垂向分带特征的低温热液矿床。

关键词: 银多金属矿; 白章断裂; 垂向分带; 低温热液矿床; 南角河; 澜沧地区; 云南

中图分类号: P618.52

文献标识码: A

文章编号: 1671-2552(2006)09~10-1225-08

Yang G L, Yang W G, Mo X X, Zeng P S, He Z H, Xie T. Geological characteristics and genesis of the Nanjiaohe Ag-polymetallic deposit in the Lancang area, Yunnan, China. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(9-10): 1225-1232

Abstract: The Nanjiaohe Ag-polymetallic deposit was found and evaluated during geological survey and has good ore prospects. The deposit is located in a contact fractured zone (Baizhang fault) between the southwestern side of the southern segment of the Lincang-Menghai compound granite batholith and metamorphic rocks of the Lancang Group. The orebodies occur only as veins. Isotope and ore fluid analysis show that the ore materials were mainly derived from granite and metamorphic rocks of the Lancang Group and that the ore fluids originated by infiltration of meteoric water and then its rise and mixing with small amount of magmatic hydrothermal fluids. The source of ores may be granite and metamorphic rocks of the Lancang Group. The orebodies are hosted in a fractured zone and have pronounced vertical zoning. So, based on these characteristics, the Nanjiaohe Ag-polymetallic deposit is an epithermal one.

Key words: Ag-polymetallic deposit; Baizhang fault; vertical zoning; epithermal deposit; Nanjiaohe; Lancang area; Yunnan

南角河银多金属矿床是在新一轮地质调查过程中发现的, 初步的勘探和评价表明该矿床是以银、锑、金、铅、锌多金属矿化为特征的大型矿床。因此, 深入研究该矿床的成因类型和成矿条件并建立成矿模式, 对澜沧江南段的矿产勘查和

扩大找矿成果具有重要的现实意义。

1 区域成矿地质及物化探背景

南角河银多金属矿床位于三江褶皱系临沧-景洪褶皱

收稿日期: 2006-04-27; 修订日期: 2006-09-13

地调项目: 中国地质调查局地质调查项目《云南上允-南角河银锑金矿评价》(编号: 199910200205)资助。

作者简介: 杨贵来(1969-), 男, 高级工程师, 在读博士, 从事矿产资源勘查评价工作。E-mail: ygl@ykgfsm.sina.net

束之崇山-临沧-勐海山弧带南段, 昌宁-澜沧弧后隆起带与临沧-勐海花岗岩基南段西侧与澜沧群变质岩接触的NW向断裂破碎带(即白章断裂)中(图1)。区域上, 白章断裂与黑河断裂、磨刀河断裂等共同组成NW向的断裂带。目前已在该组断裂带上发现金、银、铅、锌等矿床(矿点)多处。南角河银多金属矿区出露的地层为新元古界澜沧群曼来组(Pt_{m1}), 根据岩性可将曼来组分为上下2段。曼来组下段(Pt_{m1}^L)分布在矿区中南部, 地层走向近南北, 北部被白章断裂所截, 向南延伸到矿区外。该段岩性主要是一套中等变质的斜长绢英片岩、斜长绿泥石英片岩、绢云片岩、斜长白云母石英片岩、似眼球状斜长变粒岩及绢英片岩, 未见底。曼来组上段(Pt_{m1}^U)分布于下段地层之东西两侧, 由绢英片岩、白云石英片岩、白云绢云片岩、斜长变粒岩组成, 未见顶; 底部出现一套标志性的风化后呈白色砂糖状的斜长变粒岩, 可作为与下段地层的明显分界标志。上、下段地层之间为整合接触。

矿区构造以断裂构造为主。白章断裂(F_1 断层)为一条区域性断裂, 走向 320° , 总体倾向北东, 局部向南西扭曲, 倾角 $62\sim 87^\circ$ 。断裂规模大, 北西段通过澜沧群延出矿区; 南东段通过花岗岩延出矿区(图2); 中段长7.5 km, 其北东盘为花岗岩, 南西盘为澜沧群曼来组; 断裂破碎带宽30~70 m, 沿断裂带各种断裂破碎特征(如碎裂结构、片理化、擦痕、滑动面等)非常发育。断裂特征的研究表明, 该断裂具有先张后压扭、以压扭性为主的多期次活动的特征。沿断裂带热液活动明显, 中段北西部可见不均匀的黄铁矿化和零星的辉锑矿化, 中段南东部则是银多金属矿床赋存的主要部位。因此, 该断裂构造既是控矿构造, 也是赋矿构造。

褶皱构造主要是阿卡寨背斜。该背斜位于白章断裂南西盘的澜沧群中, 轴向近南北, 轴面近于直立, 轴部地层为曼来组下段, 两翼为曼来组上段。褶皱的北部被白章断裂所截, 向南轴部地层出露的宽度变小。

区内岩浆岩主要为临沧-勐海复式花岗岩基西侧的黑云二长花岗岩体, 分布在白章断裂以东的大片地区, 与南西侧澜沧群曼来组地层呈断层接触。黑云二长花岗岩具中粒花岗结构或似斑状结构, 块状构

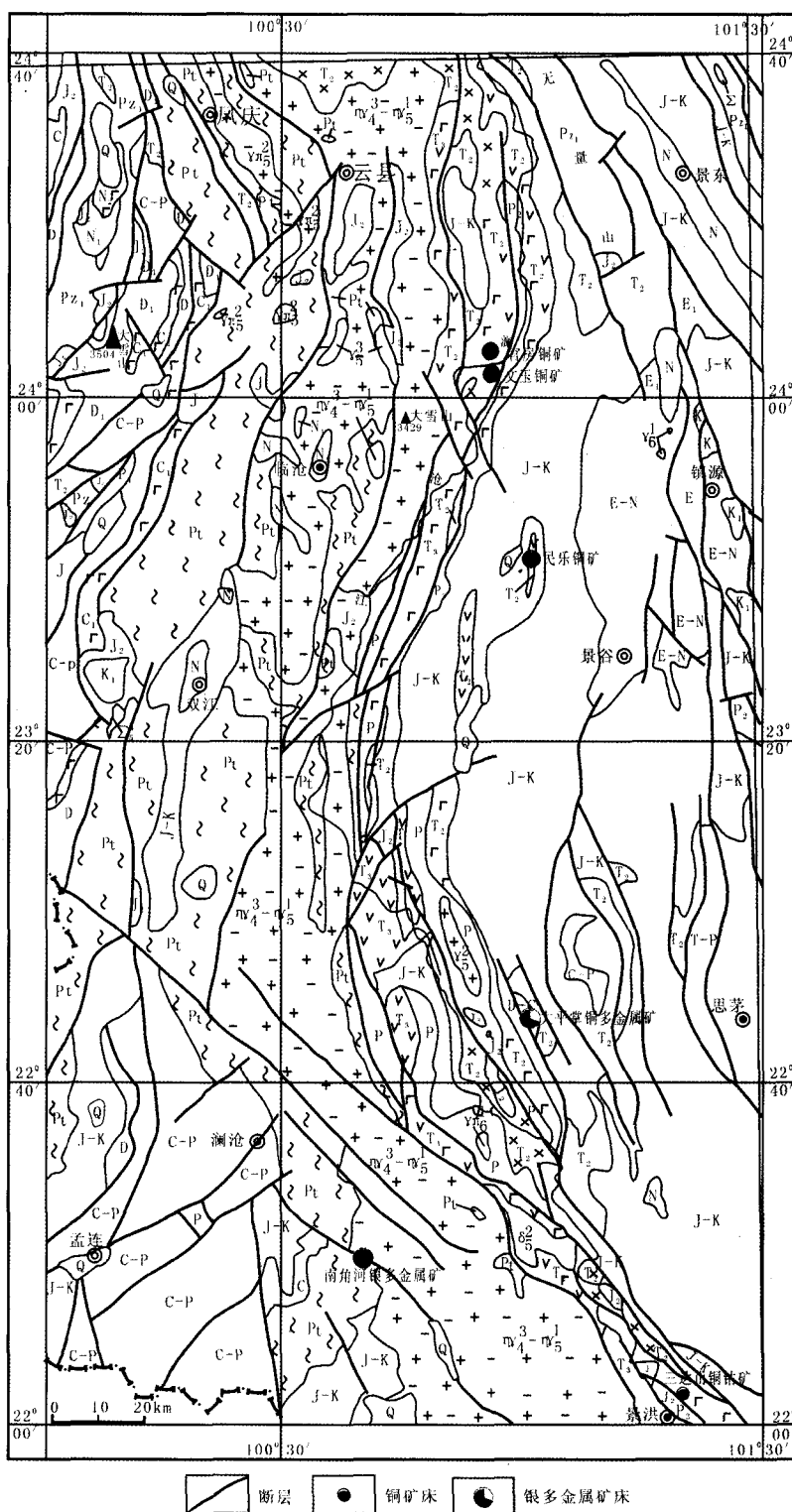


图1 澜沧江南段区域地质图

Fig.1 Regional geological map of the southern section of the Lancang River
Q—第四系; E-N—古近系-新近系; J-K—侏罗系-白垩系; T₁—上三叠统; T₂—中三叠统; C-P—石炭系-二叠系; Pt—元古宇; Pz—下古生界; D—泥盆系; γm_1 —花岗斑岩; γ_1^1, γ_1^2 —花岗岩; δ_1^1 —闪长岩; γm_2 —花岗斑岩; $\eta \gamma_1^1, \eta \gamma_1^2$ —黑云母二长花岗岩; Σ_3 —超基性岩

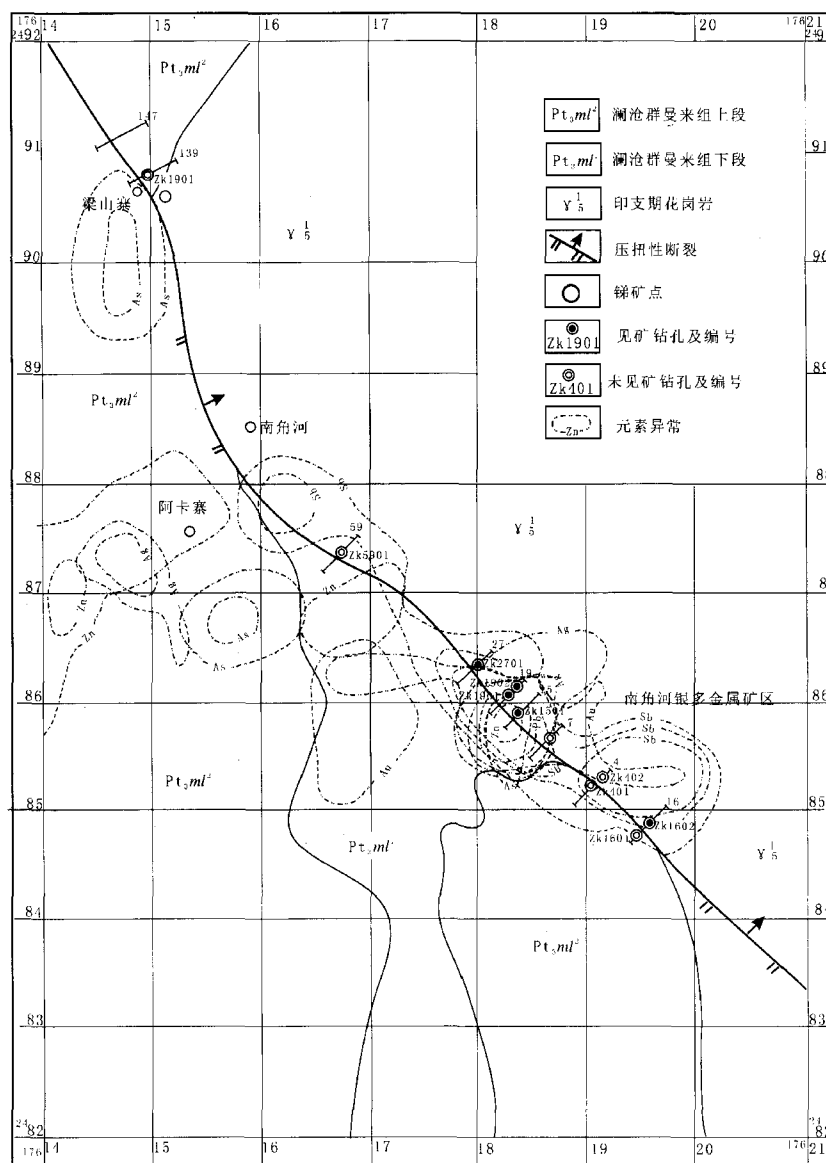
造,花岗岩内可见石英脉、浅色细粒花岗岩(细晶岩)脉穿插。临沧-勐海花岗岩体是一个多期侵入活动所形成的复式岩基,形成于581~190 Ma之间,构造环境早期为岛弧环境,晚期为大陆碰撞造山环境^[2]。

对矿区及其外围开展了磁法等物化探工作。瞬变电磁法在19、27、59勘探线发现低阻异常,其中19线的低阻异常与已知矿体吻合较好。在19、4、21勘探线还进一步开展了氡气测量、X射线荧光测量、 γ 能谱测量、幅频激电测量等^①,均发现了与破碎带、矿(化)体对应的异常(带),特别是19线的测量结果与已知矿体一致(图3)。因此,物探研究进一步证明了矿体的存在并具低阻高激化的特征。

在1:5万土壤化探工作中,圈出的Sb、Ag、Pb、Zn、Au、Cu异常带,其元素组合与各种异常的相互套合很好,且异常的展布与白章断裂破碎带的方向和位置基本吻合,异常的浓集中心也与断裂破碎带中已知的矿体相吻合。特别是在19、0和16线的土壤地球化学测量中,发现破碎带及矿(化)体分布区的土壤中Ag、Pb、Zn、Au的含量急剧上升,异常非常显著。但在澜沧群和花岗岩分布区,Ag、Zn含量变化不大,Pb在澜沧群中的含量低于花岗岩区,而Au在澜沧群中的含量高于花岗岩区。因此,物化探工作成果不仅进一步证实了矿体(矿化)的存在,而且也为该区域进一步找矿指明了方向。

2 矿床地质特征

南角河银多金属矿体产于临沧花岗岩与澜沧群曼来组之间的 F_1 断裂破碎带内,矿体产状与破碎带近于一致,平面上呈北西向展布,走向约320°,总体倾向北东,局部向南西扭曲,倾角较陡,达60~80°,最陡可达87°。矿体多呈脉状,顶板围岩为碎裂蚀变花岗岩和硅化花岗岩,底板围岩为蚀变花岗岩,局部可见碎裂蚀变片岩。目前工程已控制的矿体及矿化带长2300 m,并已圈出2个矿段。其北西矿段以银为主,共(伴)生有铅、锌、铜、金等,工程控制长度达450 m,厚度达1.43~15.82 m,平均厚度5.53 m;南东矿段以银、锡为主,工程控制长度920 m,厚0.91~9.5 m,



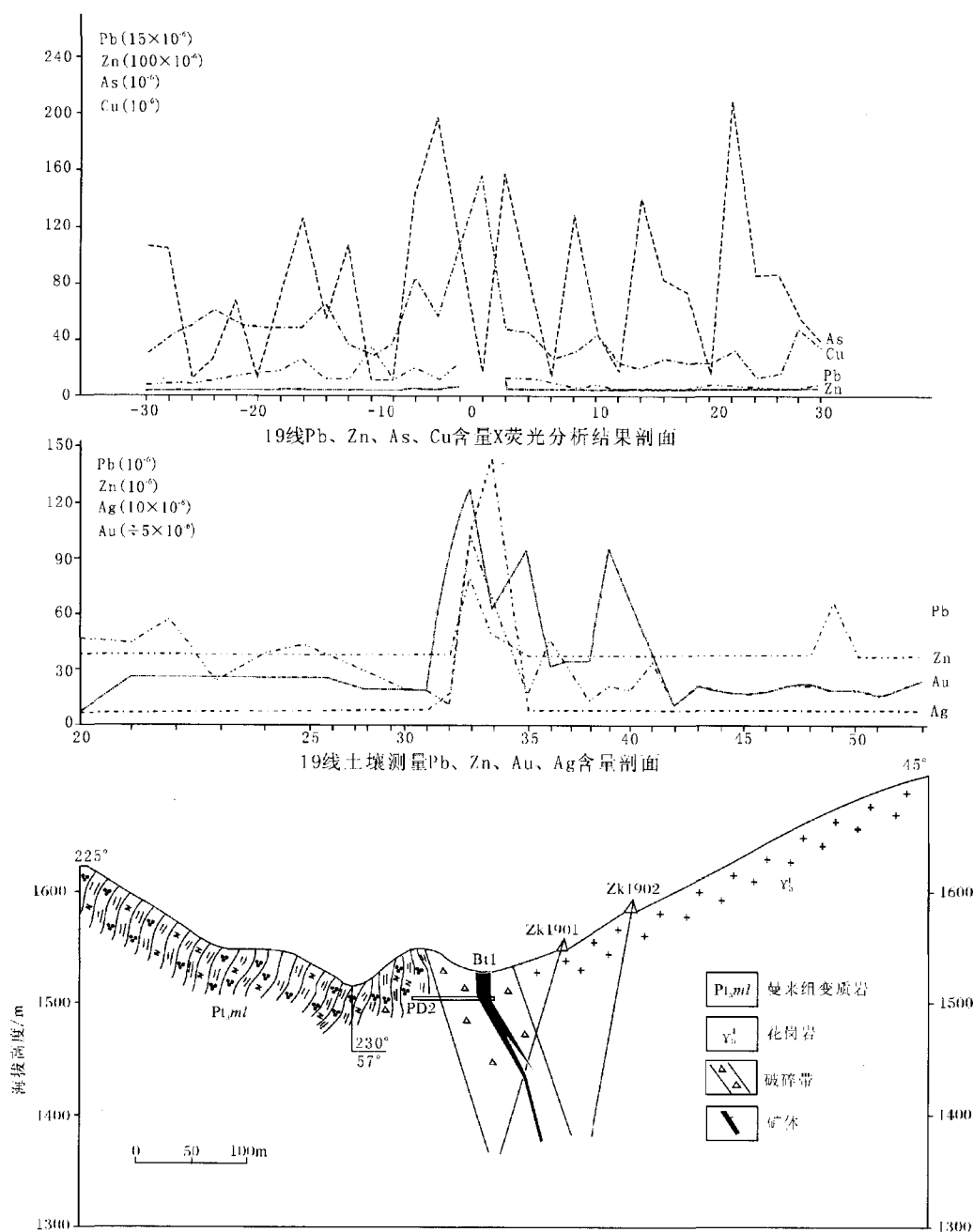


图3 南角河银多金属矿床19勘探线剖面

Fig.3 Exploratory profile 19 of the Nanjiaohe Ag-polymetallic deposit

矿石以硫化矿为主,在地表矿石中可见极少量的氧化矿石。矿石多为自形晶、中—粗粒粒状结构,少数为粗—巨粒粒状结构,块状、细脉状、网脉状、角砾状构造,局部为梳状、条带状构造和少量浸染状构造。金属矿物以方铅矿、闪锌矿、辉铋矿为主,次为黄铁矿,少量黄铜矿、孔雀石、蓝铜矿、脆硫铋铅矿等。镜下见辉银矿、淡红银矿、深红银矿等独立银矿物赋存于方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、石英粒间及矿物边缘。次生矿物有少量的孔雀石和铋华。脉石矿物主要为石英、长石、碳酸

盐矿物(方解石、菱铁矿)、重晶石、云母等。

矿化的多期多阶段特征比较明显。根据对矿石光片的显微镜下观察,大致可以划分为硅化和绢英岩化2个矿化期(或矿化阶段)。前者以形成银铅铋矿石为特征,而后者即绢英岩化阶段,主要形成银铋矿石。

南角河银多金属矿床的另一个显著特征是矿化分带现象十分显著。这种矿化分带特征在垂直方向上、水平方向上都有所表现,并通过矿石矿物组合、矿石的结构构造、蚀变类

表1 南角河银多金属矿床不同标高矿物组合及分带
Table 1 Mineral assemblages and mineral zones of the Nanjiaohe
Ag-polymetallic deposit at different elevations

标高/m	金 属 矿 物	非金属矿物
>1800	辉锑矿、脆硫锑铅矿	石英
1600~1800	辉锑矿为主、少量方铅矿、闪锌矿	石英、方解石
1600~1500	方铅矿、闪锌矿、辉锑矿、黄铜矿、黄铁矿	石英、重晶石、方解石
1500~14300	方铅矿、闪锌矿,少量黄铁矿、黄铜矿	石英、铁白云石,少量重晶石

表2 南角河银多金属矿床金属元素含量随标高的变化情况
Table 2 Change in metal element content in the Nanjiaohe
Ag-polymetallic deposit with different elements

海拔标高 /m	平 均 品 位					
	Ag/g·t ⁻¹	Pb/%	Zn/%	Au/g·t ⁻¹	Sb/%	Cu/%
1430	617.89	5.56	14.71	1.37	/	0.31
1510	335.91	7.33	13.72	2.88	/	0.14
1520	279.44	5.65	5.38	2.04	/	0.28
1560	559.80	1.09	4.23	1.38	0.52	0.09
1630	/	/	/	0.05	0.22	/
1710	341.63	0.74	2.24	1.16	17.04	0.05
1750	86.91	/	/	0.20	1.82	/
1790	192.74	/	/	0.12	3.42	/
1820	59.91	/	/	0.65	5.38	/

型、元素组合等多方面表现出来。这在云南省类似的矿床中是非常罕见的。比如,在垂向上,大致以1600 m标高为界,其上以脉状锑银矿化为主,蚀变主要是硅化和绢英岩化;其下以块状银铅锌矿化为主,伴随碳酸盐化和硅化。并且随着矿化高度的改变,自下而上依次出现方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿(金)、重晶石、石英、铁白云石,方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、辉银矿、辉锑矿、脆硫锑铅矿、方解石,辉锑矿、石英等矿石矿物组合的规律变化(表1、表2)。

对不同标高的矿石进行了流体包裹体研究,结果表明成矿温度、流体包裹体的气液比、盐度及矿石的Pb同位素比值也显示了规律性的变化。总体来看,成矿温度主要集中在80~162℃之间,但在垂直方向上成矿温度具有由下向上逐步降低的趋势。在1600 m矿化标高以下,成矿温度平均在100℃以

上;而在1600 m标高以上,成矿温度多在100℃以下或100℃左右。成矿流体的盐度(NaCl含量)在4.29%~5.90%之间,但随着矿化高度的增加,包裹体中气相/液相的比值和盐度均有所降低。矿床的Pb同位素也具有垂直分带现象,反映成矿热液流体在运移演化过程中可能与围岩发生了Pb同位素的交换和混合。

3 矿床地球化学研究

3.1 流体包裹体

南角河银多金属矿床中脉石矿物石英、重晶石和矿石矿物闪锌矿中的流体包裹体的研究表明,总地来看,包裹体数量较少,分布不均匀,相对而言,石英中包裹体数量较多,闪锌矿和重晶石次之。包裹体类型以单相液态包裹体为主,也

表3 南角河银多金属矿床流体包裹体测定结果

Table 3 Fluid inclusion measurements of the Nanjiaohe Ag-polymetallic deposit

标高/m	矿物	数目	大小/ μm	气液比/%	类型	均一途径	均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	盐度/%	密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
1430	石英	14	6~15	2~5	L-V	L	147	5.68	0.97
1466	石英	14	5~7	3~5	L-V	L	139	5.90	0.98
1466	闪锌矿	15	10~30	3~5	L-V	L	147	4.57	0.97
1520	石英	14	5~10	3~5	L-V	L	148	5.25	0.97
1520	闪锌矿	6	7~25	3~5	L-V	L	138	4.76	0.96
1590	石英	8	5~10	2	L-V	L	116	4.29	0.97
1620	石英	12	5~10	1~2	L-V	L	102	5.22	1.02
1810	石英	3	5~8	1	L-V	L	86	/	/

见少量气液比达2%~5%的二相液体包裹体(表3)。包裹体形态为不规则状、浑圆状、长条状、三角形状等,大小一般在5~15 μm ,最大30 μm ,多呈星散状分布,少部分成群成带分布。

对各种包裹体进行了均一法测温,其均一温度最高162 $^{\circ}\text{C}$,最低80 $^{\circ}\text{C}$,在垂向上由下往上温度逐步降低。包裹体的盐度变化在2.56%~6.87%之间,平均为4.29%~5.90%,在垂向上由下向上也略显降低的趋势,早阶段矿物中包裹体的盐度较晚阶段盐度高。推测包裹体均一温度和盐度在垂向上的变化可能与成矿流体的运移是由深部向浅部进行的有关。流体密度为1 g/cm^3 左右,属于低密度流体,很可能是地表水下渗经再循环形成的,但不排除有少量岩浆热液的混入。

3.2 稀土元素地球化学

南角河矿区未蚀变的花岗岩、蚀变花岗岩、元古宙变质岩和不同标高的矿石矿物、脉石矿物的稀土元素含量、配分模式见图4^①。本区各类岩石及矿物的稀土元素丰度具有如下特征:①元古宙变质岩的稀土元素总量(ΣREE)最高达 191.98×10^{-6} ,未蚀变花岗岩及蚀变花岗岩次之, ΣREE 分别为 167.44×10^{-6} 和 80.91×10^{-6} ;脉石矿物石英中 ΣREE 最低,分别为 1.93×10^{-6} 和 4.57×10^{-6} 。②所测定的各种岩石和矿物中,反映轻重稀土分馏程度的 $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 比值都大于1,说明本区岩石的LREE相对富集,HREE相对亏损;其中蚀变花岗岩的 $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 比值较大,而脉石矿物石英的 $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 比值最小(<1),

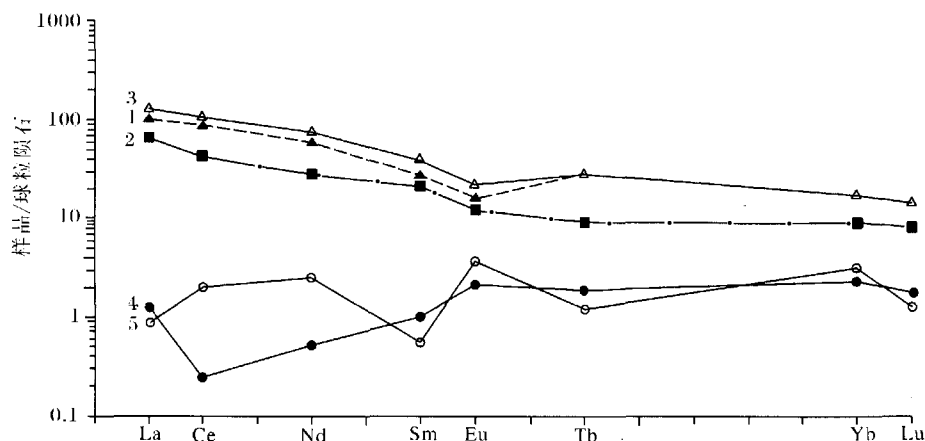


图4 南角河银多金属矿床矿物、岩石稀土配分模式^①

Fig.4 Minerals, rocks and REE distribution patterns of the Nanjiaohe Ag-polymetallic deposit

1—新鲜花岗岩;2—蚀变花岗岩;3—澜沧群变质岩;4—南东段1710m标高石英;5—北西段1590m标高石英

① 张成江.南角河、大平掌、芒海、岔河多金属矿评价研究报告.成都理工大学,2001.

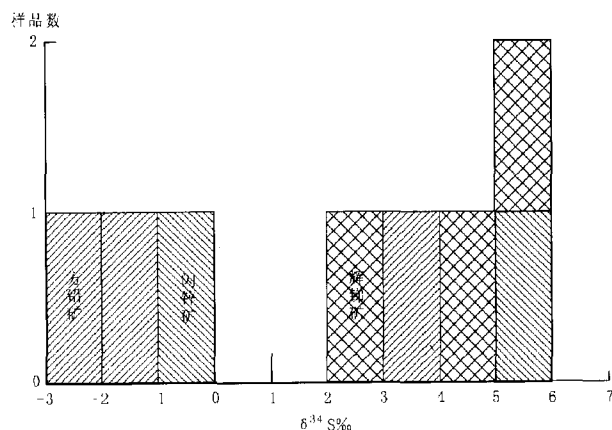


图5 南角河银多金属矿床的S同位素组成
Fig.5 S isotopic composition
of the Nanjiaohe Ag-polymetallic deposit

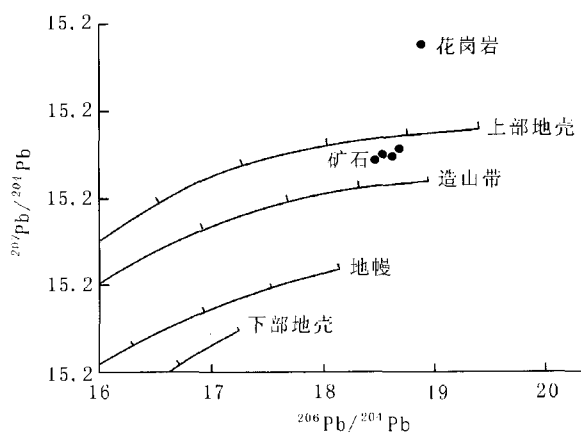


图6 南角河银多金属矿床Pb同位素特征
Fig.6 Pb isotopic features
of the Nanjiaohe Ag-polymetallic deposit

这是因为蚀变花岗岩经过流体交代,轻重稀土的分馏更加强烈。而石英属于矿化较晚阶段的产物,成矿流体经过长期演化,稀土元素的丰度已经比较均一,因此石英中稀土总量很低,轻重稀土的分馏也不明显。③未蚀变的花岗岩、蚀变花岗岩、元古宙变质岩均具有轻微的负Eu异常($\delta\text{Eu}=0.568\times 10^{-6}\sim 0.710\times 10^{-6}$),基本上无Ce异常($\delta\text{Ce}=0.96\times 10^{-6}\sim 1.15\times 10^{-6}$)。而脉石矿物石英具有明显的正Eu异常($\delta\text{Eu}=1.735\times 10^{-6}\sim 4.156\times 10^{-6}$),在1710 m标高以上的脉石矿物石英还具有正的Ce异常($\delta\text{Ce}=1.63\times 10^{-6}$)。

通常认为,成矿流体是可以发生变化(或演化)的。成矿流体的特征和性质,既与流体的来源有关,又与不同成因流体的混合作用(如混合比例和程度)有关,也与流体运移的过程及其与围岩交换反应的程度等有关。本区与成矿有关的各种岩石与脉石矿物石英在稀土元素总量、轻重稀土的分馏

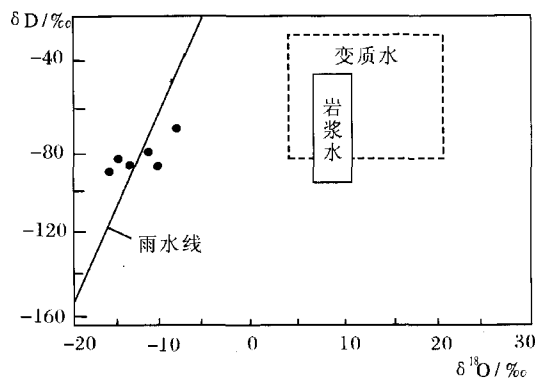


图7 南角河银多金属矿床的H、O同位素组成
Fig.7 H、O isotopic composition
of the Nanjiaohe Ag-polymetallic deposit

程度和Eu异常、Ce异常方面的差别,正是流体在整个成矿作用过程中发生分异演化的结果,表明成矿流体可能是地表水和岩浆水的混合,而不是单纯的地表水。

3.3 同位素地球化学

(1) S同位素

南角河银多金属矿床中金属硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化在 $-2.18\text{‰}\sim 5.95\text{‰}$ 之间,离差为8.13‰,平均为2.14‰,相对富集 ^{34}S (图5)。据前人研究,热液矿床中S具有多源性,如果矿床内 $\delta^{34}\text{S}$ 的变化不超过10‰,则说明矿石S的来源是均一的,据此判定,南角河银多金属矿床S的来源较单一,主要来源于上地幔。

(2) Pb同位素

本区的Pb同位素组成见图6,异常Pb组成不均一,其主体分布在造山带和上地壳的Pb的平均演化曲线之间比较靠近上地壳的地方,该位置与临沧花岗岩中副矿物方铅矿的Pb同位素组成投点位置几乎完全一致。这可能暗示临沧花岗岩不仅是成矿作用的主要热源,也可能还是部分成矿物质的源岩。

(3) H、O同位素

本区H、O同位素组成特征见图7^[9],由图7可见,H、O同位素组成的投点与标准雨水线靠近,其演化趋势与雨水演化线斜交。这暗示成矿流体为混合来源,以大气降水为主,可能有少量岩浆水混入。

4 矿床成因、成矿机制及成矿模式探讨

4.1 矿床成因

矿石中石英的压碎现象和波状消光等应力矿物现象明显,黄铁矿亦有普遍的压碎现象,表明在矿化、蚀变过程中构造应力作用强烈,矿化、蚀变的多期次也反映了构造活动的多期次。矿床主要受北西向白章断裂的控制,矿体产于断裂破碎带中,形态、产状均受破碎带控制。控矿断裂构造对矿床

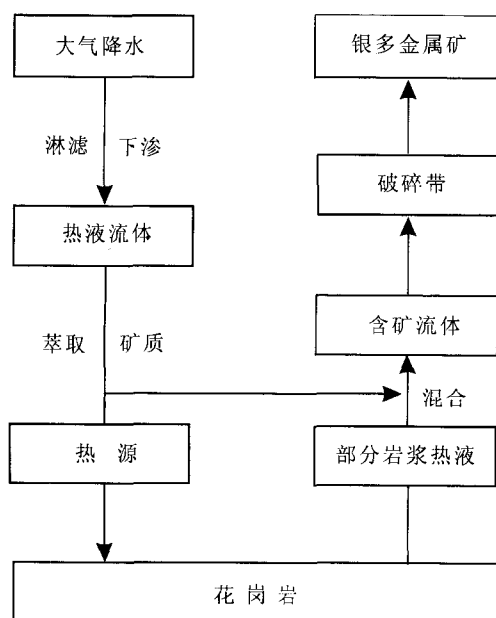


图8 南角河银多金属矿床成矿模式

Fig.8 Metallogenic model of the Nanjiaohe Ag-polymetallic deposit

的形成主要起了两方面的作用:一是为流体介质和成矿物质的运移提供了通道;二是为成矿物质组分沉淀形成矿床提供了容矿空间。

流体包裹体、稀土元素地球化学及同位素地球化学的研究表明,矿床的成矿物质主要来源于上地壳,成矿流体以大气降水为主,并有少量岩浆水混入,矿床为低温热液矿床。

4.2 成矿机制及成矿模式

在花岗岩与澜沧群的接触带,由于构造运动的影响,产生北西向的构造破碎带,在燕山期岩浆岩提供大量成矿能量的基础上,大气降水向下渗透并循环上返,热液中含大量

CO_2 、 CH_4 、 H_2S 、 H_2 、 CO 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 F^- 、 CO_3^{2-} 、 Cl^- 、 Ba^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等成分。流体萃取地层中的成矿元素Pb、Zn、Ag、Sb、Cu、Au、Fe、Ba等,并与岩浆热液中的成矿物质一起活化转移。深大断裂具有高的热流值,可以促进成矿物质的活化转移及成矿流体的形成,还有可能从深部带来成矿物质。含矿热液沿深部断裂向上运移,由于温度、压力、pH值等物理化学条件的变化,在断裂、裂隙等构造低压带中的有利容矿空间,以充填沉淀的方式形成形态简单的脉状银多金属矿床。综合上述成矿过程,可以初步建立本类型矿床的成矿模式(图8)。

5 结论

经以上研究,南角河银多金属矿床的成矿物质来源于花岗岩和元古宙澜沧群地层,矿床是以大气降水下渗、加热、上升回返并混合少量岩浆热液为成矿介质流体,以花岗岩和澜沧群变质岩为矿源层,以断裂破碎带为赋存空间,具有明显垂向分带特征的低温热液矿床。对矿床地质特征及成因的认识为在该区进一步找矿指明了方向,对该区寻找同类型多金属矿床具有现实的指导意义。在区域内,有多处与南角河矿床成矿条件相似的地段,有较好的找矿前景。

致谢:在工作中得到云南省地矿局李文昌总工程师和云南省地质调查院卢映祥处长的支持与帮助,参加项目野外调研与取样工作的还有成都理工大学张成江教授、云南省地调院第五地质矿产调查所冯奎甲高级工程师等,在此一并表示感谢。

参考文献:

- [1] 云南省地矿局. 云南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1990.
- [2] 李兴. 临沧复式花岗岩基的基本特征及形成构造环境的研究[J]. 云南地质, 1996, 15(1): 1-18.
- [3] 王峰, 金景福. 云南南角河银多金属矿床同位素地球化学研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(1): 95-97.