

小西南岔金、铜矿床同位素地球化学

周燕 咸嘉泉 王铁夫 张延洁

(吉林大学,吉林 长春,130026)

摘要 小西南岔矿区位于吉林省珲春县,其金铜矿床产于下古生界五道沟群与华力西晚期闪长岩内接触带中。通过对矿区矿石、岩石中铅、硫、氧同位素组成研究,查明青龙村群为金的矿源层。青龙村群经过华里西期岩浆重熔作用、燕山期岩浆热液作用及大气降水混合流体的作用,形成了斑岩型、夕卡岩型、热液型多金属矿床。对小西南岔金、铜矿床同位素地球化学的分析,为追溯矿源提供了极其重要的同位素地质依据。

关键词 小西南岔金铜矿床 同位素 岩浆热液矿床

Isotope Geochemistry of the Xiaoxinancha Gold and Copper Deposit

ZHOU Yan XIAN Jiaquan WANG Tiefu ZHANG Yanjie

(Jilin University, Changchun, Jilin, 130026)

Abstract Lying in Hunchun County, Jilin Province, the Xiaoxinancha deposit occurs in the contact zone between the Late Variscan diorite and Lower Paleozoic Wudaoguo Group. Based on the research of isotope ratios of lead, sulfur, oxygen and carbon in the ores and rocks of this area, it is held that Qinglongcun Group serve as the source bed of gold. The polymetallic deposits of porphyry, skarn and hydrothermal types were formed during the remelting of Qinglongcun Group in the Variscan period and the mixture of hydrothermal activity and atmospheric precipitation in the Yanshanian period. Isotopic analysis of gold-copper deposits is very important in prospecting for original deposits in Xiaoxinancha area and providing essential geological data for further research.

Key words Xiaoxinancha gold-copper deposit isotope magma hydrothermal deposit

1 矿区地质概况

小西南岔位于吉林省东端珲春县,矿区地质构造位置处于阴山-天山纬向构造带和长白山新华夏构造的交接部位。构造环境属于吉黑华力西褶皱带,同时叠加了强烈的沿太平洋构造岩浆活动。

矿区出露最老的地层为早古生代青龙村群,是一套中深变质的海-陆交互相中基性、中酸性火山碎屑岩夹碳酸盐岩,厚度可达几千米至上万米。二叠系为浅变质的火山岩、砂岩和板岩。中生代中侏罗统和下白垩统为陆相火山岩和碎屑岩,其 Rb-Sr 年龄为 147.5 Ma。青龙村群的金丰度值高于克拉克值的 4~5 倍,成为金的主要矿源层。

区内花岗岩类出露面积约占 2/3,主要为华力西期、印支期和燕山期。其中,华力西期花岗岩出

露面积占矿区的 1/2,主要有黑云母斜长花岗岩,呈矿区岩基产出,其锆石谐和年龄为 380 Ma,与周围青龙村群地层侵入接触,形成大范围的接触带。印支期和燕山期花岗质岩浆热液活动与小西南岔金铜矿化关系最密切(图 1)。

该矿床以香坊河为界分为南山、北山两个矿段。北山矿段,矿脉呈细脉浸染状及网脉状,赋存于印支期的石英闪长岩和闪长岩类(212 Ma)顶部与青龙村群变质火山岩捕虏体的接触带上。南山矿段,大多数矿体赋存于燕山期闪长玢岩(152 Ma)的上下接触带(图 2)。

2 铅同位素地球化学

小西南岔矿区已发表的铅同位素数据不多,吴尚全(1986)曾测定了北山矿段的 1 个黄铁矿和 4 个

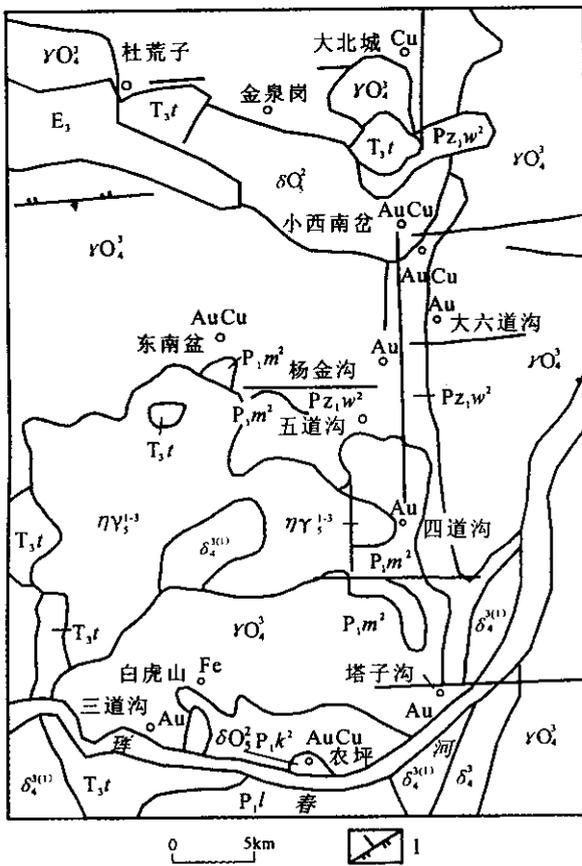


图1 小西南岔金铜矿区域地质图

Fig.1 Regional geological map of the Xiaoxinancha gold-copper deposit

1-逆断层 $\delta_4^{(1)}$ -华力西闪长岩; $\gamma_3^{(1)}$ -华力西斜长花岗岩; $\eta\gamma_3^{1-3}$ -印支二长花岗岩 $\delta_5^{(1)}$ -燕山期石英闪长岩; $P_{21}w^2$ -五道沟群片岩; $P_{21}m^2$ -二叠系庙岭组变质火山碎屑岩; P_1k^2 -二叠系柯岛组变砂岩; P_1l -二叠系亮子川组变质碎屑岩; T_3t -三叠系托盘沟组安山岩; E_3 -第三系砾岩
 1-reverse fault; $\delta_4^{(1)}$ -variscan diorite; $\gamma_3^{(1)}$ -plagiogranite; $\eta\gamma_3^{1-3}$ -indosinian adamellite; $\delta_5^{(1)}$ -Yanshan quartz-diorite; $P_{21}w^2$ -Wudaogou group schist; $P_{21}m^2$ -Permian Miaoling Fm. metamorphic pyroclastic; P_1k^2 -Permian Kedao Fm. metamorphic sandstone; P_1l -Permian Liangzichuan melamorphic clastic rock; T_3t -Triassic Tuopangou Fm. andesite; E_3 -Tertiary conglomerate

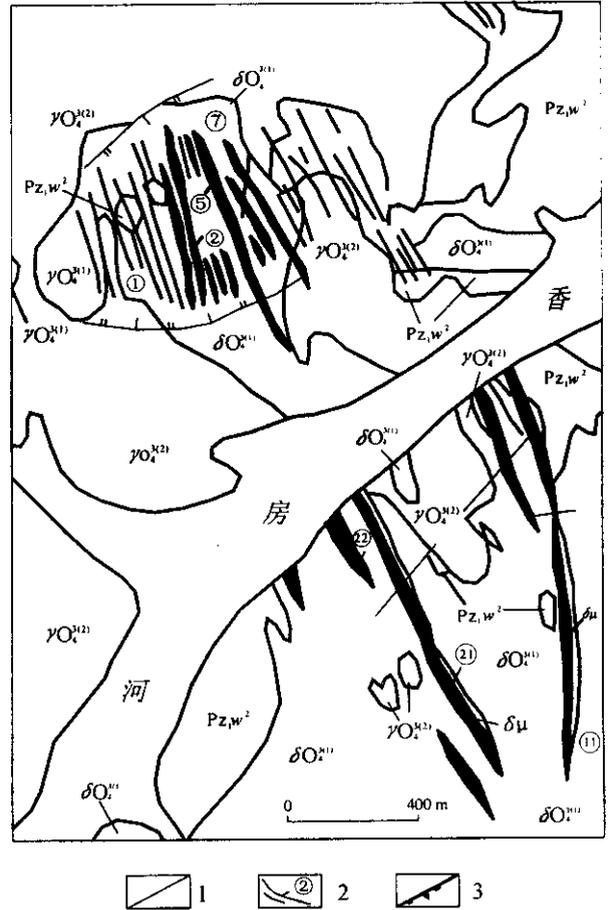


图2 小西南岔金铜矿床地质简图

Fig.2 Geological map of the Xiaoxinancha gold-copper deposit

1-地质界线 2-Au矿号 3-正断层; Q_4 -第四系; $P_{21}w^2$ -片岩、板岩、角岩及变砂闪长石英闪长岩; $\gamma_3^{(1)}$ -黑云母斜长花岗岩闪长玢岩; $\delta\pi$ -闪长斑岩
 1-geologic boundary 2-Au number 3-normal fault; Q_4 -quaternary; $P_{21}w^2$ -schist, slate, hornfels and meta-sandstone; $\gamma_3^{(1)}$ -biotite plagiogranite, diorite-porphyrite; $\delta\pi$ -diorite porphyry

外围方铅矿的铅同位素。研究中,采用英国 VG54-10 质谱仪测定 10 多个矿石铅和岩石铅同位素数据,其中有南山矿段自然金、矿体上下盘接触带黄铁矿等样品,分析误差均小于 1% (表 1)。

从测试结果看,南北矿段铅同位素组成有差别,北山矿段矿体及其围岩闪长岩中矿石铅同位素比值比南山矿段放射成因 ^{206}Pb 明显增高。南山矿段矿体黄铜矿和闪长玢岩下盘接触带黄铁矿及自然金微量铅同位素组成基本一致, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 18.118~18.176, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.523~15.537, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 37.989~38.012, $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 为

1.167~1.171。其 φ 值(据 B R Doe, 1974)模式年龄为 250~300 Ma, R-F-C 法($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)模式年龄为 360 Ma 和 390 Ma 相当于泥盆纪,与其围岩华力西早期的黑云母斜长花岗岩形成年龄(380~360 Ma)基本一致,代表华力西早期该区大规模的造山活动并伴随大规模的花岗岩化作用和花岗质岩浆侵入时代。

北山矿段,矿体及其围岩闪长岩中矿石铅同位素, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 18.294~18.388, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.462~15.493, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 明显高于南山矿段,相反 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值低于南山矿段。 φ 值年龄为 70~80 Ma,矿体中黄铁矿模式年龄为负值。R-F-C 法($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) t 值为 240~290 Ma 相当于二叠纪至三叠纪,代表华力西晚期或印支早期该区火山喷出和花岗岩浆侵入时代。

表 1 小西南盆地铅同位素数据

Table 1 Isotope data of ore lead in Xiaoxinancha

样品号	采样地点及矿物	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	φ 值年龄/Ma (Doe, 1974)	R-F-C ($\frac{^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}}{t}$)/Ma
南山-1	南山矿自然金	18.141	15.537	38.010	1.168	300	380
南山-2	南山矿体黄铜矿	18.176	15.523	38.012	1.171	250	360
南山-3	南山下盘黄铁矿	18.118	15.524	37.989	1.167	300	390
南山-4	南山上盘黄铁矿	18.246	15.487	38.004	1.170	230	300
W-16	北山矿体黄铁矿	18.388	15.462	38.093	1.194	—	240
柳-1	北山围岩中方铅矿	18.335	15.492	38.007	1.184	80	270
J-1	北山围岩中方铅矿	18.351	15.493	38.043	1.184	70	260
S-Pb	北山围岩闪长岩中方铅矿	18.294	15.478	38.024	1.183	70	290
D-3	青龙村群火山岩系中方铅矿	18.095	15.478	37.734	1.169	250	405
小-5	东南盆地黄铁矿	18.296	15.654	38.169	1.171	300	300
农坪-9	I号岩体石英闪长岩	18.174	15.476	38.656	1.174	160	360
农坪-7	II号岩体英云闪长岩	18.280	15.501	38.097	1.180	160	390
东-13	含砾英安岩	18.261	15.509	38.056	1.177	150	300
东-15	角砾岩	18.280	15.505	38.036	1.179	160	300

青龙村群火山岩系方铅矿(样品号 D-3)的铅同位素组成与上述矿区铅同位素有区别, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 18.095, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.478, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 37.734, R-F-C 法($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)模式年龄为 405 Ma, 与其沉积时代相一致。侏罗纪—白垩纪, 该区受沿太平洋构造影响, 强烈的火山喷发和花岗质岩浆侵入, 在区域内形成许多金属矿床。

大面积的海西期岩浆热液与矿区矿化有着密切关系。海西期花岗岩化过程中, 青龙村群也重熔或同熔产生的花岗质岩浆很可能富集成矿元素形成矿化现象, 但未形成工业富集。由中生代印支期和燕山期火山-花岗质岩体, 以复式形成侵入到海西期的岩体, 在有利的围岩层间, 形成了夕卡岩型、斑岩型和热液型工业矿体。

3 硫同位素地球化学

此次测定部分硫同位素数据列在表 2 中, 数据采用 MAT251 质谱仪测试, 测试精度达万分之一以上。其中黄铜矿 47 个, $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 3.0‰ ~ 8.0‰, 平均值为 4.2‰, 黄铁矿 10 个 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范

围为 3.5‰ ~ 4.70‰, 磁黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 2.7‰ ~ 4.2‰, 平均值为 3.4‰。60 多件样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为 3.0‰ ~ 8.0‰, 平均值为 3.8‰。离散程度很小, 一般都集中在 3.6‰ ~ 4.4‰ 的很小范围内。

同一种黄铜矿中, 北山矿段黄铜矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值一般都集中在 4.0‰ ~ 4.6‰, 平均值为 4.4‰, 而南山矿段集中在 3.0‰ ~ 3.5‰, 平均值为 3.3‰, 与铅同位素组成特征相符。由于北山矿段中地层硫相对较多, 可以认为矿石硫是地层硫和深成岩浆硫混合形成的。吴尚全(1998)利用 4 组共生矿物对样品测试成矿温度, 计算出成矿温度为 280 ℃。

4 流体氢、氧同位素地球化学

李荫清等(1995)作了不同深度的 10 个含石英和 1 个方解石包裹体水的 δD 和矿物的 $\delta^{18}\text{O}$ 分析, 并计算了包裹体水的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值(表 3)。 $\Delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 变化范围为 -80‰ ~ -38‰, 平均值为 -61‰。 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 除 1 个方解石为负值(-4.3‰)外, 其余 10 个石英样品均为正值(0.13‰ ~ 5.61‰), 平均值为 2.06‰。

将数据投于大气降水和岩浆水氢氧同位素分布图中(图 3), 各点均落于岩浆水和雨水线之间的区域内, 各点分布由近岩浆水域转至近雨水线。这种变化趋势说明, 成矿流体是岩浆热液和大气降水的混合流体。

石英的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 变化范围为 8.6‰ ~ 13.0‰, 平均值为 10.8‰。这些特征说明, 从早期矿化到晚

表 2 小西南盆地硫同位素数据表

Table 2 Isotope data of sulphur in Xiaoxinancha

测定矿物	样品数	变化范围/‰	平均值/‰	极差
黄铜矿	47	3.0~8.0	4.2	5
黄铁矿	10	3.5~4.7	4.14	1.2
磁黄铁矿	7	2.7~4.2	3.4	1.5
南山黄铜矿	14	2.6~4.1	3.3	1.5
北山黄铜矿	14	2.6~4.6	4.0	2.0

表3 小西南岔矿床包裹体流体的氢、氧和碳同位素

Table 3 Isotope data of oxygen hydrogen and carbon of fluid in enclave in Xiaoxinancha

样品号	采样位置	测定矿物	$\delta D/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{矿物}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}/\text{‰}$	测定温度/ $^{\circ}\text{C}$
HV 0-2	北山 620 台阶 0 [#]	石英	-73	9.8	3.39	326
HV 3-2	北山 62 台阶	石英	-38	9.5	3.09	325
HV 0-4	北山 590 台阶 0 [#]	石英	-69	9.5	1.21	269
N 18	北山 590 台阶 2 [#]	方解石	-62	4.4	-4.30	207
HV 11-3	南山采场	石英	-61	10.9	5.61	370
S 13	南山 2 中段 24 [#]	石英	-61	12.2	2.04	224
HV 24-3	南山 3 中段 24 [#]	石英	-46	12.6	3.41	247
S 9	南山 4 中段 24 [#]	石英	-77	11.0	3.50	291
HV 11-6	南山 5 中段 11 [#]	石英	-55	8.6	0.46	273
S 3	南山 6 中段 24 [#]	石英	-66	13.0	4.16	255
S 21	南山 7 中段 11 [#]	石英	-80	10.9	0.13	214

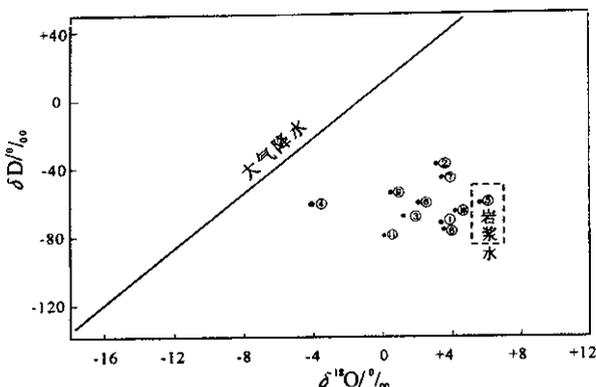
图3 大气降水岩浆水 H₂O 同位素分布图

Fig. 3 The distribution figure of hydrogen and oxygen isotope data of magma's liquid and atmosphere precipitation 样品号及其坐标值: ①-HV0-2(-73, 3.39); ②-HV3(-38, 3.09); ③-HV0-4(-69, 1.21); ④-N18(-62, -4.30); ⑤-HV11-3(-61, 5.61); ⑥-S13(-61, 2.04); ⑦-HV24-3(-46, 3.41); ⑧-S9(-77, 3.50); ⑨-HV11-6(-55, 0.46); ⑩-S3(-66, 4.16); ⑪-S21(-80, 0.13)

期矿化,成矿流体早期是以岩浆水为主,随着成矿过程中进行,加入的大气降水比例越来越大。

小西南岔金、铜矿床包裹体流体的氢、氧、同位素的数据说明:成矿流体是岩浆水和大气降水的混合流体。

5 结论

小西南岔矿区,青龙村群是该区的主要矿源层。延边地区大面积的华力西期(310~365 Ma)花岗岩类演化,在其他地区与多金属矿化无关,但在小西南岔矿区华力西岩浆活动与矿化关系密切,有许多金、铜矿点和矿化点,这与该区厚度可达几千米至上万米,且含金量高的青龙村群地层的重熔或同熔花岗岩化有关。印支-燕山期侵位的复式中小型花岗质岩体,岩体顶部与青龙村群接触,在有利的围岩层间形成斑岩型、多金属型和热液充填型多金属矿。

由于岩浆热液充填作用,在青龙村群含微量放射成因铅的原始方铅矿和围岩中放射成因铅混合形成小西南岔矿石铅,说明成矿物质主要来源于赋矿地层青龙村群。燕山期中性次火山和青龙村群变质岩的含金量高于同类岩石的4~5倍,说明花岗岩浆热液也可能提供一部分成矿物质。硫源有两种,一种是地层硫,另一种是与火山-岩浆有关的深成岩浆硫。在火山-岩浆热液改造过程中,硫同位素组成发生均一化,硫同位素接近于陨石硫的 $\delta^{34}\text{S}$ 值。

成矿溶液的氢、氧同位素具有岩浆水和大气水的混合特征,成矿流体是岩浆水和大气降水的混合流体。

参考文献

- 陈殿芬,周文茂.1995.吉林小西南岔金铜矿床的金属矿物及矿石特征.矿床地质,14(2):127~150.
李荫清,陈殿芬.1995.吉林小西南岔金铜矿床流体的包裹体及成矿作用研究.矿床地质,14(2):151~173.
芮宗瑶,张洪涛,王龙生等.1993.吉林延边地区斑岩型-浅成热液型金铜矿床.矿床地质,12(1):99~126.
吴尚全.1986.吉林小西南岔金铜矿床的主要地质特征及成因.矿床地质,5(2):174~180.

References

- Chen Dianfen, Zhou Wenmao. 1995. Character of metallic mineral and ore of gold copper deposit in the Xiaoxinancha Jilin. Deposit Geology, 14(2): 127~150 (in Chinese with English abstract).
Li Yingqing, Chen Dianfen. 1995. Study of fluid in Enclave and process of forming deposit in the Xiaoxinancha Jilin. Deposit Geology, 14(2): 151~173 (in Chinese with English abstract).
Riu Zhongyao, Zhang Hongtao, Wang Longsheng et al. 1993. The porphyroid-hydrothermal gold copper deposit on the Yanbian. Deposit Geology, 12(1): 99~126 (in Chinese).
Wu Shangquan. 1986. Genesis and main geological character of gold copper deposit in the Xiaoxinancha Jilin. Deposit Geology, 5(2): 174~180 (in Chinese).