

云南迪庆春都斑岩铜矿床同位素地球化学^①邹国富^{1,2}, 李峰¹, 李波², 徐国端³, 赵向东², 坚润堂², 杨宪涛², 罗书斌²

(1. 昆明理工大学, 昆明 650093; 2. 中国有色金属工业昆明勘察设计研究院, 昆明 650051; 3. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012)

摘要:春都铜矿床为近年来新发现的斑岩型铜多金属矿床, 矿体主要赋存于花岗闪长斑岩及岩体与围岩接触带内。文章对春都斑岩铜矿床的同位素地球化学进行研究, 分析表明: 硫同位素组成具幔源硫特征, 硫主要来源于深部岩浆, 同时有少量地壳沉积物还原硫的混入; 铅同位素组成具有壳、幔混合源特征, 主要来自于下地壳或上地幔。成矿流体以原始岩浆水为主, 同时有大气降水的加入, 其来源与多数斑岩矿床特征相似。

关键词:斑岩型铜矿床; 矿床地质特征; 同位素地球化学; 春都; 云南

中图分类号: P618.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5663(2011)04-0311-06

0 前言

春都铜矿床地处甘孜—理塘结合带西侧德格—中甸陆块东缘, 位于三江成矿带南段^[1~6], 为2009年新发现并取得重大突破的斑岩型铜多金属矿床, 地质研究程度不高。本文重点对硫、铅、氢、氧等同位素地球化学进行研究, 以探索成矿流体和成矿物质来源。

1 矿床地质特征

1.1 地层及岩性

矿区出露地层主要为三叠系上统曲嘎寺组(T_3q)和图姆沟组(T_3t)。曲嘎寺组为深灰色板岩、变质砂岩、夹灰岩、基性火山岩及少量硅质岩。图姆沟组主要为印支期闪长玢岩体, 是铜矿体与铜矿化的主要赋矿围岩(图1)。闪长玢岩体呈岩株状产出, 走向NW, 倾向NE, 倾角 $50^\circ\sim 70^\circ$ 。闪长玢岩中零星出露花岗闪长斑岩, 规模均不大; 钻孔岩心揭露到花岗闪长斑岩脉穿入闪长玢岩中, 地表亦发现花岗闪长斑岩中存在闪长玢岩捕虏体, 这些现象均表明闪长玢岩先于花岗闪长斑岩形成。花岗闪长斑岩体地表出露有限, 花岗闪长斑岩的空间分布控制了矿体的空间形态。花岗闪长斑岩体呈岩枝、岩脉状分布于闪长玢岩

内部, 整个花岗闪长斑岩体埋藏较深, 靠近地表部分规模较小, 且几乎未被剥蚀。

1.2 构造

春都斑岩铜矿位于格咱深大断裂的东侧, 矿区构造主要表现为褶皱和断裂。截至目前, 矿区内发现规模性断裂有 F_1 、 F_2 两条(图1)。 F_1 断裂分布于矿区东侧, 总体走向 $NW25^\circ\sim 30^\circ$, 倾向NE, 倾角 $60^\circ\sim 70^\circ$ 。断裂宽100~200m, 产出于图姆沟组第二段(T_3t^2)与曲嘎寺组第二段(T_3q^2)的接触带内, 靠近断裂破碎带岩石破碎, 多被第四系掩盖。 F_2 断裂主要沿春都河展布, 沿断裂侵入有多个闪长玢岩体, 为矿区主要的导岩、导矿构造; 断裂总体走向 $NE50^\circ\sim 60^\circ$, 倾向SE, 倾角 $70^\circ\sim 80^\circ$ 。断裂延深较大, 4#勘探线在400m处深度揭露到该破碎带, 宽120~200m; 2#勘探线在150m处深度见到该破碎带, 宽40~180m。受岩体多次侵位及断裂构造活动的影响, 节理裂隙甚为发育, 尤其在矿化体内或断裂附近。裂隙以NW向为主, 宽度一般 $< 2\text{mm}$, 少数在5mm以上; 延伸多在0.1~2.0m之间, 少数达2m以上。裂隙多呈相互交错的网脉状产出, 内部常充填有石英、黑云母、绢云母、碳酸盐、钾长石及金属硫化物等。

1.3 矿体特征

目前, 春都斑岩铜矿床已圈出工业矿体9个, 矿体主要赋存于花岗闪长斑岩、花岗闪长斑岩与闪长玢

① 收稿日期: 2011-06-03 作者简介: 邹国富(1970—), 男, 博士研究生, 高级工程师, 矿产普查与勘探专业。

基金项目: 云南省技术创新人才计划(2010C1054)、云南铜业集团博士后基金和云铜集团重点科技项目(20100102、20100104)

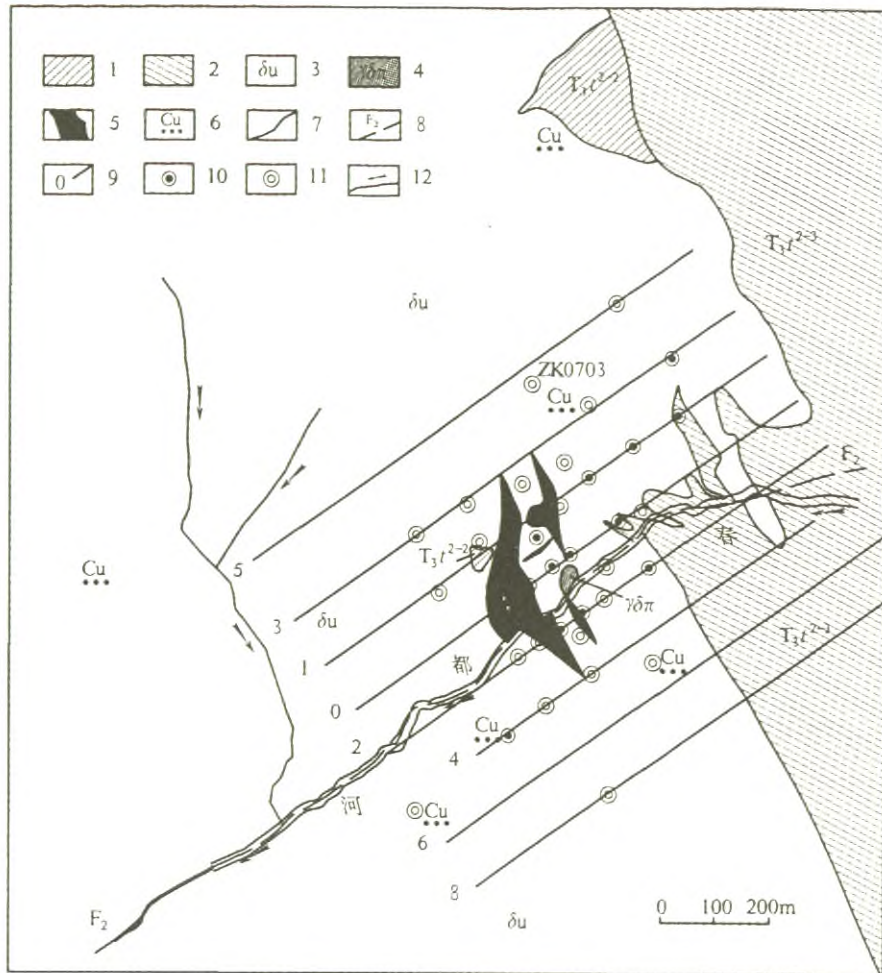


图1 春都斑岩铜矿地质简图

Fig. 1 Geological map of the Chundu porphyry copper deposit

1—图姆沟组第二段二层 2—图姆沟组第二段三层 3—闪长玢岩 4—花岗闪长斑岩 5—铜矿体 6—铜矿化点 7—地质界线 8—断层及编号 9—勘探线及编号 10—见矿钻孔 11—未见矿钻孔 12—河流

岩的接触部位、侵入岩与围岩接触带的角岩中。走向上,矿体主要分布于3*~4*勘探线之间;垂向上,矿体主要分布于3180~3888m之间。矿体主要呈似层状、透镜状产出,总体走向NNW,倾向NE,倾角45°;在走向和倾向上明显具有“尖灭再现”、“分枝复合”的特征。矿物组成简单,矿石矿物主要为黄铁矿、黄铜矿,及少量的斑铜矿、磁铁矿、方铅矿;脉石矿物以石英、斜长石、钾长石、绢云母、黑云母、绿泥石和绿帘石为主。围岩蚀变主要为钾化、硅化、黑云母化、绢云母化及青盘岩化等。

2 同位素地球化学

2.1 硫同位素

研究表明,硫同位素是一个很好的地球化学示踪剂,各种硫化物的硫同位素组成可以反映其成矿物质

来源、成矿温度及形成条件等,以此可以判断矿物形成时的物理化学条件、矿物共生组合及矿床成因等。同位素示踪的前提是同位素体系达到分馏平衡。热力学实验研究证实,在硫同位素达到分馏平衡的条件下,共生硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 组成按黄铁矿>黄铜矿的顺序递减^[7]。春都斑岩铜矿床和雪鸡坪铜矿床的硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ (‰)组成见表1。

由表1可知,春都斑岩铜矿床硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围较窄,在-6.54‰~-0.14‰之间,极差为6.40‰,平均为-2.41‰。除样品B-22-2、0-1、N-1-2的 $\delta^{34}\text{S}$ 值与均值相差较大外,其余14件样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 极差为3.04‰。黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值在-3.0‰~-0.14‰之间,平均为-1.15‰;黄铜矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值在-6.54‰~-2.11‰之间,平均为-3.44‰;方铅矿 $\delta^{34}\text{S}$ 在-5.0‰~-3.6‰之间,平均为-4.07‰;春都斑岩铜矿床硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 组成显示 $\delta^{34}\text{S}_{\text{黄铁矿}} >$

表 1 春都斑岩铜矿床和雪鸡坪铜矿床硫化物 $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 组成

Table 1 $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ composition of minerals in Chundu porphyry copper deposit and Xuejiping copper deposit

样号	单矿物	$\delta^{34}\text{S}$	样号	单矿物	$\delta^{34}\text{S}$	样号	单矿物	$\delta^{34}\text{S}$	样号	单矿物	$\delta^{34}\text{S}$	样号	单矿物	$\delta^{34}\text{S}$
A-9	黄铁矿	-0.14	G-4-2	黄铜矿	-2.23	3	黄铁矿	-1.2	20	黄铁矿	0.5	12	黄铜矿	-1
A-9	黄铁矿	-0.24	K-1-2	黄铜矿	-3.16	5	黄铁矿	-1.8	21	黄铁矿	0.1	13	黄铜矿	-0.8
B-22-1	黄铁矿	-1.49	K-1-2	黄铜矿	-3.18	6	黄铁矿	-0.6	22	黄铁矿	-1.6	14	黄铜矿	-0.6
B-30-1	黄铁矿	-0.66	K-4-2	黄铜矿	-2.11	7	黄铁矿	-1.3	23	黄铁矿	0.2	15	黄铜矿	-1.6
G-4-1	黄铁矿	-2.06	0-2	黄铁矿	-3.0	8	黄铁矿	-0.7	4	黄铜矿	-1.1	16	黄铜矿	-0.4
K-1-1	黄铁矿	-1.09	N-1-2	方铅矿	-3.6	9	黄铁矿	-0.3	6	黄铜矿	-2.2	17	黄铜矿	0
K-4-1	黄铁矿	-0.49	0-1	方铅矿	-3.6	10	黄铁矿	-0.5	9	黄铜矿	-0.5	18	黄铜矿	-1.2
B-22-2	黄铜矿	-6.54	L-5	方铅矿	-5.0	18	黄铁矿	0.7	11	黄铜矿	-1	19	黄铜矿	-0.2
春都斑岩铜矿床, 硫化物平均 $\delta^{34}\text{S}$ 为 -2.41						雪鸡坪铜矿床 ^[11] , 硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 为 -0.68								

注: 测试单位: 国土资源部中矿产资源监督检测中心分析测试、核工业北京地质研究院分析测试研究中心测试。

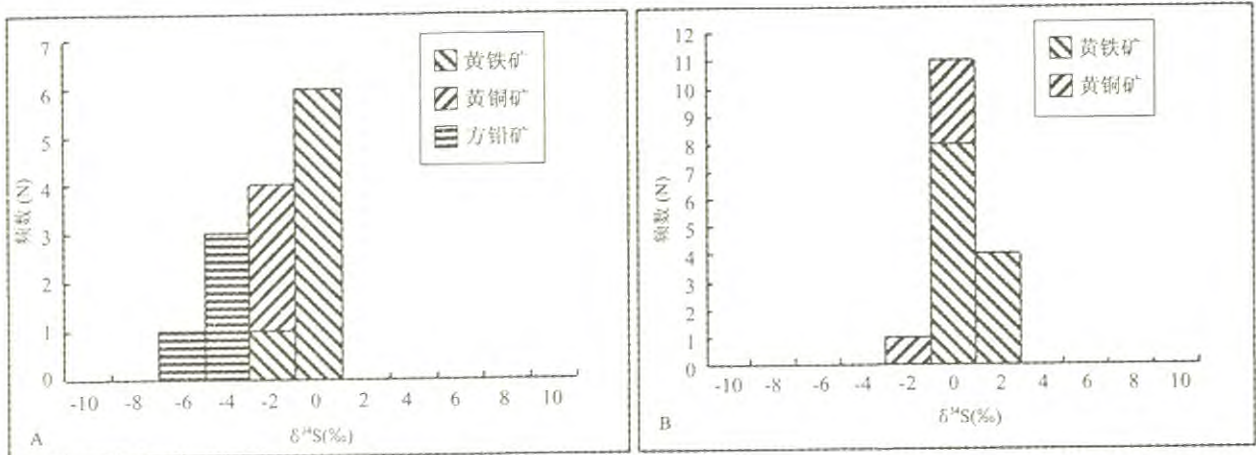


图 2 春都斑岩铜矿床和雪鸡坪铜矿床硫同位素分布频率直方图 (A—春都矿区; B—雪鸡坪矿区)

Fig. 2 Histogram showing sulfur isotopic compositions of sulfides in Chundu porphyry copper deposit and Xuejiping copper deposit

$\delta^{34}\text{S}_{\text{黄铜矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{方铅矿}}$, 表明其硫同位素分馏已达到平衡。硫同位素分布频率直方图(图 2 A)显示, $\delta^{34}\text{S}$ 峰值分布在 $-2\text{‰} \sim 0\text{‰}$ 之间, 反映硫源较单一。地球上硫同位素主要有 3 种来源: 一是幔源 ($\delta^{34}\text{S} = 0 \pm 3\text{‰}$) (Chaussidon and lorand, 1990), 二是海水硫, 已知现代海水中 ($\delta^{34}\text{S} = 20\text{‰}$); 第三种是沉积物中还原硫, 这种硫的同位素主要以具有较大的负值为特征^[9]。春都斑岩铜矿床硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为 -2.41‰ , 显示具有幔源硫同位素组成特点, 表明硫主要来自于深部岩浆。另外, 与典型斑岩铜矿床和雪鸡坪铜矿床相比, 春都斑岩铜矿床硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值偏离零值较远, 尤其是方铅矿、部分黄铜矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 表现为较大的负值(图 2 B), 表明春都矿区的硫有一定数量的地壳沉积物还原硫的混入, 具有浅部来源特征。说明春都矿区剥蚀较浅, 岩体埋藏较深。由此可知, 春都矿区

的硫除了来自深源硫外, 地层来源硫也很重要。

大量实验研究表明, 共生矿物对的 $\delta^{34}\text{S}$ 值之差与以 $10^6 \times T^{-2}$ 表示的平衡温度呈线性关系, 即:

$$1000 \ln \alpha_{x-y} = \delta^{34}\text{S}_x - \delta^{34}\text{S}_y = A \times 10^6 \times T^{-2}$$

式中 α 为分馏系数, A 在一定温度区间内为一常数, T 为开尔文温度。已知 $A = 0.45$ (矿物对为黄铁矿—黄铜矿, 适用温度范围为 $250\text{℃} \sim 600\text{℃}$)^[8]。前人研究结果表明斑岩铜矿床中黄铜矿和斑铜矿的沉淀温度为 $410\text{℃} \sim 250\text{℃}$, 黄铁矿结晶温度通常为 $450\text{℃} \sim 150\text{℃}$ ^[9-10]。把样品 K-1、K-4 的共生黄铁矿、黄铜矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值分别代入平衡温度计算公式 $T = [(0.45 \times 10^6) \div (\delta^{34}\text{S}_x - \delta^{34}\text{S}_y)]^{1/2}$, 通过计算求得 K-1、K-4 的黄铁矿—黄铜矿平衡温度分别为 191℃ 、 254℃ 。由此可知, 样品 K-4 的黄铁矿、黄铜矿沉淀温度高于 K-1, 另外样品 K-1 的采样深度

(ZK0002 孔 133.24m 处) 小于 K-4 (ZK0002 孔 193.04m)。因此,春都斑岩铜矿床黄铁矿、黄铜矿沉淀温度随深度减小而降低,可以判断矿区的成矿热液是从深部向上迁移。

2.2 铅同位素

本文对春都斑岩铜矿床 6 件硫化物进行铅同位素测试(表 2), $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值在 17.863~18.036 之间,极差为 0.173; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值在 15.448~15.614 之间,极差为 0.166; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值在 37.753~38.188 之间,极差为 0.435。可见春都斑岩铜矿床矿石铅同位素组成变化范围小,与邻区雪鸡坪铜矿床的铅同位素组成相似,表明具有单一的成矿物

质来源。

通常认为,具低 μ 值(<9.58)的铅来源于下部地壳或上地幔,或者来自其他构造单元中基本上处于封闭的体系;矿床的形成一般与岩浆活动关系密切,而且在成矿过程中基本上没有受到地壳物质的混染。具高 μ 值(>9.58)的铅同位素或位于零等时线右侧的放射成因铅来自铀、钍相对富集的上部地壳岩石。对于落在正常铅增长线($\mu=9.58$)上的铅的来源,还存在争议^[8]。春都铜矿床硫化物的 μ 值在 9.23~9.54 之间,平均为 9.41(表 2),明显 <9.58 。初步判定春都斑岩铜矿床中矿石铅主要来自于下部地壳或上地幔。

表 2 春都斑岩铜矿床和雪鸡坪铜矿床铅同位素组成

Table 2 Lead isotopic composition of Chundu porphyry copper deposit and Xuejiping copper deposit

矿床	样号	单矿物	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	μ	ω	Th/U	$\Delta\alpha$	$\Delta\beta$	$\Delta\gamma$
春都	B-30-1	黄铁矿	17.874	15.452	37.753	9.23	35.24	3.70	58.54	9.39	23.74
	K-1-1	黄铁矿	17.863	15.448	37.771	9.23	35.34	3.71	58.15	9.15	24.36
	N-1-2	方铅矿	18.027	15.614	38.188	9.54	37.76	3.83	74.37	20.43	39.23
	O-1	方铅矿	18.036	15.596	38.168	9.50	37.45	3.82	72.64	19.10	37.45
	O-2	黄铁矿	17.97	15.574	38.038	9.46	37.06	3.79	70.47	17.78	34.87
	L-5	方铅矿	18.004	15.587	38.099	9.49	37.25	3.80	71.75	18.58	36.13
雪鸡坪	XJP06-3	黄铁矿	17.951	15.561	38.018	9.44	36.96	3.79	69.20	16.93	34.26
	XJP06-25	黄铜矿	18.042	15.593	38.190	9.49	37.48	3.82	72.36	18.86	37.70
	XJP06-32	黄铜矿	18.014	15.566	38.090	9.44	36.95	3.79	69.72	17.03	34.45
	XJP06-38	黄铜矿	17.988	15.54	38.070	9.39	36.77	3.79	67.18	15.26	33.36
	XJP07-1	黄铜矿	17.967	15.558	38.026	9.43	36.87	3.78	68.92	16.64	33.8
	x01-1	黄铜矿	17.929	15.552	37.977	9.43	36.82	3.78	68.31	16.37	33.37
	x07-1	黄铜矿	17.965	15.564	38.066	9.44	37.12	3.81	69.5	17.08	35.27
x07-2	黄铜矿	17.929	15.528	37.917	9.38	36.34	3.75	65.98	14.64	30.47	

注:1. 春都矿床数据来自本文。测试单位:国土资源部中南矿产资源监督检测中心分析测试、核工业北京地质研究院分析测试研究中心;
2. 雪鸡坪矿床据文献[11]。

B. R. Doe, R. E. Zartman(1979)根据世界上不同地质环境中来源的铅同位素组成,作出了上部地壳铅、造山带(岛弧铅)、下部地壳铅和地幔铅的平均增长曲线(图 3)。其中造山带铅是来自地幔、上部地壳和下部地壳的铅的混合。将春都斑岩铜矿床硫化物的铅同位素比值投在演化模式图中,样品落在地幔演化曲线与造山带演化曲线之间,与雪鸡坪铜矿床的投点区基本一致(图 3)。表明中甸岛弧西斑岩带的主要斑岩铜矿床中矿石铅主要源自地幔或下地壳。

此外,在铅同位素 $\Delta\beta-\Delta\gamma$ 成因分类图解(图 4)中,春都斑岩铜矿床样品落入地幔源区域和上地壳与地幔混合的俯冲带铅区域,雪鸡坪铜矿床样品主要落

入上地壳与地幔混合的俯冲带铅区域,有 1 件样品落入地幔源区。在铅同位素构造环境判别图(图 5)中,春都斑岩铜矿床样品点落入下地壳和洋岛火山岩区域内;雪鸡坪铜矿床样品点落在下地壳、洋岛火山岩、造山带区域内。两者的总体投影区域相似。

综上所述,春都斑岩铜矿床中矿石铅的主要来源于地幔或下地壳,与雪鸡坪铜矿床类似。

2.3 氢、氧同位素

本文选取 3 件含石英脉样品进行氢、氧同位素测试。单矿物石英的纯度为 99%,其中 2 件石英挑选自含黄铜矿石英脉,1 件石英从含方铅矿黄铁矿石英脉中挑选,测试结果见表 3。

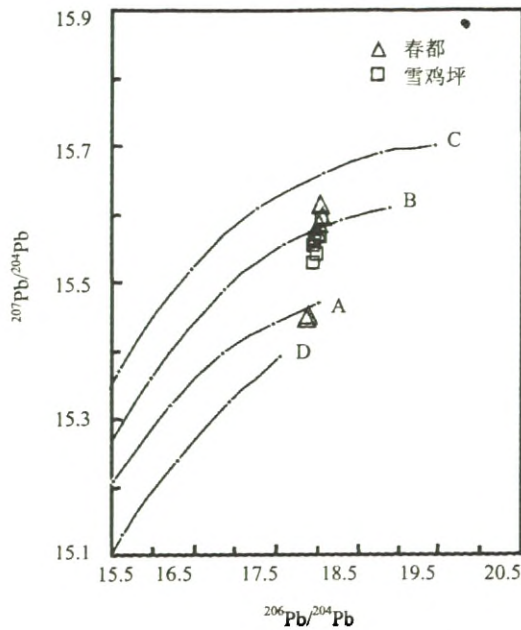


图3 春都斑岩铜矿床和雪鸡坪铜矿床铅同位素构造模式图

(底图据 B. R. Doe and R. E. Zartman, 1979)

Fig. 3 Tectonic diagram of lead isotope of Chundu porphyry copper deposit and Xuejiping copper deposit

A—地幔 B—造山带 C—上地壳 D—下地壳

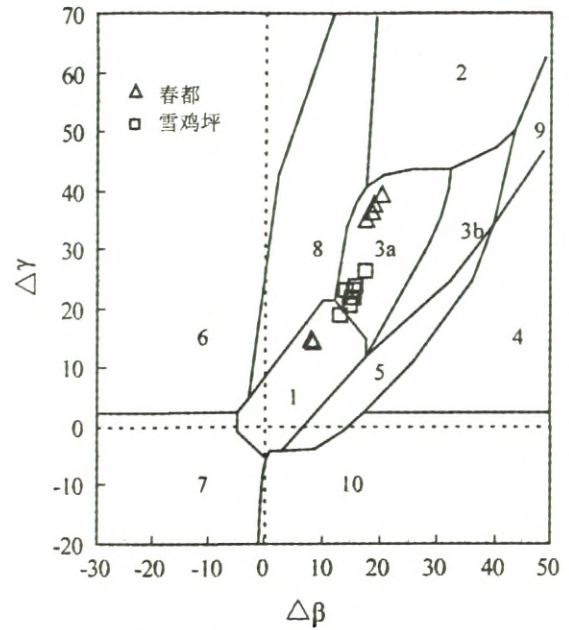


图4 春都和雪鸡坪矿区铅同位素 $\Delta\beta$ - $\Delta\gamma$ 成因分类图解

Fig. 4 $\Delta\beta$ and $\Delta\gamma$ genetic classification diagram showing lead isotopic distribution of the Chundu porphyry copper deposit and Xuejiping copper deposit

1—地幔源铅 2—上地壳铅 3—上地壳与地幔混合的俯冲带铅 (3a—岩浆作用, 3b—沉积作用) 4—化学沉积型铅 5—海底热水作用铅 6—中深变质作用铅 7—深变质下地壳铅 8—造山带铅 9—古老页岩上地壳铅 10—退变质铅

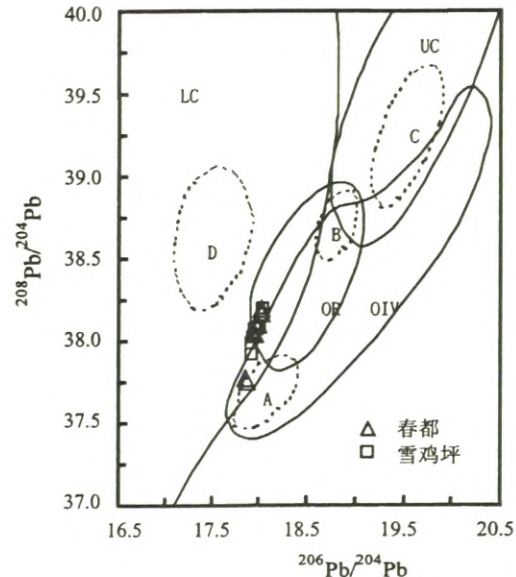
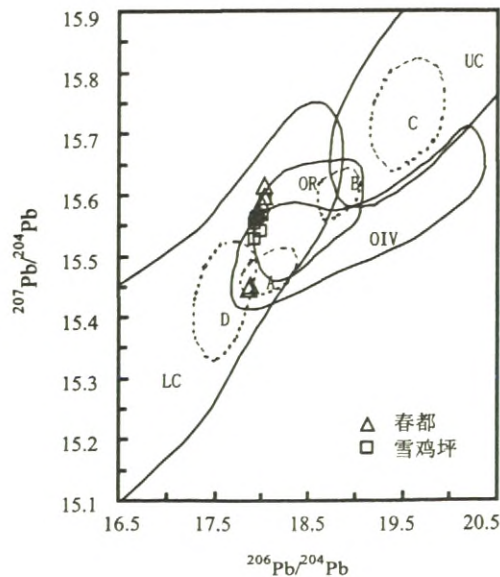


图5 春都斑岩铜矿床和雪鸡坪铜矿床铅同位素构造环境判别图(底图据 B. R. Doe and R. E. Zartman, 1979)

Fig. 5 Tectonic discrimination diagram of lead isotope of the Chundu porphyry copper deposit and Xuejiping copper deposit

LC—下地壳 UC—上地壳 OIV—洋岛火山岩 OR—造山带 A、B、C、D分别为各区域中样品相对集中区

表3 春都斑岩铜矿床氢、氧同位素组成

Table 3 Hydrogen and oxygen isotopic composition of Chundu porphyry copper deposit

样品编号	样品名称	测试矿物	检测结果		$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$
			$\delta\text{D}_{\text{V-SMOW}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}/\text{‰}$	
L-2	含黄铜矿石英脉	石英	-98	13.9	3.6
B-23	含黄铜矿石英脉	石英	-100	13.2	2.9
N-1-1	晚期含方铅矿-黄铁矿石英脉	石英	-73.1	13.4	3.1

春都斑岩铜矿床3件石英的 δD 值在 -73.1‰ ~ -100‰ 之间, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值在 13.2‰ ~ 13.9‰ 之间,分布较为集中。利用矿物-水体平衡分馏公式 $1000\ln\alpha_{\text{石英-水}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{石英}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{水}} = 3.38 \times 10^6 \text{T}^{-2} - 3.40$,计算出与矿物同位素交换达到平衡时的成矿流体氧同位素值(表3),其中,T取通过硫同位素求得的黄铁矿-黄铜矿平衡温度平均值(223℃)。在 δD - $\delta^{18}\text{O}$ 图解中(图6),3件样品落在雨水线与原始岩浆水区域之间,更接近于原始岩浆水区域。表明春都斑岩铜矿床成矿流体主要来自原始岩浆水,同时有大气降水的混入,与多数斑岩矿床相似。

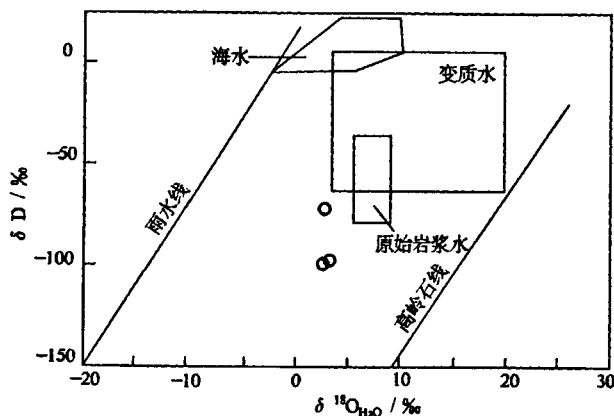


图6 春都斑岩铜矿床成矿流体氢、氧同位素组成图
Fig. 6 Diagram of hydrogen and oxygen isotopic composition of Chundu porphyry copper deposit

3 结论

春都斑岩铜矿同位素地球化学研究表明:①金属硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 在 -6.54‰ ~ -0.14‰ 之间,平均值为 -2.41‰ ,显示具幔源硫特征,反映硫主要来自于

深部岩浆,同时有一定数量的地壳沉积物还原硫的混入;且 $\delta^{34}\text{S}_{\text{黄铁矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{黄铜矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{方铅矿}}$,表明其硫同位素分馏已达到平衡;硫同位素平衡温度为 191℃ ~ 254℃ 。②铅同位素组成反映矿石铅主要来源于地幔或下地壳,与雪鸡坪铜矿床类似。③石英氢、氧同位素组成表明成矿流体主要来自原始岩浆水,同时有大气降水的混入,与多数斑岩矿床相似。

参考文献:

- [1] 杨岳清, 侯增谦, 黄曲豪, 等. 中甸弧碰撞造山作用与岩浆成矿系统[J]. 地球学报, 2002, 23(1):17-24.
- [2] 侯增谦, 杨岳清, 曲晓明, 等. 三江地区义敦岛弧造山带演化和成矿系统[J]. 地质学报, 2004, 78(1):109-118.
- [3] 曾普胜, 莫宜学, 喻学惠, 等. 滇西北中甸斑岩及斑岩铜矿[J]. 矿床地质, 2003, 20(4):393-400.
- [4] 曾普胜, 王海平, 莫宜学, 等. 中甸岛弧构造格架及斑岩铜矿前景[J]. 地球学报, 2004, 25(5):535-540.
- [5] 侯增谦, 潘小非, 等. 初论大陆环境斑岩铜矿[J]. 现代地质, 2007, 21(2): 332-351.
- [6] 侯增谦, 杨岳清. 三江地区义敦岛弧造山带演化和成矿系统[J]. 地质学报, 2004, 78(1).
- [7] 陕亮, 郑有业, 等. 硫同位素示踪与热液成矿作用研究[J]. 地质与资源, 2009, 18(3): 197-203.
- [8] Hugh R. Rollison 著, 杨学明译. 岩石地球化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2000.
- [9] Chaussidon M, Albarede F, Sheppard S M F. Sulphur isotope variations in the mantle from ion microprobe analyses of micro-sulphide inclusions [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1989, 92(2):144-56.
- [10] Kosler J, Fonneland H and Sylvester P. U-Pb dating of detrital zircons for sediment provenance studies-A comparison of laser ablation LA-ICPMS and SIMS techniques. Chemical Geology, 2002, 182:605-618.
- [11] 冷成彪, 张兴春, 等. 滇西北雪鸡坪斑岩铜矿S、Pb同位素组成及对成矿物质来源的示踪[J]. 矿物岩石, 2008, 28(4):80-88.

(下转第329页)

参考文献:

- [1] 姚凤良,刘连登,孔庆存,等.胶东西北部脉状金矿[M].长春:吉林科学技术出版社,1980.
- [2] 温汉捷,肖化云,俞广钧,等.构造地球化学探矿方法的应用—以山东招远魏家沟金矿为例[J].地质与勘探,1999,35(3):32-35.
- [3] 赵鹏大,等.矿床统计预测[M].北京:地质出版社,1993.
- [4] 张华鬼,刘振义,刘朝杰,等.数学地质[M].北京:冶金工业出版社,1994.
- [5] 于秀林,任雪松.多元统计分析[M].北京:中国统计出版社,1999.
- [6] 韩润生,刘从强,马德云,等.铜厂矿田陈家坝地区断裂构造地球化学特征及定位预测[J].地质与勘探,2000,36(5):66-69.

Structure Geochemical Characteristics of the Huangbuling Gold Deposit in Zhaoyuan, Shandong Province and Analysis on Its Prospecting Perspectives

QIN Peng¹, YANG Bin², CAO Jun¹

(1. *Research Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin, Guangxi, 541004;*

2. *Geo-science and Environment Engineering College of Mid-south University, Changsha, 410083*)

Abstract: Approach on structure geochemical characteristics is a useful mean of guiding ore prospecting in mine. The R type cluster analysis and R type factor analysis with structure geochemical measurement data in the mine show that the best ore indicator element combination for the Huangbuling gold deposit is Au—Ag—Bi. Based on the summary of ore deposit geological characteristics and the research on structure geochemical characteristics of the deposit, it is proposed that there is good ore prospecting potential on both east and west side of the Huangbuling ore field and along Fenghuangshan area.

Key Words: Gold deposit; Structure geochemistry; Prospecting perspectives; Huangbuling; Shandong

(上接第 316 页)

Isotope geochemistry of Chundu porphyry copper deposit in Diqing, Yunnan province

ZOU Guo-fu^{1,2}, LI Feng¹, LI Bo², XU Guo-duan³, ZHAO Xiang-dong²,
JIAN Run-tang², YANG Xian-tao², LUO Shu-bin²

(1. *Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093;*

2. *Kunming Prospecting Design Institute of China Nonferrous Metals Industry, Kunming 650051;*

3. *China Non-ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012*)

Abstract: The Chundu porphyry copper deposit is a new deposit discovered in recent years, which ore bodies hosted in the granodioritic porphyry, contact zone between rock body and its wall rock. Based on the geological feature, isotopic geochemistry of the Chundu porphyry copper deposit has been studied in this paper. The results show that the $\delta^{34}\text{S}$ composition of the Chundu copper deposit similar to the mantle, and the sulfur is mainly derived from the magma with a small amount of crustal sediments. The composition of lead isotope with a characteristic of mixed was mainly from upper mantle and lower crust. The ore-forming fluid of the deposit mainly derived from magmatic water and partly from atmospheric water, which is similar to most of porphyry copper deposit.

Key Words: isotopic geochemistry; geological characteristics of deposit, porphyry copper deposit; Chundu, Yunnan province