第 20 卷 第 1 期
2000 年 3 月

矿 物 学 报
ACTA MINERALOGICA SINICA

Vol. 20, No. 1
Mar., 2000

三家厂铜矿地质地球化学及找矿*

田毓龙[1] 秦德先[1] 胡光龙[2] 沈振兴[1] 罗桂强[2]

1. (昆明理工大学矿产地质研究所 昆明 650093)
2. (云南易门矿务局 易门 651100)

提 要 易门三家厂铜矿位于云南易门铜矿带西部,按产状、矿物组合及成矿作用可分为狮山式和凤山式矿床。矿床地质、地球化学研究结果表明,三家厂铜矿狮山式矿床是沉积岩容矿的海底喷流热水沉积硫化物矿床;凤山式矿床是狮山式矿床经后期构造和热液改造的产物。

键 词 三家厂铜矿 喷流热水沉积 地质地球化学 云南省

1 矿床地质概况

易门矿带位于康滇地轴南段西侧,西以绿汁江岩石圈断裂为界,东以汤郎—易门壳断裂为界[1],南北长约 70km,东西宽约 30km。三家厂铜矿位于易门铜矿带西部,产于绿汁江断裂的东侧。矿区地层自下而上为峨头厂组牛尖山段(Pt Ke_3,青灰色至黑灰色薄至中层状灰岩)、绿汁江组的狮山段紫色层(Pt Klz_1^1,含镜铁矿紫色角砾岩、粉砂岩及板岩)、狮山段杂色层(Pt Klz_1^2,浅灰、灰绿色纹层状含钠长石硅质白云岩和白云质硅质岩)、狮山段黑色层(Pt Klz_1^3,黑色中厚层状含钠长石硅质炭泥质岩、白云质硅质岩,相变大)、绿汁江组凤山段(Pt Klz_2,青灰色中厚层状白云岩、硅质白云岩及白云质硅质岩)。

三家厂铜矿主要由狮山和凤山两个矿段组成,按产状、矿物组合及成矿作用可分为狮山式和凤山式两类矿床,凤山式又分凤山 A 亚式和凤山 B 亚式两个亚类,其主要地质特征见表 1。

表 1 狮山、凤山矿床特征及分类

Table 1. Features and classification of the Shishan and Fengshan deposits

名称		矿体形态产状	矿物组合	矿石构造	含矿岩性	控矿因素	成矿作用	成因类型
狮山式		呈层状、似层状产于狮山段黑色、杂色层中	黄铜矿、黄铁矿、石英、钠长石	纹层状、条带状、结核状、散点状	含钠长石硅质炭泥质岩、钠长石硅质白云岩	地层和岩相为主	喷流热水沉积成矿为主	喷流热水沉积矿床
凤山式	A 亚式	呈柱状、不规则脉状产于凤山底辟构造中	黄(斑)铜矿、黄铁矿、石英、钠长石、白云石	不规则脉状、细脉浸染状、角砾状、散点状	角砾状含钠长石硅质白云岩、钠长石硅质炭泥质岩、硅化白云岩	地层、岩性和构造	喷流热水沉积成矿、充填交代成矿	喷流热水沉积-改造矿床
	B 亚式	脉状、板状、囊状产于凤山段硅质白云岩中	斑(黄)铜矿、石英、白云石	脉状、致密块状、碎斑状	硅质白云岩、硅化白云岩、碳酸盐化白云岩	以构造作用为主	充填交代成矿	后成矿床

ISSN 1000-4734 1999 年 3 月收稿 1999 年 6 月改回

第一作者简介 田毓龙 男 1970 年生 讲师 从事地球化学研究

* 中国有色金属工业总公司重点项目(编号 93-D-14)部分成果

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 含矿建造地质地球化学

2.1 地质特征

该矿床的含矿建造为狮山段杂色层和黑色层。从狮山段紫色碎屑岩、杂色白云岩到黑色炭泥质岩,反映了沉积水体环境不断加深,介质物理化学性质由氧化向还原的演化过程。三家厂矿区主要原生含矿岩石是狮山段黑色层中的含钠长石硅质条带炭泥质岩和杂色层中的含钠长石硅质条带白云岩,原生铜矿石即岩石中矿化的钠长石硅质成分,呈薄层状、微细条纹状、断线状及扁豆状等顺层理展布,厚度 0.1～n ×10 cm 。镜下这些层纹条带都是纯净的钠长石、它形细粒石英和黄铜矿组合。这些条带与地层同步褶曲,不切穿层理,有明显的同生沉积特征,而成分纯净的钠长石、石英、黄铜矿组合是正常沉积不可能形成的,笔者认为是喷流热水沉积作用的产物。

2.2 地球化学

表 2 和表 3 分别为矿区地层剖面的主要和微量元素分析结果。在 Fe-Mn-(Cu + Ni + Co) × 10 三角图解(图 1)中,本区含矿建造的岩石大部分投影在热水沉积物区内及附近。R —型聚类分析结果(图 2)表明,含矿建造的主要和微量元素总体可分出两组:一组为 CaO、MgO 和烧失量,代表正常沉积的部分;另一组为 Na_2O、SiO_2、P_2O_5、BaO、Fe_2O_3、FeO、MnO、B、As、Cu、Co、Zn 等,与第一组呈负相关,暗示二者的物源及沉积环境有差异。SiO_2 和 Na_2O 的相关系数达 0.89,可能与矿区出现大量硅质钠长石条带有关,这种硅质钠长石条带可能是非正常沉积的喷流热水沉积物质。

表 2 狮山、凤山段地层全岩化学分析结果(wt %)

Table 2. Whole-rock analyses of the Shishan and Fengshan formations

序号	样 号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	BaO	SO_2	P_2O_5	烧失	总量
1	SSSc1～3	10.45	0.13	3.10	1.03	0.23	0.00	5.15	36.54	0.59	1.06	0.13	1.13	0.10	32.49	92.13
2	SSSc5	46.32	0.40	12.0	3.19	1.02	0.11	6.96	8.11	4.20	1.68	0.35	0.70	0.25	14.03	99.32
3	SSSc6	40.46	0.43	10.0	3.41	2.67	0.12	9.33	9.61	2.33	2.73	0.05	0.03	0.24	16.90	98.31
4	SSSc7	40.76	0.34	9.90	2.25	2.37	0.12	10.25	10.96	1.03	1.03	0.38	0.27	0.16	10.54	90.36
5	SSSc8～9	43.43	0.40	10.0	0.06	3.16	0.14	9.37	9.96	4.24	1.06	0.10	0.35	0.10	16.43	98.8
6	SSSc10	50.05	0.46	13.0	1.93	5.15	0.01	14.9	2.12	2.37	0.93	0.18	6.82	0.23	8.42	106.57
7	SSSc11	33.76	0.16	2.62	0.26	2.51	0.05	16.1	16.57	1.54	0.53	0.09	0.00	0.25	23.96	98.4
8	SSSc13	13.00	0.08	4.96	0.67	0.93	0.04	17.0	23.31	0.23	0.26	0.13	0.01	0.09	37.58	98.29
9	SSSc14～15	15.76	0.07	2.29	0.41	0.79	0.11	17.93	23.51	0.17	0.66	0.14	1.01	0.08	37.23	100.16
10	SSSc16～17	4.56	0.02	1.20	0.77	0.42	0.02	19.87	20.37	0.23	0.26	0.21	0.47	0.05	43.55	92
11	So416	45.73	1.00	8.24	6.55	3.28	0.30	11.12	10.20	3.24	0.12	0.08	6.79	0.11	9.18	105.94
12	So416 岩芯	26.17	0.12	4.39	5.63	5.66	0.49	15.1	18.71	1.84	0.29	0.01	3.05	0.01	20.92	102.39

注:测试单位为云南省地矿局测试中心;1. 峨头厂组 2～4. 绿汁江组狮山段紫色层 5,6. 绿汁江组狮山段杂色层 7,8. 绿汁江组狮山段黑色层 9,10. 绿汁江组凤山段白云岩 11,12. 凤山刺穿体矿石

表 3 狮山、凤山段含矿地层全岩化学样品微量元素含量($\times 10^{-6}$)

Table 3. Trace element contents of whole-rock samples from the Shishan and Fengshan ore-bearing strata

序号	样号	As	B	Cu	Pb	Ti	Cr	Ni	Bi	Ag	Zn	Co	Sr	Ba	Be	Sb	Mn	Ga
1	SSSc1～3	2.7	11	158	49.5	1126	24.6	19.1	1.3	1.6	62	9.6	66.7	1646	1.84	1.6	199	8.8
2	SSSc5	1.5	25	130	76.0	4800	37.0	25.0	1.2	1.2	42	6.1	38.0	3500	2.43	2.7	1100	10.3
3	SSSc6	2.7	78	184	18.6	4300	28.6	32.7	1.1	1.2	44	7.6	39.0	8500	2.33	2.7	1200	11.2
4	SSSc7	4.2	92	88.0	7.8	3400	23.0	25.0	1.6	1.2	54	7.4	41.0	3800	2.16	1.2	1200	9.1
5	SSSc8～9	3.1	4.2	48.0	5.45	4150	13.4	9.8	1.5	1.2	34	3.2	32.5	1000	1.45	1.7	1400	6.3
6	SSSc10	2.7	8.5	670	7.4	4600	13.6	13.0	1.3	1.3	27	3.1	30.0	1800	1.67	2.4	100	7.5
7	SSSc11	4.1	8.9	1420	17.4	1600	12.2	25.1	1.3	1.2	48	5.7	32.0	900	1.61	2.7	500	6.7
8	SSSc13	2.0	3.3	93.0	40.0	800	7.8	7.4	1.1	1.2	37	3.0	35.0	1300	1.46	1.2	400	5.9
9	SSSc14～15	2.9	2.9	79.5	6.85	740	7.75	7.4	1.2	1.3	32	2.8	32.0	1400	1.54	2.5	1100	5.6
10	SSSc16～17	1.8	2.7	140	10.9	500	7.2	10.0	1.3	1.2	43	2.8	32.5	2150	1.5	1.6	200	5.9
11	So416	1.7	31	1230	27.8	3000	184	260	2.5	2.90	246	88.0	32	169	22	1700	9.6	
129	So416 岩芯	2.3	9.0	780	19.8	1010	42.0	101	2.3	2.77	206	111	28	159	1.6	1.7	960	8.4

注:测试单位为云南省地矿局测试中心;内容说明同上表。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

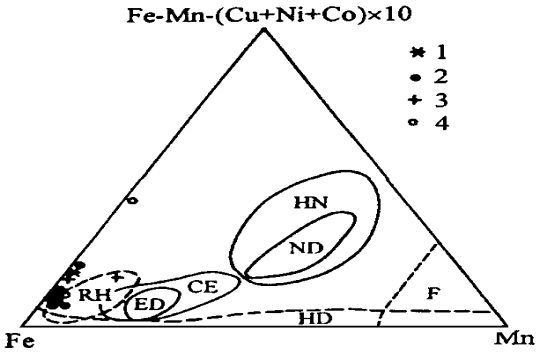


图 1　各种沉积物(岩)的 Fe-Mn-(Cu + Ni + Co) ×10[2]

Fig. 1. Fe-Mn-(Cu + Ni + Co) ×10 triangle diagram of various sediments (rocks).

HN. 水成沉积物 ND. 水成结核 ED. 东太平洋热液金属沉积物 CE 热液铁锰壳沉积物 HD 热液沉积物区 RH. 红海热液沉积物区 F. Fransiscan-热水沉积硅质岩区

1. 峨头厂组 2. 绿汁江组狮山段 3. 绿汁江组凤山段 4 凤山刺穿体岩石.

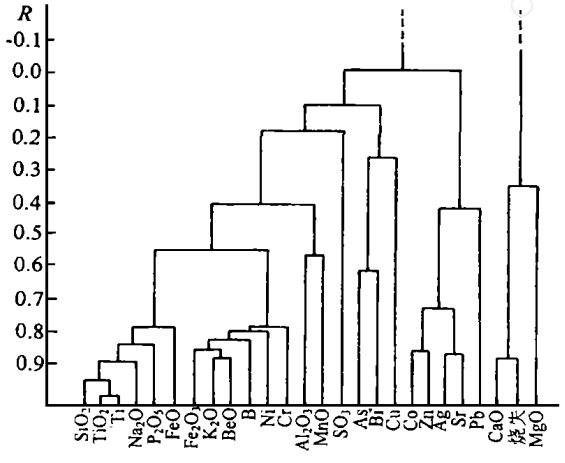


图 2　狮山段地层氧化物及微量元素 *R*-型聚类分析

Fig. 2. *R*-mode cluster analysis of oxides and trace elements in the Shishan formation.

研究认为,高含量的 Ba、As、B、Sb 等可作为识别喷流热水沉积产物的指标[3]。Rona 对世界洋底扩张中心的热水沉积物研究[4]认为 Ba 的富积与海底热水活动有关。从表 3 可见,狮山段地层中 Ba 含量极高,为 900 ×10⁻⁶～8500 ×10⁻⁶,且含有重晶石;而 As、Sb 绝对含量虽然较低,As 为 1.1 ×10⁻⁶～4.2 ×10⁻⁶,Sb 为 1 ×10⁻⁶～2.7 ×10⁻⁶,但与上下的地层相比,含量也相对较高,B、Mn 亦是如此。狮山段地层中 Ba、As、Sb、Bi、Ag、Ga 的含量都高于克拉克值,而 Ti、Co、Sr 等却低于克拉克值[5]。岩石微量元素表明狮山段地层具有喷流热水沉积的特征。

3　矿床地球化学

3.1　微量元素

Co、Ni 含量以及 Co/ Ni 比值常用来判断矿石成因,张理刚[6]认为,与内生作用有关的含铁硫化物(黄铁矿,黄铜矿)中一般 Co > Ni,而表成的含铁硫化物则总是 Co < Ni;Bralia[7]的统计结果表明,内生成因的黄铁矿 Co 含量 > 100 ×10⁻⁶, Co/ Ni > 1.17,而陆源沉积黄铁矿则 Co < 100 ×10⁻⁶,Co/ Ni < 1,平均只有 0.63。

表 4 可见,三家厂铜矿狮山式矿床黄铁矿中的 Co 含量为 8 172.17 ×10⁻⁶,Co/ Ni 为 19.66,凤山式矿床黄铁矿中的 Co 含量为 6 154.17 ×10⁻⁶,Co/ Ni 为 69.8;狮山式矿床黄铜矿的 Co/ Ni 为4.24,凤山式矿床黄铜矿 Co/ Ni 为 4.66。说明狮山式和凤山式这两类矿床均具内生热液成因特点。戈尔德斯密特[8]指出,陆源沉积成因的黄铁矿 Se 含量仅 1 ×10⁻⁶～11 ×10⁻⁶。三家厂铜矿黄铁矿 Se 含量为 110 ×10⁻⁶～179 011 ×10⁻⁶,同样显示热液成因的特征。因此,对于有明显同生沉积特征的狮山式矿床,其中黄铜矿、黄铁矿具内生热液成因的特点,用喷流热水沉积来解释比较合理。

表 4　各类矿床黄铁矿、黄铜矿中 Co, Ni 含量

Table 4. The contents of Co and Ni in pyrite and chalcopyrite in various types of deposits

样号	矿物	矿床类型	Co/ ×10⁻⁶	Ni/ ×10⁻⁶	Co/ Ni
9 件样 *	Py	狮山式矿床	7120	618	11.52
4030	Py		17641.7	189.93	92.88
6 件样 *	Py	凤山式矿床	6000	520	75.71
So390	Py	凤山 A 亚式矿床	7079.2	202.57	34.75
3 件样 *	Cp	狮山式矿床	1540	170	9.06
5 件样	Cp		171.15	100.79	1.35
11 件样	Cp	凤山 A 亚式矿床	533.8	106.72	5.09
2 件样	Cp	凤山 B 亚式矿床	104.71	51.11	2.26

注:测试单位云南省地矿局测试中心;带" * "者成都地质矿产研究所数据.

3.2　稀土元素

由表 5,图 3 可见,三家厂铜矿稀土元素组成有以下特点:①狮山段地层与加拿大 Sullivan[9]和广西大厂两地的喷流热水沉积岩稀土特征相似;②凤山段地层稀土组成具有 Ce 正异常和弱 Eu

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

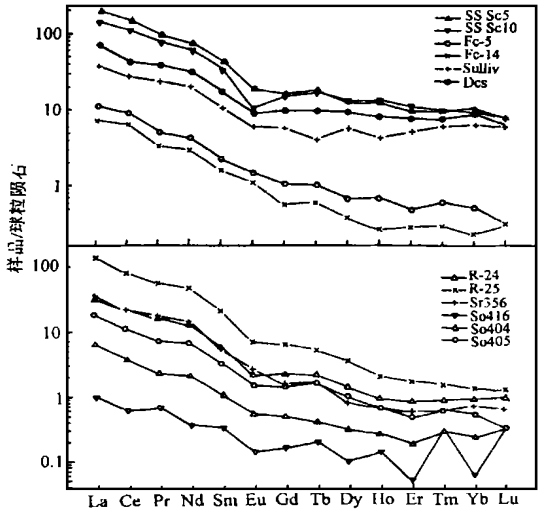


图 3 各类型矿床矿石及含矿岩石稀土元素配分曲线

Fig. 3. Rare-earth element distribution curves of the ores and host rocks of various types of deposits.

用 20 各球粒陨石(L. A. Haskin)对样品进行标准化

负异常,δCe 为 1.09～1.21,δEu 为 0.9～0.99,与矿石和狮山段地层以及 Sullivan 和大厂两地喷流热水沉积岩的稀土特征不一致;③矿石的 ΣREE 较低,为 1.43 ×10⁻⁶～157.76 ×10⁻⁶,平均 45.83 ×10⁻⁶;富集轻稀土,LREE/HREE 为 8.38～35.86,平均 22.9;Eu 负异常较明显,δEu 为 0.5～0.72;Ce 负异常较弱,δCe 为 0.73～0.91。④矿石与狮山段地层及外地喷流热水沉积岩的稀土特征相似,说明具有热水沉积成因的特点。而狮山段地层的 ΣREE 较高,可能与其中炭泥质含量较高有关[10]。

3.3 硫同位素

从表 6,图 4 可见,三家厂铜矿硫同位素组成有如下特征:①$\delta^{34}S$ 变化范围较大,为 -4.55～19.99‰,大体呈"塔式"分布,峰值为较小的正值,在 3‰附近,暗示硫源来自深部;②4 件容矿围岩的 $\delta^{34}S$ 为 0.07～6.74‰,峰值与矿石的相近,说明多数矿石硫与容矿地层硫具有相似的来源与形成环境;③狮山式矿床与凤山式矿床硫化物的硫同位素组成相似,说明凤山式与狮山式矿床的硫化物具有一致的硫源,是同一成矿作用的产物。

表 5 三家厂铜矿各类型矿床矿石及含矿岩石稀土元素含量

Table 5. Rare-earth element contents of the ores and host rocks of various types of deposits

序号	样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE	L/T	δCe	δEu
1	SSSc5	59.4	122	11.3	42.3	8.9	1.38	5.1	0.89	3.95	0.91	2.05	0.32	1.8	0.24	276.44	16.07	0.99	0.64
2	SSSc10	42.6	90.3	9.3	35.4	7.12	0.76	4.86	0.84	4.14	0.98	2.36	0.33	1.62	0.24	219.25	12.07	0.98	0.42
3	R-24	9.87	18.8	1.96	7.57	1.26	0.16	0.72	0.11	0.45	0.07	0.18	0.03	0.16	0.03	42.96	22.63	0.91	0.52
4	R-25	42.6	68.7	6.67	28	4.46	0.51	2.02	0.26	1.1	0.15	0.36	0.05	0.23	0.04	157.76	35.86	0.83	0.5
5	Fc-5	3.33	7.35	0.6	2.46	0.47	0.11	0.34	0.05	0.21	0.05	0.1	0.02	0.09	0.01	16.25	16.49	1.09	0.9
6	Fc-14	2.16	5.36	0.4	1.68	0.34	0.08	0.18	0.03	0.12	0.02	0.06	0.01	0.04	0.01	10.91	21.4	1.21	0.99
7	Sr356	10.9	18.4	2.02	8.02	1.16	0.19	0.5	0.08	0.25	0.05	0.12	0.02	0.12	0.02	42.63	35.09	0.82	0.72
8	So416	0.29	0.5	0.08	0.21	0.07	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1.44	8.38	0.73	0.55
9	So404	1.96	3.18	0.28	1.24	0.22	0.04	0.16	0.02	0.1	0.02	0.04	0.01	0.04	0.01	7.8	17.33	0.85	0.7
10	So405	5.38	9.3	0.87	3.91	0.69	0.11	0.47	0.08	0.31	0.05	0.1	0.02	0.09	0.01	22.41	17.96	0.88	0.63
11	Sulliv	11.2	23.1	2.8	11.5	2.2	0.44	1.8	0.2	1.8	0.32	1.1	0.2	1.1	0.19	68.95	7.64	0.91	0.74
12	Dcs	21	35.1	4.61	18.3	3.72	0.66	3.18	0.48	2.92	0.61	1.61	0.25	1.54	0.2	109.38	7.73	0.77	0.65

注:测试单位为地矿部宜昌矿床地质研究所;1. 狮山段杂色层含钠长石硅质白云岩 2. 狮山段黑色层含钠长石硅质炭泥质岩 3,4 狮山式矿床矿石 5,6 凤山段白云岩 7,8 凤山 A 亚式矿床矿石 9,10 凤山 B 亚式矿床矿石 11. 加拿大 Sullivan 富电气石条带热液沉积岩[9] 12. 广西大厂热液沉积硅质岩(9 件样平均) ①

3.4 铅同位素

三家厂铜矿矿石 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 为 17.551～38.693,离差21.412;$^{207}Pb/^{204}Pb$为15.338～17.227,离差1.889,$^{208}Pb/^{204}Pb$为37.321～56.967,离差19.646(表 7)。用 H. H 单阶段演化模式计算的年龄,除 1 件样品为正值外,其余均为负值,充分显示了多段异常铅特征[11]。利用参数 a = 9.307, b = 10.294, c = 29.476, λ_0 = 0.155 125 × 10^{-9}/a, λ_5 = 0.984 85 ×10^{-9}/a,计算得本区正常铅从源区分离出来的年龄为1 795 Ma,与基底

①秦德先. 广西大厂锡矿 92 号矿体地质特征及富集规律(研究报告). 1994.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

大红山群年龄可以对比;异常铅年龄为1 375.4 Ma,与武定绿汁江组单阶段正常铅模式年龄1 375Ma 一致[1]。说明同生沉积成矿时,有部分矿质来源于基底地层。

表 6　三家厂铜矿矿物硫同位素组成(‰)

Table 6. Sulfur isotopic composition of sulfides from the Sanjiachang copper mine

序号	样号	矿物	$\delta^{34}S$	序号	样号	矿物	$\delta^{34}S$
1	SSSc10	黄铁矿	6.47	16	So402	黄铜矿	3.25
2	SSSc14	黄铁矿	4.78	17	So207	黄铜矿	8.40
3	Fc-5	黄铁矿	0.03	18	So184	黄铜矿	2.79
4	Fc-14	黄铁矿	4.95	19	So390	黄铁矿	4.05
5	r-24	黄铜矿	10.17	20	So353	黄铜矿	13.92
6	r-25	黄铜矿	3.39	21	So180	黄铜矿	3.75
7	r-26	黄铜矿	2.83	22	So228	斑铜矿	19.99
8	r-35	黄铜矿	2.94	23	So416	黄铜矿	2.82
9	4000	黄铜矿	- 1.68	24	So403	黄铜矿	5.94
10	4020	黄铜矿	- 4.37	25	So387	黄铜矿	2.74
11	4030	黄铁矿	8.28	26	So602 - 5	斑铜矿	16.15
12	4010	黄铜矿	2.68	27	So356 - 4	斑铜矿	12.2
13	Bo5 - 2	黄铜矿	5.37	28	So414	斑铜矿	1.07
14	Sr356	黄铜矿	14.52	29	So404	黄铜矿	5.93
15	So415	黄铜矿	4.58	30	So405	黄铜矿	2.19

注:测试单位为宜昌矿床地质研究所;1,2. 狮山段含矿地层　3,4. 凤山段含矿地层　5～13. 狮山式矿石　14～27. 凤山 A 亚式矿石　28～30. 凤山 B 亚式矿石.

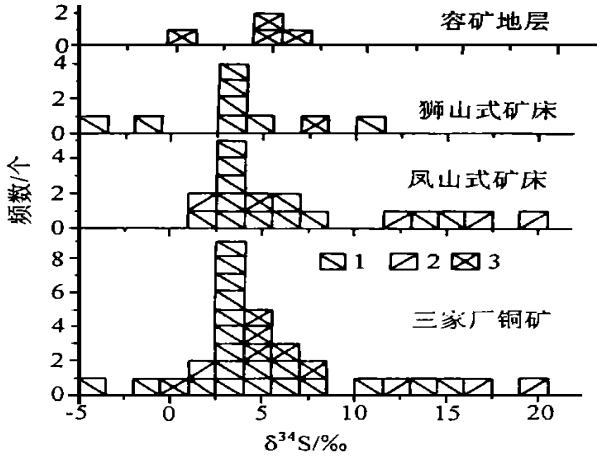


图 4　三家厂铜矿 $\delta^{34}S$ 分布直方图

Fig. 4. Histogram of $\delta^{34}S$ values for the Sanjiachang copper mine.

1. 黄铜矿　2. 斑铜矿　3. 黄铁矿

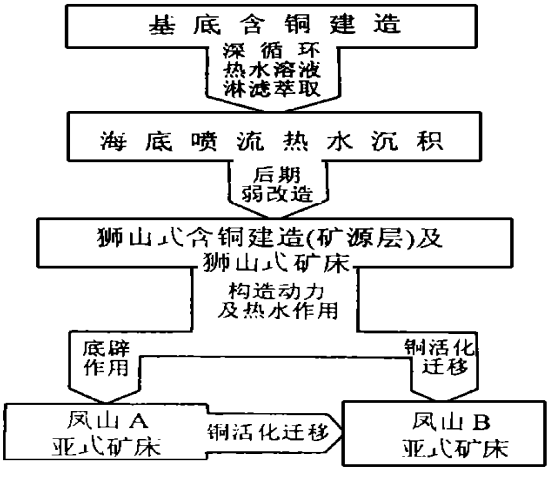


图 5　三家厂铜矿成矿机理

Fig. 5. Metallogenic mechanism of the Sanjiachang copper deposit.

综合上述可得出如下结论:①三家厂铜矿包括狮山式、凤山 A 亚式和 B 亚式矿床,狮山式矿床具有明显的同生沉积成矿特征,而凤山 A 亚式和 B 亚式矿床具有明显的后期构造热液改造成矿特征;②狮山段含钠长石硅质白云岩、含钠长石硅质炭泥质岩和金属硫化物为喷流热水沉积成因,凤山段白云岩为正常沉积作用形成;③狮山式矿床与凤山 A 亚式、B 亚式矿床的具有一致的矿源和硫源,凤山式矿床是狮山式矿床经后期构造热液改造而成的,凤山段白云岩对其主要起容纳作用。

4　成矿机理

有关矿床成因,前人主要有岩浆期后中温热液说(马镇坤,1956)①;沉积变质说[12];火山-沉

① 孙家骢,等. 易门铜矿构造地球化学特征及深部成矿预测(科研报告). 1996.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

积-变质说[13];火山喷气沉积说[14]。通过以上研究,笔者对三家厂铜矿的成矿过程得到如下认识(图 6)。

①同生沉积阶段:在狮山段地层沉积时期,绿汁江断裂以西强烈下沉。当沉积紫色层时,水环境较浅,Eh 值高,老地层风化淋滤出来的铜以 Cu^{2+} 形式赋存在水体中,不能被还原沉淀;沉积杂色层和黑色层时,水环境变深,动能变小,Eh 值降低,发生了喷流热水沉积作用。喷流热水沉积物源主要来自下伏基底大红山群,喷出热水中的 Cu^{2+} 被还原沉淀,形成了狮山式层状硫化物矿体。

②后期构造热液改造阶段:由于应力作用,使狮山段和凤山段地层发生断裂、褶皱,局部(凤山)应力强度大,发生底辟作用,下伏狮山段地层被挤入凤山段白云岩中,其中局部含有原生的层状矿主要受构造改造后即形成凤山 A 亚式矿床;当后期热液、构造使狮山段含矿建造及少量凤山段地层中的矿质发生活化迁移,在凤山段地层构造、岩性有利部位卸载、富集成矿,即形成凤山 B 亚式矿床。

表 7 三家厂铜矿矿石单矿物铅同位素分析结果

Table 7. Pb isotopic composition of the ore from the Sanjiachang copper deposit

序号	样品编号	矿物名称	铅同位素					
			$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	ϕ 值	μ 值	Th/U
1	r-24	黄铜矿	38.963	17.227	56.967	0.286	14.916	1.423
2	r-25	黄铜矿	26.344	16.338	43.632	0.355	10.618	2.496
3	r-26	黄铜矿	25.955	16.289	41.910	0.360	10.533	2.273
4	r-35	黄铜矿	35.876	16.917	46.258	0.286	13.364	0.969
5	Sr356	黄铜矿	26.491	16.347	46.735	0.352	10.634	2.997
6	So207	黄铜矿	25.577	16.083	44.730	0.356	10.170	2.824
7	So390	黄铁矿	35.777	16.943	61.265	0.286	13.314	1.943
8	So228	斑铜矿	27.174	16.271	43.893	0.3235	10.500	2.202
9	So414	黄铜矿	18.609	15.529	38.991	0.58	9.301	3.804
10	So404	黄铜矿	20.232	15.694	40.387	0.494	9.527	3.607
11	So356	斑铜矿	25.825	16.365	44.857	0.368	10.666	2.881
12	4000	黄铜矿	17.551	15.393	37.321	0.619	9.818	3.439
13	4020	黄铜矿	20.069	15.848	39.576	0.516	9.818	3.439
14	SSc10	硅质岩	19.885	15.715	40.141	0.514	9.581	3.700

注:测试单位为地矿部宜昌矿床地质研究所.

参 考 文 献

1 吴懋德,著. 云南昆阳群地质. 昆明: 云南科技出版社, 1990. 271～390

2 Bostrom P A. Genesis of ferromanganes deposits-diagenostic criteria for recent and old deposits. *Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers* (In: Rona P.A. et al, Eds.). New York: Plenum Press, 1983. 473～498

3 中国科学院矿床地球化学开放研究实验室. 矿床地球化学. 北京: 地质出版社, 1997. 457～473

4 Rona P A. Hydrothermal mineralization at seafloors Center. *Earth Science Reviews*, 1984, (2): 1～796

5 黎 彤. 大洋地壳与大陆地壳的元素丰度. 大地构造与成矿学, 1984, 8(1): 19～28

6 张理刚 著. 成岩成矿理论与找矿. 北京: 北京工业大学出版社, 1988

7 Bralia A. A revolution of the Co/Ni ration in pyrite as geochemical tool in ore genesis problems. *Mineralium Deposita*, 1979, 14(3). 353～374

8 V M 戈尔德斯密特,著. 地球化学(中译本). 北京: 科学出版社, 1959

9 韩 发, Hutchinson R W. 大厂锡多金属矿床热液喷气沉积的证据-容矿岩石的微量元素及稀土元素地球化学. 矿床地质, 1989, 8(3): 33～42

10 王中刚, 于学元, 赵振华. 稀土元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1989. 75～92

11 陈好寿,冉崇英. 康滇地轴铜矿床同位素地球化学. 北京:地质出版社,1992. 29～48

12 施林道. 易门铜矿成因与找矿标志初步探讨. 地质与勘探, 1974, 18(7):1～10

13 冉崇英. 康滇地轴东川式层状铜矿的沉积环境及成岩成矿作用. 地球化学, 1981,(2):114～120

14 杨应选,仇定茂,阙梅英,等. 西昌-滇中前寒武系层状铜矿. 重庆: 重庆出版社, 1988. 184～239

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

GEOLOGY AND GEOCHEMISTRY OF SANJACHANG COPPER DEPOSIT

Tian Yulong[1] Qin Dexian[1] Hu Guanglong[2] Shen Zhenxing[1] Luo Guiqiang[2]

1. (Institute of Geology and Mineral Resources, Kunming University of Technology, Kunming 650093)
2. (Yimen Mining Administration, Yimen, Yunnan 651100)

Abstract: Located in the west of the Yimen copper belt in Yunnan, the Sanjiachang copper deposits are divided into the Shishan type and the Fengshan type, according to their occurrence, mineral assemblage and mineralization. The geology and geochemistry data show that the Shishan type is a sulfide deposit of marine exhalate-hydrothermal sedimentary origin, and the Fengshan type is the result of transformation of the Shishan type deposits by later tectonics and hydrothermal fluids.

Key words: Sanjiachang copper deposit; exhalate-hydrothermal sedimentation; geology and geochemistry; Yunnan Province

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net