

四川呷村含金富银多金属矿床成矿地质特征和成因

叶庆同

(中国地质科学院矿床地质研究所)

内容提要:呷村矿床是我国的一个典型黑矿型矿床,产于德格—乡城晚三叠世岛弧带中。成矿作用发生在酸性火山活动间歇期和末期,碳酸盐岩盖层形成之前。成矿时代为199.2—200Ma。有上、下两个矿带:下矿带和上矿带下部为脉状、网脉状铅锌矿,围岩蚀变和蚀变分带围绕着矿脉发育;上矿带上部为块状银多金属矿层和块状重晶石矿层。

温压地球化学和稳定同位素地球化学研究表明,成矿发生在中—低温条件下,成矿时内压力较大,成矿流体属以海水为主的混合流体,成矿物质主要来自火山活动。温度、压力、硫逸度和氧逸度等条件变化决定了矿化分带和围岩蚀变分带。该矿床具有海底火山喷气—沉积成因,其成矿模式可与日本黑矿类比。

主题词: 岛弧带 黑矿 银多金属块状硫化矿 火山喷气—沉积成因

呷村含金富银多金属矿床是我国一个典型的黑矿型矿床,受到了国内外矿床学家的关注和兴趣。本文在前人资料基础上,反映了作者近年来的研究成果,论述该矿床的成矿地质特征和成因,希望能对我国黑矿型矿床找矿有所促进。

一、区域地质背景

呷村矿床位于我国特提斯—喜马拉雅构造域的东缘,义敦古岛弧系的德格—乡城主弧带中。后者北起四川德格,南至云南中甸,长达450km,宽30—40km,由赠科、昌台、乡城和中甸四个火山—沉积盆地组成(图1)。它是扬子板块沿甘孜—理塘带向西俯冲的产物;在燕山期,由于扬子板块与昌都地块汇聚、碰撞和挤压,演化成岛弧—碰撞带的构造格架^[1]。

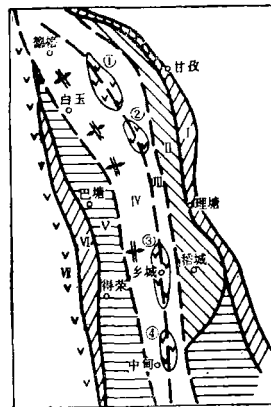
图1 德格—乡城岛弧带和火山—沉积盆地分布示意图

(据付德明 1989年资料简化)

I—甘孜—理塘俯冲带; II—新龙—稻城弧前盆地; III—德格—乡城主弧带;
IV—白玉—义敦弧间盆地; ①—赠科盆地; ②—昌台盆地; ③—乡城盆地; ④—
中甸盆地; V—中咱古生代陆块; VI—金沙江俯冲带; VII—江达火山弧带

Fig.1. Sketch map showing distribution of Dege-Xiangcheng island arc zone and volcano-sedimentary basins.

I—Ganzi-Litang subduction zone; II—Xinlong-Daocheng forearc basin;
III—Dege-Xiangcheng principal arc zone; IV—Baiyu-Yidun interarc basins;
①—Zengke basin; ②—Changtai basin; ③—Xiangcheng basin; ④—Zhongdian basin;
V—Zhongza Paleozoic landmass; VI—Jinshajiang subduction zone;
VII—Jiangda volcanic arc zone.



组	段	厚度(m)	岩性
勉戈组	第二段	1174	紫灰色绢云母千枚岩, 绢云母泥千枚状板岩, 灰黑色板岩与中细粒岩屑石英砂岩不等厚互层, 含 <i>Pergamidia</i> Sp., <i>Cassione-lla</i> Sp., <i>Trigonodus</i> Sp., <i>Halobia</i> Sp., <i>Avicula</i> Sp., <i>Helminthoida</i> Sp. 等
	第一段	84.1	钾质流纹质熔结凝灰岩夹少量流纹岩, 次流纹岩侵入; 底部为砾岩、砂板岩和流纹质凝灰岩
岷村组	第三段	100~200	黑色板岩, 钙质板岩, 千枚岩, 夹含生物碎屑和钙质结核; <i>Pergamidia</i> Sp., <i>Halobia</i> Sp., <i>Unio</i> Sp., <i>Mediolus</i> Sp., <i>Loph</i> Sp., <i>Cosmorhynchus</i> Sp. 等
	第二段	1000~2000	上部为斜长流纹岩和凝灰岩; 中部为斜长流纹岩和凝灰岩夹火山角砾岩; 下部为角闪石英安山岩和石英安山岩
	第一段	368	黑灰色板岩, 粉砂岩和砂岩, 含 <i>Halobia</i> Sp., <i>Mediolus</i> Sp., <i>Jiachuania</i> Sp. 等
根隆组	第三段	1127	顶部为微粗安山岩; 上部为酸性熔结凝灰岩, 熔结角砾岩夹灰岩透镜体; 中部为安山岩; 下部以斜长微粗安山岩为主夹少量流纹岩
	第二段	3349	中上部为灰色板岩, 钙质板岩夹砂岩, 顶部为中厚层绿帘角闪岩; 下部为黑灰色条带状板岩, 钙质板岩和粉砂岩, 含 <i>Halobia</i> Sp., <i>Helminthoida</i> Sp. 等
	第一段	675	中上部为玄武岩, 玄武质凝灰岩、流纹岩、流纹质熔结凝灰岩夹灰岩透镜体; 下部为砂板岩夹灰岩

图2 四川昌台地区晚三叠世地层柱状图

(据胡世华等, 1989)

Fig.2. Stratigraphic column of Late Triassic in Changtai area, Sichuan Province.

岷村矿床产于昌台火山-沉积盆地中, 即岷村次级倒转向斜近轴部的挤压带中^[2]。在这里, 上三叠统分为根隆、岷村和勉戈三个组, 其特征列于图2。

根隆旋回(卡尼克早期)火山活动, 早期为裂隙式喷溢, 形成北北西向果德-河波玄武岩带和纳楞海-团结乡玄武岩-流纹岩带; 晚期为脉动式裂隙喷发, 在上述两个玄武岩带之间形成玄武岩-安山岩-流纹岩组合。玄武岩属碱性系列钠质亚系列, 以低Ti、高Cr和Ni为特征, 与板内玄武岩相似, 反映了大陆裂谷喷发环境。

岷村旋回(卡尼克晚期)火山活动, 以安山岩浆喷发开始, 玄武岩-流纹岩双峰岩浆活动结束。安山岩浆呈中心式喷发, 开始以溢流相为主, 以后以爆发相为主, 火山中心呈北北西向线性排列, 形成东安山岩带。双峰火山活动发生在安山岩带西侧, 首先玄武岩浆呈裂隙式喷发, 以熔岩为主, 其后流纹岩浆呈裂隙-中心式喷发, 形成北北西向流纹岩带。安山岩和流纹岩属钙碱系列, 以富钾为特点。玄武岩属拉斑系列, 其微量元素特征与大洋拉斑玄武岩类似, 表明这时已处于岛弧环境^[3,4]。

勉戈旋回(诺利克期)火山活动, 首先发生安山岩浆中心式喷发, 形成以爆发相为主的西安山岩带, 然后在其西侧发生双峰火山活动: 玄武岩浆呈裂隙式喷发, 形成北北西向玄武岩带; 流纹岩浆呈中心式喷发, 形成以爆发相为主的英安质和流纹质火山岩, 并覆盖在玄武岩之上。安山岩和流纹岩属钙碱系列; 玄武岩属碱性系列钾质亚系列, 微量元素特征类似岛弧粗面玄武岩。这表明, 该旋回火山活动虽然仍处于岛弧环境, 但是已具有由大洋向大陆过渡的特征。

因此,平行排列的双峰火山岩带的形成,导致了岛弧火山活动的结束,弧后扩张盆地的产生,其后又经历了燕山期强烈挤压、褶皱、滑脱和推覆。这就是呷村矿床形成的区域地质背景。

二、矿床地质特征

呷村矿区内出露地层为上三叠统呷村组(图3),其自下而上分为三段:下段为浊流复理石相碎屑岩;中段为火山杂岩;上段为千枚岩和碳酸盐岩(图4)。

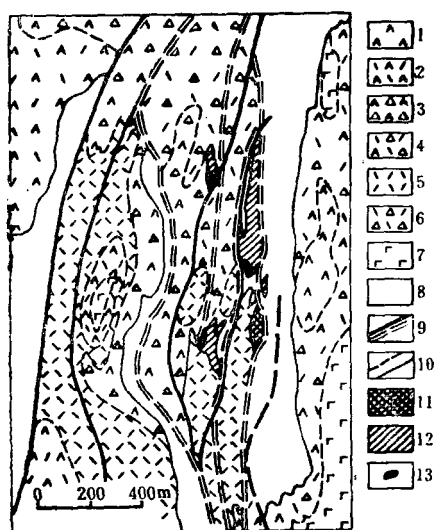


图3 呷村矿床地质略图

(据文献[2]资料简化)

1—8—上三叠统呷村组中段: 1—英安岩; 2—英安流纹岩; 3—英安质角砾熔岩; 4—英安流纹质角砾熔岩; 5—流纹岩; 6—流纹质角砾凝灰熔岩; 7—安山岩; 8—板岩和碳酸盐岩; 9—断裂和剪切带; 10—地层界线和岩相界线; 11—重晶石矿; 12—脉状和网脉状矿; 13—块状硫化矿

Fig.3. Sketch geological map of the Gacun ore deposit.

1—8—Middle Member of Upper Triassic Gacun Formation: 1—Dacite; 2—Dacite-rhyolite; 3—Dacitic breccia lava; 4—Dacite-rhyolitic breccia lava; 5—Rhyolite; 6—Rhyolitic breccia tuffaceous lava; 7—Andesite; 8—Slate and carbonate rock; 9—Fracture and shear zone; 10—Boundary of strata and boundary of lithofacies; 11—Barite ore; 12—Veinlike and stockwork deposit; 13—Massive sulfide deposit.

中段火山杂岩由中性、基性和酸性三个火山岩带组成。中性火山岩带的下部为安山岩、安山质晶屑凝灰熔岩和英安岩韵律层,上部为安山岩、英安岩和英安流纹质凝灰岩韵律层。基性火山岩带不发育,表现为玄武岩零星分布。酸性火山岩带的下部为安山岩、英安岩和英安流纹岩韵律层,中部为英安流纹岩和流纹岩韵律层,上部为爆发相和喷溢相流纹质火山岩交互的韵律层。因此,在每个火山岩带中和在每个韵律层中,岩浆都是向酸性方向演化。成矿作用发生在酸性火山岩带中部韵律层顶部和上部韵律层顶部。矿石铅模式年龄190—197Ma, 强烈绢云母化蚀变岩K-Ar法同位素年龄199.2Ma, 表明成矿作用紧随酸性火山活动而发生。

呷村组火山岩的化学成分、稀土和微量元素含量列于表1、2、3和图5、6。从表和图中可见,安山岩和流纹岩属钙碱系列,玄武岩属拉斑系列;从基性火山岩到酸性火山岩,Cu、Pb、Zn、Ag、Au等成矿元素含量有增高趋势。

在昌台火山-沉积盆地中,三叠系挤压成复式背斜,由一系列轴向南北的背、向斜组成,伴随褶皱产生了一系列走向逆断层。呷村矿床就位于呷村次级倒转向斜轴部的挤压带中,北东和北西向成矿后断裂对矿带起了破坏作用。

表 1 四川呷村矿区上三叠统呷村组火山岩的平均化学成分 (wt.%)

Table 1. Average chemical composition of volcanic rocks from Upper Triassic Gacun Formation in the Gacun ore district of Sichuan Province (in wt.%)

岩石名称	样品数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	烧失量	总计
玄武岩	6	47.46	1.06	17.64	3.41	6.71	0.13	8.97	7.11	1.40	2.14	0.19	2.46	1.50			100.18
玄武安山 质凝灰熔岩	3	55.36	0.83	17.34	2.23	6.63	0.12	5.66	2.89	2.07	2.12	0.17				3.97	99.39
安山岩	8	62.45	0.70	15.46	2.26	3.12	0.10	2.21	4.65	2.25	2.84	0.14	1.95	1.11	0.58		99.72
安山质 凝灰岩	5	65.96	0.62	14.98	1.71	2.66	0.06	2.31	3.37	2.54	2.90	0.11	1.89	0.30	0.07		99.48
英安岩	3	67.86	0.17	14.26	0.75	3.14	0.04	1.52	3.84	3.18	3.70	0.04				1.12	99.62
英安质 凝灰岩	2	68.80	0.18	14.91	0.86	2.48	0.21	1.42	1.17	2.30	3.16	0.03	2.40	2.30			100.21
流纹岩	7	75.67	0.10	12.85	0.85	1.05	0.03	0.11	0.59	3.93	3.47	0.03	1.08	0.21			100.31
流纹质角 砾凝灰熔岩	2	76.98	0.10	12.67	0.34	1.38	0.01	0.21	0.26	2.83	3.79	0.04	0.65	0.52	0.40		99.98
流纹质 凝灰岩	4	77.62	0.10	11.92	0.48	1.21	0.04	0.32	0.45	3.23	3.27	0.01	0.60	0.49	0.10		99.84

注：其中 7 件为本文资料，由中国地质科学院岩矿测试技术研究所刘以建分析，其余选自四川省地矿局一〇八地质队资料

表 2 四川呷村矿床上三叠统呷村组火山岩的稀土元素平均含量 (ppm)

Table 2. Average REE contents of volcanic rocks from Upper Triassic Gacun Formation of the Gacun ore deposit in Sichuan Province (in ppm)

岩石名称	样品数	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
玄武岩	3	16.20	31.99	4.15	14.48	3.65	1.22	3.97	0.95	4.57
安山岩	3	34.85	68.95	8.31	32.37	6.68	1.77	6.90	1.24	6.94
英安岩	2	35.86	65.30	7.98	29.45	6.19	1.46	5.47	1.08	5.11
流纹岩	2	62.94	117.27	14.45	50.31	11.42	2.20	11.07	2.23	13.99
富硅流纹岩	2	22.47	43.62	5.58	20.00	4.58	1.23	4.48	0.89	4.64
岩石名称	样品数	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	总计	$\frac{\sum Ce}{\sum Y}$	δEu
玄武岩	3	1.05	3.07	0.53	2.68	0.44	28.24	117.19	1.58	1.00
安山岩	3	1.39	3.73	0.65	3.72	0.57	34.72	212.79	2.55	0.77
英安岩	2	1.23	3.15	0.54	2.55	0.33	36.23	201.82	2.62	0.77
流纹岩	2	2.53	7.46	1.23	9.42	1.10	55.73	363.35	2.46	0.58
富硅流纹岩	2	0.97	2.68	0.45	2.49	0.37	32.13	146.58	1.98	0.55

注：其中 8 件为本文资料，由中国地质科学院岩矿测试技术研究所伍新宇分析，其余选自四川省地矿局一〇八地质队资料

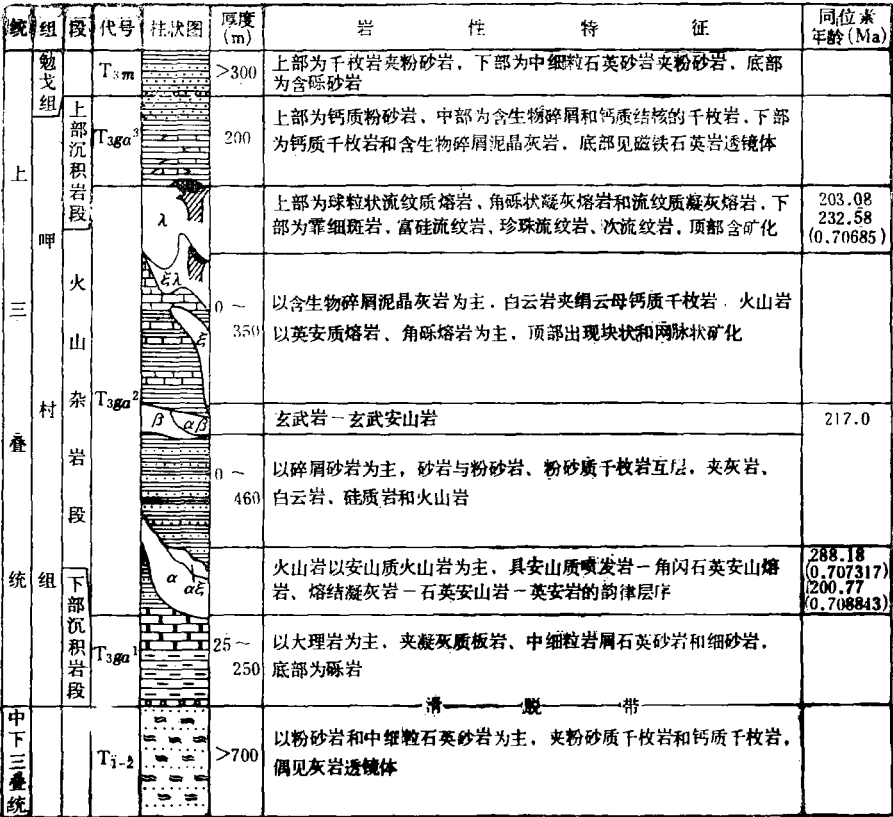


图 4 呷村矿区地层柱状图
(同位素年龄据付德明和金庆民等资料, 括号内为⁸⁷Sr/⁸⁶Sr初始值)
Fig.4. Stratigraphic column of the Gacun ore district.
(Value in brackets refers to ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr initial value).

表 3 四川呷村矿床上三叠统呷村组火山岩的微量元素平均含量 (ppm)
Table 3. Average minor element contents of volcanic rocks from Upper Triassic
Gacun Formation in Sichuan Province (in ppm)

岩石名称	样品数	Rb	Sr	Ba	Nb	Ta	Zr	U	Th	Cr	Ni	Co	V	Cu	Pb	Zn	Ag	Au
玄武岩	3	65	138	496	10.6	9.5	127.5	3.3	11.0	82	55	16	163	21	26	35	0.05	0.009
安山岩	5	76	189	574	9.3	9.4	162.5	3.6	14.1	72	49	18	153	32	24	39	0.09	0.012
英安岩	4	92	206	599	9.2	9.0	201.3	3.9	15.8	56	47	18	90	33	28	44	0.09	0.011
流纹岩	12	139	214	641	10.6	12.1	340.0	5.5	19.5	25	14	10	39	39	32	48	0.10	0.015
富硅流纹岩	4	93	246	538	12.1	11.8	339.0	6.2	19.4	15	10	13	29	39	48	69	0.27	0.036

注: 由中国地质科学院岩矿测试技术研究所戴朝玉等分析, 样品由四川省地质科学研究所付德明采集

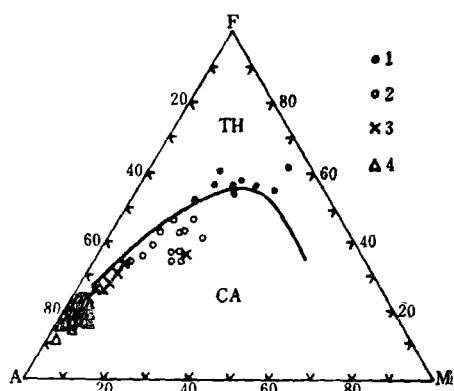


图 5 呷村矿区上三叠统呷村组火山岩FAM图解

1—玄武岩类；2—安山岩类；3—英安岩类；4—流纹岩类；TH—拉斑系列；CA—钙碱系列；A— $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ；F— $\text{FeO} + 0.9\text{Fe}_2\text{O}_3$ ；M— MgO
Fig. 5. FAM diagram of Upper Triassic Gacun Formation in the Gacun ore district.
1—Basalts; 2—Andesites; 3—Dacites; 4—Rhyolites; TH—Tholeiitic series; CA—Calc-alkali series; A— $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$; F— $\text{FeO} + 0.9\text{Fe}_2\text{O}_3$; M— MgO .

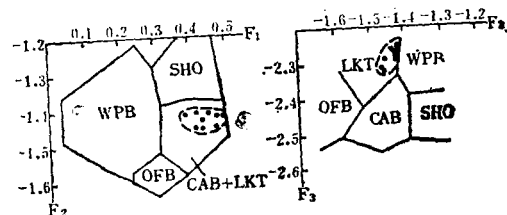


图 6 呷村矿区上三叠统呷村组玄武岩系列判别函数图解

(据J. A. , Pearce, 1978)

SHO—钾玄武岩；WPB—板内玄武岩；CAB—钙碱性玄武岩；LKT—岛弧拉斑玄武岩；OFB—大洋玄武岩； $F_1 = 0.0088(\text{SiO}_2) - 0.00774(\text{TiO}_2) + 0.0102(\text{Al}_2\text{O}_3) + 0.0066(\text{FeO}) - 0.0017(\text{MgO}) - 0.0143(\text{CaO}) - 0.0155(\text{Na}_2\text{O}) - 0.007(\text{K}_2\text{O})$ ； $F_2 = -0.0130(\text{SiO}_2) - 0.0185(\text{TiO}_2) - 0.0129(\text{Al}_2\text{O}_3) - 0.0134(\text{FeO}) - 0.0300(\text{MgO}) - 0.0204(\text{CaO}) - 0.0481(\text{Na}_2\text{O}) + 0.0715(\text{K}_2\text{O})$ ； $F_3 = -0.022(\text{SiO}_2) - 0.0532(\text{TiO}_2) - 0.036(\text{Al}_2\text{O}_3) - 0.0016(\text{FeO}) - 0.0310(\text{MgO}) - 0.0237(\text{CaO}) - 0.0614(\text{Na}_2\text{O}) - 0.0289(\text{K}_2\text{O})$
Fig. 6. Discriminant function diagram of basalt series of Upper Triassic Gacun Formation of the Gacun ore district.
SHO—Potassic basalt rock; WPB—Basalt within plate; CAB—Calc-alkali basalt; LKT—Arc tholeiite; OFB—Oceanic basalt.

三、矿体特征

呷村多金属矿带长约2000m，宽50—600m，已圈出60多个矿体。根据矿体集中产出的部位，分为上、下两个矿带：

下矿带产于英安流纹质角砾熔岩内，走向近南北，浅部倾向西，深部倾向东，倾角80°左右。矿带控制长950m，最大宽度600m，厚7.3—51.62m，由11层铅锌矿组成，矿层累计厚31.82m。矿石呈脉状、网脉状、浸染状和块状，含Cu 0.11%，Pb 0.91%，Zn 1.75%，Ag 16.01g/t，Au 0.13g/t^①。

上矿带可以分为四个亚带（图7）：

（1）下亚带产于蚀变岩筒上部的流纹质角砾凝灰熔岩中，南北长1870m，最大宽度117m，由五层铅锌矿组成，累计厚为19.47m。矿石呈脉状、网脉状，含Cu 0.05%，Pb 0.97%，Zn 1.61%，Ag 16.87g/t，Au 0.13g/t。

（2）中亚带产于蚀变岩筒顶部，“硅壳”之下，长约1200—1400m，宽80—110m，厚度1.17—7.94m。矿石呈网脉状，含Cu 0.27%，Pb 2.22%，Zn 3.29%，Ag 82.74g/t，Au 0.19g/t。

（3）上亚带为块状硫化矿层和重晶石矿层，南北长1430m，宽107m，厚17.32m。该

① 据徐明基等1989年资料，以下均同

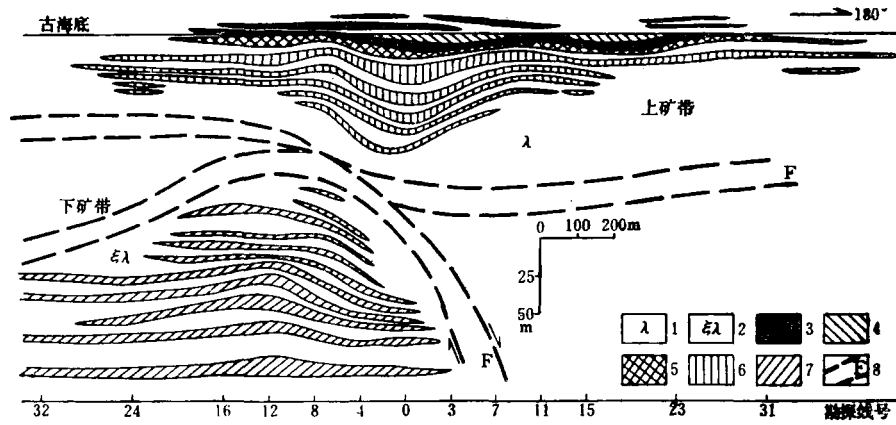


图7 呷村矿区矿体纵剖面示意图

(据徐明基等, 1989年资料简化)

1—流纹质角砾凝灰熔岩; 2—英安流纹质角砾熔岩; 3—块状硫化矿层; 4—块状重晶石矿层; 5—网脉状铅锌矿层; 6—脉状铅锌矿层; 7—脉状、网脉状和浸染状铅锌矿层; 8—断裂带

Fig.7. Sketch longitudinal section of ore bodies in the Gacun ore district.

1—Rhyolitic breccia tuffaceous tuff; 2—Dacito-rhyolitic breccia lava; 3—Massive sulfide ore bed; 4—Massive barite ore bed; 5—Stockwork lead-zinc ore bed; 6—Veinlike lead-zinc ore bed; 7—Veinlike, Stockwork and disseminated lead-zinc ore bed; 8—Fracture zone.

亚带下部含黄铁矿较多, 矿石颜色发黄, 含重晶石和硅化流纹质火山岩“角砾”; 越往深部, 硅化流纹质火山岩“角砾”越多越大; 相反, 越往上部, 重晶石“角砾”越多越大, 该亚带上部以银、铅、锌硫化物为主, 矿石颜色发黑, 不均匀地含有重晶石“角砾”; 常见硫化物薄层和重晶石薄层相间组成的条带状、层纹状构造。它们被矿区地质工作者称为“黄矿”和“黑矿”, 含Cu 0.60%, Pb 3.82%, Zn 5.08%, Ag 225.96g/t, Au 0.49g/t, BaSO₄ 63.29%。在块状硫化矿层顶部, 常有一层块状重晶石矿层, 厚5—7m, 含BaSO₄ > 90%, Cu 0.13%, Pb 0.12%, Zn 0.24%, Ag 52.26g/t, Au < 0.1g/t。

(4) 顶亚带产于白云质灰岩中, 由两层块状硫化矿组成。矿体呈透镜状、似层状, 断续分布, 长约960m, 宽约200m, 累计厚度0.5—14m。矿石含Cu 1.16%, Pb 6.92%, Zn 10.40%, Ag 155.08g/t, Au 0.41g/t, BaSO₄ 2.48%。

从上述可知, 矿床的矿化分带清晰, 由下而上为: 脉状、网脉状铅锌矿→块状银多金属矿→块状重晶石矿。

矿带和矿层的产状, 在总体上与地层产状一致, 并同步褶皱(图8)。

矿石的特点是金属矿物粒度细小, 多在0.01mm左右。主要金属矿物有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿, 次为黝铜矿和黄铜矿, 少量毒砂、硫锑铅矿、车轮矿、斑铜矿、磁黄铁矿, 偶见自然金、汞银金矿、硫铜银矿、辉银矿、蓝辉铜矿、斜辉锑铅矿、曼纳德石等。非金属矿物以石英和重晶石为主, 次为钡冰长石、绢云母、绿泥石, 少量高岭石、方解石和白云石。相应于矿化分带, 矿石矿物共生组合由深部向浅部变化如下: 硫化物-石英→硫化物-重晶石-石英→硫化物-硫酸盐矿物-重晶石→重晶石等共生组合。

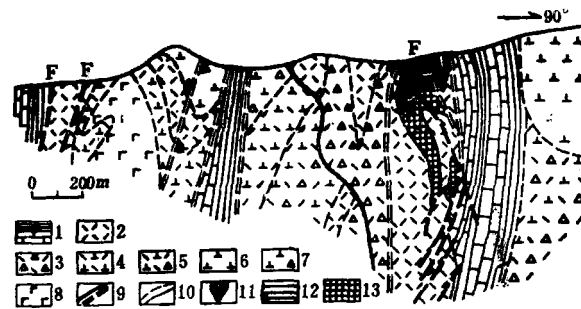


图 8 呷村矿床 3 线地质剖面示意图

(据文献〔2〕资料修编)

1—8—上三叠统呷村组中段：1—板岩和碳酸盐岩；2—流纹岩；3—流纹质角砾凝灰熔岩；4—流纹英安岩；5—英安流纹质角砾熔岩；6—英安岩；7—英安质角砾熔岩；8—安山岩；9—断层和剪切带；10—地层界线和岩相界线；11—块状硫化矿；12—重晶石矿；13—网脉状、脉状矿

Fig.8. Sketch geological section along No.3 line of the Gacun ore deposit.

1—8—Middle Member of Upper Triassic Gacun Formation: 1—Slate and carbonate rock; 2—Rhyolite; 3—Rhyolitic breccia tuffaceous lava; 4—Rhyodacite; 5—Dacite-rhyolitic breccia lava; 6—Dacite; 7—Dacitic breccia lava; 8—Andesite; 9—Fault and shear zone; 10—Boundary of strata and boundary of lithofacies; 11—Massive sulfide ore; 12—Barite ore; 13—Stockwork and veinlike ore.

四、围岩蚀变

呷村矿床的围岩蚀变围绕着下矿带和上矿带下、中亚带发育，形成蚀变岩筒。蚀变强度随远离矿体而减弱，向上，在上亚带中逐渐消失（图 9）。

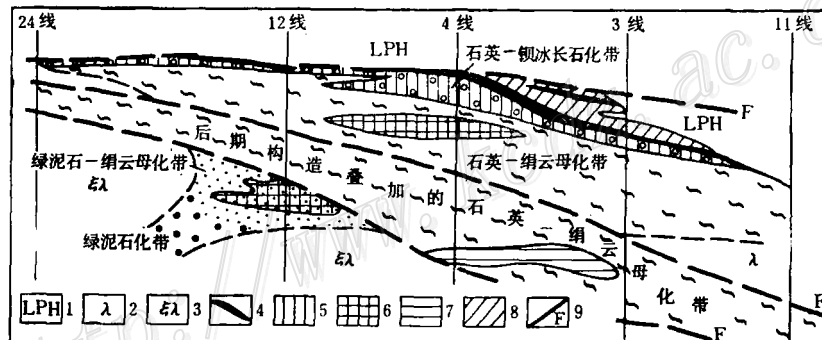


图 9 呷村矿床围岩蚀变和矿化垂直分带示意图

(据徐明基等, 1989年资料)

1—板岩和碳酸盐岩；2—流纹质角砾凝灰熔岩；3—英安流纹质角砾熔岩；4—块状硫化矿；5—网脉状铅锌矿；6—脉状铅锌矿；7—黄铁矿；8—重晶石矿；9—断裂带

Fig.9. Sketch section showing wall rock alteration and vertical zoning of mineralization in the Gacun ore district.

1—Slate and carbonate rock; 2—Rhyolitic breccia tuffaceous lava; 3—Dacite-rhyolitic breccia lava; 4—Massive sulfide ore; 5—Stockwork lead-zinc ore; 6—Veinlike lead-zinc ore; 7—Pyrite; 8—Barite ore; 9—Fracture zone.

蚀变作用可分为早、晚两期。早期蚀变呈面型发育，由深部向上依次为：绿泥石化带→绿泥石-绢云母化带→石英-绢云母化带→石英-钠冰长石化带；各蚀变带都伴有广泛的黄铁

表 4 呷村矿区蚀变岩石平均化学成分 (wt.%)

Table 4. Average chemical composition of altered rocks from the Gacun ore district (in wt.%)

蚀变期		原岩		早期			晚期		
岩性		富硅流纹岩	流纹质角砾凝灰熔岩	石英钾长石流纹质火山岩	“硅帽”	石英-绢云母化流纹质火山岩	绢云母绿泥石化流纹质火山岩	石英-绿泥石化流纹岩	石英-黄铁矿化流纹岩
样品数		8	6	2	2	2	2	2	1
化 学 成 分	SiO ₂	75.79	74.75	78.27	86.89	75.68	74.97	82.87	75.54
	TiO ₂	0.23	0.063	0.09	0.04	0.09	0.07	0.03	0.05
	Al ₂ O ₃	11.97	12.09	6.97	4.30	10.12	10.48	6.58	7.91
	Fe ₂ O ₃	0.74	1.58	2.65	2.66	2.13	2.81	1.66	2.47
	FeO	1.44	0.87	2.67	0.29	1.75	1.19	1.26	3.94
	MnO	0.023	0.049	0.016	0.019	0.03	0.08	0.003	0.06
	MgO	0.55	1.00	0.42	0.62	0.60	0.84	0.35	0.81
	CaO	0.48	1.21	0.23	0.30	0.33	0.45	0.44	0.90
	BaO	0.089	0.102	0.347	0.88	0.362	0.427	2.51	1.05
	Na ₂ O	3.74	1.92	0.13	0.07	0.16	0.83	0.03	1.12
	K ₂ O	4.01	2.80	4.67	0.40	3.22	3.73	1.08	2.46
	P ₂ O ₅	0.035	0.031	0.024	0.018	0.04	0.03	0.028	0.030
	H ₂ O ⁺	0.31	1.36	2.60	0.69	3.69	2.72	1.59	1.48
	H ₂ O ⁻	0.29	1.26	0.38	0.00	0.34	0.56	0.96	0.61
	CO ₂	0.65	0.72	0.12	0.93	0.21	0.34	0.04	0.35
	F	0.032	0.069	0.062	0.073	0.092	0.098	0.105	0.111
	Cl	0.009	0.010	0.012	0.013	0.022	0.030	0.012	0.018
	S	0.135	0.289	1.60	1.568	2.60	1.82	1.81	2.84
	O = F, Cl, S	0.083	0.176	0.829	0.818	1.344	0.958	0.952	1.471
	总计	100.250	99.981	100.296	99.925	100.096	100.145	100.344	100.251
体 重		2.69	2.70	2.75	2.68	2.78	2.74	2.73	2.78

注：其中7件原岩选自四川省地矿局一〇八地质队资料，其余均为本文资料，由中国地质科学院岩矿测试技术研究所分析

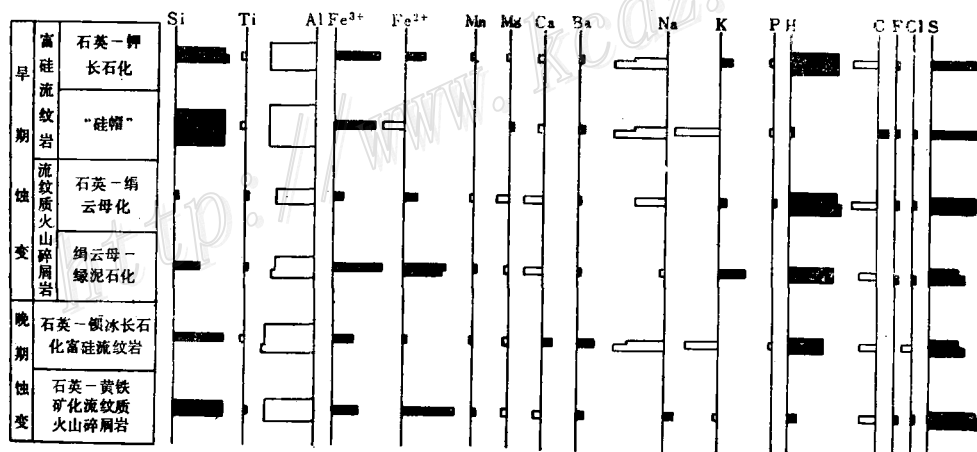


图 10 呷村矿区围岩蚀变带岩石单位体积中元素的原子数变化
(每个单位体积含1600个阴离子。纵坐标右侧表示元素带入，左侧表示元素带出)

Fig.10. Variation in atomicity of elements in unit volume of rocks from wall rock alteration zone of the Gacun ore district.

(Each unit volume contains 1600 anions. Right side of the ordinate stands for introduction of elements, whereas left side for removal of elements).

矿化。蚀变类型受岩性控制。晚期蚀变呈线型发育在矿脉旁,为硅化、钡冰长石化、水白云母化和黄铁矿化。

蚀变岩石化学成分列于表4。其用T. Barth法换算结果表明,在蚀变过程中,普遍带入了Si、Fe、Ba和挥发组分,带出Al、Mg、Ca等(图10)。因此,围岩蚀变是在酸性流体作用下发生的,由中温向低温方向演化。

五、成矿机理和成因

据前所述,银多金属成矿作用发生在酸性火山活动间歇期和末期,碳酸盐岩盖层形成之前,一直延续到碳酸盐岩沉积开始。块状硫化矿层具有层纹状构造,草莓状结构等海底堆积成矿特征,但是其下部又具有“硅帽”、脉状和网脉状矿石、强烈的围岩蚀变等热液成矿特征,说明成矿与酸性火山活动和海底热水沉积作用密切相关,与世界上许多喷气-沉积矿床^[5,6]相似。

根据100多件样品测温资料,呷村矿床成矿温度变化在382—122℃。其中,脉状、网脉状铅锌矿的形成温度为382—270.8℃,块状银多金属矿的形成温度为267—146.1℃,块状重晶石矿的形成温度为142.8—122℃,即由深部向浅部成矿温度下降。与成矿温度变化相应,流体的盐度变小:13.2—4.4wt.% NaCl,而流体的密度增大0.752—0.834→0.811—0.934 g/cm³。

根据多相包裹体气相和石盐子晶消失温度估算,呷村矿床的成矿压力为11.5—20.0 MPa。如果当时海水深度不超过1000m^①,流体的内压力能促使火山喷气作用的进行,甚至出现沸腾现象。

流体的液相成分主要是Na⁺、K⁺、F⁻和Cl⁻,气相成分主要是CO₂,很少其他组分,即属Cl⁻-F⁻/Na⁺-K⁺-CO₂类型,接近海水性质。

流体包裹体的氢、氧同位素组成:δD为-29‰、-68‰和-94‰(闪锌矿)、-94‰(重晶石);δ¹⁸O_{H₂O}相应为+5.6‰、+3.3‰和+2.6‰、+0.6‰^②。如果把上覆地层中硅质岩的δD值为-86‰和δ¹⁸O_{H₂O}值为+1.2‰作为晚三叠世海水的氢、氧同位素组成,把呷村组安山岩的δ¹⁸O_{全岩}换算成δ¹⁸O_{H₂O}=+6.4—+7.2‰作为岩浆水的氧同位素组成,那末深部介质水是岩浆水和海水的混合热液,浅部介质水近于晚三叠世海水。

重晶石的锶初始值为0.70871—0.71048^③,介于流纹质火山岩的锶初始值0.705和含生物碎屑灰岩锶初始值0.71085之间,偏向灰岩一边,反映了它们的沉积成因。

硫化物的δ³⁴S为-4.6—+3.1‰,重晶石的δ³⁴S值为+13.8—+22.5‰。按Pinckney等方法,求得δ³⁴S_S为:网脉状和脉状矿-0.2—+0.5‰,块状硫化矿+4.5—+9.9‰,块状重晶石矿+9.6—+16.5‰。这表明,网脉状和脉状矿石中的硫主要来自岩浆,重晶石矿的硫主要来自海水硫酸盐,块状硫化矿的硫是两种来源硫的均一产物。

矿石铅同位素组成:²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb为18.406—18.491, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb为15.611—15.706,

① 胡世华等,1989,川西赠科—乡城晚三叠世火山-沉积作用及成矿作用

② 中国地质科学院矿床地质研究所刘裕庆分析

③ 中国地质科学院地质研究所分析

$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值为38.625—38.892,属正常铅。据Zartman投影图,铅主要来源于上地壳和造山带。铅模式年龄与火山岩年龄相近,可能反映了铅来源于火山活动。

综上所述,火山活动虽然带来了气液,但是海水下渗和循环对成矿起了重要作用。下渗的海水,淋滤了火山岩中的成矿物质,在富硅流纹岩穹丘上,受到热的驱动,发生环流。沿火山通道或同生断裂上升的热流体,引起了火山岩强烈蚀变。为热流体喷出海底,在通道口附近堆积了块状硫化矿和重晶石矿。由于成矿时内压力较大,发生沸腾现象,使正在凝固的流纹质火山岩夹在成矿流体中喷出海底,并包裹在块状矿层中。在通道中,因温度下降等物理化学条件变化,而形成脉状和网脉状矿。重晶石矿和其上覆的碳酸盐岩层,对块状硫化矿起了保护作用,防止了海水侵蚀和氧化。所以呷村矿床是一个典型的海底火山喷气-沉积成因的块状硫化矿床,其成矿模式(图11)可与日本黑矿类比^[2-6]。

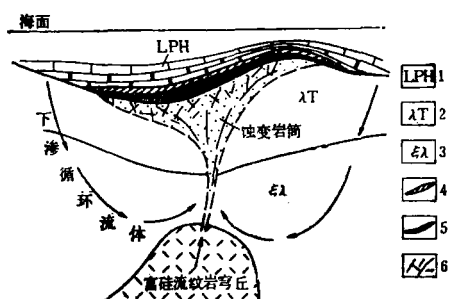


图 11 呷村矿床成矿理想模式图

1—板岩和碳酸盐岩; 2—流纹质角砾凝灰熔岩; 3—英安流纹质角砾熔岩;
4—重晶石矿; 5—块状硫化矿; 6—脉状、网脉状矿

Fig.11. Ideal metallogenic model of the Gacuo ore deposit.

1—Slate and carbonate rock; 2—Rhyolitic breccia tuffaceous lava;
3—Dacite-rhyolitic breccia lava; 4—Barite ore; 5—Massive sulfide ore;
6—Veinlike and stockwork ore.

参 考 文 献

- 〔1〕 俞如龙等 1989 川西高原中生代碰撞造山带的大地构造演化 四川地质学报 第9卷 第1期
- 〔2〕 付德明等 1989 四川呷村超大型含金富银多金属矿床特征及其与日本黑矿的类比 四川地质学报 第9卷 第2期
- 〔3〕 立见辰雄 1974 火山活动与成矿作用 地质出版社
- 〔4〕 Bailey, D. K., 1982, Mantle metasomatism—continuing chemical change within the earth. *Nature*, 296, p.525-530.
- 〔5〕 Johnson, I. R. and Klingner, G. D., 1975, The Broken Hill ore deposit and its environment. In: *Econ. Geol. of Australia and Min. Metall.*, Monogr. 5, p.476-492.
- 〔6〕 Russell, M. J., Solomon, M. and Walshe, J. L., 1981, The genesis of sediment hosted exhalative zinc-lead deposits. *Mineral Deposita*, 16, p.113-127.

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE GACUN GOLD-BEARING AND SILVER-RICH POLYMETALLIC DEPOSIT, SICHUAN PROVINCE

Ye Qingtong

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Abstract

The Gacun ore deposit lies in Dege-Xiangcheng Late Triassic island arc volcanics belt. The ore-forming process took place in the terminal stage of acid volcanism prior to the formation of carbonate cover, being closely related to Si-rich rhyolite dome. There are upper and lower ore zones in the ore district: the lower ore zone occurs in dacitic rhyolitic and rhyolitic breccia tuffaceous lava and consists of veinlike and stockwork lead-zinc ore bodies, around which alteration pipes of silicification, sericitization and pyritization are present; the upper ore zone occurs as stratiform and stratoid ore bodies overlying the lower ore zone and grades upward into carbonate strata. The ore bodies consist of massive polymetallic ores or massive barite ores, and wall rock alterations disappear gradually in the massive sulfide ore bed. Temperature-pressure and isotopic geochemical studies show that the downward percolating sea water, driven by heat in the Si-rich rhyolite dome, circulated along the syngenetic fractures, leached ore-forming materials from the volcanic rocks and caused the alteration of volcanic rocks. When the ore-bearing hot fluids erupted out of the sea bottom, massive sulfide ore and barite ore were accumulated near the mouth of the vent, and veinlike and stockwork ores were formed in the vent. The deposit is a submarine emanated-sedimentary deposit whose metallogenic model is comparable with that of the kuroko deposit in Japan.