

微细浸染型联合村式金矿的 地质和地球化学特征

孙树浩 文国林^①

(冶金工业部天津地质研究院)

提 要 微细浸染型联合村式金矿的容矿岩石为印支晚期S型花岗斑岩。矿体的分布受侵位后的脆性剪切带控制。Au、Ag、As、Sb、Hg、Cu、Pb、Zn、Ti、Se、Te、Mo、Ba元素组合及其丰度,与美国卡林型金矿基本相同。金矿的浅部发育热液酸滤蚀变带。主要金属矿物是黄铁矿和辉锑矿等。金矿物粒径均小于0.1 μm 。单体金占总含金量的91.6%。燕山晚期花岗斑岩是金矿成矿作用的热源,而且岩浆期后热液体系的末端掺入了热卤水循环,带入了金、钨等元素。成矿元素主要来自原生和次生含金地质建造。

关键词 微细浸染型金矿 联合村式金矿 花岗斑岩 矿床成因

四川省南坪县甲勿池金矿和联合村金矿,除具备一般微细浸染型金矿地质和地球化学特征外,在成矿作用、矿物成分、热液蚀变、金的赋存状态等方面,有其突出的特点。所以,将这类金矿,特称为微细浸染型联合村式金矿。这一新认识对微细浸染型金矿的成矿作用和成矿理论,无疑是一种补充和提高,具有一定的理论意义和实践意义,从而拓宽了找矿领域。为今后找矿提供了理论依据。

1 区域地质

联合村式金矿分布于西秦岭褶皱系次级构造单元摩天岭地背斜,松潘甘孜褶皱系次级构造单元阿尼马卿地背斜(图1)。

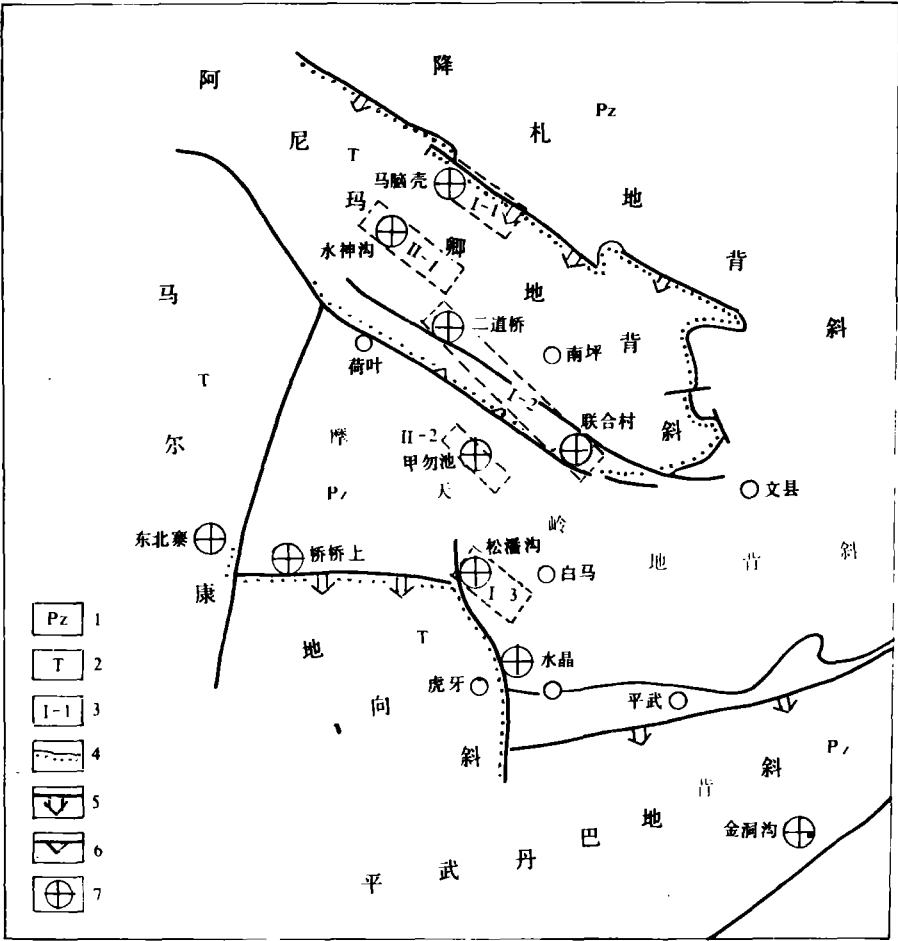
1.1 区域地层

位于地层分区的马尔康分区金川小区和西秦岭分区摩天岭小区。

1.1.1 马尔康分区金川小区 区内仅见二叠系下统,为一套海相砂泥质及碳酸盐碎屑沉积。下为“东大沟组”(P_{1d}),上为“三道桥组”(P_{1s})。三叠系分布广泛,自下而上分为三统五个

^① 荣春勉(冶金部西南地勘局606队)、李兴国参加部分工作

(收稿日期:1993.5.8)



1. 古生界 2. 三叠系 3. 成矿远景级别、编号 4. 构造窗界限 5. 推覆体前缘 6. 推覆体后缘 7. 金矿床

图1 南坪、平武地区微细浸染型金矿分布规律图

Fig. 1 Micro-disseminated gold deposit distribution

地层单元。主要为细碎屑岩沉积。

1.1.2 西秦岭分区摩天岭小区 古生代以来,本区多次遭受剥蚀,地层沉积不全。南侧古城断裂附近出露前震旦系褶皱基底“碧口群”。震旦系为一套地槽型变质碎屑岩-碳酸盐建造。志留系仅在西南部出露上统“白龙江群”上岩组($S_3^{bl^3}$),为硅质板岩。区内分布下泥盆统“石坊组”(D_1s)和中泥盆统下段(D_2)。主要为细碎屑岩沉积。石炭系分布于研究区中西部,为一套滨海陆棚相碳酸盐沉积。二叠系分布于区内西部,为沥青灰岩及燧石灰岩。

1.2 区域构造

该区处于秦岭褶皱系、扬子准地台、松潘-甘孜褶皱系三个 I 级构造单元结合部。从更大的范围看是亚欧板块、扬子板块、印度板块相互间长期挤压,构造应力十分集中的地区。这种大地

构造背景,决定区域构造活动强烈、复杂和持久性。

本区构造型式有三种:构造窗、断裂和褶皱构造。

南坪构造窗,北界为洋布断裂,南界为荷叶断裂,西界因高原解体,本区未见其界线。

虎牙构造窗,位于岷山、虎牙断裂围限的南西一侧。

本区断裂构造,由北向南,由槽区向台区,以逆冲推覆构造和不同时期、不同性质断裂组成的锯齿状构造及弧形断裂构造为特征。区域性剪切带常出现在推覆构造前缘。联合村与甲勿池剪切带属次级剪切带,长5~11km,宽200~500m,均为脆性剪切。这两个剪切带控制了印支期酸性岩体(脉)侵位及联合村式金矿的成矿作用。剪切带中的压碎带及剪切裂隙是矿床的容矿构造。

本区褶皱构造均呈线形分布在地背斜或地向斜内,平行于区域Ⅰ、Ⅱ级构造。

1.3 岩浆岩

区域岩浆岩除太古代及新生代外,其它各地质时代均有出露。印支期岩浆岩分布较广泛,其余各期岩浆岩仅有零星分布。

印支早期岩浆岩均为酸性侵入体,活动较强,沿摩天岭地体南界及摩天岭山脉分布。多为岩基或岩株状产出,侵入体外接触带常见大理岩化等热液蚀变现象。岩石多为富钠铝过饱和的钙碱性系列。

印支晚期岩浆岩均呈脉状侵位于断裂破碎带、层间裂隙及脆性剪切带内,走向常与构造和岩层走向一致。岩脉宽1m至100m,延长100m至2km。本期岩体在甲勿池和联合村脆性剪切带形成岩脉群。岩脉组成以花岗岩斑岩为主,石英斑岩、花岗细晶岩、花岗闪长岩等岩脉极少。岩脉陡倾,多为70°~80°。岩石化学特征为高硅、富钾、铝过饱和的钙碱性。

区域岩体平均含金8.84ng/g,甲勿池剪切带平均含金69.2ng/g^①。区域岩体含金量高于建造均值(4.48ng/g),矿区含金量超过建造均值和同类岩体均值10.6ng/g(博伊尔)。受燕山期构造应力作用,发生形变的岩脉或岩脉群,为本区联合村式金矿重要容矿岩石。

燕山期岩浆岩,分布于研究区西南部边缘。为铝过饱和的碱性系列岩石。

2 矿床地质

2.1 矿化的时、空分布

矿化赋存层位由老至新为:(1)下泥盆统石坊组(D_1s)。岩性为砂质板岩夹细砂岩、粉砂岩夹砂质板岩;(2)泥盆系中统下段(D_2)。岩性为粉砂质板岩、中细粒钙质砂岩;(3)石炭系中统(C_2)。岩性主要为灰白色灰岩、白云质灰岩及薄层白云岩。

联合村式金矿分布于构造窗边缘断裂控制的低级别断裂破碎带和剪切带内;分布于热液酸滤蚀变中心附近,钼丰度为5000至6000 $\mu\text{g/g}$ 。

2.2 容矿岩石的类型、矿物和化学成分

① 孙树浩,荣春勉.四川平武-南坪地区微细浸染型金矿成矿条件和矿床预测研究报告,1992,1

在甲勿池一带出露的为花岗斑岩小岩体,在联合村一带出露的为花岗斑岩脉。
花岗斑岩体为灰白色,风化面为浅褐色。岩石化学成分见表 1。

表 1 岩石化学成分 (%)

Table 1 Petrochemistry of granitic rocks

矿区	样品编号	样品名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	P ₂ O ₅	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O ⁺	CO ₂	总和
联合村	CH24-2	花岗斑岩	68.70	14.46	0.26	4.03	0.60	1.54	0.46	0.14	0.04	2.82	0.06	3.13	3.28	99.52
	CH11-1	花岗斑岩	70.56	15.40	0.42	0.70	0.37	3.56	0.24	0.42	0.05	1.32	0.01	5.23	0.62	98.9
甲勿池	JH25-1-1	花岗斑岩	72.58	15.65	0.35	0.58	0.28	2.00	0.22	0.16	0.05	3.22	0.06	3.35	0.62	99.12
	JH25-1-2	花岗斑岩	72.70	15.21	0.33	0.51	0.74	2.13	0.52	0.28	0.04	2.74	0.06	3.52	0.40	99.18

有机碳含量 0.05% 至 0.09%。其成因类型属 B·W·查佩尔的 S 型花岗岩和南京大学地质的交代作用形成的改造型花岗岩。主要特征为:

(1) 岩石中平均 K₂O 含量为 2.5%, 平均 Na₂O 含量为 0.05%, K₂O/Na₂O=50, 钙碱性岩系, 铝过饱和。

(2) 岩石中 ANKC(Al₂O₃/Na₂O+K₂O+CaO 分子数)均大于 1.1。判别为 S 型花岗岩。

(3) CIPW 标准矿物刚玉含量为 10.08% 至 14.86%。

(4) 花岗斑岩中含有“陆壳”稳定矿物, 淡粉色的锰铝石榴石。

(5) Rb/Sr 比值, 平均为 0.1620, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr=0.7096。

(6) 平均含量 Ni 为 18.78μg/g, Co 为 3μg/g, Cr 为 21.78μg/g。

(7) 轻稀土总量 ΣLREE 为 75.66μg/g, 重稀土总量 ΣHREE 为 13.58μg/g, ΣLREE/ΣHREE 为 6.44。Eu/Eu*=0.79, 呈现微弱的铕负异常。

(8) 铁镁指数 MF 为 59.14 至 91.13。地表氧化矿石氧化率为 60 至 40。

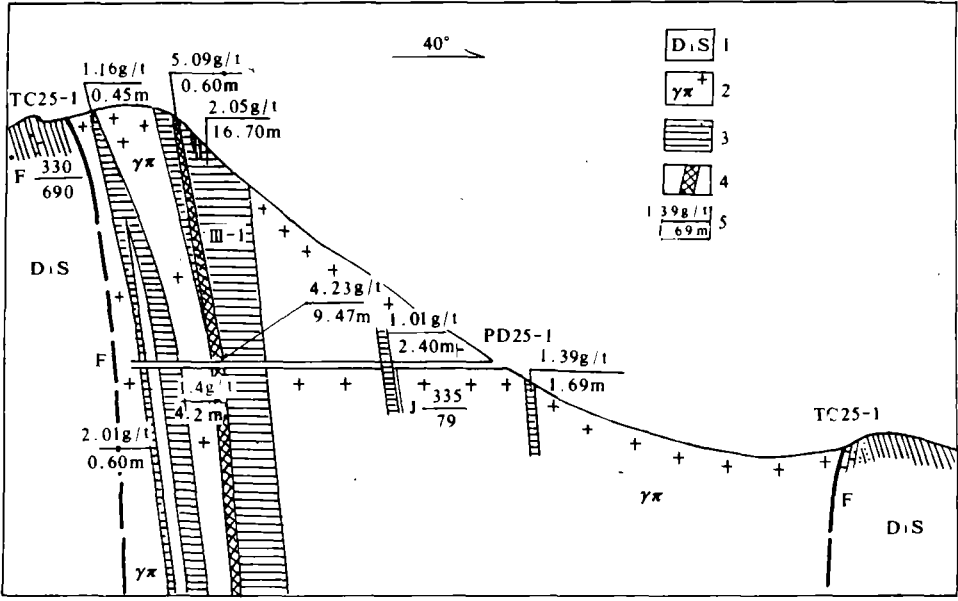
(9) 分异指数为 74.04 至 82.81。固结指数 SI 为 6.73 至 25.99。而幔源型岩浆岩 SI 大于 40。

花岗斑岩全岩铷-锶等时线年龄为 199.28±42.79Ma。相关系数 0.983。

2.3 矿体形态、规模及金品位

2.3.1 甲勿池金矿 北西向的脆性剪切带控制了印支晚期花岗斑岩的侵位。花岗斑岩中的剪切裂隙是金矿床的容矿构造。至 1990 年底, 探明产于花岗斑岩中的金矿体 10 个。地表矿带总长 540m。矿体走向北西, 矿体长 140m 至 350m; 宽 1.3m 至 16.71m, 呈似层状和透镜体状, 倾向北, 陡倾角。地表最高金品位 5.7g/t。距地表 40m 的平硐工程, 探明金矿体向深部延伸, 且金品位增高, 最高金品位达 6.06g/t。详见图 2。

2.3.2 联合村金矿 严格受联合村-新关脆性剪切带控制, 被松柏-梨坪后缘推覆断裂及对肠沟断裂挟持。中部脆性剪切带及层间破碎带为容矿构造。至 1990 年底, 发现产于花岗斑岩脉中及内外接触带的金矿体 19 个, 构成 III 号矿带, 长 2000m, 宽 600~1000m。在 30 线以西, 矿(化)体北倾, 倾角 75°。30 线以东, 矿体南倾或北倾, 倾角 70°。矿体长 100m 至 350m, 厚 1~11.4m, 呈似层状。最高金品位 11.58g/t。由图 3 可见, 孔深 103m 处, 金品位增高。



1. 下泥盆统“石坊组” 2. 花岗斑岩 3. >1g/t 金矿(化)体 4. >3g/t 金矿体 5. 平均品位
出露宽度

图 2 甲勿池金矿 25—1 剖面

Fig. 2 25-1 profile of Jiawuchi Gold Mine

联合村式金矿产于印支晚期花岗斑岩体中。喜山期地质事件则以破坏矿体为主。所以联合村式金矿成矿作用发生于燕山期。

3 热液蚀变

3.1 热液蚀变类型、期次、强度及变化

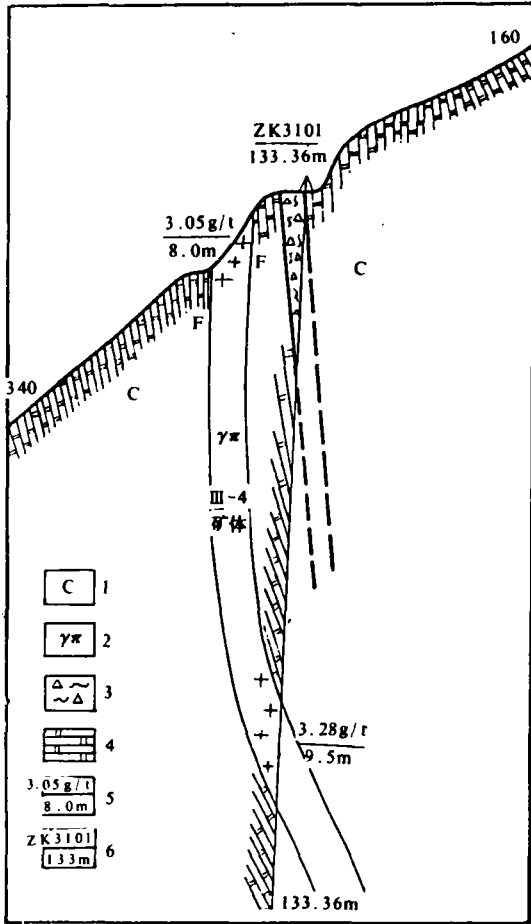
该式金矿的热液蚀变作用包括热液成矿作用和热液酸滤蚀变作用。热液作用分为早、中、晚三个阶段。

3.1.1 早期热液阶段 主要从围岩中溶出少量的方解石,并沉淀出少量的石英。热液流体的温度不高(约 100℃)

3.1.2 主期热液阶段

3.1.2.1 菱铁矿化 菱铁矿呈粒状晶体,偶见菱面体晶形。菱铁矿电子探针分析结果见表 2。菱铁矿主要交代斜长石,并在花岗斑岩中见菱铁矿细脉。

3.1.2.2 钾-泥化 花岗斑岩中的斜长石高岭土化和绢云母化发育。



1. 石炭系 2. 花岗斑岩 3. 断层破碎带 4. 白云岩
5. 品位 6. 钻孔编号
矿体厚度 钻孔深度

图3 南坪县联合村Ⅲ-4号金矿体深部联接图

Fig. 3 Buried part of Ⅲ-4 ore body encountered by drilling at depth

3.1.2.3 硅化 碎裂花岗斑岩的裂隙中,糜棱岩化花岗斑岩的眼球体之间,分布霏细状硅质。沿花岗斑岩节理裂隙,宽几cm至数十cm的石英脉广泛分布。

3.1.3 晚期热液阶段

3.1.3.1 甲勿池 走向210°,倾角85°的白色石英辉锑矿脉中,见有雄黄、雌黄、辰砂、辉锑矿、斑铜矿等硫化物矿物和赤铜矿。

浸染状细粒重晶石(其含量为0.05%~0.07%),呈粒状者居多,白色,毛玻璃状,密度大于4,Ng1.647至1.649。地表钡含量330至10500μg/g。

硬石膏呈柱状晶体,多聚集在花岗斑岩长石斑晶风化后的残留空洞范围内。也分布在白云母晶体表面。

由于存在重晶石化和硬石膏化,说明存在热液酸滤蚀变作用。这种酸性溶液是由热液流体沸腾时分馏出来的H₂S,经过氧化,并与蒸汽和天水混合,形成硫酸(H₂SO₄)。硫酸是酸滤作用的主要酸类。酸滤带产生的硫酸根(SO₄²⁻),与热液带来的Ba²⁺发生化学反应,而形成重晶石(BaSO₄),与Ca²⁺发生化学反应,而形成硬石膏(CaSO₄)。

3.1.3.2 黄钾铁矾化 [KFe₃(SO₄)₂(OH)₆] 是本区发育热液酸滤蚀变作用的另一特征。花岗斑岩压碎岩中,黄钾铁矾集合体不均匀分布。

3.1.3.3 萤石化 在花岗斑岩质构造

角砾岩的胶结物裂隙中,萤石呈不规则团块状。

3.1.3.4 绿帘石化 岩体深处,见绿帘石交代斜长石。

3.1.4 表生氧化和风化作用阶段 经表生氧化的花岗斑岩呈褐红色。主要是黄铁矿、菱铁矿、黄钾铁矾均发生褐铁矿化。

花岗斑岩在热液酸滤作用下,表现出Al₂O₃、H₂O、Fe₂O₃、Ba丰度增高。CaO、CO₂、MgO、FeO、Na₂O、K₂O、S丰度降低。

表 2 菱铁矿电子探针分析结果(%)
Table 2 Electronic probe analysis of siderite %

样品编号	矿 区	矿物名称	MgO	MnO	CaO	CO ₂	FeO
JB25-1-1	甲勿池	花岗斑岩中的菱铁矿	0.79	0.28	2.03	37.33	59.56
CB22-1-2	联合村	花岗斑岩中的菱铁矿	0.53	0.03	3.42	32.52	63.27
CB22-1-2	联合村	花岗斑岩中的菱铁矿	0.23	0.02	2.08	33.13	64.53

测试单位:冶金部天津地质研究院

3.2 蚀变与金及有关硫化物矿化的关系

只有发生上述热液蚀变的碎裂花岗斑岩才构成金矿石。而没有发生热液蚀变的花岗斑岩,其金的背景值为 0.017μg/g。

花岗斑岩中的成岩黄铁矿,见显微脆性剪切的构造现象。石英细脉充填于显微剪切节理中。此现象说明,脆性剪切作用发生之后,发育热液蚀变。主期热液阶段带入铁、硫、金、银、砷、汞等元素,形成联合村式金矿主矿体。而晚期热液阶段,主要带入锑、汞、铁、硫。甲勿池辉锑矿石英脉,是晚期热液阶段形成的,金品位 0.36μg/g,Au/Ag=0.17,锑含量 427μg/g。

4 矿石特征

4.1 矿石矿物学

组成矿石的金属和非金属矿物 25 种。常见金属矿物是黄铁矿、辉锑矿和毒砂、雄黄。而脉石矿物主要是石英、斜长石、菱铁矿、方解石、白云石、绢云母、重晶石、锰铝石榴石。

4.1.1 黄铁矿 为矿石中常见的金属矿物,其含量为 1~2%。成因类型为热液型黄铁矿。按共生关系划分为两个世代。第一世代黄铁矿呈浸染状分布于花岗斑岩中。一般粒径 0.004mm 至 0.2mm。甲勿池的为含砷黄铁矿(表 3)。黄铁矿环带结构发育,核心与外环均已褐铁矿化,中环含金最高 2900μg/g。黄铁矿热电系数与晶形变化无明显联系,热电场稳定。热电系数均为正值。导电类型为空穴导电型(P 型)。第二世代黄铁矿,为产于辉锑矿石英脉中的少量黄铁矿。呈它形粒状、立方体至半自形粒状,粒径 0.12~0.24mm,化学成分见表 3。

4.1.2 辉锑矿 产于晚期阶段,呈脉状。

4.1.3 石英 可划分为四个世代。第一世代为 β 石英,为花岗斑岩的斑晶,碎裂现象常见,某些裂隙中分布胶体吸附金。第二世代的石英为花岗斑岩基质中的石英,他形粒状。第三世代的石英为碎裂花岗斑岩中,沿裂隙充填的霏细状硅质。第四世代的石英为晚期热液阶段的辉锑矿石英脉。

4.1.4 菱铁矿 为主期热液阶段的产物。

4.1.5 方解石 为晚期热液阶段的产物,碳酸盐矿物(菱铁矿的方解石)化学分析含金 1.13g/t。

表 3 黄铁矿单矿物化学成分

Table 3 Mono pyrite analysis

矿区	样品编号	矿物名称	%			μg/g								Co/Ni	S/Fe	备注
			S	Fe	As	Au	Ag	Sb	Se	Te	Co	Ni	Pt			
联合村	CB14A-1	第一世代黄铁矿	54.46	46.1	0	1600	0	800	1400	0	—	—	—	—	1.18	电子探针分析
甲勿池	JB25-1-6	第一世代黄铁矿	51.88	46.64	—	1300	600	—	—	—	—	—	—	—	1.11	
甲勿池	PD ₀ -2	第二世代黄铁矿	53.41	45.48	0	8100	900	0	—	—	—	—	5200	—	1.17	
甲勿池	JHPD1-3-5	第一世代黄铁矿 200 目	—	—	2.52	5.48	10.5	—	—	—	109	125	—	0.87	—	化学分析
联合村	Z-1	第一世代黄铁矿	—	—	—	11.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
黄铁矿理论值			53.45	46.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.15	

4.2 载金矿物及金的赋存状态

有金显示的矿物为黄铁矿、菱铁矿、方解石、绢云母和石英。四种单矿物在矿石中,相对含金占有率见表 4。化学物相分析结果(表 5)表明,金矿中,单体金占 91.35%至 91.98%,可被化学药品浸出。该矿石—180 目粒度,氰化浸出率 90%以上。金矿各种矿物包裹金共占 8.12%至 8.65%。经研究发现金粒径小于 0.1μm

表 4 单矿物含金相对占有率

Table 4 Mono—mineral percentage

矿物名称	单矿物化学分析(g/t)	在矿石中重量(%)	含金相对占有率(%)
黄铁矿	11.7	2	7
菱铁矿、方解石	1.13	15	5
绢云母	0.42	20	3
石 英	0.41	15	2

4.3 矿石类型

按矿石的矿物组成和化学成分,联合村式金矿的矿石类型为黄铁矿化碎裂花岗斑岩型矿石。Fe₂O₃+FeO 平均含量 2.82%,砷平均含量 0.18%,K₂O+Na₂O 平均含量 2.58%,K₂O 平均为 2.53%,Na₂O 平均 0.05%。矿石特征的结构为压碎结构,霏细硅质胶结。

5 矿床地球化学

5.1 微量元素

(1)表 6 列出了联合村式金矿微量元素组成。与美国卡林金矿相比,Au、Ag、As、Sb、Hg、Cu、

Pb、Zn、Tl、Se、Te、W、Mo、Ba 元素组合及其丰度基本相同。仅砷含量是美国卡林金矿的 4~5 倍,钼含量为其金矿氧化矿石的 4 倍。Au/Ag 比值为 4~27。金、砷、汞关系密切。R 型因子分析说明,虽然矿床中 Cu、Pb、Zn、Mo、W 含量很低,但 Au 与 Cu、Zn、W 具有成因关系,金在两个阶段富集,Au 与 Sb 富集阶段不同。

- (2)辉锑矿呈脉状产出,晚于金的矿化阶段。
- (3)由地表向深部延伸,金品位增高。
- (4)发育环带结构的黄铁矿,中环带含金最富。
- (5)黄铁矿和辉锑矿中,一般含铂。
- (6)辉锑矿中铈元素含量很高。

表 5 化学物相分析结果
Table 5 Chemical analysis and physical phase determination

编号	矿区	矿石类型		编号	矿区	矿石类型	
JH25-1-2	甲勿池	花岗岩型金矿石		CH11-1 CH22-1-2	联合村	花岗岩型金矿石	
矿物名称		矿物中含金 量(g/t)	矿物中相对含金 量占有率(%)	矿物名称		矿物中含金 量(g/t)	矿物中相对含金 量占有率(%)
单体金		3.44	91.98	单体金		3.80	91.35
碳酸盐矿物包裹金		0.07	1.87	碳酸盐矿物包裹金		0.13	3.13
硅酸盐矿物包裹金		0.14	3.74	硅酸盐矿物包裹金		0.08	1.92
硫化物包裹金		0.036	0.96	硫化物包裹金		0.035	0.84
石英包裹金		0.05	1.34	石英包裹金		0.11	2.64
各相加含量		3.74		各相加含量		4.16	
原矿石金品位		3.60		原矿石金品位		4.12	

分析单位:冶金部天津地质研究院

表 6 微量元素含量
Table 6 Microelement content

矿床	矿石类型	μg/g/样品数														
		Au	Ag	As	Sb	Hg	Cu	Pb	Zn	Mo	Se	Te	Tl	W	Ba	Au/Ag
联合村	黄铁矿化碎裂花岗岩型矿石	3.26 6	0.12 12	2139.33 12	127.38 12	18.01 12	21.23 10	17.5 10	42.2 10	2.32 10	0.27 10	0.52 10	2.83 10	9.58 10	5395 2	27
甲勿池	黄铁矿化碎裂花岗岩型矿石	3.41 2	0.77 4	1555.5 4	76.5 4	1.63 4	21 4	13.25 4	121.75 4	1.63 4	0.75 4	0.38 4	1.13 4	8.5 4	947 18	4.43
美国卡林金矿	氧化矿石	9	0.7	405.0	95.0	18.0	22.0	25.0	90.0	3.0	0.4	<0.2	20.0	12.0	1400	12.9
	原生矿石	7.1	0.7	506.0	126.0	21.0	35.0	30.0	165.0	6.0	0.9	0.4	50.0	18.0	400	10

测试单位:冶金部天津地质研究院

5.2 同位素

5.2.1 硫同位素 由表 7 知,热液黄铁矿、重晶石 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于 5.54‰~9.02‰,平均值为 +7.3‰,极差为 3.48‰,标准差为 1.67‰。说明硫来源于混合硫源。除具适当温度、PH 值和氧逸度(f_{O_2})的热泉将矿源层中的黄铁矿硫运移上来之外,岩浆晚期热液中的硫也是一个硫源。

5.2.2 碳同位素 方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 0.92‰~1.58‰,平均值为 1.25‰,极差为 0.66‰,标准差为 0.47‰(表 8)。具有海相碳酸盐的碳同位素组成。说明成矿热液中的碳主要来源于碳酸盐地层。石英流体包裹体中的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{‰}}$ 值为 -5.26~-1.61,平均值为 -3.88‰,极差为 3.15‰,标准差为 -1.98‰,反映了富 ^{12}C 的有机碳加入成矿溶液。

表 7 硫同位素数据
Table 7 S— isotopic analysis

矿 区	编 号	样品名称	测定矿物	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})(\text{CDT})$	资料来源
联合村	Z-1	花岗斑岩	重晶石	6.78	本文
联合村	Z-2	硅质构造角砾岩	重晶石	9.02	本文
甲勿池	Z-8	石英斑岩	热液黄铁矿	5.54	本文
甲勿池	Z-7	花岗斑岩	热液黄铁矿	8.79	本文
东北寨		I、IV号矿体	热液黄铁矿	-7.40~+6.30	成都地院、武汉地院
东北寨			莓球状黄铁矿	-1.90~+3.09	川西地质大队
美国卡林		主矿带、东矿带	黄铁矿	4.2~16.1	A.S. 拉德克
美国卡林		东矿带,矿化岩墙	黄铁矿	9.7	A.S. 拉德克

测定单位:冶金部天津地质研究院

表 8 氧碳同位素数据
Table 8 O, C isotope analysis

矿 区	编 号	测定矿物	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})(\text{PDB})$	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})(\text{SMOW})$	资料来源
甲勿池	JH1001-4	石英包体	-4.76	16.91	本文
甲勿池	JBPD1-2-1	石英包体	-5.26	21.30	本文
甲勿池	JH29-1	石英包体	-1.61	33.92	本文
联合村	CH22-1	方解石	0.92	13.31	本文
联合村	C-1	方解石	1.58	15.685	本文

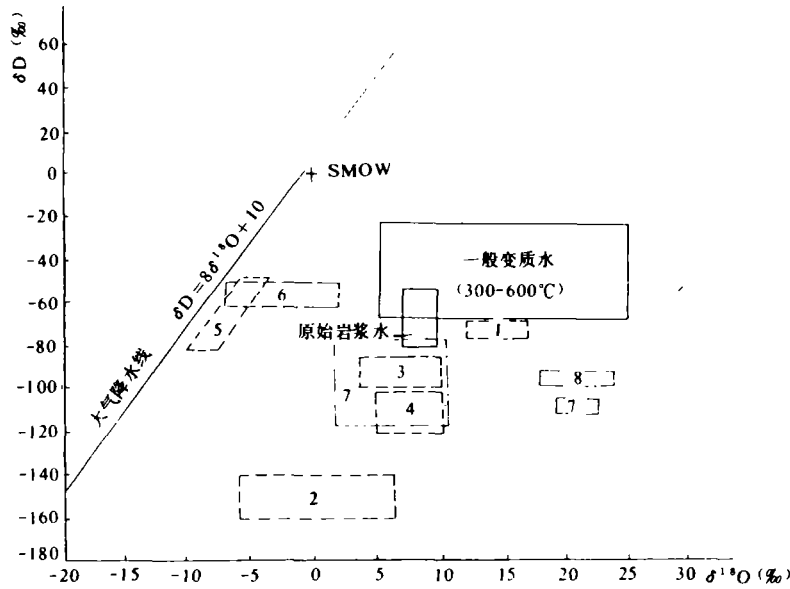
测定单位:冶金工业部天津地质研究院

表 9 氢氧同位素数据*
Table 9 H₂O isotope analysis

矿 区	编 号	测定矿物	δ ¹⁸ O(‰) (SMOW)	δD(‰) (SMOW)	C ⁰	δ ¹⁸ O _{H₂O} (‰) (SMOW)	资料来源
甲勿池	JH1001-4	石 英	19.39	-97.8	190 256.7	5.4 9.27	本文
甲勿池	JBPD1-2-1	石 英	18.54	-77.0	170 229.3	3.02 7.04	本文
甲勿池	JH29-1-1	石 英	33.92	-118.56	179.2 239.7	19.13 22.98	本文

测定单位:冶金工业部天津地质研究院

* δ¹⁸O_{H₂O}‰按石英-水的氧同位素分馏方程 $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{石英-水}} = 3.55 \times 10^6 T^{-2} - 2.57$ (Shiro 1972) 计算。



1. 东北寨金矿床 2. 卡林金矿床 3. 团结沟金矿床 4. 张家口变质热液金矿床 5. 黔西南微细金矿床 6. 凡口、酒
顶铅锌矿床 7. 甲勿池金矿石英脉 8. 店房坝金矿石英脉

图 4 南坪平武地区金矿床氢氧同位素组成与对比图

Fig. 4 H₂O isotope comparison of gold deposits in Nanping-Pingwu Area with other gold deposits

5.2.3 氢氧同位素 分析数据见表 9。由表 9 和图 4 可看出:

- (1) 石英脉的投影(7)具“漂移”雨水线的特点,说明大气降水加入热卤水循环。
- (2) 另一组石英脉的投影(7-8)反映成矿溶液富¹⁸O。说明大气降水渗入地下环境的过程中

被加热,并与硅酸盐、碳酸盐岩石(富¹⁸O)发生同位素交换,而使其 δ¹⁸O‰增大。也可能有残存的富¹⁸O 的盆地卤水参与成矿溶液。

(3)石英脉投影(7)接近原始岩浆水投影点,反映岩浆期后热液水掺入成矿溶液。

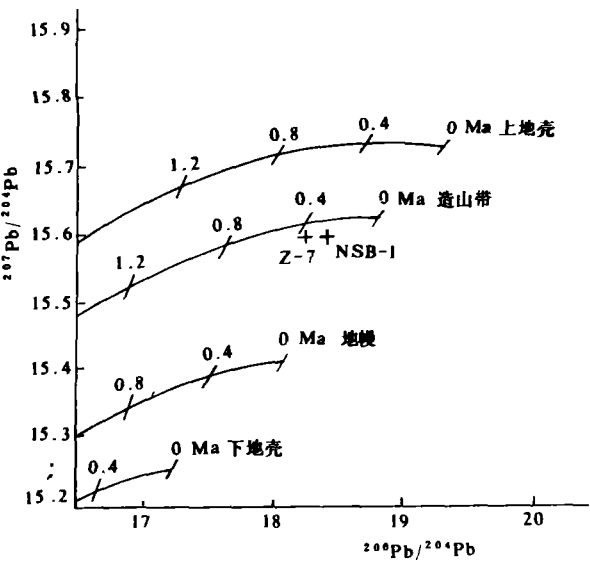


图 5 不同构造动力环境的²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 座标图

Fig. 5 Plot of Pb-isotope dynamics

173℃。晚期热液阶段和酸滤蚀变作用阶段,三相包裹体出现,均一温度为 265~310℃。两相包裹体均一温度为 205~320℃。58 样次测定结果,平均值为 237.66℃。标志着热液进入了沸腾阶段。

石英包裹体,H₂O 的相对光密度 D_{H₂O}=5.40,CO₂ 的相对光密度 D_{CO₂}=0.53。

表 10 铅同位素组成、源区特征

Table 10 Pb— isotopes compositions and source

编 号	矿 区	矿 物	铅同位素组成			源区特征值			
			$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}}$ (μ)	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{204}\text{Pb}}$ (w)	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$ (k)	$\frac{^{236}\text{U}}{^{204}\text{Pb}}$ (v)
NSB-1	甲勿池	脉状辉锑矿	18.3720	15.6040	38.2600	9.47584	36.03539	3.80295	0.06872
Z-7	甲勿池	热液型黄铁矿	18.1810	15.6020	38.3590	9.49343	37.48617	3.94864	0.06865

资料来源:本文 测试单位:地质矿产部宜昌地矿研究所

5.2.4 铅同位素 据表 10, 辉锑矿和黄铁矿的铅同位素组成稳定,属正常演化铅。将铅同位素数据投于 Doe 和 Zartman(1979)编绘的不同构造动力环境的²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 座标图中(图 5),可以看出,矿化铅的投点位于造山带与地幔演化曲线之间,显示矿化铅主要来自地幔,而上地壳的影响很小。

5.3 流体包裹体

5.3.1 流体包裹体的类型及其特征 气液两相包裹体,多呈不规则状,直径小于 3μm,气液比小于 20%;三相包裹体,即水溶液相,CO₂ 液相,CO₂ 和 H₂O 气相,多为不规则状,直径一般为 3.6μm,气液比 30%至 80%。

5.3.2 温度 主期热液阶段,仅含有气液两相包裹体,均一温度为 120~200℃,35 样次测定结果平均值为

5.3.3 成分、盐度和密度(表 11) (1) F^-/Cl^- 比值为 0.1 至 0.7。说明矿液为热卤水成因。(2) CH_4 含量较高,表示成矿流体具非岩浆源特征。(3)还原参数为 0.07 至 3.19,平均值 1.14^[4],表明成矿物质的搬运介质具有较强的还原性质。 $PH=5.16$ 。(4)该式金矿流体包裹体特别小,无法测到冷冻温度。因而据包体成分计算盐度为 0.73 至 10.26%wtNaCl,平均值为 6.06%wtNaCl。成矿流体密度值为 0.83 至 0.89g/l。

表 11 石英流体包裹体成分测试结果
Table 11 Composition of fluid inclusion of quartz

样品编号	矿 区	液相成分(μg/g)用样量 0.5g							气相成分(μg/g)用样量 0.5g						H ₂ O mg/g	F ⁻ / Cl ⁻	Na ⁺ / K ⁺
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	F ⁻	Cl ⁻	CO ₂	CH ₄	CO	H ₂	O ₂	N ₂			
JH29-1-1	甲勿池	413	2065	482	136	161	1056	1547	38658	921.5	0.0	14.7	0.0	0.0	2.51	0.7	5.0
JHPD0-2-3	甲勿池	120	1094	1605	498	937	477	3155	7925	182.2	0.0	34.9	0.0	0.0	2.119	0.2	9.1
JH1001-4	甲勿池	740	500	190	190	300	50	130	6239	91.92	3175	36.20	377.8	992.3	12.46	0.4	0.7
JBPD1-2-1	甲勿池	<10	170	10	10	300	20	170	3274	61.34	3178	103.6	378.2	2980	12.46	0.1	34

测试单位：冶金部天津地质研究院

5.3.4 成矿压力 为 27.36 至 75.99MPa。成矿深度 945 至 2625m。

6 成矿模式

天水沿断裂破碎带和岩层裂隙下渗,汲取岩层中的元素,初具卤水性质。在深部,原始盆地封存的卤水和燕山期岩浆期后热液的掺入,汲取地质建造中的成矿元素,产生成矿热卤水。由于燕山期岩浆热、地温梯度热、构造热的加温,成矿热卤水沿导矿构造上升,并不断汲取地质建造中的成矿元素,包括汲取印支晚期花岗斑岩中的成矿元素。在上部有利构造部位,由于物理化学条件的改变,金等成矿元素在容矿构造中沉淀,并在浅部一定部位发生沸腾和酸滤蚀变作用,在其旁侧发生隐爆作用。热液体系的长期循环,促使成矿物质不断富集,形成金矿床。

7 结论

微细浸染型联合村式金矿,除具备微细浸染型金矿最主要的特征外,有其突出的特点。

- (1)容矿岩石为印支晚期 S 型花岗斑岩。金矿体的分布受侵位后的脆性剪切带控制。
- (2)金矿的成矿作用发生在花岗斑岩成岩之后,受构造窗边界断裂的制约。并定位于区域 I、Ⅱ级断裂的派生构造带内,两者分别组成了导矿和容矿的配套构造系统。
- (3)成矿元素主要来自原生和次生含金地质建造。成矿热卤水并从容矿岩石花岗斑岩,汲取了金、铜、铅、锌、钼等元素。金、银、砷、锑、汞、铜、铅、锌、铈、硒、碲、钼、钡元素组合及其丰度,与美国卡林型金矿基本相同。但砷和钡含量,为卡林金矿的 4~5 倍。 $Au/Ag=4\sim 27$ 。

(4)金矿的浅部发育热液酸滤蚀变带。

(5)燕山晚期花岗岩不仅是金矿成矿作用的热源,而且岩浆期后热液体系的末端,掺入了热卤水循环,带入了金、钨等元素。

(6)石英包体中的 $\delta^{13}\text{C}$ 值,反映了富 ^{12}C 的有机碳加入成矿溶液。

(7)矿化铅主要来自地幔,受上地壳影响很小。

(8)成矿作用的主期热液阶段,均一温度平均值为 173°C 。晚期热液阶段和酸滤蚀变作用阶段,均一温度 265°C 至 310°C ,标志着热液发生过沸腾。

(9)金矿物粒径均小于 $0.1\mu\text{m}$ 。单体金占总含金量的 91.6% 。在碳酸盐矿物、硅酸盐矿物、硫化物矿物、石英中的包裹金为胶体分散金,占总含金量的 8.4% 。该矿石为易选矿石,氰化浸出率 90% 以上。

(10)热液黄铁矿为含砷黄铁矿,中环带含金富。含铂 0.34% 至 0.78%

本文撰写中,承蒙冶金部天津地质研究院黄佳展,冶金部西南地勘局李同聚指导,于此深表谢意。

参考文献

- 1 博伊尔 R W·金的地球化学·地质出版社,1984
- 2 涂光炽·地球化学·上海科技出版社,1982
- 3 刘实昌,等·岩石化学与多元统计·地质出版社,1985
- 4 郑明华,等·四川东北寨微细浸染型金矿成矿物理化学条件和成矿过程分析·矿床地质,1990,9(2)
- 5 Romberger S B. Ore Deposits #9 Disseminated Gold Deposits. Geoscience, Canada, 13(1), march, 1986
- 6 Richard H Sillitoe and Harold Bonham Jr. Sediment-hosted gold deposits; Distal products of magmatic-hydrothermal systems. geology, The Geological society of American Inc. at 3300 penrose place Bolder colorado U. S. A.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTER OF LIAN HECHUN (MICROGRAIN-DISSEMINATED TYPE) GOLD DEPOSIT

Sun Shuhao

Wen Guolin

(Tianjin Geological Academy of the Ministry of Metallurgical Industry)

The host rock of the gold deposits of Lianhechun style is the granitic-porphyry of S type of late Indo-China. Gold ore bodies are controlled by brittle shear zone. The element association and abundance of Au, Ag, As, Sb, Hg, Cu, Pb, Zn, Tl, Se, Te, Mo Ba, are similar to that of carlin type. Acid leaching alteration zone occurs at shallow part. Ore minerals are mainly pyrite, stibnite ect. Grain sizes of native gold are all less than 0.1μ . 91.6 percent of thm occur in independent grains. The granite of late Yan-Shanian period was not only the heat source of the mineralization, but also made magmatic hydrothermal solution be mixed with the circulating hot brine, by which the elements such as Au, W ect have been provided. The source of elements of mineralization should be primary and secondary gold-bearing geological formations.