

甘肃金山、马泉金矿床对比研究

姜启明, 鲁挑建

甘肃工业职业技术学院, 甘肃 天水 741025

摘要:金山、马泉矿床定位于礼县—白云—山阳大断裂西段膨大、分支锐角夹持区,通过对矿床区域地质背景、地质特征、成因等要素的对比分析,认为矿床地质特征相似、成因相同或类似。金山、马泉金矿的金源很可能来自中石炭统;疏来自深部,可能由岩浆水提供;成矿热液水由大气降水与岩浆水、变质水混合而成;矿床是在中低温、弱酸性、弱氧化—还原介质、弱矿化度条件下形成的微细浸染型热液金矿床。这2个矿床应为同一个矿床,在以后的地质勘查中应统筹考虑(特别是2个矿床的结合部),扩大现有矿床规模。

关键词:金山金矿床;马泉金矿床;地质背景;地质特征;矿床成因;甘肃省

中图分类号:P618.51 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-2518(2010)01-0022-05

金山、马泉金矿床相距不足2 km,都是20世纪80年代后期发现的类卡林型金矿床。由于当时的条块分割,以东经105°线为界,线东属核地质系统勘查区,线西属地矿系统勘查区,使1个矿床分为2个矿床,进一步勘查和开发缺乏统一性,造成勘查经费的浪费和开采的不便。

1 区域地质背景

矿区位于华北古陆板块、滇青藏古海洋板块和扬子古陆板块的夹持区(图1)^[1]。西秦岭地区被大多数

学者划分为北带、中带和南带3个成矿带,各带间均以深大断裂为界^[2]。其中,中带又以礼县—白云—山阳断裂为界划分为2个亚带。

西秦岭地区经历了长期复杂的构造演化^[2]。新元古代早期(约1 000 Ma),冈瓦纳古陆开始解体,扬子地台与澳大利亚古陆因拉张而分离,并以较快的速度向北迁移。进入早古生代,华北、扬子地台作为2个独立陆块向北迁移。在迁移过程中,华南北缘和扬子北缘分别发生了裂解,其主要表现是北秦岭从华北地台南缘分裂出来,中、南秦岭从扬子地台北缘分裂出来,

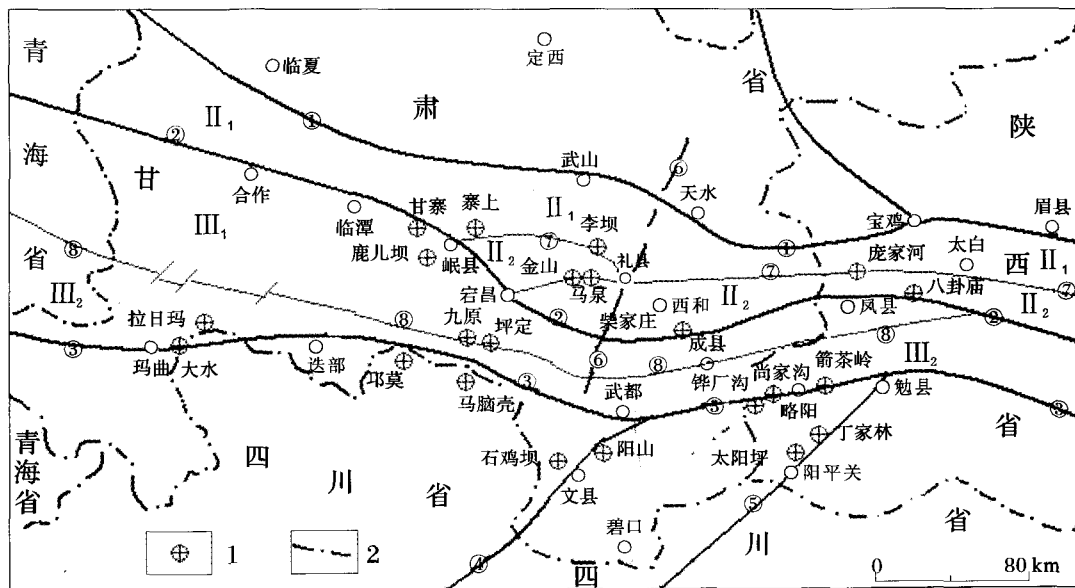


图1 甘肃东南部地区大地构造分区及金矿分布略图

I—祁连—北秦岭加里东褶皱带;II—西秦岭北带北亚带华力西褶皱带;II₂—西秦岭北带南亚带华力西褶皱带;III—西秦岭南带北亚带印支褶皱带;III₂—西秦岭南带南亚带印支褶皱带;①—临夏—天水—宝鸡—一级断裂;②—临潭—宕昌—凤县—一级断裂;③—玛曲—武都—略阳—一级断裂;④—碧口—西北缘—一级大断裂;⑤—阳平关—勉县—一级大断裂;⑥—天水—武都—隐伏基底深大断裂;⑦—罗坝—礼县—白云—山阳—二级大断裂;⑧—光盖山—成县—二级大断裂;1.金矿床;2.省界

收稿日期:2009-09-08;修订日期:2009-10-28.

基金项目:中央财政资助地质勘查项目(编号:2004-197)资助.

作者简介:姜启明(1963-),男,陕西眉县人,高级工程师,主要从事地质勘查研究工作.E-mail:gstsjqm@163.com

初步奠定了秦岭构造带三分的基础。在共同向北俯冲、迁移的过程中,由于速度不同,在早古生代末期北秦岭与华北地台、中秦岭与北秦岭、南秦岭与中秦岭先后拼合,形成统一的中国大陆^[2]。而此时的主缝合带位于北秦岭北缘附近。

进入晚古生代,北、中、南秦岭因拉伸又出现新的裂陷槽(陆内裂谷)。该裂谷位于岷县—礼县—成县一带,其中心位置与高桥—礼县(图1中的⑥号断裂的一部分)同生断裂位置相当。

中秦岭晚古生代裂谷的发展一直持续到中生代早期。印支运动使裂谷封闭,挤压造山,海水从西秦岭全部退出。在晚三叠世,碰撞造山达到高潮,造成秦岭地区强烈的构造变形和大规模岩浆活动,并使古断裂复活,燕山早期—印支期从而成为西秦岭最重要的成矿期,也基本形成现今秦岭的壮观地貌。其后的中—新生代,该区又进入新一轮以陆内断陷盆地为特征的构造运动时期。

由于该区经历了多次以近SN向为主的伸展裂陷、挤压造山运动,形成了以近EW向为主,EW向与NS向构造(如天水—武都断裂)并存的构造格架。

由于燕山早期—印支期大规模岩浆活动形成了教场坝、闫井、柏家庄、中川、碌碡坝及温泉六大花岗岩体。前五大花岗岩体相对位置较近,因其附近产有多种有色金属矿床而被称为“五朵金花”。特别是中川岩体北、东、南外接触带1~8 km范围内产有李坝(超大型)、崖湾(小型)、金山—马泉(大型)金矿而闻

名于世。

金山—马泉金矿受控于礼县—白云—山阳深大断裂西段膨大分支的“入”字形夹持区。该断裂在礼县以西分支为礼县—罗坝和礼县—上洮坪2条断裂。金山—马泉金矿位于南支断裂附近,距中川岩体外边界约4 km,赋矿层位为中石炭统第一岩性段第一、二层,岩性为千枚状粉砂质板岩、泥质粉砂质斑点板岩、长石石英砂岩及灰岩透镜体等。

2 矿床地质特征

金山—马泉金矿床矿体全部位于断裂带内。故断裂既是矿体的控制因素,也是矿体的容矿空间,断裂产状是矿体形态的决定因素。

2.1 断裂带特征对比

金山、马泉金矿断裂带特征见表1。由图2和表1可见,金山金矿床南矿带走向与马泉金矿床三号矿带走向一致,且马泉金矿四号矿带主要含矿断裂可直接与金山金矿中矿带相连,这一点已被1995年钻探工程和其后的采矿揭露所证实。马泉金矿以四号矿带为主,三号矿带次之;金山金矿以中矿带为主,南矿带次之。2个矿床断裂规模亦很相似,均是由同方向的多条小规模断裂带组成。金山金矿挤压片理化带和节理发育,与马泉金矿亦很相似;2个矿床都有断裂叠加处金矿体变大、变富的趋势。多数断裂有多期活动特征。

表1 金山、马泉金矿断裂带主要地质特征

矿床	主要矿带	走向	规模/m		主要地质特征
			长	宽	
金山	北矿带	EW	300~320	20~30	近EW向断裂含矿最好;单条断裂规模较小,但组合在一起形成一条大的破碎带;带内外挤压片理化、密集节理发育;有煌斑岩脉、花岗岩岩脉沿断裂充填
	中矿带	EW、NE	200~1 100	20~100	
	南矿带	近SN、EW	100~600	20~30	
马泉	三号矿带	近SN	240~500	5~40	平面和剖面上都有分支复合、膨大收缩现象;主断裂有其他方向断裂叠加时矿体变大变富;有煌斑岩脉、花岗岩岩脉、玄武岩脉沿断裂充填
	四号矿带	近EW、NE	240~1 180	3~124	
	外围矿带	近EW、NE、近S	120~370	3~20	

注:外围矿带包括一、七、十、二十、二十二号矿带

2.2 矿石特征

矿石矿物组成相同,非金属矿物有石英、绢云母(水云母)、粘土矿物、碳酸盐矿物等;金属矿物主要是褐铁矿(赤铁矿)、黄铁矿、毒砂、辉锑矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、辰砂等;主要贵金属矿物为自然金、含银自然金、银金矿、自然银等。

矿石结构构造相同。矿石结构为自形—半自形粒状、它形粒状、变余泥质、变余粉砂质、交代残余、假象、包含等;矿石构造为千枚状、斑点状、浸染状、细(网)脉状(硫化物脉、碳酸盐脉等)、角砾状(主要

是石英角砾)等。

主要矿化蚀变有褐铁砂化、黄铁矿化、褪色化、硅化、碳酸盐化、绢云母化等。

金山金矿石中金粒以显微粒级为主(占64%),细粒金占28%,中粒金小于5%,尚有少量超显微粒级金^[2]。马泉金矿金粒中显微粒级金和超显微粒级金各占一半(分别为49.7%、50.30%)^[3],有极少量巨粒金存在^[4]。金山金矿金的平均成色827‰;马泉金矿自然金和含银自然金平均成色882.99‰,银金矿平均成色767.00‰。金山金矿金粒以间隙金、裂隙金为

主,主要分布于毒砂集合体晶间及裂隙中,其次分布于毒砂与脉石矿物、磁黄铁矿与脉石矿物、黄铁矿与脉石矿物的间隙中,包裹金较少。马泉金矿金粒以吸附金(尤其在氧化矿石)、包裹金(尤其在原生矿石

中)、裂隙金、间隙金为主,主要分布于毒砂、黄铁矿裂隙、晶隙及黄铁矿内核中,与金山金矿床略有差异。矿床主要有用元素为 Au、Ag, 主要有害元素为 As(局部地段接近 As 的工业品位)^[5]。

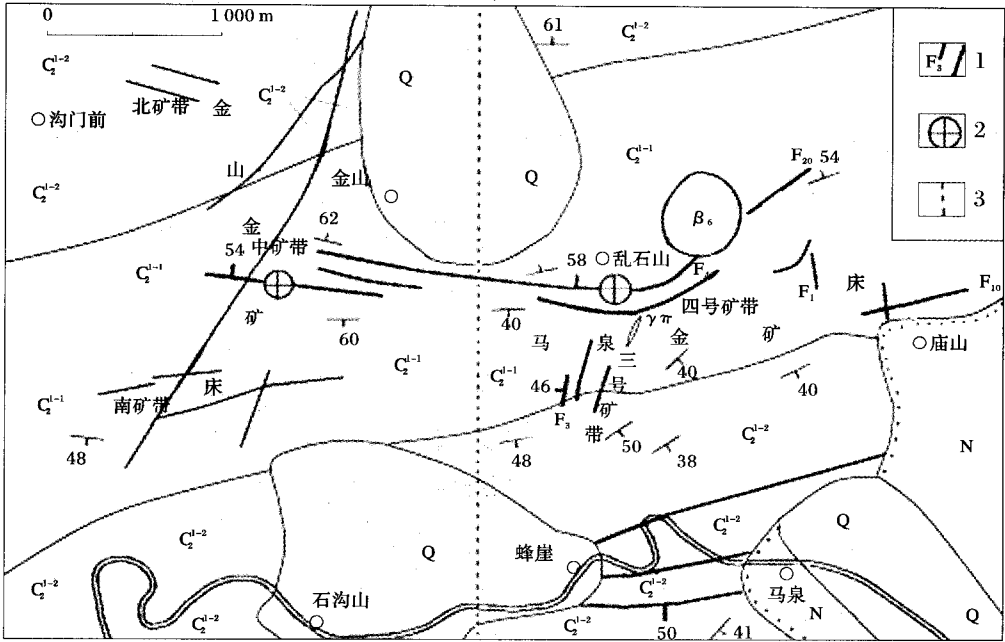


图 2 甘肃金山—马泉金矿床地质图

Q—第四系冲、洪积物及黄土;N—新近系灰白色泥灰岩、杂色砂岩、紫红色砂砾岩等; β_6 —喜山期橄辉玄武岩; C_2^{2-} —中石炭统第一岩性段第二层长石英砂岩夹粉砂质板岩; C_2^{1-} —中石炭统第一岩性段第一层千枚状粉砂质板岩、泥质板岩、含钙板岩及灰岩透镜体等; $\gamma\pi$ —花岗斑岩脉;1.断裂带及编号;2.金矿床;3.马泉、金山金矿床分界线

2.3 矿体特征

矿床矿体特征见表 2。由表可见,2 个矿床矿体数量都很多,矿体形态一致,平均品位较低,反映了 2 个矿床都以低品位矿石为主。

3 成因对比

3.1 成矿物质来源对比

金源层。据大面积 1:1 万地球化学测量,马泉金矿床赋矿岩层 C_2^{2-} 、 C_2^{1-} 平均金含量分别是 5.15×10^{-9} 、 5.20×10^{-9} 。金山金矿大面积化探测量表明,赋矿岩层平均金含量为 9.72×10^{-9} (97 件样品)^[2]。可见该套岩层平均金含量普遍偏高,高于其克拉克值 (4.00×10^{-9}),局部可为克拉克值的 2 倍以上。据核地质 219 大队 1988 年测量,中川岩体平均金含量 3.00×10^{-9} (21 件样品),低于克拉克值,不可能是金源层,故中石炭统很可能是 Au 矿的矿源层。

稳定同位素对比。由表 3 可见,黄铁矿和毒砂都富重硫,且变化范围小,说明其来源单一。根据资料^[6] (17 个矿床统计): 典型岩浆硫 $\delta^{34}S$ 均值在 $+1.1\text{‰}$ ~ $+4.6\text{‰}$ 之间, $\delta^{34}S$ 的变化范围小于 10‰ (-1.3‰ ~ $+7.5\text{‰}$)。由此可见,金山、马泉金矿床中的硫应为岩浆成因的硫,具有深源性,矿石中的硫与中川岩体有密切的成因联系。

经计算^[2],金山金矿石英平衡水的 δD 为 -81.5‰ 、 $\delta^{18}O$ 为 3.78‰ 。由表 4 可见,金山、马泉金矿含氧矿物石英和方解石的 $\delta^{18}O$ 和 δD 分别位于变质水 ($\delta^{18}O$ 为 5‰ ~ 25‰) 和岩浆水 (δD 为 -50‰ ~ -80‰) 之间; 非含氧矿物毒砂的 $\delta^{18}O$ 和 δD 值却位于天水线附近。说明成矿热液水应以大气降水为主,同时掺入了少量的变质水和岩浆水,为混合水源。

经测定^[2],金山金矿围岩全岩 $\delta^{18}O$ 平均值为 16.89‰ (5 个样),矿(化)体 $\delta^{18}O$ 平均值 15.89‰ (7 个样),二

表 2 金山、马泉金矿床矿体特征对比

矿床	矿体数/个	规模/m		平均品位/ $\times 10^{-6}$	矿体形态
		长	真厚度		
金山	16	60~1 100	1.37~8.18	3.00~7.00	板状、似板状、层状、似层状、透镜状
马泉	41	40~430	0.68~10.25	1.32~7.68	板状、似板状、层状、似层状、透镜状

表3 金山、马泉金矿床成矿期硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 含量

矿床	测试矿物	样品数/个	变化范围/‰	平均值/‰	总平均值/‰
金山 ^[2]	黄铁矿	3	-0.9~3.5	0.97	4.49
	毒砂	4	5.5~7.7	6.35	
马泉	黄铁矿	2	4.4~7.6	6.00	

注:金山金矿黄铁矿为热液早期黄铁矿;马泉金矿测试单位为核工业203研究所和成都地质学院,1990

表4 金山、马泉金矿氧、氢同位素测定结果

矿床	测定矿物	$\delta^{18}\text{O}$			$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$	
		样品数/个	变化范围/‰	平均值/‰	样品数/个	测定结果/‰
金山	石英	12	13.67~17.35	16.31	1	-69.8
	石英					
	方解石*	2	15.73~16.03	15.88		
马泉	石英	5	17.36~23.24	19.72	1	-81.739
	石英*					
	毒砂*	1	-7.65	-7.65	1	-79.001

注:带*号的为矿物包裹体中 H_2O 的 $\delta^{18}\text{O}$ 及 $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$;马泉金矿测试单位为核工业西北地质局测试中心和成都地质学院,1990

者相差很小,与马泉金矿石英脉中的 $\delta^{18}\text{O}$ 略有不同(表4),这是因为测试物质不同(1个是全岩,1个是石英脉)。但其差别很小,表明矿石的主要成分——石英应来自地层。

3.2 成矿温度、压力

金山金矿床热液成矿早期阶段黄铁矿爆裂温度为 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1个样),热液主成矿期毒砂爆裂温度为 $180\sim 280\text{ }^{\circ}\text{C}$ (5个包裹体测量结果)。马泉金矿石英气液包裹体大小以 $7\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 者居多,说明成矿盐度低,矿物生长较慢;气液比为 $10\%\sim 25\%$;原生包裹体均一温度(未经压力校正)为 $230\sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ (15个包裹体),平均为 $207\text{ }^{\circ}\text{C}$,应属早期石英脉形成温度;次生包裹体均一温度为 $170\sim 240\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6个包裹体),平均为 $207\text{ }^{\circ}\text{C}$,应属主成矿期温度。可见金山、马泉金矿的主成矿温度约为 $170\sim 280\text{ }^{\circ}\text{C}$,属中—低温热液矿床。

金山金矿经包裹体 CO_2 流体压力测定,其压力为 $210\times 10^5\sim 603\times 10^5\text{ Pa}$,平均为 $448.6\times 10^5\text{ Pa}$,其压力相当于上覆地层 $850\sim 1\ 800\text{ m}$ ^[2]。马泉金矿未测定压力值,矿床应属浅成矿床。

3.3 成矿流体特征

金山金矿石英、方解石中所见包裹体多为液相包裹体,矿化度为 $1.38\%\sim 13.08\%$,平均为 7.2% 。成矿溶液相当于卤水;包裹体中含 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 F^- 等阴离子,且 $\text{SO}_4^{2-}>\text{Cl}^->\text{F}^-$ 。阳离子有 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 等,且 $\text{Ca}^{2+}>\text{Na}^+>\text{K}^+>\text{Mg}^{2+}$ 。马泉金矿床石英气液包裹体中的气体以 CO_2 占绝对优势(约占气体总量的 81.55%),其次是 CO (相对含量 11.40%)及少量 H_2 (6.00%)和 CH_4 (3.93%);平均矿化度为 2.72% ;pH值为 $(150\text{ }^{\circ}\text{C})\ 5.43\sim 5.40$;Eh值($150\text{ }^{\circ}\text{C}$)为 $-0.34\sim +0.36\text{ mV}$;阴离子中 HCO_3^- 相对较多,其次是 F^- 、 Cl^- 含量相对较少;阳离子以 Na^+ 、 Ca^{2+} 相对较多, K^+ 、 Mg^{2+} 离子相对较少。

由此可见,金山、马泉金矿热液矿化度为弱矿化度;阴离子中 SO_4^{2-} 和 HCO_3^- 离子相对较多,阳离子以 Ca^{2+} 、 Na^+ 离子相对较多,可能与测试矿物(方解石)和成矿时碳酸盐类矿物相对较多有关。承担运移金的 Cl^- 含量相对偏少,但其绝对含量在 $816\times 10^{-6}\sim 2\ 416\times 10^{-6}$ 之间(平均 $1\ 616\times 10^{-6}$),其值大大高于山东三山岛金矿(平均值 2×10^{-6})^[6],比招掖金矿(平均值 $19\ 779\times 10^{-6}$)低。可见矿床是在弱矿化度、弱酸性、弱氧化—还原的介质中生成。

3.4 稀土元素配分模式

金山金矿床围岩和矿(化)体轻重稀土比值($\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$)分别为 3.30 、 5.49 。围岩与矿(化)体稀土配分模式相同, Eu 中等负异常,稀土总量分别为 213.493×10^{-6} 和 283.29×10^{-6} 。在稀土配分模式图上都是轻稀土富集的右倾斜型。马泉金矿床矿石、矿化岩石和围岩稀土配分模式亦相同,轻重稀土比值($\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$)在 $8\sim 12$ 之间,比金山金矿略大。稀土总量平均值为 188.09×10^{-6} ,比金山金矿床略低。可见成矿过程中稀土元素并未发生进一步分馏,说明成矿温度较低。金山、马泉金矿稀土总量与上地壳(210.07×10^{-6})稀土总量接近。成矿物质应来自浅部地层。至于从围岩到矿(化)体稀土总量的变化,可能与大气降水的淋滤作用有关。

3.5 其他微量元素特征

由表5可知,金山、马泉金矿毒砂和黄铁矿都含有 Au、Ag(马泉金矿黄铁矿含银量在检出限以下),并且黄铁矿都含少量的 As, S 含量差别不大;黄铁矿中 Co 含量 $<$ Ni 含量、Co/Ni 在 $0.57\sim 0.875$ 之间;Se/Te 大于 2;S/Se=20487。毒砂中 Co/Ni=0.43。据栾世伟资料^[6],典型岩浆热液金矿床(小秦岭金矿床)黄铁矿中 Co/Ni=1.17~3.10、Se/Te \approx 1、S/Se=1 060~84 517、Cu

表5 金山、马泉金矿载金矿物电子探针微区分析结果

(%)

矿床	矿物	Au	Ag	As	Fe	S	Co	Ni	Se	Te	Cu
金山 ^[2]	毒砂	0.0174	0.00154	41.87	36.70	20.75					
	黄铁矿	0.00107	0.00062	0.98	44.63	47.12	0.008	0.014	0.0023	<0.001	
	综合脉石	0.00007	0.00015	0.033		0.28					
马泉 ^[4]	毒砂	0.15	0.07	42.63	34.82	22.42	0.047	0.11			0.04
	黄铁矿	0.14	0.00	0.465	46.04	53.62	0.105	0.12			0.05

注:金山金矿 Au、Ag 测试为化学分析;马泉金矿毒砂和黄铁矿测试值均为 3 件样品

含量大于 120×10^{-6} 。由此可见,金山、马泉金矿的成矿的确与岩浆热液有关,但不完全由岩浆热浆分异作用)形成。此测试值与上述热液水的来源推断相吻合。

3.6 成矿时代

金山金矿床 Pb 同位素年龄测试结果为 159~194 Ma^[2]。据核工业 203 研究所对马泉金矿的测试(Rb-Sr 法),其等时年龄为 153 ± 20 Ma。中川岩体的主侵入期为 188~227 Ma,可见,矿床形成于中川岩体大规模侵入之后,中川岩体为金山、马泉金矿的形成提供了巨大持久的热源。

4 结论和建议

(1)金山、马泉金矿成矿地质背景相同,矿床地质特征相似,矿床成因相同或类似,可以说明这 2 个矿床是 1 个矿床。

(2)金山、马泉金矿的金源很可能来自中石炭统地层;硫来自深部,可能由岩浆水提供;成矿热液水由大气降水与岩浆水、变质水混合而成;矿床是在中

低温、弱酸性、弱氧化—还原介质、弱矿化度条件下形成的微细浸染型热液金矿床。

(3)建议统筹考虑矿床的勘查和开发工作,特别是 2 个矿床结合部应是地质勘查的重点部位。相信随着勘查力度的加大,必将取得很好的地质成果。

参考文献

- [1] 孙明.甘肃礼县马泉金矿床地质特征及成因探讨[J].甘肃地质学报,2000,9(2):27-36.
- [2] 殷先明.甘肃岩金矿床地质[M].兰州:甘肃科学技术出版社,2000:201-212.
- [3] 姜启明,李岳,魏邦龙,等.甘肃马泉金矿载金矿物研究[J].黄金科学技术,2002,10(6):8-14.
- [4] 姜启明.马泉金矿床十号矿带矿化特征[J].西北铀矿地质,2000,26(2):24-29.
- [5] 姜启明.甘肃马泉金矿伴生元素特征及剥蚀程度研究[J].黄金地质,2001,7(2):23-28.
- [6] 栾世伟.金矿床地质及找矿方法[M].成都:四川科学技术出版社,2009:411、414、250、165-166.

A Comparative Study of Gansu Jinshan and Maquan Gold Deposit

JIANG Qiming, LU Tiaojian

Gansu Vocation & Technology Institute of Industry, Tianshui 741025, Gansu, China

Abstract: Jinshan and Maquan gold deposits are located in Lixian-Baiyun-Shanyang deep fault between swollen west section and branch acute angle clamp area. According to the comparative study of regional geological setting, geological characteristics and metallogenic genesis, we think that it have similar geological characteristics and deposit genesis. Jinshan, Maquan gold resources is likely to come from the Carboniferous; sulfur come from depth, it may be caused by magmatic water; ore-forming hydrothermal water come from mixture of atmospheric precipitation and magmatic water, metamorphic water; deposits are micro-disseminated hydrothermal gold deposit formed in conditions of low-temperature, weak acid, weak oxidation-reduction medium, weak mineralization. It is thought that the two deposits should be one, and it require overall consideration for future geological survey (especially the joint of two deposits), and expand the current deposit scale.

Key words: Jinshan gold deposit; Maquan gold deposit; Geological setting; Geological characteristics; Metallogenic genesis; Gansu Province