

甘肃马泉金矿地质特征及找矿标志

鲁挑建, 姜启明

(甘肃工业职业技术学院, 甘肃 天水 741025)

摘要:马泉金矿床定位于礼县—白云—山阳深断裂西段膨大、分支锐角夹持区,受印支期中川花岗岩体南外接触带中近EW向脆-韧性剪切带和叠加于该带上的脆性断裂构造控制。通过对矿体空间展布、矿石特征、载金矿物特征等的论述,对矿床成矿地质特征进行总结。今后在该地区找矿因应以花岗岩体的外接触带为找矿的重点部位,地表以褐铁矿为主要找矿标志,深部以黄铁矿和毒砂为找矿标志。

关键词:金矿床;成矿地质特征;矿体特征;找矿标志;甘肃

中图分类号:P618.51 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-3504(2010)02-154-05

1 矿床地质背景

1.1 区域地质背景

矿区大地构造位置属西秦岭造山带中秦岭华力西褶皱带,北临华北古陆板块,南接扬子古陆板块和滇青藏古海洋板块(孙明,2000)。

研究区是礼(县)岷(县)金矿集中区的东段部分;矿区主要金矿床受礼县—白云—山阳大断裂西段的分支断裂礼县—罗坝和礼县—上洮坪断裂控制(图1)。前者控制了李坝、崖湾岩金矿床和田家河砂金矿床;后者控制了金山、马泉金矿床。

矿区金矿床全部位于中川岩体外接触带1~8 km范围内,呈半圆形分布。中川岩体主体是印支期二长花岗岩(图1),面积216 km²。岩体内还产有吴茶坝、中川、范家坝小型铀矿床。马泉金矿床产于中川岩体的南外接触带(姜启明,2000a)。

对卫星照片的解译和航空重磁资料的解释推断,中川岩体是以一定的倾角由东向西侵入石炭系地层的(其西部地层为岩体所覆盖)。由于中川岩体的热场作用,在中川岩体北、东、南外接触带形成李坝、崖湾、马泉、金山等金矿床及大批金矿点。

1.2 矿床地质概况

马泉金矿床受脆-韧性剪切带和礼县—上洮坪

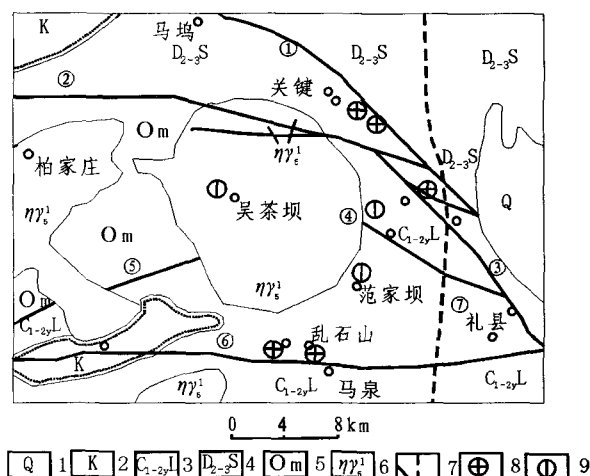


图1 甘肃马泉金矿区域地质图

Fig.1 Region geological map of Ma-quan gold deposit, Gansu

1. 第四系残坡积物及黄土;2. 白垩系紫红色砾岩及灰持粉砂岩等;
3. 中-下石炭统月亮寨组板岩与砂岩互层及细粗石英砂岩;4. 中-上泥盆统家坝组石英细砂岩、粉质板岩、条带状、斑点状板岩等;
5. 奥陶系孟家沟群黑云母石英片岩、变粉砂岩、变长石石英砂岩、条带状大理岩等;6. 印支期二长花岗岩;7. 断裂及编号;
8. 金矿床;9. 铀矿床;①马坞-李坝断裂;②锁龙口-罗坝断裂;③罗坝-礼县-高桥断裂;④石家河坝-楚家沟门断裂;⑤官底下-徐家坝断裂;⑥宕昌-上洮坪-礼县断裂;⑦天水-武都隐伏深大断裂

区域性断裂的次级断裂联合控制(图1)。

发育于乱石山-庙山的脆-韧性剪切带,走向70~80°,长度大于4 km,宽0.5~1.2 km(孙明,2000)。其中间部位岩石变质程度达千枚岩相,向外逐渐变为千枚状板岩、正常板岩。该带以片理化带形式产出。带内发育流褶曲、塑性流动构造和平

收稿日期:2009-09-15

基金项目:中央财政资助地质勘查项目(2004-197)

作者简介:鲁挑建(1962—),男,陕西兴平人,副教授,主要从事地质勘查研究工作。

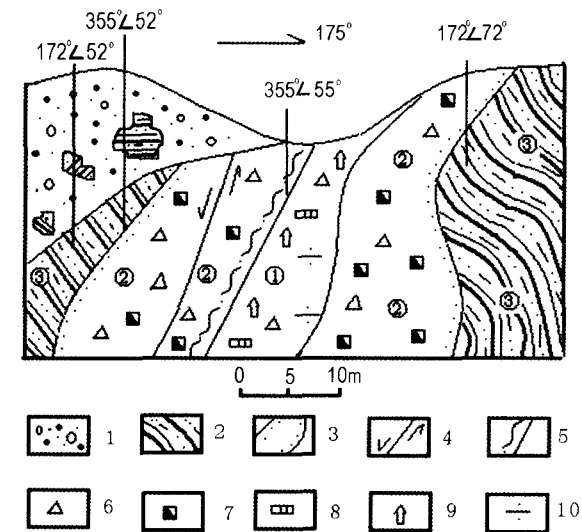


图2 马泉金矿床 F-3-1 断裂带素描图

Fig.2 The charcoal drawing of Ma-quan gold deposit F-3-1 zone of fracture

1. 坡积物;2. 千枚状泥质粉砂质板岩;3. 破碎程度高且蚀变强的范围;4. 滑动面及无能运动方向;5. 裂隙及构造泥;6. 构造角砾岩;7. 褐铁矿化;8. 黄铁矿化;9. 毒砂化;10. 褪色蚀变;①灰色碎裂岩(含大量构造角砾岩及岩石粉末、断层泥、大量金属硫化物细脉,岩石未被氧化);②强褐铁矿化碎裂岩(褐铁矿细脉发育,岩石已被氧化);③挤压片理化带(岩石呈半氧化状态)

卧塑性褶皱,岩石中砂质条带、石英脉被拉长形成石香肠构造,并且发生明显旋转。带内普遍见有呈“S”形弯曲和雁行式排列的石英脉。带内S面理发育,置换原岩板理且有10~30°夹角。该剪切带内发育糜棱岩、初糜棱岩和糜棱岩化为主的一套岩石,具密集劈理构造、糜棱结构。

矿床由一、三、四、七、十、二十、二十二号矿带组成。其中以三、四号矿带规模大,其储量分别占矿床储量的31.58%,62.12%。其余矿带储量仅占6.30%。

2 金成矿地质特征

2.1 矿体空间展布

金矿体全部位于断裂构造内。断裂构造按其展布方向主要分为近EW向和近SN向2组。近EW向断裂往往顺层断裂或微切层断裂,而近SN向断裂都是切层断裂。

大多数断裂带有多次活动的痕迹(图2),中后期活动大部分伴随着热液脉体的活动,有的热液脉体的活动伴随矿质叠加。断裂倾向全部北倾(对近EW向或NE向断裂而言)或西倾(对近SN向断裂

而言),倾角中等-偏陡。断裂带的产物大部分为碎裂岩、糜棱岩、构造角砾岩及岩石粉末等,热液脉体大部分是金属硫化物细(网)脉、含黄铁石英脉、碳酸盐细脉等。较大规模的断裂在平面和剖面上都有分支复合、膨胀收缩现象,有的断裂有其它方向的断裂与其交汇,并且有交汇处金含量增高的趋势。因此,金矿体的形成是多次矿质富集的结果。

2.2 赋矿主岩及围岩蚀变

赋矿层位为中石炭统第一岩性段第1、2层,岩性是千枚状粉砂质板岩、斑点状板岩、长石石英砂岩、灰岩透镜体等。

矿床主要围岩蚀变为绢云母化、硅化、碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化、褪色蚀变等。

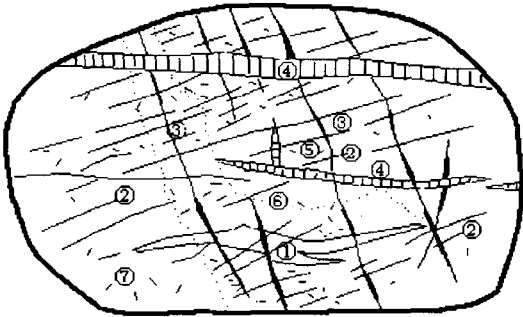


图3 马泉金矿床矿石特征素描图

Fig.3 The charcoal drawing of Ma-quan gold deposit ore

- ①白色石英脉;②含少量细粒黄铁矿石石英脉;③头发丝状黄铁矿微细脉;④白色方解石-石英脉;⑤柱状、针状素砂;⑥点线为褪色蚀变范围;⑦斑点状粉砂质板岩

2.3 矿石特征

2.3.1 矿石矿物组成

矿石主要非金属矿物为石英、绢云母(水云母)、高岭土、方解石、白云石、金红石、锆石、电气石等。主要金属矿物为褐铁矿(赤铁矿)、臭葱石、黄钾铁矾、黄铁矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉铋矿、辉铋铅矿、硫铋铅矿、辰砂等(姜启明,2000b,2001;鲁挑建等,2008;姜启明等,2001,2002)。

2.3.2 矿石结构构造

矿石结构为自形-半自形粒状结构,它形粒状结构,变余泥质结构,变余粉砂质结构,交代残余结构,假象结构等。

矿石构造为千枚状构造,斑点状构造,浸染状构造(图3),细(网)脉状(硫化物脉、碳酸盐脉等)构造,角砾状(主要是石英角砾)构造等。

2.3.3 矿石品位分级(表 1)

表 1 马泉金矿床矿石品位分级表
Tab. 1 table of ore grade Ma-quan gold deposit %

矿带号	样品数/个	品位分级/ 10^{-6}					
		≤ 1.00	1.01 ~ 2.00	2.01 ~ 4.00	4.01 ~ 8.00	8.01 ~ 16.00	> 16.00
三	267	6.74	27.72	38.58	22.10	4.87	
四	516	3.16	19.57	34.11	32.75	8.33	2.31
外围	106	3.77	34.91	40.57	15.09	5.66	
合计	889	4.27	23.85	36.22	27.45	6.97	1.24

注:外围矿带含一、七、十、二十、二十二号矿带。

由表 1 可见,矿石品位以 $2 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$ 频率为峰值,品位为 $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6}$ 的矿石合计频率为 87.52%, 8×10^{-6} 以上品位的矿石仅占 6.97%,可见矿床以低品位矿石为主。

经原核工业第六研究所试验,马泉金矿床氧化矿石属易处理矿石。据核工业北京化工冶金研究院稀贵金属研究所试验,原生矿属难处理矿石。

2.3.4 载金矿物及金的存在形式

据北京地质研究院、中南工业大学、核工业西北地质局 203 研究所、西安地质矿产研究所、国土资源部西安综合岩矿测试中心、核工业第三研究所等单位测试(姜启明等,2002),马泉金矿床主要载金矿物为褐铁矿、黄铁矿、毒砂及少量脉石矿物。

褐铁矿主要呈粉末状,大部分是由黄铁矿氧化而成的。由于含金黄铁矿(主要是包体金)氧化后晶体遭到破坏,金粒易于曝露,加之褐铁矿的吸附作用,使褐铁矿金含量更高,亦使褐铁矿化成为最直接的找矿标志。

根据大量岩矿鉴定资料和野外实践综合分析,马泉金矿床中的黄铁矿大致可分为三个世代(姜启明,2000):(1)成岩期黄铁矿,此世代黄铁矿主要是由石炭纪的沉积作用形成。因持续时间长,黄铁矿有充分的时间结晶。故形成的黄铁矿结晶形态好,晶形完整,晶粒大小中等,以立方体和五角十二面体为主,有少量八面体及其聚形;颜色以亮黄色为主;多沿岩层层理展布,以胶状形态居多,在灰色、灰绿色千枚状粉砂质板岩中最为常见。此种黄铁矿不含金。(2)成矿前期黄铁矿,此种黄铁矿为变质成因黄铁矿,在海西期末至印支期大规模花岗岩侵入之前形成。由于海西期末大规模造山运动和区域变质作用,使金源层中的 Au、S、Fe、As 等元素得以改造(但 Au 尚未迁移),形成大量的黄铁矿和

少量毒砂,此种黄铁矿多以集合体形态产出,集合体大小 1~2 mm,颜色以赤黄色为主。毒砂晶粒粗大,以长柱状为主,最长 8 mm,最短 2 mm,颜色以银灰色为主,肉眼可见其柱面上的纵纹。粉砂质斑点板岩中的斑点除绿泥石斑点外,均为黄铁矿斑点,在近地表环境下氧化成褐铁矿斑点。此种黄铁矿、褐铁矿、毒砂不含金或含极少量金,但此种斑点板岩是金成矿的有利岩性(殷先明,2000)。(3)成矿期黄铁矿,此种黄铁矿为热液成因黄铁矿。马泉金矿床成矿于印支期大规模花岗岩侵入之后(Rb-Sr 法年龄鉴定为 153 Ma)。印支期大规模花岗岩的侵入,其巨大而持久的热场作用,使地层中的 Au(大面积化探测量表明,石炭系地层中的 Au 是梨形(1976)克拉克值的 4~5 倍,是可能的金源层)大量活化迁移,当这种含矿热液运移到断裂构造内,其压力突然降低,温度很快下降,热液中的 Au、S、Fe、As 等有用组分来不及结晶便与金一起沉淀下来,此种热液多期次活动,导致矿质的多次叠加,形成矿床。故黄铁矿、毒砂大都结晶程度很低,晶形不完整,且颗粒细小,有时伴有其它金属硫化物(如黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、辉锑矿等)。这种硫化物多以浸染状或微细脉状而存在。黄铁矿、毒砂颜色均发白(甚至为亮白色),含金量很高。黄铁矿最高金含量可达 1.39%(北京地质研究院测试,1990),细针状毒砂(粒长小于 1 mm)含金最高可达 1.71%。

马泉金矿床贵金属矿物种类有:自然金、含银自然金、银金矿、自然银等,前 2 者是主要金矿物。金粒大小以显微粒状金矿物(相对含量 49.70%)和超显微粒状金矿物(相对含量 50.30%)为主,十号矿带有巨粒金存在(姜启明,2000)。显微粒状金矿物主要嵌存于黄铁矿、毒砂与脉石矿物之间,呈片状、枝杈状等不规则形态;其最大粒径 10 μm ,平

均粒径 $3.8\ \mu\text{m}$ 。超显微粒状金矿物最大粒径 $0.166\ \mu\text{m}$, 最小粒径 $0.066\ \mu\text{m}$, 一般 $0.083\sim 0.125\ \mu\text{m}$; 主要赋存于毒砂的微裂隙中及沉淀在晶面, 或被吸附在毒砂边缘沿晶面生长; 金主要呈圆球状或念珠状存在。氧化矿石约 86.1% 的金属易解离金 (包括吸附金、游离金和粒间金); 原生矿石约 75% 的金属属于不易解离金 (包括包体金、裂隙金和部分晶隙金)。自然金和含银自然金平均成色 882.99% ; 银金矿平均成色 767.0% 。

2.3.5 伴生元素特征

马泉金矿床与 Au 伴生的主要元素为 As, Sb, Pb, Cu, Zn, Ag。其中 Au 与 As 单相关系数可达 $0.979\ 4$ ($\alpha=0.05$, $\gamma=0.541\ 0$), 可以说有 As 的地方必有 Au, As 主要来源于毒砂和含砷黄铁矿 (经西安地质矿产研究所电子探针组测试, 含砷黄铁矿平均含 As 约 0.31% , 野外观察其颜色为亮白色)。Au, As, Sb 的复相关系数为 $0.926\ 8$, 三者呈紧密相关关系, 其中的 Sb 主要来自辉锑矿, 其次是锑铅矿物类 (包括方铅矿、辉锑铅矿、硫锑铅矿)。Au 与 Ag 呈互不相关的两大系列, Au 系列除 As, Sb 外还包括 Cu; Ag 系列含 Pb, Mo, Bi, Zn 等。

伴生元素具有垂直分带性, 从上到下的序列为 Bi, Cu, Hg, Ag, Pb, Au, As, Zn, Be, Mo (姜启明, 2001)。

2.4 热液活动与金矿化关系

如图 3 所示, 马泉金矿床热液脉体活动可分为 6 个阶段。

1) 乳白色石英脉, 为块状, 多以单脉或透镜状产出 (图 3 中的①号), 不含或含极少量金属硫化物, 为成矿前期热液活动。

2) 含黄铁矿石英脉, 为灰色团块状, 透镜状或不规则脉状产出 (图 3 中的②号), 含少量粗晶黄铁矿或黄铁矿集合体, Au 含量 $n\times 10^{-7}$ 。

3) 灰色、黄褐色金属硫化物石英脉 (图 3 中的③号), 由浅黄色细晶黄铁矿、银灰色毒砂和硅质组成复脉或网脉, 切穿早期石英脉, Au 含量 $n\times 10^{-6}$ 。

4) 金属硫化物细 (网) 脉, 由粉末状黄铁矿、细针状毒砂或二者共同组成细脉及网脉, 往往切穿前几期脉体。当与第 2)、3) 阶段脉体交切叠加时, Au 含量明显增高, 最高可达 20×10^{-6} , 为主要金矿化阶段。

5) 白色方解石-石英脉 (图 3 中的④号), 往往

沿早期脉体、脉壁充填或切穿前几期脉体, 其内仅含少量黄铁矿及毒砂, 为成矿期后热液活动。

6) 碳酸盐脉, 往往切穿早期石英脉或其它脉体, 不含金, 可能为最晚期热液活动。

3 找矿标志讨论

(1) 脆-韧性剪切带是找矿的远程标志。马泉金矿形成于宽度在 $4\ \text{km}$ 左右的 NEE 向脆-韧性剪切带内。脆-韧性剪切带越发育, 断裂带经历的动力地质作用越强烈, 构造形迹也越复杂, 成矿的几率也就越大, 故脆-韧性剪切带是找矿的远程标志。

(2) 大规模的岩浆活动是成矿的基础。沿中川岩体北、东、南外接触带呈半环形展布而产出的大、中、小型金矿床和几百个金矿化点就说明岩浆岩体亦是找矿的远程标志。

(3) 断裂构造是金矿的赋矿空间, 矿床周围大大小小的断裂构造 (包括区域性大断裂) 均在不同地段不同程度地含有金矿体, 故断裂构造是金矿的直接标志。

(4) 褐铁矿化是马泉金矿最常见最易于识别的矿化蚀变。褐铁矿化越强烈, Au 含量就越高, 特别是呈粉末状的褐铁矿 Au 含量更高 (如四号矿带 27 号勘探线附近 1 号矿体 BT-32(A) 有 $32\ \text{m}$ 矿体几乎全部为褐铁矿, 其平均 Au 含量可达 6.28×10^{-6})。褐铁矿是由黄铁矿和毒砂等含铁矿物氧化而成, 褐铁矿、黄铁矿、毒砂都是载金矿物, 所以褐铁矿是地表找金的直接找矿标志。

(5) 根据原生矿石的主要矿物组成和大量的岩矿鉴定分析测试资料及金矿体中伴生元素测试资料的数学分析, 原生矿石中黄铁矿化和毒砂化越发育, 则金含量越高, 故黄铁矿化和毒砂化是原生矿的直接找矿标志。

4 结论

(1) 从区域地质的角度来说, 本区找矿首先应选择在花岗岩体的外接触带进行普查, 其次是寻找脆-韧性剪切带。

(2) 西秦岭地区的金矿几乎全部位于区域 I 级大断裂的次级断裂-Ⅱ~Ⅲ级断裂带内, 故寻找花岗岩体外接触带的Ⅱ~Ⅲ级断裂带是找矿的基础。

(3) 在马泉金矿床外围开展找金工作, 氧化矿石可以褐铁矿为直接的找矿标志, 原生矿石可以毒

砂和黄铁矿为直接找矿标志。

参考文献

- 孙明. 2000. 甘肃省礼县马泉金矿床地质特征及成因探讨[J]. 甘肃地质学报, (2): 28-36.
- 郭红乐, 陆志平, 刘爽, 等. 2003. 甘肃寨上卡林型金矿床地质特征与控矿因素[J]. 黄金地质, 9(3): 21-26.
- 姜启明. 2000a. 甘肃马泉金矿五号矿带地质特征[J]. 黄金地质, 6(3): 32-37.
- 姜启明. 2000b. 马泉金矿床十号矿带矿化特征[J]. 西北铀矿地质, 26(2): 24-29.
- 姜启明, 李岳. 2001. 甘肃马泉金矿二十号矿带地质特征[J]. 甘肃地质学报, (1): 42-49.
- 鲁挑建, 姜启明. 2008. 甘肃马泉金矿一、二十号矿带地质特征[J]. 黄金科学技术, 16(5): 12-16.
- 姜启明. 2001. 甘肃马泉金矿伴生元素特征及剥蚀程度研究[J]. 黄金地质, (2): 23-28.
- 姜启明, 李岳, 魏邦龙, 等. 2002. 甘肃马泉金矿载金矿物研究[J]. 黄金科学技术, (6): 8-13.
- 姜启明. 2004. 甘肃崖湾金矿床地质特征及前景分析[J]. 黄金地质, (3): 32-38.
- 殷先明. 2000. 甘肃岩金矿床地质[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社. 177-200.

Geological Characteristics and Prospecting Criteria Of Ma-quan Gold Deposit, Gansu

LU Tiao-jian, JIANG Qi-ming

(Gansu Vocation & Technology Institute of Industry, Tianshui, GS 741025, China)

Abstract: Ma Quan gold deposit located in Li-Xian-BaiYun-SanYang deep swelling west section, branch and acute angle clamp, the suspension period Indo-South River granite near the outer contact zone of EW to the brittle - ductile shear zones and superimposed on the belt brittle fault structure control. Through the spatial distribution of ore, ore, containing gold and other mineral characteristics of the exposition, geological characteristics of the deposit sum. Future exploration in the area in response to the external contact zone of granite for the exploration of key parts of the surface to brown iron ore as the main symbol of the deep with pyrite and arsenopyrite as prospecting criteria.

Key Words: gold deposit; mineralization characteristics; orebody characteristics; prospecting criteria; Gansu.