

# 甘肃北山柳园金矿化集中区金矿床 类型及典型金矿床简介

司雪峰 周继强 张玉成 乔泉 张华 林森

(甘肃有色地质勘查局四队, 张掖, 734012)

**摘要** 大多数学者建立在岩浆、热液、沉积等成因基础上的金矿分类对金矿所在地质环境、构造环境、地球化学环境等方面有明显的不足, R. W. Boyle 的分类能够更好地说明这些情况。本文根据其分类方式对柳园金矿化集中区金矿进行分类尝试, 并尽可能地提供了典型金矿床的岩石类型、构造环境、找矿标志等方面的详细资料。

**关键词** 金矿类型 岩石类型 构造环境 找矿标志 金矿化集中区 柳园

## 1 区域地质背景

矿区处于塔里木 - 中朝板块内北山陆缘活动带俞井子 - 柳园陆内复式裂谷之西段<sup>[1]</sup> (图 1)。柳园陆内复式裂谷形成时的基底构造、后期活化构造和引发的次级构造, 按产状和分布特征大致分为近东西向或东西向及东北向两个体系。区内出露地层表现为陆内裂谷沉积特征, 奥陶系 - 志留系、石炭系似对称状分布于裂谷带两侧, 以海相沉积为主。二叠系出露于裂谷带中部, 以海陆交互相沉积为主。各时代地层中均含有火山岩。周围分布有巨大的岩基, 北部为似斑状、斑状花岗岩, 中部为石英闪长岩, 西南部为灰白色细粒花岗岩。地层多被挤压成弧形, 奥陶 - 志留系多为残留的长条状。

## 2 金矿床分类和柳园金矿化集中区金矿床分类

### 2.1 R. W. Boyle 的分类<sup>[2]</sup>

R. W. Boyle 对金矿床的分类如下。

- 1) 含金斑岩的岩墙、岩株和岩床及粗粒花岗岩的各种岩体、细晶岩、伟晶岩矿床
- 2) 含金的砂卡岩型金矿床。
- 3) 产在火山岩层的断裂、裂隙、剪切带、角砾岩带中的金 - 银矿床和不规则硅化体中的金矿床。
- 4) 产在沉积岩区域里的断裂、裂隙、层面假整合处以及背斜上的剪切带、破碎带中的金 -

收稿日期: 1999-11-09

第一作者简介: 司雪峰, 男, 1965年生, 1989年毕业于昆明工学院地质系地质矿产勘查专业, 地质工程师。一直从事地质普查、地质勘探工作, 现为柳园区带项目负责人。

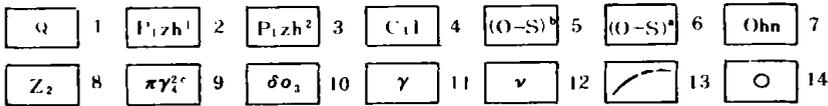
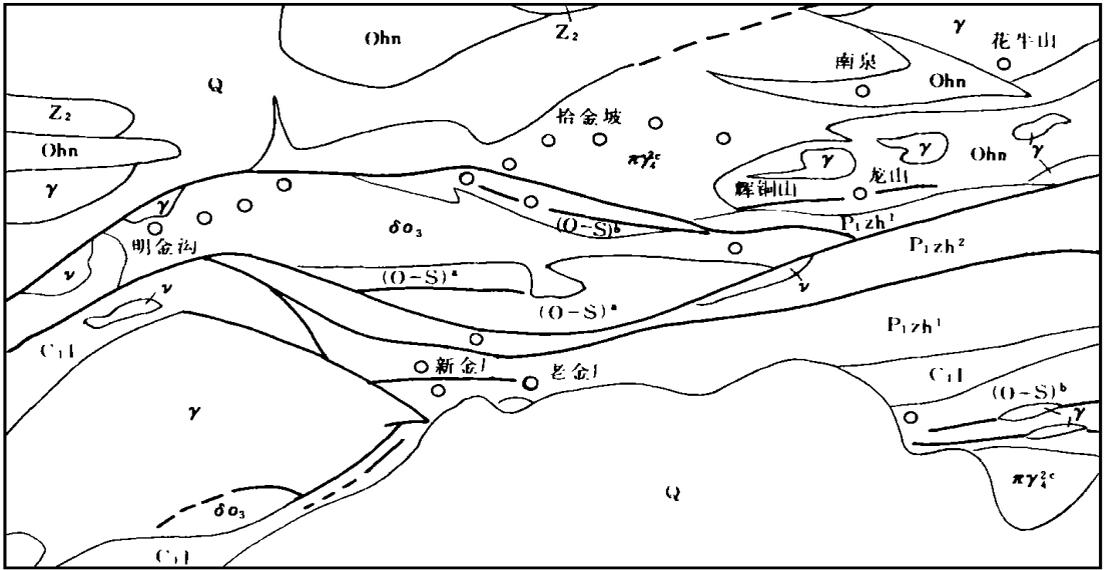


图 1 柳园金矿化集中区地质略图

1. 第四系；2. 下二叠统上岩组；3. 下二叠统下岩组；4. 下石炭统红柳园群；5. 奥陶-志留系中岩组；  
6. 奥陶-志留系下岩组；7. 奥陶系花牛山群；8. 中震旦统；9. 似斑状花岗岩；10. 石英闪长岩；  
11. 花岗岩；12. 辉长岩；13. 断层；14. 矿床 (点)

银矿床，化学上有利于成矿的沉积岩层中的金-银矿床

5) 由沉积岩、火山岩以及岩浆岩或花岗岩化岩石所形成的复杂地质环境中的金-银矿床。

6) 火成岩、侵入岩、火山岩和沉积岩中的浸染状和网脉状金-银矿床：① 火山岩区域里的浸染状和网脉状金-银矿床；② 火山岩流和伴生的火山碎屑岩中浸染状金-银矿床；③ 火山碎屑岩层和沉积岩中浸染状金-银矿床，凝灰质岩石和含铁建造中的金矿床以及化学上有利于成矿的沉积岩层中的金-银矿床。

7) 石英卵石砾岩和石英岩中的金矿床。

8) 砂矿。

表 1 柳园金矿化集中区金矿床 (点) 分带及分类

类型	一	三	四	五	六	
					1	3
北带	明金沟		南泉			
	金滩子		花西滩			
	枯井沟					
	明舒井					
	金沟井					
	拾金城					
	磨金洞					
	老金坡					
中带	南金滩					
	花牛山					
南带	钻井沟	三峰山东		龙山		
		三峰山西				
南带	新金厂		白墩子		老金厂	北金
			碧东			
			全鑫			

### 2.2 柳园金矿化集中区内金矿床分类

柳园金矿化集中区内分布着 20 多个金矿床 (点), 从北向南分为三个带 (图 1) 北带 12 个, 主要产于似斑状 斑状花岗岩体及石英闪长岩体的内部或边缘; 中带 4 个, 主要产于奥陶 - 志留系; 南带 6 个, 其中 5 个产于二叠系, 1 个产于奥陶 - 志留系。具体的分带和所属类型见表 1

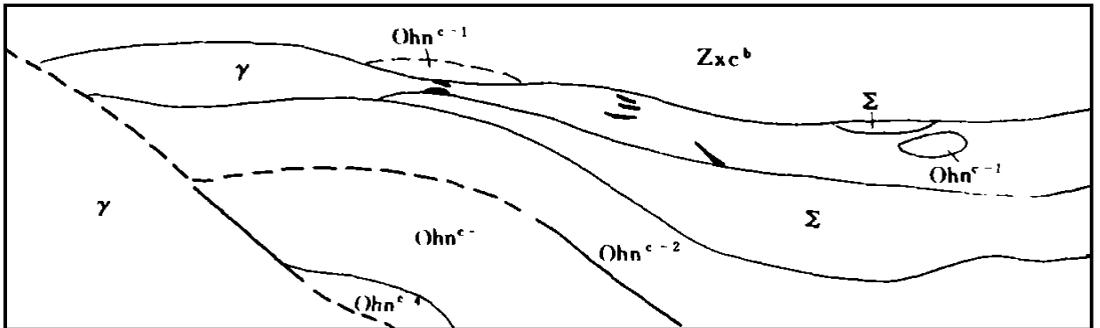
## 3 典型金矿床

### 3.1 含金斑岩岩墙、岩株和岩床及粗粒花岗岩各种岩体、细晶岩、伟晶岩中的矿床

典型金矿床为花牛山、拾金坡等矿床。前者产于花岗岩体中的裂隙破碎带内, 后者产于花岗岩体内的石英脉中。

#### 3.1.1 花牛山金矿床 花牛山金矿床特征如下。

1) 花牛山金矿床<sup>①</sup> 处于花牛山 - 察克尔乎都格大断裂附近 区内出露地层除震旦系洗肠井群第二岩组外, 主要为中奥陶统花牛山群上岩组, 依其岩性差异可划分为 4 个岩段 (图 2)。岩性为各类千枚岩、变含砾砂岩夹变砂岩和变粉砂岩、大理岩透镜体、变安山质角砾凝灰岩夹杏仁状安山岩、薄层灰岩。矿区北部及南部均为印支期花岗岩体的西延部分, 呈岩枝状产出, 侵入于震旦系洗肠井群及中奥陶统花牛山群中或它们的接触部位。分南北两支, 北支呈东西向展布, 宽约 20~ 90 m, 倾向北, 倾角 71°~ 80°。南支呈北西西 - 南东东向展布, 出露较宽, 一般为 80~ 430 m, 倾向南西, 倾角为 72°。两岩枝至矿区西部则合二为一。岩枝受花牛山 - 察克尔乎都格大断裂控制明显, 并穿切了华力西早期超基性岩体。岩体同位素年龄值为 200.2 Ma, 该期岩体与成矿关系甚密切。



Ohn<sup>c-4</sup> 1 Ohn<sup>c</sup> 2 Ohn<sup>c-2</sup> 3 Ohn<sup>c-1</sup> 4 Zxc<sup>b</sup> 5  $\gamma$  6  $\Sigma$  7 8 9

图 2 花牛山金矿床地质略图

- 1. 中奥陶统花牛山群上岩组第四段; 2. 中奥陶统花牛山群上岩组第三段; 3. 中奥陶统花牛山群上岩组第二段; 4. 中奥陶统花牛山群上岩组第一段; 5. 震旦系洗肠井群; 6. 印支期花岗岩; 7. 华力西期超基性岩; 8. 断裂; 9. 矿体

矿区北部出露为华力西早期超基性岩体, 呈近东西向长条状延伸, 长达 900 余米; 宽窄

<sup>①</sup> 《花牛山幅》、《长流水幅》、《柳园镇幅》、《臭水沟幅》(1: 5 万) 地质图说明书, 甘肃省地质矿产局, 1987

变化大,最宽达 90 m,窄者仅 2 m,岩体总的倾向北或北偏东,倾角一般在  $76^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 之间。岩石类型主要为辉橄岩,蛇纹石化强烈,特别与花岗岩枝接触处,常见有菱铁矿化和碳酸盐化,在强裂蚀变处往往有含金显示

矿区内为一倾向南或南偏东,倾角  $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 的单斜构造,由上述中奥陶统花牛山群组成单斜构造内的次级褶皱十分发育,挤压特征明显,岩石破碎,断裂发育,有北东向、北西向、北西西向、东西向及近南北向共五组,其中以东西向及北西向两组与成矿关系密切,它们不仅是含金热液运移的通道,而且还是成矿物质沉淀的场所。

2) 矿区内圈定的金矿体共有 20个。矿体主要产在花岗岩体的裂隙破碎带内,其次赋存于花岗岩体与超基性岩体的接触带处,但亦有少数产于超基性岩体内部。形态有脉状、透镜体和不规则状,长一般为 20~ 53 m,最长为 62 m,宽多在 0.93~ 1.16 m之间,最宽为 2.35 m。矿体产状倾向北东,倾角  $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ,少数向南西倾,倾角近陡立,有的矿体沿走向和倾斜方向有膨胀收缩和分叉复合现象,并沿倾向延深,品位有逐渐变贫的趋势。

3) 近矿围岩蚀变强烈,有多种蚀变现象。例如与花岗岩有关的围岩蚀变有高岭土化、绢云母化和黄铁矿化,与超基性岩有关的围岩蚀变有蛇纹石化、滑石化、碳酸盐化和菱镁矿化,与含金(银)石英脉有关的围岩蚀变主要有硅化和黄铁矿化,其次有高岭土化和绢云母化;与破碎带有关的围岩蚀变主要为黄铁矿。其找矿标志主要为:①区内大断裂附近的次级构造破碎带,特别是具硅化、绢云母化和黄铁矿化地段,往往有含金显示和矿体赋存。②岩体分枝和复合部位,是断裂构造最发育的地段,含矿溶液多在这样的部位运移、沉淀、并富集成矿。③花岗岩体内的黄铁矿化和褐铁矿化以及超基性岩体内的碳酸盐化,往往与矿化关系密切。④花岗岩体与超基性岩体的接触地段,往往是赋存矿体的部位。

4) 矿石金银含量与矿石类型有关,不同矿石类型含金银量亦不同。据金银在岩石中赋存情况以及矿石矿物组合特征可划分为:①含金(银)矽卡岩型:金属矿物有自然金、磁铁矿、黄铁矿、毒砂、褐铁矿。少量磁黄铁矿、白钨矿、泡沸矿、辉铜矿、自然锡、自然铜、铝铅矿、铅矾、磷氯铅矿和锐钛矿等。脉石矿物:主要为透辉石和少量的绿帘石、石英和绢云母等。②含金(银)花岗岩型:金属矿物主要有自然金、磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、褐铁矿、钛铁矿、自然银、碘银矿及少量白钨矿、锡石、方铅矿、自然锌、自然铜、金红石和毒砂,脉石矿物有钾长石、石英、斜长石、绢云母和绿泥石。③含金(银)超基性岩型:主要为蛇纹石、滑石、碳酸盐和自然金。④含金(银)石英脉型:主要为石英、绢云母、绿泥石,碳酸盐和自然金等。⑤含金(银)破碎带型:金属矿物主要有自然金、磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、褐铁矿、自然银。

从明金沟到花牛山的诸多金矿床(点)均产于华力西中期似斑状花岗岩体和(或)石英闪长岩体之中,或者是它们的接触带。在这些岩体发生剪切、断裂、破碎以及其它构造错动位置,往往是石英脉、硅化带、黄铁矿化带、浸染作用集中出现的地方,可能含极富的金或(和)银。

3.1.2 拾金坡金矿床 拾金坡金矿床为产于似斑状花岗岩体和石英闪长岩体内或它们的接触带。以上岩体的岩石化学特征<sup>[4]</sup>如表 2所示。似斑状花岗岩  $\text{SiO}_2$  平均含量 75.43%,  $\text{Na}_2\text{O}$  平均含量 3.67%,  $\text{K}_2\text{O}$  平均含量 3.90%,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  为 0.94~ 1.17, 平均 1.06;  $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  为 0.16~ 0.41, 表明岩石氧化程度低; Wright 指数 (AR) 为 3.4~ 4.3, 平均 3.7;

Rittmann 指数  $Al_2O_3 / (K_2O + Na_2O + CaO)$  为 1.2~ 1.5, 均大于 1.1, 属钙碱性岩系, 少量钙性岩系, 判别为 S 型

石英闪长岩  $SiO_2$  平均含量 60.40%,  $Na_2O$  平均含量 3.64%,  $K_2O$  平均含量 2.12%,  $K_2O / Na_2O$  为 0.38~ 1, 平均 0.6;  $FeO / (FeO + Fe_2O_3)$  为 0.31~ 0.87, 表明岩石氧化程度中等; Wright 指数 (AR) 为 1.7~ 2.3, 平均 1.92; Rittmann 指数  $Al_2O_3 / (K_2O + Na_2O + CaO)$  为 1.05~ 2.6, 均大于 1.1, 属钙碱性岩系, 少量钙性岩系, 判别为 S 型; 似斑状花岗岩和石英闪长岩为正常系列, 个别为铝过饱和系列。为断裂带产出的分异产物或变质基底上层深熔产物。

表 2 似斑状花岗岩和石英闪长岩岩石化学分析 (wt%) 结果

序号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	CO <sub>2</sub>
1	74.60	0.24	10.67	1.12	0.77	0.019	2.61	1.54	3.66	3.44	0.026	0.020	0.99
2	75.52	0.22	12.07	0.78	0.39	0.013	0.32	1.92	3.84	3.92	0.016	0.016	0.89
3	76.60	0.29	11.57	1.38	0.26	0.020	0.72	0.99	3.62	4.24	0.020	0.034	0.61
4	74.64	0.31	11.87	1.29	0.64	0.025	0.78	1.80	3.82	4.42	0.006	0.021	0.94
5	75.78	0.34	11.67	1.33	0.78	0.048	0.78	1.11	3.40	3.49	0.029	0.006	0.14
6	62.29	0.71	14.18	2.86	2.64	0.108	5.00	4.07	3.42	2.64	0.120	0.062	1.71
7	59.88	0.83	13.83	0.66	4.57	0.103	5.74	3.31	4.66	2.18	0.161	0.053	3.14
8	55.76	1.04	15.03	3.97	3.38	0.161	5.91	6.19	3.73	1.83	0.608	0.048	1.90
9	58.77	0.83	15.38	4.40	2.00	0.150	4.24	6.29	3.88	1.48	0.149	0.082	2.01
10	66.73	0.79	14.98	0.89	4.11	0.107	2.81	1.92	2.50	2.50	0.137	0.018	0.86

注: 表中 1~ 5 为似斑状花岗岩, 6~ 10 为石英闪长岩。

区内构造简单, 为岩体中断裂及节理裂隙, 东西展布, 石英脉不连续充填其中形成矿体, 共有 18 条, 呈脉状, 一般长 30~ 50 m, 最长 90 m, 厚多为 0.3~ 0.6 m 之间, 最厚 1.35 m, 局部石英脉上下盘的蚀变岩亦有不同的矿化。其它金矿床 (点) 与此类似。

3.2 产在火山岩层的断裂、裂隙、剪切带、角砾岩带中的金、银矿床和不规则硅化体中的金矿床

典型金矿床为新金厂和三峰山矿床。前者是产于断裂、裂隙中的金矿床, 后者是产于不规则硅化体中的金矿床。以新金厂金矿床为例, 说明如下。

1) 新金厂矿区<sup>[5]</sup>出露地层为下二叠统哲斯群下岩组火山岩组, 由英安岩、辉绿岩、辉绿玢岩脉组成。根据岩石化学分析:  $SiO_2$  含量两类岩石中普遍偏高,  $Na_2O$ 、 $K_2O$ 、 $CaO$  普遍偏低, 部分氧化物含量接近安山岩或流纹岩成分。主要落入高铝玄武岩区内, 部分为碱性玄武岩。根据里特曼组合指数和赖特碱度变异图解, 岩石碱性程度大部分为钙碱质, 少量为弱碱质。

据固结指数 (久野) 对主要氧化物变异图, 综合表 2 镁质指数, 长英指数计算结果表明: 从火山岩中分布的中粒辉绿岩 - 边部的细粒辉绿岩 - 英安岩, 其镁质指数平均从 40.42% ~ 34.24% ~ 33.26% 逐渐减少; 长英指数平均从 49.36% ~ 51.57% ~ 83.22% 逐渐增大。随着固

结指数 (SI) 的降低;  $\text{SiO}_2$   $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  含量逐渐增大  $\text{Ca}$   $\text{Fe}$   $\text{Mg}$  含量近于等比例下降,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  平均含量在中粒辉绿岩和英安岩中变化不大, 前者平均 12.9%, 后者平均 11.9%, 而在细粒辉绿岩中增高, 为 13.40%。从中粒辉绿岩到以细粒为主的辉绿岩, 其  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  平均含量由 3.9% 增加为 5.06%;  $\text{FeO}$  平均含量由 6.3% 减少为 5.10%; 而  $\text{MgO}$  平均含量由 7.93% 减少为 5.64%。  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  则由前者的 0.62 增加到后者的 0.99 联系岩石成分和硅份曲线大致平行于区间界线, 推测矿区火山岩为同一岩浆源形成的火山岩系, 反映了火山岩的相互关系和先后顺序。

表 3 岩石化学特征数值表

序 号	里特曼指数	戈蒂里指数	赖特碱度指数	镁质指数	长英指数	固结指数
1	1.63	7.08	1.46	29.34	30.91	23.44
2	1.41	5.71	1.94	33.65	74.00	24.65
3	2.43	4.49	1.98	37.21	67.70	28.76
4	4.61	2.09	1.53	47.39	35.06	40.24
5	1.88	3.31	1.55	38.60	50.07	32.19
6	0.47	24.45	1.66	28.77	53.31	19.25
7	1.53	17.01	2.01	25.15	81.13	14.90
8	1.10	35.57	2.33	40.08	79.05	21.97
9	1.23	18.41	3.48	33.93	96.15	14.16

2) 矿区内断裂构造十分发育, 可分为导矿构造、容矿构造、破矿构造。导矿构造并不一定是矿化富集的最有利场所, 有时只表现为热液蚀变和矿化现象。容矿构造是决定矿体形态、产状、大小的主要因素, 在某些情况下还决定了矿体内部的结构构造<sup>[5]</sup>。在矿区内, 导矿构造为  $F_1$  断裂系统, 总体呈东西向展布,  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$  断裂呈北西西向相交于  $F_1$  断裂, 在平面上构成“入”字型构造骨架 (图 3)。

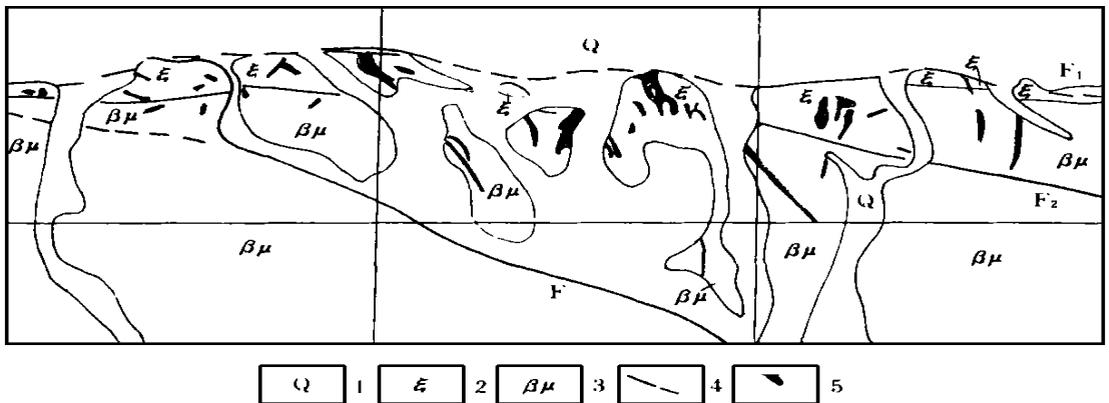


图 3 新金厂金矿床地质略图

1. 第四系; 2. 英安岩; 3. 辉绿岩; 4. 断裂; 5. 矿体

新金厂大断裂 ( $F_1$ ) 位于碎屑岩段与火山岩段的接触带, 断裂带宽约 15 m, 界线不明显, 总体以密集的劈理、片理化及岩石褪色现象为特征。沿断裂带可见石英脉贯入, 脉宽 1 m 左右, 沿走向、倾向变化较大。 $F_3$ 、 $F_4$  断裂产于火山岩之中, 产状较稳定, 均倾向南。断裂带内可见断层泥、角砾岩、黄钾铁矾、石英脉断续分布, 脉宽 1 m 左右, 亦见后期乳白色方解石脉。 $F_1$ 、 $F_2$  断裂本身有矿体存在,  $F_3$  断裂有矿化体存在。

容矿裂隙主要为北西向, 北北东向, 以及近东西向, 北西西向, 它们严格控制了矿体的产状、大小和形态。这些裂隙是由两组断裂组成, 产状分别为:  $225^\circ \sim 220^\circ$ ,  $\angle 45^\circ$ ;  $250^\circ \sim 270^\circ$ ,  $\angle 30^\circ$ , 使矿体沿走向和倾向形成近 40 m 的扁豆体。扁豆体间由不足 1 m 厚的石英脉连接, 矿化较弱。

3) 在 30 条矿脉或矿脉群中, 圈定出金矿体 49 条, 多赋存于辉绿岩中, 亦可出现在英安岩、板岩中, 大多数矿体斜切并穿过上述岩层。矿体与围岩界线清楚, 为突变关系。长度一般 40~480 m, 矿体厚度一般为 0.8~10.40 m, 矿体沿倾向延深 40~400 m, 多为脉状, 尚有板状、似板状、透镜状。多数矿体向西 (北西或南西) 倾斜, 大部分倾角在  $45^\circ$  以下。品位变化属较均匀型, 变化系数多在 30%~80% 之间, 矿体厚度变化中等, 变化系数多数在 30%~80% 之间, 品位和厚度变化呈正相关关系。

矿脉内部构造丰富多彩, 典型构造可划分以下几个类型: 大脉: 由石英脉组成的大脉一般脉宽 0.5~1 m, 脉体两盘蚀变岩宽一般为 0.2 m 左右, 矿化差, 该类型往往出现在矿体近尖灭处或矿体变薄地段。细脉带: 往往由数条平行细脉和蚀变岩一起组成矿体, 石英细脉单个脉宽 1~10 cm, 脉壁平直稳定, 代表了矿体总体产状, 厚度大, 矿化强。网脉带: 由不规则微细石英脉穿插, 交叉而形成密集网脉群, 石英细脉宽几毫米~几厘米, 走向延伸不稳定, 矿化最强。角砾带: 由硅质胶结的不规则棱角状, 由棱角状围岩角砾组成。角砾砾径大小不一, 从几毫米到几厘米, 角砾全部蚀变, 矿化强。“中石”构造: 是指脉体中被石英脉包围和圈闭的透镜状围岩夹石。中石大小不一, 蚀变程度有所区别, 矿化弱的蚀变构成夹石, 矿化强的蚀变构成矿体。局部地段岩石中存在小褶曲, 石香肠构造和蠕虫状石英等韧性变形的产物, 深部亦发现有糜棱岩化岩石, 表明了地表以脆性变形为主, 向深部逐渐为脆-韧性变形。

4) 围岩蚀变普遍发育有黄铁矿化、褐铁矿化、硅化。由于岩性的差异, 蚀变类型和矿物组合亦有所不同: 辉绿岩中为铁碳酸盐化、绿泥石化; 英安岩中则为绢云母化、钾长石化、高岭石化。与金矿化关系密切的蚀变主要为黄铁矿化、硅化、褐铁矿化, 而黄铁矿以五角十二面体、八面体、针状、长条状等多面体出现时矿化最强, 立方体黄铁矿与金矿化关系不密切。蚀变具有分带性, 从矿体中心向外依次可分为四个带: 强硅化带、平行细脉或网脉带、铁碳酸盐化带、青盘岩带 (钠长石+绿泥石+绿帘石+方解石, 局部有伊利石)。

矿石中主要氧化物含量与同类岩石相比较, 其中  $SiO_2$ 、 $CaO$  平均含量略有增加,  $Fe_2O_3$ 、 $S$  平均含量明显增加,  $Na_2O$ 、 $P_2O_5$ 、 $Al_2O_3$  平均含量明显降低。这与矿石中的褐铁矿化、黄铁矿化、硅化蚀变强烈是相吻合的, 也反映了次生氧化作用较强的特点。矿石矿物主要为黄铁矿、褐铁矿, 占 90% 以上; 少见孔雀石、方铅矿、毒砂、钛铁矿、磁铁矿; 偶见闪锌矿、黄铜矿、铜蓝、自然铜。脉石矿物主要为石英、长石、绿泥石, 占 83%, 次有辉石、橄榄石、绢云母、方解石、绿帘石, 偶见锆石、磷灰石、楣石等。结构主要为自形、自半形、他形粒状结构、交代残余结构、穿插结构、充填结构、压碎结构。构造主要有: 脉状、角砾状、浸染

状构造。

矿石类型氧化矿石,占80%,少量石英脉型矿、原生矿石。新金厂的自然金赋存于褐铁矿和黄铁矿物的微裂隙中,或微糖粒状石英(他形微粒 $\leq 0.002$  mm左右)颗粒之间,形成粒间金。少量镶嵌在石英和黄铁矿晶粒中。裂隙金约60%,粒间金30%,包裹金10%。

5) 找矿标志主要有: ① 区内金矿受东西向断裂控制,该组断裂及次一级断裂是重要的找矿标志。② 明显受火山岩控制,具矿石质量比其它岩性好。③ 蚀变带发育,且黄铁矿化、硅化、褐铁矿化的组合常是金的富集地段。④ 具有碎裂构造的糖粒状石英脉,平行石英细脉及石英网脉是找金的直接标志。⑤ 以 Au As Mo Ag为主的综合性异常,元素组合齐全,浓集中心和分带明显的异常是较好的找矿间接标志。

3.3 产在沉积岩区域里的断裂、裂隙、层面假整合处以及背斜上的剪切带、破碎带中的金、银矿床有利于成矿的沉积岩层中的金、银矿床

以南泉银、金矿床为例,说明如下。

1) 该矿床位于柳圆陆内裂谷带之中的花牛山多金属成矿带,区内仅出露中、上寒武统和奥陶系花牛山群(图4)中、上寒武统西双鹰山组呈东西向展布于测区中部,主要为千枚状板岩、结晶灰岩。倾向北,倾角 $50^{\circ}\sim 82^{\circ}$ 。千枚状板岩有含碳泥质板岩,含钙泥质板岩、泥砂质板岩和凝灰质砂岩。有些地段含碳成分增高,有些地段钙质成分增高。层间破碎带中充填有石英细脉、褐铁矿化细脉和方解石细脉。结晶灰岩中夹有1条厚约1.5 m的角砾化硅化灰岩,呈灰白色、白色,隐晶质结构,可见孔雀石,是金银矿体的主要产出层位。另分布有奥陶系花牛山群黑云堇青石片岩。

2) 构造主要是南泉背斜,近东西向或北西西向和北东向的区域大断裂及引发的次级构造和层间蚀变破碎带,层间蚀变破碎带是有利的找金、铜、银的部位。南泉背斜核部地层由中上寒武统含碳泥板岩、结晶灰岩和硅化灰岩构成。两翼由奥陶系花牛山群堇青石片岩构成。背斜轴面倾向北,向西倾伏。核部地层普遍发生揉皱,形成尖棱状小褶皱。

南泉银、金矿床矿区断裂构造发育,根据产状可分为近东西向或北西西向和北东向两组近东西向或北西西向断裂:  $F_1$  是发育在核部地层结晶灰岩、硅化灰岩北侧的舒缓波状逆断层,沿断层线发育构造角砾岩,与北西向裂隙交汇处构造角砾岩更发育。破碎带宽2~5 m,沿线有石英脉和方解石脉产出。可见薄膜状褐铁矿化和构造角砾岩,局部可见孔雀石化。北东向断裂:  $F_2$  为平移断裂,贯穿全区。断裂面平直,岩石破碎,有强烈的糜棱岩化。北西盘向南西移动,南东盘向北东移动,最大断距约1 km。

主要的岩浆活动是华力西中期,侵入面积较大,分三次。第一次以基性岩为主。第二次

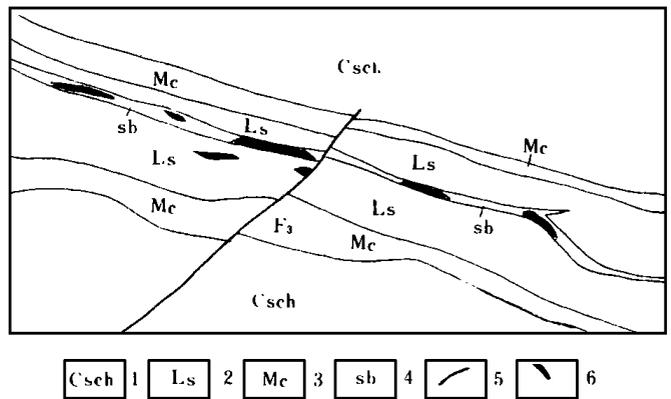


图4 南泉银、金矿床地质略图

1. 堇青石片岩; 2. 结晶灰岩; 3. 含碳泥板岩;  
4. 硅化破碎带; 5. 断裂; 6. 矿体

以中酸性岩浆侵入为主。第三次以酸性岩侵入为主，形成岩体规模大，呈岩基产出。

3) 含矿地层为中上寒武统结晶灰岩，由泥灰岩、含碳泥灰岩和角砾化硅化灰岩构成。其中含碳泥灰岩、角砾化硅化灰岩的构成与银、金矿化密切。矿化带总长 2 100 m，由 40 个探槽控制长度。如用银大于  $25 \times 10^{-6}$  圈定矿化体，则几乎可连成一条矿化体。大多数矿体产于矿化体内，呈脉状、透镜状，倾向北，倾角  $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。测区内共发现银矿体 8 条，银金矿体 2 条。长度为 32~ 230 m，厚度为 0.6~ 3.7 m。

矿石组成以自然银为主，其次是菱锰矿、褐铁矿，另有少量黄铁矿、孔雀石。脉石矿物为方解石以及少量石英和绢云母。银矿物以自然银为主，显微他形粒状。围岩蚀变以硅化、褐铁矿化、铁碳酸盐化蚀变为主，局部有黄铁矿化和孔雀石化。具有分带性，内带为硅化、褐铁矿化、黄铁矿化和孔雀石化。外带为薄膜状褐铁矿化、铁碳酸盐化蚀变。硅化、褐铁矿化、黄铁矿化、孔雀石化与银、金矿化关系密切。已知的银、金矿体大部分位于这些蚀变体内，尤其见到星点状黄铁矿化、孔雀石化时，银品位较高，可达  $800 \times 10^{-6}$ 。银的赋存状态，银矿物以自然银为主，显微他形粒状，粒径 0.003~ 0.007 mm。主要赋存于方解石、白云石、石英等非金属矿物粒晶间，少数赋存于岩石裂隙中。金的赋存状态，金矿物以自然金为主，显微他形粒状，粒径 0.002~ 0.007 mm。主要赋存于岩石裂隙中。总之，自然银、自然金分布在岩石受力强的部位，即裂隙发育的部位及各组裂隙交汇的部位。银与硅化、褐铁矿化、铁碳酸盐化、黄铁矿化、孔雀石化蚀变关系密切。银与黄铁矿、褐铁矿、孔雀石、少量毒砂、闪锌矿的关系密切。银与菱锰矿为负相关，Mn 一般为 0.05%~ 0.08%，最高为 0.1%，而 Ag 低于  $10 \times 10^{-6}$ 。金与硅化、黄铁矿、褐铁矿的关系密切。有金时必定有银，有银时却未必有金。

### 3.4 由沉积岩、火山岩以及岩浆岩或花岗岩化岩石所形成的复杂地质环境中的金、银矿床

以龙山金矿床为例，说明如下。

1) 该矿床位于辉铜山 - 柳园大断裂内及北侧。矿区出露地层为奥陶系花牛山群上岩组片岩类，岩性为黑云母石英片岩、二云母石英片岩、含炭二云母石英片以及绢云母石英片岩、角闪石片岩、石英斜长片麻岩等，地层走向近东西向，倾向北；下二叠统哲斯群变砂岩、含炭硅质板岩。与奥陶系花牛山群呈断层接触（图 5）。

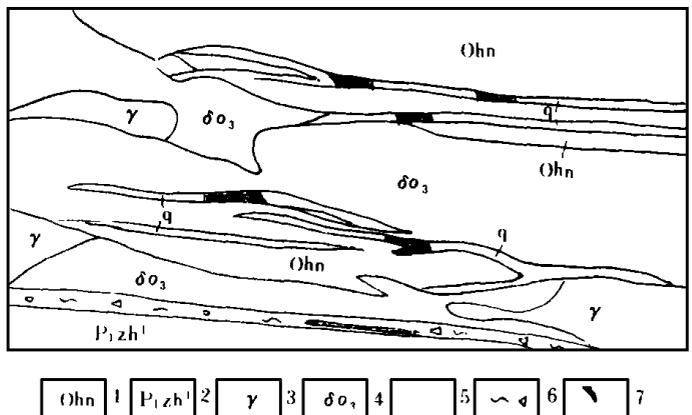


图 5 龙山金矿床地质略图

- 1. 云母石英片岩、斜长片麻岩；2. 变砂岩；3. 花岗岩；
- 4. 石英闪长岩；5. 含金石英脉；6. 断裂破碎带；7. 矿体

矿区主要岩浆岩为加里东期石英闪长岩、印支期花岗岩、斜长花岗岩、闪长岩脉、辉绿岩脉、辉长岩脉、石英钠长斑岩、石英脉等。加里东期石英闪长岩呈岩基产出，局部受构造影响岩石较为破碎。分布有绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、褐铁矿化等蚀变。所取 30 个样品，含金为  $0.1 \times 10^{-6} \sim 1.8 \times 10^{-6}$ ，说明岩体含金。印支期花岗岩呈岩基产出，岩体近断裂处发生较强的

绢云母化、褐铁矿化、绿泥石化、碳酸盐化蚀变。所取样 15 件,含金为  $0.1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$ ,说明岩体与成矿关系密切。

2) 矿区内构造发育,南部为辉铜山—柳园大断裂,中部、北部为次级压扭性断裂裂隙构造,呈平行带状展布。大断裂呈东西向展布,横贯整个矿区,断裂为压扭性,断层面倾向北,倾角  $70^\circ$  左右。断裂带内为碎裂蚀变花岗岩、石英闪长岩充填, I 号矿脉带产于其中。与主断裂伴生的次级压扭性断裂呈近东西向展布,它们在空间分布上具有成群成带的特征,其断裂裂隙多为岩脉、含矿岩石、矿体充填。II 号、III 号矿脉带受其直接控制,在断裂裂隙构造中,常见有含矿岩石——石英细网脉带、蚀变岩分布,形成了一些规模较小的矿体。

3) 该矿床为破碎带蚀变岩型金矿床,矿体产于奥陶系花牛山群上岩组片岩类、中酸性岩中,以及与下二叠统哲斯群变砂岩、含炭硅质板岩的接触部位。可分南北两个含矿带、三个矿脉带,南矿带为大断裂本身,北带分布在次级压扭性断裂裂隙中。南带: I 号矿脉带,呈东西向展布,长 1 km,宽 10~40 m。围岩主要为绢英岩碎裂蚀变花岗岩、石英闪长岩,围岩蚀变为绢英岩化、硅化、黄铁矿化。已发现有 3 条矿体。北带: II 号、III 号矿脉带,呈近东西向展布,长 900 m,宽 300 m,形态复杂,具分枝复合、尖灭现象。该带主要岩性为二云母石英片岩、含炭云母石英片岩、黑云母石英片岩。围岩蚀变为硅化、绢云母化、褐铁矿化。共发现 12 条矿体。南北两带矿体多产于构造破碎带、断裂裂隙中,分布于 3 个矿脉中,矿体严格受构造控制。矿体一般长 50~100 m,厚 0.80~1.5 m; 其中最大者长 300 m,厚 6.00 m; 最小者长 25 m,厚 0.80 m。矿体形态多为脉状或分枝脉状,其中南带主矿体为似层状。矿体产状较陡,一般在  $70^\circ \sim 80^\circ$  之间,其中最陡可达  $85^\circ$ ,最缓为  $45^\circ$ 。

矿体品位与厚度变化规律为南带矿体品位变化小,变化系数为 27.37%,品位较低,一般在  $1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$  之间,沿走向倾向分布均匀。北带矿体品位变化大,在  $1 \times 10^{-6} \sim 16.9 \times 10^{-6}$  之间,沿走向倾向显示出时贫时富的特征,常可见矿体尖灭再现的现象。南北两带矿体品位变化与深度成正比,向深部有增富的趋势。地表品位一般在  $1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$ ,最高  $8.18 \times 10^{-6}$ ,老窿和坑道品位一般在  $1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$  左右,最高  $16.9 \times 10^{-6}$ 。南北两带各矿体厚度相差较大,最大厚度为 6 m,最小厚度为 0.30 m。就单个矿体而言,厚度变化不大,变化系数在 40%~88%。矿石矿物主要为黄铁矿、磁铁矿、方铅矿、黄铜矿、自然金、褐铁矿和孔雀石。脉石矿物主要为石英、绢云母、斜长石、绿泥石、黑云母、钾长石和方解石等。结构为半自形粒状—残余骸晶结构,早期黄铁矿被交代呈骸晶状,晚期黄铁矿多呈半自形粒状,周边结构,磁铁矿周围被褐铁矿交代。构造为细脉—网脉状构造,稀疏浸染状构造。矿石类型可分为含金石英黄铁矿型矿石、含金绢英岩化石英网脉—矿化围岩型矿石、含金黄铁矿绢英岩化碎裂岩型矿石。第二类含金性好。金主要呈不规则粒状,粒度小,在 0.18~0.37 mm 之间,赋存在石英颗粒间、黄铁矿晶隙间、或裂隙间。

4) 在北带的云母石英片岩类围岩中,主要有绢云母化、硅化、褐铁矿化,黄铁矿化、方铅矿化和孔雀石化。其中以硅化、绢云母化、褐铁矿化与金矿化关系密切。在南带的碎裂蚀变花岗岩、石英闪长岩中,以黄铁矿化、绢英岩化、硅化为主,其中黄铁矿绢英岩化与金矿关系密切,若绢英岩化较强,而黄铁矿化较弱时,品位一般在  $0.2 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-6}$ ,若两者均强,则品位在  $1.2 \times 10^{-6} \sim 3.2 \times 10^{-6}$ 。

龙山金矿控矿因素主要为构造和岩浆岩。

主要找矿标志为① 矿区内老窿遍布，此为一直观的找矿标志。② 断裂带及旁侧的碎裂蚀变花岗岩。石英闪长岩含金性较好。③ 石英脉、细网脉是含金地质体，其上下盘蚀变岩中亦含金

### 3.5 火成岩、侵入岩、火山岩和沉积岩中的浸染状和网脉状金 银矿床

#### 3.5.1 火山岩区的浸染状和网脉状金 银矿床

典型金矿床为老金厂金矿床<sup>[4]</sup>，其矿床特点如下所述

1) 矿区地层与新金厂金矿床一致，岩石类型很相似，但岩石化学特征略有不同。基性火成岩主要为碱性玄武岩，少数为白榴碱玄武岩。中性及酸性火山岩与新金厂相差无几，主要落入安山岩、英安岩和流纹岩区域内。基性火山岩岩石化学系列属碱质，部分为过碱质；英安质流纹岩以高硅富碱为特征，属碱质系列；英安岩大部分为钾化英安岩，属钙碱质系列，既有 S 型，也有 I 型

矿区构造主要由老金厂背斜和新金厂大断裂及北东向、南北向成矿后断裂构成(图 6)。老金厂背斜属新金厂 - 音凹峡复向斜的南翼，核部地层为辉绿岩，两翼地层为英安岩类及泥砂质、炭质板岩及变细砂岩夹层。该背斜呈东西向展布，东部收敛并倾伏于老金厂东矿段，向西逐渐撒开并抬升。老金厂背斜两翼基本对称，向西至西矿段及其西部，北翼地层逐渐向南陡倾发生倒转，南翼未出露，该背斜为一向东倾伏的倾伏倒转背斜。

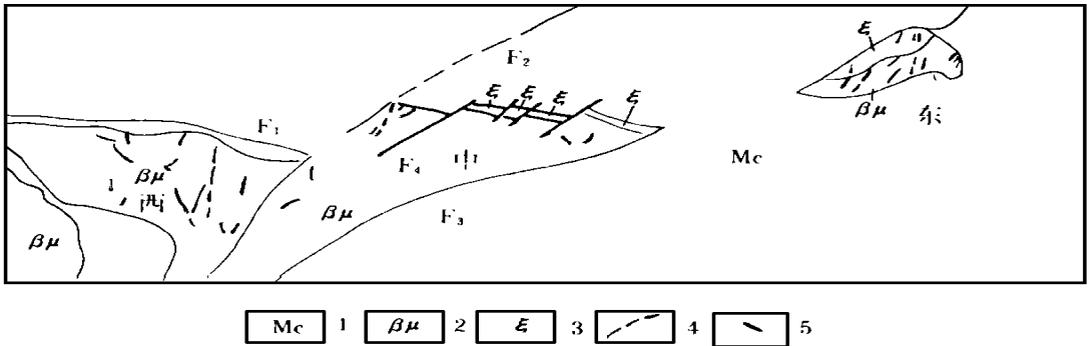


图 6 老金厂金矿床地质略图

1. 泥板岩夹砂板岩； 2. 辉绿岩； 3. 英安岩、英安质流纹岩； 4. 断裂； 5. 矿体

导矿构造为新金厂大断裂 (F<sub>1</sub>) 系统，总体呈东西向展布，F<sub>2</sub> - F<sub>3</sub> 断裂呈北东向相交于 F<sub>1</sub> 断裂，F<sub>1</sub> 断裂为一多期活动的大断裂。从新金厂到老金厂西矿段表现为南倾逆断裂，从老金厂中矿段向东表现为北倾正断裂。由于其表现的性质不同，则形成了不同性质的次级容矿构造。破矿构造为北东向平移断裂 (F<sub>3</sub> - F<sub>4</sub>)，是划分老金厂金矿床东中西三个矿段的界线；该组断裂对矿体有一定破坏作用，将矿体错落成阶梯状

2) 老金厂矿床分为东、中、西三个矿段，既是地域上的分段，也是成矿阶段的划分。东矿段主要是石英脉型矿体，以北东向、北西向两组为主。矿体呈脉状、透镜状，沿走向和倾向膨缩现象明显，变化范围在 20~ 30 m，有的则小于 10 m，矿化不均匀。以规整的单脉产出，与围岩界线清楚。围岩蚀变是铁碳酸盐化、绿泥石化和绿帘石化。中矿段矿体主要分布在新金厂大断裂内及其与次级构造交汇的部位，近东西向，共发现 17 条矿体，长度为 50~ 450 m，

厚度为 0.85~ 8.77 m, Au品位  $1.4 \times 10^{-6} \sim 6.84 \times 10^{-6}$ 。呈脉状、透镜状,沿走向常被平移断层错断,断距不大,一般 1~ 3 m。矿体由含金石英脉及其上下盘的细粒黄铁矿浸染状辉绿岩两部分组成,矿体膨缩现象明显,变化范围在 30~ 40 m 矿体厚度。品位从地表向深部有变窄、减弱的趋势,变化界线为海拔 1 630 m。中矿段的矿石类型主要是氧化矿、石英脉型矿、原生矿和混合型矿。

金矿体由下列几类矿石组成。① 氧化矿:呈褐红色-黄褐色,褐铁矿化强烈。褐铁矿是矿石中主要金属矿物,占矿石中金属矿物含量的 75%。② 石英脉型矿:呈灰白色-亮白色,可分为石英单脉型、石英复脉型和石英网脉型。石英复脉型由不规则的石英细脉与蚀变围岩组成,分枝复合现象频繁,形态复杂。矿体由石英细脉与蚀变围岩组成,石英细脉型矿石所占比例大。石英网脉型:由许多石英细脉穿插入蚀变围岩,蚀变围岩型矿石所占比例大。③ 原生矿:灰绿色-青灰色,矿石中黄铁矿化蚀变强烈。黄铁矿呈立方体、五角十二面体,少量呈针状、放射状和细脉状。可见方铅矿、闪锌矿和毒砂。④ 混合型矿:氧化矿和原生矿分界处呈过渡型。呈灰绿色-浅灰黄色,黄铁矿呈立方体、五角十二面体。可见方铅矿、闪锌矿、毒砂。黄铁矿是矿石中主要金属矿物,占矿石中金属矿物含量的 75%。

矿床受到氧化作用后,常见的 3个带是:① 氧化带,其特征是存在氧化物和碳酸盐;② 向下在现代或以前的地下水或附近出现厚度较小的次生硫化物带;③ 再往下则是原生的含金石英矿石和硫化物矿石。在中矿段没有次生硫化物带,氧化带逐渐过渡为原生带。根据各类型矿石的分布,中矿段可划分为三个成矿空间:第一成矿空间,海拔 1 630 m 以上,以氧化矿为主;第二成矿空间,海拔 1 630~ 1 572 m,以石英脉型矿、混合型矿为主;第三成矿空间,海拔 1 572 m 以下,以原生矿为主。各类型矿石金属量统计结果:在 1 630 m 分界线以上,石英脉型矿占氧化矿比例的 12.04%;分界线以下石英脉型矿占原生矿的 37.33%。

### 3) 老金厂金矿床的围岩蚀变和找矿标志也有其独特之处

老金厂的金与褐铁矿和黄铁矿关系密切,主要是包裹金,这部分金的相对含量达 14.63%。另外,嵌布在褐铁矿和黄铁矿粒间、裂隙金也占有一定数量。

西矿段矿体特征与新金厂金矿床相似。

围岩蚀变以褐铁矿化、硅化、铁碳酸盐化、黄铁矿化、绿泥石化和绿帘石化为主,具有分带性。近矿和矿体以褐铁矿化、硅化、黄铁矿化为主,构成中带。以铁碳酸盐化、绿泥石化、绿帘石化为主的蚀变构成外带,以硅化为主的蚀变构成内带。对于矿体而言,中带为蚀变岩型或少量原生矿体,内带为石英脉型矿体。矿石中金属矿物主要为褐铁矿、黄铁矿、自然金。脉石矿物有石英、长石类、辉石和绿泥石等。金矿化与褐铁矿、黄铁矿的关系密切。

主要找矿标志如下,在英安岩类岩石中北西向、北东向断裂破碎带,可见针状、立方体褐铁矿化(氧化黄铁矿)、铅黄为有利的找矿部位;辉绿岩中石英脉上下盘发生强烈绿泥石化、硅化、褐铁矿化和黄铁矿化的部位,可寻找石英脉型、蚀变岩型矿体,局部可形成原生矿;石英脉、石英细脉、石英微细网脉是找矿的直接标志。

### 3.5.2 火山碎屑岩层和沉积岩中浸染状金-银矿床,凝灰质岩石和含铁建造中的金矿床及沉积岩层中的金-银矿床

典型金矿床为北金矿床,位于新金厂金矿床北部 1 km 处

1) 矿区出露地层为下二叠统哲斯群下岩组碎屑岩段,分布于新金厂大断裂北侧、碧玉山

断裂南侧(图 7) 碎屑岩段由正常碎屑岩和火山碎屑岩组成。正常碎屑岩以各类板岩为主, 火山碎屑岩以凝灰质砂岩、含火山结核的凝灰质泥板岩为主。该地层的产状倾向南, 走向近东西。蚀变以硅化、铁碳酸盐蚀变为主。该层中硅化石英脉及硅化蚀变带有两期(或两种类型)。第一期硅化蚀变带与硅化脉走向南西西, 与地层夹角在  $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$  之间, 该期为主要含矿蚀变, 伴随有针状黄铁矿蚀变。第二期硅化蚀变带与硅化石英细脉走向北西西, 与地层的夹角一般大于  $20^{\circ}$ , 伴随有铁碳酸盐化蚀变, 该期多数地段仅为矿化。

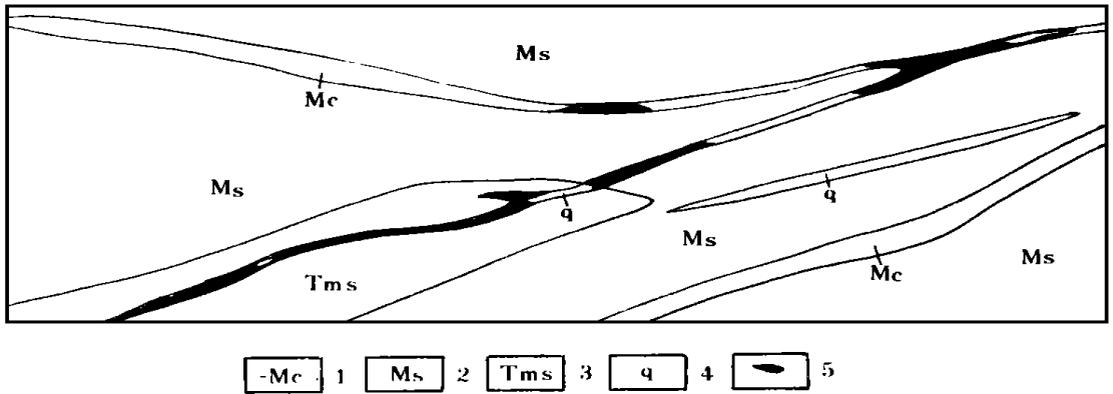


图 7 北山金矿床地质略图

1. 泥板岩; 2. 砂板岩; 3. 凝灰质砂板岩; 4. 破碎带及含金石英脉; 5. 矿体

矿区断裂构造很发育, 除新金厂大断裂和碧玉山断裂外, 尚有许多高角度的顺层断裂。碧玉山断裂; 呈近东西向延伸, 长约十余公里, 次一级断裂亦呈近东西向, 均向南陡倾斜, 局部近于直立。碎屑岩带中地层普遍发生柔皱(或隔挡式)小褶皱, 形成层间破碎带和构造虚脱带, 花岗斑岩脉成群成带充填其间, 形成有利的成矿环境。

2) 金矿体均产于该层中的顺层断裂破碎带中。在一些地段矿体沿走向受两组断裂的控制和限定。矿体宽度亦限制在两组断裂之间。在两组断裂间石英细脉十分发育, 脉宽约  $2 \sim 5 \text{ cm}$ , 但并不穿过两组断裂的边界。两组边界断裂倾角较陡, 而石英细脉较缓, 蚀变强烈。矿体具有剪切带控矿特征。该带金矿体划分为三个矿脉带。I 号矿脉带, 含矿带总长度  $1075 \text{ m}$ , 共有 8 条矿体。2 号矿脉带共有 2 条矿体, 含矿带总长度  $500 \text{ m}$ 。3 号矿脉带共 4 条矿体, 含矿带总长度  $200 \text{ m}$ 。长度  $35 \sim 335 \text{ m}$ , 厚度  $1.00 \sim 3.30 \text{ m}$ 。

该矿带的矿体沿走向有膨缩现象, 其膨缩间距为  $40 \text{ m}$  左右。膨大的地段主要是构造破碎带, 充填有石英细脉, 石英团块, 两侧围岩可见浸染状黄铁矿。呈立方状, 呈针状。缩小的地段主要是顺构造破碎带充填的石英脉, 呈乳白色, 略带有青灰, 长度为  $10 \sim 20 \text{ m}$ 。从缩小到膨大的过程中, 在  $20 \sim 30 \text{ m}$  长的范围内, 地表仅表现为碎裂状石英状。深  $3 \sim 5 \text{ m}$ , 则可见矿体。

该矿带被后期南北向、北北西向断裂所破坏, 矿体大多被错断。

3) 金矿床的找矿标志: ① 层间蚀变破碎带和构造破碎带, 伴随有硅化、褐铁矿化。含矿层或含矿石英脉可见到浸染状黄铁矿, 呈针状、立方状, 大多氧化成褐铁矿。② 含矿层位火山成分高时, 品位亦有增高。③ 金矿体产出于花岗斑岩脉边缘。

# 镇安金龙山金矿区控矿构造简析

杨登美

(武警黄金第十四支队, 长安, 710100)

**摘要** 金龙山金矿区位于秦岭山带古生代沉积盆地中, 构造是控矿的主要因素。控矿构造主要为褶皱剪切带、破背斜及断裂构造, 它们控制了矿体的分布及富集。

**关键词** 微细浸染型金矿 控矿构造 金龙山 镇安

金龙山金矿床是 80 年代末我部在南秦岭镇旬盆地丁马 - 汞锑矿带上发现的微细浸染型锑-金矿床。经勘查已达到大型规模。笔者认为, 通过进一步研究该区的控矿构造, 对进一步开展普查找矿工作, 扩大矿床规模, 具有重要意义。

## 1 大地构造位置及地质背景

金龙山金矿矿床位于秦岭造山带东部镇安 - 旬阳地区古生代沉积盆地中, 盆地随着秦岭造山带长期发展和复杂演化, 其大地构造单元之归属亦发生变化。早古生代, 南秦岭应属扬

收稿日期: 1999-11-15

作者简介: 杨登美, 男, 1962 年生, 汉族, 陕西省蓝田县人, 1987 年毕业于西安地质学院, 高级工程师, 现从事地质勘查专业。

综上所述, 可以得出以下认识: 对柳园金矿化集中区内金矿床(点)的分类具有找矿的实际意义。近几年的找矿实践表明, 要在柳园金矿化集中区内有突破性进展, 首先要从矿床类型上去突破。有资料表明, 在柳园金矿化集中区内有找到砂卡岩型金矿床、石英砾岩型金矿床的可能性。柳园金矿化集中区内分布着 20 多个金矿床(点), 除花牛山金矿床是收集的资料外, 其它的均为我队 20 年来找矿实践的总结。典型矿床现大多由队或地方开发利用, 有很好的经济效益。因生产单位的局限, 没有如包体等测试资料, 无法说明典型矿床的矿床成因, 是本文的不足, 望同行们予以批评指导。

## 参 考 文 献

- 1 左国朝, 何国琦. 北山板块构造及成矿规律. 北京: 北京大学出版社, 1990
- 2 R. W. Boyle. 金的地球化学及金矿床. 北京: 地质出版社, 1984
- 3 邱家骧. 应用岩浆岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991
- 4 司雪峰. 新、老金厂金矿床控矿特征. 甘肃地质学报, 1999, 增刊, 79~ 86
- 5 翟裕生. 矿田构造学概论. 北京: 冶金工业出版社, 1984