

金厂沟梁金矿金的赋存状态

杨洪英 杨 立 陈 刚 吕久吉

刘奎仁 谢 锋 路殿坤

(东北大学黄金学院)

金厂沟梁金矿床中载金矿物有石英、黄铁矿、闪锌矿、黝铜矿和方铅矿。金的赋存状态有包裹金、裂隙金和粒间金。为选冶工艺流程、提高选矿回收率提供可靠资料。

关键词 金厂沟梁 金矿 金的赋存状态

1 矿区地质概况

金厂沟梁金矿位于内蒙古自治区赤峰市东偏南 158 km 处, 敖汉旗的南部。其大地构造位置为华北地台北缘中西部, 即处于天山—阴山东西向复杂构造带东段北缘努鲁儿虎隆起区。区内岩浆岩广泛发育, 构造活动强烈, 为金矿的形成提供了有利条件^{①②}。金矿脉赋存于早前寒武纪长英质深成侵入岩和表壳岩中, 主要岩性是各种片麻岩。

该金矿位于努鲁儿虎隆起的中部。断裂是本区的一种主要构造形式, 绝大多数形成于燕山运动时期, 按时间顺序排列为: E-W S-N NW NE。

中生代以来, 伴随着燕山期构造运动, 产生了强烈而频繁的岩浆活动, 火山活动和岩浆侵入交替发生, 各岩类相伴产生。花岗闪长岩、闪长岩、二长花岗岩、流纹岩和流纹斑岩在金厂沟梁矿区的南部和东南部大面积分布。多期次强烈的岩浆活动为金成矿提供了热源和丰富的物质来源, 因此, 金厂沟梁金矿的形成与燕山期岩浆活动密不可分。

金矿体严格受低序次的构造断裂控制, 多围绕对面沟复式岩体在 0~3 km 的范围内呈放射状分布。矿脉以集群形式密集分布, 形成几个矿脉密集分布区, 已发现矿脉共 140 余条。矿脉总体上呈向 SE 收敛, 向 NW 方向撒开的分布形式。按矿脉的组合形式分为分支脉、复脉带和单脉型 3 种。各种矿脉均受断裂控制, 断裂的多期次活动使矿脉产状多变, 相互交叉切割, 走向主要为 S-N 向、NW 向、NE 向, 其中以 NW 向最为发育。

① 冶金部黄金管理局有偿资助项目

赤峰市敖汉旗黄金管理局。内蒙古自治区赤峰市敖汉旗金厂沟梁金矿田勘查总体设计。1992, 9。

② 赤峰市金厂沟梁金矿。内蒙古自治区敖汉旗金厂沟梁金矿区 57-4 号、57-5 号、36 号脉群勘探地质报告。1991, 11。

③ 内蒙古自治区金石沟梁金矿。内蒙古自治区金厂沟梁金矿区 26 号支脉群勘探地质报告。1989, 11。

收稿日期: 1997-07-30; 修回日期: 1997-12-06。李兰英、邵晓东编辑。

2 金矿石物质成分和结构构造

金厂沟梁金矿床矿石类型主要有石英脉型、蚀变岩型和氧化矿石 3 大类。其中石英脉型矿石可细分为黄铁石英脉型和多金属硫化物石英脉型，蚀变岩型也可分为黄铁矿蚀变岩型和多金属硫化物蚀变岩型。不同类型矿石矿物种类、含量及含金性亦不同。

2.1 矿石物质成分

矿石的主要金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、黝铜矿。另外还有少量的斑铜矿、辉铜矿、磁黄铁矿、毒砂、针铁矿、白铁矿和自然金等。从矿物组合来看，属于自然金—石英—多金属组合^[1]。主要非金属矿物有石英、方解石、绢云母、绿泥石等。

黄铁矿是最主要的金属矿物和重要的载金矿物之一。其形成可分为 4 个期次，其中以第 2、3 期含量最高，占金属矿物的 70%。

黄铜矿也是主要的金属矿物之一，其含量仅次于黄铁矿，占金属矿物的 18%。在 15—4、15—3、35—39、15 号脉，黄铜矿的含量更多，有时超过黄铁矿。它也是载金矿物。自然金可以与黄铜矿共生，有时可见自然金被黄铜矿包裹。沈阳矿冶研究所对金厂沟梁的单矿物黄铜矿分析结果表明，黄铜矿中含金最高，达 283×10^{-6} 。矿石中还常见到黄铜矿呈固溶体分离的小乳滴或小叶片状分布于闪锌矿之中。

闪锌矿呈他形不规则粒状产出，是除黄铁矿、黄铜矿之外的另一个载金矿物。闪锌矿与黄铜矿、方铅矿、黝铜矿共生，闪锌矿普遍交代黄铁矿、黄铜矿，其分布极不均匀，在 39—35 和 26 号脉中较广泛。

方铅矿在矿石中含量占金属矿物的 3%，与闪锌矿共生，并有交代闪锌矿的现象。在局部方铅矿被压碎，构成压碎角砾构造。方铅矿也是载金矿物，主要含包裹金和裂隙金。有些方铅矿中见有乳浊状的辉银矿。

黝铜矿以他形粒状产出。各矿脉中黝铜矿的分布不均匀，在 15 号脉中含量高，而在 35 号脉中含量低。黝铜矿的粒度主要在 0.1—1.0 mm 之间，细粒呈集合体条带状分布。黝铜矿常与方铅矿共生，有时与闪锌矿、斑铜矿和黄铜矿构成环带状。其常交代黄铜矿。

石英呈他形晶及半自形晶产出，是一个贯通矿物，在整个成矿阶段均有产出。其含量占非金属矿物总量的 63%。石英是本区最主要的非金属矿物，也是十分重要的载金矿物。矿物生成顺序见表 1。

2.2 矿石的结构构造

金厂沟梁金矿矿石的结构构造类型较多，反映出其形成的多期多阶段特点。主要结构构造有：

自形粒状结构：矿石中黄铁矿呈完好的自形晶产出。

半自形粒状结构：矿石中黄铁矿、方铅矿以半自形粒状浸染于矿石之中。

他形粒状结构：黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、黝铜矿、方铅矿以他形晶粒状分布于矿石之中。

交代结构：黄铜矿交代黄铁矿、闪锌矿交代黄铁矿或黄铜矿，构成交代岛状、交代网状等结构（图 1a、b）。

^① 沈阳矿冶研究所。内蒙古自治区敖汉旗金厂沟梁金矿工艺矿物学研究报告。1991，2

表 1 成矿阶段划分和矿物生成顺序表

Table 1 Mineralization stages and mineral formation sequences

矿物	I 黄铁矿 - 石英阶段	II 黄铁矿 - 石英 - 金阶段	III多金属 硫化物 - 石 英 - 金阶段	IV 黄铁矿 - 石英 - 绢云母阶段	V 碳酸盐 阶段	VI表生 阶段
黄铁矿	_____	_____	_____	_____		
黄铜矿		_____	_____	_____		
闪锌矿		_____	_____	_____		
黝铜矿		_____	_____	_____		
方铅矿		_____	_____	_____		
斑铜矿		_____	_____	_____		
辉铜矿			_____			
毒 砂			_____			
磁黄铁矿		_____				
自然金	_____	_____	_____	_____		
自然银		_____	_____	_____		
石 英	_____	_____	_____	_____		
绿泥石	_____	_____	_____			
绢云母		_____	_____	_____		
方解石	_____	_____	_____	_____	_____	
褐铁矿						_____
孔雀石						_____

乳滴状结构: 黄铜矿与闪锌矿发生固溶体分离, 使黄铜矿在闪锌矿中呈小乳滴状分布 (图 1c) .

环带状结构: 矿石中硫化物发生交代反应, 使矿物成为环带状分布 (图 1d).

块状构造: 金属矿物含量极高, 分布均匀, 呈致密状.

浸染状构造: 黄铁矿、黄铜矿呈浸染状分布.

角砾状构造: 黄铁矿、闪锌矿、方铅矿和黝铜矿呈破碎角砾状, 被石英胶结起来.

除此之外, 还有反应边结构、包含结构、骸晶结构、交叉结构、束状结构及条带状构造等.

3 金的赋存状态

前已述及载金矿物有石英、黄铁矿、闪锌矿、黝铜矿、方铅矿、黄铜矿等. 由于矿石类型不同矿石所含的矿物就不同, 因此矿石的含金性与矿石的类型有密切的关系. 本区的矿石可以分为五种矿石类型: (1) 多金属硫化物石英脉型, 含金性最好; (2) 黄铁矿石英脉型, 含

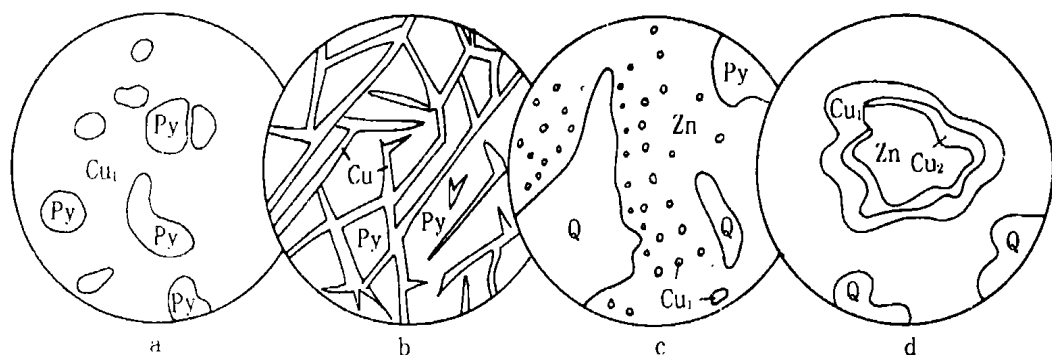


图 1 矿石的结构

Fig. 1 The textures of ores

金性比较好；(3) 蚀变岩型，含金性差于前两者；(4) 黄铁矿和方解石型，含金性差；(5) 氧化矿石，处于氧化淋滤带，其含金性要视情况而定，主要取决于原生矿石类型。

3.1 金银矿物的种类和成色

金厂沟梁金矿石中金银矿物种类较多，通过对 60 余块样品的观察，按张振儒对金—银系列矿物分类^[2]，本矿床金银矿物主要为自然金，其次为银金矿、金银矿、自然银、辉银矿及碲金银矿。自然金占绝大多数，高达 94.1%，自然银为 2.12%，辉银矿 1.32%，金银矿 2.54%，金银矿和碲金银矿偶见。电子探针测定自然金的含金量是 93.39%~94.52%；含银量为 6.61%~5.48%，成色为 934~945。银金矿的含金量为 84.21%，含银量为 15.79%，成色为 842。一般来说，粒度大成色高，粒度细小成色较低。但总的来说，金厂沟梁金矿金成色较高。

3.2 金银矿物的粒度

金厂沟梁金矿石中金矿物的粒度比较粗大，主要为粗、中粒级。在石英中包裹金最大可达 0.64 mm。金的粒度与矿石类型和载金矿物的种类有较大的关系。从统计数据来看，在硫化物特别是在闪锌矿和黝铜矿晶体中或粒间，自然金的晶体粗大，在闪锌矿中最大者可达 0.52 mm；而在非金属矿物石英之中除了个别粗粒之外，金粒普遍偏小，载金矿物中包裹金和裂隙金的粒度分布特征见表 2。在不同类型的矿石中金的粒度也存在一些统计规律，在多金属硫化物石英脉型矿石中金粒度较大，大于 0.074 mm 的粗粒金达 60.70%，而蚀变岩中的粗粒金只有 34.37%，详见表 3。

总之，金银的粒度以粗粒占绝对优势，粗粒金占 45.02%，其中大于 0.10 mm 的金占 32.64%；中粒金占 27.64%；细粒金占 5.30%。从上述分析可见载金矿物中硫化物所含金的粒度较大，而石英所含金的粒度小。在不同矿石中，多金属硫化物石英脉型矿石中金粒度大，而蚀变岩型矿石中金粒度小。

表 2 载金矿物中金矿物的粒度特征

Table 2 Grain size feature of gold in gold-carrying minerals

载金矿物	自然金粒度范围 /mm				合 计
	> 0. 074	0. 074~ 0. 037	0. 037~ 0. 010	< 0. 010	
黄铁矿	40. 36	28. 69	23. 71	7. 24	100
闪锌矿	75. 62	8. 53	12. 64	3. 24	100
方铅矿	82. 63	12. 71	4. 66	0	100
黝铜矿	36. 20	57. 83	3. 96	2. 01	100
石 英	25. 63	21. 08	48. 24	5. 05	100

统计的为包裹金和裂隙金

表 3 不同矿石类型与金银粒度的关系

Table 3 Relation between grain size of gold and ore type

矿石类型	金 粒 度 范 围 /mm					合 计
	> 0. 074	0. 074~ 0. 037	0. 037~ 0. 010	< 0. 010		
多金属硫化物石英脉型	60. 71	28. 42	9. 21	1. 66		100
黄铁矿石英脉型	39. 98	29. 04	23. 75	7. 23		100
蚀变岩型	34. 37	25. 80	32. 62	7. 21		100
各粒级比例	45. 02	27. 64	21. 86	5. 30		100

3. 3 金银矿物的形态

本区金银矿物的形态多种多样,有麦粒状、浑圆状、细脉状、长条状、片状、不规则状和多边形,其中以麦粒状、多边形和不规则状占多数(表 4)。金矿物的边缘变化多样,平直占 20%,弧线占 4%,曲线占 13%,锯齿状占 5%,不规则状占 21%。

3. 4 金银矿物的嵌布特征

金银矿物主要赋存于石英、黄铁矿、闪锌矿、黝铜矿、方铅矿和黄铜矿之中,金赋存的形式有:包裹金、裂隙金和粒间金。以包裹金占优势,达 62. 75%,粒间金占 24. 08%,而裂隙金占 13. 17%。金在各种载金矿物中的嵌布特征如表 5,金在各种载金矿物中的分布见表 6。

3. 4. 1 石英

石英是最重要的载金矿物,有 61. 13%的金赋存在石英之中,按生长阶段可划分为 4 期,

表 4 金银矿物主要形态分布特征

Table 4 Malin shape feature of gold minerals

金银形态	含量(%)	金银形态	含量(%)
麦粒状	34. 04	片 状	3. 12
浑圆状	11. 09	环 状	1. 98
细脉状	7. 29	规则多边形	10. 52
长条状	2. 86	其他不规则形	24. 27
枝 状	4. 83	合 计	100

金主要赋存于第 2-3 期的石英之中，特别是第 3 期石英含金性更好。石英中有包裹金和裂隙金，还有许多金颗粒赋存于石英与其他矿物的颗粒之间，即粒间金。石英中的包裹金有麦粒状、泪滴状、条状、棱角状以及不规则的形态成群出现于石英晶体之中（图 2）。石英中的裂隙充填于第 2-3 期的裂隙或孔洞之中，石英中的金大多数粒度较小，一般金粒为 0.05~0.2 mm（表 7）。与硫化物中的金相比，石英中的金粒度较小。在石英与其他矿物间的粒间金比较多，石英与黄铁矿间的粒间金最多，其次是石英与闪锌矿间的粒间金及石英与黝铜矿间的粒间金。这些粒间金的形态有规则状、麦粒状、长条状。

3.4.2 黄铁矿

黄铁矿是仅次于石英的重要载金矿物，有 28.64% 的金赋存于黄铁矿晶体之中。本区的黄铁矿按其形成先后关系可划分为 4 期，与金关系最为密切的是第 2-3 期黄铁矿，而第 1 期和第 4 期黄铁矿含金性较差。黄铁矿中的包裹金占 54.13%，裂隙金约占 45.87%。包裹金的形态有麦粒状、树枝状、长条状和极不规则状，裂隙金可以是三角形、片状、脉状或不规则状（图 3）。黄铁矿中的金粒度较粗大，最大有 0.37 mm，一般多大于 0.056 mm，属于中粗粒金，其粒度分布见表 7。有些金沿黄铁矿裂隙充填并对其进行交代（图 3d），构成交代港湾结构。也见有自然金包含黄铁矿现象（图 3e）。黄铁矿中金粒度与矿石类型有关，蚀变岩型矿石的黄铁矿中金粒度较小，而在石英脉型矿石黄铁矿中金粒度大，金的粒度特征见表 8。

3.4.3 闪锌矿

闪锌矿是含金性很好的载金矿物，有 7% 的金赋存于闪锌矿之中。在 35-15-39-15-4 号脉中闪锌矿含金更高。自然金成群出现，金的粒度较大，最大可达 0.52 mm。闪锌矿中金的形态有长条状、剑状、麦粒状、片状、浑圆状或不规则状。闪锌矿中的金以包裹金占绝大多数。闪锌矿粒间及闪锌矿与石英、黄铁矿、黝

表 5 金矿物的嵌布特征			
Table 5 Embedding feature of gold			
嵌布类型	嵌布特征	含量	合计
包	石英中	43.12	62.75
	闪锌矿中	5.31	
	黄铁矿中	11.73	
裹	黝铜矿中	1.48	13.17
	方铅矿中	0.92	
金	黄铜矿中	0.19	24.08
	黄铁矿中	9.88	
裂隙金	石英中	3.29	2.15
	石英与黄铁矿间	11.33	
主要粒间金	石英与闪锌矿间	2.47	2.15
	石英与黝铜矿间	2.50	
	方铅矿与闪锌矿间	1.31	
	方铅矿与黝铜矿间	1.04	
	黄铁矿与黄铁矿间	2.02	
	黝铜与黝铜矿间	1.26	
	闪锌矿与闪锌矿间	2.15	

表 6 金在各种载金矿物中的分布	
Table 6 Distribution of gold in minerals	
载金矿物	相对含量 (%)
石 英	61.13
黄铁矿	28.46
闪锌矿	7.00
黝铜矿	1.95
方铅矿	1.21
黄铜矿	0.25
合 计	100

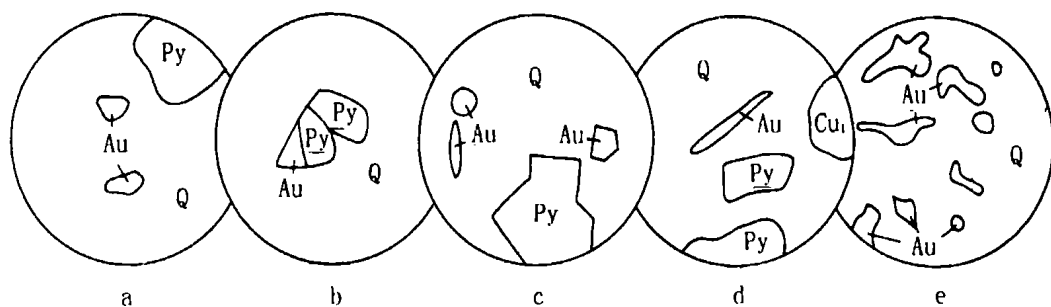


图 2 石英中金矿物的各种形态

Fig. 2 The main shapes of gold in quartzes

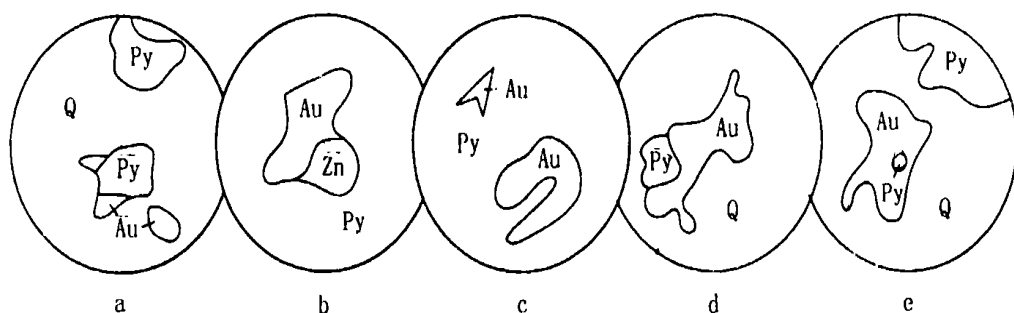


图 3 黄铁矿中金矿物的各种形态

Fig. 3 The main shapes of gold in pyrite

铜矿和方铅矿粒间都赋存有金矿物, 闪锌矿中的金以粗粒金为主, 总的来说, 闪锌矿的含金性相当好, 金的粒度范围见表 7。

3.4.4 黝铜矿

黝铜矿有较好的含金性, 有 1.95% 的金赋存于黝铜矿中。金主要是包裹金, 形态有浑圆状、棱角状或规则状。金粒度一般为粗中粒 (表 7)。黝铜矿粒间或与其闪锌矿、石英、方铅矿粒间金比较普遍, 粒度粗大, 多成群出现, 属粗、中粒级。另一种情况是方铅矿与黝铜矿紧密共生时, 金粒成群地交代这种硫化物并分布于晶体之中, 这种金是粗粒金, 其形态也十分复杂极不规则。在 35 号脉黝铜矿与方铅矿的粒间可见到细小规则状的确金银矿。

3.4.5 方铅矿

方铅矿为他形晶或自形晶, 与闪锌矿、黝铜矿共生, 其也是金的载体矿物, 大约有 1.21% 的金赋存于方铅矿之中。方铅矿中的金为包裹金, 其次是粒间金。金的形态为麦粒状、棱角

表 7 载金矿物中金的粒度分布特征

Table 7 Grain character of gold in gold-carrying minerals

载金矿物	金的类型	金 的 粒 度 /mm				合 计
		> 0.074	0.074~ 0.037	0.037~ 0.010	< 0.010	
石 英	包裹金	26.84	22.03	45.11	6.02	100
	裂隙金	24.39	20.14	51.36	4.11	100
黄铁矿	包裹金	38.05	27.78	29.30	4.87	100
	裂隙金	42.67	29.53	18.11	9.69	100
闪锌矿	包裹金	75.62	8.53	12.61	3.24	100
	粒间金	50.24	29.71	13.24	6.81	100
黝铜矿	包裹金	36.20	57.83	3.96	2.01	100
	粒间金	46.13	33.48	13.14	7.25	100
方铅矿	包裹金	82.63	12.71	4.66	0	100
	粒间金	46.17	25.75	16.73	11.35	100

表 8 黄铁矿中金粒度与矿石类型的关系

Table 8 Relation between grain size in pyrite and ore type

矿石类型	金 的 粒 度 /mm				合 计
	> 0.074	0.074~ 0.037	0.037~ 0.010	< 0.010	
石英脉型	46.31	32.94	13.85	6.90	100
蚀变岩型	34.29	24.41	33.58	7.72	100

状、片状和不规则状。在方铅矿中的自然金粒度较大，多集中于粗粒范围之内。有的方铅矿沿金的边缘出现，构成自然金的镶边。在方铅矿与其他矿物的粒间也有金的分布，其粒度见表 7。

3.4.6 黄铜矿

黄铜矿也是本区的载金矿物之一，有 0.25% 的可见金和显微金赋存于黄铜矿之中。黄铜矿与黄铁矿或石英的粒间见有粒间金。

4 结 论

通过对金厂沟梁金矿矿石的物质成分、金的赋存状态、矿物粒度、嵌布特征以及矿石结构构造的研究，得到了一些新的认识和结论，并为选冶工艺流程提供了可靠依据。

(1) 金厂沟梁金矿的金银矿物主要为自然金，其次还有少量的自然银、辉银矿，偶见金银矿和碲银金矿。

(2) 主要载金矿物是石英、黄铁矿，其次是闪锌矿、黝铜矿、方铅矿和黄铜矿。61.13% 的金赋存于石英之中，28.46% 的金赋存于黄铁矿之中，7% 的金赋存于闪锌矿之中，1.95%

的金赋存于黝铜矿之中, 1.2% 的金赋存于方铅矿之中, 0.25% 的金赋存于黄铜矿之中 (按包裹金和裂隙金统计)。

(3) 金的赋存状态有包裹金、裂隙金和粒间金。包裹金占 62.75%, 裂隙金占 13.17%, 粒间金占 24.08%。

(4) 金的粒度比较粗, 粗粒金占 45.02%, 其中大于 0.01 mm 的金占 32.64%, 细粒金占 21.86%, 微粒金占 5.30%。

5 参考文献

- 1 韦永福, 吕英杰. 中国金矿床. 北京: 地震出版社, 1994.
- 2 张振儒. 金矿研究. 长沙: 中南工业大学出版社, 1989.

THE OCCURRENCE STATES OF GOLD IN JINCHANGGOULIANG GOLD DEPOSIT

Yang Hongying Yang Li Chen Gang Lu Jiuji
Liu Kuiren Xie Feng Lu Diankun
(*Institute of Gold Technology, Northeast University*)

Abstract

The ores from main veins of Jinchanggouliang gold deposit are studied in detail. With the method of chemistry, microscope, micro-chemical experiment and electronic probe, the mineral, textures and structures, occurrence and fineness of gold are studied and new viewpoints are obtained. The gold-carrying minerals are quartz, pyrite, sphalerite, terrapelite and galena. The occurrence states of gold are enclosure gold, fissure gold and intergranular gold, which supply reliable information for the ore dressing and smelting.

Key words Jinchanggouliang gold deposit occurrence state of gold

作者简介 杨洪英 女 1960年1月出生, 1982年2月毕业于中南工业大学地质系, 现任东北大学黄金学院副教授, 从事岩矿和流体包裹体研究工作. 通讯地址: 沈阳市文化路 89号, 东北大学黄金学院地质系; 邮政编码 110015.