

海南王下牙老金矿床矿石特征

张小文^{1, 2, 3}, 覃海灿^{1, 2, 3}, 傅杨荣^{1, 3}

(1. 中国地质大学 地球科学学院, 武汉 430074; 2. 海南大维矿产资源开发有限公司,
海口 570206; 3. 海南省地质综合勘察院, 海口 570206)

摘要: 王下牙老金矿为贫硫化物方解石-石英脉型金矿床, 矿体严格受断裂裂隙控制。矿石的有用组分单一, 有害杂质少, 金矿物主要为自然金。主要的金属矿物为毒砂、黄铁矿, 同时也是主要的载金矿物; 非金属矿物为石英、碳酸盐矿物。矿石多具自形、半自形、他形粒状结构, 以脉状、浸染状构造为主。自然金形态为角粒状、长角粒状, 赋存状态以粒间金为主, 其次为包裹金, 裂隙金仅占 8.2%, 自然金为显微金。矿石类型以含金方解石-石英复合脉为主, 其次为含金构造角砾岩型和含金蚀变岩型。

关键词: 王下牙老金矿; 矿石特征; 赋存状态; 海南省

中图分类号: P616; P618.51 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2007)01-0043-05

1 地质概况

王下矿区牙老金矿段位于海南省昌江县, 是一处隐伏的中型金矿, 为中低温热液贫硫化物方解石-石英复合脉型金矿床。

1.1 区域地质背景

王下矿区牙老金矿段处于海南岛华南褶皱系五指山褶皱带(Ⅰ级)西部^[1]、白沙拗陷带^[2]和抱板隆起区(Ⅱ级)接触部位的江边-金波断陷带(Ⅲ级)上。区域上受 EW 向昌江-琼海深大断裂带与尖峰吊罗深大断裂带(黄香定等, 2001)及次级 NE 向断裂构造的控制。区内出露奥陶系、志留系、石炭系、二叠系、白垩系地层。EW 向、NE 向、NW 向褶皱、断裂发育, 并有海西-印支期、燕山期岩浆岩侵入, 具较好的成矿地质背景(图 1)。

1.2 矿区地质特征

矿区赋矿地层为下二叠统峨查组(P_1e), 岩性为千枚岩、碳质板岩、钙质板岩。金矿体上盘为千枚岩、含碳质板岩; 下盘为钙质板岩; 矿体严格受上述岩层之间的破碎带控制^[3]。

矿区断裂十分发育, 主要有 EW 向、SN 向和

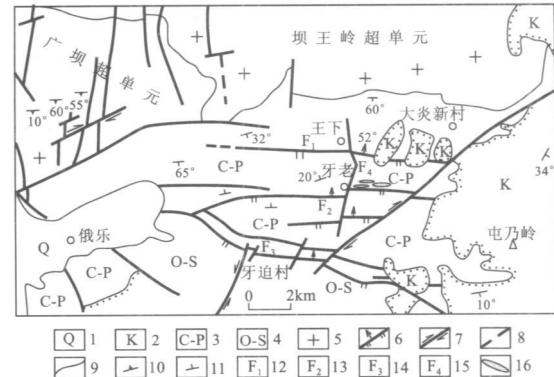


图 1 王下地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch of Wangxia area

1. 第四系 2. 白垩系 3. 石炭-二叠系 4. 奥陶-志留系 5. 花岗岩
6. 滑覆断层 7. 平移断层 8. 推测断层 9. 地质界线 10. 面理
11. 地层产状 12. 王下断层 13. 牙老断层 14. 牙迫村断层
15. 明望坡断层 16. 金矿脉

NE 向 3 组。SN 向和 NE 向为平移断层, 分别切错了 EW 向断层, 具张性、顺扭性特征。EW 向断层为一系列的逆冲推覆断层^[4], 牙老断层(F_2)是其中之一, 并控制了金矿体的分布, 该断层性质为低角度的逆冲推覆断层^[4]。在逆冲推覆体变缓部位或断层旁侧的次级构造部位即为金矿体赋存地段^[5]。

矿区的北侧花岗岩广泛分布, 边缘为中粒黑云二长(钾长)花岗岩, 内部为粗粒黑云二长(钾长)花岗岩。具中-粗粒花岗结构, 块状构造, 边缘局部具有定向构造。矿物成分主要有: 斜长石(16%~33%)、钾长石(29%~45%)、石英(22%~35%)、角闪石(0~4%)、黑云母(3%~8%)。岩石化学成分: $w(\text{SiO}_2) = 72\%$, $w(\text{TiO}_2) = 0.24\%$, $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 13.58\%$, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.56\%$, $w(\text{FeO}) = 2.22\%$, $w(\text{MnO}) = 0.12\%$, $w(\text{MgO}) = 0.32\%$, $w(\text{CaO}) = 1.68\%$, $w(\text{Na}_2\text{O}) = 2.96\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) = 5.94\%$, $w(\text{P}_2\text{O}_5) = 0.07\%$, $w(\text{CO}_2) = 0.35\%$, $w(\text{H}_2\text{O}) = 0.53\%$ 。

岩体呈岩基状侵入到峨查组地层中。靠近接触带的岩浆岩粒度变细; 峨查组地层褶皱强烈, 并出现

宽度不等的角岩化。

2 矿石特征

2.1 矿石物质组成

2.1.1 化学成分

矿石中 SiO_2 的平均含量为 71% (表 1), 与矿石选矿试验分析的石英含量(72.2%)一致; CaO 的平均含量为 3.1%, 与选矿试验的碳酸盐含量(7.36%)亦很接近; 表明矿石为方解石-石英复合脉型。

矿石伴生元素组分含量见表 2, 伴生元素含量均未达到有用组分平均品位, 没有综合利用价值。

表 1 矿石化学成分分析结果表

Table 1 Analysis results of ore

$w_B/\%$

样号	SO_3	SiO_2	P_2O_5	CaO	Na_2O	MnO	K_2O	FeO	Fe_2O	TiO_2	Al_2O_3	MgO	H_2O^-
HX6-1	0.66	62.27	0.14	0.98	0.82	0.047	3.24	5.32	1.49	0.86	17.99	2.00	0.25
HX6-2	2.91	73.29	0.28	3.78	0.23	0.066	1.67	2.78	1.76	0.46	7.88	1.01	0.14
HX31-2	1.19	69.36	0.46	5.88	5.48	0.065	0.15	1.77	0.63	0.24	11.03	0.74	0.09
HX31-3	5.27	63.01	0.26	4.70	1.41	0.11	2.17	3.35	3.88	0.82	12.45	1.57	0.10
HX65-1	0.50	74.05	0.17	1.95	0.62	0.048	1.79	3.70	1.54	0.65	10.27	0.99	0.21
HX65-2	1.81	85.25	0.30	2.06	1.48	0.037	0.12	1.87	1.07	0.31	3.42	0.50	0.08
HX65-3	0.61	79.42	0.10	2.02	0.50	0.044	1.52	3.05	0.86	0.54	8.26	1.04	0.05
HX70-1	5.20	59.53	0.19	2.65	0.54	0.078	4.17	3.02	4.79	0.88	18.97	1.56	0.23
HX70-2	3.51	72.72	0.23	4.09	3.36	0.078	0.15	2.22	2.03	0.43	7.77	1.10	0.10
HX2-1	2.12	70.91	0.16	1.16	0.38	0.037	2.72	3.35	2.33	0.78	13.59	1.54	0.08
HX2-2	1.12	81.09	0.21	4.12	2.22	0.060	0.12	0.97	1.32	0.27	5.22	0.51	0.12
HX2-3	4.46	60.86	0.18	6.35	0.48	0.055	2.86	2.42	2.91	0.72	13.10	1.16	0.02
HX4-1	1.47	67.34	0.15	0.73	0.36	0.019	3.42	3.37	1.70	0.78	16.69	1.42	0.17
HX4-2	4.30	79.24	0.30	3.22	0.51	0.040	0.98	1.25	2.71	0.33	5.76	0.50	0.07
HX9-1	1.56	70.20	0.16	1.33	0.36	0.050	2.70	3.25	2.14	0.78	13.91	1.55	0.02
HX9-2	5.58	66.54	0.45	4.20	2.50	0.064	0.67	1.97	3.71	0.67	9.62	1.17	0.07

测试单位: 海南省地质中心实验室(2004)。

表 2 矿石光谱分析结果表

Table 2 Ore spectral analysis

样号	Ag	As	Cu	Pb	Zn	Mo	Sn	W	Sb	Bi	Au	Hg
GP6-2	2.312	620.41	14.43	447.33	66.12	1.86	3.75	2.87	2.26	6.87	2861.21	85.78
GP31-2	0.279	604.90	4.49	27.25	18.36	1.74	2.94	2.80	2.25	0.55	2140.77	94.57
GP4-1	0.315	626.87	14.57	50.32	66.02	1.20	8.80	9.00	3.21	0.96	2832.41	82.20
GP4-2	0.652	647.88	28.05	54.09	47.91	6.05	6.66	3.11	2.33	0.56	1999.07	147.06
GP9-2	0.14	588.71	10.91	18.03	32.61	3.22	2.11	5.02	2.92	0.64	2875.55	76.94
GP65-3	0.76	592.98	40.56	231.72	39.14	32.06	3.14	22.80	2.86	1.42	1633.22	59.41

测试单位: 海南省地质中心实验室(2004); $w(\text{Au}, \text{Hg}) / 10^{-9}$, 其他元素 $w_B/\%$ 。

表 3 为 17 个不同品位的样品组合成的 3 个样品的光谱分析结果, 矿石伴生有益组分有 Ag, Cu, Pb, Zn 等。其 $w(\text{Ag}) = 5.6 \times 10^{-6}$, $w(\text{Cu}) = 0.006\%$, $w(\text{Pb}) = 0.0049\%$, $w(\text{Zn}) = 0.0048\%$; 有害组分有砷、汞、硫等, $w(\text{As}) = 284.49 \times 10^{-6}$, $w(\text{S}) =$

0.759% , $w(\text{Hg}) = 37.55 \times 10^{-9}$ 。伴生组分没有回收价值, 有害元素的影响程度不大。

从表 3 中总结出 Au 与 As 元素之间关系呈负相关关系, 与其他元素无相关关系。

表 3 王下牙老金矿区矿石组合分析结果表

Table 3 Analysis results of ore in Wangxia-Yalao gold mine

样品号	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	As	S	Hg	备注
ZH1	20.13	5.7	0.0032	0.025	0.0037	259.32	0.948	39.05	5 个 $w(\text{Au}) > 10 \times 10^{-6}$ 的样品组合
ZH2	7.57	5.4	0.0036	0.058	0.0086	290.55	0.572	36.05	6 个 $w(\text{Au}) = 5 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 的样品组合
ZH3	7.44	4.2	0.0081	0.0059	0.0059	303.61	0.756	37.54	6 个 $w(\text{Au}) 1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ 的样品组合

测试单位: 海南省地质中心实验室(2004); $w(\text{Au}, \text{Ag}, \text{As}) / 10^{-6}$, $w(\text{Hg}) / 10^{-9}$, 其余元素 $w_B / \%$ 。

2.1.2 矿物成分

主要金属矿物为毒砂、黄铁矿, 二者占金属矿物含量的 76%, 少量磁铁矿、赤铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿。主要非金属矿物是石英, 在矿石中含量为

72.20%。少量方解石、绢云母、白云母、绿泥石、金红石和粘土矿物等(表 4)。

根据矿物含量分析结果, 金属硫化物含量为 3.47% (< 4%), 属贫硫化物型矿石。

表 4 矿石矿物含量分析结果表

Table 4 Analysis results of mineral content on ore

矿物	毒砂	黄铁矿	磁铁矿	赤铁矿	黄铜矿	方铅矿	闪锌矿	石英	碳酸盐	绿泥石、绢云母及其他
含量(%)	1.39	1.23		0.81		0.02		0.01		72.20
合计(%)					3.47					16.97

测试单位: 吉林省冶金研究院(2004)。

矿物的主要特征如下:

毒砂: 是矿石中最常见的金属硫化物, 占矿石含量的 1.39%, 主要呈自然晶粒状结构, 块状、脉状和浸染状构造, 粒度为 0.01~0.10 mm(表 5), 主要嵌存在非金属矿物粒间及微裂隙中^[6]。毒砂也常被破碎, 由石英等硅质胶结。毒砂与金矿物关系密切^[7], 在毒砂与脉石粒间、毒砂裂隙及毒砂中均不同程度

见到金粒(图 2-1)。因此说明金与毒砂关系密切, 毒砂是重要的找矿指示矿物^[7]。

黄铁矿: 占矿石含量的 1.23%, 多呈半自形晶结构, 团块状构造。其与脉石(图 2-2)及毒砂紧密连晶, 粒度为 0.01~0.074 mm(表 5), 在矿石中主要嵌布在脉石粒间(图 2-3)。黄铁矿与金也有一定的关系^[6], 在黄铁矿和黄铁矿脉石粒间也可见到金粒。

表 5 主要金属硫化物粒度统计表

Table 5 Statistics of granularity on main metal sulfide

粒度区间(mm)	< 0.01	0.01~0.037	0.037~0.074	0.074~0.1	> 0.1	合计
毒砂(%)	6.20	26.40	38.70	20.30	8.40	100.00
黄铁矿(%)	2.40	31.40	44.30	18.30	3.60	100.00

测试单位: 吉林省冶金研究院(2004)。

石英: 为主要的非金属矿物, 可分为两种, 一种为粗粒石英, 粒径为 0.2~0.5 mm; 另一种为细粒

石英集合体, 粒径为 0.01~0.02 mm。在少量石英颗粒里存有自然金包裹体(图 2-4)。

方解石:一般呈细粒他形变晶结构,分布在石英粒间,如呈脉状或充填在晶洞内,晶体较大,自形程度较好,但难见解理或双晶纹。

2.2 矿石结构、构造

结构较复杂,主要有自形、半自形不等粒结构、他形不等粒结构、共生结构、固溶体结构、包含结构,

在石英颗粒中包含有圆粒状的自然金包裹体;此外,还有鳞片变晶结构、碎裂结构、填隙结构、环状交代结构、镶嵌结构等。

矿石构造主要有细脉和网脉状构造、浸染状构造、团块状构造;此外,还有似条带状构造、片状构造、揉皱状构造、碎裂及碎斑状构造、晶洞构造等。

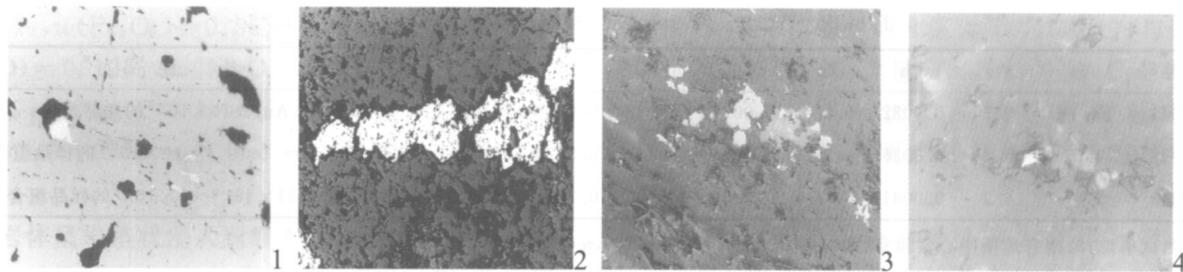


图 2 王下金矿床矿石显微图片

Fig. 2 Microscopic picture of Au ore from Wangxia gold deposit

1. 自然金不规则粒状分布在毒砂裂隙中($d=0.375\text{mm}$)
2. 黄铁矿集合体呈长条状分布在脉石中($d=1.50\text{mm}$)
3. 草莓状黄铁矿分布在脉石中($d=0.15\text{mm}$)
4. 自然金呈不规则粒状分布在石英裂隙中($d=0.15\text{mm}$)

2.3 金的赋存状态

通过镜下与人工重砂分析,金以独立金矿物和含金矿物^[6]两种形式出现。独立金矿物以自然金形式出现,金的最大粒度为0.18 mm~0.24 mm,0.06 mm(板片状);含金矿物以银金矿形式出现,占绝大多数。含金矿物主要有毒砂、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、黄铜矿等,金是以类质同象混入物

或吸附状态存在于含金矿物中。矿物中金矿物多呈间隙(粒间)金,颗粒形态严格受毗连矿物的晶隙及间隙控制。自然金在矿石中或矿物中的形态主要表现为角砾状、长角粒状、叶片状和素粒状等,以角砾状为主(表6)。金以0.053~0.01 mm所占比例最大,约占有65.70%(表7)。

表 6 金的形态分析结果表

Table 6 Morphological statistics of minerals

外形形态	角粒状	长角粒状	叶片状	素粒状	尖角粒状	合计
相对含量(%)	39.50	24.50	19.20	10.50	6.30	100.00

测试单位:吉林省冶金研究院(2004)。

表 7 金的粒度统计表

Table 7 Statistics of gold grain size

粒级区间(mm)	<0.01	0.01~0.037	0.037~0.053	0.053~0.074	0.074~0.1	>0.1	合计
相对含量(%)	11.20	34.30	31.40	15.60	3.20	4.30	100.00

测试单位:吉林省冶金研究院(2004)。

2.4 金的嵌布形式

自然金、含金矿物在矿石中以粒间金、包裹体金和裂隙金3种形式嵌布(表8)。粒间金,为矿石中金的主要赋存形式,占52.10%,自然金存在于脉

石英及其他早期形成的矿物(如黄铁矿、毒砂等)晶粒间隙或晶隙中。自然金的颗粒形态受晶间隙形态的控制,一般呈棱角状或尖角粒状;包裹体金,占39.70%,自然金粒度较细,呈浑圆状沉淀在石英及

载金矿物中; 裂隙金, 占 8.20%, 主要分布在石英脉及矿物裂隙中, 多以集合体形式出现, 颗粒较大。

表 8 金的嵌布特征统计表

Table 8 Statistics of gold inlay characteristic

嵌布形式		相对含量(%)	合计
包裹金	脉石中	5.80	
	毒砂中	31.80	39.70
	黄铁矿中	2.10	
粒间金	脉石粒间	4.40	100.00
	黄铁矿与脉石间	18.50	52.10
	毒砂与脉石间	29.20	
裂隙金	毒砂裂隙中	8.20	8.20

测试单位: 吉林省冶金研究院(2004)。

2.5 矿石类型

矿石类型有 3 种^[8]: 含金方解石-石英复合脉型, 为主要矿石类型, 矿物以石英、方解石为主, 二者共占 90%; 主要金属矿物有毒砂、黄铁矿、自然金、磁铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等, 少量为围岩矿物及蚀变矿物; 金属矿物呈自形-他形粒状结构, 浸染状结构、网脉状构造; 含金构造角砾岩型, 角砾占 30%, 石英占 65%, 基质占 5%; 金属矿物多围绕角砾岩(围岩)分布, 角砾棱角分明, 没有磨圆迹象; 主要金属矿物有黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿及少量方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、自然金等; 自形-他形粒状结构、镶嵌结构, 角砾状构造; 含金蚀变岩型, 矿物以绢云母为主, 石英次之, 金属矿物主要有毒砂、黄铁矿、磁铁矿、自然金等; 鳞片变晶结构、交代残留结构, 似条带状构造、片状构造、揉皱构造等。

2.6 矿石可磨度

矿石可磨度分析结果见表 9。

当磨至-200 目 90% 时, 标准矿石与海南王下矿石之比为 K 。

$$K = T_1 / T_0 = 842s / 900s = 0.936 < 1$$

式中: T_0 为海南王下被测矿石磨矿所需时间; T_1 为杨家杖子标准矿石磨矿所需时间。

由可磨度系数 $K < 1$ 说明, 海南王下矿石比杨家杖子矿石难磨。

表 9 矿石可磨度对比表

Table 9 Contrast of ore hardness

时间(min)	5	10	15	20
标准矿石(杨家杖子, -200 目, %)	50.50	78.90	92.60	97.60
海南王下矿石(-200 目, %)	44.00	74.00	90.00	96.00

测试单位: 吉林省冶金研究院(2004)。

3 结论

该矿石矿物种类简单, 金属硫化物含量低(3.47%), 属贫硫化物方解石-石英脉型金矿石。矿石中主要金属矿物为毒砂、黄铁矿, 非金属矿物主要为石英, 有少量的碳酸盐矿物。矿石中除金有工业回收价值外, 其他元素现阶段无工业回收价值。

矿石中金矿物主要与硫化物有关系。金粒度主要为中细粒, 多在 0.053~0.01 mm 区间, 通过磨矿大部分金可以单体解离或暴露, 对氰化法提金不会有太大的影响, 在矿山开发过程中采用氰化法提金工艺是适宜的, 该矿石中金的回收率可达较高的指标。

参考文献:

- [1] 丁式江. 琼西戈枕断裂带构造演化与金矿化关系[J]. 大地构造与成矿学, 1993, (4): 385-394.
- [2] 江明贵, 路西坤. 海南西部戈枕金矿成矿带的矿床类型及成因[J]. 桂林工学院学报, 2004, 24(4): 402-406.
- [3] 覃海灿, 傅杨荣, 张小文, 等. 海南王下牙老金矿地质特征及找矿方向[J]. 矿产与地质, 2005, 19(2): 144-149.
- [4] 丁式江, 彭少梅, 董宝林. 琼西王下滑覆构造探讨[J]. 华东地质学院学报, 1994, (3): 226-232.
- [5] 丁式江. 海南岛中西部金矿集中区断裂构造的分形研究[J]. 地学前缘, 2004, 11(1): 189-194.
- [6] 谢敏, 韩先菊. 金矿床主要矿物标型特征研究综述[J]. 黄金地质, 2003, 9(3): 39-45.
- [7] 鲍振襄, 万榕江, 包觉敏. 金矿床中毒砂标型特征及金的赋存状态[J]. 云南地质, 2005, 24(1): 32-48.
- [8] 覃海灿, 吴坤平. 海南省昌江县王下矿区牙老北矿段 V1-1 矿体金矿补充勘查报告[R]. 海口: 海南省国土资源厅, 2004.

(下转第 80 页)

**THE APPLICATION OF THE CONTRAST FILTERING METHOD
IN GEOCHEMICAL DATA PROCESSING AND ORE PROSPECTING:
THE CASE OF THE PORPHYRY COPPER DEPOSIT IN
XIANGCHENG DAOCHENG DERONG AREA**

LIAO min^{1,2}, LI You-guo¹, FEI Guang-chun¹, TONG Lei³

(1. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. The Geochemical Party of Sichuan Bureau of Geoexploration and Mineral Development, Deyang 618000, China;

3. The number 2 middle school in Emeishan city, Emeishan 614200, China)

Abstract: The area of Xiangcheng-Daocheng-Derong is located in the western Sichuan continental plateau with relative differential height more than 2000 meter and deep dissection. Geological conditions and surface geochemical environment are complicated and ore marks are weak and the ore prospecting is difficult. Traditional geochemical data processing might miss some anomalies that are not interested because of their low intensity and deep bury but are related to mineralization, or ore bodies. The Subinterval area median contrast filtering method that can recognize weak anomalies of the low-background area and high-background area resolves the problem.

Key Words: geochemical anomaly; subinterval area median contrast filtering method; porphyry copper deposit; Sichuan province

(上接第 47 页)

**ORE CHARACTER OF YALAO DOMAIN IN WANGXIA
GOLD DEPOSIT, HAINAN PROVINCE**

ZHANG Xiao-wen^{1,2,3}, QIN Hai-can^{1,2,3}, FU Yang-rong^{1,3}

(1. Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China ;

2. Dawei Company of Mine Resources Development in Hainan, Haikou 570206, China;

3. Geological Survey of Hainan Province, Haikou 570206, China)

Abstract: The Wangxia gold deposit is a medium size calcite-quartz vein type gold deposit with low-sulfide. The ore body is controlled strictly by fracture. The useful composition in the ore is simple, harmful composition is less and the major ore mineral is natural gold. The major metallic minerals and also the major gold carrier minerals are arsenopyrite and pyrite. The nonmetallic minerals are quartz and carbonate mineral. The automorphic, hypidiomorphic and xenomorphic granular textures are the main ore textures and vein and disseminated structures are the main ore structure. The forms of nature gold are breccia and long breccia. Gold occurs mainly as interparticle grain, secondly is inclusion gold particle, and fissure gold takes only about 8.2%. The native gold is in micro-size. The major ore type is gold-bearing calcite-quartz vein, secondly is gold-bearing tectonic breccia, and gold-bearing altered rock.

Key Words: Wangxia-Yalao gold deposit; ore character; occurrence; Hainan province