

# 海南定安富文金矿床矿石特征

张小文<sup>1,2,3</sup>, 覃海灿<sup>1,2,3</sup>, 傅杨荣<sup>1,2</sup>

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

**摘要:** 从不同标高、不同品位的矿石选矿试验研究入手, 论述了富文金矿矿石的物质组成、矿物成分、结构构造、金的赋存状态等。研究表明, 该金矿为中型特高硫化物含金石英脉型金矿床, 矿体严格受断裂裂隙控制。矿石的有用组分多样, 有害杂质少, 金矿物主要为自然金。主要金属矿物为黄铁矿、毒砂, 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。自然金形态为尖角粒状、角粒状、长角粒状, 赋存状态以裂隙金为主, 其次为粒间金, 包裹金占 16.9%, 自然金为细粒金。矿石类型为富金银多金属硫化物含金石英脉型。

**关键词:** 金矿; 矿石特征; 赋存状态; 富文; 海南省

**中图分类号:** P612 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)01-0026-04

## Ore Character of Fuwen Gold Deposit in Ding'an, Hainan Province

ZHANG Xiao wen<sup>1,2,3</sup>, QIN Hai can<sup>1,2,3</sup>, FU Yang rong<sup>1,2</sup>

(1. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;

2. Comprehensive Institute of Geological Survey of Hainan Province, Haikou 570206, Hainan, China;

3. Dawei Limited Company of Mine Resources Development of Hainan Province, Haikou 570206 Hainan, China)

**Abstract:** Based on ore examination tests in different levels and grades, the composition, mineral component, texture, structure and Gold occurrence of Gold ore in Fuweng are discussed. It shows that the Fuweng Gold deposit in Ding'an is a middle scale quartz type Gold deposit with high sulfide. The ore body is controlled strictly by the fracture. The useful composition in the ore is multiplicity, the harmful composition is lack and the major mineral is nature Gold. The major metallic minerals and also the major Gold carrier minerals are pyrite and arsenopyrite. 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 granular and long granular. Gold occurs mainly in the shape of fissures, the secondly in interpartides, and inclusion Gold takes only about 16.9%. The native Gold is in microsize. The major ore type is Gold bearing quartz type with poly metal sulfide containing abundant bullion and much.

**Key words:** Gold deposit; ore character; occurrence; Fuwen; Hainan Province

## 0 引言

富文金矿位于海南省中北部定安县境内, 为一厚度小、品位高、沿层间破碎裂隙充填的中低温热液富硫化物石英脉型中型金矿床。富文矿区处于

海南岛华南褶皱系(I级构造单元)五指山褶皱带北缘(II级构造单元), 位于五指山隆起北部(III级构造单元)的雷鸣断陷(IV级构造单元)中, 区域上受东西向王五一文教深大断裂带与昌江—琼海深大断裂带<sup>[1]</sup>及次级北东向断裂构造的控制。区域

收稿日期: 2006 03 20

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(20011300041)

作者简介: 张小文(1968), 男, 广东梅县人, 高级工程师, 博士研究生, 从事地质找矿及矿山地质研究。E-mail: zhangxiaowen704@sina.com

地层简单, 以白垩系砂岩为主, 构造发育, 岩浆活动频繁, 矿点多, 具较好的成矿地质背景(图 1)。

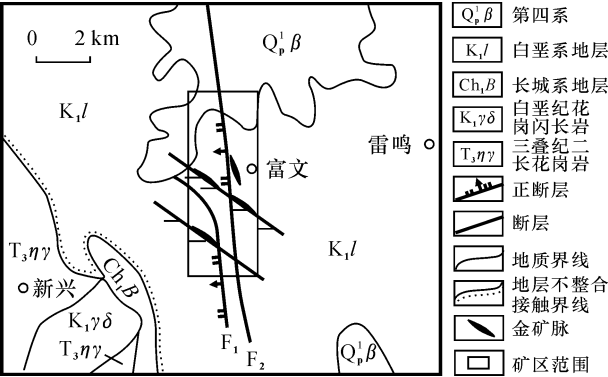


图 1 富文地区地质略图

Fig. 1 Sketch Map of Geologic in Fuweng Region

1 地质概况

富文矿区地层简单, 仅有中生界白垩系鹿母湾组( $K_1l$ ), 分布在区内中部和南部大部分地区。岩性为砂砾岩、含砾长石石英砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩。常夹安山-英安质火山岩。与上覆组整合接触, 底界砂砾岩与下伏花岗岩呈侵入接触关系(见图 1)。

矿区断裂构造十分发育, 主要有北西、东西和北北西向 3 组<sup>[2]</sup>。北西向为一组层间滑动产生的层间断裂, 是矿区的主要成矿构造, 属压扭性断裂。东西向是斜交岩层的一组张扭性裂隙, 规模小, 延伸不大, 是本区内次一级赋矿构造。北北西向为一组区域性构造, 由多条相互平行或断续出现的呈线性分布的断层破碎带构成<sup>[3]</sup>, 并纵贯全区。目前矿区发现有  $F_1$ 、 $F_2$  断层(见图 1)。  $F_2$  断层规模较大, 为正断层, 已控制长度 440 m, 破碎带宽 1~5 m, 倾向 230°, 倾角 78°;  $F_2$  断层对区内矿脉有一定影响, 初步认为是导矿构造, 成矿物质途经断层充填在两侧的裂隙中, 断层破碎带局部地段黄铁矿化强。

矿区中西部和中东部分别出露燕山晚期花岗闪长岩小岩体和花岗岩小岩体<sup>[4]</sup>。花岗闪长岩岩体呈椭圆状, 与白垩系地层呈侵入关系。岩体中局部见白垩系砂岩捕虏体, 岩体中及岩体边缘有黄铁矿化和金矿化石英细脉存在。金矿脉与岩体在空间上有直接成因联系。

2 矿石特征

2.1 矿石物质组成

2.1.1 化学成分

矿石中  $SiO_2$  质量分数平均为 45.77%(表 1),

与吉林省冶金研究院做的选矿试验分析中石英在矿石中占 42.70% 基本一致, 表明该矿石为石英型。

表 1 矿石化学成分分析结果

Tab. 1 Analysis Results of Ore Chemical Composition

样号	$w_B/\%$								
	$Na_2O$	MgO	$Al_2O_3$	$SiO_2$	$K_2O$	CaO	$Fe_2O_3$	$TiO_2$	$SO_3$
HX24	0.07	0.95	3.33	55.91	0.68	0.56	12.45	0.08	22.99
HX25	0.18	0.89	0.79	35.63	0.10	0.70	19.09	0.01	36.95

注: 2005 年由海南省地质中心实验室采用原子吸收法测试分析

矿石伴生元素组分见表 2, 伴生元素银、铅、锌质量分数均达到有用组分平均品位, 具有综合利用价值。

表 2 矿石光谱分析

Tab. 2 Analysis Results of Ore Spectrum

样号	$w_B/\%$					
	Pb	Zn	Fe	Cu	S	Mn
G11	2.78	0.20	14.17	0.027	13.25	0.014
G21	4.14	2.00	15.69	0.085	16.07	0.008
G31	1.75	0.27	15.31	0.052	14.58	0.009
G41	2.51	1.83	13.45	0.038	10.30	0.009
G51	3.04	2.92	15.88	0.066	14.70	0.007

样号	$w_B/10^{-6}$						
	Au	Ag	Sn	Se	Sb	Bi	Hg
G11	41.38	261.0	15.1	29.33	9.61	406.23	0.590
G21	94.80	271.0	18.2	28.29	18.41	367.82	0.770
G31	39.80	272.0	18.0	18.35	16.10	431.72	0.460
G41	77.62	75.9	29.7	84.59	39.06	86.18	0.069
G51	33.75	87.6	37.1	103.42	33.96	129.8	0.118

注: 2005 年由海南省地质中心实验室采用荧光法、撒样法等测试分析

矿石中伴生有益组分有银、铅、锌、铜, 其质量分数分别为  $193.5 \times 10^{-6}$ 、2.844%、1.444%、0.054%。有害组分有硫、汞, 其质量分数分别为 13.78%、 $0.401 \times 10^{-6}$ (见表 2)。可以看出伴生有益组分有回收经济价值, 有害元素影响程度不大。

2.1.2 矿物成分及特征

(1) 经显微镜下检测, 主要金属矿物为黄铁矿、毒砂, 占金属矿物质量分数的 91%, 少量方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉铜矿、铜蓝、赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿、自然金、金银矿、银金矿、自然银等。主要非金属矿物是石英, 占 42.70%。少量碳酸盐、绿泥石、绢云母等(表 3)。

根据矿物成分分析结果, 金属硫化物质量分数为 51.03%(>4%), 属特高硫化物型矿石。

表 3 矿石矿物含量分析结果

Tab. 3 Analysis Results of Mineral Content on Ore

矿 物	w <sub>B</sub> /%	合计
黄铁矿	36.24	51.03
毒 砂	10.63	
方铅矿	2.65	
闪锌矿	0.75	
黄铜矿(含辉铜矿)	0.09	
磁铁矿褐铁矿等	0.67	48.97
石 英	42.70	
碳酸盐	2.30	
绿泥石绢云母	3.97	

注: 2005 年由吉林省冶金研究院采用化学结合显微镜测试

(2)主要矿物为黄铁矿、毒砂、方铅矿、黄铜矿、石英,其特征分别如下:

黄铁矿:是最主要的金属矿物,多呈半自形粒状,碎裂较强烈,常产生一些裂隙被毒砂、黄铜矿、方铅矿等硫化物充填。黄铁矿多与毒砂、黄铜矿、方铅矿等连生。在矿石中多呈块状、团块状、脉状分布。粒度粗,与金的关系密切<sup>[5]</sup>,镜下均发现裂隙金、粒间金和包裹金。

毒砂:是该矿石中的主要金属硫化物<sup>[6]</sup>,是唯一含砷矿物,占 10.63%,多呈自形-半自形粒状,常呈脉状、团块状产出。部分毒砂充填于黄铁矿裂隙中<sup>[7]</sup>,粒度大于 0.074 mm,占 57.8%(表 4),镜下见毒砂与黄铁矿粒间颗粒。

表 4 主要金属硫化物粒度

Tab. 4 Statistics of Granularity on Main Metal Sulfide

矿物	粒度/mm					合计
	w <sub>B</sub> /%	< 0.01	0.01~0.037	0.037~0.074	0.074~0.1	> 0.1
黄铁矿	2.3	11.1	15.7	11.8	59.1	100.0
毒 砂	4.2	11.6	26.4	27.8	30.0	100.0
方铅矿	3.7	12.1	30.1	29.5	24.6	100.0
黄铜矿	4.2	41.9	26.4	9.9	4.2	100.0

注: 2005 年由吉林省冶金研究院采用岩矿鉴定测试

方铅矿:在该矿石中占 2.65%,多呈自形-半自形粒状,常伴随黄铜矿充填在黄铁矿裂隙中。镜下见有方铅矿与其他硫化物粒间金。

黄铜矿:在矿石中占 0.09%,常在黄铁矿裂隙中产出,主要呈自形-半自形晶粒状,粒度较细,大多数为中细粒(0.074~0.01 mm),占 68.3%(见表 4)。黄铜矿与金的关系比较密切,在黄铜矿、黄铁矿及其他矿物中均发现金颗粒。

石英:为主要的脉石矿物,可分为粗粒石英、粒

度为 0.2~0.5 mm 和细粒集合体,一般粒度为 0.01~0.02 mm。在少量石英颗粒中存有自然金包裹体<sup>[8]</sup>。

2.2 矿石结构、构造

结构较复杂,主要有自形-半自形-它形不等粒结构,多数毒砂及少数黄铁矿呈自形-半自形晶结构,其他硫化物多呈它形晶粒状结构。碎裂结构,黄铁矿受地质应力作用产生裂隙,被后期硫化物充填溶蚀。固溶体分离结构,少见有黄铜矿呈乳浊状嵌存在闪锌矿中。包含结构,有细小金矿物嵌存在黄铁矿、黄铜矿和脉石中而呈此结构。

块状构造,以黄铁矿为主的金属硫化物在矿石中呈此结构。脉状构造,黄铁矿、毒砂在矿石中呈脉状构造,黄铜矿、方铅矿等硫化物充填在黄铁矿裂隙中呈脉状构造。团块状构造,局部硫化物聚集在矿石中呈团块状。浸染状构造,极少数的黄铁矿、毒砂及方铅矿在脉石中呈浸染状构造。

2.3 金的赋存状态

通过镜下与人工重砂分析,金的赋存状态基本上以独立金矿物和含金矿物形式出现。独立金矿物以自然金形式出现,金的最大粒度为 0.31 mm×0.46 mm×0.08 mm(板片状巨粒金)。含金矿物以银金矿形式出现,占绝大多数。含金矿物主要有黄铁矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉铜矿、磁铁矿等,金是以类质同象混入物或吸附状态存在于含金矿物中<sup>[9]</sup>,金矿物多呈粒间金形式嵌布,颗粒形态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尖角砾状、角砾状、长角粒状、叶片状和素粒状等,以尖角砾状、角粒状和长角粒状为主(表 5)。金以中细粒金(粒度 0.01~0.074 mm)为主,约占 69.7%(表 6)。

表 5 金的形态分析

Tab. 5 Analysis Results of Gold Shapes

形态	尖角粒状	角粒状	长角粒状	叶片状	素粒状	枝杈状	合计
w <sub>B</sub> /%	33.2	25.3	21.6	9.4	6.2	4.3	100.0

注: 2005 年由吉林省冶金研究院采用光片测试;数据为相对含量

表 6 金的粒度统计

Tab. 6 Statistics of Gold Grain Amount

类型	微粒金	细粒金	中粒金	粗粒金	巨粒金	合计
粒度/mm	< 0.01	0.01~0.037	0.037~0.074	0.074~0.30	> 0.30	
w <sub>B</sub> /%	9.1	47.9	21.8	15.4	5.8	100.00

注: 2005 年由吉林省冶金研究院采用光片测试;数据为相对含量

2.4 金的嵌布形式

自然金、含金矿物在矿石中以裂隙金、粒间金

和包裹金形式嵌布(表 7)。

表 7 金的嵌布特征统计

Tab. 7 Statistics of Gold Inlay Characteristic

类型	嵌布形式	$w_B/\%$	合计
包裹金	黄铁矿中	5.2	100.0
	黄铜矿中	7.4	
	脉石中	4.3	
粒间金	脉石英粒间	3.1	
	黄铁矿粒间	14.8	
	黄铁矿与黄铜矿	8.6	
	黄铁矿与毒砂	6.2	
	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、脉石	4.8	
裂隙金	黄铁矿裂隙	29.3	16.3
	黄铁矿裂隙与其他矿物连生	16.3	

注: 2005 年由吉林省冶金研究院采用光片测试

(1)裂隙金, 为矿石中金的主要赋存形式, 质量分数为 45.6%, 主要分布在黄铁矿裂隙中, 多以集合体形式出现, 颗粒较大。

(2)粒间金, 质量分数为 37.5%, 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, 一般呈尖角粒状或角粒状。

(3)包裹金, 质量分数为 16.9%, 自然金粒度较细, 呈浑圆状沉淀在石英及载金矿物(黄铁矿、黄铜矿)中。

2.5 矿石类型

矿石类型为富金银多金属硫化物含金石英脉型。矿石中以金为主, 伴生有银、铅、锌元素, 还伴有微量锑、铜、砷等元素<sup>[10]</sup>。矿物以石英为主, 质量分数为 42.7%。

主要金属矿物有黄铁矿、毒砂、自然金、银矿物、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、碎裂结构, 团块状构造。

2.6 矿石可磨度

矿石可磨度分析结果见表 8。

表 8 矿石可磨度对比

Tab. 8 Contrast of Ore Grinded Grade

矿石名称	$t/\text{min}$			
	5	10	15	20
标准金矿石(杨家杖子)/%	50.50	78.90	92.60	97.60
被测金矿石(海南富文)/%	49.00	71.80	89.30	95.80

注: 2005 年由吉林省冶金研究院对比分析; 数据为矿石磨至 0.071 mm(200 目)时所占的比例

当磨至 0.071 mm(200 目)90%时, 标准矿石与

被测矿石之比用  $K$  表示

$$K = T_1 / T_0 = 0.92 < 1$$

式中:  $T_0$  为海南富文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。

3 结语

(1)该矿石硫化物含量高, 属特高硫化物含金石英脉矿石类型。矿石中主要金属矿物为黄铁矿, 次为毒砂, 少为方铅矿。非金属矿物主要为石英, 有少量碳酸盐、绿泥石和绢云母等。矿石中除金有回收价值外, 银为综合回收元素, 并且铅也可回收利用。矿石中含砷较高, 会对选矿产生不利影响。

(2)该矿石中金与硫化物关系密切, 金以裂隙金、粒间金为主, 少量为包裹金。矿石中含有大粒金, 金粒粗细不均(0.3 ~ - 0.01 mm), 其中裂隙金、粒间金的粒度较粗, 包裹金的粒度较细。

(3)矿石赋存状态有利于磨矿, 但包裹金粒度大多在 10 $\mu\text{m}$  左右<sup>[11]</sup>, 会影响金的解离, 硫化物含量高, 金粒粗细不均, 对浮选会产生不利影响。

参考文献:

[ 1 ] 黄香定, 何圣华, 钟盛中, 等. 海南省矿床成矿系列及成矿预测[ R ]. 海口: 海南省地质矿产勘查开发局, 2001.

[ 2 ] 傅良刚, 海 涛, 王志杰, 等. 海南省定安县富文金矿区补充勘查地质报告[ R ]. 海口: 武警黄金部队黄金指挥部海南分部, 1999.

[ 3 ] 丁式江. 海南岛中西部金矿集中区断裂构造的分形研究[ J ]. 地质前缘, 2004, 11(1): 189-194.

[ 4 ] 李永军, 赵仁夫, 李注苍, 等. 岩浆混合花岗岩微量元素成因图解尝试——以西秦岭温泉岩体为例[ J ]. 长安大学学报: 地球科学版, 2003, 25(3): 7-12.

[ 5 ] 卿 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.

[ 6 ] 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.

[ 7 ] 潘兆璜. 结晶学及矿物学. 下册[ M ]. 北京: 地质出版社, 1985.

[ 8 ] 唐俊红, 郭清宏. 马庄山金矿中石英特征与金矿化的关系[ J ]. 甘肃地质学报, 1999, 8(1): 66-71.

[ 9 ] 周新春, 贾小梅, 刘 爽, 等. 陕川丁家林—太阳坪金矿区金的赋存状态及主要特点分析[ J ]. 西北地质, 2005, 38(1): 64-70.

[ 10 ] 程海滨, 唐汇民. 海南省定安县富文金矿详查地质报告[ R ]. 海口: 武警黄金部队第十六支队, 1989.

[ 11 ] 杨中宝, 彭省临, 胡祥昭, 等. 浏阳七宝山铜多金属矿床流体包裹体特征及成矿意义[ J ]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(2): 11-15.