福建双旗山金矿床金矿化及有机地球化学特征①

耿文辉[1,2]，谢文清[3]，陈远荣[2]，谭运金[2]
(1. 成都理工大学，四川 成都 610059；2. 桂林矿产地质研究院，广西 桂林 541004；3. 福建省双旗山金矿，福建 德化 362509)

摘　要：将双旗山金矿矿化类型划分为石英脉型和蚀变岩型。通过分析测试不同矿化类型、不同地质体、不同开采中段岩矿石样品的有机烃类组分和金含量，认为有机烃类组分和金矿化有着密切的成因联系，在含量上呈反比。因此，有机烃类组分低值异常可以作为该矿床地球化学找矿评价指标。

关键词：金矿床；矿化；有机地球化学；福建双旗山
中图分类号：P618.51　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1001-5663(2004)02-0152-05

双旗山金矿床产于闽东火山断拗带西部周宁-华安断隆中，其赋矿地层为上元古界麻源群(Pt_3my)；含矿围岩为云母斜长变粒岩、云母片岩、石英云母片岩、黑云斜长变粒岩等。矿体呈脉状沿NW 向断裂产出(图 1)。矿山经过十年来的开采，资源状况不容乐观。本文应用有机地球化学方法，结合矿化特征，提出找矿评价指示标志，以期促进双旗山矿山新一轮找矿。

1　金矿化地质特征

对于双旗山金矿的地质特征和成因，张家远[1]、刘连登、陈国华[2]等都进行过有益的工作，认为矿床形成受变质作用或火山作用控制，提出了两种不同的成因观点。作者认为，找矿评价的关键问题是通过含矿围岩、矿化特征、围岩蚀变、地球化学等研究确定找矿评价指标，明确找矿方向。矿化特征是地质、地球化学成矿作用的总体表现，是建立正确找矿思路的基础。本节以矿化特征为主探讨双旗山金矿床地质特征。

按照矿体产出的构造性质、产状，矿石的结构、构造、矿石的矿物组成和围岩蚀变等特征，将矿化划分为两种类型：即石英脉型和构造蚀变岩型。

1.1　石英脉型金矿化

石英脉型金矿化是该矿床的重要金矿化类型，其特征是硅化强，硫化物含量多，矿石品位较高，矿化稳定。根据含矿石英脉的形态、产状和控脉的断裂构造特征，又将石英脉型金矿化分为单脉型和脉带型两个亚类。

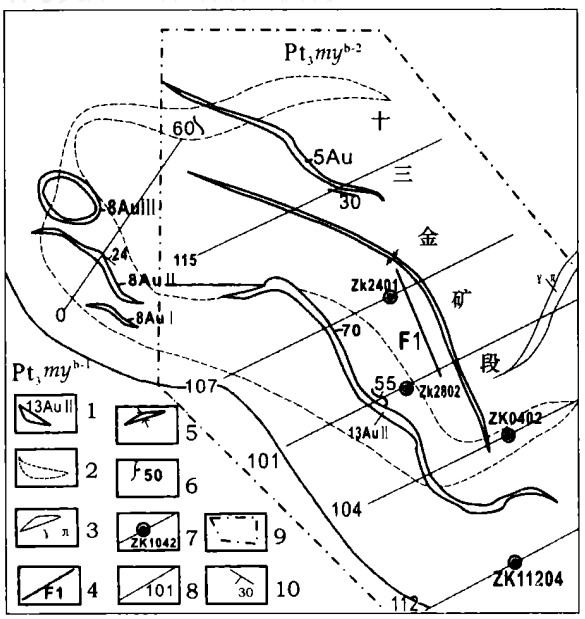


图 1　双旗山金矿床地质简示图

Fig. 1　Geological sketch of Shuangqishan gold deposit

Pt_3my^{b-2} 上元古界麻源群第二段上亚段　Pt_3my^{b-1} 上元古界麻源群第二段下亚段　1- 金矿体及编号　2- 化探异常　3- 花岗斑岩　4- 实测断层　5- 线状向斜轴线　6- 片理、条纹理产状　7- 钻孔及编号　8- 勘探线及编号　9- 矿段范围　10- 地层产状

① 收稿日期：2003-12-10　作者简介：耿文辉(1956-)，男，教授级高级工程师，长期从事地质找矿与勘探工作。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.1.1 单脉型金矿化

以赋存在双旗山金矿区东部和南部的金矿体为代表, 其主要的地质特征是: 金矿化赋存在呈单脉状产出的石英脉内, 形态简单, 脉壁平直或呈折线状弯曲, 脉体即矿体, 构成矿体的脉体与其围岩之间存在着明显的边界。脉体产状稳定, 走向主要是近 SN 向或NNE向, 向 E 陡倾斜。脉体厚度变化小, 一般为 30cm～50cm, 也见及厚度达 100cm 的脉体。局部见走向呈 NE 向的含矿石英脉和倾角平缓的含矿石英脉(照片1)。脉体在走向、倾向上均出现尖灭再现现象。



照片 1 产于花岗二长岩内的产状平缓的含矿石英脉(双旗山金矿 21Au)

Photo 1 Gently ore bearing quartz veins in granitic monzonite of Shuangqishan gold deposit

矿石的组成矿物主要是石英, 少量的黄铁矿, 偶见方铅矿、黄铜矿等, 肉眼可见自然金。黄铁矿呈微脉状, 沿石英脉内的微裂隙带产出, 局部见呈斑块状、星散状产出的黄铁矿。金品位分布不均匀, 金品位的高低与石英脉内的黄铁矿含量有关, 一般说来, 石英脉内的黄铁矿含量高, 其矿石的金品位较高, 反之亦然。据刘连登[②]等研究, 矿床中存在石英重晶石脉(重晶石的含量超过 50%)和重晶石石英脉(重晶石的含量少于 50%), 其金品高, 往往构成富矿体。

该类型金矿化的近矿围岩发育有宽窄不等的热液蚀变作用产物, 主要蚀变为绢云母化、硅化和黄铁绿泥碳酸盐化。

1.1.2 脉带型金矿化

脉带型金矿化主要分布在该矿床的北部, 以 13Au 等矿带为代表。其主要特征是: 平行产出的石英细脉构成金矿体, 组成密集脉带群(照片 2), 单条石英细脉厚 0.ncm～1.5cm, 细脉之间的间距为 1cm～ncm。石英细脉带其走向为NW 320°～330°和近 SN 向, 倾向 E。

在脉带型金矿化发育地段, 常出现透镜状、团块状和肠状石英脉, 这些脉体多赋存在断裂产状变化部位或片理化揉皱的褶曲转折端, 或沿主断裂面产出, 它们组成的矿石, 其金品位较高。这类脉体与组成脉带型金矿化的石英细脉呈渐变过渡关系。

该类金矿化构成的矿体, 其金品位较贫, 一般为 1g/t～3 g/t, 但矿化相对较均匀。围岩蚀变作用较弱, 主要是黄铁矿化、绿泥石化等。

脉带型金矿化的控矿构造是压性或压扭性断裂构造和与之相关的揉皱状褶曲(照片 3)、片理化带(照片 2)。由于压性、压扭性断裂构造及其派生构造沿走向、倾向常表现出舒缓波状, 受它们控制的石英细脉带也相应地改变其产状。



照片 2 脉带型金矿化(双旗山金矿 587 中段 105 线)

Photo 2 Gold mineralization vein on 587 level of 105 line, Shuangqishan gold deposit



照片 3 呈揉皱状褶曲产出的脉带型金矿化

Photo 3 Gold mineralization vein in the corrugation fold

② 刘连登等. "福建双旗山浅成脉型金矿体定量预测及外围找矿靶区评价"[R]. 长春科技大学和福建双旗山金矿, 1999.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2 蚀变岩型金矿化

蚀变岩型金矿化是该矿床具重要找矿意义的金矿化类型, 含矿围岩经受成矿热液蚀变作用, 形成具工业意义的金矿体, 其主要特征是: 原岩的岩性是变粒岩和石英二长斑岩、斑状花岗二长岩; 与金矿化关系密切的蚀变作用是黄铁绢英岩化、绢云母化、硅化; 矿体与其蚀变围岩之间, 缺乏明显的边界, 矿体的边界需根据化验的金品位圈定。

蚀变岩型金矿石与近矿蚀变岩石在组成矿物和结构、构造特征上没有明显的差别, 两者的主要组成矿物是石英、绢云母、黄铁矿, 并含有较多的长石和碳酸盐类矿物。两者主要区别在于, 矿石含有较多的呈微细脉状、浸染状和网脉状产出的黄铁矿、绢云母和石英。

矿石的金品位较贫, 但矿化较之石英脉型金矿化均匀。

该类型金矿化不仅受蚀变作用类型制约, 也受断裂构造和岩浆岩控制。在 587 中段, 见到蚀变岩型金矿化受近 SN 向或 NNE 向扭性断裂及其派生的密集裂隙带控制(照片 4), 同时也见到发育于斑状花岗岩内的蚀变岩型金矿化。



照片 4 密集裂隙带控制的金矿体
587 中段 113 采场

Photo 4 Gold ores in compressive schistosity zone, quarry 113 on 587 level

蚀变岩型金矿化与石英脉型金矿化之间存在密切的空间联系, 石英脉型金矿化多沿断裂带的主断裂面充填, 蚀变岩型金矿化多发育在主断裂面上、下盘的密集裂隙带展布地段。

2 矿床中金及有机地球化学特征

2.1 矿区金及有机地球化学元素背景及局域场特征

2.1.1 背景样品中金及烃类组分特征

矿床中各烃类组分的背景、方差等地球化学参数变化特征见表 1。总体上, 无论是烷烃还是烯烃, 均具有随着分子量的增加, 含量逐步降低的变化趋势。各组分的变异系数均小于 0.7, 这表明矿床中烃类组分含量变化较均匀。

就甲烷的背景值而言, 该金矿床与福建泰宁何宝山金矿床相当, 并且大大高于陕西铧厂沟金矿、陕西玉泉坝金矿、陕西马鞍桥金矿。

表 1 双旗山金矿床金及有机地球化学参数

Table 1 Gold and organic geochemical parameters of Shuangqishan gold deposit

$w_{(B)}/ul \cdot kg^{-1}$

地区	元素	背景(Mo)	方差(σ)	变异系数(V)	资料来源
福建双旗山	Au[1)]	18.0	13.7	0.76	本次研究
	C_1	1739	1021	0.59	
	C_2	241	140	0.58	
	C_3	116	70	0.6	
	iC_4	15	9	0.6	
	nC_4	36	21	0.58	
	C_2H_4	201	100	0.5	
	C_3H_6	142	76	0.54	
福建何宝山金矿	C_1	1786	870	0.49	陈远荣③
陕西铧厂沟金矿	C_1	44	19	0.43	
陕西玉泉坝金矿	C_1	73	40	0.55	
陕西马鞍桥金矿	C_1	440	280	0.64	

注: 1)Au 的含量单位为 10^{-9}, ③

2.1.2 金矿石中金及有机元素含量的相关性特征

表 2 列出了金矿石中金及有机元素含量。表 2 可看出: 在石英脉型矿石中, 金的含量往往较高, 而在蚀变岩型矿石中, 金的含量相对较低。矿体产状与元素含量关系不大。

烃类组分含量的变化与各大矿石类型之间关系不密切, 但矿石中金的含量与烃类组分含量呈反比关系, 即矿石中金的含量较高时, 烃类组分含量往往较低, 反之亦然, 当矿石中金的含量较低时, 烃类组分含量往往较高。无论是何种矿石, 烃类组分均具有随着分子量的增加, 其含量呈规律性地逐步降低的变化趋势。

金矿石中金及烃类组分的相关性(表 3)表现为呈微弱负相关。但所有烃类组分之间均呈极显著的正相关, 相关系数全部大于 0.9。

2.2 烃类组分及金在不同地质体中的含量特征

各烃类组分及金在不同地质体中的含量变化特征见表 4。

③ 陈远荣 陕西马鞍桥金矿找矿科研报告[R]. 桂林矿产地质研究院, 2002

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　双旗山金矿不同矿石类型各元素含量

Table 2　Element contents of different ore types in Shuangqishan gold deposit　　$w_{(B)}/\mu L \cdot kg^{-1}$

样品编号	取样位置	矿石类型	矿体产状	Au[1)]	C_1	C_2	C_3	iC_4	nC_4	C_2H_4	C_3H_6
双矿- 1	562- 104	石英脉型	NE 倾	> 5000	4166	689.0	229.3	11.46	78.72	530.9	357.9
双矿- 2	562- 100	石英脉型	缓NE 倾	> 5000	5069	737.8	317.7	24.22	140.3	805.0	624.5
双矿- 3	562- 103	石英脉型富矿	缓 S 倾	> 5000	41.7	6.9	3.8	0.37	1.34	11.9	9.6
双矿- 4	562- 105	石英脉型	很缓 SE 倾	> 5000	3515	564.4	195.7	10.68	67.73	458.9	317.6
双矿- 5	562- 105	石英脉型	陡NE 倾	4234	8170	1203	504.9	34.62	225.2	1163	871.7
双矿- 6	562- 115	石英脉型	缓 SE 倾	> 5000	7627	1214	596.1	43.13	262.5	1271	986.1
双矿- 9	587- 101	石英脉型	缓NE 倾	> 5000	68.2	20.0	11.5	1.03	4.94	37.8	26.0
双矿- 13	587- 113.5	石英脉型	E 倾	> 5000	142.1	13.0	7.8	0.93	4.28	24.3	20.0
双矿- 14	587- 107.9	石英脉型		> 5000	9585	1482	724.5	56.01	298.9	1597	1279
双矿- 7	562- 107	蚀变变粒岩型	缓NW 倾	3181	4955	748.2	365.9	26.01	169.2	773.8	586.3
双矿- 8	587- 104	蚀变变粒岩型	NE 倾	3019	2175	371.9	115.5	5.11	39.23	283.6	196.5
双矿- 10	587- 107	蚀变石英碎斑岩型	陡W 倾	1420	3421	524.7	188.6	10.55	82.38	452.3	314.6
双矿- 11	587- 107	构造蚀变岩型	陡W 倾	3264	11022	1607	645.0	37.64	263.8	1455	1094
双矿- 12	587- 111	蚀变片岩型	陡W 倾	> 5000	2592	426.6	164.2	9.80	67.95	395.2	306.3

注: 1 样品由桂林矿产地质研究院化探室分析组测试(下同)。

1)Au 含量单位为 10^{-9}。

表 3　双旗山金矿矿石组分之间的相关系数

Table 3　Correlative coefficients between various ore compositions of Shuangqishan gold deposit

	Au	C_1	C_2	C_3	iC_4	nC_4	C_2H_4	C_3H_6
Au	1.00							
C_1	-0.13	1.00						
C_2	-0.12	1.00	1.00					
C_3	-0.06	0.98	0.98	1.00				
iC_4	0.02	0.93	0.94	0.98	1.00			
nC_4	-0.07	0.97	0.97	1.00	0.99	1.00		
C_2H_4	-0.06	0.99	0.99	1.00	0.98	0.99	1.00	
C_3H_6	-0.03	0.98	0.98	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00

(1) 除甲烷外, 乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯、丙烯在花岗闪长斑岩和白岗岩中的含量均明显高于矿石、强蚀变围岩、弱蚀变围岩和未蚀变围岩中的含量。这表明, 本区的成矿热液富含有机质的衍生组分—烃类气体, 包括烃类气体在内的各类有机物质对本区成矿物质的迁移、沉淀和富集均有重要作用与影响, 烃类气体可作为本区重要指示元素。

(2) 从矿体→强蚀变围岩→弱蚀变围岩→未蚀变围岩, 各烃类组分均具有由低迅速变高, 再逐渐降低的变化特征。显然, 成矿热液在就位、沉淀成矿及其逐渐冷却过程中, 其中的伴生烃气受热力作用和内压作用驱动, 不断向上和向围岩扩散, 最终形成一个以矿体为中心的空心晕圈异常。

(3) 各烃类组分在不同地质体中的含量虽然不同, 但各组分之间的高低变化及组成比例是同步、协调的, 这表明各烃类气体源于同一母体, 且经历了类似的地质地球化学历程。

表 4　各烃类组分及金在不同地质体中的含量

Table 4　Contents of different hydrocarbons and gold in different geologic bodies

$w_{(B)}/\mu L \cdot kg^{-1}$

地质体	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	iC_4H_{10}	nC_4H_{10}	C_2H_4	C_3H_6	Au[1)]
石英脉型矿体(11)	3928.7	608.5	258.9	17.5	111.9	585.6	440.3	4667
变粒岩型矿体(17)	3974.2	605.0	292.7	21.9	131.5	643.2	483.7	2597
强蚀变围岩(6)	5319.6	817.8	419.4	32.9	190.2	894.0	708.6	1414
弱蚀变围岩(15)	5015.5	765.7	414.5	33.5	190.7	876.6	673.7	124
未蚀变围岩(11)	3028.7	458.9	247.8	20.3	113.7	545.8	425.0	13.8
花岗闪长斑岩(8)	6804.6	1006.4	563.2	49.7	275.5	1178.2	936.2	68.2
白岗岩(6)	6522.4	964.7	564.4	50.7	280.8	1194.8	957.7	315.9
花岗岩克拉克值(维)								4.5

注: 1 括号内为统计样品数, (维)—维诺格拉多夫, 1962 年。1) 金的含量单位为 10^{-9}。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 5　各中段烃类含量平均值

Table 5　Average contents of hydrocarbons on different levels　　$w_{(B)}/\mu L \cdot kg^{-1}$

中段	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	iC_4H_{10}	nC_4H_{10}	C_2H_4	C_3H_6	Au[1)]
地表	1592.8	271.2	159.3	13.0	68.1	322.0	231.6	887.2
662	4534.5	706.7	368.2	28.7	168.1	760.1	593.6	830.4
622	5797.1	914.5	520.3	42.9	246.9	995.4	750.5	350.3
587	5318.4	805.2	426.4	35.3	197.0	901.8	691.9	53.3
562	4535.6	690.7	339.1	25.2	157.5	727.9	553.2	1137
537	5581.1	834.8	449.9	37.8	216.5	961.9	745.9	

注: 1) 金的含量单位为 10^{-9}

(4) 花岗闪长斑岩与矿体、强蚀变围岩及弱蚀变围岩比较, 其中的重烃组分乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷等明显偏高。在正常情况下, 花岗闪长斑岩形成时至少经历了 600℃以上的高温, 其中的原始有机物已几乎全部裂解, 演变产物主要为 H_2、C、CO_2 和 CH_4, 重烃组分已不存在, 而在本区的花岗闪长斑岩中, 不仅存在重烃组分, 而且还高于围岩及矿石中的含量。这一方面说明岩浆岩脉在侵位与冷凝过程中, 还不断地从地层中掳掠新的有机物, 这些新加入的有机物在岩浆的热力作用下不断演化产生大量的烃气; 另一方面, 说明岩浆的热力烘烤作用使围岩中大量原始有机物得以迅速成熟产生大量烃气, 当岩脉(岩体)冷却后反过来大量吸附周围的烃气。

2.3　烃类组分及金在不同中段的含量变化特征

从地表至 537 中段, 各烃类组分的含量变化见表 5。表 5 表现出烃类组分在纵剖面上(不同中段)存在两个浓集中心, 一个位于 622 和 587 中段, 另一个位于 537 中段。金在烃类组分浓集中心含量较低, 反映出烃类组分低值异常是金找矿评价指标。烃类在纵向剖面上的变化特征也表明本区经历了多期次的成矿作用叠加。

3　几点讨论

(1) 双旗山金矿床金矿化以石英脉型和蚀变岩型为主, 且石英脉型品位较富。金及烃类组分表现为微弱负相关。矿石中金的含量与烃类组分含量呈反比关系, 即矿石中金的含量较高时, 烃类组分含量往往较低。因此, 有机烃类组分低值异常带指示矿化存在的可能性。

(2) 双旗山金矿床有机烃气各项组分来源相同, 并且经历了非常类似的地质演化历程。有机物对本区金矿成矿具有重要作用, 金的有机络合物可能是本区金的重要搬运形式之一, 同时, 有机烃气是本区重要的伴生气体组分之一。烃类组分可作为本区找矿预测的重要指标。

(3) 从金元素与烃类组分的相关性看, 成矿物质就位沉淀以后, 伴生的烃类气体和有机络离子与主成矿元素金之间在空间上产生了一定的分离, 但两者在成因上存在相辅相成的关系。

致谢: 参加本项目的人员还有黄杰、卢汉堤、徐庆鸿及福建省双旗山金矿地质工作者, 在此一并表示感谢!

参考文献:

[1] 张家远. 福建省双旗山金矿床地质特征及成因[J]. 福建地质, 1992, 11(1).

[2] 刘连登, 陈国华等. 福建双旗山浅成脉型金矿地质及其意义[J]. 福建地质, 1999, 18(2).

GOLD MINERALIZATION AND OGANIC GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SHUANGQISHAN GOLD DEPOSIT IN FUJIAN

GEN Wen-hui[1,2], XIE Wen-qing[3], CHEN Yuan-rong[2], TAN Yun-jin[2]

(1. *Chengdu University of Science and Technology, Chengdu, Sichuan*; 610059; 2. *Guilin Research Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin, Guangxi*, 541004; 3 *Shuangqishan Gold Mine, Dehua, Fujian*, 362509)

Abstract: The mineralization type of Shaungqishan gold deposit has been divided into quartz vein and alteration type. According to hydrocarbons and gold content of rock and ore of various mineralization types, geological bodies on different mining levels it is considered that the gold mineralization is closely associated with hydrocarban compositions showing an inverse ratio in content. Therefore, the lower value anomaly of hydrocarbons can be used as a gechemical index for prospecting evaluation of the deposit.

Key Words: gold deposit; mineralization; organic geochemistry; Shaungqishan; Fujian

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net