

赣西北地体 Au 分布 及其成矿地球化学研究^①

刘英俊 李扬 季峻峰 邱德同 王峰

(南京大学地球科学系)

高维敬

(江西区域调查大队)

提 要 中元古界九岭群为赣西北地体内最重要的地质单元之一,是 Au—Ag—As 组合的含金建造,所处的大地构造背景为 ACM 区;花岗岩化过程能提供 Au 有利的络合剂,晚期花岗岩化作用更具成矿意义;区域金矿化大体上可分为北部变质热液型单金矿化和南部岩浆热液叠加型 Au、Ag 为主的多金属矿化等二种类型,区域找矿应注意 Au、Ag、As、Pb、Zn 等元素的异常,围绕九岭群、晚期小岩体和断裂构造等核心问题来开展工作。

关键词 赣西北 Au 矿化类型 地球化学

赣西北地体位于江南成矿带中部,与成矿带上其他地区相比,该区在金矿勘探上尚未取得突破性进展、尚无中大型矿床发现,然而,该区所具有的良好成矿条件和众多零星矿化显示了其重要的研究价值。

1 区域地质概况

赣西北地体在大地构造位置上处于江南古岛弧带中部九岭山隆起区,元古代末形成的东西向断裂是本区最古老的一种基底构造,自东安期以来,岩浆活动频繁,形成了广泛分布的不同时代花岗岩和少量基性侵入、喷出岩,区域地层出露较为齐全,仅缺失下古生界和第三系,其中九岭群为区内分布最广泛、最古老的层位,时代上可与邻区冷家溪群或双溪坞群类比。

根据王自强(1986)、马长信(1988)和徐备(1986,1990)等人的研究,九岭群为一套浅变质的浊积岩系,可划分为六个岩性段,自下而上依次为:下阮组、大坑组、新民组、棋枰组、宜丰组和长水桥组。凝灰质砂岩、板岩、千枚岩和部分片岩是其主要岩性,其中砂岩的杂基含量和岩石

^① 国家自然科学基金资助课题

化学成分特征都显示其为杂砂岩的特征^①,杂砂岩中主要碎屑成分为石英、长石和岩屑,含量范围分别为:55~70%、3~15%和7~35%,据 Dickson(1983)研究^[1],该类型杂砂岩源区应为活动大陆边缘(图 1)。

利用岩石化学数据,在砂泥质岩石化学成分与大地构造背景判别图上投影(图 2),结果绝大多数九岭群岩石样品都落入或紧靠活动大陆边缘区(ACM),在 Bhatia(1983)^[2]杂砂岩构造背景判别函数图解上(图 3),本区杂砂岩也均落入 ACM 区。

稀土元素地球化学研究表明,九岭群 REE (均值)配分型式与澳大利亚塔斯曼褶皱带 kodgkison 岩系的稀土配分型式极为相似,尤其在稀土总量、Eu 亏损和分馏程度上,二者基本一致,说明其大地构造背景相同,皆为 ACM 区^{[3][4]}。

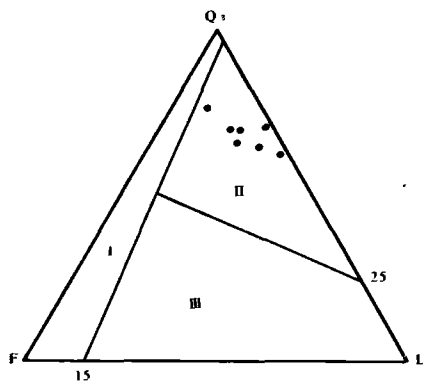


图 1 杂砂岩物源区大地构造背景判别图 (Dickson, 1983)

I—陆块 II—造山带 III—岩浆弧 ·—样品投影点

Fig. 1 Diagram of discrimination on the geotectonic setting of graywacke source area

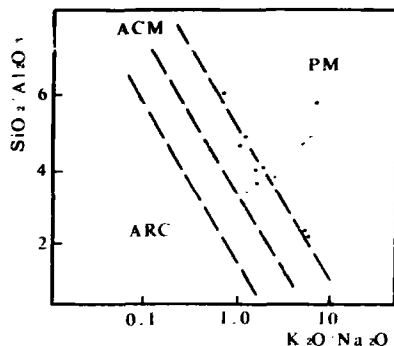
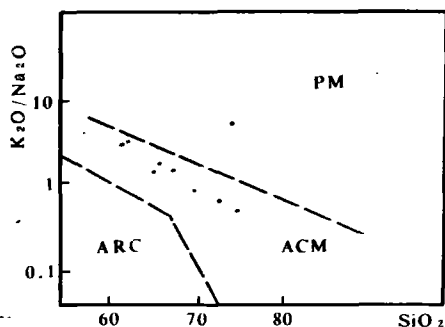


图 2 砂泥质岩石大地构造背景判别图解(Roser, 1976)

Fig. 2 Discrimination on the geotectonic setting of arenaceous and mud rock

① 刘英俊、李扬等,赣西北地体含金建造地球化学特征及其控矿机制,《中国科学》(B辑),待刊。

2 元古界九岭群含金建造中 Au 的分布特征

2.1 九岭群 Au 等微量元素含量特征

含矿建造成矿元素的平均丰度是建造控矿的一个重要指示标志,如表 1 所示,在九岭群含金建造中 Au、Ag、As、Sb 等元素有较高的平均含量及较大的富集系数,表明该群为一套富含 Au、Ag、As、Sb 等元素的建造。与邻区湘东北中元古界冷家溪群相比较,九岭群中 Ag 的含量较高,而 As 的含量较低,这很大种度上影响了其矿化的特征。九岭群各组段的微量元素含量有很大的差异性,尤其是 Au、Ag、As、Sb、Hg、Sn 等成矿元素和 Mn、Co、Ti、Cr、V 等基性元素在不同组段其平均含量相差较大。依据微量元素含量特征,九岭群可分为两类地球化学群^①:第 I 类包括长水桥组、新民组、大坑组和下阮组,以高含量的 Au、Ag、As、Sb、Hg、Sn 和相对较低的基性元素为特点,第 II 类包括宜丰、棋枰二组,以较低含量的 Au、Ag 等成矿元素和较高含量的 Mn、Co、Ti、Cr、V 等基性元素为特点。

两类地球化学群的形成是后期不均匀地质改造作用的结果^①。所谓低金层位实质上是在强烈变质改造条件下 Au 等成矿元素活化亏损后的产物,而高金层位是指那些“Au 微亏损”的层位。高金层位的存在是建造具有较好原始含矿性的反映,低金层位表明了建造中成矿元素被活化的事实,二者在同一建造中共轭并存是区域含金建造的最佳指示。

2.2 Au 等微量元素分布特征

如图 4 所示,Au、Ag、As、Sb 均呈明显的双峰或多峰分布,为含矿建造中成矿元素所特有的分布型式^[5]。

其中,Au 的低峰值在 0.60~1.35ppb 之间,与岩石中石英、长石等矿物中 Au 的含量大体相当,(Boyle,1979)^[6],低金层位(Ⅱ类)中岩石样品的 Au 含量也大多在此范围内变化,因此低峰值代表了建造中残存的“不可活化的 Au”。Au 的高峰值在 3.4~6.1ppb 之间,反映了金呈易

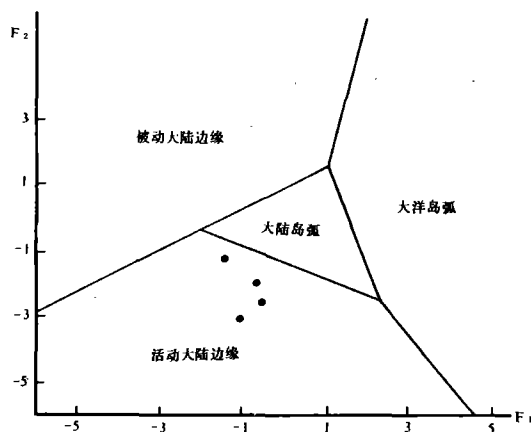


图 3 杂砂岩构造背景判别函数图解(Bhatia,1987)

Fig. 3 Diagram of discriminant function of graywacke geotectonic setting (Bhatia,1983)

① 同第 1 页注

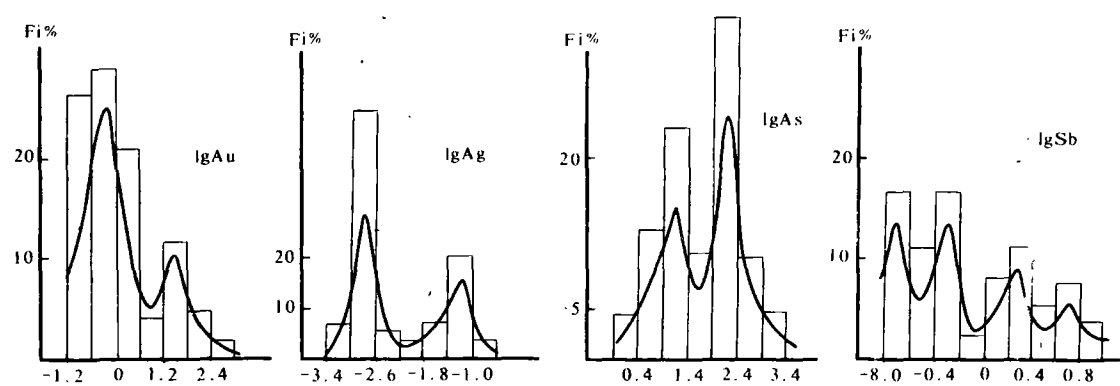


图 4 九岭群 Au、Ag、As、Sb 含量对数直方图(N=52)

Fig. 4 Log—frequency histogram of the contents of Au,Ag,As and Sb in Jiuling Group(N=52)

活化状态存在的事实,Au 的高峰值与高金层位(Ⅰ类)中 Au 的平均含量大体相当,说明高金层位中尚存未被活化的“可活化 Au”。所以,Au 的双峰分布与含金建造中二类地球化学群的存在是一致的,都是含金建造的特征体现。同样,Ag 的低峰值在 0.055~0.075ppm 之间,高峰值在 0.23~0.35 之间,分别相当于Ⅱ类地球化学群和Ⅰ类地球化学群中 Ag 的含量,Au 与 Ag 均以低值峰总体占优,而 As 的分布型式中,高值峰突出,明显较低值峰占优,表明了九岭群含金建造中 Au、Ag 的亏损程度较 As 为强烈,因而 As 不但在整个建造中和在高金层位(Ⅰ类)中其平均丰度值均较小,而且其活化亏损的“浸出量”也较小,这就导致了区域金矿化产生以自然 Au~自然 Ag~黄铁矿为主的矿物组合形式,有别于邻区冷家溪群含金建造中自然 Au~毒砂组合^[7]。Sb 的分布型式表现为俱不突出的多峰状态,总体上为二个波动范围,即 0.47~0.80ppm 和 1.35~2.10ppm,分别是两类地球化学群样品含 Sb 量的众数值。

表 1 九岭群及其各组段微量元素平均含量
(单位,Au、Hg、ppb,其它 ppm)

Table 1 Average contents of trace elements in Jiuling
Group and its each unit

组段	元素 样品数 均值	Au	Ag	As	Sb	Bi	Hg	Zn	Mn	Co	Cu	Ni	Sr	Ti	Pb	Ba	Cr	V	W	Sn	Mo
长水桥组	5	1.64	0.064	12.0	1.68	0.46	22.4	77.4	402.4	19.2	45.2	31.2	39.6	456.7	32.8	404.0	72.6	105.4	3.44	2.74	1.86
宜丰组	18	0.71	0.063	5.6	0.59	0.39	15.4	124.2	1076.2	23.8	43.6	32.3	39.4	4215	29.1	341.2	95.5	116.2	2.46	2.58	0.72
棋梓组	30	0.83	0.060	5.5	0.89	0.41	20.4	106.3	953.3	26.9	29.5	44.4	43.2	4533	41.6	347.8	139.6	146.8	3.27	2.57	0.78
新民组	5	6.88	0.310	9.9	1.32	0.40	34.0	98.8	677.8	27.6	33.6	32.4	42.2	3142	44.2	247.2	112	106.6	4.32	3.33	0.60
大坑组	5	5.50	0.186	13.8	2.40	0.50	65.2	98.4	409.2	23.4	53.6	40.0	54.6	3822	40.4	455.6	95.6	109.0	2.86	4.24	0.64
下阮组	7	4.91	0.296	12.6	1.83	0.51	42.6	92.0	841.0	17.1	45.1	37.3	61.4	3212	31.6	335.7	84.4	89.9	3.30	4.00	0.61
整个九岭	含量	3.41	0.162	9.9	1.45	0.46	33.3	99.5	726.5	23.0	43.4	36.3	46.7	3915	36.6	363.6	99.9	112.3	3.28	3.24	0.87
群平均	富集系数*	1.89	3.24	6.61	7.25	/	0.42	1.40	1.20	2.3	1.74	1.82	0.13	1.31	1.85	0.66	2.8	1.87	1.64	0.59	/

* 富集系数=平均含量/上部地壳均值(Taylor,1985)

2.3 Au 等微量元素组合特征

相关分析表明,Au 与 Ag、As、Sb、Hg、Sn 等呈显著的正相关关系,而与 Mn、Ti、Cr、V 等基性元素则为显著的负相关。在 R 型谱系图上(图 5),在 $R=0.30$ 显著相关条件下,主要存在两类组合:

①Au—Hg—Sb—As—Ag—Sn—Bi

②Ti—V—Cr—Ni—Co—Pb

第一类组合多为活动性较大的元素,代表了成矿元素组合,而第二类组合多为活动性较差的基性元素,两类组合在 R 值为 -0.40 处联结,显示了二者的离异性。

3 不同时代花岗岩中 Au 的分布特征

3.1 不同时代花岗岩的地质特征

本区岩浆活动一直较为强烈,其中九岭岩体、丰顶山岩体和桃源岩体分别代表了雪峰期、加里东期和燕山期的岩浆活动。

雪峰期九岭花岗岩是由众多岩体组成的复式大岩基,与九岭群呈明显的侵入接触关系,接触带发育角岩化带或边缘混合岩带,呈长条状分布,长 25~30 千米。九岭岩体的主要岩性为中细粒~中粒含斑、斑状黑云母花岗闪长岩和堇青黑云母花岗闪长岩,在岩石化学成分上,以低

CaO 含量、高 $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 比值为特点,ANKC 指数为 1.25~1.65,属铝过饱和花岗闪长岩。

丰顶山岩体是加里东晚期的小岩基,与九岭群之间呈侵入接触,岩性以浅灰色、中细~中粒黑云母花岗岩、二长花岗岩为主,岩石化学成分变化较大,ANKC 指数为 0.98~1.12,平均 1.06。

燕山期桃源岩体为丰顶山岩体北面的一小岩株,其与围岩接触带发育有边缘相混合岩。桃源岩体的岩石类型以中细粒含斑、斑状黑云母角闪石英闪长岩为主,岩石化学组成上具有较高的 $(\text{CaO} + \text{MgO})/$

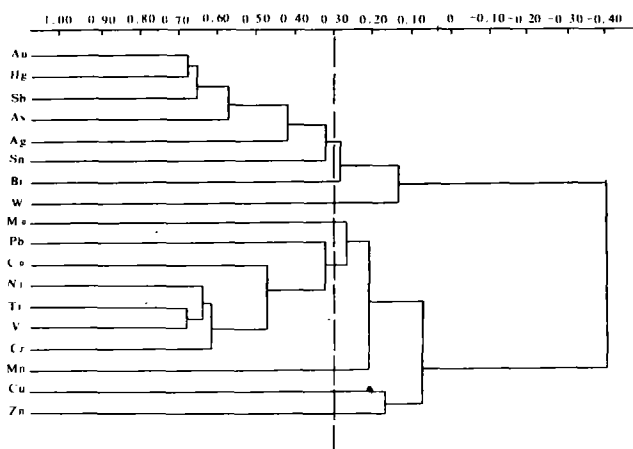


图 5 R 型聚类谱系图 ($N=70, \gamma_{0.05}=0.25$)

Fig. 5 Diagram of R-type cluster analysis

alk 和 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 值、较低的 CaO/MgO 值,ANKC 指数为 0.73~0.84。

3.2 不同时代花岗岩中 Au 及其他微量元素的地球化学特征

归纳其分布和演化特征如下:

①各期次岩体中成矿元素 Au、As、Ag、Sb、Hg 的含量与区域地层(I类)相比均明显偏低。若以地层(I类)的平均含量为背景,九岭、丰顶山和桃源岩体中 Au 的富集系数分别仅为:0.25、0.23、0.12, As、Ag、Sb、Hg 的富集系数一般为 0.30~0.60,不超过 0.70。

②各期岩体中 Cu、Pb、Zn、Mn、Co、Ni、V、Ti、Cr 等元素含量均高于酸性岩的平均值,一般是维氏值的 2 倍左右,个别可高达 3~5 倍。体现了岩体对元古界地层的继承性。

③由地层一早期花岗岩—晚期花岗岩,主要成矿元素 Au、As 的含量逐渐降低,九岭、丰顶山和桃源岩体中 Au 的含量分别是 0.91、0.77 和 0.36ppb, As 的含量依次为 4.8、3.6 和 2.88ppm,与地层相比明显贫化,且随花岗岩化作用的加强,贫化作用愈趋强烈,说明花岗岩化作用是一个促使 Au 等成矿元素活化的过程。

④由早期花岗岩到晚期花岗岩,岩浆热液所含 Au 的有利络合剂(如 ΣC 、 ΣS)的数量显著增大。如表 2 所示,九岭岩体的石英包裹体成分其阴离子构型为: $Cl^- \geq \Sigma C > \Sigma S > F^-$,而晚期丰顶山、桃源岩体其石英包裹体成分特征则为: $\Sigma C > \Sigma S > F^- \geq Cl^-$,表现为 Cl^-/Σ 阴离子比值和 $(F^- + Cl^-)/(\Sigma C + \Sigma S)$ 比值前者明显大于后者。说明在岩浆热液的演化过程中,由早期到晚期,其载金能力逐步增强。

表 2 不同期次花岗岩中石英包裹体的成分特征(%)

Table 2 Characteristics of contents of quartz inclusions
in differently periodic granites(%)

岩体	样号	ΣC	F^-	Cl^-	ΣS	Cl^-/Σ 阴离子	$\frac{\Sigma C + \Sigma S}{\Sigma \text{阴离子}}$	$\frac{F^- + Cl^-}{\Sigma S + \Sigma C}$
九岭岩体	9T120	1.376	0.169	0.637	0.281	25.9	67.3	48.6
	9T005	2.138	0.321	3.104	0.517	51.0	43.7	129.0
丰顶山岩体	9W89	3.038	0.417	0.323	1.489	6.2	85.9	16.4
	9W17	2.086	0.287	0.612	0.677	4.4	75.5	13.9
桃源岩体	9W76	2.651	0.304	0.174	0.760	4.5	87.7	14.0
	9W09	2.193	0.164	0.542	1.151	9.8	83.0	21.1
	9W51	3.440	0.940	1.113	1.979	15.0	72.4	38.1

4 区域金矿化的地质地球化学特征

中元古界九岭群作为区域含金建造,其以 Au—As—Ag 为主的元素组合特征,决定了赣西北地体为一 Au—Ag—As 成矿区, Au—Ag—As 为主要元素组合的金矿化应是本区金矿的找矿方向。

含金建造对区域金矿化的制约作用是至关重要的,但是,成矿作用和成矿能量的不同也会

造成金矿化类型的差异。慈化—宜丰断裂变质带是赣西北地体内最古老、最重要的近 EW 向构造,以之为界,本区分南北二部,二者自早古生代以来经历了不同的地质历史。加里东运动在北部主要表现为强烈的区域变质作用;而南部在区域变质作用的基础上,在慈化—宜丰古断裂附近,又产生了一次岩浆活动,造成了与北部截然不同的地质面貌。南部加里东期广泛的岩浆活动在很大程度上参与了 Au 等成矿元素的活化迁移和汇聚成矿等过程,使其金矿化类型具有岩浆叠加多金属矿床的特点,即以含较高的贱金属元素而有别于北部变质热液型单金矿化。

4.1 北部高田变质热液型金矿床地质地球化学特征

高田金矿位于九岭隆起核部,大围山~何市的 NE 向区域性断裂贯穿矿区,出露的地层为九岭群宜丰组下段,矿区北、东二面分布有九岭复式大岩基中的大围山岩体。岩体与地层之间有数百米宽的角岩带,主要为石英云母角岩和堇青石角岩,该角岩带是高田金矿主要的赋矿围岩。

表 3 石英矿物包裹体中液相成分(%)

Table 3 Liquid contents of quartz inclusions

样号	岩性*	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	ΣC	F ⁻	Cl ⁻	ΣS
1	石英脉	1.02	1.64	4.56	0.20	9.83	0.17	2.87	7.94
2	石英脉	1.16	2.32	5.10	0.93	11.81	0.37	4.05	14.13
3	石英脉	1.78	2.12	7.57	0.59	24.97	0.27	4.27	8.29
4	石英脉	4.17	4.17	4.55	0.63	22.10	0.32	1.77	8.21
5	石英脉	2.86	2.34	3.26	0.91	20.57	0.12	2.65	4.24
6	石英脉	1.47	1.28	2.11	0.55	8.62	0.89	3.12	9.11
7	石英脉	2.78	1.85	2.31	0.35	13.07	0.62	1.83	8.71
8	矿化角岩	14.66	3.62	0.41	0.49	29.33	0.23	2.88	5.11
9	蚀变角岩	4.14	3.17	0.27	0.21	9.97	0.12	2.65	9.11
10	花岗闪长岩	1.14	4.83	4.48	1.03	21.38	3.21	31.04	5.17
11	花岗闪长岩	1.59	1.50	5.06	1.03	13.76	1.69	6.37	2.81

* 野外采样的岩性,8、9号样岩石中 Au 含量分别为 3.53g/t 和 13ppb,10、11号样为大围山岩体

矿化带呈 NE 向展布,工业矿体主要产于 NE 向与 EW 向断裂交汇处,多呈扁豆状或透镜状,矿石类型以蚀变角岩为主,金的品位跳动性颇大,最高可达 22.68g/t。Au 以及 Cu、Pb、Zn 等贱金属元素俱不足以构成有工业意义的矿化。

矿床蚀变类型比较简单,主要是硅化、黄铁矿化、绢云母化和绿泥石化,矿石矿物组合以自然金—黄铁矿为主,偶见磁黄铁矿,自然金以明金为主。

通过 R 型聚类分析,确定蚀变角岩中存在两类微量元素组合:

(1) Au—Ag—As—Sb—Hg

(2) V—Ti—Cr—Zn—Pb—Ni—Co—Sr—Ba

矿化过程中 Au、Ag、As、Sb、Hg 稳定的组合特征及其与九岭群含金建造中微量元素组合的一致性,体现了二者之间紧密的内在联系,即金矿化过程中对含金建造的物质继承性。

通过对石英中气液包裹体的研究(如表 3)可以看出,成矿热液的化学组成具以下特点:

(1) 阳离子组成为: $\text{Ca}^{2+} > \text{K}^+, \text{Na}^+ \gg \text{Mg}^{2+}$ 。

(2) 阴离子组成为: $\Sigma\text{C} > \Sigma\text{S} \gg \text{Cl}^- > \text{F}^-$ 。

(3) 蚀变角岩与矿化角岩相比,前者石英包裹体成分中 ΣC 的浓度明显低于后者,反映了矿化流体趋于富 ΣC 的信息。

(4) 成矿热液成分与九岭岩体花岗闪长岩中石英包体成分大相径庭,后者以显著富 Cl^- 和 Na^+ 为特征。

均一化温度测定表明,成矿温度在 240~260℃ 之间,通过计算确定,成矿压力为 40.53MPa,氧逸度 $f_{\text{O}_2} = 10^{-45}$,成矿溶液 $\text{PH} = 6.38 \sim 7.41$ (去离子水 $\text{PH} = 6.03$)。

因而,成矿液体为富 Ca^{2+} 、 ΣC 和 ΣS 离子,中低温、低压、强还原、弱碱性变质热液。Au 在热液中最主要的迁移形式是含 HS^- 、 S^{2-} 、 HCO_3^- 或 CO 的络合物,热液化学组成或环境系统(温度、压力、PH 值、氧逸度等)的变化都会导致 Au 络合物的分解、Au 的沉淀。

4.2 南部桃源岩浆热液叠加型金矿床地质地球化学特征

桃源金矿在区域构造位置上,处于慈化—宜丰断裂变质带西端南侧,位于丰顶山岩体北部和桃源岩体中。矿化近 EW 向展布,面积 16km²。区内出露的地层为九岭群长水桥组,断裂构造发育,由 NE—NEE 向压剪性、EW 向张性和 NW—NWW 向张剪性三组组成,其中前二组是主要的储矿构造。

矿石类型有蚀变石英闪长岩型和含硫化物石英脉型两种,根据矿区内六条主要矿带的规模和其平均含 Au 量^①,该矿床 Au 的平均品位为 1.91g/t,最高可达 86.87g/t。Ag 平均品位为 6.04g/t,最高 97.2g/t。

矿床的围岩蚀变较为复杂,发育有硅化、硫化物化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、叶腊石化等。金属矿物有自然 Au、自然 Ag、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿和黄铜矿,其中自然 Au 以微粒 Au 为主,与黄铁矿,闪锌矿和部分石英连生。

成矿元素中,除 Au、Ag 含量达到工业要求外,Pb、Zn、Cu 等元素也接近工业品位,如 Pb 在含石英脉中平均高达 0.54%。因此,该矿床为一典型的以 Au、Ag 为主的多金属矿床。微量

^① 江西万载县桃源金矿区地质普查报告,江西有色总公司地质四队,1987,内部资料。

元素 R 型因子分析的结果也表明了这一点,如图 6 所示, Au—Ag—Pb—Zn—Cu—As—Mo 构成了一稳定的组合。

通过对含金石英脉中矿物气液包裹体的研究,确定桃源金矿成矿热液中阳离子组成以 Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 为主,阴离子组成仍以 ΣC 和 ΣS 为主,但与北部高田矿床相比,阳离子中的 K^{+} 、 Na^{+} 浓度增大, Ca^{2+} 浓度相对降低,阴离子中 Cl^{-} 所占的比重升高,多数样品 $\text{Cl}^{-}/\Sigma\text{C} > 30\%$,远较高田金矿中此比值大。

均一温度范围为 $332\sim 342^{\circ}\text{C}$,压力为 45.596MPa , $f_{\text{O}_2} = 10^{-40}$, $\text{PH} = 6.96$ (去离子水 PH 为 6.03)。因而成矿流体的性状为:中高温、低压、还原、弱碱性,其来源为岩浆热液与变质热液的混合。

4.3 金矿床稳定同位素的地球化学特征

表 4 为二类金矿床的硫同位素组成,高田金矿黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 变化在较小的正负值范围内,而桃源金矿黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 则为稳定的正值,变化范围很小,极差仅为 1.19,据王义文(1983)研究,桃源金矿黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 具岩浆热液型矿床 S 同位素的特点,而高田金矿黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 则具变质热液型矿床 S 同位素的特点。二者硫同位素特征再次显示其成矿作用的差异。

表 5 为高田金矿及九岭群地层中黄铁矿矿石 Pb 同位素的特征:

表 4 金矿床黄铁矿中硫同位素特征

Fig 4 Sulfur isotope characteristics of pyrites in gold ores

样号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\delta^{34}\text{S}\%$	-1.18	-0.37	-4.09	0.82	0.34	3.80	3.33	3.30	2.89	2.81	2.61
均值/极差	-0.89/4.91					3.12/1.19					
采样位置	高田金矿					桃源金矿					

高田金矿床中矿石 Pb 同位素组成变化不大,据计算获得的参数 μ 、 ω 、 κ 值也非常接近,说明 Pb 的演化一直处于一个稳定的体系,在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 坐标图上,样品点均落入正常 Pb 的范围。正常 Pb 单阶段模式年龄可大体上代表沉积—变质热液型金矿床的成矿年龄(王义文,1990)^{[10][11]}。所以据 Pb H—H 模式计算高田金矿成矿时代属加里东期,在 $440\sim 490\text{Ma}$ 之间,与九岭岩体成岩年龄(937Ma)相去甚远。江西地质科学研究所

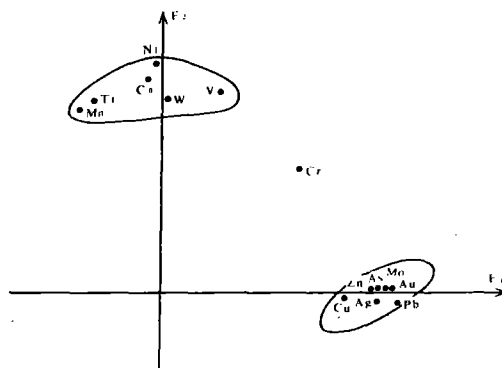


图 6 蚀变石英闪长岩 F_1 — F_2 主因子载荷图

Fig. 6 Diagram of principal factors $F_1 \sim F_2$ under load of altered quartz diorite

(1985)在测定九岭岩体地质年龄时,曾获得另外一组年龄,501.7Ma;江西地矿局(1986)①在测定宜丰火山岩系时,获得443~584Ma的变质年龄。这两次研究结果都强调本区加里东期发生过一次大规模的区域变质作用,对本区的地质面貌产生了深刻的影响。从变质年龄、成岩年龄和成矿年龄三者对比中可以看出,该金矿床的形成与变质热液作用密不可分。

九岭群地层与金矿矿石Pb的同位素组成非常接近, μ 、 ω 、 κ 三参数值与矿床矿石Pb的各参数均值非常接近。所以,金矿床中Pb的来源应为具有相近 μ 、 ω 和 κ 值的母体,即为九岭群含矿建造。

表5 金矿床黄铁矿矿石Pb同位素特征

Table 5 Lead isotope characteristics of pyrites in gold ores

样号	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{202}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	μ	ω	κ	H-H 年龄*	备注
1	17.989 $\pm$ 0.01	15.594 $\pm$ 0.01	38.188 $\pm$ 0.01	9.35	38.64	3.999	458.88	高田金矿
2	17.968 $\pm$ 0.01	15.612 $\pm$ 0.01	38.123 $\pm$ 0.01	9.36	38.66	3.998	495.03	
3	18.124 $\pm$ 0.01	15.634 $\pm$ 0.01	38.345 $\pm$ 0.01	9.38	38.91	4.014	410.05	
4	18.026 $\pm$ 0.01	15.598 $\pm$ 0.01	38.094 $\pm$ 0.01	9.32	38.04	3.950	437.26	
5	18.318 $\pm$ 0.07	15.634 $\pm$ 0.01	38.079 $\pm$ 0.02	9.37	39.53	4.082	327.48	
6	17.964 $\pm$ 0.01	15.629 $\pm$ 0.01	38.402 $\pm$ 0.04	9.39	38.66	3.984	517.02	九岭群

* 为 Doe 单阶段模式年龄,单位 Ma,引用参数值: $a_0=9.307$, $b_0=10.294$,

$C_0=29.476$, $\lambda_8=1.55125\times 10^{-10}\text{a}^{-1}$ $\lambda_2=0.049475\times 10^{-9}\text{a}^{-1}$ $T=451\text{Ma}$

4.4 区域金矿找矿方向和找矿远景

中元古界九岭群作为区内最重要的含金建造,是区域金矿化主要的物质来源,同时也是重要的赋矿层位,所以金矿的找寻应该围绕这一“成矿源”展开,并注意九岭群中区域和局部成矿元素亏损带(负异常带)的找矿意义;岩浆作用是成矿能量的主要供给者,岩浆内外接触带作为构造软弱带也是理想的贮矿空间,而晚期岩浆作用更是一种重要的成矿作用;本区断裂构造控矿特征明显,金矿床中的工业矿体常产于EW向与NE或NW向断裂复合部位,所以,断裂构造(尤其是晚期EW向断裂)也是一种重要的找矿标志;根据勘查地球化学研究②,一定范围内Ag、As、Sb、Pb、Zn正异常的叠加往往标志着Au的矿化,Ag、Pb、Zn是金矿床的近矿指示元素,As、Sb、Bi、Hg则构成远矿指示元素,所以在勘探过程中,应尽可能利用上述指示元素,特别是Zn、Pb等含量高,易测试元素。总而言之,在赣西北地体北部地区应着重找寻变质热液型单Au矿床,而在南部地区应着重寻找与后期岩浆叠加有关的Au矿床。

综合多方面资料,以下三个区带是值得进一步工作的金矿远景区:

①湖南黄金洞—修水盆地一带,NE向断裂构造密集平行排列,砂金广泛分布,已发现有较多的内生金矿床(点)。

① 江西省地矿局测试中心,赣北地区古火山岩及其含矿性研究,1986,内部资料。

② 李扬等,利用逐步回归多元统计方法确定金矿床元素的分带序列,地质与勘探,待刊

②慈化—宜丰一带, 构造岩浆活动强烈, 各种韧性、脆性断裂非常发育, 成矿条件良好, 已有一系列金矿化显示, 而且矿化类型多样, 故而颇具远景

③大围山—棋梓一带, 区域成矿元素浸出带, 局部有 As、Sn 等元素浓集中心, 已发现数处内生金矿点, 多处砂金矿床, NE 向断裂构造发育, 成矿条件较好。

5 主要结论

(1) 赣西北地体所处的大地构造背景为一活动大陆边缘。

(2) 九岭群是一套富 Au、Ag、As、Sb 等成矿元素的含金建造, 以具有 Au—Ag—As 组合为特征, 成矿元素在建造中呈多峰或双峰分布。

(3) 花岗岩化作用能促使 Au 等成矿元素的活化迁出, 晚期花岗岩的岩浆热液中含有较多的 Au 的有利络合剂(如 ΣCl 、 ΣS), 使其更具成矿意义。

(4) 本区南部和北部呈现出不同的金矿化特征, 金矿的找寻关键要解决“源”(九岭群)、“运”(变质热液或岩浆热液)、“储”(断裂构造)等基本规律问题。

参考文献

- 1 Dickson R W. Provenance of North American Phanerozoic Sandstone in Relation to Tectonic Setting. *Geol. Soc. Am. Bull.* 1983, 94(2): 222
- 2 Bhatia M R. Plate Tectonics and Geochemical Composition of Sandstone. *The Jour. of Geol.* 1983, 11(2): 611~627
- 3 Bhatia M R 澳大利亚古生代杂砂岩和泥岩的稀土地球化学: 源区和构造控制. *地质地球化学*, 1987, (5): 50~56
- 4 朱玉磷, 等. 福建西部早古生代杂砂岩特征及其源区和构造背景. *地质论评*, 1989, (2)
- 5 刘英俊, 等. 华南含金建造的地球化学特征. *地质找矿论丛*, 1987, (4): 1~14
- 6 Boyle R W. The Geochemistry of Gold & its Deposits. *Canada Geological Survey Bulletin*, 1979: 43~50, 90~118, 390~430
- 7 刘英俊, 等. 湖南黄金洞元古界浊积岩型金矿床的地质地球化学特征. *地质找矿论丛*, 1991, (3): 1~13
- 8 涂光炽, 等. 中国层控矿床地球化学. 科学出版社, 1984: 129~188
- 9 刘英俊, 等. 华南花岗岩类中金的丰度. *地球化学*, 1982, (3): 253~259
- 10 王义文. 中国金矿床稳定同位素地球化学研究. *桂林冶金学院院报*, 1990, (3)
- 11 王义文. 我国主要类型金矿床同位素地质学研究. *地质论评*. 1982, (2): 109~116
- 12 张景荣, 等. 华南内生金矿床的成矿条件及找矿方向. *南京大学学报(自然科学版)*, 1986, (1): 147~159

GEOCHEMICAL STUDIES ON Au DISTRIBUTION AND MINERALIZATION IN NORTHWEST JIANGXI TERRAIN

Liu Yingjun Li Yang Ji Junfeng Qiu Detong Wang Feng

(Dept of Earth Sciences, Nanjing University 210008)

Tao Weijiang

(Jiangxi Regional Research Team 330201)

Abstract

Middle Proterozoic Jiuling Group, one of the most important geologic units in the Northwest Jiangxi Terrain, is a Au—bearing formation with Au—Ag—As association and its geotectonic setting belongs to ACM area. Granitization can supply Au with favour complexing agents and the later periodic granitization is much more significant to mineralization. Regional Au mineralization includes two types, metamorphic fluid Au in northern area and magmatic fluid Au, Ag etc polymetallic association in southern area. Regional exploration should center on the Jiuling Group, small granite bodies of later period and faulting structures, paying attention to the anomaly of Au, Ag, As, Pb, Zn etc trace elements.