

桂北四堡群地层地球化学研究^①

阎 明 刘英俊 马东升

(南京大学地球科学系, 210008)

提 要 桂北四堡群作为一套下中元古界火山-沉积建造,具有一系列地球化学特点:金含量呈多峰分布,平均金丰度较低,金与其它元素的相关性较弱;Sn、Cu、Ni、Au、Ag、As、Sb 等元素变异系数大,属活动性强的元素,其中 Sn、Cu、Ni 与基性-超基性岩有关,而 Au、Ag、As、Sb 主要与沉积变质岩相联系;四堡群微量元素组合以亲铁和亲铜元素为特征。结合桂北四堡群锡多金属矿化和金矿化的发育,作者认为桂北四堡群可能是 Sn-Cu-Ni-Au-Ag-As-Sb 组合综合性原始含矿建造。

关键词 四堡群 微量元素 地球化学 含矿建造

刘英俊等(1987)对华南五省(湘、赣、浙、桂、粤)区域地层地球化学研究表明^[1] 华南广泛发育以基底含金建造(元古界-寒武系)为主,盖层衍生含金建造为辅的多时代含金建造序列。四堡群作为桂北地区最古老的地层单元,是否如同梵净山群、冷家溪群、双桥山群以及双溪坞群等一样,是华南地区重要的含金(矿)建造,显然是一个有意义的课题。鉴于目前尚未发现有关桂北四堡群地层地球化学研究的正式报道,本文试图对该地层地质特征、岩石化学尤其是微量元素地球化学特征进行比较全面系统的分析和研究。

1 四堡群地质特征

桂北四堡群分布于九万大山一带和元宝山两侧,由浅变质的砂泥质岩夹中-基性熔岩、科马提岩、火山碎屑岩及层状或似层状基性-超基性侵入岩组成,为深海浊流复理石建造和基性-超基性火山岩建造,水平层理、递变层理、包卷层理及底冲刷等浊积岩特征发育。该岩系经区域变质,为低绿片岩相,厚度大于 3840m(未见底,宝坛地区)。依据岩性组合四堡群自下而上划分为文通组和鱼西组。

文通组为一套火山-沉积组合,岩性复杂多样,厚度大于 3169m。可细分为两段。下段由灰色、灰绿色变质中细粒长石质石英砂岩、变质粗中粒砂岩、变质粉砂岩、千枚岩、板岩组成,夹少量层状、似层状基性-超基性侵入岩,厚度大于 655m。上段以夹多层海相火山岩为特征,主要由深灰色、灰绿色变质细砂岩、变质粉砂岩、基性熔岩、凝灰岩、科马提岩组成,厚度 2514m。文通组上段海相火山岩共计有六大层,其中四层发育特征的科马提质玄武岩和辉石质科马提

^① 本文得到国家自然科学基金和国家教委博士点基金的资助

岩^[2]。

鱼西组由绿灰色、灰色中—薄层状变质泥质粉砂岩、板岩、绢云母千枚岩、变质细砂岩组成,局部夹少许中—酸性喷发岩。该组的喷发岩分布不稳定,主要为凝灰岩和沉凝灰岩。该组厚度大于 671m。

最新的观察和研究表明^[3],桂北四堡群火山-沉积建造具有如下特点:变质很浅,一般为低绿片岩相,剖面纵向序列上表现为反复出现的火山岩-沉积岩旋回;火山岩由科马提岩系列和拉斑玄武岩系列组成,并有从超镁铁质向中酸性演化的趋势;火山岩与沉积岩之间呈明显的整合接触;沉积岩中水平层理、递变层理、包卷层理及底冲刷等浊积岩特征发育;有华南古老的四堡期花岗岩底辟侵入。上述特点表明,桂北四堡群与绿岩带存在很大的相似性,将其作为绿岩带而不是所谓细碧角斑岩建造或蛇绿岩套目前看来是合理的。

由于四堡群缺少生物化石和可靠的同位素年龄资料,其时代隶属一直没有定论。多数学者根据侵入四堡群而被丹洲群所不整合覆盖的本洞花岗岩闪长岩体的同位素年龄(1063Ma)而将其归于中元古界,并把桂北四堡群与贵州梵净山群、湖南冷水溪群、江西双桥山群、浙江双溪坞群相对比,认为四堡运动即晋宁运动,代表了中元古代末的一次最强烈的构造运动。广西区调队(1987)以文通组上段具鬃刺结构的科马提质玄武岩为测定对象,利用 Rb-Sr 法获得了 1667Ma 的年龄数据。最近毛景文(1990)^[4]采用 Sm-Nd 法测试四堡群文通组 8 件镁铁质—超镁铁质火山岩样品,获得成岩等时线年龄 2219Ma,说明四堡群为早元古代而不是中晚元古代的产物。桂北四堡群成岩时代的最终归属,还有待于地质研究的不断深入和同位素测龄的不断发展。

2 四堡群岩石化学特征

桂北四堡群主要岩石类型的岩石化学成分和稀土元素含量特征列于表 1 和表 2。从表中可见该套岩石化学成分具有以下特点:

(1)千枚岩、变质砂岩等沉积变质岩 SiO_2 、 Al_2O_3 含量变化大,且 $\text{MgO} \gg \text{CaO}$ 、 $\text{K}_2\text{O} \gg \text{Na}_2\text{O}$ 。

(2)蚀变玄武岩、蚀变科马提质玄武岩、蚀变辉石质科马提岩等基性—超基性火山岩具有低 TiO_2 ($< 0.9\%$)、低 Na_2O ($< 4\%$) 和 K_2O 、高 MgO ($7.26\% \sim 21.17\%$) 等特点,岩石化学投影结果结合野外地质特征和镜下研究表明这是一拉斑玄武岩-科马提质玄武岩-科马提岩建造。该火山岩系列 $\text{FeO}^*/(\text{FeO}^* + \text{MgO}) < 0.65$, $\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+}) < 0.4$, $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 < 0.82$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 比值接近球粒陨石比值(20.4),具有幔源火山岩的特征,可与世界上许多太古代绿岩带中的基性-超基性火山岩建造相类比。

(3)蚀变辉长辉绿岩等基性侵入岩岩石化学成分与火山岩的最大差异在于 MgO 较低 (3.78%), FeO^* 较高 (13.88%)。变石英闪长岩 MgO 、 CaO 更低,但 SiO_2 、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 增高。

(4)沉积变质岩 ΣLREE 富集并具明显的分馏现象, δEu 显著负异常,具有特征性的后太古代沉积岩稀土分配模式(图 1)。变石英闪长岩与蚀变辉长辉绿岩、蚀变玄武岩、蚀变科马提质玄武岩等镁铁质岩类稀土分配模式极其相似,除 ΣREE 外, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 、 δEu 、 δCe 、 $(\text{La}/\text{Yb})_N$

比值等参数均很接近,反映它们乃同源岩浆演化的产物。

表 1 四堡群主要岩石类型化学成分特征																	
Table 1 Chemical compositions in various rocks of Sibao Group																	
岩石名称	样数	化学成分(干)%											参 数				资料来源
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	FeO =	Fe ³⁺ +	CaO	Al ₂ O ₃	
													FeO + MgO	Fe ²⁺ + Fe ³⁺	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /TiO ₂	
千枚岩	1	55.12	1.01	23.93	4.88	3.37	0.14	5.07	0.13	0.15	5.69	0.02	0.62	0.24	0.01	23.7	本 文
变质砂岩	1	75.45	0.55	12.80	4.02	2.36	0.09	2.07	0.12	0.60	2.07	0.06	0.76	0.21	0.01	23.3	
变石英闪长岩	1	67.58	0.59	12.51	6.49	3.82	0.15	1.30	2.12	3.14	2.20	0.21	0.89	0.21	0.14	21.2	
蚀变辉长辉绿岩	3	57.13	1.18	14.63	9.50	4.38	0.18	3.78	5.26	1.54	2.43	0.11	0.79	0.17	0.36	12.4	
蚀变玄武岩	2	55.82	0.77	15.59	6.74	3.76	0.20	7.26	5.68	2.74	1.15	0.06	0.59	0.20	0.36	20.3	
蚀变科马提质玄武岩	2	53.32	0.74	14.82	6.56	4.05	0.18	8.60	7.87	2.54	1.02	0.07	0.55	0.22	0.53	20.0	
蚀变辉石质科马提岩	3	47.94	0.51	9.86	10.61	1.33	0.17	21.17	7.33	0.30	0.32	0.11	0.36	0.05	0.74	19.3	广西区调队(1987)
本文资料分析单位:南京大学地球科学系中心实验室 FeO* = FeO + Fe ₂ O ₃																	

表 2 四堡群主要岩石类型稀土元素特征																					
Table 2 REE cotents and parameters in major rocks of Sibao Group																					
序号	岩石名称	稀 土 元 素 (10 ⁻⁶)															参 数				
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	ΣLREE ΣHREE	δEu	δCe	$\frac{La}{Yb}$ _N
1	千枚岩	56.45	102.80	13.30	48.47	8.90	1.47	7.43	0.99	6.19	1.31	3.61	0.57	3.93	0.61	29.58	285.61	4.27	0.54	0.82	9.29
2	变质砂岩	34.30	68.87	8.40	30.87	6.30	1.17	5.56	0.77	4.80	0.98	2.60	0.40	2.57	0.39	24.95	192.93	3.48	0.59	0.89	8.64
3	变石英闪长岩	25.61	52.46	7.13	27.16	6.75	1.53	7.82	1.27	8.26	1.78	5.03	0.78	5.00	0.76	44.38	195.72	1.61	0.65	0.86	3.31
4	蚀变辉长辉绿岩	21.05	42.67	6.06	21.68	5.02	1.18	5.91	0.86	5.51	1.17	3.27	0.50	3.17	0.48	29.04	147.57	1.96	0.67	0.84	4.30
5	蚀变玄武岩	13.00	24.34	4.01	14.10	3.37	0.69	4.48	0.63	3.92	0.80	2.40	0.37	2.32	0.35	21.87	96.65	1.60	0.55	0.75	3.63
6	蚀变科马提质玄武岩	12.14	25.36	4.21	13.55	3.27	0.87	4.56	0.67	3.90	0.85	2.41	0.37	2.40	0.37	20.58	95.51	1.64	0.69	0.79	3.27
资料来源:本文 分析单位:南京大学地球科学系中心实验室																					

3 四堡群微量元素地球化学特征

3.1 微量元素含量分布特征

表 3 列出了四堡群及其中不同组合微量元素含量统计参数和富集度。从表中可以看出:
Au 四堡群 28 个样品金平均含量为 1.2×10⁻⁹,低于 Taylor(1985)的上部大陆地壳平均值 1.8×10⁻⁹。金在四堡群变质粉砂岩中含量相对较高,达 2.1×10⁻⁹;在四堡群变质砂岩、板岩和千枚岩以及闪长岩中含量相近,为 1.1~1.2×10⁻⁹;而在基性—超基性岩中含量最低,仅 0.4×10⁻⁹。从变异系数角度看,金在变质砂岩、变质粉砂岩以及板岩和千枚岩等四堡群沉积变质岩中有较大值。图 2 为四堡群金含量对数频率分布直方图,从中可见金呈现三峰的近似对数正态分布,三个子体之众数值分别是 0.3、1.2 和 2.1×10⁻⁹,与四堡群各岩性组合金含量相对应。

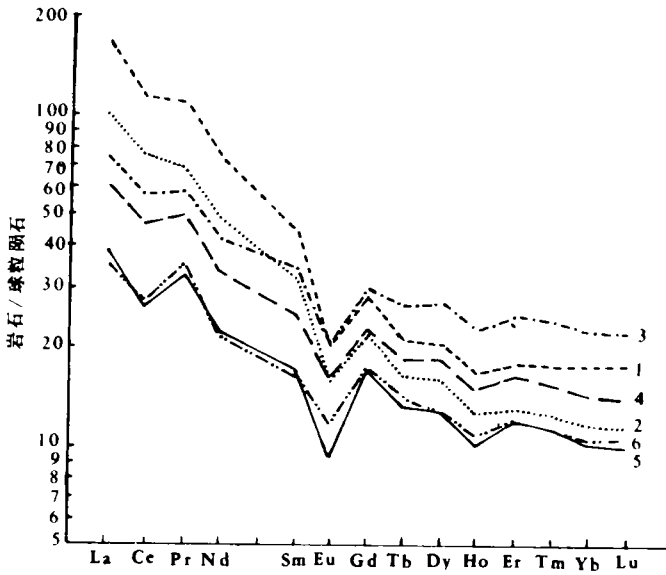


图 1 四堡群主要岩石类型稀土分配模式

Fig. 1 REE distribution patterns for various rocks of Sibao Group

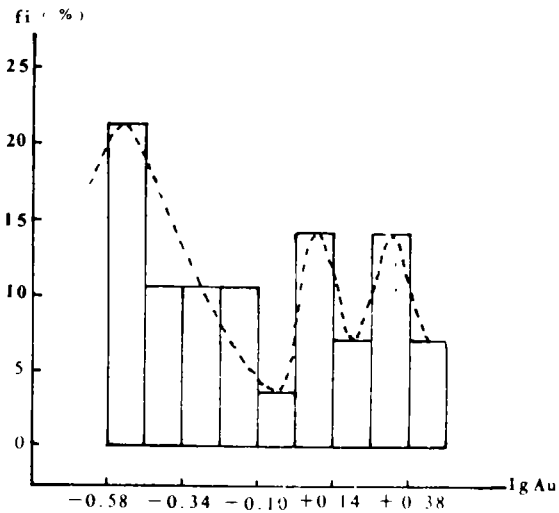


图 2 四堡群金含量对数频率分布直方图

Fig. 2 Log-frequency histogram of Au contents in Sibao Group

Ag 四堡群银平均含量为 0.06×10^{-6} , 略高于上部大陆地壳平均值 0.05×10^{-6} , 但低于地壳平均值 0.08×10^{-6} (黎彤, 1976)。不同岩性组合中以四堡群变质粉砂岩银含量最高 (0.09×10^{-6}), 且变异系数也最大。

As、Sb 四堡群砷、锑的平均含量分别为 71.3、 2.0×10^{-6} , 其相对于上部大陆地壳平均值的富集度分别是 47.53、10.00, 变异系数分别高达 263%、190%, 这表明砷、锑是四堡群原始富集的元素。与其它岩性组合相比, 砷、锑在四堡群变质砂岩和变质粉砂岩中含量最高, 变异系数也最大。

Sn、Cu、Ni 与上部大陆地壳平均值相比其富集度分别是 0.96、1.80、1.50, 变异系数分别是 204%、89%、83%。锡、镍在基性—超基性岩中含量最高, 变异系数也最大, 这与桂北地区广泛分布与基性—超基性岩有关的锡多金属矿化相吻合。

汞和铟在地下水中有极强的活动性, 它们在矿体围岩和上部层位的趋向性富集反映了这些活泼元素在地下热水作用下, 水平方向向矿体汇集、垂直方向向浅部上升的大规模定向运动^[5]。四堡群 Hg、Sr 明显亏损, 其相对于上部大陆地壳平均值的富集度仅 0.35、0.13, 表明四堡群形成之后曾受到大规模地下热水的强烈改造作用, 而这种改造作用显然是同成矿作用联系在一起的。鉴于

Au、Ag、As、Sb、Sn、Cu、Ni 等元素在四堡

群中的高变异系数, 可以认为它们受后期改造作用之影响, 属四堡群中活动性较强的元素, 这

暗示桂北地区不仅是锡多金属矿化区,同时亦有可能是 Au-Ag-As-Sb 成矿区。

表 3 四堡群及其中不同组合微量元素含量统计参数特征

Table 3 Trace element contents and parameters of Sibao Group and its various parts

统计单位	统计参数	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	W	Sn	Mo	Bi	As	Sb	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Hg	Sr	Ba
四堡群(28)	平均值	4097	157	126	1127	18	30	3.1	5.3	0.5	6.3	71.3	2.0	45	36	94	1.2	0.06	28	46	453
	变异系数	20	46	83	37	61	83	32	204	20	67	263	190	89	28	35	100	133	14	96	45
	Fs	1.37	2.62	3.03	1.88	1.80	1.50	1.11	0.96	0.38	1.50	17.53	10.00	1.80	1.80	1.32	0.67	1.20	0.35	0.13	0.82
四堡群变质砂岩(6)	平均值	3447	100	55	830	13	18	2.9	2.7	0.5	0.4	75.3	4.2	36	34	66	1.1	0.04	28	16	342
	变异系数	38	35	38	63	92	44	14	19	20	100	215	186	19	32	26	73	20	11	38	56
	Fs	1.15	1.67	0.92	1.38	1.30	0.90	1.04	0.49	0.38	2.00	50.20	21.00	1.44	1.70	0.93	0.61	0.80	0.35	0.05	0.62
四堡群变质粉砂岩(7)	平均值	4322	128	91	955	14	30	3.9	4.4	0.5	0.4	173.6	2.5	46	33	93	2.1	0.09	29	16	626
	变异系数	10	12	35	17	21	33	18	32	0	50	202	104	50	33	24	86	166	14	38	8
	Fs	1.44	2.13	2.60	1.59	1.40	1.50	1.39	0.80	0.38	2.00	115.77	12.50	1.84	1.65	1.31	1.17	1.80	0.36	0.05	1.14
四堡群板岩和千枚岩(6)	平均值	4326	155	77	1019	13	32	4.1	4.1	0.6	0.2	28.3	0.8	27	39	103	1.2	0.04	26	22	642
	变异系数	11	14	14	32	23	34	17	17	33	50	120	50	30	28	18	67	75	8	32	11
	Fs	1.44	2.58	2.20	1.70	1.30	1.60	1.46	0.75	0.46	1.00	18.87	4.00	1.08	1.95	1.45	0.67	0.80	0.33	0.06	1.17
四堡群闪长岩(3)	平均值	3996	107	138	1303	20	9	2.2	2.3	0.5	0.3	35.0	0.7	115	30	68	1.1	0.08	33	108	316
	变异系数	27	74	66	9	35	33	23	22	0	33	83	29	70	13	6	45	75	21	24	61
	Fs	1.33	1.78	3.94	2.17	2.00	0.45	0.79	0.42	0.38	1.50	23.33	3.50	4.60	1.50	0.96	0.61	1.60	0.41	0.31	0.57
四堡群基性—超基性岩(6)	平均值	4306	273	279	1646	33	50	1.8	11.7	0.5	0.2	8.9	0.9	36	42	129	0.4	0.06	26	104	241
	变异系数	12	13	41	9	24	86	6	188	0	0	88	22	58	17	31	25	33	8	29	29
	Fs	1.44	4.55	7.97	2.74	3.30	2.50	0.64	2.13	0.38	1.00	5.93	4.50	1.44	2.10	1.82	0.22	1.20	0.33	0.30	0.44
四堡群沉积变质岩(19)	平均值	4047	128	75	936	13	27	3.7	3.8	0.5	0.4	96.7	2.5	37	35	87	1.5	0.06	28	18	541
	变异系数	21	25	35	36	54	41	22	32	20	50	231	180	43	31	26	87	150	11	39	32
	Fs	1.35	2.13	2.14	1.56	1.30	1.35	1.32	0.69	0.38	2.00	64.47	12.50	1.48	1.75	1.23	0.83	1.20	0.35	0.05	0.98
四堡群文通组(17)	平均值	4171	187	152	1267	21	32	2.8	6.3	0.5	0.2	63.8	1.5	31	37	100	1.0	0.07	27	51	400
	变异系数	19	40	81	33	57	94	36	217	0	50	348	93	55	30	37	130	129	11	92	48
	Fs	1.39	3.12	4.34	2.11	2.10	1.60	1.00	1.15	0.38	1.00	42.53	7.50	1.24	1.85	1.41	0.56	1.40	0.34	0.15	0.73
四堡群鱼西组(11)	平均值	3982	110	85	912	14	27	3.6	3.8	0.6	0.4	82.9	2.8	66	34	86	1.6	0.05	29	38	534
	变异系数	22	35	48	33	21	48	25	37	17	75	139	200	80	24	26	50	80	14	100	37
	Fs	1.33	1.83	2.43	1.52	1.40	1.35	1.29	0.69	0.46	2.00	55.27	14.00	2.64	1.70	1.21	0.89	1.00	0.36	0.11	0.97

资料来源:本文 分析单位:华东有色地质勘查局八一四队实验室 Au、Hg 单位为 10⁻⁹,其余为 10⁻⁶ 括号内为样品数 Fs 为相对于上部大陆地壳平均值(Taylor, 1985)的富集度。

如果将四堡群文通组和鱼西组微量元素含量进行比较,则可以发现基性—超基性岩发育的文通组 Ti、V、Cr、Mn、Co、Ni、Sn、Pb、Zn、Ag、Sr 等亲铁亲铜元素含量较高,而以沉积变质岩为主的鱼西组 W、Bi、Sb、Cu、As、Au、Ba 等亲氧亲铜元素含量较高,Hg、Mo 在两个组中含量稳定,分布均匀。从变异系数角度看,文通组 Ni、Sn、(Bi)、As、Sb、Cu、Au、Ag 等元素变异系数大,其中 Sn、Cu、Ni 与基性—超基性岩有关,Au、Ag、As、Sb、(Bi)与沉积变质岩相联系,后者同时也是沉

积变质岩占主导的鱼西组中变异系数较大的元素。

表 4 四堡群及相似地层常见微量元素比值^{*}

Table 4 Common ratios of trace elements of Sibao Group and other similar strata

地区分布		浙 北	赣东北		湘东北	湘北、湘西	桂 北
地 层		双溪坞群	双桥山群		冷家溪群	冷家溪群	四堡群
			上亚群	下亚群			
元素 比值	Sr/Ba	0.84	0.14	0.16	0.17	0.07	0.10
	Co/Ni	0.79	0.71	0.51	0.96	0.77	0.60
	Au/Ag	0.21	0.05	0.05	0.07	0.07	0.02

^{*} 桂北四堡群之外地层数据引自文献[5]

在常见微量元素比值方面(表 4),桂北四堡群 Sr/Ba、Co/Ni、Au/Ag 比值与赣东北双桥山群、湖南冷家溪群相似,而与浙北双溪坞群火山岩存在明显的差异,后者 Sr/Ba、Au/Ag 比值均明显高于前者。在四堡群不同岩性组合中,基性—超基性岩 Sr/Ba 比值最高,Au/Ag 比值最低,而沉积变质岩恰好相反。

3.2 微量元素相关性

为了反映微量元素的组合特征,对四堡群火山-沉积建造 20 种微量元素进行了 R 型聚类分析(图 3)。结果显示,在复相关半径 $R_{0.05}=0.37$ 的显著性检验条件下,四堡群主要存在以下三类微量元素组合: Au-W-Ba, Sb-Bi-Pb-Mo, Sr-Cr-Co-V-Mn-Ni。此外还有 Ag-As、Hg-Cu 等亲铜元素组合。金的相关体系的构成可在一定程度上反映建造中金的赋存状态,四堡群 Au 与除 W、Ba 以外的所有元素均不相关,肉眼和镜下鉴定均未发现独立金矿物的出现,因此推测金可能主要以次显微独立矿物或胶体吸附形式存在(而不是类质同像形式),这种状态的金化学上具活性,易在变质作用和地下水改造作用过程中活化转移。Sr 与 Cr、Co、V、Mn、Ni 等铁族元素共同组成一相关群,表明相当一部分 Sr 存在于四堡群基性—超基性岩中,且 Sr^{2+} 与 Ca^{2+} 发生了强烈的类质同象置换^[6]。

四堡群及其中不同组合微量元素相关群见表 5。从表中可见,受控于岩性组合的影响,四堡群文通组微量元素相关群类似于四堡群,而四堡群鱼西组微量元素相关性则与四堡群沉积变质岩相似。值得一提的是四堡群沉积变质岩中的 Ba-W-Ni-Zn-Cr-Sn 组合,它体现出锡具有亲氧、亲铁、亲铜三重性^[6]。

通过对四堡群及其中不同组合两变量相关性的研究,发现 Au 与 Sn 仅仅在四堡群沉积变质岩和四堡群鱼西组中存在微弱的正相关关系,前者建立回归方程 $Au=0.4705\times Sn-0.3122$ ($R=0.44, R_{0.10}^0=0.40, R>R_{0.10}^0$), 后者建立回归方程 $Au=0.2701\times Sn+0.5379$ ($R=0.49, R_{0.10}^0=0.52, R\leq R_{0.10}^0$)。

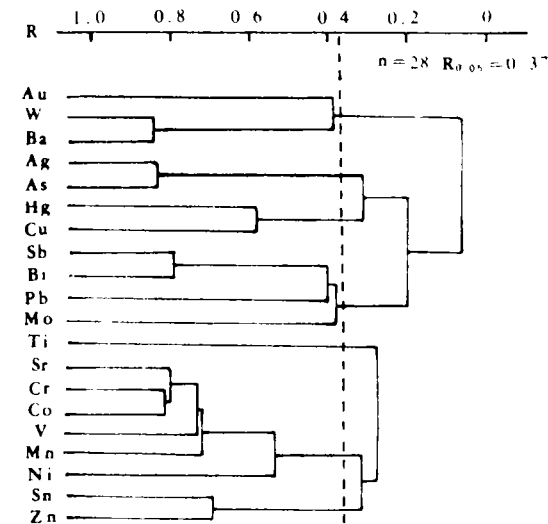


图3 四堡群微量元素R型聚类分析

Fig. 3 R — cluster analysis of trace elements in Sibao Group

4 四堡群与原始含矿建造

作为一套复杂的火山-沉积建造,桂北四堡群具有如下一系列地质地球化学特点:

(1)四堡群平均金丰度较低,仅 1.2×10^{-9} ,但这并不排斥某些含金层位的存在。例如一些熔岩间碎屑沉积物含金达 5.9×10^{-9} ,部分蚀变辉长辉绿岩和科马提质玄武岩含金高达 $7.0 \sim 16 \times 10^{-9}$ 。这些金是活动性较强的“可得金”,成为后期变质热液型金矿重要的物质来源。如同其它原始含金建造一样,四堡群中金具有多峰分布的特征,且金与其它元素的相关性较弱。金在四堡群中的赋存状可能主要以次显微独立矿物或胶体吸附形式存在。

(2)Ni、Sn、(Bi)、As、Sb、Cu、Au、Ag等元素在四堡群中的分布并不均匀,具有较大的

变异系数,这表明它们受变质作用和地下水改造作用的影响而导致的局部贫化或富集的现象是明显的,属四堡群中活动性强的元素。由表3可知,Sn、Cu、Ni与四堡群基性—超基性岩有关,而Au、Ag、As、Sb则主要与四堡群沉积变质岩相联系。

表5 四堡群及其中不同组合微量元素相关群一览表

Table 5 Correlation quns of trace elements in Sibao Group and its various parts

统计单位	四堡群	四堡群沉积变质岩	四堡群基性(熔)岩	四堡群文通组	四堡群鱼西组
相 关 群	Au-W-Ba	Ba-W-Ni-Zn-Cr-Sn	Cu-Ni-Cr-Co	Cu-Ni	Ba-W-Ni-Zn-V
	Ag-As-Hg-Cu	Ag-As-Hg	Sn-Mn-Zn-Ba	Sn-Zn	Ag-Sr,Cu-Hg
	Sb-Bi-Pb-Mo	Sb-Bi-Pb		Ag-As-Sb-Hg	As-Sb-Bi-Pb
	Sr-Cr-Co-V-Mn-Ni	Co-Mn-Ti-V		Mn-Co-Cr-Sr-V	Mn-Ti-Co-Cr

(3)四堡群微量元素组合以亲铁和亲铜元素为特征,前者如Sr-Cr-Co-V-Mn-Ni,后者如Sb-Bi-Pb-Mo、Ag-As、Hg-Cu等。与文通组相比,鱼西组相关元素增多,相关体系有所扩大(表5)。

(4)桂北广泛发育与四堡群基性—超基性岩有关的锡、铜、镍矿化。例如九毛、一洞、沙坪和红岗等地,其中的大坡岭铜镍矿,据认为是我国唯一的由科马提质岩浆形成的铜镍矿床,它同时还伴生有金和银。

(5)近年来四堡群文通组内已陆续发现了一些金矿点或金矿化点^①。如地吴、文通、岷马口等地,主要属变质热液成因的硫化物-石英脉型金矿床。

综上所述,有理由认为桂北四堡群可能乃是 Sn-Cu-Ni-Au-Ag-As-Sb 元素组合的综合性原始含矿建造。作为原始含矿建造,四堡群不仅为产于其中的金、锡等矿床提供成矿物质来源和赋矿环境,还通过外生作用为该区丹洲群、震旦系等衍生含矿建造提供物质来源。与湖南冷水江群 W-Sb-Au(As)组合含矿建造、江西双桥山群 W-Cu-Au 组合含矿建造以及浙江双溪坞群 Au-Ag 组合含矿建造相比,桂北四堡群有其独特的成矿元素组合特点。

参考文献

- 1 刘英俊,马东升. 华南含金建造的地球化学特征. 地质找矿论丛, 1987, (4): 1~14
- 2 杨丽贞. 桂北中元古代的科马提岩. 中国区域地质, 1990, (1): 14~24
- 3 董宝林. 广西的四堡群. 地层学杂志, 1991, 15(2): 139~141
- 4 毛景文, 等. 江南古陆南缘四堡群钨钼同位素年龄研究. 地质论评, 1990, 36(3): 264~268
- 5 马东升, 刘英俊. 江南金成矿带层控金矿的地球化学特征和成因研究. 中国科学, 1991, (4): 424~433
- 6 刘英俊, 等. 元素地球化学(第一版), 科学出版社, 1984, 360~361, 252~253

STRATIGRAPHIC GEOCHEMICAL STUDIES OF SIBAO GROUP IN NORTH GUANGXI

Yan Ming Liu Yingjun Ma Dongsheng

(Geoscience Dep., Nanjing University)

Abstract

As Pt_{1-2} volcano-sedimentary formation, Sibao Group in North Guangxi has a series of geochemical characteristics; The distribution of gold is multiple kurtosis, the average content of gold is lower and the correlation of gold with other trace elements is poor. Sn, Cu, Ni, Au, Ag, As and Sb have high variation coefficients and strong mobilities, in which Sn, Cu and Ni are related to basic-ultrabasic rocks and Au, Ag, As and Sb to sedimentary-metamorphous rocks. The associations of trace elements are characterized by siderophile elements and chalcophile elements. Based on the above and the development of tin polymetallization and gold mineralization, the paper thinks that Sibao Group is probable syn-thetical protogenious ore-bearing formation of Sn-Cu-Ni-Au-Ag-As-Sb association.

^① 广西区调队. 桂北前寒武系含金性初步研究. 1990