

桂北地区清明山基性-超基性岩体的地球化学特征及含矿性分析

杨振军^{1,2}, 刘继顺¹, 欧阳玉飞¹, 尹利军¹

(1. 中南大学 地学与环境工程学院, 长沙 410083;

2. 广西罗城矿业有限责任公司, 广西 罗城 546400)

摘要: 桂北地区分布有大量的层状侵入的基性-超基性岩体, 清明山岩体是出露最大的基性-超基性岩体, 出露面积 20 km² 以上。对该岩体的区域地质背景、岩体地质特征、岩体的岩石地球化学特征等研究表明, 与金川超基性岩体相同, 即存在岩体底部就地熔离型浸染状矿体, 也存在深部熔离贯入型块状矿体, 岩体具有很好的岩浆熔离分异作用和成矿性, 找到有一定规模的贯入型富矿可能性较大。

关键词: 铜镍硫化物矿床; 基性-超基性岩体; 清明山; 广西北部

中图分类号: P588.12; P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2010)02-0141-06

0 引言

桂北地区清明山基性-超基性岩体位于扬子准地台的江南地轴南缘, 地质特征及岩石化学特征与甘肃金川岩体相似, 岩体分异较好, 底部的熔离型铜镍贫矿体广泛分布。本文在对清明山基性-超基性岩体地质特征、地球化学特征、成因研究的基础上与著名的金川超基性岩体进行对比, 以期对清明山地区基性-超基性岩体的找矿前景做出判断。

1 清明山岩体地质特征

1.1 区域地质背景

桂北地区基性-超基性岩带分布于扬子准地台的江南地轴南缘, 由4个大的基性-超基性岩体组成, 由南向北为田蓬岩体、大坡岭岩体、清明山岩体和文得-池洞岩体^[1]。

区域地层主要为四堡群和丹洲群。四堡群属优地槽型火山岩建造, 主要岩性为基性-超基性火山岩(包括火山碎屑岩、细碧岩、碧玉岩、喷出岩等)、变

质砂岩、板岩、千枚岩、凝灰岩及熔凝灰岩; 丹洲群为一套比较稳定的浅海-半深海相沉积, 岩性由变质砾岩、石英板岩、绢云板岩、硬砂岩、粉砂岩和硅质岩组成; 与四堡群呈角度不整合接触^[2]。

区域构造为一轴向EW向的复式褶皱构造, 由北而南有文通向斜、池洞背斜、高岭向斜、红岗山背斜、鱼西向斜、五地背斜、清明山向斜。由于含矿岩体与围岩地层同步褶皱和断裂, 其出露范围多与褶皱构造相一致, 一般几千米, 并常被NNE向断裂切割, 宽度数十米至300余m。

1.2 岩体地质特征

清明山岩体主要产于四堡群中下部的文通组和鱼西组中, 出露形态为浑圆状, 与围岩的接触带呈不规则状, 东西长4 km, 南北长5 km, 出露面积超过20 km²。钻探工程证实, 岩体向E倾斜, 倾角为50°左右, 推断岩体形态应为向E(NE)倾斜的岩盆或岩床^[3]。清明山岩体平面上呈透镜状, 剖面上呈层状-似层状。地表的闪长岩、辉长辉绿岩多分布在岩体中部, 辉石岩、橄榄辉石岩呈环状分布在岩体边部^[4](图1), 岩体分异明显, 含矿岩层空间上由南而北, 从基性岩为主到超基性岩为主, 其中细粒辉石岩为主要含矿岩相。

收稿日期: 2009-03-04

作者简介: 杨振军(1965-), 男, 新疆昌吉人, 高级工程师, 博士研究生, 长期从事矿床勘查与找矿。通信地址: 湖南省长沙市中南大学地学与环境工程学院430室; 邮政编码: 410083; E-mail: 2515180@chinaacc.com

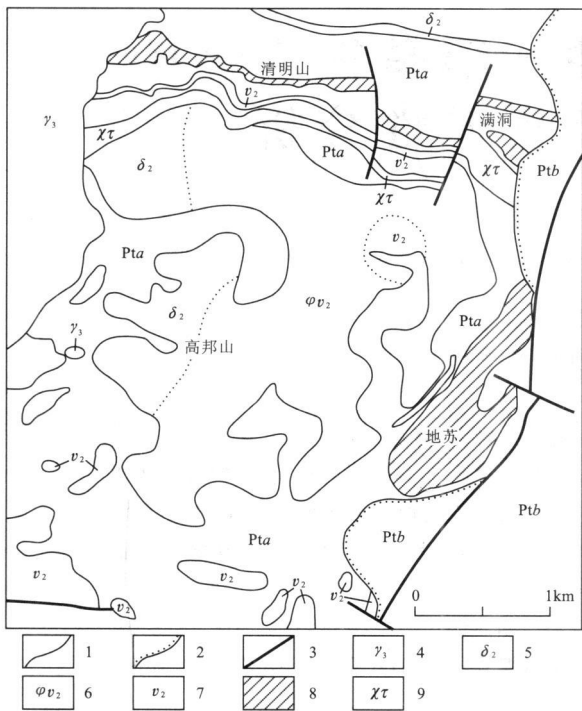


图 1 广西罗城县清明山地区地质图
(据黄杰, 2007 修编)

Fig. 1 Geological sketch of Qingmingshan area,
Luocheng County, Guangxi

Ptα. 四堡群 Ptβ. 丹洲群 1. 地质界线 2. 不整合地质界线 3. 断层 4. 花岗岩 5. 花岗闪长岩 6. 角闪辉长岩 7. 基性岩 8. 含杂岩 9. 细碧质角斑岩

基性-超基性岩体经分异形成橄辉岩、辉石岩、

辉长辉绿岩和闪长岩, 有典型的堆晶结构和海绵陨铁结构。近地表的基性-超基性岩体蚀变强烈, 矿物多已变成钠长石、绿泥石、阳起石、帘石类、黑云母等, 岩石结构致密, 片状矿物具有定向排列。

在基性-超基性岩体底部约 0.5~4 m 范围内广泛分布有熔离型铜镍矿体, 一般镍品位 $w(\text{Ni}) = 0.3\% \sim 0.5\%$, 铜品位 $w(\text{Cu}) = 0.15\% \sim 0.3\%$; 在熔离型铜镍矿体中间常有贯入型和热液充填交代型脉状铜镍矿体分布, 镍的品位较高, 多 $> 1\%$ 。

2 岩体地球化学特征

2.1 岩石化学特征

清明山岩体不同岩性的岩石化学成分(表 1)表明, 岩体化学成分随岩体基性程度的降低, SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O 的质量分数增高, MgO 和 TFeO 的质量分数降低。岩体辉石岩、橄榄辉石岩的 $w(\text{SiO}_2) = 45.47\% \sim 51.80\%$, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) = 9.62\% \sim 10.75\%$, 按照折算成无水质量分数后 $w(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3) \geq 14\%$ 的标准划分^[5], 清明山基性-超基性岩体不属于铁富集型; $w(\text{MgO}) = 17.60\% \sim 22.4\%$, $\text{M/F} = 1.87 \sim 2.08$, $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 8.06\% \sim 9.35\%$, 比原始上地幔的 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 值(3.3%~3.5%)略高, 说明清明山岩体的熔融程度略高^[6]; $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 0.32\% \sim 1.24\%$, $w(\text{TiO}_2) = 0.36\% \sim 0.40\%$, 属正常范围。

表 1 清明山岩体和金川岩体的岩石化学成分对比

Table 1 Petrochemical compositions of rocks in Qingmingshan area and Jinchuan area

岩体	样号	岩性	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	S	烧失量
清明山	Qm1	橄榄辉石岩	45.47	0.40	8.06	0.51	10.24	22.4	7.16	0.32		0.16		
	Qm2	辉石岩	51.80	0.36	8.54	0.02	9.60	18.01	6.11	0.88	0.36	0.19		
	Qm3	辉长辉石岩	51.80	0.34	17.43	1.09	6.95	8.25	9.89	1.68	0.84	0.13		
	Qm4	辉长岩	51.57	0.80	14.18	3.79	8.59	4.69	6.32	2.60	1.00	0.14		
	Qm5	辉绿辉长岩	60.59	0.76	13.49	1.02	10.40	2.57	2.53	3.68	2.08	0.16		
	Qm6	辉绿辉长岩	60.71		17.25	1.11	6.78	7.87	9.89	1.68	1.76	0.19		
	Qm7	辉石岩	48.23		8.58	12.56	17.60	5.89	0.70	0.46		0.54	4.44	
	Qm8	辉石岩	48.59		9.35	11.87	18.33	7.13	0.47	0.31		0.66	4.30	
金川	Jc1	二辉橄榄岩	40.429	0.57	2.784	11.606	7.78	32.87	3.18	0.340	0.15			
	Jc2	海绵状矿石	32.178	0.25	1.227	25.130	10.30	28.70	1.72	0.127	0.08			

注: Qm1—Qm6 数据引自地质勘查报告(1972); Qm7—Qm8 数据为中南大学协作。Jc1—Jc2 据闫海卿, 中国科学院地质与地球物理研究所 X 荧光光谱仪测定(2005)。量的单位: $w_B/\%$ 。

与金川、赤柏松等基性-超基性岩体矿体的岩石化学特征^[7]相比, 清明山基性-超基性岩体矿化岩石化学特征 SiO_2 和铝质质量分数略高, M/F 比

值略偏低, 岩体偏基性。毛景文等认为桂北基性-超基性岩体平均成分按照用 Al_2O_3 (干的) 相对 $\text{Fe}/(\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO}))$ 质量分数图解及 TiO_2 的质量

分数来区分, 应属于科马提岩范围^[8], 只是目前尚未发现鬣刺结构。

2.2 矿石成分特征

矿石中金属矿物以磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿为主, 微量针镍矿、镍辉砷钴矿、钛铁矿、磁铁矿等。主要硫化物磁黄铁矿(黄铁矿、白铁矿)、镍黄铁矿(紫硫镍铁矿、针镍矿)、黄铜矿的体积比为 1.9 : 1.4 : 1。矿石以浸染状构造为主, 品位 $w(\text{Ni}) = 0.3\% \sim 0.5\%$, $w(\text{Cu}) = 0.15\% \sim 0.3\%$; 有时见脉状块矿, 主要矿物为黄铁矿(80%)、含镍矿物(2.4%)、黄铜矿(1.75%)、磁铁矿(0.85%)、紫硫镍矿(0.15%)、脉石(10%)。

磁黄铁矿呈板状, 他形晶粒状, 包裹熔蚀镍黄铁矿和早期的橄榄石、辉石晶体; 黄铁矿多为他形粒状, 少量呈半自形晶, 粒径 0.02~0.25 mm; 镍黄铁矿呈等轴粒状, 粒径 0.02~0.2 mm, 局部被紫硫镍铁矿交代, 紫硫镍铁矿也有呈脉状穿切镍黄铁矿的现象; 黄铜矿为他形, 粒径 0.002~0.2 mm, 交代镍黄铁矿、磁铁矿、黄铁矿, 结晶较晚。有脉状块状矿石时含 Ni>1%, 局部高达 9.8%。矿石中以硫化镍存在的 Ni 占 50%~80%, 余者呈硅酸镍存在, 其含

量一般为 0.1%~0.5%, 明显较其他矿床高。矿石类型分为 3 种: 浸染状矿石(岩体底部熔离型)、海绵陨铁状矿石(贯入型)和热液细脉型矿石, 具有典型的堆晶结构、海绵陨铁结构和交代结构。

2.3 稀土元素地球化学特征

清明山基性-超基性岩体和金川超基性岩体的稀土元素成分列于表 2。两个岩体的稀土配分曲线见图 2 和图 3。清明山岩体的稀土元素特征为 $w(\text{La})_N/w(\text{Sm})_N = 2.46 \sim 3.55$, $w(\text{Gd})_N/w(\text{Yb})_N = 0.76 \sim 0.78$, $w(\text{La})_N/w(\text{Yb})_N = 2.67 \sim 4.64$; $w(\Sigma\text{REE}) = 81.1 \times 10^{-6} \sim 191.2 \times 10^{-6}$, 稀土总量高; $\delta(\text{Eu}) = 0.70 \sim 0.96$, 具正铕异常。金川岩体岩石的稀土元素特征为 $w(\text{La})_N/w(\text{Sm})_N = 1.342 \sim 1.885$, $w(\text{Gd})_N/w(\text{Yb})_N = 1.427 \sim 1.507$, $w(\text{La})_N/w(\text{Yb})_N = 2.574 \sim 3.080$, $w(\Sigma\text{REE}) = 14.69 \sim 21.54$, 稀土总量低, $\delta(\text{Eu}) = 0.563 \sim 0.820$, 具正铕异常; 两者相比, 清明山岩体轻稀土元素富集, 配分曲线向右陡倾(图 2), 金川岩体轻稀土元素略亏损(图 3), 重稀土元素配分曲线相对平坦^[9, 10]。

表 2 清明山岩体和金川岩体的稀土元素成分对比

Table 2 Rare earth elements abundances of Qingmingshan and Jinchuan intrusions

岩体	岩石	样数	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
清明山	闪长岩	3	34.6	61.33	7.09	26.6	6.08	1.19	5.48	0.99	6.82	1.37	4.26	0.63
	角闪辉长岩	6	23	41.23	5.3	19.72	4.44	1.17	4.36	0.79	5.32	1.11	3.3	0.52
	辉长岩	1	9.72	19.6	2.42	10.1	2.47	7	2.52	0.5	3.22	0.67	1.88	0.34
金川	二辉橄辉岩(J4)		2.62	6.46	1.02	4.91	1.26	0.35	0.33	0.23	1.39	0.29	0.72	0.12
	海绵陨铁状矿石(J6)		2.19	4.6	0.63	3.1	0.75	0.15	0.88	0.15	0.9	0.19	0.48	0.08
岩体	岩石	样数	Yb	Lu	Y	ΣREE	δEu	δCe	δYb	δLu	(La/Yb) _N	(La/Sm) _N	(Gd/Yb) _N	
清明山	闪长岩	3	4.42	0.612	9.77	191.2	0.7	0.81	1.2	1.05	4.64	3.55	0.76	
	角闪辉长岩	6	3.42	0.45	26.77	140.9	0.91	0.78	1.19	0.93	3.99	3.24	0.78	
	辉长岩	1	2.16	0.29	18.2	81.1	0.96	0.84	1.16	0.91	2.67	2.46	0.72	
金川	二辉橄辉岩(J4)		0.73	0.11	7.9	21.54	0.82				2.574	1.342	1.507	
	海绵陨铁状矿石(J6)		0.51	0.08	5.36	14.69	0.563				3.08	1.885	1.427	

注: 清明山样品由国土资源部中南矿产资源监督检测中心测检(2005); J4, J6 据闫海卿(2005), 中国科学院地质与地球物理研究所等离子体质谱仪测定; 量的单位: $w/10^{-6}$ 。

2.4 微量元素特征

从表 3 可以看出, 清明山基性-超基性岩体的主要成矿元素 Cu, Ni, Co, Cr 明显富集(与其他元素相比), 而 Zn, Pb, Sn, Sb, As, Cd 相对亏损, 这一特征与金川超基性岩相同。

两个岩体另一显著相同的特征是都伴生铂族元素。清明山岩体伴生的元素主要有 Pt, Pd, Ag, Se,

Te 等。 $w(\text{Pt}) = 0.017 \times 10^{-6} \sim 0.183 \times 10^{-6}$, 平均 0.043×10^{-6} ; $w(\text{Pd}) = 0.003 \times 10^{-6} \sim 0.097 \times 10^{-6}$, 平均 0.023×10^{-6} ; $w(\text{Ag}) = 0.65 \times 10^{-6} \sim 1.02 \times 10^{-6}$, 个别达 143×10^{-6} ; $w(\text{Se}) = 0.00064 \times 10^{-6}$; $w(\text{Te}) = 0.00018 \times 10^{-6}$ ^[2]。金川岩体伴生的元素主要有 Pt, Pd, Au, Ag, $w(\text{Pt}) = 0.64 \times 10^{-6}$, $w(\text{Pd}) = 0.324 \times 10^{-6}$, $w(\text{Au}) = 0.14 \times 10^{-6}$, $w(\text{Ag}) = 3.4 \times 10^{-6}$ ^[11]。

表 3 清明山岩体和金川岩体的微量元素分析结果

样号	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Sb	Sn	Mo	Ag	As	Ba	In	Bi	Cd
清明山 2	470	1600	180	1700	900	230	1	1	27	120	16	11	110	7	100	1
清明山 1	480	1700	190	2100	1200	340	1	1	10	470	100	13	79	40	160	1
金川 N1	48.6	2436	121	2968	3636	50.8	3.94									
金川 N2	45.6	1313	55	1117	452	35.0	4.44									

注: 样品清明山 1—2 由中南大学协作, 等离子体发射光谱分析; 金川 N1—N2, 据邓津辉(矿物岩石, 2003); 量的单位: $w_B/10^{-6}$ 。

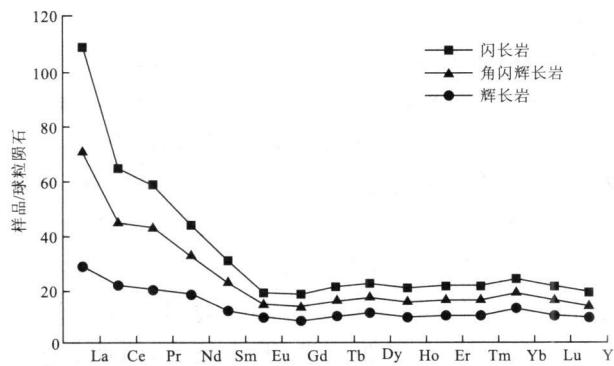


图 2 清明山岩体 REE 配分模式图

Fig. 2 REE partitioning pattern of Qingmingshan rock body

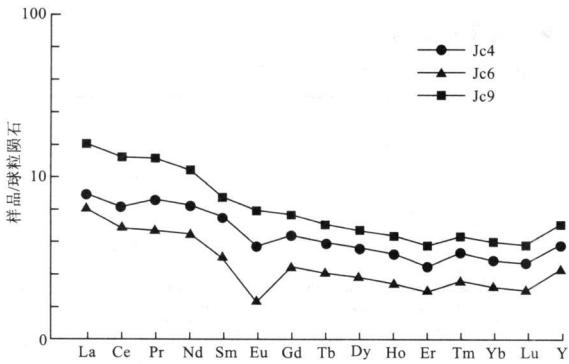


图 3 金川岩体 REE 配分模式图(据闫海卿, 2005)

Fig. 4 REE partitioning pattern of Jinchuan rock body

2.5 同位素地球化学特征

清明山基性-超基性岩体以北分布有三防过铝 A 型花岗岩体, 花岗岩体的西南侧侵入到四堡群中。4 个基性-超基性岩墙样品用 SHRIMP 锆石 U-Pb 法定年, 获得了 $(828 \pm 7) \text{ Ma}$ 的年龄, 三防花岗岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 法和常规锆石 U-Pb 法测定的年龄分别为 $(826 \pm 13) \text{ Ma}$ 和 $(827 \pm 15) \text{ Ma}$ ^[12, 13]; 考虑到该地区的基性-超基性岩多顺层产出, 与四堡群同步褶皱, 且普遍以不整合形式被覆盖于板溪

群之下, 三防花岗岩体既穿插四堡群又切割板溪群, 在板溪群底部还有相同的基性-超基性岩的砾石存在, 因此可以认为桂北地区基性-超基性岩体(包括清明山岩体)的侵位时间相对较早, 在板溪群沉积之前就已定位。毛景文等^[14]对清明山地区(宝坛地区)基性-超基性岩铜镍硫化物矿石进行了 Re-Os 同位素等时线年龄测定, 获得 $(982 \pm 21) \text{ Ma}$ 的年龄数据, $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 的初始值 = 0.102 ± 0.010 , $\text{MSWD} = 1.5$, 可代表该期基性-超基性岩活动及其矿化的时代, 基性-超基性岩体及铜镍矿床应形成于新元古代。同时研究表明, 清明山地区基性-超基性岩海绵陨铁状矿石(贯入型)的 Re/Os 比值为 $0.32 \sim 0.43$, 与东格陵兰第三纪地幔柱环境喷发的苦橄岩的 Re/Os 比值 $(0.02 \sim 0.31)$ ^[15] 相近, 物质来源为幔源; 海绵陨铁状矿体穿插底部熔离层状矿体, 形成时间相对较晚; 底部熔离矿石(熔离型) Re/Os 比值为 $5.36 \sim 11.24$, 反映出有地壳物质的参与, 成矿较海绵陨铁状矿石成矿早。

金川超基性岩体贫矿石的 Re-Os 同位素等时线年龄 $(1217 \pm 37) \text{ Ma}$ ^[11], $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 的初始值 = 0.1359 ± 0.0039 , $\text{MSWD} = 1.5$; 海绵陨铁矿石的 Re-Os 同位素等时线年龄 $960 \pm 140 \text{ Ma}$, $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 初始值 = 0.164 ± 0.046 , $\text{MSWD} = 5.8$; 表明金川超基性岩体的 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 初始值与陨石接近, 物质来源于地幔; 贫矿体形成较早, 为先期侵位; 海绵陨铁状矿体形成较晚, 为后期侵位。

4 成矿性及成矿条件分析

4.1 清明山岩体的成矿性

清明山基性-超基性岩体的成矿元素分析结果(表 4)表明, 随着岩石的基性程度的增高, 基性-超基性岩体中的 Ni, Cu, Cr, Co 的富集性明显增强, 具有较强的 Ni-Cu-Cr-Co 综合地球化学异常。

清明山基性-超基性岩体的浸染状熔离型矿体^[16, 17]赋存于岩体的底部, 受基性程度较高的岩相

控制, 矿体厚度与超基性岩的厚度成正比关系, 其形态严格受岩体底部形态控制并与围岩呈渐变过渡关系, 海绵陨铁矿体穿插于浸染状底部矿体中, 成矿后

期的热液阶段有含矿热液活动, 不仅形成新的金属硫化物如针镍矿、镍辉砷钴矿等, 而且改造了先期形成矿石的结构构造, 使矿石品位有所增高。

表 4 清明山岩体成矿元素分析结果

Table 4 Ore-forming elements of Qingminshan rock body									
岩体	岩石名称	样品数	Cr	Ni	Co	Cu	Pb	Zn	As
清明山	辉石岩	5	1700	2100	190	1200	76	340	13
	辉石岩	5	1600	1700	180	900	21	230	11
	辉绿岩	CK11 24	104	59	15	163	37.5	235	
	纤闪石化辉石岩	87	1632	1208	58	826	191	768	
	变辉长岩	39	360	124	28	308	42	280	
维氏丰度值	中性岩		50	55	10	35	15	72	2.4
	基性岩		200	160	45	100	8	130	2
	超基性岩		2000	2000	200	20	0.1	30	0.5

量的单位: $w_B/10^{-6}$ 。

4.2 清明山岩体的成矿条件分析

清明山岩体与金川岩体具有相似性, 二者的特征对比见表 5。

清明山基性- 超基性岩体和金川超基性岩体均为沿元古宙稳定大陆边缘深大断裂侵入大陆裂谷、优地槽中的层状基性- 超基性杂岩体, 物质来源于地幔, 岩体分异明显; 矿石矿物主要为磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿, 矿物层理、粒级层理发育, 即存在底

部熔离型的贫矿体, 也存在后期贯入的海绵陨铁状块状矿体和后期的热液交代充填细脉状矿体; 具有高的 Os 浓度、低 Re/Os 比值特征; 说明两岩体的地质特征、成矿环境、物质来源、成矿类型、岩石地球化学特征相近, 清明山基性- 超基性岩体存在形成与金川类似的贯入型富矿、大矿的地质条件, 具备找到一定规模的贯入型富矿的可能性。

表 5 清明山岩体与金川岩体地质特征对比

Table 5 Geological characteristics of Qingmingshan and Jingchuan intrusions		
项目	清明山岩体	金川岩体
大地构造环境	江南地轴, 优地槽	位于华北古陆块西缘龙首山隆起带, 大陆裂谷环境
岩体侵入特征	一次性侵入、层状杂岩体	多旋回侵入层状杂岩体
构造环境	沿江南地轴西南缘四堡大断裂旁侧次级断裂侵入, 区内有多条控矿构造	沿龙首山隆起带边缘深大断裂次级断裂侵入, 区内有多条控矿构造
岩浆条件	出露大面积的花岗岩, 基性- 超基性岩体, 规模小, 呈岩墙、岩脉或透镜体状	出露大面积的花岗岩, 基性- 超基性岩体, 规模小, 呈岩墙、岩脉或透镜体状
地层条件	前寒武系四堡群基性- 中基性火山岩、变质砂岩、板岩、千枚岩、凝灰岩	前长城系龙首山群, 大理岩、斜长角闪岩及混合花岗岩
侵入岩类型	基性- 超基性岩体	超基性岩体
岩相特征	橄榄岩、橄辉岩、辉石岩、辉长岩、辉长辉绿岩、闪长岩, 分层	二辉橄榄岩、橄辉辉石岩、纯橄榄岩, 分层
矿床类型	Ni-Cu-PGE 岩浆硫化物矿床	Ni-Cu-PGE 岩浆硫化物矿床
主要金属矿物及分布特征	磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿, 矿物层理、粒级层理发育	磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿, 矿物层理、粒级层理发育
矿石类型及矿化特点	矿体以底部熔离型为主, 镍品位低, 0.20%~0.50%, 贯入型镍品位高达 1%	底部熔离型矿体镍品位低, 约为 0.35%, 矿体贯入型为主, 镍品位高达 2%
主量元素	贫碱、低铝, M/F=1.7~2.08, 具有岩浆早期阶段堆晶作用特征, 橄榄石是主要的堆晶相	贫碱、低铝, M/F=2~5.3, 具有岩浆早期阶段堆晶作用特征, 橄榄石是主要的堆晶相
微量元素	贫锆; 源区可能是富集型地幔、地壳部分熔融形成的岩浆物质, 经历了深部熔离、就地熔离结晶作用	贫锆; 源区可能是富集型地幔部分熔融形成的岩浆物质, 经历了深部熔离、就地熔离结晶作用
稀土元素	岩体贫矿体稀土元素原始地壳配分模式基本一致, 属于右倾型, 表现为轻稀土富集, 正 $\delta(\text{Eu})$ 异常	岩体稀土元素原始地幔配分模式基本一致, 属于平坦型, 正 $\delta(\text{Eu})$ 异常
同位素年龄	982 Ma	911~1217 Ma
Os 浓度、Re/Os 特征	块状矿石具有高 Os 浓度、低 Re/Os 比值, 浸染状矿石 Re/Os 比值高	高的 Os 浓度、低 Re/Os 比值

参考文献:

- [1] 吕锦川, 马富君, 姜思聪, 等. 广西罗城宝坛幅 1 : 5 万矿产资源调查报告[R]. 柳州: 广西第七区调队, 1984.
- [2] 彭尚仁, 谭洪房, 张东安, 等. 广西罗城清明山铜镍矿床地质评价总结报告[R]. 河池: 广西 270 地质队, 1973.
- [3] 黄杰, 莫江平, 唐红松, 等. 桂北地区铜镍硫化矿成矿地质条件分析及找矿方向[J]. 南方国土资源, 2004, (11): 70-71.
- [4] 黄杰, 刘耀辉, 杨明德, 等. 桂北高邦山中基性岩体的铜镍成矿性研究[J]. 矿产与地质, 2007, 21(3): 241-244.
- [5] Hanski E S, Smolkin V F. Iron and LREE-enriched mantle source for early Proterozoic intraplate magmatism as exemplified by Kola Peninsula, Russia[J]. Lithos, 1995, 34: 107-125.
- [6] 苏尚国, 邓晋福, 汤中立, 等. 镁铁质-超镁铁质岩浆作用与成矿作用的新进展[J]. 现代地质, 2004, 18(4): 454-459.
- [7] 宋叔和, 汤中立, 任端进, 等. 中国矿床(上册)[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1993: 249-251.
- [8] 毛景文, 宋叔和, 陈毓川. 桂北地区火成岩系列和锡多金属矿成矿系列[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1988: 10-17.
- [9] Gill G B. Orogenic Andesites and Plate Tectonics [M]. Berlin: Heidelberg, Springer-Verlag, 1981: 128-132.
- [10] 王仁民, 贺高品, 陈珍珍, 等. 变质原岩图解判别法[M]. 北京: 地质出版社, 1987: 91-95.
- [11] 刘民武. 中国几个镍矿床的地球化学比较研究[D]. 2003, 1-50.
- [12] 韩发, 沈建忠, 聂风军, 等. 江南古陆南缘四堡群同位素地质年代学研究[J]. 地球学报, 1994, 1(2): 43-50.
- [13] 葛文春, 李献华, 梁细荣, 等. 桂北元宝山宝坛地区约 825Ma 镁铁-超镁铁岩的地球化学及其地质意义[J]. 地球化学, 2001, 30(2): 123-130.
- [14] 毛景文, 杜安道. 广西宝坛地区铜镍硫化物矿石 982Ma Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 中国科学(D 辑), 2001, 31(12): 992-998.
- [15] Brooks C K, Keays R R, Lambert D D, *et al.* Re-Os isotope geochemistry of Tertiary picritic and basaltic magmatism of East Greenland: constraints on plume-lithosphere interactions and the genesis of the Platino reef, Skaergaard intrusion [J]. Lithos, 1999, 47: 107-126.
- [16] 汤中立, 李文渊. 金川铜镍硫化物(含铂)矿床成矿模式及地质对比[M]. 北京: 地质出版社, 1995: 14-209.
- [17] 汤中立. 中国岩浆硫化物矿床的主要类型[J]. 甘肃地质学报, 1996, 5(1): 45-49.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND THE METALLOGENIC ANALYSIS OF QINGMINGSHAN BASIC-ULTRABASIC INTRUSION

YANG Zhen-jun^{1,2}, LIU Ji-shun¹, OUYANG Yue-fei¹, YIN Li-jun¹

(1. School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Luocheng Jishenyuan Mining Limited Company, Luocheng 546400, Guangxi, China)

Abstract: There are many layered basic-ultrabasic intrusions in the north Guangxi area. Qingmingshan intrusion is the basic-ultrabasic rock body with the largest outcropped area. (over 20 Km²). Research on the regional geological setting, geological feature and general geochemical characteristics of the body show similarities between it and Jinchuan ultrabasic rock body, i. e. in-situ magma partition of the disseminated ore bodies at bottom of the rock body and magma partition and injection of massive ore bodies at depth. The rock body is potential for development of injection of rich massive ore bodies.

Key Words: copper and nickel sulfide deposit; basic-ultrabasic rocks; Jinchuan; Qingmingshan; North Guangxi