doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2019.02.007

雪峰弧形构造带南段牛角界钨矿区花岗岩地球化学特征

阳卫华

YANG Wei-Hua

(湖南省地质矿产勘查开发局四〇七队,湖南 怀化 418000)

(407 Geological Team of Hunan Geological and Mineral Exploration and Development Bureau, Huaihua 418000, Hunan, China)

摘要:湖南牛角界钨矿区花岗岩体位于雪峰弧形构造带南段。岩体主要由细粒黑云母二长花岗岩、中细粒黑云母二长花岗 岩、中粗粒黑云母二长花岗岩组成,其中钨矿化与细粒、中细粒花岗岩有关。岩石地球化学特征表明,富碱[ω(Na₂O + K₂O) = 7.58 ~ 8.23 wt%)],富钾(K₂O/Na₂O=1.41 ~ 1.56),A/CNK=1.45 ~ 1.55,属过铝质高钾"S"型花岗岩。稀土元素总量较低(66.29× 10⁶~107.78×10⁶),富集轻稀土,LREE/HREE为4.59~8.51,呈右倾型。δEu含量为0.13~0.48,远小于1,显示明显的负异 常。在微量元素配分模式中,岩石富集K、W、Ba、Cs、Rb等大离子亲石元素,亏损Th、Nb、Ta、P、Zr、Yb等高场强元素。岩体形 成于碰撞造山后环境,并且对牛角界钨矿的形成具有一定的贡献。 关键词:牛角界钨矿区;花岗岩;地球化学;雪峰弧形构造带 中图分类号:P581;P618.67 文献标识码:A 文章编号:1007-3701(2019)02-0216-10

Yang W H. Geochemical Characteristics of Granites in Niujiaojie Tungsten Deposit, Southern Section of Xuefeng Arc Structural Belt. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2019, 35(2): 216–225.

Abstract: The granite body of the Niujiajie tungsten deposit area is located in the southern section of the Xuefeng arc structure belt. The granie is mainly composed of fine-grained biotite monzonitic granite, medium-fine-grained biotite monzonitic granite, and medium-grained biotite monzonitic granite. The tungsten mineralization is related to fine-grained and medium-fine-grained granite. The geochemical characteristics of the rock indicate: alkali-rich (Na₂O+K₂O=7.58-8.23 wt%), potassium-rich (K₂O/Na₂O=1.41-1.56), A/CNK= 1.45-1.55, which belongs to aluminum high-potassium "S" type granite. The total amount of rare earth elements is relatively low, and the light rare earth is enriched. The LREE/HREE is 4.59-8.51, which is righthanded. δ Eu content is 0.13-0.48, showing obvious negative anomaly. In the trace element partitioning mode, the rock is enriched with large ion lithophile elements such as K, W, Ba, Cs, and Rb, and depleted in high field strength elements such as Th, Nb, Ta, P, Zr, and Yb. The formation of granite is related to plate collision, and which has a certain contribution to the formation of Niujiaojie tungsten deposit.

Key words: Niujiaojie tungsten deposit; granitoids; geochemistry; Xuefeng arc structure belt

基金项目:湖南省财政项目"雪峰山一带金钨矿找矿方向研究"(201701-03)资助

收稿日期:2019-1-14 修回日期:2019-3-4;责任编辑:董好刚

作者简介:阳卫华(1977—),男,本科,主要从事矿产勘查工作,E-mail:84359174@qq.com

雪峰弧形构造带位于扬子地块与华夏地块的 过渡地带,俗称"江南造山带",是雪峰-金山巨型弧 形推覆剪切金锑钨成矿带的重要组成部分^[1-2]。区内 矿床(点)众多,已发现有铲子坪金矿、大坪金矿、响 溪金锑矿、牛角界钨矿、寨溪山钨矿、上茶山钨矿、 沙溪钨矿等众多金锑钨矿床^[3-7],这些矿床产于花岗 岩体内及周边,空间上密切相关,成矿花岗岩形成 于印支期,岩性组合为二长花岗岩、二云母花岗岩, 为 S 型花岗岩^[3-7]。

牛角界钨矿位于雪峰弧形构造带南段瓦屋塘 花岗岩体接触带及附近,类型为石英脉型。2011-2012年,湖南省地勘局四〇七队在该区开展了普 查工作,提交 WO₃资源量(334+334 低)8 967 吨, 钨矿主要产于细粒、中细粒花岗岩内,而针对与钨 矿空间上密切相关的花岗岩,至今尚无系统的研究 资料。鉴于此,本文在野外地质调查的基础上,通过 室内岩相学观察、岩石地球化学分析,并结合前人的研究成果,初步探讨成矿花岗岩的地球化学特征 及成矿意义。

1区域地质背景

牛角界钨矿床位于雪峰弧形构造带南段。区内 出露的地层主要有新元古界青白口系、南华系、震 旦系、寒武系、奥陶系等,其中与钨矿空间上相关的 为奥陶系中上统烟溪群砂质板岩、粉砂质板岩。区 内构造发育,主要为北东向褶皱、断裂,南北向、北 西向断裂次之,其中规模较大的有北东向罗翁--陇 城深断裂和南北向铁山庙--武阳深大断裂,它们对 花岗岩体及赋存于岩体中的钨矿起控制作用(图 1)。区内岩浆岩发育,以酸性岩为主,从北向南依次 为中华山、崇阳坪、瓦屋塘岩体,它们沿铁山庙--武



Fig. 1 Regional geological sketch map of Xuefeng arc structure belt

1-第四系;2-古近系;3-泥盆系;4-志留系;5-奥陶系;6-寒武系;7-震旦系;8-南华系;9-青白口系;10-花岗岩;11-地质界线;12-断 层/推测断层;13-背斜;14-向斜;15-钨矿床;16-研究区位置. 阳断裂侵入,形成近南北向展布、延伸长 150 km 的 构造岩浆岩带,呈岩基、岩株产出。岩性主要为黑云 母二长花岗岩,它们成为崇阳坪地区最主要的地质 体和矿化围岩,围绕它们发现有多处钨、锡、铅、锌、 银、金等矿床(点)及矿化点^[1]。

牛角界钨矿床产于瓦屋塘岩体西部之内接触 带上,矿区地层主要有奥陶系中上统烟溪群砂质板 岩、变粉砂岩及粉砂质板岩。钨矿化主要赋存于岩 体与地层接触带附近的细粒、中细粒花岗岩内。矿 区分布含钨矿化带3条(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ),矿化带长410 ~ 4 200 m, 宽 6 ~ 400 m, 主要由石英细脉、电气石 石英细脉及细粒、中细粒花岗岩组成,细脉厚 0.1~ 4.0 cm, 密度 2~20 条/m, 在细脉分支复合、膨大缩 小频繁、细脉分布密集等部位,矿化相对较富集。主 矿体一般长 600~2 500 m, 厚 1.10~23.29 m,品 位 0.070% ~ 0.364%, 矿体倾向 57° ~ 146°, 倾角 46°~90°。矿石中金属矿物主要为黑钨矿、白钨矿, 次为黄铁矿、黄铜矿;脉石矿物主要有石英、钾长 石、斜长石、黑云母、电气石、白云母等。矿石结构主 要为自形-半自形、他形晶粒结构;矿石构造主要为 浸染状、细脉状、团块状(图 2)。围岩蚀变主要有云 英岩化、钠长石化、硅化、电气石化、钾长石化,这些 蚀变叠加部位,钨矿化往往较好。

2花岗岩地质及岩石学特征

矿区内花岗岩为瓦屋塘岩体的一部分,出露面 积约 14 km²。岩性主要为细粒、细中粒、中粗粒(斑 状)黑云母二长花岗岩,受构造应力作用明显,广泛 发育碎裂结构。岩体内花岗斑岩脉、花岗细晶岩脉, 局部地段岩体顶部还残留围岩顶盖。细粒黑云母二 长花岗岩呈弧型分布于矿区西部,岩体与围岩接触 界线 100~800 m 范围内, 南北向长度约 6 500 m, 出露面积约 3.5 km²。细粒黑云母二长花岗岩主要 矿物有钾长石(20%~30%)、石英(30%~35%)、斜长 石(30%~35%)、黑云母(1%~3%)、电气石(1%~ 15%)。石英分为三期,第一期为原生石英,粒径约 0.2~2 mm,半自形-他形粒状,第二期石英为重结 晶石英,具波状消光,第三期石英呈他形粒状交代长 石或沿矿物晶隙充填,粒径多为0.02~0.1 mm。钾长 石半自形-他形粒状,粒径 0.05~1 mm;斜长石半 自形板状,粒径约0.05~2 mm,弱绢云母化;黑云



图2 牛角界矿区矿石照片 Fig. 2 Ore photographs of granites in Niujiaojie ore district (A)-含白钨矿电气石石英细脉;(B)-荧光灯照射下的白钨矿;(C)-含黑钨矿石英脉;(D)-硅化、钠长石化、钾长石化.

母片状,少量分布。

细中粒黑云母二长花岗岩主要呈椭圆状分布 于Ⅲ矿化带附近,出露面积约1km²,与中粒斑状黑 云母二长花岗岩呈渐变过渡关系(图3)。细中粒黑 云母二长花岗岩主要矿物有钾长石(30%~35%)、 斜长石(30%~35%)、石英(24%~30%)、黑云母 (10%~15%)、电气石(1%~5%)。钾长石呈他形粒 状,粒径大多为2~5 mm,部分0.4~2 mm,具条纹, 可见被电气石、石英交代现象;斜长石呈半自形板 状,粒径大多为2~5 mm,部分0.5~2 mm,具聚 片双晶,部分被黝帘石、白云母集合体交代呈残余; 石英他形粒状,粒径大多为0.4~2 mm,内部多已 重结晶,与长石接触界线多平直;黑云母呈不完整 片状,粒径为0.2~1.2 mm,被绿泥石、白云母交代 呈残余。

中粗粒(斑状)黑云母二长花岗岩分布于矿区 中部及东部,出露面积 50 km²,是瓦屋塘岩体的主 体。中粗粒黑云母二长花岗岩主要矿物有斜长石 (33%~35%)、钾长石(25%~30%)、石英(25%~ 30%)、黑云母(5%~10%)、电气石(1%~3%)。斜 长石呈自形的板状、粒状,粒径大多为2~5 mm, 部分>5 mm,多见绢云母化;黑云母片状,多为细 粒,有不同程度的绿泥石化;石英粒状,内部碎裂重 结晶;钾长石他形粒状,粒径大多为2~5 mm,部 分>5 mm,常具钠长石条纹,岩石轻微碎裂(图4)。

3 成矿花岗岩地球化学特征

3.1 测试方法

本次对牛角界矿区的细粒黑云母二长花岗岩、 细中粒黑云母二长花岗岩各 3 件样品进行了主量元 素和微量元素分析。细粒黑云母二长花岗岩样号 NJJ-1~NJJ-3,中细粒黑云母二长花岗岩样号 NJJ-4~ NJJ-6,采自 ZK2801、ZK2803、ZK4001、ZK4002 中。

所分析的样品均是去除表皮风化物并洗净晾 干后在玛瑙乳钵中粉碎成 200 目粉末样。主量元 素、微量和稀土元素测试在澳实分析检测广州有限 公司澳实矿物实验室完成。主量元素采用 ME-



图3 雪峰弧形构造带牛角界矿区地质略图

Fig. 3 Geological sketch map of pluton in Niujiaojie ore district, Xuefeng arc structural belt 1-奥陶系中上统烟溪群;2-印支期;3-矿化带及编号;4-细粒花岗岩;5-细中粒花岗岩;6-中粗粒花岗岩;7-地质界线;8-相变线;9-边 界矿体;10-工业矿体;11-采样位置.



图4 牛角界矿区成矿花岗岩照片

Fig. 4 Sample photographs of granites in Niujiaojie ore district

(A)-细粒黑云母二长花岗岩;(a)-细粒花岗岩中他形粒状电气石(Drv),正交偏光;(B)-细中粒黑云母二长花岗岩;(b)-细中粒花岗岩中斜长石(Pl)具有环带构造,中间部位钠黝帘石化,正交偏光.

XRF26型X荧光光谱仪熔融法测定;稀土和微量 元素分别采用ME-MS81和ME-MS61方法,在电 感耦合等离子体质谱仪 Agilent 7700x和 Perkin Elmer Elan 9000上测定,含量>10×10⁻⁶的元素分析 精度优于5%,含量<10×10⁻⁶的元素分析精度优于 10%。岩石地球化学数据处理及作图采用路远发的 Geokit 软件^[8]。

3.2 主量元素

由表1可以看出,细粒黑云母二长花岗岩的 SiO₂含量变化范围窄(74.4~76.1 wt%);全碱含量高 (7.97~8.23 wt%), 且相对富钾(K₂O/Na₂O=1.41~1.45); Fe₂O₃、FeO含量相对高些,分别为1.13~1.35 wt%和 0.89~1.18 wt%;铝饱和指数(A/CNK=1.45~1.55)。 中细粒黑云母二长花岗岩的SiO₂含量介于73.1~ 73.5 wt%之间,全碱含量较高(7.58~8.00 wt%),且相对 富钾(K₂O/Na₂O=1.44~1.56),里特曼指数为1.89~2.10, 铝饱和指数(A/CNK=1.51~1.55)。

在 K₂O-SiO₂ 图解上,所有样品均落在高钾钙 碱性系列岩区(图 5a)。所有样品在 A/CNK-A/NK 图解中均位于过铝质岩区(图 5b)。



Fig. 5 Whole-rock SiO2 versus K2O and A/NK versus A/CNK plot diagrams of Niujiaojie granite

样号	NJJ-1	NJJ-2	NJJ-3	NJJ-4	NJJ-5	NJJ-6	
岩性	细	粒黑云母二长花岗	討岩	中细粒黑云母二长花岗岩			
SiO ₂	74.4	75.1	76.1	73.5	73.5	73.1	
TiO_2	0.12	0.12	0.10	0.18	0.20	0.18	
Al_2O_3	13.70	13.00	13.05	13.90	13.90	13.95	
Fe ₂ O ₃	1.33	1.35	1.13	1.77	1.75	1.83	
FeO	1.18	1.12	0.89	1.48	1.33	1.45	
MnO	0.05	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	
MgO	0.27	0.22	0.20	0.49	0.45	0.54	
CaO	0.86	0.65	0.91	1.38	1.20	1.32	
Na ₂ O	3.27	3.42	3.31	3.11	3.12	3.15	
K_2O	4.70	4.81	4.79	4.47	4.88	4.64	
P_2O_5	0.12	0.07	0.04	0.12	0.15	0.12	
LOI	0.56	0.36	0.37	0.56	0.72	0.55	
K ₂ O+Na ₂ O	7.97	8.23	8.10	7.58	8.00	7.79	
K ₂ O/ Na ₂ O	1.44	1.41	1.45	1.44	1.56	1.47	
CaO/ Na ₂ O	0.26	0.19	0.27	0.44	0.38	0.42	
σ	2.02	2.11	1.99	1.89	2.10	2.02	
AR	4.63	5.31	5.46	4.63	4.91	4.76	
A/CNK	1.55	1.46	1.45	1.55	1.51	1.53	
A/NK	1.72	1.58	1.61	1.83	1.74	1.79	

表1 牛角界矿区花岗岩的主量元素(wt%)组成

Table 1 Major elements composition of granite in Niujiaojie deposit

3.3 稀土与微量元素

从岩石样品稀土元素测试结果(表 2)可见,岩体的稀土元素总量较低,其中细粒黑云母二长岩样品的稀土总含量(ΣREE)介于 66.29×10⁻⁶ ~ 107.78×

10⁻⁶之间,中细粒黑云母二长岩样品稀土元素总含量(ΣREE)介于 92.88×10⁻⁶~105.70×10⁻⁶之间,均低于地壳岩浆岩平均值(164×10⁻⁶)。所有样品具有右倾配分曲线(图 6),LREE/HREE 为 4.59~8.51,



Fig. 6 Plots of chondrite-normalized REE patterns and plots of primitive mantle-normalized trace elements patterns for

Niujiaojie granite

表2	牛角界钨矿	区花岗岩稀+	-元素(x10-	の分析结果
~~=				

Table 2 Rare earth elemental analysis results of granite in Niujiaojie deposit

样号	NJJ-1	NJJ-2	NJJ-3	NJJ-4	NJJ-5	NJJ-6	
岩性	细粒黑云母二长花岗岩			中细粒黑云母二长花岗岩			
La	12.1	14.5	18.7	18.4	20.4	18.4	
Ce	27.7	33.3	41.9	38.7	45.0	38.5	
Pr	3.02	3.72	5.12	4.34	5.16	4.47	
Nd	11.2	13.6	19.4	15.8	19.6	16.5	
Sm	2.86	3.54	4.62	3.79	3.99	3.39	
Eu	0.23	0.15	0.20	0.57	0.44	0.48	
Gd	2.26	3.34	4.54	3.40	3.34	3.32	
Tb	0.45	0.64	0.77	0.53	0.57	0.53	
Dy	2.73	4.06	5.01	3.39	3.20	3.27	
Но	0.52	0.84	0.93	0.59	0.56	0.54	
Er	1.40	2.58	2.77	1.61	1.60	1.55	
Tm	0.21	0.39	0.41	0.24	0.21	0.23	
Yb	1.43	2.73	2.99	1.50	1.43	1.49	
Lu	0.18	0.42	0.42	0.22	0.20	0.21	
Y	9.4	20.5	19.8	9.7	13.9	12.8	
Σ REE	66.29	83.81	107.78	93.08	105.70	92.88	
LREE	57.11	68.81	89.94	81.60	94.59	81.74	
HREE	9.18	15.00	17.84	11.48	11.11	11.14	
LREE/HREE	6.22	4.59	5.04	7.11	8.51	7.34	
La_N/Yb_N	5.72	3.59	4.23	8.29	9.64	8.34	
δEu	0.27	0.13	0.13	0.48	0.36	0.43	
δCe	1.05	1.04	0.99	0.99	1.01	0.97	

δEu 为 0.13 ~ 0.48,显示明显的负异常。

从岩石样品微量元素测试结果(表 3)看出:岩体中主要微量元素 W=1.7×10⁻⁶ ~ 29.7×10⁻⁶,平均值 11.2×10⁻⁶,高于酸性岩平均值的 2 ~ 20倍;Sn=17× 10⁻⁶ ~ 41×10⁻⁶,平均值 23.3×10⁻⁶,高于酸性岩平均 值的 6 ~ 14倍;Mo=1.01×10⁻⁶ ~ 3.11×10⁻⁶;Bi=1.43× 10⁻⁶ ~ 12.5×10⁻⁶,均高于酸性岩及地壳克拉克值,侧 面表明花岗岩中成矿元素是成矿的重要物质来源。 所有样品的 K、W、Ba、Cs、Rb、Pb、LREE 等大离子 亲石元素 (LILE) 含量较高,Th、Nb、Ta、P、Zr、Yb、 HREE 等高场强元素(HFS)的含量偏低。在微量元 素原始地幔标准化图解上(图6),两种不同粒度的 岩体显示了较为一致的曲线分布模式,即均体现了 Rb、(Th+U+K)、Pb和(Nd+Zr+Hf+Sm)的明显正异 常,Ba、Nb、Ta、Sr、P、Ti的明显负异常,具有壳源花 岗岩特征¹²。

4 讨论

4.1 岩石类型

牛角界矿区细粒黑云母二长花岗岩、中细粒黑 云母二长花岗岩在空间上共生,且有相似的主量、 微量元素特征,应该是同源岩浆的产物。矿区成矿 花岗岩岩性为二长花岗岩,含过铝质矿物,如黑云 母、白云母、电气石及少量堇青石。岩石化学上,花 岗岩样品 SiO₂含量为 73.1 ~ 76.1 wt%,K₂O/Na₂O 比值为 1.41 ~ 1.56;A/CNK 值为 1.45 ~ 1.55,均大 于 1.1,属于过铝质岩石。微量元素上,富集 Rb、 (Th+U+K)、Pb 和(Nd+Zr+Hf),亏损 Ba、Nb、Ta、Sr、 P、Ti。从矿物学及地球化学特征来看,具有由陆壳 沉积物熔融形成的 S 型花岗岩特征^[14–15]。在 TiO₂–Zr 图解中(图 7),样品大多落在 S 型花岗岩区。

样号	NJJ-1	NJJ-2	NJJ-3	NJJ-4	NJJ-5	NJJ-6	亚护库
岩性	细粒黑云母二长花岗岩			中细粒黑云母二长花岗岩			- 平均值
W	29.7	6.4	13.4	1.7	3.8	12.1	11.2
Sn	25	41	19	17	20	18	23.3
Mo	3.11	1.11	2.71	1.53	1.37	1.01	1.8
Bi	8.97	4.71	12.50	2.57	4.25	1.43	5.7
Be	7.95	4.96	6.27	4.78	4.15	5.23	5.6
Y	15.1	25.6	28.4	17.8	17.2	16.8	20.2
Yb	1.43	2.73	2.99	1.50	1.43	1.49	1.9
Та	2.4	4.5	2.8	2.5	2.1	2.2	2.8
Nb	11.7	15.1	11.4	12.2	12.4	11.5	12.4
Li	137.5	119.0	151.5	188.5	149.5	146.5	148.8
Ga	18.60	18.00	16.80	17.80	19.20	17.65	18.0
Zr	106	70	75	92	91	77	85
Sr	34.6	22.5	28.8	73.1	66.8	70.2	49.3
Ba	113.0	88.1	67.3	281	219	267	173
Rb	357	459	389	307	352	305	362
Cs	45.5	64.6	37.4	41.1	40.5	44.9	45.7
U	17.35	17.15	15.40	9.34	16.35	9.93	14.3
Cu	15.9	20.3	38.0	13.3	47.4	14.7	24.9
Pb	35.1	44.5	46.2	44.0	38.5	43.4	42.0
Zn	21	26	14	35	34	30	26.7
As	0.4	0.9	1.7	0.6	0.8	0.3	0.8
В	<20	350	<20	<20	70	20	
Hf	2.1	2.6	2.6	2.3	2.6	2.3	
Ni	2.3	2.0	1.9	3.8	3.5	3.7	2.9
Cr	30	30	20	20	30	20	25.0
Со	1.7	1.5	1.3	3.2	3.1	3.2	2.3
V	8	7	8	18	15	18	12.3

表3 牛角界钨矿区花岗岩微量元素(×10→)分析结果

Table 3 Trace element analysis results of granite in Niujiaojie deposit

4.2 构造与成矿意义

近年来,前人对雪峰弧形构造带地质构造演化 进行了大量研究,取得了诸多成果。研究表明本区 经历了扬子地块与华夏地块的碰撞、聚合、裂解、陆 内造山以及古太平洋板块俯冲的远程影响等多期 构造事件^[17-22]。牛角界矿区细粒黑云母二长花岗岩、 中细粒黑云母二长花岗岩主要由钾长石、石英、斜 长石、黑云母,少量白云母、电气石、堇青石组成,富 集大离子亲石元素 K、W、Ba、Cs、Rb、Pb、LREE等, 亏损 Th、Nb、Ta、P、Zr、Yb、HREE等高场强元素,显 示了 S 型花岗岩的特征^[15-16]。稀土元素分析显示,岩 石的(La_N/Yb_N)值为 3.59 ~ 9.64, δEu 值为 0.13 ~ 0.48, 具有明显的负 Eu 异常, 与地壳重熔形成的花 岗岩特征相近^[23-24]。在花岗岩构造环境判别图解 Nb-Y(图 8a)中, 花岗岩均落在 VAG+syn-COLG (火山弧+同碰撞花岗岩)区。进一步投图 Rb/30-Hf-3Ta(图 8b), 样品落在碰撞后花岗岩区^[25-26]。

以往学者测定牛角界矿区花岗岩同位素年龄为 203 Ma 和 222 Ma,周边特征相似的崇阳坪岩体203 Ma 和 211 Ma,中华山岩体 246 Ma,白马山岩体203~248 Ma,这些岩体主要形成于印支期^[26-28]。综合本区大地构造背景、形成时代、地球化学特征

等分析,我们推断本区花岗岩是在印支期扬子地块 与华夏地块碰撞造山后形成。

印支期晚期,扬子地块与华夏地块碰撞造山 后,陆壳由碰撞造山时的强烈挤压环境,变为挤压 应力相对松弛的环境,在构造薄弱部位侵入一系列 花岗岩[29-30]。伴随着岩浆-热液作用,形成了金、锑、 钨、铅锌等一系列与岩浆岩有关的金属矿床,如产 在新元古界板溪群、南华系中的铲子坪金矿、大坪 金矿床;产在花岗岩周边地层中的锰矿、铅锌矿;产 在花岗岩中的钨矿。国内一些重要钨矿集区亦与S 型花岗岩有关,如赣西北超大型大湖塘钨矿、西华 山钨矿等[31-32]。本次研究的牛角界钨矿床与印支期 花岗岩关系密切,形成于碰撞造山后环境,表明在 Fig. 7 Diagram of the genetic type Zr-TiO₂ of grenite in the 印支期板块碰撞造山后过程中形成了多类型矿化。



图7 牛角界矿区花岗岩成因类型Zr-TiO2图解[14]

Niujiaojie deposit



图8 牛角界矿区花岗岩微量元素构造环境判别图解[31-32]

Fig. 8 Trace elements disrimination diagrams of tectonic setting for granitoids in the Niujiaojie deposit

5 结论

研究区花岗岩主要由钾长石、石英、斜长石、黑 云母,少量白云母、电气石、堇青石组成,富集大离 子亲石元素 K、W、Ba、Cs、Rb、Pb、LREE 等. 亏损 Th、Nb、Ta、P、Zr、Yb、HREE 等高场强元素, 岩石具 有明显的负 Eu 异常, 与 S 型花岗岩特征相近, 形成 于碰撞造山后环境。

参考文献:

[1] 孟宪刚,朱大岗,骆学全,魏道芳,赵建光,刘湘勤,冯向

阳,陈洪新,邵兆刚,崔巍,王治顺,王建平. 雪峰山中段 金锑矿构造控矿分析与资源评价 [M]. 北京: 地质出版 社,1999: 3-73.

- [2] 孟宪刚,冯向阳,邵兆刚,杨美玲,朱大岗,王建平. 雪峰 山中段金矿区主要断裂带构造特征及其动力学 [J]. 地 球学报,2001,22(2):118-122.
- [3] 曹亮,段其发,彭三国,周云.雪峰山铲子坪金矿床稳定 同位素特征及成矿地质意义 [J]. 华南地质与矿产, 2015, 31(2): 167-175.
- [5] 张岳桥,徐先兵,贾东,舒良树. 华南早中生代从印支期 碰撞构造体系向燕山期俯冲构造体系转换的形态记录 [J]. 地学前缘, 2009, 16(1): 235-247.

[6] 舒良树,于津海,贾东,王博,沈渭洲,张岳桥. 华南东段

早古生代造山带研究[J].地质通报,2008,27(10): 1581-1593.

- [7] 李华芹,王登红,陈富文,梅玉萍,蔡 红. 湖南雪峰山地区 铲子坪和大坪金矿成矿作用年代学研究[J]. 地质学报, 2008,82(7): 900-905.
- [8] 路远发. GeoKit: 一个用VBA构建的地球化学工具软件包 [J]. 地球化学,2004, 33(5): 459-464.
- [9] Rickwood P C. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of minor elements [J]. Lithos, 1989, 22 (4): 247–263.
- [10] Rollinson H R. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation [M]. England: Longman Scientific & Technical, Harlow, United Kingdom, 1993:1–352.
- [11] Maniar P D, Piccoli P M. Tectonic discrimination of granitoids [J]. Geological Society of America Bulletin, 1989, 101: 635–643.
- [12] 陈小明,王汝成,刘昌实,胡欢,张文兰,高剑锋. 广东从 化佛冈黑云母花岗岩定年和成因 [J]. 高校地质学报, 2002, 8(3): 293-307.
- [13] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes [C]. // In: Saunders A D, Norry M J, eds. Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society, London, Special Publication, 1989, 42: 313–345.
- [14] 肖庆辉,邱瑞照,邢作云,张 昱,伍光英,童劲松. 花岗岩 成因研究前沿的认识[J]. 地质论评,2007, (S1): 17-27.
- [15] 程顺波,付建明,马丽艳,陈希清,张利国,卢友月.南岭 地区加里东期花岗岩地球化学特征、岩石成因及含矿 性评价[J]. 华南地质与矿产,2013,29(1): 1-11.
- [16] Sylvester P J. Post –collisional strongly penraluminous granites [J]. Lithos, 1998, 45: 29–44.
- [17] 傅昭仁,李紫金,郑大瑜. 湘赣边区NNE向走滑造山带构 造发展样式[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 263-272.
- [18] 丁道桂,郭彤楼,刘运黎,翟常博.对江南-雪峰带构造 属性的讨论[J].地质通报,2007,26(7): 801-809.
- [19] 柏道远,钟响,贾朋远,熊雄,黄文义,姜文. 雪峰造山 带及邻区构造变形和构造演化研究新进展 [J]. 华南地 质与矿产, 2015, 31(4): 321–343.
- [20] 舒良树. 华南构造演化的基本特征 [J]. 地质通报, 2012,31(7): 1035-1053.

- [21] 李三忠,臧艺博,王鹏程,索艳慧,李玺瑶,刘鑫,周在征,刘晓光,王倩.华南中生代构造转换和古太平洋俯冲启动[J].地学前缘,2017,24(4): 214-225.
- [22] Rogers J J W, Greenberg J K. Late-orogenic, post-orogenic, and anorogenic granites: distinction by major-element and trace-element chemistry and possible origins [J]. The Journal of Geology, 1990, 98(1): 291-309.
- [23] Holtz F, Barrey P. Genesis of peraluminous granites: II. Mineralogy and chemistry of the tourem complex (North Portugal)-sequential melting vs restite unmixing [J]. Journal of Petrology, 1991, 32:959–978.
- [24] 张义平,张进,陈必河,王宗秀,张北航,赵衡,湖南白马山复式花岗岩基年代学及对区域构造变形时间的约束 [J].地质学报,2015,89(1):1-17.
- [25] 程顺波,付建明,马丽艳,蒋桂新,陈希清,卢友月,童喜润. 桂东北越岭-苗儿山地区印支期成矿作用:油麻岭和界 牌矿区成矿花岗岩锆石U-Pb年龄和Hf同位素制约[J].中 国地质,2013,40(4): 1189-1201.
- [26] 伍静,梁华英,黄文婷,王春龙,孙卫东,孙亚莉,李 晶,莫 济海,王秀璋. 桂东苗儿山越岭西部岩体和矿床同位素 年龄及华南印支期成矿分析[J]. 科学通报,2012,57(13): 1126-1136.
- [27] 汤家富,戴圣潜. 华南地区基底组成与构造演化及其对 成岩成矿的控制[J]. 地学前缘,2016,23(4): 110-128.
- [28] 冯向阳,孟宪刚,邵兆刚,王建平,朱大岗. 雪峰山陆内 造山带变形特征及挤压推覆-伸展滑脱构造的物理模 拟[J]. 地球学报,2001,22(5): 420-424.
- [29] 项新葵,陈茂松,詹国年,钱振义,李辉,许建华. 赣北石 门寺矿区钨多金属矿床成矿地质条件 [J]. 地质找矿论 丛,2012, 27(2): 143-155.
- [30] 陈 波,周贤旭. 赣北香炉山钨矿田矿床控制因素及成矿 模式[J]. 地质与勘探,2012,48(3):562-569.
- [31] Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. Journal of Petrology, 1984, 25: 956– 983.
- [32] Harris N B W, Pearce J A, Tindle A G. Geochemical characteristics of collision zone magmatism [C]. Geological Society, London, Special Publications, 1986, 19: 67–81.