

南岭锡钨多金属矿区碱长花岗岩的厘定及其意义

祝新友^{1,2} 王京彬^{1,2,3} 王艳丽³ 程细音⁴ 何 鹏⁵ 傅其斌⁴ 李顺庭²

(1.北京矿产地地质研究院,北京 100012;2.中色地科矿产勘查股份有限公司,北京 100012;3.有色金属矿产地地质调查中心,北京 100012;4.昆明理工大学,云南 昆明 650093;5.中国地质大学,北京 100083)

摘要:南岭地区锡钨多金属矿成矿作用主要与燕山早期花岗岩岩浆活动有关,这些花岗岩一直被认为是黑云母花岗岩、二长花岗岩、细粒二长花岗岩等,少量矿区岩体顶部出现钠长石花岗岩。通过对湖南瑶岗仙钨矿岩体的深入解剖,以及对柿竹园、黄沙坪、锡田、邓阜仙、栗木、梅子窝等矿区花岗岩全面的岩矿鉴定和电子探针分析,确定钨矿区致矿花岗岩的长石主要为碱性长石,其中绝大部分样品中钠长石 $An < 5$,因此确定这些花岗岩均属于碱长花岗岩。与成矿有关的由浆液过渡态流体形成的云英岩包体中的钠长石更加富 Na, $An < 3$ 。碱长花岗岩的成分以及钠长石成分在岩体顶部约 1 000 m 深度范围内无明显垂向变化。致矿花岗岩体中部分早期花岗岩包体、晚期花岗岩斑岩,部分花岗岩基以及印支期花岗岩、加里东期花岗闪长岩等,钠(斜)长石 An 值明显高,很多属更长石、中长石甚至基性长石。这种包体含有两种碱性长石的碱长花岗岩由富挥发分的岩浆形成,在岩体顶部附近广泛发生液态不混溶作用,是导致锡钨多金属矿富集成矿的主要分异方式。钨锡矿区碱长花岗岩钠长石 An 值明显低于区域大花岗岩基或不致矿花岗岩,可作为花岗岩的钨锡成矿评价标志之一。

关键词:南岭;锡钨矿;花岗岩;碱长花岗岩

中图分类号:P618.44;P618.67 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)02-0359-23

南岭是世界著名钨矿产地,钨矿床的成矿作用均与花岗岩成因演化有关。南岭花岗岩是中国研究程度最高的地质学领域之一,大量的研究工作尤其关注于岩浆岩成因的研究^[1-4],早在 20 世纪 80 年代初已建立起重熔、同熔型岩浆岩的成因理论^[3,5,6],近年来有关其 A 型、S 型的成因也一直争论不休,但对于这些花岗岩名称等一些基本地质问题长期被忽视。由于显微镜下钠长石聚片双晶与富钠斜长石相似,钠质碱性长石常被错误地归属为斜长石。在数量众多的研究资料及地质成果报告中,南岭地区花岗岩主要岩性名称包括花岗岩、二长花岗岩、黑云母花岗岩、黑云母二长花岗岩、斜长花岗岩、斑状花岗岩等等,其中,南岭花岗岩系列包括斑状黑云母花岗岩、细粒斑状花岗岩、花岗斑岩^[7,8],只有少数研究将

这些花岗岩定为碱长花岗岩^[9]、钠长石花岗岩等。近年来,在开展湘南粤北地区锡钨多金属矿的研究工作时,对瑶岗仙、柿竹园、黄沙坪、新田岭、栗木、梅子窝、石人嶂等钨矿区系统的岩浆岩分析测试工作发现,所研究的大多数钨矿区与成矿有关花岗岩的岩石定名均不够准确或不够规范。这些花岗岩岩性不同于区域大花岗岩(基),主要造岩矿物长石均为碱性长石,包括钾长石和钠长石,其中很多钠长石 $An < 5$,其岩石名称应归入碱长花岗岩类。

1 南岭地区花岗岩概述

南岭大花岗岩省发育北、中、南 3 条纬向花岗岩带^[1,10],其中一些大岩基面积可达数百平方千米,如佛冈、大东山、九峰、诸广山、花山、姑婆山、骑田岭等

收稿日期:2012-01-30; **改回日期:**2012-02-09

基金项目:全国危机矿山接替资源找矿项目“湘南-粤北地区锡钨多金属矿床成矿规律总结研究”(20089927)、国家科技支撑课题“湖南锡田地区深部成矿岩体空间结构与成矿预测”(2011BAB04B08)、广西“地质工程中心重点实验室建设”项目(11-031-20-K2)联合资助。

作者简介:祝新友,男,1965 年生,教授级高级工程师,主要从事矿产勘查与研究;E-mail:zhuxinyou@gmail.com。

(图 1), 这些花岗岩主体多为黑云母花岗岩或二云母花岗岩, 发育钾长石斑晶, 部分花岗岩(骑田岭岩体)中发育角闪石, 在大东山、花山、九峰等岩体中常见作为补体的淡色花岗岩。有关南岭花岗岩岩石化学与同位素年代学的研究非常多^[11-14], 花岗岩发育时代包括加里东期、海西期、印支期、燕山期等, 但南岭地区花岗岩的大爆发是在燕山早期^[1]。

南岭钨矿区花岗岩规模一般较小, 出露面积大多 < 1 km², 如瑶岗仙、黄沙坪、界牌岭、石人嶂、淘锡坑等, 柿竹园矿区花岗岩-千里山岩体规模相对大, 达到 8 km², 这种“小岩体成大矿”的现象已被很多研究所讨论。部分钨(锡)矿床致矿花岗岩还不确定, 如芙蓉、新田岭矿床赋存于骑田岭岩体边部, 但与成矿有关花岗岩可能是小规模浅色细粒花岗岩(脉)。这些花岗岩体的发育具有一些共同特征, 除黄沙坪外, 大部分矿区发育三期花岗岩, 第一期为灰色斑状中粒碱长花岗岩, 第二期为淡色细粒碱长花岗岩, 第三期为花岗岩斑岩或石英斑岩, 构成南岭花岗岩系列。其中, 第一期、第二期与大花岗岩体有些相似, 只是碱性程度更高。湖南瑶岗仙钨矿区花岗岩体发育较具有代表性, 这里以湖南瑶岗仙矿田花岗岩简述之。

2 钨矿区致矿花岗岩特征——以湖南瑶岗仙为例

瑶岗仙岩体侵位于 NE 向背斜核部, 长轴呈 NW 向, 出露面积约 1.2 km²。北侧和西侧的侵入围岩为寒武系浅变质石英砂岩, 东侧围岩为泥盆系跳马涧组 (D_{2t}) 砂岩, 南部围岩为中泥盆统棋子桥组 (D_{2q}) 灰岩(图 2)。矿区酸性岩浆活动划分为三期, 其中瑶岗仙岩体按岩性分为两部分(两期), 主体为灰色“中粒斑状碱长花岗岩”, 分布于岩体的中西部, 岩性及结构变化较大; 另一期为“浅灰白色细粒斑状碱长花岗岩”, 分布于岩体东南角, 规模较小。石英斑岩脉作为第三期, 呈 NW 向自矿区西部杨梅岭一带穿过, 与岩体无直接接触关系, 地表仅出露于矿区南部。

多期花岗岩是同源岩浆分异演化的产物。经多种年代学方法的测定, 瑶岗仙三类花岗岩的侵入年龄相近, 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分布在 158~160 Ma, 成矿年代也与此相当, 辉钨矿 Re-Os 等时线年龄为 160~161 Ma^[15,16]。调查发现, 第二期碱长花岗岩呈楔形状分布于第一期碱长花岗岩与泥盆系砂岩之间, 倾伏于瑶岗仙砂卡岩型钨矿床(裕新)之下。二期

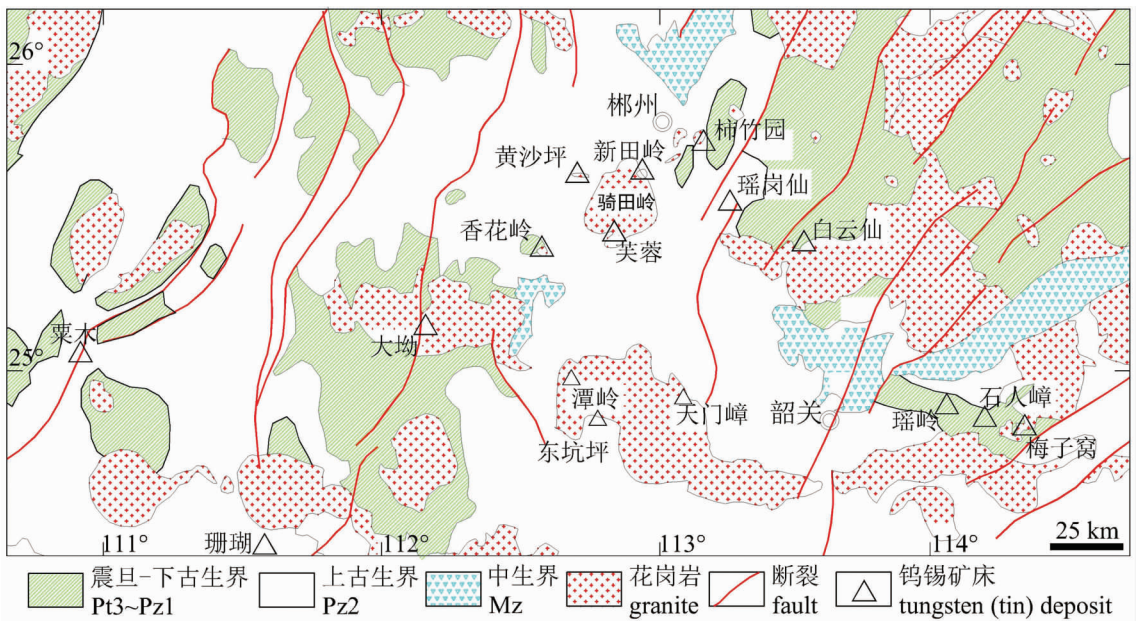


图 1 湘南粤北桂北地区锡钨多矿金属矿地质矿产简图

Fig.1 Geological map of the Nanling tungsten belt

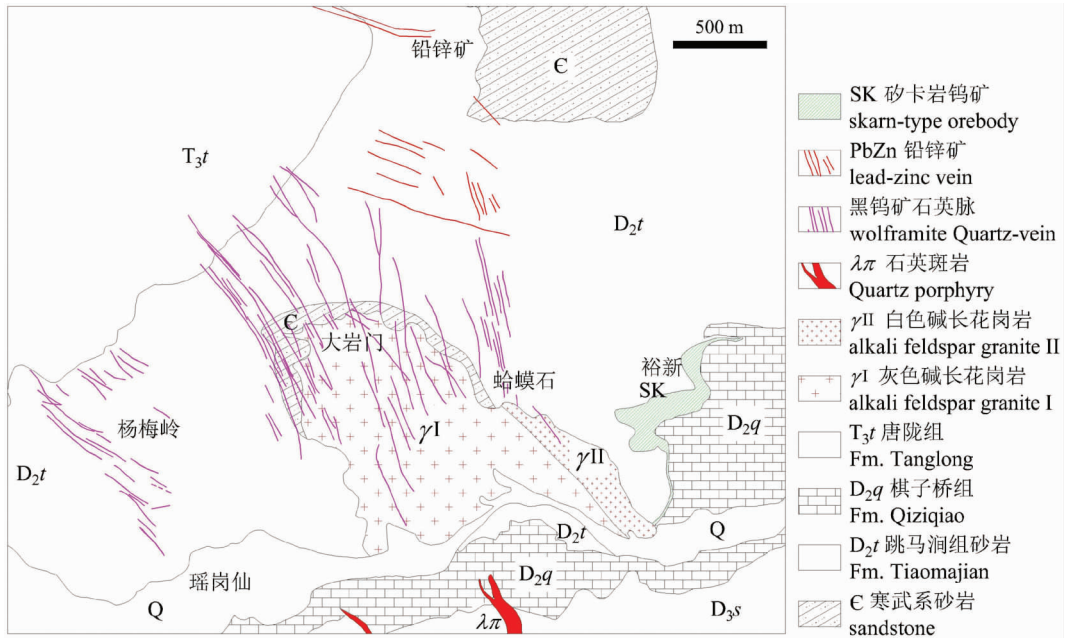


图 2 瑶岗仙矿区矿产地质简图

Fig.2 Geological map of the Yaogangxian tungsten deposit, Hunan province

岩体间界线较明显,无明显的穿插关系。矿山开采以及前人资料显示,蛤蟆石一带的 NNW 向黑钨矿石英脉切穿第一期碱长花岗岩和跳马涧组砂岩,但被第二期细粒碱长花岗岩吞食、截断,显示细粒碱长花岗岩略晚于中粒碱长花岗岩。石英斑岩脉的侵入明显较晚,斑岩脉中含有中粒黑云母二长花岗岩捕虏体,并切断 NW 向黑钨矿石英脉,而这些石英脉穿切第一、第二期碱长花岗岩。

2.1 中粒斑状碱长花岗岩

第一期侵入岩,为瑶岗仙岩体的主体,以往岩性定名包括黑云母花岗岩、黑云母二长花岗岩^[17-19]。岩体内部发育有不同世代的斑状花岗岩间的不混溶界面,显示发生过较强烈的液态分异作用。

在第一期碱长花岗岩中,常见早期形成的花岗岩捕虏体,这些捕虏体多具似斑状结构,斑晶为钾长石,基质主要成分为钾长石(25%~35%)、斜长石(20%~30%)、石英(30%~40%)、黑云母(3%~6%)。电子探针显示,斜长石成分 $An=8\sim 15\%$,属钠长石-更长石范围。

岩体岩石结构不均匀,多呈似斑状结构,局部少斑或无斑等粒结构,构成中粒等粒状碱长花岗岩,前人也把这些花岗岩当作一个阶段,定为“等粒黑云母花岗岩”。斑晶为钾长石,少量石英,含量 10%~30%,

粒径 0.5~1.2 cm。基质为中粒花岗结构,粒径 1~4 mm。西北部尤其是岩体突出部位(发育黑钨矿石英脉),结晶粒度细,为 0.7~1.2 mm,斑晶少。岩体东南部,包括 16 中段南部、新 17 中段等地,斑晶增多增大,粒径达 1 cm 以上,基质变粗,粒度 1~4 mm。基质中主要矿物包括:

钾长石:他形不规则状,含量 25%~35%,钾长石易发生细粒白云母化,少量钾长石斑晶中含钠长石条纹。

钠长石:自形-半自形,粒度 0.5~2 mm,含量 30%~35%。聚片双晶普遍,双晶纹细,根据消光角的测定,一般将其归入更长石类。钠长石颗粒洁净,一般无包裹矿物,部分有轻微白云母化,无论在光学显微镜下还是电子显微镜(电子探针)下无明显的出溶现象,同一颗粒的探针分析显示,核部与边部的成分变化不大。钠长石是结晶较早的矿物,被钾长石、石英交代,部分呈细粒自形晶分布于钾长石中(图 3-A)。

石英:他形镶嵌状,形成较晚,含量 20%~30%。

云母:浅棕色,他形粒状,含量 4%~5%。显微镜下,部分云母内部浅棕色,边部淡棕色或无色,显示白云母化的特点,并出现细粒硫化物、金红石、榍石等矿物。探针分析显示,瑶岗仙岩体第一期碱长花岗岩中的云母主要是铁白云母,其中 FeO 含量 <8%。

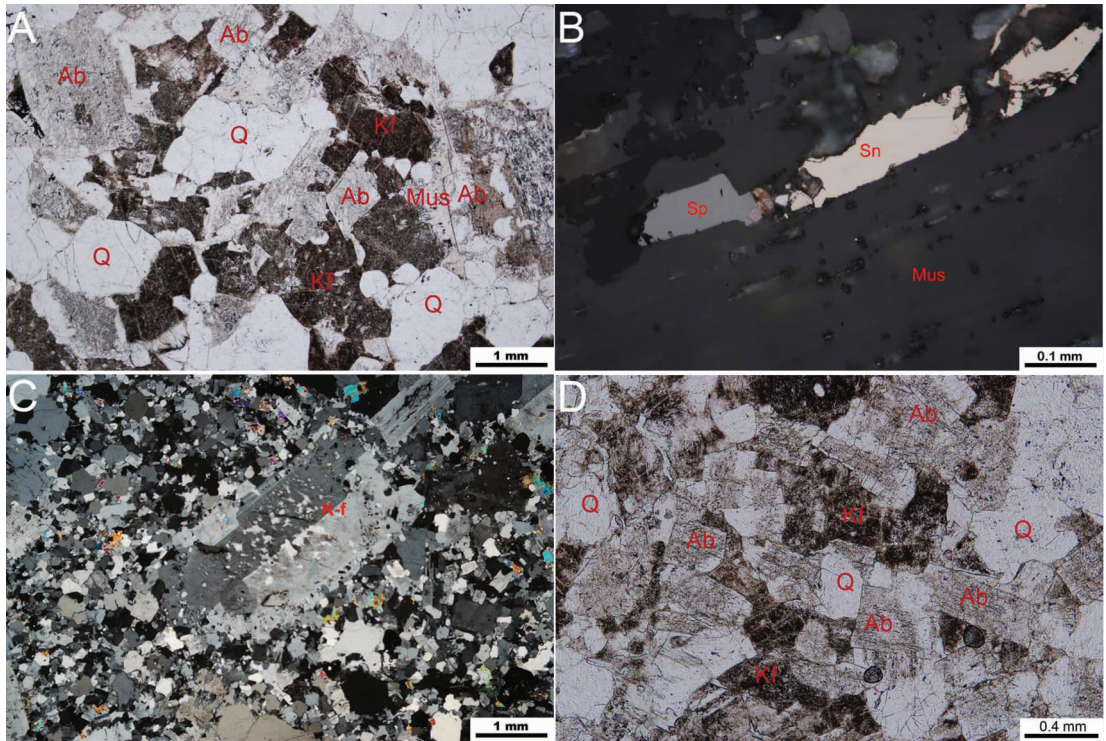


图3 碱长花岗岩的主要结构

A—灰色中粒碱长花岗岩(I), 钠长石(Ab)自形状被钾长石(Kf)、石英(Q)、白云母(Mus)交代, 透射光, -; B—白云母内, 闪锌矿(Sp)、黝锡矿(Sn)沿白云母解理分布, 反射光, -; C—钾长石(Kf)斑晶边缘的白云母化和硅化, 第II期, 透射光, +; D—白色细粒碱长花岗岩(II), 钠长石(Ab)自形状被钾长石(Kf)、石英(Q)交代, 透射光, -

Fig.3 Microtexture of alkali feldspar granite

A—Gray alkali feldspar granite (I), euhedral albite (Ab) replaced by K-feldspar (Kf), quartz (Q) and muscovite (Mus), transmitted light. B—Sphalerite (Sp), stannite (Sn) controlled by cleavage of muscovite (Mus), reflected light. C—Muscovitization and silicification on the margin of K-feldspar (Kf), granite II, transmitted crossed nicols light; D—Alkali feldspar granite (II), euhedral albite (Ab) replaced by K-feldspar (Kf) and quartz (Q), transmitted light

石榴子石, 中细粒浸染状, 含量 $<0.2\%$, 局部发育。石榴子石不规则半自形晶, 其中含细粒石英, 部分石榴子石内部全部为石英, 只留下环状外壳。硫化物矿物普遍, 含量 $1\% \pm$, 主要为毒砂, 少量黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿、辉铋矿、辉钼矿、黝锡矿、黑钨矿等, 分散浸染状, 毒砂细粒自形晶, 黄铁矿、黄铜矿、黝锡矿多分布于蚀变铁白云母附近, 或沿云母解理分布(图3-B)。闪锌矿中普遍含有乳滴状黄铜矿出溶物。

13件样品全岩分析, $\text{SiO}_2=72.28\% \sim 76.23\%$, 平均 74.69% ; $\text{Al}_2\text{O}_3=12.02\% \sim 14.11\%$, 平均 12.93% ; $\text{CaO}=0.75\% \sim 1.14\%$, 平均 0.95% ; $\text{Na}_2\text{O}=0.38\% \sim 4.26\%$, 平均 2.84% ; $\text{K}_2\text{O}=4.53\% \sim 6.19\%$, 平均 5.26% ; $\text{FeO}(\text{T})=0.86\% \sim 2.66\%$, 平均 1.65% 。

2.2 细粒斑状碱长花岗岩

第二期花岗岩, 位于瑶岗仙岩体东南角, 出露长

约 300 m , 宽 $<120\text{ m}$, 呈楔形状分布于灰色中粒碱长花岗岩与泥盆系跳马涧组砂岩之间, NW端薄, 延伸分布至蛤蟆石一带, SE端较厚, 被河谷的第四系覆盖, 在河谷一带, 可观察到出露最大厚度约 100 m 。以往岩性定名包括细粒斑状黑云母二长花岗岩、细粒斑状二云母花岗岩、细粒白云母花岗岩等^[18-20]。

岩石呈浅灰白色, 似斑状结构, 斑晶为钾长石, 部分斑晶边缘发育不同程度的硅化和钠长石化, 形成蠕虫状或似文象结构(图3-C), 少量形成条纹长石。基质呈细粒花岗结构, 粒径 $0.2 \sim 0.6\text{ mm}$, 主要矿物为钾长石、钠长石、石英, 少量白云母、石榴子石等。

钾长石, 细粒他形晶, 弱白云母化, 含量 20% 左右。钠长石, 自形, 部分分布于钾长石、石英中, 结晶早于钾长石和石英。石英, 他形细粒结构, 含量 $20\% \sim 30\%$ 。白云母, 细粒, 他形, 含量 $3\% \sim 5\%$ 。石榴子石, 自

形细粒浸染状,含量 1%左右。大多数石榴子石呈环状骸晶,内部多为石英,只保留厚 0.03 mm 左右的薄壳。电子探针分析显示,主要成分为锰铝榴石,有时伴随有铈钽矿物及富稀土矿物。

据资料,在蛤蟆石一带,细粒斑状花岗岩顶部与跳马涧砂岩接触部位出现 10~50 cm 似伟晶岩边,由粗粒钾长石与石英组成,其中含黑钨矿。

细粒斑状碱长花岗岩中发育的石英脉,主要呈 NE 向,走向 NE50°~60°,不含矿。在 NW 端发育少量 NWW 向细脉。

10 件样品全岩分析, $\text{SiO}_2=73.15\%\sim 76.71\%$,平均 75.28%, $\text{Al}_2\text{O}_3=12.00\%\sim 15.66\%$,平均 13.24%, $\text{CaO}=0.19\%\sim 0.82\%$,平均 0.45%, $\text{Na}_2\text{O}=0.12\%\sim 4.23\%$,平均 3.10%, $\text{K}_2\text{O}=4.31\%\sim 4.73\%$,平均 4.55%, $\text{FeO (T)}=1.05\%\sim 1.87\%$,平均 1.56%。

2.3 石英斑岩($\lambda \pi$)

呈 NW 向岩脉纵贯矿区,在矿区南部出露,也见于杨梅岭矿区坑道中。岩脉总体走向 NW320°~330°,倾向 NE,倾角 55°~65°。岩脉宽一般 1~3 m,受张剪性断裂的控制。以往岩性定名为花岗斑岩或石英斑岩^[18,21]。

石英斑岩呈深灰色,斑状结构,斑晶为钾长石、石英,总含量 20%~30%,粒径 0.5~1 mm,钾长石部分绢云母化和粘土化。基质呈隐晶质,脱玻化,蚀变较强烈,包括绢云母化、硅化、钠长石化等。岩石中广泛含浸染状立方体黄铁矿,粒径 0.1~0.3 mm,含量 5%±。

3 主要矿物化学成分

为准确测定花岗岩中主要矿物的类型,并深入研究这些矿物成分的变化规律,笔者对岩体中主要造岩矿物和部分副矿物开展了系统的电子探针分析,样品主要取自钻孔 YGP1(孔深 625m)、各中段坑道,范围包括自岩体顶部以下 1 000 m。分析工作在北京核工业分析测试中心进行,仪器型号:JXA-8100 电子探针分析仪,分析方法:波谱。共分析 100 余件样品,分析数据点 225 个,包括钠长石、斜长石、钾长石、云母以及部分副矿物。分析结果如表 1,分析指标包括 Na_2O 、 SiO_2 、 CaO 、 K_2O 、 Al_2O_3 、 MgO 、 TiO_2 、 FeO 、 MnO 、F,表中忽略了 MgO 、F 含量,因此总量与表中各分量和略有不同。这里重点讨论钠(斜)长石和云母的成分分析结果。

3.1 瑶岗仙矿区钠长石

3.1.1 瑶岗仙第一期灰色中粒碱长花岗岩(I)

灰色中粒碱长花岗岩(I)中,钠长石 Na_2O 10.56%~11.80%,平均 11.43%; K_2O 0.01%~0.23%,平均 0.13%; CaO 0~0.68%,平均 0.20%; Al_2O_3 19.02%~20.17%,平均 19.53%; SiO_2 67.22%~69.46%,平均 68.14%。计算成长石的分子式,以 O 原子数为 8,则各金属的原子数为 Na 0.78~0.87,平均 0.845;K 0.001~0.013,平均 0.007;Ca 0~0.032,平均 0.009;Al 0.98~1.05,平均 1.019;Si 2.98~3.05,平均 3.018;Si/Al 比平均值为 2.961。

长石的特征值 $\text{Ab}=95.46\sim 99.72$,平均 98.07, $\text{An}=0.00\sim 3.58$,平均 1.08; $\text{Or}=0.07\sim 1.52$,平均 0.85。

灰色碱长花岗岩中浸染花岗岩型矿化矿石(花岗结构)的钠长石亦以强烈富 Na 为特点, $\text{An}=0.06\sim 1.04$,平均 0.80。

3.1.2 瑶岗仙第二期灰白色细粒碱长花岗岩(II)

样品取自瑶岗仙—裕新的公路剖面及附近。细粒碱长花岗岩(II)中,钠长石 Na_2O 10.29%~12.02%,平均 11.11%; K_2O 0.08%~0.49%,平均 0.18%; CaO 0.01%~2.37%,平均 0.94%; Al_2O_3 18.70%~21.17%,平均 20.24%; SiO_2 65.28%~69.16%,平均 67.18%。以 O 原子数为 8 计算长石的分子式,各金属的原子数为 Na 0.762~0.899,平均 0.822;K 0.005~0.027,平均 0.010;Ca 0.000~0.113,平均 0.045;Al 0.976~1.118,平均 1.057;Si 2.917~3.050,平均 2.977;Si/Al 比平均值为 2.856。

长石特征值 $\text{Ab}=84.47\sim 99.38$,平均 93.54; $\text{An}=0.04\sim 12.49$,平均 5.02; $\text{Or}=0.58\sim 3.04$,平均 1.14。有 5 个样品 An 值>7,只有 1 件样品 An>10。

钠(更)长石成分与所处花岗岩岩体位置有关(图 5),花岗岩中部的长石碱性程度高,岩体边部靠近泥盆系砂岩,钠(斜)长石 An 值明显增高,花岗岩中 W 含量也略有增高。由于钠(斜)长石结晶早于钾长石和石英,因此,钠(斜)长石成分的变化意味着岩浆成分的变化。一般而言,由于富 K 和富 Ca 的斜长石结晶温度较高,长石成分的变化可能显示岩体边部成岩温度的相对较高。细粒碱长花岗岩(II)的岩石结构和矿物含量并无系统性变化,岩石中钠(斜)长石 An 值的变化是单方向的,只是向沉积岩一侧 An 值增高,同时,中粒碱长花岗岩(I)的围岩为砂岩,在 1 000 m 范围内并无长石 An 值或 Or 值的显著变

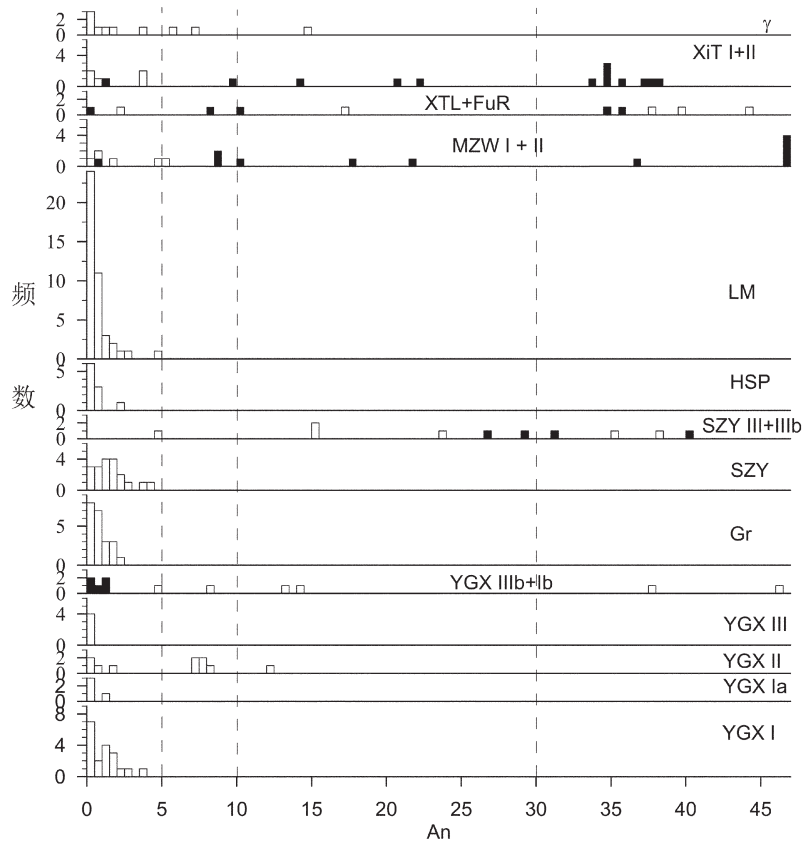


图4 湘南粤北桂北地区部分岩体中钠(斜)长石 An 值分布直方图

瑶岗仙(YGX):第一期(I)、第二期(II)、第三期(III)、含钨花岗岩型矿化(Ia)、花岗岩中的包体(Ib, 实心)、石英斑岩中的包体(IIIb)、云英岩包体(Gr); 柿竹园(SZY): 花岗斑岩(III)及其包体(IIIb); 黄沙坪(HSP); 栗木(LM); 梅子窝(MZW): 花岗闪长岩(I, 实心)、浅色碱长花岗岩(II); 新田岭(XTL), 芙蓉(FuR, 实心); 锡田(XiT)粗粒斑状花岗岩(I, 实心)、细粒碱长花岗岩(II); 区域花岗岩(大东山、花山)(γ)

Fig.4 An value histogram of albite/plagioclase in granite, Nanling

Yaogangxian (YGX): granite stage I, II, III, and granite-type tungsten (Ia), granite inclusions in stage I (Ib, black), granite inclusions in quartz porphyry (IIIb), greisen inclusion (Gr); Shizhuyuan deposit (SZY): granite porphyry (III) and inclusions (IIIb); Huangshaping deposit (HSP); Limu deposit (LM); Meiziwo deposit (MZW): granodiorite (I, black), alkali feldspar granite (II); Xintingling deposit (XTL), Furong deposit (FuR, black); Xitian deposit (XiT): porphyry biotite granite (I, black), fine alkali feldspar granite (II); Regional granite batholith (Dadongshan, Huashan)(γ)

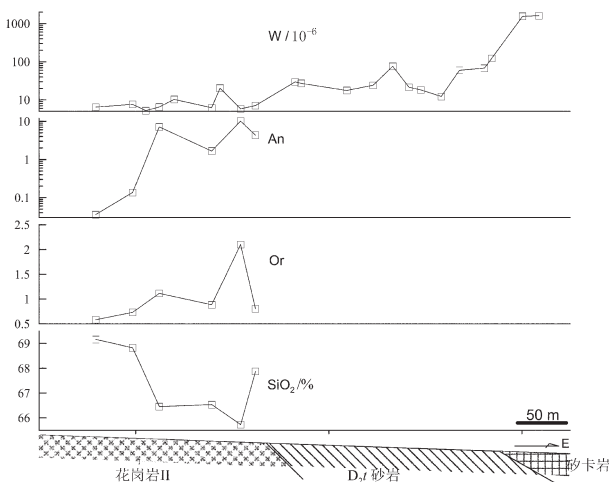


图5 细粒花岗岩中钠长石成分变化(YGP5剖面)

Fig.5 Geological section (YGP5) across the contact zone of fine alkali feldspar granite II

化,因此,影响岩浆成分变化的原因更可能是围岩的同化混杂。

泥盆系砂岩、灰岩和泥质灰岩能为岩浆提丰富的Ca、K。花岗岩自内向外钠(斜)长石An、Or值的增高显示岩浆受到了地层的混染,这种作用自岩浆结晶的早期即已开始。岩体最边部的一件样品SiO₂含量的升高可能与岩体受砂岩的混染有关。

由于岩体内侧(靠近第一期碱长花岗岩)大部被第四纪覆盖,靠近内侧的样品An值均较低,因此可以推断第二期岩体主体的钠(斜)长石An<5。

3.1.3 石英斑岩(脉)

石英斑岩和花岗斑岩REE分配曲线呈向右倾斜的弱分异类型,明显不同于第一期和第二期碱长花岗岩,代表了分异相对较弱的深部岩浆房性质(另

文详述)。斑岩脉(墙)中含灰色(碱长)花岗岩捕虏体,捕虏体无明显蚀变,REE 配分与斑岩一致,亦呈向右倾斜的弱负 Eu 异常类型,特点与第一期碱长花岗岩相似,它们可能来自深部的早期结晶岩浆岩。

斑岩中钠(斜)长石成分不同,瑶岗仙石英斑岩蚀变较强烈,钠长石 $Ab=98.36\sim 98.89$, $An=0.06\sim 0.46$, $Or=0.58\sim 0.96$ 。相比之下,柿竹园矿区的花岗斑岩蚀变较弱,斜长石 $Ab=59.58\sim 94.50$, 平均 72.98; $An=4.98\sim 38.34$, 平均 23.85; $Or=0.52\sim 11.41$, 平均 3.17。柿竹园矿区的花岗斑岩斜长石不仅具有较高的 An 值,而且富 K, Or 值最高达 11.41,是本项目研究中最富 K 的矿区岩浆岩。

3.1.4 岩体中的捕虏体

碱长花岗岩中花岗岩捕虏体,是较早期深部形成的岩体。共分析 4 件样品 12 个数据,各样品中均包含有钠长石和更长石(图 4, YGX Ib)。分析显示,钠(斜)长石 $Ab=52.76\sim 99.29$, 平均 81.01, $An=0.19\sim 46.50$, 平均 17.82, $Or=0.51\sim 1.84$, 平均 1.18。更长石或 An 值较高的钠长石主要分布于捕虏体的中央,在边缘部分以钠长石为主,显示捕虏体受碱长花岗岩的影响,边部长石成分发生变化。

斑岩脉中的捕虏体钠(斜)长石成分大体与斑岩一致,瑶岗仙石英斑岩脉中捕虏体的钠长石 $An=0.15\sim 1.47$,也显示出碱长花岗岩的特性,柿竹园花岗岩中捕虏体的斜长石 $An=26.65\sim 40.44$,属中长石和更长石。

3.1.5 云英岩包体

云英岩包体分布于第一期灰色碱长花岗岩顶部附近,属岩浆液态分异的产物。包体边部属花岗结构,含碱性长石和石英等,核心部位为云英岩,主要矿物为白云母、石英、萤石、黄玉等。

钠长石 Na_2O 9.06%~11.99%, 平均 11.33%; K_2O 0.05%~0.24%, 平均 0.15%; CaO 0.00~0.41%, 平均 0.12%; Al_2O_3 18.80%~19.79%, 平均 19.47%; SiO_2 66.49%~70.73%, 平均 68.16%。以 O 原子数为 8 计算各金属的原子数为 Na 0.66~0.89, 平均 0.839; K 0.003~0.013, 平均 0.008; Ca 0.000~0.019, 平均 0.006; Al 0.975~1.042, 平均 1.017; Si 2.994~3.086, 平均 3.022; Si/Al 比平均值为 2.856。

长石特征值 $Ab=96.66\sim 99.52$, 平均 98.38; $An=0.00\sim 2.19$, 平均 0.64; $Or=0.32\sim 1.58$, 平均 0.99。与第一期灰色碱长花岗岩相比,云英岩包体钠长石更加

富 Na 贫 Ca, 略富 K, An 值分布特点与灰色碱长花岗岩相似,大部分样品集中于 $An<0.5$ 的范围内。

3.2 岩体中长石的垂向分异

一般认为,南岭地区矿区致矿花岗岩由于热液蚀变作用,在顶部出现白云母化和钠长石化,认为很多矿区岩体顶部出现的钠长石或钠长石花岗岩均属钠长石化的结果。岩矿鉴定已经表明,瑶岗仙、柿竹园、栗木等矿区钠长石交代钾长石斑晶,但明显形成于基质钾长石、石英之前,是岩浆结晶的产物,并非晚期蚀变的结果。

瑶岗仙矿床 ZK501-5 钻孔开孔位置为 23 中段(标高 544 m),孔深 552 m,岩体出露最高标高约为 1 050 m,23 中段以上及 ZK501-5 全孔均为灰色斑状碱长花岗岩 I,以各中段以及钻孔系统取样研究,可控制岩体顶部约 1 000 m 范围内岩性特点。在 1 000 m 的范围内,主量和微量元素含量无显著的规律性变化。钠长石成分也无明显变化,扣除早期花岗岩包体,钠长石 $An<5$,变化很小。

广西栗木矿床的研究结果与此相似,虽然岩体顶部发育浅色钠长石花岗岩,但深部肉红色碱长花岗岩(黑云母花岗岩)的钠长石 An 值很低,且并不随深度发生明显的变化。

这些研究显示,在岩体顶部有限的深度范围,或者讲,在 1 000 m 的范围内,灰色斑状碱长花岗岩并不存在显著的岩性、成分的系统性变化,即岩体总体上具有碱长花岗岩的特征,分异只是表现在区域性的更大深度尺度上。

3.3 云母成分简述

瑶岗仙矿区不同岩浆岩的云母成分经电子探针分析显示,大部分为白云母或铁白云母,只有部分花岗岩捕虏体的云母显现出黑云母的特征。碱长花岗岩 FeO 含量 0.99%~11.17%, 平均 5.42%, 大部分样品 $<8\%$, 大体属于铁白云母的范围^[2]。花岗岩中的捕虏体的云母成分复杂, FeO 6.07%~23.5%, 属黑云母和铁白云母,一般表现为中央为黑云母,边部为铁白云母,显示最初成分可能是黑云母,遭受了白云母化。章邦桐等^[23]对江西富城岩体的研究显示,这种白云母化发生于高温条件(岩浆晚期),仍属原生白云母,并非岩浆期后热液蚀变的结果。垂向剖面的研究也显示,在瑶岗仙岩体顶部 1 000 m 范围内,云母成分并不存在显著的系统变化,因此,除早期花岗岩包体外,第一期、第二期碱长花岗岩中的云母主要是白

云母或铁白云母,而不是黑云母,岩浆期后热液蚀变作用也并不强烈。

3.4 湘南粤北地区主要钨矿区花岗岩钠长石成分

对南岭地区尤其是湘南、粤北、桂北地区瑶岗仙、柿竹园、白云仙、芙蓉、新田岭、黄沙坪、玛瑙山、锡田、邓阜仙、界牌岭、瑶岭、梅子窝、石人嶂、栗木等钨矿区致矿花岗岩的系统岩矿鉴定和电子探针分析,这些矿区与成矿有关花岗岩(淡色花岗岩)亦具有碱长花岗岩的特点,其中的长石绝大部分为碱性长石,钠长石 An<5。

柿竹园的岩体和岩脉,钠长石均显示强烈富钠特点(图 6,SZY),Ab=96.66~99.52,平均 98.38;An=0.00~2.19,平均 0.64;Or=0.32~1.58,平均 0.99。相比之下,花岗斑岩及其中的捕虏体斜长石 An 较高,主要表现为更长石和中长石。

黄沙坪成矿花岗斑岩钠长石 Ab=88.39~98.67,平均 97.55;An=0.02~3.71,平均 0.81;Or=0.60~4.29,平均 1.65(图 6,HSP)。

广西栗木锡矿花岗岩包括下部的肉红色中粒花岗岩,顶部发育钠长石花岗岩^[5]。前人已经发现,顶部白色花岗岩中长石为钾长石和钠长石,而下部肉红色中粒花岗岩被定义为黑云母花岗岩,钻探揭露接触带以下 300 m,肉红色花岗岩中长石仍为碱性长石,其中钠长石 Ab=92.10~99.54,平均 98.13;An=0.05~4.65,平均 0.73;Or=0.09~3.25,平均 1.14(图 6,

LiM),所有数据 An<5,绝大部分<1。

广东梅子窝钨矿发育两类岩体,上部为花岗闪长岩,斜长石 An=0.64~93.21,平均 33.91,范围很大,其中弱蚀变花岗闪长岩 An 值低,Or=0.13~1.25,平均 0.78(图 6,MZW I),主要为中长石及更长石。深部的浅灰白色细粒花岗岩钠长石 An=0.19~5.24,平均 2.23;Or=0.66~1.15,平均 0.83(图 6,MZW II),为致矿花岗岩。瑶岭钨矿区发育的云英岩化花岗岩(脉)的钠长石 An=0.14~2.30,平均 1.00;Or=0.70~1.08,平均 0.89,也属强烈富钠的碱性长石。

湖南新田岭钨矿和芙蓉锡矿均分布于骑田岭岩基的边部,骑田岭岩体主体为中粗粒斑状黑云母花岗岩,含少量角闪石,岩体中斜长石 An=17.41~45.12,平均 35.96;Or=1.12~3.63,平均 1.95(图 6,FuR+XTL),两个矿区均发育浅灰白色细粒花岗岩(脉),其中钠长石 An 最高 10.21,部分数据<5。

湖南锡田钨矿和邓阜仙钨矿(湘东钨矿)均发育两期花岗岩,印支期为粗粒斑状黑云母花岗岩,斜长石 An=1.68~38.33,平均 27.33;Or=0.69~2.65,平均 1.56(图 6,XiT),邓阜仙一带岩体斜长石 An 较低,分异更强;燕山早期浅色细粒碱长花岗岩为成矿地质体,钠长石 An=0.28~3.69,平均 1.67;Or=0.62~0.92,平均 0.78(图 6,XiT,实心)。

另外,刚刚完成的赣南淘锡坑、大吉山钨矿花岗岩的长石电子探针分析结果也显示富钠的特点,

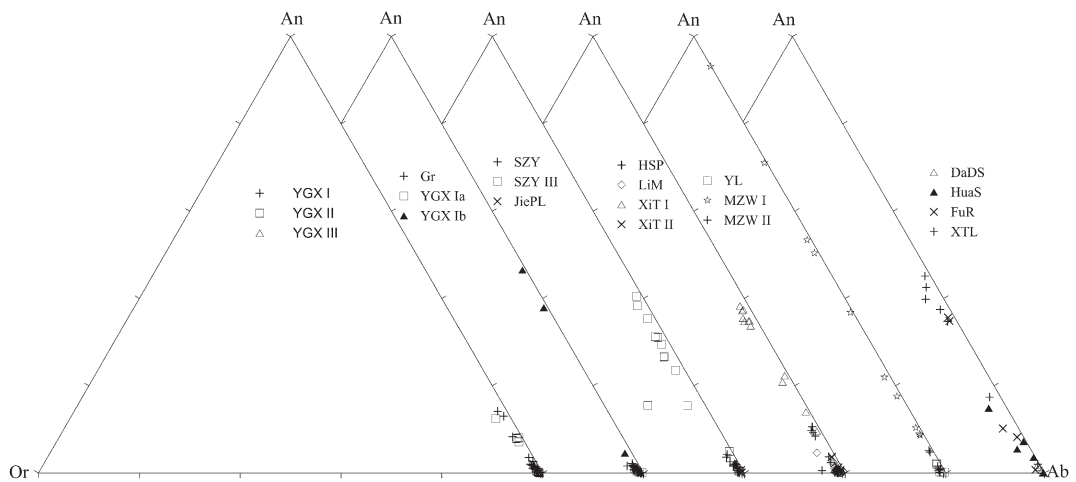


图 6 湘南粤北地区主要钨矿区花岗岩斜长石(钠长石)成分图解

部分图例同图 4, JiePL—界牌岭花岗斑岩; YL—瑶岭云英岩化碱长花岗岩; DaDS—大东山岩体; HuaS—花山岩体

Fig.6 Albite/plagioclase composition of granite, Nanling region

Legend as for Fig.4. JiePL—Jiepailing deposit; YL—Yaoling deposit; DaDS—Dadongshan granite; HuaS—Huashan granite

$An < 5$ 。对区域上少量花岗岩基花山、大东山中均发育有灰色主体和细粒浅色花岗岩补体,少量数据分析显示,除一个数据为更长石外,全部为钠长石,尤其是浅色花岗岩, $An < 5$ 。这两个花岗岩周边均分布有很多钨矿。

虽然这些研究并不代表南岭花岗岩的全部,每个矿区的样品分析数据也不多,但从这些钨矿区花岗岩的共同特征仍能看出,大部分钨锡矿区,燕山期灰色花岗岩及淡色花岗岩钠长石均表现为 $An < 5$ 的特点,只有少量样品的少量分析数据 An 略高。第三期的石英斑岩脉或花岗斑岩脉差异较大,瑶岗仙矿区石英斑岩及其中的花岗岩捕虏体钠长石 $An < 5$,柿竹园花岗斑岩墙斜长石以更长石和中长石为主。这种斑岩的差异性可能代表了岩浆上升过程中的混染过程不同。

4 讨论与结论

4.1 瑶岗仙矿区花岗岩名称的厘定

瑶岗仙岩体的第一期花岗岩一直被定作黑云母花岗岩或黑云母二长花岗岩等。岩矿鉴定和矿物成分研究发现,除岩体中早期花岗岩捕虏体外,长石均为碱性长石,且钠长石 $An < 4$,平均 1.08;云母含 $FeO(T) < 12.13\%$,平均 5.757%,属于含锂铁白云母。

根据目前广泛使用的花岗岩质岩石分类办法,以 QAP 三角图解确定花岗质岩石的岩性和名称(国标 GB/T 17412.1-1998,国际地科联推荐(1981)^[24]),如图 7-A,其中,Q 为石英,P 为斜长石,A 为碱性长石,包括钾长石和 $An < 5$ 的钠长石。按照这种划分方法,瑶岗仙矿床三阶段花岗岩中的长石全部为碱性长石,在 QAP 图解中的投点全部落在 QA 线上,全部为碱长花岗岩。表 2 是实测的第一期、第二期花岗岩矿物成分。

岩石中云母含量一般在 4%~5%,因此不参与岩石定名。综合考虑第一期花岗岩颜色、结构,其岩性可定义为灰色中粒斑状碱长花岗岩。对于部分矿床或岩石中云母含量较高者,岩石可定义为铁白云母碱长花岗岩。

在花岗岩中的早期花岗岩包体斜长石牌号 $An = 10 \sim 15$,明显高于花岗岩本身,如果考虑到包体受第一期碱长花岗岩的影响,原始 An 值可能更高。与此相对应,包体中原生云母为黑云母。

第二期花岗岩,一件样品的更长石 $An = 11$,其

余钠长石 $An < 10$ 。受碳酸盐岩围岩的影响,岩体边缘部钠长石 An 高,花岗岩内部 An 值低,由于岩体内部被第四系覆盖,采样困难,瑶岗仙的样品表现出 An 值较高的特点。南岭地区类似矿床中浅灰白色细粒花岗岩钠长石 $An < 5$,如湘东钨矿、大吉山钨矿、梅子窝等,因此,第二期花岗岩主要岩性仍定义为碱长花岗岩。

第三期石英斑岩,钠长石 An 值非常小,岩石定名为碱长石英斑岩,其中的捕虏体亦为碱长花岗岩。

以花岗岩岩石化学数据 CIPW 计算出的矿物含量,参考岩矿鉴定和电子探针的分析结果,以其中钠长石 $An = 5$ 为界,若电子探针分析结果 $An < 5$,则将 CIPW 计算出的钠长石、钙长石都处理为碱性长石单元,若 $An > 5$,则处理为斜长石单元,由此投点于 QAP 图解(图 7-B)。第一期花岗岩中的早期花岗岩包体、骑田岭岩体、锡田印支期岩体等主要投点于二长花岗岩,少量样品投点于正长花岗岩范围。梅子窝第一期花岗闪长岩,大部分投点于二长花岗岩范围,仅一个样品投点于花岗闪长岩中。其他大部分样品均为碱长花岗岩,部分淡色细粒花岗岩样品 SiO_2 含量高,落点于富石英花岗岩类范围中。

4.2 南岭钨锡多金属矿区花岗岩名称的厘定

在南岭地区大多数钨矿区,都存在灰色花岗岩-淡色花岗岩-石英斑岩(花岗斑岩)的演化系列,甚至在一些区域花岗岩基中,尤其是燕山早期花岗岩中也存在这种花岗岩组合,显示出花岗岩演化的一致性和成因的一致性。这些矿区与成矿有关花岗岩的长石为钾长石和钠长石,其中,钠长石的大部分数据 $An < 5$ 。同时,一部分钨矿区花岗岩的钠(斜)长石具有明显高的 An 值,这些矿区花岗岩与成矿的关系往往存在较大的争议。这其中,芙蓉及新田岭矿区,灰色中粗粒斑状黑云母花岗岩可能作为围岩而不是致矿花岗岩^[12],与成矿可能有关的淡色细粒花岗岩体(脉)的钠长石 $An < 10$;广东梅子窝矿区容矿的灰色花岗闪长岩中斜长石 = 0.64~93.21,淡色花岗岩的钠长石 $An = 0.19 \sim 5.24$,年代学研究显示,花岗闪长岩锆石 U-Pb 年龄 $(430.4 \pm 3.6) Ma$,成矿年龄 $(155.9 \pm 0.6) Ma$ ^[25],淡色花岗岩是成矿地质体。类似的情况也反映于锡田和邓阜仙矿区,发育两类花岗岩,灰色中粒斑状花岗岩的斜长石 $An = 1.68 \sim 38.33$,而淡色花岗岩 $An = 0.28 \sim 3.69$,年代学研究也显示,前者 U-Pb 年龄为 $(230.4 \pm 2.3) Ma$ ^[26],后者 (151 ± 24)

表 1 南岭地区部分钨矿床花岗岩的钠(斜)长石电子探针分析结果 (%)

Fig.1 Composition of albite (plagioclase) of granitoids in tungsten deposits of Nanling region (%)

no.	标本号	矿床	岩性名称	矿物	Na ₂ O	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	总量	分子式	Ab	An	Or
1	YGB30	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.60	67.22	0.68	0.15	20.08		99.78	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.03} Al _{1.05} Si _{2.98} O ₈	95.46	3.58	0.96
2	YGB33	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.67	68.49	0.13	0.07	19.32		99.73	K _{0.00} Na _{0.86} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.05} O ₈	98.85	0.69	0.46
3	YGB38	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	10.56	67.91	0.18	0.22	20.17		99.07	K _{0.01} Na _{0.78} Ca _{0.01} Al _{1.05} Si _{3.01} O ₈	97.44	1.04	1.52
4	YGB38	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.76	68.57	0.02	0.14	19.46		100.05	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.00} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	98.98	0.09	0.93
5	YGB40	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.54	68.49	0.34	0.20	19.39		99.96	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.02} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	96.93	1.81	1.26
6	YGB40	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.80	68.49	0.05	0.17	19.05		99.68	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.00} Al _{0.99} Si _{3.03} O ₈	98.64	0.28	1.07
7	YGB43	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.38	67.25	0.22	0.14	19.62		98.61	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.03} Si _{3.01} O ₈	97.87	1.21	0.92
8	YGB47	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.68	69.46	0.03	0.11	19.02		100.41	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.05} O ₈	99.12	0.14	0.74
9	YGB52	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.56	68.42	0.38	0.23	19.39		100.01	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.02} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	96.52	2.03	1.46
10	YGB53	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.63	69.46	0.10	0.09	19.10		100.39	K _{0.00} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{0.99} Si _{3.04} O ₈	98.90	0.52	0.57
11	YGB58	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.17	68.00	0.49	0.09	19.90		99.69	K _{0.01} Na _{0.82} Ca _{0.02} Al _{1.04} Si _{3.00} O ₈	96.68	2.72	0.60
12	YGB58	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.66	68.23	0.04	0.01	19.13		99.16	K _{0.00} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.03} O ₈	99.72	0.22	0.07
13	YGB58	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	10.86	68.41	0.24	0.12	19.90		99.60	K _{0.01} Na _{0.80} Ca _{0.01} Al _{1.03} Si _{3.02} O ₈	97.79	1.39	0.83
14	YGB62	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.08	67.33	0.30	0.15	20.01		98.89	K _{0.01} Na _{0.82} Ca _{0.01} Al _{1.05} Si _{3.00} O ₈	97.31	1.66	1.03
15	YGB66	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.61	67.50	0.00	0.12	19.47		98.70	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.00} Al _{1.02} Si _{3.01} O ₈	99.22	0.00	0.78
16	YGB66	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.20	67.51	0.04	0.09	19.48		98.33	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.00} Al _{1.03} Si _{3.02} O ₈	99.16	0.23	0.61
17	YGB66	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.33	68.43	0.03	0.10	19.43		99.45	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.00} Al _{1.01} Si _{3.03} O ₈	99.16	0.17	0.67
18	YGB69	瑶岗仙	灰色碱长花岗岩 I	钠长石	11.66	67.27	0.31	0.14	19.58		99.01	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.01} Al _{1.03} Si _{3.00} O ₈	97.44	1.66	0.89
19	YGB448	瑶岗仙	花岗岩型钨矿 Ia	钠长石	11.80	68.80	0.02	0.03	19.05	0.000	99.71	K _{0.00} Na _{0.87} Ca _{0.00} Al _{0.99} Si _{3.04} O ₈	99.69	0.09	0.22
20	YGB448	瑶岗仙	花岗岩型钨矿 Ia	钠长石	11.46	69.01	0.09	0.16	19.33	0.008	100.07	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.03} O ₈	98.46	0.48	1.06
21	YGB449	瑶岗仙	花岗岩型钨矿 Ia	钠长石	11.18	69.30	0.19	0.19	18.08	0.000	98.99	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{0.95} Si _{3.08} O ₈	97.71	1.04	1.26
22	YGB449	瑶岗仙	花岗岩型钨矿 Ia	钠长石	11.30	69.44	0.01	0.10	19.27	0.040	100.12	K _{0.01} Na _{0.83} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.04} O ₈	99.26	0.06	0.68

续表 1

no.	标本号	矿床	岩性名称	矿物	Na ₂ O	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	总量	分子式	Ab	An	Or
23	YGB27	瑶岗仙	白色细粒碱长花岗岩 II	钠长石	11.68	68.83	0.03	0.11	18.70		99.41	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.05} O ₈	99.13	0.14	0.73
24	YGB28	瑶岗仙	白色细粒碱长花岗岩 II	钠长石	11.13	66.03	1.52	0.20	20.62		99.62	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.07} Al _{1.08} Si _{2.94} O ₈	90.80	7.96	1.25
25	YGB238	瑶岗仙	白色细粒碱长花岗岩 II	钠长石	10.66	69.16	0.01	0.08	20.10		100.10	K _{0.00} Na _{0.78} Ca _{0.00} Al _{1.04} Si _{3.05} O ₈	99.38	0.04	0.58
26	YGB274	瑶岗仙	白色细粒碱长花岗岩 II	钠长石	11.72	68.92	0.11	0.15	19.31		100.30	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.00} Si _{3.03} O ₈	98.45	0.60	0.95
27	YGB274	瑶岗仙	白色细粒碱长花岗岩 II	钠长石	11.11	66.84	1.53	0.11	20.36		99.95	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.07} Al _{1.06} Si _{2.96} O ₈	91.26	8.08	0.66
28	YGB275	瑶岗仙	白色细粒碱长花岗岩 II	钠长石	10.96	65.72	1.47	0.18	20.80		99.24	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.07} Al _{1.10} Si _{2.94} O ₈	90.98	7.86	1.16
29	YGB275	瑶岗仙	白色细粒碱长花岗岩 II	更长石	10.29	65.73	2.37	0.49	21.15		100.24	K _{0.03} Na _{0.78} Ca _{0.11} Al _{1.11} Si _{2.92} O ₈	84.47	12.49	3.04
30	YGB277	瑶岗仙	白色细粒碱长花岗岩 II	钠长石	12.02	66.54	0.32	0.14	19.76		98.87	K _{0.01} Na _{0.90} Ca _{0.02} Al _{1.04} Si _{2.98} O ₈	97.45	1.66	0.89
31	YGB279	瑶岗仙	白色细粒碱长花岗岩 II	钠长石	10.71	67.62	1.31	0.17	20.83		100.71	K _{0.01} Na _{0.78} Ca _{0.06} Al _{1.08} Si _{2.96} O ₈	91.71	7.17	1.12
32	YGB279	瑶岗仙	白色细粒碱长花岗岩 II	钠长石	10.88	65.28	1.32	0.17	21.17		98.97	K _{0.01} Na _{0.81} Ca _{0.06} Al _{1.12} Si _{2.92} O ₈	91.73	7.15	1.11
33	YGB336	瑶岗仙	碱长石英斑岩 III	钠长石	11.89	69.01	0.09	0.10	18.78		99.90	K _{0.01} Na _{0.88} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.05} O ₈	98.87	0.46	0.66
34	YGB336	瑶岗仙	碱长石英斑岩 III	钠长石	11.45	69.44	0.01	0.09	18.90		99.91	K _{0.00} Na _{0.84} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.05} O ₈	99.36	0.06	0.58
35	YGB337	瑶岗仙	碱长石英斑岩 III	钠长石	11.72	69.03	0.05	0.13	18.87		99.85	K _{0.01} Na _{0.88} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.05} O ₈	98.89	0.28	0.83
36	YGB337	瑶岗仙	碱长石英斑岩 III	钠长石	11.84	69.02	0.06	0.15	18.91		100.01	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.04} O ₈	98.73	0.31	0.96
37	YGB33	瑶岗仙	花岗岩包体 Ib	钠长石	10.80	64.93	1.56	0.28	21.22		98.88	K _{0.02} Na _{0.81} Ca _{0.07} Al _{1.12} Si _{2.91} O ₈	89.90	8.32	1.78
38	YGB58	瑶岗仙	花岗岩包体 Ib	更长石	9.83	64.58	2.33	0.18	21.56		98.52	K _{0.01} Na _{0.74} Ca _{0.11} Al _{1.14} Si _{2.90} O ₈	85.76	13.04	1.20
39	YGB58	瑶岗仙	花岗岩包体 Ib	更长石	9.75	64.01	2.56	0.28	21.35		98.01	K _{0.02} Na _{0.74} Ca _{0.12} Al _{1.14} Si _{2.90} O ₈	84.00	14.15	1.84
40	YGB453	瑶岗仙	花岗岩包体 Ib	中长石	6.62	56.73	9.10	0.12	27.21	0.067	99.93	K _{0.01} Na _{0.50} Ca _{0.44} Al _{1.45} Si _{2.57} O ₈	52.76	46.50	0.73
41	YGB453	瑶岗仙	花岗岩包体 Ib	中长石	7.54	59.33	7.27	0.13	25.57	0.071	99.91	K _{0.01} Na _{0.57} Ca _{0.35} Al _{1.35} Si _{2.67} O ₈	61.29	37.91	0.80
42	YGB453	瑶岗仙	花岗岩包体 Ib	钠长石	11.24	69.22	0.03	0.08	19.43	-	100.05	K _{0.00} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.04} O ₈	99.29	0.19	0.51
43	YGB453	瑶岗仙	花岗岩包体 Ib	钠长石	10.16	68.90	0.77	0.19	20.04	-	100.14	K _{0.01} Na _{0.74} Ca _{0.04} Al _{1.03} Si _{3.02} O ₈	94.04	4.58	1.37
44	YGB443	瑶岗仙	碱长花岗岩包体 IIIb	钠长石	11.60	67.32	0.27	0.07	19.42	0.000	98.76	K _{0.00} Na _{0.87} Ca _{0.01} Al _{1.02} Si _{3.01} O ₈	98.10	1.47	0.43
45	YGB443	瑶岗仙	碱长花岗岩包体 IIIb	钠长石	11.35	67.43	0.24	0.06	19.26	0.000	98.39	K _{0.00} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.02} Si _{3.02} O ₈	98.28	1.33	0.39
46	YGB443	瑶岗仙	碱长花岗岩包体 IIIb	钠长石	11.50	67.49	0.18	0.09	19.10	0.000	98.43	K _{0.01} Na _{0.88} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	98.44	0.98	0.58
47	YGB443	瑶岗仙	碱长花岗岩包体 IIIb	钠长石	11.53	68.55	0.05	0.14	19.07	0.000	99.39	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.04} O ₈	98.78	0.28	0.94

续表 1

no.	标本号	矿床	岩性名称	矿物	Na ₂ O	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	总量	分子式	Ab	An	Or
48	YGB443	瑶岗仙	碱长花岗岩包体 IIIb	钠长石	11.68	68.56	0.03	0.13	19.32	0.008	99.76	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.07} Al _{1.01} Si _{3.03} O ₈	99.02	0.15	0.84
49	YGB331	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.99	67.30	0.16	0.11	19.68		99.26	K _{0.01} Na _{0.89} Ca _{0.01} Al _{1.03} Si _{3.00} O ₈	98.47	0.84	0.69
50	YGB331	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.95	67.58	0.09	0.19	19.79		99.68	K _{0.01} Na _{0.89} Ca _{0.07} Al _{1.03} Si _{3.00} O ₈	98.33	0.48	1.19
51	YGB331	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.44	66.49	0.21	0.18	19.63		97.95	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.00} O ₈	97.67	1.15	1.17
52	YGB349	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.76	67.65	0.11	0.14	19.18		98.84	K _{0.01} Na _{0.88} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	98.51	0.59	0.90
53	YGB349	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.64	67.76	0.12	0.19	19.64		99.38	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.01} Al _{1.03} Si _{3.01} O ₈	98.13	0.65	1.22
54	YGB349	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.38	68.44	0.29	0.20	19.70	-	100.00	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.01} Al _{1.02} Si _{3.01} O ₈	97.15	1.57	1.27
55	YGB349	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	9.06	70.73	0.00	0.07	19.41	-	99.27	K _{0.00} Na _{0.66} Ca _{0.07} Al _{1.00} Si _{3.09} O ₈	99.42	0.00	0.58
56	YGB349	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	10.36	68.82	0.09	0.16	19.10	-	98.57	K _{0.01} Na _{0.77} Ca _{0.09} Al _{1.00} Si _{3.05} O ₈	98.29	0.55	1.16
57	YGB350	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.09	69.57	0.03	0.08	18.80		99.59	K _{0.00} Na _{0.82} Ca _{0.07} Al _{0.98} Si _{3.06} O ₈	99.29	0.14	0.57
58	YGB350	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.59	68.24	0.07	0.20	19.64		99.74	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.02} Si _{3.01} O ₈	98.32	0.38	1.30
59	YGB350	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.69	66.82	0.25	0.18	19.65		98.65	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.09} O ₈	97.51	1.34	1.15
60	YGB350	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.14	67.49	0.14	0.24	19.30	-	98.32	K _{0.01} Na _{0.83} Ca _{0.01} Al _{1.02} Si _{3.02} O ₈	97.65	0.77	1.58
61	YGB350	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.89	67.41	0.00	0.10	19.17	-	98.65	K _{0.01} Na _{0.89} Ca _{0.00} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	99.34	0.00	0.66
62	YGB437	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.61	68.10	0.41	0.18	19.79		100.11	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.02} Al _{1.03} Si _{3.00} O ₈	96.66	2.19	1.15
63	YGB437	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.90	67.53	0.03	0.05	19.79		99.31	K _{0.00} Na _{0.88} Ca _{0.00} Al _{1.04} Si _{3.00} O ₈	99.52	0.16	0.32
64	YGB437	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.67	68.26	0.00	0.09	19.41		99.46	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	99.41	0.00	0.59
65	YGB437	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.60	67.63	0.00	0.17	19.43		98.93	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{1.02} Si _{3.02} O ₈	98.89	0.00	1.11
66	YGB437	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	11.20	68.71	0.13	0.22	19.42	-	99.71	K _{0.01} Na _{0.82} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.03} O ₈	97.85	0.71	1.44
67	YGB437	瑶岗仙	云英岩包体	钠长石	10.35	70.59	0.09	0.10	19.38	0.023	100.51	K _{0.01} Na _{0.75} Ca _{0.00} Al _{0.99} Si _{3.07} O ₈	98.73	0.55	0.72
68	YGZK601-4	瑶岗仙	(含钨)花岗云英岩脉	钠长石	9.70	69.48	0.26	0.32	19.41	-	99.17	K _{0.02} Na _{0.71} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.06} O ₈	95.97	1.65	2.38
69	YGZK601-4	瑶岗仙	(含钨)花岗云英岩脉	钠长石	11.29	67.83	0.33	0.19	19.44	-	99.13	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.02} Al _{1.02} Si _{3.02} O ₈	96.97	1.81	1.22
70	SZB02	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	10.90	67.91	0.37	0.10	18.80		98.14	K _{0.01} Na _{0.81} Ca _{0.02} Al _{0.99} Si _{3.04} O ₈	97.24	2.10	0.67
71	SZB07	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.69	68.42	0.10	0.17	18.84		99.29	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.00} Al _{0.99} Si _{3.04} O ₈	98.33	0.56	1.11
72	SZB17	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.57	67.07	0.18	0.16	19.24		98.22	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.01} Al _{1.02} Si _{3.01} O ₈	97.99	0.98	1.04

续表 1

no.	标本号	矿床	岩性名称	矿物	Na ₂ O	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	总量	分子式	Ab	An	Or
73	SZB17	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.62	67.47	0.00	0.15	19.00		98.27	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.03} O ₈	99.02	0.00	0.98
74	SZB18	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.18	68.65	0.08	0.12	18.92	0.000	99.06	K _{0.01} Na _{0.83} Ca _{0.00} Al _{0.99} Si _{3.05} O ₈	98.77	0.44	0.80
75	SZB18	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.27	68.46	0.11	0.14	19.09	0.009	99.11	K _{0.01} Na _{0.83} Ca _{0.01} Al _{1.00} Si _{3.04} O ₈	98.50	0.59	0.90
76	SZB41	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	10.78	68.34	0.04	0.15	19.63		98.98	K _{0.01} Na _{0.80} Ca _{0.00} Al _{1.02} Si _{3.03} O ₈	98.69	0.23	1.07
77	SZB41	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	9.02	68.30	0.26	0.16	19.95		97.94	K _{0.01} Na _{0.67} Ca _{0.01} Al _{1.05} Si _{3.04} O ₈	96.88	1.79	1.33
78	SZB42	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	9.57	68.76	0.23	0.19	20.11		98.90	K _{0.01} Na _{0.70} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.03} O ₈	97.08	1.48	1.43
79	SZB42	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	9.72	68.47	0.28	0.12	19.81		98.40	K _{0.01} Na _{0.72} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.04} O ₈	97.25	1.80	0.95
80	XYB72	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.20	67.17	0.67	0.27	19.72		99.05	K _{0.02} Na _{0.83} Ca _{0.03} Al _{1.04} Si _{2.99} O ₈	94.61	3.62	1.77
81	XYB72	柿竹园	白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.71	66.71	0.26	0.11	19.38		98.20	K _{0.01} Na _{0.88} Ca _{0.01} Al _{1.03} Si _{3.00} O ₈	97.91	1.42	0.67
82	SZB45	柿竹园	伟晶岩-细粒碱长花岗岩	钠长石	11.51	67.00	0.48	0.25	19.78		99.12	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.02} Al _{1.04} Si _{2.99} O ₈	95.84	2.56	1.59
83	SZB45	柿竹园	伟晶岩-细粒碱长花岗岩	钠长石	11.67	68.21	0.36	0.11	19.51		99.86	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.02} Al _{1.02} Si _{3.01} O ₈	97.37	1.93	0.70
84	SZB45	柿竹园	伟晶岩-细粒碱长花岗岩	钠长石	11.46	68.01	0.22	0.12	19.27		99.08	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	98.01	1.21	0.78
85	SZB04	柿竹园	块状云英岩	钠长石	10.95	68.16	0.77	0.20	19.56	0.000	99.69	K _{0.01} Na _{0.81} Ca _{0.04} Al _{1.02} Si _{3.01} O ₈	94.42	4.27	1.31
86	SZB56	柿竹园	云母云英岩(包体)	钠长石	11.16	66.76	0.34	0.09	19.58		97.99	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.02} Al _{1.04} Si _{3.00} O ₈	97.50	1.91	0.59
87	SZB22	柿竹园	花岗斑岩	更长石	9.87	63.77	2.93	0.57	21.13	0.013	98.40	K _{0.03} Na _{0.75} Ca _{0.14} Al _{1.13} Si _{2.89} O ₈	81.01	15.41	3.58
88	SZB22	柿竹园	花岗斑岩	中长石	8.30	60.52	5.97	0.26	23.44	0.018	98.63	K _{0.02} Na _{0.65} Ca _{0.29} Al _{1.26} Si _{2.75} O ₈	67.32	31.08	1.60
89	SZB22	柿竹园	花岗斑岩	中长石	7.18	59.46	7.20	0.33	24.53	0.037	99.00	K _{0.02} Na _{0.54} Ca _{0.35} Al _{1.31} Si _{2.70} O ₈	59.58	38.34	2.08
90	SZB22	柿竹园	花岗斑岩	更长石	8.59	62.03	5.03	0.44	22.85	0.007	99.14	K _{0.03} Na _{0.65} Ca _{0.24} Al _{1.21} Si _{2.80} O ₈	70.65	26.57	2.78
91	SZB25	柿竹园	花岗斑岩	钠长石	10.84	68.20	0.89	0.08	19.73	0.000	99.82	K _{0.00} Na _{0.80} Ca _{0.04} Al _{1.03} Si _{3.01} O ₈	94.50	4.98	0.52
92	SZB40	柿竹园	黄铁矿化花岗斑岩	中长石	7.73	59.35	6.76	0.25	24.13	0.038	98.47	K _{0.01} Na _{0.59} Ca _{0.33} Al _{1.30} Si _{2.71} O ₈	63.08	35.38	1.53
93	SZB40	柿竹园	黄铁矿化花岗斑岩	更长石	8.25	64.46	4.06	0.27	21.96	0.000	99.09	K _{0.02} Na _{0.61} Ca _{0.19} Al _{1.16} Si _{2.88} O ₈	74.60	23.57	1.83
94	SZB40	柿竹园	黄铁矿化花岗斑岩	更长石	8.46	64.51	2.79	1.73	22.18	0.000	100.01	K _{0.10} Na _{0.65} Ca _{0.13} Al _{1.17} Si _{2.88} O ₈	73.12	15.46	11.41
95	SZB21	柿竹园	花岗岩包体(花岗斑岩中)	中长石	7.96	60.51	5.81	0.33	23.41	0.016	98.17	K _{0.02} Na _{0.61} Ca _{0.28} Al _{1.26} Si _{2.76} O ₈	66.67	31.23	2.11
96	SZB21	柿竹园	花岗岩包体(花岗斑岩中)	更长石	8.56	62.55	5.02	0.41	22.93	0.032	99.69	K _{0.02} Na _{0.64} Ca _{0.24} Al _{1.21} Si _{2.80} O ₈	70.77	26.65	2.58
97	SZB21	柿竹园	花岗岩包体(花岗斑岩中)	中长石	7.07	59.11	7.64	0.20	25.07	0.054	99.33	K _{0.01} Na _{0.55} Ca _{0.37} Al _{1.34} Si _{2.68} O ₈	58.32	40.44	1.24

续表 1

no.	标本号	矿床	岩性名称	矿物	Na ₂ O	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	总量	分子式	Ab	An	Or
98	SZB21	柿竹园	花岗岩包体(花岗岩斑岩中)	更长石	7.91	62.42	5.28	0.25	22.94	0.000	98.93	K _{0.01} Na _{0.59} Ca _{0.25} Al _{1.22} Si _{2.81} O ₈	68.84	29.49	1.67
99	XYB09	玛瑙山	中粒铁白云母碱长花岗岩	钠长石	11.58	68.98	0.26	0.12	19.26		100.24	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.00} Si _{3.05} O ₈	97.87	1.38	0.74
100	XYB09	玛瑙山	中粒铁白云母碱长花岗岩	钠长石	11.61	68.22	0.39	0.15	19.45		99.86	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.02} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	96.97	2.07	0.96
101	XYB05	白云仙	矿化(花岗岩)云英岩脉	钠长石	11.76	68.52	0.14	0.04	19.50		100.02	K _{0.00} Na _{0.87} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	98.99	0.76	0.26
102	LMB4	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	11.50	67.86	0.12	0.23	19.42	-	99.13	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.02} Si _{3.02} O ₈	97.83	0.67	1.51
103	LMB4	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	10.93	68.84	0.11	0.15	19.14	-	99.18	K _{0.01} Na _{0.81} Ca _{0.01} Al _{1.00} Si _{3.05} O ₈	98.33	0.64	1.03
104	LMB26	栗木	浅肉红色碱长花岗岩	钠长石	10.99	68.41	0.05	0.28	19.51		99.55	K _{0.02} Na _{0.81} Ca _{0.00} Al _{1.02} Si _{3.05} O ₈	97.83	0.27	1.90
105	LMB26	栗木	浅肉红色碱长花岗岩	钠长石	11.03	68.76	0.01	0.10	19.58		99.83	K _{0.01} Na _{0.81} Ca _{0.00} Al _{1.02} Si _{3.03} O ₈	99.22	0.08	0.69
106	LMB27	栗木	肉红色碱长花岗岩	钠长石	11.12	67.20	0.02	0.13	19.58		98.37	K _{0.01} Na _{0.83} Ca _{0.00} Al _{1.03} Si _{3.01} O ₈	98.99	0.13	0.88
107	LMB27	栗木	肉红色碱长花岗岩	钠长石	10.93	68.18	0.01	0.23	19.46		99.21	K _{0.01} Na _{0.81} Ca _{0.00} Al _{1.02} Si _{3.03} O ₈	98.35	0.05	1.60
108	LMB50	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	11.47	67.96	0.47	0.17	20.41		100.73	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.02} Al _{1.06} Si _{2.98} O ₈	96.36	2.53	1.11
109	LMB50	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	11.43	67.27	0.10	0.16	20.19		99.47	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.06} Si _{2.99} O ₈	98.39	0.57	1.05
110	LMB53	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	11.36	66.82	0.27	0.18	19.76		98.66	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.00} O ₈	97.35	1.49	1.17
111	LMB53	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	11.86	67.13	0.06	0.06	19.40		98.76	K _{0.00} Na _{0.89} Ca _{0.00} Al _{1.02} Si _{3.01} O ₈	99.30	0.34	0.36
112	LMB60	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.47	68.17	0.15	0.19	19.97		100.32	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.00} O ₈	97.92	0.82	1.27
113	LMB60	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	10.85	67.84	0.15	0.15	19.96		99.34	K _{0.01} Na _{0.80} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.01} O ₈	98.10	0.87	1.03
114	LMB61	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.47	68.17	0.15	0.19	19.97		100.32	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.00} O ₈	97.92	0.82	1.27
115	LMB61	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	10.85	67.84	0.15	0.15	19.96		99.34	K _{0.01} Na _{0.80} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.01} O ₈	98.10	0.87	1.03
116	LMB64	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.12	69.06	0.07	0.23	19.48	0.075	100.03	K _{0.01} Na _{0.82} Ca _{0.00} Al _{1.01} Si _{3.03} O ₈	98.05	0.40	1.55
117	LMB64	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.65	69.23	0.07	0.29	19.49	0.109	100.77	K _{0.02} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.05} O ₈	97.76	0.40	1.84
118	LMB64	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.55	67.98	0.12	0.23	19.81		99.98	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.03} Si _{3.01} O ₈	97.86	0.67	1.46
119	LMB64	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.56	67.92	0.17	0.16	19.89		99.93	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.00} O ₈	98.04	0.93	1.04
120	LMB68	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.59	67.52	0.02	0.12	19.97		99.57	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{3.00} O ₈	99.14	0.10	0.77
121	LMB68	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.52	67.14	0.08	0.23	20.00		99.22	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{2.99} O ₈	98.10	0.43	1.47
122	LMB73	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.04	67.61	0.12	0.24	19.76		99.78	K _{0.01} Na _{0.82} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{3.01} O ₈	97.74	0.65	1.60

续表 1

no.	标本号	矿床	岩性名称	矿物	Na ₂ O	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	总量	分子式	Ab	An	Or
123	LMB73	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.38	68.20	0.08	0.13	20.02		100.17	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.07} Al _{1.04} Si _{3.01} O ₈	98.70	0.42	0.88
124	LMB73	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.38	67.12	0.04	0.17	19.97		99.07	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{3.00} O ₈	98.64	0.24	1.12
125	LMB73	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.16	67.19	0.08	0.16	19.75		98.62	K _{0.01} Na _{0.83} Ca _{0.00} Al _{1.04} Si _{3.01} O ₈	98.48	0.45	1.07
126	LMB151	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.67	67.93	0.01	0.14	19.64		99.63	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{3.01} O ₈	99.08	0.05	0.88
127	LMB151	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.67	67.93	0.01	0.14	19.64		99.63	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{3.01} O ₈	99.08	0.05	0.88
128	LMB151	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.25	68.41	0.27	0.18	19.94		100.34	K _{0.01} Na _{0.83} Ca _{0.01} Al _{1.03} Si _{3.01} O ₈	97.34	1.48	1.18
129	LMB152	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.67	68.78	0.07	0.13	19.77		100.68	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.02} Si _{3.02} O ₈	98.79	0.37	0.83
130	LMB153	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	11.35	68.36	0.02	0.17	19.81		99.91	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.00} Al _{1.03} Si _{3.02} O ₈	98.80	0.08	1.12
131	LMB153	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	11.68	67.50	0.29	0.19	19.93		99.82	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.01} Al _{1.04} Si _{2.98} O ₈	97.27	1.55	1.18
132	LMB154	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.83	68.42	0.01	0.13	19.85		100.64	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{3.01} O ₈	99.13	0.06	0.81
133	LMB154	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.63	67.59	0.06	0.17	19.70		99.51	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{3.01} O ₈	98.58	0.31	1.11
134	LMB155	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.44	68.05	0.22	0.24	19.74		99.98	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.01} Al _{1.05} Si _{3.01} O ₈	97.27	1.19	1.54
135	LMB156	栗木	白色细粒钠长石花岗岩	钠长石	11.63	68.04	0.05	0.15	19.87		100.06	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{3.01} O ₈	98.78	0.26	0.96
136	LMB160	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	11.15	67.19	0.34	0.08	19.85		99.02	K _{0.00} Na _{0.83} Ca _{0.02} Al _{1.04} Si _{3.00} O ₈	97.54	1.91	0.55
137	LMB160	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	12.02	67.53	0.07	0.02	19.75		99.65	K _{0.00} Na _{0.89} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{3.00} O ₈	99.54	0.37	0.09
138	LMB160	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	11.91	66.92	0.09	0.03	19.75		99.02	K _{0.00} Na _{0.89} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{3.00} O ₈	99.35	0.48	0.17
139	LMB160	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	10.82	65.45	0.85	0.50	21.02		99.06	K _{0.03} Na _{0.81} Ca _{0.04} Al _{1.11} Si _{2.94} O ₈	92.10	4.65	3.25
140	LMB160	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	11.61	67.49	0.40	0.22	19.79		99.84	K _{0.01} Na _{0.86} Ca _{0.02} Al _{1.04} Si _{3.00} O ₈	96.47	2.13	1.40
141	LMB160a	栗木	浅肉色白云母碱长花岗岩	钠长石	10.97	68.47	0.13	0.15	19.87		99.97	K _{0.01} Na _{0.81} Ca _{0.01} Al _{1.05} Si _{3.02} O ₈	98.22	0.76	1.02
142	LMB193	栗木	浅肉红色碱长花岗岩	钠长石	11.31	67.51	0.03	0.17	19.29	0.098	98.36	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.02} Si _{3.02} O ₈	98.71	0.17	1.11
143	LMB194	栗木	肉红色碱长花岗岩	钠长石	10.83	69.28	0.03	0.17	19.39	0.056	99.81	K _{0.01} Na _{0.78} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.04} O ₈	98.69	0.16	1.16
144	LMB194	栗木	肉红色碱长花岗岩	钠长石	10.03	68.93	0.07	0.17	19.78	-	99.08	K _{0.01} Na _{0.74} Ca _{0.00} Al _{1.05} Si _{3.04} O ₈	98.29	0.47	1.24
145	XYB163	梅子窝	中粒花岗岩闪长岩	钠长石	10.06	64.34	1.50	0.11	19.37	0.000	95.47	K _{0.01} Na _{0.78} Ca _{0.07} Al _{1.06} Si _{2.98} O ₈	90.57	8.66	0.78
146	XYB163	梅子窝	中粒花岗岩闪长岩	钙长石	0.77	43.79	16.67	0.02	32.25	0.083	93.65	K _{0.00} Na _{0.06} Ca _{0.88} Al _{1.86} Si _{2.15} O ₈	6.67	93.21	0.13
147	XYB163	梅子窝	中粒花岗岩闪长岩	更长石	9.67	64.66	3.25	0.14	21.70	0.013	99.49	K _{0.01} Na _{0.72} Ca _{0.16} Al _{1.14} Si _{2.88} O ₈	81.50	17.58	0.92

续表 1

no.	标本号	矿床	岩性名称	矿物	Na ₂ O	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	总量	分子式	Ab	An	Or
148	XYB163	梅子窝	中粒花岗岩闪长岩	培长石	3.61	50.41	14.05	0.08	30.73	0.071	99.17	K _{0,00} Na _{0,28} Ca _{0,70} Al _{1,67} Si _{2,33} O ₈	28.46	71.09	0.45
149	XYB163	梅子窝	中粒花岗岩闪长岩	中长石	7.68	59.33	7.03	0.09	24.89	0.047	99.11	K _{0,01} Na _{0,58} Ca _{0,34} Al _{1,33} Si _{2,69} O ₈	62.66	36.79	0.55
150	XYB174	梅子窝	中粒花岗岩闪长岩	拉长石	5.78	55.25	10.51	0.14	27.26	0.057	99.11	K _{0,01} Na _{0,44} Ca _{0,52} Al _{1,47} Si _{2,53} O ₈	45.74	53.40	0.86
151	XYB174	梅子窝	中粒花岗岩闪长岩	更长石	9.19	63.75	4.10	0.20	22.14	0.005	99.50	K _{0,01} Na _{0,69} Ca _{0,20} Al _{1,17} Si _{2,85} O ₈	76.79	21.97	1.25
152	XYB174	梅子窝	中粒花岗岩闪长岩	拉长石	6.10	55.86	9.83	0.15	26.67	0.056	98.77	K _{0,01} Na _{0,47} Ca _{0,48} Al _{1,44} Si _{2,56} O ₈	48.71	50.38	0.91
153	XYB170	梅子窝	蚀变花岗岩闪长岩	钠长石	10.50	65.77	1.62	0.13	20.22	0.000	98.23	K _{0,01} Na _{0,79} Ca _{0,08} Al _{1,07} Si _{2,96} O ₈	90.26	8.92	0.83
154	XYB170	梅子窝	蚀变花岗岩闪长岩	更长石	10.47	66.15	1.91	0.12	20.83	0.026	99.64	K _{0,01} Na _{0,78} Ca _{0,09} Al _{1,09} Si _{2,94} O ₈	88.81	10.40	0.79
155	XYB176	梅子窝	浅灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.59	68.33	0.12	0.17	19.04		99.32	K _{0,01} Na _{0,86} Ca _{0,01} Al _{1,00} Si _{3,03} O ₈	98.24	0.64	1.11
156	XYB177	梅子窝	浅灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.36	67.67	0.29	0.13	19.00	0.021	98.57	K _{0,01} Na _{0,85} Ca _{0,01} Al _{1,00} Si _{3,03} O ₈	97.57	1.57	0.85
157	XYB177	梅子窝	浅灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.49	69.38	0.04	0.18	19.24	0.017	100.41	K _{0,01} Na _{0,84} Ca _{0,00} Al _{0,99} Si _{3,04} O ₈	98.65	0.19	1.15
158	XYB177	梅子窝	浅灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.22	69.19	0.13	0.12	19.05	0.004	99.75	K _{0,01} Na _{0,83} Ca _{0,01} Al _{0,99} Si _{3,05} O ₈	98.49	0.73	0.78
159	XYB178	梅子窝	浅灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.27	69.77	0.15	0.10	19.54	0.013	100.98	K _{0,01} Na _{0,82} Ca _{0,01} Al _{1,00} Si _{3,04} O ₈	98.48	0.86	0.66
160	XYB178	梅子窝	浅灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.78	67.18	1.02	0.12	19.56	0.034	99.75	K _{0,01} Na _{0,87} Ca _{0,05} Al _{1,02} Si _{2,99} O ₈	94.01	5.24	0.76
161	XYB178	梅子窝	浅灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.68	67.42	0.93	0.12	19.56	0.000	99.76	K _{0,01} Na _{0,87} Ca _{0,04} Al _{1,02} Si _{2,99} O ₈	94.43	4.82	0.75
162	XYB181	瑶岭	中粒云英岩化碱长花岗岩	钠长石	11.83	68.26	0.03	0.15	19.17		99.63	K _{0,01} Na _{0,88} Ca _{0,00} Al _{1,00} Si _{3,03} O ₈	98.88	0.15	0.97
163	XYB181	瑶岭	中粒云英岩化碱长花岗岩	钠长石	11.63	68.46	0.07	0.17	19.33		99.67	K _{0,01} Na _{0,86} Ca _{0,00} Al _{1,01} Si _{3,03} O ₈	98.54	0.38	1.08
164	XYB186	瑶岭	中粒白云母碱长花岗岩	钠长石	11.36	66.62	0.37	0.11	19.54		98.02	K _{0,01} Na _{0,85} Ca _{0,02} Al _{1,04} Si _{3,00} O ₈	97.22	2.04	0.75
165	XYB194	瑶岭	浅色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.58	68.27	0.43	0.11	19.35		99.81	K _{0,01} Na _{0,85} Ca _{0,02} Al _{1,01} Si _{3,02} O ₈	97.01	2.30	0.70
166	XYB196	瑶岭	浅色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.51	67.97	0.03	0.15	19.18		98.86	K _{0,01} Na _{0,86} Ca _{0,00} Al _{1,01} Si _{3,03} O ₈	98.89	0.14	0.97
167	XYB196	瑶岭	浅色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.60	68.31	0.04	0.02	19.08		99.10	K _{0,00} Na _{0,86} Ca _{0,00} Al _{1,00} Si _{3,03} O ₈	99.63	0.23	0.14
168	XYB30	新田岭	灰色中粒斑状花岗岩	中长石	7.04	55.08	6.79	0.29	23.89		93.31	K _{0,02} Na _{0,57} Ca _{0,35} Al _{1,36} Si _{2,66} O ₈	60.58	37.49	1.93
169	XYB30	新田岭	灰色中粒斑状花岗岩	中长石	6.87	59.43	8.25	0.35	25.35		100.54	K _{0,02} Na _{0,51} Ca _{0,40} Al _{1,34} Si _{2,66} O ₈	55.26	42.59	2.16
170	XYB210	新田岭	似斑状细粒花岗岩	中长石	7.19	57.12	7.90	0.61	25.28	-	98.40	K _{0,04} Na _{0,55} Ca _{0,39} Al _{1,37} Si _{2,63} O ₈	56.51	39.85	3.63
171	XYB210	新田岭	似斑状细粒花岗岩	更长石	9.57	63.45	3.23	0.34	21.80	0.020	98.44	K _{0,02} Na _{0,72} Ca _{0,16} Al _{1,16} Si _{2,87} O ₈	80.41	17.41	2.19
172	XYB230	新田岭	灰色细粒斑状花岗岩	中长石	6.74	55.85	8.81	0.18	26.28		98.21	K _{0,01} Na _{0,52} Ca _{0,44} Al _{1,43} Si _{2,58} O ₈	53.76	45.12	1.12

续表 1

no.	标本号	矿床	岩性名称	矿物	Na ₂ O	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	总量	分子式	Ab	An	Or
173	XYB230	新田岭	灰色细粒斑状花岗岩	中长石	7.60	58.23	6.49	0.29	24.70		97.54	K _{0.02} Na _{0.59} Ca _{0.32} Al _{1.34} Si _{2.68} O ₈	63.43	34.74	1.82
174	XYB220	新田岭	灰白色细粒斑状碱长花岗岩	钠长石	11.66	69.40	0.38	0.04	19.60		101.17	K _{0.00} Na _{0.85} Ca _{0.02} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	97.68	2.04	0.28
175	FRB22-1	芙蓉	灰色中粒斑状花岗岩	中长石	7.63	59.48	6.50	0.22	24.46		98.35	K _{0.01} Na _{0.58} Ca _{0.32} Al _{1.31} Si _{2.71} O ₈	63.72	34.85	1.42
176	FRB22-2	芙蓉	灰色中粒斑状花岗岩	中长石	7.62	60.05	6.71	0.21	24.29		98.95	K _{0.01} Na _{0.58} Ca _{0.33} Al _{1.30} Si _{2.72} O ₈	63.06	35.63	1.31
177	FRB27-1	芙蓉	白色细粒斑状碱长花岗岩	更长石	10.46	67.60	1.92	0.49	20.19		100.74	K _{0.03} Na _{0.77} Ca _{0.09} Al _{1.05} Si _{2.97} O ₈	86.67	10.21	3.12
178	FRB27-2	芙蓉	白色细粒斑状碱长花岗岩	钠长石	10.78	68.25	1.53	0.21	20.06		100.88	K _{0.01} Na _{0.79} Ca _{0.07} Al _{1.05} Si _{2.99} O ₈	90.46	8.22	1.32
179	FRB27-3	芙蓉	白色细粒斑状碱长花岗岩	钠长石	11.57	68.74	0.14	0.22	18.98		99.69	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{0.99} Si _{3.04} O ₈	97.81	0.75	1.44
180	XYB247	界牌岭	碱长花岗岩斑岩	钠长石	11.62	69.66	0.02	0.10	19.06	0.000	100.50	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.05} O ₈	99.25	0.09	0.65
181	XYB247	界牌岭	碱长花岗岩斑岩	钠长石	11.40	68.09	0.02	0.07	19.25	0.022	99.98	K _{0.00} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.01} Si _{3.03} O ₈	99.42	0.13	0.45
182	HSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	11.38	68.49	0.13	0.09	19.63	-	99.76	K _{0.01} Na _{0.84} Ca _{0.01} Al _{1.02} Si _{3.02} O ₈	98.67	0.73	0.60
183	HSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	11.02	68.17	0.10	0.65	19.70	0.023	99.78	K _{0.04} Na _{0.81} Ca _{0.00} Al _{1.03} Si _{3.01} O ₈	95.14	0.57	4.29
184	HSB53	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	11.69	68.70	0.71	0.22	19.64	-	100.97	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.03} Al _{1.01} Si _{3.01} O ₈	94.93	3.71	1.36
185	HSB53	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	9.46	69.37	0.01	0.25	18.81	-	97.96	K _{0.01} Na _{0.70} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.08} O ₈	97.90	0.09	2.01
186	NHSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	9.96	66.43	1.71	0.27	21.31	-	99.69	K _{0.02} Na _{0.74} Ca _{0.08} Al _{1.11} Si _{2.94} O ₈	88.39	9.75	1.86
187	NHSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	12.43	68.59	0.08	0.23	18.92	0.039	100.29	K _{0.01} Na _{0.92} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.03} O ₈	98.25	0.39	1.36
188	NHSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	8.80	67.23	1.43	0.22	20.97	-	98.65	K _{0.01} Na _{0.65} Ca _{0.07} Al _{1.09} Si _{2.98} O ₈	89.02	9.25	1.73
189	NHSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	更长石	8.96	66.91	1.68	0.17	21.87	-	99.62	K _{0.01} Na _{0.66} Ca _{0.08} Al _{1.13} Si _{2.94} O ₈	88.18	10.58	1.24
190	NHSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	9.46	67.32	1.39	0.23	20.97	0.030	99.45	K _{0.01} Na _{0.70} Ca _{0.07} Al _{1.09} Si _{2.97} O ₈	89.84	8.47	1.69
191	NHSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	11.00	68.48	0.43	0.25	19.90	0.004	100.12	K _{0.01} Na _{0.81} Ca _{0.02} Al _{1.03} Si _{3.01} O ₈	95.92	2.43	1.65
192	NHSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	12.36	68.71	0.00	0.25	18.94	0.009	100.31	K _{0.01} Na _{0.91} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.03} O ₈	98.47	0.02	1.52
193	NHSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	12.15	68.72	0.03	0.21	19.15	0.013	100.30	K _{0.01} Na _{0.80} Ca _{0.00} Al _{0.99} Si _{3.03} O ₈	98.50	0.18	1.32
194	NHSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	11.56	68.94	0.01	0.21	19.49	-	100.27	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.01} Si _{3.03} O ₈	98.58	0.05	1.37
195	NHSB43	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	12.19	68.95	0.02	0.21	19.26	0.004	100.63	K _{0.01} Na _{0.89} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.03} O ₈	98.62	0.10	1.27
196	NHSB51	黄沙坪	碱长花岗岩斑岩	钠长石	12.01	67.61	0.12	0.22	19.18	-	99.14	K _{0.01} Na _{0.89} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.01} O ₈	98.01	0.61	1.38
197	HXB10	垄上	斑状粗粒黑云二长花岗岩	中长石	8.01	60.73	6.54	0.31	24.25	0.047	99.89	K _{0.02} Na _{0.60} Ca _{0.31} Al _{1.28} Si _{2.73} O ₈	64.36	33.75	1.89

续表 1

no.	标本号	矿床	岩性名称	矿物	Na ₂ O	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	总量	分子式	Ab	An	Or
198	HXB10	垄上	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	中长石	7.79	60.38	6.73	0.43	24.62	0.022	99.99	K _{0.02} Na _{0.58} Ca _{0.32} Al _{1.30} Si _{2.71} O ₈	62.64	34.71	2.65
199	HXB10	垄上	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	中长石	7.56	60.22	6.75	0.40	24.19	0.037	99.14	K _{0.02} Na _{0.57} Ca _{0.33} Al _{1.29} Si _{2.72} O ₈	61.98	35.51	2.51
200	HXB15	垄上	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	中长石	7.66	59.75	7.32	0.24	25.14	0.077	100.19	K _{0.01} Na _{0.57} Ca _{0.35} Al _{1.33} Si _{2.68} O ₈	61.10	37.44	1.47
201	HXB15	垄上	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	中长石	7.28	61.05	6.92	0.28	24.65	0.072	100.18	K _{0.02} Na _{0.54} Ca _{0.33} Al _{1.30} Si _{2.72} O ₈	60.98	37.21	1.81
202	HXB15	垄上	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	更长石	9.43	63.45	4.27	0.13	22.60	-	99.96	K _{0.01} Na _{0.70} Ca _{0.20} Al _{1.19} Si _{2.83} O ₈	76.84	22.33	0.83
203	HXB91	垄上	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	中长石	7.45	59.48	7.42	0.28	25.12	0.055	99.88	K _{0.02} Na _{0.56} Ca _{0.36} Al _{1.33} Si _{2.68} O ₈	59.98	38.33	1.69
204	HXB91	垄上	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	中长石	7.85	60.80	6.73	0.28	24.79	0.062	100.50	K _{0.02} Na _{0.58} Ca _{0.32} Al _{1.30} Si _{2.71} O ₈	63.42	34.87	1.71
205	HXB91	垄上	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	中长石	7.86	60.83	6.72	0.25	24.75	0.031	100.47	K _{0.01} Na _{0.59} Ca _{0.32} Al _{1.30} Si _{2.71} O ₈	63.59	34.88	1.53
206	HXB91	垄上	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	中长石	9.32	64.38	3.94	0.31	22.25	-	100.34	K _{0.02} Na _{0.69} Ca _{0.19} Al _{1.16} Si _{2.86} O ₈	77.12	20.92	1.95
207	HXB12	垄上	灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.58	67.05	0.69	0.12	19.34	-	98.79	K _{0.01} Na _{0.87} Ca _{0.03} Al _{1.02} Si _{3.00} O ₈	95.56	3.67	0.78
208	HXB12	垄上	灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.19	67.91	0.67	0.13	19.58	-	99.56	K _{0.01} Na _{0.83} Ca _{0.03} Al _{1.02} Si _{3.01} O ₈	95.48	3.69	0.83
209	HXB32	湘东	灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	10.45	69.17	0.05	0.12	19.52	0.263	99.29	K _{0.01} Na _{0.77} Ca _{0.07} Al _{1.01} Si _{3.05} O ₈	98.89	0.28	0.83
210	HXB32	湘东	灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.42	67.88	0.09	0.14	18.91	0.020	98.50	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.04} O ₈	98.61	0.47	0.92
211	HXB42	湘东	灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	11.51	68.30	0.12	0.10	19.36	0.160	99.42	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.03} O ₈	98.74	0.63	0.62
212	HXB42	湘东	灰白色细粒碱长花岗岩	钠长石	10.84	69.32	0.22	0.10	19.69	0.200	100.18	K _{0.01} Na _{0.79} Ca _{0.01} Al _{1.02} Si _{3.03} O ₈	98.03	1.28	0.69
213	HXB276	湘东	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	钠长石	10.68	66.24	1.78	0.13	20.82	0.057	99.65	K _{0.01} Na _{0.79} Ca _{0.08} Al _{1.09} Si _{2.94} O ₈	89.59	9.57	0.84
214	HXB276	湘东	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	更长石	10.39	65.13	2.67	0.12	21.53	0.022	99.91	K _{0.01} Na _{0.77} Ca _{0.13} Al _{1.13} Si _{2.90} O ₈	85.20	14.03	0.76
215	HXB276	湘东	斑状粗粒黑云母二长花岗岩	钠长石	11.54	68.55	0.31	0.11	19.54	-	100.04	K _{0.01} Na _{0.85} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	97.63	1.68	0.69
216	XYB126	花山岩体	细粒碱长花岗岩(脉)	钠长石	11.69	67.98	0.01	0.03	19.11	-	98.81	K _{0.00} Na _{0.87} Ca _{0.00} Al _{1.00} Si _{3.03} O ₈	99.79	0.04	0.17
217	XYB126	花山岩体	细粒碱长花岗岩(脉)	钠长石	11.48	67.55	0.69	0.05	19.29	-	99.06	K _{0.00} Na _{0.85} Ca _{0.03} Al _{1.01} Si _{3.01} O ₈	96.01	3.68	0.31
218	XYB127	花山岩体	粗粒斑状二长花岗岩	钠长石	10.76	68.10	1.32	0.08	20.09	-	100.40	K _{0.00} Na _{0.79} Ca _{0.06} Al _{1.04} Si _{2.99} O ₈	92.24	7.25	0.51
219	XYB127	花山岩体	粗粒斑状二长花岗岩	更长石	9.76	65.86	2.78	0.57	20.80	-	99.84	K _{0.03} Na _{0.72} Ca _{0.13} Al _{1.09} Si _{2.93} O ₈	81.49	14.88	3.63
220	XYB127	花山岩体	粗粒斑状二长花岗岩	钠长石	11.22	65.82	1.05	0.42	19.87	-	98.40	K _{0.02} Na _{0.84} Ca _{0.05} Al _{1.06} Si _{2.97} O ₈	91.84	5.52	2.63
221	XYB148	大东山岩体	粗粒黑云母碱长花岗岩	钠长石	11.73	68.10	0.03	0.03	19.32	-	99.29	K _{0.00} Na _{0.87} Ca _{0.00} Al _{1.01} Si _{3.02} O ₈	99.65	0.19	0.17
222	XYB148	大东山岩体	粗粒黑云母碱长花岗岩	钠长石	11.69	67.27	0.13	0.03	19.28	-	98.42	K _{0.00} Na _{0.87} Ca _{0.01} Al _{1.02} Si _{3.01} O ₈	99.13	0.68	0.19
223	XYB148	大东山岩体	粗粒黑云母碱长花岗岩	钠长石	11.38	68.18	0.24	0.07	19.32	-	99.21	K _{0.00} Na _{0.84} Ca _{0.01} Al _{1.01} Si _{3.03} O ₈	98.20	1.32	0.47
224	XYB150	大东山岩体	细粒斑状碱长花岗岩	钠长石	11.30	69.53	0.34	0.06	19.07	-	100.37	K _{0.00} Na _{0.83} Ca _{0.02} Al _{0.98} Si _{3.05} O ₈	97.72	1.88	0.40
225	XYB150	大东山岩体	细粒斑状碱长花岗岩	钠长石	11.79	69.71	0.01	0.05	19.03	-	100.59	K _{0.00} Na _{0.86} Ca _{0.00} Al _{0.98} Si _{3.05} O ₈	99.64	0.03	0.34

注: 数据由核工业北京地质分析测试中心分析。

表 2 瑶岗仙岩体实测主要矿物成分(%)
Fig.2 Major mineral composition of Yaogangxian granitoids (%)

no.	期次	标本号	石英	钾长石	钠长石	云母	碱性长石
1	第一期 中粗粒斑状碱长花岗岩	YGB-40	44.39	17.45	33.54	4.62	50.99
2		YGB-62	44.85	21.01	29.34	4.79	50.35
3		YGB-33	45.08	21.48	29.41	4.03	50.89
4		YGB-52	43.17	21.41	30.98	4.44	52.39
5		YGB464	31.35	48.18	16.98	3.49	65.16
6	第二期 细粒斑状碱长花岗岩	YGB-27	54.39	29.10	11.70	4.81	40.80
7		YGB-28	45.46	31.54	18.60	4.40	50.13
8		YGB274	54.11	34.51	7.34	4.04	41.85
9		YGB275	48.84	41.97	6.76	2.43	48.73
10		YGB277	34.15	39.95	23.35	2.55	63.30
11		YGB279	44.95	38.63	14.33	2.09	52.96
12		YGB280A	36.32	32.36	28.58	2.75	60.93
13		YGB344	35.54	37.31	24.45	2.70	61.76
14		YGB463	31.79	41.40	23.77	3.04	65.17

注:数据为显微镜下实测结果。

Ma^[27],成矿年龄(150±2.7)Ma(Re-Os)^[27]。这些地质特征与年代学研究成果均显示出,本文所研究的南岭钨矿区致矿花岗岩主要是淡色碱长花岗岩,其中的长石均为碱性长石,钠长石 An<5。

综合不同矿区侵入岩的成分结果,这些矿区燕山早期花岗岩(成矿期花岗岩)除少量花岗斑岩以及早期花岗岩包体外,岩石中钠长石 An<5,属碱性长石,因此在 QAP 投点中,这些花岗岩均投点于 QA 线上。由于石英含量未做修改,因此,原定认的二长花岗岩或黑云母花岗岩准确的岩石定名应为碱长花岗岩或铁白云母碱长花岗岩。

4.3 碱长花岗岩性质及其与钨锡多金属矿成矿的关系

南岭花岗岩尤其是锡钨多金属矿区致矿花岗岩富硅富碱,同世界其他地区的 W-Sn-Nb-Ta 矿区致矿花岗岩相似^[28,29]。含矿花岗岩的 Li、Rb、Be、Cs 和 F 以及成矿元素 W、Sn、Nb 和 Ta 含量也都较高^[30,31]。大部分钨锡矿区花岗岩名称多定为黑云母花岗岩、黑云母二长花岗岩^[32],也有很多研究已经认识到碱长花岗岩的存在,如内蒙七一山锡稀土矿^[33,34]、湖南香花岭^[9],很多 Nb-Ta-Sn 矿区的花岗岩也多为钠长石花岗岩^[35,7],属碱长花岗岩范畴。国内外很多碱长花岗岩常伴有锡钨矿化,如法国 Beauvoir 黄玉钠长石花岗岩中岩浆岩型 Sn-Li-Ta-Nb-Be 矿化^[36]、芬兰

Eurajoki Rapakivi 黄玉钠长石花岗岩有关锡矿^[37]、巴西北部 Pitinga 锡矿^[38]、美国 Texas Cave Peak 斑岩 Mo(Nb)矿^[39]、California Pine Creek 钨矿^[40]、澳大利亚 Poimena 锡矿^[41]、爱尔兰 W-Sn 矿^[42]等等。

碱长花岗岩的成因仍有较大争议,包括岩浆交代、分异结晶^[41,43]等。南岭地区大花岗岩基分异相对差,小型花岗岩尤其是矿区岩体分异强,构成连续分异系列,大花岗岩基代表深部岩浆岩特点,小岩株代表高侵位的岩体突出部位。这种连续分异特点显示出碱长花岗岩与花岗岩基的密切成因联系,它们可能是正常岩浆岩结晶分异的产物。另一方面,瑶岗仙石英斑岩与柿竹园花岗斑岩均具有弱分异的 REE 配分曲线,完全不同于岩体(灰色碱长花岗岩和浅色碱长花岗岩),代表了深部分异差的岩浆岩特征,但石英斑岩与花岗斑岩又具有完全不同的长石组成,前者全部为碱性长石,岩石蚀变强烈,后者斜长石 An 值较高,岩石蚀变很弱。这些特点又显示出岩浆上侵过程中蚀变对长石成分的强烈影响。

碱长花岗岩大体有两类,一类是存在高含量钾长石,即钾长花岗岩,另一类是含两类碱性长石的碱长花岗岩。前者常见于中生代小侵入体,后者多分布于板内构造环境,以往多归入 A 类花岗岩。实验岩石学研究显示,这种碱长花岗岩的形成与岩浆体系高度富集挥发分(尤其是 H₂O、F、Li)有关,其深度

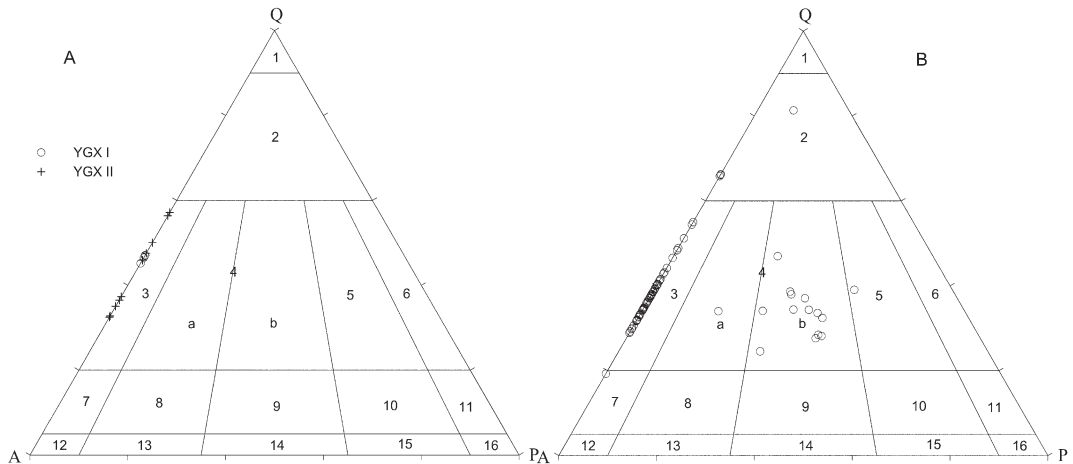


图7 瑶岗仙及南岭地区钨矿区花岗岩体 QAP 图解

A—瑶岗仙岩体(显微统计);B—CIPW 计算矿物成分结果,南岭地区

- 1—英石岩;2—富石英花岗岩类;3—碱长花岗岩;4—花岗岩;4a—正长花岗岩;4b—二长花岗岩;5—花岗闪长岩;
- 6—英云闪长岩;7—石英碱长正长岩;8—石英正长岩;9—石英二长岩;10—石英二长闪长岩;11—石英闪长岩;12—碱长正长岩;
- 13—正长岩;14—二长岩;15—二长闪长岩;16—闪长岩

Fig.7 QAP diagram of granite in Yaogangxian (A) and Nanling (B)

A—Yaogangxian deposit (microscopic statistics), B—CIPW calculated mineral composition (Nanling region)

- 1—Quartzolite, 2—Quartz-rich granitoid, 3—Alkali-feldspar granite, 4—Granite, 4a—Syenogranite, 4b—Monzogranite, 5—Granodiorite,
- 6—Tonalite, 7—Alkali-feldspar quartz syenite, 8—Quartz syenite, 9—Quartz monzonite, 10—Quartz monzodiorite, 11—Quartz diorite,
- 12—Alkali-feldspar syenite, 13—Syenite, 14—Mozonite, 15—Monzodiorite, 16—Diorite

演化常出现液态不混溶分异^[38,44-47]。在南岭很多锡钨矿床的花岗岩中,这种岩浆液态分异现象普遍存在,如瑶岗仙、柿竹园、邓阜仙、栗木、淘锡坑、大吉山等,个旧锡(钨)矿卡房矿区的花岗岩中也较明显,包括不同花岗质岩浆的不混溶,也包括酸性岩浆/似伟晶岩、花岗岩浆/云英岩或云英岩包体间的不混溶、花岗岩浆/浆液过渡态流体间的不混溶等。液态分异导致成矿物质的富集,尤其是分异形成的浆液过渡态流体制约着云英岩型、石英脉型、矽卡岩型等钨矿床的成矿。也正因为如此,致矿花岗岩的高度分异,直至出现富钠碱长花岗岩是很多钨锡矿床成矿的重要前提,致矿花岗岩中长石以强烈富碱为特点,钠(斜)长石 An 值可部分作为花岗岩成矿属性的评价标志之一,An 值越小,一般反映分异程度越高,至于具体的 An 值多少作为判别标志, 还需开展更加深入的研究总结工作。

致谢: 非常感谢邓晋福教授在花岗岩研究过程中给予的指导,感谢瑶岗仙钨矿何小平工程师、喻平工程师以及锡田、黄沙坪、柿竹园等矿山单位的相关地质人员在野外工作中的大力支持。

参考文献 (References):

- [1] 周新民. 南岭地区晚中生代花岗岩成因与岩石圈动力学演化[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
Zhou Xinmin. Petrogenesis of the Late Mesozoic Granitoids in the Nanling Range and Geodynamic Evolution of Lithosphere [M]. Beijing: Science Press, 2007(in Chinese).
- [2] 夏宏远, 梁书艺. 华南钨锡稀有金属花岗岩矿床成因系列[M]. 北京: 科学出版社, 1991:117-125.
Xia Hongyuan, Liang Shuyi. The Minerogenetic Series of W-Sn-Rare Metal Deposit Related to Granite, South China [M]. Beijing: Science Press, 1991:117-125(in Chinese with English abstract).
- [3] 南京大学地质系. 华南不同时代花岗岩及其与成矿关系研究[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
Department of Geology, Nanjing University. The Characteristics of Granite and its Relationship with Mineralization [M]. Beijing: Science Press, 1984(in Chinese).
- [4] 陈毓川, 裴荣富, 张宏良, 等. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1989:414-463.
Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Zhang Hongliang, et al. The Geology of Non-ferrous and Rare Metal Deposits Related to Mesozoic Granitoids in Nanling Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989:414-463(in Chinese with English abstract).

- [5] 王德滋. 华南花岗岩研究的回顾与展望 [J]. 高校地质学报, 2004, 10(3):305-314.
Wang Dezi. The study of granitic rocks in south China: Looking back and forward[J]. Geological Journal of China Universities, 2004, 10(3):305-314(in Chinese with English abstract).
- [6] 徐克勤, 胡受奚, 孙明志. 华南两个成因系列花岗岩类及其成矿特征[J]. 矿床地质, 1982, 1(2):1-14.
Xu Keqin, Hu Shouxi, Sun Mingzhi. On the two genetic series of granites in south China and their metallogenetic characteristics [J]. Mineral Deposits, 1982, 1 (2):1-14 (in Chinese with English abstract).
- [7] 王联魁, 黄智龙. Li-F 花岗岩液态分离作用与实验 [M]. 北京: 科学出版社, 2000:1-236.
Wang Liankui, Huang Zhilong, Liquid Immiscibility of Li -F Granite Magma: Characteristic and Experiment[M]. Beijing: Science Press, 2000:1-236.
- [8] 朱永峰, 曾贻善, 艾永富. 长英质岩浆中液态不混溶与成矿作用关系的实验研究[J]. 岩石学报, 1995, 11(1):1-7.
Zhu Yongfeng, Zeng Yishan, Ai Yongfu. The experimental study about the liquid immiscibility and ore-forming process in felsic magma[J]. Acta Petrologica Sinica, 1995, 11(1):1-7(in Chinese with English abstract).
- [9] 徐启东. 湖南香花岭复式碱长花岗岩体侵入期次关系的识别[J]. 湖南地质, 1991, 10(4):289-294.
Xu Qidong. Identification of the intrusive phases of the composite alkali feldspar granite in Xianghualing, Hunan [J]. Hunan Geology, 1991,10(4):289-294(in Chinese with English abstract).
- [10] 舒良树, 周新民, 邓平, 等. 南岭构造带的基本地质特征[J]. 地质论评, 2006, 52(2):251-265.
Shu Liangshu, Zhou Xinmin, Deng Ping, et al. Principal geological features of Nanling tectonic belt, south China [J]. Geological Review, 2006, 52(2):251-265(in Chinese with English abstract).
- [11] 李献华, 李武显, 李正祥. 再论南岭燕山早期花岗岩的成因类型与构造意义[J]. 科学通报, 2007, 52(9):981-991.
Li Xianhua, Li Wuxian, Li Zhenxiang. Re-discussion on genetic type of Nanling granitoid and its tectonic significance [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(9):981-991(in Chinese).
- [12] 朱金初, 王汝成, 张佩华, 等. 南岭中段骑田岭花岗岩基的锆石 U-Pb 年代学格架[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 2009, 39(8): 1112-1127.
Zhu Jinchu, Wang Rucheng, Zhang Peihua, et al. Chronology frame of Zircon U-Pb dating from Qitianling granitic batholith in Nanling Range [J]. Science in China (Series D: Earth Sciences), 2009, 39(8):1112-1127(in Chinese).
- [13] 朱金初, 王汝成, 陆建军, 等. 关于南岭中生代花岗岩侵位年龄与锆石 U-Pb 年龄的时差问题: 与章邦桐教授等讨论[J]. 高校地质学报, 2010, 16(1):119-123.
Zhu Jinchu, Wang Rucheng, Lu Jianjun, et al. On the time span between emplacement age and zircon U-Pb age of the Mesozoic granites in Nanling range, south China: A Discussion with Prof. Zhang Bangtong et al [J]. Geological Journal of China Universities, 2010, 16(1):119-123(in Chinese with English abstract).
- [14] 沈渭洲, 张芳荣, 舒良树, 等. 江西宁冈岩体的形成时代、地球化学特征及其构造意义[J]. 岩石学报, 2008, 24(10):2244-2254.
Shen Weizhou, Zhang Fangrong, Shu Liangshu, et al. Formation age, geochemical characteristics of the Ninggang granite body in Jiangxi Province and its tectonic significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24 (10):2244-2254 (in Chinese with English abstract).
- [15] 李顺庭, 王京彬, 祝新友, 等. 湖南瑶岗仙复式岩体的年代学特征[J]. 地质与勘探, 2010, 47(2):143-150.
Li Shunting, Wang Jingbing, Zhu Xinyou, et al. Chronological characteristics of the Yaogangxian composite pluton in Hunan Province [J]. Geology and Exploration, 2010, 47 (2):143-50(in Chinese with English abstract).
- [16] 李顺庭, 王京彬, 祝新友, 等. 湖南瑶岗仙钨多金属矿床辉钼矿 Re-Os 同位素定年和硫同位素分析及其地质意义[J]. 现代地质, 2011, 25(2):228-235.
Li Shunting, Wang Jingbing, Zhu Xinyou, et al. Re-Os dating of molybdenite and sulfur isotope analysis of the Yaogangxian Tungsten polymetallic deposits in Hunan Province and their geological significance [J]. Geoscience, 2011, 25 (2):228-235 (in Chinese with English abstract).
- [17] 徐克勤. 湘南钨铁锰矿区矽卡岩型钙钨矿的发现——并论两类矿床在成因上的联系[J]. 地质学报, 1957, 37(2):117-151.
Hsu Kechin. Discovery of pyrometamorphic scheelite deposits near a wolframite-producing district in southern China, and a discussion about the origin of these two classes of deposits [J]. Acta Geologica Sinica, 1957, 37(2):117-151(in Chinese with English abstract).
- [18] 孙健, 倪艳军, 柏道远, 等. 湘东南瑶岗仙岩体岩石化学特征、成因与构造环境[J]. 华南地质与矿产, 2009, (3):12-19.
Sun Jian, Ni Yanjun, Bai Daoyuan, et al. Geochemistry, petrogenesis and tectonic setting of Early Yanshanian Yaogangxian granite pluton, southeastern Hunan province [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2009, (3):12-19 (in Chinese with English abstract).
- [19] 陈依壤. 瑶岗仙花岗岩地质地球化学特征与成岩成矿作用[J]. 矿产与地质, 1988, 2(1):62-72.
Chen Yirang. Geological and geochemical characteristics and diagenetic-minerogenetic processes of Yaogangxian granite [J]. Mineral Resources and Geology, 1988, 2 (1):62-72 (in Chinese with English abstract).
- [20] 阮道源. 湖南瑶岗仙花岗岩侵人体的生成与变化过程及成矿关系的初步研究[J]. 地质论评, 1958, 18(1):1-10.
Ruan Daoyuan. The study on the origin of granite and the significance for mineralization [J]. Geological Review, 1958, 18(1): 1-10(in Chinese with English abstract).
- [21] 湖南省地质矿产局区域地质调查所四队. 区域地质调查报告(1:50000)(滁口幅 G49-83-D, 瑶岗仙幅 G46-95B)(地质部分)[R]. 1990.

- Geological Team 4th. Regional Geological Report(1:50000)(G49-83-D, G46-95B)[R]. 1990(in Chinese).
- [22] 傅其斌, 祝新友, 程细音, 等. 湖南瑶岗仙钨矿花岗岩中云母研究[J]. 矿物学报, 2011, 31(1):18-19.
Fu Qibin, Zhu Xinyou, Cheng Xiyin, et al. Research work on the mica of the granite in Yaogangxian tungsten, Hunan Province[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2011, 31(1):18-19 (in Chinese with English abstract).
- [23] 章邦桐, 吴俊奇, 凌洪飞, 等. 花岗岩中原生与次生白云母的鉴别特征及其地质意义——以赣南富城强过铝质花岗岩体为例[J]. 岩石矿物学杂志, 2010, 29(3):225-234.
Zhang Bangtong, Wu Junqi, Ling Hongfei, et al. Petrological discrimination between primary and secondary muscovites and its geological implications: A case study of Fucheng peraluminous granite pluton in southern Jiangxi [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2010, 29(3):225-234 (in Chinese with English abstract).
- [24] 国标 GB/T 17412. 1-1998: 岩石分类和命名方案火成岩岩石的分类和命名方案[S]. 1998.
National standard of P R. GB/T 17412.1-1998: China Classification and nomenclature schemes of the rocks——Classification and nomenclature schemes of igneous rock. 1998(in Chinese).
- [25] 翟伟, 孙晓明, 邬云山, 等. 粤北梅子窝钨矿区隐伏花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄与 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 成矿年龄及其地质意义[J]. 高校地质学报, 2010, 16(2):177-185.
Zhai Wei, Sun Xiaoming, Wu Yunshan, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the buried granodiorite and muscovite $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of mineralization and geological implications of Meiziwo Tungsten Deposit, Northern Guangdong Province, China [J]. Geological Journal of China Universities, 2010, 16(2):177-185(in Chinese with English abstract).
- [26] 付建明, 伍式崇, 徐德明, 等. 湘东锡田钨锡多金属矿区成矿时代的再厘定[J]. 华南地质与矿产, 2009, (3):1-7.
Fu Jianming, Wu Shichong, Xu Deming, et al. Reconstraint from zircon SHRIMP U-Pb dating on the age of magma intrusion and mineralization in Xitian Tungsten-tin polymetallic orefield, eastern Hunan Province [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2009, (3):1-7(in Chinese with English abstract).
- [27] 刘国庆, 伍式崇, 杜安道, 等. 湘东锡田钨锡矿区成矿时代研究[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(1):63-71.
Liu Guoqing, Wu Shichong, Du Andao, et al. Metallogenic ages of the Xitian tungsten-tin deposit, eastern Hunan Province [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2008, 32(1):63-71(in Chinese with English abstract).
- [28] Badanina E V, Veksler I V, Thomas R, et al. Magmatic evolution of Li-F, rare-metal granites: a case study of melt inclusions in the Khangilay complex, Eastern Transbaikalia (Russia) [J]. Chemical Geology, 2004, 210: 113-133.
- [29] Ray G E, Webster I C L, Ballantyne S B, et al. The geochemistry of three tin-bearing skarns and their related plutonic rocks, Atlin, Northern British Columbia [J]. Economic Geology, 2000, 95: 1349-1365.
- [30] 陈骏, 陆建军, 陈卫锋, 等. 南岭地区钨锡钨钽花岗岩及其成矿作用[J]. 高校地质学报, 2008, 14(4):459-473.
Chen Jun, Lu Jianjun, Chen Weifeng, et al. W-Sn-Nb-Ta-bearing granites in the Nanling range and their relationship to Metallogenesis [J]. Geological Journal of China Universities, 2008, 14(4):459-473(in Chinese with English abstract).
- [31] 毛景文. 超大型钨多金属矿床成矿特殊性——以湖南柿竹园矿床为例[J]. 地质科学, 1997, 32(3):351-363.
Mao Jingwen. Metallogenic speciality of super giant polymetallic tungsten deposit: taking the Shizhuyuan deposit as an example [J]. Scientia Geologica Sinica, 1997, 32(3):351-363 (in Chinese with English abstract).
- [32] Sanchez S M T, Benito M C M, Perez M L C. Mineralogical and physiochemical evolution of the Los Santos Scheelite Skarn, Salamanca, NW Spain [J]. Economic Geology, 2009, 104(7): 961-995.
- [33] 王勇, 吕庆田, 孟贵祥, 等. 内蒙东七—山碱长花岗岩及其成矿作用[J]. 地质学报, 2009, 83(10):1505-1514.
Wang Yong, Lv Qingtian, Meng Guixiang, et al. Alkali feldspar granite of Dongqiyishan, Inner Mongolia and its metallogenesis [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(10):1505-1514(in Chinese with English abstract).
- [34] 吕博, 杨岳清, 孟贵祥, 等. 内蒙东七—山碱长花岗岩的地球化学特征和成因[J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30(3): 543-552.
Lv Bo, Yang Yueqing, Meng Guixiang, et al. Geochemical characteristics and petrogenesis of Dongqiyishan alkali feldspar granite, Inner Mongolia [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2011, 30(3): 543-552(in Chinese with English abstract).
- [35] 林德松. 华南富钼花岗岩矿床[M]. 北京:地质出版社, 1996:42-48.
Lin Desong. Tantalum-Rich Granite Type Deposits in South China [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1996:42-48(in Chinese with English abstract).
- [36] Cuney M, Maignac C, Weisbrod A. The Beauvoir topaz-lepidolite albite granite (Massif Central, France); the disseminated magmatic Sn-Li-Ta-Nb-Be mineralization [J]. Economic Geology, 1992, 87:1766-1794.
- [37] Haapala I. Magmatic and Postmagmatic Processes in Tin-mineralized Granites: Topaz-bearing Leucogranite in the Eurajoki Rapakivi Granite Stock, Finland [J]. Petrology, 1997, 38:1645-1659.
- [38] Costi H T T, Agnol R D, Pichavant M, et al. The peralkaline tin-mineralized Madera cryolite albite-rich granite of Pitinga, Amazonian craton, Brazil: Petrography, mineralogy and crystallization processes [J]. Can. Mineral, 2009, 47:1301-1327.
- [39] Audetat A. Source and Evolution of Molybdenum in the Porphyry Mo (Nb) Deposit at Cave Peak, Texas [J]. Petrology, 2010, 51: 1739-1760.
- [40] Brown P E, Essene E J. Activity variations attending W skarn

- formation, Pine Creek, California [J]. *Economic Geology*, 1985, (89):358-369.
- [41] Mackenzie D E, Black L P, Sun S S. Origin of alkali-feldspar granites: An example from the Poimena Granite, northeastern Tasmania, Australia [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1988, 52(10):2507-2524.
- [42] Gallagher V. Geological and isotope studies of microtonalite-hosted W-Sn mineralization in SE Ireland [J]. *Mineralium Deposita*, 1989, 24:19-28.
- [43] Breiter K, Fryda J, Swltnann R, et al. Mineralogical evidence for two magmatic stages in the evolution of an extremely fractionated P-rich rare-metal granite: the podles' stock, Krus'ne' Hory, Czech Republic [J]. *Journal of Petrology*, 1997, 38(12):1723-1739.
- [44] Veksler I V. Liquid immiscibility and its role at the magmatic - hydrothermal transition: a summary of experimental studies [J]. *Chemical Geology*, 2004, 210:7-31.
- [45] Dolejs D, Baker D R. Liquidus equilibria in the system $K_2O - Na_2O - Al_2O_3 - SiO_2 - F_2O - 1 - H_2O$ to 100 MPa: I. silicate-fluoride liquid immiscibility in anhydrous systems [J]. *Petrology*, 2007, 48: 785-806.
- [46] Dolejs D, Baker D R. Liquidus equilibria in the system $K_2O - Na_2O - Al_2O_3 - SiO_2 - F_2O - 1 - H_2O$ to 100 MPa: II. Differentiation paths of fluorosilicic magmas in hydrous systems [J]. *Petrology*, 2007b, 48:807-828.
- [47] Keppler H, Wyllie P J. Partitioning of Cu, Sn, Mo, W, U and Th between melt and aqueous fluid in the system haplogranite $H_2O - HCl$ and haplogranite $-H_2O - HF$ [J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 1991, 109: 139-150.

Characteristics of alkali feldspar granite in tungsten (tin) deposits of Nanling region

ZHU Xin-you^{1,2}, WANG Jing-bin^{1,2,3}, WANG Yan-li³,
CHENG Xi-yin⁴, HE Peng⁵, FU Qi-bin⁴, LI Shun-ting²

(1. Beijing Institute of Geology and Mineral Resources, Beijing 100012, China; 2. Sinotech Mineral Exploration Co., Ltd., Beijing 100012, China; 3. China Non-ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012, China; 4. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, Yunnan, China; 5. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The early Yanshanian granites related to tungsten and tin deposits in Nanling region have been considered to be biotite granite, monzogranite, albite granite etc. However, microscope and electron microprobe analyzes of the granite related to tungsten mineralization in Yaogangxian, Shizhuyuan, Xitian, Dengfuxian, Limu and Meiziwo show that all the feldspars of the granite consist of K-feldspar and albite ($An < 5$), which suggests that the name should be alkali feldspar granite. The albite of greisen inclusions in the alkali feldspar shows the character $An < 3$. There is no obvious vertical regular variation or zoning of the compositions of the albite and granite within the depth range of 1000m. On the contrary, the plagioclases of the granite inclusions (xenoliths), some granite porphyry dykes, giant batholiths, and Triassic and Paleozoic monzogranite or granodiorite have a wide range of An value of 0~93, belonging to oligoclase, andesine or even basic plagioclase. The alkali-feldspar granite that contains two kinds of alkali feldspar was usually formed from the rich-volatile (Li-F) magma, with the extensive development of liquid immiscibility at the top of the granite, which caused the enrichment and mineralization of W, Sn, Bi, Mo in the hydrothermal-magma. The An value of the albite in alkali-feldspar granite could be used as an indicator for evaluating granite in search for W-Sn mineralization, because the value is obvious lower than that of barren granite.

Key words: Nanling; tungsten and tin polymetallic deposit; granite; alkali-feldspar granite

About the first author: ZHU Xin-you, male, born in 1965, senior engineer, mainly engages in mineral exploration; E-mail: zhuxinyou@gmail.com.