

宜春414钽铌矿床的元素富集机理研究

万泰安^{1,2}, 陈天楚^{3,4}, 陈加杰², 凌明星¹, 夏菲², 许德如²

(1. 东华理工大学核资源与环境国家重点实验室,江西 南昌 330013;2. 东华理工大学地球科学学院,江西 南昌 330013;3. 中国科学院广州地球化学研究所同位素地球化学国家重点实验室,广东 广州 510640;4. 中国科学院大学,北京 100049)

摘要:宜春414钽铌矿床是华南地区最为典型的花岗岩型钽铌矿床之一,对于该矿床成因仍有争议。为进一步探讨其成因,以该矿床雅山岩体先后依次侵入的二云母花岗岩、锂白云母二长花岗岩和黄玉锂云母花岗岩为研究对象,在岩相学研究基础上,开展全岩主微量元素、云母电子探针和LA-ICP-MS原位微量元素分析。结果表明,随着岩浆演化,岩石分异程度越来越高,全岩和云母中F、Li和P等元素含量逐步升高,并且相应岩石中Ta、Nb等成矿元素逐步富集。据此推测,宜春414矿床中的Ta和Nb的富集主要受岩浆结晶分异作用的控制,F、Li和P在分异过程中扮演了重要角色,晚期流体作用对Ta和Nb的富集影响不大。

关键词:富集机理;原位微量元素分析;钽铌矿;雅山岩体;宜春

中图分类号:P618.79;P618.86 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3504(2022)06-0514-24

万泰安,陈天楚,陈加杰,等,2022. 宜春414钽铌矿床的元素富集机理研究[J]. 东华理工大学学报(自然科学版),45(6):514-537.

Wan Tai-an, Chen Tian-chu, Chen Jia-jie, et al., 2022. Elemental enrichment mechanism of the Yichun 414 Ta-Nb deposit[J]. Journal of East China University of Technology (Natural Science), 45(6):514-537.

华南地区存在不同时代的花岗岩体,且多为分异程度较高的S型花岗岩,与这些岩石密切相关的稀有金属矿床(如钨、锡、钽、铌和稀土)分布广泛(蒋少涌等,2006;李胜虎,2015)。岩浆作用与成矿的关系一直是众多研究者关注的重点问题。宜春414钽铌矿床是区域内最为典型的花岗岩型钽铌矿床,该矿床除Ta、Nb外,还伴生有Li、Rb和Cs等,是目前我国最大的钽矿生产基地。虽然该矿床研究成果较多,但有关该矿床的成因仍然存在较大争议,存在岩浆结晶分异(Yin et al., 1995; Huang et al., 2002),流体交代、岩浆分异和流体交代叠加作用等观点(胡受奚等,1983;王成发,1986;林德松,1993)。针对这一问题,笔者选取该矿床不同年代花岗岩,在岩相学研究的基础上,结合全岩和云母单矿

物原位元素分析,探讨该矿床Ta和Nb的富集机制,以期为该矿床的成因研究提供进一步证据。

1 区域地质

华南板块是在新元古代早期由扬子克拉通和华夏地块碰撞-拼贴而成(Zhang et al., 2013)。华南板块的基底主要为元古界,增生期在元古宙(约1.8 Ga和1.4 Ga)。华南地区自元古宙以来遭受多旋回地壳运动,经过了海相-陆相反复交替的复杂地质环境,形成了不同类型的沉积构造。自中生代以来,由于古太平洋板块向西俯冲,华南板块产生了多阶段大规模的构造-岩浆活动(Mao et al., 2014),形成了印支期和燕山期的花岗岩(图1;孙涛,2006;Li et al., 2012)。

加里东期花岗岩一部分属于同熔型(I型),大多数具改造型(S型)特征,尽管可能存在地幔贡献,但大多数研究者将加里东期花岗岩归属于地壳物质重熔形成的壳源花岗岩类(吴俊华等,1993;李献华,1993;周新民,2003;舒良树,2006)。此外,也有研究者提出华南某些加里东期花岗岩类为埃达克质花岗岩(许德如等,2006)。

印支期和燕山早期主要为S型花岗岩侵入,燕

收稿日期:2022-03-05

基金项目:核资源与环境国家重点实验室自主基金项目(2020Z03);国家自然科学基金项目(42173024);国家重点研发计划项目(2021YFC2901705);江西省“双千计划”项目(2020);东华理工大学高层次人才启动基金项目(2020)

作者简介:万泰安(1992—),男,硕士,主要从事矿床成因研究工作。E-mail:wantaian@foxmail.com 通信作者:凌明星(1981—),男,博士,研究员,主要从事关键金属成矿等研究。E-mail:mxling@ecut.edu.cn

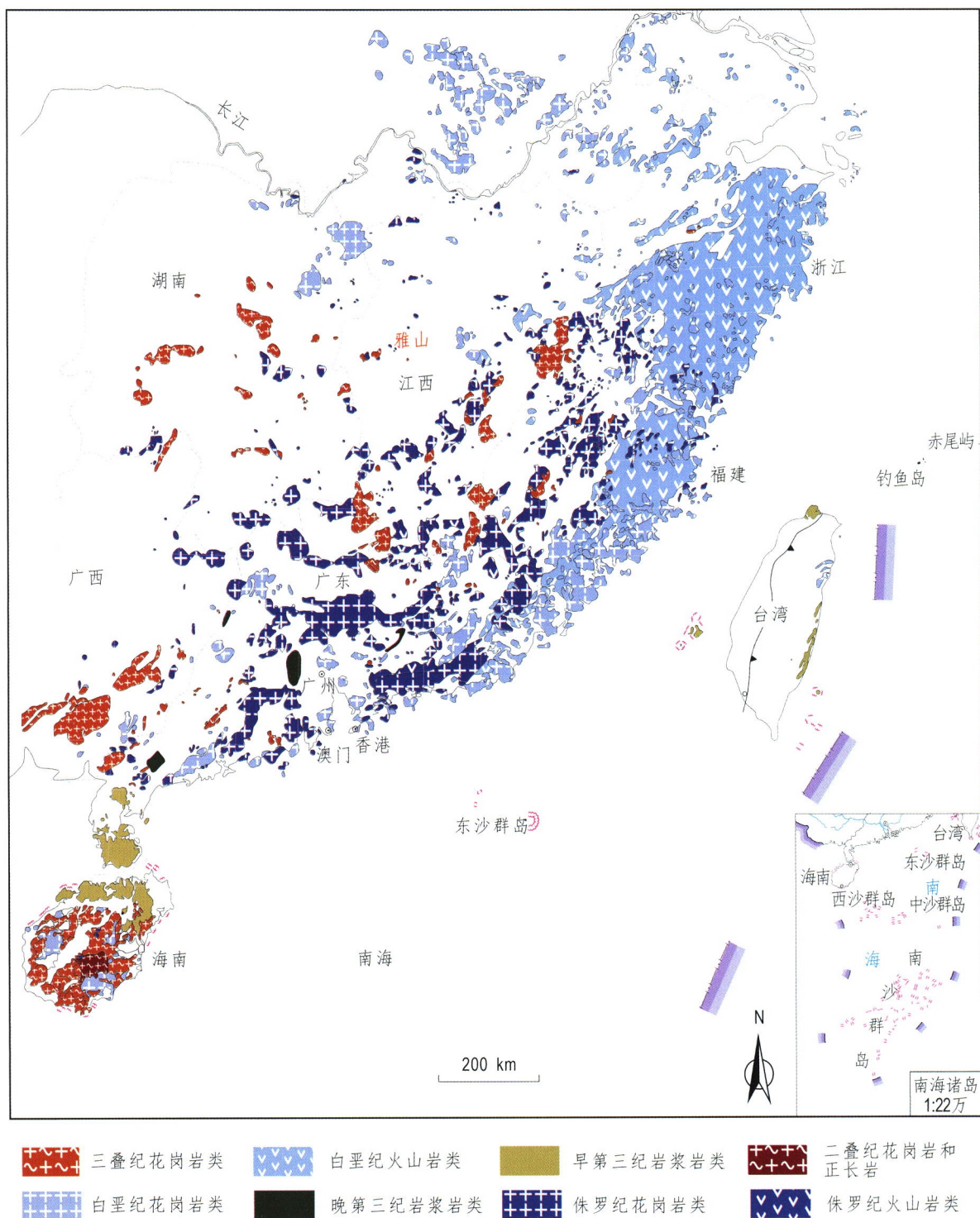


图1 华南区域地质图(Li et al., 2012)

Fig. 1 Regional geological map of south China

山晚期则主要是I型花岗岩、火山-次火山岩,到新生代出现基性火山岩(马东升,2008)。区内大多数的多金属矿床与这些花岗岩具有密切的成因关系(华仁民等,2013;毛景文等,2006;孙涛,2006)。华仁民等(2013)认为加里东期花岗岩的成矿作用并没有印支期和燕山期花岗岩重要。印支期花岗岩类的侵位经历了两个阶段:印支早期花岗岩类(251—234 Ma)形成于初期碰撞阶段;印支晚期花

岗岩类(234—205 Ma)形成于晚期碰撞后伸展阶段(Zhou et al., 2006)。由于燕山期的造山运动(180—142 Ma)和中生代晚期的古太平洋俯冲(142—67 Ma),燕山期的岩浆作用发生在伸展环境中(Zhou et al., 2006)。而燕山期产生的复式花岗岩类是最有经济价值的一种华南花岗岩类(华仁民等, 2005)。碰撞后弧后伸展和古太平洋板块俯冲有关的华南燕山期大规模成矿事件分为三个时期

(180—170 Ma、170—139 Ma、139—97 Ma)。而燕山早期的大规模成矿中,存在钙碱性岩浆活动,这种类型的岩石分布特征反映了扬子-华夏边界发生的构造-岩浆活动。大规模的 W、Sn、Nb、Ta 等金属成矿作用主要发生在燕山中期(华仁民等, 2005)。

2 矿区地质

宜春 414 钽铌矿床处于华南地块,位于江西省西部,成矿与雅山岩体密切相关(图 1)。该岩体处于武功山花岗岩隆起区的东北部,北面与萍乐海西-印支期拗陷带相连(左梦璐, 2016)。矿区内出露下元古界板溪群(1 400—1 000 Ma)、震旦系(750—570 Ma)及寒武系(570—500 Ma),主要为深海碎屑沉积。这些岩石已转变成变质砂岩、板岩、片岩和千枚岩,并围绕东北向褶皱轴折叠(Yin et al., 1995)。变质沉积岩中的 Ta、Nb、W 等成矿元素含量较高,其丰度值高出大陆地壳的平均值(Rudnick et al., 2014),平均含量分别为 $6 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 、 $25 \times 10^{-6} \sim 53 \times 10^{-6}$ 和 $10 \times 10^{-6} \sim 30 \times 10^{-6}$ (林德松, 1996)。区内发育 6 条走向为北东的主要断裂带(图 2),次为北东东和北西向断裂带。

雅山岩体的形成时间为 150—161 Ma,属于晚侏罗世的岩浆活动产物(楼法生等, 2005; 杨泽黎等, 2014)。雅山岩体花岗岩由西北往东南呈由老到新的趋势(徐喆等, 2018; 龙细友等, 2021)。赋存于雅山岩体中的宜春 414 钽铌矿床是世界上最具有代表性的花岗岩型稀有金属矿床之一,具有明显的垂直分带(Yin et al., 1995)。笔者通过对雅山岩体样品的镜下观察和测试分析,与前人对雅山岩体的研究(Yin et al., 1995; 林德松, 1996; Li et al., 2015)进行对比,将雅山岩体自下而上分为二云母花岗岩带、锂白云母二长花岗岩带、黄玉-锂云母花岗岩带和似伟晶岩带(图 3)。雅山岩体属于典型的含稀有金属复式花岗岩体。

二云母花岗岩位于最下部,成岩年龄为 $(158 \pm 1.8) \text{ Ma}$ (左梦璐, 2016)。主要矿物为钾长石、石英、钠长石/斜长石与锂云母,副矿物有氟磷灰石、氟磷铁矿、铌锰矿、铌钽锰矿、软锰矿、锆石等(图 3b, f; 图 4a, b)。岩体中 Li-Nb-Ta 的品位较低。

锂白云母二长花岗岩带在二云母花岗岩带的上部,岩石为中细粒斑状花岗岩,该岩体带为中-弱钠长石化花岗岩带。主要矿物由石英(20% ~ 30%)、钠长石/斜长石(20%)、钾长石(20%)、锂

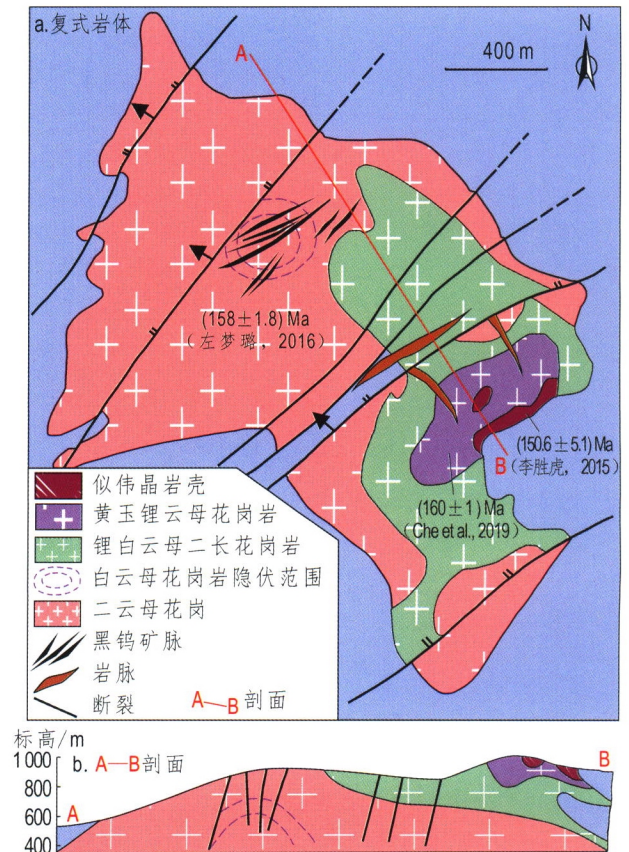


图 2 宜春 414 钽铌矿床中雅山复式岩体及其剖面图(Yin et al., 1995)

Fig. 2 Geological map of Yichun 414 Ta-Nb deposit, Yashan complex

云母(30%)、白云母组成,副矿物有铌钽锰矿、氟磷灰石、萤石、锡石、锆石等(图 3c, d; 图 4c, d)。该带有雪球结构出现,但雪球结构的数量整体较少,钾长石雪球结构居多,形状多呈六边形或者不规则团块形状。背散射图像(BSE)显示,该带的云母成分较为均匀,分带和后期改造特征不明显,常包裹于钾长石之中,自形,锂云母与白云母粒径较小,普遍小于 2 mm。部分区域可见有“树枝状”“老虎斑”状软锰矿伏于表面。

黄玉-锂云母花岗岩带虽在整个雅山岩体中占比小于 5%,但却是稀有金属矿化最发育的一个岩性带(吴鸣谦, 2017),年龄约为 $(160 \pm 1) \text{ Ma}$ (Che et al., 2019)。野外可看出该带与锂白云母二长花岗岩带界限不明显。该岩带是富矿体的赋存部位,交代蚀变最为强烈,属于强钠长石化花岗岩带。黄玉-锂云母花岗岩整体为粉白色或淡紫色,是一种白色斑状岩石,斑晶有约 10 mm 大小的石英、钾长石和黄玉。主要矿物有钠长石(40% ~ 60%)、锂云母(15% ~ 20%)及少量石英、钾长石和黄玉,副矿物有黄玉、磷锰矿、锆石、锡石、铌钽锰矿、钽锰矿、锰

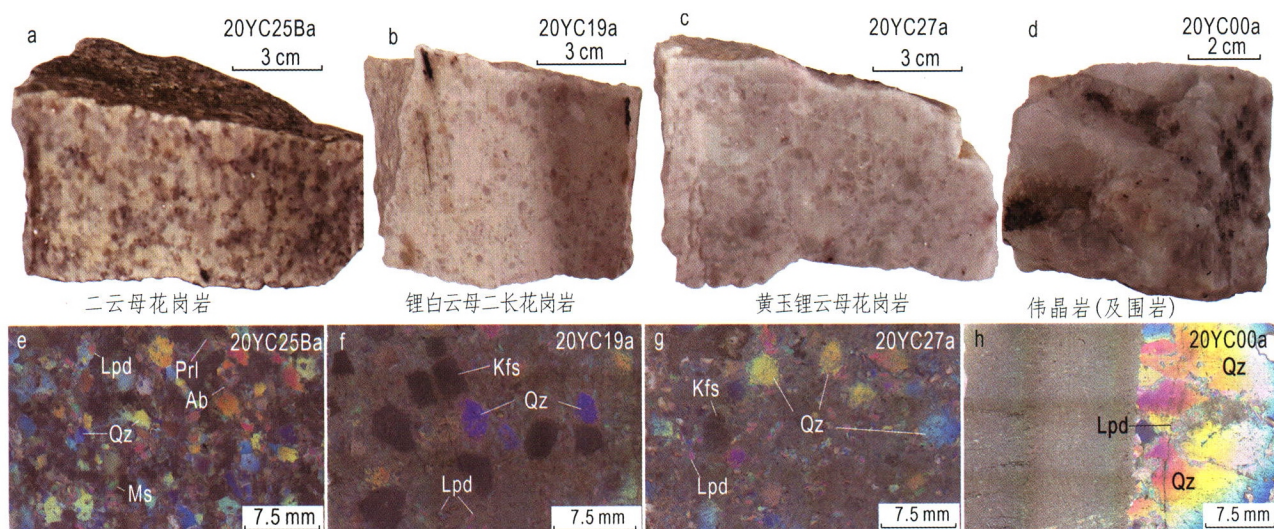


图3 宜春414钽铌矿床各岩性带手标本(a,b,c,d)及其超景深薄片照片(e,f,g,h)

Fig. 3 Photographs of hand specimen(a,b,c,d) and thin section of different lithologies(e,f,g,h) from Yashan complex in Yichun 414 Ta-Nb deposit

Lpd. 锂云母; Pri. 黑磷云母; Ab. 钠长石; Qz. 石英; Ms. 白云母; Kfs. 钾长石

矿、氟磷锰矿、氟磷灰石、含钽锡石、金红石、晶质铀矿、羟磷锂铝石、黑稀金矿等(图3c,g;图4e,f)。该带中有大量近圆状或六边形的雪球结构,如石英雪球结构和钾长石雪球结构(吴鸣谦,2017)。雪球结构中常出现板条状钠长石,这些矿物沿着石英、钾长石以及黄玉的生长带呈同心圆排列(吴鸣谦,2017;Pollard,2021),偶尔有锂云母、钾长石、黄玉等矿物出现在雪球结构中。BSE显示该带云母有较好的环带结构,并出现大量的氟磷灰石。

似伟晶岩带位于雅山岩体的东南部,与围岩接触,处于该雅山岩体的最上部,年龄为(150.6 ± 5.1) Ma(李胜虎,2015)。主要矿物有石英(35%~40%)、钾长石(30%~35%)、斜长石(25%~30%)和云母(8%),副矿物为氟磷灰石、铌钽锰铁矿、氟磷锰铁矿、锆石、黄铁矿、萤石、黄玉、钠长石、磷钇矿(图3d,h;图4g,h)。本次采集的样品中石英粒径大于10 mm,与锂云母共生,显微镜下偶见金属矿物。BSE图像显示该带云母有分带现象,可见大量氟磷灰石,有时生长在云母的裂隙之中,有时出现极少数的铌钽锰铁矿。

矿体总体品位不高(Ta_2O_5 为0.008%~0.010%),与黄玉锂云母花岗岩基本一致。矿区蚀变以钠长石化、云英岩化为特征,前人利用铌钽氧化物U-Pb同位素直接限定了矿床的成矿年龄为158 Ma(Che et al., 2019),与成岩年龄是一致的。

3 样品与分析方法

本次工作对各类花岗岩样品开展了全岩主量

及微量元素分析,同时对各岩性带中花岗岩中的云母开展了原位主微量元素分析。

3.1 全岩主微量元素分析

32个代表性样品的全岩主微量元素分析在澳实分析检测(广州)有限公司完成,主量元素采用熔融法X射线荧光光谱仪(XRF)方法,在试样中加入含有硝酸锂的助熔剂,充分混合后,高温熔融。熔融物倒入铂金模子形成扁平玻璃片后,再用X荧光光谱分析。全岩微量元素分析采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)分析,试样用高氯酸、硝酸、氢氟酸消解,蒸至近干后的样品用稀盐酸溶解定容,再利用ICP-MS分析。绝大部分微量元素分析的相对误差优于5%。

3.2 云母电子探针分析

将77个样品制成薄片,在东华理工大学核资源与环境国家重点实验室利用JEOL JXA-8530F Plus电子探针显微分析仪器(EPMA)完成矿物微区主量元素分析,并拍摄背散射(BSE)图像。加速电压为15 kV,电子束电流为 2.0×10^{-8} A,激光斑束直径和频率分别为5 μ m和30 Hz,激光功率为5 J/cm²,单个元素数据采集时间与本底计数时间分别为10 s和5 s。主要对二云母花岗岩带、锂白云母二长花岗岩带、黄玉锂云母花岗岩带和似伟晶岩带中的云母进行了分析,测试的成分有:F、SiO₂、Al₂O₃、Cl、K₂O、MnO、P₂O₅、TiO₂、CaO、Na₂O、MgO、FeO,矿物中H₂O和Li₂O通过计算方法获得(Li J X et al., 2020);元

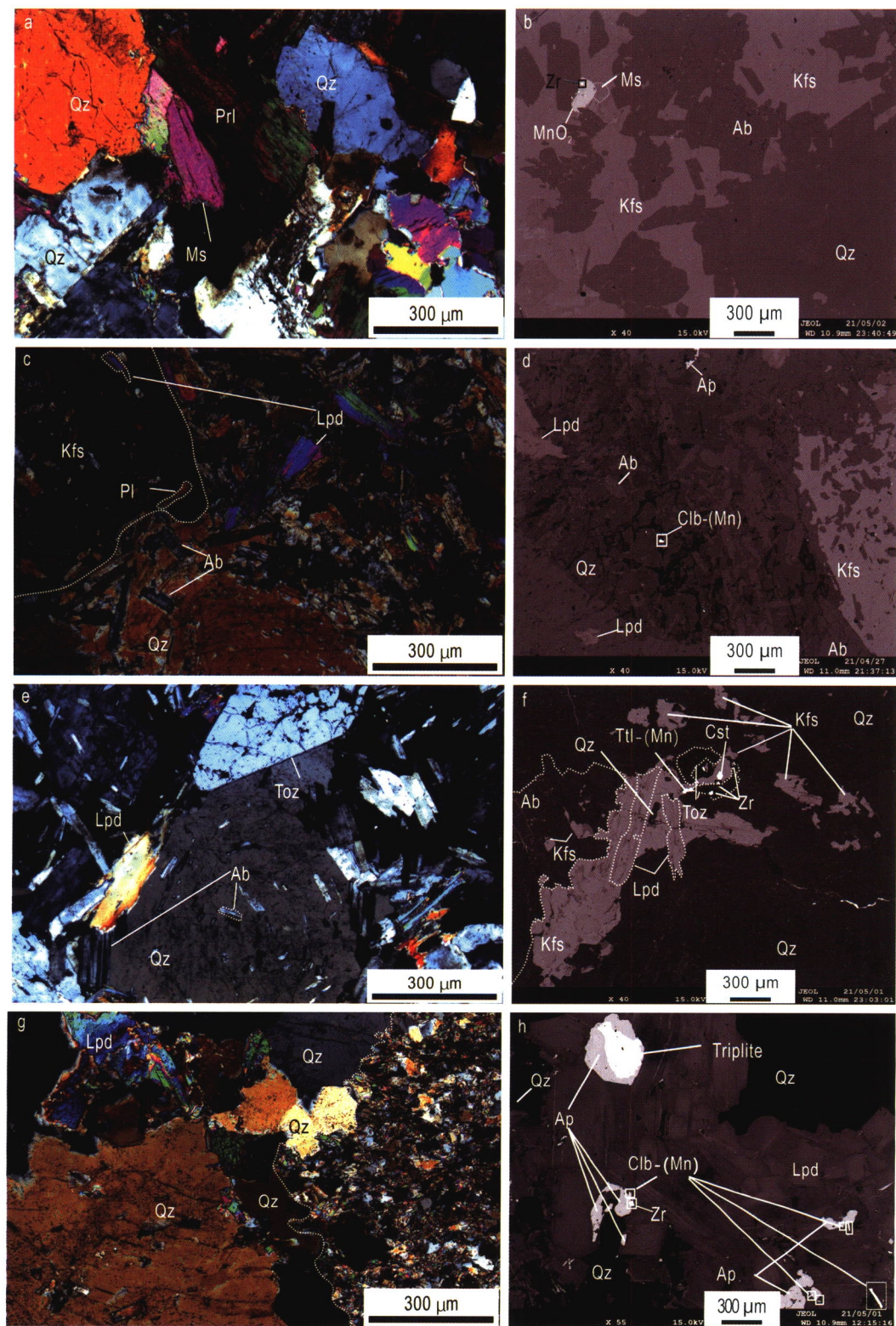


图4 宜春414钽铌矿床各岩性带的典型矿物和结构

Fig. 4 Mineral composition and their structures of different lithologies from the Yichun 414 Ta-Nb deposit

a. 二云母花岗岩显微镜正交偏光照片; b. 二云母花岗岩 BSE 照片; c. 锂白云母二长花岗岩显微镜正交偏光照片; d. 锂白云母二长花岗岩 BSE 照片; e. 黄玉锂云母花岗岩显微镜正交偏光照片; f. 黄玉锂云母花岗岩 BSE 照片; g. 似伟晶岩显微镜正交偏光照片; h. 伟晶岩 BSE 照片; Qz. 石英; Ms. 白云母; Prl. 黑鳞云母; Pl. 斜长石; Ab. 钠长石; Kfs. 钾长石; Lpd. 锂云母; Toz. 黄玉; Cst. 锡石; Zr. 锆石; Tlt-(Mn). 钼锰矿; Clb-(Mn). 铌锰矿; Ap. 磷灰石; Triphite. 氟磷铁锰矿

素标准样品均为美国 SPI 提供的矿物标准样品。在线数据采用改进的 ZAF(原子序数、吸收、荧光)方法

修正。大多数元素的检出限(质量分数)为0.01%, 而 Ti、F 和 Cl 的检出限为0.02%。

3.3 云母 LA-ICP-MS 原位成分分析

云母微区微量元素含量分析在东华理工大学核资源与环境国家重点实验室完成,采用激光烧蚀电感耦合等离子体质谱仪(LA-ICP-MS)对抛光薄片上的云母进行了原位微量元素含量分析。LA-ICP-MS 配备激光剥蚀系统 Photon Machines Analyte NWR193HE 准分子激光和 NexION 1000 四极杆 ICP-MS。氦气在激光剥蚀的过程中用作载气,氩气作为补充气体,通过旋风混合器将氦气与氩气混合后进入 ICP-MS 中。采用 20 μm 剥蚀坑,重复频率为 8 Hz,剥蚀强度为 2.5 J/cm^2 。每个采集周期包括大约 15 s 的空白信号和 40 s 的样品信号。云母的基本同位素组成为: ^7Li 、 ^9Be 、 ^{45}Sc 、 ^{47}Ti 、 ^{51}V 、 ^{53}Cr 、 ^{55}Mn 、 ^{59}Co 、 ^{60}Ni 、 ^{63}Cu 、 ^{66}Zn 、 ^{71}Ga 、 ^{72}Ge 、 ^{85}Rb 、 ^{88}Sr 、 ^{89}Y 、 ^{90}Zr 、 ^{93}Nb 、 ^{95}Mo 、 ^{118}Sn 、 ^{133}Cs 、 ^{137}Ba 、 ^{179}Hf 、 ^{181}Ta 、 ^{182}W 、 ^{208}Pb 、 ^{238}U 。采用 EPMA 测量的各点位 SiO_2 含量作为锂云母的内标,采用内标数据还原方案,获得最精确的微量元素数据。以美国国家标准与技术研究所的 NIST610 和 NIST612 为外标进行质量控制,以确认 LA-ICP-MS 分析结果的精确度和准确性(Jochum et al., 2011; Li X et al., 2020; Li et al., 2021)。每次分析 5~8 个样品,采用一组 NIST 610 和 NIST 612 作为参考标准,EPMA 测定的 Si 则作为内参考元素。采用软件 IOLITE4 对分析数据进行离线处理(包括对样品和空白信号的测定、仪器灵敏度漂移校正、元素浓度计算)。每个时间分

辨的剥蚀光谱都被详细检查,并把夹杂物和玻璃影响的部分去除。氧化物矿物是在内部标准化的情况下,针对多种标准物质进行校准的。云母的主量元素分析结果与 EPMA 数据一致,误差为 5%,微量元素的分析误差为 10%。

4 分析结果

4.1 全岩主微量元素

全岩主微量元素分析结果见表 1。主量元素分析显示二云母花岗岩、锂白云母二长花岗岩和黄玉锂云母花岗岩具有高硅(SiO_2 为 65.28%~74.61%)、富铝(Al_2O_3 为 13.90%~22.02%)、富碱(K_2O 为 2.26%~8.35%; Na_2O 为 0.14%~6.94%)、低钙(CaO 为 0.01%~2.25%,平均值为 1.22%)、富氟(F 为 0.1%~2.9%)的特征;不同岩石全 Fe_2O_3 含量变化较大,其中二云母花岗岩中全 Fe_2O_3 含量明显高于锂白云母二长花岗岩和黄玉锂云母花岗岩。三种岩性的 A/CK 值均较高(1.0~2.9,平均值为 1.4),除个别样品外,其他样品的 A/CNK 均大于 >1.1。整体来看,三种岩石整体上属于亚碱性过铝质 S 型花岗岩或石英二长花岗岩(图 5)。需要注意的是,从二云母花岗岩,到锂白云母二长花岗岩,再到黄玉锂云母花岗岩,岩石的 F 和 P 含量整体上显示逐步升高的趋势,其中黄玉锂云母花岗岩中的 F 含量高达 2%(图 6)。

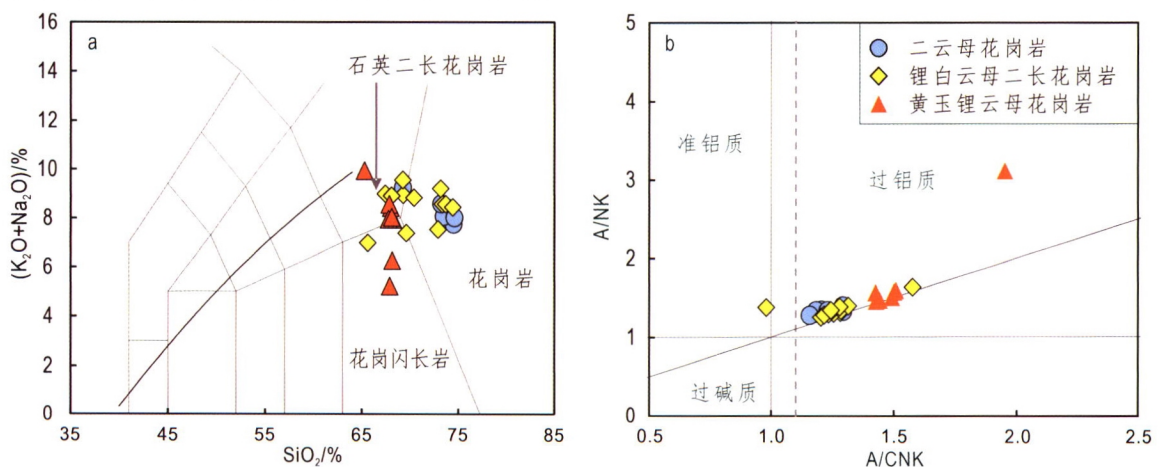


图5 宜春414钽铌矿床岩石 TAS 图解(a)和 A/NK-A/CNK 图解(b)

Fig. 5 TAS (a) and A/NK vs. A/CNK (b) diagrams for rocks from Yichun 414 Ta-Nb deposit

全岩微量元素分析显示,从二云母花岗岩,到锂白云母花岗岩,再到黄玉锂云母二长花岗岩,岩石的 Li、Cs、Rb、Nb、Ta、Hf 含量逐渐升高,而 Zr 和

稀土含量逐渐降低,Sn 的含量经历了先升高后降低的过程(表 1)。

微量元素和稀土元素图解中所有样品整体上呈

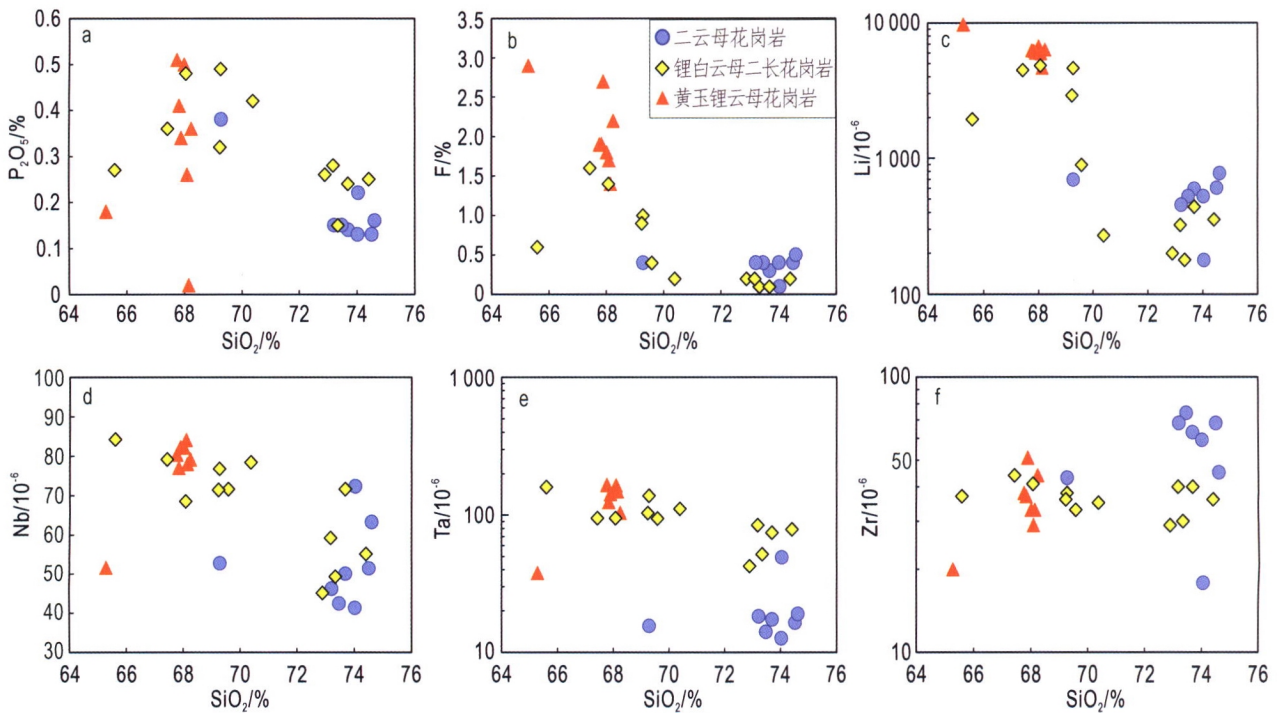


图6 宜春414钽铌矿床雅山岩体三种阶段岩性中F、 P_2O_5 和特征微量元素的变化

Fig. 6 F, P_2O_5 and certain trace elements variation in three units of the Yashan complex from the Yichun 414 Ta-Nb deposit

现富集 Cs、Rb、Nb、Ta、Zr、Hf、Sn，亏损 Ba、Th、Sr、Ti 的特征(图7)。整体上,大部分样品出现明显的 Eu 负异常,但不同岩性稀土配分模式存在差异。二云母花岗岩轻稀土富集且分异较强,重稀土分异相对较弱。锂白云母二长花岗岩和黄玉锂云母花岗岩稀土配分曲线呈海鸥型,出现明显的四分组效应(图7)。

4.2 云母类矿物的化学成分特征

宜春414钽铌矿床雅山复式岩体中不同岩性带中云母的主要化学组成分析结果见表2和图8。BSE图像显示二云母花岗岩带中原生云母内部总体显示成分存在韵律分带的现象,而锂白云母二长花岗岩带与二云母花岗岩带中的云母成分较为均一,没有明显的韵律分带现象。

主量元素分析显示,从二云母花岗岩,到锂白云母二长花岗岩,再到黄玉锂云母花岗岩,岩石的 Li_2O 、F、Cl 和 SiO_2 含量逐渐升高,而 Al_2O_3 、 Na_2O 、 MgO 、FeO 和 OH 含量逐渐降低, TiO_2 的含量经历了先升高后降低的过程,CaO、MnO 和 K_2O 则无变化(表2,图8,图9)。

总体上,除了伟晶岩外,其他三种岩石随着岩浆的演化(从二云母花岗岩到锂白云母二长花岗岩,再到黄玉锂云母花岗岩),它们的云母中 Al_2O_3 、

Na_2O 、FeO、 TiO_2 和 MnO 均显示逐渐降低,而 F 含量不断升高(图8)。

对雅山岩体的二云母花岗岩带、锂白云母二长花岗岩带和黄玉锂云母花岗岩带中的锂云母进行了 LA-ICP-MS 微量元素分析,分析结果见表3。

微量元素分析显示,从二云母花岗岩,到锂白云母二长花岗岩,再到黄玉锂云母花岗岩,岩石的 Li、Be、Rb、Cs、Ta、W 含量逐渐升高,而 Ti、Sc、Mn、Zn、Ga、Nb、Sn 含量逐渐降低,K/Rb 逐渐降低,V、Co、Cr、Cu、Sr、Y、Zr、Mo、Ba、Hf、Pb、U 的含量低,Ge 则无变化。

5 讨论

5.1 岩浆演化特征

花岗岩型 Nb-Ta-Li 矿床中,成矿岩体通常表现为过铝质和高分异特征,成矿元素的富集与岩浆的逐步演化密切相关(Lichtervelde et al., 2008)。宜春414矿床成矿岩体(雅山岩体)从早期的二云母花岗岩到末期的黄玉锂云母花岗岩,其铝饱和指数整体上呈现逐渐增加的特征(图5),稀土元素含量逐渐降低,并且岩浆演化到后期,稀土元素显示明显的四分组效应和 Eu 负异常,这些都表明雅山岩体经历了高度的分异演化过程,甚至存在热液过程。

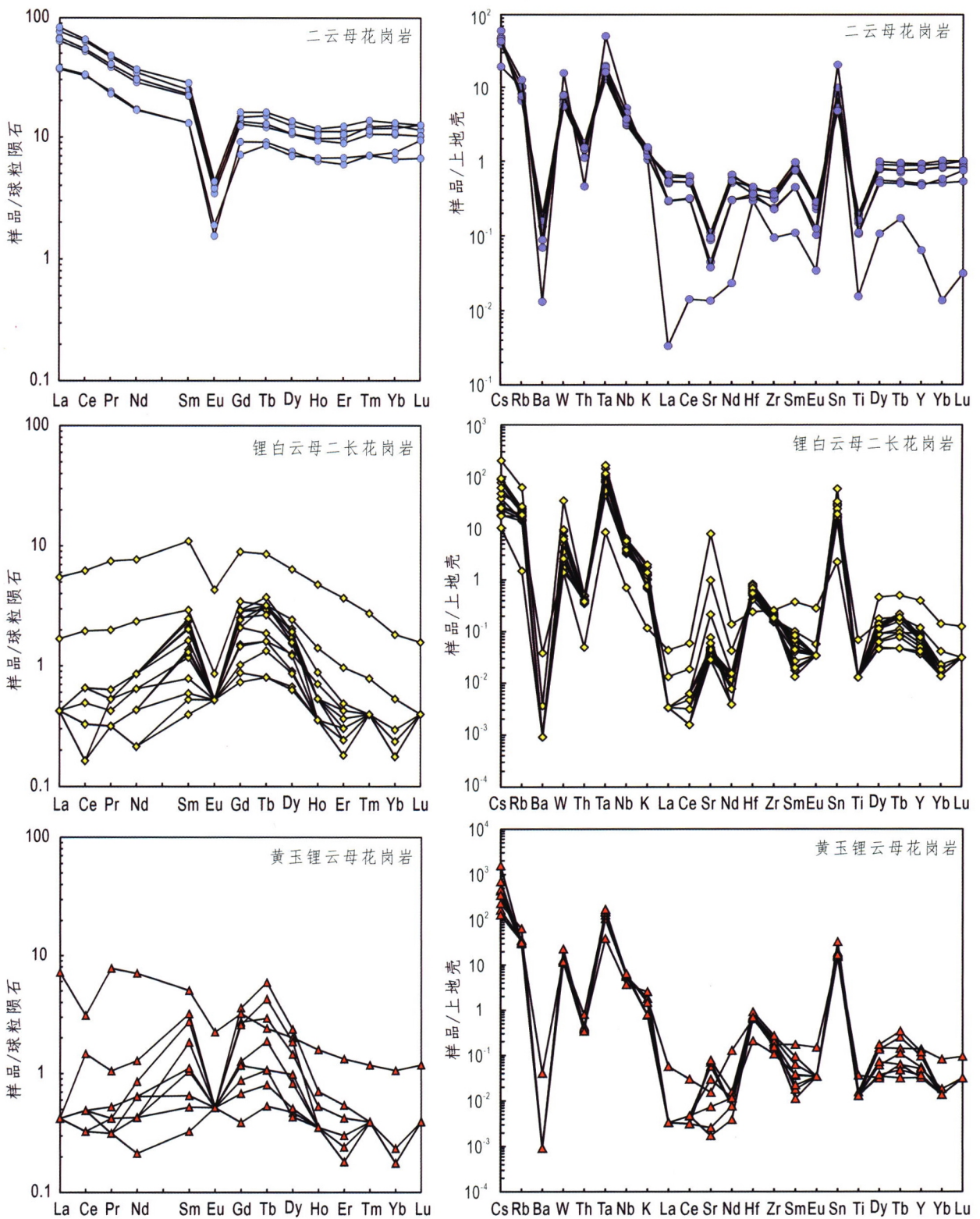


图7 全岩稀土元素配分图解和微量元素蛛网图解

Fig. 7 Chondrite-normalized REE patterns and trace element spider diagrams for Yashan complex

此外,岩体中不同岩性由早期到晚期,其 Zr/Hf 和 Nb/Ta 比值逐渐降低(图 9),也表明随着岩浆的演化,分离结晶作用逐渐增强(Linnen, 1998)。再者,云母的成分也会随着岩浆的分异发生规律性变化,雅山岩体随着岩浆的分异,其云母逐渐富 Li、Rb、F 和 Ta 等不相容元素,而 OH、Na、Mg、Fe、Al 等

元素逐渐减少(图 10),这一方面表明随着岩浆的演化,云母中的 OH 逐渐被 F 置换,Na 逐渐被 Rb 所替代,Al 或者 Al 和 Fe 逐渐被 Li 或者 Li 和 Si 耦合替代(Pesquera et al., 1999; Černý et al., 2003);另一方面也表明随着岩浆的演化,岩浆的分异作用逐渐增强。

表1 宜春414钽铌矿床雅山岩体全岩主量和微量元素分析结果
Table 1 Major and trace elements results of samples from Yashan complex in Yichun 414 Ta-Nb deposit

| 主/微量元素 | 检测项目 | 二云母花岗岩 | | | | | | | | | | | | | | 锂白云母二长花岗岩 | | | |
|------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|--|--|
| | | 19YS-02-01 | 19YS-02-02 | 19YS-02-03 | 19YS-02-04 | 19YS-02-05 | 19YS-02-06 | 19YS-02-07 | 19YS-02-08 | 19YS-01-03 | 19YS-01-19 | 19YS-01-20 | 19YS-01-21 | 19YS-01-22 | 19YS-01-23 | 19YS-01-24 | | | |
| 主元素 | Al ₂ O ₃ | 14.46 | 15.48 | 14.42 | 13.90 | 14.48 | 14.58 | 14.69 | 17.25 | 16.06 | 16.18 | 15.34 | 14.10 | 15.78 | 17.95 | 15.81 | | | |
| | B ₂ O ₃ | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | |
| | BaO | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | |
| | CaO | 0.55 | 0.13 | 0.65 | 0.62 | 0.75 | 0.49 | 0.62 | 0.52 | 0.18 | 0.18 | 0.12 | 2.25 | 0.22 | 0.28 | 0.24 | | | |
| | Cr ₂ O ₃ | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | |
| | F | 0.30 | 0.10 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.50 | 0.40 | 0.40 | 4.40 | 4.40 | 0.20 | 0.10 | 0.40 | 1.00 | 0.20 | | | |
| | Fe ₂ O ₃ T | 0.99 | 0.33 | 1.08 | 1.20 | 1.28 | 0.87 | 1.03 | 1.01 | 1.13 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.04 | 0.12 | | | |
| | K ₂ O | 5.04 | 3.46 | 4.65 | 4.18 | 4.29 | 3.99 | 4.57 | 5.02 | 5.91 | 4.39 | 4.21 | 3.34 | 3.45 | 2.26 | 4.36 | | | |
| | MgO | 0.16 | 0.01 | 0.19 | 0.20 | 0.20 | 0.12 | 0.15 | 0.12 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | | | |
| | MnO | 0.10 | 0.09 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.10 | 0.20 | 1.26 | 0.27 | 0.47 | 1.95 | 0.14 | 0.12 | 0.09 | | | |
| | Na ₂ O | 3.41 | 4.85 | 3.65 | 3.56 | 3.77 | 4.02 | 4.01 | 4.22 | 0.87 | 3.14 | 4.36 | 4.04 | 5.12 | 6.69 | 4.84 | | | |
| | P ₂ O ₅ | 0.14 | 0.22 | 0.13 | 0.13 | 0.15 | 0.16 | 0.15 | 0.38 | 0.11 | 0.26 | 0.15 | 1.83 | 0.24 | 0.49 | 0.28 | | | |
| | SiO ₂ | 73.69 | 74.04 | 74.02 | 74.51 | 73.47 | 74.61 | 73.21 | 69.28 | 66.45 | 72.89 | 73.34 | 69.59 | 73.69 | 69.28 | 73.18 | | | |
| | SO ₃ | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | |
| SrO | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | |
| TiO ₂ | 0.08 | 0.01 | 0.09 | 0.11 | 0.11 | 0.06 | 0.09 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | |
| LOI | 0.82 | 1.18 | 0.82 | 1.10 | 1.23 | 0.97 | 1.02 | 1.28 | 2.38 | 1.94 | 1.05 | 1.65 | 1.01 | 1.57 | 0.93 | | | | |
| 微量元素 | Ag | 0.35 | 0.32 | 0.10 | 0.02 | 0.15 | 0.14 | 0.09 | 0.90 | 0.06 | 1.37 | 5.59 | 0.19 | 0.04 | 0.02 | 0.22 | | | |
| | As | 4.20 | 3.00 | 3.90 | 3.00 | 3.50 | 2.60 | 3.80 | 2.70 | 2.70 | 3.00 | 3.70 | 3.40 | 3.30 | 2.60 | 3.50 | | | |
| | Ba | 104.0 | 7.2 | 103.0 | 73.3 | 100.5 | 37.9 | 87.1 | 48.6 | 2.0 | 21.2 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | | | |
| | Be | 23.0 | 11.3 | 27.3 | 51.0 | 32.7 | 16.2 | 28.2 | 3.9 | 37.8 | 369.0 | 13.7 | 122.0 | 196.5 | 86.2 | 197.0 | | | |
| | Bi | 8.93 | 5.47 | 6.45 | 3.24 | 5.62 | 2.22 | 2.56 | 8.91 | 13.6 | 70.7 | 39.7 | 1.37 | 0.23 | 1.48 | 0.15 | | | |
| | Cd | 0.06 | 0.02 | 0.13 | 0.08 | 0.16 | 0.02 | 0.07 | 0.53 | 0.27 | 1.42 | 3.49 | 9.58 | 0.91 | 0.11 | 0.02 | | | |
| | Ce | 31.9 | 0.90 | 33.3 | 38.8 | 40.3 | 19.8 | 33.4 | 20.3 | 0.10 | 0.40 | 0.30 | 1.20 | 0.40 | 0.10 | 0.40 | | | |
| | Co | 0.80 | 0.10 | 0.90 | 1.00 | 1.10 | 0.50 | 0.90 | 0.60 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | | | |
| | Cs | 223 | 71 | 175 | 181 | 172 | 144 | 160 | 160 | 760 | 67 | 65 | 140 | 86 | 286 | 101 | | | |
| | Cu | 69.2 | 30.4 | 40.5 | 6.5 | 33.3 | 28.2 | 26.1 | 138.5 | 0.3 | 145.5 | 383.0 | 376.0 | 15.4 | 0.3 | 9.9 | | | |
| | Dy | 2.70 | 0.37 | 2.70 | 3.14 | 3.45 | 1.93 | 2.80 | 1.78 | 0.52 | 0.32 | 0.31 | 0.62 | 0.44 | 0.17 | 0.49 | | | |
| | Er | 1.63 | 0.07 | 1.48 | 1.84 | 2.03 | 0.99 | 1.75 | 1.12 | 0.08 | 0.07 | 0.03 | 0.16 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | | | |
| | Eu | 0.20 | 0.03 | 0.23 | 0.22 | 0.25 | 0.09 | 0.25 | 0.11 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | |
| | Ga | 24.7 | 29.7 | 24.1 | 25.5 | 23.9 | 30.2 | 25.1 | 33.9 | 44.8 | 35.1 | 30.1 | 33.6 | 35.7 | 41.1 | 33.3 | | | |
| Gd | 2.62 | 0.56 | 2.77 | 3.00 | 3.30 | 1.88 | 2.54 | 1.47 | 0.59 | 0.31 | 0.43 | 0.71 | 0.43 | 0.18 | 0.59 | | | | |

续表

| 主/微量 元素 | 检测 项目 | 二云母花岗岩 | | | | | | | | | | 锂白云母二长花岗岩 | | | | | | | | | |
|------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|--|--|--|--|
| | | 19YS- 02-01 | 19YS- 02-02 | 19YS- 02-03 | 19YS- 02-04 | 19YS- 02-05 | 19YS- 02-06 | 19YS- 02-07 | 19YS- 02-08 | 19YS- 01-03 | 19YS- 01-19 | 19YS- 01-20 | 19YS- 01-21 | 19YS- 01-22 | 19YS- 01-23 | 19YS- 01-24 | | | | | |
| Ce | 0.18 | 0.12 | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.19 | 0.19 | 0.16 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.15 | 0.14 | 0.10 | 0.13 | | | | | | |
| Hf | 2.50 | 1.70 | 2.10 | 2.60 | 2.40 | 1.90 | 2.10 | 2.10 | 2.40 | 3.10 | 3.30 | 2.90 | 3.90 | 3.90 | 3.30 | | | | | | |
| Ho | 0.55 | 0.03 | 0.53 | 0.63 | 0.66 | 0.36 | 0.38 | 0.38 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 0.08 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | | | | | | |
| In | 0.10 | 0.01 | 0.08 | 0.10 | 0.09 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | | | |
| La | 15.10 | 0.10 | 16.10 | 18.20 | 19.70 | 8.70 | 8.90 | 8.90 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.40 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | | | | | | |
| Li | 590 | 177 | 520 | 600 | 520 | 770 | 690 | 690 | 10 000 | 200 | 179 | 890 | 438 | 4 620 | 322 | | | | | | |
| Lu | 0.29 | 0.01 | 0.26 | 0.32 | 0.32 | 0.17 | 0.24 | 0.24 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | | | |
| Mo | 0.35 | 0.13 | 0.20 | 0.27 | 0.24 | 0.20 | 0.45 | 0.45 | 0.88 | 0.78 | 11.15 | 6.46 | 0.27 | 0.05 | 0.06 | | | | | | |
| Nb | 42.3 | 62.1 | 36.4 | 43.3 | 37.1 | 53.1 | 44.3 | 44.3 | 76.4 | 38.9 | 41.8 | 61.4 | 61.4 | 67.1 | 49.6 | | | | | | |
| Nd | 13.3 | 0.60 | 14.3 | 16.1 | 17.1 | 7.90 | 7.80 | 7.80 | 0.40 | 0.30 | 0.30 | 1.10 | 0.40 | 0.10 | 0.40 | | | | | | |
| Ni | 0.60 | 0.20 | 0.50 | 0.60 | 0.60 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.20 | 0.40 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | | | | | | |
| Pb | 30.1 | 4.3 | 28.7 | 24.8 | 25.8 | 11.2 | 25.2 | 25.2 | 1.2 | 15.1 | 21.5 | 13.2 | 9.9 | 5.5 | 8.1 | | | | | | |
| Pr | 3.63 | 0.10 | 3.83 | 4.41 | 4.57 | 2.26 | 2.17 | 2.17 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.19 | 0.06 | 0.03 | 0.06 | | | | | | |
| Rb | 900 | 1 110 | 800 | 790 | 720 | 1 150 | 1 410 | 1 410 | 6 970 | 1 565 | 1 895 | 1 635 | 1 685 | 2 390 | 2 020 | | | | | | |
| Re | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | | | | | | |
| Sb | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.33 | 0.12 | 0.26 | 0.42 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | | | | | | |
| Sc | 4.10 | 0.10 | 4.00 | 4.60 | 4.00 | 3.00 | 3.20 | 3.20 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | | | | | | |
| Se | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | |
| Sm | 3.36 | 0.49 | 3.47 | 3.77 | 4.32 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 0.36 | 0.12 | 0.18 | 0.45 | 0.25 | 0.08 | 0.32 | | | | | | |
| Sn | 28 | 44 | 27 | 28 | 29 | 54 | 112 | 112 | 149 | 320 | 163 | 156 | 182 | 79 | 91 | | | | | | |
| Ta | 17.2 | 49.0 | 12.6 | 16.3 | 14.0 | 18.9 | 15.5 | 15.5 | 76.9 | 42.4 | 51.9 | 94.5 | 74.6 | 139 | 84.5 | | | | | | |
| Tb | 0.45 | 0.11 | 0.48 | 0.56 | 0.60 | 0.34 | 0.32 | 0.32 | 0.11 | 0.06 | 0.07 | 0.12 | 0.12 | 0.03 | 0.12 | | | | | | |
| Te | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | | | | | | |
| Th | 15.9 | 4.90 | 15.4 | 18.1 | 18.7 | 11.9 | 16.4 | 16.4 | 5.17 | 4.05 | 5.16 | 3.75 | 4.48 | 3.95 | 4.22 | | | | | | |
| Tl | 4.77 | 6.01 | 4.22 | 4.08 | 3.77 | 5.58 | 7.39 | 7.39 | 26.50 | 8.75 | 10.60 | 8.59 | 8.89 | 9.98 | 11.30 | | | | | | |
| Tm | 0.31 | 0.01 | 0.27 | 0.30 | 0.35 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | | | |
| U | 24.3 | 4.08 | 23.6 | 26.0 | 24.2 | 15.5 | 28.5 | 28.5 | 2.69 | 6.79 | 13.7 | 9.43 | 7.36 | 9.80 | 6.34 | | | | | | |
| V | 6.00 | 1.00 | 6.00 | 8.00 | 7.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | |
| W | 13.3 | 31.4 | 11.4 | 12.3 | 15 | 15.7 | 15.6 | 15.6 | 68.8 | 3.30 | 2.80 | 7.00 | 4.60 | 14.3 | 3.50 | | | | | | |
| Y | 16.8 | 1.40 | 16.9 | 19.3 | 20.2 | 11.0 | 10.4 | 10.4 | 2.00 | 2.00 | 1.30 | 2.60 | 1.60 | 0.80 | 1.60 | | | | | | |
| Yb | 2.12 | 0.03 | 1.79 | 2.01 | 2.23 | 1.12 | 1.27 | 1.27 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.09 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | | | | | | |
| Zn | 54 | 86 | 69 | 57 | 75 | 99 | 146 | 146 | 788 | 130 | 272 | 912 | 101 | 162 | 44 | | | | | | |
| Zr | 63 | 18 | 59 | 68 | 74 | 45 | 43 | 43 | 30 | 29 | 30 | 33 | 40 | 38 | 40 | | | | | | |

续表

| 主/微量元素 | 检测项目 | 锂白云母二长花岗岩 | | | | | | | | | | 黄玉锂云母花岗岩 | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|--|--|--|--|
| | | 19YS-01-25 | 19YS-01-26 | 19YS-01-27 | 19YS-01-28 | 19YS-01-29 | 19YS-01-30 | 19YS-01-32 | 19YS-01-01 | 19YS-01-10 | 19YS-01-11 | 19YS-01-12 | 19YS-01-13 | 19YS-01-14 | 19YS-01-15 | 19YS-01-18 | | | | | |
| 主量元素 | Al ₂ O ₃ | 18.72 | 18.28 | 14.94 | 3.10 | 22.02 | 18.16 | 15.94 | 20.23 | 18.24 | 18.21 | 18.40 | 18.21 | 17.54 | 18.01 | 18.6 | | | | | |
| | B ₂ O ₃ | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | | |
| | BaO | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | | |
| | CaO | 0.43 | 0.56 | 0.27 | 23.0 | 0.33 | 0.36 | 0.48 | 0.01 | 0.29 | 0.11 | 0.12 | 0.61 | 0.04 | 1.89 | 0.34 | | | | | |
| | Cr ₂ O ₃ | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | | | | | |
| | F | 1.60 | 1.40 | 0.20 | 1.80 | 0.60 | 0.90 | 0.20 | 1.40 | 2.20 | 1.80 | 1.90 | 1.90 | 2.90 | 2.70 | 1.70 | | | | | |
| | Fe ₂ O ₃ T | 0.04 | 0.05 | 0.11 | 0.35 | 0.10 | 0.05 | 0.19 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.38 | 0.09 | 0.06 | | | | | |
| | K ₂ O | 2.38 | 2.48 | 4.07 | 0.39 | 6.70 | 2.62 | 4.63 | 6.11 | 2.61 | 2.55 | 2.53 | 2.54 | 8.35 | 4.98 | 2.69 | | | | | |
| | MgO | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.04 | | | | | |
| | MnO | 0.11 | 0.12 | 0.20 | 0.49 | 0.20 | 0.12 | 1.62 | 0.16 | 0.12 | 0.10 | 0.11 | 0.10 | 0.63 | 0.19 | 0.09 | | | | | |
| | Na ₂ O | 6.61 | 6.43 | 4.37 | 0.04 | 0.28 | 6.94 | 4.20 | 0.14 | 5.34 | 5.87 | 6.03 | 5.41 | 1.59 | 0.23 | 5.34 | | | | | |
| | P ₂ O ₅ | 0.36 | 0.48 | 0.25 | 17.75 | 0.27 | 0.32 | 0.42 | 0.02 | 0.36 | 0.50 | 0.41 | 0.51 | 0.18 | 0.34 | 0.26 | | | | | |
| | SiO ₂ | 67.43 | 68.08 | 74.41 | 51.31 | 65.6 | 69.24 | 70.39 | 68.14 | 68.24 | 68.01 | 67.83 | 67.76 | 65.28 | 67.89 | 68.09 | | | | | |
| | SO ₃ | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.42 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | | |
| | SrO | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.29 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | | |
| TiO ₂ | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | | | |
| LOI | 1.80 | 1.83 | 1.02 | 1.37 | 3.26 | 1.41 | 1.64 | 3.36 | 2.21 | 1.91 | 2.03 | 2.45 | 2.06 | 3.73 | 2.35 | | | | | | |
| 微量元素 | Ag | 0.04 | 0.04 | 0.55 | 0.12 | 0.17 | 0.03 | 0.72 | 0.22 | 0.15 | 0.08 | 0.10 | 0.07 | 0.50 | 0.20 | 0.13 | | | | | |
| | As | 3.8 | 2.7 | 2.8 | 13.5 | 3.4 | 3.7 | 4.6 | 3.1 | 3.8 | 4.2 | 3.7 | 3.2 | 4.0 | 2.4 | 3.8 | | | | | |
| | Ba | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 22.2 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | | | | | |
| | Be | 93.6 | 101.0 | 187.0 | 340.0 | 57.2 | 80.2 | 86.2 | 65.2 | 115.0 | 121.0 | 119.0 | 86.9 | 92.5 | 157.0 | 102.0 | | | | | |
| | Bi | 10.80 | 8.79 | 6.38 | 1.63 | 2.83 | 6.18 | 0.57 | 7.63 | 10.25 | 10.80 | 9.06 | 5.34 | 298.00 | 4.13 | 7.42 | | | | | |
| | Cd | 0.11 | 0.10 | 1.17 | 0.27 | 0.02 | 0.05 | 4.67 | 0.02 | 0.17 | 0.15 | 0.08 | 0.19 | 0.16 | 0.02 | 0.08 | | | | | |
| | Ce | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 3.8 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 1.9 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | | | | | |
| | Co | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | | | | | |
| | Cs | 333 | 342 | 98.9 | 38.1 | 177 | 227 | 92.6 | 616 | 2590 | 5750 | 1610 | 1715 | 859 | 479 | 1295 | | | | | |
| | Cu | 0.4 | 0.5 | 31.5 | 40.5 | 1.1 | 0.3 | 335 | 2.2 | 0.3 | 0.6 | 0.2 | 0.5 | 4.1 | 1.3 | 0.4 | | | | | |
| | Dy | 0.49 | 0.23 | 0.39 | 1.62 | 0.16 | 0.22 | 0.40 | 0.51 | 0.47 | 0.12 | 0.21 | 0.25 | 0.11 | 0.60 | 0.13 | | | | | |
| | Er | 0.04 | 0.05 | 0.07 | 0.61 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.22 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.09 | 0.05 | | | | | |
| | Eu | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.25 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.13 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | |
| | Ga | 41.0 | 41.0 | 30.6 | 11.8 | 60.8 | 39.1 | 35.3 | 51.4 | 37.9 | 43.6 | 41.5 | 42.5 | 42.7 | 36.9 | 43.2 | | | | | |
| | Gd | 0.60 | 0.30 | 0.52 | 1.84 | 0.15 | 0.21 | 0.50 | 0.66 | 0.53 | 0.08 | 0.26 | 0.18 | 0.24 | 0.74 | 0.14 | | | | | |
| Ge | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.48 | 0.33 | 0.28 | 0.28 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | | | | | | |
| Hf | 4.80 | 4.30 | 3.60 | 1.40 | 4.50 | 4.00 | 3.20 | 3.70 | 4.40 | 3.80 | 4.00 | 4.10 | 1.20 | 5.30 | 4.00 | | | | | | |
| Ho | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.27 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.09 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | | | | | | |
| In | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | | | | | | |

续表

| 主/微量元素 | 锂白云母二长花岗岩 | | | | | | | | | | 黄玉锂云母花岗岩 | | | | | | | | | |
|--------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|--|--|--|--|
| | 19YS-01-25 | 19YS-01-26 | 19YS-01-27 | 19YS-01-28 | 19YS-01-29 | 19YS-01-30 | 19YS-01-32 | 19YS-01-01 | 19YS-01-10 | 19YS-01-11 | 19YS-01-12 | 19YS-01-13 | 19YS-01-14 | 19YS-01-15 | 19YS-01-18 | | | | | |
| La | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.30 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 1.70 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | | | | | |
| Li | 4 470 | 4 820 | 354 | 700 | 1 940 | 2 900 | 271 | 4 650 | 6 340 | 6 710 | 6 200 | 6 270 | 9 730 | 6 000 | 5 940 | | | | | |
| Lu | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | | |
| Mo | 0.06 | 0.06 | 1.03 | 1.50 | 0.29 | 0.07 | 3.72 | 0.06 | 0.13 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.84 | 0.08 | 0.05 | | | | | |
| Nb | 69.9 | 58.2 | 46.2 | 8.50 | 76.3 | 61.2 | 69 | 68.5 | 69.9 | 73.6 | 67.4 | 71.4 | 43.5 | 73.8 | 76.1 | | | | | |
| Nd | 0.20 | 0.20 | 0.40 | 3.60 | 0.20 | 0.10 | 0.40 | 3.30 | 0.20 | 0.10 | 0.20 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.30 | | | | | |
| Ni | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.30 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | | | | | |
| Pb | 5.40 | 4.80 | 18.8 | 2.90 | 26.7 | 4.70 | 39.9 | 7.00 | 3.20 | 2.90 | 2.20 | 2.40 | 3.70 | 5.10 | 2.10 | | | | | |
| Pr | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.71 | 0.03 | 0.03 | 0.06 | 0.74 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | | | | | |
| Rb | 2 590 | 2 740 | 1 870 | 167 | 2 960 | 2 230 | 2 070 | 4 100 | 3 360 | 3 620 | 3 400 | 3 590 | 7 290 | 3 950 | 3 580 | | | | | |
| Re | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | | | | | |
| Sb | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.24 | 0.19 | 0.05 | 0.05 | 0.40 | 0.25 | 0.18 | 0.21 | 0.09 | 0.48 | 0.18 | 0.05 | | | | | |
| Sc | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.20 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | | | | | |
| Se | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | |
| Sm | 0.21 | 0.20 | 0.31 | 1.68 | 0.09 | 0.06 | 0.38 | 0.77 | 0.28 | 0.05 | 0.16 | 0.08 | 0.17 | 0.42 | 0.10 | | | | | |
| Sn | 104 | 101 | 131 | 12 | 95 | 87 | 104 | 87 | 107 | 84 | 91 | 85 | 99 | 183 | 93 | | | | | |
| Ta | 95.1 | 94.9 | 78.9 | 8.1 | 160.0 | 104.0 | 111.0 | 149.0 | 104.0 | 150.0 | 125.0 | 166.0 | 37.8 | 143.0 | 165.0 | | | | | |
| Tb | 0.14 | 0.06 | 0.10 | 0.32 | 0.03 | 0.05 | 0.12 | 0.09 | 0.16 | 0.02 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.22 | 0.03 | | | | | |
| Te | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | | | | | |
| Th | 5.38 | 4.15 | 4.39 | 0.53 | 4.37 | 4.35 | 4.10 | 3.67 | 4.73 | 3.69 | 4.21 | 3.99 | 4.48 | 8.50 | 3.67 | | | | | |
| Tl | 11.70 | 12.00 | 10.70 | 0.83 | 14.75 | 9.37 | 11.60 | 20.70 | 18.20 | 21.30 | 18.60 | 20.70 | 37.10 | 16.60 | 20.00 | | | | | |
| Tm | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.07 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | | | | |
| U | 11.6 | 10.9 | 5.98 | 2.46 | 7.68 | 8.76 | 8.69 | 4.06 | 7.17 | 7.26 | 6.88 | 5.00 | 4.05 | 12.8 | 4.92 | | | | | |
| V | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | |
| W | 17.6 | 18.9 | 4.6 | 2.8 | 10.1 | 12.5 | 5.2 | 25.5 | 23.0 | 25.3 | 23.7 | 24.5 | 46.2 | 26.3 | 23.6 | | | | | |
| Y | 1.80 | 1.10 | 1.50 | 8.70 | 0.90 | 0.90 | 1.70 | 3.00 | 2.10 | 0.70 | 1.20 | 1.10 | 0.70 | 2.60 | 0.80 | | | | | |
| Yb | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.31 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.18 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | | | | | |
| Zn | 87 | 129 | 192 | 57 | 115 | 141 | 354 | 53 | 52 | 46 | 47 | 45 | 319 | 107 | 42 | | | | | |
| Zr | 44 | 41 | 36 | 49 | 37 | 36 | 35 | 33 | 44 | 33 | 37 | 38 | 20 | 51 | 29 | | | | | |

注:主量元素质量分数单位为%,微量元素质量分数单位为 10^{-6} 。

表2 宜春414钽铌矿床雅山岩体锂云母电子探针主量元素数据
Table 2 EPMA major element data of micas from Yashan complex in Yichun 414 Ta-Nb deposit

| 岩石类型 | 样品编号 | 分析编号 | F | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Cl | K ₂ O | MnO | P ₂ O ₅ | TiO ₂ | CaO | Na ₂ O | MgO | FeO | OH | Li ₂ O | Total |
|------|-----------|-------------|------|------------------|--------------------------------|-------|------------------|------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------|------|------|------|-------------------|--------|
| | 20YC03b B | 03-1(2)-01 | 6.85 | 49.71 | 24.51 | 0.006 | 9.93 | 2.43 | — | 0.10 | 0.020 | 0.36 | — | 2.55 | 1.08 | 4.72 | 93.59 |
| | 20YC03b B | 03-1(2)-02 | 6.77 | 49.17 | 24.50 | 0.010 | 9.89 | 2.88 | 0.03 | 0.11 | 0.010 | 0.39 | 0.02 | 2.35 | 1.09 | 4.56 | 93.27 |
| | 20YC03b B | 03-1(2)-04 | 7.29 | 51.89 | 23.34 | 0.010 | 9.89 | 1.45 | — | 0.07 | — | 0.29 | — | 2.38 | 0.94 | 5.34 | 93.53 |
| | 20YC03b B | 03-1(2)-05 | 7.67 | 52.00 | 23.89 | — | 9.98 | 1.60 | 0.01 | 0.06 | — | 0.32 | — | 2.32 | 0.80 | 5.37 | 94.62 |
| | 20YC03b B | 03-1(2)-06 | 0.52 | 47.06 | 36.29 | 0.010 | 10.27 | 0.16 | 0.01 | 0.02 | 0.010 | 0.09 | — | 0.17 | 3.79 | 3.96 | 94.39 |
| | 20YC03b B | 03-1(2)-07 | 0.62 | 48.36 | 36.81 | — | 10.20 | 0.21 | 0.01 | 0.03 | 0.010 | 0.08 | — | 0.29 | 3.76 | 4.33 | 96.34 |
| | 20YC03b B | 03-1(2)-08 | 1.29 | 46.95 | 35.43 | 0.009 | 10.13 | 0.29 | 0.02 | 0.21 | 0.020 | 0.22 | — | 0.57 | 3.48 | 3.92 | 94.59 |
| | 20YC03b B | 03-2-01 | 7.18 | 50.89 | 23.92 | 0.005 | 9.99 | 2.36 | — | 0.08 | 0.010 | 0.28 | — | 2.56 | 0.97 | 5.05 | 94.24 |
| | 20YC03b B | 03-2-02 | 6.72 | 49.89 | 23.18 | 0.001 | 9.83 | 2.21 | 0.01 | 0.10 | 0.010 | 0.34 | — | 2.50 | 1.10 | 4.77 | 91.96 |
| | 20YC03b B | 03-2-03 | 6.07 | 49.03 | 21.81 | — | 9.63 | 1.47 | 0.03 | 0.01 | 0.030 | 0.33 | 0.01 | 2.22 | 1.28 | 4.52 | 88.08 |
| | 20YC03b B | 03-2-04 | 7.13 | 50.77 | 23.81 | 0.010 | 10.00 | 2.10 | 0.03 | 0.08 | — | 0.33 | — | 2.61 | 0.98 | 5.02 | 93.85 |
| | 20YC03b B | 03-2-05 | 7.77 | 52.91 | 23.12 | — | 9.81 | 1.23 | 0.05 | — | — | 0.27 | — | 2.08 | 0.77 | 5.63 | 93.96 |
| | 20YC03b B | 03-2-06 | 7.00 | 50.50 | 24.67 | — | 10.04 | 1.99 | 0.03 | 0.10 | — | 0.32 | 0.01 | 2.70 | 1.05 | 4.94 | 94.41 |
| | 20YC03b B | 03-2-07 | — | 66.13 | 18.62 | 0.004 | 15.93 | 0.01 | 0.19 | — | — | 0.20 | — | — | 4.00 | 9.43 | 100.00 |
| | 20YC03b B | 03-2(2)-01 | 7.65 | 52.47 | 23.23 | 0.010 | 9.72 | 1.61 | 0.01 | — | — | 0.25 | — | 2.19 | 0.80 | 5.51 | 93.93 |
| | 20YC03b B | 03-2(2)-02 | 8.63 | 60.43 | 17.01 | — | 10.28 | 0.34 | 0.14 | — | 0.001 | 0.03 | — | 0.15 | 0.54 | 7.79 | 93.37 |
| | 20YC03b B | 03-2(2)-03 | 7.16 | 51.92 | 23.87 | — | 10.13 | 1.65 | 0.01 | 0.08 | — | 0.22 | — | 2.44 | 1.02 | 5.35 | 94.47 |
| | 20YC06b B | 06b-1-01 | 8.36 | 50.77 | 24.01 | 0.004 | 10.32 | 1.08 | 0.01 | 0.09 | 0.004 | 0.20 | — | 0.27 | 0.41 | 5.02 | 91.59 |
| | 20YC06b B | 06b-1-02 | 8.42 | 52.26 | 24.02 | 0.007 | 9.57 | 0.43 | — | — | — | 0.21 | — | 0.13 | 0.44 | 5.45 | 91.50 |
| | 20YC06b B | 06b-1-03 | 8.53 | 52.59 | 25.11 | 0.005 | 10.06 | 0.52 | 0.06 | — | — | 0.29 | — | 0.14 | 0.46 | 5.54 | 93.70 |
| | 20YC06b B | 06b-1-04 | 8.63 | 52.97 | 23.71 | — | 9.62 | 0.45 | 0.02 | — | — | 0.23 | — | 0.12 | 0.38 | 5.65 | 92.11 |
| | 20YC06b B | 06b-1-05 | 8.30 | 51.41 | 25.66 | 0.020 | 10.29 | 0.81 | 0.02 | 0.08 | — | 0.35 | — | 0.21 | 0.53 | 5.20 | 93.66 |
| | 20YC06b B | 06b-1-06 | 8.62 | 53.36 | 23.62 | 0.002 | 9.49 | 0.40 | 0.04 | — | 0.010 | 0.22 | — | 0.11 | 0.40 | 5.76 | 92.25 |
| | 20YC06b B | 06b-1-07 | 8.20 | 51.39 | 25.03 | — | 10.30 | 0.84 | 0.03 | 0.07 | — | 0.36 | — | 0.26 | 0.55 | 5.20 | 93.01 |
| | 20YC06b B | 06b-1-08 | 8.75 | 53.16 | 24.11 | — | 9.70 | 0.49 | 0.03 | — | — | 0.23 | — | 0.13 | 0.36 | 5.71 | 92.91 |
| | 20YC06b B | 06b-1(2)-01 | 8.28 | 52.31 | 24.07 | 0.002 | 9.56 | 0.38 | 0.02 | — | 0.002 | 0.20 | — | 0.12 | 0.50 | 5.46 | 91.46 |
| | 20YC06b B | 06b-1(2)-02 | 8.50 | 52.69 | 24.28 | — | 10.17 | 0.57 | 0.01 | 0.06 | — | 0.27 | — | 0.20 | 0.46 | 5.57 | 93.15 |
| | 20YC06b B | 06b-1(2)-03 | 8.41 | 51.51 | 25.28 | — | 10.37 | 0.68 | — | 0.07 | — | 0.29 | 0.01 | 0.18 | 0.48 | 5.23 | 93.27 |
| | 20YC06b B | 06b-1(2)-04 | 8.79 | 53.02 | 24.66 | — | 10.21 | 0.60 | 0.02 | 0.05 | 0.020 | 0.33 | — | 0.18 | 0.37 | 5.66 | 94.17 |
| | 20YC06b B | 06b-1(2)-05 | 8.59 | 52.60 | 23.90 | 0.010 | 9.50 | 0.44 | 0.01 | — | 0.010 | 0.23 | — | 0.09 | 0.38 | 5.54 | 91.75 |
| | 20YC06b B | 06b-1(2)-06 | 8.69 | 52.62 | 24.49 | — | 9.75 | 0.45 | 0.04 | — | 0.001 | 0.27 | — | 0.10 | 0.37 | 5.55 | 92.76 |
| | 20YC06b B | 06b-1(2)-07 | 8.36 | 52.60 | 23.59 | — | 9.28 | 0.39 | 0.04 | — | 0.030 | 0.20 | — | 0.08 | 0.47 | 5.54 | 91.05 |
| | 20YC06b B | 06b-1(2)-08 | 8.68 | 52.36 | 24.74 | 0.009 | 10.08 | 0.79 | 0.02 | 0.05 | — | 0.31 | 0.03 | 0.26 | 0.39 | 5.47 | 93.66 |
| | 20YC06b B | 06b-1(2)-09 | 8.69 | 52.76 | 23.57 | 0.008 | 9.50 | 0.47 | 0.02 | — | 0.010 | 0.23 | — | 0.14 | 0.34 | 5.59 | 91.74 |
| | 20YC06b B | 06b-2-01 | 8.06 | 51.32 | 22.46 | 0.002 | 9.44 | 0.40 | — | — | — | 0.20 | — | 0.10 | 0.48 | 5.18 | 88.59 |
| | 20YC06b B | 06b-2-02 | 8.23 | 51.29 | 24.44 | 0.002 | 9.96 | 0.55 | — | 0.01 | — | 0.31 | 0.02 | 0.15 | 0.50 | 5.17 | 91.49 |
| | 20YC06b B | 06b-2-03 | 4.38 | 49.47 | 30.61 | — | 9.78 | 0.18 | 0.03 | — | 0.08 | 0.21 | — | 0.05 | 2.20 | 4.64 | 92.94 |
| | 20YC06b B | 06b-2-04 | 8.76 | 50.60 | 24.50 | 0.002 | 10.14 | 1.07 | 0.03 | 0.10 | — | 0.39 | 0.01 | 0.27 | 0.25 | 4.97 | 92.19 |

续表

| 岩石类型 | 样品编号 | 分析编号 | F | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Cl | K ₂ O | MnO | P ₂ O ₅ | TiO ₂ | CaO | Na ₂ O | MgO | FeO | OH | Li ₂ O | Total |
|-----------|-------------|------|------|------------------|--------------------------------|-------|------------------|------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| 20YC06b B | 06b-2-05 | | 8.27 | 50.85 | 24.15 | 0.002 | 10.14 | 0.80 | 0.03 | 0.08 | — | 0.33 | — | 0.22 | 0.45 | 5.04 | 91.38 |
| 20YC06b B | 06b-2-06 | | 8.28 | 51.6 | 22.99 | 0.004 | 9.32 | 0.38 | 0.02 | — | 0.001 | 0.20 | — | 0.10 | 0.42 | 5.26 | 89.42 |
| 20YC06b B | 06b-2-07 | | 8.31 | 50.79 | 24.14 | 0.006 | 10.31 | 0.68 | 0.04 | 0.07 | — | 0.25 | 0.01 | 0.20 | 0.43 | 5.03 | 91.30 |
| 20YC06b B | 06b-2-08 | | 8.63 | 51.78 | 22.69 | 0.004 | 9.43 | 0.46 | — | — | — | 0.15 | — | 0.10 | 0.27 | 5.31 | 89.61 |
| 20YC06b B | 06b-2(2)-01 | | 8.63 | 51.54 | 23.74 | 0.010 | 9.99 | 0.97 | 0.04 | 0.09 | 0.030 | 0.34 | — | 0.28 | 0.33 | 5.24 | 92.03 |
| 20YC06b B | 06b-2(2)-02 | | 8.88 | 52.2 | 23.28 | 0.005 | 9.61 | 0.37 | 0.05 | — | 0.040 | 0.16 | 0.01 | 0.15 | 0.22 | 5.43 | 91.03 |
| 20YC06b B | 06b-2(2)-03 | | 8.47 | 52.08 | 23.21 | — | 9.43 | 0.46 | 0.02 | — | — | 0.18 | — | 0.14 | 0.38 | 5.39 | 90.41 |
| 20YC06b B | 06b-2(2)-04 | | 8.04 | 50.38 | 25.34 | — | 10.22 | 0.58 | 0.03 | 0.03 | 0.004 | 0.31 | — | 0.18 | 0.57 | 4.91 | 91.72 |
| 20YC06b B | 06b-2(2)-05 | | 8.66 | 52.02 | 22.88 | 0.007 | 9.36 | 0.48 | 0.03 | — | — | 0.19 | — | 0.12 | 0.28 | 5.38 | 90.09 |
| 20YC06b B | 06b-2(2)-06 | | 8.50 | 52.35 | 23.05 | 0.003 | 9.43 | 0.36 | 0.02 | — | — | 0.15 | — | 0.10 | 0.37 | 5.47 | 90.38 |
| 20YC06b B | 06b-2(3)-01 | | 8.19 | 49.98 | 24.37 | 0.003 | 9.96 | 0.75 | 0.03 | — | — | 0.36 | — | 0.19 | 0.44 | 4.79 | 90.39 |
| 20YC06b B | 06b-2(3)-02 | | 8.12 | 50.82 | 23.05 | 0.002 | 9.39 | 0.41 | 0.03 | — | — | 0.20 | — | 0.11 | 0.45 | 5.03 | 88.72 |
| 20YC06b B | 06b-2(3)-03 | | 8.66 | 51.97 | 23.43 | — | 9.38 | 0.41 | 0.02 | — | — | 0.22 | — | 0.10 | 0.30 | 5.36 | 90.54 |
| 20YC06b B | 06b-2(3)-04 | | 8.30 | 50.62 | 24.72 | 0.004 | 10.30 | 0.90 | 0.01 | 0.10 | 0.004 | 0.30 | — | 0.27 | 0.46 | 4.97 | 92.02 |
| 20YC06b B | 06b-2(3)-05 | | 8.38 | 51.08 | 24.36 | 0.002 | 10.08 | 0.61 | 0.03 | 0.05 | — | 0.31 | — | 0.17 | 0.42 | 5.11 | 91.54 |
| 20YC06b B | 06b-2(3)-06 | | 8.76 | 52.98 | 22.64 | — | 9.74 | 0.34 | 0.02 | — | 0.001 | 0.16 | — | 0.06 | 0.29 | 5.65 | 91.00 |
| 20YC06b B | 06b-2(3)-07 | | 8.28 | 50.77 | 24.53 | — | 10.21 | 0.77 | 0.01 | 0.08 | — | 0.32 | — | 0.20 | 0.46 | 5.02 | 91.68 |
| 20YC06b B | 06b-2(3)-08 | | 8.28 | 51.54 | 23.33 | — | 9.68 | 0.41 | 0.01 | — | — | 0.11 | — | 0.10 | 0.43 | 5.24 | 89.98 |
| 20YC27b B | 27-2-01 | | 8.38 | 52.53 | 24.51 | 0.002 | 10.11 | 0.65 | — | 0.08 | — | 0.30 | — | 0.19 | 0.51 | 5.52 | 93.21 |
| 20YC27b B | 27-2-02 | | 8.66 | 53.39 | 22.84 | — | 9.42 | 0.48 | 0.03 | — | — | 0.18 | 0.01 | 0.08 | 0.36 | 5.77 | 91.45 |
| 20YC27b B | 27-2-04 | | 8.74 | 53.41 | 24.24 | 0.001 | 10.01 | 0.68 | 0.01 | 0.04 | 0.001 | 0.29 | — | 0.20 | 0.39 | 5.78 | 93.94 |
| 20YC27b B | 27-2-05 | | 9.43 | 55.05 | 23.51 | — | 9.61 | 0.46 | 0.02 | — | 0.002 | 0.20 | — | 0.08 | 0.16 | 6.25 | 94.39 |
| 20YC27b B | 27-2-06 | | 8.10 | 52.07 | 23.93 | — | 10.26 | 0.55 | 0.03 | 0.06 | 0.006 | 0.21 | — | 0.16 | 0.58 | 5.39 | 91.95 |
| 20YC27b B | 27-2-07 | | 7.71 | 51.94 | 22.92 | — | 9.53 | 0.40 | 0.03 | — | 0.007 | 0.17 | — | 0.12 | 0.68 | 5.36 | 89.57 |
| 20YC27b B | 27-3-01 | | 8.18 | 51.59 | 25.42 | 0.005 | 10.20 | 0.76 | 0.02 | 0.07 | 0.004 | 0.34 | — | 0.25 | 0.58 | 5.25 | 93.38 |
| 20YC27b B | 27-3-03 | | 8.59 | 53.5 | 22.82 | 0.001 | 9.51 | 0.31 | — | — | — | 0.18 | — | 0.11 | 0.39 | 5.80 | 91.41 |
| 20YC27b B | 27-3-04 | | 8.34 | 51.98 | 24.57 | — | 10.05 | 0.87 | 0.02 | 0.07 | — | 0.39 | — | 0.23 | 0.51 | 5.37 | 93.02 |
| 20YC27b B | 27-3-05 | | 8.58 | 52.74 | 23.98 | 0.003 | 9.91 | 0.55 | 0.04 | — | — | 0.33 | — | 0.12 | 0.41 | 5.59 | 92.63 |
| 20YC27b B | 27-3-06 | | 7.75 | 52.95 | 24.27 | 0.004 | 9.68 | 0.31 | — | — | — | 0.18 | — | 0.09 | 0.77 | 5.64 | 91.96 |
| 20YC27b B | 27-3-07 | | 8.67 | 52.87 | 24.45 | — | 10.22 | 0.78 | 0.03 | 0.06 | — | 0.31 | — | 0.26 | 0.41 | 5.62 | 94.00 |
| 20YC27b B | 27-3-09 | | 8.10 | 52.86 | 24.12 | — | 9.59 | 0.40 | 0.03 | — | 0.003 | 0.21 | — | 0.10 | 0.61 | 5.62 | 92.00 |
| 20YC10b B | 10-1-01 | | 8.50 | 52.07 | 24.36 | 0.007 | 10.18 | 0.69 | 0.01 | 0.07 | — | 0.39 | — | 0.26 | 0.43 | 5.39 | 92.95 |
| 20YC10b B | 10-1-03 | | 8.51 | 51.9 | 22.56 | — | 9.38 | 0.45 | 0.68 | — | 1.350 | 0.18 | — | 0.09 | 0.35 | 5.34 | 91.51 |
| 20YC10b B | 10-1-04 | | 8.28 | 53.26 | 23.94 | 0.002 | 9.96 | 0.63 | 0.05 | 0.05 | 0.070 | 0.34 | — | 0.22 | 0.57 | 5.73 | 93.30 |
| 20YC10b B | 10-1-05 | | 6.55 | 51.81 | 25.82 | 0.010 | 9.64 | 0.51 | 0.01 | — | 0.120 | 0.13 | — | 0.10 | 1.27 | 5.32 | 91.94 |
| 20YC10b B | 10-1-06 | | 7.94 | 51.92 | 24.93 | — | 9.83 | 0.66 | 0.03 | 0.07 | 0.030 | 0.34 | 0.01 | 0.21 | 0.67 | 5.35 | 92.63 |
| 20YC10b B | 10-1-07 | | 8.65 | 52.95 | 22.69 | 0.003 | 9.50 | 0.47 | 0.02 | — | 0.010 | 0.24 | — | 0.13 | 0.33 | 5.64 | 91.00 |
| 20YC10b B | 10-1-08 | | 8.45 | 52.07 | 24.11 | 0.002 | 10.02 | 0.71 | — | 0.08 | — | 0.33 | — | 0.22 | 0.44 | 5.39 | 92.43 |
| 20YC10b B | 10-1-09 | | 6.86 | 51.63 | 25.32 | — | 9.12 | 0.69 | 0.08 | — | 0.150 | 0.17 | 0.02 | 0.13 | 1.12 | 5.26 | 91.27 |

黄玉锂云母花岗岩

续表

| 岩石类型 | 样品编号 | 分析编号 | F | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Cl | K ₂ O | MnO | P ₂ O ₅ | TiO ₂ | CaO | Na ₂ O | MgO | FeO | OH | Li ₂ O | Total |
|----------|-----------|------------|------|------------------|--------------------------------|-------|------------------|------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| 黄玉锂云母花岗岩 | 20YC10b B | 10-2(2)-01 | 8.09 | 51.84 | 23.99 | 0.007 | 9.85 | 0.57 | 0.02 | 0.02 | 0.020 | 0.35 | 0.04 | 0.22 | 0.57 | 5.33 | 91.59 |
| | 20YC10b B | 10-2(2)-02 | 8.62 | 53.89 | 22.70 | 0.005 | 9.58 | 0.42 | — | — | 0.020 | 0.22 | — | 0.12 | 0.40 | 5.91 | 91.95 |
| | 20YC10b B | 10-2(2)-03 | 8.05 | 52.90 | 23.29 | — | 9.54 | 0.51 | 0.03 | — | 0.020 | 0.21 | — | 0.15 | 0.61 | 5.63 | 91.30 |
| | 20YC10b B | 10-2(2)-04 | 8.16 | 51.20 | 24.32 | — | 10.21 | 0.71 | — | 0.07 | — | 0.31 | — | 0.23 | 0.53 | 5.14 | 91.78 |
| | 20YC10b B | 10-2(2)-05 | 8.43 | 52.99 | 22.98 | 0.003 | 9.56 | 0.41 | 0.02 | — | 0.010 | 0.25 | — | 0.10 | 0.44 | 5.66 | 91.21 |
| | 20YC14b B | 14-1-01 | 6.39 | 47.86 | 21.72 | — | 9.84 | 2.39 | — | 0.13 | — | — | 0.16 | — | 1.14 | 4.18 | 91.10 |
| | 20YC14b B | 14-1-02 | 6.32 | 48.22 | 22.31 | — | 9.68 | 1.32 | 0.02 | 0.03 | — | — | 0.24 | 0.01 | 1.20 | 4.29 | 91.06 |
| | 20YC14b B | 14-1-03 | 6.49 | 48.41 | 22.58 | 0.003 | 9.75 | 2.06 | 0.03 | — | 0.002 | 0.24 | — | — | 1.13 | 4.34 | 91.60 |
| | 20YC14b B | 14-2-01 | 1.59 | 45.49 | 32.43 | 0.002 | 9.81 | 0.55 | 0.01 | 0.23 | 0.008 | 0.14 | — | — | 3.32 | 3.50 | 91.59 |
| | 20YC14b B | 14-2-02 | 6.20 | 45.42 | 23.19 | 0.003 | 9.75 | 3.44 | — | 0.14 | 0.006 | 0.36 | 0.01 | 0.01 | 1.17 | 3.48 | 90.89 |
| 二云母花岗岩 | 20YC14b B | 14-2-03 | 6.54 | 46.32 | 22.00 | 0.010 | 9.75 | 2.12 | 0.01 | 0.14 | — | 0.25 | 0.01 | 6.22 | 1.02 | 3.74 | 90.62 |
| | 20YC19b B | 19b-1-01 | 5.86 | 50.42 | 25.92 | — | 10.33 | 0.65 | 0.03 | — | 0.040 | 0.18 | 0.01 | 0.18 | 1.52 | 4.92 | 91.16 |
| | 20YC19b B | 19b-1-02 | 8.51 | 52.08 | 22.58 | — | 9.61 | 0.72 | 0.04 | — | — | 0.23 | — | 0.21 | 0.35 | 5.39 | 90.39 |
| | 20YC19b B | 19b-1-03 | 7.99 | 50.62 | 24.54 | 0.008 | 10.13 | 1.28 | — | 0.05 | — | 0.32 | — | 0.26 | 0.58 | 4.98 | 91.83 |
| | 20YC19b B | 19b-1-04 | 4.82 | 49.58 | 29.20 | 0.003 | 10.58 | 0.54 | 0.01 | — | — | 0.23 | — | 0.18 | 2.00 | 4.68 | 93.11 |
| | 20YC19b B | 19b-1-06 | 8.05 | 52.05 | 23.18 | 0.006 | 9.67 | 0.82 | 0.03 | — | 0.010 | 0.12 | — | 0.25 | 0.56 | 5.39 | 90.80 |
| | 20YC19b B | 19b-1-07 | 8.55 | 52.05 | 23.16 | — | 10.02 | 1.07 | 0.05 | 0.04 | — | 0.27 | — | 0.31 | 0.37 | 5.39 | 91.92 |
| | 20YC19b B | 19b-1-08 | 4.97 | 49.95 | 29.13 | 0.003 | 10.58 | 0.43 | 0.02 | 0.01 | — | 0.19 | — | 0.20 | 1.95 | 4.78 | 93.38 |
| | 20YC19b B | 19b-1-10 | 8.36 | 51.82 | 23.08 | — | 9.35 | 0.76 | 0.04 | — | — | 0.14 | 0.02 | 0.24 | 0.41 | 5.32 | 90.28 |
| | 20YC19b B | 19b-1-11 | 8.32 | 51.18 | 23.81 | 0.004 | 10.05 | 1.22 | 0.04 | 0.04 | — | 0.30 | — | 0.32 | 0.45 | 5.14 | 91.78 |
| 长花岗岩 | 20YC19b B | 19b-1-12 | 7.56 | 51.77 | 22.96 | 0.003 | 9.57 | 0.73 | 0.02 | — | 0.030 | 0.10 | — | 0.18 | 0.75 | 5.31 | 89.74 |
| | 20YC19b B | 19b-3-01 | 0.97 | 45.73 | 37.28 | 0.010 | 10.08 | 0.11 | 0.03 | — | 0.030 | 0.49 | — | 0.07 | 3.61 | 3.57 | 94.40 |
| | 20YC19b B | 19b-3-02 | 3.62 | 48.78 | 31.93 | 0.010 | 10.31 | 0.40 | 0.02 | — | 0.003 | 0.27 | — | 0.14 | 2.52 | 4.45 | 93.96 |
| | 20YC19b B | 19b-3-03 | 8.09 | 50.93 | 24.10 | 0.002 | 10.03 | 1.28 | 0.01 | 0.06 | — | 0.30 | — | 0.39 | 0.54 | 5.06 | 91.79 |
| | 20YC19b B | 19b-3-04 | 1.01 | 45.46 | 37.64 | 0.006 | 10.16 | 0.10 | 0.05 | 0.03 | 0.008 | 0.51 | — | 0.05 | 3.59 | 3.50 | 94.59 |
| | 20YC19b B | 19b-3-05 | 5.58 | 49.72 | 29.04 | 0.020 | 10.09 | 0.67 | 0.02 | — | — | 0.32 | — | 0.18 | 1.68 | 4.72 | 93.28 |
| | 20YC19b B | 19b-3-06 | 8.02 | 51.19 | 24.15 | 0.009 | 10.14 | 1.04 | 0.03 | 0.04 | 0.003 | 0.32 | — | 0.31 | 0.58 | 5.14 | 91.88 |
| | 20YC19b B | 19b-3-07 | 0.62 | 46.16 | 37.73 | — | 10.28 | 0.12 | 0.01 | — | — | 0.40 | — | 0.05 | 3.75 | 3.69 | 95.10 |
| | 20YC19b B | 19b-3-08 | 2.00 | 47.05 | 35.42 | — | 9.80 | 0.24 | 0.05 | 0.03 | 0.020 | 0.43 | — | 0.08 | 3.19 | 3.95 | 94.28 |
| | 20YC19b B | 19b-3-09 | 7.68 | 50.91 | 24.82 | 0.004 | 10.26 | 1.01 | — | 0.05 | 0.010 | 0.24 | — | 0.28 | 0.74 | 5.06 | 92.04 |
| 二云母花岗岩 | 20YC19b B | 19b-3-10 | 0.96 | 45.89 | 37.53 | 0.001 | 10.04 | 0.06 | 0.05 | — | — | 0.49 | — | 0.04 | 3.61 | 3.62 | 94.65 |
| | 20YC19b B | 19b-3-11 | 7.50 | 52.18 | 24.14 | 0.005 | 8.84 | 0.79 | 0.04 | — | 0.050 | 0.25 | 0.06 | 0.23 | 0.83 | 5.42 | 90.91 |
| | 20YC19b B | 19b-3-12 | 8.35 | 52.17 | 23.18 | 0.009 | 10.00 | 1.02 | 0.02 | 0.07 | 0.001 | 0.34 | — | 0.28 | 0.46 | 5.42 | 91.91 |
| | 20YC35b B | 35-1(2)-01 | 2.52 | 42.83 | 30.98 | — | 9.75 | 0.60 | — | 0.25 | — | 0.55 | 0.12 | 3.74 | 2.88 | 2.74 | 90.28 |
| | 20YC35b B | 35-1(2)-02 | 3.14 | 43.5 | 29.36 | — | 9.57 | 1.45 | 0.01 | 0.07 | 0.020 | 0.45 | 0.04 | 5.07 | 2.61 | 2.93 | 91.35 |
| | 20YC35b B | 35-1(2)-03 | 5.78 | 44.65 | 23.63 | — | 9.72 | 1.86 | 0.01 | 0.08 | — | 0.32 | 0.10 | 7.28 | 1.36 | 3.26 | 90.99 |
| | 20YC35b B | 35-1(2)-04 | 2.17 | 44.58 | 32.12 | — | 9.69 | 0.59 | — | 0.17 | 0.020 | 0.58 | 0.23 | 3.12 | 3.07 | 3.24 | 92.35 |
| | 20YC35b B | 35-1(2)-05 | 2.71 | 44.70 | 31.53 | 0.007 | 9.93 | 0.79 | 0.01 | 0.24 | — | 0.58 | 0.10 | 3.59 | 2.84 | 3.28 | 93.04 |
| | 20YC35b B | 35-1(2)-07 | 5.35 | 44.35 | 23.95 | — | 9.74 | 1.86 | — | 0.10 | 0.003 | 0.28 | 0.14 | 7.31 | 1.55 | 3.18 | 90.82 |

续表

| 岩石类型 | 样品编号 | 分析编号 | F | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Cl | K ₂ O | MnO | P ₂ O ₅ | TiO ₂ | CaO | Na ₂ O | MgO | FeO | OH | Li ₂ O | Total |
|------|------------|------------|------|------------------|--------------------------------|-------|------------------|------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| | 20YC35b B | 35-1(2)-08 | 1.33 | 43.3 | 34.24 | — | 9.75 | 0.42 | 0.08 | — | 0.007 | 0.59 | 0.02 | 2.16 | 3.43 | 2.87 | 91.32 |
| | 20YC35b B | 35-1(2)-09 | 2.01 | 43.05 | 31.05 | — | 10.19 | 0.71 | — | 0.16 | 0.004 | 0.38 | 0.08 | 3.74 | 3.11 | 2.80 | 90.51 |
| | 20YC35b B | 35-1(2)-11 | 5.79 | 43.87 | 22.97 | 0.005 | 9.60 | 2.18 | — | 0.07 | 0.007 | 0.31 | 0.05 | 7.44 | 1.30 | 3.04 | 89.85 |
| | 20YC35b B | 35-1(2)-13 | 1.38 | 42.75 | 34.53 | 0.003 | 9.85 | 0.34 | 0.05 | 0.02 | 0.003 | 0.62 | — | 1.74 | 3.40 | 2.72 | 90.71 |
| | 20YC35b B | 35-2-01 | 2.32 | 43.18 | 31.59 | — | 9.48 | 0.55 | 0.01 | 0.12 | — | 0.56 | — | 3.53 | 2.98 | 2.84 | 90.36 |
| | 20YC35b B | 35-2-03 | 6.42 | 43.61 | 22.18 | — | 9.64 | 2.17 | 0.02 | 0.07 | — | 0.28 | 0.12 | 7.85 | 0.97 | 2.96 | 89.66 |
| | 20YC35b B | 35-2-05 | 1.50 | 43.90 | 35.26 | — | 9.27 | 0.48 | 0.05 | 0.01 | 0.004 | 0.53 | 0.03 | 1.93 | 3.37 | 3.05 | 92.33 |
| | 20YC35b B | 35-2-06 | 2.28 | 42.63 | 31.68 | — | 9.78 | 0.68 | 0.01 | 0.10 | — | 0.54 | 0.02 | 3.50 | 2.99 | 2.68 | 90.27 |
| | 20YC35b B | 35-2-08 | 1.32 | 43.08 | 34.62 | — | 9.74 | 0.37 | 0.06 | — | — | 0.56 | 0.01 | 1.86 | 3.43 | 2.81 | 91.07 |
| | 20YC35b B | 35-2-09 | 1.65 | 42.21 | 31.89 | — | 9.82 | 0.64 | — | 0.12 | 0.030 | 0.46 | 0.09 | 2.82 | 3.26 | 2.56 | 89.02 |
| | 20YC35b B | 35-2-10 | 5.09 | 41.79 | 23.70 | 0.005 | 9.78 | 1.83 | 0.01 | 0.06 | — | 0.26 | 0.12 | 7.21 | 1.55 | 2.44 | 87.72 |
| | 20YC35b B | 35-2-11 | 1.63 | 42.21 | 31.68 | 0.003 | 10.08 | 0.53 | 0.03 | 0.11 | — | 0.35 | 0.06 | 2.91 | 3.27 | 2.56 | 88.90 |
| 二云母 | 20YC25Bb B | 25Bb-2-02 | 2.36 | 44.69 | 32.36 | — | 9.81 | 0.79 | 0.02 | 0.11 | — | 0.52 | 0.07 | 3.29 | 3.00 | 3.27 | 93.02 |
| 花岗岩 | 20YC25Bb B | 25Bb-2-04 | 5.76 | 44.34 | 23.10 | — | 9.59 | 2.37 | 0.01 | 0.05 | — | 0.28 | 0.14 | 7.34 | 1.34 | 3.17 | 90.55 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-05 | 1.06 | 44.67 | 33.93 | — | 9.84 | 0.44 | 0.03 | 0.04 | 0.020 | 0.32 | 0.04 | 2.29 | 3.55 | 3.27 | 92.23 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-06 | 2.27 | 44.34 | 31.88 | 0.002 | 9.43 | 0.50 | 0.01 | 0.31 | 0.007 | 0.63 | 0.20 | 3.78 | 3.03 | 3.17 | 92.38 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-07 | 4.05 | 43.61 | 26.76 | — | 9.39 | 1.80 | 0.04 | 0.04 | 0.020 | 0.37 | 0.12 | 6.31 | 2.17 | 2.96 | 90.81 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-09 | 1.11 | 43.92 | 35.49 | 0.004 | 9.62 | 0.22 | 0.10 | 0.01 | 0.003 | 0.49 | 0.01 | 1.48 | 3.53 | 3.05 | 91.98 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-10 | 1.44 | 44.23 | 34.70 | 0.008 | 9.73 | 0.31 | 0.07 | 0.02 | 0.020 | 0.56 | 0.04 | 2.05 | 3.39 | 3.14 | 92.57 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-11 | 2.88 | 42.87 | 28.99 | 0.004 | 9.69 | 1.51 | — | 0.11 | — | 0.41 | 0.10 | 5.48 | 2.71 | 2.75 | 90.81 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-12 | 2.60 | 43.47 | 31.18 | 0.002 | 9.89 | 0.56 | — | 0.19 | — | 0.48 | 0.15 | 4.63 | 2.87 | 2.93 | 92.05 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-13 | 3.33 | 43.29 | 29.22 | 0.001 | 9.74 | 1.08 | 0.03 | 0.17 | 0.010 | 0.26 | 0.19 | 5.49 | 2.52 | 2.87 | 91.41 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-14 | 2.22 | 44.14 | 32.19 | — | 9.97 | 0.75 | 0.01 | 0.18 | — | 0.44 | 0.14 | 3.52 | 3.05 | 3.12 | 92.64 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-15 | 5.35 | 44.64 | 24.42 | 0.003 | 9.79 | 1.99 | 0.01 | 0.05 | — | 0.27 | 0.13 | 7.33 | 1.58 | 3.26 | 91.72 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-16 | 2.07 | 43.93 | 31.91 | 0.010 | 9.59 | 0.62 | 0.02 | 0.13 | 0.004 | 0.60 | 0.05 | 3.66 | 3.10 | 3.06 | 91.71 |
| | 20YC25Bb B | 25Bb-2-17 | 3.51 | 44.23 | 28.4 | 0.001 | 9.53 | 1.68 | 0.02 | 0.04 | 0.010 | 0.37 | 0.08 | 5.59 | 2.45 | 3.14 | 91.98 |

注:“—”表示低于检出限。

表3 宜春414钽铌矿床雅山岩体锂云母微量元素数据
Table 3 Trace element of micas from Yashan complex in Yichun 414 Ta-Nb deposit

| 岩石类型 | 编号 | Li | Be | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Zn | Ca | Ce | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Sn | Cs | Ba | Hf | Ta | W | Pb | U |
|------|------------|--------|-------|------|------|------|------|--------|--------|-------|------|--------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| | 03b-1(2)-1 | 21 274 | 30.1 | — | 641 | 0.16 | — | 14 535 | 1 576 | 84.9 | 3.58 | 12 571 | — | — | 1.12 | 92.0 | 220 | 715 | — | — | 41.1 | 103 | 0.07 | — |
| | 03b-1(2)-2 | 21 471 | 37.8 | 0.50 | 718 | 0.25 | — | 17 880 | 1 896 | 67.7 | 10.4 | 12 529 | — | — | — | 93.5 | 228 | 693 | — | — | 41.4 | 112 | — | — |
| | 03b-1(2)-3 | 14 964 | 25.9 | 0.11 | 795 | 0.24 | 1.73 | 7 170 | 853 | 124 | 7.32 | 11 208 | — | — | 0.87 | 83.0 | 196 | 709 | 1.68 | 0.21 | 41.3 | 76 | 0.87 | — |
| | 03b-1(2)-4 | 15 537 | 27.0 | 0.46 | 296 | — | — | 6 792 | 769 | 89.8 | 6.68 | 11 691 | — | — | 0.13 | 67.0 | 115 | 959 | — | — | 37.8 | 76 | 1.26 | — |
| | 03b-1(2)-5 | 17 107 | 30.6 | 0.84 | 232 | 0.02 | 0.29 | 6 989 | 899 | 86.4 | 0.84 | 11 355 | — | 0.35 | — | 87.5 | 125 | 814 | — | — | 32.6 | 45.2 | 114 | 0.38 |
| | 03b-1(2)-6 | 21 426 | 26.0 | 0.21 | 365 | 0.12 | — | 9 775 | 975 | 72.7 | 7.34 | 13 398 | — | — | 0.09 | 108.0 | 177 | 925 | — | — | 55.1 | 127 | — | — |
| | 03b-1(2)-7 | 18 256 | 25.5 | 0.43 | 390 | 0.17 | — | 8 496 | 915 | 74.2 | 1.05 | 12 410 | — | — | 2.89 | 87.5 | 186 | 891 | — | — | 0.69 | 49.5 | 95 | — |
| | 03b-2(1)-1 | 705 | 4.1 | 0.12 | 51 | 0.09 | — | 454 | 21 | 37.6 | 3.32 | 5 733 | — | — | — | 1.8 | 64.1 | 250 | — | — | 2.8 | 2 | — | — |
| | 03b-2(1)-2 | 22 245 | 358.4 | 0.94 | 503 | 0.01 | — | 21 293 | 16 544 | 66.4 | 8.90 | 13 069 | 3.76 | 7.91 | 26.9 | 94.3 | 176 | 857 | — | — | 3.90 | 46.6 | 115 | — |
| | 03b-2(1)-3 | 20 804 | 39.1 | 0.44 | 390 | 0.18 | — | 10 384 | 1 099 | 70.7 | 7.41 | 13 406 | — | — | 0.36 | 85.3 | 170 | 946 | — | — | 41.6 | 112 | 4.60 | 0.29 |
| | 03b-2(1)-4 | 21 402 | 32.3 | 0.12 | 533 | 0.03 | — | 12 740 | 1 498 | 74.7 | 8.88 | 13 157 | — | — | 3.61 | 78.4 | 186 | 816 | — | — | 0.10 | 45.8 | 113 | 0.06 |
| | 03b-2(1)-5 | 22 577 | 39.8 | — | 102 | 0.25 | — | 8 205 | 907 | 66.9 | 1.18 | 15 771 | — | — | 1.83 | 110.0 | 127 | 1 896 | 0.84 | — | 85.9 | 150 | 1.01 | 1.97 |
| | 03b-2(1)-7 | 28 157 | 51.0 | — | 790 | 0.30 | 2.86 | 19 968 | 1 970 | 104.0 | 8.18 | 17 636 | 0.11 | — | — | 112.0 | 301 | 995 | — | — | 54.0 | 145 | — | — |
| | 03b-2(2)-1 | 17 890 | 93.3 | 0.14 | 50 | — | 6.25 | 3 787 | 355 | 57.8 | 5.84 | 12 718 | — | — | — | 17.3 | 61.2 | 1 859 | — | — | 41.0 | 31 | 2.70 | — |
| | 03b-2(2)-2 | 26 656 | 438 | 1.15 | 18 | — | 1.76 | 2 344 | 87 | 25.2 | 9.96 | 24 805 | — | — | — | — | 5.08 | 2 029 | 4.16 | — | 0.2 | — | 27.3 | — |
| | 03b-2(2)-3 | 22 259 | 153 | — | 468 | — | — | 11 749 | 1 205 | 182.0 | 5.30 | 45 825 | — | — | — | 296.0 | 192 | 2 953 | — | — | 167 | 471 | — | — |
| | 06-1(1)-1 | 28 685 | 56.8 | 0.80 | 578 | 2.09 | — | 6 303 | 310 | 64.4 | 7.29 | 13 654 | — | — | — | 109.0 | 244 | 1 029 | 0.11 | — | 60.7 | 138 | — | — |
| | 06-1(1)-2 | 29 647 | 27.4 | 0.05 | 25 | 0.32 | 11.1 | 3 409 | 161 | 86.5 | 1.44 | 23 624 | — | — | — | 66.9 | 128 | 8 511 | — | — | 183.0 | 160 | — | — |
| | 06-1(1)-3 | 29 280 | 43.5 | — | 127 | — | — | 3 989 | 167 | 82.8 | — | 18 434 | — | — | — | 120.0 | 190 | 2 332 | — | — | 94.9 | 107 | — | — |
| | 06-1(1)-4 | 29 498 | 27.4 | 0.21 | 31 | — | 2.96 | 3 334 | 162 | 99.1 | — | 23 396 | — | — | — | 37.8 | 153 | 9 479 | — | — | 266 | 193 | — | — |
| | 06-1(1)-5 | 29 044 | 43.8 | 0.17 | 439 | 0.11 | — | 5 021 | 254 | 65.7 | 5.90 | 14 184 | 0.30 | — | — | 119.0 | 271 | 1 050 | 0.30 | — | 68.0 | 126 | — | — |
| | 06-1(1)-6 | 30 250 | 26.6 | — | 27 | 0.20 | — | 3 474 | 184 | 96.5 | 8.64 | 22 448 | 0.32 | — | — | 55.2 | 141 | 7 975 | — | — | 251.0 | 191 | — | — |
| | 06-1(1)-7 | 28 872 | 38.1 | — | 392 | — | — | 5 508 | 251 | 66.5 | 8.96 | 14 096 | 0.14 | — | — | 99.2 | 195 | 973 | — | — | 53.3 | 115 | — | — |
| | 06-1(1)-8 | 29 868 | 28.0 | 0.34 | 26 | — | — | 3 449 | 161 | 80.4 | 6.61 | 22 423 | — | — | — | 93.1 | 148 | 6 459 | — | — | 202.0 | 192 | — | — |
| | 06-1(2)-1 | 23 544 | 18.1 | 0.26 | 19.1 | — | 2.12 | 2 182 | 126 | 88.0 | 12.5 | 17 221 | 0.05 | — | — | 16.7 | 99.8 | 7 720 | — | — | 182.0 | 109 | — | — |
| | 06-1(2)-2 | 30 356 | 54.2 | 0.55 | 409 | 0.17 | 6.93 | 6 040 | 300 | 70.2 | 8.13 | 15 241 | — | — | — | 119.0 | 263 | 1 300 | 2.38 | — | 65.9 | 124 | 0.07 | — |
| | 06-1(2)-3 | 28 974 | 57.5 | 0.72 | 492 | — | — | 5 615 | 267 | 61.8 | 10.9 | 13 750 | — | — | — | 82.8 | 169 | 854 | 0.18 | — | 37.6 | 100 | — | — |
| | 06-1(2)-4 | 30 257 | 34.3 | 0.65 | 361 | — | 0.35 | 5 237 | 273 | 66.9 | 2.83 | 15 537 | — | — | — | 106.0 | 180 | 1 227 | 0.84 | — | 57.7 | 111 | 1.42 | 0.51 |
| | 06-1(2)-5 | 29 123 | 24.5 | — | 44 | — | — | 3 641 | 161 | 80.7 | 5.18 | 21 562 | — | — | — | 88.5 | 168 | 6 181 | — | — | 197.0 | 150 | — | — |
| | 06-1(2)-6 | 29 565 | 23.6 | — | 27 | 0.37 | 2.57 | 3 534 | 200 | 78.0 | 5.88 | 21 116 | — | — | — | 115.0 | 203 | 4 741 | — | — | 190.0 | 136 | — | — |
| | 06-1(2)-7 | 14 228 | 25.9 | 0.92 | 16.1 | 0.25 | — | 1 358 | 72.9 | 66.0 | 23.8 | 14 236 | — | — | — | 13.6 | 123 | 6 044 | — | — | 82.9 | 58 | — | — |
| | 06-1(2)-8 | 29 625 | 45.8 | 0.48 | 613 | — | 2.71 | 8 162 | 402 | 66.5 | 8.99 | 14 257 | — | — | 0.17 | 88.9 | 180 | 1 279 | — | — | 42.1 | 114 | — | — |
| | 06-1(2)-9 | 29 515 | 34.5 | 0.49 | 126 | 0.20 | 10.5 | 4 291 | 198 | 80.5 | 9.33 | 18 861 | — | — | — | 102.0 | 158 | 2 533 | — | — | 82.3 | 98 | — | — |
| | 06-2(1)-1 | 22 692 | 24.6 | 0.07 | 13 | — | — | 1 759 | 91 | 54.4 | 4.42 | 15 751 | — | — | — | 16.4 | 67.8 | 7 704 | 1.11 | — | 136.0 | 92 | — | — |
| | 06-2(1)-2 | 28 317 | 41.7 | 0.56 | 214 | — | 1.27 | 4 121 | 195 | 71.9 | 6.04 | 17 600 | — | — | — | 96.1 | 159 | 2 036 | 0.69 | — | 62.8 | 94 | — | — |
| | 06-2(1)-3 | 27 923 | 27.0 | 0.41 | 25 | — | 3.54 | 3 251 | 137 | 66.1 | 6.22 | 19 366 | — | — | — | 95.2 | 129 | 4 229 | 0.47 | — | 111.0 | 135 | — | — |
| | 06-2(1)-4 | 28 456 | 34.3 | — | 611 | 0.12 | 3.48 | 7 460 | 376 | 66.9 | 5.02 | 13 189 | — | — | 0.07 | 101.0 | 204 | 759 | — | — | 48.7 | 122 | 0.02 | — |

黄玉锂云母花岗岩

续表

| 岩石类型 | 编号 | Li | Be | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Zn | Ga | Ge | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Sn | Cs | Ba | Hf | Ta | W | Pb | U |
|------|-----------|--------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|--------|------|------|------|-------|-----|--------|------|------|-------|-----|------|---|
| | 06-2(1)-5 | 28 770 | 40.8 | 0.40 | 588 | — | 0.21 | 7 200 | 324 | 61.6 | 2.89 | 13 784 | 0.04 | — | — | 85.9 | 160 | 853 | — | — | 38.1 | 111 | 0.20 | — |
| | 06-2(1)-6 | 28 833 | 27.0 | — | 21 | — | — | 3 194 | 134 | 85.6 | 3.66 | 21 694 | — | — | — | 87.7 | 162 | 6 251 | — | 0.10 | 216.0 | 144 | 0.04 | — |
| | 06-2(1)-7 | 28 118 | 40.0 | — | 454 | — | — | 5 060 | 247 | 68.1 | 6.65 | 13 719 | — | — | — | 87.4 | 188 | 1 082 | — | — | 45.3 | 107 | — | — |
| | 06-2(1)-8 | 29 332 | 41.6 | — | 49 | — | 7.17 | 3 537 | 158 | 86.5 | 8.35 | 20 937 | — | — | — | 85.5 | 165 | 6 001 | — | — | 196.8 | 136 | — | — |
| | 06-2(2)-1 | 29 307 | 33.0 | 0.62 | 533 | — | — | 7 945 | 377 | 68.6 | 4.78 | 13 984 | — | — | — | 92.3 | 198 | 877 | — | — | 42.6 | 112 | — | — |
| | 06-2(2)-2 | 28 770 | 31.0 | — | 39 | — | — | 3 497 | 176 | 78.7 | 0.31 | 20 303 | 0.03 | — | — | 102.0 | 162 | 4 600 | — | — | 162.0 | 138 | — | — |
| | 06-2(2)-3 | 24 290 | — | 0.08 | 20 | 0.02 | — | 2 475 | 121 | 69.8 | 2.35 | 18 522 | 0.54 | 0.37 | 0.75 | 50.5 | 115 | 8 201 | — | — | 201.0 | 158 | 0.06 | — |
| | 06-2(2)-4 | 26 184 | 18.8 | — | 312 | 0.23 | — | 4 598 | 220 | 105.0 | 6.26 | 14 545 | — | — | — | 117.0 | 298 | 1 073 | — | — | 65.1 | 71 | — | — |
| | 06-2(2)-5 | 28 987 | 34.6 | — | 85 | 0.03 | 2.09 | 3 748 | 178 | 71.1 | 8.35 | 18 444 | — | — | — | 95.7 | 153 | 2 703 | 0.41 | — | 86.3 | 110 | — | — |
| | 06-2(2)-6 | 29 529 | 27.8 | — | 51 | 0.10 | — | 3 633 | 166 | 80.6 | 4.45 | 20 206 | 0.06 | — | — | 93.6 | 162 | 5 668 | — | — | 140.0 | 145 | — | — |
| | 06-2(3)-1 | 28 568 | 39.8 | 0.79 | 371 | — | 0.64 | 5 143 | 253 | 60.2 | 5.52 | 14 089 | — | — | — | 116.0 | 169 | 1 263 | — | — | 65.1 | 113 | — | — |
| | 06-2(3)-2 | 28 666 | 29.4 | — | 66 | 0.15 | — | 3 718 | 163 | 71.6 | 3.95 | 18 852 | — | — | — | 106.0 | 169 | 3 447 | — | — | 110.0 | 118 | — | — |
| | 06-2(3)-3 | 29 225 | 24.2 | 0.12 | 24 | 0.36 | 4.35 | 3 393 | 169 | 84.6 | 10.0 | 22 903 | — | — | — | 60.1 | 123 | 8 106 | — | — | 184.0 | 155 | — | — |
| | 06-2(3)-4 | 28 219 | 34.2 | 0.67 | 727 | — | — | 7 064 | 346 | 63.8 | 1.88 | 12 832 | — | — | — | 101.0 | 227 | 733 | — | — | 47.5 | 129 | — | — |
| | 06-2(3)-5 | 28 387 | 32.3 | 0.82 | 363 | — | — | 4 589 | 197 | 68.5 | 2.91 | 14 934 | — | 0.18 | — | 104.0 | 172 | 1 496 | — | — | 67.7 | 114 | — | — |
| | 06-2(3)-6 | 29 955 | 16.6 | — | 24 | — | — | 2 938 | 129 | 83.9 | — | 22 581 | — | — | — | 29.5 | 125 | 10 619 | — | — | 333.0 | 197 | — | — |
| | 06-2(3)-7 | 28 666 | 45.0 | — | 466 | 0.34 | — | 6 085 | 294 | 67.0 | — | 13 645 | — | — | — | 116.0 | 201 | 918 | 0.04 | — | 58.3 | 127 | — | — |
| | 06-2(3)-8 | 28 831 | 18.9 | 1.03 | 30.6 | 0.19 | 2.31 | 3 336 | 150 | 95.9 | 8.09 | 23 081 | — | — | — | 49.9 | 133 | 9 433 | 0.02 | — | 223.0 | 177 | — | — |
| | 27-2-1 | 29 677 | 35.7 | 0.20 | 317 | 0.24 | — | 4 867 | 255 | 75.3 | 7.83 | 16 311 | — | — | — | 111.0 | 194 | 1 521 | — | — | 73.1 | 104 | — | — |
| | 27-2-2 | 30 403 | 31.1 | 0.03 | 42 | — | — | 3 735 | 194 | 83.1 | 7.93 | 22 927 | — | — | — | 63.6 | 127 | 8 097 | — | — | 203.0 | 199 | — | — |
| | 27-2-4 | 30 079 | 39.2 | 0.10 | 354 | — | — | 5 314 | 281 | 66.9 | 12.2 | 15 583 | 0.06 | — | — | 93.2 | 169 | 1 237 | — | — | 55.0 | 99 | — | — |
| | 27-2-5 | 31 028 | 34.0 | — | 119 | — | 2.19 | 4 316 | 222 | 73.6 | 10.6 | 19 077 | — | — | — | 114.0 | 173 | 2 739 | — | — | 101.0 | 141 | — | — |
| | 27-2-6 | 29 405 | 42.1 | — | 376 | — | 1.46 | 5 043 | 247 | 65.2 | 5.21 | 15 507 | — | — | — | 97.8 | 164 | 1 289 | — | — | 49.0 | 99 | 0.05 | — |
| | 27-2-7 | 24 994 | 13.8 | 0.26 | 26 | — | — | 2 635 | 140 | 61.2 | 6.88 | 16 598 | — | — | 1.01 | 14.2 | 75 | 14 435 | — | — | 145.4 | 105 | — | — |
| | 27-3(1)-1 | 29 069 | 30.6 | — | 505 | 0.05 | 5.30 | 6 288 | 325 | 79.6 | 5.58 | 14 112 | — | — | — | 110.0 | 264 | 896 | — | — | 54.8 | 89 | — | — |
| | 27-3(1)-3 | 30 143 | 27.1 | 0.81 | 39.8 | — | 6.46 | 3 034 | 137 | 93.2 | 8.12 | 22 402 | — | — | 0.70 | 23.2 | 109 | 9 624 | 0.09 | — | 278.0 | 211 | — | — |
| | 27-3(1)-4 | 29 142 | 34.7 | 0.45 | 306 | — | 2.57 | 4 702 | 213 | 72.0 | 2.06 | 16 778 | — | — | — | 98.6 | 167 | 1 678 | 0.04 | — | 60.8 | 97 | — | — |
| | 27-3(1)-5 | 28 616 | 44.2 | 0.58 | 271 | 0.19 | — | 4 623 | 232 | 71.0 | 10.3 | 16 509 | — | — | — | 92.8 | 168 | 1 602 | — | — | 60.0 | 89 | — | — |
| | 27-3(1)-6 | 29 311 | 26.3 | 0.61 | 40 | 0.04 | — | 3 336 | 145 | 84.5 | 2.89 | 23 039 | — | — | — | 67.3 | 160 | 8 267 | — | — | 251.0 | 212 | 0.04 | — |
| | 27-3(1)-7 | 28 998 | 29.6 | 0.5 | 462 | — | — | 5 829 | 269 | 64.6 | 11.0 | 14 131 | — | — | 0.23 | 122.0 | 192 | 931 | — | — | 60.5 | 125 | — | — |
| | 27-3(1)-9 | 10 547 | 14.6 | 0.64 | 8.4 | 0.11 | 1.77 | 826 | 41.5 | 31.9 | 7.18 | 6 314 | — | — | — | 3.26 | 25 | 6 603 | — | — | 24.7 | 18 | 1.37 | — |
| | 10-1-1 | 28 907 | 41.7 | 0.24 | 607 | — | — | 7 113 | 332 | 72.7 | 9.14 | 13 900 | — | — | 0.14 | 96.8 | 216 | 913 | — | — | 48.6 | 111 | — | — |
| | 10-1-3 | 26 203 | 21.5 | 0.33 | 13 | — | — | 3 176 | 151 | 47.9 | 14.50 | 19 540 | — | — | — | 20.9 | 66 | 8 586 | 1.27 | — | 201.0 | 140 | — | — |
| | 10-1-4 | 29 703 | 38.3 | 0.24 | 398 | — | — | 5 360 | 216 | 71.1 | 11.10 | 15 418 | — | — | — | 118.0 | 227 | 1 233 | — | — | 68.1 | 115 | — | — |
| | 10-1-5 | 5 805 | 12.3 | — | 11 | — | 3.80 | 748 | 41.7 | 125.0 | 11.80 | 11 201 | — | — | — | 9.29 | 137 | 3 497 | — | — | 40.3 | 21 | 0.67 | — |
| | 10-1-6 | 28 206 | 35.3 | 0.27 | 480 | — | — | 5 946 | 290 | 69.0 | 6.69 | 14 043 | 0.40 | — | — | 101.0 | 236 | 890 | 0.22 | — | 52.4 | 90 | — | — |
| | 10-1-7 | 28 077 | 20.1 | — | 27 | 0.07 | — | 3 488 | 147 | 86.2 | 6.91 | 21 950 | — | — | — | 38.6 | 121 | 8 581 | — | — | 201.0 | 177 | — | — |
| | 10-1-8 | 29 255 | 48.1 | — | 491 | — | — | 6 544 | 302 | 63.3 | 9.84 | 13 918 | — | — | — | 84.1 | 163 | 849 | 0.19 | — | 39.3 | 101 | — | — |
| | 10-1-9 | 28 428 | 28.4 | — | 33 | 0.27 | — | 3 646 | 167 | 97.7 | 1.96 | 23 380 | 0.02 | — | — | 52.9 | 164 | 10 054 | — | — | 252.0 | 202 | — | — |

黄玉锂云母花岗岩

续表

| 岩石类型 | 编号 | Li | Be | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Zn | Ga | Ce | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Sn | Cs | Ba | Hf | Ta | W | Pb | U |
|-----------|-----------|--------|------|-------|------|------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|
| 黄玉钨云母花岗岩 | 10-2(2)-1 | 28 726 | 38.0 | 0.45 | 324 | — | — | 4 907 | 233 | 75.4 | 7.27 | 16 246 | — | — | — | 123.0 | 189 | 1 549 | — | — | 77.5 | 113 | — | — |
| | 10-2(2)-2 | 29 961 | 31.9 | 0.65 | 39 | — | 3.11 | 3 985 | 179 | 75.3 | 4.50 | 21 673 | — | — | — | 98.3 | 162 | 5 327 | 0.04 | — | 159.0 | 167 | 0.01 | — |
| | 10-2(2)-3 | 29 298 | 31.8 | — | 21 | — | — | 3 447 | 157 | 72.1 | 1.39 | 22 732 | 7.47 | — | — | 23.0 | 104 | 9 287 | 1.10 | — | 186.0 | 166 | 0.11 | 1.52 |
| | 10-2(2)-4 | 27 977 | 28.1 | 0.13 | 476 | — | 3.09 | 6 139 | 321 | 75.2 | 6.89 | 13 854 | — | — | — | 94.7 | 239 | 1 441 | — | — | 48.6 | 106 | — | — |
| | 10-2(2)-5 | 27 087 | 24.5 | 0.07 | 28 | — | 3.45 | 3 199 | 153 | 64.9 | 4.79 | 19 268 | 0.22 | — | — | 51.0 | 124 | 9 066 | 0.40 | — | 180.0 | 144 | — | — |
| 钨白云母二长花岗岩 | 14b-1-1 | 727 | 8.5 | 0.77 | 182 | 0.10 | 6.99 | 550 | 69 | 52.9 | 5.32 | 1 272 | 0.14 | — | 0.89 | 3.5 | 28 | 69 | — | — | 3.8 | 3 | 2.77 | 1.54 |
| | 14b-1-2 | 16 447 | 30.5 | 0.55 | 288 | — | 4.22 | 11 337 | 805 | 69.8 | 5.80 | 11 996 | 0.11 | 0.02 | 3.44 | 92.2 | 191 | 810 | — | 0.66 | 48.0 | 130 | 0.34 | 3.67 |
| | 14b-1-3 | 573 | 8.64 | 0.52 | 165 | — | — | 941 | 168 | 55.3 | 6.12 | 1 930 | 0.07 | — | 0.57 | 5.5 | 105 | 122 | — | — | 12.2 | 3 | 2.93 | 0.74 |
| | 14b-2-1 | 17 481 | 30.3 | 0.54 | 707 | 0.13 | 0.98 | 15 745 | 1 297 | 52.4 | 7.69 | 11 227 | — | — | 0.01 | 95.2 | 164 | 593 | — | — | 39.6 | 161 | 0.09 | — |
| | 14b-2-2 | 16 138 | 25.7 | 0.72 | 669 | — | 1.81 | 18 840 | 1 883 | 67.2 | 7.10 | 11 527 | 0.01 | — | 0.21 | 85.8 | 211 | 787 | — | — | 35.3 | 112 | 0.05 | — |
| | 14b-2-3 | 5 829 | 22.5 | 0.50 | 492 | 0.16 | — | 4 852 | 476 | 96.6 | 6.28 | 5 744 | 0.43 | — | 4.27 | 25.4 | 106 | 364 | 0.37 | 1.03 | 19.1 | 36 | 1.59 | 3.39 |
| | 19b-1-1 | 26 755 | 22.9 | 1.06 | 38 | — | 6.67 | 5 433 | 972 | 71.9 | 5.67 | 17 176 | — | — | — | 47.4 | 101 | 4 510 | — | — | 99.9 | 111 | 0.73 | — |
| | 19b-1-2 | 27 945 | 33.5 | 0.97 | 46 | — | 2.73 | 5 912 | 1 057 | 76.3 | 8.01 | 20 900 | 0.02 | — | — | 79.4 | 132 | 5 450 | — | — | 123.0 | 161 | — | — |
| | 19b-1-3 | 27 432 | 30.0 | 0.60 | 386 | — | 5.13 | 7 967 | 1 506 | 70.1 | 6.23 | 13 849 | 0.09 | — | 0.08 | 83.0 | 163 | 927 | 1.48 | — | 36.2 | 95 | — | — |
| | 19b-1-4 | 23 391 | 14.3 | 0.18 | 32 | — | 1.70 | 4 580 | 902 | 56.8 | 6.75 | 9 692 | 0.13 | — | 0.21 | 6.3 | 47 | 653 | 0.23 | — | 30.5 | 18 | 0.65 | — |
| | 19b-1-6 | 27 854 | 29.8 | 0.51 | 63 | 0.04 | 4.54 | 6 325 | 1 127 | 79.2 | 6.97 | 18 033 | — | — | — | 98.2 | 162 | 2 881 | — | — | 111.0 | 140 | 0.12 | — |
| | 19b-1-7 | 27 748 | 36.7 | 0.82 | 307 | — | 4.30 | 7 451 | 1 254 | 77.3 | 8.26 | 15 886 | — | — | 0.52 | 2.6 | 64 | 345 | — | — | 64.5 | 107 | 0.05 | — |
| | 19b-1-8 | 8 677 | 13.7 | 0.43 | 35 | — | — | 1 950 | 200 | 77.5 | 6.85 | 5 845 | 0.48 | — | — | 16.1 | 98 | 2 103 | — | — | 22.8 | 10 | 1.12 | — |
| | 19b-1-10 | 22 318 | 15.7 | 0.86 | 46 | — | 13.5 | 5 046 | 893 | 86.4 | 3.94 | 12 083 | — | — | 0.02 | 87.7 | 217 | 839 | — | — | 73.9 | 50 | 0.94 | — |
| | 19b-1-11 | 27 687 | 41.4 | 0.23 | 515 | — | — | 10 406 | 1 897 | 69.1 | 9.01 | 13 571 | 0.35 | — | 0.95 | 57.0 | 132 | 5 971 | — | — | 46.5 | 108 | — | — |
| | 19b-1-12 | 25 270 | 21.2 | 0.23 | 50 | — | — | 5 202 | 893 | 76.8 | 2.74 | 19 719 | 0.35 | — | 0.95 | 57.0 | 132 | 5 971 | — | — | 116.0 | 147 | 0.51 | — |
| | 19b-3-1 | 826 | 14.6 | 0.50 | 59 | — | — | 626 | 183 | 119.0 | 9.33 | 5 163 | — | — | — | 22.6 | 280 | 326 | — | — | 44.3 | 4 | 1.72 | — |
| | 19b-3-2 | 2 420 | 8.31 | 0.30 | 17 | 0.11 | — | 558 | 79 | 52.8 | 1.75 | 2 180 | 0.21 | — | 0.24 | 3.6 | 55 | 132 | 0.65 | — | 10.6 | 2 | 3.40 | — |
| | 19b-3-3 | 27 425 | 37.2 | — | 482 | 0.30 | — | 9 026 | 1 758 | 67.2 | 8.80 | 13 849 | — | — | — | 92.6 | 186 | 921 | — | — | 46.1 | 107 | — | — |
| 19b-3-4 | 2 389 | 10.7 | 0.17 | 29 | 0.03 | — | 635 | 133 | 75.0 | 8.71 | 3 401 | — | — | — | 8.6 | 114 | 219 | — | — | 18.4 | 2 | 1.92 | — | |
| 19b-3-5 | 11 678 | 23.2 | 0.15 | 172 | — | — | 3 245 | 608 | 76.3 | 8.32 | 9 870 | — | — | — | 54.1 | 209 | 1 111 | — | — | 52.4 | 49 | 0.99 | — | |
| 19b-3-6 | 27 710 | 31.9 | — | 336 | 0.19 | — | 7 448 | 1 345 | 65.7 | 7.32 | 14 743 | — | — | — | 107.0 | 181 | 1 166 | — | — | 60.5 | 127 | — | — | |
| 19b-3-7 | 1 355 | 18.5 | 0.13 | 81 | — | — | 669 | 175 | 155.0 | 8.13 | 5 050 | — | — | 0.33 | 16.2 | 219 | 326 | — | — | 31.7 | 3 | 2.38 | — | |
| 19b-3-8 | 6 128 | 26.3 | — | 62 | — | — | 1 723 | 365 | 117.0 | 8.64 | 8 147 | — | — | — | 30.8 | 252 | 1 282 | 0.79 | — | 59.4 | 36 | 1.04 | — | |
| 19b-3-9 | 27 429 | 28.1 | 0.81 | 419 | — | — | 7 629 | 1 396 | 70.3 | 8.87 | 14 170 | — | — | — | 91.4 | 170 | 927 | — | — | 40.6 | 98 | — | — | |
| 19b-3-10 | 791 | 14.1 | — | 58 | — | — | 589 | 147 | 114.0 | 9.56 | 5 171 | — | — | — | 20.3 | 244 | 304 | — | — | 36.6 | 3 | 1.21 | — | |
| 19b-3-11 | 11 886 | 24.0 | — | 67 | 0.07 | — | 2 842 | 564 | 99.4 | 11.1 | 10 625 | — | — | 1.01 | 52.5 | 210 | 1 158 | — | — | 55.3 | 50 | 1.21 | — | |
| 19b-3-12 | 28 288 | 37.9 | — | 369 | — | 1.03 | 7 667 | 1 439 | 70.2 | 4.19 | 15 960 | — | — | — | 114.0 | 170 | 1 497 | — | — | 79.4 | 105 | 0.06 | — | |
| 35-1(2)-1 | 4 494 | 11.3 | 1.81 | 1 323 | 0.20 | 5.66 | 4 572 | 696 | 157.0 | 4.77 | 5 075 | 0.08 | — | 0.96 | 219.0 | 272 | 178 | — | — | 30.3 | 81 | 0.81 | — | |
| 35-1(2)-2 | 7 011 | 17.5 | 0.92 | 323 | 0.02 | — | 9 889 | 1 160 | 104.0 | 9.31 | 8 040 | — | — | — | 0.30 | 164.0 | 540 | 444 | 0.76 | — | 38.1 | 72 | 0.46 | — |
| 35-1(2)-3 | 15 081 | 15.5 | 1.02 | 394 | 0.26 | — | 12 225 | 1 173 | 70.2 | 9.14 | 10 979 | — | — | — | 118.0 | 332 | 2 068 | 0.50 | — | 148.0 | 171 | 0.49 | — | |
| 35-1(2)-4 | 5 506 | 11.7 | 2.72 | 1 170 | 38.8 | 4.64 | 7 751 | 889 | 152.0 | 4.04 | 4 951 | — | — | 1.12 | 249.0 | 365 | 153 | 2.46 | — | 29.6 | 83 | 0.47 | — | |
| 35-1(2)-5 | 4 583 | 11.2 | 2.65 | 1 319 | 2.61 | — | 6 056 | 749 | 157.0 | 6.24 | 4 895 | — | — | 0.89 | 233.0 | 321 | 134 | 1.05 | — | 29.7 | 94 | 0.82 | — | |
| 35-1(2)-7 | 13 339 | 14.4 | 0.88 | 445 | 0.98 | — | 12 694 | 1 246 | 65.8 | 5.31 | 10 362 | — | — | 0.66 | 138.0 | 381 | 932 | — | — | 83.5 | 133 | 0.83 | — | |

续表

| 岩石类型 | 编号 | Li | Be | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Zn | Ga | Ce | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Sn | Cs | Ba | Hf | Ta | W | Pb | U |
|------|------------|--------|------|------|-------|------|------|--------|-------|-----|------|--------|------|---|------|-------|-----|-------|------|------|-------|-----|------|---|
| | 35-1(2)-8 | 1 601 | 15.2 | 0.75 | 195 | 0.47 | — | 3 265 | 425 | 63 | 12.8 | 6 104 | — | — | — | 59.2 | 281 | 1 134 | 2.66 | — | 63.6 | 33 | 1.27 | — |
| | 35-1(2)-9 | 4 971 | 11.8 | 0.50 | 785 | — | — | 5 714 | 826 | 148 | 3.85 | 5 743 | — | — | 0.80 | 169.0 | 250 | 189 | — | — | 23.7 | 68 | 0.44 | — |
| | 35-1(2)-11 | 14 127 | 11.9 | 0.62 | 440 | 0.52 | — | 13 849 | 1 397 | 69 | 9.34 | 10 534 | — | — | — | 131.0 | 330 | 1 115 | — | — | 94.5 | 140 | 0.20 | — |
| | 35-1(2)-13 | 1 543 | 10.7 | 0.39 | 151 | — | 1.86 | 2 883 | 385 | 63 | 8.26 | 5 987 | — | — | — | 37.2 | 308 | 1 216 | 3.64 | — | 96.9 | 35 | 1.84 | — |
| | 35-2-1 | 3 038 | 13.8 | 0.52 | 650 | 0.03 | — | 3 514 | 770 | 158 | 6.57 | 5 386 | — | — | — | 150.0 | 250 | 154 | — | — | 21.0 | 53 | 0.25 | — |
| | 35-2-3 | 5 217 | 19.7 | 2.46 | 487 | 0.55 | — | 7 566 | 860 | 130 | 7.51 | 6 504 | — | — | 0.44 | 183.0 | 472 | 269 | 0.90 | — | 32.3 | 82 | 0.58 | — |
| | 35-2-5 | 1 808 | 12.8 | 0.66 | 291 | 0.90 | — | 3 210 | 321 | 83 | 9.23 | 4 847 | — | — | — | 30.9 | 194 | 598 | 3.38 | — | 52.4 | 24 | 1.86 | — |
| | 35-2-6 | 3 939 | 18.2 | 0.19 | 733 | — | 1.65 | 5 131 | 909 | 154 | 6.43 | 6 151 | — | — | 1.02 | 156.0 | 297 | 193 | — | 0.64 | 25.1 | 54 | — | — |
| | 35-2-8 | 1 730 | 16.2 | 0.31 | 280 | 0.49 | 139 | 3 216 | 381 | 70 | 8.22 | 5 481 | — | — | — | 33.3 | 288 | 865 | 2.78 | — | 76.4 | 29 | 1.70 | — |
| | 35-2-9 | 3 865 | 8.93 | 1.13 | 888 | 0.98 | — | 6 408 | 764 | 148 | 2.40 | 5 405 | 0.08 | — | 0.87 | 186.0 | 276 | 239 | 0.35 | — | 27.8 | 82 | 1.23 | — |
| | 35-2-10 | 2 515 | 17.2 | 0.05 | 168 | 0.29 | 0.28 | 3 744 | 477 | 61 | 6.56 | 6 485 | — | — | — | 36.5 | 400 | 1 419 | — | — | 124.0 | 52 | 1.81 | — |
| | 35-2-11 | 2 123 | 17.3 | 0.88 | 298 | 0.39 | — | 3 116 | 331 | 100 | 4.88 | 4 764 | — | — | — | 32.2 | 161 | 507 | 2.26 | — | 23.5 | 21 | 0.99 | — |
| 二云母 | 25B-2-2 | 4 749 | 13.0 | 1.36 | 845 | 1.47 | — | 6 791 | 771 | 158 | 8.54 | 6 331 | — | — | 0.40 | 178.0 | 326 | 361 | 0.95 | 0.46 | 35.1 | 85 | 2.75 | — |
| 花岗岩 | 25B-2-4 | 14 191 | 17.9 | 0.39 | 311 | 0.35 | — | 13 589 | 1 307 | 103 | 4.11 | 10 838 | 0.05 | — | — | 66.2 | 295 | 7 846 | 1.70 | — | 205.0 | 155 | 0.13 | — |
| | 25B-2-5 | 1 087 | 21.9 | — | 125 | 0.33 | — | 1 868 | 353 | 57 | 16.0 | 4 013 | 0.21 | — | — | 29.4 | 320 | 618 | 0.96 | — | 9.29 | 24 | 4.87 | — |
| | 25B-2-6 | 4 063 | 9.6 | 1.26 | 1 330 | 1.60 | — | 5 147 | 698 | 158 | 2.44 | 5 030 | — | — | 1.32 | 256.3 | 354 | 204 | — | — | 31.5 | 105 | 0.69 | — |
| | 25B-2-7 | 14 523 | 16.4 | 0.77 | 365 | 0.55 | 1.53 | 1 4491 | 1 163 | 59 | 14.5 | 10 395 | — | — | 0.20 | 136.0 | 295 | 1 137 | 0.19 | — | 105.0 | 151 | 0.29 | — |
| | 25B-2-9 | 2 398 | 13.0 | 1.03 | 334 | 0.47 | — | 3 924 | 443 | 89 | 7.41 | 5 038 | — | — | — | 67.7 | 159 | 621 | 5.61 | — | 144.0 | 53 | 2.29 | — |
| | 25B-2-10 | 1 910 | 11.9 | 1.10 | 240 | 0.40 | — | 3 370 | 496 | 61 | 12.4 | 5 066 | — | — | — | 56.3 | 165 | 715 | 6.07 | — | 58.4 | 22 | 2.89 | — |
| | 25B-2-11 | 5 577 | 11.5 | 2.46 | 672 | 1.26 | — | 8 020 | 926 | 132 | 3.35 | 6 460 | 0.17 | — | 0.30 | 191.1 | 461 | 750 | 1.80 | — | 33.3 | 97 | 0.64 | — |
| | 25B-2-12 | 3 444 | 7.3 | 0.91 | 917 | 0.04 | — | 2 816 | 789 | 159 | 4.71 | 5 082 | — | — | 1.64 | 194.0 | 263 | 149 | 0.07 | — | 24.6 | 73 | 0.92 | — |
| | 25B-2-13 | 6 059 | 15.7 | 1.76 | 914 | 0.25 | 0.23 | 6 838 | 931 | 133 | 2.23 | 5 648 | — | — | 0.89 | 181.0 | 269 | 322 | 1.02 | — | 23.5 | 81 | 1.01 | — |
| | 25B-2-14 | 3 237 | 8.5 | 1.55 | 947 | 0.27 | 0.99 | 3 282 | 559 | 162 | 4.48 | 4 702 | — | — | 1.13 | 202.1 | 243 | 182 | 1.67 | — | 22.3 | 72 | 0.22 | — |
| | 25B-2-15 | 6 524 | 19.4 | 2.33 | 314 | 0.71 | — | 9 461 | 969 | 106 | 4.19 | 7 755 | — | — | 0.04 | 160.2 | 435 | 890 | 1.14 | — | 43.1 | 89 | 0.79 | — |
| | 25B-2-16 | 4 118 | 11.6 | — | 698 | 0.07 | — | 4 738 | 751 | 154 | 4.48 | 5 954 | — | — | 1.21 | 159.3 | 261 | 218 | — | — | 24.1 | 67 | 0.38 | — |
| | 25B-2-17 | 5 272 | 3.3 | 3.69 | 1 225 | 10.1 | 1.24 | 3 586 | 829 | 153 | 0.61 | 5 285 | — | — | 0.88 | 203.0 | 239 | 167 | 1.95 | — | 27.2 | 91 | 0.41 | — |

注:“—”表示低于检出限。

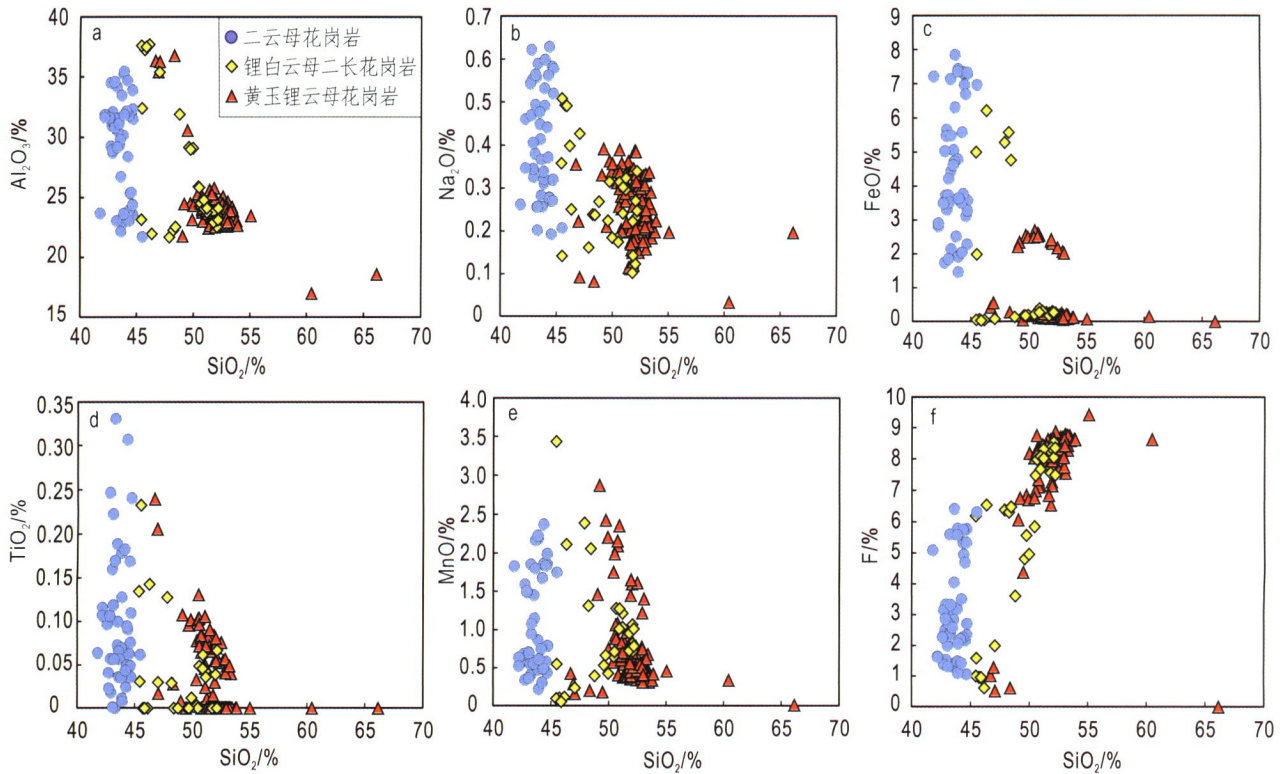


图8 云母主量元素哈克图解

Fig. 8 Harker diagrams for major elements of micas

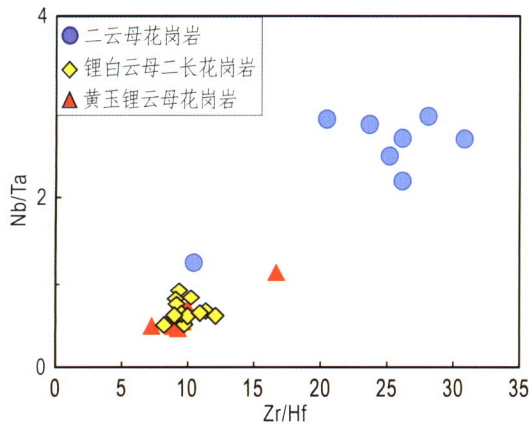


图9 全岩 Zr/Hf 与 Nb/Ta 图解

Fig. 9 Zr/Hf vs. Nb/Ta diagram for different rocks from Yichun

5.2 Ta-Nb 富集机制

Ta-Nb 在岩浆中的富集与岩浆的演化或分异程度密切相关,而岩浆演化程度受多种因素控制,岩浆成分就是其中重要的因素之一。特殊的成分,如 Li, F 和 P 等可以显著改变硅酸盐的结构,这些元素的增加将会破坏硅酸盐的成网离子,导致碱金属离子,如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等成为“变网离子”,从而增加熔体中非桥氧(NBO)的数量(Mysen et al., 1981; Keppler, 1993; London et al., 1993; Linnen, 1998; Horng et al., 1999)。

研究表明,铝硅酸盐熔体中 NBO 的增加将会导致 Nb 和 Ta 等金属阳离子的溶解度增加(Lichterfeld et al., 2010)。宜春 414 矿床雅山岩体从早期岩性到晚期全岩 Li、F 和 P 的含量整体上呈逐渐增加的趋势(图 6),这一现象也被不同岩性云母成分的变化所记录(图 8, 表 2, 表 3)。综合表明,随着岩浆的演化,熔体中的 Li、F、和 P 等解聚元素不断增加,而这些元素的增加进一步降低了岩浆的聚合度以及固相线温度,这对岩浆的进一步分异起到了正反馈的作用,并使不断增加的 Nb 和 Ta 在熔体中得以保留聚集。从早期岩性到晚期岩性中,全岩 Nb 和 Ta 的含量逐步增加(图 6)也进一步证明了上述过程是控制 Ta 和 Nb 在熔体中不断富集,并最终成矿的关键因素。需要注意的是,不同岩性中云母的 Nb 和 Ta 含量变化与全岩中相应元素的变化趋势存在一定差异,从早期岩性到晚期岩性,岩石中云母的 Ta 含量整体上逐步增加,这与全岩一致,但是 Nb 的含量逐步降低,与全岩不同,这可能是由于不同成分熔体中, Nb 和 Ta 在云母中的分配系数不同或者出现了相对富 Nb 的其他矿物导致。

前人认为,流体在 Ta-Nb 的逐步富集过程中也扮演了一定角色(胡受奚等, 1983; 王成发, 1986),

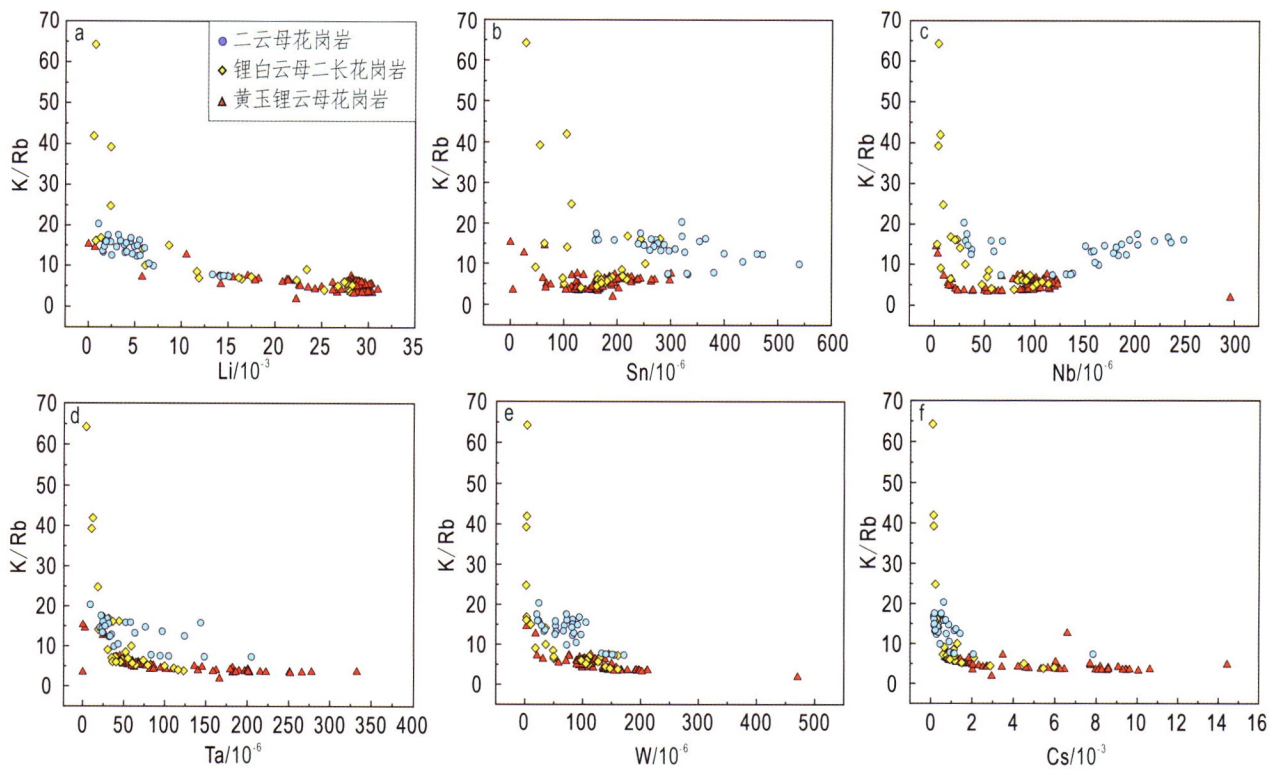


图10 云母微量元素变异图解

Fig. 10 Trace element variation diagrams for mica

全岩的稀土元素四分组效应似乎也指示了熔-流体双重作用(图7)。虽然,宜春414矿床存在岩浆期后流体作用,但是考虑到Nb和Ta均为高场强元素,它们通常强烈富集于熔体中,而在流体中的含量很低(Chevychev et al., 2005),因此推测流体对Nb和Ta的迁移富集作用有限。矿床中Nb-Ta矿物通常呈均匀状态分布于岩体中,而非呈流体成因的脉状、网脉状或者团块状,也证实Nb和Ta主要受岩浆作用控制。此外,虽然矿体中钠长石化非常普遍,部分云母也见交代现象,似乎指示了强烈的流体作用,但是需要注意的是,这些矿物并非Nb和Ta的主要载体,流体对这些矿物的改造,导致Nb和Ta的显著迁移富集的可能性极小。

6 结论

(1)宜春414钽铌矿床中雅山岩体由从早期到晚期的二云母花岗岩、锂白云母二长花岗岩和黄玉锂云母花岗岩组成。全岩主微量、云母EPMA和LA-ICP-MS对比分析显示,黄玉锂云母花岗岩为主要的Ta-Nb矿体,云母是Li的重要载体。

(2)宜春414钽铌矿床中雅山岩体三种岩石中的锂云母EPMA分析显示,从早期到晚期,云母中Li和F含量不断升高,降低了岩浆的聚合度以及固相线温度,促进了Nb和Ta在熔体中得以保留聚

集,是成矿的关键因素。

(3)宜春414钽铌矿床中雅山岩体三种岩石中的锂云母LA-ICP-MS原位微量元素分析显示,由早期到晚期,云母中的Zr/Hf和Nb/Ta比值逐渐降低,指示岩浆分离结晶作用逐渐增强,同时Ta、Nb、Li等成矿元素逐渐富集。

致谢:野外考察和样品采集过程中得到了宜春钽铌矿有限公司李德斌高工的帮助,在此表示诚挚谢意。感谢编辑和审稿人在论文评审过程中提供的宝贵意见和建议。

参考文献

胡受奚,曹晓云,严正富,等,1983. 华南含锂—铌—钽交代蚀变花岗岩中云母的成份演化和分布(以414矿为例)[J]. 桂林冶金地质学院学报(4):1-10.

华仁民,陈培荣,张文兰,等,2005. 论华南地区中生代3次大规模成矿作用[J]. 矿床地质,24(2):99-107.

华仁民,张文兰,陈培荣,等,2013. 初论华南加里东花岗岩与大规模成矿作用的关系[J]. 高校地质学报,19(1):1-11.

蒋少涌,赵葵东,邱检生,等,2006. 华南锡成矿作用类型与成因研究[C]//2006年全国岩石学与地球动力学研讨会论文集:152.

李胜虎,2015. 华南典型花岗岩型稀有金属矿床的成矿机制与找矿模式研究[D]. 北京:中国地质大学(北京).

李献华,1993. 万洋山—诸广山加里东期花岗岩的形成机制——微量元素和稀土元素地球化学证据[J]. 地球化学(1):35-44.

- 林德松, 1993. 414 矿床和栗木矿田的对比特征研究[J]. 矿产与地质, 7(4): 262-266.
- 林德松, 1996. 华南富钽花岗岩矿床[M]. 北京: 地质出版社.
- 龙细友, 陈正钱, 刘志军, 等, 2021. 江西雅山 414 和灵山松树岗钽铌矿成矿特征对比分析研究[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 44(3): 239-248.
- 楼法生, 沈渭洲, 王德滋, 等, 2005. 江西武功山穹隆复式花岗岩的锆石 U-Pb 年代学研究[J]. 地质学报, 79(5): 636-644.
- 马东升, 2008. 华南重要金属矿床的成矿规律——时代爆发性、空间分带性、基底继承性和热隆起成矿[J]. 矿物岩石地球化学通报, 27(3): 209-217.
- 毛景文, 李红艳, 宋学信, 等, 2006. 湖南柿竹园钨锡钼铋多金属矿床地质与地球化学[C]//“十五”重要地质科技成果暨重大找矿成果交流会材料二——“十五”地质行业获奖成果资料汇编: 74-75.
- 舒良树, 2006. 华南前泥盆纪构造演化: 从华夏地块到加里东期造山带[J]. 高校地质学报, 12(4): 418-431.
- 孙涛, 2006. 新编华南花岗岩分布图及其说明[J]. 地质通报, 25(3): 332-335.
- 王成发, 1986. 对 414 矿床成因的讨论[J]. 矿床地质, 5(2): 85-96.
- 吴俊华, 王祥发, 1993. 诸广山北段加里东期花岗岩地球化学特征及其形成的地球动力学过程[J]. 江西地质, 7(4): 273-280.
- 吴鸣谦, 2017. 江西宜春(四一四)和大吉山矿床的矿物学、地球化学及成矿作用研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京).
- 徐喆, 王迪文, 吴正昌, 等, 2018. 江西宜春雅山地区钽铌矿床地质特征及成因探讨[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 41(4): 364-378.
- 许德如, 陈广浩, 夏斌, 等, 2006. 湘东地区板杉铺加里东期埃达克质花岗岩闪长岩的成因及地质意义[J]. 高校地质学报, 12(4): 507-521.
- 杨泽黎, 邱检生, 邢光福, 等, 2014. 江西宜春雅山花岗岩体的成因与演化及其对成矿的制约[J]. 地质学报, 88(5): 850-868.
- 周新民, 2003. 对华南花岗岩研究的若干思考[J]. 高校地质学报, 9(4): 556-565.
- 左梦璐, 2016. 江西雅山与大吉山两类稀有金属花岗岩成矿差异性研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京).
- Černý P, Chapman R, Teertstra D K, et al., 2003. Rubidium- and cesium-dominant micas in granitic pegmatites[J]. American Mineralogist, 88(11/12): 1832-1835.
- Che X D, Wang R C, Wu F R, et al., 2019. Episodic Nb-Ta mineralisation in South China: Constraints from in situ LA-ICP-MS columbite-tantalite U-Pb dating [J]. Ore Geology Reviews, 105: 71-85.
- Chevychelov V, Zaraisky G P, Borisovskiy S Y, et al., 2005. Effect of melt composition and temperature on the partitioning of Ta, Nb, Mn, and F between granitic (alkaline) melt and fluorine-bearing aqueous fluid: Fractionation of Ta and Nb and conditions of ore formation in rare-metal granites[J]. Petrology, 13: 305-321.
- Hornig W S, Hess P C, Gan H, 1999. The interactions between M^{5+} cations (Nb^{5+} , Ta^{5+} , or P^{5+}) and anhydrous haplogranite melts [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 63(16): 2419-2428.
- Huang X L, Wang R C, Chen X M, et al., 2002. Vertical variations in the mineralogy of the Yichun topaz-lepidolite granite, Jiangxi province, southern China[J]. The Canadian Mineralogist, 40(4): 1047-1068.
- Jochum K P, Weis U, Stoll B, et al., 2011. Determination of reference values for NIST SRM 610-617 glasses following ISO guidelines [J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 35: 397-429.
- Keppler H, 1993. Influence of fluorine on the enrichment of high field strength trace elements in granitic rocks[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 114(4): 479-488.
- Li J X, Fan W M, Zhang L Y, et al., 2020. Biotite geochemistry deciphers magma evolution of Sn-bearing granite, southern Myanmar[J]. Ore Geology Review, 121: 103565.
- Li J, Huang X L, Fu Q, et al., 2021. Tungsten mineralization during the evolution of a magmatic-hydrothermal system: Mineralogical evidence from the Xihuashan rare-metal granite in South China[J]. Am. Mineral, 106(3/4): 443-460.
- Li J, Huang X, He P L, et al., 2015. In situ analyses of micas in the Yashan granite, South China: Constraints on magmatic and hydrothermal evolutions of W and Ta-Nb bearing granites[J]. Ore Geology Reviews, 65(4): 793-810.
- Li X, Zhang C, Behrens H, et al., 2020. Calculating biotite formula from electron microprobe analysis data using a machine learning method based on principal components regression [J]. Lithos, 356-357: 105371.
- Li Z X, Li X H, Chung S L, et al., 2012. Magmatic switch-on and switch-off along the South China continental margin since the Permian: Transition from an Andean-type to a Western Pacific-type plate boundary[J]. Tectonophysics, 532-535: 271-290.
- Linnen R L, 1998. The solubility of Nb-Ta-Zr-Hf-W in granitic melts with Li and Li + F: constraints for mineralization in rare metal granites and pegmatites[J]. Economic Geology, 93(7): 1013-1025.
- London D, Morgan G B, Babb H A, et al., 1993. Behavior and effects of phosphorus in the system $Na_2O-K_2O-Al_2O_3-SiO_2-P_2O_5-H_2O$ at 200 MPa(H_2O) [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 113(4): 450-465.
- Mao J R, Li Z L, Ye H M, et al., 2014. Mesozoic tectono-magmatic activities in South China: Retrospect and prospect[J]. Science China Earth Sciences, 57(12): 2853-2877.
- Mysen B O, Ryerson F J, Virgo D, 1981. The structural role of phosphorus in silicate melts[J]. American Mineralogist, 66: 106-117.
- Pesquera A, Ruiz J T, Crespo P G, et al., 1999. Chemistry and genetic implications of tourmaline and Li-F-Cs micas from the Valdeflores area (Caceres, Spain) [J]. The American Mineralogist, 84(1/2): 55-69.
- Pollard P J, 2021. The Yichun Ta-Sn-Li deposit, south China: Evidence for extreme chemical fractionation in F-Li-P-Rich magma[J]. Economic Geology, 116(2): 453-469.
- Rudnick R L, Gao S, 2014. Composition of the continental crust[J]. Treatise on Geochemistry, 3: 1-64.
- Lichtervelde M V, Gregoire M, Linnen R L, et al., 2008. Trace element geochemistry by laser ablation ICP-MS of micas associated with Ta mineralization in the Tanco Pegmatite, Manitoba, Canada [J].

- Contributions to Mineralogy and Petrology*, 155(6): 791-806.
- Lichtervelde M V, Holtz F, Hancher J M, 2010. Solubility of manganotantalite, zircon and hafnon in highly fluxed peralkaline to peraluminous pegmatitic melts[J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160(1): 17-32.
- Yin L, Pollard P J, Hu S X, et al., 1995. Geologic and geochemical characteristics of the Yichun Ta-Nb-Li deposit, Jiangxi province, South China[J]. *Economic Geology*, 90(3): 577-585.
- Zhang S B, Zheng Y F, 2013. Formation and evolution of Precambrian continental lithosphere in South China[J]. *Gondwana Research*, 23(4): 1241-1260.
- Zhou X M, Sun T Z, Shen W, et al., 2006. Petrogenesis of Mesozoic granitoids and volcanic rocks in South China: A response to tectonic evolution[J]. *Episodes*, 29(1): 26-33.

Elemental Enrichment Mechanism of the Yichun 414 Ta-Nb Deposit

WAN Tai-an^{1,2}, CHEN Tian-chu^{3,4}, CHEN Jia-jie², LING Ming-xing¹, XIA Fei², XU De-ru²

(1. State Key Laboratory of Nuclear Resources and Environment, East China University of Technology, Nanchang 330013, China; 2. School of Earth Sciences, East China University of Technology, Nanchang 330013, China; 3. State Key Laboratory of Isotope Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The Yichun 414 Ta-Nb deposit is one of the most typical granite type Ta-Nb deposit in south China. The genesis of this deposit is still controversial. In order to further explore the genesis of the deposit, the protolithionite granite, Li-mica granite and topaz-lepidolite granite intruded from early to late in the Yashan complex of the Yichun deposit are taken as the research objects. On the basis of petrographic study, the bulk-rock major trace elements and mica electron probe and LA-ICP-MS chemical analysis are carried out. The results show that the degree of differentiation of rocks becomes higher with the evolution of magma, the contents of F, Li and P in whole rocks and mica gradually increase, and corresponding ore-forming elements such as Ta and Nb gradually accumulate in rocks. Therefore, it is speculated that the enrichment of Ta and Nb in Yichun 414 deposit was mainly controlled by magmatic fractional crystallization. F, Li and P play an important role in the fractionation process, and late fluid action has little influence on Ta and Nb enrichment.

Key Words: mineralization mechanism; in situ trace element analysis; Ta-Nb deposit; Yashan complex; Yichun