

文章编号: 1000-4734(2012)02-0193-07

新疆东准噶尔老鸦泉岩体的锆石 U-Pb 年龄和地球化学组成

韩宇捷^{1,2}, 唐红峰¹, 甘林^{1,2}

(1. 中国科学院地球化学研究所 地球内部物质高温高压实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 老鸦泉岩体是贝勒库都克锡矿带内最大的花岗岩体, 它主要由黑云母钾长花岗岩组成。通过对2件样品的锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素年龄测定, 获得其²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄值分别为 301 ± 2 Ma 和 300 ± 5 Ma, 指示该岩体侵位时代为晚石炭世。岩石地球化学组成表明, 老鸦泉碱长花岗岩具有富硅、富碱, 相对富集 Rb、K、Th、U、Nd、Hf 等元素, 而贫 Ba、Sr、P、Ti 等元素, 具强负 Eu 异常, 总体显示 A 型花岗岩的地球化学特征。锆石 U-Pb 年龄及岩石地球化学特征都表明老鸦泉岩体的形成与晚石炭世北疆强烈的后碰撞岩浆活动有着密切关系。

关键词: 锆石 U-Pb 年龄; 老鸦泉岩体; A 型花岗岩; 东准噶尔; 新疆

中图分类号: P578.94; P588.12; P597 文献标识码: A

作者简介: 韩宇捷, 男, 1984 生, 博士研究生, 地球化学专业. E-mail: 64881523@qq.com

我国锡矿主要集中在云南、广西、广东、湖南、内蒙古、江西 6 个省、区, 以原生锡矿为主, 砂锡矿居次要地位, 多为共生与伴生型锡矿。其中以云南个旧和广西大厂 2 个多金属超大型锡矿区最为著名。国内锡矿大多与 S 型花岗岩有关, 少量与 I 型花岗岩有关, 且多属锡石硫化物型矿床。新疆东准噶尔的贝勒库都克锡矿带是在我国北方地区首次发现具独立锡矿床的锡成矿带。已有的地质调查和研究表明, 该矿带的锡成矿与碱性花岗岩密切相关, 矿床类型属锡石石英型与锡石云英型, 其自西向东发育的花岗岩体有喀拉萨依、老鸦泉-红土井子(简称为老鸦泉)、干梁子、贝勒库都克、巴勒巴朵依、萨北、黄羊山和苏吉泉等。前人对于其中部分岩体的成岩时代和岩浆起源已有较为详细的研究。如苏玉平等^[1]对苏吉泉岩体研究认为, 该岩体的黑云母花岗岩为铝质 A 型花岗岩, 其形成年龄是 304 ± 2 Ma。苏玉平等^[2]对黄羊山岩体进行的年龄及地球化学研究表明, 黄羊山岩体的成岩年龄在 302 ~ 310 Ma 之间, 具有典型的

A 型花岗岩特征。唐红峰等^[3]报道了萨北碱性花岗岩体的锆石 U-Pb 年龄(306 ± 3 Ma) 和萨惹什克锡矿石的 Re-Os 同位素年龄(307 ± 11 Ma), 并认为萨北碱性花岗岩与萨惹什克锡矿石属于同期地质产物, 从而为两者具有密切的成因联系提供了重要的年代学制约。李月臣等^[4]测定的贝勒库都克岩体锆石 U-Pb 年龄为 306 ± 5 Ma, 地球化学显示花岗岩具 A2 型花岗岩的特征。此外, 唐红峰等^{[5],[6]}还报道了卡拉麦里斜长花岗岩锆石 U-Pb 年龄(373 Ma) 和贝勒库都克锡矿带锡成矿的⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄(305 ~ 315 Ma)。然而, 作为贝勒库都克锡矿带出露面积最大且发育干梁子锡矿床的老鸦泉花岗岩体, 其研究程度还很不足, 更重要的是前人采用 K-Ar、Rb-Sr 和单颗粒锆石蒸发等不同同位素方法获得的花岗岩年龄值相差很大^[7,8]。因此, 对老鸦泉花岗岩体开展新的高精度同位素定年及相关的地球化学研究是非常必要的工作。本文报道了我们最近采用激光剥蚀电感耦合等离子体质谱法(LA-ICP-MS) 精确测定老鸦泉岩体的锆石 U-Pb 年龄的结果, 并结合其地球化学特征讨论了该岩体形成的大地构造背景。

1 地质背景

贝勒库都克锡矿带位于卡拉麦里蛇绿岩带北

收稿日期: 2011-10-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号: 40772044; 41172071); 南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室开放基金项目(15-09-08)

侧,出露大面积的花岗岩类岩石,主要类型有花岗闪长岩、二长花岗岩、碱长花岗岩和碱性花岗岩。后两类花岗岩构成了一条沿卡拉麦里深断裂分布的总面积约 1100 km² 的富碱花岗岩带^[7]。区内出露的地层以泥盆系和石炭系的凝灰质粉砂岩和火山碎屑岩为主。

老鸦泉岩体是位于卡拉麦里花岗岩带中西部的一个富碱岩体(图1),西为喀拉萨依岩体,东为贝勒库都克岩体,南侧和北侧分别侵入到泥盆纪和石炭纪地层中。岩体岩性为黑云母花岗岩,具中-粗粒花岗结构、斑状结构,块状构造。主要矿物组成为碱性长石(30%~35%)、斜长石(20%~30%)、石英(30%~35%)、黑云母(5%),次要矿物有角闪石,副矿物有锆石、磷灰石等。碱性长石多为微斜长石,斜长石为钠-更长石,发育聚片双晶。黑云母常包裹锆石等副矿物。

2 样品及其分析方法

首先通过详细的镜下观察,挑选相对新鲜的、具有代表性的样品,经过手工破碎、研磨制成粉末样品用于地球化学组成分析。主量和微量元素分析在中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室完成。其中主量元素分析采用熔片法,在 PW4400 型 X 射线荧光光谱仪上测定,经 GSR1 和 GSR3 标样监控,单个元素的分析精度优于 2%。微量元素采用 HF + HNO₃ 密闭高压溶

样,详细的样品溶解流程见 Qi 和 Gregoire^[9],溶解好的样品溶液在四极杆等离子体质谱仪(Q-ICP-MS,型号为 ELAN DRC-e)上测定,对标样的重复测定表明,微量元素的分析精度优于 5%。

花岗岩的定年采用锆石 U-Pb 法。锆石采用常规法分选,流程是先将花岗岩进行破碎至所需粒级(80~100 目),然后用水淘选剔除比重较轻的矿物,再依次用磁铁、电磁仪分离以去除磁性和电磁性矿物,所剩下的重砂通过二碘甲烷重液再次过滤去除比重较轻的矿物,最后在双目镜下选出所需的锆石。锆石用环氧树脂制靶后,经打磨抛光使锆石内部暴露,然后在显微镜下观察并进行 CL 照相,以确定每个样品分析的锆石颗粒及其位置。

锆石的 U-Pb 年龄分析是在南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室的 LA-ICP-MS 系统上完成的。使用 Agilent 公司生产的 7500a 型等离子质谱仪和 New Wave Research 公司生产的 UP-213 型激光器。分析时激光频率为 5 Hz,能量密度 15~20 J/cm²,激光束斑为 32 μm。采用外标(锆石 GEMOC/GJ-1,其 U-Pb 年龄为 601 Ma)对仪器和激光熔样导致的质量分馏进行校正,数据处理采用 Glitter 软件,普通 Pb 按照 Andersen^[10] 的方法进行校正,锆石的 U-Pb 年龄谱和图 and ²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb 年龄权重平均值采用 Isoplot (ver 3.23)^[11] 程序得到。

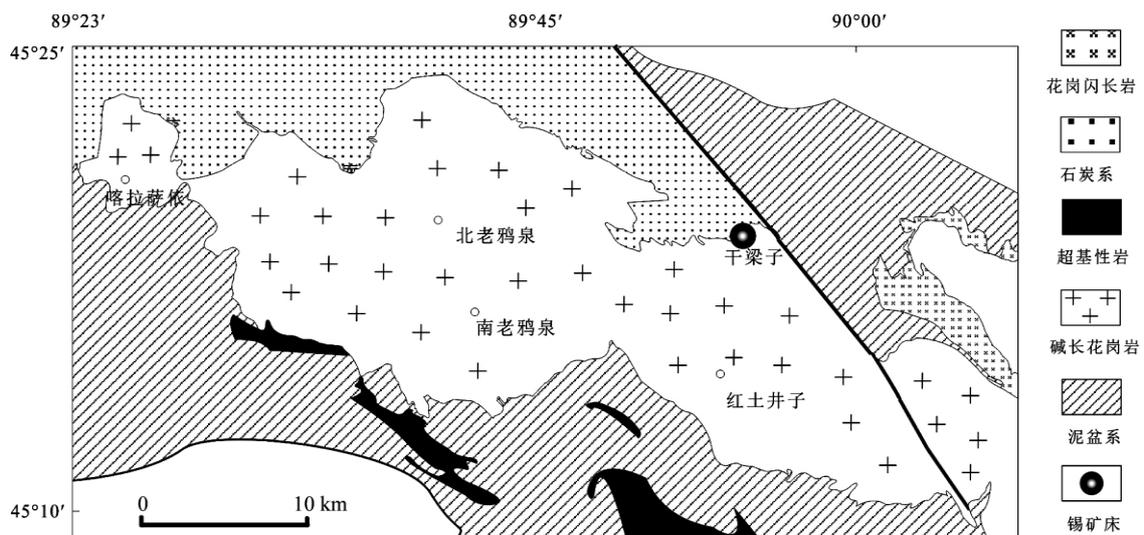


图1 老鸦泉岩体地质略图(据文献[4]简化)

Fig. 1. Geological sketch of the Laoyaquan granitic pluton.

3 分析结果

3.1 地球化学组成

碱长花岗岩的岩石化学分析表明(表 1),老鸭泉岩体的 $w(\text{SiO}_2)$ 变化范围为 75.5% ~ 77.34% $\mu w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 11.76\% \sim 12.95\%$ $\mu w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 7.32\% \sim 9.52\%$, $A/\text{CNK} = 0.9 \sim 1.16$, 基本落于准铝质区域(图 2)。

稀土元素总含量较高($123.76 \times 10^{-6} \sim 215.51 \times 10^{-6}$), 相对富集轻稀土($\text{La}_N/\text{Yb}_N = 2.90 \sim 13.65$)。在稀土配分模式图上为右倾型(图 3), 具有强负 Eu 异常($\delta\text{Eu} = 0.03 \sim 0.16$)。微量元素含量及原始地幔标准化蛛网图(图 4)显示 Rb、K 等大离子亲石元素及 Hf、Th 等高场强元素富

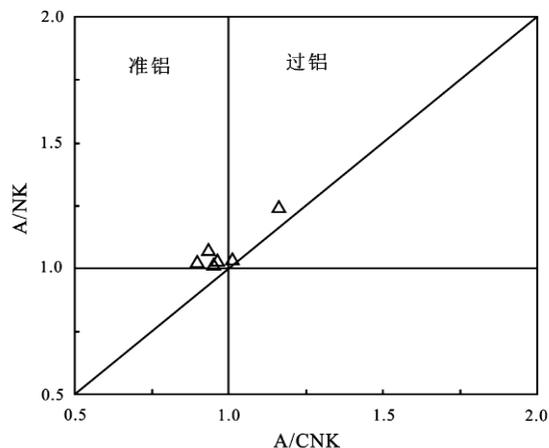


图 2 老鸭泉碱长花岗岩 A/NK-A/CNK 图解
Fig. 2. A/NK vs. A/CNK of Laoyaquan alkali-feldspar granite.

表 1 老鸭泉岩体主量元素和微量元素化学成分
Table 1. Major and trace element composition

| 主量元素($w_B/\%$) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------|------|--|-------------------|------------------|-------------------------------|------|--------|-------|------|------|
| 样品 | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | 烧失量 | 总量 | | | |
| LY1 | 76.97 | 0.10 | 11.76 | 1.14 | 0.02 | 0.08 | 0.90 | 4.35 | 3.97 | 0.01 | 0.50 | 99.80 | | | |
| LY2 | 77.27 | 0.12 | 11.93 | 1.34 | 0.02 | 0.27 | 0.16 | 3.89 | 4.69 | 0.03 | 0.72 | 100.44 | | | |
| LY6 | 75.52 | 0.18 | 12.64 | 1.69 | 0.02 | 0.39 | 0.96 | 4.16 | 4.54 | 0.05 | 0.72 | 100.87 | | | |
| LY7 | 76.33 | 0.08 | 12.95 | 1.17 | 0.01 | 0.05 | 0.51 | 4.25 | 5.27 | 0.03 | 0.51 | 101.16 | | | |
| LY8 | 76.50 | 0.12 | 11.73 | 1.31 | 0.01 | 0.10 | 0.36 | 2.64 | 4.68 | 0.03 | 0.62 | 98.10 | | | |
| LY9 | 77.34 | 0.09 | 12.01 | 1.31 | 0.02 | 0.00 | 0.45 | 4.01 | 4.66 | 0.03 | 0.62 | 100.54 | | | |
| 样品 | A/NK | A/CNK | Na ₂ O + K ₂ O | | 10000Ga/Al | | Na ₂ O + K ₂ O/CaO | | | | | | | | |
| LY1 | 1.03 | 0.9 | 8.32 | | 3.12 | | 9.24 | | | | | | | | |
| LY2 | 1.04 | 1.01 | 8.58 | | 2.56 | | 53.63 | | | | | | | | |
| LY6 | 1.07 | 0.93 | 8.7 | | 3.51 | | 9.06 | | | | | | | | |
| LY7 | 1.02 | 0.95 | 9.52 | | 3.43 | | 18.67 | | | | | | | | |
| LY8 | 1.25 | 1.16 | 7.32 | | 2.62 | | 20.33 | | | | | | | | |
| LY9 | 1.03 | 0.96 | 8.67 | | 3.48 | | 19.27 | | | | | | | | |
| 微量元素($w_B/10^{-6}$) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 样品 | Zn | Ga | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Sn | Cs | Ba | Hf | Ta | Pb | Th | U |
| LY1 | 45.9 | 19.4 | 167 | 54.7 | 36.2 | 124 | 6.10 | 3.83 | 5.03 | 247.0 | 4.90 | 0.95 | 17.0 | 13.9 | 2.35 |
| LY2 | 30.0 | 16.2 | 206 | 38.6 | 44.4 | 123 | 6.64 | 14.10 | 8.03 | 137.0 | 4.35 | 1.27 | 19.5 | 23.5 | 2.04 |
| LY6 | 57.8 | 23.5 | 255 | 49.2 | 78.2 | 183 | 12.10 | 6.46 | 7.77 | 148.0 | 7.09 | 1.06 | 22.3 | 20.6 | 4.39 |
| LY7 | 39.1 | 23.5 | 292 | 22.9 | 93.2 | 145 | 10.10 | 9.78 | 12.90 | 93.6 | 6.70 | 1.44 | 23.6 | 34.3 | 2.90 |
| LY8 | 17.3 | 16.3 | 138 | 34.4 | 18.3 | 106 | 2.69 | 5.30 | 6.30 | 82.4 | 3.76 | 0.43 | 15.8 | 15.6 | 3.43 |
| LY9 | 38.8 | 22.1 | 291 | 13.8 | 99.9 | 148 | 11.60 | 13.30 | 15.90 | 41.9 | 6.36 | 1.63 | 20.8 | 30.1 | 3.60 |
| 样品 | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | |
| LY1 | 38.20 | 82.40 | 9.48 | 32.90 | 6.19 | 0.30 | 5.57 | 0.93 | 5.22 | 1.17 | 3.54 | 0.56 | 3.99 | 0.58 | |
| LY2 | 20.10 | 46.00 | 5.46 | 20.60 | 4.76 | 0.24 | 5.19 | 0.97 | 6.27 | 1.58 | 4.88 | 0.81 | 6.01 | 0.88 | |
| LY6 | 29.50 | 69.80 | 8.71 | 34.00 | 8.59 | 0.25 | 9.10 | 1.72 | 11.40 | 2.64 | 7.75 | 1.19 | 7.94 | 1.12 | |
| LY7 | 31.00 | 74.90 | 9.82 | 40.30 | 11.10 | 0.13 | 11.60 | 2.19 | 13.90 | 3.09 | 9.28 | 1.44 | 9.72 | 1.38 | |
| LY8 | 29.90 | 58.50 | 6.74 | 23.50 | 4.01 | 0.13 | 3.28 | 0.51 | 2.73 | 0.61 | 1.93 | 0.30 | 2.19 | 0.35 | |
| LY9 | 30.70 | 75.00 | 9.85 | 37.20 | 9.98 | 0.10 | 10.49 | 2.10 | 13.40 | 3.21 | 9.78 | 1.57 | 10.60 | 1.53 | |

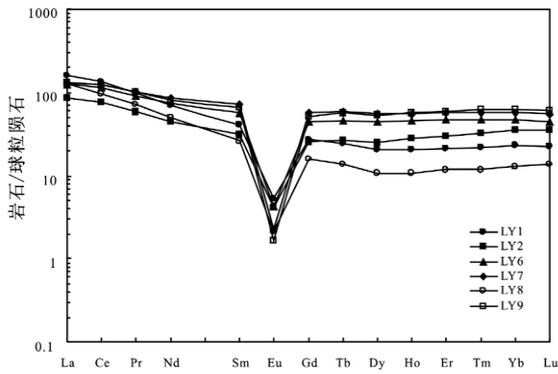


图3 老鸦泉岩体稀土元素球粒陨石标准化曲线 (球粒陨石数据文献[12])

Fig. 3. Chondrite normalized REE patterns.

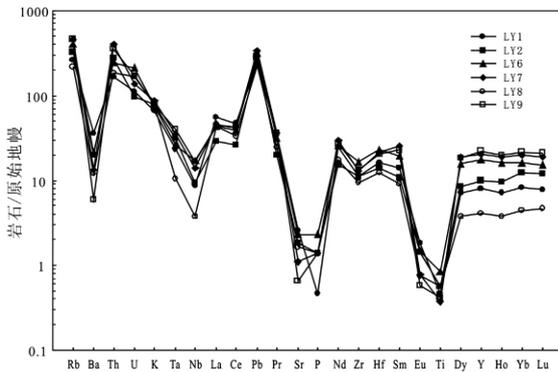


图4 老鸦泉岩体微量元素蛛网图 (原始地幔数据取自文献[12])

Fig. 4. Primitive mantle-normalized trace element spiderdiagrams.

集而亏损 Ba、Sr、Eu、P、Ti 及弱亏损 Nb、Zr, 具 A 型花岗岩的特征。样品 $(Ga/Al) \times 10^4$ 与 Zr、Ce、Nb、Y 图解(图5)上, 样品点基本落于 A 型花岗岩区。

3.2 锆石 U-Pb 年龄

本文对 2 件样品(LY6、LY8)中的锆石进行了

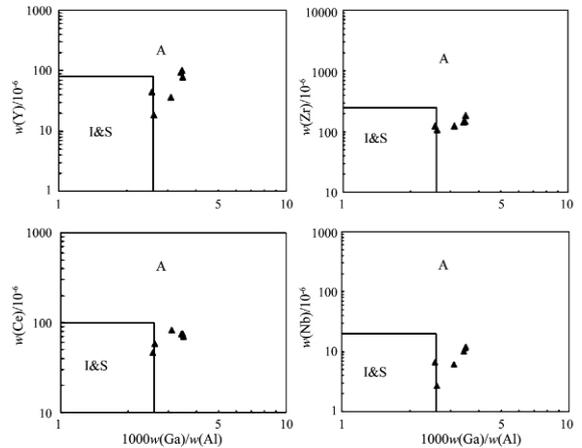


图5 老鸦泉碱长花岗岩 Zr、Y、Nb、Ce-10000 × Ga/Al 关系(据文献[13])

Fig. 5. Relationship among Zr, Nb, Ce and $10^4 \times Ga/Al$ of the Laoyaquan alkali-feldspar granite.

LA-ICP-MS U-Pb 同位素定年, 分析结果列于表 2。所有锆石的 Th/U 均大于 0.1 (表 1), 且在阴极发光图像中均发育典型的岩浆震荡环带(图 6), 表明这些锆石为岩浆成因。其 U-Pb 年龄谐和曲线如图 7 得到锆石 U-Pb 年龄谐和图及 $^{206}Pb/^{238}U$ 权重年龄平均值作为锆石的结晶年龄。图 7 中, 老鸦泉花岗岩样品的数据点大多投在谐和曲线上或其附近。其中样品 LY6 的 19 个锆石分析点的 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄值在 290 ~ 307 Ma 之间, 他们的权重平均值为 301 ± 2 Ma (2σ) (MSWD = 1.03) (图 7) 样品 LY8 的 17 个锆石分析点的 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄值在 287 ~ 318 Ma 之间, 它们的权重平均值为 300 ± 5 Ma (2σ) (MSWD = 5.90) (图 7)。

4 讨论与结论

对于老鸦泉花岗岩体的形成时代, 前人已开展了一定的工作, 分别采用 K-Ar、Rb-Sr 和单颗粒锆石蒸发等不同同位素方法获得一些年龄值。综

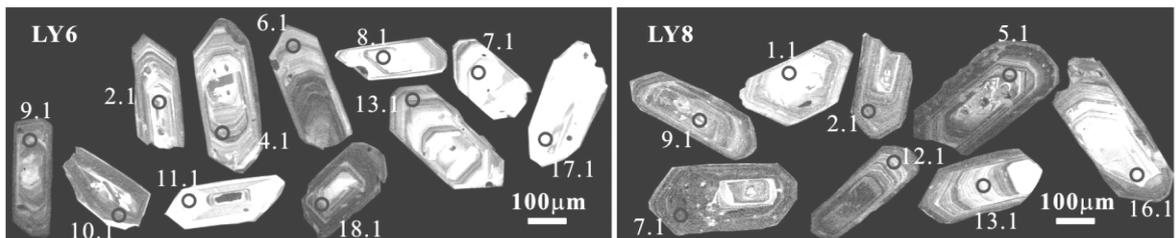


图6 老鸦泉岩体代表性锆石阴极发光图像

Fig. 6. CL images of representative zircons from Laoyaquan pluton.

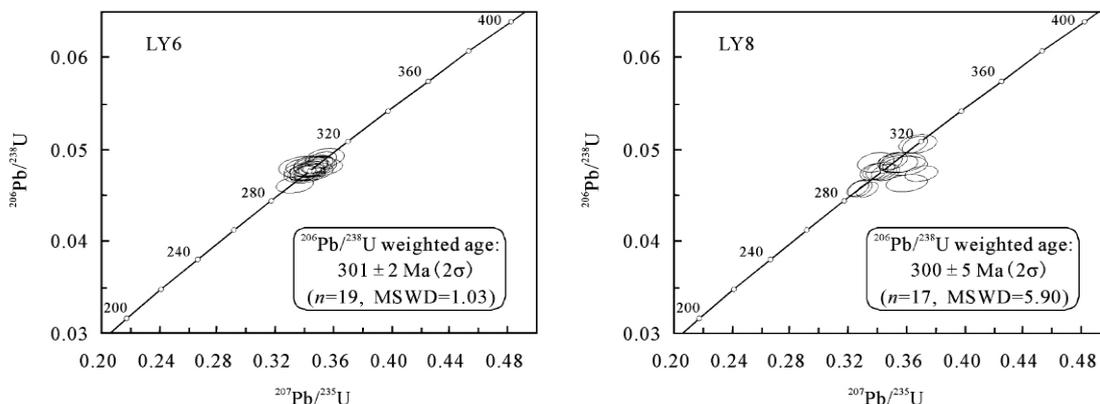


图 7 老鸦泉碱长花岗岩锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 7. U-Pb Concordia plots for the zircon from Laoyaquan pluton.

表 2 老鸦泉碱长花岗岩 U-Pb 年龄分析结果

Table 2. U-Pb dating results for zircon from Laoyaquan pluton

| 分析样品和点号 | 同位素比值 | | | | | | 表观年龄 / Ma | | | |
|----------|----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|
| | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | 1 σ | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | 1 σ | $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ | 1 σ | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | 1 σ | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | 1 σ |
| LY6-1.1 | 0.34738 | 0.00564 | 0.0482 | 0.00057 | 0.00937 | 0.00027 | 303 | 4 | 303 | 4 |
| LY6-2.1 | 0.33963 | 0.00617 | 0.04719 | 0.00058 | 0.00657 | 0.00017 | 297 | 5 | 297 | 4 |
| LY6-3.1 | 0.34252 | 0.00792 | 0.04755 | 0.00060 | 0.01110 | 0.00060 | 299 | 6 | 299 | 4 |
| LY6-4.1 | 0.34439 | 0.00629 | 0.04773 | 0.00059 | 0.00714 | 0.00022 | 300 | 5 | 301 | 4 |
| LY6-5.1 | 0.34068 | 0.00499 | 0.04738 | 0.00056 | 0.00516 | 0.00012 | 298 | 4 | 298 | 3 |
| LY6-6.1 | 0.34698 | 0.00934 | 0.04824 | 0.00074 | 0.00192 | 0.00007 | 302 | 7 | 304 | 5 |
| LY6-7.1 | 0.34064 | 0.01195 | 0.04797 | 0.00078 | 0.00238 | 0.00011 | 298 | 9 | 302 | 5 |
| LY6-8.1 | 0.34773 | 0.00969 | 0.04809 | 0.00069 | 0.00426 | 0.00014 | 303 | 7 | 303 | 4 |
| LY6-9.1 | 0.34302 | 0.00595 | 0.04743 | 0.00060 | 0.00324 | 0.00009 | 299 | 4 | 299 | 4 |
| LY6-10.1 | 0.34835 | 0.00554 | 0.04811 | 0.00057 | 0.00793 | 0.00028 | 303 | 4 | 303 | 4 |
| LY6-11.1 | 0.34073 | 0.00931 | 0.04721 | 0.00063 | 0.00663 | 0.00026 | 298 | 7 | 297 | 4 |
| LY6-12.1 | 0.35463 | 0.00863 | 0.04900 | 0.00070 | 0.00362 | 0.00014 | 308 | 6 | 308 | 4 |
| LY6-13.1 | 0.35278 | 0.00651 | 0.04879 | 0.00060 | 0.00784 | 0.00031 | 307 | 5 | 307 | 4 |
| LY6-14.1 | 0.34703 | 0.01300 | 0.04802 | 0.00072 | 0.01094 | 0.00073 | 302 | 10 | 302 | 4 |
| LY6-15.1 | 0.34901 | 0.00727 | 0.04828 | 0.00063 | 0.00712 | 0.00035 | 304 | 5 | 304 | 4 |
| LY6-16.1 | 0.34206 | 0.00839 | 0.04740 | 0.00065 | 0.00445 | 0.00017 | 299 | 6 | 299 | 4 |
| LY6-17.1 | 0.34324 | 0.01120 | 0.04754 | 0.00069 | 0.00371 | 0.00014 | 300 | 8 | 299 | 4 |
| LY6-18.1 | 0.34644 | 0.00662 | 0.04795 | 0.00061 | 0.00530 | 0.00023 | 302 | 5 | 302 | 4 |
| LY6-19.1 | 0.33375 | 0.00845 | 0.04605 | 0.00062 | 0.00522 | 0.00023 | 292 | 6 | 290 | 4 |
| LY8-1.1 | 0.34306 | 0.00786 | 0.04755 | 0.00061 | 0.01120 | 0.00065 | 299 | 6 | 299 | 4 |
| LY8-2.1 | 0.34690 | 0.00661 | 0.04742 | 0.00059 | 0.01176 | 0.00085 | 302 | 5 | 299 | 4 |
| LY8-3.1 | 0.33458 | 0.00486 | 0.04553 | 0.00055 | 0.00468 | 0.00014 | 293 | 4 | 287 | 3 |
| LY8-4.1 | 0.32798 | 0.00483 | 0.04569 | 0.00055 | 0.00429 | 0.00012 | 288 | 4 | 288 | 3 |
| LY8-5.1 | 0.35792 | 0.01081 | 0.04853 | 0.00070 | 0.01294 | 0.00189 | 311 | 8 | 305 | 4 |
| LY8-6.1 | 0.34346 | 0.00643 | 0.04766 | 0.00062 | 0.00737 | 0.00043 | 300 | 5 | 300 | 4 |
| LY8-7.1 | 0.35045 | 0.00542 | 0.04850 | 0.00064 | 0.00211 | 0.00006 | 305 | 4 | 305 | 4 |
| LY8-8.1 | 0.37144 | 0.00748 | 0.04730 | 0.00058 | 0.01401 | 0.00136 | 321 | 6 | 298 | 4 |
| LY8-9.1 | 0.32926 | 0.00571 | 0.04567 | 0.00060 | 0.00293 | 0.00009 | 289 | 4 | 288 | 4 |
| LY8-10.1 | 0.33995 | 0.00827 | 0.04853 | 0.00068 | 0.00374 | 0.00015 | 297 | 6 | 305 | 4 |
| LY8-11.1 | 0.35983 | 0.01024 | 0.04814 | 0.00068 | 0.01542 | 0.00152 | 312 | 8 | 303 | 4 |
| LY8-12.1 | 0.36698 | 0.00557 | 0.05047 | 0.00062 | 0.00491 | 0.00015 | 317 | 4 | 317 | 4 |
| LY8-13.1 | 0.33878 | 0.00642 | 0.04751 | 0.00059 | 0.00952 | 0.00049 | 296 | 5 | 299 | 4 |
| LY8-14.1 | 0.35191 | 0.00648 | 0.04868 | 0.00061 | 0.00942 | 0.00054 | 306 | 5 | 306 | 4 |
| LY8-15.1 | 0.36930 | 0.00858 | 0.05052 | 0.00067 | 0.01281 | 0.00170 | 319 | 6 | 318 | 4 |
| LY8-16.1 | 0.36120 | 0.00937 | 0.04626 | 0.00064 | 0.00795 | 0.00051 | 313 | 7 | 292 | 4 |
| LY8-17.1 | 0.35608 | 0.00866 | 0.04833 | 0.00065 | 0.01502 | 0.00234 | 309 | 6 | 304 | 4 |

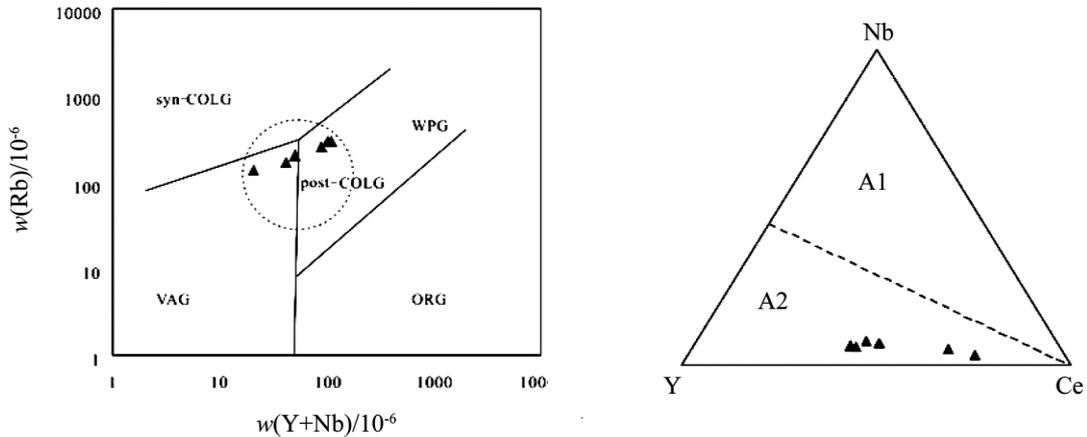


图8 老鸦泉岩体 Rb-Y + Nb 构造判别图(据文献[16, 17])及 Nb-Y-Ce 判别图(据文献[18])

Fig. 8. Rb vs. Y + Nb tectonic (after reference [16, 17]) and Nb-Y-Ce (after reference [18]) discrimination diagram for Laoyaquan pluton.

合已有年龄数据可以看到,其变化范围很大(312.16 ~ 2064.2 Ma)^[7,8]。赵东林等^[8]认为302.15 Ma的Rb-Sr等时线年龄代表了老鸦泉岩体的成岩年龄,单颗粒锆石蒸发法的老年龄值(401.9 Ma、402.4 Ma和2064.2 Ma)是残留锆石年龄。然而,我们对老鸦泉花岗岩体数十颗锆石的图像和激光原位U-Pb同位素年龄测定结果(表2和图7)表明,锆石无论是边缘还是中心,其年龄值在误差范围内是一致的,并没有发现残留锆石。考虑到激光原位技术具有一定的空间分辨能力,每件样品有15个以上数据点的较好代表性,以及锆石强抗蚀变和较高U-Pb同位素体系封闭温度的特性,我们认为本文报道的老鸦泉岩体两件结果非常一致的花岗岩锆石U-Pb同位素年龄值(300 Ma)代表了老鸦泉岩体花岗岩的成岩年龄。该结果与韩宝福等^[14,15]对东准噶尔后碰撞深成岩浆活动的时限相一致。因此,老鸦泉岩体的形成时代为晚石炭世。

岩石地球化学显示样品具有高硅、贫铁、富碱($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 7\%$)、贫钙($\text{CaO} < 1\%$)的特征,微量元素显示Rb、K、Th、U、Nd、Hf等元素富集, Ba、Sr、Eu等元素强烈亏损及弱亏损 Nb,具有A型花岗岩的特征。在($10^4 \times \text{Ga}/\text{Al}$)与Zr、Ce、Nb、

Y图解上,样品基本落于A型花岗岩区域(图5)。A型花岗岩的产出往往能够指示一定的构造意义。在Pearce^[16,17]提出的构造背景判别图上(图8)我们也可以看到,老鸦泉岩体里的富碱花岗岩都属于后碰撞花岗岩的范围。Eby^[18]将A型花岗岩分为A1型和A2型,并认为A2型花岗岩来源于大陆地壳或板下地壳,且与陆陆碰撞或岛弧岩浆作用有关。本区花岗岩均落于A2区域(图8),说明了他们是在后碰撞的拉张环境中侵位的,其形成标志着造山作用的结束和板内构造演化的开始。另大量研究^[19-21]表明新疆北部地区在晚石炭世已进入强烈的“后碰撞”构造演化阶段。本文报道的老鸦泉岩体年龄及地球化学特征进一步说明了老鸦泉岩体及其锡矿也属于该阶段的产物。

综合以上,我们得出结论:

(1) 老鸦泉岩体由碱长花岗岩组成,具有富碱、富硅,贫钙镁,富REE,具强Eu负异常等特征,属于A型花岗岩。

(2) 老鸦泉含锡花岗岩体的成岩年龄为300 Ma,其形成时代属于晚石炭世,是东准噶尔后碰撞岩浆作用的产物。

参 考 文 献:

- [1] 苏玉平,唐红峰,刘丛强,侯广顺,梁丽丽. 新疆东准噶尔苏吉泉铝质A型花岗岩的确立及其初步研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2006, 25(3): 175-184.
- [2] 苏玉平,唐红峰,丛峰. 新疆东准噶尔黄羊山碱性花岗岩体的锆石U-Pb年龄和岩石成因[J]. 矿物学报, 2008, 28(2): 117-126.
- [3] 唐红峰,屈文俊,苏玉平,侯广顺,杜安道,丛峰. 新疆萨惹什克锡矿与萨北碱性A型花岗岩成因关系的年代学制约[J]. 岩石学

- 报, 2007, 23(8): 1989-1997.
- [4] 李月臣, 杨福全, 赵财胜, 张岩, 闫升好, 代军治, 徐林刚. 新疆贝勒库都克岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(10): 2484-2492.
- [5] 唐红峰, 苏玉平, 刘丛强, 侯广顺, 王彦斌. 新疆北部卡拉麦里斜长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(1): 110-117.
- [6] 唐红峰, 苏玉平, 邱华宁, 韩宇捷. 新疆东准噶尔贝勒库都克锡矿带锡成矿的⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄[J]. 岩石学报, 2009, 25(6): 1303-1309.
- [7] 刘家远, 袁奎荣, 吴郭泉, 忻建刚, 刘生. 新疆东准噶尔富碱花岗岩类及其成矿作用[M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1996.
- [8] 赵东林, 杨家喜, 胡能高, 许安东. 新疆东准噶尔老鸦泉含锡花岗岩体同位素年代学特征[J]. 西安工程学院学报, 2000, 22(2): 15-17.
- [9] Qi L, Gregoire D C. Determination of trace elements in twenty six Chinese geochemistry reference materials by inductively coupled plasma-mass spectrometry [J]. *Geostandards Newslett*, 2000, 24: 51-63.
- [10] Andersen T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ²⁰⁴Pb [J]. *Chemical Geology*, 2002, 192, 59-79.
- [11] Ludwig K R. Isoplot/Ex (Rev. 3.0): A geochronological toolkit for microsoft excel [J]. *Berkeley Geochronology Center Special Publication*, 2003, (4): 1-66.
- [12] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. Saunders A D, Norry M J. *Magmatism in the Ocean Basins* [C]. *Geol Soc Spec Publ*, 1989, 42: 313-345.
- [13] Whalen J B, Currie K L, Chappell B W. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1987, 95: 407-419.
- [14] 韩宝福, 何国琦, 王式洗. 后碰撞幔源岩浆活动、底垫作用及准噶尔盆地基底的性质[J]. 中国科学(D辑), 1999, 29(1): 16-21.
- [15] 韩宝福, 季建清, 宋彪, 陈立辉, 张磊. 新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长(1)一后碰撞深成岩浆活动的时限[J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1077-1086.
- [16] Pearce J A, Harris B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. *J Petrology*, 1984, 25: 956-983.
- [17] Pearce J A. Sources and settings of granitic rocks [J]. *Episodes*, 1996, 19(4): 120-125.
- [18] Eby G N. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications [J]. *Geology*, 1992, 20: 641-644.
- [19] 汪帮耀, 姜常义, 李永军, 吴宏恩, 夏昭德, 卢荣辉. 新疆东准噶尔卡拉麦里蛇绿岩的地球化学特征及大地构造意义[J]. 矿物岩石, 2009, 29(3): 74-82.
- [20] 忻建刚, 袁奎荣, 刘家远. 新疆东准噶尔北部碱性花岗岩的特征、成因及构造意义[J]. 大地构造与成矿学, 1995, 19(3): 214-226.
- [21] 李锦轶, 肖序常, 汤耀庆, 赵民, 冯益民, 朱宝清. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区古板块构造研究的新进展[J]. 科学通报, 1988, 10(12): 762-764.

Zircon U-Pb Ages and Geochemical Characteristics of the Laoyaquan A-type Granites in East Junggar, North Xinjiang, China

HAN Yu-jie^{1,2}, TANG Hong-feng¹, GAN lin^{1,2}

(1. Laboratory for High Temperature & High Pressure Study of the Earth's Interior, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Laoyaquan granitic pluton is the largest pluton containing tin deposit in the Beilekuduk tin metallogenic belt. It is mainly composed of biotite alkali-feldspar granites. LA-ICP-MS U-Pb dating for zircons from two samples yielded the ²⁰⁶Pb/²³⁸U ages of 301 ± 2 Ma (2σ, MSWD = 1.03) and 300 ± 5 Ma (2σ, MSWD = 5.90), suggesting that the emplacement of the pluton occurred at the end of Late Carboniferous. The Laoyaquan alkali-feldspar granite is enriched in silica, alkalis, REE, Rb, K, Th, U, Nd, Hf and depleted in Ba, Sr, P, and Ti, with a strong Eu negative anomaly, showing the features of A-type granites. Both the geochemical characteristics and the zircon U-Pb ages indicate that the formation of the pluton is related to the post-collision and the magmatic activity during Late Carboniferous in northern Xinjiang.

Key words: zircon; U-Pb dating; Laoyaquan; A-type granite; East Junggar; Xinjiang