

Zircon U-Pb Geochronology of the Neoproterozoic Granite in the Jinkouhe Area of the Western Sichuan Province and Its Geological Implications

Aiyu Yang^{1,2}

1. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2. Shaanxi Key Laboratory of Petroleum Accumulation Geology, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

Abstract

The E'bian Group in the Jinkouhe Area of the western Sichuan Province is located in the western Yangtze Block, and abundant mafic to felsic magmatic rocks have well developed in this region, which are crucial to unravel the Precambrian tectonic evolution of the western Yangtze Block. In this paper, LA-ICP-MS zircon U-Pb geochronology has been conducted on the Neoproterozoic granite pluton in the Jinkouhe Area. The results show that zircons separated from Sample 20EB09 are characterized by typical oscillatory zoning of magmatic origin. Seventeen concordant data-points have been obtained from the sample, and they yield a weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age of 844 ± 2 Ma ($n=17$, MSWD=0.26). This age is interpreted as the formation age of the granite pluton, largely consistent with the timing of the widespread Neoproterozoic granitic magmatism in the western Yangtze Block. At the same time, the granite intrusion intruded into the low-grade metamorphic sedimentary rocks of the Kuidanqiao Formation of the Ebian Group, and its age also constrained the upper limit of the sedimentary age of the Kuidanqiao Formation, indicating that the formation of the Kuidanqiao Formation of the E'bian Group should have occurred earlier than 844Ma.

Keywords

granite; Neoproterozoic; zircon U-Pb geochronology; western Yangtze block

川西金口河地区新元古代花岗岩锆石 U-Pb 年代学及其地质意义

杨艾玉^{1,2}

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 中国·陕西·西安 710065

2. 西安石油大学陕西省油气成藏地质学重点实验室, 中国·陕西·西安 710065

摘要

川西金口河地区峨边群位于扬子陆块西缘, 发育有一系列基性至酸性岩浆岩, 其研究对认识扬子陆块西缘前寒武纪构造演化具有重要意义。论文对川西金口河地区新元古代花岗岩岩体开展LA-ICP-MS U-Pb定年分析。结果显示, 论文花岗岩样品20EB09中的锆石具有典型的岩浆振荡环带特征, 17个测试点数据的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄谐和度较高, 其加权平均年龄为 844 ± 2 Ma ($n=17$, MSWD=0.26), 代表本次研究中花岗岩岩体的形成时代, 与扬子陆块西缘广泛发育的新元古代花岗质岩浆活动时间基本一致。同时, 该花岗岩岩体侵入峨边群枷担桥组低级变质沉积岩, 其年龄也约束了枷担桥组沉积时代的上限, 表明峨边群枷担桥组的形成应该早于844Ma。

关键词

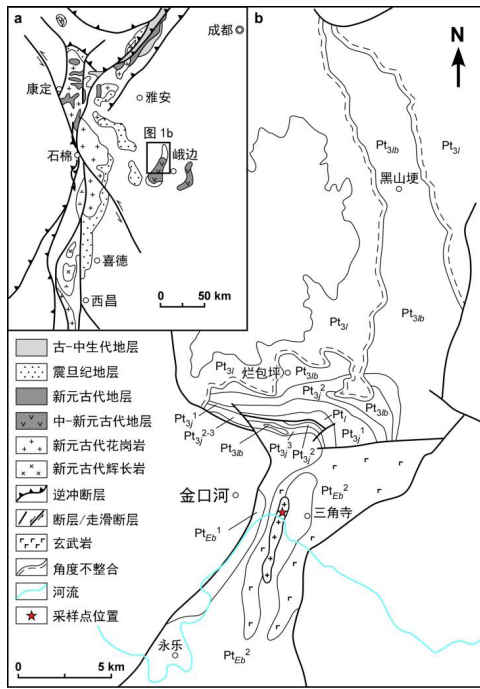
花岗岩; 新元古代; 锆石U-Pb年代学; 扬子陆块西缘

1 引言

扬子陆块西缘广泛出露有一系列中元古代至新元古代地层及岩浆岩, 它们的形成时代与构造环境对理解扬子陆块构造演化具有重要意义^[1,2]。峨边群主要发育于川西峨边—金口河地区(见图1), 一般前人将其与扬子陆块西缘昆阳

群、会理群、登相营群等中元古代地层进行对比^[3-4]。值得注意的是, 峨边群中常见花岗岩的侵位, 然而其形成时代缺乏同位素年代学数据的制约。与此同时, 峨边群的地层时代与归属问题依旧存在着一定的争议。因此, 论文选取川西金口河地区花岗岩岩体为研究对象, 开展LA-ICP-MS锆石U-Pb年代学工作, 并结合前人研究进展为探讨研究区岩浆活动和峨边群的沉积时代提供约束。

【作者简介】杨艾玉(1991-), 女, 在读硕士, 从事沉积大地构造研究。

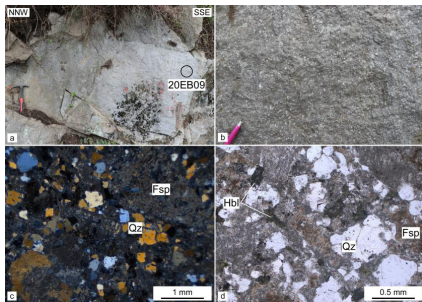


Pt1—冷竹坪组; Pt3j—枷担桥组; Pt3lb—烂包坪组; Pt3l—列古六组; PtEb1—峨边群一段; PtEb2—峨边群二段

图 1 川西金口河地区地质简图 (修改自文献^[3])

2 地质背景与样品信息

扬子陆块西缘传统上被称为“康滇地轴”，其基底岩系主要为中、新元古代地层和岩浆岩^[1,2]。川西峨边—金口河地区峨边群位于扬子陆块西缘北段，主要是一套发生低级变质作用的碎屑沉积岩，夹少量的碳酸盐岩、酸性-基性火山岩与火山碎屑岩^[3,4]。前人一般将峨边群自下而上划分为冷竹坪组、枷担桥组和烂包坪组或峨边群一、二和三段^[3,4]。已有资料显示，研究区峨边群内报道有辉绿岩脉的贯入^[4]，也常见花岗岩岩体和岩脉的发育。论文研究样品(20EB09)采自川西金口河地区三角寺附近的灰白色花岗岩岩体(见图1和图2)，采样点坐标为N 29°18'11.68"、E 103°7'46.14"，该岩体整体呈北东走向产出，并侵入峨边群枷担桥组变质沉积岩。样品20EB09主要矿物为石英、斜长石与钾长石(见图2)，并含有少量的角闪石与黑云母。



(a-b) 样品 20EB09 野外露头及细节;
(c-d) 样品正交偏光和单偏光照片;
Fsp—长石; Qz—石英; Hbl—角闪石

图 2 川西金口河地区新元古代花岗岩照片

3 分析方法与结果

本次研究样品 20EB09 锆石的挑选、制靶、阴极发光 (CL) 拍照及 U-Pb 定年等工作，均在广州拓岩测试技术有限公司完成。其中，锆石 U-Th-Pb 同位素实验测试分析工作利用激光剥蚀—电感耦合等离子质谱仪 (LA-ICP-MS) 完成，具体的实验参数与流程详见文献^[5]。本次实验激光束斑直径与频率分别为 30 μ m 和 8Hz，能量密度为 5J/cm²。本次测试分析分别利用标准锆石 91500 与 Plešovice 开展同位素比值校正与质量监控^[6]，同时采用玻璃标样 NIST 610 对锆石相关微量元素含量进行校正。锆石 U-Pb 年龄谱和图以及年龄计算使用 Isoplot/Ex_ver03 完成^[7]。本次实验 U-Pb 同位素数据详见表 1。

论文样品 20EB09 分选出的锆石颗粒整体以自形的棱柱状、短柱状为主，它们的粒径介于 100~300 μ m。阴极发光 (CL) 图像揭示(见图3)，本次样品中的锆石基本上均具有明亮、清晰的振荡环带，表现出典型岩浆成因锆石的特征。本次研究对样品 20EB09 中的 17 颗锆石进行了 17 个数据点的 LA-ICP-MS U-Pb 同位素测试。这些测试点 U、Th 含量分别为 43.19~512.83ppm 和 59.36~626.30ppm，它们的 Th/U 比值整体较高，其变化范围为 0.35~0.83(见表1)，也指示这些锆石为岩浆成因。同时，这些测试点数据整体谐和度较高(不谐和度 \leq 2.27%，见表1)，它们均位于 U-Pb 谐和线之上(见图4)。论文中的 17 个测试点数据的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄范围为 843.7 \pm 10.6Ma 至 848.7 \pm 11.3Ma，其加权平均年龄为 844 \pm 2Ma (n=17, MSWD=0.26)，表明本次研究中花岗岩岩体的侵位时间约为 844Ma。

表 1 样品 20EB09 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年分析结果

| 点号 | Th ppm | U ppm | Th/U | 同位素比值 | | | | 年龄 (Ma) | | | | 不谐和度 % | | | | |
|----|--------|--------|------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--------------------------------------|----|--------|-------------------------------------|-----|-------------------------------------|-------|
| | | | | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ±σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±σ | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±σ | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ±σ | | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±σ | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±σ |
| 1 | 58.43 | 130.13 | 0.45 | 0.0654 | 0.0017 | 1.2605 | 0.0357 | 0.1398 | 0.0019 | 787 | 57 | 828 | 16 | 844 | 11 | -1.88 |
| 2 | 97.63 | 141.36 | 0.69 | 0.0688 | 0.0019 | 1.3254 | 0.0380 | 0.1396 | 0.0014 | 892 | 57 | 857 | 17 | 842 | 8 | 1.69 |
| 3 | 51.88 | 76.31 | 0.68 | 0.0654 | 0.0022 | 1.2614 | 0.0427 | 0.1397 | 0.0015 | 787 | 70 | 829 | 19 | 843 | 9 | -1.71 |
| 4 | 193.80 | 553.49 | 0.35 | 0.0654 | 0.0011 | 1.2712 | 0.0251 | 0.1403 | 0.0016 | 787 | 42 | 833 | 11 | 846 | 9 | -1.62 |
| 5 | 137.20 | 235.89 | 0.58 | 0.0646 | 0.0016 | 1.2547 | 0.0336 | 0.1399 | 0.0017 | 761 | 51 | 826 | 15 | 844 | 10 | -2.27 |
| 6 | 229.70 | 320.58 | 0.72 | 0.0650 | 0.0014 | 1.2646 | 0.0315 | 0.1404 | 0.0022 | 776 | 47 | 830 | 14 | 847 | 12 | -2.05 |
| 7 | 185.05 | 430.31 | 0.43 | 0.0667 | 0.0013 | 1.2907 | 0.0264 | 0.1398 | 0.0016 | 829 | 44 | 842 | 12 | 844 | 9 | -0.26 |
| 8 | 161.59 | 203.78 | 0.79 | 0.0690 | 0.0015 | 1.3326 | 0.0303 | 0.1403 | 0.0016 | 898 | 44 | 860 | 13 | 846 | 9 | 1.60 |
| 9 | 197.00 | 539.38 | 0.37 | 0.0656 | 0.0012 | 1.2563 | 0.0243 | 0.1390 | 0.0014 | 794 | 38 | 826 | 11 | 839 | 8 | -1.52 |
| 10 | 43.19 | 59.36 | 0.73 | 0.0678 | 0.0027 | 1.2989 | 0.0521 | 0.1402 | 0.0016 | 863 | 83 | 845 | 23 | 846 | 9 | -0.04 |
| 11 | 517.83 | 626.30 | 0.83 | 0.0672 | 0.0012 | 1.2990 | 0.0251 | 0.1401 | 0.0015 | 843 | 36 | 845 | 11 | 845 | 9 | -0.01 |
| 12 | 146.46 | 363.37 | 0.40 | 0.0661 | 0.0013 | 1.2741 | 0.0273 | 0.1399 | 0.0015 | 809 | 43 | 834 | 12 | 844 | 9 | -1.19 |
| 13 | 201.48 | 389.95 | 0.52 | 0.0660 | 0.0014 | 1.2780 | 0.0280 | 0.1400 | 0.0014 | 809 | 43 | 836 | 13 | 845 | 8 | -1.05 |
| 14 | 243.75 | 362.55 | 0.67 | 0.0652 | 0.0014 | 1.2596 | 0.0280 | 0.1399 | 0.0014 | 783 | 44 | 828 | 13 | 844 | 8 | -1.98 |
| 15 | 151.65 | 411.95 | 0.37 | 0.0667 | 0.0012 | 1.2790 | 0.0272 | 0.1392 | 0.0019 | 831 | 44 | 836 | 12 | 840 | 11 | -0.46 |
| 16 | 131.49 | 255.65 | 0.51 | 0.0668 | 0.0014 | 1.2882 | 0.0313 | 0.1396 | 0.0019 | 831 | 43 | 840 | 14 | 843 | 11 | -0.26 |
| 17 | 121.24 | 327.32 | 0.37 | 0.0669 | 0.0013 | 1.2990 | 0.0302 | 0.1407 | 0.0020 | 835 | 39 | 845 | 13 | 849 | 11 | -0.41 |

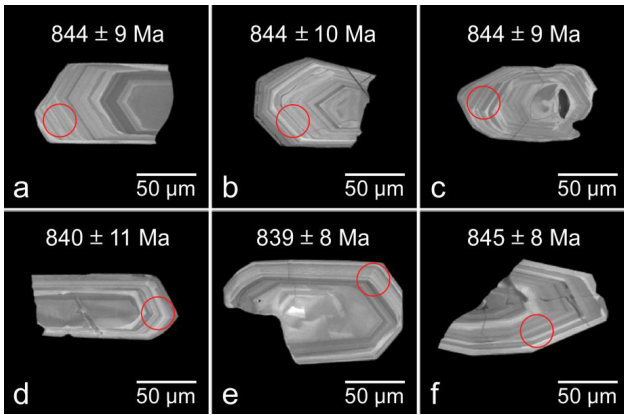


图 3 样品 20EB09 代表性锆石阴极发光 (CL) 照片及其 U-Pb 年龄

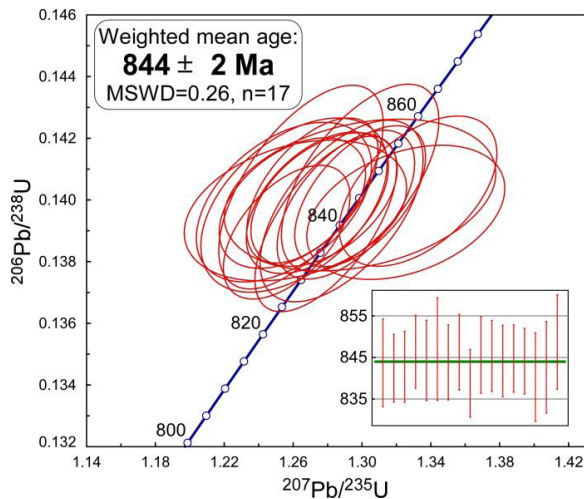


图 4 样品 20EB09 锆石 U-Pb 年龄谐和图

4 讨论

近年来, 扬子陆块西缘前震旦纪地层和岩浆岩的研究取得了一系列重要进展^[8,9], 但是峨边群整体研究程度不高。本次研究对川西金口河地区花岗岩岩体中的岩浆锆石进行 LA-ICP-MS U-Pb 定年分析, 样品 20EB09 中 17 个测试点数据加权平均年龄为 $844 \pm 2\text{Ma}$ ($n=17$, $\text{MSWD}=0.26$), 揭示该花岗岩岩体的形成时代大致为 844Ma 。这个年龄与扬子陆块西缘强烈的新元古代花岗岩岩浆活动的时间基本吻合, 如峨边地区牛郎坝花岗岩时代为 $844 \pm 2\text{Ma}$ ^[10], 表明金口河地区花岗岩也是该期岩浆活动的重要纪录之一。

此外, 峨边群前震旦纪地层的沉积时代问题也尚未解决。川西金口河地区花岗岩岩体明显侵入峨边群枷担桥组, 其年龄可以将枷担桥组沉积时代的上限约束于 844Ma 。前人曾报道研究区内峨边群冷竹坪组顶部玄武岩的时代为 $1018 \pm 9\text{Ma}$ ^[3], 而枷担桥组地层位于冷竹坪组之上, 该年龄也能够大致将枷担桥组的最大沉积时代约束于 1018Ma 。因此, 论文认为川西金口河地区峨边群枷担桥组的形成时代为 $\text{ca.}1018\text{-}840\text{Ma}$ 。

5 结语

川西金口河地区新元古代花岗岩锆石 U-Pb 定年结果为 $844 \pm 2\text{Ma}$, 表明该花岗岩岩体形成时代大致为 844Ma , 这与扬子陆块西缘广泛发育的花岗岩年龄基本一致, 反映它是扬子陆块西缘强烈的新元古代岩浆活动记录之一。同时, 该花岗岩岩体侵入峨边群枷担桥组低级变质沉积岩, 其年龄也约束了枷担桥组沉积时代的上限, 指示峨边群枷担桥组的形成应该早于 844Ma 。

参考文献

- [1] 四川省地质矿产局.四川省区域地质志[M].北京:地质出版社, 1991.
- [2] 耿元生,杨崇辉,王新社,等.扬子地台西缘变质基底演化[M].北京:地质出版社,2008.
- [3] 陈风霖,谢渊,崔晓庄,等.扬子西缘峨边群玄武岩年代学、地球化学特征及构造意义[J].矿物岩石,2018,38(3):76-86.
- [4] 崔晓庄,江新胜,王剑,等.川西峨边地区金口河辉绿岩脉 SHRIMP锆石U-Pb年龄及其对Rodinia裂解的启示[J].地质通报, 2012,31(7):1131-1141.
- [5] Chu G B, Chen H Y, Falloon T J, et al. Early Cretaceous mantle upwelling and melting of juvenile lower crust in the Middle-Lower Yangtze River Metallogenic Belt: Example from Tongshankou Cu-(Mo-W) ore deposit[J]. Gondwana Research, 2020(83):183-200.
- [6] Sláma J, Košler J, Condon D J, et al. Plešovice-a new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic analysis[J]. Chemical Geology, 2008(249):1-35.
- [7] Ludwig K R. User's Manual for Isoplot 3.00, A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Special Publication No.4[M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Centre, 2003.
- [8] Zhao J H, Li Q W, Liu H, et al. Neoproterozoic magmatism in the western and northern margins of the Yangtze Block (South China) controlled by slab subduction and subduction-transform-edge-propagator[J]. Earth Science Reviews, 2018(187):1-18.
- [9] 赖绍聪,朱毓.扬子板块西缘新元古代典型中酸性岩浆事件及其深部动力学机制:研究进展与展望[J].地质力学学报,2020,26(5):759-790.
- [10] 汪正江,王剑,杨平,等.上扬子克拉通内新元古代A型花岗岩的发现及其地质意义[J].沉积与特提斯地质,2011,31(2):1-11.