

# 扬子板块西南缘古元古代双峰式岩浆事件： Columbia 超大陆裂解的序幕？

张宏辉<sup>1,2)</sup>，张耀堂<sup>1,2)</sup>，郑洪福<sup>1)</sup>，李金旺<sup>1)</sup>，袁永盛<sup>1)</sup>，李锁明<sup>1)</sup>，  
王万能<sup>1)</sup>，赵见波<sup>1)</sup>，余杨忠<sup>1,2)</sup>

1) 中国地质调查局昆明自然资源综合调查中心，昆明，650111；

2) 自然资源部自然生态系统碳汇工程技术创新中心，昆明，650111

**关键词：**Columbia 超大陆；双峰式岩浆事件；扬子西南缘；A型花岗岩；辉绿岩

在 Columbia 超大陆的聚合和裂解过程中，扬子板块西南缘扮演着重要角色，前人认为 Columbia 超大陆在古元古代末期—中元古代中期裂解，对于其最初裂解在扬子板块西南缘的响应时间存在~1.85 Ga 及~1.75 Ga 两种认识（Liu Kang et al., 2019; 刘军平等, 2020）。扬子板块西南缘广泛分布的古元古代 1.77~1.65 Ga 板内镁铁质岩浆活动代表着超大陆裂解的高峰，而古元古代双峰式岩浆作用则相对罕见。本次研究在滇中禄丰—易门交界地区发现~1.85 Ga 的 A 型花岗岩质岩与刘军平等（2020）发现的~1.85 Ga 辉绿岩组成了扬子板块西南缘早期的双峰式岩浆事件，为古元古代岩浆事件及 Columbia 超大陆裂解提供了新的约束，同时也为滇中前寒武纪地层层序划分提供了新依据。

## 1 地质概况及岩石学特征

研究区位于扬子板块西南缘的滇中禄丰—易门交界地区，主要出露前寒武纪地质体及角度不整合于其上的滇中侏罗系“红层”，区内最大断层为南北向的绿汁江断裂，控制着前寒武纪地质体的分布，前寒武地质体主要为古元古界东川群的落雪组、鹅头厂组、绿汁江组及相关侵入体。古元古界绿汁江组整合于鹅头厂组之上，主要岩性为暗红色、灰白色厚层—块状白云岩及硅质白云岩，总厚约 960 m，中部发育一层厚约 80 m 碎屑岩，产状为

278°∠72°，碎屑岩底部为厚约 20 m 的薄层砂泥岩，之上为本次研究的花岗质砾岩，花岗质砾岩风化面黄褐色，新鲜面肉红色，具有类似于花岗岩的粒状结构，厚层—块状构造，发育平行层理及槽状交错层理，可见波痕，其主要由钾长石（含量 40%~50%，大小为 4~9 mm）、石英（35%~40%，大小为 2~5 mm）、少量黑云母及填隙物组成，钾长石半自形—它形粒状，石英它形粒状，均匀分布，黑云母片状，蚀变较强，镜下还可见少量锆石、菁青石及金红石等矿物。花岗质砾岩中钾长石及石英保留花岗岩的结构，表明其应为花岗岩体近源风化沉积形成，推测原岩应为钾长花岗岩。本次对发育于绿汁江组的花岗质砾岩进行了 LA ICP-MS 锆石 U-Pb 测年、锆石 Lu-Hf 同位素、锆石微量元素及岩石地球化学分析。

## 2 分析结果

### 2.1 锆石 U-Pb 定年

CL 图像显示花岗质砾岩锆石晶体呈长柱状居多，短柱状次之，粒径长 90~280 μm，以 150~200 μm 居多，宽约 40~100 μm，晶型自形程度好，棱角状为主，部分有残缺，未见磨圆，结构简单，生长环带清晰可见，其 Th/U 值均大于 0.4，均值为 0.89，具有典型的酸性侵入岩锆石形状特征。25 颗锆石的 U-Pb 同位素年龄中最年轻 21 个年龄集约 1850 Ma 左右，21 个锆石的 <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 加权平均值年龄为 1849±9 Ma (MSWD=3.8)，代表花岗质砾岩的原岩

注：本文为中国地质调查局项目（编号：DD20220987、DD20220967）及自然资源综合调查指挥中心科创基金项目（编号：KC20230020）的成果。

收稿日期：2023-12-10；改回日期：2024-02-05；责任编辑：郭现轻。DOI: 10.16509/j.georeview.2024.s1.006

作者简介：张宏辉，男，1989年生，硕士，高级工程师，主要从事区域地质调查研究；Email: 6738472084@qq.com。通讯作者：张耀堂，男，1991年生，硕士，工程师，主要从事区域地质调查研究；Email: 1585413443@qq.com。

——钾长花岗岩的形成时间，为古元古代。其余 4 颗锆石应为岩浆活动中的捕获锆石。

## 2.2 地球化学特征

花岗质砾岩具有高 Si ( $\text{SiO}_2$  含量为 80.53%~84.82%)、低  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、低碱、低  $\text{MgO}$ 、低  $\text{CaO}$  的特征。在 TAS 及 Nb/Y-Zr ( $\text{TiO}_2 \times 10^{-4}$ ) 图解中，样品落于花岗岩或流纹岩中，表明其原岩应为花岗岩类。

样品的稀土元素总量含量较低，轻重稀土元素分馏显著。在球粒陨石比值标准化稀土配分模式图上表现出较为一致的配分模式，均为相同程度的右倾曲线，Eu 具轻微负异常。样品的原始地幔标准化微量元素蛛网图显示较为一致的曲线，具有大离子亲石元素 Ru、Th、Nd、Zr 的相对富集，Ba、Nb、P、Ti、Ta 等高场强元素相对亏损的特征。

锆石稀土元素丰度较高，表现为轻稀土元素强烈亏损、重稀土元素强烈富集的特征，标准化的锆石稀土元素配分曲线具有一致的向左陡倾配分曲线，显示 Ce 正异常及 Eu 负异常。7 个锆石按照对应锆石年龄计算  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  值为 -7.23~ -3.58， $T_{\text{MD1}}$  为 2441~ 2536 Ma， $T_{\text{MD2}}$  为 2764~ 2942 Ma，均值为 2819 Ma。

## 3 讨论

镜下观察花岗质砾岩显示其具有与钾长花岗岩极为相似的花岗质结构，推测为近源的钾长花岗岩体风化搬运沉积而来，考虑到~1.85 Ga 时，氧气含量低于现代含氧量的 0.1%，风化作用并不强烈，样品的 CIA 为 49.97~54.83，均值为 51.74，表明物源区岩石未遭受化学风化，花岗质砾岩较好地保存了其原岩——钾长花岗岩的地球化学特征。同时，在沉积物搬运—沉积—成岩过程中，原岩的稀土元素、一些高场强元素 (Y、Th、Nb、Ta、Zr、Ti 等) 及部分高场强元素 (Rb、Ga、Cs 等) 能够较为完整地保存在沉积物中，这些元素可以作为判断源岩类型和构造背景的重要依据。

在锆石微量元素的  $1000 \times \text{Ce}/\text{P}$ — $1000 \times \text{Nb}/\text{P}$  及  $1000 \times \text{Ce}/\text{P}$ — $1000 \times \text{Ta}/\text{P}$  (Yusuke et al., 2022) 图解中，测试点大部分落于 A 型花岗岩区域中，少部分落于该区域周边，表明其原岩应 A 型花岗岩。

在利用花岗质砾岩稀土元素中进行的 Y/Nb—Yb/Ta 岩石类型判别图解中，样品落于 A2 花岗岩区域内，表明其原岩为 A2 型花岗岩。而 A2 型花岗岩的为非造山花岗岩，其形成环境为板内伸展拉

张环境。在各种构造判别图中 (Yb—Ta、Nb—Y、Y+Nb—Rb 及 Yb+Ta—Rb 图解)，其都落于板内花岗岩 (WPG) 区域中，也表明其形成于伸展环境中。

绿汁江组中部的花岗质砾岩与刘军平等 (2020) 在滇中禄丰—易门交界处发现的类 OIB 高 Ti 型辉绿岩组成了扬子板块西南缘~1.85 Ga 的双峰式岩浆事件，可能代表了 Columbia 超大陆的裂解事件的序幕。同时结合研究区侵入于绿汁江组的古元古代辉绿岩 ( $1738 \pm 12 \text{ Ma}$ )<sup>①</sup>，表明绿汁江组的形成时代为古元古代，为滇中地区前寒武纪地层层序厘定提供了新的时代依据。

## 4 结论

扬子板块西南缘滇中禄丰—易门地区的~1.85 Ga 双峰式岩浆事件可能代表 Columbia 超大陆最初的裂解事件在扬子板块西南缘的响应，也表明滇中东川群绿汁江组形成时代应为古元古代。

### 注 释 / Note

① 中国地质调查局昆明自然资源综合调查中心. 2023. 滇中楚雄地区云龙镇等 4 幅 1/5 万区域地质调查报告, 未刊资料.

### 参 考 文 献 / References

- 刘军平, 李静, 王根厚, 孙柏东, 胡绍斌, 俞赛赢, 王小虎, 宋冬虎. 2020. 扬子板块西南缘基性侵入岩锆石年龄及地球化学特征——Columbia 超级大陆裂解的响应. 地质论评, 66(2): 350~364.
- Liu Kang, Lu Guimei, Wang Zizheng, Huang Sifang, Xue Erkun, Wang Wei. 2019. The Paleoproterozoic bimodal magmatism in the SW Yangtze block: Implications for initial breakup of the Columbia supercontinent. Lithos, (332~333): 23~38.
- Yusuke S, Hisashi A, Shuhe S, Mariko A, Takeshi O. 2022. Zircon trace-element compositions in Miocene granitoids in Japan: Discrimination diagrams for zircons in M-, I-, S-, and A-type granites. Island Arc, 31(1): 1~21.

ZHANG Honghui, ZHANG Yaotang, ZHENG Hongfu, LI Jinwang, YUAN Yongsheng, LI Suoming, WANG Wanneng, ZHAO Jianbo, YU Yangzhong: The Paleoproterozoic bimodal magmatism on the SW Yangtze block: A prelude to the breakup of the Columbia supercontinent?

Keywords: Columbia supercontinent; bimodal magmatism; the SW Yangtze block; A-type granite; diabase