

# 南秦岭沙河湾和曹坪岩体的年代学、地球化学及锆石 Hf 同位素特征

黄倩雯<sup>1,2</sup>, 时毓<sup>1,2,3\*</sup>, 柏治安<sup>1,2</sup>, 刘希军<sup>1,2</sup>, 张治国<sup>1,2</sup>

- (1. 桂林理工大学 广西隐伏金属矿产勘查重点实验室, 广西 桂林 541004;
- 2. 桂林理工大学 广西有色金属隐伏矿床勘查及材料开发协同创新中心, 广西 桂林 541004;
- 3. 南京大学 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 江苏 南京 210093)

南秦岭是秦岭造山带的重要组成部分, 其北为商丹缝合带, 其南为勉略缝合带(张国伟等, 2001; Shi et al., 2013)。古生代至中生代, 南秦岭经历了多次构造岩浆热事件, 特别是在中生代, 形成了巨量的中生代花岗岩体(张成立等, 2008), 这些花岗岩记录了秦岭构造演化的重要信息, 研究这些岩体的地质学、地球化学、年代学特征, 对反演秦岭造山带的构造演化过程具有重要意义。沙河湾和曹坪岩体是南秦岭中生代花岗岩的典型代表, 本次研究共采集岩石样品 6 件(图 1), 对其岩石地球化学、锆石年代学和 Lu-Hf 同位素特征进行研究, 以揭示其构造意义。

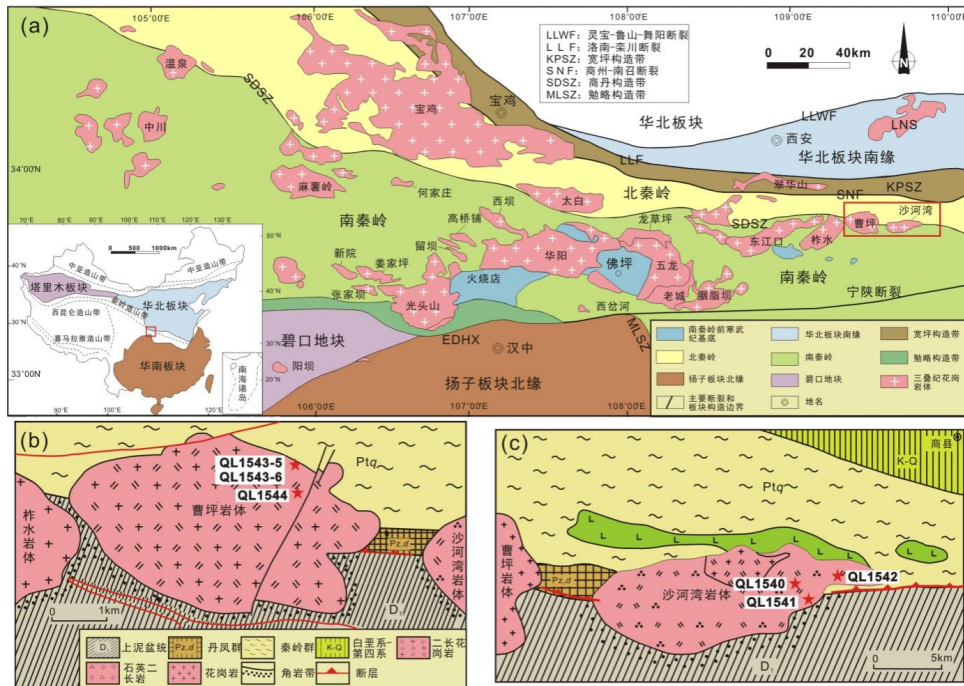


图 1 a.南秦岭晚三叠纪花岗岩分布地质简图; b.曹坪岩体地质简图; c.沙河湾岩体地质简图

沙河湾和曹坪岩体整体呈椭球状, 岩石未发生变形, 与围岩呈明显的侵入接触关系, 沙河湾岩体周围发育明显的接触变质带, 而曹坪岩体的接触变质带混染和蚀变现象不明显, 其内部发育大小不一, 形态各异的暗色闪长质包体。沙河湾岩体采集了三件样品, 均属于石英二长岩。曹坪岩体共采集了三件样品, 其中两件为石英二长闪长岩, 一件为二长花岗岩。样品主要矿物成分为石英、钾长石、斜长石, 次要矿物成分为黑云母和角闪石, 副矿物为磁铁矿、锆石、磷灰石。

**基金项目:** 国家自然科学基金(批准号: 41562005; 41302155); 广西自然科学基金(2016GXNSFAA380001); 广西科学研究与技术开发计划项目(1598025-14); 广西“八桂学者”团队项目(2013, 有色金属成矿理论与勘查技术); 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室(南京大学)开放基金(21-16-04)

**作者简介:** 黄倩雯, 女, 1992 年生, 硕士, 主要从事岩石学研究。

\* 通讯作者, E-mail: shiyu\_61@163.com

在 A/NK-A/CNK 图解中, 样品落入准铝质系列范围, 在  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$  图解中, 沙河湾和曹坪岩体均落入高钾钙碱性系列范围, 在  $\text{K}_2\text{O-Na}_2\text{O}$  图上, 样品基本落入 I 型花岗岩类范围, 个别落入 A 型花岗岩范围, 表明这两个岩体整体属于 I 型花岗岩。在 TAS 岩石分类图解上, 沙河湾岩体和曹坪岩体样品基本落入石英二长岩范围, 个别落入二长岩范围, 结合岩相学特征, 证明沙河湾和曹坪两个岩体以石英二长岩为主, 这与人研究结果基本一致。沙河湾岩体和曹坪岩体的微量元素和稀土元素特征相似。两个岩体的球粒陨石稀土配分图均表现为强烈的轻重稀土分馏, 整体为右倾型, Eu 具弱异常或无异常。在原始地幔蛛网图上, 样品富集大离子亲石元素 (LILE) Rb、Ba、K 等, 亏损高场强元素 (HFSE) Nb、Ta、Sr、P、Ti。

所选锆石呈自形长柱状或短柱状, CL 图像显示锆石发育紧闭的振荡环带, 为岩浆成因锆石。个别锆石呈圆粒状, 核部特征与边部具有一定的差异, 可能为捕获锆石。锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄结果显示, 沙河湾和曹坪岩体的结晶年龄集中在晚三叠世诺利期-瑞替期, 正好处于大别山超高压变质作用 (232~221 Ma) 和南秦岭变质变形、勉略洋盆闭合时间 (242~221 Ma) (李曙光等, 1996) 之后。沙河湾和曹坪岩体的  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  值以正值为主, 部分为负值, 在 Hf 同位素演化图中, 锆石的  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  值均落在亏损地幔线之下。

沙河湾和曹坪岩体具有相似的岩石学、地球化学、锆石 U-Pb 年龄及锆石 Lu-Hf 同位素特征表明这两个岩体可能具有同源性, 且其母岩浆可能源于中元古代地壳物质与晚期新生地幔物质的混合。一般认为下地壳发生部分熔融存在两种机制: 一种是在主造山期, 下地壳在地温梯度和剪切作用产生的热量的影响下增温; 另一种是在主造山期后的伸展应力作用下, 由于拆沉作用, 地幔物质上涌诱发下地壳物质发生部分熔融 (Zhang et al., 2007)。通常在主造山阶段, 强大挤压应力环境下不利于形成岩浆, 而在后碰撞阶段, 挤压应力逐渐松弛, 往往会形成大量的富钾钙碱性岩浆 (张成立等, 2005)。因沙河湾和曹坪岩体未发生变形, 且其内部包含有闪长质包体, 表明它们是在非挤压应力条件下由基性岩浆和酸性岩浆混合形成的。因此, 沙河湾和曹坪岩体形成于后碰撞由挤压应力向伸展作用转变的阶段, 属于后碰撞型花岗岩。

综上所述得出如下结论:

(1) 沙河湾和曹坪岩体属于高钾钙碱性准铝质 I 型花岗岩, 稀土配分模式基本一致, 均表现为轻、重稀土强烈分馏, 富集轻稀土 (LREE) 和大离子亲石元素 (LILE), 亏损重稀土 (HREE) 和高场强元素 (HFSE), Eu 无异常或弱异常, 显示两个岩体的同源性。

(2) 沙河湾岩体和曹坪岩体的锆石均发育紧闭的振荡环带, 为岩浆锆石, 锆石 U-Pb 年龄集中在晚三叠世诺利期-瑞替期。

(3) 沙河湾岩体和曹坪岩体  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  值以正值为主; 其源岩可能为中元古代基性火成岩部分熔融物与亏损地幔物质的混合物。

(4) 沙河湾和曹坪岩体形成于后碰撞构造环境。242~221 Ma 勉略洋闭合之后, 扬子板块向华北板块俯冲, 在秦岭地区发生碰撞, 晚三叠世-早侏罗世为后碰撞阶段, 下地壳的拆沉作用导致地幔物质上涌, 同时上地壳由挤压状态转变为伸展拉张, 在地幔热和减压熔融的影响下, 形成沙河湾和曹坪等早中生代花岗岩。

## 参 考 文 献:

- Shi Y, Yu J H, Santosh M. 2013. Tectonic evolution of the Qinling orogenic belt, Central China: new evidence from geochemical, zircon U-Pb geochronology and Hf isotopes. *Precambrian Research*, 231: 19-60.
- Zhang H F, Xiao L, Zhang L, Yuan H L, Jin L L. 2007. Geochemical and Pb-Sr-Nd isotopic compositions of Indosinian granitoids from the Bikou block, northwest of the Yangtze plate: Constraints on petrogenesis, nature of deep crust and geodynamics. *Science China Earth Sciences*, 50(7): 972.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 肖庆辉. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京: 地质出版社.
- 张成立, 王涛, 王晓霞. 2008. 秦岭造山带早中生代花岗岩成因及其构造环境. *高校地质学报*, 14(3): 304-316.
- 张成立, 张国伟, 晏云翔, 王煜. 2005. 南秦岭勉略带北光头山花岗岩岩体群的成因及其构造意义. *岩石学报*, 23(5): 711-720.
- 李曙光, 张国伟. 1996. 南秦岭勉略构造带黑沟峡变质火山岩的年代学和地球化学——古生代洋盆及其闭合时代的证据. *中国科学: D 辑*, 26(3): 223-230.