

寻找岩浆岩型金矿的“成矿事件指纹”，预测金成矿远景区*

张文慧

(福州大学紫金矿业学院, 福建 福州 350108)

在中国东南部, 中生代较大规模的岩浆活动始于中侏罗世早期。至早白垩世, 火山岩浆活动达到鼎盛, 岩浆活动同时伴随着大规模成矿作用。白垩纪时期, 华南东部的主要矿床类型是与花岗岩有关的浅成低温热液型铜金银矿床和一些斑岩锡矿(毛景文等, 2009)。但是, 由于华南花岗岩—火山岩具幕式多期次产出的特点, 成因类型和形成过程错综复杂(徐夕生, 2008), 加之这一区域地表条件复杂, 因此, 进行大面积找矿勘探的费用非常巨大。迄今为止, 已发现的金矿床普遍规模较小, 与区内广泛分布的中生代陆相火山岩十分巨大的体积极不相称(Qiu et al., 2008)。

前人对于中国岩浆岩型金矿的研究更多的是集中在矿床的成矿年龄、成因类型、成矿机制和具体的矿田构造等方面, 这是矿区详查阶段的重要工作内容。但是, 以上研究方法不能够提供金的准确来源, 不能够确定成金岩浆事件的源区组成及演化信息, 因此, 也就不能够用来推测潜在的远景成矿区。

岩浆岩型金矿在成矿过程中通常要经历强烈的热液蚀变作用, 使矿区岩石的地球化学特征发生改变, 不能完整揭示金矿源区的岩浆特征。而岩浆岩中的锆石由于其较高的封闭温度, 较少受到后期蚀变作用的影响, 其微量元素及同位素组成已经成为探索岩浆来源和成因的指示器。本文将国内外最新的锆石研究成果与中国东南部区域地质演化相结合, 探讨在对现有金矿床成矿物质来源、期次及锆石地球化学特征等进行综合研究的基础上, 建立含矿岩浆事件的综合特征, 即“成矿事件指纹”的思路。从而进一步探讨在中国东南部乃至中国东部快速、高效地寻找金矿远景区方法的可行性。

1 锆石研究在岩浆岩型金矿床成因方面的应用

锆石由于其高的 Th-U 和低普通铅丰度特征, 利用高精度离子探针研究锆石 U-Pb 年龄已经成为目前年代学研究的一个重要手段。然而, 单纯的年代学数据只能提供事件的期次, 不能提供事件岩浆的源区组成及演化特征。

近十年来, 锆石原位激光剥蚀多接收电感耦合等离子体质谱(LAM-MC-ICPMS)分析技术, 结合锆石背散射电子图像(BSE)/阴极发光图像(CL)所获得的锆石原位的地球化学特征, 已在地球演化、区域构造事件、岩浆期次、地壳重熔/地幔物质注入等领域取得了突出进展。在岩浆成因金矿的研究实践中, 已经能够为准确揭示金成矿元素源区提供有力证据。这一方面较为系统的研究是澳大利亚 Macquarie 大学的 GEMOC 国家重点实验室, 他们创立的 TerraneChron® 方法(见 <http://www.gemoc.mq.edu.au/TerraneChron.html>), 就是利用锆石的原位 U-Pb 年龄、Hf 同位素和微量元素数据, 将成矿岩浆事件与地壳重熔和/或幔源物质注入等动力学演化背景联系起来, 追踪产生岩浆和成矿聚集元素的机制, 从而获得有关年龄资料、岩浆组成和源区等成矿的综合信息。在实际研究中, 岩浆中锆石的地球化学信息已经能够为金源区的准确厘定提供线索, 指示含矿与不含矿岩浆在源区及演化过程中经历的不同构造岩浆事件(e.g. Murgulov et al., 2008)。

2 寻找成矿事件指纹—以福建上杭紫金山为例

中国东南部白垩纪花岗岩的形成主要受太平洋板块西向俯冲作用的影响, 这一时期所形成的 I 型花岗岩广泛分布。基性岩浆活动与花岗岩浆的形成可能是一对同时代的具有因果关系的热事件(Yu et al., 2003), 地幔物质的注入在 Au、W、Sn 等含矿岩浆形成过程中起着重要作用(Zhou et al., 2000)。而花岗岩中通常含有丰富的锆石, 这些锆石及其环带能够忠实地记录成矿岩浆形成过程中源区的组分特征, 有效地指示不同岩浆的混合作用(Yang et al., 2007)。在强蚀变体系中, 锆石中的 Lu-Hf 同位素体系将提供较 Rb-Sr and Sm-Nd 同位素体系更有力的壳/幔作用的定量估计。本文将以紫金山金矿床为例, 探讨在已发现金矿床的研究基础上, 寻找金“成矿事件指纹”的可行性。

2.1 紫金山铜金矿形成背景

紫金山金矿床位于中国东南部的福建省上杭县, 是我国大陆发现的首例浅成低温次火山热液型金矿床, 为金金属量 > 75 吨的特大型矿床。中生代时期, 紫金山侵入岩大面积出露, 主要分为燕山早期和燕山晚期, 分别具有 S 型和 I 型花岗岩的基本特征。紫金山地区早白垩世岩浆岩定位于 128~94 Ma 之间, 是区域伸展作用体制下的产物。在火山间歇期(±105 Ma), 花岗闪长斑岩(四坊岩体)侵入, 并大规模地隐伏于该区的深部, 从而导致本区大规模的铜金矿化作用(张德全等, 2001)。因此, 早白垩世岩浆岩可能是一套在扩张环境下与深源机制有关的岩浆岩(陈景河, 1999), 其矿物地球化学特征显示岩浆

*本文由福州大学校启动基金资助

第一作者简介 张文慧, 女, 博士, 主要研究方向为岩石地球化学, Email: whzhang@fzu.edu.cn

在形成过程中有幔源物质的加入(如赵希林等, 2009)。笔者在采集罗卜岭矿区钻孔岩心样品时, 也多处见到辉绿岩, 呈脉状侵入于中细粒花岗闪长岩(四坊岩体)中, 可能代表了燕山晚期的基性岩浆侵入作用。

2.2 研究思路

我们的思路就是利用锆石的原位 U-Pb 年龄、Hf 同位素和微量元素数据, 研究同时期含矿与不含矿岩体岩浆源区以及所反映的大陆岩石圈演化背景的差异, 寻找有利于成矿的构造岩浆事件。同时, 利用同期侵入的基性岩脉的 Nd 同位素(作为基性岩脉中锆石可能缺少的补充)结合锆石 Hf 同位素分析, 鉴定地幔物质的注入对成矿岩浆组分(包括含矿组分)的影响。进而建立以岩浆组成和岩石圈演化历史等信息为依据的岩浆“成矿事件指纹”。

步骤如下: ① 利用锆石 U-Pb 年龄确定紫金山地区晚燕山期含矿(主要为晚燕山期四坊岩体)与不含矿花岗岩体、金矿体和基性岩脉的准确年龄。② 结合基性岩脉与含矿花岗岩的全岩 Nd 同位素及锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素数据, 鉴别地幔和/或初始地壳物质的注入对成矿岩浆组分的影响。③ 对比含矿、不含矿花岗岩的 U-Pb 年龄、Hf 同位素数据和微量元素特征, 寻找两者之间的差异。综合以上资料, 最终获得以成矿时代、源区及岩浆演化特征为依据的紫金山地区晚燕山期金矿床的综合“成矿事件指纹”, 作为在相似地壳演化区域寻找勘探远景靶区的鉴定依据。

3 利用“成矿事件指纹”寻找金成矿远景区及意义

在中国东南部, 复杂的地质条件已形成了许多具不同年龄, 不同构造岩浆演化事件的微小地块, 某些地块可能就是我们要寻找的潜在金矿体。然而, 对所有地块进行详细的锆石原位地球化学研究是不现实的。在掌握了一个或多个金“成矿事件指纹”的前提下, 预测金成矿远景区的一个更为经济、快捷的方式, 就是研究汇水区(河流)中的锆石。通过对河流锆石进行足够数量的锆石原位 U-Pb 年龄、Hf 同位素和微量元素分析, 获得区域系统的地壳演化序列。将之与已有的“成矿事件指纹”进行对比, 即可限定与区域大陆岩石圈演化历史相联系的有利的成矿事件, 从而为预测区域可能的岩浆金成矿远景区提供技术支持。

Xu 等(2007)利用河流锆石的原位 U-Pb 年龄和 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 比值对华夏块体东部和西部地壳演化的研究, 说明河流锆石的原位分析方法在中国东南部确立地壳演化序列的可行性。激光剥蚀技术使得对大量锆石颗粒的原位 U-Pb 年龄和 Hf 同位素组分进行快速分析成为可能。目前, 国内已利用 AM-MC-ICPMS 分析技术实现了锆石 U-Pb 和 Lu-Hf 同位素以及微量元素成分的同时原位测定(谢烈文等, 2008), 为锆石的批量测试提供技术支持。

综上所述, 利用已发现的金成矿区, 建立“成矿事件指纹”, 通过鉴别区域河流锆石中与“成矿事件指纹”的地壳演化事件, 预测金成矿远景区, 可能会成为未来中国东南部乃至中国东部地区快速、高效寻找金矿远景区的一个有力手段, 应用前景必将非常广阔。

参考文献

- 陈景河. 1999. 紫金山铜(金)矿床成矿模式[J]. 黄金, 20 (7): 6-11.
- 毛景文, 谢桂青, 程彦博, 等. 2009. 华南地区中生代主要金属矿床模型[J]. 地质论评, 55(3): 347-354.
- 谢烈文, 张艳斌, 张辉煌, 孙金凤, 吴福元. 2008. 锆石/斜锆石 U-Pb 和 Lu-Hf 同位素以及微量元素成分的同时原位测定[J]. 科学通报, 53 (2): 220-228.
- 徐夕生. 2008. 华南花岗岩-火山岩成因研究的几个问题[J]. 高校地质学报, 11(3): 283-294.
- 张德全, 李大兴, 丰成友, 等. 2001. 紫金山地区中生代岩浆系统的时空结构及其地质意义[J]. 地球学报, 22(5): 403-408.
- 赵希林, 毛建仁, 叶海敏, 等. 2009. 福建上杭地区晚中生代花岗质岩体黑云母的地球化学特征及成因意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 28(2): 162-168.
- Murgulov V, O'Reilly S Y, Griffin W L, et al. 2008. Magma sources and gold mineralisation in the Mount Leyshon and Tuckers Igneous Complexes, Queensland Australia: U-Pb and Hf isotope evidence[J]. Lithos, 101: 281-307.
- Qiu Y Z, Tu G C and Byron R B. 2008. Epithermal gold deposits of China[J]. Geochimica, 37(4): 329-343.
- Xu X S, O'Reilly S Y, Griffin W L, et al. 2007. The crust of Cathaysia: age, assembly and reworking of two terranes[J]. Precambrian Research, 158: 51-78.
- Yang J H, Wu F Y, Wilde S A, et al. 2007. Tracing magma mixing in granite genesis: In situ U-Pb dating and Hf-isotope analysis of zircons[J]. Contrib Mineral Petrol, 2007, 153: 177-190.
- Yu J H, Xu X S, O'Reilly S Y, et al. 2003. Granulite xenoliths from Cenozoic Basalts in SE China provide geochemical fingerprints to distinguish lower crust terranes from the North and South China tectonic blocks[J]. Lithos, 67: 77-102.
- Zhou X M and Li W X. 2000. Origin of late Mesozoic igneous rocks in Southeast China: implications for lithosphere subduction and un-deplating of mafic magmas[J]. Tectonophysics, 326: 269-287.