

# 安徽宣城茶亭铜(金)矿床岩浆岩特征及成岩年龄

江峰, 徐晓春, 王蒙, 黄马, 范子良, 何俊  
合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥, 230009

宣城茶亭铜(金)矿床是近年来在安徽东南部新发现的一个斑岩型矿床, 现阶段正在开展矿床勘探工作, 有望达到中-大型规模。已有的钻探工程揭示该矿床具有斑岩型矿床的地质特征, 揭示了该区具有斑岩型矿床的成矿远景, 这一矿床的发现极大地拓宽了长江中下游及其相邻地区的找矿思路。本文拟对宣城茶亭铜(金)矿床有关岩浆岩进行初步的地质和地球化学研究, 同时开展 LA-ICP MS 锆石 U-Pb 年龄测定, 并对比长江中下游成矿带中的铜陵隆起和宁芜盆地中的岩浆岩地质和地球化学特征及年代学特征, 揭示该区岩浆岩特征及其成矿意义。

## 1 成矿地质背景

宣城茶亭铜(金)矿床位于扬子陆块北缘的长江中下游成矿带中, 处在下扬子台拗长兴-广德凹陷褶皱断束东北缘的行廊山-九连山隆起带上, 亦即宣城(城)-郎(溪)-广(德)盆地的东北缘, 西北紧邻宁(南京)-芜(湖)火山岩盆地。唐永成等(1998)以高坦-周王-南漪湖断裂为界作为大别造山带前陆盆地与江南隆起带的界线, 宣城茶亭铜(金)矿床即位于该断裂带北东段的西侧。

宣城茶亭铜(金)矿区发育以浅海相、滨海相碎屑岩为主的志留纪和泥盆纪地层, 以碳酸盐为主的二叠纪及早三叠世地层, 以及其后的陆相碎屑岩、火山碎屑岩系。区内岩浆岩发育, 主要出露一套陆相喷溢相中酸性岩石, 呈角度不整合覆盖于三叠系中-下统灰岩之上, 岩性为安山岩、安山质凝灰岩、安山质角砾熔岩和火山角砾岩等, 该火山岩在以往地质报告中被定为侏罗系上统中分村组, 但同位素地质年龄一般小于 132 Ma, 应属早白垩世火山作用的产物。区内还发育有浅成-超浅成侵入相中酸性岩石, 主要岩性为花岗闪长斑岩、石英闪长岩、辉石闪长岩、闪长玢岩、煌斑岩等。茶亭铜

(金)矿床的矿体主要赋存于花岗闪长斑岩侵入体中。该侵入体中还侵入有闪长玢岩、煌斑岩等中-基性岩脉, 岩脉中蚀变较弱, 未见矿化。

花岗闪长斑岩呈灰白-肉红色, 斑状结构, 基质细粒-微粒结构, 块状构造。斑晶由斜长石、钾长石、石英等组成, 以斜长石为主。斜长石含量大于 50%, 钾长石 20%左右, 石英约 15%。暗色矿物主要为角闪石, 含量小于 10%, 有少量黑云母。副矿物主要为磷灰石和锆石。斑晶大小差异较大, 一般 2~5 mm, 个别斜长石晶体近 1 cm。矿体附近的岩石蚀变强烈, 主要发育硅化、钾长石化、绢云母化、青盘岩化, 也常发育硬石膏化, 局部发育厚约 1~2 m 的硬石膏层。钾长石化有时呈脉状, 有时呈面状分布, 有时在钾长石化基础上叠加黄铁绢英岩化, 黄铁矿呈浸染状分布于岩石中, 局部青磐岩化。岩石中常见石英和/或碳酸盐与黄铁矿和黄铜矿等金属硫化物矿物组成的微细矿脉。偶见辉钼矿与石英一起沿岩石裂隙充填, 呈细脉或网脉分布, 辉钼矿往往发育于石英脉壁的两侧。花岗闪长斑岩是茶亭铜(金)矿床的主要赋矿岩石, 蚀变和矿化较为强烈。岩体中除广泛发育有细粒浸染状和细脉状黄铁矿化、黄铜矿化以外, 局部还发育有矽卡岩化和磁铁矿化。

闪长玢岩呈灰色, 斑状结构, 块状构造。斑晶主要为斜长石, 大小较为均一, 一般小于 5 mm, 基质为隐晶质。主要组成矿物为斜长石, 其次为石英和角闪石, 后二者含量均较低。副矿物有磷灰石、磁铁矿和榍石。岩石蚀变较为强烈, 主要为硅化、黄铁绢英岩化、碳酸盐化, 次为绿泥石化、钠长石化、高岭石化, 局部有钾长石化, 岩石中见有黄铁矿呈浸染状或裂隙脉状分布, 未见黄铜矿和磁铁矿矿化。

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 41472066 和 41172085)资助的成果。

收稿日期: 2015-09-02; 改回日期: 2015-09-15; 责任编辑: 费红彩。

第一作者简介: 江峰, 男, 1991 年生。硕士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。Email: jiang\_sam@yeah.net。

通讯作者: 徐晓春, 男, 1961 年生。教授, 博士生导师, 长期从事矿物学、岩石学、矿床学方面的研究专业。Email: xuxicoach@sina.com。

## 2 样品测试分析

### 2.1 样品采集与分析方法

本次测试样品均采自茶亭铜(金)矿床 ZK4502 钻孔岩芯。所选样品是与成矿密切相关的花岗闪长斑岩和闪长玢岩,岩石新鲜,个别样品有较弱的蚀变。主量元素、稀土元素测试在澳实分析检测(广州)有限公司完成。锆石单矿物经分离(在河北省廊坊市诚信地质服务有限公司完成)后,挑选代表性颗粒制靶,阴极发光(CL)照相,锆石激光原位 U-Pb 同位素和微量元素分析在合肥工业大学资源与环境工程学院 LA-ICP MS 实验室完成。数据处理采用中国地质大学(武汉)开发的 ICPMS DataCal 9.2 软件完成,选取谐和度>90%的样品点进行数据分析,采用 Isoplot 软件绘制谐和图(Ludwig, 2003)并计算加权平均年龄。

### 2.2 测试结果

宣城茶亭铜(金)矿区侵入岩主量元素测试结果显示:  $\text{SiO}_2$  含量中等,为 48.40%~61.47%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量较高且变化较大,介于 11.10%~16.25%之间,平均含量为 14.82%;  $\text{A/CNK}$  值为 0.23~0.55,平均为 0.31,为偏铝质岩石;全碱含量  $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  在 4.47%~8.30%之间,平均为 6.51%;里特曼指数( $\sigma$ )变化范围 1.61~5.87,多处于 2.14~3.69 之间,为钙碱性-碱性岩;  $\text{TiO}_2$  含量较低,变化范围为 0.37%~0.72%,平均 0.51%;  $\text{MgO}$  含量相对较高,

变化范围为 1.29%~3.71%,平均为 1.81%。 $\text{Mg}^\#$  值变化范围较大,为 0.3~0.86,平均值为 0.54。

宣城茶亭铜(金)矿区花岗闪长斑岩和闪长玢岩的  $\Sigma\text{REE}$ (不含 Y)范围为  $69.73\times 10^{-6} \sim 137.83\times 10^{-6}$ ,平均  $105.80\times 10^{-6}$ ; LREE 范围为  $63.64\times 10^{-6} \sim 128.30\times 10^{-6}$ ,平均  $96.64\times 10^{-6}$ ; HREE 范围为  $6.09 \sim 13.55\times 10^{-6}$ ,平均  $9.16\times 10^{-6}$ ;  $\text{La}_\text{N}/\text{Yb}_\text{N}$  值为 9.74~15.93,平均 12.25。  $\text{La}_\text{N}/\text{Sm}_\text{N}$  值为 2.60~5.01,平均 3.82;  $\delta\text{Eu}$  值为 0.60~1.06,平均为 0.93。总体上,这些侵入岩的 REE 总量变化较大, LREE 相对富集而 HREE 亏损显著,轻重稀土分异明显。在球粒陨石标准化稀土元素分配图中呈右倾型式,多数样品表现出微弱的 Eu 负异常。

宣城茶亭铜(金)矿区岩浆岩锆石 CL 图像显示其均为岩浆锆石,锆石晶型完好,以柱状为主,具有典型的岩浆结晶环带。微量元素测试结果显示锆石的 Th/U 值大于 0.1(0.44~1.70),属于岩浆型锆石(Belousova et al., 2002)。LA-ICP MS 锆石 U-Pb 年龄测定结果分别为:花岗闪长斑岩  $137.8\pm 1.3$  Ma (MSWD=0.74),闪长玢岩  $135.9\pm 1.2$  Ma (MSWD=0.74),均为晚侏罗世—早白垩世岩浆活动产物。同位素地质年龄值的大小顺序与闪长玢岩侵入花岗闪长斑岩的先后关系一致。

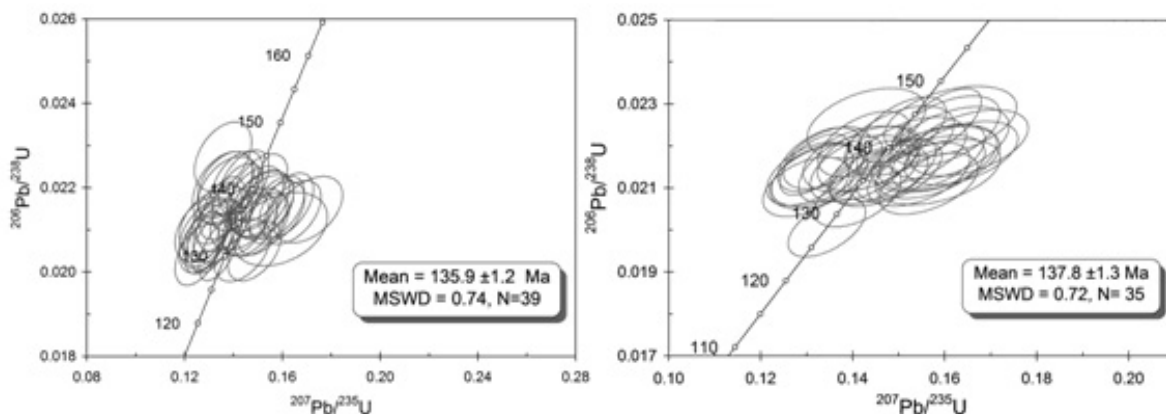


图1 茶亭铜金矿床有关岩浆岩锆石U-Pb年龄  
左—花岗闪长斑岩;右—闪长玢岩

## 3 讨论

宣城茶亭铜(金)矿床有关岩石具有中硅、高铝、高镁、富钾钠、低钛等特征,岩石里特曼指数为

1.61~5.87,为钙碱性-碱性岩。全碱含量高,约为 4.47%~8.30%,全碱含量高说明岩浆起源于伸展的构造背景下。 $\text{Mg}^\#$  值是判断是否存在地幔相互作用

用的一个有用的指标。主量、微量元素数据结果显示, 茶亭铜(金)矿床与成矿有关的岩浆岩地球化学特征和宁芜盆地有关侵入岩地球化学特征相似, 说明茶亭矿区斑岩与宁芜盆地侵入岩亲缘关系密切。可能来自相似的岩浆源区。

不管熔融程度如何, 玄武质下地壳熔融而成的岩浆具有低  $Mg^\# (<0.4)$  特征, 若岩石的  $Mg^\#$  值  $>0.4$ , 则表明有地幔成分的参与(Rapp and Watson, 1995)。茶亭矿区与成矿有关的岩石  $Mg^\#$  值为  $0.3\sim0.86$ , 平均为  $0.54$ 。这暗示着岩石源区有地幔物质的参与。

另外, 岩石富碱、富铝、富集大离子亲石元素和轻稀土元素, 亏损高场强元素 Nb、Ta、Ti, 明显富集 Sr、Ba, 但 Rb 偏低, 同时具有相似的稀土配分模式和微量元素配分模式, 这些特征反映出茶亭矿区侵入岩的原始岩浆来源于岩石圈地幔, 且岩石圈地幔源区可能受到了板片俯冲作用的改造, 也可能反映出岩浆上升过程中经受了地壳混染(谢建成等, 2012)。

地壳混染作用会使得岩浆的  $SiO_2$  增高, 但是茶亭有关岩浆岩的  $SiO_2$  含量并不高 ( $48.4\%\sim61.47\%$ ), 这排除了地壳强烈混染的可能。另外, 由于地壳的物质具有显著的 Eu 负异常(闫峻等, 2005), 但是从稀土元素配分模型上看岩石并没有明显的 Eu 负异常。这也暗示了非地壳物质的强烈混染。

因此, 岩石圈地幔源区很可能受到了板片俯冲作用的改造。闫峻(2005)认为, 有可能与华夏地块在新元古代早期与扬子地块碰撞一拼贴作用有关。通过华夏与扬子板块中间的华南海域的俯冲, 大量陆源沉积物被带入地幔深部, 板片变质作用或部分熔融释放的流体或熔体上升, 交代岩石圈地幔形成富集地幔。富集地幔进一步演化, 到早白垩纪由于岩石圈的伸展减薄, 岩浆上升演化侵位形成茶亭中生代岩浆岩体。岩浆上升侵位过程中是否有部分的地壳物质混染、多大程度的混染有待进一步研究。但根据本文讨论, 即使上升侵位过程中有地壳物质的混染, 其混染程度也不可能很大。

宣城茶亭铜金矿床与成矿有关的岩浆岩地球化学特征与长江中下游成矿带宁芜盆地相似, 是可以进行年龄类比的。周涛发等(2008)认为长江中

下游地区岩浆岩的形成时代分期集中在  $146\sim135$  Ma、 $135\sim126$  Ma、 $126\sim123$  Ma 等三个阶段。研究区岩浆岩年龄测试结果显示, 本区岩浆岩对应的是第一阶段岩浆作用。对比宁芜盆地岩浆岩年龄, 显示茶亭铜金矿床的成岩年龄比宁芜盆地岩浆岩  $135\sim127$  Ma 稍早(王丽娟等, 2014)。因此可认为茶亭铜金矿床有关岩浆岩体是第一阶段的岩浆活动产物。

本次实验测试所选的样品为花岗闪长斑岩和闪长玢岩。通过钻孔的编录工作发现, 矿化发育于花岗闪长斑岩, 而闪长玢岩不含矿。因此可以推断矿床的成矿年龄应介于二者之间, 为  $137.8\pm1.3$  Ma $\sim135.9\pm1.2$  Ma。宁芜盆地玢岩铁矿的成矿年龄为  $130$  Ma 左右(范裕等, 2010), 庐枞盆地内沙溪深部斑岩铜矿内与成矿有关的岩浆岩年龄为  $126.7\sim130.6$  Ma、成矿 Re-Os 年龄为  $130.0\pm1.0$  Ma (王世伟等, 2014)均为长江中下游成矿带第二期岩浆活动的产物。对比可以发现, 茶亭铜金矿床的成矿年龄比沙溪斑岩铜矿的成矿年龄大  $5\sim7$  Ma。显示宁芜盆地和庐枞盆地的成岩成矿是同一期次岩浆活动的产物, 且茶亭铜金矿床的岩浆活动稍早于两火山岩盆地内的岩浆活动。总结整理前人关于长江中下游斑岩型矿床的研究成果发现, 铜陵矿集区舒家店斑岩矿床成岩成矿年龄为  $139.2\pm2.1$  Ma(吕玉琢等, 2011), 冬瓜山深部斑岩型矿床的成矿年龄为  $139.1\pm1.6$  Ma、 $139.4\pm1.6$  Ma (陆三明等, 2007)。对比茶亭斑岩型铜金矿床发现, 宣城茶亭铜金矿床成矿时代稍晚于铜陵矿集区斑岩型矿床, 矿区侵入岩的成矿年龄比铜陵矿集区内发现的斑岩型矿床的成矿年龄小  $2\sim4$  Ma。

王世伟等(2014)提出长江中下游, 提出长江中下游存在两阶段斑岩型铜金矿化。第一阶段斑岩型矿床的成岩成矿年龄主要集中于  $145\sim136$  Ma, 第二阶段斑岩型矿床的成岩成矿年龄主要集中于  $130\sim127$  Ma。综合对比前人对于长江中下游各矿集区的成矿年代学研究表明, 长江中下游断隆区如铜陵矿集区、九瑞矿集区、鄂东南矿集区等发现的斑岩型矿床多为第一阶段  $145\sim136$  Ma 成矿作用的产物, 而对于长江中下游断陷区的宁芜盆地和庐枞盆地中发现的斑岩型矿床, 它们的成矿年龄主要集

中在第二阶段,成矿年龄主要集中在 130~127 Ma 之间。茶亭矿区所在的宣郎广盆地是伸展盆地(徐学思等, 2001),其成矿年龄结果显示其是第一阶段斑岩型矿化的产物。这表现出了其成岩成矿具有独特性。

## 4 结论

对比茶亭矿区与宁芜盆地、庐枞盆地铜陵矿集区内主要岩浆岩的主要地质地球化学特征及成岩成矿年代学获得如下三点认识:

(1) 安徽宣城茶亭铜金多金属矿床有关岩浆岩起源于富集岩石圈地幔,与宁芜盆地一致;

(2) 安徽宣城茶亭铜金多金属矿床有关岩浆岩成岩年龄结果:花岗闪长斑岩:  $137.8 \pm 1.3$  Ma、闪长玢岩:  $135.9 \pm 1.2$  Ma。为中国东部晚侏罗一早白垩世燕山运动岩浆活动的产物,是特提斯构造体制向环太平洋构造体制转换早期的岩石圈伸展构造背景下的产物;

(3) 茶亭铜金矿床的成矿年龄应在  $137.8 \pm 1.3$  Ma~ $135.9 \pm 1.2$  Ma 之间。比宁芜盆地有关玢岩铁矿及庐枞盆地沙溪斑岩型矿床成矿年龄早 5~7 Ma,比铜陵冬瓜山深部、舒家店斑岩型矿床成岩成矿年龄晚 2~4 Ma。

## 参 考 文 献 / References

- 范裕,周涛发,袁峰,张乐骏,钱兵,马良,David R C,等. 2010. 宁芜盆地闪长玢岩的形成时代及对成矿的指示意义. 岩石学报, 26(9): 2715~2728.
- 唐永成,吴言昌,储国正,等. 1998. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质. 北京:地质出版社, 1~351.
- 王丽娟,王汝成,于津海,杨颖鹤,黄建平,张少琴,等. 2014. 宁芜盆地火山-侵入岩的时代地球化学特征及其地质意义. 地质学报, 88(7): 1247~1272.
- 王世伟,周涛发,袁峰,范裕,俞沧海,葛岭虹,石诚,池月余,等. 2014. 安徽沙溪斑岩型铜金矿床成岩序列及成岩成矿年代学研究. 岩石学报, 30(4): 979~994.
- 谢建成,杨晓勇,肖益林,杜建国,孙卫东,等. 2012. 铜陵矿集区中生代侵入岩成因及成矿意义. 地质学报, 86(3): 423~459.
- 徐学思,胡连英,等. 2001. 江苏茅山构造—滑覆反序叠置造山. 中国区域地质, 20(3): 280~285.
- 闫峻,陈江峰,谢智,杨刚,喻钢,钱卉,等. 2005. 长江中下游地区蝌蚪山晚中生代玄武岩的地球化学研究: 岩石圈地幔性质与演化的制约. 地球化学, 34(5): 455~469.
- 周涛发,范裕,袁峰. 2008. 长江中下游成矿带成岩成矿作用研究进展. 岩石学报, 24(8): 1665~1678.
- 周涛发,范裕,袁峰,张乐骏,马良,钱兵,谢杰,等. 2011. 长江中下游成矿带火山岩盆地的成岩成矿作用. 地质学报, 85(5): 712~730.
- Belousova E A, Griffin W L, O'Reilly S Y and Fisher N I. 2002. Igneous zircon: Trace element composition as Mineralogy and Petrology, 143:602~622.
- Ludwig K R. 2003. User's manual for Isoplot 3.00: A Geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronological Center, Special Publication, 4:70.