

舒家店侵入岩地球化学特征及成矿意义*

赖小东¹, 杨晓勇¹, 孙卫东^{1,2}, 曹晓生³

(1 中国科学技术大学地球和空间科学学院 矿产资源研究室, 安徽 合肥 230026; 2 中国科学院广州地球化学研究所, 中科院同位素年代学和地球化学重点实验室, 广东 广州 510640; 3 华东冶金资源勘查局, 安徽 合肥 230026)

长江中下游地区是我国著名的中生代铜铁硫金矿成矿带, 成矿作用与岩浆岩活动密切相关。安徽铜陵地区是我国著名的长江中下游铜—金—铁—硫成矿带内的一个重要的成矿区, 是我国乃至世界矽卡岩成矿模式的一个典型地区, 备受中外地质学家重视。铜陵地区岩浆岩与成矿关系密切, 一直以来是地质学家重点研究的对象(常印佛等, 1991; 翟裕生等, 1992; 唐永成等, 1998)。关于铜陵地区岩浆岩的研究工作开展得很早, 早在上个世纪早期翁文灏、谢家荣等就对本区岩浆岩和成矿特点做过研究。八十年代以来, 取得了众多的研究成果。

郭文魁(1982)提出铜陵地区侵入岩属钙碱系列岩石。毛建仁等(1990)将区内火成岩归并分为“长江系列”, 并认为其成岩物质来源为上地幔。常印佛等(1991)把本区侵入岩命名为扬子式同熔型, 其尚包括两个成岩序列, 第一成岩序列, 为中基性—中性—中酸性—碱性—酸性(—碱性)成岩演变序列, 主要与铜矿有关, 成矿作用主要与早期成岩阶段中出现的钾硅质异常演化有密切成因联系; 第二成岩序列为基性—中基性—中性—中酸性—酸性(—碱性)成岩演变序列, 主要与铁(硫)矿有关, 成矿作用主要与出现在早期成岩阶段的钠硅质异常演化有密切成因联系。

铜陵舒家店岩体是一个辉石闪长岩, 在深部发现了比较集中得斑岩型铜金矿化, 这是在铜陵地区金属成矿的新类型近年来的找矿突破之一, 本文对铜陵地区舒家店岩体的辉石闪长岩体进行了系统的岩石学和矿物学、元素地球化学研究, 同时与同地区的其他岩石类型(石英闪长岩、矽卡岩)进行对比, 对于岩石起因和铜金成矿具有重要的借鉴意义。

1 区域地质背景

舒家店岩体位于铜陵市区东边, 本区地层志留系地层出露广泛, 下统高家边组(S_{1g})以笔石页岩为主; 中统坟头组(S_{2f})和上统茅山组(S_{3m})为含介壳相化石的细砂岩、粉砂质泥岩及石英砂岩。岩浆岩主要为呈北北东向的辉石闪长岩—石英闪长岩小岩体, 大体以铜官山、狮子山、舒家店、新桥头、凤凰山、沙滩角为中心组成若干岩体群, 它们呈近东西向串珠状排列。岩体侵入的围岩是志留系粉砂岩, 岩体外接触带常发育矽卡岩化、角岩化和大理岩化等。

按成矿作用划分, 本区内矿床为斑岩型(储国正, 2003)。虽然不及铜陵其他地区层控矽卡岩型和矽卡岩型铜矿规模及工业价值, 但它们的地球物理和地球化学场特点不同, 找矿标志也不同。这些岩体成为斑岩型铜金矿的直接容矿围岩, 因而, 本区岩浆岩系统的研究对该区岩浆岩成因和矿床成因类型的划分以及找矿远景区的预测和圈定都有极为重要的意义。

2 舒家店地区岩浆岩岩石学及矿物学特征

舒家店地区侵入岩类型主要有二种岩石组合: ① 辉石闪长岩; ② 石英闪长岩。该组合岩体主要与铜矿、多金属矿成矿关系密切。

石英闪长岩呈现灰色, 不等粒结构或似斑状结构, 矿物成分: 斜长石含量约 70%, 半自形—自形板状, 发育聚片双晶和环带结构; 角闪石约 10%; 石英少量, 不规则它形粒状; 少量金属矿物。

辉石闪长岩呈现灰黑色, 不等粒结构, 主要由斜长石、角闪石、黑云母和辉石组成。斜长石含量高, 聚片双晶发育, 自形板条状。金属矿物含量大, 常见的是斑铜矿矿化和黄铁矿矿化, 有时也能间有雌黄铁矿矿化。

可以看出, 舒家店地区的主要容矿围岩是辉石闪长岩而不是矽卡岩, 大部分矽卡岩中没有见到明显的矿化异常。

3 元素地球化学特征

舒家店岩体 Fe₂O₃、TiO₂、CaO、MgO 与 SiO₂ 的含量呈负相关, 即随着 SiO₂ 含量的增长而呈线性降低, 反映了斜长石和角闪石等富钙矿物、镁铁矿物及其 Fe-Ti 氧化物是岩浆在演化过程中较早的主要分异结晶相(Dupont et al., 2002; 王岳军等, 2003), 可能暗示从基性到酸性岩浆存在着分离结晶。P₂O₅ 含量随 SiO₂ 含量增高而降低, 表明岩浆演化过程中磷灰石的

*本文得到本研究受到中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-YW-15)和国家自然科学基金项目(No. 90814008)资助
第一作者简介 赖小东, 男, 博士研究生
通讯作者 杨晓勇, Email:xyyang555@163.com

分离, 由于磷灰石一般具有 Eu 负异常 (Watson et al., 1981; Hoskin et al., 2000), 磷灰石的分离可抵消因斜长石等矿物相分离而产生的 Eu 亏损。

球粒陨石标准化稀土元素配分模式显示辉石闪长岩和石英闪长岩的稀土配分模式一致, 均为向右倾斜的轻稀土富集型, 反映了同源岩浆的特点, 相似于下地壳岩石的配分模式。辉石闪长岩和石英闪长岩 δEu 值分别在 0.73~0.9 和 0.83~0.9 范围内, 都具有弱的 Eu 负异常, 说明这些岩石基本上未发生斜长石的分离结晶作用。

舒家店岩体微量元素具有较高浓度的大离子亲石元素 (LILE; Ba, Sr, Th), 具有相对低含量的高场强元素 (HFSE; Zr, Nb, Hf)。过渡金属含量变化规律较大, 辉石闪长岩明显比石英闪长岩富集铜元素。辉石闪长岩的 Sr 含量为 $704 \times 10^{-6} \sim 1370 \times 10^{-6}$, 平均为 1049×10^{-6} ; 石英闪长岩的 Sr 含量为 $1085 \times 10^{-6} \sim 1210 \times 10^{-6}$, 平均为 1143×10^{-6} 。高 Sr 是幔源金伯利岩、大陆碱性玄武岩和橄辉玄武岩等高钾岩石的特征 (邢凤鸣等, 1995; 1996), 本区辉石闪长岩和石英闪长岩组合侵入岩高 Sr, 暗示其原始岩浆可能以幔源碱性玄武岩浆为主。

舒家店侵入岩的微量元素蜘蛛图解具有相同的型式, 具有 Ba, La, Sr 等元素正异常, 亏损 Cs, K, Pb, Ti 元素, Zr 和 Hf 两元素在两类侵入岩上都表现出富集的趋势, 说明区内石英闪长岩存在由辉石闪长岩演化而来的趋势。相对于侵入岩来说, 此次讨论的矽卡岩具有明显的 Sr 的负异常, 而大理岩则具有明显的 Sr 的强正异常, 这表明在矽卡岩化的过程中可能存在 Sr 元素的迁移。角岩的微量元素模式和侵入岩较相似。

4 讨论

根据 Pearce (1984) Y+Nb-Rb 图解判别可以得出舒家店侵入岩 (包括辉石闪长岩和石英闪长岩) 样品大都落在火山弧花岗岩中。前人研究表明, 弧岩浆岩具有成分极性 (Sakuyama and Nesbitt, 1986; Wilson, 1989)。在空间上, 从海沟向内陆岩浆岩碱度增高; 随时间演化, 岩浆岩组合整体碱度增高。Wilson (1989) 指出, 与大洋岛弧岩浆岩相比, 活动大陆边缘岩浆岩成分以高钾质为主要特征。舒家店地区侵入岩显示了亏损 Nb, Zr, Hf 等高场强元素, 富集 Th, Ba, Sr 等大离子亲石元素的配分模式, 不同于富集高场强元素的板内环境火成岩, 而与板块消减带火成岩的地球化学特征相容。根据长江中下游地区及其邻区的区域地质构造、早白垩世岩浆岩的岩石-地球化学特征和岩浆活动的时空演变特征, 吕庆田等 (2004) 结合地球物理资料推断该区在早白垩世早期处于大陆边缘岩浆弧内陆一侧, 相应的岩浆活动与古太平洋板块的斜向俯冲作用有关; 晚期由于俯冲的岩片变陡, 而发育具有弧后环境特征的岩浆岩。岩石地球化学特征十分清晰地表明本区岩浆岩形成的大地构造背景, 应该是与古太平洋板块俯冲密切相关的大陆边缘岩浆弧的内陆一侧环境。

大量研究证实, 板块俯冲汇聚边界附近的岩浆作用与大规模的铜 (金) 成矿作用有密切的关系 (如: Richards, 1990; Mueller and Groves, 1993; Sillitoe, 1997; Ulrich et al., 1999)。铜金矿床形成往往有大量的幔源物质加入, 这主要是因为岩浆演化到酸性岩时铜金会大量丢失, 因此以酸性岩为主体的陆壳铜金的丰度较低 (Sun et al., 2004)。相比之下, 由于铜金为中度不相容元素 (Sun et al., 2004), 它们在地幔中的含量较高。所以要形成一定规模的铜 (金) 矿床, 必须有大量的地幔物质成分端元的加入。

铜陵舒家店地区侵入岩富碱, 富钾、铝, 贫镁, 富集大离子亲石元素和轻稀土元素, 亏损高场强元素, 明显富集 Sr, Ba, 但 Rb 稍偏低, 具有相似的稀土配分模式和微量元素配分模式, 这些特征反映出该地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, 上述岩石地球化学特征或许就是俯冲作用的标志。俯冲洋壳脱水形成的流体或熔体交代地幔楔并使地幔楔发生低程度部分熔融或与地幔岩浆混合形成碱性玄武质岩浆。少量玄武质岩浆注入到下地壳深位岩浆房与偏酸性岩浆发生混合而形成了闪长质混合岩浆。大量这种混合岩浆侵位到地壳浅部从而形成了区内的石英闪长岩侵入岩。混染程度低的幔源碱性玄武质岩浆能够侵位到浅部, 形成了辉石闪长岩组合侵入岩。

5 结论

铜陵舒家店地区侵入岩富碱, 富钾、铝, 贫镁, 富集大离子亲石元素和轻稀土元素, 亏损高场强元素, 明显富集 Sr, 但 Rb 稍偏低, 具有相似的稀土元素配分模式和微量元素配分模式, 轻稀土元素富集, 重稀土元素亏损, 具有弱的 Eu 负异常; 过渡金属含量变化规律较大, 辉石闪长岩明显比石英闪长岩富集铜元素。

岩石地球化学特征十分清晰地表明本区岩浆岩形成的大地构造背景, 应该是与古太平洋板块俯冲密切相关的大陆边缘岩浆弧环境。该地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, 形成于与古太平洋板块俯冲密切相关的大陆边缘岩浆弧的内陆一侧, 地壳物质的混染或与地壳岩浆混合也有可能造成舒家店地区侵入岩具有斑岩型矿化的特点。

参考文献 (略)