

浙赣皖相邻区与德兴、铜陵矿集区燕山期花岗岩类 岩石对比研究及其成矿

赵海玲^{1,2,3} 狄永军^{1,2,3} 邓晋福^{1,2,3} 王成^{1,2,3} 戴圣潜⁴ 莫兆^{1,2,3}

(1. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室 北京 100083; 2. 中国地质大学 岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室 北京 100083; 3. 中国地质大学 地球科学与资源学院 北京 100083; 4. 安徽省地质调查院 安徽 合肥 230001)

摘要:浙赣皖相邻区与铜陵、德兴地区岩石系列相似,主要为高钾钙碱性系列;在岩石类型上,浙赣皖相邻区较德兴和铜陵地区两个矿集区的岩体偏酸性,主要岩石类型为二长花岗岩和花岗闪长岩,德兴地区和铜陵地区的主要岩石类型为花岗闪长岩和石英闪长岩。从浙赣皖相邻区→德兴地区→铜陵地区,岩体的里特曼指数逐渐增加, A/CNK 逐渐减小, $K/(K+Na)$ 逐渐减小。在岩石化学特征上,浙赣皖相邻区较德兴和铜陵矿集区的岩体富 Si、K, 贫 Mg、Fe、Ca 等暗色矿物组分及 Ti、P 等不相容元素组分,从浙赣皖相邻区→德兴地区→铜陵地区岩石明显地向贫 Si、K 富 Mg、Fe 方向演化。在岩石成因类型上,浙赣皖相邻区岩石主要为 I 型花岗岩,个别为 S 型花岗岩,德兴和铜陵两个矿集区岩石均为 I 型花岗岩,无 S 型。微量元素、同位素特征及岩石学特征表明浙赣皖相邻区的物质来源以壳源为主,而德兴地区及铜陵地区为壳幔混合型或有大量幔源物质的参与,其原因可能与 3 个地区不同的构造背景有关。综合上述对比研究,认为在浙赣皖相邻地区要找到铜陵式的 Cu 矿和德兴式 Cu、Mo 矿的可能性较小。

关键词:浙赣皖相邻地区 燕山期花岗岩 成矿 德兴、铜陵矿集区

中图分类号: P588.12⁺1 P612

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2007)01-0013-08

A comparison of Yanshanian granitoids between the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area and the Dexing and Tongling mineralization-concentrated areas, with a discussion on mineralization

ZHAO Hai-ling^{1,2,3}, DI Yong-jun^{1,2,3}, DENG Jin-fu^{1,2,3}, WANG Cheng^{1,2,3}, DAI Sheng-qian⁴
and MO Zhao^{1,2,3}

(1. State key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Key Laboratory of Lithosphere Tectonics and Lithoprobng Technology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. School of Geosciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 4. Anhui Institute of Geological Survey, Hefei 230001, China)

Abstract: In rock series, Yanshanian intrusive rocks in the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area are similar to those in the Tongling and Dexing areas, being all high-K calc-alkaline series. In rock types, the rocks in the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area are more acid than those in the Tongling and Dexing mineralization-concentrated areas, i. e., the rocks in the former consist mainly of monzonitic granite and granodiorite, whereas those in the latter are granodiorite and quartz diorite. Rittman index gradually increases, A/CNK gradually decreases and $K/(K+Na)$ gradually decreases from the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area to the Dexing area, and then to the Tongling area. In petrologic chemistry, the intrusions in the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area are richer in Si and K than those in the Dexing and Tongling areas, with the evolution towards the depletion of Si and K from

收稿日期: 2006-08-15; 修订日期: 2006-09-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40234048)

作者简介: 赵海玲(1946-),女,教授,博士生导师,矿物学、岩石学、矿床学专业, E-mail: hailing_zhao@sina.com。

the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area to the Dexing area, and then to the Tongling area. The intrusions in the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area are depleted in Mg, Fe and Ca dark minerals and incompatible elements such as Ti and P. The intrusions evolved towards the depletion of Si, K and enrichment of Mg and Fe from the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area to the Dexing area, and then to the Tongling area. In original petrologic types, the rocks in the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area are mainly I-type monzonitic granite and dioritic granite, with very few samples belonging to S-type granite. There is no S-type granite in the Dexing and Tongling mineralization-concentrated areas. The trace elements, isotope features and petrologic features of the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area indicate that the source was mainly derived from the crust, whereas the source of the intrusions in the Dexing and Tongling areas from crust-mantle mixing, or from the entry of large amounts of mantle materials into magma. The Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area is situated on the Jiangnan anticline; the Dexing mineralization-concentrated area lies on the southeast side of the eastern anticline, and is close to the Qiantang sag; the Tongling area lies in the lower Yangtze sag area. These backgrounds are likely to be some of the factors which result in the difference in original petrologic types of these areas. In the light of petrologic assemblages, original types, petrochemical features and sources, the authors hold that it is difficult to find the Tongling-type Cu deposits and the Dexing-type Cu, Mo deposits in other areas except for Xiaoyao area.

Key words: the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area; Yanshanian granite; mineralization; the Dexing and Tongling mineralization-concentrated areas

岩浆岩与金属矿床的关系密切,与岩浆岩有关的矿产是岩浆作用一定阶段的产物,其形成受许多因素制约,其中最重要的两个因素,一是岩浆活动、岩浆岩特征,另一个是构造控制,这是成矿背景的两个重要的科学问题。前者是物质来源,是基础,后者是成矿赋存的空间条件。本文研究前者。

强烈而频繁的岩浆活动是很多内生金属矿床形成的先决条件,为成矿作用提供热源和物质来源。浙赣皖相邻地区岩浆活动频繁,花岗岩类岩石广泛分布,然而该区除膨润土等一些非金属矿床和 W 矿外,至今未发现有一定规模的 Cu、Au、Ag 矿床,因此本区是否存在大型的 Cu、Au、Ag 矿床就成为人们关注的焦点。值得注意的是在其邻区——浙赣皖断裂带南段的赣东北德兴地区有特大型铜厂斑岩铜矿、金山大型金矿、银山大型 Ag、Cu 矿床,西北部的铜陵地区以铜矿闻名于世,不仅铜矿床,而且 Ag、Au 矿床也具有一定的成矿远景和找矿潜力。这些 Cu、Au、Ag 等矿床及远景区均与该区发育的花岗岩类岩石有着密切的关系(常印佛等,1991;唐永成等,1998)。本文旨在通过对浙赣皖相邻地区的花岗岩类岩石进行详细的岩石学研究,并通过和德兴及铜陵矿集区的花岗岩类的对比研究,了解它们之间岩浆岩特征方面的异同点,为成矿的地质背景和成矿预测提供依据。

1 地质背景

在构造背景上,浙赣皖相邻区、德兴矿集区和铜陵矿集区均属于扬子地块,但三者所处的次一级构造单元不同。浙赣皖相邻区位于江南隆起上的东段;德兴矿集区位于扬子地块的东南缘,与浙赣拗陷相邻;铜陵矿集区位于扬子地块的东北缘下扬子拗陷中部的相对隆起区(图 1)。

浙赣皖相邻区岩浆侵入活动具多旋回性,可分为燕山中期、燕山晚期第 1 阶段和第 2 阶段侵入。燕山中期代表性岩体有旌德岩体和石屋岩体等,旌德岩体不同部位 Rb-Sr 等时线年龄为 147 ± 3 Ma 和 156.7 Ma, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 4 个年龄值变化于 $138.7 \sim 139.3$ Ma(常印佛等,1991),为燕山中期。燕山晚期发生大规模的岩浆侵入,并具多期的特点,伏岭岩体 Rb-Sr 等时线年龄为 121.29 Ma,荆勘岭岩体 Rb-Sr 等时线年龄为 102 Ma;第 1 阶段侵入代表性岩体有伏岭岩体、段莘岩体、青山岩体和石门岩体等,燕山晚期第 2 阶段侵入代表性岩体有逍遥岩体、靠背尖岩体、和阳岩体、杨溪岩体、荆勘岭岩体、后山庵岩体和牛皮石达岩体等。岩石组合以花岗(斑)岩和花岗闪长(斑)岩为主。

德兴矿集区的岩浆活动可能主要发生于燕山早

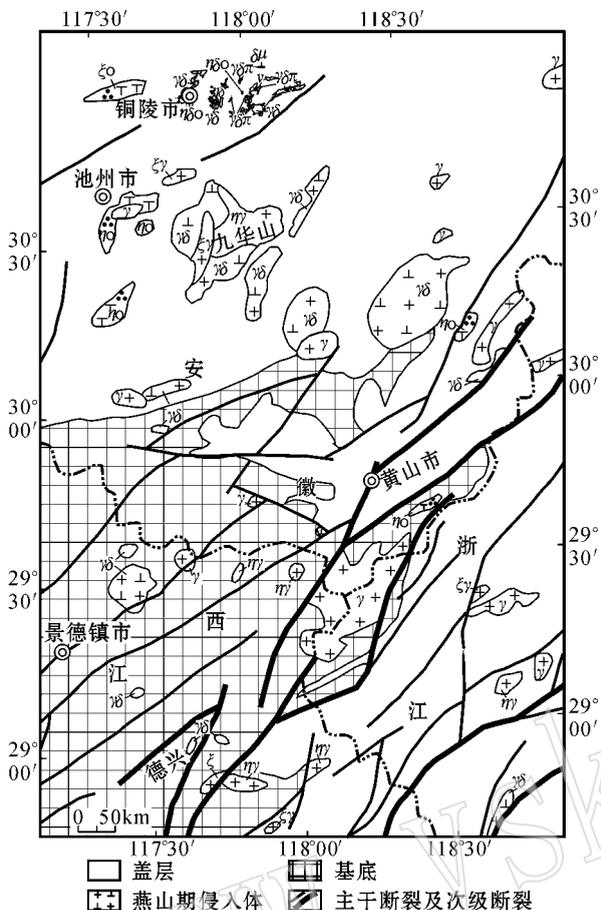


图 1 浙赣皖相邻区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the Zhejiang-Jiangxi border area

γ—花岗岩 γδ—花岗闪长岩 ξ—正长岩 ξγ—正长花岗岩 ησ—石英二长岩 ηγ—二长花岗岩 ξσ—石英正长岩 ηδσ—石英二长闪长岩 γδπ—花岗闪长斑岩 ησπ—石英二长斑岩 δμ—石英闪长玢岩；δμ—闪长玢岩 ηδ—二长闪长岩

γ—granite; γδ—granodiorite; ξ—syenite; ξγ—syenogranite; ησ—quartz monzonite; ηγ—adamellite; ξσ—quartz-syenite; ηδσ—quartz monzodiorite; γδπ—granodiorite porphyry; ησπ—quartz monzonite porphyry; δμ—quartz diorite porphyry; δμ—diorite porphyry; ηδ—monzodiorite

期,该区的花岗闪长斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 171 ± 3 Ma(王强等,2004)。岩石组合以花岗闪长(斑)岩为主,并有少量花岗(斑)岩。

根据近几年来报道的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄,铜陵地区岩浆活动的时间应为 140.4 ± 2.2 Ma ~ 151.8 ± 2.6 Ma(王彦斌等,2004a,2004b,2004c; Di et al., 2005),而不是以往的 87~186 Ma,岩石类型主要为碱长辉长岩、辉石闪长玢岩、辉石二长闪长

(玢)岩、二长岩、石英二长岩、花岗闪长(斑)岩及少量二长辉长岩。

2 岩石类型及系列

对于侵入岩的命名本文采用化学成分分类命名和岩相学相结合的方法。对化学成分分类命名,利用 CIPW 计算出的 Or、An、Ab 3 种标准矿物,按 Le Maitre(1976)提出的 Ab 分配法,得出分配系数为 $T = (Or + Ab + An) / (Or + An)$, $A = Or \times T$, $P = An \times T$,并以此为基础,在 QAP 三角图上进行投影,确定岩石的名称。

在 QAP 图解(图 2)上浙赣皖相邻地区岩石投点落在花岗闪长岩和二长花岗岩区,德兴地区和铜陵地区的主要岩石类型为花岗闪长岩和石英二长闪长岩。此外,铜陵地区尚有少量石英二长岩和二长岩。

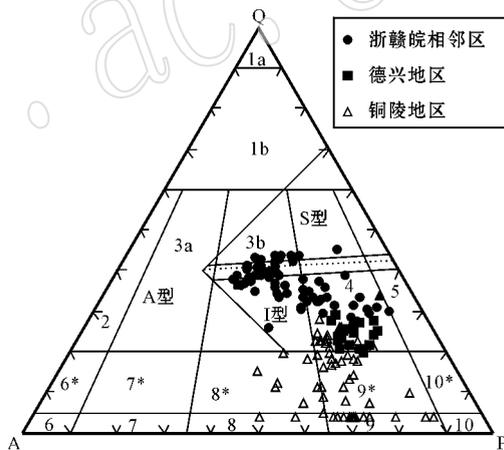


图 2 燕山期侵入岩 QAP 图解(据 Le Maitre, 1989)

Fig. 2 QAP diagram of Yanshanian intrusive rocks(after Le Maitre, 1989)

3b—二长花岗岩 A—花岗闪长岩; 8*—石英二长岩; 9*—石英二长闪长岩 8—二长岩; 虚线据 Bowden 等(1984) 3b—adamellite; 4—granodiorite; 8*—quartz monzonite; 9*—quartz monzodiorite; 8—monzonite; dashed line after Bowden et al. (1984)

在岩石系列上,浙赣皖相邻地区、德兴地区岩石在硅碱图(图 3)上主要为亚碱性系列,而铜陵地区则部分为碱性系列,在 AFM 图(图 4)上 3 个地区的火成岩均为钙碱性系列,在硅钾图(图 5)中,3 个地区岩体岩石系列相似,个别样品落在中钾钙碱性系列,其余主要落在高钾钙碱性系列。

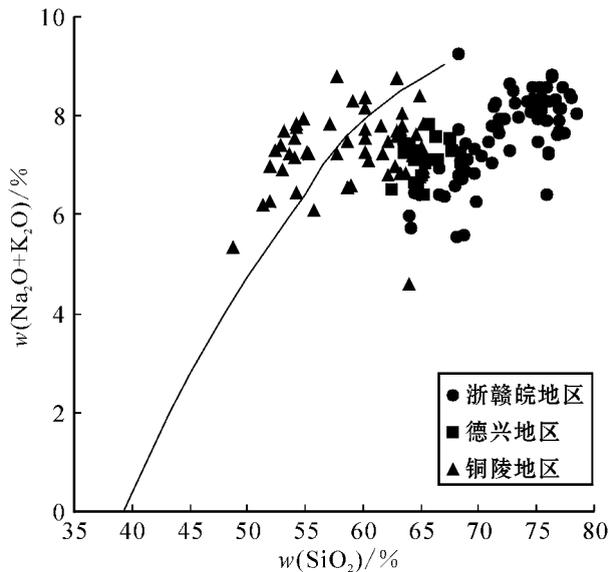


图3 燕山期侵入岩硅碱图(据 Irvine and Baragar, 1971)

Fig. 3 (Na₂O + K₂O) - SiO₂ diagram of Yanshanian intrusive rocks (after Irvine and Baragar, 1971)

浙赣皖相邻区数据来源于①②③;铜陵地区数据来源于常印佛等(1991)、周珣若等(1994)、邢凤鸣等(1996)、唐永成等(1998);德兴地区数据来源于朱训等(1983)

Data of the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area from ①②③; data of the Tongling area from Chang Yinbo *et al.* (1991), Zhou Xunruo *et al.* (1994), Xing Fengming *et al.* (1996) and Tang Yongcheng *et al.* (1998); data of the Dexing area from Zhu Xun *et al.* (1983)

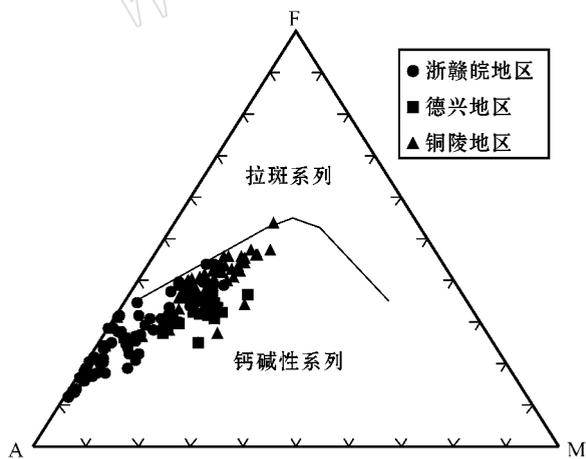


图4 燕山期侵入岩 AFM图(据 Irvine and Baragar, 1971)

Fig. 4 AFM diagram of Yanshanian intrusive rocks (after Irvine and Baragar, 1971)

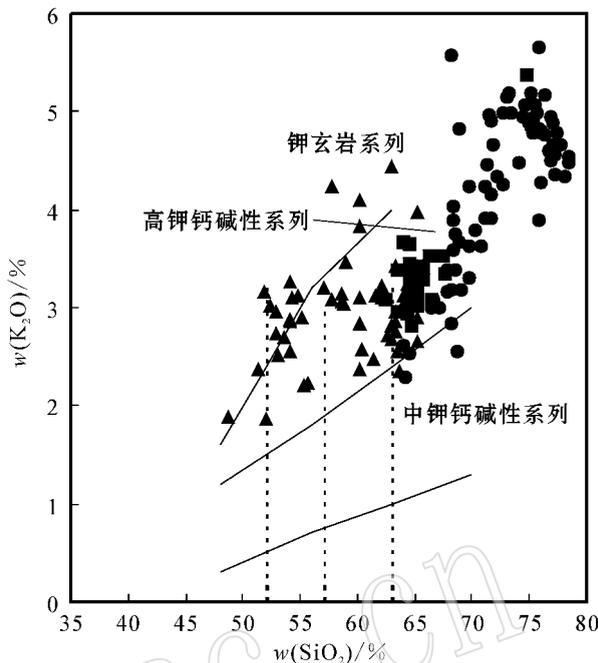


图5 燕山期侵入岩硅钾图(据 Peccerillo 等, 1976)

Fig. 5 K₂O - SiO₂ diagram of Yanshanian intrusive rocks (after Peccerillo *et al.*, 1976)

3 岩石化学特征、形成构造背景及源区

从硅碱图(图3)可以看出,与铜陵、德兴矿集区的岩体比较,浙赣皖相邻地区岩石偏酸性,主要为酸性岩,少量为中性岩,与铜陵地区的侵入岩形成明显对比,德兴地区的侵入岩介于二者之间。从浙赣皖相邻地区→德兴地区→铜陵地区岩体具有明显的向贫硅方向演化的趋势,从 AFM 图(图4)可以看出,从浙赣皖相邻地区→德兴地区→铜陵地区岩体亦具有明显的向富 Mg、Fe 方向演化的趋势。

表1显示浙赣皖相邻地区岩体的里特曼指数低于德兴地区成矿岩体,更低于铜陵地区成矿岩体,从浙赣皖相邻地区→德兴地区→铜陵地区岩体的里特曼指数逐渐增加。浙赣皖相邻地区岩体 A/CNK 变化于 0.821~1.284,一般为 1 左右,大于铜陵和德兴,浙赣皖相邻地区→德兴地区→铜陵地区岩体 A/CNK 逐渐减小。浙赣皖相邻地区 K/(K + Na) 变

① 安徽省地质矿产局. 1990. 1:5 万旌德县、岛石坞、绩溪县、顺溪县幅区域地质调查报告.

② 安徽省地质矿产局. 1996. 1:5 万歙县幅区域地质调查说明书.

③ 332 地质队. 1975. 安徽省宁国县西坞口钨矿产初查评价报告.

表 1 燕山期花岗类岩石主要参数

Table 1 Main parameters of Yanshanian granitoids

地区	σ	A/CNK	K/(K+Na)
浙赣皖地区	1.225~3.381	0.821~1.284	0.299~0.6
德兴地区	1.866~2.759	0.848~1.032	0.311~0.545
铜陵地区	2.247~6.485	0.6~0.909	0.217~0.403

化于 0.299~0.600, 一般为 3.8~4.5 之间, 大于铜陵和德兴, 浙赣皖相邻地区→德兴地区→铜陵地区岩体 K/(K+Na) 逐渐减小。

在 QAP 图解 (图 2) 上浙赣皖相邻地区岩石主要位于 I 型二长花岗岩和花岗闪长岩区, 个别点落 S 型花岗岩区, 德兴和铜陵两个矿集区岩石无 S 型, 与之相比浙赣皖相邻地区岩石靠近 S 型花岗质岩石区。

图 6 给出了浙赣皖相邻地区、德兴和铜陵两个矿集区花岗岩类的岩石化学变异图解。从图中可以看出, 浙赣皖相邻地区较德兴和铜陵矿集区的岩体富 SiO₂, 而贫 MgO、FeO、CaO、Al₂O₃、TiO₂、P₂O₅, 3 个地区岩体的总体演化趋势为, MgO、FeO、CaO、Al₂O₃、P₂O₅、TiO₂ 与 SiO₂ 呈明显的负相关, 且从浙赣皖相邻地区→德兴地区→铜陵地区岩体 MgO、FeO、CaO、Al₂O₃、P₂O₅、TiO₂ 逐渐增加。K₂O 与 SiO₂ 呈正相关, 总体来看浙赣皖相邻地区相对两个矿集区岩体的 K₂O 含量相对较高。这些化学元素特征, 与 3 个地区的岩石类型、矿物类型及含量是一致的, 即浙赣皖相邻地区岩体富 Si 及 K, 贫 Mg、Fe、Ca 等暗色矿物组分及 Ti、P 等不相容元素组分。

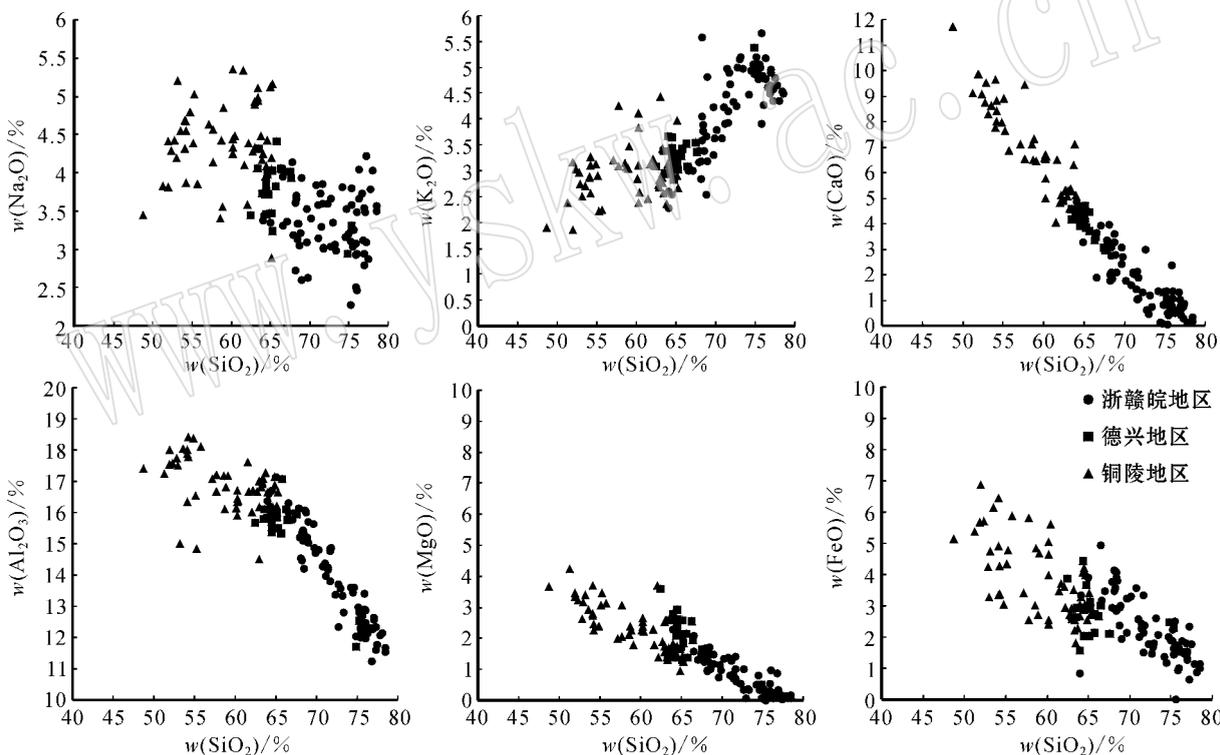


图 6 燕山期侵入岩岩石化学变异图解

Fig. 6 Oxide variation diagrams of Yanshanian intrusive rocks

由上述, 浙赣皖相邻地区和德兴、铜陵两个矿集区比较岩石类型偏酸性, 岩石富 Si 和 K, 显示了其物质来源相对较浅, 可能主要来自陆壳。前人研究认为德兴地区的成矿岩体为壳幔混合型(朱训等, 1983)。在铜陵地区侵入岩中普遍出现碳硅石, 为原生岩浆起源于地球深部提供了证据, 常印佛等(1991)、唐永成等(1998)认为铜陵地区侵入岩原生

岩浆起源于上地幔, 是上地幔局部熔融产生的。因此, 浙赣皖相邻地区的岩石学特征表明其物质来源壳源成分相对含量较高, 而德兴地区及铜陵地区为壳幔混合型或有大量幔源物质的参与。

浙赣皖相邻地区岩体的形成处于从挤压构造背景向拉张构造背景的背景转换期, 这与整个中国东部的构造背景是一致的。浙赣皖相邻地区处于江南台

隆,德兴矿集区处于江南台隆东段之南东侧,紧连钱塘拗陷的交接处,铜陵处于下扬子拗陷区,可能这是 3 个地区岩石成因类型不同的一个重要因素,即受深部作用的制约。

4 痕量元素、同位素特征及源区

浙赣皖相邻地区花岗岩类岩石痕量元素的配分模式(图 7)具有明显的不相容元素富集的特征,且 Nb、Ti 等高场强元素和 P 具明显的低谷, Ba 值亦较低,其配分模式类似于地壳,更接近于上地壳(Rollison, 1993),反映了燕山期花岗岩类岩石源岩主要为壳源。

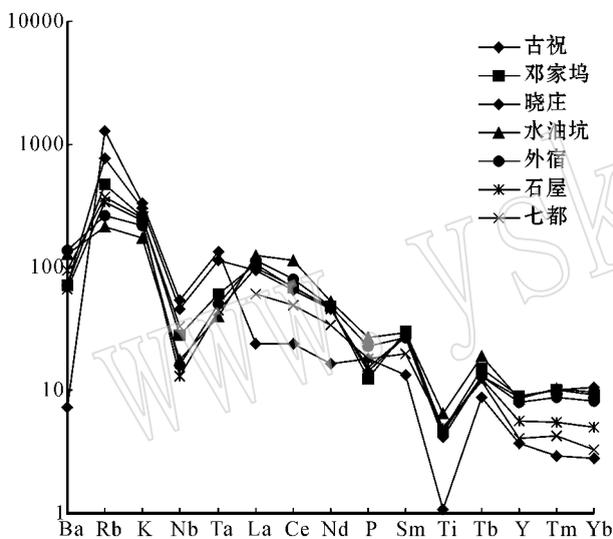


图 7 燕山期侵入岩多元素图解

Fig. 7 Multi-element diagram of Yanshanian intrusive rocks

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值常常用来示踪岩浆源区,全球的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值是 0.705 2 (Rollison, 1993), 而地壳的初始比值较高,地幔的初始比值较低(一般为 0.703 3)。表 2 列出了浙赣皖相邻地区花岗岩类岩石同位素的一些特征值,岩石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值为 0.709 8~0.728 659, 因此浙赣皖相邻地区花岗岩类岩石的源岩主要为壳源或以壳源为主的壳幔混合源。德兴岩体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值小于 0.706 0, 成矿岩体的源区为壳幔混合源,而壳源的酸性岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0.706 0$ (朱训等, 1983)。铜陵地区成矿岩体 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的初始比值变化于 0.707 29~0.707 895, 为壳幔混合源。另外,从表 2 还可以看出随时间变化,从 156.7→147→121.29→109.31→102.58 Ma, 相应的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值的变化为: 0.709 8→0.710 2→0.723 357→0.728 659→0.711 49, 表明从晚侏罗世到早白垩世随时间的推移, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值逐渐增加,反映了浙赣皖相邻地区花岗岩类岩石的源区从 J_3 到 K_1 随时间的推移,壳源的物质逐渐增加。到了晚白垩世虽然源区仍以壳源为主,但壳源的加入似有减少的趋势。

5 花岗岩类与成矿

成矿作用在时间上和空间上与岩浆活动密切相关,成矿好的岩体往往是岩浆多次活动侵入的岩体,成矿作用是一个多次叠加的过程,同时成矿作用与深部作用密切相关。内生矿床的形成是上地幔或深部陆壳物质和热注入浅部的结果,如铜陵地区的 Cu 矿床,德兴地区的 Cu、Mo 矿床,它们都是深部作用、

表 2 燕山期浙赣皖相邻地区花岗岩类同位素特征

Table 2 Isotope characteristics of Yanshanian granitoids in the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area

岩体名称	岩石类型	Rb-Sr 等时线年龄/Ma	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值	K-Ar 年龄/Ma
荆堪岭	二长花岗岩	102.58 ± 3.5	0.711 49 ± 0.000 373	
桐坑	花岗岩	109.31 ± 0.47	0.728 659 ± 0.000 205	
伏岭	花岗岩	121.29 ± 0.91	0.723 357 ± 0.000 439	
旌德	花岗闪长岩	147 ± 3	0.710 2 ± 0.000 1	
	二长花岗岩	156.7 ± 8	0.709 8 ± 0.000 2	
靠背尖	花岗闪长岩			75
杨溪	二长花岗岩			99
和阳	花岗闪长斑岩			100.6

注:资料来源于^①。

① 安徽省地质矿产局, 1990. 1:5 万旌德县、岛石坞、绩溪县、顺溪县幅区域地质调查报告。

壳幔相互作用的结果。地幔、深部陆壳物质和能量的转移主要通过岩浆和流体来完成,岩浆作用和流体活动在壳幔深部过程和成矿之间起了输导和富集作用,流体尤其是其中的关键。例如,在铜陵矿集区存在着大量流体活动的踪迹,而在浙赣皖相邻地区除少数岩体(如和阳、石屋、岑山及逍遥、靠背尖岩体等)流体活动踪迹比较明显外,大多数岩体则不明

显。从前面的研究可知,浙赣皖相邻地区岩石组合与两个矿集区比较偏酸性,岩石的源区物质来源亦与两个矿集区不同,主要为壳源,因此在成矿类型上,浙赣皖相邻地区将势必与铜陵的 Cu 矿、德兴的 Cu、Mo 矿床有所不同。

表 3 列出了浙赣皖相邻地区岩体与德兴含矿斑岩化学成分特征数值。从该表可以看出,德兴与 W、

表 3 浙赣皖相邻地区岩体与德兴含矿斑岩化学成分特征数值对比

$w_B/\%$

Table 3 Comparison of characteristic values between the rock bodies in the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area and in the Dexing area

地区	SiO ₂	K ₂ O+Na ₂ O	FeO+Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	K ₂ O/SiO ₂	K ₂ O/Na ₂ O
旌德	62.87~69.1	5.51~7.2	3.46~5.89	0.74~1.61	0.4~0.7	0.035~0.052	0.066~1.052
石屋岑山	66.89	5.99	4.59~8	0.93	0.5	0.052	1.377
古祝	69.5	7.98	2.81	0.69	0.43	0.063	1.1983
杨溪	67.49~70.88	7.27~9.22	3.18~4.29	0.83~1.38	0.31~0.55	0.054~0.081	1.018~1.851
荆勘岭	72.57	8.19	3.31	0.36	0.21	0.071	1.694
后山庵	76.22	7.55	2.36	0.18	0.14	0.059	1.475
牛皮石达	73.13	8.4	1.94	0.33	0.15	0.068	1.435
古门坑	77.25	8.38	1.12	0.12	0.14	0.060	1.229
西坞口	64.53~76.53	5.26~8.4	1.98~5.25	0.33~1.43	0.09~0.72	0.041~0.662	1.039~1.565
夏林	65.88	6.25	4.59	1.3	0.55	0.045	0.894
伏岭	73.29~77.8	7.14~8.83	1.26~4.67	0.13~0.33	0.03~0.24	0.056~0.069	1.013~1.1~412
段莘	75.36	7.97	1.71	0.54	0.1	0.065	1.588
唐舍	69.43	7.49	3.26	1.174	0.4	0.054	0.906
仙霞	68.02~71.37	6.72~7.30	2.93~4.04	0.79~1.35	0.28~0.43	0.050~0.054	1.006~1.094
歙县	64.53~69.97	5.44~7.21	3.88~5.95	1.11~2.24	0.41~0.74	0.043~0.058	0.939~1.310
许村	67.5	6.7	4.45	1.6	0.68	0.056	1.31
德兴(W、Mo、Cu)	72~66	8.5~5	3~4	0.5~1.5	0.3~0.4	0.04~0.085	0.5~2.5
德兴(Cu、Mo)	66~62	7.5~6.5	4~7	1.5~3	0.4~0.5	0.045~0.055	0.8~0.9
德兴(Pb、Zn、Cu)	62~57	8.5~5	7~9	3~5	0.5~0.7	0.04~0.085	0.5~2.5

Mo、Cu 矿有关的岩体 SiO₂ 含量变化于 72%~66%,与 Cu、Mo 矿有关的岩体 SiO₂ 含量变化于 66%~62%,与 Pb、Zn、Cu 矿有关的岩体 SiO₂ 含量变化于 62%~57%。浙赣皖相邻地区岩体与之比较,除少数岩体如逍遥岩体(SiO₂ 含量为 64.89%)、靠背尖岩体(SiO₂ 含量为 65.15%)外,绝大部分岩体 SiO₂ 含量大于 66%。因此,从 SiO₂ 含量来看研究区的所有岩体都大于德兴与 Pb、Zn、Cu 有关的岩体,逍遥和靠背尖岩体与德兴 Cu、Mo 有关的岩体相类似。对于逍遥和靠背尖岩体除 SiO₂ 与德兴 Cu、Mo 有关的岩体相类似外,在 K₂O+Na₂O、FeO+Fe₂O₃、MgO、K₂O/SiO₂ 亦与之相类似,而 TiO₂、K₂O/Na₂O 则较之偏高,K₂O/Na₂O 类似于德兴的 W、Mo、Cu 矿床元素组合的岩体及 Pb、Zn、Cu 矿床组合的岩体。在浙赣皖相邻地区内逍遥和靠背尖岩体与德兴 Cu、Mo 矿床岩体最为类似。旌德、石屋、岑山、古祝、杨溪、西

坞口(花岗闪长玢岩)、夏林、唐舍、仙霞等岩体与德兴 W、Mo、Cu 矿床元素组合的岩体相类似,而段莘、伏岭、西坞口(花岗斑岩)、牛皮石达、后山庵、荆勘岭等岩体的 SiO₂ 含量均大于 73%。

6 结论

笔者认为浙赣皖相邻地区逍遥和靠背尖岩体在岩石系列、组合、化学组成及其矿化类型等与德兴含矿岩体可具对比性,另外,逍遥、靠背尖岩体及成矿带位于江南台隆北东缘皖浙坳褶带,其所处构造与德兴矿区亦有相似之处,是浙赣皖相邻地区寻找 W、Mo、Cu、Ag 等矿床的有利地段。微量元素、同位素特征及岩石学特征表明浙赣皖相邻区的物质来源以壳源为主,而德兴地区及铜陵地区为壳幔混合型或有大量幔源物质的参与,其原因可能与 3 个地区的

不同的构造背景有关。通过浙赣皖相邻区岩石组合、岩石成因类型、岩石化学特征及岩石源区的物质来源与两个矿集区的研究对比,总体来看在浙赣皖要找到铜陵式的 Cu 矿和德兴式 Cu、Mo 矿可能性较小。

致谢 在工作中自始至终得到常印佛院士的指导、关心和大力支持,并得到安徽地矿局、332 地质队、地调院的支持与帮助,在此表示衷心感谢。

References

- Bowden P, Batchelor R A, Chappell B W, *et al.* 1984. Petrological, geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks; a discussion (in Granitoids [J]). *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 35(1-3): 1-11.
- Chang Yinbo, Liu Xiangpei and Wu Yanchang. 1991. The Copper-Iron Belt of the Lower and Middle Reaches of the Changjiang River [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1-379 (in Chinese with English abstract).
- Di Yongjun, Wu Ganguo, Zhang Da, *et al.* 2005. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of Xiaotongguanshan and Shatanjiao rock bodies and its petrological implication in Tongling Area [J]. *Acta Geologica Sinica*, 79(6): 795-802.
- Irvine T N and Baragar W R A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks [J]. *Can. J. Earth Sci.*, 8(5): 523-548.
- Le Maitre R W. 1976. Some problems of the projection of chemical data into mineralogical classifications [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 56(2): 181-189.
- Le Maitre R W. 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Recommendation of the IUGS Subcommittee on the Systematic of Igneous Rocks [M]. London: Blackwell Scientific Publication.
- Peccerillo R and Taylor S R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey [J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58(1): 63-81.
- Rollinson H. 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, and Interpretation [M]. Longman Scientific & Technical, Harlow, United Kingdom, 352.
- Tang Yongcheng, Wu Yanchang, Chu Guozheng, *et al.* 1998. Geology of Copper-Gold Polymetallic Deposits in the Along-Changjiang Area of Anhui Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1-351 (in Chinese with English abstract).
- Wang Qiang, Xu Jifeng, Zhao Zhenhua, *et al.* 2004. SHRIMP zircon geochronology and Nd-Sr isotopic geochemistry of the Dexing granodiorite porphyries [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 20(2): 315-324 (in Chinese).
- Wang Yanbin, Liu Dunyi, Meng Yifeng, *et al.* 2004a. SHRIMP U-Pb geochronology of Xinqiao Cu-S-Fe-Au deposit in the Tongling ore district, Anhui [J]. *Geology in China*, 31(2): 169-173 (in Chinese).
- Wang Yanbin, Liu Dunyi, Zeng Pusheng, *et al.* 2004b. SHRIMP U-Pb geochronology of pyroxene diorite in the Chaoshan gold deposit and its geological significance [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 25(4): 423-427 (in Chinese).
- Wang Yanbin, Liu Dunyi, Zeng Pusheng, *et al.* 2004c. SHRIMP U-Pb geochronology of Xiaotongguanshan quartz-dioritic in Tongling district and its petrogenetic implications [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 23(4): 298-304 (in Chinese with English abstract).
- Xing Fengming and Xu Xiang. 1996. High-potassium calc-alkaline intrusive rocks in Tongling area, Anhui Province [J]. *Geochimica*, 25(1): 29-38 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Xunruo and Ren Jin. 1994. The Mesozoic Granite in the Lower and Middle Reaches of the Changjiang River [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1-119 (in Chinese).
- Zhu Xun, Huang Chongke, Rui Zongyao, *et al.* 1983. The Geology of Dexing Porphyry Copper Ore Field [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1-336 (in Chinese with English summary).

附中文参考文献

- 常印佛, 刘汀培, 吴言昌, 1991. 长江中下游铁铜成矿带 [M]. 北京: 地质出版社.
- 唐永成, 吴言昌, 储国正, 等. 1998. 安徽沿江地区铜多金属矿床地质 [M]. 北京: 地质出版社.
- 王强, 赵振华, 简平, 等. 2004. 德兴花岗闪长斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学和 Nd-Sr 同位素地球化学 [J]. *岩石学报*, 20(2): 315-324.
- 王彦斌, 刘敦一, 蒙义峰, 等. 2004a. 安徽铜陵新桥铜-硫-铁-金矿床中石英闪长岩和辉绿岩锆石 SHRIMP 年代学及其意义 [J]. *中国地质*, 31(2): 169-173.
- 王彦斌, 刘敦一, 曾普胜, 等. 2004b. 安徽铜陵地区幔源岩浆底作用的时代——朝山辉石闪长岩锆石 SHRIMP 定年 [J]. *地球学报*, 25(4): 423-427.
- 王彦斌, 刘敦一, 曾普胜, 等. 2004c. 铜陵地区小铜官山石英闪长岩锆石 SHRIMP 的 U-Pb 年龄及其成因指示 [J]. *岩石矿物学杂志*, 23(4): 298-304.
- 邢凤鸣, 徐祥. 1996. 铜陵地区高钾钙碱性系列侵入岩 [J]. *地球化学*, 25(1): 29-38.
- 周珣若, 任进. 1994. 长江中下游中生代花岗岩 [M]. 北京: 地质出版社, 1-119.
- 朱训, 黄崇轲, 芮宗瑶, 等. 1983. 德兴斑岩铜矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1-336.