

安徽省庐枞与滁州盆地火山岩岩石学特征与 Fe-Cu 成矿的关系

邓晋福^{1,2)}, 刘翠¹⁾, 冯艳芳^{1,2)}, 戴圣潜³⁾, 杜建国³⁾, 吴明安³⁾,
童劲松³⁾, 周肃¹⁾, 苏尚国¹⁾, 吴宗絮¹⁾, 姚孝德³⁾, 吴雪峰³⁾

1) 中国地质大学(北京), 100083; 2) 中国地质调查局发展中心, 北京, 100037;

3) 安徽省地质调查院, 合肥, 230001

内容提要: 庐枞盆地与滁州盆地的火山岩岩石组合分别为钾玄岩-安粗岩-粗面岩组合和安粗岩-粗面岩组合, 并分别与 Fe、Cu 矿有成生联系, 形成于早白垩世, 约 130Ma。庐枞盆地与滁州盆地的火山岩组合, 具明显不同的化学特征, 他们分别为: ① SiO₂-ALK 系统的碱性和亚碱性, ② Peacock's 碱钙系统的碱性(A, ~50.8)和钙碱性(CA, ~57), ③ SiO₂-FeO^{*}/MgO 系统中的拉斑玄武质(TH, 或 Fe 质)和钙碱性(CA, 或 Mg 质)。庐枞盆地火山岩母岩浆源于上地幔软流圈, 滁州盆地火山岩则源于俯冲的玄武质洋壳, 优先富 Fe 的地幔和优先富 Cu 的玄武岩源在局部熔融时提供多量的 Fe 和 Cu 元素被萃取进入岩浆, 致使两个盆地火山岩分别具有 Fe 与 Cu 成矿专属性。它们形成于与伊佐奈崎洋俯冲有关的活动大陆边缘火山弧的内带。火山岩组合成矿专属性的讨论为区域成矿潜力评价提供重要参考。谨以此文庆贺常印佛院士 80 华诞。

关键词: 庐枞与滁州盆地; 火山岩岩石组合; 化学特征; 岩浆起源; 成矿专属性; 区域构造环境

众所周知, 庐枞和滁州火山盆地及其深部和周边的相关侵入岩分别与 Fe 矿和 Cu 矿成矿作用有关, 庐枞火山岩的研究程度很高, 相对而言, 滁州火山岩的研究程度则偏低。长期以来, 火成岩成矿专属性问题仍是一个不解的科学之谜, 一直吸引着岩石学研究者的关注并引起争论。争论的焦点仍然在于: ① 岩浆的起源和成因, ② 构造背景, ③ 成矿专属性, ④ 近年来特别关注燕山期岩石圈减薄与成岩和成矿的关系。

吴利仁等(1984)提出, 庐枞和滁州火山岩均起源于库拉板块俯冲产生的含水熔浆上升进入地幔楔, 并诱发其局部熔融产生的岩浆, 上升达大陆地壳后又被混熔, 这样, 把该研究区的安山岩视为上地幔(为主), 洋壳、大陆壳物质逐步混合熔融的产物, 被视为“混熔岩浆”; 庐枞和滁州火山岩的主要差异在于, 庐枞为继承式断陷盆地, 基岩中中三叠统的膏盐层非常发育, 使岩浆混入较显著的 Al₂O₃, Na₂O,

K₂O 组分, 演化为碱性系列, 并对 Fe 矿形成富集有重要作用。而滁州为上叠盆地, 基岩为下奥陶统以前的岩层, 无膏盐层, 岩浆中则混入较多的 SiO₂, CaO, Al₂O₃ 组分, 演化为钙碱性系列。常印佛等(1991)系统总结了长江中下游铜陵成矿带的找矿、勘探和科研成果后提出, 庐枞与滁州火山盆地分属沿长江深断裂带的中带的北亚带和北带, 但是属于同一个扬子式同熔型(壳-幔同熔型)岩浆岩第一成岩序列, 以低硅富碱, 特别是富钾为特征, 随岩浆的分离结晶过程, 总体上向富碱-富硅方向演化。其中, 或向富钠富硅方向演化形成与 Fe 矿有关的火成岩, 或向富钾富硅方向演化则形成与 Cu 矿有关的火成岩。对于研究区火山岩形成的构造环境, 多数学者认为与大陆内部的伸展作用有关, 或称板内断块-岩浆活动带(翟裕生等, 1992), 或与幔脊(即沿长江深断裂带地幔物质上升)有关的裂谷作用(邢凤鸣等, 1999; 唐永成等, 1998; 安徽省地质矿产局,

注: 本文为中国地质调查局(编号 1212010633903, 1212010733802, 1212010911028, 1212010711814), 国家自然科学基金青年基金(编号 NSFC40802020), 中国地质大学(北京)开放实验室项目(编号 GPMR0735)资助的成果。

收稿日期: 2010-11-12; 改回日期: 2011-03-15; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 邓晋福, 男, 1935 年生。教授, 博士生导师。岩石学专业。通讯地址: 100083, 中国地质大学(北京)地学院; Email: dengjinfu@21cn.com。

DOI: CNKI: 11-1951/P. 20110511. 1703. 003 网络出版时间: 2011-5-11 17:03:19

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1951.P.20110511.1703.003.html>

1987)。近年来,结合中国东部燕山期出现的可能的岩石圈减薄事件,以及庐枞断裂带左行剪切运动,把研究区的拉张环境和它们结合起来讨论(谢成龙等,2007;周涛发等,2008;徐志刚等,2008)。与此同时,仍有一部分研究者认为,研究区燕山期的岩浆活动与伊佐奈崎或古太平洋板块俯冲有关(汤德平,1989;邓晋福等,1992;戴圣潜,2002)。对于滁州火山岩及其相关的“埃达克质”侵入岩被认为是增厚下地壳熔融(薛怀民等,2010),或拆沉下地壳的局部熔融产物(童劲松,2008;资锋等,2008)。

2008 年秋,作者曾赴滁州和庐枞火山盆地进行野外地质考察,考察后曾与常印佛院士和安徽省地调院的领导和同行进行了汇报和讨论。由于种种原因,推迟至今,才完成本文稿。常印佛院士作为我们的老师和好友,一直指导我们从事深部成矿地质背景方面的探索性研究工作。本文以庐枞和滁州火山盆地为例,讨论火山岩岩石学特征与 Fe、Cu 成矿的可能的成生联系,以兹庆贺常总 80 寿辰。

1 庐枞和滁州盆地火山岩岩石组合

1.1 火山岩与成矿年代学

基于地质学研究,安徽省地质志(安徽省地质矿产局,1987)认为两个火山盆地的火山地层可以对比,除了庐枞盆地最顶部的浮山旋回在滁州盆地缺失外,并归入晚侏罗世。近年来,公布的比较可靠的同位素年龄(表 1)表明,这两个盆地火山岩及其相关的成矿作用形成于同一地质时期,为早白垩世。年代学框架为我们下面的讨论以及火山岩的成矿专属性提供了重要的基础。

1.2 关于火山岩分类命名

由于历史的沿革,对于火山岩的分类命名有多次变化的方案。为正确建立岩石组合,分类命名是必须的第一步。同时,两个盆地火山岩的描述和对比,亦必须有一个统一的分类命名方案的平台,否则,将会造成不必要的混乱和争论。

吴利仁等(1984)采用 CIPW-norm 的 QAP 分类方案,类似 Streckeisen 实际矿物定量的 QAP 分类方案(见 LeMaitre ed., 1989),其中安粗岩为 Latite 的译名,大体上相当于侵入岩 QAP 分类中的二长岩,同时吴利仁等对于 Streckeisen 的未进一步划分的玄武岩+安山岩区分出了一个粗安岩区,它是相当于侵入岩 QAP 分类中的二长闪长岩+二长辉长岩区。

安徽省区域地质志(1987)采用 Steckeisen 的 QAP 分类,与吴利仁等(1984)不同的是,把 Latite 译名为粗安岩。由上,我们可以知道,①省区域地质志中的粗安岩=吴利仁等安粗岩,②省区域地质志中的安山岩或玄武岩=吴利仁等粗安岩区+安山岩(玄武岩)区。

常印佛等(1991)则采用 Middlemost 于 1980 提出(见 Middlemost,1985)的 $\text{SiO}_2\text{-(K}_2\text{O+Na}_2\text{O)}$ 分类,其中的粗安岩是 Trachyandesite 的译名(=省地质志中的粗安岩=吴利仁的安粗岩=Streckeisen 的 Latite 区)。

邢凤鸣等(1999),唐永成等(1998),谢成龙等(2007)和周涛发(2008)采用 LeMaitre 主编的 IUGS 推荐的 TAS(即 $\text{SiO}_2\text{-(K}_2\text{O+Na}_2\text{O)}$)分类方案,但是,对于该分类方案中的 S 区(见图 1),只给

表 1 庐枞和滁州盆地火山岩与成矿年代学
Table 1 The isotopic age of volcanic rocks and deposits of both Luzong and Chuzhou basins

盆地	同位素年龄	测年方法	资料来源
庐枞	134.8±1.8Ma, 134.1±1.6Ma 130.5±0.8Ma, 127.1±1.2Ma	LA ICP-MS 锆石 U-Pb	周涛发等,2008
	133~128Ma	SHRIMP 锆石 U-Pb	薛怀民等,2010
滁州	132.9±0.9Ma, 131.2±0.7Ma, 128.5±0.6Ma, 127.6±0.8Ma, 127.1±0.4Ma, 126.3±0.9Ma, 125.9±0.7Ma, 125.4±0.6Ma, 123±0.7Ma, 122.7±0.5Ma, 120.4±1.2Ma, 119.5±0.8Ma, 117.3±0.7Ma	LA ICP-MS 锆石 U-Pb	谢成龙等,2007
	128.3±1.1Ma	SHRIMP 锆石 U-Pb	薛怀民等,2010
	134±7Ma	SHRIMP 锆石 U-Pb	童劲松,2008
	127.17±0.44Ma	二长闪长岩黑云母 ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	资锋等,2008
	128.6±2.2Ma	琅琊山铜矿,辉钼矿 Re-Os(等时线)	秦燕等,2009

出了一个总的名称,而没有给出进一步划分的钾质变种和钠质变种的名称,例如,他们所用的 S3 区的粗安岩为 Trachyandesite 的译名,而没有给出是 Latite(钾质变种)还是 Benmoreite(钠质变种)的名称。

由上,可以知道,文献中的同一个中文名称可能不是同一种岩石,而同一种岩石可能给出不同的中文名称。

1.3 火山岩岩石组合

本文采用 LeMaitre(1989)主编的 TAS 分类方案,需要强调两点:①首先,所有的主元素分析数据必须去掉 H_2O 、 CO_2 等烧失量之后,重新计算为 100% 后的主元素质量百分数,②对于 TAS 图解中的 S 区(即 S1, S2, S3 区),按 Na_2O 与 K_2O 的相对含量进行进一步的分类命名,即钠质变种($Na_2O-2 \geq K_2O$)和钾质变种($Na_2O-2 \leq K_2O$)岩石名称。

庐枞和滁州盆地的代表性火山岩的主元素化学及其 TAS 分类名称列于表 2 和图 1。两个盆地的火山岩绝大部分位于 S 区,因此它们必须进行进一步的分类,确定是钾质或钠质变种的岩石名称(见表 2)。表 2 中列出的是去掉烧失量之后重新计算的的主元素氧化物的百分含量,和按 TAS 分类的名称,可以看出,他们的名称与原有的文献中的名称有所不同,是因为,有的是文献中分类未去掉烧失量,或是因为所采用的不同分类方案,或没有进行 S 区内的钾质和钠质的变种的进一步分类。

由表 2 和图 1 可知,庐枞和滁县盆地中的火山岩主体上为 S 区的钾质变种岩石,庐枞盆地为钾玄岩(shoshonite)-安粗岩(latite)-粗面岩(trachyte)组合,滁州盆地为安粗岩-粗面岩组合,庐枞盆地主要为中基性岩类,滁州盆地则为中酸性岩类。另外,从表 2 的 CIPW-norm,可以看出,庐枞盆地火山岩除是 Q-norm 之外,亦有 Ne-norm 的碱性岩类,而滁州盆地的火山岩全部是 Q-norm 的 SiO_2 过饱和的岩类。

2 火山岩岩石组合的化学特征

2.1 关于化学参数的某些术语

与分类命名相同,有关化学参数的术语,由于历史沿革,同一个名称常具有不同的含义和内容,不同作者用法不同,例如,本文在下面要讨论的术语中,钙碱性(CA)一词,在 Peacock's 钙碱指数(见 Rollison, 1993)中有,在 Miyashiro 的 SiO_2-FeO/MgO 参数中有,在 SiO_2-K_2O 参数中亦有,显然,由

于在不同的参数坐标系统中,它们的具体含义必定是不一样的(参见邓晋福等, 2007)。因此,在讨论中写明是哪个参数坐标系统中的钙碱性是十分必要的,以免造成不必要的混乱和争论。

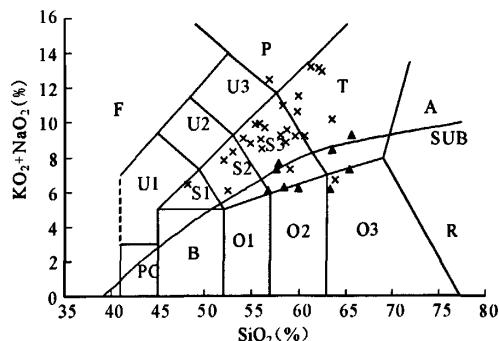


图 1 庐枞和滁州盆地火山岩 TAS 分类 (Le Maitre eds., 1989; 王碧香等, 1991, 中译本), 曲线为碱性(A)和亚碱性(Sub)分界线(据 Irvine et al., 1971)

Fig. 1 TAS classification of the volcanic rocks of both Luzhong and Chuzhou Basins (Le Maitre eds., 1989; Wang Bixiang et al., 1991) (The division line between Alkaline(A) and Sub-alkaline comes from Irvine et al., 1971)

说明:“▲”代表滁州盆地火山岩;“×”代表庐枞盆地火山岩; PC—苦橄质玄武岩; B—玄武岩; O1—玄武安山岩; O2—安山岩; O3—英安岩; R—流纹岩; S1—粗面玄武岩; S2—玄武粗安岩; S3—粗安岩; T—粗面岩 & 粗面英安岩; U1—碱玄岩 & 碧玄岩; U2—响岩质碱玄岩; U3—碱玄质响岩; P—响岩; F—副长石岩
Legend: “▲”: Volcanic rocks of Chuzhou Basin; “×” Volcanic rocks of Luzhong Basin; PC—Picrobasalt; B—Basalt; O1—basaltic andesite; O2—Andesite; O3—Dacite; R—Rhyolite; S1—Trachy basalt; S2—Basaltic trachyandesite; S3—Trachyandesite; T—Trachyte & trachydacite; U1—Tephrite & basanite; U2—Phonote-phrite; U3—Tephri-phonolite; P—Phonolite; F—Foidite

2.2 $SiO_2-(K_2O+Na_2O)$ 参数系统中的碱性 & 亚碱性

由图 1 可以清楚地看出,庐枞盆地的火山岩组合为碱性系列,而滁州盆地的火山岩组合为亚碱性系列。虽然,两个盆地均发育安粗岩-粗面岩组合,但是,在 SiO_2 相等的条件下,庐枞盆地的安粗岩-粗面岩组合比滁州盆地的相同岩石组合要更加地富碱。或者说,庐枞盆地是具碱性系列特征的钾玄岩-安粗岩-粗面岩组合,而滁州盆地是具有亚碱性系列特征的安粗岩-粗面岩组合。

2.3 SiO_2-K_2O 和 K_2O-Na_2O 参数系统中的比较

由图 2 可以看出,庐枞盆地火山岩组合总体具

表 2 庐枞和滁州盆地代表性火山岩主元素化学组成及 TAS 分类名称(数据引自吴利仁等,1984;安徽地质矿产局,1987)

Table 2 The representative major elemental chemical composition and type after TAS classification of both Luzong and Chuzhou basins(Data by Wu Liren, 1984; Geological Survey of Anhui Province, 1987)

地区	本文名称	文献名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	FeO*	ALK	ALK-CaO	FeO*/MgO	Na ₂ O-2-K ₂ O	Q	Ne
滁州	黄 石 坝	粗面岩	英安岩	65.57	0.57	14.83	2.09	2.31	0.10	1.29	3.70	3.95	5.37	0.21	4.19	9.33	5.63	3.25	-3.42	14.18
		粗面岩	安山岩	63.50	0.63	17.79	2.16	3.78	0.06	1.80	1.52	6.37	2.07	0.33	5.72	8.43	6.92	3.17	2.30	12.12
		安山岩	安山岩	59.93	1.19	16.30	2.56	4.10	0.08	3.33	5.77	3.07	3.12	0.55	6.40	6.19	0.42	1.92	-2.05	13.06
		安粗岩(钾质)	粗安岩	57.58	0.99	18.72	2.52	5.64	0.22	3.50	2.87	3.73	3.55	0.66	7.91	7.28	4.41	2.26	-1.82	9.46
		橄辉玄武粗安岩(钾质)	玄武安山岩	56.77	1.28	17.47	2.87	4.68	0.17	2.99	7.18	2.91	3.17	0.52	7.26	6.08	-1.10	2.43	-2.26	8.78
	滁 县	安粗岩(钾质)	石英粗安岩	58.39	0.86	16.69	2.43	5.06	0.46	3.63	5.85	3.42	2.85	0.36	7.25	6.27	0.42	2.00	-1.43	9.05
		安粗岩(钾质)	石英粗安岩	57.80	1.13	19.30	2.68	4.48	0.18	2.66	3.51	3.59	4.06	0.62	6.89	7.64	4.13	2.59	-2.47	10.07
		英安岩	英安岩	63.31	0.89	16.33	2.45	2.64	0.08	2.04	5.79	2.97	3.18	0.32	4.84	6.15	0.36	2.37	-2.21	20.55
		英安岩	流纹英安岩	65.41	0.64	16.16	2.17	2.42	0.04	1.66	3.96	3.83	3.47	0.22	4.38	7.30	3.34	2.63	-1.64	19.61
庐 枞	浮 山	橄辉粗安岩	玄武岩	52.50	1.10	16.24	7.77	1.18	0.19	4.75	8.95	5.05	1.05	1.22	8.17	6.10	-2.85	1.72	2.00	4.81
		橄辉玄武粗安岩(钾质)	含似长石粗面玄武岩	52.04	1.19	20.02	8.00	0.00	0.15	2.01	8.05	4.47	3.40	0.68	7.20	7.86	-0.19	3.59	-0.93	
		歪长粗安岩(钠质)	石英安山岩	59.03	0.74	16.40	6.60	0.87	0.30	4.14	4.33	4.88	2.40	0.30	6.81	7.28	2.95	1.65	0.48	5.29
		安粗岩(钾质)	安粗岩	58.07	0.80	17.50	4.60	3.12	0.15	1.94	4.14	4.68	4.60	0.40	7.26	9.28	5.14	3.75	-1.92	0.58
		安粗岩(钾质)	含似长石安粗岩	56.40	0.79	18.31	5.25	1.68	0.14	1.98	5.19	4.89	4.86	0.51	6.41	9.75	4.56	3.23	-1.98	2.85
		粗面岩	石英安粗岩	60.51	0.69	17.86	5.40	1.06	0.13	0.98	3.77	4.49	4.74	0.37	5.92	9.23	5.46	6.06	-2.26	6.52
		英安岩	英安岩	63.87	0.76	15.81	2.33	4.68	0.61	1.82	2.96	4.31	2.41	0.45	6.78	6.72	3.76	3.73	-0.10	20.07
		安粗岩(钾质)	粗面岩	58.28	0.77	19.84	4.97	0.80	0.14	1.29	2.61	3.79	7.21	0.29	5.27	11.01	8.40	4.09	-5.42	0.91
		安粗岩(钾质)	含似长石粗面岩	55.37	0.66	18.50	5.30	1.41	0.15	1.67	6.57	4.05	5.86	0.44	6.17	9.91	3.34	3.70	-3.81	4.97
		粗面岩	碱长粗面岩	59.91	0.88	18.40	5.10	1.03	0.10	1.90	0.91	4.94	6.62	0.19	5.63	11.56	10.65	2.97	-3.68	1.83
		响岩	含似长石碱长粗面岩	56.90	0.77	19.19	6.71	1.03	0.18	1.21	0.97	3.83	8.66	0.56	7.06	12.48	11.52	5.83	-6.83	
		粗面岩	石英碱长粗面岩	63.46	0.67	18.21	5.16	0.27	0.14	0.76	0.81	4.75	5.46	0.30	4.91	10.21	9.40	6.47	-2.71	3.00
	双 庙	过碱粗面岩	粗面质熔接凝灰岩	62.07	0.54	18.78	1.82	1.31	0.15	0.77	1.29	5.73	7.42	0.10	2.95	13.16	11.86	3.82	-3.69	
		粗面岩	粗面质凝灰熔岩	62.41	0.65	18.49	3.40	0.00	0.34	0.71	0.91	3.83	9.18	0.08	3.06	13.01	12.09	4.32	-7.34	
		过碱粗面岩	辉石粗面岩	61.25	0.50	19.36	1.36	1.85	0.15	0.55	1.66	6.53	6.68	0.11	3.08	13.20	11.54	5.55	-2.15	
		安粗岩(钾质)	玄武粗安岩	54.87	1.03	18.68	5.08	2.76	0.16	3.24	4.79	4.24	4.59	0.56	7.33	8.82	4.03	2.27	-2.35	6.94
	砖 桥	安粗岩(钾质)	玄武粗安岩	55.84	0.81	18.05	5.45	1.55	0.27	2.42	5.18	4.71	5.25	0.48	6.45	9.96	4.78	2.67	-2.54	3.08
		橄辉玄武粗安岩(钾质)	粗面玄武岩	52.97	0.98	17.92	4.10	4.75	0.21	4.28	5.74	4.47	3.87	0.72	8.44	8.34	2.59	1.97	-1.40	1.76
		夏威夷岩	橄辉粗面玄武岩	48.21	1.70	17.33	5.76	5.40	0.19	5.83	8.26	4.49	1.94	0.88	10.59	6.43	-1.83	1.81	0.55	5.46
		安粗岩	粗安岩	56.06	0.73	16.68	3.89	5.13	2.22	2.58	3.72	4.34	4.18	0.47	8.62	8.52	4.79	3.34	-1.84	2.22
	龙 门 院	安粗岩	黑云粗安岩	58.61	0.87	16.85	4.67	2.31	0.23	2.40	4.83	3.67	5.23	0.33	6.52	8.89	4.06	2.72	-3.56	4.45
		粗面岩	云辉粗安岩	59.76	0.67	17.62	4.30	1.66	0.21	1.66	3.08	5.46	5.17	0.40	5.54	10.63	7.55	3.32	-1.71	0.45
		安粗岩	辉石粗安岩	59.62	0.81	16.53	4.47	2.71	0.05	2.74	3.48	4.68	4.56	0.36	6.73	9.24	5.76	2.46	-1.88	4.33
		安粗岩	角闪粗面玄武岩	55.96	0.92	16.89	8.38	0.47	0.21	1.91	5.74	5.00	4.05	0.46	8.01	9.05	3.31	4.20	-1.05	0.45
院		安粗岩	角闪粗面玄武岩	54.14	0.84	16.51	8.52	0.61	0.35	3.17	6.24	4.51	4.58	0.52	8.28	9.09	2.84	2.61	-2.07	3.43
		安粗岩	角闪粗安岩	58.70	0.57	17.53	5.60	2.37	0.36	2.67	2.18	4.87	4.74	0.41	7.41	9.61	7.43	2.77	-1.87	3.08

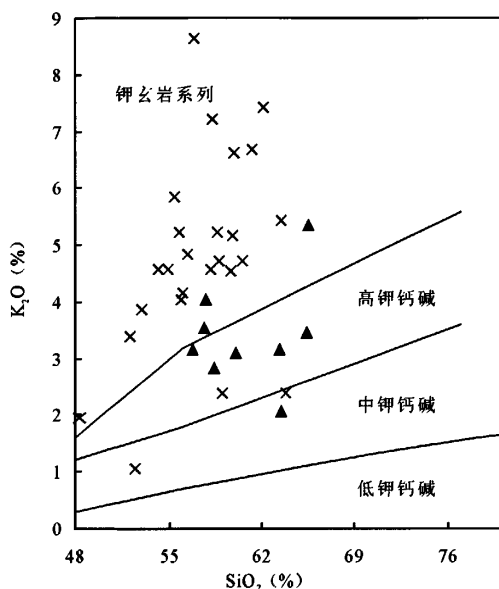


图2 庐枞和滁州盆地火山岩的 SiO_2 - K_2O 图
(据 Peccerillo, 1976) (图例同图 1)

Fig. 2 SiO_2 - K_2O diagram of volcanic rocks in Luzong and Chuzhou Basins. (By Peccerillo, 1976) (Legend is same as Fig. 1)

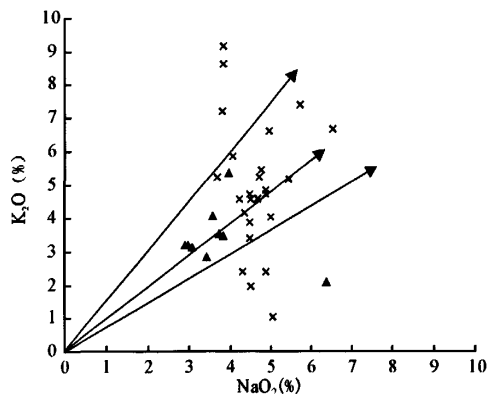


图3 庐枞盆地和滁州盆地火山岩的 K_2O - Na_2O 图
Fig. 3 K_2O - Na_2O diagram of volcanic rocks in Luzong and Chuzhou Basins (Legend is same as Fig. 1)

有钾玄岩系列特征,而滁州盆地火山岩组合则总体具高钾钙碱系列(HKCA)特征。图3则表明,两个盆地的火山岩类具有类似的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值,(介于 1.5~0.72 之间,即图中外侧的两个箭头线所示)。它们的区别在于,庐枞盆地火山岩的 K_2O 和 Na_2O 均比滁州盆地的火山岩要高,这一特征与图1指示的化学特征符合。

2.4 Peacock's 碱钙指数 (Alkaline Index) 的比较

图4表明,庐枞盆地火山岩组合主要为碱性(A),而滁州盆地火山岩组合较为分散,但总体为钙碱性(CA)。图5~6同样表明,庐枞盆地火山岩组合为碱性(A),碱钙指数约为 50.8,滁州盆地火山岩组合为钙碱性(CA),碱性指数约为 57。

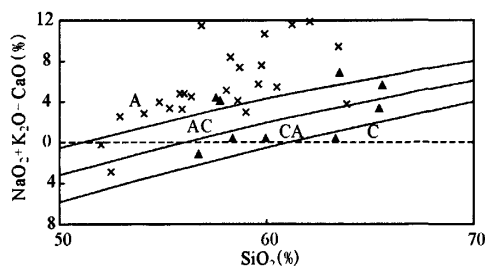


图4 庐枞盆地和滁州盆地火山岩的 SiO_2 -(K_2O + Na_2O - CaO)图(据 Frost et al., 2001) (图例同图 1)

Fig. 4 SiO_2 -(K_2O + Na_2O - CaO) diagram of volcanic rocks in Luzong and Chuzhou Basins (By Frost et al., 2001) (Legend is same as Fig. 1)

A—碱性; AC—碱钙性; CA—钙碱性; C—钙性
A—Alkaline; AC—Alkaline-Calc-alkaline; CA—Calc-alkaline; C—Calc-alkaline

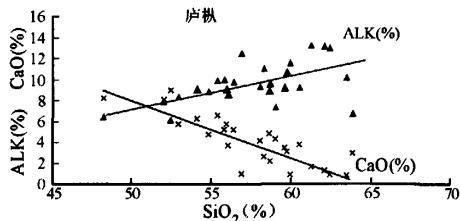


图5 庐枞盆地火山岩的 SiO_2 -ALK 和 SiO_2 -CaO 图
Fig. 5 SiO_2 -ALK and SiO_2 -CaO diagram of volcanic rocks in Luzong Basin

“▲”代表 SiO_2 -ALK 投点; “x”代表 SiO_2 -CaO 投点; peacock's 碱钙指数的曲线交点 $\text{SiO}_2 \approx 50.8$, 为碱性(A)。图中箭头分别表示相应 SiO_2 % 的 ALK 和 CaO % 变化趋势
“▲”: the dots of SiO_2 -ALK; “x”: the dots of SiO_2 -CaO; The SiO_2 data of intersection from Peacock's index is about 50.8, Alkaline; The Arrows mean the trendline of SiO_2 -ALK and SiO_2 -CaO, respectively

2.5 SiO_2 -FeO/MgO 参数系统的比较

图7表明,庐枞盆地火山岩组合为拉斑玄武岩系列(TH)特征,而滁州盆地火山岩组合为钙碱性系列(CA)。由图7可以看出,在 SiO_2 含量相等条

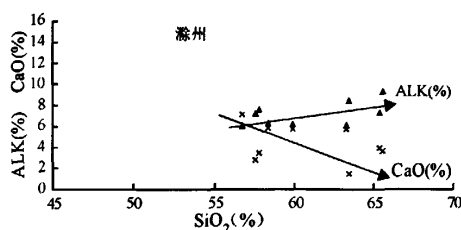


图6 滁州盆地火山岩的 SiO_2 -ALK 和 SiO_2 -CaO 图
(图例同图5)

Fig. 6 SiO_2 -($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) and SiO_2 -CaO diagram of volcanic rocks in Chuzhou Basin (Legend is same as Fig. 5) peacock's 钙碱指数的曲线交点 $\text{SiO}_2 \approx 57$, 为钙碱性(CA)。图中箭头分别表示相应 SiO_2 % 的 ALK 和 CaO %
Legends is same as Fig. 5; The SiO_2 data of intersection from Peacock's index is about 57, Calc-Alkaline

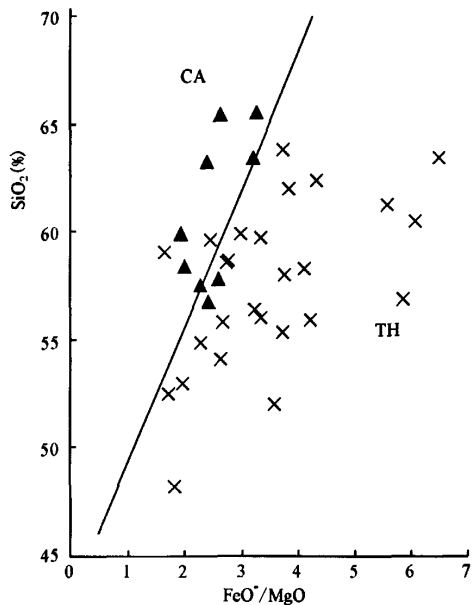


图7 庐枞盆地和滁州盆地火山岩的 SiO_2 - FeO^*/MgO 图(图例同图5) FeO^* 表示全铁

Fig. 7 SiO_2 - FeO^*/MgO diagram of volcanic rocks in Luzong and Chuzhou Basins (Legend is same as Fig. 5) (FeO^* means total Fe)

件下, 庐枞盆地火山岩组合的 FeO^*/MgO 值要大于滁州盆地火山岩组合的 FeO^*/MgO 值, 因此, 按 Frost 等 (2001), Miyashiro 的拉斑玄武岩系列 (TH) 和钙碱性系列 (CA) 分别被称为 Fe 质系列和 Mg 质系列。

由上述几个重要的主元素化学参数特征的比较

看出, 研究区两个盆地的火山岩组合具有完全不同的化学特征(尽管岩石组合中的安粗岩-粗安岩组合的名称是相同的), 进一步暗示, 两个盆地的火山岩的成因会有重要差异。

3 讨论

3.1 岩浆起源与演化

碱性玄武岩岩浆被看作起源于地幔的最初始的原生岩浆(常印佛等, 1991; 邢凤鸣等, 1999; 唐永成等, 1998), 对于庐枞盆地火山岩来说是合理的, 在 TAS 图上(图1)该火山岩组合中最基性的端元为钾玄岩以及含有 Ne-norm。表2支持这样的认识。同样, 火山岩岩石组合的从低 SiO_2 → 高 SiO_2 的连续演化趋势, 并随 SiO_2 的升高, 碱 (ALK), K_2O , FeO/MgO 的依次升高, 和 CaO 的快速降低等化学特征(图1→图7, 表2)符合从岩浆中相对富 Mg 的橄榄石, 相对富 Mg 和 Ca 的辉石, 以及富 Ca 的斜长石分离结晶作用以及同化富碱和富硅的陆壳组分, 即所谓的 AFC '(Assimilation Fractionation Crystallization) 机制(邢凤鸣等, 1999; 常印佛等, 1991; 唐永成等, 1998)。

但是, 上述起源与演化机制难以解释滁州盆地火山岩组合的成因, 因为, 我们在上面讨论的滁州火山岩的化学特征完全不同于庐枞火山岩类。滁州火山盆地缺乏基性端元, 同时, 相对富 Mg 的橄榄石和辉石的分离结晶作用与滁州火山岩组合随 SiO_2 的增加, FeO^*/MgO 比值变化小相矛盾(图7), 富 Ca 斜长石的快速分离结晶亦与总体上仍保持 Peacock's 的 CA 性不符合(图6)。如果减去一部分碱质($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$), 由图1可以看出, 安粗岩和粗面岩将变为安山岩和英安岩, 后者最可能的形成机制是玄武岩源的局部熔融(参见邓晋福等, 2004)。如此形成的安山岩-英安岩岩浆与陆壳的相互作用必然导致岩浆富碱, 而演化为安粗岩和粗面岩类。同时, 图4中除总体为 Peacock 的 CA 性特征外, 某些样品为 AC 和 A 特征亦支持了滁州火山岩的形成与同化陆壳组分密切相关。关于玄武岩源是否俯冲的洋壳, 还是陆壳底部的玄武质岩石, 将在下面讨论。

3.2 区域构造环境

这里的讨论涉及两个侧面, 一是区域构造是否与洋俯冲有关, 另一个是岩石圈的伸展是否是整个岩石圈的伸展减薄?

Ringwood (1975) 指出, 从拉斑玄武岩岩浆要向

CA 系列演化(这里的 CA 是指 $\text{SiO}_2\text{-FeO}^*/\text{MgO}$ 系统中的 CA)必须有 Hb 或 Ga+Cpx 的分离结晶作用。但是 Wyllie(1984)提出,高压下榴辉岩- H_2O 系统中产生的熔浆比 CA 安山岩富 Fe+Mg 和 Ca/(Ca+Mg),而在相同条件下,熔浆同化地幔橄榄岩时使 Fe+Mg 和 Ca/(Ca+Mg)降低接近 CA 系列安山岩岩浆。随后的熔融实验(例如,Carroll & Wyllie,1989;Wolf & Wyllie,1994;Sen C et al.,1994)进一步证明,当玄武岩局部熔融产生的岩浆与地幔橄榄岩发生反应后必定产生具低 FeO/MgO CA 趋势的安山岩-英安岩岩浆。而玄武质源区局部熔融产生的相对富 SiO_2 的岩浆要与地幔橄榄岩发生反应的最佳构造部位应当是洋俯冲带及其上面的楔形地幔区。因此,可以认为滁州盆地具低 FeO^*/MgO 的 CA 趋势的安山岩-英安岩岩浆的形成与洋俯冲环境有直接的成生联系,随着此岩浆上升并与陆壳相互作用后生成安粗岩-粗面岩组合。

庐枞盆地的火山岩,按薛怀民等(2010)对痕量元素地球化学特征的研究,在蛛网图上,明显的 Nb、Ta 负异常,特别是,用 Ce-Yb 参数系统,对庐枞盆地钾玄岩(或橄榄安粗岩,Shoshonite)与全球两个典型的构造区(大陆碰撞后和洋俯冲的火山弧)钾玄岩的对比后指出,庐枞盆地的钾玄岩具洋俯冲火山弧的特征。这样,结合上述讨论其母岩浆源于幔脊(邢凤鸣等,1999)来看,庐枞火山岩的母岩浆源于洋俯冲带上面的楔形地幔区上涌的软流圈局部熔融的岩浆。

野外地质调查(安徽省地矿局,1987;邓晋福等,2001)表明,燕山期研究区发育褶皱和逆冲断层,以至逆冲推覆构造变形。2008 年秋季,作者野外考察期间,特别赴滁州盆地的西缘观察,确认了安徽省地矿局(1987)所鉴定的逆冲断层的存在,以及滁州盆地两侧与火山岩化学特征类似的一系列侵入体大多发育片麻状构造来看,区域构造背景总体上仍处于挤压状态,但并不排斥局部地段,或在某一时段发育短暂的伸展变形。

对于岩石圈减薄作用,已有的研究(如邓晋福等,2008)已经提出,可能有两种类型,一种是岩石圈整体的减薄作用,即陆壳与地幔岩石圈同步减薄作用,这时,岩石圈的伸展作用强烈(Deng et al.,2004;邓晋福,1996);另一种是挤压与造山作用伴生的岩石圈加厚作用之后,由于岩石圈的拆沉作用发生的减薄作用,此时,岩石圈的伸展是局部的和有限的。(Kay et al.,1993;Deng et al.,2007)。从研究

区在燕山时期限内,总体上处于挤压造山环境来看,岩石圈的减薄作用应归属于第二种类型。

综上所述,结合区域构造环境(例如 汤德平,1989;邓晋福等,1992;戴圣潜,2002;童劲松,2008),可以提出一个可供选择的,可能的成因模型是,总体为伊佐奈崎洋俯冲有关的岩浆弧的内带,其中,庐枞盆地和宁芜盆地可能相当于软流圈地幔沿岩石圈不连续带(或深大断裂带)(邓晋福等,2008)上涌的局部伸展环境,而滁州盆地以及宁芜盆地东侧的安基山和溧水-溧阳盆地等可能相当于主体为挤压造山的火山弧环境。

3.3 火山盆地的成矿专属性

众所周知,不同的岩浆有不同的源区,同样,不同的金属矿床,亦有不同的源区。如果说,不同的火成岩组合伴生不同的金属矿床,那么,它们应有共同的源区。Fe 和 Cu 分别在地幔橄榄岩和玄武岩中金属含量最高(高山等,1999;Yan et al,2005),因此,可以设想,源于地幔的基性岩浆形成时会同时萃取出多量的 Fe,源于玄武岩的安山岩-英安岩岩浆会同时萃取出多量的 Cu(邓晋福等,2009)。

地质学,岩石学和矿床学的研究(常印佛等,1991;翟裕生等,1992;唐永成等,1998;邢凤鸣等,1999)已有共识,庐枞盆地玢岩型 Fe 矿与钾玄质火山岩系列有关,滁州盆地及其周边的矽卡岩型和斑岩型 Cu 矿与 CA 性系列的火山岩组合及其相关的侵入岩组合有关。

本文的讨论支持已有的研究,进一步从盆地火山岩的岩石组合,化学特征,岩浆起源与演化,以及区域构造环境等方面讨论两个火山盆地的重要差异,为它们为什么分别具有 Fe 和 Cu 矿的专属性提供某些科学依据。

3.4 长江中下游可能的两次铁铜成矿作用

一般认为,长江中下游铜矿及其相关的火成岩形成较早,铁矿及其相关的火成岩形成较晚(毛景文等,2006;周涛发等,2008)。本文的初步工作则表明,铁铜矿成矿作用可能同时形成,如表 1 年代学所列,滁州盆地及其周边的火成岩与铜矿,与庐枞盆地及其周边的火成岩及其铁矿是同一时期形成的,从目前测试的精度看,难以看出二者在时代上有差异。同样,宁芜盆地 Fe 矿及其东侧的安基山铜矿亦是同时形成的。显然,铜陵和城门山-武山的火成岩与 Cu 矿形成时代要早于滁州-庐枞-宁芜-安基山地区(毛景文等,2006),尽管前人对大冶地区 Fe 矿的成矿时代做了工作(谢桂清,2008),但是还有不同看

法。据不少矿床的铁铜矿共生特征,可以推测,大冶地区铁矿形成时代与铜陵-城门山-武山铜矿相近。这是值得进一步研究和关注的科学问题,因为它不仅涉及基础地质问题,而且与今后的找矿方向和思路直接有关。

如果说,两次铁铜成矿作用确实存在,那么,第一次与第二次成岩成矿作用主要集中地段分别在西侧和东侧,可能指示,洋俯冲带随时间变陡,后退和最终的垮塌作用,这与我们早年(邓晋福等,1992)获得的成因模型是相同的,它对于我们进一步了解中国东部燕山运动的实质与过程具有重要意义。

4 结论

(1) 庐枞盆地与滁州盆地火山岩及其有关的 Fe、Cu 矿床均形成于早白垩纪,约 130Ma。

(2) 庐枞盆地与滁州盆地的火山岩岩石组合分别为钾玄岩-安粗岩-粗面岩组合和安粗岩-粗面岩组合,前者以中基性岩类为主,后者以中酸性岩类为主。

(3) 尽管滁州盆地的岩石组合与庐枞盆地岩石组合的中酸性岩类端元相同,即均为安粗岩-粗面岩组合,但是,它们的化学特征完全不同。庐枞盆地与滁州盆地火山岩组合的化学特征分别为, a) SiO_2 -ALK 系统中的碱性和亚碱性, b) SiO_2 - K_2O 系统中的钾玄质系列和高钾钙碱系列, c) Peacock's 钙碱性指数系统的碱性(A)和钙碱性(CA), 和 d) SiO_2 -FeO/MgO 系统中的拉斑玄武质系列(或 Fe 质)和钙碱性(CA)系列(或 Mg 质)。化学参数的鲜明对照,为它们分别具 Fe 与 Cu 矿成矿专属性提供重要依据。

(4) 两个盆地火山岩组合化学参数的明显对照主要源于岩浆起源与演化的差异。庐枞盆地火山岩源于沿岩石圈不连续带上涌的软流圈,岩浆起源的同时,萃取出优先赋存于橄榄岩中的 Fe 元素进入岩浆,随后与陆壳发生 AFC 过程中,随岩浆分异演化, FeO^*/MgO 不断升高,为 Fe 元素进一步富集于岩浆晚期和期后直至成矿提供了良好的条件。滁州盆地火山岩则源于俯冲的洋壳,萃取出优先赋存于玄武岩中的铜元素进入岩浆,随后与地幔楔橄榄岩相互作用时又能萃取某些 Cu 元素进入岩浆,为 Cu 元素最终富集成矿提供良好的环境。

(5) 两个盆地的火山岩形成于与洋俯冲有关的活动大陆边缘火山弧的内带,结合区域火成岩和构造的时空分布,可以认为,滁州盆地与 Cu 矿有关的

CA 性火山岩组合形成于挤压环境的火山弧主体地段,庐枞盆地与 Fe 矿有关的碱性火山岩组合则形成于火山弧内部的局部伸展地段,火山弧内的局部伸展可能与这一时期洋俯冲的变陡和后退有关,由此,造成了挤压与伸展在空间上的共生现象。

(6) 结合区域火成岩与 Cu、Fe 的时空分布,可以认为,长江中下游成矿带有两个时期形成的火成岩成岩及其有关的 Cu、Fe 成矿亚带。两期成岩成矿作用以及上述火成岩的成矿专属性的讨论为进一步研究成矿作用以及区域成矿潜力提供某些参考。

致谢:感谢地质学报和吕庆田,郝梓国研究员邀约完成此稿,感谢常印佛院士几十年来对作者们的多方面关心和学术指导,谨以此文庆贺常印佛院士 80 华诞。

参 考 文 献

- 安徽省地质矿产局. 1987. 安徽省区域地质志. 北京:地质出版社, 721.
- 常印佛,刘湘培,吴言昌. 1991. 长江中下游铜铁成矿带. 北京:地质出版社, 379.
- 戴圣潜. 2002. 安徽中部燕山期岩浆作用特征及其地球动力学意义. 中国地质大学(北京)博士学位论文, 119.
- 邓晋福,叶德隆,赵海玲,汤德平,邵道乾. 1992. 下扬子地区火山作用,深部过程与盆地形成. 北京:地质出版社, 183.
- 邓晋福,赵海玲,莫宜学,罗照华. 1996. 中国大陆根-柱构造——大陆动力学钥匙. 北京:地质出版社, 110.
- 邓晋福,吴宗絮. 2001. 下扬子克拉通岩石圈减薄事件与长江中下游 Cu-Fe 成矿带. 安徽地质, 11(2): 86~91.
- 邓晋福,罗照华,苏尚国等编著. 2004. 岩石成因,构造环境与成矿作用. 北京:地质出版社, 381.
- 邓晋福,肖庆辉,苏尚国,刘翠,赵国春,吴宗絮,刘勇. 2007. 火成岩组合与构造环境:讨论. 高校地质学报, 13(3): 392~402.
- 邓晋福,滕芹文,彭晓,洪大卫. 2008. 中国地球物理场特征及深部地质与找矿. 北京:地质出版社, 212.
- 邓晋福,冯艳芳,刘翠,肖庆辉,苏尚国,周肃,高延光. 2009. 太行—燕山地区燕山期造山过程岩浆源区与成矿作用. 中国地质, 36(3): 623~633.
- 高山,刘勇胜. 1999. 大陆地壳深部结构与组成. 见郑勇飞. 主编. 化学地球动力学. 北京:科学出版社, 168~201.
- 毛景文,胡瑞忠,陈毓川,王义天等. 2006. 大规模成矿作用与大型矿集区(上册). 北京:地质出版社, 1~533.
- 秦燕,梅玉萍,王登红,张建,吴礼彬. 2009. 安徽滁州琅琊山铜矿辉钼矿-铼同位素定年及其地质意义. 岩矿测试, 28(3): 259~264.
- 汤德平. 1989. 下扬子地区中生代火山岩岩石学及其构造环境. 中国地质大学(北京)博士学位论文, 1~226.
- 唐永成,吴言昌,储国臣,邢凤鸣,王永敏,曹奋扬. 1998. 安徽省沿江地区铜金多金属矿床地质. 北京:地质出版社, 1~351.
- 童劲松. 2008. 造山带岩浆作用与区域构造演化——以大别造山带

- 及其邻区为例. 中国地质大学(北京)博士学位论文, 1~166.
- 王碧香, 沈昆, 毕立君译. 1991. 火成岩分类及术语辞典. 北京: 地质出版社, 1~253.
- 吴利仁主编. 1984. 华东及邻区中生代火山岩. 北京: 科学出版社, 1~287.
- 谢成龙, 朱光, 牛漫兰, 王勇生. 2007. 滁州中生代火山岩 LA-ICP MS 锆石 U-Pb 年龄及其构造地质学意义. 地质论评, 53(5): 642~655.
- 谢桂青, 毛景文, 李瑞玲, 蒋国豪, 赵财胜, 赵海杰, 侯可军, 潘怀军. 2008. 鄂东南地区大型矽卡岩型铁矿床金云母⁴⁰A~³⁹Ar 同位素年龄及其构造背景初探. 岩石学报, 24(8): 1917~1927.
- 邢凤鸣, 徐祥. 1999. 安徽扬子岩浆岩带与成矿. 合肥: 安徽人民出版社, 1~170.
- 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 陈郑辉, 李厚民. 2008. 中国成矿区带划分方案. 北京: 地质出版社, 1~138.
- 薛怀民, 董树文, 马芳. 2010. 安徽庐枞火山岩盆地橄榄玄粗岩系的地球化学特征及其对扬子地区晚中生代岩石圈减薄机制的约束. 地质学报, 84(5): 664~681.
- 翟裕生, 姚书振, 林新多, 周若, 万天丰, 金福全, 周宗桂. 1992. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律. 北京: 地质出版社, 1~235.
- 周涛发, 范裕, 袁峰, 陆三明, 尚世贵, David Cooke, Sebastien Meffre, 赵国春. 2008. 安徽庐枞(庐江-枞阳)盆地火山岩的年代学及其意义. 中国科学(D), 地球科学, 38(11): 1342~1353.
- 资锋, 王强, 唐功建, 宋彪, 谢烈文, 杨岳衡, 梁细荣, 涂湘林, 刘颖. 2008. 皖中管店岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学与地球化学: 岩石成因和动力学意义. 地球化学, 37(5): 462~480.
- Carroll M R, Wyllie P J. 1989. Experimental phase relation in the system tonalite-peridotite-H₂O at 15 Kbar; Implications for assimilation and differentiation processes near the crust-mantle boundary. J. Petrol., 30: 1351~1382.
- Deng J F, Mo X X, Zhao H L, Wu Z X, Luo Z H, Su S G. 2004. A new model for the dynamic evolution of Chinese lithosphere: Continental roots-plume tectonics. Earth Sci. Rev., 65: 223~275.
- Deng J F, Su S G, Niu Y L, Liu C, Zhao G C, Zhao X G, Zhou S, Wu Z X. 2007. A possible model for the lithospheric thinning of North China craton: Evidence from the Yanshanian (Jura-Cretaceous) magmatism and tectonism. Lithos, 96: 22~35.
- Frost B R, Barnes C G, Collius W J, Arculus R J, Ellis D J, Frost C D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks. J. Petrol., 42(11): 2033~2048.
- Irvine T N and Baragar W R A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canad. J. Earth Sci., 8: 523~548.
- Kay R W, Kay S M. 1993. Delamination and delamination magmatism. Tectonophy, 219: 177~189.
- Le Maitre R W. 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Oxford: Blackwell Sci. Pub, 1~31.
- Middlemost E A K. 1985. Magmas and magmatic rocks. London: Longman, 1~83.
- Miyashiro A. 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. Am. J. Sci., 274: 321~355.
- Peccherillo R, Taylor S R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. Contrib. Miner. Petrol., 58: 63~81.
- Ringwood A E. 1975. Composition and petrology of the earth's mantle. McGraw Hill Inc, 618.
- Rollinson H. 1993. Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation. Longman Group U K Ltd. 352.
- Sen C, Dunn T. 1994. Dehydration melting of a basaltic composition amphibolite at 1.5 and 2.0 GPa; Implication for the origin of adakites. Contrib. Miner. Petrol., 117: 397~409.
- Wolf M B, Wyllie P J. 1994. Dehydration melting of amphibolite at 10 Kbar; the effects of temperature and time. Contrib. Miner. Petrol., 115: 369~383.
- Wyllie P J. 1984. Constraints imposed by experimental petrology on possible and impossible magma sources and products. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A310: 429~456.
- Yan M C, Chi Q H. 2005. The chemical compositions of the continental crust and rocks in the eastern part of China. Beijing: Sci. Press, 1~100.

Petrology of Volcanic rocks and its Relationship to Fe-Cu Mineralization of Luzong and Chouzhou Basin, Anhui Province

DENG Jinfu^{1,2)}, LIU Cui¹⁾, FENG Yanfang^{1,2)}, DAI Shengqian³⁾, DU Jianguo³⁾, WU Ming'an³⁾,
TONG Jinsong³⁾, ZHOU Su¹⁾, SU Shangguo¹⁾, WU Zongxu¹⁾, YAO Xiaode³⁾, WU Xuefeng³⁾

1) *China University of Geosciences, Beijing, 100083;* 2) *Development and Research Center, China Geological Survey, 45 Fuwai Street, Xicheng District, Beijing, 100037;* 3) *Geological Survey of Anhui Province, 19 Ningguo Road, Hefei, 230001*

Abstract

The volcanic rock assemblages of the Luzong and Chouzhou basins are shoshonite-latite-trachyte, and latite-trachyte, respectively, which correspond to Fe and Cu mineralization, respectively. They formed in Early Cretaceous with an isotopic age of $\sim 130\text{Ma}$. The volcanic rock assemblages in two basins are very different in chemical features. ① Alkaline and subalkaline in the SiO_2 -alk system; ② shoshonitic and HKCA in the SiO_2 - K_2O system, ③ alkaline with 50.8 and Calc-alkaline with 57 of the Peacock's Alkali-Lime Index, (4) tholeiitic or ferric and Calc-alkaline or magnesian series in the SiO_2 -FeO/MgO system, respectively. The parent magma of the Luzong volcanic rocks is believed to derive from partial melting of the mantle asthenospheric materials; the volcanic rocks of the Chouzhou basin are considered to be resulted from the subducted basaltic slab. The peridotite and the basalt, as magma sources, are believed to be the key for the Fe and Cu metallogenetic attributes of the Luzong and Chouzhou volcanic rock assemblages, respectively. They formed at the inner zone of volcanic arc of the active continental margin related to the Izanagi oceanic subduction. Discussion on the metallogenetic attributes of the volcanic rock assemblages would provide some reference for the evaluation of the prospective areas. This study is dedicated to celebration of the 80th birthday of Academician Chang Yinbo

Key words: Luzong and Chouzhou basins; volcanic rock assemblages; chemical characteristics; origin of magma; metallogenetic specialization; regional tectonic