

皖中下地壳重熔型花岗岩类*

邢凤鸣

(安徽省地质科学研究所, 合肥 230001)

主题词 下地壳 重熔 花岗岩类 皖中

提 要 安徽中部沿江地区北缘分布有洪镇、管店和滁县三个花岗岩类侵入体, 各种岩石化学参数表明它们属于I型或同熔系列花岗岩类。但是, 其Nd、Sr、Pb、O同位素比值均低, 表明它们是古老麻粒岩相下地壳重熔的产物。这类花岗岩在已有的成因分类中未单独划出。

安徽中部沿江地区北缘出露三个中生代花岗岩类侵入体, 即怀宁县洪镇花岗岩侵入体, 嘉山县管店石英二长岩侵入体和滁县石英闪长玢岩侵入体。洪镇岩体侵入古元古界董岭群^[1]与泥盆系—奥陶系。岩体东部与志留系接触处出现混合岩化与少量片岩包体。岩体主要为二长花岗岩和钾长花岗岩, 以花岗结构和二长结构为主, 交代、熔蚀结构较发育, 二长花岗岩的主要造岩矿物为斜长石(36.2%)、钾长石(27.3%)、石英(29.1%)、黑云母(6.2%)。钾长花岗岩仍以钾长石(43.3%)、石英(32.1%)、斜长石(20.6%)和黑云母(2.7%)四种矿物为主。副矿物为磁铁矿、榍石、磷灰石等^[2]。洪镇岩体⁴⁰Ar/³⁹Ar同位素年龄为122Ma^[3]。管店岩体侵入张八岭群, 边缘相为细粒石英二长闪长岩, 半自形粒状结构, 造岩矿物以斜长石(45%)、钾长石(19%)、石英(9%)、普通角闪石和黑云母(21%)为主; 过渡相为中粒石英二长闪长岩到似斑状石英二长闪长岩, 矿物成分与边缘相相似; 内部相为粗粒角闪石黑云母石英二长岩, 花岗结构, 主要造岩矿物为: 斜长石(41%)、钾长石(24%)、石英(11.8%)、黑云母和角闪石(19.2%); 副矿物为磁铁矿、磷灰石、榍石和锆石等。锆石U—Pb不一致线年龄为128Ma^[4]。滁县岩体侵入寒武系与奥陶系, 以石英闪长玢岩为主, 似斑状结构, 斑晶占60%左右, 以斜长石为主, 角闪石次之, 黑云母、石英少量。基质为显微晶质结构和细粒花岗结构, 由斜长石、石英、钾长石及少量角闪石、黑云母组成。造岩矿物平均含量为: 斜长石52.3%、钾长石12.5%、石英16.3%、角闪石13.9%, 黑云母4%。副矿物有磁铁矿、榍石、磷灰石和微量锆石^[5]。岩体K—Ar同位素年龄为134Ma^[6]。三个岩体所处的大地构造位置相同, 均在扬子板块东部北缘, 已出露的古元古界董岭群和肥东群, 中元古界张八岭群, 暗示深部可能存在太古宙下地壳。

1 基本数据

表1列出了洪镇、管店和滁县三个岩体的岩石化学和Nd、Sr、Pb同位素数据。Nd、Sr

* 本文为国家八五科技攻关课题(85—901—03—04)部分内容。
本文于1996年12月收到, 1997年4月改回。

表 1 洪镇、管店、潜县岩体岩石化学和 Nd、Sr、Pb 同位素组成
Table 1 Petrochemical and Nd, Sr, Pb isotopic compositions of Hongzhen, Guandian and Qianxian intrusions

序号	岩体	岩石	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F ₂ O ₃	H ₂ O ⁺	CO ₂	总量
1	洪镇	二长花岗岩	72.03	0.21	14.01	0.72	1.47	0.02	0.62	1.63	3.94	4.02				98.67
2	洪镇	斜长花岗岩	76.47	0.10	12.69	0.48	0.84	0.04	0.19	0.27	4.19	4.51				99.78
3	管店	石英二长岩	65.60	0.63	14.08	1.58	2.74	0.09	3.06	3.63	3.50	4.00	0.25	0.75		99.90
4	潜县	石英闪长玢岩	62.76	0.50	14.81	2.74	2.57	0.06	3.62	4.33	4.32	3.20	0.25	1.23		100.39
	ASI	σ	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	Pb	Sm	Nd	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd			I _{Nd}		ε _{Nd}
1	1.02	2.2	16.993±7	15.365±8	15.365±8	36.945±11	2.95	21.41	0.0833	0.511855±8				0.511788		-13.5
3	0.84	2.5	16.504	15.292	15.292	36.882	4.77	28.82	0.1001	0.511765±5				0.511681		-15.5
4	0.80	2.9	16.62±1	15.37±1	15.37±1	36.82±1	3.12	17.18	0.1098	0.511858±18				0.511762		-13.7
	Rb	Sr	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	I _{Sr}	ε _{Sr}	δ ¹⁸ O‰	资料来源								
1	156	566	0.7964	0.707220±50	0.7058	21	8.3	岩石化学:[2][4][6]; Pb 同位素:本文; Nd, Sr 同位素:潜县, 本文; 洪镇:								
3	58.3	175.5	0.1435	0.706330±6	0.7061	22		[7]; 管店:陈江峰提供								
4	55.5	1253	0.1282	0.706940±30	0.7065	31	7.7									

铅同位素由桂林地质研究所黄斌分析; 铷、锶同位素由中国科技大学陈江峰分析。

同位素分析由陈江峰在美国俄亥俄州立大学实验室完成,分析方法见文献[7];Pb同位素由桂林冶金地质研究院黄斌完成,分析方法如下:首先采用分步酸浸取法,将长石中不同状态的Pb有效地分开,保留能代表长石形成时那一馏份,用作Pb同位素比值测定。Pb的分离采用小型HBr式阴离子交换分离法,并用小型电解沉积法进一步纯化。全流程空白小于2ng。Pb的质谱分析采用硅胶热表面电离法在Vg354质谱上进行,测定精度好于0.5%。

从岩石化学数据看,三个岩体没有特殊之处。其 $\sigma < 3.3$,属于钙碱系列。但Nd、Sr、Pb同位素组成的组合特征却比较特殊,以其比值均低为特征。三个岩体根据花岗岩成因类型参数(表2)易判别为I型或同熔系列花岗岩类,但与同位素组合特征不符,故有必要进行讨论。

2 讨论

Chappell and White^[8]提出的I型与S型花岗岩类和徐克勤等^[9]提出的同熔系列与改造系列花岗岩类的判别参数列于表2。

按表2列出的参数,洪镇、管店和滁县三个岩体似应划入I型或同熔系列花岗岩类。但是,三个岩体的 ϵ_{Nd} 值远远低于-6,Pb同位素比值很低,以及它们均无同期同系列的中到基性侵入体伴生,又与I型或同熔系列花岗岩类的特征不符。

表2 花岗岩类成因类型判别参数

Table 2 Discriminant parameters of genetic types of granitoids

作者	类型	ASI	$Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Fe^{2+})$	I_{Sr}	ϵ_{Nd}	$\delta^{18}O\%$
Chappell & White 1992 ^[8]	I	< 1.1	平均 0.290	0.704—0.712	+0.4— -8.9	< 10
	S	> 1.0	平均 0.153	0.7094—0.7180	-5.8— -9.2	> 10
徐克勤等, 1989 ^[9]	同熔系列	0.95 ±	平均 0.337	0.7043—0.7073	-1.9— -5.9	7.6—9.1
	改造系列	1.20 ±	平均 0.261	> 0.710	-5.3— -14.7	9.7—12.8
本文	洪镇、管店、 滁县岩体	0.80 —1.04	0.306— 0.490	0.7058—0.7065	-13.5 —-15.5	7.7—8.3

ASI 指铝饱和指数 $Al_2O_3/(Na_2O + K_2O + CaO)$ 。

笔者认为,联合应用Nd、Sr、Pb同位素资料,能够提供花岗岩类可靠的成因信息。由图1可见,洪镇等三个岩体的投影点集中,显示它们有相同或相似的源区;投影点位于第IV象限地幔排列延长线的下方,位置较低,一般认为是岩浆起源于太古宙麻粒岩相下地壳的特征。

Pb同位素也提供下地壳成因的信息。三个岩体的Pb同位素比值均很低,在张理刚等^[11]的华南区域铅构造三阶段演化模式图上,均投影在地壳型高级下地壳(即新太古代到早元古代优地槽性质高级区域变质基底)附近(图2)。三个岩体的 ^{204}Pb 分别为1.42、1.44、1.43; $^{207}Pb/^{206}Pb$ 为0.90、0.93、0.92; $^{208}Pb/^{204}Pb$ 为2.17、2.23、2.22,也都符合张理刚等确定的地壳型高级下地壳花岗岩类的相应值: $^{204}Pb > 1.40$ 、 $^{207}Pb/^{204}Pb > 0.90$ 、 $^{208}Pb/^{206}Pb$

>2.18, 而明显区别于华南同熔型和改造型花岗岩类^[12]。

典型的太古宙麻粒岩相岩石具有很低的 Rb 含量和 Rb/Sr 比值^[13], 一般 $Rb < 30 \times (10^{-6})$, $Rb/Sr < 0.20$ 。本区三个岩体的 Rb 含量和 Rb/Sr 比值也较低, 略高于上述值。我们取公认的下地壳 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.12$ 计算, 25 亿年前产生的下地壳, 演化到 130Ma 前时, $\epsilon_{\text{Nd}} = -16.9$, 与之相比, 洪镇岩体的相应值也略高些(图 3)。出现这种偏离的原因, 最简单的解释是: 岩浆定位时受到了上地壳的污染。此外, 不应将古老麻粒岩相岩石与从麻粒岩相岩石源区重熔形成的年轻花岗岩类等同起来。尽管太古宙麻粒岩相岩石的 Rb 含量和 Rb/Sr 比值很低, 但从上述源区部分熔融形成的花岗岩类, 却可以比源岩有较高的 Rb 含量和 Rb/Sr 比值, 如果岩浆发生过结晶分异, 就更是如此。何况, 典型地区酸性麻粒岩也有少数样品的 Rb 含量高达 $60-100 \times (10^{-6})$, Rb/Sr 比值高达 0.37—2.58^[13]。

总之, 无论是岩浆在上地壳定位时受到了污染, 还是岩浆形成时发生了地球化学变异, 导致某些参数与典型的太古宙麻粒岩相岩石相比有某些偏离, 但从 Nd、Sr、Pb、O 同位素总体上看, 洪镇等三个岩体本质上是太古宙麻粒岩相岩石重熔的产物。

为什么 S 型或改造系列花岗岩类的参数未能将这类花岗岩包含在内呢?

首先, 上述三个岩体是一种特殊的、太古宙麻粒岩相下地壳重熔型花岗岩类。太古宙下地壳在强烈的变质过程中, Rb、U、Th 优先丢失, 导致 Sr 和 Pb 同位素比值降低。由于太古宙麻粒岩相岩石演化到前 130Ma \pm 经历了漫长的时间, 导致 Nd 同位素比值也降低了。变质程度较低、相代较新的上地壳岩石的 Nd、Sr 和 Pb 同位素比值没有这样低, ϵ_{Nd} 大都高于 -10, I_{Sr} 高于 0.710。可见, ϵ_{Nd} 、 I_{Sr} 、Pb 同位素比值均低, 是太古宙麻粒岩相下地壳重熔型花岗岩类的特征。

其次, 建立花岗岩成因类型的 S 型或改造系列时, 没有注意到这一特殊类型的壳源花岗岩类, 所依据的资料多是非麻粒岩相地壳尤其是上地壳重熔型花岗岩类。如澳大利亚东南部 S 型花岗岩类^[14], 其 ϵ_{Nd} 和 I_{Sr} 值都在上地壳范围内, 其地壳端员值已被 Faure^[10] 明确地作为上地壳值。华南陆壳改造系列花岗岩, ϵ_{Nd} 多高于 -10, 少数虽低到 -13 左右, 但 ϵ_{Sr} 相当高, 达 142—295, 其端员值也被明确提出为华南上地壳^[15]。华南改造系列花岗岩的 Pb 同位素组成, 比值都比较高, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.49-20.07$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.64-15.76$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.90-38.94$, 均投影在上地壳演化线附近^[12]。虽然 Chappell 等多次提出 In-

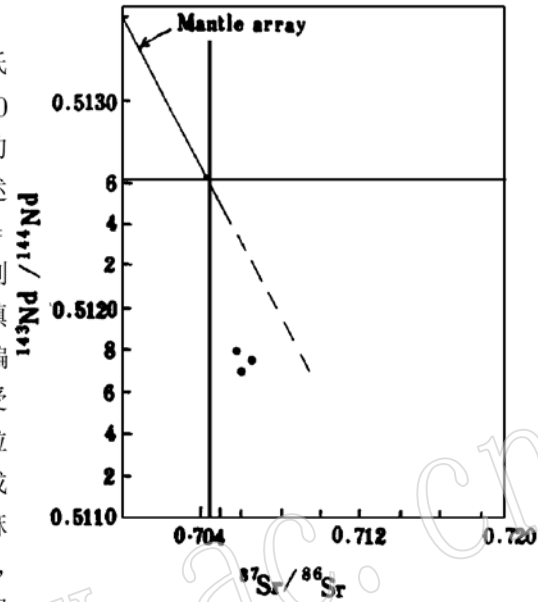


图1 洪镇、管店、滁县岩体 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ — $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 图(Faure, 1986)^[10]

Fig. 1 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ versus $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ diagram of Hongzhen, Guandian and Chuxian intrusives

fracrustal(地壳下的)花岗岩成因类型^[16,8,17],但它并非指太古宙麻粒岩相下地壳。他们提出:S型=沉积的、或地壳上部的(Supracrustal);I型=岩浆的或地壳下部的(Infracrustal)^[16],其中Infracrustal指“由地壳下的增生作用所形成的^[16]”,是“较早的地壳板下作用产生的物质,……形成于地壳之下的增生体^[15]”。即I型花岗岩源于俯冲洋壳,而S型源于上地壳沉积岩,恰恰越过了下地壳。可见,像本文提出的Nd、Sr、Pb同位素比值都很低的三个花岗岩类侵入体,并未包括在已有的花岗岩成因分类中,鉴于太古宙麻粒岩相下地壳特殊的同位素地球化学特点,有必要将其单独分出。

3 结论

(1) 安徽沿江地区北部洪镇、管店和滁县三个花岗岩类侵入体,虽具有I型或同熔系列的岩石学参数特征,但是相当低的 ϵ_{Nd} 、 I_{Sr} 和Pb同位素比值,明确表示它们是古老麻粒岩相下地壳重熔的产物,在定位时可能受到了上地壳物质的污染。

(2) 通过花岗岩类侵入体Nd、Sr、Pb同位素组成的分析,不仅可以有效地了解其成因,还可以了解其源区的性质和地球化学特点,提供深部地壳结构信息。三个岩体提供的信息一致地表明,该区存在太古宙麻粒岩相下地壳。下列三点也是对上述认识的有力支持:①铜陵地区中生代侵入岩在 ϵ_{Nd} - I_{Sr} 图上的投影点沿亏损地幔与太古宙麻粒岩相AFC混合曲线分布,其最低的 ϵ_{Nd} 值(137Ma) = -16.6^[18],明显低于上地壳值;②怀宁地区出露的古元古界董岭群^[1],下部为石榴石角闪岩相岩石,指示深部可能存在太古宙麻粒岩相下地壳;③安庆大龙山石英正长岩侵入体锆石U-Pb不一致年龄的上交点为3300Ma, $\mu_1 = 3 \pm$ ^[19],也指示太古宙麻粒岩相下地壳的存在,大龙山石英正长岩中锆石U-Pb不一致线与一致线在 $^{206}Pb/^{207}Pb$ - $^{235}U/^{207}Pb$ 图上交出二个年龄值: $t_1 = 3300Ma$, $t_2 = 112 \pm 6Ma$ 。Zhang et al.^[19]明确指出, t_2 代表岩浆结晶年龄, t_1 代表掺合到花岗岩类岩浆中进入锆石的继承性放射成因铅的年龄。锆石中继承性放射成因Pb的存在,指示早太古代(3300Ma)地壳物质曾

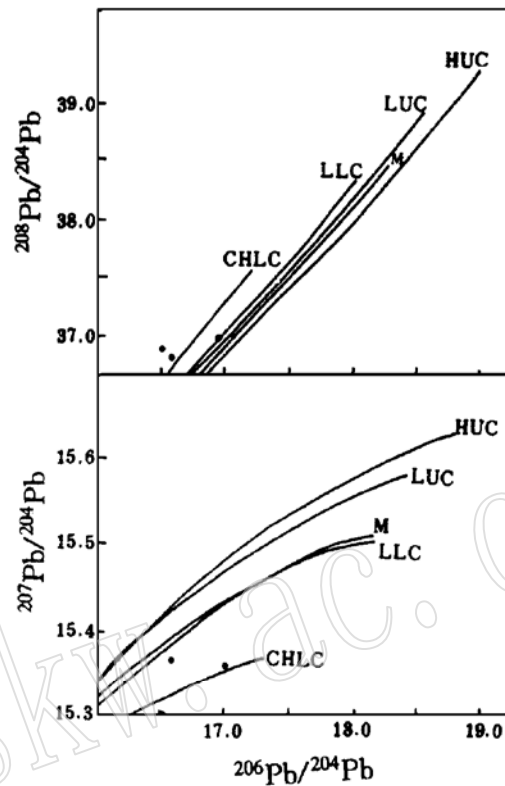


图2 华南铅构造三阶段演化模式(据张理刚等, 1995)^[11]

Fig. 2 Three-stage evolutionary pattern of lead structure in South China

CHLC—地壳型高级下地壳; LLC—低级下地壳; LUC—低级上地壳; HUC—高级上地壳; M—上地幔; •—洪镇、管店、滁县岩体投影点

经掺合到中生代(112Ma)花岗岩类岩石中,相当低的 μ_1 值,要求在3300Ma前掺合到锆石中的初始铅的源区是一个U-Pb亏损库,太古宙下地壳是这种库的合理的选择,因为只有它的 μ 值比原始地幔和上地壳的小。邢凤鸣等^[20,21]研究认为,大龙山石英正长岩等岩石,是幔源高钾碱性玄武岩浆,同化少量下地壳物质,在浅部发生分离结晶形成,与上述结论一致。

(3)具体分析花岗岩类侵入体岩浆源区地球化学场和岩浆演化过程来阐述其成因,

可能是比划分花岗岩类成因类型更可靠的成因研究方法。例如,铜官山岩体与滁县岩体时代相同,有相似的矿物和岩石化学组成,都是矽卡岩型铜矿的成矿母岩,过去均列入同熔系列花岗岩类,但是,岩石学和同位素研究表明,两者有不同的原生岩浆和不同的岩浆演化方式。铜官山岩体是幔源高钾碱性玄武岩浆同化古老下地壳酸性组份,经AFC混合形成^[18],而滁县岩体则是太古宙麻粒岩相下地壳重熔形成,在岩浆定位时可能受到了上地壳的污染。

陈江峰教授为本文提供部分数据、审阅全文并提出修改意见,深表谢忱!

参 考 文 献

- 1 邢凤鸣,徐 祥,李志昌. 长江中下游早元古代基底的发现及意义. 科学通报, 1993, 38(20): 1883—1886.
- 2 董树文,邢端龙. 安庆一月山地区构造作用与岩浆活动,北京:地质出版社, 1993, 42.
- 3 周泰禧,陈江峰,李学明. 安徽省印支运动质疑. 岩石学报, 1988, 4(3): 46—53.
- 4 李学明,李彬贤,张巽,周泰禧. 安徽管店岩体的同位素地质年龄和郟庐断裂的动力变质作用,中国科学技术大学学报, 1985, 增刊, 254—261.
- 5 毛建仁,苏郁香,陈三元等. 长江中下游中酸性侵入岩与成矿. 北京:地质出版社, 1990, 37.
- 6 赵传尧. 苏皖界区黄道山中酸性侵入岩的岩石学及岩石化学特征. 江苏地质, 1987, (1): 25—30.
- 7 陈江峰,周泰禧,李学明等. 安徽南部燕山期中酸性侵入岩的源区锶、钕同位素制约. 地球化学, 1993, 22(3): 261—268.
- 8 Chappell B W and White A J R. I- and S- type granites in the lachlan Fold Belt. Trans R Soc Edinburgh Earth Sci, 1992, 83: 1—26.
- 9 徐克勤,朱金初,刘昌实等. 华南花岗岩类的成因系列和物质来源,南京大学学报. 地球科学, 1989, (3): 1—18.
- 10 Faure G. Principles of isotope geology (second edition). 1986.
- 11 张理刚,王可法,陈振胜等. 东亚岩石圈块体地质. 北京:科学出版社, 1995, 214.
- 12 饶水,沈渭洲. 华南两类不同成因花岗岩的铅同位素组成特征. 岩石学报, 1988, 4(4): 29—36.

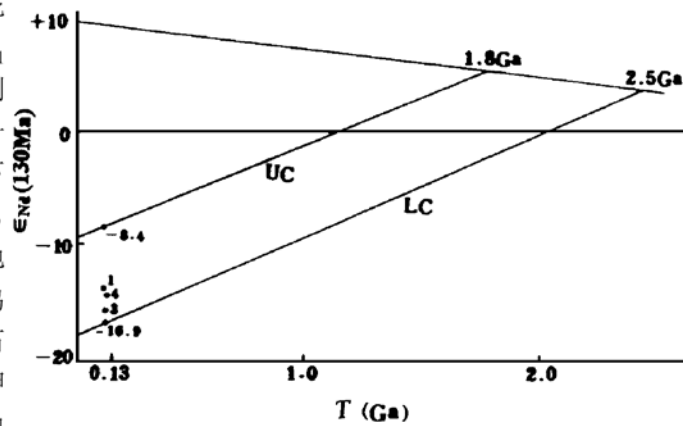


图3 洪镇(1)、管店(3)和滁县(4)岩体 $\epsilon_{Nd}-T$ 图
Fig.3 ϵ_{Nd} versus T diagram of Hongzhen (1), Guandian (3)
and Chuxian (4) intrusions
UC—上地壳;LC—下地壳

- 13 江博明,张宗清. 冀东太古代麻粒岩—片麻岩的稀土地球化学和岩石成因. 中国地质科学院地质研究所刊, 1985, 第13号, 1—34.
- 14 McCulloch M T and Chappell B W. Nd isotopic characteristics of S- and I- type granites. Earth Planet Sci Letter. 1982, 58:51—64.
- 15 刘昌实,朱金初,沈渭洲. 华南陆壳改造系列花岗岩类型划分和成岩物质来源. 地质学报, 1990, 64(1):43—51.
- 16 查佩尔,怀特. 澳大利亚东部莱克兰褶皱带的I型和S型花岗岩,花岗岩地质和成矿关系(徐克勤,涂光炽主编). 南京:江苏科技出版社. 1984, 58—68.
- 17 Chappell B W and Stephens W E. Origin of infracrustal (I- type) granite magmas. Trans R Soc Edinburgh Earth Sci, 1988, 79: 71—86.
- 18 邢凤鸣,徐 祥. 铜陵地区高钾钙碱系列侵入岩. 地球化学, 1996, (1):29—38.
- 19 Zhang Hong, Zheng Yongfei, Zhong Maogong et al., Early Archean inheritance in zircon from Mesozoic Dalongshan granitoids in the Yangtze Foldbelt of Southeast China. Geochemical Journal, 1990, 24: 133—141.
- 20 邢凤鸣,徐 祥. 安徽两条A型花岗岩带. 岩石学报, 1994, 10(4): 357—369.
- 21 邢凤鸣,徐 祥. 安徽沿江地区中生代岩浆岩的基本特点. 岩石学报, 1995, 11(4):409—422.

The Anatectic Granitoids of Lower Crust in Central Anhui

Xing Fengming

(Anhui Institute of Geological Sciences, Hefei 230001)

Key words: lower crust; anatexis; granitoids; central Anhui

Abstract

In Anhui Province, there are three granitoid intrusions, namely Hongzhen, Guandian and Chuxian, distributed on the northern bank of the Yangtze River. Various petrochemical parameters show that they are of I- type. Nevertheless, their Nd, Sr and Pb isotopic ratios are all relatively low ($\epsilon_{Nd}^t = -13.5 \sim -15.5$, $I_{Sr}^t = 0.7058 \sim 0.7065$, $^{206}Pb/^{204}Pb = 16.50 \sim 16.99$, $^{207}Pb/^{204}Pb = 15.29 \sim 15.37$), suggesting that they are anatectic granitoids derived from Archean granulites in the lower crust. This granite type has not been included in known genetic classifications of granitoids.