安徽铜陵狮子山矿田岩浆岩锆石 U-Pb 年龄意义

杨小男,徐兆文,徐夕生,凌洪飞,刘苏明,张军,李海勇
内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室,南京大学地球科学系,南京,210093

内容提要:铜陵地区中酸性侵入岩与广泛分布的铜、金矿床有着密切成因关系。为有效限定狮子山矿田内岩浆活动时代,对其中岩性由辉石闪长质、石英闪长质至花岗闪长质的侵入岩体进行系统的锆石 LA-ICPMS 定年研究,获得南洪冲花岗闪长岩的$^{206}Pb/^{238}U$年龄为 141.2 ±1.6 Ma。在辉石闪长岩和石英闪长岩中发现继承锆石(继承锆石构成的核部),为揭示分散复杂的年龄中包含的地质意义,通过综合相关研究成果,做$^{207}Pb/^{235}U$-$^{206}Pb/^{238}U$图解,发现年龄介于太古宙到古元古代和年龄介于中元古代到早白垩世的投影点分别构成了不一致直线(下交点年龄分别为 1785^{+64}_{-69} Ma,141.9 ±8.1 Ma;上交点年龄分别是 2795^{+91}_{-80} Ma,1290 ±12 Ma,其中,141.9 ±8.1 Ma 与燕山期岩浆活动时代相一致,而三个较为古老的交点年龄与年轻地壳中锆石的统计峰值年龄(2.7 Ga、1.9 Ga、1.2 Ga)较为接近,暗示了壳源物质加入的可能性;通过把已发表的岩浆成分数据代入由锆石结晶实验获得的公式,得到 Zr 饱和温度,辉石闪长岩为 650～700 ℃,石英闪长岩为 750～790 ℃,花岗闪长岩为 750～760 ℃。饱和温度、Zr-SiO_2图解和继承锆石出现的事实,共同表明狮子山矿田内岩浆温度偏低。

关键词: U-Pb 年代学;LA-ICPMS;继承锆石;狮子山矿田;安徽铜陵

安徽铜陵地区燕山期岩浆活动与大规模成矿有着密切关系(常印佛等,1991;翟裕生等,1992;唐永成等,1998;邢凤鸣,1999;王元龙等,2004;Xu et al.,2005),因此前人一直不遗余力的从年代学、岩石化学和同位素地球化学角度,研究区内岩浆岩成因(常印佛等,1991;陈江峰,1991;邢凤鸣等,1995;吴才来等,1996;唐永成等,1998;Wang et al.,2003;杜杨松等,2004;黄顺生等,2004;王元龙等,2004;徐夕生等,2004;高庚等,2006)。但在很长一段时期里,未能获得令人满意的成岩年龄,使得年代学研究相对薄弱。主要表现为 K-Ar 法和 Rb-Sr 法得到的年龄跨度范围大,可能因为上述同位素体系封闭温度偏低,定年结果受蚀变和风化作用等影响(吴才来等,1996)。锆石作为岩浆岩中常见的副矿物,化学性质稳定,同位素封闭性高,所以对岩浆锆石进行 U-Pb 定年一般能够克服以往年代学研究方法的不足。

铜陵地区侵入岩中锆石群结晶特征及成因的初步研究开展较早(吴才来等,1994),为锆石定年工作奠定了良好的基础。借助新兴的原位分析技术,部分学者选择具有重要意义的个别岩体,尝试锆石年代学研究(王彦斌等,2004a,2004b,2004c;徐夕生等,2004;Di et al.,2005;张达等,2006;杜杨松等,2007),揭示了主要的岩浆活动时代。但已开展工作的岩体分散在狮子山、铜官山、新桥、凤凰山等地区,空间跨度大,缺乏系统联系。而且部分年代学研究反映出锆石来源的复杂性,却没有深入讨论。因此为查明同源岩浆活动形成的一系列岩体中锆石所包含的年龄信息,我们选择了代表狮子山矿田内岩浆岩岩性变化的白芒山辉石闪长岩、青山脚石英闪长岩和南洪冲花岗闪长岩,进行年代学研究,并着重分析离散的年龄之间的关系及其地质意义。

1 矿田地质概况

狮子山矿田位于铜陵市东郊 7 km,地处扬子板块北缘,长江深断裂南侧。地表出露地层主要为三叠系地层(图 1),据工程揭露深部存在泥盆系、石炭系和二叠系地层。矿田内褶皱构造有北东向的青山背斜,及次一级褶皱;断裂构造主要是近南北向、近东西向、北东向和北西向。火成岩主要为燕山中晚期辉石闪长岩、闪长岩、石英闪长岩、石英闪长斑岩和花岗闪长岩。此外,还有晚期煌斑岩和花岗斑岩

注:本文为国家自然科学基金(编号 49873016)和高等学校博士点研究基金(编号 20070284011)联合资助成果。
收稿日期:2007-11-27;改回日期:2008-02-22;责任编辑:郝梓国。
作者简介:杨小男,男,1983 年生。矿床学专业博士研究生。通讯作者:徐兆文,教授(博士生导师)。电话:025-83592804;传真:025-83686016;Email:tzb@nju.edu.cn。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

等脉岩。大量岩相学、岩石化学和同位素地球化学研究(常印佛等,1991;翟裕生等,1992;唐永成等,1998;wang et al., 2003;黄顺生等,2004;杨小男等,2007)已经证实上述岩体均属于壳幔混合来源的I型花岗岩(同熔型),并且具有同源性。

2　样品和分析测试方法

白芒山辉石闪长岩样品采自朝山金矿 - 120 m中段主巷道,青山脚石英闪长岩样品采自冬瓜山铜矿 - 760～ - 875 m斜巷道和 - 875 m主巷道,南洪冲花岗闪长岩样品取自ZK441钻孔(坐标为 x = 3420085,y = 39586037,深度为177.97 m)。

选择新鲜全岩样品,经破碎、淘洗分离出重矿物,在Nikon双目显微镜下挑选出晶形完好、无裂纹、未见明显包裹体的锆石单矿物,用环氧树脂粘结,磨至锆石颗粒的中心部位,并进行表面抛光。抛光后的样品在澳大利亚Macquarie大学GEMOC研究中心通过Camebax SX 100型电子探针进行背散射电子图像扫描和常量元素分析。通过背散射电子图像观察发现,部分锆石较为自形,并发育较明显的结晶环带(图2a-e);也有的虽呈自形—半自形,并在边部发育结晶环带,但核部为继承锆石(图2f-h);还有个别的呈它形,结晶环带不明显,推测为继承锆石(图2i)。对三种特征的锆石均进行了精确定年研究。

锆石U-Pb定年在澳大利亚Macquarie大学GEMOC研究中心装有LUV213 nm激光探针的Agilent 7500型ICP-MS上完成。激光器的工作参数为:波长213 nm,激光脉冲重复频率5 Hz,光束孔径15 % (diameter/iris),光束扩张为0,脉冲能量为0.08～0.10 mJ,熔蚀孔径为40～50 μm。测试条件和步骤详见文献(Jackson et al., 2004)。质量分馏校正采用标样GEMOC/GJ-1 (609 Ma),即每轮测试开始和结束之前,分别分析GJ-1标样2～4次,中间分析未知样品12次,其中也包括标样91500和Mud Tank,以反映分析重现性和仪器稳定性。

3　分析测试结果

LA-ICPMS分析结果经普通铅校正(Andersen, 2002),列于表1。

3.1　南洪冲花岗闪长岩

南洪冲花岗闪长岩的锆石年龄主要集中在早白垩世,并且同一样品的四组年龄较为一致(表1),表

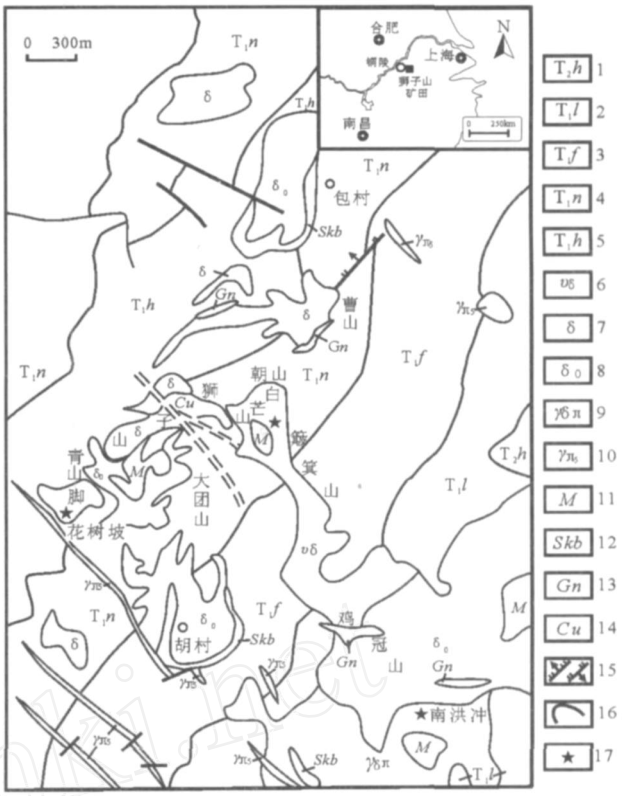

图1　安徽铜陵狮子山矿田地质略图
(据许胜等,1992修改)[1]

Fig. 1　Geological skech map of Shizishan ore-field

1—黄马青组;2—龙头山组;3—分水岭组;4—南陵湖组;5—和龙山组;6—辉石闪长岩;7—闪长岩;8—石英闪长岩;9—花岗闪长岩;10—花岗斑岩;11—大理岩;12—矽卡岩;13—铁帽;14—铜矿化;15—正、逆断层;16—地层界线;17—研究位置

1—Huangmaqing Formation; 2—Longtoushan Formation; 3—Fenshuiling Formation; 4—Nanlinghu Formation; 5—Helongshan Formation; 6—gabbro-diorite; 7—diorite; 8—quartz diorite; 9—granodiorite; 10—grano-porphyry; 11—marble; 12—skarn; 13—iron cap; 14—copper mineralization; 15—faults; 16—stratigraphic boundary; 17—working places

明锆石的U-Th-Pb同位素体系保持了一定的封闭性。个别样品的$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄(147～930Ma)与另外三组年龄略有差别,很可能因为样品中235U含量低岩体年龄与^{235}U-^{207}Pb体系的半衰期(约7亿年)相比太小,所以由衰变积累的^{207}Pb太少,导致了分析误差偏高,因此对较为年轻的锆石(<1 Ga),采用$^{206}Pb/^{238}U$年龄代表其形成时代较为合理(Griffin et al.,2004)。

利用Isoplot 3.25软件包(Ludwig,2000)将数据投影于$^{207}Pb/^{235}U$-$^{206}Pb/^{238}U$图解中(图3),有6个位于一致曲线上,与青山脚石英闪长岩中岩浆锆石年龄相近,1个(LHC-11)偏离一致曲线,暗示了

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

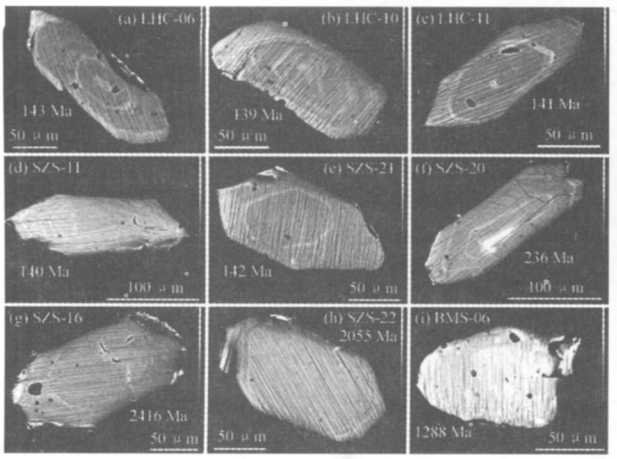

图 2 铜陵狮子山矿田岩浆岩中代表性锆石背散射电子图像(a,b,c 图据杨小男等,2007)

Fig. 2 Back Scattered Electron (BSE) image for typical zircons from Shizishan in Tongling (Fig. 2a, b, c are from Yang Xiaonan et al., 2007)

样品同位素封闭性较差或分析的偏差较大,年龄不可靠,故仅选择前者进行$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄加权平均计算,得到 141.2 ±1.6 Ma。该年龄与铜陵地区主要的岩浆活动时代一致(表 2)。

3.2 白芒山辉石闪长岩和青山脚石英闪长岩

白芒山辉石闪长岩和青山脚石英闪长岩中锆石年龄较分散,跨度为古元古代到早白垩世(表 1)。值得强调的是在白芒山辉石闪长岩中发现$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄为 1288 ±72 Ma 的继承锆石(BMS-06),此前的研究(王彦斌等,2004a)并未报道。为全面了解铜陵地区继承锆石的年龄特点,我们对已发表的定年资料做了搜集整理,选择继承锆石数据共同投图。为了图示清楚,鉴于年龄分段分布的特点(部分介于 1.9 ～ 2.7 Ga 之间,属于太古代到古元古代,部分介于 0.1 ～ 1.3 Ga 之间,属于晚中元古代到早白垩世),遂以中元古年龄为界,分两组分别用

表 1 铜陵地区燕山期岩浆岩中锆石 U-Th-Pb 同位素定年结果

Table 1 Isotopic compositions of U-Th-Pb for geochronology of Yanshanian plutons in Tongling

样号	Th (10^{-6})	U (10^{-6})	Th/U	U-Th-Pb 同位素比值(误差 1σ)				年龄 (Ma,误差 1σ)				谐和度 (%)	来源
				$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{208}Pb/^{232}Th$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{208}Pb/^{232}Th$		
白芒山辉石闪长岩													
BMS-06	605	2333	0.259	0.0838(30)	2.499(82)	0.2163(31)	0.06434(84)	1288(72)	1272(24)	1262(17)	1260(16)	98	①
青山脚石英闪长岩													
SZS-03	87	116	0.75	0.0734(12)	0.641(12)	0.06329(90)	0.03804(58)	1025(35)	503(7)	396(5)	755(11)	39	①
SZS-11	129	34	3.8	0.0502(29)	0.1518(85)	0.02191(34)	0.00691(10)	206(134)	144(7)	140(2)	139(2)	68	①
SZS-15	475	147	3.2	0.0490(7)	0.1606(26)	0.02376(32)	0.00757(11)	150(35)	151(2)	151(2)	152(2)	101	①
SZS-17	48	32	1.5	0.0461(21)	0.1322(58)	0.02082(33)	0.00664(26)	1(100)	126(5)	133(2)	134(5)	-	①
SZS-20	103	119	0.87	0.0657(10)	0.3371(55)	0.03723(50)	0.02525(39)	797(31)	295(4)	236(3)	504(8)	30	①
SZS-21	86	17	5.1	0.0494(21)	0.1519(65)	0.02231(35)	0.00789(19)	168(100)	144(6)	142(2)	159(4)	85	①
SZS-16	30	861	0.034	0.1563(16)	8.95(11)	0.4156(54)	0.1122(16)	2416(18)	2333(12)	2241(24)	2149(29)	93	①
SZS-22	91	446	0.20	0.1269(14)	6.174(82)	0.3532(46)	0.1079(14)	2055(20)	2001(12)	1950(22)	2072(25)	95	①
南洪冲花岗闪长岩													
LHC-05	330	81	4.1	0.0563(39)	0.171(12)	0.02206(35)	0.00686(9)	465(159)	161(10)	141(2)	138(2)	30	②
LHC-06	159	44	3.7	0.0526(30)	0.1629(90)	0.02247(34)	0.00705(10)	310(133)	153(8)	143(2)	142(2)	46	②
LHC-07	166	58	2.9	0.0498(33)	0.1512(96)	0.02203(36)	0.00696(11)	184(150)	143(8)	140(2)	140(2)	76	②
LHC-10	280	38	7.3	0.0490(15)	0.1476(44)	0.02186(29)	0.00676(11)	147(72)	140(4)	139(2)	136(2)	95	②
LHC-11	152	39	3.8	0.0700(16)	0.2141(48)	0.02218(28)	0.00828(12)	930(47)	197(4)	141(2)	167(2)	15	②
LHC-20	95	28	3.4	0.0492(25)	0.1518(75)	0.02240(36)	0.00871(27)	157(115)	144(7)	143(2)	175(5)	91	②
LHC-22	105	25	4.1	0.0494(21)	0.1503(64)	0.02208(33)	0.00756(19)	166(100)	142(6)	141(2)	152(4)	85	②
铜官山石英闪长岩													
TGS-07	-	-	-	0.1257(15)	5.774(72)	0.333(39)	0.0975(12)	2040(21)	1942(11)	1855(19)	1880(22)	91	③
TGS-14	-	-	-	0.1733(29)	10.69(14)	0.4475(50)	0.1237(14)	2589(29)	2496(12)	2384(22)	2358(26)	92	③
TGS-17	-	-	-	0.1850(19)	12.82 (14)	0.5029(57)	0.1404(17)	2698(17)	2667(10)	2626(24)	2655(29)	97	③
小铜官山石英闪长岩													
508-2 11.1	93	74	1.3	0.1742(14)	10.40(23)	0.4329(90)	-	2598(13)	-	2319(41)	-	89	④
508-1 12.1	57	137	0.42	0.1248(6)	6.12(13)	0.3555(75)	-	2025(9)	-	1961(35)	-	97	④
508-1 4.1	93	211	0.44	0.1276(5)	6.75(14)	0.3837(80)	-	2065(7)	-	2093(37)	-	101	④
508-1 9.1	42	86	0.49	0.1527(8)	10.00(29)	0.478(13)	-	2376(9)	-	2517(59)	-	106	④

注:0.0838(30) 表示 0.0838 ±0.0030 (1σ);①为本文;②为杨小男等,2007;③为徐夕生等,2004;④为王彦斌等,2004b.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

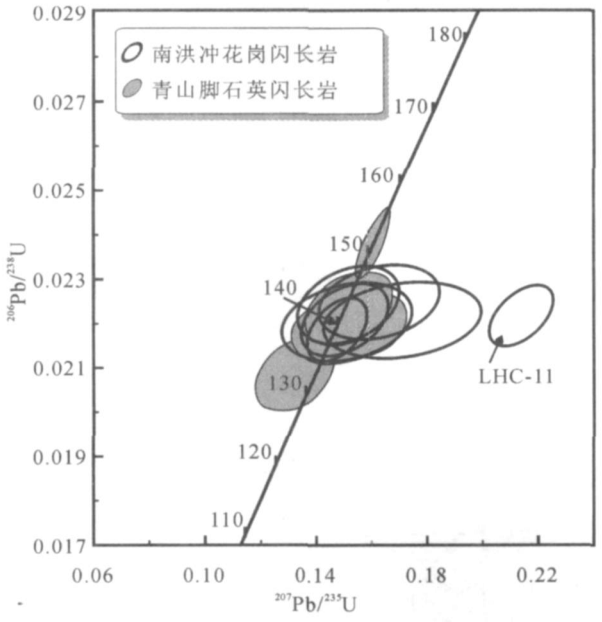

图 3　狮子山地区岩浆锆石 U-Pb 一致曲线图 (南洪冲岩体数据来自杨小男等,2007)

Fig. 3　Concordia plot for magmatic zircons from Shizishan area (Data for Nanhongchong are after Yang et al., 2007)

L HC-11 偏离一致曲线,在加权平均计算时排除了该样,详见正文说明

Sample L HC-11 was rejected in weighted average calculations for scattering away from the Concordia. Refer to the text for details

表 2　铜陵地区岩浆岩锆石 U-Pb 年龄

Table 2　Zircon U-Pb ages for Yanshanian plutons in Tongling

岩体名称	岩性	年龄(Ma)	来源
白芒山	辉石二长岩	142.9 ±1.1	王彦斌等,2004a
南洪冲	花岗闪长岩	141.2 ±1.6	杨小男等,2007
凤凰山	花岗闪长岩 石英二长岩	144.2 ±2.3	张达等,2006
小铜官山	石英闪长岩	142.8 ±1.8	Di et al.,2005
小铜官山	石英闪长岩	139.5 ±2.9	杜杨松等,2007
小铜官山	石英闪长岩	139 ±3	王彦斌等,2004c
新桥矶头	石英闪长岩	140.4 ±2.2	王彦斌等,2004b
铜官山	石英闪长岩	137.5 ±1.1	徐夕生等,2004

Isoplot 3.25 软件包(Ludwig, 2000)做$^{207}Pb/^{235}U$-$^{206}Pb/^{238}U$ 图解(图 4)。

两份图解中均出现投影点沿直线分布趋势,通过计算得到两条不一致直线。在年龄介于中元古至白垩世的图解中(图 4c, d),上交点的年龄为 1290 ±12 Ma,下交点年龄为 141.9 ±8.1 Ma (MSWD = 2.2),而且上下交点处对应有投影点;在年龄介于太古代至古元古的图解中(图 4a),由 7 个投影点

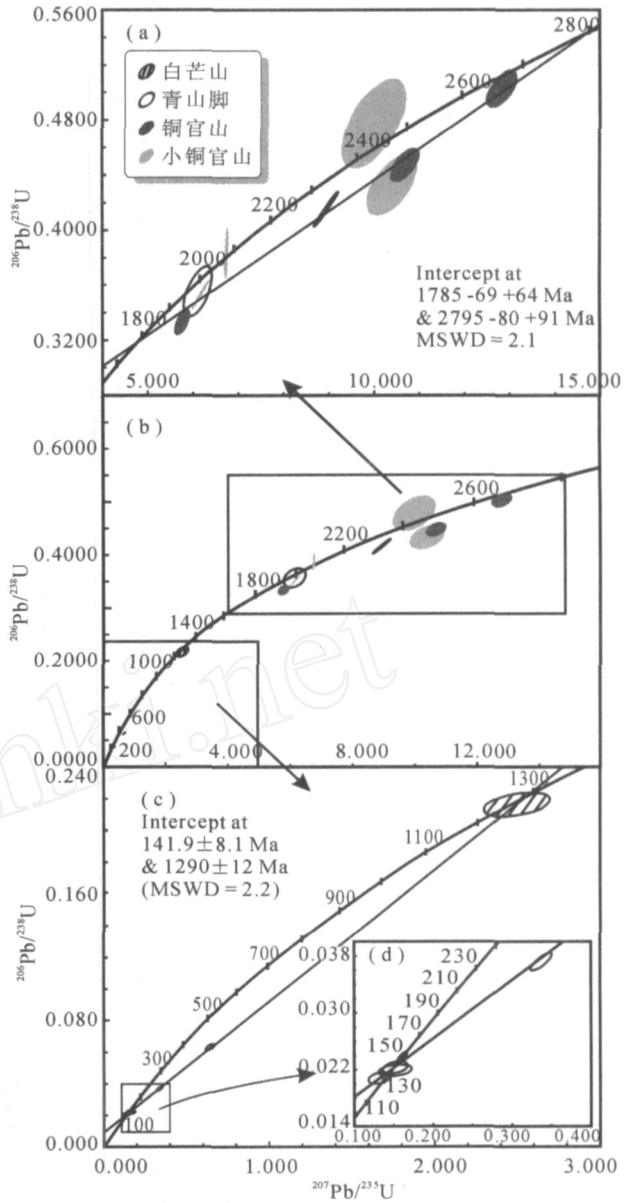

图 4　铜陵地区辉石闪长岩、石英闪长岩的锆石 U-Pb 谐和图解

Fig. 4　Concordia plots for zircon U-Pb dating of the gabbroic diorite and the quartz diorites in Tongling

(b) —为完整的投影图;(a),(c) —(b)的局部放大;(d) —(c)的局部放大;铜官山和小铜官山数据分别来自徐夕生等(2004),王彦斌等(2004b)

(b) —The complete plot; (a), (c) —amplified parts of (b); (d) —amplified part of (c); Data for Tongguanshan and Xiaotongguanshan quartz diorites are after Xu et al. (2004) and Wang et al. (2004b) respectively

构成不一致直线,上交点的年龄为 2795^{+91}_{-80} Ma,下交点年龄为 1785^{+64}_{-69} Ma (MSWD = 2.2)。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

4 讨论

4.1 年代学意义

以上结果最显著的特征是在$^{207}Pb/^{235}U$-$^{206}Pb/^{238}U$图解中,投影点位于不一致直线上,如果上、下交点年龄对应有岩浆活动或热事件,就可能是Pb幕式丢失的结果(Wetherill, 1956),即上交点年龄为锆石最初形成的年龄,下交点年龄反映后期岩浆活动、热事件等的时代。参照白芒山(王彦斌等, 2004a)、南洪冲岩体年龄,可以推断图4-c中下交点年龄为狮子山矿田内燕山期岩浆活动的年龄,并且与铜陵地区主要的成岩年龄较为一致(表2)。而其它复杂分散的继承锆石年龄可能与另外三个交点年龄有某种联系。Condie (1998)在对全球的年轻地壳中锆石年龄进行统计后发现,年龄的峰值分别出现在约2.7 Ga、1.9 Ga和1.2 Ga(图5),可能反映了全球性的岩浆活动规律和大陆生长事件(Stein et al., 1994; Condie, 1995)。从铜陵地区获得的交点年龄分别为2795^{+91}_{-80} Ma,1785^{+64}_{-69} Ma和1290±12 Ma,与三个峰值年龄相近,可能是继承锆石最初形成的年龄,并暗示了继承锆石随着壳源物质加入到成岩作用中。

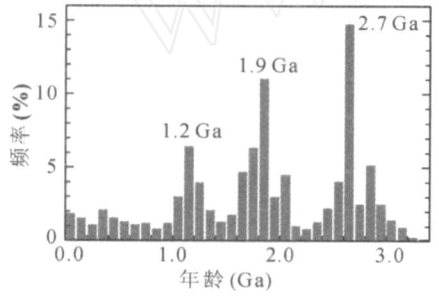

图5 年轻地壳中锆石U-Pb年龄统计图
(Condie, 1998)
Fig. 5 Distribution of U/Pb zircon ages from juvenile crust

4.2 继承锆石能够保存的原因

大量研究表明铜陵地区燕山期岩浆岩成岩物质为壳幔混合来源(常印佛等,1991;翟裕生等,1992;唐永成等,1998;邢凤鸣和徐祥,1995;Wang et al., 2003;王元龙等,2004;徐夕生等,2004;高庚等,2006),所以地壳中的古老锆石可能随壳源物质加入到底侵的岩浆成为继承锆石(王彦斌等,2004b)。从地壳的年龄范围看,铜陵地区的基底董岭群年龄为古元古代(约为1.9 Ga,Xing et al.,1994),扬子克拉通甚至存在太古宙基底(高山等, 1999),所以很可能保存着年龄溯及古元古代的继承锆石。

通过锆石结晶实验得出的Zr饱和浓度、岩浆成分和温度之间的公式关系为:$LnD^{锆石/熔体} = 3/[3.8 + 0.85(M-1)] + 12900/T$,其中,$D^{锆石/熔体}$是饱和时锆石与熔体之间Zr的浓度比,$M = (Na + K + 2Ca)/(Al \times Si)$,T是绝对温度(Watson et al., 1983)。根据岩体的岩石化学资料(黄顺生等,2004;杨小男等,2007),辉石闪长岩、石英闪长岩和花岗闪长岩M值分别在3.0、2.2和2.1附近变化,把M值和Zr浓度代入公式,得到辉石闪长岩的Zr饱和温度介于650～700 ℃,石英闪长岩介于750～790 ℃,花岗闪长岩介于750～760 ℃。在Zr-SiO_2图解中(图6),从辉石闪长岩投影点到石英闪长岩,Zr浓度平缓增加到最大值,说明Zr从接近饱和逐渐达到饱和值,即岩浆温度从略高于计算的饱和温度下降到饱和温度范围,在相关文献中(石英闪长岩的结晶温度为710～840 ℃,杜杨松和李铉具,2004),已得到印证。再对应于所含锆石的来源,辉石闪长质岩浆中锆石趋于熔融,所以继承锆石很少,石英闪长质岩浆中由于Zr趋于饱和,继承锆石大量存留。图6中从石英闪长岩到花岗闪长岩,Zr浓度下降较快,暗示了随岩浆温度下降Zr过饱和从而有大量锆石晶出。岩浆岩成因研究表明,南洪冲岩体形成主要与分离结晶作用有关,即早晶出的锆石与

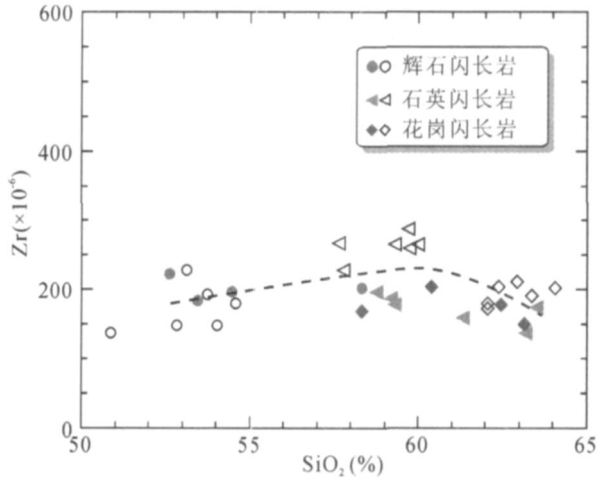

图6 Zr-SiO_2图解。
Fig. 6 Zr-SiO_2 diagram.
实心符号的数据来自翟裕生等(1992),Wang et al. (2003)和王元龙等(2004);空心符号数据来自黄顺生等(2004)和杨小男等(2007)
Data for hard symbols are taken from Zhai et al (1992), Wang et al (2003) and Wang et al (2004); data for open symbols are taken from Huang et al (2004) and Yang et al (2007)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

岩浆发生了分离,所以即使残留有大量继承锆石,也未能保存在花岗闪长质岩浆中,因此我们获得了 141.2 Ma 的谐和年龄。

综上所述,Zr 的饱和温度、Zr-SiO_2 的变化趋势及继承锆石的出现共同说明了狮子山矿田内岩浆温度偏低(国外关于低温 I 型花岗岩的研究可参见 Chappell et al., 1998)。

5　结论

(1) 铜陵地区辉石闪长岩和石英闪长岩锆石定年结果在谐和曲线图中呈两条不一致直线分布,最年轻的下交点年龄(141.9 ±8.1 Ma)与花岗闪长岩岩浆锆石年龄(141.2 ±1.6 Ma)较为一致,记录了区内大规模岩浆活动时代为早白垩世。

(2) 其它三个较为古老的交点年龄可对应于年轻地壳中锆石年龄的统计峰值,可能代表了继承锆石年龄,暗示成岩过程中有壳源物质加入。

(3) Zr 饱和温度计算、Zr-SiO_2 图解中的变化趋势和继承锆石出现的事实,共同表明狮子山矿田内岩浆岩类似于低温 I 型花岗岩。

致谢:感谢安徽省国土资源厅常印佛院士、安徽省地勘局 321 地质队和狮子山铜矿长期对研究工作的关心与支持。感谢陈达源高工、刘良根高工、刘经华工程师、汪斌工程师对课题组野外地质工作的指导与帮助。评审人对文稿提出了非常有价值的修改意见,在此一并感谢。

注　释

❶ 许胜,国和平. 1992. 安徽铜陵地质论文集.

参 考 文 献

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.

陈江峰. 1991. 简单混合,AFC 混合和花岗岩同位素数据解释,安徽地质,1(1):19～27.

杜杨松,李顺庭,曹毅,秦新龙,楼亚儿. 2007. 安徽铜陵铜官山矿区中生代侵入岩的形成过程 ——岩浆底侵、同化混染和分离结晶,现代地质,2007,21 (1):71～77.

杜杨松,李铉具. 2004. 安徽铜陵岩浆岩中辉长质岩石包体的发现及其地质意义. 高校地质学报,10 (3):332～342.

高庚,徐兆文,杨小男,王云健,张军,蒋少涌,凌洪飞. 2006. 安徽铜陵白芒山岩体的成因:Sr-Nd-Pb-O 同位素制约,南京大学学报,42(3):269～279.

高山,Qiu Yumin,凌文黎,McNaughton N J,Groves D I. 2001. 崆岭高级变质地体单颗粒锆石 SHRIMPU-Pb 年代学研究 ——扬子克拉通 > 3.2 Ga 陆壳物质的发现. 中国科学(D 辑),31 (1):27～35.

黄顺生,徐兆文,顾连兴,华明,陆现彩,际建军,聂桂平,朱士鹏. 2004. 安徽铜陵狮子山矿田岩浆岩地球化学特征及成因机制探讨. 高校地质学报,10 (2):217～226.

唐永成,吴言昌,储国正,邢凤鸣,王永敏,曹奋扬,常印佛. 1998. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质. 北京:地质出版社.

王彦斌,刘敦一,曾普胜,杨竹森,田世洪. 2004a. 安徽铜陵地区幔源岩浆底侵作用的时代 ——朝山辉石闪长岩锆石 SHRIMP 定年,地球学报,25(4):423～427.

王彦斌,刘敦一,曾普胜,杨竹森,蒙义峰,田世洪. 2004b. 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. 岩石矿物学杂志,23 (4):298～304.

王彦斌,刘敦一,蒙义峰,曾普胜,杨竹森,田世洪. 2004c. 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,中国地质,31 (2): 169～173.

王元龙,王焰,张旗,贾秀琴,韩松. 2004. 铜陵地区中生代中酸性侵入岩的地球化学特征及其成矿-地球动力学意义,岩石学报,20 (2):325～338.

吴才来,周 ←若,黄许陈,张成火,黄文明. 1996. 铜陵地区中酸性侵入岩年代学研究. 岩石矿物学杂志,15 (4):299～306.

吴才来,周 ←若,黄许陈,张成火. 1994. 铜陵地区中酸性侵入岩锆石群结晶特征及成因. 岩石矿物学杂志,13(3):239～247.

邢凤鸣. 1999. 安徽沿江地区岩浆成矿带. 安徽地质,9 (4):272～279.

邢凤鸣,徐祥. 1995. 安徽沿江地区中生代岩浆岩的基本特点. 岩石学报,11 (4):409～422.

徐夕生,范钦成,O'Reilly S Y,蒋少涌,Griffn WL,王汝成,邱检生. 2004. 安徽铜官山石英闪长岩及其包体锆石 U-Pb 定年与成因探讨. 科学通报,49 (18):1883～1890.

杨小男,徐兆文,张军,王云健,徐夕生,蒋少涌,凌洪飞,刘良根,陈达源. 2007. 安徽狮子山矿田南洪冲岩体形成时代及成因机制研究. 岩石学报,23 (6):1543～1551.

翟裕生,姚书振,林新多,周 ←若,万天丰,全福全,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.

张达,吴淦国,狄永军,臧文拴,邵拥军,余心起,张祥信,汪群峰. 2006. 铜陵凤凰山岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄与构造变形及其对岩体侵位动力学背景的制约. 地球科学,31 (6):823～829.

Andersen T. 2002. Correction of common Pb in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb. Chem Geology, 192: 59～79.

Chappell B W, Bryant C J, Wyborn D, White A J R, Williams I S. 1998. High-and low-temperature I-type granites. Resource Geology, 48: 225～236.

Condie K C. 1998. Episodic continental growth and supercontinents: a mantle avalanche connection? Earth and Planetary Science Letters, 163: 97～108.

Condie K C. 1995. Episodic ages of greenstones: a key to mantle dynamics? Geophys Res Lett, 22: 2215～2218.

Di Yongjun, Wu Ganguo, Zhang Da, Song Biao, Zhang Wenshuan, Zhang Zhongyi, Li Jinwen. 2005. SHRIMP U-Pb Zircon Geochronology of the Xiaotongguanshan and Shatanjiao intrustions and its petrological implications in the Tongling area, Anhui. Acta Geologica Sinica, 79 (6): 795～802.

Griffin W L, Belousva E A, Shee S R, Pearson N J, O'Reilly SY.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2004. Archean crustal evolution in the northern Yilgrn Craton: U-Pb and Hf-isotope evidence from detrital zircons. Precambrian Research, 131 (3-4): 231～282.

Jackson S E, Pearson N J, Griffin W L, Belousova E A. 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology. Chemical Geology, 211: 47～69.

Ludwig K R. 2000. Isoplot a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronoly Center Special Publication, No 1a.

Stein M, Hoffmann A W. 1994. Mantle plumes and episodic crustal growth, Nature, 372: 63～68.

Wang Qiang, Xu Jifeng, Zhao Zhenhua, Xiong Xiaolin, Bao Zhiwei. 2003. Petrogenesis of the Mesozoic intrusive rocks in the Tongling area, Anhui Province, China and their constraint on geodynamic process. Science in China (Ser. D) 46(8): 801～805.

Watson B E, Harrison M T. 1983. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. Earth and Planetary Science Letters, 64: 295～304.

Wetherill G W. 1956. An interpretation of the Phodesia and Witwatersrand age patterns. Geochimica et Cosmochimica Acta, 9: 290～292.

Xing Fengming, Xu Xiang, Li Zhichang. 1994. Discovery of the early Proterozoic basement in the Middle-Lower reaches of Yangtze River and its significance. Chinese Science Bulletin, 39 (2): 135～139.

Xu Zhaowen, Lu Xiancai, Ling Hongfei, Lu Jianjun, Jiang Shaoyong, Nie Guiping, Huang Shunsheng, Hua Ming. 2005. Metallogenetic mechanism and timing of late superimposing fluid mineraliztion in the Dongguashan diplogenetic stratified copper deposit, Anhui province. Acta Geologica Sinica, 79 (3): 405～413.

Zircon U-Pb geochronology and Its Implication for the Temperature of Yanshanian Magma in Tongling, Anhui Province

YANG Xiaonan, XU Zhaowen, XU Xisheng, LING Hongfei, LIU Suming, ZHANG Jun, LI Haiyong

State Key Laboratory for Mineral Deposit Research, Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210093

Abstract

The Yanshanian plutons that occur extensively in Tongling, Anhui Province are essential to the genesis of world-class strata-bound ore deposits. We have sampled plutons ranging from gabbroic diorite to granodiorite in the Shizishan orefield to conduct systematical studies on geochronology with LA ICPMS. The magmatic zircons from the Nanhongchong granodiorite yield an age of 141.2 ±1.6 Ma. A number of inherited zircons (or inherited cores) have been found in Baimangshan gabbroic diorite as well as Qingshanjiao quartz diorite. In order to reveal geological significance of complicated ages, the age data for these zircons and age data for adjacent quartz diorites are plotted on the $^{207}Pb/^{235}U$ and $^{206}Pb/^{238}U$ diagram, from which two groups of age data (one group ranging from Archean to paleo Proterozoic, and the other from middle Paleozoic to Early Cretaceous), do not constitute a straight line, with lower intercepts at 1785^{+64}_{-69} and 141.9 ±8.1 Ma and upper intercepts at 2795^{+91}_{-80} Ma, 1290 ±12 Ma respectively. Of the four ages, the second (141.9 ±8.1 Ma) is consistent to the times of Yanshanian magma activity and the other three are the old intercept age, close to the three statistical age peaks (2.7Ga, 1.9Ga and 1.2Ga) for juvenile continental crust, implying a possibility of supplement of crustral materials. $ZrSiO_2$ correlation diagram, and the presence of inherited zircons indicate that zirconium reached to saturation in the magma; consequently, the dominant magmatic temperatures were close to the calculated temperatures for saturated zirconium (for gabbroic diorite: 650～700 ℃, quartz diorite: 750～790 ℃ and granodiorite: 750～760 ℃), indicating that the magma temperature in Shizishan was relatively lower.

Key words: U-Pb geochronology; LA-ICPMS; inherited zircons; Shizishan ore-field; Tongling; Anhui Province

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net