

蚌埠淮光“混合花岗闪长岩”的形成时代及源区： 锆石 SHRIMP U-Pb 地质年代学证据

靳 克¹⁾ 许文良¹⁾ 王清海¹⁾ 高 山²⁾ 刘晓春³⁾

(1) 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春, 130061 ; (2) 西北大学大陆动力学重点实验室, 陕西 西安, 710079 ;
(3) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081)

摘 要 对蚌埠淮光花岗闪长岩的岩相学和锆石阴极发光图象研究表明, 淮光“混合花岗闪长岩”为岩浆结晶作用的产物, 岩石形成后受到了应力作用的改造。锆石 SHRIMP U-Pb 定年结果和岩浆锆石的 SHRIMP U-Pb 年龄显示淮光花岗闪长岩形成于 130.0 ± 2.0 Ma, 大多数继承锆石的年龄集中在 $1\ 800 \sim 1\ 900$ Ma、 $2\ 300 \sim 2\ 517$ Ma 和 $3\ 443$ Ma, 这意味着淮光花岗闪长岩的母岩浆起源于华北地块基底的部分熔融。早白垩世 (130 Ma 左右) 的岩浆作用是引起继承锆石和碎屑锆石 Pb 丢失的重要原因, 同时也是华北地块东部岩石圈减薄的最重要时期。 130 Ma 左右的岩浆作用和岩石圈减薄应与太平洋板块的俯冲相联系。

关键词 锆石 U-Pb 定年 花岗闪长岩 SHRIMP 蚌埠

Formation Time and Sources of the Huaiguang “Migmatitic Granodiorite” in Bengbu, Anhui Province: Evidence from SHRIMP Zircon U-Pb Geochronology

JIN Ke¹⁾ XU Wenliang¹⁾ WANG Qinghai¹⁾ GAO Shan²⁾ LIU Xiaochun³⁾

(1) College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, Jilin, 130061 (2) Key Laboratory of Continental Dynamics, Northwestern University, Xi'an, Shaanxi, 710069 (3) Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing, 100081)

Abstract Petrography of the Huaiguang “migmatitic granodiorite” and existence of magmatic zircons indicate that the granodiorite was formed by the crystallization of magma and was subjected to late stress. The granodiorite was formed at 130 ± 2.0 Ma based on the ages of magmatic zircons. Most inherited zircons were formed at $1\ 800 \sim 1\ 900$ Ma, $2\ 300 \sim 2\ 517$ Ma and $3\ 443$ Ma, suggesting that the Huaiguang granodioritic magma might have been derived from the partial melting of the basement of the North China Block. The early Cretaceous (130 Ma $\pm$) magmatism probably resulted in a major Pb loss in some inherited and detrital zircons and might have been an important period of the lithospheric thinning in the eastern part of the North China Block. The 130 Ma magmatism and lithospheric thinning could be attributed to the subduction of the Pacific plate.

Key words zircon U-Pb dating granodiorite SHRIMP source Bengbu

蚌埠隆起位于华北地块东南缘, 东邻郯庐断裂带和苏鲁造山带, 南距大别造山带约 300 km。区内广泛出露花岗质岩体, $1:20$ 万区域地质调查报告 (1979)^①和安徽省地质矿产局 (1987) 曾将其确定为晚太古代蚌埠期的混合花岗质岩石, 包括混合花岗岩、混合花岗闪长岩、混合二长花岗岩和混合钾长花岗岩。该区花岗岩的形成时代及成因一直是人们争

论的问题之一 (邱瑞龙等, 1999)。本文报道了蚌埠淮光“混合花岗闪长岩”中锆石 SHRIMP U-Pb 定年的结果, 并讨论了可能的岩浆源区。这对重新认识该区的地质演化历史具有重要意义。

1 地质背景和岩体地质

蚌埠隆起总体上呈 EW 向带状展布, 宽约 50

本文为国家自然科学基金项目 (批准号: 40172030) 国家自然科学基金重点项目 (编号: 40133020) 和吉林大学创新基金项目 (编号: 2002CX004) 资助的部分成果。

改回日期: 2003-5-21, 责任编辑: 宫月萱。

第一作者: 靳克, 男, 1954 年生, 博士研究生, 岩石学专业。

① 安徽省地质矿产局地质调查队, 1979. $1:20$ 万蚌埠幅区域地质调查报告。

km,长约 100 km(图 1),主要由太古代五河杂岩组成,包括变质镁铁质岩系、表壳岩系和变质变形花岗质侵入体。

淮光岩体位于蚌埠隆起的中部(图 1),岩体侵入的围岩为太古代五河杂岩。岩体主要由所谓的“混合花岗闪长岩”组成。岩体与围岩具有明显的侵入接触关系,且可见到花岗片麻岩的捕虏体。岩体内部岩性均匀,有晚期闪长斑岩脉穿切。

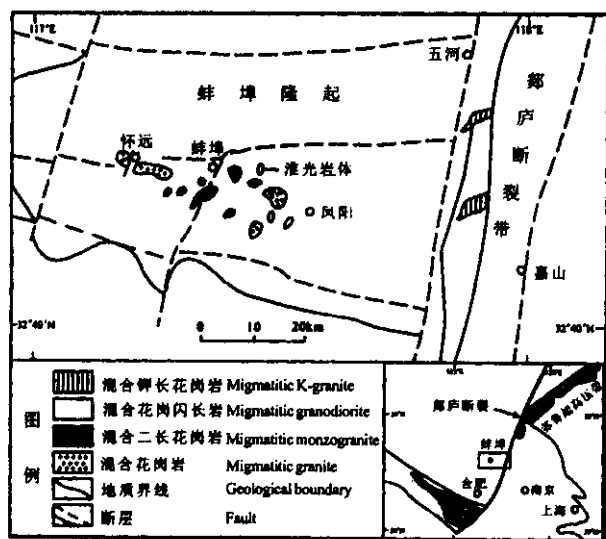


图 1 蚌埠隆起区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of Bengbu uplift

2 样品描述和分析方法

淮光“混合花岗闪长岩”呈变余花岗结构,斜长石晶形较好,石英受力后重结晶呈三边平衡结构,黑云母次变为细小的鳞片状,且呈聚合体产出。原岩矿物粒间出现一些细粉状的长英质矿物,为岩石受应力之产物。岩石呈弱片麻状构造。主要组成矿物为斜长石、石英、钾长石和少量黑云母。岩石中的副矿物为锆石、磷灰石、榍石和磁铁矿。

锆石分选采用常规的重力分选和电磁选方法进行,然后将其与标准锆石(TEM 417 Ma)一起粘贴,制成环氧树脂样品靶,打磨抛光并使其露出中心部位,进行透射光、反射光、阴极发光和背散射扫描电镜显微照相。锆石 SHRIMP U-Pb 同位素分析在中国地质科学院地质研究所的 SHRIMP-II 离子探针上进行,测试条件及流程见宋彪(2002)。通过对阴极发光或/和背散射图象分析,选择吸收程度或形态

上明显不同的区域进行分析。普通铅的校正用测定的 ^{204}Pb 进行。所给定的同位素比值和年龄的误差为 1σ (表 1)。

3 分析结果

部分测定锆石的阴极发光图象如图 2 所示。从图 2 中可以看出锆石的内部结构清晰。大多数锆石具有继承核和细微震荡环带的生长边,部分为自形、均匀的锆石,后者表明了岩浆成因的特征(Koschek, 1993)。结合岩石结构特征以及岩体与围岩的侵入关系,可以认为淮光“混合花岗闪长岩”具有典型岩浆成因特征。此外,部分锆石为碎屑锆石,多数具有较好的晶形(如图 2 中 1.1、8.1、8.2),部分为不规则状(如图 2 中 6.1、6.2、15.1)。

对该样品进行了 24 个点的 SHRIMP 分析(表 1 和图 3)。

从图 2 可以看出,自形程度较好、阴极发光均匀的锆石和具有震荡环带生长边的锆石(岩浆锆石)具有相同或相似的年龄值,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄集中在 126~136 Ma 之间,其加权平均值为 130.0 ± 2.0 Ma(图 3-b, 95% 置信度误差)。该年龄代表了淮光花岗闪长岩的结晶年龄。

继承锆石核部的年龄主要集中在 1 800~1 900 Ma、2 300~2 500 Ma 和 3 400 Ma。130 Ma 的事件会使继承锆石有不同程度的 Pb 丢失。

4 讨论与结论

4.1 继承锆石(核部)和碎屑锆石 U-Pb 年龄的地质意义

在一个花岗岩体中存在不同年龄组的继承锆石可作为示踪岩浆源区物质性质的指示剂(Keay 等, 1999)。从淮光花岗闪长岩中继承锆石 U-Pb 定年结果可以看出,其主体集中在 1 800~1 900 Ma、2 300~2 517 Ma,这与华北地块主体部分形成于太古代,尤其是 2 500 Ma 左右,部分地区经历了 18×10^8 a 左右的高级变质作用的认识相吻合(Ma 等, 1998; Zhao, 2001)。虽然在扬子地块的某些地方也存在太古代和古元古代的地壳增长事件(Ma 等, 1998; Gao 等, 2001),但 700~800 Ma 是扬子地块大规模地壳增长发生的时间(Li 等, 1999; 周建波等, 2002; 薛怀民等, 2002)^①,而淮光花岗闪长岩中继承

① Guo J-H, Chen F-K, Siebel W et al. 2003. Crustal structure and tectonics in post UHP collisional environment of the Sulu orogen, eastern China: implications for SHRIMP zircon U-Pb dating on Jurassic granites. Terra Nova (in press).

表1 淮光混合花岗岩闪长岩中锆石 SHRIMP U-Pb 定年数据
Table 1 SHRIMP zircon U-Pb dating of migmatitic granodiorite on the Huaiguang

测点	$^{206}\text{Pb}_c$ /%	U $\times 10^{-6}$	Th $\times 10^{-6}$	Th/U	$^{206}\text{Pb}^*$ $\times 10^{-6}$	年龄 (Ma)				同位素比值								备注
						$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	误差 / 1σ	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	误差 1σ	$^{206}\text{Pb}^*$ $/^{238}\text{U}$	误差 /%	误差 1σ	误差 /%	$^{207}\text{Pb}^*$ $/^{206}\text{Pb}^*$	误差 /%	$^{206}\text{Pb}^*$ $/^{238}\text{U}$	误差 /%	
BB1-1.1	0.22	125	9	0.07	33.4	1740	± 23	1911	± 17	3.23	± 1.5	0.12	± 0.96	5.0	± 1.8	0.31	± 1.5	继承锆石核
BB1-2.1	4.11	92	101	1.13	1.74	134.6	± 3.9	945	± 550	47.4	± 2.9	0.07	± 27	0.21	± 27	0.021	± 2.9	均一锆石
BB1-3.1	1.63	576	375	0.67	10.2	129.2	± 2.0	76	± 180	49.4	± 1.5	0.05	± 7.6	0.13	± 7.7	0.021	± 1.5	均一锆石
BB1-4.1	1.95	243	313	1.33	4.53	135.6	± 2.8	351	± 240	47.04	± 2.1	0.05	± 10	0.16	± 11	0.021	± 2.1	均一锆石
BB1-5.1	17.24	39	23	0.59	0.815	126.9	± 7.6	—	—	50.3	± 6.1	—	—	—	—	0.02	± 6.1	均一锆石
BB1-6.1	0.19	122	126	1.07	32.3	1,730	± 23	1,812	± 16	3.25	± 1.5	0.11	± 0.89	4.70	± 1.7	0.31	± 1.5	继承锆石
BB1-6.2	0.64	59	37	0.64	16.1	1,766	± 25	1,826	± 41	3.17	± 1.6	0.11	± 2.2	4.85	± 2.8	0.32	± 1.6	继承锆石
BB1-7.1	0.32	70	35	0.52	25.0	2,244	± 30	2,309	± 16	2.40	± 1.6	0.15	± 0.94	8.43	± 1.8	0.42	± 1.6	继承锆石核
BB1-8.1	0.12	128	99	0.80	79.6	3,512	± 42	3,442.7	± 5.8	1.38	± 1.5	0.30	± 0.37	29.43	± 1.6	0.72	± 1.5	继承锆石核
BB1-8.2	0.03	554	89	0.17	302	3,161	± 35	3,353.1	± 3.5	1.58	± 1.4	0.28	± 0.23	24.28	± 1.4	0.64	± 1.4	继承锆石边
BB1-9.1a	0.12	409	20	0.05	149	2,270	± 28	2,473.5	± 8.7	2.37	± 1.4	0.16	± 0.52	9.41	± 1.5	0.42	± 1.4	继承锆石核
BB1-9.1b	0.04	384	17	0.05	130	2,138	± 26	2,473.5	± 6.1	2.54	± 1.4	0.16	± 0.36	8.77	± 1.5	0.39	± 1.4	继承锆石核
BB1-9.2	2.74	210	148	0.73	3.88	133.6	± 2.4	428	± 290	47.75	± 1.8	0.06	± 13	0.16	± 13	0.02	± 1.8	继承锆石边
BB1-10.1	0.09	320	204	0.66	122	2,369	± 28	2,326.2	± 9.4	2.25	± 1.4	0.15	± 0.55	9.08	± 1.5	0.44	± 1.4	继承锆石核
BB1-11.1	12.60	55	34	0.63	1.08	127.6	± 7.8	290	± 2100	50.0	± 6.2	0.05	± 93	0.14	± 94	0.02	± 6.2	均一锆石
BB1-11.2	3.15	117	80	0.70	2.09	127.8	± 3.2	1,105	± 400	49.9	± 2.5	0.08	± 20	0.21	± 20	0.02	± 2.5	均一锆石
BB1-12.1	3.45	221	228	1.07	3.98	129.0	± 2.3	51	± 470	49.47	± 1.8	0.05	± 19	0.13	± 20	0.02	± 1.8	均一锆石
BB1-13.1	0.05	600	284	0.49	239	2,453	± 31	2,517.1	± 4.4	2.16	± 1.5	0.17	± 0.26	10.59	± 1.5	0.46	± 1.5	继承锆石核
BB1-14.1	9.95	72	74	1.06	1.37	126.2	± 4.0	-280	± 1400	50.6	± 3.2	0.04	± 56	0.11	± 56	0.02	± 3.2	均一锆石
BB1-15.1	0.42	67	38	0.58	24.9	2,299	± 34	2,318	± 19	2.33	± 1.8	0.15	± 1.1	8.72	± 2.1	0.43	± 1.8	继承锆石
BB1-16.1	0.10	444	32	0.08	111	1,638	± 20	1,898.4	± 9.6	3.46	± 1.4	0.12	± 0.54	4.64	± 1.5	0.29	± 1.4	继承锆石核
BB1-17.1	2.09	452	679	1.55	7.84	126.1	± 2.0	101	± 190	50.62	± 1.6	0.05	± 8.2	0.13	± 8.3	0.02	± 1.6	均一锆石
BB1-18.1	3.35	177	91	0.53	3.19	129.1	± 3.1	234	± 390	49.5	± 2.4	0.05	± 17	0.14	± 17	0.02	± 2.4	均一锆石
BB1-19.1	6.30	106	90	0.88	1.97	129.0	± 3.1	-94	± 830	49.5	± 2.4	0.04	± 34	0.12	± 34	0.02	± 2.4	均一锆石

注: Pb_c 和 Pb^* 分别为普通铅和放射性成因铅部分; 年龄和同位素比值均为测定的 ^{204}Pb 校正。本表单点年龄的误差为绝对误差 (1σ), 同位素比值为相对误差 (1σ), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值为 95% 置信度误差。

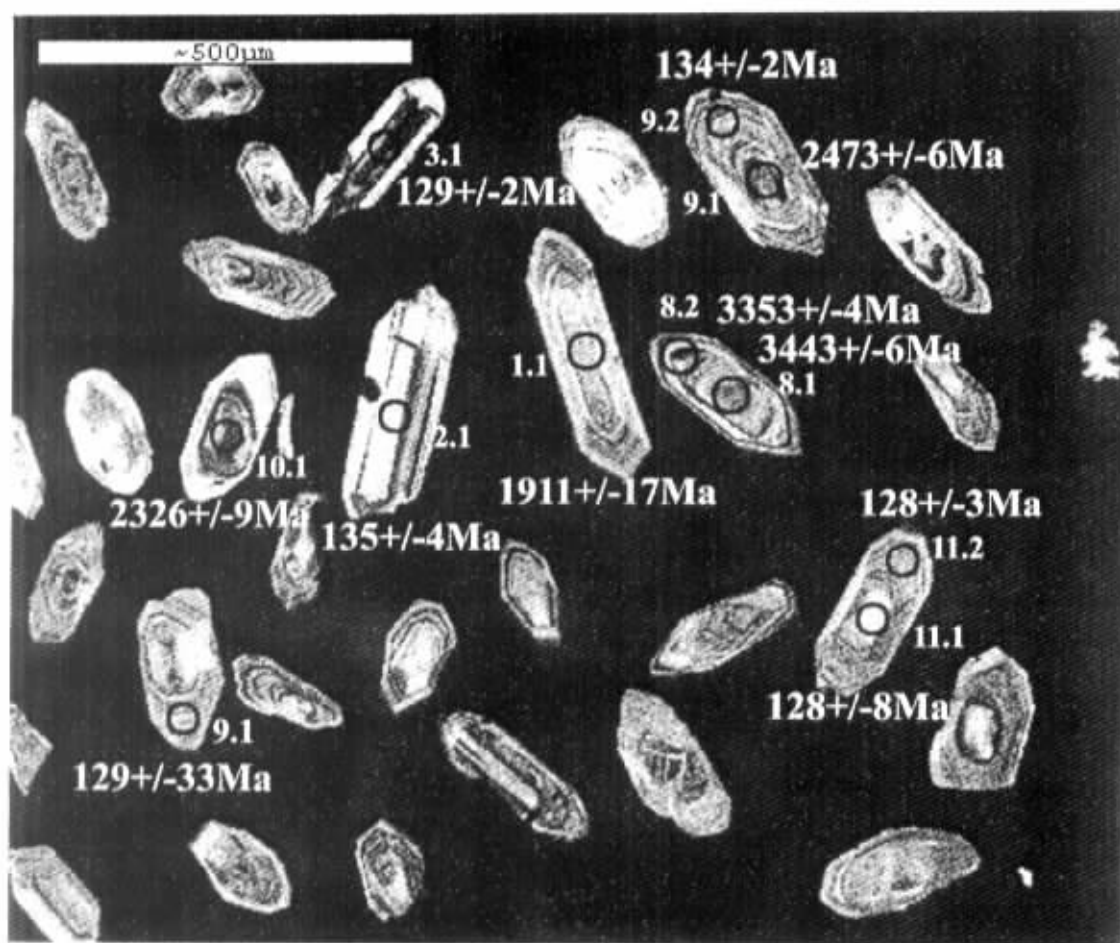


图 2 部分测定锆石的阴极发光图像

Fig. 2 Cathodoluminescence (CL) images of selected zircons

锆石并没有该年龄值的显示。结合淮光花岗闪长岩中 $3\,443 \pm 6\text{ Ma}$ 碎屑锆石的存在, 可以认为淮光花岗闪长岩的岩浆源区应是华北地块的基底。徐淮地区中生代 ($130 \sim 132\text{ Ma}$) 侵入杂岩中浅色片麻岩、暗色片麻岩包体以及寄主岩中存在大量 $2\,400 \sim 2\,500\text{ Ma}$ 浑圆状碎屑锆石也进一步证明了上述认识^①。

4.2 岩浆锆石 U-Pb 年龄的地质意义

淮光花岗闪长岩中典型岩浆锆石和继承锆石边缘振荡环带的存在, 均表明该花岗闪长岩应为岩浆成因, 其年龄为 $130.0 \pm 2.0\text{ Ma}$ 代表了淮光花岗闪长岩的结晶年龄。

在华北地块东部 130 Ma 左右的岩浆作用广泛而强烈, 它不仅包括了含有丰富幔源包体的辉长-闪长岩类(许文良等, 1993)^②, 而且还包括了来源于深

部地壳的二长闪长岩-二长岩类(许文良等, 2003), 这种具有双峰式特点的岩浆作用暗示 130 Ma 左右应是华北地块岩石圈减薄的峰期。中国东部中生代火山岩的研究结果也证明了这一点(许文良等, 2000)。近年来, 徐淮地区中生代侵入杂岩中榴辉岩类捕虏体的发现(许文良等, 2002)以及胶东地区和苏鲁造山带北段中生代花岗岩中锆石的研究结果(罗振宽等, 2002; Guo 等, 2003)均暗示华北地块东部在中生代早期曾存在一次重要的陆壳加厚过程, 即中生代早期曾发生扬子地块向华北地块之下俯冲的事件(许文良等, 2003)。结合大别-苏鲁超高压变质带的研究可以初步认为, 华北地块东部岩石圈的减薄应起始于中生代早期(Gao 等, 2002; Xu, 2001), 岩石圈减薄的开始与俯冲板片的断离和超高压岩石的快速折返阶段相对应(许文良等, 2003; 王清晨等, 2002)。而早白垩世(130 Ma 左右)的岩浆作用和岩

① 许文良, 王清海, 刘晓春等. 2003. 徐淮地区中生代侵入杂岩的年代学及源区: 来自锆石 SHRIMP U-Pb 定年的制约. 地质学报(待刊).

② 王冬艳. 2002. 鲁西-辽西中生代火成岩中镁铁质-超镁铁质岩石包体的岩石学与地球化学特征: 中生代岩石圈地幔性质探讨. 吉林大学(博士学位论文).

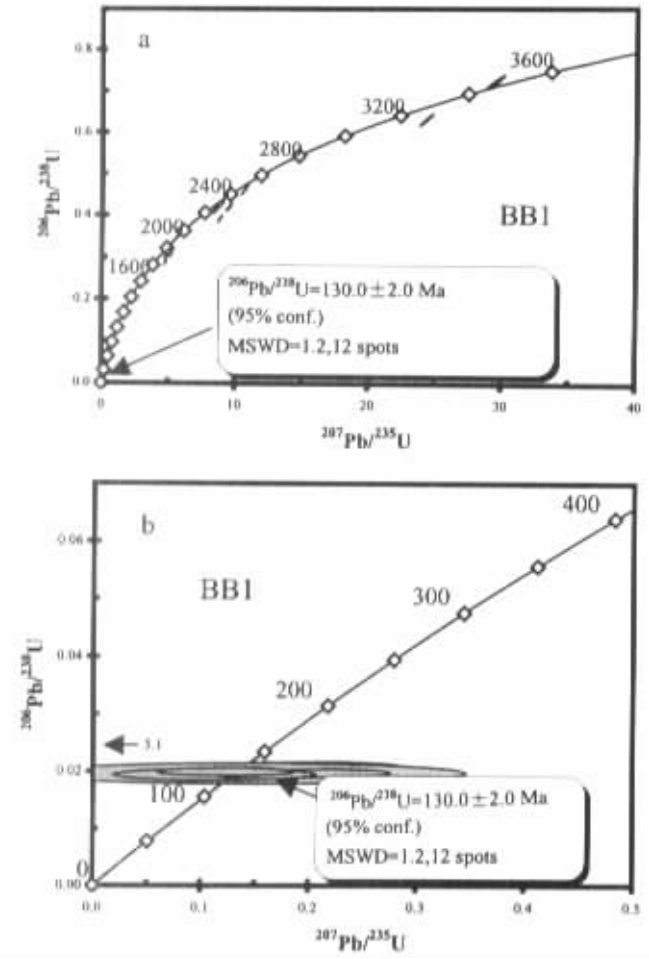


图 3 淮光花岗闪长岩中锆石 SHRIMP U-Pb 谐和图
Fig.3 U-Pb Concordia diagrams summarizing the SHRIMP zircon data of Huaiguang granodiorite
a-所有数据 b-为图 3a 下部的局部放大
a-Plot of all data b-Enlarged lower part of the Figure 3a

石圈的快速减薄应与太平洋板块的俯冲相联系。
致谢 衷心感谢宋彪和刘敦一研究员在锆石 SHRIMP U-Pb 分析中给予的帮助与支持。

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.
罗振宽, 苗来成编著. 2002. 胶东招莱地区花岗岩和金矿床. 北京：冶金工业出版社 20~57.
邱瑞龙, 徐祥, 黄得志. 1999. 华北地块东南缘蚌埠地区荆山岩体同位素年龄及其地质意义. 安徽地质, 9(3):161~164.
宋彪, 张玉海, 万渝生, 简平. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论. 地质论评 48(增刊) 26~30.
王清晨, 林伟. 2002. 大别山碰撞造山带的地球动力学. 地学前缘 9(4):257~265.
许文良, 袁朝, 迟效国等. 1993. 华北地台中部中生代闪长质岩石及深源岩石包体. 北京：地质出版社.
许文良, 王冬艳, 王嗣敏. 2000. 中国东部中生代火山作用的 P-T-t-C 模型与岩石圈演化. 长春科技大学学报, 30(4):329~335.
许文良, 王冬艳, 林景竹等. 2002. 徐淮地区早侏罗世侵入杂岩中石榴辉石岩包体的发现及其地质意义. 科学通报 47(8):618~622.
薛怀民, 董树文, 刘晓春. 2002. 大别山东部花岗片麻岩的锆石 U-Pb

年龄. 地质科学, 37(2):165~173.
周建波, 郑永飞, 吴元保. 2002. 苏鲁造山带西北缘五莲花岗岩中锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 科学通报, 47(22):1745~1750.

References

Bureau of Geology and Mineral Resources of Anhui province. 1987. Regional geology Anhui province. Beijing: Geological Publishing House.
Gao S, Qiu Y, Ling W et al. 2001. SHRIMP single zircon U-Pb dating of the Kongling high-grade metamorphic terrain: Evidence for 3.2 Ga old continental crust in the Yangtze craton. Science in China (Series D), 44:326~335.
Gao S, Rudnick R L, Carlson R W, McDonough W F, Liu Y S. 2002. Re-Os evidence for replacement of ancient mantle lithosphere beneath the North China craton. Earth and Planet. Sci. Lett., 198:307~322.
Koschek G. 1993. Origin and significance of the SEM cathodoluminescence from zircon. Journal of Microscopy, 171:223~232.
Keay S, Steele D, Compston W. 1999. Identifying granite sources by SHRIMP U-Pb zircon geochronology: an application to the Lachlan foldbelt. Contrib. Mineral. Petrol., 137:323~341.
Li Z-X, Li X H, Kinny P D. 1999. The breakup of Rodinia: Did it start with a mantle plume beneath South China? Earth and Planetary Science Letters, 173:171~181.
Luo Zhengkuan, Miao Laicheng. 2002. Granites and gold deposits in Zhaoyuan-Laizhou area, eastern Shandong province. Beijing: Metallurgical Industry Press 20~57.
Ma X, Bai J. 1998. Precambrian crustal evolution of China. Beijing: Geological Publication House 1~331.
Qiu Ruilong, Xu Xiang, Huang Dezhi. 1999. The isotopic age of the Jingshan intrusive in the Bengbu region of the southeastern edge of the North China block and its geological implications. Geology of Anhui, 9(3):161~164 (in Chinese with English abstract).
Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, Jian Ping. 2002. Mount making and procedure of the SHRIMP dating. Geological Review, 48(Sup.):26~30 (in Chinese with English abstract).
Wang Qingcheng, Lin Wei. 2002. Geodynamics of the Dabieshan collisional orogenic belt. Earth Science Frontiers, 9(4):257~265 (in Chinese with English abstract).
Xue Huaimin, Dong Shuwen, Liu Xiaochun. 2002. Zircon U-Pb ages of the granitic gneiss in eastern part of Dabie Mt. Geological Science, 37(2):165~173 (in Chinese with English abstract).
Xu Wenliang, Yuan Chao, Chi Xiaoguo et al. 1993. Mesozoic dioritic rocks and deep-seated inclusions in central North China platform. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
Xu Wenliang, Wang Dongyan, Wang Simin. 2000. P-T-t-C model of Mesozoic and Cenozoic volcanism and lithospheric evolution. Journal of Changchun University of Science and Technology, 30(4):329~335 (in Chinese with English abstract).
Xu Wenliang, Wang Dongyan, Liu Xiaochun, Wang Qinghai, Lin Jingqian. 2002. Discovery of eclogite inclusions and its geological significance in early Jurassic intrusive complex in Xuzhou-northern Anhui, eastern China. Chinese Science Bulletin, 47(14):1212~1216.
Xu Y G. 2001. Thermo-tectonic destruction of the Archaean lithospheric keel beneath eastern China: evidence, timing and mechanism. Phys. Chem. Earth (A), 26(9~10):747~757.
Zhao G C. 2001. Palaeoproterozoic assembly of the North China Craton. Geological Magazine, 138:87~91.
Zhou J B, Zheng Y F, Wu Y B. 2003. Zircon U-Pb ages and its geological significance in Wulian granite from northwestern edge of Sulu orogenic belt. Chinese Science Bulletin, 48(4):379~384.