

河南三门峡市曲里石英闪长斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义

杨德彬 许文良 王冬艳 王清海 裴福萍

(吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061)

提要:河南省三门峡市曲里石英闪长斑岩中锆石的阴极发光图像显示其具有两种类型,即具有细微震荡环带的自形锆石和具有继承核与生长边的浑圆状锆石。具有细微震荡环带岩浆锆石的 SHRIMP U-Pb 年龄(117.7 ± 1.6 Ma)显示该石英闪长斑岩体的形成时间为早白垩世;浑圆状锆石核部 SHRIMP U-Pb 谐和年龄为 620 Ma 和 219 Ma,这表明该石英闪长斑岩的母岩浆可能起源于经历了超高压变质作用改造的华南地块基底物质的部分熔融。

关键词:石英闪长斑岩;SHRIMP U-Pb 定年;锆石;地质意义;河南曲里

中图分类号:P 597+.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2004)04-0379-05

秦岭—大别造山带主要形成于印支期已被多数地质学家所承认^[1-3]。然而,该期造山作用对华北地块南缘有何影响?该期造山作用的影响范围如何?这一直是地质学家们争论的问题。追其原因是缺乏对华北地块南缘火成岩形成时代及其岩浆源区性质的研究。笔者报道了位于华北地块南缘三门峡市曲里石英闪长斑岩中锆石的 SHRIMP U-Pb 定年结果,这对解决上述问题可以提供有益的启示。

1 地质概况与岩体地质

曲里岩体位于河南省三门峡市卢氏县西南部曲里村西。在大地构造位置上,处于华北地块的南缘,中条山的南端,南距秦岭—大别造山带北缘约 150 km(图 1)。曲里石英闪长斑岩呈岩床状沿石炭系上部岩层整合侵入,出露面积 4.2 km²,往南西端厚度变薄。岩体侵位主要受 NNE 向断裂构造所控制,而岩体内部发育的脉岩则受近 S—N 向的断裂构造所控制。岩石风化较强,具典型的球状风化现象。该岩体可作为中条山南段(垣曲—三门峡)中生代闪长斑岩体的代表。

2 样品描述和分析方法

曲里岩体的石英闪长斑岩,呈灰褐—浅褐色,斑状结构,块状构造,斑晶主要为斜长石,环带结构发育。有少量角闪

石、黑云母。此外,岩石中还有少量的钾长石和石英。副矿物为磁铁矿、锆石、磷灰石、榍石等。

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(Temora-417Ma)一起粘贴在环氧树脂表面,抛光后使其露出内部结构,并进行透射光、反射光、阴极发光和背散射扫描电镜显微照相。锆石 SHRIMP U-Pb 同位素分析在北京离子探针中心的 SHRIMP-II 离子探针上进行,有关实验条件及样品靶制备参见宋彪等^[4]。通过对阴极发光或/和背散射图像分析,选择吸收程度或形态上明显不同的区域进行分析。普通铅的校正是用测定的 ²⁰⁴Pb 进行(普通铅组成采用 417 Ma 时 stacey-kramers 模式给出的组成)。所给定的同位素比值和年龄的误差在 1 σ (表 1)水平。

3 分析结果

从测定的部分锆石阴极发光图像(图 2)可以看出,锆石多数具有完好的晶形,其形态可分为两种,一种为浑圆状,多具有继承核和生长边(图 2-a, 2-b);另一种为自形程度较好,发育锥面和柱面的长条状,具有均匀的细微震荡环带生长边(图 2-c, 2-d),后者代表了岩浆成因锆石的特征^[5]。U-Pb 同位素分析数据见表 1,其 ²⁰⁷Pb/²³⁵U—²⁰⁶Pb/²³⁸U 谐和年龄谱图如图 3 所示。

收稿日期:2002-09-23;改回日期:2003-04-06

基金项目:国家自然科学基金项目(40172030 和 40133020)资助。

作者简介:杨德彬,男,1979 年生,从事岩石学研究工作;E-mail:xuwl261@sina.com.cn。

表 1 曲里石英闪长斑岩中锆石 SHRIMP U-Pb 定年数据
Table 1 SHRIMP zircon U-Pb dating data of the Quli quartz diorite porphyry

样号	同位素比值					年龄 (Ma)					备注				
	$^{238}\text{U} \times 10^{-6}$	$^{232}\text{Th} \times 10^{-6}$	Th/U	$^{206}\text{Pb}^* \times 10^{-6}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 误差 $\pm(\%)$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 误差 $\pm(\%)$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 误差 $\pm(\%)$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 误差 $\pm\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 误差 $\pm\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 误差 $\pm\sigma$					
X-15-1.1	506	600	1.22	8.26	0.0632	3.7	0.130	7.8	0.01868	1.6	226	180	119.3	1.9	核部
X-15-2.1	1404	606	0.45	22.4	0.05461	1.3	0.1351	2.1	0.01852	1.4	325	36	118.3	1.7	边部
X-15-3.1	1113	348	0.32	28.3	0.0529	3.0	0.2008	4.6	0.02947	1.4	167	100	187.2	2.7	边部
X-15-3.2	426	234	0.57	31.2	0.06834	1.4	0.751	2.5	0.0849	1.4	746	43	525.4	7.3	核部
X-15-4.1	497	254	0.53	7.66	0.0564	2.2	0.1177	7.2	0.01775	1.6	103	170	113.4	1.8	边部
X-15-5.1	1811	712	0.41	29.3	0.0564	2.3	0.1295	4.0	0.01870	1.4	206	86	119.5	1.7	边部
X-15-6.1	844	399	0.49	13.5	0.0605	2.3	0.1344	5.0	0.01848	1.5	319	110	118.0	1.8	边部
X-15-7.1	922	506	0.57	15.0	0.05734	1.5	0.1305	4.2	0.01878	1.5	213	91	119.9	1.7	边部
X-15-8.1	2131	996	0.48	33.3	0.05492	1.6	0.1269	2.9	0.01811	1.4	233	58	115.7	1.6	边部
X-15-9.1	2624	1272	0.50	43.0	0.08181	1.2	0.2037	2.1	0.01899	1.4	1,141	31	121.3	1.7	边部
X-15-10.1	1391	588	0.44	21.5	0.0599	2.7	0.1399	3.6	0.01795	1.4	472	74	114.7	1.6	边部
X-15-11.1	885	420	0.49	14.2	0.0589	2.3	0.1274	5.4	0.01841	1.5	205	120	117.6	1.7	边部
X-15-12.1	125	90	0.75	2.10	0.123	8.3	0.185	25	0.01838	2.7	1,017	510	117.4	3.2	边部
X-15-13.1	84	32	0.40	2.53	0.0774	5.6	0.306	14	0.03455	2.1	751	290	219.0	4.5	核部
X-15-13.2	257	80	0.32	5.81	0.0874	2.1	0.265	7.5	0.02585	1.7	1,052	150	164.5	2.8	边部
X-15-14.1	42	32	0.78	3.80	0.0966	3.4	0.97	12	0.1010	2.1	923	240	620	12	核部
X-15-15.1	115	81	0.73	3.39	0.1334	5.6	0.413	13	0.03246	2.1	1,475	240	205.9	4.2	核部

注: Pb* 为放射性成因铅; 用测定的 ^{206}Pb 校正普通铅。

从锆石 SHRIMP U-Pb 谱和图可知, 自形程度较好、具有均匀震荡环带生长边的岩浆锆石的分析结果主要集中在谐和线上 (113~121)Ma 之间, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 的平均年龄值为 (117.7 \pm 1.6)Ma (图 3), 该年龄代表了曲里闪长斑岩的岩浆结晶年龄。此外, 所测定的 4 粒浑圆状锆石, 其核部年龄分别为 206 Ma、219 Ma、525 Ma 和 620 Ma, 两个生长边的年龄值分别为 164Ma 和 185 Ma。其中 620 Ma、219 Ma 和 185 Ma 的年龄基本上位于谐和线上, 而 206 Ma 和 164 Ma 的年龄偏离谐和线 (图 3)。从图 2—b 可以看出, 所测边部 164 Ma 的年龄

应是一个混合年龄。

4 讨论与结论

4.1 岩体的形成时代及意义

山西垣曲至河南三门峡之间分布着很多闪长斑岩小侵入体, 1:20 万地质图将该类岩体的形成时代定为燕山期^①。河南省区域地质志曾对曲里石英闪长斑岩岩体中的钾长石进行了 K-Ar 同位素年龄测定, 结果为 145 Ma^②。从本文对具有细微震荡环带锆石 SHRIMP U-Pb 定年结果可以看出, 岩体的形成时代

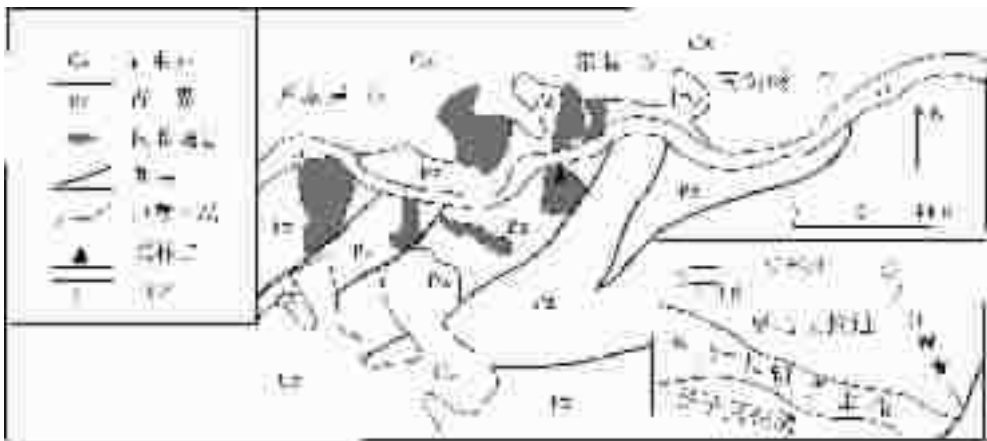


图 1 曲里岩体地质略图

Fig.1 Geological sketch map of the Quli intrusion

① 山西省地质局区域地质测量队. 运城—三门峡幅 1:20 万地质图说明书, 1972.

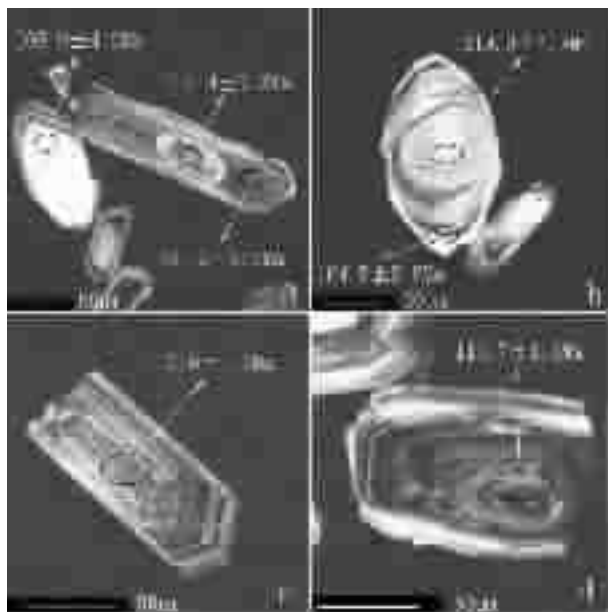


图 2 部分测定锆石的阴极发光图像

Fig. 2 Cathodoluminescence (CL) images of selected zircons

为 $(117.7 \pm 1.6) \text{Ma}$, 即岩体形成于早白垩世。这与华北地块东部鲁西燕山期正长岩-二长岩及青山期火山岩的形成时代相吻合^[7-9]。

综观华北地块中东部中生代侵入岩和火山岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法、Rb-Sr 法和锆石 SHRIMP U-Pb 法定年结果^[7-22], 可将其划分成 4 个阶段, 即晚三叠世 (205~225 Ma) 岩浆活动; 中晚侏罗世 (155~160 Ma) 岩浆活动; 早白垩世 (112~132 Ma) 岩浆活动和晚白垩世 (73~92 Ma) 岩浆活动。曲里石英闪长斑岩的形成时代位于早白垩世岩浆活动的晚期。该期岩浆活动与华北地块中生代岩石圈减薄的峰期阶段相吻合^[13]。

4.2 继承锆石 U-Pb 年龄的地质意义

对于个别浑圆状锆石生长边的年龄 (164 Ma 和 187 Ma), 结合阴极发光图像测点的位置 (图 2-a, 2-b), 可以认为位于谐和线上的 185 Ma 的年龄可能代表了该区的另一次岩浆事件, 而 164 Ma 的年龄应是一个混合年龄。

曲里岩体中浑圆状锆石核部的 U-Pb 测定年龄分别为 620 Ma、525 Ma、219 Ma 和 206 Ma, 结合所测定的阴极发光图像 (图 2-a), 可以看出位于谐和线上的 620 Ma 和 219 Ma 年龄以及 206 Ma 的年龄都应具有明确的地质意义——即反映了该期热事件的存在。而不在谐和线上的 525 Ma 年龄值应位于 620 Ma 左右为上交点、117 Ma 左右为下交点所构成的不一致谐和线上 (图 3-a), 这表明 117 Ma 的岩浆事件导致了该锆石中 Pb 的丢失。从秦岭-大别超高压变质带的研究可知, 该带超高压变质作用的时代为 220~245 Ma 之间^[11-3, 23]。曲里岩体中继承锆石的 219 Ma 年龄以及 206 Ma 的年龄可能与秦岭-大别超高压变质作用有关。此外, 继承锆石的 620

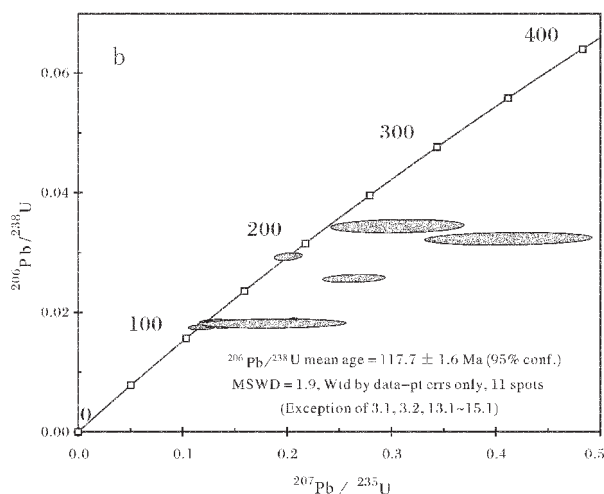
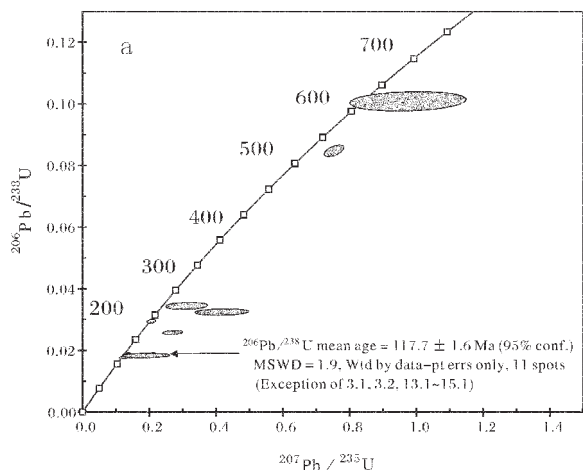


图 3 曲里石英闪长斑岩中锆石 SHRIMP U-Pb 谐和图 a 为所有数据谐和图; b 为 a 图的局部放大

Fig. 3 SHRIMP U-Pb zircon concordia diagram of the Quli quartz diorite porphyry. a is the concordia diagram of all data b is the enlarged part of Fig. 3a

Ma 年龄与华北地块基底主体部分形成于太古代, 尤其是 25 亿年左右, 部分地区经历了 18 亿年左右的高级变质作用的地质事实不相吻合^[24]。而该年龄值与华南地块存在重要的新元古代地壳增生事件相吻合^[25]。综上所述, 曲里石英闪长斑岩中继承锆石的 U-Pb 年龄暗示其岩浆可能来源于华南地块的基底, 并受到了超高压变质作用的改造。

在此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。

参考文献 (References):

- [1] Ames L, Tilton G R, Zhou G Z, et al. Timing of collision of the Sino-Korean and Yangtze cratons: U-Pb zircon dating of coesite-

- bearing eclogites[J]. *Geology*,1993,21:339~342.
- [2] 李曙光,Harte S,郑双根,等.中国华北、华南陆块碰撞时代的 Sm-Nd 同位素年龄证据[J].*中国科学(B 辑)*,1989,(3):312~319.
Li Shuguang, Harte S, Zheng Shuanggen, et al. Timing of collision between the North and South China blocks—The Sm-Nd isotopic age evidence[J]. *Chinese Science (Ser.B)*,1989,32:1393~1400.
- [3] 杨经绥,许志琴,吴才来,等.含柯石英锆石的 SHRIMP U-Pb 定年,胶东印支期超高压变质作用的证据[J].*地质学报*,2002,76(3):354~372.
Yang Jingsui, Xu zhiqin, Wu Cai lai, et al. SHRIMP U-Pb dating on coesite-bearing zircon:evidence for indosinian ultrahigh-pressure metamorphism in Su-Lu, east China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2002,76(3):354~372 (in Chinese with English abstract).
- [4] 宋彪,张玉海,万渝生,等.锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J].*地质论评*,2002,48(增刊):26~30.
Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, et al. Mount making and procedures of the SHRIMP dating [J]. *Geological Review*,2002,48 (sup):26~30 (in Chinese with English abstract).
- [5] Koschek G.Origin and significance of the SEM cathodoluminescence from zircon[J]. *Journal of Microscopy*, 1993,171:223~232.
- [6] 河南省地质矿产局.河南省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.1~445.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Henan Province. Regional Geology of Henan Province [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1989.1~445 (in Chinese with English abstract).
- [7] 林景仟,谭东娟,金焯.鲁西地区中生代火成活动的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄[J].*岩石矿物学杂志*,1996, 15(3):213~220.
Lin Jingqian, Tan Dongjuan, Jin Ye. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of Mesozoic igneous activities in western Shandong[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 1996,15(3):213~220 (in Chinese with English abstract).
- [8] 邱检生,王德滋,罗清华,等.鲁东胶莱盆地青山组火山岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年——以五莲分岭山火山机构为例[J].*高校地质学报*,2001, 7(3):351~355.
Qiu Jiansheng, Wang Dezi, Luo Qinghua, et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating for volcanic rocks of Qingshan formation in Jiaolai basin, eastern Shandong Province:a case study of the Fenliangshan volcanic apparatus in Wulian county[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2001,7(3):351355 (in Chinese with English abstract).
- [9] Qiu Jiansheng, Xu Xiseng, Lo C H. Potash-rich volcanic rocks and lamprophyres in western Shandong Province: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating and source tracing[J]. *Chinese Sci. Bull.*,2002,47(2):91~96.
- [10] 林景仟,谭东娟,迟效国,等.胶辽半岛中生代花岗岩[M].北京:科学出版社,1992.72~133.
Lin Jingqian, Tan Dongjuan, Chi Xiaoguo, et al. Mesozoic granites in Jiao-Liao Peninsula[M]. Beijing:Science Press. 1992.72~133 (in Chinese with English abstract).
- [11] 许文良,郑常青,王冬艳.辽西中生代粗面玄武岩中地幔和地壳捕虏体的发现及其地质意义[J].*地质论评*,1999,45 (增刊):444~449.
Xu Wenliang, Zheng Changqing, Wang Dongyan. The discovery of Mantle-and crust-derived xenoliths in Mesozoic trachybasalts from western Liaoning, and their geological implication[J]. *Geological Review*,1999,45 (sup.):444~449 (in Chinese with English abstract).
- [12] 许文良,王冬艳,王清海,等.华北地块中东部中生代侵入杂岩中角闪石和黑云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年:对岩石圈减薄时间的制约[J].*地球化学*,2004,33(3):221~231.
Xu Wenliang, Wang Dongyan, Wang Qinghai, et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of hornblende and biotite in Mesozoic intrusive complex from the North China Block: constraints on the time of lithospheric thinning[J]. *Geochemica*,2004,33(3):221~231 (in Chinese with English abstract).
- [13] 许文良,王清海,杨德彬,等.蚌埠荆山“混合花岗岩”锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J].*中国科学(D 辑)*,2004,34(5):423~428.
Xu Wenliang, Wang Qinghai, Yang Debin, et al. SHRIMP zircon U-Pb dating in Jingshan migmatitic granite, Bengbu and its geological significance[J]. *Chinese Science (series D)*, 2004,34(5):423~428 (in Chinese with English abstract).
- [14] Xu Wenliang, Wang Qinghai, Liu Xiaochun, et al. Chronology and sources of Mesozoic intrusive complex in Xuzhou-Huainan region, central China: Constraints from SHRIMP zircon U-Pb dating [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2004,78(1):96~106.
- [15] Zhang H F, Sun M, Zhou X H, et al. Mesozoic lithosphere destruction beneath the North China Craton:evidence from major-trace-element and Sr-Nd-Pb isotope studies of Fangcheng basalts [J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*,2002,144:241~253.
- [16] 罗振宽,苗来成.胶东招莱地区花岗岩和金矿床[M].北京:冶金工业出版社,2002.20~57.
Luo Zhenkuan, Miao Laicheng. Granites and Gold Deposits in Zhaoyuan-Laizhou area, Eastern Shandong Province[M]. Beijing: Metallurgical Industry Publishing House, 2002.20~57 (in Chinese with English abstract).
- [17] 赵子福,郑永飞,魏春生,等.大别山沙村和椒子岩基性-超基性岩锆石 U-Pb 定年、元素和碳氧同位素地球化学研究[J].*高校地质学报*,2003,9(2):139~162.
Zhao Zifu, Zheng Yongfei, Wei Chunsheng, et al. Zircon U-Pb age, element and isotope geochemistry at Shacun and Jiaoziyuan in North Dabie. *Geological Journal of China Universities*,2003,9(2):139~162 (in Chinese with English abstract).
- [18] 周建波,郑永飞,赵子福.山东五莲中生代岩浆岩的锆石 U-Pb 年龄[J].*高校地质学报*,2003,9(2):185~194.
Zhou Jianbo, Zheng Yongfei, Zhao Zifu. Zircon U-Pb Dating on Mesozoic Granitoids at Wulian, Shandong Province [J]. *Geological Journal of China Universities*,2003,9 (2):85~194 (in Chinese with English abstract).
- [19] 夏群科,郑永飞, E-Deloule. 大别山碰撞后火山岩的锆石和氧同位素组成[J].*高校地质学报*,2003,9(2):163~171.
Xia Qunke, Zheng Yongfei, E-Deloule. U-Pb ages and oxygen isotope compositions of zircons from post-collisional volcanic rocks of Dabieshan [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2003,9 (2):163~171 (in Chinese with English abstract).

- [20] Chen J F, Xie Z, Li H M, et al. U-Pb zircon ages for a collision-related K-rich complex at Shidao in the Sulu ultrahigh pressure terrane, China[J]. *Geochemical Journal*,2003,37:35~46.
- [21] Guo J H, Chen F K, Siebel W, et al. 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[J]. *Terra Nova*, 2004 (in press).
- [22] 裴福萍,许文良,王清海,等.鲁西费县中生代玄武岩及幔源捕虏晶的矿物化学——对岩石圈地幔性质的制约 [J]. *高校地质学报*, 2004,10(1):88~97.
Pei Fuping, Xu Wenliang, Wang Qinghai, et al. Mesozoic basalt and mineral chemistry of the mantle-derived xenocrysts in Feixian, western Shandong, China; constraints on nature of Mesozoic[J]. *Geological Journal of China Universities*,2004,10(1):88~97 (in Chinese with English abstract).
- [23] Li S G, Jagoutz E, Lo C H, et al. Sm/Nd, Rb/Sr, and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotopic systematics of ultrahigh pressure metamorphic rocks from the Dabie-Sulu belt in central China: a retrospective review[J]. *International Geology Review*,1999,41:1114~1124.
- [24] Zhao G, Wilde, S A, et al. Archean blocks and their boundaries in the North China craton: lithological, geochemical, structural and P-T path constraints and tectonic evolution [J]. *Precambrian Res.* 2001, 107:45~73.
- [25] Li Z X, Li X H, Kinny P D. The breakup of Rodinia: Did it start with a mantle plume beneath South China[J]. *Earth and Planetary Science Letters*,1999,173:171~181.

SHRIMP zircon U-Pb dating of the Quli quartz diorite porphyry, Sanmenxia City, Henan, and its geological significance

YANG De-bin, XU Wen-liang, WANG Dong-yan, WANG Qing-hai, PEI Fu-ping

College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China

Abstract: Cathodoluminescence (CL) images show that there are two types of zircon in the Quli quartz diorite porphyry, Sanmenxia City, Henan Province, i.e. euhedral zircon with fine oscillatory zoning and rounded zircons with an inherited core and growth rims. SHRIMP U-Pb dating of the zircons with fine oscillatory zoning of magmatic origin indicates that quartz diorite porphyry was formed at 117.7 ± 1.6 Ma (Early Cretaceous). SHRIMP U-Pb concordia ages of the cores of rounded zircons are 620 and 219 Ma, suggesting that the parental magma for the quartz diorite porphyry may have been derived from partial melting of basement materials of the South China block that had been modified by ultrahigh-pressure metamorphism.

Key words: quartz diorite porphyry; SHRIMP U-Pb dating; zircon; geological significance; Quli, Henan