

崆岭杂岩中混合岩的锆石 U-Pb 年龄

赵风清^{1,2}, 赵文平³, 左义成¹, 李宗会¹

(1. 天津地质矿产研究所, 天津 300170; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100029; 3. 陕西省地质调查院, 咸阳 712000)

摘 要:崆岭杂岩主体由 TTG 和变质表壳岩组成, 是华南出露时代最老的结晶基底, 前人报道的大量同位素年龄证实崆岭杂岩主体形成于太古代。崆岭杂岩中以钾长花岗质脉体为代表混合岩化作用普遍发育, 使用单颗粒锆石 U-Pb 测年方法获得的年龄为 $(1\ 803 \pm 30)\text{Ma}$, 表明崆岭杂岩遭受了吕梁运动构造-岩浆-热事件的改造。

关键词:崆岭杂岩; 混合岩; 同位素年龄; 吕梁运动

中图分类号: P597

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2006)02-0081-05

扬子地块变质基底的时代、构造-岩浆-热事件性质是探索华南地壳演化的一个重要地质问题。扬子地块大面积出露的为中元古代浅变质岩系, 而扬子地块中深变质岩石仅在黄陵地区、庐山以及康滇地轴有小面积出露。笔者等早期对扬子地块显生宙花岗岩和火山岩的年代学资料研究过程中, 发现其中蕴含有丰富的古元古代和太古代年龄信息, 获得了大量 $1.8 \sim 2.7\text{Ga}$ 捕获锆石年龄, 其中最老的单颗粒锆石 U-Pb 年龄达 3.0Ga ^[1], 揭示出扬子地块地壳深部可能存在古元古代-太古代基底^[2], 正因如此崆岭杂岩作为扬子地块的古老结晶基底, 其研究对探讨扬子地块早期构造格架及演化具有十分重要的启示意义。近年来, 在崆岭杂岩中陆续取得了一批高精度同位素测年数据^[3~4], 其中有大于 2.8Ga 的年龄信息显示, 表明崆岭杂岩的主体形成于太古代。

前人大量年代学资料证明崆岭杂岩主体形成于太古代^[3~8], 但是测年数据蕴含有古元古代年龄信息^[3,4], 这些古元古代年龄信息代表的地质意义前人并未予以讨论。本文对崆岭杂岩混合岩的测定结果显示出古元古代吕梁运动在崆岭杂岩有较为明显的反映, 这一认识对探索该区早期构造演化具有较重要地质意义, 不仅如此, 华南地区存在较强烈的吕梁运动构造-岩

浆-热事件的地质体, 说明吕梁运动是奠基华南结晶基底的一次重要构造事件。

1 地质概况

崆岭杂岩出露于鄂西黄陵背斜核部, 主体为一套中深变质 TTG 岩石和变质表壳岩组合^[9~11], 其上被震旦系不整合覆盖, 同时被晋宁期黄陵花岗岩侵入, 黄陵花岗岩将崆岭杂岩分隔为南、北两区。

崆岭杂岩最初称崆岭片岩(李四光, 1924), 北京地质学院(1960)在本区进行 1:20 万区调时改称崆岭群, 并且将崆岭群划分为 3 个组, 南区的变质地层自下而上称古村坪组、小以村组和庙湾组, 时代划归前震旦纪。鄂西地质大队将北区崆岭杂岩改称为水月寺群, 从下至上划分为野马洞组、黄凉河组和周家河组, 时代划为新太古代-古元古代^①。湖北省地质矿产局(1986)将南、北区的黄陵杂岩统称为崆岭群, 并分出下、中、上 3 个岩组^[11], 时代定为古元古代。近年来的研究从崆岭群(原水月寺群)划分出变质表壳岩和变质深成岩(花岗质片麻岩)两大岩系^[11~13], 前者包括太古宙野马洞岩组(群)和古元古代水月寺岩群(含黄凉河岩组和力耳坪岩组); 后者包括太古宙东冲河片麻杂岩(TTG 岩套)和古元古代巴山寺片麻杂岩^[14]。从岩石组

收稿日期: 2006-05-08

基金项目: 中国地质调查局项目(华南陆块新元古代重大地质事件群及构造格架)、地质矿产部跨世纪人才基金; 国土资源部科技项目(华南岩石圈三维结构)资助

作者简介: 赵风清(1961-), 男, 研究员, 从事前寒武纪地质和地球化学研究, E-mail: tjzhs@cgs.gov.cn。

①湖北省地质大队, 1:5 万兴山(东)、水月寺幅区域地质调查报告, 1987。

成上分析,崆岭杂岩的主体以 TTG 岩石为主,背斜地区的结晶基底。其次为变质表壳岩系岩石,二者共同组成黄陵

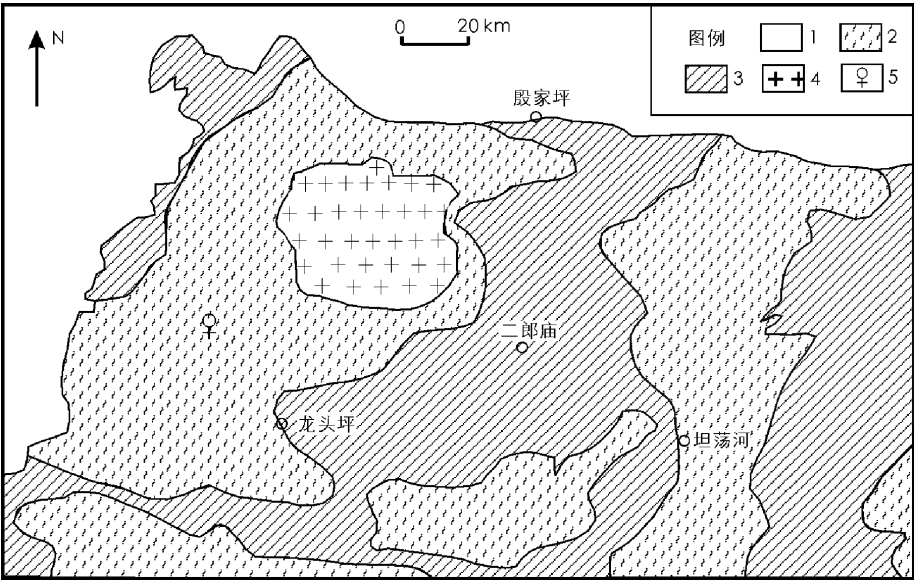


图 1 崆岭地区地质略图(据高山等,2001^[3]改编)

Fig 1 Sketch geological map of Kongling area

1. 元古代及显生宙盖层;2. 太古代 TTG;3. 太古代变质表壳岩;4. 古元古代钾长花岗岩;5. 取样点

崆岭高级区结晶基底主要由 TTG 片麻岩、斜长角闪岩和富铝-富石墨孔兹岩系副片麻岩及长英质片麻岩等岩石构成(图 1)。TTG 片麻岩主体为黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩,其原岩为奥长花岗岩,其次还包括有英云闪长岩、花岗闪长岩,具中粗粒状变晶结构,片麻状、条带状构造,局部具块状构造,SHRIMP 同位素年龄为 $(2\ 947 \pm 5)\text{Ma}$ ^[3,4]。变沉积岩主要包括斜长角闪岩、含或不含石墨的条带状黑云变粒岩和二云(或黑云)片岩、石榴夕线石英(片)岩、石榴夕线黑云片麻岩等高铝岩石、大理岩和钙硅酸岩、石英岩及磁铁石英岩等。斜长角闪岩多呈包体存在于 TTG 片麻岩中,获得的 Sm-Nd 同位素等时线年龄变化范围较大,年龄区间为 33 ~ 24 亿年^[5]。副片麻岩与变质岩浆岩地质界线因受高角闪岩相-麻粒岩相深变质作用的影响或因构造接触而较为模糊。在崆岭地区,太古代的崆岭杂岩被元古宙和显生宙地层覆盖,区域上被元古宙圈椅淌中粗粒钾长花岗质岩体(出露面积约 20 km²,锆石 U-Pb 定年为 $(1\ 840 \pm 4)\text{Ma}$)以及晋宁期黄陵花岗岩侵入。

混合岩化作用在崆岭杂岩中十分发育,一类是遭受变质作用改造和韧性剪切作用改造、

沿片麻理和片理方向形成的淡色长英质脉体,而另一类混合岩化作用在崆岭杂岩中更为发育,成分以肉红色钾长花岗质-二长花岗质脉体为主,野外以岩脉或岩墙产出,或呈浸染状,对早期形成的岩石发生强烈交代作用。本文中讨论的混合岩化作用主要针对后者,测年样品来自钾长花岗质片麻岩。

钾长花岗质片麻岩变形较弱,具有块状或弱片麻理构造,在强变形带则表现为片麻状、条带状构造。从野外露头尺度上以钾长花岗岩化为代表的混合岩化现象十分发育,有些呈厘米级细脉存在于 TTG 岩系岩石中,有些由于强烈的交代混合作用,呈浸染状,还有些呈脉状、岩墙出现,单条脉体宽度可达数米。沿高岚向水月寺、野马洞方向混合岩化作用程度有加强趋势,混合岩的发育是否和圈椅淌钾长花岗岩有成因联系尚待研究,但是圈椅淌侵入崆岭杂岩的钾长花岗岩脉体遭受变形作用的改造,混合岩的岩石与圈椅淌钾长花岗岩岩石矿物成分相似,似乎支持这一观点。混合岩的成分为钾长花岗质、二长花岗质。在露头尺度上,可以见到混合岩切穿 TTG 片麻理并且交代早期 TTG 片麻岩的现象,因此其形成时代明显晚于 TTG 岩石的形成时代。

表 1 崆岭杂岩中混合岩脉体的锆石 U-Pb 测定结果

Table 1 Zircon U-Pb date for migmatites from Kongling Complex

样品情况			浓 度		普通铅 含 量 (ng)	同位素原子比率*					表面年龄 (Ma)		
点号	锆石晶 体特征	重量 (μg)	U (μg/g)	Pb (μg/g)		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	紫红色透 明自形长 柱状	30	77	31	0.130	209	0.270 5	0.266 8 <14>	4.025 <138>	0.109 4 <35>	1 525	1 639	1 790
2	紫 红 色 透 明 自 形柱状	18	152	70	0.210	142	0.355 1	0.266 3 <10>	4.011 <81>	0.109 2 <20>	1 522	1 636	1 786
3	紫红色透 明自形长 柱状	25	44	26	0.180	78	0.409 1	0.260 1 <17>	3.920 <114>	0.109 3 <29>	1 490	1 618	1 788
4	紫 红 色 透 明 自 形柱状	18	163	71	0.260	125	0.299 7	0.248 1 <9>	3.710 <99>	0.108 5 <27>	1 429	1 574	1 774
5	紫红色透 明自形短 柱状	20	148	47	0.210	102	0.263 6	0.171 4 <4>	2.504 <31>	0.105 9 <12>	1 020	1 273	1 731

注: * $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白 ($\text{Pb} = 0.050 \text{ ng}$, $\text{U} = 0.002 \text{ ng}$) 及稀释剂作了校正,其它比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素,括号内的数字为 2σ 绝对误差,例如: $0.266\ 8(14)$ 表示 $0.266\ 8 \pm 0.001\ 4(2\sigma)$

2 同位素测年方法及测年结果

样品采自黄陵杂岩高岚-宜昌公路水月寺镇西约 1.5 km 的路边(图 1),该点位岩性以中粒奥长花岗质片麻岩为主,其中发育钾长花岗质混合岩化脉体,脉体宽度约 6 m,岩性以细粒钾长花岗岩和钾长花岗质片麻岩为主,具有块状、弱片麻状构造。

选取钾长花岗质片麻岩样品约 25 ~ 30 kg,经人工破碎至一定粒级,然后按常规方法分选锆石。锆石的溶解以及 U-Pb 分离的化学流程是在 Krogh(1973)方法上改进的颗粒锆石方法,在双目镜下尽量挑选出无包裹体、无裂纹、透明度好、粒径大的锆石作为测年对象,每个测点一般选取 1 个锆石颗粒(实际测试过程中,待测定的锆石颗粒较细小时,为保证样品测定时具有适当高的 Pb、U 浓度和测定精度,一个测点尚需溶解 1 个以上的锆石颗粒,此时所挑选的各锆石颗粒其大小、形态、颜色等应尽可能一致,以保证多颗粒锆石测定数据的可靠性)。锆石在 0.25 ml 容积的聚四氟乙烯塑料容器内,用 万方数据

高纯氢氟酸溶解。在温度为 180 ~ 200 ℃ 条件下,将封闭于聚四氟乙烯闷罐中的样品在烘箱内放置 48 ~ 72 小时,以保证锆石溶解完全。称取一定量的 ^{205}Pb - ^{235}U 混合稀释剂,使锆石溶解后的样品溶液与之混合,加入磷酸溶液,将混合后的样品溶液在加热板上蒸干后,使用硅胶溶液将已加入稀释剂的样品中的 U 和 Pb 点加在铱带丝上,在 VG354 型热电离质谱仪上用高灵敏度 Daly 检测器进行 U、Pb 同位素测定,所有 U、Pb 同位素数据均对质量歧视效应进行了校正。实验室全流程 Pb 空白为 0.03 ~ 0.05 ng,U 空白为 0.002 ~ 0.004 ng,数据处理使用 Ludwig(1997)编写的 PBDAT 和 ISOPLOT 软件。全部测试工作都在天津地质矿产研究所同位素年代学实验室完成。

样品中的锆石以紫红色、浅紫红色的自型柱状晶体为主,同位素测年结果见表 1。样品的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄变化于 1 731 ~ 1 790 Ma,由 1 ~ 5 号点组成的锆石 U-Pb 不一致线上交点年龄为 $(1\ 803 \pm 30)\text{Ma}(2\sigma)$ (图 2)。

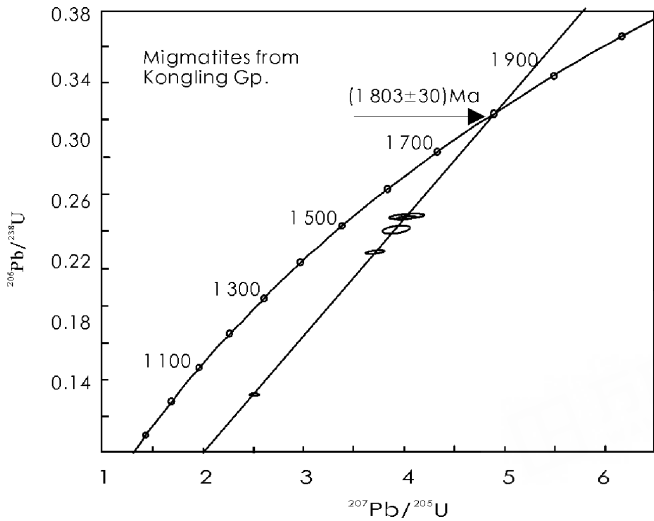


图 2 崆岭杂岩混合岩单颗粒锆石 U - Pb 图解

Fig. 2 The diagram of the single zircon U - Pb for migmatites from Kongling Complex

3 讨论

围绕崆岭杂岩的时代一些学者进行了大量研究, Qiu et al (2000) 和高山等 (2001) 使用 SHRIMP II 测年方法获得的奥长花岗质片麻岩的成岩年龄为 2.7 ~ 2.95 Ga, 获得的变质表壳岩的年龄为 2.64 ~ 3.3 Ga, 结合锆石形态学和 Th/U 比值特点认为变质表壳岩的形成时代大于 2.6 Ga^[3,4]。马大铨等 (1997) 获得的崆岭杂岩中斜长角闪岩 Sm - Nd 等时线年龄 (3 290 ± 170) Ma^[5], 凌文黎等^[15] 获得斜长角闪岩以及 TTG 片麻岩的 Sm - Nd 等时线年龄分别为 2 742 Ma 和 2 728 Ma^[6], 李志昌等 (1998) 使用 La - Ce 同位素获得的英云闪长质片麻岩以及其中斜长角闪岩包体的年龄为 (3 292 ± 417) Ma (2σ)。上述年龄资料表明崆岭杂岩的时代为太古代。

在奥长花岗质片麻岩以及变质表壳岩的测年数据中均存在 1.9 Ga 的年龄信息, 根据锆石具低 Th/U 比值特点, 提出变质锆石的认知^[3,4]。侵入于崆岭杂岩圈椅淌花岗岩的同位素年龄为 1 840 Ma, 表明崆岭杂岩存在古元古代相当于北方吕梁运动造山事件的信息。熊成云等认为兴山县两河口孔子河岩组与下伏花岗质片麻岩的不整合接触关系为吕梁运动的表现^[14]。

混合岩的成因和形成的构造背景是长期争论的地质问题, 近年来的研究多借助深部含水矿物脱水熔融反应模式解释, 多数与减压过程

地壳 (岩石圈) 减薄动力学过程相关^[16,17]。崆岭杂岩中钾质混合岩的存在, 是崆岭杂岩遭受吕梁运动构造 - 岩浆 - 热事件改造的一种表现形式, 很可能代表吕梁运动后碰撞阶段岩石圈减薄过程的产物。获得的钾长花岗质片麻岩 (1 803 ± 30) Ma 的年龄, 指示崆岭杂岩遭受吕梁运动构造 - 岩浆 - 热事件的改造, 揭示出崆岭杂岩最终是由吕梁运动造就的结晶基底, 前人对崆岭杂岩测年获得的 1.9 Ga 的年龄也支持同样结论。由于研究程度的限制, 圈椅淌花岗岩的成因和形成构造背景尚待研究, 但是其在岩石学和同位素年代学与崆岭杂岩混合岩相似的特点, 表明两者成因的相似性。

近年来对华南变质基底同位素测年研究, 获得大量吕梁运动构造 - 岩浆 - 热事件年龄信息, 如华夏地块吕梁期变质花岗岩的年龄集中在 (1.9 ± 0.1) Ga^[1,2,19,20], 扬子地块星子杂岩的时代也为 1.9 Ga^[21,22], 笔者新近获得的后河杂岩花岗闪长质片麻岩的单颗粒锆石 U - Pb 年龄亦为 1.9 Ga (未刊), 这些资料说明吕梁运动在华南是广泛发育的, 是奠基华南结晶基底的一次重要构造事件。

参考文献:

[1] 甘晓春, 赵风清, 金文山, 等. 华南火成岩中捕获锆石的早元古代 - 太古宙 U - Pb 年龄信息[J]. 地球化学, 1996, 25(2): 112 - 120.
[2] 赵风清, 金文山, 甘晓春, 等. 华夏地块前加里东期变

- 质基底的特征以及深部地壳性质[J]. 地球学报, 1995, (3): 235-245.
- [3] 高山, Yumin Qiu, 凌文黎, 等. 崆岭高级变质地体单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究——扬子克拉通 >3.2 Ga 陆壳物质的发现[J]. 中国科学(D), 2001, 31(1): 27-35.
- [4] Yanmin M Qiu, Shan Gao, Neal J. McNaughton et al. First evidence of >3.2 Ga continental crust in the Yangtze craton of south China and its implications for Archean crustal evolution and Phanerozoic tectonics[J]. Geology, 2000, 28(1): 11-14.
- [5] 马大铨, 李志昌, 肖志发. 鄂西崆岭杂岩的组成、时代及地质演化[J]. 地球学报, 1997, 10(3): 233-241.
- [6] 凌文黎, 高山, 郑海飞, 等. 扬子克拉通黄陵地区崆岭杂岩 Sm-Nd 同位素地质年代学研究[J]. 科学通报, 1998, 43(1): 86-89.
- [7] 郑维钊, 刘观亮, 汪雄武. 黄陵背斜北部崆岭杂岩的太古宙信息[J]. 中国地质科学院宜昌地质研究所刊, 1991, 16: 97-105.
- [8] 袁海华, 张志兰, 刘炜, 等. 直接测定颗粒锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄的方法. 矿物岩石[J], 1991, 11(2): 72-79.
- [9] 刘观亮. 崆岭群时代研究取得新进展[J]. 中国区域地质, 1987, (1): 93.
- [10] 李福喜. 黄陵断隆北部崆岭群地质时代及其地层划分[J]. 湖北地质, 1987, 1(1): 28-41.
- [11] 湖北省地质矿产局. 湖北省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [12] 姜继圣. 黄陵变质地区的同位素地质年代及地壳演化[J]. 长春地质学院学报, 1986, (3): 1-11.
- [13] 高山, 张本仁. 扬子地台北部太古宙 TTG 片麻岩的发现及其地质意义[J]. 地球科学, 1990, 15(6): 675-679.
- [14] 熊成云, 韦昌山, 金光富, 等. 鄂西黄陵背斜地区前南华纪古构造格架及主要地质事件[J]. 地质力学学报, 2004, 10(2): 97-102.
- [15] 李志昌, 方向. 鄂西黄陵地区太古宙变质岩 La-Ce 同位素体系[J]. 地球化学, 1998, 27(2): 117-124.
- [16] Thompson A B. Clockwise P-T paths for crustal melting and H₂O recycling in granite sources regions and terrains[J]. Lithos, 2001, 56(1): 33-45.
- [17] Clemens J D, Droop G T R. Fluids, P-T paths and the fates of anatectic melts in the Earth's crust[J]. Lithos, 1998, 44: 21-36.
- [18] 陆松年, 李惠民, 李怀坤, 等. 胶东新元古代花岗岩片麻岩中浅色脉体的锆石年代学和稀土元素研究[J]. 地质调查与研究, 2005, 28(4): 207-211.
- [19] 胡雄健, 许金坤, 董朝旭, 等. 浙西南前寒武纪地质[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [20] 甘晓春, 李惠民, 孙大中, 等. 浙西南早元古代花岗岩质岩石的年代[J]. 岩石矿物学杂志, 1995, 14(1): 1-8.
- [21] 赵风清, 金文山, 甘晓春. 江绍断裂两侧早元古代变质基底的特征及形成的构造环境[J]. 安徽地质, 1994, 4(1-2): 73-81.
- [22] 谢国刚, 李均辉, 李武显, 等. 1997 庐山前震旦纪岩石中锆石 U-Pb 法定年与其地质意义[J]. 地质科学, 32(1): 110-115.

Zircon U-Pb Ages of the Migmatites from Kongling Complex

ZHAO Feng-qing^{1,2}, ZHAO Wen-ping³, ZUO Yi-cheng¹, LI Zong-hui¹

(1. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China;

2. China University of Geosciences, Beijing 100029, China;

3. Shānxi Institute of Geological Survey Xianyang, 712000, China)

Abstract: The Kongling Complex is composed mainly of metamorphic TTG and supracrustal rocks of Archean. The migmatites are intensely developed in Kongling Complex in which the potassium migmatites is dominant type. The single zircon U-Pb dating give an age of $(1\ 803 \pm 30)$ Ma for potassium migmatites, indicating that the rocks of Kongling Complex have been subjected to metamorphism during Lüliang Movement.

Key words: Kongling Complex; migmatites; geochronology; Lüliang Movement