

辽西医巫闾山花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年 及其地质意义

杜建军¹ 马寅生¹ 赵 越¹ 王彦斌²

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 地壳变形地表过程实验室, 北京 100081;

2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要: 本文应用 SHRIMP U-Pb 测年方法对取自辽西医巫闾山花岗岩的锆石进行定年。所测锆石样品新鲜、未风化, 岩性为粗粒黑云母二长花岗岩。经过精确的测试过程, 得到约 2 500 Ma、224 Ma 和 161 Ma 的 3 个时间段年龄值。约 2 500 Ma 的上交点年龄是太古宙古陆核演化的记录, 224 Ma 的岩浆结晶年龄是印支期构造热事件的记录, 161 Ma 的岩浆侵位年龄是燕山中生代陆内造山带主造山期造山作用的记录, 也是区域构造体制转换开始的时期。

关键词: 医巫闾山; 锆石; 花岗岩; SHRIMP U-Pb; 构造体制转换

中图分类号: P597+.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2007)01-0026-08

自从翁文灏^[1,2]在 20 世纪 20 年代末提出燕山运动以来, 燕山地区中生代构造活动一直是国内外学者研究的热点之一^[3-7]。近年来, 随着燕山中生代陆内(板内)造山作用的提出、辽西地区热河生物群的发现, 燕山地区受到越来越多国内外学者的关注^[8-10]。位于燕山陆内造山带东端的医巫闾山地区, 因西临北北东向的阜新一义县盆地, 东为下辽河盆地(图 1), 而成为研究燕山中生代陆内造山带构造体制从古亚洲洋构造域向太平洋构造域转变的理想地区。笔者将通过医巫闾山花岗岩体的 SHRIMP U-Pb 锆石同位素定年, 讨论其记录的燕山陆内造山带构造体制转变的相关信息。

1 医巫闾山地质概况

医巫闾山位于华北克拉通北缘, 燕山造山带东端, 处于古亚洲洋与古太平洋两大全球性构造域的叠加部位。中生代之前, 属于克拉通演化阶段。从古元古代末吕梁运动(1 800~1 900 Ma)之后, 直到古生代末期一直处于稳定构造环境, 发育稳定的克拉通盖层沉积, 未发生过显著构造运动^[11]。

古生代末, 随着古亚洲洋构造域的不断碰撞, 古亚洲洋消亡, 华北克拉通逐渐与北邻地块、造山带拼结为一体^[12], 在长期稳定的克拉通北部燕山地区出现了强烈的变形和造山作用^[13]。之后, 由于太平洋构造域的活动增强, 该区逐渐从受

古亚洲洋构造域影响转变为受太平洋构造域作用控制。

医巫闾山为一个 NNE 向穹状隆起展布于东西向延伸的燕山造山带东端, 主体为遭受后期糜棱岩化影响的建平群变质岩, 期间有医巫闾山花岗岩体、尖砬子山花岗岩体和观音洞山岩体等侵位其中, 有少量中新元古代地层分布其间。马寅生等^[14]研究认为其总体上为一变质核杂岩。

医巫闾山花岗岩体面积达 360 km², 呈椭圆形, 长轴呈 NNE 向展布。岩体产状为岩基, 侵位于医巫闾山变质核杂岩核部, 围岩为太古宇建平群变质岩^[15]。花岗岩体的岩石类型主要为黑云母二长花岗岩、白云母二长花岗岩、二云母花岗闪长岩、黑云母花岗闪长岩以及含石榴石的白云母二长花岗岩^[16], 可分为长岭沟灰白色中细粒花岗闪长岩、石佛寺中粗粒二云母花岗闪长岩、望海寺灰白色中粗粒黑云母二长花岗岩、双泉寺灰白色中粗粒—粗粒似斑状黑云母二长花岗岩、南白台子灰白色中粗粒黑云母二长花岗岩和江家中粗粒石榴石白云母二长花岗岩 6 个单元。

关于医巫闾山花岗岩的年龄过去也有过许多报道, 但是不同的方法所得结果均不同, 如锆石 U-Pb 法测得同位素年龄为 118 Ma^[17]、(154±18) Ma^[18], 据辽宁省区域地质志(1989), 医巫闾山岩体 K-Ar 等时线年龄为 161 Ma, 认为医巫闾山岩体为燕山早期(侏罗统)产物。马寅生等^[14]采集了医

收稿日期: 2006-07-31; 改回日期: 2006-10-15

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40132020)和中国地质调查局地质大调查项目(DKD2001008)资助。

作者简介: 杜建军, 男, 1976 年生, 硕士, 主要从事石油地质和构造地质方面研究; E-mail: djwyf@sina.com。

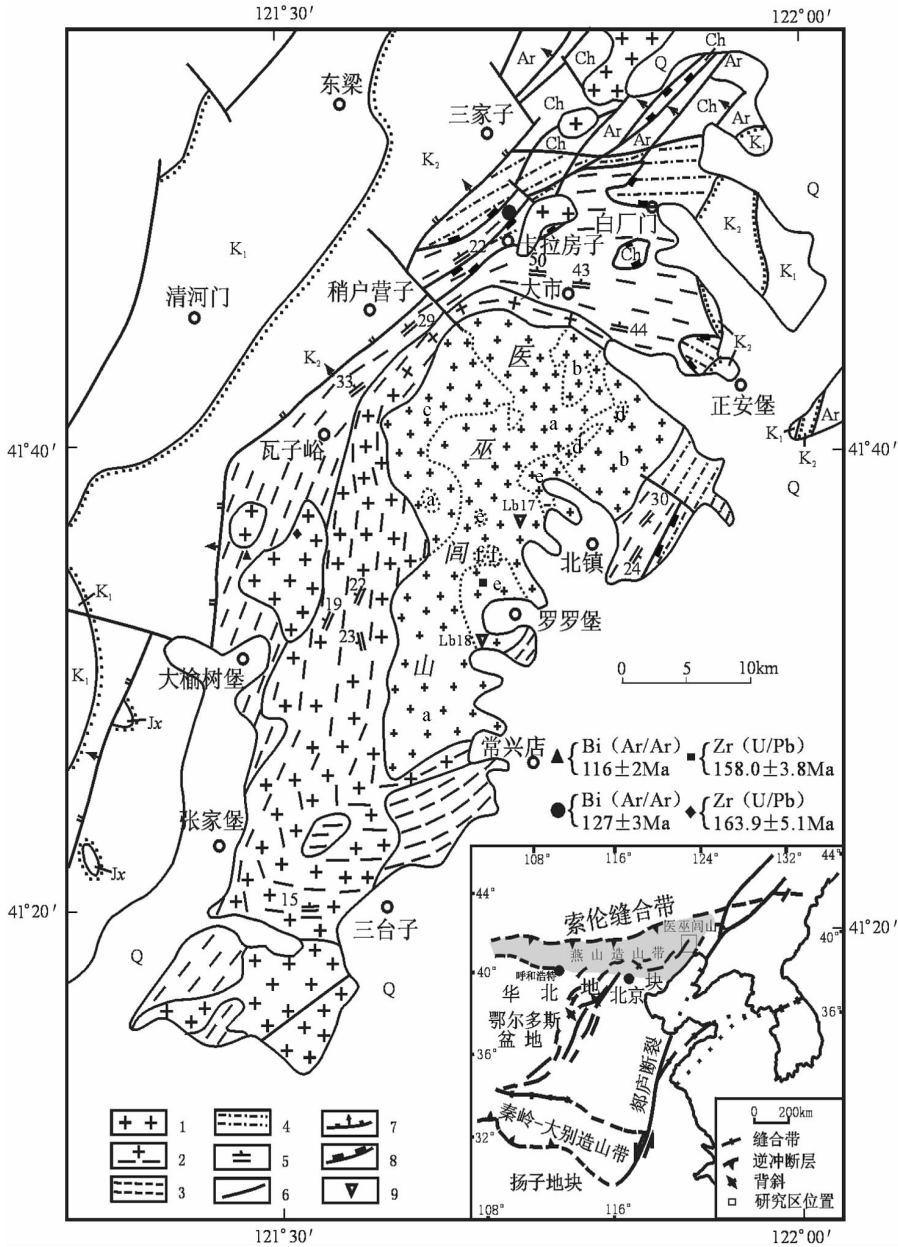


图 1 医巫闾山地区地质构造图(据马寅生,1999^[18]和 2000^[19],修改)

1—花岗岩;2—花岗岩与糜棱岩互层带;3—太古宇岩石糜棱岩带;4—中新元古界岩石糜棱岩带;5—糜棱岩线理产状;
6—断层;7—正断层;8—拆离断层;9—SHRIMP 测年样品采样点;Q—第四系;K₂—上白垩统;K₁—下白垩统;Jx—蓟县系;
Ch—长城系;Ar—太古宇;a—望海寺单元;b—石佛寺单元;c—长岭沟单元;d—江家单元;e—双泉寺单元;f—南白台子单元

Fig.1 Geological structure map of the Yiwulvshan area (modified from Ma, 1999^[18] and 2000^[19])

1—Granite;2—Alternating zones of granite and mylonite;3—Mylonite zone of Archean rocks;4—Mylonite zone of Meso- and Neoproterozoic rocks;
5—Lination attitude of mylonite;6—Fault;7—Normal fault;8—Detachment fault;9—Sampling site for SHRIMP dating;Q— Quaternary;
K₂—Upper Cretaceous;K₁—Lower Cretaceous;Jx—Jixianian System;Ch—Changchengian System;Ar—Archean;a—Wanghaisi unit;
b—Shifosi unit;c—Cahnglinggou unit;d—Gangjia unit;e—Shuangquansi unit;f—Nanbaitaizi unit

巫闾山花岗岩体中心部位样品,测得黑云母 K-Ar 法同位素年龄为 70.01 Ma,推断变质核杂岩为晚白垩世的产物。Brian J. Darby^[9]虽然报道了医巫闾山两处(位置参照图 1)锆石 U-Pb 的(163.9±5.1) Ma 和(158.0±3.8) Ma 的两个年龄值,但是其

具体实验数据不祥。基于上述不确切的年龄数据,且为了对其年龄有一个准确而且完整的结果,笔者于 2003 年 10 月在医巫闾山花岗岩体采得新鲜样品,并运用 SHRIMP 测年方法,对其进行了详细的年龄测定。

2 样品特征

本次测试样品编号为 LB17 和 LB18,其中样品 LB17 采自北宁市医巫闾山森林公园附近 (N:41°36.018',E:121°42.490'),LB18 采自北宁市罗罗堡镇的西部山腰(N:41°34.917',E:121°38.267')。样品比较新鲜,未风化和污染。两个样品均为灰白色粗粒黑云母二长花岗岩,块状构造,花岗结构。岩石矿物的主要成分为斜长石、钾长石、石英、黑云母、白云母以及磁铁矿、磷灰石、锆石等。斜长石为更长石和中长石;碱性长石为微斜长石。黑云母呈片状。锆石一般呈自形双锥柱状,干净新鲜,阴极发光图像环带非常发育(图2),属岩浆结晶锆石。部分锆石颗粒还具有椭圆形内核,为继承锆石的残留核。

样品所在的两个单元,岩石 SiO₂、Al₂O₃ 的含量较高,显示出了富硅、铝的特点。SiO₂ 含量为 71.41%~72.22%>66%,为

酸性岩类。K₂O 和 Na₂O 含量也较高,K₂O 平均含量 3.13%,Na₂O 平均含量 4.27%(表 1)。

微量元素含量中,除 Bi、Ag 和 Sr 含量普遍高于维氏值外,其余元素含量均低于维氏值,反映出岩体原始成岩物质中微量元素浓度较低,含矿性较差。

稀土元素总量相对贫化,ΣREE=132.74×10⁻⁶~133.57×10⁻⁶,轻稀土相对富集,重稀土相对亏损,轻重稀土比值:LREE/HREE=6~7.5, Eu 和 Ce 基本为正常型。

3 实验方法

样品在中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所分选,在北京离子探针中心制作成靶(样品靶的详细制作过程参照参考文献 [21])。其后对靶上所有锆石颗粒进行透射光、反射光显微照相以及阴极发光照相。锆石阴极发光照相在中国地质科学院矿产资源研究所电子探针室进行。

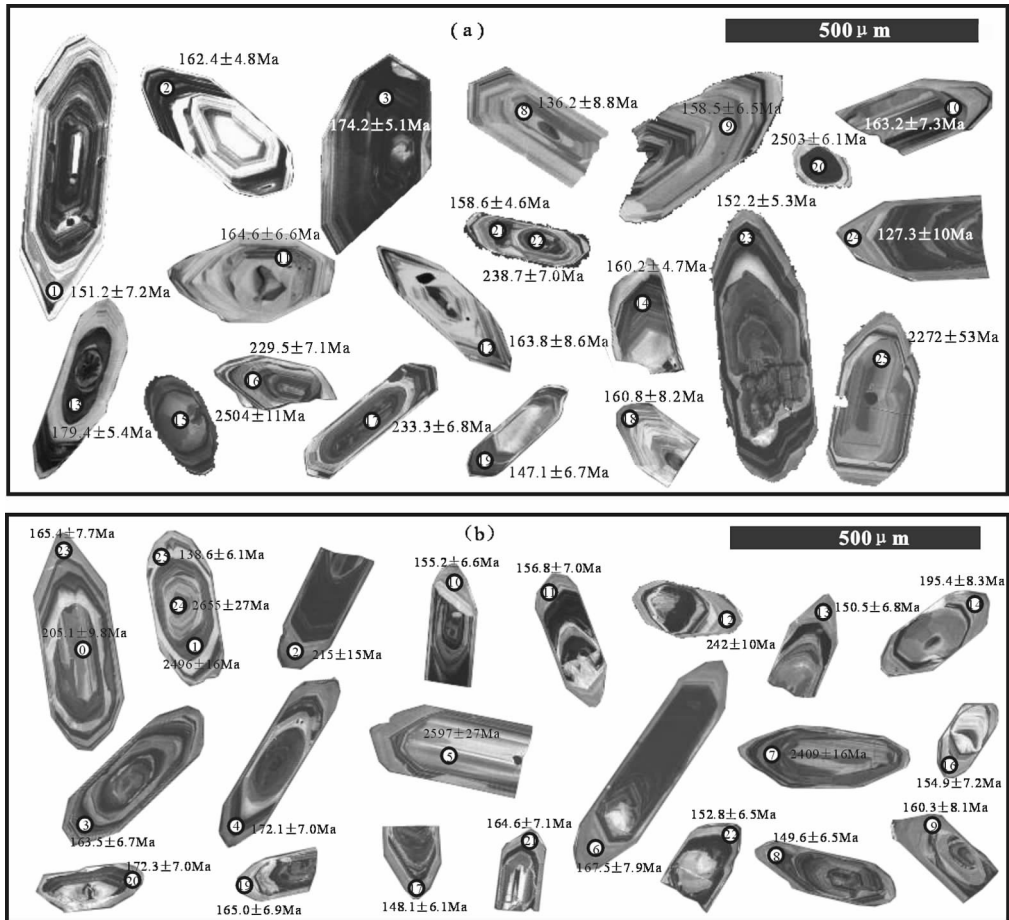


图 2 样品 LB17(a)和 LB18(b)锆石阴极发光图像以及 SHRIMP 测点位置

图(a)中 15、20 和 25 点为 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄,其余为 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄;

图(b)中 1、5、7 和 224 点为 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄,其余为 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄

Fig.2 CL images of zircons from samples LB17 (a) and LB18 (b) and SHRIMP U-Pb dating spots

Spots 15, 20 and 25 in Fig. a are ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb ages, and others are ²⁰⁶Pb/²³⁸U ages;

spots 1, 5, 7 and 224 spots in Fig. b are ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb ages and others are ²⁰⁶Pb/²³⁸U ages

表 1 医巫闾山花岗岩岩石化学成分以及微量元素和稀土元素 (10^{-6}) 平均含量

Table 1 Chemical analysis and mean trace element and REE abundances (10^{-6}) of the Yiwulvshan granite														
编号	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Los	合计	Au
1	71.41	0.8	0.75	15.55	0.09	0.05	1.94	0.4	3.15	4.19	0.07	0.54	98.94	0.6
2	72.22	0.73	1.24	15.28	0.09	0.19	1.59	0.67	3.12	4.34	0.07	0.56	100.1	4.2
编号	W	Nb	Ni	Sn	Cu	Cr	Co	Ba	Rb	Sr	V	Zr	Th	Mo
1	0.2	26.7	0.5	1.35	19.2	3.08	2.63	1250.6	76.8	709.03	23.9	890.5	0.825	0.3
2	0	7.6	1.69	1.29	9	4.6	2.4	1244.4	57.9	757.6	19	95.7	0.67	0.06
编号	Hg	Bi	As	Ag	Sb	U	Zn	Pb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
1	0.02	0.05	0.26	0.07	0.1	0.74	42.4	16.8	32.09	49.4	5.53	22.02	3.03	1.04
2	0.01	0.57	0.04	0.13	0.18	0.19	51.4	16.1	27.75	59.95	6.24	19.82	2.87	0.86
编号	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE/HREE	δ Eu	Sm/Nd	δ Ce
1	2.22	0.3	1.72	0.447	1.2	0.317	1.2	0.275	12	132.74	6	1.34	0.14	0.72
2	2.26	0.36	1.35	0.26	0.77	0.19	0.93	0.17	9.79	133.57	7.5	1.13	0.15	0.95

锆石 SHRIMP U-Pb 分析在北京离子探针中心 SHRIMP II 上进行。测试前,以锆石阴极发光照片及透射光和反射光的显微照片为依据,根据实验目的,选择锆石上合适的位置进行测试。

测试过程中选用 SL13(年龄为 572 Ma, U 含量为 238×10^{-6}) 和 TEM(年龄为 417 Ma) 作为标准。SL13 用于样品锆石 U、Th 和 Pb 含量的标定,而 TEM 用于样品年龄校正。每测定样品上 3~4 个点,进行一次 TEM 测定。

4 测年结果分析

样品 LB17,选择其中 20 个颗粒上的 21 个点作为测点,其测年数据分析结果如表 1 所示。样品 LB17 的大部分测点均得到了比较谐和的年龄结果,测点 Lb17-1、Lb17-8、Lb17-13、Lb17-19、Lb17-23 和 Lb17-24 等由于位置靠近晶体边缘,偏离平均值,计算时舍除。测点 Lb17-15、Lb17-20 和 Lb17-25 均在锆石浑圆形的残留内核上,3 点的上交点年龄约为 2 500 Ma (图 3-a),此年龄代表了残留锆石的继承年龄。残留核与其外围的岩浆结晶锆石,在成分和年龄上具有明显的分带性^[2],在残留内核与岩浆结晶环带的结合部位的测点年龄可能代表继承性锆石与岩浆结晶锆石的混合年龄。因此在选择测点时,尽量避免在环带交界位置选点。测点 Lb17-16、Lb17-17 和 Lb17-22 为一组岩浆结晶锆石,得到的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 (234±8) Ma(图 3-b),代表了第一期岩浆结晶年龄。其余各个测点外部未见明显变质环带,且 Th/U 除少数测点较低外,基本上都大于 0.46,因此其年龄应该为岩浆结晶年龄,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 (162.8±3.9) Ma(图 3-b),即闾山花岗岩体的侵位年龄。

样品 LB18,选择其中 21 个锆石颗粒上的 24 个点作为测点,其测年数据分析结果如表 2 所示。本样品 Th/U 含量变化较大,为 0.04~1.31,基本上都大于 0.09,所测年龄为岩浆

结晶年龄。样品的普遍特点是 Th 和 U 含量较低,Th 含量更低。测点 Lb18-1、Lb18-5、Lb18-7 和 Lb18-24 位于锆石的残留内核上,其 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄分别为 (2496±16) Ma、(2597±27) Ma、(2409±16) Ma 和 (2655±27) Ma,与 Lb17 样品的 2 500 Ma 左右上交点年龄基本一致,代表了残留锆石的年龄。测点 Lb18-0、Lb18-2、Lb18-12 和 Lb18-14 为第一期岩浆结晶锆石, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 (214±10) Ma,代表了第一期构造热事件的年龄。测点 Lb18-25 其年龄值明显偏小,且远离谐和线,计算时舍除。其余测点外部均未见明显变质环带,且 Th/U 除少数测点外基本上都大于 0.1,显示出了岩浆结晶的特点,因此其年龄应该为岩浆结晶年龄,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 (159.1±3.6) Ma(图 4),得到和样品 LB17 基本一致的岩体的侵位年龄。样品 LB17 和 LB18 的侵位年龄稍有差别,可能是由于两个样品的采样点位于闾山超单元的两个不同次级单元之上,其代表两个次级单元侵位时间的先后。

5 地质意义

本次用 SHRIMP U-Pb 测年方法对医巫闾山花岗岩岩体二长花岗岩进行年代学研究,共得到 3 组年龄值:约 2 500 Ma 上交点年龄 234~214 Ma 和 162.8~159.1 Ma 的两组岩浆结晶年龄。

从所测的年龄本身来看,约 2 500 Ma 的上交点年龄,均来自锆石内部的残留核,且与其 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄一致,代表了残留锆石的年龄。234~214 Ma 和 162.8~159.1 Ma 两组年龄,从锆石的形态和 Th/U 值来看,应属岩浆结晶锆石,为岩浆结晶年龄。由于两个样品处于同一岩体之上,其略微的差异可能是数据处理导致,因此对后面两组年龄采用取平均值的办法,应为 224 Ma 和 161 Ma 两个年龄。

医巫闾山地区和华北其他地区的构造演化基本一致,自从太古宇结晶基底形成之后,到古生代末一致处于稳定的盖

表2 LB17样品的SHRIMP U-Pb测年分析结果

Table 2 SHRIMP U-Pb dating of sample LB17

测点编号	$^{206}\text{Pb}_c$ (%)	U(10^{-6})	Th(10^{-6})	Th/U	$^{206}\text{Pb}^*$ (10^{-6})	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄 (Ma)	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$
17-1	10.72	84	16	0.19	1.92	151.2±7.2	—	—	0.0237±4.8
17-2	1.62	660	552	0.87	14.7	162.4±4.8	0.0424±8.9	0.149±9.4	0.02551±3
17-3	1.34	571	124	0.22	13.6	174.2±5.1	0.0422±7.2	0.159±7.8	0.02739±3
17-8	19.09	51	25	0.5	1.16	136.2±8.8	-0.051±95	-0.15±95	0.0213±6.5
17-9	3	120	31	0.27	2.65	158.5±6.5	0.052±41	0.18±41	0.0249±4.1
17-10	8.31	95	4	0.04	2.29	163.2±7.3	—	—	0.0256±4.5
17-11	7.39	111	117	1.09	2.65	164.6±6.6	0.024±84	0.085±84	0.0259±4.1
17-12	4.07	59	134	2.37	1.35	163.8±8.6	0.078±40	0.28±40	0.0257±5.3
17-13	1.22	319	14	0.05	7.83	179.4±5.4	0.0515±4.3	0.201±5.3	0.02821±3
17-14	0	505	1345	2.75	10.9	160.2±4.7	0.0565±2.9	0.1961±4.2	0.02517±3
17-15	0.1	204	205	1.04	78.2	2379±59	0.1647±0.65	10.14±3	0.446±2.9
17-16	0.91	223	122	0.56	7.02	229.5±7.1	0.0501±8.2	0.25±8.8	0.0362±3.1
17-17	0.13	613	456	0.77	19.4	233.3±6.8	0.0523±3.5	0.266±4.6	0.0369±3
17-18	5.56	93	203	2.25	2.14	160.8±6.2	0.034±47	0.118±47	0.02525±3.9
17-19	8.87	101	193	1.97	2.2	147.1±6.7	—	—	0.0231±4.6
17-20	0.05	705	344	0.5	263	2321±57	0.16458±0.36	9.83±2.9	0.433±2.9
17-21	1.52	887	509	0.59	19.3	158.6±4.6	0.0557±8.9	0.191±9.4	0.0249±3
17-22	1.73	499	149	0.31	16.5	238.7±7.0	0.0487±6.7	0.253±7.3	0.0377±3
17-23	0.02	985	439	0.46	20.2	152.2±5.3	0.0499±3.2	0.1643±4.8	0.02389±3.5
17-24	5.4	119	14	0.12	2.16	127.3±10	0.024±67	0.066±68	0.0199±7.9
17-25	0.26	138	82	0.61	44.7	2051±53	0.1437±3	7.42±4.3	0.375±3

注:误差为 1σ ;Pb*表示放射性成因铅;Pb_c表示普通铅;应用实测 ^{206}Pb 校正普通铅。

表3 样品LB18锆石SHRIMP U-Pb测年分析结果

Table 3 SHRIMP U-Pb zircon dating of sample LB18

测点编号	$^{206}\text{Pb}_c$ (%)	U(10^{-6})	Th(10^{-6})	Th/U	$^{206}\text{Pb}^*$ (10^{-6})	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄(Ma)	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$
18-0	5.51	261	72	0.28	7.66	205.1±9.8	0.053±22	0.236±22	0.0323±4.9
18-1	0.20	527	159	0.31	107	1369±52	0.1638±0.93	5.34±4.3	0.237±4.2
18-2	10.66	192	8	0.04	6.28	215±15	0.250±18	1.17±19	0.0340±7.3
18-3	1.27	538	43	0.08	12.0	163.5±6.7	0.0567±5.9	0.201±7.2	0.0257±4.1
18-4	0.95	1309	279	0.22	30.7	172.1±7.0	0.0532±3.2	0.198±5.2	0.0271±4.1
18-5	0.79	62	78	1.31	20.9	2128±80	0.1740±1.6	9.39±4.7	0.391±4.4
18-6	4.68	128	16	0.13	3.05	167.5±7.9	0.112±17	0.407±17	0.0263±4.7
18-7	0.47	437	50	0.12	60.5	959±37	0.1556±0.95	3.44±4.3	0.1605±4.2
18-8	5.97	303	81	0.28	6.49	149.6±6.5	0.058±24	0.188±25	0.0235±4.4
18-9	8.99	144	17	0.12	3.43	160.3±8.1	0.053±46	0.182±47	0.0252±5.1
18-10	4.51	132	11	0.09	2.89	155.2±6.6	0.0387±22	0.130±23	0.0244±4.3
18-11	5.81	131	17	0.14	2.95	156.8±7.0	0.053±27	0.181±27	0.0246±4.5
18-12	4.30	117	10	0.09	4.02	242±10	0.2466±3.4	1.297±5.5	0.0382±4.3
18-13	8.81	147	17	0.12	3.26	150.5±6.8	0.032±47	0.104±47	0.0236±4.6
18-14	5.89	192	60	0.32	5.38	195.4±8.3	0.045±23	0.189±24	0.0308±4.3
18-16	10.09	118	12	0.11	2.72	154.9±7.2	0.042±41	0.139±41	0.0243±4.7
18-17	2.58	306	122	0.41	6.26	148.1±6.1	0.0489±11	0.157±12	0.02324±4.2
18-19	3.47	152	30	0.20	3.51	165.0±6.9	0.0815±10	0.291±11	0.0259±4.3
18-20	2.65	1104	989	0.93	26.4	172.3±7.0	0.0564±7.9	0.211±9.0	0.0271±4.1
18-21	4.11	150	7	0.05	3.47	164.6±7.1	0.045±22	0.162±23	0.0259±4.4
18-22	5.75	173	30	0.18	3.78	152.8±6.5	0.0572±17	0.189±18	0.0240±4.3
18-23	12.07	102	9	0.09	2.59	165.4±7.7	0.058±38	0.207±38	0.0260±4.7
18-24	0.50	152	67	0.45	46.1	1934±77	0.1802±1.6	8.69±4.9	0.350±4.6
18-25	3.62	282	68	0.25	5.47	138.6±6.1	0.0358±20	0.107±20	0.02174±4.4

注:误差为 1σ ;Pb*表示放射性成因铅;Pb_c表示普通铅;应用实测 ^{206}Pb 校正普通铅。

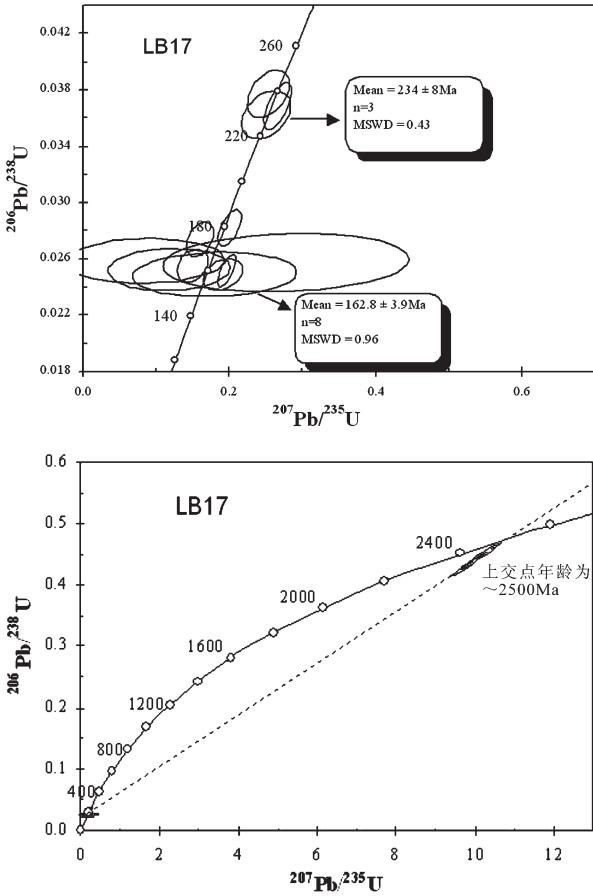


图 3 样品 Lb17 锆石 SHRIMP U-Pb 测年谐和图
Fig.3 SHRIMP U-Pb concordia diagrams for zircons from sample LB17

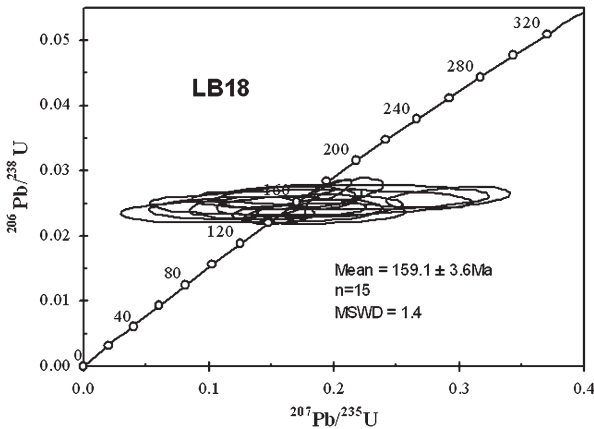


图 4 样品 Lb18 锆石 SHRIMP U-Pb 测年谐和图
Fig.4 SHRIMP U-Pb concordia diagram for zircons from sample LB18

层发展阶段,未见明显的构造活动。在中生代由于受北侧古亚洲洋构造域和东侧太平洋构造域构造活动的影响,本地发生了明显的构造运动,伴随强烈的构造运动,大面积的岩浆活动爆发^[23-24]。

由于医巫闾山花岗岩的围岩是太古宇建平群变质岩,经历了太古宙末(约 2 500 Ma)的强烈构造变动和麻粒岩-高绿片岩相的中深变质作用。因此,测年所得的约 2 500 Ma 的上交点年龄,实际代表了岩浆形成时太古宇变质围岩的熔融混染,是华北克拉通古陆核演化阶段的记录。

224 Ma 的岩浆结晶年龄和张晓辉等^[25]在医巫闾山以北排山楼—白厂门东西向韧性剪切带糜棱岩中所测的(219±4) Ma ⁴⁰Ar/³⁹Ar 法坪年龄相近,记录的是医巫闾山地区印支期构造热事件,显示印支期医巫闾山地区有东西向韧性剪切带发育和岩浆活动。这与华北克拉通北缘发育的晚二叠世—三叠纪(257~205 Ma)碱性杂岩和基性-超基性岩^[26],辽西凌源水泉沟组锆石 U-Pb 年龄(230.4±3.1) Ma 的辉石安山岩^[26],记录的印支期构造热事件是一致的。说明华北地块北缘在经历了漫长的中元古代—古生代克拉通盖层发育阶段后,印支期受古亚洲洋构造域碰撞拼合的影响已经逐渐开始活动^[27]。

161 Ma 代表了位于医巫闾山变质核杂岩下盘闾山花岗岩体的侵位年龄。这和 DARBY^[28]报道的医巫闾山花岗岩(158.0±3.8) Ma 的锆石 U-Pb 年龄、医巫闾山西侧尖砬子山花岗岩(163.9±5.1) Ma 锆石 U-Pb 年龄以及李树勋等^①测定的医巫闾山岩体 161 Ma 锆石 U-Pb 年龄基本一致。

根据苏传玉等^[28]的岩石地球化学研究结果,医巫闾山花岗岩体为同造山期侵入体,161 的岩浆侵位年龄正是燕山陆内造山带主造山期造山作用的记录。由于医巫闾山花岗岩体是辽西地区 NNE 向构造岩浆杂岩带的一部分^[28],其本身也呈明显的 NNE 向,显示燕山早期辽西地区的构造带已经主要为 NE 向,构造变形主要受太平洋构造域控制,此时构造体制可能已经发生了改变。但仍以挤压缩短为主,直到晚燕山期才转变为以伸展为主的构造环境,形成医巫闾山变质核杂岩和东西两侧的 NNE 向断陷盆地,这可以从医巫闾山变质核杂岩核部太古宇退变质糜棱岩 116~127 Ma 的 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 法年龄^[29],两侧白垩纪阜新盆地和辽河盆地的演化得以证实。

6 结论

通过对医巫闾山花岗岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 测年分析,并结合区域构造背景分析,得到以下认识:

医巫闾山花岗岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 测年结果有约 2 500 Ma、224 Ma 和 161 Ma 的 3 个时间段年龄值。记录了燕山中生代陆内造山带的演化过程和构造体制的转变成过程。

约 2 500 Ma 的上交点年龄是太古宙古陆核演化的记录,224 Ma 的岩浆结晶年龄是印支期构造热事件的记录,

① 李树勋,刘喜山,等.辽宁阜新—锦州地区韧性剪切带与金矿床研究报告,1994.

161 Ma 的岩浆侵位年龄是燕山中生代陆内造山带主造山期造山作用的记录, 医巫闾山总体的变质核杂岩构造及其两侧的 NNE 向断陷是晚燕山期伸展作用的记录。

医巫闾山花岗岩的测年结果显示, 印支期辽西地区已有明显的构造热事件发生, 长期稳定的华北克拉通北缘已经开始活动。

161 Ma 的岩浆侵位年龄显示, 以 NNE 向岩浆活动带和构造变形带为特征的太平洋构造域在燕山早期已经开始控制本区, 此时构造体制可能已经发生了改变。

致谢: 本文在实验测试过程中得到中国地质科学院矿产与资源研究所电子探针室陈振宇博士和中国地质科学院地质研究所简平研究员、宋彪研究员以及中国地质科学院地质力学研究所张栓红副研究员的帮助和指导, 在此一并表示衷心的感谢!

参考文献(References):

- [1] Wong W H. Crustal movement and igneous activities in eastern China since Mesozoic time [J]. Bulletin of Geological Society of China, 1927, 6(1): 9-36.
- [2] Wong W H. Mesozoic orogenic movement in eastern China [J]. Bulletin of Geological Society of China, 1929, 8: 33-44.
- [3] 赵越. 燕山地区中生代造山运动及构造演化[J]. 地质论评, 1990, 36(1): 1-12.
Zhao Yue. The Mesozoic orogenies and tectonic evolution of the Yanshan area [J]. Geological Review, 1990, 36(1): 1-12 (in Chinese with English abstract).
- [4] 赵越, 张栓红, 徐刚, 等. 燕山板内变形带侏罗纪主要构造事件[J]. 地质通报. 2004, 23(9-10): 854-863.
Zhao Yue, Zhang Shuanhong, Xu Gang, et al. Major tectonic event in the Yanshanian intraplate deformation belt in the Jurassic [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(9-10): 854-863 (in Chinese with English abstract).
- [5] Davis G A, Qian Xianglin, Zheng Yadong, et al. Mesozoic deformation and plutonism in the Yunmeng Shan: a metamorphic core complex north of Beijing, China [C]//Yin An and Harrison M (eds.). Rubey Volume "The Tectonic Evolution of Asia". Cambridge Univ. Press, 1996: 253-280.
- [6] Cui Shengqin, Wu Zhenhan. On the Mesozoic and Cenozoic intracontinental orogenesis of the Yanshan area, China [C]//Zheng et al (eds.). Proceeding of 30th International Geological Congress. The Netherlands: VSP Science Publication, 1997, 14: 277-292.
- [7] 马寅生, 崔盛芹, 曾庆利, 等. 燕山地区燕山期的挤压与伸展作用[J]. 地质通报, 2002, 21(4-5): 218-223.
Ma Yinsheng, Cui Shengqin, Zeng Qingli, et al. Yanshanian compression and extension in the Yanshan area [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(4-5): 218-223 (in Chinese with English abstract).
- [8] Sun G, Dilcher D L, Zheng S L, et al. In search of the first flower: A Jurassic angiosperm, *Archaeofructus*, from northeast China [J]. Science, 1998, 282: 1693-1695.
- [9] Ji Q, Luo Z X, Ji S A. A Chinese triconodont mammal and mosaic evolution of the mammalian skeleton [J]. Nature, 1999, 398: 326-330.
- [10] Xu X, Wang X L, Wu X C. A dromaeosaurid dinosaur with a filamentous integument from the Yixian Formation of China [J]. Nature, 1999, 401: 262-266.
- [11] 崔盛芹, 等. 华北陆块北缘构造运动序列及区域构造格局[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
Cui Shengqin, et al. Sequences of Tectonic Movement and Regional Tectonic Framework of North Margin of the North China Plate [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004 (in Chinese with English abstract).
- [12] 邵济安, 牟保磊, 何国琦, 等. 华北北部在古亚洲域与古太平洋构造域叠加过程中的地质作用[J]. 中国科学(D 辑), 1997, 27(5): 390-394.
Shao Ji'an, Mou Baolei, He Guoqi, et al. The geology action in process of Paleo-Asia ocean and ancient Paleo-Pacific ocean tectonic domain superimposition in north of North China [J]. Science in China (Series D), 1997, 27(5): 390-394 (in Chinese).
- [13] 崔盛芹, 等. 燕山地区中生代陆内造山作用[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
Cui Shengqin, et al. Mesozoic and Cenozoic Intracontinental Orogenesis of the Yanshan Area, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002 (in Chinese with English abstract).
- [14] 马寅生, 崔盛芹, 吴淦国, 等. 医巫闾山变质核杂岩构造特征[J]. 地球学报, 1999, 20(4): 385-391.
Ma Yinsheng, Cui Shengqin, Wu Ganguo, et al. The structural feature of metamorphic core complex in Yiwulvshan mountains, west Liaoning [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1999, 20(4): 385-391 (in Chinese with English abstract).
- [15] 辽宁省第一区域地质测量队. 1:200000 义县幅(K-51-XX)矿产图[R]. 1971.
The First Regional Geology Survey Team of Liaoning Province. Geological Map of Yixian (Scale 1:200000) [R]. 1971 (in Chinese).
- [16] 辽宁地质矿产开发局第四地质大队一分队. 东梁(K51 E 013007)、塔子沟(K51 E 013008)、八道壕镇(K51 E 014008)等 1:5 万区域地质图及区域地质调查报告[R]. 1995.
The First Team of the Fourth Geological Party of Liaoning Bureau of Geology and Mineral Resources. Geological Map and Survey Report of Dongliang, Tazigou and Badaohao (Scale 1:50000) [R]. 1995 (in Chinese).
- [17] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Liaoning Province. Regional Geology of Liaoning Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989 (in Chinese).
- [18] 苏传玉, 雷光新, 刘文海, 等. 闾山花岗岩地质特征及其成因探讨[J]. 辽宁地质, 1994, 1-2: 154-164.
Su Chuanyu, Lei Guangxin, Liu Wenhai, et al. Study on geological character and origin of Lüshan granite [J]. Liaoning Geology, 1994, 1-2: 154-164 (in Chinese).
- [19] 马寅生, 崔盛芹, 吴淦国, 等. 辽西医巫闾山的隆升历史[J]. 地球

- 学报, 2000, 21(3): 245-253.
- Ma Yinsheng, Cui Shengqin, Wu Ganguo, et al. Uplift history of the Yiwulüshan mountains in West Liaoning [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2000, 21(3): 245-253 (in Chinese with English abstract).
- [20] Brian J. Darby, Gregory A. Davis, Zhang Xiao-hui, et al. The newly discovered Waziyu metamorphic core complex, Yiwulü Shan, western Liaoning Province, North China [J]. *Earth Science Frontiers*, 2004, 3.
- [21] 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, 76(1): 64-76.
- Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, et al. Mount making and procedure of the SHRIMP dating [J]. *Geological Review*, 2002, 76(1): 64-76 (in Chinese with English abstract).
- [22] Paterson B A, Stephens W E, Rogers G, et al. The nature of zircon inheritance in two granite plutons [J]. *Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sci.*, 1992, 83: 459-471.
- [23] 孙景贵, 连长云. 辽西地区花岗岩的形成时代 [J]. *辽宁地质*, 1997, 1, 24-29.
- Sun Jinggui, Lian Changyun. Age of granites in western Liaoning. *Liaoning Geology*, 1997, 1, 24-29 (in Chinese).
- [24] 陈义贤. 辽西及邻区中生代火山岩 [M]. 北京: 地震出版社, 1997.
- Chen Yixian. *Mesozoic Volcanic Rocks in Western Liaoning and Environs* [M]. Beijing: Seismological Press, 1997 (in Chinese).
- [25] 张晓辉, 李铁胜, 蒲志平. 辽西医巫闾山两条韧性剪切带的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄: 中生代构造热事件的年代学约束 [J]. *科学通报*, 2002, 47(9): 697-701.
- Zhang Xiaohui, Li Tiesheng, Pu Zhiping. $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ thermo chronology of two ductile shear zones from Yiwulüshan, west Liaoning region: Age constraints on Mesozoic tectonic events [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(9): 697-701 (in Chinese).
- [26] 胡健民, 赵越, 刘晓文, 等. 辽西凌源地区水泉沟组辉石安山岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其意义 [J]. *地质通报*, 2005, 24(2): 104-109.
- Hu Jianmin, Zhao Yue, Liu Xiaowen, et al. SHRIMP U-Pb dating for zircons from pyroxene andesite of Shuiquan Formation in western Liaoning province and its tectonic significance [J]. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24(2): 104-109 (in Chinese with English abstract).
- [27] 万天丰. 中国大地构造学纲要 [M]. 北京: 地质出版社, 2004: 118-134.
- Wan Tianfeng. *China Geotectonics Compendium* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004: 118-134 (in Chinese).
- [28] 刘建中, 刘喜山, 张福勤, 等. 辽宁阜新-锦州地区花岗杂岩特征及成因 [J]. *地质地球化学*, 2000, 28(3): 65-74.
- Liu Jianzhong, Liu Xishan, Zhang Fuqin, et al. Characteristics and genesis of granitic complex in Fuxin-Jinzhou area, Liaoning province [J]. *Geology Geochemistry*, 2000, 28(3): 65-74 (in Chinese with English abstract).

SHRIMP U-Pb zircon dating of the Yiwulüshan granite in western Liaoning and its geological implications

DU Jian-jun¹, MA Yin-sheng¹, ZHAO Yue¹, WANG Yan-bin²

(1. *Lab of Diastrophism Ground Process, Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100081, China*

2. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100037, China*)

Abstract: The SHRIMP dating technique was applied to determine the U-Pb ages of zircons from the Yiwulüshan granite, western Liaoning. The zircon samples were fresh and unweathered. The rock is coarse-grained biotite monzogranite. Through accurate measurements three ages were obtained; they are ~2500, 224 and 161 Ma. The upper intercept age of ~2500 Ma is the record of the evolution of the Archean old continental nucleus; the crystallization age of 224 Ma is the record of the Indosinian tectono-thermal event; and the magmatic emplacement age of 161 Ma is the record of orogeny of the main orogenic phase of the Meso-Cenozoic intracontinental orogenic belt in the Yanshan area and also an age when the regional structural regime started transition.

Key words: Yiwulüshan; zircon; granite; SHRIMP U-Pb; structural regime transition

About the first author: DU Jian-jun, male, born in 1976, master, specializes in petroleum geology and structure geology; E-mail: djwyf@sina.com.