

大巴山南部房县东河辉绿玢岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年及其构造意义

曹亮^{1,2)}, 张权绪³⁾, 胡尚军⁴⁾, 段其发^{1,2)}, 周云^{1,2)}, 于玉帅^{1,2)}, 邹先武²⁾, 甘金木²⁾

1) 中国地质调查局花岗岩成岩成矿地质研究中心, 武汉, 430205;

2) 中国地质调查局武汉地质调查中心, 武汉, 430205;

3) 湖北省地质局第七地质大队, 湖北宜昌, 443100; 4) 湖北省地质调查院, 武汉, 430022

内容提要:大巴山构造带位于秦岭造山带和扬子板块的过渡部位, 形成于印支—燕山期, 定型于喜山期。前人对大巴山地区基性岩年代学已有研究, 但对大巴山南部地区基性岩却很少高精度年龄报道。本文对大巴山南部房县东河地区的辉绿玢岩脉进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄测定, 结果表明, 东河辉绿玢岩形成于 439.3 Ma, 相当于早志留世。与大巴山镇坪地区辉绿岩, 紫阳—岚皋地区基性岩及火山岩形成时代基本一致。结合前人的研究表明, 大巴山南部地区在早志留世处于张裂状态, 东河地区的基性岩为岩石圈处于拉张状态下大陆裂谷作用产物。此处 439.3 Ma 的年龄值, 也说明此时扬子板块北缘普遍处于拉张的构造环境, 代表了在早志留世大巴山南部裂谷盆地的伸展裂陷幅度达到最大。本次研究所获得的年龄数据, 确定了围岩竹山组形成不晚于早志留世, 限定地层时代为寒武纪—奥陶纪。

关键词: LA-ICP-MS; 锆石 U-Pb 测年; 辉绿玢岩; 东河地区; 大巴山南部

大巴山造山带位于中上扬子板块北缘, 秦岭构造带南缘, 表现为一组 NNW—NW—EW 走向紧密排列的向南西显著突出的弧形褶皱冲断带(董树文等, 2010)。它以规模巨大的城口—房县弧形断裂为界(张岳桥等, 2010), 北为归属于南秦岭的北大巴山逆冲构造带, 南为大巴山前陆构造带, 呈弧形展布(王瑞瑞等, 2013; 王瑞瑞等, 2011)。北大巴山为一逆冲推覆构造带, 南大巴山是褶皱—冲断带, 前者推移叠覆在后者之上构成一具有双重两层推覆叠置结构的弧形构造带(张国伟, 2001; 李智武等, 2006; 刘树根等, 2006; 施炜等, 2007)。前人对大巴山地区中、北部的紫阳—岚皋地区以及南部镇坪地区的基性岩和火山岩进行了较多的同位素年代学研究(何建坤, 1999; 王存智等, 2009; 邹先武等, 2011), 而对大巴山南部地区的基性岩同位素年代学研究很少, 在一定程度上制约了对秦岭主造山前构造演化的深入认识。本文通过对大巴山南部房县东河地区辉绿玢岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄测年, 探讨其构造指示意义, 为进一步揭示秦岭造山前的构造演化提供新的证据。同时该年龄数据的获得, 对围岩竹

山组地层的时代限定提供了依据。

1 区域地质背景

大巴山弧形构造带是在印支期秦岭碰撞造山带南缘前陆的基础上, 经历了多期构造叠加所形成的冲断褶皱带(图 1)。该构造带是在秦岭—扬子俯冲碰撞造山与新生代以来陆内造山过程中长期复合作用形成的(董云鹏等, 2008)。南大巴山弧形带位于城口—房县断裂以南西(图 1), 处在扬子板块北缘的俯冲部位, 由上扬子克拉通东北缘的台地—台缘海相沉积层和中生代以来的前陆盆地碎屑沉积层构成(徐扬等, 2009)。区域上由冲断变形带、冲断褶皱带和前锋褶皱带组成(何建坤等, 1997; 李岩峰, 2005; 刘树根等, 2006), 震旦系至侏罗系地层卷入了这一构造变形。本此研究区域就位于大巴山南部, 房县西部, 城口断裂北侧(图 1)。

房县东河地区位于南大巴山造山带与扬子板块交接的部分, 城口断裂北侧(图 2)。区内基性岩近东西向顺层侵入寒武系—志留系地层, 按期侵入的先后关系可分为辉绿玢岩和辉石岩两个侵入期。辉

注: 本文为中国地质调查局大调查项目(No. 1212010632005)、地质矿产调查评价专项(No. 1212011120790)资助的成果。

收稿日期: 2015-01-27; 改回日期: 2015-04-28; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 曹亮, 男, 1982, 工程师, 硕士, 主要从事矿床研究; Email: okeyokok@163.com。

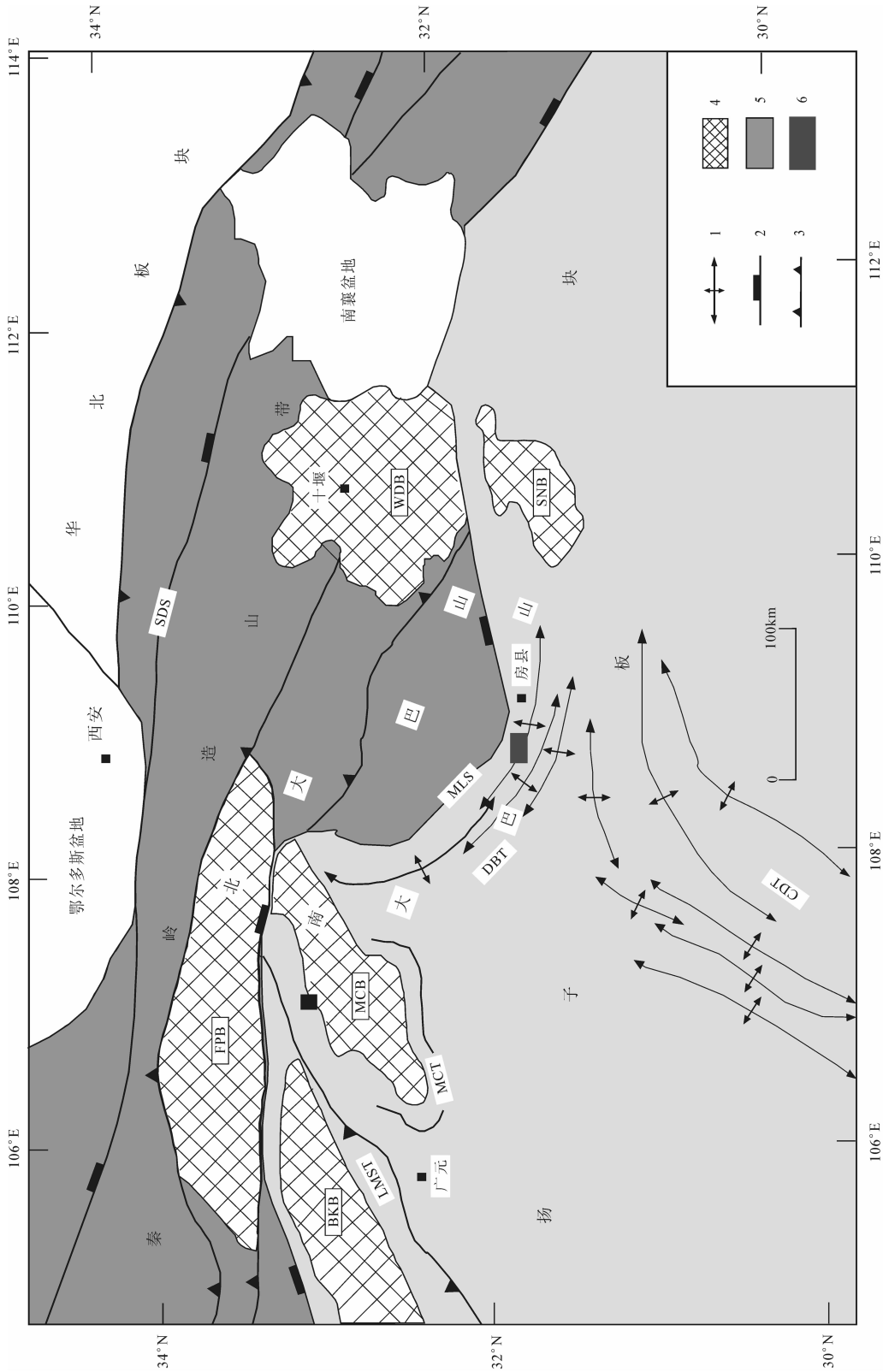


图1 南秦岭造山带与扬子地块构造单元划分(据董有浦等, 2011)

Fig.1 Sketch map of tectonic units of the South Qinling Orogen and the Yangtze block (modified from Dong Youpu et al.,2011)

BKB—碧口地块; MCB—米仓山隆起; WDB—武当山体; SNB—神农架地块; LMST—龙门山冲断褶皱带; MCT—米仓山冲断褶皱带; DBT—大巴山冲断褶皱带; CDT—川东冲断褶皱带; MLS—勉略缝合带; SDS—商丹缝合带

1—褶皱带; 2—缝合线; 3—冲断层; 4—刚性地块; 5—造山带; 6—研究区

BKB—Bikou terrane; MCB—Micang Shan uplift; FPB—Foping terrane; WDB—Wudang terrane; SNB—Shennongjia terrane; LMST—Longmen Shan thrust-fold belt; MCT—Micang Shan thrust-fold belt; DBT—Daba Shan thrust-fold belt; CDT—Chuangdong thrust-fold belt; MLS—Mianlue suture zone; SDS—Shangdan suture zone

1—Fold belt; 2—suture line; 3—thrust fault; 4—rigid terrane; 5—orogenic belt; 6—the study area

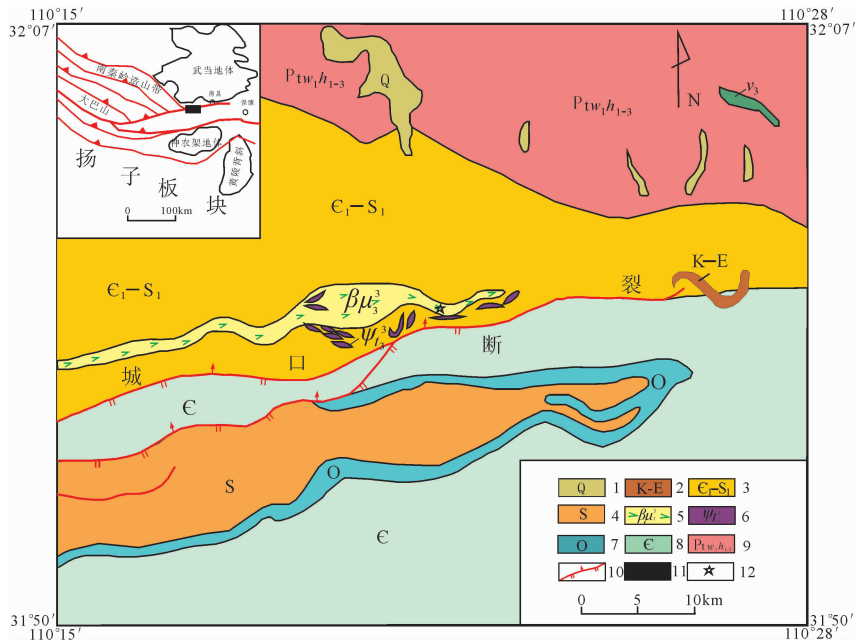


图 2 大巴山南部房县东河地区地质简图

Fig. 2 Figure of geology Donghe area Fangxian in South Doba Mountain

1—第四系;2—下第三系—白垩系;3—下寒武统一下志留统;4—志留系;5—辉绿玢岩;6—辉石岩;7—奥陶系;8—寒武系;9—武当群;10—逆断层;11—研究区;12—取样位置
1—Quaternary;2—Paleogene—Cretaceous System;3—the Lower Cambrian—the Lower Silurian;4—Silurian System;5—diabase porphyry;6—pyroxenite;7—Ordovician System;8—Cambrian System;9—Wudang Group;10—Reverse fault;11—the study area;12—sampling location

绿玢岩构造位置处于大巴山弧形构造与淮阳山字型西翼反射弧的交接地带,竹房大型入字型构造锐角部位,较明显的受构造控制。岩体成岩床产出,与震旦系、下寒武统一下志留统接触(图 2)。

2 样品处理及分析方法

2.1 采样位置

用于分选锆石的辉绿玢岩采自湖北省房县东河地区,样品编号为 13DH-B2,采样位置为东经 110°22′48″,北纬 31°58′36″,样品重约 20 kg。

2.2 样品特征

所取样品为采场开挖所揭露,样品新鲜。岩性为辉绿玢岩,暗灰绿色,具变余斑状辉绿结构。主要矿物组成有长石、绿帘石、透闪石、绿泥石,其中钠长石 38%~40%、绿帘石 30%~64%、透闪石 5%~45%、绿泥石 3%~8%。SiO₂ 含量为 48.19%,Al₂O₃ 含量为 13.02%,TiO₂ 含量为 2.16%,Na₂O 含量为 4.2%,K₂O 含量为 0.19%,FeO 含量为 9.16%,MgO 含量为 6.37%^①(地球化学特征另文发表),为基性岩。

2.3 样品处理

用于锆石 U-Pb 年代学测试的样品,利用标准

技术对锆石进行分选。在双目镜下挑选出尽可能无裂隙、无包体的锆石,与标准锆石 TEM 共置于环氧树脂中制成样品靶,抛光至锆石中心部位出露。锆石呈无色透明或浅玫瑰色的粒状—短柱状,粒径多介于 40~100 μm 之间。在测试之前,进行反射、透射光拍照及阴极发光(CL)照相。13DH-B2 测定了其中的 20 个颗粒。

2.4 分析方法

锆石 U-Pb 年龄是在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室利用 LA-ICP-MS 方法测定,激光束斑直径为 32 μm,实验中采用 He 作为剥蚀物质的载气。锆石微量元素含量利用 NIST610 作为外标、Si 作内标的方法进行定量计算。锆石年龄采用国际标准锆石 91500 作为外标进行同位素分馏校正,每分析 5 个样品点,分析 2 次 91500,²⁹Si 作为内标进行计算,分析方法及仪器参数见文献(Liu Yongsheng et al., 2010a, 2010b)。激光剥蚀样品的深度为 20~40 μm。大多数剥蚀点分析的相对标准偏差为 5%~15%。锆石测试点得同位素比值、U-Pb 表面年龄和 U-Th-Pb 含量计算采用 ICPMSDateCal 软件(Liu Yongsheng et al.,

2010a),采用 Anderson (Andersen,2002)编制的软件对测试数据进行普通铅校正,并采用 ISOPLOT3.0 程序(Ludwig,2001)进行锆石加权平均年龄的计算及谐和曲线的绘制。

3 锆石 U-Pb 年龄

根据阴极发光图像(图 3)和锆石镜下特征,选取晶形完成(部分锆石破碎时由于碎样所致),自形程度高,颗粒较大的 20 颗锆石进行剥蚀测试;在进行普通铅校正后,剔除铅丢失严重的点,最终选择 20 颗锆石的 20 个数据参与年龄计算。锆石 U-Pb 年龄测试分析结果列于表 1。

大多数锆石的阴极发光图像表现为具有较好的震荡环带,锆石颗粒表面少见溶蚀现象(图 3)。样

品测点的 Th/U 比值都比较高(0.89~1.82),这些特征表明这些锆石为典型岩浆成因锆石,变质作用对锆石年龄的影响不大,应是同一岩浆结晶而成的(吴元保等,2004)。样品 ²³²Th 含量变化较大,分别介于 63.8×10⁻⁶~459×10⁻⁶和 46.6×10⁻⁶~612×10⁻⁶,²³⁵U 含量变化也较大,分别介于 51.1×10⁻⁶~212×10⁻⁶和 46.0×10⁻⁶~386×10⁻⁶,且 ²³²Th和²³⁵U 含量呈现出较好的正相关关系(图 4)。

样品的 20 个数据给出的锆石²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄介于 424±5.6~470±6.7 Ma,点 2、3、6、17 四个年龄数据在 465±5.5~470±6.7 Ma,这四粒锆石可能代表岩浆房内演化的年龄。剩余 16 个数据,其加权平均值为 439.3±4.1 Ma(加权偏差方差 MSWD=1.05,误差为 1σ)(图 5)。样品的分析点都

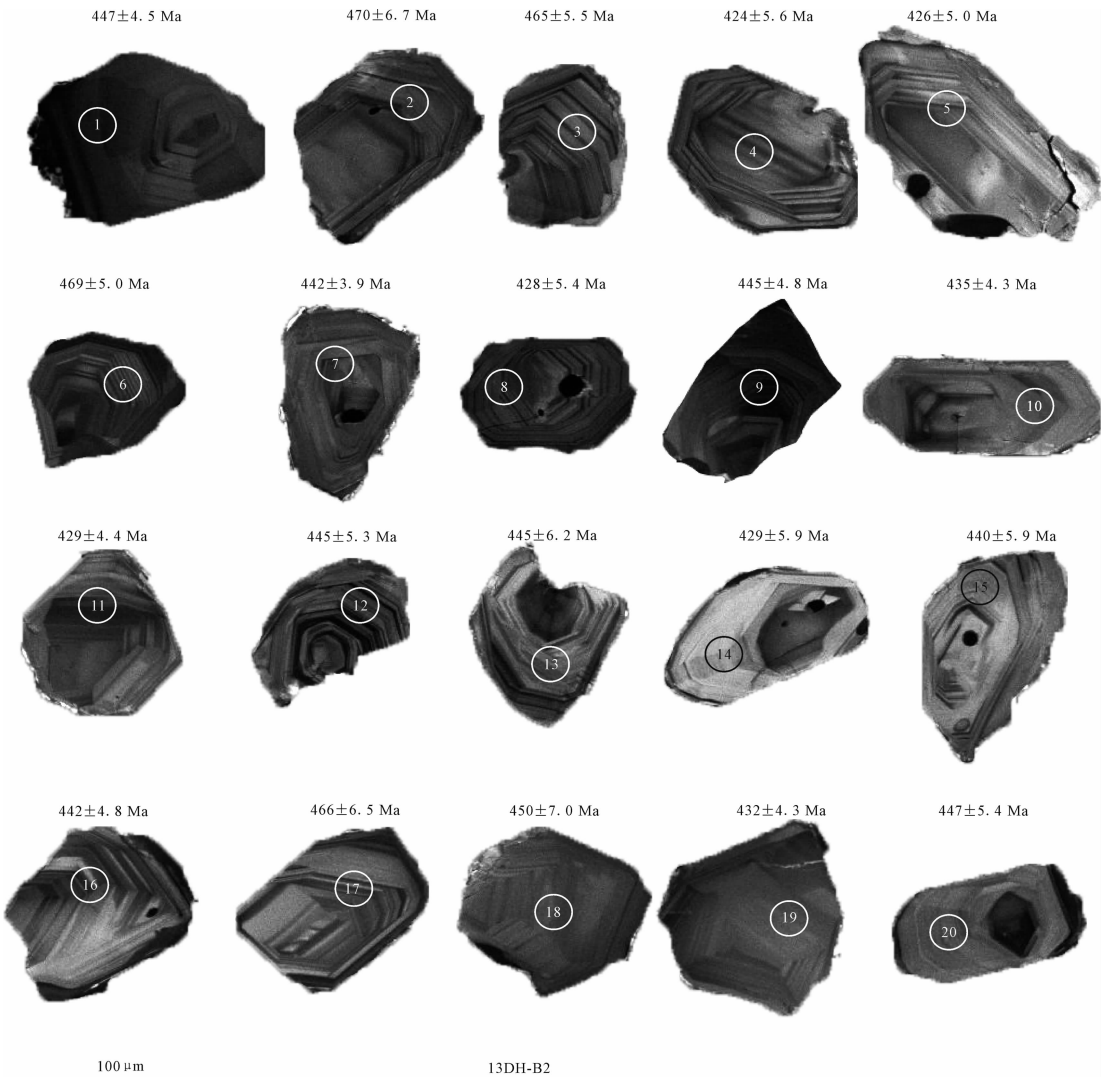


图 3 大巴山南部房县东河地区辉绿玢岩锆石阴极发光图像
Fig. 3 Cathodoluminescence images of zircon grains of thediabase porphyry (13DH-B2) in Donghe area Fangxian in South Doba Mountain

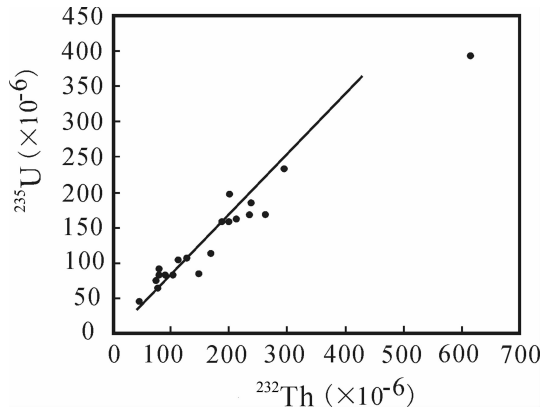


图 4 大巴山南部房县东河地区辉绿玢岩锆石 Th-U 图解
Fig. 4 Zircon Th-U diagrams of the diabase porphyry in Donghe area Fangxian in South Doba Mountain

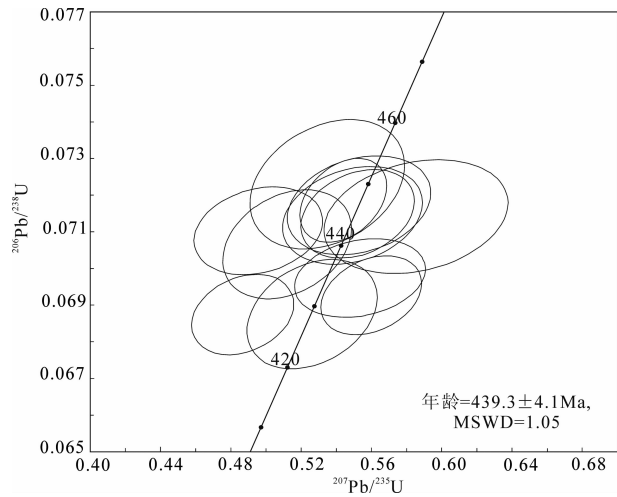


图 5 大巴山南部房县东河地区辉绿玢岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄谱和图
Fig. 5 LA-ICP-MS Zircon U-Pb Concordia diagrams of the diabase porphyry in Donghe area Fangxian in South Doba Mountain

分布于谐和线上或附近,表明这些锆石几乎没有 U 或 Pb 的丢失和加入,年龄数据能够代表锆石的结晶年龄。所以房县东河地区出露的辉绿玢岩的形成时代为 439 Ma,属于早志留世。

4 讨论

4.1 大巴山地区岩浆岩侵位时代

大巴山地区基性—超基性岩浆岩分布在陕、鄂两省交界的紫阳、岚皋及湖北的竹溪、房县等地,地质构造位置属于扬子板块北缘早古生代陆缘区。区内主要的侵入岩有北大巴山地区的基性岩墙群、凤凰山岩体、岚皋地区基性火山岩、镇坪地区的基性岩脉及房县西部东河地区的辉绿玢岩岩脉。岩石类型

以辉绿岩、辉长岩为主。

前人对北大巴基性岩墙中的岩浆锆石进行了 U-Pb 同位素定年,获得岩体结晶年龄为 431.0 ± 3.2 Ma 和 433.3 ± 4.1 Ma(王存智等,2009),对镇坪地区辉绿岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年结果为 439 ± 6.0 Ma(邹先武等,2011),对镇坪县茨竹基性侵入体全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 447.9 ± 10.6 Ma(何建坤,1999)。本文对大巴山南部房县东河地区的辉绿玢岩进行的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素定年,获得的年龄为 439.3 ± 4.1 Ma。通过以上研究结果表明,大巴山地区出露的基性岩墙(脉)和火山岩应为同期岩浆活动的产物,形成时代在 448~431 Ma,多数侵位于早志留世。这一时期为秦岭造山带的俯冲造山期。扬子向华北陆下俯冲,并已开始初始碰撞(张宗清等,1996)。

4.2 构造意义

秦岭—大别南缘边界断裂构造带是秦岭造山期(Pt₃-T)形成的一个重要缝合带,印支碰撞造山后该构造带进入了陆内挤压阶段,形成了大巴山弧形构造带(张国伟等,2003;Meng Q R et al.,2000;张国伟等,1996)。南、北大巴山差异变质作用、两期褶皱主构造展布以及两套断裂体系的交切关系(何建坤,1999;许志琴等,1986;董树文等,2006),这些均表明南大巴山弧形带形成于秦岭主碰撞造山之后。扬子板块北缘在晚元古—早古生代期间为被动大陆边缘,处于拉张裂解的构造环境(吉让寿等,1990)。中—晚古生代时,南秦岭构造带发生大规模基性岩浆活动及其西侧紫阳—岚皋等地的古生代碱性岩浆活动,呈近东西向延伸(胡健民等,2002)。大巴山地区古生代地层中发育的岩浆活动带可能是加里东晚期该地区岩石圈处于拉张状态下大陆裂谷作用的产物,其构造环境为扬子板块北缘板内主动裂谷作用(黄月华等,1992;何建坤,1999)。由于扬子北缘新元古代早期的大洋地壳的俯冲消减作用,扬子北缘大洋地壳俯冲消减及其携带的陆源沉积物再循环进入亏损软流圈地幔,并且自新元古代中期(800Ma)以来一直持续到早古生代末期(433Ma)(张成立等,2007)。这一特征也暗示秦岭造山带新元古代中期—早古生代末期的深部地幔动力学背景一致,表现为长期伸展拉张的构造演化背景(邹先武等,2011)。此次的定年结果与这一演化阶段的末期(433Ma)相近,正处于该地区大洋地壳俯冲影响结束后的板内裂谷时期。因此笔者认为大巴山南部地区在早志留世应处于张裂状态,东河

表 1 大巴山南部房县东河地区辉绿玢岩锆石 LA-ICP-MS U-Th-Pb 分析结果

Table 1 LA-ICP-MS U-Th-Pb date of zircons from diabase porphyry in Donghe area Fangxian of South Daba Mountain															
分析点	含量($\times 10^{-6}$)		Th/u	同位素比值						年龄(Ma)					
	U	Th		$^{207}\text{Pb}/$	1σ	$^{207}\text{Pb}/$	1σ	$^{206}\text{Pb}/$	1σ	$^{207}\text{Pb}/$	1σ	$^{207}\text{Pb}/$	1σ	$^{206}\text{Pb}/$	1σ
				^{206}Pb		^{235}U		^{238}U		^{206}Pb		^{206}Pb		^{235}U	
13DH-B2-1	233	293	1.260719	0.0551	0.0016	0.5440	0.0163	0.0719	0.0008	417	64.8	441	10.7	447	4.5
13DH-B2-2	155	199	1.287338	0.0574	0.0031	0.5905	0.0287	0.0756	0.0011	509	118.5	471	18.3	470	6.7
13DH-B2-3	82.9	89.5	1.08036	0.0575	0.0025	0.5877	0.0257	0.0748	0.0009	509	99.1	469	16.4	465	5.5
13DH-B2-4	150	232	1.547656	0.0581	0.0026	0.5433	0.0246	0.0680	0.0009	532	98.1	441	16.2	424	5.6
13DH-B2-5	78.2	103	1.311079	0.0579	0.0027	0.5326	0.0231	0.0683	0.0008	524	108	434	15.3	426	5.0
13DH-B2-6	196	174	0.887028	0.0552	0.0017	0.5745	0.0181	0.0755	0.0008	420	66.7	461	11.7	469	5.0
13DH-B2-7	386	612	1.583179	0.0549	0.0014	0.5360	0.0141	0.0710	0.0006	406	59.3	436	9.3	442	3.9
13DH-B2-8	104	219	2.099397	0.0558	0.0028	0.5189	0.0249	0.0686	0.0009	443	111.1	424	16.6	428	5.4
13DH-B2-9	157	214	1.365636	0.0563	0.0021	0.5521	0.0213	0.0715	0.0008	465	78.7	446	13.9	445	4.8
13DH-B2-10	104	113	1.086151	0.0574	0.0025	0.5535	0.0245	0.0697	0.0007	506	96.3	447	16.0	435	4.3
13DH-B2-11	167	319	1.911245	0.0514	0.0020	0.4868	0.0192	0.0687	0.0007	257	87.0	403	13.1	429	4.4
13DH-B2-12	81.9	149	1.825654	0.0559	0.0028	0.5493	0.0263	0.0715	0.0009	456	111	445	17.2	445	5.3
13DH-B2-13	72.9	75.8	1.039781	0.0612	0.0038	0.5854	0.0345	0.0714	0.0010	656	133	468	22.1	445	6.2
13DH-B2-14	159	189	1.194007	0.0556	0.0027	0.5262	0.0244	0.0688	0.0010	439	107.4	429	16.3	429	5.9
13DH-B2-15	105	129	1.230333	0.0530	0.0025	0.5120	0.0241	0.0707	0.0010	328	109	420	16.2	440	5.9
13DH-B2-16	85.4	79.4	0.929885	0.0509	0.0025	0.4957	0.0242	0.0710	0.0008	235	113	409	16.4	442	4.8
13DH-B2-17	63.9	76.3	1.193105	0.0583	0.0030	0.5940	0.0278	0.0750	0.0011	543	111	473	17.7	466	6.5
13DH-B2-18	46.0	46.6	1.01387	0.0552	0.0034	0.5349	0.0290	0.0723	0.0012	420	137	435	19.2	450	7.0
13DH-B2-19	174	312	1.794652	0.0583	0.0019	0.5599	0.0189	0.0693	0.0007	539	72.2	451	12.3	432	4.3
13DH-B2-20	90.5	79.8	0.881459	0.0562	0.0028	0.5529	0.0269	0.0717	0.0009	461	109	447	17.6	447	5.4

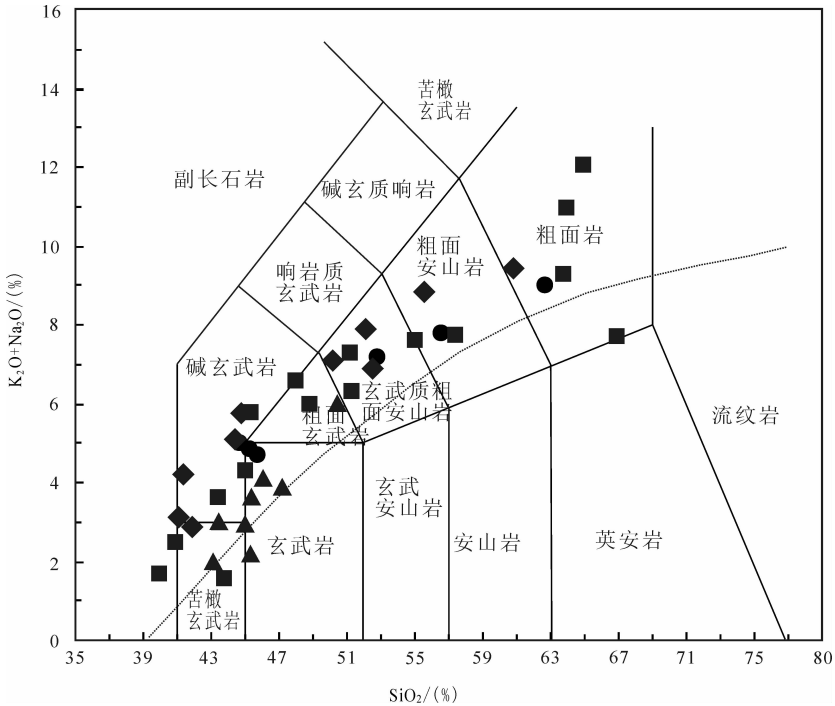


图 6 北大巴山地区基性岩脉(墙)TAS 分类图(底图据 LeBas,1986)

Fig. 6 TAS nomination diagram for rock classification of basic dike swarms in Daba Mountain(after LeBas)
(●引自邹先武等,2011;▲引自董云鹏等,2008;■引自张成立等,2007;◆引自王存智等,2009)
rom Zou Xianwu et al. ,2011;▲From Dong Yunpeng et al. ,2008;■From Zhang Chengli et al. ,2007;◆From Wang Cunzhi et al. ,2009)

地区的辉绿玢岩为岩石圈处于拉张状态下大陆裂谷作用的产物。

大巴山南部房县东河地区辉绿玢岩测得的锆石 U-Pb 年龄为 439.3 Ma,属于早志留世,此时期包括

南秦岭在内的扬子板块北缘仍保持被动大陆边缘扩展裂陷,其伸展构造活动受扬子板块北缘主动裂谷作用的影响。中志留世之前的早古生代该区深部存在与地幔活动有关的岩浆作用,导致了早古生代的伸展活动(张成立等,2002;张成立等 2007;张本仁,2001)。在与火山岩互层的沉积岩中获得的丰富牙形石等化石证明在寒武一志留纪该区存在裂谷盆地(倪世钊等,1994)。该盆地自中、晚寒武世开始形成,在中、晚志留世沉积非补偿砂岩及板岩,代表了盆地的萎缩和局部闭合(杜远生等,1997)。前人对相邻地区北大巴山地区基性岩的地球化学特征研究表明,大部分基性岩为碱性岩系列(图 6),岩石的成因与地幔活动造成大陆裂谷作用有关。由此推断,该处 439.3Ma 的年龄值代表了在早志留世,大巴山南部裂谷盆地伸展裂陷幅度达到最大。

4.3 围岩时代

研究区出露的厚度巨大的竹山组地层,岩性为砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩,长期以来将其作为寒武纪一志留纪地层。前人认为本地区侵入岩最高侵入层位是下志留统地层,有分叉复合现象,部分沿下寒武统与下志留统接触面侵入,明显受构造控制,再依据辉绿玢岩岩体延至邻区两部平利与凝灰岩界线不清晰,似平行接触于志留系中统或下统梅子垭组之下,可能属于下古生代加里东期产物^⑨。但是一直没有确定的时代年龄数据作为依据。本次工作获得其中侵入岩年龄为早志留世,表明围岩形成不晚于早志留世,限定地层时代为寒武纪一奥陶纪。

5 结论

(1)大巴山南部房县东河地区辉绿玢岩锆石的 CL 图像反映了岩浆成因的特性。样品 20 个点的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年结果为 439.3 Ma,属于早志留世,代表了大巴山南部基性火山岩的结晶年龄。东河地区在早志留世应处于张裂状态,辉绿玢岩为岩石圈处于拉张状态下大陆裂谷作用的产物。

(2)大巴山南部房县东河地区在早古生代受扬子板块北缘的古大陆边缘主动裂谷作用的制约,并且在早志留世(439.3 Ma)裂谷伸展幅度达到最大。

(3)确定了围岩竹山组地层时代不晚于早志留世,为寒武纪一奥陶纪。

致谢:本人在样品采集过程中,得到项目组的帮助;稿件完成过程中,审稿专家阅读全文并提出宝贵意见,在此一并表示感谢!

注 释

- ① 湖北省地质矿产局区域地质矿产调查所. 1986. 1/20 万《竹山幅》区域地质调查报告.
- ② 湖北省地质局区域地质测量队. 1974. 1/20 万《神农架幅》区域地质调查报告.

参 考 文 献

- 杜远生,殷鸿福,王治平. 1997. 秦岭造山带晚加里东一早海西期的盆地格局和构造演化. 地球科学: 中国地质大学学报, 22(4): 401~405.
- 董树文,胡健民,施炜,张忠义,刘刚. 2006. 大巴山侏罗纪叠加褶皱与侏罗纪前陆. 地球学报, 27(5): 403~410.
- 董树文,施炜,张岳桥,胡健民,张忠义,李建华,武红岭,田蜜,陈虹,武国利,李海龙. 2010. 大巴山晚中生代陆内造山构造应力场. 地球科学, 31(6): 769~780.
- 董云鹏,查显峰,付明庆,张茜,杨钊,张燕. 2008. 东秦岭南缘大巴山褶皱—冲断推覆构造的特征. 地质通报, 127(9): 1493~1508.
- 董有浦,沈中延,肖安成,王亮,毛黎光,魏国齐. 2011. 南大巴山冲断褶皱带区域构造大剖面的构建和结构分析. 岩石学报, 27(3): 689~698.
- 何建坤,卢华夏,张庆龙,朱斌. 1997. 南大巴山冲断构造及其剪切挤压动力学机制. 高校地质学报, (4): 419~428.
- 何建坤. 1999. 东秦岭造山带南缘北大巴山构造反转及其动力学. 地质科学, 34(2): 139~153.
- 黄月华,任有祥,夏林圻,夏祖春,张诚. 1992. 北大巴山早古生代双模式火成岩套—以高滩辉绿岩和嵩坪粗面岩为例. 岩石学报, 8(3): 243~256.
- 胡健民,孟庆任,白武明,赵国春. 2002. 南秦岭构造带中一晚古生代伸展构造作用. 地质通报, 21(8~9): 471~477.
- 吉让寿,秦德余,高长林. 1990. 古东秦岭洋关闭和华北与扬子两地块拼合. 石油实验地质, 12(4): 353~365.
- 李岩峰. 2005. 四川盆地东北部中—新生代造山与前陆变形构造叠合关系研究. 博士学位论文, 北京, 中国地震局地质研究所, 24~90.
- 李智武,刘树根,罗玉宏,刘顺,徐国强. 2006. 南大巴山前陆冲断带构造样式及变形机制分析. 大地构造与成矿学, 30(3): 294~304.
- 刘树根,李智武,刘顺,罗玉宏,徐国强,戴国汗,龚昌明,雍自权. 2006. 大巴山前陆盆地—冲断带的形成演化. 北京, 地质出版社, 50~140.
- 倪世钊,杨德骊. 1994. 东秦岭东段南带古生代地层和沉积相. 武汉, 中国地质大学出版社, 1~80.
- 施炜,董树文,胡健民,张忠义,刘刚. 2007. 大巴山前陆西段叠加构造变形分析及其构造应力场特征. 地质学报, 81(10): 1314~1327.
- 徐扬,王存智,程万强,杨坤光. 2009. 南大巴山前陆冲断带构造变形几何类型、分布特征及其成因分析. 大地构造与成矿学, 33(4): 497~507.
- 许志琴,卢一伦,汤耀庆, Mattauer M, Matte Ph, Malavielle J, Tapponnier P, Maluski H. 1986. 东秦岭造山带的变形特征及构造演化. 60(3): 237~247.

吴元保,郑永飞. 2004. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约. 科学通报, 49(16): 1589~1605.

王存智,杨坤光,徐扬,程万强. 2009. 北大巴基性岩墙群地球化学特征, LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及其大地构造意义. 地质科技情报, 28(3): 19~26.

王瑞瑞,许志琴,梁风华. 2013. 大巴山弧形构造的成因—来自数值模拟的证据. 地质学报, 87(10): 1~9.

王瑞瑞,张岳桥,解国爱,许怀智. 2011. 大巴山前陆弧形构造的成因—来自砂箱实验的认识. 地质学报, 85(9): 1~9.

张岳桥,施炜,李建华,王瑞瑞,李海龙,董树文. 2010. 大巴山前陆弧形构造带形成机理分析. 地质学报, 84(9): 1300~1315.

张国伟,张本仁,袁学诚,肖庆辉,毛黎光,魏国齐. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京, 科学技术出版社, 227~240.

张国伟,董云鹏,赖绍聪,郭安林,孟庆任,刘少峰,程顺有,姚安平,张宗清,裴先治,李三忠. 2003. 秦岭—大别山南缘勉略构造带与勉略缝合带. 中国科学 D 辑: 地球科学, 33(12): 1121~1135.

张国伟,孟庆任,于在平,孙勇,周鼎武,郭安林. 1996. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征. 中国科学 D 辑: 地球科学, 26(3): 193~200.

张成立,高山,袁洪林,张国伟,晏云翔,罗静兰,罗金海. 2007. 南秦岭早古生代地幔性质: 来自超镁铁质、镁铁质岩脉及火山岩的 Sr-Nd-Pb 同位素证据. 中国科学 D 辑: 地球科学, 37(7): 857~865.

张成立,高山,张国伟,柳小明,于在平. 2002. 南秦岭早古生代碱性岩墙群的地球化学及其地质意义. 中国科学 D 辑: 地球科学, 32(10): 819~828.

张本仁. 2001. 秦岭地幔柱源岩浆活动及其动力学意义. 地质前缘, 8(3): 57~66.

张宗清,张国伟,付国民,唐索寒,宋彪. 1996. 秦岭变质地层年龄及其构造意义. 中国科学 D 辑: 地球科学, 26(3): 216~222.

邹先武,段其发,汤朝阳,曹亮,崔森,赵武强,夏杰,王磊. 2011. 大巴山镇坪地区辉绿岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年和岩石地球化学特征. 中国地质, 38(2): 282~291.

Andersen T. 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ²⁰⁴Pb. Chem Geol, 192(1/2): 59~79.

Liu Yongsheng, Gao Shan, Hu Zhaochu, Gao Changgui, Zong Keqing, Wang Dongbing. 2010a. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons from mantle xenoliths. J Petrol, 51(1/2): 537~571.

Liu Yongsheng, Hu Zhaochu, Zong Keqing, Gao Changgui, Gao Shan, Xu Juan, Chen Haihong. 2010b. Reappraisemnt and refinement of zircon U-Pb isotope and trace element analyses by LA-ICP-MS. Chinese Sci Bull, 55(3): 1~10.

Ludwig K R. 2001. User's manual for Isoplot/EX 2. 49: A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 1: 1~56.

Meng Q R, Zhang G W. Geologic framework and tectonic evolution of the Qinling orogen, central China. Tectonophysics, 323: 183~196.

LA-ICP-MS Zircon U-Pb Age of Diabase Porphyry from the Donghe Area, Fangxian in South Daba Mountain and Its Tectonic Significance

CAO Liang^{1,2)}, ZHANG Quanxu³⁾, HU Shangjun⁴⁾, DUAN Qifa^{1,2)}, ZHOU Yun^{1,2)},
YU Yushuai^{1,2)}, ZOU Xianwu²⁾, GAN JinMu²⁾

1) *Research Center of Petrogenesis and Mineralization of Granitoid Rocks, China Geological Survey, Wuhan, 430205;*

2) *Wuhan Center of Geology Survey, CGS, Wuhan, 430205;*

3) *Seventh Geological Team of Hubei Geological Bureau, Yichang, Hubei, 443100;*

4) *Hubei Institute of Geological Survey, Wuhan, 430022*

Abstract

Daba Mountain tectonic belt is located in the transitional position of the Qinling orogenic belt and the Yangtze plate, formed in Indosinian-Yanshanian, taken the shape in Himalayan period. Previous studies focused on geochronology of North Daba Mountain, less reserach work was reported in high precision age in South Daba Mountain. The dating of LA-ICP-MS zircon U-Pb fordiabase porphyry dike sample from the Donghe area in Fangxian, South Daba Mountain shows the that the Donghe diabase porphyry was formed at 440.6~442.2Ma, equivalent to the early Silurian System. It is almost consistent with that of diabase in the south area of North Daba Mountain, (Zhenping area), and with that of the basic dike and volcanic rochks in the middle-northern area of North Daba Moutain, (Ziyang-Langao area). Combined with previous studies, the authors suggest that South Daba Moutain was a rift during the middle-late stage of Early Silurian, and the diabase porphyry in the Donghe area was the product of continental rift. The age of 439.3Ma represents that the north margin of Yangtze plate was generally in the extensional tectonic environment, suggesting the extension of this rift to its peak in Early Silurian. The age date obtained in this study determines the surrounding rock Zhushan Formation formed no later than early Silurian, defining the strata are Cambrian-Ordovician in age.

Key words: LA-ICP-MS; zircon U-Pb age; diabase porphyry; Donghe area; South Daba Mountain