

北大巴山地区晚古生代滔河口组碎屑锆石年代学研究 及对古生代岩浆事件的限定

张英利,王宗起,王刚,王坤明

中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室,北京,100037

内容提要:长期以来,一直认为北大巴山地区仅分布着早古生代地层,实际并非如此。滔河口组主要为一套火山—沉积组合序列,保留相对完整的地层记录。本文运用 LA-ICP-MS U-Pb 方法,对由灰绿色砂岩和玄武岩组成的滔河口组同一采样位置的 2 件砂岩碎屑锆石进行 U-Pb 年龄测定,获得了 52 组 U-Pb 有效年龄,重新限定了滔河口组的形成时代,且为北大巴山地区早古生代构造演化提供了详细资料。获得的 11 个较年轻的锆石年龄表明,滔河口组形成不早于早泥盆世。碎屑锆石的谐和年龄表明,物源主要集中在 407~434Ma 侵入岩、粗面岩和玄武岩等。研究区的岩浆成因碎屑锆石年龄值表明,古生代时期发育 3 期岩浆作用,分别对应 431~439Ma 侵入岩、426.9Ma 斑鸠关组粗面岩和 414.3Ma 滔河口组玄武岩。

关键词:北大巴山;晚古生代;形成时代;沉积物源;岩浆事件

近年来,随着秦岭构造单元的重新划分(Wang Zongqi et al., 2009),南大巴山取得竹山组锆石年龄(Cao Liang et al., 2015),北大巴山地区滔河口组的火山碎屑岩相序(Xiang Zhongjin et al., 2010a)、岩浆成因(Huang Yuehua, 1993; Xu Xueyi et al., 1997, 2001; Xiang Zhongjin et al., 2010a, 2011)、构造环境(Zhou Xiaokang et al., 1996; Xu Xueyi et al., 2001; Chen Youzhang et al., 2010; Xiang Zhongjin et al., 2010a, 2010b, 2011; Yan Zhen et al., 2011; Song Qingwei et al., 2014)以及辉石玄武岩赋矿机理(Wang G et al., 2014)等方面取得了越来越多的新认识,例如,将原来地幔柱成因的玄武岩重新解释为洋岛构造环境(Chen Youzhang et al., 2010; Xiang Zhongjin et al., 2010a, 2010b; Yan Zhen et al., 2011)。但对于滔河口组的形成时代,主要是依据滔河口组以及上覆白崖垭组内部碳酸盐岩以及泥岩中的生物化石界定为早志留世(Zhou Xiaokang et al., 1996)或早—中志留世(Luo Kunli et al., 2001),而 Yan Zhen et al. (2011)根据详细的碳酸盐岩沉积分析,认为化石为异地搬运,不能代表地层的形成时代,推测形成于中志留世之后。而

Teng Renlin(1990)测得火山岩中辉石斑晶的 K-Ar 年龄为 421.3 ± 20 Ma, Huang Yuehua et al. (1992)测得与火山岩共生的金伯利岩类岩石中金云母 Ar-Ar 坪年龄为 413.9 Ma。前者采用的测试方法误差较大,后者则间接限定了火山岩时代。因此,滔河口组的形成时代仍然存在着争议,而且对于滔河口组内沉积岩的源区特征等方面研究甚少。同时,北大巴山地区古生代经历了多期岩浆事件,除了侵入岩有准确的年龄限定外(Zhang Chengli et al., 2007; Wang Cunzhi et al., 2009; Zhou Xianwu et al., 2011; Wang Kunming et al., 2014),其他岩浆事件的时代缺乏准确的资料,这些都直接影响了北大巴山地区构造演化的深入探讨。

沉积岩的锆石年代学是研究沉积岩物源示踪和盆山系统沉积学的重要手段之一(Fedo et al., 2003; Li Zhong et al., 2013)。沉积岩碎屑锆石记录的年龄信息可以限定:①沉积岩的沉积上限年龄(Gehrels, 2012; Naipauter et al., 2010; Zhang Yingli et al., 2012),②判断沉积物的源区,反映物源区的剥露过程和构造事件(Fedo et al., 2003; Naipauter et al., 2010; Craddock et al., 2013;

注:本文为国家自然科学基金(编号:41302080)、中央级公益性科研院所基本科研业务费(K1313)和中国地质调查局地质调查项目(编号:12120114009401, 1212011121091)资助成果。

收稿日期:2014-09-17;修回日期:2015-11-18;责任编辑:黄敏。

作者简介:张英利,男,1979年生。博士,副研究员,主要从事盆地构造与沉积学研究。通讯地址:100037,中国地质科学院矿产资源研究所。Email:yinglizh@126.com。

Gibson et al., 2013), ③不同沉积单元之间的相互联系(Gehrels, 2012)。

本次研究针对北大巴山地区原志留纪滔河口组地层,通过野外地质特征的调查,并运用碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 方法,对采自岚皋县堰门镇的砂岩进行碎屑锆石 U-Pb 年龄测定,通过分析得到的年龄数据及年龄谱特征阐述滔河口组的形成时代及物源区,同时限定北大巴山地区古生代的岩浆事件,进而为北大巴山地区的古生代构造演化提供依据。

1 地质背景

秦岭造山带位于中国中央造山带东部,以勉略缝合带和商丹缝合带为界,划分为北秦岭、中秦岭和南秦岭三部分(Zhang Guowei et al., 1995),以城口断裂为界,在南秦岭和扬子构造单元划分出北大巴山和南大巴山。北大巴山地区内分布着红椿坝一级断裂和高桥二级断裂(图 1c)。红椿坝断裂以南自下而上主要由寒武系、奥陶系、志留系和滔河口组/

陡山沟组和五峡河组构成^{①②③}。其中,寒武系由深水成因灰岩组成,奥陶系主要为深水沉积灰岩和砂岩,志留纪斑鸠关组主要为粗面岩夹灰绿色砂岩。滔河口组则主要由火山—沉积岩组成。陡山沟组与滔河口组为同期形成^{①②③},主要由灰绿色粉砂岩组成。滔河口组之上的五峡河组主要由浅变质的粘土岩、粉砂岩构成。红椿坝断裂以北以洞河群、耀岭河群为主,洞河群主要为粘土质板岩、灰质板岩和炭质板岩、灰岩等,夹火山碎屑岩、粗面岩熔岩等;耀岭河群主要以火山碎屑岩和沉积岩为主,夹少量基性火山熔岩(Xia Linqi et al., 2008)。研究区内分布大量铁镁质岩,侵入早古生代地层,锆石的 U-Pb 年龄为 431~439Ma(Zhang Chengli et al., 2007; Wang Cunzhi et al., 2009; Zhou Xianwu et al., 2011; Wang Kunming et al., 2014)。

2 滔河口组地质特征

滔河口组最早由 Li Yujing(1989)创立,从 1/20

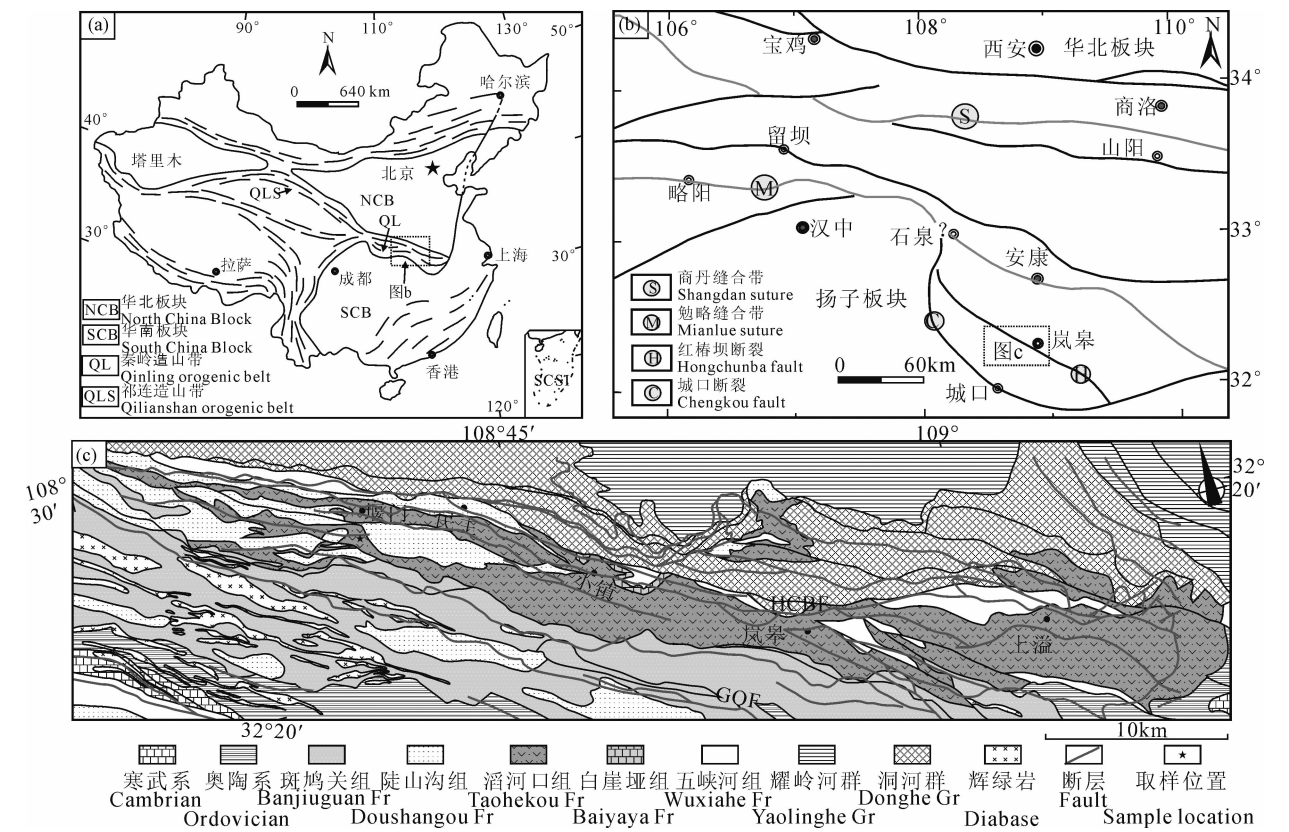


图 1 北大巴山地区地质简图

Fig. 1 Simplified geological map in the North Daba Mountains

(a—Mattauer et al., 1985; b—据王宗起等, 2009; c—据 1:5 万洞河幅、佐龙和岚皋幅^{①②③}). GQF—高桥断裂; HCBF—红椿坝断裂
(a—Modified from Mattauer et al., 1985; b—modified from Wang Zongqi et al., 2009; c—modified from the 1/50000 regional geological report of Donghe, Zuolong and Langao Mapsheet^{①②③}). GQF—Gaoqiao Fault; HCBF—Hongchunba Fault

万《紫阳幅》地质图基性溢出岩(μ_3^3)解体出一套由辉石玢岩质、辉石质砂、砾屑组成的下志留统地层,命名为滔河口组(S_1t)。同时认为,该组平行不整合于超基性辉石玢岩体之上,时限为早志留世中、晚期(Li Yujing, 1989)。1/5 万地质填图定义为,滔河口组主要由辉石玄武岩、砂岩等火山—沉积岩组成^{①②③},主要分布于岚皋—紫阳地区的上溢、岚皋县城、小镇、堰门一带(图 1),呈层状、似层状北西西向展布,东部一带出露宽度较大,而向西逐渐变窄。

东部上溢附近以含火山碎屑的沉积岩为主,包括辉石玄武质角砾岩、玄武质凝灰岩、凝灰质砾岩、含砾凝灰质砂岩、砾岩、夹少量粉砂岩,仅在局部出露辉石玄武岩和辉石玄武质角砾熔岩;中部小镇附近以(辉石)玄武岩、辉石玄武质角砾熔岩为主,局部碳酸盐化,顶部以发育凝灰质生屑灰岩和粉砂岩为标志表明火山作用停止;西部堰门及以西区域以凝灰质角砾岩、凝灰质砂岩和粉砂岩为主,砂岩中发育粒序层理、小型交错层理,指示浊流沉积成因。

3 样品位置、分析方法和数据处理

本次研究对滔河口组砂岩样品进行锆石年龄测试和分析。在岚皋县堰门镇同一位置分 2 次采集样品,样品号分别为 12YMN1 和 12YMN11,样品点位为北纬 $32^{\circ}24'40''$,东经 $108^{\circ}39'28''$ (图 1c),每件样品重量约 15kg。

样品碎样和锆石挑选工作由河北省区域地质矿产调查研究所实验室完成。锆石样品的制靶工作由中国地质科学院地质研究所大陆动力学实验室完成。锆石的阴极发光图像在中国地质科学院地质研究所的 HITACHI S3000-N 型扫描电子显微镜并配有 GATAN 公司 Chroma 阴极发光探头分析仪器上

完成。锆石的 U-Pb 年龄测定前,依据透射光图像、反射光图像和阴极发光图像分析,对碎屑锆石样品随机圈定裂隙和包裹体不发育的颗粒。LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年测试分析在中国地质调查局天津地质矿产研究所同位素实验室完成,详细实验测试过程参见 Li Huaikun et al. (2009)。采用 GJ-1 作为外部锆石年龄标准进行 U/Pb 同位素分馏校正(Jackson et al., 2004)。利用 NIST612 玻璃标样作为外标计算锆石样品的 Pb、U、Th 含量。数据处理采用 ICPMSDataCal 程序(Liu Y S et al., 2009),普通 Pb 校正采用 Anderson 方法(Anderson, 2002),锆石年龄谐和图由 Isoplot 3.0 程序完成(Ludwig, 2003)。

对于锆石年龄 $>1000\text{Ma}$ 的数据,采用²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄,而对于 $<1000\text{Ma}$ 的数据,采用²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄(Gehrels et al., 1999; Sircombe, 1999)。以²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄和²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄比值为标准遴选 U-Pb 年龄数据(Gehrels et al., 1999; Nelson et al., 2007; Kalsbeek et al., 2008; González-Len et al., 2009; Naipauer et al., 2010),不谐和度绝对值 $\leq 10\%$ 的数据为有效数据。表 1 列出了全部测试数据。字体加粗数据为不谐和数据,谐和图和直方图绘制以及探讨源区和区域的构造事件时均不予考虑。

4 分析结果

砂岩样品碎屑锆石颗粒呈长板状、次圆状,表明部分锆石经过一定距离的搬运,部分锆石则为近源沉积。透射光下锆石颗粒大多数透明,少部分为褐色。CL 图像显示,部分锆石呈现出黑色,可能与 U 含量较高有关。部分颗粒显示振荡环带、均质或不规则分带结构(图 2)。长度变化范围为 40 ~

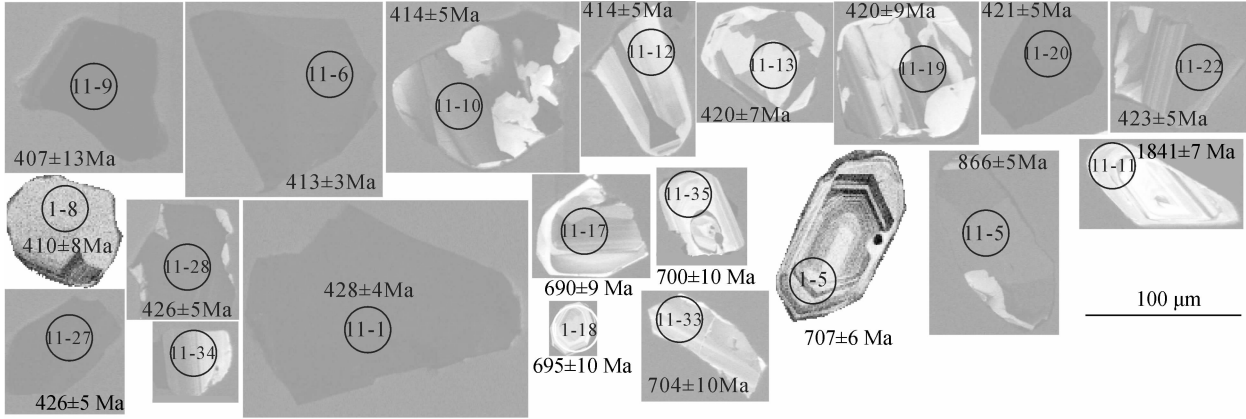


图 2 岚皋地区堰门滔河口组砂岩样品(12YMN1 和 12YMN11)代表性锆石阴极发光图像

Fig. 2 Cathodoluminescence (CL) images of selected detrital zircons from Taohekou rocks of the North Daba Mountains

200 μm ,长宽比为 4 : 1。

堰门砂岩样品(12YMN1 和 12YMN11)分别进行了锆石 U-Pb 年龄测试(表 1),合并获得有效年龄数据 52 个,U-Pb 年龄值变化于 407 $\pm$ 13~1842 $\pm$ 7Ma(图 3b),年龄谱图表明,U-Pb 有效年龄主要集中分布于 407~434Ma 和 690~777Ma 区间(图 3)。

4.1 形成时代

Li Yujing(1989)根据地层的接触关系,最早将其时代定为早志留世中—晚期。且紫阳—岚皋地区的滔河口组和陡山沟组属于同期异相(Li Yujing, 1989; Li Rongshe, 1990),具有穿时现象(Li Rongshe,1990)。1 : 5 万地质填图时,根据上覆与下伏地层中古生物化石(包括珊瑚化石、层孔虫和笔石化石)的地质时代,滔河口组地层时代被定为早志留世中—晚期^{①②③}。Teng Renlin et al. (1990)根据滔河口组砂砾岩层中含大量的珊瑚类、腕足类化石,界定为早志留世晚期。Zhou Xiaokang et al. (1996)根据岚皋县滔河口组含钙凝灰质砂岩中所夹的生物灰岩透镜体内的珊瑚以及有孔虫,确定滔河口组的时代为早志留世中—晚期。Luo Kunli et al. (2001)根据滔河口组火山岩中的碎屑岩夹层所含笔石化石 *Oktavites spiralis* 和 *Cyrtograptus centrifugus* 将时代定为早志留世—中志留世。Yan Zhen et al. (2011)通过对滔河口组和白崖垭组碳酸盐岩沉积学特征的详细分析,认为碳酸盐岩中的生物化石曾发生一定距离搬运,具有一定搬运再沉积特征,生物化石的生长时代并不能代表滔河口组和白崖垭组的形成时代,其形成时代可能晚于中志留世。同位素测试表明其年龄为 421.3 $\pm$ 20Ma

(Teng Renlin et al. , 1990) 或 413.9Ma (Huang Yuehua et al. ,1992),但测试结果误差较大或采用间接方法。

最新研究表明,碎屑锆石的 U-Pb 年龄信息可以为碎屑岩的形成时代提供信息(Gehrels, 2012; Naipauter et al. ,2010; Zhang Yingli et al. ,2012),可用来判断地层形成时代的下限。

滔河口组最年轻的碎屑锆石年龄分别为 407 $\pm$ 13Ma、410 $\pm$ 8Ma、412 $\pm$ 7Ma、413 $\pm$ 4Ma、413 $\pm$ 3Ma、414 $\pm$ 5Ma、415 $\pm$ 6Ma、416 $\pm$ 4Ma、417 $\pm$ 5Ma、417 $\pm$ 4Ma,共计 11 个,占有有效数据的 17.74%,且数据谐和度较高,介于 97~108 之间。根据国际地层委员会最新划分的方案(Gradstein et al. ,2012),滔河口组砂岩的形成时代不早于早泥盆世。

4.2 沉积物源

碎屑锆石年龄统计表明,沉积物主要源自 407~434Ma 的岩石(图 2b)。这些锆石形态呈柱状、半自形,为近源沉积,CL 图像显示,锆石具有明显的振荡环带(图 2),为典型岩浆锆石。根据砂岩中发育的小型交错层理恢复的古水流方向,堰门滔河口组砂岩的沉积物主要来自于东侧。这表明东侧地区岩浆岩已隆升剥蚀,成为主要的沉积物源区。研究区区域地质表明,砂岩与玄武岩为同期异相的产物,因此砂岩沉积时期,大量玄武岩提供了主要沉积物源。早于砂岩形成的斑鸠关组粗面岩和大量基性侵入岩(431~439Ma, Zhang Chengli et al. , 2007; Wang Cunzhi et al. , 2009; Zhou Xianwu et al. , 2011; Wang Kunming et al. ,2014)此时也出露地表,成为主要的物源区。

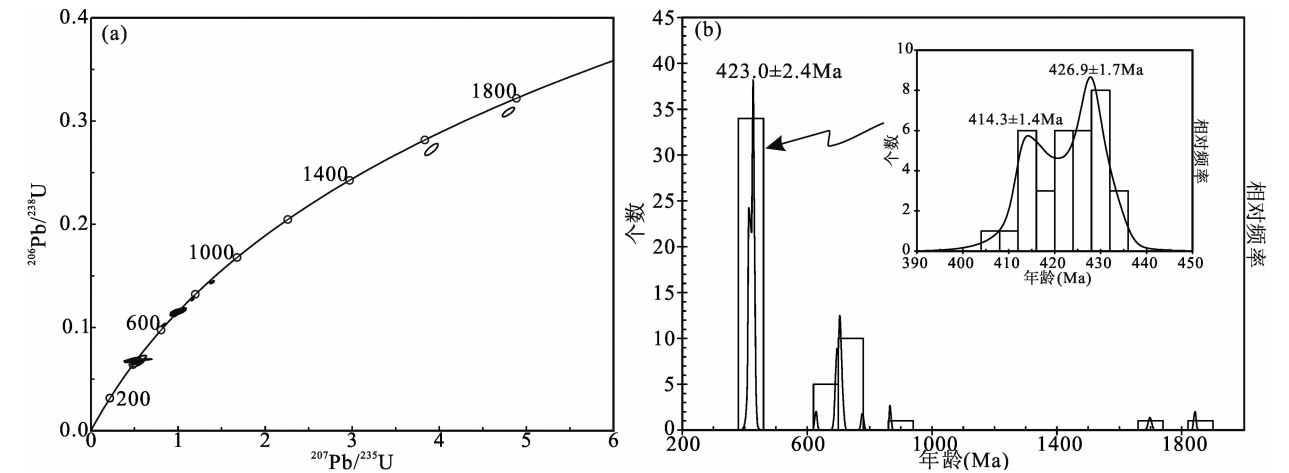


图 3 岚皋地区堰门滔河口组砂岩样品碎屑锆石 U-Pb 谐和曲线(a)、锆石直方图和相对频率图(b)
Fig. 3 Concordia plots (a), histograms and relative probability plots (b) of detrital zircon U-Pb ages of Taohekou sandstone sample

表 1 岚皋地区滔河口组砂岩(12YMN1 和 12YMN11)碎屑锆石的 U-Pb 同位素数据
Table 1 U-Pb isotopic data for detrital zircons from the Taohekou Formation sandstone (sample 12YMN1 and 12YMN11) in Langao

测点号	元素($\times 10^{-6}$)			Th/U 比	同位素比率				年龄(Ma)				和谐度 (%)		
	Pb	Th	U		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ
12YMN1-1	79	1390	907	1.53	0.0558	0.0004	0.5293	0.0085	0.0688	0.0011	444	15	431	6	100
12YMN1-2	59	1905	480	3.97	0.0539	0.0004	0.5050	0.0072	0.0680	0.0007	365	14	415	5	98
12YMN1-3	64	1921	573	3.35	0.0563	0.0005	0.5327	0.0081	0.0686	0.0007	466	17	434	5	101
12YMN1-4	2	17	18	0.95	0.0758	0.0066	1.1668	0.1222	0.1116	0.0023	1091	165	785	57	115
12YMN1-5	16	168	114	1.47	0.0633	0.0007	1.0116	0.0190	0.1159	0.0010	719	23	710	10	100
12YMN1-6	7	35	94	0.37	0.0557	0.0023	0.5314	0.0270	0.0692	0.0008	441	85	433	18	100
12YMN1-7	15	191	211	0.91	0.0534	0.0008	0.4903	0.0105	0.0666	0.0006	345	30	405	7	97
12YMN1-8	3	19	52	0.37	0.0571	0.0036	0.5170	0.0410	0.0656	0.0013	497	131	423	27	103
12YMN1-9	35	338	263	1.29	0.0636	0.0008	0.9970	0.0189	0.1136	0.0009	730	25	702	10	101
12YMN1-10	5	92	54	1.70	0.0495	0.0048	0.4672	0.0547	0.0685	0.0015	170	203	389	38	91
12YMN1-11	1	59	5	11.57	0.0569	0.0048	0.5443	0.0613	0.0693	0.0023	489	180	441	40	102
12YMN1-12	8	92	109	0.84	0.0571	0.0012	0.5313	0.0169	0.0674	0.0009	497	44	433	11	103
12YMN1-13	5	78	59	1.34	0.0510	0.0025	0.4877	0.0296	0.0693	0.0010	241	106	403	20	93
12YMN1-14	12	68	101	0.67	0.0640	0.0008	1.0231	0.0227	0.1159	0.0015	742	25	715	11	101
12YMN1-15	1	8	17	0.47	0.0573	0.0106	0.5407	0.1048	0.0685	0.0007	502	362	439	69	103
12YMN1-16	81	795	597	1.33	0.0633	0.0002	1.0065	0.0061	0.1153	0.0009	719	7	707	3	101
12YMN11-1	139	4067	1252	3.25	0.0563	0.0003	0.5323	0.0069	0.0686	0.0007	462	13	433	5	101
12YMN11-2	125	3484	1167	2.99	0.0558	0.0003	0.5284	0.0065	0.0687	0.0006	444	13	431	4	101
12YMN11-3	62	1651	562	2.94	0.0565	0.0012	0.5426	0.0162	0.0697	0.0007	471	46	440	11	101
12YMN11-4	44	888	488	1.82	0.0569	0.0007	0.5422	0.0112	0.0692	0.0008	486	25	440	7	102
12YMN11-5	66	417	405	1.03	0.0701	0.0005	1.3911	0.0163	0.1439	0.0009	932	13	885	7	102
12YMN11-6	113	3935	956	4.11	0.0566	0.0006	0.5171	0.0085	0.0662	0.0005	477	22	423	6	102
12YMN11-7	26	920	218	4.23	0.0585	0.0020	0.5427	0.0238	0.0672	0.0007	550	73	440	16	105
12YMN11-8	20	342	243	1.40	0.0560	0.0013	0.5118	0.0170	0.0662	0.0007	454	51	420	11	102
12YMN11-9	4	148	32	4.62	0.0602	0.0032	0.5414	0.0440	0.0652	0.0021	611	112	439	29	108
12YMN11-10	37	396	510	0.78	0.0562	0.0005	0.5133	0.0094	0.0663	0.0009	458	18	421	6	102
12YMN11-11	275	456	830	0.55	0.1126	0.0005	4.7937	0.0459	0.3087	0.0030	1842	7	1784	8	106
12YMN11-12	13	171	176	0.97	0.0564	0.0016	0.5149	0.0206	0.0663	0.0009	466	61	422	14	102
12YMN11-13	8	122	101	1.21	0.0568	0.0030	0.5277	0.0357	0.0673	0.0012	486	113	430	24	102
12YMN11-14	57	123	454	0.27	0.0663	0.0003	1.1714	0.0128	0.1282	0.0014	816	10	787	6	101

续表 1

测点号	元素($\times 10^{-6}$)			Th/U 比	同位素比率						年龄(Ma)						和谐度 (%)
	Pb	Th	U		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		
12YMN11-15	1	10	21	0.48	0.0597	0.0037	0.5442	0.0415	0.0661	0.0011	594	129	441	27	412	7	107
12YMN11-16	34	911	373	2.44	0.0558	0.0007	0.5109	0.0124	0.0665	0.0010	443	26	419	8	415	6	101
12YMN11-17	29	361	198	1.82	0.0626	0.0007	0.9755	0.0216	0.1130	0.0016	696	23	691	11	690	9	100
12YMN11-18	9	68	73	0.94	0.0627	0.0023	0.9851	0.0495	0.1139	0.0017	699	76	696	25	695	10	100
12YMN11-19	22	446	261	1.71	0.0531	0.0009	0.4930	0.0159	0.0673	0.0014	335	35	407	11	420	9	97
12YMN11-20	145	4290	1373	3.13	0.0548	0.0003	0.5107	0.0055	0.0676	0.0008	406	11	419	4	421	5	100
12YMN11-21	67	1431	779	1.84	0.0561	0.0003	0.5167	0.0070	0.0668	0.0008	456	13	423	5	417	5	101
12YMN11-22	24	264	328	0.80	0.0534	0.0009	0.4990	0.0132	0.0677	0.0009	347	34	411	9	423	5	97
12YMN11-23	23	196	335	0.58	0.0562	0.0010	0.5173	0.0129	0.0668	0.0006	459	36	423	9	417	4	101
12YMN11-24	12	228	141	1.62	0.0574	0.0026	0.5430	0.0294	0.0687	0.0007	505	96	440	19	428	4	103
12YMN11-25	157	339	529	0.64	0.1041	0.0006	3.9109	0.0501	0.2725	0.0038	1698	11	1616	10	1553	19	109
12YMN11-26	23	214	168	1.27	0.0636	0.0009	0.9962	0.0228	0.1137	0.0012	728	28	702	12	694	7	101
12YMN11-27	161	3997	1630	2.45	0.0550	0.0003	0.5181	0.0058	0.0684	0.0008	410	12	424	4	426	5	100
12YMN11-28	93	2058	1005	2.05	0.0552	0.0003	0.5201	0.0064	0.0684	0.0008	419	11	425	4	426	5	100
12YMN11-29	26	206	225	0.91	0.0594	0.0008	0.8380	0.0184	0.1024	0.0011	581	27	618	10	628	7	98
12YMN11-30	13	111	100	1.12	0.0629	0.0020	0.9970	0.0408	0.1151	0.0012	703	65	702	21	702	7	100
12YMN11-31	58	1252	623	2.01	0.0557	0.0004	0.5245	0.0082	0.0684	0.0007	439	16	428	5	426	4	100
12YMN11-32	5	3	9	0.30	0.6032	0.0255	18.6088	0.7663	0.2237	0.0168	4516	59	3022	40	1302	89	347
12YMN11-33	13	99	103	0.96	0.0648	0.0017	1.0318	0.0394	0.1155	0.0018	768	51	720	20	704	10	102
12YMN11-34	161	4076	1515	2.69	0.0549	0.0003	0.5218	0.0057	0.0689	0.0006	409	11	426	4	430	4	99
12YMN11-35	10	71	75	0.95	0.0623	0.0023	0.9857	0.0487	0.1148	0.0017	685	76	697	25	700	10	100
12YMN11-36	19	142	140	1.01	0.0624	0.0011	1.0001	0.0292	0.1163	0.0016	688	37	704	15	709	9	99
12YMN11-37	22	195	153	1.27	0.0640	0.0009	1.0340	0.0255	0.1171	0.0014	743	30	721	13	714	8	101
12YMN11-38	8	44	61	0.73	0.0626	0.0028	1.0029	0.0590	0.1162	0.0019	695	93	705	30	709	11	99

注:字体加粗的年龄为不谐和数据,谐和图和直方图绘制以及探讨研究意义时均不予以考虑。

滔河口组东侧平利及竹山出露较大面积耀岭河群、杨坪组的火山岩。耀岭河群中火山岩年龄为 680~696Ma(加权平均值 $685\pm 5\text{Ma}$)(Ling Wenlin et al., 2007)或 731~737Ma(Zhu X Y et al., 2014),杨坪组火山岩时代为新元古代—早古生代(Xia Zhu et al., 1993),这些火山岩为滔河口组提供了部分物源。

另外,少部分锆石形态呈他形、均质,为变质成因,扬子北缘基底变质岩可能经历了多次搬运成为滔河口组砂岩的物源区。

4.3 早古生代构造热事件

407~434Ma 区间共有 34 个测点,Th/U 比值介于 0.37~11.57。CL 图像显示,锆石具有明显的振荡环带(图 2),为典型岩浆锆石。这些测点直方图进一步显示出两个明显峰值,加权年龄值分别为 $414.3\pm 1.4\text{Ma}$ 和 $426.9\pm 1.7\text{Ma}$ 。这表明,北大巴山地区至少发育 2 期强烈的岩浆作用。

从研究区岩浆岩分布来看,主要表现为铁镁质侵入岩、粗面岩和玄武岩。目前铁镁质侵入岩的形成年龄主要集中于 431~439Ma(Zhang Chengli et al., 2007; Wang Cunzhi et al., 2009; Zhou Xianwu et al., 2011; Wang Kunming et al., 2014)。砂岩中碎屑锆石此区间的年龄值相对较少(仅 5 个),未能集中反映该时期事件,但再次验证了此时期的岩浆作用。

因此, $414.3\pm 1.4\text{Ma}$ 和 $426.9\pm 1.7\text{Ma}$ 大致代表了区域玄武岩和粗面岩的喷发时间。滔河口组砂岩碎屑锆石年龄结果表明,砂岩形成不早于早泥盆世。鉴于砂岩与玄武岩为同期异相产物,因此,加权年龄值 $414.3\pm 1.4\text{Ma}$ 最可能代表了玄武岩的喷发时期,这一年龄结果与玄武岩中金云母的 Ar-Ar 年龄(419Ma,未公开发表)基本一致。

对于北大巴山地区斑鸠关组粗面岩的形成时代,Teng Renlin et al. (1990)根据紫阳瓦房沟粗面熔岩、含砾粗面质凝灰岩夹层中三叶虫化石和紫阳焕古滩粗面熔岩顶部炭质板岩中的笔石化石,提出火山活动时间为早奥陶世中期至早志留世晚期,而 Yang Zhongtang et al. (1997)依据滕人林报道的古生物化石,认为粗面岩形成于早志留世之后。上述报道的粗面岩均位于红椿坝断裂以北洞河群,不能代表红椿坝以南岚皋地区斑鸠关组粗面岩形成时代。红椿坝断裂以南紫阳附近斑鸠关组砂岩的碎屑锆石年龄显示(Duan Liang, 2010),斑鸠关组砂岩形成不早于 429Ma,这与岚皋斑鸠关组砂岩的碎屑锆

石结果大体一致(笔者未公开发表资料)。鉴于斑鸠关组粗面岩与砂岩为同期异相产物,因此 $426.9\pm 1.7\text{Ma}$ 大致代表了斑鸠关组粗面岩形成年龄。

5 结论

(1)通过 LA-ICP-MS 方法,北大巴山滔河口组碎屑锆石获得 52 个 U-Pb 有效年龄,其中 11 组较年轻数据占有有效数据 17.74%,限定了滔河口组形成时代不早于早泥盆世,表明北大巴山地区存在晚古生代地层。

(2)碎屑锆石的年龄谱特征以及古水流分析综合表明,滔河口组沉积物主要来自于 407~434Ma 的岩石,即滔河口组砂岩同期的火山岩、斑鸠关组粗面岩以及早志留世基性侵入岩。

(3)碎屑锆石的年龄谱特征以及锆石 CL 图像分析表明,北大巴山地区古生代至少发育 3 期强烈的岩浆活动,分别是 431~439Ma 基性侵入岩、426.9Ma 斑鸠关组粗面岩和 414.3Ma 滔河口组玄武岩。

致谢:感谢中国地质调查局天津地质矿产研究所周红英研究员在 LA-ICP-MS 测年过程中给予的帮助!感谢中国地质科学院地质研究所离子探针杨淳老师进行了锆石阴极发光图像照射。在野外地质调查过程中,得到了中国地质科学院地质研究所闫臻研究员的帮助!感谢两位匿名评审专家在审稿时给出的修改建议!

注 释

- ① 陕西地质调查院. 1998. 中华人民共和国地质调查报告,1:5 万洞河镇幅。
- ② 陕西地勘局区域地质矿产研究院. 1997. 中华人民共和国地质调查报告,1:5 万佐龙街幅。
- ③ 陕西地勘局第七地质队. 1995. 中华人民共和国地质调查报告,1:5 万岚皋县幅。

References

- Anderson T. 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb . *Chemical Geology*, 192: 59~79.
- Cao Liang, Zhang Quanxu, Hu Shangjun, Duan Qifa, Yu Yushuai, Zou Xianwu, Gan Jinmu. 2015. LA ICP MS Zircon U Pb Age of Diabase Porphyry from the Donghe Area, Fangxian in South Daba Mountain and Its Tectonic Significance. *Acta Geologica Sinica*, 89(12): 2314~2322.
- Chen Youzhang, Liu Shuwen, Li Qiugen, Dai Junzhi, Zhang Fan, Yang Pengtao, Guo Lishuang. 2010. Geology, geochemistry of Langao mafic volcanic rocks in South Qinling orogenic belt and its tectonic implications. *Acta Scientiarum Naturalium*

- Universitatis Pekinensis, 46(4): 607~619 (in Chinese with English abstract).
- Craddock J P, Konstantinou A, Vervoort J D, Wirth K R, Davidson C, Finley-Blasi L, Juda N A, Walker E. 2013. Detrital zircon provenance of the Mesoproterozoic Midcontinent Rift, Lake Superior Region, U. S. A. *Journal of Geology*, 121: 57~73.
- Duan Liang. 2010. Detrital zircon provenance of the Silurian and Devonian in South Qinling, and the northwestern margin of Yangtze terrane and its tectonic implications. Master thesis: Northwest University (in Chinese with English abstract).
- Fedo C M, Sircombe K N, Rainbird R H. 2003. Detrital zircon analysis of the sedimentary record. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53: 277~303.
- Gehrels G, Johnsson M J, Howell D G. 1999. Detrital zircon geochronology of the Adams Argillite and Nation River Formation, East-Central Alaska, U. S. A. *Journal of Sedimentary Research*, 69: 135~144.
- Gehrels, G. 2012. Detrital zircon U-Pb geochronology: Current methods and new opportunities. In Busby, C and Azor, A (ed.) *Tectonics of sedimentary basins: Recent advances*. John Wiley & Sons Ltd Publication, 47~62.
- Gibson T M, Myrow P M, Macdonald F A, Minjin C, Gehrels G E. 2013. Depositional history, tectonics, and detrital zircon geochronology of Ordovician and Devonian strata in southwestern Mongolia. *GSA Bulletin*, 125: 877~893.
- González-Len C M, Valencia V A, Lawton T F, Amato J M, Gehrels G E, Leggett W J, Montijo-Contreras O, Fernández M. 2009. The lower Mesozoic record of detrital zircon U-Pb geochronology of Sonora, Mexico, and its paleogeographic implications. *Revista Mexicana de Ciencias*, 26: 301~314.
- Gradstein F M, Ogg J G, Schmitz M D, Ogg G. 2012. The geologic time scale 2012. Boston, USA, Elsevier, DOI: 10.1016/B978-0-444-59425-9.00004-4.
- Huang Yuehua, Ren Youxiang, Xia Linqi, Xia Zuchun, Zhang Cheng. 1992. Early Palaeozoic bimodal igneous suite on Northern Daba Mountains—Gaotan diabase and Haoping trachyte as examples. *Acta Petrologica Sinica*, 8(3): 243~256 (in Chinese with English abstract).
- Huang Yuehua. 1993. Mineralogical characteristics of phlogopite-amphibole-pyroxenite mantle xenoliths included in the alkali mafic-ultramafic subvolcanic complex from Langao county, China. *Acta Petrologica Sinica*, 9(4): 367~378 (in Chinese with English abstract).
- Jackson, S E, Pearson N J, Griffin W L, Belousova E A. 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U - Pb zircon geochronology. *Chemical Geology*, 211: 47~69.
- Kalsbeek F, Frei D, Affaton P. 2008. Constraints on provenance, stratigraphic correlation and structural context of the Volta basin, Ghana, from detrital zircon geochronology: An Amazonian connection? *Sedimentary Geology*, 212: 86~95.
- Li Huaikun, Geng Jianzhen, Hao Shuang, Zhang Yongqing, Li Huimin. 2009. Zircon U-Pb dating technique using LA-MC-ICPMS. *Acta Mineralogica Sinica*, 29 (Supp.): 600~601 (in Chinese without English abstract).
- Li Rongshe. 1990. On the diachronism of the Devonian lithostratigraphic units in the Ziyang-Langao area, Shaanxi Province. *Geology of Shaanxi*, 8(2): 59~64 (in Chinese with English abstract).
- Li Yujing. 1989. The establishment of the Lower Silurian Taohekou Formation and its relationship with the Doushangou Formation and the Baiyaya Formation in Langao County of Shaanxi. *Geology of Shaanxi*, 7(2): 7~14 (in Chinese with English abstract).
- Li Zhong, Xu Jianqiang, Gao Jian. 2013. Basin-Range systems sedimentology and case studies in North China and Tarim areas, China. *Acta Sedimentologica Sinica*, 31(5): 757~772 (in Chinese with English abstract).
- Ling Wenli, Ren Bangfang, Duan Ruichun, Liu Xiaoming, Mao Xinwu, Peng Lianhong, Liu Zaoxue, Chen Jianping, Yang Hongmei. 2008. Timing of the Wudangshan, Yaolinghe volcanic sequences and mafic sills in South Qinling: U-Pb zircon geochronology and tectonic implication. *Chinese Science Bulletin*, 53(14): 2192~2199 (in Chinese with English abstract).
- Liu Y S, Gao S, Hu Z C, Gao C G, Zong K, Wang D B. 2009. 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. *Journal of Petrology*, 51: 537~571.
- Ludwig K R. 2003. User's manual for Isoplot 3.0: Geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 4: 1~70.
- Luo Kunli, Duan Muheshun. 2001. Timing of Early Paleozoic basic igneous rocks in the Daba Mountains. *Regional Geology of China*, 20(3): 262~266 (in Chinese with English abstract).
- Mattauer M, Matte P H, Malavieille J, Tapponnier P, Maluski H, Xu Z Q, Lu Y L, Tang Y Q. 1985. Tectonics of the Qinling belt: build-up and evolution of eastern Asia. *Nature*, 317: 496~500.
- Naipauer M, Vujovich G I, Cingolani C A, McClelland W C. 2010. Detrital zircon analysis from the Neoproterozoic-Cambrian sedimentary cover (Cuyania terrane), Sierra de Pie de Palo, Argentina: Evidence of a rift and passive margin system? *Journal of South American Earth Sciences*, 29: 306~326.
- Nelson J, Gehrels G. 2007. Detrital zircon geochronology and provenance of the southeastern Yukon-Tanana terran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 44: 297~316.
- Sircombe K N. 1999. Tracing provenance through the isotope ages of littoral and sedimentary detrital zircon, eastern Australia. *Sedimentary Geology*, 124: 47~67.
- Song Qingwei, Yan Danping, Jiao Shoutao, Wu Kang, Dong Zhoubin. 2014. The Response of Compounding Process of Dabashan and Xuefengshan Thrust Belt in J3-K1: the Structural

- Styles and Formation Mechanism of the Zigui Fold Belt, Western HuBei. *Acta Geologica Sinica*, 88(8): 1382~1400.
- Teng Renlin, Li Yujing. 1990. On the lithochemical features and the diagenetic environment of the Caledonian magmatic rocks in the Northern Dabashan, Shaanxi Province. *Geology of Shaanxi*, 8(1): 37~52 (in Chinese with English abstract).
- Wang Cunzhi, Yang Kunguang, Xu Yang, Cheng Wangqiang. 2009. Geochemistry and LA-ICP-MS zircon U-Pb age of basic dike swarms in North Daba Mountains and its tectonic significance. *Geological Science and Technology Information*, 28(3): 19~26 (in Chinese with English abstract).
- Wang G, Wang Z Q, Zhang Y L, Wang K M. 2014. Zircon geochronology and trace element geochemistry from the Xiaozhen copper deposit, North Daba Mountain: Constraints on albitites petrogenesis. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 88(1): 113~127.
- Wang Kunming, Wang Zongqi, Zhang Yingli, Wang Gang, Wu Yudong. 2014. Characteristics of mineralogy and geochronology, and their implications for ore-forming mechanism of Zhamugou mineral deposit in Shaanxi Province. *Earth Science Frontiers*, 21(4): 235~254 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zongqi, Yan Quanren, Yan Zhen, Wang Tao, Jiang Chunfa, Gao Lianda, Li Qiugen, Chen Junlu, Zhang Yingli, Liu Ping, Xie Chunlin, Xiang Zhongjin. 2009. New division of the main tectonic units of the Qinling orogenic belt, Central China. *Acta Geologica Sinica*, 83(11): 1527~1546 (in Chinese with English abstract).
- Xia Linqi, Xia Zuchun, Li Xiangmin, Ma Zhongping, Xu Xueyi. 2008. Petrogenesis of the Yaolinghe Group, Yunxi Group, Wudangshan Group volcanic rocks and basic dyke swarms from eastern part of the South Qinling Mountains. *Northwestern Geology*, 41(3): 1~29 (in Chinese with English abstract).
- Xia Zhu, Yin Jicheng. 1993. On the stratigraphical characteristics and the age of Yangping Formation, Wudangshan Group in Eastern Wudangshan nappe. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 20(4): 38~45 (in Chinese with English abstract).
- Xiang Z J, Yan Q R, Yan Z, Wang Z Q, Wang T, Zhang Y L, Qin X F. 2011. Equilibrium between clinopyroxene and host rocks: implication for the magmatic source and evolution of alkali basalts of the Taohekou Formation in the Northern Daba Mountains, China. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 85(1): 145~163.
- Xiang Zhongjin, Yan Quanren, Yan Zhen, Wang Zongqi, Wang Tao, Zhang Yingli, Qin Xiaofeng. 2010a. Facies succession and architecture of volcanoclastic rocks of the Taohekou Formation: Implication for Early Silurian volcanism in the North Dabashan area, China. *Acta Geologica Sinica*, 84(3): 311~328 (in Chinese with English abstract).
- Xiang Zhongjin, Yan Quanren, Yan Zhen, Wang Zongqi, Wang Tao, Zhang Yingli, Qin Xiaofeng. 2010b. Magma source and tectonic setting of the porphyritic alkaline basalts in the Silurian Taohekou Formation, North Daba Mountain: Constraints from the geochemical features of pyroxene phenocrysts and whole rocks. *Acta Petrologica Sinica*, 26(4): 1116~1132 (in Chinese with English abstract).
- Xu Xueyi, Huang Yuehua, Xia Linqi, Xia Zuchun. 1997. Phlogopite-amphibole-pyroxenite xenoliths in Langao, Shaanxi Province: Evidence for mantle metasomatism. *Acta Petrologica Sinica*, 13(1): 1~13 (in Chinese with English abstract).
- Xu Xueyi, Xia Linqi, Xia Zuchun, Huang Yuehua. 2001. Geochemical characteristics and petrogenesis of the Early Paleozoic alkali lamprophyre complex from Langao County. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(1): 55~60 (in Chinese with English abstract).
- Yan Zhen, Wang Zongqi, Zhang Yingli, Xiang Zhongjin, Yan Quanren, Wang Tao. 2011. Sedimentary features and tectonic environments of Silurian volcanic-related carbonates in the North Daba Mountains. *Acta Sedimentologica Sinica*, 29(1): 31~40 (in Chinese with English abstract).
- Yang Zhongtang, Yang Xing, Liu Shaofeng. 1997. Study on the Diagenetic tectonic background of Early-Paleozoic igneous rocks and probing for diamond-bearing possibility in the alkaline (potassic) lamprophyre. *Northwest Geoscience*, 18(1): 67~71 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Chengli, Gao Shan, Yuan Honglin, Zhang Guowei, Yan Yunxiang, Luo Jinglan, Luo Jinhai. 2007. Sr-Nd-Pb isotopes of the Early Paleozoic mafic-ultramafic dykes and basalts from South Qinling belt and their implications for mantle composition. *Science China Earth Sciences*, 50(9): 1293~1301 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Guowei, Zhang Zongqing, Dong Yunpeng. 1995. Nature of main tectono-lithostratigraphic units of the Qinling Orogen: Implications for the tectonic evolution. *Acta Petrologica Sinica*, 11(2): 101~104 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Yingli, Wang Zongqi, Yan Zhen, Wang Tao. 2012. Age and provenance of the Lower Paleozoic Tushibulake Formation in the Qurugtagh area: Evidence from detrital zircon U-Pb dating. *Acta Geologica Sinica*, 86(4): 548~560 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Xianwu, Duan Qifa, Tang Chaoyang, Cao Liang, Cui Sen, Zhao Wuqiang, Xia Jie, Wang Lei. 2011. SHRIMP zircon U-Pb dating and litho-geochemical characteristics of diabase from Zhenping area in North Daba Mountain. *Geology in China*, 38(2): 282~291 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Xiaokang, Zhang Yueshu. 1996. Determination of the Early Silurian Taohe Formation in the Langao region, Shaanxi province and its significance. *Geology of Shaanxi*, 14(1): 42~48 (in Chinese with English abstract).
- Zhu X Y, Chen F K, Nie H, Siebel W, Yang Y Z, Xue Y Y, Zhai M G. 2014. Neoproterozoic tectonic evolution of South Qinling, China: Evidence from zircon ages and geochemistry of

the Yaolinghe volcanic rocks. *Precambrian Research*, 245: 115~130.

参 考 文 献

曹亮,张权绪,胡尚军,段其发,周云,于玉帅,邹先武,甘金木. 2015. 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. *地质学报*, 89(12):2314~2322.

陈友章,刘树文,李秋根,代军治,张帆,杨朋涛,郭丽爽. 2010. 南秦岭岚皋基性火山岩的地质学、地球化学及其构造意义. *北京大学学报(自然科学版)*, 46(4):607~619.

段亮. 2010. 南秦岭与扬子地体西北缘志留—泥盆系碎屑锆石物源分析及构造意义. 西北大学硕士论文.

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:以高滩辉绿岩和蒿坪粗面岩为例. *岩石学报*, 8(3):243~256.

黄月华. 1993. 岚皋碱性镁铁—超镁铁质潜火山杂岩中金云角闪辉石岩类地幔捕虏体矿物学特征. *岩石学报*, 9(4):367~378.

李怀坤,耿建珍,郝爽,张永清,李惠民. 2009. 用激光烧蚀多接收器等离子体质谱仪(LA-MC-ICPMS)测定锆石 U-Pb 同位素年龄的研究. *矿物学报*, 29(增刊):600~601.

李荣社. 1990. 陕西紫阳—岚皋地区志留纪岩石地层单位穿时性讨论. *陕西地质*, 8(2):59~64.

李育敬. 1989. 陕西岚皋下志留统滔河口组的建立及其与陡山沟组、白崖垭组关系的探讨. *陕西地质*, 7(2):7~14.

李忠,徐建强,高剑. 2013. 盆地系统沉积学——兼论华北和塔里木地区研究实例. *沉积学报*, 31(5):757~772.

凌文黎,任邦方,段瑞春,柳小明,毛新武,彭练红,刘早学,程建萍,杨红梅. 2007. 南秦岭武当山群、耀岭河群及基性侵入岩群锆石 U-Pb 同位素年代学及其地质意义. *科学通报*, 52(12):1445~1456.

雒昆利,端木和顺. 2001. 大巴山区早古生代基性火成岩的形成时代. *中国区域地质*, 20(3):262~266.

宋庆伟,颜丹平,焦守涛,吴杭,董周宾. 2014. 大巴山与雪峰山逆冲构造带 J3-K1 复合过程的响应——鄂西秭归褶皱带构造样式与形成机制. *地质学报*, 88(8):1382~1400.

滕人林,李育敬. 1990. 陕西北大巴山加里东期岩浆岩的岩石化学特征及其生成环境的探讨. *陕西地质*, 8(1):37~52.

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.

王坤明,王宗起,张英利,王刚,武昱东. 2014. 陕西柞木沟铁矿矿物

学、成矿年代学特征及对矿床成因的指示意义. *地质前缘*, 21(4):235~254.

王宗起,闫全人,闫臻,王涛,姜春发,高联达,李秋根,陈隽璐,张英利,刘平,谢春林,向忠金. 2009. 秦岭造山带主要大地构造单元的新划分. *地质学报*, 83(11):1527~1546.

夏林圻,夏祖春,李向民,马中平,徐学义. 2008. 南秦岭东段耀岭河群、郧西群、武当山群火山岩和基性岩墙群岩石成因. *西北地质*, 41(3):1~29.

夏竹,殷继成. 1993. 武当山推覆体东部杨坪组地层特征及时代归属. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 20(4):38~45.

向忠金,闫全人,闫臻,王宗起,王涛,张英利,覃小锋. 2010a. 大巴山志留系滔河口组火山碎屑岩相序、组构特征及古火山作用环境分析. *地质学报*, 84(3):311~328.

向忠金,闫全人,闫臻,王宗起,王涛,张英利,覃小锋. 2010b. 大巴山志留系滔河口组碱质斑状玄武岩的岩浆源区及形成环境——来自全岩和辉石斑晶地球化学的约束. *岩石学报*, 26(4):1116~1132.

徐学义,黄月华,夏林圻,夏祖春. 1997. 岚皋金云角闪辉石岩类捕虏体:地幔交代作用的证据. *岩石学报*, 13(1):1~13.

徐学义,夏林圻,夏祖春,黄月华. 2001. 岚皋早古生代碱质煌斑岩地球化学特征及成因探讨. *地球学报*, 22(1):55~60.

闫臻,王宗起,张英利,向忠金,闫全人,王涛. 2011. 大巴山与志留纪火山作用相关的碳酸盐岩沉积学特征及形成环境. *沉积学报*, 29(1):31~40.

杨钟堂,杨星,刘少峰. 1997. 陕西岚皋—镇坪一带早古生代火山杂岩成岩构造环境及碱(钾)质煌斑岩含矿性探讨. *西北地质科学*, 18(1):67~71.

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.

张国伟,张宗清,董云鹏. 1995. 秦岭造山带主要构造岩石地层单元的构造性质及其大地构造意义. *岩石学报*, 11(2):101~104.

张英利,王宗起,闫臻,王涛. 2012. 库鲁克塔格下古生界土什布拉克组形成时代及源区:碎屑锆石 U-Pb 年代学证据. *地质学报*, 86(4):548~560.

周小康,张月树. 1996. 陕西岚皋地区早志留世滔河口组的厘定及其意义. *陕西地质*, 14(1):42~48.

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.

Detrital Zircon Geochronology of the Late Paleozoic Taohekou Formation and Its Constraints on the Paleozoic Magmatic Events in North Daba Mountains

ZHANG Yingli, WANG Zongqi, WANG Gang, WANG Kunming

MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing, 100037

Abstract

It has long been regarded that the only Early Paleozoic occurs in North Daba Mountain, but this idea may be challenged. The Taohekou Formation in North Daba Mountains is a volcanic-sedimentary succession which preserves relatively complete sedimentary records. Detrital zircon U-Pb ages from sandstone collected at the same position were measured by the LA-ICP-MS method in this study. 62 sets of age data were obtained for the samples 12YMN1 and 12YMN11, which have redefined the formation age of the Taohekou Formation and provided constraint on the evolution of early Paleozoic tectonic in North Daba Mountains. The ages of 11 young zircons indicate that the Taohekou Formation deposited no earlier than Early Devonian. The concordant ages of detrital zircons show that the Taohekou Formation was sourced mainly from trachyte, intrusive rocks and basalts with time range from 407Ma to 434Ma. The age and CL images for magmatic detrital zircons indicate that there occurred three-stage magmatism, that is, Early Silurian, Middle Silurian and Early Devonian, corresponding to the intrusive rocks at 431 ~ 439Ma, trachyte of the Banjiuguan Formation at 426.9Ma, and basalts of the Taohekou Formation at 414.3Ma, respectively.

Key words: North Daba Mountain, Late Paleozoic, formation age, sedimentary provenance magmatic event