Vol. 24 No. 6 Dec. 2015

文章编号:1671-1947(2015)06-0521-05

中图分类号 :P588.13 ;P597

文献标志码 :A

内蒙古敖汉旗辉绿岩脉体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学 ——对赤峰-开原深断裂活动的指示

陈井胜1,卢崇海2,李 斌1,李 伟1,刘 淼1

1.中国地质调查局 沈阳地质调查中心(沈阳地质矿产研究所) 辽宁 沈阳 110034;
 2.辽宁省矿产勘察院 辽宁 沈阳 110000

摘 要 辉绿岩脉作为来源于地幔的脉体,可作为深断裂活动的标志. 在赤峰敖汉旗 1:5 万区调工作中,在邢家窝铺古元古代宝音图 群中识别出近东西向展布的辉绿岩脉. 辉绿岩脉锆石 U-Pb LA-ICP-MS 年龄显示 603~521 Ma、450 Ma、259~262 Ma、237 Ma、(167.4± 3.0) Ma 等 5 组年龄. 其中最小年龄(167.4±3.0) Ma 代表了辉绿岩脉体的形成年龄. 反映了赤峰-开原深断裂在中侏罗世的活化;其余 几组年龄也与赤峰地区不同期次的岩浆活动相对应. 结合前人资料总结了赤峰-开原深断裂的形成与演化. 关键词 赤峰-开原深断裂 辉绿岩脉,锆石 U-Pb 年代学,敖汉旗;内蒙古

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2015.06.002

ZIRCON LA-ICP-MS U-Pb GEOCHRONOLOGY OF THE DIABASE DIKES IN AOHAN QI, INNER MONGOLIA: Indication for the Activity of Chifeng-Kaiyuan Deep Fault

CHEN Jing-sheng¹, LU Chong-hai², LI Bin¹, LI Wei¹, LIU Miao¹
1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang 110034, China;
2. Liaoning Institute of Mineral Exploration, Shenyang 110000, China

Abstract : Diabase dikes, which are derived from the mantle, can be used as an indicator of deep fault activities. During the 1:50000 geology survey in Aohan Qi area, Inner Mogolia, the authors identified near east-west extended diabase dikes in the Paleoproterozoic Baoyintu group in Xingjiawopu. The zircon U-Pb LA-ICP-MS dating of the diabase dikes show five age groups: 603 – 521 Ma, 450 Ma, 259 – 262 Ma, 237 Ma and 167.4±3.0 Ma. The youngest age (167.4±3.0 Ma) represents the cooling age of the dikes, indicating the activation of Chifeng-Kaiyuan deep fracture in Middle Jurassic. The other ages are also corresponding to the magmatic activities of different periods in Chifeng area. The formation and evolution of the Chifeng-Kaiyuan deep fault are summarized by combination with previous literatures.

Key words : Chifeng-Kaiyuan deep fault; diabase dike; zircon U-Pb chronology; Aohan Qi; Inner Mongolia

0 前言

赤峰-开原断裂是华北地台与兴蒙造山带的分界 线,是任纪舜(1980)所称内蒙地轴北缘断裂带的东段. 由于其分布地段被中、新生界广泛覆盖,地质研究程 度不高^[1],仅在地球物理方面有少量研究^[2-4]. 其演化 一直认为开始于太古宙末,形成于元古宙^[5]. 近些年根 据在这条带上近东西向带状分布的华力西期的岩体及 超基性岩侵入体的线状分布,证实深断裂在华力西期 的活动并已切入上地幔顶部^[1,6],赤峰地区分布的三 叠纪岩浆岩及脉岩^[7-9]暗示该断裂带至中三叠世基本

收稿日期 2015-06-03 修回日期 2015-06-13. 编辑 张哲.

基金项目:中国地质调查局区域地质大调查项目"内蒙古1:5万敖汉旗、捣各郎营子、新地、铁匠营子幅区域地质矿产调查"(12120113053400)、"内蒙古敖 汉旗大黄花地区矿产地质调查"(1212114055501).

作者简介 陈井胜(1983—),男,博士研究生,矿物学、岩石学、矿床学专业,主要从事火成岩岩石学方面研究,通信地址辽宁省沈阳市皇姑区黄河北 大街 280 号, E-mail//5202268@qq.com

闭合.该断裂带也控制了断裂两侧东西向一系列金矿 床(点)的分布^[10],赤峰-朝阳金矿化带中一系列受控 于白垩系岩体的金矿床(点)^[11-15]也说明赤峰-开原深 断裂在白垩系的活动.但对于此深断裂带在晚三叠 世—侏罗纪是否活动还未见报道.

笔者在赤峰敖汉旗地区进行 1:5 万区调工作中, 在敖汉旗南部的邢家窝铺一带的古元古代宝音图群中 识别出一条近东西走向的辉绿岩脉体. 基性岩或基性 岩脉的出现能够反映深部断裂的活动. 所以在野外工 作的基础上,本文首次对赤峰敖汉旗地区辉绿岩脉进 行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学测定,为岩脉的侵入 时代提供科学依据,以此探讨岩脉年龄与区域岩浆活 动时代的关系,为赤峰-开原深断裂的活动提供一定 的制约.

1 地质概况

赤峰-开原深断裂为内蒙地轴北缘深断裂带东段,自河北省围场向北延伸进入内蒙古自治区境内,经 赤峰、敖汉旗等地,向东继续延伸入辽宁省,经过阜新、 开原进入吉林省.总体呈东西向展布,表现出大规模的 挤压破碎带,破碎带走向成波状弯曲,倾向多变,倾角 一般在 75°左右.破碎带宽窄不一,从数百米到数千米. 带内发育大量压碎带、糜棱岩及千枚岩 形成大量挤压 片理和构造扁豆体.地球物理资料显示该段断裂为岩 石圈断裂.该断裂及其分支断裂具有活动时间长,多幕 性等特点,因此长期控制着断裂两侧的构造--岩浆活 动以及成矿作用,形成了不同规模的矿床及矿化现象 等^[1,5-6].

敖汉旗处于赤峰市东部 80 km ,赤峰-开原断裂带 于此经过,在本区的表现为:使本区的古元古代地 层──宝音图群大理岩发生极不规则的层内揉皱,晚 古生代石炭系酒局子组、石嘴子组及二叠系于家北沟 组均发生不同程度的变质作用,晚二叠世花岗闪长岩 中发生韧性剪切带(图1).研究区古元古代宝音图群 由大理岩及斜长角闪岩组成,被后期晚二叠世花岗闪 长岩及早白垩世二长花岗岩侵入,被下白垩统义县组 安山岩角度不整合压盖.

2 辉绿岩脉岩石学特征

辉绿岩脉样品采自赤峰市敖汉旗邢家窝铺古元古 代宝音图群中,地理坐标119°53′02.3″E 42°11′32.1″N. 基性岩脉侵入古元古代宝音图群中,此脉体最宽处为 20 m,东西地表走向延长有2.3 km(图1),近于直立. 宝音图群中构造形态复杂,断裂构造发育.



图 1 研究区地质简图



1-第四系(Quaternary) 2-早白垩世二长花岗岩(Early Cretaceous monzogranite) 3-晩二叠世花岗闪长岩(Late Permian granodiorite) 3-义县组安山 岩(andesite of Yixian Formation) 5-古元古代宝音图群(Paleoproterozoic Baoyintu Group) 6-辉绿岩脉(diabase dike) 7-韧性剪切带(ductile shear zone) 8-村庄(village) 9-采样点(sampling spot) 辉绿岩手标本呈灰黑色,变余辉绿结构,块状构 造,已发生绿泥石化.斑晶成分主要为斜长石和普通辉 石,呈自形或半自形,具有弱的蚀变,粒径1~3 mm,斑 晶含量10%左右.基质为显晶质,主要为斜长石、辉 石、绿泥石及副矿物.斜长石呈自形或半自形,具有弱 的蚀变,粒径0.25~0.5 mm,含量为40%~42%,辉石呈 他形粒状,具有较弱的蚀变,粒径0.1~0.3 mm,含量为 38%~40% 副矿物主要为磁铁矿、磷灰石、榍石、锆石, 含量5%~8%.

3 锆石 U-Pb 年代学

3.1 分析方法

样品的破碎和锆石的挑选工作由河北省区域地质 调查大队地质实验室完成. 镀碳后进行阴极发光扫描 电镜显微照相(CL). 锆石的阴极发光图像(图 2)在武 汉地质调查中心国土资源部中南矿产监督检测中心 完成.

锆石激光剥蚀等离子体质谱(LA-ICP-MS)U-Pb同 位素分析是由武汉地质调查中心国土资源部中南矿产 监督检测中心完成的.激光剥蚀系统为 GeoLas2005, ICP-MS 为 Agilent 7500a.采用氦气作为载气,氩气为 补偿气以调节灵敏度.在等离子体中心气流(Ar+He)中 加入了少量氮气,以提高仪器灵敏度,降低检出限和改 善分析精密度.每个时间分辨分析数据包括大约 20~ 30 s 的空白信号和 50 s 的样品信号.对分析数据的离 线处理采用软件 ICPMSDataCal 完成.U-Pb 同位素定 年中采用锆石标准 91500 作外标进行同位素分馏校 正,每分析 5 个样品点,分析 2 次 91500. 锆石标准 91500 的 U-Th-Pb 同位素比值推荐值据文献^[16]. 锆石 样品的 U-Pb 年龄谐和图绘制和年龄权重平均计算均 采用 Isoplot/Ex_ver3^[17]完成.

3.2 测年结果

辉长岩脉体中选出的锆石 CL 图像如图 2 所示, 分析测试结果见表 1. 此样品的锆石较为单一,以柱状 为主,长短轴比为 1.5~3,振荡环带发育(图 2). 锆石的 Th/U 值比较高,除去一个值很低外,其余均处于 0.31~ 3.56 之间,说明为岩浆锆石^[18-20].



图 2 辉绿岩脉体锆石 CL 显微图像

Fig. 2 The CL microscopic images of zircons from diabase dike

共有 20 个样品测点,其中 15、17、18 三个点由于调 谐度比较低,结果不能用,7 号点(603.17±12.26) Ma、 8号点(450.75±8.77)Ma、9 号点(237.31±3.73)Ma、14 号点(521.57±10.24)Ma 均为捕获的单一年龄.²⁰⁶Pb/²³⁸U-²⁰⁷Pb/²³⁵U 谐和线上可见数据主要分为两组,一组加权



Table 1 The LA-ICP-MS zircon U-Pb data of diabase dike											
样品号及分_ 析点号		含量/10-6			同位素比值				年龄/Ma		
	Pb	Th	U	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	调谐度
TK1-01	64.66	3882.79	1513.66	2.57	0.18733	0.01365	0.02593	0.00070	165.05	4.38	94%
TK1-02	5.84	121.14	212.65	0.57	0.20395	0.02651	0.02762	0.00157	175.63	9.86	92%
TK1-03	8.56	23.42	377.87	0.06	0.19657	0.01299	0.02667	0.00047	169.67	2.96	92%
TK1-04	6.16	75.30	245.75	0.31	0.20227	0.01507	0.02702	0.00056	171.84	3.53	91%
TK1-05	15.72	428.76	313.25	1.37	0.30876	0.02789	0.04155	0.00131	262.44	8.09	95%
TK1-06	14.44	729.73	393.07	1.86	0.19858	0.01352	0.02702	0.00048	171.87	3.02	93%
TK1-07	34.01	236.91	311.22	0.76	0.82055	0.03369	0.09808	0.00209	603.17	12.26	99%
TK1-08	62.21	675.04	752.90	0.90	0.63777	0.05504	0.07276	0.00146	452.75	8.77	89%
TK1-09	21.77	697.99	464.23	1.50	0.27706	0.01550	0.03750	0.00060	237.31	3.73	95%
TK1-10	12.37	197.47	479.69	0.41	0.20500	0.01665	0.02635	0.00070	167.66	4.37	87%
TK1-11	11.79	288.02	237.25	1.21	0.32868	0.02781	0.04129	0.00107	260.80	6.64	90%
TK1-12	6.57	96.35	252.14	0.38	0.19170	0.02326	0.02570	0.00103	163.57	6.47	91%
TK1-13	24.50	841.92	790.66	1.06	0.19539	0.01064	0.02548	0.00050	162.19	3.17	88%
TK1-14	21.44	351.56	170.74	2.06	0.72680	0.04571	0.08427	0.00172	521.57	10.24	93%
TK1-15*	1.17	31.90	22.43	1.42	0.83006	0.03425	0.03938	0.00300	249.00	18.61	15%
TK1-16	42.12	3239.08	910.66	3.56	0.17707	0.01481	0.02546	0.00057	162.09	3.57	97%
TK1-17*	3.74	74.47	78.09	0.95	0.88662	0.29229	0.03876	0.00282	245.13	17.48	10%
TK1-18*	2.46	61.63	42.69	1.44	0.59560	0.09659	0.04212	0.00281	265.97	17.37	43%
TK1-19	12.72	286.85	255.49	1.12	0.30698	0.02106	0.04110	0.00101	259.64	6.25	95%
TK1-20	8.77	420.56	251.23	1.67	0.18998	0.02194	0.02606	0.00067	165.83	4.20	93%

表1 辉绿岩脉体锆石 LA-ICP-MS U-Pb 分析结果 ble 1 The LA-ICP-MS zircon U-Pb data of diabase dil

注:*为调谐度太低剔除点.

平均年龄为(260.7±7.8)Ma(n=3 MSDW=0.037),另一 组加权平均年龄为(167.4±3.0)Ma(n=10 MSDW=1.19).

4 讨论

4.1 辉长岩脉锆石 U-Pb 年代学及其意义

基性岩脉体中由于 SiO₂ 不饱和 ,所以结晶过程中 形成锆石比较少 ,一般会含有部分的继承锆石^[21]. 继 承锆石对于揭示岩浆活动具有重要指示意义^[22-23]. 从 TK1 样品可用的 17 个测试点数据中 ,可以分为 5 个年龄 组 :603~521 Ma、450 Ma、259~262 Ma、237 Ma、(167.4± 3.0)Ma. 其中最小年龄(167.4±3.0)Ma 代表了辉绿岩脉 体的形成年龄 , 与最新得到的研究区以西 15 km 的烧 锅营子二长花岗岩岩体(161 Ma ,内部资料)和研究区 西南 2 km 的大黄花铜矿点有关的大黄花岩体 (162Ma ,内部资料)为同一时代的产物. 其余几组年龄 为继承锆石 ,说明还存在更早的 4 期岩浆活动 ,其中第 三组年龄与沿着赤峰-开原断裂带大面积分布的华力 西期晚期的岩浆岩相对应^[24-28] ,同时研究区南 20 km 的八家子正长花岗岩(年龄为 260 Ma ,内部数据)也是 此时形成. 第四组年龄与赤峰南部喀喇沁岩体的大面 积花岗岩及赤峰北部的花岗岩体为同一时代^[7-9].第 一组及第二组年龄暗示本区在新元古代末期—早古生 代早期、早古生代中奥陶世存在岩浆活动,属于赤峰地 区新发现具有岩浆活动的时代.

4.2 赤峰-开原深断裂的活动时代

断裂的活动时代和地层的变形时代除了少数情况 存在同生变质矿物外^[29],多数情况不能直接确定,经 常是通过岩浆岩的时代来限定的^[21].基性岩脉来源于 幔源岩浆,是地壳伸展体制下深源岩浆浅部就位的产 物,作为断裂活动上限的一个参考,可以提供深部物质 组成和动力学背景等方面的信息^[30].本文赤峰敖汉旗 南部邢家窝铺辉绿岩脉锆石 U-Pb 年龄为中侏罗世, 显示赤峰-开原断裂在中侏罗世发生了活化,可能是 鄂霍次克洋最终闭合过程中,两大地块碰撞的远程效 应 重新活化华北北缘近东西向断裂^[31].

研究区以西 40 km 的热水地区宝音图群斜长角闪 岩(原岩为玄武岩)锆石 U-Pb 年龄为 1860 Ma(待刊资 料)印证了赤峰-开原深断裂形成于元古宙^[5];经过加 里东运动的发展期与华力西期的活动期,在中三叠世 晚期基本闭合^[7-9]之后,中三叠世—中侏罗世,由于构 造应力发生转变,从古亚洲洋构造域转变为太平洋板 块斜向俯冲构造域,此过程虽然显示挤压的构造背景, 但是敖汉旗南部邢家窝铺中侏罗世辉绿岩脉的出现, 暗示此时深断裂的活动.此后,由于太平洋板块的斜向 俯冲,深断裂在白垩纪发生活化,大量与金矿有关的岩 体侵入^[11-15],并且使晚侏罗世花岗岩体沿北东向发生 碎裂,部分位置形成破碎带,改变原有的断裂形态.

5 结论

(1)赤峰市敖汉旗赤峰-开原深断裂中辉绿岩脉体结 石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄可分为 5 组 503~521 Ma、 450 Ma、259~262 Ma、237 Ma、(167.4±3.0)Ma. 其中最 小年龄(167.4±3.0)Ma 代表了辉绿岩脉体的形成年龄, 其余几组年龄均可与区域上的岩浆活动时代相对应.

(2)赤峰敖汉旗南部邢家窝铺辉绿岩脉体锆石 U-Pb 年龄为中侏罗世,暗示赤峰-开原深断裂在中侏罗 世发生活动,是两大地块在中一晚侏罗世最终碰撞的 远程效应,重新活化华北北缘近东西向断裂.

参考文献:

- [1]河北省地质矿产局.河北省北京市天津市区域地质志[M].北京 地 质出版社,1987:566—567.
- [2]孟宪森,关玉辉,姜锦华.开原-赤峰断裂两侧地震序列活动的差异 [J].东北地震研究,2007,23(2):22-29.
- [3]王兆国,刘财,冯晅,等.中国东北地区地震空间分布与主要断裂带、 深部构造及应力场关系[J].世界地质,2009,28(4):513—519.
- [4]郝福江 杜继宇,王璞珺,等.深大断裂对松辽断陷盆地群南部的控制作用[J].世界地质,2010,29(4):553—560.
- [5]内蒙古自治区地质矿产局.内蒙古自治区区域地质志[M].北京 地 质出版社,1987:597—603.
- [6]辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1987:679-684.
- [7]王彦斌,韩娟,李建波,等.内蒙赤峰楼子店拆离断层带下盘变形花 岗质岩石的时代、成因及其地质意义——锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位 素证据[J].岩石矿物学杂志,2010,29(6):763—778.
- [8]付乐兵,魏俊浩,魏启荣,等.内蒙古金厂沟梁地区晚三叠世脉岩地 球化学特征及成岩动力学背景[J].地球科学——中国地质大学学 报,2010,35(6):933—946.
- [9]张金英. 内蒙古解放营子爱林沟岩体岩石学特征及形成时代[D]. 长 春:吉林大学, 2013.
- [10]孙珍军. 华北克拉通北缘赤峰-朝阳地区金矿成矿作用研究[D]. 长春 :吉林大学, 2013.
- [11]李永刚,濯明国,杨进辉,等.内蒙古赤峰安家营子金矿成矿时代以

及对华北中生代爆发成矿的意义[J]. 中国科学:D辑, 2003, 33 (10):960—966.

- [12]李永刚,濯明国,苗来成,等.内蒙古安家营子金矿与侵入岩的关系 及其地球动力学意义[J].岩石学报,2003,19(4):808—816.
- [13]李碧乐,许庆林,张晗,等.辽宁省朝阳市小塔子沟金矿1#脉成矿 流体特征及成因[J].地学前缘,2010,17(2):295—305.
- [14] 苗来成,范蔚茗,濯明国,等.金厂沟梁-二道沟金矿田内花岗岩类 侵入体锆石的离子探针 U-Pb 年代学及意义 [J]. 岩石学报, 2003, 19(1):71-80.
- [15]罗镇宽,苗来成,关康,等.辽宁阜新排山楼金矿区岩浆岩锆石 SHRIMP 定年及其意义[J].地球化学,2001,30(5):483—490.
- [16]Wiedenbeck M, Alle P, Corfu F, et al. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses[J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 1995, 19(1): 1—23.
- [17]Ludwig K R. ISOPLOT 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel[M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center, California, 2003: 39.
- [18]Belousova E A, Griffin W L, O, Reilly S Y, et al. Igneous zircon: Trace element composition as an indicator of source rock type [J]. Contrib Mineral Petrol, 2002, 143: 602—622.
- [19]Hoskin P W O. Rare earth element chemistry of zircon and its use as a provenance indicator[J]. Geology, 2001, 28(7): 627—630.
- [20]李长民. 锆石成因矿物学与锆石微区定年综述[J]. 地质调查与 研究, 2009, 33(3): 161—174.
- [21]肖伟峰 周新桂 王宗秀 等. 燕山中段走滑断裂中辉绿岩脉的 SHRIMP U-Pb 年龄和 Ar-Ar 年龄[J]. 地质通报, 2011, 30(11): 1721—1726.
- [22]赵越 宋彪 涨拴宏 等.北京西山侏罗纪南大岭组玄武岩的继承锆 石年代学及其含义[J].地学前缘,2006,13(2):184—190.
- [23]杨进辉 吴福元 张艳斌 等. 辽东半岛南部三叠纪辉绿岩中发现新 元古代年龄锆石[J]. 科学通报, 2004, 49(18): 1878—1882.
- [24]柳长峰 涨浩然 於炀森 等.内蒙古中部四子王旗地区北极各岩体 锆石定年及其岩石化学特征[J].现代地质,2010,24(1):112—119.
- [25]章永梅 涨华锋,刘文灿 等.内蒙古中部四子王旗大庙岩体的时代 及成因[J].岩石学报,2009,25(2):3165—3181.
- [26]朱永峰 孙世华,毛骞,等. 内蒙古锡林格勒杂岩的地球化学研究:从 Rodinia 聚合到古亚洲洋闭合后碰撞造山的历史记录[J]. 高校地质 学报, 2004, 10(3): 343—355.
- [27] 郝百武. 内蒙古那仁乌拉埃达克质花岗岩的发现、成因、锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 矿物岩石, 2012, 32(1): 28—39.
- [28]张晓晖 宿文姬,王辉. 辽北法库构造岩系的锆石 SHRIMP 年代学 研究与华北地台北缘边界[J]. 岩石学报, 2005, 21(1): 135—142.
- [29]王瑜,李锦轶.北京西山南窖地区南东东 110°~120°拉伸线理形成 时间的年代学制约[J].岩石学报,2007,23(3):617—624.
- [30]任军虎 柳益群,冯乔,等.东昆仑清水泉辉绿岩脉地球化学及 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年[J].岩石学报,2009,25(5):1135—1145.
- [31]刘伟 杨进辉 李潮峰.内蒙赤峰地区若干主干断裂带的构造热年 代学[J].岩石学报,2003,19(4):717—728.