

内蒙古东乌旗泥盆纪塔尔巴格特组凝灰岩 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义

李艳锋, 牛文超, 张天福, 程银行, 李 敏, 段连峰, 王树庆

(中国地质调查局 天津地质调查中心, 天津 300170)

摘 要: 内蒙古东乌旗穆沁旗地区是中国北方造山带内泥盆系最为发育地区之一。前人运用古生物化石确定了该区泥盆纪地层的相对年代, 但缺少精确的同位素年龄。本文采用 LA-ICP-MS 测年技术, 对发育在泥盆纪塔尔巴格特组上部的凝灰岩夹层进行了锆石 U-Pb 同位素测年, 获得 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $380.8 \pm 1.6 \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 2.7$), 确定其时代为晚泥盆世早期, 为本区泥盆系提供了精确的年代学数据。结合古生物化石组合资料, 将塔尔巴格特组时代确定为中泥盆世吉维特期—晚泥盆世弗拉期。

关键词: 东乌旗穆沁旗; 塔尔巴格特组; 凝灰岩; 锆石 U-Pb 年龄; 晚泥盆世

中图分类号: P588.21⁺1; P597⁺.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2017)02-0187-09

Zircon U-Pb age of the tuff from Devonian Tarbaget Formation in Dong Ujimqin Banner, Inner Mongolia, and its geological implication

LI Yan-feng, NIU Wen-chao, ZHANG Tian-fu, CHENG Yin-hang, LI Min, DUAN Lian-feng and
WANG Shu-qing

(Tianjin Center of Geological Survey, China Geological Survey, Tianjin 300170, China)

Abstract: Dong Ujimqin Banner in Inner Mongolia is one of the most developed Devonian strata areas along the orogenic belt in northern China. Previous researchers determined the relative age of strata by fossils; however, there is no accurate isotopic age. In this paper, using LA-ICP-MS dating method, the authors determined zircon U-Pb ages of tuff interlayers in the upper part of Devonian Tarbaget Formation and acquired $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ weight-averaged average age of $380.8 \pm 1.6 \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 2.7$), indicating an early Late Devonian age. This provides accurate geochronological data for Devonian strata in this area. Combined with the data of the fossil assemblage, the authors determined the age of Tarbaget Formation, which is middle Devonian Givetian period-late Devonian Frasnian period.

Key words: Dong Ujimqin Banner; Tarbaget Formation; tuff; zircon U-Pb dating; Late Devonian

Fund support: Project of China Geological Survey(1212011220446, 121201006000150013)

内蒙古东乌旗位于内蒙古东北部, 大地构造位置属于西伯利亚板块南缘增生带, 东南与二连-贺根山缝合带毗邻(邵积东, 1998; Miao *et al.*, 2008; 徐

备等, 2014)(图 1a), 是中国北方重要的泥盆系最为发育地之一。本区泥盆系为一套海相碎屑岩及碳酸盐岩为主的沉积组合, 自下而上由下中泥盆统泥鳅

收稿日期: 2016-06-28; 接受日期: 2017-01-11

基金项目: 中国地质调查项目(1212011220446, 121201006000150013)

作者简介: 李艳锋(1981-), 男, 汉族, 硕士, 工程师, 构造地质学专业, 主要从事区域地质矿产调查与研究工作, E-mail: lyfsdch@

163.com。

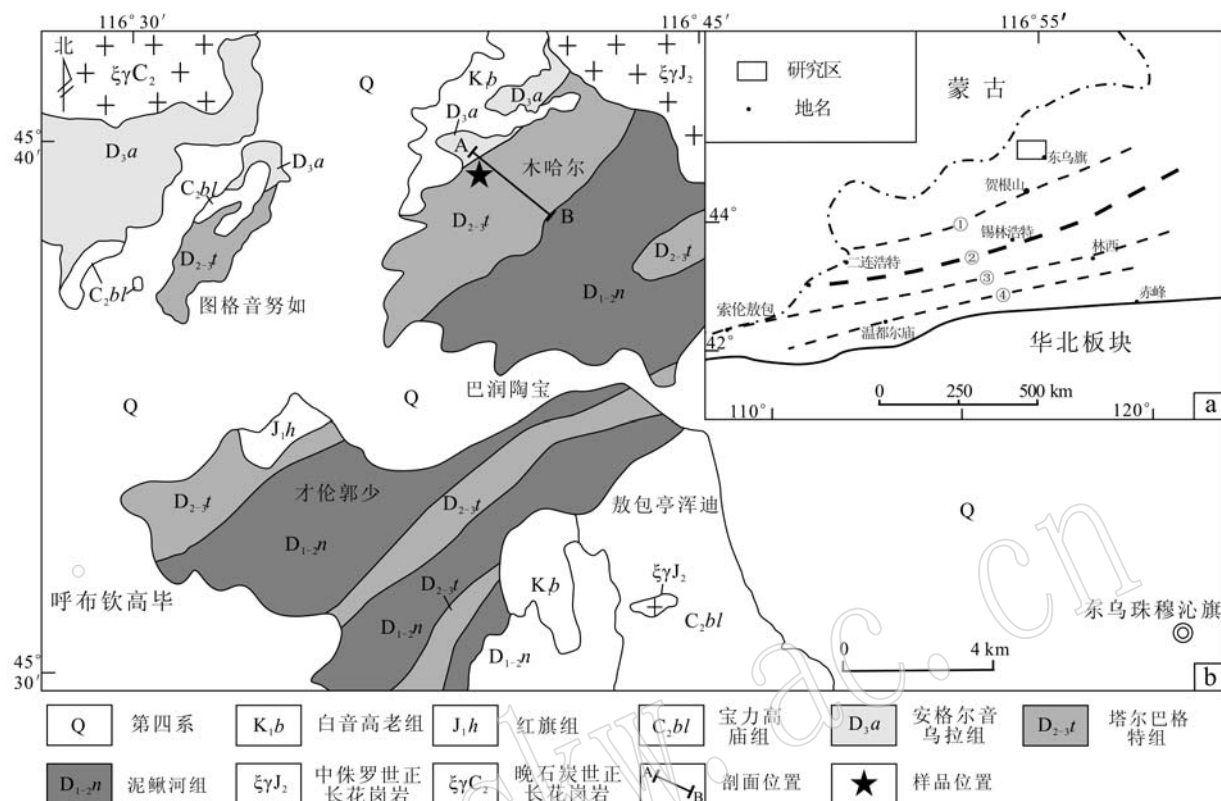


图 1 内蒙古东乌旗木哈尔一带构造位置图(a, 据邵积东, 1998; Miao *et al.*, 2008; 徐备等, 2014)和地质简图(b)

Fig. 1 Geotectonic position (a, modified after Shao Jidong, 1998; Miao *et al.*, 2008; Xu Bei *et al.*, 2014) and geological sketch map (b)

a 中: ①—二连-贺根山断裂带; ②—锡林浩特断裂带; ③—索伦-林西断裂带; ④—温都尔庙-西拉木伦河断裂带

in a: ①—Erenhot-Hegenshan fault zone; ②—Xilinhot fault zone; ③—Solon-Linxi fault zone; ④—Ondorsum-Xar Moron fault zone

河组(D_{1.2n})、中上泥盆统塔尔巴格特组(D_{2.3t})、上泥盆统安格尔音乌拉组(D_{3a})组成(内蒙古自治区地质矿产局, 1996)。

前人根据岩石组合特征和生物化石, 对该区泥盆系进行了划分(表 1)。其中的塔尔巴格特组最早由朱相魁于 1959 年发现^①, 并称为中泥盆统东乌旗西山组; 1960 年丁蕴杰等^②在东乌珠穆沁旗西山地区进行路线调查时, 依据所采的古生物化石把东乌珠穆沁旗西山组一名废弃, 重新划分为上、下两个组, 分别称为上、下东里河组, 下东里河组相当于中泥盆世 Eifelian(艾菲尔期), 上东里河组相当于中泥盆世晚期的 Givetian(吉维特期); 1973 年刘效良等在东乌珠穆沁旗地区开展生物地层专题研究工作

中, 将该套地层从东乌珠穆沁旗西山组中划分出来, 属中泥盆世 Givetian 的仍称为东里河组, 同时新建才伦郭少组, 时代为 Frasnian(弗拉期)(转引自内蒙古自治区地质矿产局, 1991)。同年, 内蒙古区测一队开展东乌旗幅 1:20 万区域地质调查, 将中泥盆世晚期沉积的这套地层重新命名为塔尔巴格特组^③。魏书章等(1983)、丁蕴杰等(1984)沿袭了这一观点。内蒙古自治区地质矿产局(1996)认为才伦郭少组与塔尔巴格特组为同一沉积盆地同一环境产物, 具相同的沉积序列, 因而统称为塔尔巴格特组, 停止使用才伦郭少组。此后本区 1:25 万区域地质调查及 1:5 万区域地质调查均采用了内蒙古自治区地质矿产局(1996)的划分方案, 本文从之。

① 内蒙地质局呼和浩特地质队. 1959. 内蒙古自治区贝尔湖(L-50)齐齐哈尔(L-51)幅 1959 年地质报告.

② 丁蕴杰, 佟正祥. 1960. 内蒙古锡盟铬铁矿路线地质调查报告.

③ 内蒙古区测一队. 1973. 东乌珠穆沁旗幅(L-50-X XI)1:20 万区域地质测量报告.

表 1 东乌旗泥盆系划分沿革表

Table 1 Division history of Devonian strata in Dong Ujimqin Banner

划分方案			朱相魁等 (1959) ^①	丁蕴杰等 (1960) ^②	刘效良等(1973) (转引自内蒙古自治区地质矿产局, 1991)	内蒙古区测一队 (1973) ^③	魏书章等 (1983)	内蒙古自治区地质 矿产局 (1996)
泥 盆 系	上泥盆统	法门阶				安格尔音乌拉组	安格尔音乌拉组	安格尔音乌拉组
		弗拉阶			才伦郭少组	才伦郭少组	才伦郭少组	塔尔巴格特组
	中泥盆统	吉维特阶	东乌旗 西山组	上东里河组	东里河组	塔尔巴格特组	塔尔巴格特组	
		埃菲尔阶		下东里河组		温都尔敖包特组	温都尔敖包特组	
	下泥盆统	埃姆斯阶			敖包亭浑迪组	敖包亭浑迪组		
		布拉格阶			巴润特花组	巴润特花组		
		洛霍考夫阶						

近年来对这套地层沉积相、沉积环境及构造背景等领域的研究又取得了不少成果(苏养正, 1996; 田江飞等, 2010; 滕学建等, 2012; 杜叶龙等, 2015)。然而, 早期的地层学研究中多沿用生物地层划分的相对年代, 缺少同位素年代学约束。地层中的火山岩夹层为同位素测年创造了条件, 笔者在 1:5 万区域地质调查中发现塔尔巴格特组上部发育凝灰岩夹层。凝灰岩为火山喷发的凝灰质经过沉积成岩而成, 是确定高精度地层沉积时代的良好对象。为此本文对该火山岩夹层进行了锆石 U-Pb 年龄测试。

1 岩石地层特征

研究区塔尔巴格特组主要分布于东乌旗满都胡宝拉格镇-呼布钦高毕苏木, 呈北东-南西向展布, 断续出露, 底部与下中泥盆统泥盆河组整合接触, 顶部与上泥盆统安格尔音乌拉组整合接触。岩石组合下部主要为灰绿色、灰黄色变质含砾粗粒长石岩屑砂岩、变质粗粒凝灰质长石岩屑砂岩、变质中粒凝灰质岩屑长石砂岩, 夹少量变质粉砂岩、变质细砂岩; 上部主要为灰色、灰黄色变质细粒砂岩、变质粉砂岩、变质硅质粉砂岩、泥质板岩, 夹少量变质粗粒砂岩、变质中粒凝灰质砂岩, 局部可见灰岩透镜体。地层中含腕足类化石 *Mucrospirifer*、*Eleuthrokomma*、

Elytha、*Acrospirifer*、*Leptostrophia*、*Schuchertella*、*Longispina* 等和珊瑚化石 *Heliophyllum* 等(内蒙古自治区地质矿产局, 1996)。

本次测量的塔尔巴格特组剖面位于内蒙古东乌旗西北约 25 km 木哈尔地区, 起点位于木哈尔西约 1 km 处, 终点位于阿日古亭呼和敖包附近(图 1b)。构造相对简单, 地层出露较齐全, 塔尔巴格特组的顶底可见, 其厚度约为 1 050 m(图 2)。层序如下:

上覆: 上泥盆统安格尔音乌拉组 灰色粉砂质板岩	
——整合——	
塔尔巴格特组	厚度 1 050.0 m
16. 灰色变质细粒长石砂岩	25.9 m
15. 黄灰色变质中粒凝灰质长石岩屑砂岩夹黄绿色变质安山质晶屑岩屑凝灰岩	13.3 m
14. 灰色、灰黄色变质硅质粉砂岩夹灰绿色变质粗粒长石岩屑砂岩	187.8 m
13. 灰色变质粉砂岩夹黄灰色含生屑绿帘泥硅质岩	127.6 m
12. 浅灰色变质中粒长石砂岩夹深灰色变质生屑硅质岩	1.7 m
11. 浅黄灰色泥质板岩夹浅灰黄色变质粉砂质泥岩	94.7 m
10. 灰色变质中粒长石砂岩夹灰色变质泥质粉砂岩	78.7 m

① 内蒙古地质局呼和浩特地质队. 1959. 内蒙古自治区贝尔湖(L-50)齐齐哈尔(L-51)幅 1959 年地质报告.
② 丁蕴杰, 佟正祥. 1960. 内蒙古锡盟铬铁矿路线地质调查报告.
③ 内蒙古区测一队. 1973. 东乌珠穆沁旗幅(L-50-X XI)1:20 万区域地质测量报告.

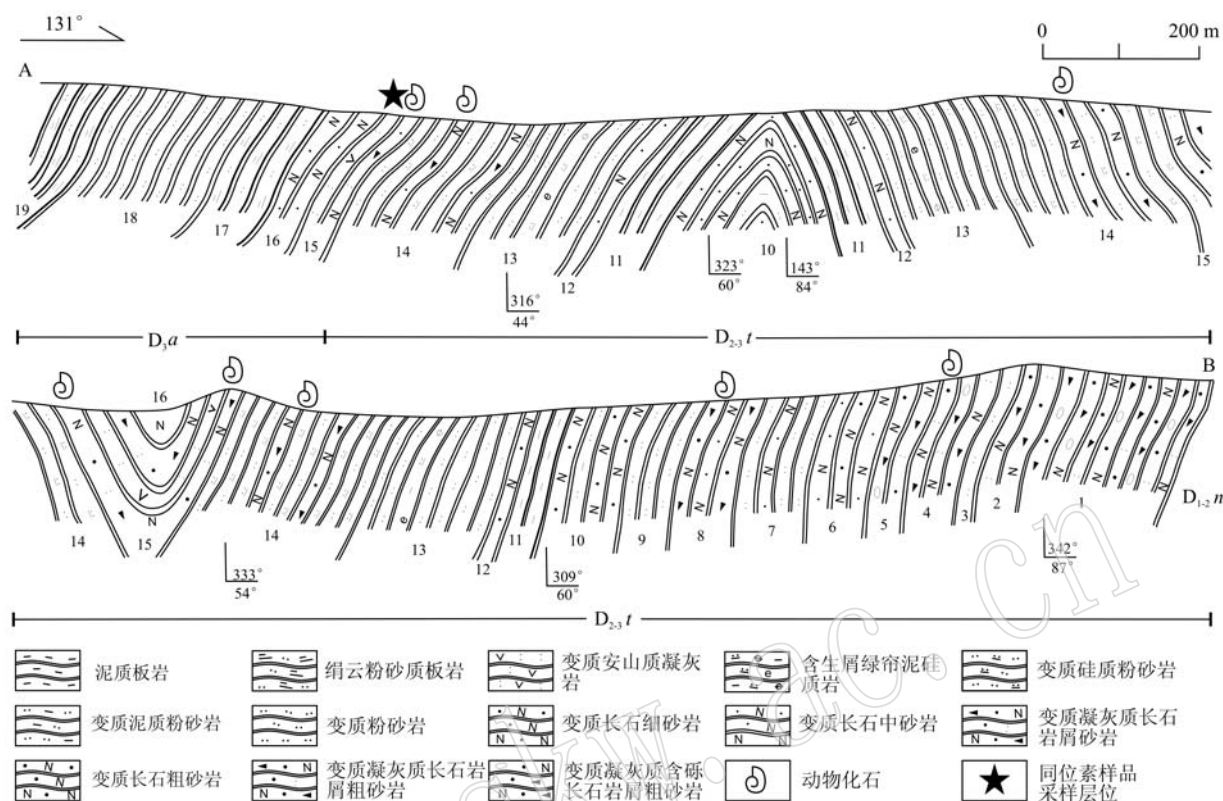


图 2 内蒙古东乌旗木哈尔地区塔尔巴格特组剖面图

Fig. 2 The sections for Tarbagat Formation in Muhaer area, Dong Ujimqin Banner, Inner Mongolia

- | | |
|---|---------|
| 9. 灰黄色变质粉砂岩 | 52.0 m |
| 8. 灰黄色变质粗粒岩屑长石砂岩夹灰黄色变质细粒长石砂岩 | 126.0 m |
| 7. 灰色厚变质粉砂岩夹黄灰色变质长石细砂岩 | 37.8 m |
| 6. 黄灰色变质细粒长石砂岩夹灰色变质粗粒长石砂岩 | 74.0 m |
| 5. 灰黄色变质中粒凝灰质岩屑长石砂岩夹凝灰质变质含砾长石岩屑砂岩 | 18.8 m |
| 4. 黄绿色变质凝灰质长石岩屑粗砂岩夹黄绿色变质凝灰质含砾长石岩屑粗砂岩 | 9.7 m |
| 3. 灰绿色变质粉砂岩 | 9.8 m |
| 2. 灰绿色变质粗粒凝灰质长石岩屑砂岩 | 3.0 m |
| 1. 深灰色变质含砾粗粒凝灰质长石岩屑砂岩、灰绿色变质凝灰质粗粒长石岩屑粗砂岩互层 | 189.2 m |

——整合——

下伏: 下中泥盆统泥鳅河组 灰色变质泥质粉砂岩

样品位于剖面第 15 层, 距离塔尔巴格特组顶部约 30 m, 上下层位均为变质凝灰质长石岩屑砂岩(图 2), 单层厚度为 15~50 cm, 岩石风化面黄褐色, 新鲜面为黄绿色, 层状产出, 表面风化强(图 3a、3b)。

镜下特征, 岩石具凝灰结构, 成分由岩屑(约 25%~30%)、晶屑(约 20%~25%)、玻屑(约 5%~10%)及火山尘(约 40%~45%)组成(图 4)。晶屑主要由斜长石、少量石英及暗色矿物假像组成, 棱角状-次棱角状, 大小多为 0.05~0.5 mm, 星散状分布, 斜长石具绢云母化; 岩屑大小一般为 0.05~1 mm, 个别可达 2 mm, 星散状分布, 成分主要为安山岩, 少量硅质岩等; 玻屑团块状或尖棱角状, 呈绿泥石化、钠长石化、绢云母化等假像; 火山尘主要为极细小的晶屑、岩屑、玻屑等构成, 绿泥石化; 副矿物主要为磁铁矿。

2 采样层位及样品

测年样品采自塔尔巴格特组的凝灰岩夹层, 地理坐标为 45°39'15"N、116°40'07"E(图 1b), 样品编号为 TW3009.2, 岩性为变质安山质晶屑岩屑凝灰岩。

3 分析方法

样品的锆石挑选在河北省廊坊地质调查研究所完成, 先机械性粉碎样品至 80~100 目, 再采用重力

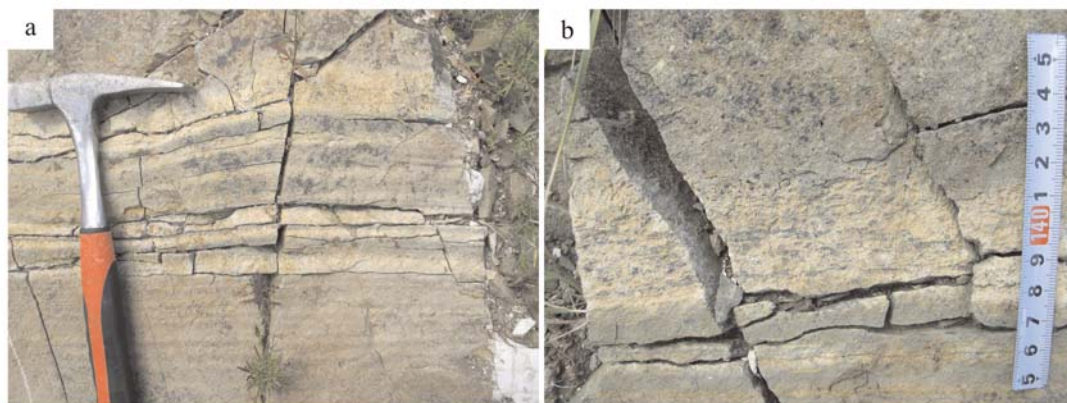


图3 木哈尔地区塔尔巴格特组凝灰岩野外特征

Fig. 3 Field photos of tuff for Tarbaget Formation in Muhaer area, Dong Ujimqin Banner, Inner Mongolia

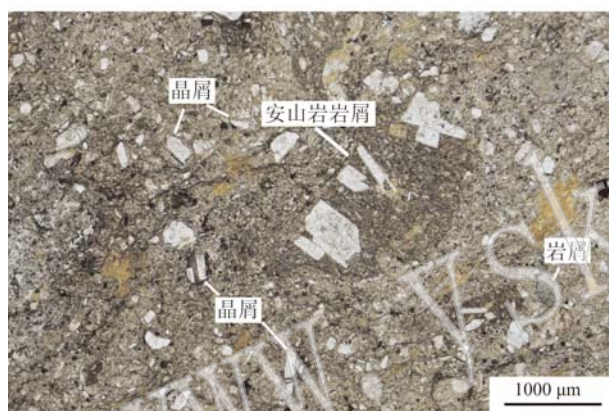


图4 凝灰岩显微特征(单偏光)

Fig. 4 Photomicrographs of tuff sample (plainlight)

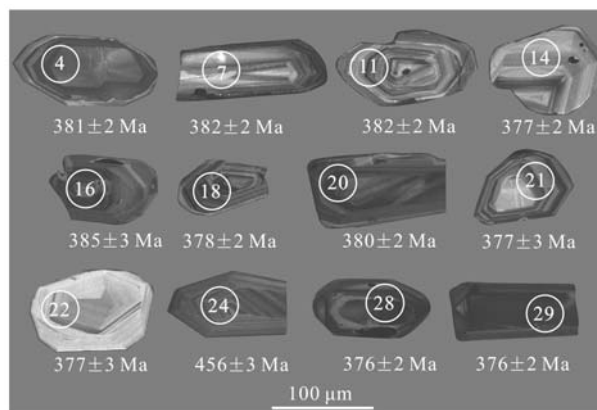
分选,利用矿物介电分选仪进行磁选,然后经重液分选,接着在双目镜下挑选出晶形较好、无明显裂痕的锆石颗粒。锆石的制靶、透射光、反射光图像采集在北京锆石领航科技有限公司完成。首先将锆石粘贴在环氧树脂中,使锆石长轴平行于环氧树脂表面,待固结后抛磨约一半,使锆石内部暴露,然后在显微镜下进行锆石反射光和透射光和阴极荧光(CL)照相。

结合锆石样品的透射光、反射光、CL 图像,尽可能地选择锆石颗粒表面无裂痕、内部环带较好又没有包裹体的锆石测试,测年工作在天津地质调查中心同位素实验室完成,采用激光烧蚀多接受器电感耦合等离子体质谱仪(LA-MC-ICPMS)进行微区原位 U-Pb 同位素测定。仪器的多接受器电感耦合等离子质谱仪为 Thermo Fisher 公司制造的 Nptune 质谱仪,激光器为美国 ESI 公司生产的 UP193-FX ArF 准分子激光器,分析中采用的激光束斑直径为 35

μm 。仪器配置及分析流程参见文献(李怀坤等, 2009, 2010)。数据处理方法采用 ICPMSDataCal 软件(Liu Yongsheng *et al.*, 2010)完成。谐和图绘制和年龄加权平均值的计算采用 Ludwig 的 Isoplot 软件完成(Ludwig, 2003)。单个测试点的同位素比值误差和年龄误差分别为 1σ 相对误差和 1σ 绝对误差,所采用的 $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ 加权平均值年龄具 95% 的置信度。

4 分析结果

在反射光下锆石的颜色为无色-浅黄色,柱状或长柱状,少数为半截锥状,其长宽比一般介于 2:1~4:1 之间,粒度多在 50~160 μm 之间,晶形较好,晶体透明,不含包体,CL 图像中(图 5)部分显示出振荡环带,具岩浆成因特征。大量研究表明,岩浆锆石

图5 凝灰岩锆石 CL 图像及 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄Fig. 5 CL images for zircons from tuff sample and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages

Th、U 含量较高, Th/U 值较高(一般高于 0.4), 变质锆石 Th、U 含量较低, Th/U 值较低(一般低于 0.1) (Koschek, 1993; Rubatto and Gbaur, 1999; 吴元保等, 2004)。样品 TW3009.2 的 32 个测点中, Th 含量变化介于 $54 \times 10^{-6} \sim 557 \times 10^{-6}$ 之间, U 含量变化介于 $102 \times 10^{-6} \sim 794 \times 10^{-6}$ 之间, Th/U 值介于 0.30~1.43 之间, 平均值为 0.53(表 2), 具岩浆成因锆石特征。

塔尔巴格特组上部凝灰岩样品测试所得数据结果见表 2。测得年龄结果分为 4 组, 其中第 1 组有两

个数据(表 2 中标 #), 误差较大, 且偏离谐和线, 可能为铅丢失, 可以剔除; 第 2 组由 4 个数据组成(表 2 中标 *), 年龄范围是 $456 \pm 3 \sim 462 \pm 3$ Ma(加权年龄 459.8 ± 2.7 Ma); 第 3 组有 3 个数据(表 2 中标 ☆), 年龄值范围是 $392 \pm 2 \sim 403 \pm 3$ Ma, 这两组锆石应为岩浆捕获或者是碎屑锆石再沉积而进入凝灰岩层位; 余下的第 4 组数据由 23 个测点组成, 其年龄值较为集中, 测点都位于谐和线上或者谐和线附近(图 6), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权年龄为 380.8 ± 1.6 Ma (MSWD=2.7, $n=23$)。

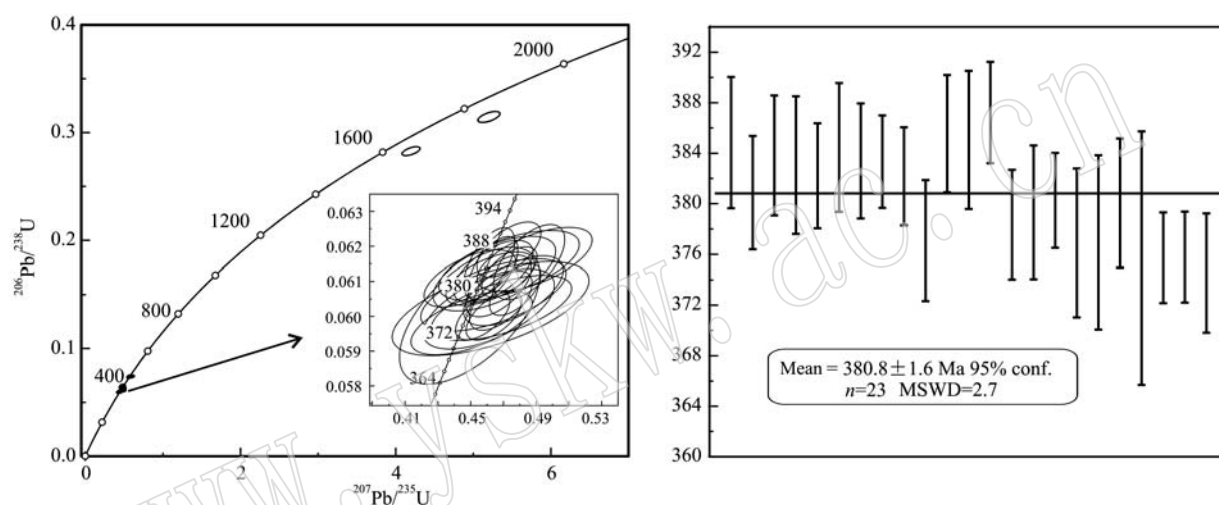


图 6 内蒙古东乌旗塔尔巴格特组凝灰岩锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 6 Zircon U-Pb concordia diagrams of tuff sample from Tarbaget Formation in Muhaer area, Dong Ujimqin Banner, Inner Mongolia

5 讨论

内蒙古东乌旗塔尔巴格特组上部凝灰岩锆石 U-Pb 加权平均年龄为 380.8 ± 1.6 Ma, 结合以上锆石的 CL 图像(图 5)和 Th/U 值(表 2)所显示的岩浆成因的特征, 这一定年结果应代表了塔尔巴格特组凝灰岩的形成年龄。这是在塔尔巴格特组中首次获得的岩浆型锆石 U-Pb 年龄, 它精确标定了塔尔巴格特组上部凝灰岩沉积时间。依据最新国际地质年表(2016 年版), 中泥盆世吉维特期与晚泥盆世弗拉期界线为 382.7 ± 1.6 Ma, 晚泥盆世弗拉期与法门期界线为 372.2 ± 1.6 Ma, 故所测凝灰岩形成时代属于晚泥盆世弗拉期, 有力说明了塔尔巴格特组顶部存在晚泥盆世弗拉期地层。

样品所在的层位上部还发育变质细粒长石砂岩、变质中粒凝灰质长石岩屑砂岩, 距安格尔音乌拉组底部约 30 m, 下距泥鳅河组顶部约 1020 m, 所以塔尔巴格特组顶界应小于并且接近 380.8 ± 1.6 Ma, 其底界应远大于这个年龄。考虑到样品锆石 U-Pb 年龄早于晚泥盆世法门期 8.6 Ma 左右, 晚于中泥盆世吉维特期 1.9 Ma 左右, 由此认为塔尔巴格特组顶界要早于晚泥盆世法门期, 底部存在中泥盆世弗拉期沉积, 也就是说塔尔巴格特组时代应为中泥盆世吉维特期至晚泥盆世弗拉期。

魏书章等(1983)、丁蕴杰等(1984)在研究本套地层时, 将地层的下部层位划为塔尔巴格特组, 含丰富 *Mucrospirifer mucronatus*、*Mucrospirifer paradoxiformis*、*Acrospirifer orthogonalis* 和 *Khinganospirifer* sp. 等化石, 它们都是北美和我国大兴安岭地区中泥盆

表 2 塔爾巴格特組凝灰岩鉛石 LA-MC-ICPMS U-Pb 同位素測年數據
Table 2 Zircon LA-MC-ICPMS U-Pb isotopic data of tuff from Tarbaget Formation

测点号	$w_B/10^{-6}$			Th/U	同位素比值				年龄/Ma									
	Pb	Th	U		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ
TW3009.2.1	53	443	794	0.558.3	0.054.4	0.000.7	0.061.5	0.000.4	0.461.3	0.006.37	0.020.5	0.000.1	388	30	385	5	385	3
☆TW3009.2.2	12	88	171	0.514.4	0.053.6	0.001.9	0.064.4	0.000.5	0.476.1	0.016.85	0.021.4	0.000.3	353	79	395	14	403	3
☆TW3009.2.3	33	214	492	0.434.9	0.057.4	0.001.2	0.062.8	0.000.4	0.497.1	0.010.96	0.025.9	0.000.4	508	44	410	9	392	2
TW3009.2.4	25	192	390	0.491.1	0.055.7	0.000.9	0.060.9	0.000.4	0.467.1	0.008.16	0.021.0	0.000.1	439	38	389	7	381	2
TW3009.2.5	46	387	699	0.554.7	0.054.8	0.000.7	0.061.3	0.000.4	0.463.6	0.006.26	0.021.0	0.000.1	404	29	387	5	384	2
TW3009.2.6	11	60	168	0.358.9	0.055.0	0.001.8	0.061.2	0.000.4	0.464.5	0.015.29	0.022.8	0.000.4	413	72	387	13	383	3
TW3009.2.7	16	108	244	0.443.5	0.053.3	0.001.3	0.061.1	0.000.3	0.449.5	0.011.43	0.020.6	0.000.2	343	57	377	10	382	2
TW3009.2.8	11	54	179	0.301.3	0.055.7	0.002.0	0.061.5	0.000.4	0.473.5	0.017.52	0.021.1	0.000.4	441	80	394	15	384	3
TW3009.2.9	20	131	313	0.419.4	0.054.9	0.001.1	0.061.3	0.000.4	0.463.9	0.009.92	0.019.6	0.000.2	407	47	387	8	383	2
TW3009.2.10	40	298	620	0.480.4	0.056.1	0.000.8	0.061.3	0.000.3	0.473.7	0.006.91	0.020.2	0.000.1	456	32	394	6	383	2
TW3009.2.11	18	132	285	0.463.4	0.054.9	0.001.3	0.061.1	0.000.3	0.462.0	0.011.07	0.020.6	0.000.2	406	53	386	9	382	2
* TW3009.2.12	30	128	399	0.320.8	0.059.5	0.001.2	0.073.7	0.000.4	0.605.0	0.011.36	0.030.1	0.000.2	586	43	480	9	459	3
☆TW3009.2.13	18	103	279	0.367.9	0.054.7	0.001.2	0.063.8	0.000.4	0.480.6	0.010.94	0.023.3	0.000.2	398	50	398	9	399	2
TW3009.2.14	12	68	191	0.353.4	0.056.3	0.002.1	0.060.2	0.000.4	0.468.9	0.017.48	0.020.3	0.000.3	465	81	390	15	377	2
TW3009.2.15	12	72	196	0.369.5	0.057.5	0.001.7	0.061.6	0.000.4	0.489.1	0.014.36	0.020.6	0.000.3	509	63	404	12	386	2
TW3009.2.16	27	176	432	0.406.0	0.057.2	0.001.0	0.061.6	0.000.4	0.485.7	0.008.88	0.018.8	0.000.2	501	39	402	7	385	3
TW3009.2.17	28	280	415	0.673.7	0.055.5	0.000.9	0.061.9	0.000.3	0.473.4	0.007.97	0.019.0	0.000.1	431	37	394	7	387	2
TW3009.2.18	32	263	491	0.537.0	0.056.2	0.000.9	0.060.4	0.000.3	0.468.5	0.007.8	0.020.6	0.000.2	461	35	390	6	378	2
TW3009.2.19	10	60	157	0.382.0	0.055.4	0.002.1	0.060.6	0.000.4	0.464.0	0.018.13	0.017.7	0.000.4	428	86	387	15	379	3
TW3009.2.20	45	437	696	0.627.7	0.057.0	0.000.7	0.060.8	0.000.3	0.477.2	0.006.4	0.017.3	0.000.1	490	29	396	5	380	2
TW3009.2.21	12	105	195	0.540.6	0.055.4	0.001.9	0.060.2	0.000.5	0.461.1	0.016.37	0.016.6	0.000.3	430	77	385	14	377	3
TW3009.2.22	6	60	102	0.584.0	0.055.4	0.002.9	0.060.2	0.000.5	0.462.2	0.024.54	0.016.8	0.000.4	427	118	386	20	377	3
TW3009.2.23	14	94	229	0.410.6	0.056.9	0.001.5	0.060.7	0.000.4	0.476.1	0.012.43	0.017.0	0.000.3	486	57	395	10	380	3
* TW3009.2.24	13	74	179	0.415.4	0.056.7	0.001.4	0.073.3	0.000.5	0.573.8	0.014.96	0.020.7	0.000.3	478	56	460	12	456	3
# TW3009.2.25	51	152	153	0.993.8	0.107.7	0.001.2	0.282.7	0.001.7	4.199.0	0.047.36	0.073.6	0.000.3	1761	20	1674	19	1605	10
# TW3009.2.26	51	180	126	1.426.8	0.120.0	0.001.3	0.314.5	0.002.1	5.202.0	0.058.22	0.082.50	0.000.2	1956	19	1853	21	1763	12
TW3009.2.27	21	195	334	0.584.2	0.053.7	0.001.5	0.060.0	0.000.8	0.449.4	0.017.5	0.017.5	0.000.5	357	64	377	15	376	5
TW3009.2.28	41	557	594	0.937.7	0.056.1	0.000.8	0.060.0	0.000.3	0.464.2	0.006.94	0.017.7	0.000.1	456	32	387	6	376	2
TW3009.2.29	32	292	494	0.590.4	0.055.3	0.000.8	0.060.0	0.000.3	0.457.4	0.006.78	0.018.4	0.000.1	423	32	382	6	376	2
* TW3009.2.30	22	180	262	0.687.4	0.058.7	0.001.1	0.074.1	0.000.4	0.600.5	0.011.18	0.023.7	0.000.1	557	40	478	9	461	3
* TW3009.2.31	21	110	272	0.404.6	0.055.0	0.001.1	0.074.4	0.000.4	0.565.1	0.011.41	0.024.4	0.000.2	414	44	455	9	462	3
TW3009.2.32	11	57	184	0.310.2	0.054.6	0.001.8	0.059.8	0.000.4	0.450.7	0.015.14	0.022.2	0.000.4	397	74	378	13	375	2

注：測試單位為中國地質調查局天津地質調查中心實驗室。

世晚期吉维特阶的代表分子,是标准的带化石;地层上部层位划为才伦郭少组,含 *Cyrtospirifer*、*Tenticospirifer tenticulum*、*T. verneuili*、*Elenthrokomma*、*Tenticulum*、*T. verneuili* 等化石,具有晚泥盆世早期特征,时代为晚泥盆世弗拉期。内蒙古自治区地质矿产局(1996)、李文国等(1999)根据二者岩石特征、沉积序列,认为它们为同一盆地同一环境产物,而将二者合并,统称为塔尔巴格特组,时代为中泥盆世吉维特期至晚泥盆世弗拉期。这一结果与本次凝灰岩所标定的塔尔巴格特组上部层位时代相吻合。

6 结论

(1) 在内蒙古东乌旗木哈尔一带塔尔巴格特组发现了一套凝灰岩夹层,对该套岩石所含岩浆锆石进行 LA-MC-ICPMS 年代学研究,获得 380.8 ± 1.6 Ma 的锆石 U-Pb 年龄,为地层时代提供了可靠的年代学依据。

(2) 该凝灰岩位于塔尔巴格特组上部地层,代表了塔尔巴格特组上部的沉积时代,因中、晚泥盆世界线为 382.7 ± 1.6 Ma,故塔尔巴格特组上部地层时代属于晚泥盆世弗拉期。结合该组生物化石资料和本次研究结果,认为塔尔巴格特组时代为中泥盆世吉维特期至晚泥盆世弗拉期。

致谢 锆石同位素测试得到天津地质调查中心实验室测试技术人员帮助,天津地质调查中心孙立新研究员在本文写作过程中给予多方面指导,在此一并表示衷心的感谢。

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Inner Mongolia. 1991. Regional Geology of Inner Mongolia Autonomous Region[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Inner Mongolia. 1996. Stratigraphy(Lithostratic) of Neimongol Autonomous[M]. China of Geosciences Press, 1~344(in Chinese).
- Ding Yunjie, Duan Chenghua and Zhang Jinlin. 1984. Devonian strata in Xilin Guole League, Inner Mongol[J]. Bulletin of the Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, 8: 161~190(in Chinese).
- Du Yelong, Cheng Yinhang, Li Yanfeng, *et al.* 2015. Sedimentary facies of the Middle-Lower Devonian Niquhe Formation in East Ujimqin Qi of Inner Mongolia[J]. Journal of Palaeogeography, 17(5): 645~652(in Chinese with English abstract).
- Koschek G. 1993. Origin and significance of the SEM cathodoluminescence from zircon[J]. Journal of Microscopy, 171: 23~232.
- Li Huaikun, Geng Jianzhen, Hao Shuang, *et al.* 2009. By laser ablation multiple receivers plasma mass spectrometer (LA-MC-ICPMS) determination of zircon U-Pb isotope age of study[J]. Acta Mineralogica, (supl.): 600~601(in Chinese).
- Li Huaikun, Zhu Shixing, Xiang Zhenqun, *et al.* 2010. Zircon U-Pb dating on tuff bed from Gaoyuzhuang Formation in Yangqing, Beijing: Further constraints on the new subdivision of the Mesoproterozoic stratigraphy in the North China Craton[J]. Acta Petrologica Sinica, 26: 2131~2140(in Chinese with English abstract).
- Li Wenguo and Li Hong. 1999. A review on stratigraphy biostratigraphy of Xilin Guole League[J]. Cultural Relics and Archaeology in Inner Mongolia, (2): 1~17(in Chinese).
- Liu Yongsheng, Gao Shan, Hu Zhaochu, *et al.* 2010. 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]. Journal of Petrology, 51(1~2): 537~571.
- Ludwig K R. 2003. User's Manual for Isoplot 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel[J]. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 4: 1~70.
- Miao Laicheng, Fan Weiming, Liu Dunyi, *et al.* 2008. Geochronology and geochemistry of the Hegenshan ophiolitic complex: Implications for late-stage tectonic evolution of the Inner Mongolia-Daxinganling Orogenic Belt, China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 32(5~6): 348~370.
- Rubatto D and Gebauer D. 1999. Use of cathodoluminescence for U-Pb zircon dating by ion Microprobe: Some examples from the Western Alps[A]. Pagel M, Barbin V, Blanc P, *et al.* Cathodoluminescence in Geoscience[C]. Berlin: Springer, 373~400.
- Shao Jidong. 1998. Tectonic subarea and its characteristics in Inner Mongolia[J]. Inner Mongolia Geology, (2): 1~23(in Chinese with English abstract).
- Su Yangzheng. 1996. Paleozoic stratigraphy of Xingan stratigraphical area[J]. Jilin Geology, 15(34): 23~34(in Chinese).
- Teng Xuejian, Cheng Yinhang, Yang Junquan, *et al.* 2012. Sedimentary facies and geochemical features of the Tarbage Formation in Manduhu Area, Inner Mongolia[J]. Geological Survey and Re-

- search, 35(2): 136~145(in Chinese with English abstract).
- Tian Jiangfei, Tian Jingchun, Zhu Yingtang, *et al.* 2010. Sedimentary facies of the Devonian Tarbaget Formation in the Arxanregion, Inner Mongol[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 30(4): 66~72(in Chinese with English abstract).
- Wei Shuzhang and Li Huankang. 1983. Devonian strata in East Ujimqin Banner, Inner Mongolia[J]. *Regional Geology of China*, (6): 67~82(in Chinese).
- Wu Yuanbao and Zheng Yongfei. 2004. Mineralogical study of zircon origin and constraint interpretation for the U-Pb ages of zircon[J]. *Chinese Science Bulletin*, 49(16): 1 589~1 604(in Chinese with English abstract).
- Xu Bei, Zhao Pan, Bao Qingzhong, *et al.* 2014. Preliminary study on the pre-Mesozoic tectonic unit division of the Xing-Meng Orogenic Belt (XMOB) [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 30(7): 1 841~1 857 (in Chinese with English abstract).
- 李怀坤, 朱士兴, 相振群, 等. 2010. 北京延庆高于庄组凝灰岩的锆石 U-Pb 定年研究及其对华北北部中元古界划分新方案的进一步约束[J]. *岩石学报*, 26(7): 2 131~2 140.
- 李文国, 李 虹. 1999. 锡林郭勒盟地层古生物综述[J]. *内蒙古文物考古*, (2): 1~17.
- 内蒙古自治区地质矿产局. 1991. 内蒙古区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1~725.
- 内蒙古自治区地质矿产局. 1996. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 中国地质大学出版社, 1~344.
- 邵积东. 1998. 内蒙古大地构造分区及其特征[J]. *内蒙古地质*, (2): 1~23.
- 苏养正. 1996. 兴安地区区的古生代地层[J]. *吉林地质*, 15(3~4): 23~34.
- 滕学建, 程银行, 杨俊泉, 等. 2012. 内蒙古满都胡地区塔尔巴格特组沉积相及地球化学特征[J]. *地质调查与研究*, 35(2): 136~145.
- 田江飞, 田景春, 朱迎堂, 等. 2010. 内蒙古阿尔山地区泥盆系塔尔巴格特组沉积相研究[J]. *沉积与特提斯地质*, 30(4): 66~72.
- 魏书章, 李焕康. 1983. 内蒙古东乌珠穆沁旗泥盆系[J]. *中国区域地质*, (6): 67~82.
- 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[J]. *科学通报*, 49(16): 1 589~1 604.
- 徐 备, 赵 盼, 鲍庆中, 等. 2014. 兴蒙造山带前中生代构造单元划分初探[J]. *岩石学报*, 30(7): 1 841~1 857.

附中文参考文献

- 丁蕴杰, 段承华, 张进林. 1984. 内蒙古锡林郭勒盟泥盆纪地层[J]. *天津地质矿产研究所所刊*, 第8号: 161~190.
- 杜叶龙, 程银行, 李艳锋, 等. 2015. 内蒙古东乌旗地区中下泥盆统泥鰈河组沉积相研究[J]. *古地理学报*, 17(5): 645~652.
- 李怀坤, 耿建珍, 郝 爽, 等. 2009. 用激光烧蚀多接受器等离子体质谱仪(LA-MC-ICPMS)测定锆石 U-Pb 同位素年龄的研究[J].