

ISSN 0371-5736

# 地质论评

## GEOLOGICAL REVIEW

第 62 卷      第 6 期

Vol.62      No.6

2016

庆祝《地质论评》创刊80周年



中国地质学会	主办
《地质论评》编辑委员会	编辑
科学出版社	出版



# 地质论评

## 2016年 第62卷 第6期

### 目次

#### 学术讨论

- 康滇地区元古宙构造运动 I: 昆阳陆内裂谷、地幔柱及其成矿作用 ..... 王生伟, 蒋小芳, 杨波, 孙晓明, 廖震文, 周清, 郭阳, 王子正, 杨斌 (1353)
- 华北克拉通西部鄂尔多斯地块长城系碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年及意义 ..... 公王斌, 席胜利, 刘新社, 胡健民, 李振宏 (1379)
- 关于辽西北票组地质时代及区域对比的再讨论 ..... 张路锁, 谢明忠, 张树胜, 张新生, 尚洪田, 李绪慧, 吴瑞芳 (1392)
- 北京西山沿河城地区早白垩世火山—沉积盆地的充填过程及构造意义 ..... 渠洪杰, 王猛, 余佳, 冯卉, 康艳丽, 陶涛, 宋立才 (1403)
- 华北克拉通乌拉山地区早前寒武纪岩浆作用和变质作用——锆石 SHRIMP U-Pb 定年及岩石地球化学研究 ..... 张琳, 董春艳, 刘守偈, 白文倩, 任鹏, 万渝生 (1419)
- 华北克拉通南缘下汤地区古元古代构造热事件——地球化学特征、锆石 SHRIMP U-Pb 定年和 Hf 同位素研究 ..... 黄道裘, 万渝生, 张德会, 董春艳, 赵元艺 (1439)
- 辽河断陷源内油气资源潜力分析 ..... 廖兴明, 廖晓蓉, 施玉华, 柳世光 (1462)
- 大兴安岭北段新林区塔木兰沟组火山岩成因及地幔富集作用 ..... 杨华本, 王文东, 闫永生, 魏小勇, 耿成宝 (1471)
- 试论中小型地质工程“三分勘察七分经验” ..... 尚彦军, 金维浚, 何万通, 李坤, 杨长德 (1487)
- 东营凹陷页岩油储层特征 ..... 孙超, 姚素平, 李晋宁, 刘标 (1497)
- 煤层气井排采动态主控地质因素分析 ..... 康永尚, 王金, 姜杉钰, 叶建平, 张守仁, 张兵, 秦绍锋 (1511)
- 川东南地区五峰组—龙马溪组页岩气成藏条件分析 ..... 冯动军, 胡宗全, 高波, 彭勇民, 杜伟 (1521)

#### 研究进展

- 四川龙门山地区早中泥盆世孢子化石研究 ..... 黄敏, 朱怀诚, 刘锋, 彭辉平 (1533)
- 皖南太平岩体锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄和地球化学特征——对华南中生代岩石圈伸展减薄的启示 ..... 周术召, 徐生发, 余心起, 邱骏挺, 杨鑫朋, 陈子微, 刘秀 (1549)
- 西藏多龙矿集区地堡 Cu(Au) 矿床含矿斑岩锆石 U-Pb 测年、Hf 同位素组成及其地质意义 ..... 林彬, 陈毓川, 唐菊兴, 宋扬, 王勤, 冯军, 李彦波, 唐晓倩, 林鑫, 刘治博, 王艺云, 方向, 杨超, 杨欢欢, 费凡, 李力, 高轲 (1565)
- 中国西部地壳岩石密度及其组成 ..... 薛翻琴, 汪洋 (1579)
- $\text{Cr}^{3+}$  在蒙脱石中吸附位置研究——基于蒙脱石、CTAB-和  $\text{NH}_4^+$ -交换层间域的蒙脱石吸附铬研究 ..... 张晓科, 蔡元峰, 潘宇观 (1690)

#### 通讯资料 · 消息报道 · 新书介绍

- 展示成果, 共襄盛举——中国地质学会组团参加第 35 届国际地质大会 ..... (1378)
- 中国地质学会第二届“野外青年地质贡献奖——金罗盘奖”评选揭晓 ..... (1602)
- 中国及邻区区域大地构造学(第三版)简介 ..... 车自成 (1402, 1438)
- 《地质论评》2016 年第 62 卷总目次 ..... (1604)
- 《地质论评》2016 年第 62 卷增刊目次 ..... (I ~ XIV)
- 《地质论评》2016 年第 62 卷第一作者索引

# GEOLOGICAL REVIEW

Vol. 62 No. 6 2016

## CONTENTS

### Scholarly Discussion

- The Proterozoic Tectonic Movement In Kangdian Area I : Kunyang Intracontinental Rift, Mantle Plume and Its Metallogenesis .....  
..... WANG Shengwei, JIANG Xiaofang, YANG Bo, SUN Xiaoming, (1376)  
..... LIAO Zhenwen, ZHOU Qing, GUO Yang, WANG Zizheng, YANG Bin
- LA-ICP-MS U-Pb Dating of Detrital Zircons from Changcheng System in Ordos Block, Western North China Craton and Its  
Implications ..... GONG Wangbin, XI Shengli, LIU Xinshe, HU Jianmin, LI Zhenhong(1391)
- Rediscussion on Geologic Age and Regional Correlation about Beipiao Formation in Western Liaoning .....  
... ZHANG Lusuo, XIE Mingzhong, ZHANG Shusheng, ZHANG Xinsheng, SHANG Hongtian, LI Xuhui, WU Ruifang(1401)
- Early Cretaceous Volcano—Sedimentary Basin—Filling Process and Tectonic Implication in Yanhecheng Area, Western  
Hills of Beijing ..... QU Hongjie, WANG Meng, YU Jia, FENG Hui, KANG Yanli, TAO Tao, SONG Licai(1419)
- Early Precambrian Magmatism and Metamorphism in Ural Mountain Area, North China Craton; SHRIMP U-Pb Zircon Dating and  
Rock Geochemical Study ..... ZHANG Lin, DONG Chunyan, LIU Shoujie, BAI Wenqian, REN Peng, WAN Yusheng(1437)
- Paleoproterozoic Tectono—Thermal Events in the Xiatang Area, Lushan County, Southern Margin of the North China Craton  
—Evidence from Geochemical Features, Zircon SHRIMP Dating and Hf Isotopic Analysis .....  
..... HUANG Daomao, WAN Yusheng, ZHANG Dehui, DONG Chunyan, ZHAO Yuanyi(1461)
- Oil and Gas Resource Potential Analysis within Kitchen in Liaohe Rift .....  
..... LIAO Xingming, LIAO Xiaorong, SHI Yuhua, LIU Shiguang(1469)
- Origin of Basalts of the Tamulangou Formation and Mantle Enrichment in Xinlin Area, Northern Greater Hinggan Mountains .....  
..... YANG Huaben, WANG Wendong, YAN Yongsheng, WEI Xiaoyong, GENG Chengbao(1485)
- On the Thirty-percent-investigation and Seventy-percent-experiencefor Medium—small Scale Geoengineering Projects .....  
..... SHANG Yanjun, JIN Weijun, HE Wantong, LI Kun, YANG Changde(1496)
- The Characterization of Shale Oil Reservoir in Dongying Sag ..... SUN Chao, YAO Suping, LI Jinning, LIU Biao(1510)
- Analysis on Controlling Geological Factors Influencing Drainage Performance of Coalbed Methane Wells .....  
..... KANG Yongshang, WANG Jin, JIANG Shanyu, YE Jianping, ZHANG Shouren, ZHANG Bing, QIN Shaofeng(1520)
- Analysis of Shale Gas Reservoir—Forming Condition of Wufeng Formation —Longmaxi Formation in Southeast Sichuan Basin .....  
..... FENG Dongjun, HU Zongquan, GAO Bo, PENG Yongmin, DU Wei(1532)

### Research Progress

- Lower and Middle Devonian Spore Assemblages from Longmen Mountains, Sichuan Province .....  
..... HUANG Min, ZHU Huaicheng, LIU Feng, PENG Huiping(1548)
- Zircon LA-ICP-MS U-Pb Ages and Geochemical Features of Taiping Pluton in South Anhui—Enlightment of Mesozoic  
Lithospheric Thinning for South China .....  
..... ZHOU Shuzhao, XU Shengfa, YU Xinqi, QIU Junting, YANG Xinpeng, CHEN Ziwei, LIU Xiu(1564)
- Zircon U-Pb Ages and Hf Isotopic Composition of the Ore-bearing Porphyry in Dibao Cu(Au) Deposit, Duolong Ore  
Concentration Area, Xizang(Tibet), and Its Geological Significance .....  
..... LIN Bin, CHEN Yuchuan, TANG Juxing, SONG Yang, WANG Qin, Feng Jun, LI Yanbo, Tang Xiaoqian, (1578)  
..... LIN Xin, LIU Zhibo, WANG Yiyun, FANG Xiang, YANG Chao, YANG Huanhuan, FEI Fan, LI Li, GAO Ke
- Crustal Density and Composition of Western China ..... XUE Fanqin, WANG Yang(1589)
- The Study of Adsorbing Site in  $Cr^{3+}$  bearing Montmorillonite—Based on the Purified, CTAB- and  $NH_4^+$ -Exchanging the  
Interlayer Cation Ones ..... ZHANG Xiaoke, CAI Yuanfeng, PAN Yuguan(1601)

## Correspondence · Reference · News Report

Displaying Results, Cooperating with the Great Project: <i>Geological Society of China</i> Having Organized and Participated in the 35th International Geological Congress .....	(1378)
The 2nd Issue of <i>Field Youth Geological Contribution Award</i> , <i>Golden Compass Award of Geological Society of China</i> Published .....	(1602)
Introduction to the New Book <i>Regional Geotectonics of China and Its Adjacent Area</i> (Third Edition) .....	CHE Zichen (1402,1438)
Contents of <i>Geological Review</i> , 2016, Vol. 62 .....	(1608)
Contents of the Supplement, <i>Geological Review</i> , 2016, Vol. 62 .....	(I ~ XIV)
The Index of the First Writers of <i>Geological Review</i> , 2016, Vol. 62	

(Executive editors of this issue: ZHANG Yuxu, LIU Zhiqiang; typesetting and figures editor: HUANG Xihui)

## 《地质论评》编辑委员会 Editorial Committee of GEOLOGICAL REVIEW

主 编 Editor in Chief:

杨文采 YANG Wencai

副主编(以姓氏拼音字母为序) Deputy Editor in Chief:

董云鹏 DONG Yunpeng	聂凤军 NIE Fengjun	庞忠和 PANG Zhonghe	王椿镛 WANG Chunyong
王汝成 WANG Rucheng	谢树成 XIE Shucheng	章雨旭 ZHANG Yuxu	朱祥坤 ZHU Xiangkun
朱筱敏 ZHU Xiaomin			

委 员 (以姓氏拼音字母为序) Members of Editorial Committee:

操应长 CAO Yingchang	曹建华 CAO Jianhua	程 海 CHENG Hai	代世峰 DAI Shifeng
董云鹏 DONG Yunpeng	杜远生 DU Yuansheng	多 吉 Dorji	范宏瑞 FAN Hongrui
丰成友 FENG Chengyou	付水兴 FU Shuixing	郭正堂 GUO Zhengtang	黄宝春 HUANG Baochun
黄润秋 HUANG Runqiu	嵇少丞 JI Shaocheng	贾 东 JIA Dong	金振民 JIN Zhenmin
李三忠 LI Sanzhong	李旭平 LI Xuping	凌洪飞 LING Hongfei	吕洪波 LÜ Hongbo
毛建仁 MAO Jianren	聂凤军 NIE Fengjun	庞忠和 PANG Zhonghe	裴先治 PEI Xianzhi
曲国胜 QU Guosheng	任 东 REN Dong	邵 磊 SHAO Lei	石耀霖 SHI Yaolin
史长义 SHI Changyi	孙龙德 SUN Longde	孙卫东 SUN Weidong	孙晓明 SUN Xiaoming
王椿镛 WANG Chunyong	王登红 WANG Denghong	王 驹 WANG Ju	王璞珺 WANG Pujun
王汝成 WANG Rucheng	王瑞江 WANG Ruijiang	王向东 WANG Xiangdong	魏春景 WEI Chunjing
吴文鹂 WU Wenli	吴珍汉 WU Zhenhan	肖文交 XIAO Wenjiao	谢树成 XIE Shucheng
徐则民 XU Zemin	阎长虹 YAN Changhong	杨瑞东 YANG Ruidong	杨文采 YANG Wencai
姚玉鹏 YAO Yupeng	殷跃平 YIN Yueping	于常青 YU Changqing	袁道先 YUAN Daoxian
张成君 ZHANG Chengjun	张发旺 ZHANG Fawang	张光辉 ZHANG Guanghui	张岳桥 ZHANG Yueqiao
章雨旭 ZHANG Yuxu	赵文智 ZHAO Wenzhi	郑永飞 ZHENG Yongfei	周忠和 ZHOU Zhonghe
朱 光 ZHU Guang	朱祥坤 ZHU Xiangkun	朱筱敏 ZHU Xiaomin	

## 《地质论评》编辑部 Editorial Department of GEOLOGICAL REVIEW

编辑部主任 Chief Editor of the Department 章雨旭 ZHANG Yuxu

编辑部成员 (以姓氏拼音字母为序) Members of Editorial Department

郝梓国 HAO Ziguo 黄敏 HUANG Min 刘志强 LIU Zhiqiang 章雨旭 ZHANG Yuxu 周健 ZHOU Jian



# 《地质论评》刊头图案说明

1922年中国地质学会成立,并创办了《The Bulletin of Geological Society of China》(即《中国地质学会志》,主要为英文,包括德文、法文等),标志着中国地质学家已经成长起来。至1936年,先辈们觉得“但中文刊物,至今尚付缺如,实为遗憾。夫一国学术之发表,岂能尽恃外国文字,此乃事理之至明者”(谢家荣,地质论评发刊辞),遂创办了第一个中文地质学定期刊物——《地质论评》。

《地质论评》创刊之时,中国正处于内忧外患之中,东北沦陷于日寇,西南被英帝国主义(当时印度尚未独立,系英国的殖民地)炮制的“麦克马洪线”划走了我90000余km<sup>2</sup>的国土,为表达我地质学者的爱国之心和忧愤之情,设计了东北受侵吞(缺右上角)、西南遭蚕食(左下有缺口)的刊头图案,自创刊号一直沿用至今。

义勇军进行曲的“中华民族到了最危险的时候”依旧时刻警醒着全中国人民!我们希望与义勇军进行曲同时代诞生的《地质论评》刊头图案也能像她一样,继续激励全中国地质工作者立足于中华大地,在促进世界地质学学术理论发展的同时,切实地为国家、为民族解决资源和环境等问题贡献我们的智慧,为祖国的进一步繁荣富强贡献我们的力量。

今年,2016年,是《地质论评》创刊80周年,她将一如继往地坚持论、评、述、报之特色,坚持“百花齐放、百家争鸣”的宗旨,为地质学的学术进步永葆青春活力;也敬请各位学者为咱中国第一部中文地质学定期刊物的80大寿献上您的厚礼(赐稿)。

《地质论评》编辑部 2016年11月

## 地 质 论 评 DIZHI LUNPING

(双月刊,1936年创刊)

第62卷 第6期 2016年11月15日出版

## GEOLOGICAL REVIEW

(Bimonthly, Started in 1936)

Vol. 62 No. 6

Published on November 15, 2016

主 管 中国科学技术协会  
主 办 中国地质学会  
编 辑 《地质论评》编辑委员会  
地 址:北京阜成门外百万庄路26号  
邮政编码:100037;电话:010-68999804  
电子信箱:georeview@cags.ac.cn  
网 址:www.geojournals.cn/georev

主 编 杨 文 采  
出 版 科 学 出 版 社  
100717,北京东黄城根北街16号

排 版 《地质论评》编辑部  
印刷装订 北京地大天成印务有限公司  
总发行处 北京报刊发行局  
订购处 全国各邮电局  
国外总发行 中国国际图书贸易总公司  
(中国国际书店)  
北京399号信箱,邮政编码100044

Competent Authorities: *China Association for Science and Technology*  
Sponsored by *Geological Society of China*  
Edited by *Editorial Committee of GEOLOGICAL REVIEW, 26, Baiwanzhuang Road, Beijing, 100037; Tel.: 010-68999804; Email: georeview@cags.ac.cn Website: www.geojournals.cn/georev*

Editor in chief *YANG Wencai*  
Published by *Science Press, 16, Donghuangchenggen North Street, Beijing, 100717, China*

Composed by *Editorial Department of GEOLOGICAL REVIEW*

Printed by *Beijing Dida-Tiancheng Printing Co., Ltd.*  
Distributed by *Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals*

Subscription handled by *Local Post Offices of China*

Distributed abroad by *China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian) P. O. Box 399, Beijing 100044, China*

International Periodical No: BM337

刊号: ISSN 0371-5736  
CN 11-1952/P

国内邮发代号:2-382 国外发行代号:BM337 定价:50.00元

国内外公开发行

ISSN 0371-5736



9 770371 573168

# 华北克拉通西部鄂尔多斯地块长城系碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年及意义

公王斌<sup>1, 2)</sup>, 席胜利<sup>3)</sup>, 刘新社<sup>3)</sup>, 胡健民<sup>1, 2)</sup>, 李振宏<sup>1)</sup>

1) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081;

2) 国土资源部古地磁与古构造重点实验室, 北京, 100081;

3) 中国石油长庆油田分公司勘探事业部, 西安, 710018

**内容提要:**自 1.85 Ga 西部陆块与东部陆块沿中部造山带碰撞拼合形成统一的华北克拉通之后, 中—新元古代克拉通经历了广泛的陆内拉伸, 形成了熊耳裂陷槽、燕辽裂陷槽、渣尔泰—白云鄂博—化德裂陷槽及东缘裂谷系。前人根据钻井资料及区域地层对比认为鄂尔多斯地块变质基底之上沉积了中元古代长城系—蓟县系。其中, 长城系下部主要为石英岩夹板岩, 上部为粉砂质板岩、硅质板岩及含燧石条带白云质灰岩与石英砂岩; 蓟县系以白云岩为主, 夹少量砂岩、页岩。本文对采自鄂尔多斯地块 6 口钻井中的长城系进行了碎屑锆石年代学研究。结果表明, 鄂尔多斯地块长城系浅变质沉积岩的碎屑锆石年龄组成了 1.60 Ga、1.85 Ga、1.95 Ga、2.35 Ga 和 2.50 Ga 等峰值。与华北克拉通内部中—新元古代沉积岩碎屑锆石年龄峰值对比结果表明, 长城系沉积岩的碎屑物质来自华北克拉通内部。结合区域钻井资料及前人研究成果, 推断中元古代鄂尔多斯地块北缘及东缘为隆起剥蚀区, 西南部为沉积区, 其西南缘为被动大陆边缘, 与北秦岭地体之间被宽坪洋分隔。

**关键词:** 锆石 U-Pb 测年; 中元古代; 长城系; 鄂尔多斯地块; 华北克拉通

华北克拉通是地球上最古老的大陆之一, 经历了前寒武纪不同构造阶段重大构造事件。迄今为止, 对古元古代末华北克拉通的构造格局与构造演化, 尤其统一的华北克拉通形成时代与方式存在很大的分歧 (Zhao Guochun et al., 1999, 2000a, b, 2001, 2003a, b, 2005, 2011, 2013; Zhai Mingguo and Liu Wenjun, 2003; Kusky and Li, 2003; Zhai Mingguo et al., 2005, 2010, 2011; Kusky et al., 2007; 翟明国, 2011)。关于华北克拉通中—新元古代构造演化, 认识相对一致, 主要是经历了 1.7 ~ 1.6 Ga、1.3 ~ 1.2 Ga 及 0.9 Ga 三次裂解事件 (Zhai Mingguo et al., 2000; 翟明国, 2004; Peng Peng et al., 2007, 2008, 2011a, b; Zhang Shuanhong et al., 2007, 2009, 2012; 翟明国等, 2014; 乔秀夫和王彦斌, 2014), 形成了熊耳裂陷槽、燕辽裂陷槽、渣尔泰—白云鄂博—化德裂陷槽及东缘裂谷系 (图 1), 其中发育了一系列中—新元古代浅变质—未变质火山—沉积岩系 (Lu Songnian et al., 2002; Zhao

Taiping et al., 2002; Li Qiuli et al., 2007; 胡波等, 2009; Su Wenbo et al., 2010; 翟明国等, 2014; 范文博, 2015; 公王斌等, 2016; Hu Jianmin et al., 2016), 以及相关的花岗岩及基性—超基性岩墙群。然而, 中—新元古代华北克拉通广泛的拉张过程, 还是带来一些难以理解的问题。如华北克拉通是否参与罗迪尼亚超大陆的聚合过程? 或者是说, 在罗迪尼亚超大陆聚合及裂解过程中, 华北克拉通有相关的记录? 位于华北克拉通西部的鄂尔多斯地块, 完全被中—新生代地层所覆盖。最近的研究已经证实, 鄂尔多斯地块基底发育古元古代变质岩及混合花岗岩 (Hu Jianmin et al., 2013; Wan Yusheng et al., 2013a; Wang Wei et al., 2014, Zhang Chengli et al., 2015)。但石油勘探钻井及地震资料揭露出来, 在鄂尔多斯地块西南部中新生代地层之下到前寒武纪变质基底之间发育一套石英砂岩为主的碎屑岩沉积, 并认为是长城系—蓟县系 (图 1, 图 2), 但缺乏年代学制约, 严重影响了对华北克拉通西部构

注: 本文为国家自然科学基金资助项目 (编号:41472211、41502199)、中国地质科学院地质力学研究所基本科研业务费资助项目 (编号: DZLXJK201502)、973 项目 (编号:2012CB416604) 共同资助的成果。

收稿日期:2016-05-25; 改回日期:2016-10-21; 责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2016.06.002

作者简介: 公王斌, 男, 1985 年生。助理研究员, 构造地质学专业。Email: gongwangbin@126.com。

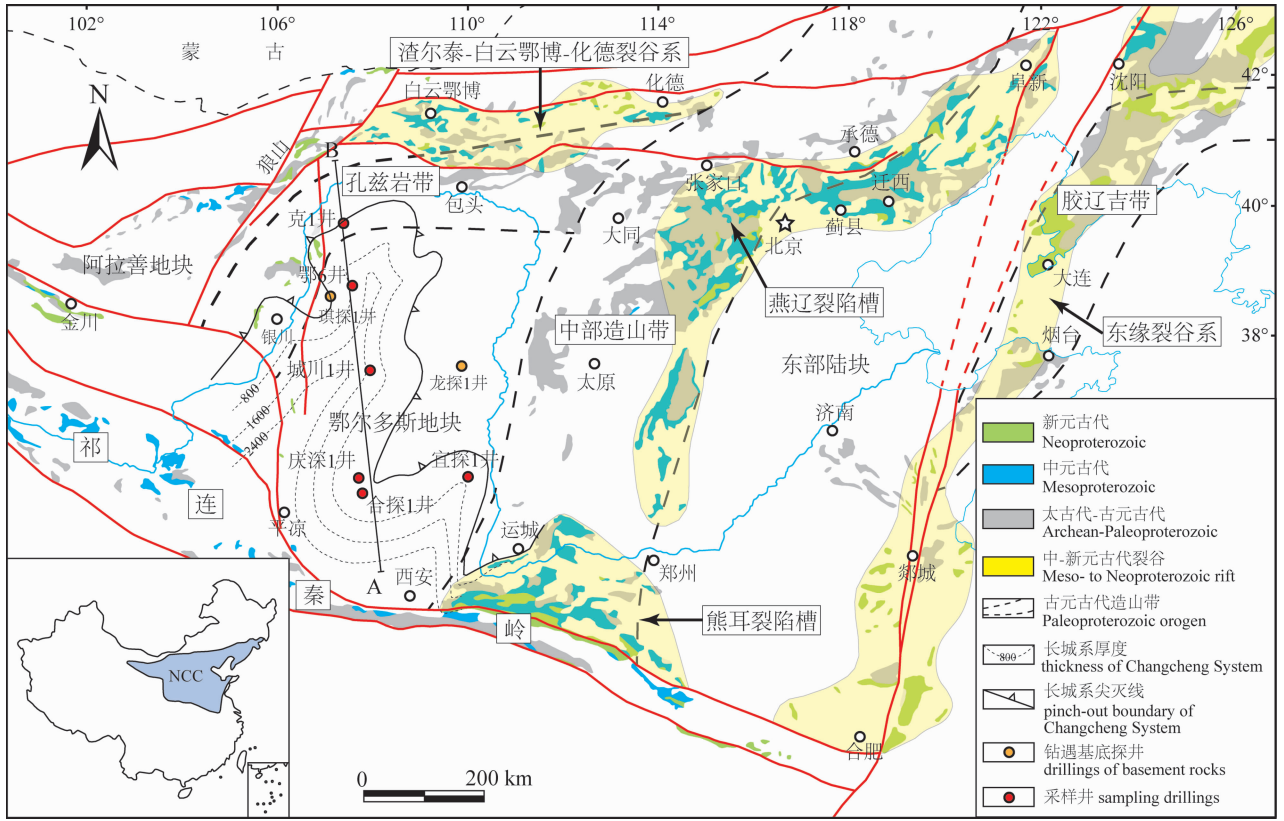


图 1 研究区构造背景及采样位置图(据 Hu Jianmin et al. , 2014;井位及长城系分布范围根据长庆油田勘探开发研究院,2005,内部资料)

Fig. 1 Speculated distribution of the Paleoproterozoic Changcheng—Jixian System(modified from Hu Jianmin et al. , 2014; the locations of drillings and the distribution of Changcheng System are according to unpublished data from Research Institute of Exploration and Development of Changqing Oilfield Company, 2005#)

造演化的认识。

本文对鄂尔多斯地块西南部6口钻井岩芯中元古界长城系未变质—浅变质沉积岩进行了碎屑锆石 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年,并将其与华北克拉通前寒武纪沉积岩的碎屑锆石年龄组成特征进行对比研究,探讨其物源。

### 1 区域地质背景

鄂尔多斯地块是华北克拉通西部陆块主体,其西北侧、东侧及南侧分别为孔兹岩(khondalite,含石墨富石榴子石砂线石片岩、片麻岩)带、中部造山带和秦岭造山带。鄂尔多斯地块结晶基底主要为古元

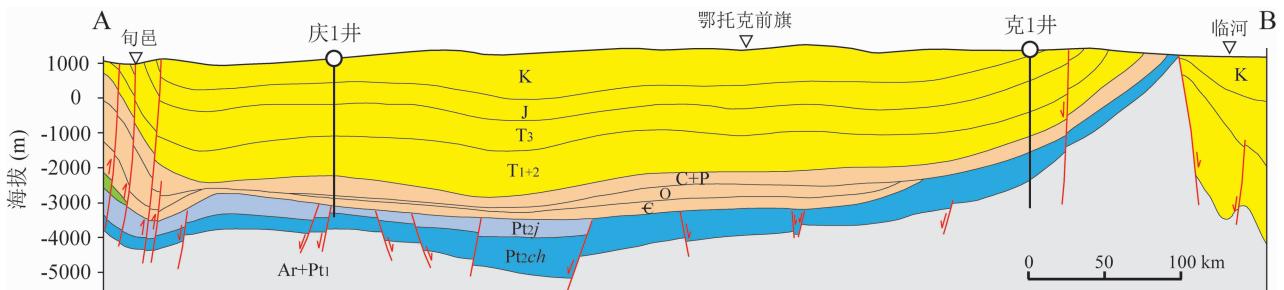


图 2 鄂尔多斯地块地震剖面(剖面位置见图 1,修改自长庆油田勘探开发研究院,2005,内部资料)

Fig. 2 Seismic cross-section through the Ordos block (see Fig. 1 for location, modified from unpublished data from Research Institute of Exploration and Development of Changqing Oilfield Company, 2005#)



古代片麻岩,包括片麻状二云母花岗岩、石榴砂线黑云斜长片麻岩,古元古代晚期该区曾发生过强烈的岩浆活动(Hu Jianmin et al., 2013; Wan Yusheng et al., 2013a; Wang Wei et al., 2014, Zhang Chengli et al., 2015)。在鄂尔多斯地块西部,钻孔揭示的基底岩石与孔兹岩带中岩石相似,可能预示着孔兹岩带与鄂尔多斯地块之间的界线更加靠近地块内部(Zhao Guochun and Zhai Mingguo, 2013)。

鄂尔多斯地块变质基底在不同部位被不同时代地层覆盖。地块中南部,结晶基底上覆前寒武纪地层主要为长城系、蓟县系和震旦系。长城系中、下部为浅紫红色、灰白色石英岩夹杂色板岩,厚约150 m;上部为灰色、灰黑色粉砂质板岩、硅质板岩及含燧石条带白云质灰岩与石英砂岩,厚150 m左右。蓟县系主要为灰色、棕红色含燧石团块白云岩、叠层石白云岩及泥质白云岩,夹少量砂岩、页岩。地块东北部,太古宙—古元古代结晶基底被古生代—中生代地层不整合覆盖。如龙探1井中,寒武系直接覆盖在结晶基底变质岩之上;召探1井中,新太古代—古元古代基底片麻岩被寒武系徐庄组泥岩、细砂岩覆盖;霍3井中,新太古代—古元古代基底片麻岩被石炭系太原组砂岩、砂砾岩及煤系地层覆盖;胜2井中,基底片麻岩被上寒武统三山子组砂质灰岩覆盖。在盆地周围,零星出露的震旦纪冰碛物,假整合于下伏长城系和蓟县系之上。

## 2 样品描述及锆石特征

对鄂尔多斯地块西部及南部钻遇中元古界长城系的城川1井、鄂6井、合探1井、克1井、庆深1井及宜探1井等6口钻井进行了岩芯观测,采集了6块浅变质—未变质沉积岩进行碎屑锆石 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年,采样位置见图1及图3。样品 K1-2 采自鄂尔多斯地块西北部的克1井。该井完钻井深4084 m,完钻层位为中元古界长城系与新太古代—古元古代结晶基底。长城系主要为灰白、浅灰色浅变质石英岩(4010~4064 m),岩石中以石英为主(>95%),含少量褐铁矿(约2%)和泥质成分(约1%)。其下伏地层为新太古代—古元古代大理岩和片岩(4064~4084 m),上覆地层为二叠系浅灰色—红色砂岩夹紫红色泥岩(图3)。样品 K1-2 采自克1井4043 m处,为浅灰色石英岩,以石英为主。分选出的锆石颗粒普遍较大,直径一般为120~150  $\mu\text{m}$ ,有一定的磨圆,多呈椭圆状,锆石内部环带清晰,未见明显的增生边(图4)。

样品 E6-14 采自鄂尔多斯地块西北部的鄂6井。该井完钻井深4087.48 m,完钻层位为中元古界长城系,未钻穿。长城系主要为肉红色浅变质石英砂岩(4060.00~4087.48 m),其上覆地层为寒武系深灰色石英砂岩、灰绿色粉砂岩、粉砂质泥岩及鲕粒灰岩,含黄铁矿细层。样品 E6-14 采自鄂6井4687 m处,为浅肉红色细砂岩(图3)。所分选出的锆石大多数直径为60~80  $\mu\text{m}$ ,少数锆石直径可达120  $\mu\text{m}$ ,外形多呈椭圆状,显示经过搬运磨圆的碎屑锆石特征,锆石内部具明显的环带结构,未见明显的增生边(图4)。

样品 C1-14 采自鄂尔多斯地块中部的城川1井。该井完钻井深4512 m,完钻层位为中元古界长城系,未钻穿。长城系主要为灰白、肉红色细粒石英砂岩夹紫红色泥岩(4438~4512 m),其上覆地层为下古生界寒武系深灰色含碳灰岩。样品 C1-14 采自城川1井4489 m处,为长城系浅肉红色变石英砂岩(图3)。分选出的锆石大多为浑圆状,颗粒大小较均匀,直径一般为40~70  $\mu\text{m}$ ,个别颗粒较大的直径可达100  $\mu\text{m}$ ,显示经过搬运磨圆的特征。根据内部结构特征可将锆石分为两类:一类岩浆结晶环带清晰;另一类不发育环带(图4)。个别锆石可见很窄的增生边,但难以获得其所代表的构造—热事件年龄。

样品 Y1-17 采自鄂尔多斯地块东南部的宜探1井。该井完钻井深3495 m,完钻层位为中元古界长城系,未钻穿。长城系为浅灰色、肉红色、棕褐色石英岩、长石石英砂岩,夹泥质砂岩及薄层棕红色、灰绿色泥岩(3270.8~3495.0 m),上覆地层为下古生界寒武系灰岩。样品 Y1-17 采自3446 m处,为紫红色细粒长石石英砂岩,石英占80%,长石占15%左右。分选出的锆石颗粒多为短柱状,少数有一定的磨圆,直径一般为100~120  $\mu\text{m}$ ,长宽比多为2:1,锆石内部环带清晰,显示为岩浆成因经过搬运的锆石,未见明显的增生边(图4)。

样品 H1-12 采自鄂尔多斯地块南部的合探1井。该井完钻井深4140 m,完钻层位为中元古界长城系。长城系(4121~4140 m)为浅肉红色、灰白色细粒变质石英岩,以石英为主(>95%),含少量泥质成分。其上覆地层为下古生界寒武系紫红色泥岩、灰白色砂岩夹灰绿色泥岩和灰白色白云岩。样品 H1-12 采自4131 m处,为灰白色细粒变质石英岩,主要由石英组成。样品中的锆石大多呈短柱状,直径为100~150  $\mu\text{m}$ ,长宽比为1:1~2:1,外形不规

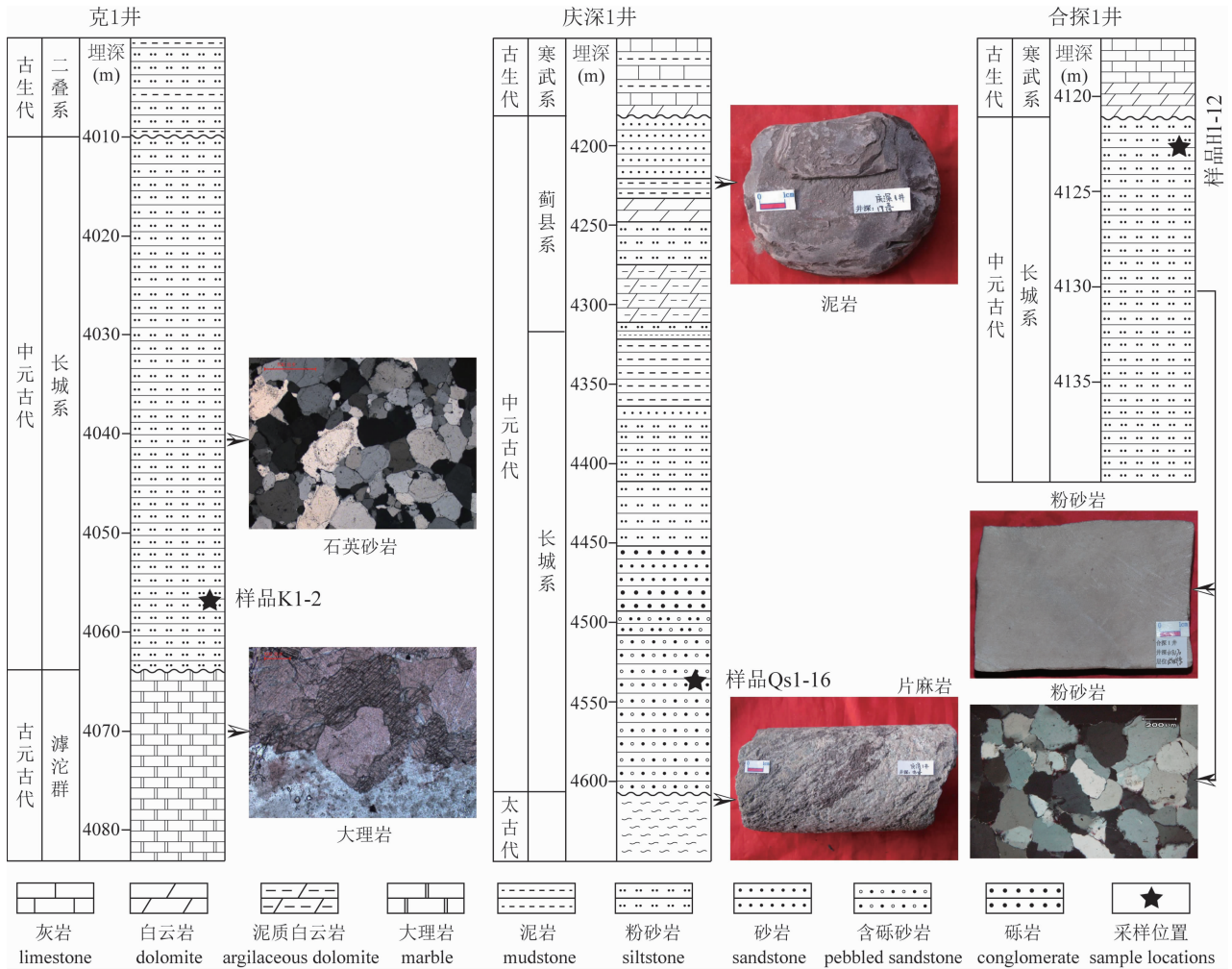


图 3 鄂尔多斯地块钻遇中元古界钻井岩性柱及采样位置

Fig. 3 Lithologic columns and sample locations of bores drilling into the Mesoproterozoic in the Ordos block.

则,具有一定的磨圆,显示距离物源区较近。大多数锆石内部环带清晰,少量锆石具有变质增生边(图4)。

样品 QS1-16 采自鄂尔多斯地块南部的庆深 1 井。该井完钻井深 4640 m,完钻层位为古元古界变质基底及中元古界长城市、蓟县系。古元古界变质基底可与龙探 1 井和棋探 1 井变质基底对比(Hu Jianmin et al., 2013),主要为长英质片麻岩。长城市不整合于基底片麻岩之上,为暗棕红、棕紫色及杂色硬砂质石英砂岩、硬砂质砂岩、含砾粗砂岩及砂质砾岩。蓟县系为白云质泥岩、白云质砂岩、深灰色硅质粉砂岩及泥质粉砂岩。蓟县系上覆地层为中寒武统含砾中砂岩、浅肉红色—浅灰白色石英细砂岩(图3)。样品 QS1-16 采自庆深 1 井 4540 m 处,为杂色硬砂质石英砂岩。样品中分选出的锆石颗粒多为等轴状,大多数边部规则,磨圆很差,直径一般为 80

~100 μm,锆石内部环带清晰,显示为岩浆成因锆石,未见明显的增生边(图4)。

### 3 样品处理与分析方法

锆石分选工作在河北省廊坊区域地质调查所岩矿实验室完成。将样品粉碎至 80 目,然后经过用水粗淘、强磁分选、电磁分选和用酒精细淘之后,在实体显微镜下手工挑选锆石。对挑选出的锆石制作锆石环氧树脂靶,经过打磨和抛光后,拍摄锆石反射光和透射光、阴极荧光(CL)图像。

锆石测年在天津地质矿产研究所同位素实验室完成,采用激光多接收器等离子体质谱法(LA-MC-ICP-MS)进行微区原位 U-Pb 同位素测定。多接收器电感耦合等离子体质谱仪为 Thermo Fisher 公司制造的 Neptune。进样设备激光器为美国 ESI 公司生产的 UP193-FX ArF 准分子激光器,激光波长

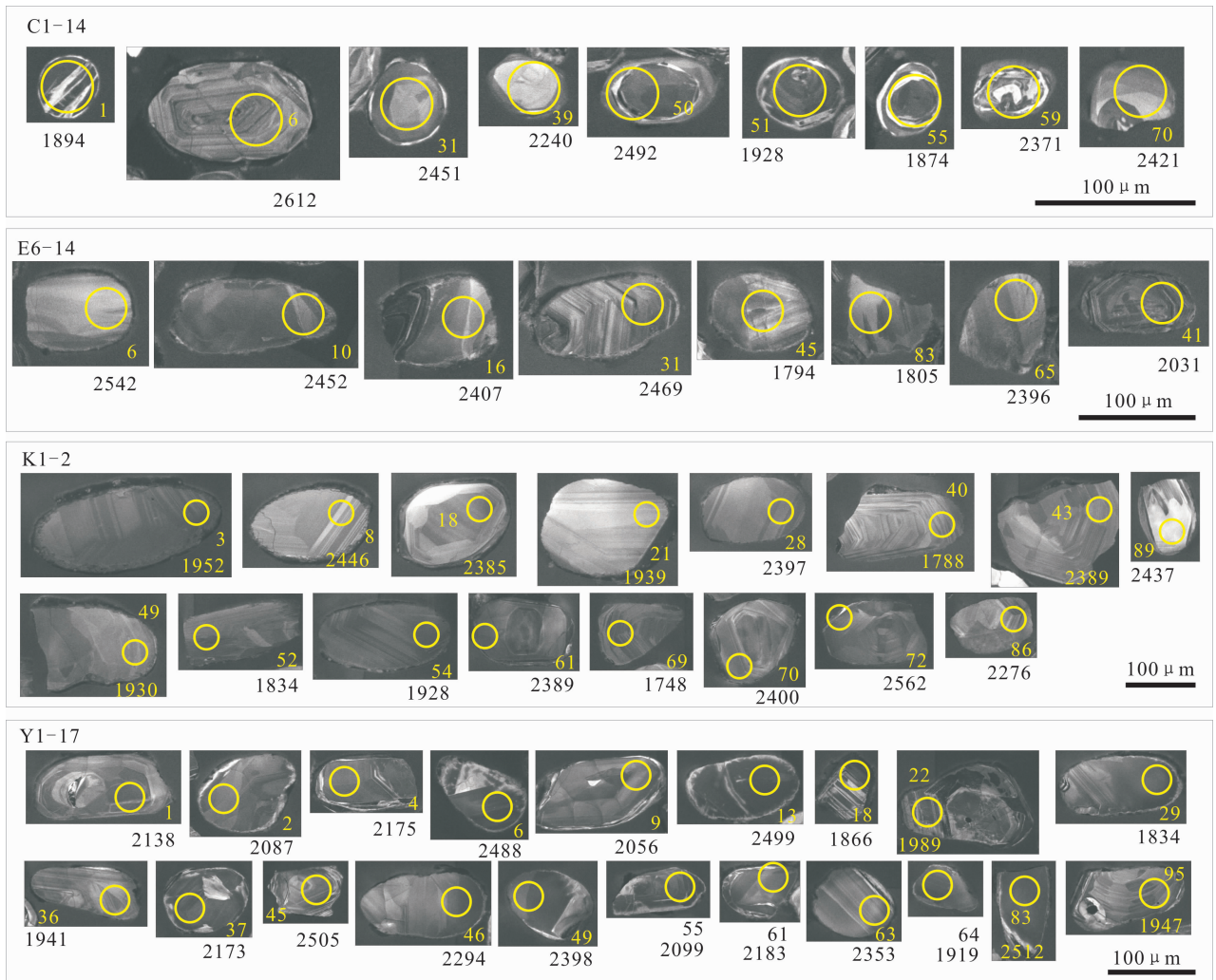


图 4 鄂尔多斯地块长城系浅变质沉积岩碎屑锆石阴极发光图像及 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄 (Ma)

Fig. 4 Representative CL images and corresponding  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ages (Ma) for zircons from meta-sedimentary rocks of Mesoproterozoic in the Ordos block

193nm, 脉冲宽度 5 ns, 脉冲频率 1 ~ 200 Hz 连续可调。利用 193 nm 激光器对锆石进行剥蚀, 激光剥蚀的斑束直径为 35  $\mu\text{m}$ , 激光能量密度为 10 ~ 11  $\text{J}/\text{cm}^2$ , 频率为 8 ~ 10 Hz, 激光剥蚀物质以 He 为载气送入 Neptune 的电感耦合等离子体, 锆石中的 U、Pb 在 8000 $^\circ\text{C}$  以上的高温等离子体重发生离子化, 利用动态变焦扩大色散可以同时接收质量数相差很大的 U-Pb 同位素从而进行锆石微区 U-Pb 同位素原位同时测定。采用 TEMORA 和 GJ-1 作为外部锆石年龄标准进行 U、Pb 同位素分馏校正 (Black et al., 2003; Jackson et al., 2004)。采用中国地质大学刘勇胜研发的 ICP-MS DataCal 程序 (Liu Yongsheng et al., 2010a, b) 和 Ludwig 的 Isoplot 程序 (Ludwig, 2003) 进行数据处理, 采用 $^{208}\text{Pb}$  对普通铅进行校正

(Andersen, 2002)。利用 NIST612 玻璃标样作为外标计算锆石样品的 Pb、U 和 Th 含量。LA-MC-ICP-MS 年龄测定实验条件和关键参数: 接收器设置: L4,  $^{206}\text{Pb}$ ; L3,  $^{207}\text{Pb}$ ; L2,  $^{208}\text{Pb}$ ; C, 219.26; H2,  $^{232}\text{Th}$ ; H4,  $^{238}\text{U}$ 。冷却气体 16 L/min, 辅助气体 0.75 L/min, Ar 载气 0.968 L/min, He 载气 0.86 L/min。RF 功率 1251 W, 积分时间 0.131 s, 样品信号采集时间 60 s (其中 20 s 为空白测定) (李怀坤等, 2009)。

## 4 分析结果

为尽可能得到鄂尔多斯地块西南部长城系一蓟县系地层碎屑锆石年龄组成特征, 对每个样品分析了近 96 粒锆石。随机选择锆石进行测试, 同时在选择锆石时对于裂缝发育的锆石未进行测试。测点位



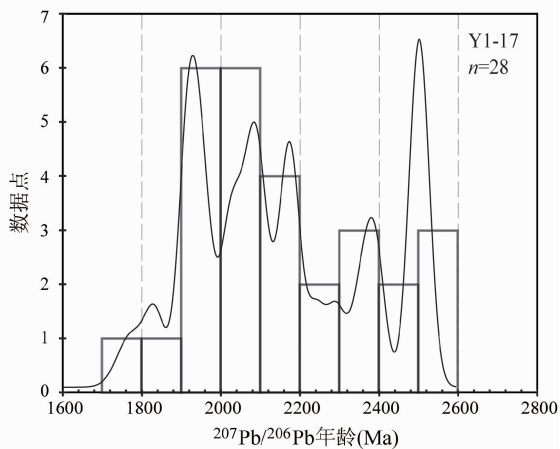
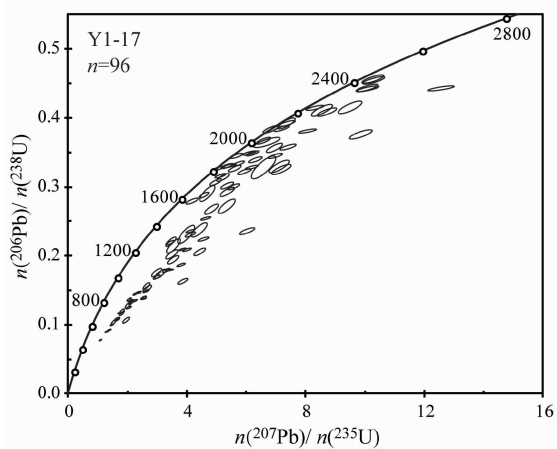
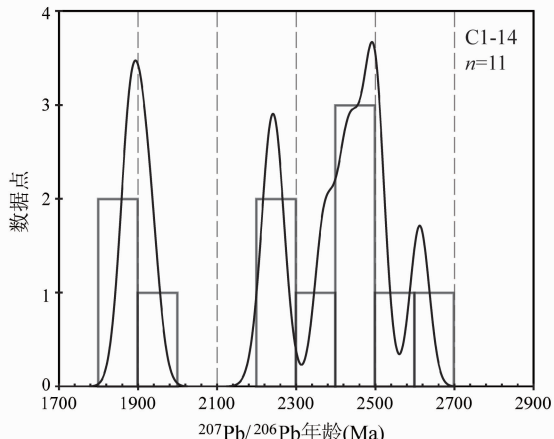
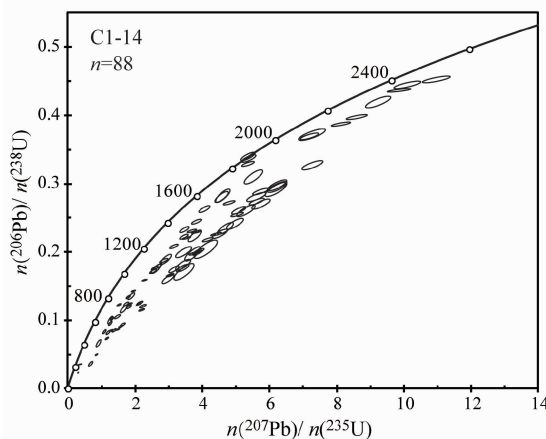
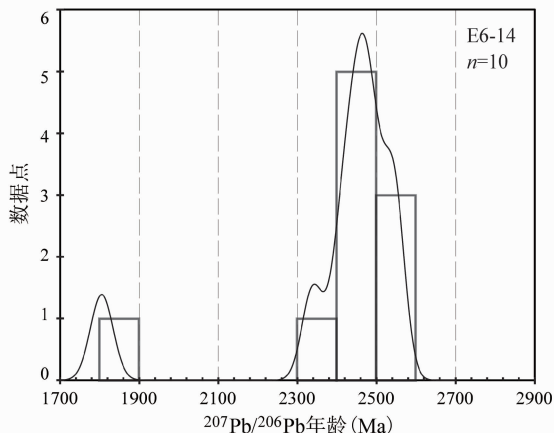
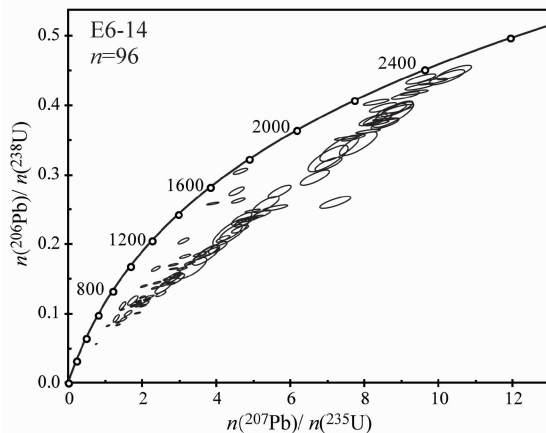
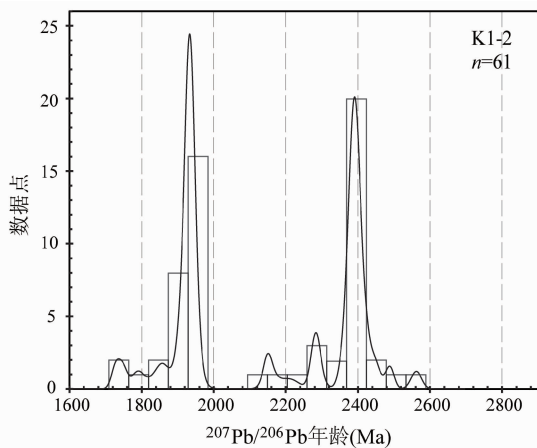
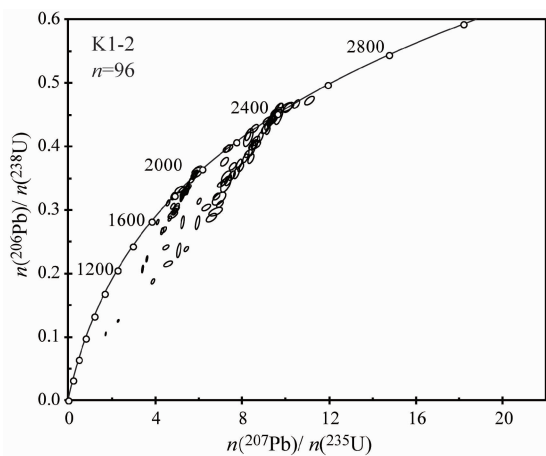


图 5 长城系样品 E6-14、C1-14 及 Y1-17 浅变质沉积岩碎屑锆石<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄谐和图及分布图Fig. 5 Concordia diagram and histogram for the distribution of <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb ages of the LA-ICP-MS U-Pb zircon analytical results for meta-sedimentary rocks of Sample E6-14, C1-14 and Y1-17, Changcheng System

置多选择环带清晰的部位,为避免混合年龄,对于有增生边的锆石避开增生边(图 4)。但由于样品中锆石的铀含量过高,导致大部分数据谐和度很差。特别是样品 E6-14 和样品 C1-14,谐和年龄分别为 10 个与 11 个。在分析碎屑锆石年龄组成时,仅对不谐和度在 15% 以内的年龄数据进行了统计。

样品 K1-2(克 1 井),随机选择了 96 粒锆石进行测年分析,获得了 61 个<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 谐和年龄,其最小值为 1728 ± 12 Ma(#67),最大值为 2562 ± 15 Ma(#72)(附表 1,印刷版略,请见 www. geojournals. cn/georev, 后同)。谐和年龄组成了 1940 Ma 和 2400 Ma 两个主要的峰值(图 5)。

样品 E6-14(鄂 6 井),所获得的 96 粒锆石的<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄中,仅有 10 个数据为谐和年龄。其最小值为 1805 ± 29 Ma(#83),最大值为 2547 ± 26 Ma(#5)(附表 2)。

样品 C1-14(城川 1 井),对该样品中的 88 粒锆石进行了测年分析,仅获得了 11 个谐和年龄,最小值为 1874 ± 26 Ma(#55),最大值为 2612 ± 24 Ma(#6)(附表 3)。

样品 Y1-17(宜探 1 井),随机选择 96 粒锆石进行测年分析,获得 28 个<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 谐和年龄,其最小值为 1773 ± 35 Ma(#56),最大值为 2515 ± 25 Ma(#35)(附表 4)。谐和年龄组成了 1800 Ma、1940 Ma、2180 Ma 和 2500 Ma 多个峰值(图 5)。

样品 H1-12(合探 1 井),随机选择 96 粒锆石进行测年分析,获得了 95 粒锆石的<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄,其中 35 个为谐和年龄,最小值为 1570 ± 21 Ma(#76),该锆石结晶环带较清晰,为岩浆锆石(图 4),最大值为 2536 ± 14(#56)(附表 5)。谐和年龄组成了 1580 Ma、1760 Ma、1920 Ma 和 2500 Ma 四个主要的年龄峰值(图 6)。

样品 QS1-16(庆深 1 井),随机选择 96 粒锆石进行测年分析,获得 22 个<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 谐和年龄,其中最小为 1574 ± 18 Ma(#65),该锆石显示核幔结构,所测年龄为核部年龄(图 4),最大值为 2494 ± 16 Ma(#64)(附表 6)。

## 5 讨论

### 5.1 鄂尔多斯地块之上发育长城系

鄂尔多斯地块基底变质岩之上到寒武系之间浅变质沉积岩碎屑锆石测年结果明确显示其属于长城系地层。对鄂尔多斯地块长城系岩芯的碎屑锆石年龄进行统计,其中不谐和度不超过 15% 的 167 个锆石年龄,组成了 1.60 Ga、1.85 Ga、1.95 Ga、2.35 Ga 和 2.50 Ga 等几个主要的年龄峰值(图 7a),最小碎屑锆石<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 主峰值年龄为 1.85 Ga,另外可见 1.6 Ga 的次级峰值年龄。但最小碎屑锆石<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄表明,6 口钻井中所钻遇的长城系可分为长城纪早期和晚期沉积。其中克 1 井中最小碎屑锆石<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄为 1728 ± 12 Ma,鄂 6 井中为 1805 ± 29 Ma,城川 1 井中为 1874 ± 26 Ma,宜探 1 井中为 1805 ± 29 Ma,没有记录小于 1.7 Ga 的锆石,表明其可能属于长城纪早期沉积;而合探 1 井最小碎屑锆石<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄为 1570 ± 21 Ma,庆深 1 井为 1574 ± 18 Ma,可能属于长城纪晚期沉积。

### 5.2 鄂尔多斯地块长城系物源分析

鄂尔多斯地块长城系岩芯的碎屑锆石年龄组成特征与华北克拉通露头区中一新元古代碎屑锆石年龄组成基本一致。翟明国等(2014)通过分析,认为燕辽裂谷系、渣尔泰—白云鄂博—化德裂谷系、东缘裂谷系沉积岩碎屑锆石具有相似的年龄分布,均出现了 1.2 Ga、1.6 Ga、1.85 Ga、2.5 Ga 和 2.7 Ga 几个年龄峰值(图 7b)。这些沉积岩中约 2.7 Ga、约 2.5 Ga 和约 1.85 Ga 的碎屑锆石中既有岩浆锆石,又有变质锆石,是对华北克拉通重要地质事件的记录,表明这些中一新元古代裂谷盆地的沉积物物源基本上都来自华北克拉通内部前寒武纪结晶基底(翟明国等,2014)。其中,2.5 Ga 的年龄峰值可能代表了太古宙末克拉通化事件(Zhai Mingguo, 2011; 翟明国, 2010, 2011, 2012, 2013a, b; 殷小艳等, 2015),以及 Kröner 等(1998)所提出的巨量陆壳生长事件,如大量 TTG 花岗岩的形成,是华北克拉通结晶基底形成的时间。鄂尔多斯地块长城系中出现较明显的 1.95 Ga 年龄峰值,该年龄代表了华北克拉通西部鄂尔多斯地块与阴山地块沿孔兹岩带拼合的事件(Zhao Guochun et al., 2005),如大青山、乌拉山、千里山及贺兰山等地的太古代—古元古

代变质岩均记录了这期变质事件(Wan Yusheng et al., 2013b; Xia Xiaoping et al., 2006a, b; Dong Chunyan et al., 2013a, b; Yin Changqing et al., 2009, 2011)。在华北克拉通的燕辽裂谷、东缘裂谷系中,该期峰值不明显(翟明国等,2014),可能是由于这些地区未接收到来自孔兹岩带的物源。1.85 Ga的年龄峰值,代表了华北克拉通最终克拉通化,比较流行的观点是东、西部陆块沿着中部造山带碰撞拼合形成统一的华北克拉通(Zhao Guochun et al., 1999, 2000a, b, 2001, 2003a, b, 2005),区域上发育大量该时期的变质岩和岩浆岩,如吕梁杂岩中的大陆增生花岗岩(Zhao Guochun et al., 2008)。最年轻的1.6 Ga的年龄峰值代表了中元古代裂解事件,主要表现一系列裂谷系的形成及相应的裂谷

火山岩的发育,如华北克拉通南缘熊耳裂陷槽熊耳群火山岩(He Yanhong et al., 2009; 赵太平等, 2001, 2007; Zhao Taiping et al., 2004),华北克拉通中部太行—吕梁岩墙群和密云—北台岩墙群(Wang Yuejun et al., 2004; Peng Peng et al., 2012),以及华北北缘燕山地区蓟县剖面团山子组、大红峪组和高于庄组中出现的火山岩(Gao Linzhi et al., 2008; 陆松年和李惠民,1991;李怀坤等,1995,2010),大红峪组火山岩的U-Pb年龄为1620~1680 Ma,非造山侵入岩的锆石U-Pb年龄为1670~1700 Ma,如奥长花岗岩、辉长—斜长岩和斑状花岗岩等(Zhai Mingguo and Liu Wenjun, 2003),北缘渣尔泰—白云鄂博—化德裂谷该时期的岩浆活动,如固阳东部地区1.7 Ga的瓦窑石英正长岩(王惠初等,2012),白

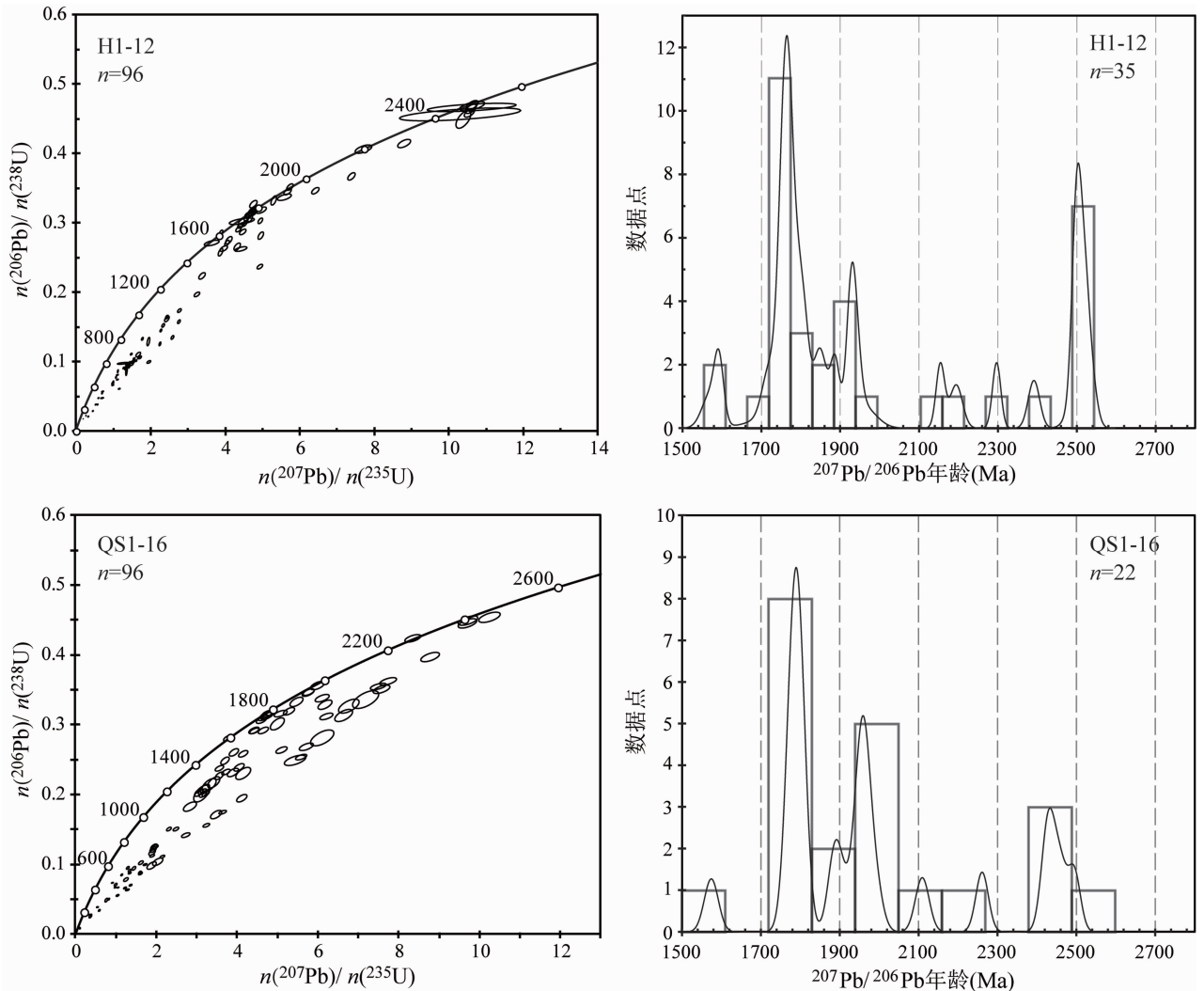


图6 长城系样品 H1-12、QS1-16 浅变质沉积岩碎屑锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄谱和图及分布图

Fig. 6 Concordia diagram and histogram for the distribution of  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ages of the LA-ICP-MS U-Pb zircon analytical results for meta-sedimentary rocks of sample H1-12 and QS1-16, Changcheng System



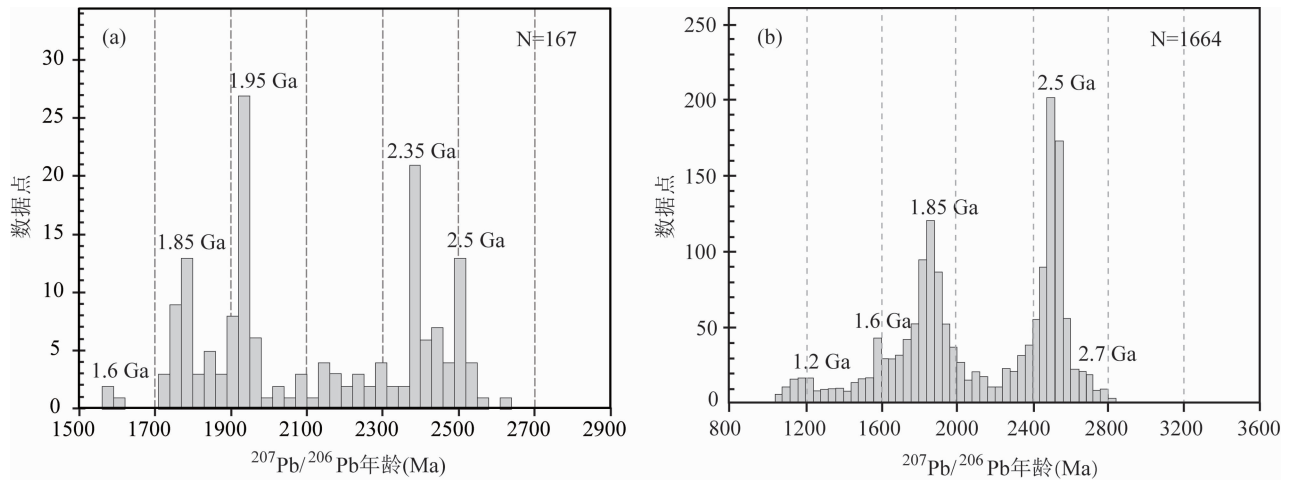


图 7 华北克拉通中—新元古代沉积岩碎屑锆石  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄组成分布图: (a) 鄂尔多斯地块长城—蓟县系; (b) 华北克拉通中元古代—新元古代 (据翟明国等, 2014)

Fig. 7 U-Pb age distribution columns of the detrital zircons from Meso—Neoproterozoic sediments; (a) results of Changcheng System and Jixian Systems from Ordos block; (b) results of Meso- to Neoproterozoic from NCC (according to Zhai Mingguo et al., 2014)

云鄂博地区白云鄂博群 1.73 Ga 的玄武岩 (Lu Songnian et al., 2002) 和渣尔泰山地区渣尔泰群中 1.75 Ga 的玄武岩 (Li Qiuli et al., 2007)

一致的碎屑锆石年龄组成特征表明, 鄂尔多斯地块西南部长城系的物源同样来自华北克拉通内部。鄂尔多斯地块北缘孔兹岩带的乌拉山—大青山段, 主要发育太古代—古元古代 TTG 片麻岩, 古元古代表壳岩系及不同时代岩浆岩, 其上覆最老盖层为寒武系灰岩, 相当于长城—蓟县—青白口系的古元古代末—中—新元古代地层缺失, 向北至渣尔泰—白云鄂博裂谷系, 发育古元古代末—中元古代白云鄂博群、渣尔泰群, 表明古元古代末—中元古代乌拉山—大青山地区也为隆起剥蚀区。鄂尔多斯地块西南部中元古代长城—蓟县系的碎屑物质来自于北缘的孔兹岩带、东缘的中部造山带。

### 5.3 中元古代鄂尔多斯地块古地理格局

前人根据钻井资料及地层对比提出鄂尔多斯地块结晶基底之上发育中元古界长城系—蓟县系盖层, 并在此基础上划出了鄂尔多斯地块长城、蓟县系的分布范围 (图 1)。长城—蓟县系浅变质沉积岩的碎屑锆石测年结果证实了前人所划分的地层。中元古代鄂尔多斯地块西南部为沉积区 (图 1)。在鄂尔多斯地块西缘的贺兰山地区, 太古宙千里山群之上超覆沉积了中元古代长城系黄旗口组及蓟县系王全口组 (林畅松等, 1995), 表明地块西缘为沉积区。

中元古代时期, 鄂尔多斯地块北缘受限于孔兹岩带, 东缘受限于中部造山带, 西南缘面临着广阔的洋盆。鄂尔多斯地块北缘河套盆地的毕探 1 井、临深 3 井、临深 4 井、临探 1 井和吉参 1 井完钻层位均为元古界—太古代结晶基底, 其上直接被中生代砂岩、砾岩不整合覆盖, 缺失中—新元古代及古生代地层。鄂尔多斯地块东部的龙探 1 井中同样缺失中元古界。以上证据表明鄂尔多斯地块的东北部为隆起剥蚀区。而自鄂尔多斯地块东北部向 SW 至盆地内部, 逐渐出现了长城—蓟县系, 厚度向 SW 方向逐渐增大。此外, 鄂尔多斯地块西南部中元古界长城—蓟县系主体为一套未变质的陆源碎屑沉积, 岩性以砂岩为主, 与燕辽裂谷系中长城—蓟县系存在差异。鄂尔多斯地块上覆长城—蓟县系中未见燕辽裂谷系长城系团山子组和大红峪组中所发育的火山岩, 也未见与熊耳裂陷槽相似的火山岩组合, 这种岩性组合特征表明华北克拉通西南缘中—新元古代不发育裂谷相关的岩浆岩, 该认识也与前人得出的“磁异常”分析结果一致 (邸领军和谢成广, 2008)。邸领军和谢成广 (2008) 提出阿拉善地块、鄂尔多斯盆地和秦岭—祁连构造带所围限的三角形地带是华北克拉通中最为平静的磁异常区, 地球物理场特征未见强磁异常和岩石圈被拉张形成的狭长沉陷带, 而“磁异常”通常与岩浆岩、铁矿床、基性及超基性岩有关, 因此该区并没有开放性裂谷中所发育的大量基

性、超基性火山岩的喷发迹象。因此,鄂尔多斯地块西南部长城—蓟县系表现为稳定大陆边缘的陆架沉积,不发育中元古代裂谷,也就表明古元古代末—中元古代该区不与其他大陆相连。该结论与 Zhao Guochun 等(2002, 2004)所重建的哥伦比亚超大陆中华北克拉通的位置一致,在该模型中华北克拉通位于超大陆边缘位置,其南缘未与其他大陆相连,很可能面临着广阔的洋盆。Dong Yunpeng 等(2014)提出中元古代华北地块与北秦岭地体之间被宽坪洋所分隔,宽坪蛇绿混杂岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为  $1445 \pm 60$  Ma,之后宽坪洋向南俯冲,导致新元古代宽坪洋闭合,北秦岭地体与华北克拉通拼合。

## 6 结论

(1)鄂尔多斯地块基底变质岩之上到寒武系之间以变石英砂岩为主的碎屑岩为长城系地层,其碎屑锆石年龄由 1.60 Ga、1.85 Ga、1.95 Ga、2.35 Ga 和 2.50 Ga 的年龄峰值组成。

(2)鄂尔多斯地块中元古代长城系沉积岩物源均来自华北克拉通内部。

(3)长城纪,鄂尔多斯地块北缘及东缘为隆起剥蚀区,西南部为沉积区,西缘面临广阔的洋盆。

**致谢:**感谢编辑及审稿人提出的宝贵意见;感谢天津地质矿产研究所 LA-ICP-MS 实验室耿建珍工程师在测年中的帮助。

## 参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; the literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

邸领军,谢广成. 2008. 对贺兰山拗拉槽的质疑. 岩性油气藏, 20(2): 16~21.

范文博. 2015. 华北克拉通中元古代下马岭组地质特征及研究进展——下马岭组研究百年回眸. 地质论评, 61(6): 1383~1406.

公王斌,胡健民,李振宏,董晓朋,刘洋,刘绍昌. 2016. 华北克拉通北缘裂谷渣尔泰群 LA-ICP-MS 碎屑锆石 U-Pb 测年及地质意义. 岩石学报, 32(7): 2151~2165.

胡波,翟明国,郭敬辉. 2009. 华北克拉通北缘化德群中碎屑锆石的 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及其构造意义. 岩石学报, 25(1): 193~211.

李怀坤,李惠民,陆松年. 1995. 长城系团山子组火山岩颗粒锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 地球化学, 24(1): 43~48.

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(增刊): 600~601.

李怀坤,朱士兴,相振群,苏文博,陆松年,周红英,耿建珍,李生,杨峰杰. 2010. 北京延庆高子庄组凝灰岩的锆石 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. 岩石学报, 26(7): 2131~2140.

林畅松,杨起,李思田. 1995#. 贺兰山拗拉槽盆地充填演化分析. 北京:地质出版社.

陆松年,李惠民. 1991. 蓟县长城系大红峪组火山岩的单颗粒锆石 U-Pb 法准确测年. 中国地质科学院院报, 22: 137~146.

乔秀夫,王彦斌. 2014. 华北克拉通中元古界底界年龄与盆地性质讨论. 地质学报, 88(9): 1623~2637.

王惠初,相振群,赵凤清,李惠民,袁桂邦,初航. 2012. 内蒙古固阳东部碱性侵入岩:年代学,成因与地质意义. 岩石学报, 28(9): 2843~2854.

殷小艳,周红英,刘敦一,高林志,董春艳,万渝生. 2015. 华北克拉通古老物质记录——焦作地区太古宙变质岩的锆石 SHRIMP U-Pb 定年和 LA-MC-ICPMS Hf 同位素分析. 地质论评, 61(1): 183~194.

翟明国. 2004. 华北克拉通 2.1~1.7 Ga 地质事件群的分解和构造意义探讨. 岩石学报, 20(6): 1343~1354.

翟明国. 2010. 华北克拉通的形成演化与成矿作用. 矿床地质, 29(1): 24~36.

翟明国. 2011. 克拉通化与华北陆块的形成. 中国科学:地球科学, 41(8): 1037~1046.

翟明国. 2012. 华北克拉通的形成以及早期板块构造. 地质学报, 86(9): 1335~1349.

翟明国. 2013a. 中国主要古陆与联合大陆的形成——综述与展望. 中国科学:地球科学, 43(10): 1583~1606.

翟明国. 2013b. 华北前寒武纪成矿系统与重大地质事件的联系. 岩石学报, 29(5): 1759~1773.

翟明国,胡波,彭澎,赵太平. 2014. 华北中—新元古代的岩浆作用与多期裂谷事件. 地学前缘, 21(1): 100~119.

赵太平,周美夫,金成伟,关鸿,李惠民. 2001. 华北陆块南缘熊耳群形成时代讨论. 地质科学, 36(2): 326~334.

赵太平,徐勇航,翟明国. 2007. 华北陆块南部元古宙熊耳群火山岩的成因与构造环境:事实与争议. 高校地质学报, 13(2): 191~206.

Andersen T B. 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report 204Pb. Chemical Geology, 192: 59~79.

Black L P, Kamo S L, Allen C M, Aleinikoff J N, Davis D W, Kosch R J, Foudoulis C. 2003. TEMORA 1: A new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology. Chemical Geology, 200: 155~170.

Di Lingjun, Xie Guangcheng. 2008&. Queries about Helan aulacogen. Lithologic Reservoirs, 20(2): 16~21.

Dong Chunyan, Wan Yusheng, Simon A. W., Xu Zhongyuan, Ma Mingzhu, Xie Hangqiang, Liu Dunyi. 2013a. Earliest Paleoproterozoic supracrust rocks in the North China Craton recognized from the Daqingshan area of the Khondalite Belt: Constraints on craton evolution. Gondwana Research. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2013.05.021>.

Dong Chunyan, Wan Yusheng, Xu Zhongyuan, Liu Dunyi, Yang Zhensheng, Ma Mingzhu, Xie Hangqiang. 2013b. SHRIMP zircon U-Pb dating of late Paleoproterozoic kondalites in the Daqing Mountains area on the North China Craton. Science China: Earth Sciences, 1: 115~125.

Dong Yunpeng, Yang Zhao, Liu Xiaoming, Zhang Xiaoning, He Dengfeng, Li Wei, Zhang Feifei, Sun Shengsi, Zhang Hongfu, Zhang Guowei. 2014. Neoproterozoic amalgamation of the Northern Qinling terrain to the North China Craton: Constraints from geochronology and geochemistry of the Kuangping ophiolite. Precambrian Research, 255, 77~95.

Fan Wenbo. 2015&. Geological features and research progress of the Mesoproterozoic Xiamaling Formation in the North China Craton: a review after Nearly one hundred years of study. Geological Review,

- 61(6): 1383 ~ 1406.
- Gao Linzhi, Zhang Chuanheng, Shi Xiaoying, Song Biao, Wang Ziqiang, Liu Yaoming. 2008. Mesoproterozoic age for Xiamaling Formation in North China Plate indicated by zircon SHRIMP dating. *Chinese Science Bulletin*, 53(2): 2665 ~ 2671.
- Gong Wangbin, Hu Jianmin, Li Zhenhong, Dong Xiaopeng, Liu Yang, Liu Shaoshang. 2016. Detrital zircon U-Pb dating of Zhaertai Group in the North Margin Rift Zone of North China Craton and its implications. *Acta Petrologica Sinica*, 32(7): 2151 ~ 2165.
- He Yanhong, Zhao Guochun, Sun Min, Xia Xiaoping. 2009. SHRIMP and LA-ICP-MS zircon geochronology of the Xiong'er volcanic rocks: Implications for the Paleo-proterozoic evolution of the southern margin of the North China Craton. *Precambrian Research*, 168: 213 ~ 222.
- Hu Bo, Zhai Mingguo, Guo Jinghui. 2009. LA-ICP-MS U-Pb geochronology of detrital zircons from the Huade Group in the northern margin of the North China Craton and its tectonic significance. *Acta Petrologica Sinica*, 25(1): 193 ~ 211.
- Hu Jianmin, Liu Xinshe, Li Zhenhong, Zhao Yue, Zhang Shuanhong, Liu Xiaochun, Qu Hongjie, Chen Hong. 2013. SHRIMP U-Pb zircon dating of the Ordos Basin basement and its tectonic significance. *Chinese Science Bulletin*, 58: 118 ~ 127.
- Hu Jianmin, Li Zhenhong, Gong Wangbin, Hu Guohui, Dong Xiaopeng. 2016. Meso-Neoproterozoic stratigraphic and tectonic framework of the North China Craton. In: Zhai Mingguo et al. (eds.), *Main tectonic events and metallogeny of the North China Craton*, Springer Geology, DOI:10.1007/978-981-10-1064-4\_15.
- 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.
- Kröner A, Cui W Y, Wang S Q, Wang C Q, Nemchin A A, 1998. Single zircon ages from high-grade rocks of the Jianping Complex, Liaoning Province, NE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 16(5 ~ 6): 519 ~ 532.
- Kusky T M, Li Jianghai, 2003. Paleoproterozoic tectonic evolution of the North China Craton. *Journal of Asian Earth Sciences*, 22: 383 ~ 397.
- Li Huaikun, Li Huimin, Lu Songnian. 1995. Grain zircon U-Pb age for volcanic rocks from Tuanshanzi Formation of Changcheng System and their geological implication. *Geochimica*, 24(1): 43 ~ 48.
- Li Huaikun, Zhu Shixing, Xiang Zhenqun, Su Wenbo, Lu Songnian, Zhou Hongying, Geng Jianzhen, Li Sheng, Yang Fengjie. 2010. Zircon U-Pb dating on tuff bed from Gaoyuzhuang Formation in Yanqing, Beijing: Further constraints on the new subdivision of the Mesoproterozoic stratigraphy in the northern North China Craton. *Acta Petrologica Sinica*, 26(7): 2131 ~ 2140.
- Li Qiuli, Chen Fukun, Guo Jinghui, Li Xianghui, Yang Yueheng, Siebel W. 2007. Zircon ages and Nd-Hf isotopic composition of the Zhaertai Group (Inner Mongolia): Evidence for early Proterozoic evolution of the northern North China Craton. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30: 573 ~ 590.
- Lin Changsong, Yang Qi, Li Sitian. 1995. Analysis of the evolution of Helan Shan basin filling groove aulacogens. Beijing: Geological Publishing House.
- 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. *Journal of Petrology*, 51(1 ~ 2): 537 ~ 571.
- Liu Yongsheng, Hu Zhaochu, Zong Keqing, Gao Changgui, Gao Shan, Xu Juan, Chen Haihong. 2010b. Reappraisal and refinement of zircon U-Pb isotope and trace element analyses by LA-ICP-MS. *Science China Earth Sciences*, 55(15): 1535 ~ 1546.
- Ludwig K R. 2003. User's manual for Isoplot/Ex, version 3.00. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel: Berkeley Geochronology Center Special Publication, 4: 1 ~ 70.
- Lu Songnian, Li Huimin. 1991. A precise U-Pb single zircon age determination for the volcanics of the Dahongyu Formation, Changcheng System in Jixian. *Bulletin of Chinese Academic Geological Sciences*, 22: 137 ~ 146.
- Lu Songnian, Yang Chunliang, Li Huaikun, Li Humin. 2002. A group of rifting events in the terminal Paleoproterozoic in the North China Craton. *Gondwana Research*, 5: 123 ~ 131.
- Peng Peng, Zhai Mingguo, Guo Jinghui, Kusky T, Zhao Taiping. 2007. Nature of mantle source contributions and crystal differentiation in the petrogenesis of the 1.78 Ga mafic dykes in the central North China craton. *Gondwana Research*, 12: 29 ~ 46.
- Peng Peng, Zhai Mingguo, Ernst R E, Guo Jinghui, Liu Fu, Hu Bo. 2008. A 1.78 Ga igneous province in the North China craton: The Xiong'er Volcanic Province and the North China dyke swarm. *Lithos*, 101: 260 ~ 280.
- Peng Peng, Zhai Mingguo, Li Qiuli, Wu Fuyuan, Hou Quanlin, Li Zhong, Li Tiesheng, Zhang Yanbin. 2011a. Neoproterozoic (~900 Ma) Sariwon sills in North Korea: Geochronology, geochemistry and implications for the evolution of the south-eastern margin of the North China Craton. *Gondwana Research*, 20: 243 ~ 254.
- Peng Peng, Bleeker W, Ernst R E, Söderlund U, McNicoll V. 2011b. U-Pb baddeleyite ages, distribution and geochemistry of 925 Ma mafic dykes and 900 Ma sills in the North China craton: Evidence for a Neoproterozoic mantle plume. *Lithos*, 127: 210 ~ 221.
- Peng Peng, Liu Fulai, Zhai Mingguo. 2012. Age of the Miyun dyke swarm: Constraints on the maximum depositional age of the Changcheng System. *Chinese Science Bulletin*, 57: 105 ~ 110.
- Qiao Xiufu and Wang Yanbin. 2014. Discussion on the Lower Boundary Age of the Mesoproterozoic and Basin Tectonic Evolution of the Mesoproterozoic in North China Craton. *Acta Geologica Sinica*, 88(9): 1623 ~ 1637.
- Su Wenbo, Li Huaikun, Huff W D, Etensohn F R, Zhang Shihong, Zhou Hongying, Wan Yusheng. 2010. SHRIMP U-Pb dating for a K-bentonite bed in the Tieling Formation, North China. *Chinese Science Bulletin*, 55: 3312 ~ 3323.
- Wan Yusheng, Xie Hangqiang, Yang Hua, Wang Zejiu, Liu Dunyi, Kröner A., Wilde S A, Geng Yuansheng, Sun Liuyi, Ma Mingzhu, Liu Shoujie, Dong Chunyan, Du Lilin. 2013a. Is the Ordos Block Archean or Paleoproterozoic in age? Implications for the Precambrian evolution of the North China Craton. *American Journal of Science*, 313: 683 ~ 711.
- Wan Yusheng, Xu Zhongyuan, Dong Chunyan, Nutman A., Ma Mingzhu, Xie Hangqiang, Liu Shoujie, Liu Dunyi, Wang Huichu, Cu Hang. 2013b. Episodic Paleoproterozoic (~2.45, ~1.95 and ~1.85 Ga) mafic magmatism and associated high temperature metamorphism in the Daqingshan area, North China Craton: SHRIMP zircon U-Pb dating and whole-rock geochemistry. *Precambrian Research*, 224: 71 ~ 93.
- Wang Huichu, Xiang Zhenqun, Zhao Fengqing, Li Huimin, Yuan Guibang, Chu Hang. 2012. The alkaline plutons in eastern part of Guyang County, Inner Mongolia: Geochronology, petrogenesis and tectonic implications. *Acta Petrologica Sinica*, 28(9): 2843 ~ 2854.



- Wang Wei, Liu Xinshe, Hu Jianmin, Li Zhenhong, Zhao Yue, Zhai Mingguo, Liu Xiaochun, Clarke G, Zhang Shuanhong, Qu Hongjie. 2014. Late Paleoproterozoic medium-P high grade metamorphism of basement rocks beneath the northern margin of the Ordos Basin, NW China; Petrology, phase equilibrium modelling and U-Pb geochronology. *Precambrian Research*, 251: 181 ~ 196.
- Wang Yuejun, Fan Weiming, Zhang Yanhua, Guo Feng, Zhang Hongfu, Peng Touping. 2004. Geochemical,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronological and Sr—Nd isotopic constraints on the origin of Paleoproterozoic mafic dikes from the southern Taihang Mountains and implications for the ca. 1800 Ma event of the North China Craton. *Precambrian Research*, 135: 55 ~ 77.
- Xia Xiaoping, Sun Min, Zhao Guochun, Wu Fuyuan, Xu Ping, Zhang Jiheng, Luo Yan. 2006a. U-Pb and Hf isotopic study of detrital zircons from the Wulashan khondalites; Constraints on the evolution of the Ordos Terrane, Western Block of the North China Craton. *Earth and Planetary Science Letters*, 241: 581 ~ 593.
- Xia Xiaoping, Sun Min, Zhao Guochun, Luo Yan. 2006b. LA-ICP-MS U-Pb geochronology of detrital zircons from the Jining Complex, North China Craton and its tectonic significance. *Precambrian Research*, 144: 199 ~ 212.
- Yin Changqing, Zhao Guochun, Sun Min, Xia Xiaoping, Wei Chunjing, Leung Winghang. 2009. LA-ICP-MS U-Pb zircon ages of the Qianlishan Complex; constrains on the evolution of the Khondalite Belt in the Western Block of the North China Craton. *Precambrian Research*, 174: 78 ~ 94.
- Yin Changqing, Zhao Guochun, Guo Jinghui, Sun Min, Xia Xiaoping, Zhou Xiwen, Liu Chaohui. 2011. U-Pb and Hf isotopic study of zircons of the Helanshan Complex; constrains on the evolution of the Khondalite Belt in the Western Block of the North China Craton. *Lithos*, 122: 25 ~ 38.
- Yin Xiaoyan, Zhou Hongying, Liu Dunyi, Gao Linzhi, Dong Chunyan, Wan Yusheng. 2015. Ancient material records in the North China Craton; SHRIMP U-Pb dating and LA-ICP-MS Hf analysis of zircons from Archean Metamorphic Rocks in the Jiaozuo Area, Henan. *Geological Review*, 61(1): 183 ~ 194.
- Zhai Mingguo. 2004. 2.1 ~ 1.7 Ga geological event group and its geotectonic significance. *Acta*
- Zhai Mingguo. 2010. Tectonic evolution and metallogenesis of North China Craton. *Mineral Deposits*, 29(1): 24 ~ 36.
- Zhai Mingguo. 2011. Cratonization and the Ancient North China Continent; A summary and review. *Science China: Earth Sciences*, 54: 1110 ~ 1120, doi: 10.1007/s11430-011-4250-x.
- Zhai Mingguo. 2012. Evolution of the North China Craton and Early Plate Tectonics. *Acta Geologica Sinica*, 86(9): 1335 ~ 1349.
- Zhai Mingguo. 2013a. The main old lands in China and assembly of Chinese unified continent. *Science China: Earth Sciences*, 56: 1829 ~ 1852, doi: 10.1007/s11430-011-4250-x.
- Zhai Mingguo. 2013b. Secular changes of metallogenic systems link with continental evolving of the North China Craton. *Acta Petrologica Sinica*, 29(5): 1759 ~ 1773.
- Zhai Mingguo, Hu Bo, Peng Peng, Zhao Taiping. 2014. Meso—Neoproterozoic magmatic events and multi-stage rifting in the NCC. *Earth Science Frontiers*, 21(1): 100 ~ 119.
- Zhai Mingguo, Bian Aiguo, Zhao Taiping. 2000. The amalgamation of the supercontinent of North China Craton at the end of Neo-Archaean and its breakup during late Palaeoproterozoic and Meso—Proterozoic. *Science in China (Series D)*, 43: 219 ~ 232.
- Zhai Mingguo, Liu Wenjun. 2003. Palaeoproterozoic tectonic history of the North China craton; a review. *Precambrian Research*, 122: 183 ~ 199.
- Zhai Mingguo, Guo Jinghui, Liu Wenjun. 2005. Neoproterozoic to Paleoproterozoic continental evolution and tectonic history of the North China craton. *Journal of Asian Earth Sciences*, 24: 547 ~ 561.
- Zhai Mingguo, Li Tiesheng, Peng Peng, Hu Bo, Liu Fu, Zhang Yanbin. 2010. Precambrian key tectonic events and evolution of the North China Craton. In: Kusky, T. M., Zhai, M. G., Xiao, W. J. (Eds.), *The Evolving Continents* Geological Society of London, Special Publication, 338: 235 ~ 262.
- Zhai Mingguo. 2011. Cratonization and the Ancient North China Continent; a summary and review. *Science China: Earth Sciences*, 54: 1110 ~ 1120.
- Zhang Chengli, Diwu Chunrong, Kröner A, Sun Yong, Luo Jinglan, Li Qiuli, Gou Longlong, Lin Hongbing, Wei Xiaoshan, Zhao Jiao. 2015. Archean—Paleoproterozoic crustal evolution of the Ordos Block in the North China Craton; Constraints from zircon U-Pb geochronology and Hf isotopes for gneissic granitoids of the basement. *Precambrian Research*, 267: 121 ~ 136.
- Zhang Shuanhong, Liu Shuwen, Zhao Yue, Yang Jinhui, Song Biao, Liu, X. M., 2007. The 1.75 ~ 1.68 Ga anorthosite—mangerite—alkali granitoid—rapakivi granite suite from the northern North China Craton; Magmatism related to a Paleoproterozoic orogen. *Precambrian Research*, 155: 287 ~ 312.
- Zhang Shuanhong, Zhao Yue, Yang Zhenyu, He Zhefeng, Wu Hai. 2009. The 1.35 Ga diabase sills from the northern North China Craton; implications for breakup of the Columbia (Nuna) supercontinent. *Earth and Planetary Science Letters*, 288: 588 ~ 600.
- Zhang Shuanhong, Zhao Yue, Santosh M. 2012. Mid-Mesoproterozoic bimodal magmatic rocks in the northern North China Craton; implications for magmatism related to breakup of the Columbia supercontinent. *Precambrian Research*, 222 ~ 223: 339 ~ 367.
- Zhao Guochun, Wilde S A, Cawood P A, Lu Liangzhao. 1999. Tectonothermal history of the basement rocks in the western zone of the North China Craton and its tectonic implications. *Tectonophysics*, 310: 37 ~ 53.
- Zhao Guochun, Cawood P A, Wilde S A, Sun Min, Lu Liangzhao. 2000a. Metamorphism of basement rocks in the central zone of the North China Craton; implication for Palaeoproterozoic tectonic evolution. *Precambrian Research*, 103: 55 ~ 88.
- Zhao Guochun, Wilde S A, Cawood P A, Lu, L. Z., 2000b. Petrology and P—T path of the Fuping mafic granulites; implications for tectonic evolution of the central zone of the North China Craton. *Journal of Metamorphic Geology*, 18: 375 ~ 391.
- Zhao Guochun, Wilde S A, Cawood P A, Sun Min. 2001. Archean blocks and their boundaries in the North China Craton; lithological, geochemical, structural and P—T path constraints and tectonic evolution. *Precambrian Research*, 107: 45 ~ 73.
- Zhao Guochun, Sun Min, Wilde S A, 2002. Reconstruction of a pre—Rodinia supercontinent; New advances and perspectives. *Chinese Science Bulletin*, 47(19): 1585 ~ 1588.
- Zhao Guochun, Sun Min, Wilde S A, 2003a. Major tectonic units of the North China Craton and their Paleoproterozoic assembly. *Science in China: Earth Sciences*, 32: 538 ~ 549.
- Zhao Guochun, Sun Min, Wilde S A, Li Sanzhong. 2003b. Assembly, Accretion and Breakup of the Paleo—Mesoproterozoic Columbia Supercontinent; Records in the North China Craton. *Gondwana Research*, 6: 417 ~ 434.
- Zhao Guochun, Sun Min, Wilde S A, Li Sanzhong, 2004. A Paleo—

- Mesoproterozoic supercontinent: assembly, growth and breakup. *Earth – Science Reviews*, 67: 91 ~ 123.
- Zhao Guochun, Sun Min, Wilde S A, Li Sanzhong. 2005. Late Archean to Paleoproterozoic evolution of the North China Craton: key issues revisited. *Precambrian Research*, 136: 177 ~ 202.
- Zhao Guochun, Wilde S. A. , Sun Min. Li Sanzhong, Li Xuping, Zhang Jian. 2008. SHRIMP U-Pb zircon ages of granitoid rocks in the Lvliang complex: Implications for the accretion and evolution of the Trans-North China Orogen. *Precambrian Research*, 160: 213 ~ 226.
- Zhao Guochun, Li Sanzhong, Sun Min, Wilde S A. 2011. Assembly, accretion, and break-up of the Paleo—Mesoproterozoic Columbia supercontinent: record in the North China Craton revisited. *International Geology Review*, 53: 1331 ~ 1356.
- Zhao Guochun, Zhai Mingguo. 2013. Lithotectonic elements of Precambrian basement in the North China Craton: Review and tectonic implications. *Gondwana Research*, 23: 1207 ~ 1240.
- Zhao Taiping, Zhou Meifu, Jin Chengwei, Guan Hong, Li Huimin. 2001&. Discussion on age of the Xiong'er Group in southern margin of North China Craton. 36(2): 326 ~ 334.
- Zhao Taiping, Zhou Meifu, Zhai Mingguo, Xia Bin. 2002. Palaeoproterozoic rift-related volcanism of the Xiong'er Group in the North China Craton: Implications for the break-up of Columbia. *International Geology Review*, 44(4): 336 ~ 351.
- Zhao Taiping, Zhai Mingguo, Xia Bin, Li Huimin, Zhang Yixing, Wan Yusheng. 2004. Zircon U-Pb SHRIMP dating for the volcanic rocks of the Xiong'er Group: constraints on the initial formation age of the cover of the North China Craton. *Chinese Science Bulletin*, 49(23): 2495 ~ 2502.
- Zhao Taiping, Xu Yonghang, Zhai Mingguo. 2007&. Petrogenesis and tectonic setting of the Paleoproterozoic Xiong'er Group in the southern part of the North China Craton: a review. *Geological Journal of China Universities*, 13(2): 191 ~ 206.

## LA-ICP-MS U-Pb Dating of Detrital Zircons from Changcheng System in Ordos Block, Western North China Craton and Its Implications

GONG Wangbin<sup>1,2)</sup>, XI Shengli<sup>3)</sup>, LIU Xinshe<sup>3)</sup>, HU Jianmin<sup>1,2)</sup>, LI Zhenhong<sup>1)</sup>

1) *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081;*

2) *Key Laboratory of Paleomagnetism and Tectonic Reconstruction of Ministry of Land and Resources, Beijing, 100081;*

3) *Exploration Department of Petro Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xi'an, 710018*

**Abstract:** The formation of the North China Craton (NCC) was resulted from the collision of the Western and Eastern blocks along the Trans-North China Orogen at ~ 1.85 Ga. Then the NCC experienced intracontinental extension during Meso- to Neoproterozoic, which resulted in the formation of the Xiong'er rift, Yanliao rift, Zhaertai—Bayan Obo—Huade rift and Eastern margin rift. According to analysis of drilling data and strata correlation, some researchers suggested that Mesoproterozoic Changcheng—Jixian systems developed in the Ordos block. The Changcheng System is composed of quartz interlayered with slate in the lower part and silty slate, silicon slate, chert bend bearing dolomitic limestone, quartz sandstone in the upper part. The Jixian System is dominated by dolomite, and interlayered with sandstone and shale stone. Detrital zircon dating of the Changcheng System from 6 drillings has been carried out by this paper. The detrital zircons of the sedimentary rock samples from the Changcheng Systems show 4 prominent  $n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$  age peaks of 1.6 Ga, 1.85 Ga, 1.95 Ga, 2.35 Ga and 2.5 Ga, which is similar to the age distributions of detrital zircons of Meso- to Neoproterozoic in the NCC, and indicate similar provenance. According to this, we conclude that the detritus of the Changcheng System were sourced from the inner NCC. Accompanied with the drilling data and materials obtained by other researchers, we suggested that the north and east margin of the Ordos block was uplift erosion area during Mesoproterozoic, and south-western part was sedimentary area, whereas the southwest margin was a passive continental margin and separated with the North Qinling terrain by the Kuanping ocean.

**Keywords:** Zircons U-Pb dating; Mesoproterozoic; Changcheng System; Ordos block; North China Craton

**Acknowledgements:** This paper was funded by the National Natural Science Foundation of China (41472211, 41502199), the Basic Research Project of Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences (DZLXJK201502) and the National Basic Research Program of China (2012CB416604).

**First author:** GONG Wangbin, male, born in 1985. assistant professor, focus on structural geology. Email: gongwangbin@126.com.

Manuscript received on: 2016-05-25; Accepted on: 2016-10-21; Edited by: LIU Zhiqiang.

**Doi:** 10.16509/j.georeview.2016.06.002

附表 1 鄂尔多斯地块长城系 K1-2 浅变质沉积岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 分析结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of sample K1-2 meta-sedimentary rocks from Changcheng Group, Ordos block

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
	( $\times 10^{-6}$ )															
K1-2(克 1 井)																
1	124	350	0.4036	0.3334	0.0024	5.4567	0.0369	0.1187	0.0009	1855	14	1894	13	1937	13	4
2	28	50	0.9546	0.4666	0.0028	10.4977	0.0663	0.1632	0.0011	2469	15	2480	16	2489	12	1
3	41	116	0.1294	0.3565	0.0022	5.8845	0.0917	0.1197	0.0009	1965	12	1959	31	1952	14	-1
4*	36	84	1.4986	0.3402	0.0052	7.2501	0.0940	0.1546	0.0021	1888	29	2143	28	2397	23	27
5	41	120	0.3060	0.3329	0.0020	5.3513	0.0996	0.1166	0.0022	1852	11	1877	35	1905	33	3
6*	14	65	2.6152	0.1875	0.0015	3.8843	0.0260	0.1502	0.0010	1108	9	1610	11	2349	11	112
7	53	101	0.8444	0.4438	0.0029	9.4031	0.0771	0.1537	0.0013	2368	16	2378	19	2387	14	1
8	24	46	0.5153	0.4608	0.0030	10.1081	0.0842	0.1591	0.0014	2443	16	2445	20	2446	15	0
9	42	83	0.5265	0.4614	0.0027	9.6890	0.0738	0.1523	0.0010	2446	15	2406	18	2372	11	-3
10	75	158	0.6653	0.4292	0.0034	9.0636	0.0507	0.1532	0.0010	2302	18	2344	13	2382	11	3
11	61	171	0.2526	0.3540	0.0021	5.7952	0.0384	0.1187	0.0008	1954	12	1946	13	1937	13	-1
12	37	83	0.7024	0.3965	0.0025	7.3538	0.0893	0.1345	0.0015	2153	13	2155	26	2158	19	0
13*	33	142	2.0037	0.2229	0.0020	3.6208	0.0205	0.1178	0.0008	1297	11	1554	9	1923	11	48
14	85	255	0.8665	0.2974	0.0018	4.8500	0.0647	0.1183	0.0017	1678	10	1794	24	1931	26	15
15	21	70	0.0706	0.3064	0.0019	4.7998	0.0432	0.1136	0.0010	1723	11	1785	16	1858	16	8
16*	40	131	0.6622	0.2972	0.0022	4.8852	0.0398	0.1192	0.0011	1677	13	1800	15	1945	16	16
17	135	290	0.3850	0.4426	0.0029	9.4001	0.0686	0.1540	0.0012	2362	15	2378	17	2391	13	1
18	31	63	0.7076	0.4483	0.0028	9.4848	0.0607	0.1535	0.0010	2387	15	2386	15	2385	11	0
19	68	160	0.0628	0.4281	0.0029	8.5730	0.0731	0.1453	0.0013	2297	15	2294	20	2291	15	0
20	25	69	0.3069	0.3640	0.0021	5.9610	0.0837	0.1188	0.0017	2001	12	1970	28	1938	26	-3
21	13	35	0.2635	0.3571	0.0022	5.8516	0.0489	0.1188	0.0010	1969	12	1954	16	1939	16	-2
22	23	65	0.1934	0.3616	0.0022	5.8859	0.0808	0.1180	0.0012	1990	12	1959	27	1927	18	-3
23*	42	110	0.8704	0.3524	0.0035	7.2739	0.0847	0.1497	0.0016	1946	19	2146	25	2343	18	20
24*	41	139	1.1621	0.2690	0.0018	4.4125	0.0471	0.1190	0.0012	1536	11	1715	18	1941	19	26
25	24	49	0.8200	0.4346	0.0036	9.1818	0.0539	0.1532	0.0010	2326	19	2356	14	2382	11	2

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
	( $\times 10^{-6}$ )															
26	64	177	0.4290	0.3545	0.0021	5.8074	0.0478	0.1188	0.0008	1956	11	1948	16	1938	12	-1
27	55	124	0.6060	0.4144	0.0033	8.8305	0.0552	0.1545	0.0010	2235	18	2321	15	2397	11	7
28	40	69	1.8412	0.4521	0.0028	9.6335	0.0743	0.1545	0.0013	2405	15	2400	19	2397	14	0
29	75	154	0.7049	0.4406	0.0025	9.1842	0.0845	0.1512	0.0011	2353	14	2357	22	2359	13	0
30	61	182	0.5311	0.3200	0.0029	5.2117	0.0356	0.1181	0.0008	1790	16	1855	13	1928	12	8
31*	48	166	0.6475	0.2866	0.0018	4.6818	0.0339	0.1185	0.0008	1625	10	1764	13	1933	12	19
32*	45	121	1.8187	0.3217	0.0023	6.8160	0.0570	0.1537	0.0014	1798	13	2088	17	2387	15	33
33*	85	248	1.3745	0.3180	0.0039	6.9507	0.1261	0.1585	0.0029	1780	22	2105	38	2440	31	37
34	15	31	1.8253	0.3765	0.0026	7.1938	0.0723	0.1386	0.0021	2060	14	2136	21	2210	26	7
35	36	84	0.5755	0.4092	0.0031	8.6175	0.0759	0.1527	0.0015	2211	17	2298	20	2377	17	7
36	53	120	1.1846	0.3971	0.0050	8.4631	0.0612	0.1546	0.0012	2156	27	2282	16	2397	13	11
37*	97	243	1.3041	0.3411	0.0020	7.0215	0.0737	0.1493	0.0016	1892	11	2114	22	2338	19	24
38	18	39	0.9943	0.3966	0.0025	7.3216	0.0525	0.1339	0.0009	2153	14	2151	15	2150	11	0
39	62	185	0.7095	0.3206	0.0024	5.2229	0.0327	0.1182	0.0008	1793	14	1856	12	1929	12	8
40	58	168	0.7064	0.3224	0.0020	4.8599	0.0393	0.1093	0.0010	1801	11	1795	15	1788	16	-1
41	58	145	1.0231	0.3690	0.0024	7.5706	0.0654	0.1488	0.0013	2025	13	2181	19	2332	15	15
42*	35	91	1.1486	0.3441	0.0021	7.1758	0.0688	0.1512	0.0012	1907	12	2134	20	2360	14	24
43	24	39	2.3886	0.4540	0.0029	9.6296	0.1205	0.1538	0.0023	2413	15	2400	30	2389	26	-1
44*	30	83	1.7658	0.3091	0.0021	6.9769	0.0627	0.1637	0.0011	1736	12	2108	19	2495	11	44
45*	59	199	0.9079	0.2808	0.0039	5.2642	0.0328	0.1360	0.0009	1595	22	1863	12	2177	12	36
46	66	147	0.6383	0.4252	0.0025	9.1847	0.0461	0.1567	0.0010	2284	13	2357	12	2420	11	6
49	17	48	0.3540	0.3482	0.0021	5.6788	0.0500	0.1183	0.0013	1926	11	1928	17	1930	20	0
50	22	42	1.4611	0.4274	0.0029	9.0617	0.0758	0.1538	0.0012	2294	15	2344	20	2388	14	4
51	26	84	0.5020	0.3050	0.0023	4.9786	0.0486	0.1184	0.0013	1716	13	1816	18	1932	19	13
52	37	103	0.6901	0.3316	0.0021	5.1273	0.0922	0.1121	0.0016	1846	12	1841	33	1834	26	-1
53*	20	50	0.7026	0.3721	0.0034	7.8419	0.0559	0.1529	0.0011	2039	18	2213	16	2378	12	17
54	53	160	0.4395	0.3294	0.0021	5.3651	0.0401	0.1181	0.0007	1836	12	1879	14	1928	11	5
55*	97	322	1.3364	0.2876	0.0027	6.5797	0.0916	0.1659	0.0058	1630	15	2057	29	2517	59	54
56	40	81	0.5856	0.4516	0.0068	9.6961	0.0839	0.1557	0.0015	2402	36	2406	21	2410	16	0



测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
	( $\times 10^{-6}$ )															
57	35	107	0.6381	0.3233	0.0021	5.2467	0.0320	0.1177	0.0008	1806	12	1860	11	1922	12	6
58	71	206	0.3673	0.3361	0.0022	5.5002	0.0303	0.1187	0.0008	1868	12	1901	10	1936	12	4
59*	57	212	1.3460	0.2414	0.0015	4.4973	0.0608	0.1351	0.0012	1394	9	1730	23	2166	16	55
60*	15	36	1.5473	0.3468	0.0034	7.3627	0.0656	0.1540	0.0011	1919	19	2156	19	2391	13	25
61	39	74	1.1457	0.4374	0.0026	9.2812	0.0513	0.1539	0.0010	2339	14	2366	13	2389	11	2
62	58	161	0.5279	0.3415	0.0020	5.5167	0.3394	0.1172	0.0016	1894	11	1903	117	1913	24	1
63	37	78	0.9305	0.4141	0.0058	8.2712	0.0892	0.1449	0.0009	2234	31	2261	24	2286	11	2
64*	126	1160	0.8233	0.1053	0.0012	1.7188	0.0141	0.1183	0.0010	646	7	1016	8	1931	16	199
65*	69	155	1.2646	0.3814	0.0030	8.4101	0.0576	0.1599	0.0010	2083	16	2276	16	2455	11	18
66	67	155	1.0002	0.3819	0.0028	8.1616	0.0486	0.1550	0.0011	2085	15	2249	13	2402	12	15
67	28	96	0.5748	0.2814	0.0017	4.1041	0.0263	0.1058	0.0007	1598	9	1655	11	1728	12	8
68	80	216	1.1731	0.3224	0.0022	5.2626	0.0284	0.1184	0.0008	1802	12	1863	10	1932	12	7
69	45	134	0.9251	0.3116	0.0019	4.5953	0.0299	0.1070	0.0007	1748	10	1748	11	1748	12	0
70	42	96	0.6795	0.4014	0.0029	8.5689	0.0461	0.1548	0.0010	2175	16	2293	12	2400	11	10
71	74	225	0.5535	0.3212	0.0022	5.2424	0.0306	0.1184	0.0008	1796	12	1860	11	1932	12	8
72	69	131	0.6950	0.4723	0.0028	11.0994	0.0878	0.1704	0.0015	2494	15	2532	20	2562	15	3
73*	61	239	2.4951	0.2363	0.0047	5.0692	0.0368	0.1556	0.0010	1367	27	1831	13	2409	11	76
74*	79	179	1.8273	0.3541	0.0029	7.5130	0.0621	0.1539	0.0017	1954	16	2175	18	2390	18	22
75*	15	50	1.0166	0.2926	0.0023	4.8096	0.0881	0.1192	0.0021	1654	13	1787	33	1945	32	18
76*	25	59	2.0471	0.3668	0.0025	7.9283	0.0610	0.1568	0.0013	2014	14	2223	17	2421	14	20
77	55	162	0.5604	0.3342	0.0041	5.4761	0.0324	0.1188	0.0007	1859	23	1897	11	1939	11	4
78*	85	334	1.4022	0.2385	0.0015	5.4387	0.0380	0.1654	0.0011	1379	9	1891	13	2511	11	82
79	67	154	0.8592	0.4035	0.0030	8.5675	0.0550	0.1540	0.0016	2185	16	2293	15	2391	17	9
80*	30	72	1.6185	0.3589	0.0038	7.7282	0.0592	0.1562	0.0013	1977	21	2200	17	2415	14	22
81	76	224	0.5762	0.3257	0.0022	5.2429	0.0372	0.1167	0.0007	1818	12	1860	13	1907	12	5
82*	55	408	1.3366	0.1258	0.0008	2.2891	0.0182	0.1319	0.0011	764	5	1209	10	2124	14	178
83	33	107	1.0909	0.3015	0.0021	4.9397	0.0640	0.1188	0.0009	1698	12	1809	23	1939	14	14
84*	25	93	0.9870	0.2668	0.0022	4.3151	0.0351	0.1173	0.0010	1525	12	1696	14	1915	15	26
85	24	54	1.0928	0.4024	0.0028	8.5805	0.1120	0.1547	0.0020	2180	15	2294	30	2398	22	10

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄(Ma)						不谐和度(%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
	$(\times 10^{-6})$			测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
86	23	50	0.7564	0.4165	0.0026	8.2714	0.0492	0.1440	0.0010	2245	14	2261	13	2276	11	1
87*	54	161	1.2616	0.3139	0.0019	6.0192	0.0463	0.1391	0.0011	1760	10	1979	15	2216	14	26
88	25	56	1.2695	0.3890	0.0023	8.2862	0.0721	0.1545	0.0015	2118	13	2263	20	2396	16	13
89	14	28	0.4365	0.4625	0.0031	10.0911	0.1171	0.1582	0.0018	2451	17	2443	28	2437	20	-1
90*	21	60	2.2621	0.3040	0.0020	6.3493	0.0750	0.1515	0.0010	1711	11	2025	24	2362	11	38
91*	89	258	1.2397	0.2969	0.0028	6.7859	0.1288	0.1658	0.0027	1676	16	2084	40	2515	28	50
92*	29	100	2.2713	0.2068	0.0026	3.4124	0.0209	0.1196	0.0008	1212	15	1507	9	1951	11	61
93	86	231	0.9039	0.3355	0.0021	5.4878	0.0596	0.1186	0.0008	1865	12	1899	21	1936	12	4
94*	71	301	1.4982	0.2153	0.0020	4.5874	0.0748	0.1546	0.0010	1257	11	1747	28	2397	11	91
95*	56	176	1.6332	0.2797	0.0043	5.9274	0.0402	0.1537	0.0010	1590	24	1965	13	2388	11	50
96	61	172	0.6085	0.3288	0.0023	5.3868	0.0389	0.1188	0.0009	1833	13	1883	14	1938	14	6

注：\* 不谐和度超过 15% 的数据，统计中已剔除。

附表 2 鄂尔多斯地块长城系样品 E6-14 浅变质沉积岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 分析结果

Table 2 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of sample E6-14 meta-sedimentary rocks from Changcheng Group, Ordos block

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
E6-14(鄂6井)																
1*	223	1815	0.4919	0.1166	0.0005	1.8836	0.0321	0.1172	0.0019	711	3	1075	18	1914	29	169
2*	207	1441	0.3612	0.1399	0.0008	2.0339	0.0348	0.1055	0.0017	844	5	1127	19	1723	29	104
3*	194	856	0.5698	0.1844	0.0059	3.7187	0.1515	0.1452	0.0024	1091	35	1575	64	2290	29	110
4*	123	547	0.6263	0.1894	0.0022	3.8587	0.0814	0.1477	0.0023	1118	13	1605	34	2320	27	107
5	93	183	0.5348	0.4474	0.0042	10.4173	0.1907	0.1690	0.0027	2384	22	2473	45	2547	26	7
6	50	95	0.7338	0.4401	0.0045	10.2182	0.1983	0.1684	0.0027	2351	24	2455	48	2542	27	8
7*	150	406	0.6170	0.3230	0.0077	7.0163	0.2179	0.1572	0.0025	1804	43	2114	66	2426	27	34
8*	195	679	0.3950	0.2528	0.0018	5.5882	0.1362	0.1600	0.0032	1453	10	1914	47	2456	34	69
9*	204	1577	0.4696	0.1200	0.0005	2.1179	0.0362	0.1280	0.0020	731	3	1155	20	2071	28	183
10	133	283	0.6866	0.4141	0.0021	9.1155	0.1565	0.1596	0.0025	2234	11	2350	40	2452	27	10
11*	213	730	0.4215	0.2601	0.0035	7.2056	0.1703	0.2006	0.0033	1491	20	2137	51	2831	27	90
12*	225	1596	0.9492	0.1186	0.0028	1.7457	0.0555	0.1064	0.0017	722	17	1026	33	1738	30	141
13*	120	646	0.7381	0.1651	0.0063	3.3275	0.1656	0.1446	0.0026	985	38	1488	74	2283	31	132
14*	116	755	0.4699	0.1433	0.0008	2.7673	0.0482	0.1401	0.0022	863	5	1347	23	2228	27	158
15*	185	1021	0.6794	0.1518	0.0031	2.8267	0.0872	0.1344	0.0023	911	18	1363	42	2156	30	137
16	121	285	0.3462	0.3970	0.0028	8.5094	0.1499	0.1555	0.0024	2155	15	2287	40	2407	27	12
17*	183	1443	0.4366	0.1194	0.0004	2.1190	0.0354	0.1287	0.0020	727	3	1155	19	2081	28	186
18*	176	1022	0.2648	0.1699	0.0008	2.8332	0.0526	0.1208	0.0020	1012	5	1364	25	1969	29	95
19*	126	544	0.5900	0.2072	0.0020	4.1781	0.0728	0.1464	0.0023	1214	12	1670	29	2304	28	90
20*	149	548	0.6002	0.2399	0.0011	5.0624	0.0850	0.1530	0.0024	1386	6	1830	31	2380	27	72
21*	159	589	0.2333	0.2628	0.0014	4.5952	0.0774	0.1268	0.0020	1504	8	1748	29	2055	28	37
22*	160	577	0.5151	0.2480	0.0010	4.9852	0.0829	0.1458	0.0023	1428	6	1817	30	2297	27	61
23*	156	951	0.4880	0.1528	0.0010	2.8721	0.0494	0.1364	0.0021	917	6	1375	24	2181	27	138
24*	185	1491	0.6381	0.1009	0.0005	1.8636	0.0316	0.1339	0.0021	620	3	1068	18	2150	27	247
25*	199	492	0.3378	0.3790	0.0037	8.2383	0.1568	0.1576	0.0025	2072	20	2258	43	2430	27	17

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄(Ma)						不谐和度(%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
	( $\times 10^{-6}$ )															
26*	97	456	0.6051	0.1959	0.0035	4.0408	0.1063	0.1493	0.0024	1153	21	1642	43	2338	27	103
27*	161	864	0.6107	0.1646	0.0005	2.8492	0.0464	0.1255	0.0020	982	3	1369	22	2036	28	107
28*	246	2060	0.5998	0.1117	0.0006	1.7461	0.0295	0.1134	0.0018	683	4	1026	17	1855	28	172
29*	174	1352	0.7639	0.1113	0.0006	2.0100	0.0347	0.1310	0.0021	680	4	1119	19	2111	28	210
30*	199	1705	0.3079	0.1143	0.0004	1.9111	0.0318	0.1212	0.0019	698	3	1085	18	1974	28	183
31*	135	319	0.5702	0.3745	0.0016	8.3255	0.1378	0.1612	0.0025	2051	9	2267	38	2469	26	20
32*	196	2056	0.4475	0.0877	0.0004	1.3299	0.0226	0.1100	0.0017	542	3	859	15	1799	29	232
33*	74	189	0.5524	0.3381	0.0075	7.3252	0.2132	0.1570	0.0025	1877	42	2152	63	2423	27	29
34*	314	2878	0.2036	0.1119	0.0022	1.4606	0.0379	0.0946	0.0015	684	13	914	24	1520	30	122
35*	147	490	0.3364	0.2755	0.0037	5.7082	0.1254	0.1502	0.0024	1569	21	1933	42	2348	27	50
36*	197	742	0.4102	0.2330	0.0009	4.7367	0.0781	0.1474	0.0023	1350	5	1774	29	2316	27	72
37*	112	471	0.5514	0.2179	0.0080	4.3888	0.1975	0.1451	0.0024	1271	47	1710	77	2289	29	80
38*	261	2575	0.5620	0.0933	0.0021	1.2891	0.0352	0.1002	0.0016	575	13	841	23	1629	29	183
39*	149	933	0.5777	0.1427	0.0013	2.5978	0.0500	0.1320	0.0021	860	8	1300	25	2124	28	147
40	90	168	0.8951	0.4381	0.0029	9.5337	0.1653	0.1578	0.0025	2342	15	2391	41	2432	27	4
41*	113	565	0.5453	0.1825	0.0013	3.1493	0.0578	0.1251	0.0020	1080	8	1445	27	2031	28	88
42*	169	1620	0.3202	0.1001	0.0017	1.6045	0.0442	0.1159	0.0019	615	10	972	27	1894	30	208
43*	170	680	0.3894	0.2325	0.0029	4.7357	0.1061	0.1475	0.0024	1348	17	1774	40	2318	27	72
44	85	164	0.8368	0.4267	0.0020	9.4968	0.1596	0.1615	0.0026	2291	11	2387	40	2471	27	8
45*	74	258	0.4977	0.2586	0.0009	3.9092	0.0656	0.1096	0.0017	1483	5	1616	27	1794	29	21
46*	51	124	0.2214	0.3923	0.0039	8.7304	0.1709	0.1614	0.0026	2134	21	2310	45	2470	27	16
47*	86	288	0.3886	0.2765	0.0023	4.5449	0.0851	0.1192	0.0019	1574	13	1739	33	1944	28	24
48*	87	332	0.5079	0.2428	0.0025	5.2066	0.1009	0.1555	0.0024	1401	15	1854	36	2407	27	72
49*	212	1939	0.3667	0.1062	0.0005	1.4471	0.0243	0.0988	0.0015	651	3	909	15	1602	29	146
50*	51	125	0.3165	0.3794	0.0008	8.5640	0.1381	0.1637	0.0026	2073	4	2293	37	2494	26	20
51*	152	1273	0.2357	0.1116	0.0006	1.7608	0.0313	0.1144	0.0018	682	4	1031	18	1871	29	174
52*	145	593	0.6437	0.2217	0.0023	4.6403	0.0924	0.1518	0.0024	1291	13	1757	35	2366	27	83
53*	168	1328	0.6401	0.1142	0.0014	2.0672	0.0431	0.1312	0.0021	697	8	1138	24	2114	28	203
54	137	275	0.5749	0.4340	0.0021	9.8414	0.1657	0.1645	0.0026	2324	11	2420	41	2502	26	8



测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
55	100	194	0.9493	0.4183	0.0014	9.3367	0.1539	0.1619	0.0025	2253	8	2372	39	2475	27	10
56*	147	1128	0.4554	0.1240	0.0006	2.0022	0.0367	0.1170	0.0019	754	4	1116	20	1911	29	154
57*	70	168	0.7422	0.3627	0.0014	8.0945	0.1346	0.1619	0.0026	1995	8	2242	37	2475	27	24
58*	202	1023	0.3738	0.1852	0.0015	3.5610	0.0734	0.1393	0.0023	1095	9	1541	32	2218	29	103
59*	154	1163	0.4057	0.1241	0.0011	2.1958	0.0436	0.1282	0.0020	754	7	1180	23	2074	28	175
60*	96	351	0.7619	0.2356	0.0015	4.8979	0.0866	0.1507	0.0024	1364	9	1802	32	2354	27	73
61*	160	987	0.3909	0.1504	0.0011	2.6946	0.0496	0.1299	0.0021	903	7	1327	24	2097	28	132
62*	184	1246	0.3535	0.1447	0.0007	2.3904	0.0401	0.1198	0.0019	871	4	1240	21	1953	28	124
63*	147	1596	0.2847	0.0916	0.0011	1.4861	0.0343	0.1174	0.0019	565	7	925	21	1917	29	239
64*	96	209	0.7189	0.3863	0.0074	8.7746	0.2291	0.1646	0.0026	2106	41	2315	60	2503	27	19
65*	43	105	0.8227	0.3526	0.0012	7.5096	0.1274	0.1545	0.0025	1947	7	2174	37	2396	28	23
66*	146	642	0.3169	0.2172	0.0047	4.3946	0.1306	0.1464	0.0023	1267	28	1711	51	2304	28	82
67*	84	211	0.7683	0.3449	0.0071	7.8298	0.2086	0.1646	0.0026	1910	39	2212	59	2504	27	31
68*	135	1127	0.4419	0.1115	0.0006	1.8889	0.0326	0.1228	0.0019	682	4	1077	19	1998	28	193
69*	97	568	0.4478	0.1564	0.0011	2.9772	0.0516	0.1381	0.0022	937	7	1402	24	2203	27	135
70*	79	320	0.9989	0.2047	0.0018	3.1085	0.0583	0.1101	0.0018	1200	10	1435	27	1802	29	50
71*	152	806	0.3978	0.1727	0.0013	3.2752	0.0594	0.1375	0.0022	1027	8	1475	27	2196	27	114
72*	132	710	0.4981	0.1648	0.0009	3.0716	0.0525	0.1352	0.0021	983	5	1426	24	2166	27	120
73*	146	2420	0.4384	0.0565	0.0002	0.7448	0.0124	0.0956	0.0015	354	1	565	9	1541	30	335
74*	205	2292	0.4740	0.0838	0.0005	1.3265	0.0237	0.1147	0.0018	519	3	857	15	1875	28	261
75*	144	1678	0.4264	0.0823	0.0005	1.0651	0.0185	0.0938	0.0015	510	3	736	13	1504	30	195
76*	86	211	0.4628	0.3738	0.0032	8.5575	0.1571	0.1660	0.0026	2047	18	2292	42	2518	26	23
77*	143	637	0.6503	0.1891	0.0034	3.7816	0.1035	0.1447	0.0023	1117	20	1589	43	2285	28	105
78*	175	1390	0.5195	0.1173	0.0007	1.8809	0.0322	0.1163	0.0018	715	4	1074	18	1901	28	166
79	103	226	0.5887	0.4038	0.0017	8.3182	0.1398	0.1494	0.0024	2187	9	2266	38	2339	27	7
80*	169	1196	0.2480	0.1371	0.0032	2.5508	0.0865	0.1344	0.0023	828	19	1287	44	2156	30	160
81*	181	1582	0.4263	0.1109	0.0004	1.7346	0.0289	0.1135	0.0018	678	2	1021	17	1856	28	174
82*	120	724	0.3259	0.1648	0.0014	2.3603	0.0435	0.1038	0.0016	984	8	1231	23	1694	29	72
83	75	255	0.0687	0.3050	0.0017	4.6410	0.0790	0.1104	0.0017	1716	9	1757	30	1805	29	5

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄(Ma)						不谐和度(%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
	( $\times 10^{-6}$ )			测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
84 *	85	207	0.5693	0.3794	0.0038	8.3657	0.1628	0.1599	0.0025	2073	21	2271	44	2454	27	18
85 *	171	657	0.4589	0.2362	0.0036	4.6835	0.1108	0.1436	0.0023	1367	21	1764	42	2271	27	66
86 *	176	1206	0.5477	0.1367	0.0008	2.3330	0.0399	0.1237	0.0019	826	5	1222	21	2011	28	143
87 *	101	304	0.6354	0.2958	0.0044	6.6592	0.1595	0.1630	0.0026	1670	25	2067	50	2487	27	49
88 *	93	332	0.6569	0.2569	0.0046	5.3360	0.1456	0.1502	0.0025	1474	27	1875	51	2348	28	59
89 *	48	99	1.1609	0.3956	0.0045	8.8843	0.1762	0.1629	0.0026	2149	24	2326	46	2486	27	16
90 *	119	604	0.5780	0.1802	0.0011	3.5196	0.0628	0.1417	0.0022	1068	7	1532	27	2248	27	110
91 *	137	1090	0.3383	0.1205	0.0005	2.1253	0.0360	0.1280	0.0020	733	3	1157	20	2070	28	182
92 *	168	1164	0.7784	0.1287	0.0017	2.4991	0.0580	0.1407	0.0023	780	10	1272	29	2235	28	186
93 *	154	359	0.3365	0.3952	0.0025	8.9385	0.1570	0.1640	0.0026	2147	14	2332	41	2498	26	16
94 *	109	330	0.4713	0.3153	0.0041	7.0312	0.1523	0.1617	0.0026	1767	23	2115	46	2473	27	40
95 *	131	292	1.1113	0.3537	0.0020	7.7022	0.1315	0.1580	0.0025	1952	11	2197	38	2434	27	25
96 *	157	979	0.5219	0.1495	0.0031	2.9106	0.0923	0.1406	0.0024	898	19	1385	44	2235	29	149

注：\* 不谐和度超过 15% 的数据,统计中已剔除。

附表 3 鄂尔多斯地块长城系样品 C1-14 浅变质沉积岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 分析结果

Table 3 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of sample C1-14 meta-sedimentary rocks from Changcheng Group, Ordos block

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
C1-14 (城川1井)																
1	124	359	0.3094	0.3367	0.0022	5.3809	0.0846	0.1159	0.0017	1871	12	1882	30	1894	26	1
2*	169	2318	0.1092	0.0735	0.0006	1.1614	0.0205	0.1145	0.0017	457	4	783	14	1872	26	310
3*	179	712	0.3541	0.2348	0.0034	4.6876	0.0992	0.1447	0.0021	1359	19	1765	37	2284	25	68
4*	10	242	0.7685	0.0356	0.0002	0.3606	0.0210	0.0732	0.0041	225	1	313	18	1021	114	353
5*	36	106	0.7819	0.2703	0.0029	5.7443	0.1122	0.1540	0.0024	1543	16	1938	38	2391	27	55
6	74	142	0.5602	0.4522	0.0020	10.9535	0.1661	0.1757	0.0025	2405	11	2519	38	2612	24	9
7*	154	444	0.5485	0.3096	0.0042	5.5234	0.1141	0.1293	0.0019	1739	23	1904	39	2089	25	20
8*	184	772	0.2193	0.2268	0.0027	4.5264	0.0916	0.1446	0.0021	1318	16	1736	35	2283	25	73
9*	123	350	0.7154	0.2978	0.0032	6.2279	0.1155	0.1516	0.0022	1680	18	2008	37	2365	25	41
10*	146	1205	0.1064	0.1232	0.0013	1.7348	0.0323	0.1021	0.0015	749	8	1022	19	1662	27	122
11*	148	821	0.5690	0.1608	0.0028	2.9838	0.0691	0.1345	0.0019	961	17	1404	33	2158	25	124
12*	181	519	0.6249	0.2948	0.0033	6.2236	0.1150	0.1531	0.0022	1665	18	2008	37	2381	24	43
13*	136	660	0.2282	0.1972	0.0042	3.7114	0.0974	0.1365	0.0020	1160	25	1574	41	2183	25	88
14*	207	1502	0.2038	0.1351	0.0019	1.8740	0.0387	0.1006	0.0014	817	11	1072	22	1634	27	100
15*	154	1153	0.1536	0.1340	0.0009	1.7978	0.0275	0.0973	0.0014	811	6	1045	16	1574	27	94
16*	156	672	0.2593	0.2221	0.0014	3.4544	0.0542	0.1128	0.0016	1293	8	1517	24	1845	26	43
17*	284	1713	0.2512	0.1582	0.0006	2.2793	0.0337	0.1045	0.0015	947	3	1206	18	1705	27	80
18*	156	538	0.4529	0.2599	0.0034	5.2957	0.1100	0.1476	0.0021	1489	19	1868	39	2319	25	56
19*	171	3187	0.1379	0.0500	0.0005	0.8410	0.0149	0.1220	0.0018	314	3	620	11	1986	26	532
20*	118	428	0.1125	0.2723	0.0013	4.7889	0.0733	0.1276	0.0018	1552	7	1783	27	2065	25	33
21*	173	1973	0.1925	0.0855	0.0005	1.2808	0.0215	0.1086	0.0016	529	3	837	14	1776	27	236
22*	154	634	0.2588	0.2261	0.0012	4.4093	0.0678	0.1415	0.0020	1314	7	1714	26	2245	25	71
23*	187	2296	0.1088	0.0830	0.0012	1.0811	0.0231	0.0945	0.0014	514	7	744	16	1517	27	195
24*	144	640	0.0536	0.2325	0.0018	3.4720	0.0566	0.1083	0.0016	1348	10	1521	25	1771	26	31
25*	124	569	0.2439	0.1990	0.0016	3.8468	0.0626	0.1402	0.0020	1170	9	1603	26	2230	25	91
26	41	94	0.8954	0.3690	0.0021	7.1830	0.1137	0.1412	0.0021	2025	11	2134	34	2242	26	11

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
	( $\times 10^{-6}$ )															
27 *	218	2383	0.6591	0.0822	0.0014	1.2011	0.0278	0.1058	0.0015	509	9	801	19	1729	27	239
28 *	172	939	0.2441	0.1706	0.0051	3.4506	0.1206	0.1464	0.0021	1015	30	1516	53	2305	25	127
29 *	130	1368	0.2407	0.0864	0.0004	1.4693	0.0221	0.1233	0.0018	534	2	918	14	2005	26	275
30 *	61	328	0.2644	0.1745	0.0019	3.1452	0.0631	0.1306	0.0020	1037	11	1444	29	2107	27	103
31	45	77	1.3269	0.4196	0.0034	9.2308	0.1550	0.1596	0.0024	2259	18	2361	40	2451	26	9
32 *	213	1659	0.3783	0.1147	0.0008	2.1952	0.0342	0.1388	0.0020	700	5	1180	18	2212	25	216
33 *	141	621	0.5102	0.1982	0.0011	3.7337	0.0573	0.1366	0.0020	1166	6	1579	24	2185	25	87
34 *	130	663	0.2552	0.1814	0.0034	3.4263	0.0892	0.1366	0.0020	1075	20	1510	39	2185	26	103
35 *	151	2256	0.1518	0.0661	0.0023	0.9057	0.0295	0.1000	0.0015	412	14	655	21	1624	28	294
36 *	98	442	0.4649	0.2079	0.0011	3.1494	0.0485	0.1099	0.0016	1218	7	1445	22	1797	26	48
37 *	188	1879	0.7287	0.0907	0.0009	1.5686	0.0268	0.1255	0.0018	560	6	958	16	2035	25	264
38 *	163	538	0.2022	0.2885	0.0020	5.7354	0.0990	0.1441	0.0021	1634	11	1937	33	2277	26	39
39	27	67	0.5295	0.3722	0.0035	7.2511	0.1633	0.1410	0.0025	2040	19	2143	48	2240	31	10
40 *	79	396	0.3058	0.1896	0.0030	2.9130	0.0663	0.1113	0.0016	1119	17	1385	32	1821	27	63
41 *	131	729	0.1790	0.1797	0.0015	2.6911	0.0442	0.1086	0.0016	1065	9	1326	22	1777	26	67
42 *	101	448	0.2399	0.2205	0.0008	3.5259	0.0514	0.1160	0.0017	1284	5	1533	22	1895	26	48
43 *	234	2214	0.2993	0.1023	0.0009	1.3119	0.0230	0.0930	0.0013	628	6	851	15	1487	27	137
44 *	116	2962	0.4770	0.0362	0.0013	0.6822	0.0247	0.1374	0.0020	229	8	528	19	2195	26	858
45 *	184	2135	0.1446	0.0850	0.0009	1.3702	0.0242	0.1169	0.0017	526	5	876	15	1910	26	263
46 *	118	5069	0.1406	0.0230	0.0002	0.3025	0.0050	0.0952	0.0014	147	1	268	4	1533	27	944
47 *	117	356	0.5828	0.2916	0.0041	6.1998	0.1335	0.1541	0.0022	1649	23	2004	43	2392	25	45
48	49	96	0.6506	0.4450	0.0022	10.1078	0.1607	0.1647	0.0025	2373	12	2445	39	2505	25	6
49 *	158	678	0.5986	0.2043	0.0055	4.1017	0.1408	0.1451	0.0022	1198	32	1655	57	2289	26	91
50	139	272	0.7295	0.4371	0.0010	9.8558	0.1403	0.1635	0.0023	2338	5	2421	34	2492	24	7
51	90	256	0.4416	0.3289	0.0015	5.3553	0.0807	0.1181	0.0017	1833	8	1878	28	1928	26	5
52 *	232	2407	0.1930	0.0954	0.0013	1.2561	0.0244	0.0956	0.0014	587	8	826	16	1539	27	162
53 *	239	1833	0.2677	0.1259	0.0010	2.1511	0.0352	0.1240	0.0018	764	6	1165	19	2014	25	164
54 *	115	515	0.3744	0.2014	0.0014	3.9068	0.0604	0.1407	0.0020	1183	8	1615	25	2236	25	89
55	414	673	4.2731	0.3396	0.0026	5.3669	0.0866	0.1146	0.0016	1885	14	1880	30	1874	26	-1

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
	( $\times 10^{-6}$ )															
56*	60	517	0.2847	0.1163	0.0024	1.6581	0.0449	0.1033	0.0016	709	15	993	27	1684	28	137
57*	158	1511	0.4749	0.1003	0.0022	1.2495	0.0311	0.0905	0.0013	616	13	823	20	1436	28	133
58*	132	757	0.2258	0.1660	0.0008	3.0282	0.0459	0.1323	0.0019	990	5	1415	21	2129	25	115
59	171	408	0.4519	0.3867	0.0013	8.1127	0.1173	0.1522	0.0022	2108	7	2244	32	2371	24	12
60*	95	257	0.5175	0.3274	0.0028	7.2688	0.1301	0.1610	0.0024	1826	16	2145	38	2466	25	35
61*	151	1246	0.1770	0.1195	0.0012	1.8087	0.0323	0.1098	0.0016	727	7	1049	19	1796	26	147
62*	82	339	0.6240	0.2180	0.0011	4.1542	0.0656	0.1382	0.0020	1271	6	1665	26	2205	26	74
63*	119	397	0.8981	0.2551	0.0011	5.0237	0.0756	0.1429	0.0021	1464	7	1823	27	2262	25	54
64*	419	1493	0.1551	0.2803	0.0031	4.5765	0.0828	0.1184	0.0017	1593	18	1745	32	1932	26	21
65*	294	2185	0.4887	0.1236	0.0006	2.1045	0.0307	0.1235	0.0018	751	4	1150	17	2008	26	167
66*	130	552	0.2707	0.2292	0.0008	3.8015	0.0556	0.1203	0.0017	1330	5	1593	23	1961	26	47
67*	132	1055	0.1971	0.1239	0.0008	1.8315	0.0289	0.1072	0.0015	753	5	1057	17	1753	26	133
68*	90	384	0.2478	0.2307	0.0011	3.6868	0.0552	0.1159	0.0017	1338	6	1569	23	1895	26	42
69*	125	870	0.5475	0.1208	0.0010	2.2305	0.0364	0.1340	0.0019	735	6	1191	19	2151	25	193
70	43	104	0.2157	0.3979	0.0015	8.5966	0.1304	0.1567	0.0023	2159	8	2296	35	2421	25	12
71*	275	2334	0.0643	0.1224	0.0009	1.5220	0.0232	0.0902	0.0013	745	5	939	14	1430	28	92
72*	97	689	0.1329	0.1429	0.0004	1.9434	0.0283	0.0986	0.0014	861	3	1096	16	1598	27	86
73*	17	52	0.7321	0.2809	0.0027	5.6028	0.1199	0.1446	0.0027	1596	15	1917	41	2283	32	43
74*	58	231	0.2786	0.2441	0.0016	3.8328	0.0622	0.1139	0.0017	1408	9	1600	26	1862	27	32
75*	48	210	0.1694	0.2237	0.0035	3.7732	0.0853	0.1223	0.0019	1302	20	1587	36	1990	28	53
76*	99	579	0.1813	0.1715	0.0013	2.5336	0.0422	0.1071	0.0016	1020	8	1282	21	1751	27	72
77*	80	458	0.1638	0.1762	0.0011	2.5745	0.0409	0.1060	0.0016	1046	6	1293	21	1732	27	66
78*	132	669	0.5926	0.1763	0.0023	3.4164	0.0732	0.1404	0.0021	1047	14	1508	32	2233	25	113
79*	91	486	0.1469	0.1876	0.0014	2.8561	0.0478	0.1104	0.0016	1108	8	1370	23	1806	27	63
80*	219	2125	0.0757	0.1053	0.0014	1.4694	0.0387	0.1008	0.0017	645	9	918	24	1640	32	154
81*	137	509	0.2615	0.2630	0.0019	4.0709	0.0666	0.1122	0.0016	1505	11	1648	27	1836	26	22
82*	36	111	0.6854	0.2827	0.0040	4.6118	0.0865	0.1185	0.0019	1605	23	1751	33	1934	29	21
83*	104	380	0.6985	0.2414	0.0032	4.9661	0.0999	0.1491	0.0022	1394	18	1814	36	2336	25	68
84*	119	400	0.6106	0.2605	0.0022	5.0804	0.0903	0.1414	0.0021	1492	13	1833	33	2244	25	50



测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄(Ma)						不谐和度(%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
	( $\times 10^{-6}$ )			测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
85 *	148	475	0.6704	0.2741	0.0019	5.6091	0.0902	0.1484	0.0021	1562	11	1917	31	2327	25	49
86 *	184	1755	0.4759	0.0937	0.0012	1.6288	0.0309	0.1260	0.0018	578	7	981	19	2043	25	254
87 *	171	745	0.8423	0.1999	0.0034	3.4384	0.0932	0.1243	0.0020	1175	20	1513	41	2019	28	72
88 *	117	669	0.1590	0.1747	0.0027	2.6255	0.0570	0.1089	0.0016	1038	16	1308	28	1782	26	72

注: \* 不谐和度超过 15% 的数据,统计中已剔除。

附表 4 鄂尔多斯地块长城系样品 Y1-17 浅变质沉积岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 分析结果

Table 4 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of sample Y1-17 meta-sedimentary rocks from Changcheng Group, Ordos block

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
Y1-17(宜探 1 井)																
1	91	232	0.5015	0.3639	0.0030	6.6876	0.1772	0.1330	0.0027	2000	16	2071	55	2138	1	7
2	90	219	0.4583	0.3833	0.0021	6.8269	0.1037	0.1292	0.0018	2092	11	2089	32	2087	2	0
3*	148	523	3.2789	0.2361	0.0020	6.0081	0.1046	0.1846	0.0026	1366	12	1977	34	2694	3	97
4	120	291	0.3412	0.3921	0.0032	7.3422	0.1202	0.1358	0.0019	2133	17	2154	35	2175	4	2
5*	105	323	0.7136	0.2905	0.0049	4.6771	0.1059	0.1167	0.0016	1644	27	1763	40	1907	5	16
6	179	340	0.7069	0.4567	0.0024	10.2690	0.1545	0.1631	0.0023	2425	13	2459	37	2488	6	3
7*	214	1674	0.5870	0.1178	0.0005	1.8317	0.0267	0.1128	0.0016	718	3	1057	15	1844	7	157
8*	198	1555	1.2499	0.1160	0.0011	1.8004	0.0308	0.1125	0.0016	708	7	1046	18	1841	8	160
9	104	284	0.3837	0.3492	0.0014	6.1122	0.0901	0.1270	0.0018	1931	8	1992	29	2056	9	6
10*	140	433	0.6146	0.3005	0.0017	5.5703	0.0850	0.1344	0.0019	1694	9	1912	29	2156	10	27
11*	190	1157	0.7023	0.1522	0.0019	2.6593	0.0535	0.1267	0.0018	913	12	1317	27	2052	11	125
12	67	162	0.5574	0.3810	0.0014	8.0515	0.1189	0.1533	0.0021	2081	8	2237	33	2383	12	15
13	223	388	1.1417	0.4545	0.0021	10.2859	0.1518	0.1641	0.0023	2415	11	2461	36	2499	13	3
14*	55	126	1.5831	0.3763	0.0027	9.8463	0.1596	0.1898	0.0027	2059	15	2420	39	2740	14	33
15*	162	572	0.9516	0.2540	0.0012	4.6289	0.0686	0.1322	0.0018	1459	7	1754	26	2127	15	46
16	117	323	0.6271	0.3340	0.0016	5.7344	0.0850	0.1245	0.0017	1858	9	1937	29	2022	16	9
17*	207	1628	0.5496	0.1198	0.0012	1.8109	0.0338	0.1096	0.0015	729	7	1049	20	1792	17	146
18*	227	1441	3.1142	0.1282	0.0017	2.0189	0.0412	0.1141	0.0016	778	10	1122	23	1866	18	140
19*	191	1136	1.0131	0.1486	0.0009	2.6073	0.0400	0.1272	0.0018	893	5	1303	20	2060	19	131
20	115	306	0.7184	0.3489	0.0014	6.2053	0.0913	0.1290	0.0018	1929	8	2005	30	2084	20	8
21*	116	277	0.8820	0.3577	0.0019	7.3946	0.1129	0.1499	0.0021	1971	10	2160	33	2345	21	19
22*	144	669	1.2745	0.1760	0.0024	2.9692	0.0665	0.1222	0.0018	1045	14	1400	31	1989	22	90
23*	159	460	0.4746	0.3252	0.0031	7.1851	0.1339	0.1601	0.0023	1815	17	2135	40	2457	23	35
24*	90	462	1.2597	0.1561	0.0019	2.6376	0.0494	0.1225	0.0017	935	11	1311	25	1994	24	113
25*	105	456	3.7500	0.1790	0.0012	3.3107	0.0524	0.1341	0.0019	1061	7	1484	23	2153	25	103

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
	( $\times 10^{-6}$ )			测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
26*	182	1135	0.6872	0.1475	0.0005	2.3785	0.0345	0.1170	0.0016	887	3	1236	18	1911	26	115
27*	111	204	0.9017	0.4427	0.0014	12.5584	0.1811	0.2057	0.0029	2363	8	2647	38	2872	27	22
28*	206	2037	1.6598	0.0902	0.0005	1.3163	0.0197	0.1059	0.0015	557	3	853	13	1729	28	211
29	116	334	0.3298	0.3275	0.0013	5.0630	0.0744	0.1121	0.0016	1826	7	1830	27	1834	29	0
30*	97	332	0.5198	0.2679	0.0030	4.8308	0.0911	0.1307	0.0018	1530	17	1790	34	2108	30	38
31*	101	305	0.9193	0.2932	0.0027	5.3518	0.0934	0.1324	0.0019	1657	15	1877	33	2130	31	28
32*	198	1637	0.7277	0.1084	0.0010	1.6363	0.0311	0.1094	0.0016	664	6	984	19	1789	32	170
33*	125	1178	0.7984	0.1032	0.0016	1.5260	0.0353	0.1071	0.0015	633	10	941	22	1750	33	176
34*	160	995	1.0543	0.1447	0.0006	2.2513	0.0333	0.1128	0.0016	871	4	1197	18	1846	34	112
35*	110	420	1.2741	0.2358	0.0009	4.1219	0.0606	0.1268	0.0018	1365	5	1659	24	2053	35	50
36	45	120	0.4510	0.3448	0.0014	5.6582	0.0877	0.1190	0.0018	1910	8	1925	30	1941	36	2
37	130	309	0.4684	0.3847	0.0016	7.1983	0.1057	0.1357	0.0019	2098	9	2136	31	2173	37	4
38*	30	78	0.8122	0.3294	0.0037	7.1115	0.1385	0.1566	0.0026	1835	21	2125	41	2419	38	32
39*	115	470	1.4892	0.2060	0.0024	4.4188	0.0819	0.1556	0.0022	1207	14	1716	32	2408	39	99
40*	111	483	1.0071	0.2091	0.0008	3.8457	0.0569	0.1333	0.0019	1224	5	1602	24	2143	40	75
41*	196	1227	1.1245	0.1376	0.0005	2.5484	0.0372	0.1343	0.0019	831	3	1286	19	2155	41	159
42*	219	1805	0.9638	0.1076	0.0006	1.6641	0.0254	0.1122	0.0016	659	4	995	15	1835	42	179
43	44	88	0.8939	0.4152	0.0036	9.4863	0.1625	0.1657	0.0024	2239	19	2386	41	2515	43	12
44*	200	1419	1.1696	0.1350	0.0008	2.2277	0.0344	0.1197	0.0017	816	5	1190	18	1951	44	139
45	124	237	0.8090	0.4429	0.0023	10.0586	0.1511	0.1647	0.0023	2364	12	2440	37	2505	45	6
46	118	252	0.5864	0.4142	0.0015	8.3111	0.1211	0.1455	0.0020	2234	8	2266	33	2294	46	3
47*	194	1282	2.0611	0.1364	0.0010	2.0501	0.0335	0.1090	0.0015	824	6	1132	19	1783	47	116
48*	172	1416	1.1065	0.1061	0.0018	1.9468	0.0432	0.1331	0.0018	650	11	1097	24	2139	48	229
49	102	224	0.6475	0.4088	0.0026	8.7148	0.1348	0.1546	0.0022	2209	14	2309	36	2398	49	9
50*	153	934	1.1889	0.1459	0.0004	2.3650	0.0338	0.1173	0.0016	878	3	1232	18	1916	50	118
51*	61	238	1.2615	0.2310	0.0015	4.1198	0.0701	0.1294	0.0020	1340	9	1658	28	2089	51	56
52*	155	572	1.0945	0.2376	0.0041	4.4060	0.1091	0.1343	0.0019	1374	24	1713	42	2155	52	57
53	103	280	0.6904	0.3396	0.0017	6.3112	0.0946	0.1348	0.0019	1885	9	2020	30	2162	53	15
54*	89	347	1.1561	0.2310	0.0055	3.9691	0.1149	0.1245	0.0018	1340	32	1628	47	2022	54	51

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
	( $\times 10^{-6}$ )															
55	122	305	0.6768	0.3673	0.0019	6.5864	0.0999	0.1301	0.0018	2016	11	2058	31	2099	55	4
56	19	59	1.2815	0.2794	0.0017	4.1747	0.0830	0.1084	0.0021	1588	10	1669	33	1773	56	12
57*	150	783	1.4132	0.1633	0.0018	3.8636	0.0704	0.1716	0.0024	975	11	1606	29	2574	57	164
58*	161	1330	0.6947	0.1171	0.0006	1.7308	0.0263	0.1072	0.0015	714	4	1020	15	1753	58	146
59*	174	1122	1.1032	0.1389	0.0011	2.5246	0.0422	0.1318	0.0018	839	7	1279	21	2122	59	153
60*	178	2011	1.2104	0.0778	0.0004	1.0721	0.0160	0.0999	0.0014	483	2	740	11	1623	60	236
61	75	177	0.3747	0.3922	0.0018	7.3816	0.1117	0.1365	0.0019	2133	10	2159	33	2183	61	2
62*	182	914	0.8230	0.1797	0.0006	3.4152	0.0495	0.1378	0.0019	1065	4	1508	22	2200	62	107
63	71	148	0.8144	0.4113	0.0035	8.5412	0.1432	0.1506	0.0021	2221	19	2290	38	2353	63	6
64	108	288	0.9466	0.3160	0.0012	5.1200	0.0748	0.1175	0.0016	1770	7	1839	27	1919	64	8
65*	64	166	1.2302	0.3289	0.0067	6.5683	0.1678	0.1448	0.0021	1833	37	2055	53	2286	65	25
66*	113	272	1.0413	0.3448	0.0013	6.9719	0.1021	0.1467	0.0020	1910	7	2108	31	2308	66	21
67	113	330	0.2840	0.3298	0.0014	5.3328	0.0790	0.1173	0.0016	1837	8	1874	28	1915	67	4
68*	104	768	1.0502	0.1247	0.0009	2.0383	0.0336	0.1186	0.0017	757	5	1128	19	1935	68	155
69*	45	126	1.3462	0.2875	0.0017	4.5679	0.0736	0.1153	0.0017	1629	10	1743	28	1884	69	16
70*	145	1017	0.7651	0.1347	0.0009	2.1223	0.0342	0.1143	0.0016	815	5	1156	19	1868	70	129
71*	136	930	0.9188	0.1316	0.0007	2.0714	0.0319	0.1142	0.0016	797	4	1139	18	1867	71	134
72*	141	1445	1.0283	0.0903	0.0005	1.2921	0.0196	0.1038	0.0014	557	3	842	13	1693	72	204
73*	130	905	1.1316	0.1332	0.0015	2.1203	0.0399	0.1154	0.0016	806	9	1155	22	1887	73	134
74	134	372	0.8381	0.3263	0.0021	5.6149	0.0871	0.1248	0.0017	1820	12	1918	30	2026	74	11
75	101	262	0.6922	0.3564	0.0027	6.9413	0.1130	0.1412	0.0020	1965	15	2104	34	2242	75	14
76*	143	381	0.9383	0.3282	0.0014	6.1754	0.0913	0.1365	0.0019	1830	8	2001	30	2183	76	19
77*	89	289	1.2875	0.2719	0.0041	5.3277	0.1169	0.1420	0.0020	1551	23	1873	41	2251	77	45
78*	174	1552	0.7332	0.1075	0.0007	1.6108	0.0264	0.1086	0.0015	658	4	974	16	1776	78	170
79	124	389	0.5288	0.3069	0.0018	4.9683	0.0757	0.1174	0.0016	1725	10	1814	28	1917	79	11
80*	112	488	0.9021	0.2138	0.0042	3.5571	0.0931	0.1204	0.0017	1249	25	1540	40	1963	80	57
81*	130	601	1.2869	0.1936	0.0025	3.5377	0.0730	0.1324	0.0019	1141	15	1536	32	2129	81	87
82*	122	630	1.4684	0.1691	0.0010	2.9708	0.0475	0.1274	0.0018	1007	6	1400	22	2062	82	105
83	105	208	0.6678	0.4424	0.0017	10.0897	0.1476	0.1654	0.0023	2361	9	2443	36	2512	83	6

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄(Ma)						不谐和度(%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
	( $\times 10^{-6}$ )			测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
84 *	159	774	1.4816	0.1735	0.0028	3.1082	0.0765	0.1296	0.0019	1031	17	1435	35	2093	84	103
85 *	49	137	0.9842	0.3222	0.0019	5.9443	0.0945	0.1338	0.0019	1801	11	1968	31	2148	85	19
86 *	51	158	0.8791	0.3021	0.0019	5.3528	0.0895	0.1285	0.0019	1702	10	1877	31	2077	86	22
87 *	175	1548	1.1846	0.0994	0.0004	1.4740	0.0217	0.1076	0.0015	611	3	920	14	1759	87	188
88 *	98	443	1.2251	0.2023	0.0029	3.4895	0.0773	0.1249	0.0018	1188	17	1525	34	2028	88	71
89 *	142	548	0.9963	0.2240	0.0014	4.5546	0.0701	0.1474	0.0020	1303	8	1741	27	2316	89	78
90 *	118	471	3.1534	0.2207	0.0028	3.4604	0.0682	0.1137	0.0016	1286	16	1518	30	1859	90	45
91 *	114	485	1.2853	0.2192	0.0010	3.4438	0.0516	0.1139	0.0016	1278	6	1514	23	1863	91	46
92 *	192	1701	4.9346	0.0925	0.0006	1.3792	0.0217	0.1081	0.0015	570	4	880	14	1768	92	210
93	70	200	0.8466	0.3132	0.0023	5.2032	0.0851	0.1205	0.0017	1757	13	1853	30	1963	93	12
94 *	143	701	1.2033	0.1867	0.0009	3.8115	0.0584	0.1480	0.0021	1103	5	1595	24	2323	94	111
95	43	119	0.6468	0.3306	0.0014	5.4413	0.0848	0.1194	0.0018	1841	8	1891	29	1947	95	6
96 *	120	526	1.2862	0.2089	0.0009	3.9953	0.0594	0.1387	0.0019	1223	5	1633	24	2211	96	81

注：\* 不谐和度超过 15% 的数据,统计中已剔除。



附表 5 鄂尔多斯地块长城系样品 H1-12 浅变质沉积岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 分析结果

Table 5 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of sample H1-12 meta-sedimentary rocks from Changcheng Group, Ordos block

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
H1-12(合探1井)																
1*	169	1098	1.0145	0.1335	0.0010	1.7676	0.0094	0.0960	0.0006	808	6	1034	6	1548	12	92
2	153	727	1.1854	0.1742	0.0010	2.7628	0.0176	0.1150	0.0007	1035	6	1346	9	1880	11	82
3	183	453	1.1617	0.3673	0.0023	7.3801	0.0399	0.1457	0.0009	2016	12	2159	12	2297	11	14
4	77	143	0.7121	0.4696	0.0026	10.6241	0.0643	0.1641	0.0010	2482	14	2491	15	2498	11	1
5*	130	1584	1.1360	0.0782	0.0005	1.0627	0.0076	0.0985	0.0006	486	3	735	5	1596	12	229
6*	140	1942	0.9237	0.0711	0.0006	0.9859	0.0055	0.1006	0.0006	443	4	697	4	1634	11	269
7*	167	607	1.0081	0.2367	0.0014	4.9206	0.0316	0.1508	0.0011	1370	8	1806	12	2355	12	72
8	53	154	0.6339	0.3176	0.0017	4.7091	0.0372	0.1075	0.0009	1778	10	1769	14	1758	16	-1
9	96	271	1.0079	0.3279	0.0022	4.7563	0.0445	0.1052	0.0010	1828	12	1777	17	1718	17	-6
10	21	62	0.4363	0.3159	0.0018	4.7442	0.0584	0.1089	0.0013	1770	10	1775	22	1781	22	1
11	14	40	0.7122	0.3192	0.0018	4.7637	0.0270	0.1082	0.0007	1786	10	1779	10	1770	12	-1
12*	112	1421	1.1768	0.0747	0.0004	1.1058	0.0076	0.1074	0.0007	464	3	756	5	1756	13	278
13*	100	942	1.6830	0.0985	0.0006	1.4336	0.0076	0.1056	0.0007	606	4	903	5	1724	11	185
14	85	145	1.2844	0.4667	0.0026	10.6106	0.4822	0.1649	0.0012	2469	14	2490	113	2507	13	2
15*	98	1010	2.0739	0.0895	0.0038	1.3601	0.0097	0.1102	0.0007	553	23	872	6	1802	12	226
16*	122	1780	1.3706	0.0577	0.0004	0.7044	0.0067	0.0885	0.0008	362	2	541	5	1393	17	285
17	49	138	0.2467	0.3522	0.0019	5.7327	0.0378	0.1180	0.0009	1945	11	1936	13	1927	13	-1
18	29	50	1.0583	0.4687	0.0026	10.6251	0.1327	0.1644	0.0021	2478	14	2491	31	2501	22	1
19	18	61	0.0628	0.3029	0.0017	4.4369	0.1386	0.1062	0.0034	1706	10	1719	54	1736	58	2
20	30	89	0.6769	0.3030	0.0019	4.4777	0.0518	0.1072	0.0007	1706	11	1727	20	1752	12	3
21*	180	1819	1.6820	0.0908	0.0010	1.3420	0.0109	0.1071	0.0011	561	6	864	7	1751	18	212
22*	117	2243	1.1012	0.0483	0.0003	0.6963	0.0160	0.1046	0.0024	304	2	537	12	1707	42	462
23	20	56	1.1615	0.2871	0.0018	4.4706	0.0362	0.1129	0.0010	1627	10	1726	14	1847	16	14
24	122	375	0.7188	0.2992	0.0016	4.5286	0.0254	0.1098	0.0007	1687	9	1736	10	1796	11	6
25	88	171	0.4886	0.4652	0.0027	10.5890	0.0594	0.1651	0.0010	2463	14	2488	14	2508	10	2

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄(Ma)						不谐和度(%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
	( $\times 10^{-6}$ )															
26 *	217	2199	0.2160	0.0985	0.0006	1.2545	0.0626	0.0924	0.0039	606	3	825	41	1475	81	144
27 *	16	91	2.3136	0.1617	0.0015	2.4387	0.0235	0.1094	0.0008	966	9	1254	12	1790	13	85
28 *	144	1501	0.6323	0.0871	0.0007	1.1228	0.0066	0.0935	0.0006	538	5	764	5	1498	12	178
29 *	157	6393	2.4296	0.0177	0.0001	0.1895	0.0017	0.0775	0.0005	113	1	176	2	1134	14	901
30 *	33	119	1.1536	0.2586	0.0022	3.8670	0.0257	0.1085	0.0008	1483	13	1607	11	1774	13	20
31	37	108	0.7850	0.3057	0.0017	4.6669	0.0270	0.1107	0.0007	1720	10	1761	10	1811	11	5
32 *	275	2893	0.4810	0.0909	0.0006	1.3155	0.0105	0.1050	0.0009	561	3	853	7	1713	16	205
33 *	151	2094	1.1093	0.0697	0.0008	0.9910	0.0095	0.1031	0.0006	434	5	699	7	1681	11	287
34 *	116	2006	0.8564	0.0555	0.0005	0.6985	0.0041	0.0913	0.0006	348	3	538	3	1452	12	317
35 *	184	1597	0.5675	0.1110	0.0006	1.4707	0.0123	0.0961	0.0006	678	4	918	8	1550	12	129
36 *	147	2144	1.3768	0.0615	0.0004	1.1563	0.0066	0.1363	0.0008	385	3	780	4	2181	11	467
37 *	129	1627	2.2586	0.0694	0.0004	0.9793	0.0079	0.1024	0.0006	432	3	693	6	1668	11	286
38	155	394	1.2223	0.3323	0.0027	5.2902	0.0312	0.1155	0.0007	1850	15	1867	11	1887	11	2
39 *	107	1487	1.1160	0.0665	0.0004	0.9849	0.0073	0.1075	0.0007	415	2	696	5	1757	12	324
40 *	123	1055	2.1523	0.1064	0.0008	1.7230	0.0151	0.1174	0.0011	652	5	1017	9	1918	17	194
41 *	150	725	1.1881	0.1978	0.0014	3.2381	0.0331	0.1187	0.0012	1163	9	1466	15	1937	18	67
42	20	56	0.8592	0.3122	0.0019	4.6402	0.0263	0.1078	0.0008	1751	11	1757	10	1763	14	1
43 *	135	1580	1.1428	0.0815	0.0005	1.1096	0.0122	0.0988	0.0012	505	3	758	8	1601	22	217
44	36	105	1.3067	0.2862	0.0016	3.8797	0.0211	0.0983	0.0006	1622	9	1609	9	1592	12	-2
45	154	476	0.4702	0.3186	0.0017	4.9749	0.0564	0.1132	0.0013	1783	10	1815	21	1852	20	4
46	21	67	0.6672	0.2913	0.0017	4.3518	0.0324	0.1083	0.0008	1648	9	1703	13	1772	14	8
47	27	77	0.7703	0.3132	0.0018	4.6766	0.0569	0.1083	0.0014	1757	10	1763	21	1771	23	1
48	14	44	0.6059	0.2965	0.0017	4.4210	0.0349	0.1081	0.0009	1674	10	1716	14	1768	15	6
49 *	134	1335	1.5564	0.0959	0.0017	1.4269	0.0084	0.1079	0.0008	590	11	900	5	1765	14	199
50	60	117	0.5067	0.4561	0.0038	10.3008	0.6640	0.1638	0.0011	2422	20	2462	159	2495	11	3
51	115	304	0.8429	0.3464	0.0019	6.4116	0.0413	0.1342	0.0008	1918	10	2034	13	2154	11	12
52 *	144	4820	2.5998	0.0224	0.0001	0.2573	0.0014	0.0834	0.0006	143	1	232	1	1279	14	796
53 *	94	760	2.2788	0.1058	0.0006	1.6767	0.0112	0.1149	0.0008	648	4	1000	7	1879	13	190
54	32	96	0.6014	0.3080	0.0017	4.5701	0.0238	0.1076	0.0007	1731	10	1744	9	1759	11	2

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
55*	160	1001	2.1366	0.1354	0.0011	2.5779	0.0160	0.1381	0.0014	819	7	1294	8	2203	18	169
56	22	43	0.6391	0.4488	0.0052	10.3825	0.0826	0.1678	0.0014	2390	28	2469	20	2536	14	6
57*	18	132	3.8456	0.1106	0.0013	1.6616	0.0250	0.1090	0.0015	676	8	994	15	1783	25	164
58	21	74	0.6676	0.2715	0.0018	4.0378	0.0250	0.1078	0.0017	1549	10	1642	10	1763	28	14
59*	158	5020	3.3414	0.0213	0.0002	0.3178	0.0022	0.1081	0.0007	136	1	280	2	1768	12	1201
60*	65	573	3.2816	0.1021	0.0006	1.6162	0.0090	0.1148	0.0007	627	3	977	5	1877	11	199
61*	147	499	0.4239	0.2819	0.0020	4.9548	0.0269	0.1275	0.0008	1601	11	1812	10	2064	11	29
62	201	381	0.8255	0.4590	0.0025	10.5389	0.0554	0.1665	0.0010	2435	13	2483	13	2523	10	4
63	135	432	0.3859	0.3029	0.0017	4.9360	0.0283	0.1182	0.0008	1706	10	1808	10	1929	11	13
64	54	119	0.4627	0.4146	0.0023	8.8053	0.0691	0.1540	0.0013	2236	12	2318	18	2391	15	7
65*	127	2881	2.4992	0.0389	0.0003	0.5247	0.0034	0.0978	0.0006	246	2	428	3	1583	12	543
66*	102	688	0.9748	0.1456	0.0009	2.2790	0.0113	0.1135	0.0007	876	6	1206	6	1856	11	112
67*	197	4049	1.1953	0.0475	0.0003	0.6030	0.0034	0.0920	0.0006	299	2	479	3	1467	12	390
68*	154	918	0.5649	0.1646	0.0009	2.4415	0.0147	0.1076	0.0007	982	5	1255	8	1759	11	79
69*	89	821	1.8829	0.1002	0.0010	1.5465	0.0146	0.1119	0.0010	616	6	949	9	1831	16	197
70*	126	449	1.0054	0.2628	0.0014	4.4162	0.0691	0.1219	0.0009	1504	8	1715	27	1984	12	32
71	84	233	0.3595	0.3458	0.0019	5.6702	0.0364	0.1189	0.0009	1915	10	1927	12	1940	13	1
72*	105	1159	0.2755	0.0910	0.0005	1.2759	0.0102	0.1017	0.0009	561	3	835	7	1655	16	195
73*	129	1282	1.3430	0.0960	0.0009	1.4433	0.0290	0.1090	0.0007	591	6	907	18	1783	12	202
74*	111	530	0.4625	0.2089	0.0273	3.5132	0.0175	0.1220	0.0008	1223	160	1530	8	1985	11	62
75*	139	3853	3.2747	0.0296	0.0002	0.4438	0.0036	0.1089	0.0009	188	1	373	3	1781	16	849
76	36	116	1.0437	0.2712	0.0015	3.6322	0.0791	0.0972	0.0011	1547	8	1557	34	1570	21	2
77*	17	69	1.8761	0.2234	0.0019	3.3683	0.0364	0.1093	0.0007	1300	11	1497	16	1788	11	38
78*	296	2743	0.9664	0.1000	0.0010	1.9488	0.0234	0.1414	0.0022	614	6	1098	13	2244	27	265
79*	127	811	0.3765	0.1524	0.0013	2.3389	0.0128	0.1113	0.0007	915	8	1224	7	1820	12	99
80*	139	487	1.3016	0.2662	0.0020	4.3191	0.0364	0.1177	0.0010	1521	12	1697	14	1921	16	26
81*	196	2684	1.6598	0.0668	0.0004	0.9783	0.0069	0.1061	0.0006	417	2	693	5	1734	11	316
82*	156	939	1.9508	0.1577	0.0009	2.7529	0.0167	0.1266	0.0009	944	6	1343	8	2052	12	117
83*	144	1440	0.5400	0.0982	0.0006	1.3726	0.0099	0.1014	0.0006	604	3	877	6	1649	11	173

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄(Ma)						不谐和度(%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
	$(\times 10^{-6})$			测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
84 *	136	1279	1.7124	0.0959	0.0005	1.3333	0.0066	0.1009	0.0007	590	3	860	4	1640	14	178
85 *	48	142	1.3670	0.3145	0.0018	5.6371	1.6702	0.1300	0.0011	1763	10	1922	569	2098	15	19
87 *	249	6181	1.6116	0.0385	0.0003	0.5798	0.0053	0.1093	0.0010	243	2	464	4	1787	17	634
88 *	61	641	1.3967	0.0892	0.0005	1.3232	0.0104	0.1075	0.0009	551	3	856	7	1758	16	219
89 *	110	1057	0.6607	0.1004	0.0006	1.5075	0.0151	0.1089	0.0011	617	4	933	9	1781	19	189
90 *	72	255	0.7229	0.2632	0.0016	3.9625	0.0417	0.1092	0.0007	1506	9	1627	17	1786	11	19
91 *	112	792	0.9318	0.1255	0.0011	2.2427	0.0127	0.1296	0.0009	762	7	1194	7	2093	12	175
92 *	146	1331	0.9605	0.1044	0.0006	1.5599	0.0116	0.1084	0.0009	640	4	954	7	1772	15	177
93 *	138	1039	0.3040	0.1291	0.0024	1.9354	0.0119	0.1087	0.0007	783	15	1093	7	1778	12	127
94	37	82	0.6540	0.4071	0.0024	7.7090	0.0896	0.1373	0.0013	2202	13	2198	26	2194	16	0
95	48	135	0.5807	0.3372	0.0020	5.5853	0.0784	0.1201	0.0022	1873	11	1914	27	1958	33	5
96	25	86	0.4188	0.2755	0.0020	4.0909	0.0358	0.1077	0.0010	1568	11	1652	14	1761	17	12

注：\* 不谐和度超过 15% 的数据,统计中已剔除。

附表 6 鄂尔多斯地块长城系样品 QS1-16 浅变质沉积岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 分析结果

Table 6 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of sample QS1-16 meta-sedimentary rocks from Changcheng Group, Ordos block

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
QS1-16(庆深 1 井)																
1	32	89	0.8900	0.3128	0.0022	4.7262	0.0583	0.1096	0.0012	1754	12	1772	22	1793	20	2
2*	96	376	0.9023	0.2378	0.0018	3.5548	0.0414	0.1084	0.0011	1375	10	1539	18	1773	18	29
3*	189	5843	1.3093	0.0276	0.0002	0.3580	0.0043	0.0942	0.0009	175	1	311	4	1513	18	763
4*	74	175	1.1165	0.3545	0.0020	7.4966	0.0782	0.1534	0.0015	1956	11	2173	23	2384	17	22
5*	241	3170	0.6052	0.0701	0.0004	1.3596	0.0143	0.1407	0.0014	437	2	872	9	2236	17	412
6*	204	2107	0.3712	0.0954	0.0008	1.2920	0.0158	0.0982	0.0009	588	5	842	10	1590	18	171
7*	179	1879	0.5974	0.0871	0.0006	1.6024	0.0189	0.1334	0.0013	538	4	971	11	2144	17	298
8	21	56	0.3813	0.3562	0.0024	6.0014	0.0704	0.1222	0.0013	1964	13	1976	23	1988	19	1
9*	201	1268	0.5941	0.1418	0.0013	2.7292	0.0386	0.1396	0.0014	855	8	1336	19	2222	17	160
10*	215	2056	0.4897	0.0993	0.0006	1.7333	0.0190	0.1265	0.0012	611	4	1021	11	2050	17	236
11*	140	1445	0.5093	0.0943	0.0009	1.4441	0.0186	0.1110	0.0011	581	6	907	12	1816	17	213
12	31	95	0.4321	0.3133	0.0019	4.7066	0.0524	0.1089	0.0011	1757	11	1768	20	1782	19	1
13*	98	324	0.2530	0.3009	0.0035	4.9906	0.0731	0.1203	0.0011	1696	20	1818	27	1960	17	16
14*	115	284	0.8723	0.3511	0.0025	7.5832	0.0847	0.1566	0.0015	1940	14	2183	24	2420	16	25
15*	118	630	0.9974	0.1713	0.0024	3.4914	0.0568	0.1478	0.0015	1019	14	1525	25	2320	17	128
16*	100	305	0.5284	0.3132	0.0033	6.6345	0.0913	0.1536	0.0015	1757	19	2064	28	2386	16	36
17	121	273	0.6270	0.3969	0.0027	8.7763	0.0958	0.1604	0.0015	2155	15	2315	25	2460	16	14
18*	137	721	0.8016	0.1746	0.0011	3.6502	0.0381	0.1516	0.0014	1038	6	1561	16	2364	16	128
19	101	310	0.8022	0.2919	0.0021	4.6458	0.0523	0.1154	0.0011	1651	12	1758	20	1886	17	14
20*	30	149	0.3169	0.2009	0.0013	3.0316	0.0340	0.1094	0.0011	1180	8	1416	16	1790	18	52
21*	154	15062	1.6625	0.0085	0.0001	0.1024	0.0014	0.0877	0.0008	54	1	99	1	1376	18	2431
22*	187	6461	1.2449	0.0260	0.0010	0.3669	0.0139	0.1025	0.0010	165	6	317	12	1670	18	910
23*	85	432	0.0628	0.2021	0.0049	3.1263	0.0803	0.1122	0.0011	1186	29	1439	37	1836	17	55
24*	92	1273	1.5718	0.0636	0.0007	1.2825	0.0198	0.1463	0.0014	397	5	838	13	2303	16	480
25*	83	240	0.4166	0.3287	0.0025	6.1814	0.0726	0.1364	0.0013	1832	14	2002	23	2182	16	19

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
	( $\times 10^{-6}$ )															
26*	93	257	0.6096	0.3268	0.0041	6.7665	0.1041	0.1502	0.0014	1823	23	2081	32	2348	16	29
27*	88	553	0.7288	0.1503	0.0011	2.4834	0.0275	0.1199	0.0011	903	7	1267	14	1954	17	117
28*	152	621	0.3540	0.2319	0.0024	3.8980	0.0524	0.1219	0.0011	1344	14	1613	22	1985	17	48
29*	142	869	0.6252	0.1561	0.0011	3.2365	0.0361	0.1504	0.0014	935	7	1466	16	2350	16	151
30*	166	1374	0.9743	0.1128	0.0007	1.8952	0.0197	0.1219	0.0011	689	4	1079	11	1984	17	188
31*	171	729	0.8448	0.1949	0.0020	4.1172	0.0565	0.1532	0.0014	1148	12	1658	23	2382	16	108
32*	199	2333	0.5911	0.0778	0.0012	1.2590	0.0233	0.1173	0.0011	483	7	827	15	1915	17	296
33*	234	3313	1.3757	0.0553	0.0005	1.0377	0.0131	0.1361	0.0013	347	3	723	9	2179	16	528
34*	150	3702	1.1320	0.0384	0.0004	0.5529	0.0068	0.1044	0.0010	243	2	447	6	1704	17	601
35*	104	1492	0.1580	0.0673	0.0004	0.9766	0.0099	0.1053	0.0010	420	3	692	7	1719	17	310
36	35	100	0.1958	0.3465	0.0021	5.7520	0.0614	0.1204	0.0012	1918	12	1939	21	1962	17	2
37*	138	1274	0.7633	0.0982	0.0021	1.8875	0.0463	0.1393	0.0013	604	13	1077	26	2219	16	267
38	94	276	0.3019	0.3332	0.0028	5.4724	0.0641	0.1191	0.0011	1854	15	1896	22	1943	17	5
39*	112	525	0.7441	0.2019	0.0018	3.2185	0.0390	0.1156	0.0011	1186	11	1462	18	1889	17	59
40*	162	1176	0.4494	0.1247	0.0017	1.9395	0.0326	0.1128	0.0010	758	10	1095	18	1845	17	143
41*	40	153	0.6816	0.2486	0.0020	3.7008	0.0435	0.1080	0.0010	1431	12	1572	18	1766	17	23
42*	180	2072	0.4678	0.0846	0.0006	1.1434	0.0127	0.0980	0.0009	524	4	774	9	1586	17	203
43*	152	1294	0.5202	0.1170	0.0017	1.8931	0.0322	0.1174	0.0011	713	10	1079	18	1917	16	169
44*	136	625	0.3277	0.2140	0.0038	3.3077	0.0690	0.1121	0.0010	1250	22	1483	31	1834	17	47
45*	146	1519	0.6139	0.0883	0.0006	1.5985	0.0172	0.1313	0.0012	545	4	970	10	2116	16	288
46*	37	151	0.7652	0.2392	0.0020	4.0543	0.0505	0.1229	0.0012	1382	11	1645	20	1999	18	45
47	68	125	0.9667	0.4453	0.0025	9.7001	0.0973	0.1580	0.0015	2374	14	2407	24	2434	16	3
48*	107	878	0.6896	0.1105	0.0008	2.1585	0.0243	0.1417	0.0013	676	5	1168	13	2248	16	233
49*	68	250	0.4650	0.2610	0.0022	3.9196	0.0458	0.1089	0.0010	1495	12	1618	19	1781	17	19
50*	28	88	1.2871	0.2682	0.0023	5.7114	0.0682	0.1544	0.0015	1532	13	1933	23	2396	16	56
51	88	249	0.2356	0.3473	0.0019	5.7740	0.0572	0.1206	0.0011	1922	11	1943	19	1965	16	2
52	20	58	0.5889	0.3098	0.0017	4.6528	0.0551	0.1089	0.0012	1740	10	1759	21	1781	20	2
53	123	260	0.5891	0.4239	0.0023	8.3438	0.0819	0.1428	0.0013	2278	12	2269	22	2261	16	-1
54*	11	54	0.8257	0.1832	0.0028	2.8406	0.0649	0.1124	0.0019	1085	17	1366	31	1839	30	70



测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
	( $\times 10^{-6}$ )															
55	76	233	0.3678	0.3197	0.0022	5.2885	0.0567	0.1200	0.0011	1788	12	1867	20	1956	17	9
56*	74	245	0.8404	0.2633	0.0019	5.0902	0.0566	0.1402	0.0013	1507	11	1834	20	2230	16	48
57*	133	579	0.5691	0.2180	0.0033	3.4178	0.0617	0.1137	0.0011	1272	19	1509	27	1859	17	46
58*	25	99	0.9062	0.2268	0.0021	3.5644	0.0438	0.1140	0.0012	1318	12	1542	19	1863	20	41
59*	21	66	1.0992	0.2810	0.0047	6.1053	0.1198	0.1576	0.0016	1596	27	1991	39	2430	17	52
60*	184	3487	0.6286	0.0489	0.0009	0.7637	0.0162	0.1134	0.0011	308	6	576	12	1854	17	503
61*	143	3497	0.7672	0.0389	0.0003	0.5316	0.0061	0.0991	0.0009	246	2	433	5	1608	17	554
62*	106	510	0.5087	0.2009	0.0017	3.1621	0.0371	0.1142	0.0011	1180	10	1448	17	1867	17	58
63*	41	103	0.9669	0.3365	0.0050	7.1820	0.1286	0.1548	0.0015	1870	28	2134	38	2400	16	28
64*	69	123	1.0793	0.4542	0.0030	10.2525	0.1094	0.1637	0.0015	2414	16	2458	26	2494	16	3
65	55	172	0.9043	0.2805	0.0017	3.7658	0.0393	0.0974	0.0009	1594	9	1585	17	1574	18	-1
66*	18	60	1.3374	0.2496	0.0030	5.4306	0.1063	0.1578	0.0018	1436	17	1890	37	2433	20	69
67*	101	361	1.0382	0.2541	0.0016	5.5904	0.0590	0.1596	0.0015	1460	9	1915	20	2451	16	68
68	23	65	0.6890	0.3161	0.0018	4.7571	0.0543	0.1092	0.0012	1771	10	1777	20	1785	19	1
69*	115	1573	0.7669	0.0714	0.0008	1.0006	0.0143	0.1016	0.0010	445	5	704	10	1653	17	272
70	107	336	0.2662	0.3134	0.0020	4.7615	0.0502	0.1102	0.0010	1758	11	1778	19	1802	17	3
71	42	79	0.9884	0.4492	0.0025	9.7219	0.1002	0.1570	0.0015	2392	13	2409	25	2423	16	1
72*	30	117	0.8658	0.2298	0.0036	4.1609	0.0749	0.1313	0.0013	1333	21	1666	30	2116	17	59
73*	37	167	0.9779	0.2034	0.0022	3.0541	0.0436	0.1089	0.0011	1194	13	1421	20	1781	18	49
74	28	87	0.7957	0.2918	0.0017	4.4221	0.0484	0.1099	0.0011	1650	10	1716	19	1798	19	9
75*	105	1471	1.2455	0.0670	0.0004	1.0537	0.0109	0.1141	0.0011	418	2	731	8	1866	17	346
76*	167	1522	0.7150	0.1025	0.0010	1.6148	0.0219	0.1143	0.0011	629	6	976	13	1869	17	197
77*	135	1832	0.2908	0.0737	0.0004	0.9212	0.0095	0.0906	0.0009	458	3	663	7	1439	18	214
78*	31	140	1.0459	0.2080	0.0029	3.1801	0.0530	0.1109	0.0011	1218	17	1452	24	1814	18	49
79*	154	4095	1.4663	0.0338	0.0005	0.5885	0.0098	0.1261	0.0012	215	3	470	8	2045	17	853
80*	31	72	1.1460	0.3624	0.0023	7.7288	0.0842	0.1547	0.0015	1993	13	2200	24	2398	17	20
81*	18	80	1.3196	0.2042	0.0016	3.1438	0.0400	0.1117	0.0012	1198	9	1443	18	1827	20	53
82*	117	965	1.1061	0.1038	0.0022	2.0393	0.0518	0.1424	0.0014	637	14	1129	29	2257	17	254
83*	28	98	1.2360	0.2585	0.0018	4.1514	0.0486	0.1165	0.0012	1482	10	1664	19	1903	19	28

测点号	元素含量			同位素比值						同位素年龄 (Ma)						不谐和度 (%)
	Pb	U	Th/U	$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		
	( $\times 10^{-6}$ )			测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	
84 *	91	375	0.5785	0.2326	0.0017	3.7255	0.0425	0.1162	0.0011	1348	10	1577	18	1898	17	41
85	33	90	0.5631	0.3386	0.0021	6.1089	0.0672	0.1308	0.0013	1880	12	1992	22	2109	17	12
86 *	148	1579	0.6170	0.0913	0.0007	1.3378	0.0154	0.1062	0.0010	563	4	862	10	1736	18	208
87 *	152	948	0.4963	0.1507	0.0009	2.3185	0.0240	0.1116	0.0011	905	5	1218	13	1826	17	102
88	18	47	1.1478	0.3162	0.0019	5.0776	0.0657	0.1165	0.0014	1771	10	1832	24	1903	21	7
89 *	147	2732	0.8629	0.0501	0.0004	0.8111	0.0094	0.1175	0.0011	315	3	603	7	1919	17	509
90	42	127	0.6711	0.3070	0.0019	4.5965	0.0505	0.1086	0.0011	1726	11	1749	19	1776	18	3
91 *	179	1942	0.4667	0.0876	0.0006	1.3430	0.0145	0.1112	0.0011	541	3	865	9	1820	18	236
92 *	401	3096	0.8970	0.1213	0.0018	1.9143	0.0339	0.1144	0.0011	738	11	1086	19	1871	17	153
93	68	216	0.7472	0.2922	0.0020	4.4164	0.0500	0.1096	0.0011	1652	11	1715	19	1793	18	9
94 *	95	697	0.9391	0.1253	0.0011	1.9770	0.0263	0.1144	0.0011	761	7	1108	15	1870	18	146
95 *	125	1637	1.2583	0.0668	0.0005	1.2317	0.0165	0.1338	0.0013	417	3	815	11	2148	18	415
96 *	52	153	0.8587	0.3122	0.0019	6.2039	0.0676	0.1441	0.0014	1752	10	2005	22	2277	17	30

注: \* 不谐和度超过 15% 的数据, 统计中已剔除。