文章编号:1000-0550(2014)04-0643-11

鄂尔多斯盆地乌审旗地区上古生界砂岩碎屑锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[®]

韩会平^{1,2} 武春英^{2,3} 白清华^{2,3} 陈 鹏^{1,2} 刘新社^{2,3} 秦百平^{1,2}

(1.中国石油长庆油田分公司 西安 710018;2.低渗透油气田勘探开发国家工程实验室 西安 710018;3.中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院 西安 710018)

摘 要 通过 LA-ICP-MS 碎屑锆石的 U-Pb 测年和 U、Th 元素含量分析,结合邻区年龄数据和岩性特征,对鄂尔多斯 盆地乌审旗地区上古生界山西组 1 段和下石盒子组 8 段砂岩进行了同位素定年物源示踪研究。研究揭示,盒 8 段和 山 1 段源区母岩形成年龄属于太古代、古元古代、中元古代、晚古生代,分别与华北块体的形成、增生和克拉通化相关, 是华北克拉通演化多阶段地质事件作用下的产物。沉积物源区主要为华北克拉通内部或盆地北缘,物源主要来自华 北地台东部的早太古代基底古老变质岩系和新太古代的变质岩系、乌拉山和东部集宁地区的新太古代晚期的片麻状 花岗岩、早元古代早期的古老的 TTG 片麻岩及麻粒岩和早元古代晚期的孔兹岩带,此外,阴山地块 390~310 Ma 岩浆 岩也是重要物源之一。该项成果不仅查明了乌审旗地区上古生界山西组 1 段和下石盒子组 8 段碎屑锆石年龄与华北 克拉通地质事件在时间上的对应关系,指明了年龄区间碎屑物质成分来源的归属性,而且对研究区可能存在的华北

关键词 碎屑锆石 U-Pb 测年 物源 上古生界 鄂尔多斯盆地 第一作者简介 韩会平 男 1973 年出生 硕士 工程师 石油、天然气地质 E-mail: hanhp_cq@ petrochina.com.cn 中图分类号 P539.6 文献标识码 A

0 引言

物源分析是盆地分析的重要内容之一,是确定沉 积物物源位置、判别源区母岩性质和恢复盆地古地貌 的重要依据,也是重塑盆地沉积与构造演化过程中相 互耦合关系的主要方法^[1-4]。传统的物源分析主要 利用重矿物的物性特征及其组合关系法、地层砂/泥 比值法、大地构造的"指纹"分析法(碎屑岩类比法)、 沉积构造等方法^[5-10]。近年来,物源分析已向多技 术、多方法的综合研究领域发展,如沉积岩地球化学 示踪技术、磁组构分析法、阴极发光法、同位素定年物 源示踪法等。这些方法及其研究成果很好的指导了 储层沉积物源判定方面的研究,并成功地应用于大陆 生长分析以及古气候和古环境反演^[11-16],使物源判 定在质上更具有说服力。

关于鄂尔多斯盆地乌审旗地区上古生界沉积期的古水流与物源方向,目前仅是比较笼统地指出来自北部^[17],罗静兰等(2010)对该区上古生界母岩性质对优质储层影响方面做过一些讨论^[18],但对来自源

区地层时代以及物源区母岩性质及其代表的地质意 义的研究目前还不够深入,这在一定程度上也制约了 该地区的油气勘探进展。本文主要通过砂岩中碎屑 锆石的微区激光剥蚀等离子质谱(LA-ICP-MS)U-Pb 测年,对研究区主要含气目的层上古生界山西组1段 (山1)和下石盒子组8段(盒8)沉积期的物源方向、 源区地层时代及母岩性质进行综合研究,拟为预测研 究区目的层砂体空间展布和油气勘探部署提供理论 依据。

1 地质背景

鄂尔多斯盆地北起阴山,南至秦岭,东抵吕梁山, 西达腾格里沙漠,横跨陕、甘、宁、蒙、晋五省区,面积 37×10⁴ km²,是我国第二大沉积盆地。鄂尔多斯盆地 内部可分为西缘断褶带、天环凹陷、伊盟隆起、伊陕斜 坡、晋西挠褶带、渭北隆起等6个次级构造单元(图 1)。盆地现今整体呈向西倾斜的平缓单斜,平均坡 降约10 m/km,地层倾角小于1°。在单斜背景上发 育多排东西向的低缓鼻隆,是天然气聚集的主要构造

①国家重大科技专项课题(编号:2011ZX05044)与中国石油天然气股份有限公司重大科技专项课题(编号:2011E-1301)联合资助 收稿日期:2013-11-25;收修改稿日期:2014-05-02

单元。

644

研究区位于伊陕斜坡北部,北起伊金霍洛旗,南 至乌审旗,西邻苏里格庙气田,东到乌拉庙(图1)。 研究区内上古生界包括中上石炭统本溪组、太原组、 二叠系山西组、下石盒子组、上石盒子组和石千峰组, 全区缺失下石炭统,本溪组假整合覆盖在奥陶系灰岩 剥蚀面上(表1)。研究证实,鄂尔多斯盆地晚古生代 陆源碎屑沉积具有多物源供给、多样化沉积相、多种 沉积体系共存的特点^[19]。在广覆式生烃背景下,广 泛发育沼泽相煤系烃源岩及河流、大面积缓坡浅水三 角洲砂岩储集体和稳定的单斜构造,为大型致密岩性 气藏的形成提供了有利条件^[20]。



Fig.1 Location map of the Wushenqi area, Ordos Basin

为研究乌审旗地区上古生界砂岩中碎屑锆石所 揭示的源区母岩时代与母岩性质,根据研究需要,在 研究区整个空间上选择具有代表性的钻井和勘探主 要目的层作为本次研究对象的基本原则,依此分别选 取了研究区内召 23 井、召 14 井、统 32 井、统 25 井的 盒8段和召12井、召17井的山1段的砂岩碎屑样品 进行锆石U-Pb年龄测定。样品要求重量在1kg以 上,取芯段长度至少在90 cm以上连续完整的不同岩 性和粒度的钻井岩芯大样(表2,图1)。取样位置见 图1,样品岩性基本属于石英砂岩,次为岩屑石英砂 岩和少量岩屑砂岩。砂岩的碎屑颗粒主要成分以石 英类(63.7%)和岩屑(18.6%)为主,长石含量极少, 含量几乎为零。碎屑颗粒以次棱角状为主,其次为次 棱一次圆、次圆,几乎不见棱角状颗粒,显示了较差— 中等的磨圆度。砂岩粒径以0.5~1 mm 之间的粗砂 岩为主,其次为中砂和细砾岩,几乎不含细砂及粉砂, 显示出较差的分选性。

表 1	鄂尔多斯盆地乌审旗地区上古生界地层主要特征
-----	-----------------------

 Table 1
 Main features of the Upper Paleozoic strata in Wushenqi area, Ordos Basin

		地层		主要岩性	厚度/m
	上统	石千峰组		泥质岩、砂岩	150~300
二叠系		上石盒子组	盒1段(盒1)		
			盒2段(盒2)	阳昏山土水山	100~350
			盒3段(盒3)	泥质石夹砂石	
			盒4段(盒4)		
	下统	下石盒子组	盒5段(盒5)		
			盒6段(盒6)		20~220
			盒7段(盒7)	砂泥岩互层	
			盒 8 _上 段(盒 8 _上))	
			盒 $8_{\overline{r}}$ 段(盒 $8_{\overline{r}}$))	
		山西组	山1段(山1)	动和山土田日	20~14
			山2段(山2)	砂 泥	
	上伝	十百年		砂岩、泥质岩夹	50 400
石炭系	上坈	太原组		煤层和碳酸盐岩	30~400
	下统	本溪组		页岩夹碳酸盐岩	0~560

表 2 乌审旗地区碎屑锆石中的 U-Pb 年龄测试样品

 Table 2
 Detrital zircon laser ablation ICP-MS U-Pb age

 of the test sample in Wushengi area

	-		-
井号	深度/m	层位	岩性描述
统 25	2 830.53~2 820.12	盒 8 _下	中细粒岩屑砂岩
统 32	2 684.13~2 685.32	盒 8	含砾中粗岩屑石英砂岩
召 23	3 082.63~3 083.02	盒 8	中—中细粒石英砂岩
召 14	3 027.88~3 020.54	盒 8_{\perp}	粗粒岩屑石英砂岩
召 17	3 127.66~3 091.87	山 1	含泥砾岩屑砂岩
召 12	3 118.43~3 113.97	山 1	含砾岩屑石英砂岩

2 样品采集及制备

将采集的六个大样洗净并晾干,粉碎至 85~100 目,先用磁选和浮选方法粗选锆石,然后在双目镜下 对锆石单矿物进行挑选,选出纯度较高的锆石颗粒用 以待测试分析。将选好的锆石颗粒排列整齐并用环 氧树脂粘制成样品靶,而后打磨抛光至锆石的内部露 出以备 LA-ICP-MS 分析。抛光后的锆石样靶分别进 行透射光和反射光显微照相,并在阴极射线下成 CL 图像,以进一步观察锆石抛光面和内部结构特征,最 终确定最佳分析的锆石颗粒和激光剥蚀点位。

锆石微区激光剥蚀等离子质谱(LA-ICP-MS)LA-ICP-MS 采用 GeoLas200M 激光剥蚀系统与 ElAN 6100 DRC ICP-MS 连接测定,以国际标准锆石 91500 作为 U-Pb 年龄测定的标准样品,所测锆石作为测定 样品,用人工合成的硅酸盐玻璃标准参考物质 NIST SRM610 使 GeoLas200M 激光剥蚀系统达到最理想工 作状态,所测定样品和标准样品的仪器条件完全相同 的情况下,对锆石测定样品的²⁰⁶ Pb、²⁰⁷ Pb、²³⁵ U、²³⁸ U 同位素含量进行测量,每测定4~5个点后测定一次 标准样品,把测取的锆石年龄数据与国际标准锆石 91500年龄数据进行对比较正,然后把校正后的所测 锆石样品的 U-Pb 同位素比值及元素含量原始数据 利用 GLITTER 4.0 程序对²⁰⁷ Pb/²³⁵U 年龄与²⁰⁶ Pb/²³⁸U 年龄比值进行计算(附表1),把<90%和>100%的年 龄数据剔除掉后,利用 Isoplot 软件绘制²⁰⁷ Pb/²³⁵ U 年 龄和206 Pb/238 U 年龄关系图(图 3)。从图中可以看 出,有效测试数据的单个样品都达到了55个颗粒以 上,因此,对研究区所测砂岩碎屑锆石年龄数据能全面反映物源区的信息具有效性和可信性。样品的采集、选取和制备由长庆油田低渗透油气田勘探开发国家工程实验室完成,锆石 U-Pb 同位素测试分析均在西北大学大陆动力学国家重点实验室用 Agilent7500a ICP-MS 激光离子探针完成。详细测试原理、流程和仪器参数见文献[21]。

3 样品测试结果

本次研究的 6 个大样中成功分离出的碎屑锆石 大部分粒度超过 100 m,为无色透明,部分色调显示 为不同程度的浅褐色、浅棕色和棕红色,大多数外形 均为浑圆状,少数保留了较自形的次棱柱状(图 2), 反映它们均经历了风化搬运作用的改造,揭示了较好 的磨圆和较近的物源区。测年的阴极发光图像(图 2)显示 390~310 Ma 的大多数碎屑锆石具有清晰韵 律环带结构特征,高的 U、Th 含量,Th/U 比值在 0.5~ 1 之间(图 3),揭示其为岩浆成因锆石。大多数2 600 ~2 510 Ma、2 600~2 320 Ma 碎屑锆石具有震荡环 带、扇形分带或无分带形结构,Th/U 比值在 0.1~1.0 之间(图 3),说明其既是岩浆成因锆石也是变质成因 锆石^[22,23]。同时,2 500~2 320 Ma 部分碎屑 锆 石由于受到2320 Ma后的地质活动事件因素的综合



图 2 鄂尔多斯盆地乌审旗地区碎屑锆石的阴极发光图像 Fig.2 Cathodoluminescence images of representative detrital zircons form He 8 Member and Shan 1 Member sandstones of the Upper Paleozoic strata in Wushenqi area, Ordos Basin





影响和改造,其具有面状分带、弱分带或无分带形结构,Th/U比值小于0.1(图3),揭示其为变质成因锆石。2290~2130 Ma、2200~1800 Ma、碎屑锆石具有震荡环带结构,且环带较窄,为岩浆成因锆石。2720 Ma锆石其Th/U比值在0.1~0.5之间(图3),反映了其变质重结晶作用不彻底^[24]。3689 Ma碎屑 锆石核部具有面状结构,边部显示变质增生宽白亮边。3750 Ma碎屑锆石核部具震荡环带结构,且环带 较宽,边部显示多期增生边,反映了其为岩浆锆石。

在 6 件样品的碎屑锆石颗粒上分析了 373 个点, 其测定结果表明, 盒 8 段所测砂岩碎屑锆石中, 除统 25 井(3 750 Ma、3 689 Ma)和统 32 井(2 720 Ma)年 龄值均大于 2 600 Ma 外, 召 14 井和召 23 井年龄值 为 2 720~2 98 Ma, 三个主峰期年龄为 2 200~1 800 Ma、2 600~2 320 Ma 和 390~310 Ma, 三个弱峰期年 龄值为 2 720 Ma、2 290~2 130 Ma、1 710~1 390 Ma (表 3、图 3)。召 12 井和召 17 井的山 1 段砂岩碎屑 锆石的年龄值一致,峰值年龄非常相近。测定年龄值 为 298~2 615 Ma, 明显的三个主峰年龄出现在 2 600 ~2 510 Ma、1 970~1 750 Ma、390~310 Ma 间, 弱峰期 年龄为 2 270~2 000 Ma、1 670~1 530 Ma、1 055 Ma (表 3、图 4)。

综上所述,除东北部统 25 井和统 32 井盒 8 段 外,其它样品年龄分布都低于 2 600 Ma,充分表明了 很好的一致性,总体表现三个明显的主峰期年龄和两 个弱峰期年龄,前者值为 2 200~1 800 Ma、2 600~ 2 320 Ma和 390~310 Ma,后者值为 2 200~2 000 Ma、 1 800~1 390 Ma(图 5)。

表 3 乌审旗地区盒 8 段和山 1 段砂岩碎屑锆石 U-Pb 年龄测定结果 Table 3 Results of detrital zircon U-Pb dating in He 8 Member and Shan 1 Member sandstones

of the Upper Paleozoic strata in Wushenqi area, Ordos Basin									
井号 层位	日台	年龄变化范围	主峰值年龄/Ma			弱峰值年龄/Ma			
	∕Ma	1	2	3	1	2	3	4	
统 25	盒 8 _下	3 689~330	2 600~2 320	2 200~1 810	379~315	3 750	2 200	1 800~1 600	1 390
统 32	盒 8	2 720~340	$2545 \sim 2370$	2 025~1 820	390~320	2 720	2 290~2 178		
召 23	盒 8	2 500~296	2 512~2 320	2 035~1 810	365~310	2 282~2 130	1 650		
召 14	盒 8 _上	$2\ 480 \sim 296$	$2468 \sim 2175$	2 110~1 800	345~310	2 135	1 715	1 555	
召 17	山 1	2 603~300	2 510~2 355	1 930~1 750	379~310	$2\ 270 \sim 2\ 000$	1 559		
召 12	山1	2 615~298	2 600~2 510	1 970~1 780	390~310	2 225~2 000	1 670~1 530	1 055	







图 5 乌审旗地区盒 8 段和山 1 段碎屑锆石年龄分布直方图 Fig.5 Age distribution histogram of detrital zircon in He 8 Member and Shan 1 Member sandstones of the Upper Paleozoic strata in Wushenqi area, Ordos Basin

4 测试结果讨论

4.1 碎屑锆石记录的华北克拉通地质事件

华北克拉通是中国最主要的克拉通之一,也是世 界上最古老的克拉通之一,记录了最早~3 800 Ma的 地质历史[25~29]。华北克拉通经历了陆核与微陆块的 形成(>3 000 Ma)、主要陆壳生长(地壳增生)事件 (2900~2700 Ma)、克拉通化(大规模岩浆和变质) 事件(~2 500 Ma)、古元古代造山事件(2 300~1 900 Ma)、克拉通最终形成(基底隆升、大陆裂谷与非造山 岩浆)事件(<1800 Ma)等复杂的多阶段的构造演化 历史^[30~38]。有资料表明,华北克拉通在 2 700~2 500 Ma 期间,发育了大规模的火山—岩浆活动^[39],在约 2 500 Ma太古宙结束时已基本形成,在 2 500~2 300 Ma 期间处于相对稳定的构造环境^[40]。乌审旗地区 盒8段和山1段砂岩中部分碎屑锆石峰值年龄在 2 600~2 320 Ma 间,这与这华北克拉通在太古代 2 700~2 300 Ma 期间发育的地质活动事件相对应, 指示了研究区在 2 600~2 320 Ma 期间可能主要接受 来自于华北克拉通 2 700~2 500 Ma 期间的火山岩碎 屑物质,部分接受2500~2320 Ma期间的变质岩碎 層物质。

最新研究认为华北克拉通 2 300~1 800 Ma 发生 的吕梁(滹沱)构造(造山旋回)事件有2300~1900 Ma的陆内造山和1850~1650 Ma的大陆裂解两个 事件群^[41]。前者发生了华北克拉通裂谷形成到闭合 的造山带的演化:后者主要为华北陆块的整体抬升、 基性岩墙群侵入、裂陷槽以及非造山岩浆活动等一系 列地质事件。这两个事件群表明了华北克拉通在古 元古代为周边地区可能提供了 2 300~1 650 Ma 的物 源。乌审旗地区盒8段和山1段砂岩中碎屑锆石年 龄峰值主要表现为 2 200~1 800 Ma、1 800~1 390 Ma,并且以 2 200~1 800 Ma 峰值年龄集中分布于锆 石中,占锆石峰期年龄的88%,这与华北克拉通古元 古代—中元古代重要地质事件发生的时代对应。少 数 390~310 Ma 的碎屑锆石是本次 U-Pb 年龄测试结 果中最年轻的一组,可能来自晚古生代古亚洲洋洋壳 向华北克拉通和蒙古古陆块进行双向俯冲影响的华 北北缘的岩浆岩,此年龄段锆石可能来自显生宙 400 ~300 Ma 的兴—蒙造山火成岩^[42~46]:对于研究区北 部盒8段和山1段分别出现2粒样品和1粒样品均 大于2600 Ma碎屑锆石,其年龄纪录与华北克拉通 化早期的 TTG 岩类及花岗岩的集中侵位时代

(2680~2500 Ma)相一致,这一时期为华北克拉通 最重要的陆壳(活动陆缘、岛弧)增生,克拉通化峰 期^[47]。

大量锆石年龄研究统计结果表明,华北克拉通是 全球发现大于等于 3 800 Ma 陆核岩石的四个地区之 一^[48~50],在 3 800~3 600 Ma 这段时期,板块构造在 始太古代已经起作用^[51],岩浆活动十分频繁,华北克 拉通的陆壳处于非常热的状态,中太古代以前火山岩 捕掳体目前仅在东部陆块发现^[52]。研究区统 25 井 盒 8 段出现了两粒年龄为 3 689 Ma 和 3 750 Ma 的锆 石,这与太古宙华北克拉通 3 800~3 600 Ma 时期地 质事件相吻合,也与其火山岩捕掳体的分布区有位置 上的配对关系。

4.2 源区母岩时代与母岩性质

岩屑是母岩岩石的碎块,其组分类型记录了源区 母岩成分的重要信息,是判定母岩性质的重要手段, 而母岩性质又可以示踪源区。岩石学研究表明,乌审 旗地区盒8段和山1段储集砂岩主要为石英砂岩、岩 屑石英砂岩和岩屑砂岩。石英砂岩中的岩屑主要为 高变质的石英岩(8.0%),岩屑石英砂岩中的岩屑主 要为浅变质的石英岩和少量火山岩,岩屑砂岩中的岩 屑主要为变质岩(15.3%),少量火山岩和沉积岩。这 三种岩石类型粒度较粗或中等,圆度呈次圆状---浑圆 状,甚至次棱状,其碎屑矿物粒径大小不等。砂岩碎 屑锆石阴极发光图像显示,大多数锆石呈浑圆状,少 数保留了较自形的次棱柱状(图2)。由此可知,乌审 旗地区盒8段和山1段储集砂岩的碎屑物质组分具 有较差的分选及磨圆,显示了研究区砂岩碎屑物质搬 运距离较短,揭示了其源区较近,为华北克拉通内部 或盆地北缘。

前人对鄂尔多斯盆地周边地区基底岩系的锆石 年龄进行了深入的研究,认为西部乌拉山和东部集宁 地区孔兹岩系形成时间均具有阶段性,它们的碎屑锆 石均存在三期峰值年龄,这对本次研究乌审旗地区物 源分析提供了重要的对比数据。研究表明,阴山地块 西部乌拉山和东部集宁地区孔兹岩系形成于 2 300 Ma之后,其碎屑锆石的三个峰期年龄分别为 2 200 Ma、2 000 Ma、1 800 Ma^[53]和 2 060 Ma、1 940 Ma、 1 890 Ma^[54],而乌审旗地区山 1 段和盒 8 段中存在 2 200~1 800 Ma 间的众多碎屑锆石峰期年龄,这揭 示了乌审旗地区山 1 段和盒 8 段碎屑岩的主要物源 供给区为靠近盆地北部早元古代晚期的孔兹岩带 (或孔兹岩带所在的物源区)。研究证实,华北克拉 通在~2 500 Ma 期间发生了大规模的岩浆和变质事件,致使阴山地块西部乌拉山和东部集宁地区在早元 古代早期形成了 TTG 片麻岩及麻粒岩(2 500~2 400 Ma),在新太古代晚期形成片麻状花岗岩(2 600~ 2 500 Ma)^[55-58],这与乌审旗地区山 1 段和盒 8 段 2 600~2 400 Ma 年龄的碎屑锆石在形成时间上有很 好的对应性,说明古老的 TTG 片麻岩及麻粒岩、片麻 状花岗岩也是乌审旗地区山 1 段和盒 8 段重要的物 源区之一。

此外,乌审旗地区盒 8 段所测砂岩碎屑锆石中, 统 25 井(3 750 Ma、3 689 Ma)和统 32 井(2 720 Ma) 年龄值记录均早于 2 600 Ma,表明了在盒 8 段沉积 期,乌审旗地区碎屑物质物源区与早于 2 600 Ma 的 更老岩系具有一定的亲源性。研究揭示,2 900~ 2 700 Ma是华北克拉通的主要陆壳生长期,该时期经 历了 TTG 片麻岩和花岗质片麻岩的侵位和高角闪岩 相一麻粒岩相的变质作用。因此,乌审旗地区东北部 物源可能有 2 720 Ma 的变质岩系的贡献。同时,根 据目前仅在河北和鞍山一本溪等地出露 3 800~3 000 Ma 早太古代基底古老变质岩系的报道^[59],可以推断 乌审旗东北部地区也有华北地台东部早太古代基底 古老变质岩系的供给。

另外,较多的 390~310 Ma 峰期年龄的碎屑锆石 都存在于六口不同钻井样品中(图 3),表明还有大量 形成于 390~310 Ma(泥盆纪—石炭纪)时期陆表物 质在盒 8 段和山 1 段沉积过程中有所贡献。由于华 北地台在古生代期间沉降或隆升构造活动频繁,致使 其北缘在中元古代至寒武纪表现为被动大陆边缘特 征,志留纪表现为活动大陆边缘特征,并在晚志留纪 到泥盆纪期间华北板块与西伯利亚板块发生俯冲消 减碰撞作用,产生各种火山活动,形成大量火山岩浆 产物,这些岩浆产物(花岗岩和火山岩)随着造山运 动而剥蚀搬运^[60-62],成为研究区山 1 段和盒 8 段地 层的重要物源之一,从而出现了较多的 390~310 Ma 峰期年龄的阴山地块碎屑锆石。

值得指出的是,乌审旗地区山1段所测砂岩碎屑 锆石中,仅一粒碎屑锆石记录了1055 Ma年龄信息, 其落在谐和线上。由于目前华北克拉通缺乏可信的 1100~1050 Ma地质事件年代学资料,因此不能确 定其它物源参与了该区山1段沉积。但是乌审旗地 区山1段存在的1055 Ma碎屑锆石年龄,至少暗示 了华北克拉通在同时期某处的某类岩石是乌审旗西 部地区山1段的源区母岩,至于其位置和性质尚需进 一步研究,但至少为研究新元古代早期华北克拉通的 构造演化和地质事件发展提供了线索。

由上述讨论可知,华北克拉通内部或盆地北缘是 乌审旗地区盒8段和山1段碎屑砂岩较近物源区;华 北地台东部的早太古代基底古老变质岩系和新太古 代的变质岩系、乌拉山和东部集宁地区的新太古代晚 期的片麻状花岗岩、早元古代早期的古老的 TTG 片 麻岩及麻粒岩和早元古代晚期的孔兹岩带、阴山地块 形成的泥盆纪—石炭纪的岩浆岩是乌审旗地区山1 段和盒8段碎屑砂岩的主要物源。

4.3 地质意义

本次研究的乌审旗地区盒8段和山1段碎屑锆 石年龄显示与上述华北克拉通地质活动事件在时间 上具有一定的对应性,指示华北克拉通地质事件对乌 审旗地区盒8段和山1段的碎屑沉积在物源方面具 有一定的贡献,华北克拉通地质事件的时间显示,本 次研究中属太古代碎屑锆石年龄 3 689 Ma 和 3 750 Ma 与 3 800~3 600 Ma 时期地质事件大致相对应:大 于 2 600 Ma 与 2 680~2 500 Ma 的新太古代陆壳(活 动陆缘、岛弧)增生,克拉通化峰期事件大致相对应, 2 200~1 800 Ma 和 1 800~1 390 Ma 与 2 300~1 900 Ma的古元古代陆内造山和1850~1650 Ma的中元 古代大陆裂解两个事件群大致相对应,390~310 Ma 与晚古生代古亚洲洋洋壳向华北克拉通和蒙古古陆 块进行双向俯冲造成的岩浆岩事件大致相对应。这 些碎屑锆石年龄与华北克拉通地质事件的对应关系 表明了这些年龄区间碎屑物质成分来源的归属性,本 次研究中3689 Ma 和3750 Ma 年龄的碎屑锆石可能 来自于华北克拉通东部太古代古老变质岩系,大于 2 600 Ma年龄的碎屑锆石可能来自于新太古代变质 岩系.2 200~1 800 Ma 和 1 800~1 390 Ma 年龄的碎 屑锆石可能分别来自于古元古代的孔兹岩带和中元 古代的变质岩系,390~310 Ma 年龄的碎屑锆石可能 来自于显生宙花岗岩及火山岩。

碎屑锆石年龄显示,乌审旗地区盒8段和山1段 源区母岩形成年龄属于太古代、古元古代、中元古代、 晚古生代,是多阶段华北克拉通地质事件作用下的产物。其时代的确定,对于研究区可能存在的华北克拉 通地质事件首次从岩性上提供了重要信息。

另外,关于本区物源区的母岩性质对优质储层的 控制和影响,已有研究者进行了详细研究,认为乌审 旗地区上古生界石英砂岩受控于阴山地块的古元古 代的富含石英与石英岩的孔兹岩带、TTG 片麻岩,岩 屑砂岩受控于孔兹岩带与 TTG 片麻岩外,还受控于 太古宇的古老变质岩、泥盆纪—石炭纪花岗岩,岩屑 砂岩同时受控于石英砂岩和岩屑砂岩相同物源^[18], 这与本次锆石测年所揭示的物源区及母岩性质有很 好的—致性,为源区母岩性质控制优质储层理论提供 了证据。

5 结论

(1) 乌审旗地区上古生界盒 8 段和山 1 段砂岩 碎屑锆石的 U-Pb 年龄呈现三个主峰期年龄和三个 弱峰期年龄。其中盒 8 段三个主峰期年龄为 2 200~ 1 800 Ma、2 600~2 320 Ma 和 390~310 Ma,三个弱峰 期年龄值为 2 720 Ma、2 290~2 130 Ma、1 710~1 390 Ma,同时存在大于 2 600 Ma 的锆石;山 1 段三个主峰 期年龄为 2 600~2 510 Ma、1 970~1 750 Ma、390~310 Ma,三个弱峰期年龄值为 2 270~2 000 Ma、1 670~ 1 530 Ma、1 055 Ma。

(2) 乌审旗地区上古生界盒 8 段和山1 段中的 碎屑砂岩锆石年龄记录了华北克拉通部分地质事件。 3 689 Ma 和 3 750 Ma 对应了华北克拉通在始太古代 板块构造已经开始作用; 2 600~2 320 Ma 对应了华 北克拉通在新太古代大规模的火山—岩浆活动事件; 2 000~1 800 Ma 和 1 800~1 390 Ma 年龄对应华北克 拉通古元古代—中元古代的整体抬升、基性岩墙群侵 入、裂陷槽以及非造山岩浆活动等地质事件;大于 2 600 Ma的年龄对应华北克拉通化早期的陆壳(活动 陆缘、岛弧)增生事件, 390~310 Ma 年龄对应于华北 克拉通和蒙古古陆块进行双向俯冲造山事件。

(3)碎屑锆石 U-Pb 的主峰期年龄和弱峰期年 龄以及 U、Th 元素含量的测定结果表明,鄂尔多斯盆 地乌审旗地区上古生界盒 8 段和山 1 段的碎屑砂岩 物源区为华北克拉通内部或盆地北缘,其物源主要来 自华北地台东部的早太古代基底古老变质岩系 (3 750 Ma、3 689 Ma)和新太古代的变质岩系(2 720 Ma)、乌拉山和东部集宁地区的新太古代晚期的片麻 状花岗岩(2 600~2 400 Ma)、早元古代早期的古老的 TTG 片麻岩及麻粒岩(2 500~2 400 Ma)和早元古代 晚期的孔兹岩带(2 200~1 800 Ma)、阴山地块形成的 泥盆纪—石炭纪的岩浆岩(390~310 Ma)。

致谢 感谢编辑部和审稿专家给予本文的意见 和建议!感谢王宝清教授、段毅教授、余一欣副教授、 陈新跃教授在文章修改过程中的指导和帮助!

参考文献(References)

- 刘少峰,柯爱蓉,吴丽云,等.鄂尔多斯西南缘前陆盆地沉积物物源 分析及其构造意义[J].沉积学报,1997,15(1):156-160 [Liu Shaofeng, Ke Airong, Wu Liyun, et al. Sediment provenance analysis and its tectonic significance in the foreland basin of the Ordos southwestern margin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(1):156-160]
- 2 杨守业,李从先. REE 示踪沉积物物源研究进展[J]. 地球科学进展,1999,14(2):164-167 [Yang Shouye, Li Congxian. Research progress in REE tracer for sediment source [J]. Advance in Earth Sciences, 1999, 14(2): 164-167]
- 3 汪正江,陈洪德,张锦泉.物源分析的研究与展望[J]. 沉积与特提 斯地质,2000,20(4):104-110 [Wang Zhengjiang, Chen Hongde, Zhang Jinquan. The research and prospect in provenance analysis [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2000, 20(4): 104-110]
- 4 赵红格,刘池洋.物源分析方法及研究进展[J]. 沉积学报,2003, 21(3):409-415 [Zhao Hongge, Liu Chiyang. Approaches and prospects of provenance analysis[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(3):409-415]
- 5 Dickinson W R, Valloni R. Plate settings and provenance of sands in modern ocean basins[J]. Geology, 1980, 8(2): 82-86
- 6 Morton A C, Hallsworth C R. Processes of controlling the composition of heavy mineral assemblage in sandstones [J]. Sedimentary Geology, 1999, 124(1/2/3/4): 3-29
- 7 李珍,焦养泉,刘春华,等. 黄骅坳陷高柳地区重矿物物源分析[J]. 石油勘探与开发,1998,25(6):5-7 [Li Zhen, Jiao Yangquan, Liu Chunhua, *et al.* Provenance analysis of heavy mineral in Gaoliu area of Huanghua depression [J]. Petroleum Exploration and Development, 1998, 25(6): 5-7]
- 8 何钟铧,刘招君,张峰.重矿物分析在盆地中的应用研究进展[J]. 地质科技情报,2001,20(4):29-32[He Zhonghua, Liu Zhaojun, Zhang Feng. Latest progress of heavy mineral research in the basin analysis[J]. Geological Science and Technology Information, 2001, 20 (4):29-32]
- 9 李双建,石永红,王清晨.碎屑重矿物组成对南天山白垩纪—新近 纪剥蚀去顶过程的指示[J].地质学报,2006,80(2):217-226 [Li Shangjian, Shi Yonghong, Wang Qingchen. Compositions of detrital heavy minerals and their implications for Cretaceous—Neogene erosion and unroofing process of South Tianshan [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(2):217-226]
- 10 罗静兰,李忠兴,史成恩,等.鄂尔多斯盆地西南部上三叠统延长 组长 8、长 6 油层组的沉积体系与物源方向[J].地质通报,2008, 27(1):101-111 [Luo Jinglan, Li Zhongxing, Shi Cheng'en, et al. Depositional systems and provenance directions for the Chang 6 and Chang 8 reservoir groups of the Upper Triassic Yanchang Formation in the southwestern Ordos Basin, China[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(1): 101-111]
- 11 Mclennan S M, Hemming S, Mcdaniel D K, et al. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics [C]// Jonhanson M J, Basu A. Processes controlling the composition of clastic sediments. Geological Society of America Special Paper, 1993, 284; 21-

40

- 12 Dill H G. Can REE patterns and L-Th variations be used as a tool to determine the origin of apatite in clastic rocks? [J]. Sedimentary Geology, 1994, 92(3/4): 175-196
- 13 Eynatten H, Gaupp R. Provenance of Cretaceous synorogenic sandstones in the Eastern Alps: constraints from framework petrography, heavy mineral analysis and mineral chemistry[J]. Sedimentary Geology, 1999, 124(1/2/3/4): 81-111
- 14 邵磊,刘志伟,朱伟林. 陆源碎屑岩地球化学在盆地分析中的应用 [J]. 地学前缘,2000,7(9):297-304 [Shao Lei, Liu Zhiwei, Zhu Weilin. Application of sedimentary geochemistry of terrigenous clastic rock to basin analysis [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(9): 297-304]
- 15 Li Z M, Liu J J, Hu R Z, et al. Tectonic setting and nature of the provenance of sedimentary rocks in Lanping Mesozoic-Cenozoic Basin: evidence from geochemistry of sandstones[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2003, 22(4): 352-362
- 16 罗静兰,史成恩,李博,等.鄂尔多斯盆地周缘及西峰地区延长组长8、长6沉积物源——来自岩石地球化学的证据[J].中国科学(D辑):地球科学,2007,37(增刊):62-72[Luo Jinglan, Shi Cheng'en, Li Bo, et al. Depositional systems and provenance directions for the Chang 6 and Chang 8 reservoir groups of the Upper Triassic Yanchang Formation -from the geochemical evidence in the Xifeng area Ordos Basin, China[J]. Science China(Seri. D): Earth Science, 2007, 37(Suppl.): 62-72]
- 17 刘锐娥,黄月明,卫孝峰,等.鄂尔多斯盆地北部晚古生代物源区 分析及其地质意义[J]. 矿物岩石,2003,3(3):82-86 [Liu Ruie, Huang Yueming, Wei Xiaofeng, et al. Analysis of provenance of Late Paleozoic in the northern Ordos Basin and its geological significance [J]. Journal of Mineral Petrology, 2003, 3(3): 82-86]
- 18 罗静兰,魏新善,姚泾利,等.物源与沉积相对鄂尔多斯盆地北部 上古生界天然气优质储层的控制[J].地质通报,2010,29(6): 812-820 [Luo Jinglan, Wei Xinshan, Yao jingli, et al. Provenance and depositional facies controlling on the Upper Paleozoic excellent natural gas-reservoir in northern Ordos Basin, China [J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(6): 811-820]
- 19 郭英海,刘焕杰,权彪,等.鄂尔多斯地区晚古生代沉积体系及古 地理演化[J]. 沉积学报,1998,16(3):44-51 [Guo Yinghai, Liu Huanjie, Quan Biao, *et al.* Late Paleozoic sedimentary system and paleogeographic evolution of Ordos area[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16(3): 44-51]
- 20 付金华,段晓文,席胜利.鄂尔多斯盆地上古生界气藏特征[J]. 天然气工业,2000,20(6):16-20 [Fu Jinhua, Duan Xiaowen, Xi Shengli. Characteristics of Upper Paleozoic gas reservoirs in Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 2000, 20(6): 16-20]
- 21 Yuan H L, Gao S, Liu X M, et al. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation-Inductively coupled plasma-mass spectrometry [J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2004, 28(3): 353-370
- 22 陈道公, 汪相,李彬贤,等. 北大别辉石岩成因: 锆石微区年龄和 化学组成[J]. 科学通报, 2001, 46(7): 586-590 [Chen Daogong,

Wang Xiang, Li Binxian, et al. Bieda pyroxenite causes: Zircon age and chemical composition [J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46 (7): 586-590]

- 23 Hidaka H, Shimizu H, Adachi M. U-Pb geochronology and REE geochemistry of zircons from Palaeoproterozoic paragneiss clasts in the Mesozoic Kamiaso conglomerate, central Japan: Evidence for an Archean provenance[J]. Chemical Geology, 2002, 187: 278-293
- 24 吴元保,陈道公,夏群科,等. 北大别黄土岭麻粒岩锆石 U-Pb 离子 探针定年[J]. 岩石学报,2002,18(3):378-382 [Wu Yuanbao, Chen Daogong, Xia Qunke, et al. SIMS U-Pb dating of zircons in granulite of Huangtuling from Northern Dabieshanetal[J]. Acta Petrologica Sinica, 2002, 18(3): 378-382]
- 25 Liu D Y, Nutman A P, Compston W, et al. Remnants of ≥3800Ma crust in the Chinese part of the Sina-Korean Craton [J]. Geology, 1992, 20(4): 339-342
- 26 Liu D Y, Wilde S, Wan J S, et al. New U-Pb and Hf isotopic data confirm Anshan as the oldest preserved segment of the North China craton[J]. American Journal of Science, 2008, 308(3): 200-231
- 27 Song B, Nutman A P, Liu D Y, et al. 3800 to 2500 Ma crustal evolution in Anshan area of Liaoning provnice, northeastern China [J]. Precambrian Research, 1996, 78(1/2/3): 79-94
- 28 万渝生,宋彪,刘敦一,等. 鞍山东山风景区 3.8~2.5Ga 古老岩带的同位素地质年代学和地球化学[J]. 地质学报,2001,75(3): 363-370 [Wan Yusheng, Song Biao, Liu Dunyi, et al. Geochronology geochemistry of 3.8~2.5 Ga ancient rock belt in the Dongshan Scenic Park, Anshan area[J]. Acta Geologica Sinica, 2001, 75(3): 363-370]
- 29 Wu F Y, Zhang J H, Xie L W, et al. Zircon U-Pb and Hf isotopic constraints on the Early Archean crustal evolution in Anshan of the North China craton [J]. Precambrian Research, 2008, 167 (3/4): 339-362
- 30 沈其韩,许惠芬,张宗清,等. 中国早前寒武纪麻粒岩[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 389-400 [Shen Qihan, Xu Huifen, Zhang Zongqing, *et al.* Granulite of Early Cambrian in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992: 389-400]
- 31 陈裕淇. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社,1994:90-163 [Chen Yuqi. Introduction to Regional Geology of China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994: 90-163]
- 32 翟明国,卞爱国. 华北克拉通新太古代末超大陆拼合及古元古代 末—中元古代裂解[J]. 中国科学(D辑):地球科学,2000,30(增 刊):129-137 [Zhai Mingguo, Bian Aiguo. New super-continent split Late Archean and Paleoproterozoic-Mesoproterozoic cleavage in the end of the North China Craton [J]. Science China(Seri, D): Earth Science, 2000, 30(Suppl.): 129-137]
- 33 Zhai M G, Guo J H, Liu W J. Neoarchean to Paleoproterozoic continental evolution and tectonic history of the North China Craton: A review[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2005, 24(5): 547-561
- 34 翟明国. 华北克拉通的形成演化与成矿作用[J]. 矿床地质, 2010,29(1):24-36 [Zhai Mingguo. Tectonic evolution and metallogenesis of North China Craton[J]. Mineral Deposits, 2010, 29(1): 24-36]

- 35 Zhai M G, Santosh M. The Early Precambrian odyssey of the North China Craton: A synoptic overview [J]. Gondwana Research, 2011, 21(1): 6-25
- 36 Zhai M G. Cratonization and the ancient North China Continent: A summary and review[J]. Science China(Earth Science), 2011, 54 (8): 1110-1120
- 37 胡波,翟明国,彭澎,等. 华北克拉通古元古代末—新元古代地质 事件——来自北京西山地区寒武系和侏罗系碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学的证据[J]. 岩石学报,2013,29(7):2508-2536 [Hu Bo, Zhai Mingguo, Peng Peng, et al. Late Paleoproterozoic to Neoproterozoic geological events of the North China Craton: Evidence from LA-ICP-MS U-Pb geochronology of detritial zircons from the Cambrian and Jurassic sedimentary rocks in Western Hills of Beijing [J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(7): 2508-2536]
- 38 王盟,罗静兰,李杪,等. 鄂尔多斯盆地东胜地区砂岩型铀矿源区及其构造背景分析——来自碎屑锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素的证据[J]. 岩石学报,2013,29(8):2746-2758 [Wang Meng, Luo Jinglan, Li Miao, et al. Provenance and tectonic setting of sandstone-type uranium deposit in Dongsheng area, Ordos Basin: Evidence from U-Pb age and Hf isotopes of detrital zircons[J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(8): 2746-2758]
- 39 翟明国. 新太古代全球克拉通事件与太古宙-元古宙分界的地质 涵义[J]. 大地构造与成矿学,2006,30(4):419-421 [Zhai Mingguo. Geological significance of the neoarchean global cratonization event and the boundary between Archean and Proterozoic[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2006, 30(4): 419-421]
- 40 翟明国,彭澎. 华北克拉通古元古代构造事件[J]. 岩石学报, 2007,23(11):2665-2682 [Zhai Mingguo, Peng Peng. Paleoproterozoic events in the North China Craton[J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(11): 2665-2682]
- 41 翟明国. 华北克拉通 2100-1700Ma 地质事件群的分解和构造意义 探讨[J]. 岩石学报,2004,20(6):1343-1354 [Zhai Mingguo. Geologica event gourp and its geotectonic significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(6): 1343-1354]
- 42 Wu F Y, Jahn B M, Wilde S, et al. Phanerozoic crustal growth:U-Pb and Sr-Nd isotopic evidence from the granites in Northeastern China [J]. Tectonophysics, 2000, 328(1/2): 89-113
- 43 Wu F Y, Jahn B M, Wilde S, et al. Highly fractionated I-type granites in NE China (II): Isotopic geochemistry and implications for crustal growth in the Phanerozoic [J]. Lithos, 2003, 67(3/4): 191-204
- Wu F Y, Sun D Y, Li H M, et al. The nature of basement beneath the Songliao Basin in NE China; Geochemical and isotopic constraints
 [J]. Phys Chem Earth Part A-Solid Earth Geod, 2001, 26(9/10); 793-803
- 45 Wu F Y, Jahn B M, Wilde S, et al. Highly fractionated I-type granites in NE China (I): Geochronology and petrogenesis [J], Lithos, 2003, 66(3/4): 241-273
- 46 Wu F Y, Sun D Y, Li H, et al. A-type granites in Northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis[J]. Chemical Geology, 2002, 187(1/2): 143-173
- 47 赵晓晖, 翟明国. 华北北部古生代大陆地壳增生过程中的岩浆作

用于成矿效应[J]. 岩石学报,2010,26(5):1329-1341 [Zhang Xiaohui, Zhai Mingguo. Magmatism and its matallogenetic effects during the Paleozoic continental crustal construction in northern North China: An overview [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(5): 1329-1341]

- 48 Liu D Y, Nutman A P, Compston W, et al. Remnants of ≥3800 Ma crust in the Chinese part of the Sino-Korean Craton [J]. Geology, 1992, 20(4): 339-342
- 49 Song B, Nutman A P, Liu D Y, et al. 3800 to 2500 Ma crust in the Anshan area of Liaoning Province, northeastern China[J]. Precambrian Research, 1996, 78(1/2/3): 79-94
- 50 Wan Y S, Liu D Y, Song B, et al. Geochemical and Nd isotopic compositions of 3.8 Ga meta-quartz dioritic and trondhjemitic rocks from the Anshan area and their geological significance [J]. Journal of Asian Earth Science, 2005, 24(5): 563-575
- 51 Nutman A P. Antiquity of the oceans and continents [J]. Elements, 2006, 2(4): 223-227
- 52 刘敦一,万渝生,伍家善,等. 华北克拉通太古宙地壳演化和最古 老的岩石[J]. 地质通报,2007,26(9):1131-1138 [Liu Dunyi, Wan Yusheng, Wu Jiashan, *et al.* Archean crustal evolution and the oldest rocks in the North China Craton[J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(9): 1131-1138]
- 53 吴昌华,孙敏,李惠民,等. 乌拉山—集宁孔兹岩锆石激光探针等 离子质谱(LA-ICP-MS)年龄——孔兹岩沉积时限的年代学研究 [J]. 岩石学报, 2006, 22 (11): 2639-2654 [Wu Changhua, Sun Min, Li Huimin, *et al.* LA-ICP-MS U-Pb zircon ages of the khondalites from the Wulashan and Jining high-grade terrain in northern margin of the North China Craton: constraints on sedimentary age of the khondalite[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22 (11): 2639-2654]
- 54 胡健民,刘新社,李振宏,等.鄂尔多斯盆地基底变质岩与花岗岩 锆石 SHRIMP U-Pb 定年[J].科学通报,2012,57(26):2482-2491 [Hu Jianmin, Liu Xinshe, Li Zhenhong, *et al.* SHRIMP U-Pb zircon dating of the Ordos Basin basement and its tectonic significance[J]. Chinese Science Bulletin, 2012, 57(26): 2482-2491]
- 55 Xia Xiaoping, Sun Min, Zhao Guochun, et al. LA-ICP-MS U-Pb geochronology of detrital zircons from the Jining Complex, North China Craton and its tectonic significance [J]. Precambrian Research, 2006, 144(3/4): 199-212
- 56 王惠初,袁桂邦,辛后田. 内蒙古固阳村空山地区麻粒岩的锆石 U-Pb年龄及其对年龄解释的启示[J]. 前寒武纪研究进展,2001, 24(1):28-34 [Wang Huichu, Yuan Guibang, Xin Houtian. U-Pb single zircon ages for granulites in Cunkongshan area, Guyang Inner Mongolia and enlightenment for its geological signification, China[J]. Progress in Precambrian Research, 2001, 24(1): 28-34]
- 57 陶继雄,许立权.内蒙古中部召河庙北部片麻岩的锆石 U-Pb 年龄 [J].内蒙古地质,2002(3):5-9 [Tao Jixiong, Xu Liquan. U-Pb age of zircon on gneiss in North Zhaohemiao area, Central Inner Mongolia [J]. Geology of Inner Mangolia, 2002(3): 5-9]
- 58 张玉清,王弢,贾和义.内蒙古中部大青山北西乌兰不浪紫苏斜长 麻粒岩锆石 U-Pb 年龄[J].中国地质,2003,30(4):394-399

[Zhang Yuqing, Wang Tao, Jia Heyi, *et al.* U-Pb Age of Zircon from the Xi Ulanbulang hypersthene-plagioclase granulite in the North Daqing Mountains, Central Inner Mongolia [J]. Geology in China, 2003, 30(4): 394-399]

- 59 彭澎,翟明国. 华北陆块前寒武纪两次重大地质事件的特征和性质[J]. 地球科学进展,2002,17(6):818-825 [Peng Peng, Zhai Mingguo. Two major Precambrian geological events of North China Block(NCB): characteristics and property[J]. Advance in Earth Sciences, 2002, 17(6): 818-825]
- 60 陈斌,徐备. 内蒙古苏尼特左旗南两类花岗岩的基本特征和构造 意义[J]. 岩石学报,1996,12(4):546-561 [Chen Bin, Xu Bei. The main characteristics and tectonic implications of two kinds of Paleozoic

Granitoids in Sunidzuqi, Central Inner Mongolia[J]. Acta Petrologica Sinica, 1996, 12(4): 546-561]

- 61 陈斌,赵国春,Wilde S. 内蒙古苏尼特左旗南两类花岗岩同位素 年代学及其构造意义[J]. 地质论评,2001,47(4):361-367 [Chen Bin, Zhao Guochun, S Wilde. Subduction-and collision-related granitoids from southern Sonidzuoqi, Inner Mongolia: Isotopic age sand tectonic implications[J]. Geological Review, 2001, 47(4): 361-367]
- 62 邵济安.中朝板块北缘中段地壳演化[M].北京:北京大学出版 社,1991:11-91 [Shao ji'an. Crustal Evolution of Sino-Korean Plate in the Northern Margin of the Middle[M]. Beijing: Peking University Press, 1991: 11-91]

Zircon U-Pb Dating of Clastic Sandstone in the Upper Paleozoic from Wushenqi Area, Ordos Basin and Its Geological Significance

HAN Hui-ping^{1,2} WU Chun-ying^{2,3} BAI Qing-hua^{2,3} CHEN Peng^{1,2}

LIU Xin-she^{2,3} QIN Bai-ping^{1,2}

(1. Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xi'an 710018;

2. National Engineering Laboratory of Exploration & Development of Low Permeability Oil/Gas Fields, Xi'an 710018;

3. Research Institute of Exploration & Development, Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xi'an 710018)

Abstract: Research result of provenance tracing and geological events setting for clastic sandstone deposit in the first member of Shanxi Formation and the eighth member of Shihezi Formation of the Upper Paleozoic in Wushengi area, Ordos Basin, using LA-ICP-MS in situ U-Pb dating and U, Th element content, combined with adjacent areas age and lithology data analysis of the detrital zircons from the sandstones reveals that the age of source rock in the first member of Shanxi Formation and the eighth member of Shihezi Formation from Archean, Proterozoic, Proterozoic, Late Paleozoic, respectively, with relationship about the formation, proliferation and cratonization of the North China block, and is the product of a multi-stage evolution of the North China Craton geological events. By comparative study of isotopic chronology with the potential parent rocks, it can be concluded that the provenance of the clastic sandstone deposit in Wushenqi area mainly came from the environment of within the North China Craton and the northern edge of the Ordos Basin, and the basement metamorphic rocks and the metamorphic rocks, which it exposed in the environment of eastern North China Platform in the Early Archean and the new Archean, the gneissic granite and TTG genesis or granulites bodes from the northern edge of the Ordos Basin and the West of the Ural Mountains - Jining area in the Late Archean and the Late Paleoproterozoic, In addition, magmatic rocks bodes of Yinshan block formed in continental crust is one of the important areas of provenance in Wushengi area between 390~310Ma. The new results is of very important significance for deeply corresponding to the time between the age of detrital zircon in the Upper Paleozoic from Wushenqi area and the North China Craton geological events, but it is the first time to provide important information from the source rock on the geological events of the North China craton, which it may exist in Wushenqi area. Key words: detrital zircon; U-Pb dating; sediment source; Upper Paleozoic; Ordos Basin