第91卷 第10期
2017年10月 2196～2211
地 质 学 报 ACTA GEOLOGICA SINICA
Vol. 91 No. 10 2017
Oct. 2196～2211

中亚造山带中段南缘圆包山组碎屑锆石 U-Pb 年龄、物源及其构造演化意义

尹海权[1)]，周洪瑞[2)]，徐东卓[1)]，张维杰[2)]，郑小明[3)]，王晟宇[4)]，高磊[2)]

1）中国地震局第一监测中心，天津，300180；2）中国地质大学，地球科学与资源学院，北京，100083；3）有色金属矿产地质调查中心，北京，100012；4）北京市地质研究所，北京，100120

内容提要：取自圆包山组砂岩样品中的碎屑锆石作 LA-ICP-MS U-Pb 定年，获得两个数据年龄区间：409～431Ma（峰值 420Ma）和 458～488Ma（峰值 488Ma）。圆包山组底部发育的笔石化石和 420Ma 的锆石峰值年龄将圆包山组的时代限定为早志留世后，通过与兴蒙造山带的构造演化对比，认为圆包山组时代为早志留世至早泥盆世。对圆包山组中发育的沉积构造进行古流向分析，认为圆包山组物源区位于杭乌拉北西方向。结合区域岩浆演化资料分析，圆包山组物源区为呼和套尔盖地区。在圆包山组中还检测到继承锆石，新元古代分布于 559～952Ma，中元古代分布于 1011～1460Ma，古元古代分布于 1629～2490Ma。从前人对西伯利亚板块南部、塔里木板块以及南蒙古微板块的相关锆石年龄结果总结发现，华北板块与周围板块最主要的区别在于没有或者很少有中元古代晚期至新元古代早期的锆石年龄记录，阿拉善地块也缺少 1.0～1.2Ga 锆石年龄记录。综上，认为研究区在古生代构造位置属于南蒙古微板块南部的一部分，元古代物源来自塔里木板块。另外由碎屑锆石年龄在地层中分布特征来看，研究区在早泥盆世后隆升作用明显，构造活动性增强，受到塔里木板块影响逐渐加强。

关键词：中亚造山带；阿拉善北部；圆包山组；砂岩碎屑锆石；构造演化

中亚造山带范围广阔，横跨欧亚大陆，西起俄罗斯乌拉尔地区，经过乌兹别克斯坦、塔吉克斯坦、哈萨克斯坦、中国西北地区、蒙古、中国东北等地区直至俄罗斯远东地区（Sengör et al.，1993；Jahn，2004；Windley et al.，2007）。中亚造山带具有极为复杂的形成过程和构成，其地质体中记录了华北板块、西伯利亚板块、塔里木板块和东欧板块之间的碰撞拼贴过程（Sengör et al.，1993）。

对于中亚造山带的演化模式，主要存在着两种观点：Sengör et al.（1993）提出单岛弧的观点，即认为存在着一条长约 7000km 初始形态呈马蹄形的 Kipchak-Tuva-Mongol 弧。610 ～ 530 Ma 时，Kipchak 弧形成；430～424Ma 时，Khanty-Mansi 洋打开，Kipchak 弧移离；390～362 Ma 时，西伯利亚板块旋转导致各构造单元左旋走滑加积、岛弧堆叠，最终古亚洲洋关闭（Sengör et al.，1993）。

另外一些学者则认为古亚洲洋从 1Ga 至 250Ma 存在多岛弧和多地块的复杂地理格局，这些独立的块体随着板块俯冲的不断进行拼贴于板块边缘，并最终导致板块增生、洋壳消失和陆块碰撞（Bardarch et al.，2002；Kheraskova et al.，2003；Windley et al.，2007；Kröner et al.，2010；Xiao Wenjiao et al.，2010a，2010b，2014；Wilhem et al.，2012）。在此过程中有可能伴随着小洋盆多次的打开和关闭（Kröner et al.，2010）。

阿拉善地区处于中亚造山带中段，是天山造山带与兴蒙造山带的交汇部位，位于中亚造山带最窄的部位，是研究中亚造山带最关键的部位之一，也是研究中亚造山带最终闭合的关键区域。前人对阿拉善地区的研究主要集中在岩浆岩、蛇绿岩研究和地壳演化、构造单元的划分上（Ren Jishun et al.，2016；Wang Jinrong et al.，1995；Wang Xingjun，2012；Wu Kanglin，2011；Wu Tairan et al.，1992；Xu Dongzhuo et al.，2014；Zhang Wen，2013；Zheng Rongguo et al.，2013，2014，2016；Zeng Yong，2014），对与造山带伴生的各种盆地演化研

注：本文为中国综合地球物理场观测—大华北地区项目（编号：201508009），中国地震局监测预报司专项（编号：17A37ZX228）和中国地质调查局项目（编号：基[2010]矿评 01-09-11）联合资助的成果。

收稿日期：2016-07-21；改回日期：2017-06-21；责任编辑：黄敏。

作者简介：尹海权，男，1990 年出生。博士，从事地震科研及大地构造等方面工作。通讯地址：300180，中国地震局第一监测中心；Email：742946697@qq.com。

究以及盆地的沉积、充填序列的研究相对较少，尤其是对靠近中蒙边境的阿拉善地块北部地区的古生代盆地演化及构造演化并未深入研究。因此，本文选择阿拉善地块北部的杭乌拉地区圆包山组作为研究对象，主要通过碎屑锆石 U-Pb 定年以及相关沉积特征分析，确定研究区的大地构造属性以及阿拉善北部地区早古生代沉积环境的变化和盆地演化的过程。

1　区域地质背景

阿拉善地块北部地区位于中亚造山带中段南缘（图 1）。区内大型断裂构造带发育，自北向南依次发育有雅干断裂带、恩格尔乌苏断裂带（蛇绿岩带）以及巴丹吉林断裂带（查干础鲁蛇绿岩带）。以此三条断裂带为界限，由北向南又可划分四个构造带，分别为雅干构造带、珠斯楞－杭乌拉构造带、沙拉扎山构造带和诺尔公－狼山构造带（Wu Tairan et al.，1993）。研究区处于珠斯楞－杭乌拉构造带内，位于雅干断裂带以南、恩格尔乌苏蛇绿岩带以北的地区，呈北东东向延伸。

圆包山组由甘肃省地质力学测量队于 1979 年在额济纳旗圆包山地区创名。原始定义："内蒙古西北部不整合于咸水湖群碎屑岩之上，整合于志留系中统之下。代表本区早志留世晚期的一套细碎屑岩夹泥硅质岩及砂岩的黄绿色浅海－半深海相沉积，产丰富的笔石化石。"

内蒙古自治区岩石地层（1996）现指：内蒙古西北部公婆泉组火山岩之下，巴丹吉林地区班定陶勒盖组硅泥质岩之上的一套黄绿、灰绿色粉砂岩、杂砂岩夹灰黑色页岩、粉砂质页岩为主的浅海相沉积，富含笔石化石。本组所含笔石主要有 *StrePtograPtus* sp.，*Monograptus* sp.，*Pristiograptus* sp. 等，时代属早志留世，在杭乌拉一带与班定陶勒盖组为连续沉积。

研究区内地层出露较全，主要包括元古宇切刀群白云岩、下古生界（中寒武－下奥陶统西双鹰山组和下志留统班定陶勒盖组硅质岩夹灰岩）、下志留统－中泥盆统圆包山组砂泥岩以及二叠系的双堡塘组砂岩和方山口组火山岩，记录了杭乌拉地区由古生代相对连续的沉积过程。其中，西双鹰山组与班定陶勒盖组呈断层接触，圆包山组与班定陶勒盖组呈整合接触（图 2）。

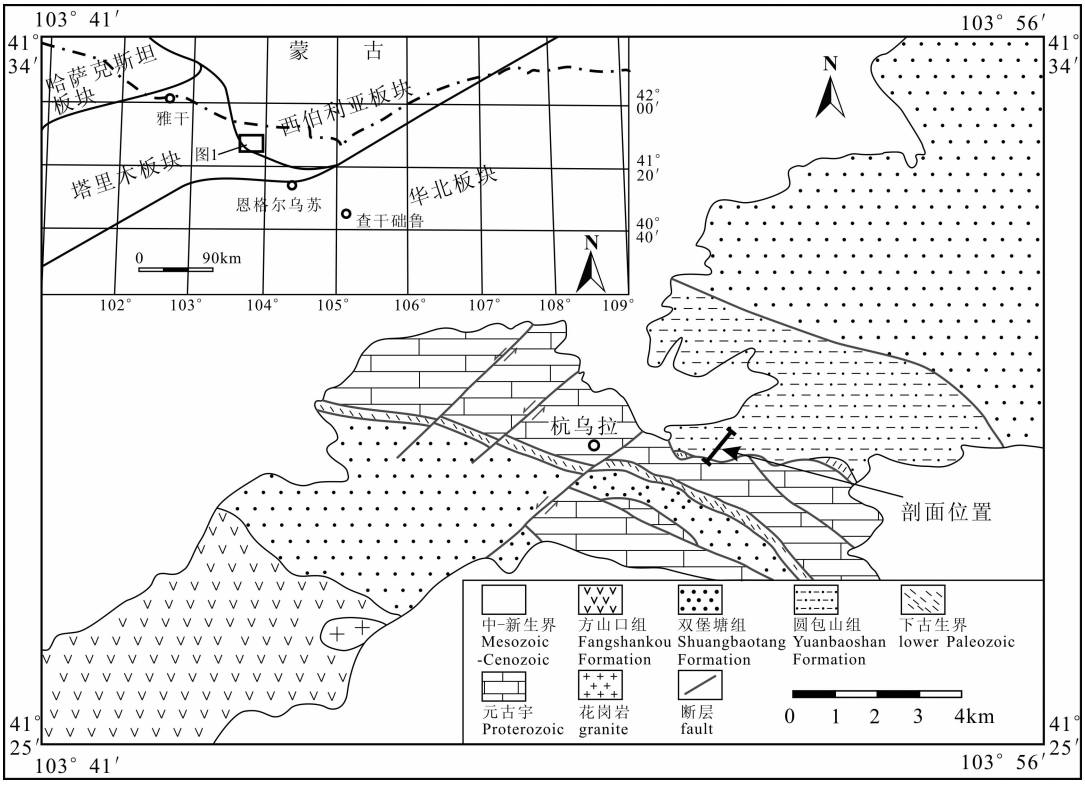

图 1　中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区大地构造位置（据 Wu Tairan et al.，1993）和地质略图（据 Yin Haiquan et al.，2015）

Fig. 1　Tectonic setting (modified after Wu Tairan et al.，1993) and schematic geological map (modified afterYin Haiquan et al.，2015) of Hangwula area in northern Alxa，Central Asian Orogenic Belt

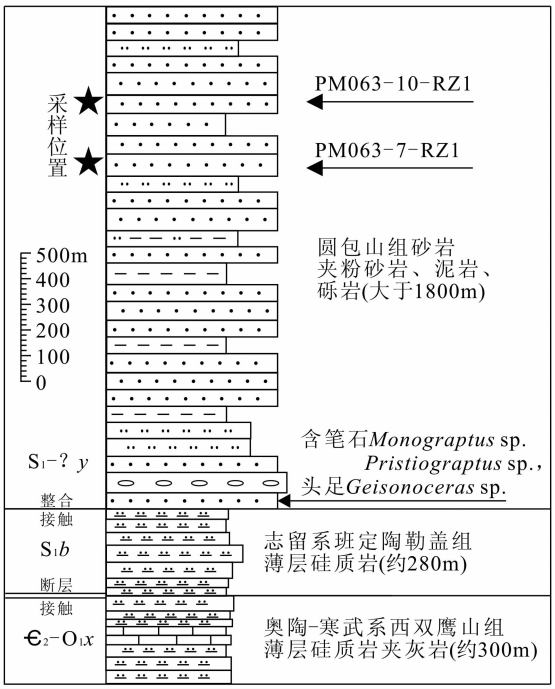

图 2 中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区下古生界—圆包山组岩性及采样位置

Fig. 2 Stratigraphic column of the lower Paleozoic-Yuanbaoshan Formation and sample locationsof Hangwula area in northern Alxa, Central Asian Orogenic Belt

2 样品特征与分析测试

圆包山组为由灰绿色细砾—中粗砂岩、细砂岩、粉砂岩和粉砂质泥岩互层构成的一套具有鲍马序列特征的巨厚复理石沉积。其中发育有递变层理、槽模、冲刷面等沉积构造。岩石碎屑成分均为陆源物质，不稳定组分较多，分选较好，磨圆较差，多为杂基支撑结构，杂基含量平均为 15%。砂岩碎屑成分中，石英含量介于 40%～58%之间，长石含量介于 30%～45%之间，个别薄片中观察到发育有菱形解理的方解石。岩石结构成熟度较高，成分成熟度较低。

锆石样品由河北省区域地质矿产调查研究所实验室粉碎并挑选。根据锆石颜色、自形程度、形态等特征初步分类，选出具有代表性的锆石样品，将锆石与标样放入环氧树脂制成的样品靶中，进行抛光，直到样品露出一个光洁的平面，并在阴极发光上进行锆石显微照相。对于同位素测试点的选取，首先通过锆石反射光和透射光照片进行初选，再与 CL 图像反复对比，避开内部裂隙和包裹体，以获得较准确的年龄信息。样品测定前使用 HNO_3（体积百分比为 3%）清洗样品表面，去除样品表面污染。

锆石 LA-ICP-MS 原位 U-Pb 定年由天津地质矿产研究所实验室完成，实验采用的 ICP-MS 为美国 Agilent 公司生产的 Agilent7500a。激光剥蚀时，斑束直径为 30 μm，频率为 10 Hz。采样方式为单点剥蚀，数据采集选用一个质量峰一点的跳峰方式。每个分析点的气体背景采集时间为 30s，信号采集时间为 40s。每测定 10 个样品点测定 2 个一极标样和 1 个二级标样，对仪器进行校正。一极标样采用 Temora 标准锆石。二极标样采用 91500 标准锆石。数据处理采用 GLITTER（ver 4.0，Macyuarie University）程序，年龄计算及谐和图的绘制采用 Isoplot（ver 3.0）。年龄计算时以标准锆石 91500 为外标进行同位素比值分馏校正，以扣除普通铅的影响。所给定同位素的比值和年龄误差（标准偏差）在 1σ 水平。

3 年龄结果

本次研究在圆包山组中上部中粗粒砂岩第 7 层和第 10 层（图 2）中各采集一件碎屑锆石样品（样品编号为 PM063-7-RZ1 和 PM063-10-RZ1）。在两组样品中分别选取了 48 颗和 74 颗碎屑锆石进行 U-Pb LA-ICP-MS 年代学测试。绝大多数样品测试结果位于谐和线上（图 3），锆石的 Th/U 比值大多数大于 0.4，说明大多数锆石为岩浆成因锆石（Rubatto et al.，2003）。如图 4、5 所示，锆石颗粒成自形—半自形粒状，长 80～150μm，宽 50～100μm，发育良好的震荡环带，主体显示为岩浆成因锆石。

样品 PM063-7-RZ1 共 48 颗，谐和度不符合要求（>10%为不符合要求）的有 2 颗，所有锆石年龄均小于 1.0Ga，$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄分布在 404～499Ma，均为古生代锆石，其中，早泥盆世早期 12 颗（404～416Ma），志留纪 31 颗（417～442Ma），晚奥陶世晚期 1 颗（447Ma），晚寒武世 2 颗（492、499Ma）。

样品 PM063-10-RZ1 共 74 颗，谐和度不符合要求的有 8 颗，年龄小于 1.0Ga 的锆石 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄分布在 405～952Ma，其中，早泥盆世早期 8 颗（405～416Ma），中—晚志留世 17 颗（420～431Ma），奥陶纪 11 颗（458～488Ma），早寒武世早期 1 颗（537Ma），新元古代 10 颗（559～952Ma）；年龄大于 1.0Ga 的锆石 $^{206}Pb/^{238}Pb$ 年龄分布在 1011～2490Ma，其中，中元古代 10 颗（1011～1460Ma，以 1000、1100 和 1400Ma 左右年龄为主），古元古代

9 颗(1629～2490Ma)。

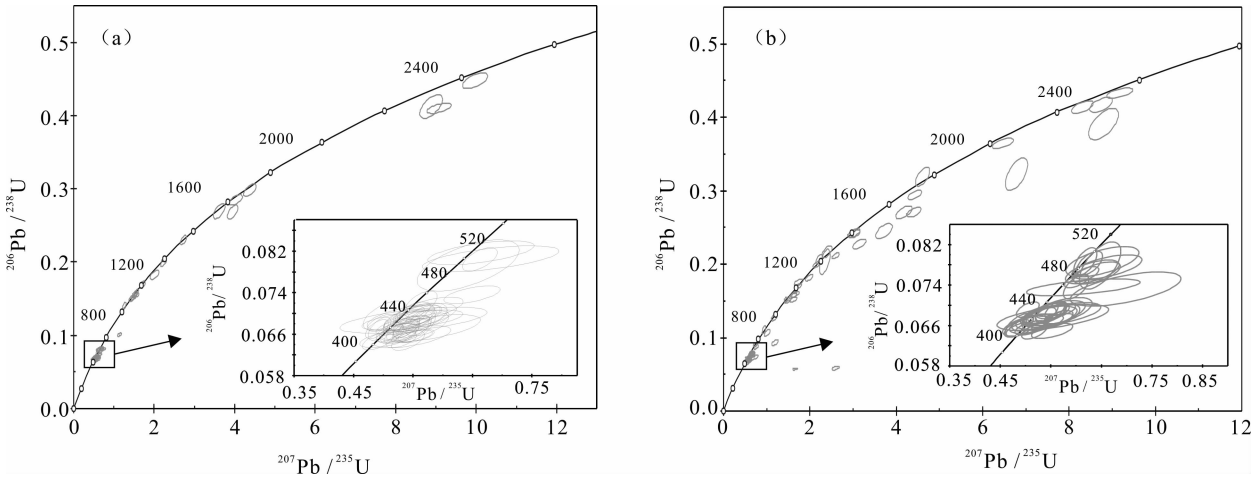

图 3　中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组第 7(PM063-7-RZ1，a)、10(PM063-10-RZ1，b)层碎屑锆石年龄谐和图

Fig. 3　U-Pb age Concordia diagrams of zircons in the Seventh (PM063-7-RZ1，a) and Tenth (PM063-10-RZ1，b) layers of Yuanbaoshan Formation of Hangwula area in northern Alxa，Central Asian Orogenic Belt

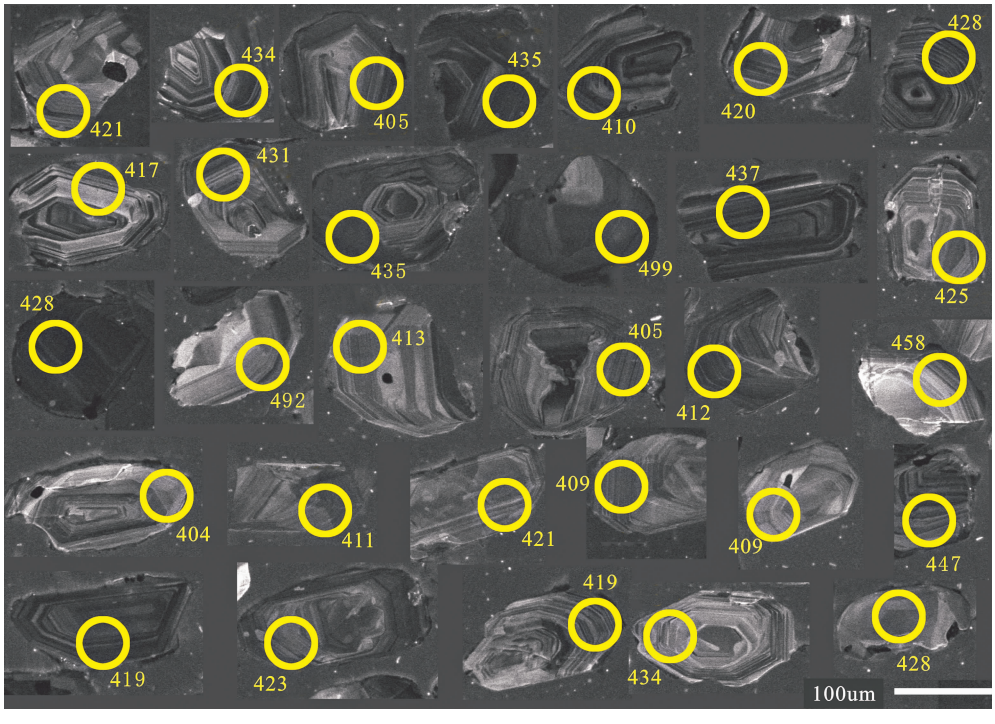

图 4　中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组第 7 层(PM063-7-RZ1)代表性碎屑锆石阴极发光照片

Fig. 4　Typical cathodeluminescence images of zircons in the Seventh layer(PM063-7-RZ1) of Yuanbaoshan Formation of Hangwula area in northern Alxa，Central Asian Orogenic Belt

4　讨论

4.1　地层时代及构造意义

圆包山组为一套具有明显鲍马序列发育的浊流沉积。前人在 1∶20 万区调工作中，在本组底部采有笔石 *Monograpius* sp.，*Pristiograpius* sp. 及头足类 *Geisonoceras* sp.。上述化石属于早志留世晚期(Yin Haiquan et al.，2015)，故前人将本地层时代类推为志留纪。实际上前人在含化石层之上千余米的砂泥岩地层中未见化石，而本次工作在两组样品中发现早泥盆世的锆石有 20 颗，占总数的 16%，因此圆包山组上部的碎屑岩沉积时代可能延伸至早泥盆世。

对杭乌拉圆包山组的砂岩进行薄片颗粒成分统计，并投影到 Dickinson 的 Q-F-L(石英－长石－不

稳定复晶岩屑)、Qm-F-Lt(单晶石英—长石—岩屑)三端元图解(图 6)。投影结果表明,所有砂岩的骨架颗粒成分均落入稳定陆块区,并主要落入了隆升基底及隆升基底与稳定板块之间的过渡型区域内。

值得指出的是,研究区东部兴蒙造山带在中—晚泥盆世至石炭纪为一构造转换时期,多发育陆海

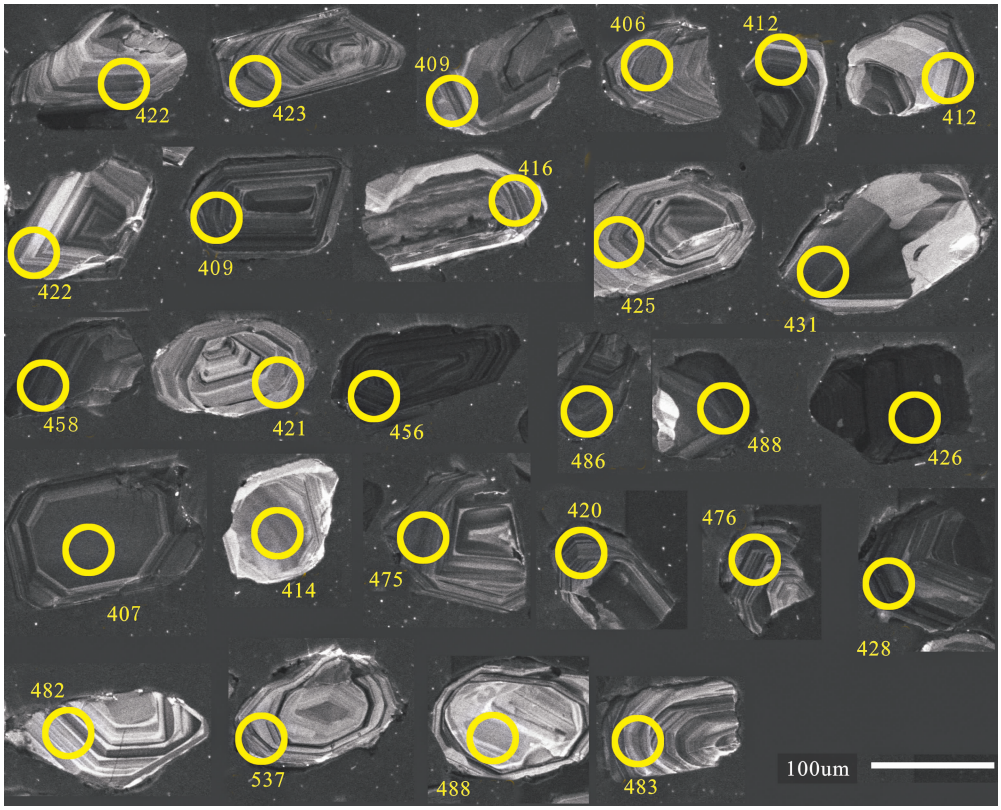

图 5 中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组第 10 层(PM063-10-RZ1)代表性碎屑锆石阴极发光照片

Fig. 5 Typical cathodeluminescence images of zircons in the Tenth layer(PM063-10-RZ1) of Yuanbaoshan Formation of Hangwula area in northern Alxa, Central Asian Orogenic Belt

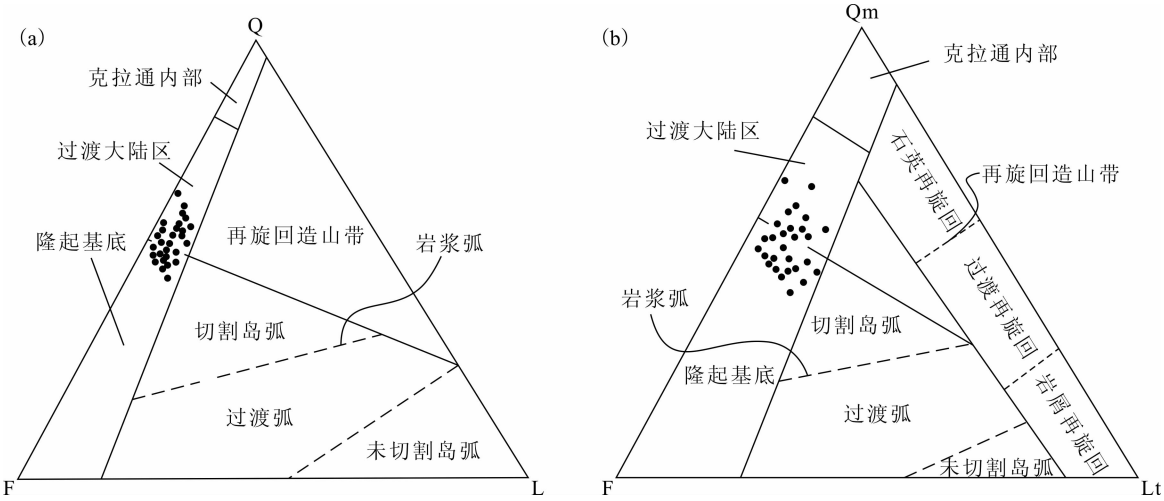

图 6 中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组砂岩大地构造背景分析三角图

Fig. 6 Ternary diagrams showing the tectonic setting of detrital sediments of Yuanbaoshan Formation of Hangwula area in northern Alxa, Central Asian Orogenic Belt

Q—石英端元;F—长石端元;L—不稳定复晶岩屑端元;Qm—单晶长石端元;Lt—岩屑端元(底图据 Dickinson, 1985)

Q—Quartz terminal element; F—feldspar terminal element; L—unstable polycrystalline detritus terminal element; Qm—single crystal feldspar terminal element; Lt— detritus terminal element (After Dickinson, 1985)

交替沉积和蛇绿岩等，古地磁资料显示至少从晚石炭世以来古亚洲洋已经闭合（Xu Bei et al.，2014a，2014b；Tang Kedong，1990；Shao Ji'an et al.，2007；Zhao Pan et al.，2013，2016；Xu Bei et al.，2013；Fang Junqin et al.，2015），而阿拉善北部与兴蒙造山带同属于中亚造山带，故认为二者在一定程度上具有相似的构造演化过程。但研究区并未发现泥盆纪沉积记录，关于阿拉善地区泥盆纪的构造演化缺少相关证据，而泥盆纪的构造演化对于解释古亚洲洋是经历过"一次大洋闭合"还是"两次大洋闭合"（对于古亚洲洋在晚二叠世－三叠纪最终闭合前，曾经是否闭合过，不同学者有不同认识）具有重要意义，故应加强相关研究工作。

4.2　物源区及构造演化

由本研究所得 112 颗碎屑锆石 U-Pb 年龄组成的频谱图所示（图 7），主要锆石年龄介于 404～499Ma，数量为 83 颗，占 74%，为早古生代锆石；其余锆石零星分布于元古代，其中，新元古代锆石年龄主要分布在 559～952Ma，锆石数量为 10 颗，占约 8.9%；中元古代锆石年龄分布在 1011～1460Ma，锆石数量为 10 颗，占约 8.9%；早元古代锆石年龄分布在 1629～2490Ma，锆石数量为 9 颗，占约 8%。

对于 404～499Ma 的主要锆石年龄以及 559Ma、653Ma、939Ma、1011Ma 的锆石年龄，在研究区西北侧呼和套尔盖洋内弧（大洋岛弧，Wang Tingyin et al.，1994）及其周边有广泛分布，如：呼和套尔盖花岗闪长岩年龄为 688±14Ma（Wang Tingyin et al.，1994）；呼和套尔盖东南切刀地区二长花岗岩年龄为 446±58Ma（Wang Tingyin et al.，1994），花岗岩年龄为 426±6Ma（Li Junjian，2006）。这些年龄值在碎屑锆石数据中均有一定的体现。另外，在该年龄段的岩浆广泛分布于西北－中蒙古、中蒙古和南蒙古各个微板块中（Li Huijun et al.，2006；Kelty et al.，2008；Demoux et al.，2009a，2009b；Bussien et al.，2011；Rojas-Agramonte et al.，2011）。

Rojas-Agramonte et al.（2011）对南蒙古微板块的碎屑锆石、捕虏锆石年龄进行过总结并将之与西伯利亚板块、塔里木板块和华北等板块的前寒武纪岩石年龄对比。利用 Rojas-Agramonte 的研究结果，将本文碎屑锆石年龄分布与之对比，如图 7 所示，发现研究区主要的锆石年龄分布（404～499Ma）与南蒙古微板块更接近，因此，研究区的物源区可能为南蒙古微板块。但研究区内并未出露广泛分布于南蒙古微板块内的戈壁－天山带加里东期奥陶纪－志留纪相似的变质变形沉积岩（Wang Hongzhen et al.，2006）。因此，研究区在古生代构造位置上可能接近南蒙古微板块或处于其边缘。另外，通过对圆包山组槽模等沉积构造的古流向分析（Yin Haiquan et al.，2015，图 8），认为圆包山组物源区位于研究区西北方向。并且上述研究区西北部呼和套尔盖及其周边地区的岩浆岩年龄分布与研究区内碎屑锆石的年龄分布几乎一致，故认为呼和套尔盖地区为圆包山组的主要物源区。结合上述构造背景的分析，认为圆包山组形成于呼和套尔盖洋内弧（大洋岛弧，Wang Tingyin et al.，1993，1994）南侧的活动大陆边缘。

在古生代期间，阿拉善地区受到古亚洲洋活动的强烈影响，发育了大量的岩浆岩和火山岩（Zheng Zhaochang et al.，1987；Geng Yuansheng et al.，2007；Li Jinyi 2009），因此，有必要对研究区元古代锆石年龄进行分析对比。诸多学者近十几年在阿拉善及其周缘陆续开展了有关锆石年龄的研究，报道了研究区周围块体（华北板块、塔里木板块和阿拉善块体）在元古代的岩浆和变质记录。

华北板块与周围板块最主要的区别在于没有或者很少有中元古代晚期至新元古代早期的锆石年龄记录（Zhai Mingguo et al.，2000；Peng Peng et al.，2011；Liu Yongqing et al.，2006；Hu Bo，2011；Darby et al.，2006，Zhang Jin et al.，2012），前人学者在华北地区收集的主要锆石年龄分布于 1.85～2.1Ga，2.35～2.4Ga，2.6～2.8 Ga（Darby et al.，2006；Gong Wangbin et al.，2016；Zhang Lin et al.，2016），1.78～1.45Ga（He Yanhong et al.，2009）以及 1.6～1.2Ga（Zhang Chuanlin et al.，2009；Zhang Shuanhong et al.，2009），而本文所研究的锆石年龄包含有中元古代晚期至新元古代早期的记录，因此，华北板块作为物源区的可能性较小。

随着对中亚造山带和 Rodinia 超大陆的深入研究，有关阿拉善地块归属的研究逐渐增多，尤其是元古代的构造热事件的相关研究。通过对前人（Geng Yuansheng et al.，2002，2006，2007，2010；Dong Chunyan et al.，2007；Li Xianhua et al.，2004；Li Junjian et al.，2004；Xiu Qunye et al.，2002，2004；Zhou Hongying et al.，2007；Peng Runmin et al.，2010）数据的总结可以将相关锆石年龄划分为三组，第一组由 0.8～1.0Ga 的锆石组成，这部分

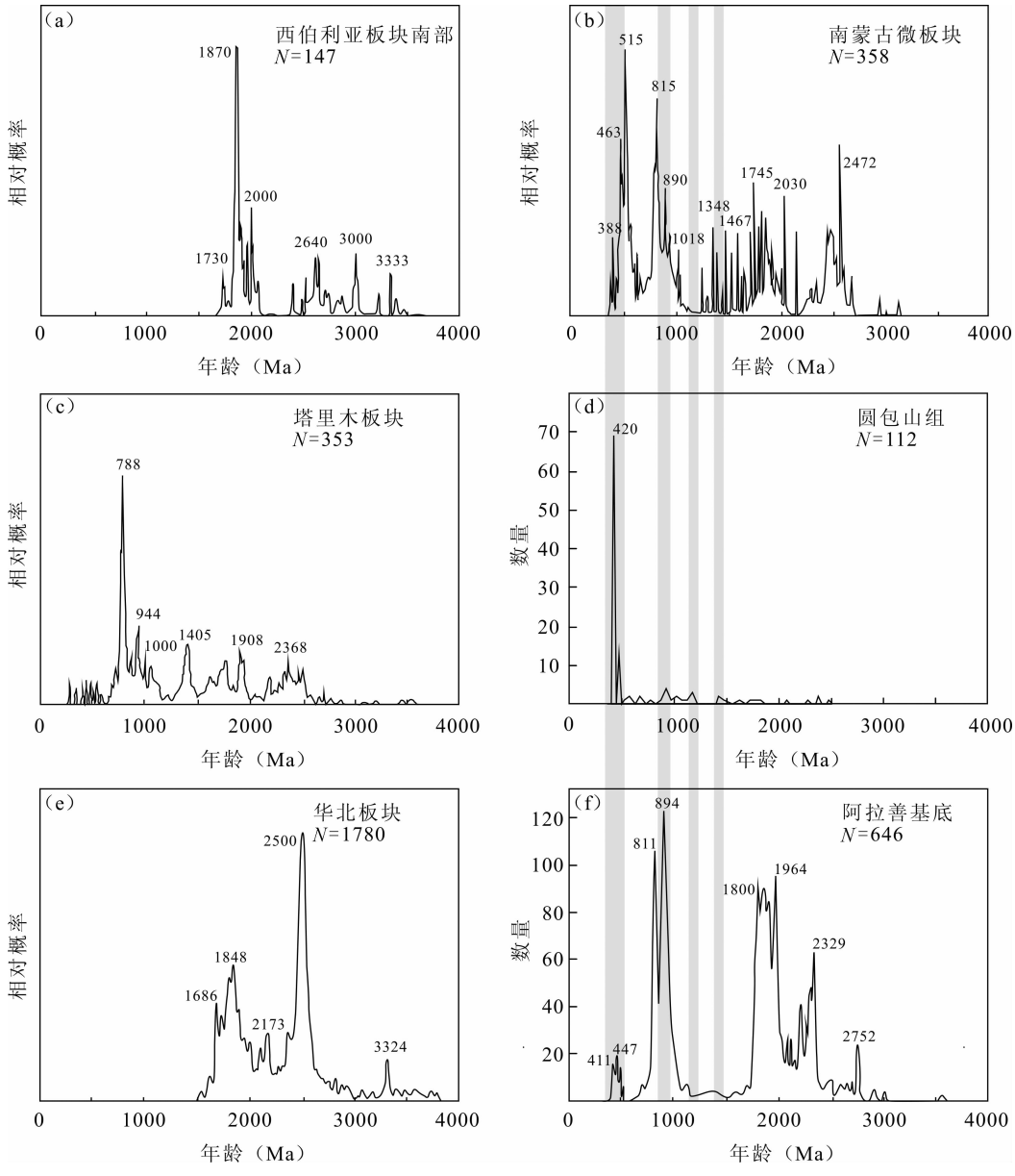

图 7 西伯利亚板块南部岩浆锆石和变质锆石相对频率图(a)；南蒙古微板块地区碎屑锆石和捕虏锆石相对频率图(b)；塔里木板块前寒武纪岩石中岩浆锆石和碎屑锆石相对频率图(c)；中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组碎屑锆石相对频率图(d)；华北板块岩浆锆石和变质锆石相对频率图(e)；阿拉善基底年龄相对频率图(f)

Fig. 7 Relative probability plot of igneous and metamorphic zircons from the southern Siberian block (a); relative probability plot of detrital and xenocrystic zircon ages from the arc terrranes of Mongolia (b); relative probability plot of igneous and detrital zircons from Precambrian rocks of the Tarim block (c); relative probability plot of detrital zircons of sandstone sample from Yuanbaoshan Formation of Hangwula area in northern Alxa, Central Asian Orogenic Belt (d); relative probability plot of igneous and metamorphic zircons from the North China block (e); relative probability plot of zircons from Alxa basement (f)

(图 a, b, c, e 结果引自 Rojas-Agramonte et al.,2011；图 f 结果引自张进等,2012)

(the results of figures a, b, c, e are quoted from Rojas-Agramonte et al., 2011 and f from Zhang Jin et al., 2012)

的岩石主要是基性—超基性岩和花岗岩以及花岗片麻岩;第二组由 1.8～2.0Ga 的锆石组成,代表性岩石主要是片麻岩;第三组由 2.2～2.4Ga 的锆石组成,代表岩石主要是片麻岩;另外还有一些如 3574～3665Ma 的继承锆石(Lu Songnian et al., 2008)。但是,阿拉善地块缺少本研究中出现的 1.0～1.2Ga 的锆石年龄记录。因此,不可能成为研究区的单一物源区。

表 1　中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组 LA-ICP-MS 碎屑锆石 U-Pb 定年结果

Table1　La-ICP-MS U-Pb dating for detrital zircons from Yuanbaoshan Formation of Hangwula area in northern Alxa, Central Asian Orogenic Belt

编号	Th	U	Th/U	同位素						同位素(Ma)						谐和度(%)
				$^{206}Pb/^{238}U$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{206}Pb/^{238}U$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		
				比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	
PM063-7-RZ1 中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组中粗砂岩(实测剖面第 7 层)																
1	162	515	0.31	0.0674	0.0006	0.5229	0.0144	0.0563	0.0015	421	4	427	12	463	59	1.56
2	333	927	0.36	0.0663	0.0007	0.5105	0.0093	0.0558	0.0010	414	5	419	8	445	41	1.14
3	452	761	0.59	0.0680	0.0006	0.5458	0.0132	0.0582	0.0014	424	4	442	11	536	53	4.21
4	345	1045	0.33	0.0697	0.0007	0.5426	0.0107	0.0565	0.0011	434	4	440	9	472	42	1.39
5	364	1287	0.28	0.0699	0.0007	0.5560	0.0124	0.0577	0.0012	435	5	449	10	519	47	3.12
6	228	661	0.34	0.0649	0.0006	0.5304	0.0105	0.0593	0.0011	405	4	432	9	578	42	6.63
7	498	1005	0.50	0.0692	0.0007	0.5550	0.0141	0.0582	0.0015	431	4	448	11	536	56	3.91
8	433	1299	0.33	0.0667	0.0008	0.5412	0.0083	0.0589	0.0009	416	5	439	7	563	34	5.57
9	165	481	0.34	0.0669	0.0008	0.5289	0.0129	0.0574	0.0014	417	5	431	11	505	53	3.29
10	963	2208	0.44	0.0690	0.0012	0.5534	0.0219	0.0582	0.0019	430	8	447	18	538	72	4.04
11	168	985	0.17	0.0674	0.0008	0.5385	0.0091	0.0580	0.0009	420	5	437	7	529	35	4.10
12	421	887	0.47	0.0694	0.0007	0.5774	0.0128	0.0603	0.0013	433	4	463	10	615	45	6.97
13	422	948	0.44	0.0669	0.0008	0.4893	0.0079	0.0530	0.0008	418	5	404	7	329	36	−3.18
14	637	1375	0.46	0.0697	0.0008	0.5681	0.0123	0.0591	0.0013	435	5	457	10	570	47	5.13
15	858	1613	0.53	0.0701	0.0009	0.5496	0.0120	0.0568	0.0011	437	5	445	10	485	44	1.79
16	446	1452	0.31	0.0804	0.0009	0.6625	0.0120	0.0597	0.0011	499	6	516	9	594	40	3.51
17	119	269	0.44	0.0693	0.0011	0.5478	0.0306	0.0573	0.0030	432	7	444	25	505	115	2.70
18	147	336	0.44	0.0685	0.0008	0.5553	0.0226	0.0588	0.0024	427	5	448	18	558	88	4.93
19	522	2310	0.23	0.0687	0.0010	0.5508	0.0505	0.0581	0.0042	428	6	446	41	535	158	3.99
20	257	1166	0.22	0.0691	0.0007	0.5456	0.0107	0.0573	0.0011	430	4	442	9	503	43	2.70
21	340	1253	0.27	0.0681	0.0006	0.5419	0.0146	0.0577	0.0016	425	3	440	12	518	60	3.51
22	186	509	0.37	0.0687	0.0007	0.5418	0.0164	0.0572	0.0017	428	5	440	13	499	66	2.64
23	1408	1831	0.77	0.0793	0.0020	0.6428	0.0351	0.0588	0.0027	492	13	504	28	560	100	2.51
24	911	1487	0.61	0.0668	0.0009	0.5410	0.0147	0.0587	0.0015	417	5	439	12	557	55	5.30
25	630	1500	0.42	0.0660	0.0007	0.5153	0.0080	0.0566	0.0009	412	5	422	7	476	34	2.40
26	418	1007	0.42	0.0648	0.0008	0.5416	0.0114	0.0606	0.0012	405	5	439	9	626	43	8.62
27	268	667	0.40	0.0662	0.0008	0.5240	0.0145	0.0574	0.0015	413	5	428	12	507	59	3.54
28	278	767	0.36	0.0687	0.0008	0.5491	0.0347	0.0579	0.0034	428	5	444	28	528	129	3.72
29	425	988	0.43	0.0658	0.0007	0.5285	0.0111	0.0583	0.0012	411	4	431	9	540	45	4.91
~~30~~	~~338~~	~~741~~	~~0.46~~	~~0.0736~~	~~0.0007~~	~~0.6493~~	~~0.0194~~	~~0.0640~~	~~0.0018~~	~~458~~	~~4~~	~~508~~	~~15~~	~~741~~	~~61~~	~~10.97~~
31	347	760	0.46	0.0647	0.0007	0.4918	0.0109	0.0551	0.0012	404	4	406	9	418	49	0.50
32	416	1394	0.30	0.0710	0.0009	0.5807	0.0219	0.0593	0.0021	442	5	465	18	579	76	5.13
33	491	466	1.06	0.0655	0.0009	0.5492	0.0263	0.0608	0.0029	409	5	444	21	633	103	8.68
34	479	1008	0.48	0.0656	0.0005	0.5480	0.0142	0.0606	0.0016	409	3	444	12	626	58	8.40
35	584	1748	0.33	0.0691	0.0010	0.5441	0.0174	0.0571	0.0017	431	6	441	14	495	64	2.40
36	337	758	0.45	0.0675	0.0013	0.5561	0.0129	0.0597	0.0013	421	8	449	10	594	48	6.61
37	245	632	0.39	0.0656	0.0005	0.5536	0.0131	0.0612	0.0015	410	3	447	11	646	52	9.22
38	716	1520	0.47	0.0718	0.0010	0.5626	0.0115	0.0568	0.0011	447	6	453	9	485	43	1.40
39	396	1218	0.33	0.0679	0.0009	0.5735	0.0146	0.0613	0.0015	423	6	460	12	649	53	8.73
40	670	1771	0.38	0.0671	0.0010	0.5484	0.0134	0.0593	0.0014	419	6	444	11	577	50	6.03
41	807	942	0.86	0.0651	0.0007	0.5078	0.0193	0.0565	0.0021	407	4	417	16	473	84	2.49
42	628	908	0.69	0.0672	0.0008	0.5483	0.0129	0.0592	0.0014	419	5	444	10	575	52	5.95
~~43~~	~~864~~	~~1472~~	~~0.59~~	~~0.0672~~	~~0.0011~~	~~0.5784~~	~~0.0348~~	~~0.0625~~	~~0.0039~~	~~419~~	~~7~~	~~463~~	~~28~~	~~690~~	~~132~~	~~10.59~~
44	239	408	0.59	0.0695	0.0009	0.5567	0.0159	0.0581	0.0017	433	6	449	13	533	62	3.74
45	182	419	0.43	0.0696	0.0011	0.5028	0.0149	0.0524	0.0015	434	7	414	12	303	67	−4.61
46	1316	1660	0.79	0.0670	0.0009	0.4937	0.0078	0.0534	0.0008	418	6	407	6	347	35	−2.57
47	496	1171	0.42	0.0679	0.0007	0.5397	0.0092	0.0577	0.0010	423	4	438	8	517	38	3.51
48	496	795	0.62	0.0682	0.0007	0.4992	0.0105	0.0531	0.0011	425	4	411	9	332	47	−3.33

续表 1

编号	Th	U	Th/U	同位素						同位素(Ma)						谐和度(%)
				$^{206}Pb/^{238}U$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{206}Pb/^{238}U$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		
				比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	
PM063-10-RZ1 中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组中粗砂岩(实测剖面第 10 层)																
1	77	185	0.42	0.0676	0.0010	0.5541	0.0452	0.0594	0.0047	422	7	448	37	583	172	6.15
2	154	349	0.44	0.1814	0.0018	1.9814	0.0354	0.0792	0.0013	1074	11	1109	20	1178	33	3.24
3	199	474	0.42	0.0678	0.0007	0.5253	0.0144	0.0562	0.0015	423	5	429	12	460	60	1.39
4	165	1193	0.14	0.1512	0.0017	1.4448	0.0184	0.0693	0.0008	908	10	908	12	908	24	0.02
5	134	210	0.64	0.4139	0.0035	8.3057	0.1032	0.1456	0.0017	2233	19	2265	28	2294	20	1.45
6	259	603	0.43	0.0692	0.0006	0.5513	0.0130	0.0578	0.0013	431	3	446	10	522	50	3.37
7	140	146	0.96	0.3645	0.0028	6.4692	0.1005	0.1287	0.0020	2003	16	2042	32	2081	27	1.91
8	495	1471	0.34	0.0674	0.0006	0.5645	0.0120	0.0607	0.0012	421	4	454	10	629	44	8.04
9	179	352	0.51	0.1698	0.0015	1.7351	0.0306	0.0741	0.0013	1011	9	1022	18	1044	35	1.04
10	133	315	0.42	0.0687	0.0011	0.5664	0.0267	0.0598	0.0026	429	7	456	21	595	95	6.32
11	184	536	0.34	0.0655	0.0006	0.5105	0.0129	0.0565	0.0014	409	4	419	11	471	56	2.32
12	69	150	0.46	0.2276	0.0027	3.1469	0.0645	0.1003	0.0020	1322	16	1444	30	1629	37	9.25
~~13~~	~~180~~	~~232~~	~~0.78~~	~~0.3227~~	~~0.0091~~	~~6.7864~~	~~0.1059~~	~~0.1525~~	~~0.0021~~	~~1803~~	~~51~~	~~2084~~	~~33~~	~~2374~~	~~23~~	~~15.59~~
~~14~~	~~235~~	~~489~~	~~0.48~~	~~0.0649~~	~~0.0006~~	~~0.5527~~	~~0.0167~~	~~0.0617~~	~~0.0018~~	~~406~~	~~4~~	~~447~~	~~13~~	~~665~~	~~63~~	~~10.15~~
15	384	697	0.55	0.1492	0.0010	1.4857	0.0262	0.0722	0.0012	897	6	925	16	992	35	3.11
16	263	438	0.60	0.1518	0.0015	1.6190	0.0348	0.0773	0.0016	911	9	978	21	1130	41	7.28
17	180	511	0.35	0.2708	0.0035	4.1810	0.0755	0.1120	0.0019	1545	20	1670	30	1832	31	8.13
18	365	1268	0.29	0.0649	0.0006	0.5179	0.0104	0.0579	0.0011	405	4	424	9	526	43	4.57
19	385	1069	0.36	0.0688	0.0006	0.5604	0.0156	0.0591	0.0016	429	4	452	13	569	61	5.29
20	399	2102	0.19	0.0748	0.0005	0.6007	0.0096	0.0582	0.0009	465	3	478	8	538	33	2.70
21	297	1530	0.19	0.0762	0.0006	0.6186	0.0108	0.0589	0.0010	473	4	489	9	564	35	3.35
22	317	754	0.42	0.4169	0.0041	8.7376	0.1098	0.1520	0.0017	2246	22	2311	29	2369	20	2.88
23	230	598	0.38	0.0661	0.0009	0.4879	0.0113	0.0536	0.0012	412	6	403	9	353	51	−2.17
24	164	308	0.53	0.0676	0.0011	0.5502	0.0233	0.0590	0.0024	422	7	445	19	567	89	5.51
25	600	1933	0.31	0.0683	0.0009	0.5692	0.0325	0.0605	0.0031	426	6	457	26	621	111	7.47
~~26~~	~~390~~	~~1218~~	~~0.32~~	~~0.0573~~	~~0.0006~~	~~1.6595~~	~~0.0239~~	~~0.2102~~	~~0.0027~~	~~359~~	~~4~~	~~993~~	~~14~~	~~2907~~	~~21~~	~~176.69~~
27	344	711	0.48	0.0655	0.0007	0.4842	0.0107	0.0537	0.0011	409	4	401	9	356	48	−1.90
28	64	146	0.44	0.1752	0.0019	1.7387	0.0442	0.0720	0.0018	1041	12	1023	26	985	50	−1.72
29	316	502	0.63	0.0666	0.0007	0.5131	0.0164	0.0559	0.0018	416	4	421	13	447	71	1.16
30	140	347	0.40	0.0659	0.0008	0.5000	0.0185	0.0550	0.0020	412	5	412	15	412	82	0.00
~~31~~	~~634~~	~~2688~~	~~0.24~~	~~0.0732~~	~~0.0014~~	~~0.6978~~	~~0.0448~~	~~0.0691~~	~~0.0046~~	~~456~~	~~9~~	~~537~~	~~35~~	~~902~~	~~138~~	~~17.99~~
32	215	352	0.61	0.2424	0.0025	3.0164	0.0576	0.0902	0.0017	1399	14	1412	27	1431	36	0.89
33	930	1458	0.64	0.0736	0.0007	0.6143	0.0460	0.0606	0.0042	458	4	486	36	624	151	6.27
34	197	407	0.48	0.0682	0.0007	0.5384	0.0171	0.0572	0.0018	425	5	437	14	501	69	2.83
35	452	981	0.46	0.0692	0.0006	0.5044	0.0093	0.0529	0.0009	431	4	415	8	324	41	−3.81
36	360	1036	0.35	0.0783	0.0010	0.6266	0.0105	0.0580	0.0009	486	6	494	8	531	35	1.65
37	274	613	0.45	0.0652	0.0006	0.4885	0.0111	0.0543	0.0012	407	4	404	9	384	50	−0.85
38	222	298	0.74	0.4331	0.0028	9.1760	0.1245	0.1537	0.0020	2319	15	2356	32	2387	23	1.56
39	608	2614	0.23	0.0683	0.0011	0.5555	0.0254	0.0590	0.0022	426	7	449	21	567	83	5.33
40	170	583	0.29	0.1995	0.0017	2.1533	0.0353	0.0783	0.0013	1173	10	1166	19	1154	32	−0.57
~~41~~	~~584~~	~~1493~~	~~0.39~~	~~0.2707~~	~~0.0028~~	~~4.4052~~	~~0.0686~~	~~0.1180~~	~~0.0018~~	~~1545~~	~~16~~	~~1713~~	~~27~~	~~1926~~	~~27~~	~~10.92~~
42	94	186	0.51	0.1591	0.0017	1.6534	0.0413	0.0754	0.0019	952	10	991	25	1079	49	4.14
43	155	238	0.65	0.1568	0.0014	1.6098	0.0334	0.0744	0.0015	939	9	974	20	1053	40	3.71
44	809	1572	0.51	0.0690	0.0007	0.5581	0.0081	0.0586	0.0009	430	5	450	7	553	32	4.62
45	403	1098	0.37	0.0687	0.0007	0.5424	0.0090	0.0573	0.0009	428	5	440	7	503	35	2.80
46	190	327	0.58	0.0664	0.0008	0.5212	0.0218	0.0570	0.0023	414	5	426	18	490	91	2.83
47	335	678	0.49	0.1580	0.0014	1.6381	0.0254	0.0752	0.0012	946	8	985	15	1073	31	4.13
48	269	608	0.44	0.2412	0.0023	3.0473	0.0470	0.0916	0.0014	1393	13	1420	22	1460	28	1.93
49	402	811	0.50	0.0674	0.0004	0.5650	0.0119	0.0608	0.0013	420	3	455	10	634	45	8.23
50	729	1679	0.43	0.0786	0.0011	0.6182	0.0094	0.0571	0.0008	488	7	489	7	494	32	0.21
51	42	266	0.16	0.2944	0.0026	4.4275	0.0665	0.1091	0.0016	1663	15	1717	26	1784	27	3.26
52	150	475	0.32	0.1066	0.0018	1.0142	0.0283	0.0690	0.0018	653	11	711	20	898	53	8.84

续表 1

编号	Th	U	Th/U	同位素						同位素(Ma)						谐和度(%)
				$^{206}Pb/^{238}U$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{206}Pb/^{238}U$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		
				比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	
53	268	723	0.37	0.0766	0.0010	0.6319	0.0218	0.0598	0.0019	476	6	497	17	597	69	4.50
54	63	304	0.21	0.0776	0.0010	0.6608	0.0284	0.0618	0.0026	482	6	515	22	667	89	6.96
~~55~~	~~109~~	~~304~~	~~0.36~~	~~0.2450~~	~~0.0042~~	~~3.7185~~	~~0.0796~~	~~0.1101~~	~~0.0023~~	~~1412~~	~~24~~	~~1575~~	~~34~~	~~1801~~	~~38~~	~~11.53~~
56	180	596	0.30	0.0764	0.0009	0.6412	0.0188	0.0609	0.0018	475	6	503	15	635	62	6.00
57	125	955	0.13	0.2034	0.0071	2.3456	0.0495	0.0836	0.0015	1194	42	1226	26	1284	35	2.72
58	126	439	0.29	0.0869	0.0013	0.7549	0.0210	0.0630	0.0017	537	8	571	16	709	57	6.32
59	84	245	0.34	0.3911	0.0088	8.8022	0.1407	0.1633	0.0023	2128	48	2318	37	2490	24	8.93
~~60~~	~~788~~	~~3766~~	~~0.21~~	~~0.0585~~	~~0.0011~~	~~2.5958~~	~~0.0366~~	~~0.3221~~	~~0.0039~~	~~366~~	~~7~~	~~1299~~	~~18~~	~~3580~~	~~19~~	~~254.82~~
~~61~~	~~142~~	~~364~~	~~0.39~~	~~0.0928~~	~~0.0017~~	~~1.1877~~	~~0.0300~~	~~0.0928~~	~~0.0022~~	~~572~~	~~11~~	~~795~~	~~20~~	~~1485~~	~~45~~	~~38.98~~
62	233	574	0.41	0.3194	0.0053	4.6107	0.0658	0.1047	0.0013	1787	30	1751	25	1709	23	−2.00
63	206	745	0.28	0.1110	0.0023	0.9382	0.0173	0.0613	0.0010	679	14	672	12	649	35	−1.02
64	168	438	0.38	0.0779	0.0019	0.6475	0.0167	0.0603	0.0014	483	12	507	13	615	50	4.88
65	164	223	0.74	0.1280	0.0021	1.1810	0.0291	0.0669	0.0015	776	13	792	19	835	48	1.98
66	166	226	0.74	0.2069	0.0028	2.2217	0.0325	0.0779	0.0010	1212	16	1188	17	1144	27	−2.01
67	134	166	0.80	0.2170	0.0034	2.3966	0.0474	0.0801	0.0015	1266	20	1242	25	1199	36	−1.93
68	138	409	0.34	0.0905	0.0012	0.7346	0.0212	0.0589	0.0016	559	7	559	16	562	60	0.13
69	395	1448	0.27	0.0686	0.0009	0.5505	0.0127	0.0582	0.0013	428	6	445	10	536	50	4.05
70	122	320	0.38	0.0675	0.0009	0.5414	0.0247	0.0582	0.0025	421	6	439	20	536	94	4.31
71	225	474	0.47	0.0683	0.0008	0.5405	0.0187	0.0574	0.0019	426	5	439	15	505	74	2.96
72	134	318	0.42	0.2113	0.0016	2.5993	0.0329	0.0892	0.0011	1235	9	1300	16	1409	23	5.26
73	285	998	0.29	0.0736	0.0010	0.5998	0.0103	0.0591	0.0010	458	6	477	8	570	37	4.19
74	70	222	0.32	0.0786	0.0012	0.6520	0.0295	0.0601	0.0026	488	8	510	23	609	93	4.46

注：有删除线的数据为谐和度不符合要求的锆石数据。

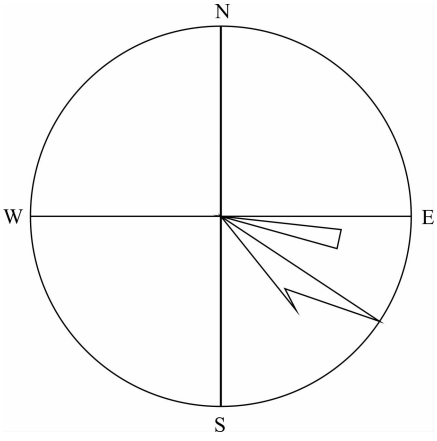

图 8　中亚造山带阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组玫瑰花图（据尹海权等，2015）

Fig. 8　Rose Figure of Yuanbaoshan Formation of Hangwula area in northern Alxa, Central Asian Orogenic Belt (after Yin Haiquan et al., 2015)

在塔里木板块发现最老的锆石年龄为 2.8～2.5Ga(片麻岩)，另有 3.6Ga 年龄的继承性锆石(Lu Songnian et al., 2008; Long Xiaoping et al., 2010)，以及 2.45～2.35 Ga，2.0～1.8 Ga (Hu Aiqin et al., 2000; Lu Songnian et al., 2008)，2.1～1.7Ga(Hu Aiqin et al. 2000)的锆石年龄。在中元古代塔里木板块北缘以发育被动大陆边缘为主，并沉积大量的叠层石灰岩；塔里木板块南缘则以发育活动大陆边缘为主，形成了大量的钙碱性火山岩(Lu Songnian et al., 2008)。在中元古至新元古代，塔里木板块发生了大规模的板块增生事件，导致了沉积盖层与变质结晶基底的角度不整合(Lu Songnian et al., 2008)，并有 933±11Ma 和 1048±19Ma 年龄的锆石报道(Shu Liangshu et al. 2011)。如图 7c 所示，前人报道的塔里木板块锆石频率曲线事件与研究区锆石年龄分布吻合最好，尤其是中元古代的锆石年龄，是华北板块和阿拉善块体相对欠缺的，因此，认为研究区圆包山组元古代碎屑锆石来自塔里木板块。

圆包山组两组碎屑锆石的年龄分布具有明显的区别，第 7 层碎屑锆石年龄均为古生代，而元古代锆石年龄仅出现在层位相对较高的第 10 层。另外，研究区沉积序列和圆包山组砂岩地球化学特征揭示了研究区从早古生代至泥盆纪构造活动性逐渐增强的过程(Yin Haiquan et al., 2015)，故认为，第 7 层锆石年龄的分布说明了圆包山组相应层位及其以下层位(1～7 层)在沉积作用发生时，物源主要来自呼和套尔盖大洋岛弧，其沉积过程仅受到岛弧作用影响，无外来物源干扰，研究区构造活动性较弱；而第 10 层及其上层位沉积时，存在两种可能性，一是研究区

隆升作用增强，物源区风化剥蚀作用加剧，导致源区结晶基底被剥蚀，从而出现中元古－古元古界的锆石，但是由于对呼和套尔盖大洋岛弧的研究相对较少，仅在王廷印等(1994)《阿拉善地区古生代陆壳的形成和演化》一书中提到呼和套尔盖大洋岛弧形成于 800～900Ma，并且其又为一大洋岛弧，很难存在较老的结晶基底。因此，还存在另外一种可能，即研究区及周缘在此时的构造活动性增强，塔里木板块的剥蚀作用也逐渐增强，从而为圆包山组提供物源。

综上分析，研究区在构造位置上可能属于南蒙古微板块南部边缘。圆包山组的沉积序列代表了研究区构造属性由相对稳定到活动的过程，并且塔里木板块在研究区内，对阿拉善北部地区的沉积存在一定的影响。

5 结论

阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组碎屑锆石 U-Pb 年龄分析表明，圆包山组形成时代为早志留世至早泥盆世。研究区古生代物源来自呼和套尔盖地区，其构造位置可能为南蒙古微板块的南缘；而元古代的锆石来自于塔里木板块，没有华北板块和阿拉善块体作为物质来源。研究区在构造位置上更接近塔里木板块，而非华北板块和阿拉善块体。另外由碎屑锆石年龄在地层中分布特征来看，研究区在早泥盆世后隆升作用明显，构造活动性增强，研究区受塔里木板块影响逐渐增加。

致谢：感谢编辑老师和两位审稿专家在审稿时给出的修改意见。

References

Badarch G, Cunningham W D, Windley B F. 2002. A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. Journal of Asian Earth Sciences, 21: 87～110.

Bussien D, Gombojav B, Winkler W, Von Quadt A. 2001. The Mongol-Okhotsk Belt in Mongolia-An appraisal of the geodynamic development by the study of sandstone provenance and detrital zircons. Tectonophysics, 510: 132～150.

Bureau of Geological and Mineral Resources of Nei Mongol Autonomous Region. 1996. Stratigraphy (Lithostratic) of Inner Mongolia Autonomous Region (Mutiple Classification and Correlation of the Stratigraphy of China). Wuhan: China University of Geosciences Press, 1～344(in Chinese).

Darby B J, Gehrels G E. 2006. Detrital zircon reference for the North China block. Journal of Asian Earth Sciences, 26: 637～648.

Demoux A, Kröner A, Badarch G T, Jian Ping, Tomurhuu D, Wingate M T D. 2009a. Zircon ages from the Baydrag Block and the Bayankhongor ophiolite zone: time constraints on late Neoproterozoic to Cambrian subduction-and accretion-related magmatism in Central Mongolia. Journal of Geology, 177: 377～397.

Demoux A, Kröner A, Liu Dunyi, Badarch G. 2009b. Precambrian crystalline basement in southern Mongolia as revealed by SHRIMP zircon dating. International Journal of Earth Sciences, 98: 1365～1380.

Dickinson W R. 1985. Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In: ZufFa G G. (Ed), Provenance of Arenites. Reidel Publ, Dordrecht, 333～361.

Dong Chunyan, Liu Dunyi, Li Junjian, Wan Yusheng, Zhou Hongying, Li Chengdong, Yang Yueheng, Xie Liewen. 2007. Paleoproterozoic Khondalite Belt in the western North China Block: New evidence from SHRIMP dating and Hf isotope composition of zircons from metamorphic rocks in the Bayan Ul-Helanshan area. Chinese Science Bulletin, 52: 1913～1922.

Fang Junqin. 2015. The Paleozoic tectonic evolution of Xing'an-Mongolia Orogenic Belt in Central-Eastern Inner Mongolia. Beijng: Peking University, 1～128 (in Chinese with Engliash abstract).

Gong Wangbin, Xi Shengli, Liu Xinshe, Hu Jianmin, Li Zhenghong. 2016. LA-ICP-MS U-Pb Dating of Derital Zircons from Changcheng System in Ordos Block, Western North China Craton and Its Implications. Geologocal Review, 62(6): 1379～1391 (in Chinese with Engliash abstract).

Geng Yuansheng, Wang Xinshe, Shen Qihan, Wu Chunming. 2002. The discovery of Neoproterozoic Jinningian deformed granites in Alax area and its significance. Acta Petrologica et Mineralogica, 21(4): 412～420 (in Chinese with English abstract).

Geng Yuansheng, Wang Xinshe, Shen Qihan, Wu Chunming. 2006. Redifinition of the Alax Group of Precambrian metamorphic basement in Alax region, Inner Mongolia. Geology in China, 33(1): 138～145 (in Chinese with English abstract).

Geng Yuansheng, Wang Xinshe, Shen Qihan, Wu Chunming. 2007. Chronology of the Precambrian metamorphic series in the Alxa, Inner Mongolia. Geology in China, 34(2): 251～261 (in Chinese with English abstract).

Geng Yuansheng, Zhou Xiwen. 2010. Early Neoproterozoic granite events and their geological significance, in Alax area, Inner Mongolia: Evidence from geochronology. Acta Petrologica et Mineralogica, 29(6): 779～795 (in Chinese with English abstract).

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 PaleoMesoproterozoic evolution of the southern margin of the North China Block. Precambrian Research, 168: 213～222.

Hu Aiqin, Jahn Bor-ming, Zhang Guoxin, Chen Yibing, Zhang Qianfeng. 2000. Crustal evolution and Phanerozoic crustal growth in northern Xinjiang: Nd isotopic evidence. Part I. Isotopic characterization of basement rocks. Tectonophysics, 328: 15～51.

Hu Bo. 2011. Space-time framework of Late Paleoproterozoic to Neoproterozoic basins in the North China Block and the geological events: Constraints from the U-Pb geochronology of detrital zircons. Post-Doctor Research Report. Beijing: Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, 1～103 (in Chinese with English summary).

Jahn Bor-ming. 2004. The Central Asian Orogenic Belt and growth of the continental crust in the Phanerozoic. Geological Society, London, Special Publications, 226: 73～100.

Kelty T K, Yin An, Dash B, Gehrels G E, Ribeiro A E. 2008. Detrital-zircon geochronology of Paleozoic sedimentary rocks in the Hangay-Hentey basin, north-central Mongolia: Implications for the tectonic evolution of the Mongol-Okhotsk Ocean in central Asia. Tectonophysics, 451: 290～311.

Kheraskova T N, Didenko A N, Bush V A. 2003. The Vendian-Early Paleozoic history of the continental margin of eastern Paleogondwana, Paleoasian Ocean and Central Asian foldbelt. Russian Joural of Earth Sciences, 5: 165～184.

Kröner A, Lehmann J, Schulmann K, Demoux A, Lexa O, Tomurhuu D, Stipska P, Liu Dunyi, Wingate Michael T D. 2010. Lithostratigraphic and geochronological constraints on the evolution of the Central Asian Orogenic Belt in SW Mongolia: Early Paleozoic rifting followed by late Paleozoic accretion. American Journal of Science, 310: 523～574.

Li Huijun, He Guoqi, Wu Tai Ran, Wu Bo. 2010. Discovery of the Early Paleozoic Post-collisional granite in Altay, China and its geological significance. Acta Petrologica Sinica, 26(8): 2445～2451 (in Chinese with Engliash abstract).

Li Jinyi. 2009. Cycles and stages of geological history of China Mainland. Geology in China, 36: 504～527 (in Chinese with English abstract).

Li Junjian, Shen Baofeng, Li Huimin, Zhou Hongying, Guo Lijun, Li Chaoying. 2004. Singlezircon U-Pb age of granodioritic gneiss in the Bayan Ul area, western Inner Mongolia. Geological Bulletin of China, 23: 1243～1245(in Chinese with English abstract).

Li Junjian. 2006. Regional Metallogenic System of Alashan Block in Inner Monolia Autonomous Region. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 1～117 (in Chinese with Engliash abstract).

Li Xianhua, Su Li, Song Biao, Liu Dunyi. 2004. SHRIMP U-Pb zircon age of the Jinchuan ultramafic intrusion and its geological significance. Chinese Science Bulletin, 49: 401～402(in Chinese with English abstract).

Liu Yongqing, Gao Linzhi, Liu Yanxue, Song Biao, Wang Zongxiu. 2006. Zircon U-Pb dating for the earliest Neoproterozoic mafic magmatism in the southern margin of the North China Block. Chinese Science Bulletin, 51: 2375～2382.

Long Xiaoping, Chao Yuan, Sun Min, Zhao Guochun, Xiao Wwenjiao, Wang Yujing, Yang Yueheng, Hu Aiqin. 2010. Archean crustal evolution of the northern Tarim Block, NW China: Zircon U - Pb and Hf isotopic constraints. Precambrian Research, 180: 272～284.

Lu Songnian, Li Huaikun, Zhang Chuanlin, Niu Guanghua. 2008. Geological and geochronological evidence for the Precambrian evolution of the Tarim Block and surrounding continental fragments. Precambrian Research, 160: 94～107.

Peng Peng, Zhai Mingguo, Li Qiuli, Wu Fuyuan, Hou Quanlin, Li Zhong, Li Tiesheng, Zhang Yanbin. 2011. Neoproterozoic (～900Ma) Sariwon sills in North Korea: Geochronology, geochemistry and implications for the evolution of the south-eastern margin of the North China Block. Gondwana Research, 20: 243～254.

Ren Jishun, Zhao Lei, Xu Qinqin, Zhu Junbin. 2016. Global Tectonic Position and Geodynamic System of China. Acta Geologica Sinica, 90(9): 2100～2108 (in Chinese with Engliash abstract).

Rojas-Agranonte A, Kröner A, Demoux A, Xia X, Wang W, Donskaya T, Liu D, Sun M. 2011. Detrital and xenocrystic zircon ages from Neoproterozoic to Palaeozoic arc terranes of Mongolia: significance for the origin of crustal fragments in the Central Asian Orogenic Belt. Gondwana Reserch., 19: 751～763.

Rubatto D, Hermann J. 2003. Zircon formation during fluid circulation in eclogites (Monviso, West Alps): Inplications for Zr and Hf budget in subduction zones. Geochimica et Cosmochimica Acta, 67(12): 2173～2187.

Şengör A M C, Natal'in B A, Burtman V S. 1993. Evolution of the Altaid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia. Nature, 364: 299～307.

Shao Ji'an, Tang Kedong, He Guoqi. 2014. Early Permian tectono-palaeogeographic reconstruction of Inner Mongolia, China. Acta Petrologica Sinica, 30(7): 1858～1866 (in Chinese with Engliash abstract).

Shu Liangshu, Deng Xingliang, Zhu Wenbin, Ma Dongsheng, Xiao Wenjiao. 2011. Precambrian tectonic evolution of the Tarim

Block, NW China: New geochronological insights from the Quruqtagh domain. Journal of Asian Earth Sciences, 42: 774～790.

Tang Kedong. 1990. Tectonic development of Paleozoic foldbelts at the north margin of the Sino-Korean block. Tectonics, 9(2): 249～260.

Wang Hongzhen, He Guoqi, Zhang Shihong. 2006. The geology of China and Mongolia. Erath Science Frontiers, 13(6): 1～13.

Wang Jinrong, Song Chunhui, Gao Junping, Wang Shizheng. 1995. The Original mechanism of the Engger Us ophiolitic melange, North China. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 31(2): 140～147 (in Chinese with Engliash abstract).

Wang Tingyin, Wang Jinrong, Liu Jinkun, Wang Shizheng, Wu Jiahong. 1993. Relationships between the North China and Tarim plates. Axta Geologica Sinica, 67(4): 287～300 (in Chinese with Engliash abstract).

Wang Tingyin, Wang Shizheng, Wang Jinrong. 1994. The Formation and Evolution of Paleozoic Continental Crust in Alxa Region. Lanzhou: Lanzhou University Press, 1～215 (in Chinese with Engliash abstract).

Wang Xingjun. 2012. The geochemical characters and its tectonic implications ophiolites in Alxa area, Inner Mongolia. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 1～218 (in Chinese with Engliash abstract).

Windley B F, Alexeiev D, Xiao Wenjiao, Kröner A, Badarch G. 2007. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. Journal of the Geological Society, London, 164: 31～47.

Wilhem C, Windley B F, Stampfli G M. 2012. The Altaids of Central Asia: A tectonic and evolutionary innovative review. Earth-Science Reviews, 113: 303～341.

Wu Kanglin. 2011. Geochemical Characteristics and tectonic setting of late Varisian period in Alashan block. Xi'an: Chang' an University, 1～78 (in Chinese with Engliash abstract).

Wu Tairan, He Guoqi. 1992. Ophiolitic melange belts in the northern margin of the Alashan block. Geoscience, 6(3): 69～78 (in Chinese with Engliash abstract).

Wu Tairan, He Guoqi. 1993. Tectonic inits and their fundamental characteristics on the northern margin of the Alxa block. Axta Geologica Sinica, 67(2): 97～108 (in Chinese with Engliash abstract).

Xiao Wenjiao, Huang Baochun, Han Chunming, Sun Shu, Li Jiliang. 2010a. A review of the western part of the Altaids: a key to understanding the architecture of accretionary orogens. Gondwana Research, 18: 253～273.

Xiao W J, Mao Q G, Windley B F, Han C M, Qu J F, Zhang J E, Ao S J, Guo Q Q, Cleven N R, Lin S F, Shan Y H, Li J L. 2010b. Paleozoic multiple accretionary and collisional processes of the Beishan orogenic collage. American Journal of Science, 310: 1553～1594.

Xiao Wenjiao, Santosh M. 2014. The western Central Asian Orogenic Belt: A window to accretionary orogenesis and continental growth. Gondwana Research, 25: 1429～1444.

Xiu Qunye, Lu Songnian, Yu Haifen, Yang Chunliang. 2002. The isotopic age evidence for main Longshoushan Group contributing to Palaeoproterozoic. Progress in Precambrian Research, 25: 93～96 (in Chinese with English abstract).

Xiu Qunye, Yu Haifeng, Li Quan, Zuo Gguochao, Li Jinwen, Cao Chengjie. 2004. Discussion on the petrogenic time of Longshoushan Group, Gansu Province. Acta Geologica Sinica, 78: 366～373(in Chinese with English abstract).

Xu Bei, Charvet J, Chen Yan, Zhao Pan, Shi Guangzhong. 2013. Middle Paleozoic convergent orogenic belts in western Inner Mongolia (China): framework, kinematics, geochronology and implications for tectonic evolution of the Central Asian Orogenic Belt. Gondwana Research, 23: 1342～1364.

Xu Bei, Zhao Pan, Bao Qingzhong, Zhou Yongheng, Wang Yanyang, Luo Zhiwen. 2014a. Preliminary study on the pre-Mesozoic tectonic unit division of the Xing-Meng Orogenic Belt (XMOB). Acta Petrologica Sinca, 30(7): 1841～1857 (in Chinese with Engliash abstract).

Xu Bei, Zhao Pan, Wang Yanyang, Liao Wen, Luo Zhiwen, Bao Qingzhong, Zhou Yongheng. 2014b. The pre-Devonian tectonic framework of Xing'an-Mongolia orogenic belt(XMOB) in north China. Journal of Asian Earth Sciences, 97: 183～196.

Xu Dongzhuo, Zhang Weijie, Zhou Haitao, Sun Qikai. 2014. Characteristics, zircon dating and tectonic significance of the gabbros along the north-central segments of the Alxa Block, Inner Mongolia. Geological Bulletin of China, 33(5): 661～671 (in Chinese with Engliash abstract).

Yin Haiquan. 2016. Late Paleozoic Sedimentary Characteristics and its Tectonic Evolution in Northern Alax area, Inner Mongolia. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), doctoral dissertation, 1～162 (in Chinese with Engliash abstract).

Yin Haiquan, Zhou Hongrui, Cheng Rui, Zhang Weijie, Zheng Xiaoming, Yang Liye, Li Jie, Wang Shengyu. 2015. The Age, Sedimentary Characteristics and Tectonic Significance on the Yuanbaoshan Formation in the Southern Margin of the Siberian Plate, North of Alxa, Inner Mongolia. Acta Sedimentologica Sinica, 33 (4): 665～678 (in Chinese with Engliash abstract).

Zeng Yong. 2014. Characteristics and Tectonic Significance of Late Paleozoic Granits Near the Hariaoribuge Weather Station of Alxa, Inner Mongolia. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 1～55 (in Chinese with Engliash abstract).

Zhai Mingguo, Bian Aiguo, Zhao Taiping. 2000. The amalgamation

of the supercontinent of North China Block at the end of Neo-Archaean and its breakup during late Palaeoproterozoic and Mesoproterozoic. Science in China, Series D, Earth Sciences 43: 219～232.

Zhang Chuanlin, Li Zhengxiang, Li Xianhua, Ye Haimin. 2009. Neoproterozoic mafic dyke swarms at the northern margin of the Tarim Block, NW China: age, geochemistry, petrogenesis and tectonic implications. Journal of Asian Earth Sciences, 35: 167～179.

Zhang Jin, Li Jinyi, Liu Jianfeng, Li Yanfeng, Qu Junfeng, Feng Qianwen. 2012. The relationship between the Alxa Block and the North China Plate during the Early Paleozoic: New information from the Middle Ordovician detrial zircon ages in the eastern Alxa Block. Acta Petrologica Sinica, 28(9): 2912～2934(in Chinese with English abstract).

Zhang Lin, Dong Chunyan, Liu Shouye, Bai Wenqian, Ren Peng, Wan Yusheng. 2016. Early Precambrian Magmatism and Metamorphism in Ural Mountain Area, North China: SHRIMP U-Pb Zircon Dating and Rock Geochemical Study. Geological Review, 62 (6): 1419 ～ 1438 (in Chinese with English abstract).

Zhang Shuanhong, Zhao Yue, Yang Zhenyu, He Zhefeng, Wu Hai. 2009. The 1.35 Ga diabase sills from the northern North China Block: implications for breakup of the Columbia (Nuna) supercontinent. Earth and Planetary Science Letters, 288: 588～600.

Zhang Wen. 2013. Late Paleozoic granitoids in Beishan-Northern Alxa raea (NW China) and their tectonic implications. Beijng: Peking University, 1 ～ 258 (in Chinese with Engliash abstract).

Zhao Pan, Chen Yan, Xu Bei, Faure M, Shi Guangzhong, Choulet F. 2013. Did the Paleo-Asian Ocean between North China Block and Mongolia Block exist during the late Paleozoic? First paleomagnetic evidence from central-eastern Inner Mongolia, China. Journal of GeophysicalResearch: Solid Earth, 118: 1873～1894.

ZhaoPan, Xu Bei, Tong QinLong, Chen Yan, Faure M. 2016 Sedimentological and geochronological constraints on the Carboniferous evolution of central Inner Mongolia, southeastern Central Asian Orogenic Belt: Inland sea deposition in a post-orogenic setting. Gondwana Research, 31: 253～270.

Zhou Hongying, Mo Xuanxue, Li Junjian, Li Huimin. 2007. The U-Pb isotopic dating age of single zircon from biotite plagioclase gneiss in the Qinggele area, Alashan, western Inner Mongolia. Bulletin of Mineralogy, Petrology and geochemistry, 26: 221～223(in Chinese with English abstract).

Zheng Rongguo. 2014. Paleozoic tectonic evolution of the Beishan and Northern Margin of Alxa Block. Beijng: Peking University, 1～149 (in Chinese with Engliash abstract).

Zheng Rongguo, Li Jinyi, Xiao Wenjiao, Liu Jianfeng, Wu Tairan. 2016. Discovery of Silurian Pluton in the Enger Us Region in the Northern Margin of Alxa Block. Acta Geologica Sinica, 90 (8): 1725～1736 (in Chinese with Engliash abstract).

Zheng Rongguo, Wu Tairan, Zhang Wen, Feng Jicheng, Xu Cao, Meng Qingpeng, Zhang Shaoyu. 2013. Geochronology and geochemistry of the Yagan granite in the northern margin of the Alxa block: Constraints on the tectonic evolution of the southern Altaids. Acta Petrologica Sinica, 9(8): 2665～2675 (in Chinese with Engliash abstract).

Zheng Zhaochang, Li Yuzhen. 1987. Evolution of geological history on north edge of Alashan Block in Paleozoic Era. Ningxia Geology, 1: 18～43(in Chinese with English abstract).

参　考　文　献

董春艳，刘敦一，李俊建，万渝生，周红英，李承东，杨岳衡，谢烈文. 2007. 华北板块西部孔兹岩带形成时代新证据：巴彦乌拉－贺兰山地区锆石 SHRIMP 定年和 Hf 同位素组成. 科学通报，52：1913～1922.

方俊钦. 2015. 内蒙古中东部兴蒙造山带古生代构造演化. 北京：北京大学，1～128.

公王斌，席胜利，刘新社，胡建民，李振宏. 2016. 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. 地质论评，62(6)：1379～1391.

耿元生，王新社，沈其韩，吴春明. 2002. 阿拉善地区新元古代晋宁期变形花岗岩的发现及其地质意义. 岩石矿物学杂志，21(4)：412～420.

耿元生，王新社，沈其韩，吴春明. 2006. 内蒙古阿拉善地区前寒武纪变质基底阿拉善群的再厘定. 中国地质，33(1)：138～145.

耿元生，王新社，沈其韩，吴春明. 2007. 内蒙古阿拉善地区前寒武纪变质岩系形成时代的初步研究. 中国地质，34(2)：251～261.

耿元生，周喜文. 2010. 阿拉善地区新元古代岩浆事件及其地质意义. 岩石矿物学杂志，29(6)：779～795.

胡波. 2011. 华北板块古元古代末－新元古代沉积盆地的时空格架及地质事件——来自碎屑锆石 U-Pb 年代学的制约. 博士后研究工作报告. 北京：中国科学院地质与地球物理研究所，1～103.

李会军，何国琦，吴泰然，吴波. 2010. 中国阿尔泰早古生代后碰撞花岗岩的发现及其地质意义. 岩石学报，26(8)：2445～2451.

李锦轶. 2009. 中国大陆地质历史的旋回与阶段. 中国地质，36：504～527.

李俊建，沈保丰，李惠民，周红英，郭利军，李超英. 2004. 内蒙古西部巴彦乌拉山地区花岗闪长岩质片麻岩的单颗粒锆石 U-Pb 法年龄. 地质通报，23：1243～1245.

李俊建. 2006. 内蒙古阿拉善地块内区域成矿系统. 北京：中国地质大学(北京)，1～117.

李献华，苏犁，宋彪，刘敦一. 2004. 金川超镁铁侵入岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及地质意义. 科学通报，49：401～402.

内蒙古自治区地质矿产局. 1996. 内蒙古自治区岩石地层(全国地层多重划分对比研究). 武汉：中国地质大学出版社，1～344.

彭润民，翟裕生，王建平，陈喜峰，刘强，吕军阳，石永兴，王刚，李慎斌，王立功，马玉涛，张鹏. 2010. 内蒙狼山新元古代酸性火山岩的发现及其地质意义. 科学通报，55：2611～2620.

邵济安，唐克东，何国琦. 2014. 内蒙古早二叠世构造古地理的再造. 岩石学报，30(7)，1858～1866.

王鸿祯，何国琦，张世红. 2006. 中国与蒙古之地质. 地学前缘，13(6)：1～13.

王金荣，宋春晖，高军平，王士政. 1995. 阿拉善北部恩格尔乌苏蛇绿混杂岩的形成机制. 兰州大学学报(自然科学版)，31 (2)：140～147.

王廷印，王金荣，刘金坤，王士政，吴家弘. 1993. 华北板块和塔里木板块之关系. 地质学报，67 (4)：287～300.

王廷印，王金荣，王士政. 1992. 阿拉善北部恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带的发现及其构造意义. 兰州大学学报(自然科学版)，26 (3)：194～196.

王廷印，王士政，王金荣. 1994. 阿拉善地区古生代陆壳的形成和演化. 兰州：兰州大学出版社，1～215.

王行军. 2012. 内蒙古阿拉善地区蛇绿岩的地球化学特征及其构造意义. 北京：中国地质大学(北京)，1～218.

吴泰然，何国琦. 1992. 阿拉善地块北缘的蛇绿混杂岩带及其大地构造意义. 现代地质，6 (3)：69～78.

吴泰然，何国琦. 1993. 内蒙古阿拉善地块北缘的构造单元划分及各单元的基本特征. 地质学报，67 (2)：97～108.

仵康林. 2011. 阿拉善地区华力西晚期花岗岩类岩石地球化学特征及构造意义. 西安：长安大学，1～78.

任纪舜，赵磊，徐芹芹，朱俊宾. 2016. 中国的全球构造位置和地球动力系统. 地质学报，90(9)：2100～2108.

修群业，陆松年，于海峰，杨春亮. 2002. 龙首山岩群主体划归古元古代的同位素年龄证. 前寒武纪研究进展，25：93～96.

修群业，于海峰，李铨，左国朝，李进文，操成杰. 2004. 龙首山岩群成岩时代探讨. 地质学报，78：366～373.

徐备，陈斌. 1997. 阿拉善北部华北板块与西伯利亚板块之间中古生代造山带的结构及演化. 中国科学(D 辑)，27 (3)：227～232.

徐备，赵盼，鲍庆中，周永恒，王炎阳，罗志文. 2014a. 兴蒙造山带前中生代构造单元划分初探. 岩石学报，30 (7)：1841～1857.

徐东卓，张维杰，周海涛，孙启凯. 2014. 内蒙古阿拉善地块中北部地区辉长岩岩体特征、锆石定年及其构造意义. 地质通报，33 (5)：661～671.

尹海权，周洪瑞，程瑞，张维杰，郑小明，杨立业，李杰，王晟宇. 2015. 内蒙古阿拉善北部杭乌拉地区圆包山组时代、沉积特征及大地构造意义. 沉积学报，33 (4)：665～678.

尹海权. 2016. 内蒙古阿拉善地区北部古生代沉积及其大地构造演化特征. 北京：中国地质大学(北京)，博士学位论文，1～162.

张琳，董春艳，刘守谒，白文倩，任鹏，万渝生. 2016. 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. 地质论评，62(6)：1419～1438.

曾勇. 2014. 内蒙古阿拉善哈日敖日布格气象一带晚古生代花岗岩地球化学特征及构造意义. 北京：中国地质大学(北京)，1～55.

张进，李锦轶，刘建峰，李岩峰，曲军峰，冯乾文. 2012. 早古生代阿拉善地块与华北地块之间的关系：来自阿拉善东缘中奥陶统碎屑锆石的信息. 岩石学报，28(9)：2912～2934.

张文. 2013. 北山－阿拉善北缘晚古生代花岗岩及其构造意义. 北京：北京大学，1～258.

郑荣国，李锦轶，肖文交，刘建峰，吴泰然. 2016. 阿拉善地块北缘恩格尔乌苏地区发现志留纪侵入体. 地质学报，90 (8)：1725～1736.

郑荣国，吴泰然，张文，冯继承，徐操，孟庆鹏，张昭昱. 2013. 阿拉善地块北缘雅干花岗岩体地球化学、地质年代学及其对区域构造演化制约. 岩石学报，9 (8)：2665～2675.

郑荣国. 2014. 北山－阿拉善地块北缘地区古生代构造演化. 北京：北京大学，1～149.

郑昭昌，李玉珍. 1987. 阿拉善地块北部古生代的地史演变. 宁夏地质，1：18～43.

周红英，莫宣学，李俊建，李惠民. 2007. 内蒙古阿拉善庆格勒图黑云斜长片麻岩的单颗粒锆石 U-Pb 法年龄. 矿物岩石地球化学通报，26：221～223.

Detrital Zircon U-Pb dating and Provenance of the Yuanbaoshan Formation in the Southern Margin of the Middle Central-Asian Orogenic Belt and their Tectonic Evolution Significance

YIN Haiquan[1)], ZHOU Hongrui[2)], XU Dongzhuo[1)], ZHANG Weijie [2)],
ZHENG Xiaoming [3)], WANG Shengyu[4)], GAO Lei[2)]

1) *The First Monitoring and Application Center*, *China Earthquake Administration*, *Tianjin*, 300180;
2) *China University of Geosciences*, *Beijing*, 100083;
3) *China non-ferrous metals resource geological survey*, *Beijing*, 100012;4) *Beijing institute of geology*, *Beijing*, 100120

Abstract

LA-ICP-MS dating of detrital zircons from the Yangbaoshan Formation sandstone samples yielded two ages of 409～431Ma (peaking 420 Ma) and 458～488Ma (peaking 488 Ma). Graptolite found at the bottom of the Yuanbaoshan Formation and the zircon with a peaking age of 420 Ma constrain the time of the Yuanbaoshan Formation within the Early Silurian, and comparison study with the tectonic evolution of the Xing-Meng orogenic belt indicates that the age of Yuanbaoshan Formation should be he Early Silurian to Middle Devonian. The analysis of paleocurrent direction of the sedimentary structures in the Yuanbaoshan Formation also shows that the provenance area is located in the northwest. And the provenance area may be the Huhetaoergai area according to the previous research results about the age of magmatic rocks. The study reveals three generations of Proterozoic zircons: Neoproterozoic (559Ma and 952Ma), Mesoproterozoic (from 1011Ma to 1460Ma) and Paleoproterozoic (from 1629Ma to 2490Ma). Based on the summary of zircon ages in the southern Siberian block, the Tarim block and the southern Mongolia microplate, it can be concluded that the main difference between the North China plate and the surrounding plate is that there is no or less records of late Mesoproterozoic to early Neoproterozoic zircon age, and the Alxa block is lack of the zircon age record of 1.0 ～ 1.2Ga in this study area. Therefore, it can be considered that the study area tectonically belonged to the southern part of the southern Mongolia microplate in the Paleozoic, and the provenance in this period derived from the Tarim craton. In addition, based on the distribution characteristics of detrital zircon age in the strata, the study area was characterized by obvious uplift and strong tectonic activity after the early Devonian, indicating that the study area was affected increasingly by the Tarim Plate.

Key words: Central Asian Orogenic Belt; northern margin of Alxa; Yuanbaoshan Formation; sandstone detrital zircon; tectonic evolution