https://doi.org/10.3799/dqkx.2018.367

碎屑锆石U-Pb年龄谱系对兴安地块落马湖群原岩形成时代的约束

赵院冬,车继英,许逢明,魏明辉

中国地质调查局沈阳地质调查中心,辽宁沈阳 110034

摘 要: 发育于大兴安岭地区如兴华渡口群、落马湖群等系列变质岩系一直被认为是中亚造山带东段各地块的变质基底,但其形成时代目前存在较大争议,制约对于区域大地构造演化的研究.为了查明兴安地块东北部落马湖群原岩形成时代,选取不同层位二云母片岩开展碎屑锆石LA-ICP-MS U-Pb年龄谱系研究,分析原岩蚀源区特征和最大沉积上限.分析结果表明,两件样品碎屑锆石均为岩浆成因锆石,获得一致的锆石U-Pb年龄谱系,主要集中在400~430 Ma、430~465 Ma、470~520 Ma、630~715 Ma、750~830 Ma、880~940 Ma、1 720~1 870 Ma等7个区间.结合区域地质组成,碎屑锆石年龄谱特征反映原岩蚀源区比较复杂,时空范围较大,但以近源的早古生代岩浆岩为主,而来自额尔古纳地块元古代的岩浆岩和变质岩系可能是重要的物源.根据碎屑锆石最小年龄(406~411 Ma),确定原岩沉积时代的上限为早泥盆世早期,而不是原认为的形成于新元古代-早寒武世.结合原岩沉积建造对比,推断落马湖群可能与上志留统-下泥盆统系列地层(如卧都河组、泥鳅河组)为同时代同环境沉积建造,现有差异可能源于后期经受不同的变质作用.其变形变质作用可能发生在中生代,与蒙古鄂霍茨克洋的闭合作用相关.

关键词: 兴安地块;落马湖群;碎屑锆石;形成时代;地球化学.

中图分类号: P597 **文章编号:** 1000-2383(2020)02-489-14 **收稿日期:** 2018-12-29

Constraints on the Forming Age of the Luomahu Group in the Xing'an Block from the Detrital Zircon Population

Zhao Yuandong, Che Jiying, Xu Fengming, Wei Minghui

Shenyang Geological Survey, CGS, Shenyang 110034, *China*

Abstract: The series of metamorphic rocks outcropped in the Great Xing'an Range area such as Xinghuadukou Group and Luomahu Group have been considered as the metamorphic basement of the Erguna massif and Xing'an block in the eastern part of the Central Asian Orogenic Belt, but there is a great controversy over the age of its formation, which restricts the study of the regional tectonic evolution. In order to ascertain the protolith age of the Luomahu Group in the northeast of Xing'an block, this paper selects two mica schists to carry out the study of LA-ICP-MS U-Pb age of detrital zircon, and analyzes the characteristics of the provenances and the maximum sedimentary limit. The results show that the dated detrital zircons from two samples are the magmatic origin zircons, and have similar age population, which concentrated in 7 intervals as 400-430 Ma, 430-465 Ma, 470-520 Ma, 630-715 Ma, 750-830 Ma, 880-940 Ma and 1 720-1 870 Ma mainly. Combined the regional geological composition, the detrital zircon population reflects that the provenance was complex and had large space time range, but the early Paleozoic

基金项目: 国家重点研发计划深地资源勘查开采专项项目(No. 2017YFC0601305);国家自然科学基金项目(No. 41502063);中国地质调查局地质调查项目(No. 12120114055701).

作者简介: 赵院冬(1981-),男,博士,主要从事岩浆过程与深部作用方面研究.ORCID: 0000-0001-8724-1656. E-mail:zhaoyd1981@qq.com

引用格式: 赵院冬,车继英,许逢明,等,2020.碎屑锆石U-Pb年龄谱系对兴安地块落马湖群原岩形成时代的约束.地球科学,45(2):489-502.

magmatic rocks from adjacent area were the main provenance, and the Proterozoic magmatic rocks and metamorphic rocks from the Erguna massif maybe another important source. Based on the minimum age of detrital zircon, it could be determined that the upper limit of sedimentary age of the protolith was Early Devonian, rather than from the Neoproterozoic to Early Cambrian as originally thought. According to the comparison of the sedimentary formation, it is inferred that the Luomahu Group may be deposited contemporaneously with the Upper Silurian-Lower Devonian series (such as the Woduhe Formation and the Niqiuhe Formation) at the same tectonic environment, and the existing differences may be caused by experiencing different metamorphisms at the later stages. The deformation and metamorphism might be related to the closure of the Mongol-Okhotsk Ocean during the Mesozoic.

Key words: Xing'an block; Luomahu group; detrital zircon; the forming age; geochemistry.

作为中亚造山带的重要组成部分,兴安—蒙古造山带的东部包括有额尔古纳地块、兴安地块等微陆块,兴华渡口群、落马湖群等变质岩群被作为前寒武纪变质基底.其中兴华渡口群一直以来被认为是大兴安岭中下元古界的典型地质单元,而落马湖群则被认识是发育于大小兴安岭结合部位的一套上元古界地层,其组成和演化对于研究中亚造山带东段地质构造演化具有重要的作用(Zhou *et al.*, 2011;Wu *et al.*, 2012;表尚虎等,2012;周建波等,2014;Ge *et al.*, 2015).近年来学者对额尔古纳地块内的兴华渡口群开展较多研究工作,对该变质岩系的原岩组成、原岩形成时代、变质时代提出新的认识,特别是大量的显生宙地质体从中识别出来,使得原有群组概念需要重新厘定,并形成两种不同的认识,一是认为原岩形成于早中元古代,变质发生于新元古代或早寒武世(武广,2005;周建波等,2011;Zhou *et al.*, 2011a, 2012b;Wu *et al.*, 2012;表尚虎等,2012;孙立新等, 2013;Ge *et al.*, 2015;邵军等,2015);二是认为原岩为早古生代,变质发生于晚古生代或中生代(苗来成等,2007;孙巍,2014).目前对兴安地块上的"兴华渡口群"和"落马湖群"的研究工作较少(孙巍,2014;Miao *et al.*, 2015;赵院冬等,2015,2017).笔者对兴安地块东北部兴华渡口群进行年代学研究发现该变质岩系是由早古生代碎屑沉积岩(或变质岩)和晚古生代岩浆岩经后期构造岩浆作用改造而形成的构造杂岩而非前寒武纪变质岩(赵院冬等,2017).Miao *et al.*(2015)对卧都河一带落马湖群进行了锆石测年研究,结果显示样品的形成时代为中生代.而孙巍(2014)认为兴安地块落马湖群、倭勒根群也不是形成前寒武纪,原岩沉积于早古生代.为了加强对比,本文对分布于兴安地块东北部的落马湖群开展碎屑锆石测年,探讨原岩蚀源区组成和沉积最大时限,进而确定兴安地块前寒武纪基底形成时代.

1 区域地质概况

所选工作区位于黑龙江省西北部,地理位置属于大小兴安岭的过渡部位.区内北东和北西向菱环形构造控制地层、岩浆岩的分布(图1).地层整体呈北东向展布,从元古宇至新生界均有出露,其中兴华渡口群主要分布在工作区中部,为一套角闪岩相变质岩,呈残留体存在于中生代侵入岩中;下古生界奥陶系地层主要分布于北部的三卡、中部的桦皮窑和南部的桦树排子和罕达气一带,由一系列海相沉积岩和火山岩组成;志留系分布于老道店—三卡、桦树排子—泥鳅河等地区,为一套相对趋于稳定环境下的海相沉积地层;泥盆系分布在张地营子及罕达气一带,为一套滨浅海相陆源细碎屑沉积建造,下古生界地层不同程度发生低绿片岩相变质;上古生界石炭系分布于卧都河、罕达气一带,发生由海相沉积建造向陆相沉积建造的转变;二叠系分布于罕达气—张地营子一带,为一套陆相中酸性火山岩为主的火山—沉积建造.侏罗系沿泥鳅河—桦树排子—张地营子北东向分布,为一套富含火山物质的陆源粗碎屑岩,为物源区较近的山间盆地堆积物,白垩系为陆相火山建造.区内岩浆岩发育,侵入或不整合覆盖早期地质单元,形成时间集中在早古生代、晚古生代和中生代三大阶段,其中早古生代岩浆岩以多宝山组火山岩和同期少量花岗闪长质岩石为主,主要分布在多宝山地区;晚古生代岩浆岩以石炭纪—二叠纪糜棱岩化花岗岩类为主,主要沿泥鳅河—新开岭—张地营子和三卡一带;而中生代岩浆岩分布较广,包括岩基状侏罗纪花岗质岩石和白垩纪陆相火山岩.

落马湖群主要分布于呼玛县嘎拉山—宽河、小新屯—白石砬子和桦皮窑—洪业家一带(图1),原岩为一套砂泥质—碳酸盐岩沉积建造及火山—碎屑岩沉积建造,经区域变质形成的一套变质岩系,

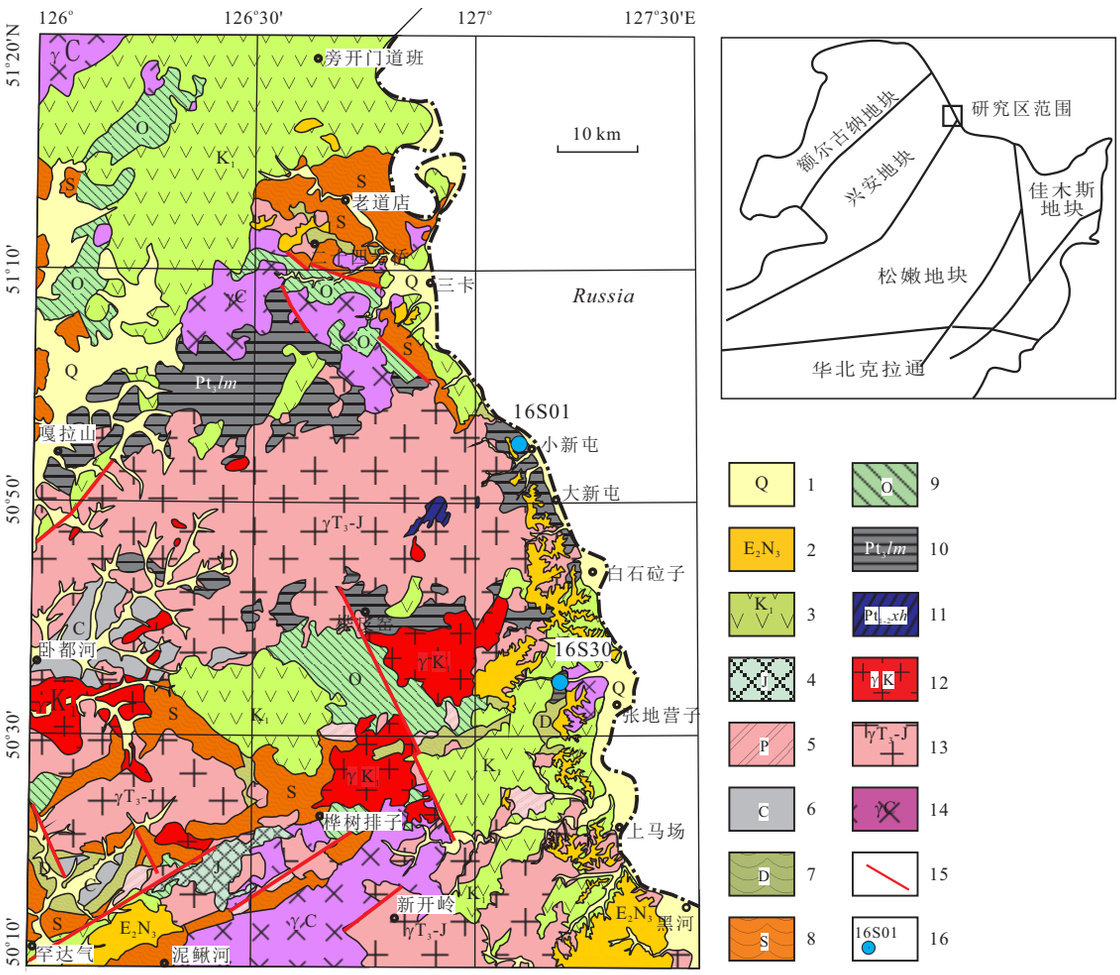

图 1　兴安地块东北部地质简图

Fig.1　Geological sketch map in the northeast of the Xing'an block

1. 第四系；2. 渐新统-上新统；3. 下白垩统；4. 侏罗系；5. 二叠系；6. 石炭系；7. 泥盆系；8. 志留系；9. 奥陶系；10. 落马湖群；11. 兴华渡口群；12. 早白垩世花岗岩；13. 晚三叠世－中侏罗世花岗岩；14. 石炭纪花岗岩；15. 断裂；16. 采样点位及编号

主要岩石组合为：下部为片岩、变粒岩，上部以微晶片岩、千枚岩、板岩、变质砂岩为主，夹变酸性火山岩和大理岩，属绿片岩相. 该群由姜春潮于1959年在落马湖地区创建，1963年称落马湖变质岩群，时代置为太古宙－元古代，1986年隋连成等将时代定为晚元古代－早寒武世，《黑龙江省区域地质志》中沿用落马湖群，时代置为晚元古代（黑龙江省地矿局，1993）. 由于工作区植被发育，风化强烈，露头较差，加之缺乏同位素测年资料和生物化石资料，前人多依据岩石变质变形特征以及区域岩石的对比确定形成时代，不同单元之间关系也多为推断，由于参照标准和认识的差异，不同地质单元形成时代不同工作阶段存在明显差异，落马湖群早期划分为铁帽山组、嘎拉山组和北宽河组3个具有上下关系的地质单元，后期1∶25万区调工作将含矽线石、十字石特征变质矿物的铁帽山组和部分嘎啦山组岩石组合划入兴华渡口群.

为了更精确的厘定区内前寒武纪变质基底组成，查明兴安地块落马湖群原岩最大的沉积年龄以及蚀源区特征，与区域进行对比，本次工作分别选择位于兴安地块东北部小新屯－洪业家一带的落马湖群进行年代学研究，选择二云石英片岩开展碎屑锆石测年. 二云石英片岩的原岩为泥岩或泥质粉砂岩，其中的锆石为碎屑锆石，其组成可以反映物源区物质组成和限定最大沉积年龄.

2　样品采集和实验测试

2.1　样品采集与岩石岩相学特征

本次工作两件二云片岩样品（16S01和16S30）进行年代学工作.

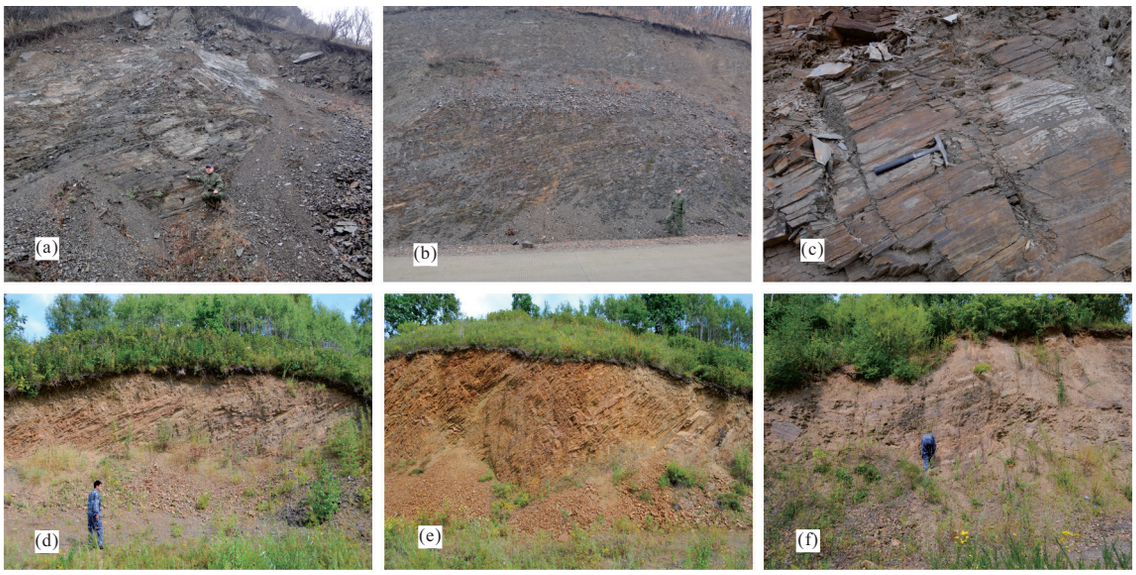

图 2 落马湖群野外露头照片

Fig.2 The outcrop pictures of the Luomahu group

a. S209 省道 95 km 处露头，二云母片岩、千枚岩等，受剪切构造作用，部分岩石呈透镜状展布，局部发育膝折构造；b. 大新屯西 S209 路边露头，出露板岩、片岩、千枚岩，呈薄层状，产状一致向西北倾斜；c. 为大新屯金矿外围围岩，16S01 采集点；d～f. 洪业家北处露头，d. 千枚状板岩露头，e. 16S30 采集点，出露千枚状板岩、二云母片岩，局部发生左行层间滑脱构造，f. 出露二云母片岩，形成宽缓褶皱，褶皱被后期断层切割

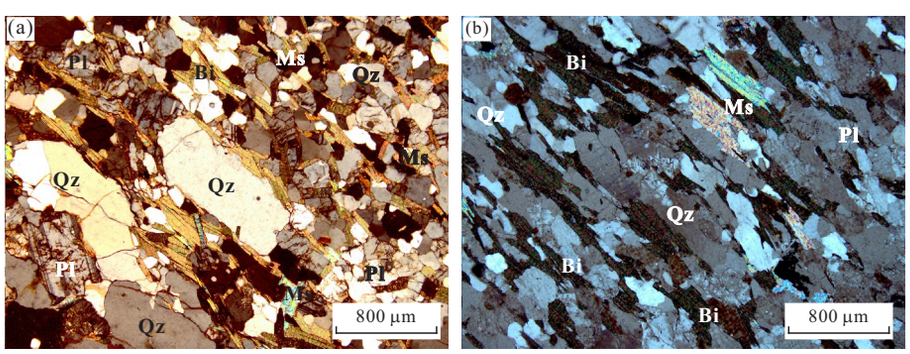

图 3 落马湖群二云石英片岩显微照片

Fig.3 The micrographs of two mica schist in the Luomahu group

16S01 坐标为 N50°54′43.3″，E127° 07′25.0″，位于小新屯村西北（图 1），主要出露岩性有二云母片岩、千枚岩、千枚状板岩和少量变质粉砂岩，岩石层理清晰，产状为 210°～250°∠20°～50°，受后期剪切构造作用，局部岩层形成透镜状（图 3a～3c）.

16S30 坐标为 N50°34′46.8″，E127°10′51.4″，位于张地营子西北部，主要出露岩性有二云母片岩、千枚状板岩等，与石炭纪花岗岩接触部位发生角岩化，岩层产状变化较大，倾向北西－北北西，倾角 20°～60°，受中生代韧性剪切构造作用，形成褶皱，并发育层间滑脱构造（图 3d～3f）.

两件样品矿物组成和结构特征相似，其中 16S01，呈灰褐色，鳞片等粒变晶结构，片状构造 . 石英呈它形粒状，波状消光，大小 0.1～1.0 mm，含量 50%～60%；黑云母，长条片状，定向排列，大小 0.1～0.5 mm，含量 10%～15%；白云母，白色鳞片状，定向排列，大小 0.1～0.5 mm，含量 5%～10%；长石，大小 0.1～0.5 mm，含量 5%～10%（图 3a）；

16S30 风化面黄褐色，新鲜面灰褐色，鳞片粒状变晶结构，片状构造 . 石英呈它形粒状，平行岩石片理定向分布，波状消光，局部可见三边嵌晶结构，大小 0.1～0.6 mm，含量 60%～70%；黑云母，片状，定向排列，大小 0.1～0.7 mm，含量 10%～15%；白云母，片状，定向排列，大小 0.2～0.5 mm，含量 10%～15%；长石，大小 0.1～0.5 mm，含量 5%～10%（图 3b）.

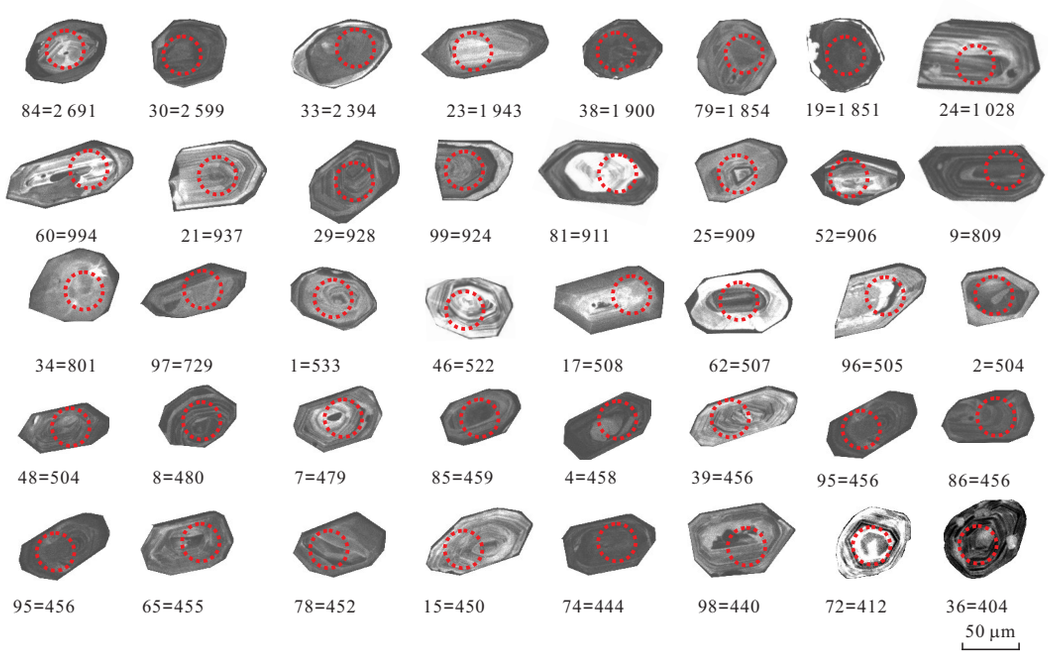

图4　样品16S01的代表性碎屑锆石CL图像和测点位置、序号和年龄(Ma)

Fig.4　Zircon CL images of sample 16S01 and dating position, number and ages

2.2　实验测试

锆石样品挑选由廊坊市地科勘探技术服务有限公司完成挑选,制靶工作和CL图像采集由北京锆年领航科技有限公司完成.

LA-MC-ICP-MS锆石U-Pb定年测试分析在中国地质科学院矿产资源研究所MC-ICP-MS实验室完成,详细实验测试过程可参见侯可军等(2009).锆石样品的U-Pb年龄谐和图绘制和年龄权重平均计算均采用Isoplot/Ex_ver4完成.

3　测试结果

3.1　样品16S01

16S01样品中碎屑锆石形态多样,半自形—自形,多为柱状,部分呈圆形或椭圆形,粒径在50～150 μm,长宽比多1.5～2.0,CL图像显示大部分锆石发育核幔结构,核部锆石普遍发育环带结构,但边部增生锆石较薄,消光不均匀(图4).

本次工作对该样品中100粒锆石的核部进行LA-ICP-MS测试分析,核部发育环带结构,具有岩浆锆石的特征.分析结果(见附表1)显示所有测点Th/U值介于0.10～1.47,其中24个测点谐和度较低(<90%),偏离谐和曲线,地质意义不明确外,其余76个测点均位于谐和线上及其附近,用于研究该二云片岩的原岩物源区岩石时代特征.76个测点获得U-Pb年龄介于405～2 716 Ma,根据分布集中程度可以分为8组(见图5):第一组包含2个测点,$^{206}Pb/^{238}U$年龄介于405～411 Ma;第二组包含19个测点,$^{206}Pb/^{238}U$年龄介于437～459 Ma,其$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为(450.4±2.7) Ma,MSWD=1.05;第三组由16个测点组成,$^{206}Pb/^{238}U$年龄介于479～538 Ma,$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为(505.1±9.6) Ma,MSWD=7.6;第四组年龄测点有3个,$^{206}Pb/^{238}U$年龄介于654～691 Ma;第五组年龄测点有12个,$^{206}Pb/^{238}U$表面年龄范围介于774～835 Ma,$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为(803.6±8) Ma,MSWD=1.8;第六组年龄测点有6个,$^{206}Pb/^{238}U$表面年龄范围介于928～938 Ma,$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为(932±10) Ma,MSWD=0.04;第七组年龄测点有7个,$^{207}Pb/^{206}Pb$表面年龄范围介于1 776～2 004 Ma,$^{207}Pb/^{206}Pb$加权平均年龄为(1 893±73 Ma,MSWD=23;第八组年龄测点有6个,$^{207}Pb/^{206}Pb$表面年龄范围介于2 143～2 716 Ma.此外有5个年龄点落在729～746 Ma和860～880 Ma区间内.

3.2　样品16S30

该样品中碎屑锆石特征与16S01样品的相似(图6),呈半自形—自形,多为柱状,部分呈圆形或椭圆形,锆石粒径差异相对较大,在40～180 μm.锆

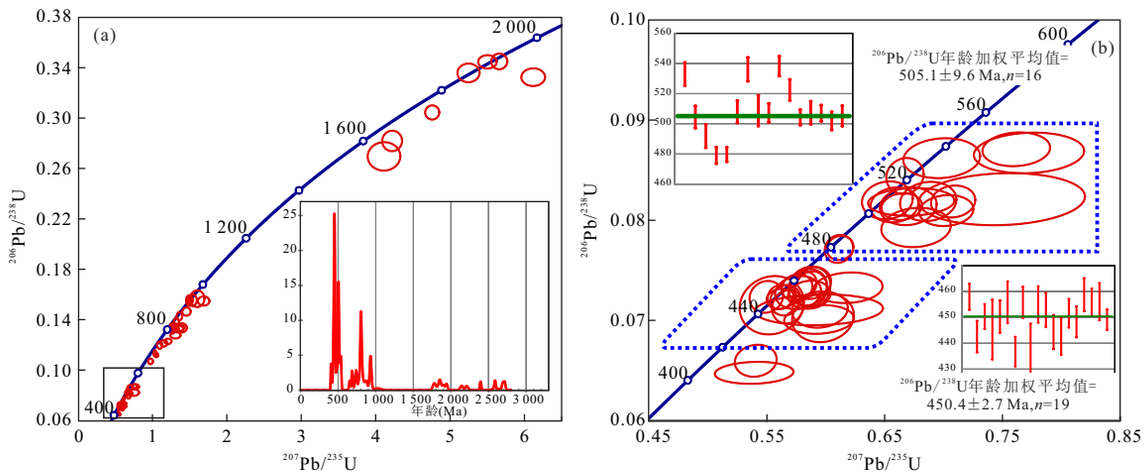

图 5 (a)16S01碎屑锆石 U-Pb 年龄谐和图和年龄累计频率统计图;(b)早古生代碎屑锆石 U-Pb 年龄谐和图和加权平均统计图

Fig.5 (a)Detrital zircon U-Pb concordia diagram and cumulative frequency histogram diagram of sample 16S01 and (b) Early Paleozoic detrital zircon U-Pb concordia diagram

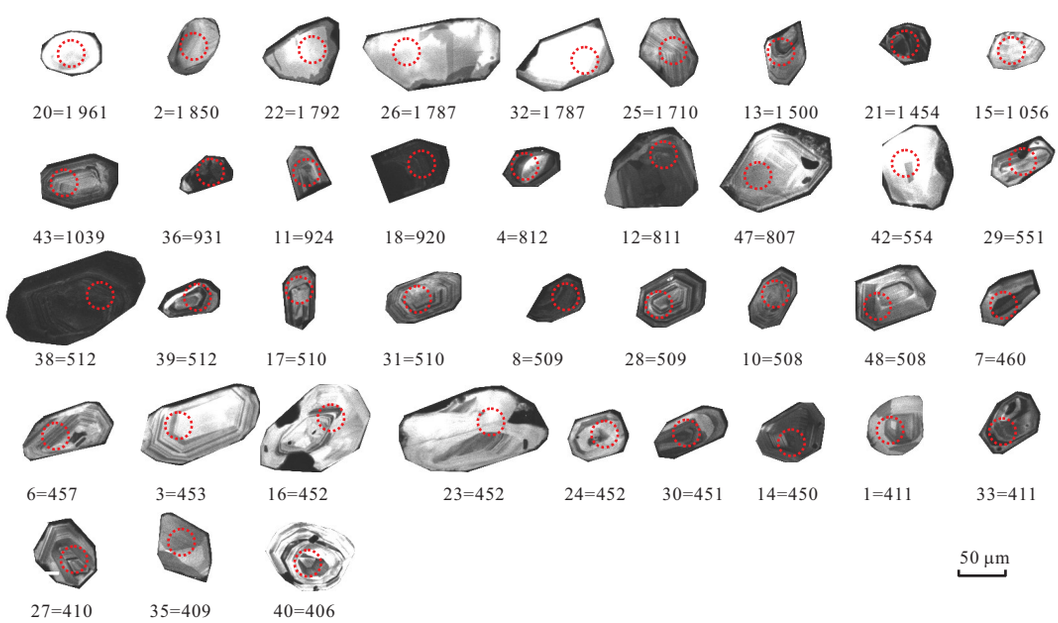

图 6 样品 16S30 代表性碎屑锆石 CL 图像和测点位置、序号和年龄(Ma)

Fig.6 Zircon CL images of sample 16S30 and dating position, number and ages

石 CL 图像显示大部分锆石具有岩浆锆石典型的振荡环带,个别为联晶,少量的发育核幔结构.

该样品共挑选出 62 粒锆石,本次对锆石形态较规整,发育岩浆锆石振荡环带特征的 49 粒进行 LA-ICP-MS 测试分析,共分析 50 个测点. 分析结果(见附表 1)显示所有测点 Th/U 值介于 0.11～3.03,除 5 个测点谐和度较低(<90%),严重偏离谐和曲线,地质意义不详外,其余 45 个测点均位于谐和线上及其附近,用于研究该二云片岩的原岩物源区岩石时代特征. 45 个测点获得 U-Pb 年龄介于 406～2 672 Ma,按照年龄集中程度,可以分为 8 组(见图 7):第一组包含 5 个测点,$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄介于 406～411 Ma,其 $^{206}Pb/^{238}U$ 加权平均年龄为(409.9±3.8)Ma,MSWD=0.22;第二组包含 11 个测点,$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄介于 450～465 Ma,其 $^{206}Pb/^{238}U$ 加权平均年龄为(455.0±2.8) Ma,MSWD=1.14;第三组由 9 个测点组成,$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄介于 508～512 Ma,$^{206}Pb/^{238}U$ 加权平均年龄为(510±3.1) Ma,MSWD=0.27;第四组年龄测点有 2 个,$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄介于 551～554 Ma;第五组年龄测点有 3 个,$^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄范围介于 807～812 Ma;第六组年龄测点有 4 个,$^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄范围介于 913～921 Ma,

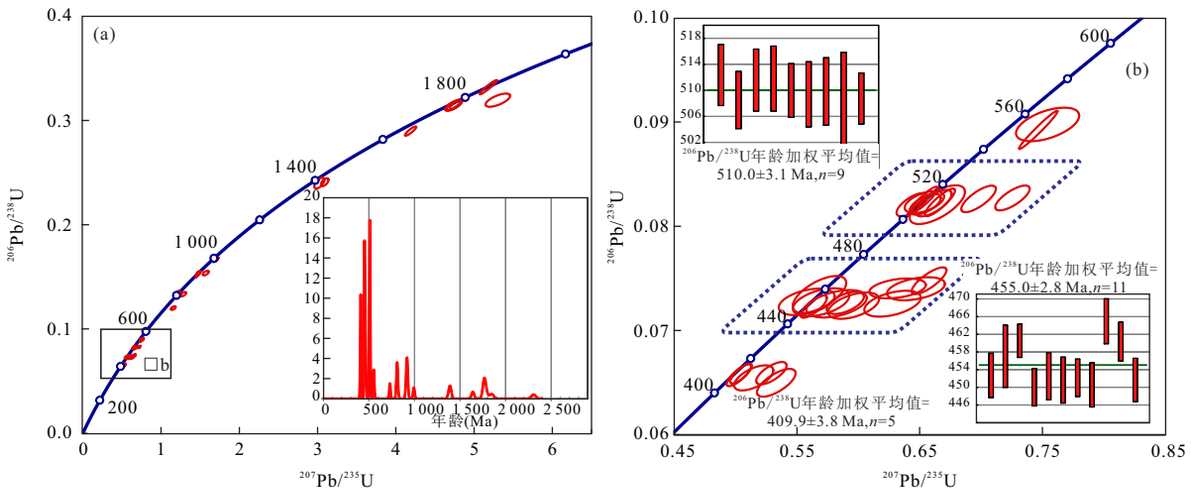

图7　(a)16S30碎屑锆石U-Pb年龄谐和图和年龄累计频率统计图;(b)早古生代碎屑锆石U-Pb年龄谐和图和加权平均统计图

Fig.7　(a)Detrital zircon U-Pb concordia diagram and cumulative frequency histogram diagram of sample 16S30 and (b)Early Paleozoic detrital zircon U-Pb concordia diagram

$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为(917.7±9) Ma,MSWD=0.13;第七组年龄测点有2个,$^{207}Pb/^{206}Pb$表面年龄范围介于1 454～1 500 Ma;第八组年龄测点有6个,$^{207}Pb/^{206}Pb$表面年龄范围介于1 710～1 961 Ma;另有3粒锆石分别获得$^{206}Pb/^{238}U$年龄731 Ma、993 Ma和$^{207}Pb/^{206}Pb$表面年龄(2 672±9.2) Ma的谐和年龄.

上述两件样品碎屑锆石年龄谱系与笔者之前厘定的形成时间为早泥盆世的原"兴华渡口群"二云石英片岩(1356样)谱系分布特征一致(赵院冬等,2017),可能反映二者具有相似的蚀源区特征,下文一并讨论.

4　讨论

4.1　碎屑锆石成因分析

通过锆石形态学和CL影像分析,本次工作2件样品和所获得锆石普遍具有核幔结构,但边部锆石薄厚不均,以核部锆石为主,核部锆石普遍具有清晰、致密的振荡环带,反映岩浆成因锆石的特征,而边部锆石则在CL图中普遍呈灰暗色增生边.这反映出原岩蚀源区主要为火成岩或其风化产物,成岩后可能受变质改造(但程度较弱)在原锆石基础上发生重结晶或增生.

本次工作为尽量避免边部增生锆石的影响,首先挑选发育振荡环带结构的具有岩浆成因特征的核部锆石进行同位素年龄测试.对于岩浆成因的锆石,其Th/U比值一般高于0.4,而变质成因的Th/U比值一般<0.1,可以结合锆石内部结构和Th/U比值以及其他约束条件来确定年龄的地质含义(吴元保和郑永飞,2004;雷玮琰等,2013).通过对锆石微量元素特征分析,本次工作的2件样品和前期1356号样品的一共172个(76+45+51=172)有效测点的Th、U含量和Th/U比值没有差异(图8).在Th/U比值与锆石年龄相关图上,相关锆石的Th/U比值与对应同位素年龄不存在相关性,不同阶段年龄锆石Th/U比值变化范围相似,主体分布于Th/U=0.4以上,<550 Ma的锆石Th/U比值均在0.2以上.结合锆石形态和CL图像,本次工作认为所测锆石主体为岩浆成因锆石,少部分可能为变质成因锆石,可以用于讨论蚀源区特征和沉积岩的最大沉积时代.

4.2　蚀源区特征

通过对3件样品的年龄谱统计(图9)表明,3件样品碎屑锆石年龄分布较为一致,可靠年龄点分布从400 Ma至2 700 Ma,跨度较大,但分布相对集中,主要集中在400～430 Ma、430～465 Ma、470～520 Ma、630～715 Ma、750～830 Ma、880～940 Ma、1 720～1 870 Ma这7个区间范围.3件样品虽然来自不同变质程度的岩石单元,但一致的年龄谱说明三者的原岩可能为同一个沉积系统的产物,另外物源虽较为复杂,但相对集中,以早古生代的430～465 Ma和470～520 Ma两段分布最多,3件样品172个有效点中该阶段有80个,约占46.5%,这反映出所测二云石英片岩原岩物源区具有多阶段的岩浆作用,但主要物源来自晚奥陶世－中晚寒武世岩浆岩.

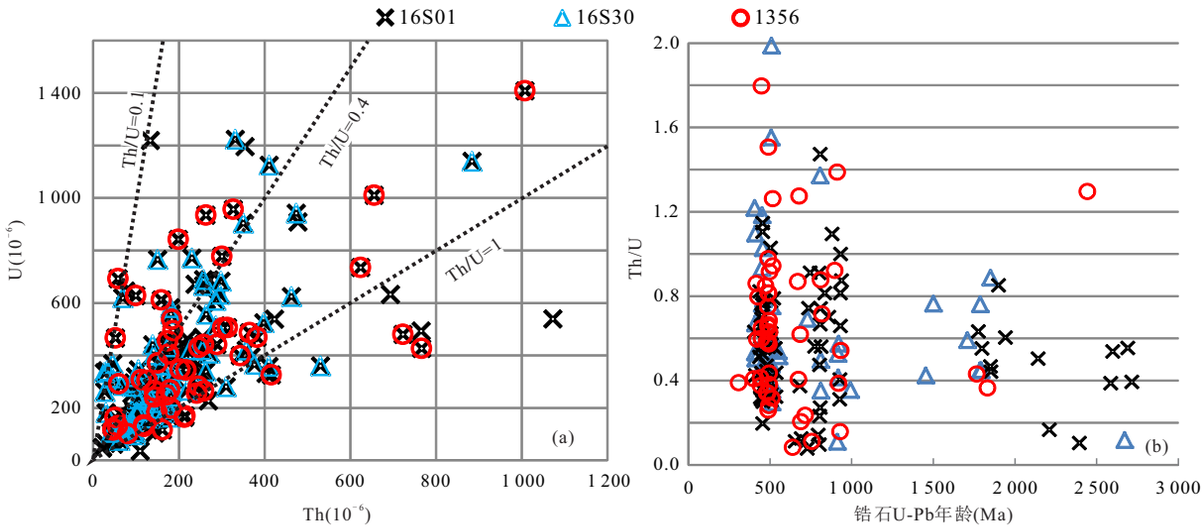

图 8 碎屑锆石 Th、U 元素含量特征(a)和 Th/U 比值与年龄相关性图解(b)(1356 样品数据见赵院冬等,2017)

Fig.8 Content characteristics of Th and U elements of detrital zircon(a) and the diagram of Th/U vs.ages(b)

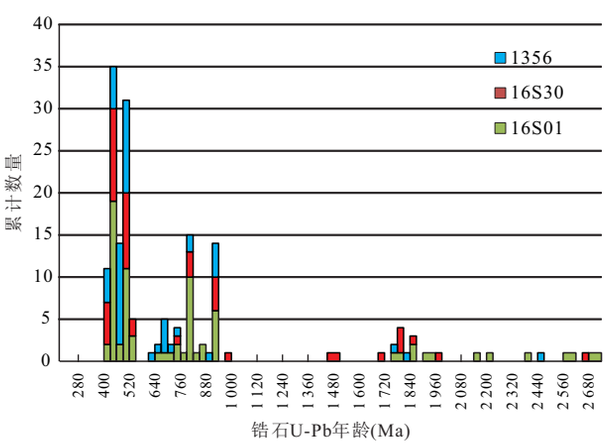

图 9 碎屑锆石 U-Pb 年龄累计频率统计图(1356 样品数据见赵院冬等,2017)

Fig.9 Diagram of detrital zircon U-Pb age accumulative frequency

从现有研究来看,470～520 Ma 这一阶段与早古生代额尔古纳地块与兴安地块之间拼合、碰撞引发的构造岩浆事件相对应(Xu *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2017),该期岩浆岩广泛分布于大兴安岭北部的多宝山、呼玛、塔河地区等地区,主要岩性有花岗岩、镁铁质－超镁铁质岩、安山质火山岩等(葛文春等,2005,2007a, 2007b;隋振民等,2006;黄永卫等,2009;Wu *et al.*, 2011;佘宏全等,2012; Wu *et al.*, 2015;Zhou *et al.*, 2015;宋国学等,2015;Feng *et al.*, 2017),并在多宝山地区形成多宝山－铜山超大型斑岩型铜矿床(向安平等,2012;Zeng *et al.*, 2014;Hao *et al.*, 2015;Liu *et al.*, 2017). 而 430～465 Ma 这一阶段岩浆作用与多宝山－争光－依克特、呼玛－兴隆－十八站以及扎兰屯－阿荣旗一带早古生代晚期侵入岩、火山岩及次火山岩形成时间一致(Wu *et al.*, 2011;Wu *et al.*, 2015;宋国学等,2015;Gao, 2017;齐忠友等,2017;Feng, 2018;Wang *et al.*, 2018),另外在阿木尔存在有～450 Ma 的花岗岩(武广,2005). 上述早古生代岩浆岩在空间上与“落马湖群”紧密分布,因此作为形成落马湖群原岩的重要蚀源区之一.

400～430 Ma 这阶段岩浆岩年龄目前报道较少,Wu *et al.*(2011)报道在额尔古纳右旗腰甸有该阶段的闪长岩和二长花岗岩.

除了大量早古生代岩浆岩作为样品蚀源区外,样品中大量的元古代碎屑锆石反映其物源区亦存在有大量的前寒武纪岩浆作用或变质作用产物. 通过对比分析,各阶段元古代年龄谱在额尔古纳地块有对应地质事件,如 630～715 Ma 岩浆作用在新林－嘎仙－吉峰地区阿里河蛇绿混杂岩和漠河地区变质杂岩中有发现(Feng *et al.*, 2018;Zhou *et al.*, 2011;周建波等,2011);750～830 Ma 与额尔古纳地块莫尔道嘎－太平川－八间房、太平林场、碧水－奇乾、凤凰山等地区花岗质岩浆(Wu *et al.*, 2011;佘宏全等,2012;Tang *et al.*, 2013;郭宇飞等,2016)形成时间对应,另外韩家园子兴华渡口群中也有该期捕获锆石的报道(苗来成等,2007);880～940 Ma 与大兴安岭北部晋宁期岩浆作用相对应(武广,2005;Wu *et al.*, 2011);1 720～1 870 Ma 岩浆作用在韩家院子兴华渡口群中花岗片麻岩岩浆有报道(孙立新等,2013).＞2 000 Ma 的 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄

反映可以反映地块早元古代岩浆事件，这在对韩家院子兴华渡口群、嘎拉山落马湖群、依克特新开岭群、佳疙瘩组（苗来成等，2007；Wu *et al.*, 2012；孙巍，2014；王照元等，2018）等变质岩系中均有报道，邵军等（2015）在额尔古纳地块比列亚铅锌矿区钻孔片麻状二长花岗岩岩心发现了2 550～2 700 Ma的锆石.

综上，落马湖群二云母片岩原岩具有丰富的物质来源，物源时空范围较大，近源区早古生代岩浆岩是主要的蚀源区，而来自额尔古纳地块上元古代的岩浆岩和变质岩系同样是重要物源区.

4.3　原岩沉积时间上限及地质意义

本次工作2件样品最小年龄组年龄范围分别为405～411 Ma（16S01，2点）和406～411 Ma（16S30，5点），比较一致. 根据副变质岩或浅变质碎屑岩系中的碎屑锆石年龄谱中最小U-Pb年龄可以限定原岩的形成时代，可以代表该变质岩原岩沉积时间上限的认识（Nelson, 2001；陆松年等，2006；宋鹰等，2018），本文认为兴安地块东北部小新屯－洪业家一带落马湖群北宽河组原岩沉积时代的上限应在早泥盆世（405～411 Ma），而不是之前认为的形成于新元古代－早寒武世. 这与笔者对邻区原兴华渡口群1356样品的认识是一致的. 区域上，孙巍（2014）在呼玛县嘎拉山对落马湖群铁帽山组中二云石英片岩的工作所获得碎屑锆石年龄谱系特征与本次工作基本一致，他认为落马湖群的形成时代不早于拉德洛统.

另外，从原岩建造来看，兴安地块东北部落马湖群原岩为一套砂泥质－碳酸盐岩沉积建造及火山－碎屑岩沉积建造，自下而上为：砂岩与泥质岩或泥质粉砂岩交替沉积，伴有中酸性火山岩喷发，过渡为中酸性火山岩与中基性火山岩交替喷发；中酸性火山岩喷发与泥质岩、粉砂岩沉积交替，到灰岩与泥质粉砂岩、砂岩交替沉积（黑龙江省区域地质志，1993）. 而该地区古生界卧都河组（S_3w）、泥鳅河组（S_3-D_2n）也具有相似的沉积建造特征. Han *et al.*,（2011）对卧都河地区的卧都河组、泥鳅河组等地层弱变质岩石碎屑锆石测年获得与本次工作相似的年龄谱. 因此根据原岩沉积建造和碎屑锆石年龄谱特征对比，兴安地块东北部“落马湖群”与区域上晚志留世－早泥盆世的系列浅变质沉积地层如卧都河组、泥鳅河组具有相似的物源区和沉积过程，可能为同时期同环境沉积建造. 这与Cui *et al.*（2015）对大兴安岭中部佳疙瘩组的认识相一致，她经过对变质地层内碎屑锆石采用U-Pb测年，认为大兴安岭中部“佳疙瘩组”是变形变质的晚志留世－早泥盆世沉积岩，而非前寒武纪基底，与紧邻卧都河组是同时代同构造环境产物.

此外，目前对兴安地块各变质岩系，如兴华渡口群、落马湖群、扎兰屯群、新开岭群、倭勒根群等的研究，均未确认具有前寒武纪变质基底存在的证据（苗来成等，2007；杨现力 2007；孙巍，2014；），而且大量的晚古生代、中生代岩浆岩被从中识别出来（苗来成等，2003；Miao *et al.*, 2015；赵院冬等，2015, 2017），所以，对于兴安地块原认为的各个前寒武纪变质岩系，应如对待额尔古纳地块上的兴华渡口群等一样（孙立新等，2013；Ge *et al.*, 2015），进行解体，重新界定地层组成定义，并从造山带区域变质作用角度加强对分解出来的古生代地层和不同期岩浆岩研究.

综上所述，根据本次工作和前人认识，兴安地块东北部“落马湖群”原岩沉积时代的上限为晚志留世－早泥盆世早期，而不是原认为的形成于新元古代－早寒武世，与区域上志留统－下泥盆统系列地层（卧都河组、泥鳅河组）为同时代沉积建造，差异可能是由于在造山带后期区域变质过程经受不同的变质作用.

4.4　变质变形时间和与区域构造事件关系

如前所述，关于兴华渡口群的变质时间目前存在着较大争议，而关于落马湖群变质作用发生时间的研究报道不多. 笔者对工作区内兴华渡口群、落马湖群内花岗质糜棱岩进行锆石U-Pb测年工作，结果表明上述糜棱岩原岩形成时间为晚石炭世－早二叠世，说明晚古生代花岗岩同兴华渡口群、落马湖群内碎屑岩一起遭受后期变形变质作用改造，其变质变形时间应在晚石炭世－早二叠世之后. 从区内地层分布来看（图1），围绕着卧都河－白石砬子T_3-J巨型花岗岩体存在着核部为兴华渡口群（角闪岩相），岩体边部为落马湖群（绿片岩相），再往两侧为古生界（低绿片岩相）的前中生代地层由老到新向两侧分带分布、变质变形减弱的规律，这说明了工作区内前中生代地层变形变质作用与中生代岩浆作用及构造演化存在着紧密联系. Miao *et al.*（2015）根据对落马湖群、新开岭群、风水沟群变质岩石年代学工作，推断变质作用发生的时间应该在170～160 Ma. 研究区西北部古利库金矿围岩落马

湖群白云母石英糜棱片岩^{40}Ar-^{39}Ar年龄为162 Ma，认为是韧性剪切带形成的时间(冯健行，2006). 付俊彧等(2005)对16S30样品同层的北宽河组糜棱岩化角闪斜长变粒岩进行^{40}Ar-^{39}Ar测年获得154.9Ma的高温坪年龄，解释为变形发生时间；笔者对研究区中部兴华渡口群片岩内云母^{40}Ar-^{39}Ar测年获得145 Ma的坪年龄(另文发表)，推断为片岩变质变形发生的时间. 因此中－晚侏罗世(170～145 Ma)是区内落马湖群和兴华渡口群发生变质变形作用的重要时间窗口，而这一阶段蒙古－鄂霍次克洋发生自西向东“剪刀式”闭合作用.

蒙古－鄂霍次克洋闭合作用引发洋壳俯冲和陆陆碰撞造山作用，到晚侏罗世同新特提斯洋、古太平洋2大洋消亡闭合构成影响东亚地区构造的多向汇聚构造体系(董树文等，2008；Dong *et al.*，2015). 西伯利亚大陆南缘自石炭纪到侏罗纪形成了连续的与洋壳俯冲作用有关的岩浆作用(Donskaya *et al.*，2013)，而大兴安岭地区早中生代起自北向南形成强烈的逆冲推覆和挤压褶皱，黑龙江流域两侧形成了强烈的岩浆侵入作用和成矿作用(谭成印，2009). 兴安地块东北部早中侏罗世形成TTG花岗岩反映蒙古－鄂霍茨克洋壳向兴安地块的俯冲作用(赵院冬等，2017b)，至晚侏罗世形成C型埃达克质花岗岩反映闭合引发碰撞造山，地壳进一步加厚，早中生代地层发生强烈收缩变质变形，地壳深部发生部分熔融形成花岗质岩浆侵位(付俊彧等，2005；吴耀根等，2006；赵海滨等，2007；武广等，2008；侯伟等，2010；李锦轶等，2014).

所以，工作区内兴华渡口群、落马湖群等变质岩的变质变形时间很可能在中生代，与蒙古－鄂霍茨克洋的闭合作用密切相关.

5 结论

通过对兴安地块东北部“落马湖群”变质地层碎屑锆石年龄谱的研究，本次工作获得以下认识：

(1)根据碎屑锆石年龄谱，研究“落马湖群”变质岩原岩物源区具有多阶段的岩浆作用，但主要物源为邻近的晚奥陶世－中晚寒武世岩浆岩，还有大量的额尔古纳地块上元古代的岩浆岩和变质岩系也是重要物源.

(2)根据碎屑锆石年龄谱中最小U-Pb年龄，认为兴安地块东北部“落马湖群”原岩沉积时代的上限为早泥盆世早期，而不是原认为的形成于新元古代－早寒武世.

(3)落马湖群可能同上志留统－下泥盆统系列地层(如卧都河组、泥鳅河组)为同时代沉积建造，差异可能源于经受不同的变质作用.

(4)变质作用发生时间可能在中生代，与蒙古鄂霍茨克洋的闭合作用有关.

致谢：感谢中国地质大学(北京)段培新博士在样品处理和锆石测年工作上的帮助，感谢北京大学魏春景教授和匿名审稿人提出的建设性修改意见.

附表文件参见本刊官网：www.earth-science.net.

References

Biao, S.H., Zheng, W.Z., Zhou, X.F., 2012. Zircon U-Pb Age of the North Da Hinggan Mts., NE China and Its Constraint to Attribute of the Ergun Block. *Acta Geological Sinica*, 86(8): 1262－1272 (in Chinese with English abstract).

Cui, F. H., Zheng, C. Q., Xu, X. C., et al., 2015. Detrital Zircon Ages of the Jiageda and Woduhe Formations: Constrains on the Tectonic Attribute of the Xing' an Terrane in the Central Great Xing' an Range, NE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 113: 427－442.

Dong, S.W., Zhang, Y.Q., Chen, X.H., et al., 2008. The Formation and Deformational Characteristics of East Asia Multi-Direction Convergent Tectonic System in the Late Jurassic. *Acta Geoscientica Sinica*, 29(3): 306－317 (in Chinese with English abstract).

Dong, S.W., Zhang, Y.Q., Zhang, F.Q., et al., 2015. Late Jurassic-Early Cretaceous Continental Convergence and Intracontinental Orogenesis in East Asia: A Synthesis of the Yanshan Revolution. *Journal of Asian Earth Sciences*, 114: 750－770. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.08.011

Donskaya, T. V., Gladkochub, D. P., Mazukabzov, A. M., et al., 2013. Late Paleozoic-Mesozoic Subduction-Related Magmatism at the Southern Margin of the Siberian Continent and the 150 Million-Year History of the Mongol-Okhotsk Ocean. *Journal of Asian Earth Sciences*, 62: 79－97. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.07.023

Feng, J.X., 2006. Ore Matter Source for the Guliku Hardrock Gold Deoposit in Daxing'anling, Heilongjiang. *Mineral Resources and Geology*, 20(1): 54－61(in Chinese with English abstract).

Feng, Z. Q., Liu, Y. J., Li, Y. R., et al., 2017. Ages, Geochemistry and Tectonic Implications of the Cambrian Igneous Rocks in the Northern Great Xing'an Range, NE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 144: 5－21.

Feng, Z.Q., Liu, Y.J., Wu, P., et al., 2018. Silurian Magma-

tismon the Eastern Margin of the Erguna Block, NE China: Evolution of the Northern Great Xing′an Range. *Gondwana Research*, 61: 46－62.

Fu, J.Y., Yu, R.G., Song, Y.Q., et al., 2005. Geological Characteristics of the Hongyejia Thrust Shear Zone Northwest of Heihe in the Heilongjiang River Valley and Its Significance. *Journal of Geomechanics*, 11(2): 145－153(in Chinese with English abstract).

Gao, R.Z., Xue, C.J., Lv, X.B., et al., 2017. Genesis of the Zhengguang Gold Deposit in the Duobaoshan Ore Field, Heilongjiang Province, NE China: Constraints from Geology, Geochronology and S-Pb Isotopic Compositions. *Ore Geology Reviews*, 84: 202－217.

Ge, W.C., Wu, F.Y., Zhou, C.Y., et al., 2005. The Ages of the Tahe Granite in Northern Daxinganling and Its Implication to the Geotectonics of Ergun Terrane. *Chinese Science Bulletin*, 50(12):1239－1247 (in Chinese).

Ge, W.C., Wu, F.Y., Zhou, C.Y., et al., 2007a. Porphyry Cu-Mo Deposits in the Eastern Xing′an-Mongolian Orogenic Belt: Mineralization Ages and Their Geodynamic Implications. *Chinese Science Bulletin*, 52(20): 2407－2417(in Chinese).

Ge, W.C., Sui, Z.M., Wu, F.Y., et al., 2007b. Zircon U-Pb ages, Hf Isotopic Characteristics and Their Implications of the Early Paleozoic Granites in the Northeastern Da Hinggan Mts, Northeastern China. *Acta Petrologica Sinica*, 23(2): 423－440 (in Chinese with English abstract).

Ge, W.C., Chen, J.S., Yang, H., et al., 2015. Tectonic Implications of New Zircon U-Pb ages for the Xinghuadukou Complex, Erguna Massif, Northern Great Xing′an Range, NE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 106:169－185.

Guo, Y.F., Yang, Y.C., Han, S.J., et al., 2016. Geochemistry and Zircon U Pb Dating of the Tonalite from Fenghuangshan Areain Daxing′anling. *Journal of JiLin University (Earth Science Edtion)*, 46(5): 1406－1417. (in Chinese with English abstract).

Han, G. Q., Liu, Y. J., Neubauer, F., et al., 2011. Origin of Terranes in the Eastern Central Asian Orogenic Belt, NE China: U-Pb Ages of Detrital Zircons from Ordovician-Devonian Sandstones, North Da Xing′an Mts.. *Tectonophysics*, 511(3/4): 109－124. https://doi. org/10.1016/j.tecto.2011.09.002

Hao, Y.J., Ren, Y.S., Duan, M.X., et al., 2015. Metallogenic Events and Tectonic Setting of the Duobaoshan Ore Field in Heilongjiang Province, NE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 97: 442－458.

Hou, K.J., Li, Y.H., Tian, Y.R., 2009. In Situ U-Pb Zircon Datingusing Laser Ablation-Multion Counting-ICP-MS. *Mineral Deposits*, (4):481－492 (in Chinese with English abstract)

Hou, W., Liu, Z. J., He, Y. P., et al., 2010. Sedimentary Characteristics and Tectonic Setting of the Upper Jurassic Mohe Basin. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 40(2): 286－297(in Chinese with English abstract).

Huang, Y.W., Liu, Y., Wang, X.C., et al., 2009. Petrological Features and Tectonic Significance of the Ordovician in Duobaoshan Ore District, Northern Heilongjiang. *Chinese Journal of Geology*, 44(1): 245－256 (in Chinese with English abstract).

Lei, W.Y., Shi, G.H., Liu, Y.X., 2013. Research Progress on Trace Element Characteristics of Zircons of Different Origins. *Earch Science Frontiers*, 20(4):273－284

Li, J.Y., Mo, S.M., He, Z.J., et al., 2004. The Timing of Crustal Sinistral Strike-Slip Movement in the Northern Great Khing'an Ranges and Its Constraint on Reconstruction of the Crustal Tectonic Evolution of NE China and Adjacent Areas Since the Mesozoic. *Earth Science Frontiers*, 11(3):157－168.

Liu, J., Li, Y., Zhou, Z.H., et al., 2017. The Ordovician Igneous Rocks with High Sr/Y at the Tongshan Porphyry Copper Deposit, Satellite Of the Duobaoshan Deposit, and their Metallogenic Role. *Ore Geology Reviews*, 86: 600－614.

Liu, Y.J., Li, W.M., Feng, Z.Q., et al., 2017. A Review of the Paleozoic Tectonics in the Eastern Part of Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research*, 43: 123－148.

Lu, S.N., Chen, Z.H., Xiang, Z.Q., et al., 2006. U-Pb Ages of Detrital Zircons From the Parametamorphic Rocks of the Qinling Group and Their Geological Significance. *Earth Science Frontiers*, 13(6):303－310(in Chinese with English abstract).

Miao, L.C., Fan, W.M., Zhang, F.Q., et al., 2003. Zircon SHRIMP Geochronology of the Xinkailing-Kele Complex in the Northwestern Lesser Xing′an Range, and Its Geological Implications. *Chinese Science Bulletin*, 49: 2201－2209 (in Chinese).

Miao, L.C., Liu, D.Y., Zhang, F.Q., et al., 2007. Zircon SHRIMP U-Pb Ages of the "Xinghuadukou Group" in Hanjiayuanzi and Xinlin Areas and the "Zhanlantun Group" in Inner Mongolia, Great Xing'an Range. *Chinese Science Bulletin*, 52(5):591－601 (in Chinese).

Miao, L.C., Zheng, F.Q., Zhu, M.S., et al., 2015. Zircon SHRIMP U-Pb Dating of Metamorphic Complexes in

the Conjunction of the Greater and Lesser Xing'an Ranges, NE China: Timing of Formation and Metamorphism and Tectonic Implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 114: 634－648.

Nelson, D.R., 2001. An Assessment of the Determination of Depositional Ages for Precambrian Clastic Sedimentary Rock By U-Pb Dating of Detrital Zircon. *Geological Society of America Bulletin*, 141/142:137－160.

Qi, Z.Y., Feng, Z.Q., Wen, Q.B. et al., 2017. Petrogenesis of the Early Paleozoic Diorite in the Northeast Nenjiang Area: Evidence from Zircon U-Pb Chronology and Geochemistry. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 47(1): 113－125 (in Chinese with English abstract).

Shao, J., Li, Y.F., Zhou, Y.H., et al., 2015. Neo-Achaean Magmatic Event in Erguna Massif of Northeast China: Evidence from the Zircon LA-ICP-MS Dating of the Gneissic Monzogranite from the Drill. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 45(2): 364－373 (in Chinese with English abstract).

She, H.Q., Li, J.W., Xiang, A.P., et al., 2012. U-Pb Ages of the Zircons from Primary Rocks in Middle-Northern Daxinganling and its Implications to Geotectonic Evolution. *Acta Petrologica Sinica*, 28(2):571－ 594 (in Chinese with English abstract).

Song, G.X., Qin, K.Z., Wang, L., et al., 2015. Type, Zircon U-Pb Age and Paleovolcano Edifice of Zhengguang Gold Deposit in Duobaoshan Orefield in Heilongjiang Province, NE-China. *Acta Petrologica Sinica*, 31(8): 2402－ 2416(in Chinese with English abstract).

Sui, Z.M., Ge, W.C., Wu, F.Y., et al., 2006. U-Pb Chronology in Zircon from Harabaqi Granitic Pluton in Northern Daxinganling Area and Its Origin. *Global Geology*, 23 (3):229－236 (in Chinese with English abstract).

Sun, L.X., Ren, B.F., Zhao, F.Q., et al., 2013. Late Paleoproterozoic Magmatic Records in the Erguna Massif: Evidences from the Zircon U-Pb Dating of Granitic Gneisses. *Geological Bulletin of China*, 32(2－3):341－352(in Chinese with English abstract).

Sun, W. 2014. Zircon Geochronology Constraints on the Age and Nature of "Precambrian Metamorphic Rocks" and Lower Paleozoicin the Xing'an Block of Northeast China (Dissertation). Jilin University, Changchun (in Chinese with English abstract).

Tan, C.Y., Du, Y.S., Zhao, H.D., et al., 2009. The NW-Trending Tectonic-Metallogenic Belt of Nonferrous and Precious Metals on the Right of the Heilongjiang River and its Geological Implication. *Geology and Resources*, 18(4): 256－266(in Chinese with English abstract).

Tang, J., Xu, W.L., Wang, F., et al., 2013. Geochronology and Geochemistry of Neoproterozoic Magmatism in the Erguna Massif, NE China: Petrogenesis and Implications for the Breakup of the Rodinia Supercontinent. *Precambrian Research*, 224: 597－611.

Wang, L., Qin, K.Z., Song, G.X., et al., 2018. Volcanic-Subvolcanic Rocks and Tectonic Setting of the Zhengguang Intermediate Suffixation Epithermal Au-Zn Deposit, Eastern Central Asian Orogenic Belt, ChinaNE. Journal of Asian Earth Sciences. https://doi. org/ https://doi. org/10.1016/ j.jseaes.2018.07.023

Wu, F.Y., Sun, D.Y., Ge, W.C., et al., 2011. Geochronology of the Phanerozoic Granitoids in Northeastern China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 41(1):1－30.

Wu, G., 2005. Metallogenic Setting and Metallogenesis of Nonferrous-Precious Metals in Northern Da Hinggan Moutain(Dissertation). Jilin University, Changchun (in Chinese with English abstract).

Wu, G., Chen, Y.J., Sun, F.Y., et al., 2008. Geochemistry of the Late Jurassic Granitoids in the Northern End Area of Da Hinggan Mountains and Their Geological and Prospecting implications. *Acta Petrologica Sinica*, 24 (4):899－910.

Wu, G., Chen, Y.C., Chen, Y.J., et al., 2012. Zircon U-Pb ages of the Metamorphic Supracrustal Rocks of the Xinghuadukou Group and Granitic Complexes in the Argun Massif of the Northern Great Hinggan Range, NE China, and Their Tectonic Implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 49: 214－233.

Wu, Y.B., Zheng, Y.F., 2004. Zircon Genetic Mineralogy and its Constraints on U-Pb Age Interpretation. *Chinese Science Bulletin*, 49(16): 1589－1604(in Chinese).

Wu, G.Y., Feng, Z.Q., Yang, J.G., et al., 2006. Tectonic Setting and Geological Evolution of Mohe Basin in Northwest China. *Oil and Gas Geology*, 27(4):528－535 (in Chinese with English abstract).

Xiang, A.P., Yang, Y.C., Li, G.T., et al., 2012. Diagenetic and Metallogenic Ages of Duobaoshan Porphyry Cu-Mo Deposit in Heilongjiang Province. *Mineral Deposits*, 31 (6):1237－1248 (in Chinese).

Xu, B., Zhao, P., Wang, Y.Y., et al., 2015. The Pre-Devonian Tectonic Framework of Xing′an-Mongolia Orogenic Belt (XMOB) in North China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 97: 183－196.

Yang, X.L., 2007. Geological Characteristics and Study of Detrital Zircon Geochronology of Epimetamorphic Rock Series in Zhalantun Area(Dissertation). *Jilin University*,

Changchun (in Chinese with English abstract).

Zeng, Q.D., Liu, J.M., Chu, S.X., et al., 2014. Re-Os and U-Pb Geochronology of the Duobaoshan Porphyry Cu-Mo-(Au) Deposit, Northeast China, and Its Geological Significance. *Journal of Asian Earth Sciences*, 79: 895－909.

Zhao, H.B., Mo, X.X., Xu, S.M. et al., 2007. Composition and Evolution of the Xinlailing Metamorphic Core Complexes in Heilongjiang Province. *Chinese Journal of Geology*, 42(1):176－188(in Chinese with English abstract).

Zhao, Y.D., Mo, X.X., Li, S.C., et al., 2015. Zircon U-Pb LA-ICP-MS Dating, Petro-Geochemical Features of Granitic Mylonite in Northwestern Lesser Hinggan Mountains, and Tectonic Significance. *Geological Review*, 61: 443－457 (in Chinese with English abstract).

Zhao, Y.D, Xu, F.M., Che, J.Y., et al., 2017a. Constraints from the Zircon U-Pb Dating on the Formation Age and Composition of the Xinhuadukou Group in Northeastern Da Hinggan Mountains. *Geology in China*, 44(3):575－587(in Chinese with English abstract).

Zhao, Y.D., Che, J.Y., Wu, D.T., et al., 2017b. Early－Middle Jurassic TTG Granites in Northwest of Lessor Xing'an Range: Its Geochronology, Geochemical Characteristics and Tectonic Significance. *Journal of Jinlin University(Earth Science Edition)*, 47(4):1119－1137(in Chinese with English abstract).

Zhou, J.B., Zhang, X.Z., Wilde, A.S., et al., 2011a. Confirming of the Heilongjiang ～500 Ma Pan-African Khondalite Belt and its Tectonic Implications. *Acta Petrologica Sinica*, 27(4):1235－1245.

Zhou, J.B., Wilde, S.A., Zhang, X.Z., et al., 2011b. Early Paleozoic Metamorphic Rocks of the Erguna Block in the Great Xing′an Range, NE China: Evidence for the Timing of Magmatic and Metamorphic Events and Their Tectonic Implications. *Tectonophysics*, 499(1－4): 105－117.

Zhou, J.B., Wang, B., Zeng, W.S., et al., 2014. Detrital Zircon U-Pb Dating of the Zhalantun Metamorphic Complex and Its Tectonic Implications, Great Xing'an, NE China. *Acta Petrologica Sinica*, 30(7): 1879－1888 (in Chinese with English abstract)

Zhou, J.B., Wang, B., Wilde, S.A., et al., 2015. Geochemistry and U-Pb Zircon Dating of the Toudaoqiao Blueschists in the Great Xing'an Range, Northeast China, and Tectonic Implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 97: 197－210.

附中文参考文献

表尚虎，郑卫政，周兴福，2012. 大兴安岭北部锆石U_Pb年龄对额尔古纳地块构造归属的制约. 地质学报，86(8): 1262－1272.

董树文，张岳桥，陈宣华，等，2008. 晚侏罗世东亚多向汇聚构造体系的形成与变形特征. 地球学报，29(3): 306－317.

冯健行，2006. 黑龙江省大兴安岭古利库岩金矿床成矿物质来源分析. 矿产与地质，20(1): 54－61.

付俊彧，于荣文，宋亚芹，等，2005. 黑龙江黑河西北洪业家推覆剪切构造带地质特征及其意义. 地质力学学报，11(2):145－153.

葛文春，吴福元，周长勇，等. 2005. 大兴安岭北部塔河花岗岩体的时代及对额尔古纳地块构造归属的制约. 科学通报，50(12):1239－1247.

葛文春，吴福元，周长勇，等，2007a. 兴蒙造山带东段斑岩型Cu-Mo矿床成矿时代及其地球动力学意义[J]. 科学通报，52(20):2407－2417.

葛文春，隋振民，吴福元，等，2007b. 大兴安岭东北部早古生代花岗岩锆石U-Pb年龄、Hf同位素特征及地质意义. 岩石学报，23(2):423－440.

郭宇飞，杨言辰，韩世炯，等，2016. 大兴安岭北部凤凰山地区英云闪长岩地球化学特征与锆石U－Pb定年. 吉林大学学报(地球科学版)，46(5): 1406－1417.

侯可军，李延河，田有荣，2009. LA-MC-ICP-MS锆石微区原位U-Pb定年技术. 矿床地质，28(4)：481－492.

侯伟，刘昭君，何玉平，等，2010. 漠河盆地上侏罗统沉积特征与构造背景. 吉林大学学报(地球科学版)，40(2): 286－297.

黄永卫，刘扬，王喜臣，等，2009. 黑龙江北部多宝山矿区奥陶系的岩石特征和构造意义. 地质科学，44(1): 245－256.

雷玮琰，施光海，刘迎新，2013. 不同成因锆石的微量元素特征研究进展. 地学前缘，20(4): 273－284.

李锦轶，莫申国，和政军，等，2004. 大兴安岭北段地壳左行走滑运动的时代及其对中国东北及邻区中生代以来地壳构造演. 地学前缘，11(3):157－168.

陆松年，陈志宏，相振群，等，2006. 秦岭岩群副变质岩碎屑锆石年龄谱及其地质意义探讨. 地学前缘，13(6): 303－310.

苗来成，范蔚茗，张福勤，等. 2003. 小兴安岭西北部新开岭－科洛杂岩锆石SHRIMP年代学研究及其意义. 科学通报，48: 2315－2323.

苗来成，刘敦一，张福勤，等，2007. 大兴安岭韩家园子和新林地区兴华渡口群和扎兰屯群锆石SHRIMP U-Pb年龄. 科学通报，52(5): 591－602.

齐忠友，冯志强，温泉波，等，2017. 东北地区嫩江东北部早古生代闪长岩的成因探讨：锆石U-Pb年代学和地球化学证据. 吉林大学学报(地球科学版)，47(1): 113－125.

邵军，李永飞，周永恒，等，2015. 中国东北额尔古纳地块新太古代岩浆事件－钻孔片麻状二长花岗岩锆石LA-ICP-MS测年证据. 吉林大学学报(地球科学版)，45(2): 364－372.

佘宏全, 李进文, 向安平, 等, 2012. 大兴安岭中北段原岩锆石U-Pb测年及其与区域构造演化关系. 岩石学报, 28(2): 571－594.

宋国学, 秦克章, 王乐, 等, 2015. 黑龙江多宝山矿田争光金矿床类型U-Pb年代学及古火山机构. 岩石学报, 31(8): 2402－2416.

宋鹰,钱禛钰,张俊霞,等,2018. 碎屑锆石形态学分类体系及其在物源分析中的应用:以松辽盆地松科一井为例. 地球科学,43(6):1997－2006.

隋振民, 葛文春, 吴福元,等,2006. 大兴安岭东北部哈拉巴奇花岗岩体锆石U-Pb 年龄及其成因. 世界地质, 23(3):229－236.

孙立新, 任邦方, 赵凤清,等, 2013. 内蒙古额尔古纳地块古元古代末期的岩浆记录－来自花岗片麻岩的锆石U-Pb年龄证据. 地质通报, 32(2/3): 341－352.

孙巍. 2014. 兴安地块“前寒武纪变质岩系”——下古生界锆石年代学研究及其构造意义(博士学位论文). 长春: 吉林大学.

谭成印, 杜杨松, 赵寒冬,等, 2009. 黑龙江右岸北西向有色、贵金属构造－成矿带的确立及其地质意义. 地质与资源, 18(4): 256－266.

王照元,郑常青,徐久磊,等,2018. 内蒙古莫尔道嘎佳疙瘩组变质岩地球化学特征及构造意义. 地球科学,43(1):176－198

武广, 2005. 大兴安岭北部区域成矿背景与有色－贵金属矿床成矿作用(博士学位论文). 长春: 吉林大学.

武广, 陈衍景, 孙丰月, 等, 2008. 大兴安岭北端晚侏罗世花岗岩类地球化学及其地质和找矿意义. 岩石学报, 24(4):899－910.

吴元保,郑永飞, 2004. 锆石成因矿物学研究及其对U-Pb年龄解释的制约. 科学通报, 49(16): 1589－1604.

吴根耀, 冯志强, 杨建国, 等,2006. 中国东北漠河盆地的构造背景和地质演化. 石油与天然气地质, 27(4):528－535.

向安平, 杨郧城, 李贵涛,等, 2012. 黑龙江多宝山斑岩Cu-Mo矿床成岩成矿时代研究. 矿床地质, 31(6): 1237－1248.

杨现力. 2007. 扎兰屯浅变质岩系地质特征及碎屑锆石年代学研究(硕士学位论文). 长春: 吉林大学.

赵海滨, 莫宣学, 徐受民, 等, 2007. 黑龙江新开岭变质核杂岩的组成及其演化. 地质科学, 42(1):176－188.

赵院冬, 莫宣学, 李士超,等, 2015. 小兴安岭西北部花岗质糜棱岩锆石LA-ICP-MS＋U-Pb年龄、岩石地球化学特征及地质意义. 地质论评, 61(2): 443－457.

赵院冬, 许逢明, 车继英, 等, 2017a. 锆石U-Pb 定年对大兴安岭东北部“兴华渡口群”形成时代和组成的约束. 中国地质, 44(3): 575－587.

赵院冬, 车继英, 吴大天, 等, 2017b. 小兴安岭西北部早－中侏罗世TTG花岗岩年代学、地球化学特征及构造意义. 吉林大学学报(地球科学版), 47(4):1119－1137.

周建波, 张兴洲, WILDE,S.A., 等, 2011. 中国东北～500 Ma泛非期孔兹岩带的确定及其意义. 岩石学报, 27(4): 1235－1245.

周建波, 王斌, 曾维顺,等,2014. 大兴安岭地区扎兰屯变质杂岩的碎屑锆石U-Pb年龄及其大地构造意义. 岩石学报,30(7): 1879－1888.

表 1 兴安地块东北部落马湖群二云石英片岩碎屑锆石 LA—ICP—MS 锆石 U—Pb 年代学测试结果

Table1 LA-ICP-MS detrital zircon U-Pb dating results of two-mica-quartz schist from Luomahu Group in northeast of Xing'an block

分析点	Th (10^{-6})	U (10^{-6})	Th/U	$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$	
				比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	年龄(Ma)	1σ	年龄(Ma)	1σ	年龄(Ma)	1σ
16S01-1	101.2	183.3	0.55	0.05861	0.00143	0.69846	0.02155	0.08620	0.00131	554	54	538	13	533	8
16S01-2	376.3	366.0	1.03	0.05958	0.00099	0.66997	0.01597	0.08140	0.00125	587	40	521	10	504	7
16S01-3	286.4	512.2	0.56	0.06169	0.00109	0.67663	0.01950	0.07928	0.00130	665	34	525	12	492	8
16S01-4	230.5	770.7	0.30	0.05719	0.00065	0.58091	0.00749	0.07362	0.00084	498	26	465	5	458	5
16S01-5	181.0	243.6	0.74	0.06891	0.00137	1.15360	0.03004	0.12121	0.00174	896	42	779	14	738	10
16S01-7	110.2	247.9	0.44	0.05749	0.00061	0.61108	0.00795	0.07714	0.00092	509	56	484	5	479	6
16S01-8	286.1	609.4	0.47	0.05745	0.00056	0.61214	0.00745	0.07723	0.00080	509	22	485	5	480	5
16S01-9	462.7	624.1	0.74	0.06883	0.00078	1.27593	0.03407	0.13373	0.00235	894	23	835	15	809	13
16S01-10	94.5	295.2	0.32	0.06005	0.00269	0.59409	0.03594	0.07106	0.00102	606	96	473	23	443	6
16S01-12	263.7	557.1	0.47	0.07165	0.00104	1.31563	0.02484	0.13279	0.00119	976	30	853	11	804	7
16S01-14	46.0	368.1	0.12	0.06629	0.00093	1.03339	0.01387	0.11321	0.00161	817	34	721	7	691	9
16S01-15	184.0	265.7	0.69	0.05633	0.00061	0.56149	0.00718	0.07235	0.00080	465	22	452	5	450	5
16S01-16	272.4	408.5	0.67	0.07144	0.00226	1.33530	0.06160	0.13369	0.00196	970	65	861	27	809	11
16S01-17	77.3	124.1	0.62	0.05779	0.00114	0.65227	0.01423	0.08199	0.00125	520	44	510	9	508	7
16S01-19	295.3	632.8	0.47	0.11318	0.00112	5.24832	0.09834	0.33592	0.00488	1851	18	1861	16	1867	24
16S01-20	97.0	97.0	1.00	0.06938	0.00077	1.49154	0.02244	0.15582	0.00162	909	23	927	9	934	9
16S01-21	144.5	219.5	0.66	0.07028	0.00074	1.50611	0.02151	0.15542	0.00165	937	26	933	9	931	9
16S01-22	71.4	109.4	0.65	0.05664	0.00238	0.55404	0.01800	0.07151	0.00192	476	93	448	12	445	12
16S01-23	88.3	146.1	0.60	0.11904	0.00088	5.66180	0.07161	0.34502	0.00410	1943	13	1926	11	1911	20
16S01-24	175.1	200.3	0.87	0.07351	0.00156	1.60167	0.06432	0.15661	0.00436	1028	44	971	25	938	24
16S01-25	91.6	130.7	0.70	0.06937	0.00135	1.36200	0.02427	0.14274	0.00221	909	36	873	10	860	12
16S01-27	90.9	281.4	0.32	0.06395	0.00178	0.77253	0.03092	0.08672	0.00134	739	59	581	18	536	8
16S01-28	105.7	345.4	0.31	0.06512	0.00261	0.74954	0.04660	0.08210	0.00172	789	81	568	27	509	10
16S01-29	174.6	431.9	0.40	0.06992	0.00063	1.49601	0.02976	0.15512	0.00281	928	19	929	12	930	16
16S01-30	226.5	421.2	0.54	0.17429	0.00570	11.98437	0.55335	0.49398	0.00790	2599	55	2603	43	2588	34
16S01-31	92.4	129.8	0.71	0.05519	0.00082	0.54948	0.00943	0.07235	0.00105	420	33	445	6	450	6
16S01-32	98.9	318.1	0.31	0.07866	0.00147	1.68781	0.05195	0.15477	0.00240	1165	71	1004	20	928	13

16S01-33	27.1	262.3	0.10	0.15416	0.00089	9.72466	0.11219	0.45741	0.00515	2394	10	2409	11	2428	23
16S01-34	166.2	182.7	0.91	0.06595	0.00122	1.20423	0.02773	0.13227	0.00142	806	39	803	13	801	8
16S01-35	131.0	160.9	0.81	0.07173	0.00102	1.53903	0.03755	0.15546	0.00303	989	29	946	15	932	17
16S01-36	154.8	364.6	0.42	0.05933	0.00075	0.54046	0.01172	0.06597	0.00105	589	28	439	8	412	6
16S01-37	44.4	314.0	0.14	0.07006	0.00120	1.26809	0.02121	0.13140	0.00169	931	35	832	9	796	10
16S01-38	357.2	419.9	0.85	0.11561	0.00106	5.50320	0.08252	0.34470	0.00351	1900	16	1901	13	1909	17
16S01-39	410.2	357.7	1.15	0.05836	0.00110	0.58838	0.01022	0.07327	0.00135	543	41	470	7	456	8
16S01-40	884.1	1139.4	0.78	0.06267	0.00076	0.70814	0.01241	0.08187	0.00105	698	26	544	7	507	6
16S01-41	298.0	682.5	0.44	0.06320	0.00104	0.76175	0.01896	0.08709	0.00111	717	35	575	11	538	7
16S01-42	66.4	129.7	0.51	0.06148	0.00197	0.59413	0.01950	0.07010	0.00095	657	69	474	12	437	6
16S01-43	331.7	1222.9	0.27	0.07535	0.00156	1.39179	0.04656	0.13347	0.00244	1080	43	885	20	808	14
16S01-44	474.1	941.3	0.50	0.13328	0.00139	6.11795	0.10529	0.33251	0.00461	2143	19	1993	15	1851	22
16S01-46	155.2	196.8	0.79	0.05738	0.00075	0.66721	0.01048	0.08442	0.00118	506	62	519	6	522	7
16S01-48	181.5	558.0	0.33	0.05911	0.00072	0.66449	0.01136	0.08136	0.00088	572	26	517	7	504	5
16S01-49	69.0	619.1	0.11	0.06592	0.00102	0.97301	0.02211	0.10686	0.00150	803	31	690	11	654	9
16S01-52	32.8	342.0	0.10	0.06922	0.00114	1.26758	0.02351	0.13262	0.00123	906	33	831	11	803	7
16S01-54	350.3	903.4	0.39	0.06072	0.00087	0.68697	0.01581	0.08188	0.00129	628	31	531	10	507	8
16S01-56	530.3	360.1	1.47	0.07063	0.00075	1.30333	0.02378	0.13366	0.00190	946	22	847	10	809	11
16S01-58	310.4	280.9	1.10	0.06126	0.00184	0.61891	0.01933	0.07326	0.00101	650	69	489	12	456	6
16S01-60	179.8	164.3	1.09	0.07232	0.00186	1.45667	0.03773	0.14638	0.00216	994	56	913	16	881	12
16S01-61	219.3	266.9	0.82	0.06186	0.00198	0.59756	0.01732	0.07028	0.00162	733	73	476	11	438	10
16S01-62	107.1	188.3	0.57	0.05931	0.00168	0.67254	0.02420	0.08183	0.00091	589	61	522	15	507	5
16S01-65	398.4	524.5	0.76	0.05836	0.00078	0.58737	0.00896	0.07313	0.00117	543	25	469	6	455	7
16S01-69	98.4	108.0	0.91	0.07142	0.00180	1.20843	0.03114	0.12274	0.00143	969	52	804	14	746	8
16S01-70	138.8	439.9	0.32	0.05734	0.00085	0.57642	0.01289	0.07278	0.00110	506	64	462	8	453	7
16S01-71	127.1	230.3	0.55	0.10995	0.00145	4.11259	0.14481	0.26963	0.00746	1798	29	1657	29	1539	38
16S01-72	91.3	145.0	0.63	0.06001	0.00199	0.53911	0.02207	0.06477	0.00072	606	72	438	15	405	4
16S01-73	65.9	285.1	0.23	0.07340	0.00167	1.34903	0.04178	0.13277	0.00165	1033	41	867	18	804	9
16S01-74	410.6	1124.8	0.37	0.05770	0.00058	0.56769	0.00884	0.07135	0.00110	517	22	457	6	444	7
16S01-75	257.4	688.6	0.37	0.06827	0.00122	1.05223	0.01744	0.11184	0.00112	876	42	730	9	683	6
16S01-77	80.6	145.1	0.56	0.06070	0.00147	0.59494	0.01567	0.07108	0.00120	628	52	474	10	443	7
16S01-78	155.9	294.9	0.53	0.05848	0.00089	0.58593	0.01192	0.07256	0.00093	546	33	468	8	452	6

16S01-79	103.6	234.6	0.44	0.11332	0.00100	4.76038	0.06278	0.30449	0.00373	1854	15	1778	11	1714	18
16S01-81	61.5	75.6	0.81	0.06941	0.00108	1.32170	0.02278	0.13833	0.00205	911	31	855	10	835	12
16S01-82	133.3	237.5	0.56	0.07383	0.00190	1.30843	0.04568	0.12753	0.00165	1037	52	849	20	774	9
16S01-83	180.7	581.5	0.31	0.05698	0.00071	0.56563	0.00854	0.07201	0.00100	500	28	455	6	448	6
16S01-84	70.7	127.5	0.55	0.18421	0.00133	12.39795	0.13907	0.48787	0.00506	2691	12	2635	11	2561	22
16S01-85	262.6	338.8	0.78	0.05774	0.00100	0.58715	0.01134	0.07376	0.00107	520	44	469	7	459	6
16S01-86	141.4	401.8	0.35	0.05694	0.00065	0.57555	0.00860	0.07328	0.00088	500	29	462	6	456	5
16S01-87	30.2	181.4	0.17	0.13867	0.00157	6.96412	0.07155	0.36461	0.00325	2211	20	2107	9	2004	15
16S01-89	41.7	106.0	0.39	0.18698	0.00127	12.03558	0.11235	0.46672	0.00472	2716	11	2607	9	2469	21
16S01-92	255.3	420.9	0.61	0.06284	0.00113	0.70230	0.01521	0.08097	0.00102	702	38	540	9	502	6
16S01-93	257.6	665.9	0.39	0.17287	0.00101	9.97866	0.16368	0.41834	0.00690	2587	10	2433	15	2253	31
16S01-95	150.2	765.6	0.20	0.05781	0.00067	0.58470	0.01076	0.07331	0.00120	524	24	467	7	456	7
16S01-96	186.2	309.8	0.60	0.05850	0.00087	0.65821	0.01343	0.08153	0.00115	550	36	514	8	505	7
16S01-97	26.0	334.4	0.08	0.06636	0.00076	1.09658	0.02347	0.11967	0.00193	817	24	752	11	729	11
16S01-98	158.0	362.8	0.44	0.05649	0.00086	0.56170	0.00793	0.07215	0.00066	472	33	453	5	449	4
16S01-99	191.7	341.9	0.56	0.06980	0.00072	1.29466	0.01921	0.13450	0.00177	924	20	843	9	814	10
16S01-100	84.9	134.2	0.63	0.10855	0.00103	4.22196	0.08807	0.28188	0.00537	1776	17	1678	17	1601	27
16S30-01	94.7	187.8	0.50	0.05824	0.00085	0.52914	0.00819	0.06591	0.00071	539	31	431	5	411	4
16S30-02	80.1	90.2	0.89	0.11309	0.00083	5.18094	0.07397	0.33199	0.00452	1850	13	1849	12	1848	22
16S30-03	20.8	46.8	0.44	0.05577	0.00156	0.55790	0.01504	0.07275	0.00084	443	58	450	10	453	5
16S30-04	63.4	180.2	0.35	0.06538	0.00086	1.20693	0.01765	0.13417	0.00180	787	23	804	8	812	10
16S30-06	138.8	135.0	1.03	0.05615	0.00138	0.56831	0.01439	0.07346	0.00117	457	28	457	9	457	7
16S30-07	422.8	537.8	0.79	0.06184	0.00134	0.63197	0.01521	0.07404	0.00063	733	51	497	9	460	4
16S30-08	270.5	687.6	0.39	0.05776	0.00056	0.65450	0.00842	0.08211	0.00066	520	22	511	5	509	4
16S30-10	219.8	462.1	0.48	0.05854	0.00067	0.66435	0.01487	0.08207	0.00122	550	26	517	9	508	7
16S30-11	113.3	273.0	0.42	0.06987	0.00058	1.47489	0.02000	0.15298	0.00161	924	18	920	8	918	9
16S30-12	200.1	402.6	0.50	0.06609	0.00053	1.22187	0.01245	0.13405	0.00115	809	18	811	6	811	7
16S30-13	160.2	209.6	0.76	0.09314	0.00074	3.09084	0.03238	0.24082	0.00253	1500	15	1430	8	1391	13
16S30-14	368.5	394.7	0.93	0.05653	0.00053	0.56362	0.00710	0.07230	0.00071	472	20	454	5	450	4
16S30-15	49.7	86.4	0.57	0.07416	0.00111	1.57068	0.02611	0.15362	0.00146	1056	30	959	10	921	8
16S30-16	44.3	77.6	0.57	0.05683	0.00137	0.56964	0.01516	0.07271	0.00089	483	54	458	10	452	5
16S30-17	1072.4	539.5	1.99	0.05877	0.00061	0.66656	0.00811	0.08229	0.00087	567	-6	519	5	510	5

16S30-18	477.7	908.4	0.53	0.06970	0.00047	1.46815	0.01387	0.15279	0.00163	920	47	917	6	917	9
16S30-19	76.0	645.5	0.12	0.18209	0.00103	10.80858	0.13209	0.43022	0.00531	2672	9	2507	11	2307	24
16S30-20	109.8	36.2	3.03	0.12033	0.00210	5.30328	0.10409	0.31952	0.00418	1961	31	1869	17	1787	20
16S30-21	281.5	664.1	0.42	0.09133	0.00064	3.02215	0.04276	0.23993	0.00345	1454	47	1413	11	1386	18
16S30-22	29.5	65.8	0.45	0.10956	0.00119	4.76951	0.05644	0.31587	0.00335	1792	20	1780	10	1770	16
16S30-23	69.0	90.3	0.76	0.05827	0.00162	0.58228	0.01622	0.07257	0.00087	539	59	466	10	452	5
16S30-24	268.6	226.8	1.18	0.05891	0.00111	0.58937	0.01003	0.07266	0.00070	565	41	470	6	452	4
16S30-25	99.0	167.4	0.59	0.10474	0.00079	4.18833	0.04785	0.28984	0.00293	1710	14	1672	9	1641	15
16S30-26	47.2	62.0	0.76	0.10924	0.00115	4.74186	0.06469	0.31467	0.00322	1787	19	1775	11	1764	16
16S30-27	236.2	351.9	0.67	0.05559	0.00084	0.50264	0.00662	0.06572	0.00070	435	6	413	4	410	4
16S30-28	255.3	469.2	0.54	0.05829	0.00058	0.66152	0.00960	0.08222	0.00084	539	22	516	6	509	5
16S30-29	234.5	434.3	0.54	0.06098	0.00116	0.74662	0.01038	0.08924	0.00121	639	41	566	6	551	7
16S30-30	181.9	389.2	0.47	0.05965	0.00109	0.59607	0.01370	0.07239	0.00083	591	41	475	9	451	5
16S30-31	175.6	285.1	0.62	0.05760	0.00088	0.65382	0.01061	0.08232	0.00069	522	33	511	7	510	4
16S30-32	22.2	49.3	0.45	0.10918	0.00130	4.73764	0.07215	0.31464	0.00351	1787	21	1774	13	1763	17
16S30-33	693.6	632.4	1.10	0.05555	0.00057	0.50435	0.00587	0.06587	0.00062	435	22	415	4	411	4
16S30-35	68.5	128.4	0.53	0.05707	0.00116	0.51474	0.01055	0.06546	0.00079	494	44	422	7	409	5
16S30-36	133.6	1219.0	0.11	0.07006	0.00046	1.47108	0.02020	0.15217	0.00196	931	13	919	8	913	11
16S30-38	354.0	1195.2	0.30	0.05741	0.00044	0.65406	0.00707	0.08258	0.00080	506	12	511	4	512	5
16S30-39	251.3	334.0	0.75	0.06134	0.00085	0.69796	0.00932	0.08262	0.00084	650	30	538	6	512	5
16S30-40	403.4	331.1	1.22	0.05944	0.00090	0.53311	0.01041	0.06499	0.00088	583	33	434	7	406	5
16S30-41	214.7	434.2	0.49	0.06385	0.00089	0.65762	0.00938	0.07478	0.00085	737	30	513	6	465	5
16S30-42	84.4	163.8	0.52	0.06090	0.00130	0.75423	0.01700	0.08977	0.00106	635	44	571	10	554	6
16S30-43	90.3	254.2	0.36	0.07385	0.00076	1.69813	0.02377	0.16654	0.00162	1039	20	1008	9	993	9
16S30-44	147.2	331.5	0.44	0.06358	0.00184	0.64695	0.01558	0.07401	0.00073	728	61	507	10	460	4
16S30-45	131.2	189.3	0.69	0.06980	0.00141	1.15423	0.02097	0.11999	0.00113	924	43	779	10	731	7
16S30-46	226.4	393.0	0.58	0.06301	0.00171	0.62787	0.01521	0.07257	0.00082	709	57	495	9	452	5
16S30-47	143.6	104.6	1.37	0.06991	0.00123	1.28563	0.02304	0.13342	0.00140	926	31	839	10	807	8
16S30-48	765.4	493.1	1.55	0.05684	0.00065	0.64367	0.00829	0.08207	0.00074	487	24	505	5	508	4
16S30-50	237.6	671.4	0.35	0.06356	0.00066	0.72560	0.00927	0.08271	0.00079	728	22	554	5	512	5