

王少轶, 许虹, 杨晓平, 等. 大兴安岭北部中侏罗统漠河组砂岩 LA-ICP-MS 碎屑锆石 U-Pb 年龄: 对漠河盆地源区的制约[J]. 中国地质, 2015, 42(5): 1293-1302.

Wang Shaoyi, Xu Hong, Yang Xiaoping, et al. Detrital zircon U-Pb dating of Middle Jurassic Mohe Formation in northern Da Hinggan Mountains: Reconstruction of the provenance of Mohe Basin [J]. Geology in China, 2015, 42(5): 1293-1302(in Chinese with English abstract).

# 大兴安岭北部中侏罗统漠河组砂岩 LA-ICP-MS 碎屑锆石 U-Pb 年龄: 对漠河盆地源区的制约

王少轶<sup>1</sup> 许 虹<sup>1</sup> 杨晓平<sup>2</sup> 张文龙<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院, 黑龙江 哈尔滨 150036)

**摘要:**对大兴安岭北部漠河盆地中侏罗统漠河组砂岩进行了碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄测试, 获得的碎屑锆石 U-Pb 年龄为 1425~170 Ma, 反映了中侏罗时期漠河盆地源区的复杂性。该时期漠河盆地物源主要有: 中元古代变质火山岩, 碎屑锆石年龄 1425~1064 Ma; 新元古代变质侵入岩, 碎屑锆石年龄 888~550 Ma; 寒武—奥陶纪变质表壳岩与深成侵入岩, 碎屑锆石年龄 517~441 Ma; 石炭—二叠纪侵入岩, 碎屑锆石年龄 327~252 Ma; 三叠纪—中侏罗世侵入岩, 碎屑锆石年龄 250~170 Ma。这一测试数据与盆地现在南缘分布的地质体的时代基本对应, 说明盆地的物源主要来自南部的中元古代—中侏罗世地质体, 碎屑锆石中最小年龄为 170 Ma, 反映漠河组沉积下限不早于中侏罗世早期。这一成果对研究漠河盆地源区的物质组成、盆地沉积年代和油气成藏条件提供了新的素材。

**关键词:**漠河组; U-Pb 年龄; 漠河盆地物源

中图分类号: P588.21<sup>+</sup>2.3; P597<sup>+</sup>.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2015)05-1293-10

## Detrital zircon U-Pb dating of Middle Jurassic Mohe Formation in northern Da Hinggan Mountains: Reconstruction of the provenance of Mohe Basin

WANG Shao-yi<sup>1</sup>, XU Hong<sup>1</sup>, YANG Xiao-ping<sup>2</sup>, ZHANG Wen-long<sup>2</sup>

(1. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China*; 2. *Qiqihar Branch, Research Institute of Regional Geological Survey of Heilongjiang, Harbin 150036, Heilongjiang, China*)

**Abstract:** With the method of U-Pb isotope dating of detrital zircon from Middle Jurassic Mohe Formation, the authors detected that detrital zircon ages are clustered in the range of 1425-170 Ma, which suggests that the basement of Mohe Basin has complex provenance. The provenance of Mohe Basin is mainly made up of Mesoproterozoic metamorphic volcanic rocks with the detrital zircon age of 1425-1064 Ma, Neoproterozoic metamorphic intrusive rock with the detrital zircon age of 888-550 Ma, Cambrian-Ordovician metamorphic supracrustal rock and metamorphosed plutonic intrusive rock with the detrital zircon age of 517-441 Ma, Permian-Carboniferous intrusive rock with the age of 327-252 Ma, and Triassic and Middle Jurassic intrusive rock with the age of

收稿日期: 2015-05-27; 改回日期: 2015-06-18

基金项目: 天然气水合物资源勘查与试采工程: 东北冻土区天然气水合物资源勘查项目(GZHL20120302)资助。

作者简介: 王少轶, 男, 1990年生, 硕士生, 从事矿床及矿田构造研究; E-mail: wangshaoyiligong@126.com。

250–170 Ma. These data correspond to the ages of geological bodies on the south margin of the basin, which shows that the source of the basin was from the Middle Proteronic – Middle Jurassic geologic body in the south, with the youngest age of detrital zircon being 170 Ma. It is therefore held that the lower sedimentary limit of the Mohe Formation is not earlier than early Middle Jurassic. The results achieved by the authors provide new evidence for the study of the evolution of Mohe Basin

**Key words:** Mohe Formation; U–Pb dating; provenance of Mohe Basin

**About the first author:** WANG Shao-yi, male, born in 1990, master candidate, mainly engages in the study of ore deposits and ore field structure;; E-mail: wangshaoyiligong@126.com.

漠河盆地位于黑龙江西北部大兴安岭北段,地理坐标:东经 $121^{\circ}30' \sim 126^{\circ}10'$ ,北纬 $52^{\circ}20' \sim 53^{\circ}35'$ ,国内面积 $21500 \text{ km}^2$ 。漠河盆地属中生代陆相沉积盆地,调查研究表明,漠河盆地中发育有侏罗纪沉积地层、烃源岩、永冻层和脆性构造,具有良好的生烃条件和成藏潜力<sup>[1]</sup>。作为了解蒙古—鄂霍茨克造山带中生代地质状况的窗口<sup>[2]</sup>,前人针对盆地的地层层序、时代、盆地的构造、演化及物源等开展了研究,取得了一些新的地质成果和认识<sup>[1–8]</sup>,如有新学者提出漠河盆地的构造性质属于前陆盆地<sup>[2–3]</sup>,有学者认为相当于前陆盆地的陆相磨拉石部分或磨拉石盆地<sup>[4–5]</sup>,有人认为盆地的性质是挤压背景下形成的挤压挠曲盆地或山间盆地<sup>[6]</sup>等。但是由于漠河盆地的整体地质工作程度低,85%以上面积为1:5万区调空白区,以往工作对地质问题的认识比较抽象,缺少对具体地质问题的解析,尤其对地层年代和物质来源方面的研究较少,而且还存在较多争议。前人对物源的分析多从盆地大地构造和成因背景方面进行的讨论,如有的学者认为晚侏罗世漠河盆地具有典型前陆盆地的双向物源特征,一方面来自北部造山带,一方面来自盆地伏板块基底,盆地南侧的额尔古纳地块北缘古生代杂岩可能是盆地的主要物源<sup>[6]</sup>;盆地中侏罗世的物源主要来自于上地壳长英质源区,源岩可能为花岗岩、变质岩和沉积岩的混合<sup>[7–8]</sup>等。

漠河组是漠河盆地中分布面积和沉积厚度最大、成烃潜力最大的地层单元,对于该组的时代和物质来源的研究对于探讨漠河盆地源区的物质组成、盆地沉积年代和油气成藏条件具有重要意义。笔者等在“东北冻土区天然气水合物资源勘查”项目实施过程中,发现漠河组为一套黑色沉积岩系,泥岩、粉砂岩中有较多的有机质,颜色为灰黑–黑色,符合自然规律,但砂岩的颜色也多为灰黑–黑

色,经测试分析有机质很低,岩矿分析发现有较多的黑色岩屑,包括有中–基性火山岩、泥质岩和变质火山–沉积岩等,砂岩孔隙中充填有黑色泥质和暗色矿物(黑云母),为了查明这些黑色物质来源和时代,笔者等在漠河组中段黑色砂岩中采集了碎屑锆石U–Pb测年样品,通过碎屑锆石的成因及年龄谱分析,对漠河组源区物质成分组成和地质年代进行了对比研究,探讨了锆石的年龄组成对源区的制约,同时确定了漠河组的沉积下限,为漠河盆地年代地层划分提供了新证据。

## 1 区域地质背景

漠河盆地位于兴蒙造山带东段额尔古纳地块北部,北邻蒙古—鄂霍茨克造山带,东西部分别延入蒙古国和俄罗斯境内,南部被中生代大兴安岭岩浆岩带构造叠加。该地区出露的地层主要有中元古代兴华渡口岩群角闪岩相中基性变质火山岩与沉积岩、新元古代—早寒武世倭勒根岩群高绿片岩相变质火山–沉积岩、早泥盆世泥鳅河组和早石炭世红水泉组低绿片岩的海相细碎屑沉积岩、中晚侏罗世漠河盆地河湖沉积层和晚侏罗世—早白垩世火山岩盖层等。出露的侵入岩主要有新元古代片麻状花岗岩、寒武—奥陶纪糜棱岩化石英闪长岩—二长花岗岩、石炭—二叠纪(糜棱岩化)花岗岩、三叠纪—中侏罗世石英闪长岩—二长花岗岩等。

漠河盆地的顶部被上侏罗统火山地层不整合覆盖,底部不整合于中元古代—三叠纪地质体之上,漠河盆地主要由中上侏罗统额尔古纳河群河湖相沉积岩系组成,自下而上划分为绣峰组( $J_{2x}$ )、二十二站组( $J_{2er}$ )、漠河组( $J_{2m}$ )、开库康组( $J_{2k}$ )。漠河组主要分布于漠河盆地中西部盆地中心地带(图1),面积近 $3000 \text{ km}^2$ ,底部整合于二十二组之上,顶部被上侏罗统开库康组不整合覆盖,沉积厚度近4500

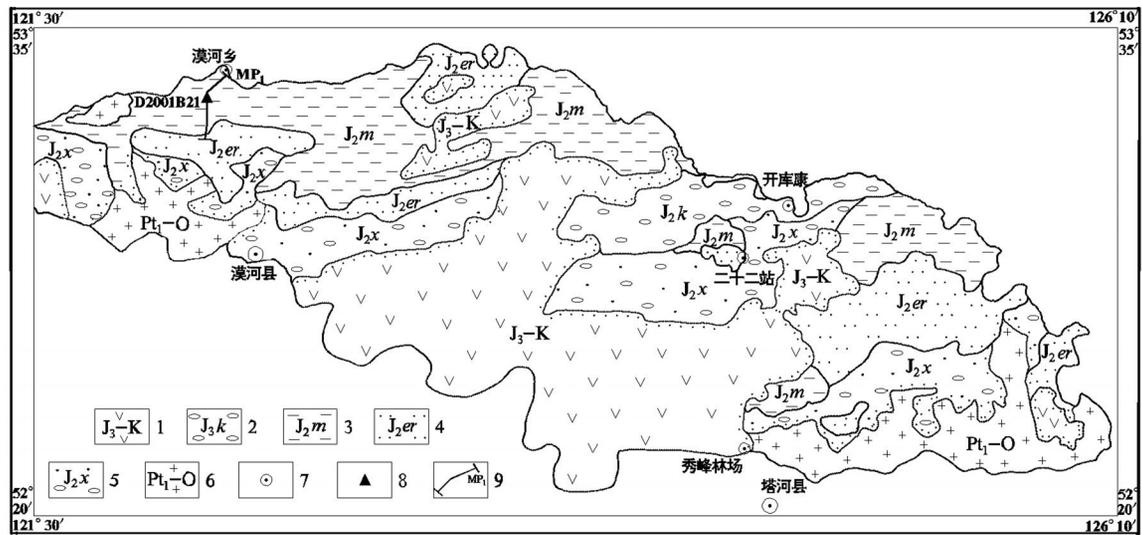


图1 漠河盆地地质简图(据赵立国等,2014<sup>[8]</sup>)

1—晚侏罗世—早白垩世火山地层;2—上侏罗统开库康组;3—中侏罗统漠河组;4—中侏罗统二十二站组;5—中侏罗统秀峰组;  
6—古元古代—奥陶纪盆地基底;7—主要城镇;8—采样位置;9—控制地层剖面

Fig.1 Generalized geological map of Mohe Basin (after Zhao Ligu, 2014<sup>[8]</sup>)

1—Late Jurassic—Early Cretaceous volcanic rock reservoir; 2—Upper Jurassic Kaikukang Formation; 3—Middle Jurassic Mohe Group  
4—Middle Jurassic ERshierzhan Formation; 5—Middle Jurassic Xiufeng Formation; 6—Palaeoproterozoic—Ordovician basin basement  
7—Main towns 8—Sampling location 9—Geological section

m,以黑色砂岩和泥岩组合为主,底部发育砾岩,向上变细,地层结构为退积型,为盆地扩张期产物,发育泥岩相12段,累计泥岩厚度676 m,是漠河盆地成烃潜力最大的沉积岩系;其湖侵体系域上部和高水位体系域下部的浅湖—半深湖相发育有厚层泥岩相,具还原特征,是烃源岩发育的良好部位;盆地西北部漠河组遭受动力变质作用较强,受动力变质作用改造,岩石有一定重结晶和变质变形,胶结非常致密。

## 2 测年方法

锆石挑选工作在河北省廊坊区域地质调查所实验室完成,挑选各种成因类型锆石约1000粒制作环氧树脂样品靶,拍摄阴极发光图像。锆石测年采用激光烧蚀多接收器等离子体质谱法(LA-MC-ICPMS),测年样品靶在天津地质矿产研究所同位素实验室制备。LA-MC-ICPMS年龄样品在天津地质矿产研究所同位素实验室利用激光烧蚀多接收器等离子体质谱仪(LA-MC-ICPMS)进行了微区原位U-Pb同位素测定。激光烧蚀多接收器电感耦合等离子体质谱仪为德国Thermo Fisher公司制造的Neptune质谱仪。根据锆石显微镜下阴极发光照

片选择锆石的合适的测年晶域,利用193 nm激光器对锆石进行剥蚀,利用动态变焦扩大色散同时接收质量数相差很大的U-Pb同位素,进行锆石微区U-Pb同位素原位同时测定。

## 3 测试结果

在近1000粒锆石中选出了75个不同成因的单颗粒锆石进行测点分析,锆石的晶形、结构和年龄数值变化较大,显示了多阶段和多成因的碎屑锆石特征,年龄谐和图和测试结果显示主要有5个阶段的锆石(图2、表1)。

样品采自漠河县金沟林场—北极村一带公路中段MP1剖面(图3)中(样品号:D2001B21),地理坐标:122°14'35"E,53°24'46"N,相当于漠河组中部滨湖砂岩相产物,砂岩层厚度9.72 m,产状350°∠20°,岩性为灰黑色糜棱岩化粗中粒岩屑长石砂岩,岩石呈变余粗中粒砂状结构、糜棱结构,条带状构造(图4)。碎斑主要为岩屑和砂屑,含量约75%,碎基含量约25%,碎屑具定向分布,构成明显的条带状构造。岩屑成分有硅质岩、流纹岩、板岩、变玄武岩、变安山岩、片岩、泥岩等,呈次棱角—次圆状,大

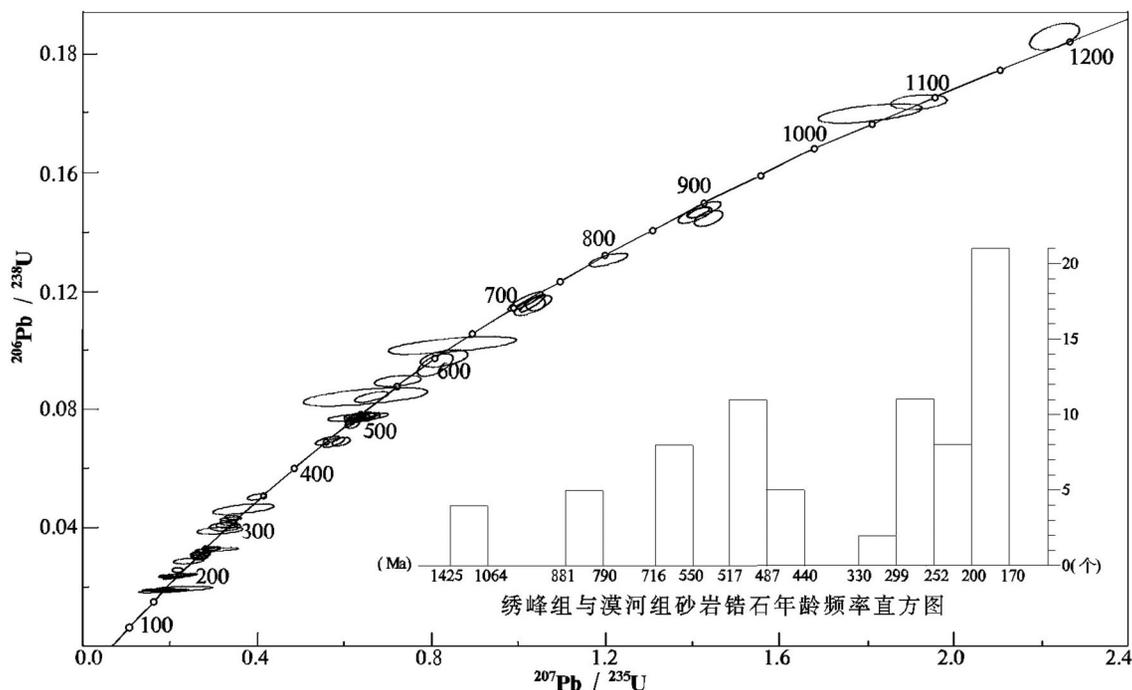


图2 漠河组糜棱岩化粗中粒岩屑长石砂岩中锆石U-Pb年龄谐和图

Fig.2 Zircon U-Pb concordia diagrams of mylonitized fine to medium grained lithic arkose from Mohe Formation

小0.3~1.6 mm,含量15%。砂屑成分为石英、长石及云母,石英他形粒状,偶见重结晶现象,含量约30%;长石以斜长石为主,钾长石偶见,含量约45%;云母有白云母和黑云母,含量约3%。填隙物为粘土矿物,呈细小鳞片状充填在砂屑周围,少量新生的绢云母分布在其中,含量7%。受动力变质作用影响,岩石中少量石英发生重结晶,次生加大,胶结周围砂屑,使砂屑之间的界线模糊,孔隙变小,且石英砂屑具塑性拉长现象,拉长的石英条带沿糜棱面理方向分布,泥质杂基呈片状沿糜棱面理分布,在糜棱面理间偶见铁质斑点。

### 3.1 碎屑锆石年龄1425~1064 Ma

该阶段锆石多为自形一半自形长柱状(31、43、56、66号测点),晶形保存较好,部分有圆化(图5),说明经历了短距离的搬运,物源区较近。56、60号锆石具核幔构造,幔部表现弱的CL强度和弱的内部分带,相当于变质增生锆石<sup>[9-10]</sup>,核部具有明显的振荡环带,<sup>232</sup>Th/<sup>238</sup>U比值为0.2289~0.6963(表1),具有岩浆锆石特征<sup>[9-12]</sup>,锆石的长宽比大于2:1,说明其变质原岩可能为火山岩,2个测点<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄值为1203 Ma、1064 Ma,时代为中元古代。31、43号

锆石具变质增生边,内部发育明显振荡环带,<sup>232</sup>Th/<sup>238</sup>U比值为0.8171~0.9040,具岩浆锆石成因特点<sup>[11-12]</sup>,锆石的长宽比近2:1,岩石可能为火山岩,测试数据1425 Ma、1091 Ma,时代为中元古代。

### 3.2 碎屑锆石年龄888~550 Ma

第二阶段锆石多为粒状,少量长柱状保存晶形,大部分被磨圆成粒状(图5),说明搬运距离较长。13粒锆石中大部分发育变质增生边,说明多数遭受了变质作用改造,45、30、46、20、28、39、41等锆石核幔部分具明显振荡环带,相当于岩浆锆石<sup>[9-12]</sup>,<sup>232</sup>Th/<sup>238</sup>U比值为0.3542~0.8839,具有典型岩浆锆石特征,45、30、48号锆石的长宽比大于2:1,原岩可能为火山岩,其余介于2:1~1:1,相当于变质侵入岩中锆石,<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄值为709~888 Ma,时代为新元古代早中期。64、75、8、73、40、48等锆石具幔壳构造,幔部表现弱的CL强度和弱的内部分带(图5),具变质锆石特征<sup>[9-10]</sup>,41、73、8号锆石内部具有弱的振荡环带,<sup>32</sup>Th/<sup>238</sup>U比值为0.1280~0.6603,相当于变质改造的岩浆锆石,长宽比为2:1~1:1,原岩可能为侵入岩。64、75、40号锆石内部呈无分带和面状分带,<sup>32</sup>Th/<sup>238</sup>U比值为0.0266、0.0913、

表1 漠河组糜棱岩化粗中粒岩屑长石砂岩中 LA-MC-ICP MS U-Pb 同位素年龄测定结果  
 Table 1 LA-MC-ICP MS U-Pb isotopic age determination results of mylonitized fine to medium grained lithic arkose from Mohe Formation

点号	Pb U		同位素原子比率						表面年龄/Ma				
	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$		$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$
2001-1	18	575	0.6155	0.0308	0.0002	0.2141	0.0083	213	71	196	1	197	6
2001-2	18	568	0.6092	0.0311	0.0002	0.2160	0.0080	211	84	198	1	199	7
2001-3	35	1044	0.8604	0.0313	0.0002	0.2206	0.0055	249	55	198	1	202	5
2001-4	15	464	0.5745	0.0314	0.0002	0.2381	0.0088	411	83	199	1	217	8
2001-5	30	957	0.4500	0.0313	0.0002	0.2385	0.0080	423	62	199	1	217	6
2001-6	85	1087	0.4062	0.0797	0.0006	0.6333	0.0106	516	36	494	4	498	9
2001-7	25	793	0.5531	0.0312	0.0002	0.2137	0.0061	177	65	198	1	197	6
2001-8	64	730	0.1280	0.0942	0.0014	0.8105	0.0179	687	37	580	9	603	13
2001-9	8	226	1.9304	0.0273	0.0003	0.2155	0.0336	499	342	174	2	198	31
2001-10	11	273	0.7137	0.0394	0.0003	0.3061	0.0204	468	147	249	2	271	18
2001-11	16	525	0.5351	0.0309	0.0002	0.2181	0.0101	252	92	196	1	200	8
2001-12	72	935	0.2135	0.0801	0.0005	0.6318	0.0111	501	36	496	3	497	8
2001-13	27	315	0.5750	0.0800	0.0005	0.6359	0.0167	516	56	496	3	500	13
2001-14	37	1153	0.5032	0.0313	0.0002	0.2201	0.0114	244	117	198	1	202	10
2001-15	30	367	0.4643	0.0797	0.0005	0.6303	0.0290	505	99	494	3	496	23
2001-16	74	923	0.3564	0.0796	0.0005	0.6325	0.0113	516	39	494	3	498	9
2001-17	12	358	0.7154	0.0309	0.0002	0.2106	0.0134	170	125	196	1	194	10
2001-18	11	299	1.5449	0.0267	0.0002	0.1832	0.0249	185	318	170	1	171	23
2001-19	60	808	0.0628	0.0795	0.0004	0.6536	0.0114	591	37	493	3	511	9
2001-20	33	991	0.5400	0.0312	0.0002	0.2102	0.0070	142	66	198	1	194	5
2001-21	30	366	0.3216	0.0801	0.0004	0.6402	0.0172	530	58	496	3	502	13
2001-22	30	856	0.5788	0.0315	0.0002	0.2131	0.0075	152	61	200	1	196	5
2001-23	16	552	0.6005	0.0270	0.0002	0.1823	0.0124	145	155	172	1	170	12
2001-24	19	540	0.8292	0.0315	0.0002	0.2160	0.0230	181	242	200	1	199	17
2001-25	21	601	0.6743	0.0314	0.0002	0.2120	0.0126	148	103	199	1	195	9
2001-26	285	1930	0.3542	0.1454	0.0011	1.4017	0.0145	926	18	875	6	890	9
2001-27	41	559	0.5668	0.0711	0.0005	0.5785	0.0069	567	25	443	3	463	6
2001-28	60	371	0.8839	0.1447	0.0011	1.4343	0.0143	983	18	871	7	903	9
2001-29	48	591	0.9379	0.0707	0.0006	0.5870	0.0075	610	23	441	3	469	6
2001-30	129	833	0.5903	0.1454	0.0011	1.4130	0.0135	942	18	875	7	894	9
2001-31	126	432	0.8171	0.2474	0.0019	4.1340	0.0412	1974	15	1425	11	1661	17
2001-32	62	1528	0.4595	0.0398	0.0003	0.2883	0.0031	309	22	252	2	257	3
2001-33	49	649	0.5276	0.0770	0.0006	0.6081	0.0072	501	24	478	4	482	6
2001-34	32	388	0.6715	0.0784	0.0006	0.6123	0.0084	477	30	487	4	485	7
2001-35	53	1231	0.7353	0.0391	0.0003	0.2703	0.0046	203	36	247	2	243	4
2001-36	59	1471	0.7090	0.0377	0.0003	0.2715	0.0033	295	25	239	2	244	3
2001-37	11	275	0.7291	0.0379	0.0003	0.2742	0.0081	305	65	240	2	246	7
2001-38	39	947	0.7812	0.0385	0.0003	0.2774	0.0047	294	35	244	2	249	4
2001-39	24	172	0.8813	0.1305	0.0010	1.2051	0.0192	837	31	791	6	803	13
2001-40	98	898	0.2254	0.1147	0.0010	1.0252	0.0159	769	25	700	6	717	11

续表1

点号	Pb U		同位素原子比率						表面年龄/Ma					
	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$		$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	
2001-41	92	780	0.6603	0.1153	0.0010	1.0111	0.0155	728	27	704	6	709	11	
2001-42	36	885	0.7811	0.0396	0.0003	0.2874	0.0058	313	41	250	2	256	5	
2001-43	75	382	0.9040	0.1844	0.0014	1.9933	0.0268	1157	22	1091	8	1113	15	
200144	44	674	0.0628	0.0709	0.0008	0.5635	0.0090	517	33	442	5	454	7	
2001-45	92	596	0.7328	0.1477	0.0012	1.4241	0.0172	927	20	888	7	899	11	
2001-46	113	913	0.7678	0.1174	0.0009	1.0304	0.0121	730	20	716	6	719	8	
2001-47	20	537	0.6577	0.0383	0.0003	0.2685	0.0075	234	63	242	2	242	7	
2001-48	35	296	0.7510	0.1163	0.0009	1.0464	0.0131	783	26	709	5	727	9	
2001-49	50	1008	1.4432	0.0398	0.0003	0.2875	0.0123	302	87	252	2	257	11	
2001-50	22	290	0.8545	0.0710	0.0005	0.5506	0.0113	463	44	442	3	445	9	
2001-51	63	1305	0.4985	0.0484	0.0007	0.3506	0.0315	309	186	305	5	305	27	
2001-52	2	70	0.2570	0.0308	0.0003	0.2109	0.0070	178	76	196	2	194	6	
2001-53	13	148	0.7582	0.0835	0.0007	0.6616	0.0186	508	61	517	5	516	15	
2001-54	13	315	0.6236	0.0408	0.0004	0.2855	0.0116	229	95	258	2	255	10	
2001-55	11	245	0.6187	0.0445	0.0004	0.3170	0.0085	270	59	281	3	280	7	
2001-56	119	586	0.2289	0.2051	0.0019	2.2315	0.0245	1169	21	1203	11	1191	13	
2001-57	28	639	0.1411	0.0456	0.0005	0.3263	0.0109	279	76	288	3	287	10	
200158	9	191	0.5609	0.0439	0.0004	0.3112	0.0058	260	41	277	2	275	5	
2001-59	8	182	0.6882	0.0442	0.0004	0.3129	0.0054	258	38	279	2	276	5	
2001-60	56	670	0.3695	0.0836	0.0013	0.6482	0.0619	463	209	517	8	507	48	
2001-61	5	136	0.8138	0.0314	0.0003	0.2177	0.0068	211	71	199	2	200	6	
2001-62	14	376	1.2740	0.0306	0.0003	0.2124	0.0157	207	172	195	2	196	14	
2001-63	5	82	0.6972	0.0520	0.0005	0.3768	0.0102	310	59	327	3	325	9	
2001-64	56	674	0.0913	0.0891	0.0008	0.7215	0.0237	557	72	550	5	552	18	
2001-65	10	339	0.6607	0.0275	0.0002	0.1877	0.0048	174	57	175	2	175	4	
2001-66	463	2394	0.6963	0.1794	0.0014	1.8047	0.0509	1013	56	1064	8	1047	30	
2001-67	4	112	0.6869	0.0330	0.0003	0.2284	0.0066	207	66	209	2	209	6	
2001-68	12	271	0.5562	0.0412	0.0004	0.2961	0.0059	289	44	260	2	263	5	
2001-69	33	428	0.0628	0.0819	0.0007	0.6482	0.0124	508	41	507	4	507	10	
2001-70	43	1047	0.3809	0.0416	0.0005	0.2957	0.0242	267	192	263	3	263	22	
2001-71	4	79	0.8816	0.0435	0.0004	0.3111	0.0085	278	62	275	2	275	8	
2001-72	17	345	1.2759	0.0413	0.0004	0.3252	0.0123	497	81	261	2	286	11	
2001-73	14	142	0.2021	0.1012	0.0013	0.8485	0.0624	633	156	621	8	624	46	
2001-74	6	162	1.2018	0.0315	0.0003	0.2303	0.0065	191	64	200	2	210	6	
2001-75	37	409	0.0266	0.0968	0.0009	0.8262	0.0232	670	59	596	6	611	17	

注:表中所列误差均为 $1\sigma$ 误差。

0.2254,相当于变质增生锆石,原岩可能为沉积岩。

### 3.3 碎屑锆石年龄517~441 Ma

第三阶段锆石的年龄较为集中,以晚寒武—早奥陶世为主,锆石多为半自形柱状和粒状(图5),锆石磨圆和碎裂明显,说明搬运距离较大,盆地距物源区较远。大部分锆石发育明显振荡环带, $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 比值多在0.2135~0.9379,具岩浆锆石特征<sup>[9-12]</sup>。12、13、15、

21等锆石的长宽比介于或等于2:1~1:1,原岩相当于侵入岩;6、27、29、50号锆石的长宽比大于2:1,原岩相当于火山岩。19、69、44号锆石的 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 比值低(0.0628、0.0628、0.0628),具有核幔增生构造,具变质增生锆石特征,原岩相当于区域上倭勒根岩群变质火山—沉积岩,变质锆石年龄与岩浆锆石年龄基本一致,说明岩浆侵入作用与变质作用是同步进行的。

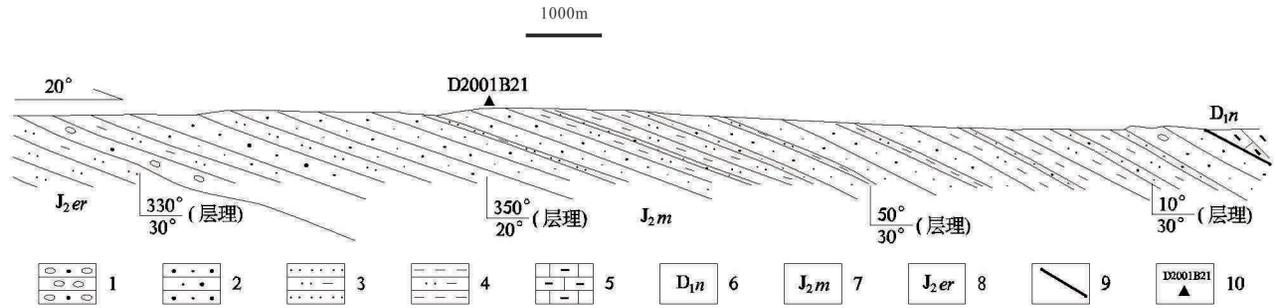


图3 金沟林场—北极村一带漠河组沉积地层剖面图(MP1)

1—砾岩;2—细-中粒砂岩;3—粉砂岩-泥质粉砂岩;4—泥岩-粉砂质泥岩;5—泥晶灰岩;6—下泥盆统泥鳅河组;  
7—中侏罗统漠河组;8—中侏罗统二十二站组;9—断层;10—采样位置及编号

Fig.3 Stratigraphic section of Mohe Formation from Jingoulinchang to Mohe (MP1)

1—Conglomerate;2—Medium-fine grained sandstone;3—Siltstone-argillaceous siltstone;4—Mudstone-silty mudstone;5—Micrite;  
6—Lower Devonian Niqiuhe Formation;7—Middle Jurassic Mohe Formation;8—Middle Jurassic Ershierzhan Formation;9—fault;  
10—Sampling location and serial number

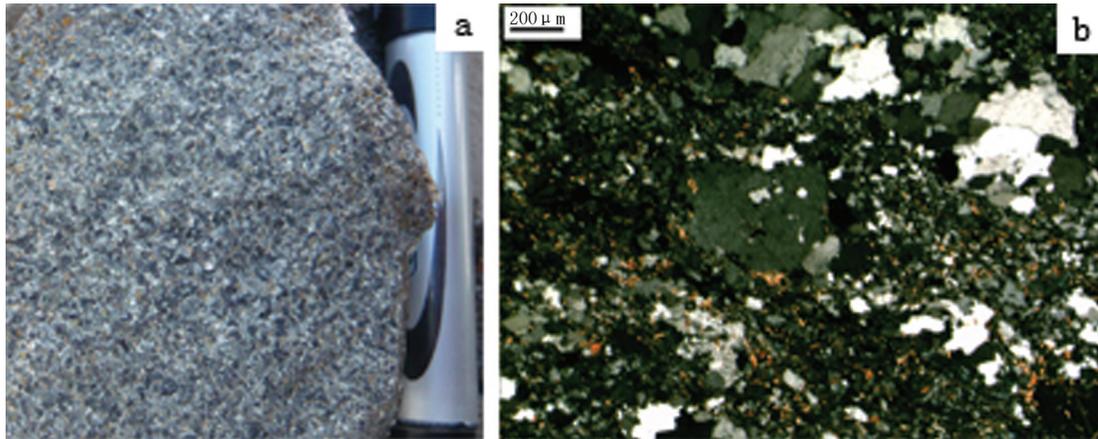


图4 D2001B21点糜棱岩化粗中粒岩屑长石砂岩照片

a—砂岩中发育的黑色岩屑;b—砂岩镜下长石、岩屑碎斑与基质定向特征(正交偏光)

Fig.4 Images of mylonitized fine to medium grained lithic arkose from Point D2001B21

a—Black detritus in sandstone; b—The orientation feature of phneocryst and matrix in sandstone of Mohe Formation (crossed nicols)

### 3.4 碎屑锆石年龄 327 ~ 252 Ma

第四阶段锆石年龄相对集中,以石炭纪—二叠纪为主,锆石晶形保存较好,遭受变质作用和机械破坏作用偏弱,说明时代较新、距物源区较近。锆石多呈半自形粒状,发育明显振荡环带, $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 比值为0.3809~1.4432,具典型岩浆锆石特征<sup>[9-12]</sup>,锆石的长宽比小于2:1,原岩应为侵入岩。57号锆石具幔壳构造,幔部表现弱CL强度和弱的振荡环带特点,发育变质增生边, $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 比值为0.1411,显示变质(岩浆)锆石特征,锆石的长宽比大于2:1,原

岩可能为火山岩,锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值为288 Ma,说明漠河组的物源区有少量早二叠世变质岩与侵入岩共生,其变质作用可能与二叠纪深成岩侵位有关。

### 3.5 碎屑锆石年龄 250~170 Ma

第五阶段锆石保存数量最多,晶形相对较完整,多呈自形—半自形柱状和粒状,少量锆石晶形圆化(图5),说明年代较新、保存较好、距物源区较近,搬运距离较小。锆石发育明显振荡环带, $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 比值在0.2570~1.9304,具典型岩浆锆石特征<sup>[9-12]</sup>。1、2、7、35、36号锆石表现弱CL强度,锆石的长宽比大于2:1,显



图5 漠河组糜棱岩化粗中粒岩屑长石砂岩中锆石阴极发光图像

Fig.5 Cathodoluminescence images of mylonitized fine to medium grained lithic arkose from Mohe Group

示火山岩锆石特征。其余锆石CL强度高,锆石的长宽比明显小于2:1,显示侵入岩锆石特征。

## 4 讨论

从锆石的数量分析第三、四、五阶段锆石保存较多,一、二阶段锆石保存较少,有随着时间变新锆石保存数量变多特征(图2直方图),也与年代变新花岗岩增多有关,三、四、五阶段的岩石以粒度较粗的花岗岩类为主,是盆地最主要的物质来源;锆石形态反映二、三阶段物源距盆地较远,一、四、五阶段物源距盆地较近。1425~1064 Ma阶段锆石反映的时代和岩石类型与区域上的兴华渡口岩群(Pt<sub>2</sub>x)相当,说明漠河组的最老物源来自大兴安岭北部漠河盆地南缘的兴华渡口岩群,该年龄段的锆石偏少,一可能说明中基性火山岩类锆石少,经历多次变质作用,保存下来也较少,二说明了兴华渡口岩群分布面积可能偏小,被搬运到盆地的物质相对较少的特点,但兴华渡口岩群中变质火山岩主要为中

基性火山岩,颜色偏深,作为岩屑进入到漠河组沉积中是导致漠河组颜色偏黑的原因之一。第二阶段变质沉积岩锆石测试数据大致代表了兴华渡口岩群中的沉积岩在新元古代深成岩侵位时的变质年龄,锆石反映的变质火山岩的时代和岩石类型接近于区域上兴华渡口岩群,变质侵入岩相当于兴华渡口岩群伴生的变质深成岩,根据最新研究<sup>[13]</sup>,与兴华渡口岩群伴生的变质深成岩主要为新元古代,本次获得的数据也进一步证实额尔古纳地块结晶基底中变质深成岩时代为新元古代,锆石的保存数量大致反映第二阶段物源以新元古代侵入岩为主,次为兴华渡口岩群的变质火山-沉积岩,同构造期变质的兴华渡口岩群再次为漠河组提供了黑色物源。第三阶段锆石特征和年龄数据总体反映了漠河组有较多的晚寒武一早奥陶世花岗岩类物源,同时也伴随有少量的火山岩和变质岩物源,与现漠河盆地南缘分布的岩石及构造背景<sup>[14]</sup>吻合,说明了漠河盆地南缘加里东构造层的晚寒武一早奥陶世地

质体为漠河盆地提供了较丰富的物源。第四阶段锆石特征和年龄数据反映了华力西构造层的石炭纪—二叠纪侵入岩和变质火山岩为漠河组提供了物源,这一结果与区域上分布的岩石及构造背景<sup>[14]</sup>吻合,但与现在漠河盆地南缘的基底地质体的出露有较大差别。最近研究<sup>[13]</sup>,漠河盆地南缘主要为早古生代侵入岩和元古宙变质岩,两个时代地质体的分布差异,说明了漠河盆地南缘在中侏罗世以前发育有晚古生代地质体,而且构造层位偏上,在遭受了强烈的剥蚀和搬运后,作为主要物源充填在盆地内,并在盆缘持续上升过程中,受剥蚀作用下伏元古宙—早古生代构造层相继露出地表,出现现今的地质体的分布差异。第五阶段锆石年龄值分三个阶段:250~239 Ma、209~195 Ma、175~170 Ma,其中250~195 Ma 锆石数量最多,说明第五阶段碎屑锆石反映的物源以早三叠—早侏罗世侵入岩为主,火山岩次之,与区域上分布的地质体和构造背景基本吻合,与现在漠河盆地南缘和内部相对隆起部位出露的地质体也有一定的吻合,差别之处主要与盆缘造山—剥蚀和盆地搬运—沉积作用有关。175~170 Ma 岩浆锆石年龄说明漠河盆地物源中最晚一次岩浆活动发生在中侏罗世早期,近年有学者研究认为大兴安岭北部最晚一次岩浆活动可能发生在早侏罗世中—晚期(锆石定年 180~190 Ma)<sup>[15]</sup>,总体来看,漠河组沉积下限不早于中侏罗世早期,考虑到(170±1) Ma 的侵入岩成岩就位—隆升剥蚀—沉积搬运过程(相当于一个区域构造不整合事件)需要较长的时间间隔,若采用最新中晚侏罗世分界线(161.2±4) Ma,将漠河组的沉积时间确定在晚侏罗世早期可能更合理。

## 5 结 论

(1)在漠河盆地内中侏罗统漠河组砂岩中获得的5组碎屑锆石 U-Pb 年龄,显示了多物源沉积特征。恢复漠河盆地内中侏罗统物源区应是以石炭纪—早侏罗世侵入岩为主(少许火山—沉积岩),晚寒武—早奥陶世花岗岩为辅,零星出露有兴华渡口岩群和新元古代侵入岩的构造背景,与现今盆地南缘的地质背景中发育大面积的晚寒武—早奥陶世花岗岩分布格局有明显差别,说明有更多的石炭纪—早侏罗世侵入岩和火山沉积被剥蚀到盆地内沉积。

(2)漠河盆地中侏罗世最老物源为兴华渡口岩群,最主要、最年青的物源为早三叠世—早侏罗世侵入岩,碎屑锆石中岩浆锆石年龄为兴华渡口岩群原岩划归中元古代和新元古代侵入岩物源的存在提供了新的证据,327~252 Ma 碎屑锆石年龄数据进一步证实了漠河盆地南缘曾发育大面积的华力西期构造层。175~170 Ma 岩浆锆石年龄数据,说明漠河组沉积下限不早于中侏罗世早期。对进一步研究漠河盆地沉积年代等提供了新的证据。

(3)漠河组黑色岩系主要有2种成因:一是物源中有较多的中基性火山岩、(变质)沉积岩(泥岩、板岩)等黑色原岩,二是漠河组主要分布在盆地西北一带,该地区普遍遭受了动力变质作用改造,岩石遭受细粒化后又重结晶,使暗色矿物和暗色碎屑及泥质弥漫岩石孔隙中和浅色矿物表面,使得岩石总体呈现黑色。

**致谢:**本文在成文过程中李锦轶、刘建峰教授提出了许多宝贵意见,野外样品采集中得到了赵省民教授的细心指导,基础资料为黑龙江地调院的齐齐哈尔分院提供,特此致谢。

## 参考文献(References):

- [1] 赵省民, 邓坚, 李锦平, 等. 漠河多年冻土区天然气水合物的形成条件及成藏潜力研究[J]. 地质学报, 2011, 85(9): 1536-1550.  
Zhao Xingmin, Deng Jian, Li Jinping, et al. Gas hydrate formation and its Accumulation potential in Mohe Permafrost Area, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(9): 1536-01550 (in Chinese with English abstract).
- [2] 和政军, 李锦轶, 莫中国, 等. 漠河前陆盆地砂岩岩石地球化学的构造背景和物源区分析[J]. 中国科学(D辑), 2003, 33(12): 1219-1226.  
He Zhengjun, Li Jinyi, Mo Shenguo, et al. Tectonic setting of geochemical characteristics and provenance analysis of the sandstones in Mohe foreland basin [J]. Science in China (Serise D), 2003, 33(12): 1219-1226 (in Chinese).
- [3] 张顺, 林春明, 吴朝东, 等. 黑龙江漠河盆地构造特征与成盆演化[J]. 高校地质学报, 2003, 9(3): 411-419.  
Zhang Shun, Li Chunming, Wu Chaodong, et al. Tectonic characteristics and basin evolution of the Mohe basin, Heilongjiang Province[J]. Geological Journal of China Universities, 2003, 9(3): 411-419 (in Chinese with English abstract).
- [4] 侯伟, 刘招君, 何玉平, 等. 漠河盆地上侏罗统沉积特征与构造背景[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2010, 40(2): 286-297.  
He Wei, Liu Zhaojun, He Yuping, et al. Sedimentary characteristics and tectonic setting of the Upper Jurassic Mohe basin[J]. Journal of

- Jilin University(Earth Science Edition), 2010, 40(2): 286–297 (in Chinese with English abstract).
- [5] 吴根耀, 冯志强, 杨建国, 等. 中国东北漠河盆地的构造背景和地质演化[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 528–535.  
Wu Genyao, Feng Zhiqiang, Yang Jianguo, et al. Tectonic setting and geological evolution of Mohe basin in Northeast China[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(4): 528–535(in Chinese with English abstract).
- [6] 和钟铎, 王玉芬, 侯伟. 漠河盆地中侏罗统砂岩地球化学特征及物源属性分析[J]. 沉积与特提斯地质, 2008, 28(4): 94–100.  
He Zhonghua, Wang Yufen, Hou Wei. Geochemistry and provenance analysis of the Middle Jurassic sandstones in the Mohe basin, Heilongjiang[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2008, 28(4): 94–100(in Chinese with English abstract).
- [7] 侯伟, 刘招君, 何玉平, 等. 漠河盆地上侏罗统物源分析及其地质意义[J]. 地质论评, 2010, 56(1): 71–81.  
Hou Wei, Li Zhaojun, He Yuping, et al. Provenance analysis of Upper Jurassic and its geological significances in Mohe basin[J]. Geological Review, 2010, 56(1): 71–81 (in Chinese with English abstract).
- [8] 赵立国, 杨晓平, 赵省民, 等. 漠河盆地额木尔河群锆石 U–Pb 年龄及地质意义[J]. 地质力学学报, 2014, 20(3): 285–291.  
Zhao Ligu, Yang Xiaoping, Zhao Shengmin, et al. LA–ICP–MS U–Pb geochronology of the sedimentary rock and colcano rock zircons from the Emoerhe Group in the Mohe basin and its geological significance[J]. Journal of Geomechanics, 2014, 20(3): 285–291 (in Chinese with English abstract).
- [9] 李长民. 锆石成因矿物学与锆石微区定年综述[J]. 地质调查与研究, 2009, 33(3): 161–174.  
Li Changmin. A review on the minerageny and situ microanalytical dating techniques of zircons[J]. Geological Survey and Research, 2009, 33(3): 161–174(in Chinese with English abstract).
- [10] 吴元宝, 郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U–Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报, 2004, 49(16): 1589–1604.  
Wu Yuanbao, Zheng Yongfei. Study on zircon genetic mineralogy and its restrict to the implication of U–Pb age[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(16): 1589–1604(in Chinese).
- [11] 李金超, 杜玮, 孔会磊, 等. 青海省东昆仑大水沟金矿英云闪长岩锆石 U–Pb 测年、岩石地球化学及其成矿意义[J]. 中国地质, 2015, 42(3): 509–520.  
Li Jinchao, Du Wei, Sun Huilei, et al. Zircon U–Pb dating and geochemical characteristics of the tonalite in the Dashuigou gold deposit of Eastern Kunlun Mountains, Qinghai Province[J]. Geology in China, 2015, 42(3): 509–520(in Chinese with English abstract).
- [12] 靳松, 张兆祎, 荣桂林, 等. 新疆西准噶尔玉什喀腊岩体的地球化学特征、锆石 U–Pb 年龄及 Hf 同素: 对古亚洲洋闭合的制约[J]. 中国地质, 2015, 42(3): 494–508.  
Jin Song, Zhang Zhaoyi, Rong Guilin, et al. Geochemical characteristics, zircon U–Pb age, and Hf isotopes of Yushenkala pluton in western Junggar, Xinjiang: Constraint on the closure of Paleo–Asian Ocean[J]. Geology in China, 2015, 42(3): 494–508 (in Chinese with English abstract).
- [13] 王洪波, 杨晓平. 大兴安岭北段新一轮国土资源大调查以来取得的主要基础地质成果与进展[J]. 地质通报, 2013, 32(2/3): 526–532.  
Wang Hongbo, Yang Xiaoping. The great achievements and progress in North Greater Hinggan Mountains [J]. Geological Bulletin of China, 2013, 32(2/3): 526–532 (in Chinese with English abstract).
- [14] 黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志, 中华人民共和国地质矿产部地质专报(一): 区域地质, 第 33 号[M]. 北京: 地质出版社, 1993: 1–585.  
Bureau of Geology and Mineral Resources of Heilongjiang Province. Regional Geology of Heilongjiang Province, Geological Memoirs of Ministry of Geology and Mineral Resources of People's Republic of China, Series 1, Number 33[M]. Beijing : Geological Publishing House, 1993: 1–585 (in Chinese).
- [15] 李锦轶, 和政军, 莫申国, 等. 大兴安岭北部绣峰组下部砾岩的形成时代及其大地构造意义[J]. 地质通报, 2004, 23(2): 120–129.  
Li Jinyi, Mo Shenguo, He Zhengjun, et al. The timing of crustal sinistral strike–slip movement in the northern Great Khingan Ranges and its constraint on reconstruction of the crustal tectonic evolution of NE China and adjacent areas since the Mesozoic[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(2): 120–129 (in Chinese with English abstract).