

漠河盆地北部漠河组地层形成时代探讨 ——糜棱岩化微晶闪长岩LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄的制约

赵书跃¹, 韩彦东¹, 张文龙¹, 侯婷婷²

(1. 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院, 哈尔滨 150036;

2. 黑龙江省矿业集团有限责任公司, 哈尔滨 150036)

摘要:通过对漠河盆地北部中侏罗统漠河组糜棱岩化砂岩内顺层侵入的糜棱岩化微晶黑云母石英闪长岩进行LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄测试,获得的加权平均年龄为 182.8 ± 1.8 Ma,结合漠河组中的化石组合盛产*Phoenicopsis*属为特征,认为该组地层形成于(早侏罗世晚期-)中侏罗世。这一成果对研究蒙古-鄂霍茨克造山带中生代漠河盆地成因与构造演化具有重要的地质意义。

关键词: 蒙古-鄂霍茨克造山带;漠河盆地;漠河组;锆石U-Pb年龄

中图分类号: P597+.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2016)03-0177-07

漠河盆地位于黑龙江省西北部,呈北西西向展布,长约300 km,宽约80 km。盆地南部位于大兴安岭山脉北端,北部及东部过黑龙江延入俄罗斯境内,西部延入蒙古国境内,与北部俄罗斯境内的上阿穆尔盆地(黑龙江在俄罗斯称为阿穆尔河)相连为同一盆地,其北为蒙古-鄂霍茨克造山带(图1),被中生代大兴安岭火山岩带构造叠加。因此,漠河盆地成了中国学者直接了解蒙古-鄂霍茨克造山带中生代地质状况及其对中国北方中生代构造演化影响的重要窗口^[2]。由于该区被大面积森林覆盖,地层出露较差,尽管前人对漠河盆地地层层序、时代、盆地的构造、演化及物源等开展了研究,取得了一些地质成果和认识^[1-14],但地层研究程度较低,85%以上面积为1/5万区调空白区,尤其对地层年代学研究较少,地层时代争议较大。李锦轶等^[12]通过对前人认定的绣峰组砾岩“主要源岩”的“新元古代的花岗岩”进行了同位素研究,采用锆石蒸发法测得年龄为354~164 Ma,锆石SMRIMP测年180~190 Ma,并以此认为岩基的最后一次岩浆活动可能发生在早侏罗世,全岩-长石-黑云母内部Rb-Sr等时线年龄为黑云母177~191 Ma,黑云母Ar-Ar年龄为171~175 Ma,推测绣峰组下部砾岩的时代很可能是早白垩世,结论前题定义在砾岩“主要源岩”为“新元古代的花岗岩岩基”;孙广瑞等^[13]通过二十二站组介形虫类化石的研究,认

为二十二站组形成于中-晚侏罗世;吴河勇^[14]等依据孢粉化石将绣峰组、二十二站组、额木尔河组(漠河组)时代由早、中侏罗世厘定为晚侏罗世。

漠河组是漠河盆地中分布面积和沉积厚度最大的地层单元,该组时代的研究对于探讨漠河盆地沉积年代具有重要地质意义。笔者等在“东北冻土区天然气水合物资源勘查”项目实施过程中于D0055点人工露头糜棱岩化砂岩中,发现顺层侵入的糜棱岩化黑云母石英闪长岩,采集了锆石U-Pb测年样品,测试结果为 182 ± 1.8 Ma。通过锆石的成因及年龄谱分析,探讨锆石的年龄组成对及漠河组形成时代的制约,同时确定漠河组的沉积下限,为漠河盆地年代地层划分提供了新证据。

1 区域地质背景

漠河盆地出露的地层主要有中元古代兴华渡口岩群角闪岩相变质中基性火山岩与沉积岩、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相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(图1、表1)。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

收稿日期:2015-05-16

资助项目:中国地质调查项目:“天然气水合物资源勘查与试采工程:东北冻土区天然水合物资源勘查(GZHL20120302)”

作者简介:赵书跃(1960-),地质矿产高级工程师,1982年毕业于长春地质学院地质系地质力学专业,长期从事区域地质矿产调查和地质找矿工作,Email:zhaoshuyue60623@163.com。

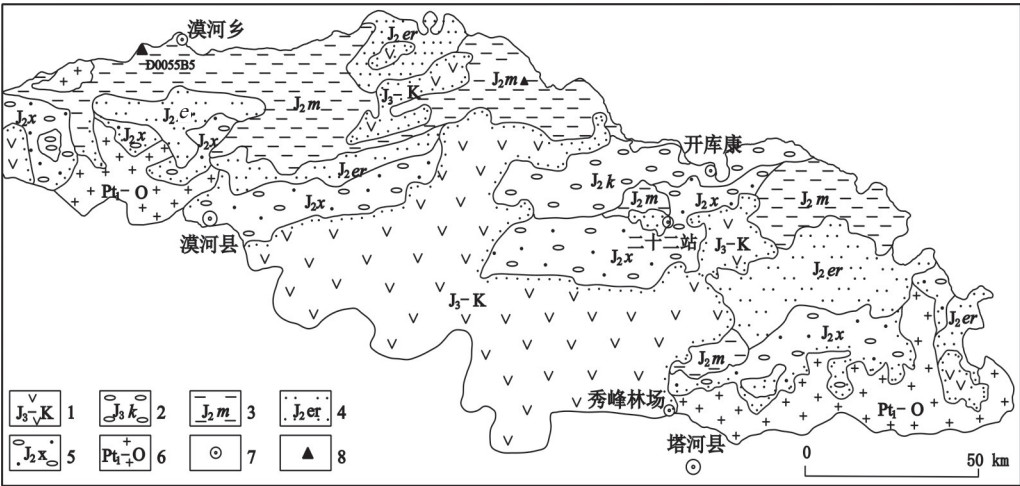


图1 漠河盆地地质简图(据参考文献[1])

Fig.1 Sketch map of the Mohe basin

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.中侏罗统绣峰组;6.古元古代-奥陶纪盆地基底;7.主要城镇;8.采样位置

表1 上黑龙江盆地地层划分一览表

Tab.1 Stratigraphical sequence of the upper Heilongjiang basin

年代地层			岩石地层单位	岩性
界	系	统		
新生界	第四系	全新统	现代河床(Qh ^a)	砂、砾
			河漫滩(Qh ^b)	砂砾石、亚粘土
中生界	白垩系	下白垩统	甘河组(K _{1g})	玄武岩、气孔杏仁状玄武岩、安山岩、含角砾凝灰岩
			光华组(K _{1gn})	流纹质火山碎屑岩、流纹岩、流纹英安岩、英安岩、英安质火山碎屑岩、流纹质熔结凝灰岩等
	侏罗系	上侏罗统	塔木兰沟组(J _{3t})	玄武岩、橄榄玄武岩、安山玄武岩、安山岩和少量粗安岩
			开库康组(J _{3k})	卵石砾岩、砾岩、砂砾岩、粗-细砂岩、夹粉砂岩、凝灰岩
		中-下侏罗统	漠河组(J _{2m})	以中细砂岩为主,少量粗砂岩、粉砂岩、泥岩,夹砂砾岩、砾岩、凝灰岩等
			二十二站组(J _{2er})	卵石砾岩、含卵石砾岩、砾岩、砾质砂岩、粗-细砂岩、夹粉砂岩、泥岩组成
			绣峰组(J _{2x})	卵石砾岩、含卵石砾岩、砾岩、砂砾岩、粗-细砂岩,局部夹泥岩、粉砂岩、凝灰岩等
古生界	泥盆系-志留系	中泥盆统-上志留统	泥鳅河组(S ₃ D _{2n})	结晶灰岩、变粉砂岩、变泥质岩
	古元古界		兴华组(Pt _{2-3x})	以斜长角闪岩、黑云斜长角闪岩、斜长片麻岩为主,另常见有斜长角闪片岩,斜长角闪变粒岩,夹少量浅粒岩及云母片岩,局部见透镜状黑云斜长片麻岩

注:据参考文献[15]、脚注①进行修改

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,黑龙江省地质矿产局将盆地内陆源碎屑沉积岩划分为绣峰组(J_{1-2x})、二十二站组(J_{2er})、漠河组(J_{2m})、开库康组(J_{3k})(表1),并根据植物化石、双壳类化石和介形虫类化石将上述4个组的时代厘定为早-晚侏罗世^①[15]。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3 000 km²,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

4 500 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。本次工作样品采自顺层侵入到灰黑色粉砂质泥质糜棱岩中的黑云母石英闪长岩,被侵入的灰黑色粉砂质泥质糜棱岩相当于漠河组中部滨湖砂岩相产物。

2样品采集和测年方法

样品采自漠河县金沟林场-北极村一带公路中段灰黑色粉砂质泥质糜棱岩人工露头中(样品号:

^①黑龙江省地质矿产局.漠河、连崮、老沟、二十五站幅1/20万区域地质调查报告.1988.

D005B5),糜棱面理产状 $320 \sim 335^\circ \angle 15 \sim 25^\circ$,与漠河推覆构造总体推覆方向一致,样品在野外定名糜棱岩化粗粒长石石英砂岩,与灰黑色粉砂质泥质糜棱岩具同构造变形;在野外工作中所取的漠河组(J_2m)LA-ICP-MS碎屑锆石样品,岩石呈变余粗粒结构、糜棱结构,条带状构造,碎斑 $0.5 \sim 2$ mm,含量在 $25\% \sim 30\%$,但岩石在镜下定名为碳酸盐化黑云母微细粒石英闪长岩,表明样品顺层侵入至漠河组地层的灰黑色粉砂质泥质糜棱岩中(图2)。镜下岩石呈微细粒结构,主要组成矿物,斜长石:它形粒状-半自形板状,具绢云母化,聚片双晶隐约可见,粒度多小于 0.2 mm,含量 60% ;黑云母:红褐色片状、片状集合体,Ng'-红褐色,Np'-浅褐色,周围可见少量黑色铁质析出,粒度多小于 0.2 mm,个别粒度可达 0.3 mm,含量 25% ;石英:它形粒状,粒度小于 0.2 mm,含量 7% ;碳酸盐:无色粒状,闪突起明显,高级白干涉色,矿物粒度细小,粒度多小于 0.21 mm,含量 8% 。

锆石挑选工作在河北省区域地质调查所实验室完成,挑选锆石约 $1\ 000$ 粒制作环氧树脂样品靶,拍摄阴极发光图像。测年采用激光烧蚀多接收器等离子体质谱法(LA-MC-ICPMS),测年样品靶在国土资源部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 $1\ 000$ 粒锆石中选出了 25 个不同成因的单颗粒锆石进行测点分析(表2),锆石的晶形、结构和年龄数值变化较大,显示以岩浆成因的锆石特征为主,见捕获的碎屑锆石,年龄谐和图和测试结果显示主要有2两个阶段的锆石(图3)。

锆石阴极发光图像(CL)显示含黑云母微细粒石英闪长岩锆石由相对均一的深灰色短柱状晶体组成,均发育韵律环带结构(图3),除3、6、7、12号锆石外,锆石多呈半自形柱状,发育明显振荡环带, $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 比值为 $0.297\ 4 \sim 1.589\ 2$,具有典型岩浆锆石特征^[16-19](表2),1、13、18号锆石具幔壳构造,幔部表现弱 CL 强度和弱的振荡环带,3、6、7、12、14号锆石磨圆和碎裂明显,具碎屑锆石特征,显然为异源捕获;8号锆石也具碎屑锆石特征,但表面年龄值偏低, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 比值为 0.0230 , $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 比值为 0.178 , $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ 比值为 0.0078 ,与其它样品相比明显偏低,可能存在放射成因铅丢失。除3、6、7、12、14和8号锆石外,其余 19 个岩浆锆石分析点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄介于 $177 \sim 186$ Ma 之间,在谐和图上成群分布, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 182 ± 1.8 Ma(图4),此年龄可解释为黑云母微细粒石英闪长岩的侵入年龄。

4 讨论

和政军等^[2]认为漠河盆地砂岩岩化特征与典型的前陆盆地砂岩相同,可以认为蒙古-鄂霍茨克造山带在中生代时期的构造活动控制了漠河(上阿穆尔)前陆盆地的形成和发展。因此漠河盆地地层年代学的研究,对研究蒙古-鄂霍茨克造山带在中生代时期的构造演化具有重要的地质意义。

近年来,有学者利用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄

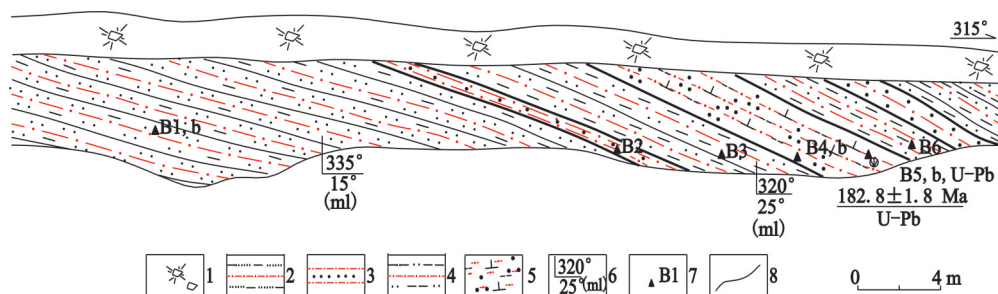


图2 D0055点人工露头素描图

Fig.2 Hand-drawing trenching section at D0055 point

1.碎石;2.糜棱岩化泥质粉砂岩;3.糜棱岩化砂岩;4.糜棱岩化粉砂质泥岩;5.糜棱岩化黑云母石英闪长岩;6.产状及性质;7.采样位置及编号;8.地质界线

表2 黑云母微细粒石英闪长岩中LA-MC-ICP MS U-Pb 同位素年龄测定结果
Tab.2 Zircon U-Pb results of the fine crystal biotite quartz diorite by LA-MC-ICP-MS

测点	含量 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		同位素原子比率										表面年龄(Ma)	
	Pb	U	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1 σ	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	1 σ	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 σ
黑云母微细粒石英闪长岩(D005B5)														
1	48	1181	0.0282	0.0004	0.201	0.008	0.0515	0.0012	0.0106	0.0003	1.590	0.050	180	2
2	11	328	0.0290	0.0003	0.215	0.008	0.0538	0.0017	0.0134	0.0002	0.671	0.011	184	2
3	130	1354	0.0534	0.0009	2.250	0.030	0.3060	0.0030	0.0907	0.0028	0.452	0.006	335	6
4	27	887	0.0284	0.0003	0.215	0.006	0.0548	0.0013	0.0132	0.0005	0.412	0.006	181	2
5	17	540	0.0290	0.0005	0.210	0.010	0.0524	0.0021	0.0155	0.0005	0.385	0.002	184	3
6	16	167	0.0650	0.0008	1.450	0.020	0.1620	0.0020	0.0356	0.0006	0.880	0.010	406	5
7	15	241	0.0556	0.0005	0.428	0.013	0.0558	0.0015	0.0231	0.0007	0.536	0.002	349	3
8	36	1543	0.0230	0.0004	0.178	0.004	0.0561	0.0009	0.0078	0.0002	0.351	0.001	147	2
9	27	949	0.0279	0.0003	0.201	0.004	0.0523	0.0008	0.0077	0.0001	0.452	0.003	177	2
10	48	1181	0.0290	0.0004	0.215	0.008	0.0537	0.0013	0.0106	0.0003	1.520	0.050	184	3
11	27	824	0.0294	0.0004	0.218	0.011	0.0536	0.0021	0.0203	0.0009	0.337	0.004	187	2
12	28	423	0.0553	0.0004	0.428	0.008	0.0561	0.0009	0.0154	0.0002	1.100	0.010	347	3
13	26	845	0.0274	0.0003	0.213	0.006	0.0563	0.0012	0.0079	0.0002	0.733	0.009	175	2
14	24	559	0.0332	0.0003	0.666	0.012	0.1457	0.0021	0.0293	0.0007	0.361	0.002	210	2
15	27	851	0.0279	0.0007	0.205	0.016	0.0534	0.0029	0.0188	0.0015	0.414	0.009	177	4
16	44	1488	0.0282	0.0003	0.204	0.005	0.0524	0.0009	0.0135	0.0005	0.312	0.005	179	2
17	37	1204	0.0280	0.0004	0.217	0.016	0.0562	0.0032	0.0148	0.0013	0.395	0.007	178	3
18	24	737	0.0293	0.0004	0.201	0.006	0.0498	0.0011	0.0138	0.0003	0.457	0.002	186	3
19	20	636	0.0293	0.0004	0.212	0.007	0.0525	0.0012	0.0118	0.0005	0.424	0.004	186	3
20	11	328	0.0296	0.0003	0.209	0.008	0.0514	0.0017	0.0134	0.0002	0.655	0.011	188	2
21	17	486	0.0295	0.0003	0.211	0.010	0.0518	0.0020	0.0148	0.0005	0.587	0.009	188	2
22	21	704	0.0285	0.0006	0.210	0.005	0.0534	0.0009	0.0094	0.0003	0.447	0.003	181	4
23	19	613	0.0284	0.0003	0.215	0.008	0.0549	0.0017	0.0110	0.0004	0.594	0.002	181	2
24	56	1884	0.0285	0.0003	0.209	0.005	0.0532	0.0009	0.0139	0.0006	0.297	0.008	181	2
25	21	663	0.0287	0.0005	0.204	0.012	0.0514	0.0023	0.0123	0.0009	0.531	0.007	182	3

注:测试单位为天津地质矿产研究所同位素实验室

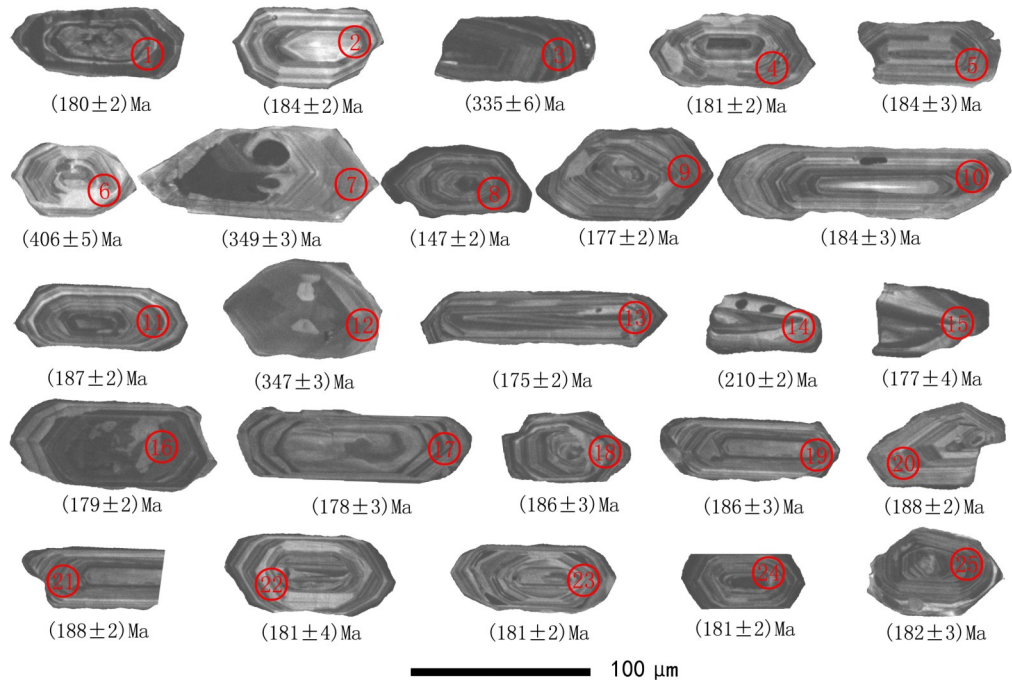


图3 黑云母微细粒石英闪长岩锆石阴极发光图像
Fig.3 Cathodoluminescence images of the biotite quartz diorite

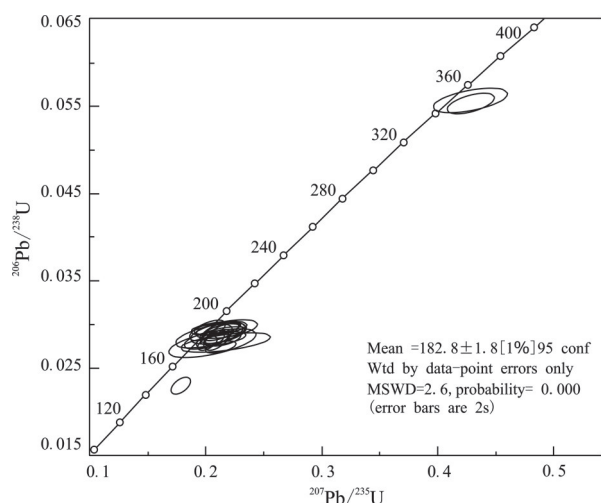


图4 黑云母微细粒石英闪长岩中锆石 U-Pb 年龄谐和图
Fig.4 U-Pb concordia diagram of the zircon from the biotite quartz diorite

研究漠河盆地中陆源碎屑岩的沉积年龄。赵立国^[9]等根据“绣峰组含砾粗砂岩中”的碎屑锆石 U-Pb(样品号:B2286)年龄变化于距今 2 195 ~ 163 Ma 之间,碎屑锆石中 5 个最年轻锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 167 ± 2 Ma,认为绣峰组沉积下限为中侏罗世中期;二十二站组下部砂岩层中的流纹质玻屑凝灰岩(B1153)所取的锆石样品,锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 148 ± 2 Ma,由此限定二十二站组形成时代为晚侏罗世晚期,而上覆地层漠河组的年代不言而喻。王少轶、许虹、杨晓平^[1]等通过对漠河盆地中侏罗统漠河组砂岩(样品号:D2001B21)进行了碎屑锆石年龄测试,获得的碎屑锆石 U-Pb 年龄为 1 425 ~ 170 Ma,碎屑锆石中最小年龄为 170 Ma,认为漠河组沉积下限不早于中侏罗世早期,将漠河组的沉积时间确定在晚侏罗世早期可能更合理。

上述结论缺乏生物地层依据。1/25 万开库康、塔河县、新街基^①幅区调,在二十二站组(J_2er)发现我国北方中侏罗世 *Coniopteris-Phoenicopsis* 植物化石群晚期组合,双壳类 *Margaritifera-Ferganoconcha* 动物组合及叶肢介 *Euestheria*。其中在泥岩中所采集的双壳类动物化石经南京古生物研究所鉴定为 *Sphaerium* ex gr. *anderssoni* (Grabau),大致时代延伸跨度: J_3-K_1 ;在泥质粉岩和泥岩中采集的微古化石为刺星介(未定种) *Rhinocypris* sp.、曼特尔介(未定种) *Mantelliana* sp. 给定年限可能为晚侏罗世-早白垩世;在粉砂质泥岩中

所采集的孢粉样品鉴定结果为蕨类植物孢子:层环孢(未定种) *Densosporites* sp., 裸子植物花粉:四字粉(未定种) *Quadraeculina* sp., 开通粉(未定种) *Caytonipollenites* sp., 宏大假云杉粉 *Pseudopicea-magnifica* Bolchovitina, 原始双囊粉(未定种) *Pristinuspollenites* sp., 多变假云杉粉 *Pseudopices variabiliformis* (Maljawkina) Bolchovitina, 金黄拟云杉粉 *Piceites flavidus* Bolchovitina, 阿尔善拟云杉粉 *Piceites arxanensis* (Hua) Song, 三合双束松粉 *Pinuspollenites tricompositus* (Bolchovitina) Xu et Zhang, 球囊双束松粉 *Pinuspollenites globosaccus* Filatoff, 冷杉粉(未定种) *Abiespollenites* sp., 云杉粉(未定种) *Piceapollenites* sp., 单一罗汉松粉 *Podocarpidites unicus* (Bolchovitina) Pocock, 多凹罗汉松粉 *Podocarpidites multesimus* (Bolchovitina) Pocock, 给定年限为早侏罗世可能性更大。

1/25 万开库康、塔河县、新街基^①幅区调、1/20 万漠河、连崙、老沟、二十五站幅^②报告中,报道漠河组(J_2m)的化石组合面貌与产自二十二站组(J_2er)的植物群组合分子基本相同,稍有差异的是漠河组中的该植物群 *Cladophlebis* 属增多和盛产 *Phoenicopsis* 属为特征,中侏罗世的色彩比较浓厚;1/20 万漠河、连崙、老沟、二十五站幅^②厘定相当于 Bajocian(巴柔阶)和 Bathonian(巴通阶)。

1/25 万区域地质调查^③在砂宝斯林场附近 D6881 地质观测点中,于中侏罗统漠河组(J_2m)火山灰凝灰岩夹层样品中获得 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄值为 159.1 ± 1.1 Ma,显示中侏罗统漠河组(J_2m)沉积时代可能为中侏罗世。

依据本次工作样品测试结果,结合区调地质工作的生物地层研究,根据最新的国际地层表侏罗纪划分方案^[20],早、中侏罗世分界年龄为距今 175.6 ± 2.0 Ma,中、晚侏罗世分界年龄为距今 161.2 ± 4.0 Ma,将漠河组的沉积时间确定在(早侏罗世晚期-)中侏罗世可能更为合理。

5 结论

(1) 依据漠河盆地内中侏罗统漠河组砂岩中获得的顺层侵入的糜棱岩化黑云母石英闪长岩锆石

^①沈阳地质调查中心.1/25 万兴安幅区域地质报告[R].2014.

^②黑龙江省地质矿产局.漠河、连崙、老沟、二十五站幅 1/20 万区域地质调查报告.1988.

^③沈阳地质调查中心.1/25 漠河、漠河县幅区域地质报告[R].2014.

LA-ICP-MSU-Pb年龄,结合漠河组中产丰富的 *Coni-
opteris-Phoenicopsis*植物化石群晚期组合^{①②},认为该
组地层形成于(早侏罗世晚期-)中侏罗世。这一成
果对研究蒙古-鄂霍茨克造山带中生代漠河盆地成
因与构造演化具有重要的地质意义。

(2)漠河盆地陆源沉积岩层地层年代学的研究,
采用LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素定年不应是万能的,
应更多的参考生物化石,结合区域大地构造演化
更为妥当。晚侏罗世-早白垩世早期,蒙古-鄂霍茨
克造山带晚期推覆造山形成漠河推覆构造(笔者另
文撰写),本研究样品顺层侵入至漠河组地层的糜棱
岩化粉砂质泥质岩中,具弱的同构造变形可证明这
一点。

致谢: 本文在撰写过程中,前总工程师王洪波、副
总工程师杨小平提供了未公开发表的珍贵地质资料,
并得到牛犇博士(新西兰)的指导和建议,在此一并
致谢。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 和政军,李锦轶,莫申国,So rokin A A.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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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,2006,27(4):528-535.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Li Junyi He Zhengjun Mo Shengguo,The Late Mesozoic Orogenic Processes of Mongolia Okhotsk Orogen:Evidence from Field Investigations into Deformation of the Mohe Area, NE China[J].jour Geosci NE Asia,Dec 1999,Vol,2,No,2,172-178
- [11] J.-Y. Li, Permian geodynamic setting of Northeast China and adjacent regions:closure of the Paleo-Asian Ocean and subduction of the Paleo-Pacific Plate[J].Asian Earth Sciences 26(2006)207-224.
- [12] 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.
- [13] 孙广瑞,刘旭光,韩振哲,等.上黑龙江盆地中上侏罗统二十二站群的地层划分与时代[J].地质通报,2002,21(3):150-155.
- [14] 吴河勇,杨建国,黄清华,等.漠河盆地中生代地层层序及时代[J].地层学杂志,2003,27(3)193-198.
- [15] 黑龙江省地质矿产局.黑龙江省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997:133-141.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 靳松,张兆伟,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.
- [20] Gradstein, Ogg, Smith et al. A new geologic time scale, with special reference to Precambrian and Neogene [J]. Episodes,2004,27(2):83-100.

Discussion on sedimentary age of the Mohe formation in north area of Mohe basin: constraint of zircon LA-ICP-MS U-Pb geological age of biotite quartz diorite mylonite

ZHAO Shu-yue¹, HAN Yan-dong¹, ZHANG Wen-long¹, HOU Ting-ting²

(1. Qiqihar Branch, Heilongjiang Institute of Geology Survey and Research, Harbin 150036, China;

2. Heilongjiang Mining Group Co., Ltd., Haerbin 150036, China)

Abstract: In the north area of the Mohe basin, there is mylonitized fine crystal biotite quartz diorite parallelly invading in the mylonitized sandstones. The research samples in this study are from the mylonitized fine crystal biotite quartz diorite. The weighted average age is 182.8 ± 1.8 Ma by LA-ICP-MS of zircon U-Pb method. Combining with the characteristics of the fossil group of *Phoenicopsis* found in the Middle Jurassic, it is suggested that the Mohe formation is demarcated between the late period of early Jurassic to middle Jurassic. This result has important geological significance for the study on the tectonic genesis and evolution of the Mesozoic Mohe Basin from Mongolia Okhotsk orogenic belt.

Key words: Mongolia-Okhotsk orogenic belt; Mohe formation; Mohe basin; Zircon U-Pb age

Major elements geochemical characteristics of sandstone-type uranium deposit in north-east Ordos basin and its geological implications

LIU Xiao-xue, TANG Chao, SIMA Xian-zhang, ZHU Qiang, LI Guang-yao,

CHEN Yin, CHEN Lu-lu

(Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China)

Abstract: The north-east Ordos basin is an important sandstone-type uranium mineralization province in our country. Uranium deposits are mainly hosted in the sandstones of the Jurassic Zhiluo formation. The characteristics of the major elements contents and its migration patterns during the uranium mineralization process of the purple red sandstone, green sandstone, mineralization stone, uranium ore and the gray sandstone were studied in this article. And the diagenesis and mineralization setting was also discussed based on the characteristics of the relevant major elements. The study indicates that SiO_2 , Al_2O_3 are the migration out components and CaO , MgO , K_2O , Na_2O , TFe_2O_3 are the migration in components which showing obvious activities of the major elements during the water-rock process. These major elements can be divided into 3 parts as activity (SiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , CaO), sub-activity (Al_2O_3 , MgO , K_2O , Na_2O) and non-activity (TiO_2 , MnO , P_2O_5) based on the density of migration in and out. The tectonic setting of the uranium sandstone is active continental margin and continental island arc. The granodiorite in the Yinshan fold belt of the north Ordos basin may be its main source material. There is a certain positive correlation between the ratio of $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ and the uranium content in different types of sandstone samples. Uranium mineralization is strictly controlled by sage green, gray sandstone and it mainly occurred in the partial reduction on one side of the redox transitional environment. Part of the sage green sandstone has the characteristics of weak oxidizing environment which indicates a special metallogenic environment of the study area. The sage green sandstone can be used as important prospecting mark in this area.

Key words: Ordos basin; sandstone uranium; major element; geochemical characteristic; diagenesis and mineralization