文章编号: 1009-3850(2008) 04-0093-08

# 漠河盆地中侏罗统砂岩地球化学特征及物源属性分析

# 和钟铧, 王玉芬, 侯 伟

(吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061)

摘要: 漠河盆地的中侏罗统。砂岩具有高 SQ<sub>2</sub>、低 F<sup>e</sup><sub>2</sub>O<sub>3</sub>、F<sup>Q</sup>、M<sup>Q</sup>O和轻稀土元素富集,重稀土相对亏损,显示弱的 负 E<sup>u</sup>异常的特征。综合分析砂岩的常量元素、微量元素和稀土元素的地球化学特征,经构造判别图解,笔者认为漠 河盆地中侏罗统沉积时物源区具有大陆岛弧和活动大陆边缘的构造环境。 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。

关 键 词: 地球化学; 中侏罗统砂岩; 物源分析; 漠河盆地 中图分类号: <sup>P595</sup> 文献标识码: A

利用砂岩的主量、微量和稀土元素地球化学特 征判别岩石形成时的大地构造背景,在很多地区取 得了成功<sup>[1,2]</sup>。与其它方法相比,地球化学分析方 法可以从多种元素出发,从各个不同角度探讨物源 区的地球化学特点及源区构造背景,进而判断沉积 时盆地所处的大地构造位置,为确定盆地性质和盆 山演化的研究提供重要证据。漠河盆地位于额尔古 纳地块北缘,其北为蒙古鄂霍次克造山带,由于盆 地覆盖严重,而且后期构造改造强烈,盆地的性质一 直存在争议<sup>[3,4]</sup>,本文在利用中侏罗统砂岩主量、微 量和稀土元素地球化学特征确定源区构造背景的基 础上,结合盆地构造和沉积相的最新研究成果,分析 了盆地中侏罗统沉积时的物源属性,对认识盆地性 质和盆山演化具有一定意义。

## 1 区域地质背景

1.1 大地构造背景

漠河盆地位于额尔古纳地块北缘,其北为蒙古-鄂霍次克造山带,与紧邻的俄罗斯上阿穆尔盆地在 中生代时期同属一个盆地<sup>[4]</sup> (图 1)。盆地基底主要 由古元古界兴华渡口群和寒武系兴隆群,古生界泥



图 1 漠河盆地大地构造位置(据张顺等,2003,修改) 1 盆地边界;2 缝合带;3 构造边界;4 研究区

Fg 1 Tectonic setting of the Mohe Basin (modified from Zhang Shun et al. 2003)

1= basin boundary 2= suture zone, 3= tectonic boundary 4= studied area

盆系下统泥鳅河组、霍龙门组以及古生代花岗岩组 成。盖层为中侏罗统陆相碎屑岩和白垩纪火山岩。 在构造上漠河盆地具有双层结构特征:下部的盆地 受南北缘发育的大型逆冲推覆构造控制,呈东西向

收稿日期: 2008-01-31; 改回日期: 2008-09-26

作者简介: 和钟铧(1968-),博士,副教授,主要从事构造地质和盆地分析的教学和科研工作。 E-mail hezhong hua@ 126 com 资助项目: 国家油气专项(XQ-2004-07-03)

展布,主要充填物为中侏罗统碎屑岩;上部的盆地为 早白垩世形成的受北东向伸展断层控制的小型断陷 盆地,叠加在早期近东西向分布的构造带之上,主要 充填物为火山碎屑岩和火山岩。

1.2 中侏罗统沉积充填序列

中统

下统

中侏罗统自下而上划分为绣峰组、二十二站组、 额木尔河组和开库康组。绣峰组和开库康组岩性粒 度较粗,主要为冲积扇、扇三角洲及湖泊沉积。二十 二站组和额木尔河组粒度较细,主要发育辫状河三 角洲和湖泊沉积,其中半深湖 深湖相暗色泥岩广泛

额木尔河组(J,m)

二十二站组 ( J er)

绣峰组(J<sub>2</sub>x)

霍龙门组(D,h)

分布,是盆地发育的鼎盛时期。

灰黑色 /黑色中粗细粒岩屑长石砂岩、粉砂岩、细砂岩、泥质岩,夹杂色砾岩、煤线或煤层,厚

灰黄色 / 浅灰色 / 灰黑色泥岩、粉砂岩、灰色岩屑长石砂岩、长石岩屑砂岩、砂砾岩夹细砂岩、

上下部以砂砾岩、砾岩夹细砂岩为主,中部以岩屑长石砂岩为主,夹砂质凝灰岩及煤线,厚

粉砂质泥岩及煤线,厚799.9~4400 6<sup>m</sup>;与下伏绣峰组整合接触

变质长石石英砂岩、绢云母板岩、生物灰岩及千枚状细粒粉砂岩

2 地球化学特征及物源区分析

岩石中的主元素由河北省地质矿产局廊坊实验 室测定,稀土元素和微量元素由中国地质科学院地 球物理地球化学勘探研究所测定,其中 Ba Ga Rb Sr Zi元素由压片法 X射线 荧光光谱法 (XRP)测 定, Ge由原子荧光光谱法 (AFS), 其余元素由等离 子体质谱法(ICSMS)测定。

	Table 1 Des	cripton of the Middle Jurassic strata in the Mohe Basin
统	组	岩性特征及上下地层间关系
下统	塔木兰沟组 ( <sup>K</sup> ı ֆ	紫色 /灰绿色 /灰黑色 /块状 (杏仁)状或气孔状玄武岩,底部为中细粒砾岩及玄武质角砾凝 灰岩。与下伏地层呈角度不整合接触
	开库康组 ( J k)	灰色 /灰黄色砾岩、含砾砂岩及黄褐色 /灰黑色砂岩、长石岩屑砂岩、岩屑砂岩、粉砂岩夹煤 线 含有植物化石 厚0~2734.8 <sup>m</sup> 与下伏地层呈微角度不整和关系

1945 5~3979.5<sup>m</sup>

表 1 漠河盆地中侏罗统地层简表

表 2 漠河盆地中侏罗统砂岩主元素含量(W<sub>R</sub> / ½)

Table 2 Major element contents ( $w_{p} M_{0}$ ) in the Middle Jurassic sand stones from the Mohe Basin

836.5~2806.0<sup>m</sup>,与下伏地层呈角度不整合接触

组	样号	岩性	$SO_2$	$\operatorname{Al}_2\operatorname{O}_3$	$TO_2$	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F€O	CđO	MSO	${\rm K}_{2}{\rm O}$	Na O	MnO	$\mathop{\mathrm{P}}_2\mathrm{O}_5$	$H_2O^+$	总和
开库	D13	细砂岩	65.62	14.83	0. 63	2 83	1 84	1 79	2 37	3. 23	3. 42	0.079	0 17	3 05	100 14
广东	D14	细砂岩	65.24	14.99	0.72	3 08	1 48	1 79	2 34	3. 65	3.42	0.069	0 14	3 12	100 02
康珇	D16	粉砂岩	63.82	13. 61	0.51	2 41	2 16	3 97	4 51	2.16	3. 47	0.084	0 15	3 22	100 33
=	Dz	粉砂岩	60.12	14.63	0.82	2 25	3 02	5 16	2 85	2.16	2.95	0.120	0 16	3 75	100 05
+	D4	细砂岩	62.82	13.99	0.87	2 16	2 49	5 04	2 40	1.94	3. 09	0.091	0 24	3 32	100 07
- -	D8	粉砂岩	64.36	14.76	0.73	2 34	1 96	3 53	2 40	2.44	3. 30	0. 088	0 19	3 28	100 00
	$D_5$	粉砂岩	63.30	14.33	0.81	2 37	2 75	3 18	3 05	2.51	3. 20	0. 102	0 19	3 00	99 92
站	D9	粉砂岩	62.64	14.44	1. 00	3 00	2 66	3 53	2 85	1.94	3. 39	0. 102	0 22	3 78	100 33
组	D10	粉砂岩	64.10	14.63	0.70	2 46	1 80	3 85	2 08	2.09	3.54	0. 085	0 15	3 42	99 80
额	Dį	粉砂岩	75.70	12.83	0.57	1 35	0 43	0 40	0 60	2.56	2. 23	0. 025	0 10	2 55	99 76
木	$D_2$	粉砂岩	64.58	12.70	0.67	1 69	1 46	3 73	2 14	2.44	1. 68	0. 083	0 17	3 15	99 76
尔	D12	粉砂岩	77.04	11.66	0. 62	2 43	0 34	0 40	0 66	2.19	0.05	0.057	0 13	3 87	99 78
河	D15	粉砂岩	75.66	11.35	0.52	2 51	0 46	1 15	0 60	2.48	2.02	0.074	0 11	2 36	100 30
组	D17	粉砂岩	75.92	10. 98	0.52	0 89	1 60	1 03	1 20	2.38	1. 48	0.050	0 11	2 39	99 90
	D20	粉砂岩	75.18	14.57	0. 20	0 58	0 17	0 56	0 23	4.09	2.53	0.002	0 11	2 23	100 55
奶	D21	粉砂岩	73.96	15.06	0. 23	0 39	0 17	0 48	0 29	4.25	2.48	0.003	0 09	2 35	99 89
山市 からう しょうしょう	D22	粉砂岩	71.68	13. 34	0.47	1 01	1 46	1 79	1 03	2.99	3.84	0.051	0 12	2 50	100 38
爼	D19	细砂岩	67.46	14.25	0.58	1 67	1 75	3 30	1 46	2.59	3. 30	0.079	0 15	2 22	100 08

94

系

白垩系

12侏罗系

泥盆系

#### 2.1 主元素

主元素分析数据见表 2 砂岩样品的 SQ、 Alo, TQ, FeQ, FeQ MSQ CO, KO, NgOM 平均含量分别为 68 91%、13 96%、0 65%、1.99%、 1. 64%、2. 04%、2. 36%、2. 88% 和 2. 89%、其中 SQ 的含量较高,而 Fg Q、FeO、M8O的含量普遍 较低,说明漠河盆地中侏罗统碎屑岩为长英质岩石。 根据砂岩类型判别<sup>[5]</sup>,绣峰组、二十二站组和开库 康全部为杂砂岩,而额木尔河组砂岩则位于杂砂岩 和岩屑净砂岩的边界处,一部分为杂砂岩,一部分 为岩屑净砂岩(图 2)。 Rose和 Korsch提出用砂岩 的 K, O/Na O-SO, 判别图来恢复源岩的大地构造背 景<sup>[9]</sup>.该图解可以区分三种大地构造背景.包括被 动大陆边缘、活动大陆边缘和大洋岛弧。在 K,O/ Na O-SO 判别图上, 漠河盆地中侏罗统砂岩大部 分落入活动大陆边缘区 (图 3). 说明其物源区属活 动大陆边缘环境。将盆地砂岩主元素与各类大地构 造背景砂岩进行比较<sup>[7]</sup>,结果显示主元素含量及其 比值与大洋岛弧物源背景下的砂岩相差悬殊,而大 部分指示与活动大陆边缘 (安第斯型)和大陆岛弧 物源背景下的砂岩相似(表 3)。

2 2 稀土元素特征及其构造环境

沉积岩中的稀土元素的含量主要受控于沉积物 源区的性质,而与沉积物的搬运过程、沉积环境、成 岩作用等均无明显关系,因而,它们是示踪物源区构





1开库康组; 2额木尔河组; 3二十二站组; 4绣峰组

Fig 2 Classification of the Middle Jurassic sandstones based on major element contents

1 = Kakukang Formation, 2 = Emur River Formation, 3 = Ershi'erzhan Formation, 4 = Xiufeng Formation



#### 图 3 砂岩构造判别图 (图例见图 2)

ARC大洋岛弧, ACM 活动大陆边缘, FM 被动大陆边缘 F g 3 Tectonic discrimination diagram for the Middle Jurassic sand stones from the Mohe Basin (See Fig 2 for the sample symbols

ARC = cceanic is and arc ACM = active continental margin PM = passive continental margin

造背景的最好标志之一<sup>[8]</sup>。稀土元素配分模式可 以用来指示物源岩性特征,因为源自基性岩石的稀 土元素具有低的 IREE/HREE,并且无 Eu异常。而 长英质岩石通常具有较高的 LREE/ HREE具 Eu 负异常。研究区的稀土元素分析数据见表 4,  $\Sigma$  REE变化于 (85~192.62) imes 10<sup>-6</sup>之间, 平均为 167. 42×10<sup>-6</sup>。在稀土元素配分曲线上, 各组样品 显示非常一致的趋势,表明它们基本来自相同的物 源.总体表现为轻稀土元素富集. 重稀土相对亏损. IRERE/HREE比值平均为 9.94。 Eu/Eu<sup>\*</sup> 平均为 0.77, 具弱的负 Eu异常 (图 4), 其中, 绣峰组 Euy Eu<sup>\*</sup> 平均为0.66 额木尔河组 Eu<sup>\*</sup>/Eu<sup>\*</sup> 平均为0.74 E吻异常明显,而二十二站组的 Eu/Eu 平均为 0.89.开库康组 Eu/Eu<sup>\*</sup> 平均为0.78.显示较弱的负 异常。稀土元素特征表明漠河盆地在中侏罗世沉积 时期,其物源主要来自于上地壳。

Bhatiq(1985)通过对不同构造背景下形成砂岩的稀土元素特征的研究,建立了不同源区构造背景下砂岩的稀土元素特征判别标志<sup>19</sup>,将漠河盆地中侏罗统砂岩的稀土元素特征值与之对比(表 5),发现各组地层中砂岩的稀土元素含量明显高于大洋岛弧硬砂岩的稀土元素含量,同被动大陆边缘也有差别,而多数岩样的稀土元素特征值与大陆岛弧结果相近,部分特征值类似于活动大陆边缘。

### 表 3 漠河盆地中侏罗统砂岩与不同大地构造环境砂岩的化学成分 ( WB/% )比较

Table 3 Comparison of the chemical compositions in the sandstones from the Mohe Basin and other tectonic settings ( $W_B/\%$ )

主元素	SQ	ТQ	Al Q	FeQ	FeO	MnO	MSO	CaO	Na <sub>2</sub> O	Қ О	$P_2O_5$	A103 /SQ	K <sub>2</sub> O/N <sup>a</sup> <sub>2</sub> O	$\frac{A_2O_3}{(CaO + N_2^aO)}$
海洋岛弧	58 83	1 06	17.11	1. 95	5. 52	0 15	3 65	5 83	4 10	1. 60	0.26	0 29	0 39	1 72
大陆岛弧	70 69	0 64	14.04	1. 43	3. 05	0 10	1.97	2 68	3 12	1. 89	0.16	0 20	0 61	2 42
活动大陆边缘	73 86	0 46	12.89	1. 30	1. 58	0 10	1 23	2 48	2 77	2. 90	0. 09	0 18	0 99	2 56
被动大陆边缘	81.95	0 49	8.41	1. 32	1.76	0 05	1 39	1.89	1 07	1.71	0.12	0 10	1 60	4 15
开库康组	64 89	0 62	15. 15	2.84	2.16	0 08	3 07	2 52	3 50	3. 00	0.15	0 23	0 86	2 52
二十二站组	62 89	0 82	14.46	2.43	2.45	0 10	2 61	4 05	3 25	2.18	0. 19	0 23	0 67	1 98
额木尔河组	73 78	0 58	11. 90	1. 77	0.85	0 06	1 24	1 34	1 49	2.41	0.12	0 16	1 62	4 20
绣峰组	72 07	0 37	14.31	0. 91	0. 92	0 04	1 25	1 54	3 06	3. 98	0.12	0 20	1 30	3 11
平均值	68 91	0 65	13. 96	1. 99	1. 64	0 07	2 04	2 36	2 88	2.89	0.15	0 21	1 11	2 95

表 4 漠河盆地中侏罗统砂岩稀土元素含量 ( $\mathrm{W}_{\mathrm{B}}/10^{-6}$ )

Table 4 REE contents in the M iddle Jurassic sandstones from the M ohe Basin ( $W_B/10^{-6}$ )

组	样号	岩性	La	Ce	Рr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dλ	Ho	Er	Ţ'n	Yb	Lu	Y	$\Sigma$ REE
_	Dz	粉砂岩	22 75	53. 1	6.71	24. 2	4 49	12	3 86	0 63	3 67	0.73	2.13	32	1.91	0 32	18 72	176 42
_	D4	细砂岩	28 99	67	8.38	30. 4	56	1 54	4 98	0 78	4 67	0.88	2.58	0.4	2 33	0 36	22 37	181.33
	D8	粉砂岩	24 48	57.4	7.15	25.8	4 6	1 19	3 84	06	3 49	0.64	1.87	0.3	1 76	0 27	17.47	150 86
	$D_5$	粉砂岩	26 02	61.8	7.71	27.9	5 28	1.34	4 62	0 77	4 54	0.88	2.56	0.39	2 35	0 36	22 37	168 89
5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	D9	粉砂岩	32 64	73. 3	9.09	32.6	5 82	1 53	49	076	4 32	0.83	2.37	0.36	2 17	0 33	21.6	192 62
5H	D10	粉砂岩	26 21	61.9	7.5	27	4 71	1 33	4	0 62	3 57	0.67	1.94	0. 28	1 77	0 27	17.67	159 44
额	D	粉砂岩	27.17	58.3	7.1	24.4	4 35	0 99	3 75	0 59	3 62	0.71	2.19	0.34	2 1	0 35	19 39	155 35
木	$D_2$	粉砂岩	24 84	56.4	6.99	24.8	4 81	1 08	4 3	0 71	4 35	0.84	2.56	0.39	2 41	0 39	22 46	157.33
尔	D12	粉砂岩	24 77	52.6	6.67	23.5	4 32	0 97	3 72	0 61	3 69	0.71	2.13	0.34	2 03	0 33	18 19	144 58
河	D15	粉砂岩	28 61	59.1	7.4	26.3	5 12	1 17	4 52	0 75	4 41	0.84	2.43	0.36	2 24	0 37	22 85	166 47
组	D17	粉砂岩	24 77	53.7	6.62	23. 3	4 31	0 96	3 84	0 66	3 96	0.77	2.24	0.35	2 03	0 33	20 64	148 48
πæ	D13	细砂岩	31.87	70.1	8.47	29.9	5 35	1.19	4 47	0 69	3 95	0.78	2.24	0.35	2 09	0 34	20 04	176 42
<b>开</b> 件	D14	细砂岩	31.87	70.8	8.75	31. 3	5 82	1 22	4 82	0 76	4 29	0.82	2.42	0.36	2 23	0 36	22 08	181 33
康组	D16	粉砂岩	28 13	61.6	7.41	26	4 5	1.13	3 57	0 53	2 91	0.54	1. 67	0. 25	1 52	0 25	15 36	150 86
45	D19	粉砂岩	33 12	73.6	8.88	31	5 31	1 23	4 56	0 71	4 15	0.8	2.4	0.36	2 28	0 37	20 45	189 22
纷	G20	粉砂岩	31.68	67.3	7.88	26.1	4 32	0 55	3 4	0 49	2 56	0.45	1.34	0.2	1 19	0 19	13 34	160 99
峰 40	G21	粉砂岩	28 13	59.2	6.87	22.4	3 41	0 64	2 61	0 36	1 79	0.31	0. 98	0.15	0 88	0 14	<b>9</b> 98	137.85
۶H	G22	细砂岩	29 38	63. 3	7.83	27.5	4 91	1 06	4 1	0 66	3 87	0.73	2.18	0.34	2 1	0 34	19 68	167.98

#### 表 5 漠河盆地中侏罗统砂岩与不同构造背景砂岩稀土元素特征比较

Table 5 Comparison of REE contents in the Middle Jurassic sandstones from individual Formations in the Mohe Basin and those from other tectonic settings

构造背景	物源区类型	La	Се	REE	LayYb	$\mathrm{La}_{\mathrm{N}}/\mathrm{Yb}_{\mathrm{N}}$	LRERE⁄ HREE	Eu/Eu*
大洋岛弧	未切割的岩浆弧	8±1 7	$19{\pm}3$ 7	$58\pm10$	4 2±1.3	4. 2±1. 3	3.8±09	$1 01\pm 011$
大陆岛弧	切割的岩浆弧	$27{\pm}4$ 5	59±8 2	$146\pm 20$	11.0±3.6	7.5±2.5	7.7±1.7	$0.79 \pm 0.13$
活动大陆边缘	基底隆起	37	78	186	12. 5	8.5	91	06
被动大陆边缘	克拉通内构造高地	39	85	210	15. 9	10.8	85	0 82
	开库康组	30. 62	67.50	169 54	16.01	10. 57	10 21	0 78
	额木尔河组	26.04	56 02	154 44	12.09	7.98	8 16	0 74
研究区	二十二站组	26.85	62 42	171 59	13. 18	8.71	8 91	0 89
	绣峰组	30. 58	65 85	164 01	21.83	14.41	12 48	0 65
	平均值	28. 52	65 44	167.42	15. 78	10. 42	9 94	0 77



## 图 4 漠河盆地中侏罗统砂岩稀土元素配分模式 (图例 见图 2)

Fig.4 Chondrite normalized REE distribution patterns for the Middle Jurassic sandstones in the Mohe Basin (See Fig. 2 for the sample symbols)

## 2.3 微量元素

微量元素的分析数据见表 6 将微量元素数据 经上地壳平均值标准化后作出蛛网图 (图 5),结果 表明,除 Cr N偏高外, Ta、Nb具弱的负异常,其它 微量元素含量与上地壳微量元素的含量基本一致, 说明漠河盆地中侏罗统碎屑岩所反映的源区为上地 壳岩石。与 Floyd等 (1991)所作的不同构造背景下 的模式图进行比较<sup>[10]</sup>,结果与大陆岛弧和活动陆缘 的模式图极其一致。 Bhatia和 Crook(1986)认为,一



## 图 5 砂岩微量元素的上地壳岩石标准化模式 (图例见 图 2)

F& 5 Upper crust normalized trace element patterns for the Middle Jurassic sand stones in the Mohe Basin (See Fig 2 for the sample symbols)

些不活泼微量元素 (如 La Th Y Zr Ti Co、Ni)及 其比值 (如 Zr/Hf Eu/Eu<sup>\*</sup>, Ta/Ni) La/Sc Th/U等) 在沉积过程中不发生明显改变, 在砂岩物源区和构 造环境判别图上作用很大<sup>[11]</sup>。他们利用这些元素 组合特征建立了一系列判别图解, 很好地区分出大 洋岛弧、大陆岛弧、活动大陆边缘 (安第斯型盆地) 和被动大陆边缘四种构造背景下的砂岩。本文利用 La Th-Sc Th-Sc Zr/10和 Th-Co Zr/10 图解对漠河 盆地中侏罗统砂岩样进行了投点分析 (图 6)。结果

表 6 漠河盆地中侏罗统砂岩微量元素含量 ( ${
m W}_{
m B}/10^{-6}$ )

T ab le <b>6</b>	Trace element conten	$^{ts}(W_{B}/10^{-6})$	) in the Middle.	Jurassic sandstones	from the Mohe Basin
------------------	----------------------	------------------------	------------------	---------------------	---------------------

						D	/										
组	样号	岩性	Ba	Co	Cr	Cs	Ηf	Nb	Ni	Rb	Sc	Sr	Ta	Th	U	V	Zr
开房	D13	细砂岩	567	14.5	56.9	13 7	5	13 8	36 1	168. 3	11.5	241	1. 02	14 4	2 25	80	208
///+	D14	细砂岩	598	12.8	57.8	13 3	51	12 6	34 2	179.6	10. 3	240	0.96	12 05	2 09	83 5	208
康珇	D16	粉砂岩	658	22.5	251.9	18	38	7.9	111.6	60.4	14.2	452	0.66	<b>9</b> 45	1 91	81 7	153
匌	D	粉砂岩	427	5.5	32	4 6	57	7.6	12 8	90.8	7.3	99	0.73	7.07	1 99	50 6	214
木	D2	粉砂岩	408	11.8	51.9	51	53	7.8	29 1	85.5	10.4	129	0. 69	9 46	2	82 9	200
尔	D12	粉砂岩	371	6.3	46.8	4 1	4 1	85	15 4	75.8	9.4	59	0.73	7.38	1 79	72 4	157
河	D15	粉砂岩	350	7	34.2	4 5	5	8 1	20 5	79.6	8	67	0.78	7.36	1 63	57.6	189
组	$D_{17}$	粉砂岩	303	10. 9	43. 9	6	38	9	23 7	79.2	10	81	0.73	7. 22	1 58	77	148
=	Dz	粉砂岩	696	19.6	56.2	3 1	36	10 2	36 3	54.5	12.5	406	0.71	8 29	1 15	107.9	124
+	D4	细砂岩	642	16.4	61.7	2 2	54	11	33 1	47.8	13.5	378	0.77	7.02	1 33	99 6	182
_	$D_8$	粉砂岩	969	14.7	63.4	2 5	4 8	94	30 3	55.9	10.8	414	0.71	6 83	1 32	86 3	168
	$D_5$	粉砂岩	856	18.6	75.2	3	4 6	11.9	41.4	73. 3	13. 2	304	0.87	8 49	1 79	$108\ 7$	170
- 近	D9	粉砂岩	662	18.8	58.6	38	8 2	12 5	36 4	43.4	15.1	464	0.86	7.75	1 26	117.9	277
组	D10	粉砂岩	870	14.1	44.1	2 8	4 4	93	27.3	43.8	11.9	540	0.67	5 96	0 93	88 4	141
	D19	粉砂岩	784	9.5	33.12	4 1	54	99	16 6	83	9.1	514	0.77	10 6	1 59	68 6	201
纸嶑狚	G20	粉砂岩	592	0.5	6.2	5	4 8	11.3	25	141.2	2	199	1. 31	11.44	0 98	13 3	164
奶啡红	G21	粉砂岩	598	0.5	9.7	7	4 2	12 6	2 5	150.8	2.2	208	1. 33	11.18	0 79	13 9	139
	G22	细砂岩	683	7.7	36.2	2 3	52	97	159	72.4	7.4	204	0.79	10 72	15	47.5	188



图 6 漠河盆地中侏罗统砂岩微量元素的构造环境判别图 (图例见图 2) A 大洋岛弧; <sup>B</sup>大陆岛弧; <sup>C</sup>活动大陆边缘; <sup>D</sup>被动大陆边缘

Fig. 6 Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of the Middle Jurassic sandstones in the Mohe Basin (See Fig. 2 for the sample symbols)

A= oceanic is land arc B= continental island arc C= active continental margin D= passive continental margin

表明,除两个绣峰组样品偏离外,其余砂岩样品均落 入大陆岛弧区及其附近。这说明漠河盆地中侏罗统 碎屑岩主要来自大陆岛弧区,这与主量元素和稀土 元素揭示的大地构造背景基本一致。

## 3 物源属性分析

漠河盆地中侏罗统砂岩具有高 SQ 和低 FgQ, FQ MSO的特点,说明它们主要为长英质岩 石。 Rose和 Korsch (1988)根据已知构造背景的不 同碎屑岩组合的地球化学特征,进行多变量(7个氧 化物)判别方程分析(表 7),综合出 4种混合物源模 型<sup>[13]</sup>。在物源判别图解上(图 7),绣峰组、二十二 站组和开库康组大部分落入长英质火成物源区,个 别二十二站组岩样落入火成岩物源区:额木尔河组 和个别开库康组落入石英质沉积物源区。在稀土元 素配分曲线上,轻稀土富集,重稀土相对亏损,具弱 的负 E<sup>1</sup>异常,其特征类似于于上地壳特征。另外, 微量元素的含量与上地壳微量元素的含量基本一 致。在 La/Th-H 原岩属性判别图解上<sup>[8]</sup> (图 8),大 多数岩样落入长英质源区,或混合长英质源区,并有 少量古老沉积岩成分加入。这说明漠河盆地是在陆 壳之上发育而成的陆内盆地,而非大洋盆地。

漠河盆地位于额尔古纳地块北缘,其北为蒙古-鄂霍次克造山带,出露了大面积的前寒武纪结晶基 底岩石和古中生代花岗岩等侵入岩体<sup>[13]</sup>。漠河盆 地南缘一侧则为额尔古纳地块北缘的古生代增生 带,主要出露有古元古界兴华渡口群、寒武系兴隆 群,古生界泥盆系下统泥鳅河组、霍龙门组以及古、





F  $\not{g}$  7 F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub> discrimination diagram for the M iddle Jurassic sandstones in the Mohe Basin (See F  $\not{g}$  2 for the sample symbols)

中生代花岗岩<sup>[14]</sup>。尽管砂岩的地球化学特征均揭 示出漠河盆地在中侏罗统沉积时物源区应是大陆岛 弧和活动大陆边缘的构造背景,但仅仅从这些结论 并不能准确地确定盆地沉积时的源区属性,因为根 据现有的研究成果<sup>[15~17]</sup>,漠河盆地的南北可能的物 源区都具有活动边缘和大陆岛弧的构造背景,因此, 还必须结合盆地形成时的构造特征和盆地沉积环境 加以辅证。以前认为盆地北缘存在强烈的由北而南 的逆冲构造,盆地沉积的主要物源应来自北侧<sup>[4]</sup>。 和政军等(2004)根据漠河盆地砂岩的地球化学特

Table 7 Discriminant functions ( $F_1$  and  $F_2$ ) for the tectoric interpretation of clastic rocks

	Dz	D4	D8	D5	D9	D10	D <sub>1</sub>	D2	D12	D15	D17	D13	D14	D16	D20	D21	D22	D19
Fl	0 1	0 55	0 94	-0.2	-0.4	1. 35	0.55	-07	-36	0 03	—1. 6	1. 35	2.08	-1. 8	3 81	4 05	3 45	2 23
$F_2$	0 91	0 77	-0.4	-1. 5	0.04	0.87	-34	-25	-42	-28	-4.5	-2	-2.6	-3.1	-3 6	-39	-18	-0.1

 $F_1 = -1$  773 $TO_2 + 0$  607  $A_2^1O_3 + 0$  76  $F_2^eO_3 - 1$ . 5MgO+ 0 616 CaO+ 0 509  $N_2^aO- 1$  224 K<sub>2</sub> O- 9. 09

 $F_2 = 0$  445 $TO_2 + 0$  007  $A_2^1O_3 - 0$  25 $F_2^eO_3 - 1$ . 142M&O+0. 438CaO+0. 475 $N_2^aO+1$ . 426 $K_2O-6$ . 861



## 图 8 漠河盆地中侏罗统砂岩 La/ThH 源区环境判别图 解 (图例见图 2)

Fig.8 La/Th vs Hfdiscrimination diagram for the Middle Jurassic sandstones in the Mohe Basin (See Fig.2 for the sample symbols)

征认为盆地碎屑主要来自北部的蒙古 鄂霍次克造 山带,并且以此确定漠河盆地是与弧有关的前陆盆 山等地发育的绣峰组砾岩最大砾径可达2<sup>n</sup>以上,如 此巨大的砾石很难想像是从盆地北侧遥远的蒙古鄂 霍次克造山带搬运而来。沉积相分析结果表明,这 些砾石大小混杂,显示冲积扇扇根的沉积特点,显然 是近源堆积的结果,表明盆地南缘存在明显的边缘 相。绣峰组的砾石成分主要为黑云母花岗岩和二长 花岗岩,被认为来自盆地南缘西林吉镇以南的老槽 河山和霍洛台河花岗质岩基<sup>[18]</sup>。最近研究发现, 在盆地南缘也存在一系列由南而北的逆冲推覆构 造。古水流恢复结果显示,当时的水系主要来自于 盆地的东南部和西南部,说明此时的地貌是南高北 低。盆地的砂岩主要为杂砂岩和岩屑净砂岩,岩石 的结构成熟度和成分成熟度都较差,反映物源区与 沉积盆地之间非常相距很近。镜下鉴定结果表明, 中侏罗统碎屑岩的岩屑主要为花岗岩、中酸性火山 岩和少量长英质变质岩和沉积岩, 与盆地南缘额尔 古纳地块北缘的古生代增生带的岩性也基本一致。 所有这些均表明漠河盆地在中侏罗世沉积时期的物 源可能主要来自盆地南缘,盆地绣峰组发育厚层冲

积扇沉积,说明南侧地势很高,较高的地貌应是一系列由南而北的逆冲推覆构造成的。当然由于漠河盆地野外露头较少,现有的资料和研究程度有限,并不排除盆地北缘蒙古鄂霍次克造山带提供物源的可能性。如果盆地南北两侧同时发育对冲逆冲推覆构造,而且同时向盆地提供物源,那么盆地的性质就不是典型前陆盆地,而应是挤压背景下形成的挤压挠曲盆地或山间盆地。

## 参考文献:

- MCLENNAN S M Rare earth elements in sedimentaty processes
   Influence of provenance and sedimentary processes
   Reviews in Mineralogy 1989, 21, 169-200.
- [2] 邵磊,刘志伟,朱伟林. 陆源碎屑岩地球化学在盆地分析中的 应用[].地学前缘, 2000, 7(3): 297-304
- [3] 吴河勇,杨建国,黄清华,等. 漠河盆地中生代地层层序及时代
   [4].地层学杂志,2003,27(3):193-198
- [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):411-418
- [5] PETTIOHN F J POTIER P E SMER R Sand and sandstone [M]. NewYork Springer Verlag 1972, 1-618
- [6] ROSER B.P. KORSCH R J Determination of tectonic setting of sandstones mudstone suites using SQ content and K<sub>2</sub>O/ NaO ratio [J]. Journal of Geology 1986, 94(5): 635-650
- BHATA M R Plate tectonics and geochemical composition of sandstones [J]. Journal of Geology, 1983, 91(6): 611-627.
- [8] GUX X, LU JM, ZHENG MH, et al. Provenance and tectonic setting of the Protenozoic turbidites in Hunan, South China geochemical evidence [J]. Journal of Sedimentary Research 2002, 72(3): 393-407.
- [9] BHATA M R Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mulrocks Province and tectonic control
   [ J. Sedmentary Geology 1985 45(1-2): 97-113.
- [10] FLOYD P.A. SHAILR, LEVER IDGE B.E. et al. Geochem istry and provenance of theoroberrynian synonogenic sandstones In Plications for tectonic environment discrimination [A]. A C Morton, S P Todd and P D W Haughton Developments in Sedimentary Provenance Studies [C]. London Geological Society, London, Special Publications, 1991. 57, 173-188

[11] BHATAMR, CROOKKAW, Trace element characteristics of

greywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins [ J. Contributions to Mineralogy and Petrology 1986, 92(2): 181-193.

- [12] ROSER B P KORSCH R J Provenance signatures of sandstone mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data [ J]. Chemical Geology 1988, 67 (1-2); 119-139
- [13] 莫申国,韩美莲,李锦轶.蒙古鄂霍次克造山带的组成及造山 过程[].山东科技大学学报,2005,24(3)50-52.
- [14] 黑龙江省地质矿产局.黑龙江省区域地质志[M].北京:地质 出版社,1993.6-50
- [15] 葛文春,吴福元,周长勇,等.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[J].科学通报, 2005, 50(12): 1239-1245

- [16] 吴广,孙丰月,赵财胜,等.额尔古纳地块北缘早古生代后碰 撞花岗岩的发现及其地质意义[].科学通报,2005,50(20): 2278-2288
- [17] 和政军,李锦轶,莫申国.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
- [18] 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

# Geochem istry and provenance analysis of the Middle Jurassic sandstones in the Mohe Basin Heilong jiang

# HE Zhong hua, WANG Yu fen, HOUW ei (College of Earth Sciences Jiln University Changchun 130061 Jilin China)

Abstract The Middle Jurassic sandstones in the Mohe Basin, Heipngjang are characterized by high contents of SQ and low contents of FeQ, FeO and MaQ IREE enrichment HREE depletion and slightly negative Eu anomaly. The geochemical signatures of major and trace elements and REEs in integration with the discrimination diagrams for tectonic settings have mirrored that the Middle Jurassic deposits were derived from the continental island arcs and active continental margins. The Palaeozoic complexes on the northern margin of the Ergun block may be regarded as the main provenance of the basin

Keywords geochem stry Middle Jurassic sandstone provenance analysis Mohe Basin