

文章编号: 1000-0550(2007) 02-0201-06

# 黑龙江省绥滨拗陷下白垩统碎屑岩源区分析及其构造意义

王伟涛 刘招君 何玉平 陈秀艳

(吉林大学地球科学学院 长春 130061)

**摘要** 黑龙江省东部绥滨拗陷下白垩统从下而上为滴道组、城子河组、穆棱组和东山组。通过分析各组砂岩—泥岩主量元素、微量元素和稀土元素的特征,揭示了不同时期盆地的源区构造背景存在差异。滴道组源区构造背景为活动大陆边缘,城子河组、穆棱组多呈现出从活动大陆边缘向火山弧转换的地球化学特征,东山组则反映活动大陆边缘构造背景。结合各组古水流方向、沉积相特征和岩屑所反映的源区岩性特征,认为滴道组物源主要来自于盆地南侧,城子河组、穆棱组时期则主要来自盆地东南,并且碎屑岩均来自上地壳。

**关键词** 地球化学 构造背景 物源分析 绥滨拗陷 黑龙江省

**第一作者简介** 王伟涛 男 1979 年出生 硕士研究生 沉积学

**通讯作者** 刘招君 E-mail: luz@jlu.edu.cn

中图分类号 P512.2 文献标识码 A

## 1 概述

黑龙江省东部三江盆地是上叠于前中生代基底之上的中、新生代盆地。处于中亚—蒙古构造域东部与东北亚环西太平洋构造带的复合部位。三江盆地可分为四个一级构造单元,从西向东依次为佳木斯隆

起、绥滨拗陷、富锦隆起和前进拗陷。绥滨拗陷位于佳木斯复合地体的北缘,西侧受控于军川断裂( $F_1$ ),与佳木斯隆起为界;南为集贤断裂( $F_2$ );东侧受限于富锦断裂( $F_3$ )与富锦隆起呈斜坡过渡;北为黑龙江断裂,总体走向北东,平面展布呈宽条状四边形(图 1)。

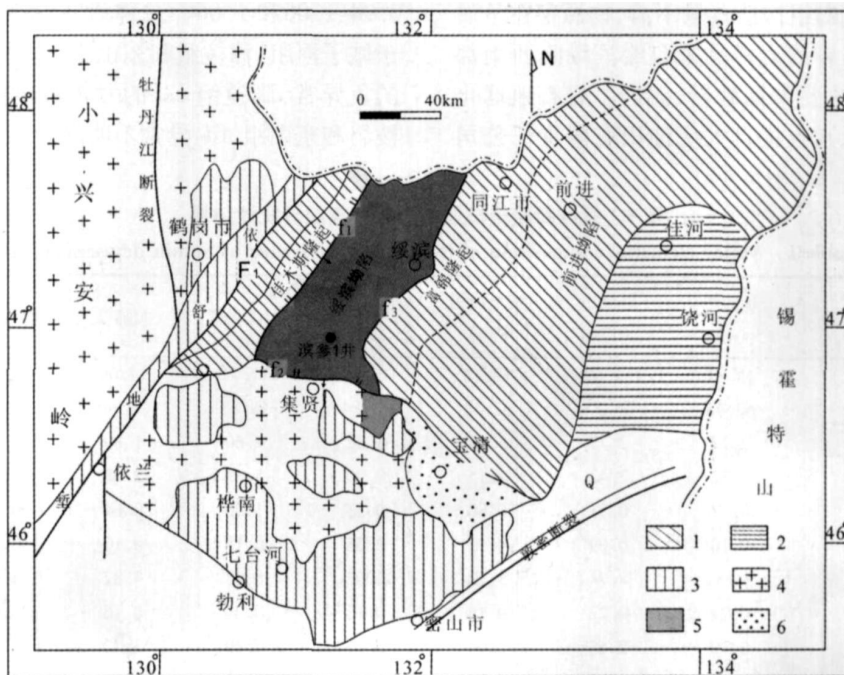


图 1 三江盆地构造地质略图

1 三江盆地; 2 那丹哈达地体; 3 东部其他盆地; 4 花岗岩带; 5 绥滨拗陷; 6 宝清沉积岩带;  $F_1$  佳—依断裂;  $F_2$  军川断裂;  $F_3$  笔架山断裂;  $F_4$  富锦断裂

Fig 1 Sketch tectonic map of the Sanjiang basin

国家专项(大庆外围探区中、新生代盆地群断陷演化与油气远景)资助

收稿日期: 2006-03-19 收修修改稿日期: 2006-09-28

绥滨拗陷发育的地层主要有上侏罗统绥滨组、东荣组、下白垩统滴道组、城子河组、穆棱组和东山组。上侏罗统绥滨组和东荣组主要发育于绥滨拗陷的东北部,分布较为局限,绥滨组主要由细砂岩夹砾岩、中粗砂岩、粉砂岩组成,为一套较粗粒的海进沉积产物;东荣组为一套相对较细的浅海相沉积,岩性主要为深灰色粉砂岩,夹灰白色细砂岩、凝灰岩。下白垩统滴道组北部为海陆交互相沉积,南部为陆相沉积,主要由砾岩夹泥岩、细砂岩、粉砂岩以及煤线组成,厚度 450~500 m;城子河组为一套以陆相为主的含煤碎屑岩建造,以灰、灰白色粉砂岩、细砂岩为主,厚度 1500~1600 m;穆棱组主要为深灰、灰黑色泥岩与灰绿色粉砂岩、细砂岩不等厚互层,厚度 800~900 m;东山组则为一套火山岩和碎屑岩沉积建造,由粉、细砂岩夹蚀变安山岩、安山质集块岩组成,厚度约 600 m。

## 2 样品采集

绥滨拗陷上侏罗统绥滨组以及东荣组地层分布于拗陷的北部,较为局限,普遍认为其物源来自拗陷的北部<sup>[1-2]</sup>,因此本文并未对晚侏罗世碎屑岩物源进行讨论,而是针对绥滨拗陷南部下白垩统滴道组、城子河组、穆棱组、东山组构造背景不清,物源存在争议的层位进行研究。碎屑岩样品采自绥滨拗陷西南部的滨参 1 井,岩性主要为细砂岩、泥岩。岩石地球化学分析中的常量元素收集自大庆油田有限责任公司

勘探开发研究院,稀土元素由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所采用等离子体质谱法(ICP-MS)测定,其它元素采用压片法 X 射线荧光光谱(XRF)测定。

## 3 岩石地球化学特征

主量元素统计分析数据(表 1)。绥滨拗陷下白垩统城子河组、穆棱组、东山组砂岩  $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $MgO$ 、 $CaO$ 、 $K_2O$  和  $Na_2O$  的平均含量分别为 63.10%、14.43%、0.72%、4.77%、1.21%、1.93%、2.75% 和 1.43%,滴道组与其对应氧化物含量为 73.84%、12.93%、0.33%、2.02%、0.49%、0.90%、3.22% 和 3.16%,两者之间存在明显差异,总体体现为滴道组  $SiO_2$ 、 $Na_2O$  含量较高,  $Fe_2O_3$ 、 $CaO$  含量较之偏低。稀土元素分析数据见表 2,绥滨拗陷滴道组、城子河组、穆棱组和东山组稀土元素总量( $\Sigma REE$ , 不包括 Y 元素)平均值分别为  $283.21 \times 10^{-6}$ 、 $214.78 \times 10^{-6}$ 、 $243.81 \times 10^{-6}$  和  $204.25 \times 10^{-6}$  轻重稀土比值( $\Sigma LREE/\Sigma HREE$ )分别为 11.64、9.93、8.38 和 9.33 平均  $Eu/Eu^*$  值分别为 0.41、0.58、0.54 和 0.55 平均  $Ce/Ce^*$  值分别为 0.95、0.94、1.06 和 1.06。总体表现为滴道组稀土总量高于城子河组、穆棱组和东山组,  $Eu$  异常均呈现出明显的负异常,滴道组  $Eu$  的亏损程度强于城子河组、穆棱组和东山组,  $Ce$  异常不明显。

表 1 绥滨拗陷早白垩世砂岩常量组统计结果

Table 1 Major elements composition of the lower Cretaceous in Subin depression(%)

	东山组 (4)	穆棱组 (17)	城子河组 (36)	滴道组 (11)	大洋岛弧	大陆弧	活动大陆边缘	被动大陆边缘
$Al_2O_3$	15.81	14.69	12.18	12.95	17.11	14.04	12.89	8.41
$SiO_2$	62.45	66.32	62.44	73.84	58.83	70.69	73.86	81.95
$K_2O$	2.22	2.77	3.57	3.22	1.60	1.89	2.90	1.71
$CaO$	2.32	2.42	1.15	0.90	5.83	2.68	2.48	1.89
$TiO_2$	0.72	0.51	0.80	0.33	1.06	0.64	0.46	0.49
$MnO$	0.10	0.09	0.12	0.06	0.15	0.10	0.10	0.05
$Fe_2O_3$	34.84	3.74	5.22	2.02	8.08	4.82	3.05	3.27
$P_2O_5$	0.21	0.22	0.16	0.13	0.26	0.16	0.09	0.12
$Na_2O$	0.70	2.68	2.04	3.16	4.10	3.12	2.77	1.07
$MgO$	1.27	1.05	1.21	0.49	3.65	1.97	1.23	1.39
$SiO_2/Al_2O_3$	4.00	4.51	5.13	5.56	3.45	5.00	5.56	10.00
$K_2O/Na_2O$	3.20	1.03	1.75	1.02	0.39	0.61	0.99	1.6
$Al_2O_3/(CaO+Na_2O)$	5.24	2.88	3.82	3.20	1.72	2.42	2.56	4.15

注:  $Fe_2O_3$  为全铁;大洋岛弧,大陆弧,活动大陆边缘,被动大陆边缘数据(据 Bhatia, 1983<sup>[3]</sup>);括号内的数值为样品数。

表 2 绥滨断陷早白垩世砂岩—泥岩微量元素表 (ppm)

Table 2 Trace elements content of the lower Cretaceous sandstones and mudstones in Suibin depression

样品编号	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10	B-11	B-12	B-13	B-14
层位	$K_1d$	$K_1d$	$K_1d$	$K_1dh$	$K_1dh$	$K_1ch$	$K_1ch$	$K_1ch$	$K_1dh$	$K_1dh$	$K_1m$	$K_1m$	$K_1m$	$K_1dsh$
Ba	605	773	721	688	522	648	723	807	489	600	562	540	605	1076
Cr	27.0	33.3	51.0	35.3	57.0	42.0	47.6	46.6	42.2	86.8	72.3	74.6	73.6	59.8
Cu	4.0	17.6	20.1	16.7	17.9	20.8	26.9	19.8	19.9	48.7	46.3	43.4	42.0	35.5
Ga	33.2	26.8	29.6	22.7	28.1	24.3	28.7	22.7	20.3	27.0	26.9	26.0	28.9	27.9
Nb	58.9	26.3	26.7	20.5	25.8	22.8	23.8	21.6	19.2	19.8	18.9	18.6	21.4	17.6
Ni	12.1	8.6	14.1	15.5	14.1	18.1	26.7	18.5	20.3	60.5	56.9	44.0	37.1	28.2
Pb	32.7	45.5	44.6	35.0	22.6	26.0	48.9	27.8	32.7	44.2	43.3	34.8	44.0	22.2
Rb	239	251	262	216	213	164	221	144	128	202	176	167	207	163
Sc	3.4	11.2	8.5	9.8	13.0	8.7	14.7	11.6	8.7	16.5	13.6	11.1	15.1	10.9
Sr	190	205	182	259	257	264	294	240	319	174	197	205	180	645
Th	25.2	26.5	33.0	16.9	18.6	16.0	23.0	13.7	13.5	23.6	23.4	17.3	21.6	23.1
Ti	2607	3248	3677	3668	4869	4258	3985	4469	3858	4321	4177	4044	4340	3998
V	27	38	53	64	89	76	94	82	68	112	97	109	104	95
Zn	133	99	130	90	73	103	107	96	100	100	136	112	121	81
Zr	694	249	270	271	344	275	322	275	238	198	182	189	209	183
Y	25	24	43	25	23	26	32	27	28	26	34	36	39	27
La	86	47	66	43	56	49	52	43	41	39	52	46	46	40
Ce	175	81	122	93	104	90	104	90	75	82	118	104	102	91
Pr	17.3	8.8	13.8	10.2	12.0	10.7	12.1	10.3	9.4	9.02	12.6	10.6	10.9	9.7
Nd	59	30	49	38	44	39	44	39	35	32	46	38	40	36
Sm	9.68	5.41	9.36	7.28	8.01	7.39	8.22	7.49	6.97	5.83	8.43	7.07	7.91	6.66
Eu	0.72	0.82	1.51	1.41	1.39	1.31	1.35	1.22	1.33	0.99	1.37	1.19	1.35	1.11
Gd	7.34	4.43	8.26	6.24	6.14	6.02	6.39	5.87	6.32	4.79	6.99	6.18	7.06	5.41
Tb	1.08	0.78	1.39	0.94	0.92	0.96	1.09	0.97	1.05	0.80	1.18	1.05	1.20	0.82
Dy	5.47	4.58	7.79	5.08	4.78	5.17	5.85	5.33	5.40	4.89	6.82	6.31	6.83	4.82
Ho	0.93	0.88	1.52	0.87	0.81	0.95	1.09	1.00	0.97	0.97	1.30	1.26	1.39	0.98
Er	2.69	2.61	4.58	2.44	2.38	2.74	3.22	3.08	2.79	3.03	4.02	3.99	4.28	3.13
Tm	0.38	0.41	0.72	0.38	0.35	0.42	0.50	0.49	0.42	0.50	0.66	0.67	0.71	0.52
Yb	2.44	2.65	4.65	2.41	2.13	2.83	3.33	3.09	2.77	3.30	4.43	4.46	4.87	3.49
Lu	0.40	0.45	0.80	0.40	0.36	0.46	0.54	0.53	0.46	0.56	0.74	0.76	0.84	0.61

注:  $K_1d$ —滴道组;  $K_1dh$ —城子河组;  $K_1m$ —穆棱组;  $K_1dsh$ —东山组

### 4 构造背景判别

在砂岩  $SiO_2-K_2O/Na_2O$  构造背景<sup>[4]</sup>分区图上, 下白垩统滴道组样品绝大多数落在活动大陆边缘, 城子河组与穆棱组虽然大部分样品落入活动大陆边缘, 但其位置明显靠近岛弧一侧, 部分样品落入活动大陆边缘与岛弧的边界附近, 少数样品落入岛弧以及被动大陆边缘的范围内(图 2a)。Bhatia 和 Crook<sup>[5]</sup>以及 Taylor 和 McLennan<sup>[7]</sup>认为, 砂岩的一些不活泼微量元素(如 La、Th、Y、Zr、Ti、Co、Ni)及其比值(如 Zr/Hf、Eu/Eu\*、Ta/Nb、La/Sc、Th/U 等)在沉积过程中不发生明显改变, 因此在研究砂岩物源区和判别构造环境上作用很大, 并提出了可以区分形成于海洋岛弧、大陆岛弧、活动大陆边缘和被动大陆边缘的砂岩图解。本文利用 Ti/Zr—La/Sc<sup>[5]</sup>、La—Th—Sc<sup>[5]</sup>、

Th—Sc—Zr/10<sup>[6]</sup>图解, 对绥滨拗陷南部下白垩统砂岩—泥岩样进行了投点(图 2)。在 Ti/Zr—La/Sc 图解中(图 2b), 滴道组构造背景主要为活动大陆边缘, 样品部分落入被动大陆边缘; 城子河组主要落入活动大陆边缘区, 但部分样品落入活动大陆边缘与大陆岛弧的边界附近; 穆棱组和东山组样品全部落入活动大陆边缘区。在 La—Th—Sc 构造背景判别图中(图 2c)滴道组样品落入活动(或被动)大陆边缘区; 而城子河组和穆棱组砂岩—泥岩样品落入活动(或被动)大陆边缘与大陆岛弧的边界位置; 东山组样品落入活动大陆边缘构造环境。同样在 Th—Sc—Zr/10 构造背景判别图中(图 2d), 滴道组样品落入活动大陆边缘区(一例落入被动大陆边缘), 城子河组砂岩—泥岩落入活动大陆边缘与大陆岛弧之间; 穆棱组样品大部分为活动大陆边缘; 东山组样品落入活动大陆边缘构造环境。

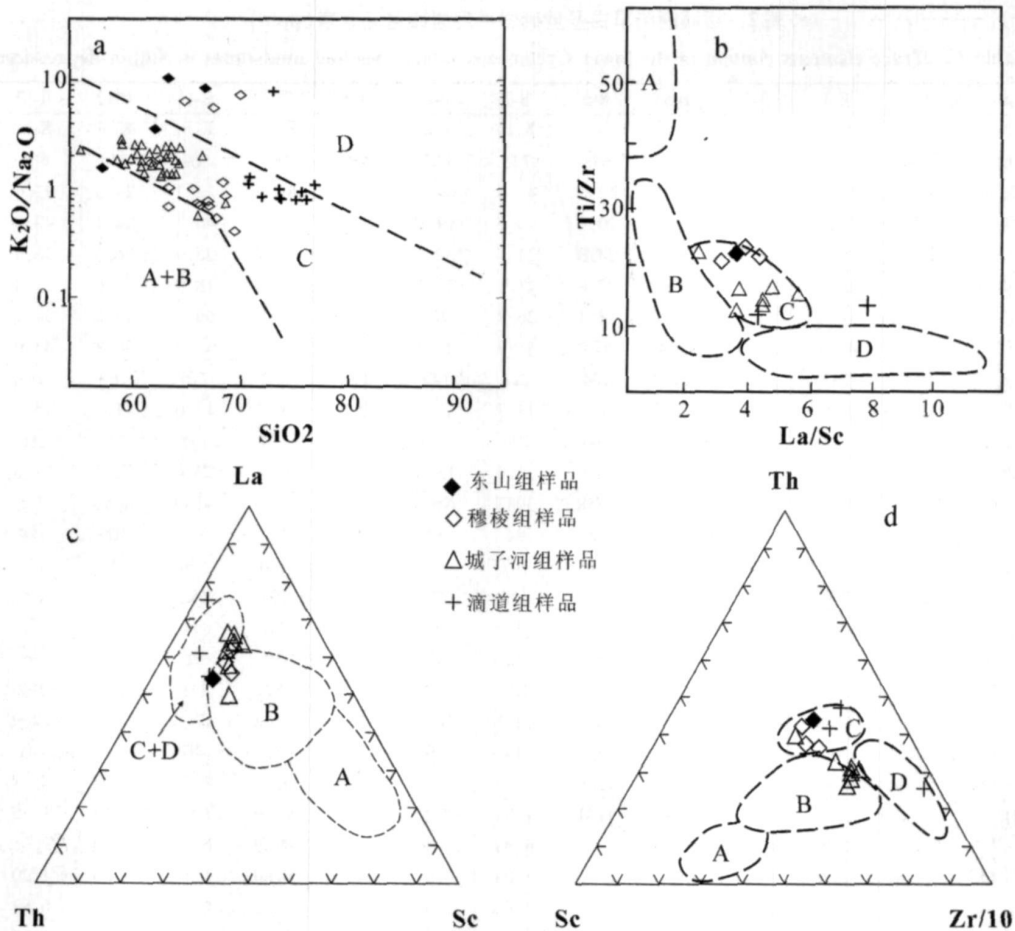


图 2 绥滨断陷早白垩世砂岩—泥岩地球化学构造背景判别图

(a) 砂岩  $K_2O/N_2O-SiO_2$  图解 (据 Rose 等, 1986<sup>[4]</sup>), (b) 砂岩—泥岩  $Ti/Zr-La/Sc$  图解 (据 Bhatia 等, 1986<sup>[5]</sup>), (c) 砂岩—泥岩  $La-Thr-Sc$  图解 (据 Bhatia 等, 1986<sup>[5]</sup>), (d) 砂岩—泥岩  $Thr-Sc-Zr/10$  图解 (Murphy 等, 2000<sup>[6]</sup>); A: 大洋岛弧, B: 大陆岛弧, C: 活动大陆边缘, D: 被动大陆边缘

Fig 2 Diagram of tectonic setting discrimination for the lower Cretaceous sandstones and mudstones in Subin depression

综合分析砂岩—泥岩的各种构造判别结果, 可以认为绥滨拗陷下白垩统滴道组构造背景为活动大陆边缘, 城子河组构造背景为从活动大陆边缘向大陆岛弧的过渡, 穆棱组源区则显示从大陆岛弧向活动大陆边缘过渡的构造背景, 东山组的构造背景为活动大陆边缘。

## 5 物源区分析

指示碎屑岩源区分析的指标中, 稀土元素配分模式<sup>[8,9]</sup>是最可靠的指示器。源自上地壳的稀土元素具有富集轻稀土、重稀土含量稳定, 高的 LREE/HREE 和负的 Eu 元素异常等特征<sup>[10-13]</sup>。绥滨拗陷南部下白垩统各组地层样品的稀土元素经过球粒陨石<sup>[7]</sup>均一化之后, 表现为轻稀土富集、重稀土含量均一和 Eu

元素具明显的负异常, 与上地壳中稀土元素的分布形态几乎完全一致 (图 3), 显示其原岩物质应来自上地壳。微量元素经上地壳平均值<sup>[14]</sup>标准化后, 显示样品与上地壳微量元素平均值含量相似 (图 4), 同样反映碎屑岩源区物质来自于上地壳, 但是滴道组 Ba、Nb、Sr 明显的亏损, Rb、Th、Zr 富集, 与广泛分布于绥滨拗陷南侧的 A 型花岗岩<sup>[15]</sup> 具有明显的相似性; 城子河组与穆棱组, Ba、Nb、Sr 亏损, Rb、Th、Zr 虽然也富集, 但程度较滴道组弱, 显示源区有其它类型岩石的加入。通过分析砂岩的主量元素、微量元素和稀土元素的地球化学特征和构造判别图解, 研究区滴道组砂岩—泥岩构造背景为活动大陆边缘, 城子河组、穆棱组、构造背景为从活动大陆边缘向大陆弧的转换, 东山组砂岩反映源区为活动大陆边缘。因此, 绥滨拗

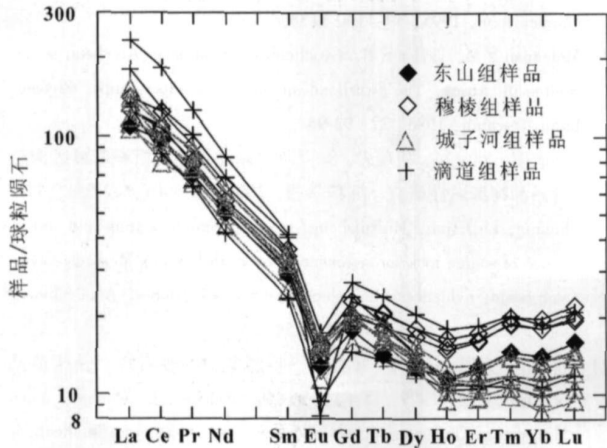


图 3 绥滨断陷早白垩世砂岩—泥岩稀土分配模式  
(标准化据: Taylor等, 1985<sup>[7]</sup>)

Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns of the lower Cretaceous sandstones and mudstones in Suibin depression

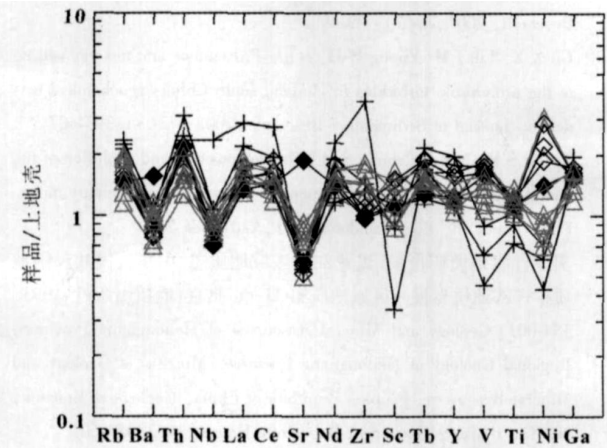


图 4 绥滨断陷早白垩世砂岩—泥岩微量元素蛛网图

Fig. 4 Trace element spider diagram of the the lower Cretaceous sandstones and mudstones in Suibin depression  
(上地壳标准化值引自 Taylor等 1981<sup>[4]</sup>)

陷南部早白垩世砂岩—泥岩的构造背景和地球化学特征与其南部的桦南隆起和东南部的宝清地体非常的相似<sup>[15]</sup>。同时绥滨拗陷南部滴道组岩相古地理图显示研究区从南向北发育冲积扇相(图 5)、(扇)三角洲相,地震主测线和联络测线的地震剖面前积反射结构以及野外实测的古水流方向也显示该时期水流方向为从南向北;城子河组、穆棱组和则发育三角洲前缘、滨浅湖相,古水流方向从东南向西北。滴道组冲积扇相砾岩砾石成分主要为花岗质砾石、泥砾等,镜下观察滴道组岩屑成分主要为安山岩等中酸性火山岩,这与滴道组内伴随多次火山作用有关;城子河组、穆棱组岩屑成分主要为沉积岩。以上分析揭示滴道组时期三江盆地绥滨拗陷处于断陷阶段,其物源主

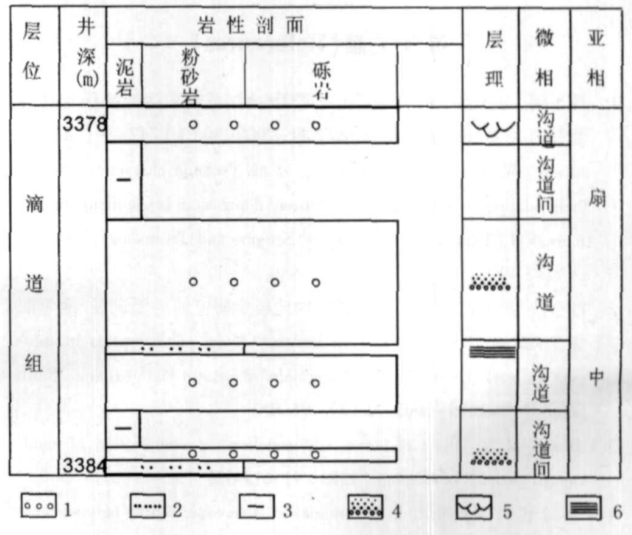


图 5 滨参 1 井冲积扇沉积相

1 砾岩, 2 粉砂岩, 3 泥岩, 4 递变层理, 5 大型槽状交错层理, 6 平行层理

Fig. 5 Sedimentary profile of the alluvial fan in Well Binca n1  
要来自于盆地南部的桦南隆起;城子河组与穆棱组时期盆地进入拗陷阶段,湖盆范围不断扩大,这一时期黑龙江省东部盆地群可能形成相互连通的统一盆地,绥滨拗陷南部物源区东移,具有大陆岛弧性质的宝清地体<sup>[15]</sup>及东三江隆起区成为主要物源区。此后盆地抬升剥蚀,东山组时期盆地二次断陷。

## 6 结论

(1) 黑龙江省三江盆地绥滨拗陷滴道组构造背景为活动大陆边缘,城子河组构造背景为从活动大陆边缘向大陆岛弧的过渡,穆棱组源显示从大陆岛弧向活动大陆边缘过渡的构造背景,东山组的构造背景为活动大陆边缘。绥滨拗陷下白垩统砂岩的构造背景表明盆地的构造演化经历了一个完整的旋回。

(2) 黑龙江省三江盆地绥滨拗陷下白垩统滴道组砂岩—泥岩与城子河组、穆棱组和东山组砂岩—泥岩组合的主量元素、稀土元素均存在明显的差别,显示其物源区存在明显差异。

(3) 综合分析黑龙江省三江盆地绥滨拗陷下白垩统砂岩—泥岩地球化学特征其反映的构造背景、结合沉积相特点、古水流方向以及岩屑特征,认为滴道组物源主要来自盆地南部的桦南隆起;城子河组、穆棱组和东山组其物源来自于拗陷的东南部的宝清地体和东三江隆起区。

(4) 绥滨拗陷南部早白垩世碎屑岩物源区的确定为黑龙江东部盆地群的演化提供了可靠的证据。

## 参考文献 (References)

- 1 马小刚, 王东坡, 薛林福, 等. 三江盆地缓滨拗陷构造特征及其与油气的关系. 长春科技大学学报, 2000, 30 (1): 47-49 [Ma Xiaogang, Wang Dongpo, Xue Linfu, *et al.* Tectonic characteristics and their relation to oil and gas of Subin depression in Sanjiang basin. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2000, 30 (1): 47-49]
- 2 沙金庚. 黑龙江东部早白垩世生物地层学研究的主要进展. 地学前缘, 2002, 9 (3): 96-100 [Sha Jingeng. Major achievements in studying the early Cretaceous biostratigraphy of eastern Heilongjiang. Earth Science Frontiers, 2002, 9 (3): 96-100]
- 3 Bhatia M R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. Journal of Geology, 1983, 91: 615-625
- 4 Roser B P, Korsch R J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using  $SD_2$  content and  $K_2O/Na_2O$  ratio. Journal of Geology, 1986, 94: 634-649
- 5 Bhatia M R, Crook K A. Trace-element characteristics of gray-wackes and mudrocks: Provenance tectonic setting discrimination of sedimentary Basin. Sedimentary Geology, 1986, 92: 181-193
- 6 Murphy J B. Tectonic influence on sedimentation along the southern flank of the late Paleozoic Megadalen basin in the Canadian Appalachians: Geochemical and isotopic constraints on the Horton Group in the St. Marys basin. Nova Scotia Geological Society of America Bulletin, 2000, 112: 997-1010
- 7 Taylor S R, McLennan S M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Oxford London: Blackwell scientific Publication, 1985. 100-301
- 8 McLennan S M, Hammings S R, Taylor S R, *et al.* Early Proterozoic crustal evolutions: geochemical and Nb-Pb isotopic evidence from metasedimentary rocks, southwestern North American. Geological Conference Acta, 1995, 59: 1160-1178
- 9 McLennan S M, Taylor S R. Geochemical evolution of African shales from south Africa: The Swaziland and Pongola supergroups. Precambrian Research, 1983, 22: 93-94
- 10 李志明, 刘家军, 胡瑞忠, 等. 兰坪中新生代盆地沉积岩源区构造背景和物源属性研究. 沉积学报, 2003, 21 (4): 547-551 [Li Zhi-ming, Liu Jiajun, Hu Ruizhong, *et al.* Tectonic setting and provenance of source rock for sedimentary rocks in Lanping Mesozoic-Cenozoic basin: evidences from geochemistry of sandstones. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21, (4): 547-551]
- 11 邵磊, 李文厚, 袁明生. 吐鲁番—哈密盆地的砂岩特点及构造意义. 沉积学报, 1999, 17 (1): 96-99 [Shao Lei, Li Wenhou, Yuan Mingsheng. Characteristic of sandstones and its tectonic implications of the Turpan basin. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17 (1): 96-99]
- 12 Shao L, Statterger K, Garg-Schoenberg C D. Sandstone petrology and geochemistry of the Turpan Basin (NW China): implications for the tectonic evolution of a continental basin. Journal of Sedimentary Research, 2001, 71 (1): 39-49
- 13 Gu X X, Liu J M, Zheng M H, *et al.* Provenance and tectonic setting of the Proterozoic turbidites in Hunan, south China: geochemical evidence. Journal of Sedimentary Research, 2002, 72 (3): 393-407
- 14 Taylor S R, and McLennan S M. The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. Phil Trans R. Soc. London, 1981, A301: 381-399
- 15 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—区域地质第 33 号. 北京: 地质出版社, 1993. 354-601 [Geology and Mineral Resources of Heilongjiang Province. Regional Geology of Heilongjiang Province. Ministry of Geology and Mineral Resources, People's Republic of China. Geological Memoirs No. 33. Beijing: Geological Publishing House, 1993. 354-601]

## Provenance of Lower Cretaceous Clastic Rocks in Subin Depression Heilongjiang Province and Its Tectonic Significance

WANG Wei-tao LIU Zhao-jun HE Yu-ping CHEN Xiu-yan

(Geosciences College Jilin University, Changchun 130061)

**Abstract** Lower Cretaceous of Subin depression includes Dilao, Chengzhe, Muleng and Dongshan Formations. The geochemical compositions of sandstones and mudstones in Subin depression, Sanjiang basin reveal the tectonic settings in the different epochs. Dilao Formation mainly represents active continental margin but the rocks of Chengzhe and Muleng indicate the transition from continental island to active continental margin. Dongshan Formation expresses active continental margin. Combined with ancient direction of waterflow, the characteristic of the facies of sedimentary rocks and lithic fragments, it is referred that the provenance of Dilao Formation located in the south of the Subin depression and the provenance of Chengzhe, Muleng and Dongshan Formations in the southeast of the Subin depression. The primary materials of sedimentary rocks should come from the upper crust. This provides strong geochemical evidence for realizing the evolution of basins of eastern Heilongjiang province correctly.

**Key words** geochemistry, tectonic setting, provenance analysis, Subin depression, Heilongjiang province