

大兴安岭北段泥盆系泥鳅河组地球化学特征及沉积环境

张海华¹,徐德斌²,张 扩²

(1. 沈阳地质矿产研究所/中国地质调查局 沈阳地质调查中心 辽宁 沈阳 110034 ;2. 中国地质大学 北京 100083)

摘 要 通过对大兴安岭北段泥盆系泥鳅河组岩石组合特征和碎屑岩样品地球化学的分析,对泥鳅河组沉积环境进行了分析研究。泥鳅河组岩性为石英杂砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩、板岩等。样品中 Al_2O_3 的含量较高(3.74%~17.13%),即泥质矿物含量较多,碎屑岩的成熟度较低,反映沉积物为近物源堆积。稀土、微量元素地球化学性质分析显示,碎屑物质为长英质物源区,铕具有明显的亏损, δEu 为 0.65~0.73,Ce 具有较弱的异常, δCe 介于 0.87~0.94 间,Tb/Yb 介于 0.30~0.37 之间,La/Th 在 2.84~6.73 范围内,Th/U 比值介于 3.53~5.38 之间。稀土元素分布曲线总体呈现右倾形式,轻稀土富集,重稀土分布平坦,与典型的上地壳相似。因此,泥鳅河组岩性成熟度相对较低,沉积环境为滨浅海,沉积体系可进一步划分为扇三角洲及滨浅海相。

关键词 大兴安岭北段 泥鳅河组 地球化学 沉积环境 泥盆系

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2014.04.002

GEOCHEMICAL CHARACTERISTIC AND SEDIMENTARY ENVIRONMENT OF THE DEVONIAN NIQUHE FORMATION IN NORTHERN DAXINGANLING RANGE

ZHANG Hai-hua¹, XU De-bin², ZHANG Kuo²

(1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang 110034, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract : Based on the study of rock assemblage with geochemical analysis of clastic rock samples, the sedimentary environment of Devonian Niquhe Formation is researched. Lithologically, the Niquhe Formation includes quartz greywacke, siltstone, silty slate and slate. The high Al_2O_3 content (3.74%–17.13%), i.e. more clay mineral content, means the low maturity of clastic rocks, reflecting that the sediment is accumulated near the source. The geochemical analysis of rare earth and trace elements indicates that the detrital material is from feldspar and quartz areas. Eu is of obviously deficient, with δEu between 0.65 and 0.73. Ce is slightly abnormal, with δCe from 0.87 to 0.94. Tb/Yb value is 0.30–0.37. La/Th is in the range of 2.84–6.73. Th/U is 3.53–5.38. REE distribution patterns generally show rightward incline, with enriched LREE and flat HREE, which is similar to those of the typical upper crust source. It is concluded that the maturity of Niquhe Formation is relatively low, with a sedimentary environment of offshore shallow sea. The depositional system can be subdivided into fan delta and shore-shallow marine facies.

Key words : Northern Daxinganling; Niquhe Formation; geochemistry; sedimentary environment; Devonian

大兴安岭地区晚古生代的沉积环境一直以来争议较多,基于对大地构造属性认识的不同,导致对沉积环境的认识亦有所差异。以海槽沉积的观点认为,华北板块与西伯利亚板块从古至今为一体,没有经历

大规模的位移与碰撞,晚古生代为固定的海槽背景^[1];有资料指出位于大兴安岭地区及乌奴耳地区,泥盆系地层岩性主要为碳酸盐岩及含放射虫的硅质岩,含有基性火山岩和细碧角斑岩,为活动陆缘弧后裂陷槽性质^[2];

收稿日期 2013-07-17,修回日期 2013-08-22,编辑 张哲。

基金项目:中国地质调查局项目“内蒙古 1:5 万哈布气林场等四幅区域地质调查”(编号 1212011120663)、“内蒙古 1:25 万牙克石市、苏格河、阿尔山(1/2)幅区调修测”(编号 1212011120657)、“东北地区晚古生代以来构造演化特征综合研究”(编号 1212011121085)、“古亚洲洋构造体制与滨太平洋构造体制叠加转变综合调查和研究”(编号 1212011085473)资助。

作者简介:张海华(1986—),男,硕士,主要从事含油气盆地沉积学研究,通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河北大街 280 号, E-mail:zhanghaihua311@163.com

另有资料指出, 东北及其邻区于早古生代末至晚古生代初期已经与华北板块拼合, 晚古生代时期为裂陷槽发育的时期^[3]; 持岛弧及弧后盆地的观点认为, 额尔古纳-兴安微板块与松嫩-佳木斯微板块沿贺根山-嫩江一带于奥陶纪开始发生碰撞拼合, 结束于泥盆纪末到早石炭世, 此时泥盆系为岛弧及弧后盆地火山沉积建造^[4]; 大陆边缘沉积观点, 即在佳-蒙地块的认识上, 依据古生物地理学、岩石地层学、变质地质学、构造地质学等方面的研究中提出: 以东乌旗-伊尔施-扎兰屯-黑河为界, 分出佳-蒙地块的两套大陆边缘沉积, 泥盆纪为大陆边缘沉积^[5-9]。本文通过对牙克石地区泥盆系泥鳅河组岩性组合、主量元素、微量元素以及稀土元素的分析, 对该区泥鳅河组沉积环境进行研究探讨, 进而为泥鳅河组时期的沉积环境分析提供依据。

1 地质背景

研究区位于大兴安岭北部华北板块和西伯利亚板块的碰撞拼合部位, 其地质发展史具有特殊性和复杂性, 历来为地质学家所关注, 古生代泥盆纪属于古亚洲洋构造域, 斜贯研究区中部的头道桥-乌奴尔断裂带是一条重要的构造带, 控制了本区前中生代的地质演化进程。泥盆系泥鳅河组是由日人矢部长克等(1942)于黑龙江省爱辉县泥鳅河地区建立。《内蒙古岩石地层》(1996)认为原骆驼山组、乌奴尔组(碎屑岩组)、霍龙门组、北矿组、查干敖包庙组、巴润特花组、敖包亭浑迪组、温多尔敖包特组均为该组同物异名, 并定义岩性为灰绿色、黄绿色、灰黑色长石石英砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、凝灰质粉砂岩夹生物碎屑灰岩、珊瑚礁灰岩透镜体, 其海侵方向由东北向西南侵入。研究区内该组地层分布于苏格河幅六十四米桥、乌奴尔、扎敦河林场一带(图1), 大致呈北东向展布, 厚度为1000~3000 m, 总体为复杂的向上变细的海进式层序, 地层中产腕足、珊瑚类化石, 与下伏中下奥陶统伊希康河组为不整合接触。泥鳅河组可分为2个段和1个非正式填图单位, 主要为灰绿色中薄层变质细粒长石石英砂岩、杂砂岩、灰色、深灰色、黄绿色、深褐灰色泥质、钙质板岩及粉砂岩, 中间夹有碳酸盐岩沉积。该套碳酸盐岩以往被划分为乌奴尔组礁灰岩。

2 地层序列及岩石学特征

此次研究将泥鳅河组划分为3个岩性段: 一段、二段和中间所夹的乌奴尔礁灰岩。

泥鳅河组一段主体为石英砂岩与粉砂质板岩互



图1 研究区泥盆系地层分布图

Fig. 1 Distribution of Devonian strata in the study area

1—大民山组火山凝灰岩、凝灰质细砂岩、硅质岩(volcanic tuff, tuffaceous fine sandstone and siliceous rock, D_{2-3d}); 2—乌奴尔组钙质砂岩、亮晶灰岩、粉砂质泥岩(calcareous sandstone, limestone and silty mudstone, D_{1-2el}); 3—泥鳅河组石英砂岩、粉砂质泥岩、绢云板岩、粉砂岩(quartz sandstone, silty mudstone, slate and siltstone, D_{1-2n}); 4—剖面位置(profile position)

层。下部为中薄层变质细粒石英砂岩、薄层粉砂质板岩构成多个韵律, 向上沉积物的粒度变细, 泥质含量增加, 主要为薄层板岩夹粉砂质板岩; 中部多为紫红色中薄层粉砂质板岩与薄层粉砂质板岩和薄层板岩互层; 上部为杂色变质细粒砂岩与薄层粉砂质板岩互层。粉砂质板岩及板岩向上有增厚的趋势(图2)。下部的石英砂岩多为岩屑石英杂砂岩, 岩石主要由砂级碎屑、填隙物组成, 砂级碎屑为长石、石英、岩屑, 大小混杂, 一般0.05~0.1 mm, 部分0.1~0.25 mm, 次棱角状为主, 磨圆和分选均不好(图3); 上部的石英砂岩碎屑颗粒为次棱角状一次圆状, 碎屑为长石、石英、岩屑, 大小一般0.05~0.25 mm(细), 部分0.25~0.5 mm(中), 少量0.02~0.05 mm(粉砂), 岩屑为硅质岩及绢云板岩, 分选不好(图4)。

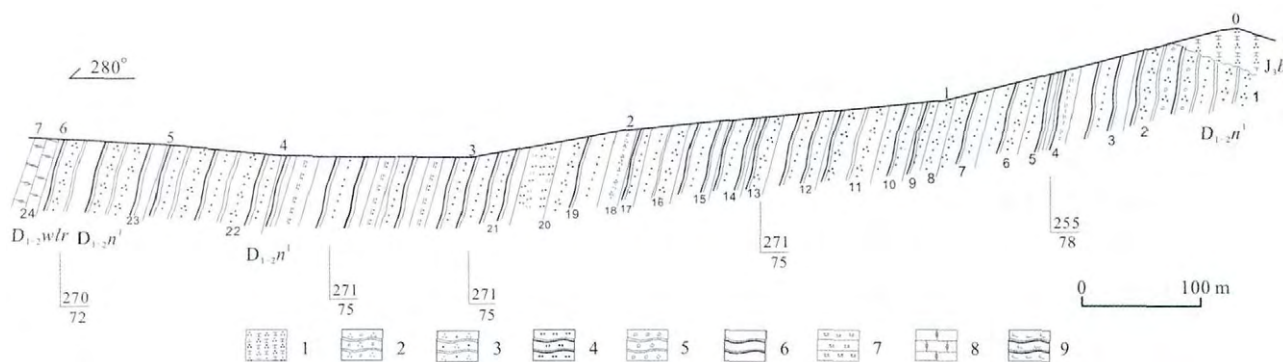


图2 牙克石地区泥盆系中下统泥鳅河组一段实测剖面图

Fig. 2 Profile of the First Member of Niquihe Formation in Yakeshi area

1—石英粗面岩(quartz trachyte) 2—变质石英细砾岩(metamorphic quartz granule conglomerate) 3—变质细粒石英砂岩(metamorphic fine quartz sandstone); 4—粉砂质板岩(silty slate); 5—变质中细砾岩(metamorphic middle granule conglomerate) 6—板岩(slate) 7—硅质岩(siliceous rock) 8—泥晶灰岩(micrite) 9—钙质板岩(calcareous slate)

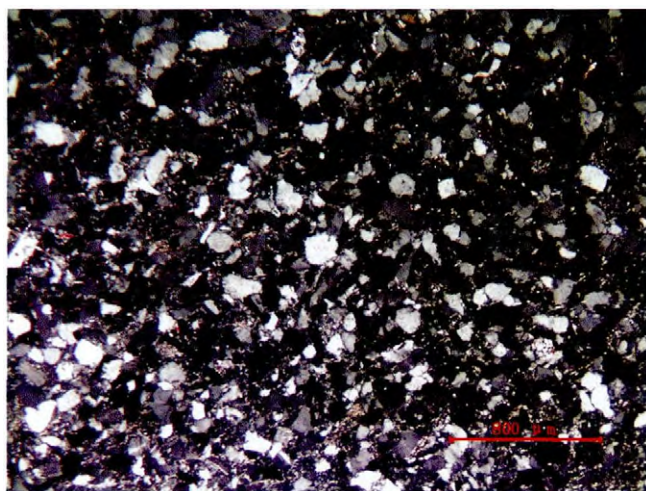


图3 P2-2b1 变质细粒岩屑石英杂砂岩(正交偏光)

Fig. 3 Metamorphic fine lithic quartz graywacke (orthogonal polarization)

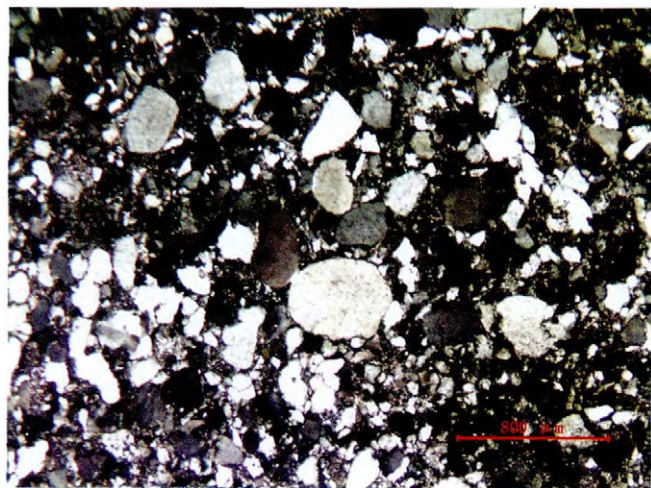


图4 P2-16b1 变质中细粒石英杂砂岩(正交偏光)

Fig. 4 Metamorphic medum-grained quartz greywacke (orthogonal polarization)

乌奴耳礁灰岩为夹在泥鳅河组内部的一套灰岩。下部为泥晶灰岩、生物碎屑灰岩夹钙质板岩,生物碎屑灰岩中可见正递变层理;中部发育灰质角砾岩、含珊瑚泥晶灰岩,灰色厚层块状灰质角砾岩与灰色、灰褐色中层状泥晶灰岩与钙质板岩互层,角砾岩向上减薄;上部发育厚层块状灰质角砾岩及生物碎屑灰岩,其中灰岩层中夹有少量的薄层状钙质板岩与薄层状中细粒石英砂岩(图5)。灰岩中生物碎屑广泛发育。

泥鳅河组二段下部为灰褐色厚层块状变质中细粒石英砂岩夹中薄层变质粉砂岩、薄层状粉砂质板岩等;中部为厚层块状硅化变质中细粒石英砂岩,局部见底砾岩,向上过渡为灰褐色中厚层状变质细粒石英砂岩夹中薄层粉砂质板岩,砂岩中发育低角度冲刷层理构造;上部为灰褐色中层状变质细粒石英砂岩,向上过渡为中层状变质细粒石英砂岩、石英杂砂岩与薄层状粉砂质板岩互层(图6)。石英杂砂岩主要由砂级碎屑、填隙物组成,砂级碎屑为石英、岩屑,大小一般0.25~0.5 mm(中),部分0.5~2 mm(粗),少部分0.1~0.25 mm(细),次圆—圆状为主,部分次棱角—次圆状,定向分布。岩屑为硅质岩、绢云板岩、细粒石英砂岩,部分颗粒磨圆度较好(图7)。该段总体上表现与一段相似,向上碎屑岩的粒度变细,为一套海进式的层序。

泥鳅河组垂向上为一套滨浅海相碎屑岩夹一套碳酸盐的沉积,碎屑岩经历了轻微的变质,其中碳酸盐为生物礁灰岩,碎屑岩呈现下部较粗,向上变细的复杂海进式规律叠加。

3 地球化学分析

大量的研究表明,岩石在各种不同的构造、沉积背

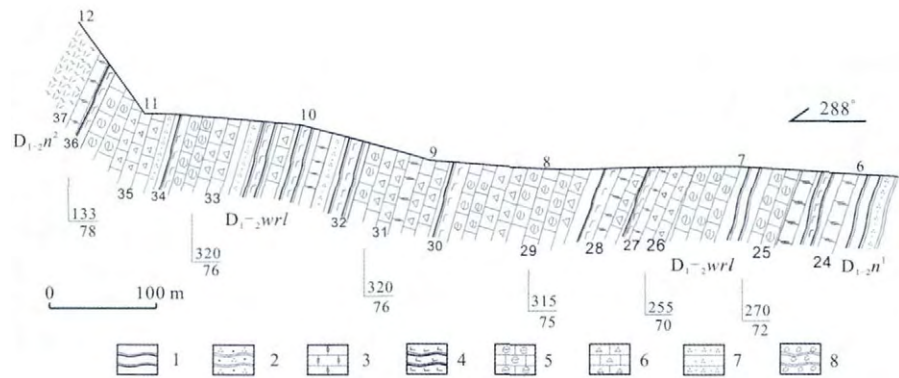


图 5 牙克石地区泥盆系中下统泥鳅河组乌奴尔礁灰岩实测剖面图

Fig. 5 Profile of the reef limestone of Lower-Middle Devonian Niquihe Formation in Wunuer, Yakeshi area

1—板岩(slate) 2—中细粒变质石英砂岩(medium-fine metamorphic quartz sandstone) 3—泥晶灰岩(micrite) 4—钙质板岩(calcareous slate) 5—生物碎屑灰岩(bioclastic limestone) 6—灰质角砾岩(lime breccia) 7—中细粒石英砂岩(medium-fine quartz sandstone)

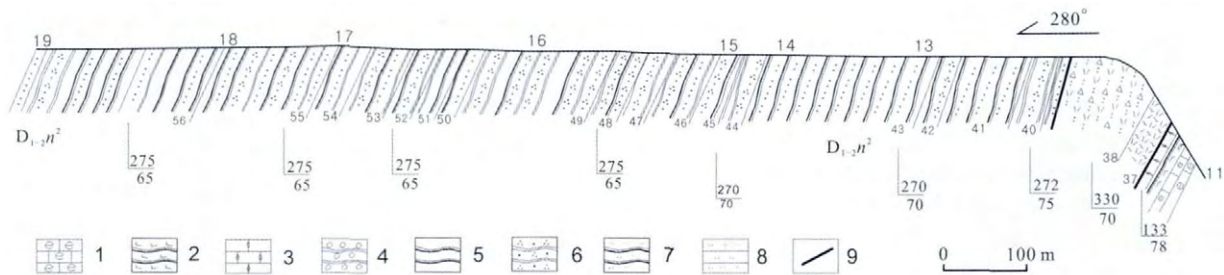


图 6 牙克石地区泥盆系中下统泥鳅河组二段实测剖面图

Fig. 6 Profile of the Second Member of Niquihe Formation in Yakeshi area

1—生物碎屑灰岩(bioclastic limestone) 2—钙质板岩(calcareous slate) 3—泥晶灰岩(micrite) 4—变质中细砾岩(metamorphic middle granule conglomerate) 5—板岩(slate) 6—中细粒变质石英砂岩(medium-fine metamorphic quartz sandstone) 7—粉砂质板岩(silty slate) 8—粉砂岩(siltstone) 9—断层(fault)

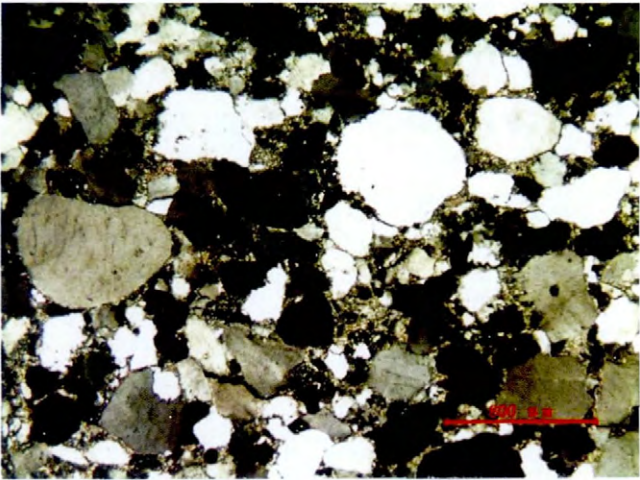


图 7 P2-47b1 变质粗中粒石英杂砂岩(正交偏光)

Fig. 7 Metamorphic coarse-grained quartz greywacke (orthogonal polarization)

景下其主量及稀土、微量元素的含量及组合有着明显的区别. 本次研究于剖面中采集了碎屑岩主、微量元素测试样品, 样品测试等工作在河北省区域地质矿产调

查研究所实验室完成. 研究区岩石样品主量、稀土和微量元素分析结果见表 1、2、3.

表 1 牙克石地区泥盆系泥鳅河组地层主量元素分析结果
Table 1 Contents of major elements in Niquihe Formaion in Yakeshi area

样品号	P2-8b1	P2-16b1	B007	P2-2b1	P2-47b1
岩性	含粉砂质绢云板岩	变质中细粒石英杂砂岩	细粒长石岩屑砂岩	变质细粒岩屑石英砂岩	变质中细粒石英杂砂岩
SiO ₂	65.02	86.56	71.14	82.21	92.62
Al ₂ O ₃	17.13	7.2	14.71	9.61	3.74
TiO ₂	0.76	0.28	0.71	0.38	0.14
Fe ₂ O ₃	4.06	0.63	0.73	1.21	0.55
FeO	3.09	1.02	4.53	1.46	0.36
CaO	0.52	0.25	0.89	0.24	0.76
MgO	3.56	0.87	2.38	0.99	0.55
K ₂ O	3.33	1.05	2.21	1.44	1.08
Na ₂ O	2.29	2.04	2.45	2.32	0.14
MnO	0.09	0.02	0.07	0.02	0.02
P ₂ O ₅	0.15	0.09	0.17	0.12	0.05
总和	100	100	100	100	100

含量单位 % (质量分数).

表 2 牙克石地区泥盆纪泥鳅河组地层微量元素分析结果
Table 2 Contents of trace elements in the Niquihe Formation in Yakeshi area

样品号	P2-8b1	P2-16b1	B007	P2-2b1	P2-47b1
岩性	含粉砂质 绢云板岩	变质中细粒 石英杂砂岩	细粒长石 岩屑砂岩	变质细粒岩 屑石英砂岩	变质中细粒 石英杂砂岩
Rb	134.2	34.21	80.53	53.54	36.9
Ba	339.64	107.37	265.34	183.17	97.7
Th	10.48	3.39	11.01	6.73	4.64
U	2.16	0.96	2.58	1.25	1.16
Nb	11.25	2.38	5.82	3.84	1.65
Ta	1.01	0.25	0.57	0.38	0.15
Pb	12.59	3.48	15.17	7.12	2.92
Sr	54.15	67.96	78.49	60.76	29.79
Zr	125.62	127.45	158.43	127.09	121.18
Hf	4.2	4.6	6.01	4.43	4.53
Cr	121.4	40	91.77	69.4	29.58

含量单位 : 10^{-6} .

表 3 牙克石地区泥盆纪泥鳅河组地层稀土元素分析结果
Table 3 Contents of rare earth elements in the Niquihe Formation in Yakeshi area

样品号	P2-8b1	P2-16b1	B007	P2-2b1	P2-47b1
岩性	含粉砂质 绢云板岩	变质中细粒 石英杂砂岩	细粒长石 岩屑砂岩	变质细粒岩 屑石英砂岩	变质中细粒 石英杂砂岩
La	29.74	22.81	42.55	25.15	18.23
Ce	57.38	40.66	78.72	46.29	31.66
Pr	6.96	4.99	9.39	5.53	4.04
Nd	28.61	20.6	38.31	22.74	16.4
Sm	6.03	3.78	7.57	4.25	2.88
Eu	1.33	0.76	1.6	0.96	0.55
Gd	5.1	2.98	6.41	3.66	2.18
Tb	0.96	0.51	1.09	0.63	0.37
Dy	5.38	2.62	5.63	3.42	1.9
Ho	1	0.47	1.04	0.67	0.35
Er	2.87	1.47	2.86	1.75	0.99
Tm	0.51	0.26	0.47	0.3	0.16
Yb	3.15	1.66	2.92	1.94	1.1
Lu	0.53	0.3	0.5	0.36	0.21
Y	26.86	12.75	25.93	17.26	9.56
ΣREE	149.53	103.85	199.07	117.66	81.02
LREE	130.05	93.6	178.15	104.93	73.75
HREE	19.49	10.25	20.92	12.73	7.27
L/H	6.67	9.13	8.52	8.24	10.15
(La/Yb) _N	6.77	9.88	10.45	9.31	11.86
δEu	0.71	0.67	0.69	0.73	0.65
δCe	0.94	0.89	0.92	0.92	0.87

含量单位 : 10^{-6} .

3.1 碎屑岩主量元素地球化学特征

以下分析的样品均采自泥鳅河组地层,样品中的

灼失量已经扣除,进行了重新换算.研究区泥盆系样品中 SiO_2 的含量较高,介于 65.02%~92.62%,平均约为 80%,低于典型的石英砂岩^[10],砂质岩石的 Al_2O_3 的值较高,介于 3.74%~17.13%之间; TiO_2 的含量为 0.14%~0.76%,平均为 0.43%; FeO 的含量为 0.36%~4.53%,平均为 1.29%; Fe_2O_3 为 0.55%~4.06%,平均为 1.31%; MgO 的含量为 0.55%~3.56%,平均为 2.36%; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为 0.52~36.97; $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})$ 比值为 1.38~55.73,跨度较大. $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比值可以用来衡量碎屑沉积物成熟度的高低^[11], $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 的变化范围在 0.04~0.20,高于典型的石英砂岩.沉积物随着搬运距离的增加,稳定组分 SiO_2 的含量逐渐增加,而 Al_2O_3 等组分逐渐减少.搬运距离越近, SiO_2 的含量越低,而 Al_2O_3 的含量一般较高,研究区具有高的 Al_2O_3 值.总地来讲,区内发育的砂岩总体上为岩屑砂岩、长石砂岩及石英杂砂岩,成熟度较低,揭示沉积物没有经过长距离的搬运,距物源区较近.

3.2 微量元素地球化学特征

La、Co、Th、Zr、Hf、Ti、Nd、Y 属于活动性较低的元素,其在海水中有较短的停留时间,在风化、剥蚀、搬运、沉积等地质过程中能转移到沉积物中,因而可用这些元素的组合特征来确定物源区类型及构造环境^[12-14].微量元素中 Th/U 的比值介于 3.52~5.38 间,Ba/Sr 在 1.58~6.27 之间,Rb/Sr 为 0.5~2.48,这几组元素的比值都高于或等于上地壳中的含量(地壳中分别为 3.8、1.57、0.32).从微量元素蛛网图上可以看出,岩石样品具有大致相似的微量元素分布形式(图 8),都以亏损 Nb、Ta、Sr、P、Ti,富集 Rb、Ba、K、La、Ce、Pb、Nd、Sm 等为特征.从上述微量元素特征可看出,研究区泥鳅河组地层是以上地壳中的长英质岩石的源区为主,经过剥蚀、搬运、沉积的产物.

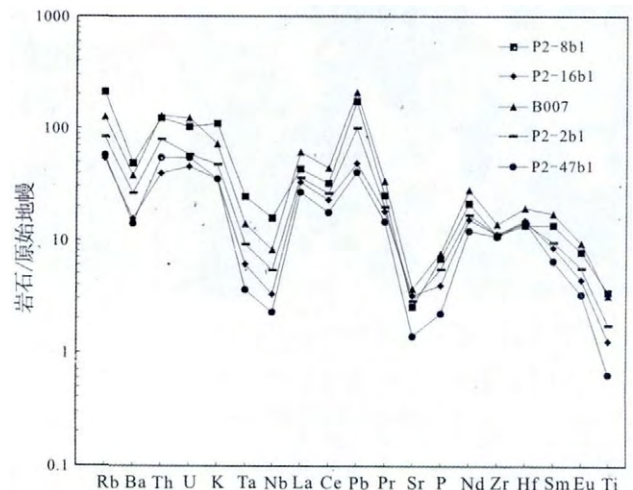


图 8 碎屑岩微量元素标准化模式图

Fig. 8 Clastic rock trace elements diagram

3.3 稀土元素分析

碎屑岩中稀土元素的含量主要是由物源区的岩石成分决定的。稀土元素具有不可溶的性质, 在水体中含量极低, 在搬运的过程中主要是以碎屑颗粒方式搬运的, 受成岩作用的影响较小, 故可作为物源区的一个重要的示踪^[12, 15-18]。

研究区稀土元素分析结果见表3和图9、10。岩石中稀土元素总量为 $199.07 \times 10^{-6} \sim 81.02 \times 10^{-6}$, 平均为 120.97×10^{-6} 。富集轻稀土, LREE 含量为 $178.15 \times 10^{-6} \sim 73.75 \times 10^{-6}$, HREE 含量为 $20.92 \times 10^{-6} \sim 7.27 \times 10^{-6}$, LREE/HREE 的比值介于 6.67~10.15, 平均为 8.24。La_N/Yb_N 为 6.77~11.86。钕具有明显的亏损, 为负异常 δEu 为 0.65~0.73。Ce 具有较弱的异常 δCe 介于 0.87~0.94 间。从稀土元素标准化分布图(图9)上可以看出, 轻稀土总体

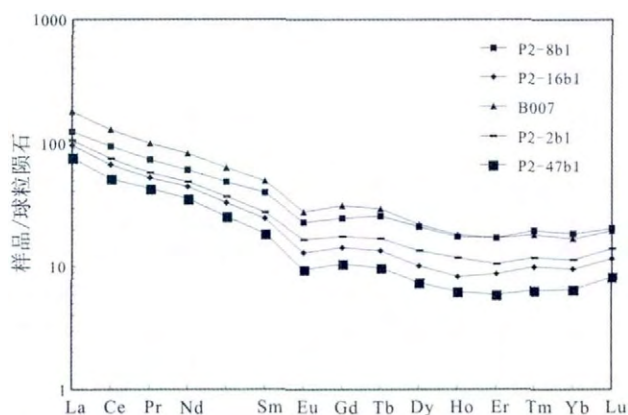


图9 碎屑岩稀土元素标准化模式图

Fig. 9 Standardized REE distribution patterns of clastic rocks

呈现右倾形式富集, 重稀土分布形式较平坦。Eu 具有明显的负异常, Ce 异常不明显且较弱。以上的稀土元素的特征与典型的上地壳相类似^[19]。北美页岩标准化分布形式图(图10)也可以看出, 轻稀土元素相对富集。

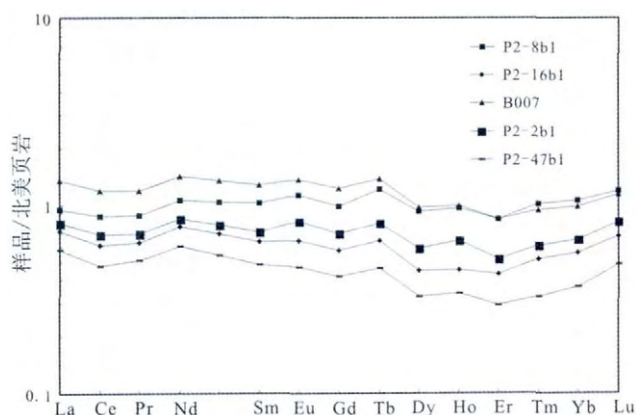


图10 碎屑岩稀土元素北美页岩标准化模式图

Fig. 10 North American shale standardized REE patterns of clastic rocks

随着地壳的演化, 分异作用逐渐进行, 稀土元素总量逐渐增加, Eu 亏损明显且 LREE 富集。

运用 Al_2O_3 与 TiO_2 的比值也可判断沉积物的物源成分, 当 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 小于 14 时, 反映物源为镁铁质岩石; 当比值在 19~28 之间时, 为长英质岩石源区^[20]。研究区泥鳅河组岩石样品中 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 值为 20.72~26.71, 即反映为长英质岩石的物源区。

岩石中 Zr 主要赋存于锆石中, Cr 主要在铬铁矿中赋存, 可用 Cr/Zr 比值来推断钙镁质岩石与长英质岩对沉积碎屑物的相对贡献大小^[21]。研究区泥鳅河岩石样品中 Cr/Zr 值介于 0.24~0.97 之间, 平均为 0.61, 明显小于 1, 即反映了长英质岩物源区。

通过以上主量、稀土、微量元素等地球化学参数的对比分析, 以及岩性组合、岩石学特征等都说明了泥盆纪泥鳅河组为拉张背景下的一套堆积产物, 源区为长英质物源区, 其构造环境类似于被动大陆边缘。

4 沉积环境分析

泥鳅河组一段发育变质细粒石英砂岩、粉砂质板岩、板岩等。由上所述, 石英砂岩多为岩屑石英砂岩, 磨圆和分选均不好。以上分析可知, 该段的碎屑岩的成熟度较低, 且部分岩石呈紫红色、杂色等, 主量元素特征揭示沉积物距物源区较近, 反映干旱气候条件下快速堆积的产物, 为一套扇三角洲沉积。亚相大部分为沉积物较细的扇三角洲前缘沉积。

乌奴尔礁灰岩中发育大量的灰质角砾岩及生物碎屑灰岩等。由剖面可知, 下部主要为礁后湖相、礁核相, 礁核相中发育有大量的生物化石, 中部为礁前滑塌相, 发育灰质角砾岩, 顶部为礁后湖相等。

泥鳅河组二段发育厚层块状变质中细粒石英砂岩、薄层变质粉砂岩、薄层状粉砂质板岩等, 碎屑颗粒以次圆—圆状为主, 分选较差, 砂岩中可见低角度冲刷层理构造。结合以上的分析, 该段主要为滨海、浅海相沉积。

Ce 异常的存在及强弱变化也可以作为沉积环境的一个判别标志^[22-23]。靠近大陆边缘 Ce 负异常不显著, 有时会出现正异常, 变化范围一般在 0.84~0.93。在开阔大洋环境下, Ce 负异常明显, 在 0.56 左右。位于洋中脊附近 Ce 负异常最明显, 为 0.28 左右。由表3可知, 研究区所采沉积岩样品 Ce 异常介于 0.87~0.94 之间, 为很弱的负异常, 从而说明了当时的沉积环境应为靠近大陆边缘的滨浅海。

地壳物质与地幔物质在成分上存在明显的差异,

因此受外界环境影响较小的稀土元素和相对不活泼的元素的比值,能较敏感地反映出沉积盆地沉积时是否有地幔物质的加入^[24-25]。研究区泥鳅河组碎屑岩中铈具有明显的负异常, δEu 值低于0.73,平均值为0.69; Th/Yb 值明显小于1,介于0.30~0.37之间,平均值为0.33; La/Th 值大于2.84,介于2.84~6.73之间,平均值为4.22; Th/U 值大于3.53,介于3.53~5.38之间,平均值为4.41。以上参数特征表明,泥鳅河组沉积盆地应属于滨浅海而非大洋。如果为大洋环境,则其裂解深度已达到地幔,必然有地幔源物质的加入,则上述元素之间的比值将向相反的方向变化, δEu 值增大, Th/Yb 大于1, La/Th 小于2.84, Th/U 小于3.53等。

综合上述,结合碎屑岩主量、微量与稀土元素的分析可得出,泥鳅河组总体为构造活动不强烈、地壳缓慢沉降所形成的一套沉积,主要为扇三角洲和浅海相沉积。泥鳅河组一段主要为扇三角洲环境所形成的一套沉积;乌奴耳礁灰岩为水体加深,陆缘碎屑供应不充分时所形成的一套礁灰岩的沉积,分为礁后、湖相、礁核相及礁前滑塌相沉积;到泥鳅河组二段时滨岸砂体发育,主要为滨浅海相的沉积。

5 结论

1)通过泥鳅河组碎屑岩镜下及主量、微量和稀土元素的分析,泥鳅河组砂岩分选差,磨圆较差,主要为成熟度较低的岩屑砂岩等,为近物源堆积。

2)泥盆系泥鳅河组地层的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 比值、 Cr/Zr 比值及稀土、微量元素特征反映,泥鳅河组地层是以上地壳中的长英质岩石为源区。

3)通过研究,泥鳅河组地层发育岩屑石英杂砂岩、石英杂砂岩、粉砂质板岩、板岩等,不发育或很少发育火山岩,可进一步得出研究区泥鳅河组沉积盆地为滨浅海环境,沉积体系可划分为扇三角洲及滨浅海相。其构造背景类似于被动大陆边缘或裂谷。

参考文献:

- [1]李莉,谷峰.内蒙-吉林亚区早二叠世早期的沉积特征及古地理轮廓[J].中国地质科学院院报,1984,8:170—121.
- [2]张梅生,彭向东,孙晓猛.中国东北区古生代构造古地理格局[J].辽宁地质,1986(2):91—95.
- [3]唐克东.中朝陆台北侧褶皱带构造发展的几个问题[J].现代地质,1989,3(2):195—204.
- [4]李双林,欧阳自远.兴蒙造山带及邻区的构造格局与构造演化[J].海洋地质与第四纪地质,1998,18(3):45—58.
- [5]王成文,孙跃武,李宁,等.中国东北及邻区晚古生代地层分布规律的大地构造意义[J].中国科学:D辑,2009,39(10):1429—1437.
- [6]王成文,孙跃武,李宁,等.东北地区晚古生代地层分布规律[J].地质学杂志,2009,33(1):56—65.
- [7]王成文,金巍,张兴洲,等.东北及其邻区晚古生代大地构造属性新认识[J].地质学杂志,2008,32(2):119—136.
- [8]刘永江,张兴洲,金巍,等.东北地区晚古生代区域构造演化[J].中国地质,2010,37(4):943—951.
- [9]张兴洲,杨宝俊,吴福元,等.中国兴蒙-吉黑地区岩石圈结构基本特征[J].中国地质,2006,33(4):816—823.
- [10]Condie K C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales [J]. Chem Geol, 1993, 104(1/2/3/4): 1—37.
- [11]Roser B P, Korsch R J. Geochemical characterization, evolution and source of a Mesozoic accretionary wedge: The Torlesse terrane, New Zealand [J]. Geological Magazine, 1999, 136(5): 493—512.
- [12]Bhatia M R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones [J]. J Geol, 1993, 91(6): 611—627.
- [13]Bhatia M R, Taylor S R. Trace element geochemistry and sedimentary provinces: A study from the Tasman geosynclines, Australia [J]. Chemical Geology, 1981, 33: 115—125.
- [14]Bhatia M R, Crook K A W. Trace element characteristics of greywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins [J]. Contrib Mineral Petrol, 1986, 92: 181—193.
- [15]Culler R L. The controls on the major and trace-element evolution of shales, siltstones and sandstones of Ordovician to Tertiary age in the Wet mountain region, Colorado, USA [J]. Chemical Geology, 1995, 123: 107—131.
- [16]Savoy L E, Stevenson R K, Mounoy E W. Provenance of upper Devonian-lower Carboniferous miogeoclinal states, Southeastern Canadian Cordillera: Link between tectonics and sedimentation [J]. Journal of Sedimentary Research, 2000, 70: 181—193.
- [17]沈渭洲,舒良树,向磊,等.江西井冈山地区早古生代沉积岩的地球化学特征及其对沉积环境的制约[J].岩石学报,2009,25(10):2442—2458.
- [18]张英利,王宗起,闫臻,等.库鲁克塔格地区新元古代贝义西组的构造环境来自碎屑岩地球化学的证据[J].岩石学报,2011,27(6):1785—1796.
- [19]Taylor S R, McLennan S M. The continental crust: Its composition and evolution [M]. Oxford: Blackwell Scientific, 1985: 312.
- [20]Girty G H, Ridge D L, Knaack C, et al. Provenance and depositional setting of Paleozoic chert and argillite, Sierra Nevada, California [J]. Journal of Sedimentary Research, 1996, 66(1): 107—118.
- [21]Wronkiewicz D J, Condie K C. Geochemistry and provenance of sediments from the Pongola Supergroup, South Africa: Evidence for a 3.0 Ga old continental craton [J]. Geochim Cosmochim Acta, 1989, 53: 1537—1549.
- [22]Fleet A J. Aqueous and sedimentary geochemistry of the rare earth elements [A]//Henderson P, ed. Rare earth element geochemistry. Amsterdam: Elsevier, 1984, 343—421.
- [23]Klinkhammer G, Elderfield H, Hudson A. Rare earth elements in seawater hydrothermal vent [J]. Nature, 1993, 305(5931): 185—188.
- [24]McLennan S M, Taylor S R, McCulloch M T, et al. Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations [J]. Geochim Cosmochim Acta, 1990, 54: 2015—2050.
- [25]于炳松,乐昌硕.沉积岩物质成分所蕴含的地球深部信息[J].地学前缘,1998,5(3):105—112.