内蒙古阿鲁科尔沁旗林西组泥岩地球化学特征及构造意义

张海华，张健，苏飞，黄欣，郑月娟，陈树旺，公繁浩
中国地质调查局沈阳地质调查中心，沈阳，110034

内容提要：阿鲁科尔沁旗陶海营子剖面以灰、灰黑、黄绿色的砂板岩组合为特征，是林西组典型剖面之一，含双壳、叶肢介、植物和孢粉化石，结合碎屑锆石年龄，时代为晚二叠世晚期。本次所研究的林西组样品以暗色泥岩为主，主量元素平均含量 SiO_2 = 62.90%，Al_2O_3 = 16.85%，MgO = 1.78%，CaO = 1.01%，Na_2O = 1.64%，K_2O = 4.0%，K_2O/Na_2O 为 1.10～5.66；$Al_2O_3/(CaO+Na_2O)$ 比值为 3.57～12.69；稀土元素 ΣREE 介于 139.85×10^{-6}～231.65×10^{-6} 之间，平均值为 190.74×10^{-6}，δEu 值介于 0.49～0.87 之间，平均值为 0.61，表现为铕的负异常，Ce 介于 0.91×10^{-6}～0.96×10^{-6} 之间，为负异常，LREE 富集，HREE 亏损，微量元素以亏损 Nb、Ta、Sr，富集 Rb、Ba、La、Ce、Pb、Nd、Sm 为特征。以上分析表明林西组形成于靠近大陆岛弧的活动大陆边缘构造背景。依据碎屑锆石年龄谱值信息，林西组沉积物源具多样性和复杂性，除东北各地块，同时存在华北板块和西伯利亚板块的物源信息，说明林西组沉积时期华北板块与西伯利亚板块可能已经开始俯冲过程。

关键词：阿鲁科尔沁旗；林西组；晚二叠世晚期；地球化学；构造意义

内蒙古阿鲁科尔沁旗地区位于西伯利亚板块与华北板块的构造拼合部位，为中亚造山带东部兴蒙造山带的组成部分。西伯利亚板块与华北板块之间的缝合位置和时限一直存在争议，大多学者将西拉木伦—长春—延吉一线作为西伯利亚板块与华北板块的拼合带（Wu et al.，2002，2004；Zhang Yanbin et al.，2004；Shang Qinghua et al.，2004；Sun Deyou et al.，2004；Li，2006；Li Jinyi et al.，2007），也有学者认为两板块拼合带位于贺根山-黑河断裂带（Cao Congzhou et al.，1986；Xu Bei et al.，1997；Robinson et al.，1999；Nozaka et al.，2002）。拼合时间也存在不同观点，有学者认为中泥盆世（Tang，1990；Xu Bei et al.，1997）、晚泥盆世到早石炭世（Shao Ji'an et al.，1991；Hong et al.，1995），大部分学者倾向于中晚二叠世至早中三叠世（Li Jinyi et al.，2007；Li Yilong et al.，2009，2012；Han Guoqing et al.，2011；Ye Xusong et al.，2011；Han Jie et al.，2011）。

晚二叠世林西组形成时期是古亚洲洋构造域向濒太平洋构造域构造转换的重要时期，同时近些年来学者对东北地区晚古生代构造演化和地层进行研究，结果表明东北地区上古生界大部分未发生变质或处于极低的变质状态，具有较好的油气资源勘探前景（Zhou Jianbo et al.，2009；Ren Zhanli et al.，2010），鉴于其重要性，林西组的沉积时代、构造背景及沉积环境等长期以来一直受到我国地质学家的广泛关注，不同学者对内蒙古地区晚二叠世林西组的时代、古生物特征、沉积环境和构造环境等进行了研究（Liang Zhongfa et al.，1982；Huang Benhong et al.，1993；Zheng Yuejuan et al.，2013，2014a；Zhang Yongsheng et al.，2012；He Zhengjun et al.，1997；Wang Yongzheng et al.，2001；Li Fulai et al.，2009；Zhu Rukai et al.，2007；Yu Hezhong et al.，2001），但在林西组的时代、物源区特征、沉积环境等

注：本文为中国地质调查局项目（编号 1212010782001，1212011120970，1212011220906）资助成果。
收稿日期：2018-03-17；改回日期：2018-08-16；网络发表日期：2018-11-26；责任编辑：周健。
作者简介：张海华，男，1986年生。硕士，主要从事岩石学、大地构造学工作。Email：zhanghaihua311@163.com。

引用本文：张海华，张健，苏飞，黄欣，郑月娟，陈树旺，公繁浩. 2019. 内蒙古阿鲁科尔沁旗林西组泥岩地球化学特征及构造意义. 地质学报，93(5)：1125～1136，doi：10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2019045.
Zhang Haihua，Zhang Jian，Su Fei，Huang Xin，Zheng Yuejuan，Chen Shuwang，Gong Fanhao. 2019. Geochemical characteristics of mudstone from the Late Permian Linxi Formation in Aluke'erqin Qi，Inner Mogolia and its structural significance. Acta Geologica Sinica，93(5)：1125～1136.

方面仍存在不同的认识，差异较大，尤其构造背景很少探讨。

碎屑岩中的微量元素稳定性较好，在沉积环境中能保持稳定，对判定沉积环境、源区性质及构造环境具有重要意义。

本文在实测剖面和地质井钻探研究的基础上，对采自地质井岩芯泥岩样品进行元素地球化学分析。在地球化学特征分析的基础上，结合已有的地质和古生物化石及碎屑锆石研究成果，对林西组沉积特征、源区特征及构造背景进行了分析研究，为两大陆板块拼合位置及时代等研究提供依据。

1 区域地质概况

研究区位于大兴安岭中南部，内蒙古自治区阿鲁科尔沁旗一带，区内晚古生代地层出露较广泛。研究区及邻区主要有下二叠统寿山沟组(P_1ss)、大石寨组(P_1d)，中二叠统哲斯组(P_2z)和上二叠统林西组(P_3l)。寿山沟组岩性为碎屑岩夹灰岩透镜体，灰岩中含有丰富的䗴、珊瑚、腕足等化石；大石寨组发育有中酸性—中基性火山岩，为一套海相火山-沉积建造；哲斯组发育砂岩、板岩、灰岩或灰岩透镜体，局部含有火山碎屑岩，含丰富的海相生物化石；林西组发育砂板岩、泥岩，砂岩中可见有中酸性火山岩夹层，含动植物化石。

本次所研究的地球化学分析样品采自地质钻探井陶 D1 井，该井距离陶海营子剖面 300m，其目的是获取陶海营子剖面新鲜的泥岩样品(图 1)。陶海营子剖面是 1∶20 万扎鲁特旗幅三叠系陶海营子组的建组剖面，剖面分为上下两段，下段为一套轻微变质的灰黑、灰绿色的砂板岩组合，上段为变质细砂岩与斑点板岩、绢云母黑云母板岩、堇青石板岩互层，1996 年内蒙古自治区地质矿产局将其划归上二叠统林西组。林西组在内蒙古东部地区广泛分布，为晚二叠世主要地层单元，建组剖面位于林西县官地—翟家沟，由法国人 Teilhard Chardin 于 1924 年以官地—翟家沟剖面为层型命名林西系。1965 年以后改为林西组，并将其定义为一套海陆交互相细碎屑岩沉积，含大量的植物化石和丰富的淡水瓣鳃类，与下伏地层哲斯组呈角度不整合接触(Chen Chen et al.，2013；Wang Dandan et al.，2015，2016)。阿鲁科尔沁旗陶海营子剖面为林西组典型剖面之一，对该剖面中下部的叶肢介、孢粉等化石的研究表明，其时代为晚二叠世晚期(Zheng Yuejuan et al.，2013)，对剖面下部砂岩样品进行碎屑锆石 U-Pb 测试，得到了最年轻的峰值年龄为 261 Ma (Zheng Yuejuan et al.，2014b)，即表明时代为晚二叠世，与区域上林西组碎屑锆石下限年龄 278～250Ma 相吻合(Han Guoqing et al.，2011；Han Jie

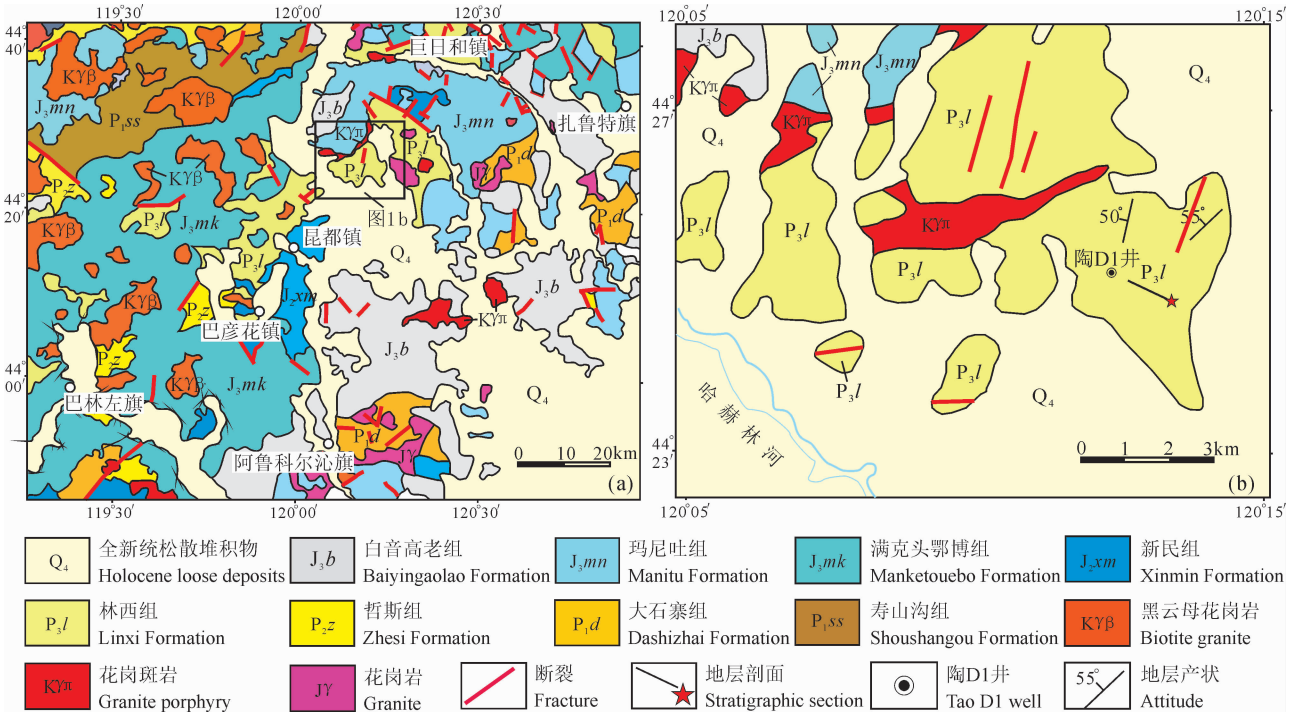

图 1 研究区及邻区地质简图

Fig. 1 Simplified geological map of study area and adjacent areas

et al.，2011；Song Weiwei et al.，2012；Zhang Haihua et al.，2015；Chen Shuwang et al. et al.，2015；Wang Dandan et al.，2016）

2　样品特征与分析测试

本次研究对陶 D1 井 42 件泥岩样品进行了主量、微量元素测试，测试结果见表 1。样品测试工作在国土资源部东北矿产资源监督检测中心完成，整个测试过程均在无污染设备中进行。主量元素采用 X 射线荧光光谱法(XRF)，微量、稀土元素采用电感耦合等离子质谱法(ICP-MS)完成。

3　地球化学分析结果

3.1　泥岩主量元素地球化学特征

地球化学分析样品均采自内蒙古阿鲁科尔沁旗陶海营子地区陶 D1 井林西组，样品中的灼失量已经扣除，进行了重新换算。研究区林西组泥岩中 SiO_2 的含量介于 58.74%～66.30%，平均约为 62.90%；分析测试样品的 Al_2O_3 值较高，介于 15.38%～18.70%之间，平均约为 16.85%；TiO_2 的含量为 0.58%～0.83%，平均为 0.70%；FeO 的含量为 3.82%～6.53%，平均为 4.80%；Fe_2O_3 为 4.81%～8.45%，平均为 6.05%；MgO 的含量为 1.50%～2.62%，平均为 1.78%；K_2O/Na_2O 为 1.10～5.66；$Al_2O_3/(CaO+Na_2O)$ 比值为 3.57～12.69。

3.2　微量元素地球化学特征

泥岩微量元素分析结果见表 1。由表 1、图 2a 可知，泥岩中微量元素 Rb、Ba、Sr、及 Zr 等含量相对较高，一般都达到 100×10^{-6} 以上，与大陆上地壳微量元素丰度相比，阿鲁科尔沁旗地区林西组泥岩微量元素中大离子亲石元素 Rb、Cs 含量较高，且远高于下地壳丰度值。高场强元素 Nb、Zr、Ta，Nb、Zr 含量略高于上地壳丰度值，远高于下地壳丰度值，Ta 的丰度值一般略低于上地壳，而略高于下地壳，即介于上地壳与下地壳之间。低场强元素 Th、U、Sr、Th 含量绝大部分略低于上地壳丰度值，高于下地壳丰度值，U 含量高于上下地壳丰度值，Sr 含量则低于上下地壳丰度值(可能与 Sr 离子半径相对较小，容易以游离态形式被地下水和地表水带走有关)。

3.3　稀土元素分析

泥岩稀土元素的丰度、平均值及相关参数计算结果见表 1。由表 1 图 2b 可看出，林西组泥岩的稀土元素丰度整体变化较小，均表现为轻稀土富集、重稀土元素平坦，Eu 显著的负异常。林西组泥岩的稀土元素 ΣREE 介于 139.85×10^{-6}～231.65×10^{-6}，平均值为 190.74×10^{-6}。LREE/HREE 值介于 6.31～8.00 之间，平均值为 7.10，低于北美页岩(7.5，Haskin et al.，1968)，$(La/Yb)_N$ 在 5.88～8.84 之间，指示轻重稀土元素分异程度较高，LREE 相对富集；指示轻稀土元素分异程度的 $(La/Sm)_N$ 在 2.91～3.91 之间，变化范围相对较小，平均值在 3.40 左右，指示轻稀土分馏中等；指示重稀土元素分异程度的 $(Gd/Yb)_N$ 在 0.99～1.61 之间，平均值为 1.34，表明重稀土元素分馏较低，曲线较平坦；Eu 负异常相对较低，其值介于 0.49～0.87 之间，平均值为 0.61，表现为铕的负异常。

4　讨论

4.1　物源区性质

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，稀土元素具有不可溶的性质，在水体中含量极低，在搬运过程中主要是以碎屑颗粒方式搬

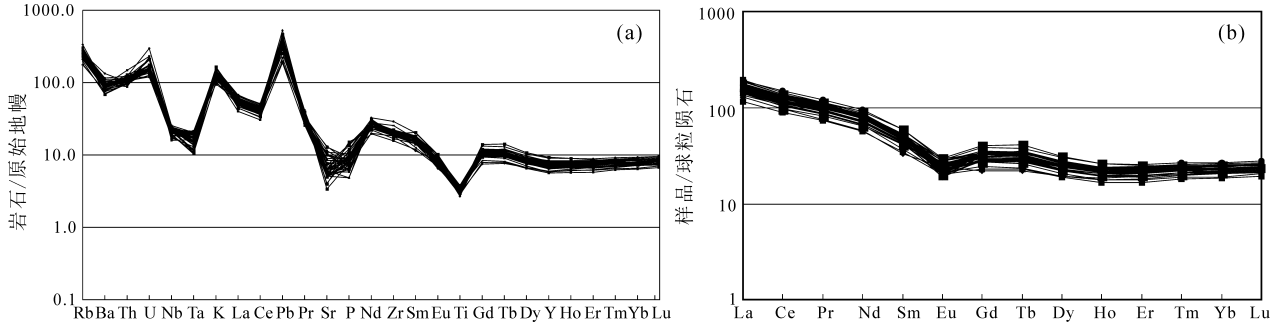

图 2　阿鲁科尔沁旗地区林西组泥岩微量元素原始地幔标准化蛛网图(a)及稀土元素球粒陨石标准化曲线(b)

Fig. 2　Primitive mantle-normallized trace elements spider diagram (a) and chondrite-normalized REE patterns (b) of mudstone from Linxi Formation in Aluke'erqin Qi, Inner Mogolia

表 1 内蒙古阿鲁科尔沁旗林西组泥岩主量元素(%)和微量元素($\times10^{-6}$)分析结果

Table 1 Major (%) and trace element composition ($\times10^{-6}$) of mudstones from Linxi Formation in Aluke'erqin Qi, Inner Mogolia

样号	38HX	41.8HX	75.2HX	95HX	161.4HX	178.2HX	186.3HX	203.5HX	227.8HX	242HX	249HX	271.4HX	277.8HX	286.4HX
岩性	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩
SiO_2	62.07	64.04	63.46	63.51	62.90	63.32	65.01	64.61	65.20	62.87	62.10	60.85	65.78	63.48
TiO_2	0.78	0.69	0.73	0.79	0.75	0.78	0.80	0.76	0.63	0.59	0.61	0.76	0.67	0.67
Al_2O_3	17.45	17.34	16.36	16.42	16.84	16.41	15.66	15.93	15.62	17.42	16.00	17.48	16.29	17.85
TFe_2O_3	5.75	5.14	6.46	5.71	6.10	5.58	6.00	5.05	4.77	6.60	5.62	7.92	5.23	5.60
FeO	3.77	4.22	5.21	4.72	4.88	4.54	4.67	4.13	3.86	5.24	4.85	6.33	4.22	4.45
MnO	0.10	0.10	0.12	0.11	0.12	0.15	0.15	0.10	0.11	0.16	0.09	0.17	0.08	0.07
MgO	2.06	1.76	2.13	1.83	1.82	1.69	1.75	1.55	1.58	1.80	1.80	1.94	1.58	1.80
CaO	0.62	1.13	0.97	1.05	1.44	1.84	1.77	1.53	1.66	0.56	2.55	0.90	0.88	0.61
K_2O	4.82	4.13	4.02	4.46	3.90	3.52	2.91	3.10	2.98	3.86	3.59	3.87	3.65	4.37
Na_2O	1.11	1.89	1.43	1.70	1.71	2.08	2.38	2.56	2.71	1.70	1.64	1.44	2.09	1.25
P_2O_5	0.21	0.16	0.18	0.18	0.19	0.17	0.21	0.18	0.14	0.20	0.22	0.21	0.14	0.17
b	11.82	10.14	12.99	11.13	10.81	10.27	11.15	9.70	10.09	10.34	11.24	11.09	9.70	10.07
Th	8.50	8.56	8.34	8.86	8.31	7.97	8.26	7.95	8.70	9.33	7.44	8.98	9.34	9.54
U	3.21	3.42	3.31	3.70	3.20	3.17	3.17	3.45	3.31	4.38	4.74	3.33	3.40	2.86
Ta	0.73	0.68	0.64	0.65	0.47	0.64	0.83	0.43	0.48	0.69	0.67	0.83	0.78	0.87
Cs	27.18	19.14	24.53	20.12	17.19	17.09	16.80	13.31	15.37	17.91	15.62	15.25	11.10	15.64
Mo	0.86	0.38	0.53	0.49	0.41	0.45	0.31	0.32	0.47	0.59	6.54	0.50	0.42	0.15
Ba	621.45	689.97	492.65	615.96	554.57	572.09	483.24	527.60	538.23	600.85	672.12	563.59	601.11	645.76
Cr	115.28	332.07	59.24	64.19	52.00	53.62	65.52	62.00	44.40	50.80	51.85	85.05	65.88	45.88
Cu	53.95	24.03	39.90	33.62	34.79	34.76	35.37	30.78	22.17	40.39	45.32	38.61	26.58	33.59
Nb	14.57	15.20	14.30	16.10	15.02	14.71	15.69	13.79	15.75	13.43	11.39	16.51	17.17	15.96
Ni	43.27	35.32	41.14	39.59	38.97	31.52	49.69	29.41	25.41	35.80	26.53	38.46	19.08	44.22
Rb	186.05	166.93	168.22	166.59	149.37	133.05	125.61	114.70	111.86	148.10	145.61	157.20	144.04	184.33
Sr	104.46	242.63	208.70	161.58	212.73	278.63	272.27	177.75	215.05	137.93	230.47	118.49	133.38	110.70
V	147.77	93.15	128.89	108.02	108.33	106.45	114.21	102.76	84.39	130.38	162.55	122.42	86.61	112.27
Zn	132.92	107.34	105.33	91.46	103.46	88.80	92.12	82.89	105.79	95.54	87.11	100.75	91.11	79.53
Zr	208.45	211.39	207.13	236.29	201.03	232.73	236.39	242.79	285.07	212.23	176.35	214.97	238.71	215.79
Co	16.69	9.14	15.30	16.03	19.04	12.86	22.20	13.41	12.67	15.29	11.41	17.49	10.21	17.20
Pb	24.53	29.23	25.76	27.61	32.86	23.34	18.07	23.94	26.50	37.34	25.92	31.84	25.58	20.51
Ga	23.67	22.45	22.97	20.68	22.02	21.81	21.23	20.50	20.83	22.91	22.22	24.00	21.12	24.53
B	166.02	66.55	77.83	38.00	56.94	45.58	32.35	40.24	31.79	61.84	52.53	72.68	53.30	60.60
Y	29.54	26.47	31.85	34.33	31.22	29.16	34.10	26.57	32.42	37.09	25.70	30.54	32.36	32.29
La	34.66	36.41	34.18	39.65	35.06	35.43	38.39	33.42	39.84	40.27	27.48	36.73	41.92	32.03
Ce	69.75	71.81	67.76	78.05	68.04	70.73	75.06	63.94	75.94	79.65	54.21	73.38	81.04	64.89
Pr	8.88	9.13	8.60	9.90	8.73	8.95	9.49	8.20	9.86	10.20	6.99	9.00	10.32	8.24
Nd	33.78	34.40	33.16	38.47	33.79	34.33	36.76	30.67	37.60	39.52	26.58	33.34	39.19	31.28
Sm	6.66	6.69	6.85	7.88	6.74	6.78	7.59	5.63	7.41	8.13	5.28	6.66	7.70	6.34
Eu	1.09	1.28	1.21	1.49	1.33	1.26	1.61	1.21	1.15	1.38	1.17	1.31	1.27	1.31
Gd	5.80	5.58	5.91	6.76	5.90	5.86	6.90	5.00	6.44	7.05	4.69	5.89	6.33	5.57
Tb	1.05	0.97	1.08	1.20	1.06	1.05	1.19	0.88	1.12	1.26	0.85	1.05	1.13	1.03
Dy	5.68	5.20	5.88	6.37	5.68	5.63	6.42	4.95	6.05	6.82	4.79	5.66	6.12	5.72
Ho	1.11	1.01	1.16	1.24	1.12	1.09	1.23	0.99	1.20	1.32	0.94	1.13	1.20	1.18
Er	3.18	2.96	3.40	3.59	3.27	3.19	3.50	2.99	3.45	3.87	2.77	3.40	3.46	3.47
Tm	0.53	0.48	0.56	0.58	0.52	0.53	0.57	0.50	0.57	0.63	0.46	0.58	0.58	0.57
Yb	3.54	3.24	3.80	3.95	3.58	3.51	3.80	3.53	3.78	4.26	3.15	3.85	3.98	3.90
Lu	0.57	0.52	0.59	0.62	0.56	0.55	0.61	0.54	0.60	0.66	0.50	0.61	0.61	0.62
ΣREE	176.28	179.66	174.13	199.73	175.37	178.89	193.12	162.45	195.02	205.02	139.85	182.60	204.84	166.13
LREE	154.81	159.71	151.76	175.43	153.69	157.47	168.89	143.07	171.81	179.15	121.70	160.43	181.45	144.09
HREE	21.47	19.95	22.37	24.30	21.68	21.42	24.22	19.39	23.21	25.87	18.15	22.17	23.40	22.04
LREE/HREE	7.21	8.00	6.78	7.22	7.09	7.35	6.97	7.38	7.40	6.93	6.71	7.24	7.75	6.54
$(La/Yb)_N$	7.01	8.06	6.45	7.20	7.02	7.25	7.24	6.79	7.55	6.78	6.25	6.84	7.56	5.90
δEu	0.52	0.62	0.57	0.61	0.63	0.60	0.67	0.68	0.50	0.55	0.70	0.63	0.54	0.66
δCe	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.95	0.94	0.92	0.91	0.94	0.93	0.96	0.93	0.96

续表 1

样号	310.6HX	315.2HX	327.5HX	344.2HX	355HX	365.4HX	380.2HX	382.4HX	414HX	419.2HX	445.1HX	463.1HX	472HX	480.4HX
岩性	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩
SiO_2	63.00	63.78	66.59	62.42	60.22	65.12	64.61	62.65	62.32	63.50	60.05	62.02	63.71	63.60
TiO_2	0.58	0.64	0.66	0.66	0.66	0.65	0.77	0.83	0.67	0.81	0.65	0.78	0.73	0.66
Al_2O_3	18.16	16.08	15.58	17.49	17.81	17.13	16.00	17.20	17.32	16.79	17.02	17.02	17.00	17.22
TFe_2O_3	5.60	5.85	5.28	6.22	8.66	5.05	5.50	6.01	7.06	5.36	6.80	7.25	6.07	5.81
FeO	4.38	4.72	4.27	4.90	6.69	3.95	4.49	4.76	5.57	4.31	5.64	5.75	4.72	4.54
MnO	0.06	0.12	0.07	0.11	0.09	0.07	0.09	0.09	0.10	0.07	0.06	0.10	0.08	0.07
MgO	1.83	1.58	1.87	1.81	1.97	1.60	1.54	1.59	1.85	2.64	1.70	1.85	1.73	1.78
CaO	0.48	1.04	0.62	0.84	0.64	0.56	1.30	0.99	0.67	1.10	1.30	0.86	0.72	1.01
K_2O	4.45	3.56	3.61	4.23	4.68	4.23	3.29	4.17	4.11	4.03	4.35	3.91	4.24	4.28
Na_2O	1.65	2.06	1.74	1.65	0.94	1.86	2.26	1.72	1.30	1.86	1.27	1.44	1.77	1.27
P_2O_5	0.11	0.30	0.17	0.21	0.16	0.13	0.31	0.18	0.18	0.17	0.33	0.21	0.13	0.14
b	10.05	9.80	11.97	10.35	11.05	9.37	9.65	9.25	10.66	15.72	9.96	10.89	10.15	10.34
Th	10.41	10.19	8.90	10.37	9.97	9.24	9.30	8.72	9.58	8.69	8.59	8.85	9.79	9.97
U	6.26	4.41	3.10	3.34	2.51	3.15	2.98	3.23	3.37	2.64	3.02	3.34	3.63	3.54
Ta	0.83	0.73	0.79	0.72	0.83	0.63	0.83	0.60	0.86	0.78	0.53	0.80	0.57	0.69
Cs	20.70	16.46	16.47	15.11	29.98	17.73	16.77	18.34	19.86	17.70	18.68	15.09	15.53	17.67
Mo	0.61	0.35	0.31	0.51	0.13	0.17	0.29	0.56	0.33	0.18	1.83	0.36	0.18	0.18
Ba	805.43	615.16	614.59	643.42	640.84	652.97	610.09	661.68	607.33	931.67	611.59	625.73	774.53	642.98
Cr	24.06	41.08	42.85	43.27	50.36	40.51	49.64	58.20	61.06	60.03	49.99	54.75	41.54	42.81
Cu	18.08	29.49	31.12	29.65	10.21	25.78	38.72	36.01	34.58	42.51	45.84	34.99	88.25	63.88
Nb	18.20	16.14	14.83	15.79	12.76	15.94	15.69	16.23	15.16	17.03	12.34	15.58	17.10	16.23
Ni	16.09	20.45	30.88	25.04	41.22	20.25	30.76	38.92	37.42	31.13	37.07	35.27	34.65	32.79
Rb	174.40	154.49	150.86	165.84	213.60	162.13	138.47	153.99	166.13	163.73	178.29	156.04	167.92	181.60
Sr	128.41	136.87	159.25	117.77	116.36	120.49	151.03	120.79	108.37	178.35	104.83	85.73	156.52	113.71
V	63.88	91.66	102.46	107.11	116.45	100.01	102.59	113.55	103.84	107.59	122.61	115.71	100.46	105.34
Zn	101.32	97.16	90.69	103.04	88.16	78.70	88.73	100.71	99.83	89.65	115.93	99.63	98.62	91.42
Zr	326.72	250.55	204.54	226.18	205.24	231.41	248.18	223.80	206.23	243.03	189.59	211.23	241.24	224.89
Co	9.14	10.90	15.21	11.69	15.60	10.23	13.63	14.21	15.81	13.64	16.02	17.16	16.20	14.12
Pb	28.08	25.36	25.84	25.45	13.36	15.70	28.09	13.81	30.74	23.94	28.34	27.41	22.65	22.61
Ga	23.30	21.14	21.36	22.83	23.25	23.12	21.12	21.72	23.31	22.30	23.40	22.24	22.68	23.83
B	50.82	54.71	33.43	55.05	50.61	54.70	38.34	60.94	53.45	46.20	40.56	59.32	47.33	54.21
Y	40.98	33.77	34.48	33.21	27.20	33.14	34.90	34.50	31.72	34.69	30.39	32.40	33.38	36.35
La	45.37	40.60	37.21	40.66	30.62	33.92	38.43	36.94	33.64	38.45	30.39	45.04	41.10	36.80
Ce	91.27	78.65	73.36	78.02	58.98	67.69	78.39	72.18	66.04	75.45	60.20	84.95	81.32	72.98
Pr	11.58	9.77	9.03	9.79	7.21	8.59	10.06	9.25	8.27	9.73	7.81	10.29	10.19	9.42
Nd	44.12	36.88	34.56	36.98	26.92	32.56	38.81	36.44	31.54	37.98	30.20	38.45	38.18	36.89
Sm	8.97	7.09	6.79	7.20	5.06	6.54	8.15	7.51	6.36	7.58	6.33	7.78	7.92	7.58
Eu	1.67	1.55	1.32	1.37	1.38	1.14	1.70	1.25	1.17	1.62	1.57	1.29	1.39	1.42
Gd	7.93	6.29	5.88	6.15	4.47	5.78	7.02	6.71	5.76	6.70	5.59	6.75	6.61	6.70
Tb	1.40	1.09	1.08	1.12	0.82	1.06	1.25	1.19	1.03	1.19	1.03	1.19	1.20	1.18
Dy	7.65	6.07	6.05	6.11	4.93	6.06	6.70	6.42	5.84	6.31	5.67	6.30	6.43	6.56
Ho	1.47	1.20	1.22	1.24	1.05	1.23	1.29	1.25	1.18	1.23	1.13	1.22	1.23	1.31
Er	4.24	3.65	3.59	3.70	3.22	3.64	3.66	3.58	3.43	3.58	3.29	3.50	3.58	3.83
Tm	0.68	0.61	0.58	0.61	0.54	0.61	0.58	0.57	0.58	0.58	0.54	0.56	0.59	0.63
Yb	4.58	4.29	3.96	4.14	3.73	4.14	3.83	3.86	3.86	3.90	3.65	3.66	3.94	4.32
Lu	0.71	0.66	0.61	0.64	0.59	0.63	0.60	0.60	0.62	0.60	0.57	0.57	0.61	0.65
ΣREE	231.65	198.41	185.24	197.72	149.51	173.59	200.47	187.75	169.30	194.89	157.95	211.54	204.30	190.28
LREE	202.98	174.55	162.25	174.02	130.17	150.44	175.54	163.57	147.02	170.80	136.50	187.80	180.10	165.10
HREE	28.67	23.87	22.99	23.70	19.35	23.15	24.93	24.18	22.28	24.09	21.46	23.74	24.20	25.18
LREE/HREE	7.08	7.31	7.06	7.34	6.73	6.50	7.04	6.76	6.60	7.09	6.36	7.91	7.44	6.56
$(La/Yb)_N$	7.10	6.79	6.73	7.05	5.89	5.88	7.19	6.87	6.26	7.07	5.98	8.84	7.48	6.11
δEu	0.59	0.69	0.62	0.61	0.87	0.55	0.67	0.53	0.58	0.68	0.79	0.53	0.57	0.60
δCe	0.95	0.94	0.95	0.93	0.94	0.95	0.96	0.93	0.94	0.93	0.93	0.93	0.95	0.94

续表 1

样号	497.5HX	513.4HX	538.7HX	567.4HX	575.2HX	587HX	605HX	612.8HX	615.3HX	625.4HX	632.3HX	654.6HX	655.6HX	658.2HX
岩性	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩
SiO_2	60.93	66.54	60.85	61.39	63.51	64.97	65.60	63.60	62.04	64.83	64.08	61.47	60.80	61.59
TiO_2	0.63	0.70	0.65	0.73	0.83	0.74	0.74	0.71	0.68	0.74	0.60	0.66	0.69	0.62
Al_2O_3	18.74	15.44	18.33	16.86	17.00	16.41	16.30	17.05	17.20	16.39	17.94	17.76	17.05	17.88
TFe_2O_3	6.16	4.86	6.65	7.30	5.91	6.01	5.69	6.18	7.17	6.15	5.06	6.97	6.92	6.46
FeO	4.85	3.98	5.26	5.80	4.63	4.72	4.54	4.85	5.62	4.94	3.96	5.10	5.57	5.03
MnO	0.08	0.07	0.08	0.11	0.10	0.08	0.06	0.10	0.09	0.11	0.04	0.10	0.18	0.09
MgO	1.87	1.51	1.78	1.87	1.59	1.72	1.65	1.70	2.42	1.74	1.68	1.85	1.79	1.77
CaO	0.90	1.23	0.97	1.27	0.71	0.77	0.48	0.82	0.66	1.01	0.48	0.96	1.92	0.81
K_2O	4.72	3.58	4.99	4.08	4.04	3.37	3.55	3.98	4.10	3.99	4.87	4.31	4.03	4.84
Na_2O	1.20	2.32	0.88	1.34	2.04	1.78	1.77	1.55	1.22	2.04	0.94	1.08	1.38	1.10
P_2O_5	0.14	0.20	0.17	0.24	0.17	0.22	0.15	0.19	0.17	0.15	0.11	0.26	0.26	0.18
b	10.00	9.77	9.70	11.07	9.36	10.46	10.14	9.96	14.06	10.63	9.38	10.43	10.52	9.89
Th	12.59	8.78	10.98	9.26	8.98	9.07	9.34	9.92	10.26	8.99	9.15	9.81	9.34	9.70
U	4.83	3.23	3.55	3.17	3.42	3.64	3.64	3.70	3.54	2.53	4.31	3.07	2.84	3.28
Ta	0.80	0.56	0.44	0.62	0.70	0.71	0.65	0.70	0.77	0.69	0.42	0.72	0.70	0.47
Cs	17.01	12.58	15.68	21.16	16.70	11.39	10.10	16.28	16.42	17.44	23.66	15.49	16.90	18.49
Mo	0.31	0.48	0.21	0.24	0.27	0.41	0.33	0.27	0.45	0.11	0.11	0.20	0.32	0.45
Ba	646.77	726.11	618.63	648.65	627.46	594.01	583.59	593.95	584.83	681.97	691.63	663.17	604.60	736.10
Cr	40.50	44.59	43.25	53.43	48.91	85.00	45.07	44.74	48.55	47.48	45.99	47.49	48.15	44.20
Cu	34.93	30.83	35.34	36.41	39.59	39.50	31.53	37.00	67.38	79.98	46.38	36.34	54.60	47.18
Nb	17.38	15.99	16.03	15.03	16.56	17.37	16.70	16.59	15.01	16.32	13.74	14.50	16.01	12.95
Ni	28.06	25.23	28.26	30.45	31.45	23.06	24.51	27.09	32.04	34.21	30.18	33.89	37.40	33.86
Rb	193.72	146.89	194.99	171.27	147.13	132.56	136.60	156.09	160.81	159.38	182.45	158.79	160.09	180.60
Sr	106.44	187.52	71.34	118.34	136.87	129.00	117.35	130.62	105.34	211.33	107.26	83.64	135.60	104.32
V	96.37	90.37	110.81	112.53	106.20	95.49	96.29	100.04	106.59	112.27	118.35	115.87	111.62	110.88
Zn	113.93	84.72	107.14	100.95	97.43	96.76	99.25	103.12	111.33	98.24	84.87	96.77	93.40	96.29
Zr	226.64	234.03	234.16	204.83	242.31	238.04	221.50	209.26	207.30	216.11	215.21	222.71	219.20	216.04
Co	9.93	12.77	12.23	14.42	14.77	14.38	10.67	10.46	15.16	16.12	10.85	14.52	16.67	13.67
Pb	31.84	29.40	31.62	23.44	24.16	27.76	24.73	27.24	31.87	21.26	25.42	31.92	24.34	32.64
Ga	24.56	20.25	24.73	23.27	21.34	20.87	22.13	23.40	22.64	20.86	24.99	24.33	21.85	23.83
B	72.49	31.85	72.07	53.75	49.45	53.34	31.65	48.21	44.40	40.81	63.99	61.02	66.72	67.67
Y	38.02	32.43	36.11	35.47	35.67	36.65	32.92	34.09	32.85	29.96	37.14	36.28	42.33	34.53
La	46.40	38.13	41.86	36.95	40.96	44.34	42.47	39.02	41.26	35.24	39.34	40.30	40.95	38.87
Ce	88.56	74.89	82.25	73.01	80.24	85.03	82.98	75.92	80.75	69.27	76.93	80.20	81.45	77.91
Pr	10.73	9.45	10.36	9.67	10.34	10.79	10.44	9.53	9.91	8.72	9.80	10.17	10.66	9.72
Nd	38.32	36.02	39.11	36.99	40.36	40.78	39.12	36.05	37.49	32.80	37.59	39.60	42.30	36.91
Sm	7.73	7.20	7.94	7.54	8.12	8.01	7.69	7.06	7.37	6.63	7.97	8.06	9.09	7.39
Eu	1.35	1.48	1.46	1.72	1.60	1.37	1.17	1.35	1.32	1.30	1.50	1.45	1.71	1.37
Gd	6.80	6.35	6.88	6.61	7.22	7.17	6.61	6.34	6.65	5.67	6.83	7.03	8.31	6.42
Tb	1.24	1.13	1.26	1.21	1.28	1.27	1.15	1.14	1.18	1.02	1.31	1.25	1.53	1.19
Dy	6.86	6.05	6.77	6.52	6.86	6.75	6.22	6.20	6.30	5.57	7.14	6.82	7.94	6.51
Ho	1.37	1.19	1.32	1.24	1.30	1.31	1.20	1.21	1.20	1.10	1.36	1.32	1.47	1.27
Er	4.04	3.47	3.81	3.58	3.75	3.83	3.57	3.59	3.54	3.16	3.92	3.78	4.12	3.81
Tm	0.65	0.57	0.64	0.59	0.60	0.62	0.59	0.58	0.59	0.51	0.64	0.60	0.63	0.63
Yb	4.46	3.81	4.26	3.87	3.92	4.12	3.91	3.99	3.88	3.53	4.26	4.17	4.27	4.16
Lu	0.68	0.59	0.66	0.61	0.63	0.64	0.60	0.62	0.62	0.54	0.67	0.65	0.65	0.65
ΣREE	219.19	190.32	208.57	190.09	207.16	216.03	207.74	192.59	202.04	175.06	199.26	205.41	215.09	196.82
LREE	193.09	167.17	182.97	165.88	181.61	190.33	183.87	168.92	178.09	153.96	173.14	179.79	186.15	172.17
HREE	26.10	23.15	25.59	24.21	25.55	25.70	23.87	23.67	23.95	21.10	26.12	25.62	28.94	24.65
LREE/HREE	7.40	7.22	7.15	6.85	7.11	7.41	7.70	7.14	7.43	7.30	6.63	7.02	6.43	6.98
$(La/Yb)_N$	7.46	7.18	7.05	6.86	7.49	7.73	7.79	7.02	7.63	7.17	6.62	6.94	6.88	6.71
δEu	0.56	0.65	0.59	0.73	0.63	0.54	0.49	0.60	0.57	0.63	0.61	0.57	0.59	0.59
δCe	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.92	0.94	0.94	0.95	0.94	0.93	0.95	0.93	0.96

注：$b=100\times(MgO/Al_2O_3)$。

运,受成岩作用的影响较小,稀土元素配分模式可客观反映沉积物源区性质,故可作为物源区的一个重要的示踪(Taylor et al.,1985;Culler,1995;Savoy et al.,2000;Liu Shilin et al.,2006;Shen Weizhou et al.,2009;Zhang Yingli et al.,2011)。泥岩稀土元素经球粒陨石标准化后,表现为轻稀土元素富集、重稀土元素均一(轻度亏损)、Eu 元素具有明显的负异常特点,这与上地壳中稀土元素的配分形式一致,说明研究区沉积岩的原始物质来自上地壳。

沉积物中 Al_2O_3/TiO_2 小于 14 时,沉积物物源可能来自于镁铁质岩石,Al_2O_3/TiO_2 值在 19～28 时,物源可能来源于花岗闪长质和英云闪长质(或安山质和流纹质)岩石(Girty et al.,1996),研究区 Al_2O_3/TiO_2 介于 19.70～31.12,表明物源主要为花岗闪长岩和英云闪长岩。

从微量元素蛛网图上可以看出,泥岩样品具有大致相似的微量元素分布形式(图 2a),都以亏损 Nb、Ta、Sr,富集 Rb、Ba、La、Ce、Pb、Nd、Sm 等为特征,从上述微量元素特征可看出,阿鲁科尔沁旗地区林西组沉积物主要来自于上地壳的长英质岩石。

综上所述,研究区碎屑岩地层母岩源区物质较复杂,但以长英质岩石的源区为主,经过剥蚀、搬运、沉积的产物。

4.2　构造背景

Roser et al.(1986)通过对各地区已知构造背景的古砂岩、泥岩及现代砂泥岩沉积物的主量元素特征分析,认为主量元素的 K_2O/Na_2O 比值是反映构造环境的最有效的指标,提出了 SiO_2-K_2O/Na_2O 构造背景判别图解。阿鲁科尔沁旗地区林西组泥岩样品点几乎都落在活动大陆边缘区域,个别落在被动大陆边缘区(图 3a),表明研究区沉积物的物源区背景以主动大陆边缘的构造环境为主,同时可能还受被动大陆边缘构造背景下物源区的影响。依据 F1、F2 判别函数及公式计算得出判别函数值(Bhatia,1983;Zhen Yan et al.,2012),进行投图分析,在 F1－F2 构造判别上(图 3b),林西组泥岩样品点几乎都落在活动大陆边缘区,也表明研究区物源区背景是以主动大陆边缘构造环境为主。

陆源碎屑中的微量元素与主量元素相比,稳定性较好,Cr、Co、Th、Sc、La 和 Zr 在沉积环境中保持稳定,可以用以判定源区性质及构造环境,在 Th-Co-Zr/10 构造判别图上,数据点都落在大陆岛弧的范围内(图 3c),反映源区应为大陆岛弧构造背景(大陆边缘区)。

稀土元素特征常被用来判断现代和古代沉积物的构造背景或物源区性质。Murry et al.(1990)的研究表明,Ce 异常与沉积盆地的构造背景有关,以北美页岩作为标准化值,距洋脊顶 400km 之内的扩张脊附近,有明显的 Ce 负异常,Ce 值为 0.29×10^{-6};大洋盆地为中等的 Ce 负异常,其值为 0.55×10^{-6};大陆边缘区的 Ce 异常消失或者为正异常,Ce 值介于 0.9×10^{-6}～1.30×10^{-6};研究区所采林西组泥岩样品 Ce 异常介于 0.91×10^{-6}～0.96×10^{-6} 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区域,类似于大陆边缘环境。

综合以上地球化学研究结果可以看出,林西组

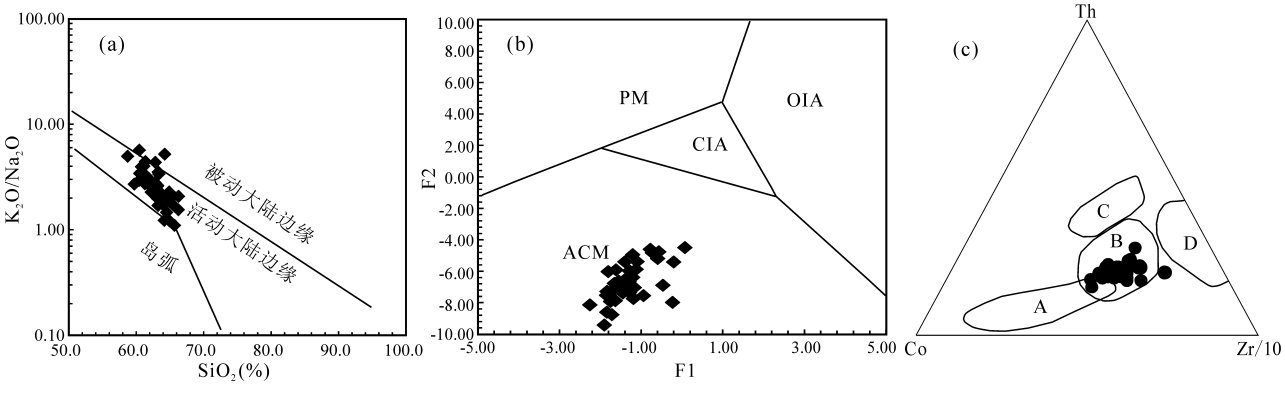

图 3　内蒙古阿鲁科尔沁旗林西组泥岩构造背景判别

Fig. 3　Discrimination diagram for tectonic setting of mudstones from the Linxi Formation in Aluke'erqin Qi, Inner Mogolia

OIA—大洋岛弧;CIA—大陆岛弧;ACM—活动大陆边缘;PM—被动大陆边缘;

A—大洋岛弧;B—大陆岛弧;C—活动大陆边缘;D—被动大陆边缘

OIA—Oceanic island arc; CIA—continental island arc; ACM—active continental margin; PM—passive continental margin;

A—oceanic island arc; B—continental island arc; C—active continental margin; D—passive continental margin

泥岩的沉积物可能形成于靠近大陆岛弧的活动大陆边缘构造环境。

4.3 古环境

微量元素 V/(V+Ni) 可以反映沉积介质氧化还原特征，V/(V+Ni)>0.46 为还原环境，V/(V+Ni)<0.46 为氧化环境(Hatch and Leventhal，1992)。研究区林西组泥岩的 V/(V+Ni)值介于 0.70～0.86 之间，平均 0.77，远大于 0.46，表明林西组形成于还原环境，这对有机质保存比较有利。

根据沉积岩层中 MgO 的亲海性和 Al_2O_3 的亲陆特征，可以建立镁铝比值 b(b=100×(MgO/Al_2O_3))来判断水体盐度的咸淡(Wang Kaiming et al，2009)。沉积环境由淡水向海水过渡时，b 值会随着水体盐度的增大而增加，淡水沉积环境 b<1，陆海过渡性沉积环境 b 为 1～10，海水沉积环境 b 为 10～500，陆表海环境(或泻湖碳酸盐岩沉积环境) b>500。研究区林西组的 b 值绝大多数在 1～10 之间(9.25～10.89)，部分在 10～500 之间(11.05～15.72)，说明它们属陆海过渡沉积环境。

锶丰度和 Sr/Ba 比值可作为古盐度判别的标志，在自然界水体中，锶和钡以重碳酸盐的形式出现，当水体矿化度即盐度逐渐加大时，钡以 $BaSO_4$ 的形式首先沉淀，留在水体中的锶相对钡富集。当水体的盐度加大到一定程度时锶以 $SrSO_4$ 的形式沉淀，因而记录在沉积物中的锶丰度和 Sr/Ba 比值与古盐度呈明显的正相关关系，可作为古盐度恢复的标志(Zheng Rongcai et al.，1999；Li Chengfeng et al.，1988)。一般来讲，淡水相沉积物中 Sr/Ba 值小于 1，而海相沉积物中 Sr/Ba 值大于 1，Sr/Ba 值为 1.0～0.6，为半咸水相(Wang Yiyou et al.，1979；Zhang Jian et al.，2013)。陶 D1 井 42 件样品 Sr/Ba 值分布在 0.12～0.56 之间，平均值为 0.24，总体上为淡水环境。

B/Ga 比值是判断古盐度的另一种方法，硼酸盐溶解度大，能迁移，只有当水蒸发后才析出，镓活动性低，易于沉淀。因此利用硼/稼比值可指示古盐度(Li Jinlong et al.，2003)。硼/镓比值小于 4 为淡水，大于 7 或 20 为海水(Wang Yiyou et al.，1979)，Yan Qinshang et al.(1979)则认为，B/Ga 值海相沉积物中一般大于 4.2，而陆相沉积物其值一般小于 3.3。研究区陶 D1 井 42 件样品分布在 1.43～7.01(有两个高值：3.39、7.01)，平均值为 2.43，依据以上文献分析，主体反映为淡水环境，可能存在咸水向淡水转化的半咸水环境。

以上地球化学分析指示，阿鲁科尔沁旗地区林西组沉积时水体环境主要为陆海过渡环境的半咸水环境和淡水环境，表明林西组沉积时期水体环境应存在一个逐渐淡化的过程。

综合以上岩石地球化学指标，通过分析源区特征、构造背景及古环境，林西组可能形成于靠近大陆岛弧的活动大陆边缘构造环境，母岩源区物质复杂，以长英质岩石源区为主，受岛弧俯冲和碰撞造山作用的影响，陆壳抬升，由海陆过渡相逐渐转变为陆相环境，沉积时水体由海陆过渡环境的半咸水逐渐转变为陆相的淡水。

4.4 林西组沉积时限及物源区信息

林西组在大兴安岭地区广泛分布，近年来生物地层学的研究对其沉积时限有了进一步的划分。Zheng Yuejuan et al.(2013)研究了本条剖面—陶海营子剖面中下部的叶肢介、孢粉等化石，认为该剖面发育的林西组可与新疆吉木萨尔大龙口剖面的梧桐沟组及锅底坑组中下部对比，大致相当于吴家坪期(Wuchiapingian)晚期—长兴期(Changhsingion)，与 Zhang Yongsheng et al.(2012)报道的林西官地剖面(含晚二叠世叶肢介化石)中上部大致相当，时代为晚二叠世晚期；Zhang Xingzhou et al.(2011)在内蒙古蘑菇气砂岩中发现了相当于华北晚二叠世早期上石盒子组的孢粉化石。上述古生物地层学的研究成果表明，大兴安岭地区林西组沉积时代应为晚二叠世。

Zheng Yuejuan et al.(2014b)对内蒙古阿鲁科尔沁旗陶海营子地区林西组进行碎屑锆石研究，得到了最年轻的年龄峰值为 261 Ma；Zhang Haihua et al.(2015)对邻区巴林左旗晚二叠世林西组进行碎屑锆石同位素测年研究，得到了 266Ma 最小峰值年龄；本次研究通过对阿鲁科尔沁旗陶海营子剖面所采集的碎屑锆石年代学分析，碎屑锆石的最小峰值年龄为 263Ma，与 Zheng Yuejuan et al.(2014b)研究成果一致，表明该套地层的沉积时限不老于 263Ma，应为晚二叠世沉积。沉积物源具多样性和复杂性，主体应来自东北各地块，同时存在华北板块和西伯利亚板块的物源信息，说明林西组沉积时期华北板块与西伯利亚板块可能已经开始俯冲碰撞过程。年龄信息表明华北板块与西伯利亚板块应该在晚二叠世或之后最终闭合(另文发表)。

综合岩石地化指标，林西组可能形成于靠近大陆岛弧的活动大陆边缘构造环境，母岩源区物质复杂，以长英质岩石源区为主。沉积时水体由陆海过

渡环境的半咸水逐渐转变为陆相的淡水。通过碎屑锆石同位素年代学分析,林西组形成时代应晚于263Ma,碎屑锆石年龄谱值的信息及地球化学信息表明林西组沉积具有多物源供给的特点,主体应来自东北各地块,但同时存在华北板块和西伯利亚板块的物源信息,表明华北板块与西伯利亚板块的最终闭合时间应该在晚二叠世或之后。

5　结论

综合岩石学、地球化学和同位素年代学分析,可得出以下结论:

(1)地球化学分析表明,研究区林西组碎屑岩地层母岩源区物质复杂,但沉积物质主要以长英质岩石源区为主,林西组形成于靠近大陆岛弧的活动大陆边缘构造背景。

(2)林西组古环境应为弧后盆地的海陆过渡到陆相环境,水体由海陆过渡环境的半咸水逐渐转变为陆相的淡水。

(3)通过对阿鲁科尔沁旗陶海营子剖面所采集的碎屑锆石年代学分析,碎屑锆石的最小峰值年龄为 263Ma(另文发表),综合前人资料表明该套地层的沉积时限不老于 263Ma,应为晚二叠世沉积。沉积物源具多样性和复杂性,表明华北板块与西伯利亚板块的最终闭合时间应该在晚二叠世或之后。

References

Bhatia M R. 1983. Plate tectonics setting of sandstones and geochemical composition of sandstones. Journal of Geology, 91(6): 611～627.

Cao Congzhou, Yang Fanglin, Tian Changlie, Yuan Chao. 1986. The ophiolite and the position of suture belt from Sino-Korean Plate and Siberian Plates in Hegenshan area, Inner Mongolia. The Symposium of plate tectonics in Northern China. Beijing: Geological Publishing Press, 64～86 (in Chinese with English abstract).

Chen Chen, Peng Xiaolei, Hong Xue, Luo Chen. 2013. Oroganic geochemical characteristics of dark mudstone in Upper Permian Linxi Formation from Northeast Inner Mongolia, China. Global Geology, 32(2): 331～336 (in Chinese with English abstract).

Chen Shuwang, Zhang Haihua, Zheng Yuejuan, Bian Xiongfei, Zhang Jian, Su Fei, Gong Fanhao, Huang Xin, Zhen Zhen. 2015. Determination of Linxi Formation and geological significance in the Late Permian, in Keerqinyouyizhongqi Inner Mongolia: From the evidence of detrital zircon LA-ICP-MS U-Pb chronology. Geological Bulletin of China, 34(10): 1869～1877 (in Chinese with English abstract).

Culler R L. 1995. 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. Chemical Geology, 123:107～131.

Girty G H, Ridge D L, Knaack C. 1996. Provenance and depositional setting of Paleozoic chert and argillite, Sierra Nevada, California. Journal of Sedimentary Research, 66(1): 107～118.

Han Guoqing, Liu Yongjiang, Wen Quanbo, Li Wei, Wu Linna, Zhao Yingli, Ding ling, Zhao Limin, Yuan Zhenyue. 2011. LA-ICP-MS U-Pb dating of detrital zircons from the Permian sandstones in north side of Xar Moron River suture belt and its tectonic implications. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 36(4): 687～702 (in Chinese with English abstract).

Han Jie, Zhou Jianbo, Zhang Xingzhou, Qiu Haijun. 2011. Detrital zircon U-Pb dating from sandstone of the Upper Permian Linxi Formation, Linxi area, Inner Mongolia, China and its tectonic implications. Geological Bulletin of China, 30(2～3): 258～269 (in Chinese with English abstract).

Haskin L A, Haskin M A, Frey F A, Wildman T R. 1968. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In: Ahrens L H, ed. Origin and Distribution of the Elements. Oxford: Pergamon, 889～912.

Hatch J R, Leventhal J S. 1992. Relationship between inferred redox potential of the depositional environmental and geochemistry of the upper Pennsylvanian (Missourian) Stark shale Member of the Dennis limestone Wabaunsee County, Kansas, USA. Chemical Geology, 99: 65～82.

He Zhengjun, Liu Shuwen, Ren Jishun. 1997. Late Permian-early Triassic sedimentary evolution and tectonic setting of the Linxi region, Inner Mongolia. Regional Geology of China, 16(4): 403～427 (in Chinese with English abstract).

Hong D W, Huang H Z, Xiao Y J, Xu H M, Jin M Y. 1995. Permian alkaline aranites in central Inner Mongolia and their geodynamic significance. Acta Geologica Sinica, 8: 27～39.

Huang Benhong. 1983. Plant fossils of the Taohaiyingzi Formation in the eastern Inner Mongolia. Plant Journal, 26(6): 580～583 (in Chinese with English abstract).

Huang Benhong. 1993. Greater Khingan Range Carboniferous, Permian and Flora. Beijing: Geological Publishing Press, 1～141.

Li Chengfeng, Xiao Jifeng. 1988. The application of trace element to the study on paleosalinities in Shahejie Formation of Dongying basin Shengli oilfield. Acta Sedimentologica Sinica, 6(4): 100～107 (in Chinese with English abstract).

Li Fulai, Qu Xiyu, LiuLi, Yang Mingde, Wang Dehai, Zhao Guoxiang. 2009. Sedimentary environment on Upper Permian Linxi Group in Inner Mongolia. Acta Sedmentologica Sinica, 27(2): 265～272 (in Chinese with English abstract).

Li Jinlong, Chen Dongjing. 2003. Summary of quantlfied research method on paleosalinity. 10(5): 1～3 (in Chinese with English abstract).

Li J Y. 2006. Permian geodynamic setting of Northeast China and adjacent regions; closure of the Paleo-Asian Ocean and subduction of the Paleo-Pacific Plate. Journal of Asian Earth Sciences, 26 (3～4):207～224.

Li Jinyi, Gao Liming, Sun Guihua, Li Yaping, Wang Yanbin. 2007. Shuangjingzi Middle Triassic syn-collisional crust derived granite in the East Inner Mongolia and its constraint on the timing of collision between Siberian and Sino Korean paleo-plates. Acta Petrologica Sinica, 023(03): 0565～0582 (in Chinese with English abstract).

Li Yilong, Zhou Hanwen, Zhong Zengqiu, Zhang Xionghua, Liao Qunan, Ge Mengchun. 2009. Collision processes of North China and Siberian Plates: Evidence from LA-ICP-MS zircon U-Pb age on deformed granite in Xar Moron suture zone. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 34(6): 931～938 (in Chinese with English abstract).

Li Yilong, Zhou Hanwen, Xiao Wenjiao, Zhong Zengqiu, Yin Shuping, Li Fulin. 2012. Superposition of Paleo-Asian and West-Pacific tectonic domains in the eastern section of the Solonker suture zone: Insight from petrology, geochemistry and geochronology of deformde diorite in Xar Moron fault zone, Inner Mongolia. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 37(3): 433～450 (in Chinese with English abstract).

Liang Zhongfa. 1982. The bivalve fossils and the formation problem of the Late Permian in northeast northern and Eastern Inner Mongolia. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, (4): 130～148 (in Chinese with English abstract).

Liu Shilin, Liu Yunhua, Lin Ge, Zhou Ye, Gong Faxiong, Zhang Desheng. 2006. REE geochemical characteristics and geological significance of mudstones from Neogene, Nanpu sag, Bohai basin. Geoscience, 20(3): 449～456 (in Chinese with English abstract).

Murry R W. 1990. Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale. Geology, 18:268～271.

Nozaka T, Liu Y. 2002. Petrology of the Hegenshan ophiolite and its implication for the tectonic evolution of northern China. Earth and Planetary Science Letters, 202: 89～104.

Ren Zhanli, Cui Junping, Shi Zheng, Bai Feifei, Li Hao. 2010. The Late Paleozoic tectonic evolution and later transformation in Northeast China. Oil & Gas Geology, 31(6): 734～742 (in Chinese with English abstract).

Robinson P T, Zhou M F, Hu X F, Reynolds P, Bai W, Yang J S. 1999. Geochemical constraintson the origin of the Hegenshan ophiolite, Inner Mongolia, China. Journal of Asian Earth Sciences, 17: 423～442.

Roser B P, Korech R J. 1986. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content and K_2O/Na_2O ratio. Journal of Geology, 94:635～650.

Savoy L E, Stevenson R K, Mounoy E W. 2000. Provenance of upper Devonnian-lower Carboniferous miogeoclinal stata, southeastern Canadian Cordillera: Link between tectonics and sedimentation. Journal of Sedimentary Research, 70: 181～193.

Shang Qinghua. 2004. The discovery and significance of the Permian radiolaria in northern orogenic belt of the eastern region in Inner Mongolia. Science Bulletin, 49(34): 2574～2579 (in Chinese with English abstract).

Shao Ji'an. 1991. The Crustal Evolution in Northern Margin Middle Segment of the Sino-Korean Plate. Beijing: Peking University Press, 1～136 (in Chinese with English abstract).

Shen Weizhou, Shu Liangshu, Xiang Lei, Zhang Fangrong, Wang Bo. 2009. Geochemical characteristics of early Paleozoic sedimentary rocks in the Jinggangshan area, Jianxi Province and the constraining to the sedimentary environmnet. Acta Petrologica Sinica, 25(10): 2442～2458 (in Chinese with English abstract).

Song Weiwei, Zhou Jianbo, Guo Xiaodan, Li Yuke. 2012. Geotectonic setting of Songliao block: reatriction from Paleozoic detrital zircon U-Pb dating. Global Geology, 31(3): 522～535 (in Chinese with English abstract).

Sun Deyou, Wu Fuyuan, Zhang Yanbin, Gao Shan. 2004. The final closing time of the West Lamulun River-Changchun-Yanji plate suture zone—Evidence from the Dayushan granitic pluton, Jilin Province. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 34(2): 174～178 (in Chinese with English abstract).

Tang K D. 1990. Tectonic development of Paleozoic foldbelts at the north margin of the Sino-Korean craton. Tectonics, 9(2): 249～260.

Taylor S R, McLennan S M. 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Oxford: Blackwell Scientific, 312.

Wang Dandan, Li Shizhen, Zhou Xingui, Zhang Wenhao, Lin Yanhua. 2015. The zircon U-Pb dating of Linxi Formation sandstone in Taohaiyingzi area, Inner Mongolia and its significance. Geological Review, 61(supp): 724～725 (in Chinese with English abstract).

Wang Dandan, Li Shizhen, Zhou Xingui, Liu Weiwei, Lin Yanhua, Zeng Qiunan, Zhang Wenhao. 2016. SHRIMP U-Pb dating of detrital zircon from the Upper Permian Linxi Formation in eastern Inner Mongolia, and its geological significance. Geological Review, 62(4): 1021～1040 (in Chinese with English abstract).

Wang Kaiming, Luo Shunshe. 2009. Geochemical characteristics and environmental significance of Gaoyuzhuang and Yangzhuang Formations in Yanshan region. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 28(4): 356～364 (in Chinese with English abstract).

Wang Wuli. 1984. Late Permian conchostraca from the Taohaiyingzi Formation in Ju Ud Meng, Nei Mongolia. Acta Palaeontologica Sinica, 23(1): 124～131 (in Chinese with English abstract).

Wang Yiyou, Guo Wenying, Zhang Guodong. 1979. Application of some geochemical indicators in determining of sedimentary environment of the Funing Group (Paleogene), Jin-Hu depression, Kiangsu Province. Journal of Tongji University, 7(2): 51～60 (in Chinese with English abstract).

Wang Yongzheng, Qin Gongjiong, OU Qiang. 2001. A study on the upper-Permian Linxi Formation on the Dajing copper-tin polymetallic mine, Linxi, Inner Mongolia. Mineral Resources and Geology, 15(83): 205～211 (in Chinese with English abstract).

Wu F Y, Sun D Y, Li H M, Jahn B M, Wilde S. 2002. A-type granites in northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis. Chemical Geology, 187:143～173.

Wu F Y, Wilde S A, Zhang G L, Sun D Y. 2004. Geochronology and petrogenesis of the post-orogentic Cu-Ni sulfide-bearing mafic ultramafic complexes in Jilin Province, NE China. Journal of Asian Earth Sci., 23:781～797.

Xu Bei, Chen Bin. 1997. The structure and evolution of Mesozoic-Paleozoic orogenic belt between the Huabei Plate and Siberia Plate in the northern Inner Mongolia. Science in China (Series D), 27(3): 227～232 (in Chinese with English abstract).

Ye Xusong, Liao Qunan, Ge Mengchun. 2011. Petrogenesis and tectonic significance of Triassic peraluminous granitoids in Xilinhaote and Linxi area, Inner Mongolia. Geological Science and Technology Information, 30(3): 57～64 (in Chinese with English abstract).

Yu Hezhong. 2001. Sedimentary facies and palaeogeography of the Songliao basin and its peripheral areas during Carboniferous-Permian time. Sedimentary Geolog y and Tethyan Geology, 21(4): 70～83 (in Chinese with English abstract).

Zhang Haihua, Zheng Yuejuan, Chen Shuwang, Zhang Jian, Su Fei, Gong Fanhao, Huang Xin, Zhen Zhen. 2015. LA-ICP-MS U-Pb geochronology of detrital zircons from Permian in Baarin Left Banner of Inner Mogolia and its tectonic significance. Acta Geologica Sinica, 89(10): 1703～1717 (in Chinese with English abstract).

Zhang Jian, Li Xiaohai, Zheng Yuejuan, Su Fei, Zhen Zhen. 2013. Analysis on the pleosalinity of upper Permian Linxi Formation in Jaruo area, Inner Mongolia. Geology and Resources, 22(6): 471～477 (in Chinese with English abstract).

Zhang Xingzhou, Qiao Dewu, Chi Xiaoguo, Zhou Jianbo, Sun Yuewu, Zhang Fengxu, Zhang Shuqin, Zhao Qingying. 2011. Late Paleozoic tectonic evolution and oilgas potentiality in northeastern China. Geological Bulletin of China, 30(2/3): 205～212 (in Chinese with English abstract).

Zhang Yanbin, Wu Fuyuan, Qu Mingguo, Lu Xiaoping. 2004. The tectonic attribute of the Helong block and eastern boundary on the eastern margin of the North China platform. Science in China(Series D: Earth Sciences), 34(9): 795～806 (in Chinese with English abstract).

Zhang Yingli, Wang Zongqi, Yan Zhen, Wang Tao. 2011. Tectonic setting of Neoproterozoic Beiyixi Formation in Quruqtagh area, Xinjiang: Evidence from geochemistry of clastic rocks. Acta Petrologica Sinica, 27(6): 1785～1796 (in Chinese with English abstract).

Zhang Yongsheng, Niu Shaowu, Tian Shugang, Xing Enyuan, Su Kui, Cao Jie, Wang Juntao. 2012. The discovery of conchostracan fossils in the Upper Permian Linxi Formation of Linxi area, Inner Mongolia, and its geological significance. Geological Bulletin of China, 31(9): 1394～1403 (in Chinese with English abstract).

Zhen Yan, Zongqi Wang, Quanren Yan, Tao Wang, Xianqing Guo. 2012. Geochemical constraints on the provenance and depositional setting of the Devonian Liuling Group, east Qinling Mountains, central China: implications for the tectonic evolution of the Qinling orogenic belt. Journal of Sedimentary Research, 82: 9～20.

Zheng Rongcai, Liu Meiqing. 1999. Study on palaeosalinity of chang-6 oil reservoir set in Ordos basin. Oil and Gas Geology, 20(1): 20～25 (in Chinese with English abstract).

Zheng Yuejuan, Zhang Jian, Chen Shuwang, Huang Xin, Zhang Lijun, Wang Wuli. 2013. New fossil discovery along the section of Linxi Formation at Taohaiyingzi in Ar Horqin Banner, Inner Mongolia. Geological Bulletin of China, 32(8): 1269～1276 (in Chinese with English abstract).

Zheng Yuejuan, Su Fei, Chang Shinan, Zhang Jian, Huang Xin, Chen Shuwang. 2014a. New understanding of the upper Permian Linxi Formation in southern Daxinganling region, China. Geology and Resources, 23(1): 25～30 (in Chinese with English abstract).

Zheng Yuejuan, Zhang Haihua, Chen Shuwang, Zhang Jian, Huang Xin, Gong Fanhao, Su Fei, Zhen Zhen. 2014b. U-Pb age of detrital zircons from Late Permian Linxi Formation in Aluke'erqin Qi, Inner Mogolia. Geological Bulletin of China, 33(9): 1293～1307 (in Chinese with English abstract).

Zhou Jianbo, Zhang Xingzhou, Ma Zhihong, Liu Li, Jin Wei, Zhang Minsheng, Wang Chengwen, Chi Xiaoguo. 2009. Tectonic framework and basin evolution in Northeast China. Oil & Gas Geology, 30(5): 530～538.

Zhu Rukai, Xu Huaixian, Deng Shenghui, Guo Hongli. 2007. Lithofacies palaeogeography of the Permian in northern China. Journal of Palaeogeography, 9(2): 133～142 (in Chinese with English abstract).

参 考 文 献

曹从周, 杨芳林, 田昌裂, 袁朝. 1983. 内蒙古贺根山地区蛇绿岩和中朝板块和西伯利亚板块之间的缝合带位置. 中国北方板块构造论文集,第 1 集. 北京:地质出版社,64～86.

陈晨,彭晓蕾,洪雪,罗琛. 2013. 内蒙古东北部上二叠统林西组暗色泥岩有机地球化学特征及其意义. 世界地质,32(2):331～336.

陈树旺,张海华,郑月娟,卞雄飞,张健,苏飞,公繁浩,黄欣,甄甄. 2015. 内蒙古科右中旗—突泉地区晚二叠世林西组碎屑岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 地质通报,34(10):1869～1877.

韩国卿 ,刘永江,温泉波,李伟,吴琳娜,赵英利,丁凌,赵立敏,梁琛岳. 2011. 西拉木伦河缝合带北侧二叠纪砂岩碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学及其构造意义. 地球科学,36(4):687～702.

韩杰,周建波,张兴洲,邱海峻. 2011. 内蒙古林西地区上二叠统林西组砂岩碎屑锆石的年龄及其大地构造意义. 地质通报,30(2～3):258～269.

和政军,刘淑文,任纪舜. 1997. 内蒙古林西地区晚二叠世－早三叠世沉积演化及构造背景. 中国区域地质,16(4):403～427.

黄本宏. 1983. 内蒙古东部陶海营子组植物化石. 植物学报,26(6):580～583.

黄本宏. 1993. 大兴安岭地区石炭、二叠系及植物群. 北京:地质出版社,1～141.

李成凤,肖继风. 1988. 用微量元素研究胜利油田东营盆地沙河街组的古盐度. 沉积学报,6(4):100～107.

李福来,曲希玉,刘立,杨德明,王德海,赵国祥. 2009. 内蒙古东北部上二叠统林西组沉积环境. 沉积学报,27(2):265～272.

李锦轶,高立明,孙桂华,李亚萍,王彦斌. 2007. 内蒙古东部双井子中三叠世同碰撞壳源花岗岩的确定及其对西伯利亚与中朝古板块碰撞时限的约束. 岩石学报,023(03):0565～0582.

李进龙,陈东敬. 2003. 古盐度定量研究方法综述. 油气地质与采收率,10(5):1～3.

李益龙,周汉文,钟增球,张雄华,廖群安,葛梦春. 2009. 华北与西伯利亚板块的对接过程:来自西拉木伦缝合带变形花岗岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄证据. 地球科学,34(6):931～938.

李益龙,周汉文,肖文交,钟增球,尹淑苹,李福林. 2012. 古亚洲构造域和西太平洋构造域在索伦缝合带东段的叠加:来自内蒙古林西县西拉木伦断裂带内变形闪长岩的岩石学、地球化学和年代学证据. 地球科学,37(3):433～450.

梁仲发. 1982. 东北北部及内蒙古东部晚二叠世的一些双壳类化石及几个有关地层问题. 沈阳地质矿产研究所所刊,第 4 号,130～148.

刘士林,刘蕴华,林舸,周叶,龚发雄,张德圣. 2006. 渤海湾盆地南堡凹陷新近系泥岩稀土元素地球化学特征及其地质意义. 现代地质,20(3):449～456.

任战利,崔军平,史政,白奋飞,李浩. 2010. 中国东北地区晚古生代构造演化及后期改造. 石油与天然气地质,31(6):734～742.

尚庆华. 2004. 北方造山带内蒙古中、东部地区二叠纪放射虫的发现及意义. 科学通报,49(34):2574～2579.

邵济安. 1991. 中朝板块北缘中段地壳演化. 北京:北京大学出版社,1～136.

沈渭洲,舒良树,向磊,张芳荣,王博. 2009. 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. 岩石学报,25(10):2442～2458.

宋卫卫,周建波,郭晓丹,李雨柯. 2012. 松辽地块大地构造属性:古生界碎屑锆石年代学的制约. 世界地质,31(3):522～535.

孙德有,吴福元,张艳斌,高山. 2004. 西拉木伦河-长春-延吉板块缝合带的最后闭合时间——来自吉林大玉山花岗岩体的证据. 吉林大学学报(地球科学版),34(02):174～178.

汪凯明,罗顺社. 2009. 燕山地区中元古界高于庄组和杨庄组地球化学特征及环境意义. 矿物岩石地球化学通报,28(4): 356～364.

王丹丹,李世臻,周新桂,张文浩,林燕华. 2015. 内蒙古陶海营子地区林西组砂岩锆石 SHRIMP U-Pb 年代学及其地质意义. 地质论评,61(增刊):724～725.

王丹丹,李世臻,周新桂,刘伟伟,林燕华,曾秋楠,张文浩. 2016. 内蒙古东部上二叠统林西组砂岩锆石 SHRIMP U-Pb 年代学及其构造意义. 地质论评,62(4):1021～1040.

王五力. 1984. 内蒙古昭乌达盟上二叠统陶海营子组的叶肢介化石. 古生物学报,23(1):124～131.

王益友,郭文莹,张国栋. 1979. 几种地化标志在金湖凹陷阜宁群沉积环境中的应用. 同济大学学报,7(2):51～60.

王永争,覃功炯,欧强. 2001. 内蒙古林西大井铜锡多金属矿区上二叠统林西组之研究. 矿产与地质,15(83):205～211.

徐备, 陈斌. 1997. 内蒙古北部华北板块与西伯利亚板块之间中古生代造山带的结构与演化. 中国科学(D 辑),27(3): 227～232.

叶栩松,廖群安,葛梦春. 2011. 内蒙古锡林浩特、林西地区三叠纪过铝质花岗岩的成因及构造意义. 地质科技情报,30(3):57～64.

余和中. 2001. 松辽盆地及周边地区石炭纪—二叠纪岩相古地理. 沉积与特提斯地质,21(4):70～83.

张海华,郑月娟,陈树旺,张健,苏飞,公繁浩,黄欣,甄甄. 2015. 内蒙古巴林左旗二叠系碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及构造意义. 地质学报,89(10):1703～1717.

张健,李晓海,郑月娟,苏飞,甄甄. 2013. 内蒙古扎鲁特旗地区上二叠统林西组古盐度分析. 地质与资源,22(6):471～477.

张兴州,乔德武,迟效国,周建波,孙跃武,张凤旭,张淑琴,赵庆英. 2011. 东北地区晚古生代构造演化及其石油地质意义. 地质通报,30(2-3):205～212.

张艳斌,吴福元,翟明国,路孝平. 2004. 和龙地块的构造属性与华北地台北缘东段边界. 中国科学(D 辑),34(9):795～806.

张英利,王宗起,闫臻,王涛. 2011. 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. 岩石学报,27(6):1785～1796.

张永生,牛绍武,田树刚,刑恩袁,苏奎,曹洁,王俊涛. 2012. 内蒙古林西地区上二叠统林西组叶肢介化石的发现及其意义. 地质通报,31(9):1394～1403.

郑荣才,柳梅青. 1999. 鄂尔多斯盆地长 6 油层组古盐度研究. 石油与天然气地质,20(1): 20～25.

郑月娟,张健,陈树旺,黄欣,张立君,王五力. 2013. 内蒙古阿鲁科尔沁旗陶海营子剖面林西组化石新发现. 地质通报,23(8):1269

～1276.
郑月娟,苏飞,常诗楠,张健,黄欣,陈树旺. 2014a. 大兴安岭南部晚二叠世林西组新认识. 地质与资源,23(1):25～30.
郑月娟,张海华,陈树旺,张健,黄欣,公繁浩,苏飞,甄甄. 2014b. 内蒙古阿鲁科尔沁旗林西组砂岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及意义. 地质通报,33(9):1293～1307.
周建波,张兴洲,马志红,刘立,金魏,张梅生,王成文,迟效果. 2009. 中国东北地区的构造格局与盆地演化. 石油与天然气地质,30(5):530～538.
朱如凯,许怀先,邓胜徽,郭宏莉. 2007. 中国北方地区二叠纪岩相古地理. 古地理学报,9(2):133～142.

Geochemical characteristics of mudstone from the Late Permian Linxi Formation in Aluke'erqin Qi, Inner Mogolia and its structural significance

ZHANG Haihua*, ZHANG Jian, SU Fei, HUANG Xin, ZHENG Yuejuan, CHEN Shuwang, GONG Fanhao

Shenyang Center of Geological Survey, China Geological Survey, Shenyang, 110034

* *Corresponding author*: *zhanghaihua*311@163.*com*

Abstract

The Taohaiyingzi section of the Linxi Formation in Aluke'erqin Qi, Inner Mongolia, is one of the typical sections in northeastern China. It consists mainly of black and gray-black sandstone and slate. The newly found conchostracans, pollen and spores, along with the detrital zircon age, suggest that the section is late Late Permian in age. The samples from the Linxi Formation are dominantly dark mudstones. The major chemical compositions are SiO_2 62.90%, Al_2O_3 16.85%, MgO 1.78%, CaO 1.01%, Na_2O 1.64%, K_2O 4.0%, K_2O/Na_2O between 1.10 and 5.66, $Al_2O_3/(CaO+Na_2O)$ between 3.57 and 12.69. The ΣREE ranges from 139.85×10^{-6} to 231.65×10^{-6}, with an average of 190.74. δEu ranges from 0.49 to 0.87, with an average of 0.61. δCe ranges from 0.91 to 0.96. The clastic rocks are characterized by LREE enrichment and HREE depletion. Trace elements are characterized by depletion of Nb, Ta, Sr, enrichment of Rb, Ba, La, Ce, Pb, Nd and Sm. The analysis above shows that the Linxi Formation formed in the active continental marginal structural background near the continental island arc. Based on detrital zircon age, the sediment sources of the Linxi Formation are diverse and complex. Besides the blocks in the northeast, provenance information also points to the North China plate and the Siberia plate at the same time, suggesting that the North China plate and the Siberia plate may have started subducting process during the deposition period of the Linxi Formation.

Key words: Aluke'erqin Qi; Linxi Formation; late Late Permian; geochemistry, structural significance