地信网论坛
BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手！
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

大兴安岭南段兴–蒙草原区二叠纪砂岩物源分析

江小燕,刘永江,周　冰,邢占伟,韩国卿,赵英利
JIANG Xiao-yan, LIU Yong-jiang, ZHOU Bing,
XING Zhan-wei, HAN Guo-qing, ZHAO Ying-li

吉林大学地球科学学院,吉林 长春 130061
College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, *Jilin, China*

摘要:对大兴安岭南部兴–蒙草原区二叠纪砂岩的统计研究表明,本区二叠纪砂岩主要为长石岩屑砂岩,大量非成熟组分为该区二叠纪砂岩的形成提供了物源。主量、微量和稀土元素特征指示,二叠纪砂岩物源区的构造背景主要为大陆岛弧环境,砂岩碎屑来自上地壳长英质源区。二叠纪砂岩的时代由老到新表现出由再旋回造山带向切割岩浆弧源区过渡的特征。结合沉积学特征,反映中、晚二叠世构造背景由活动陆缘逐渐趋于稳定,该时期记录了中亚造山带东段最终闭合的过程。

关键词:大兴安岭南段;佳–蒙地块;二叠纪砂岩;物源分析
中图分类号:P534.46; P588.21^{+}2.3　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1671-2552(2011)07-1085-14

Jiang X Y, Liu Y J, Zhou B, Xing Z W, Han G Q, Zhao Y L. A provenance analysis of Permian sandstones in southern Da Hinggan Mountains–Inner Mongolia steppe zone. *Geological Bulletin of China*, 2011,30(7):1085–1098

Abstract: Petrographic study and Dickison´s framework component statistical analysis show that the Permian sandstones are mainly feldspathic litharenite, and the debris was mainly derived from immature components. The data of major elements, minor elements and rare earth elements indicate that the tectonic setting of the provenance was continental island arc, with the sandstone debris mainly derived from upper crustal felsic rocks. The Permian sandstones, from old to young, are characterized by transition from recycled orogenic belt to magmatic provenance. In combination with petrological studies, the authors hold that the tectonic setting of the Permian sandstones tended gradually to become stable, which recorded the final closure process in the eastern part of the central Asian orogenic belt.

Key words: southern Da Hinggan Mountains; Jiamusi–Mongolia block; Permian sedimentary sandstone; provenance analysis

沉积岩的成分蕴含着大量与地壳发展演化密切相关的信息。沉积盆地与物源区的分布格局受大地构造的控制。通过对沉积物物源的分析可以了解物源区的气候条件和大地构造背景,进而对地壳演化、物质来源和地质构造背景做出有价值的分析[1-4]。

大兴安岭南段兴–蒙草原地区位于西伯利亚板块与华北板块之间,中亚造山带东段,行政区划属于内蒙古东部和东北地区西部(图 1)[5-6]。一直以来,对西伯利亚板块与华北板块所夹持区域的认识存在诸多分歧[7-8]。王成文等[9-11]研究认为,该区域在早古生代晚期曾存在一相对独立的地块——佳–蒙地块，而大兴安岭南段兴–蒙草原地区二叠系被认为是大陆边缘沉积[11-13]。同时,对于华北板块北缘同西伯利亚板块南缘最终碰撞拼贴的具体位置和时间

收稿日期:2011-03-30;**修订日期**:2011-06-07
资助项目:国家重点基金项目(批准号:40739905)、中国石油化工股份有限公司科技开发项目(编号:G0800-06-ZS-327)、博士点基金项目(编号:200801830041)和全国大学生创新性实验计划项目(编号:2007A61036)
作者简介:江小燕(1988-),女,在读硕士,地球化学专业。E-mail: xiaoyanjmail@gmail.com
通讯作者:刘永江(1964-),男,博士,教授,从事构造地质学、造山带演化、构造年代学研究。E-mail: yongjiang@jlu.edu.cn

地信网论坛
BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手！
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

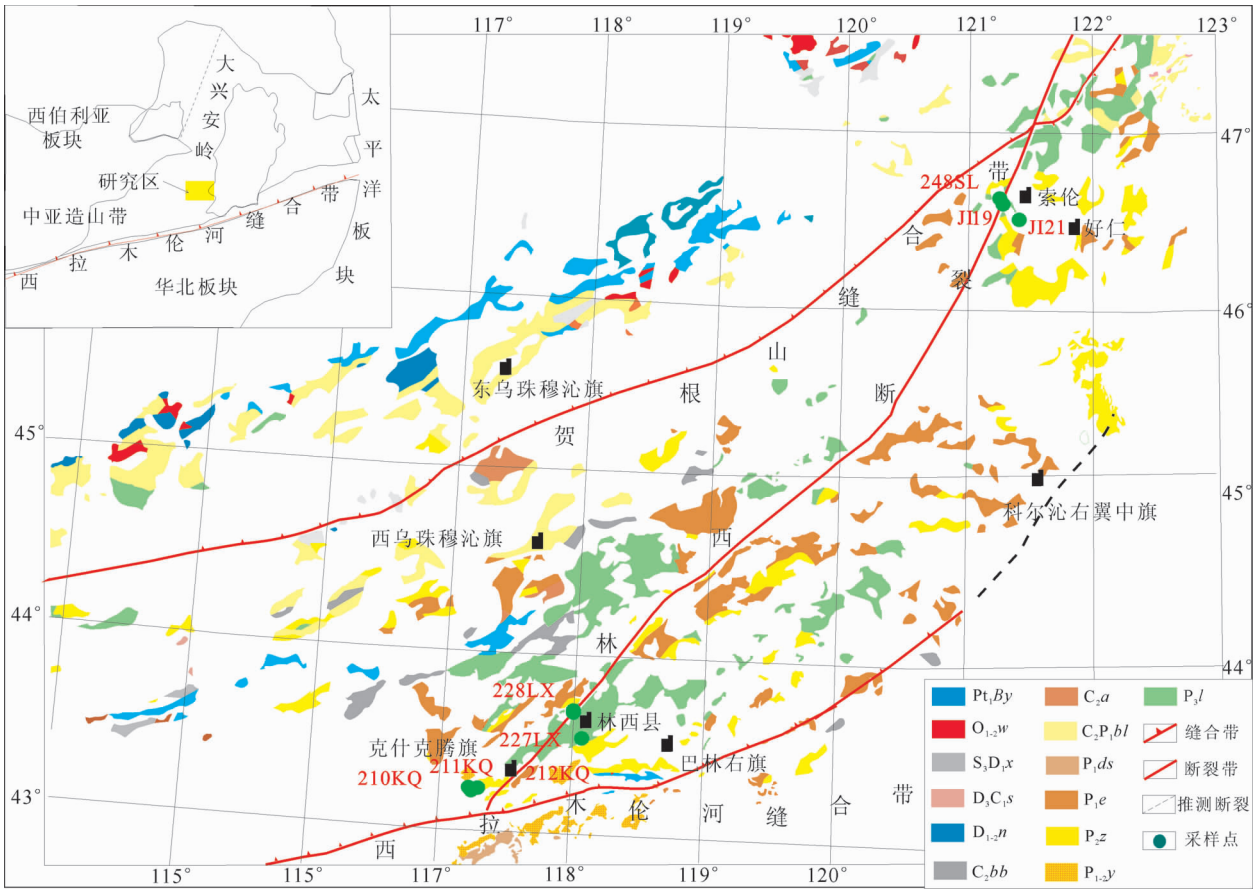


图 1　佳–蒙地块地层分布图(左上角研究区构造位置图据参考文献[5]改编;地层分布图据文献[6])

Fig. 1　Geology sketch map of Jiamusi–Mongolia block

Pt_1By—宝音图群;$O_{1-2}w$—乌宾敖包组;S_3D_1x—西别河组;D_3C_1s—色日巴彦敖包组;$D_{1-2}n$—泥鳅河组;C_2bb—木巴图组;C_2a—阿木山组;C_2P_1bl—宝力高庙组;P_1ds—大石寨组;P_1e—额里图组;P_2z—哲斯组;$P_{1-2}y$—于家北沟组;P_3l—林西组

仍存在争议[7,12–15]。本文对大兴安岭南段兴–蒙草原的林西、索伦、好仁、克(什克腾)旗地区的二叠纪砂岩进行详细的岩石学、地球化学研究,并结合前人的研究成果对该区二叠纪砂岩的物源区和大地构造背景进行讨论，为深入探讨索伦–西拉木伦河缝合带的闭合时间和具体位置提供新的证据。

1　区域地质概况

1.1　地层概况

研究区位于中亚造山带东段，贺根山缝合带和西拉木伦河缝合带之间。区内最古老的地层主要为中、低变质程度的古元古界(宝音图群)和一套以绿片岩相为主的寒武系(温都尔庙群);奥陶系为火山岩和河流相砂砾岩;志留系下部具轻微的变质特征,上部为陆源碎屑占优势的浅海沉积并具有典型的介壳相特征；泥盆系浅海或滨海相碎屑岩在该区零星出露;上石炭统为海相火山碎屑沉积,下石炭统砂岩和灰岩占主要地位，其中阿木山组海相化石出露广泛;二叠系在该区较为发育,广泛分布海相火山岩、碳酸盐岩和碎屑岩沉积组合[16]。

1.2　二叠系沉积充填序列

本区地层地理区划分属于内蒙古草原–松花江地层区。二叠系主要分为 3 个组,从下到上依次为大石寨组、哲斯组和林西组。

大石寨组(P_1d)主要为海相中酸性熔岩及凝灰岩组合,喷发沉积环境为浅海、滨海相。大石寨组火山岩是由南向北从拉斑系列和钙碱性系列过渡到钙碱性系列的一套存在成分极性的火山岩组合[16–17]。近年来，很多学者给出了大石寨组火山岩的同位素年龄,单颗粒锆石 U–Pb 年龄 285Ma±11Ma[18],安山

地信网论坛
BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手!
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

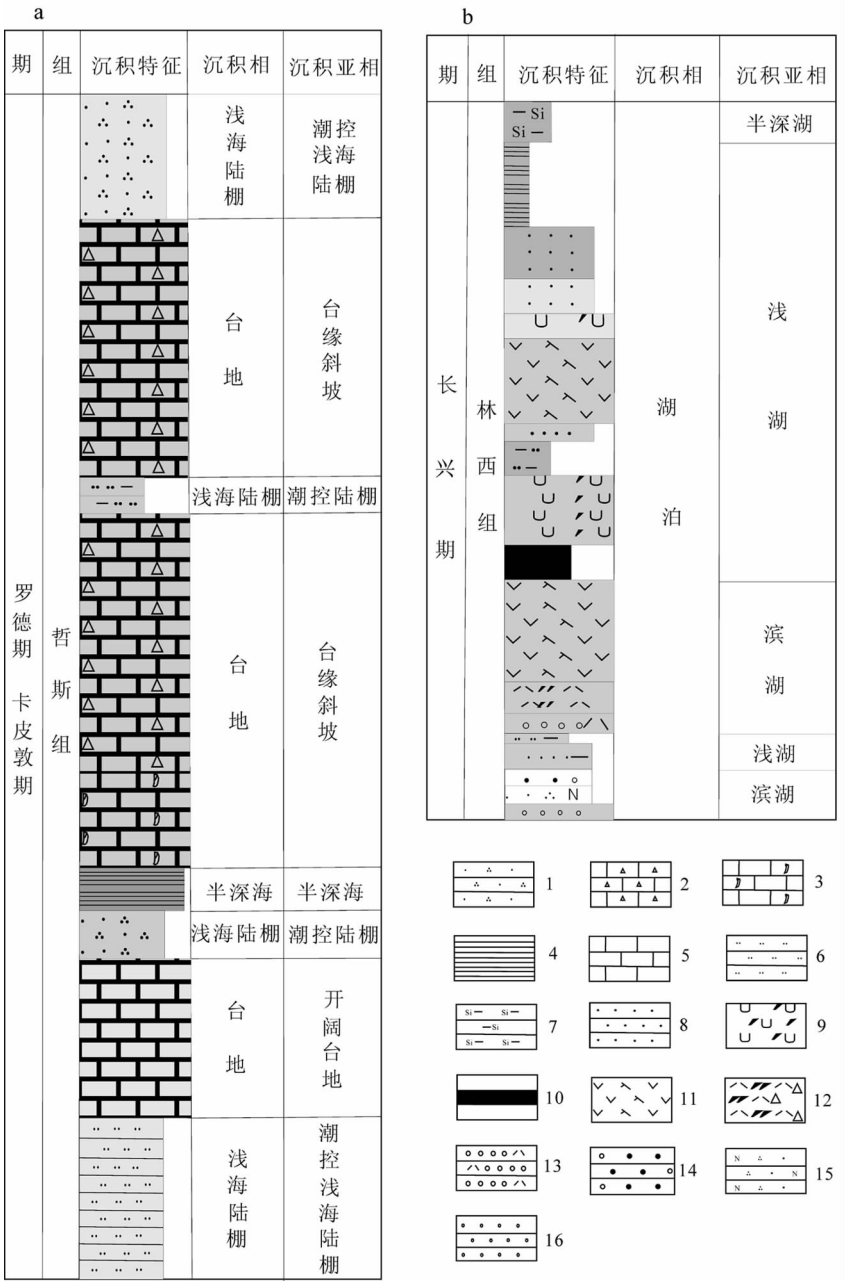


图 2　研究区哲斯组浅海潮控陆棚沉积(a)和林西组湖泊沉积(b)[20]

Fig. 2　Tide dominate continental shelf depositon of Zhesi Formation (a) and lake deposition of Linxi Formation (b) in the strdy area

1—石英砂岩;2—角砾状灰岩;3—含化石(腕足类)灰岩;4—页岩;5—灰岩;6—粉砂岩;7—硅质泥岩;8—细砂岩;9—岩屑熔岩;10—煤层;11—安山玢岩;12—岩屑凝灰岩;13—凝灰质砾岩;14—含砾砂岩;15—长石石英砂岩;16—细砾岩

岩 Rb-Sr 等时线年龄 281Ma[19]和火山岩 Rb-Sr 年龄 270Ma。综合生物和地层分布特征,大石寨组火山岩形成于早二叠世[16]。

哲斯组(P_3z)是研究区发育最为广泛的海相沉积地层(图 2-a),为海相砂岩、板岩和灰岩透镜体的岩石组合。从西向东粒度逐渐变细，总厚度大于 1075m。产腕足类 *Spiriferella* -*Kochiproductus* -*Yakovlevia* 组合带,簸类 *Schwagerina quasiregularis*-

地信网论坛 BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手!
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

Codonofusiella simplicata 亚带，珊瑚分下部 *Tachylasma zhesiense–T. variable* 组合和上部 *Protomichelinia mandulaensis–Pseudofavosites finitimusminor* 组合，菊石 *Rhiphaeoceras zhesiense*，即为著名的哲斯动物群[16]。王成文等[9-10]对哲斯腕足动物群进行了系统研究，认为该动物群是一个凉水型动物群，属于北方生物地理大区，土著种含量在75%以上，从而自成一个地理区——内蒙古区。

林西组(P_3l)为整合或不整合在哲斯组之上的湖相、泻湖相沉积序列(图2-b)，以黑灰色砂岩、板岩为特征，层理发育[16]。沉积环境整体为开阔的淡水湖泊和三角洲沉积体系，在其沉积初期为海陆交互环境，形成环境具有从海相到陆相淡水沉积转换的特征[21-24]。总厚度大于3107.3m。产双壳类 *Palaeomutela khinganensis*，*P. soronensis* 等；植物 *Calamites*，*Paracalamites*，*Noeggerathiopsis* 等。该带以安加拉植物群分子为主体，混生有少量华夏植物群分子，沉积时限为晚二叠世。

2 样品和分析方法

研究样品采自4个地区，林西组样品采自林西和索伦地区，哲斯组样品采自好仁和克什克腾旗(图1)。林西和克什克腾旗地区位于西拉木伦河缝合带以北，研究区的南部；好仁和索伦地区位于贺根山缝

表1 研究区二叠纪砂岩碎屑组分颗粒数目

Table 1 Grain number of debris components of Permian sandstone in the study area

组	地区	薄片号	Qm	Qp	Kl	Pl	F	Lv	Ls	Lm	Ms	Bt	M	Total	Qt	L	Lt
林西组	林西	227LX-1	131	27	17	44	61	71	9	7	7	0	3%	313	158	87	114
		228LX-1	116	34	18	47	65	37	24	18	7	0	20%	301	150	79	113
	索伦	248SL-1	125	23	17	24	41	84	23	2	2	0	10%	303	148	109	132
		248SL-2	95	22	22	54	76	89	19	1	5	0	10%	307	117	109	131
		J1-19A	98	40	16	66	82	60	27	1	3	0	5%	312	138	98	128
		J1-19C	68	28	22	91	113	75	31	1	8	0	5%	324	96	107	135
		J1-19E	114	52	58	20	78	81	7	0	2	0	15%	314	166	88	140
		J1-19G	94	44	36	32	68	64	33	0	1	0	5%	304	138	97	141
		J1-19H	112	38	40	44	84	70	31	3	1	0	5%	339	150	104	142
		J1-19K	97	39	36	24	60	90	5	2	5	0	10%	300	136	97	136
哲斯组	好仁	JI-21A	138	17	8	26	34	87	22	0	2	1	15%	301	155	109	126
		JI-21B	138	27	21	29	50	65	20	0	3	0	10%	303	165	85	112
		JI-21D	113	23	71	54	125	63	0	2	3	0	5%	329	136	65	88
		JI-21E	83	29	74	27	101	61	17	5	7	0	5%	303	112	83	112
		JI-21F	138	15	9	18	27	88	46	0	3	0	5%	317	153	134	149
	克旗	210KQ-1	159	24	12	44	56	16	8	31	3	0	10%	302	188	55	79
		211KQ-1	100	41	15	57	72	52	36	24	12	0	5%	337	141	112	163
		211KQ-2	124	17	29	18	47	103	9	3	4	0	5%	304	141	115	132
		212KQ-1	145	50	18	6	24	56	3	5	23	0	10%	306	195	64	114
		213KQ-1	89	18	69	36	105	90	2	6	10	0	6%	315	107	98	116
		213KQ-2	167	20	45	12	57	81	3	0	13	0	8%	321	187	84	104
		215KQ-1	132	28	10	6	16	70	30	24	33	0	13%	333	160	124	148
		215KQ-2	152	38	5	4	9	75	28	4	6	0	14%	312	190	107	145
		215KQ-3	140	8	35	4	39	92	9	23	2	1	15%	309	148	124	132
		215KQ-4	135	35	17	16	33	74	16	2	15	0	10%	310	170	92	127
		215KQ-5	145	28	21	35	56	62	14	12	17	0	13%	306	145	88	116
		216KQ-1	151	40	15	19	34	67	16	5	5	0	12%	318	191	88	128
		218KQ-1	131	34	16	37	53	51	27	5	11	0	13%	312	165	83	117
		222KQ-1	116	25	22	51	73	67	6	10	6	0	8%	303	141	83	108

注：Qm—单晶石英；Qp—多晶石英；Kl—钾长石；Pl—斜长石；F—长石；Lv—火山岩岩屑；Ls—沉积岩岩屑；Lm—变质岩岩屑；Ms—白云母；Bt—黑云母；M—杂基；Total—总颗粒数；Qt—石英颗粒总数；L—岩屑；Lt—岩屑+石英

地信网论坛
BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手!
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

表 2 二叠纪砂岩主量元素分析数据

Table 2 Analytical data of major elements in Permian sandstone

组	地区	样品号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	TFe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	LOI	TOTAL
林西组	林西地区	227LX-1	71.17	0.48	11.35	3.59	0.06	1.94	2.89	3.12	1.39	0.09	4.05	100.13
		228LX-1	73.39	0.56	12.53	2.32	0.04	1.25	3.05	4.35	1.76	0.10	0.70	100.05
西组	索伦地区	248SL-1	73.95	0.37	11.39	3.26	0.17	1.04	1.89	3.88	1.00	0.11	2.80	99.86
		248SL-1R	73.83	0.37	11.35	3.25	0.17	1.04	1.89	3.87	1.00	0.10	2.85	99.72
		248SL-2	72.08	0.49	14.17	2.85	0.07	0.77	1.13	5.02	1.40	0.11	2.22	100.31
		248SL-4	56.74	0.84	16.28	6.22	0.12	1.84	5.19	6.04	1.63	0.44	4.78	100.12
		JI-19A	70.66	0.76	13.97	5.29	0.10	1.12	0.42	2.99	1.82	0.16	3.03	100.32
		JI-19B	71.85	0.71	13.92	4.30	0.06	0.98	0.38	3.39	1.78	0.16	2.62	100.15
		JI-19C	71.00	0.68	14.23	4.27	0.05	0.98	0.37	3.23	1.96	0.17	2.78	99.72
		JI-19E	68.75	0.71	13.45	3.41	0.08	1.20	3.13	3.93	1.42	0.13	4.22	100.43
		JI-19G	70.33	0.47	14.24	3.30	0.09	0.97	1.45	4.41	1.79	0.12	3.12	100.29
		JI-19H	69.42	0.45	14.01	2.93	0.09	0.92	2.70	4.08	1.87	0.12	3.75	100.34
		JI-19J	56.33	0.55	13.78	6.45	0.23	1.97	7.56	2.76	1.94	0.13	8.39	100.09
		JI-19K	66.37	0.68	16.42	4.51	0.03	1.14	0.47	2.56	2.92	0.16	4.26	99.52
		JI-19M	54.68	0.92	17.26	7.03	0.11	2.25	4.41	3.41	3.09	0.35	6.07	99.58
哲	好仁地区	JI-21A	68.02	0.71	15.24	5.21	0.15	1.39	0.46	3.55	1.94	0.18	3.35	100.20
		JI-21AR	67.91	0.72	15.20	5.19	0.15	1.38	0.45	3.55	1.94	0.18	3.31	99.98
		JI-21B	71.01	0.68	14.93	3.50	0.04	1.00	0.35	3.49	2.51	0.17	2.53	100.21
		JI-21E	73.85	0.61	15.90	1.32	0.00	0.52	0.06	0.06	2.61	0.11	4.56	99.60
		JI-21F	67.54	0.68	15.69	4.40	0.06	1.39	0.44	3.39	2.44	0.14	3.33	99.50
斯组	克旗地区	210KQ-1	73.46	0.45	11.42	2.74	0.04	1.43	2.14	1.93	2.11	0.09	3.71	99.52
		211KQ-1	74.35	0.47	13.94	2.34	0.02	0.62	0.30	2.56	2.29	0.11	2.69	99.69
		211KQ-2	67.56	0.51	16.58	4.35	0.04	1.05	0.49	1.62	3.17	0.18	3.98	99.53
		212KQ-1	70.58	0.48	14.12	3.38	0.08	0.87	1.44	2.70	2.32	0.11	3.56	99.64
		213KQ-1	71.17	0.49	13.50	2.26	0.12	0.71	2.48	2.24	2.51	0.11	4.69	100.28
		213KQ-2	70.57	0.61	13.22	5.07	0.14	0.68	1.21	2.71	1.88	0.16	3.43	99.68
		214KQ-21	71.35	0.55	15.42	2.46	0.01	0.78	0.36	1.79	2.99	0.12	3.87	99.70
		214KQ-2R	71.50	0.55	15.50	2.47	0.01	0.78	0.37	1.82	3.01	0.13	3.87	100.01
		215KQ-1	72.41	0.55	12.55	3.54	0.02	1.56	1.83	0.06	2.48	0.10	4.53	99.63
		215KQ-2	74.96	0.52	13.37	2.50	0.01	1.17	0.34	0.07	3.08	0.08	3.41	99.51
		215KQ-3	70.77	0.52	13.70	4.21	0.04	1.63	1.20	0.07	2.78	0.10	4.51	99.53
		215KQ-4	75.96	0.48	11.93	2.26	0.02	1.13	1.30	0.06	2.14	0.08	4.31	99.67
		215KQ-5	70.98	0.48	12.21	2.83	0.05	1.66	2.51	0.16	2.52	0.09	6.12	99.61
		216KQ-1	70.04	0.56	15.79	2.59	0.03	0.71	0.94	1.67	2.96	0.15	4.35	99.79
		218KQ-1	73.12	0.45	12.81	2.53	0.03	0.94	1.81	2.25	2.12	0.09	3.68	99.83

注:氧化物含量为 wt%

合带以南,研究区的北部。

2.1 砂岩碎屑颗粒组分分析

利用 Dicknson-Gazzi 点计法对挑选的 28 个样品进行骨架组分统计分析,结果见表 1。模式统计分析的骨架成分(0.063~2mm)中杂基含量小于 20%,在每个样品薄片上取至少 300 个点,统计包括骨架矿物成分和胶结物或基质[25],统计结果见表 1。

地信网论坛 BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手!
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

表 3　二叠纪砂岩稀土元素分析数据

Table 3　Analytical data of REE in Permian sandstone

组	地区	样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE
林西组	林西	227LX-1	16.67	33.96	3.966	15.74	3.226	0.9159	2.904	0.4968	3.08	0.6527	1.911	0.2954	1.886	0.305	86.009
		228LX-1	19.88	39.08	4.633	18.16	3.555	1.091	3.013	0.4954	3.007	0.6247	1.863	0.3036	1.997	0.321	98.024
	索伦	248SL-1	22.45	48.16	5.399	21.36	4.269	1.025	3.845	0.6711	3.947	0.7994	2.323	0.3516	2.234	0.349	117.18
		248SL-2	30.5	66.85	7.252	28.17	5.304	1.191	4.598	0.7506	4.607	0.951	2.741	0.4292	2.762	0.438	156.54
		248SL-4	23.78	53.96	6.8	28.67	5.719	1.979	4.642	0.6866	3.862	0.7742	2.168	0.3145	1.997	0.322	135.67
		JI-19A	19.58	40.34	5.109	20.4	4.112	0.9665	3.933	0.528	3.315	0.6651	1.929	0.2844	1.892	0.299	103.35
		JI-19B	16.15	32.71	4.251	16.64	3.39	0.814	3.237	0.4245	2.768	0.5661	1.618	0.2422	1.608	0.253	84.672
		JI-19C	18.46	36.8	4.742	18.61	4.008	0.9708	4.209	0.6011	3.862	0.7766	2.201	0.3178	2.027	0.319	97.905
		JI-19E	13.56	25.61	3.39	13.22	2.773	0.8281	2.817	0.3873	2.539	0.5151	1.527	0.2321	1.538	0.241	69.178
		JI-19G	7.336	16.04	2.148	8.595	1.896	0.4277	2.11	0.3168	2.148	0.4332	1.266	0.1902	1.329	0.205	44.441
		JI-19H	24.19	48.94	6.022	23.01	4.383	0.9142	3.982	0.5497	3.557	0.7304	2.134	0.3307	2.167	0.33	121.24
		JI-19J	23.56	47.07	5.677	21.02	3.995	0.9484	3.829	0.5617	3.759	0.777	2.296	0.3538	2.326	0.372	116.54
		JI-19K	25.14	47.91	6.375	24.54	4.768	0.9219	4.624	0.6548	4.117	0.8259	2.413	0.3608	2.399	0.363	125.41
		JL-19M	21.68	43.77	6.128	25.16	4.957	1.448	4.417	0.5611	3.385	0.6618	1.835	0.2571	1.694	0.268	116.22
哲斯组	好仁	JI-21A	34.97	75.31	8.793	32.69	5.872	1.09	5.244	0.7789	5.13	1.054	3.217	0.4962	3.216	0.498	178.36
		JI-21B	29.61	61	7.111	26.69	4.905	1.172	4.418	0.5919	3.581	0.6961	2.077	0.3144	2.066	0.337	144.57
		JI-21D	25.28	50.66	6.326	24.85	5.387	0.9445	5.222	0.7523	4.737	0.9002	2.511	0.3634	2.335	0.36	130.63
		JI-21F	19.30	46.38	5.139	19.8	4.077	0.8573	3.809	0.5389	3.525	0.7013	2.119	0.3246	2.269	0.358	109.2
		JL-21E	30.71	72.29	7.985	32.58	6.541	1.572	5.803	0.7112	4	0.7497	2.105	0.3031	2.002	0.305	167.66
	克旗	210KQ-1	23.14	47.42	5.4	20.61	3.965	0.9365	3.309	0.5529	3.36	0.7045	2.043	0.3186	2.05	0.324	114.13
		211KQ-1	32.91	68.94	7.676	29.18	5.467	1.026	4.546	0.7162	4.267	0.8895	2.627	0.4096	2.686	0.425	161.77
		211KQ-2	42.06	92.07	10.49	41.12	8.14	1.421	7.039	1.065	6.219	1.243	3.638	0.5548	3.616	0.568	219.24
		212KQ-1	32.12	68.87	7.514	28.87	5.388	1.133	4.405	0.7014	4.182	0.8746	2.574	0.3998	2.611	0.418	160.06
		213KQ-1	36.72	78.97	8.64	33.01	6.205	1.215	5.48	0.8726	5.235	1.075	3.123	0.4725	3.12	0.489	184.63
		213KQ-2	34.36	74.71	8.546	34.22	7.042	1.307	6.558	1.022	5.914	1.16	3.29	0.4976	3.16	0.499	182.29
		214KQ-1	35.6	75.52	8.36	32.35	6.136	1.175	5.179	0.8432	5.101	1.063	3.178	0.498	3.245	0.515	178.76
		215KQ-1	24.91	50.67	5.756	21.82	4.199	0.9481	3.53	0.5562	3.308	0.6877	2.033	0.3125	2.052	0.33	121.11
		215KQ-2	26.46	52.6	5.936	22.19	4.047	0.7662	3.104	0.5275	3.267	0.6954	2.052	0.3212	2.093	0.333	124.39
		215KQ-3	24.52	50.29	5.757	22.16	4.335	0.9222	3.664	0.5979	3.499	0.7161	2.074	0.3255	2.121	0.333	121.31
		215KQ-4	26.05	52.53	5.962	22.1	4.05	0.8145	3.135	0.5005	2.903	0.5993	1.749	0.2816	1.852	0.293	122.82
		215KQ-5	25.22	50.67	5.734	21.81	3.992	0.8087	3.239	0.5218	3.185	0.644	1.864	0.293	1.878	0.3	120.16
		216KQ-1	36.46	75.76	8.519	32.81	6.406	1.302	5.592	0.8845	5.357	1.095	3.199	0.4979	3.248	0.512	181.64
		218KQ-1	24.60	49.33	5.639	21.41	4.036	0.8642	3.392	0.5725	3.443	0.7168	2.078	0.3213	2.028	0.316	118.75

注:元素含量为 10^{-6}

2.2　砂岩地球化学特征分析

经镜下观察,剔除风化、蚀变样品,选择 33 个砂岩样品，在西北大学大陆动力学国家重点实验室利用 RIX2100 型 X 射线荧光光谱仪(XRF)进行了碎屑岩主量元素地球化学分析，分析过程中使用中国国家标准样品 GBW07105 和美国地质调查所 BCR-2 校正标准曲线。SiO_2 的分析精度为 1%,其它氧化物的精度在 4%~10%之间。FeO 采用 $K_2Cr_2O_7$ 滴定法分析。结果见表 2。35 个样品在吉林大学测试中心进行稀土元素、微量元素分析。样品分析测试在美国安捷伦科技公司生产的 Aglient 7500a 等离子体质谱(ICP-MS)仪上完成。对国家标准参考物质 GBW07106 的分析结果表明，微量元素的分析准确度一般优于 5%。分析结果见表 3、表 4。

地信网论坛 BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手!
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

3 分析结果

3.1 砂岩碎屑组分分析

3.1.1 砂岩岩相学特征

通过对研究区二叠纪砂岩碎屑组分的镜下观察和百分含量统计,各组特征如下。

(1)林西组:碎屑成分以石英、岩屑为主(表 1)。石英呈不规则它形粒状，大部分为表面比较干净的含一定量气泡或包裹体的单晶石英，部分呈熔蚀港湾状,无次生加大边,多晶石英多由粒径大小不等的

表 4 二叠纪砂岩微量元素分析数据

Table 4 Analytical data of trace elements in Permian sandstone

组	地区	样品号	Ba	Co	Cr	Cs	Hf	Ta	Th	U	Nb	Ni	Rb	Sr	Y	Zr	V
林西组	林西地区	227LX-1	276.5	20.35	174.2	4.598	4.422	0.4754	4.897	1.014	6.787	50.14	63.64	134.8	18.37	171.8	87.3
		228LX-1	526.8	8.502	63	4.803	3.837	0.5774	3.852	0.76	8.22	11.11	91.36	349.4	18.7	153.7	117.3
	索伦地区	248SL-1	246.7	14.28	24.62	2.802	3.946	0.5818	6.56	1.551	9.046	15.04	42.1	369.4	23.67	150.5	47.6
		248SL-2	326.4	14.52	31.78	4.277	5.214	0.7086	8.334	2.698	12.08	16.99	54.3	220.4	27.64	204.5	58.27
		248SL-4	1490	15.91	0.6021	1.108	5.785	0.4647	4.209	1.554	7.776	0.4895	35.28	1205	21.56	237.4	103.5
	好仁地区	JI-21A-C	434.6	15.07	1365	10.11	6.809	0.9537	10.77	2.563	15.83	660.1	116.9	65.18	30.04	269.5	87.01
		JI-21B-08-C	328.8	8.716	79.02	3.897	6.262	0.6468	7.651	2.15	11.53	37.97	82.8	137	21	281.3	70.21
		JI-21F-08	423	10.02	321.6	6.534	6.385	0.7266	8.395	2.449	12.19	200.3	91.44	195.1	19.93	268.2	64.21
		JL-21-E	316.4	1.405	48.22	7.609	6.442	0.7184	7.924	2.783	11.7	13.46	101.2	28.63	20.11	275.8	66.51
哲斯组	索伦地区	JL-19M-C	1264	16.54	15.37	10.73	5.088	0.3274	2.983	0.919	6.323	10.86	75.15	791	19.7	228.2	156.1
		JI-19A-C	399.2	23.02	512.4	5.829	5.562	0.5897	5.327	1.606	10.05	260.8	63.32	137.4	18.99	243.1	67.53
		JI-19C-08	439	17.25	366.8	3.739	4.606	0.4972	4.57	1.442	8.761	182.2	64.62	151.4	23.58	203.5	81.84
		JI-19H-08-C	301.7	7.766	111.3	3.909	4.492	0.6429	7.511	1.984	10.14	67.22	43.89	245.2	21.4	176.3	50.89
		JI-19F-08	147.5	18.55	494	5.658	6.316	0.6874	6.803	2.071	11.48	299.9	54.8	109.4	26.55	268.9	61.14
		JI-19J-C	348	10.77	491	7.048	5.896	0.6209	7.371	2.197	10.31	239.4	73.89	555.2	23.92	248.8	42.41
		JI-19E-08	262.8	13.02	387.6	3.271	4.686	0.5047	3.809	1.276	8.504	174.2	35.06	272.1	15.34	203.7	63.75
		JI-19K-C	317.3	6.602	79.02	6.783	6.949	0.9313	6.997	2.221	14.5	40.71	60.19	89.5	21	270.9	80.02
		JI-19G	90.35	2.543	65.26	1.238	1.589	0.1863	2.517	0.715	2.949	41.74	5.285	69.21	10.21	58.44	13.71
		JI-19B-08A	377.9	12.53	189	3.795	4.353	0.5075	4.313	1.324	8.636	79.38	49.77	141.9	15.98	190.4	79.71
	克旗地区	210KQ-1	492	13.37	82.44	13.83	5.217	0.6494	7.59	1.322	9.573	24.95	103.2	152.8	205.7	9.573	55.16
		211KQ-1	388.6	7.631	38.69	14.94	6.545	0.7927	10.38	2.504	12.37	7.001	111	81.45	262.2	12.37	50.85
		211KQ-2	560.1	13.93	46.52	22.45	8.155	1.07	13.62	3.894	16.01	21.26	150	72	314.8	16.01	65.16
		212KQ-1	413	8.761	46.68	16.41	5.998	1.158	9.992	2.333	12.05	13.82	90.29	110.2	221.4	12.05	57.77
		213KQ-1	531.9	11.45	40.02	15.57	6.915	0.9617	12.07	3.05	15.5	11.08	109.2	256.2	270.4	15.5	50.08
		213KQ-2	528.7	24.69	51.53	12.47	9.436	0.9656	11.87	3.878	13.42	25.77	78.41	93.89	366.2	13.42	54.89
		214KQ-1	520.6	15.69	97.68	14.59	7.156	1.153	13.09	3.516	15.97	41.87	117.6	69.06	260.7	15.97	56.09
		215KQ-1	293.8	18.96	94.8	20.31	6.336	0.8938	10	2.36	11.11	37.37	119.2	56.54	230.4	11.11	61.01
		215KQ-2	293.4	16.27	58.36	19.16	6.379	0.8375	10.11	1.808	10.48	12.5	125.7	51.14	234.4	10.48	67.07
		215KQ-3	296.7	14.42	57.15	23.88	6.106	0.8664	9.718	2.662	10.93	19.64	129.9	76.7	225.1	10.93	68.55
		215KQ-4	282.3	10.86	55.56	20.98	5.632	0.7745	9.744	1.827	10.086	15.65	109.7	75.47	209.3	10.09	68.69
		215KQ-5	237.8	15.53	61.87	25.05	5.625	0.8108	9.548	1.813	10.73	21.04	110.7	104.3	213.4	10.73	64.01
		216KQ-1	604.7	11.53	42.58	17	6.893	1.059	12.22	3.203	15.08	10.65	113.9	90.95	250.6	15.08	64.61
		218KQ-1	358.3	13.13	46.68	4.539	5.317	0.7895	9.424	2.043	10.424	14.63	100	126	194.4	10.42	59.59

注:元素含量为 10^{-6}

地信网论坛 BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手！
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

石英晶粒组成,晶粒间为较为平直的线接触。斜长石多发生绢云母化,碱性长石多发生高岭土化,总体上斜长石的含量大于碱性长石的含量，部分斜长石可见明显的细密平直的双晶,碱性长石可见卡式双晶。岩屑粒径变化较大,形状不规则,分布无序,以棕红色的含磁铁矿等不透明物质的火山岩屑为主，部分火山岩屑中清晰可见斜长石搭成格架，少量的沉积岩屑多为微晶石英组成的燧石岩屑,无变质岩屑。副矿物为绿泥石、磁铁矿、锆石、磷灰石等。

其中林西地区石英平均含量 40%,长石 18%,岩屑 32%;索伦地区石英平均含量 40%,长石 17%,岩屑 35%。

多数颗粒为次棱角状、次圆状。细粒为主,总体粒径 0.1~0.2mm。杂基含量 8%左右。颗粒支撑、孔隙胶结。颗粒紧密堆积,以线接触、凹凸接触为主。主要为长石岩屑砂岩,有 2 个样品岩屑含量较高。

(2)哲斯组:碎屑骨架成分以石英、岩屑为主(表1)。石英和岩屑的特征与林西组相似。少数长石碳酸盐化严重,部分可见完整的聚片、卡式双晶,含量变化较大，总体上斜长石的含量大于碱性长石的含量。岩屑以火山质岩屑为主,少量是以燧石岩屑为主的沉积岩屑,几乎不含变质岩屑。可见晶形很好的条带状白云母。副矿物有绿泥石、磁铁矿、锆石、磷灰石等。

克旗地区石英平均含量 45%，长石 14%，岩屑 30%,不同样品长石、岩屑含量变化较大;好仁地区石英平均含量 42%,长石 20%,岩屑 30%。

颗粒多为次棱角状、次圆状,以细粒为主,总体粒径 0.08~0.2mm。杂基含量 10%左右。颗粒支撑、孔隙胶结。大部分为长石岩屑砂岩,只有 1 个样品为岩屑长石砂岩。

3.1.2 物源区类型分析

应用 Dickinson 等[26-27]的分析理论和结果,对该区的砂岩进行物源区和构造背景的分析与讨论。以 QtFL、QmFLt、QpLvLs 为端员组分作砂岩三角投影图,投点结果如图 3 所示。

林西组:QtFL 图解中林西组样品点落入再旋回造山带靠近切割型岛弧区的一侧。QmFLt 图解的投图结果与 QtFL 的略有差别，样品点几乎全部落入切割型岛弧区及其与过渡型再旋回造山带的过渡位置。QpLvLs 图解中样品点全部位于岛弧造山带物源区及其附近。林西组在林西地区和索

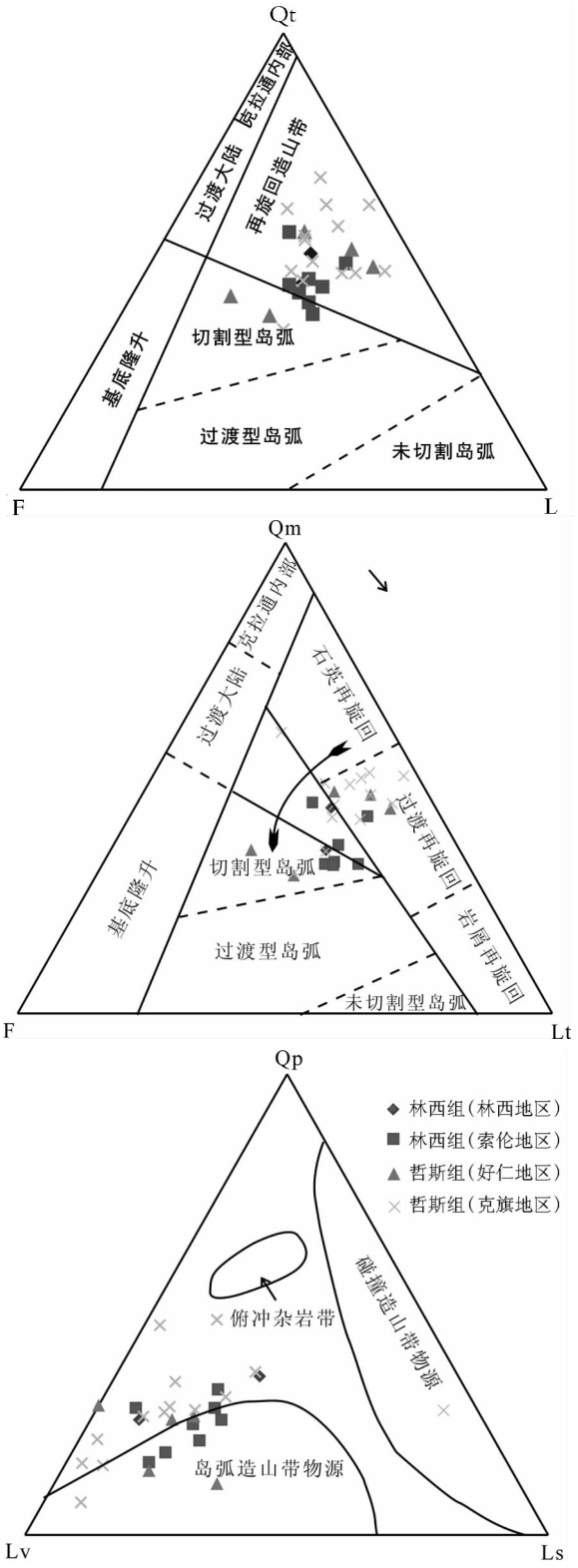


图 3 大兴安岭南段兴-蒙草原区二叠纪砂岩 QtFL、QmFLt 和 QpLvLs 三角图解(据文献[26-27]简化)

Fig. 3 QtFL, QmFLt and QpLvLs triangle diagrams of the Permian sedimentary sandstones

Qt—石英;F—长石;L—岩屑;Qm—单晶石英;Lt—岩屑+石英;Qp—多晶石英;Lv—火山岩岩屑;Ls—沉积岩岩屑

地信网论坛 BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手!
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

伦地区的样品点在 Dickinson 图解中的分布没有差异。

哲斯组:QtFL 图解中哲斯组样品点大部分落入再旋回造山带内,少数点(部分好仁地区样品点)落入了切割型岛弧区内。QmFLt 图解中,好仁地区哲斯组样品一半落入过渡型再旋回造山带中,一半落入切割型岛弧区中；克旗地区哲斯组样品点全部落入过渡型再旋回造山带及其附近区域。QpLvLs 图解中，好仁地区哲斯组样品点位于岛弧造山带物源区及其附近，克旗地区哲斯组样品点除极个别点外都落入混合造山带物源区内靠近 Lv 极的一侧。

3.2 砂岩地球化学分析

3.2.1 主量元素

尽管采用 Dickinson-Gazzi 点计法能够根据砂岩中碎屑组分的成分和含量较为准确地反映出物源的特征,但砂岩中的碎屑经历风化、剥蚀、搬运、沉积、成岩等过程,会对碎屑源区的特征产生一定程度的影响。在这种情况下,地球化学分析中 9 个作为矿物的主要构成元素的主量元素更能反映砂岩中主要碎屑颗粒的组成。

林西组：砂岩样品中 SiO_2 的含量约 70%,而 TFe_2O_3 的含量约 3%、MgO 的含量约 1.5%(表 5),说明晚二叠世林西组砂岩源区为长英质岩石。索伦地区与林西地区的砂岩样品相比 SiO_2 含量稍低,但 TFe_2O_3 含量增加。将碎屑岩主量元素与各类大地构造背景砂岩进行比较，结果显示主量元素含量比值与大陆岛弧背景下的砂岩较接近(表 5)。

哲斯组:砂岩样品中 SiO_2 含量较高(约 70%),而 TFe_2O_3 的含量约 3%、MgO 的含量约 1%(较低)(表 5)，说明中二叠世哲斯组砂岩源区为长英质岩石。但与林西组样品相比较,哲斯组砂岩中 K_2O 含量明显升高,而 CaO 和 Na_2O 含量降低,表明砂岩长石中钾长石含量增多,斜长石含量降低。与好仁地区哲斯组砂岩样品相比，克旗地区哲斯组砂岩中 K_2O 更高,而 CaO 和 Na_2O 含量降低,表明钾长石更多(至于好仁地区 K_2O/Na_2O 比值、$Al_2O_3/(CaO+Na_2O)$比值与活动大陆边缘的值相差很大,与 JI-21E 样品 CaO 和 Na_2O 含量异常低有关，不能代表普遍情况；而克旗地区 K_2O/Na_2O 比值、$Al_2O_3/(CaO+Na_2O)$比值与活动大陆边缘的值相差较大,与 215KQ 系列 Na_2O 含量异常低有关，亦不能代表普遍情况,此系列点的 Na_2O 值极低可能是样品制备过程中误差所致)。将砂岩的主量元素与各类大地构造背景下砂岩对比发现，除极个别异常点外，哲斯组主量元素含量比值与活动大陆边缘物源区背景下的砂岩非常接近，少部分与大陆岛弧的相接近(表 5)。

表 5 二叠纪砂岩主量元素含量与各构造背景下主量元素含量对比

Table 5 Major elements content of Permian sandstone and comparison of major elements in various tectonic backgrounds

主 元 素	林西地区	索伦地区	好仁地区	克旗地区	大洋岛弧	大陆岛弧	活动陆缘	被动陆缘
Al_2O_3	11.94	14.19	15.39	13.74	17.11	14.04	12.89	8.41
SiO_2	72.28	67.38	69.67	71.92	58.83	70.69	73.86	81.95
K_2O	1.58	1.82	2.29	2.56	1.60	1.89	2.90	1.71
CaO	2.97	2.38	0.35	1.25	5.83	2.68	2.48	1.89
TiO_2	0.52	0.62	0.68	0.51	1.06	0.64	0.46	0.49
MnO	0.05	0.11	0.08	0.04	0.15	0.10	0.10	0.05
TFe_2O_3	2.96	4.39	3.92	3.04	8.08	4.82	3.05	3.27
P_2O_5	0.10	0.17	0.16	0.11	0.26	0.16	0.09	0.12
Na_2O	3.74	3.81	2.81	1.45	4.10	3.12	2.77	1.07
MgO	1.60	1.25	1.14	1.05	3.65	1.97	1.23	1.39
Al_2O_3/SiO_2	0.17	0.21	0.22	0.19	0.29	0.20	0.18	0.10
K_2O/Na_2O	0.43	0.52	9.21	23.64	0.39	0.61	0.99	1.60
$Al_2O_3/(CaO+Na_2O)$	1.79	2.68	29.62	7.47	1.72	2.42	2.56	4.15

注:氧化物含量为 wt%

地信网论坛 BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手！
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

3.2.2 稀土元素

一般沉积岩的稀土元素组成特征主要取决于碎屑组分的源区类型和沉积作用过程，受后期搬运、沉积和成岩作用影响较小，而二者又与构造背景密切相关。因此，运用稀土元素组成和变化特征探索沉积物源及其构造环境，有独特的优越性[28-30]。

如图 4 所示,研究区二叠纪砂岩样品参照球粒陨石[31]校准后呈现的稀土元素配分曲线总体表现右倾,LREE 富集,HREE 相对亏损,HREE 曲线平缓(∑LREE/∑HREE 比值为 6.95~8.44),Eu 呈负异常,这些特征与大陆地壳元素分布特征相似。不同地区不同组样品 REE 模式呈现比较一致的分布趋势,并均与 NASC(北美页岩组合样)的分布趋势接近。

稀土元素如 La、Ce、Nd、Zr、Th、Y、Sc 和 Co 在沉积搬运过程中,保持元素比值与源区一致,故常用来区别不同的构造环境。为进一步分析源区的构造环境,将 4 个地区的二叠纪砂岩的稀土元素含量同其它构造环境中的进行比较[29](表 6)。结合稀土元素特征的区分标准,不同组表现出略微不同的构造环境,林西组更倾向于大陆岛弧,而哲斯组更倾向于活动大陆边缘。

另外，源自基性岩石的稀土元素具有低的∑LREE/∑HREE,并且不出现 Eu 异常,而长英质岩石通常具有较高的∑LREE/∑HREE，显示 Eu 负异常[33]。研究区内样品总体表现出较高的∑LREE/∑HREE、弱的负 Eu 异常等特征,反映研究区二叠纪砂岩物源为长英质岩石。

3.2.3 微量元素

Bhatia 等[29]发现微量元素含量与源区类型和构造背景之间存在对应关系。不同的构造背景造成砂岩中的元素，特别是微量元素组合及比值等不同。REE、Th、Sc 和高场强元素性质稳定,较少或不受沉积过程的影响，通常认为它们也一般不受热液蚀变、低于角闪岩相中级亚相变质作用甚至更高级变质作用的影响[34],因此在确定源区母岩组成方面有重要的指示意义。

研究区二叠纪砂岩样品微量元素上地壳标准化曲线(图 5)呈规律性变化,高场强元素(HFSE)Cs、Th、U、Cr、Ni 富集,轻微亏损 Nb 和 Ta,曲线分布特征与大陆上地壳的相似。组内各地区微量元素曲线

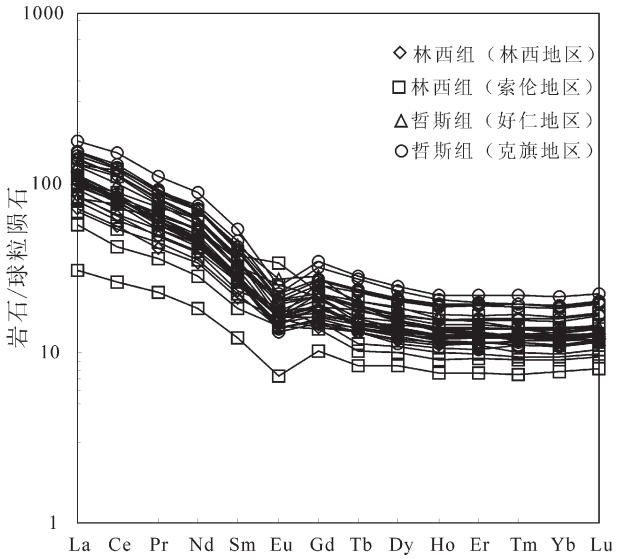


图 4 二叠纪砂岩球粒陨石标准化稀土元素分布模式
(标准化参数依据文献[31])

Fig. 4 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the Permian sandstones

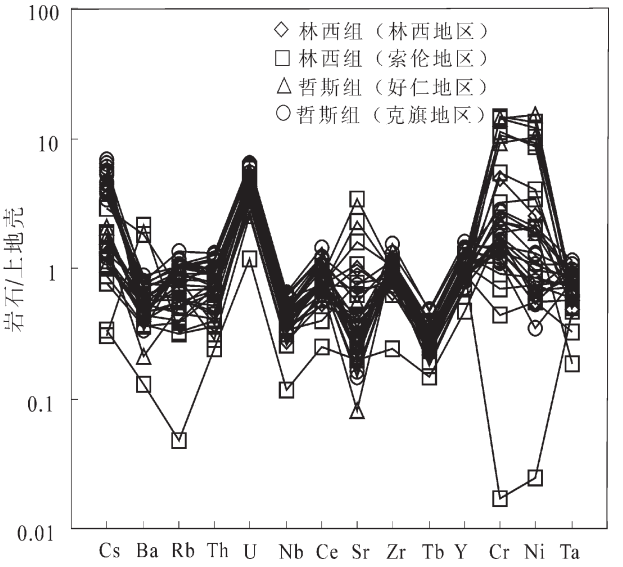


图 5 二叠纪砂岩上地壳标准化微量元素分布模式

Fig. 5 Upper crust-normalized trace element patterns for the Permian sandstones

分布模式相似，表明物源上组内不同地区具有亲缘关系。

利用微量元素三相判别图解进一步分析研究区砂岩的物源区性质。4 个地区的样品除个别外投点都落入大陆弧源区内(图 6)。为进一步揭示源岩的属性,利用 La/Th-Hf 源岩属性判别图解对研究区

地信网论坛 BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手！
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

表 6 二叠纪砂岩与不同构造背景砂岩稀土元素特征比较

Table 6 Comparison of REE characteristics between Permian sandstones and sandstones of different tectonic backgrounds

构造背景	物源类型	稀土元素参数						
		La	Ce	ΣREE	La/Yb	La_N/Yb_N	LREE/HREE	Eu/Eu^*
大洋岛弧	未切割岛弧	8±1.7	19±3.7	58±10	4.2±1.3	4.2±1.3	3.8±0.9	1.01±0.11
大陆岛弧	切割岛弧	27±4.5	59±8.2	146±20	11±3.6	7.5±2.5	7.7±1.7	0.79±0.13
活动大陆边缘	隆升基底	37	78	186	12.5	8.5	9.1	0.6
被动大陆边缘	克拉通内部	39	85	210	15.9	10.8	8.5	0.56
林西组	林西	18.28	36.52	92.02	9.40	6.28	6.95	0.96
	索伦	20.53	42.35	107.36	10.12	6.70	7.10	0.78
哲斯组	好仁	46.62	61.13	146.08	11.98	8.01	8.07	0.67
	克旗	30.37	63.45	150.79	12.02	7.97	8.34	0.68

注:La_N/Yb_N 和 Eu/Eu^*采用文献[32]推荐的球粒陨石平均值标准化

砂岩的原始属性进行分析,在 La/Th-Hf 图解(图 7)上,林西组样品点几乎都落入长英质物源区,个别砂岩样品点落入混合长英质/基性源区;哲斯组砂岩样品点落入长英质源区及其右侧，尤其是克旗地区的哲斯组有一半样品的投点落在长英质源区右侧。

将大兴安岭中部和南部二叠纪砂岩微量元素比值同大陆上地壳、下地壳和洋壳中微量元素的比值相比较(表 7),可见各地区微量元素比值与大陆上地壳微量元素比值较为接近。

研究表明,沉积物物源区为主动大陆边缘(未切割型岛弧）的砂岩以低含量的 La、Th、U 和 Hf ($La=9.2\times10^{-6}\pm1.7\times10^{-6}$, $Th=1.4\times10^{-6}\pm0.6\times10^{-6}$, $U=0.52\times10^{-6}\pm0.2\times10^{-6}$, $Hf=2.1\times10^{-6}\pm0.6\times10^{-6}$) 为特征与其它类型的砂岩相区别。沉积物物源区是切割型岛弧的砂岩，来自切割岛弧的长英质火山物质的 La、Th、U 和 Hf 含量介于未切割型岛弧和再旋回造山带或活动大陆边缘之间。沉积于被动大陆边缘和碰撞造山带(裂谷型大陆边缘和边缘盆地)的砂岩,物源为花岗岩、片麻岩和再旋回造山带、构造高地的古老沉积岩,成熟度高,以相对高的 La、Th、U 和 Hf ($La=39\times10^{-6}\pm9.9\times10^{-6}$; $Th=16\times10^{-6}\pm0.6\times10^{-6}$; $U=3.40\times10^{-6}\pm0.5\times10^{-6}$; $Hf=7.9\times10^{-6}$)为特征。由表 8 可见，研究区二叠纪林西组和哲斯组的 La、Th、U 和 Hf 元素平均含量有一定的变化,但都介于未切割型岛弧和再旋回造山带或活动型大陆边缘之间，应该为切割型岛弧物源区。

表 7 二叠纪砂岩元素含量比值

Table 7 Element ratios of Permian sandstones

元素比值	林西组		哲斯组		大陆上地壳	大陆下地壳	洋壳
	林西	索伦	好仁	克旗			
La/Sc	1.62	2.44	3.17	3.45	2.70	0.3	0.10
Sc/Th	2.67	1.85	1.21	0.83	1	34	1.73
Cr/Th	25.96	37.80	50.82	5.68	3.3	222	1227
Co/Th	3.18	2.68	1.33	1.34	0.9	33	214
Eu/Eu*	0.96	0.78	0.67	0.68	0.65	1.07	1.02

表 8 二叠纪砂岩元素含量

Table 8 Elements contents of Permian sandstones

元素	林西组		哲斯组	
	林西地区	索伦地区	好仁地区	克旗地区
La	18.275	20.532	27.974	30.366
Th	4.3745	5.375	8.3086	10.669
U	0.8868	1.623	2.4032	2.586
Hf	4.1295	4.847	6.4428	6.551

注:元素含量 10^{-6}

4 讨 论

4.1 砂岩碎屑组分反映的物源和构造背景

砂岩岩相学研究表明，研究区二叠纪砂岩结构成熟度和成分成熟度均较低，说明源区构造隆升剧

地信网论坛
BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手！
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

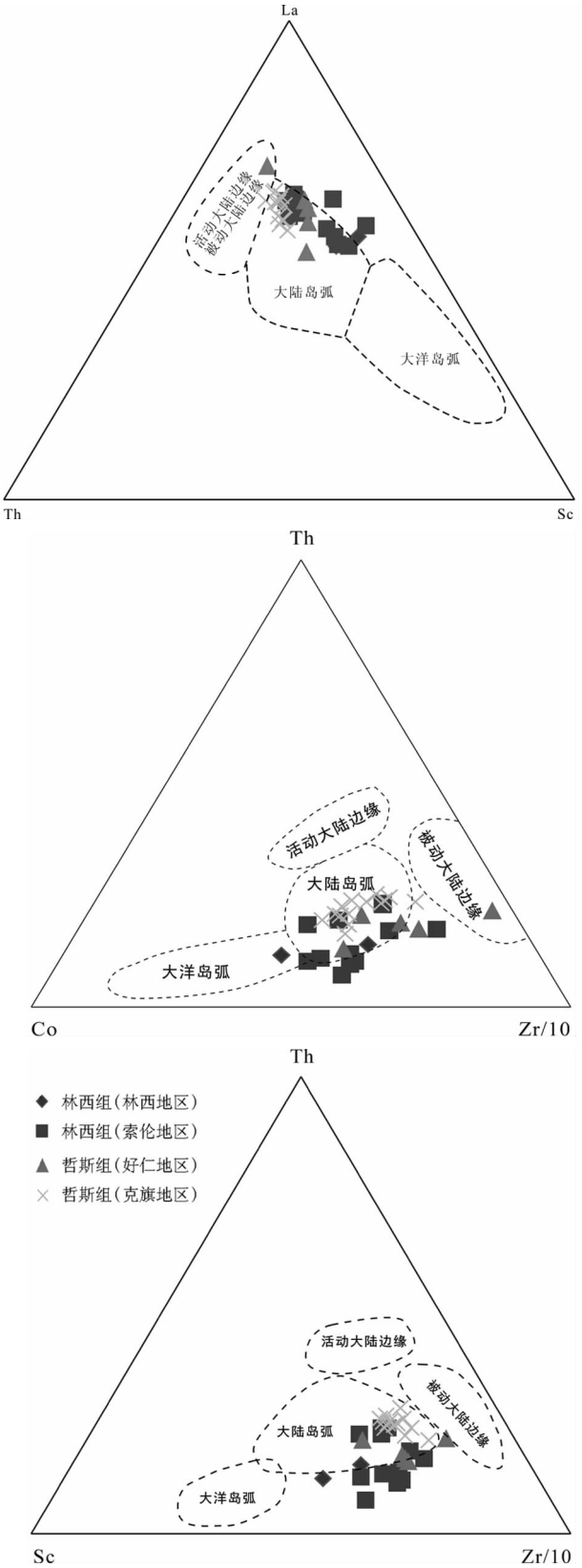


图 6　二叠纪砂岩微量元素构造判别图解[29]

Fig. 6　Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of the Permian sandstones

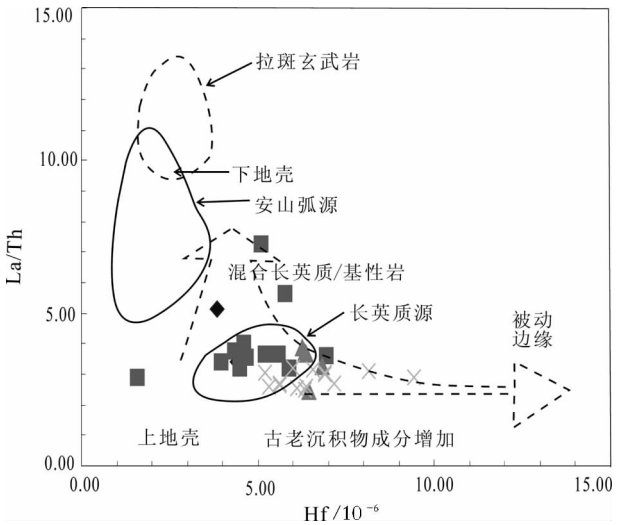


图 7　二叠纪砂岩 La/Th–Hf 源岩属性判别图解

(图例说明同图 6)

Fig. 7　La/Th vs. Hf Source rock discrimination diagrams for the Permian sandstones

烈,碎屑物质被快速剥蚀,离开源区后经短距离运移并近源快速堆积。

QtFL、QmFLt 和 QpLvLs 图解(图 3)表明林西组的砂岩物源主要是切割型岛弧。因为来自火山岛弧的碎屑物质在前弧盆地中可能与俯冲杂岩物质相混合[26],研究区二叠纪砂岩在沉积期间,随着时代由老到新,切割型岛弧物源的比例逐渐加大,再旋回造山带物源比例逐渐减小。

4.2　砂岩地球化学特征反映的物源和构造背景

研究区砂岩主量元素含量(表 2)表明,林西组和哲斯组砂岩碎屑组分都来自长英质源区，但构造环境并不完全相同。林西地区林西组砂岩物源区为大陆岛弧，索伦地区林西组砂岩物源区倾向于大陆岛弧，好仁地区哲斯组砂岩物源区为倾向于大陆岛弧的活动大陆边缘，克旗地区哲斯组砂岩物源区为活动大陆边缘。可见,随时代从老到新,物源区构造背景逐渐由活动大陆边缘向大陆岛弧过渡。

砂岩稀土元素和微量元素分析结果略有不同。稀土元素和微量元素含量表明，这些二叠纪砂岩的碎屑组分来自大陆上地壳物质，物源区的构造背景属于大陆岛弧。然而,哲斯组的物源区构造背景略微倾向于活动大陆边缘,并且 La/Th–Hf 图解(图 7)表明哲斯组中有古老沉积物的混合。所以物源区构造背景从哲斯组的活动大陆边缘转变到林

地信网论坛 BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手！
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

西组的大陆岛弧环境，尤其是佳-蒙地块南缘,除接受佳-蒙地块南缘的火山岛弧物质外,部分物质来自由古亚洲洋向佳-蒙地块南缘俯冲带来的华北地块北缘的古老基底物质[35-36]或被剥蚀的古老再旋回造山带物质。

4.3 区域构造演化

早二叠世早期，古亚洲洋洋壳分别向华北板块和佳-蒙地块双向俯冲，在古亚洲洋持续俯冲作用下贺根山洋很快夭折，闭合过程中造成贺根山蛇绿岩的就位。早二叠世中晚期古亚洲洋板块的持续、快速俯冲，使区域上发生以大石寨组火山岩为代表的岩浆活动[17]。早二叠世中晚期为研究区古生代岩浆活动最强烈的时期,之后岩浆活动趋于平静,广泛发育中二叠世海相哲斯组和晚二叠世陆相林西组地层单元。晚二叠世海相地层的消失标志着华北和西伯利亚两大板块碰撞造山作用的结束，从地层发育特征来看,佳-蒙地块南缘具有晚二叠世林西组湖相和泻湖相沉积，而华北板块北缘缺失该时期的沉积，表明在同碰撞阶段林西—东乌旗地区没有经历大规模的造山运动，而是发育类似前陆盆地的沉积环境[37]。西伯利亚板块和华北板块最终沿西拉木伦河—长春—延吉一线于二叠纪末(248~250Ma)[14-15,38-39]拼合成一个整体。

5 结 论

(1)岩相学研究,表明兴-蒙草原区二叠纪(哲斯组、林西组)砂岩样品主要为长石岩屑砂岩,结构成熟度与成分成熟度均较低，沉积物的物源区与沉积盆地之间距离较近。

(2)Dickinson 砂岩骨架成分分析指示,兴-蒙草原区二叠纪哲斯组沉积砂岩物源以再旋回造山带的物质为主，林西组沉积物的物源以切割岛弧的物质为主。物源区时代由老到新表现出再旋回造山带向切割岩浆弧环境过渡的特征。

(3)地球化学特征表明,兴-蒙草原区二叠纪砂岩碎屑组分为长英质源区,原始物质来自上地壳。物源区构造背景主要为大陆岛弧环境。

(4)研究区中、晚二叠世构造背景由活动陆缘逐渐趋于稳定，该时期记录了中亚造山带东段的最终闭合过程。

致谢：在主量元素测试中得到西北大学大陆动力学国家重点实验室王建其老师的协助，微量元素测试得到吉林大学测试中心周燕、王铁夫老师的帮助,在此一并诚表谢忱。

参考文献

[1]于炳松,裘愉卓.贵州地区新元古代—三叠纪沉积岩中稀土元素地球化学特征与地壳演化[J].现代地质,1998,12(2): 173-179.

[2]陈全红,李文厚,刘昊伟,等.鄂尔多斯盆地上石炭统—中二叠统砂岩物源分析[J].古地理学报,2009,11(6): 629-640.

[3]闫义,林舸,王岳军,等.盆地陆源碎屑沉积物对源区构造背景的指示意义[J].地球科学进展,2002,17(1): 85-90.

[4]杜远生.西秦岭造山带泥盆纪沉积地质学和动力沉积学研究:西秦岭中带泥盆纪小型克拉通盆地的沉积特征及盆地格局[J].岩相古地理,1995,15(5): 55-70.

[5]Wu F Y, Sun D Y, Li H M, et al. A-type granites in northeastern China: age and geochemical constrains on their petrogenesis[J].Chemical Geology,2002,11: 311-323.

[6]中华人民共和国 1:50 万数字地质图数据库编图组.中华人民共和国 1:50 万数字地质图数据库[DB].北京:中国地质调查局,1999:12.

[7]邵济安,牟保垒,何国琦,等.华北北部在古亚洲域与古太平洋域构造叠加过程中的地质作用[J].中国科学(D 辑),1997,5(27): 390-394.

[8]任纪舜,牛宝贵,刘志刚.软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用[J].地学前缘,1999,6(3):85-93.

[9]王成文,金巍,张兴洲,等.东北及邻区晚古生代大地构造属性新认识[J].地层学杂志,2008,32(2): 119-136.

[10]王成文,马志红,孙跃武,等.晚古生代海相地层——东北地区油气勘查的一个新层系[J].世界地质,2008,27(2): 113-118.

[11]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.

[12]徐备,陈斌.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及演化[J].中国科学(D 辑),1997,27(3): 227-232.

[13]陈斌,赵国春,Simon Wilde.内蒙古苏尼特左旗南两类花岗岩同位素年代学及其构造意义[J].地质论评,2001,47(4): 361-367.

[14]王玉净,樊志勇.内蒙古西拉木伦河北部蛇绿岩带中二叠纪放射虫的发现及其地质意义[J].古生物学报,1997,36(1): 58-69.

[15]孙德有,吴福元,张艳斌,等.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[J].吉林大学学报(地球科学版),2004,34(2): 175-183.

[16]内蒙古自治区地质矿产局.内蒙古自治区岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社, 1996.

[17]许超.中国东北地区晚古生代地层划分对比与岩相古地理研究[D].山东科技大学硕士学位论文,2009.

[18]赵芝,迟效国,刘建峰,等.西藏羌塘地区戈木错渐新世钾质火山岩的地球化学特征及其构造意义[J].地质通报,2009,28(4): 463-473.

[19]陶继雄,白立兵,宝音乌力吉,等.内蒙古满都拉地区二叠纪俯冲造山过程的岩石记录[J].地质调查与研究,2003,26(4): 241-249.

[20]高德臻,将干清.内蒙古苏尼特左旗二叠系的重新厘定及大地构造演化分析[J].中国区域地质,1998,17(4): 403-411.

[21]李福来,曲希玉,刘立,等.内蒙古东北部上二叠统林西组沉积环境[J].沉积学报,2009, 27(2): 264-271.

地信网论坛
BBS.3S001.COM
中国专业地质,矿业,岩土,土地,测绘,水利水电,3S系统综合性网站
地信网MAPGIS视频教程2011终极版火热登场 十天学会MAPGIS，两月成为制图高手！
书籍，论文，规范，软件，教程，有求必应

[22]王成源,王平,李文国.内蒙古二叠系哲斯组的牙形刺及其时代[J].古生物学报,2006, 45(2):195−206.

[23]鲍庆中,张长捷,吴之理,等.内蒙古西乌珠穆沁旗地区石炭二叠纪岩石地层[J].地层学杂志,2005,29(增刊): 512−519.

[24]鲍庆中,张长捷,吴之理,等.内蒙古东南部西乌珠穆沁旗地区石炭纪—二叠纪岩石地层和层序地层[J].地质通报,2006,25(5): 573−580.

[25]李忠,李任伟,孙枢,等.合肥盆地南部侏罗系砂岩碎屑组分及其物源构造属性[J].岩石学报,1999,(3): 438−444.

[26]Dickinson W R, Suczek C A. Plate tectonics and sandstone composition[J].AAPG B,1979, 3: 2164−2182.

[27]Dickinson W R, Beard L S, Brakenridge G R, et al. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting[J]. Bull. Geo.Soc.Amer., 1983, 94: 222−235.

[28]Bhatia M R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones[J]. Journal of Geology, 1983, 91(6): 611−627.

[29]Bhatia M R. Composition and classification of Paleozoic flysch mudrocks of eastern Australia: implications in provenance and tectonic setting interpretation[J]. Sedimentary Geology, 1985, 41: 249−68.

[30]McLennan S M, Hemming S, McDanial D K, et al. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics[J]. Geological Society of American Special Paper, 1993, 284: 21−40.

[31]Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes [M]//Saunders A D, Norry M J. Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society Spec. Publ. 42, Oxford, 1989, 313−345.

[32]Boynton W V. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies[J].Rare Earth Element Geochemistry, 1984, 2: 63−114.

[33]McLennan S M. Rare earth element in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes(In: Lipin B R, Mckay G A eds. Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements)[J]. Review Mineralogy, 1989, 21: 169−200.

[34]朱弟成,廖忠礼,潘桂棠,等.正确使用构造判别图解和地球化学数据的一些建议[J].地质地球化学,2001,29(3): 152−157.

[35]赵国春.华北克拉通基底主要构造单元变质作用演化及其若干问题讨论[J].岩石学报,2009,25(8): 1772−1792.

[36]钟长汀,邓晋福,万渝生,等.华北克拉通北缘中段古元古代造山作用的岩浆记录:S 型花岗岩地球化学特征及锆石 SHRIMP 年龄[J].地球化学, 2007,6(36): 633−637.

[37]刘建峰.内蒙古林西—东乌旗地区晚古生代岩浆作用及其对区域构造演化的制约[D].吉林大学博士学位论文,2009.

[38]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): 1239−1246.

[39]王成文,张松梅.哲斯腕足动物群[M].北京: 地质出版社,2003.