

文章编号: 0379-1726(2002)04-0338-09

# 大兴安岭南段早二叠世两类火山岩 岩石地球化学特征及其构造意义

吕志成<sup>1,2</sup>, 郝立波<sup>2</sup>, 段国正<sup>2</sup>, 李殿超<sup>2</sup>, 潘军<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学开放实验室, 贵州 贵阳 550002; 2. 吉林大学, 吉林 长春 130026)

**摘要:** 大兴安岭南段二叠系大石寨组发育两套火山岩, 即林西地区拉斑玄武岩系列的细碧-角斑岩类和大石寨地区钙碱性岩石系列玄武岩和玄武安山岩类。细碧岩的主元素以富铁为特征, 成分类似于 N-MORB, 微量元素表现为岛弧拉斑玄武岩的地球化学特征。细碧岩类形成于大石寨裂陷槽强烈拉张的中心位置, 是地幔源区较高度部分熔融的产物。大石寨地区玄武岩和玄武安山岩类的化学成分表现为大陆边缘弧火山岩的地球化学特点, 形成于大石寨裂陷槽拉张中心以外的环境, 是地幔物质较低程度部分熔融和地壳物质严重混染的产物。大石寨裂陷槽中火山岩的这种独特的成分和组合特点可能反映了裂陷槽的形成是一个快速而短暂的强烈拉张过程。

**关键词:** 细碧岩; 玄武岩; 玄武安山岩; 岩石地球化学特征; 构造意义; 大兴安岭

**中图分类号:** P594      **文献标识码:** A

## 0 引言

大兴安岭南段位于内蒙古东南部中晚华力西褶皱带的北东部。内蒙古东南部晚华力西地槽是西伯利亚古板块与中朝古板块于泥盆纪晚期沿二连浩特-贺根山一线碰撞、大部分地区短暂隆升后, 于晚石炭世又再度裂解形成的大型裂陷槽<sup>[1-3]</sup>, 即早二叠世大石寨裂陷槽<sup>[4]</sup>。大石寨裂陷槽在接受了早二叠世巨厚的地槽型沉积后, 于早二叠世晚期经中晚华力西造山运动后, 地槽回返而形成大兴安岭东南部华力西造山带(图1)。因而, 早二叠世是中晚华力西地槽发育的全盛时期。在大石寨裂陷槽内, 地层序列可分为三面井组、额里图组、大石寨组、哲斯组、包特格组和于家北沟组<sup>[4]</sup>, 上述地层完整地记录了大石寨裂陷槽的发育和演化历史。其中, 大石寨组厚1500~2800 m, 构成了该地层序列的

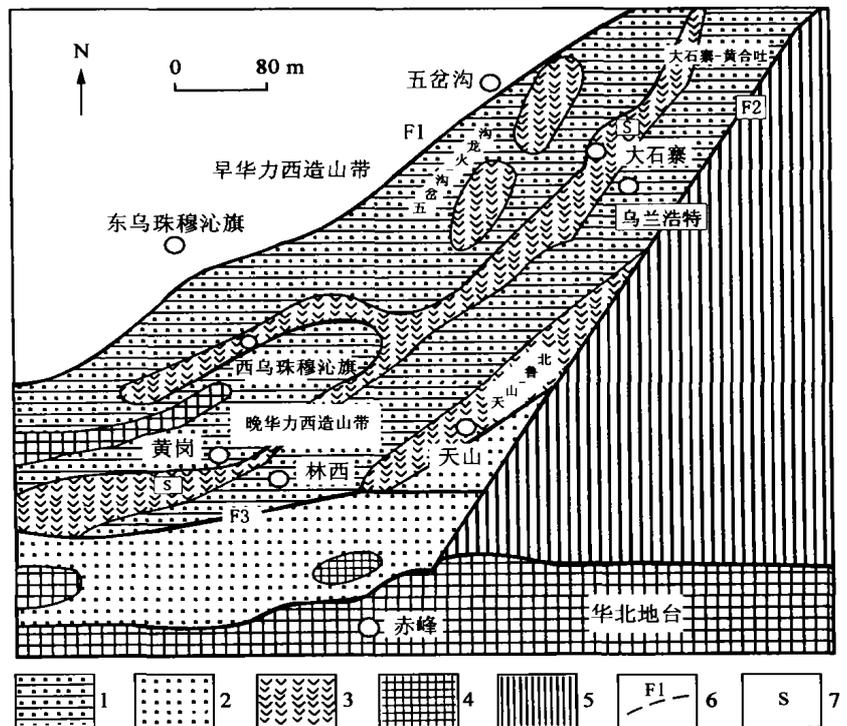


图1 二叠系大石寨组火山岩分布图

Fig. 1 Geological sketch map of volcanic rocks from Dashizhai Formation

1. 二叠系沉积碎屑岩; 2. 二叠系海陆交互相沉积; 3. 二叠系大石寨组火山岩; 4. 石炭系及以前地层; 5. 松辽盆地; 6. 深断层; F1. 二连浩特-贺根山断裂, F2. 嫩江断裂, F3. 西拉木伦河断裂; 7. 样品位置。

收稿日期: 2001-05-25; 接受日期: 2002-02-01

基金项目: 教育部博士点基金(97018701); 国家攀登计划预选项目(95-预-39); 中国科学院百人计划项目资助

作者简介: 吕志成(1966-), 男, 博士、副教授, 地球化学专业。

主体。呈北东向带状展布,依次形成五岔沟-火龙沟、大石寨-黄合吐和天山-鲁北三条火山喷发岩带(图 1)。大石寨组发育两套岩石性质迥然不同的火山岩系列,即属于拉斑玄武岩岩石系列的细碧角斑岩类和属于钙碱性岩石系列的玄武岩、玄武安山岩及安山岩类。多年来,虽然对二叠纪大石寨组地层已做了不少研究工作<sup>[5-8]</sup>,但主要是针对该套岩石对成矿的效应,而对其岩石学和地球化学等方面仍缺乏系统的、详细的研究,特别是两类火山岩的成因及其形成时的古构造环境还没有明确的结论。鉴于此,我们在详细的野外工作基础上,对二叠系大石寨组两类火山岩系列中的基性火山岩进行了较为系统的岩石学和元素地球化学研究,以确定两类不同火山岩的成因及其形成时的古构造环境,为解决大石寨裂陷槽的演化历史提供依据。

## 1 两类火山岩的地质特征

### 1.1 细碧岩类

细碧岩、角斑岩和石英角斑岩在全区仅出露于林西的王盖山、五道石门和八稷等地,分布于大石寨组相变复杂的火山-沉积岩系的底部。细碧-角斑岩建造可分为两个亚旋回,每一旋回由下而上按石英角斑岩、角斑岩和细碧岩的顺序产出。细碧岩的主要岩石类型为玄武岩、玄武安山岩、安山岩、橄榄粗安岩和粗安岩(或歪长粗面岩)。该套岩石的同位素年龄为 245.6~276.8 Ma(全岩 K-Ar 法),时代为早二叠世。

角闪石、绿泥石和绿帘石化发育,有的呈细脉状穿切,并伴随磁铁矿细脉和浸染体,岩石普遍遭受了低绿片岩相的变质作用。

### 1.2 玄武岩、玄武安山岩及安山岩类

在全区广泛出露,主要岩性为中基性、中酸性火山岩夹大理岩和碎屑岩,是大石寨组的主体组成部分。岩石绿泥石化和绿帘石化发育,普遍遭受了低绿片岩相的变质作用。

## 2 样品及分析方法

研究样品采自两类岩石发育的大石寨-黄合吐火山岩带的林西和大石寨两地(图 1)。样品经磨片观察和鉴定后,挑选蚀变较弱的细碧岩、玄武岩及安

山玄武岩进行化学分析。主元素在中国科学院地球化学研究所采用常规湿法分析,微量元素在中国科学院地球化学研究所采用电感耦合等离子质谱(ICP-MS)分析。分析时另加标样 OU-3 和 AMH-1 作为质量监控。稀土元素的分析精度优于 5%,其他微量元素的分析精度优于 10%。表 1 列出了两类火山岩的主元素和微量元素分析结果。

## 3 细碧岩的地球化学特征

### 3.1 岩石特征与分类

细碧岩主要以层状为主,亦见有呈薄层状或透镜体状产出。岩石呈灰绿、深灰和灰黑等色调。无斑或少斑结构。基质具间粒、间片、间隙及似交织结构,枕状构造在部分地段甚为发育,普遍见有杏仁构造。

具有斑状构造的岩石,其斑晶含量在 2%~8% 之间,主要为半自型一自型板状钠长石或更长石,粒径 0.4 mm×0.8 mm~0.5 mm×1.2 mm,具卡斯巴双晶或卡钠复合双晶,个别晶体见有净边。偶见暗色矿物辉石,晶体测得  $Ng \wedge c = 41^\circ \sim 43^\circ$ ,  $(+ ) 2V = 44^\circ \sim 57^\circ$ 。其基质与具无斑隐晶结构的细碧岩类型相同,钠长石或更长石含量一般在 40%~50% 之间,呈条状或针柱状,粒径一般变化在 0.1~0.5 mm 之间,少量可达到 0.7~0.8 mm,晶体近乎杂乱或呈网格状分布,钠长石晶体表面较干净,有的呈舒缓弯曲及波状消光,费氏台测得  $An = 5 \sim 10$ ,  $(+ ) 2V = 80^\circ \sim 84^\circ$  或  $(- ) 2V = 88^\circ \sim 86^\circ$ ,有序度  $S = 0.6 \sim 1$ ,属中低温型钠长石,斜长石牌号随粒度加大而加大。在钠长石晶体间充填分布有较多量的暗色矿物及玻质,含量为 25%~40%,除主要为普通辉石外,亦见有少量角闪石,其  $Ng \wedge c = 15^\circ \sim 18^\circ$ ,  $(- ) 2V = 64^\circ \sim 78^\circ$ ,暗色矿物强烈蚀变为绿色角闪石、绿泥石、绿帘石及碳酸盐矿物等,少量薄片中可见到普通辉石的交代残留。磁铁矿含量一般为 5%~7%,呈星散状或不规则状充填在钠长石晶隙间。

由于二叠系火山岩普遍遭受低绿片岩相的区域变质作用,K 和 Na 等活动性较强的元素可能会有一定程度的变化,因而,以活动性较弱的高场强元素为基础的岩石类型判别图解比全岩的硅碱图(TAS)更能反映岩石的本质特征。在 Winchester *et al.*<sup>[9]</sup> 的 Zr/TiO<sub>2</sub>-Nb/Y 分类图解(图 2)中,本区细碧岩投影于亚碱性岩石系列的拉斑玄武岩区。在 FAM 图解(图 3)中,该火山岩为拉斑玄武岩。

表1 大兴安岭南段二叠系两类火山岩主元素(%)和微量元素( $\mu\text{g/g}$ )分析结果Table 1 Major (%) and trace element ( $\mu\text{g/g}$ ) compositions for the two series of volcanic rocks from the south section of Da Hinggan Mountains

样号	TJ-1	TJ-2	TJ-3	TJ-4	TJ-5	TJ-6	TJ-7	HW-1	HW-2	HW-3	HW-4	HW-5	HW-6	HW-7	HW-8
岩性	玄武岩、玄武安山岩							细碧岩							
SiO <sub>2</sub>	58.80	53.64	56.12	56.51	54.49	56.42	64.46	45.73	45.46	45.65	46.17	48.51	52.33	48.26	48.85
TiO <sub>2</sub>	0.63	0.80	0.85	0.86	0.86	0.86	0.69	1.62	1.35	1.55	1.47	1.43	1.20	1.34	1.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.66	16.49	17.75	18.31	18.37	18.47	13.24	12.48	13.37	13.71	13.45	13.65	13.14	14.08	14.42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.09	5.30	5.28	6.01	5.33	5.26	5.13	10.55	10.65	9.21	9.42	8.28	8.66	8.38	7.09
FeO	1.20	3.53	3.08	2.50	4.38	3.08	1.03	6.16	4.56	7.15	5.86	6.49	3.94	5.28	5.93
MnO	0.18	0.14	0.11	0.11	0.13	0.14	0.13	0.40	0.40	0.43	0.41	0.35	0.33	0.27	0.33
MgO	3.14	3.99	2.70	2.95	3.54	2.74	1.58	7.37	5.84	6.97	6.43	6.14	4.33	5.86	5.76
CaO	7.66	6.07	6.36	5.56	5.31	4.61	5.20	8.41	11.48	8.09	9.53	7.20	8.93	10.05	9.40
Na <sub>2</sub> O	3.12	3.00	2.58	3.23	3.35	2.73	3.84	3.51	2.08	3.23	2.90	4.28	3.52	3.08	3.12
K <sub>2</sub> O	0.58	1.15	1.28	1.27	1.38	2.06	1.08	0.41	1.08	0.51	0.37	0.33	0.45	0.32	0.77
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.25	0.29	0.28	0.26	0.28	0.24	0.52	0.28	0.31	0.28	0.29	0.30	0.26	0.28	0.28
烧失	2.16	5.70	3.06	2.65	2.86	2.91	3.20	3.21	2.90	3.54	3.63	3.40	2.36	2.40	2.45
合计	99.47	100.10	99.45	100.22	100.28	99.52	100.10	100.13	99.48	100.32	99.93	100.36	99.45	99.60	99.59
Li	24.32	37.04	112.64	47.59	91.41	52.07	18.72	36.96	11.56	73.88	29.53	26.36	0.87	21.23	18.85
Sc	15.16	20.01	17.44	19.40	20.28	20.93	14.90	33.71	31.83	35.96	33.94	34.85	29.94	34.45	29.63
V	108.20	163.26	155.56	162.44	172.79	161.50	128.38	400.07	416.46	440.58	333.94	343.85	359.04	408.52	357.19
Cr	28.31	73.90	149.17	37.65	247.72	49.98	48.65	47.42	65.52	55.58	47.63	49.71	54.03	41.89	54.98
Co	17.77	25.37	22.53	22.08	25.74	25.46	13.10	36.61	30.65	33.55	36.10	32.08	28.37	41.61	33.34
Ni	6.04	14.67	6.53	8.96	20.69	10.11	5.57	37.57	39.24	34.97	31.64	32.87	26.67	27.29	32.02
Cu	35.69	59.73	24.44	32.91	60.40	37.01	13.50	199.74	84.35	71.94	188.44	112.26	144.57	95.81	146.82
Zn	56.93	88.53	78.02	75.88	81.91	83.22	34.33	196.02	119.28	196.24	233.74	246.53	129.76	106.84	117.54
Ga	17.71	20.27	21.44	21.68	23.19	22.28	13.48	16.30	22.46	21.77	18.35	14.59	16.30	17.97	17.09
Ge	1.75	1.77	1.94	1.82	1.77	1.58	1.22	2.08	2.02	2.93	1.55	1.38	1.77	1.78	1.59
As	8.31	6.56	7.51	4.78	8.54	3.27	5.26	10.90	20.39	14.25	12.97	24.73	12.77	11.24	12.77
Rb	14.48	25.52	31.96	32.66	37.39	56.83	30.66	15.90	38.20	22.39	11.85	8.42	12.94	10.06	30.80
Sr	676.88	505.71	600.96	574.66	561.81	522.22	228.89	72.35	134.98	90.49	98.54	89.66	98.44	125.55	219.10
Y	17.32	25.95	20.14	20.81	20.20	24.54	28.72	26.63	25.05	29.40	23.79	23.52	22.28	27.79	21.59
Zr	98.00	127.56	116.17	115.35	138.30	129.17	87.67	60.13	55.48	60.87	59.35	60.08	54.16	57.02	45.39
Nb	3.69	3.88	4.79	4.16	4.42	4.54	3.25	1.33	1.14	1.55	1.29	1.19	1.14	1.15	1.10
Mo	0.73	0.70	1.59	0.66	1.81	0.83	0.72	0.76	1.28	0.89	0.81	0.64	0.68	0.67	0.89
Ag	54.16	0.45	1.23	8.17	1.17	0.44	0.81	1.05	1.17	1.16	0.75	0.51	50.57	53.29	1.07
Cd	0.14	0.08	1.20	0.17	0.09	0.08	0.05	1.09	0.91	0.15	0.05	0.11	0.04	0.08	0.13
In	0.04	0.05	0.10	0.05	0.05	0.04	0.03	0.34	0.23	0.08	0.07	0.03	0.06	0.06	0.23
Sn	3.98	2.92	2.79	7.40	3.91	3.36	2.29	1.88	3.29	2.18	2.47	1.60	1.61	3.20	5.71
Sb	3.69	1.61	2.39	2.71	2.27	2.08	1.91	5.22	12.33	7.84	2.97	1.56	2.24	7.27	12.07
Cs	1.26	2.43	3.21	3.51	5.57	4.27	2.62	1.35	2.10	2.86	1.37	1.31	1.77	4.17	4.62
Ba	202.8	354.4	382.6	429.6	338.2	666.2	383.7	157.1	252.0	166.4	181.1	223.8	233.7	129.2	191.4
La	15.99	18.56	17.28	19.48	20.61	20.32	25.63	6.01	4.99	6.24	7.49	3.83	5.80	6.24	5.04
Ce	38.66	45.14	41.38	45.31	44.85	46.83	54.69	14.56	13.99	15.55	18.26	10.54	13.38	15.89	12.68
Pr	4.32	5.25	5.24	5.40	5.22	5.68	6.60	2.23	2.03	2.50	2.69	1.61	2.01	2.31	2.13
Nd	17.47	21.85	20.94	21.25	21.17	22.32	25.86	10.09	10.28	11.11	12.03	8.15	9.22	11.41	10.79
Sm	3.78	5.36	5.23	4.94	4.74	5.53	6.14	3.76	3.87	3.70	3.66	3.18	2.95	4.47	3.40
Eu	1.07	1.38	1.37	1.36	1.31	1.34	1.28	1.14	1.47	1.23	1.41	0.93	1.17	1.35	0.94
Gd	3.22	5.06	4.28	4.32	4.18	4.95	5.55	4.26	4.60	5.18	4.59	3.93	3.98	4.68	3.86
Tb	0.54	0.76	0.78	0.65	0.68	0.77	0.83	0.81	0.90	0.83	0.84	0.72	0.74	0.84	0.73
Dy	3.37	4.91	4.27	3.97	4.17	4.57	4.64	5.50	5.52	5.52	4.93	4.54	4.50	5.44	4.29
Ho	0.66	0.95	0.98	0.84	0.81	0.95	1.09	1.07	1.28	1.19	1.07	1.00	1.02	1.14	0.92
Er	1.66	2.52	2.46	2.13	2.15	2.53	2.97	2.95	3.21	3.22	2.74	2.87	2.53	3.20	2.75
Tm	0.27	0.39	0.40	0.32	0.28	0.37	0.42	0.49	0.53	0.45	0.40	0.38	0.37	0.42	0.41
Yb	1.64	2.53	2.24	1.96	1.98	2.57	3.01	2.89	2.97	3.12	2.82	2.62	2.53	2.89	2.27
Lu	0.26	0.39	0.38	0.31	0.31	0.37	0.51	0.53	0.43	0.46	0.34	0.37	0.38	0.44	0.38
Hf	2.82	4.20	3.66	3.50	4.13	3.57	2.58	1.77	2.02	1.96	2.23	1.83	1.85	1.90	2.05
Ta	0.33	0.28	0.26	0.25	0.30	0.30	0.20	0.10	0.09	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.18
W	39.69	21.63	71.28	33.86	22.09	49.19	54.14	17.63	53.30	19.55	32.54	20.88	42.81	96.79	53.54
Pb	26.86	23.77	25.63	28.17	24.68	21.57	17.37	22.48	27.07	24.80	21.00	22.24	21.75	24.68	37.20
Th	3.42	3.85	3.37	3.41	4.64	4.23	2.60	0.47	0.52	0.53	0.68	0.66	0.67	0.49	0.45
U	1.03	1.15	1.01	1.22	1.05	1.12	1.11	0.19	0.22	0.34	0.27	0.48	0.35	0.19	0.22

分析者: 李荪蓉, 漆亮。

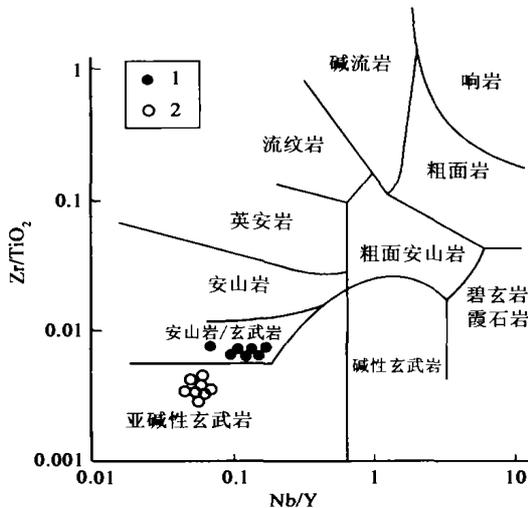


图 2 大石寨组两类火山岩 Zr/TiO<sub>2</sub>-Nb/Y 分类图  
Fig. 2 Zr/TiO<sub>2</sub>-Nb/Y discrimination diagram for two series of volcanic rocks from Dashizhai Formation  
1. 玄武岩、安山岩类；2. 细碧岩类。

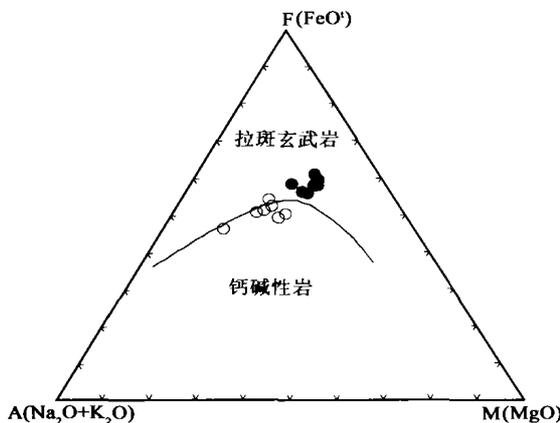


图 3 大石寨组两类火山岩 FAM 图解  
Fig. 3 FAM diagram for two series of volcanic rocks from Dashizhai Formation  
图例同图 2。

### 3.2 主元素

本区细碧岩 SiO<sub>2</sub> 的质量分数为 45.46% ~ 52.33%，变化范围较窄，与我国甘肃老虎山、西藏雅鲁藏布江、山西恒曲，西班牙 Huelva 地区，印度孟美及澳大利亚新南威尔士 Nundle 等地区出现的细碧岩<sup>[11]</sup>较为一致。而细碧岩 TiO<sub>2</sub> 的质量分数为 1.19% ~ 1.62%，略高于上述地区的细碧岩，与洋中脊玄武岩 (N-MORB) 相似，而明显地区别于岛弧拉斑玄武岩低 TiO<sub>2</sub> 的特点 (TiO<sub>2</sub> 的质量分数为 0.17% ~ 0.70%<sup>[12]</sup>)。与正常洋中脊玄武岩 (N-MORB) 主元素平均成分相比较<sup>[13]</sup>，细碧岩除 K<sub>2</sub>O、(FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 的质量分数较高外，其余组分基本上与 N-MORB 的主

元素成分变化范围相一致。K<sub>2</sub>O 的质量分数的偏高可能与岩石的细碧岩化过程有关，而 (FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 的质量分数较高的特点与太平洋洋中脊玄武岩和产于太古宙和元古宙绿岩带中的基性火山岩高铁的成分特点相一致，可能反映了较高程度的部分熔融作用。此外，本区细碧岩 Na<sub>2</sub>O 的质量分数较高，平均值为 3.28%，且 Na<sub>2</sub>O ≫ K<sub>2</sub>O，同时大多数样品的 Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O > 4，CaO/Na<sub>2</sub>O 平均值为 3.02。总之，本区细碧岩总体上反映了高铁 N-MORB 的成分特点。

### 3.3 微量元素

本区细碧岩 Ni 的质量分数为 26.7 ~ 39.2 μg/g，Cr 的质量分数为 47.4 ~ 65.5 μg/g，明显低于洋中脊玄武岩 (Ni 90 ~ 130 μg/g, Cr 251 ~ 411 μg/g)<sup>[12]</sup> 和板内玄武岩 (Ni 90 ~ 130 μg/g, Cr 352 ~ 536 μg/g)<sup>[12]</sup>，而与岛弧钙碱性玄武岩 (Ni 50 μg/g, Cr 160 μg/g)<sup>[12]</sup> 相接近，暗示岩浆在上升过程中曾经历了橄榄石、尖晶石和单斜辉石的分离结晶作用。Rb、Sr、K、Ba 和 Th 等大阳离子不相容元素的质量分数明显较高，与岛弧拉斑玄武岩或钙碱性玄武岩相近，而明显地区别于 N-MORB，暗示在岩浆的形成过程中曾有俯冲洋壳板片由于脱水作用所形成的流体的加入，是岛弧构造环境玄武岩的特有成分特征。细碧岩的 Sr 相对亏损而 Rb 相对富集，同样也反映了大洋沉积物可能通过俯冲作用而加入地幔源区，从而导致地幔源区富 Rb。高场强元素 (HFSE) 活动性较小，是研究岩浆源区特征及成因和演化的可靠指标。本区细碧岩 Ce、P、Zr、Hf、Sm、Yb 和 Y 等元素的质量分数与 N-MORB 相接近，而明显低于海岛玄武岩和板内碱性玄武岩，暗示岩浆形成于与 N-MORB 相似的亏损源区的部分熔融，从而使这些元素继承了源区的成分特点。本区细碧岩 Nb 的质量分数为 1.10 ~ 1.55 μg/g，与岛弧拉斑玄武岩 Nb 的质量分数 (0.7 μg/g)<sup>[12]</sup> 相当，而明显地低于板内拉斑玄武岩 (12 μg/g)<sup>[12]</sup> 和洋中脊拉斑玄武岩<sup>[12]</sup> (3.1 μg/g)。Ta 的质量分数为 0.08 ~ 0.18 μg/g，类似于岛弧拉斑玄武岩<sup>[12]</sup> (0.10 μg/g)，而明显地区别于板内拉斑玄武岩<sup>[12]</sup> (0.73 μg/g) 和洋中脊拉斑玄武岩<sup>[12]</sup> (0.29 μg/g)。将细碧岩的微量元素蛛网图 (图 4) 与典型构造环境火山岩相比，它显示出不同程度的 Rb、Sr、Ba、Th 和 K 的富集，Nb 和 Ta 呈明显的“谷”，而 HFSE 和 REE 则较平坦，与岛弧拉斑玄武岩相似。细碧岩的 MgO (4.33% ~ 7.37%) 较

低,而且具有明显的 Nb 和 Ta 负异常及相对高的 Ba/La 比值,这些都表明了典型的岛弧特征<sup>[14]</sup>。因此,从岩石的微量元素特征来看,本区细碧岩具有岛弧拉斑玄武岩的地球化学特征。

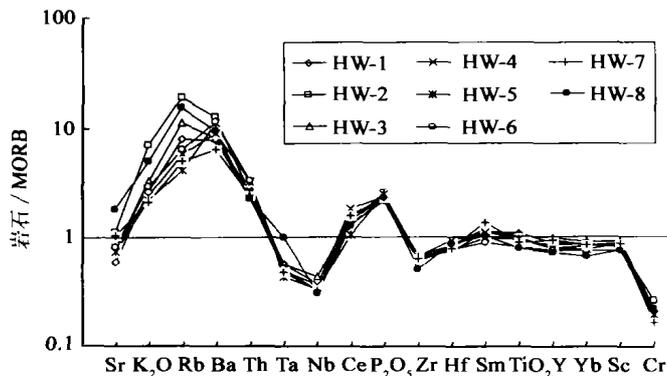


图4 细碧岩的微量元素蛛网图

Fig. 4 MORB-normalized incompatible element diagram of spilites

基性玄武岩的低温蚀变和变质作用所引起的稀土元素的分馏作用较弱,从而可利用稀土元素含量及其分布模式来判别原始岩石的类型及成因<sup>[15]</sup>。本区细碧岩类稀土总量较高 ( $\Sigma\text{REE} = 44.7 \sim 63.3 \mu\text{g/g}$ ),轻稀土略富集且轻、重稀土之间存在着较弱的分馏作用 ( $\text{LREE}/\text{HREE}$  为  $1.66 \sim 2.49$ ),略具正或负的 Eu 异常 ( $\delta\text{Eu} = 0.79 \sim 1.06$ )。轻稀土元素内部之间基本上未发生较强的分馏作用 [ $(\text{La}/\text{Sm})_n = 0.76 \sim 1.28$ ]。而重稀土元素内部之间存在着一定程度的分馏作用 [ $(\text{Gd}/\text{Yb})_n = 1.19 \sim 2.84$ ],可能与早期石榴子石的结晶分异有关。细碧岩的稀土元素球粒陨石标准化图(图5)呈平坦型。已有的研究表明<sup>[16]</sup>,大陆边缘的拉斑玄武岩,其稀土元素分布模式可出现较弱的轻稀土富集型或轻稀土亏损型,并且如果斜长石分离起主要作用时,出现 Eu 负异常;

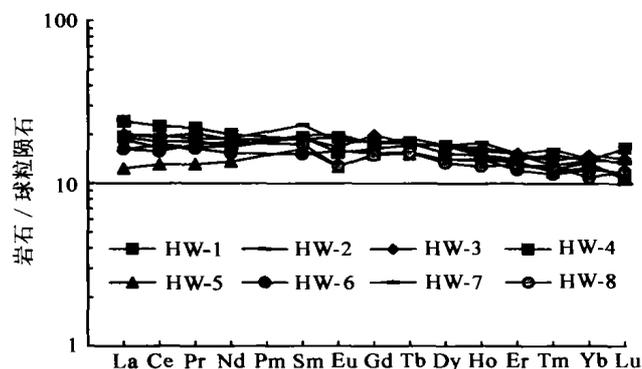


图5 细碧岩的稀土元素球粒陨石标准化图

Fig. 5 Chondrite-normalized REE patterns of spilites

岛弧拉斑玄武岩一般出现明显的 Eu 正异常; N-MORB 型拉斑玄武岩一般表现为明显的轻稀土亏损型分布模式,而 E-MORB 型拉斑玄武岩表现为明显的轻稀土富集型分布模式, T-MORB 型拉斑玄武岩的稀土分布模式介于两者之间。结合本区细碧岩的稀土元素含量特点及分布模式(图5),它主要与现代 T 型洋中脊拉斑玄武岩或产于大陆边缘的拉斑玄武岩相类似。同时,本区细碧岩所有样品的稀土元素分布模式都非常相似,表明它们具有相同的成因、来源及演化历史。本区细碧岩平坦型稀土元素分布模式表明,在拉斑玄武岩经历细碧岩化的过程中,稀土元素没有或只经历了微弱的分异作用,从而保持了源岩的稀土元素含量及分布特点。

## 4 玄武岩、玄武安山岩及安山岩类地球化学特征

### 4.1 岩石特征与分类

玄武岩岩石呈深灰—暗灰色,具微晶少斑或无斑隐晶结构,基质具粗玄结构、拉斑玄武结构及次辉绿结构。具斑状结构的岩石斑晶以拉长石为主 ( $< 10\%$ ),费氏台测得  $\text{An} = 57 \sim 58$ ,  $(-)\text{2V} = 74^\circ$ ,多具卡钠复合双晶,少量斑晶为辉石。基质中自形条状中长石含量占  $50\% \sim 55\%$ ,呈不规则网架状分布,晶体新鲜,聚片双晶发育。斜长石粒隙间充填有较多的暗色矿物 ( $30\% \sim 35\%$ ),以辉石为主,多已蚀变为纤闪石,磁铁矿 ( $5\% \sim 7\%$ ) 部分呈不规则状与纤闪石密切伴生。

玄武安山岩岩石一般呈深灰—灰黑色,无斑或少斑结构,基质具拉斑玄武结构、交织结构及玻基交织结构。具斑状结构的岩石斑晶主要由自形一半自形板状中长石和拉长石及少量普通辉石组成,前者聚片双晶发育,部分具环带构造,费氏台测得  $\text{An} = 47 \sim 57$ ,  $(+)\text{2V} = 88^\circ$ ,  $S = 0.4$ ,为高中温拉长石。辉石皆已蚀变为纤闪石或黑云母。基质中中长石和更长石呈自形长条状,含量为  $25\% \sim 30\%$ 。

在 Winchester *et al.*<sup>[9]</sup> 的  $\text{Zr}/\text{TiO}_2\text{-Nb}/\text{Y}$  分类图解(图2)中,本区玄武岩、玄武安山岩类投影于亚碱性岩石系列的安山玄武岩区;在 FAM 图解(图3)中,火山岩属于钙碱性岩石系列。

### 4.2 主元素

玄武岩、玄武安山岩的  $\text{SiO}_2$  的质量分数为

53.64% ~ 64.46%, 属于中基性火山岩类。TiO<sub>2</sub> 的质量分数为 0.63% ~ 0.86%, 总体上以低 TiO<sub>2</sub> 为特征。MgO 的质量分数为 1.58% ~ 3.99%。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O 明显富集。与本区细碧岩相比较, 岩石具有高 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O 和低 Na<sub>2</sub>O、TiO<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO 的特点, 反映了岩石偏酸性的成分特征。总的来看, 玄武岩和玄武安山岩这种高 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O 和低 Na<sub>2</sub>O、TiO<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO 的成分特点多出现于大陆边缘的构造环境<sup>[12]</sup>。

### 4.3 微量元素

玄武岩、玄武安山岩 Ni 的质量分数为 6.04 ~ 20.7 μg/g, Cr 的质量分数为 28.3 ~ 73.9 μg/g (除去两个异常点 149 μg/g 和 248 μg/g), 明显低于洋中脊玄武岩 (Ni 90 ~ 130 μg/g, Cr 251 ~ 411 μg/g)<sup>[12]</sup>、板内玄武岩 (Ni 90 ~ 130 μg/g, Cr 352 ~ 536 μg/g)<sup>[12]</sup> 和岛弧钙碱性玄武岩 (Ni 50 μg/g, Cr 160 μg/g)<sup>[12]</sup>, 而与安第斯山安山岩 (Ni 38.6 μg/g, Cr 48.4 μg/g)<sup>[12]</sup> 相接近, 暗示岩浆在上升过程中曾经历了橄榄石和尖晶石、单斜辉石的分离结晶作用。Rb、Sr、K、Ba 和 Th 等大阳离子不相容元素的质量分数明显较高, 与活动大陆边缘弧钙碱性玄武岩和玄武安山岩相近, 而明显地区别于 N-MORB, 暗示在岩浆的形成过程中曾有俯冲洋壳板片由于脱水作用所形成的流体的加入, 是大陆边缘弧构造环境玄武岩的特有成分特征。同时玄武岩、玄武安山岩的 Sr 相对亏损而 Rb 相对富集, 可能与岩浆演化过程中长石类矿物的结晶分异或富 Rb 壳源物质的混染有关。本区玄武岩和玄武安山岩 Ce、P、Zr、Hf、Sm、Yb 和 Y 等元素的质量分数与 N-MORB 相比明显富集, 但低于海岛玄武岩和板内碱性玄武岩, 暗示岩浆喷出前曾有大陆下部富集岩石圈的加入, 可能是岩浆上升过程中受到下地壳富集岩石圈的混染。玄武岩、玄武安山岩 Nb 的质量分数为 3.25 ~ 4.79 μg/g, 高于岛弧拉斑玄武岩 (0.7 μg/g)<sup>[12]</sup> 和洋中脊拉斑玄武岩<sup>[12]</sup> (3.1 μg/g), 而与安第斯山活动大陆边缘玄武岩 (5.3 μg/g)<sup>[12]</sup>。Ta 的质量分数为 0.20 ~ 0.33 μg/g, 类似于洋中脊拉斑玄武岩<sup>[12]</sup> (0.29 μg/g) 和活动大陆边缘玄武岩、玄武安山岩 (0.25 ~ 0.5 μg/g)<sup>[12]</sup>, 而与岛弧拉斑玄武岩<sup>[12]</sup> (0.10 μg/g) 和板内拉斑玄武岩 (0.73 μg/g)<sup>[12]</sup> 有明显的区别。将玄武岩、玄武安山岩的微量元素蛛网图 (图 6) 与典型构造环境火山岩相比, 它显示出不同程度的 Rb、Sr、Ba、Th 和 K 的富集, Nb 和 Ta 呈明显的“谷”, 而 HFSE 和 REE 则较平坦, 与

岛弧拉斑玄武岩相比, HFS 和 REE 明显富集。上述微量元素的含量和分布特点与活动大陆边缘火山岩极其相似。

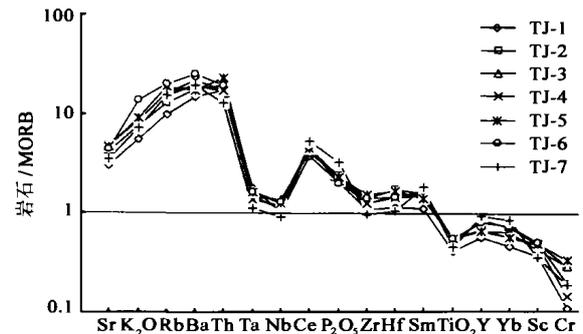


图 6 玄武岩、玄武安山岩的微量元素蛛网图  
Fig. 6 MORB-normalized incompatible element diagram of basalts and basaltic andesites

本区玄武岩、玄武安山岩类稀土总量较高 ( $\Sigma\text{REE} = 92.9 \sim 139.2 \mu\text{g/g}$ ), 轻稀土富集且轻、重稀土之间存在着中等程度的分馏作用 (LREE/HREE 为 5.49 ~ 6.65), 略具 Eu 负异常 ( $\delta\text{Eu} = 0.657 \sim 0.914$ )。轻稀土元素 [(La/Sm)<sub>N</sub> = 2.08 ~ 2.73] 和重稀土元素 [(Gd/Yb)<sub>N</sub> = 1.49 ~ 1.78] 内部之间均存在着一定程度的分馏作用。在稀土元素球粒陨石标准化图解 (图 7) 中, 呈左高右低缓倾斜的分布形式, 其稀土元素分布模式与细碧岩类明显不同, 而与现代活动大陆边缘弧火山岩较为接近, 同样也显示了活动大陆边缘火山岩的成分特征。

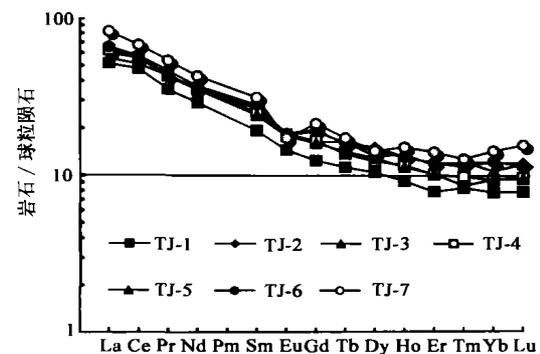


图 7 玄武岩、玄武安山岩的稀土元素球粒陨石标准化图  
Fig. 7 Chondrite-normalized REE patterns of basalts and basaltic andesites

## 5 构造意义

苏养正<sup>[4, 17, 18]</sup>详细地研究了中国东北部晚古生代发育的裂陷槽盆地, 并认为裂陷槽是指在大洋闭合以后的褶皱基底上拉张而形成的长形槽盆。在裂陷槽中发育多种类型和性质的构造-岩浆活动, 包

括各种岩石化学性质的火山岩和基性-超基性杂岩的侵位。裂陷槽中的沉积类型极为复杂,裂陷槽早期的沉积类型和几何形态类似于三叉裂谷中的不育臂,但与裂谷有着本质上的区别。裂谷系统是大陆拉张形成大洋的开始,而裂陷槽是大洋闭合形成褶皱带以后的陆壳在固化成熟过程中垂直增生的一种方式,而不形成大洋。

大石寨裂陷槽是近年来识别出来的早二叠世大型裂陷槽<sup>[4]</sup>。裂陷槽呈北东向延伸,在北部地区由于松辽盆地的覆盖而出露较窄,南部在内蒙古中部地区向西扩展,向南一直到华北地台边缘的赤峰-多伦-化德-四子王旗地区,在平面上形似一不等边三角形<sup>[4]</sup>。整个裂陷槽跨越了不同时代的老褶皱基底。本次研究的林西和大石寨两地位于裂陷槽的中间火山岩带内,并主要发育于早华力西褶皱基底上。大石寨组两套性质不同的火山岩就发育在上述板内裂陷槽形成过程中的早期张性构造环境下。

大石寨组细碧岩类主元素表现为 N-MORB 的成分特征,微量元素表现为岛弧拉斑玄武岩的地球化学特点。因而,细碧岩类具有洋中脊玄武岩和岛弧拉斑玄武岩的双重地球化学特征。具有上述双重成分特点的拉斑玄武岩类可出现于与洋脊俯冲作用有关的洋中脊张性构造环境(如南智利俯冲洋中脊产出的拉斑玄武岩类<sup>[19]</sup>)或出现于由于弧后盆地的扩张而形成的张性构造环境。已有的研究表明<sup>[17, 20]</sup>,本区在泥盆纪晚期已成为统一的稳定大陆,不存在沟、弧、盆体系,也就没有洋中脊或弧后盆地之类的构造环境。细碧岩类的这一成分特点更多地反映了裂陷槽的拉张构造性质。因而就总体成分特征而言,细碧岩的岩石化学成分所反映的张性构造属性与裂陷槽发育时地壳处于拉张状态的地质事实一致。

与细碧岩类形成明显的对照,出露于大石寨地区的玄武岩、玄武安山岩类的主元素和微量元素地球化学特征更多地反映了活动大陆边缘弧钙碱性玄武岩和玄武安山岩的成分特点。鉴于本区在早二叠世已不存在活动大陆边缘之类的构造环境,因而钙碱性玄武岩、玄武安山岩的这一成分特征可能反映了地壳物质的混染作用和地幔源区不同程度的部分熔融作用。细碧岩类和玄武岩、玄武安山岩类相似的微量元素分布模式和相近的 Nb/La(细碧岩平均值为 0.21;玄武岩、玄武安山岩类平均值为 0.22)及 Ce/Nb 比值(细碧岩平均值为 11.28;玄武岩、玄武安山岩类平均值为 11.68)反映了两者可能来自相似的熔融区。但在裂陷槽发育过程中,裂陷槽中不

同位置的岩石圈不同程度的减薄所引起的地幔源区物质不同程度的熔融和地壳物质不同程度的混染可能是造成两类火山岩岩石化学成分不同的主要原因。野外观察表明,林西黄岗地区的细碧岩层中夹有薄层状硅质岩,反映火山喷发作用发生在裂陷槽较深的位置,处于裂陷槽的中心。同时,这一位置也是地壳拉张最强烈、厚度最薄的位置。相对于裂陷槽的其他部位,在这种环境下形成的火山岩应具有部分熔融程度较高和陆源物质混染程度较弱的特点,这一特点在细碧岩的化学成分中得到了明显的反映。再者,从大地构造位置上,林西地区位于华北地台北缘西拉木伦河断裂带附近,靠近华北地台基底北侧,这种构造背景对于裂陷槽的最大程度的拉伸也是极为有利的。与林西地区不同,大石寨地区钙碱性玄武岩和玄武安山岩类位于早华力西褶皱带基底之上,早期的造山作用使该区地壳急剧增厚。因而,在裂陷槽的发育过程中,相对于处于裂陷槽较深位置的林西地区,它更可能处于裂陷槽拉张相对较浅的部位,且其地壳相对较厚。因而,在这种背景下形成的火山岩,其部分熔融程度相对较低,同时,岩浆在上升至地表的过程中必然受到其上覆地壳物质的严重混染,并可能在地壳内定位形成次生岩浆房。大石寨地区钙碱性玄武岩、玄武安山岩类的这种形成机制可能代表了大石寨裂陷槽火山岩主体部分的成因特点。值得注意的是该成因模式与活动大陆边缘钙碱性火山岩的成因模式是相似的,这就不难理解大石寨地区玄武岩和玄武安山岩类具有活动大陆边缘钙碱性火山岩的成分特点。

大石寨裂陷槽是我国北方早二叠世发育的大型裂陷槽,它的形成和发展控制了该区二叠纪大陆地壳的演化,是地史时期规模和影响较大的一次陆内地质事件。在大石寨裂陷槽中,岩浆活动极其发育,且类型多样,既有橄榄岩、纯橄榄岩(另文发表)的侵位和拉斑玄武岩的喷发活动,又发育玄武岩、玄武安山岩及流纹岩等钙碱性火山岩的喷发活动和碱性花岗岩的侵入活动。然而,就其岩石化学的总体成分而言,裂陷槽中火山岩主要以中基性为主,不具有裂谷环境下火山岩典型的“双峰式”分布特点,也没有在典型裂谷环境中普遍出现的碱性火山岩组合,只见亚碱性系列中基性火山岩组合。虽然裂陷槽和裂谷同是大陆拉张构造环境的产物,并具有相似的力学机制,但从火山岩成分和组合上来看,他们还是有着本质上的区别。裂陷槽中火山岩的这种独特的成分和组合特点可能反映了裂陷槽的形成是一个快速

而短暂的强烈拉张过程, 因为只有在这种条件下, 地幔物质没有足够的时间产生低程度的部分熔融而形成大规模的碱性岩浆喷发活动。

## 6 结 论

大石寨组林西细碧岩类属于拉斑玄武岩岩石系列, 细碧岩的主元素以富铁为特征, 成分类似于 N-MORB, 细碧岩的微量元素表现为岛弧拉斑玄武岩的地球化学特征。细碧岩类形成于大石寨裂陷槽强烈拉张的中心位置, 是地幔源区较高程度部分熔融的产物。大石寨地区玄武岩、玄武安山岩类的化学成分表现为大陆边缘火山岩的地球化学特点, 形成于大石寨裂陷槽拉张中心以外的环境, 是地幔物质较低程度部分熔融和地壳物质严重混染的产物。大石寨裂陷槽中火山岩的这种独特的成分和组合特点可能反映了裂陷槽的形成是一个快速而短暂的强烈拉张过程。

中国科学院地球化学研究所李荪蓉高级工程师和漆亮高级工程师分别测定了样品中的主元素和微量元素组成; 审稿人对本文提出了许多建设性修改意见; 文章在修改过程中得到沈阳地质矿产研究所苏养正研究员的热情指导和帮助, 谨致谢忱。

## 参考文献 (References):

- [1] 任纪舜, 陈延愚, 牛宝贵, 等. 中国东部及邻区岩石圈的构造演化与成矿 [M]. 北京: 科学出版社, 1990. 205.  
Ren Ji-shun, Chen Yan-yu, Niu Bao-gui, *et al.* The Tectonic Evolution and Metallogene of Lithosphere in Eastern China and Its Neighbor Region [M]. Beijing: Science Press, 1990. 205 (in Chinese).
- [2] 徐志刚. 内蒙东南部铜多金属矿床成矿构造背景 [A]. 张德全, 赵一鸣. 大兴安岭及邻区铜多金属矿床论文集 [C]. 北京: 地震出版社, 1993. 20~41.  
Xu Zhi-gang. The tectonic setting of copper-polymetallic deposits in southeastern Inner Mongolia [A]. Zhang De-quan, Zhao Yi-ming. The Collection of Copper-Polymetallic Ore Deposits in the Da Hinggan Mountains and Its Neighbor Region [C]. Beijing: Seismic Press, 1994. 20~41 (in Chinese).
- [3] 赵一鸣, 王大畏, 张德全, 等. 内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及找矿模式 [M]. 北京: 地震出版社, 1994. 1~86.  
Zhao Yi-ming, Wang Da-wei, Zhang De-quan. Ore-controlling Factors and Ore Prospecting Models for Copper-Polymetallic Ore Deposits in the Southeast of the Inner Mongolia [M]. Beijing: Seismic Press, 1994. 1~86 (in Chinese).
- [4] 苏养正. 中国东北区二叠纪和早三叠世地层 [J]. 吉林地质, 1996, 15(3, 4): 55~65.  
Su Yang-zheng. Permian and early Triassic stratigraphy in north-eastern China [J]. Jilin Geol, 1996, 15(3, 4): 55~65 (in Chinese with English abstract).
- [5] 赵国龙, 杨桂林, 傅嘉友, 等. 大兴安岭中南段中生代火山岩 [M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1989. 20~152.  
Zhao Guo-long, Yang Gui-lin, Fu Jia-you, *et al.* Mesozoic Volcanic Rocks in the Middle-South Da Hinggan Mountains [M]. Beijing: Beijing Science and Technology Publishing House, 1989. 20~152 (in Chinese).
- [6] 李鹤年. 大兴安岭中南部二叠系地层地球化学特征及其成矿意义 [A]. 张德全, 赵一鸣. 大兴安岭及邻区铜多金属矿床论文集 [C]. 北京: 地震出版社, 1993. 79~86.  
Li He-nian. Stratigraphic geochemistry of Permian strata in the south-middle part of Da Hinggan Mountains and its metallogenic significance [A]. Zhang De-quan, Zhao Yi-ming. The Collection of Copper-Polymetallic Ore Deposits in the Da Hinggan Mountains and Its Neighbor Region [C]. Beijing: Seismic Press, 1994. 79~86 (in Chinese).
- [7] 杨国富. 内蒙大兴安岭南段二叠系的地质建造与控矿作用 [J]. 矿产与地质, 1996, 10(2): 120~125.  
Yang Guo-fu. Geological formation and ore-controlling process of Permian System in the southern part of Dahingganling, Inner Mongolia [J]. Mineral Resour Geol, 1996, 10(2): 120~125 (in Chinese with English abstract).
- [8] 范书义, 毛华人, 张晓东, 等. 大兴安岭中段二叠系地球化学特征及其成矿意义 [J]. 中国区域地质, 1997, 16(1): 89~97.  
Fan Shu-yi, Mao Hua-ren, Zhang Xiao-dong, *et al.* Stratigraphic geochemistry of Permian strata in the central Da Hinggan Mountains and its metallogenic significance [J]. Regional Geology of China, 1997, 16 (1): 89~96 (in Chinese with English abstract).
- [9] Winchester J A, Floyd P A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements [J]. Chem Geol, 1977, 20(4): 325~343.
- [10] Irvine T N. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks [J]. Can J Earth Sci, 1971, 8: 532~548.
- [11] 夏林圻, 夏祖春. 细碧角斑质火山岩若干问题 [J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1987, 19: 1~30.  
Xia Lin-qi, Xia Zu-chun. Some problems on the spilite-keratophytic volcanic rocks [J]. Bull Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, 1987, 19: 1~30 (in Chinese with English abstract).
- [12] Wilson M. Igneous Petrogenesis: A Global Tectonic Approach [M]. London: Unwin Hyman, 1989. 1~466.
- [13] Best M G. Igneous and Metamorphic petrology [M]. New York: Freeman, 1982. 1~279.
- [14] 赵建新, 李献华, McCulloch M T, 等. 皖南和赣东北蛇绿岩成因及其构造意义: 元素和 Sm-Nd 同位素制约 [J]. 地球化学, 1995, 24(4): 311~326.  
Zhao Jian-xin, Li Xian-hua, McCulloch M T, *et al.* Petrogenesis of ophiolites from South Anhui and Northeast Jiangxi, and their tectonic implications: Chemical and Sm-Nd isotopic constraints [J]. Geochimica, 1995, 24(4): 311~326 (in Chinese with English abstract).

- abstract).
- [15] 宋志高, 贾群子. 论细碧岩的岩石结构、矿物组合和变质成因[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1987, 19: 31~46.  
Song Zhi-gao, Jia Qun-zi. On the fabric, mineral assemblages and metamorphic origin of spilite [J]. Bulletin of Xi'an Institute of Geology and Mineral Resource, 1987, 19: 31~46 (in Chinese with English abstract).
- [16] 王中刚, 于学员, 赵振华, 等. 稀土元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1989. 133~212.  
Wang Zhong-gang, Yu Xue-yuan, Zhao Zhen-hua, et al. Geochemistry of Rare Earth Elements [M]. Beijing: Science Press, 1989. 133~212 (in Chinese).
- [17] 苏养正. 兴安地层区的古生代地层[J]. 吉林地质, 1996, 15(3, 4): 23~34.  
Su Yang-zheng. Paleozoic stratigraphy of Hinggan stratigraphical province [J]. Jilin Geol, 1996, 15(3, 4): 23~34 (in Chinese with English abstract).
- [18] 苏养正. 内蒙古草原地区古生代地层[J]. 吉林地质, 1996, 15(3, 4): 42~54.  
Su Yang-zheng. Paleozoic stratigraphy of Nei Mongol grass stratigraphical province [J]. Jilin Geol, 1996, 15(3, 4): 42~54 (in Chinese with English abstract).
- [19] Karsten J L, Klein E M, Sherman S B. Subduction zone geochemical characteristics in ridge basalts from the southern Chile Ridge: Implication of modern ridge subduction system for the Archean [J]. Lithos, 1996, 37(2-3): 143~161.
- [20] 邵济安. 中朝板块北缘中段地壳演化[M]. 北京: 北京大学出版社, 1991. 136.  
Shao Ji-an. Crust Evolution in the Middle Part of the Northern Margin of Sino-Korean Plate [M]. Beijing: Peking University Press, 1991. 136 (in Chinese).

### Lithogeochemical characteristics and tectonic implications of two series of volcanic rocks from Early Permian Dashizhai Formation in the south section of Da Hinggan Mountains

LÜ Zhi-cheng<sup>1,2</sup>, HAO Li-bo<sup>2</sup>, DUAN Guo-zheng<sup>2</sup>, LI Dian-chao<sup>2</sup>, PAN Jun<sup>2</sup>

(1. Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;

2. Jilin University, Changchun 130026, China)

**Abstract:** There occur two series of volcanic rocks of Lower Permian Dashizhai Formation in the south section of Da Hinggan Mountains. One is tholeiitic series volcanic rocks at Linxi area composed of spilites in the southwest Dashizhai fault-trough basin, and the other is calc-alkaline series volcanic rocks at Dashizhai area composed of basalt and basaltic andesite in the northeast Dashizhai fault-trough basin. The lithogeochemical characteristics of the Linxi spilites are similar to those of the N-MORB. The results of the regional geological studies indicate that the Linxi spilites were formed in the central part of the rifting Dashizhai fault-trough basin, and they are the product of partial melting of the mantle in higher degree. The lithogeochemical characteristics of the Dashizhai basalts and basaltic andesites are similar to those of the continent arc margin basalts. And they were developed in other parts of the Dashizhai fault-trough basin, and they are the products of partial melting of mantle in low degree and contaminated by upper crust severely. The composition and assemblage of volcanic rocks in the Dashizhai fault-trough basin may indicate that the Dashizhai fault-trough basin developed rapidly and shortly.

**Key words:** spilite; basalt; basaltic andesite; lithogeochemical characteristics; tectonic implication; Da Hinggan Mountains