满洲里—额尔古纳地区中生代 火山岩地球化学研究

吕志成^{1,2} 郝立波² 段国正² 李殿超² 连长云³

(1.中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学开放研究实验室 ,贵阳 550002;

2. 长春科技大学 地球探测与信息技术学院,长春 130026;

3. 国土资源部 中国地质调查局 北京 100083)

摘要 对满洲里—额尔古纳地区中生代塔木兰沟组、上库力组火山岩地球化学特征研究表明,它们形成于蒙 古—鄂蒙茨克残余洋'剪刀式'闭合的总体构造背景下,但各组火山岩形成的具体构造属性不尽相同。塔木 兰沟组火山岩形成于蒙古—鄂霍茨克残余洋开始'剪刀式'闭合,布列亚—佳木斯地体逆时针旋转的拉张环境; 上库力组火山岩形成于布列亚—佳木斯地体剪切-走滑拼合的挤压环境,梅勒图组火山岩形成于张性裂陷环 境。反映了中侏罗世—早白垩世本区处于旋转、拉张-挤压、走滑拼合-再旋转拉张的地球动力学过程。

关键词:地球化学;构造环境;岩浆的形成与演化;满洲里—额尔古纳地区

中图分类号 :P588.1 ;P594 文献标识码 :A

文章编号:1000-4734 (2000)04-0406-09

作者简介:吕志成,男,1966年生,1999年毕业于长春科技大学地球探测与信息技术学院,获工学博士学位,现在中国科学院地球化学研究所做博士后工作,主要从事岩石、矿床地球化学等方面的研究工作.

满洲里—额尔古纳地区中生代火山岩属大兴 安岭巨型火山岩带的重要组成部分,由于该区处于 多板块拼合的特殊地质构造环境及其近年来许多大 型、超大型矿床的相继发现,如何正确认识该区中生 代火山岩产出的构造背景及该区中生代构造体制的 相互转换关系,具有重要的理论和实际意义,成为众 多学者研究的热点。本文以该区中生代火山岩的地 质地球化学特征为依据,探讨了该区中生代的构造 演化。

1 地质概况

中生代火山岩广泛分布,约占全区面积的 40%,并构成规模不等的火山盆地。出露的火山岩 主要为中生代中侏罗统塔木兰沟组及上侏罗统上库 力组,岩性为一套中基性—酸性火山岩组合,其次为 下白垩统梅勒图组,岩性为基性火山岩组合。

上述火山岩明显地受多次活动的北东向及北西 向断裂带控制。根据火山活动的特点,可分为塔木 兰沟旋回、上库力旋回和梅勒图旋回。

中侏罗统塔木兰沟组 (J2t) 注要岩石类型为玄

武岩、玄武安山岩、安山岩、粗安岩、安山质凝灰岩 等。该组地层可分为上下两岩性段,下段(J₂t¹)由玄 武岩、玄武安山岩等基性火山熔岩组成;上段(J₂t²) 由安山岩、安山质凝灰岩等组成。K-Ar 同位素年龄 为154,166.3和158Ma^[12]属中侏罗世。

上侏罗统上库力组 (J₃s):主要岩性为一套中酸 性、酸性熔岩及火山碎屑岩。该组地层可分为三个 岩性段,下段为酸性熔结凝灰岩、流纹英安岩、英安 岩及酸性凝灰岩组成;中段为酸性、酸碱性凝灰岩、 角砾凝灰岩夹少量凝灰熔岩;上段为碱质酸性熔岩、 酸性火山碎屑岩及熔岩和粗面岩等。该组岩石钾氩 法年龄为119,138和149.9Ma¹²³等属晚侏罗世。

下白垩统梅勒图组 (K₁m):分布局限,出露面积 小。岩性主要为安山岩、玄武岩等基性熔岩。Rb-Sr 等时线年龄为 135Ma^[3],属早白垩世。由于该组岩 石目前所获得的资料有限,故本文不作重点讨论。

2 地球化学

2.1 主要元素

本区中生代火山岩岩石化学分析结果及有关参数见表 1。

基金项目:原地矿部定向基金(地科定 95-01)项目;国家攀登计划预

选项目 9年项6399 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

407

表1 中生代火山岩岩石化学成分及有关参数

Table 1. The chemical composition and some parameters of Mesozoic volcanic rocks

时代	样号	岩性	SiO_2	TiO ₂	Al_2O_3	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO CaC	Na ₂ O	K ₂ O P ₂ O ₅	A NCK	Na ₂ O+K ₂ O	K2O Na2O	σ	AR	注
	e12	玄武岩	51.96	1.48	15.85	4.84	3.83	0.15	3.52 7.70	5 3.50	1.82 0.540	0.73	5.32	0.52	3.16	1.58	b
K ₁ y	p15gs1	安山岩	49.61	0.78	16.60	6.88	3.75	0.01	3.40 6.5	3.40	2.50 0.001	0.82	5.90	0.74	5.27	1.69	с
	IP10GS13	玄武岩	55.84	1.60	16.05	7.69	0.09	0.13	3.12 5.99	3.11	4.32 0.690	0.78	7.43	1.39	4.30	1.79	с
	P7GS35	熔结凝灰岩	63.23	0.97	17.59	4.37	0.43	0.05	0.39 2.29	5.11	4.44 0.350	1.01	9.55	0.87	4.51	2.85	с
	GS2513	安山岩	61.54	0.64	16.29	1.17	3.01	0.11	1.83 3.12	2 4.90	3.30 0.790	0.94	8.20	0.67	3.63	2.46	с
	P6GS11	熔结凝灰岩	63.40	0.90	16.69	3.30	1.17	0.11	0.93 2.55	5 5.38	4.60 0.330	0.90	9.98	0.86	4.88	3.16	с
	GS2149	粗面岩	64.46	0.94	16.55	3.40	0.72	0.08	0.42 2.45	5 4.10	4.87 0.300	1.00	8.97	1.19	3.75	2.52	с
	P7GS73	熔结凝灰岩	68.05	0.59	15.04	2.70	0.29	0.06	0.35 1.40	4.90	5.56 0.160	0.90	10.46	1.13	4.37	3.95	с
	GS7494	流纹岩	75.40	0.20	12.33	0.81	0.39	0.04	0.00 0.50	6 4.00	5.24 0.520	0.93	9.24	1.31	2.64	4.27	с
	E432	流纹岩	73.86	0.42	12.97	1.77	0.43	0.03	0.58 0.40	5 3.05	4.32 0.095	1.23	7.37	1.42	1.76	2.66	b
	E468	流纹岩	76.21	0.23	11.82	1.55	0.40	0.06	0.72 0.13	5 3.10	4.91 0.006	1.11	8.01	1.58	1.93	3.15	
	IP22GS1	凝灰岩	63.00	0.98	16.93	4.04	0.63	0.10	0.93 3.78	8 4.56	4.00 0.320	0.91	8.56	0.88	3.66	2.41	с
	IP22GS2	凝灰岩	80.43	0.11	10.08	0.70	0.17	0.05	0.28 0.29	2.98	3.94 0.020	1.04	6.92	1.32	1.28	3.70	с
	IP22GS3	凝灰岩	62.99	0.36	11.96	14.40	1.94	0.14	0.21 0.48	8 0.12	2.68 0.112	3.01	2.80	22.33	0.39	1.58	с
	IP22GS4	凝灰岩	76.36	0.16	12.04	0.65	0.14	0.02	0.50 0.53	3 1.53	5.83 0.020	1.23	7.36	3.81	1.62	3.83	с
	IP22GS5	凝灰岩	77.53	0.12	12.00	0.27	0.18	0.01	0.10 0.38	8 4.02	4.86 0.020	0.96	8.88	1.21	2.28	4.71	с
	IP22GS6	凝灰岩	76.13	0.15	12.26	0.64	0.05	0.01	0.26 0.38	8 4.61	5.33 0.018	0.87	9.94	1.16	2.98	6.39	с
	IP22GS1	凝灰岩	79.99	0.12	10.27	0.37	1.06	0.04	0.14 0.72	2 3.29	4.02 0.016	0.93	7.31	1.22	1.44	3.98	с
	IP22GS2	凝灰岩	77.99	0.23	10.97	0.21	0.34	0.03	0.23 0.40	5 3.64	4.31 0.039	0.95	7.95	1.18	1.81	4.51	с
	IP22GS3	凝灰岩	72.95	0.25	11.99	0.91	0.20	0.03	0.33 2.30	9 4.30	4.62 0.020	0.74	8.92	1.07	2.66	4.02	с
	IP22GS4	凝灰岩	75.20	0.23	12.44	1.39	0.27	0.04	0.45 0.53	3 3.24	4.45 0.010	1.12	7.69	1.37	1.84	3.00	с
	IP22GS17	凝灰岩	65.05	0.83	15.73	3.29	1.10	0.06	0.93 2.40	4.32	5.18 0.280	0.92	9.50	1.20	4.09	2.82	с
	IP22GS19	凝灰岩	76.61	0.18	12.10	1.05	0.29	0.01	0.21 0.1	5 6.36	0.44 0.008	1.08	6.80	0.07	1.38	3.50	с
	IP22GS9	凝灰岩	76.14	0.18	10.33	0.92	0.22	0.01	0.19 1.39	6.35	1.94 0.004	0.69	8.29	0.31	2.07	5.83	с
	IP8GS4	流纹岩	74.01	0.27	12.62	1.65	0.20	0.03	0.28 0.03	5.28	3.04 0.006	1.05	8.32	0.58	2.23	4.83	с
	IP7GS10	粗面岩	67.93	0.59	15.28	2.50	0.25	0.04	0.33 0.37	6.38	5.20 0.090	0.91	11.58	0.82	5.38	6.69	с
	IP2GS14	粗面岩	68.03	0.74	15.14	3.03	0.43	0.04	0.45 0.7	4.72	6.16 0.120	0.96	10.88	1.31	4.73	3.92	с
	IP7GS8	凝灰岩	69.47	0.49	14.47	2.27	0.38	0.12	0.55 0.10	5.52	5.28 0.020	0.97	10.80	0.96	4.41	6.73	с
J_{38}	MGS-24	流纹岩	76.04	0.20	11.64	1.09	0.59	0.01	0.93 0.40	3.65	4.80 0.050	0.98	8.45	1.32	2.16	4.08	d
	MGS-2	安山岩	58.24	1.50	16.34	6.93	1.09	0.05	0.41 3.96	6 4.00	3.25 1.100	0.94	7.25	0.81	3.45	2.11	d
	MGS-10	英安岩	71.08	0.25	11.75	0.93	0.29	0.01	1.29 3.3	3.75	4.70 0.050	0.68	8.45	1.25	2.54	2.97	d
	MGS-21	安山岩	60.12	1.55	14.18	6.74	1.72	0.12	0.33 3.53	3 3.95	2.95 0.620	0.88	6.90	0.75	2.78	2.28	d
	MGS-29	流纹岩	75.76	0.20	11.43	1.82	0.73	0.03	0.00 0.40	3.95	5.15 0.050	0.89	9.10	1.30	2.53	5.02	d
	MGS-31	流纹岩	72.66	0.20	14.70	0.94	0.85	0.01	0.28 0.40	3.00	5.80 0.100	1.23	8.80	1.93	2.61	2.32	d
	D2667GS	流纹岩	76.44	0.25	11.99	0.22	1.48	0.03	0.05 0.27	0.18	8.12 0.040	1.25	8.30	45.11	2.06	5.19	d
	D1962GS	流纹岩	76.61	0.28	10.90	0.35	1.48	0.03	0.03 0.2	0.15	8.24 0.040	1.13	8.39	54.93	2.09	7.04	а
	D1963GS	流纹岩	76.81	0.20	10.87	0.78	1.09	0.03	0.00 0.20	0.16	8.43 0.040	1.12	8.59	52.69	2.18	7.93	а
	d27-4-2	流 奴 英安若	64.88	0.73	16.96	2.41	1.38	0.09	0.69 0.50) 4.80	6.01 0.200	1.11	10.81	1.25	5.34	3.44	a
	D27-8	流纹央安 宕	71.85	0.38	15.09	1.18	1.08	0.08	0.44 0.70) 3.26	5.49 0.080	1.20	8.75	1.68	2.65	2.41	a
	e69	流 议石	78.43	0.10	10.03	1.96	0.56	0.09	0.23 0.40) 4.00	4.95 0.017	0.79	8.95	1.24	2.26	7.58	b
	e76	央安石	64.56	0.39	15.31	3.23	1.62	0.13	0.78 1.6	4.66	3.43 0.128	1.06	8.09	0.74	3.04	2.82	b
	e81	流纹岩	72.55	0.38	14.27	3.28	1.47	0.07	0.49 2.12	2 3.37	4.58 0.097	0.99	7.95	1.36	2.14	2.40	b
	e89	央女岩	67.15	0.51	14.91	3.34	2.09	0.11	0.91 2.00	4.58	4.30 0.130	0.94	8.88	0.94	3.27	3.21	b
	e90	央女石	67.09	0.51	15.78	3.68	0.79	0.10	1.14 1.60	4.07	5.33 0.148	1.03	9.40	1.31	3.67	2.76	b
	E327	 	/4.13	0.14	12.59	2.41	1.51	0.16	0.93 0.99	9 3.08	4.21 0.018	1.10	7.29	1.37	1.71	2.66	b
	E341	用味凝火若	77.95	0.01	11.73	1.31	1.15	0.09	1.06 0.7.	5.77	0.33 0.005	1.05	6.10	0.06	1.06	2.92	b
210	a20-12-2	 	13.29 Acramle	0.49 Smis	14.19 Juga rata	1.67 Tala	0.68 acular	ບ.10 ດາງທີ່ສ	0.76 0.10 Biztaláski	v 2.07 imos⊮	4.31 0.050 [G179en Azh]	1.72 rijohats	o.38 resenved	2.08 httm://w	1.54 /\\g\22.2	1.82 malain	a næi

408

续表1

时代	样号	岩性	SiO_2	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO CaO	Na ₂ O	K ₂ O P ₂ O ₅	A NCK	$Na_2O + K_2O$	K₂O №a₂O	σ	AR	注
	e8	流纹英安岩	68.32	0.30	12.89	1.68	0.58	0.07	0.75 3.18	3.27	5.51 0.050	0.75	8.78	1.69	3.04	2.37	с
	e11	流纹岩	71.42	1.33	13.65	2.18	0.42	0.06	0.41 0.52	4.21	4.93 0.050	1.03	9.14	1.17	2.94	3.93	с
	p15gs2	熔结凝灰岩	71.49	0.30	14.19	1.40	0.89	0.05	0.22 0.54	4.35	5.90 0.001	0.98	10.25	1.36	3.69	3.89	с
	Gspb141	流纹岩	73.48	0.28	12.27	1.17	0.93	0.01	0.22 0.08	3.05	6.05 0.001	1.05	9.10	1.98	2.72	2.95	с
	e-1	流纹斑岩	79.05	0.18	11.65	1.52	0.53	0.06	0.60 0.26	0.20	3.90 0.050	2.32	4.10	19.50	0.47	2.05	с
	e-13	流纹斑岩	77.28	0.20	11.58	1.51	0.82	0.02	0.68 0.31	0.29	4.09 0.030	2.12	4.38	14.10	0.56	2.17	с
	e24	凝灰熔岩	78.26	0.21	12.50	0.77	0.36	0.07	0.49 0.14	0.19	4.23 0.070	2.43	4.42	22.26	0.55	2.08	с
	4gs46	熔结凝灰岩	65.05	0.55	16.47	2.13	1.49	0.06	1.01 2.80	4.52	4.44 0.001	0.95	8.96	0.98	3.64	2.74	с
	4gs104	安山岩	54.94	1.18	15.88	4.44	2.52	0.12	2.33 6.67	3.60	2.31 0.001	0.77	5.91	0.64	2.93	1.71	с
	d12-1	玄武安山岩	53.05	1.39	15.38	5.62	3.66	0.13	4.79 4.21	3.77	1.26 0.540	1.01	5.03	0.33	2.52	1.69	а
	d20-3	安山岩	51.46	1.01	18.12	4.04	4.27	0.17	2.37 7.90	2.78	2.08 0.340	0.86	4.86	0.75	2.79	1.46	а
	D20-11-1	安山凝灰岩	69.25	0.51	15.98	1.84	0.74	0.08	0.43 1.30	3.84	4.52 0.040	1.18	8.36	1.18	2.66	2.60	а
	D20-12-3	英安岩	54.53	1.47	18.20	7.38	4.15	1.11	2.84 0.81	0.10	3.98 1.060	3.06	4.08	39.80	1.44	1.55	а
	4gs35	安山岩	53.58	1.14	16.19	2.60	3.61	0.06	2.81 7.03	4.21	1.87 0.001	0.75	6.08	0.44	3.49	1.71	с
	E402	玄武安山岩	52.34	2.16	15.48	10.02	4.63	0.15	4.54 7.53	3.28	1.11 0.839	0.76	4.39	0.34	2.06	1.47	b
	P7GS30a	玄武安山岩	66.14	1.32	14.20	5.57	0.57	0.05	0.80 3.77	3.30	2.64 0.790	0.94	5.94	0.80	1.52	1.99	с
	GS2373a	玄武安山岩	55.17	1.15	17.24	6.70	0.75	0.09	3.47 5.29	4.05	2.94 0.560	0.89	6.99	0.73	4.01	1.90	с
	P12GS15	玄武安山岩	62.73	1.43	14.07	4.63	0.90	0.11	1.31 4.26	3.65	3.60 1.110	0.80	7.25	0.99	2.66	2.31	с
	GS1106A	玄武安山岩	63.17	0.85	16.37	4.59	0.66	0.09	0.90 3.57	3.00	4.64 0.320	1.00	7.64	1.55	2.89	1.86	с
	GS2526	玄武安山岩	63.04	0.99	15.87	5.12	0.30	0.04	0.85 3.75	4.40	3.24 0.460	0.90	7.64	0.74	2.91	2.28	с
	GS2499	玄武安山岩	58.01	1.24	16.23	4.82	1.67	0.10	3.44 4.11	4.30	3.64 0.640	0.88	7.94	0.85	4.20	2.28	с
	IIGS2524	安山岩	61.17	1.11	17.11	6.28	0.36	0.03	0.87 3.67	4.80	3.44 0.450	0.94	8.24	0.72	3.74	2.31	с
$J_2 t^2$	IP2GS8	英安岩	71.47	0.32	14.47	1.94	0.29	0.01	0.46 1.37	3.72	4.83 0.080	1.05	8.55	1.30	2.57	2.77	с
	IP3GS10	玄武安山岩	63.53	0.97	16.53	4.32	1.23	0.04	1.82 4.17	2.82	4.16 0.290	0.99	6.98	1.48	2.37	1.75	с
	GS-13	安山岩	62.18	0.99	16.44	3.17	3.30	0.12	1.70 2.46	4.50	1.66 0.230	1.20	6.16	0.37	1.98	1.97	d
	GS-15	安山岩	48.84	1.63	17.91	4.45	5.17	0.16	5.70 8.13	3.34	0.87 0.270	0.84	4.21	0.26	3.03	1.39	d
	GS-22	安山岩	64.00	0.74	15.92	2.34	2.68	0.16	1.80 1.85	4.60	2.90 0.120	1.13	7.50	0.63	2.68	2.46	d
	MGS-20	玄武安山岩	56.28	1.20	14.38	7.60	0.72	0.12	4.77 5.45	3.55	2.10 0.450	0.80	5.65	0.59	2.40	1.80	d
	GS-52	流纹岩	64.62	0.75	16.03	2.18	1.68	0.11	1.20 1.78	4.52	5.25 0.150	0.98	9.77	1.16	4.42	3.06	d
	GS-59	安山岩	54.02	0.55	17.88	2.20	4.70	0.13	3.65 6.27	4.45	1.06 0.290	0.90	5.51	0.24	2.76	1.59	d
	GS-72	玄武安山岩	44.95	0.92	17.44	9.22	1.26	0.32	6.29 5.22	1.90	3.59 0.630	1.06	5.49	1.89	15.4	1.64	d
	AJ-K-1	安山岩	48.69	1.19	15.76	6.39	3.35	0.18	5.63 6.54	3.83	0.70 0.270	0.83	4.53	0.18	3.61	1.51	d
	GS90-16	安山岩	48.38	0.45	6.28	3.63	1.65	19.20	7.15 2.81	0.10	4.91 0.200	0.59	5.01	49.10	4.67	3.46	а
	GS90-18	安山岩	51.71	1.10	17.63	3.66	3.85	0.23	3.48 6.04	3.31	2.34 0.340	0.93	5.65	0.71	3.67	1.63	а
	GS90-13	安山岩	55.27	1.05	15.01	4.59	2.69	0.13	1.16 5.87	2.62	4.00 0.460	0.78	6.62	1.53	3.57	1.67	а
	GS90-20	安山岩	57.60	1.10	17.20	3.72	3.98	0.24	3.30 3.57	4.78	2.74 0.330	0.99	7.52	0.57	3.87	2.14	а
	GS90-5	安山岩	57.35	0.95	15.89	5.05	0.89	0.12	2.26 4.42	3.43	3.89 0.380	0.89	7.32	1.13	3.73	2.02	а
	GS90-12	安山岩	57.74	0.80	15.75	4.94	0.86	0.11	2.57 4.34	3.57	3.89 0.330	0.88	7.46	1.09	3.78	2.10	а
	GS90-11	安山岩	59.29	1.00	16.18	4.60	1.57	0.00	2.93 4.76	3.57	2.64 0.390	0.93	6.21	0.74	2.37	1.84	а
	GS90-10	安山岩	59.45	0.85	15.88	4.49	1.58	0.10	1.65 4.93	3.57	7.85 0.390	0.68	11.42	2.20	7.93	2.04	а
	GS90-9	安山岩	59.51	0.85	15.63	5.60	0.79	0.09	2.63 3.23	4.13	3.05 0.330	0.98	7.18	0.74	3.12	2.23	а
	GS90-14	安山岩	60.83	1.05	14.93	2.38	3.98	0.17	3.42 0.85	0.18	7.24 0.390	1.54	7.42	40.22	3.09	2.78	а
	GS90-15	安山岩	62.33	1.00	12.00	3.42	3.74	1.80	1.16 1.11	0.14	8.92 0.380	1.01	9.06	63.71	4.25	5.47	а
	GS-26	橄榄玄武岩	46.54	1.25	18.42	6.44	4.28	0.15	6.70 7.40	3.55	1.00 0.270	0.90	4.55	0.28	5.85	1.43	d
	P12GS3	安山玄武岩	59.30	1.07	15.72	5.79	0.75	0.08	1.69 4.33	4.00	4.18 0.540	0.83	8.18	1.05	4.11	2.33	с
$J_2 t^1$	P8GS11	安山玄武岩	55.79	1.27	16.09	6.18	0.45	0.05	0.88 4.65	4.06	4.19 0.270	0.82	8.25	1.03	5.32	2.29	с
	P8GS32	橄榄玄武岩	55.76	1.21	14.98	7.52	0.57	0.09	1.78 3.54	3.28	6.83 0.530	0.78	10.11	2.08	8.01	2.10	с
	GS90-6	玄武岩	51.88	1.70	16.41	5.35	3.09	0.13	5.13 7.43	3.81	1.33 0.570	0.77	5.14	0.35	2.98	1.55	а
?19	9 146286 1	多回玄武岩	Asgasle	emig	J161481	18]2EI	0.0JT	onis	Bun/213,5%	ng ₈ kl	3128°0.486	rights	res ø nwed.	https//w	V3.W4 (0 <u>12</u> 10191	net

续表	1
-/ -/	

时代	样号	岩性	${\rm SiO}_2$	${\rm TiO}_2$	Al_2O_3	${\rm Fe_2O_3}$	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P_2O_5	A NCK	$Na_2O + K_2O$	K ₂ O Na ₂ O	σ	AR	注
	IP3GS15	玄武岩	55.44	1.19	15.98	3.62	3.30	0.08	4.61	6.83	2.88	4.16	0.340	0.74	7.04	1.44	3.98	1.68	с
	GS-99	玄武岩	49.08	1.29	16.68	3.57	4.82	0.16	4.86	8.69	2.89	0.95	0.410	0.77	3.84	0.33	2.43	1.36	d
	IP6GS8	安山玄武岩	57.44	1.14	16.51	5.99	0.83	0.07	0.76	4.65	4.04	3.70	0.400	0.86	7.74	0.92	4.15	2.15	с
	MGS-4	高铝玄武岩	57.60	1.80	15.93	8.29	0.68	1.09	1.14	3.47	2.55	2.00	1.100	1.26	4.55	0.78	1.42	1.61	d
	MGS-12	玄武粗安岩	54.00	1.70	18.70	7.68	0.91	0.06	0.78	5.94	4.20	2.75	0.800	0.90	6.95	0.65	4.39	1.79	d
	MGS-15	碱性玄武岩	52.70	1.50	19.31	7.25	1.03	0.20	1.21	5.84	4.05	2.50	0.950	0.97	6.55	0.62	4.42	1.70	d
$J_2 t^1$	4gs13	橄榄粗面岩	55.03	1.29	15.55	7.21	0.25	0.09	4.44	3.17	6.86	1.37	0.001	0.84	8.23	0.20	5.63	2.57	с
	E421	粗安岩	55.67	1.40	16.28	6.96	0.14	0.03	1.03	3.47	0.84	9.07	2.043	0.93	9.91	10.80	7.75	3.01	b
	E422	粗安岩	56.05	1.54	18.24	6.98	0.18	0.02	1.65	1.65	0.01	8.32	1.152	1.52	8.33	832.00	5.32	2.44	b
	e7	安山玄武岩	52.08	1.10	15.32	7.60	0.22	0.14	4.86	6.35	3.96	1.67	0.310	0.77	5.63	0.42	3.49	1.70	с
	e10	玄武岩	55.95	1.13	16.36	4.85	2.10	0.08	4.09	4.87	4.74	2.17	0.350	0.86	6.91	0.46	3.69	1.97	с
	gs16	安山玄武岩	55.56	1.30	16.73	6.03	1.76	0.14	4.11	4.97	4.49	1.93	0.460	0.90	6.42	0.43	3.28	1.84	с
	E135	玄武粗安岩	55.09	1.64	15.82	8.71	3.64	0.12	2.29	6.17	3.29	2.41	0.824	0.82	5.70	0.73	2.69	1.70	b
	E137	玄武粗安岩	56.07	1.23	15.62	7.86	2.83	0.11	3.68	6.12	4.10	2.06	0.478	0.78	6.16	0.50	2.90	1.79	b

注:a.本次研究(长春科技大学测试中心分析),b.连长云等,1996;c.据1:20区调报告,1985;d.黑龙江地勘局,1990.



图 1 火山岩 TAS 分类图 佛 Le Bas 等,1986) Fig.1. TAS diagram of the volcanic rocks. 1.梅勒图组 2.上库力组 3. 塔木兰沟组下段 4. 塔木兰沟组上段

在 TAS 图中 (图 1)本区中生代火山岩明显地 划分为粗面玄武岩-玄武质粗面安山岩-粗面安山岩-粗面岩-粗面英安岩及玄武岩-玄武安山岩-安山岩-英安岩-流纹岩组合,且以第一组合为主。与典型构 造环境的火山岩组合均不同,与青藏陆内造山火山 岩较相似。在 AFM 图解中 (图 2)本区中生代火山 岩主要表现出钙碱性岩石系列的演化趋势,同时部 分样品具有拉斑玄武岩系列岩石的演化趋势。在 AR-SiO₂ 图解中 (图 3),中生代火山岩主要以钙碱 性和弱碱性为主,个别样品落入碱性区。本区中生 代火山岩 DI、SiO₂、K₂O、Al₂O₃、FeO 等频率统计表 现为双峰分布的特点^[4],但不同于典型裂谷火山建 造 DI 为 20~30 和 80 的峰值分布 表现为以裂谷火 山建造为主,兼具有活动陆缘火山岩的成分特征。



Fig. 2. FAM diagram of the volcanic rocks. 图例同图 1

2.2 微量元素

中生代火山岩微量元素成分特征见表 2。

由表可知,塔木兰沟组玄武岩-玄武粗安岩与中 国玄武岩^[5]相比较,大阳离子不相容元素 Rb、Sr、Ba 等明显富集,铁族元素含量均不同程度亏损,亲氧元 素除 Nb、U 偏低外,其余元素均不同程度富集。塔 木兰沟组安山岩-安山质凝灰岩等与中国安山岩^[5] 相比较,Sc、V、Co、Ni 偏低,Cr含量相当,其余元素 均不同程度富集。

上库力组流纹岩、流纹质凝灰岩与中国流纹 岩^飞相比较,Ba、Nb、Sn、La、Y 含量相当,其余元素 含量明显偏高 rights reserved. http://www.cnki.net



图 3 中生代火山岩 SiO₂-AR 图 **储** J.B. Wright , 1969) Fig. 3. SiO₂ vs. AR diagram of the volcanic rocks. 图例同图 1

2.3 稀土元素

410

中生代火山岩稀土元素分析结果及有关参数见

表 3。由表可知,塔木兰沟组玄武岩-玄武安山岩-安山岩类稀土总量为126.55×10⁻⁶~316.68× 10⁻⁶,平均值为237.38×10⁻⁶稀土总量明显偏高, 轻重稀土比值为11.57~20.47,平均值为15.83,反 映了轻重稀土分馏性较强, δ Ce为0.71~1.29,平 均值为0.94,具有较弱的负铈异常, δ Eu为0.74~ 1.22,平均值为0.89,(La δ m)_N为3.48~5.65,平 均值为3.88,反映了轻稀土内部之间存在一定程度 的分馏,(Gd Xb)_N为1.12~5.53,平均值为3.56, 反映了重稀土内部亦存在着分馏作用,但较轻稀土 略弱。在稀土元素球粒陨石标准化图中(图 4a),表 现为左高右低陡倾斜分布模式。稀土元素的这些 特征值与大陆裂谷火山岩相应岩石的特征相似。

上库力组流纹岩-流纹质凝灰岩 \sum REE 为 145.69×10⁻⁶~255.00×10⁻⁶,平均值为195.14× 10⁻⁶,LREE /HREE 为 7.77~14.44,平均值为 10.14 轻重稀土分馏性较强,且轻稀土较为富集, δ Ce 为0.77~1.10,平均值为0.94, δ Eu 为0.26~ 0.73,平均值为0.46,具有中等—较强的负铕异常。 (La δ m)_N 为3.31~4.15,平均值为3.57,表明轻稀 土内部存在着分馏作用,(Gd Kb)_N 为2.12,表明重 稀土内部亦存在分馏作用,但较轻稀土弱。在稀土

表 2 中生代火山岩微量元素分析结果

Table	е2.	T	he c	hemical	composition	of	the	vo	lcanic	roc	ks
-------	-----	---	------	---------	-------------	----	-----	----	--------	-----	----

地层	样号	岩性	Rb	Sr	Ba	Sc	V	Mn	Cr	Co	Ni	Nb	Ta	Zr	Hf	U	Th	La	Y
	d20-2	安山质凝灰岩	86.3	179.3	408.0	18.1	214.8	1396.0		28.9	15.5	23.1		170.4			14.4	42.8	33.19
	d20-3	安山质凝灰岩	52.9	672.1	526.5	15.98	208.8	1297.0		32.3	10.0	7.5		159.5			0.7	36.9	25.59
	d20-7	安山岩	99.4	581.6	768.3	15.22	226.1	1149.0		40.3	21.8	21.0	2.81	204.3	6.32		13.5	61.0	2927
	d20-11-1	安山质凝灰岩	135.1	409.3	1148.5	5.02	45.1	556.0		4.1	2.0	18.9	2.57	274.4	8.45		19.9	61.1	23.99
	d20 12-1	安山质凝灰岩	97.4	131.8	552.9	1.64	54.1	37441.0		5.8	11.3	1.2		82.2			1.6	25.5	10.41
	d20-12-3	安山岩	193.6	33.1	268.6	11.32	172.6	8420.0		19.4	10.6	13.9	3.09	347.5	3.37		2.2	75.6	20.21
J ₂ t	d20-9	安山质凝灰岩	150.2	287.1	960.7	8.12	39.0	786.0		5.8	0.6	24.8		286.6			24.6	63.5	29.47
	E402	玄武安山岩*	23.7	4122	1176		196	1332	130	34.7	67.5	23.5	3.3	277	7.6	2.9	6.8		
	E421	粗安岩*	194	164	1046		102	194	100	30.5	36.2	27.1	4.6	490	9.9	154	17.3		
	E422	粗安岩 *	271	164	988		142	155	112	30.0	36.2	28.5	6	463	8.7	32.7	19.2		
	d12-1	玄武岩	54.6	880.2	386.5	14.89	241.0	1025.0		44.7	41.5	25.6	3.48	225.2	11.74		2.1	50.8	24.16
	d12-5	玄武岩	93.9	383.2	482.5	15.61	234.0	942.0		43.7	54.0	30.6		225.7			9.3	45.8	23.38
	E135	玄武粗安岩 *	89.8	2032	913		170	985	139	31.2	35.7	23.7	3	386	9.6	0.92	5.9		
	E137	玄武粗安岩*	23.7	2092	766		153	976	106	31.2	46.2	16.4	2	291	8.8	0.16	8.9		
	d12 ¹ 0	玄武岩	56.3	910.6	482.5	16.34	245.8	1331.0		43.9	39.4	29.9		285.6			8.9	49.7	29.62
	E69	流纹岩 *	479	215	730		12.0	907	6	3.75	5	9.9	4.5	210	6.6	3.53	14.1		
	E81	流纹岩 *	237	224	1656		30.0	633	9.01	4.0	6.21	10.9	3.3	213	7.7	1.85	13.9		
	E341	流纹岩 *	22	46.2	107		11.0	749	12.1	4.0	10	11.6	5.5	223	7.5	1.84	17.3		
	E342	流纹岩 *	238	47.8	700		39.0	236	10.55	10.0	11.2	15.1	1.8	271	9	4.14	17.3		
J ₃ s	E468	流纹岩 *	874	13.2	249		24.0	472	10.6	5.21	7.5	38	6.5	270	5.5	7.34	37.5		
	d27-4-2	流纹英安岩	212.2	186.3	1253.0	8.46	46.9	874.0		6.7	5.2	29.7	2.87	405.4	15.74		26.9	78.5	32.49
	d27-6	流纹质凝灰岩	178.6	270.9	946.1	8.98	57.3	727.0		8.3	2.8	26.6	1.51	346.8	14.4		25.6	61.5	33.3
	d27-8	流纹英安岩	250.5	155.8	584.4	4.19	34.6	611.0		3.8	2.8	47.5		288.4			37.9	76.7	38.01
	d27-10	流纹质凝灰岩	116.2	475.2	675.6	11.76	117.3	900.0		15.1	4.1	10.9		249.1			12.6	40.2	24.43
	d27-3-1	英安岩	110.4	609.8	731.6	8.21	91.0	811.0		12.7	4.0	15.3		212.1			12.5	48.9	25.63
	d20-12-2	流纹质凝灰岩	172.2	17.3	515.0	4.8	34.0	672.0		4.1	1.7	4.2		276.3			12.5	25.5	15.43

注: Ag, Au 含量单位为 10⁻⁹ 其余为 10⁻⁶, (长春科技大学测试中心分析); * 据连长云等,1996.

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

元素球粒陨石标准化图解中 (图 4b),均表现为左高

右低缓倾斜轻稀土富集分布模式 具明显 "V"字形。

表 3 中生代火山岩稀土元素分析结果及有关参数

Table 3. REE composition and some parameters of the Mesozoic volcanic rocks

样号	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
d12-1 * *	玄武岩	37.11	72.85	8.11	32.08	6.68	1.75	4.48	0.50	3.35	0.50	1.29	0.13	1.16	0.16
d20-3 * *	安山岩	26.96	53.09	5.05	22.98	4.88	1.26	3.90	0.49	3.53	0.62	1.92	0.23	1.72	0.24
2**	安山岩	70.90	138.60	17.00	55.40	11.48	2.83	8.77	1.18	4.50	0.96	2.66	0.44	1.69	0.27
4 * *	安山岩	48.83	82.13	12.28	43.27	7.82	1.77	6.39	1.14	3.45	0.90	1.84	0.52	1.98	0.21
5**	安山岩	50.31	90.68	14.01	42.93	7.98	1.95	6.46	0.93	3.45	0.09	1.70	0.35	1.24	0.01
E135*	玄武粗安岩	68.00	126.00	17.10	67.80	12.70	2.90	9.60	1.00	4.00	0.80	2.10	0.30	1.40	0.20
E137*	玄武粗安岩	45.00	92.70	9.60	42.50	7.90	2.10	6.40	0.70	2.70	0.60	1.50	0.20	1.00	0.10
E402*	玄武安山岩	80.00	106.00	13.40	58.00	8.90	3.60	9.00	1.10	5.20	1.10	2.20	0.30	1.70	0.30
E422*	粗安岩	50.30	137.60	12.30	45.60	8.90	2.10	3.60	0.47	3.25	0.79	2.29	0.39	2.60	0.32
平均		53.05	99.96	12.09	45.62	8.58	2.25	6.51	0.83	3.71	0.71	1.95	0.32	1.61	0.20
1 * *	流纹岩	40.90	82.90	10.90	38.10	7.48	0.67	8.26	1.11	4.90	0.95	2.86	0.43	2.10	0.31
d27-4-2**	流纹英安岩	42.62	61.97	7.45	33.32	6.67	1.31	4.57	0.40	3.98	0.66	2.05	0.24	2.05	0.28
L-2 * *	流纹岩	41.70	79.70	10.00	36.10	6.70	1.00	4.50	0.80	3.90	0.90	2.60	0.40	2.80	0.47
L-1 * *	流纹岩	21.90	61.00	8.30	30.60	6.30	0.89	4.54	0.70	2.90	0.60	1.50	0.30	1.30	0.35
d25-15 * *	流纹岩	51.00	103.00	12.80	47.80	8.90	1.80	9.50	1.50	6.90	1.50	4.50	0.80	4.10	0.60
e341*	流纹岩	41.00	87.00	11.70	38.00	6.90	0.70	7.20	1.00	4.80	1.00	3.00	0.50	2.50	0.50
E69*	流纹岩	34.30	63.80	6.60	25.40	5.20	1.02	2.94	0.40	2.20	0.45	1.53	0.23	1.43	0.19
E342*	流纹岩	42.30	90.30	8.54	32.70	6.48	1.14	3.71	0.51	3.89	0.75	3.04	0.32	2.20	0.25
E468*	流纹岩	49.50	90.80	13.60	57.00	9.40	0.50	10.10	1.20	7.20	1.30	3.60	3.50	2.90	0.50
半均		40 58	80.05	0 00	37 67	7 11	1 00	6 15	0.85	1 52	0 00	2 74	0 75	2 28	0.38
		+0.50	00.05		57.07	/.11	1.00	0.15	0.05	4.52	0.70	2.74	0.75	2.38	0.00
	岩性	Y	Σ REE	LREE	HRE	E LF	REE MI	REE 6	<u>0.05</u> 8Се	δEu	(La Xb	$)_N$ (2.36 _N (Go	d Xrb) _N
样号 d12-1**	岩性 玄武岩	Y 15.02	∑REE 170.15	LREE 156.83	HRE 11.5	7.11 E LF 7	1.00 REE <i>I</i> HI 13.55	REE 0	0.05 8Ce).97	δEu 0.92	(La Xb 21.57	$)_N$ (0.75 La &m) 3.49	<u>2:38</u> N (Go	d Xb) _N 3.12
样号 d12-1** d20-3**	岩性 玄武岩 安山岩	Y 15.02 19.11	∑REE 170.15 126.87	LREE 156.83 112.96	HRE 11.5 12.6	7.11 E LF 7 5	1:00 REE 1/11 13.55 8.93	REE 0	0.03 δCe 0.97 .02	δEu 0.92 0.86	(La Xb 21.57 10.57	$\sum_{N} ($	0.75 La &m) 3.49 3.48	<u>2:38</u> N (Go	1 Xb) _N 3.12 1.83
样号 d12-1** d20-3** 2**	岩性 玄武岩 安山岩 安山岩	Y 15.02 19.11 0.00	∑REE 170.15 126.87 316.68	LREE 156.83 112.96 293.38	HRE 11.5 12.6 20.4	7.11 E LF 7 5 7	13.55 8.93 14.33	0.15 REE 0 1	0.05 ∂Ce 0.97 .02 0.93	δEu 0.92 0.86 0.83	(La Xb 21.57 10.57 28.28	$)_{\rm N}$ (0.75 .a &m) 3.49 3.48 3.88	2.38 N (Go	1 Xb) _N 3.12 1.83 4.19
样号 d12-1** d20-3** 2** 4**	岩性 玄武岩 安山岩 安山岩 安山岩	Y 15.02 19.11 0.00 0.00	∑REE 170.15 126.87 316.68 212.44	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4	7 E LF 7 5 7 1	REE H I 13.55 8.93 14.33 11.89	REE 0 1 0	0.05 ∂Ce 02 93).79	δEu 0.92 0.86 0.83 0.74	La Xb 21.57 10.57 28.28 16.66	$)_N$ (2.38 N (Ge	d X/b) _N 3.12 1.83 4.19 2.61
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5**	岩性 玄武岩 安山山岩 安山岩岩 安山岩岩	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 0.00	∑REE 170.15 126.87 316.68 212.44 222.09	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2	7 E LF 7 5 7 1 4	REE H I 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46	REE 0 1 0 0 0 0	0.05 δCe 0.97 .02 0.93 0.79 0.81	φEu δEu 0.92 0.86 0.83 0.74 0.81	(La Xb 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27	$)_N$ (2.38 N (Go	3.12 1.83 4.19 2.61 4.19
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135*	岩性 玄武山岩 安安 安田 玄武 名 王 名 二 二 七 七 二 七 七 七 七 七 七 七 七 七 七 七 七 七 七	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 0.00 17.80	$\frac{30.03}{\Sigma \text{REE}}$ 170.15 126.87 316.68 212.44 222.09 313.90	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4	7 E LF 7 5 7 1 4 0	1.00 REE <i>F</i> II 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03	REE 0 1 0 0 0 0 0 0	0.05 ∂Ce 0.97 0.93 0.79 0.81 0.87	λEu δEu 0.92 0.86 0.83 0.74 0.81 0.77	(La Xb 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75	$)_N$ (0.75 .a 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37	2.38 N (Go	3.12 1.83 4.19 2.61 4.19 5.53
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E137*	岩 武山山山北 玄安安安武武武 玄玄 安安安武武武 武 王 王 王 王 王 王 王 王 王 王 王 王 王 王 王	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 0.00 17.80 11.30	20:05 ∑REE 170.15 126.87 316.68 212.44 222.09 313.90 213.00	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2	7.11 E LF 7 5 7 1 4 0 0	1.00 REE #II 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 14.98	REE 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.05 ∂Ce 0.97 .02 0.93 0.79 0.81 0.87 .03	φEu 0.92 0.86 0.74 0.81 0.77 0.88	(La Xb 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34	$\sum \frac{1}{N}$	0.73 .a &m) 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37 3.58	2:38 N (Go	3.12 1.83 4.19 2.61 4.19 5.53 5.16
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E135* E137* E402*	岩 玄安安安安 安安安武武武武 玄 玄 玄 玄 玄 玄 玄 玄 玄 宏 安 安 安 安 安 安 安 安 安 安	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 0.00 17.80 11.30 21.20	202.09 ∑REE 170.15 126.87 316.68 212.44 222.09 313.90 213.00 290.80 290.80	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0	1.00 REE FII 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74	0.13 REE 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.65 ∂Ce 0.97 .02 0.93 0.79 0.81 0.87 .03 0.71	4:32 δEu 0.92 0.86 0.83 0.74 0.81 0.77 0.88 1.22	(La Xb) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73	$\frac{2.74}{N}$ (0.73 _a 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37 3.58 5.65	2.38 N (Go	4 <i>X</i> ^t b) _N 3.12 1.83 4.19 2.61 4.19 5.53 5.16 4.27
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E135* E137* E402* E422*	岩 玄安安安安武武武武武 玄玄安安安武武武武武 王 王 王 七 七 七 七 七 七 七 七 七 七 七 七 七 七	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 17.80 11.30 21.20 26.00 12.27	202.09 ∑REE 170.15 126.87 316.68 212.44 222.09 313.90 213.00 290.80 270.51 237.51	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 0	1.00 REE FII 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74 18.58 12.74	REE 0 0 11 0 00 0 00 0 00 1 1 0 00 1 1	0.005 ∂Ce 0.97 .02 0.93 0.79 0.81 0.87 .03 0.71 .29	4:32 δEu 0.92 0.86 0.83 0.74 0.81 0.77 0.88 1.22 0.96	(La Xb) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04	$\frac{2.74}{N}$	0.73 .4 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37 3.58 5.65 3.56	2.38 N (Go	$\begin{array}{c} 1.00 \\ 1 \text{ X'b } \\ \end{array}$ $\begin{array}{c} 3.12 \\ 1.83 \\ 4.19 \\ 2.61 \\ 4.19 \\ 5.53 \\ 5.16 \\ 4.27 \\ 1.12 \end{array}$
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E135* E137* E402* E402* E422* 平均	岩 玄 安 安 安 安 安 安 安 武 武 武 武 山 山 山 山 出 粗 粗 安 安 武 武 武 武 粗 粗 安 安 山 岩 安 安 山 岩 安 安 山 岩 安 安 山 岩 安 安 山 岩 安 安 山 岩 安 安 山 岩 安 田 谷 安 山 岩 安 安 山 岩 安 安 山 岩 安 安 山 岩 安 安 山 岩 安 田 谷 安 山 岩 安 田 谷 安 山 岩 安 田 谷 安 山 岩 安 田 谷 安 山 岩 安 田 谷 安 山 岩 安 田 谷 安 山 岩 安 田 谷 安 山 岩 安 田 谷 安 山 岩 安 田 谷 安 山 岩 安 田 谷 安 山 名 古 日 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷 谷	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 17.80 11.30 21.20 26.00 12.27	201.05 ∑REE 170.15 126.87 316.68 212.44 222.09 313.90 213.00 290.80 270.51 237.38	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70 219.30	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7 15.8	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 0 1 4 4	1.00 REE FII 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74 18.58 13.83	0.13 REE 0 1 0	0.000 δCe 0.97 .02 0.93 .79 0.81 .87 03 .71 29 .94	4:32 δEu 0.92 0.86 0.83 0.74 0.81 0.77 0.88 1.22 0.96 0.89	(La Xb 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58	$\frac{2.74}{N}$	0.73 .48 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37 3.58 5.65 3.56 3.88	2.38 N (Go	$\begin{array}{c} 1.00 \\ 1.$
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E135* E137* E402* E402* E422* 平均	岩 玄安安安安安武武武武粗 玄安安安安安武武武武粗安安武武武粗安安山岩 流位 法位	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 17.80 11.30 21.20 26.00 12.27 0.00 21.20	207.05 ∑REE 170.15 126.87 316.68 212.44 222.09 313.90 213.00 290.80 270.51 237.38 201.87 167.57	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70 219.30 180.28	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7 15.8 20.9	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 1 4 4 2 2	1.00 REE FII 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74 18.58 13.83 8.62 10.62	REE 0 0000000000000000000000000000000000	0.005 δCe 0.97 .02 0.93 0.79 0.81 0.87 .03 0.71 .29 0.94 0.93	4:32 δEu 0.92 0.86 0.83 0.74 0.81 0.77 0.88 1.22 0.96 0.89 0.26	(La Xb 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58 13.13	$\frac{2.74}{N}$	0.73 2.a 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37 3.58 5.65 3.56 3.88 3.96	2.38 N (Go	1 X'b) 3.12 1.83 4.19 2.61 4.19 5.53 5.16 4.27 1.12 3.56 3.17
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E137* E402* E422* 平均 1** d27-4-2**	岩 玄安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安安东武武和 流纹法 机山山山粗粗安安 纹英说 法公司 法法法法 法法法法法 化乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸乙酸	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 11.30 21.20 26.00 12.27 0.00 21.60 12.27 0.00	30.05 ∑REE 170.15 126.87 316.68 212.44 222.09 313.90 213.00 290.80 270.51 237.38 201.87 167.57 101.02	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70 219.30 180.28 152.03 152.03	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7 15.8 20.9 14.2	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 1 4 2 3 7	1.00 REE FII 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74 18.58 13.83 8.62 10.68	REE 0 0000000000000000000000000000000000	0.105 δ Ce 0.97 .02 0.93 0.79 0.81 0.87 .03 0.71 .29 0.94 0.93 0.77	7:32 δEu 0.92 0.86 0.83 0.74 0.81 0.77 0.88 1.22 0.96 0.89 0.26 0.50	(La X'b) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58 13.13 14.02	$\sum \frac{1}{N}$	0.73 2.a 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37 3.58 5.65 3.56 3.88 3.44 4.02 2.02	2.38 N (Go	1 X b) 3.12 1.83 4.19 2.61 4.19 5.53 5.16 4.27 1.12 3.56 3.17 1.80
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E137* E402* E422* 平均 1** d27-4-2** L-2** L-2**	岩 玄安安安安安玄玄玄玄 流纹流法 武山山山山粗粗安安 纹英纹纹 之美 安安安安山岩 岩安安岩	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 11.30 21.20 26.00 12.27 0.00 21.69 1.00	30.05 ∑REE 170.15 126.87 316.68 212.44 222.09 313.90 213.00 290.80 270.51 237.38 201.87 167.57 191.90 141.20	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70 219.30 180.28 152.03 174.20	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7 15.8 20.9 14.2 16.3	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 0 1 4 2 3 7 7	1.00 REE A II 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74 13.83 8.62 10.68 10.72	REE 0 0000000000000000000000000000000000	0.105 ∂Ce 0.97 .02 0.93 0.79 0.81 0.87 .03 0.71 .29 0.94 0.93 0.77 0.93 0.77	7:32 \u00e9Euuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuu	(La Xb) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58 13.13 14.02 10.40 11.20	$\frac{2.74}{N}$ (0.73 .48 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37 3.58 5.65 3.58 3.44 4.02 3.217		$\begin{array}{c} 1.100 \\$
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E137* E402* E422* 平均 1** d27-4-2** L-2** L-1**	岩 玄安安安安玄玄玄玄 流纹流流流 武山山山山粗粗安安 纹英纹纹纹 经支援公司 经支援公司 化乙基乙基乙基乙基	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 11.30 21.20 26.00 12.27 0.00 21.69 1.00 28.10	$\begin{array}{c} \hline 307.05\\ \hline \\ \hline$	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70 219.30 180.28 152.03 174.20 128.10	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7 15.8 20.9 14.2 16.3 12.1	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 0 1 4 2 3 7 7 9 9	1.00 REE All 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74 13.83 8.62 10.68 10.72 10.52 7.71	REE 0 0000000000000000000000000000000000	0.105 δ Ce 0.97 .02 0.93 0.79 0.81 0.87 .03 0.71 .29 0.94 0.93 .71 .29 0.94 0.93 .77 0.90	7:32 \u00e9Euuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuuu	(La Xb) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58 13.13 14.02 10.40 11.36	$\frac{2.74}{N}$ (0.73 .48 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37 3.58 5.65 3.58 3.44 4.02 3.92 2.17		$\begin{array}{c} \begin{array}{c} 1 & X' b \\ 1 & X' b \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.12 \\ 1.83 \\ 4.19 \\ 2.61 \\ 4.19 \\ 5.53 \\ 5.16 \\ 4.27 \\ 1.12 \\ 3.56 \\ 3.17 \\ 1.80 \\ 1.30 \\ 2.82 \\ 1.87 \end{array}$
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E137* E402* E422* 平均 1** d27-4-2** L-2** L-1** d25-15**	岩 玄安安安安玄玄玄玄 流流流流流 武山山山山粗粗安安 纹英纹纹纹纹 经支援公司 经支援 计 计 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 11.30 21.20 26.00 12.27 0.00 21.69 1.00 38.100 38.22	$\begin{array}{c} 30.03\\ \hline \\ \hline$	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70 219.30 180.28 152.03 174.20 128.10 223.50	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7 15.8 20.9 14.2 16.3 12.1 29.4	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 0 1 4 2 3 3 7 9 9 0	1.00 REE A II 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74 13.83 8.62 10.68 10.72 10.52 7.71	REE 0 0000000000000000000000000000000000	0.105 ∂Ce .02 .03	$\begin{array}{c} 7.32\\ \hline 8Eu\\ \hline 0.92\\ 0.86\\ 0.83\\ 0.74\\ 0.81\\ 0.77\\ 0.88\\ 1.22\\ 0.96\\ 0.89\\ 0.26\\ 0.69\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.44\\ 0.30\\ \end{array}$	(La Xb) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58 13.13 14.02 10.40 11.36 8.22	$\frac{2.74}{N}$ 0	0.73 .48 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37 3.58 5.65 3.56 3.58 3.44 4.02 2.17 3.24 2.17 3.24		$\begin{array}{c} \begin{array}{c} 1 & X' b \\ 1 & X' b \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.12 \\ 1.83 \\ 4.19 \\ 2.61 \\ 4.19 \\ 5.53 \\ 5.16 \\ 4.27 \\ 1.12 \\ 3.56 \\ 3.17 \\ 1.80 \\ 1.30 \\ 2.82 \\ 1.87 \\ 0.20 \end{array}$
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E137* E402* E422* 平均 1** d27-4-2** L-2** L-1** d25-15** e341* E66*	岩 玄安安安安玄玄玄玄 流流流流流流 武山山山山粗粗安安 纹英纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 11.30 21.20 26.00 12.27 0.00 1.00 38.10 28.20 12.26	$\begin{array}{c} 30.03\\ \hline \\ \hline$	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70 219.30 180.28 152.03 174.20 128.10 223.50 184.60	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7 15.8 20.9 14.2 16.3 12.1 29.4 20.5	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 1 1 4 2 3 3 7 9 9 0 0	1.00 REE FII 13.55 8.93 14.33 14.89 14.46 15.03 14.46 15.03 14.58 12.74 18.58 13.83 8.62 10.68 10.72 7.71 9.00 14.44	REE 0 0000000000000000000000000000000000	0.105	$\begin{array}{c} 7.32\\ \hline 8Eu\\ \hline 0.92\\ 0.86\\ 0.83\\ 0.74\\ 0.81\\ 0.77\\ 0.88\\ 1.22\\ 0.96\\ 0.89\\ 0.26\\ 0.69\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.44\\ 0.30\\ 0.72\\ \end{array}$	(La X'b) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58 13.13 14.02 10.40 11.36 8.22 11.06 8.22	$\frac{2.74}{N}$ 0	0.73 .48 3.49 3.48 3.88 3.93 3.96 3.37 3.58 5.65 3.56 3.58 3.44 4.02 3.92 2.17 3.24 3.74 4.15		$\begin{array}{c} \begin{array}{c} 1 & X' b \\ 1 & X' b \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.12 \\ 1.83 \\ 4.19 \\ 2.61 \\ 4.19 \\ 5.53 \\ 5.16 \\ 4.27 \\ 1.12 \\ 3.56 \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.17 \\ 1.80 \\ 1.30 \\ 2.82 \\ 1.87 \\ 2.32 \\ 1.66 \end{array}$
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E137* E402* E422* 平均 1** d27-4-2** L-2** L-1** d25-15** e341* E69* E242*	岩 玄安安安安武武武粗 流纹流流流流流 法 武山山山山粗粗安安 纹英纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 11.30 21.20 26.00 12.27 0.00 1.00 38.10 28.20 13.60 28.60	$\begin{array}{c} 30.03\\ \hline \\ \hline$	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70 219.30 180.28 152.03 174.20 128.10 223.50 184.60 135.30	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7 15.8 20.9 14.2 16.3 12.1 29.4 20.5 9.37	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 1 4 2 3 7 9 0 0 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	1.00 REE FII 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74 18.58 13.83 8.62 10.68 10.72 7.71 9.00 14.44	REE 00000000000000000000000000000000000	0.105	$\begin{array}{c} 7.32\\ \hline 8Eu\\ \hline 0.92\\ 0.86\\ 0.83\\ 0.74\\ 0.81\\ 0.77\\ 0.88\\ 1.22\\ 0.96\\ 0.89\\ 0.26\\ 0.69\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.44\\ 0.30\\ 0.73\\ 0.65\\ \end{array}$	(La X'b) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58 13.13 14.02 10.40 11.36 8.22 11.06 16.17	$\frac{2.74}{N}$ 0	$\begin{array}{c} 0.73 \\ \hline 0.73 \\ \hline 0.73 \\ \hline 3.49 \\ \hline 3.49 \\ \hline 3.48 \\ \hline 3.88 \\ \hline 3.93 \\ \hline 3.96 \\ \hline 3.37 \\ \hline 3.58 \\ \hline 5.65 \\ \hline 3.56 \\ \hline 3.44 \\ \hline 4.02 \\ \hline 3.92 \\ \hline 2.17 \\ \hline 3.24 \\ \hline 3.74 \\ \hline 4.15 \\ \hline 4.11 \\ \hline \end{array}$		$\begin{array}{c} \begin{array}{c} 1 & X' b \\ 1 & X' b \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.12 \\ 1.83 \\ 4.19 \\ 2.61 \\ 4.19 \\ 2.61 \\ 4.19 \\ 5.53 \\ 5.16 \\ 4.27 \\ 1.12 \\ 3.56 \\ 1.30 \\ 2.82 \\ 1.87 \\ 2.32 \\ 1.66 \\ 1.36 \end{array}$
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E137* E402* E422* 平均 1** d27-4-2** L-2** L-1** d25-15** e341* E69* E342* E468*	岩 玄安安安安武武武粗 流纹流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流流	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 11.30 21.20 26.00 12.27 0.00 1.00 38.10 28.60 28.60 39.60	$\begin{array}{c} 307.05\\ \hline \\ \hline$	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70 219.30 180.28 152.03 174.20 128.10 223.50 184.60 135.30 180.32 220.36	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7 15.8 20.9 14.2 16.3 12.1 29.4 20.5 9.37 14.6	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 1 4 2 3 7 9 0 0 7 7 7 7 1 4 0 0 0 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	1.00 REE FII 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74 18.58 13.83 8.62 10.68 10.52 7.71 9.00 14.44 12.29 7.21	0.13 REE 0 <th>0.105</th> <th>$\begin{array}{c} 7.32\\ \hline 8Eu\\ \hline 0.92\\ 0.86\\ 0.83\\ 0.74\\ 0.81\\ 0.77\\ 0.88\\ 1.22\\ 0.96\\ 0.89\\ 0.26\\ 0.69\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.44\\ 0.30\\ 0.73\\ 0.65\\ 0.16\end{array}$</th> <th>(La X'b) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58 13.13 14.02 10.40 11.36 8.22 11.06 16.17 12.96</th> <th>$\frac{2.74}{N}$ 0</th> <th>$\begin{array}{c} 0.73 \\ \hline 0.73 \\ \hline 0.73 \\ \hline 0.73 \\ \hline 3.49 \\ \hline 3.93 \\ \hline 3.96 \\ \hline 3.37 \\ \hline 3.58 \\ \hline 3.56 \\ \hline 3.44 \\ \hline 4.02 \\ \hline 3.92 \\ \hline 2.17 \\ \hline 3.24 \\ \hline 3.74 \\ \hline 4.15 \\ \hline 4.11 \\ \hline 3.31 \end{array}$</th> <th></th> <th>$\begin{array}{c} \begin{array}{c} 1 & X' b \\ 1 & X' b \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.12 \\ 1.83 \\ 4.19 \\ 2.61 \\ 4.19 \\ 5.53 \\ 5.16 \\ 4.27 \\ 1.12 \\ 3.56 \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.17 \\ 1.80 \\ 1.30 \\ 2.82 \\ 1.87 \\ 2.32 \\ 1.66 \\ 1.36 \\ 2.81 \end{array}$</th>	0.105	$\begin{array}{c} 7.32\\ \hline 8Eu\\ \hline 0.92\\ 0.86\\ 0.83\\ 0.74\\ 0.81\\ 0.77\\ 0.88\\ 1.22\\ 0.96\\ 0.89\\ 0.26\\ 0.69\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.50\\ 0.44\\ 0.30\\ 0.73\\ 0.65\\ 0.16\end{array}$	(La X'b) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58 13.13 14.02 10.40 11.36 8.22 11.06 16.17 12.96	$\frac{2.74}{N}$ 0	$\begin{array}{c} 0.73 \\ \hline 0.73 \\ \hline 0.73 \\ \hline 0.73 \\ \hline 3.49 \\ \hline 3.93 \\ \hline 3.96 \\ \hline 3.37 \\ \hline 3.58 \\ \hline 3.56 \\ \hline 3.44 \\ \hline 4.02 \\ \hline 3.92 \\ \hline 2.17 \\ \hline 3.24 \\ \hline 3.74 \\ \hline 4.15 \\ \hline 4.11 \\ \hline 3.31 \end{array}$		$\begin{array}{c} \begin{array}{c} 1 & X' b \\ 1 & X' b \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.12 \\ 1.83 \\ 4.19 \\ 2.61 \\ 4.19 \\ 5.53 \\ 5.16 \\ 4.27 \\ 1.12 \\ 3.56 \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.17 \\ 1.80 \\ 1.30 \\ 2.82 \\ 1.87 \\ 2.32 \\ 1.66 \\ 1.36 \\ 2.81 \end{array}$
样号 d12-1** d20-3** 2** 4** 5** E135* E137* E402* E422* 平均 1** d27-4-2** L-2** L-1** d25-15** e341* E69* E342* E468* 亚均	岩 玄安安安安武武武粗 流纹流流流流流流流 流 就山山山山粗粗安安 纹英纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹纹岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩岩	Y 15.02 19.11 0.00 0.00 11.30 21.20 26.00 12.27 0.00 1.00 1.00 1.00 38.10 28.20 13.60 28.60 39.60	$\begin{array}{c} 30.03\\ \hline \\ \hline$	LREE 156.83 112.96 293.38 194.33 205.91 291.60 197.70 266.30 254.70 219.30 180.28 152.03 174.20 128.10 223.50 184.60 135.30 180.32 220.30	HRE 11.5 12.6 20.4 16.4 14.2 19.4 13.2 20.9 13.7 15.8 20.9 13.7 15.8 20.9 14.2 16.3 12.1 29.4 20.5 9.37 14.6 30.3 18.6	E LF 7 5 7 1 4 0 0 0 1 4 2 3 7 9 0 0 7 7 6 6	1.00 REE FII 13.55 8.93 14.33 11.89 14.46 15.03 14.98 12.74 18.58 13.83 8.62 10.68 10.72 7.71 9.00 14.44 12.29 7.21	0.13 REE 0 1 0	0.105	$\begin{array}{c} 7.32 \\ \hline & \overline{\delta Eu} \\ \hline 0.92 \\ 0.86 \\ 0.83 \\ 0.74 \\ 0.81 \\ 0.77 \\ 0.88 \\ 1.22 \\ 0.96 \\ 0.89 \\ 0.26 \\ 0.69 \\ 0.50 \\ 0.50 \\ 0.50 \\ 0.44 \\ 0.30 \\ 0.73 \\ 0.65 \\ 0.16 \\ 0.47 \\ \end{array}$	(La X'b) 21.57 10.57 28.28 16.66 27.27 32.75 30.34 31.73 13.04 23.58 13.13 14.02 10.40 11.36 8.22 11.06 16.17 12.96 11.51 12.09	$\frac{2.74}{N}$ 0	$\begin{array}{c} 0.73 \\ \hline 0.73 \\ \hline 0.73 \\ \hline 3.49 \\ \hline 3.49 \\ \hline 3.48 \\ \hline 3.88 \\ \hline 3.93 \\ \hline 3.96 \\ \hline 3.37 \\ \hline 3.58 \\ \hline 5.65 \\ \hline 3.56 \\ \hline 3.44 \\ \hline 4.02 \\ \hline 3.92 \\ \hline 2.17 \\ \hline 3.24 \\ \hline 3.74 \\ \hline 4.15 \\ \hline 4.11 \\ \hline 3.31 \\ \hline 3.57 \end{array}$		$\begin{array}{c} \begin{array}{c} 1 & X' b \\ 1 & X' b \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.12 \\ 1.83 \\ 4.19 \\ 2.61 \\ 4.19 \\ 5.53 \\ 5.16 \\ 4.27 \\ 1.12 \\ 3.56 \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} 3.56 \\ 3.17 \\ 1.80 \\ 1.30 \\ 2.82 \\ 1.87 \\ 2.32 \\ 1.66 \\ 1.36 \\ 2.81 \\ 2.12 \end{array}$

注:*据连长云, 阎鸿铨, 等, 1996; **由吉林地研所测试中心分析(本次研究), 1996.

2.4 同位素

塔木兰沟组中基性岩 (⁷ Sr [%] Sr) 为0.702 77 ~0.708 33^[4],平均值为0.706 35 εSr (t) = +10~ +42^[5],δ¹⁸ O 为 9.562‰, (¹⁴³ Nd)⁴⁴ Nd) 为 0.502 071~0.512 445^[7],εNd (t) = +0.5~ -1^[5],上库力组初始锶比值集中于0.710~0.720 之间 梅勒图组火山岩 (⁷ Sr [%] Sr) 为0.702 77和 0.707 86,同位素特征表明,塔木兰沟组和梅勒图组 火山岩的物源来自于地幔,但经壳源物质的轻度混 染。上库力组酸性火山岩物源来自于地壳。

3 讨 论

3.1 中生代火山岩产出的构造背景

目前对该区中生代火山岩产出的构造环境主要 有以下三种认识:①与太平洋板块的活动有关^[8,9]; ②裂谷作用^[0];③大陆根柱及幔羽构造^[7,11,12]。作 者认为,要正确认识本区中生代火山岩产出的构造 背景,必须建立在以下事实基础上进一步讨论:本区 在中生代已完成与邻区微板块的拼贴作用,完全处 于板内环境,因此,不具有活动陆缘或岛弧之类的构



图 4 塔木兰沟组 (a)和上库力组火山岩 (b)稀土元素球粒陨石标准化图 Fig. 4. Chondrite-normalized REE patterns in the volcanic rocks.

造环境^[4,13];环太平洋构造体制在本区可能是不存 在的^[4,14],而蒙古—鄂蒙茨克残余洋构造域的影响 是第一位的^[4]。

在以上认识基础上,我们再讨论一下各旋回火 山岩产出的具体构造环境。

塔木兰沟组:该组火山岩主要分布于受北东向 断裂构造控制的断陷盆地中,明显地受控于断裂构 造,且多为火山溢流作用形成。岩石组合为碱性玄 武岩-玄武粗安岩-粗安岩-粗面岩-石英粗面岩及玄 武岩-玄武安山岩-安山岩-英安岩,且以第一组合为 主,其岩石组合与青藏陆内造山环境火山岩相似。 微量元素以富集不相容元素为特征,在微量元素构 造环境判别图中(图5),投影点基本落于板内环境, 上述特征表明塔木兰沟组火山岩形成于蒙古—鄂霍 茨克残余洋开始"剪刀式"闭合的板内旋转拉张似裂



上库力组:上库力组火山岩岩石组合主要为粗 面岩、流纹岩等,岩石类型相对单一。岩石化学研究 表明,该旋回岩石系列主要具弱碱性钾质岩石的特 点。上库力组火山岩稀土总量较高,轻稀土富集, ðEu 亏损明显。不相容元素及挥发性元素(As、Sb、 Bi、F)等含量明显偏高^[4]。上述特征表明,上库力组 火山岩是地幔物质参与下,地壳物质部分熔融而形 成的。该旋回火山岩形成于剪切-走滑拼合的挤压 环境。

梅勒图组:梅勒图组火山岩岩石组合及岩石化 学成分特征与塔木兰沟组基性火山岩相似,表明它 们形成于相似的构造环境,即张性似裂谷环境。

上述三旋回火山岩产生的构造环境反映了中侏 罗世—早白垩世本区处于旋转、拉张-挤压、走滑拼 合再旋转拉张的地球动力学过程,同时它也是蒙古— 鄂霍茨克残余洋'剪刀式'闭合的具体动力学过程。





Fig. 5. The determination diagram of tectonic settings for basalts.

IAT. 岛弧拉斑玄武岩 WPB. 板内玄武岩 CAB. 钙碱性玄武岩 N-MORB. 正常洋中脊玄武岩 ?1994-2018 China Academic Journal Electronic Public P 3.2 中生代火山岩的起源和演化

3.2.1 塔木兰沟组

(1)岩浆来源:基性岩石的 Mg²⁺ /(Mg²⁺ + Fe²⁺)平均值为0.67 ,微量元素 Rb 含量较低 Sr 含 量较高。结合同位素资料,表明塔木兰沟中基性岩 石形成于上地幔,并经地壳物质的轻度混染。

2) 源区性质:为了能够较准确地反演塔木兰沟 组火山岩的源区特征,选择了 Mg²⁺ /(Mg²⁺ + Fe²⁺)值介于0.65~0.75之间的玄武岩样品,以此 推断源区性质。

塔木兰沟组基性火山岩稀土总量较高,轻重稀 土分馏性较强 轻稀土强烈富集 微量元素以富含不 相容元素为特征,元素对比值(表 4)接近于原始地 幔 表明塔木兰沟组玄武岩来自于高度富集性地幔。

在原始地幔标准化蛛网图中 (图 6),塔木兰沟 组玄武岩高度富集不相容元素 其中 Ba、Rb、Th、K、 Ta 等尤以 Ba、Th、K、Ta 最为丰富,分别构成峰,而 Sr、Nb、P、Zr、Hf、Ti、Y、Yb 等元素明显富集 曲线整 体呈上隆状。上述图形表现出岛孤钙碱性玄武岩与 洋岛玄武岩的元素富集特征,表明本区上地幔的富 集因子分别来自地壳物质再循环进入上地幔及地幔 深部物质上升进入上地幔。本区玄武岩 Sr 与 Rb、 K₂O, B₄, Th 等呈明显的负相关^[4] 表明大阳离子亲石 元素的富集因子主要来自地壳再循环物质的混染。



图 6 中生代基性火山岩微量元素蛛网图

Fig. 6. Spider diagram of basalts of the Tamulangou Group.

Cr、Co、Ni属于相容元素,在洋中脊玄武岩中 它们的平均值分别为 300×10⁻⁶,100×10⁻⁶,32× 10^{-6 [15,16]} 与大洋俯冲有关的弧火山岩分别为 30 $imes 10^{-6} \sim 50 imes 10^{-6}$, $15 imes 10^{-6} \sim 25 imes 10^{-6}$, 13 imes10⁻⁶~20×10^{-6 [15,16]},相比而言,本区基性火山岩 Cr、Co、Ni 明显高于弧火山岩 而 Cr、Co 低于洋中脊 玄武岩 Ni 与洋中脊玄武岩相当 表明本区火山岩 源区较洋中脊玄武岩源区明显富集,较火山弧玄武 岩源区亏损。对于高场强不相容元素 (LREE、Zr、 Hf 等)由于本区玄武岩源区相对火山弧玄武岩源 区更为亏损 因此 高场强不相容元素的富集因子不 可能是地壳再循环物质 而源于深部富集地幔。

这样,本区玄武岩源区Cr、Co、Ni指示的亏损

表 4	中生代玄武岩不相容元素比值与原始地幔。	、洋中脊玄武岩、大洋岛玄武岩
-----	---------------------	----------------

the PM , N-MORB , CC and HIMU OIB													
	Zr Nb	La Nb	Ba N b	Ba T h	Rb Nb	Th Nb	Th La	Ba L a					
原始地幔(PM)	14.8	0.94	9	77	0.91	0.117	0.125	9.6					
N-MORB	30	1.07	4.3	60	0.36	0.071	0.067	4					
陆壳 (CC)	16.2	2.2	54	124	4.7	0.44	0.204	25					
HIMU OIB (SH32)	4.5	0.69	5.9	77	0.38	0.078	0.112	8.7					
本区玄武岩	13.44	1.16	29.36	91.69	4.14	0.39	0.14	9.28					

Table 4. Incompatible trace element ratios in the volcanic rocks compared with those of

注 原始地幔 (PM)、N-MORB、陆壳 (CC)、HIMU OIB (SH32)元素对比值据文献 [17,18].

性质与强不相容元素所指示的富集事件形成了明显 的对照 地幔矿物对 LREE 等元素来说均是不相容 的 因此 REE 等高场强不相容元素的富集可能由 于地幔深部流体对地幔岩石的 '隐交代作用 "。上述 相容元素与不相容元素指示的相反地幔性质表明, 本区中生代地幔是在亏损地幔的基础上发生一次富 集事件,地幔亏损在先,富集事件发生在它之后。

G)岩浆的形成与演化:古生代末期,多宝山— 牙克石—伊尔施陆间洋关闭,洋壳及其所携带的深 海沉积物俯冲到玄武岩源区软流圈地幔。由于温度blish地壳发生部分熔融。产生了一些壳源物质污染程度

的升高,壳源物质融熔形成富 Rb、Sr 等大阳离子的 钙碱性岩浆 同时 随着洋壳的进一步俯冲 板块的 下插作用扰动了地幔物质的平衡 引起深部地幔富 不相容元素 (REE、Nb、Ta、Zr)的基性岩浆上升,两 种岩浆源的混合为本区火山岩的形成奠定了物质基 础。而此时蒙古—鄂霍茨克残余洋的'剪刀式'关闭 所形成的张性构造环境,为玄武质岩浆沿构造裂隙 上升喷溢至地表提供了有利的构造环境。玄武质岩 浆在上升至地表的过程中,它的高温使其上覆的下 不同的中酸性岩浆。

3.2.2 上库力组

上库力组火山岩岩石化学特征、微量元素、稀土 元素和同位素特征均显示,上库力组火山岩主体物 质成分形成于壳源物质的部分熔融,但是其高的不 相容元素含量暗示了幔源物质参与成岩作用。它是 幔源物质沿构造裂隙上升过程中,其所携带的能量 引起下地壳物质部分熔融所形成的壳幔混源火山 岩。

参考文献

- [1]李相国.内蒙古自治区岩石、地层 [M].武汉:中国地质大学出版社,1996.1~80.
- [2] 内蒙古自治区地质矿产局.内蒙古自治区区域地质志 [M].北京 地质出版社,1991.120~200.
- [3] 罗 毅,等.额尔古纳—满洲里地区超大型火山岩型铀矿成矿区域地质背景研究及找矿靶区优选 [R].北京:核工业部北京地质研究院, 1994.
- [4] 吕志成. 内蒙古满洲里—额尔古纳地区构造 岩浆活动及成矿作用地球化学 [D] 长春 :长春科技大学 ,1999.
- [5] 鄢明才 迟清华.中国东部地壳与岩石的化学组成 [M].北京 科学出版社 ,1997.14~45.
- [6] 罗 毅,等.额尔古纳超大型火山热液型铀成矿带地质特征及找矿前景[]]华东地质学院学报,1997,()):1~10.
- [7] 林 强 葛文春,孙德友,等.东北地区中生代火山岩的大地构造意义 []] 地质科学,1998, (2):129~139.
- [8]徐公愉.大兴安岭的大陆火山岩及其矿化作用 []].中国区域地质,1983, (5):39~49.
- [9]夏 军,王成善,李秀花,等.海拉尔盆地及其邻区中生代火山岩的特征及其边缘陆块型火山岩的提出[]]成都地质学院学报,1993,(4): 67~79.
- [10] 蒋国源 权恒.大兴安岭根河、海拉尔盆地中生代火山岩 [2] 中国地质科学院沈阳地质研究所所刊,1988,6) 23~100.
- [11]邓晋福 赵海琳 莫宣学 等.大陆根.柱构造——大陆动力学的钥匙 [M].北京 地质出版社,1996,4):18~24.
- [12] 葛文春 林 强 孙德友 ,等.大兴安岭中生代玄武岩的地球化学特征、壳幔相互作用的证据 []] 岩石学报 ,1999 , (3) 396~407.
- [13] 连长云. 大兴安岭西坡与超大型矿床有关的非线性研究 [D]. 长春. 长春科技大学,1998.
- [14]李锦轶.中国东北及邻区若干地质问题的新认识[]].地质论评,1998,(4):339~347.
- [15] Condie K C. Geochemical changes in basalts and andesites across the Archaean-Proterozoic boundary : identification and significance []]. Lithos, 1989, 23:1~18.
- [16] Condie K C. Geochemistry and tectonic setting of early Proterozoic supracrust rocks in the southwestern United States []]. J. Geology, 1986, 94:845~861.
- [17] Saunders A D, Norry M J and Tamey J. Origin of MORB and chemical depleted mantle reservoirs : trace element constrains []]. J. Petrol., 1988, Special Lithosphere Issue : 415~445.
- [18] Weaver B L. The origin of ocean island basalt end-member compositions : trace element and isotopic constraints []]. Earth Planet Sci. Lett., 1991, 104 3810~3970.

GEOCHEMICAL RESEARCH ON MESOZOIC VOLCANIC ROCKS IN THE MANZHOULI-E ' ERGUNA REGION

Lü Zhicheng^{1,2} Hao Libo² Duan Guozheng² Li Dianchao² Lian Changyun³

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

2. Changchun University of Science and Technology, Changchun 130026;

3. China Survey of Geology, Ministry of Land and Resources, Beijing 100083)

Abstract: Based on the geological and geochemical studies of Mesozoic volcanic rocks from the Manzhouli-E 'erguna region, it is suggested that the Mesozoic volcanic rocks were developed on the tectonic background of the Mongolia-Ehucike residue ocean that was closing in the scissors form, but each formation is different in tectonic character. The Tamulangou Formation was developed in the tensional background, and the Shangkuli Formation in the shear-compressional background, the Mailetu Formation in the tensional background.

Key words : geochemistry ; tectonic environment ; the formation and evolution of magmatic ; Manzhouli-E 'erguna

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net