第 15 卷第 1 期	地 质 与 资 源	Vol. 15 No. 1
2006年3月	GEOLOGY AND RESOURCES	Mar., 2006

文章编号:1671-1947(2006)01-0042-06

中图分类号 :P588.14 文献标识码 :A

塔源地区变辉长岩岩石化学地球化学特征及成因

钟 辉 傅俊彧

(沈阳地质矿产研究所 辽宁 沈阳 110033)

摘 要:塔源地区变辉长岩岩石化学主要表现为碱性玄武岩系列特征,但 Al₂O₃ 含量多大于 16%,又表现为钙碱性高铝玄武岩的特征.不活动元素投图,样品进入大洋岛碱性玄武岩区.稀土元素及微量元素地球化学型式均表现为富集型,与作为现代 E 型富集地幔的代表——亚速尔台地的玄武岩特征相似,但 Nb、Ta 的亏损又类似岛弧火山岩的特征.综合分析塔源地区地质与构造特征,认为塔源变质辉长岩形成于边缘海环境,其源区为 E₁ 型富集地幔. 关键词 塔源;变辉长岩;洋岛碱性玄武岩;E₁ 型富集地幔

大兴安岭北段塔源 – 新林一带出露一套超镁铁 – 镁铁质岩石,包括蛇纹岩、纯橄榄岩、滑石岩、斜方辉橄 岩、角闪橄榄岩、辉长岩、橄榄辉石岩、金云母角闪石岩 等.塔源幅1:20万区调填图时将其划分为橄榄岩 – 辉长岩 – 闪长岩 – 花岗闪长岩杂岩体[•].李瑞山等在 研究新林蛇绿岩时,将其中大部分岩石确定为蛇绿岩, 而将其中出露于塔源地区的辉长岩定名为角闪辉长 岩,归属于华力西期阿拉斯加型环状杂岩体[•].笔者在 塔源幅等4幅1:5万区调过程中,对塔源地区变辉长 岩的岩石学、岩石化学、地球化学等资料的综合研究认 为,塔源变辉长岩为大洋岛碱性玄武岩系列,为大洋岛 深部成员,源岩为 E₁型地幔源区,形成于边缘海构造 环境.

1 区域地质特征

塔源变辉长岩在区域上呈北东向展布,主要见于 塔源镇四周及塔源镇北东方向的小库大音河中游,在 其西南的沙诺库河、柯多蒂河上游也零星出露(图1). 岩体被华力西期(γ_4^2)、印支期(γ_5^1)及燕山期(γ_5^{2-3})侵 入体穿切,与震旦系倭勒根岩群(Zw)变质火山 – 碎屑 沉积岩系以断层接触.在小库大音河中游其与角闪石 岩、二辉橄榄岩伴生,与二者为断层接触.在柯多蒂河 上游伴生有由二辉橄榄岩、变酸性火山岩、大理岩、变 砂岩构成的混杂叠置岩片,在新林零点附近伴生有较 "经典"的蛇绿岩□□及混杂堆积[●],向南西与吉峰 – 环宇 基性 – 超基性岩带相接[●].

2 岩石学特征

塔源变辉长岩主要由中粗粒变辉长岩、中细粒变 辉长岩、片理化辉长岩组成,各类岩石间均为渐变过 渡关系,界线模糊不清.在出露面积较大的塔源车站 附近,辉长岩发育有较明显的粒序层理.粒序层理主 要由矿物颗粒大小显示,可见颗粒从2mm渐变成6 mm 的数个韵律. 镜下见有变余辉长结构、次生含长结 构及反应边结构.矿物成分主要有斜长石、角闪石,少 量辉石及黑云母.其中斜长石含量 60% ~70%,呈半 自形板状,聚片双晶发育,多为中长石(An = 35~45), 少数为拉长石 $(An = 52 \sim 64)$. 晶体多发生钠黝帘石化 或绿帘石化、绢云母化.角闪石含量 25%~30%,黄绿 色,呈方形粒状或短柱状,辉石假像,其中包含细粒斜 长石,局部可见辉石残留.辉石3%~5%,柱状或粒 状,主要为角闪石交代后的残留,发育角闪石反应边. 黑云母 1%~10%,片状,主要出现在片理化辉长岩之 中,多为角闪石退变质产物,后发生绿泥石化,

3 岩石化学特征

研究区变辉长岩岩石化学分析结果见表 1. 其 SiO₂ 含量为 46% ~ 52%. K₂O + Na₂O 平均为 3. 57%,

收稿日期 2005 - 11 - 24 ;修回日期 2005 - 12 - 28. 张哲编辑.

❸黑龙江省地质矿产局.前进林场幅、林海幅、柯多蒂河幅、塔源镇幅1/5万区调报告.1995.

基金项目 地质矿产部区调项目 "1/5 万前进林场幅、林海幅、柯多蒂河幅、塔源镇幅"资助.

[●]黑龙江省地质矿产局. 塔源幅 1/20 万区调报告. 1985.

❷李瑞山,等.大兴安岭北部基性超基性岩研究(科研项目 8307).1987.

④黑龙江省地质矿产局. 阿里河幅、六十林场幅 1/20 万区调报告. 1994.



图 1 大兴安岭塔源一带地质略图



1—燕山期火山岩 (Yanshanian volcanic rock);2—上石炭统河湖相碎屑沉积岩 (Upper Carbonaceous detrital sedimentary rock);3—燕山晚期侵入岩 (late Yanshanian intrusive rock);4—燕山早期侵入岩 (early Yanshanian intrusive rock);5—印支期侵入岩 (Indosinian intrusive rock);6—华力西期侵入岩 (Variscan intrusive rock);7—震旦系倭勒根群(Sinian Wolegen group) 8—塔源变辉长岩(Tayuan meta-gabbro) 9—蛇绿混杂堆积(ophiolite melange accumulatin);10—蛇绿岩(ophiolite);11—不整合界线(unconformity);12—断层(fault)

Na₂O > K₂O, Na₂O/K₂O介于 2~5. MgO/(MgO + FeO) 为 0. 45~0. 65, Mg^{*}值 [Mg²⁺/(Mg²⁺ + TFe²⁺)] 为 0. 43~0. 68. 固结指数 *SI* 为 30~40. 里特曼指数 (σ) 除 1号样品为 2. 3 外, 其余样品多在 4~5 之间, 属碱 性玄武岩系列, 钠质大西洋型(过渡型). Fe₂O₃/FeO 平 均高达 0. 82, 也显示为碱性玄武岩特征. 但半数样品 的 Al₂O₃ > 16%, 表现出钙碱性(高铝)玄武岩系列的 特征.通常认为,基性岩类岩石系列的划分采用阳离 子标准矿物计算的参数投图较准确.利用 Ol' – Q' – Ne'投图(图 2), 样品点均落在碱性与亚碱性系列分界 线附近.在 *CI* – "An"图(图 3)上,样品进入碱性玄武 岩及夏威夷岩区.如果说岩石由于蚀变可能有 K₂O、 Na₂O、SiO₂等活动元素迁移,作为不活动元素的 TiO₂、 MnO、P₂O₅ 投图结果,同样反映为洋岛碱性玄武岩的特 征.

A S Ne' Q' 图 2 Ol'-Q'-Ne'图 (据 T. N. Irvine 等, 1971)

Ol'



4.61 之间,平均3.7.(La/Yb)_N介于12.8~28.6,平均为15.7.(Ce/Yb)_N多在9~13之间.与亚速尔台地玄武岩 La/Sm值(1.8~3.1)相近.稀土配分曲线也与亚速尔群岛碱性玄武岩、E-MORB 玄武岩特征^[2]相似.微量元素蛛网图(表3、图5)显示,岩石中富集不相容元素,尤其是 Rb、Ba、Th,出现明显的 Ba、Th"峰",

塔源变辉长岩稀土元素总量较高(表2),为 198.75×10⁻⁶~281.78×10⁻⁶.LREE/HREE为4.4525 ~7.5374,富集轻稀土.*δ*Eu介于0.794~1.031之间, 为极弱的铕亏损.稀土配分曲线(图4)为右倾型 羟稀 土斜率较大,而重稀土较平坦.(La/Sm)_N介于2.84~





1—碱性玄武岩 (alkali basalt);2—夏威夷岩 (hawaiite);3—橄榄粗安岩 (mugearite);4—粗安岩(trachyandesite);5—钠质粗面岩(sodic trachyte);
 6—霞石岩(nephelinite);7—苦橄玄武岩(picrite-basalt)

高场强元素相对亏损,出现较明显的 Nb、Ta 负异常,但 其中的 Ti 却表现为正异常,为一种较复杂的地球化学 配分型式.

5 成因探讨

前已述及塔源地区变辉长岩具有富 K₂O、Na₂O、 TiO₂、P₂O₅ 及 Th、Ba、Rb 的特征,其 Fe₂O₃/FeO 比值平 均为 0.82, 远大于 0.4,表现为碱性玄武岩系列的特



征^[3];但其半数样品的 Al_2O_3 含量却又大于 16%,呈现 亚碱性钙碱性玄武岩系列的一些特点. 同样,在 Ol' - Q' - Ne'岩石系列划分图上,样品点均落入分界线附 近,反映一种过渡性特点.固结指数多在 $30 \sim 40$ 之 间,反映岩浆基本没有结晶分异,是原生岩浆结晶的产 物.这种特征与其 Eu 基本正常—极弱的负异常相 对应. Mg^* 值为 0.43 ~ 0.68,平均为 0.56,与大洋中脊 拉斑玄武岩(MORB) Mg^* (值 0.6 左右)相近^[4].较高的 Mg^* 值,反映其岩浆与深部地幔有关,但其 MgO/(MgO + FeO)比值介于 0.45 ~ 0.65 之间,比原始地幔 的 0.68 ~ 0.72 略低,表明其岩浆源与原始地幔有差别. 利用 TFeO - $MgO - Al_2O_3$ 图(图 6)判定其构造环境,样 品既有进入洋底及大洋脊区内,也有进入造山带区内



Fig. 5 Trace element distribution patterns of Tayuan meta-gabbro

的.而在 $TiO_2 = P_2O_5 = MnO$ 图解(图 7)中 样品都进入 大洋岛碱性玄武岩区



图 6 TFeO – MgO – Al₂O₃ 构造环境判别图

Fig. 6 TFeO-MgO-Al₂O₃ diagram of tectonic setting discrimination
1—扩张中心岛 (spreading center island);2—造山带 (orogenic);3—洋中
脊及洋底(mid-oceanic ridge and ocean floor) 4—大洋岛屿(ocean island);
5—大陆板块内部(continental intraplate)

微量元素蛛网图表明其富集不相容元素,尤其是 大离子亲石元素,显现出与 E 型洋脊玄武岩相同的特 征.(La/Sm) $_{N}$ 平均 3.7,(La/Yb) $_{N}$ 平均为 15.7,与作 为现代 E 型洋脊代表的亚速尔台地玄武岩 La/Sm 值 (1.8~3.1)及(La/Yb) $_{N}$ 值(2~11.1)^[3]相近.但塔源 地区变辉长岩又表现出明显 Nb、Ta 亏损,这种特征又 类似岛弧火山岩的特征.而 Ti 的富集又与火山弧钙 碱性玄武岩亏损 Ti 明显不同.用 Cr – Ti 含量投图(图 8)判别 A 个样品均落入洋底玄武岩区.

分析塔源一带地质体出露特征及时代,塔源变辉 长岩往往与震旦系倭勒根岩群变质火山 – 碎屑沉积岩 及前震旦系蛇绿岩伴生●,彼此间均为断层接触,而被 华力西期及其后的岩浆岩侵入.同时塔源一带并不存 在华力西期海相沉积,仅出露少量上石炭统河湖相浅 变质粗—细碎屑沉积岩,因此,塔源变辉长岩不应是华 力西期侵入体,其时代下限不好确定,上限可确定为震 旦纪.

变辉长岩的两个 Sm - Nd 模式年龄分别为 1183 ± 21 Ma,1116 ± 13 Ma[●],与研究区南西方向作为吉峰 -环宇蛇绿岩带 ^[5]一部分的变辉长岩及变玄武岩的



图 7 TiO₂ – MnO₂×10 – P₂O₅×10 构造环境判别图











Sm - Nd 模式年龄 (1146 + 24 Ma,1003 ± 35 Ma)[®]很接近.并且,吉峰 - 环宇蛇绿岩伴生的地质体同样也是 倭勒根群变质火山 - 碎屑沉积岩.二者产出的构造背 景一致,Sm - Nd 模式年龄近一致.尽管这种模式年龄 并不代表其形式年龄,但却暗示二者可能来自相同的

●黑龙江省地质矿产局.前进林场幅、林海幅、柯多蒂河幅、塔源镇幅 1/5 万区调报告.1995.
 ❷黑龙江省地质矿产局.阿里河幅、六十林场幅 1/20 万区调报告.1994.

4	按海赤帽化出出于化出出入开 arrow 生物	み て た 物 ふ 旦
	1会调查推长去去有化之前(分历(11))(标)	生机 幼儿之 雷
1		ᄄᄢᄁᄓᄆᆂ

表

Table 1 Chemical analysis and CIPW standard mineral composition of meta-gabbro in Tayuan

14 O O	~ ~ ~							~ ~					Fe_2O_3	MgO	Mg ² +
件品亏	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K_2O	P_2O_5	LOI	FeO	MgO + FeO	$Mg^{2+} + Fe^{2+}$
Ty26 – 4	49.9	1.1	15.25	2.94	4.72	0.15	8.85	10.62	2.9	1.08	0.75	1.5	0.62	0.65	0.68
Ty26 – 2	49.6	1.8	18.04	3.39	5.99	0.16	5.19	7.73	4.25	1.3	0.95	1.2	0.57	0.46	0.51
P32Ty12	47.72	1.1	17.75	4.79	6.19	0.12	5.05	7.3	4.48	1.33	0.8	3.3	0.77	0.45	0.46
P15 – 1Ty2	48.7	1.55	17.35	4.9	5.98	0.12	5.25	8.09	3.6	1.5	0.65	1.61	0.82	0.47	0.47
P15 – 1Ty4	49	1.25	14.76	4.06	5.56	0.14	9.35	6.58	2.9	1.75	0.5	3.69	0.73	0.63	0.64
P32Ty26	45.56	2.4	12.58	5.43	6.64	0.08	9.15	10.72	2.98	1	0.9	1.96	0.82	0.58	0.59
P32Ty42	51.92	1.4	18.45	3.95	3	0.03	2.75	4.7	4.03	2.4	0.3	6.32	1.32	0.48	0.43
P32Ty59	46.82	1.8	16	6.23	5.64	0.11	7.54	7.57	3.4	0.7	0.8	2.48	1.1	0.57	0.54
平均值	48.7	1.55	16.27	4.46	5.47	0.11	6.64	7.9	3.57	1.39	0.71		0.82	0.55	0.56
样品号	σ	$A \cdot R$	SI	11	Mt	Di	Hy	01	Or	Ab	An	Ne	Hm		
Ty26 – 4	2.3	1.36	43.19	1.54	3.1	18.03	19.59	6.28	6.44	26.23	25.58				
Ty26 – 2	4.67	1.55	25.8	2.54	3.59	4.72	16.87	8.38	7.79	38.64	26.63				
P32Ty12	7.15	1.6	23.12	1.58	5.16	5.44	0	12.53	8.11	38.6	25.14	1.71			
P15 – 1Ty2	6.19	1.41	36.31	3.44	5.85	24.13	0	13	6.1	26.18	18.53	0.83			
P15 – 1Ty4	4.66	1.77	17.03	2.1	4.42	0	8.16	0	15.39	38.87	22.94	0	0.009		
P32Ty26	4.4	1.42	32.07	2.6	6.76	4.98	21.26	1.9	4.3	31.68	27.32				
P32Ty42	4.56	1.5	24.73	2.22	5.27	7.51	15.13	4.1	9.13	33.22	27.49				
P32Ty59	3.6	1.56	39.59	1.8	4.39	6.03	28.09	5.54	10.71	26.92	22.82				

测试单位:齐齐哈尔地调分院实验室.含量单位:%

表 2 塔源变辉长岩稀土元素测试结果

	Table 2	Chemical	analysis	of	REE	in	meta-gabbro	in	Tayuan
--	---------	----------	----------	----	-----	----	-------------	----	--------

样品号	La	Ce	\mathbf{Pr}	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Em	Yb	Lu	Y	REE	L/H	$\delta \mathrm{Eu}$	$(La/Sm)_{\scriptscriptstyle N}$	(La∕Yb) _N	(Ce/Yb)
Ty26 – 4	39.6	74.8	8.64	40	6.47	1.19	4.6	0. 59	4.19	0.77	1.95	0.25	1.62	0.26	18	203.65	5.32	1.03	3.85	16.5	11.7
Ty26 – 2	54.7	102	11.7	55.2	9.44	2.28	6.8	0.91	6.0	1.25	2.73	0.39	1.93	0.29	24	279.62	5.31	0.84	3.65	19.2	13.4
P32Ty12	53.5	102	11.6	51.3	9.5	2.2	7.11	1.06	7.05	1.33	3.42	0.47	2.82	0.42	28	281.78	4.45	0.79	3.54	12.8	9.2
P15 - 1Ty2	42.4	86	12.7	45.3	9.4	2.36	6.9	1.01	5.89	0.99	2.6	0.41	2.0	0.31	20.4	238.67	4.90	0.87	2.84	14.3	10.9
P15 – 1Ty4	45.3	78.1	9. 52	34.8	6.18	1.57	4.23	0.66	3.57	0.5	1.5	0.18	1.07	0.17	11.4	198.75	7.54	0.90	4.61	28.6	18.6

测试单位: 宜昌地质矿产研究所. 含量单位: 10-6.

	表 3	塔源变	辉长岩	微量元素	影测	试结果		
Table 3	Chemical	analysis	of trace	elements	in	meta-gabbro	in	Tayuan

	Sr	Rb	Ba	Th	Та	Nb	Zr	Hf	Sc	Cr	Ni	Co	V	Nb/Th	Zr/Nb	Zr/Th
P32Ty12	1270	51	750	7.5	2.6	17.5	455	6.3	22	38	23	26.5	195	2.33	26.00	60.67
P32Ty26	1400	38	650	8.8	2.0	31	150	3.6	40	247	66	31.6	290	3.52	4.84	17.05
Ty26 - 4	1070			3.7		12	150			147	156	26.2	156	3.24	12.50	40.52
P15 - 1Ty2	915			5.2		21.4	120			58	34	31	286	4.12	5.61	23.08
P15 – 1Ty4	580			5.6		9.2	141			65	77	31.2	180	1.64	15.33	25.18

测试单位 :宜昌地质矿产研究所 . 含量单位 :10-6.

源区,可能是同一构造岩浆事件的产物.

综上所述,塔源地区变辉长岩属于碱性系列,为大 洋岛碱性玄武岩,形成于洋壳基底之上,为大洋洋岛深 部成员.其岩石化学及地球化学特征表现出的某些过 渡性,与岩浆源区的复杂性及过渡性有关.地球化学 型式兼具有洋底玄武岩及岛弧玄武岩特征.岩石化学 主要表现为碱性玄武岩特征,又兼有钙碱性玄武岩特 征,这种双重性质也许只有当今边缘海盆玄武岩才具

有.这种过渡性特征用地幔柱理论能得到较好的解释. 塔源地区震旦系倭勒根岩群 (Zw) 变质火山 – 碎 屑沉积岩系为一套岛弧 – 弧后盆地沉积● . 塔源变辉 长岩的上述岩石化学及地球化学特征表明其可能形成 于弧后边缘海盆地内,为弧后地幔热柱(热点)活动形 成的洋岛深部单元,在新元古代晚期,由于板块的强 烈俯冲,部分岛弧物质及深海沉积物与消减大洋岩石 圈一起被带到地幔深部,与弧后地区深部地幔相互作 用,从而在弧后地区形成新的富集地幔源区.由于深 海沉积物富含 Ba,岛弧岩石亏损 Nb、Ta 而富 Th,从而 使新形成的地幔源区的地球化学特征与 Zindder 等 (1986) 划分的 EM₁, 型地幔^[6]相似.新形成的 E₁ 型地 幔,在弧后盆地区垂直上升,形成洋岛碱性玄武岩,致 使塔源变辉长岩表现出上述岩石化学及地球化学特征 的过渡性及复杂性.同时,由于其富含 Th 等放射性元 素及地幔高热流,使辉长岩中的辉石普遍遭受退变质 作用,形成角闪石、最后于震旦纪末作为边缘海盆洋 壳的一部分与震旦系岛弧及弧后盆地沉积、前震旦纪 蛇绿岩(枯竭地幔岩)●一起构造叠置于现今位置.

6 结论

塔源变辉长岩属于碱性玄武岩系列,为大洋岛深 部成员,形成于边缘海环境.其源区为 E₁ 型富集地幔 源.E₁型富集地幔源区的形成,是由于新元古代晚期 俯冲拖曳的岛弧物质、俯冲的大洋岩石圈与深部地幔 作用的结果.

参考文献:

- [1]李瑞山.新林蛇绿岩[J]. 黑龙江地质,1991,2(1):19—31.
- [2]邱家骧 林景仟. 岩石化学[M]. 北京 地质出版社 ,1991.186.
- [3] 王中刚,于学元,赵振华,等.稀土元素地球化学[M].北京,科学出版社,1989.165—182.
- [4]肖庆辉,邓晋福,马大铨,等.花岗岩研究思维与方法[M].北京:地 质出版社,2002.179.
- [5]胡道功,等.内蒙古阿里河地区中元古代蛇绿岩[J].中国区域地 质,1995,55(4) 334-338.
- [6] 石林,等.地幔端元组分的微量元素地球化学研究综述[J].地质地 球化学,1998,26(2):77—82.

PETROCHEMISTRY, GEOCHEMISTRY AND GENESIS OF THE META-GABBRO IN TAYUAN NORTHERN DAXINGANLING

ZHONG Hui, FU Jun-yu

(Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China)

Abstract: The genesis of the meta-gabbro occurring in Tayuan area is discussed on the basis of petrochemical and geochemical data. The petrochemistry of Tayuan meta-gabbro expresses the characteristics of alkali series of basalt. However, the content of Al_2O_3 in most rock samples is higher than 16%, indicating the characteristics of high- Al_2O_3 basalt of calc-alkaline series. In the diagram showing the tectonic environments with inactive element contents, all the samples are dropped in OIA area. The REE and trace element distribution patterns of Tayuan meta-gabbro show enrichment of LREE and incompatible elements, which is similar to the character of basalt in Azores platform as the modern E-type of enriched mantle. The deficiency of Nb and Ta, however, suggests its island-arc background. Analysis on the geology and tectonics in the area shows that Tayuan meta-gabbro was formed in marginal sea, as the deep-member of ocean island, derived from E_1 -type of mantle source.

Key words: meta-gabbro; ocean island basalt; E1-type of mantle; Tayuan area

作者简介:钟辉(1964—),女,高级工程师,1988 年毕业于长春地质学院地质学专业,一直从事岩矿鉴定工作,通讯地址 沈阳市北 陵大街 25 号,沈阳地质矿产研究所,邮政编码 110033 E-mail//fjyzxy@163.com

●黑龙江省地质矿产局.前进林场幅、林海幅、柯多蒂河幅、塔源镇幅1/5万区调报告.1995.