

文章编号: 1009-3850(2004)01-0027-08

羌塘雀莫错一带基性超基性岩群 基本特征及构造环境

李莉, 白云山, 牛志军, 姚华舟, 段其发

(宜昌地质矿产研究所, 湖北宜昌 443003)

摘要: 雀莫错一带的基性超基性岩群为单辉橄榄岩-橄榄辉长岩-辉长岩-辉绿岩组合, 橄榄辉长岩表现为低 SiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 、 TiO_2 、 P_2O_5 , 辉长岩、辉绿岩表现为较高的 Na_2O 、 TiO_2 。总体具较高的 MgO 和较低的 ΣREE 、 Sr 、 Ta , 且 Na_2O 大于 K_2O , 副矿物富含磁铁矿, 时代属喜马拉雅期。橄榄辉长岩为大洋拉斑玄武岩系列, 辉长岩、辉绿岩为碱性岩系列。构造环境为大洋中脊。

关键词: 雀莫错; 基性超基性岩带; 青藏高原

中图分类号: P588.12⁺⁴ P588.12⁺⁵

文献标识码: A

雀莫错一带的基性超基性岩群位于青藏高原腹地的羌塘地区。人们对羌塘侵入岩的研究很少, 特别是雀莫错一带的基性超基性岩群的研究, 仅有青海区调队 1987 年在进行 1:20 万区域地质调查中对其作过一般调查。在新一轮国土资源大调查青藏高原中部羌塘地区 1:25 万区域地质调查工作中, 笔者对雀莫错一带基性超基性岩群地质特征、岩石学特征、岩石化学特征进行了较为详细的研究, 在此作一介绍, 并就其构造属性进行讨论。

1 地质特征

雀莫错一带的基性超基性岩群大地构造位置位于东特提斯构造域北部, 居拉竹龙-金沙江板块结合带与班公湖-怒江板块结合带之间的北羌塘陆块中部; 地理上分布于雀莫错西与波尔藏陇巴间。分布于雀莫错西的两个岩体为橄榄岩-辉长岩, 呈小岩株状产出; 分布于波尔藏陇巴一带的岩体为辉绿岩墙、岩脉群, 呈岩墙、岩脉状产出, 沿贡日-温泉兵站大断裂呈带状分布, 严格受贡日-温泉兵站断裂带控制

(图 1)。

基性超基性岩侵入于上三叠统巴贡组、中二叠统那益雄组, 出露面积约 7.6 km²。岩群西北端分布于雀莫错西的辉长岩、橄榄岩与围岩的接触界线弯曲, 呈港湾状。围岩具烘烤退色现象, 砂质围岩有硅化现象, 并见有大量石英脉穿插其中。岩体边部见围岩捕虏体, 捕虏体成分为砂岩、灰岩, 其大小不等, 大者长 50 m、宽约 30 m。岩体分异作用差, 相带不发育, 仅在岩体北端见宽约 250 m 的冷凝边, 并且不稳定, 在较短的距离内迅速变薄; 岩带东南部分分布于波尔藏陇巴一带的辉绿岩与灰岩的接触地段, 外接触带见宽约 2 m 的白色大理岩, 系灰岩热变质产物。岩体与砂岩接触地段, 外接触带见有辉绿岩细脉穿插。局部地段接触面清楚可见, 岩体南西倾, 接触面南西倾, 倾角 40°~50°。

2 岩石学特征

岩石结构类型比较复杂, 主要为含长单辉橄榄岩、橄榄辉长岩、橄榄辉长辉绿岩和橄榄辉绿岩。

收稿日期: 2004-02-19

第一作者简介: 李莉, 女, 1967 年生, 工程师, 从事区域地质调查和地理信息工作。

资助项目: 中国地质调查局 1:25 万《赤布张错幅》(146C003001) 区域地质调查(20001300009121)。

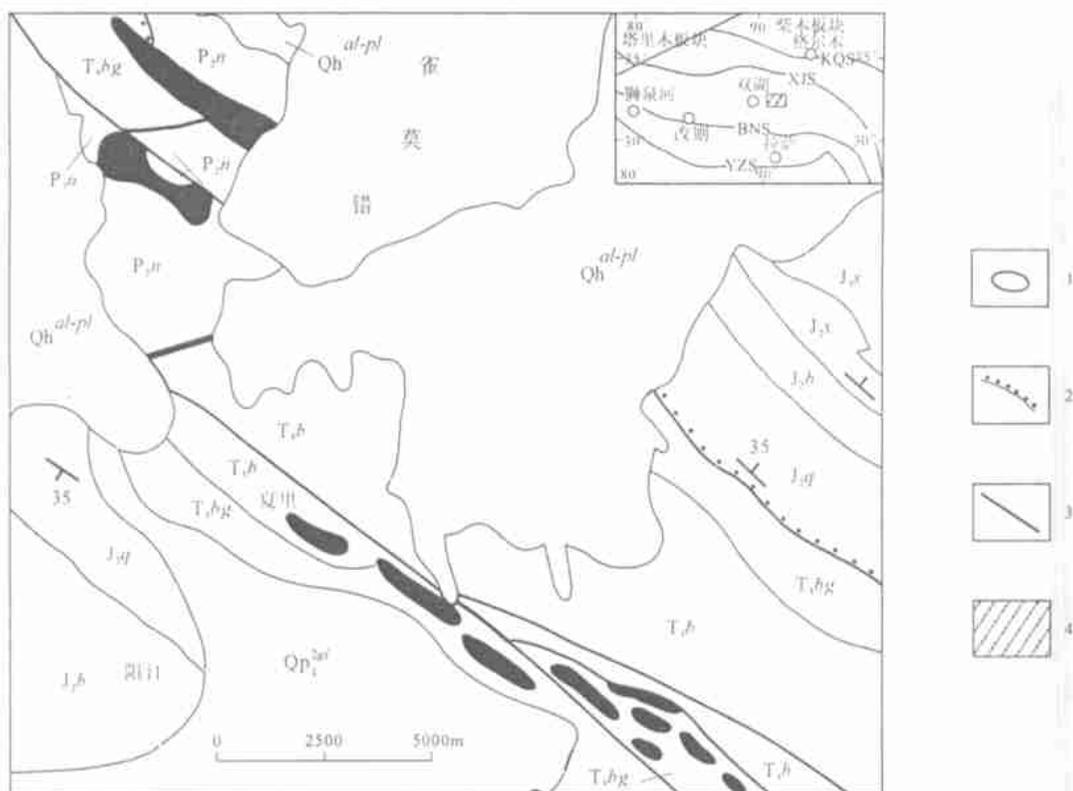


图 1 雀莫错一带地质略图

Qh^{al-pl}. 全新世冲洪积物; Qp₃^{gl}. 晚更新统冰碛物; J_{3s}. 上侏罗统索瓦组; J_{2x}. 中侏罗统夏里组; J_{2b}. 中侏罗统布曲组; J_{2q}. 中侏罗统雀莫错组; T_{3bg}. 上三叠统巴贡组; T_{3b}. 上三叠统波里拉组; P_{2n}. 上二叠统诺日巴尕日保组。1. 雀莫错基性超基性岩; 2. 不整合; 3. 贡日-温泉兵站大断裂; 4. 研究区。YZS. 雅鲁藏布江板块缝合带; BNS. 班公湖-怒江板块缝合带; XJS. 西金乌兰-金沙江板块缝合带; KQS. 昆仑-秦岭板块缝合带

Fig. 1 Geological map of the Qoimaco region

Qh^{al-pl} = Holocene (Quaternary) alluvial deposits; Qp₃^{gl} = late Pleistocene glacial tills; J_{3s} = Upper Jurassic Sowa Formation; J_{2x} = Middle Jurassic Gyari Formation; J_{2b} = Middle Jurassic Biqu Formation; J_{2q} = Middle Jurassic Qoimaco Formation; T_{3bg} = Upper Triassic Bagong Formation; T_{3b} = Upper Triassic Bolila Formation; P_{2n} = Upper Permian Nuoribagaribao Formation. 1 = Qoimaco ultrabasic and basic rocks; 2 = unconformity; 3 = Kangri-Wenquan Bingzhan fault; 4 = study area. YZS = Yarlung Zangbo suture zone; BNS = Bangong-Nujiang suture zone; XJS = Xijir Ular Jinshajiang suture zone; KQS = Kunlun-Qinling suture zone

1. 含长单辉橄榄岩

含长单辉橄榄岩为灰绿—墨绿色, 细中粒结构、包含(包橄)结构、网格状结构, 块状构造。岩石主要由橄榄石(48%~50%)、含钛普通辉石(24%~30%)、培拉长石(15%~17%)、金云母(5%~7%)及黑云母(1%)组成。橄榄石呈自形柱粒状, 0.37~23mm 大小, 受熔蚀呈浑圆状, 颗粒间被它形含钛普通辉石(1.5~3.7mm 大小)和板状、不规则状培拉长石(0.9~2.8mm 大小)充填, 在有的粗大辉石和培拉长石中, 包裹了较多橄榄石颗粒, 构成典型的包含结构。部分橄榄石边缘被金云母交代(金云母部分又受绿泥石化), 但更强烈的是蛇纹石化, 纤维蛇

纹石沿着橄榄石网状裂纹交代, 橄榄石残晶保存于网络中心(网眼), 显示网状构造特征; 有的橄榄石晶体被蛇纹石呈假象交代。辉石则发生绿泥石化、纤闪石化。斜长石不同程度地受到绿泥石化、钠长石化、葡萄石化、绢云母化及黝帘石化。矿物在岩石中分布比较均匀, 无定向性, 使岩石呈块状构造。岩石在结构上具堆晶结构的特点, 即早期结晶并沉降下来的自形粒状橄榄石被后期的相当于辉长岩的残余熔浆冷凝结晶产物(它形辉石和斜长石)充填、胶结和包裹。

2. 橄榄辉长岩

橄榄辉长岩呈灰绿—灰黑色, 细中粒结构, 包含

(包橄)结构、网状结构、偶见嵌晶含长结构,块状构造。岩石主要由橄榄石(46%~55%)、含钛普通辉石(13%~25%)、拉长石(25%~35%, An53—65)、金云母(3%)及黑云母(<1%)组成;副矿物为磁铁矿(2%)、磷灰石(1%)、钛铁矿(<1%);蚀变矿物为葡萄石(4%~8%)、纤维蛇纹石(15%~30%)、绿泥石(15%~20%)、绢云母(2%~3%)、纤闪石(1%~2%)、帘石(1%~2%),局部见少量钠长石。岩石在矿物组成、结构、构造、蚀变作用类型及强度方面与含长单辉橄榄岩相似。

3. 橄榄辉长辉绿岩

橄榄辉长辉绿岩呈灰黑色,中细粒结构、嵌晶含长结构,偶见包橄结构,块状构造。岩石由橄榄石(40%)、拉长石(43%, An54—66)、含钛普通辉石(13%)及黑云母(<1%)组成;副矿物有磁铁矿(2%)、磁黄铁矿(1%)、钛铁矿(<1%)及磷灰石(微量);蚀变矿物为纤维蛇纹石(10%)、纤闪石(3%)、绢云母(2%)、绿泥石(7%)、滑石(1%)、帘石(1%)、葡萄石(1%)、金云母(8%)。橄榄石呈自形柱粒状,0.4~1.8mm大小,遭熔蚀,其间分布有拉长石和辉石。拉长石多数呈半自形板柱状、板条状,少数呈宽板状,0.18~1.8mm大小,杂乱分布,普遍见被晚期结晶的它形辉石包裹(辉石粒径为0.32~4.1mm),构成嵌晶含长结构。偶尔见小颗粒自形橄榄石被他形辉石包裹的现象,另外,个别它形辉石颗粒充填于斜长石构成的格架状空隙中。岩石遭受一定程度的蚀变,纤维蛇纹石沿着橄榄石中的裂纹交代呈网脉状,部分橄榄石被蛇纹石、金云母、滑石交代呈假象。拉长石有极弱的绢云化、帘石和葡萄石化现象,辉石多受绿泥石化和纤闪石化。

4. 橄榄辉绿岩

橄榄辉绿岩呈深灰绿—深灰黑色,中细粒,辉绿结构一次辉绿结构(嵌晶含长结构),块状构造,部分岩石见杏仁状构造。岩石由拉长石(38%~47%)、橄榄石(30%)、普通辉石(5%~30%)及钠长石(1%~2%)组成;副矿物有磁铁矿(3%)、磷灰石(微量)、

黄铁矿(<1%);蚀变矿物为绿鳞石、绿泥石、绢云母、方解石、沸石、纤闪石。拉长石呈窄长板状、宽板状,0.09~1.4mm大小,杂乱分布,其间充填有它形辉石颗粒,构成辉绿结构。但部分粒径较大的辉石(0.2~1.3mm)中包裹或部分包裹板条状拉长石,又具次辉绿(嵌晶含长)结构的特征。橄榄石(0.2~1mm)多呈自形短柱状晶体分布于岩石中,已被绿泥石、蛇纹石、方解石和绿鳞石呈假象交代,无残晶保存;钠长石呈填隙状分布于拉长石粒间。

5. 辉长岩

辉长岩呈深灰绿色,中细粒结构、嵌晶含长结构,块状构造。岩石由拉长石(65%~70%)、普通辉石(25%~30%)、橄榄石(2%)及副矿物磷灰石组成。斜长石呈板柱状晶形,蚀变较强烈,可见葡萄石化、帘石化及轻微的绿泥石化;辉石已蚀变为绿泥石、楣石及绿帘石等,仅存部分辉石残晶。从残晶形态看,辉石晶体较大不规则状居多,其中包含有板柱状斜长石微晶,形成嵌晶含长结构。

3 年代分析

样品年代采用颗粒锆石 U-Pb 法测定。双目镜下挑选岩浆型颗粒锆石加 $^{233}\text{U} + ^{205}\text{Pb}$ 混合稀释剂用 HF 在微型高压釜中分解,在 MAT261 单接收质谱计上测定,采用国际标准 NBS981 控制仪器状态,全流程本底 $w(\text{Pb}) < 2 \times 10^{-11}$, $w(\text{U}) < 2 \times 10^{-11}$ 。本批样品实际测定标准(NBS981)的结果为 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 0.9142$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 精度好于 0.05%, 衰变常数采用 $\lambda(^{238}\text{U}) = 1.551250 \times 10^{-10} \text{a}^{-1}$, $\lambda(^{235}\text{U}) = 9.8485 \times 10^{-10} \text{a}^{-1}$ 。笔者在雀莫错西橄榄辉长岩中获得了 31Ma 单颗粒锆石的锆石 U-Pb 同位素年龄值(表 1),说明该岩群的时代应为喜马拉雅期。

4 地球化学特征

各种地球化学测试直接用全岩粉末样品。常量元素由宜昌地质矿产研究所实验室采用常规化学方

表 1 锆石 U-Pb 同位素分析结果

Table 1 Zircon U-Pb isotopic ages

样号	含量/ 10^{-6}		普通铅含量 /mg	同位素原子比及误差/ 2σ				表面年龄/Ma		
	U	Pb		$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
3036A	9228.4	155.3	3.269	44	0.00491	0.04511	0.06654	31	44	823
					0.00007	0.00377	0.00566			

由中国地质调查局同位素地球化学开放实验室(宜昌)朱家平、李华芹分析。

法测定,微量元素及稀土元素由宜昌地质矿产研究所实验室主要采用 ICP 电感耦合等离子体发射光谱法、AES 电弧发射光谱法、COL 分光光度法和 AAS 原子吸收光谱法测定。

4.1 常量元素

从表 2 中可看出,橄榄辉长岩中 SiO_2 仅为 39.03%~41.20%,平均 39.95%,属超基性岩范围;橄榄辉长辉绿岩、辉长岩、橄榄辉绿岩 SiO_2 含量为 43.23%~48.00%,平均 45.23%,属正常基性岩范围但偏低。橄榄辉长岩中, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 为 0.48%~1.33%,平均 0.85%,且 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$; Al_2O_3 为 8.36%~12.72%; MgO 为 19.45%~26.35%,平均 23.14%; TiO_2 为 0.50%~0.76%,平均 0.6%。辉长岩、橄榄辉绿岩中, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 为 2.99%~4.39%,平均 3.88%,且 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$; Al_2O_3 为 14.05%~16.70%,平均 15.84%; MgO 为 5.10%~10.23%,平均 7.94%; TiO_2 为 1.05%~2.08%,平均 1.65%。

可以看出,橄榄辉长岩与辉长岩、橄榄辉绿岩氧化物含量为明显不同的两个范围。前者 SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 和全碱均低于后者,而 MgO 则明显高于后者。在 $\text{SiO}_2 - (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 图解上,橄榄辉长岩属亚碱性,橄榄辉长辉绿岩、辉长岩、橄榄辉绿岩属碱性系列。在 FAM 图解中(图 2),橄榄辉长岩样品落入拉斑玄武岩系列。在 $\text{TiO}_2 - \text{K}_2\text{O} - \text{P}_2\text{O}_5$ 图解中,样品落入大洋拉斑玄武岩区。反映出该岩浆具有较典型的结晶分异演化趋势,岩浆结晶早期铁、镁都较富集,随着结晶分异的进行, TFeO/MgO 比值逐渐增高,分异趋向线指向铁富集,最后向富碱方向演化,这与 Skaergaard 典型拉斑玄武岩浆结晶分异演

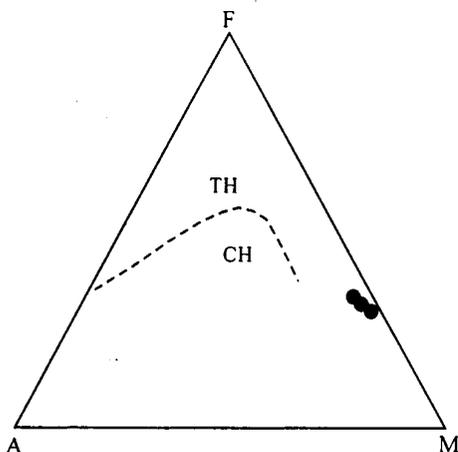


图 2 FAM 图解

Fig. 2 FAM diagram

化趋势^[1]相似。 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 为 3.06~27.8,平均为 7.43,较大洋玄武岩(一般大于 10)低,较岛弧玄武岩(平均值 4.5 左右)高。 TFeO/MgO 为 0.44~2.25,平均 0.89,属大洋拉斑玄武岩(< 1.7)范围; K_2O 平均为 0.31%, TiO_2 为 0.5%~2.08%,平均 1.09%,属大洋拉斑玄武岩范围($\text{K}_2\text{O} < 0.4\%$, TiO_2 为 0.6%~2.3%), $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 平均为 0.4,多数小于 0.4,属大洋拉斑玄武岩特征。

CIPW 标准矿物计算结果(表 2)表明:Ol 在各样品中均出现,平均为 30.14;Hy 主要在橄榄辉长岩中出现;Ne 只在辉长岩、橄榄辉绿岩中出现;Ab、An 分子普遍存在,前者平均为 16.24,后者平均为 26.56,稍低于大洋拉斑玄武岩(Ab 平均为 21.73, An 平均 28.65);普遍不含 Q,与大洋拉斑玄武岩一致。

4.2 稀土元素

从表 3 可看出,橄榄辉长岩稀土总量为 19.00~23.93,辉绿岩及辉绿辉长岩稀土总量为 44.20~62.23,前者明显低于后者。 LREE/HREE 为 1.97~2.36, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 为 1.42~1.89, $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 为 1.08~1.69,比值变化范围小,比较接近,轻稀土略显富集。 δ_{Eu} 为 0.98~1.19,不显亏损,为正异常。稀土配分曲线基本为平坦型(图 3),略显右倾,橄榄辉长岩与辉绿岩及辉绿辉长岩配分曲线相似,表明两者为同源岩浆产物。

4.3 微量元素

从表 3 可看出贫大离子亲石元素 Sr、Ba, 以及

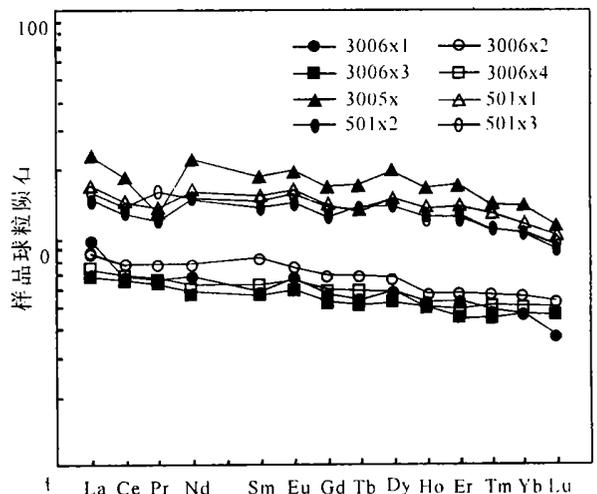


图 3 稀土元素球粒陨石标准化配分形式

Fig. 3 Chondrite-normalized REE distribution patterns

表 2 岩石化学成分 (w_B%) 与 CIPW 标准分子
Table 2 Petrochemical compositions (w_B%) and CIPW norms

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	灼失量	总量	Il	Mt	Or	Ab	An	Di	Hy	Ol	Ne	Di	Sl	AR	Ap		
3006-A3	橄辉长岩	41.20	0.65	11.89	3.08	7.76	0.15	20.40	5.7	0.95	0.24	0.06	6.91	98.99	0.14	1.34	4.85	1.54	8.73	29.82	0.39	19.29	33.90			10.27	62.90	1.15	
3006-A4	橄辉长岩	39.64	0.62	8.96	2.6	8.82	0.17	24.29	5.73	0.49	0.16	0.08	6.80	98.36	0.19	1.29	4.12	1.03	4.53	23.78	5.36	13.84	45.86			5.56	66.80	1.09	
3006-A5	橄辉长岩	39.03	0.58	8.36	2.58	8.97	0.16	26.35	5.42	0.44	0.13	0.06	6.81	98.89	0.14	1.20	4.06	0.83	4.04	22.21	5.24	9.13	53.13			4.88	68.49	1.09	
3006-A6	橄辉长岩	39.42	0.58	8.68	3.24	8.06	0.16	24.88	5.90	0.37	0.11	0.06	7.18	98.65	0.14	1.20	5.14	0.71	3.42	23.72	6.25	15.11	44.30			4.13	67.87	1.07	
3036-1A	橄辉长岩	39.33	0.54	8.69	4.89	6.90	0.16	23.30	6.65	0.70	0.10	0.09	7.54	98.89	0.22	1.12	7.76	0.65	6.48	22.19	10.53	11.21	39.85			7.13	64.92	1.11	
20CS472*	橄辉长岩	40.50	0.76	8.77	3.98	8.02	0.17	23.34	5.49	0.78	0.13	0.08	7.93	99.95	0.19	1.57	6.27	0.83	7.17	21.78	5.78	18.25	38.14			8.01	64.39	1.14	
3036-3A	橄辉长岩	40.51	0.50	12.72	3.94	6.68	0.15	19.45	6.99	1.03	0.30	0.07	6.62	98.96	0.17	1.03	6.19	1.92	9.44	31.62	4.34	10.11	35.19			11.36	61.94	1.14	
3005A	橄辉长 辉绿岩	48.16	1.99	14.05	1.88	7.76	0.17	7.14	11.02	3.05	0.71	0.17	2.77	98.87	0.39	3.93	2.84	4.37	26.85	23.46	26.28	1.32	10.56			31.22	34.76	1.35	
20CS428-1*	辉长岩	46.00	2.08	16.21	4.10	7.35	0.30	5.10	8.68	4.18	0.15	0.24	5.14	99.53	0.56	4.19	6.30	0.94	36.25	26.51	14.31		10.29			0.66	37.85	24.43	1.42
S01A1	橄辉绿岩	44.44	1.53	16.08	2.54	7.16	0.14	8.32	9.37	2.79	0.20	0.15	6.05	98.77	0.35	3.13	3.97	1.27	25.46	33.18	12.90	4.47	15.26			26.73	39.60	1.27	
S01A3	橄辉绿岩	44.20	1.55	16.47	2.52	7.54	0.18	10.23	6.34	3.44	0.42	0.15	5.56	98.6	0.35	3.16	3.93	2.67	30.90	30.37	2.00		26.42			0.21	33.77	42.36	1.41
S01A6	橄辉绿岩	43.23	1.70	15.50	2.63	7.26	0.14	7.40	10.20	3.58	0.42	0.14	6.44	98.64	0.33	3.50	4.13	2.69	19.75	27.36	21.47		13.69			1.08	29.52	34.76	1.37
20CS47*	橄辉绿岩	45.37	1.05	16.70	1.86	7.65	0.17	9.44	6.65	3.42	0.97	0.09	6.39	99.76	0.21	2.14	2.89	6.14	28.04	29.29	4.42		25.27			1.60	35.78	40.45	1.46

由宜昌地质矿产研究所测试中心测定; * 数据引自青海省区调综合地质大队(1987)1:20万《赤布张错幅》、《温泉兵站幅》。

表 3 稀土元素、微量元素($w_B/10^{-6}$)分析结果Table 3 Analytical results of REE and trace elements ($w_B/10^{-6}$)

样号	Cr	Ni	Co	V	Ga	Rb	U	Ba	Sr	Nb	Be	Zr	Hf	Th	Sc	U
3006A3	725	632	80.2	120	39	120	1.4	108	3.4	30.0	<0.5	71	2.1	2.84	20	1.8
3006A4	843	775	85.3	110	34	78	1.4	43.2	2.3	21.6	0.72	69	1.7	1.88	18	1.4
3006A5	989	842	88.4	110	40	110	1.4	46.3	2.1	20.7	<0.5	64	2.2	1.58	18	1.0
3006A6	922	787	83.9	120	28	100	1.4	71.8	2.5	22.1	<0.5	68	2.0	2.12	20	1.0
3036A1	1000	903	84	120	63	101	0.5	9.6	1.7	8.3	0.5	40	1.6	2.7		<0.1
3005A	192	23.5	25.3	330	180	700	3.0	41.5	3.9	38.8	<0.5	130	3.0	2.56	54	2.3
3036A2	684	686	71	110	59	120	0.5	106	1.4	17	0.5	47	1.6	2.7		<0.1
501A1	141	96.2	43.4	250	120	260	2.0	88.4	1.8	21.3	0.76	93	2.7	2.24	36	1.3
501A3	143	102	40.2	250	210	420	2.1	142	1.3	33.4	<0.5	93	2.9	2.20	36	1.3
501A6	142	77.4	37.8	270	195	400	2.2	88.0	1.6	29.6	<0.5	98	2.6	1.94	38	0.7

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE	LREE	HREE	δ Eu
3006A3	3.09	5.51	0.77	4.06	1.11	0.49	1.46	0.26	1.92	0.38	1.13	0.16	0.95	0.12	7.79	21.41	15.03	6.38	1.19
3006A4	2.74	6.25	0.88	4.61	1.55	0.53	1.77	0.32	2.16	0.41	1.20	0.19	1.15	0.17	9.48	23.93	16.56	7.37	0.98
3006A5	2.15	5.29	0.72	3.45	1.08	0.43	1.35	0.24	1.71	0.36	0.96	0.15	0.96	0.15	7.64	19.0	13.12	5.88	1.10
3006A6	2.28	5.66	0.76	3.82	1.22	0.47	1.53	0.28	1.89	0.36	1.03	0.17	1.03	0.16	8.54	20.66	14.21	6.45	1.06
3005A	7.29	14.9	1.5	13.4	3.57	1.41	4.37	0.80	6.41	1.21	3.60	0.47	2.93	0.37	23.9	62.23	42.07	20.16	1.10
501A1	5.40	11.8	1.58	9.61	2.95	1.19	3.42	0.64	4.91	0.98	2.96	0.43	2.38	0.33	21.1	48.58	32.53	16.05	1.15
501A3	4.68	10.5	1.38	9.01	2.61	1.07	3.27	0.65	4.56	0.92	2.62	0.37	2.17	0.29	18.7	44.10	29.25	14.85	1.13
501A6	5.12	11.0	1.86	9.06	2.81	1.16	3.62	0.64	4.60	0.89	2.70	0.37	2.22	0.31	18.8	46.36	31.01	15.35	1.12

由宜昌地质矿产研究所测试中心测定。

高场强元素 Zr、Nb 和不相容元素 Rb。亲铁元素 Cr、Ni、Co 和亲铜元素 Zn 高于克拉克值。Rb/Sr 为 0.04 ~ 0.14, 稍高于原始地幔 (0.03, 据 Wood, 1979)。Nb/La 为 0.71 ~ 0.78, 仅为原始地幔的十几分之一。橄榄辉长岩、辉长辉绿岩 (La/Yb)_N 为 1.46 ~ 1.89, 平均 1.71; (La/Sm)_N 为 1.08 ~ 1.69, 平均 1.34; Y/Nb 为 2.29 ~ 4.67, 平均 3.64; Th/La 为 0.73 ~ 1.51, 平均 0.99, 与 E-MORB (1.91、1.56、3.5、1.3, 据 Sun and McDonough 1989, 下同) 相近; 而 Zr/Nb 为 20.88 ~ 33.57, 平均 28.4; La/Nb 为 0.91 ~ 1.4, 平均 1.12, 与 N-MORB (31.8、1.07) 相近。说明这些基性超基性岩石物质来源的复杂性。

原始地幔标准化的地球化学模式如图 4 所示。

Rb、Th、Nb 为正异常, Sr、Ta 亏损, 去掉异常峰, 基本显平坦型。

4.4 Sr、Nd 同位素地球化学

橄榄辉长岩 Nd、Sr 同位素分析结果列于表 4, 在进行 $\epsilon Nd(t)$ 和 Nd、Sr 同位素初始比计算时, 取橄榄辉长岩对应的同位素年代学数据 31Ma (表 1)。 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 值较高, 变化于 0.70503 ~ 0.70537 之间, 明显高于正常洋中脊玄武岩的 Sr 同位素初始比 (0.702 ~ 0.703)^[2,3]。 $\epsilon Nd(t)$ 值较低, 为 +2.2 ~ +3.4, 平均 2.7, 表明橄榄辉长岩形成于弱亏损的地幔源区。

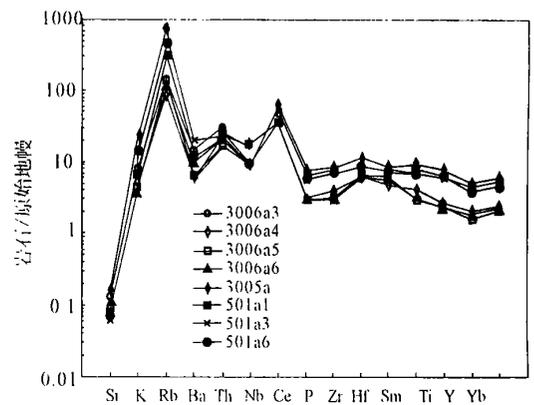


图 4 微量元素原始地幔标准化蛛网图

Fig. 4 PM-normalized trace element patterns

5 构造环境讨论

雀莫错—波尔藏陇巴一带的基性超基性岩群为单辉橄榄岩—橄榄辉长岩—辉长岩—辉绿岩组合, 橄榄辉长岩岩石化学表现为低 SiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 、 TiO_2 、 P_2O_5 , 辉长岩、辉绿岩表现为较高的 Na_2O 、 TiO_2 。总体具较高的 MgO , $Na_2O > K_2O$, 较低的 ΣREE 、Sr、Ta, 副矿物富含磁铁矿, 时代属喜马拉雅期。橄榄辉长岩为大洋拉斑玄武岩系列, 辉长岩、辉绿岩为碱性岩系列。

表 4 Nd Sr 同位素组成

Table 4 Nd and Sr isotopic compositions

样品号	3036A1	3036A2	3036A3	3036A4
$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	0.1856	0.1871	0.1870	0.1688
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	0.512772	0.512812	0.512748	0.512758
$(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$	0.512734	0.512774	0.512710	0.512724
$\epsilon\text{Nd}(t)$	2.7	3.4	2.2	2.5
$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	0.1546	0.1626	0.3623	0.2200
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0.70510	0.70534	0.70553	0.70516
$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$	0.70503	0.70527	0.70537	0.70506

由中国地质调查局同位素地球化学开放实验室(宜昌)分析。

在 $\text{TiO}_2\text{-TFeO}/\text{MgO}$ 图解(图 5)中, 样品主要落入 MORB 区; $\text{TFeO-MgO-Al}_2\text{O}_3$ 图解(图 6)中, 样品基本落入 I 区(洋中脊及洋底); 在微量元素 $\text{Nb}\times 2\text{-Zr}/4\text{-Y}$ 图解(图 7)中, 样品落入板内拉斑玄武岩区。从岩石化学分析, 主元素特征、CIPW 矿物特征都主要显示了大洋拉斑玄武岩的特点, 微量元素比值也显示了 MORB 的特征。综上所述, 雀莫错—波尔藏陇巴一带的基性超基性岩群构造环境具 MORB 特征。

从时代上看, 在古近纪, 新特提斯处于逐渐消亡时期, 随后发生了两大洲的汇聚和碰撞。地处北面的羌塘地块已在印支运动之前隆起成陆, 并拼接在北面的巴颜喀拉板块之上。雀莫错—波尔藏陇巴一带的基性超基性岩群沿贡日—温泉兵站大断裂呈带状分布, 严格受该断裂带控制, 可能是板内地幔柱的源区物质向上注入并快速喷发所形成。推测在新特提斯大洋向北消减以及大陆碰撞这一重大事件中,

不但在冈底斯地区引发了岛弧杂岩带上的区域性岩浆喷发, 而且有可能引起羌塘板内软流圈的热扰动, 为熔体的喷发提供了通道。

邓万明在研究羌塘地区相似于洋岛玄武岩的新生代钠质基性火山岩时认为, 可能在古近纪, 青藏高原上还未形成一定厚度的壳-幔过渡带, 同时说明熔体自源区分离经较短的结晶作用后喷出地表, 因此与大陆地壳之间未发生明显同化作用, 其成因可能与大陆板内地幔柱有关^[9]。罗照华等在研究青藏高原北缘新生代幔源岩浆活动时认为, 在南北向挤压的总体构造体制内软流圈的向上抬升伴随着岩石圈各个界面的相对抬升, 下地壳流动以及莫霍面变浅, 软流圈的减压融是可能的。因此, 青藏高原北缘新生代幔源岩浆活动主要归因于软流圈的减压熔融^[10]。

所以, 雀莫错—波尔藏陇巴一带的基性超基性岩群可能是始新世造山运动后, 青藏高原近南北向

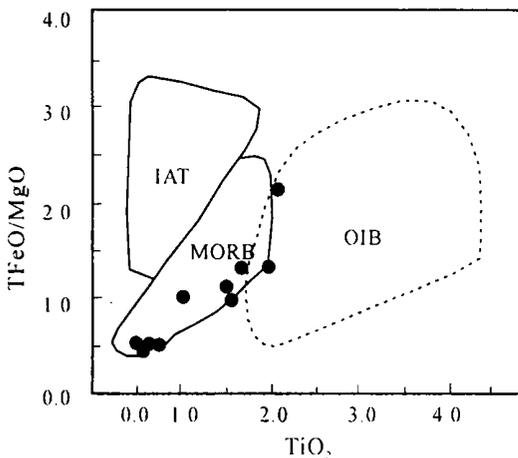


图 5 $\text{TiO}_2\text{-TFeO}/\text{MgO}$ 图解^[4,5]

MORB. 洋中脊玄武岩; IAT. 岛弧拉斑玄武岩; OIB. 洋岛玄武岩
 Fig. 5 $\text{TiO}_2\text{-TFeO}/\text{MgO}$ diagram (after Miyashiro 1974; 1975)
 MORB= mid-oceanic ridge basalt; IAT= island arc tholeiite; OIB= oceanic island basalt

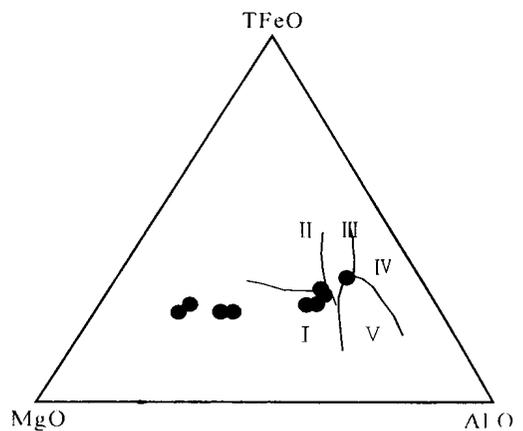


图 6 $\text{TFeO-MgO-Al}_2\text{O}_3$ 图解^[6]

I. 洋中脊及洋底; II. 大洋岛屿; III. 大陆板块内部; IV. 扩张中心岛
 屿(冰岛); V. 造山带
 Fig. 6 $\text{TFeO-MgO-Al}_2\text{O}_3$ diagram (after Pearce et al., 1977)
 I = mid-oceanic ridge and oceanic floor; II = oceanic island; III = within plate; IV = spreading center (Iceland); V = orogenic belt

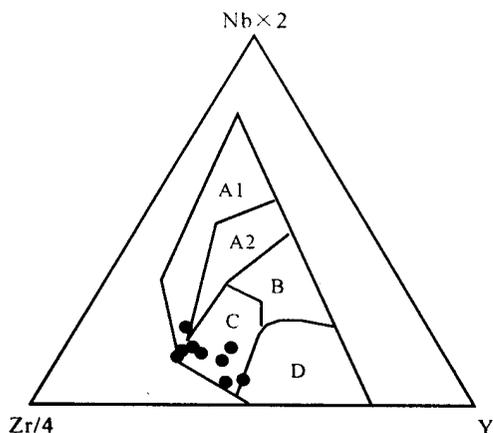


图7 Nb×2-Zr/4-Y图解^[6]

A1和A2. 板内碱性玄武岩; A2和C. 板内拉斑玄武岩; B. P-MORB; D. N-MORB; C和D. 火山弧玄武岩

Fig. 7 Nb×2-Zr/4-Y diagram (after Pearce et al., 1977)

A1 and A2= intraplate alkaline basalt; A2 and C= intraplate tholeiite; B= P-mid-oceanic ridge basalt; D= N-mid-oceanic ridge basalt; C and D= volcanic arc basalt

的挤压运动已转换为近东西向的走滑运动, 应力得以释放。除了区域上近南北向的伸展构造, 在走滑断裂的两侧还产生一系列拉张构造, 应力环境已转变为张性为主^[11], 这时地幔物质上涌, 产生具有大洋特点的拉斑玄武质系列岩浆, 沿构造薄弱带上涌浸位。

本文承蒙李志昌研究员审阅并提出了宝贵意见, 在此表示感谢。参加野外工作的还有王建雄、卜建军、甘金木、魏君奇、曾波夫、朱应华和段万军等。

The ultrabasic and basic rocks and their tectonic settings in the Qoimaco region, Qiangtang on the Qinghai-Xizang Plateau

LI Li, BAI Yun-shan, NIU Zhi-jun, YAO Hua-zhou, DUAN Qi-fa

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China)

Abstract: The ultrabasic and basic rocks widespread in the Qoimaco region, Qiangtang on the Qinghai-Xizang Plateau are dominated by the clinopyroxene peridotite-olivine gabbro-gabbro-diabase associations. Petrochemically, the olivine gabbro is characterized by lower SiO₂, K₂O, Na₂O, TiO₂ and P₂O₅, while the gabbro and diabase by higher Na₂O and TiO₂. On the whole, these associations of Himalayan in age display the features of higher MgO, Na₂O > K₂O, lower ΣREE, Sr and Ta. Moreover the accessory minerals are rich in magnetite. The olivine gabbro may be assigned to the oceanic tholeiite series, while the gabbro and diabase to the alkaline series. The tectonic settings of the ultrabasic and basic rocks in the Qoimaco region are the same as the mid-oceanic ridge basalts.

Key words: Qoimaco; ultrabasic and basic rocks; Qinghai-Xizang Plateau

参考文献:

- [1] KUSHIRO I. Fractional crystallization of basaltic magma [A]. Yoder H S JR. The Evolution of the Igneous Rocks [C]. Princeton: Princeton University Press, 1979. 171-203.
- [2] HART S R, ERLANK A J, KABLE E J D. Sea floor basalt alteration: some chemical and Sr isotopic effects [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1974, 44(3): 219-230.
- [3] VOLPE A M, MACDOUGALL J D, HANKINS J W. Lau Basin basalts (LBB): trace element and Sr-Nd isotopic evidence for heterogeneity in backarc basin mantle [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1988, 90(2): 174-186.
- [4] MIYASHIRO A. Volcanic rocks in island arcs and active continental margins [J]. American Journal of Science, 1974, 273(4): 274-275.
- [5] MIYASHIRO A. Classification, characteristics and origin of ophiolites [J]. The Journal of Geology, 1975, 83(3): 249-281.
- [6] PEARCE T H et al. The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1977, 36(1): 121-132.
- [7] PEARCE J A, CANN J R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1973, 19(2): 290-300.
- [9] 邓万明. 西羌塘第三纪钠质碱性火山岩的地球化学特征及成因探讨 [J]. 中国科学(D辑), 2001, 31(增刊): 43-54.
- [10] 罗照华, 肖序常, 曹永清, 等. 青藏高原北缘新生代幔源岩浆活动及构造运动性质 [J]. 中国科学(D辑), 2001, 31(增刊): 8-13.
- [11] 郑祥身, 边千韬, 郑健康. 青海可可西里地区新生代火山岩研究 [J]. 岩石学报, 1996, 12(4): 530-545.