

文章编号: 1009-3850(2003)01-0016-11

# 藏南岗巴-定日地区花岗岩单元特征及构造环境

邹光富<sup>1,2</sup>, 朱同兴<sup>1</sup>, 冯心涛<sup>1</sup>, 李建忠<sup>1</sup>, 贾保江<sup>1</sup>, 周铭魁<sup>1</sup>

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2. 成都理工大学, 四川 成都 610059)

摘要: 岗巴-定日地区花岗岩属藏南拉轨岗日构造岩浆带的组成部分, 岩石类型主要为似斑状二云母二长花岗岩、黑云母二长花岗岩、二长花岗岩、片麻状二云母二长花岗岩。通过 1:25 万区域地质填图, 按照同源岩浆演化序列的观点, 根据岩石学、岩石化学及地球化学、接触关系等特征, 将该区花岗岩划分为 5 个单元, 归并为 1 个超单元——佩古错超单元。研究表明, 该超单元为 S 型花岗岩, 在岩石学、岩石化学及地球化学组成上具有明显的同源岩浆演化特征, 为形成于被动大陆边缘同碰撞构造环境的花岗岩。

关键词: 花岗岩; 构造环境; 西藏南部

中图分类号: P588.12<sup>+1</sup>

文献标识码: A

## 1 区域地质概况

研究区位于西藏南部定日县、聂拉木县、吉隆县境内岗巴-定日断裂北侧, 大地构造位置属冈瓦纳大陆被动大陆边缘拉轨岗日构造带中段<sup>[1]</sup>, 其构造岩浆活动频繁, 地质构造复杂而独特, 历来受到中外地质学家们的关注。该区出露地层有上侏罗统维美组和中下白垩统甲不拉组。区内出露中酸性侵入岩岩石类型有片麻状中粗粒二云母二长花岗岩、中粒黑云母二长花岗岩、中细粒似斑状中粒二长花岗岩、中细粒似斑状二云母二长花岗岩和细粒似斑状二云母二长花岗岩。花岗岩岩体侵入时期为喜马拉雅期, 花岗岩与围岩呈侵入接触关系; 部分地段受断层作用而与围岩呈断层接触关系; 在区域上花岗岩岩体多呈近东西向的带状岩基、岩株分布(图 1)。笔者在 1:25 万区域地质填图的基础上, 按照同源岩浆演化序列的观点, 对该区花岗岩进行了比较详细的研究, 划分了单元和超单元, 探讨了花岗岩形成的构造环境。

## 2 花岗岩单元、超单元填图方法的应用和填图单位的建立

(1) 岩石类型划分采用国际地科联推荐的分类方案(1989)<sup>[2]</sup>; 岩石命名采用“结构+暗色矿物(标志矿物)+基本名称。”

(2) 岩石谱系单位采用“单元+超单元”两级体制, 其中单元为最基本的岩石谱系单位, 单元的填图实体为侵入体, 也是填图基本单位<sup>[2]</sup>。

(3) 单元的归并及超单元的建立, 主要依据各单元的空间上的紧密伴生, 时间上的紧密相关; 在结构和成分上具有亲缘性、继承性及演化关系<sup>[3]</sup>。

(4) 根据上述原理和方法, 将研究区出露的不同类型侵入岩解体为 17 个侵入体, 建立 5 个单元, 归并为 1 个超单元, 即布扎(EB)、曲布桑(EQ)、娄无拉(EL)、节金浦(EJ)、扎日诗种(EZ) 5 个岩石单元, 归并为佩古错超单元(表 1)。

## 3 花岗岩单元地质特征与岩石学特征

### 3.1 布扎单元

收稿日期: 2003-02-20

第一作者简介: 邹光富, 1963 年生, 男, 副研究员, 在职博士研究生, 区域地质与地层古生物学专业。

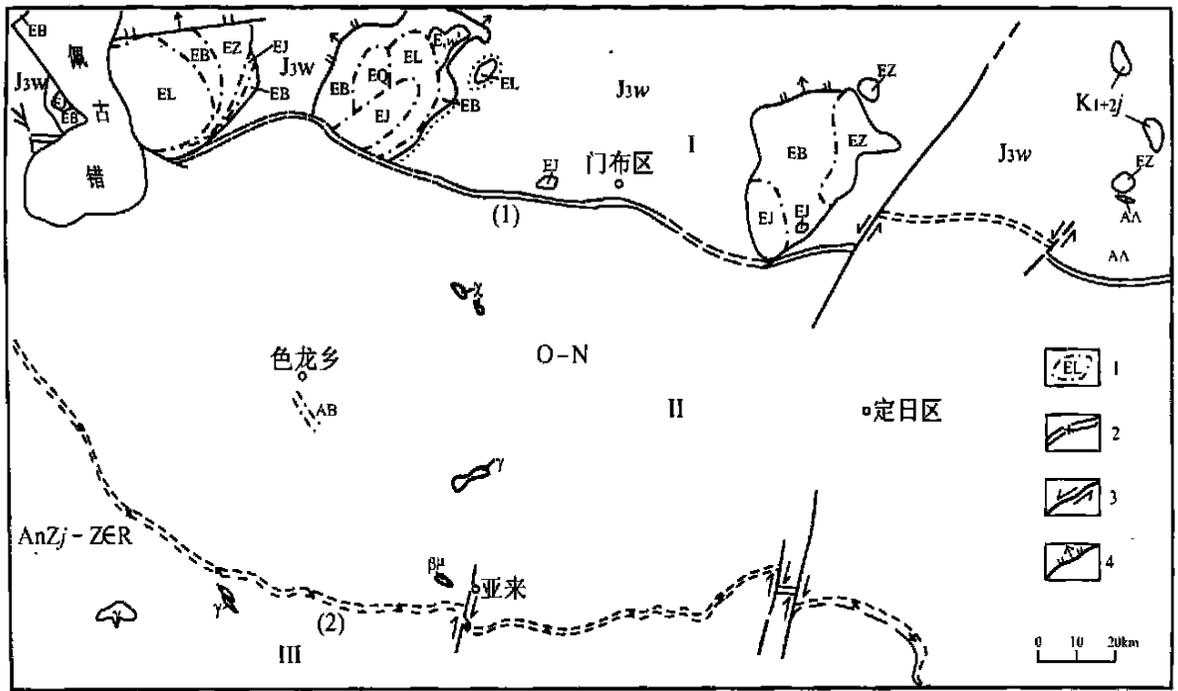


图1 岗巴-定日地区花岗岩单元分布略图

$K_{1+2j}$ . 中下白垩统甲不拉组;  $J_3w$ . 上侏罗统维美组; O-N. 奥陶系-新近系地层;  $AnZj-Z\epsilon R$ . 前震旦系江东岩组-震旦-寒武系肉切村群。EZ. 扎日诗种单元; EJ. 节金浦单元; EL. 娄无拉单元; EQ. 曲布桑单元; EB. 布扎单元; AB. 蚀变基性火山岩; AA. 蚀变中酸性火山岩;  $\lambda$ . 煌斑岩脉;  $\gamma$ . 花岗岩;  $\beta\mu$ . 辉绿岩脉。1. 花岗岩单元界线; 2. 构造岩浆岩带分界断裂; 3. 平移走滑断层; 4. 滑脱断层。(1) 岗巴-定日断层; (2) 藏南拆离断层。I. 拉轨岗日构造岩浆带; II. 北喜马拉雅构造岩浆带; III. 高喜马拉雅构造岩浆带

Fig. 1 Distribution of the granite units in the Gamba-Tingri zone

$K_{1+2j}$  = Middle-Lower Cretaceous Jiapula Formation;  $J_3w$  = Upper Jurassic Weimei Formation; O-N = Ordovician-Neogene;  $AnZj-Z\epsilon R$  = pre-Sinian Jiangdong Lithodeme-Sinian-Cambrian Roujiecun Group; EZ = Zhanishizhong unit; EJ = Jiejinpu unit; EL = Louwula unit; EQ = Qubusang unit; EB = Buzha unit; AB = altered basic volcanic rocks; AA = altered moderate-acidic volcanic rocks;  $\lambda$  = lamprophyre veins;  $\gamma$  = granites;  $\beta\mu$  = diabase veins. 1 = granite unit boundary; 2 = bounding fault of tectonic-magmatic rock belts; 3 = strike-slip fault; 4 = decollement fault. (1) = Gamba-Tingri fault; (2) = Southern Xizang detachment fault. I = Lhaogoi Kangri tectonic-magmatic belt; II = Northern Himalayan tectonic-magmatic belt; III = Higher Himalayan tectonic-magmatic belt

1. 地质特征

该单元分布于布扎、那姆曲肯、穷嘎布、茶尔等地, 由4个侵入体组成, 出露面积 281km<sup>2</sup>, 在平面上呈长条状、环带状和不规则状。侵入地层为上侏罗统维美组灰色页岩、粉砂岩夹灰岩, 围岩见角岩化, 与曲布桑单元、娄无拉单元、节金浦单元、扎日诗种单元为脉动接触(图2)。

2. 岩石学特征

该单元为浅灰色片麻状中粗粒二云母二长花岗岩。岩石具中粗粒花岗结构、似斑状结构、块状构造, 镜下鉴定为碎裂结构、交代结构、片麻状构造。岩石中矿物成分主要有石英(35%)、中长石(30%)、正长石(28%), 其次为黑云母(3%)、白云母(3%), 以及少量的磷灰石(<1%)、锆石(1%)等。岩石中

斜长石呈自形宽板状外形, 聚片双晶不太发育; 环带构造十分发育, 绢云母比较微弱; 正长石呈半自形宽板状外形, 卡斯双晶不太发育; 钠长石显微嵌晶较发育, 泥化较轻微, 与斜长石接触处, 在斜长石一侧发育蠕英嵌晶和净边结构。黑云母呈半自形板状外形, 颜色为褐色, 多色性吸收性强,  $N_g = Nm$ , 呈黄褐色,  $N_p$ 呈浅黄色, 蚀变不明显。石英呈它形粒状或呈聚晶状, 分布在长石和暗色矿物间隙中, 波状消光较为显著。变形条带较发育, 变形纹不太明显。矿物粒度为1.25~3.14mm, 岩石受应力作用后产生矿物粒间碎粒化, 碎粒基质绕残晶分布, 黑云母则绕残晶大体沿一个方向定向相间分布, 形成似片麻状构造。石英和白云母沿粒间及碎裂带交代蚕食长石、黑云母, 部分黑云母分布在白云母中成为残留体, 部

表 1 拉轨岗日构造岩浆带单元、超单元划分简表

Table 1 Classification of units and supraunit in the Lhagoi Kangri tectonic-magmatic belt

超单元	单元	代号	侵入体名称	岩性	接触关系	同位素年龄与时代
佩古错超单元	扎日诗种单元	EZ	扎日诗种	细粒似斑状 二云母二长花岗岩	侵入于维美组	$\gamma_6^1$
			啦真登			$\gamma_6^1$
			各果拉面			12.7Ma $\gamma_6^1$
	节金浦单元	EJ	浪勒弄	中细粒似斑状 二云母二长花岗岩	侵入于维美组	34Ma * $\gamma_6^1$
			绒郎			$\gamma_6^1$
			节金浦			$\gamma_6^1$
			沙拉			$\gamma_6^1$
			阿孟日			$\gamma_6^1$
			龙布			$\gamma_6^1$
	娄无拉单元	EL	娄无拉	中细粒似斑状 二长花岗岩	侵入于维美组	$\gamma_6^1$
			普布旺觉			$\gamma_6^1$
			孜模弄			$\gamma_6^1$
	曲布桑单元	EQ	曲木桑	中粒黑云二长花岗岩		$\gamma_6^1$
	布扎单元	EB	布扎	片麻状中粗粒 二云母二长花岗岩	侵入于维美组	$\gamma_6^1$
			那姆曲肯			$\gamma_6^1$
穷嘎布			$\gamma_6^1$			
茶尔			34Ma $\gamma_6^1$			

注: \*引自中国科学院珠峰科考报告(1975)资料。

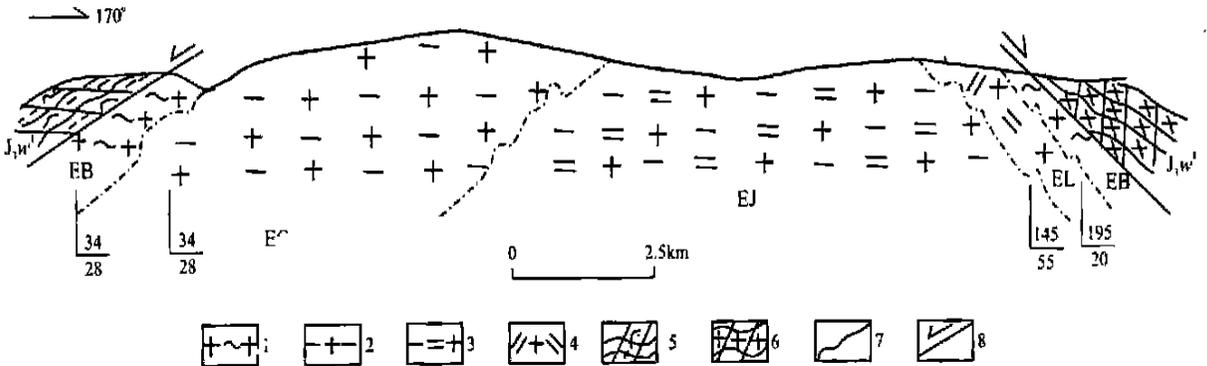


图 2 吉隆县优拉—聂拉木县门布区抢纳曲布桑复式岩体剖面图

EB-布扎单元; EQ-曲布桑单元; EL-娄无拉单元; EJ-节金浦单元。1. 片麻状中粗粒二云母二长花岗岩; 2. 中粒黑云母二长花岗岩; 3. 中细粒似斑状二云母二长花岗岩; 4. 中细粒似斑状二长花岗岩; 5. 堇青石黑云母角岩; 6. 红柱石角岩; 7. 脉动接触界线; 8. 滑脱断层

Fig. 2 Geological section of the Qubusang composite massif from Youla in Gyirong to Mainpu in Nyalam

EB=Buzha unit; EQ=Qubusang unit; EL=Louwula unit; EJ=Jiejinpui unit. 1=gneissoid medium- to coarse-grained two-mica monzonitic granites; 2= medium-grained biotite monzonitic granites; 3= medium- to fine-grained porphyroid two-mica monzonitic granites; 4= medium- to fine-grained porphyroid monzonitic granites; 5= cordierite-biotite-hornfels; 6= andalusite-hornfels; 7= pulsation boundary; 8= decollement fault

分斜长石和正长石在石英中成为孤岛状残留体,其接触处多为齿状港湾状,岩石中具有石英和白云母交代岩石,表明岩石受高温热液作用而产生云英岩化。岩石经 Q-A-P 三角图解投影落入“3b”区内(图 3)。

### 3.2 曲布桑单元

#### 1. 地质特征

该单元分布于研究区佩枯错北东曲布桑一带,

由 1 个侵入体构成,面积约 39km<sup>2</sup>,在平面上呈不规则椭圆状,侵入于布扎单元中,与布扎单元、娄无拉单元、节金浦单元为脉动接触(图 2)。

#### 2. 岩石学特征

该单元为浅灰色中粒状黑云母二长花岗岩。岩石具中粒花岗结构、块状构造,镜下鉴定为残余花岗结构、交代结构。岩石中矿物成分主要有石英(37%)、中长石(30%)、正长石(25%),次要成分有

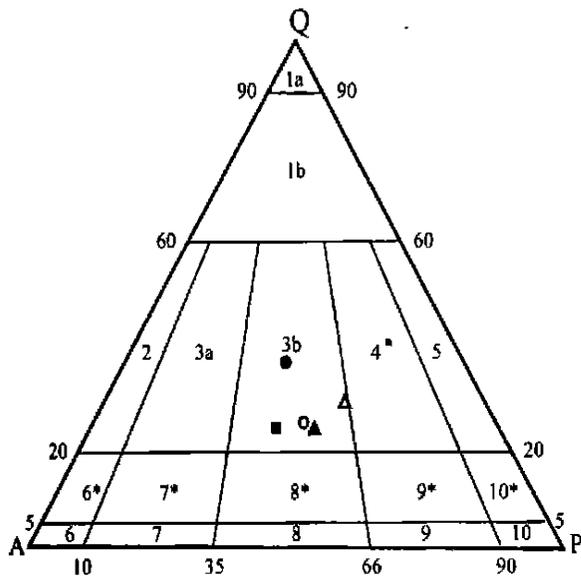


图3 花岗岩单元岩石类型的分类图解(据 Streckisen, 1973, Le Maitre 等, 1989)

● 布扎单元; △ 曲布桑单元; ▲ 娄无拉单元; ■ 节金浦单元; ○ 扎日诗种单元

Fig. 3 Triangular diagram of the rock types in the granite units (after Streckisen, 1973; Le Maitre et al., 1989)

● = Buzha unit; △ = Qubusang unit; ▲ = Louwula unit; ■ = Jiejinpū unit; ○ = Zharishizhong unit

黑云母(5%)以及少量磷灰石( $<1\%$ )、锆石( $<1\%$ )、金属矿物( $<1\%$ )等。岩石中斜长石呈自形宽板状外形,聚片双晶不太发育,环带构造较发育,部分斜长石沿(010)或(001)解理被正长石交代,无明显蚀变。正长石呈自形至半自形板状外形,无钠长石条纹嵌晶,泥化不明显,与斜长石接触处在斜长石一侧形成蠕英嵌晶。黑云母呈假六方自形板状外形,颜色为黄褐色,多色性和吸收性强,  $N_g=N_m$ , 呈黄褐色,  $N_p$ 呈浅黄色,含磷灰石、锆石包体。石英呈它形聚晶状分布在长石和黑云母粒间,矿物粒度一般为2~3.14mm。锆石呈自形长柱状双锥体,无明显蜕变,粒度为0.026~0.061mm。岩石受后期热液交代作用较为强烈,较多的石英沿裂隙和矿物粒间交代长石、黑云母;较多的白云母沿裂隙和矿物粒间交代长石、黑云母,岩石产生较强的云英岩化作用,形成残余花岗岩结构。岩石经Q-A-P三角图解投影落入“3b”区内(图3)。

### 3.3 娄无拉单元

#### 1. 地质特征

该单元分布于孜模弄、普布旺觉和娄无拉等地,由3个侵入体组成,出露面积为210km<sup>2</sup>。在平面上

呈不规则椭圆形,侵入于上侏罗统维美组灰色页岩、粉砂岩夹灰岩中,围岩发育角岩化等接触交代热液蚀变现象,与布扎单元、曲布桑单元为脉动接触(图2)。

#### 2. 岩石学特征

该单元为浅灰色中细粒似斑状二长花岗岩,具中细粒花岗结构、似斑状结构和块状结构。岩石中矿物成分主要有石英(30%)、中长石(35%)、正长石(25%)、黑云母(9%),以及少量的磷灰石( $<1\%$ )。岩石斑状结构中的斑晶由正长石和斜长石组成。正长石斑晶呈自形长板状外形,具卡斯双晶;钠长石显微条纹嵌晶较明显,泥化轻微,常包含或嵌入在斜长石中。黑云母呈自形板状晶形,测得 $(- )2V=48^{\circ} \sim 62^{\circ}$ 。斜长石斑晶呈自形宽板状外形,聚片又晶较为发育,环带构造十分发育,与钾长石接触处,在斜长石一侧发育蠕英嵌晶,蚀变不明显,用上(010)切面的最大消光角法测得 $NP(010)=13^{\circ}$ ,斜长石An为42号斜长石。黑云母呈假六方自形板状晶形,颜色为黄褐色,  $N_g=N_m$ , 呈黄褐色,  $N_p$ 呈淡黄色,含磷灰石、锆石包体,被白云母交代蚕食。岩石基质中的斜长石呈自形板状外形,聚片双晶发育,环带构造不太发育,蚀变不明显,正长石呈半自形至它形板状;钠长石显微条纹嵌晶不明显,蚀变较轻微,石英呈它形聚集、晶状分布在长石和黑云母粒间。矿物粒度为0.62~1.70mm,斑晶粒度为0.84mm×1.16mm~1.10mm×3.9mm。锆石呈自形长柱状双锥体,粒度为0.017~0.035mm。岩石发育一组裂纹,沿裂隙有白云母显微鳞片集合体不均匀充填,并交代长石和黑云母。夕线石呈针柱状,毛发状集合体沿裂隙和两侧不均匀分布。岩石经Q-A-P三角图解投影落入“3b”区内(图3)。

### 3.4 节金浦单元

#### 1. 地质特征

该单元分布于龙布、阿孟日、沙拉、节金浦、浪勒弄等地,由6个侵入体组成,出露面积为109km<sup>2</sup>,在平面上呈椭圆状、长条状。侵入地层为上侏罗统维美组灰色页岩、粉砂岩夹灰岩,发育角岩化接触交代热蚀变带,与布扎单元、曲布桑单元、娄无拉单元为脉动接触(图2,图4)。

#### 2. 岩石学特征

该单元为浅灰色中细粒似斑状二云母二长花岗岩,具似斑状结构、中细粒花岗结构、块状构造。镜下鉴定为变余斑状结构。岩石中矿物成分主要有石英(23%)、正长石(31%)、斜长石(33%)、白云母

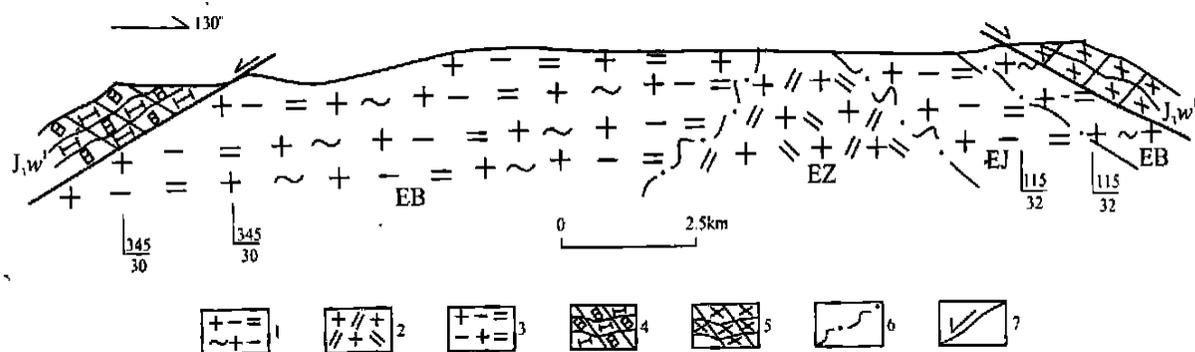


图4 聂拉木县佩枯错东茶尔复式岩体剖面图

EB. 布扎单元; EJ. 节金浦单元; EZ. 扎日诗种单元。1. 片麻状中粗粒二云母二长花岗岩; 2. 细粒似斑状二云母二长花岗岩; 3. 中细粒似斑状二云母二长花岗岩; 4. 方柱石透辉石角岩; 5. 红柱石角岩; 6. 脉动接触界线; 7. 滑脱断层

Fig. 4 Geological section of the Cha'er composite massif in eastern Paikuo, Nyalam

EB=Buzha unit; EJ=Jiejinpū unit; EZ=Zhaishizhong unit. 1=gneissoid medium- to coarse-grained two-mica monzonitic granites; 2=fine-grained porphyroid two-mica monzonitic granites; 3=medium- to fine-grained porphyroid two-mica monzonitic granites; 4=scapolite-malacolite-hornfels; 5=andalusite-hornfels; 6=pulsation boundary; 7=decollement fault

(9%)、黑云母(5%),以及少量的磷灰石( $<1\%$ )、锆石( $<1\%$ )和金属矿物( $<1\%$ )。岩石中石英斑晶呈自形柱粒状外形,裂纹发育,无明显波状消光,部分石英具熔蚀状外形,使其成为浑圆状和港湾状外形。斜长石斑晶呈自形宽板状外形,大部分斜长石强烈绢云母化,未蚀变者较少,聚片双晶较发育,环带构造十分明显,用以上(010)切面最大消光角法测得 $NP(010) = 13^\circ$ ,斜长石为An40号中长石。正长石斑晶呈自形宽板状外形,蚀变较轻微,泥化较为明显,在正长石斑晶中包含有较多的斜长石自形颗粒,测得正长石的 $(-)2V = 51^\circ \sim 59^\circ$ 。黑云母呈自形假六方板状,几乎全部变成白云母,并析出较多金属矿物,并为褐铁矿浸染;部分未被白云母取代的黑云母,也已经退色。白云母呈假六方板状外形, $N_g = N_m > N_p$ 。岩石基质中的斜长石大部分已蚀变成绢云母集合体,只保留了不规则假相外形,正长石呈半自形至他形显微粒状,泥化较为显著。基质中石英呈较自形的等轴粒状,石英较长石自形,成为变余粒晶结构。黑云母和白云母的特征与斑晶中的黑云母和白云母相似。锆石呈自形长柱状双锥,粒度 $0.012 \sim 0.035\text{mm}$ ,磷灰石呈自形柱粒状,金属矿物呈不规则微粒与锆石和磷灰石一起零星分布在岩石基质中。岩石经Q-A-P图解投影落入“3b”区内(图3)。

### 3.5 扎日诗种单元

#### 1. 地质特征

该单元分布于研究区各果拉西、啦真登和扎日

诗种等地,由3个侵入体组成,出露面积 $104\text{km}^2$ ,在平面上呈椭圆状、不规则长条状。侵入地层为晚侏罗世维美组灰色页岩、粉砂岩夹灰岩,发育角岩化蚀变带,与布扎单元、曲布桑单元、节金浦单元、娄无拉单元呈脉动接触(图4)。

#### 2. 岩石学特征

该单元为浅灰色细粒斑状二云母二长花岗岩,具花岗结构、斑状结构、块状构造。岩石中矿物主要成分有石英(23%)、中长石(37%)、正长石(30%)、黑云母(4%)、白云母(6%)以及少量的磷灰石( $<1\%$ )、锆石( $<1\%$ )等。岩石具斑状结构,斑晶由斜长石和正长石组成,岩石中斜长石呈自形宽板状外形,聚片双晶较发育,环带构造也很发育,无明显蚀变,用上(010)切面最大消光角法测得 $NP(010) = 13^\circ$ ,斜长石牌号为An42号中长石。正长石呈自形长板状外形,卡斯双晶发育;钠长石显微条纹,嵌晶不太发育,泥化较轻微。正长石斑晶中包含或嵌入有一些自形板状中长石及少量黑云母和斜长石接触处,在斜长石一侧常形成蠕英嵌晶,测得 $(-)2V = 51^\circ \sim 62^\circ$ 。岩石基质中的斜长石呈自形板状外形,聚片双晶较发育,环带构造十分发育,无明显蚀变。正长石呈半自形至它形板状,卡斯双晶和钠长石显微条纹嵌晶均不发育,两种长石的其他特征与斑晶相似,黑云母呈假六方自形板状外形颜色呈黄褐色,多色性和吸收极强, $N_g = N_m$ 呈黄褐色, $NP$ 呈浅黄色。白云母呈假六方自形板状, $N_g = N_m > N_p$ 。无色,无明显蚀变。石英呈它形聚晶分布在长石和云

母粒间,波状消光,不强烈。锆石呈自形柱状锥体,粒度为0.028~0.071mm。岩石中斑晶粒度为3.22mm×1.92mm~5.46mm×3.08mm,基质粒度为10.75~2mm。岩石经Q-A-P图解投影落入“3b”区内(图3)。

## 4 岩石化学特征

佩枯错超单元各单元岩石化学特征及CIPW标准矿物见表2、表3。岩石的SiO<sub>2</sub>含量为71.40%~73.60%,比黎彤中国花岗岩平均值(71.27%)略高,属酸性花岗岩类。在CIPW标准矿物中,石英含量较高(16.22%~30.94%),为SiO<sub>2</sub>过饱和和岩石类型;Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为14.31%~15.22%,平均为14.84%,比中国花岗岩平均值(14.25%)高。在CIPW标准矿物含量上均出现刚玉矿物,表明Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>在配分给铝硅酸盐矿物之后,还有剩余,并且Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>CaO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O(分子数),因此,该超单元岩石为铝过饱和类型。

各单元在硅-碱图(图5)中,属钙碱系列;里特曼指数( $\delta$ )介于1.72与2.39之间,亦属于钙碱性。CIPW标准矿物组合类型为Q+ap+it+mt+or+ab+an+c+hy;固结指数(SI)为4.05~7.60,分异指数(DI)为73.85~89.47,表明岩浆分异作用比较彻底。

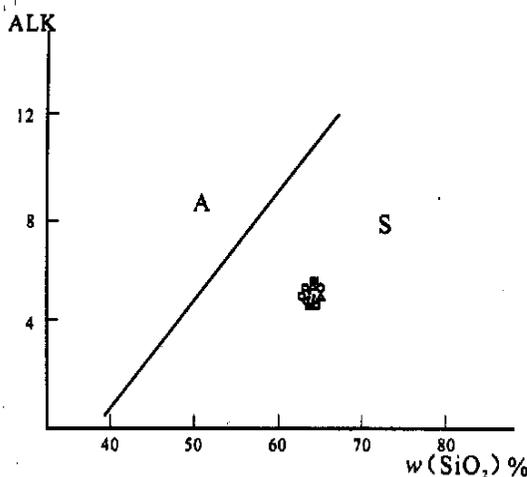


图5 佩枯错超单元花岗岩硅-碱图

A. 碱性系列; B. 钙碱性系列。● 布扎单元; △ 曲布桑单元; □ 娄无拉单元; ○ 节金浦单元; ■ 扎日诗单元

Fig. 5 SiO<sub>2</sub> versus alkali plot of the granites from the Paikuo supraunit

A. Alkaline series; S. Calc-alkaline series. ● = Buzha unit; △ = Qubusang unit; □ = Louwula unit; ○ = Jiejinpum unit; ■ = Zhanishizhong unit

综上所述,该超单元岩石为铝过饱和和钙碱性花岗岩类。

## 5 地球化学特征

### 5.1 稀土元素特征

从佩枯错超单元稀土含量(表4)和稀土配分模式(图6)中可见,佩枯错超单元各单元花岗岩稀土元素具有如下特点:

(1) 超单元样品的稀土总量 $\sum \text{REE}$ 平均值为(98.01~116.72)×10<sup>-6</sup>。多数样品的 $\delta_{\text{Eu}}$ 、 $\delta_{\text{Ce}}$ 、(La/Yb)<sub>N</sub>、(La/Sm)<sub>N</sub>、 $\sum \text{LREE}/\sum \text{HREE}$ 值差别较小,反映各单元岩性具有同一性,有相同的岩浆源(母岩)。

(2) 各单元样品的 $\delta_{\text{Eu}}$ 为0.11~0.27,均小于1,并且 $\delta_{\text{Eu}}$ 变化小,说明Eu异常不明显。岩石的(La/Yb)<sub>N</sub>为6.30~18.26, (La/Sm)<sub>N</sub>为2.62~3.40,  $\sum \text{LREE}/\sum \text{HREE}$ 为2.41~4.66,稀土分配模式图向右倾斜,轻稀土富集, Eu略有亏损, Eu处低谷明显,显示轻稀土分馏明显,重稀土分馏不太明显。

### 5.2 微量元素特征

佩枯错超单元微量元素含量见表5。

各单元微量元素丰度与维诺格拉多夫酸性岩平均值(1962)相比, Li、Rb、Bi明显高于维氏值,其中, w(Li)为(71.9~143.9)×10<sup>-6</sup>, w(Bi)为(0.16~3.5)×10<sup>-6</sup>, 分别比维氏值高1.8~3.6倍和10~350倍, w(F)多数比维氏值高, w(Ta)相对于维氏值有高低。其余的微量元素丰度值均低于维氏值。此外,该超单元中,从早期(布扎)单元—晚期(扎日诗种)单元(EB—EZ), Rb、F、Bi等元素含量具有递增的趋势。

## 6 岩石成因及构造环境分析

岩石化学研究表明,佩枯错超单元岩浆为钙碱性岩浆,在ACF图解中(图7),各单元投点落在S型花岗岩区,表明岩石成因类型为S型花岗岩类,为产于大陆碰撞带的花岗岩<sup>[9]</sup>。在La/Sm-La关系图上,岩石投点靠近结晶分离线而远离部分熔融线,显示岩浆作用以结晶分离为主。在Hf-Ta关系图上,其成份趋势线斜率在0和1之间,表明岩浆具强烈的分离结晶作用,并发生过比较强烈的混染作用。因此,超单元物质来源于地壳熔融,形成钙碱性岩浆,上侵地壳浅部,经岩浆结晶分离作用而成岩。

综上所述,并结合区域地质特征,该超单元该超单元岩石在花岗岩类R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub>图解(图8)中,其成分

表 2 佩枯错超单元各单元岩石化学成分含量 (w<sub>B</sub>/%)  
Table 2 Chemical compositions of the granites from individual units in the Paikuo supracrust (w<sub>B</sub>/%)

单元名称	样品序号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	烧失量	总量
扎日诗种	1	72.16	0.23	14.96	0.22	1.14	4.11	3.69	1.29	0.64	0.146	0.031	1.01	99.63
	2	71.84	0.221	15.22	0.22	1.06	3.96	3.85	1.26	0.60	0.165	0.030	0.90	99.33
	3	72.06	0.257	15.10	0.41	1.12	4.14	3.76	1.32	0.66	0.158	0.032	0.92	99.94
	4	71.40	0.315	14.99	0.37	1.34	3.85	3.85	1.51	0.85	0.132	0.030	0.85	99.49
节金浦	5	72.06	0.292	14.83	0.13	1.34	4.08	3.87	1.39	0.70	0.119	0.030	0.85	99.69
	6	73.06	0.193	14.31	0.63	0.61	3.71	3.55	1.44	0.63	0.109	0.026	0.91	99.72
	7	72.36	0.176	14.83	0.60	0.82	4.07	3.95	0.87	0.61	0.109	0.013	1.53	99.94
姜无拉	8	72.94	0.110	14.70	0.36	0.63	3.90	4.34	1.09	0.39	0.144	0.039	0.89	99.53
	9	73.02	0.154	14.92	0.31	0.81	4.11	4.20	1.14	0.52	0.124	0.043	0.75	100.10
	10	71.66	0.343	14.97	0.16	16.90	3.76	3.67	1.42	0.84	0.122	0.040	0.85	99.52
	11	71.60	0.319	14.99	0.55	1.20	3.89	3.72	1.29	0.77	0.144	0.037	1.01	99.52
曲布桑	12	72.36	0.196	14.89	0.15	0.97	4.15	4.23	1.40	0.61	0.099	0.027	0.79	99.87
	13	72.06	0.295	14.83	0.59	1.12	4.12	3.81	1.42	0.73	0.144	0.034	0.78	99.93
布扎	14	72.38	0.278	14.84	0.17	1.25	3.94	3.80	1.47	0.69	0.107	0.026	1.04	99.99

表 3 佩枯错超单元各单元特征参数和标准矿物表

Table 3 Characteristic parameters and normative compositions of the granites from individual units in the Paikuo supracrust

样品序号	CIPW 标准矿物含量/%											Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O (分子数)	DI	A CNK			
	ap	it	mt	or	ab	an	am	c	en	fs	q				An	δ	SI
1	0.31	0.46	0.23	24.29	31.45	5.57	2.35	1.6	1.58	30.58	14.29	2.09	6.53	2.85	7.80	86.53	1.27
2	0.31	0.69	0.23	23.37	33.51	5.57	2.45	1.5	1.45	30.40	13.89	2.12	6.19	2.80	7.81	86.28	1.28
3	0.31	0.92	0.69	24.49	31.99	5.56	2.35	2.0	1.01	30.16	14.08	2.15	6.54	2.85	7.90	86.64	1.26
4	0.31	0.92	0.69	22.26	6.68	2.15	2.10	1.45	29.86	16.22	16.22	2.09	8.28	2.75	7.70	84.63	1.27
5	0.31	0.46	0.23	24.48	32.51	6.13	1.74	1.7	1.85	28.36	15.07	2.17	6.92	2.92	7.95	85.35	1.23
6	0.31	0.46	0.93	21.71	29.89	6.40	2.14	1.51	0.13	23.25	16.79	1.72	6.90	2.71	7.26	73.85	1.28
7	0.31	0.69	0.92	24.48	33.56	3.62	2.45	1.5	0.53	30.76	9.22	2.19	6.07	3.09	8.02	88.80	1.25
8	0.31	0.15	0.46	22.82	35.66	4.73	1.43	1.0	0.66	30.70	11.11	2.27	4.05	3.18	8.24	89.18	1.20
9	0.31	0.30	0.46	24.49	35.66	5.01	1.43	1.2	0.92	29.32	11.69	2.30	5.23	2.85	7.80	89.47	1.21
10	0.31	0.60	0.23	22.27	31.46	7.23	2.76	2.1	15.88	30.82	17.81	1.93	8.31	2.76	7.61	84.55	1.30
11	0.31	0.60	0.23	22.82	31.46	5.56	2.66	2.0	1.58	30.88	14.29	2.03	7.60	2.85	7.90	85.16	1.31
12	0.31	0.31	0.23	24.48	35.66	6.13	1.23	1.5	0.26	28.36	13.92	2.39	6.03	3.11	8.38	88.50	1.17
13	0.31	0.92	0.92	23.37	31.99	6.13	2.04	1.6	0.92	30.94	15.28	2.16	7.04	2.90	7.93	86.30	1.34
14	0.31	0.92	0.23	22.81	31.99	6.68	1.94	1.7	1.71	29.98	16.44	2.04	7.01	2.81	7.74	84.78	1.25

表4 佩枯错超单元各元素含量( $w_B/10^{-6}$ )及主要参数表  
Table 4 REE contents ( $w_B/10^{-6}$ ) and main parameters of the granites from individual units in the Paikuo supramunit

单元	样品序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	H	Er	Tm	Yb	Lu	Y	总量	(La/Sm) <sub>N</sub>	(La/Yb) <sub>N</sub>	$\frac{\sum LREE}{\sum HREE}$	$\delta_{Eu}$	$\delta_{Ce}$
扎日诗种	1	18.52	38.07	4.60	17.27	3.85	0.83	3.12	0.46	2.41	0.41	1.15	0.17	1.09	0.15	12.37	104.49	3.00	11.48	3.90	0.24	3.29
	2	19.59	41.00	5.08	17.85	3.71	0.92	3.12	0.44	2.10	0.34	0.94	0.14	0.90	0.13	13.41	109.67	3.30	14.70	4.10	0.27	3.32
	3	20.28	40.66	5.16	18.51	3.95	0.85	3.22	0.46	2.36	0.41	1.15	0.17	1.06	0.15	12.03	110.43	3.20	12.82	4.25	0.24	3.20
	4	25.06	50.36	6.31	22.87	4.84	0.88	3.94	0.54	2.74	0.46	1.26	0.18	1.13	0.16	13.28	134.02	3.30	14.96	4.66	0.20	3.21
节金铺	5	23.20	47.16	5.69	20.69	4.31	0.95	3.55	0.53	2.61	0.44	1.24	0.18	1.16	0.16	13.10	124.97	3.40	13.43	4.44	0.24	3.26
	6	19.82	41.77	5.24	18.56	3.99	0.76	3.14	0.43	2.01	0.32	0.84	0.12	0.73	0.10	9.71	107.54	3.10	18.26	5.18	0.11	3.33
	7	21.46	44.71	5.52	19.80	4.23	0.85	3.48	0.50	2.44	0.41	1.09	0.15	0.93	0.13	11.75	117.44	3.10	15.38	4.63	0.22	3.31
姜无拉	8	12.09	27.11	3.43	11.65	2.88	0.56	2.50	0.41	2.22	0.44	1.13	0.18	1.20	0.16	12.33	78.30	2.64	6.84	2.81	0.21	3.49
	9	10.94	23.05	2.84	10.23	2.63	0.55	2.42	0.41	2.15	0.43	1.09	0.17	1.16	0.16	11.84	70.80	2.62	6.30	2.46	0.22	3.35
	10	26.13	52.61	6.57	24.00	4.87	1.09	3.90	0.56	2.71	0.47	1.27	0.19	1.15	0.17	13.41	139.12	3.37	15.32	4.83	0.25	3.22
曲布桑	11	20.90	45.71	5.60	20.31	4.16	0.96	3.48	0.51	2.61	0.49	1.27	0.19	1.20	0.17	13.34	120.89	3.60	11.82	4.20	0.25	3.45
	12	17.42	36.75	4.32	15.66	3.34	0.85	2.85	0.43	2.17	0.38	1.07	0.16	1.01	0.14	11.46	98.01	3.29	11.71	3.98	0.27	3.38
布札	13	21.07	46.04	5.80	20.53	4.34	0.94	3.49	0.52	2.51	0.47	1.19	0.17	1.09	0.15	12.48	120.79	3.05	13.08	4.47	0.24	3.43
	14	19.43	43.12	5.32	18.98	3.99	0.87	3.37	0.48	2.38	0.40	1.12	0.16	1.00	0.14	12.02	112.78	3.06	13.06	4.35	0.24	3.47

表5 佩枯错超单元微量元素含量( $w_B/10^{-6}$ ) in the granites from the Paikuo supramunit  
Table 5 Trace element contents ( $w_B/10^{-6}$ ) in the granites from the Paikuo supramunit

单元	样品序号	岩性	Be	Li	Zr	Nb	Ta	Th	Sc	V	Cr	Ba	Sr	Rb	F	P	Ti	U	Hf	Mo	Cs	Ge	Bi
Ez	4	细粒似斑状二云二长花岗岩	4.6	132.5	115	8.2	0.9	12.8	4.6	36	25	505	168	238	1025	545	1835	1.5	3.2	0.5	13.8	3.2	0.
	5	细粒似斑状二云二长花岗岩	3.8	19.0	97	7.6	1.3	11.9	4.4	36	28	526	155	214	655	457	1845	1.5	2.7	0.6	12.7	3.2	0.4
EJ	6	中细粒似斑状二云母二长花岗岩	4.0	143.9	78	5.3	0.5	9.7	3.0	17	28	404	152	235	856	530	937	1.4	2.1	0.5	20.7	1.6	3.5
	7	中细粒似斑状二云母二长花岗岩	5.5	71.9	79	6.3	1.4	10.8	3.5	28	22	351	141	241	800	475	1286	2.8	2.3	0.9	20.5	3.1	0.6
EL	8	中细粒似斑状二长花岗岩	5.6	130.9	48	7.4	3.5	7.0	2.3	16	18	274	70	336	863	443	914	1.4	1.4	0.8	18.2	4.0	0.1
	9	中细粒似斑状二长花岗岩	4.0	120.1	48	7.5	5.0	5.9	1.6	12	4	229	83	315	764	365	604	9.4	9.4	0.5	16.0	3.9	1.2
EQ	12	中粒黑云母二长花岗岩	6.4	130.2	74	6.9	1.4	9.8	3.4	27	25	495	145	238	897	450	1306	2.0	2.0	0.6	16.6	2.7	0.6
	13	片麻状中粗粒二云二长花岗岩	2.6	117.5	98	6.9	0.7	11.6	4.2	32	24	527	164	224	847	494	1653	2.0	2.7	0.6	15.6	3.7	0.2
EB	14	片麻状中粗粒二云二长花岗岩	5.3	100.1	7.3	0.9	11.9	4.3	36	25	439	439	169	201	790	475	1862	1.8	2.6	0.8	12.1	2.5	0.2
	酸性岩平均值(维氏, 1962)		5.5	40	200	20	3.5	18		40	25	830	300	200	800			3.5		1.0			0.01

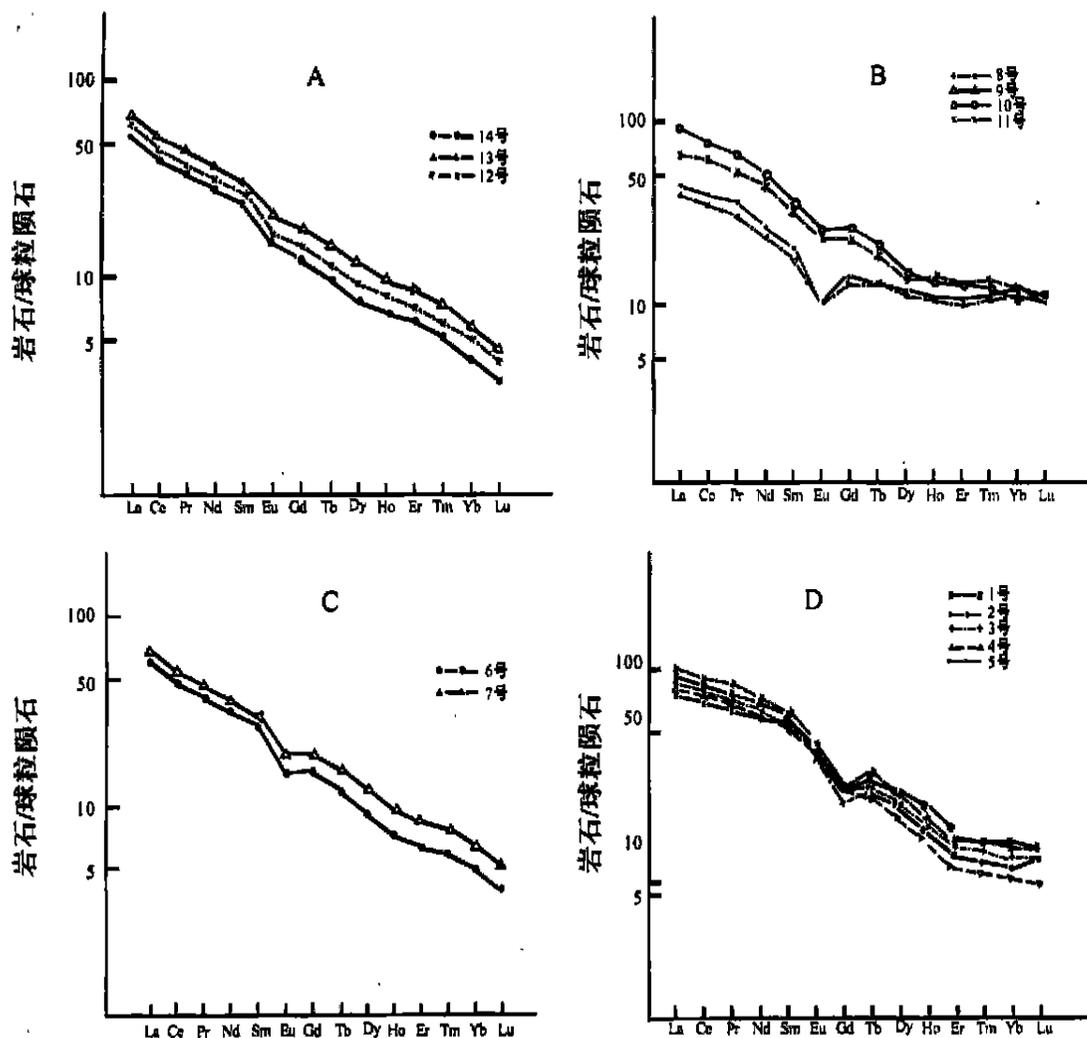


图6 佩枯错超单元稀土配分模式图

A. 布扎单元和曲布桑单元; B. 娄无拉单元; C. 节金浦单元; D. 扎日诗种

Fig. 6 Chondrite-normalized REE distribution patterns of the granites from the Paikuo supraunit

A= Buzha and Qubusang units; B= Louwula unit; C= Jiejinpū unit; D= Zharishzhong unit

投点落入同碰撞-同造山期范围, 在 Rb-(Nb+Yb) 图解(图 9) 中, 落入同碰撞花岗岩区。

结合区域地质特征, 该超单元侵位时的构造环境为同造山-同碰撞期花岗岩。岩石类型为 S 型花岗岩。

## 7 岩体就位机制

佩枯错超单元及各单元岩体在平面上总体呈椭圆形、不规则椭圆形, 与围岩呈侵入接触, 产状外倾, 倾角 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ , 在围岩中见热接触变质带呈同心圆状分布, 由内到外发育堇青石带、红柱石带, 蚀变带

宽 $50 \sim 150\text{m}$ 。在超单元内, 见有较多的围岩顶垂体, 表明该超单元为浅剥蚀型, 超单元与围岩界线规则

而清晰, 围岩中见角岩化和夕卡岩化。在佩枯错东侧岩体南北两侧, 见宽 $50 \sim 100\text{m}$ 的韧性滑脱剪切带沿岩体边界分布, 并与围岩接触。总体显示岩体分布与区域构造线一致以及岩浆侵位具上冲的特点, 表现为具与围岩整合深成岩特征。综上所述, 佩枯错超单元为浅剥蚀整合深成岩体, 其就位机制为热气球膨胀应力就位。

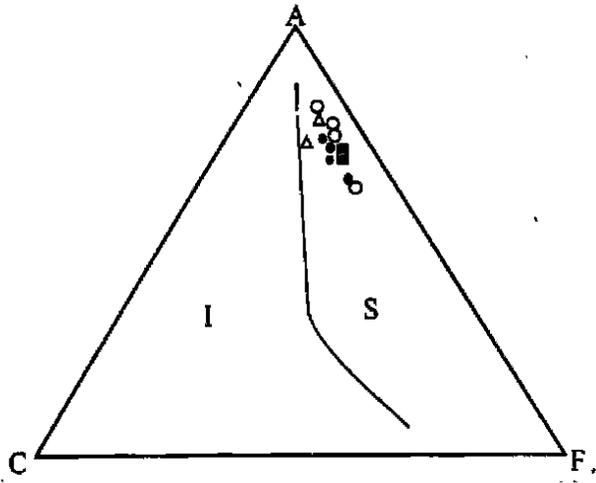


图7 佩枯错超单元花岗岩 A-C-F 图解

● 扎日诗种单元; △ 节金浦单元; ○ 娄无拉单元; × 曲布桑单元; ■ 布扎单元

Fig. 7 A-C-F diagram of the granites from the Paikuo supraunit

● = Zharishizhong unit; △ = Jiejinpū unit; ○ = Louwula unit; × = Qubusang unit; ■ = Buzha unit

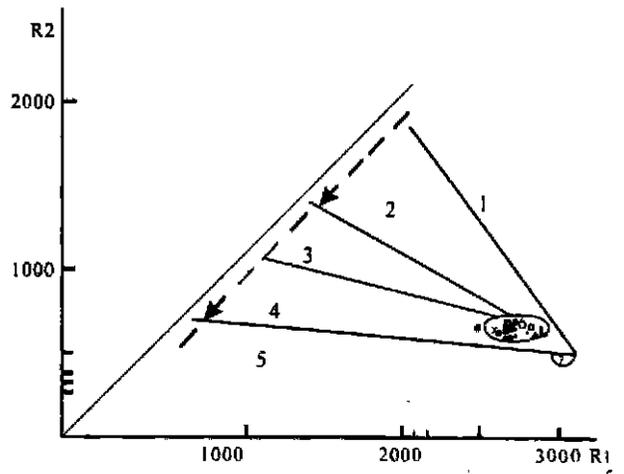


图8 佩枯错超单元花岗岩 R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> 构造环境判别图

● 扎日诗种单元; △ 节金浦单元; ○ 娄无拉单元; □ 曲布桑单元; ■ 布扎单元

Fig. 8 R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> discrimination plot illustrating the tectonic settings of the granites from the Paikuo supraunit

● = Zharishizhong unit; △ = Jiejinpū unit; ○ = Louwula unit; □ = Qubusang unit; ■ = Buzha unit

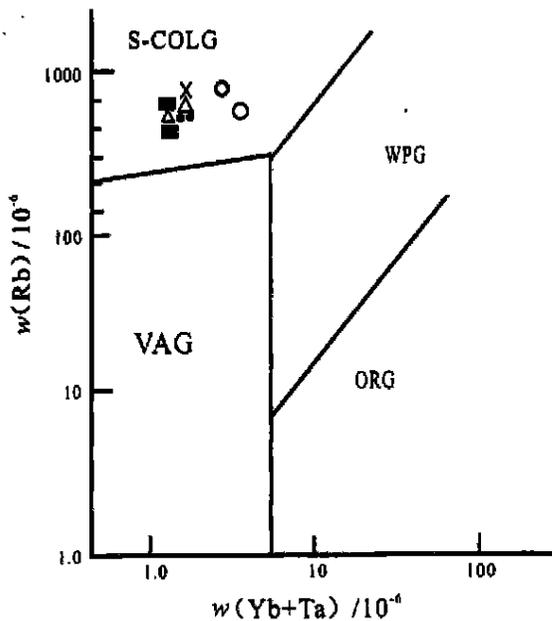
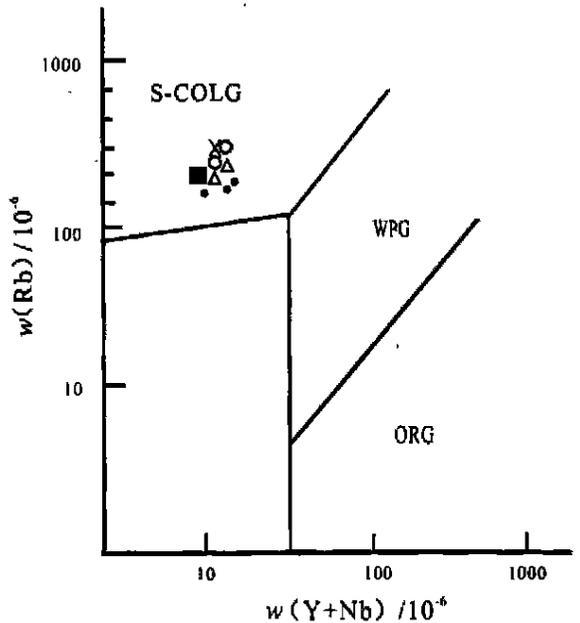


图9 佩枯错超单元花岗岩各单元 Rb-(Nb+Yb) 图解(据 Pearce 等, 1984)

VAG. 火山弧花岗岩; WPG. 板内花岗岩; S-COLG. 同碰撞花岗岩; ORG. 洋中脊花岗岩。● 扎日诗种单元; △ 节金浦单元; ○ 娄无拉单元; × 曲布桑单元; ■ 布扎单元

Fig. 9 Rb-(Nb+Yb) plots of the granites from the Paikuo supraunit (modified from Pearce et al., 1984)

VAG= volcanic arc granite; WPG= intraplate granite; S-COLG= syn-collision granite; ORG = mid-oceanic ridge granite. ● = Zharishizhong unit; △ = Jiejinpū unit; Qubusang unit; ○ = Louwula unit; × = Qubusang unit; ■ = Buzha unit



## 参考文献:

- [1] 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [2] 地质矿产部直管局. 花岗岩区 1:5 万区域地质填图方法指南[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991.
- [3] 高秉璋. 关于花岗岩类岩石谱系单位划分的若干问题[J]. 中国区域地质, 1993, 12(1): 5-17.
- [4] 邱家骥, 等. 岩石化学[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [5] PEARCE J A et al. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks[J]. *Petrology*, 1984, 25(4): 956-983.
- [6] PITCHER W S. Granite type and tectonic environment[M]. London: Academic Press, 1983, 19-40.

## The granite units and their tectonic settings in the Gamba-Tingri zone, southern Xizang

ZOU Guang-fu<sup>1,2</sup>, ZHU Tong-xing<sup>1</sup>, FENG Xin-tao<sup>1</sup>, LI Jian-zhong<sup>1</sup>, JIA Bao-jiang<sup>1</sup>, ZHOU Ming-kui<sup>1</sup>

(1. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China*; 2. *Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*)

**Abstract:** The granites in the Gamba-Tingri zone are arranged into the Lhagoi Kangri tectonic-magmatic belt in southern Xizang. The rock types consist dominantly of porphyroid two-mica monzonitic granites, biotite monzonitic granites, monzonitic granites and gneissoid two-mica monzonitic granites. The granites may be grouped, on the basis of petrology, petrochemistry, geochemistry and contacts, into five units, all of which are incorporated into one supraunit, i. e. the Paikuco supraunit. The study of petrology, petrochemistry and geochemistry shows that all the granites within the supraunit are assigned to the S-type granites and comagmatic granites formed in the syn-collisional tectonic settings on passive continental margins.

**Key words:** granite; tectonic setting; southern Xizang