

文章编号: 1009-3850(2001)02-0016-07

论雅鲁藏布大峡谷地区冈底斯岛弧花岗岩带

耿全如¹, 潘桂棠¹, 郑来林¹, 刘宇平¹

孙志明¹, 欧春生², 王小伟²

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2. 兰州地质调查院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 雅鲁藏布大峡谷北部的冈底斯岛弧花岗岩带可分为若干亚带, 但岩浆活动大致可分为两大期次, 分别与两次大规模造山活动有关。喜马拉雅造山作用在本区形成大量中新世花岗岩体, 分布在离雅鲁藏布结合带较近部位; 本区北部大量的早侏罗世至晚白垩世花岗岩, 据其空间展布、岩浆活动时间、成因类型和岩石组合特征分析, 应与怒江特提斯洋的闭合造山有关, 同时说明本次造山作用可能是中生代的一次长期的构造-岩浆活动。

关键词: 雅鲁藏布大峡谷; 冈底斯岛弧花岗岩带; 造山作用

中图分类号: P581

文献标识码: A

The Gangdise island-arc granite zone along the Yarlung Zangbo Grand Canyon, Xizang

GENG Quan-ru¹, PAN Gui-tang¹, ZHENG Lai-lin¹, LIU Yu-ping¹,
SUN Zhi-ming¹, OU Chun-sheng², WANG Xiao-wei²

(1. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China*; 2. *Lanzhou Institute of Geological Survey, Lanzhou 730050, Gansu, China*)

Abstract: The Gangdise island-arc granite zone along the Yarlung Zangbo Grand Canyon, Xizang may be subdivided into several subzones, generally representing two-phases of magmatism and orogeny in this region. The Himalayan orogeny resulted in

收稿日期: 2001-03-16

the widespread occurrence of the Miocene granitic batholiths nearer to the Yarlung Zangbo suture zone. The Early Jurassic and Late Cretaceous granites in the northern part of the study area should be relevant, in terms of the spatial distribution, timing of magmatic activity and genetic types of the granites, to the Nujiang Ocean closure and orogeny which may represent a long period of tectonism and magmatism during the Mesozoic.

Key words: Yarlung Zangbo Grand Canyon; Gangdise island-arc granite zone; orogeny

1 基本地质特征

冈底斯岛弧花岗岩带东西横亘西藏中南部,展布在冈底斯、念青唐古拉及本区波密以东的伯舒拉岭区域内,东西长约 2000km,南北宽约 200 余公里,可划分为南、北两带。北带为班戈-嘉黎-伯舒拉岭岩浆弧带,南带常称为冈底斯-拉萨火山-岩浆弧(陆缘弧)带。两带之间的申扎-纳木错-嘉黎构造带内已发现的蛇绿混杂岩带,初步研究认为属侏罗纪晚期弧-弧碰撞的产物。本区称嘉黎-帕隆藏布断裂带,至今仍在活动,造成许多地质灾害。该断裂带以南至雅鲁藏布结合带之间,主要出露元古界冈底斯变质结晶岩系、志留系尼弄松多群和第三系花岗岩类;该断裂以北的花岗岩类主要为侏罗系的波密序列(J_2N , J_1M , J_1Y , J_1X)和郎脚马序列(J_3A , J_3X , J_3Q)及早古生代片麻状花岗岩。一般认为冈底斯火山岩浆弧与雅鲁藏布江新特提斯洋从晚白垩世向北俯冲,并发生大规模的花岗岩浆侵入活动。其北带侏罗系花岗岩类的岩浆活动与怒江洋壳向南消减及碰撞造山有成因联系。大峡谷地区的冈底斯岛弧带总体上由三部分组成:变质前寒武系基底(冈底斯群),变质盖层(早古生代尼弄松多群、波密群)和侵入的花岗岩类。

2 岛弧花岗岩带

拉萨-冈底斯地块是多次造山运动和岩浆活动叠加在前寒武系结晶基底之上形成的复杂地质体。从花岗岩体分布来看,在本区岛弧带中北侧主要出露早侏罗世一晚白垩世花岗岩类;南侧出露中新世花岗岩。根据已有研究资料分析,冈底斯花岗岩带自南西向北东可划分为察隅岩带、阿扎贡拉岩带、德母拉岩带和扎西则岩带^[3]。其中德母拉岩带分布在本区东部的伯舒拉岭一带,在大峡谷地区未见及;阿扎贡拉岩带中新近发现前寒武纪花岗岩,但据 Rb-Sr 同位素年龄测定,其年龄值为 $403.2 \pm 68.7 Ma$,应为早古生代,岩带主体由早侏罗世岩体组成。其北部为扎西则岩带,形成于晚侏罗世一晚白垩世;南部为察隅岩带,属中新世的产物。各岩带呈北西向条带状分布,属冈底斯-念青唐古拉中酸性岩带的东段。

中新世察隅花岗岩带 察隅中新世花岗岩分布在雅鲁藏布大峡谷弧形蛇绿混杂岩带外侧和嘉黎断裂南支-嘎隆寺断裂之间。按侵位时间和岩性的差异,该岩带可分为花岗闪长岩亚带和花岗岩两个亚带。

花岗闪长岩亚带分布于该带的中西部,以小岩体为主,岩石类型除花岗闪长岩外,还有

石英闪长岩、英云闪长岩, K-Ar 法测得其年龄值为 22Ma。据岩石化学特征分析, 侵位较早的花岗闪长岩亚带为 I 型花岗岩, 应代表雅鲁藏布江新特提斯洋闭合造山以后, 于中下地壳与地幔物质同熔形成的侵入体。侵位在离结合带较近的部位。

花岗岩亚带出露于该带的中北部及东部的广大地区, 形成较大岩基, 岩石类型为黑云母二长花岗岩和黑云母石英二长岩。岩石化学特征显示, 该亚带为 S 型花岗岩, 形成时代较晚, 其 K-Ar 年龄值为 18~19Ma, 代表雅鲁藏布江带的碰撞造山后期, 为中、上地壳重熔的产物。

晚白垩世花岗岩 晚白垩世花岗岩分布在嘉黎断裂以北地区, 分布面积很大, 与晚侏罗世花岗岩一起构成本区的扎西则花岗岩带。该期花岗岩的岩石类型主要为黑云母二长花岗岩和钾长花岗岩等。K-Ar 法测得其年龄值为 127.7~78.3Ma。岩石化学显示其具 S 型花岗岩特征。从时代和分布区域看, 该期花岗岩可能是怒江洋闭合造山晚期上地壳重熔的产物。

侏罗纪花岗岩 该期花岗岩包括阿扎贡拉花岗岩带的一部分和扎西则花岗岩带的一部分, 分布在嘎隆寺断裂北东至夜同断裂之间(早侏罗世花岗岩)及念青唐古拉山脉东段至倾多拉一带(晚侏罗世花岗岩)。本区未见中侏罗世的花岗岩。除新塔为独立黑云母钾长花岗岩并具 S 特征外, 侏罗纪花岗岩在岩石化学特征上均具 I 型花岗岩特征。岩石类型主要为黑云母花岗闪长岩、英云闪长岩、黑云母角闪石英闪长岩、黑云母角闪石英二长岩等。该期花岗岩呈平行于北西向构造的长条形岩体, 中小规模。早侏罗世 I 型花岗岩的 Rb-Sr 年龄值为 $195.3 \pm 7\text{Ma}$, 属 S 型的新塔、让雄岩体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为 0.7143; 晚侏罗世花岗岩属钙碱性系列, Rb-Sr 年龄值为 $153 \pm 9\text{Ma}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初值始为 0.7037。

前寒武纪花岗岩 该期花岗岩分布于川藏公路波密至通麦之间的扎勒玛和古乡至索通之间。呈狭长带状展布。从形态看, 该期岩体与前寒武系冈底斯群变质体相邻, 形态相似。在岩石结构构造方面, 该类岩石呈片麻状构造, 其成分相当于石英闪长岩/英云闪长岩, 其总体与花岗片麻岩相似。该期岩石的 Rb-Sr 年龄值为 $403 \pm 69\text{Ma}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为 0.7064, 属 I 型花岗岩。但是, 无论从空间展布形态还是岩石结构、构造看, 该期花岗岩都有可能为前寒武纪片麻岩。

2.1 花岗岩的岩石化学特征

在“七五”和“八五”期间, 笔者通过 1:20 万“波密幅”和“通麦幅”区调对本区花岗岩作过初步研究, 取得较多化学分析资料^[1,2]。对这些数据深入分析后, 可得出以下基本规律(图 1)。

(1) 不同时代的岩浆活动所形成的侵入岩主要化学成分有较明显的变异、演化趋势。随着 SiO_2 的增高, ALK 、 K_2O 、 Na_2O 相应增高, 而 FeO 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 Al_2O_3 等相应降低, 说明随着时代渐新, 岩浆演化趋势是酸度和碱度增高。对于同一期岩浆活动, 晚期岩体的碱度和酸度较早期高。

(2) 岩浆岩碱度的划分对于确定岩石系列和判别岩石成因具有重要意义。现在广泛使用的划分方法有皮科克钙碱指数、里特曼组合指数和莱特的碱度率等。相比之下, 里特曼的组合指数简便、实用。通过计算发现, 里氏指数在 SiO_2 小于 52% 时和 SiO_2 大于 72% 时不宜

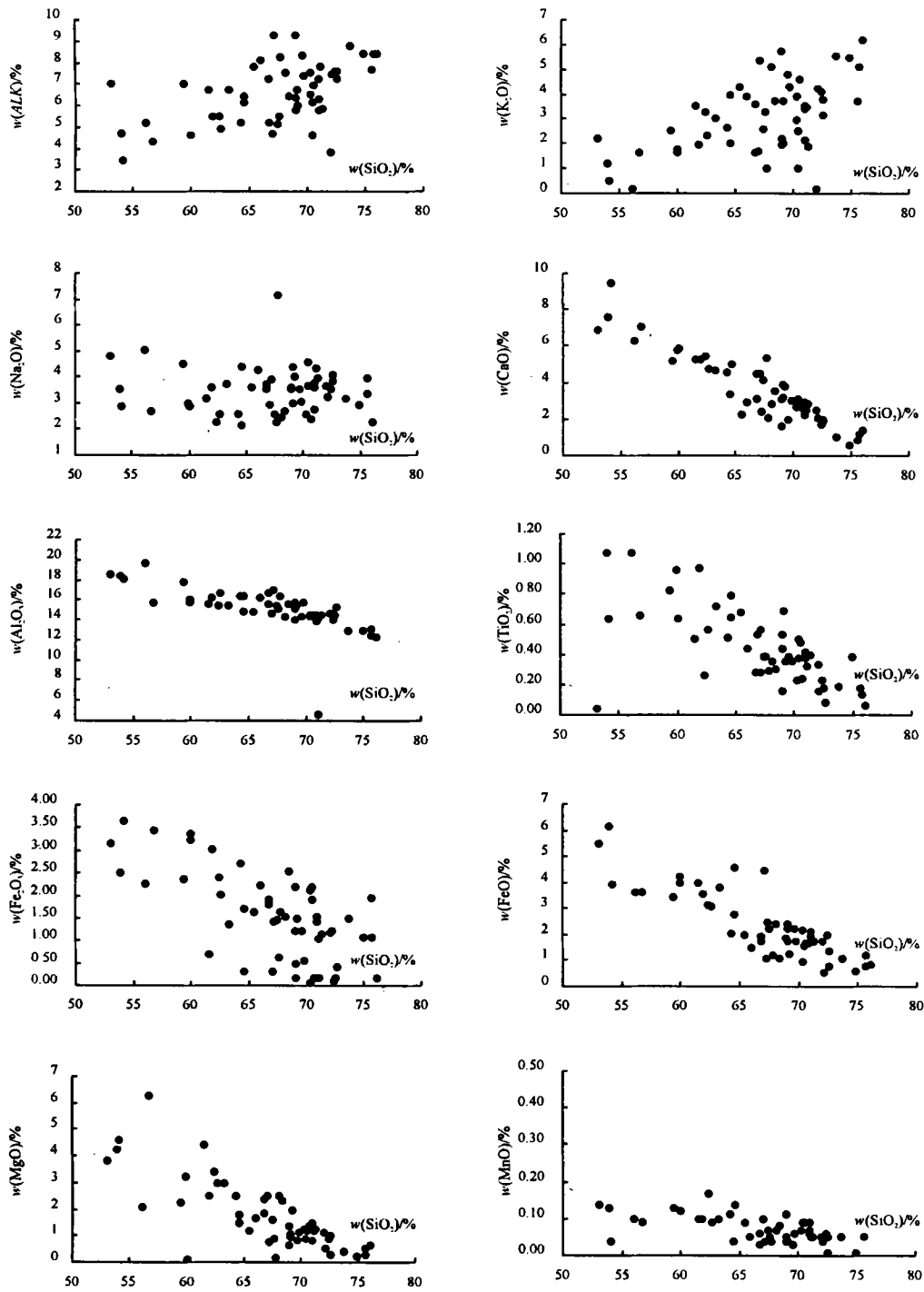


图1 花岗岩 SiO₂ 含量对主要氧化物散点图

Fig.1 Scatter diagrams of SiO₂ versus oxides in the Gangdise granites

适用。本区花岗岩类 SiO_2 的质量分数一般在 60%~73% 之间。因此,对于大部分样品来说,使用里氏指数来判断碱性程度较为合理。根据里特曼(1962)的划分方案, δ 大于 4 为碱性系列,小于 4 为钙碱性系列。据此,本区花岗岩类属钙碱性系列,表明本区深层岩浆活动具有岛弧和活动陆缘构造环境特征。

(3) 分异指数 DI ($DI = Q + Or + Ab$) 和固结指数 SI [$SI = \text{MgO} \times 100 / (\text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + ALK)$] 是研究岩浆结晶分异作用的主要指数。依据中酸性岩浆结晶分异规律,硅酸盐岩浆沿着 DI 逐渐增大的方向演化。固结指数和分异指数相反,则沿着 SI 值降低的方向演化。本区中新世花岗岩带和侏罗纪—白垩纪花岗岩带内部都存在晚期岩体的 DI 增高和 SI 降低的规律。与此同时, SiO_2 , ALK 和 $K / (K + Na)$ 值也相应增高,表明两期花岗岩带的形成过程中,早期岩体形成时的地壳相对较薄,而晚期地壳相对较厚。从俯冲阶段到碰撞造山阶段,花岗岩的岩石化学特征发生了显著变化。

(4) 标准矿物中刚玉分子 C 和 A / NKC 指数是判断花岗岩成因的重要参数之一。一般在 I 型花岗岩中刚玉含量小于 1%, A / NKC 值小于 1.1; S 型花岗岩中刚玉分子含量大于 1%, A / NKC 值大于 1.1。据此规律判断,中新世花岗岩较早期形成的岩体具 I 型花岗岩特征,晚期形成的花岗岩(如兴凯,洒拉库)具有 S 型花岗岩特征。这种特征在侏罗纪—白垩纪期间形成的花岗岩体中也有表现。中新世的 I 型花岗岩离雅鲁藏布江结合带较近,而 S 型花岗岩体离结合带较远。但这一规律在侏罗纪—白垩纪花岗岩体中并不存在,该期 I 型(侏罗纪)花岗岩体分布在离怒江结合带较远的部位,而 S 型(晚白垩世)花岗岩却分布在离结合带稍近的部位。

(5) 查佩尔和怀特(1978)及石原舜三(1980)均认为, $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ 初始值是判断花岗岩成因类型的重要标志。 $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ 值大于 0.707 为 S 型花岗岩,小于 0.707 为 I 型花岗岩。本区按岩石化学特征划分的花岗岩的成因类型与同位素测定结果吻合,符合上述规律。

2.2 微量元素和稀土元素地球化学特征

微量元素中 Sr 、 Ba 、 Nb 、 Zr 、 Rb 、 Be 等属大离子亲石元素,在岩浆演化过程中主要富集在演化末期的酸性岩浆中;而 Cr 、 Ni 、 V 、 Cu 、 Co 、 Mn 、 Zn 等属过渡族元素,这类元素易于在偏基性的岩浆岩中呈类质同相取代矿物中的 Fe 、 Mg 、 Ca 等金属离子。因此,微量元素在岩石中的含量研究对于探讨岩浆岩的成因、形成环境和结晶分异的程度具有重要意义。本区花岗岩带微量元素的特征如下:

(1) 与地壳中酸性岩平均值相比,本区花岗岩体中 Be 、 Ba 、 Ga 、 La 等大离子亲石元素略有亏损,而 Ni 、 Co 、 Zr 、 V 、 Yb 等过渡族金属元素则相对富集。其中 Yb 的含量是地壳中酸性岩平均的 2~3 倍。该特征说明本区花岗岩浆未经过或结晶分异作用十分短暂便结晶成岩,也说明本区花岗岩浆略偏中性,这与本区花岗岩体中 I 型花岗岩体占多数有关。这两类元素的分异现象在同一岩浆活动期中的不同成因类型的花岗岩体之间较明显。随着花岗岩体时代的变新,这种规律也存在。

(2) 在不同时代的岩体中, Be 、 Ba 、 Ga 、 Cr 、 Sr 、 Ti 等元素的含量相对较稳定,而其它微量元素的含量在不同岩体中变化较大。可能与这些元素在不同岩体中具有不同程度的矿化有关。比如米日岩体中 Cu 、 Sn 、 Sr 、 V 的含量高出地壳中酸性岩若干倍,错青拉拉廖岩体中 Pb

的丰度高出中酸性岩平均值 10 多倍等。这些元素的异常含量是本区花岗岩中找矿的重要线索。

(3)岩性的差异也是造成本区花岗岩中微量元素含量不同的主要因素。偏中性的花岗岩趋向于富集过渡族元素,而富碱质的酸性岩石则富集亲石元素。同一成因类型的同期岩体中,岩性的差异也可造成这种分异现象。

2.3 稀土元素地球化学特征

本区冈底斯花岗岩带的稀土元素代表性样品的分析数据和球粒陨石标准化配分模式(图 2)显示以下特征:

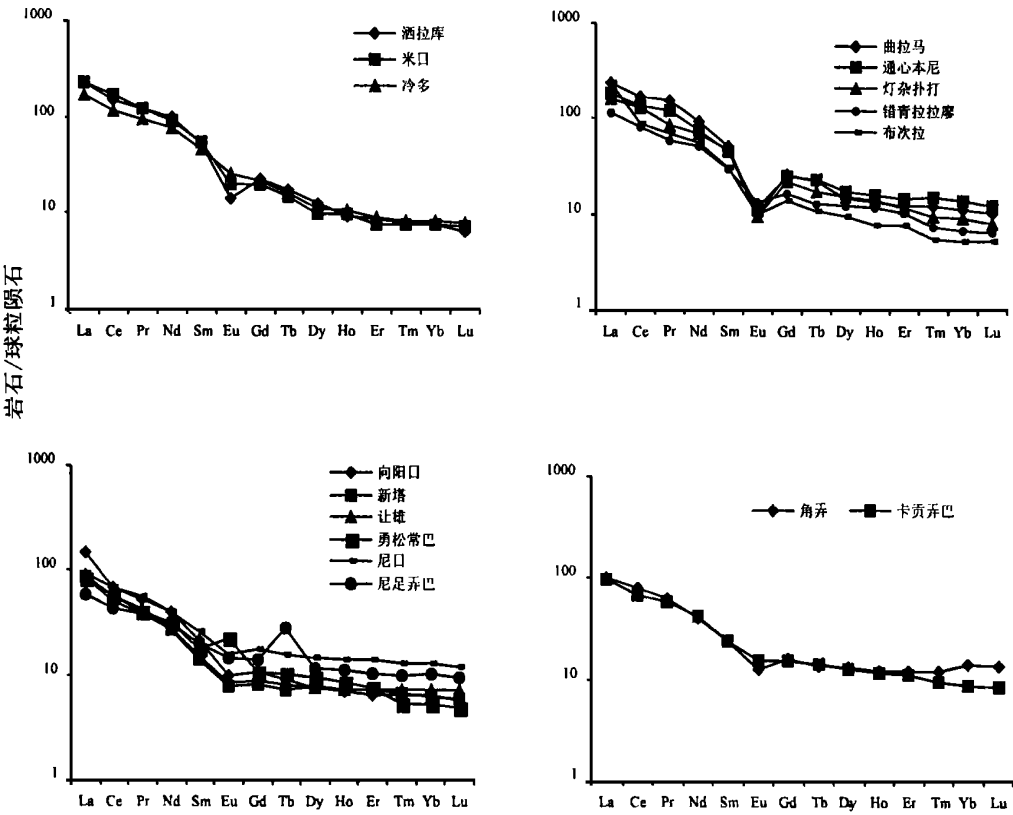


图 2 冈底斯花岗岩稀土元素的配分模式

Fig. 2 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the Gangdise granites

(1)花岗岩体稀土元素配分模式相似,不同岩体虽然稀土总量有所差异,曲线高低不同,但曲线大致平行,说明本区花岗岩虽然形成的时代差别很大,但花岗岩的源岩成分具有某些相似之处,结晶分异作用在岩体的形成过程中可能占据主要地位,但程度不高。

(2)中新世三件稀土元素样品的配分模式十分相似。不同之处在于它们 Eu 亏损特征不同。三件样品虽然都显示 Eu 负异常,但 I 型花岗岩的 Eu 异常不显著,S 型花岗岩则出现较显著的负异常。晚白垩世花岗岩以 S 型为主,在稀土配分模式图上部显示强烈的 Eu 负异

常,轻、重稀土的分馏程度大,曲线右倾显著。相比之下,早侏罗世和前寒武纪的I型花岗岩则相反,Eu异常不明显,轻、重稀土的分馏程度相对较低。总之,从稀土配分模式看,Eu异常程度可作为判断本区花岗岩成因类型的重要标志。

(3)稀土总量是判断花岗岩成因的标志之一,由表4-2中看出,S型花岗岩的 ΣREE 高于I型花岗岩,年轻的岩体相对高于较老岩体。晚白垩世花岗岩中的 ΣREE 一般为 $(220 \sim 350) \times 10^{-6}$,而侏罗纪花岗岩仅为 $(130 \sim 170) \times 10^{-6}$,其差异十分明显。代表轻、重稀土分馏程度的 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 值也存在相似的规律,即 ΣREE 较高的样品 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 也较高,反之亦然。

3 结论

(1)本区冈底斯岛弧带中的岩浆活动主要有两大期次,其分别与两次大规模造山活动有关。早期岩浆活动形成于早侏罗世至晚白垩世,持续时间长达100Ma以上。本期花岗岩体主要有阿扎贡拉,德母拉和扎西则等岩带,可进一步划分出若干系列^[2]。笔者详细分析上述资料后发现,这些岩带在形成时间无明显间隔,从147~78Ma之间几乎为连续的花岗岩在侵入。因此,可将其统称为一次岩浆作用过程。从时间和分布地域看,本期花岗岩的形成应该与中生代时怒江特提斯洋的闭合造山有关。同时进一步说明,怒江特提斯洋的闭合碰撞和造山作用是中生代一次长期的构造-岩浆活动,在其不同部位碰撞作用开始时间不同差别较大。怒江洋可能具有相当大的规模。第二期岩浆活动发生在新近纪中新世,形成的花岗岩体分布在离雅鲁藏布江结合带最近的部位,与喜马拉雅期的造山作用密切相关。

(2)从两类不同成因类型花岗岩的分布规模来看,中新世和侏罗纪—白垩纪两次岩浆活动都形成I型和S型花岗岩带,但两者在岛弧带中的分布特征是I型花岗岩靠近结合带一侧,而S型花岗岩分布在弧背冲断带。前者与俯冲消减过程中幔源物质和壳源物质的同熔作用有关,后者主要来自增厚地壳的硅铝质重熔。

(3)据现有资料分析^[3],冈底斯岩浆岩带西段的拉达克地块,中段的羊八井—拉萨—曲水—泽当一带,雅鲁藏布大峡谷北部花岗岩和南东段波密—察隅岩带的花岗岩类属钙碱性系列。这些岩石的源岩类型有相似之处,使其稀土元素和微量元素特征十分相似,并可进行对比。其源岩可能是前寒武纪结晶基底和早古生代变质盖层。

参考文献:

- [1] 潘桂棠,等.东特提斯地质构造形成演化[M].北京:地质出版社,1997.
- [2] 刘朝基,等.川西藏东特提斯地质[M].成都:西南交通大学出版社,1996.
- [3] 王增,等.藏东花岗岩类及其成矿作用[M].成都:西南交通大学出版社,1995.
- [4] 刘国惠,等.西藏变质岩及火成岩[M].北京:地质出版社,1990.