

康定变质侵入岩的年代学及岩石地球化学特征

李志红^{1,2)} 罗照华²⁾ 陈岳龙²⁾ 赵俊香²⁾

1) 国土资源部同位素地质重点实验室 中国地质科学院地质研究所,北京,100037;

2) 中国地质大学地球与资源学院,北京,100083

摘 要 川西康定地区出露的变质侵入岩是以石英闪长岩、英云闪长岩和花岗闪长岩为主的中酸性岩浆岩。岩石中锆石主要结晶于 721~773 Ma,表明其形成于新元古代,岩体中所测最老年龄为 2 468 Ma,可能代表扬子陆块的基底,在锆石的增生边及新生锆石颗粒获得的 99~531 Ma 年龄反映了后期变质事件的改造。该岩体的主量元素显示钙碱性分异趋势,微量元素呈现典型的岛弧环境地球化学特征,即相对富集大离子亲石元素、轻稀土元素,亏损高场强元素和的富集。以上的特征表明,康定地区变质侵入岩在新元古代可能处于与俯冲有关的岩浆弧环境。

关键词 康定杂岩 变质侵入岩 新元古代 岩浆弧

Geochronological and Geochemical Characteristics of Kangding Metamorphosed Intrusions

LI Zhihong^{1,2)} LUO Zhaohua²⁾ CHEN Yuelong²⁾ ZHAO Junxiang²⁾

1) Laboratory of Isotope Geology, MLR, Institute of Geology, CAGS, Beijing, 100037; 2) School of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083

Abstract The Kangding metamorphosed intrusions are mainly composed of quartz diorite-tonalite-granodiorite. The ages of igneous zircons from the complex range from 721 to 773 Ma, which shows the intrusive activity during Neoproterozoic. The oldest age obtained from the intrusions is 2 468 Ma, implying the involvement of materials from Yangtze craton basement. The ages of 99~531 Ma produced from zircon rims may reflect later metamorphic events. The complex shows a calc-alkaline differential trend in major elements, and the trace elements exhibit typical geochemical features of the island arc setting.

Key words Kangding complex trace elements SHRIMP dating magmatic arc

1 地质背景

研究区位于扬子地台西缘,康滇地轴的北段,四川省康定-泸定县境内。这些岩体的岩石类型为正长花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、英云闪长岩、石英闪长岩和辉长岩,其中又以中酸性岩为主。岩体呈岩基、岩株或岩枝状产出,侵入前震旦系,并被上震旦系及显生宙地层沉积覆盖。

川西康定地区分布的变质火成岩,被认为是扬子地台结晶基底的代表性变质杂岩组合。过去由于这套变质杂岩具有典型的 TTG 组合特征,变质程度为角闪岩相和麻粒岩相,认为其应形成于太古代-古元古代(袁海华等,1987),而近年来大量锆石的年龄分布在 753~828 Ma 的范围内(陈岳龙等,2001,沈渭洲,2000),从而使得对这套岩体的形成时代产生异议。对于岩体形成的大地构造环境,一直以来

存在较大的争议,主要有两种截然不同的观点。根据花岗岩类与同期基性岩类双峰式分布特征及基性岩脉-岩墙群辐射状分布,认为由地幔柱驱动 Rodinia 超大陆裂解,从而在大陆裂谷环境中形成这套岩石组合(Li 等,2003,李献华等,2002)。依据米易杂岩(760 Ma)与格宗杂岩(865 Ma)有 100 Ma 的时间跨度,而地幔柱不可能跨越如此长的时间,以及岩体的地球化学特征,认为其形成于岛弧环境(Zhou 等,2002,沈渭洲等,2002)。有鉴于此,本文综合分析康定地区变质侵入岩的岩石学、矿物学、岩石地球化学和年代学特征,以期对该地区岩体的形成时代及构造环境的再造提供更为有效的制约。

2 分析方法

主要元素的分析测试用 X 荧光光谱法进行分析,重复样品分析相对误差小于 4%。微量元素和

稀土元素的分析测试采用等离子质谱法。在中国地质科学院地质研究所先进行透射与反射光下的显微照相及在中国地质科学院矿产资源研究所进行阴极发光下的锆石图像观察与拍照。SHRIMP 测定在北京离子探针中心的 SHRIMP II 上完成,对其精细结构在中国科学院地质与地球物理研究所再次进行阴极发光观察。应用实测 ^{204}Pb 校正锆石中的普通铅。年龄置信度为 2σ (95%置信水平)。

3 结果与讨论

3.1 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄

分选的锆石颗粒大多为透明的自形晶体,样品阴极发光下可见明显环带结构,晶体不完整者显示出明、暗相间的结构特征,具典型岩浆锆石的特征;部分颗粒可见到围绕中心较亮的锆石有薄的暗色生长边。一般认为锆石的 Th/U 比值在一定程度上能指示其岩浆或变质成因(Zhou 等, 2002),样品的 Th/U 比值均大于 0.1,所以应为岩浆作用的产物。

对康定-泸定地区 4 个样品进行了 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年,分析结果为:数据点主体位于 721~773 Ma 左右,表明康定-泸定地区的侵入岩主要结晶于 721~773 Ma 期间,它是全球新元古代同期岩浆作用的产物。结晶后的变质改造作用形成现今所见的高级变质特征,99~531 Ma 的锆石可能反映了变质改造事件的年龄;其中含有古元古代早期到晚期的陆壳残留锆石,目前测得的最老锆石为 2 468 Ma,可能代表着扬子地块的基底(陈岳龙等, 2004)。

3.2 主要元素

SiO_2 变化范围较宽,其含量在 49.39%~74.52% 之间,岩石类型主要为中酸性岩浆岩,暗示其形成构造环境可能与会聚板块边界有关而与裂谷的双峰式有明显区别; TiO_2 含量皆小于 1.2% (0.26%~1.08%), $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比值(0.23~0.49)较低,表明没有较多的铁氧化物堆积,即岩浆具有较低的氧逸度,因而其源区可能与俯冲到深部的洋壳有关(李曙光, 1993);这套岩石高铝、富钠、贫钾, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比值大于 1 (0.915~2.79, 平均为 2.046); Al/NKC 大于 1 (1.04~1.74),属过铝质岩石系列,显示原始岩浆富铝,这是岩浆起源于活动大陆边缘(或岛弧环境)的一个标志(Beard, 1994)。

SiO_2 与 TiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Fe_2O_3 、 FeO 呈负相关, SiO_2 与 Na_2O 、 K_2O 呈正相关, SiO_2 与其他氧化物之间的线性关系表明这组岩石的形成可能与岩浆混合作用有关(周洵若, 1995)。从图 1 可以看出,康定地区变质侵入岩总体上具有钙碱性演化趋

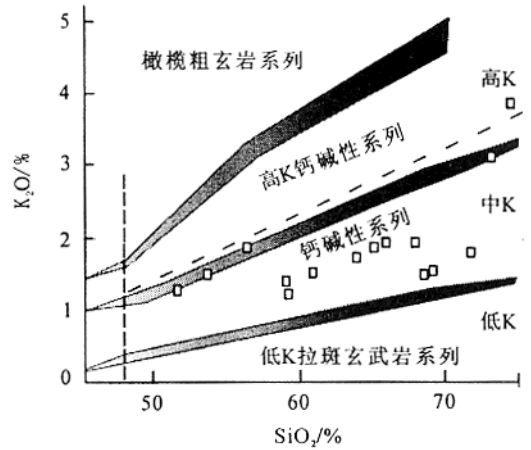


图 1 康定地区岩体 SiO_2 - K_2O 图解

Fig. 1 SiO_2 - K_2O diagram for classification of Kangding rocks

势,属于中钾的钙碱性系列。

3.3 稀土元素

酸性岩样品的球粒陨石标准化稀土配分型式如图 2 所示。轻、重稀土分馏强烈与无明显铕异常为特征。中性岩普遍具负铕异常且轻、重稀土分馏程度较酸性岩弱,而基性岩的轻、重稀土分馏程度最低,可见铕正异常。总体上显示轻稀土相对富集,重稀土相对平缓的特征,呈右倾型。

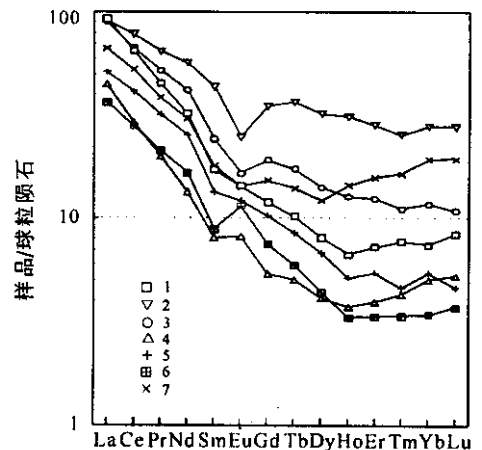


图 2 酸性岩稀土元素的球粒陨石标准化图解

Fig. 2 Chondrite-normalized REE distribution patterns of acidic rocks

1-冷竹关 2-中牛场 3-河口 4-长河坝 5-姑咱 6-瓦斯沟 7-瓦斯沟西南

3.4 微量元素

康定-泸定地区变质侵入岩 La/Nb 比值为 2.74~5.96, Th 含量为 $(1.57\sim6.18) \times 10^{-6}$,显然与裂谷环境下产出的酸性岩中 Th 含量高 (38.8×10^{-6}) 不符(Davies, 1987)。 Th/Ta 比值范围为

3.3~10.98, Th/Yb 大于 0.8, Nb/La 小于 0.3, 均显示了会聚边缘弧侵入岩的地球化学特征。

图 3 为酸性岩微量元素的 MORB 标准化图解, 酸性岩、中性岩、基性岩的分布形势总体上很相似, 均具有大离子亲石元素(Ba、Rb、K)明显富集和轻稀土元素(Ce、Sm)相对富集, 重稀土元素(Yb)相对亏损和高场强元素(Nb、Ta、P、Ti)明显亏损的特征。这些特征与俯冲有关的岩浆岩相似(Wilson, 1989), 而与板内岩石以富高场强元素 Nb、Ta、Ti、Zr、Hf 为主要特点有明显区别的岩浆岩有明显的区别。

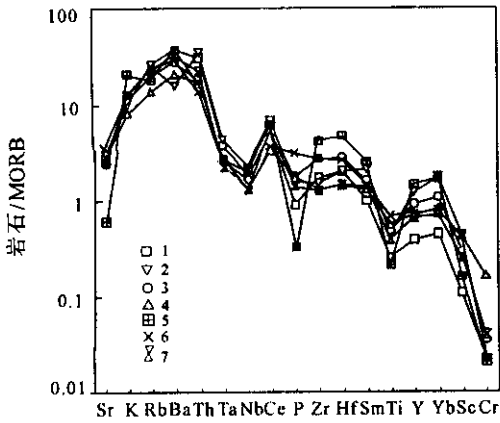


图 3 酸性岩微量元素的 MORB 标准化图解

Fig.3 MORB-normalized spider diagram of trace element of acid rock

1-冷竹关 2-中牛场 3-河口 4-长河坝-河口 5-姑咱-瓦斯沟;
6-瓦斯沟 7-瓦斯沟西南

4 结论

(1)康定地区变质侵入岩主要结晶于 721~773 Ma 期间, 表明其形成于新元古代。目前所测得的最老锆石年龄为 2468 Ma, 可能代表着扬子陆块的基底。99~531 Ma 的锆石 U-Pb 年龄反映了后期变质事件的改造。

(2)康定地区变质侵入岩以中酸性的岩石组合为主, 含水矿物角闪石及黑云母广泛存在, 岩体的主量元素显示钙碱性分异的趋势, 富集大离子亲石元素, 亏损高场强元素, 轻稀土相对富集, 重稀土相对

亏损。以上特征表明, 康定地区变质侵入岩在新元古代可能形成于与俯冲有关的岩浆弧环境。

致谢 感谢朱祥坤研究员对本文的建议和修改。

参考文献

陈岳龙, 罗照华. 2001. 对扬子地台西缘四川康定-冕宁变质基底的新认识-来自 Nb 同位素的证据. 地球科学——中国地质大学学报, 26(3): 279~285.

陈岳龙, 罗照华等. 2004. 从锆石 SHRIMP 年龄及岩石地球化学特征论四川冕宁康定杂岩的成因. 中国科学, 34(8): 687~697.

李曙光, 陈移之, 张宗清等. 1993. 北秦岭拉吉庙辉长岩的痕量元素和 Sr、Nd 同位素地球化学. 地质学报, 67(4): 310~322.

李献华, 李正祥等. 2002. 川西新元古代玄武岩岩浆岩的锆石 U-Pb 年代学、元素和 Nb 同位素研究: 岩石成因与地球动力学意义. 地质前缘, 9(4): 329~338.

沈渭洲, 高剑峰等. 2002. 扬子板块西缘泸定桥头基性杂岩体的地球化学特征及成因. 高校地质学报, 8(4): 382~388.

沈渭洲, 李惠民等. 2000. 扬子板块西缘黄草山和下索子花岗岩体锆石 U-Pb 年代学研究. 高校地质学报, 6(3): 412~415.

袁海华等. 1987. 康滇地轴基地时代的初步轮廓. 中国攀西裂谷文集. 北京: 地质出版社, 51~60.

周淘若. 1995. 花岗岩混合作用. 地质前缘, 1(1~2): 401~410.

Beard J S. 1994. Characteristic mineralogy of arc-related cumulate gabbros: implication for the tectonic strata from North Qinlin. Beijing: Geological Publishing House.

Davies G R, Macdonald R. 1987. Crustal influences in the petrogenesis of the Naivasha basalt-comendite complex: combined trace element and Sr-Nd-Pb isotope constraints. J. Petrol.

Li Z X. 2003. Geochronology of Neoproterozoic syn-rift magmatism in the Yangtze Craton, South China and correlations with other continents: evidence for a mantle superplume that broke up Rodinia. Precambrian Research, (122): 85~109.

Wilson M. 1989. Igneous petrogenesis. London: Unwin Hyman.

Zhou M F, Yan D P, Kennedy A K et al. 2002. SHRIMP U-Pb zircon geochronological and geochemical evidence for Neoproterozoic arc magmatism along the western margin of the Yangtze block, South China. Earth Planet Sci Lett., 196: 51~67.

Zhou M F. 2002. SHRIMP U-Pb zircon geochronological and geochemical evidence for Neoproterozoic arc-magmatism along the western margin of the Yangtze Block, South China. Earth Planet. Sci. Lett., 196: 51~67.