青藏高原中新生代花岗岩 Sr、Nd 同位素研究

邱瑞熙 $^{1,3)}$ 邓晋福 $^{2)}$ 周 肃 $^{2)}$ 肖庆辉 $^{4)}$ 蔡志勇 $^{5)}$ 刘 翠 $^{2)}$

(1)中国地质科学院地质研究所,北京,100037;2)中国地质大学,北京,100083; PS& A3)中国地质调查局宜昌地质矿产研究所,湖北 宜昌,443003;4)国土资源部信息中心,北京,100812; 5)湖北地质勘察局鄂西北地质矿产研究所,湖北 襄樊,441003)

摘 要 青藏高原中新生代岩浆活动强烈,本文报道青藏高原西部中新生代代表性花岗岩的 Sr. Nd 同位素测定结果,结合前人已发表的东部地区花岗岩同位素资料,初步探讨了青藏高原地区中新生代花岗岩的 Sr. Nd 同位素组成,物质来源与成因。研究表明、分布于冈底斯地块北南边界(即冈底斯花岗岩北带和南带)与洋壳俯冲有关的燕山晚期花岗岩,具有低^{NT} Sr. / MSr 对始值(小于 0.706)、正 ϵ Nd(t)值和年轻的 t_{21M} 模式年龄的特征,岩浆来源于俯冲洋壳的熔融;与陆-陆碰撞及碰撞后有关的冈底斯花岗岩 NSr. / MSr 对始值变化大(0.706~0.719),而 ϵ Nd(t)值和 t_{21M} 都在很小范围变化,Sr. Nd 同位素组成似乎与时代、岩性无关,说明壳幔混合花岗岩的同位素源区长时期保持相对均一。无洋壳物质参与的通过陆内俯冲作用形成的喜马拉雅区花岗岩,具有高 NSr. / MSr 对始值(大于 0.720)、古老模式 t_{21M} 年龄(1.792~2.206 Ma)和低 ϵ Nd(t)值(-10.3~-16.3)特征,并与基底岩石的 Sr. Nd 组成一致,岩浆源区为壳源。由此说明花岗岩类及其岩石组合的形成主要取决于深部部分熔融物质的成分,不同火成岩组合的差异反映了青藏高原岩石圈组成和演化的不均一性。

关键词 Nd-Sr 同位素 中新生代花岗岩 物质来源 青藏高原

Sr-Nd Isotope Studies of Mesozoic-Cenozoic Granites in Qinghai-Tibetan Plateau

QIU Ruizhao^{1,3)} DENG Jinfu²⁾ ZHOU Su²⁾ XIAO Qinghui⁴⁾ CAI Zhiyong⁵⁾ LIU Cui²⁾
(1) Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;2) China University of Geosciences, Beijing, 100083;
3) Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang, Hubei, 443003;4) Information Center of Ministry of Land and Resources, Beijing, 100812;5) Hubei Institute of Geology and Mineral Resources, Hubei Geoexploration Bureau, Xiangfan, Hubei, 441003)

Abstract Mesozoic-Cenozoic magmatic activities are intense in Qinghai-Tibetan plateau. Nd-Sr isotopic compositions of representative granitic plutons in western Qinghai Tibetan plateau are reported in this paper. Using these data combined with the previous isotopic data of eastern Qinghai-Tibetan plateau, the authors studied Sr-Nd isotopic compositions, material sources and geneses of Mesozoic and Cenozoic granites in Qinghai-Tibetan plateau. The research results indicate that there exist three types of granite in Qinghai-Tibetan plateau. The granites of the late Yanshanian stage, which are distributed along the northern and southern boundaries of Gandes block (i.e., in northern and southern granitic belts of Dangdes) and related to the oceanic crust subduction, have (**PSr/**) of 0.7041~0.7064, cNd(t) of +2.5~+5.7 and tpm age of 312~562 Ma, positive cNd, low (87Sr/86Sr) i ratio and young Nd model ages. All these data suggest that their sources have relatively high contents of mantle-derived components, and that this type of granites might have been melted from the subduction oceanic crust. The granites in the intra-Gangdes block caused by collision of continent and post-collision have $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})$ i of $0.706 \sim 0.719$, $\epsilon \text{Nd}(t)$ of $-5.3 \sim -8.3$ and t_{DM} age of $1.323 \sim 1.496$ Ma. negative eNd, and relative high (87Sr/86Sr), ratio with mid-Proterozoic Nd model ages, suggesting that the granites have a mixed genesis of mantle-derived components and old crustal components in their sources. The relatively small variation range in $\epsilon Nd(t)$ and t_{IM} age might imply that the granitic isotopic source in Gandes block maintained relative homogenization in a long period. The granites in Himalayan block, where there is no oceanic material to join in the melting and to cause the intra-continental subduction, have (87 Sr/ ⁸⁶Sr)i ratio over 0.720, ϵ Nd(t) of $-10.3 \sim -16.3$ and t_{DM} age of $1.792 \sim 2.206$ Ma, high (87 Sr)i ratio, low negative ϵ Nd(t) with old Nd isotopic model ages and Sr, Nd isotopic compositions consistent with those of basement rocks, indicating relatively high contents of crustal components in their sources. It is thus concluded that the formation of granitoids and their assemblages depends on

本义为国土资源部国际合作与科技司专项计划(200010103)、中国地质调查局地质调查项目(200110200064,200113900018)和(K1.4-1-2)中国地质大学(北京)"岩石圈构造、深部过程及探测技术"教育部重点实验室基金(2003010)资助的部分成果。 责任编辑:宫月董。

第一作者:邱瑞照,男,1963年生,博士,现主要从事岩石学与深部地质研究;E-mail;ycqruizhao@cgs.gov.cn。

the components of deep partial melting materials.

Key words Sr-Nd isotopes Mesozoic and Cenozoic granite material source Qinghai-Tibetan plateau

青藏高原地区中新生代花岗岩岩浆活动强烈, 其规模之大、分布之广在国内均占首位(涂光炽等, 1982)。因此,研究这些火成岩的物质来源与成因, 对于了解青藏高原形成与演化具有十分重要的意 义。

火成岩的 Nd-Sr 同位素组成是研究其源区物质性质的一个最重要的示踪剂,可以对花岗岩的来源、成因和演化等提供重要的制约(Farmer,1992),并能够为探讨地壳的形成与构造演化提供极重要的信息(Farmer等,1983)。然而,以往青藏高原地区的地质和同位素研究极不平衡,对高原东部和南部地区的花岗岩进行了比较系统的地质地球化学研究(涂光炽等,1982;刘振声等,1994),积累了较多的Sr 同位素(Debon等,1986;许荣华等,1984,1990;王俊文等,1988;朱炳泉等,1998)和少量的 Nd 同位素(许荣华等,1984,1990;莫宣学等,1985;赵志丹等,2001)资料。西部地区地质研究程度较低(涂光炽

等,1982;郭铁鹰等,1991),同位素研究以往多以 K-Ar 为主、少量 Rb-Sr、U-Pb 法的同位素定年,尚未开展 Nd 同位素研究。这种东、西部研究程度的不平衡,在一定程度上限制了人们更加全面、客观地认识青藏高原的演化历史。本文在对西部地区 38 个岩体的实地调查和对其中代表性岩体进行了详细的地质地球化学研究基础上,选择冈底斯花岗岩北带、中带和南带代表性花岗岩体进行了 Sr,Nd 同位素示踪探索,结合前人已发表的东部地区花岗岩同位素资料,探讨青藏高原地区中新生代花岗岩的源区与成因。

1 青藏高原中新生代花岗岩特征

青藏高原地区伴随特提斯的演化和高原的隆升 形成了分布广泛的中新生代花岗岩,在空间上广布 于芜塘、冈底斯和喜马拉雅块体(图 1),在时间上由 北向南逐渐变新(涂光炽等,1982)。北部羌塘块体

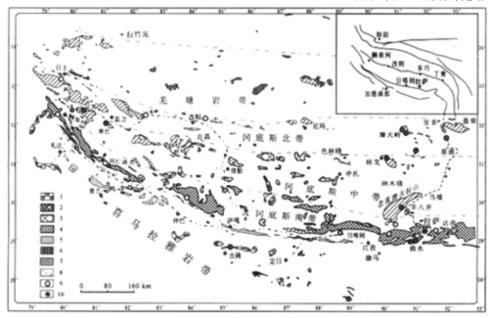


图 1 青藏高原中新生代花岗岩和花岗岩带分布图

Fig. 1 Sketch map of Mesozoic-Cenozoic granites and granitic belts in Qinghai-Tibetan plateau 1-新近纪花岗岩;2-古近纪花岗岩;3-第三纪花岗岩;4-白垩纪-古近纪花岗岩;5-白垩纪花岗岩;6-侏罗纪花岗岩;7-蛇绿岩;8-地质调查路线;9-(^{\$7}\$r/^{\$6}\$r)i<0.706 或正 εNd(t)值;10-(^{\$7}\$r/^{\$6}\$r)i>0.706 或页 εNd(t)值

1-Neogene granite; 2-Paleogene granite; 3-Tertiary granite; 4-Cretaccous-Paleogene granite; 5-Cretaceous granite; 6-Jurassic granite; 7-ophiolite; 8-route of geological survey;

9-positiveeNd(t) value or initial (87Sr/86Sr)i ratio less than 0.706;10-negativeeNd(t) value or initial (87Sr/86Sr)i ratio more than 0.706

● 莫宜学,郭铁鹰,何科昭等.1995. 育藏高原构造演化隆升岩浆热事件若干问题研究."八五"地质矿产部重大研究项目研究成果报告.中国地质大学,研究报告(未刊).

内以燕山早期为主,次为燕山晚期:冈底斯块体是中 新生代岩浆活动最活跃的地区,在中北部形成了燕 山晚期冈底斯花岗岩北带和中带,在南部形成了燕 山晚期-喜马拉雅期冈底斯南带;在喜马拉雅块体形 成了喜马拉雅早-晚期酸性岩带。本文主要研究冈 底斯和喜马拉雅块体内的花岗岩,两区在造山样式 上完全不同,冈第斯为经历了洋壳俯冲的陆-陆和弧 -陆碰撞造山式,喜马拉雅地区为陆内俯冲造山式 (邓晋福等,2001)。基于火成岩构造组合研究●,冈 底斯可分为与洋壳俯冲有关的和与大陆(弧-陆)碰 撞及碰撞后有关的火成岩组合,喜马拉雅为无洋壳 物质参与的陆内俯冲火成岩组合,不同的火成岩组 合在岩石学特征上具有明显区别: 冈底斯地块与洋 壳俯冲有关的火成岩组合,其岩石组合为石英二长 岩-花岗岩类或花岗闪长岩-花岗岩组合,岩石类型 属准铝质,为钙碱性和高钾钙碱性序列:而与大陆砂 撞及碰撞后有关的火成岩岩石组合主要为二长花岗 岩.正长花岗岩.碱长花岗岩,岩石类型以既有准铝 质又有过铝质,岩石序列以高钾钙碱性序列为主,少 量属于钾玄武岩序列。喜马拉雅块体的拉轨冈日和 高喜马拉雅带主要为正长花岗岩-碱长花岗岩组合 (即二云母-白云母花岗岩组合),属于高钾钙碱性序 列,岩石化学成分以高硅、富碱、低钙镁铁、强过铝为 特征。

2 样品分析和数据处理

同位素样品测试在宜昌地质矿产研究所同位素实验室完成,全部化学分离流程均在超净化实验室中进行;Rb、Sr、Sm、Nd 分析在装有可调多接收器的Finnigan MAT261 质谱计上完成,均采用双灯丝热表面电离源。质量分馏分别用 86 Sr、等于0.1194、 146 Nd/ 144 Nd 等于0.7219 校正。样品全流程空白 Rb 为(50 ~80)× 10 11 g,Sr 约为 50 × 10 10 g,Sm 约为(4 ~6)× 10 10 g,Nd 约为(2 ~5)× 10 10 g。标准样品(NBS987) 87 Sr 86 Sr 等于0.710234±7。La jolla Nd₂O₃143 Nd/ 144 Nd 等于0.511838±8。详细分析流程见邱瑞照等(2002)。

冈底斯地块是青藏高原中新生代构造-岩浆活动最强烈的地区,有的数据其¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd 比值相差较大,少数结果大于或小于中国花岗岩平均值的范围(0.09~0.15,峰值 0.120),为了在最大程度上减少因地壳演化阶段内 Sm/Nd 分馏对 Nd 模式年龄

计算值产生的影响,对分析和收集的 Nd 同位素模式年龄均采用两阶段模式 t_{2DM} 计算(李献华等, 1991; Chen 等, 1998),并采用二元混合模型(Faure, 1986)计算花岗岩中壳幔物质的比例。计算参数为亏损地幔端元值(McCulloch 等, 1982),上地壳端元组分值采用聂拉木群片麻岩平均值。统一计算后的Nd 同位素模式年龄和Sr, Nd 特征值列于表 1。

3 Sr、Nd 同位素组成

现有资料表明(表 1), 青藏高原中新生代花岗岩的 Sr、Nd 同位素组成变化大, 但具有协同变化特征, 在不同时空或岩石组合, 其 Sr、Nd 同位素组成各具特色, 并可分为 3 类。

3.1 I 类花岗岩

(1) I 类花岗岩具有低87 Sr /86 Sr 同位素初始值 (小于 0.706)、正 $\epsilon Nd(t)$ 值和年轻的 t_{2DM} 模式年龄 的特点。花岗岩的87 Sr/86 S 初始值(0.7041~ 0.7064)类似于岛弧(0.70437)和大陆(0.70577)中 基性火山岩平均值 (Faure, 1986), 这些岩体有分布 于冈底斯北带的日土岩体二长花岗岩、盐湖岩体和 冈底斯南带的扎西岗-冈仁波齐、曲水-谢通门花岗 闪长岩、郎县花岗闪长岩岩体等,在空间上分布于冈 底斯地块的北南边界(即冈底斯北带和南带:图1)、 时代均为燕山晚期,属于与洋壳俯冲有关的火成岩 (邱瑞照,2002)。在这些低锶花岗岩中,目前有 Nd 同位素分析数据的是冈底斯北带日土岩体二长花岗 岩、冈底斯南带中东段的曲水花岗岩及达孜英云闪 长岩体,它们的 Nd 同位素两阶段模式 tzim年龄小 $(312~562 \text{ Ma}), \epsilon \text{Nd}(t)$ 都为正值(+2.5~+5.7)(图 2), 与反映显生宙显著大陆地壳生长的兴蒙造 山带花岗岩(图 3)类似(洪大卫等,2000,2003)。二 元混合计算地幔源区物质比例达83%~89% $(f_{N_i}^{\Lambda_i} = 0.11 \sim 0.17; 表 1), Sr, Nd 同位素组成说明$ 这类火成岩的岩浆来源具幔源特征,而地幔又不能 直接产生花岗岩,因此很可能是俯冲洋壳熔融的产 物,暗示中生代冈底斯地块南部和北部边界具有新 牛地壳牛长。

虽然目前具有正 $\epsilon Nd(t)$ 值和年轻的 t_{2DM} 模式年龄的特点的花岗岩只有冈底斯北带日土岩体二长花岗岩、冈底斯南带中东段的曲水花岗岩及达孜英云闪长岩体,但这些岩体都有低Sr特征,而根据已

[●] 邱瑞照.2002. 青藏高原西部火成岩与新特提斯构造演化(博士学位论文). 中国地质大学(北京).

表 1 青藏高原中新生代花岗岩 Sr-Nd 同位素

Table 1	Sr-Nd isotopic data of	Mesozoic-Cenozoic granites in	Oinghai-Tibeton plotoon

	Table 1	Sr-Nd isotopic	c data of Mesozoio	-Cenozoic g	granites in	Qinghai	-Tibetan	platea	1		
序 号 位置		时代	火成岩构造组合	⁸⁷ Sr / ⁸⁶ Sr	¹⁴³ Nd / ¹⁴⁴ Nd	¹⁴⁷ Sm / ¹⁴⁴ Nd	$\varepsilon Nd(t)$		$f_{\mathrm{Nd}}^{\Lambda}$	t ∕Ma	备注
1	日土岩体南正长花岗岩	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7064	0.512877		5.7	312	0.11	75 - 125*	本文
2	日土岩体石英闪长岩	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7047	-	_	_	_	_	_	1
3 北带西	日土岩体黑云母二长花 	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7046	_	_	_	_	_	_	
4	盐湖岩体角闪黑云二长 花岗岩	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7055	_	_	_	_	_	_	2
5	江巴岩体片麻状石英闪 长岩	热山晚期	与陆陆碰撞有关	0.71404	_	_	_	_	_	80 - 124	5
中带西	9 江巴岩体 长花岗岩	燕山晚期	与陆陆碰撞有关	0.7162	0.512294	0.1328	- 5.8	1356	0.408	80 - 124*	٠
7	帮巴岩体二长花岗岩	燕山晚期	与陆陆碰撞有关	0.7117	0.512287		-5.4	1324	0.41	110	本文
8	扎西岗-冈仁波齐花岗 闪长岩	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7055	_	_	_	_	_	43-110	1
9 南带西	国区仁波齐正长花岗岩	喜马拉雅早期	与陆陆碰撞有关	0.7172	0.512259	0.1083	-6.7	1395	0.43	40-65**	本文
10	麦拉岩体黑云母钾长花 岗岩	喜马拉雅早期	与陆陆碰撞有关	0.7138	_	_	_	_	-	31	1
11 北带 名	 以丁青南岩体	燕山晚期	与陆陆碰撞有关	0.7121						129	6
12	班戈岩体黑云母花岗岩	燕山晚期	与陆陆碰撞有关		570.51228	0.130	- 6.0	1378	0.41	121	
13	念青唐古拉花岗片麻岩	燕山晚期	与陆陆碰撞有关	0.7158	0.51226	0.127	-6.3	1408	0.43	121	
14	念青唐古拉片麻状花岗 岩	燕山晚期	与陆陆碰撞有关	0.7092	0.51229	0.103	- 5.3	1323	0.41	121	4
中带系 15	^民 嘎扎花岗斑岩	喜马拉雅晚期	与东西向扩张有关	0.70950	0.512276	0.12*	-6.9	1376	0.42	10.8	
16	嘎扎花岗斑岩	喜马拉雅晚期	与东西向扩张有关	0.71002	0.512207		-8.3	1496	0.46	10.8	
17	嘎扎花岗斑岩		与东西向扩张有关	0.70801	0.512276		-6.9	1376	0.42	10.8	7
18	嘎扎花岗斑岩		与东西向扩张有关	0.71043	0.512258		-7.3	1408	0.43	10.8	
19	曲水三村花岗岩	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7043	0.512809		3.8	450	0.14	41-90	
20	曲水三村包体	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7041	0.512809		3.8	450	0.14	41-90	
21	318-4789 km 花岗岩	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7042	0.512741		2.5	567	0.17	41-90	3,9
22	318-4790 km 包体	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7050	0.51287		4.9	352	0.11	41-90	
23	曲水花岗岩	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.70536	0.51279		3.6	466	0.14	41-90	
25 南带有 24	、 达孜英云闪长岩	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7046	0.51278		3.3	507	0.15	56	
25	谢通门-曲水花岗闪长 岩	燕山晚期	与洋壳俯冲有关(_	_	_	_	43-95	4,9
26	郎县花岗闪长岩	燕山晚期	与洋壳俯冲有关	0.7051	_	_	_	_	_	55.7	
27	甲格黑云母花岗岩	喜马拉雅早期	与陆陆碰撞有关	0.7140	_	_	_	_	_	_	ı
28	康马片麻状花岗岩	喜马拉稚早期	与陆内俯冲有关 (. 7140-0. 720	772 —	_		_	_	_	2,10
拉轨 29 岗日				0.7221	_			_	_	30.2	1
30	聂拉木二云母花岗岩	喜马拉稚晚期	与陆内俯冲有关	0.7751	0.511826	0.1380	- 15.7	2156	0.76	13	
31	聂拉木二云母花岗岩	喜马拉雅晚期		0.7795	0.511797		-16.3	2206	0.78	13	
32 南喜 5	4. 聂拉木二云母花岗岩	喜马拉雅晚期	与陆内俯冲有关	0.7840	0.511949	0.1866	-13.4	1951	0.65	13	8
	聂拉木二云母花岗岩	喜马拉雅晚期		0.7605	0.512041	0.1899	-11.6	1792		13	
34	聂拉木二云母花岗岩		与陆内俯冲有关	0.7590	0.511831					13	
35	告乌二云母花岗岩	喜马拉雅晚期					10.3-15.			42.95	ŋ
36	片麻岩	聂拉木群	基底岩石	0.7559	0.51196				0.64	前寒武系	
37南喜『		聂拉木群	基底岩石	0.7260	0.51203					前寒武系	
38 拉雅		聂拉木群	基底岩石	0.7483						前寒武系	
39 基底		聂拉木群	基底岩石	0.9103	0.51159					前寒武系	
40	云母片岩	聂拉木群	基底岩石	0.7988	0.51169					前寒武系	
V. 45 8	佐びは水色は光思でん	1 10 1000 V		can 1470 /h			* 1 ***				

注:参数采用平均球粒陨石(Jacobsen 等,1980)¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.512638,¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd-0.1967。根据前人测定的同位素年龄和地质依据 取 T 值计算 є Nd(t)和 t_{20M}。采用的上地壳端元组分值: ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.511588(聂拉木群片麻岩), Nd=28×10 ⁶(刈旨实等, 1990),亏损地幔端元值: ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.513151, Nd=14×10 ⁶(McCulloch 等,1982)。 f 总为参照文献(朱金初等,1990)中公式计算的上地壳端元 Nd 问位素所占的重量分数;1-伍勤生,1982;2-刘振声等,1988;3-莫宣学等,1995;4-许荣华等,1990;5-郭钦鹰等, 1991;6-郑海翔,1985;7-赵志丹等,2001;8-杨晓松等,2000;9-西藏地质志,1993;10-Deban,1984。*取中国花岗岩的平均值;表中本文 Sr、Nd 同位素数据由宜昌地质矿产研究所同位素实验室测试,测试误差;2σ;同位素年龄据西藏地质志,1993。

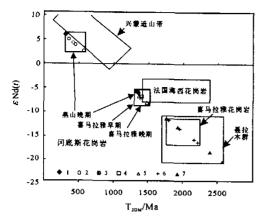


图 2 中新生代花岗岩 t_{2DM}-εNd(t)图

Fig. 2 Plot of εNd(t) vs Nd model age
of Mesozoic-Cenozoic granites
1-日土岩体;2-曲水、达孜岩体;3-江巴、帮巴岩体;
4-冈仁波齐岩体;5-嘎扎花岗斑岩;6-聂拉木岩体;7-聂拉木群
1-ritu pluton;2-qushui and Dazi pluton;3-Jiangba and Banba pluton;
4-Gangrenboqi pluton;5-Gaza granite porphyry;
6-Nielamu pluton;7-Nielamu group

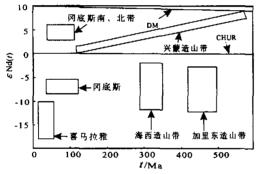


图 3 中新生代花岗岩 εNd(t) 与侵入时代的关系(底图转引自洪大卫等,2000) Fig. 3 Plot of εNd(t) vs instrusive age for Mesozoic-granites(after Hong Dawei et al.,2002)

有数据统计具有低⁸⁷ Sr. 86 S 初始值特点的花岗岩达20.5%(图 4,注: 聂拉木群基底岩石参与统计); 另外,在中生代青藏高原的班公湖-怒江和雅鲁藏布江洋壳相向俯冲削减作用普遍存在 $^{\bullet}$ (邱瑞照,2002),与洋壳俯冲作用有关的火成岩组合具有埃达克岩的地球化学属性(邱瑞照,2002),因此,可以预见随着Nd同位素分析数据的积累,会有更多的具 $_{\epsilon}$ Nd($_{t}$)正值和年轻 $_{t_{2DM}}$ 模式年龄的花岗岩(即埃达克岩)发现。

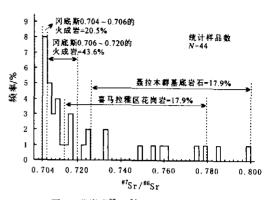


图 4 花岗岩⁸⁷ Sr. ^{A6} Sr 初始值分布頻率 Fig. 4 Frequency diagram of initial ⁸⁷ Sr. ^{A6} Sr ratio of granites

3.2 II 类花岗岩

11类花岗岩的87 Sr /86 S 初始值变化大(0.706~ 0.719),而 $\epsilon Nd(t)$ 值和 t_{2DM} 模式年龄都在很小范 围变化:这类岩体空间上主要分布于冈底斯南北岛 弧带和冈底斯内部(图1),时代分别属于燕山晚期、 喜马拉雅早期和喜马拉雅晚期,属于与大陆碰撞及 碰撞后岩石圈继续汇集时形成的花岗岩。花岗岩的 87Sr/86Sr初始值高于大陆中基性火山岩平均值 (0.70577)而低于大陆地壳的平均值(0.719; Faure, 1986),87Sr/86S初始值统计占 43.6%(图 2);Nd 同 位素 $\epsilon Nd(t)$ 为负值(-5.3~-8.3),与典型的海 西造山带、加里东造山带花岗岩(图 4)类似; t2DM模 式年龄(1323~1496 Ma)反映源岩时代为中元古 代。对比冈底斯地块东西部花岗岩的 Nd 同位素组 成,其中最突出的特点是西部 $\epsilon Nd(t)$ 为 -5.4~ -6.7; t_{2DM}为 1 324~1 395 Ma 与东部 єNd(t)为 -5.3~-8.3; t_{2DM}为 1 323~1 496 Ma 花岗岩的 $\varepsilon Nd(t)$ 值和 t_{2DM} 模式年龄基本一致(表 1), $\varepsilon Nd(t)$ 值(-5.3~-8.3)和 t_{2DM} (t_{2DM} =1 324~1 395 Ma)都在很小范围变化(图 2),显示均为壳幔混合 源区,而这些岩体分属不同时代、在空间上相距遥 远、岩性也不尽相同,而 Sr, Nd 组成尤其是 Nd 同位 素的 $\epsilon Nd(t)$ 值和 t_{2DM} 模式年龄反映出这些不同时 期不同空间的花岗岩同位素源区似乎长时期保持相 对均一,并与时代、岩性无关,二元混合计算地幔源 区物质比例变化小 54% - 60% ($f_{Nd}^{A} = 0.40 - 0.46$) 支持这一推论,花岗岩为壳幔混合源区。

[•] Qiu ruizhao, Deng Jinfu, Zhou Su et al. 2003. A new dynamic modal of tectonic evolution of the Neo-Tethyan in the western tibetan Plateau, China: evidences from the study of granitoids and ophiolite. IgcP430 workshop Abstract. 4. Switzerland.

3.3 III 类花岗岩

具有高⁸⁷ Sr/⁸⁶ S 初始值(大于 0,719)、ε Nd(t) 负值大和古老 tarm模式年龄的花岗岩:目前已知的 拉轨岗日岩带的康马片麻状花岗岩、打拉片麻状二 云母花岗岩和高喜马拉雅岩带的聂拉木、告乌二云 母花岗岩等无一例外都分布干喜马拉雅块体内。 87Sr/86Sr初始值(0.7140~0.7840)绝大多数大大高 于地壳平均值,并在聂拉木群片麻岩、云母片岩的 87Sr/66Sr初始值(0.7260~0.9103)范围,花岗岩和 基底岩石的87 Sr/66 Sr 初始值统计各占 17.9% (图 2)。聂拉木花岗岩和告乌电气石白云母花岗岩的两 阶段模式 t_{2DM}年龄为 1 792~2 206 Ma, εNd(t)值 为-10.3~-16.3,也与聂拉木群中云母片岩的 t_{DM}年龄(2 384~2 562 Ma)和 εNd(t)值(-18.3~ -20.3)接近,反映了花岗岩形成与基底岩石的密切 关系,陆内俯冲是其形成的最佳机制(邓晋福等, 1996),花岗岩为壳源特征,同时,明显不同于侵入冈 底斯中南部的同时期花岗岩的 Sr, Nd 组成(图 2,图 3)。

从上述3类花岗岩的Sr,Nd组成来看,Sr,Nd 组成具有协同变化的特征。冈底斯地块北南边界 (即冈底斯北带和南带)具有低87Sr/86S、正 εNd(t) 值的与洋壳俯冲有关的花岗岩,与正 $\epsilon Nd(t)$ 值广 泛分布的兴蒙造山带花岗岩特征一致(图 2,图),岩 浆源区为幔源,其较小的 tann模式年龄变化范围与 西藏新特提斯发育时间短相符。与陆-陆碰撞及碰 撞后有关的冈底斯北带、中带和南带花岗岩与加里 东造山带、海西造山带花岗岩的特征可以对比(图 2,图 3),反映了花岗岩壳幔混合源区特征;喜马拉 雅区花岗岩 Sr, Nd 组成与基底岩石的一致, 为无洋 壳物质参与的通过陆内俯冲作用形成的壳源花岗 岩。上述特征说明花岗岩类及其岩石组合的形成主 要取决于深部部分熔融物质的成分, 冈底斯地块和 喜马拉雅块体火成岩组合的差异反映了西藏岩石圈 组成和演化的不均一性。

参考文献

- 郑晋福,莫宜学,罗照华等. 2001. 青藏高原岩石圏不均一性及其动力学意义.中国科学(D報),44(增刊):56-63.
- 邓晋福,赵海玲、莫宣学等. 1996. 中国大陆根-柱构造-大陆动力学 的钥匙. 北京:地质出版社.
- 郭铁鷹,梁定益,张益智等,1991.西藏阿里地质,武汉:中国地质大 学出版社。
- 洪大卫,王式光,谢锡林等. 2000. 兴蒙造山带正 εNd(t)值花岗岩的

- 成因和大陆地壳生长, 地学前缘, 7(2):441~456.
- 洪大卫,王式光,谢锡林等。2003. 从中亚正 cNd(1)值花岗岩看超大陆演化和大陆地壳生长的关系。地质学报,77(2);203-209.
- 李獻华, 赵振华, 唐桂训等. 1991. 华南前寒武纪地壳形成时代的 Nd 和锆石 U-Pb 同位素制约. 地球化学. 3:255~264.
- 刘昌实,朱金初,沈渭洲等。1990. 华南陆壳改造系列化岗岩类型划分 和成岩物质来源,地质学报,64(1):43~52.
- 刘振声,王洁民. 1988. 青藏高原南部花岗岩锶、氧同位素特征及其 对花岗岩带, 青藏高原文集、(19):1~17.
- 邱瑞熙,肖润,周肃等. 2002. 藏北班公湖-怒江带中股舍玛拉沟蛇绿 岩中辉长岩 Sm-Nd 同位素年齡和 Sr, Nd 同位素特征. 地质论 评、48(增刊):64~68.
- 徐光炽,张玉泉.1982.西藏南部花岗岩类地球化学.北京:科学出版 社.
- 王俊文等,1981.四藏南部某些中酸性岩体的铷-锶同位素研究,地球 化学,(3):242~246.
- 许荣华, Harris NBW, Lewis CL. et al. 1990. 拉萨自格尔木的同位 素地球化学. 见:中、英青藏高原综合地质考察队主编:青藏高原 地质演化. 北京:科学出版社, 282~302.
- 杨晓松,金振民, 2001. 西藏亚东淡色花岗岩 Rb-Sr 和 Sm-Nd 同位 素研究——关于其年龄和源岩的证据, 地质论评, 47; 294~300,
- 赵志丹, 莫宜学, 张双全等, 2001. 西藏中部乌郁盆地碰撞后岩浆作用 - 特提斯洋壳俯冲再循环的证据, 中国科学(D 料), 31(增刊): 20 ~ 26.
- 朱炳泉, 1998. 地球科学中同位素体系理论与应用——兼论中国大陆 壳幔演化, 北京:科学出版社,
- 朱金初, 沈渭洲, 刘昌实等. 1990. 华南中生代同熔系列花岗岩类的 Sr-Nd 同位素特征及成因讨论. 岩石矿物学杂志, 9(2): 97-105.

Reference

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region. 1993. Regional geology of Xizang(Tibet) autonomous region. Beijing: Geological Publishing Huse (in Chinese with English abstract).
- Chen J F, Jahn B M. 1998. Crustal evolution of southeastern China; Evidence from Nd and Sr isotopic compositions of rocks. Tectonophysics, 284:101~133.
- Debon F, Patrick l F, Simon M F et al. 1986. The four plutonic belts of the Transhimalaya Himalaya: a chemical, mineralogical, isotopic, and chronological synthesis along a Tibet-Nepel Section. Journal of Petrology, 27, Part 1,219~250.
- Deng J F, Zhao H L, Mo X X et al. 1996. Continental root-plume tectonics of China; key to the continental dynamics. Beijing; Geological Publishing House(in Chinese with English abstract).
- Deng J., Mo X., Luo Z H et al. 2001. Inhomogeneity of the lithosphere of the Tibetan Plateau and implications for geodynamics. Science in China(Series D), 44(Sup.):56~63.
- Faure G. 1986. Principles of isotope geology. John Willey and Sons, 200

- ~249.
- Guo Tieying, Liang Dingyu, Zhang Yuzhı et al. 1991. Geology of ngari Tibct(Xizang). Wuhan: China University of Geosciences Press(in Chinese with English abstract).
- Hong Dawei, Wang Shiguang, Xie Xilin et al. 2000. Genesis of positive εNd granitoids in the Da Hinggar Mts-Mongolia orogenic belt and continental crustal growth. Earth Science Frontiers, 7:441 ~ 456 (in Chinese with English abstract).
- Hong Dawci, Wang Shiguang, Xie Xilin et al. 2003. Correlation between continental crustal growth and the supercontinental cycle: Evidence from the granites with positive eNd(t) in the central Asia orogenic belt. Acta Geological Sinica, 77(2):203 ~ 209 (in Chinese with English abstract).
- Jacobsen SB, Wasserburg GJ. 1980. Nd isotopic evolution of chondrites. Earth Planet. Sci. Lett., 50:139 - 155.
- Jiangfeng Chen, Bor-ming Jahn. 1998. Crustal evolution of southeastern China: Nd and Sr isotopic evidence. Tectonophysics, 284: 101 ~ 133.
- Li Xianhua, Gui Xuntang. 1991. On the material sources of the caledonian granites in Wangyangshan-Zhuguangshan Mountain. Science in Chuna (Series B), 5: 533 - 540 (in Chinese with English abstract).
- Liu Changshi, Zhu Jinchu, Shen Weizhou et al. 1990. Granitic type classifying and material sources of crust reconstruct series granite in south China. Acta Geologica Sinica, 64 (1): 43 ~ 52 (in Chinese with English abstract).
- Liu Zhensheng, Wang Jiemin. 1988. Strontium and oxygen isotopes of granites and paired granite belts in the southern Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau the corpus of Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau, 19; 1~17(in Chinese with English abstract).
- McCulloch M T, Chappell B W. 1982. Nd isotopic characteristics of Sand I-type granites. Earth Planet Sci. Lett., 58:51 ~ 64.
- McCulloch MT, Wasserburg G J. 1978. Nd and Rb-Sr chronology of

- continental crust formation. Science, 200; 1003 ~ 1011.
- Qiu Ruizhao, Zhou Su, Xiao Run et al. 2002. Geochronology and Nd, Sr isotope characteristics of gabbro dikes from shemalagou area; in the middle of Pangong-Nujiang ophiolite belt, North Tibet. Geological Review. 48 (Sup.): 64 ~ 68.
- Qiu Ruizhao. 2002. Igneous rocks and Tectonic evolution of the Neo-Tethyan in the western Tibetan Plateau. A Dissertation Submitted to China University of Geosciences (Beijing) for Doctoral Degree (in Chinese with English abstract).
- Tu Guangzhi, Zhang Yuquan. 1982. Granitoid geochemistry in South Tibet. Beijing: Science Press(in Chinese).
- Wang Junwen, Cheng Zhongli, Gui Xuntang et al. 1981. Rb-Sr isotopic studies of some intermediate-acidic plutons in southern Xizang. Geochemistry, (3):242 ~ 246 (in Chinese with English abstract).
- Xu Ronghua, Harris N B W, Lewis C L et al. 1990. Isotopic geochemistry from Lasa to Geermu. In: Geological evolution of Qinghai-Tibetan plateau, Sino-Britain geological synthetical-brigade (Eds.), Beijing: Science Press, 282 ~ 302 (in Chinese).
- Yang Xiaosong, Jin Zhenming. 2001. Rb- and Sm-Nd isotopic study study of Yadong tinge granite in Tibet; Evidence about its age and original material. Geological Review, 47;294 ~ 300 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Z D, Mo XX, Zhang S-Q et al. 2001. Post-collisional magmatism in Wuyu basin, central Tibetet; evidence for recycling of subducted Tethyan oceanic crust. Science in China(Scientia Sinca), Series D, 44(Sup.):27~34.
- Zhu Bingquan. 1998. Theory and implication of isotopic system in Earth science, and the discussion of crust-mamtle evolution of China continent. Beijing: Science Press(in Chinese).
- Zhu Jinchu, Shen Weizhou, Liu Changshi et al. 1990. Sr-Nd isotopic characteristics and genesis discussing of homo-melting series granitiods in Mesozoic in South China. Acta Petrologica et Mineralogical, 9(2):97~105 (in Chinese with English abstract).