

西藏南冈底斯带拢布村花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其成因

钟 云¹, 夏 斌^{1,2}, 刘维亮¹, 夏连泽³, 夏中宇¹, 王利红¹

ZHONG Yun¹, XIA Bin^{1,2}, LIU Wei-liang¹, XIA Lian-ze³,

XIA Zhong-yu¹, WANG Li-hong¹

1. 中山大学海洋学院海洋石油勘探开发广东省普通高校重点实验室, 广东 广州 510275;

2. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640;

3. 中山大学地球科学系, 广东 广州 510275

1. *Guangdong University Key Laboratory of Offshore Oil Exploration and Development, School of Marine Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, Guangdong, China;*

2. *Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou 510640, Guangdong, China;*

3. *Department of Earth Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, Guangdong, China*

摘要:在一定条件下,花岗岩对于研究古大洋板块俯冲消减及陆-陆碰撞等板块演化过程具有重要的意义。拢布村花岗岩体位于西藏南冈底斯带中段,有关南冈底斯带花岗岩类形成年代仍存在不同认识。通过 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年获得拢布村花岗岩的形成年龄为 $157.0\text{Ma} \pm 2.9\text{Ma}$,表明南冈底斯带存在晚侏罗世岩浆活动。拢布村花岗岩富集 Rb、Ba、Th、U、K 等大离子亲石元素,亏损 Nb、Ta、Ti 等高场强元素,显示出岛弧岩浆岩的特征,指示晚侏罗世南冈底斯带存在新特提斯洋北向欧亚大陆的早期俯冲运动。研究表明,拢布村花岗岩为洋壳板块俯冲消减作用背景之下上覆地幔楔部分熔融的产物。

关键词:拢布村花岗岩;锆石 U-Pb;LA-ICP-MS;新特提斯洋;南冈底斯带

中图分类号:P597+.3;P588.12+1 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2013)09-1362-09

Zhong Y, Xia B, Liu W L, Xia L Z, Xia Z Y, Wang L H. LA-ICP-MS zircon U-Pb age and genesis of Longbucun granite in Southern Gangdise Belt, Tibet. *Geological Bulletin of China*, 2013, 32(9):1362-1370

Abstract: Granite has important significance for the study of ocean plate subduction and continent-continent collision under certain conditions. Longbucun granite belongs to the middle part of Southern Gangdise Belt, and the formation age of the granitoids in this belt is a subject of much controversy. The LA-ICP-MS U-Pb zircon age of Longbucun granite is $157.0\text{Ma} \pm 2.9\text{Ma}$, which shows that there existed granitic magmatism in the Late Jurassic in Southern Gangdise Belt. Longbucun granite is enriched in such large-ion lithophile elements as Rb, Ba, Th, U and K and depleted in the high field strength elements like Nb, Ta and Ti, suggesting the features of island arc magmatic rocks and indicating that there existed an early-stage northward subduction of the Neo-Tethys Ocean to the Eurasian Plate in the Late Jurassic period. Longbucun granite was formed by partial melting of the mantle wedge under the subduction of the Neo-Tethys plate.

Key words: Longbucun granite; zircon U-Pb age; LA-ICP-MS; Neo-Tethys Ocean; Southern Gangdis Belt

青藏高原的形成与演化,是一个古大陆裂解、洋盆扩张、俯冲消减、碰撞闭合、地形隆起的洋盆—造

山带—高原的耦合过程^[1]。伴随此演化过程,从元古宙到新生代,青藏高原发育了多地质时期、多种类型

收稿日期:2013-05-23;修订日期:2013-08-12

资助项目:中国地质调查局项目(编号:1212011120978、1212011121259 和 1212011221105)和国家 973 计划项目课题(编号:2012CB214705)

作者简介:钟云(1987-),男,在读博士生,海洋地质学专业。E-mail: 627699535@qq.com

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

的火山岩与侵入岩,是中国岩浆岩发育最为密集的地区之一^[2]。

有关雅鲁藏布江新特提斯洋打开、洋盆扩张及向欧亚板块俯冲消减的时限,尽管前人已做过大量的工作,但当前仍是青藏高原地质研究中的重要问题^[3]。作为大陆地壳的重要组成部分,花岗岩蕴藏着丰富的区域地质构造、岩浆演化等地质信息,在一定条件下可反映地质时期大洋板块俯冲及陆—陆碰撞等过程^[4]。据公开发表的花岗岩类年龄数据,南冈底斯带花岗岩类形成时代介于 127~12Ma 之间,其中俯冲成因型花岗岩类的形成年代介于 127~70Ma^[4]之间。结合近年南冈底斯带南木林县索青乡乌郁盆地(188Ma±1.4Ma)^[5]、尼木县尼木大桥附近(178Ma)^[3]、南木林县奴玛乡(151.8~194.0Ma, 205.3Ma)^[6]等地发现的形成于晚三叠世—晚侏罗世的花岗岩,南冈底斯带存在晚三叠世—晚侏罗世的岩浆活动。

本次对南冈底斯带中段拢布村花岗岩体进行了 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测年,以期确定研究区是否存在晚三叠世—晚侏罗世时期的花岗质岩

浆活动,并对该岩体的成因进行了探讨。

1 地质概况与岩石学特征

规模宏大的冈底斯(构造-岩浆)带,分布于班公湖-怒江与雅鲁藏布江两大缝合带之间,近东西向延伸达 2500km,南北宽达 150~300km,呈自中间向东西两侧逐渐变窄的分布形式^[7]。花岗岩类广泛分布于该构造-岩浆带内,出露面积约达 11×10⁴km²^[4]。拢布村花岗岩体出露于南冈底斯带中段日喀则地区东部大竹卡大桥西北侧拢布村附近(图 1),采集点坐标为 N29°23.402'、E89°33.482'。据 1:25 万日喀则幅区域地质调查报告^①,拢布村岩体落入出露面积较广的渐新世拉木达岩体(E₃κγ^{7b})之中,该岩体岩性为中粒斑状黑云钾长花岗岩;区域内出露有多期呈侵入接触关系的早白垩世(K₁)、晚白垩世(K₂)、古新世(E₁)、始新世(E₂)、渐新世(E₃)等中酸性岩体;早白垩世桑日群比马组(K₁)在区域北侧与东侧呈带状分布,与周边岩体呈断层或侵入接触;局部分布有中细粒辉长岩或辉长辉绿岩(早白垩世洛堆岩体)。

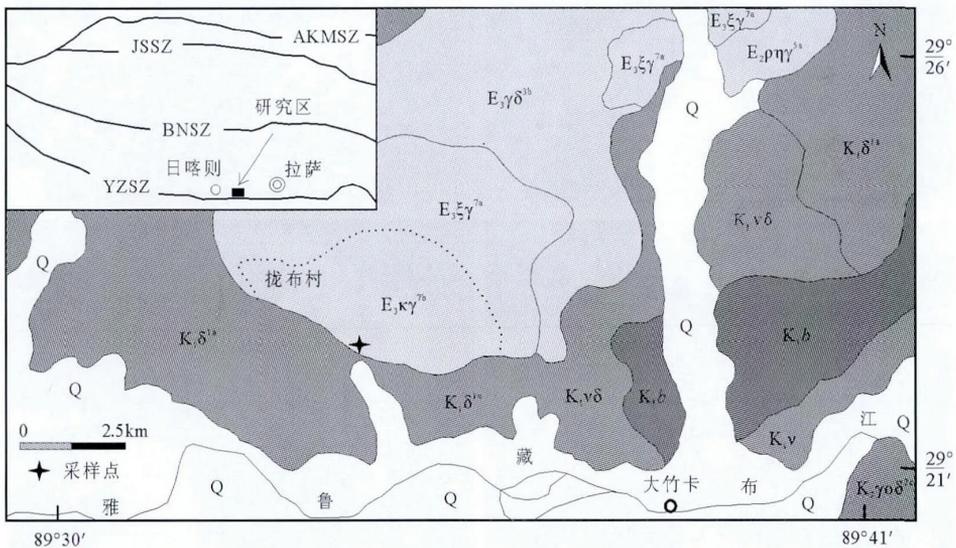


图 1 研究区地质略图及采样位置(据参考文献①修改)

Fig. 1 Geological sketch map of the study area, showing sampling locations

K₁δ^{1a}—早白垩世拔路岩体(细—中粒角闪闪长岩);K₁νδ—早白垩世棉将岩体(细中粒角闪辉长闪长岩);K₁ν—早白垩世洛堆岩体(中细粒辉长岩或辉长辉绿岩);K₁b—早白垩世桑日群比马组(部分麻木下组)安山岩、英安岩、夹砂岩、大理岩;K₂γ₀β^{2c}—晚白垩世增布岩体(细中粒角闪黑云英云二长闪长岩);E₁γδ^{3b}—古新世仲堆果岩体(中细粒角闪黑云花岗岩闪长岩);E₂ρηγ^{5a}—始新世未知侵入岩体;E₃κγ^{7b}—渐新世拉木达岩体(中粒斑状黑云钾长花岗岩);E₃ξγ^{7a}—渐新世洞沙岩体(中粗粒黑云钾长花岗岩);Q—第四系;AKMSZ—阿尼玛卿—昆仑—木孜塔格缝合带;

JSSZ—金沙江缝合带;BNSZ—班公湖—怒江缝合带;YZSZ—雅鲁藏布缝合带

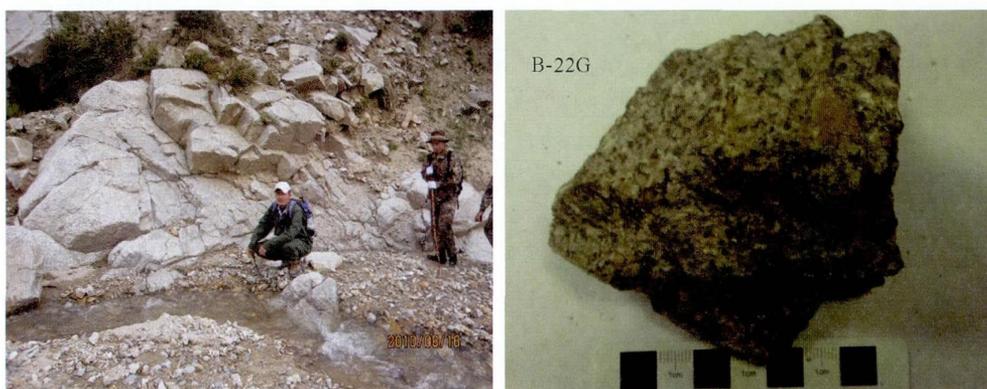


图 2 拢布村花岗岩野外露头及标本

Fig. 2 Photos of field outcrop and sample of Longbucun granite

拢布村花岗岩体呈浅灰—浅白色, 粗粒结构, 块状构造, 镜下定名为粗粒花岗岩(图 2)。岩石中正长

石、斜长岩部分已被泥化, 但前者泥化较强, 后者聚片双晶仍很清晰(图 3-A); 黑云母多被碾压成细鳞片状,

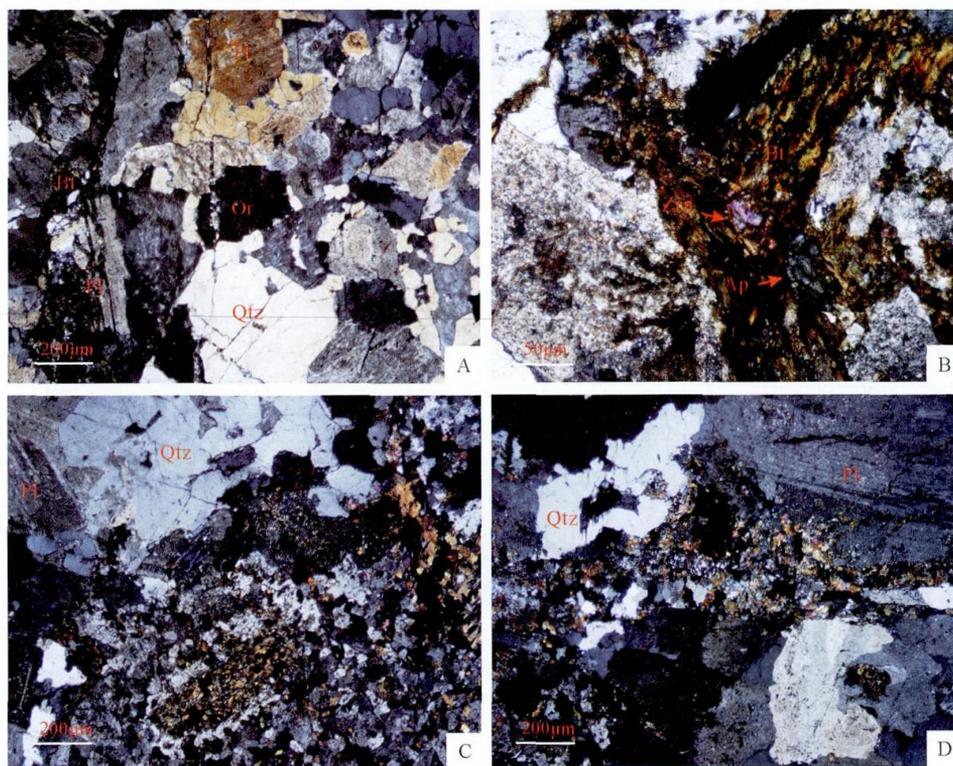


图 3 拢布村花岗岩显微照片

Fig. 3 Microphotographs of Longbucun granite

A—矿物均不同程度碎裂, 长石见泥化; B—黑云母成缟带状的细鳞片; C—右下角为黑云母长英质角岩包体, 右上角为一石英脉包体(其内有绿帘石), 周围有一黑云母+绿帘石圈; D—绿帘石-石英脉(E-W 向);

Qtz—石英; Bt—黑云母; Pl—斜长石; Or—正长石; Ap—磷灰石; Zrn—锆石

并呈缟带状似“Y”形分布(图 3-B);见黑云母长英质角岩包体(图 3-C)、绿帘石-石英脉(图 3-D);除主要矿物成分外,还可见锆石、磷灰石等副矿物(图 3-B)。

2 拢布村花岗岩岩石地球化学

拢布村花岗岩样品主量、微量、稀土元素分析结果见表 1。

2.1 岩石化学

拢布村花岗岩 SiO₂ 含量介于 69.48%~70.23%

之间;全碱含量较高(Na₂O+K₂O, 7.36%~7.56%), K₂O/Na₂O 值介于 1.09~1.16 之间, 显示富碱及弱高钾特征;Al₂O₃ 含量介于 14.5%~14.81%之间, 铝饱和指数(A/CNK=Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O))介于 1.07~1.11 之间, 平均为 1.09, 属弱过铝质花岗岩;碱度指数(NK/A=(K₂O+Na₂O)/Al₂O₃)介于 0.50~0.52 之间, 属于亚碱性系列中的钙碱性系列。

2.2 稀土及微量元素地球化学

花岗岩样品稀土元素总量(ΣREE)值介于88.68×

表 1 拢布村花岗岩中氧化物和微量元素含量
Table 1 Petrogeochemical components of Longbucun granite

样号	B22-G	B22-2	样号	B22-G	B22-2
SiO ₂	69.48	70.23	Lu	0.34	0.33
Al ₂ O ₃	14.50	14.81	δ Eu	0.81	0.78
Fe ₂ O ₃	2.45	2.80	Σ REE	88.7	92.1
CaO	1.85	1.88	Σ LREE/Σ HREE	7.54	8.18
MgO	0.67	0.90	(La/Yb) _N	7.35	8.59
Na ₂ O	3.58	3.44	(La/Sm) _N	5.15	5.44
K ₂ O	3.92	3.98	(Gd/Yb) _N	0.97	1.08
MnO	0.14	0.17	Sc	4	4
P ₂ O ₅	0.09	0.09	Ti	2038	2038
BaO	0.04	0.04	V	45	47
LOI(烧失量)	1.14	1.27	Cr	130	140
Total(总量)	98.24	100	Mn	1050	1270
K ₂ O/Na ₂ O	1.09	1.16	Co	2.00	1.80
A/CNK(铝饱和指数)	1.07	1.11	Ni	<5.00	<5.00
NK/A(碱度指数)	0.50	0.52	Cu	<5.00	<5.00
La	21.3	22.4	Zn	52.0	61.0
Ce	36.9	38.9	Ga	14.0	14.7
Pr	3.85	3.98	Rb	115	126
Nd	12.9	13.5	Sr	255	181
Sm	2.67	2.66	Y	16.0	15.4
Eu	0.68	0.65	Nb	11.2	11.1
Gd	2.44	2.46	Cs	3.22	2.07
Tb	0.39	0.39	Ba	555	532
Dy	2.60	2.49	Hf	4.60	4.30
Ho	0.53	0.52	Ta	1.10	1.00
Er	1.72	1.70	Pb	22	24
Tm	0.28	0.27	Th	10.1	10.1
Yb	2.08	1.87	U	2.66	2.91

注:样品岩石地球化学分析在澳实分析检测(广州)有限公司完成,主量元素采用 ME-XRF06 方法分析测定,精度为 0.01%,单位为%;微量和稀土元素采用 ICP-MS 方法分析测定,相对偏差小于 5%,单位为 10⁻⁶

$10^{-6}\sim 92.12\times 10^{-6}$ 之间,远低于上地壳稀土元素总量(210×10^{-6})。 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 比值介于 7.54~8.18 之间, $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 介于 7.35~8.59 之间,轻、重稀土元素之间具有一定的分异。同时, $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$ 介于 5.15~5.44 之间, $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 介于 0.97~1.08 之间,表明轻稀土元素(LREE)内部分异较明显,而重稀土元素(HREE)内部则基本未分异。此外, δEu 值介于 0.78~0.81 之间,具较弱的 Eu 负异常。稀土元素球粒陨石标准化配分图(图 4),显示轻稀土元素富集、重稀土元素亏损的右倾模式。

微量元素原始地幔标准化蛛网图(图 5)上,花岗岩样品 Rb、Ba、Th、U、K、Pb 等大离子亲石元素和 Zr、Hf 等高场强元素相对富集, Nb、Ta、Ti 等高场强元素则相对亏损,显示出岛弧岩浆岩的特征^[9],指示花岗岩成因与板块俯冲消减作用有关^[7,8]。此外,大离子亲石元素 Sr 呈弱富集、Ba 呈相对亏损,表明花岗岩岩浆经历了一定的分异演化^[10]。

3 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测定

3.1 测试方法

将 1kg 岩样粉碎至约 1cm^3 的小块,放入直径为 20cm 的不锈钢钵中,置于 XZW100 型振动磨样机中($1.1/0.75\text{kW}$)研磨 3~5s 后取出;研磨需反复进行,直至样品全部通过 0.3mm 孔径筛;经铝制淘沙盘富集重矿物,并进行磁选、电磁选以获取非电磁性矿物;淘洗获得锆石精矿;在双目镜下人工挑选出用于定年的锆石^[12-13]。上述整个锆石分选过程需尽量避免交叉污染。

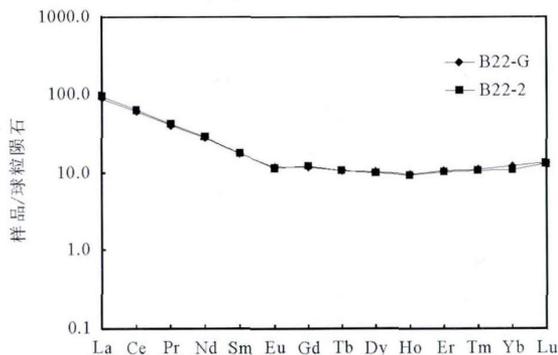


图 4 拔布村花岗岩稀土元素球粒陨石标准化 REE 配分图

(球粒陨石标准化值据参考文献[11])

Fig. 4 Chondrite normalized REE

patterns of Longbucun granite

LA-ICP-MS(激光剥蚀电感耦合等离子质谱)锆石 U-Pb 测年是在中国科学院广州地球化学研究所同位素年代学和地球化学国家重点实验室完成的。实验仪器为美国 Resonetics 公司生产的 Resolution M-50 激光剥蚀系统和 Agilent 7500a 型的 ICP-MS 联机,激光剥蚀斑束直径为 $31\mu\text{m}$,频率为 8Hz,采用单点剥蚀的方法。元素含量外标采用美国国家标准技术研究院人工合成的硅酸盐玻璃标准参考物质 NIST610,元素内标采用 ^{29}Si ,锆石年龄外标则采用 Temora(417Ma)。锆石单矿物测试流程如下^[14]:①将挑出的样品锆石和标样锆石(TEM, 417Ma)一起在玻璃板上用环氧树脂固定,压平烘干后,抛光直至露出光洁中心面;②进行反射光、透射光照相,镀碳后再进行阴极发光(CL)照相;③进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测定。在同位素测定之前,还需根据锆石的成因类型和研究目的确定要测定的点,且测定时要尽量避免锆石内的包裹体和裂隙。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年详细分析方法及流程参见参考文献[15],U、Pb 含量分析参见参考文献[16]。数据处理采用 Isoplot 程序,普通铅校正参见参考文献[17]。单个数据点的误差均为 1σ ,加权平均值为 95%的置信度。

3.2 分析结果

选定花岗岩样品 B22-G 中 20 颗锆石进行 U-Pb 年龄测定,共测得 20 个 U-Pb 同位素数据(表 2)。样品锆石特征如下:①多为短柱、双锥状自形晶,无色透明,长 $100\sim 200\mu\text{m}$,长宽比介于 2:1~3:1;②阴极

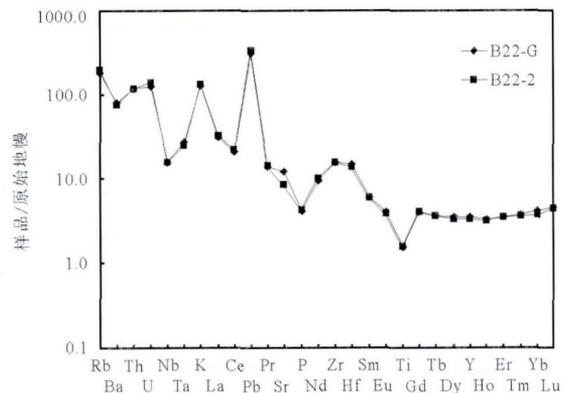


图 5 拔布村花岗岩原始地幔标准化微量元素蛛网图

(原始地幔标准化值据参考文献[11])

Fig. 5 Primitive mantle normalized trace

element patterns of Longbucun granite

表 2 拢布村花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Th-Pb 同位素分析结果

Table 2 LA-ICP-MS zircon U-Th-Pb dating analyses of Longbucun granite

测点	Pb / 10^{-6}	Th / 10^{-6}	U / 10^{-6}	^{232}Th / ^{238}U	^{207}Pb / ^{206}Pb	1 σ /%	^{207}Pb / ^{235}U	1 σ /%	^{206}Pb / ^{238}U	1 σ /%	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄/Ma
B22-G(花岗岩)											
1	4	80	118	0.68	0.088	0.013	0.285	0.035	0.025	0.001	158.5±5.5
2	3	50	80	0.63	0.076	0.016	0.264	0.046	0.026	0.001	164.5±7.4
3	2	45	74	0.61	0.085	0.012	0.293	0.044	0.026	0.001	166.1±6.8
4	3	72	113	0.64	0.059	0.009	0.195	0.028	0.024	0.001	152.9±5.3
5	3	57	92	0.62	0.100	0.015	0.340	0.049	0.025	0.001	159.3±6.6
6	6	132	202	0.65	0.050	0.008	0.179	0.028	0.026	0.001	162.5±4.9
7	9	219	294	0.74	0.049	0.005	0.165	0.014	0.025	0.001	157.3±3.8
8	4	72	115	0.62	0.060	0.008	0.200	0.028	0.025	0.001	162.2±5.8
9	3	93	103	0.90	0.057	0.010	0.168	0.025	0.022	0.001	142.7±5.8
10	3	64	112	0.57	0.047	0.009	0.161	0.029	0.025	0.001	160.5±5.1
11	18	466	572	0.81	0.050	0.003	0.172	0.011	0.025	0.001	159.1±3.0
12	2	48	75	0.63	0.053	0.009	0.186	0.034	0.027	0.001	169.3±6.3
13	6	141	181	0.78	0.069	0.007	0.238	0.025	0.026	0.001	163.4±4.4
14	2	56	83	0.67	0.071	0.011	0.219	0.031	0.025	0.001	158.0±6.3
15	10	232	316	0.73	0.050	0.005	0.177	0.018	0.025	0.001	160.7±3.6
16	4	80	120	0.67	0.069	0.011	0.221	0.032	0.023	0.001	149.7±4.8
17	9	233	319	0.73	0.055	0.005	0.171	0.014	0.024	0.001	149.8±3.3
18	2	48	78	0.62	0.084	0.013	0.266	0.039	0.024	0.001	151.5±6.2
19	6	149	196	0.76	0.043	0.007	0.144	0.026	0.025	0.001	157.3±4.7
20	5	104	179	0.58	0.048	0.007	0.150	0.019	0.023	0.001	146.7±4.8

发光图(图 6)显示,锆石多发育有较规律的震荡环带,呈现岩浆锆石特征^[18-19];③ 锆石 U、Th 含量及 Th/U 比值变化范围不大,U 含量为 $74 \times 10^{-6} \sim 572 \times 10^{-6}$,Th 含量介于 $45 \times 10^{-6} \sim 466 \times 10^{-6}$ 之间,Th/U 比值介于 0.58~0.90 之间,明显大于 0.4,也显示出岩浆锆石的特征^[18,20]。

由于 ^{207}Pb 具有较低的测量精度,对于年轻的锆石(一般小于 1Ga)通常采用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄^[21]。在 U-Pb 谐和图上(图 7),样品锆石 20 个测点年龄值较为分散,6 个样品点分布在谐和曲线上并集中于 160Ma 附近。 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年龄较为分散,可能与 ^{207}Pb 计数不精确有关^[22]。样品锆石 20 个测点给出的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 $157.0\text{Ma} \pm 2.9\text{Ma}$ ($n=20$),MSWD=1.7。

4 岩石成因

一般而言,花岗岩成因机制包括地壳物质部分

熔融、幔源玄武岩浆分离结晶或同化作用伴随的分离结晶^[23],可能涉及上、下地壳和俯冲洋壳的部分熔融,甚至可能有幔源成分的加入。因此,花岗岩成因及源区判别比较复杂^[24-25]。

微量元素 Rb-(Yb+Nb)、Nb-Y 图解,通常是区分大洋脊花岗岩(ORG)、火山弧花岗岩(VAG)、同碰撞花岗岩(Syn-COLG)等多数类型最为有效的判别依据^[26-27]。在 Nb-Y、Rb-(Yb+Na)图解中(图 8),样品分别落入 VAG+(Syn-COLG)和 VAG 区域内,暗示其与火山弧花岗岩的亲缘性。不过此 2 种图解并不能将造山后花岗岩与火山弧花岗岩、同碰撞花岗岩相区别,但 Rb-Hf-Ta 图解可以加以识别^[27]。在 Rb/30-Hf-Ta \times 3 图解中(图 9),样品点均落入火山弧花岗岩区域。结合前文测试年龄,拢布村花岗岩应为晚侏罗世火山弧花岗岩,与莫宣学等^[4]关于冈底斯带中生代花岗岩为火山弧型花岗岩的结论一致。

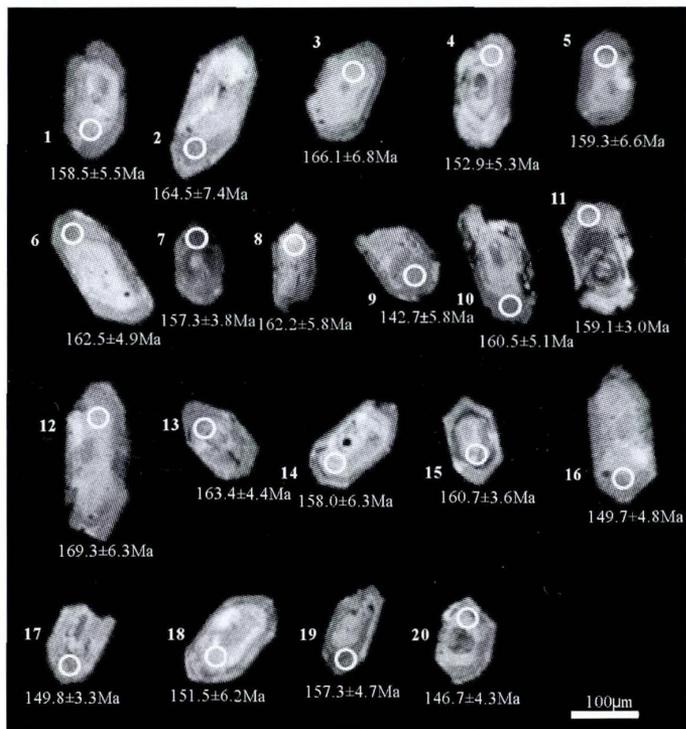


图 6 拢布村花岗岩(B22-G)锆石阴极发光 (CL)照片及 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄

Fig. 6 Cathodoluminescence (CL) images and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age of zircons from Longbucun granite

通常认为,在洋壳俯冲消减过程中,来源于洋壳和俯冲沉积物的流体富集 Rb、Ba、Th、U、Pb 等大离子亲石元素和轻稀土元素,而相对亏损 Nb、Ta、Ti

等高场强元素;这些含水流体通过交代作用,引起上覆地幔楔的部分熔融,从而形成具有岛弧型岩浆岩微量及稀土元素组成特征的岩浆^[28]。该岛弧型岩浆或喷发至地表形成岛弧火山岩,或以岩浆底侵方式(主要为玄武质岩浆)加入岛弧地壳底部形成初生地壳^[29-31],在受洋壳持续俯冲消减作用下该初生地壳不久后再次发生部分熔融,进而形成花岗质熔体^[3]。

Chu 等^[5]在研究区附近南木林县索青乡乌郁盆地中发现具有新特提斯洋早期北向欧亚板块俯冲成因的岛弧型花岗岩(188Ma±1.4Ma);张宏飞等^[3]在尼木县尼木大桥附近发现形成于新特提斯洋北向欧亚板块南缘俯冲作用的岛弧型花岗岩(178Ma),锆石 Hf 同位素组成特征显示其岩浆来源于初生地壳物质部分熔融;Ji 等^[6]在南木林县奴玛乡也同样发现有形成于新特提斯洋早期北向欧亚板块俯冲作用的花岗岩(151.8~194.0Ma, 205.3Ma),其岩浆也来源于初生地壳物质。此外,纪伟强^[28]依据中生代岩浆

岩时空分布特征,指出中生代冈底斯岩基岩浆活动是受新特提斯洋板片北向(斜向)俯冲影响的产物。综上所述,本文所讨论的拢布村花岗岩为新特提斯

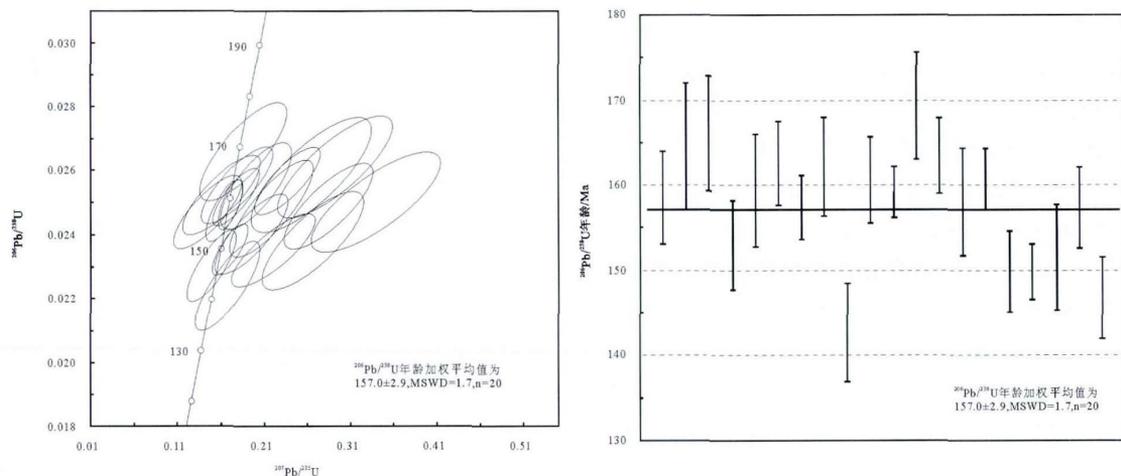


图 7 拢布村花岗岩(B22-G)锆石 U-Pb 谐和图和 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 谐和图

Fig. 7 Zircon U-Pb and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ concordia diagram of Longbucun granite

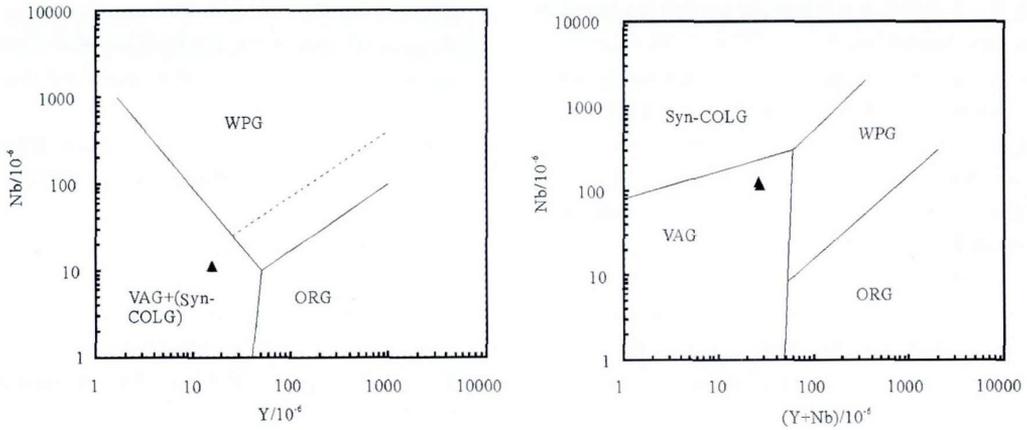


图 8 拢布村花岗岩 Nb-Y 和 Rb-(Y+Nb)判别图解(据参考文献[26])

Fig. 8 Nb-Y and Rb-Y+Nb discrimination diagrams of Longbucun granite

VAG—火山弧花岗岩;Syn-COLG—同碰撞花岗岩;
WPG—板内花岗岩;ORG—洋脊花岗岩

洋北向欧亚大陆俯冲消减过程中上覆地幔楔部分熔融的产物。

5 结论

(1)拢布村花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 157.0Ma±2.9Ma,属于晚侏罗世,说明南冈底斯

带存在晚侏罗世的花岗质岩浆活动。

(2)拢布村花岗岩体显示出火山弧花岗岩地球化学特征,与洋壳俯冲消减作用相关。结合前人研究,进一步表明晚侏罗世南冈底斯带存在早期新特提斯洋北向欧亚大陆俯冲消减运动,新特提斯洋经历了较长时间的演化。

(3)拢布村花岗岩来源于新特提斯洋(板块)北向欧亚大陆俯冲消减过程中所引起的上覆地幔楔的部分熔融。

致谢:中山大学海洋学院刘维亮讲师对野外工作给予了指导,在此表示衷心感谢。

参考文献

[1]张玉修.班公湖—怒江缝合带中西段构造演化[D].中国科学院广州地球化学研究所博士学位论文,2007:1-256.

[2]莫宣学.岩浆作用与青藏高原演化[J].高校地质学报,2011,17(3):351-367.

[3]张宏飞,徐旺春,郭建秋,等.冈底斯南缘变形花岗岩锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素组成:新特提斯洋早侏罗世俯冲作用的证据[J].岩石学报,2007,23(6):1347-1353.

[4]莫宣学,董国臣,赵志丹,等.西藏冈底斯带花岗岩的时空分布特征及地壳生长演化信息[J].高校地质学报,2005,11(3):281-290.

[5]Chu M F, Chung S L, Song B, et al. Zircon U-Pb and Hf isotope constraints on the Mesozoic tectonics and crystal evolution of southern Tibet[J]. Geology, 2006, 34:745-748.

[6]Ji W Q, Wu F Y, Chung S L, et al. Zircon U-Pb geochronology and Hf isotopic constraints on petrogenesis of the Gangdese batholith,

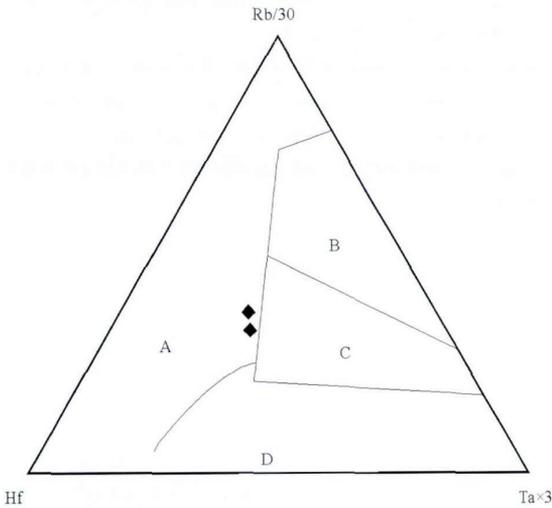


图 9 拢布村花岗岩 Rb/30-Hf-Ta×3 判别图解 (底图据参考文献[32])

Fig. 9 Rb/30-Hf-Ta×3 discrimination diagram of Longbucun granite

A—火山弧花岗岩;B—同碰撞花岗岩;C—碰撞晚期—碰撞后花岗岩;D—板内花岗岩

- southern Tibet[J]. *Chemical Geology*, 2009, 262:229-245.
- [7]潘桂棠,莫宣学,侯增谦,等.冈底斯造山带的时空结构及演化[J].*岩石学报*, 2006,22(3):521-533.
- [8]Wilson M. *Igneous Petrogenesis*[M]. London: Unwin Hyman, 1989.
- [9]朱弟成,潘桂棠,王立全,等.西藏冈底斯带中生代岩浆岩的时空分布和相关问题的讨论[J].*地质通报*, 2008,27(9):1535-1550.
- [10]杜德道,曲晓明,王根厚,等.西藏班公湖—怒江缝合带西段中特提斯洋盆的双向俯冲:来自岛弧型花岗岩锆石 U-Pb 年龄和元素地球化学的证据[J].*岩石学报*,2011,27(7):1993-2002.
- [11]Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes [C]//Saunders A D, Norry M J. *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society, London: Special Publication, 1989, 42: 313-345.
- [12]张玉泉,夏斌,梁华英,等.云南大平糜棱岩化碱性花岗岩的锆石特征及其地质意义[J].*高校地质学报*, 2004,10(3) :378-384.
- [13]韦振权,夏斌,张玉泉,等.西藏休古嘎布蛇绿岩中辉绿岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J].*大地构造与成矿学*, 2006,30(1):93-97.
- [14]王智琳,许德如,张玉泉,等.海南石碌铁矿床花岗闪长斑岩的锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年及地质意义[J].*大地构造与成矿学*, 2011,35(2):292-299.
- [15]袁洪林,吴福山,高山,等.东北地区新生代侵入岩的激光锆石探针 U-Pb 年龄测定与稀土元素成分分析[J].*科学通报*, 2003,48(14):1511-1520.
- [16]Gao S, Liu X M, Yuan H L, et al. Determination of forty two-major and trace elements of USGS and NIST SRM Glasses by LA-ICP-MS[J]. *Geostandard Newsletters: The Journal of Geostandards and Geoanalysis*, 2002, 26:181-196.
- [17]Andersen T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb [J]. *Chemical Geology*, 2002, 192(1/2):59-79.
- [18]吴元保,郑永飞.锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J].*科学通报*,2004,49(16):1589-1604.
- [19]夏斌,韦振权,张玉泉,等.西藏西部冈仁波齐花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J].*地质通报*,2007,26(8):1014-1017.
- [20]钟玉芳,马昌前,余振兵.锆石地球化学特征及地质应用研究综述[J].*地质科技情报*, 2006,1:27-34.
- [21]Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian timescale[J]. *Journal of Geological Society*, 1992, 149(2):171-184.
- [22]罗志高,王岳军,张菲菲,等.金滩和白马山印支期花岗岩体 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 定年及其成岩启示[J].*大地构造与成矿学*, 2010,34(2):282-290.
- [23]江万,莫宣学,赵崇贺,等.青藏高原冈底斯带中段花岗岩类及其中铁镁质微粒包体地球化学特征[J].*岩石学报*, 1999, 15(1):89-97.
- [24]耿全如,郑来林,董翰,等.冈底斯带东段鲁朗—墨脱地区中新世花岗岩的地球化学、年代学及成因[J].*地质通报*, 2008,27(1):69-82.
- [25]熊清华.西藏曲水岩基 4 个系列花岗岩类的特征及构造意义[J].*中国区域地质*, 1998,17(4):347-352.
- [26]Pearce J, Harris N, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic Interpretation of granitic rocks[J]. *Journal of Petrology*, 1984, 25:956-983.
- [27]Rollinson H R. *Using geochemical data: evolution, presentation, interpretation*[J]. Longman Scientific, Technical, 1993: 353.
- [28]纪伟强,吴福元,钟孙霖,等.西藏南部冈底斯岩基花岗岩时代与岩石成因[J].*中国科学(D 辑)*, 2009,3(7):849-871.
- [29]Altherton M P, Perford N. Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust[J]. *Nature*, 1993, 362:144-146.
- [30]Muir R G, Weaver S D, Bradshaw J D. Geochemistry of the Cretaceous Separation Point batholiths, New Zealand: granitoid magmas formed by melting of mafic lithosphere[J]. *J. Geol. Soc., London*, 1995, 152:689-701.
- [31]Petford N, Atherton M. Na-rich partial melts from newly underplated basaltic crust: The Cordillera Blanca batholith, Peru[J]. *Journal of Petrology*, 1996, 37:1491-1521.
- [32]Brown G C, Thorpe R S, Webb P C. The geochemical characteristics of gmitoids in contrasting arc and comments on magma sources[J]. *J. Geol. Soc., London*, 1984, 141:411-426.
- ①西藏自治区地质调查院. 西藏 1:25 万日喀则市幅区域地质调查报告. 2002.