

文章编号:1004-4116(2022)01-0021-08

西藏萨嘎地区布朵淡色花岗岩岩石化学、 年代学研究及构造意义

黄登鹏,马 涛,李进喜,闫 旺

(甘肃省地矿局第三地勘院,甘肃 兰州 730050)

摘 要:西藏萨嘎地区布朵淡色花岗岩位于喜马拉雅造山带中,属北喜马拉雅造山带的花岗岩。本次研究的萨嘎布朵淡色花岗岩,具高 SiO_2 (72.26%~73.05%)、富 Al_2O_3 (14.61%~14.98%)、高 K_2O (3.65%~4.09%)和 Na_2O (3.47%~3.76%)、低 P_2O_5 (0.09%~0.12%)的特征, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=1.00\sim1.08$ 、 $A/\text{CNK}=1.18\sim1.24$,属高钾、过铝质钙碱性S型花岗岩。岩石微量元素变化较大, $\sum\text{REE}=98.87\times10^{-6}\sim124.51\times10^{-6}$ 、 $\text{LREE}/\text{HREE}=11.24\sim16.12$ 、 $\text{Rb}=187\times10^{-6}\sim234\times10^{-6}$ 、 $\text{Sr}=311\times10^{-6}\sim409\times10^{-6}$ 、 $\text{La}_N/\text{Yb}_N=19.96\sim40.28$ 、 $\delta\text{Eu}=0.89\sim0.99$ 。布朵淡色花岗岩结晶时间为16.15 Ma,与区域上的其他的北喜马拉雅淡色花岗岩结晶时间一致,均是形成于陆陆碰撞造山后的伸展背景,代表印度—欧亚大陆后碰撞期的产物,对喜马拉雅造山带的研究有一定的指导意义。

关键词:岩石化学;年代学;构造意义;布朵淡色花岗岩;西藏;萨嘎地区

中图分类号:P 584;P 597+.3

文献标志码:A

随着新生代印度—欧亚大陆的碰撞,形成了世界上海拔最高的青藏高原和规模最大的喜马拉雅造山带,反应了古特提斯复杂的演化历史^[1]。喜马拉雅造山带是印度—欧亚大陆碰撞—汇聚的产物,在研究板块碰撞与构造形成方面具有得天独厚的条件。在碰撞的中晚期,板块间的地壳物质发生强烈的深熔作用,形成了延伸数千公里北喜马拉雅花岗岩带和高喜马拉雅花岗岩带。上述两条花岗岩带中分布大量的淡色花岗岩岩席、侵入体和变质穹窿之中的淡色花岗岩,并且多沿着伸展构造方向分布,与造山带的演化过程关系十分密切,是研究喜马拉雅造山作用中晚期深部构造和岩浆活动的重要“岩石探针”^[2]。由于交通条件普遍较差,前人的研究工作主要集中在高喜马拉雅构造单元中,而对北喜马拉雅淡色花岗岩的研究较少。近年来对北喜马拉雅不连续分布的花岗岩侵入体进行的研究,发现其形成时间主要集中于27.5 Ma~10 Ma^[3]。形成时代是研究该造山带演化非常重要的科学依据,有必要对北喜马拉雅淡色花岗岩侵入时间做出准确的界定,以确立北喜马拉雅淡色花岗岩形成时代和期次的关系,

进而研究北喜马拉雅淡色花岗岩岩石成因和构造意义^[4]。本次研究区处于北喜马拉雅构造单元中,通过采集萨嘎西北部布朵淡色花岗岩样品,进行LA-MC-ICP-MS锆石U-Pb年代学分析,厘定了布朵淡色花岗岩的结晶年龄,并结合岩石化学研究探讨其构造意义。

1 地质概况

喜马拉雅造山带指由印度—欧亚板块碰撞形成的强烈变形变质带,位于雅鲁藏布江缝合带与主前缘逆冲断裂(MFT)之间。造山带自北向南发育一系列北倾的断裂,包括藏南拆离系(STDS)、主中央逆冲断裂(MCT)、主边界逆冲断裂(MBT)和(MFT)。被这些断裂分隔的岩石—构造单元自北向南依次为特提斯喜马拉雅沉积岩系(THS)、大喜马拉雅结晶杂岩(GHC)、小(内)喜马拉雅沉积系(LHS)和西瓦里克前陆盆地沉积(SS)(图1)^[5]。萨嘎布朵中新世淡色花岗岩位于THS的中部的萨嘎地区,通过野外地质调查,布朵淡色花岗岩位于雅江缝合带(ITS)南侧,

收稿日期:2021-03-01

基金资助:冈底斯—喜马拉雅铜矿资源基地调查项目(1212011221058)

作者简介:黄登鹏(1985~),男,地矿工程师,长期从事区域地质矿产调查、矿产勘查工作。E-mail:284429469@qq.com

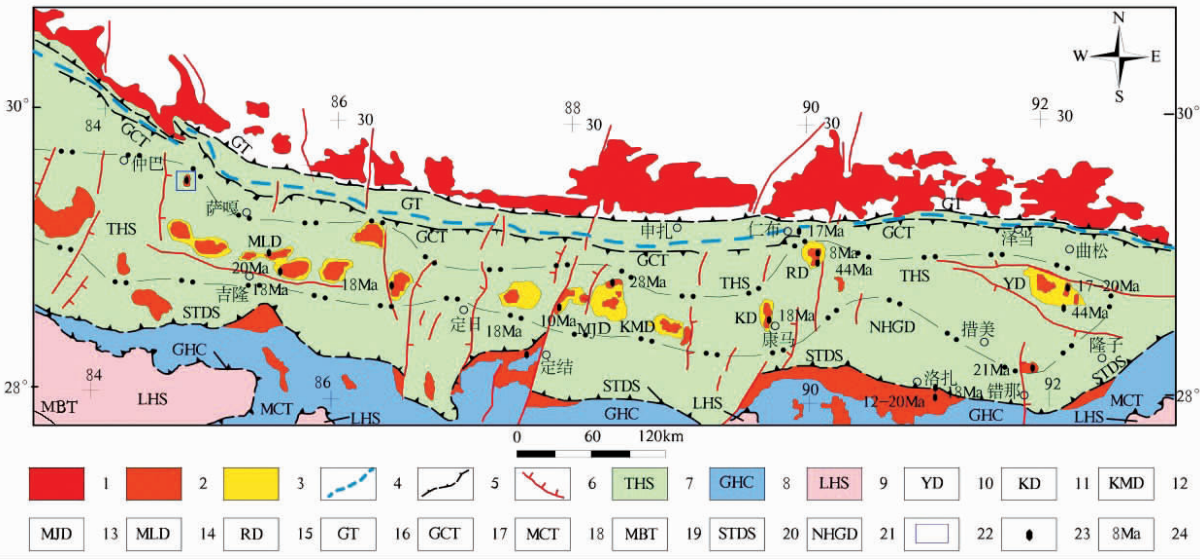


图 1 喜马拉雅构造带淡色花岗岩分布图(据张进江等,2011修改)

Fig. 1 Distribution of leucogranite in Himalayan tectonic belt

- 1—冈底斯花岗岩;2—淡色花岗岩;4—雅鲁藏布江缝合带;5—逆冲断裂;6—正断层;7—特提斯喜马拉雅沉积系;
8—高喜马拉雅结晶区;9—低喜马拉雅沉积系;10—雅拉香波穹隆;11—康马穹隆;12—哈金表惹穹隆;13—麻布加穹隆;
14—马拉山穹隆;15—然巴穹隆;16—冈底斯逆冲带;17—大反冲逆冲断层;18—主中央逆冲带;19—主边界逆冲带;
20—藏南拆离系;21—北喜马拉雅穹隆带;22—研究区;23—测年样品采集点;24—测年结果

藏南拆离系(STDS)北侧,位于北喜马拉雅构造单元内。布朵淡色花岗岩与围岩存在清晰的侵入接触关系,岩石类型为中细粒二云二长花岗岩,岩石呈块状构造,未受到后期地质作用的变质变形。围岩地层为志留系—奥陶系紫曲电站组和泥盆系那登尔组,岩性主要为浅灰绿色绢云石英片岩、浅灰绿色绿泥石英片岩、灰白色方解石片岩等。本次研究地球化学分析和锆石 U-Pb 年龄的样品均采集自布朵中新世淡色花岗岩体中(图 2)。

2 分析方法

2.1 岩石学鉴定

岩石薄片用 Axioskop 40 偏反光显微镜进行鉴定,由国土资源部兰州矿产资源监督检测中心完成。

2.2 锆石 U-Pb 测年

萨嘎布朵中新世淡色花岗岩中采集一件锆石 U-Pb 测年样品,编号 BD-T1。该样品由北京锆年领航科技有限公司挑选锆石,西北大学大陆动力国家重点实验室进行 U-Pb 同位素测年。样品经碎样后挑选单颗粒锆石,制靶、摄制 CL 图,利用 LA-ICP-MS 技术测定其 U-Pb 同位素组成和年龄。样品的同位素比值和元素含量数据处理采用 GLITTER (4.0

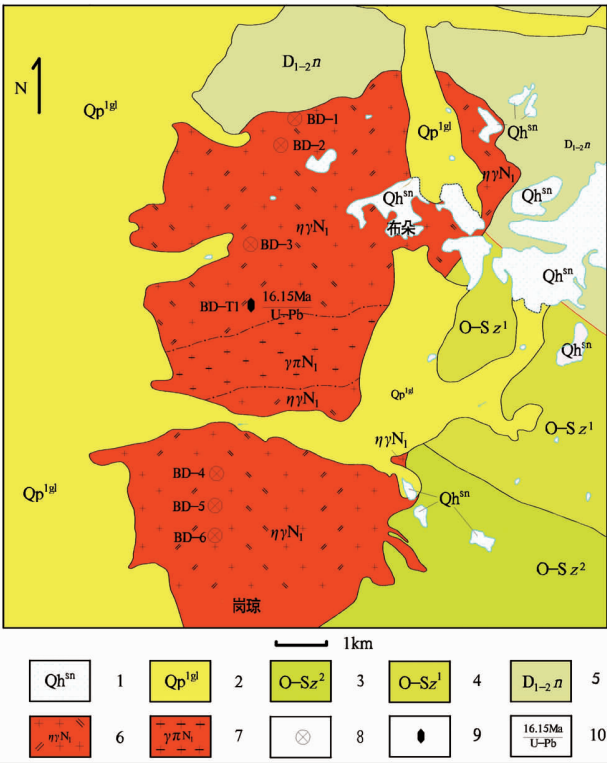


图 2 布朵淡色花岗岩地质图

Fig. 2 Geological map of Buduo leucogranite

- 1—雪被区;2—冰碛物;3—紫曲电站组二段;4—紫曲电站组一段;
5—那登尔组;6—淡色花岗岩;7—细粒花岗斑岩;
8—地球化学样品采集点;9—同位素样品采集点;10—年龄和测年方法

版,Macquarie University) 软件,使用 LAM-ICPMS Common Lead Correction(ver 3. 15)对其进行了普通铅校正,年龄计算及谐和图采用 Isoplot(ver 3. 0)完成。

2.3 主量元素和微量元素

布朵淡色花岗岩 6 件岩石样品的主量元素和微量元素含量分析由国土资源部武汉矿产资源监督检查中心完成。其中主量元素利用 X 射线荧光光谱法测定,分析相对误差一般小于 2%;微量元素分析在电感耦合等离子质谱仪(CP-MS)上进行,相对误差一般小于 2% ~ 5%。

3 分析结果

3.1 岩石学特征

布朵淡色花岗岩样品颜色呈灰白色,具花岗结构,块状构造。岩石的造岩矿物包括斜长石(34%)、钾长石(32%)、石英(28%)、黑云母(4%)、白云母(2%)和副矿物磷灰石、金属矿物、锆石等。矿物粒径大小不一,细—粗粒均有。长石的晶体形态较复杂,从棱边平直的宽板状、短柱状到不规则的它形粒状均有,斜长石的自形程度明显高于钾长石,发育卡式和双晶纹较细密的聚片双晶,正环带比较发育,部分晶体的中心微绢云母化。钾长石晶体的卡式和格子双晶发育,补丁状和团块状的条纹构造十分发育,客晶钠长石的含量在不同的晶体中存在较大差异,包裹斜长石和云母等。石英晶体为不规则粒状,可见微粒云母包裹体,强烈波带状和云团状消光。云母片为

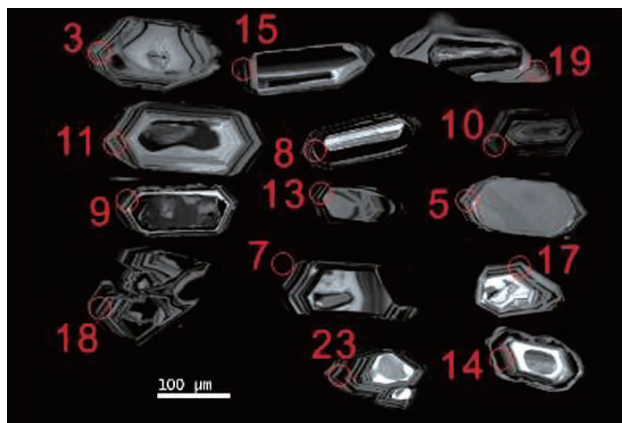


图 3 BD-T1 锆石阴极发光照片(部分)
(红圈和数字表示U-Pb测试位置和编号)

Fig. 3 Cathodic luminescence image of zirconium sample BD-T1

较自形的鳞片体,黑云母具深褐—淡黄多色性,部分云母片受力微弯曲,且副矿物多伴生。主要副矿物为锆石、自然金、黄铁矿、磷灰石、磁铁矿、毒砂、独居石、黝铜矿、金红石、白钨矿等。

3.2 锆石 U-Pb 测年

BD-T1 样品中锆石粒径较大,大小多在 100 ~ 150 μm 之间,呈长柱状晶体,长宽比介于 3 : 1 ~ 2 : 1,具明显的岩浆震荡环带结构,大多数可见继承核和增生边发育,表现出典型的岩浆锆石特征见图 3。通过对锆石进行 ICPMC 分析,获取了 24 个点位数据(表 1),根据年龄的集中程度,将点位数据可分为两组。第 1 组 10 个分析点,其年龄段为 15.3 Ma ~ 18.5 Ma,在 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ — $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 锆石年龄谐和图解

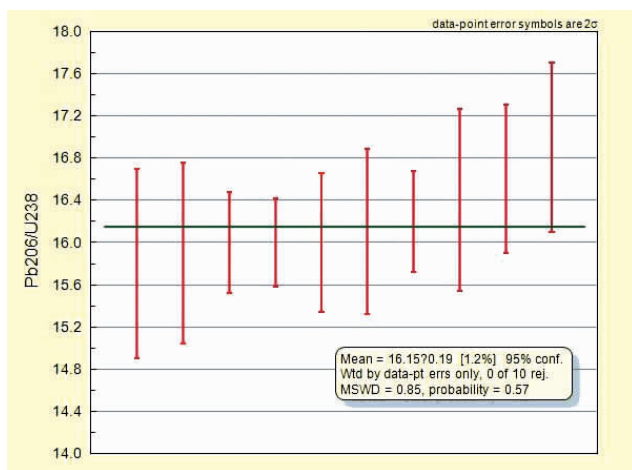
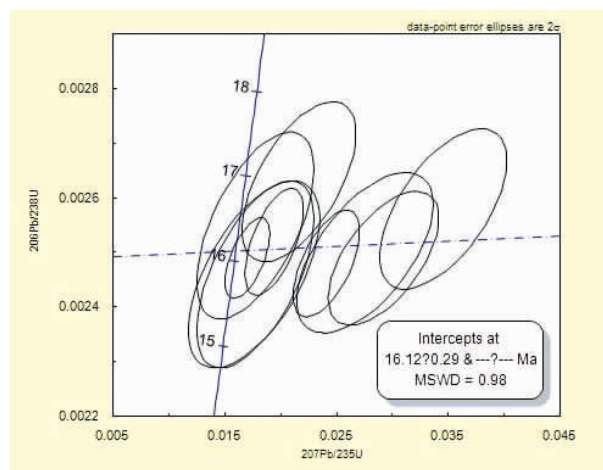


图 4 BD-T1 样品锆石 U-Pb 同位素谐和图及直方图

Fig. 4 U-Pb alignment and histogram of zircon samples BD-T1

表 1 BD-T1同位素测年数据
Table 1 Isotopic dating of BD-T1

分析 点号	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U
	Ratio	1sigma	Ratio	1sigma	Ratio	1sigma	Age(Ma)	1sigma	Age(Ma)	1sigma	Age(Ma)	1sigma
BD-T1-01	0.057 82	0.001 66	0.612 71	0.013 01	0.076 77	0.000 79	522. 8	62. 14	485. 3	8. 19	476. 8	4. 72
BD-T1-02	0.058 58	0.002 44	0.403 59	0.014 7	0.049 91	0.000 63	551. 6	88. 57	344. 2	10. 63	314	3. 86
BD-T1-03	0.050 35	0.006 26	0.017 74	0.002 14	0.002 55	0.000 07	211. 1	264. 43	17. 9	2. 13	16. 4	0. 43
BD-T1-04	0.056 53	0.001 57	0.533 29	0.010 58	0.068 36	0.000 69	472. 6	60. 52	434	7. 01	426. 2	4. 15
BD-T1-05	0.054 11	0.002 85	0.017 72	0.000 85	0.002 37	0.000 03	375. 5	114. 07	17. 8	0. 85	15. 3	0. 2
BD-T1-06	0.058 56	0.001 91	0.375 37	0.009 73	0.046 45	0.000 51	551	69. 65	323. 6	7. 19	292. 7	3. 12
BD-T1-07	0.049 59	0.002 61	0.017 03	0.000 82	0.002 49	0.000 03	176	118. 36	17. 1	0. 82	16	0. 21
BD-T1-08	0.050 39	0.003 84	0.018 57	0.001 34	0.002 67	0.000 05	213. 1	167. 25	18. 7	1. 34	17. 2	0. 3
BD-T1-09	0.052 2	0.006 51	0.017 74	0.002 14	0.002 46	0.000 07	294	262. 18	17. 9	2. 13	15. 9	0. 43
BD-T1-10	0.059 63	0.005 97	0.021 64	0.002 08	0.002 63	0.000 06	590. 1	203. 44	21. 7	2. 06	16. 9	0. 4
BD-T1-11	0.051 94	0.007 28	0.017 61	0.002 4	0.002 46	0.000 07	283	292. 58	17. 7	2. 39	15. 8	0. 45
BD-T1-12	0.056 56	0.001 61	0.613 48	0.012 77	0.078 64	0.000 81	473. 8	62. 03	485. 8	8. 04	488	4. 84
BD-T1-13	0.056 01	0.003 32	0.019 43	0.001 06	0.002 52	0.000 04	452. 5	126. 73	19. 5	1. 06	16. 2	0. 24
BD-T1-14	0.057 62	0.001 41	0.538 84	0.008 04	0.067 82	0.000 65	515. 1	53. 06	437. 7	5. 3	423	3. 94
BD-T1-15	0.085 12	0.006 31	0.029 19	0.002 02	0.002 49	0.000 05	1318. 2	137. 34	29. 2	2	16	0. 33
BD-T1-16	0.058 32	0.001 64	0.623 13	0.012 59	0.077 5	0.000 8	541. 1	60. 91	491. 8	7. 87	481. 2	4. 77
BD-T1-17	0.097 14	0.007 05	0.034 52	0.002 32	0.002 58	0.000 06	1570	130. 14	34. 5	2. 28	16. 6	0. 35
BD-T1-18	0.070 53	0.003 88	0.024 11	0.001 21	0.002 48	0.000 04	943. 7	108. 74	24. 2	1. 2	16	0. 24
BD-T1-19	0.079 94	0.007 6	0.027 55	0.002 49	0.002 5	0.000 06	1195. 5	176. 8	27. 6	2. 46	16. 1	0. 39
BD-T1-20	0.064 11	0.001 94	0.291 15	0.006 65	0.032 95	0.000 35	745. 3	62. 58	259. 5	5. 23	209	2. 19
BD-T1-21	0.058 63	0.001 83	0.099 6	0.002 4	0.012 32	0.000 13	553. 5	66. 72	96. 4	2. 22	79	0. 83
BD-T1-22	0.057 82	0.001 56	0.621 08	0.011 66	0.077 94	0.000 79	522. 7	58. 44	490. 5	7. 3	483. 8	4. 74
BD-T1-23	0.050 36	0.002 94	0.019 97	0.001 08	0.002 88	0.000 04	211. 7	130. 01	20. 1	1. 08	18. 5	0. 26
BD-T1-24	0.056 19	0.001 45	0.607 94	0.010 36	0.078 51	0.000 78	459	56. 73	482. 3	6. 54	487. 2	4. 67

中,均落在谐和线上及其附近(图 4)。10 个数据点的加权平均年龄为 16. 15 Ma(MSWD = 0. 85),该年龄代表了布朵淡色花岗岩的结晶年龄。第 2 组 11 个分析点,其年龄段为 323. 6 Ma ~ 485. 8 Ma。通过研究对比可知,该年龄与喜马拉雅造山带中早古生代花岗岩年龄以及 GHC 变质沉积岩中碎屑锆石的峰值年龄一致,来源于古生代的花岗岩的继承锆石,是通过复杂的深熔作用而进入到新生代的花岗岩中^[6]。

3. 3 主量元素和微量元素

(1)主量元素特征

布朵淡色花岗岩岩石化学分析数据 C. I. P. W. 标准矿物数据列于表 2 中。其 SiO₂ 含量为 72. 26% ~ 73. 05%,Al₂O₃ 含量为 14. 61% ~ 14. 98%,K₂O 含量为 3. 65% ~ 4. 09%,同时具有高的 K₂O/Na₂O 比值(1. 00 ~ 1. 08)和低 P₂O₅ 含量(0. 09% ~ 0. 12%)。在 TAS 图解中(图 5),样品投点于花岗岩中。在花岗岩 K₂O-SiO₂ 图解中(图 6),样品全部投点于高钾钙

碱性系列区域。

布朵淡色花岗岩样品的里特曼指数 δ 介于

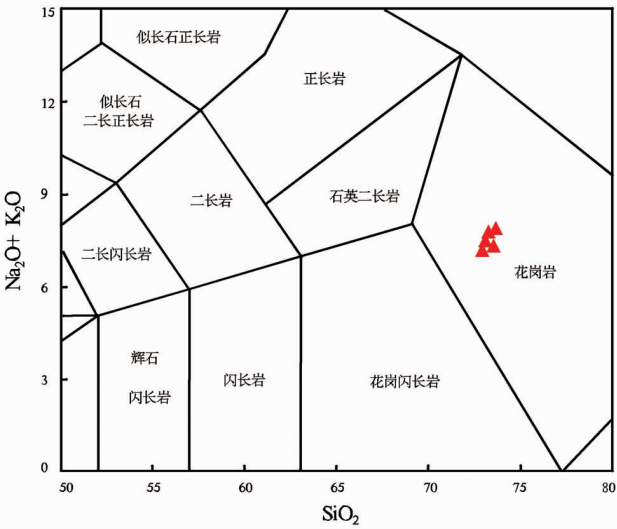


图 5 布朵淡色花岗岩TAS分类图解
Fig. 5 TAS discrimination diagram of Buduo leucogranite

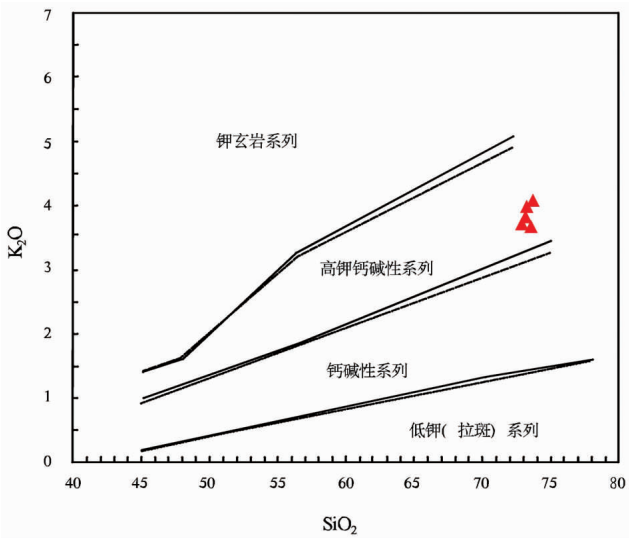


图 6 布朵淡色花岗岩 K_2O-SiO_2 图解

Fig. 6 K_2O-SiO_2 discrimination diagram of Buduo leucogranite

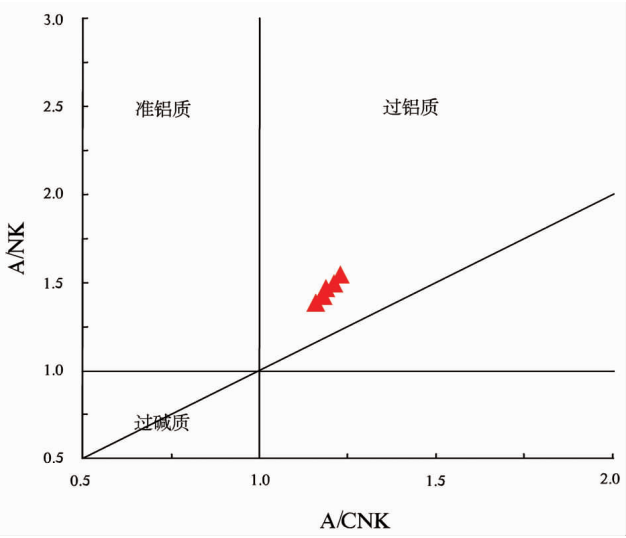


图 7 布朵淡色花岗岩 $A/NK-A/CNK$ 图解

Fig. 7 $A/NK-A/CNK$ discrimination of Buduo leucogranite

表 2 布朵淡色花岗岩主量元素、微量元素分析数据

Table 2 Analysis data of major and trace elements for the Buduo leucogranite

样品号	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-5	BD-6
SiO ₂	72.58	73.05	72.26	72.56	72.83	72.55
TiO ₂	0.24	0.19	0.23	0.23	0.21	0.22
Al ₂ O ₃	14.84	14.61	14.98	14.78	14.81	14.83
Fe ₂ O ₃	0.09	0.52	0.26	0.32	0.21	0.28
FeO	1.9	1.12	1.93	1.63	1.65	1.53
MnO	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
MgO	0.57	0.45	0.63	0.55	0.51	0.5
CaO	1.39	1.24	1.44	1.4	1.37	1.29
Na ₂ O	3.7	3.76	3.47	3.74	3.65	3.74
K ₂ O	3.76	4.09	3.72	3.85	3.65	3.97
P ₂ O ₅	0.11	0.12	0.09	0.11	0.09	0.1
Lost	0.43	0.48	0.52	0.44	0.56	0.52
Total	99.70	99.75	99.59	99.69	99.59	99.58
DI	86.03	88.79	84.92	86.65	86.37	87.32
A/CNK	1.21	1.18	1.24	1.18	1.22	1.19
SI	5.69	4.53	6.29	5.45	5.27	4.99
AR	2.7	2.96	2.56	2.77	2.64	2.83
σ43	1.88	2.04	1.76	1.94	1.78	2
Li	71.5	49	64.8	50.8	39.9	56.9
Be	5.9	4.27	3.64	5.68	4.7	6.33
Co	8.68	8.39	6.78	8.5	7.17	8.41
Ge	1.37	1.49	1.57	1.47	1.05	1.62
Rb	189	202	187	191	187	234
Zr	98.5	85.5	93.7	96.7	88.5	96.2
Nb	9	8.8	7.3	8.9	7.3	9.4
Te	0.02	0.026	0.02	0.026	0.017	0.036
Cs	11.3	7.67	10.4	8.34	12.6	9.87

样品号	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-5	BD-6
Hf	4.47	3.54	3.45	3.84	3.4	4.18
Ta	1.71	1.13	0.77	1.39	0.8	1.41
W	78.3	85.2	52.9	76.6	64.6	83.3
Tl	1.42	1.33	1.27	1.27	1.05	1.39
Th	12.4	14.6	12.7	12.7	11.1	13.5
Cr	16.9	9.75	15.6	13.6	13	12.6
Ni	7.83	5.98	7.23	7.59	6.58	6.96
Sr	354	408	311	409	314	405
F	1187	874	889	975	664	879
La	27.7	21.9	27.7	26.6	25.5	25
Ce	51.9	41.5	53	50.1	47.1	45.8
Pr	6.38	5.01	6.49	6.05	5.8	5.51
Nd	23	17.9	22.4	21	20.5	19.6
Sm	4.72	3.54	4.57	4.17	4.36	3.92
Eu	1.31	0.943	1.31	1.22	1.27	1.12
Gd	3.46	2.75	3.31	3.11	3.65	2.84
Tb	0.529	0.411	0.434	0.448	0.494	0.415
Dy	2.56	2.12	1.85	2.19	2.04	2.06
Ho	0.443	0.398	0.274	0.352	0.342	0.34
Er	1.23	1.11	0.67	0.92	0.89	0.99
Tm	0.16	0.169	0.076	0.122	0.111	0.12
Yb	0.99	0.99	0.49	0.76	0.69	0.77
Lu	0.13	0.13	0.06	0.1	0.09	0.1
Y	12.3	10.9	7.25	10.3	9.23	9.47
ΣREE	124.49	98.92	122.7	117.1	112.73	108.61
LREE	114.99	90.84	115.53	109.1	104.42	100.97
HREE	9.5	8.08	7.16	7.99	8.311	7.639
LREE/HREE	12.11	11.24	16.13	13.65	12.56	13.22
La _N /Yb _N	19.96	15.77	40.28	25.15	26.35	23.21
δEu	0.95	0.89	0.98	0.99	0.95	0.96
δCe	0.92	0.94	0.93	0.93	0.91	0.92

1.76 ~ 2.04 之间,属钙碱性岩石系列;岩石的分异指数 DI 介于 84.92 ~ 88.79 之间,说明岩浆在形成的过程中分离结晶作用强烈,酸性程度较高; A/CNK 的比值介于 1.18 ~ 1.24 之间,大于 1.1,为 S 型花岗岩; A/NK 的比值介于 1.38 ~ 1.54 之间, $A/NK-A/CNK$ 图解中样品全部投点过铝质花岗岩区域中(图 7)。综上,布朵淡色花岗岩属高钾钙碱性过铝质 S 型花岗岩^[7]。

(2) 微量元素特征

微量元素具有较大的变化范围, $Rb = 187 \sim 234 \times 10^{-6}$, $Sr = 311 \sim 409 \times 10^{-6}$, $Nb = 7.3 \sim 9.4 \times 10^{-6}$, $Ta = 0.77 \sim 1.71 \times 10^{-6}$, $Zr = 85.5 \sim 98.5 \times 10^{-6}$, $Y = 7.25 \sim 12.3 \times 10^{-6}$, $Th = 11.1 \sim 14.6 \times 10^{-6}$ 。相对富集 Rb 、 Ce 、 Hf 、 Sm ,而亏损 Nb 、 Sr 、 P 。稀土元素总量较少且变化较大,轻稀土元素比较富集,重稀土元素相对亏损。 $\Sigma REE = 98.87 \sim 124.51 \times 10^{-6}$ 、 $LREE/HREE = 11.24 \sim 16.12$ 、 $La_N/Yb_N = 19.96 \sim 40.28$ 、 $\delta Eu = 0.89 \sim 0.99$ 、 $\delta Ce = 0.95 \sim 0.97$ 。

4 探讨

4.1 岩石化学

萨嘎布朵淡色花岗岩样品的主量元素变化不大,总体比较接近,表现出较高的 SiO_2 (72.26% ~ 73.05%)、 Al_2O_3 (14.61% ~ 14.98%)、 Na_2O (3.47 ~ 3.76%) 和 A/CNK (1.18 ~ 1.24) 的比值。 K_2O/Na_2O (1.00 ~ 1.08),显示过铝质富钾的特征,具明显的 S 型花岗岩特征。原始地幔标准化蜘蛛图

中(图 8)的类型和火山弧的模型很相似,但是表现的 Rb 极高的正异常,具有后碰撞花岗岩的特征。 Sr 和 P 元素亏损谷表现相对强烈,前者可能与岩浆分异或岩浆中 Ca 含量偏低有关,后者体现出造山花岗岩的特征,说明大量的地壳物质参与了岩浆形成的过程^[8]。球粒陨石标准化配分曲线(图 9)体现出整体右倾的特征, Eu (0.92 ~ 1.04) 异常和 Ce (0.95 ~ 0.97) 异常不明显。较弱的负 Eu 异常有可能是在岩浆的演化过程中,斜长石的分离结晶作用不明显导致的;较弱的负 Ce 可能是后期热液蚀变作用引起的^[9]。

4.2 布朵淡色花岗岩形成时代

北喜马拉雅淡色花岗岩的形成时代是喜马拉雅造山带新生代岩浆作用研究的重点,而布朵淡色花岗岩处于北喜马拉雅造山带中。通过对布朵淡色花岗岩的年龄分析,其形成于 16.15 Ma (MSWD = 0.85),该年龄与北喜马拉雅淡色花岗岩的年龄区间相一致,属于北喜马拉雅淡色花岗岩。

4.3 构造环境

布朵淡色花岗岩主量元素判别图解(图 10),样品投点于 IAG、CAG、CCG 区域,表明其形成过程与造山作用有关。在 $Rb-Yb + Ta$ (图 11) 判别图解中,样品大多数投点于碰撞花岗岩区,少量的样品在火山岛弧花岗岩区,表明其形成于碰撞构造环境。在 $Rb/30-Hf-3Ta$ 图解中(图 12),样品大多数投点于后碰撞花岗岩。以上构造环境判别分析,布朵淡色花

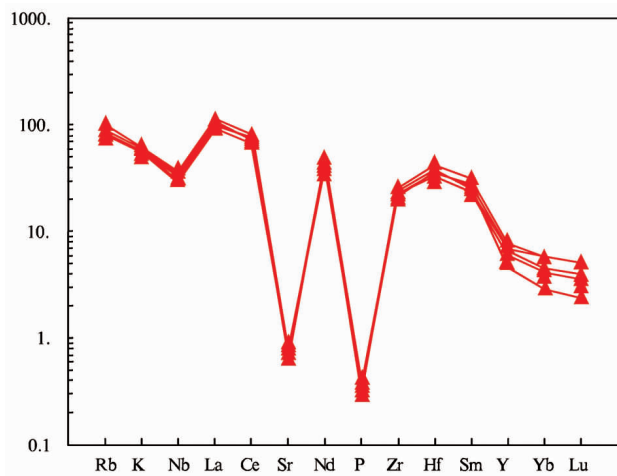


图 8 布朵淡色花岗岩微量元素标准化蛛网图
Fig. 8 Microelement standardized cobweb diagram of Buduo leucogranite

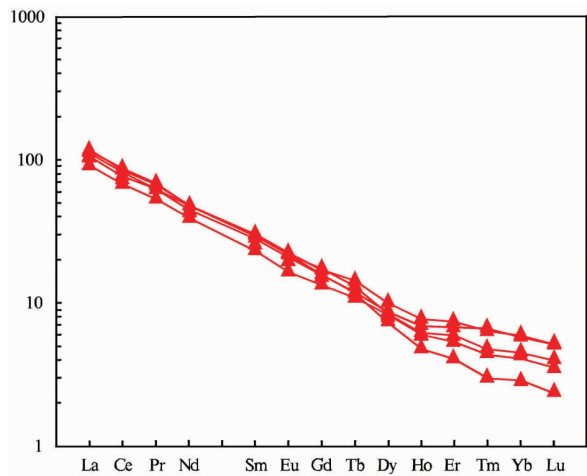


图 9 布朵淡色花岗岩稀土元素配分曲线图解
Fig. 9 REE partition curve of Buduo leucogranite

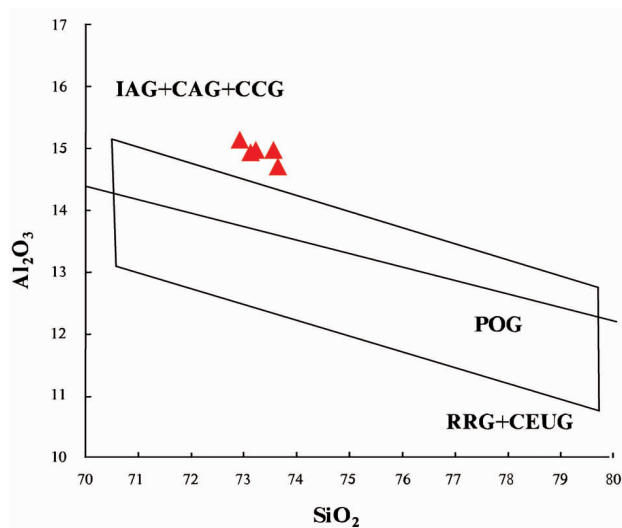


图 10 布朵淡色花岗岩主量元素构造判别图解图

Fig. 10 Structural identification of main element of Buduo leucogranite

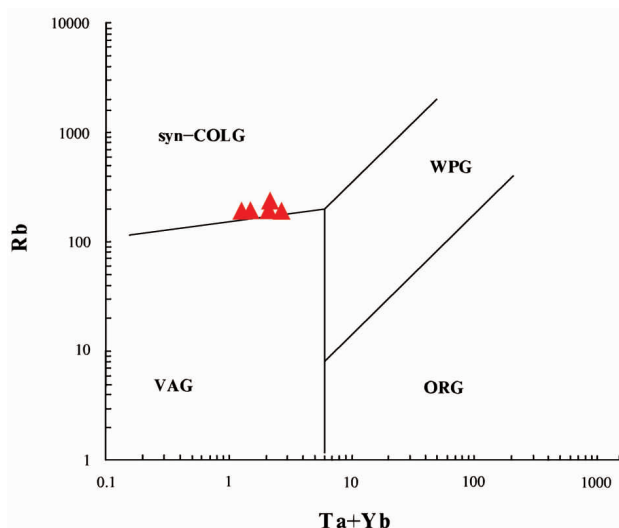


图 11 布朵淡色花岗岩Rb(Ta-Yb)图解

Fig. 11 Rb(Ta-Yb) discrimination diagram of Buduo Leucogranite

岗岩形成过程与造山作用有关,属于后碰撞花岗岩类。

4.4 构造意义

渐新世早期以后(27.5 Ma ~ 10 Ma),随着地壳构造体制由挤压体制转化为伸展体制,藏南拆离系继续向北伸展拆离,地壳减薄,压力骤减,导致上地壳物质重新调整,进一步引发其大规模上地壳物质部分熔融;另一方面由于降压作用,也使岩浆进一步上涌,最终这些岩浆以底辟作用主动侵位于变质核的中央部位或沿基底拆离断层以被动方式侵位。前者改变地壳热状态,并对围岩产生加热作用,主动侵位带动了地壳深部物质的上升和地壳伸展,继而引

发拆离运动,形成众多的变质核杂岩,遍布于北喜马拉雅造山带中,穹窿便形成于此。后者则是沿着具有一定低压环境和空间的拆离断层贯入而成,待贯入的岩浆就位结束后,岩浆的结晶作用便相继开始,形成一系列的北喜马拉雅淡色花岗岩侵入体。布朵淡色花岗岩的结晶年龄为 16.15 Ma (MSWD = 0.85),形成于陆陆碰撞造山后的伸展背景下,其活动期和形成背景与北喜马拉雅带淡色花岗岩是可以对应的,代表了印度—欧亚大陆后碰撞期的产物^[8-11]。

5 结论

(1)布朵淡色花岗岩岩性主要为二云二长花岗岩,锆石 U-Pb 测年年龄为 16.15 Ma(MSWD = 0.85),该年龄与北喜马拉雅淡色花岗岩的年龄区间相一致,属于北喜马拉雅淡色花岗岩。

(2)布朵淡色花岗岩具有较高的 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Na_2O 含量, A/CNK 比值 1.18 ~ 1.24, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值 1.00 ~ 1.08,属高钾、钙碱性过铝质 S 型花岗岩。微量元素相对富集 Rb、Ce、Hf、Sm,而亏损 Nb、Sr、P。在微量元素标准化蛛网图中表现出 Rb 极高的正异常和明显的 Sr、P 负异常,具有后碰撞花岗岩的特征。轻重稀土元素分馏作用较强,轻稀土元素富集,重稀土元素亏损,稀土元素配分曲线表现为整体右倾的特征。

(3)布朵淡色花岗岩形成于陆陆碰撞造山后的伸展背景下,其活动期和形成背景与北喜马拉雅带

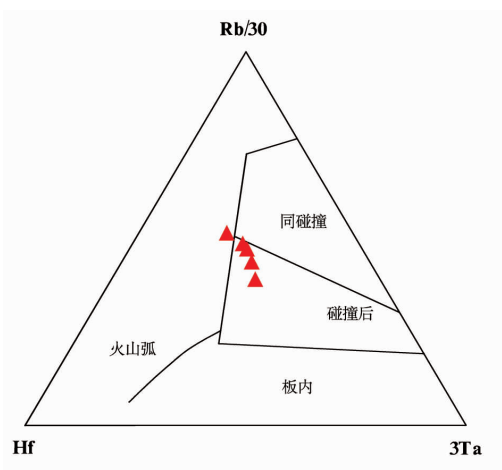


图 12 布朵淡色花岗岩Hf/30-Rb-3Ta图解

Fig. 12 Hf/30-Rb-3Ta discrimination diagram of Buduo leucogranite

淡色花岗岩是可以对应的,代表了印度—欧亚大陆后碰撞期的产物,对喜马拉雅造山带的研究有一定的指导意义。

参 考 文 献

- [1] 莫宣学,赵志丹,邓晋福,等. 印度—亚洲大陆主碰撞过程的火山作用响应[J]. 地学前缘,2003,10(3):135-148
- [2] 朱弟成,潘桂堂,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
- [3] 张宏飞,Nigel,Harris,Randall Parrish,等. 北喜马拉雅萨迦穹隆中苦堆和萨迦淡色花岗岩的 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 科学通报,2004,49(20):2090-2094
- [4] 刘小驰,吴福元,刘志超,等. 北喜马拉雅康巴淡色花岗岩形成时代[G]. 中国地球科学联合学术年会,2014:1834
- [5] 张宏飞,Nigel,Harris,Randall Parrish,等. 北喜马拉雅淡色花岗岩地球化学:区域对比、岩石成因及其构造意义[J]. 地球科学,2005(03):275-288
- [6] 王晓先,张进江,王佳敏. 北喜马拉雅佩枯花岗岩年代学、成因机制及其构造意义[J]. 地球科学,2016,41(6):982-998
- [7] 陈建林,郭原生,付善明. 花岗岩研究进展—ISMA 花岗岩类分类综述[J]. 甘肃地质,2004,13(1):67-72
- [8] 马涛,胡积球,黄登鹏,等. 西藏萨嘎县罗波岗日地区中新世花岗岩地球化学特征及成因[J]. 甘肃地质,2017,26(03):1-10
- [9] 邓欢. 西藏萨嘎地区北喜马拉雅淡色花岗岩成因及动力学意义[D]. 中国地质大学(北京),2013
- [10] 王鑫. 喜马拉雅造山带新生代淡色花岗岩及其成因[D]. 中国地质大学(北京),2019
- [11] 祁才吉. 北喜马拉雅淡色花岗岩带岩体地球化学分析及构造意义[J]. 化工矿产地质,2020,42(03):193-203

LITHOCHEMISTRY AND GEOCHRONOLOGY OF BUDUO LEUCOGRANITE IN SAGA REGION OF TIBET AND ITS TECTONIC IMPLICATIONS

HUANG Deng-peng, MA Tao, LI Jin-xi YAN Wang

(The Third Institute of Geology and Mineral Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral
Exploration and Development, Lanzhou 730050, China)

Abstract: Buduo leucogranite in saga region of Tibet is located in the western belt in Tethys Himalayas , which belongs to the granite belt of northern Himalayan orogenic belt. The saga buduo leucogranite in western belt of northern Himalayan orogenic belt is studied in this paper the research shows that its lithology is two-mica adamellite, with character of high SiO_2 (72. 26 to 73 .05%), rich Al_2O_3 (14. 61 to 14. 98%), high K_2O (3. 65 to 4. 09%) Na_2O (3. 47 to 3. 76%) low P_2O_5 (0.09% to 0. 12%) the $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratios range from 1. 00 to 1.08 the A/CNK ratios range from 1.18 to 1. 24 and belongs to a High K-clac-alkaline granite S series. Trace mineral content differ substantially the sum of REE ranges from 98. 87 to 124. 51 ppm, the LREE/HREE ratios range from 11. 24 to 16. 12 the Rb content ranges from 187 ~ 234 ppm the Sr 311 ~ 409 ppm the La_N/Yb_N 19. 96 ~ 40. 28 δEu 0. 89 ~ 0. 99. The result of zircon U-Pb dating indicates that the age of the Buduo leucogranite is 16. 15 Ma, in line with the northern Himalayan leucogranite's age range. It is formed in the background of collisional orogeny and represents the product of post-collision between India and Eurasia continents and the results could guide the study on Himalayan orogen.

Key words: geochemistry; chronological studies; tectonic implications; Buduo leucogranite; Saga region