2005年第 24卷 第 4期 427~ 433页 云 南 地 质 CN 53-1041 /P ISSN 1004-1885

滇西北独龙江花岗岩中浆混包体特征

李向东, 李 俊, 严城民

(昆明理工大学国土资源工程学院; 昆明 650093)

摘 要: 班公湖 –东巧 –怒江结合带 (南段) 西侧的独龙江花岗岩可划分为 2个序列。早期序列 (龙岗不若序列) 富含混杂包体和混成包体。前者包括 (石英) 辉长苏长岩、辉长岩及辉长辉绿 (玢) 岩; 后者由闪长岩、石英闪长玢岩、安山岩、安山玄武岩组成。从地球化学特征看, 这些岩石由同源岩浆分异, 并与生成寄主岩石的酸性岩浆混合而成。地球化学图解判别, 浆混包体属钙碱性玄武岩系列, 形成于岛弧环境, 与寄主岩石——龙岗不若序列的生成环境一致。该类包体的存在, 进一步证明了独龙江花岗岩早期序列 (龙岗不若序列) 由壳幔混源岩浆形成。

关键词: 独龙江花岗岩; 浆混包体; 岩相学特征; 板块构造环境; 滇西北

中图分类号: P588. 12^{+} 1 文献标识码: A 文章编号: 1004-1885(2005) 04-427-07

独龙江花岗岩位于云南省西北部独龙江两岸。地理座标为: 东经 98°10′~ 98°40′; 北纬 27°30′~ 28°00′。行政区划属云南省贡山县管辖。

大地构造位置上, 独龙江花岗岩位于班公湖 – 东巧 – 怒江结合带[1]西侧, 并与之平行展布。对该花岗岩的深入研究, 有助于进一步查明滇西北地区怒江结合带的位置及特征, 合理分析该区地质发展史。同时, 可有效理解花岗质岩浆作用的动力学过程[2]。

独龙江地区山势险峻、工作条件十分艰难, 使独龙江花岗岩研究程度较低。1996年以前, 该区进行过 1: 100万区域地质调查 (1965)、1: 20万区域地质调查 (1985), 应用构造岩浆旋回理论, 进行岩体相带划分, 研究了花岗岩的岩石特征, 初步分析了岩石的成因类型。1996~ 2001年间的 1: 25万区域地质调查中, 应用同源岩浆演化理论指导下的岩石谱系单位填图法, 将独龙江花岗岩划分为 6个单元, 归并为 2个序列[3]。早期序列称为龙岗不若序列, 由巴坡单元 (中细粒角闪黑云花岗闪长岩)、东哨房单元 (中细粒石英闪长岩或中细粒石英二长闪长岩) 组成。该序列富含浆混包体, 属 I 型花岗岩, 形成于火山弧环境, 岩浆活动时期为晚侏罗世 – 早白垩世, 是班公湖 – 东巧 – 怒江结合带俯冲消减的产物。

依据包体的形成方式、岩石类型及特征, 浆混包体又可进一步划分为混杂包体和混成包体。前者包括 (石英) 辉长苏长岩、辉长岩及辉长辉绿 (玢) 岩; 后者可见闪长岩、石英闪长玢岩、安山岩及安山玄武岩。岩石矿物成分及含量见表 1。

收稿日期: 2005-07-28

项目来源: 中国地质调查局, 1: 25万中甸县幅、贡山县幅区域地质调查。

作者简介: 李向东 (1965~), 男, 云南石屏县人, 高级工程师, 昆明理工大学在读地质工程硕士研究生, 长期从事区域地质, 区域化探调查及专题研究工作。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

表 1 矿物成分及含量表

Tab.1 Mineralogical Composition

包体类型	岩石名称	矿物成分及含量 (%)					斜长石牌号
		斜长石	普通角闪石	黑云母	石 英	辉 石	
混成包体	安山玄武岩	51	20	25	1		
	安山岩	55~ 58	5	15	3		30~ 35
	石英闪长玢岩	51~ 59	10~ 12	15~ 20	6~ 18		35~ 40
	闪长岩	20~ 40	49~ 68	3~ 5	3~ 5		38~ 40
混杂包体	辉长辉绿 (玢) 岩	42~ 45		1~ 3		38~ 40	53~ 60
	辉长岩	40~ 50	45~ 53	0~ 2	2~ 3		
	(石英) 辉长苏长岩	46~ 51			0~ 8	37~ 42	54~ 61

样品由云南省地矿局区域地质矿产调查大队鉴定室鉴定, 1998

1 岩相学特征

1.1 混杂包体

混杂包体浑圆状, 大小为数厘米至数十厘米, 在侵入体中均匀分布。包体具同心环状分带现象, 核部保留基性岩特征, 边部与寄主岩石略具过渡现象。

(石英) 辉长苏长岩具细粒 (0.8~ 2.0mm) 辉长结构、块状构造。斜长石呈半自形条状, An= 54~ 61。辉石以紫苏辉石为主, 单斜辉石较少。紫苏辉石呈细柱状, 大小为 0.15 ~ 1mm, Ng′= 淡绿色、Np′= 淡红色, 近平行消光, 一级黄红干涉色, - 2V 70~ 75°。大部分紫苏辉石边缘具普通角闪石反应边。

辉长岩细粒 (0.25~ 1.5mm) 半自形粒状结构、块状构造。半自形板状、柱状斜长石、普通角闪石在岩石中杂乱分布构成骨架, 黑云母、石英充填其间。

辉长辉绿 (玢) 岩具斑状结构、块状构造。斑晶由斜长石 (An= 58~ 60, 含量 4~ 5%)、普通辉石 (≤1%) 组成, 大小为 (3.5~ 5) × (1.5~ 2.5) mm。基质具细粒辉长辉绿结构, 粒径 (0.4~ 1.8) × (0.15~ 0.45) mm。基质中斜长石 (An= 53~ 55) 呈半自形板条状, 自形程度稍高于普通辉石; 部分辉石具棕黄色普通角闪石反应边。

1.2 混成包体

混成包体的产出状态与混杂包体相似, 区别之处: ①混成包体具铁质、黑云母质淬冷边及放射状淬冷裂隙, 沿淬冷裂隙见寄主岩石 (中细粒角闪黑云花岗闪长岩、中细粒石英闪长岩) 的脉体贯入; ②岩石粒度较细, 矿物世代关系明显; ③斜长石自形程度较高, 具聚片双晶。

闪长岩具中细粒 (0.8~ 3.5mm) 半自形粒状结构、块状构造。自形程度较高的斜长石、普通角闪石在岩石中杂乱分布构成骨架, 他形石英似海绵状充填于骨架中。大多数普通角闪石中见有黑云母包晶。部分普通角闪石呈斑杂状集合体, 斜长石分布于集合体之间。这些现象反映了矿物生成顺序为: 黑云母→普通角闪石→斜长石→石英。

石英闪长玢岩具斑状结构、块状构造。斑晶为斜长石, 粒径 1.5~ 3.5mm, An= 38~ 40, 具卡钠复合双晶及正环带构造, 内含石英、黑云母包晶。基质具微粒 (0.2~ 0.45mm)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

结构，矿物成分为斜长石、普通角闪石及少量黑云母。半自形板柱状的斜长石（An= 35±)、普通角闪石在岩石中杂乱分布构成骨架，他形石英充填于骨架中。部分斜长石、黑云母略呈平行定向排布，形成似片麻状构造，可能由岩浆原生流动所引起。

安山岩具斑状结构、块状构造。斑晶为斜长石，大小为 0.5~ 2mm，An= 40±，正环带构造。基质微粒（0.1~ 0.25×0.05~ 0.08mm）交织结构，由斜长石及少量普通角闪石、黑云母、石英组成。斜长石（An= 30~ 32）在岩石中半定向排布构成骨架，其它矿物以它形粒状充填于骨架中。部分黑云母呈集合体状，大小为 0.5~ 4mm，可能为析离体。

安山玄武岩微粒（0.08~ 0.2×0.02~ 0.05mm）填间结构、杏仁状构造。半自形条状微晶斜长石在岩石中杂乱分布，其间为他形粒状石英充填。杏仁体次圆状，大小为 0.25~ 0.45mm，含量 2~ 3%，充填物为绿泥石。

2 地球化学特征

对浆混包体进行常量元素、稀土元素、微量元素分析。

2.1 常量元素（表 2)

表 2 常量元素含量及化学指数表（ωB%）

Tab. 2 Major Element Content and Chemical Value

岩　类	安山岩	安山玄武岩	辉长辉绿(玢）岩		辉长岩	辉长苏长岩		基性岩平均
SiO_2	55.7	50.64	49.71	49.78	46.56	55.09	53.89	51.01
TiO	1.13	1.65	1.75	1.75	2	0.45	0.94	1.39
Al_2O_3	15.03	14.87	15.75	15.49	14.29	12.05	17.51	15.02
Fe_2O_3	1.24	3.18	2.33	3.69	5.37	1.53	2.83	3.15
FeO	5.54	6.89	7.72	6.37	8.44	5.75	5.81	6.82
MnO	0.21	0.16	0.21	0.16	0.3	0.1	0.1	0.87
MgO	3.90	6.1	6.29	6.48	8.55	11.04	4.18	7.31
CaO	5.92	6.55	7.99	8.66	8.21	7.7	7.67	8.05
Na_2O	2.42	3.66	3.68	3.81	2.40	1.72	2.34	2.79
K_2O	3.72	2.1	0.79	0.79	1.44	.25	1.65	1.18
P_2O_5	0.61	0.55	0.44	0.37	0.35	0.13	0.25	0.3
Cr_2O_3	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03			0.02
ND	0	0.01	0.01	0.01	0.01			0.01
灼失	4.39	3.09	2.96	2.25	2.32	2.94	2.22	2.54
总量	99.83	99.47	99.65	99.63	100.27	99.77	99.39	99.74
FeO*	6.66	9.75	9.82	9.69	13.27	7.13	8.36	9.55
δ	2.97	4.34	2.98	3.12	4.14	0.73	1.46	2.49
m/f	0.82	0.68	0.77	0.63	0.61	0.79	0.58	0.68

注：① $FeO^* = FeO + 0.9 \times Fe_2O_3$

②样品由云南省地矿局区域地质矿产调查大队化验室测试，1998

由表 2可知，基性岩（辉长苏长岩、辉长岩、辉长辉绿岩）→中基性岩（安山玄武岩）→中性岩（安山岩），MgO、CaO含量逐渐变小，K_2O、P_2O_5含量逐渐增大，其余元素含量

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www

无明显变化规律。这些含量的规律性变化可能是共存的两种地质作用的结果：其一为构成这些氧化物的金属元素在岩浆中的析出顺序为 Mg→Fe→Ca→Na→K[4]，在同源岩浆演化过程中生成较早的基性岩富 MgO、CaO，生成较晚的中性岩富 K_2O 和挥发分 P_2O_5；其二为形成包体的基性岩浆与形成寄主岩石的酸性岩浆发生不同比例的混合，形成基性岩的岩浆中基本未混入酸性岩浆而使 MgO、CaO 增高，较多的酸性岩浆与基性岩浆混合后形成的中性岩（安山岩）则含较高的 K_2O、P_2O_5。

从同为基性岩，特别是同为（石英）辉长苏长岩的常量元素含量变化较大的情况看，在岩浆演化过程中曾发生过较明显的混合、混染作用。

2.2 稀土元素

稀土元素含量及特征参数值（表 3）可以表示岩浆的分异程度[5]。在基性岩（辉长岩、辉长辉绿岩）→中基性岩（安山玄武岩）→中性岩（安山岩）中，ΣREE、ΣCe/ΣY逐渐增大，δEu逐渐减小。此现象反映了这 3类岩石有可能由同源岩浆分异形成。在岩浆演化过程中，先形成的基性岩中ΣREE、ΣCe/ΣY较小，形成中性岩（安山岩）的残余熔体中 Eu 亏损较为明显。

表 **3** 稀土元素含量及特征参数（$\omega B \times 10^{-6}$）

Tab. 3 REE Content and Characteristic Parameter

岩 类	安山岩	安山玄武岩	辉长辉绿（玢）岩		辉长岩	基性岩平均
La	30.83	25.36	18.05	16.79	19.63	18.16
Ce	68.03	60.05	41.42	40.03	49.69	43.71
Pr	7.7	6.75	4.13	4.74	6.12	5
Nd	30.82	26.74	21.92	20.23	25.5	22.55
Sm	5.95	5.35	4.86	4.47	5.45	4.93
Eu	1.59	1.55	1.73	1.63	1.5	1.62
Gd	5.04	5.08	5.06	4.73	5.19	4.99
Tb	0.71	0.77	0.78	0.74	0.79	0.77
Dy	4.13	4.65	4.77	4.68	4.82	4.76
Ho	0.75	0.88	0.92	0.91	0.93	0.92
Er	1.95	2.49	2.57	2.58	2.61	2.59
Tm	0.29	0.39	0.4	0.4	0.41	0.4
Yb	1.82	2.41	2.4	2.42	2.49	2.44
Lu	0.28	0.37	0.37	0.36	0.38	0.37
Y	21.56	25.91	26.7	25.46	26.72	26.29
ΣREE	181.44	168.74	137.07	130.17	152.21	139.82
ΣCe/ΣY	3.97	2.91	2.12	2.08	2.43	2.21
δEu	0.95	0.98	1.17	1.19	0.93	1.1

样品由宣昌地质矿产研究所测试，1998

稀土元素特征参数值的逐渐变化，亦可用岩浆的混合、混染作用来解释。形成基性岩的岩浆基本未与酸性岩浆混合，使ΣREE、ΣCe/ΣY较小，δEu较大。形成中性岩的岩浆中混有较多的酸性岩浆，而使ΣREE、ΣCe/ΣY较大，δEu较小。

结合岩相学资料分析，上述两种地质作用可能同时存在。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

2.3 微量元素

从微量元素含量及特征数值（表 4）看，在基性岩（辉长岩、辉长辉绿岩）→中基性岩（安山玄武岩）→中性岩（安山岩）过程中，过渡元素（V、Sc）含量逐渐减小，不相容元素（Rb、Sr、Zr）含量逐渐增大，K/Rb无明显变化规律。过渡元素、不相容元素含量的规律性变化可由同源岩浆演化[5]和岩浆混合作用共同引起，具体情况与常量元素含量（MgO、CaO、K_2O、P_2O_5）、稀土元素特征参数值的规律性变化相类似。K/Rb变化较大且无明显规律，很可能是形成包体的基性岩浆与形成寄主岩石的酸性岩浆发生较强烈的混合所导致。

表 **4**　微量元素含量及特征参数表（$\omega B \times 10^{-6}$）

Tab. 4　Trace Element Content and Characteristic Parameter

岩　类	安山岩	安山玄武岩	辉长辉绿（玢）岩	辉长岩	基性岩平均
V	108	154	183	175	203	187
Sc	8.2	13.1	14	23.9	16.4	18.1
Rb	148	112	133	51	66	83
Sr	421	381	148	421	382	317
Ba	498	215	605	168	233	335
U	0.72	0.24	0.2	0.78	0.2	0.39
Th	12.6	6.4	6	8.2	9.4	7.9
Nb	10.9	17.4	14.3	9.6	13.9	12.6
Ta	0.6	0.69	1	1.23	0.2	0.81
Zr	200	191	190	189	145	175
Hf	5.29	6.09	5.87	5.1	5.36	5.44
K/Rb	209	149	49	129	181	118

注：样品由中国地质大学（武汉）测试中心测试，1998

3　板块构造环境分析

辉长岩、辉绿岩、玄武岩为同源异相产物。由此，划分玄武岩系列、判别玄武岩生成的构造环境的地球化学图解在辉绿岩、辉长岩中亦适用。

独龙江花岗岩的浆混包体在划分碱性、亚碱性系列的 OL′－Q′－Ne′图解（图 1），投影点均落入亚碱性岩区。在进一步划分亚碱性岩系的 F－M－A 图解（图 2）中，绝大多数投影点落入钙碱性玄武岩区。岩石应属钙碱性玄武岩系列。

在 TiO_2－10MnO－$10P_2O_5$ 图解（图 3）中，大多数投影点落入或接近岛弧拉斑玄武岩和钙碱性玄武岩区。在 Hf/3－Th－Ta图解（图 4）中投影点落入岛弧拉斑玄武岩区。这些资料反映了独龙江花岗岩中之浆混包体生成于岛弧环境，与寄主岩石（龙岗不若序列）的生成环境[3]一致。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www

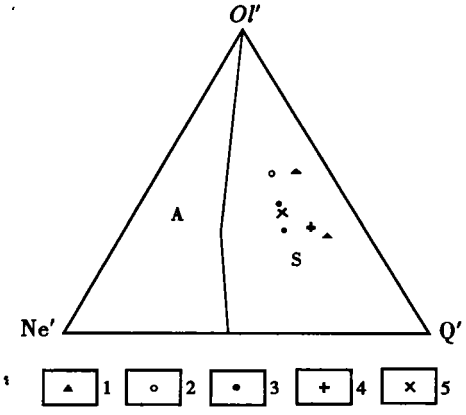


图 1 $Ol'-Ne'-Q'$图解

(仿 T.N. Irvine等, 1971)

Fig. 1 $Ol'-Ne'-Q'$ Diagram

A—碱性系列 S—亚碱性系列

1—苏长岩; 2—辉长岩;

3—辉绿岩; 4—安山岩; 5—玄武岩

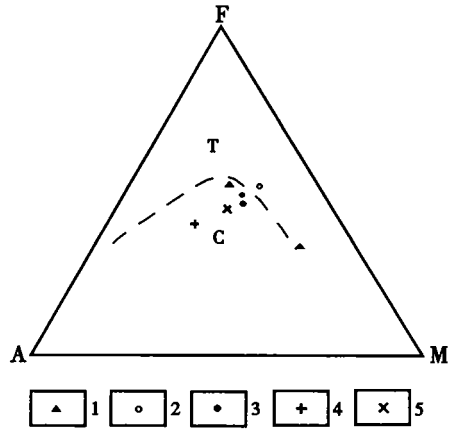


图 2 A—F—M 图解

(仿 T.N. Irvine等)

Fig. 2 A–F–M Diagram

T—拉斑玄武岩系列; C—钙碱性系列

1—苏长岩; 2—辉长岩;

3—辉绿岩; 4—安山岩; 5—玄武岩

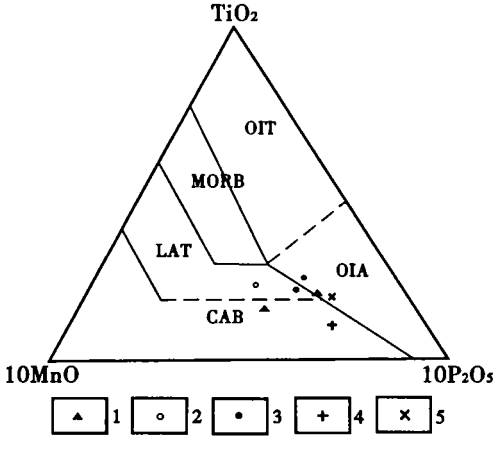


图 3 $TiO-10MnO'-10P_2O_3$图解

(仿 E.D. MullenN, 1983)

Fig. 3 $TiO-10MnO-10PO$ Diagram

OIT—大洋岛屿拉斑玄武岩;

OIA—大洋岛屿碱性玄武岩

MORB—洋中脊玄武岩;

LAT—岛弧拉斑玄武岩;

CAB—钙碱性玄武岩

1—苏长岩; 2—辉长岩; 3—辉绿岩;

4—安山岩; 5—玄武岩

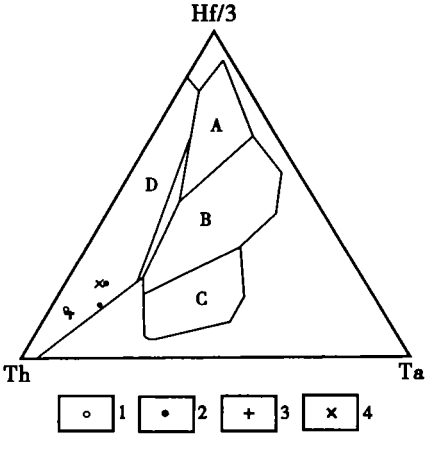


图 4 Hf/3–Ta–Th图解

(仿 Wood, 1979)

Fig. 2 Hf/3–Ta–Th Diagram

A—M 型中脊玄武岩;

B—富集型洋中脊玄武岩;

C—板内威性玄武岩及分异产物;

D—岛弧拉斑玄武岩及分异产物

1—辉长岩; 2—辉绿岩;

3—安山岩; 4—玄武岩

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

此调查实例更提示：在浆混包体的鉴别中，要注意包体形成的构造环境与寄主岩石的形成构造环境更一致性。

本文是1∶25万贡山县幅、中甸县幅区域地质调查的部分成果。王义昭、王辉、邓仁宏、夏贵光、赵云江同志参加了该区野外调查工作，并对有关问题提出宝贵建议。

参 考 文 献

[1] 程裕淇. 中国区域地质概论 [M]. 北京：地质出版社，1994。255～279.

[2] 马昌前，杨坤光，唐仲华等。花岗岩类岩浆动力学 [M]. 武汉：中国地质大学出版社，1994。24～53.

[3] 严城民，夏贵光，邓仁宏。滇西北独龙江花岗岩及岩浆作用特征 [J]. 云南地质，2002，21(1)：21～33.

[4] 中国科学院地球化学研究所。高等地球化学 [M]. 北京：科学出版社，1998。284～292.

[5] 李昌年. 火成岩微量元素岩石学 [M]. 武汉：中国地质大学出版社，1992。2～7，74～90.

CHARACTERISTICS OF MAGMATIC MIX INCLUSION IN DULONGJIANG GRANITE OF NORTHWEST YUNNAN

LI Xiang-dong LI Jun YAN Cheng-min

(Land Resources College, Kunming University of Science & Technology, Kunming 650093)

Abstract The Dulongjiang Granite on the west side of Bangonghu-Dongqiao-Nu-jiang conjunction zone (south segment) can be divided into 2 succession. The early succession (Longgangburuo succession) is rich in mix-complex inclusion and mix-formation inclusion. The former include (quartz-) gabbro-norite, gabbro, gabbro-diabase (porphyrite). The latter is composed of diorite, quartz diorite porphyrite, andesite, andesite basalt. According to the geochemistry, these rocks are formed by the differentiation of cogenetic magma and the mixing of the differential rock with the acid magma of main rock. By the geochemical diagram discrimination, the magmatic mix inclusion belongs to the calc-alkali basalt series, formed in the island arc environment, which is consistent with that of the main rock (Longgangburuo succession). These kinds of inclusions confirm that the early succession (Longgangburuo succession) of Dulongjiang Granite is formed from the crust-mantle derived magma.

Key Words Dulongjiang Granite; Magmatic Mix Inclusion; Lithological Facies Characteristics; Plate Tectonic Environment; Northwest Yunnan

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www