

文章编号: 1000- 6524 (2002) 02- 0162- 07

新疆北山构造带西段小长山南 超单元花岗岩特征

肖渊甫, 吴德超, 邓江红, 王道永

(成都理工大学, 成都 610059)

摘 要: 小长山南超单元花岗岩是新疆北山构造带中重要的地质体, 为华力西中期第 2 序次岩浆侵入活动的产物, 包括 5 个单元, 出露面积 132.9 km², 其中第 4 单元同位素地质年龄 320.2 Ma ± 23 Ma (锆石, Pb-Pb 法)。岩石系列属钙碱性, 为明显同源岩浆演化序列, 微量元素指示其具大陆弧背景下成熟弧花岗岩和 I 型花岗岩特征。综合分析后认为小长山南超单元花岗岩属北山克拉通裂谷闭合期岩浆强力就位产物。

关键词: 北山构造带; 裂谷; 花岗岩超单元; 成熟弧; 闭合期

中图分类号: P588.12⁺1

文献标识码: A

Characteristics of southern Xiaochangshan superunit granites in western Beishan tectonic belt, Xinjiang

XIAO Yuan_fu, WU De_chao, DENG Jiang_hong and WANG Dao_yong

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The southern Xiaochangshan granitic intrusive is an important geological body in Beishan tectonic belt, Xinjiang, produced by the second sequence magmatic intrusion in the middle Hercynian period. The superunit is composed of five units covering an area of about 132.9 km². The isotopic geological age of the fourth unit is 320.2 ± 23 Ma (zircon, lead-lead age method). The rocks are of calc_alkaline series and belong obviously to the comagmatic evolutionary sequence. Trace elements show characteristics of the mature arc granite in the background of the land arc and I_type granite. The superunit was formed by the strong magmatic intrusion during the closing period of Beishan craton rift valley.

Key words: Beishan tectonic belt; rift valley; granite super unit; the mature arc; closing period

北山构造带以其独特的地理位置、大地构造属性和多阶段手风琴式演化特征(陈哲夫等, 1991; 张旺生, 1992; 周济元等, 1995; 左国朝等, 1992; 吴德超等, 1997) 历来受到地学界的关注。新疆北山构造带由于地处罗布泊戈壁腹地, 研究程度极低。小长山南超单元为一由

收稿日期: 2001- 11- 25; 修订日期: 2002- 04- 01

作者简介: 肖渊甫(1957-), 男, 教授, 从事岩石学研究、区域地质调查及矿产资源评价。

中酸-酸性岩组成的侵入岩超单元,属华力西中期第2序次岩浆侵入活动的产物,锆石 Pb-Pb 同位素地质年龄 $320.2 \text{ Ma} \pm 23 \text{ Ma}$ (本项目资料,测试单位:宜昌地矿所,1998),具成分和结构双重演化特点。超单元分布范围广,但总体局限于区内基底岩石出露区,明显受区域构造,尤其是断裂构造控制。包括 82 个侵入体,出露面积达 132.9 km^2 ,从早到晚按花岗岩单元划分原则归为 CXN_1 、 CXN_2 、 CXN_3 、 CXN_4 和 CXN_5 个单元(图 1)。

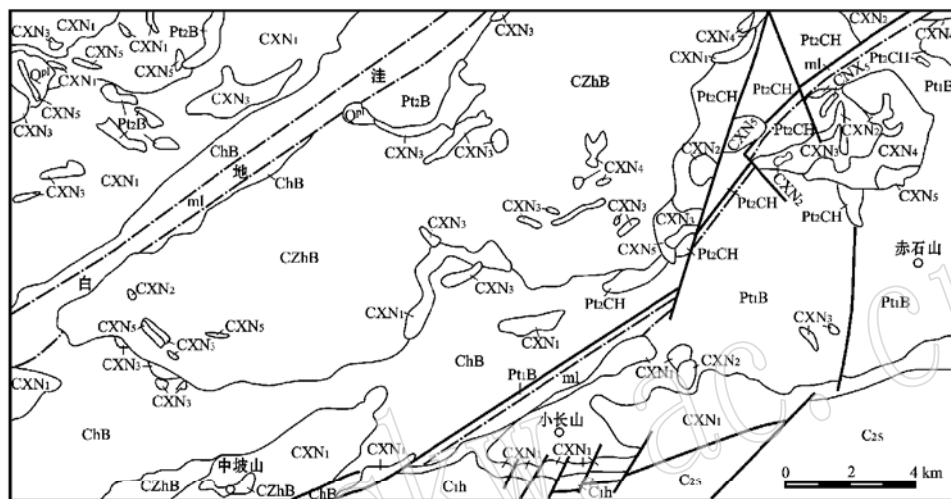


图 1 新疆北山地区地质图(据 1:5 万 K46E021006 .007 幅资料简化)

Fig. 1 The geological map of Beishan areas, Xinjiang

$\text{CXN}_1 \sim \text{CXN}_5$ —小长山南超单元一~五单元; CZhB—中坡山北(坡北)超单元(基性-超基性杂岩); Pt₂CH—赤石山北超单元; Q⁴—第四系洪积层; C_{2s}—晚石炭世石板山组; C_{1h}—早石炭世红柳园组; ChB—中元古代长城系白湖群; Pt₁B—古元古界; ml—糜棱岩带

1 单元地质特征及岩相学

1.1 一单元(CXN_1)

是小长山南超单元中分布面积最大的单元,侵入体呈岩株、岩墙、岩铸、岩枝状产出,主要岩石类型为石英闪长岩,部分为石英二长闪长岩。

岩石呈浅绿灰、灰绿色,具细粒半自形粒状结构,局部可达中细粒-中粒,有的含少量斑晶,发育初糜棱-糜棱结构,块状、眼球流动状构造。矿物中,斜长石以 $An_{24} \sim 30$ 的中、更长石为主,斜长石斑晶为 $An_{29} \sim 48$ 的中长石,具环带结构,双晶发育,常见双晶弯曲。石英呈他形分散状或集合粒状充填于长石间隙中,波状消光普遍。黑云母呈片状及鳞片状分布。角闪石为半自形柱粒状,浅绿-淡黄绿色,常呈纤维状及针状集合体分布于斜长石间或穿插其中,包有较多磁铁矿及榍石,被致密状绿泥石交代。副矿物有黄铁矿、磁铁矿、磷灰石、锆石和榍石等。岩石普遍蚀变,主要为绿泥石化、黝帘石化和绢云母化。外观普遍泛绿。

1.2 二单元(CXN_2)

主体岩性为细粒花岗闪长岩,分布于赤石山以北,呈残留岩枝状、小岩株状产出,与白湖群下岩组呈侵入接触关系。其中见成群分布的浅绿灰色石英闪长岩捕虏体,二者界线清楚。

岩石灰白色, 细粒半自形粒状结构, 局部具少量中粗斑晶($< 5\%$), 见显微文象结构、蠕虫状结构, 块状构造。斑晶为斜长石 3~4 mm, 自形板状, 具环带及补片状特征; 基质一般 0.5~1.5 mm。斜长石发育聚片双晶和环带, $An_{26\sim 31}$, 为中更长石。钾长石主要为微斜长石, 它形粒状, 见有石英包晶及蠕英石。石英他形粒状, 充填于长石晶间或与钾长石交生。黑云母呈鳞片状, 探针分析为铁黑云母。角闪石呈暗绿-浅黄绿色, 与黑云母交生, 有的被石英交代呈穿孔状, $Ng' \wedge c = 18^\circ$, 为普通角闪石, 探针分析 $(Ca+Na)_B = 1.863$, $Na_B = 0.235$, 属钙质角闪石类的亚铁角闪石。岩石次生变化较弱, 仅见绿泥石化和绢云母化。有的钾长石具弱高岭石化。

1.3 三单元(CXN₃)

以侵入体多、分布区域广、具较清楚的似斑状结构为特征。主体岩性为似斑状黑云二长花岗岩, 呈不规则岩株、岩瘤、岩脉产出, 部分小岩脉状侵入体似斑状不发育, 呈中细粒不等粒状, 具黄白色外貌。

岩石呈黄白色、黄灰白色, 似斑状结构。斑晶呈中粗-粗粒状, 基质具细粒等粒及不等粒花岗结构, 见蠕虫结构和微文象结构, 块状构造。岩石中斑晶约占 15%~25%, 由黄白色及浅肉红色条纹长石和微斜条纹长石组成, 粒度 4.5~6 mm, 包有斜长石, 有的被石英交代。基质由石英、钾长石、斜长石和暗色矿物组成, 粒度多在 0.3~1.8 mm。石英呈他形粒状分布于长石间, 或呈集合体状产出; 钾长石由他形填隙状微斜长石和正条纹长石组成; 斜长石呈半自形状, 发育钠长石双晶, 有的具环带, 环带中部绢云母化清楚。在钾长石与斜长石接触边界的斜长石一侧, 发育有蠕英石。斜长石为 $An_{26\sim 31}$ 的更中长石。暗色矿物为暗褐-浅褐黄色铁黑云母, 与褐绿色普通角闪石($Ng' \wedge c = 18^\circ \sim 19^\circ$) 相互包裹、穿切, 角闪石中多见磷灰石、锆石、磁铁矿包晶。

1.4 四单元(CXN₄)

主体为浅肉红色似斑状二长花岗岩, 呈岩瘤、岩脉状产出, 主要分布于赤石山北地区。侵入体西侧呈港湾状与三单元黄白色似斑状黑云二长花岗岩渐变接触, 为涌动侵入接触关系, 局部见有三单元捕虏体, 界线截然。同位素年龄为 320.2 Ma(Pb-Pb 法, 锆石)。

岩石具似斑状结构或中-粗粒不等粒花岗结构, 基质为中细粒不等粒花岗结构, 有的具包含结构、文象结构, 块状构造。斑晶含量 4%~20%, 由鲜肉红色正条纹长石及微斜长石构成, 粒度以 3~6 mm 为主。正条纹长石中钠长石分异条纹清楚。基质矿物一般 0.3~1.4 mm, 其中钾长石见正条纹长石和微斜长石, 具出溶条纹和格子状双晶; 斜长石为 $An_{23\sim 28}$ 的更长石, 常见被钾长石及石英包绕, 具环带状绢云母化, 端员组分为 $Or_{1.46}Ab_{82.19}An_{16.25}$; 石英呈他形粒状与长石紧密镶嵌, 有的呈集合粒状产出, 有的则呈穿孔状晶体或沿长石裂隙交代充填。黑云母为暗褐-黄褐色铁黑云母, 常有副矿物包晶; 角闪石偶见, 为绿色普通角闪石($Ng' \wedge c = 17^\circ \sim 18^\circ$), 具简单双晶。岩石新鲜, 仅见零星绢云母化和绿泥石化。

1.5 五单元(CXN₅)

主体为肉红色钾长花岗岩。呈岩瘤、岩脉状产出, 赤石山北主侵入体发育于小长山南超单元三、四单元之中, 与三单元呈脉动侵入接触, 与四单元呈涌动型接触。

岩石呈肉红色, 中-粗粒不等粒花岗结构、包含结构、显微文象结构, 块状构造。石英呈他形粒状充填于长石间, 有的沿长石裂隙分布, 0.9~2.6 mm, 常为集合粒状。钾长石为条纹长石和微斜长石, 前者包括正长条纹长石和微斜条纹长石。钠长石客晶呈补丁状镶嵌或

不规则状产出, 多为 4~ 6.5 mm 的粗晶; 微斜长石发育格子双晶, 粒度 2~ 4 mm, 端员组分为 $Or_{88.00}Ab_{12.00}$; 斜长石呈半自形板状与钾长石、石英紧密镶嵌, 双晶发育, 环带不发育, 为 $An_{20\sim 26}$ 的更长石, 端员组分为 $Or_{0.52}Ab_{89.68}An_{9.80}$ 。暗色矿物为他形片状黑云母, 褐绿-褐黄色多色性, 有次变边。副矿物有锆石、磷灰石、磁铁矿等。岩石新鲜, 局部有碎裂, 有弱绢云母化和绿泥石、绿帘石化。

2 岩石地球化学特征

2.1 常量元素

各单元岩石代表性样品的岩石化学成分、CIPW 标准矿物成分及部分特征参数(表 1)表明, 小长山南超单元为一中性-酸性岩石序列, 由早期单元至晚期单元, 明显具酸性程度渐

表 1 小长山南超单元岩石化学成分、CIPW 标准矿物组成及主要参数
Table 1 Petrochemical compositions, CIPW standard minerals, and the main parameters

序号	单元	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	总量
1	CXN ₅	P2002H1	72.26	0.21	12.55	0.77	3.06	0.08	0.17	2.47	3.21	4.26	0.02	0.63	99.69
2		P2010H1	69.14	0.37	13.08	1.43	3.03	0.14	1.08	2.65	3.44	4.16	0.02	1.12	99.66
3		D0125b1	68.88	0.28	13.13	1.66	1.44	0.14	0.55	4.58	4.13	3.44	0.02	1.39	99.65
4	CXN ₄	D1095H1	72.54	0.20	13.39	0.73	1.87	0.05	0.33	1.86	3.94	5.03	0.02	0.29	100.25
5		D0206b1	72.76	0.12	13.09	0.70	0.97	0.08	0.17	1.86	3.72	5.07	0.06	0.71	99.31
6	CXN ₃	P0410H1	72.16	0.20	13.55	0.96	1.41	0.05	1.34	2.66	4.20	2.72	0.05	0.43	99.81
7		D1096b1	72.76	0.27	13.40	0.08	2.46	0.05	0.04	2.79	3.43	4.39	0.05	0.37	100.09
8		D1213b1	81.12	0.31	7.44	0.87	2.64	0.13	0.84	1.04	2.19	2.31	0.06	1.02	99.97
9		D0213H1	69.10	0.64	14.32	0.46	1.01	0.01	0.04	4.76	7.11	1.44	0.08	0.84	99.81
10	CXN ₂	D2007H1	68.00	0.50	13.21	1.35	3.79	0.26	1.47	2.99	2.96	4.06	0.15	0.81	99.55
11	CXN ₁	P1707H1	67.40	0.53	13.09	0.46	4.59	0.11	3.33	2.95	2.42	3.00	0.10	1.71	99.69
12		D0244b2	53.56	1.26	16.59	1.90	5.62	0.13	6.23	7.03	3.70	0.58	0.14	2.76	99.50
13		P0501H1	52.96	0.67	7.46	2.83	4.64	0.18	15.28	11.51	0.86	0.63	0.06	2.60	99.68
14		P1003H1	51.94	0.22	20.11	0.77	4.43	0.62	6.75	10.72	3.28	0.65	0.02	0.93	100.44

序号	单元	样号	Ap	Al	Mt	Or	Ab	An	Di	Hy	Q	Ol	AR	K ₂ O/Na ₂ O	SI
1	CXN ₅	P2002H1	0.05	0.40	1.13	25.41	27.42	7.32	4.34	2.98	30.96		7.54	1.33	1.48
2		P2010H1	0.05	0.71	2.10	24.95	29.54	8.08	4.32	4.65	25.61		7.71	1.21	8.22
3		D0125b1	0.05	0.54	1.97	20.69	35.59	7.62	9.92	0.00	24.01		7.71	0.83	5.00
4	CXN ₄	D1095H1	0.05	0.38	1.06	29.74	33.35	4.00	4.39	1.16	25.88		8.97	1.28	2.77
5		D0206b1	0.14	0.23	1.03	30.30	31.92	4.10	3.64	0.00	28.55		8.91	1.36	1.60
6	CXN ₃	P0410H1	0.12	0.54	1.40	16.17	35.76	10.15	2.28	3.70	29.90		6.96	0.65	12.61
7		D1096b1	0.12	0.51	0.12	26.01	29.10	8.22	4.76	1.69	29.47		7.84	1.28	0.38
8		D1213b1	0.41	0.59	1.27	13.80	18.73	3.69	0.99	5.52	55.29		4.55	1.05	9.49
9		D0213H1	0.19	1.23	0.67	8.60	60.79	2.94	9.08	0.00	16.52		8.64	0.20	0.40
10	CXN ₂	D2007H1	0.36	0.96	1.98	24.30	25.37	10.91	2.71	7.93	25.53		7.11	1.37	10.79
11	CXN ₁	P1707H1	0.24	1.03	0.68	18.09	20.90	13.34	0.00	16.00	28.02		5.53	1.24	24.13
12		D0244b2	0.34	2.47	2.85	3.54	32.36	27.85	5.93	20.32	4.36		4.42	0.16	34.55
13		P0501H1	0.15	1.31	2.70	7.50	15.09	18.13	34.47	31.10	3.85		1.54	0.73	63.30
14		P1003H1	0.05	0.42	1.12	3.86	27.89	38.24	12.06	7.81	0.00	8.39	3.95	0.20	42.51

测试单位: 成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 1998; 测试方法: 化学法和仪器法。

次增高的特征。各单元岩石均具 $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 的特征, 为 SiO_2 过饱和的正常岩石类型, CIPW 标准矿物组成普遍含透辉石分子和石英。从一单元到五单元, $\text{ALK} \cdot \text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值增大; 赖特碱度率 (AR) 变化于 3.9~8.9 之间; 里特曼组合指数 (σ) 为 1.33~2.75, 为钙碱性岩石系列。在硅碱图上, 各单元岩石样品全部位于亚碱性系列区内。随着早期单元向晚期单元的演化, 平均分异指数由 41.4→81.4, 主要氧化物也呈规律性变化, 表现为 SiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 的增高及 Al_2O_3 、 FeO_T 、 CaO 、 MgO 的渐次降低, 反映出钙碱性系列岩浆的演化趋势。在 AFM 图解中, 该超单元投点几乎全部位于钙碱性系列区, 具有由相对富 FeO 向富碱方向演化的特点。上述规律性演变趋势也正是小长山南超单元的同源岩浆演化序列特征的反映 (Taracy *et al.*, 1988)。

2.2 稀土元素及微量元素

小长山南超单元岩石稀土元素、微量元素组成及部分参数列于表 2。由表可见各单元岩石稀土元素总量 (ΣREE) 有愈晚愈高的变化趋势, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 值较接近, 变化于 1.62~7.99 之间, 明显大于 1。稀土元素配分型式均为轻稀土富集型, 分馏程度中等, 而轻稀土元素分馏程度明显较重稀土强, La/Sm 为 1.32~6.54。负铕异常普遍存在, 而且从早期单元→晚期单元, δ_{Eu} 由 0.94→0.15, 铕亏损逐渐明显, 可能反映早期岩浆有较明显的地幔交代作用。超单元稀土元素特征的趋同性, 也是同源岩浆演化序列岩石的特征之一 (吴德超等, 1997)。负铕异常的普遍存在及其渐趋强烈, 说明同源岩浆演化过程中经历了明显的以大量

表 2 小长山南超单元稀土元素、微量元素丰度 ($w_p/10^{-6}$) 及部分参数

Table 2 REE and trace element abundances and some parameters

序号	单元	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	δ_{Eu}	$(\text{La}/\text{Yb})_N$	ΣREE	La/Sm	Sm/Nd	L/H	K/Rb		
1	CXN ₅	81.22	173.24	112.03	22.08	1.48	3.92	13.01	1.63	0.20	4.11	500.59	3.68	0.20	4.70	170.94		
2		41.27	92.92	51.07	12.90	0.60	2.04	9.17	1.44	0.15	2.97	260.66	3.18	0.25	4.15	179.56		
3	CXN ₄	29.37	65.55	32.63	8.50	0.88	1.48	3.80	0.55	0.30	5.03	175.53	3.46	0.26	4.65	186.16		
4	CXN ₃	26.00	59.03	25.72	5.52	0.84	1.01	3.87	0.63	0.47	4.42	147.20	4.71	0.21	5.20	426.79		
5		8.02	11.35	9.55	1.23	0.31	0.20	0.97	0.16	0.82	5.45	37.30	6.54	0.13	6.24	194.65		
6		29.07	58.27	29.00	7.10	0.61	0.96	2.96	0.48	0.29	6.47	151.86	4.09	0.25	6.19	171.08		
7	CXN ₂	52.51	86.56	59.97	10.14	0.98	2.19	9.01	1.07	0.28	3.84	274.24	5.18	0.17	4.24	120.36		
8	CXN ₁	31.39	64.80	32.84	7.06	0.91	0.90	2.59	0.40	0.44	7.99	164.00	4.45	0.22	7.41	204.10		
9		4.90	9.42	14.33	3.72	0.87	0.66	1.99	0.32	0.71	1.62	49.58	1.32	0.26	2.43	1660.0		
10		7.14	12.53	12.09	2.91	0.91	0.45	0.93	0.12	0.94	5.06	46.62	2.45	0.24	4.16	385.71		
序号	单元	Rb/Sr	Rb	Ba	Th	U	Ta	Sr	Hf	Zr	Cs	Cr	Co	Ni	Zn	As	Sb	Sc
1	CXN ₅	2.81	202	322	40.68	1.80	1.78	72	20.60	448	11.1	47	5.2	24	81	5.0	1.4	13.33
2		4.41	159	363	32.81	2.30	2.78	36	13.80	336	12.3	33	6.3	16	122	1.5	0.7	8.33
3	CXN ₄	5.60	224	355	27.09	4.73	0.99	40	7.00	87	7.0	48	1.6	6	77	0.1	0.1	4.76
4	CXN ₃	0.70	28	62	15.26	1.63	0.81	40	11.00	28	0.5	61	1.9	50	20	5.4	0.2	11.36
5		0.60	116	127	4.40	3.23	0.63	194	3.10	59	3.5	92	6.1	6	46	3.6	0.1	4.43
6		2.17	213	347	18.96	4.37	1.01	98	6.20	170	7.5	33	4.8	6	69	1.7	0.4	6.84
7	CXN ₂	7.00	280	264	31.79	5.00	2.08	40	11.80	334	20.9	32	7.7	140	59	55.5	1.8	10.80
8	CXN ₁	0.50	122	364	12.10	4.40	1.23	243	5.00	281	4.3	93	17.0	111	115	8.9	1.1	17.16
9		0.05	5	60	0.86	0.05	0.28	112	3.10	36	0.2	147	34.6	10	63	11.6	0.9	26.50
10		0.11	14	364	2.27	6.60	0.45	123	1.50	128	2.9	186	30.5	37	89	29.4	2.0	16.57

测试单位: 成都理工大学三系核分析实验室, 1998; 测试方法: 中子活化。

斜长石为主的分离结晶作用。

微量元素变化规律亦十分明显,从早期单元至晚期单元,随岩浆酸性程度的增高,过渡元素 Sc、Ti、Cr、Co、Ni 及不相容元素 U、Sr、Sb 明显降低,而 Rb、Ba、Th、Hf、Zr、Cs、As 呈递增趋势,但 Rb、U、Sr、Cs 等的变化具有某种跳跃性质,可能与岩浆同化混染作用有关。在微量元素原始地幔标准化蛛网图上,各单元配分曲线均显示较强的相似性和递变规律,反映出良好的同源岩浆演化的亲缘特征。从早期单元到晚期单元,普遍具有 Ba、Ta、Sr、P、Zr、Ti 亏损和 Rb、Th、K、La、Ce、Nd、Hf、Sm 及 Tb 富集,其中 Ba、Sr、P 和 Ti 亏损强烈,且愈是晚期单元,亏损愈显著,反映了大陆弧背景下成熟弧花岗岩的特征及 I 型花岗岩的演化特点。

3 成因分析

据岩石化学研究,小长山南超单元为硅过饱和的正常岩石序列,属钙碱性岩石系列。据 Na₂O-K₂O 变异关系,该超单元岩石早期为 I 型花岗岩,晚期演变为 A 型花岗岩。进一步根据微量元素特征进行划分(图 2,图 3),除个别样品外,基本投点于 I 型花岗岩区,反映小长山南超单元为 I 型钙碱系列花岗岩,晚期单元具向 A 型花岗岩过渡的特征。二单元角闪黑云二长花岗岩中角闪石的成分特征反映岩浆具壳幔混源性质;超单元中黑云母的成分特征指示岩浆具壳源性质。综合分析认为,小长山南超单元岩浆主要来源于下部地壳火成物质的局部熔融,早期岩浆有部分幔源物质的交代和混染。

一单元侵入体明显受区域断裂控制呈线状分布,其他单元则多呈椭圆状产出,岩体与围岩接触界限规则、清楚。围岩也显示出受强力推挤的特征,局部见同生小断裂并为同期岩脉充填。这些都为探讨岩浆侵位机制提供了直接依据(Hydman, 1985)。

岩石阳离子参数 R₁-R₂ 与花岗岩构造环境关系图解反映,该超单元形成时的构造环

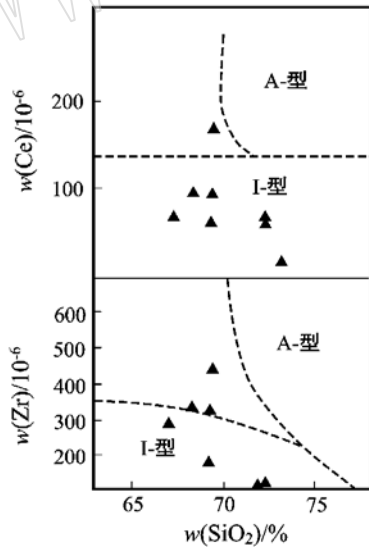


图 2 A 型与 I 型花岗岩的微量元素划分(据 Collins 等, 1982)

Fig. 2 Trace elements divisions of A-type and I-type granites

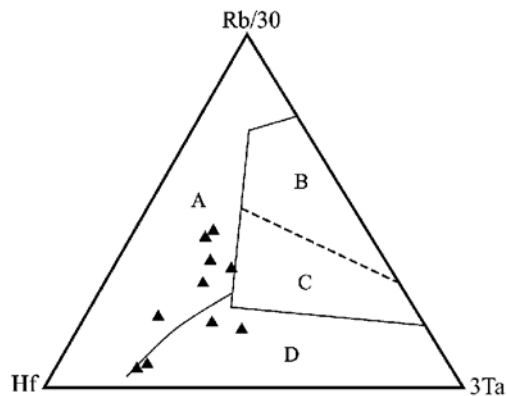


图 3 花岗岩类 Rb/30- Hf- 3Ta 图解 (Harris 等, 1986)

Fig. 3 Rb/30- Hf- 3Ta diagram of granites A-火山弧; B-同碰撞; C-碰撞后; D-板内

境为板块碰撞前的消滅地区,结合花岗岩类 Rb/30- Hf- 3Ta 图解(图 3)说明,小长山南超单元为消滅的活动板块边缘 I 型花岗岩向地壳熔融同造山花岗岩演化的中间产物,具有板内火山弧花岗岩特征。

超单元的同位素年龄(320.2 ± 23 Ma)为四单元的成岩年龄,基本代表了超单元岩浆作用上限年龄。综合考虑岩石学和地球化学特征,说明小长山南超单元的形成与晚石炭世北山克拉通裂谷闭合初期阶段盆山转换-褶皱回返造山作用有关。

晚石炭世,北山西段克拉通裂谷活动表现为强烈的区域性挤压造山,使区域下部地壳以火成岩为主,相当于榴辉岩成分的物质发生大规模的重熔作用,形成 I 型钙碱性花岗质岩浆,早期伴有明显的幔源物质交代作用,并沿构造带以岩墙扩张等方式被动侵入,形成带状岩脉及不规则岩株,中-晚期随着地壳混染作用加强及结晶分异作用的进行,岩浆酸度增大,挥发组分增多,岩浆以热轻气球膨胀底辟方式强力侵位,从而形成大小不等的复式岩株和岩瘤、岩脉等。

References

- Chen Zhefu, Liang Yunhai. 1991. Polycyclic tectogenesis and plate movement of Xinjiang [J]. *Xinjiang Geology*, 9(2): 95~107 (in Chinese).
- Collins W J, Beams S D, White A J, *et al.* 1982. Nature and origin of A-type granites with particular reference to south-eastern Australia [J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 80: 189~200.
- Harris N B W, Pearce J A and Tindle A J. 1986. Geochemical characteristics of collisionzone magmatism [A]. Coward M P, *et al.* *Collision Tectonic* [C]. *Geol. Soc. Sp. Publ.*, 19: 67~81.
- Hydman D W. 1985. *Petrology of Igneous and Metamorphic Rocks* [M] (second edition). McGraw-Hill Book Company, 182~206.
- Taracy R J, Day H W. 1988. Studies in the genesis and deformation of migmatites: Introduction [J]. *J. Metam. Geol.*, 6: 385~386.
- Wu Dechao, He Zhengwei, Sun Chuanmin, *et al.* 1997. Discussions on nappe structure array—as exemplified for the Beishan scaly imbricate structure in Xinjiang, China [J]. *Journal of Chengdu University of Technology*, 24(3): 10~18 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Wangsheng. 1992. Geotectonics and evolution characteristics of Beishan, Xinjiang [J]. *Xinjiang Geology*, 10(2): 129~137 (in Chinese).
- Zhou Jiuyan, Mao Yanshi, Huang Zhixun, *et al.* 1995. *Volcanic Geology of Palaeocontinental Margin in East Tianshan Mountains* [M]. Publishing House of Chengdu University of Science and Technology (in Chinese).
- Zuo Guochao, Feng Yongzhong, Liu Chunyan, *et al.* 1992. Characteristics of Proterozoic paleocontinental crust and crust types of early Palaeozoic era in Gansu-Menggu Beishan area and eastern Xinjiang Tianshan Mts [J]. *Journal of Gansu Geology*, 1(1): 55~67 (in Chinese).

附中文参考文献

- 陈哲夫, 梁云海. 1991. 新疆多旋回构造与板块运动 [J]. *新疆地质*, 9(2): 95~107.
- 吴德超, 何政伟, 孙传敏, 等. 1997. 论推覆构造阵列——以新疆北山鳞片叠覆构造为例 [J]. *成都理工学院学报*, 24(3): 10~18.
- 张旺生. 1992. 新疆北山大地构造属性及演化特征 [J]. *新疆地质*, 10(2): 129~137.
- 周济元, 茅燕石, 黄志勋, 等. 1995. 东天山古大陆边缘火山地质 [M]. 成都: 成都科技大学出版社.
- 左国朝, 冯永忠, 刘春燕, 等. 1992. 甘肃北山-东天山元古界古陆壳特征及早古生代地壳类型 [J]. *甘肃地质学报*, 1(1): 55~67.