

北祁连西段黑下佬同碰撞花岗岩地质特征

徐卫东,岳世东,张国成

(中国冶金地质勘查工程总局西北地勘院,西安 710061)

摘要: 甘肃省北祁连西段黑下佬二长花岗岩是加里东造山期同碰撞期产物,是以岩墙扩张机制形成的被动就位岩体,为下地壳部分熔融形成的花岗岩岩浆经分异结晶作用形成的I型花岗岩。按其副矿物组合特征,相当于磁铁矿系列,具有轻稀土富集的右倾式稀土元素配分形式,岩石的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值与I型花岗岩的一般特征相符,岩石的微量元素蛛网图特征与同碰撞期花岗岩相似。

关键词: 同碰撞花岗岩;地质特征;北祁连

中图分类号: P588.12+1

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2007)02-0110-05

花岗岩类有壳源、幔源和壳幔混合三种来源,由于其岩浆成因和构造环境不同而形成截然不同的岩石学、矿物学、岩石化学及微量元素地球化学特征的明显差异。因此,通过花岗岩类这些特征及同位素年代学的研究可以提供有关其形成的地质构造背景信息,可以作为地质构造示踪剂。北祁连加里东造山带花岗岩很不发育,因此,黑下佬二长花岗岩体具有重要的意义,研究表明,该花岗岩形成于加里东造山运动同碰撞期,为下地壳部分熔融形成的花岗岩岩浆经分异结晶作用形成的。

1 岩体地质

黑下佬二长花岗岩体位于甘肃省肃北蒙古族自治县鱼儿红乡黑下佬附近,呈不规则岩株状侵入于奥陶系阴沟群砂板岩中。由黑下佬二长花岗岩、井沟二长花岗岩和黑沟滩二长花岗岩三个独立侵入体组成,总面积 20 km^2 ,分别为 9 、 10 、 1 km^2 (图1)。各岩体之间基本上呈外倾式接触,陡倾斜,倾角 $60^\circ \sim 70^\circ$ 。岩体与围岩的接触界线清晰,在岩体南部发育有 $1 \sim 2\text{ m}$ 的冷凝边,北部边界有与地层走向平行之势,并可见接触变质晕,出现热接触变质岩—黑云母角岩。多处可见小岩枝侵入于围岩之中,伴有锯齿状接触界线出现。岩体内也见有零星的包体,多

为角岩化的不规则状围岩捕虏体,局部见同源基性包体,岩体内发育花岗质细晶岩脉和伟晶岩脉。岩石类型皆为二长花岗岩,主要差别就是不同侵入体具有不同的结构。各侵入体间表现为涌动型侵入接触关系^[1],主要表现为在两岩体间发育有宽度 $0.8 \sim 1\text{ m}$ 的过渡带,岩体不同结构的变化就发生该过渡带内;在过渡带附近后期侵入体内的长石矿物具弱定向性,其方向与接触面近于平行。根据接触关系确定的生成顺序由早到晚为:黑下佬二长花岗岩—井沟二长花岗岩—黑沟滩二长花岗岩^①。

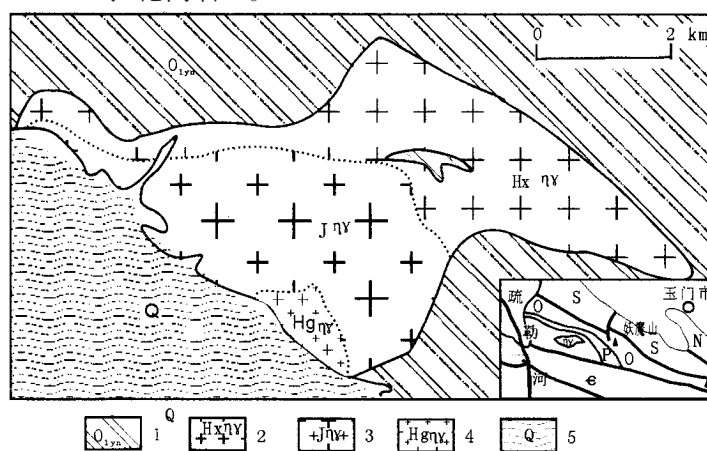


图1 黑下佬二长花岗岩体平面地质图

Fig. 1 Geological sketch of the Heixialao monzonitic granite

1. 奥陶系阴沟群砂板岩;2. 黑下佬二长花岗岩;3. 井沟二长花岗岩;
4. 黑沟滩二长花岗岩;5. 第四系洪冲积物

收稿日期: 2007-01-23

责任编辑: 林晓辉

基金项目: 国土资源大调查项目(1212010534102)资助

作者简介: 徐卫东(1962-),男,博士,矿物学、岩石学、矿床学专业,长期从事区域地质矿产调查研究。

① 徐卫东,王方成.红柳峡幅、早峡幅、鸭儿幅 1:50000 区域地质调查报告.甘肃省地质矿产局第四调查院,1995.

2 岩石学特征

黑下佬二长花岗岩(Hx $\eta\gamma$):浅肉红色,中-细粒花岗结构,块状构造。矿物粒度0.92~3.20 cm。由斜长石、钾长石、石英和少量黑云母、角闪石组成。斜长石自形板状,多为更长石类(32%),具弱绢云母化、土化、碳酸盐化;钾长石呈半自形-他形板状、粒状(34.5%左右),含有钠长石条纹,见有斜长石嵌晶,具弱高岭土化;石英呈他形晶(31%),黑云母(2%)呈片状,角闪石(0.5%)呈短柱状,二者均有部分晶体转变为绿泥石。副矿物组合为磁铁矿、锆石、磷灰石、钛铁矿、榍石。

井沟二长花岗岩(J $\eta\gamma$):浅肉红色,似斑状结构,全新块状构造。基质为基岩为中-细粒花岗结构。斑晶含量15%~45%,粒径5~6.5 mm,个别达15 mm,主要由钾长石(条纹长石)、石英及少量斜长石、角闪石和黑云母组成。钾长石呈厚板状,其内有斜长石嵌晶,具弱高岭土化;石英呈它形粒状;斜长石呈板条状,可见聚片双晶,为更长石,具绢云母化及碳酸盐化;基质部分主要由斜长石、石英、钾长石和少量黑云母、角闪石组成,矿物粒度1~3.5 mm,斜长石呈板条状,钾长石、石英呈它形粒状;黑云母呈片状;角闪石呈短柱状。岩石中钾长石35%,斜长石32%,石英28%,黑云母3%,角闪石2%。副矿物组合为磁铁矿、钛铁矿、锆石、榍石、磷灰石。

黑沟滩二长花岗岩(Hg $\eta\gamma$):岩石特征与井沟

二长花岗岩基本相似,不同之处为"斑晶"含量较少,约占7%~14%,且粒度较小,斑晶粒度3.2~3.68 mm,基质矿物粒度也较小,0.41~1.84 mm。岩石中含钾长石32%,斜长石38%,石英27%,黑云母3%。副矿物组合与井沟二长花岗岩相似。

3 岩石地球化学特征

3.1 岩石化学特征

岩石化学特征较为稳定(表1),SiO₂含量71.82%~74.95%,K₂O含量4.9%~5.3%,Na₂O含量3.3%~3.9%,碱含量值ALK达8.2%~9.2%,里特曼组合指数 σ 2.21~2.80,属于正常太平洋型钙碱性岩。固结指数(SI)5.41~8.15,分异指数(DI)85.47~91.39,反映了较为一致而又很高的分异程度^[2]。铝饱和度指数A/CNK 0.81~1.084,岩石属次铝型,在ACF图解上岩石投影点主要落入I型花岗岩区(图2),在R₁-R₂图解上岩石投影点主要落入同碰撞花岗岩区(图3)^[3]。

3.2 稀土元素地球化学特征

岩石的稀土总量 Σ REE为172.72~366.74 $\times 10^{-6}$,轻稀土明显富集, Σ Ce/ Σ Y为2.77~6.37,稀土总量越高其轻稀土富集越明显(表2)。 δ Eu值为0.34~0.64,钕亏损较明显,综合其它特征表明岩石是由下地壳部分熔融形成的花岗岩浆经分异结晶作用形成的^[4]。在稀土元素球粒陨石标准化型式上各曲线特征相似,呈右倾型,轻稀土部分倾斜明显,而重稀土部分则为缓倾斜(图5)。其稀土元素地球

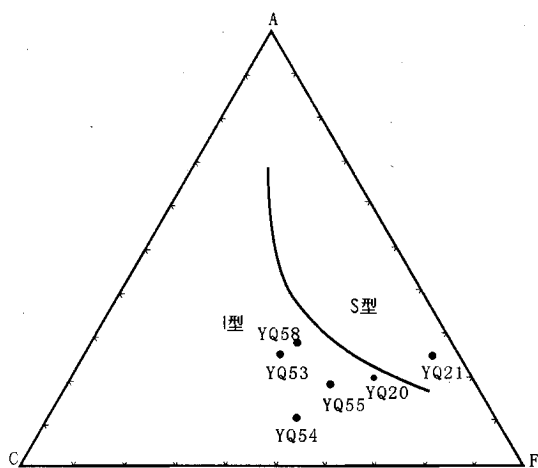


图2 黑下佬二长花岗岩 ACF 图解

Fig. 2 ACF diagram of the Heixialao monzonitic granite

A. Al₂O₃+Fe₂O₃-Na₂O-K₂O; C. MgO+MnO+CaO-3.3P₂O₅; F. FeO+M

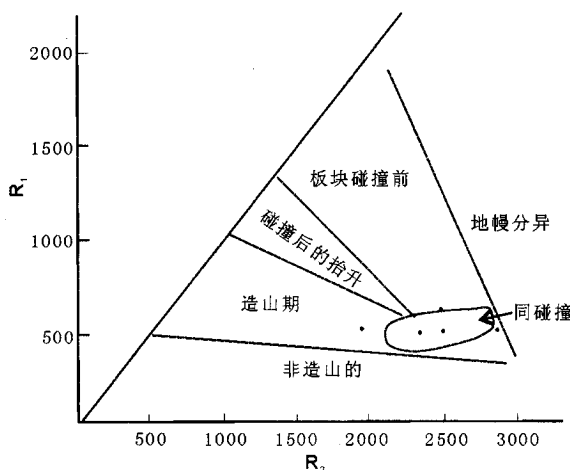


图3 黑下佬二长花岗岩岩体 R₁-R₂ 图解

Fig.3 R₁-R₂ diagram of Heixialao monzonitic granite

R₁=4Si-11(Fe+Ti); R₂=Al+2Mg+6Ca

表 1 黑下佬二长花岗岩体岩石化学成分、C·I·P·W 标准矿物成分及主要参数

Table 1 Petrochemical data C·I·P·W standard mineral and primary parameter of the Heixialao monzonitic granite

			氧 化 物 含 量 (%)											
侵入体		样号	SiO ₂	TiO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Σ
黑下佬岩体	井沟二长花岗岩	YQ20	74.28	0.31	12.67	0.13	2.10	0.07	0.73	1.08	5.20	3.30	0.14	101.04
		YQ53	71.82	0.39	13.38	1.06	1.80	0.04	0.65	2.50	5.20	3.30	0.11	101.21
	黑沟滩二长花岗岩	YQ54	73.18	0.32	12.86	0.34	1.80	0.03	0.65	2.05	5.30	3.90	0.08	101.33
		YQ58	73.03	0.36	13.86	0.24	2.16	0.04	0.65	2.05	4.90	3.30	0.06	101.33
	黑下佬二长花岗岩	YQ21	74.95	0.25	12.57	0.00	1.66	0.05	0.78	0.36	5.10	3.30	0.10	100.08
		YQ55	73.48	0.30	12.99	0.47	1.68	0.04	0.98	1.59	5.30	3.60	0.08	101.23
			C·I·P·W标准矿物成分									主 要 参 数		
侵入体		样号	Ap	Ilm	Mt	C	Or	Ab	An	Q	δ	A/CNK	DI	SI
黑下佬岩体	井沟二长花岗岩	YQ20	0.33	0.59	0.19	0.04	30.73	27.65	4.44	30.89	2.31	0.97	89.25	6.37
		YQ53	0.26	0.74	1.54		30.73	27.39	6.63	27.35	2.51	0.86	85.47	5.41
	黑沟滩二长花岗岩	YQ54	0.19	0.61	0.49		31.32	32.47	2.22	25.92	2.80	0.81	89.70	5.42
		YQ58	0.14	0.68	0.35		28.96	27.52	8.75	28.94	2.24	0.96	85.42	5.78
	黑下佬二长花岗岩	YQ21	0.24	0.47		1.24	30.14	27.79	1.13	33.47	2.21	1.08	91.39	7.20
		YQ55	0.19	0.57	0.68		31.32	30.06	3.85	27.64	2.60	0.89	89.03	8.15

注:分析单位为甘肃地矿局酒泉地调队实验室

表 2 黑下佬二长花岗岩体稀土元素分析结果

Table 2 REE analysis data of Heixialao monzonitic granite

	侵入体	样号	稀土元素含量 (10 ⁻⁶)										
			La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
黑下佬岩体	井沟二长花岗岩	RE1	31.70	56.60	6.27	26.10	5.57	0.63	4.75	0.90	6.57	1.35	3.72
		RE2	48.30	86.00	10.60	39.20	1.68	0.70	5.55	1.00	7.21	1.38	3.99
	黑沟滩二长花岗岩	RE9	84.90	146.00	17.30	55.90	11.80	1.07	6.45	1.13	6.22	1.19	3.39
	黑下佬二长花岗岩	RE6	57.60	96.40	12.20	43.70	9.06	1.05	6.56	1.10	7.40	1.56	4.44
		RE7	56.40	118.00	11.30	42.00	8.10	0.90	4.53	0.74	4.89	1.07	3.05
黑下佬岩体	侵入体	样号	稀土元素含量 (10 ⁻⁶)				ΣREE	ΣCe	ΣY	ΣCe /ΣY	δ Eu		
			Tm	Yb	Lu	Y							
	井沟二长花岗岩	RE1	0.50	3.00	0.46	24.60	172.72	126.87	45.85	2.77	0.37		
		RE2	0.51	3.06	0.46	26.50	236.14	186.48	49.66	3.76	0.64		
	黑沟滩二长花岗岩	RE9	0.46	2.55	0.38	28.00	366.74	316.97	49.77	6.37	0.34		
	黑下佬二长花岗岩	RE6	0.58	3.42	0.52	32.30	277.89	220.01	57.88	3.80	0.40		
		RE7	0.43	2.04	0.31	25.60	279.36	236.70	42.66	5.55	0.42		

注:分析单位为宜昌地质矿产研究所

化学参数显示如下特征:稀土总量与岩石的碱金属总量成正比,而与岩石中的 P₂O₅ 和 MnO 含量成反比;轻稀土元素的含量与碱金属总量成正比,而与

P₂O₅、MnO、FeO 的含量成反比;稀土总量(ΣREE)与轻稀土(ΣCe)含量成正比;δEu 值与 Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO 含量成正比。这与花岗岩岩浆演化过程

表 3 黑下佬二长花岗岩微量元素分析数据
Table 3 Trace element analysis data of Heixialao monzonitic granite

岩体	K ₂ O	Ba	Th	Nb	Ce	Zr	Sm	Y	Yb
井沟二长花岗岩	5.2	411	25	28	56.6	252	5.6	32.3	3
黑沟滩二长花岗岩	5.3	266.6	21	35.7	146	46.7	11.8	28	2.6
黑下佬二长花岗岩	5.1	422	16	15	96.4	160	9.1	26.5	3.4

注: K₂O 为 W_B/10⁻²,其余为 W_B/10⁻⁶;分析单位为宜昌地质矿产研究所

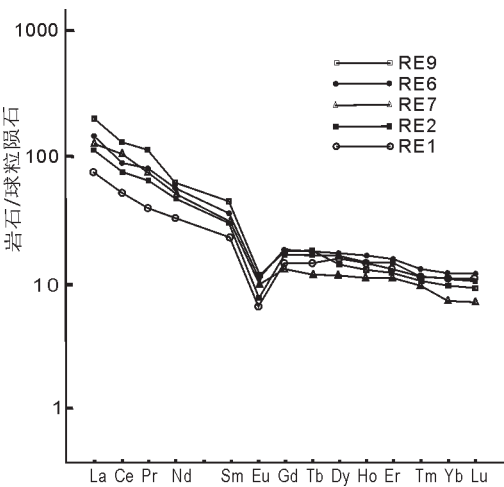


图 4 洋脊花岗岩标准化痕量元素蛛网图
Fig. 4 OBG-normalized trace elements

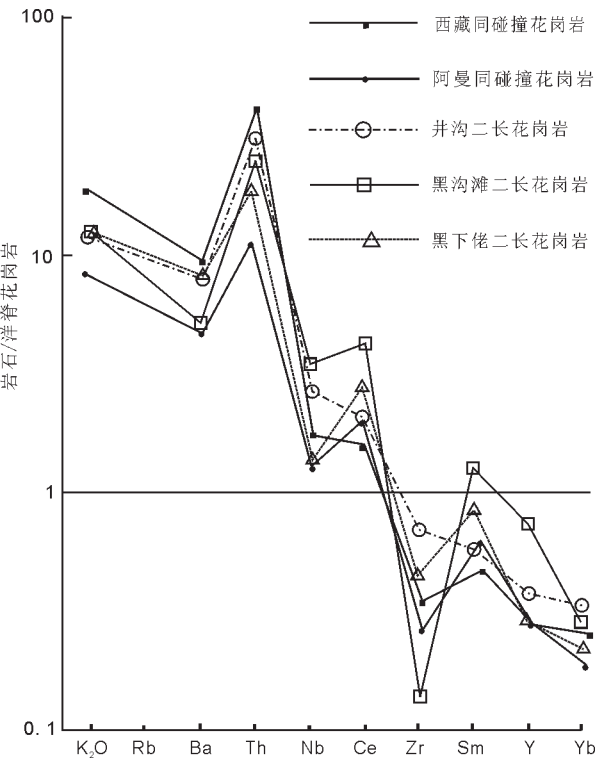


图 5 黑下佬二长花岗岩体稀土元素球粒陨石标准化型式图
Fig. 5 Chondrite-normalized REE pattern

中稀土元素的总体演化特征相符合^[5]。

3.3 微量元素地球化学特征

岩体部分微量元素分析结果见表 3, 在洋脊花岗岩标准化蛛网图(图 4)上,岩石的微量元素标准化曲线形态与西藏和阿曼的同碰撞花岗岩的特征极为相似^[6~8],K₂O、Ba、Th、Nb、Ce 表现为富集特征,且其富集程度逐渐降低,Zr、Sm、Y、Yb 则表现为程度不同的亏损,只有 Sm 在一个样品中微有富集。综合其岩石化学特征(图 5),黑下佬岩体应属同碰撞花岗岩,是晚加里东造山期的产物。

3.4 同位素特征

自井沟似斑状二长花岗岩采集了的两个稳定同位素样品,样品 1 的全岩 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 9.39‰,单矿物石英的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 10.60‰,单矿物黑云母的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 4.36‰。样品 2 的全岩 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 9.79‰,单矿物石英的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 10.97‰,单矿物黑云母的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 4.83‰。全岩样品结果与 I 型花岗岩的一般值($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} < 10$)相符^[9]。用石英、黑云母矿物对氧同位素分馏方程 $1000 \ln \alpha = 3.39 \times 10^6 T^{-2} \sim 0.27$ 和分馏方程 $1000 \ln \alpha = 4.07 \times 10^6 T^{-2} \sim 1.11$ ^[10] 计算岩石形成温度,样品 1 为 448℃、471℃,样品 2 为 454℃、476℃,与实际岩浆结晶的可能温度相差甚远,表明二矿物形成于非平衡条件,岩石是在分异结晶作用过程中形成的,岩石的似斑状结构也说明了这一点,即岩石中呈斑晶产出的石英与基质中的黑云母形成于岩石结晶的不同阶段。

4 就位机制讨论

花岗岩类就位机制通常分为强力就位和被动就位两类,综合类比认为黑下佬二长花岗岩体属于被动因岩体,其就位机制为岩墙扩张^[11~13],主要表现为:在平面上岩体的形态不规则,与围岩构造明显不协调;接触界线为不规则状,露头尺度可见锯齿状;除岩体内部接触带附近外,岩体内部缺乏定向组构;围岩未因岩体侵入而发生变形,即使在接触带附近,

围岩构造也没有受到干扰;岩体中见有不规则状围岩捕虏体;岩体周围有岩枝贯入围岩之中。

5 结论

以上研究说明黑下佬二长花岗岩体形成于晚加里东造山期同碰撞期,是以岩墙扩张机制形成的被动就位岩体,岩石为下地壳部分熔融形成的花岗岩岩浆经分异结晶作用形成的I型花岗岩,按其副矿物组合特征,相当于磁铁矿系列,岩石的 $A/CNK < 1.1$ ($0.81 \sim 1.084$),具有轻稀土富集的右倾式稀土元素配分形式, $\Sigma Ce / \Sigma Y > 2$ ($2.77 \sim 6.37$), δEu 值介于 $0.7 \sim 0.3$ ($0.34 \sim 0.64$), 岩石的 $\delta^{18}O_{SMOW} < 10$ ($9.37\% \sim 9.79\%$), 这些特征与I型花岗岩的一般特征相符,岩石化学特征及其微量元素特征与同碰撞期花岗岩相似。

参考文献

- [1] 地质矿产部直属单位管理局.花岗岩类区 1 : 50 000 区域地质填图方法指南[M]. 中国地质大学出版社, 1991.
- [2] 邱家骧, 林景仟. 岩石化学[M]. 北京:地质出版社, 1991.
- [3] Bachelor R A and Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multication parameters [J]. Chemical Geology, 1985, 48: 43 – 45.
- [4] 王中刚. 花岗岩的稀土元素分布模式[A]. 见:徐克勤、涂光炽, 花岗岩地质和成矿关系[C]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1984, 536 – 542.
- [5] 王中刚. 稀土元素地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [6] Barbarin B. Granitoids; main petrogenic classifications in relation to origin and tectonic setting [J]. Geological Journal, 1990, 25: 227 – 238.
- [7] Pearce J A and Cann J R. Tectonic setting of basic rocks determined using trace element analysis [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1973, 24: 419 – 426.
- [8] Pearce J A, Harris N B W and Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks[J]. Journal of Petrology, 1984, 25: 956 – 983.
- [9] 杨超群. 花岗岩的地质环境 – 成因分类[J]. 广东地质, 1996, 11(2):1 – 12.
- [10] 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用[M]. 陕西科学技术出版社, 1983.
- [11] 李志昌. 放射性同位素地质学方法与进展[M]. 中国地质大学出版社, 2004.
- [12] Pitcher, W S, Berger, A R. The geology of Donegal: A Study of granite emplacement and unroofing[M]. Wiley Interscience, London, 1972.
- [13] Gastro A. On granitoid emplacement and related structures, A view[J]. Geol. Rdsch, 1987, 128:421 – 460.

Geological Characteristics of Heixialao Syn-collision Granite in the West Sector of Northern Qianlianshan

XU Wei-dong, YUE Shi-dong, LI Sheng-quan

(Northwest Geological Exploration Institute of China Exploration and Engineering Bureau, Xian 710061 China)

Abstract: Heixialao monzonitic granite in the west sector of northern Qianlianshan was formed during syn-collision by passive emplacement of dyking. It is an I-type granite that was formed by differential crystallization of a granite magma derived from partial melting of the lower crust, which corresponds with ilmenite series in accessory mineral assemblage. It has a right-inclined, enriched-LREE REE distribution pattern. The $\delta^{18}O_{SMOW}$ of the granite is analogical with that of I-type granite. It is similar to syn-collision granites in the trace element spider diagram.

Key words: syn-collision granite; Geological Characteristics; Northern Qianlianshan