



# 南阿尔金地区榴辉岩特征及意义

刘永顺, 于海峰, 修群业, 杨俊泉, 李 铨

(中国地质调查局 天津地质矿产研究所, 天津 300170)

**摘要:**野外地质调查工作表明, 阿尔金地区西起且末河到茫崖长达 300 km 范围内的“阿尔金山岩群”中多处出露榴辉岩透镜体。榴辉岩在产状和岩石学特征上可以分为两种: 第 1 种是中细粒结构, 块状构造, 退化变质较弱, 围岩多与片麻状花岗岩或花岗闪长岩关系密切; 第 2 种是细粒结构, 片麻状构造, 具有透入性片麻理, 有明显退化变质现象, 围岩多与大理岩、黑云变粒岩、石英片岩等关系密切。在分布上, 榴辉岩限于古元古代“阿尔金山岩群”中, 含有榴辉岩的阿尔金构造杂岩带是柴达木盆地北缘碰撞杂岩带的西延部分。

**关键词:**南阿尔金地区 榴辉岩 特征

中图分类号: P588.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2010)02-0166-09

## Characteristics and tectonic implications of eclogites in southern Altun area

LIU Yong-shun, YU Hai-feng, XIU Qun-ye, YANG Jun-quan and LI Quan

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Tianjin 300170, China)

**Abstract:** Field geological survey shows that there are many eclogite lenses outcropped in the Altun Mountains Rock Group which extends for 300 km from the Qiemo River in the west to Mangya in Altun area. Eclogite can be divided into two types according to its modes of occurrence and petrologic characteristics. One is characterized by medium-fine grained texture, massive structure, no gneissosity, weak retrogressive metamorphism, and a close relation to gneissic granite or granodiorite; mineral assembly of the early period is garnet + omphacite + quartz, and that of the late period is amphibole (or pyroxene) + plagioclase + quartz; omphacite has remarkably different  $Al_2O_3$  and FeO content, while its CaO, MgO and  $Na_2O$  content is relatively stable:  $Al_2O_3$  is generally 5.55% ~ 9.50%, FeO 4.33% ~ 7.53%, and NaO 3.05% ~ 5.54%; jadeite content is 15.39% ~ 27.49% with an average of 22.22%; the end member compositions of pyroxene are between those of kyanite eclogite and gneiss eclogite; Chemical composition of garnet varies a lot with  $\sum FeO$  18.82% ~ 30.58%, MgO 2.38% ~ 13.67%, and CaO 4.65% ~ 10.26%, while  $SiO_2$  and  $Al_2O_3$  change insignificantly, being 35.63% ~ 39.57% and 20.92% ~ 23.65% respectively; the average end member composition of eclogite (mostly being Mg- and Ca-rich almandine) is assigned to C type eclogite in Coleman's classification diagram (1965). The other is characterized by fine-grained texture, gneissic structure, penetrative gneissosity, and obvious retrogressive metamorphism, with its wall rocks mostly related to marble, biotite granulite, quartz schist etc; a majority of this type of eclogite has been changed into garnet amphibolites with obvious retrogressive metamorphism; the eclogite is confined to Palaeoproterozoic Altun Mountains Rock Group and is comparable to the eclogite on the northern margin of Qaidam Basin in the aspect of either wall rock characteristics or eclogite property, suggesting similar genesis; moreover, granitic gneisses as the wall rocks of eclogite have basically the same diagenetic ages[(930 ± 42) ~ (686 ± 20) Ma] and metamorphic ages[(525 ± 31) ~ (434 ± 29) Ma] as the eclogite. These similarities show that these two types of eclogite were both formed in Early Paleozoic by deep subduction of Late Proterozoic crust

收稿日期: 2008-10-17; 修订日期: 2009-12-08

基金项目: 中国地质调查局基础地质综合研究项目(200113900070); 国家自然科学基金重点资助项目(40032010-C)

作者简介: 刘永顺(1962-), 男, 教授级高级工程师, 从事区域地质调查研究, E-mail: tjlys10@sohu.com.



表 1 阿尔金地区榴辉岩特征一览表  
Table 1 Characteristics of eclogites in Altyn area

类型	序号	地名	结构	构造	区域围岩	直接围岩	产状关系	退化变质	构造线	代表样品
第一类	1	江孜勒萨依	中细粒	块状	花岗闪长质片麻岩	花岗闪长质片麻岩	呈透镜体分布于花岗闪长质片麻岩中	榴辉岩透镜体外围被石榴斜长角闪岩包裹	北东	161、155
	2	土库曼塔什萨依	中粒	块状, 无片麻理	花岗闪长质片麻岩	花岗闪长质片麻岩	呈透镜体分布于花岗闪长质片麻岩中	斜长石和单斜辉石交生体发育, 退变质强烈	北东	175
	3	拜什托格拉克	中粒	块状, 无片麻理	花岗闪长质片麻岩	花岗闪长质片麻岩	呈透镜体分布于花岗闪长质片麻岩中	退化变质极弱, 仅在石榴石和绿辉石颗粒边部有少量退变交生体	北东	180
	4	巴什瓦克石棉矿 SE 6 km	中粒	弱片麻状	花岗闪长质片麻岩	花岗闪长质片麻岩	呈透镜体分布于花岗闪长质片麻岩中	有一定退化变质斜长石、角闪石、绿泥石	北东	183
	5	皮亚孜达坂	中粒	块状, 无片麻理	花岗闪长质片麻岩	石英片岩	与石英片岩一起分布于花岗闪长质片麻岩中	无明显退化变质	北东	194
第二类	6	江孜勒萨依	细粒	片麻状透入性片麻理	眼球状花岗闪长质片麻岩	大理岩、黑云变粒岩	呈透镜体、脉状分布于大理岩中	明显具有退化变质斜长石、角闪石、绿泥石	北东	150
	7	巴什瓦克石棉矿东 2 km	细粒	块状, 无片麻理	大理岩、黑云片岩	含石榴花岗岩片麻岩	被含石榴花岗岩片麻岩侵入	榴辉岩体外侧有斜长角闪岩	北东	182
	8	帕夏拉依档	细粒	弱片麻状	眼球状花岗岩	大理岩、黑云变粒岩、白云石英片岩	呈透镜体分布于大理岩中	发育角闪石和斜长石文象交生体, 少量残留绿辉石	北西	198

根据榴辉岩的结构构造及退变质程度不同可将其分为两类: 一类具中粒、中细粒结构, 块状构造, 退化变质较弱, 这种榴辉岩透镜体多分布在片麻状或眼球状花岗岩和花岗闪长岩中; 另外一类具细粒结构, 片麻状构造, 具有透入性片麻理, 多退化变质为石榴角闪岩, 呈透镜体状分布在大理岩、黑云变粒岩、石英片岩等副变质岩石中(表 1)。

## 1.2 典型地区榴辉岩的岩石学特征

### 1.2.1 江孜勒萨依榴辉岩

位于阿尔金西段江孜勒萨依沟内, 沟内发现两处产状、围岩、构造变形、岩相学上有明显区别的榴辉岩露头。

#### (1) 花岗闪长质片麻岩中的榴辉岩

该类榴辉岩呈透镜体分布在花岗闪长质片麻岩或含石榴花岗岩质片麻岩中(图 2), 榴辉岩内部未见明显片麻理, 但围岩中片麻理极为发育, 甚至发育紧闭同斜褶皱。花岗闪长质片麻岩中的石榴斜长角闪岩透镜体比较多, 大小多在  $1\text{ m} \times (5 \sim 10)\text{ m}$  左右。据观察这种产状的榴辉岩以细粒结构为主, 退变质作

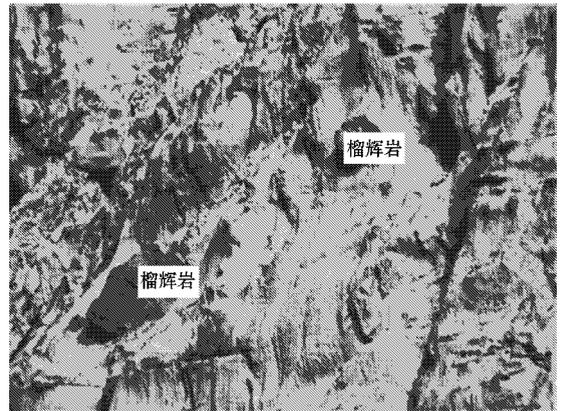


图 2 花岗闪长质片麻岩中的榴辉岩  
Fig. 2 Eclogites in granodiorite gneiss

用较弱(图 3)。主要矿物成中石榴石含量变化大, 一般 25%~40%, 少量可达 50% 以上, 局部可见环带; 绿辉石(30%~50%), 局部见其退变为角闪石; 石英含量不等, 从小于 5% 至 10% 以上均可见到; 少量斜长石、白云母、黝帘石、金红石、锆石、磷灰石等, 局部见单斜辉石。部分岩石内的石榴石外围发育由角闪

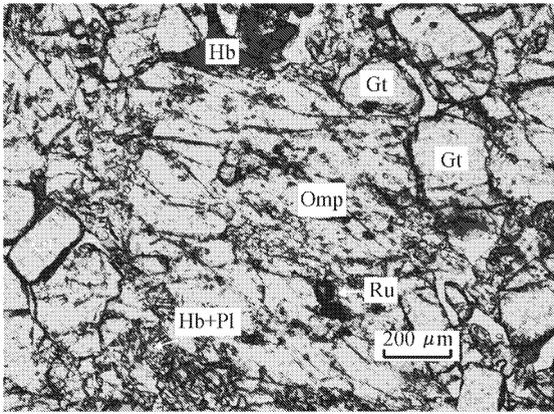


图 3 花岗闪长质片麻岩中榴辉岩的显微照片

Fig. 3 Microphotograph of eclogites in granodiorite gneiss

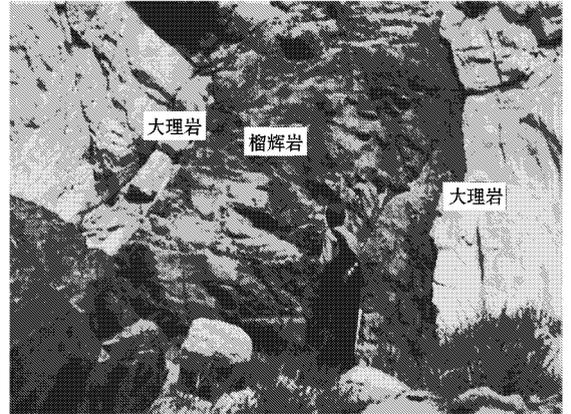


图 5 江孜勒萨依大理岩内的榴辉岩

Fig. 5 Eclogites in marbles of Jianggalesayi

石、斜长石、石英组成的放射状、帚状次变边或冠状体(图 4)。早期矿物组合为石榴石+绿辉石+石英,晚期主要为角闪石(或单斜辉石)+斜长石+石英组合。

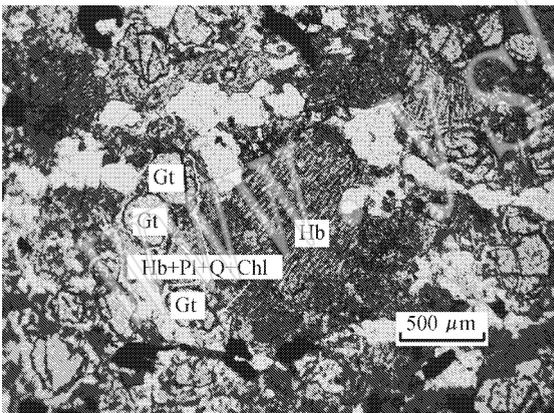


图 4 榴辉岩中石榴石的冠状次变边

Fig. 4 Crown-shaped kelyphitic borders of garnet in eclogite

(30%~40%)绿泥石(15%~20%)石英(15%~20%)少量斜长石。个别较大颗粒角闪石内残留辉石,并呈短柱状“辉石”假象。石英呈不规则状充填于石榴石外围,局部相对集中,与石榴石平行,定向分布。另外,见少量放射状、束状分布的微粒角闪石、斜长石,周围分布褐铁矿,显示石榴石假象,外围亦分布有石英,具有明显的退变质结构(图 6)。

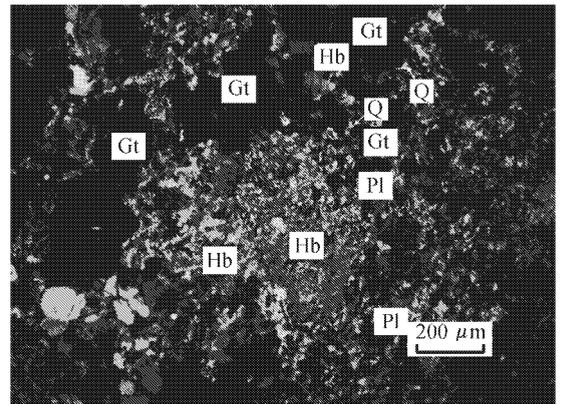


图 6 大理岩中石榴角闪岩的显微照片

Fig. 6 Microphotograph of garnet amphibolites in marble

(2)大理岩中的榴辉岩(部分已退变为石榴角闪岩)

该类岩石呈构造透镜体状分布于大理岩内,宽窄不等,最宽可达 10 m,窄处已断,在长达 100 m 范围内,总体厚度相对稳定,更大的尺度上仍为透镜体。其内部发育透入性片麻理,产状与围岩片麻理基本一致(图 5)。由于遭受了明显变质改造,大部分榴辉岩已退变为石榴角闪岩。

石榴角闪岩为细粒斑状变晶结构,条带状构造。斑晶为石榴石,含量约 15%~20%,呈条带状集中分布,边界不明显,裂隙较发育,绿泥石沿裂隙交代,有时含磷灰石包裹体。正交偏光下其边缘多具较窄的亮边,由石英、绿泥石组成。基质为微粒状角闪石

1.2.2 苏吾什杰地区榴辉岩

苏吾什杰地区榴辉岩包括巴什瓦克石棉矿东 2.5 km 和南东 6 km 两处(图 7),皮亚孜达坂和帕夏拉依档等地(图 8),主要特征见表 1。

巴什瓦克石棉矿南东 6 km 处出露的榴辉岩为黑色,具中粗粒粒状变晶结构,块状、条带状构造,岩石蚀变较强,除石榴石外其他矿物间界线不清楚。单偏光下薄片不干净,铁质含量较高。岩石内矿物明显分为两个粒级。石榴石一般呈较大颗粒的变斑

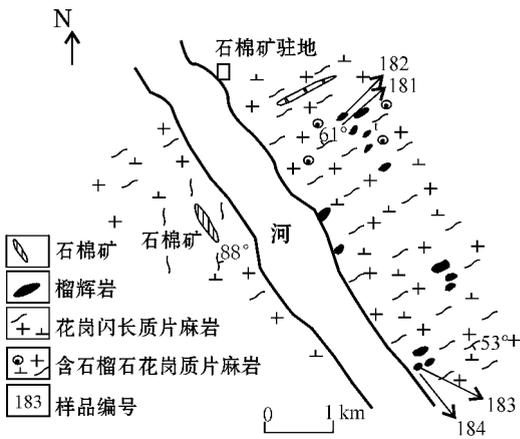


图7 巴什瓦克石棉矿地区榴辉岩露头平面示意图

Fig. 7 Schematic plan of eclogites in Bashiwake asbestos mine area

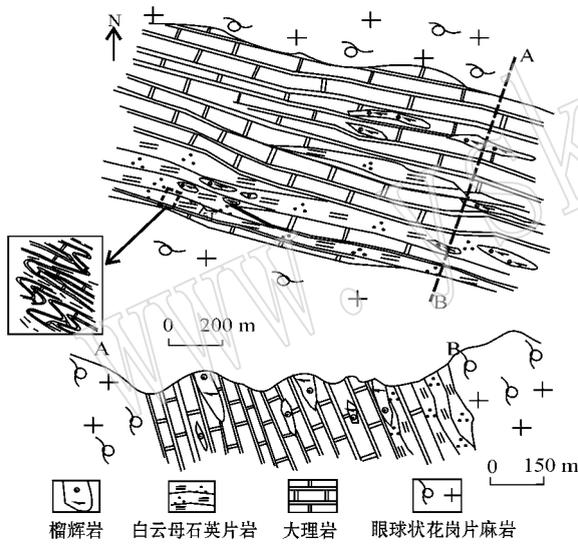


图8 帕夏拉依档榴辉岩平面分布图和剖面图

Fig. 8 Distribution and profile of eclogites in Paxialayidang

晶出现,而基质主要为角闪石、石英、斜长石。石榴石(40%~45%)为等轴粒状,一般1~3 mm,晶内常见单斜辉石、石英、金红石等包裹体,角闪石(30%~40%)为半自形柱状,分布于石榴石粒间,解理不清晰,局部残留半自形-自形短柱状绿辉石(图9a);角闪石为绿色-淡褐色、弱多色性,粒度一般小于0.1 mm,个别达0.5 mm;石英(10%~15%)主要分布于石榴石的外围反应边内,也见少量充填于石榴石、辉石、角闪石粒间以及他形粒状或集中成条带状者,方向与暗色矿物一致,粒度<0.3 mm,具明显波状消光。斜长石(5%左右)他形粒状-柱状,<0.1 mm。

位于巴什瓦克石棉矿东2 km处退变质较明显的榴辉岩中角闪石一般与斜长石、石英相间分布并垂直石榴石边缘方向生长,一般可见2~3个生长环(图9b)。沿裂隙具绿泥石化、绢云母化。副矿物主要有磁铁矿、磷灰石、锆石、金红石。

上述特征表明,此类榴辉岩早期矿物组合为石榴石(Gt)+绿辉石(Omp)+石英(Q),晚期为角闪石(Hb)+斜长石(Pl)+石英(Q)。这种组合和结构构造特征与江孜勒萨依等地所见榴辉岩基本一致。

值得重视的是,尽管此类榴辉岩都与区域上的花岗质片麻岩或眼球状花岗闪长岩相关,但直接围岩都与大理岩等副变质岩石相关,这一现象与江孜拉萨依剖面最南端的榴辉岩完全相同。据刘良等(2002)报道,1:25万苏吾什杰幅区调时在巴什瓦克石棉矿一带陆续发现了超高压石榴石二辉橄榄岩。这些超高压变质岩多呈构造透镜体断续分布于前人划分的阿尔金岩群中,与皮亚孜达坂等地榴辉岩同处一个构造带,其围岩均为属阿尔金岩群的副变质岩或花岗质片麻岩,同样是超高压变质作用的产物。

## 2 榴辉岩的主要矿物和矿物化学特征

研究区内各类榴辉岩均遭受了不同程度的退变质改造,据目前资料,仅在江孜勒萨依和土库曼塔什萨依等地的榴辉岩内保留了较明显的榴辉岩相变质矿物组合。

### 2.1 石榴石

各类榴辉岩内石榴石的粒度变化较大,除巴什瓦克石棉矿一带可见2~3 mm者外,其余均小于2 mm,以褐红色为主,晶体内多见石英、金红石、辉石、锆石等包裹体。石榴石化学成分变化较大,主要表现在 $\Sigma \text{FeO}$ (18.82%~30.58%), $\text{MnO}$ (一般小于1%), $\text{MgO}$ (2.38%~13.67%), $\text{CaO}$ (4.65%~10.26%),而 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等含量变化较小(表2)。在不同变质相石榴石分类三角图中绝大部分样品落入榴辉岩和金伯利岩相内(图10)。石榴石平均端员组分显示其绝大部分属富镁、钙的铁铝榴石,在科尔曼等的榴辉岩分类图解中除少量样品落入B类榴辉岩外,大部分为C类榴辉岩(靳是琴等,1984)(图11)。

局部石榴石显示较明显的成分环带特征(图12),从中心至边缘的成分变化可分为两种情况。一种石榴石的自形程度较高,呈较完整的六边形,其核部较大,边部较窄,核与边间界线清楚,核部见角闪

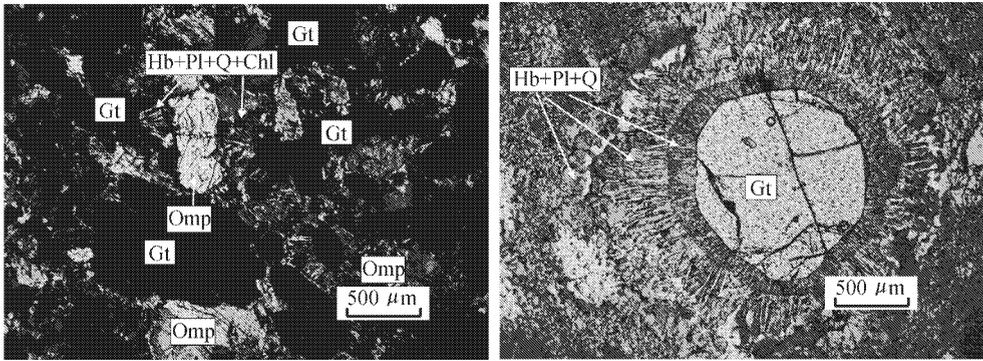


图 9 具显微变质反应边结构的榴辉岩

Fig. 9 Microphotographs showing metamorphic reaction rim in eclogites

a—皮亚孜达坂榴辉岩, 194; b—巴什瓦克石棉矿榴辉岩, 183

a—eclogites in Piyazidaban, 194; b—eclogites in Bashiwake asbestos mine area, 183

表 2 榴辉岩中石榴石电子探针分析结果

Table 2 Electron microprobe analyses of garnets in eclogite

$w_B/\%$

序号	产地	样号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	Total
1	江孜拉萨依	155-2-2	37.18	0.08	21.34	0.01	26.38	0.36	6.66	7.28	—	99.29
2	土库曼塔什萨依	175-3-1	36.31	0.01	21.46	0.01	28.24	0.98	2.38	9.97	0.02	99.38
3		175-8	36.94	0.04	21.56	0.01	28.62	0.66	4.91	7.04	0.05	99.83
4	巴什瓦克石棉矿	183-6	37.77	0.10	20.95	0.04	23.94	2.45	4.14	9.85	0.03	99.27
5	帕夏拉依档	198-13	36.57	0.13	21.34	0.02	29.58	0.2	1.72	9.92	0.03	99.51
6	江孜拉萨依	155-2-4-1Gr1 中	37.33	0.12	21.16	—	26.78	0.38	6.56	6.89	0.11	99.34
7		155-2-4-1Gr2	37.19	0.08	21.25	—	26.74	0.41	6.83	6.96	0.01	99.47
8		155-2-4-1Gr3	37.35	0.06	21.23	—	26.70	0.44	6.74	6.96	0.03	99.51
9		155-2-4-1Gr4	37.44	0.09	21.10	—	26.17	0.41	6.73	6.96	0.03	98.93
10		155-2-4-1Gr5	37.48	0.09	21.12	0.02	27.01	0.37	6.71	6.76	0.04	99.60
11		155-2-4-1Gr6	36.34	0.08	21.18	0.03	27.44	0.44	6.53	6.86	0.06	98.96
12		155-2-4-1Gr7	36.53	0.09	21.06	0.01	27.53	0.46	6.22	6.84	0.06	98.80
13		155-2-4-1Gr8	36.91	0.07	21.01	0.02	28.21	0.47	5.50	6.86	0.03	99.80
14		155-2-4-1Gr9	35.63	0.07	21.15	0.02	29.51	0.59	5.02	6.77	0.02	98.78
15		155-2-4-1Gr10 边	36.01	0.08	21.81	0.02	30.58	0.79	3.73	6.87	0.04	99.93
16	巴什瓦克石棉矿	183-6-Gr1z 中心	37.77	0.10	20.95	0.04	23.94	2.45	4.14	9.85	0.07	99.31
17		183-6-Gr2	37.99	0.12	21.03	—	23.47	1.87	4.49	10.25	0.06	99.28
18		183-6-Gr3	37.47	0.12	20.90	0.02	23.78	1.90	4.54	10.26	0.05	99.04
19		183-6-Gr4	38.36	0.06	21.08	0.02	23.45	2.03	4.36	9.94	0.04	99.34
20		183-6-Gr5	38.38	0.11	21.14	0.02	23.69	1.76	4.66	10.00	0.09	99.85
21		183-6-Gr6	38.13	0.11	20.92	0.03	23.67	1.58	4.64	10.05	0.05	99.18
22		183-6-Gr7	37.82	0.09	21.42	0.04	23.78	0.98	5.52	9.69	0.06	99.40
23		183-6-Gr8	37.43	0.04	21.79	—	23.80	0.69	5.75	9.47	0.04	99.01
24		183-6-Gr9	38.16	0.02	21.60	—	23.08	0.44	6.80	9.05	0.02	99.17
25		183-6-Gr10 边缘	38.06	0.05	21.60	0.05	21.95	0.30	8.73	8.17	0.03	98.94
26	江孜拉萨依	161-1-7	37.06	0.10	21.70	0.03	23.61	0.37	6.25	10.08	0.03	99.23
27		161-1-8	37.82	0.09	21.43	0.02	24.07	0.44	6.08	9.73	0.04	99.72
28		161-2-18	37.51	—	22.41	0.06	24.03	0.49	6.21	10.01	0.04	100.76
29		161-2-19	37.70	0.01	21.97	—	23.62	0.48	6.20	10.18	0.02	100.18
30	皮亚孜达坂	194-1	39.57	0.05	23.65	0.03	18.82	0.30	13.67	4.65	—	100.74
31		194-4	39.57	—	23.02	0.04	19.36	0.45	13.00	4.97	0.02	100.43

测试单位: 1~25 号样品为中国地质科学院矿产资源研究所电子探针室, 26~31 号样品为中国科学院地质与地球物理研究所电子探针室; — 为检测限以下。

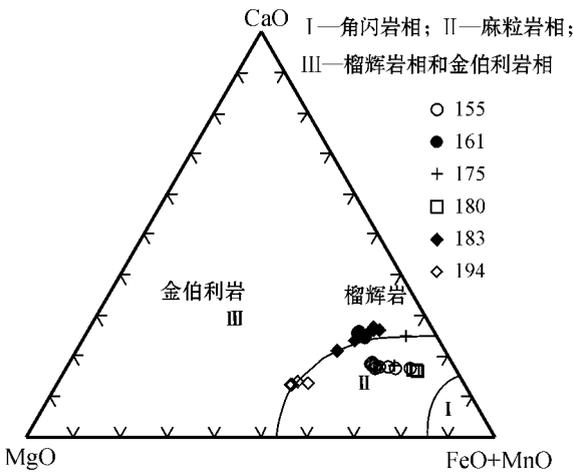


图 10 不同变质相石榴石  
Fig. 10 Garnets with different metamorphic facies

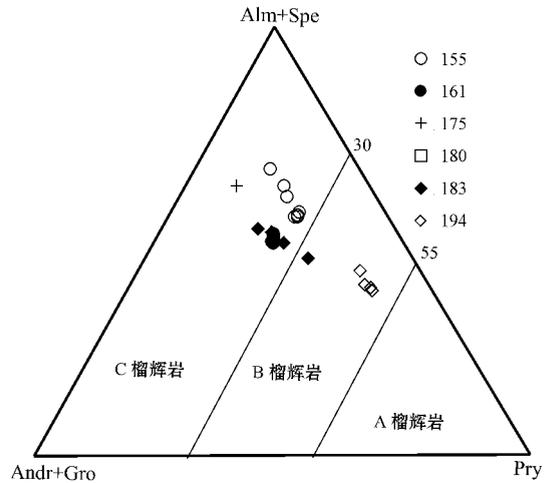


图 11 榴辉岩中的石榴石成分  
Fig. 11 Composition of garnets in eclogites

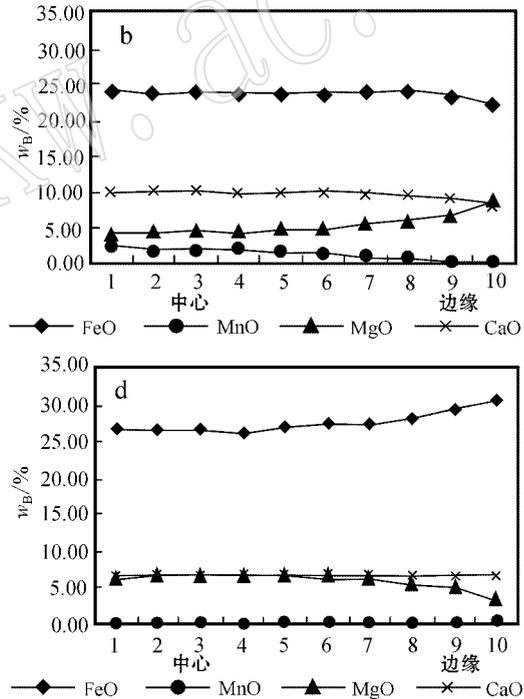
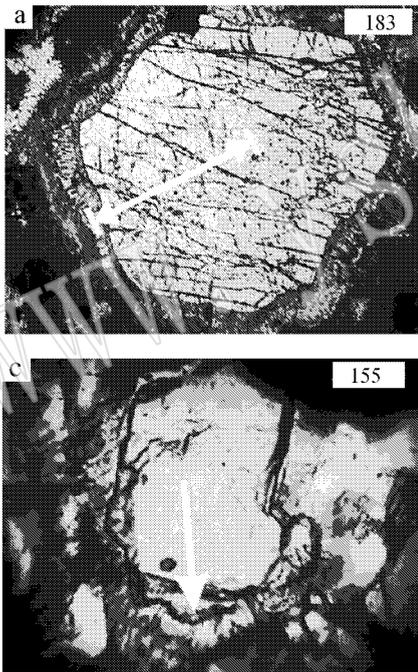


图 12 榴辉岩中石榴石的端员组分分布图

Fig. 12 Distribution of end-member components of garnets in eclogites

石、石英等细粒矿物包裹体,界线处矿物包裹体较多且粒度较大,而边缘包裹体极少(图 12a)。电子探针分析结果显示核部化学成分变化不大,而边缘与核部明显不同,核部至边 FeO、MnO、CaO 逐渐降低, MgO 明显升高(表 2、图 12b)。MgO 升高、MnO 降低的成分变化特征表明石榴石的环带可能是在进变

质作用过程中形成的(张建新等, 2002a)。另一种石榴石呈自形-半自形,无明显环带(图 12c),晶体内石英、角闪石、锆石等矿物包裹体含量少且粒度极小,晶体边缘多被角闪石、斜长石交代,局部残留不规则状石榴石。从中心至边缘(包括残留的部分)矿物化学成分中 MnO、CaO 无明显变化,而 FeO 逐渐升

高、MgO 逐渐降低(表 2、图 12d) 这种现象可能是退变质过程中化学成分交代扩散的结果(张建新等, 2002a)。

2.2 绿辉石

研究区内大部分榴辉岩中很难见到榴辉岩相峰期矿物组合 辉石(绿辉石)几乎完全被角闪石替代, 仅局部见少量绿辉石残留于斜长石、角闪石组成的后成合晶内以及角闪石、石榴石间, 局部见半自形短柱状晶体, 粒度小于 0.5 mm, 具弱绿-淡绿色多色

性。

绿辉石的电子探针分析结果如表 3。从表中可以看出, 不同样品 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO 含量变化较大, 而 CaO、MgO、Na<sub>2</sub>O 差别不大, 其中 Na<sub>2</sub>O 为 3.05% ~ 5.54% ,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 除样品 180 外, 其他样品一般 5.55% ~9.50%。在 Jd - Ae - WEF 成分三角图中均落入绿辉石区内(图 13), 硬玉分子含量为 15.39% ~ 27.49%, 平均 22.22% 辉石端员组分特征介于蓝晶石榴辉岩和片麻岩中榴辉岩间(靳是琴等, 1984)。

表 3 榴辉岩中辉石电子探针分析

w<sub>B</sub>/%

Table 3 Electron microprobe analyses of pyroxene in eclogites

序号	产地	样号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Total
1	皮亚孜达坂	194-1	54.70	0.21	5.55	0.20	4.34	0.02	12.91	18.81	0.03	-	3.46	100.23
2		194-4	55.01	0.20	5.64	0.26	4.33	-	12.67	19.21	0.03	-	3.34	100.69
3		194-5	53.44	0.24	5.76	0.40	4.47	-	12.59	18.68	0.03	0.01	3.47	99.09
4		194-6	53.38	0.19	5.90	0.20	5.50	-	12.50	19.26	0.0349	0.01	3.05	100.03
5		194-7	54.35	0.20	5.63	0.18	5.05	0.05	12.81	19.12	-	-	3.14	100.53
6	江尔拉萨依	161-4	53.55	0.17	8.42	0.05	6.85	-	9.18	15.83	0.02	-	5.31	99.38
7		161-5	51.87	0.30	8.11	0.01	7.12	-	9.65	17.91	0.02	-	4.34	99.33
8		161-6	52.38	0.25	7.64	0.07	7.32	-	9.76	18.52	0.05	-	3.86	99.85
9		161-8	52.19	0.21	8.30	0.05	7.23	0.06	9.68	17.65	0.03	0.02	4.49	99.91
10		161-9	53.19	0.16	8.61	0.06	6.98	-	9.21	16.13	0.04	-	5.22	99.60
11		161-10	53.06	0.21	8.98	0.05	6.75	0.03	8.99	15.48	0.04	0.02	5.54	99.15
12		161-11	52.01	0.31	7.96	0.05	7.53	-	9.73	17.89	0.06	0.01	3.97	99.52
13	拜什托格拉克	180-1	54.50	0.09	4.49	0.11	11.93	-	8.43	15.79	0.08	0.02	4.20	100.00
14		180-0	54.05	0.23	4.74	0.02	11.57	-	8.35	15.61	0.06	0.05	4.23	99.29
15		180-2	54.25	0.21	4.52	0.28	12.55	-	8.20	15.88	-	-	3.66	100.00
16		180(3B)	55.07	0.23	4.16	0.30	11.41	-	8.52	15.61	-	0.07	4.45	99.85

测试单位: 1~12 号样品中国科学院地质与地球物理研究所电子探针室, 13~16 样品为中国地质科学院矿产资源研究所电子探针室; - 为检测限以下。

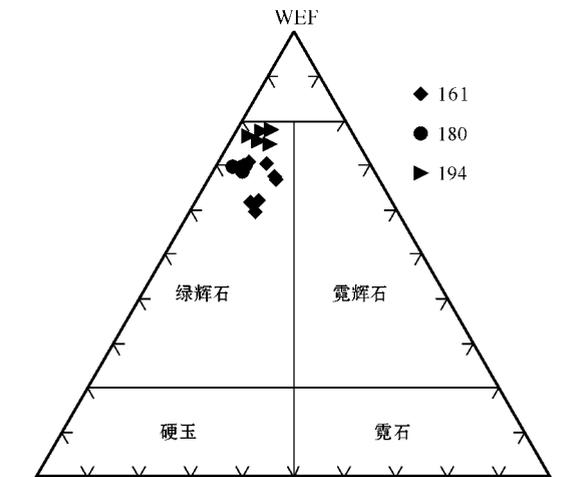


图 13 绿辉石在 Jd - Ae - WEF 成分三角图解上的位置  
Fig. 13 Position of omphacite in Jd - Ae - WEF triangular diagram

3 榴辉岩的地质构造意义

据现有资料, 阿尔金地区的榴辉岩仅发现于阿尔金构造杂岩带内, 呈透镜状或布丁状产于花岗质片麻岩或大理岩等副片麻岩中, 其内片麻理产状与围岩一致。榴辉岩的围岩——花岗质片麻岩 TIMS 和 SHRIMP 法的结晶年龄为(930 ± 42)~(686 ± 20)Ma 形成于新元古代晚期的同碰撞构造环境, 同时得到花岗片麻岩变质年龄为(525 ± 31)~(434 ± 29)Ma(陆松年等, 2006)。张安达等(2004)、王超等(2006)、刘良等(2007)报道了花岗质片麻岩形成年龄为 809 ± 19 Ma 与 885 ± 21 Ma, 其变质作用时代(487 ± 10 Ma)与榴辉岩的变质时代(503.9 ± 5.3)Ma(张建新等, 1999)相近。另外“阿尔金山岩群”

中含蓝晶石石榴黑云片麻岩中获得的变质锆石上交点年龄为  $1\ 062 \pm 72\ \text{Ma}$  (代表变质年龄)的结果也提供了新元古代早期高压变质作用信息(陆松年等, 2006)。因此,不能排除榴辉岩也遭受过新元古代早期高压变质改造的可能。

从区域对比方面分析,本地区榴辉岩无论从其围岩特征还是榴辉岩特征方面与柴北缘地区(孟繁聪等 2003)相比,二者间存在较明显的可比性,具有相似的成因,而且榴辉岩围岩的成岩时代及变质时代也基本相同,表明它们可能属于同一构造带,均是新元古代前的地壳物质在早古生代发生深俯冲作用的产物,现在的分布位置和走向是阿尔金南缘走滑断裂左行平移的结果。

## References

- Jin Shiqin and Li Hongchao. 1984. Introduction of Genetic Mineralogy [M]. Changchun: Jilin University Press (in Chinese).
- Liu Liang, Che Zicheng, Luo Jinhai, *et al.* 1996. Recognition and implication of eclogite in the western Altun Mountains, Xinjiang [J]. Chinese Science Bulletin 41(16): 1 485~1 488 (in Chinese).
- Liu Liang, Sun Yong, Xiao Peixi, *et al.* 2002. Discovery of ultrahigh pressure magnesite-bearing garnet lherzolite ( $>3.8\ \text{GPa}$ ) in the Altyn Tagh, Northwest China [J]. Chinese Science Bulletin, 47(9): 657~662 (in Chinese).
- Liu Liang, Zhang Anda, Chen Danling, *et al.* 2006. In situ Zircon LA-ICP-MS U-Pb dating of eclogites and its enclosing rocks in Jianggalesayi, Altyn Tagh and its geological significance [J]. Earth Science Frontiers, 14(1): 98~107 (in Chinese).
- Lu Songnian, Yu Haifeng, Li Huaikun, *et al.* 2006. Precambrian Significant Geological Events and Tectonic Evolvement in Western of China [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Meng Fancong, Zhang Jianxin, Yang Jinsui, *et al.* 2003. Geochemical characteristics of eclogites in Xitieshan, North Qaidam of northwestern China [J]. Acta Petrologica Sinica, 19(3): 435~442 (in Chinese).
- Wang Chao, Liu Liang, Che Zicheng, *et al.* 2006. Age of granitic gneiss from eclogite strip of southern Altyn Tagh and its tectonic environment [J]. Geological Journal of China Universities, 12(1): 74~82 (in Chinese).
- Zhang Anda, Liu Liang, Sun Yong, *et al.* 2004. Zircon SHRIMP U-Pb dating of super ultrahigh pressure granitic gneiss in Altyn Tagh and its geological significance [J]. Chinese Science Bulletin, 49(22): 2 335~2 341 (in Chinese).
- Zhang Jianxin, Meng Fancong and Qi Xuexiang. 2002a. Comparison of garnet zoning between eclogites in Da Qaidam and Xitieshan on the northern margin of the Qaidam basin [J]. Geological Bulletin of China, 21(3): 123~129 (in Chinese).
- Zhang Jianxin, Yang Jingsui, Xu Zhiqin, *et al.* 2002b. Evidence for UHP metamorphism of eclogite from the Altun Mountains [J]. Chinese Science Bulletin, 47(3): 231~234 (in Chinese).
- Zhang Jianxin, Zhang Zeming, Xu Zhiqin, *et al.* 1999. Sm-Nd and U-Pb isotope age of eclogite in the western Altun Mountains—evidence for the present of Caledonian root in Altun Mountains [J]. Chinese Science Bulletin, 44(10): 1 109~1 112 (in Chinese).
- Zhang Zeming, Yang Yong and Zhang Jianxin. 1999. Circle and its dynamic significance of garnet from eclogite in the western Altun Mountains [J]. Chinese Science Bulletin, 44(16): 1 769~1 773 (in Chinese).

## 附中文参考文献

- 靳是琴,李鸿超. 1984. 成因矿物学概论 [M]. 长春: 吉林大学出版社.
- 刘良,车自成,罗金海,等. 1996. 阿尔金山西段榴辉岩的确定及其地质意义 [J]. 科学通报, 41(16): 1 485~1 488.
- 刘良,孙勇,肖培喜,等. 2002. 阿尔金发现超高压 ( $>3.8\ \text{GPa}$ ) 石榴二辉橄榄岩 [J]. 科学通报, 47(9): 657~662.
- 刘良,张安达,陈丹玲,等. 2007. 阿尔金江孜勒萨依榴辉岩和围岩锆石 LA-ICP-MS 微区原位定年及其地质意义 [J]. 地学前缘, 14(1): 98~107.
- 陆松年,于海峰,李怀坤,等. 2006. 中国西部前寒武纪重大地质事件及构造演化 [M]. 北京: 地质出版社.
- 孟繁聪,张建新,杨经绥,等. 2003. 柴北缘锡铁山榴辉岩的地球化学特征 [J]. 岩石学报, 19(3): 435~442.
- 王超,刘良,车自成,等. 2006. 阿尔金南缘榴辉岩带中花岗片麻岩的时代及构造环境探讨 [J]. 高校地质学报, 12(1): 74~82.
- 张安达,刘良,孙勇,等. 2004. 阿尔金超高压花岗质片麻岩中锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义 [J]. 科学通报, 49(22): 2 335~2 341.
- 张建新,孟繁聪,戚学祥. 2002a. 柴达木盆地北缘柴旦和锡铁山榴辉岩中石榴子石环带对比及地质意义 [J]. 地质通报, 21(3): 123~129.
- 张建新,杨经绥,许志琴,等. 2002b. 阿尔金榴辉岩中超高压变质作用证据 [J]. 科学通报, 47(3): 231~234.
- 张建新,张泽明,许志琴,等. 1999. 阿尔金构造带西段榴辉岩的 Sm-Nd 及 U-Pb 年龄——阿尔金中加里东期山根存在的证据 [J]. 科学通报, 44(10): 1 109~1 112.
- 张泽明,杨勇,张建新. 1999. 阿尔金山西段榴辉岩中石榴石的成分环带及其动力学意义 [J]. 科学通报, 44(16): 1 769~1 773.