

# 藏东同卡石榴辉石岩和拉萨地体松多蓝片岩

沙绍礼<sup>1</sup> 谢尧武<sup>2</sup> 陈应明<sup>1</sup> 西洛朗杰<sup>2</sup> 刘学龙<sup>1,3</sup> 张 娜<sup>4</sup> 蒋成兴<sup>1</sup>

(1. 云南省地质调查局, 云南 昆明 650051; 2. 西藏地勘局区域地质调查队, 西藏 堆龙德庆 851400;  
3. 昆明理工大学, 云南 昆明 650093; 4. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川 成都 610051)

**提要:**元古宇卡穷岩群位于班公湖—怒江缝合带内, 岩性为黑云斜长片麻岩、黑云斜长变粒岩、花岗片麻岩、大理岩及斜长角闪岩。黑云斜长片麻岩中具铁铝榴石、矽线石、蓝晶石组合。锆石 U-Pb 同位素年龄为 1334 Ma, 花岗片麻岩锆石 U-Pb 年龄(507±10) Ma(SHRIMP), 后者可能属稍晚期变形变质的花岗岩侵入体。卡穷岩群属冈瓦纳大陆北缘裂离出来的微陆块。黑云斜长片麻岩中首次发现石榴辉石岩、榴闪岩包体。较新鲜的石榴辉石岩由角闪石、透辉石、石榴石及少量石英、金红石组成, 无长石。包体岩石化学成分中 SiO<sub>2</sub> 48.65%~51.18%, K<sub>2</sub>O<1%, 稀土配分形式为平坦型, 无明显的 Eu 异常。微量元素 Rb、Ba、Th 富集, 低 Sr, 具洋脊玄武岩特征。石榴石端元组中铁铝榴石 51.44%, 镁铝榴石 26.73%、钙铝榴石 17.29%。透辉石端元组中, 硬玉分子平均为 6.40%。镜下常见石榴石、辉石退变为角闪石和斜长石, 包体岩石应为榴辉岩退变的产物。

**关 键 字:**元古宇; 卡穷岩群; 退变榴辉岩; 蓝片岩; 拉萨地体; 藏东

**中图分类号:**P588.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2009)06-1302-10

笔者等有幸于 2005—2007 年参与西藏 14 幅 1:25 万区调编测项目, 于 2005 年 7 月在野外调查卡穷岩群剖面时, 在元古宇卡穷岩群黑云斜长片麻岩中发现较多石榴辉石岩、榴闪岩(退变榴辉岩)包体, 现将有关资料整理成文, 供地质同仁参考。

## 1 古中元古界卡穷岩群

卡穷岩群分布于西藏昌都地区八宿县城北同卡镇至白马一带, NW-SE 走向, 面积约 800 km<sup>2</sup>, 处于班公湖—怒江缝合带内(图 1)。由于面积较小, 又多处于深山峡谷中, 以往的地质文献中均未提及, 仅《西藏地质志》将其归属于中下三叠统西湖群(T<sub>1-2</sub>xh)<sup>[1]</sup>。直至 1:20 万八宿县幅、松宗幅报告才首建卡穷岩群, 时代归属元古宙<sup>①</sup>。

卡穷岩群为一套中深变质岩系, 岩性为灰色黑云斜长片麻岩、黑云斜长变粒岩、大理岩及斜长角闪岩, 出现矽线石、蓝晶石和铁铝榴石组合。原岩为含

基性火山岩的沉积岩系。在同卡镇的卡穷村一带, 黑云斜长片麻岩、黑云斜长变粒岩中夹较多花岗片麻岩及混合花岗岩。后者, 从野外产出状态及镜下岩相学特征看, 原岩应是强变形、变质的花岗岩侵入体。

1:20 万八宿县幅、松宗幅于卡穷剖面上黑云斜长片麻岩中获锆石 U-Pb 同位素年龄为 1334 Ma, 此次编测项目于花岗片麻岩中获得锆石 U-Pb 年龄(507±10) Ma(SHRIMP)。前者属于中元古代, 后者属寒武纪。

卡穷岩群与安多、聂荣一带的扎仁岩群、聂荣片麻杂岩可以对比, 与冈瓦纳大陆中的聂拉木群、拉轨岗日群、南迦巴瓦岩群和察隅地区的德玛拉岩群相当, 也可以与分布于拉萨地体南部的念青唐古拉岩群对比。共同的特征是含矽线石、蓝晶石和铁铝榴石, 为中压角闪岩相变质条件。因此, 卡穷岩群、扎仁岩群和聂荣片麻杂岩应是冈瓦纳大陆北缘裂离出来的微陆块。而与卡穷岩群西北相距不远的吉塘岩群

收稿日期: 2009-02-28; 改回日期: 2009-07-13

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(1212010510214)资助。

作者简介: 沙绍礼, 男, 1938 年生, 高级工程师, 长期从事区域地质调查; E-mail: liuxuelong.student@sina.com。

① 西藏自治区地质矿产局. 1:20 万八宿县幅、松宗幅区域地质调查报告, 1994。

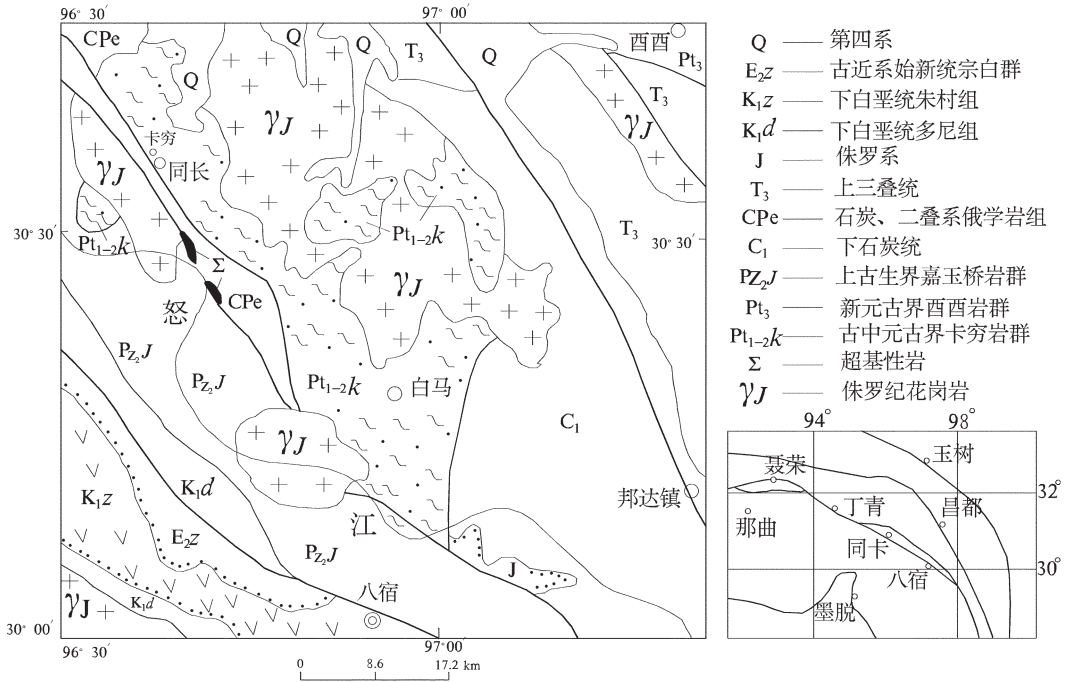


图 1 八宿—同卡地质简图

Fig.1 Simplified geological map of Basu-Tongka area

在岩石组合、变质变形特征均与卡穷岩群有较大的差异。吉塘岩群具低压相系色彩,其北的宁多岩群、雄松岩群则出现大量矽线石、堇青石、红柱石、铁铝榴石组合,属典型的低压角闪岩相。因此,吉塘岩群、宁多岩群及雄松岩群应属劳亚大陆的微陆块。

## 2 石榴辉石岩、榴闪岩包体岩石特征

石榴辉石岩和榴闪岩产于同卡镇 NW 4 km 的卡穷岩群剖面上,呈串珠状包体产出,串珠走向 NW-SE,与围岩片麻理一致。单个呈圆形或椭圆形,大者直径达 50 cm,小者仅 15 cm,与围岩呈突变接触。围岩宽约 80 m,走向 NW-SE,两侧均为花岗片麻岩(图 2)。包体围岩为含蓝晶石榴石矽线黑云二长片麻岩,矿物成分为黑云母(33%)、石英(30%)、微斜长石(18%)、斜长石(5%)、矽线石(9%)、白云母(2%)、石榴石(2%)和极少量蓝晶石,原岩可能是沉积岩。

### 2.1 包体岩石岩相学特征

已发现的包体岩石有石榴辉石岩、榴闪岩和含石榴石斜长角闪岩。

(1)石榴辉石岩:深灰色、灰绿色,局部浅粉红色。

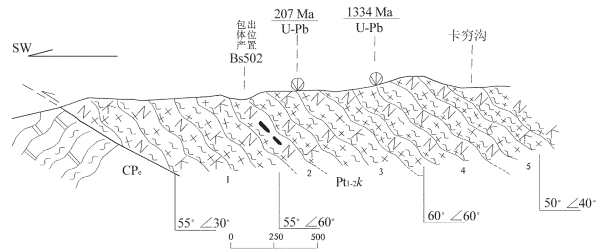


图 2 元古宇卡穷岩群中退变榴辉岩包体产出剖面

1,3,5—花岗片麻岩、混合岩;

2,4—黑云斜长片麻岩,黑云斜长变粒岩

Fig.2 Geological section of retrometamorphic eclogite inclusions in Proterozoic Kaqiong Terrain

1, 3, 5—Granitic gneisses and migmatite; 2, 4—Biotite plagioclase gneiss and biotite-plagioclase leptynite

中粒变晶结构(粒度 0.5~2 mm),块状构造。主要矿物为石榴石(6%~40%)、透辉石(20%~40%)、角闪石(20%~60%)、石英(2%~6%)、金红石(2%~6%)(图 3-a)。

(2)榴闪岩:灰绿色,细粒变晶结构,块状构造。主要矿物为石榴石(20%~30%)、角闪石(40%~50%)、斜长石(15%~20%)、石英(5%~10%)、金红石(1%~2%)。石榴石粒度为 0.3 mm 左右,周围常有斜长石、角闪石环绕。角闪石呈蓝绿色、绿色,粒度 0.2 mm。

斜长石自形程度差, 散布于角闪石间或石榴石边缘, 构成白眼圈环带(图 3-c,d)。局部见少量辉石残留体。

(3)含石榴石斜长角闪岩: 仅见一个包体, 岩石呈灰绿色, 柱粒状变晶结构, 块状构造。主要矿物为角闪石(60%~65%)、斜长石(10%~15%)、石英(10%~15%)、黄铁矿(6%), 含极少量细粒石榴石。角闪石呈褐色、褐绿色, 粒度 0.4 mm 左右, 多帘石化。

### 2.2 包体矿物特征

(1)单斜辉石(透辉石): 柱粒状, 粒度 0.7~3 mm, 镜下无色或略带黄色, 斜消光。常见辉石退变为黄色角闪石, 有的辉石与退变新生的斜长石交生形成指纹状结构(图 3-d), 与山东荣城榴辉岩相似<sup>[9]</sup>。单斜辉石中硬玉分子平均 6.4%(表 1.7)。

(2)石榴石: 粒状变晶, 镜下无色或浅粉红色, 粒度 0.2~2 mm, 内部常含有石英小包体。石榴石大多分解退变为角闪石和斜长石, 退变后的石榴石残晶

多形成环状, 环的内外两侧为新生斜长石组成的环带, 单偏光镜下呈“白眼圈状”。斜长石环带外侧为绿色细粒角闪石和斜长石组成的另一个环带(图 3-b)。石榴石端元组分平均值中, 铁铝榴石 51.44%、镁铝榴石 26.73%、钙铝榴石 17.29%(表 2)。

(3)角闪石: 岩石中的角闪石均为石榴石、单斜辉石退变分解的产物。单斜辉石退变分解的角闪石多呈黄色、棕黄色, 粒度较粗(0.4~1mm), 自形程度好; 石榴石退变分解的角闪石多呈绿色、蓝绿色, 细粒(0.05~0.25 mm), 自形程度较差。化学成分见表 3, 经计算大多属钙质角闪石类中的阳起角闪石, 个别为镁角闪石。

(4)斜长石: 见于榴闪岩和斜长角闪岩中。在榴闪岩中, 斜长石是“白眼圈”的组成矿物。5 件斜长石的化学成分经计算, 2 件为更长石, 2 件倍长石, 1 件中长石(表 4)。

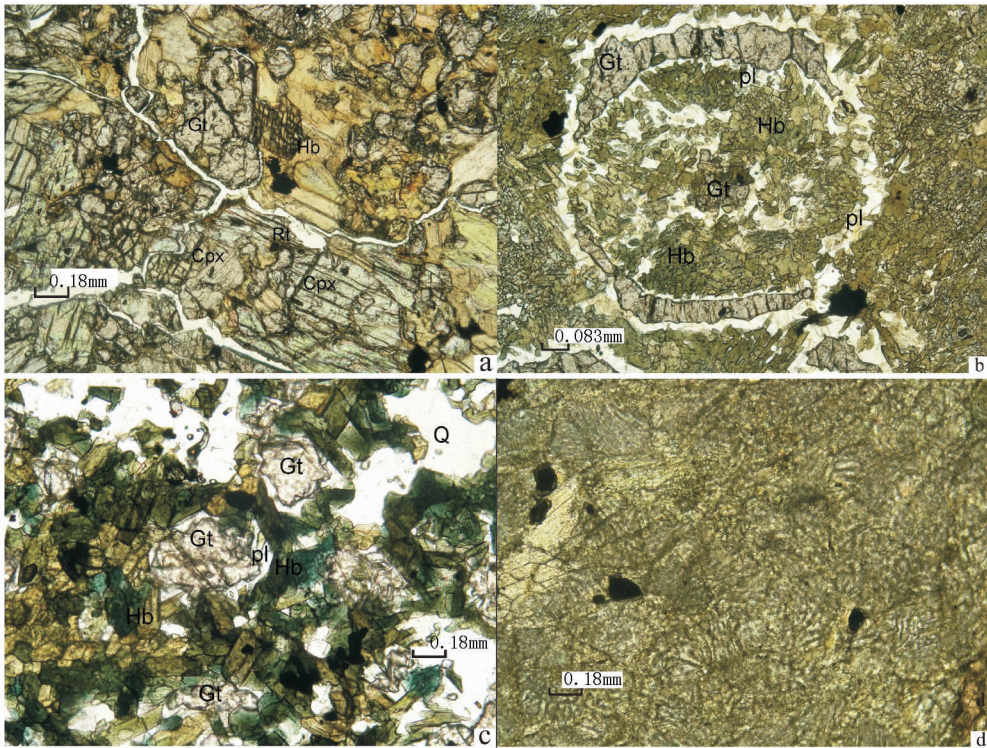


图 3 退变榴辉岩显微特征

a—石榴辉石岩; b—石榴石退变形成“白眼圈”构造; c—榴闪岩; d—指纹状构造; Ky—蓝晶石; Sil—矽线石; Bi—黑云母; Pl—斜长石; Kf—钾长石; Gt—石榴石; Cpx—单斜辉石; Hb—角闪石; Rt—金红石; Q—石英

Fig.3 Microscopic characteristics of retrograde eclogite

a—Garnet pyroxenite; b—“White eye” structure formed by degradation of garnets; c—Garnet amphibolite; d—Fingerprinting structure; Ky— Kyanite; il— Fibrolite; Bi— Biotite; Pl— Plagioclase; Kf— Potash feldspar; Gt— Garnet; Cpx— Clinopyroxene; Hb— Hornblende; Rt— Rutile; Q— Quartz

表 1 石榴辉石岩和榴闪岩包体中的单斜辉石电子探针分析结果(%)  
Table 1 Electron microprobe analyses of clinopyroxene in retrometamorphic eclogite inclusions (in percentage)

矿物 样号	单 斜 辉 石															
	502 -5b-px1	502 -5b-px2	502 -5B-px3	502 -5B-3px	502 -5B-1	502 -5B-2	502 -5B-4p1	502 -5B-4p2	502 -6b-1	502 -6B-4.1	502 -6B-4	502-F-1	502-H-1	502-H-2py	502-H-2py	
SiO <sub>2</sub>	53.922	53.813	54.414	54.22	50.986	54.543	53.574	54.17	49.198	54.486	49.907	52.794	54.71	54.718	55.153	
TiO <sub>2</sub>	0.066	0.148	0.083	0.099	0.593	0.165	0.12	0.112	0.954	0.109	0.427	0.098	0	0.124	0.043	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.911	4.227	4.542	4.123	5.754	4.328	4.11	3.614	5.605	4.016	3.854	2.415	4.596	5.331	4.569	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.128	0.209	0.101	0.331	0.092	0.067	0.018	0.077	0	0.095	0.008	0.118	0.347	0.062	0.03	
FeO	5.826	5.938	5.405	5.693	9.223	6.095	6.16	6.295	11.392	6.385	10.1	7.976	3.632	6.241	4.126	
MnO	0.104	0.13	0.15	0.087	0.105	0.112	0.126	0.186	0.108	0.103	0.103	0.169	0.067	0.095	0.019	
NiO	0.015	0.028	0.016	0	0.043	0.034	0	0	0	0	0	0.015	0.018	0	0.001	
MgO	13.148	12.718	12.569	12.867	17.224	12.709	12.742	13.145	12.274	12.695	12.582	12.924	12.973	11.925	13.076	
CaO	19.659	19.853	19.544	19.945	10.28	19.283	19.772	20.394	17.861	18.878	20.487	20.273	20.666	17.249	18.986	
Na <sub>2</sub> O	2.39	2.28	2.585	2.358	1.544	2.224	2.322	1.973	0.976	2.315	0.628	1.399	2.311	2.905	2.771	
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0.463	0.065	0.009	0	0.026	0	0.009	0	0.287	0.013	0	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.014	0	0.014	0.014	0.036	0.011	0	0.035	0.048	0	0.025	0.016	0	0	0	
总量	99.183	99.344	99.423	99.937	96.343	99.636	98.953	100.01	98.082	99.082	98.13	98.197	99.607	98.663	98.774	
Ae	1.88	0.995	0.222	0.496	0.509	1.086	1.938	0.706	2.009	1.983	2.541	0.956	1.012	3.978	2.014	
Id	7.518	8.011	9.922	8.76	5.882	1.086	7.364	6.953	2.065	7.252	0	4.57	8.825	8.439	9.321	
Wo	42.731	43.149	42.461	43.085	23.36	45.503	43.245	43.455	40.513	42.096	45.081	43.464	45.25	40.687	42.635	
En	39.801	38.508	38.027	38.678	54.581	41.702	38.704	38.892	38.728	39.32	38.541	38.523	39.517	39.12	40.852	
FS	8.071	9.337	9.368	8.981	15.667	10.622	9.749	9.995	16.685	9.348	13.838	12.487	5.396	7.776	5.178	

注: Ae-霓石; Id-硬玉; Wo-硅灰石; En-顽火辉石; Fs-铁辉石。数据由吉林大学地球科学学院(2007年)测试分析。

表 2 石榴辉石岩和榴闪岩包体中的石榴石电子探针分析结果(%)  
Table 2 Electron microprobe analyses of garnet in retrometamorphic eclogite inclusions ( in percentage)

矿物 样品号	石榴 榴 石																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	502-6b-3-2	502-39.202	502-0.101	502-21.988	502-0.02	502-23.266	502-0.475	502-0.024	502-6.669	502-9.293	502-0.018	502-0	502-0.049	502-101.105	502-48.421	502-1.868	502-22.683	502-25.773	502-1.087	502-0.170	502-6b-4	502-38.405	502-0.025	502-22.078	502-0.154	502-26.318	502-1.582	502-0	502-6.814	502-5.468	502-0.023	502-0.016	502-0.013	502-100.858	502-55.142	502-4.848	502-11.387	502-27.088	502-3.520	502-0.310	502-4b-1	502-38.05	502-0.019	502-21.925	502-0.205	502-25.732	502-1.394	502-0.014	502-6.899	502-6.172	502-0	502-0.03	502-100.523	502-53.451	502-3.538	502-11.932	502-27.541	502-3.226	502-0.312	502-4b-2	502-38.05	502-0.012	502-21.701	502-0.467	502-26.227	502-1.636	502-0	502-6.356	502-6.064	502-0.01	502-0.005	502-0	502-100.713	502-55.636	502-2.974	502-11.376	502-25.311	502-3.700	502-1.003	502-4b-2.4	502-38.235	502-0.012	502-21.701	502-0.467	502-26.227	502-1.636	502-0	502-6.356	502-6.064	502-0.01	502-0.005	502-0	502-100.713	502-55.636	502-2.974	502-11.376	502-25.311	502-3.700	502-1.003	502-4b-5	502-38.46	502-0.043	502-22.112	502-0.108	502-25.564	502-1.398	502-0.01	502-6.999	502-5.711	502-0.047	502-0	502-100.473	502-53.257	502-1.553	502-14.647	502-27.236	502-3.139	502-0.169	502-H-2	502-39.625	502-0.059	502-22.052	502-0.047	502-23.388	502-1.201	502-0	502-7.724	502-6.543	502-0.021	502-0.002	502-0	502-100.66	502-49.760	502-1.303	502-16.152	502-30.041	502-2.641	502-0.103	502-C-2	502-38.886	502-0.059	502-22.094	502-0	502-23.845	502-1.272	502-0	502-7.064	502-6.886	502-0	502-0	502-100.16	502-51.204	502-0.167	502-18.763	502-27.090	502-2.776	502-0	502-H-1	502-39.747	502-0.062	502-22.078	502-0	502-24.19	502-0.911	502-0	502-7.847	502-6.381	502-0	502-0	502-101.25	502-50.993	502-0.606	502-16.560	502-29.855	502-1.986	502-F-3	502-38.68	502-0.109	502-21.751	502-0.017	502-22.35	502-1.237	502-0	502-5.311	502-9.99	502-0.029	502-0.037	502-0	502-99.555	502-48.668	502-0.270	502-27.555	502-20.742	502-2.732	502-0	502-7B-1	502-38.752	502-0.03	502-21.643	502-0	502-26.603	502-0.908	502-0	502-5.605	502-6.995	502-0.029	502-0.037	502-0	502-100.613	502-56.965	502-0.436	502-18.832	502-21.752	502-2.014	502-0	502-7B-3	502-38.19	502-0	502-21.955	502-0.032	502-25.293	502-0.487	502-0	502-5.503	502-9.474	502-0	502-0	502-100.97	502-51.955	502-4.853	502-19.972	502-22.102	502-1.117	502-5B-1	502-38.835	502-0.04	502-22.117	502-0	502-23.004	502-1.032	502-0.02	502-7.559	502-7.782	502-0.002	502-0	502-100.391	502-47.580	502-2.181	502-15.413	502-30.014	502-2.352	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4	502-39.442	502-0.066	502-22.481	502-0.047	502-23.752	502-1.042	502-0	502-7.96	502-6.635	502-0.035	502-0.005	502-0	502-101.465	502-49.678	502-1.220	502-16.333	502-39.464	502-2.304	502-0	502-5B-2	502-39.20	502-0.034	502-22.289	502-0.078	502-24.146	502-1.041	502-0	502-7.812	502-6.423	502-0.019	502-0	502-101.049	502-50.678	502-1.235	502-15.413	502-30.014	502-2.337	502-0.305	502-5B-4

表 3 石榴辉石岩和榴闪岩包体中角闪石电子探针分析成果(%)  
Table 3 Electron microprobe analyses of hornblende in retrometamorphic eclogite inclusions (in percentage)

矿物 样号	角 闪 石																平均
	502- 6b-3.1	502- 4b-2.1	502-II-1P	502-C-1P	502-F-2p <sub>1</sub>	502-F-2p <sub>2</sub>	502-F-4p <sub>1</sub>	502-F-4p <sub>2</sub>	502-4b-1.1	502-II-1	502-H-2	502-5B-7	502-7B-2	502-7B-3	502-5B-2		
SiO <sub>2</sub>	44.452	51.279	50.993	50.507	53.043	46.964	51.705	49.008	51.456	49.215	45.7	53.535	44.148	46.697	51.712	49.36	
TiO <sub>2</sub>	1.69	0.335	0.419	0.556	0.094	1.087	0.422	0.517	0.39	0.52	0.617	0.17	0.008	0	0.358	0.48	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.371	4.119	5.512	6.494	2.023	9.002	5.431	8.281	3.893	7.332	11.256	2.801	11.342	8.705	5.023	6.84	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.035	0.088	0.023	0.092	0.098	0.196	0.052	0.071	0.094	0.02	0.055	0.07	0.024	0	0.049	0.07	
FeO	15.104	12.246	10.536	11.294	10.87	12.785	10.033	0.258	12.25	11.136	10.612	6.412	15.73	15.928	11.304	11.77	
MnO	0.089	0.296	0.176	0.236	0.28	0.354	0.263	0.193	0.272	0.172	0.135	0.115	0.179	0.15	0.119	0.2	
NiO	0.028	0.019	0.081	0.068	0	0	0	0.003	0.047	0.032	0.014	0.034	0	0	0.038	0.02	
MgO	11.252	17.523	17.738	15.391	14.407	12.759	17.052	16.051	17.779	15.7	13.719	13.669	10.149	10.845	17.62	14.78	
CaO	11.237	8.876	9.204	11.358	16.319	11.816	10.793	11.059	8.874	10.651	11.111	20.4	12.501	12.776	8.928	11.73	
Na <sub>2</sub> O	1.436	0.984	1.262	1.017	0.245	0.947	0.685	1.063	0.908	1.656	2.193	0.996	1.188	0.672	1.177	1.1	
K <sub>2</sub> O	0.033	2.13	0.523	0.289	0.033	0.076	0.216	0.427	0.323	0.47	0.628	0	0	0.017	0.331	0.37	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.032	0	0.025	0	0.018	0.007	0.007	0	0.016	0.007	0.028	0	0.052	0.018	0.007	0.01	
总量	96.759	95.978	96.492	97.302	97.44	96.011	96.659	96.911	98.197	96.911	96.122	98.202	95.321	95.808	96.666		

注:由吉林大学地球科学学院(2007年)分析。

表 4 斜长石化学成分(%)

Table 4 Chemical composition (%) of plagioclase

样号	502-5B -4-21	502-5B -7-21	502-7B -1-21	502-7B -3-21 <sub>1</sub>	502-7B -3-21 <sub>2</sub>
SiO <sub>2</sub>	61.718	61.598	49.888	47.322	55.025
TiO <sub>2</sub>	0	0	0.004	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.917	24.329	31.839	32.613	27.036
FeO	0.271	0.211	0.116	0.168	0.164
MnO	0.004	0.027	0.023	0.029	0
MgO	0.071	0.001	0.022	0	0.007
CaO	4.605	5.735	14.069	17.262	10.113
Na <sub>2</sub> O	8.966	8.125	2.888	2.440	5.886
K <sub>2</sub> O	0.022	0.018	0.027	0	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0.041	0.011	0.046	0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0.019	0	0	0.012
NiO	0.03	0	0.017	0.023	0.033
S	98.604	100.1	98.904	99.903	98.276
Ab	71.910	71.959	27.282	20.187	51.325
An	22.090	28.041	72.718	78.813	48.675
	更长石	更长石	倍长石	倍长石	中长石

注:由吉林大学地球科学学院测试(2007年)。

2.3 包体的岩石地球化学特征

卡穷岩群片麻岩中的退变榴辉岩包体做了 5 件岩石化学分析(表 5)。SiO<sub>2</sub> 含量为 48.65%~51.18%, 属基性岩类。但与基性岩化学成分平均值相比, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O 明显偏低, CaO 偏高。其中 Na<sub>2</sub>O 极低, 仅 1.65%。K<sub>2</sub>O 除斜长角闪岩大于 1%外, 其余石榴辉石岩、榴闪岩均小于 1%, 具洋脊玄武岩的特征。在依据主量元素判别洋脊玄武岩时, 极低的 K<sub>2</sub>O 可以作为一个较为可靠的标志<sup>[4]</sup>。

3 件包体岩石的稀土元素及微量元素见表 6。稀

土配分曲线中斜长角闪岩与 1 件石榴辉石岩的曲线平直, 无明显 Eu 异常, 与洋脊玄武岩曲线相似(图 4)。微量元素中, 强不相容元素 Rb、Ba、Th 均富集。两件低 Sr, 同样具洋脊玄武岩特征<sup>[3]</sup>(图 5)。

3 包体岩石形成条件探讨

卡穷岩群的包体岩石, 除 1 件为含石榴斜长角闪岩外, 其余均为石榴辉石岩、榴闪岩。岩相学特征表明岩石中的角闪石、斜长石均为辉石、石榴石退变的产物。因此, 退变前的包体岩石应是由石榴石、单斜辉石及少量石英、金红石组成的岩石。岩石退变质过程中, 石榴石边缘由斜长石、角闪石组成的反应边, 说明原岩形成演化过程中, 曾经历过斜长石完全分解进入石榴石和单斜辉石的过程, 达到过榴辉岩相的变质条件, 应属产于片麻岩中的 B 类榴辉岩。

目前, 西藏境内已知的榴辉岩产地有松多<sup>[4]</sup>、羌塘中部<sup>[5]</sup>, 另外, 南迦巴瓦地区有石榴辉石岩<sup>[6]</sup>。对比不同地区的石榴石、单斜辉石成分(表 7), 可以看出: 卡穷岩群石榴辉石岩中辉石的硬玉分子和石榴石中的镁铝榴石分子百分比均较松多榴辉岩低, 比南迦巴瓦石榴辉石岩高。表明其形成时的压力也介于二者之间。

综上所述, 卡穷岩群中的石榴辉石和榴闪岩早期很可能经历了榴辉岩相变质作用。至于岩石中未形成

表 5 石榴辉石岩包体岩石化学分析成果(%)

Table 5 Chemical analysis (%) results of garnet xenoliths

样号	Bs502-2	Bs502-3	Bs502-4	Bs502-5	Bs502-7
岩石名称	含榴斜长角闪岩	石榴辉石岩	石榴辉石岩	石榴辉石岩	石榴辉石岩
SiO <sub>2</sub>	48.65	51.08	51.18	49.18	50.92
TiO <sub>2</sub>	1.81	0.988	1.04	0.957	0.976
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.8	10.03	9.75	9.64	14.75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	5.29	2.33	2.88	1.02
FeO	10.14	7.8	10.51	9.45	10.35
MnO	0.252	0.205	0.204	0.342	0.2
MgO	6.02	9.64	10.47	10.89	6.73
CaO	9.18	11.2	10.43	12.62	11.41
Na <sub>2</sub> O	1.04	1.74	1.91	1.7	1.86
K <sub>2</sub> O	1.48	0.325	0.231	0.192	0.188
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.166	0.174	0.191	0.421	0.105
CO <sub>2</sub>	0.073	0.088	0.117	0.044	0.058
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.06	0.699	0.834	0.529	0.388
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.04	0.02	0.28	0.02	0.06
灼失	1.01	0.52	0.68	0.18	0.2

注:由国土资源部中南矿产资源监督检测中心(湖北宜昌)测试(2007年6月)。

表 6 斜长角闪岩、石榴辉石岩包体稀土和微量元素分析成果 (10<sup>-6</sup>)

Table 6 Analysis results of REE and trace element (10<sup>-6</sup>) in amphibolites and eclogites inclusions

样号	502-2	502-3	502-5
岩石名称	斜长角闪岩	石榴辉石岩	石榴辉石岩
La	7.68	6.9	68.5
Ce	14.2	14.8	120
Pr	2.04	2.1	12.6
Nd	10.8	10.8	63
Sm	3.5	3.39	10.8
Eu	1.26	1.38	2.54
Gd	4.85	5.1	7.64
Tb	0.96	0.96	0.84
Dy	6.75	6.7	3.85
Ho	1.52	1.5	0.6
Er	4.48	4.42	1.32
Tm	0.69	0.65	0.27
Yb	4.15	3.8	1.21
Lu	0.62	0.54	0.18
Y	31.1	28	13.8
ΣREE	94.6	91.04	307.15
Cr	84.4	71.4	810
Ni	63.2	59.7	115
Co	56.7	51.2	55.8
Rb	47.1	24.1	14.7
Sr	35	42.4	588
Ba	144	159	150
V	459	452	268
Sc	48.8	51.2	48.5
Nb	7.32	8.74	6.84
Ta	<0.5	2.72	2.22
Zr	91.8	95.6	100
Hf	4.38	4.58	4.22
Th	7.67	8.67	9.29

注: 由国土资源部中南(湖北宜昌)矿产资源监测中心(2007年)测试分析。

绿辉石而是透辉石,可能是原岩中 Na<sub>2</sub>O 含量太低。

### 4 拉萨地体松多蓝片岩

杨经绥等<sup>[4]</sup>在西藏拉萨地体松多地区发现了榴辉石,该地区恰属笔者等参与的 1:25 万泽当幅范围。项目派人专程前往松多及周边进行野外调查。榴辉岩呈包体产于前奥陶纪岔萨岩岗组中,岔萨岩岗组又呈构造块体分布于石炭—二叠纪松多岩组内。

岔萨岩岗组岩性为绿泥片岩、绿泥钠长片岩、绿泥阳起片岩、石英片岩、凝灰岩及大理岩,原岩是以基性火山岩为主的沉积岩系。其中,常见超基性岩的构造块体。Sm-Nd 同位素年龄为 466 Ma,507.7 Ma;松多岩组岩性为白云石英片岩、绢云石英片岩、二云石英片岩及条带状大理岩,未获化石,但与邻区有化石的石炭系诺错组和石炭—二叠系来姑组岩性相似,暂定为石炭—二叠纪<sup>①</sup>。

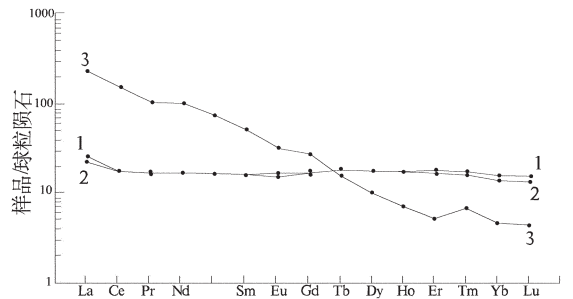


图 4 石榴辉石岩稀土元素球粒陨石标准化分布型式图 (Boynton, 1984)

Fig.4 Chondrite-normalized REE patterns of garnet pyroxene (after Boynton, 1984)

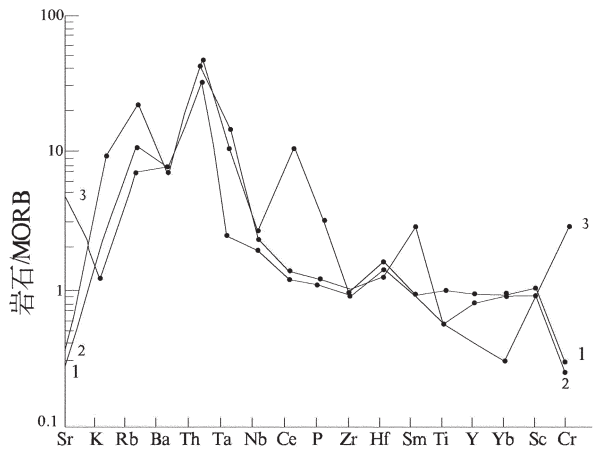


图 5 石榴辉石岩微量元素蛛网图 (Pearce et al., 1980)

Fig.5 Rare element spider diagram for garnet pyroxene (after Pearce et al., 1980)

榴辉岩呈包体状产于岔萨岩岗组中,含榴辉岩包体的岔萨岩岗组 E-W 走向,断续延伸大于 80 km。在野外调查中,于松多村西 40 km 的恰扎松多村的岔萨岩岗组中发现冻蓝闪石。岩石呈深灰绿色,主要矿物有冻蓝闪石(33%)、钠长石(28%)、绿帘石(20%)、绿泥石(10%)、白云母(4%)。冻蓝闪石镜下具紫蓝色—黄绿色多色性,电子探针分析化学成分为 SiO<sub>2</sub> 48.13%、TiO 0.21%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8.63%、FeO 16.16%、CaO 8.55%、MgO 11.33%、MnO 0.18%、Na<sub>2</sub>O 3.51%、K<sub>2</sub>O 0.21%、NiO 0.01%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.04%。在角闪

① 西藏自治区地质矿产局. 拉萨、泽当幅 1:25 万区域地质调查报告, 2008.



表7 卡穷、松多和羌塘中部榴辉岩、南迦巴瓦石榴辉石岩中的石榴石、单斜辉石对比

Table 7 Comparison of garnet and clinopyroxene between eclogites from Kaqiong, Songduo, central Qiangtang and Namjagbarwa

产地	样品平均数	石榴石								样品平均数	单斜辉石					
		MgO	Alm	Amd	Gro	Pyr	Spe	Ura	Na <sub>2</sub> O		Ae	Jd	Wo	En	Fs	
卡穷	15	6.85	51.44	1.94	17.3	26.73	3.4	0.17	15	2.065	1.488	6.398	41.781	40.233	0.1	
松多	12	7.4	43.61	0	26.9	28.45	0.89	0.13	12	6.29	8.47	35.07		-56.46		
南迦巴瓦	14	3.51	51.96	1.39	31.2	13.7	13.7		7	0.266	0.27	1.76	47.95	28.47	23.6	
羌塘中部	3	1.37							3	6.98						

注:Alm-铁铝榴石;And-钙铁榴石;Gro-钙铝榴石;Pyr-镁铝榴石;Spe-锰铝榴石;Ura-钙铬榴石;Wo-硅灰石;Ae-霓石;Jd-硬玉;En-顽火辉石;Fs-铁辉石。

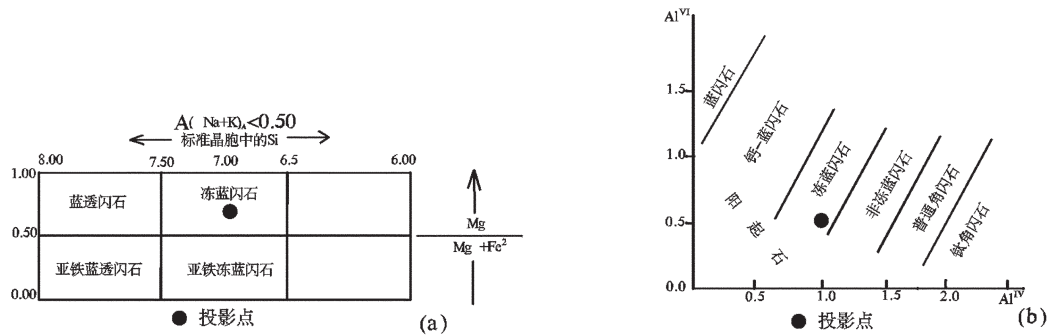


图6 (a) 盆萨岗岩组蓝闪石类矿物化学成分分类图, (b) 盆萨岗岩组角闪石 Al<sup>IV</sup>-Al<sup>VI</sup> 与角闪石类型关系图  
 Fig.6 (a) Chemical composition classification of minerals of glaucophane group in Chasagang lithodeme;  
 (b) The relationship between hornblende Al<sup>IV</sup>-Al<sup>VI</sup> and hornblende types in Chasagang lithodeme

石命名方案中, 及吴汉泉据 Mottana 等修改后的图解中均落入冻蓝闪石区内(图6)<sup>[7]</sup>。冻蓝闪石是高压绿帘角闪岩相的标志矿物, 说明松多榴辉岩可能产于蓝闪片岩中的C类榴辉岩, 榴辉岩中石榴石也主要落入C类榴辉岩区<sup>[8]</sup>。

恰扎松多冻蓝闪石的发现暗示拉萨地体内部沿盆萨岗岩组分布的地带可能隐伏着一条东西走向的高压变质带和缝合带。

致谢: 吉林大学李才教授、董永胜教授帮助测试部分样品, 野外和成文过程中得到项目顾问彭兴阶高工及项目众多同仁的帮助, 在此一并表示感谢。

参考文献(Reference):

[1] 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.  
 Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region. Regional Geology of Xizang Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993 (in Chinese).  
 [2] 张树业, 康维国, 赵鸿, 等. 变质岩结构构造图册[M]. 北京: 地质出版社, 1985:138.

Zhang Shuye, Kang Weiguo, Zhao Hong, et al. Atlas of the Metamorphite Textures and Structures [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985:138 (in Chinese).  
 [3] 莫宣学, 路凤香. 三江提特斯火山作用与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1993.  
 Mo Xuanxue, Lu Fengxiang. Sanjiang Tethyan Volcanism and Related Mineralization [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993(in Chinese with English abstract).  
 [4] 杨经绥, 许志琴, 耿金如, 等. 中国境内可能存在一条新的高压/超高压(?)变质带—青藏高原拉萨地体中发现榴辉岩带[J]. 地质学报, 2006, 80(5):1787-1791.  
 Yang Jingsui, Xu Zhiqing, Geng Jingru. A possible new HP/UHP (?) metamorphic belt in China: discovery of Eclogite in the Lasha Terrane, Tibet [J]. Acta Geologica Sinica. 2006, 80 (5):1787-1791 (in Chinese with English abstract).  
 [5] 李才, 翟庆国, 董永胜, 等. 青藏高原羌塘中部榴辉岩的发现及其意义 [J]. 科学通报, 2006, 51(1):70-74.  
 Li Cai, Zhai Qingguo, Dong Yongshen, et al. The discovery of Pyroxenite in central of Qiangtang on the Qinghai-Tibet Plateau and its significance [J]. Chinese Science Bull., 2006, 51 (1):70-74 (in Chinese with English abstract).

- [6] 张泽明, 郑来林, 王金丽, 等. 东喜马拉雅构造结南迦巴瓦岩群中的石榴辉石岩-印度大陆向欧亚板块之下俯冲至 80-100 km 深度的证据 [J]. 地质通报, 2007, 26(1):1-12.  
Zhang Zeming, Zheng Lailin, Wang Jinli, et al. Garnet pyroxenite in the Namjagbarwa Group-complex in the eastern Himalayan tectonic syntaxis, Tibet, China: Evidence for subduction of the Indian continent beneath the Eurasian plate at 80-100 km depth [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26 (1):1-12 (in Chinese with English abstract).
- [7] 靳是琴, 李鸿超. 成因矿物学概论 [M]. 吉林: 吉林大学出版社, 1986.

- Jin Shiqing, Li Hongchao. Genetic Mineralogy [M]. JiLin: JiLin University Publishing House, 1986 (in Chinese).
- [8] 李天福, 杨经绥, 李兆丽, 等. 青藏高原拉萨地块松多榴辉岩的岩相学特征和变质演化过程 [J]. 地质通报, 2007, 26 (10):1310-1326.  
Li Tianfu, Yang Jinsui, Li zhaoli, et al. Petrography and metamorphic evolution of the Sumdo eclogite, Qinghai-Tibetan Plateau [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(10):1310-1326 (in Chinese with English abstract).

## Tongka garnet pyroxenite in eastern Tibet and Songduo blue schist in Lhasa block

SHA Shao-li<sup>1</sup>, XIE Yao-wu<sup>2</sup>, CHEN Ying-ming<sup>1</sup>,  
XILUO Lan-jie<sup>2</sup>, LIU Xue-long<sup>1,3</sup>, ZHANG Na<sup>4</sup>, JIANG Cheng-xing<sup>1</sup>

(1. Yunnan Geological Survey, Kunming 650051, Yunnan, China; 2. Bureau of Geology and Mineral Resources of Tebit Regional Geological Party, Doilungdêqê 851400, Tibet, China; 3. Kunming University of Science & Technology, Kunming 650093, Yunnan, China; 4. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610051, Sichuan, China)

**Abstract:** The Proterozoic Kaqiong Group is distributed in northern Basu County of east Tibet, with an area of 80 km<sup>2</sup>. It is located in the Bandonghu-Neijiang juncture zone. The group consists lithologically of biotite-plagioclase gneiss, black mica-plagioclase granulite, granite gneiss, marble and amphibolite. The biotite-plagioclase gneiss is composed of almandine, sillimanite and kyanite. The U-Pb zircon age is 1334 Ma, and the U-Pb zircon age of granite-gneiss is (507±10) Ma (SHRIMP). The granite-gneiss might be a intrusive granite which underwent the process of deformation-metamorphism in later periods. The Kaqiong Group is a micro-continent separated from the northern margin of Gondwana continent. Garnet pyroxenite and garnet amphibolite inclusions were found for the first time in the biotite-plagioclase gneiss. The fresh garnet amphibolites are composed of hornblende, diopside, garnet and a small amount of quartz and rutile, without feldspar. As for chemical constituents of the inclusions, SiO<sub>2</sub> is 48.65%~51.18%, K<sub>2</sub>O <1%. The REE pattern is a flat pattern, with no obvious En anomaly. Trace elements Rb, Ba, Th are rich, and Sr is low, showing characteristics of MORB. The end member molecules for garnets in eclogite are pyrope 51.44%, almandite 26.73%, and grossular 17.29%. The end member molecules for diopside are jadeite 6.40%. Grt-Cpx is commonly overprinted by Hb-Pl and can be observed under microscope. Inclusions should be the products of eclogite degradation.

**Key words:** Proterozoic; Kaqiong Group; retrometamorphic eclogites; blue schist; Lhasa block; eastern Tibet

**About the first author:** SHA shao-li, male, born in 1938, senior engineer, engages in geological survey; E-mail: liuxuelong.student@sina.com.