

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

大别山菖蒲—碧溪岭地区高压—超高压榴辉岩相变质岩和有关岩石的岩石类型及其原岩性质

程裕淇¹⁾ 庄育勋²⁾ 高天山³⁾ 简平¹⁾

1) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037; 2) 中国地质调查局, 北京, 100029

3) 安徽省地质调查院, 合肥, 230001

内容提要 安徽岳西菖蒲—碧溪岭地区出露两条北北西向的高压—超高压变质岩带; 西带由土桥冲至菖蒲水电站, 该带由层状硬玉石英岩类、大理岩及少量的石英深色榴辉岩以及浅色榴辉岩等组成; 东带由小南山岭至碧溪岭, 主要由层状的浅色榴辉岩系列和层状深色榴辉岩系列岩石组成。该区发育的层状浅色榴辉岩和层状的深色榴辉岩两种榴辉岩在岩石组合、矿物组合、矿物成分等方面有明显差别。浅色榴辉岩一般由硬玉质绿辉石(Jd 65~45)、+镁铝以及钙铝端元成分(Pyr+Gro, 60±)的石榴子石+蓝晶石+多硅白云母+石英及次生的角闪石、绿帘石组成。其中夹有硬玉质绿辉石石英岩、富蓝晶石岩石、石榴子石岩和硬玉石榴白云片岩等岩石薄层。深色榴辉岩由绿辉石(Jd 20~50)+富铁铝端元的石榴子石(Alm 50~60)+金红石+石英及次生的角闪石等组成。石英深色榴辉岩由绿辉石(Jd 40~45)+镁铝端元的石榴子石(Pyr 10~30)+石英+金红石及次生的角闪石、长石组成。深色榴辉岩与石榴橄榄岩分布上紧密相随。浅色榴辉岩的原岩为基性凝灰质沉积岩, 相伴随的硬玉石英岩、硬玉岩、白云片岩的原岩大致分别为粉砂岩、长石砂岩、泥质粉砂岩; 深色榴辉岩为基性凝灰质熔岩。大理岩的原岩为灰岩。同时, 本文的研究表明, 在相同的变质作用条件下, 榴辉岩相岩石中石榴子石、绿辉石的成分明显受原岩控制。

关键词 榴辉岩相岩石 岩石类型 原岩性质 大别山

一般认为榴辉岩是基性火山岩或辉长岩经榴辉岩相变质, 由绿辉石+石榴子石为主的矿物组成的岩石(Escala, 1921; Winkler, 1976)。榴辉岩中的石榴子石、绿辉石成分与变质程度及产出的地质环境有关(Coleman et al., 1965; Boyd, 1974; Munoz, 1974)。近年来的研究表明, 榴辉岩相岩石是由多种原岩类型经榴辉岩相变质产生的一套岩石组合(Carswell, 1990)。而一些研究表明, 榴辉岩中石榴子石成分明显受寄主岩石成分控制。

安徽省岳西县菖蒲地区以产出碧溪岭这一世界上出露面积巨大的高压超高压榴辉岩相变质岩系而闻名。许多研究者对碧溪岭超高压变质岩系进行了较详细的岩石学、地球化学研究。许多研究者认为, 碧溪岭超高压变质岩系属镁铁质—超镁铁质侵入岩经榴辉岩相变质作用而成, 因而称为碧溪岭岩体(张旗等, 1993; 刘若新等, 1995; 李延和等, 1997)。部分研究者认为该岩系属基性火山岩、碎屑岩经超高压

变质作用而成(肖益林等, 1997; 庄育勋, 1998)。韩宗珠等(1989)根据地球化学特点将碧溪岭地区榴辉岩划分为三组, 从I到Ⅲ组, SiO_2 、 FeO^* 、 TiO_2 和 Na_2O 增加, MgO 减少。刘若新等(1995)亦根据地球化学特点将碧溪岭地区榴辉岩划分为高硅榴辉岩、高钛榴辉岩、高镁榴辉岩。并认为碧溪岭为一个辉长岩—含斜长石的橄榄岩类为原岩的变质侵入体。

庄育勋(1998)在碧溪岭地区填制了1:1万地质草图, 对高压超高压岩石进行了初步研究。表明碧溪岭超高压变质岩系主要由条带状榴辉岩(浅色榴辉岩)、层状基性榴辉岩(深色榴辉岩)、石榴橄榄岩及少量石榴硬玉石英岩、白云母石榴硬玉岩等组成。基于初步的岩石学和地球化学研究, 提出石榴硬玉石英岩、白云母石榴硬玉岩的原岩应分别为凝灰质钙质砂岩、含铁砂岩与基性火山凝灰岩或凝灰质基性火山岩, 碧溪岭超高压变质岩系是表壳岩经历地幔再循环形成的。翟明国等(1991), Liou等(1997)

注: 本文为原地质矿产部重大基础项目“大别造山带高压—超高压变质岩石与区域变质作用研究”(编号 9501102-2)的部分成果。

收稿日期: 2001-10-21; 改回日期: 2001-12-21; 责任编辑: 刘淑春。

作者简介: 程裕淇, 男, 1912年生。1933年获清华大学地学系理学学士学位, 1938年获英国利物浦大学地质系及地理系博士学位。1955年被选聘为中国科学院学部委员(现院士)。现为地质科学院研究员, 博士生导师。长期从事变质岩、早前寒武纪岩层和以铁矿为主的成矿学研究。通讯地址: 100037, 北京阜外百万庄26号, 中国地质科学院。

对硬玉石英岩进行了详细的岩石学、岩石化学研究,提出硬玉石英岩的原岩为富钠质粉砂岩。

曹荣龙等(1995),刘若新等(1995),Chavagnac等(1996),胡世玲等(1999)和程裕淇等(2000)进行了碧溪岭超高压变质岩系的地质年代学研究。

笔者在前人工作的基础上,通过较详细的野外调查和研究,发现碧溪岭超高压变质岩系主要由浅色层状榴辉岩系列夹少量层状深色榴辉岩系列等组成,并着重总结和研究了这两种榴辉岩系列的野外地质产状以及有关岩石的 24 块标本(表 1~4)的岩

石学、矿物学、岩石化学、地球化学等方面特点和原岩类型,总结了菖蒲地区出露的两条北北西向超高压变质岩带的岩石组合与原岩组合;同时发现,在相同的变质作用条件下,榴辉岩相岩石中石榴子石、绿辉石的成分明显受原岩控制。

1 地质概况及岩石标本产地

安徽省岳西县菖蒲及附近地区以发育碧溪岭这一世界上出露面积巨大超高压变质岩系而倍受国内外地质学界瞩目。安徽省地质矿产局于 1996 年完成了

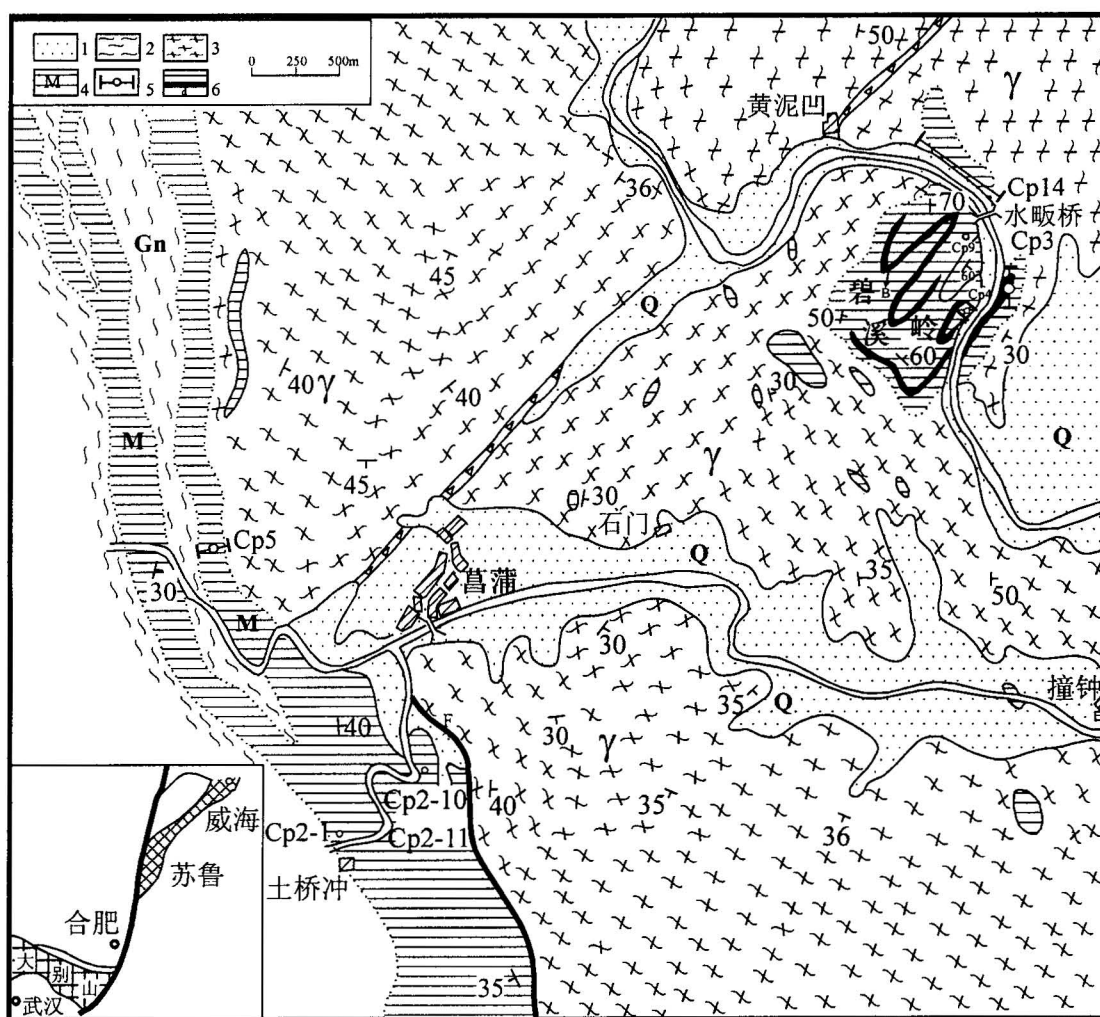


图 1 安徽省岳西县菖蒲—碧溪岭地区地质简图,示榴辉岩及有关岩石标本产地

(据庄育勋等,2000)

Fig. 1 Geological sketch of Changpu—Bixiling area, Yuexi County, Anhui Province, showing the sample localities

(after Zhuang et al., 2000)

1—第四系;2—主要为黑云斜长片麻岩;3—片麻状花岗岩岩石,含榴辉岩相类包体;4—高压—超高压变质岩,主要为大理岩及含硬玉岩石;5—小剖面(Cp3)及采样位置;6—主要为浅色榴辉岩夹深色榴辉岩(d)及石榴橄榄岩

1—Quaternary; 2—mainly biotite-plagioclase gneiss; 3—gneissic granitic rock, containing eclogites; 4—HP-UHP metamorphic rocks, mainly marble and jadeite-bearing rocks (including eclogites); 5—short road-cut section (Cp3) and sampling localities; 6—mainly light coloured eclogite interbedded with dark coloured eclogite (d) and garnet peridotite

表 1 蓆蒲—碧溪岭地区榴辉岩相岩石及相关岩石矿物量体积百分比统计表

Table 1 Mineral composition of eclogite facies rocks in Changpu—Bixiling area, Yuexi County, Anhui Province

岩系	岩石名称	样号	Jd/O	Ga	Q	Ms	Ky	Ru	Zr	Cc	Am	Pl	Ep/Clzo	Bi	Sp
浅色榴辉岩	含石英蓝晶石浅色榴辉岩	Cp3-6	24.25	48.8	8.1	0.1	16.9	1.85							
	含白云母蓝晶石浅色榴辉岩	Cp3-10	30.35	50.15	3.15	10.0	4.95	1.40							
	含石英浅色榴辉岩	Cp3-22	23.75	47.05	7.95	0.35	17.65	3.25							
	浅色榴辉岩	Cp5-10	44.8	50.35	2.75	0.1		2.0							
	含白云母蓝晶石浅色榴辉岩	Cp9-3	45.5	48.2	0.9	3.2	1.8	0.4							
	浅色榴辉岩	Cp9-4	21.2	35.8	0.1	13.6	28.5								
	蓝晶硬玉石英岩	Cp3-4	27.17	2.9	48.17	0.16	20.07	1.43	0.1						
	退变白云硬玉岩	Cp9-1		6.65	5.5	35.4			0.1		43.0	0.2	9.8	0.15	
	硬玉石榴子石岩	Cp9-9	8.1	91.8				0.1							
深色榴辉岩	深色榴辉岩	Cp3-15	30.95	63.0	0.1			5.95							
	闪石化深色榴辉岩	Cp3-17	8.05	67.15	0.55			5.9			18.25	0.1			
	深色榴辉岩	Cp3-18	38.45	52.05	1.05			7.35			1.1				
	深色榴辉岩	Cp4-6	38.75	49.0				9.65			2.6				
	含石英深色榴辉岩	Cp5-9	43.3	46.8	2.2			4.55		0.1	3.05				
	含石英深色榴辉岩	Cp3-14	26.6	61.15	8.1			1.8			2.35				
	含石英深色榴辉岩	Cp3-20	36.0	51.9	5.85			6.25							
	闪石化含石英深色榴辉岩	Cp5-3		52.65	8.7			2.05		2.25	33.8				
	绿辉石岩	Cp4-12	91.85		3.35			0.2			4.6				
硬玉石英岩	硬玉石英岩	Cp2-10	44.3	1.85	41.5			0.85	0.1		2.25	7.25		1.9	
	蓝晶白云母石英岩	Cp2-11	1.8		48.3	29.3	12.0	0.2	0.1				8.3		
	退变硬玉石英岩	Cp5-7			63.15			0.3	0.1		30.15	4.1	2.1		0.1
大理岩	白云母大理岩	Cp5-2			2.75	25.05				65.1		6.75			0.35

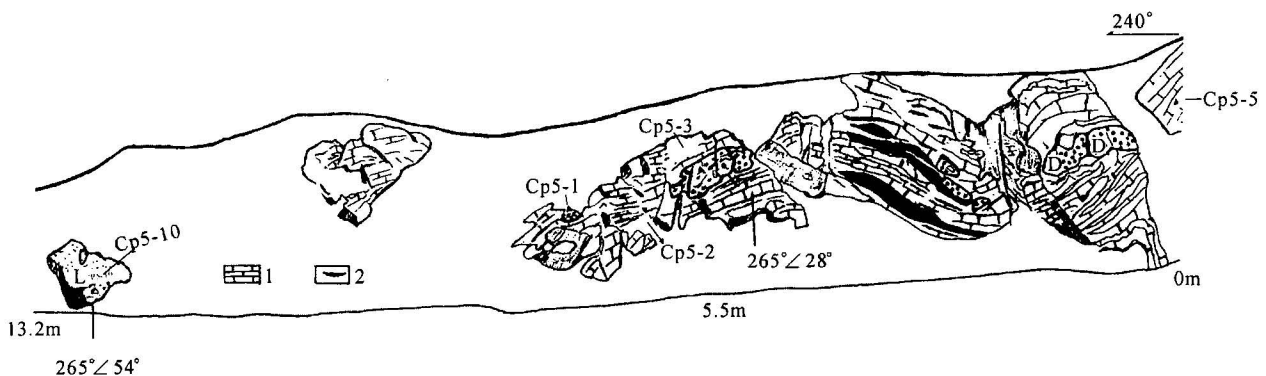


图 2 安徽省岳西县蓆蒲西北水电站东大理岩中深色榴辉岩系列岩石和浅色榴辉岩系列岩石露头素描图,并示标本位置

Fig. 2 Outcrop of light and dark coloured eclogites in marble at western Changpu, Yuexi County,

Anhui Province, showing sample localities

D—深色榴辉岩系列岩石(Cp5-3);L—浅色榴辉岩系列岩石(Cp5-10);1—大理岩(Cp5-2);2—榴闪岩(原岩为富铁泥灰岩);

Cp5-3 为 SHRIMP 研究样品;Cp5-7(表 1)在 Cp5-3 东约 21 m;Cp5-9(表 1)在 Cp5-1 西约 140 m

D—Dark coloured eclogite (Cp5-3); L—light coloured eclogite (Cp5-10); 1—marble (Cp5-2); 2—garnet amphibolite (the protolith is Fe-rich limestone); Cp5-3, SHRIMP studied sample; Cp5-7 (Table 1) is about 21 meters east of Cp5-3;

Cp5-9 (Table 1) is about 140 meters west of Cp5-1

该区 1:5 万区域地质调查,1998 年填制了蓆蒲地区的 1:1 万地质图。庄育勋等也填制了碧溪岭一带的 1:1 万地质图。总体上,高压—超高压变质岩石呈规模较大复杂褶皱的层状体、不同尺度的透镜状赋存在大规模分布的糜棱岩化的并经历后期不同程

度重熔的花岗质岩石中(图 1)。除呈透镜状零星分布的超高压变质岩石外,蓆蒲地区超高压变质岩集中出露在两条北北西向的带中:西带由土桥冲至蓆蒲水电站,该带以硬玉石英岩和大理岩为主,夹少量呈布丁状的深色石英榴辉岩,呈较完整的带状;东带

由小南山岭(图 2 南界东段约 1 km)经撞钟西至碧溪岭,主要由层状浅色榴辉岩系列(占超高压岩石出露面积的 90%)和少量层状深色榴辉岩系列、石榴橄榄岩组成。超高压变质岩系表现出经历了多期复杂褶皱、韧性剪切变形及断裂构造的改造,呈不同尺度的复杂褶皱的层状体、透镜状断续出现。这两带所包含的超高压变质岩系组合的具体层序关系难以恢复。但根据碧溪岭东麓潜水西岸公路剖面(庄育勋等,2000,剖面 C-C')以浅色榴辉岩系列为主的高压—超高压榴辉岩相岩石(含薄层深色榴辉岩及绿辉石岩等)的连续出露宽度可达约 700 m。Cp2 系列的三块标本采自菖蒲西南西带的不同层位;Cp5 系列

的 5 块标本采自菖蒲西北的 Cp5 剖面的不同层位(图 1、2),其中 Cp5-3 和 Cp5-1(图版 I-1)为含石英深色榴辉岩系,Cp5-2 为含白云母大理岩中石香肠化豆荚状夹层;Cp3 系列的 9 块标本,采自碧溪岭潜水东岸公路剖面(图 3),其中 4 块属于浅色榴辉岩系列及硬玉石英岩夹层,4 块采自深色榴辉岩连续出露地段(图 3,图版 I-4),1 块采自深色榴辉岩系列层位与其上浅色榴辉岩系列层位间的过渡层。Cp4 系列的二块标本采自碧溪岭东麓潜水西岸公路剖面(图 1,庄育勋等,2000,剖面 C-C')。Cp9 系列 4 块标本采自碧溪岭水畈桥南陡崖宽 50 cm 薄层状的浅色榴辉岩系列层内(图 1)。

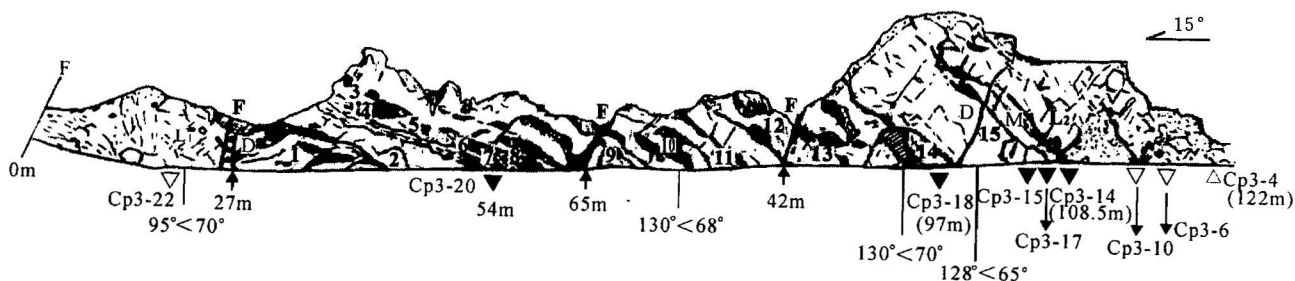


图 3 大别山碧溪岭水畈桥南潜水东岸公路剖面远望露头素描图(潜水东水畈桥南公路边,据图版 I-4 素描),
略示层状深色榴辉岩和层状浅色榴辉岩的层位关系及标本位置

Fig. 3 Outcrop of the Shuifang Bridge road-cut, briefly shows the relationship between the banded light and
the banded dark coloured eclogites, as well as the studied samples

L—浅色榴辉岩相岩石;M—过渡色榴辉岩相岩石;D—深色榴辉岩;剖面共分 15 层,各层厚度为:1—>5 m, 2—≥1.9 m, 3—<0.8 m, 4—0.7 m, 5—0.09~0.3 m, 6—0.28 m, 7—1.3 m, 8—0.27 m, 9—3 m, 10—1.1 m, 11—2.3 m, 12—>2 m, 13—>6 m, 14—1.3 m, 15—5.5 m;Cp3-18—深色榴辉岩,为 SHRIMP 研究样品(参见程裕洪等,2000);Cp3-6—浅色榴辉岩相岩石,为 SHRIMP 研究样品,另文发表
L—Light coloured eclogite facies rock; M—transitional coloured eclogite facies eclogite; D—dark coloured eclogite; 15 bands are recognized in the section. The thickness of each band is 1—>5 m, 2—≥1.9 m, 3—<0.8 m, 4—0.7 m, 5—0.09~0.3 m, 6—0.28 m, 7—1.3 m, 8—0.27 m, 9—3 m, 10—1.1 m, 11—2.3 m, 12—>2 m, 13—>6 m, 14—1.3 m, 15—5.5 m;Cp3-18—SHRIMP studied sample (Cheng et al., 2000); Cp3-6—SHRIMP studied sample

2 岩石学特征

岳西菖蒲地区超高压变质岩系总体上有四大类:第一类是浅色榴辉岩系列,主要分布于碧溪岭地区;第二类是深色榴辉岩系列,主要分布于碧溪岭地区;第三类是硬玉石英岩,主要分布于土桥冲—菖蒲水电站一带;第四类为大理岩,也分布于土桥冲—菖蒲水电站一带。

2.1 浅色榴辉岩系列

浅色榴辉岩系列岩石主要发育于碧溪岭一带,在土桥冲—菖蒲水电站一带也有少量出露。此系列岩石包括浅色榴辉岩、石榴硬玉质绿辉石白云母片岩、白云母石榴子石岩等。

(1) 浅色榴辉岩:风化面灰绿色,新鲜面带淡紫色的蛋青色。岩石中矿物定向分布而呈片麻状。在浅色榴辉岩中有数厘米至十余厘米的石榴子石硬玉质绿辉石白云母片岩、白云母石榴子石岩的薄层。浅色榴辉岩与深色榴辉岩界限清晰,与成分层和谐一致(图 3,图版 I-4)。

浅色榴辉岩以硬玉质绿辉石、石榴子石为主,并含有含量不等的石英、白云母、蓝晶石和斜黧帘石,岩石中的金红石一般在 2% 以下。镜下石榴子石粒状集合体定向分布,并与硬玉质绿辉石及其他矿物一起构成片麻理。

硬玉质绿辉石在手标本上呈蛋青色,在镜下无色,中突起,多较自形,并可见包裹石榴子石。硬玉质

表 2 莒蒲—碧溪岭地区榴辉岩相岩石中石榴子石的电子探针分析结果(%)

Table 2 Electronic microprobe analyses (%) of garnet from eclogite facies rocks in Changpu—Bixiling area

岩系	岩石名称	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	MnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
浅色榴辉岩	含石英蓝晶石浅色榴辉岩	Cp3-6	39.82	0.01	22.68	0.08	0.17	17.11	9.23	11.65	0.38	0.04	0.03	0.00	101.21
	含白云母蓝晶石浅色榴辉岩	Cp3-10	39.14	0.05	22.61	0.02	0.00	16.60	9.45	11.49	0.33	0.00	0.05	0.00	99.74
	含石英浅色榴辉岩	Cp3-22 (in Om)	38.43	0.06	22.30	0.10	0.00	21.50	8.56	8.51	0.55	0.02	0.00	0.01	100.05
	含石英浅色榴辉岩	Cp3-22	38.74	0.02	22.10	0.08	0.16	18.40	7.11	12.47	0.50	0.11	0.06	0.01	99.73
	浅色榴辉岩	Cp5-10	37.41	0.11	21.73	0.00	0.17	21.55	4.81	13.60	4.81	0.00	0.02	0.00	99.72
	含白云母蓝晶石浅色榴辉岩	Cp9-3	39.76	0.05	22.97	0.04	0.02	16.72	12.40	8.31	0.37	0.02	0.01	0.00	100.67
	硬玉石榴子石岩	Cp9-9	40.55	0.15	23.14	0.08	0.00	14.42	11.50	10.83	0.23	0.01	0.07	0.00	100.99
深色榴辉岩	深色榴辉岩	Cp3-15	38.10	0.04	21.46	0.07	0.42	27.07	5.75	6.81	0.42	0.00	0.04	0.01	100.18
	闪石化深色榴辉岩	Cp3-17	39.50	0.12	21.91	0.00	0.55	21.98	7.43	9.05	0.33	0.00	0.02	0.00	100.89
	深色榴辉岩	Cp3-18	37.66	0.07	21.27	0.00	0.65	27.39	5.18	7.68	0.32	0.00	0.01	0.00	100.22
	深色榴辉岩	Cp4-6	38.22	0.13	20.26	0.01	2.12	27.72	4.76	7.39	0.32	0.00	0.03	0.00	100.99
	深色榴辉岩	Cp4-6 (边)	38.14	0.05	20.68	0.00	1.50	27.58	4.85	7.15	0.42	0.02	0.08	0.00	100.47
	深色榴辉岩	Cp4-6 (中心)	37.87	0.07	21.24	0.04	0.39	27.10	5.24	7.01	0.39	0.00	0.01	0.03	99.40
	含石英深色榴辉岩	Cp5-9	37.17	0.12	21.64	0.00	0.12	21.57	4.52	13.75	0.33	0.00	0.05	0.00	99.28
	含石英深色榴辉岩	Cp3-14	39.22	0.07	22.09	0.06	0.30	20.94	7.26	10.43	0.27	0.00	0.06	0.00	100.72
	含石英深色榴辉岩	Cp3-20	38.20	0.07	21.46	0.00	0.71	26.53	5.44	8.06	0.45	0.09	0.04	0.00	101.05
	含石英深色榴辉岩	Cp3-20	37.58	0.07	21.68	0.01	0.00	26.41	5.39	7.97	0.46	0.05	0.04	0.00	99.66
	闪石化含石英深色榴辉岩	Cp5-3	37.77	0.21	21.09	0.00	0.78	24.86	3.10	12.26	0.44	0.03	0.04	0.00	99.13
	硬玉石英岩	Cp3-4	39.63	0.01	22.18	0.04	0.56	18.86	8.61	10.25	0.48	0.09	0.06	0.00	100.79

注:电子探针分析在中国科学院地质与地球物理研究所完成。

绿辉石粒度 0.5~4 mm。一组柱面解理,横截面两组解理。干涉色一般为一级橙,最高达二级蓝。硬玉质绿辉石化学成分(表 3)投影范围明显位于绿辉石区内靠近硬玉端员区域, $Jd=45\sim 65$, $Ae=0\sim 5$, $Wef=35\sim 55$ (图 4b 中 c 区)。在硬玉质绿辉石边部发育不同程度的由细粒闪石和钠长石组成的次生冠状体。在硬玉质绿辉石中可见柯石英的膨胀结构。

浅色榴辉岩中的石榴子石在手标本上呈淡粉色,在镜下无色。并多表现为形态不规则的带裂纹的定向的重结晶粒状集合体。石榴子石的化学成分(表 2)投影有独立的范围。 $Py=25\sim 45$, $Alm+Spe=30\sim 45$, $Gro+And+Ura=20\sim 35$ (图 4a 中的 c 区)。

蓝晶石呈自形板状,两组解理,淡黄白色,干涉色一级黄白,自形板状。 $2V(-)=82^\circ$, $C\wedge Ng=2^\circ$ (据 Cp3-22 测定)。可见蓝晶石穿切或包裹石榴子石、硬玉质绿辉石。

白云母自形、板状,定向排列,与蓝晶石、斜黝帘石平直接触。

斜黝帘石无色,中突起宽板柱状,干涉色一级灰,具墨水蓝色异常干涉色。在宽板柱状斜黝帘石中有石榴子石、硬玉质绿辉石包裹体。

岩石中副矿物有锆石、金红石、磷灰石、黄铁矿

等。锆石近等轴粒状,颜色单一,晶棱圆钝、模糊。晶体内层表面凹坑、凹槽发育。晶内有尘点状金红石包体,但晶体外层表面光洁如镜,表现重结晶特点。

(2) 白云母蓝晶石岩、含硬玉质绿辉石石榴子石岩:主要分布于碧溪岭地区,呈数厘米至数十厘米厚的层状夹于浅色榴辉岩中。

白云母蓝晶石岩风化面黑灰色,新鲜面淡蓝灰色,片状。含硬玉质绿辉石石榴子石岩层状,手标本呈块状,浅褐红色。这几类岩石的矿物量统计见表 1。岩石中的硬玉质绿辉石成分见表 3,其成分特点与浅色榴辉岩中硬玉质绿辉石相同(图 4b 中的 c 区)。硬玉质绿辉石由于后期退化变质作用影响,不同程度地变为闪石与石英的细粒共生体。蓝晶石生长在残留的硬玉质绿辉石的边部,并可见斜切硬玉解理,穿入硬玉内部。硬玉和蓝晶石均发育细粒共生体组成的次变边。

含硬玉质绿辉石石榴子石岩粒状变晶结构。石榴子石无色,有少量硬玉质绿辉石和白云母。其成分与浅色榴辉岩中的石榴子石落入同一区域(图 4a 中的 c 区)。石榴子石 $Pyr=25\sim 45$, $Alm+Spe=30\sim 45$, $Gro+And+Ura=20\sim 35$ 。

2.2 深色榴辉岩系列

该系列包括深色榴辉岩和石英深色榴辉岩。主要发育于碧溪岭—小南山岭一带,少量呈布丁状透镜体发育在土桥冲—菖蒲水电站一带大理岩中。为方便起见将绿辉石岩与石榴橄榄岩在此一并叙述。

(1) 深色榴辉岩:呈层状,岩石块状,往往与石榴橄榄岩空间上密切伴生。在深色榴辉岩中可见不同粒度、不同含量石榴子石与绿辉石组成的成分层(图版 I-2, Cp4-6¹)。深色榴辉岩岩石新鲜面呈带褐红色调的墨绿色。主要矿物为石榴子石、绿辉石、金

红石。在强烈糜棱岩化的地段,岩石中的绿辉石粒化并退变改造为闪石与长石的细粒交生体。仅少量的绿辉石与石榴子石呈残斑状的多晶集合体。岩石明显变细,在野外我们称其为细粒榴辉岩。

深色榴辉岩的矿物量统计见表 1。

在镜下,石榴子石淡粉色,表面发育裂纹。常呈多晶集合体定向分布,其成分见表 2。石榴子石 $\text{Pyr} = 17 \sim 25$, $\text{Alm} + \text{Spe} = 60 \sim 70$, $\text{Gro} + \text{And} + \text{Ura} = 18 \sim 25$ (图 4a 中的 a 区)。

镜下绿辉石淡绿色,干涉色一级黄白—二级蓝。沿石榴子石的裂纹可见较细粒自形的绿辉石生长。并可见较大颗粒的绿辉石包裹较小颗粒的石榴子石。在同等退变作用下,绿辉石更易发生退化变质作用。在绿辉石周围形成闪石与长石的细粒次变边,直至全部退变为闪石与长石的细粒交生体。绿辉石成分特征见表 3。 $\text{Jd} = 20 \sim 35$, $\text{Ae} = 12 \sim 18$, $\text{Wef} = 55 \sim 70$ (图 4b 中的 a 区)。

深色榴辉岩中的副矿物有锆石、磷灰石、金红石、黄铁矿等。锆石浅粉黄色,晶形呈不规则的近等轴状,自形程度差,偶见自形晶体。晶面多不平坦,晶棱不规则,晶内有少量的金红石包体。深色榴辉岩中的金红石含量可达 9% 以上,多高于 2%。金红石呈深红色,半透明,近等轴不规则粒状。

(2) 石英深色榴辉岩:在碧溪岭,同一厚层的底部向上,由深色榴辉岩渐变为石英深色榴辉岩,石英含量由 0% 增大到 8%,同时,石榴子石与绿辉石的颜色亦变淡。其矿物化学成分也有明显的区别。石英深色榴辉岩中石榴子石 $\text{Pyr} = 10 \sim 30$, $\text{Alm} + \text{Spe} = 50 \sim 60$, $\text{Gro} + \text{And} + \text{Ura} = 25 \sim 40$ (图 4a 中的 b 区)。绿辉石的 $\text{Jd} = 35 \sim 42$, $\text{Ae} = 3 \sim 15$, $\text{Wef} = 50 \sim 60$ (图 4b 中的 b 区),投影范围介于浅色榴辉岩硬玉质辉石成分区与深色榴辉岩绿辉石成分区之间。其他矿物特点与深色榴辉岩相同。

(3) 绿辉石岩:见于撞钟道班南 400 m 处。绿辉石岩与深色榴辉岩、石榴橄榄岩共生。岩石灰绿色,块状。绿辉石 91.85%,退变次生闪石 4.6%,石英 3.35%,等粒粒状变晶结构。绿辉石淡绿色至近无色。绿辉石成分见表 3。其成分投影与石英深色榴辉岩中绿辉石范围相近(图 4b 中的 b 区)。

(4) 石榴橄榄岩:石榴橄榄岩呈层状,其层面与深色榴辉岩和谐一致。在石榴橄榄岩中有深色榴辉岩的包体。石榴橄榄岩深灰色,块状,致密。由于受退化变质作用的影响,不同程度的蛇纹岩化,因而表面呈灰白色。岩石细粒粒状变晶结构,主要矿物为橄

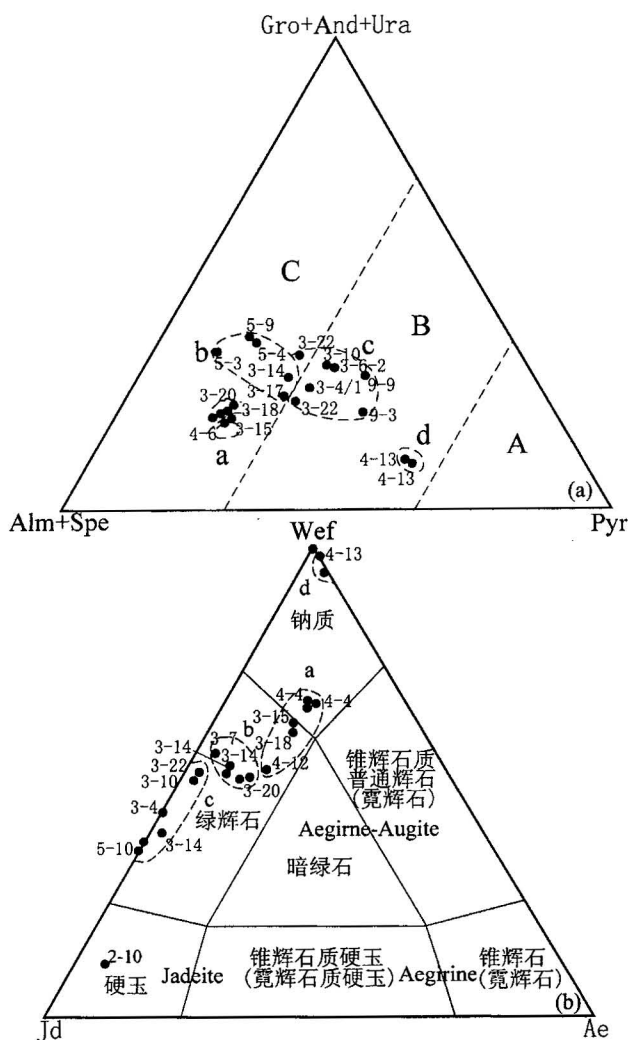


图 4 浅色榴辉岩与深色榴辉岩主要矿物成分特征

Fig. 4 Compositional characteristics of main minerals from light and dark coloured eclogites

(a)—石榴子石成分三角图;(b)—辉石成分三角图;a—深色榴辉岩;b—石英深色榴辉岩;c—浅色榴辉岩;d—石榴橄榄岩;图中数字为样品号

(a)—Triangular compositional diagram of garnet;(b)—triangular compositional diagram of pyroxene;a—dark coloured eclogite;b—quartz dark coloured eclogite;c—light coloured eclogite;d—garnet peridotite;The numbers in the diagram are the sample No. s

表 3 蓆蒲—碧溪岭地区榴辉岩相岩石中辉石的电子探针分析结果(%)

Table 3 Electronic microprobe analyses (%) of omphacite from eclogite facies rocks in Changpu—Bixiling area

岩系	岩石名称	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	MnO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
浅色榴辉岩	含白云母蓝晶石浅色榴辉岩	Cp3-10	56.22	0.00	11.71	0.03	1.08	0.98	8.98	13.51	0.02	0.02	7.10	0.00	99.63
	含石英浅色榴辉岩	Cp3-22	55.73	0.09	11.35	0.19	0.99	2.05	8.75	13.48	0.00	0.09	6.84	0.00	99.56
	浅色榴辉岩	Cp5-10	56.84	0.00	15.16	0.05	0.97	1.33	6.74	10.48	0.06	0.02	8.85	0.04	100.53
	含白云母蓝晶石浅色榴辉岩	Cp9-3	56.29	0.09	10.49	0.05	0.00	2.62	9.81	14.38	0.03	0.00	6.20	0.03	99.98
	浅色榴辉岩	Cp9-4	56.42	0.00	9.95	0.04	0.00	2.24	10.03	14.78	0.00	0.02	5.99	0.00	99.46
深色榴辉岩	深色榴辉岩	Cp3-15	55.38	0.08	5.33	0.00	5.56	3.59	9.83	15.79	0.00	0.03	5.36	0.03	100.98
	闪石化深色榴辉岩	Cp3-17	56.65	0.08	8.81	0.06	1.21	3.21	9.54	14.22	0.03	0.00	6.33	0.01	100.16
	深色榴辉岩	Cp3-18	55.15	0.00	5.18	0.00	5.81	3.68	9.41	15.36	0.04	0.00	5.56	0.00	100.82
	深色榴辉岩	Cp4-6-1	54.98	0.03	3.97	0.00	5.56	5.25	9.92	16.40	0.01	0.00	4.71	0.00	100.83
	深色榴辉岩	Cp4-6-2	54.86	0.05	3.98	0.02	5.40	5.16	9.99	16.57	0.04	0.00	4.59	0.04	100.70
	含石英深色榴辉岩	Cp5-9	55.65	0.00	10.51	0.01	3.25	2.02	8.54	13.72	0.04	0.00	6.84	0.00	100.57
	含石英深色榴辉岩	Cp3-14	56.17	0.08	9.86	0.00	2.90	1.70	9.19	14.01	0.00	0.05	6.71	0.01	100.70
	含石英深色榴辉岩	Cp3-20-4	55.79	0.07	8.71	0.00	4.45	3.71	8.13	12.49	0.00	0.00	7.02	0.00	100.38
	含石英深色榴辉岩	Cp3-20-2	55.44	0.06	8.87	0.00	4.00	3.76	7.96	12.44	0.00	0.00	7.00	0.00	99.54
	闪石化含石英深色榴辉岩	Cp5-3	54.27	0.03	8.47	0.00	4.82	2.35	8.60	14.30	0.00	0.05	6.21	0.03	99.13
	绿辉石岩	Cp4-12	52.65	0.02	6.96	0.03	7.18	0.00	11.24	17.87	0.00	0.02	4.62	0.00	100.63
硬玉石英岩	蓝晶硬玉石英岩	Cp3-4	57.25	0.02	13.40	0.01	0.00	2.64	7.62	11.11	0.00	0.00	8.19	0.00	100.24
	硬玉石英岩	Cp2-10	58.81	0.11	19.58	0.00	2.04	2.71	1.64	2.25	0.05	0.02	13.33	0.01	100.56

注:电子探针分析在中国科学院地质与地球物理研究所完成。

表 4 蓆蒲—碧溪岭地区榴辉岩相岩石及相关岩石主量元素化学成分(%)

Table 4 Chemical compositions (%) of major elements of eclogite facies rocks in Changpu—Bixiling area

岩系	岩石名称	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	H ₂ O ⁺	CO ₂
浅色榴辉岩	含石英蓝晶石浅色榴辉岩	Cp3-6	51.53	0.85	17.9	2.83	5.01	0.16	6.74	11.93	2.72	0.02	0.18	0.06	0.18
	含白云母蓝晶石浅色榴辉岩	Cp3-10	50.72	0.93	17.92	20.50	6.63	0.20	7.51	8.73	2.06	1.80	0.23	1	0.18
	含石英浅色榴辉岩	Cp3-22	51.39	1.0	17.97	2.24	5.91	0.18	5.83	11.45	2.89	0.04	0.26	0.24	0.28
	浅色榴辉岩	Cp5-10	48.3	1.00	19.65	1.4	7.85	0.13	5.45	0.31	3.53	0.80	0.08	0.54	0.37
	含白云母蓝晶石浅色榴辉岩	Cp9-3	45.99	0.50	20.30	2.68	5.77	0.21	8.65	9.25	2.28	1.04	0.04	1.88	0.18
	浅色榴辉岩	Cp9-4	45.97	0.42	23.51	2.55	4.19	0.16	6.94	11.03	2.03	1.33	0.04	1.48	0.37
	退变白云硬玉岩	Cp9-1	50.71	0.20	19.30	4.50	0.48	0.10	7.49	6.05	2.72	3.51	0.33	3.02	0.83
	白云母蓝晶石浅色榴辉岩	Cp9-6	46.32	0.35	24.03	2.43	2.82	0.12	6.05	12.66	1.84	0.98	0.03	1.64	0.46
	硬玉石榴子石岩	Cp9-9	40.79	0.06	22.35	3.42	11.26	0.32	11.09	9.98	0.23	0.15	0.03	0.42	0.37
深色榴辉岩	深色榴辉岩	Cp3-15	43.44	2.64	13.67	6.19	13.78	0.24	7.1	9.60	2.05	0.03	0.14	0.54	0.46
	闪石化深色榴辉岩	Cp3-17	42.74	1.04	18.77	4.60	14.14	0.30	7.36	9.10	1.20	0.06	0.03	0.60	0.18
	深色榴辉岩	Cp3-18	44.06	2.59	13.76	6.77	2.29	0.25	6.57	10.16	2.27	0.03	0.13	0.12	0.37
	深色榴辉岩	Cp4-6	43.54	2.87	13.25	8.32	12.51	0.23	6.91	10.13	1.79	0.06	0.06	0.40	0.28
	含石英深色榴辉岩	Cp5-9	46.63	1.79	14.40	2.34	9.96	0.20	6.29	12.96	3.12	0.14	0.16	0.70	0.64
	含石英深色榴辉岩	Cp3-14	47.53	1.18	16.76	3.53	12.05	0.24	7.14	9.39	1.82	0.08	0.03	0.30	0.18
	含石英深色榴辉岩	Cp3-20	49.11	2.68	14.15	4.45	11.91	0.26	5.51	8.74	2.47	0.07	0.23	0.18	0.09
	闪石化含石英深色榴辉岩	Cp5-3	45.19	1.30	12.74	4.89	11.15	0.23	4.48	12.98	1.41	0.10	0.32	1.18	3.95
硬玉石英岩	绿辉石岩	Cp4-12	56.32	0.08	9.61	3.49	1.44	0.04	9.60	13.09	5.89	0.03	0.01	0.20	0.37
	蓝晶硬玉石英岩	Cp3-4	64.09	0.82	15.35	1.93	4.01	0.12	3.08	7.75	1.40	0.06	0.4	0.52	0.37
	硬玉石英岩	Cp2-10	70.81	0.67	11.86	2.85	2.25	0.05	2.05	1.42	5.33	0.71	0.12	0.76	0.55
	蓝晶白云母石英岩	Cp2-11	61.25	0.60	15.53	1.86	3.43	0.09	3.73	5.38	3.11	2.55	0.07	1.16	1.10
大理岩	退变硬玉石英岩	Cp5-7	71.54	0.52	12.35	1.65	2.66	0.07	1.97	2.14	5.48	0.72	0.05	0.78	0.18
	白云母大理岩	Cp5-2	16.03	0.19	3.88	0.54	1.35	0.03	3.19	39.82	0.43	1.08	0.11	1.38	30.33
大理岩	含白云母大理岩	Cp2-1	11.67	0.16	2.98	0.24	1.26	0.03	1.37	45.16	0.44	0.57	0.12	0.86	34.56

榄石+斜方辉石+单斜辉石+石榴子石及次生的蛇纹石。橄榄石 55%，单斜辉石 20%，石榴子石 20%，磁铁矿少量。橄榄石无色，高突起，解理不显著，裂纹发育。二级黄干涉色。在橄榄石的裂纹发育蛇纹

石。橄榄石 $2V(+) = 82^\circ \sim 84^\circ$ 。石榴橄榄岩中石榴子石的 $Pyr = 57 \sim 63$, $Alm + Spe = 25 \sim 28$, $Gro + And + Ura = 10 \sim 13$ (图 4a 中的 d 区)。绿辉石的 $Jd = 0$, $Ae = 0 \sim 5$, $Wef = 95 \sim 100$ (图 4b 中的 d 区)。

2.3 硬玉石英岩和蓝晶硬玉质绿辉石石英岩

硬玉石英岩淡蓝灰色,中粒片麻状构造,呈数米厚的层状。在土桥冲至菖蒲水电站一带呈轴向北北西向的紧闭复杂褶皱。硬玉石英岩与大理岩及少量浅色榴辉岩、石英深色榴辉岩共生。其矿物量统计见表1。硬玉石英岩主要由硬玉、石英组成。可有少量白云母和石榴子石。

硬玉在手标本上为蛋青色,镜下无色,0.5~4 mm。 $2V(+)=68^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。 $C\wedge Ng=34^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。其矿物成分特点见表3。硬玉石英岩的硬玉落入典型硬玉成分区(图4b)。在镜下,硬玉表面有裂纹。由于后期退化变质作用影响,在硬玉和石英之间出现闪石与长石的细粒交生次变边(图版I-3, Cp2-10)。随着退化变质强度的增加,残余的硬玉变小,直至硬玉全部消失,完全变为闪石与长石的细粒交生体与石英。而随着进一步退化变质作用,细粒闪石可聚合生长成粒度较大的板状形态的角闪石。进一步则转变为黑云母,形成类似于闪石与长石交生体结构的定向排列的黑云母+长石交生体。相当一部分与硬玉石英岩共生的黑云母片麻岩是通过此种方式形成的。

在硬玉石英岩中,可有少量石榴子石。在镜下无色,表面多有裂纹,呈不规则状它形粒状集合体产于硬玉与石英之间。

硬玉质绿辉石石英岩主要分布于碧溪岭地区,呈数厘米至数十厘米厚的层状夹于浅色榴辉岩中。硬玉质绿辉石石英岩(Cp3-4)呈带淡蓝色调的灰白色,片状。与硬玉石英岩不同的是,此类岩石中辉石成分为硬玉质辉石。在手标本上硬玉质辉石为蛋青色,镜下无色,0.5~4 mm。 $2V(+)=68^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。 $C\wedge Ng=34^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。其矿物成分特点见表3。硬玉质辉石落入靠近硬玉端员的绿辉石成分区(图4b)。这与浅色榴辉岩中的硬玉质绿辉石落入靠近硬玉端员的绿辉石区内的特点一致。

2.4 大理岩

大多为不纯的大理岩,主要发育于土桥冲—菖蒲水电站一带,在碧溪岭西北坡的王家大屋和电视塔一带也有出露。大理岩白色,粒状变晶结构,块状。与硬玉石英岩共生。主要矿物为方解石、石英、石榴子石、绿辉石和橄榄石。次生矿物有角闪石、蛇纹石、斜长石等。大理岩层状构造,表现出微成分层。微成分层由方解石层、绿辉石层及橄榄岩层组成。绿辉石无色至微绿色,中突起,干涉色一级黄橙。绿辉石在次生退化变质作用中形成由闪石与斜长石组成的定向交生结构。副矿物常见有榍石、金红石等。其微成

分层中石榴子石无色,其成分与石英深色榴辉岩中的石榴子石成分相同(Cp5-4)。大理岩的矿物量统计见表1。

2.5 两种榴辉岩的关系

通过较详细的岩石学研究表明,安徽岳西菖蒲地区发育两种榴辉岩系列或类型:浅色榴辉岩和深色榴辉岩。这种现象广泛见于西大别(湖北)、苏鲁以及 Dora Maira 地区(Schrelyer, 1998)。碧溪岭地区的两种榴辉岩有以下特点:

(1) 两种榴辉岩均呈层状,层面和谐一致。在碧溪岭地区,浅色榴辉岩出露面积占 90%,深色榴辉岩占 10%。

(2) 浅色榴辉岩夹有蓝晶硬玉质绿辉石石英岩、白云母蓝晶石岩、蓝晶白云母石英岩、含硬玉质绿辉石石榴子石岩等岩石的薄层。深色榴辉岩与石英深色榴辉岩、石榴橄榄岩伴生。

(3) 两种榴辉岩系列的主要矿物石榴子石、绿辉石有明显不同的特点。浅色榴辉岩中的石榴子石手标本淡粉色,镜下无色。绿辉石手标本中蛋青色,镜下无色, $2V(+)=68^{\circ}\sim 72^{\circ}$, $C\wedge Ng=33^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。而深色榴辉岩中石榴子石在手标本中褐红色,镜下淡粉色。手标本中绿辉石翠绿色,镜下淡绿色, $2V(+)=61^{\circ}\sim 68^{\circ}$, $C\wedge Ng=39^{\circ}\sim 42^{\circ}$ 。两种榴辉岩的主要矿物石榴子石、绿辉石在矿物成分投影图中有明显不同的成分范围。

(4) 两种榴辉岩有不同的矿物组合。浅色榴辉岩除硬玉质绿辉石、石榴子石外,还有蓝晶石、白云母。锆石 0.5~2.7 g/T,金红石 310~450 g/T;深色榴辉岩除绿辉石、石榴子石外,有少量的石英。锆石极少,金红石 2850 g/T。

3 榴辉岩相岩石地球化学特征与原岩性质

菖蒲地区岩石地球化学成分由国家地质实验中心测定。各类岩石的地球化学测定结果见表4。硬玉石英岩、浅色榴辉岩类、深色榴辉岩类、大理岩四类岩石既表现出独具特色的地球化学特点,又表现出一定的过渡性质。

3.1 硬玉石英岩和蓝晶硬玉质绿辉石石英岩

硬玉石英岩的 SiO_2 61%~71%, K_2O/Na_2O 0.13~0.81, Al_2O_3 11.86%~15.53%, TiO_2 0.52%~0.82%。轻稀土明显富集,明显的负铕异常,呈右倾型的稀土配分模式(图5a),显示出明显的沉积岩的特点。在微量元素蛛网图上,显示出强烈

的 V 字型 K 异常图形特征(图 6a)。

而与浅色榴辉岩共生的蓝晶硬玉质绿辉石石英

岩(Cp3-4) SiO_2 64.09%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 0.043, Al_2O_3 15.35%, TiO_2 0.82%。轻稀土明显富集,但无明显

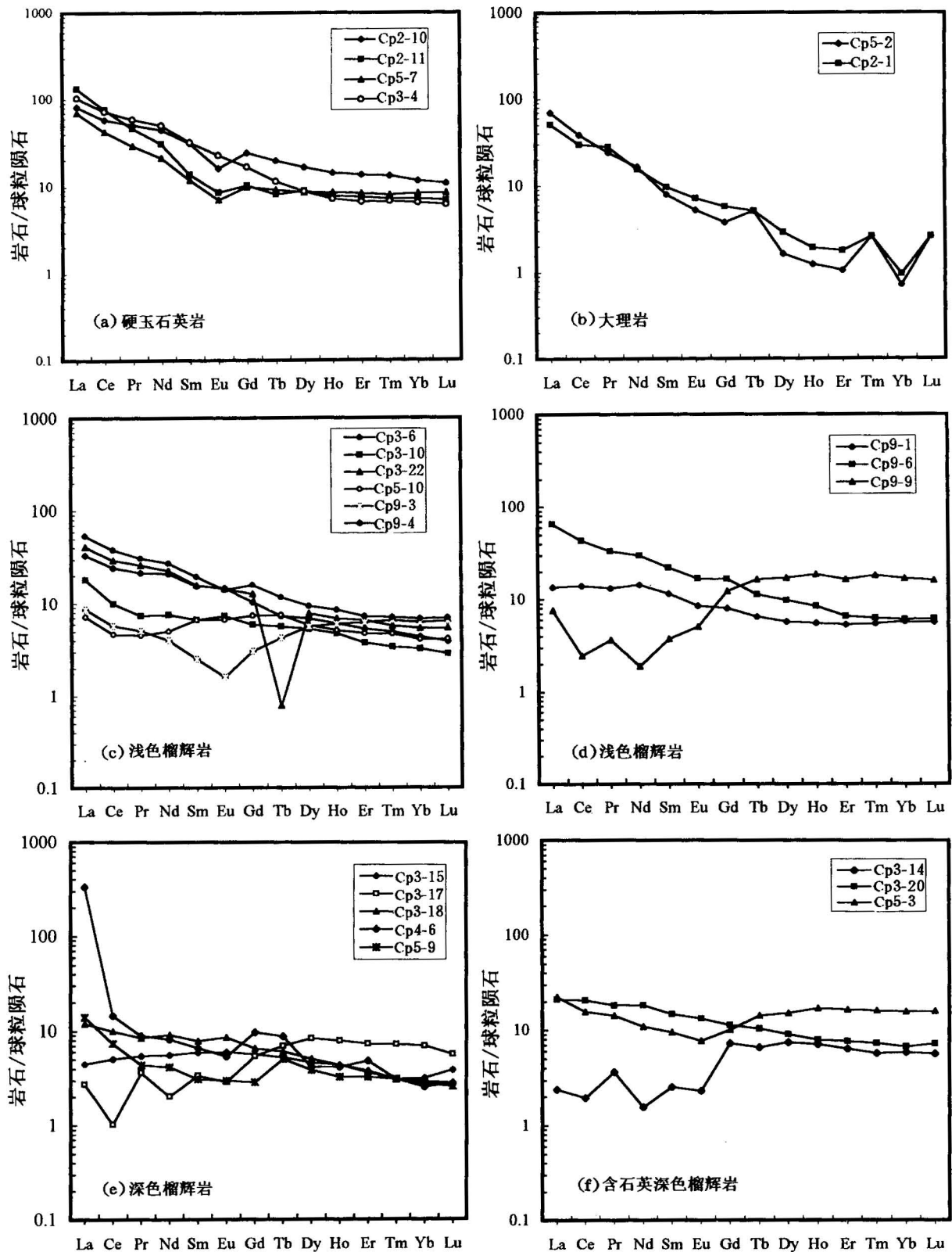


图 5 菖蒲—碧溪岭地区超高压变质岩 REE 配分模式图(采用 Masuda A 球粒陨石标准化值)

Fig. 5 REE patterns of UHP rocks from Changpu-Bixiling area (using Masuda A values)

的负钕异常,呈平缓右倾型的稀土配分模式。

3.2 浅色榴辉岩系列

浅色榴辉岩 SiO_2 45.97%~51.53%, $\text{K}_2\text{O}/$

Na_2O 0.007~0.87, Al_2O_3 17.90%~23.51%,
 TiO_2 0.42%~1.00%。浅色榴辉岩轻稀土略有富集,
弱负钕异常至无负钕异常,呈缓右倾型稀土配分

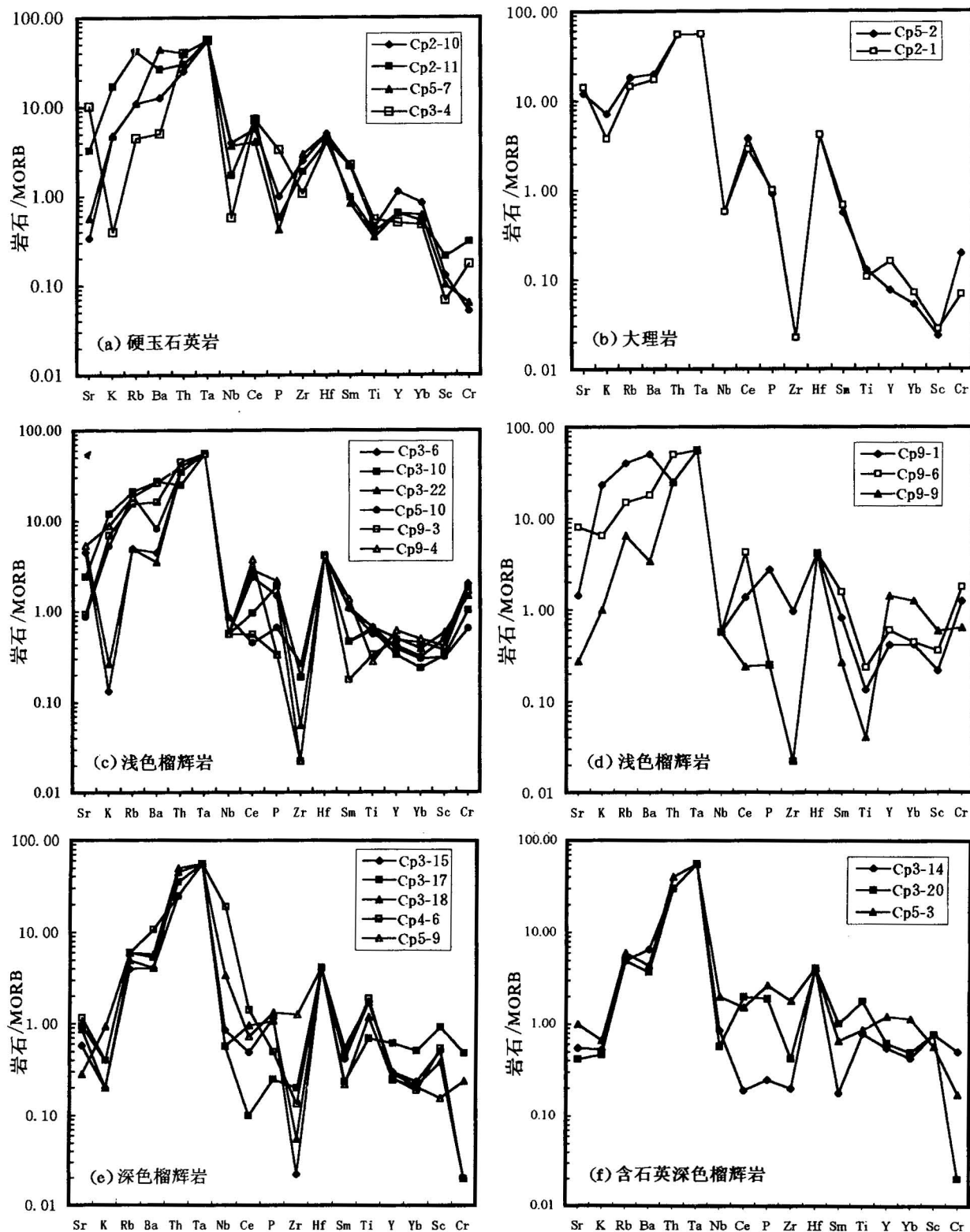


图6 菖蒲—碧溪岭地区超高压变质岩微量元素蛛网图

Fig. 6 Trace element spider diagrams of UHP rocks in Changpu—Bixiling area

模式(图 5c),显示一定沉积特点。在微量元素蛛网图上,显示强烈 W 字型 K 和 Ti 异常图形特征(图 6c)。

白云母蓝晶石岩、蓝晶白云母石英岩、含硬玉质绿辉石石榴子石岩的 SiO_2 40.79%~50.71%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 0.53~1.29, Al_2O_3 19.30%~24.03%, TiO_2 0.06%~0.35%。轻稀土中等富集,无明显的负铕异常,呈平缓右倾型的稀土配分模式(图 5d),也显示出明显的沉积岩特点。在微量元素蛛网图上,显示出强烈的 V 字型 K 异常图形特征(图 5d),其特点与硬玉石英岩此项特点一致。

3.3 深色榴辉岩系列

石英深色榴辉岩的 SiO_2 45.19%~49.11%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 0.028~0.07, Al_2O_3 12.74%~16.76%, TiO_2 1.18%~2.68%。石英深色榴辉岩的轻稀土略有富集,弱负铕异常至无负铕异常,呈缓右倾型的稀土配分模式(图 5f)。显示出一定沉积特点。在微量元素蛛网图上,显示出弱的 Rb 异常和强烈的 Ti 异常,呈 W 图形特征(图 6f)。

深色榴辉岩的 SiO_2 42.47%~46.63%,比石英深色榴辉岩的 SiO_2 更低。 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 0.013~0.05, Al_2O_3 13.25%~18.77%, TiO_2 1.04%~2.87%。深色榴辉岩基本无轻稀土富集的特点,亦无负铕异常,呈平坦的稀土配分模式(图 5e)。显示出基性火山岩典型的稀土配分的特点。在微量元素蛛网图上,显示出弱的 Rb 异常和强烈的 Ti 异常,呈 W 图形特征(图 6e),与深色石英榴辉岩此项特点一致。

与浅色榴辉岩相比,深色榴辉岩类的 SiO_2 要低, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值明显要高, Al_2O_3 明显要低, TiO_2 明显要高,这与深色榴辉岩类含大量金红石的特点吻合。与深色榴辉岩相比,石英深色榴辉岩的轻稀土略有富集,弱负铕异常至无负铕异常,呈缓右倾型的稀土配分模式,显示出有一定量沉积物质加入的特点。

3.4 大理岩

大理岩 SiO_2 11.67%~16.03%, Al_2O_3 2.98%~3.88%, CaO 39.82%~45.16%, CO_2 30.33%~34.56%。大理岩的轻稀土明显富集,无负铕异常,在重稀土部分存在负异常。总体上呈缓右倾型的稀土配分模式(图 5b)。在微量元素蛛网图中,存在 Rb、K、Zr、Y 负异常(图 6b)。

3.5 超高压榴辉岩相变质岩原岩类型

除依据上述各类超高压榴辉岩相岩石的野外地质特点、岩石组合、矿物组合和副矿物特点所表现的

原岩属性特征外,在常量元素的地球化学 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 - \text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O} - \Sigma$ 原岩恢复图解上(图 7a),硬玉石英岩的原岩成分投影落在复矿物砂岩、粉砂岩区;浅色榴辉岩及退变的白云硬玉岩、硬玉石榴子石岩的投影点落入或靠近碳酸岩质粘土和含铁粘土区以及富钠质泥质粉砂岩区;在常量元素的地球化学 $(\text{Al} + \text{Fe} + \text{Ti}) - (\text{Ca} + \text{Mg})$ 原岩恢复图解上(图 7b),硬玉石英岩的原岩落入到粘土、泥岩、粉砂岩、长石砂岩和泥灰质砂岩区;5 件浅色榴辉岩的原岩投影点,有 3 件落入中性火成岩及砂泥质杂砂岩和泥质凝灰岩区,两件落入基性岩的最大集中区和基性岩变种区;深色榴辉岩、深色石英榴辉岩的原岩落入基性岩的最大集中区和基性岩变种区。

综合上述野外地质特点、岩石组合、矿物组合、岩石化学和地球化学所表现的原岩特点,硬玉石英岩和硬玉质绿辉石石英岩的原岩主要为富钠质泥质粉砂岩,可能还含微量的凝灰质物质;浅色榴辉岩的原岩为基性火山凝灰岩,白云母硬玉质绿辉石岩、白云母蓝晶石岩的原岩为泥质岩;深色石英榴辉岩的原岩为基性凝灰质火山熔岩,深色榴辉岩原岩为基性火山熔岩;大理岩的原岩为灰岩。

4 结论与讨论

4.1 两类榴辉岩和超高压榴辉岩相变质岩特点

该区发育的层状浅色榴辉岩和层状深色榴辉岩两种榴辉岩在岩石组合、矿物组合、矿物成分等方面有明显差别。浅色榴辉岩由硬玉质绿辉石(Jd60~80)、+较富镁铝端元成分石榴子石(Pyr 40~50)+蓝晶石+多硅白云母+石英及次生的角闪石、绿帘石组成。浅色榴辉岩中夹有硬玉质绿辉石石英岩、白云母蓝晶石岩、石榴子石岩和硬玉石榴白云片岩等岩石薄层。深色榴辉岩由绿辉石(Jd 50~20)+富钙铁端元的石榴子石(Pyr 5~30)+石英+金红石及次生的角闪石、长石组成。深色榴辉岩与石榴橄榄岩分布上紧密相随。浅色榴辉岩的原岩为含有基性火山凝灰质碎屑岩,相伴随的硬玉石英岩、硬玉岩、白云片岩的原岩分别为泥质粉砂岩、泥质岩;深色榴辉岩的原岩为基性火山熔岩及有关的凝灰岩。大理岩的原岩为不纯的灰岩。石榴橄榄岩的原岩尚待研究。

4.2 超高压榴辉岩相变质岩带原岩建造

安徽岳西葛蒲地区出露两条北北西向超高压变质岩带:西带由硬玉石英岩(或黑云斜长片麻岩)、大理岩及少量的浅色榴辉岩、深色石英榴辉岩组成。其原岩建造主要为泥质粉砂岩、不纯灰岩等浅海相碎

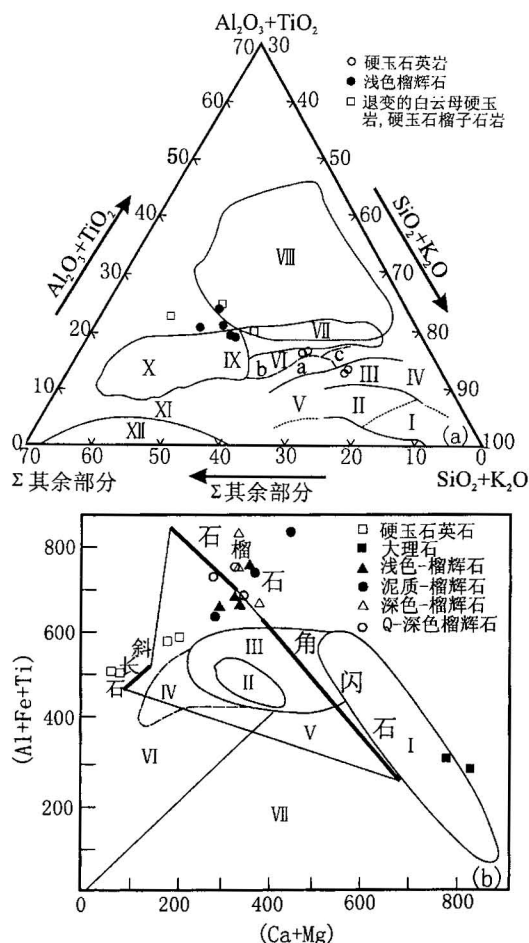


图 7 (a) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 - \text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O} - \Sigma$ 原岩恢复图解
(据涅洛夫, 1974) 和 (b) $\text{Al} + \text{Fe} + \text{Ti} - \text{Ca} + \text{Mg}$
原岩恢复图解 (据巴拉绍夫等, 1972)

Fig. 7 (a) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 - \text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O}$ diagram and
(b) $\text{Al} + \text{Fe} + \text{Ti} - \text{Ca} + \text{Mg}$ diagram

屑岩、碳酸盐岩沉积; 东带主要由层状的浅色榴辉岩系列和层状深色榴辉岩系列岩石组成。其原岩建造以基性火山凝灰岩为主, 夹一定量的基性火山熔岩、少量的泥质岩、泥质粉砂岩, 属火山沉积建造, 两者都可能是大别岩群的组成部分, 两者在层序上的关系有待研究。

4.3 榴辉岩中石榴子石成分受寄主岩石成分控制

本区研究表明, 在相同变质条件下, 榴辉岩岩石中的石榴子石、绿辉石成分主要受原岩成分控制。

本文得到常印佛院士、沈其韩院士、周云生总工程师、唐永成高级工程师、汤加富高级工程师等的大力支持; 董振信博士测定了岩石的矿物含量, 赵子然副研究员给予了许多帮助, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- 曹荣龙, 朱寿华, 1995. 安徽碧溪岭柯石英榴辉岩 U-Pb 与 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年代学研究. 地球化学, 22(4): 427~431.
- 程裕洪, 刘敦一, Williams I S, 简平, 庄育勋, 高天山. 2000. 大别山碧溪岭深色榴辉岩和片麻岩花岗质岩石 SHRIMP 分析—晋宁期高压—超高压变质作用同位素年代学依据. 地质学报, 74(3): 193~205.
- 韩宗珠, 袁启林, 盛士兴. 1989. 安徽岳西碧溪岭榴辉岩及其伴生石榴子石橄辉岩的岩石学和地球化学. 岩石学报, (4): 22~32.
- 胡世玲, 郝杰, 李曰俊. 1999. 大别山榴辉岩激光探针 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄. 地质科学, 34(4): 427~431.
- 李延和, 李金城, 朱鹤彬. 1997. 大别苏鲁地区榴辉岩的 He 同位素特征及其地质意义. 地球学报, 18(增刊): 77~79.
- 刘若新, 樊祺诚, 李惠民. 1995. 大别山碧溪岭石榴橄辉岩—榴辉岩体的原岩性质及同位素年代学的启示. 岩石学报, 11(3): 234~256.
- 肖益林, 傅斌, 李曙光. 1997. 大别山碧溪岭榴辉岩变质温度压力条件计算及氧同位素研究. 地球学报, 18(3): 318~323.
- 翟明国, 丛柏林, 赵中岩. 1991. 大别山榴辉岩带的高压硬玉石英岩块体及其地质意义. 科学通报, 37: 1013~1015.
- 张旗, 赵大升, 刘若新. 1993. 安徽岳西县碧溪岭—五河地区石榴橄辉岩—榴辉岩组合的原岩性质. 科学通报, 18(18): 1694~1697.
- 庄育勋. 1998. 大别山超高压变质岩组合中石榴硬玉石英岩及相关岩石的特征——陆壳成因岩石的证据. 中国地质, (4): 30~34.
- 庄育勋, 高天山, 汤加富. 2000. 安徽碧溪岭地区超高压变质地质演化. 安徽地质, 10(3): 166~172.

References

- Cao Ronglong, Zhu Shoushua. 1995. A U-Pb and $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ geochronological study of the Bixiling coesite-bearing eclogite from Anhui Province, China. Geochim., 22(2): 152~161 (in Chinese with English abstract).
- Carswell D A. 1990. Eclogite facies rocks. New York: Chapman and Hall.
- Chavagnac V, Jahn B M. 1996. Coesite-bearing eclogites from the Bixiling complex, Dabie Mountains, China: Sm-Nd ages, Geochemical characteristics and tectonic implications. Chemical Geology, 122: 337~358.
- Cheng Yuqi, Liu Danyi, Williams I S, Jian Ping, Zhuang Yuxun, Gao Tianshan. 2000. SHRIMP U-Pb dating of a dark eclogite and a garnet-bearing gneissic granitic rock from Bixiling, eastern Dabie area, Anhui Province: Isotope chronological evidence of Neoproterozoic UHP metamorphism. Acta Geologica Sinica (English Edition), 74(4): 748~756.
- Coleman R G, Lee D E, Beatty L B, Brannock W W. 1965. Eclogites and eclogites; their differences and similarities. Bull. Geol. Soc. Am., 76: 483~508.
- Escola P. 1921. On the eclogites of Norway. Videnskaps. Skrifter. I. Mat.-Naturv. Kl., (8).
- Han Zongzhu, Yun Qiling, Sheng Shixing. 1989. Petrology and geochemistry of Bixiling eclogite and associated garnet peridotite, Yuexi County, Anhui Province. Acta Petrologica Sinica, (4): 22~32 (in Chinese with English abstract).
- Hu Shiling, Hao Ji, Li Yuejun. 1999. Laser microprobe $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ age

- of eclogite in the Dabie Mountains. *Sci. Geol. Sin.*, 34(4):427~431 (in Chinese with English abstract).
- Li Yanhe, Li Jincheng, Song Hebin. 1997. He isotope of eclogite from the Dabie and Su-Lu region and its implication. *Acta Geologica Sinica*, 18(Supplement):77~79 (in Chinese with English abstract).
- Liou J G, Zhang R Y, Jahn B M. 1997. Petrology, geochemistry and isotope data on an ultrahigh-pressure jadeite from Shanghe, Dabie Mountains, East-central China. *Lithos.*, 41: 59~78.
- Liu Ruoxin, Fan Qicheng, Li Huiming. 1995. The nature of protolith of the Bixiling garnet peridotite-eclogite massif in the Dabie Mountains and implication of its isotope geochronology. *Acta Petro. Sin.*, 11(3):243~256 (in Chinese with English abstract).
- Winkler H G F. 1976. *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 4th edn. New York: Springer-Verlag.
- Zhai Mingguo, Cong Bolin, Zhao Zhongyan. 1991. High pressure jadeitic quartzite from Dabie eclogite belt and its geological implication. *Chinese Science Bulletin*, 37:1013~1015 (in Chinese).
- Zhang Qi, Zhao Dasheng, Liu Ruoxin. 1993. Protoliths of garnet-peridotite-eclogite complex in Bixiling—Wuhe, Yuexi County, Anhui Province. *Chinese Science Bulletin*, 18(18):1694~1697 (in Chinese).
- Zhuang Yuxun. 1998. The characteristics of garnet-jadeite quartzite and related rocks in the Dabie UHP metamorphic association—evidence of the continental origin of the rocks. *Chin. Geol.*, (4):30~34 (in Chinese).
- Zhuang Yuxun, Gao Tianshan, Tang Jiafu. 2000. Ultra-high pressure metamorphism and geological evolution in the Bixiling area, Anhui Province. *Geology of Anhui*, 10(3):166~172 (in Chinese).

图版说明

1. Cp5-1,产于含白云母大理岩中的含石英深色榴辉岩(Ec)和榴闪岩(Am)。
2. Cp4-6¹,深色榴辉岩中由不同粒度、不同含量的石榴子石(Gt)和绿辉石(Om)组成的成分层。单偏光,×12.5。
3. Cp2-10,硬玉石英岩中的硬玉(Jd)及由细粒闪石和长石组成的细粒交生次变边(Sy)。单偏光,×12.5。
4. 大别山碧溪岭榴辉岩相岩石剖面露头(潜水东水畈桥南公路边)(说明详见正文图2、3)。

Lithology and Protolith of HP-UHP Eclogite Facies Metamorphic Rocks and Relevant Rocks of the Changpu—Bixiling Area, Dabie Mountains

CHENG Yuqi¹⁾, ZHUANG Yuxun²⁾, GAO Tianshan³⁾, JIAN Ping¹⁾

1) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*; 100037

2) *China Geological Survey, Beijing*, 100029; 3) *Geological Survey of Anhui Province, Hefei*; 230001

Abstract

Two NNW-trending HP-UHP belts are found in the Changpu—Bixiling area, Yuexi County, Anhui Province. The western belt from Tuqiaochong to the Changpu Hydropower Station consists mainly of banded jadeite quartzite and marble with minor quartz-bearing dark eclogite and light-coloured eclogite, and the eastern one from Xiaolanshanling to Bixiling, banded light-coloured eclogite series and dark-coloured eclogite series. The two eclogite series in the area are different in their rock associations, mineral assemblages and mineral compositions. The light-coloured eclogite is interbanded with jadeitic omphacite quartzite, kyanite-rich rock, garnetite and jadeite-garnet-white mica schist. The light-coloured eclogite contains jadeitic omphacite (Jd 65~45) + garnet (Pyr + Gro, 60±) + kyanite ± phengite ± quartz, with secondary amphibole and epidote; whereas the dark-coloured eclogite is composed of omphacite (Jd 20~50) + almandine-rich garnet (Alm 50~60) + rutile ± quartz, with secondary amphibole, and the quartz dark-coloured eclogite, omphacite (Jd 40~45) + pyrope-rich garnet (Pyr 10~30) + quartz + rutile, with secondary amphibole and feldspar. In the field, the dark-coloured eclogite is closely associated with garnet peridotite. The protolith of the light-coloured eclogite is basic tuffaceous sediments, and those of the associated jadeite quartzite, jadeitite and white mica schist are siltstone, feldspar sandstone and muddy siltstone respectively. The protolith of the dark-coloured eclogite is basic tuffaceous lava. The protolith of marble is limestone. Besides, the chemical compositions of garnet and omphacite in eclogite facies rocks evidently depend on their protoliths under the same metamorphic conditions.

Key words: eclogite facies rocks; lithology; protolith; Dabie Mountains

