

青海都兰榴辉岩的发现及对中国中央造山带内 高压—超高压变质带研究的意义

杨经绥¹⁾ 许志琴¹⁾ 宋述光¹⁾ 吴才来¹⁾ 史仁灯¹⁾ 张建新¹⁾

万渝生¹⁾ 李海兵¹⁾ 金小赤¹⁾ Marc Jolivet²⁾

1) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

2) Department of Earth Sciences, University of Montpellier II, Montpellier, France

内容提要 在青海都兰北东 40 km 野马滩一带元古宙变质杂岩中, 新发现走向近东西的榴辉岩; 可分为南北两带, 北带宽约 5 km, 南带宽 3~5 km。北带榴辉岩相矿物组合为石榴石-绿辉石-多硅白云母-金红石, 它们的退变质矿物主要为角闪石及少量高钠的斜长石类。而南带峰期变质矿物为石榴石-绿辉石-蓝晶石-金红石-黝帘石(?), 退变质矿物中则出现大量高钠质斜长石。两带另一个明显的区别是北带铁铝榴石端元组分含量较南带的略高, 而镁铝榴石端元组分含量则略低。采用 Krogh(1988)的石榴石-单斜辉石温度计计算得到, 在压力为 1.5 GPa 时, 北带温度为 652~689 °C, 南带为 873~913 °C, 两带温度相差约 200 °C。矿物压力计计算得到北带榴辉岩的压力为 2.0~2.6 GPa, 而根据绿辉石-蓝晶石组合估测南带的压力值大于 2.0 GPa。都兰榴辉岩及其围岩的岩石矿物特征及形成温压与大柴旦及阿尔金且末一带的榴辉岩十分接近, 推断它们为同一条早古生代高压变质带, 并有可能与北秦岭、桐柏和大别—苏鲁出露的加里东期榴辉岩共同组成一条横贯东西的巨型高压—超高压带, 它们代表了中国南北板块早期的界线。

关键词 高压变质带 榴辉岩 都兰 柴达木盆地北缘

自在柴达木盆地北缘大柴旦附近发现榴辉岩后(杨经绥等, 1998; 中法合作“阿尔金—祁连”项目组, 1999)^①, 一个很重要的问题就是该榴辉岩的空间展布, 因为榴辉岩带的规模及产出特征对于探讨榴辉岩的形成和地质构造意义关系重大。为此, 我们对大柴旦榴辉岩可能延展的方向进行追索, 并新发现了一系列的榴辉岩的露头, 将该榴辉岩带延到 350 km 外的都兰北一带, 并与其东侧最新报道的沙柳河一带的榴辉岩(张雪亭等, 1999)相连。本文在研究该带榴辉岩的基础上, 结合其它榴辉岩的产出特点, 试图对我国中央造山带内的高压—超高压变质带(王鸿祯等, 1982; 杨志坚, 1982; 肖思云, 1987; 杨志华, 1997)的构造模式做出新的探讨。

1 都兰榴辉岩的产状

都兰榴辉岩产在都兰北东 40 km 野马滩西的元古宙变质杂岩中(图 1)。榴辉岩带展布近东西或北西向, 与其围岩展布方向一致。榴辉岩带南北宽近 10 km, 根据榴辉岩特点和其空间展布, 又可将其分为南北两带, 两带之间有早古生代海相地层及一条大的推覆断层分隔。北带榴辉岩野外产出总宽度近 5 km, 但由于榴辉岩所在围岩被后期的中酸性侵入体穿插以及有大

注: 本文为国家自然科学基金(编号 49732070)和国家重点基础研究发展规划(编号 G1998040800)资助项目的成果。

① Yang J S, Xu Z Q, Li H B, et al. 2000. A Early Paleozoic convergent border at the southern margin of the Qilian terrain, NW China: Evidence from the eclogite, garnet peridotite and ophiolite. *Journal of the Geological Society of China*, 43(in press).

本文 2000 年 1 月收到, 3 月改回, 郝梓国编辑。

滩相隔,实际出露厚度可能要有变化(图1)。南带榴辉岩出露宽度约3~5 km。根据榴辉岩特征来看(见下文),我们不认为两带榴辉岩系构造作用所重复。

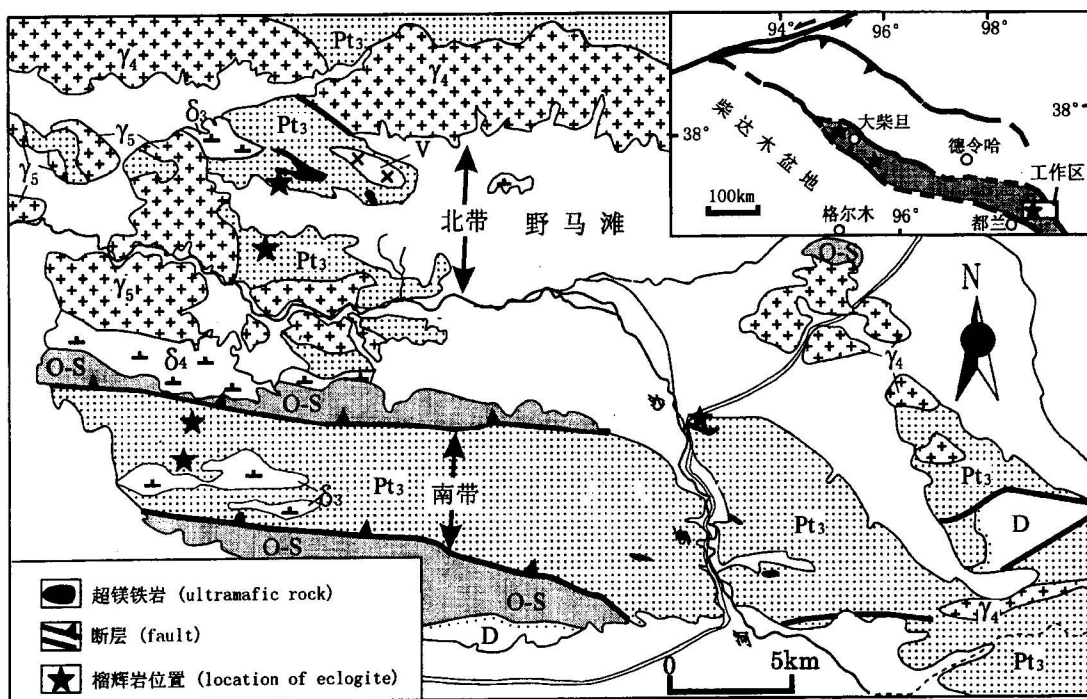


图1 青海省都兰县榴辉岩带地质简图(据1:20万都兰幅地质图修改)

Fig. 1 Geological sketch map of the eclogite belt in Dulan County, Qinghai Province
(modify from Geological Map of Dulan (1:200000))

Pt₃—晚元古界; O—S—奥陶系—志留系; D—泥盆系; γ_4, γ_5 —花岗岩; δ_3, δ_4 —闪长岩; v—辉长岩

Pt₃—Late Proterozoic; O—S—Ordovician to Silurian; D—Devonian; γ_4, γ_5 —granite; δ_3, δ_4 —diorite; v—gabbro

榴辉岩呈小透镜体产在云母石英片岩或片麻岩中(图2a, b)。透镜体长度多数<10m,以3m×2m规模为主,其长轴方向与片麻理一致,走向NW,倾向NE,倾角70°。透镜体与其围岩为构造接触,地表产出较片麻岩突起高,颜色也略暗些,二者野外易于区分。片麻岩中还见有超基性岩块产出,其小者30m×20m,大者大于100m,也为构造岩块。榴辉岩的围岩为沙柳河群,主要由一套含石榴石的片岩、片麻岩和角闪岩组成。该群时代在1:20万都兰幅地质图上定为奥陶—志留纪^①。在青海省地质志1:100万地质图中(青海地质矿产局,1991)被改为元古宙,近期的1:5万乌龙滩幅区域地质图中,根据其较高变质程度及片麻岩的Rb-Sr同位素年龄(902 Ma, 950 Ma和1160 Ma),仍维持其时代为晚元古代^②。

榴辉岩的直接围岩是白云母石英片岩或白云母长英片岩。岩石的矿物粒度多数<1~2 mm,片理或片麻岩发育。主要矿物为白云母(5%~10%),石英(70%)和斜长石(20%),另有少量形成稍晚的黑云母和未变形的粗粒石榴石,但产在斜长角闪片麻岩和黑云斜长片麻岩中许多大颗粒的石榴石已变形及旋转。

① 青海省地质局. 1971. 区域地质测量报告书(1:20万都兰幅). 1~166.

② 青海省地质矿产局. 1992. 区域地质测量报告书(1:5万乌龙滩幅).

2 榴辉岩的主要特征

本地区榴辉岩普遍较新鲜,且保存较多的原生矿物。岩石呈块状,致密、坚硬。相对说来,北带榴辉岩普遍变形较强烈,部分岩石有较强的片麻理,矿物被定向拉长后的长宽比达 5:1 以上(图 2c),而南带榴辉岩变形相对弱,矿物主要为粒状镶嵌状,不显示方向性(图 2d)。

榴辉岩中矿物种类较为简单,变化小。北带峰期变质矿物组合为石榴石-绿辉石-多硅白云母-金红石,南带为石榴石-绿辉石-蓝晶石-金红石-黝帘石(?)。主要退变质矿物组合为普通辉石-高钠质斜长石-角闪石。主要矿物特征分述如下:

(1)石榴石:其含量和粒度变化较大。含量通常为 40%~60%,20%~30%也常见,少数达 70%~80%。石榴石多数为等轴粒状,粒度在 1~3 mm。一些粗粒的榴辉岩中,石榴石粒径为 5 mm 左右。有些石榴石含有大量的包裹体,其矿物种类有绿帘石、石英及闪石类。有些石榴石中可见密集石英包裹体呈环形分布,并且南带榴辉岩的石榴石含包裹体普遍较北带多。南北两带石榴石的成分变化都较大。属石榴石的铁铝-钙铝-镁铝系列。相对而言,北带比南带铁铝榴石端元组分含量较高,分别为 41%~58%和 38%~54%,镁铝榴石含量普遍较低,分别为

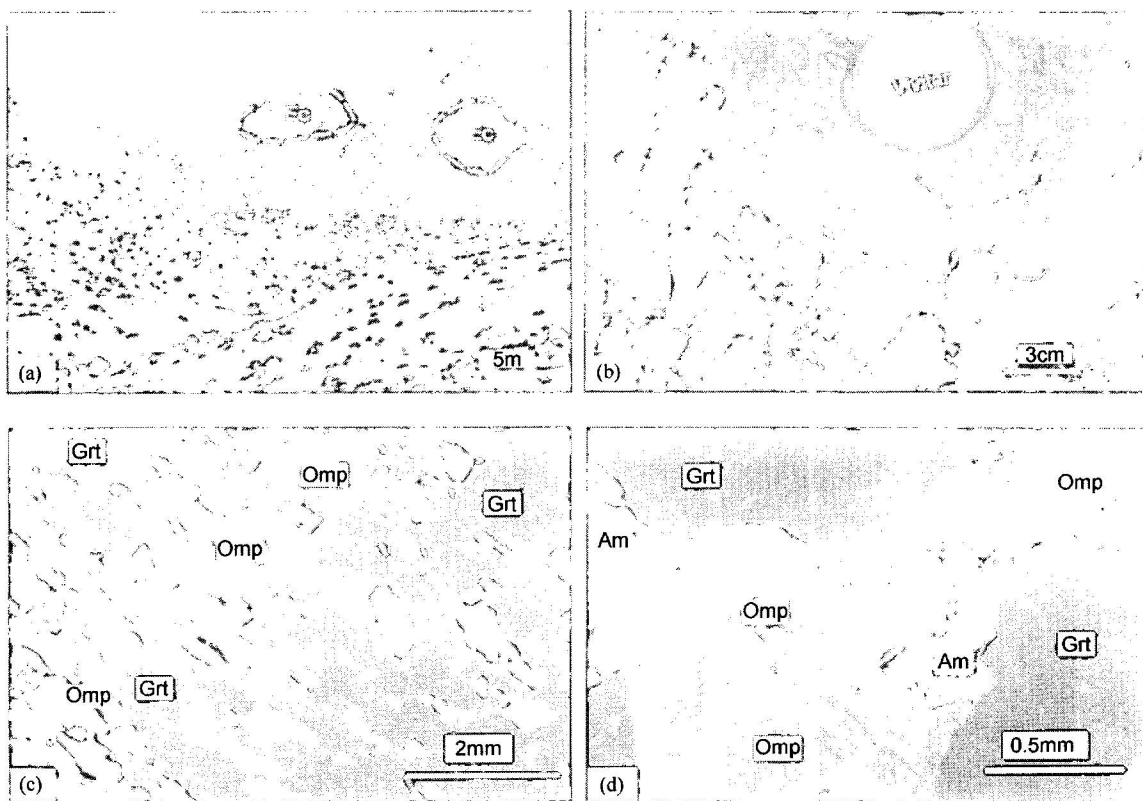


图 2 榴辉岩的野外露头及显微结构照片

Fig. 2 Photographs of outcrops and microtexture of eclogite in the Dulan region

(a) 榴辉岩呈岩块产于花岗片麻岩中; (b) 榴辉岩的构造条带; (c) 北带榴辉岩的片状构造; (d) 南带榴辉岩的粒状变晶结构; Grt—石榴石; Am—角闪石; Omp—绿辉石; Ec—榴辉岩

(a)—eclogite blocks in granitic gneiss; (b)—banded eclogites; (c)—sheet structure of eclogite in northern belt; (d)—granoblastic texture of eclogite in southern belt; Grt—garnet; Am—amphibole; Omp—omphacite; Ec—eclogite

10%~27%和19%~37%。此外,北带钙铝榴石组分变化较大(13%~38%),南带则较稳定(21%~24%)(表1)。根据石榴石的镁铝榴石分子含量(多数<30%),它们主要属Coleman等(1965)划分的C型榴辉岩(图3a),与大柴旦榴辉岩的石榴石属同一类型(杨经绥等,1998)。

(2)绿辉石:榴辉岩中绿辉石含量高者可达50%以上。保存较好的原生绿辉石为柱状,边界平直,节理清晰,与石榴石呈粒状镶嵌平衡结构。多数绿辉石已退变质成残晶,边部被角闪石所替代。北带榴辉岩中的绿辉石受变形作用影响出现拉长及拉断现象。辉石中硬玉分子(Jd)变化范围较小,北带为23%~37%,南带为24%~38%,二者有相似的变化区间(表1)(图3b)。它们的Jd含量较产在大柴旦榴辉岩中的绿辉石(Jd 37%~46%)(杨经绥等,1998)略低一些,而与阿尔金山西段的榴辉岩中绿辉石(Jd 18%~37%)成分十分接近(刘良等,1996)。

(3)多硅白云母:多硅白云母只出现于北带的部分榴辉岩中,是重要的峰期变质矿物,主要呈包裹体分布于石榴石内,粒间的多硅白云母大部分已蚀变而呈假象。该矿物的Si含量可达3.45,详细工作尚在进行之中。

(4)蓝晶石:蓝晶石是本区南带特征的峰期变质矿物,呈板状与石榴石及绿辉石共生,岩石中的含量不等,其边缘都出现由云母(钠云母?)和黝帘石组成的退化变质边。

(5)黝帘石:有较多黝帘石产出为本区榴辉岩一个重要特点。它们主要产在南带,其中有些岩石中黝帘石含量达到20%以上。它们主要呈长柱状或板状,具明显异常干涉蓝色或灰色,且许多晶粒具有似环带构造。其形成可能与榴辉岩相变质作用以及后期退化变质有关。

(6)石英:多为自形粒状,与石榴石和绿辉石镶嵌共生,推测它们应属榴辉岩形成阶段产物,在该阶段形成的矿物还有许多自形、细颗粒的金红石。另有一些矿物在退变质阶段形成,主要是角闪石和斜长石,以及一些辉石和钠长石组成的后成合晶。

(7)角闪石:含量可高达50%以上,是最主要的退变质阶段形成矿物。它们有些为粗大宽板状,有些则为密集粒状,或为他形充填及交代辉石形成后者的边缘,这些角闪石应主要为绿

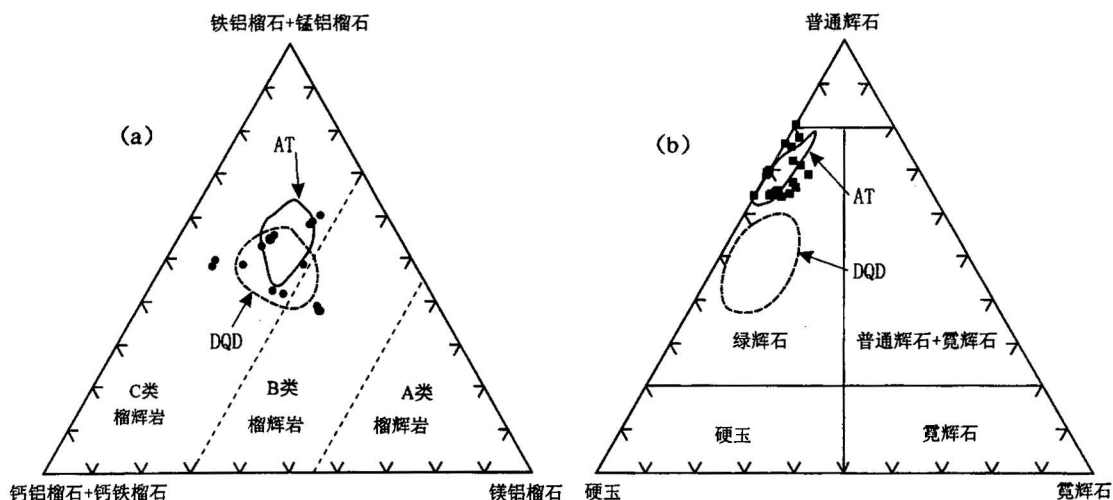


图3 柴达木盆地北缘都兰榴辉岩中石榴石(a)和绿辉石(b)成分图解

Fig. 3 Diagrams for garnets (a) and omphacites (b) of eclogites in Dulan, north margin of Qaidam Basin

AT—阿尔金山榴辉岩(据刘良等,1996);DQD—大柴旦榴辉岩(据杨经绥等,1998)

AT—Eclogites in Qimuo, Altun (after Liu et al., 1996); DQD—eclogites in Da Qaidam (after Yang et al., 1998)

表 1 柴达木盆地北缘都兰地区榴辉岩的矿物成分

Table 1 Mineral composition of the Dulan eclogites, northern margin of Qaidam Basin

	绿辉石	绿辉石	绿辉石	绿辉石	绿辉石	绿辉石	绿辉石	绿辉石	绿辉石	石榴石	石榴石	石榴石	石榴石	石榴石	石榴石	石榴石	石榴石
	北带	北带	北带	南带	南带	南带	南带	南带	南带	北带	北带	北带	北带	北带	北带	南带	南带
	99y102	99y105	99y116	99y308-a	99y308-b	99y205-a	99y205-b	99y213-2	99y213-2	99y102	99y105	99y116	99y308-a	99y308-b	99y205-a	99y205-b	99y213-2
SiO ₂	54.52	54.32	54.08	56.40	56.20	53.62	54.20	51.91	38.25	37.92	37.86	39.44	39.44	39.64	39.89	39.57	39.29
TiO ₂	0.09	0.09	0.06	0.02	0.16	0.28	0.50	0.48	0.11	0.03	0.05	0.29	0.29	0.05	0.05	0.11	0.06
Al ₂ O ₃	7.74	7.51	6.69	8.17	8.32	10.62	9.36	8.05	21.51	21.40	21.02	22.10	22.10	22.60	22.76	22.81	22.46
Cr ₂ O ₃	0.00	0.02	0.00	0.07	0.06	0.04	0.00	0.06	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.04	0.02	0.03	0.04
Fe ₂ O ₃	1.15	1.36	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	1.06	4.92	4.48	2.64	6.65	6.65	7.13	9.79	9.87	7.38
MgO	8.97	9.29	8.98	11.22	11.06	9.85	10.43	9.86	8.91	10.16	14.89	11.46	11.46	11.53	9.14	9.10	8.13
CaO	15.79	15.96	16.24	17.32	17.37	16.70	17.21	18.28	0.63	0.54	0.48	0.40	0.40	0.33	0.54	0.44	0.30
MnO	0.03	0.02	0.01	0.04	0.00	0.02	0.11	0.13	25.53	24.14	22.02	20.24	20.24	19.54	18.10	18.29	23.33
FeO	5.62	5.39	5.95	2.86	2.77	4.29	4.50	7.25	0.00	0.00	0.00	0.09	0.09	0.05	0.02	0.02	0.00
NiO	0.00	0.09	0.00	0.05	0.07	0.01	0.00	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03
Na ₂ O	5.03	4.86	4.74	4.29	4.29	4.21	4.19	3.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.03	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	100.24	98.90	99.95	100.78	100.78	100.92	100.30	100.26	101.01
total	98.96	98.91	99.47	100.48	100.32	99.64	100.50	100.15	5.97	5.98	5.95	5.99	5.99	5.98	5.98	5.94	5.97
Si	1.99	1.99	1.98	2.00	1.99	1.93	1.94	1.91	0.01	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	3.96	3.98	3.89	3.96	3.96	4.02	4.02	4.04	4.02
Al	0.33	0.32	0.29	0.34	0.35	0.45	0.40	0.35	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.11	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	0.03	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	1.14	1.05	0.62	1.51	1.51	1.60	2.19	2.21	1.67
Mg	0.49	0.51	0.49	0.59	0.59	0.53	0.56	0.54	1.49	1.72	2.51	1.86	1.86	1.87	1.47	1.46	1.32
Ca	0.62	0.63	0.64	0.66	0.66	0.64	0.66	0.72	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.07	0.06	0.04
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33	3.18	2.89	2.57	2.57	2.47	2.27	2.30	2.97
Fe ²⁺	0.17	0.17	0.18	0.08	0.08	0.13	0.13	0.22	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.36	0.35	0.34	0.29	0.30	0.29	0.29	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.09	0.66	2.77	0.74	0.74	0.09	0.08	0.19	0.11
jd	32.75	31.29	27.38	34.03	34.26	37.97	33.52	25.34	and	27.79	38.26	30.14	30.14	30.96	24.32	23.92	21.79
aug	63.98	64.92	65.60	66.76	66.40	65.06	67.58	74.06	gr	17.49	10.18	25.21	25.21	26.86	36.52	36.72	27.9
ac	3.16	3.75	7.54	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	sp	1.2	1.05	0.85	0.85	0.7	1.14	0.93	0.64
								alm	alm	52.85	47.58	43.05	43.05	41.28	37.89	38.16	49.46

电子探针测试由中国科学院地质所完成。and—钙铁榴石,gro—钙铝榴石,pyr—镁铝榴石,spe—铁铝榴石,alm—锰铝榴石,ld—硬玉,ac—霓辉石,aug—普通辉石。

辉石退变质产物。

(8)斜长石:大量出现在南带榴辉岩中,部分岩石中含量可达10%~20%,北带榴辉岩中则较少出现。斜长石面貌很新鲜,为宽板状,聚片双晶发育,产在裂隙中及充填其他矿物之间,它们的形成明显晚于石榴石和绿辉石等榴辉岩峰期变质形成的矿物。

3 都兰榴辉岩形成温压条件和地质意义

3.1 榴辉岩形成温压条件

我们采用了 Krogh(1988)的石榴石-单斜辉石温度计,分别计算了在1.0 GPa,1.5 GPa 和2.0 GPa 压力条件下榴辉岩形成温度(表2),发现3种压力下温度虽有变化,但最大温差也仅30~40℃。但南北两带的温度有明显差别,例如取2.0 GPa 计算的温度来比较,北带温度652~698℃,南带873~913℃,两带温度相差约200℃。利用石榴石-绿辉石-多硅白云母压力计(Carswell et al., 1997)得到北带榴辉岩峰期压力为2.0~2.6 GPa,根据南带榴辉岩的矿物组合石榴石-绿辉石-蓝晶石推测其形成压力为>2.0 GPa (Holland, 1979)。这个温压值与阿尔金榴辉岩(刘良等,1996)及大柴旦榴辉岩(杨经绥等,1998)处于相近的范围之中。

表2 都兰地区榴辉岩石榴石-单斜辉石温度计计算结果
Table 2 Forming temperature of the Dulan eclogites calculated by
using Grt-Cpx Geothermometer of Krogh

	样品号	(Fe/Mg) _{Omp}	(Fe/Mg) _{Grt}	X _{Ca}	K _D	lnK _D	t/℃ (1.0 GPa)	t/℃ (1.5 GPa)	t/℃ (2.0 GPa)
北带	99y102	0.3514	2.9112	0.25	8.28	2.11	660.73	674.98	689.24
北带	99y105	0.3253	3.0229	0.29	9.29	2.23	667.45	681.26	695.06
北带	99y116	0.3720	4.6718	0.42	12.56	2.53	673.00	685.74	698.48
北带	99y-308-a	0.1431	1.7078	0.31	11.94	2.48	626.53	639.44	652.35
北带	99y-308-b	0.1405	1.5371	0.31	10.94	2.39	647.46	660.67	673.87
南带	99y205-a	0.2446	1.0374	0.25	4.24	1.44	878.50	896.12	913.74
南带	99y205-b	0.2420	1.0395	0.25	4.30	1.46	870.02	887.56	905.10
南带	99y213-2	0.4129	1.7730	0.22	4.29	1.46	838.84	856.38	873.92

3.2 柴达木盆地北缘高压变质带的地质意义

大柴旦榴辉岩位于柴达木盆地北缘的中段,与柴达木盆地北缘东端的都兰榴辉岩同属一个带,阿尔金山的且未榴辉岩则被认为原属柴达木盆地北缘榴辉岩带的西延部分,后因阿尔金断裂左行平移400km(许志琴等,1999),使其与柴达木盆地北缘带错开。三地榴辉岩的产出及特征在下面有许多相似之处,据此,我们认为它们同属一个榴辉岩带。

(1)三地榴辉岩都产在元古宇的片麻岩中。这些地层虽然在阿尔金地区被称之为阿尔金群,在大柴旦地区被命名为达肯大坂群,在都兰又被命名为沙柳河群,但三者均属古元古界片麻岩(青海省地质矿产局,1991;新疆地质矿产局,1993)。这些片麻岩包括含石榴石的长英质片麻岩及斜长角闪片麻岩,总体上显示角闪岩相的矿物组合,局部可达到高角闪岩相甚至麻粒岩相(许志琴等,1999)。榴辉岩的直接围岩主要为白云母长英片麻岩或二云斜长片麻岩(杨经绥等,1998)。变质原岩研究表明它们同属一套深变质基底,主要由成熟度较高的变泥砂质岩石和壳源花岗质岩石组成。其形成时代被确定主体为晋宁期(0.8~1.0Ga)^①,而不是一些人认为的

① Wan Y S, Yang J S, Xu Z Q, et al. 2000. Geochemical characteristics of rocks from the Maxianshan complex and Xinglongshan group in the eastern segment of Qilian orogenic Belt. Journal of the Geological Society of China, 43: (in press).

早元古宙地层。但这套榴辉岩的寄主岩是否也经历过高压变质作用,尚需进一步研究。

(2) 三地榴辉岩有十分接近的矿物组合。峰期变质矿物组合主要为石榴石-绿辉石-石英-金红石。虽然在大柴旦和都兰北带榴辉岩中还出现较多的多硅白云母,以及都兰榴辉岩南带中发育蓝晶石、黝帘石和斜长石等矿物,但三地榴辉岩峰期变质温压条件都十分接近。

(3) 同位素年代学研究表明,阿尔金且末榴辉岩形成时代为 500 Ma (Sm-Nd 全岩-矿物等时线) 和 503 Ma (U-Pb 锆石) (许志琴等, 1999; 张建新等, 1999), 其围岩片麻岩的峰期变质时代为 447~462 Ma (张建新等, 1999)。大柴旦榴辉岩的峰期变质时代为 494 Ma (U-Pb 锆石), 其退变质阶段形成的多硅白云母的变质时代为 466 Ma (Ar-Ar 坪年龄), 可能反映为高压变质岩石折返阶段所形成 (中法合作“阿尔金—祁连”项目组, 1999; 许志琴等, 1999), 并与片麻岩围岩的变质年龄 477 Ma 十分接近 (白云母 Ar-Ar 坪年龄)^①。都兰榴辉岩的变质定年工作尚在进行之中。但榴辉岩围岩沙柳河群的变质时代 (角闪石 Ar-Ar 法 453 Ma) (崔军文等, 1999) 和原岩时代 (全岩 Rb-Sr 法 902~1160 Ma) 基本上可以与大柴旦和阿尔金且末榴辉岩的退变质时代及围岩时代相对比, 推测它们可能为同一加里东构造事件所形成。下面将结合秦岭—大别—苏鲁榴辉岩的产出特征及年代学, 探讨柴达木盆地北缘榴辉岩带的地质意义, 并对横贯中国东西的中央造山带中的高压变质带的空间展布、规模、时代及地质构造意义进行再认识。

4 对中央造山带中高压—超高压变质带的再认识

我国中央造山带概念自姜春发 (1993) 提出以来, 已引起中外学者重视, 中国地质大学 (武汉) 并在 1998 年召开中央造山带的国际研讨会。姜春发提出的中央造山带位置西起昆仑, 东经秦岭至大别—苏鲁, 全长约 4000 km。从地理上讲, 该山链将中国划分为南北两块; 从地质上看, 其包含了不同时代的地层, 且经历了较为复杂的演化历史, 尤其是该造山带过秦岭往西是连接祁连山还是昆仑山更是一个重大地质问题。

近些年来, 在继续深化研究大别—苏鲁高压—超高压变质带的同时, 又在北秦岭商南地区、河南桐柏地区和大别山北部陆续发现榴辉岩 (胡能高等, 1994, 1995; 魏春景等, 1997, 1999; 郭震宇等, 1998; 徐树桐等, 1999)。这些高压—超高压榴辉岩均产在元古宙或太古宙的片麻岩中, 它们被认为与大别—苏鲁高压—超高压带一样, 代表了一种陆内的碰撞作用的产物 (Maruyama et al., 1996)。研究这些高压—超高压变质作用发生及发展, 尤其它们的深部地质过程及其折返机制, 是研究大陆增生和认识大陆内部动力事件的关键 (Coleman et al., 1995)。

对于大别—苏鲁高压—超高压变质带, 已有大量的同位素年代学证据表明其峰期变质作用发生在 200~240 Ma 之间, 并被认为是印支期扬子板块与北中国板块陆-陆俯冲碰撞的产物 (Cong et al., 1994; Cong, 1996; Chavagnac et al., 1996; Hacker et al., 1998)。至于秦岭北部的高压—超高压变质带, 根据对其形成条件、地质背景和时代研究, 认为属加里东期构造运动的产物 (胡能高等, 1997)。此外, 我们在收集和对比了前人的大量数据和资料 (表 3, 图 4) 后, 又发现以下一些重要事实。

4.1 大别—苏鲁地区也同样存在加里东期的高压—超高压变质岩石

张泽明等 (1995) 在大别英山地区的含柯石英假象榴辉岩中获得了 481 ± 25 Ma 的全岩石

① Xu Z Q, Yang J S, Zhang J X, et al. 2000. Tectonic significance of Early Paleozoic high-pressure rocks in the Qilian-Qaidam-Altun Mountains, NW China. J. Geol. Soc. Am. (in press).

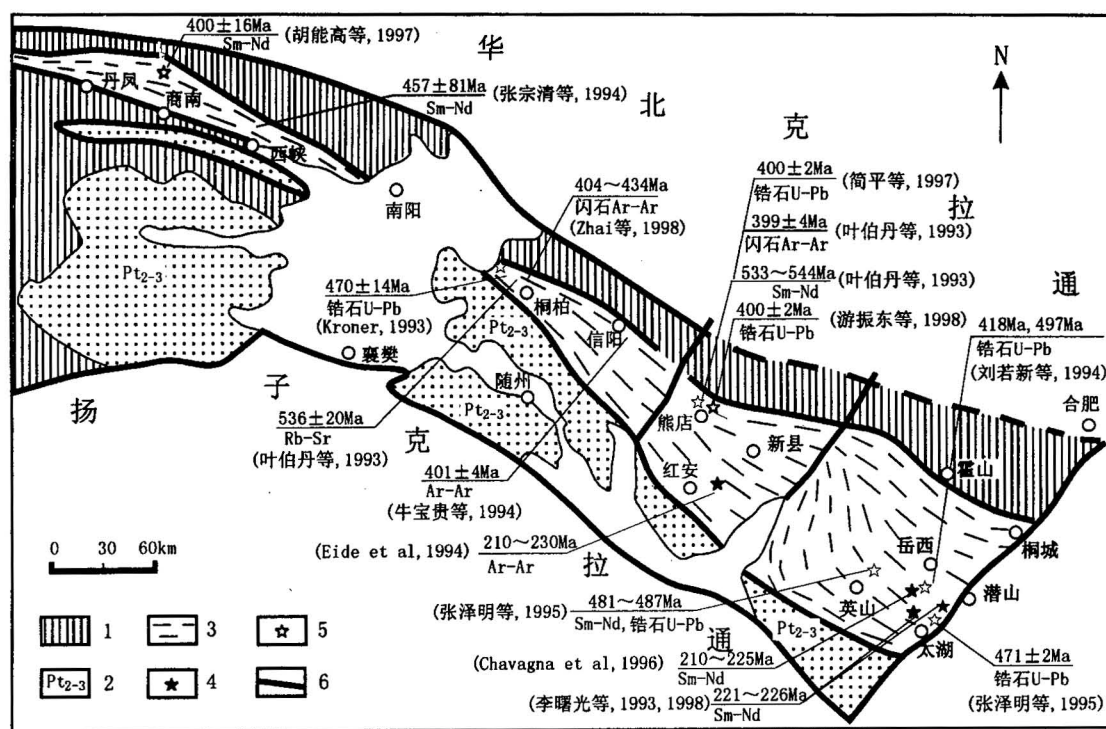


图4 秦岭—桐柏—大别榴辉岩的分布及其年龄(据游振东等,1998修改)

Fig. 4 Distribution and isotopic ages of eclogites along the Qinling—Tongbai—Dabie orogenic belt (modified from You Zhendong, 1998)

1—古生界; 2—中—晚元古代; 3—(超)高压变质带; 4—印支期榴辉岩; 5—加里东期榴辉岩; 6—构造边界
1—Paleozoic; 2—Middle to Late Proterozoic; 3—(ultra)-high-pressure metamorphic belt; 4—Indosinian eclogite;
5—Calidonian; 6—tectonic boundary

榴石 Sm-Nd 等时线年龄,并对同一样品用单颗粒锆石 ^{207}Pb - ^{206}Pb 法获得了几乎相同年龄,485±22 Ma 和 487±14 Ma。此外,在太湖石马和罗山熊店地区榴辉岩中获得了 420~480 Ma 的单颗粒锆石 U-Pb 年龄(游振东等,1998),其中太湖石马超高压榴辉岩的变质峰期为 471±2 Ma(锆石 U-Pb 法)。叶伯丹等(1993)在熊店地区的苏家河群的榴辉岩中获得两组 Sm-Nd 岩石矿物等时线年龄为 533±13 Ma 和 544±14 Ma,以及榴辉岩中的冻蓝闪石的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄为 399±4 Ma,后者被认为代表榴辉岩的退变质年龄。

简平(1997)发表的熊店榴辉岩单颗粒锆石 U-Pb,角闪石 Ar-Ar 及 Sm-Nd 全岩及矿物等时线年龄表明,榴辉岩变质年龄应大于 399 Ma,并认为加里东期是华北板块和扬子板块的主要对接期(潘国强等,1990;葛宁洁等,1993;桑隆康等,1994;刘晓春等,1994;郭震宇等,1998)。

值得注意的是,既使在大别山最大一个榴辉岩块——碧溪岭榴辉岩中也至少存在两组年代数据,例如,刘若新等(1994)报道的锆石谐和线年龄为 497±4 Ma,而杨巍然等(1993)报道的 Sm-Nd 等时线年龄为 243±0.3 Ma。这里,前者被认为是峰期变质年龄而后者被解释为榴辉岩的折返年龄(刘若新等,1994)。

4.2 秦岭—桐柏地区存在加里东期构造事件

关于北秦岭是加里东造山带的问题早有论述(阎廉泉,1936;许志琴等,1986,1988;张国

表 3 中国中央造山带榴辉岩及相关岩石同位素年龄

Table 3 Isotopic ages of eclogites and related rocks in Central China Orogenic Belt

出露位置	岩性	矿物组合	温度和压力	同位素年龄(Ma)	测试方法	资料来源
阿尔金	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Qtz	731~811°C, >1.5GPa	500±10 503.9±5.3	矿物 Sm-Nd 锆石 U-Pb	张建新等, 1999 张建新等, 1999
大柴旦	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Qtz	722±123°C, 2.2GPa	494.6±18 466.7±1.2	锆石 U-Pb 云母 Ar-Ar	中法合作“阿尔金—祁连山”项目组, 1999
都兰沙柳河	角闪岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Qtz(Coe)	590~758°C, 1.5~3.0GPa	453.5±0.8	闪石 Ar-Ar	崔军文等, 1999
北秦岭官坡	榴辉岩			400±16	矿物 Sm-Nd	胡能高等, 1997
豫西蛇尾	斜长角闪岩			457±81	矿物 Sm-Nd	张宗清等, 1994
桐柏	麻粒岩	Grt, Cpx, Opx, Pl,	757~840°C, 0.95GPa	470±14	锆石 U-Pb	Kroner et al., 1993
桐柏	花岗闪长岩			435±14	锆石 U-Pb	Kroner et al., 1993
桐柏	斜长角闪岩			434±2	闪石 Ar-Ar	Zhai et al., 1998
桐柏	麻粒岩	Grt, Cpx, Opx, Pl,	757~840°C, 0.95GPa	404±2	闪石 Ar-Ar	Zhai et al., 1998
信阳	石榴斜长角闪岩		401.5±4	闪石 Ar-Ar	牛宝贵等, 1994	
熊店	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Ep, Gln, Qtz	590~685°C, >1.34~1.54GPa	399.5±1.6	锆石 U-Pb	游振东等, 1998
熊店	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Ep, Gln, Qtz	590~685°C, >1.34~1.54GPa	533±13544±14	矿物 Sm-Nd	叶伯丹等, 1993
红安	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Ep, Gln, Qtz	590~685°C, >1.34~1.54GPa	210~230	闪石 Ar-Ar	Eide et al., 1994
大别英山	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Ky, Coe	650~800°C, >2.6~2.8GPa	481±25 485±22487±14	矿物 Sm-Nd 锆石 Pb-Pb	张泽明等, 1995 张泽明等, 1995
大别太湖	榴辉岩	Grt, Omp, Ph, Ep, Arg, Coe, Dia	650~800°C, >2.6~2.8GPa	471±2	锆石 U-Pb	游振东等, 1998
大别太湖	片麻岩			455±2	锆石 U-Pb	游振东等, 1998
大别太湖	榴辉岩	Grt, Omp, Ph, Ep, Arg, Coe, Dia	650~800°C, >2.6~2.8GPa	221~226	矿物 Sm-Nd	李曙光等, 1993, 1998
大别碧溪岭	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Ky, Coe	650~800°C, >2.6~2.8GPa	418.4±2.2, 496.8±4	锆石 U-Pb	刘若新等, 1994
大别碧溪岭	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Ky, Coe	650~800°C, >2.6~2.8GPa	254±67, 243.2	锆石 U-Pb	刘若新等, 1994; 游振东等, 1998
大别碧溪岭	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Ky, Coe	650~800°C, >2.6~2.8GPa	210~225	矿物 Sm-Nd	Chavagnac & Jahn, 1996
山东荣成	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ph, Coe	700~890°C, >2.8GPa	418±5, 495±20	锆石 U-Pb	王来明等, 1994
苏鲁	榴辉岩	Grt, Omp, Rt, Ep, Ph, Coe		210~230	矿物 Sm-Nd	Zhang et al., 1998

伟,1988;孙勇,1991),牛宝贵等(1994)通过对桐柏—大别山的构造和 Ar-Ar 同位素年代学研究,认为秦岭地区存在早古生代(570~401 Ma)板块构造的俯冲碰撞造山作用。Kroner 等(1993)在桐柏地区麻粒岩中获得 470 ± 20 Ma 的锆石 U-Pb 年龄,该麻粒岩又被 435 Ma 的花岗岩所侵入。Zhai 等人(1998)在北桐柏地区的麻粒岩和斜长角闪岩中获得 3 组角闪石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄为 404~434 Ma,相当于熊店地区榴辉岩的退变质年龄(399 ± 4 Ma)(简平等,1997)。另外,Hacker 等(1998)也收集了一些早古生代的变质岩和岩浆岩资料(方国柱,1988;徐树桐等,1992;胡正国等,1994;江来利等,1995;袁学诚,1997;赖绍聪等,1999),包括 420~400 Ma 的花岗质深成岩(Lerch et al., 1995)。

4.3 一些新认识

由上可见,从秦岭到大别及苏鲁,普遍存在一期变质年龄为 400~500 Ma 的早古生代榴辉岩,并且出现有同时代的麻粒岩和深成岩类。结合在柴达木盆地北缘广大地区也出现大量同一时代的榴辉岩及变质岩和深成岩,我们提出新的看法如下:

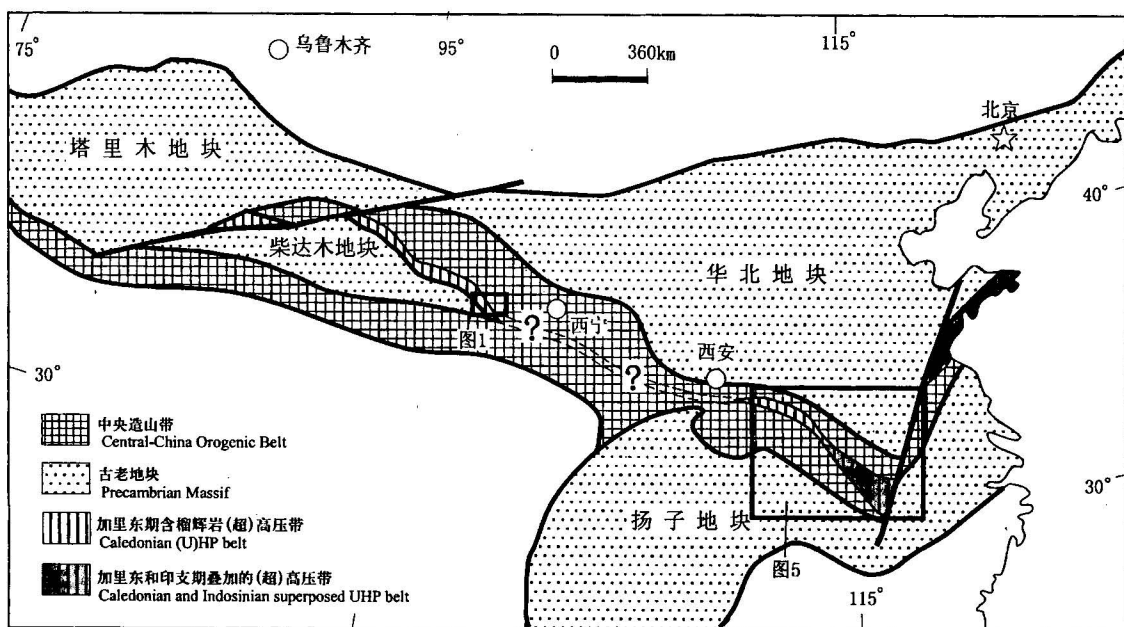


图5 中国中央造山带中高压—超高压变质带分布图

(根据 Ma Lifang 等(1996) Geological Map of China 1:2000 000 编制)

Fig. 5 Distribution of high- and ultrahigh-pressure metamorphic belts in Central China Orogenic Belt

[modified from Geological Map of China 1:2000 000 (Ma Lifang et al., 1996)]

(1)从大别、苏鲁、秦岭到柴达木盆地北缘,发育一条横贯我国东西的高压—超高压变质带,其形成和折返发生在早古生代(约 500~400 Ma)。它代表了中国大陆内的一条古板块接合带,是中国南方板块与北方板块碰撞拼合的标志。从其构造意义上看,大别、苏鲁、秦岭、祁连山、阿尔金山是一条横贯中国大陆内的加里东期造山带(图5)。相反,东昆仑造山带中未见任何榴辉岩,而且地质和构造综合研究对比也表明,昆仑山不能代表南北古中国板块的界线^①。

① 许志琴,姜枚,杨经绥等.2000.青藏高原腹地物质组成及碰撞动力学.北京:地质出版社(出版中)。

(2) 加里东造山事件之后, 该中央造山带又叠加了印支期的陆-陆俯冲碰撞作用, 至少在大别-苏鲁地区形成了新的高压-超高压变质岩石。至于秦岭和柴达木盆地北缘地段, 是否有印支期高压超高压变质岩石形成, 目前没有资料。然而, 两地都存在印支期的地壳变形和岩浆活动, 尤其在东昆仑地区表现十分强烈, 但它们代表了洋盆封闭的构造事件, 不同于东部地区(姜春发等, 1992; Yang et al., 1996)。另外值得注意的是, 在大别-苏鲁超高压变质带的东段胶东地区有可能存在晚元古代榴辉岩(王来明等, 1994), 对此应引起重视, 研究它们的产出、规模和成因, 可能对我们了解该超高压变质带的形成十分重要。

总之, 从目前的规模和产出来看, 我们认为沿大别-苏鲁、秦岭、祁连和阿尔金分布的加里东期的榴辉岩带才是我国乃至世界最大的一条高压-超高压变质带。

显然, 这一看法的提出是建立在粗线条的构造和年代学方面的对比之上。尤其西段高压变质带榴辉岩的研究仅仅取得初步结果, 大量详细的工作有待于开展。此外, 秦岭榴辉岩的研究也需加强, 如: 有无含柯石英超高压变质岩石存在, 高压变质带的空间展布、规模, 尤其它们能否西延到柴达木盆地北缘需要追索。同样, 需要在阿尔金山的西延部分和苏鲁的北部注意寻找早古生代时期形成的高压-超高压带。

感谢与张泽明的有益讨论。

参 考 文 献

- 崔军文, 唐哲民, 邓晋福等. 1999. 阿尔金断裂系. 北京: 地质出版社, 1~249.
- 方国柱. 1988. 对中国大别山地区地体构造的初步探讨. 地质论评, 34(4): 334~342.
- 郭震宇, 董火根, 郭令智. 1998. 大别山五庙超高压变质岩的变形构造. 地质论评, 44(3): 249~254.
- 胡能高, 徐柏青, 赵东林. 1997. 北秦岭造山带榴辉岩及相关岩石的地球化学特征. 西安地质学院学报, 19(1): 7~13.
- 胡能高, 赵东林, 徐柏青等. 1995. 北秦岭官坡地区高压-超高压榴辉岩岩相学及变质作用研究. 矿物岩石, 15(4): 1~9.
- 胡能高, 赵东林, 徐柏青等. 1994. 北秦岭含柯石英榴辉岩的发现及其意义. 科学通报, 39: 2013.
- 胡正国, 钱壮志. 1994. 小秦岭地质构造新认识. 地质论评, 40(4): 289~295.
- 简平, 杨巍然, 李志昌等. 1997. 大别山西部熊店加里东期榴辉岩—同位素地质年代学的证据. 地质学报, 71(2): 133~141.
- 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵等. 1992. 昆仑开合构造. 北京: 地质出版社, 1~224.
- 姜春发. 1993. 中央造山带主要地质构造特征. 地学研究, 107~108.
- 江来利, 徐树桐, 刘贻灿等. 1995. 大别山超高压变质带的构造背景. 地质论评, 41(3): 229~237.
- 赖绍聪, 张国伟. 1999. 秦岭—大别勉略结合带蛇绿岩及其大地构造意义. 地质论评, 45(增刊): 1062~1071.
- 刘晓春, 胡克, 李学燮等. 1994. 大别—苏鲁高压变质带中榴辉岩的多样性及其成因. 地质论评, 40(6): 494~501.
- 李曙光, 刘德良, 陈移之等. 大别山麓含柯石英榴辉岩的 Sm-Nd 同位素年龄. 科学通报, 37: 346~349.
- 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. 科学通报, 41: 1485~1488.
- 刘若新, 樊祺诚, 李慧民等. 1994. 大别山碧溪岭榴辉岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 欧阳自远主编: 中国矿物学岩石学地球化学研究新进展. 兰州大学出版社, 169~170.
- 牛宝贵, 富云莲, 刘志刚等. 1994. 桐柏—大别山主要构造热事件及 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 地质定年研究. 地球学报, (1~2): 20~33.
- 潘国强, 荆延仁, 夏木林等. 1990. 大别山区含柯石英榴辉岩的发现. 地质论评, 36(4): 359~363.
- 青海地质矿产局. 1991. 青海省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1~662.
- 桑隆康, 游振东. 1994. 大别山前寒武纪变质地体基本组成. 地质论评, 40(3): 265~273.
- 孙勇. 1991. 东秦岭古洋盆与加里东运动. 地质论评, 37(6): 555~559.
- 王来明, 宋彪, 吴洪祥等. 1994. 山东榴辉岩的生成时代. 科学通报, 39: 1788~1791.
- 魏春景, 单振刚, 张立飞等. 1997. 北大别榴辉岩的确定及其地质意义. 科学通报, 42: 1832~1835.
- 魏春景, 吴玉新, 倪玉燕等. 1999. 河南桐柏地区榴辉岩的特征及其地质意义. 科学通报, 44: 1882~1885.
- 王鸿祯, 徐成彦, 周正国. 1982. 东秦岭古海域两侧大陆边缘区的构造发展. 地质学报, 56(3): 270~280.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志. 北京: 地质出版社.
- 徐树桐, 江来利, 刘贻灿等. 1992. 大别山区(安徽部分)的构造格局和演化过程. 地质学报, 66(1): 1~14.
- 徐树桐, 苏文, 刘贻灿等. 1999. 大别山北部榴辉岩的发现及其岩相学特征. 科学通报, 44: 1452~1456.
- 肖思云. 1987. 北秦岭褶皱山系地质构造带的划分. 地质论评, 33(6): 532~538.

- 许志琴,卢一伦,汤耀庆. 1986. 东秦岭造山带的变形特征及构造演化. 地质学报, 60(3): 237~247.
- 许志琴,卢一伦,汤耀庆等. 1998. 东秦岭复合山链的形成—变形·演化及板块动力学. 北京: 中国环境科学出版社.
- 许志琴,杨经绥,张建新等. 1999. 阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制. 地质学报, 73(3): 193~205.
- 杨经绥,许志琴,李海兵等. 1998. 我国西部柴北缘地区发现榴辉岩. 科学通报, 43: 1544~1548.
- 杨巍然,王林森,韩郁菁等. 1993. 大别山蓝片岩-榴辉岩年代学研究新成果. 壳幔演化与成矿同位素地球化学. 北京: 地震出版社, 89~90.
- 叶伯丹,简平,许俊文等. 1993. 桐柏-大别造山带北坡苏家河地体拼接带及其构成和演化. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 杨志坚. 1982. 试论桐柏—大别山地质构造演化特征. 地质学报, 56(2): 123~135.
- 杨志华. 1997. 秦岭造山带南北向构造及有关问题的讨论. 地质论评, 43(1): 10~16.
- 阎廉泉. 1963. 东秦岭及其邻侧地区地质构造的基本特征. 地质学报, 43(2): 156~170.
- 袁学诚. 1997. 秦岭造山带地壳构造与契入成山. 地质学报, 71(3): 227~235.
- 游振东,韩郁菁,张泽明等. 1998. 东秦岭大别高压—超高压变质带. 武汉: 中国地质大学出版社, 1~157.
- 张国伟. 1998. 秦岭造山带的形成及其演化. 西安: 西北大学出版社.
- 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. 科学通报, 44: 1109~1112.
- 张雪亭,吕惠庆,陈正兴等. 1999. 柴达木盆地北缘造山带沙柳河地区榴辉岩相高压变质岩石的发现及初步研究. 青海地质, (2): 1~13.
- 张泽明,游振东,韩郁菁等. 1995. 大别—苏鲁榴辉岩带的岩石学、变质作用过程及成因研究. 地质学报, 69: 306~323.
- 张宗清,刘敦一,付国民. 1991. 北秦岭变质地层同位素年代研究. 北京: 地质出版社, 75~105.
- 中法合作“阿尔金—祁连”项目组. 1999. 柴达木盆地北缘柴旦榴辉岩同位素年代学测定结果. 中国区域地质, 18: 224.
- Carswell D A, O'Brien P J, Wilson R N, et al. 1997. Thermobarometer of phengite-bearing eclogites in the Dabie Mountains of central China. J. Metamorphic Geol., 15: 239~252.
- 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, 133: 29~51.
- Coleman R G, Lee L D, Beaty L B, et al. 1965. Eclogites and eclogites; their differences and similarities. Geol. Soc. Amer. Bull., 76: 483~508.
- Coleman R G, Wang X. 1995. Ultrahigh-pressure metamorphism. Cambridge University Press.
- Cong B L, Wang Q, Zhai M, et al. 1994. UHP metamorphic rocks on the Dabie-Su-Lu region, China: their formation and exhumation. Island Arc, 3: 135~150.
- Cong B L. 1996. Ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Dabieshan-Sulu region of China. Beijing: Science Press. 1~224.
- Eide E A, McWilliams M O, Liou J G. 1994. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and exhumation of high-pressure to ultrahigh-pressure metamorphic rocks in east-central China. Geology(Boulder), 22: 601~604.
- Hacker B R, Liou J G. 1998. When continents collide: geodynamics and geochemistry of ultrahigh-Pressure rocks. Kluwer Academic Publishers. 1~323.
- Hacker B R, Wang X, Eide E A, et al. 1996. The Qinling-Dabie ultra-high-pressure collisional orogen. In: T M Harrison and A Yin (Ed), The tectonics of Asia, Rubey Volume VIII, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 345~370.
- Holland T J B. 1979. The experimental determination of htereaction $\text{paragonite} = \text{jadeite} - \text{kyanite} - \text{water}$, and internally consistent thermodynamic data for part of the system $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ with application to eclogites and blueschists. Contrib. Mineral. Petrol., 293~301.
- Krogh T E. 1988. The garnet-clinopyroxene Fe-Mg Geothermometer: a reinterpretation of existing experimental data. Contrib. Mineral. Petrol., 99: 44~48.
- Kroner A, Zhang G W, Sun Y. 1993. Granulites in the Tongbai area, qinling belt, China: geochemistry, petrology, single zircon geochronology, and implications for the tectonic evolution of eastern Asia. Tectonics, 12: 245~255.
- Lerch M F, Xue F, Kroner A, et al. 1995. A middle Silurian—early Devonian magmatic arc in the Qinling Mountains of central china. J. Geology, 103: 437~449.
- Ma Lifang, Ding Xiaozhong, Fan Benxian. 1996. Geological Map of China (1:20000000). Beijing: Geological Publishing House.
- Maruyama S, Liou J G, Terabayashi M. 1996. Blueschists and eclogites of the world and their exhumation. International Geol. Rev., 38: 485~594.
- Yang J-S, Robinson P T, Jiang C-F, et al. 1996. Ophiolites of the Kunlun Mountains, China and their tectonic implications. Tectonophysics, 258: 215~231.
- Zhai X, Day H W, Hacker B R, et al. 1998. Paleozoic metamorphism in the Qinling orogen, Tongbai Mountains, central Chi-

na. *Geology*, 26: 371~374.

Zhang R Y, Liou J G. 1998. Ultrahigh-pressure metamorphism of the Sulu terrane, Eastern China: a prospective view. *Continental Dynamics*, 3 (1~2): 32~53

Discovery of Eclogite in Dulan, Qinghai Province and Its Significance for Studying the HP—UHP Metamorphic Belt along the Central Orogenic Belt of China

Yang Jingsui¹⁾ Xu Zhiqin¹⁾ Song Shuguang¹⁾ Wu Cailai¹⁾ Shi Rendeng¹⁾

Zhang Jianxin¹⁾ Wan Yusheng¹⁾ Li Haibing¹⁾ Jin Xiaochi¹⁾ Marc Jolivet²⁾

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

2) *Department of Earth Sciences, University of Montpellier II, Montpellier, France*

Abstract

Eclogite was found in the Proterozoic gneiss about 40 km northeast of the Dulan town, Qinghai Province. It occurs as pods in the gneisses of the Proterozoic Shaliuhe Group, forming an EW trending composite belt composed of a northern sub-belt about 10 km wide and a southern one 3~5 km wide. The peak metamorphic minerals in the eclogites of the northern belt are garnet - omphacite - phengite - rutile and retrograded minerals are mainly amphibole and some high-Na feldspar. In the southern belt the peak metamorphic minerals are garnet - omphacite - rutile - kyanite - zoisite (?), and the retrograded minerals are characterized by the appearance of a large amount of feldspar - amphibole - zoisite - quartz. The compositions of garnets are different in the two belts, 38%~54% almandine, 21%~24% grossular and 19%~37% pyrope molecules in the southern belt and 41%~58%, 13%~38% and 10%~27% in the northern belt, respectively. Grt-Omp geothermometer calculation (using the method by Krogh, 1988) yields a temperature range of 652~698 °C at the pressure of 2.0 GPa for the northern belt eclogite and 873~913 °C for the southern belt. The peak pressure of 2.0~2.6 GPa for the northern belt by using Grt-Ph geobarometer, and >2.0 GPa for the south belt, by estimation of the mineral assemblage Grt - Omp - Ky without paragonite. The petrological and mineralogical features and *p-t* conditions of the Dulan eclogite and their country rocks are very similar to those of the Da Qaidam eclogites and the Altun eclogites, suggesting that they together constitute an Early Palaeozoic high pressure metamorphic belt, probably connecting eastward with the Early Palaeozoic eclogites in the northern Qinling, Tongbo, and northern Dabie, forming a huge HP-UHP metamorphic belt extending from west to east across the central continent of China, and may represent an old boundary between the south China plate and the north China plate.

Key words: HP metamorphic belt; eclogite; Dulan; north margin of the Qaidam basin

作者简介

杨经绥,男,1950年生。现在中国地质科学院地质研究所工作,任研究员。长期从事蛇绿岩及大陆造山带研究。通讯地址,100037,北京百万庄26号,中国地质科学院地质研究所;电话:010-68994782; e-mail: yangjsui@public. bta. net. cn。