

文章编号: 1009-3850(2004)02-0001-07

南迦巴瓦峰地区雅鲁藏布蛇绿混杂岩带 矿物学特征及时代

耿全如^{1,2}, 潘桂棠², 郑来林², 孙志明²,

欧春生³, 董 翰³, 王小伟³

(1. 中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 3. 甘肃地勘局 第三地质矿产勘查院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 雅鲁藏布蛇绿混杂带在南迦巴瓦峰地区呈弧形连续分布, 主要岩石类型有石英岩和云母石英片岩、绿片岩、斜长角闪岩、变质辉长岩、变余辉绿岩等。主要造岩矿物中, 角闪石属富镁的镁角闪石、镁闪石、韭闪角闪石、浅闪角闪石等; 单斜辉石为富镁的类型, 成分相当于透辉石; 橄榄石为典型的镁橄榄石; 斜长石在角闪岩类中为中长石, 是变质成因的。利用地质温压计估算出的变质温压条件分别为: $t=500\sim 650^{\circ}\text{C}$, $p=0.75\sim 0.8\text{GPa}$, 相当于角闪岩相变质作用, 发生在47~47Ma左右。晚期经历了低温、高压变质作用, 形成高压型的多硅白云母, 时代为27~20Ma, 与该区结合带边界阿尼桥断层和米林-鲁朗断层发生强烈走滑有关。地壳加速隆升、剥蚀时期形成的多硅白云母为中、低压型。

关键词: 南迦巴瓦; 雅鲁藏布蛇绿岩带; 矿物成分; 时代; 西藏

中图分类号: P574.2

文献标识码: A

研究区位于雅鲁藏布大峡谷和喜马拉雅东构造结地区。该地区近年来已成为地学研究的热点, 国内外专家已发表过不少有见解的论文, 在高压麻粒岩、区域隆升模式和地壳缩短量等方面取得重要进展^[1~8]。

对该区雅鲁藏布蛇绿岩带(IYS, 下同)的研究始于上世纪70年代^[9], 至今已取得如下进展。

(1)IYS 在该区的空间分布和物质组成^[9~15]。IYS 呈连续的弧形条带展布于南迦巴瓦楔入体和外侧的冈底斯岛弧带之间, 东宽西窄, 东部最宽处约10km, 西部最窄处约2km。该带沿米林、白拉村、纠忠、鲁郎南和排龙乡, 经旁辛、墨脱南延出境(图1)。带内岩石变质、变形强烈, 按产状可分为基质和岩块

(片)两大类。岩块(片)包括蛇绿岩套中的超镁铁岩、辉绿岩墙、辉长岩、石英(片)岩、大理岩和两侧老基底片麻岩等。岩块(片)大小不一, 大的延伸可大于50km, 小的仅约0.5m; 基质是塑性变形十分强烈的绢云母石英片岩、二云母石英片岩、绿片岩等岩石组合。

(2)IYS 蛇绿岩的形成环境。常量元素、微量和稀土元素示踪结果表明, 蛇绿岩并非形成于大洋中脊环境, 而更可能是弧后盆地环境, 扩张速度偏低^[12]。对变玄武岩和石英(片)岩地球化学特征的深入分析表明, 该蛇绿混杂岩带可能由形成环境不同的“碎片”组成, 包括弧前扩张带、岛弧、弧后盆地及洋岛等环境, 是典型的消减带环境或称为俯冲带

收稿日期: 2004-04-08

第一作者简介: 耿全如, 1963年生, 副研究员, 博士生, 研究方向为火成岩和构造地质学。

资助项目: 国土资源大调查项目“1:25万《墨脱幅》(H46C003004)地质调查”

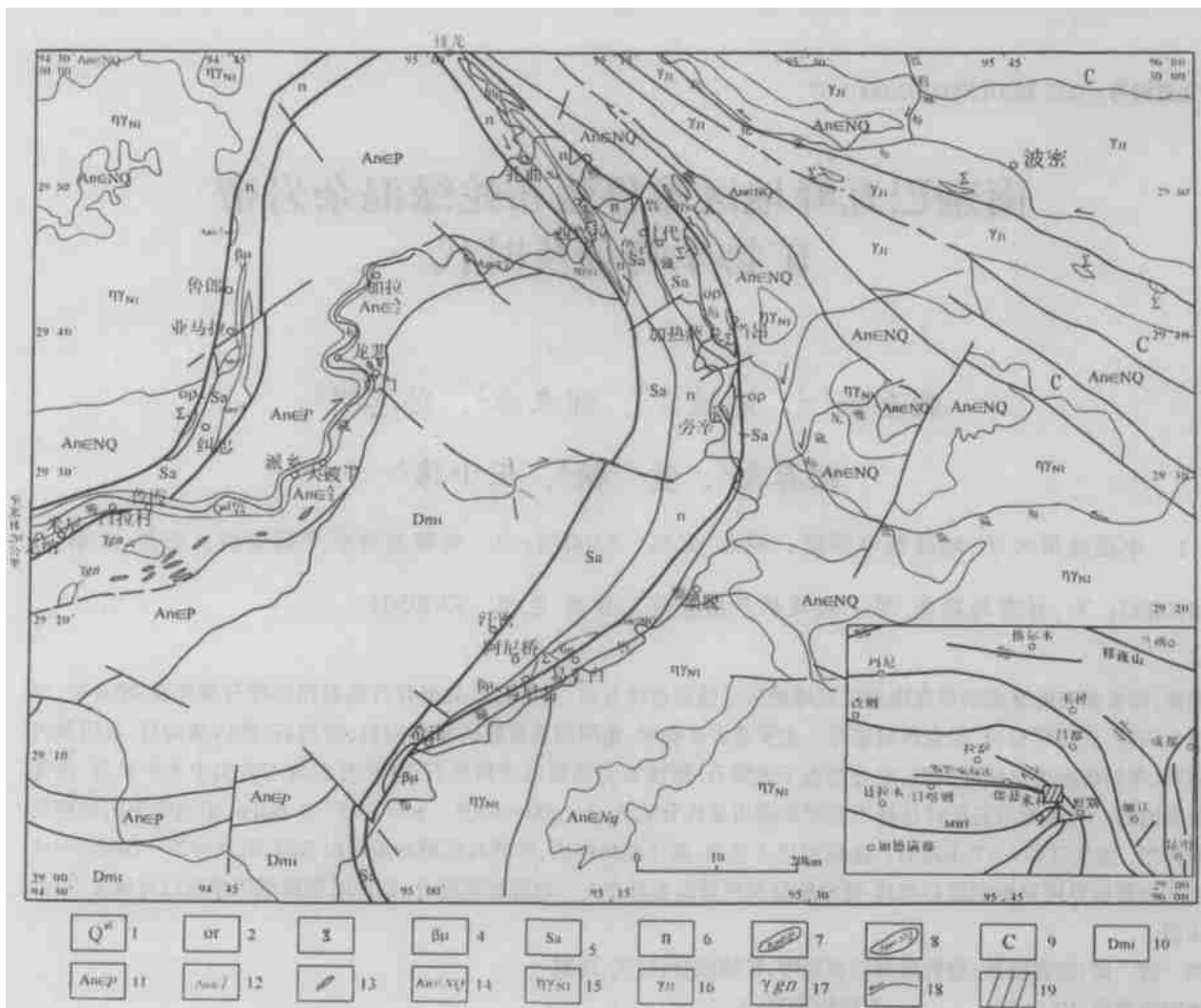


图 1 雅鲁藏布大峡谷地区地质简图

1. 第四系; 2~8. 雅鲁藏布蛇绿混杂带: 2. 蛇绿岩岩片; 3. 超镁铁岩岩块; 4. 变辉绿岩岩块; 5. 石英片岩岩片; 6. 基质部分; 7. 南迦巴瓦岩群外来岩片; 8. 念青唐古拉岩群外来岩片; 9. 石炭系; 10~13. 南迦巴瓦岩群: 10. 多雄拉混合岩; 11. 派乡岩组; 12. 直白岩组; 13. 高压麻粒岩块体; 14~16. 冈底斯带: 14. 念青唐古拉岩群; 15. 中新世二长花岗岩; 16. 早侏罗世花岗岩; 17. 前寒武纪片麻状花岗岩; 18. 河流及流向; 19. 研究区位置

Fig. 1 Simplified geological map of the Yarlung Zangbo Grand Canyon area

1= Quaternary; 2 to 8= Yarlung Zangbo ophiolitic mélange zone: 2= ophiolite slices; 3= ultramafic rocks; 4= metadiabase; 5= quartz schist; 6= matrix; 7= allochthonous slices of the Namjagbarwa Group Complex; 8= allochthonous slices of the Nyainqentanglha Group Complex; 9= Carboniferous; 10 to 13= Namjagbarwa Group Complex; 10= Duoxiongla migmatites; 11= Paixiang Fomation Complex (marble-bearing gneiss); 12= Zhibai Fomation Complex (HPG-bearing gneiss); 13= high-pressure granulite; 14 to 16= Gangdise zone; 14= Nyainqentanglha Group Complex; 15= Miocene monzonitic granite; 16= Early Jurassic granite; 17= Precambrian gneissic granite; 18= river and its flowing direction; 19= studied area

上叠型的 (SSZ) 蛇绿岩^[14~16]。对混杂带内石英片岩的成分研究也得出相似结论

(3) IYS 蛇绿岩的地质年代学研究。在旁辛附近超镁铁岩块中获得一件原生辉石的⁴⁰Ar/³⁹Ar 全熔年龄和一件变玄武岩中角闪石的⁴⁰Ar/³⁹Ar 坪年龄, 分别为 $200 \pm 4\text{Ma}$ 和 $40.14 \pm 1.04\text{Ma}$ ^[14, 17]。

本文介绍 IYS 带主要造岩矿物的成分特征、变质温、压条件的估算及其与构造演化的关系。

1 区域地质背景

该区有 3 个主要的地质单元, 即冈底斯岛弧岩浆岩带、高喜马拉雅结晶基底“南迦巴瓦岩群”, IYS

带呈弧形夹在两者之间(图 1)。

南迦巴瓦岩群($A_n \in NJ$)分布在“大拐弯”峡谷的内侧,主要由黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩等组成。根据岩石组合和变质、变形特征,将该群分成 3 套岩石组合,即直白岩组、派乡岩组和多雄拉混合岩,同位素年龄值相当于中、新元古代^[14,15]。

冈底斯岛弧带总体上由 3 部分组成:(1)前寒武系变质基底,即念青唐古拉岩群($A_n \in NQ$);(2)变质盖层,主要为泥盆系松宗组、下石炭统诺错组、上石炭统来姑组、下二叠统洛巴堆组,中侏罗统马里组以角度不整合覆盖在上述地层之上;(3)冈底斯岛弧带中,北侧主要出露早侏罗世一晚白垩世花岗岩类,南部出露中新世花岗岩。念青唐古拉岩群主要由一套长英质片麻岩、条带状混合岩及大理岩组成,岩石的混合岩化现象明显。这套岩石的 Sm-Nd 同位素年龄测试,获得年龄值 $2296 \pm 63 \text{ Ma}$ 、 $2178 \pm 12 \text{ Ma}$ (排龙一通麦)和 $1453 \pm 14 \text{ Ma}$ (冈戎勒—墨脱),相当于古中元古界(甘肃区调队,1995,1:20 万波密幅地质图及说明书)。

2 雅鲁藏布蛇绿岩带矿物学特征

2.1 矿物组合

IYS 混杂带的基本成分在宏观上可分为岩片(块)和基质两部分,基本岩石组合为各类石英岩、绿片岩、变镁铁、超镁铁岩块、大理岩等(图 2)。最主要的造岩矿物有橄榄石、单斜辉石、角闪石、斜长石、绢云母等,其中绢云母大多为高压型的多硅白云母^[15]。

IYS 带内主要岩石类型有石英岩和云母石英片岩、绿片岩、斜长角闪岩、变质辉长岩、变余辉绿岩。不同的岩石类型矿物组合不同,其中超镁铁岩岩块主要原生矿物为镁橄榄石+普通辉石+顽火辉石+斜长石(牌号在 $A_n 70$ 以上)+尖晶石等,变质以后的矿物组合为透辉石+蛇纹石+滑石+透闪石等。变质镁铁岩块中典型的变质矿物组合为:透辉石+角闪石(普通角闪石或阳起石)+斜长石($A_n 20-30$)+黑云母+石英+绿帘石+绿泥石;绿泥石+绿帘石+阳起石钠长石+石英;铁铝榴石+角闪石+黑云母+绿帘石+斜长石+石英。石英(片)岩类典型的矿物组合为:石英+白云母+黑云母+石榴子石+斜长石+钾长石+兰晶石;白云母+黑云母+石英+钾长石+斜长石;石英+钾长石+白云母。

2.2 主要矿物成分特征

(1)橄榄石。橄榄石见于结合带东段的旁辛、加

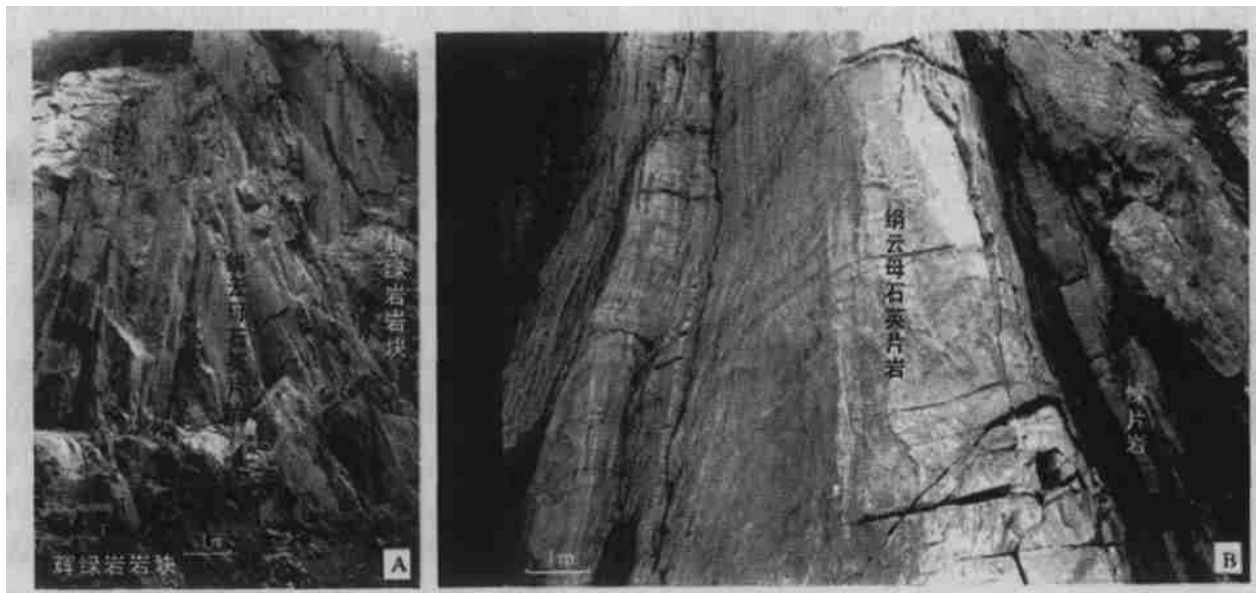


图 2 IYS 带野外产状特征和岩石类型

A. 石英岩中的两期褶皱,尖棱状、轴面直立,与面理平行,下部深色部分为变辉绿岩岩块,摄于排龙乡东约 2km 处; B. 石英岩直立褶皱的转折端,面理直立,右翼深色部分为变玄武岩,摄于排龙乡东约 3km 处

Fig. 2 Field occurrence and rock types in the Yarlung Zangbo ophiolitic mélange zone

A. The two-phase sharp vertical folds in quartzite. The dark rocks in the lower part are metadiabase at a distance of about 2 km east of Pailong;

B. Vertical folds in quartzite and their hinge lines. The dark rocks on the right are metabasalt at a distance of about 3 km east of Pailong

热萨,西段的德母拉高地见有含橄榄石的超镁铁岩。探针分析结果表明,这些橄榄石富镁、贫铁,其成分主要为 MgO 、 SiO_2 ,少量 FeO ,其余成分很少,是典型的镁橄榄石。 Fo 的含量在90%以上,说明岩石来自地幔。

(2)单斜辉石。结合带中镁铁质岩石变质较彻底,原生的辉石均变成了角闪石,未见变质残余。超镁铁质岩块中尚可见到原生辉石,是富 Mg 的单斜辉石, Al_2O_3 含量高达3.44%(表1),其成分特征与地幔岩中的单斜辉石相似^[18]。超镁铁岩和大理岩中变质形成的单斜辉石富 Ca 、 Mg , Al_2O_3 含量低于1.7%,成分相当于透辉石。

(3)角闪石。在显微镜下,角闪石呈不同程度的绿色。探针结果属富 Mg 的镁角闪石、镁闪石、韭闪角闪石、浅闪角闪石等。

(4)长石。石英片岩中的斜长石属更长石、碱性长石富 K , Or 分子含量达80%。石英片岩中的长石由变质形成。超镁铁岩中的原生长石为拉长石,角闪岩类中为中长石,是变质成因的。

2.3 变镁铁、超镁铁岩中主要造岩矿物及温压计算

利用IYS带中变质镁铁、超镁铁岩块中的主要造岩矿物可以大致估算本带变质过程早期的温压环境,石英(片)岩中多硅白云母反映的低温、高压变质作用则可能是后期的变质环境。对于上述镁铁质岩块中的变质矿物组合,利用单斜辉石地质温度计,估算出原始辉石橄榄岩类的结晶温度大致为9500℃。利用斜长石-角闪石、石榴子石-黑云母、二长石、斜长石以及单斜辉石地质温压计^[19,20]估算出的变质温压条件分别为: $t = 500 \sim 650^\circ C$, $p = 0.75 \sim 0.8 GPa$ (表1),相当于角闪岩相变质作用,而由多硅白云母估算的压力可能大于0.8GPa,说明晚期经历了低温、高压变质作用(图3)^[15]。

2.4 变质作用的年代

该区与IYS有关的同位素年龄值有4组(表2):第一组200Ma左右,可能代表蛇绿岩形成(岩石结晶)的年龄,可能也是雅鲁藏布江新特提斯洋扩张规模最大的时期。第二组47~43Ma左右,代表新特提斯洋闭合的时代,之后的强烈造山作用使蛇绿岩套解体、变质变形,温压条件可能达到 $t = 500 \sim 650^\circ C$, $p = 0.75 \sim 0.8 GPa$ 。第三组27~20Ma,该区结合带边界阿尼桥断层和米林-鲁朗断层发生强烈走滑,石英(片)岩类形成糜棱岩,甚至超糜棱岩。该

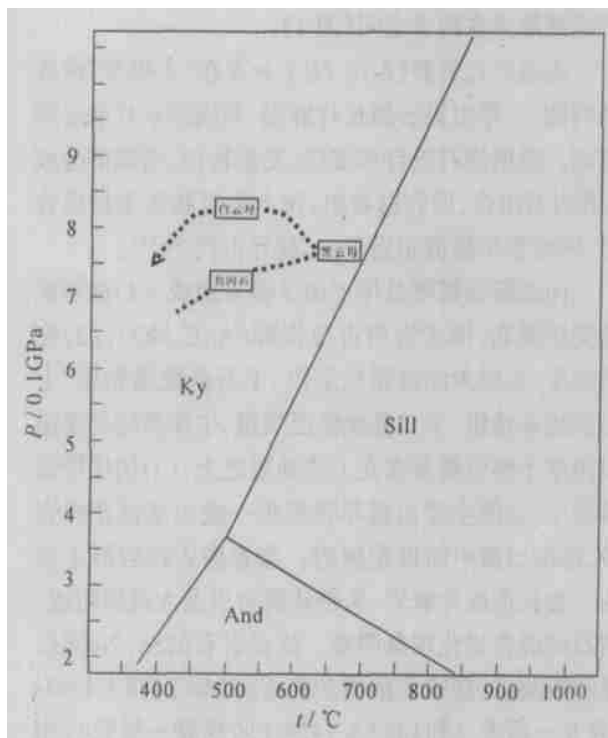


图3 结合带岩石在变质过程中的温度-压力变化

Fig.3 Temperature-pressure diagram showing the metamorphism processes of the rocks in the Yarlung Zangbo ophiolitic mélange zone

阶段可能代表该区IYS的峰值压力,以高压环境下的动力变质为主。高压、超高压型多硅白云母形成于这一阶段。第四组12~5Ma左右,代表退变质时期,角闪石变成绿泥石等,本期形成的多硅白云母为中、低压型。这一阶段对应地壳隆升、剥蚀作用加速的时期^[19]。

3 结 论

雅鲁藏布蛇绿混杂带在南迦巴瓦峰地区主要岩石类型有石英岩和云母石英片岩、绿片岩、斜长角闪岩、变质辉长岩、变余辉绿岩等。主要造岩矿物角闪石属富 Mg 的镁角闪石、镁闪石、韭闪角闪石、浅闪角闪石等;单斜辉石是富 Mg 的类型,成分相当于透辉石;橄榄石是典型的镁橄榄石;斜长石在角闪岩类中为中长石,是变质成因的。利用地质温压计估算出的变质温压条件分别为: $t = 500 \sim 650^\circ C$, $p = 0.75 \sim 0.8 GPa$,相当于角闪岩相变质作用,发生在47~43Ma左右。晚期经历了低温、高压变质作用,形成高压型的多硅白云母,时代为27~20Ma,与该区结合带边界阿尼桥断层和米林-鲁朗断层发生强

表 1 主要造岩矿物电子探针测试结果($w_B/\%$)及重要参数

Table 1 Microprobe analyses ($w_B/\%$) for the major rock-forming minerals and key parameters

样号	M3b-119	M3b-121	M2b-9	M2b-6	M2b-4	M2b-2	M3b-187	M3b-150	M3b-124	M3b-143	M3b-116
采样位置	旁辛	旁辛	德母拉高地				甘代·咱布冬	宗荣·加热萨	旁固	宗荣·加热萨	冷多·旁辛
岩性	橄辉岩	橄辉岩	变辉橄岩				斜长角闪岩	滑石橄辉岩	绿片岩	绿片岩	含透辉石大理岩
矿物名称	镁橄榄石	次透辉石	钙铝榴石	铁铝榴石	黑云母	钾长石	更长石	更长石	角闪片岩	透辉石	透辉石
Na_2O	0.023	0.442	0.014	0.052	0.198	2.599	10.13	9.678	1.577	0.304	0.171
MgO	51.53	14.37	0.05	4.348	9.01	0	0.015	0	13.82	20.89	17.97
Al_2O_3	0.025	1.381	30.112	22.271	17.701	19.138	23.75	23.313	10.767	24.48	1.7
SiO_2	40.269	53.442	39.033	36.779	34.229	63.915	59.451	62.574	45.337	55.171	54.706
K_2O	0	0.015	0.001	0	9.498	14	0.296	0.347	0.042	0.004	0.018
CaO	0.028	23.124	22.614	2.644	0.058	0.115	3.616	4.375	11.824	9.608	24.59
TiO_2	0.02	0.077	0.117	0.064	4.012	0.078	0	0.182	0.03	0.098	0.034
Cr_2O_3	0.099	0	0.011	0.254	0.033	0.252	0	0	0.056	0.127	0.057
MnO	0.141	0.151	0.068	0.563	0.068	0.069	0	0.014	0.098	0.297	0.013
$TFeO$	6.649	5.574	6.027	31.62	18.43	0.081	0	0.221	0.108	6.773	0.843
NiO	0.386	0.042	0.383	0.117	0.1	0	0.019	0.089	0.1	0.284	0.044
总量	99.17	98.614	98.43	98.71	93.334	100.25	97.279	100.79	94.022	96.093	100.15
Na^+	0.001	0.032	0.002	0.008	0.06	0.232	0.899	0.828	0.458	0.084	0.012
Mg^{2+}	1.878	0.798	0.006	0.519	2.093	0	0.001	0	3.084	4.426	0.964
Al^{3+}	0.001	0.001	2.642	2.104	3.253	1.038	1.281	1.213	1.900	0.351	0.072
Si^{4+}	0.985	1.993	2.906	2.949	5.338	2.943	2.721	2.763	6.790	7.847	1.971
K^+	0	0.001	0	0	1.889	0.822	0.017	0.02	0.008	0.001	0.001
Ca^{2+}	0.001	0.924	1.803	0.227	0.01	0.006	0.177	0.207	1.897	0.870	0.054
Fe^{3+}	0	0	0	0	0	0	0	0	1.260	1.642	0.949
Fe^{2+}	0.136	0.174	0.375	2.117	2.399	0.003	0	0.004	0	0.208	0.025
	$FeO = 93$	$MgSiO_3 = 42$		$Al^{IV} = 2.66$	$Al^{IV} = 2.66$	$Or = 80$	$An = 16$	$An = 20$	$Al^{IV} = 1.21$	$MgSiO_3 = 65$	$MgSiO_3 = 50$
重要参数	$Fa = 7$	$CaSiO_3 = 49$		$Al^{IV} = 0.593$	$Al^{IV} = 0.593$	$Ab = 20$	$Ab = 84$	$Ab = 80$	$Al^{IV} = 0.69$	$CaSiO_3 = 23$	$CaSiO_3 = 49$
		$FeSiO_3 = 9$								$FeSiO_3 = 12$	$FeSiO_3 = 1$
t	947℃			65℃		500℃	510℃				
p				0.8GPa(图解)							
计算				758GPa(计算)							
		单斜辉石温度计		石榴子石-黑云母温压计			斜长石温度计				
							斜长石-斜长石温压计				

电子探针测试单位:成都地质矿产研究所,2000年;矿物温、压计算参考文献^[18,19]

表 2 研究区与结合带有关同位素年龄

Table 2 Isotopic ages of the rocks associated with the Yarlung Zangbo ophiolitic mé lange zone

样品号	岩 性	采样位置	方 法	年龄/ Ma	资 料 来 源	测试对象
N025	二云母片岩	鲁霞江对岸	K/ Ar	218. 63±3. 63	章振根等 1992	角闪石
M3XT-4	橄榄辉石岩	旁 辛	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	200±4	本项目	单斜辉石
N018	斜长角闪岩	马尼翁	K/ Ar	141. 7±2. 46	章振根等 1992	长 石
N018	斜长角闪岩	马尼翁	K/ Ar	46. 63±1. 02	章振根等 1992	黑云母
Mv(01)T-109	含方柱石斜长角闪岩	米尼村	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	42. 67±2. 54	本项目	角闪石
M-22-2	角闪石黑云母片麻岩	马尼翁	K/ Ar	26. 5	郑锡澜、常承法 1979	
	云母石英片岩	各 登	K/ Ar	19. 87	甘肃省调队 1995	
M-61-4	黑云母片麻岩	加热萨	K/ Ar	12. 3	郑锡澜、常承法 1979	
M-73-1	白云母石英片岩	鲁 古	K/ Ar	10. 0	郑锡澜、常承法 1979	
M-75-2	黑云母石英片岩	八 玉	K/ Ar	7. 4	郑锡澜、常承法 1979	
M-84-4	黑云母片岩	扎 曲	K/ Ar	4. 9	郑锡澜、常承法 1979	

烈走滑有关。地壳加速隆升、剥蚀时期形成的多硅白云母为中、低压型^[13]。

参考文献:

[1] 丁林, 钟大赉, 潘裕生, 等. 喜马拉雅东构造结上新世以来快速抬升的裂变径迹证据[J] . 科学通报, 1995, 40(16): 1497—1500.

[2] 钟大赉, 丁林. 青藏高原的隆起过程及其机制探讨[J] . 中国科学(D 辑), 1996, 26(4): 289—295.

[3] 刘焰, 钟大赉. 东喜马拉雅地区高压麻粒岩岩石学研究及构造意义[J] . 地质科学, 1998, 33(3): 267—281.

[4] BURG J.P, DAVY P, NIEVERGELT P et al. Exhumation during crustal folding in the Namche-Barwa syntaxis[J] . Terra Nova, 1997, 9(2): 53—56.

[5] BURG J-P, DAVY P, NIEVERGELT P, OBERLI F, SEWARD D, DIAO Z, MEIER M. Exhumation during crustal folding in the Namche-Barwa syntaxis[J] . Terra Nova, 1997, 9(2): 53—56.

[6] DING L, ZHONG D, YIN A, et al. Cenozoic structural and metamorphic evolution of the eastern Himalayan syntaxis (Namche Barwa) [J] . Earth and Planetary Science Letters, 2001, 192: 423—438.

[7] 丁林, 钟大赉, 西藏南迦巴瓦峰地区高压麻粒岩相变质作用特征及其构造地质意义[J] . 中国科学(D 辑), 1999, 29(5): 385—397.

[8] 王二七, B. C. Burchfiel, 季建清. 东喜马拉雅构造结新生代地壳缩短量的估算及其地质依据[J] . 中国科学(D 辑), 2001, 31

(1): 1—9.

[9] 郑锡澜, 常承法. 雅鲁藏布江下游地区地质构造特征[J] . 地质科学, 1979, (2): 116—125.

[10] 张旗, 张振禹, 李 华. 西藏东部和南部变质岩中的白云母及其岩石学意义[J] . 地质科学, 1980, (4): 340—347.

[11] 章振根, 刘玉海, 王天武, 等. 南迦巴瓦峰地区地质[M] . 北京: 科学出版社, 1992. 106—117.

[12] 耿全如, 潘桂棠, 刘宇平, 等. 雅鲁藏布大峡谷地区蛇绿混杂岩带初步研究[M] . 沉积与特提斯地质, 2000, 20(1): 28—43.

[13] GENG Q, PANG, LIU Y et al. Preliminary study on the ophiolitic mé lange in the Yalu Tsangpu grand canyon area [J] . 地学前缘, 2000, 7(增刊): 53—54.

[14] 耿全如, 潘桂棠, 郑来林, 等. 藏东南雅鲁藏布江蛇绿混杂带的物质组成及形成环境[J] . 地质科学, 2004, 39(3): 1—19.

[15] 耿全如, 潘桂棠, 郑来林, 等. 南迦巴瓦峰地区雅鲁藏布构造带中石英(片)岩的岩石化学特征及变质条件探讨[J] . 矿物岩石, 2004, 24(1): 76—82.

[16] 郑来林, 耿全如, 欧春生, 等. 藏东南南迦巴瓦地区雅鲁藏布江蛇绿混杂岩中玻安岩的地球化学特征和意义[J] . 地质通报, 2003, 22(10—11): 18—21.

[17] 任纪舜, 肖黎薇. 1:25 万地质填图进一步揭示开了青藏高原大地构造的神秘面纱[J] . 2004, 23(1): 1—11.

[18] 靳是琴, 李鸿超. 成因矿物学概论(下册)[M] . 长春: 吉林大学出版社 1986.

[19] 靳是琴, 李鸿超. 成因矿物学概论(上册)[M] . 长春: 吉林大学出版社 1984.

[20] HOLDAWAY M J. Application of new experimental and gamet margules data to the garnet-biotite geothermometer [J] . American Mineralogist, 2000, 85: 881—892.

The mineralogy and ages of the Yarlung Zangbo ophiolitic mélange zone in the Namjagbarwa area, Xizang

GENG Quan-ru^{1, 2}, PAN Gui-tang², ZHENG Lai-lin², SUN Zhi-ming², OU Chun-sheng³,
DONG Han³, WANG Xiao-wei³

(1. *China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China*; 2. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China*; 3. *Gansu Bureau of Geology and Mineral Resources, Lanzhou 730050, Gansu, China*)

Abstract: The Yarlung Zangbo ophiolitic mélange zone is aligned as an arc along the Yarlung Zangbo Grand Canyon in the Namjagbarwa area, Xizang. The lithologies there consist mainly of quartzite, mica quartz schist, green schist, amphibolite, metagabbro and blastodiabase. The major rock-forming minerals are composed of: (1) amphibole including Mg-rich magnesio-amphibole, magnesio-cummingtonite, pargasite and edenite; (2) clinopyroxene including Mg-rich species corresponding to diopside in composition; (3) olivine including representative forsterite, and (4) plagioclase dominated by andesine of metamorphic origin in amphibolites. The temperatures and pressures for the metamorphism processes estimated from the geothermometer and geobarometer are: $t=500-650^{\circ}\text{C}$ and $p=0.75-0.8\text{ Gp}$, corresponding to those for the amphibolite facies dated back to ca. 47–43 Ma. The later low-temperature and high-pressure metamorphism resulted in the formation of the high pressure-type lepidomorphite dated back to ca. 27–20 Ma, relative to the intense strike-slipping of the Aniqiao fault and Mainling-Lunang fault at the boundary of the Yarlung Zangbo ophiolitic mélange zone. The rapid uplifting and erosion of the crust in the study area permitted the formation of lepidomorphite of medium- to low-pressure types.

Key words: Namjagbarwa; Yarlung Zangbo ophiolitic mélange zone; mineral composition; times; Xizang