

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

东喜马拉雅南迦巴瓦地区区域地质特征及构造演化

郑来林^{1,2)} 金振民²⁾ 潘桂棠¹⁾ 耿全如¹⁾ 孙志民¹⁾

1)中国地质调查局成都地质矿产研究所,610082; 2)中国地质大学地球科学学院,武汉,430074

内容提要 研究区位于喜马拉雅造山带的东构造结。本文以区域地质填图成果为基础,结合前人资料,首先对研究区进行了构造单元划分,其次对各构造单元的地质特征进行了总结,最后对构造演化和有关问题进行了探讨。结论为:①南迦巴瓦地区可以划分为冈底斯—拉萨陆块、雅鲁藏布江缝合带和印度陆块3个一级构造单元。以蛇绿混杂岩为代表的雅鲁藏布江缝合带呈向NE凸的马蹄状连续分布;印度陆块由被称为南迦巴瓦岩群的高喜马拉雅结晶岩系单独构成,南迦巴瓦岩群由以含高压麻粒岩透镜体为标志的直白岩组、派乡岩组和多雄拉混合岩组成。②印度—欧亚板块碰撞的时间早于70Ma;23 Ma以来主要断层的运动性质以伸展拆离作用为主;大约5Ma时发生了大规模的混合岩化和深熔作用。③地幔上隆是本区快速隆升的关键因素,但河流的作用同样功不可没。

关键词 构造演化 地质特征 东构造结 喜马拉雅造山带

喜马拉雅山脉是印度板块与欧亚板块发生碰撞作用形成的全球最年轻、规模最大的造山带,是研究板块构造和造山作用的理想场所。喜马拉雅造山带东、西两端分别有一个构造急剧转向的地区——构造结。这两个构造结地区具有许多相似的地貌和地质特征,有着大体相似的成因和演化过程(Burg et al., 1999; Ding et al., 2001),是整个喜马拉雅山脉中构造应力作用最强、隆升和剥露速率最快、新生代变质和深熔作用最强的地区,是研究造山作用过程中地壳重造(变质、变形和重熔)的野外实验室。

南迦巴瓦地区位于喜马拉雅山脉的东端,属于同著名的喜马拉雅西构造结遥相呼应的东构造结(图1)。独特的构造部位、丰富的地质内容引起了地质学家的广泛关注并对其进行研究。但是,极端恶劣的自然条件严重制约了研究工作的开展,这里的研究程度不仅落后于西构造结地区而且构造格局和构造演化等方面尚有不少问题有待探讨。本文主要以1:25万墨脱县幅区域地质调查项目所取得的第一手资料为基础,结合前人的研究成果,对南迦巴瓦地区的地质特征及构造演化进行讨论和总结。

1 构造单元划分

通过对研究区火山—沉积建造、岩浆建造、变质

变形作用和构造地质的综合研究并结合区域资料,将研究区划分为:冈底斯—拉萨陆块、雅鲁藏布江缝合带和印度陆块3个一级构造单元;又以嘉黎—迫龙藏布断裂带为界将冈底斯—拉萨陆块划分为南部的冈底斯—下察隅晚燕山—喜马拉雅期火山—岩浆弧和北部的念青唐古拉—腾冲燕山晚期火山—岩浆弧;嘉黎—迫龙藏布断裂带为一条以韧性剪切带和残留蛇绿混杂岩为标志的弧—弧碰撞带(郑来林等, 2003)。

图1标绘出了各构造单元的界线及空间展布;位于印度陆块和冈底斯—拉萨陆块之间、受韧性剪切带控制的雅鲁藏布江缝合带呈向NE凸的马蹄状连续分布。

2 构造单元的地质特征

印度陆块和雅鲁藏布江缝合带是本文的介绍重点。

2.1 印度陆块

同西构造结一样,研究区仅出露印度陆块之高喜马拉雅结晶岩系(称为南迦巴瓦岩群),缺失特提斯喜马拉雅沉积岩系。南迦巴瓦岩群呈倒U字型分布在研究区西南部的喜马拉雅山脉主脊及两侧。根据南迦巴瓦岩群的原岩建造、变质程度、变形样式的

注:本文为国土资源部重点基础项目“青藏高原构造—热事件与高原隆升”和1:25万墨脱县幅区域地质调查项目资助的成果。

收稿日期:2003-10-24;改回日期:2004-05-16;责任编辑:章雨旭。

作者简介:郑来林,男,1963年生。1989年于成都地质学院获变质岩石学硕士学位。现为成都地质矿产研究所教授级高级工程师。通讯地址:610082,四川成都市一环路北三段新82号,成都地质矿产研究所;电话:028-83225030;Email:cdzlailin@cgs.gov.cn。

差异将其解体为直白岩组、派乡岩组和多雄拉混合岩三个部分,三者之间均以韧性剪切带接触(图1)。

2.1.1 直白岩组

直白岩组由一套以富含高压麻粒岩透镜体或夹层为特征的富铝片麻岩和花岗质正片麻岩组成,变质程度为麻粒岩相且混合岩化作用强烈,具高温塑性流变的变形特点。

该岩组主要分布在白马狗熊一直白—丹娘一线喜马拉雅山脉的北侧,总体走向同喜马拉雅山脉的走向大致平行,向西出研究区并稳定延伸至米林县南伊沟一带。直白岩组是一个构造岩片,岩石已强烈糜棱岩化,两个边界为大型韧性剪切带。南东边界韧性剪切带(F_1)的强应变带宽约500~1000m、倾向南迦巴瓦外侧、倾角 50° 左右;主期应变性质为伸展拆离、早期直白岩组沿它左行走滑推覆逆冲到下伏岩石之上。在高压麻粒岩透镜体周围和围岩中发育混合岩化作用形成的浅色岩脉,这些脉体在伸展剪切作用下也发生了相应的同改造变形,表明伸展剪切作用于混合岩化作用基本同步。该边界韧性剪切带高角度截切出露于德阳拉—清清拉一带的派乡岩组中广泛发育的北西—南东向褶皱,表明推覆逆冲和伸展拆离作用都发生在褶皱作用之后。直白岩组的北西边界韧性剪切带的强应变带宽约500m、倾向南迦巴瓦外侧、倾角 60° 左右;糜棱岩中的旋转碎斑和S—C组构特征显示剪切作用的性质为伸展拆离。剪切带的走向变化大并控制了该段雅鲁藏布江的展布,表明该剪切带是沿早期北西—南东向褶皱了的岩石界面生成的。

直白岩组中的高压麻粒岩透镜体(图版1-1)主要由石榴子石单斜辉石岩和石榴蓝晶二长麻粒岩组成。根据显微镜下矿物反应关系及岩相学特点,从石榴蓝晶石高压麻粒岩中识别出了早、中、晚3期变质矿物组合。第一期变质矿物组合(M1)为多硅白云母+黑云母+斜长石+石英,包裹在蓝晶石、石榴子石变斑晶中;它们常呈走向近SN的定向排列,同围岩中的区域性片麻理走向高角度相交;第二期变质矿物组合(M2)为石榴子石+蓝晶石+三元长石+金红石+石英+石墨;第三期变质矿物组合(M3)为石榴子石+夕线石+斜长石+黑云母+堇青石+尖晶石,其中黑云母+堇青石+尖晶石或黑云母+钠长石+尖晶石呈后成合晶环石榴子石分布,夕线石具蓝晶石的假象,有些夕线石具有钠长石+尖晶石、堇青石+尖晶石的后成合晶,表明M3组合是M2组合经快速减压作用的产物。笔者用石榴子石—黑云母

温压计计算矿物组合(M1)形成的温压条件为 $642\sim 693^\circ\text{C}$ 和 $0.8\sim 0.94\text{GPa}$,与王天武等(1996)的计算结果(600°C 和 0.91GPa)相比温度略高;峰期矿物组合(M2)形成的温压条件为 $870\sim 890^\circ\text{C}$ 和 $1.7\sim 1.8\text{GPa}$ (刘焰等,1998);M3组合形成的温压条件为 $800^\circ\text{C}\pm$ 和 $0.5\text{GPa}\pm$ (刘焰等,1998)。同样,石榴子石单斜辉石岩也有早、中、晚3期变质矿物组合。第一期变质矿物石英包裹在石榴子石和透辉石中;第二期变质矿物组合(M2)为石榴子石+透辉石+石英+榍石+方柱石,石榴子石常被钙长石+角闪石、钙长石+辉石后成合晶环绕、替代形成白眼圈;透辉石常退变为角闪石,在许多榴闪岩透镜体的核部常可见到石榴子石单斜辉石岩残留体,表明一些榴闪岩是石榴子石单斜辉石岩的退变产物;第三期变质矿物组合(M3)为斜长石+角闪石+辉石+石英,是M2组合经快速减压作用的产物。M2组合形成的温压条件为 $t>875^\circ\text{C}$, $1.0\text{GPa}<p<2.0\text{GPa}$ (刘焰等,1998);M3组合形成的温压条件为 $850\pm 50^\circ\text{C}$, $0.5\pm 0.1\text{GPa}$ (刘焰等,1998)。由于两种高压麻粒岩在空间和成因上都有着密切联系,因此早期(M1)变质作用的温压条件为 $650\pm 50^\circ\text{C}$, $0.85\pm 0.05\text{GPa}$,峰期(M2)变质作用的温压条件为 $870\sim 890^\circ\text{C}$, $1.7\sim 1.8\text{GPa}$,退变质(M3)作用的温压条件是 $850\pm 50^\circ\text{C}$, $0.5\pm 0.1\text{GPa}$ 。

高压麻粒岩透镜体的围岩主要为麻粒岩相的富铝片麻岩,有时为大理岩。富铝片麻岩常见的矿物组合为:夕线石+石榴子石+钾长石+棕红色黑云母+石英+石墨,夕线石常有堇青石+尖晶石的后成合晶;夕线石+石榴子石+钾长石+斜长石+棕红色黑云母+石英+斜方辉石+石墨,夕线石常退变为堇青石。大理岩中常见的矿物组合为:方解石+透辉石+金云母+石英,方解石+透辉石+金云母+石英+斜长石+方柱石+石墨,方解石+透辉石+金云母+橄榄石。这套矿物组合属中压相系麻粒岩相,同高压麻粒岩中的M3组合相同,表明它们为同一期变质作用的产物。所以,直白岩组是经历过近恒温快速减压作用改造过的高压麻粒岩相岩石组合。

2.1.2 派乡岩组

派乡岩组为一套富含大理岩的变粒岩、片麻岩组合,构造层次上位于直白岩组之上,以一系列的尖棱和相似褶皱(图版1-2)变形为主,韧性剪切带及其附近塑性变形发育。如图1所示,分布在雅鲁藏布江NW岸的派乡岩组在被雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带的SW边界韧性剪切带截切的NE端的出露宽度

图1 南迦巴瓦地区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of Namche Barwa (Nanjabawa) area

1—板块冲带;2—实测性质不明断层;3—正断层;4—二叠系—泥盆系;5—板块结合带;6—推测性质不明断层;7—逆断层;8—中酸性侵入岩;9—区域性大断层;10—走滑断层;11—韧性剪切带;12—超基性岩;13—隐伏断层;14—强韧性剪切带;15—解折断层;My—派乡岩组;Dmi—多雄拉混合岩;An∈p—直白岩组;念青唐古拉岩群;An∈nq^f—C岩段, An∈nq^b—B岩段;An∈nq^a—A岩段
 1—Boundary faults of plate subduction; 2—undefined faults; 3—normal faults; 4—Permian—Devonian; 5—plate suture zone; 6—undefined inferred faults; 7—thrust faults; 8—dioritic—granitic intrusives; 9—regional faults; 10—slipping faults; 11—ductile shear zone; 12—ultrabasic rocks; 13—covered faults; 14—strongly ductile shear zone; 15—faults defined by TM; My—Member A; An∈p—Paixiang Formation Complex; Dmi—Duoxiongla migmatites; An∈z—Zhibai Formation Complex; Nyainqentanglha Complex; An∈nq^f—Member B, An∈nq^b—Member A

达30km,向SW延伸逐渐变窄至丹娘一带尖灭。在其迅速变窄和尖灭的同时,在直白岩组下盘的德阳拉—清清拉一带开始有向SWW延伸不断变宽的同组岩石出现。在德阳拉—清清拉一带的直白岩组中有一系列轴面走向为SE—NW的褶皱发育。

派乡岩组的典型岩石类型为:黑云变粒岩、黑云片岩、黑云斜长片麻岩、大理岩、钙硅酸盐岩和石英岩等。常见代表性矿物组合为十字石+斜长石(An_{30~50}) +角闪石+黑云母+白云母+石英+蓝晶石,黑云母+夕线石+石榴子石+钾长石+石英,角闪石+斜长石(An_{30~50}) +石榴子石+透辉石+石英,方解石+透辉石+金云母+方柱石+石英,白云石+方解石+透辉石+金云母,石榴子石+透辉石+绿帘石,石榴子石+透辉石+斜长石。这些矿物组合基本属于中压相系角闪岩相。

派乡岩组中没有高压麻粒岩相残留体,变质程度由高角闪岩相向上(NW)过渡为低角闪岩相,上、下界限均为韧性剪切带;表明派乡岩组可能没有经历过高压变质作用,同直白岩组之间有大量的地层缺失。

2.1.3 多雄拉混合岩

多雄拉混合岩主要

由条带状、眼球状、肠状混合岩和条带状混合片麻岩组成。主要沿喜马拉雅山山脊及其南侧分布。多雄拉混合岩中高温流变褶皱发育且多为片麻理或片理褶皱,褶皱样式复杂多变。在多雄拉山口可见指示顶部向NNE滑落运动的箭鞘褶皱(图版I-3)及两期褶皱叠加的现象。早期为枢纽走向近SN的平卧褶皱,二期叠加的小褶皱的轴面东倾表明多雄拉山口位于更大规模背型褶皱的西翼。远眺南迦巴瓦峰可见轴面走向近EW的宽缓背型和向型褶皱。通过野外填图发现多雄拉混合岩处于南迦巴瓦变质—熔融穹窿构造的核部。

多雄拉混合岩的岩性比较均一,主要由新生的长英质脉体和基体组成。根据脉体的形态分为条带状混合岩、眼球状混合岩和肠状混合岩,其中又以条带状混合岩和眼球状混合岩分布最广。长英质脉体的宽度多为0.5~5.0cm但延伸可长达数米,常见矿物组合为正长石+石英+钠长石±黑云母±毛发状夕线石±石榴子石。基体通常为暗色条带或团块,偶尔也有富铝片麻岩条带。暗色基体的岩石类型为黑云斜长角闪岩,常见矿物组合为中更长石+普通角闪石+黑云母+石英±石榴子石±单斜辉石;富铝片麻岩条带的常见矿物组合为夕线石+正长石+石英+石榴子石+斜长石。

在多雄拉混合岩中也有一些透镜状钙硅酸盐岩残留体产出,其主要岩石类型有方柱透辉岩、透辉斜长变粒岩、透闪透辉石榴子石岩、石榴黑云斜长角闪岩、绿黝帘石石榴透辉岩和绿黝帘石方柱石榴透辉岩等。其中以在苯普巴一带产出的米级榴闪岩化石榴子石单斜辉石高压麻粒岩透镜体的规模最大。根据上述残留体中矿物的共生和反应关系,可以肯定其中一些为石榴子石单斜辉石岩的退变质产物,这些石榴子石单斜辉石岩和直白岩组中石榴子石单斜辉石高压麻粒岩完全相同。因此,多雄拉混合岩是直白岩组混合岩化和重熔的产物。没有发现蓝晶石石榴子石高压麻粒岩残留体的原因,可能是它们已转变为夕线石+正长石+石英+石榴子石+斜长石集合体或完全重熔,也可能是工作程度还不够。

2.2 雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带

郑锡澜等(1979)认为,出露于大拐弯顶端旁辛—加热莎一带的基性、超基性岩可能是印度河—雅鲁藏布江蛇绿岩套的残留体。章振根等(1992)指出,沿米林、羌纳、派区、大渡卡、龙悲、加热萨、旁辛、汗

密一线出露的变质基性、超基性岩块及其共生的石英片岩代表印度河—雅鲁藏布江缝合带的东延部分。但研究区缝合带的具体位置和边界仍不清楚。

本次研究表明印度河—雅鲁藏布江缝合带在研究区表现为蛇绿混杂岩带。它呈连续的弧形条带展布在南迦巴瓦岩群和外侧的冈底斯岛弧带之间(图1),最宽处约18km,西部最窄处约1km(图1)。缝合带的边界断层是产状较陡($60^{\circ}\sim 85^{\circ}$)、倾向南迦巴瓦岩群外侧的韧性剪切带,带内褶皱和拉伸线理非常发育,指向构造表明,主期变形性质为向南迦巴瓦四周的伸展作用,早期为挤压和走滑。在排龙乡一带可见早期的SN向挤压作用形成轴面南倾的褶皱(图版I-4)和近EW走向的逆冲断层。边界韧性剪切带常被以南迦巴瓦峰为中心的放射状高角度脆性走滑断层所截切(图1)。大规模的伸展和放射状高角度脆性走滑断层作用的发生时间与南迦巴瓦岩群中的混合岩化作用同步。

蛇绿混杂岩主要由强糜棱岩化(图版I-5)的变质程度为低角闪岩相的超镁铁质岩、镁铁质岩、石英岩和白云母石英片岩组成,夹有少量大理岩岩块,局部地段也有来自两侧的南迦巴瓦岩群和念青唐古拉岩群的外来岩块卷入,块体之间以韧性剪切带接触。结合带中构造混杂的特点表现在宏观及整个区域的尺度上。由于大部分地区露头不佳,能见到的少量露头往往给人以良好的层状构造的假象。但是,这种层是各种片岩的面理,是多期变形后的再生面状构造,层状外观沿走向延伸有限。混杂带的岩石从岩石组合、内部结构、变质变形特征和产状上可分为岩片(块)和基质两部分。主要岩片(块)类型有:分布在旁辛—加热萨、纠忠和易工白的蛇绿岩岩片;在阿尼桥、甘代和米瑞等地广泛分布的石英岩岩片;分布在马尼翁、鲁朗和希让等地的变玄武岩岩片;分布于岩旁—玉米的变辉绿岩岩墙群岩块;分布在巴玉的大理岩岩块;分布在德母拉以东的念青唐古拉岩群外来岩块;分布在各布拉和业马拉一带的南迦巴瓦岩群外来岩块。它们分布在由石英片岩和绿片岩互层组成的基质中。蛇绿混杂带中变辉绿岩具很强的塑性变形(图版I-6),表明变形时温度很高,基质的变形程度通常比岩片(块)更强烈。在变镁铁质岩石(绿片岩)中的常见矿物组合为角闪石+斜长石+绿帘石+绿泥石;变超镁铁质岩石中的常见矿物组合为透闪石+绿泥石+滑石;各种石英片岩中的常见矿物组合为斜长石+白云母+石英

土蓝晶石+铁铝榴石+黑云母+十字石;大理岩的矿物组合为方解石+透辉石+金云母。这些原岩成分不同的岩片的矿物组合所代表的变质程度均属角闪岩相。笔者利用石榴子石—黑云母温压计和角闪石—斜长石温压计计算的结果分别为 650°C 、 0.76GPa 和 525°C 、 0.75GPa ,属中—高压变质相系角闪岩相。石英片岩中的白云母为形成于高压低温环境下的多硅白云母,也表明蛇绿混杂岩带为一条中—高压变质带。

蛇绿混杂岩带中变镁铁质岩的岩石化学成分特征表明,它们是蛇绿岩套的岩石单元,同日喀则地区萨嘎、然嘎蛇绿岩中变玄武岩的地球化学特征相同,均属“俯冲带上叠型”蛇绿岩(耿全如等,2000)。

3 讨论与结论

3.1 雅鲁藏布江洋的形成时代

根据研究区东北角出露的浅变质地层的特征并结合区域资料,O—D研究区处于稳定的大陆边缘,石炭系诺错组—泥盆系松宗组的界线为盆地性质转化和II级层序界面。界线以上,以大规模的火山活动、盆地裂解为起点,伴随着沉积盆地的持续凹陷和相对海平面上升,在晚石炭世海平面达到了顶点,以来姑组二段的含铁质板岩和大套的浊积岩为标志。这一裂解作用在研究区有两个中心,一个为以雅鲁藏布江蛇绿混杂岩所代表的洋壳残留物,另一个是以嘉黎—嘎龙寺残留蛇绿混杂岩所代表的洋壳残留物。在晚石炭世,这些裂解中心中是否已有洋壳生成仍有待研究。

在鲁霞雅鲁藏布江西岸的蛇绿混杂岩中测得角

表1 南迦巴瓦地区旁辛变橄辉石岩辉石的 ^{39}Ar - ^{40}Ar 阶段加热视年龄参数表

Table 1 $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ incremental heating analytical data of diopside from the Pangxin meta-olivine pyroxenolite, Namjagbarwa

阶段	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	^{39}Ar (%)	$^{40}\text{Ar}^*$ (%)	$\frac{^{39}\text{Ar}}{^{36}\text{Ar}}$	$\frac{^{40}\text{Ar}}{^{36}\text{Ar}}$	$\frac{^{37}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}$	年龄 $\pm 1\sigma$ (Ma)
1	440	13.43	41.22	20.73	502.86	1.39	168.87 ± 18.27
2	600	18.12	64.57	71.46	834.95	1.51	128.85 ± 13.13
3	680	16.17	47.17	16.89	559.46	1.64	257.30 ± 11.91
4	750	8.50	50.96	21.84	602.72	1.89	233.14 ± 26.40
5	810	8.17	45.47	13.44	541.99	1.84	298.40 ± 24.66
6	870	10.43	22.63	8.55	381.97	1.83	170.59 ± 16.81
7	930	8.71	21.57	20.06	376.79	1.85	70.32 ± 29.08
8	1190	9.04	48.98	17.54	579.31	1.44	265.75 ± 28.84
9	1340	7.43	73.16	51.36	1102.09	1.44	258.46 ± 30.69

注:样品由中国科学院广州地球化学研究所测试。

闪石的 K-Ar 法年龄为 $218.63 \pm 3.36\text{Ma}$ (章振根等, 1992); 笔者从出露于旁辛的变橄辉石岩中, 用 Ar/Ar 法测得辉石全熔年龄为 $200 \pm 4\text{Ma}$ (表 1)。推测研究区雅鲁藏布江洋的形成时代应早于晚三叠世, 因为大洋中洋壳的年龄可以有亿年以上的跨度, 而最老的洋壳不一定能在蛇绿混杂岩保存下来。

本次调查在德兴乡紧邻蛇绿混杂岩带的同俯冲作用有关的花岗闪长岩中测得斜长石的 Ar/Ar 坪年龄为 $96.13 \pm 0.54\text{Ma}$ 、等时线年龄为 $94.32 \pm 1.07\text{Ma}$ (表 2、图 2), 表明雅鲁藏布江洋至少在晚白垩世早期已经开始俯冲。

综上所述, 南迦巴瓦地区雅鲁藏布江蛇绿混杂岩所代表的小洋盆于早石炭世开始快速裂解、拉张, 在晚三叠世之前出现洋壳, 至少在早白垩世末期洋壳开始消减、俯冲。

3.2 印度—欧亚板块的碰撞发生时间和陆内演化

根据南迦巴瓦岩群中高压麻粒岩的形成时代—— $69 \sim 45\text{Ma}$, 研究区印度—欧亚板块碰撞时间早于 70Ma (丁林等, 1999)。雅鲁藏布江蛇绿混杂岩中一高压变质作用发生的时间应该相当或略早于高压麻粒岩的形成时代, 但目前报道的最老年龄为 $60.66 \pm 0.33\text{Ma}$ (张进江等, 2003)。这两个数据基本一致, 因为前者为锆石冷却至 750°C 的年龄而后者是角闪石冷却至 500°C 年龄。因此, 南迦巴瓦岩群中高压麻粒岩和雅鲁藏布江蛇绿混杂岩中一高压变质岩是印度—欧亚板块碰撞作用的同期产物。两者变质高峰压力分别为 $1.7 \sim 1.8\text{GPa}$ 和 0.76GPa , 相差约 1GPa , 即两者形成时深度大约相差 33km 。从图 1 中

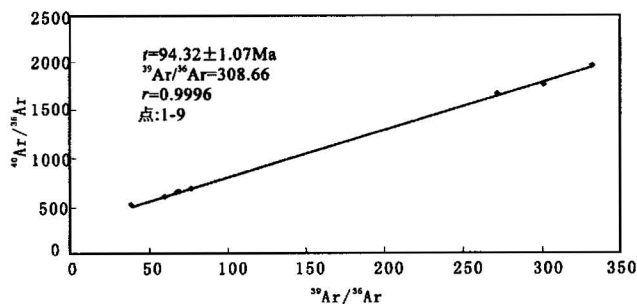


图 2 南迦巴瓦地区德兴花岗闪长岩中斜长石 Ar-Ar 阶段加热等时线图

Fig. 2 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ versus $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ isochron diagram of plagioclase from Dexing granodiorite, Namjagbarwa

表 2 南迦巴瓦地区德兴花岗闪长岩中斜长石 Ar-Ar 阶段加热视年龄参数表
Table 2 $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ incremental heating analytical data of plagioclase from Dexing granodiorite, Namjagbarwa area

温度 (°C)	$\frac{^{40}\text{Ar}}{^{36}\text{Ar}}$	$\frac{^{39}\text{Ar}}{^{36}\text{Ar}}$	$\frac{^{37}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}$	$\left(\frac{^{40}\text{Ar}_{\text{放}}}{^{39}\text{Ar}_{\text{K}}}\right)_{\text{校}}$	^{39}Ar ($\times 10^{-12}\text{mol}$)	^{39}Ar (%)	$\frac{^{40}\text{Ar}_{\text{放}}}{^{40}\text{Ar}_{\text{总}}}$ (%)	年龄 $\pm 1\sigma$ (Ma)
350	513.5	38.00	0.04448	5.7438	0.354	1.02	42.46	110.19 ± 2.54
550	646.1	68.58	0.00791	5.1135	2.933	8.54	54.22	98.42 ± 0.32
750	674.1	76.52	0.0095	4.9494	3.982	11.59	56.12	95.34 ± 0.25
850	639.6	69.03	0.0148	4.9873	6.575	18.94	53.77	96.05 ± 0.18
950	1752.6	301.5	0.0244	4.8391	5.058	14.57	83.05	93.27 ± 0.22
1050	1956.0	332.6	0.0215	4.9986	8.529	24.57	84.80	96.27 ± 0.17
1150	1656.3	272.3	0.0095	4.9990	4.322	12.45	82.06	96.27 ± 0.36
1250	638.6	67.30	0.0105	5.0989	2.385	6.87	53.69	98.15 ± 0.38
1350	593.0	59.53	0.0252	5.0011	0.576	1.66	50.15	96.31 ± 3.76

注: 样品由桂林矿产地质研究所测试中心测试。

可以看出, 在羌纳—丹娘一线两者之间地层缺失最多, 此处也是构造转向的拐点地带。陆—陆碰撞作用还在南迦巴瓦岩群和缝合带中形成了一些 NW—SE 走向的逆冲断层和褶皱。

高压麻粒岩中普遍存在的退变质作用的时代为 $23 \sim 18\text{Ma}$ (丁林等, 1999)。高压麻粒岩中矿物之间的反应关系和结构特征以及退变质组合的温压条件都表明该过程为快速减压。雅鲁藏布江蛇绿混杂带中普遍存在的伸展拆离作用的时间早于 16Ma , 也为 23Ma (Ding et al., 2001; 张进江等, 2003)。可见高压麻粒岩上方的伸展拆离作用是其快速减压的重要机制之一。根据退变质作用和伸展拆离作用同时发生并结合野外产状, 笔者认为直白岩组在 $18 \sim 23\text{Ma}$ 时沿 F_1 断裂带 (图 1) 向 SE 逆冲的同时沿缝合带发生了兼有走滑性质的伸展拆离作用。

以多雄拉混合岩为代表的混合岩化和深熔作用的发生时间和形成时的埋藏深度分别大约为 5Ma 和 18km (Burg et al., 1998)。小规模幔源岩浆岩的侵位时间和形成深度分别大约为 $7 \sim 6\text{Ma}$ 和 $10 \sim 14\text{km}$ (张进江等, 2003)。由此可见, 上新世以来南迦巴瓦地区经历了快速剥蚀作用, 5Ma 以来的平均剥蚀速率高达 3.6mm/a 。该平均剥蚀速率与西构造结中同时期的平均剥蚀速率 $4.5 \pm 1.1\text{mm/a}$ (郑来林等, 2001) 基本相当。

结合前人资料和地质填图调查笔者认为: 南迦巴瓦岩群和雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带出露地区的主要断层都倾向南迦巴瓦外侧, 自 23Ma 以来这些断层的运动性质都以伸展拆离作用为主导; 南迦巴瓦岩群和雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带出露地区的总体构造形态为半封闭的构造窗; 在伸展作用机制背景下

发生的退变质-深熔作用导致岩石的比重降低,岩石在浮力作用下快速上升,形成变质-深熔穹窿;高角度放射状脆性断层和蛇绿混杂岩中的高倾角强制性片理是穹窿形成时的伴生产物。近恒温的快速减压过程只能在有热量补给的情况下才会发生。南迦巴瓦岩群中的高压麻粒岩经历了在温度降低很少(从870~890℃降为850℃)的条件下,压力骤降(从1.7~1.8GPa降为0.5±0.1GPa,上升约40km)的过程,可能有两种热量补给方式,一为矿物相发生转变释放出的反应热和结晶热,二为幔源岩浆所携带的热量。尽管南迦巴瓦地区还缺少证明莫霍面上隆的地球物理资料,但在许多地质特征同本区相似的西构造结地区莫霍面确实上升了(Burg et al., 1999)。再结合南迦巴瓦岩群中已有幔源岩浆岩发现(张进江等, 2003),有理由认为地幔上隆是本区快速隆升的关键因素。两构造结地区的快速隆升同河流的作用关系密切,这两个地区是整个喜马拉雅造山带中单位面积河流长度最长、地貌起伏最大的地区,河流的侵蚀、搬运能力也最强。只有当剥蚀下来的物质被不断地搬运走,进一步的剥蚀作用才会继续进行。

参 考 文 献

- 丁林, 钟大赉. 1999. 西藏南迦巴瓦地区高压麻粒岩相变质作用及其构造地质意义. 中国科学(D辑), 29(5): 385~397.
- 耿全如, 潘桂棠, 刘宇平, 郑来林. 2000. 雅鲁藏布大峡谷地区蛇绿混杂岩带初步研究. 沉积与特提斯地质, 20(1): 28~43.
- 刘焰, 钟大赉. 1998. 东喜马拉雅地区高压麻粒岩岩石学研究及构造意义. 地质科学, 33(3): 267~281.
- 王天武, 马瑞. 1996. 西藏东部南迦巴瓦地区变质作用特征. 长春地质学院, 26(2): 152~158.
- 张进江, 季建清, 钟大赉, 丁林, 何顺东. 2003. 东喜马拉雅南迦巴瓦构造结的构造格局及形成过程探讨. 中国科学(D辑), 33(4): 373~383.
- 章振根, 刘玉海, 王天武, 等. 1992. 南迦巴瓦峰地区地质. 北京: 科学出版社.
- 郑来林, 潘桂棠, 金振民, 耿全如. 2001. 喜马拉雅造山带西构造结的启示. 地质论评, 47(4): 350~355.
- 郑锡澜, 常承法. 1979. 雅鲁藏布江下游地区地质构造特征. 地质科学, 13(2): 116~126.

References

- Burg J-P, Nievergelt P, Oberli F, Davy P, Maurin J-C, Seward D, Zhizhong D, Meier M. 1998. The Namjagbarwa syntaxis: evidence for exhumation related to compressional crustal folding. *Journal of Asian Earth Sciences*, 16: 239~252.
- Burg J-P, Podladchikov Yu. 1999. Lithospheric scale folding: numerical modeling and application to the Himalayan syntaxes. *International Journal of Earth Sciences*, 88: 190~200.
- Ding Lin, Zhong Dalai, Yin An, Kapp P, Harrison T M. 2001. Cenozoic structural and metamorphic evolution of the eastern Himalayan syntaxis (Namjagbarwa). *Earth and Planetary Science Letters*, 192: 423~438.
- Ding L, Zhong D L. 1999. Metamorphism of high-pressure granulite phase rocks from Najabawa, eastern Tibet and its tectonic significance. *Science in China (series D)*, 29(5): 385~397 (in Chinese).
- Geng Q R, Pan G T, Liu Y P, Zheng L L. 2000. The preliminary study of the ophiolitic mélanges along the Yarlung Zangbo Grand Canyon Xizang. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 20(1): 28~43 (in Chinese with English abstract).
- Liu Y, Zhong D L. 1998. Petrology of high-pressure granulites from Eastern Himalaya: Implications to tectonic significance. *Scientia Geologica Sinica*, 33(3): 267~281 (in Chinese with English abstract).
- Wang T W, Ma R. 1996. Characteristics of metamorphism in Najabawa (Namjagbarwa) region, Tibet. *Journal of Changchun University of Earth Sciences*, 26(2): 152~158 (in Chinese with English abstract).
- Zhang J J, Ji J Q, Zhong D L, Ding L, He S D. 2003. Study of tectonic framework and its forming process of eastern Himalayan Namjagbarwa syntaxis. *Science in China (series D)*, 33(4): 373~383 (in Chinese).
- Zhang Z G, Liu Y H, Wang T W. 1992. *Geology of Najabawa (Namjagbarwa) Areas*. Beijing: Science Press (in Chinese).
- Zheng L L, Jin Z M, Pan G T, Geng Q R. 2001. Preliminary study of Western Himalayan syntaxis and its enlightenments. *Geological Review*, 47(4): 350~355 (in Chinese with English abstract).
- Zheng X L, Chang C F. 1979. A preliminary note on the tectonic features of the lower Yarlung Zangbo river region. *Scientia Geologica Sinica*, 13(2): 116~126 (in Chinese with English abstract).

Geological Features and Tectonic Evolution in the Namjagbarwa Area, Eastern Himalayas

ZHENG Lailin^{1,2)}, JIN Zhenmin²⁾, PAN Guitang¹⁾, GENG Quanru¹⁾, SUN Zhimin¹⁾

1) Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu, Sichuan, 610082

2) Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei, 430074

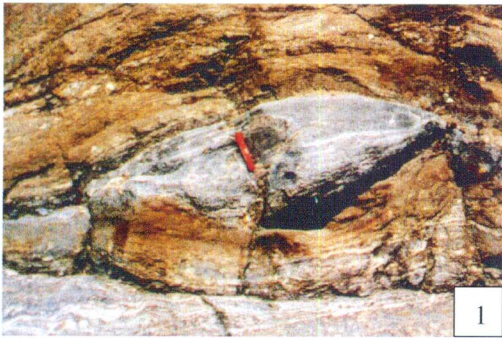
Abstract

The study area is located in the eastern Himalayan syntaxis. In the paper, firstly, the tectonic units are divided; secondly the geological features of each tectonic unit are introduced; finally the tectonic evolution and related questions are discussed, according to the original data achieved by geological mapping and some conclusions drawn by other geologists. The following conclusions are reached: (1) The Namjagbarwa area can

be divided into three first-order units: the Gandise—Lhasa block, the Yarlung Zangbo suture and the Indian block. The Yarlung Zangbo suture dominated by ophiolitic mélanges lies in a continued U type; the Indian block is formed individually by the Higher Himalayan crystalline rock series which is named the Namjagbarwa rock group. The Namjagbarwa group consists of the Zhibai Formation bearing high-pressure granulite lenses, Paixiang Formation and Duoxiongla migmatites. (2) The collision of the India plate with the Eurasian plate took place before 70 Ma. The movement of major faults has been dominated by detachment since 23 Ma; and large-scale migmatization and anatexis occurred at ca. 5 Ma. (3) The rise of the mantle is the key factor for the rapid uplift of the area, but the action of the action of the river cannot be ignored either.

Key words: tectonic evolution; geological features; the eastern syntaxis; Himalayan orogen





1. 直白岩组中的透镜状高压麻粒岩。透镜的边部已退变为榴闪岩并和围岩一起叠加了混合岩化作用,可见一些浅色脉体穿透透镜体进入围岩。
2. 多雄拉混合岩中的箭鞘褶皱。指示顶部向南拆离。

3. 蛇绿混杂岩中基质(石英片岩和绿片岩互层)的褶皱变形。
4. 十字石角闪片岩中的剪切作用。
5. 变辉绿岩墙中的高温变形现象。
6. 派乡岩组中的相似一尖顶褶皱变形。