

雅鲁藏布江缝合带日喀则群的 蛇绿岩质海底扇及其板块构造意义

刘宝瑛 余光明 陈成生

(成都地质矿产研究所)

〔内容提要〕 沿雅鲁藏布江缝合带分布的日喀则群(K_zrk)砂泥质细粒复理石中发育着一种独特的沉积单元——蛇绿岩质砂砾质海底扇。这些扇体规模小,内扇和中扇相序典型。无论是内扇还是中扇,水道都特别发育,而且水道游荡作用明显。盛行砂砾质高密度浊流和粘性碎屑流沉积,沉积物粒度粗,含大量卵石级以上的粗碎屑,具有近源、快速堆积的特点。其碎屑组分为世界现代和古代海底扇沉积所罕见,主要是蛇绿岩碎屑,并含少量岛弧火山-岩浆岩碎屑和老地层的碎屑。这些扇体具有活动边缘型海底扇的典型特征,但又有其特殊性,它们发育在雅鲁藏布洋盆闭合、印度板块与藏北板块开始碰撞时的残留复理石盆地边缘。板块碰撞导致蛇绿岩质杂岩体和洋壳物质逆冲、抬升形成一个外弧造山带。该外弧造山带成为这些扇体的主要物源区。同时,强烈的逆掩和纳布作用也可将部分岛弧岩和老地层带到残留盆地边缘,一起作为来源母岩。

关键词 雅鲁藏布江缝合带 日喀则群 蛇绿岩质海底扇

1 前言

沿西藏雅鲁布江中段呈东西向展布的上白垩统日喀则群(K_zrk)^①主要是一套砂、泥质复理石。然而,在此套细粒复理石中还夹杂着一种独特的沉积单元——蛇绿岩砂砾质海底扇沉积。这些扇体以其完善的扇序列、别具一格的特征和形成构造背景,为驰名中外的雅鲁藏布江缝合带又增添了一重要的地质景观。详细研究和分析这些海底扇不仅为雅鲁藏布江缝合带的构造和盆地演化历史提供重要的信息,而且对于丰富和完善活动边缘的海底扇理论也具有重要的意义。为此,从1987—1990年,中德“喜马拉雅和阿尔卑斯中、新生代沉积盆地演化对比研究”合作课题组先后对这些扇体进行了较系统的沉积学研究,并取得一定的理论认识。现将部分研究成果总结出来,提供给地质界的同行。

此套蛇绿岩质砂砾质海底扇沉积主要出露在日喀则扎什伦布寺后山、日喀则市的南面山坡、南卡堆、德日以西的沟谷中、甲不拉以北及嘎东附近等地(图1)。其中,当推南卡堆、扎什伦布寺后山和日喀则市南面山坡扇体系出露得最完善。

① 西藏地质局区调队,1983,日喀则幅1/100万区域地质调查报告

① 本文1992年11月30日收稿

② 本文为中德合作项目成果之一

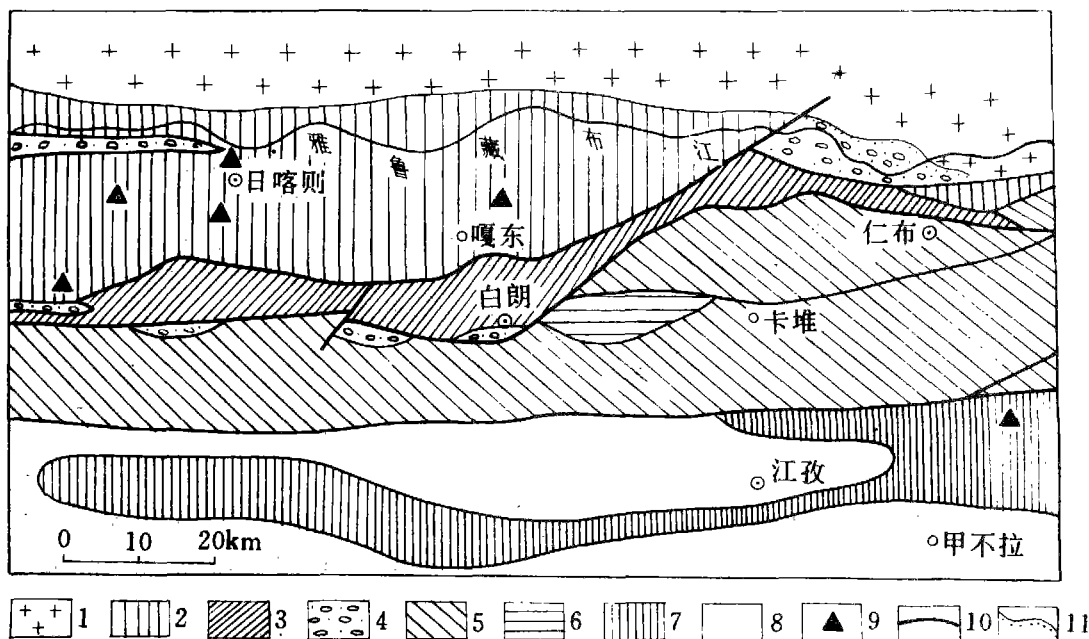


图1 区域地质简图及蛇绿岩质海底扇沉积的出露地点

1. 冈底斯火山、岩浆岩; 2. 日喀则群(K_{2rk}); 3. 蛇绿岩带; 4. 磨拉石带(E-N); 5. 修康群(T_{3zk}); 6. 侏罗—白垩系(J-K); 7. 宗卓组(K_{2z}); 8. 甲不拉组(K_{1j}); 9. 海底扇出露点; 10. 断层线; 11. 不整合面。

Fig. 1 Simplified regional geological map and the outcrop locations of the ophiolitic submarine fan deposits
1 = Gangdise volcanic-magmatic rocks; 2 = Xigaze Group(K_{2rk}); 3 = ophiolite zone; 4 = molasse zone(E-N); 5 = Xiukang Group(T_{3zk}); 6 = Jurassic—Cretaceous(J-K); 7 = Zongzhuo Formation(K_{2z}); 8 = Jiabula Formation(K_{1j}); 9 = outcrop location of the submarine fan deposits; 10 = fault line; 11 = discordant surface

2 沉积相类型及流体动力学

相特征与搬运沉积物流体性质有着密切的成因联系。因此,我们选择沉积物的粒度、粒/泥比值、支撑类型、分选性、沉积物的排列组构、岩层厚度以及侧向连续性等特征作为反映流体性质的参数,并根据这些标志来划分研究区蛇绿岩质海底扇的沉积相类型(图2)。

相类型 A 基质支撑的砾质或含砾泥岩、泥质砾岩和砾质杂砂岩; A_1 ——砾质泥岩和含砾泥岩,砾石杂乱地漂浮于泥基质中,属高粘性碎屑流堆积; A_2 ——无排列组构的泥质砾岩,属高粘性碎屑流的冻结堆积; A_3 ——无排列组构的砾质或含砾杂砂岩,介于高粘性碎屑流与高密度浊流之间的过渡性流体的快速堆积产物。

相类型 B 砾石含量 $\geq 50\%$,颗粒支撑的砾岩,厚至块状层; B_1 ——无排列组构的砾岩,填隙物砂 $>$ 泥,砾质高密度浊流快速堆积产物; B_2 ——无内部构造、含巨砾的砾岩,巨砾最大者达 $3.5m \times 2.5m$,填隙物泥 $>$ 砂,经改造的粘性碎屑流沉积; B_3 ——略显逆粒序的砾岩,填隙物砂 $>$ 泥,砾质高密质浊流沉积,有剪切牵引作用; B_4 ——紧密堆积,略显叠瓦构造的砾岩,系沿海底峡谷或水道的牵引流沉积。

相类型 C 砂 $\geq 50\%$,砾石 $< 5\%$ 的厚至块状的砂岩和杂砂岩,系沉积物高度浓集的砂质浊流沉积; C_1 ——杂基支撑、无内部构造的杂砂岩; C_2 ——颗粒支撑、无内部构造的砂岩;

C₃——颗粒支撑、具正粒序的砂岩。C₄——含底侵蚀砾石、颗粒支撑、正粒序的砂岩。

相类型 D 中—薄层状泥质粉砂岩、粉砂岩与泥岩互层;D₁——无内部构造,系溢岸流或低密度浊流沉积;D₂——发育砂纹层理或正粒序,低密度浊流沉积;D₃——具滑动构造,系低密度浊流沉积经液化滑动。

相类型 E 泥岩和粉砂质泥岩。

从图 2 可以看出:(1)日喀则群的蛇绿岩质海底扇体系中以砾质高密度浊流和砂质高密度浊流沉积最为发育,其次是碎屑流沉积;(2)不少相类型均与沉积物高度浓集的流体和近源、快速堆积的机制相联系,这反映在它们缺乏内部排列组构。在浊流沉积中,内部排列构造的发育与否主要取决于流体的沉积物浓集度、搬运距离和堆积速度。沉积物高度浓集的流体加上快速堆积的条件,不仅限制了颗粒在流体中的活动性,而且也没有足够的时间使沉积物进行重新排列和分选,其结果必然出现颗粒随机杂乱分布的块状构造。反之,如果层理和粒序等组构发育,则表明沉积物的浓集度相对较低、搬运距离相对较远或堆积速度较慢等条件(Middleton 和 Neal,1989;Walker,1997)。图 2 中的砂岩相从块状无排列组构的 C₁、C₂ 到发育正粒序和底冲刷构造的 C₃、C₄ 明显地反映出流体性质的上述变化特点。

3 相组合

区内此类海底扇体系的内扇和中扇相序特征是非常典型的,而外扇及扇边缘的沉积相序并不明显。这种相组合特点同发育于构造活动边缘的许多现代和古代海底扇的例子是完全一致的。

3.1 内扇相序

内扇的主要沉积单元是水道,以发育砾质和砂质高密度浊流及粘性碎屑流沉积为特征。天然堤沉积所占的比例小,仅发现于少数相序中,代表性沉积是中、薄层状的砂、粉砂质泥岩和泥质粉砂岩。

内扇水道沉积的主要特征:(1)具明显的向上变薄、变细的水道层序(见图 8、图 9);(2)砾岩和砂岩层的厚度较大,总体上呈底界下凹的透镜状产出,透镜体侧向延伸一般为数百米,最大可在 1Km 以上,表明水道的深度和宽度都较大,从此区别于中扇的分流水道;(3)露头上,上、下的砾岩或砂岩透镜层的空间展布位置明显左右相错,说明水道具有充填、改道的游荡性质,或内扇环境不止发育一条水道;(4)底侵蚀和兼并面常见。在发育正粒序的砂岩相(C₃、C₄)中,侵蚀和兼并现象特别明显(图 3、图 4)。这还揭示了流体的侵蚀强度确实与沉积物的浓集度有关。不过,笔者认为要使流体具有强大的侵蚀动能,可能还需要水道坡降较大的条件;(5)很多砂岩层缺乏定向排列组构,颗粒随机杂乱分布是反映水道坡降较大的重要标志之一。此外,在扎什伦布寺后山的内扇水道沉积组合中,发育的颗粒紧密堆积并具定向排列构造的砾岩(B₁) (图 5)也表明水道的坡降较大,因为只有在较陡的水道里才有可能出现如此强大的海底牵引流(牵引卵石级以上的砾石);(6)可见水道边缘崩落的巨大岩块(图 6);(7)水道两侧天然堤不很发育,这正是水道具有游荡性的特征之一。

天然堤沉积的主要特征:中、薄层状细砂、粉砂岩与泥岩互层,砂、粉砂质沉积中含较多的片状矿物碎屑和杂基,常见粒序和砂纹层理构造。液化滑动构造(图 7)也是其重要特征之一。我们知道浊流具有分层性,前锋和底部密度最大,顶部和尾部密度小,以悬浮物为主。当一股强大的浊流沿着海底水道向下运移时,如果浊流体的顶界高出水道两侧的堤岸,那么就

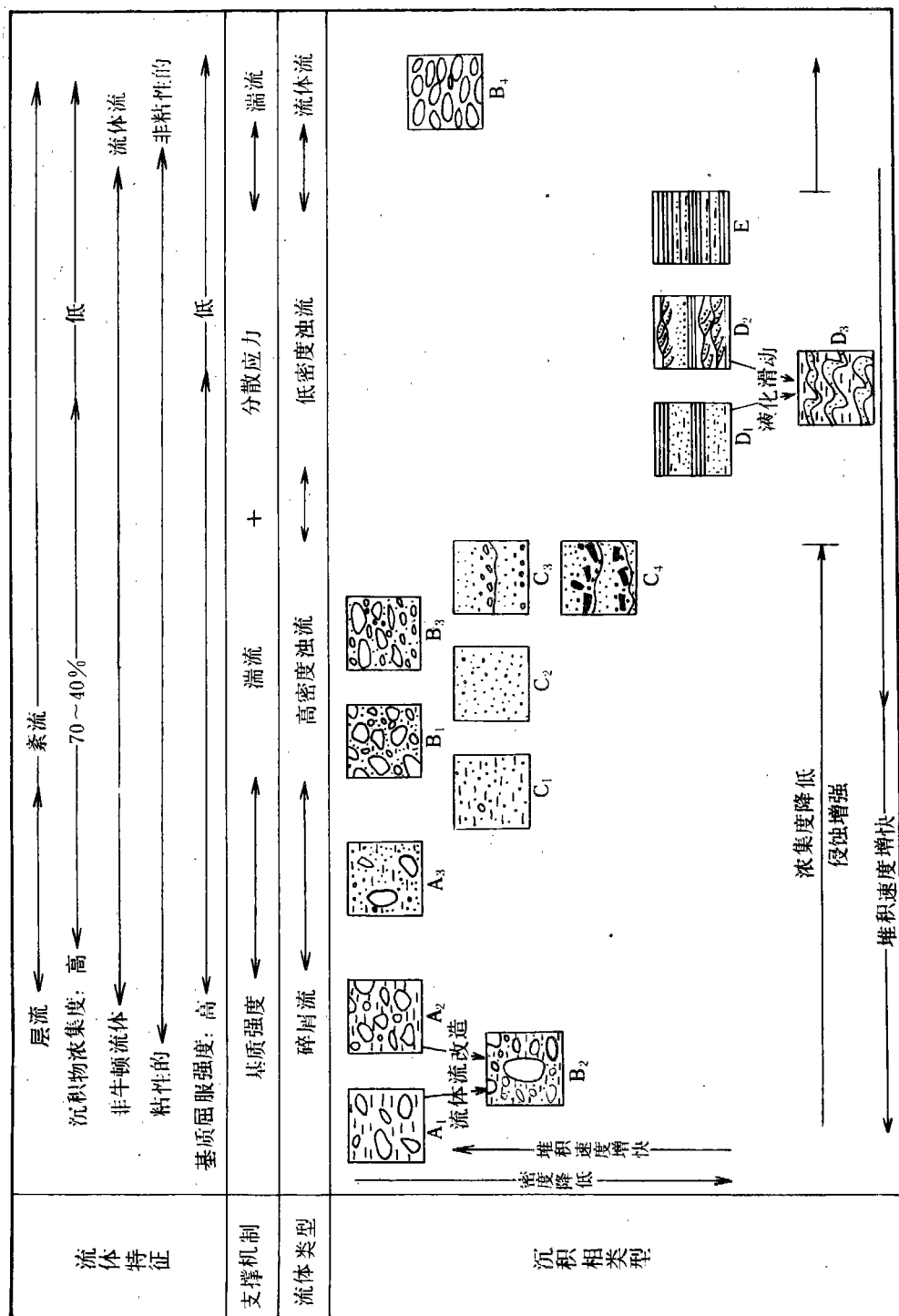


图2 蛇绿岩质海底扇的沉积相类型及流体性质解释

Fig. 2 Interpretation of sedimentary facies types and flow properties of the ophiolitic submarine fans



图 3 粗砂岩,发育正粒序和兼并面,扎什伦布寺后山

Fig. 3 Coarse-grained sandstones on the back hills of the Zhaxi Lunbo Lamasery, showing normal grading and amalgamation surface



图 4 底侵蚀泥砾,扎什伦布寺后山

Fig. 4 Mud gravels with an erosional base on the back hills of the Zhaxi Lunbo Lamasery



图 5 卵石紧密堆积并弱显定向排列,扎布伦布寺后山

Fig. 5 Closely packed and slightly oriented pebbles on the back hills of the Zhaxi Lunbo

Lamasery



图 6 水道边缘的崩落岩块,南卡堆剖面

Fig. 6 Talus on the margins of the channels in the Nankadui section

要溢出两岸,在两岸及两岸斜坡出现低密度流沉积,浊流间歇期间,它们又被泥质沉积物所遮盖、圈闭。如此反复进行,下伏的低密度流沉积在上覆沉积物的重力作用下,就容易处于超孔隙压力状态,发生液化,并沿着堤岸斜坡滑动(Wrellner 和 James, 1989)。

研究区内扇沉积组合的代表性剖面是扎什伦布寺后山和南卡堆剖面(图 8、图 9)。两个剖面内扇水道沉积特征都很明显,而且沉积厚度大。它们分别代表两个小型海底扇的内扇部分。不同之处是日喀则剖面砾质和砂质高密浊流沉积特别发育,而南卡堆剖面则是粘性碎屑流沉积比较发育,这可能与后者更靠近扇头有关。

3.2 中扇相序

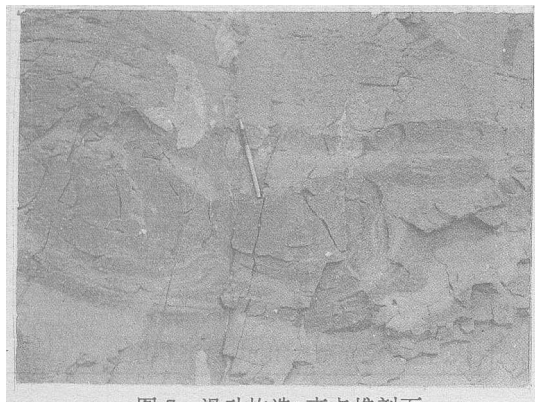


图 7 滑动构造,南卡堆剖面

Fig. 7 Slide structures in the Nankadui section

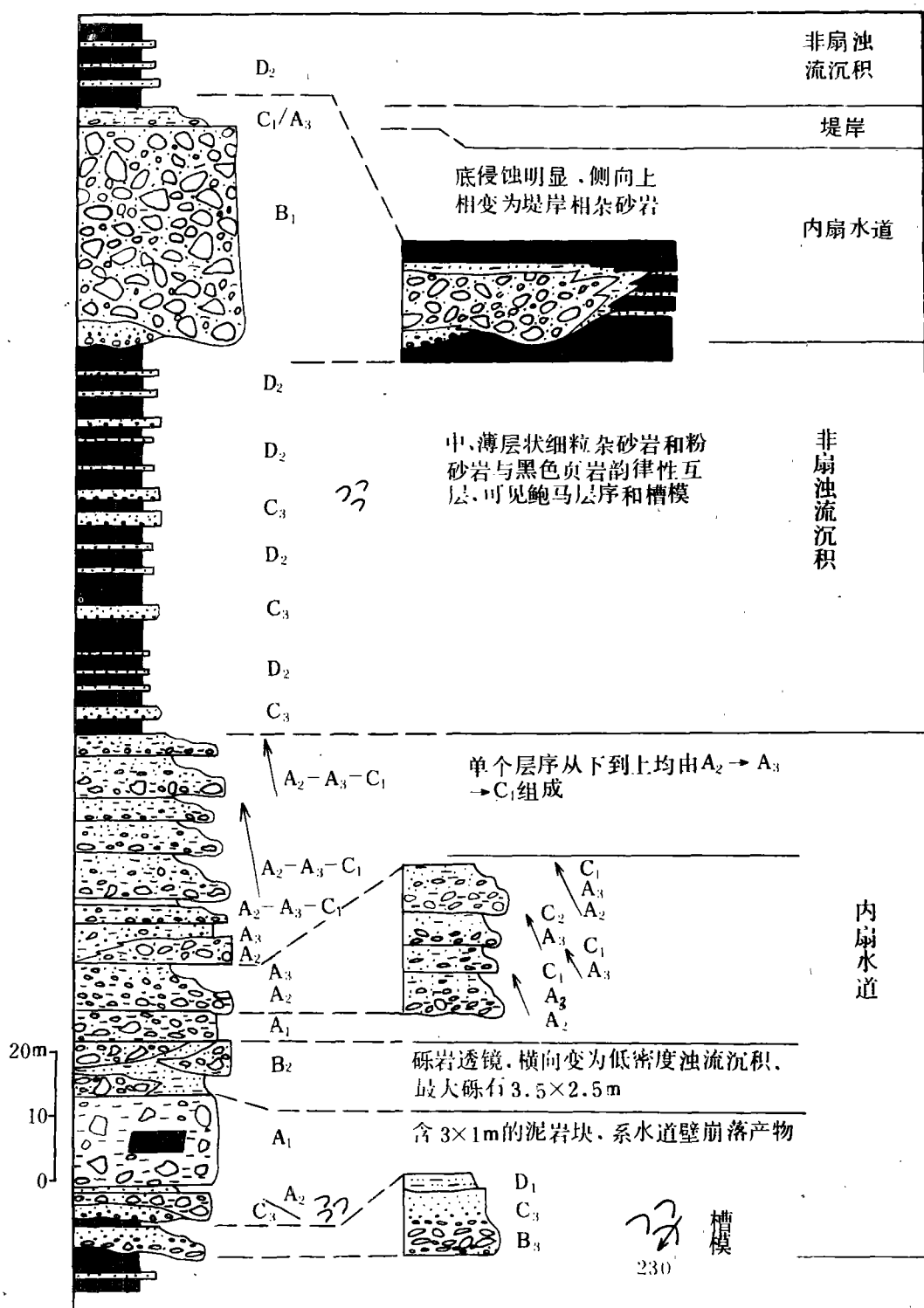


图9 南卡堆海底扇沉积相柱状图

Fig. 9 Sedimentary facies column of the Nankadui submarine fan

由中扇水道、水道间和朵叶体沉积组成。

中扇水道主要发育砂质和砂砾质高密度浊流沉积,代表性相类型为 C_3 、 C_1 、 C_4 和 A_3 。其主要特征:(1)向上变薄变细的层序明显(图 10);(2)与内扇水道沉积相比,沉积物明显变细,以砂质沉积为主,所含的砾石大于 10cm 的也比较少见;(3)砂岩和砾质砂岩层也呈透镜体产出,底界下凹(图 10),透镜层侧向延伸较小,一般数十米至 200m。纵向上,透镜层相互交错叠置,彼此间被水道间的细粒沉积分隔。这些均表明中扇分流水道规模较小、辫状作用相当发育的特点;(4)水道常发生充填废弃和冲蚀改道作用。图 11 就是一个深 6m、宽 100m 左右的冲蚀 U 形槽的充填废弃现象。U 形槽内充填着多个砂岩—粉砂质泥岩的旋回,每个旋回都在槽底厚度大,往槽的两壁逐渐变薄尖灭。它们分别代表一次浊流事件的沉积产物。最后该冲蚀槽被填满废弃,上面直接覆盖着水道间的粉砂泥质沉积。此现象表明,中扇环境的坡降仍然较陡,水道具明显的辫状游荡性质,而不存在曲流的侧向加积作用;(5)中扇水道不发育天然堤。从上述水道的充填例子以及剖面相组合特征来看,都没有天然堤发育的迹象。

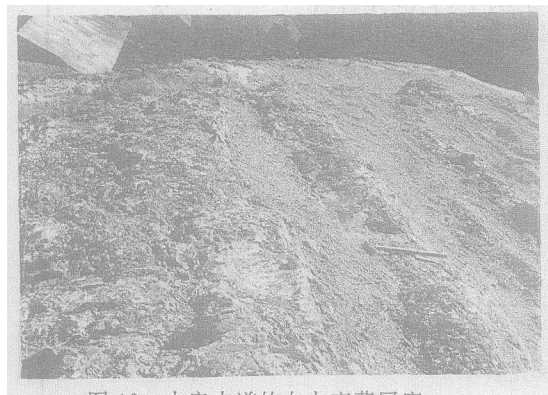


图 10 中扇水道的向上变薄层序,
日喀则南面山坡

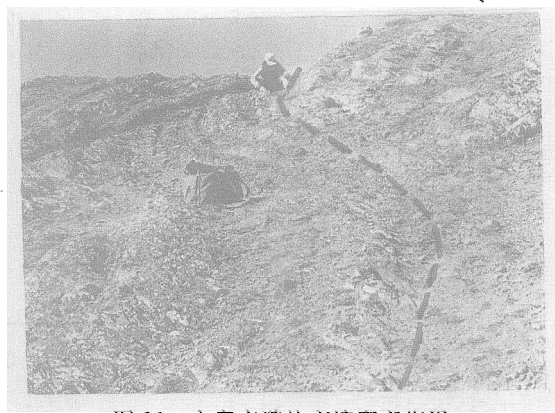


图 11 中扇水道的充填废弃作用,
日喀则南面山坡

Fig. 10 Thinning-upward sequences of the middle-fan channels in southern Xigaze

Fig. 11 Filling up and abandonment in the middle-fan channels in southern Xigaze

水道间沉积由泥岩、粉砂质泥岩夹中至薄层状的泥质粉砂岩和细粒杂砂岩组成。粉砂和砂质夹层的上、下层面都很平直,泥杂基含量高,云母等片状矿物碎屑特别丰富。这些都是浊流溢岸沉积的重要标志。

日喀则市南面山坡出露的中扇水道及水道间沉积的相序是比较典型的(图 8)。它与扎什伦布寺后山的内扇沉积构成了日喀则扇体从内扇到中扇的平面展布。

朵叶体主要由杂砂岩(C_1)和含砾杂砂岩(A_3)构成,系砂质高密度浊流沉积。有两种产状:(1)发育向上变厚变粗层序的杂砂岩,杂基一般都 $>20\%$ 。区内发现于嘎东附近(图 12),其堆积地点可能靠近中扇的边缘;(2)一些底界平坦,顶界略上凸的透镜状砂、砾岩层,产出中扇分流水道和水道间沉积的组合中,可能系中扇分流水道口的沉积。

3.3 外扇相序

区内蛇纹岩质海底扇的外扇层序仅发现于甲不拉以北的扇组合中。为中至薄层状的细砂岩、泥质粉砂岩与泥岩的互层,它以发育向上变厚变粗的层序而区别于水道间沉积和非扇

浊流沉积。

4 古流向及物源分析

4.1 古流向

我们利用槽模、沟模、包卷层理、砾石的长轴方向、沉积物粒度的平面变化、侵蚀凹槽和水道壁的方向等测量了一些古流向数据。尽管这些数据取自不同的剖面,但内扇水道的古流向却表现出惊人的一致,几乎都介于 $230^{\circ}\sim 170^{\circ}$ 之间,即大致由 NNE 向 SSW 方向流动。在中扇组合中所测的数据离散度大一些,介于 $290^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 之间,反映出中扇水道的扇形流动特点。

4.2 物源分析

这些海底扇的最独特之处是其沉积物的碎屑成分。我们分别对日喀则扇体和南卡堆扇体的许多砾岩层进行了砾石成分统计,并对一些细砾岩进行了镜下碎屑成分统计。表 1 是上述两个扇体的碎屑成分的平均百分含量。

碎屑成分揭示了具有三类性质不同的来源母岩:原洋壳物质、岛弧岩和老地层。其中,最主要的来源是原洋壳物质,这就是笔者取名为蛇绿岩质海底扇的原因所在。从至今已报道的现代和古代海底扇的例子来看,这种主要由蛇绿岩质碎屑组成的海底扇乃属世界罕见。

5 扇体的基本特征和盆地性质及构造背景分析

综上所述,扇体的基本特征可归纳如下。

1. 粗粒沉积为主,砾岩所占的比例较大。内扇和中扇相序明显,而外扇朵叶体不发育。

2. 沉积物高度深集的浊流和碎

屑流的沉积作用最活跃,低密度浊流沉积不发育,可见沉积作用是近源、快速的。

3. 具有水道化海底扇的特点,无论内扇还是中扇都以水道沉积为主,水道游荡频繁,具有辫状性质,侵蚀和兼并作用都很强烈,表明扇形成环境的坡降较大。

4. 古流向及相带的平面展布说明沉积物源自北面,同时也表明扇体具小型朵状的特点。

5. 沉积物的碎屑成分直接反映出扇体发育在构造活动带上。



图 12 中扇朵叶体的向上变厚层序,嘎东附近

Fig. 12 Thickening-upward sequence of the middle-fan lobes near Gardong

表 1 日喀则群蛇绿岩质海底扇的碎屑成分百分含量

Table 1 Percentage contents of clastic sediments in the ophiolitic submarine fans in the Xigaze Group

碎屑成分	日喀则扇体		南卡堆扇体	
	含量(%)	来源母岩	含量(%)	来源母岩
放射虫硅质岩	10.8	80.5% 蛇绿岩和远洋沉积	8.0	64.4% 蛇绿岩和远洋沉积
玄武岩	44.5		35.8	
辉长岩	18.2		10.5	
辉绿岩	5.1		8.0	
黑色页岩	1.9		2.1	
安山岩	6.3	11.4% 岛弧岩	6.8	9.1% 岛弧岩
凝灰岩	1.2		0.6	
流纹岩	2.6		1.7	
花岗岩	1.3		—	
石灰岩	1.8	8.1% 老地层	7.8	26.5% 老地层
砂岩	3.2		16.6	
泥灰岩	3.1		2.1	

6. 根据扇砾岩、砂岩的区域出露情况,可能沿 EW 向构造线发育着多个轴向近 SN 的小型扇体。

上述六点充分表明研究区的此类海底扇属典型的活动边缘型扇体(Shanmugam 和 Moiola, 1988)。

日喀则群复理石曾被普遍认为弧前盆地沉积(肖序常, 1984; 尹集祥等, 1988; 西藏地质局区调大队, 1983)。其中,紧靠蛇绿岩带北侧的一套蛇绿岩质碎屑沉积曾被另外取名为冲堆组,并被解释为海沟内斜坡的沉积(尹集祥、闻传芳等, 1988),或洋壳盆地的沉积(Tapponnier et al., 1981; 肖序常, 1984)。通过研究,我们认为有必要强调这样一个事实,即区内的这些蛇绿岩质砂砾质海底扇沉积均呈透镜体产出,无论其上下岩层,还是其中的夹层都是细粒复理石,而且透镜体侧向尖灭时相变为细粒复理石。因此,它们是产出在日喀则群砂、泥质复理石中的一种独特的沉积单元,不宜作为地层单位独立分出。这些扇体为论证日喀则群复理石的沉积盆地性质和构造背景提供了有力的依据。

首先,尽管海沟内斜坡可发育海底扇,但其沉积物的粒度一般较细,以砂泥质为主,很少出现象本区的这种含大量卵石级碎屑的扇体。在板块碰撞前的洋壳俯冲阶段,上驮板块的逆冲和抬升作用相对还不很急剧,所以海沟环境一般不可能出现沉积物如此之粗、浓集度如此之大的浊流和碎屑流沉积。此外,我们在扇体中还发现了一些花岗岩砾石,这表明上驮板块的逆冲、抬升作用已经比较强烈,使一些深成侵入岩体裸露出地面,遭受剥蚀。

第二,弧前盆地的物源理当主要是火山弧,以含大量的安山岩、英安岩、凝灰岩等火山、岩浆岩碎屑为特征。可是这些海底扇以蛇绿岩碎屑为主。沉积物的碎屑成分给弧前盆地模式提出了难题。

第三,如果这些海底扇发育在板块碰撞前的海沟或弧前盆地内的话,那么洋盆关闭时,板块碰撞作用将最容易导致形成于该环境中的沉积层发生强烈的变形和变质作用。可是,区内日喀则群复理石及其所含的此类海底扇沉积的变形和变质作用都很微弱,也没发现剪切变形现象。

第四,当印度板块与藏北板块开始碰撞时,往往是在这两个板块的突出部位先发生碰撞,此时正处于构造大变动时期,上驮板块以及增生的构造杂岩体相应地急剧抬升、造山,并发生强烈的逆冲、推覆作用。这种构造背景,在残留盆地的边缘极有利于发育具上述特征的海底扇。其原因在于:(1)由于断层活动和地壳均衡作用,使新隆升的造山带容易遭受剥蚀,并向残留盆地边缘提供大量的沉积物;(2)垂直构造线方向的断层作用,尤其是平移断层,可导致残留盆地边缘发育许多小型海底峡谷,这些峡谷成为高密度浊流和碎屑流的运移通道,并在峡谷口堆积形成小型海底扇。同时,这种构造背景也解释了扇体的坡降大、水道游荡和辫状作用发育的特点。

第五,根据海底扇的碎屑成分,笔者认为在两个板块发生碰撞的初期,雅鲁藏布缝合带北侧可能存在一个主要由蛇绿岩质杂岩体构成的外弧造山带。该造山带成为区内这些海底扇的主要物源区。此外,由于强烈的逆冲、推覆作用也容易把部分岛弧岩和老地层带到残留盆地的边缘,一起作为海底扇的来源母岩。

图 13 是作为上述分析的总结。

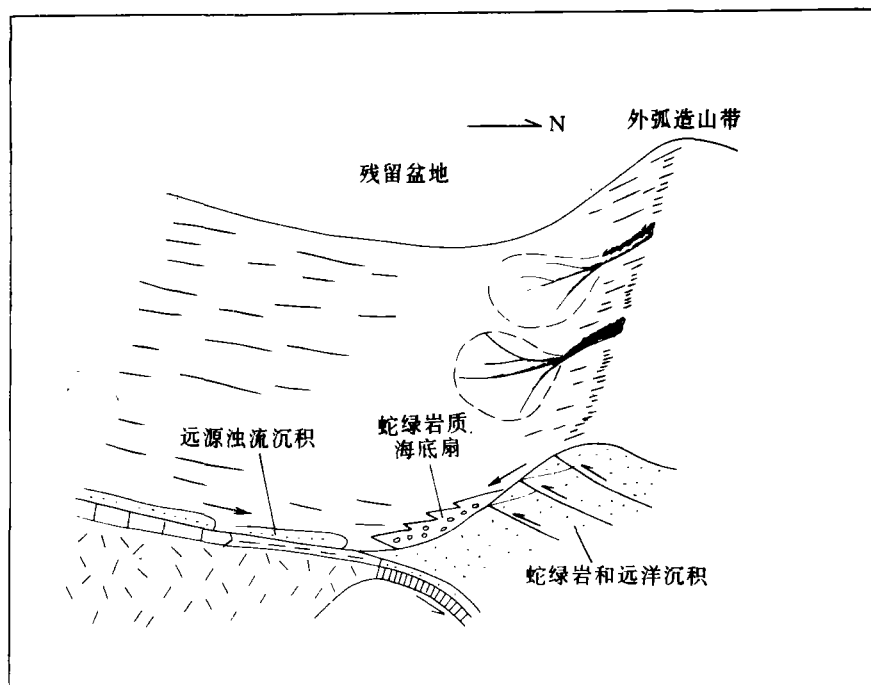


图 13 日喀则群蛇绿岩质海底扇形成的综合模式

Fig. 13 Synthetic sedimentary model for the formation of the ophiolitic submarine fans in the Xigaze Group

6 结束语

通过沉积学研究,我们认为出露于雅鲁藏布江中段,代表晚白垩世沉积的日喀则群复理石的主体,应当属于残留盆地深水部分的沉积,其中夹有蛇绿岩质砂砾质海底扇沉积。区内出露的其它一些陆相砂砾岩,如前人在仁布等地所发现的超覆于冈底斯火山-岩浆岩之上的那些砂砾岩,应属于第三系磨拉石,绝不能与日喀则群中的深水砂砾岩相相混淆,已有化石依据表明后者地层年代为晚白垩世。根据以上分析,可以引伸出如下结论:雅鲁藏布洋盆闭合,也即印度板块与藏北板块开始碰撞的时间至少早于晚白垩世的晚期,而有可能在早一晚白垩世之间。日喀则群的蛇绿岩质砂砾质海底扇就发育在这种碰撞造山期或期后的残留复理石盆地中,碰撞带北侧出现的外弧造山带和强烈的逆冲、推覆纳布作用是其形成的重要构造背景。

主要参考文献

- 尹集祥, 1988, 青藏高原南特提斯区地层地质演化轮廓, 中国科学院地质研究所集刊, 第 3 号, 科学出版社。
- 尹集祥、闻传芳等, 1988, 雅鲁藏布缝合带晚侏罗世——晚白垩世早期海沟内斜坡沉积-冲堆组, 中国科学院地质研究所集刊, 第 3 号, 科学出版社。
- 罗建宁、陈成生, 1990, 浊流沉积的研究进展与趋势, 当代地质科学技术进展 1989, 中国地质大学出版社。
- Barnes, P. M., 1988. Submarine fan sedimentation at a convergent margin, the Cretaceous Mangapokia Formation, New Zealand. *Sedimentary Geology*, Vol. 59, pp. 155—178.
- Bouma, A. H., Nomark, W. R. and Barnes, N. E., 1985. Submarine fans and related turbidite systems. Springer—Verlag, New

York.

Shanmugam, G. and Moiola, R. J., 1988. Submarine fans: models, classification, and reservoir potential. *Earth Science Reviews*, Vol. 24, No. 6, pp. 383—428.

Shanmugam, G. and Moiola R. J. et al., 1988. Comparison of turbidite facies associations in modern passive-margin Mississippi fan with ancient active-margin fans. *Sedimentary Geology*, Vol. 58, pp. 63—77.

Wuellner D. E. and Janes, W. C., 1989. Braided and meandering submarine fan channel deposits, Tesnus Formation, Marathon Basin, West Texas. *Sedimentary Geology*, Vol. 62, pp. 27—45.

OPHIOLITIC SUBMARINE FANS AND THEIR PLATE-TECTONIC SETTINGS IN THE XIGAZE GROUP ALONG THE YARLUNG ZANGBO SUTURE ZONE IN XIZANG

Liu Baojun Yu Guangming Chen Chengsheng

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources)

ABSTRACT

The ophiolitic sandy and gravelly submarine fans are developed as a kind of distinctive sedimentary unit in the fine-grained flysch of the Xigaze Group along the Yarlung Zangbo suture zone in Xizang. The characteristics of these submarine fans are as follows. (1) They are relatively small in scale. (2) The channel deposits are especially well developed in both upper and middle fans, and their sequences are very clear. (3) The channel are frequently migrated and braided. (4) The sandy and gravelly high-density turbidity current deposits and the cohesive debris flow deposits are prominent in these submarine fans. (5) The sediments are coarse-grained and contain a large amount of cobbles and boulders, indicating that they are relatively proximal and rapidly accumulated. (6) Much of the sediments are derived mostly from ophiolites and only a small part from island-arc volcanic-magmatic rocks and older sedimentary strata, which may make these submarine fans rare in both modern and ancient equivalents in the world.

These distinctive submarine fans were developed on the margins of the residual flysch basins during the closing of the Yarlung Zangbo Ocean and the onset of the collision of the Indian plate with the North Xizang plate. The collision of these plates resulted in the overthrusting and uplifting of the ophiolitic complexes and the oceanic crust, and thus in the formation of an outer arc orogenic zone which serve as the main provenance of these fans bodies. Meanwhile, intense overthrusting and napping may also introduce part of island-arc rock and older strata to the margins of the residual basins which are interpreted as an additional source of sediments.

Key words: Yarlung Zangbo suture zone, Xigaze Group, Ophiolitic submarine fans