

雅鲁藏布中新世代深水沉积盆地形成和演化 (I)——喜马拉雅造山带沉积特征及演化

刘宝珺 余光明 徐 强

(成都地质矿产研究所)

G. Einsele W. Frisch 刘光华 J. Wendt

A. Wetzel L. Ratschbacher H. P. Luterbacher

(德国蒂宾根大学地质研究所)

〔内容提要〕 通过对喜马拉雅三叠纪到第三纪区域沉积特征分析,阐明了雅鲁藏布喜马拉雅特提斯造山带从裂谷—被动大陆边缘—前陆盆地的沉积盆地演化史。随着以雅鲁藏布带为代表的喜马拉雅特提斯打开,三叠纪到早侏罗世为特提斯早期裂开的大陆边缘裂谷盆地。早期裂谷中心部位不是现在大陆缝合线的雅鲁藏布一带,而在低分水岭带。晚侏罗世到早白垩世,雅鲁藏布江南侧为典型被动大陆边缘,其沉积盆地沉降、海平面变化与沉积作用相吻合。晚白垩世到第三纪为前陆盆地演化阶段,从沉积作用可以识别出晚白垩世晚期为造山第一幕,第三纪初为第二幕。

关键词 喜马拉雅特提斯 沉积演化 被动大陆边缘 前陆盆地

为期四年的中-德合作《雅鲁藏布中新世代深水沉积盆地与阿尔卑斯对比》研究项目,由中国地矿部成都地矿所刘宝珺教授、余光明教授与德国蒂宾根大学安塞尔教授、费里西教授共同制定并付诸实施。中德地质学家对雅鲁藏布江中、新生代深水沉积盆地形成和演化,喜马拉雅造山带层序地层及海平面变化,碳酸盐台地形成演化,沉积盆地构造沉降及盆地形成动力分析等进行了研究,初步建立起了完整的喜马拉雅造山带沉积学格架。

研究区位于西藏南部沿雅鲁藏布南北两侧及其以南部分,二条主剖面为从聂拉木到日喀则和从岗巴经康马到江孜(图1)。这个区域中—新生代沉积发育,它记录了特提斯-雅鲁藏布造山带的打开以及造山的过程。近十年来,对该造山带的沉积地壳组成和演化及其构造性质均有相当的研究,但还存在许多不同认识。区域的地层划分及对比如下表(表1)。本区的沉积体大致可分为四个带(图1):(I)喜马拉雅带;(II)低分水岭带,(III)雅鲁藏布江带;(IV)日喀则带。其中I、II、III带属于印度板块北部边缘。

喜马拉雅特提斯造山带经历了从裂谷拉张沉积(T—J₁)到被动大陆边缘(J₂—K₁),再到前陆造山的较为完整的沉积旋回(K₂—R)。本区沉积环境变化快,沉积类型丰富多彩,沉积厚度大是它的主要特征。

①本文1992年11月21日收稿。

②本文为中德合作项目成果。

表 1 西藏南部中—新生代地层对比简表

Table 1 Correlation of the Mesozoic—Cenozoic strata in southern Xizang

地质时代		喜马拉雅带		低分水岭带		雅鲁藏布带				日喀则带			
第三系		E ₁ 宗浦群								E ₁ 错江顶组			
白 垩 系	上 统	基堵拉组 188m		宗卓组 1400—1600m						日 喀 则 群	曲贝亚组 870m		
		宗山组 278m									昂仁组 1800m		
	下 统	岗巴村口组 530m	甲不拉组 800—1500m		上侏罗统—下白垩统 ?				桑祖岗组 158—907m				
		巴察且拉组 240m							恰布林组 140m				
侏 罗 系	上 统	古错组 449m		维美组 >1350m									
		门卡墩组 1792m											
	中 统	聂聂雄拉群	上组 1848m	田巴群	上组 1047m								
		中组 822m	下组 842m		下组 >1759m								
三 叠 系	上 统	扎木热组 165m		涅如群 1150—4700m		郎杰学群		修康群	上部 233—400m				
		德日荣组 240m							下部 242—1544m				
		曲龙共巴组 571m											
		亚智组 66m											
三 叠 系	中 统	康沙热组 95m		吕村群 400—570m				穷果群	上组 250—800m				
		曲登共巴组 192m							下组 54—173m				
		土隆组 110m											
下伏地层		P ₁		P ₁		P ₁							

1. 三叠纪到中侏罗世——裂谷沉积阶段

从三叠纪到中侏罗世,喜马拉雅-雅鲁藏布地区主要沉积了一套裂谷型的成熟碎屑岩和碳酸盐岩,沉积厚度区域变化大,表现出特提斯拉开初期的较快速沉降特点。

在聂拉木土隆地区,早三叠世初期的灰色中层状碎屑灰岩、豆状灰岩平行不整合在中晚二叠世的深灰绿砂页岩之上。灰岩中含白云质,柱状节理及刀砍痕发育,主要为较高级的碳酸盐浅滩沉积。初期后,水体变深,沉积薄—中层状紫红色泥灰岩,具瘤状构造,钙质含量向上减少。生物化石珊瑚、腕足多数完整,也向上减少,反映出浅水缓坡的沉积特征。再向上通过一褐色中—厚层泥灰岩夹泥岩到黄灰灰岩夹薄层砂岩、生物碎屑灰岩透镜体的厚约 10m 的过渡层段后,进入一种旋回性沉积阶段。这种旋回性沉积可以分成 ABC 三段:A 段为灰绿色页岩,一般厚度 2—3m;B 段为灰绿页岩夹灰岩透镜体,向上灰岩透镜体增加;C 段则是黄绿、灰白含粉砂、细砂砂屑灰岩,厚数十厘米。

这种旋回性沉积厚度从开始的 8m 左右向上变化到 2—3m,并在下部灰岩层(C 段)中

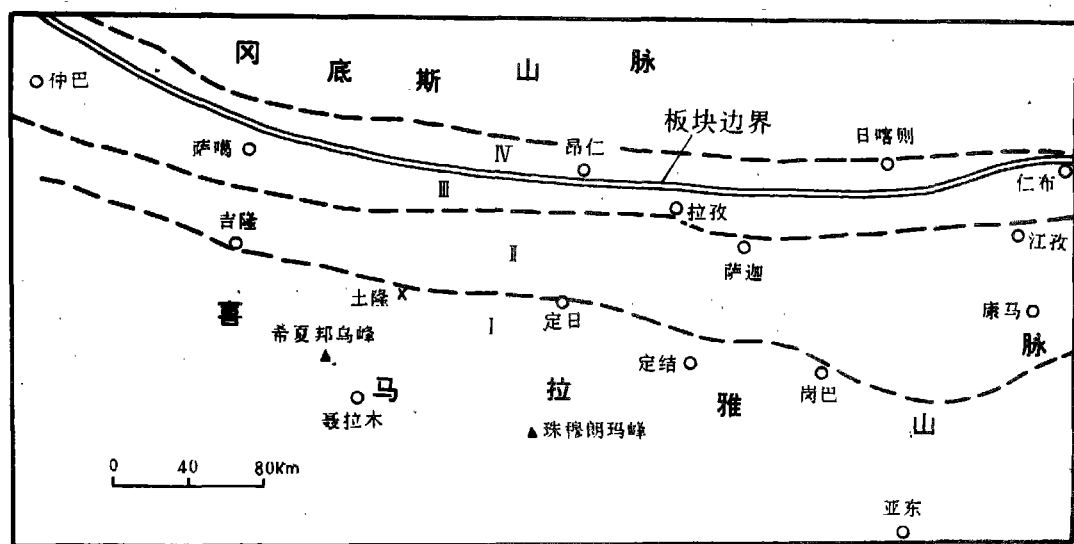


图1 喜马拉雅造山带中、新生代沉积-构造分带图

I. 喜马拉雅带; II. 低分水岭带; III. 雅鲁藏布带; IV 日喀则带

Fig. 1 The sketch map showing the Mesozoic-Cenozoic sedimentary-geological zonation of the Himalayan orogenic belt

I = Himalayan zone; II = low watershed zone; III = Yarlung Zangbo zone; IV = Xigaze zone

还发育有具丘状交错层理的风暴沉积序列,反映出旋回性沉积作用,早期悬浮物源供应充分,晚期转变为远源—中源的风暴作用占优势,向上风暴作用频率有增加趋势。早三叠世聂拉木地区主要是从浅滩很快地过渡到碳酸盐缓坡,以后为较稳定地发育典型的风暴陆棚沉积物,厚 110.3m

这时期从聂拉木向西主要为灰色薄—中层灰岩、生物碎屑灰岩,特别是底部还有厚 0.2—1.4m 的竹叶状灰岩夹少量钙质砂岩、粉砂岩,厚几米,为碳酸盐台内浅滩。定日一带与聂拉木相似,为青灰中—薄层灰岩、生物碎屑灰岩夹砂岩、页岩,产瓣鳃、菊石等化石,厚约 200m,主要为碳酸盐生物浅滩沉积。岗巴、亚东一带情况不详。

早三叠世,穿过南边碳酸盐台地进入到低分水岭带康巴地区,早三叠世是一套浅灰薄层硬绿泥石绢云母千枚岩、深灰色板岩夹薄层变质砂岩,发育浊流 C、D 序列,厚约 500m。到定结县附近为黑色薄层板岩,顶部夹薄层砂岩及含碳细砂质微晶灰岩,也主要是一套浊流沉积,厚度 500m。

向北接近雅鲁藏布江地区为穷果群下组,其沉积特征主要为灰色薄层结晶灰岩与千枚岩互层,产菊石。拉孜附近为青灰薄层灰岩、泥灰岩、黄绿页岩、粉砂页岩夹灰岩透镜体,底部还有角砾状页岩夹极薄层灰岩,顶部为青灰色灰岩、含泥质灰岩与杂色页岩,钙质粉砂岩不等厚互层,主要为外陆棚沉积。沉积厚度近百米。

所以,早三叠世区域上主要为沉积平行不整合在二叠系之上,局部还可能存在“裂谷型不整合”。南部地区主要为浅水碳酸盐台地,反映出喜马拉雅古陆的物源供给少。向北逐渐过渡为陆棚沉积环境,并差异性沉积作用较明显,接近雅鲁藏布一带主要为外陆棚沉积区。区域上差异沉积厚度变化较大,喜马拉雅区为 100—200m,低分水岭区 500m 左右,雅鲁藏

布区从几十米到 100—200m。可能表明喜马拉雅提斯海初始拉张,但拉张强度不大(图 2)。裂谷中心带在低分水岭一带。

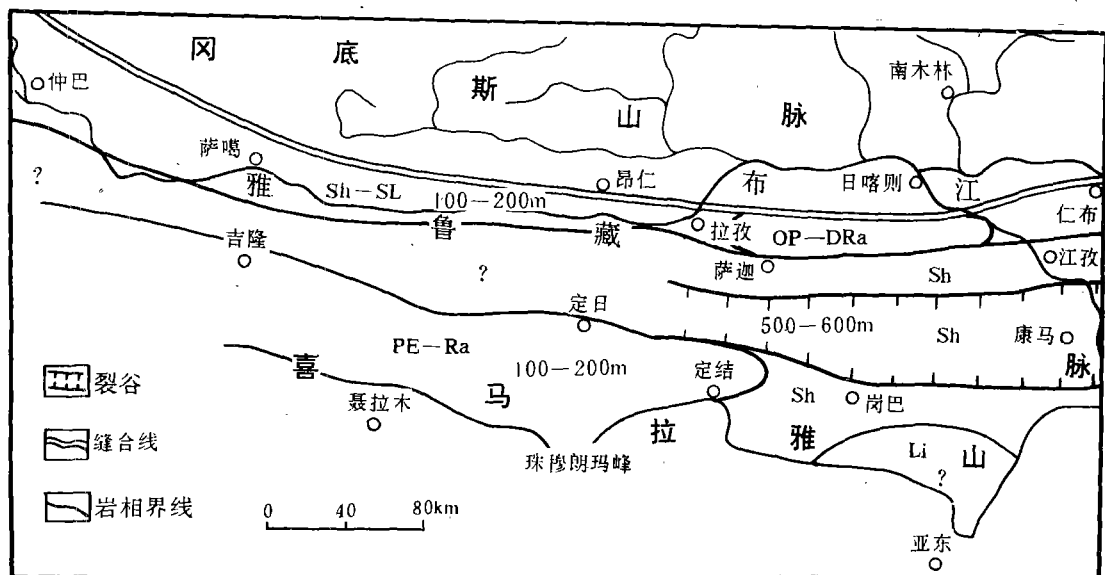


图 2 喜马拉雅早三叠世岩相古地理图

Sh. 陆棚; SL. 大陆斜坡; OP. 开阔台地; DRa. 深水缓坡; Ra. 缓坡; PE. 边滩;
Shi. 内陆棚; D. 三角洲; Ba. 盆地; Li. 滨岸; OB. 大洋盆地; Sho. 外陆棚;

Fig. 2 Early Triassic sedimentary facies and palaeogeographic map of the Himalayas

中三叠世时,聂拉木地区为曲登共巴组,厚 192.1m,底部为深灰色泥灰岩夹灰绿色页岩,泥灰岩中生物搅动构造发育,成为疙瘩状的砂质灰岩透镜体。向上钙质增加成为豆状灰岩、深灰中—薄层灰岩,厚 70—80m,具深水缓坡特征。再上为一层 2—2m 厚的黄褐色页岩,然后成为稳定旋回性沉积。发育 5 个厚 3—5m 的旋回,每一旋回下部都是灰绿色页岩,向上钙质增加,逐渐过渡为砂屑、砾屑灰岩,为明显的碳酸盐向上变浅序列。反映出一种从浅水开阔台地过渡到碳酸盐浅滩的过程。

在聂拉木以东,中三叠世是浅灰、黄灰色薄层泥灰岩夹钙质页岩、细砂岩,含丰富瓣鳃类,厚约 70m,为浅水潟湖或浅水洼地沉积。此外,还有局部的高能浅滩,其沉积物为含灰质角砾白云岩,浅灰色厚层生物碎屑灰岩。

从聂拉木向东,定日—定结一带,中三叠世沉积主要为黑、灰黑色页岩、粉砂质页岩夹薄层砂岩、薄层灰岩、生物碎屑灰岩,自下向上砂岩增多,厚度超过 800m,是陆源碎屑浅海沉积环境的产物。

亚东一带、中三叠统为岩性变化不大的砂质板岩、板岩。上部含粉砂质板岩,具沙纹层理和波状层理复合构造,表现为一系列的沙纹层理构成了 5cm 高,20cm 长的波状层理,反映出受到牵引底流的改造。砂岩条带中见小正粒序、CD 序列,为外陆棚到较深水盆地沉积,可见厚度 > 120m。在帕里地区,中三叠统为灰白石英砂岩,可能为浅滩沉积;同时还发育含砾岩屑砂岩、砂岩,含腕足化石,为浅水扇体水道滞留和水道沉积,反映出一时稳定,一时沉积速度大、快速搬运堆积特点。

在低分水岭带的康马地区,中三叠统为浅灰薄层泥质粉砂岩,夹中层状石英砂岩,主要为陆棚沉积,出露厚度超过 300m。

雅鲁藏布江孜一带的中三叠统,穷果群上部是一套灰色—深灰色千板岩、板岩夹薄层灰岩,为斜坡—盆地浊流沉积,厚度 600m。

晚三叠世,在聂拉木地区,康沙热组中下部为深灰砂屑灰岩、含生物碎屑灰岩与页岩互层,灰岩中发育生物碎屑透镜体,同时可见中型板状斜层理、瘤状构造、波状层理,有较强生物扰动,表现出其沉积环境总体上为变浅缓坡,但时有一些浅水沙滩、生物滩发育。在近灰岩的底部含有大小 5—10cm 的磷结核,这可能是大洋中的磷质已经开始上翻进入大陆架区。中上部主要为深灰砂质灰岩、泥晶灰岩页岩,一般灰岩厚 20—40cm,发育沙纹层理、瘤状构造、含生物碎屑、并出现三套拉断灰岩。灰岩中还发育硅质结核,反映出缓斜坡环境的沉积特征。康沙热组具一个向上变深序列,其上亚智组不仅碎屑比重大大增加,而且各种浅水沉积标志比较发育,其岩性以深灰页岩为主,与深灰薄层生物碎屑灰岩组成频繁的韵律沉积,含圆球状磷结核,发育斜层理和交错层理。生物碎屑灰岩厚度一般 10—20cm,在每一个韵律的顶部,生物碎屑众多,主要是受风暴作用改造形成,厚 66m。曲龙共巴组下部主要为灰绿页岩,中部夹有中薄层砂岩、泥岩,页岩中夹有磷铁结核,主要为外陆棚—陆棚前三角洲沉积,向上出现较典型的远砂坝沉积序列(图 3)。在曲龙共巴组中部发育明显的六个从前三角洲到远砂坝沉积旋回。当沉积物供给减少时,有较强烈的生物搅动,一般每一个旋回厚 20—60m。在前三角洲,常常发育碳酸盐薄层,含大量完整化石。在三角洲前缘发育滑塌沉积,见包卷层理、重荷模等沉积构造(图 4)。在三角洲前

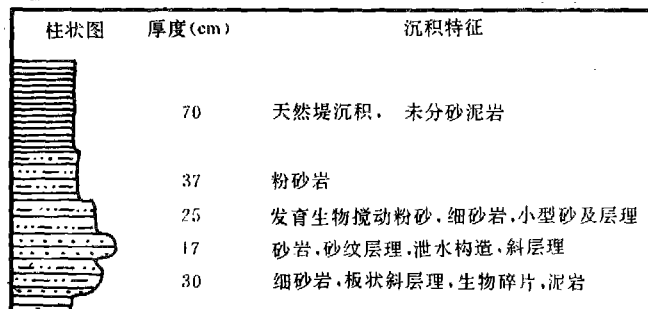


图 3 聂拉木曲龙共巴组中远砂坝沉积序列

Fig. 3 Sedimentary sequence of far sandbar deposits in the Qulonggongba Formation in Nyalam

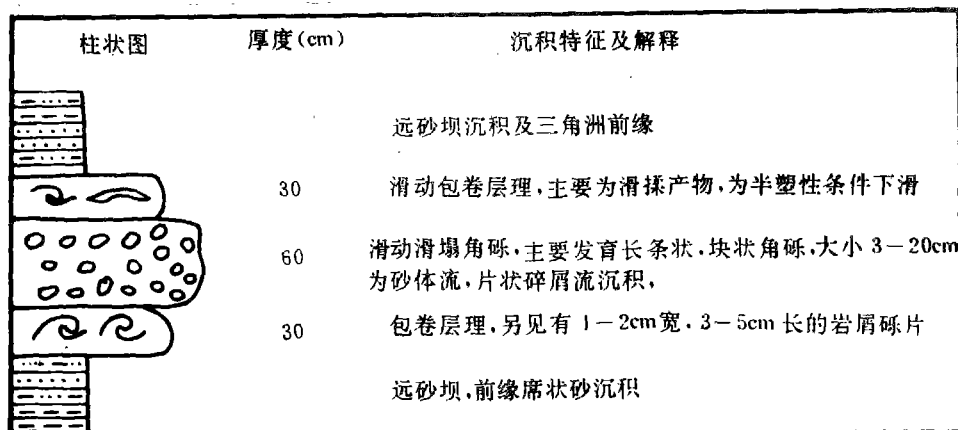


图 4 聂拉木曲龙共巴组中三角洲前缘滑塌堆积

Fig. 4 Sedimentary sequence of the delta-front slumping deposits in the Qulonggongba Formation in Nyalam

缘由于坡度和沉积物供给量增加、沉积物中含水量变化、海平面下降等因素干扰时,产生滑塌沉积。在滑塌沉积之上还发育有大型浪成波痕、丘状交错层理以及包卷层理组合,反映出滑塌沉积可能还受风暴及较高能的波浪振荡作用影响。同时向上变成厚层灰绿粉砂、细砂岩,为三角洲前缘席状砂。席状砂中还发育有滑塌构造。上三叠统上部德日荣组,下部主要为褐黄厚层中一粗岩屑长石砂岩,局部夹有砾屑,发育大型板状、槽状交错层理、沙纹层理,其中有明显的半韵律性(图 5),具河口沙坝沉积特征。在河口沙坝的上部发育指状海湾的黑页岩沉积。局部还夹有远沙坝细粉砂沉积(数十厘米)和厚层分流河道砂岩。砂岩中发育前积层角度比较低、单个层理厚 43cm 的大型板状交错层理和双向交错层理、楔形交错层理。在河口沙坝和分流河道之间的局部地区还可见受潮汐作用影响的沉积构造——束状砂体。束状砂体厚度在 0.7—2cm 之间变化,一个旋回的束状砂体个数一般只有几个到十几个束,这可能反映该区主要受全日潮的控制。用暴露标志法估计,潮差大约 1m。随着三角洲向海推进或海退,高能滩覆盖在三角洲之上。

晚三叠世时,聂拉木北西的吉隆地区,曲龙共巴组为一套黄褐薄—中层粉砂岩,钙质粉砂岩夹泥灰岩,产丰富瓣鳃类和菊石化石,厚度 268m,为浅海陆棚环境。向上德日荣组为灰白厚层块状石英砂岩夹钙质砂岩,为一个向上变浅旋回。

在聂拉木以东的定日地区,上三叠统是一套深灰砂屑灰岩与中层状泥晶灰岩互层,其中两层黄白砂屑灰岩中夹有一些砂岩透镜体,其大小为 1.5cm × (30—40) cm。砂屑灰岩中发育楔形层理,向上具变浅旋回沉积特征。图 6 为德日荣组中的典型向上变浅沉积序列,从图中可以看出该区主要为砂质内陆棚沉积,但有数次碳酸盐台地穿插其中。这些台地

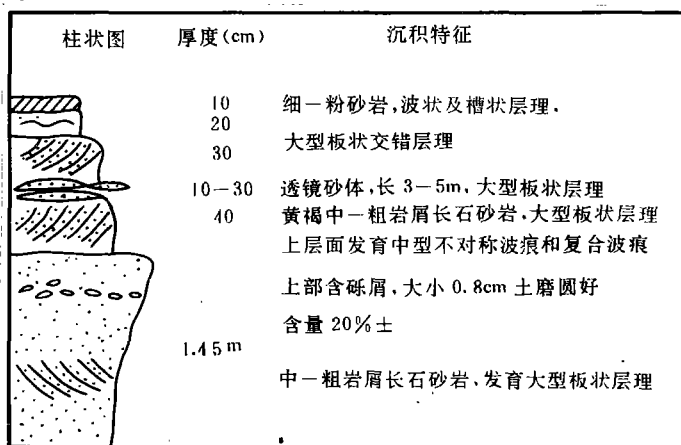


图 5 聂拉木上三叠统上部河口沙坝沉积序列

Fig. 5 Sedimentary sequence of the distributary mouth bar deposits in the upper part of the Upper Triassic strata in Nyalam

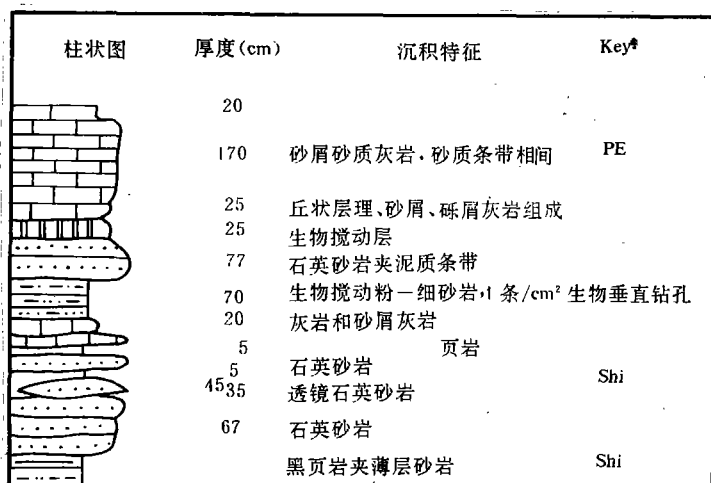


图 6 定日晚三叠世德日荣组中向上变浅序列

Fig. 6 Shallowing-upwards sequence in the Upper Triassic Derirong Formation in Tingri

沉积一般开始为中薄层砂屑、砂质灰岩,中间夹一些薄层黑页岩,反映出台地形成期的碳酸盐沉积不稳定,沉积速率中等。随着物源干扰减少,开始沉积深灰—黑色瘤状灰岩。瘤状灰岩中夹有砂屑条纹(3—5cm宽),发育正粒序。瘤状体大小3—5cm,可能碳酸盐台地处在生长发育而附近成为缓坡。晚期台地碳酸盐沉积速率快速地赶上或超过盆地沉降速率,因此台地变成碳酸盐浅滩(边滩)。

在康马县哨岗乡,三叠纪晚期的沉积为灰绿厚层状石英砂岩夹变质砂、泥岩,主要为滨岸环境的浅水砂丘沉积,可能为旋回性的潮汐与波浪作用相互转换的影响。但是在康马县涅如区的涅如群(T_{3nr})下部以砂页岩(板岩)为主夹薄层灰岩,含结核,产丰富的瓣鳃和少量菊石;上部以石英砂岩为主夹页岩和板岩,未见化石,其中有规模不等顺层分布的辉绿岩或辉长岩脉,总厚达1150—4700m,发育CD序列,其中中—薄层灰紫钙质砂岩可见粒序层理,具重荷模、槽模等,为较为典型浊流沉积(图7)。总的浊积岩序列表现为从下部BCDE序列向上变厚变粗再变薄变细,为一次沉积旋回或扇的推进到后退完整过程。到顶部则单层仅仅几毫米到2cm之间的CD序列。

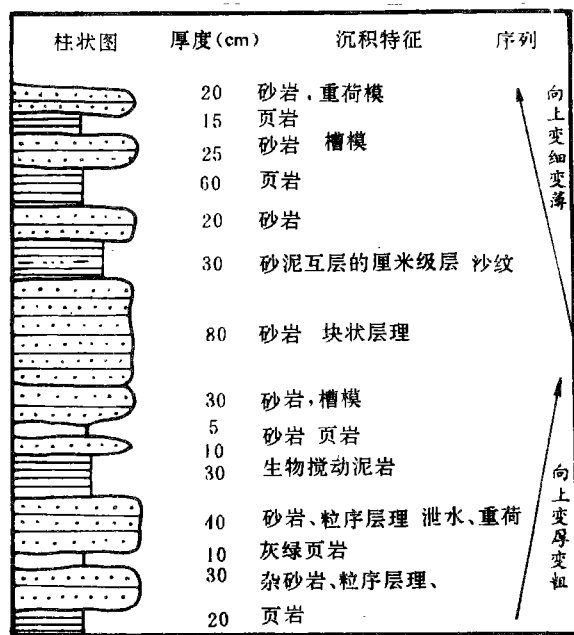


图7 康马涅如区上三叠统浊流沉积序列

Fig. 7 Sedimentary sequence of the Upper Triassic turbidity current deposits in Nyeru, Kangmar

在雅鲁藏布一带,由于强烈的多期构造变动,使三叠系逆掩于侏罗、白垩系砂泥岩之上,并夹有二叠系等的混杂岩块。修康群(T_{3zk})为一套深海砂泥质浊流沉积。沿着定日到拉孜公路边可见三叠系典型的浊流层序和滑塌沉积物及浊积扇的水道砂岩透镜体。整个剖面主要发育深海浊积岩到滑塌沉积到深海浊积岩再到浊积扇沉积序列。说明雅鲁藏布一带可能拉张接近初始洋壳程度。

早侏罗世,在北喜马拉雅地区主要为浅海陆棚沉积,发育一套海绿石砂岩、石英砂岩、黑页岩、粉砂岩、鲕粒灰岩、介壳灰岩,各种沉积构造发育,包括广型楔形层理、槽状层理、纱纹层理、介壳透镜体等沉积构造。随着海平面变化和物源供给的差异,不时有碳酸盐台地的发展和消亡,出理了鲕滩沉积。但鲕滩的推进和迁移不明显,大多都发育在碳酸盐台地内部,没有形成镶边台地。由于经常性受到陆源干扰,形成碳酸盐和碎屑岩混合沉积。

在聂拉木地区为碳酸盐和碎屑岩的混积陆棚。聂拉木的德日荣桥剖面,下部为石英砂岩与钙质石英砂岩互层,夹砂屑灰岩的浅海陆棚,向上为黑色—灰中薄层灰岩,厚70—80m,发育楔形、大型板状层理、纱纹层理,瘤状构造,并发育潮汐作用滞留砾屑灰岩,还夹有薄层砂岩,为一套潮下高能带沉积。这套灰岩上部为灰色厚层粉砂泥岩,是沉积速率大,悬浮沉积为特征的陆棚。在岗巴一带则主要为陆源碎屑陆棚沉积,发育大套砂、泥质岩石。在黑页岩中发育灰岩透镜体,一般大小10cm×40cm,具有纱纹层理。剖面上部为灰色泥灰岩和

泥灰页岩互层,发育生物搅动,同时在页岩中夹有硅质岩层以及硅质透镜体(30cm×8cm)。硅质层有规律地大约每隔 1m 出现一层,厚约 20cm。在硅质层的下部常出现凝灰岩夹层,说明硅质来源于海底火山喷发,主要为内陆棚沉积特征(图 8)。

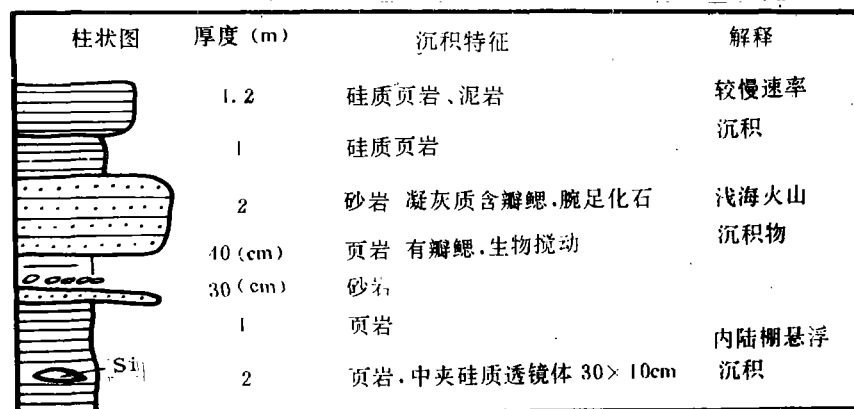


图 8 岗巴下侏罗统中内陆棚沉积序列

Fig. 8 Sedimentary sequence of the Lower Jurassic inner-shelf deposits in Gamba

向北到康马县附近,深灰泥灰岩中发育钙质结核,向上过渡为灰绿色页岩的外陆棚到斜坡。其中发育有一些滑塌块体,大小一般 4m×50m 左右,局部还有黑页岩,含大量磷铁质结核,大小 5cm×10cm~5cm×3cm,可见完整的菊石化石,反映出上翻洋流的影响和慢速率沉积过程。局部的崩塌块体又说明地形具有一定坡度。

在岗巴县苦玛至交嘎拉(低分水岭山口)附近主要发育上侏罗统,局部见平行不整合于上三叠统板岩、千枚岩上(1:100 万日喀则幅 P. 178)。

早中侏罗世,雅鲁藏布一带由于构造原因,未见沉积(图 9)。

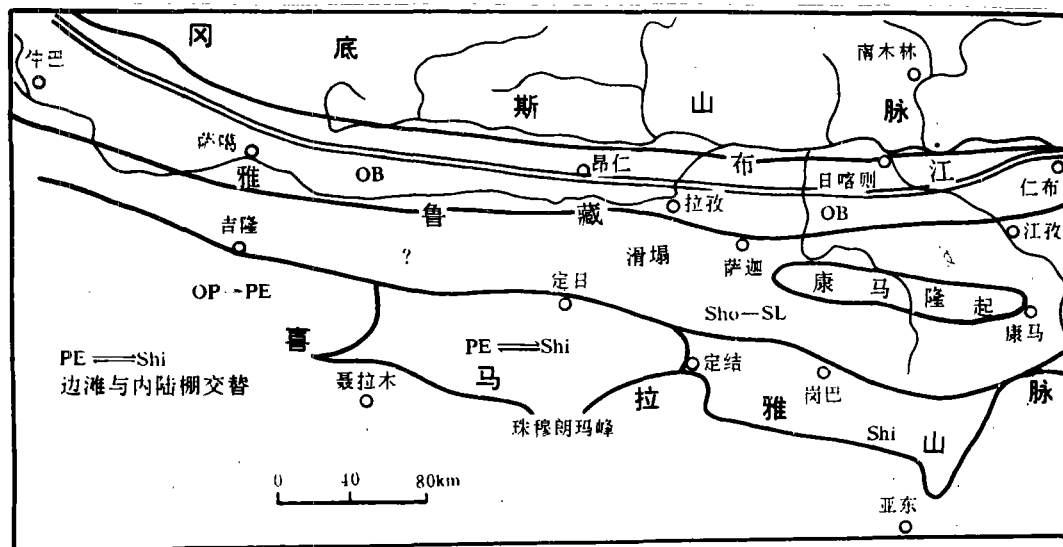


图 9 喜马拉雅早侏罗世岩相古地理图

Fig. 9 Early Jurassic sedimentary facies and palaeogeographic map of the Himalayas

中侏罗世早中期,在聂拉木地区主要为豹皮灰岩与砂屑灰岩互层。豹皮灰岩由生物搅动形成,其中典型剖面表现为向上变浅序列。豹皮灰岩主要是潮下较低能环境产物,向上能量逐渐增高,不时有陆源碎屑注入成为砂质灰岩。同时还有风暴作用沉积,发育丘状交错层理、粒序层理、冲刷面。流水波痕古流向测定为从南向北流动。碳酸盐台地在早中期有五次向上变浅变粗的旋回,最后因大量陆源碎屑干扰,台地生长间断。晚期为介壳灰岩与粉砂岩互层、黑页岩、微晶灰岩为主的陆棚沉积环境。特别是在中侏罗世中期,聂拉木群上组中部还发育有鲕粒喷溢流沉积物,是在高频海平面振荡和海平面下降过程中产生(关于喷溢流沉积作用参见本系列文章第Ⅰ部分)。岗巴东山中侏罗统为一套灰绿页岩、夹砂岩和钙质砂岩互层岩系,其沉积序列(图10)显示内陆棚沉积特征。向上为深灰钙质泥岩,70—80m,每隔1m或几十厘米出现一段约10cm微变粗的沉积,不见化石和生物搅动,也可能是喷溢沉积(?)或外陆棚边缘背景沉积。

在萨迦县的中侏罗统底部为一套深灰薄层泥灰岩夹砂岩、页岩,主要为斜坡一盆地沉积。向上为大约1000m厚的深灰绿色页岩,再向上为深灰绿色页岩夹中一薄层浊积砂岩,其中有拉长状槽模、粒序层理和小型沙纹层理,具典型浊流序列,最后过渡为几十至上百套的中部扇体沉积旋回,反映出扇体的迁移和向上变粗。

综上所述,喜马拉雅大陆边缘裂谷期的主要沉积特征为:(1)早中三叠世裂谷裂开冲击作用不强烈,主要以一套次稳定的陆源碎屑和碳酸盐沉积为主,区域上差异

沉降开始形成;(2)晚三叠到中侏罗世,区域上裂谷拉展作用强烈,差异性沉降作用明显,断块的掀斜作用在区域上形成“裂谷不整合”,如低分水岭的康马地区下三叠统与上侏罗统不整合;(3)区域上,海盆呈北深而南浅的箕状,在地堑的中心,沉积厚度巨大,以碎屑浊流为主;而在浅水的地垒区,沉积厚度较薄,主要为浅海到滨海沉积。地垒和地堑发育明显地受同沉积断裂控制;(4)发育断控型的碳酸盐台地。

2. 晚侏罗世到早白垩世——被动大陆边缘阶段沉积

据沉积作用特征和盆地的构造沉降特点(参见雅鲁藏布中新生深水沉积盆地形成和演化(Ⅲ)),被动大陆沉积可以分为边缘快速热沉降阶段和衰减式成熟被动大陆边缘阶段。

2.1 边缘快速热沉降阶段

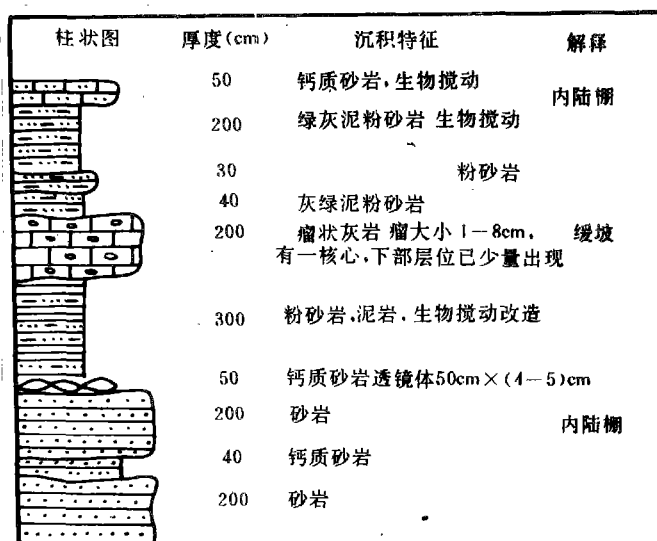


图10 岗巴东山中侏罗统内陆棚沉积序列

Fig. 10 Sedimentary sequence of the Middle Jurassic inner-shelf deposits in the eastern mountains of Gamba

晚侏罗世是喜马拉雅被动大陆边缘拉张到最大时期,喜马拉雅一带开始出现次深海环境,并发育等深积岩(刘宝珺等,1983)。在聂拉木地区为一套单调的细粉砂岩、粉砂页岩和黑页岩沉积,富含菊石、箭石、双壳类等生物化石,形成特殊的菊石细屑岩相,可以很好地与世界许多地区的相似沉积进行比较,如可与含菊石的斯匹替页岩进行对比,代表特提斯晚侏罗世的深水沉积。岗巴地区,仍为黑灰色细砂岩及含结核页岩,为次深海环境。在定日县帮来一带,下侏罗统下部局部地区为深灰厚层块状灰岩、泥灰岩夹鲕状灰岩、砂质灰岩及生物碎屑灰岩,属碳酸盐浅滩,中上部很快地过渡为深灰薄层粉砂岩和砂岩及页岩,发育小型沙纹层理、粒序层理、复理石遗迹化石,为细屑浊积岩和浊积岩。

在康马县的田巴一带,上侏罗统主要为一套浊积岩和滑塌堆积。浊积岩序列(图 11)反映出中部浊积扇体沉积特征,浊流水道具一定坡度,有沉积物滑动产生。序列显示一次向上变厚变粗再向上变薄变细的旋回,反映出浊积扇的侧向迁移作用。在浊积岩中发育拉长状槽模、粒序层理、小型沙纹等典型浊流沉积构造。古流向为 65° — 235° 。除此之外,还发育大型的滑塌堆积(主要是晚侏罗世晚期)。滑塌体厚约 140m,下部为厚约 30—40m 沉积楔形体,由一系列叠瓦排列的滑移片组成,每片长 20cm,宽 1—2cm;上部为厚约 100m 的滑塌堆积物,滑塌体中可见崩塌砂泥岩块。岩块大小从几厘米到几十米,基质岩石为黑深灰泥岩,滑塌楔形体区域展布可能为南边薄向北加厚。这套岩石之上为深灰页岩夹薄层硅质岩,还可见厚达 5—8m 的崩塌砂岩块体。沉积特征说明

在晚侏罗世,大陆斜坡处于康马田巴一带,因为除滑塌堆积发育外,还在浊积岩的某些层段中见被大洋流改造形成的小型斜层理,沙纹前积层方向为 90° ;可能为等积砂岩,也反映处于大陆斜坡边缘部位。

晚侏罗世的雅鲁藏布一带,以页岩或板岩为主夹紫红放射虫硅质岩、大洋玄武岩及成熟度低的细碎屑岩和灰岩透镜体。在仲巴附近硅质岩中见团块状硬锰矿。拉孜一带硅质岩夹砂页岩,可见铁锰结核及扁豆体。在日喀则冲堆有褐土岩(余光明,1990)。在吓鲁一带紫红色放射虫硅质岩厚几百米,中间夹少量玄武岩、凝灰岩,剖面上部为火山成因灰绿块状硅质

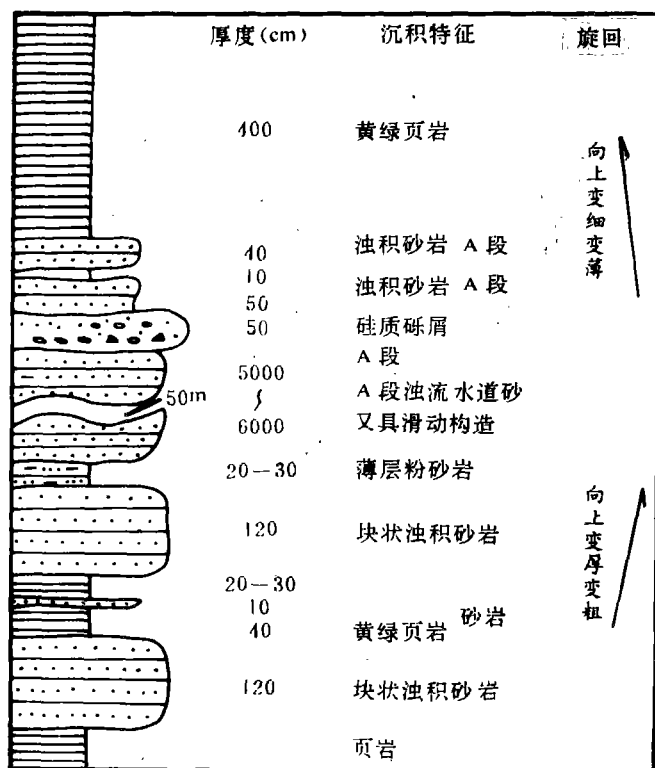


图 11 康马县田巴上侏罗统浊流沉积序列

Fig. 11 Sedimentary sequence of the Upper Jurassic
turbidity current deposits in Tianba, Kangmar

岩。这套岩石岩相变化不大,单层多数厚约 10cm,走向延伸稳定,表明处于一种相对稳定的洋底环境(余光明等,1986)(图 12)。

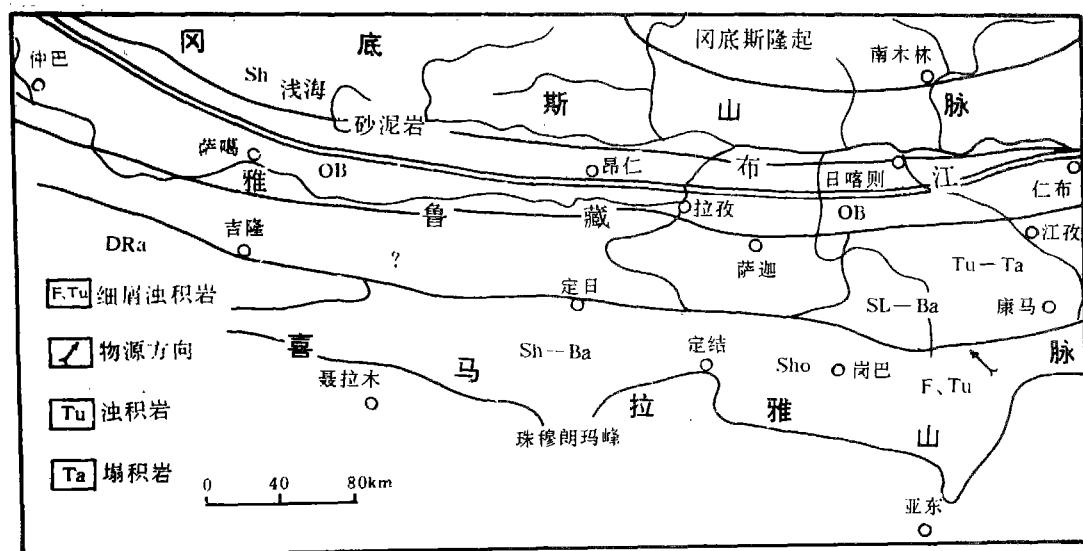


图 12 喜马拉雅晚侏罗世岩相古地理图

Fig. 12 Late Jurassic sedimentary facies and palaeogeographic map of the Himalayas

2.2 衰减式成熟被动大陆边缘阶段

早白垩世,喜马拉雅一直保持着深水环境的格局,但不同地段有差异。聂拉木地区以陆棚环境为主,常受风暴作用影响,沉积物是陆源碎屑岩。向北经过一个斜坡带,相变成菊石细屑岩相,同时受突然的高频海平面振荡作用影响,有一套几十米的沉石英岩夹于其中(余光明,1991)。在定日克马乡,下白垩统下部为深灰砾屑灰岩夹黄褐色中粒砂岩透镜体。砾屑灰岩具粒序。向上发育波状和板状层理,为潮道和浅滩沉积;中部为深灰薄板状砂屑灰岩与泥晶灰岩互层的受风暴影响的缓坡,经过二次这种旋回沉积之后成为一套深灰色中一薄层砂屑灰岩、砾屑灰岩,发育正粒序、泄水构造,但不见冲刷面及沙纹层理,为环台地边缘沉积,可能为溢出台地沉积。与此相伴的还有一套滑塌角砾灰岩,近百米长,4—5m 宽的透镜体,基本近东西向延伸分布,上部是一套中一薄层细一粉砂浊积岩。在岗巴地区为坡度较缓的缓坡,并广泛发育低密度流披盖(余光明等,1986)。

在定日去拉孜公路 500km 里程碑附近,早白垩世为从外陆棚发展到斜坡沉积特征。早期为深灰色厚层泥灰岩,可见小型波痕,发育很薄水平层理,厚 50—60m,向上为深灰黑色灰岩薄层,层理平整,伸延远,一般单层厚 1—3cm,3—5 层一组,每隔几米泥灰岩或页岩出现一组,为外陆棚沉积。中期为角砾灰岩,角砾为浅水灰岩角砾,厚 5—6m。向上过渡为黄褐钙质砂岩,发育重荷模、槽模、粒序层理,为浊积岩,厚达 50—60m。晚期为深灰黄色薄层砂岩、页岩互层,是由钙质砂岩向页岩,砂岩向页岩过渡的浊积岩,一般单层砂岩厚 5—10cm,页岩厚 3—5cm,发育粒序、重荷模、槽模等典型浊积岩沉积标志,厚 50—60m。总体上,这套从外陆棚到斜坡沉积物成为一大型滑塌体,向北滑动和流动。说明定日一带当时处于大陆边缘斜坡的上部。

江孜地区加不拉在早白垩世除发育四套滑塌堆积和浊流沉积外,其它为黑页岩、燧石层碳酸盐岩深海沉积组合,反映出斜坡—盆地沉积特征。滑塌堆积可以分为二种类型(余光明 1986):第一种类型滑塌岩块主要为灰岩和砂岩,灰岩岩块主要为泥晶灰岩,可见一定数量的浮游有孔虫和少量放射虫。其次还可见鲕粒和球粒灰岩,显示了一部分灰岩属于浅水成因,具搬运再沉积特征。这种情况暗示可能碳酸盐台地已镶边,台地边缘和大陆边缘重合,但是受构造影响完全裂解,现在已圈不出大小。灰岩块体大小相差悬殊,最大直径未超过 2m,可能经过了较远的搬运。这一种类型主要分布于早白垩世早期;第二种类型的滑塌岩块主要分布于早白垩世晚期,除成分为灰岩和砂岩外,还见硅质岩、中基性火山岩,其中砂岩岩块最多,成分是岩屑杂砂岩、细砂到粉砂岩,可见水平层理,为斜坡—盆地沉积产物。滑塌堆积出现说明成熟喜马拉雅被动大陆边缘具斜坡性质,碳酸盐台地与陆棚边缘重合,并为后期破坏掉,同时大陆斜坡和台缘斜坡重合。在滑塌堆积的上覆层,常常为砂质浊积岩和细屑浊积岩。

早白垩世的雅鲁藏布一带,仍为一套大洋板内的沉积,以放射虫硅质岩为主夹层状变玄武岩,火山来源的沉积物逐渐增加,是一套从紫红色岩层向灰绿色岩系演化序列。上部出现的蛇绿质砂岩和顶部的再沉积放射虫硅质岩质砾岩,更代表一种非稳定条件下的再沉积产物,说明早白垩世大洋缓慢扩张到晚期已经开始有了变化,向不稳定过渡。

3 晚白垩世——大洋板块俯冲的岛弧沟沉积

晚白垩世,喜马拉雅地区的大地构造演化进入了一个新时期,印度板块向北漂移并大洋壳向冈底斯俯冲,形成日喀则弧前盆地(余光明,1986)。与日喀则弧前盆地相邻为雅鲁藏布海沟盆地,再过渡到喜马拉雅陆棚浅海区(图 13)。

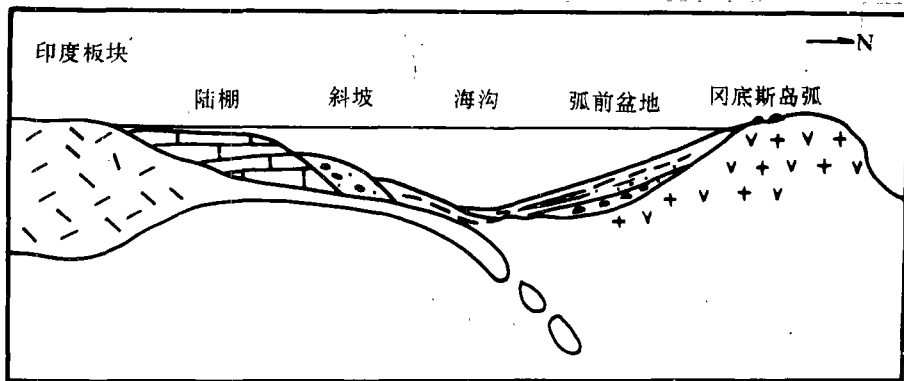


图 13 晚白垩世印度板块向冈底斯俯冲时盆地展布

Fig. 13 The basin distribution during the subduction of the Indian plate toward Gangdise land in the Late Cretaceous

雅鲁藏布一带晚白垩世为洋壳及放射虫硅质岩,同时开始发育混杂堆积,沉积厚度因构造作用影响不详。

在江孜加不拉一带,晚白垩世沉积了一套灰黑色砂岩与页岩互层类岩屑杂砂岩,其中发育有三套滑塌堆积——远洋沉积和滑塌堆积相间特征。向上演变为中粗—中细粒岩屑杂砂

岩夹页岩的浊流沉积,在最顶部还可见一些属于浊流成因的粗粒岩屑砂岩,主要成分为安山岩屑,来自冈底斯岛弧区。在江孜东北约 20km 的吉达村,浊积岩底部的岩性为含砾砂岩,砾石成分主要为硅质角砾,发现晚白垩世土仑期地层中有早白垩初期的硅质岩块(吴浩若等,1984),说明这时期的滑塌作用主要产生于海沟的边缘附近的较陡斜坡上,其产物主要为深海沉积物源性质,而无浅水碎屑。江孜地区晚白垩世初期含浮游化石的黑页岩可以与阿尔卑斯-地中海的黑色页岩相(或闪光片岩相)相对比,标志着古地理演化的转折点,即处于造山运动的起点。在利古利亚到亚平宁的 Lavagna 页岩及其相当地层上部,均含有大规模滑塌堆积层(Bernouli, 1974),这表明西藏特提斯海与阿尔卑斯地区在白垩纪时的沉积环境有着惊人的相似性(余光明,1984)。

而在喜马拉雅浅海区,岗巴地区晚白垩世以三套灰岩的演化为基本特点。岗巴基塔拉山剖面,晚白垩世主要为碳酸盐缓坡,发育了从二次拉断灰岩向上变深旋回,其旋回性沉积序列(从上到下)如下。

第一套灰岩:

(1)灰色中层泥晶灰岩,5m。

单层厚 35—50cm,不见生物化石,发育很薄的泥纹理,生物搅动,深水缓坡。

(2)灰色薄层角砾岩和拉断灰岩,4m。

滑塌角砾岩,向上出现 20—30cm 泥晶灰岩,斜坡和缓坡。

(3)深灰薄层泥晶灰岩,10—12m。

发育不规则纹理,生物搅动,浅水缓坡。

(4)深灰厚层灰岩,7—8m。

(5)深灰中薄层泥晶灰岩,20m。

发育拉断灰岩,透镜体大小 5cm×40cm,发育生物钻孔,向上层变薄并出现瘤状灰岩,深水缓坡。

第二套灰岩:

主要为潮下高能浅滩沉积,不时受风暴作用改造,以砂屑、砾屑灰岩为主,向上成为瘤状灰岩,以向上变深水缓坡,结束碳酸盐台地沉积。

第三套灰岩:

主要为砂屑、砾屑灰岩高能浅滩,有风暴改造,其上部为陆源碎屑与碳酸盐高能混合浅滩。在每套灰岩之间都夹有一套 2—5m 厚的粉砂泥岩。

晚白垩世晚期,由于印度板块向冈底斯俯冲,在雅鲁藏布一带形成混杂堆积。在错拉山口附近,由泥质、砂质,有时还有深水碳酸盐浊流及深海沉积物组成,含大量地质时代及岩性岩相不一致的外来岩块。外来岩块主要有二叠纪的海百合灰岩、含菊石的三叠纪灰岩、晚白垩世的 *clabetruncana* 灰岩、放射虫灰岩(不知年代)以及少量枕状熔岩。灰岩为大小不同岩块,甚至有达百米到几公里的巨型层状灰岩块,这些岩块来源于南边。因此,晚白垩世晚期的沉积盆地展布格局为:雅鲁藏布一带的混杂岩块组成俯冲带,大量印度板块灰岩组分因印度板块北缘的碎裂进入北带,并且较快地向南迁移。晚白垩世末期,部分地带变成浅海,形成在印度板块北部边缘的喜马拉雅地区白垩纪与第三纪连续沉积。在雅鲁藏布一带,部分地段白垩纪与第三纪呈不整合,部分地段海陆交替为连续沉积。这暗示,晚白垩世末期,印度板块的大洋板片部分俯冲到冈底斯之下,蛇绿岩带开始仰冲到浅海沉积物之中(图 14)。

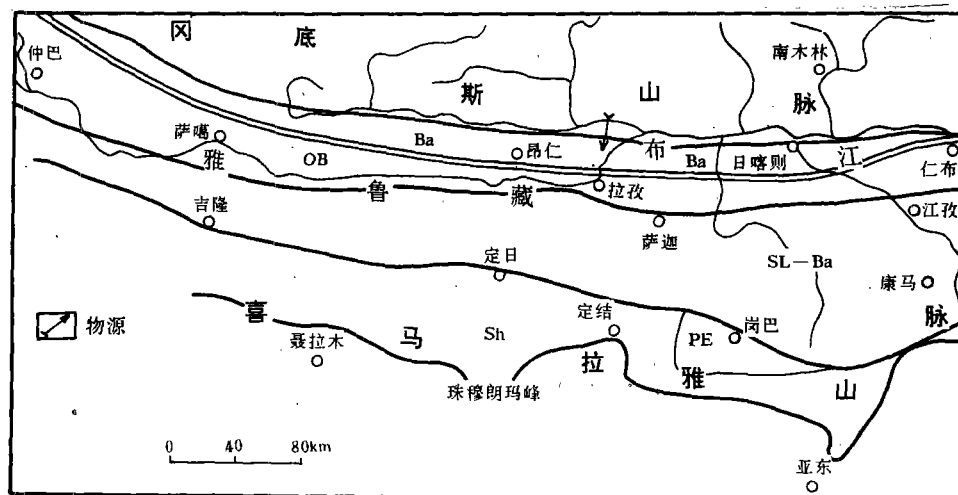


图 14 喜马拉雅晚白垩世岩相古地理图

Fig. 14 Late Cretaceous sedimentary facies and palaeogeographic map of the Himalayas

4 第三纪——前陆盆地形成和演化

第三纪时,由于印度板块北部大陆边缘部分俯冲到冈底斯之下,使大陆岩石圈板块产生向下挠曲形成前陆盆地。

雅鲁藏布附近的前陆盆地是在日喀则弧前盆地和雅鲁藏布江南的深水盆地基础上发展起来的,最早的前陆盆地沉积开始于日喀则一带的昂仁期。昂仁组和曲贝亚组主要是一套陆源碎屑的陆棚沉积,为砂泥岩夹砾岩,厚度 600m±。以后,碰撞俯冲向南迁移,老的前陆盆地被抬升和褶皱挤压,错江顶三角洲砂砾沉积是前陆第二幕的逆冲和沉积作用产物的标志。从北向南,大量的陆源物质倾入到前陆盆地的北侧,其南侧为碳酸盐台地环境。向上,错江顶三角洲从滨海三角洲过渡到日喀则附近的始—渐新世磨拉石盆地(图 15)。

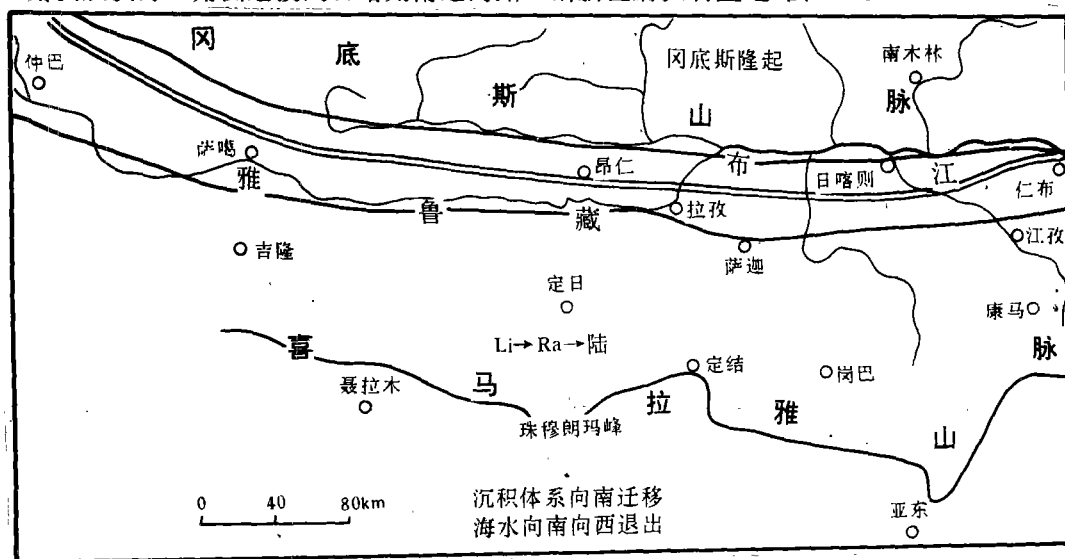


图 15 喜马拉雅古新世—渐新世岩相古地理图

Fig. 15 Palaeocene—Oligocene sedimentary facies and palaeogeographic map of the Himalayas

在前陆盆地的南侧,岗巴、定日一带,基堵拉组是滨浅海的纯石英岩沉积,为巨厚的中细粒石英砂岩,厚 178m。再向上的宗浦群是一套深灰黑泥晶灰岩、瘤状灰岩、生物碎屑灰岩夹泥页岩,主要为较深水的碳酸盐缓坡环境,它的海相层位被认为限于始新世晚期,而在冈底斯地区的错江顶群顶部层位为始新世初期。

晚白垩世晚期到古新世初期,前陆盆地的海底地形快速的发生倒转,彻底地改变从三叠纪以来的北深南浅格局。

始新世末,喜马拉雅地区海水从西南退出,三叠纪开始的喜马拉雅特提斯洋的演化结束。这以后青藏高原地质又进入一个重要阶段——快速隆升时期。

结 论

大量资料表明,古生代时,从喜马拉雅北坡到拉萨和申扎地区都具相似的沉积特征,特别是石炭-二叠纪时所特征的冈瓦纳冰海沉积及冷水动物群,说明那时本区仍为印度板块的一部分。

三叠纪到早侏罗世,喜马拉雅一带主要为碳酸盐台地和浅海陆棚沉积。向北在低分水岭一带沉积厚度较大,早三叠世反映出裂谷带中心地区的陆源碎屑沉积。在雅鲁藏布一带,早三叠世沉积物以陆源碎屑陆棚到浅海沉积,夹有碳酸岩透镜体。早三叠世以后这个区域较快速地沉降,与低分水岭一带成为大陆坡的细碎屑沉积为主,特别是在雅鲁藏布一带还有较多的火山物质,但此阶段尚无明确的大洋物质和沉积物出现,反映出特提斯早期裂开的大陆边缘特征。早期裂谷中心带不是在现在的雅鲁藏布一带,而是低分水岭带(图 16)。

从晚侏罗到早白垩世,和整个特提斯发展一样,研究区演化成为被动大陆边缘。晚侏罗世是喜马拉雅被动大陆边缘成熟初期的快速沉降期,喜马拉雅一带开始出现次深海环境,发育等积岩(刘宝珺等,1983);低分水岭一带是大陆斜坡到盆地的浊流沉积和滑塌沉积。雅鲁藏布一带,晚侏罗世一早白垩世的洋壳沉积是大洋板块上洋盆的典型代表。早白垩世,喜马拉雅一带为陆棚浅海沉积,表明它仍是印度板块北缘的一部分;低分水岭以大陆坡浊流—深海沉积为主;雅鲁藏布一带为典型洋壳沉积,反映出一个成熟的被动大陆边缘(余光明等,1990)。特别地,早白垩世,在喜马拉雅一带陆棚沉积物中夹有一套深水富含铁质结核的黑色页岩,这一事件与早白垩世全球海平面上升和喜马拉雅特提斯洋盆的稳定扩张有关(图 16)。

晚白垩世,印度板块向北漂移并大洋盆地向冈底斯俯冲,开始出现以冈底斯山为主体的沟-弧-盆体系,形成日喀则弧前盆地(余光明等,1986)。在弧前盆地中充填了火山碎屑复理石沉积。以雅鲁藏布蛇绿岩带为代表的海沟-俯冲混杂岩逆冲到浅海说明喜马拉雅特提斯造山已经开始(图 16)。

晚白垩世晚期,在日喀则一带的帕达那组和曲贝那组已从日喀则深水复理石转变为陆棚浅海陆源碎屑岩,而与此同时的岗巴一带则表现为碳酸盐台地向上变深和淹没特点,反映出雅鲁藏布到日喀则一带为受构造逆冲作用为主,而岗巴一带则受大陆岩石圈板块向下挠曲作用为特征。研究区进入到前陆盆地阶段,此期沉积可以代表造山的第一幕。

第三纪时,印度板块北部大陆边缘部分俯冲到冈底斯之下,随着碰撞逆冲向南迁移。老的前陆盆地被抬升和挤压褶皱。雅鲁藏布一带的错江顶三角洲砂砾岩沉积标志着前陆第二幕的逆冲和沉积作用过程。随雅鲁藏布一带沉积盆地底形快速倒转,彻底改变了从三叠纪以

来的北深南浅的格局,转变为现在北浅南深的前陆沉积盆地底形格架。随着前陆盆地向南迁移到西瓦里克一带和海水向南西方向退出,雅鲁藏布深水沉积盆地演化结束(图 16)。

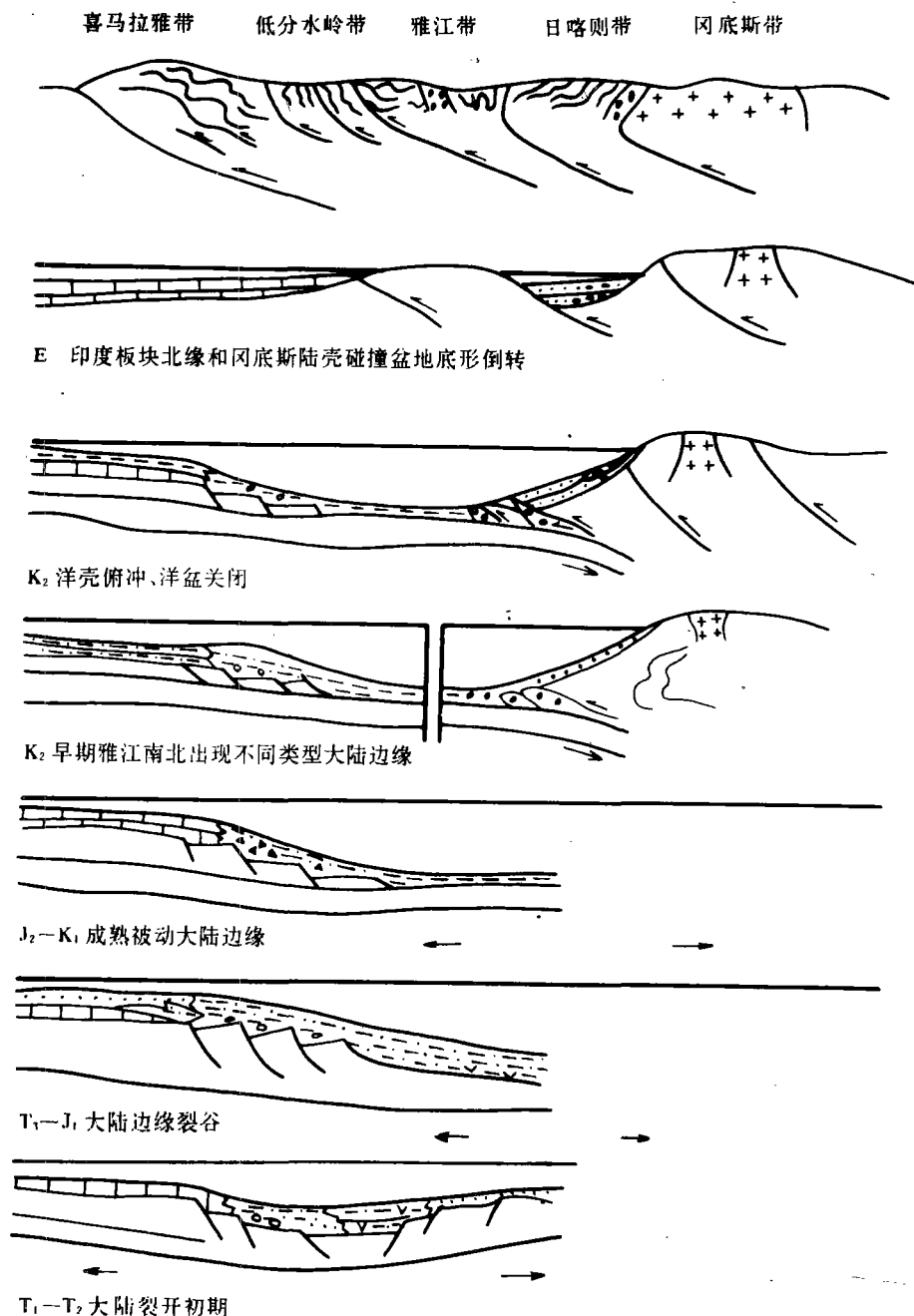


图 16 西藏雅鲁藏布带以南中生代沉积-构造演化图

Fig. 16 The sketch diagrams showing the Mesozoic—Cenozoic sedimentary-tectonic evolution south of the Yarlung Zangbo River in Xizang

FORMATION AND EVOLUTION OF THE MESOZOIC AND CENOZOIC DEEP-WATER SEDIMENTARY BASINS ALONG THE YARLUNG ZANGBO RIVER (I); SEDIMENTARY CHARACTERISTICS AND EVOLUTION OF THE HIMALAYAN OROGENIC ZONE

Liu Baojun Yu Guangming Xu Qiang

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources)

G. Einsele W. Frisch Liu Guanghua J. Wendt

A. Wetzel L. Ratschbacher H. P. Luterbacher

(Geological Institute, University of Tübingen, Germany)

ABSTRACT

There are similar sedimentary characteristics in the areas from the northern slope of the Himalayas to Lhasa and to Xainza in the Palaeozoic. The Carboniferous—Permian distinctive Gondwana glaciomarine sediments and cold-water faunas indicate that the study area was still then a part of the Indian plate.

During the Triassic to Early Jurassic, the Himalayan zone was dominated by the carbonate platform and shallow marine shelf deposits, with greater sediment thickness in northern low watershed zone. The terrigenous clastic deposits occurred in the central areas of the rift belts in the Early Triassic. The Early Triassic deposits along the Yarlung Zangbo River consist of the terrigenous clastic shelf deposits and shallow marine deposits, interbedded with the carbonate lens. After that due to rapid subsidence, the fine-grained continental slope deposits predominated in this region and in the low watershed zone. No well-documented oceanic deposits were found at that time, reflecting the continental marginal features in the early rifting stage of the Tethys.

During the Late Jurassic to Early Cretaceous, the study area, like the whole area of the Tethys, passed into the passive continental margins, in the former period of which the contourites occurred in the bathyal environments in the Himalayan zone; the continental slope-basin turbidity current deposits and slumping deposits in the low watershed zone, and the Late Jurassic—Early Cretaceous oceanic crustal deposits along the Yarlung Zangbo River, whereas in the latter period of which the shallow shelf deposits occupied the Himalayan zone. The continental slope turbidity current—deep marine deposits are recognized in the low watershed zone, and the typical oceanic crustal deposits along the Yarlung Zangbo River. It should be noted that in the Early Cretaceous a succes-

sion of deep-water black shales with iron-rich nodules were intercalated in the shallow shelf deposits in the Himalayan zone. The event is interpreted to be related to the global sea-level rises and steadily spreading of the Tethyan oceanic basin during the Early Cretaceous.

In the Late Cretaceous, the Indian plate drifted northwards and subducted to the Gangdise area, resulting in the formation of the trench-arc-basin system of the Gangdise Mountains and of the Xigaze forearc basin on the southern margin of the Gangdise land in which the volcanic clastic flysch deposits were filled. The overthrusting of the trench foredeep melange represented by the Yarlung Zangbo ophiolites into the shallow sea marked the beginning of the Himalayan Tethyan orogenesis.

In the late Late Cretaceous, the Padala and Qubeila Formations in the Xigaze zone graded from the Xigaze deep-water flysch into the shallow marine terrigenous clastic rocks. Simultaneously, the carbonate platforms were drowned in the Gamba zone. This shows that the overthrusting was prominent in the Yarlung Zangbo—Xigaze zone, while the downwarping of the crustal plate in the Gamba area. The study area graded into the foreland basin stage, and the resulting sediments represent the first episode of the orogeny.

Till the Tertiary, the northern continental margin of the Indian plate subducted locally beneath the Gangdise land. With the collision and overthrusting southwards, the older foreland basin was uplifted and folded. The Cuojingding deltaic sandstone and conglomerate deposits along the Yarlung Zangbo River then represented the second episode of foreland overthrusting and sedimentation. The rapid reversals of the basin bedforms along the Yarlung Zangbo River permitted the sedimentary framework to change completely from deep in the north and shallow in the south to shallow in the north and deep in the south. The Yarlung Zangbo deep-water basin was finally closed in response to the southward migration of the foreland basin to the Siwalik zone and the sea water regression from the southwest.

Key Words: Himalayan Tethys, sedimentary evolution, passive continental margin, foreland basin