

# 雅鲁藏布中新世代深水沉积盆地形成和演化 (II)——喜马拉雅碳酸盐台地动力演化

徐强 刘宝珺 余光明

(成都地质矿产研究所)

G. Einsele W. Frisch 刘光华

(德国蒂宾根大学地质研究所)

[内容提要]:喜马拉雅地区的碳酸盐台地产生、发展和消亡与特提斯造山带形成的动力演化息息相关。三叠纪时,碳酸盐台地较稳定地在聂拉木陆架边缘发展起来,主要受陆源碎屑强烈干扰,碳酸盐台地在其生长面附近发育。早、中侏罗世,碳酸盐台地受构造沉降和海平面变化强烈影响,从潮下低能带向高能变浅的镶边台地旋回性发展。在台地边缘斜坡—盆地中发育一套特殊的碳酸盐“喷溢流”沉积。晚侏罗世,碳酸盐台地受被动大陆边缘初期快速热沉降影响,被黑色页岩覆盖,台地被淹没死亡。早白垩世,陆架边缘台地可能以孤立台地为特征,相当多的碳酸盐台地碎裂或崩塌,靠大陆一侧则主要为末端变陡缓坡。晚白垩世开始,碳酸盐台地主要在岗巴一带发育,发育向上变深的沉积序列,为受前陆挠曲影响产物。第三纪初,碳酸盐台地主要为缓坡,属于前陆盆地远离造山带一侧的碳酸盐台地沉积。喜马拉雅碳酸盐台地的最终消亡是由于造山抬升暴露。

关键词 喜马拉雅造山带 碳酸盐台地 “喷溢流” 高频海平面振荡

八十年代以来,沉积学家从碳酸盐台地内部结构的分析研究发展到对碳酸盐台地边缘、台地几何特征、形态变化的研究,并把碳酸盐台地的形成和演化放入全球性变化的原因中去考察,把大地构造、全球海平面变化、沉积层序、动力演化作用过程结合起来进行碳酸盐台地发生、发展演化探索。通过对喜马拉雅被动大陆边缘碳酸盐台地几何形态和地质特征、受全球海平面变化影响、台地构造沉降差异、物源干扰、及台地上水动力条件等综合研究,认为喜马拉雅碳酸盐台地发展演化中缺乏大型缓坡、断块作用控制明显,同时受高频海平面振荡和构造的突然掀斜作用影响,“喷溢流”(“shedding flow”)沉积物发育为其主要特点。

## 1 碳酸盐台地沉积演化史

碳酸盐岩是喜马拉雅被动大陆边缘分布最广的一类岩石,占总岩石的30—40%。岩石类型丰富,几乎所有常见的碳酸盐岩石在本区均有发育,此外还发育一些特殊类型的碳酸盐和碎屑岩的混合类型岩石。碳酸盐台地发展演化的动力过程,符合威尔逊地球动力演化旋回。

①本文1992年11月29日收稿。

②本文为中德合作项目成果。

早三叠世,喜马拉雅地区为碳酸盐台地生长发育期,由于受裂谷断块作用影响强烈,碳酸盐台地在区域上变化较大。聂拉木地区从浅滩较快地过渡到碳酸盐缓坡,并不时受到陆源碎屑干扰而夭折。台地基本处于近碳酸盐生长面附近发育。向西到门布一带,主要为较高能浅滩沉积。向东到定日一带,碳酸盐浅滩和缓坡反复交替。

中三叠世,聂拉木地区碳酸盐台地又从深水缓坡较快地过渡到旋回性的台内浅滩沉积。这期间台地向西到吉隆一带主要为浅水潟湖和陆地,局部还发育高能滩,向东到定日经过台地边缘斜坡带或者是台地边缘崩塌区(构造崩塌退积——后文将论述),碳酸盐台地逐渐消失而变成碎屑沉积区。到亚东一带为外陆棚到深水盆地。

晚三叠世早期,聂拉木地区的浅水开阔台地不时发育一些浅滩和生物滩,向上水体变深为缓斜坡。晚三叠世晚期,台地被从西部进入的碎屑将吉隆到聂拉木地区覆盖、淹没。而在定日地区又从碎屑岩区转变为从碳酸盐浅滩到末端变陡的缓坡。

总之,三叠纪时,主要在聂拉木一带的喜马拉雅被动大陆边缘碳酸盐台地呈较稳定地发展。由于受地壳的掀斜作用影响,早三叠世的台地向西迁移,晚三叠世又向东发展,反映出地壳运动中的一种有趣的摇摇晃晃的摆动特征。这种特征常与大陆边缘的裂谷拉张活动有关。

早、中侏罗世,聂拉木地区碳酸盐台地经历高能浅滩被淹没后,旋回性地发育从潮下低能带向高能带变浅的碳酸盐岩台地沉积,反映出高频海平面振荡。中侏罗世晚期为大量陆源物注入而死亡。

晚侏罗世,喜马拉雅被动大陆边缘进入被动大陆边缘快速热沉降阶段,碳酸盐台地被淹没,黑页岩复盖其上。淹没的进程是从聂拉木地区向定日地区推进,说明盆地基底可能存在铲式正断裂形态。

早白垩世,碳酸盐台地主要在定日一线发育,并以高能浅滩为特征,在台地边缘发育有滑塌角砾岩。在江孜加不拉剖面见滑塌堆积中有浅水灰岩岩块,但在附近区域上又没有发现有较大的碳酸盐台地存在,这暗示可能是台地碎裂或者崩塌。

晚白垩世,由于印度板块洋壳向冈底斯俯冲,碳酸盐台地侧向迁移到岗巴地区,以浅水碳酸盐台地、台内浅滩为主,台地边缘发育向上变深序列特征,明显地表现出初期碰撞的向上变深的边缘盆地中碳酸盐发育特征。

第三纪初期,岗巴一带主要为碳酸盐缓坡沉积,属于前陆盆地远离造山带前缘的向前陆延伸变深的地带。有孔虫资料表明,此时雅鲁藏布江两边为统一盆地。最后由于造山隆起,岗巴一带碳酸盐台地暴露消亡。

## 2 喜马拉雅碳酸盐台地沉积特征

将喜马拉雅地区的碳酸盐台地演化和沉积特征与世界沿特提斯地区的碳酸盐台地沉积进行对比有下列许多特点:

### (1) 旋回性沉积序列

在聂拉木剖面的中、下侏罗统,几百米厚的碳酸盐台地沉积基本上都是由一系列向上变浅的序列组成。由于此时的被动大陆边缘处于裂谷向成熟被动大陆边缘转化时期,主要发育在碳酸盐台地内部到边缘,形成的主要原因是自旋回或者沙坝和潮坪的迁移沉积序列,其成因可能是受米兰柯维奇旋回小规模海平面升降的影响。这些向上变浅旋回单个厚度一般只有

数米(图 1)。

(2)进积和侧向迁移

碳酸盐台地不仅是大量沉积物加积地区,而且也是相邻盆地的沉积物供给区,它通常有比加积于碳酸盐平台顶部更多的沉积物。这些超量的沉积物通常要输送到邻近的盆地区(Bosellini, 1989)。

沉积物进积,一种是渐进性的。海平面上升到高水位时,大量的松散碳酸盐泥和砂堆积在台地边缘,这在喜马拉雅中生代碳酸盐台地边缘常见,如三叠纪的聂拉木土隆地区;另一种进积是突变性的,即是由于突变性的事件作用造成的。这种情况特别在海平面低水位时占优势,如喜马拉雅地区的白垩纪碳酸盐碎屑流沉积和中侏罗世的“喷溢流”沉积。

(3)构造退积和晚期台地的移植

构造退积在喜马拉雅中生代台地处于裂谷阶段常见,例如拉弄拉到 60 道班的剖面(图 2),构造作用产生的台地退积表现为底部是碳酸盐台地的浅滩过渡到潮汐作用带,向上发展成为开阔台地,再为大型滑塌和碎屑流的楔形沉积体,在沉积楔形体上又覆盖了一套无滑塌

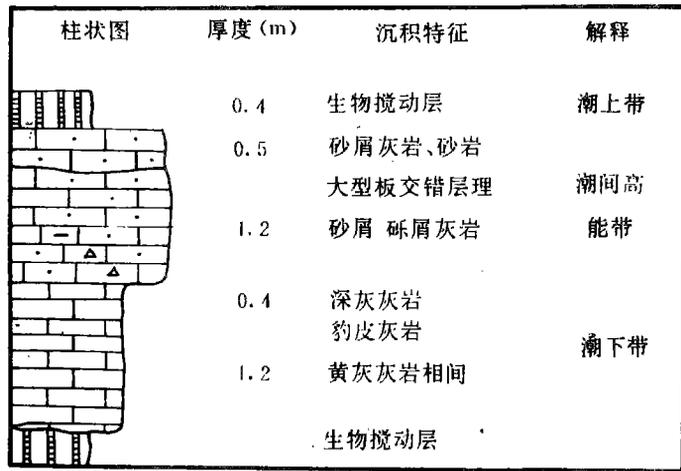


图 1 聂拉木中侏罗统旋回性碳酸盐台地自旋回沉积序列,(由潮坪侧向迁移产生)

Fig. 1 Autocyclic sedimentary sequence of the Middle Jurassic cyclic carbonate platforms in the Nyalam area, produced by the lateral migration of the tidal flats

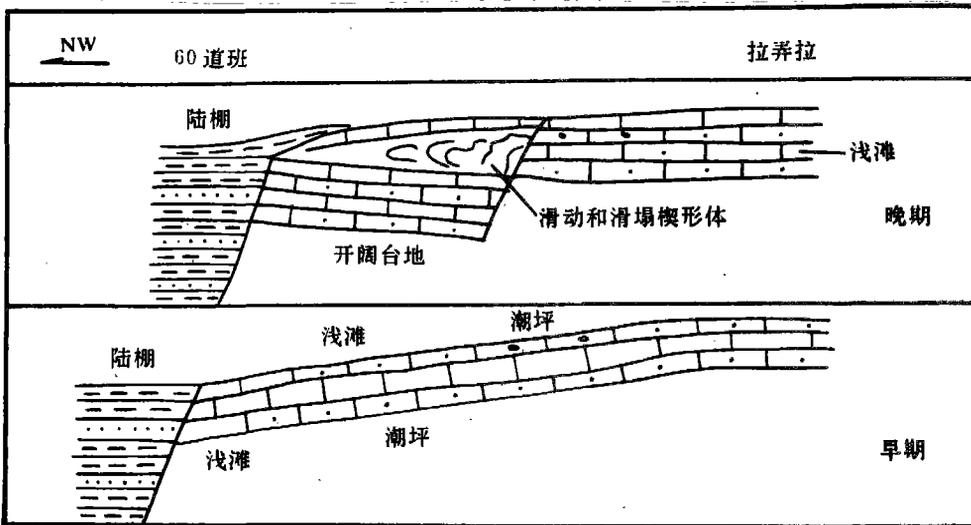


图 2 聂拉木拉弄拉到 60 道班中侏罗世构造退积

Fig. 2 Tectonic retreat during the Middle Jurassic in the section from Lanongla to 60th highway maintenance squad in Nyalam

滑动作用的灰岩。

尽管碳酸盐台地的移植和嫁接到老台地区是为一种普遍现象,但到目前为止,尚未予以充分的研究(Bosellini, 1989)。常常将嫁接和移植产生的上叠型碳酸盐台地被误认为是与老台地连续和一致的沉积。中三叠世,聂拉木地区的碳酸盐台地向吉隆一带发展、推进,就是在早三叠碳酸盐台地基础上的嫁接和向西北移植的结果。

#### (4) 喷溢流沉积物

中侏罗世鲕粒砂输入到邻近的盆地中,是特提斯古海洋学中特殊的事件(Bosellini, 1989)。这类由重力起主要作用的特殊沉积,一般产于斜坡楔形体和斜坡脚裙中,厚可达数百米(在意大利北部的 Beullno 海沟约 800m 厚,在近 Titograd 的 Jugoslavia 的 Budva 盆地为 500m 厚)。这类沉积物在特提斯边缘,许多地方都可发现中侏罗世的深水鲕状灰岩沉积覆盖在 Toarcian 黑页岩上,其上又被远洋页岩和放射虫覆盖。

在聂拉木地区,中侏罗世晚期和早侏罗世早期的黑色页岩、泥晶灰岩上常见一系列的粉屑泥晶灰岩、颗粒灰岩,颗粒组分以砂屑、骨屑和鲕粒为主,是浅水成因的再沉积物。前者主要为大陆斜坡坡度较缓的下部沉积;后者常常为楔形沉积体。向北厚度逐渐加大,粒度有变粗的趋势。楔形沉积体中,沉积物单层厚 10 余厘米到数十厘米,底部无冲刷、侵蚀痕,有时可见有微粒序,它们既无浊流沉积又无风暴改造的特征。反映出是一种悬浮性质的较快速沉积。它们是发育在缓斜向海一侧边缘的“喷溢流”沉积。当时该区主要为缓坡,碳酸盐浅滩主要发育在缓坡向陆一侧。当海平面较快下降,特别是在高频海平面振荡和构造拉张沉降时,产生向碳酸盐台地外溢的片流,浅滩上沉积物被侵蚀并随之喷溢出碳酸盐台地,以悬浮搬运方式进入到缓坡下部。在中侏罗世晚期,康马地区的深灰—黑灰色页岩中夹有砂质灰岩,灰岩中含有大量生物碎屑,以及夹有灰岩透镜体,这套地层总厚约近千米,主要沉积环境为大陆斜坡脚。其下伏沉积为早侏罗世菊石细碎屑岩夹有角砾灰岩;其上覆沉积为斜坡—盆地浊积岩。灰岩透镜体中含有鲕粒,是浅水台上的薄皮鲕,透镜体与下伏沉积为突变接触,透镜体大小几厘米至几十厘米厚,十几厘米至几米长,内部基本无沉积构造,有时可见粒序,其成因也是受到全球性中侏罗世海平面高频振荡而产生“喷溢”进入斜坡脚的沉积。在聂拉木中侏罗统的拉弄拉组上部,也发育一套近百米厚的条带状亮晶含石英砂鲕粒灰岩与粉屑微晶灰岩互层的沉积,它发育在碳酸盐台地边缘向陆棚深水盆地的过渡地带,也是一种从台地“喷溢”出的环台地边缘沉积。

喷溢流的形成与全球性或区域性的海平面突然下降,或者是台地本身的构造沉降突然减慢,或者高频海平面振荡有关。

喷溢流的形成过程主要是由于海水将以片状的流动方式退出台地,并且从台地内部到边缘,该片流的能量增大,这种强大的片状层流能将台地边缘的松散沉积物带出碳酸盐台地,再受到重力作用的影响而沉积在斜坡和盆地中。

这种类型的沉积和搬运的动力学特点与浊流及风暴流不同之处是:喷溢流在台地或者陆棚上是片状的牵引流,它主要是海水向台地或陆棚外流动;而浊流在台地或陆棚区是密度流,是以沉积物流运动为特点;风暴流是风暴引起的强烈振荡水流,风浪回流所产生的强大剪切力,以及风暴衰减期的波浪作用,把滨岸和陆棚中沉积物掘起、搅动、悬浮搬运的密度流。喷溢流的动力学特点在台地或陆棚上是片状牵引流,而不是成为线状。它的流动从台地内部向台缘发散地流动,并且一般是向边缘流速增大。负荷携带力和侵蚀力加强。在流动上

是一种脉动式的流动。当它到达台地或陆棚边缘时,会产生不同于三角洲的脉冲式喷流,将其携带的沉积负荷喷溢出台地和陆棚。当喷溢流冲出台地或者陆棚进入盆地,流速和能量都减弱,其中的沉积负荷将受重力作用而沉积下来(图3)。

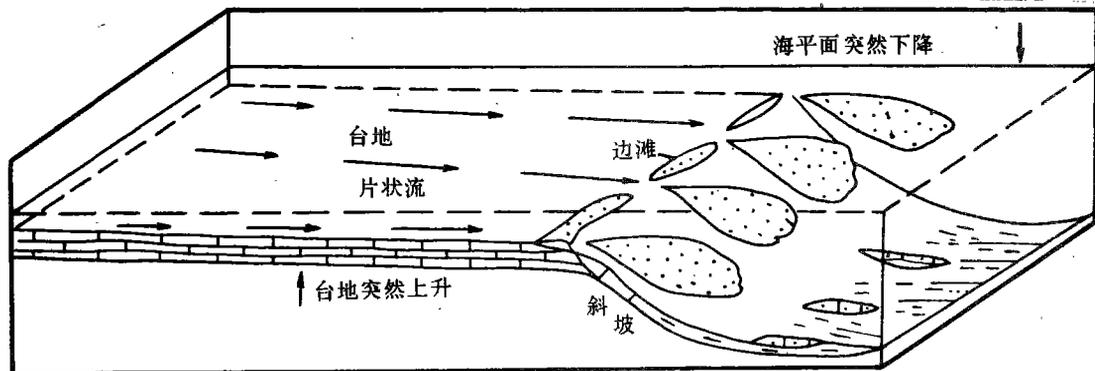


图3 喷溢流形成和动力学特点示意图

Fig. 3 Schematic diagram showing the formation and dynamics of the shedding flows

喷溢流的搬运负荷主要为细碎屑,可以产生从小型沙纹到大型单向斜层理、槽状层理,这期间的水流样式主要表现为单向发散流式。在台地边缘区,片状牵引流的搬运能力达到最大,可以整体地把台地边缘鲕粒滩或砂滩全部侵蚀,形成大型侵蚀面,这是事件性质的喷溢流留下的特殊的沉积构造。喷溢流可将碳酸盐台地的大量松散沉积物、包括鲕粒、砂屑、骨屑以及灰泥等都进入片状牵引流,以喷射式地带入相邻盆地。如果台地边缘浅滩为高能鲕滩,则滩内沉积物中基本无灰泥,当这些沉积物被喷溢进入盆地或斜坡后,也就只混入很少的灰泥,此时产生的喷溢流沉积类似于颗粒流的沉积特征,孔隙中无灰泥。它与颗粒流的最大区别在沉积体在区域上为不稳定的透镜体,并常常与水道峡谷无关;它可以在盆地中分布,也可以在斜坡上出现,反映出悬浮搬运的沉积特征;它可以是很薄的层,也可以是厚度很大的块状体。

总之,喷溢流是受海平面事件性质变化产生的沉积作用,所以事件大小、类型和作用时间长短、碳酸盐台地大小、斜坡度、以及边缘沉积物性质都将对喷溢沉积物特征产生影响。

### 3 碳酸盐台地动力演化和大地构造背景

喜马拉雅地区碳酸盐台地从三叠纪初期开始形成,初始在碎屑陆棚的缓斜坡上形成一系列的碳酸盐透镜体或者小型沉积区。

在中侏罗世,碳酸盐台地的主要特征是相变快,构造退积发育,缺乏大量的重力流沉积物,反映出块断可能是向大陆内部倾斜。从陆向海主要分为下列沉积相带(图4)。

(1)陆源碎屑和碳酸盐沉积混合带,沉积物向陆源方向主要是石英砂岩,具大型交错和冲洗层理,在台地一侧主要为较高能的台内潮汐作用带,发育生物碎屑、鲕粒灰岩,具槽状和潮汐层理。

(2)开阔台地,主要为泥灰,骨屑和砂屑及鲕状灰岩,有少量的石英砂岩,并不时有风暴作用,风暴沉积物发育。

(3)环台地碎屑裙,主要环绕台地分布发育,沿纵向它们可能不连续,沉积物由钙屑浊积

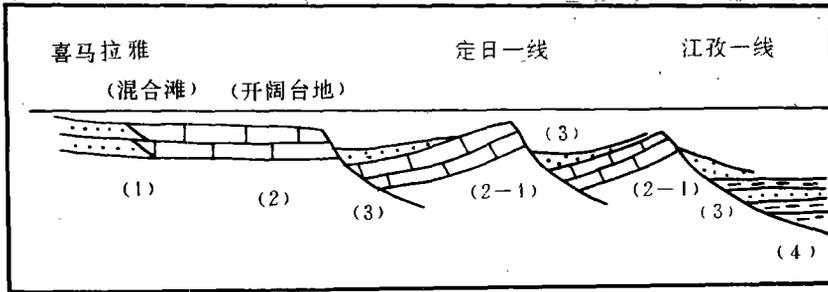


图4 喜马拉雅中侏罗世箕状断控台地沉积模式

Fig. 4 Sedimentary model of the Middle Jurassic half graben-like fault-controlled platforms in the Himalayas

岩、滑塌角砾岩、喷溢流沉积物、以及一些远洋的灰泥组成。

(4)大陆斜坡—深水盆地,主要是由一些富含超微化石(余光明,1986)所组成的灰泥,间或发育由低密度浊流所形成的钙屑和陆屑细粒浊积岩,是一种远洋—半远洋沉积组合,形成特别的韵律层。

晚侏罗世,喜马拉雅被动大陆边缘趋于成熟,雅鲁藏布洋盆处于快速扩张和漂移阶段。伴随着海平面上升,碳酸盐台地快速地热沉降到渐近性地热沉降,并向外海加积,成为代表成熟被动大陆边缘中期演化的镶边碳酸盐台地。反映出沉积作用超过相对海平面上升引起碳酸盐边缘滩向外海加积,同时向上营建的特点。主要包括以下几个单元(图5):

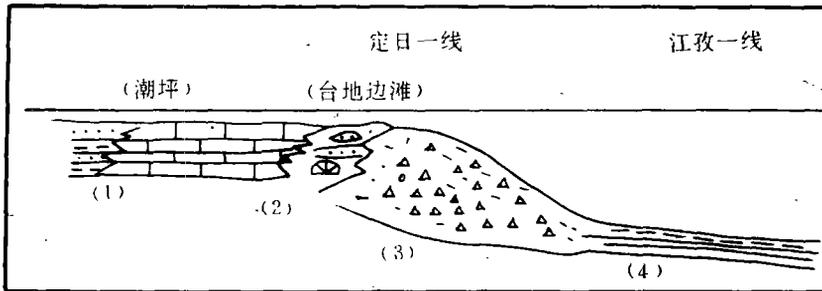


图5 喜马拉雅被动大陆边缘成熟期晚侏罗世镶边台地沉积模式

Fig. 5 Sedimentary model of the Late Jurassic rimmed platforms during the maturation stage of the Himalayan passive continental margins

- (1)富有旋回性的潮坪,具交错层理的石英砂岩、条带状灰岩、鲕粒灰岩和砂屑灰岩。
- (2)骨屑滩或鲕粒滩,斑状礁(?)或者礁滩组合以及鲕粒滩向外海推进并向上营建,但发育时间较短。
- (3)环台地边缘沉积,发育风暴、浊流沉积滑塌角砾岩等,泥质逐渐增加。
- (4)环台地背景为深水细屑泥质沉积物组成。

早白垩世,喜马拉雅被动大陆边缘完全成熟。经过稳定的热沉降之后,裂谷拉开初期的断块格局已经消失,受全球高海平面变化影响,碳酸盐台地以末端变陡为主要特征,沉积物以泥质组分局多,形成较深水的缓坡,缺乏深水角砾碎屑沉积。其沉积相带主要为(图6):

- (1)浅水缓坡,沉积含颗粒灰岩和泥晶灰岩,生物搅动强烈,向海方向碳酸盐沉积逐渐减

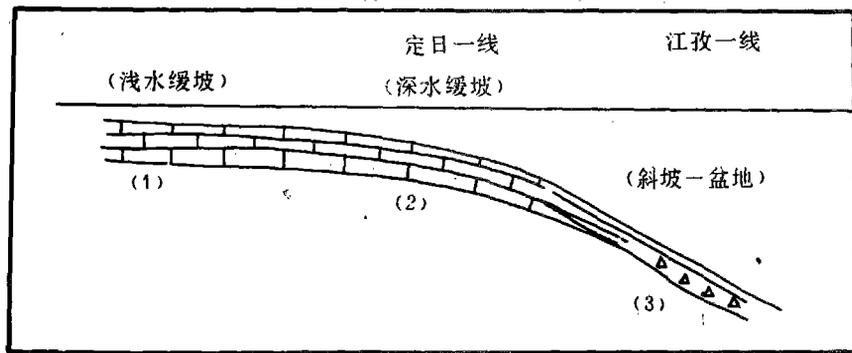


图 6 喜马拉雅被动大陆边缘成熟期早白垩世末端变陡缓坡沉积模式  
Fig. 6 Sedimentary model of the Early Cretaceous distally steepened ramps during the maturation stage of the Himalayan passive continental margins

少。

(2)深水缓坡,以泥晶灰岩为主,有孔虫及浮游型化石占绝对优势。

(3)斜坡-盆地,由泥岩、凝灰岩、以及浊流沉积物组成,含浮游生物化石。

晚白垩世到第三系,在雅鲁藏布地区,印度板块北缘与冈底斯可能发生碰撞,印度板块向冈底斯俯冲,海平面相对总体下降。碳酸盐台地成为末端变陡缓坡,其前缘向前陆盆地延伸进入前渊。

由于强烈的后期构造破坏和侵蚀,延伸到前渊区的沉积为浊流和滑塌堆积,其中夹有深水沉积灰岩岩块。这个区域总体上碳酸盐台地沉积状态不明确。

在远离前陆盆地造山带另一侧,晚白垩世为潮坪和浅滩,并旋回性地向上变深。第三纪早期为浅水缓坡和牡蛎丘(余光明,1986,1986)组合。以后碳酸盐台地迅速抬升暴露而消亡。

(上接 30 页)

Wang, S. E. 1983. The age of the Qiuwu coal-bearing strata in Xizang (Tibet), China. In: Colloque Franco-Chinois sur la géologie de l'Himalaya (abstracts) Montpellier.

Weimer, P., 1990. Sequence stratigraphy, facies geometries, and depositional history of the Mississippi fan. Gulf of Mexico. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 74: 425-453.

Willems, H., 1992. The Maastrichtian and Paleocene sedimentary evolution in the Tethyan Himalaya Zone of South Tibet. In: 7th Himalaya-Karakoram-Tibet Workshop. Department of Earth Sciences, Oxford University, England, 6-8.04. 1992, 98-99.

Wu, H. R., Wang, D. G., Wang, L. C., 1977. The Cretaceous of Lhazé. Jiangze district, southern Xizang. Scientia geol. Sinica 3: 250-262.

Xiao Xuchang, Li Tindong, Li Guangcen. Chang Chengfa, Yuan Xuecheng. 1988. Tectonic evolution of the Lithosphere of the Himalayas. general principle. Geol. Memoirs. Series 5. No. 7. Chin. Acad. Geol. Sci., Ministry of Geology and Mineral Resources. Geol. Publ. House, Beijing, 236pp.

Yu Guangming & Wang Chengshan, 1990. Sedimentary Geology of the Xizang (Tibet) Tethys.

Zhang, R. Z., and many others. 1980. A scientific guide book to South Xizang (Tibet). June 2-June 14. Academica Sinica. Beijing.

# FORMATION AND EVOLUTION OF THE MESOZOIC AND CENOZOIC DEEP-WATER SEDIMENTARY BASINS ALONG THE YARLUNG ZANGBO RIVER ( I ) ; DYNAMICS OF THE HIMALAYAN CARBONATE PLATFORMS

Xu Qiang Liu Baojun Yu Guangming  
(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources)

G. Einsele W. Frisch Liu Guanghua  
(Geological Institute, University of Tübingen, Germany)

## ABSTRACT

The initiation, development and termination of the Himalayan carbonate platforms are closely related to the dynamic evolution of the Tethyan orogenic belt. In the Triassic, the carbonate platforms were firstly born on the shelf margins in the Nyalam area. In the meantime, they were also developed on and near the critical growing surfaces of the carbonate platforms because of the interference of the terrigenous clastics. Later in the Early and Middle Jurassic, the carbonate platforms, influenced by the tectonic subsidence and sea-level changes, evolved cyclically from the low-energy subtidal zone to the high-energy shallowing rimmed platform. A sequence of especial carbonate "shedding flow" deposits were laid down in the slope-basin environment of the platform margins. In the Late Jurassic, the carbonate platforms were covered by black shale and drowned to the death as a result of the rapid thermal subsidence during the early stage of the passive continental margin development. Till the Early Cretaceous, the platforms on the shelf margins may be characterized by the isolated platforms, a lot of which were destroyed and slumped into the marginal deeper basins, and then the platforms became the distally steepened ramps near the landward side of the Indian Continent. Beginning from the Late Cretaceous, the carbonate platforms were well developed mainly in the Gamba area, with deepening-upward sedimentary sequences in the foreland wedges. At the beginning of the Tertiary, the carbonate platforms passed gradually into ramps, belonging to the carbonate platform sediments far from the orogenic side of the foreland basins. The termination of the Himalayan carbonate platforms may be attributed to the uplifting and exposure by the orogenic movements.

**Key Words:** Himalayan orogenic belt, carbonate platform, "shedding flow", high-frequency sea-level oscillations