

文章编号: 1000-0550(2004)03-0455-10

# 藏南古近纪前陆盆地演化过程及其沉积响应

李国彪<sup>1</sup> 万晓樵<sup>1</sup> 丁林<sup>2</sup> 刘文灿<sup>1</sup> 高莲凤<sup>1</sup>

1(中国地质大学 北京 100083) 2(中国科学院青藏高原研究所 北京 100029)

**摘要** 藏南地区从三叠纪至古近纪经历了从洋盆(喜马拉雅特提斯)的形成、扩张、衰减、关闭,直至转换成前陆盆地的过程。被动大陆边缘阶段(T—K),在印度陆块北缘形成了从碎屑岩陆架到碳酸盐台地的沉积序列。从古近纪初开始,西藏特提斯关闭,形成周缘前陆盆地体系(由褶冲带、前渊带、前隆带和隆后盆地等单元构成)。随着褶冲带的上叠式逆冲,形成前渊盆地。当前陆推覆体进一步向印度克拉通推进时,前陆隆起亦随之逐渐向克拉通方向迁移。该带表现出一个海平面相对上升的过程,形成碳酸盐缓坡。随着前陆推覆体进一步逆冲,前陆隆起继续隆升并最终露出水面,导致其后的隆后盆地转变为半局限环境。始新世晚期,前陆盆地回返,海水从东向西逐渐退出西藏地区。生物相和沉积相是盆地沉积环境演化的物质表现,在藏南古近纪沉积中可识别出13种生物相和14类沉积相。藏南古近系的超层序,是在印度板块与亚洲板块碰撞背景下形成的,其沉积环境是一个构造活动极为强烈的前陆盆地。前陆盆地在剖面上具明显的不对称性,靠近褶皱山系一侧为陡坡地形,靠近地台一侧为缓坡。每个大型的三级层序都是非对称的,以发育具有独特的岩性和古生物特征的低水位体系域、海进体系域和高水位体系域为标志。藏南前陆盆地的演化符合通行的前陆盆地的演化模式,其沉积层序反映了前陆盆地构造演化史为一个多旋回的沉积—构造演化史。

**关键词** 藏南 前陆盆地 沉积响应 古近纪 层序地层

**第一作者简介** 李国彪 男 1968年出生 博士 高级工程师 地层古生物学及沉积学

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

## 1 引言

由陆—陆碰撞形成的造山带或许是地球表面最显著的地质特征。印度与亚洲板块之间的碰撞也许是中生代末期以来所发生的意义最为深远的构造事件<sup>[1]</sup>。但对于碰撞起始时间尤其是陆间海相层最终消亡时间的把握仍十分不确定。在众多用来限定碰撞时间的方法中,碰撞前被动大陆边缘沉积物的时代与前陆磨拉石盆地沉积物所提供的年龄证据是目前所知的最直接有效的方法。

关于藏南古近纪残留海盆的研究,前人曾做过大量的工作<sup>[2~10]</sup>,并已初步建立起该区的地质格架。笔者等曾在藏南地区进行长期艰苦的野外地调工作,收集了丰富的地层古生物及岩相古地理资料,并采集了大量的微体古生物样品及化石碳酸盐微相标本。室内对所采集样品进行了详细的分析和研究。

在上述工作的基础上,本文在对藏南古近纪残留海盆(本文称前陆盆地)沉积特征进行分析,并对盆地

演化历程做一初步探讨,从而为西藏特提斯晚期演化及印度/亚洲板块碰撞过程提供沉积学的依据。

## 2 地质背景

印度板块与亚洲板块的碰撞结束了白垩纪印度板块北部被动陆缘的沉积作用,并由此形成一个周缘前陆盆地——藏南前陆盆地及其相应的不整合。该盆地北邻冈底斯岩浆弧南侧的雅鲁藏布江缝合带,南连印度克拉通北缘(见图1)。其与喜马拉雅南侧的印恒远前陆盆地沉积(上新世—更新世)构成所谓的“双前陆盆地”<sup>[10]</sup>,代表造山带不同的演化阶段,即后者(远前陆盆地)系前者(原前陆盆地)向南发生极向迁移的结果。藏南前陆盆地的结构及其演变特征,符合经典的前陆盆地的特征,其总体构造格局可与阿尔卑斯古近纪前陆盆地<sup>[11,12]</sup>及我国金沙江缝合带南侧发育的北羌塘前陆盆地<sup>[13]</sup>进行较为良好的对比。藏南前陆盆地体系的形成和发展受控于印度与亚洲板块之间的俯冲—碰撞构造应力场和盆地基底构造格

由1:25万江孜县幅(H45C004004)、亚东县幅(G45C001004)区调项目、国家自然科学基金项目(批准号:40272007)、国家重大基础研究(973)项目(2002CB412602)联合资助。  
收稿日期:2003-07-02;收修改稿日期:2003-09-03

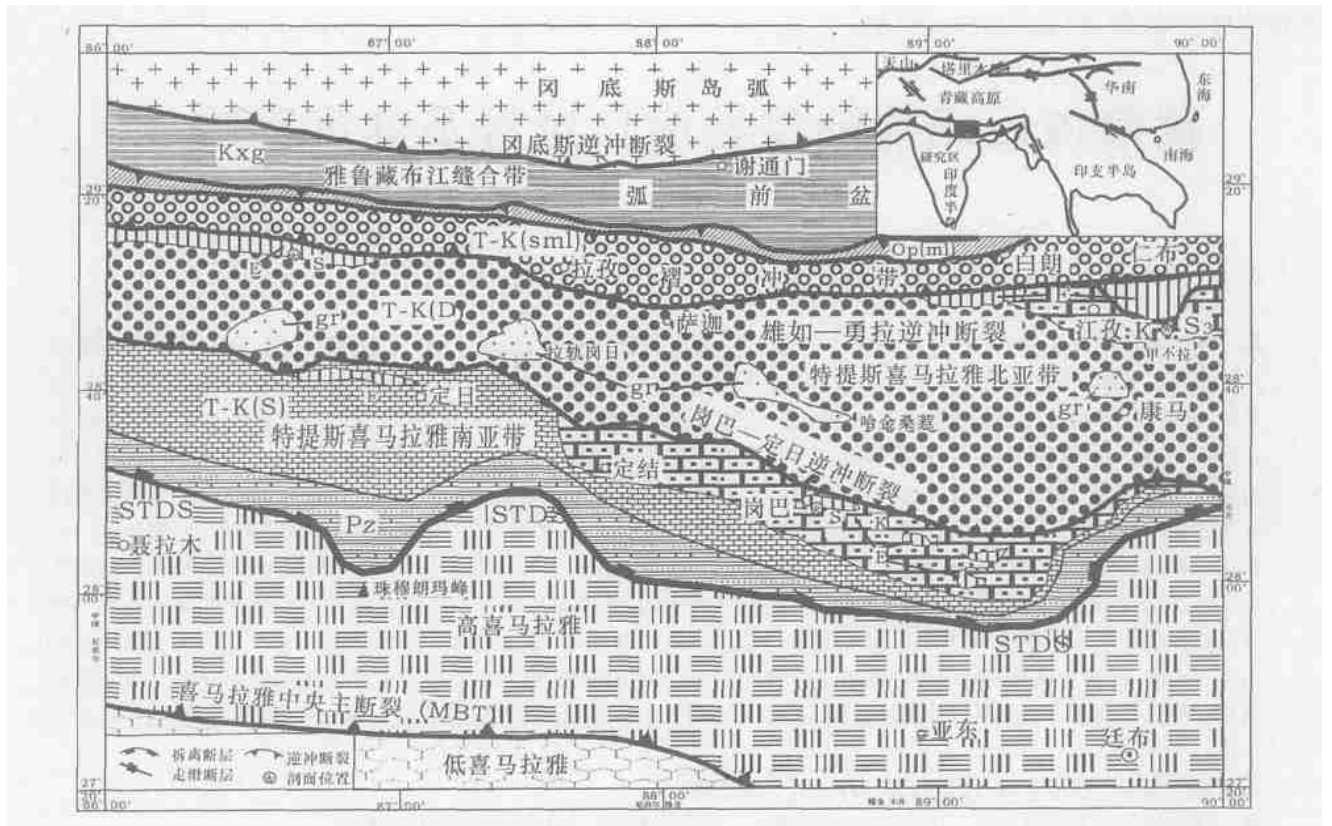


图1 藏南及其邻区沉积—构造地质简图

Fig. 1 Sketch sediment-tectonic map of the southern Tibet and its adjacent area

E. 古近纪沉积; K. 白垩纪沉积; Kxg. 白垩纪日喀则复理石沉积; T-K(D). 三叠纪至白垩纪深水相沉积; T-K(S), 三叠纪至白垩纪浅水相沉积; gr. 花岗岩; Op(ml), 蛇纹质混杂岩; T(ml), 三叠纪混杂岩; S1, 前隆区岗巴宗浦溪古近系实测剖面位置; S2, 前渊带萨嘎古近系实测剖面位置; S3, 前渊带江孜甲查拉古近系实测剖面位置

局。表1为藏南古近纪前陆盆地的岩石地层划分对比表。

表1 藏南古近纪岩石地层划分对比表

Table 1 Division and correlation of the Paleogene lithomits of the southern Tibet

地质年代		特提斯喜马拉雅				雅鲁藏布江	冈底斯
纪	世	南带	北带				
古近纪	新近纪					柳曲群	大竹卡组
	始新世	宗浦组	砂页岩段	折巴群	甲查拉组		
		基塔拉组	灰岩段	折巴群	桑草林组		
K		宗山组	宗卓组		日喀则群		

介于雅江断裂(缝合带)与雄如—勇拉断裂之间的北喜马拉雅构造带仲巴—仁布亚带,基本上为以含大量岩块为特征的三叠系修康群所占据,同时有白垩纪海相碎屑沉积及古近纪近源陆相粗碎屑磨拉石沉积—楔顶沉积带(wedge-top depozone)(柳曲群)。该带大体处于内部发育楔顶沉积的前陆褶冲带,雄如—勇拉断裂即为褶冲带前缘逆冲断裂。

在盆地北部前渊东段的江孜盆地,前陆盆地充填序列由本次工作新发现的古近纪海相沉积—甲查拉组构成。甲查拉组总体为一套含凝灰质的碎屑岩沉积,含沟鞭藻及孢粉化石。甲查拉组应属紧邻褶冲带前缘逆冲断裂的前渊带三角洲沉积。

在位于前渊带西部的萨嘎南部桑林—折巴一带,发育着一套初始古近纪前渊深海—半深海区(深水盆地)沉积颗粒向上变粗、沉积环境向上变浅的沉

李国彪等. 雅鲁藏布江缝合带南侧古近纪海相沉积的发现及其构造意义. 中国科学, 2004(待刊)

积充填序列陆棚充填沉积序列(宗卓组—桑单林组—者雅组)<sup>[8]</sup>。其中桑单林组为一套深水盆地相的杂色硅质岩、硅质页岩夹灰绿色砂页岩及硅质灰岩,产丰富的放射虫<sup>[9]</sup>。

在盆地南部前隆地段(喜马拉雅特提斯南带),白垩纪末期,广泛出现台缘点礁(厚壳蛤礁)(宗山组中上部),标志着该区已从稳定克拉通陆表海向前陆盆地早期的冲断背斜带(前隆带)台缘塔礁(或岸礁)转变。这一特点与 Dorobek 所提出的前陆盆地早期构造淹没礁成因是一致的。古近纪,岗巴—定日盆地发育着一套与 Sinclair<sup>[15]</sup>提出的发育于初始为前隆的前陆盆地的“欠补偿三位一体”(underfilled trinity)充填序列模式基本吻合的沉积序列,该充填序列由古新统基堵拉组、宗浦组及始新统遮普惹组所构成:基堵拉组系一套滨海浅海相碎屑岩,局部夹碳酸盐岩沉积。产有孔虫及垂直潜穴等,其下与下伏白垩系宗山组碳酸盐岩以一不整合(前隆不整合)接触,上与宗浦组碳酸盐岩整合接触。宗浦组为一套浅海陆棚相碳酸盐岩沉积,与上覆遮普惹组之间以一冲刷不整合相接触。遮普惹组可划分为:灰岩段,为一套退积型泥质碳酸盐层序,产丰富的底栖有孔虫及介形虫。砂页岩段,为一套含浮游生物丰富的进积型碎屑岩层序,泥岩中富含钙质、粉砂及生物搅动构造。产浮游有孔虫。

### 3 藏南前陆盆地体系的沉积相与沉积环境

白垩纪至早古近纪是一个重要的地质历史时期,在此期间,印度板块迅速向北漂移,并与欧亚板块碰撞。始新世,两板块完全拼合,从而导致东特提斯在西藏境内的消亡。在此大地构造背景下,位于印度板块北部边缘的藏南地区,其古地理面貌和沉积环境发生了巨大的变化,作为环境变化最佳指示者的动物群面貌亦随之产生了极大的变化。对保存在地层中的生物相和遗迹相的研究,可帮助我们了解该期区内的古地理面貌和沉积环境的演化历程。

关于藏南地区古近纪沉积环境和沉积相的研究,已有诸多成果得以发表<sup>[2-7]</sup>。本次研究对藏南前陆盆地古近纪的岩性、岩相、古生物等特征进行了较为详细而全面的研究,在此基础上,结合前人的资料,本文将藏南古近纪的生物相划分为:

#### 3.1 生物相

滞留海盆生物相(BF-1):在连续沉积的序列

里,缺乏低栖生物或生物成因的沉积构造,反映一种停滞缺氧的沉积条件,该环境不适宜低栖生物生活。岩性主要为黑色页岩、泥岩及硅质页岩。

游泳—浮游生物相:以浮游生物的集中与独特产出为特征,据生物类型与古地理分布位置的差异又可分为 浮游有孔虫相(BF-2),以浮游有孔虫为主,主要产于正常浪基面以下的陆架边缘、开阔海陆架和开阔海盆地等深水环境。主要见于岗巴—定日始新统。放射虫相(BF-3),以放射虫的单独产出为特征,岩性主要为硅质岩及硅质页岩,见于作为前渊的萨嘎古近系,反映一种深水远洋盆地沉积环境。

过渡生物相(BF-4):以浮游和底栖生物的共生为特点,属于从浮游生物相向底栖生物相过渡的生物相类型。反映一种正常浪基面和风暴浪基面之间的碳酸盐台地斜坡环境。

底栖生物相:随着水体变浅,底栖生物开始取代浮游生物而占据主导地位。

该相在岗巴—定日前隆区的古近系最为发育,以底栖有孔虫的集中产出为特征。据优势种的不同又可分为 *Miliolidae* 相(BF-5),以产丰富的小粟虫等底栖有孔虫为特征,生物碎屑一般具泥晶套,并具较好分选性和磨圆度。总体反映一种位于正常浪基面以上的碳酸盐台地边缘的生物滩环境。*Rotalia—Lockhartia* 生物相(BF-6),以 *Rotalia*、*Lockhartia* 等底栖大有孔虫的异常发育为特征,主要见于宗浦组的碳酸盐岩近岸浅滩环境中。*Textularia* 生物相(BF-7),以胶结壳型 *Textularia* 的发育为特征,主要见于仲巴地区古新统中部碎屑岩近岸极浅水环境。

*Miscellanea—Operculina* 生物相(BF-8),该生物相的有孔虫以钙质微孔壳类型为主,以货币虫科的 *M.* 和 *O.* 最为丰富,主要出于宗浦组上段,反映一种开阔碳酸盐岩台地相环境。*Orbitolites—Fasci-olites* 生物相(BF-9),以 *O.*、*F.* 的繁盛为特征,瓷质壳类为主。见于岗巴—亚东前隆区始新统遮普惹组下段泥页岩与生屑灰岩互层的局限性台地沉积环境。

*Assilina—Nummulites* 生物相(BF-10),以底栖有孔虫 *Assilina*、*Nummulites* 等的繁盛为特征,见于定日地区遮普惹组下段,常以一种与生物礁相类似的货币虫滩相产出。*Ovulites—Ostracodes* 相(BF-11),该相生物分异度较低,生物化石有 *Ovulites*,介形虫和小有孔虫以及少量的粗枝藻类和固着蛤碎片。反映一种近岸受到陆源碎屑注入影响的泻湖环境。

*Lockhartia—Verneuiliidae* 生物相(BF-12),由底栖

有孔虫和钙藻组成,指示一种开放的碳酸盐台地环境。双壳类-腹足类相(BF-13),由原地成因的双壳类和腹足类组成。此外,含有海岸泻湖超盐度环境产物的鲕粒。该相标志着藏南地区早古近纪海侵的结束。

藏南古近纪遗迹化石主要产于岗巴一定日前隆区古新统基堵拉组碎屑岩沉积中,其沉积特征及化石组合特征与 *Seilacher*<sup>[16]</sup> 遗迹相组合划分中的 *Skolithos* 遗迹相一致。指示一个移动底质、中至高能的水动力条件和周期性的侵蚀和沉积作用交替的环境。基堵拉组由细粒和中粒砂岩组成,下部具小到中型的交错层理,上部具中到大型的交错层理。*Skolithos* 遗迹相的存在及沉积构造特征,表明基堵拉组沉积于潮下带临滨和潮间带前滨的高能的砂坝环境,标志着早白垩世—早古新世海进/海退序列的结束。

### 3.2 沉积相

根据藏南古近系的岩性及古生物特征,本文在藏南古近系中识别出如下沉积相带:

**克拉通盆地(非补偿的和停滞缺氧的)碳酸盐岩相:**为一个位于氧化界面之下的静水缺氧环境。水深大于 30 m,一般几百米。主要岩石类型为薄层泥质灰岩,暗色页岩或粉砂岩。发育毫米级纹理。陆源碎屑岩为薄层粉砂岩、粉砂质页岩及页岩等。生物群主要为浮游有孔虫等。见于遮普惹组砂页岩段。

**碳酸盐台地的斜坡脚相:**位于碳酸盐台地的斜坡末端,其沉积物由远洋浮游生物(浮游有孔虫、钙质超微等)及来自相邻碳酸盐台地的细碎屑组成,位于浪基面与氧化界面之间。此相主要见于岗巴一定日始新统遮普惹组砂页岩段下部。

**碳酸盐台地前斜坡相:**位于深水盆地与浅水碳酸盐台地相之间的过渡地带。从浪底之上一直延伸到浪底之下,但一般在氧化面之上。岩性主要为角砾状碳酸盐岩。生物群主要为广海生物(丰富底栖有孔虫及少量浮游有孔虫),化石十分丰富,可构成有孔虫灰岩。此相主要见于定日—岗巴盆地宗浦组及遮普惹组灰岩段。

**台地边缘的生物滩(礁)相:**位于浅水碳酸盐台地前缘靠斜坡处。主要为生屑灰岩、藻屑灰岩等。水动力极强,在斜坡一侧常形成礁前角砾岩。主要见于遮普惹组灰岩段上部。

**簸选的台地边缘砂相:**此相带碳酸盐砂主要呈海滩或带状的滨坝,水动力主要为潮汐水流和暗流

的簸选作用。岩性为鲕粒灰岩、砂屑灰岩、砾屑灰岩或漂浮砾屑灰岩,含粗粒岩屑和生物碎屑。碎屑常由不含化石的微晶灰岩或粉屑灰岩组成;有时见叠层状构造和交错层理;基质甚少。由于底质不稳定,因此不利于海洋生物生活。

**开阔台地相:**此相带位于台地边缘内的海湾及泻湖中,故也称陆棚泻湖或台地泻湖相。生物群主要为广盐度的底栖生物(底栖大有孔虫、介形虫、沟鞭藻、钙藻等)。岩性主要为亮晶生屑灰岩,夹少量泥质灰岩。宗浦组及遮普惹组灰岩段中广为发育。

**局限台地相:**这是一种真正的泻湖相。沉积物以灰泥为主。见暴露沉积构造及鸟眼、交错层理、纹理及小的递变层理等沉积构造。岩性主要为泥灰岩、钙质页岩及粉砂岩等,偶夹白云质灰岩。产有孔虫、介形虫、腹足类等。见于遮普惹组。

**滨浅海石英砂岩相:**此相主要见于岗巴一定日地区古新统基堵拉组,系晚白垩世末期世界性海退后新的海侵产物。砂岩全为石英砂岩类,成分成熟度极高,碎屑磨圆度也很好。具有发育的单斜层理,层系及细层均较厚。此外,还有平行层理、细层强烈收敛的板状层理、大型低角度缓倾斜层理。上述特征表明基堵拉组砂岩为一套滨外砂坝体系的沉积物,总体属一种潮汐流和风暴浪作用的产物。

**台地蒸发岩相:**即经常位于浪基面以上的潮上相带。主要岩石类型为杂色页岩、粉砂质页岩及白云岩等。陆源碎屑极为发育,主要为风成及红层沉积。生物极为单调。纹理发育,常有泥裂等暴露沉积构造。此相主要见于遮普惹组砂页岩段。岗巴玛牙以东直到亚东堆纳一带,遮普惹组砂页岩段全为红层沉积,往西,红层仅呈夹层出现在遮普惹组砂页岩段。

上述 1—9 沉积相带主要发育于特提斯喜马拉雅沉积南带古近纪碳酸盐岩沉积相区。

与特提斯喜马拉雅沉积南带发育碳酸盐岩沉积不同,北带主要发育碎屑岩沉积,碳酸盐岩沉积往往只作为若隐若现的夹层出现。在该沉积区可识别出如下沉积相带:

**深水盆地相:**该环境中洋流呈缓慢的流动,物理风化作用微弱,化学作用缓慢,以及沉积速率较低,因此常富集从大洋沉淀下来的细粒悬浮物质和胶体物质。这些物质常常和远洋浮游微生物一起,以极慢的速度沉积下来。岩性主要为杂色页岩、硅质页岩夹硅质岩。此相与上述盆地相中的深水欠补偿盆地相及克拉通盆地(非补偿的和停滞缺氧的)碳酸盐岩相

常呈近距离相变产出,有时难以将其加以区分。主要见于萨嘎南部古新统桑单林组下部。

**半深水斜坡(复理石)相:**此环境理论上处于陆棚与深水远洋盆地之间的过渡地带。其表面向深海倾斜,由于地形受到切割,使其沉积条件迅速发生变化。大量的陆源泥以悬浮方式进行搬运,并在平静环境中沉淀下来。另外,滑动和滑塌以及重力流再沉积作用也是形成半深海沉积物的一个重要因素。在斜坡外侧靠深水盆地处,浮游生物(放射虫、浮游有孔虫等)常可为半深海沉积物提供一定的物质来源。岩性组合主要为灰绿色页岩与岩屑砂岩互层构成“复理石”沉积,夹少量硅质页岩、砂砾岩等。生物群主要为放射虫及浮游有孔虫。此相主要见于萨嘎南部桑单林组中上部及者雅组。

**磨拉石沉积:**该相在地层顺序上是通常由复理石相转变而来的。磨拉石是一种浅海到非海相的沉积,它们是在晚期造山条件下形成的。在板块构造背景与构造过程有巨大变化的“造山作用”。典型的瑞士复理石和磨拉石出现在被称作周缘盆地的环境中。研究区内,该相是前陆盆地演化晚期的产物,在造山带广泛发育。可分为海相与陆相磨拉石相。

**海相磨拉石相:**此相在藏南地区未见良好露头。江孜甲查拉组下部砂砾岩沉积及萨嘎折巴群者雅组砂砾岩沉积具有某些海相磨拉石沉积的特征,然不典型。在雅江以北的仲巴等地区,古新世早期错江顶群达机翁组内出现三次厚层砾岩沉积旋回,其间为页岩和砂岩,显示陆缘近海相磨拉石沉积(碰撞型扇三角洲相沉积)特征。

**陆相磨拉石相:**主要分布于雅江断裂带北侧。又可分为两类不同的岩相类型:i)秋乌组“内磨拉石”与柳曲群“外磨拉石”构成一对“双磨拉石带”。秋乌组磨拉石为一套灰色含煤粗碎屑岩地层体,含丰富的植物、孢粉等化石。与喀什米尔拉达克地区的印度河磨拉石下部“原地沉积带”大致可以对比。它是印度河—雅鲁藏布江山前磨拉石堆积最早的一期,为内磨拉石沉积。柳曲群磨拉石为一套杂色砂砾岩、巨砾岩、含砾砂岩及泥岩和页岩组成的磨拉石沉积类型的地层体。产植物、淡水双壳类。属外磨拉石沉积。ii)大竹卡组(山前)磨拉石:为一套位于雅江北侧的(平行)不整合于秋乌组之上的红色陆相磨拉石,主要为一套紫红—灰色砾岩、砂岩、页岩夹凝灰岩,产植物孢粉<sup>[17]</sup>。说明在印度板块的挤压作用下,冈底斯一带已进一步隆升为山脉,在山前坳陷中普遍堆积了磨拉

石沉积。

**碰撞型扇三角洲相:**此相沉积包括错江顶群和麦拉砾岩。错江顶群分布于冈底斯南缘中段仲巴一带,北邻冈底斯弧,南与雅鲁藏布江蛇绿岩呈断层接触。下伏白垩纪弧前盆地昂仁组沉积。时代主要为古新世—始新世早期。错江顶群三角洲沉积体系可划分为冲积扇(陆上)、扇三角洲前缘、前三角洲及浅海等4个亚环境<sup>[18]</sup>。

**前渊三角洲沉积相:**该相紧靠褶皱前缘部位发育。其显著的特征之一是沉积物以砂质为主。主要原因在于沉积物供应主要来自其北缘造山带的砂质剥蚀物,且几乎所有地面环境都位于海滨上部。岩性组合主要为一套含岩屑和凝灰质的砂砾岩夹页岩沉积,含较为丰富的沟鞭藻和孢粉。在地貌上表现为一排大型的舌状体。该相主要见于江孜盆地的甲查拉组,为盆地即将消亡时期的产物。广义上,也可将此套沉积称为海相磨拉石沉积。

综上所述,生物相和遗迹相在垂直剖面上的演变反映一定历史时期的海平面变化及沉积环境的演变。在岗巴,从早白垩世开始的海退延续到晚白垩世末,古新世初期发生海侵。在古近纪残留海盆时期,发生两次海水进退旋回:第一次始于古新世 Danian 初期,止于 Thanetian;第二次始于始新世 Ypresian 初期,延续至 Priabonian 以后。

## 4 藏南前陆盆地体系层序分析

本文采用 Vail 等<sup>[19]</sup>、Mitchum 等<sup>[20]</sup>及王鸿祯等<sup>[21]</sup>的层序地层学术语,来描述藏南前陆盆地古近系层序。藏南前陆盆地古近系层序构成一个二级(构造)层序,层序界面为低角度不整合面,构造剥蚀明显,界面上发育风化壳及古土壤层和底砾岩等;界面在区域范围内普遍存在,可以做区域性等时地层格架的对比。盆地内三级层序是二级构造层序内部以构造运动产生的不整合面为界的地层序列,是该前陆盆地成盆期间不同发育阶段的产物。三级层序界面是三级构造运动产生的构造不整合面,多为平行不整合面,或是有构造运动叠加的相对海平面变化面,界面上存在微弱的构造剥蚀,可能有底砾岩和微弱风化标志,是沉积不连续面和环境突变面。因此,藏南前陆盆地三级层序是由于大陆碰撞而引起的前陆挠曲作用和全球海平面变化的叠加效应,层序界面往往是构造运动和相对海平面突然下降的叠加。区域相对海平面的主体上升与盆地基底的不对称沉降有关,构造

沉降则增大了盆地的有效容纳空间。由于盆地的不对称性沉降和双向物源性,在盆地发育初期,在两侧往往形成两套不同的层序。区域相对海平面的主体下降与前陆盆地处于造山期构造旋回相一致。前陆盆地三级层序代表了前陆盆地形成的不同阶段。

藏南前陆盆地古近纪沉积层序中的体系域有:低水位体系域,与 I 类不整合有关,当时海平面下降到陆架以外(主要发育在水体相对较浅的前隆区);陆架边缘体系域(缓坡边缘楔状体),与 II 类不整合有关,其相对海平面保持在陆架(缓坡)边缘之上(主要见于水体相对较深的前渊区);海侵体系域以退积的准层序组为特征;高水位体系域以加积—退积准层序组为特征。海侵体系域与高水位体系域之间有最大海泛面分隔,此海泛面的特征是开阔海相带的最大向陆迁移。在前隆区,不整合面(常以古风化壳的发育为特征)与低水位体系域相对发育;而在前渊区,不整合面则相对缺乏,陆架边缘体系域相对发育。区域上,这些不整合面表现为区域斜蚀面:北部(前渊)地层大多整合地穿过侵蚀面,而向南,侵蚀间隔逐渐增大。区域性斜切作用应是前缘隆起的挠曲上升和遭受侵蚀的结果。层序表现出前陆盆地所特有的典型的不对称性。在生物的组合特征上,南部前隆区以底栖动物(底栖大有孔虫、腹足类等)组合的繁盛为特征,北部前渊区则以远洋浮游动物(放射虫等)为特色。

#### 4.1 前隆地区层序地层特征分析

由于受印度与亚洲板块碰撞作用的影响,西藏特提斯迅速衰亡,藏南地区进入残留海阶段,以浅海陆棚环境为主。

岗巴—定日盆地在晚白垩世晚期至古近纪大致处于藏南前陆盆地体系的前隆。岗巴地区古近系层序界面多以陆上风化面为标志,并存在不同程度的地层缺失。一般缺失 LST 下部沉积;LST 上部和 TST 下部多以角砾灰岩为特征,由暴露风化形成的灰岩角砾在海进初期胶结而成。从总体上看,古近系超层序组(中层序 Ms)主要形成于碳酸盐台地及滨岸环境,其形成时限约 30Ma。由于受强烈的板块构造挤压作用的影响,块状同生角砾状灰岩十分发育,三级海平面变化显示出强制性海退的特点。该超层序组的底界为低角度不整合,是我们识别古前隆存在的两个重要依据之一。根据层序特征及其叠置方式,可将该超层序组划分为两个层序组(Ss1 与 Ss2)(图 2)。

Ss1 层序组(超层序)由古新统基堵拉组与宗浦组组成,其顶底界面都是不整合面,由 4 个层序(Esq1

~ Esq4) 组成: Esq1 层序构成超层序的低水位体系域, Esq2 层序构成超层序的海侵体系域, Esq3 层序与 Esq4 层序则构成超层序的高水位体系域。构成一个完整的海进—海退旋回层序。

Ss2 仅保存下部(Esq5),上部被断层所截切。

#### 4.2 前渊带层序地层分析

萨嘎—仲巴南部古近系为藏南前陆盆地体系前缘带深水盆地区沉积的典型代表。该区古近系层序界面多以水下侵蚀面为标志,以 I 层序界面为主。从总体上看,古近系超层序组(中层序 Ms)(上部因构造截切和剥蚀作用而未得以保存)主要形成于斜坡及深水盆地环境,其形成时限约 19~30(?) Ma。根据层序特征及其叠置方式,可将该超层序组划分为两个层序组(Ss1 与 Ss2)。上部层序组(Ss2)仅保存 SMST 和 TST 下部。超层序界面为水下侵蚀不整合面,区域上,这些水下侵蚀面在横向上逐渐演变为陆上风化剥蚀面。因此,在整个藏南前陆盆地体系内,超层序组级别上的界面具有良好的对比性和可追索性。由于受强烈的板块构造挤压作用的影响,三级海平面变化显示出强制性海退的特点。Ss1 层序组(超层序)主要由深水盆地沉积组成,由 4 个层序(Esq1~Esq4)组成: Esq1 层序构成超层序的陆架边缘体系域, Esq2 层序构成超层序的海侵体系域, Esq3 层序与 Esq4 层序则构成超层序的高水位体系域。其顶底界面都是侵蚀面。

Ss2 超层序的中上部由于遭受构造破坏和剥蚀作用,仅保存下部层序(Esq5)。Esq5 的底界面为一特征明显的水下侵蚀不整合面。LST 由一层砾石成分复杂(硅质岩、火山岩、页岩等)的扇状浊积型砂砾岩沉积构成。其上为一套砂页岩复理石沉积,具退积特征,是为 TST。LST 与 TST 之间为一清晰的海侵(复活)面。HST 由偶尔含砾的砂页岩互层序列构成,具加积特征,未见顶。

综上所述,通过对藏南前陆盆地层序地层学特征的分析,可初步获得如下认识:藏南前陆盆地层序特征反映了前陆盆地演化的不同阶段,其内部组成反映了三级规模的区域相对海平面上升。在盆地演化早期,强烈的不对称沉降增大了盆地的有效沉积空间,引起区域相对海平面上升。在盆地两侧形成两套不同层序:在毗邻造山带处沉降较深,为一套向上变粗的低水位浊积扇层序;在远离造山带的盆地区,为一套向上变细、退积型的浅海—三角洲环境的海侵体系域,其底界存在一个海侵侵蚀面。随着盆缘造山运动的卸载作用,引起盆地基底弹升,克拉通前陆盆地隆



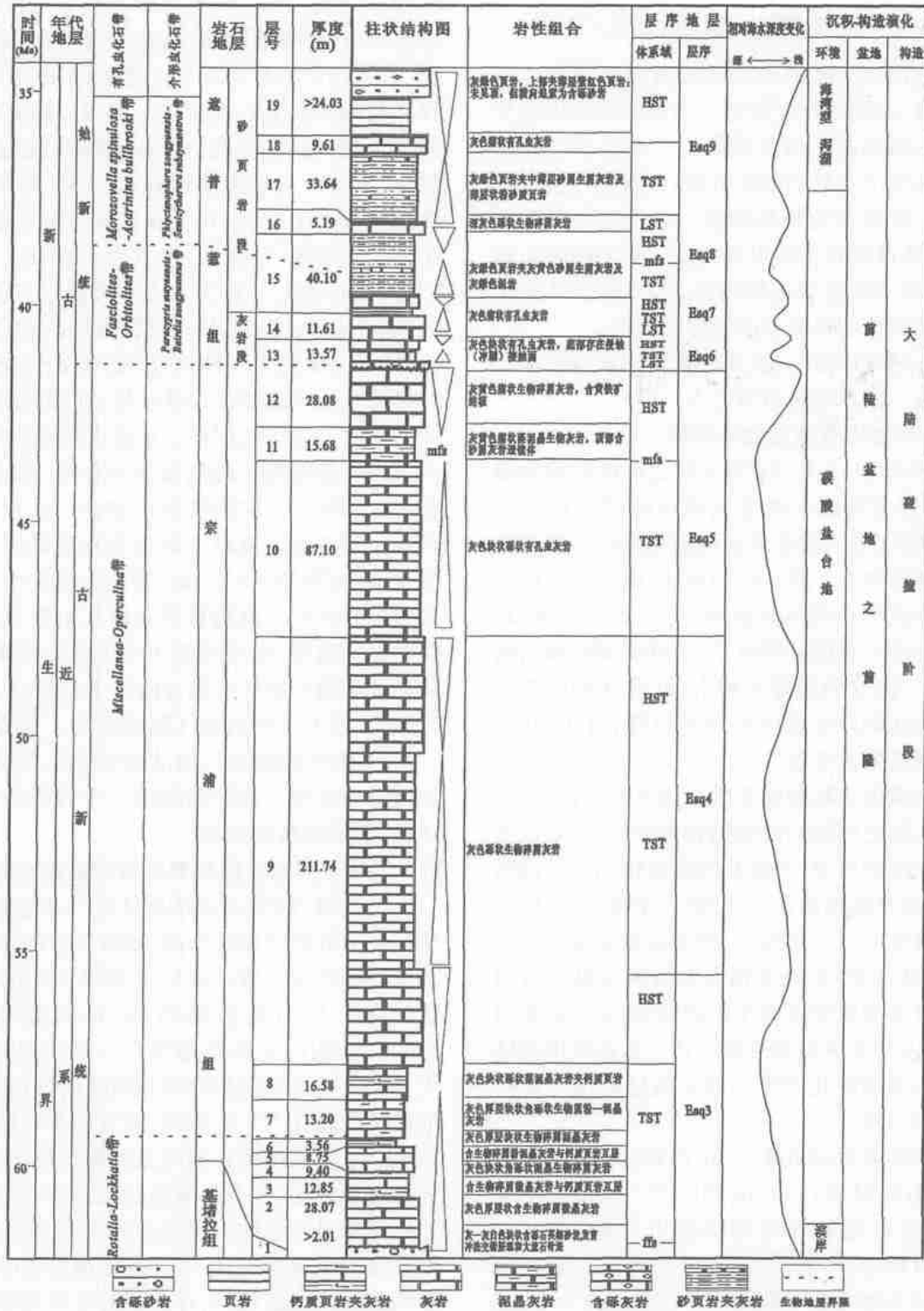


图 2 藏南前陆盆地前隆带古近纪地层格架及相对海平面变化轮回

Fig. 2 The Paleogene stratigraphic framework and sea-level change cycle in the forebulge zone of the southern Tibet foreland basin

起后退, 沉积物向盆地克拉通方向不断进积, 形成向克拉通前陆盆地方向的上超不整合面。晚期, 前陆

地发生构造反转作用, 盆地整体隆起, 形成一套向上变浅的典型前陆盆地磨拉石沉积组合。

## 5 藏南前陆盆地的古地理演化历程

前陆盆地挠曲沉降的前提是岩石圈的早期伸展变薄和热沉降,而俯冲作用的牵引力和仰冲作用的负荷力促使岩石圈挠曲形成前陆盆地。藏南前陆盆地的演化可分为两个明显的演化阶段:古新世残留海盆阶段与始新世残留盆地转移阶段。演化阶段划分的依据是:西藏特提斯在古新世末期发生重要的基底隆升,造成重大的不整合和地层缺失,该不整合界面亦是古新统与始新统的界面及超层序的界面。

藏南前陆盆地的成生、演化受控于印度与亚洲大陆汇聚碰撞这一总体构造背景之下。

### 5.1 残留洋盆与复理石前陆盆地时期

晚白垩世末期,印度与亚洲大陆之间的初始碰撞正式启动,造成藏南地区的基底发生强烈的挠曲形变,整个藏南地区进入前陆盆地的演化阶段。藏南地区的沉积古地理发生了根本性的变化:南部的岗巴—定日地区的基底产生明显的挠曲上升,成为前隆,致使局域性盆地的可容纳空间减少,出现强制性海退的特点,并形成一明显的前隆不整合面;北部的江孜—萨嘎地区的基底则发生强烈的曲折沉降,成为前渊,盆地水体出现反常的变深。

古近纪是藏南前陆盆地形成和演化的主体阶段,印度与亚洲大陆之间的初始碰撞和挤压作用,导致藏南周缘前陆盆地的形成,大陆之间碰撞作用的持续进行,控制着前陆盆地的演化,大陆的完全拼接,又导致前陆盆地的最终消亡。该阶段,藏南前陆盆地沉积环境(尤其是水体深度)的分布格局及其演变是全球海平面变化升降叠加板块碰撞作用的结果,而且随着时间的推进,后者的影响逾益重要。这一点在藏南前陆盆地沉积—构造的演化尤其是层序地层特征方面得到非常明显的反映。

白垩纪末期海平面下降后,在古新世早期持续了约5Ma的低海面时期(Danian期)<sup>[21]</sup>。从古近纪初开始,西藏特提斯关闭,形成周缘前陆盆地体系。前陆盆地体系由褶冲带、前渊带、前隆带和隆后盆地等单元构成。随着褶冲带中推覆体的上叠式逆冲,形成前渊盆地。作为前隆的岗巴—定日地区由遭受剥蚀的古陆成为滨岸浅滩环境,沉积一套滨海砂岩相沉积,发育*Skolithus*遗迹相及许多大型交错层理,形成古近纪超层序(Ss1)的低水位体系域;同时,在江孜—萨嘎前渊区发育海底扇型含砾长石石英砂岩—陆架边缘体系域(SMST)。随后(Selandian期)发生海

侵,形成以*Rotalia*生物相为代表的浅海碳酸盐陆棚沉积环境,强烈的挤压碰撞作用使得前隆地区(岗巴—定日)的沉积岩层发生强烈的破裂变形,形成巨厚层角砾状灰岩(宗浦组)。同时,挠曲作用造成前渊地区(萨嘎)的基底进一步沉降而成为深水盆地环境,发育含大量放射虫的硅质沉积(桑单林组)。末期曾一度发生海退,以低水位体系域(前隆区)或陆架边缘体系域(前渊区)的发育为特征。古新世晚期(Thanetian期),区内发生大规模海侵,从而导致前隆区*Miscellanea Operculina*动物群的兴起,反映该期岗巴、定日一带处于一种具有较好透光性和富氧条件的开阔海陆架或碳酸盐台地环境;前渊区则发育一套夹少量灰岩的硅质岩沉积。古新世末期发生海退,造成区内短时期曝露水面遭受剥蚀作用,形成古新统/始新统之间的一个区域性的不整合。在作为前隆的岗巴—定日地区发育以古风化壳和底砾岩为代表的整合面,在前渊区(江孜—萨嘎)亦发育一套海底扇型砂砾岩沉积。推测目前在露头上所见到的只是前渊盆地的南部,前渊盆地北部(甚至主体)大部为前缘逆冲断裂所破坏后俯冲隐伏于其下,其生油岩应相当发育,具有良好的油气勘探远景。当前陆推覆体进一步向克拉通推进时,前陆隆起亦随之逐渐向印度克拉通方向迁移。该带表现出一个海平面相对上升的过程,形成碳酸盐缓坡。

### 5.2 残留盆地转移与磨拉石前陆盆地时期

始新世,随着前陆推覆体进一步逆冲,前陆隆起继续隆升并最终露出水面,导致其后的隆后盆地转变为半局限环境。藏南地区主体进入残留盆地转移阶段—磨拉石前陆盆地阶段,形成始新世超层序(Ss2),沉积以碎屑岩为特征。盆地规模明显缩小,充填向上变浅的沉积层序和粗碎屑沉积,呈现由浅海浊流沉积转化为三角洲相、河流相及冲积相沉积。构造运动主要表现为自南向北的强烈挤压和逆掩,致使地壳加厚缩短,并引起盆地和沉降中心向南迁移<sup>[17]</sup>。造山带隆升与磨拉石盆地沉降的耦合作用使沉积作用呈现双幕地层模式:当冲断作用推进时呈现为造山带附近的楔状沉积体,在静止时呈现为远端席状沉积体。

早始新世早期,藏南前陆盆地基底岩石圈发生应力松弛,临近卸载处的表面继续上升。隆起地区反向下沉,并且向负载方向迁移,这种褶皱冲断带卸载作用导致形成地层不整合(曲折前隆不整合)。该不整合及其上底砾岩的形成除了受全球海平面变化的影响外,可能更为重要的影响因素是板块的碰撞而引起



本区的陆壳抬升。随着前隆的进一步下沉与向克拉通方向迁移, 岗巴—定日地区海水总体进一步加深, 相继发育 *Fasciolites* - *Assilina* 动物群及 *Nummulites* 动物群(形成货币虫滩), 反映沉积环境向局限性浅水陆棚海—广阔碳酸盐陆棚海的演变。中晚期, 受板块碰撞作用的影响, 岗巴盆地基底进一步方向挠曲下沉成为一凹陷盆地, 海水急剧加深, 以浮游有孔虫动物群的繁盛为特征。同期的江孜—萨嘎地区, 则由于“跷跷板”效应而反向隆升, 水体变浅, 成为入海前三角洲相, 沉积已具有某种“陆相磨拉石”或海陆过渡相的特征。在冈底斯弧前盆地的错江顶发育海相磨拉石(错江顶群)。在雅江断裂带北侧发育秋乌组“内磨拉石”, 与柳曲群“外磨拉石”构成一对陆相“双磨拉石带”。

始新世晚期, 随着印度大陆与亚洲大陆的最终拼贴, 整个藏南区海水急剧变浅, 浮游有孔虫绝迹, 而出现以介形虫—小栗虫—卵形藻生物组合为特征的生物相, 指示一种浅而局限的泻湖相环境。故在 Priabonian 晚期, 本区水体已非常局限, 预示海水即将完全退出本区; 始新世末期, 前陆盆地回返, 海水从东向西逐渐退出西藏地区。换言之, 印度大陆与亚洲大陆在始新世末期已完全拼贴在一起, 西藏特提斯最终消亡。在雅鲁藏布江北侧发育一套渐新世—中新世的红色陆相磨拉石(冈底斯山前磨拉石)。这说明在印度板块的挤压作用下, 冈底斯一带已进一步隆升为山脉, 在山前拗陷中普遍堆积了磨拉石沉积。

由于构造破坏和剥蚀作用, 藏南前陆盆地演化晚期的沉积—陆相磨拉石充填沉积主体未能得以保存或难以识别。这需要进一步的工作。

致谢 梁定益、高德臻教授及周志广、张祥信等同志一起参加部分野外工作, 笔者在此深表谢意。

#### 参考文献(References)

- Rewley D B. Age of initional of collision between India and Asia: A review of stratigraphic data. *Earth Planet of Science Letters*, 1996, 145: 1~13
- 万晓樵. 西藏第三纪有孔虫生物地层及地理环境. *现代地质*, 1987, 1(1): 15~47 [Wan X Q. Tertiary foraminifera biostrata and paleogeographic environment of Tibet. *Modern Geology*, 1987, 1(1): 15~47]
- 万晓樵. 西藏白垩纪-早第三纪有孔虫与特提斯喜马拉雅海的演化. *微体古生物学报*, 1990, 7(2): 169~186 [WAN X Q. Cretaceous Tertiary foraminifera and evolution of Tethys-Himalaya sea. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 1990, 7(2): 169~186]
- 郝诒纯, 万晓樵. 西藏定日地区的海相白垩、第三系. 见: 青藏高原地质文集, 第17集. 北京: 地质出版社, 1985. 227~232 [Hao Yichun, Wan Xiaqiao. Marine Cretaceous and Tertuary in Tingri area, Tibet. *Contributions to Qinghai-Xicang (Tibet) Geology*. Beijing: Geological Publishing House, 1985. 227~232]
- 周志澄, Willems H, 章炳高. 西藏南部白垩系及下第三系的生物相及遗迹相. *微体古生物学报*, 1998, 15(3): 307~317 [Zhou Zhicheng, Williams H, Zhang Binggao. Cretaceous - Paleogene biofacies and ichnofacies in southern Tibet. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 1998, 15(3): 307~317]
- 李国彪, 万晓樵, 其和日格, 等. 西藏岗巴一定日地区始新世化石碳酸盐微相及沉积环境. *中国地质*, 2002, 29(4): 401~406 [Li Guobiao, Wan Xiaqiao, Qihe Rige, et al. Eocene fossil carbonate microfacies and sedimentary environment in Gambar Tingri, southern Tibet. *Geology in China*, 2002, 29(4): 401~406]
- 李国彪, 万晓樵. 藏南岗巴一定日地区始新世的微体古生物与特提斯的消亡. *地层学杂志*, 2003, 27(2): 99~108 [LI Guobiao, Wan Xiaqiao. Eocene microfossils in southern Tibet and the final closing of the Tibet-Tethys. *Journal of Stratigraphy*, 2003, 27(2): 99~108]
- 丁林. 西藏雅鲁藏布江缝合带古新世深水沉积和放射虫动物群的发现及对前陆盆地演化的制约. *中国科学(D辑)*, 2003, 33(1): 47~58 [Ding L. Paleocene deep-water sediments and radiolarian faunas: Implications for evolution of Yarlung-Zangbo foreland basin, southern Tibet. *Science in China (Series D)*, 2003, 33(1): 47~58]
- 王成善, 李祥辉, 胡修棉. 再论印度—亚洲大陆碰撞的启动时间. *地质学报*, 2003, 77(1): 16~24 [Wang C S, Li X H, Hu X M. Age of initial collision of India with Asia: Review and constraints from sediments in southern Tibet. *Acta Geologica Sinica*, 2003, 77(1): 16~24]
- 李曰俊, 陈从喜, 买光荣, 等. 陆-陆碰撞造山带双前陆盆地模式——来自大别山、喜马拉雅和乌拉尔造山带的证据. *地球学报*, 2000, 21(1): 7~16 [Li Y, Chen C, Mai G., et al. Dual foreland basin model for continent-continent collisional orogenic belt: evidences from Dabieshan, Himalaya and Ural orogenic zones. *Acta Geoscientia Sinica*, 2000, 21(1): 7~16]
- Allen P A, Crampton S L, Sinclair H D. The inception and early evolution of the North Alpine Foreland Basin. Switzerland. *Basin research*, 1991, 3: 143~163
- Lihou J C. A new look at the Blattengrat unit of eastern Switzerland: early Tertiary foreland basin sediments from the Helvetic realm. *Eclogae Geol. Helv.*, 1995, 88(1): 91~94
- 李勇, 王成善, 伊海生. 西藏金沙江缝合带西段晚三叠世碰撞作用与沉积响应. *沉积学报*, 2003, 21(2): 191~197 [Li Yong, Wang Chengshan and Yi Haisheng. The Late Triassic collision and sedimentary responses in the western segment of Jinshajiang suture, Tibet. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(2): 191~197]
- Dorobek S L. Synorogenic carbonate platforms and reefs in foreland basin: controls on stratigraphic evolution and platform reef morphology. In: Dorobek S L, Ross G M, eds. *Stratigraphic evolution of foreland Basins*. Tulsa, Oklahoma: SEPM Special Publication, 1995, 52: 127~147

- 15 Sinclair H D. Tectonostratigraphic model for underfilled peripheral foreland basins: An Alpine perspective. *Geological Society of America Bulletin*, 1997, 109: 324 ~ 34610
- 16 Seilacher A. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, 1967, 5: 413 ~ 428
- 17 夏代祥,刘世坤. 全国地层多重划分对比研究(54): 西藏自治区岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 240 ~ 245 [Xia Daixiang, Liu Shikun. Multiple classification and correlation of the stratigraphy of China(54): Stratigraphy (Lithostratic) of Xizang autonomous region. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 54: 240 ~ 245]
- 18 余光明,王成善. 西藏特提斯沉积地质. 地质专报,第12号. 北京: 地质出版社,1990. 1 ~ 153 [Yu Guangming, Wang Chengshan. Sedimentary Geology of Tethys in Tibet. Beijing: Geological Publishing House, 1993. 3(12): 1 ~ 153]
- 19 Vail P R, Audemard F, Bowman S A. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology—An overview. In: Einsele G, Ricken W, Seilacher A, eds. *Cycles and Events in Stratigraphy*. Berlin: Springer-Verlag. 1991. 617 ~ 659
- 20 Mitchum R M Jr and Van Wagopner J C. High frequency sequence and their stacking patterns: sequence-stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles. *Sedimentary Geology*, 1991, 70: 131 ~ 160
- 21 王鸿祯,史晓颖,王训练,等. 中国层序地层学研究. 广州: 广东科技出版社, 2000 [Wang H Z, Shi X Y, Wang X L, *et al.* Research on the Sequence Stratigraphy of China. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 2000 \ ]

## The Paleogene Foreland Basin and Sedimentary Responses in the Southern Tibet: Analysis on Sequence Stratigraphy

LI Guo-biao<sup>1</sup> WAN Xiao-qiao<sup>1</sup> DING Lin<sup>2</sup> LIU Wen-can<sup>1</sup> GAO Lian-feng<sup>1</sup>

1(China University of Geosciences, Beijing 100083)

2(Institute of Qinghai-Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

**Abstract** Triassic to Paleogene, Tethyan Himalaya went through the forming, exaggerating, attenuating, closing and finally transforming into foreland basin of the oceanic basin. During the passive continental margin stage (T-K), a set of sedimentary sequence of clastic shelf to carbonate platform was developed in the northern Indian continent margin. At the earliest Paleogene, Tibet-Tethys was closed down, causing the forming of the southern Tibet peripheral foreland basin system. In late Eocene, the returning of the southern Tibet foreland basin caused the seawater to retreat gradually from Tibet area from east to west. The Paleocene supersequence of the southern Tibet was formed under the background of the India/Asia collision, the sedimentary environment of which was a foreland basin with strong tectonic activity. Sedimentary facies is the substance exhibition of depositional environments. In this study, 13 biofacies and 14 sedimentary facies were recognized from the Paleogene sediments of the southern Tibet. The supersequence with 200 - 2000m thickness and 30Ma age is composed of nine large-scale third-class sequences which could be regionally correlated on the outcrops. Small-scale third-class parasequence sets, which resulted from the global sea-level change and unbalanced flexural subsidence of basin basement caused by collision and only can be locally correlated, formed larger-scale sequences. Every large-scale third class sequence is asymmetrical and characterized by LST, TST and HST with special lithologic associations and palaeontological assemblages. The evolution of the southern Tibet foreland basin is accordant with the usual evolutionary model of foreland basin and its sedimentary sequence shows that it had a multi-cycle sediment-tectonic evolutionary history.

**Key words** southern Tibet, foreland basin, sedimentary response, Paleogene, sequence stratigraphy