

# 莫桑比克盆地构造演化与沉积充填特征

高雅<sup>1</sup>, 唐勇<sup>1,2</sup>, 解习农<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学(武汉) 海洋学院, 湖北 武汉 430074; 2. 自然资源部第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012)

**摘要:** 在阅读相关文献资料的基础上, 分析了莫桑比克盆地的区域性幕式构造演化, 并进一步总结归纳了其沉积充填特征。研究显示该盆地为东非边缘陆内裂谷盆地, 以晚侏罗世破裂不整合面为界划分为断陷期及拗陷期, 断陷期为陆相湖盆沉积充填, 进入拗陷期后逐渐从海陆过渡相向浅海相和深水相演变。晚白垩世末和渐新世末两次构造抬升, 使得盆地沉积环境及物源供应发生明显改变, 也逐渐从深水相向滨浅海相或三角洲相演变。

**关键词:** 构造演化; 沉积充填; 莫桑比克盆地; 东非大陆边缘

中图分类号: P736 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2020)01-0157-08

DOI: 10.11759/hyxx20190312003

莫桑比克盆地是沿东非边缘发育的最古老的裂谷盆地之一。随着南极洲在侏罗纪与非洲的分离, 该盆地范围内保留了大量与构造运动相关的信息。其勘探程度总体比较低, 近十年的研究主要依托于重磁数据及地震资料, 多数位于盆地北部, 其中以海底扩张的讨论最为广泛。最早 Segoufin<sup>[1]</sup>追溯到莫桑比克盆地以东最早的东西向磁异常条带为 M22(约为 150 Ma), 并在此基础上提出了非洲和南极洲之间南北向扩张的观点; König 和 Jokat<sup>[2]</sup>大体上认同已有的模式并基于对新数据的分析使磁异常条带在莫桑比克盆地最北端研究区识别至 M26(约 155 Ma), 由此推测洋陆转换边界比前人的设想更靠近岸边; 在 18.5°S 以北, 由于侏罗纪磁静区(Jurassic Magnetic Quiet Zone)的弱磁场, 磁异常条带无法识别, 但根据这一地区地壳结构特征, 通过模拟研究区的扩张速度并向北外推, Leinweber<sup>[3]</sup>推测莫桑比克北-西边缘最老的磁异常条带可以追溯到 M41n, 约为 166 Ma。除此之外, 早期有部分学者对该盆地展开了沉积方面的调查, 但存在一定的局限性, 大多以局部区域的岩性柱描述为主, 目前对于莫桑比克盆地整体的构造演化和沉积充填依旧缺乏系统的归纳。本文在前人的研究基础上, 对莫桑比克盆地的构造演化过程进行了阶段性的划分, 揭示了其幕式的构造演化, 并在此框架下进一步阐明不同时期的沉积充填特征及影响因素。

## 1 区域地质概况

### 1.1 地理位置及盆地构造区划

莫桑比克盆地位于西南印度洋的非洲东南部与

马达加斯加之间, 面积约为 47 000 km<sup>2[4-5]</sup>。盆地西北与前寒武纪津布巴韦克拉通相接, 北邻马拉维及莫桑比克褶皱带, 西部及西北为冈瓦纳古陆裂解初期大规模岩浆作用下形成的林波波单斜及马泰克-沙比单斜, 向东边延伸至莫桑比克海峡-深海平原一带, 其中北部以 Davie 断裂带为界, 而南部的裂谷边缘被认为是南极洲向南移动的结果, 莫桑比克海脊与盆地以纳塔尔谷相隔。盆地的演化受冈瓦纳古陆裂解及南极洲漂移的影响, 整体为东非边缘陆内裂谷盆地, 下部为石炭系-侏罗纪断陷型盆地, 上部为白垩纪-新生代拗陷型盆地。

自白垩纪以来, 莫桑比克盆地中部沿岸带发育两大断裂系统, 即赞比西构造体系及伊尼亚明加构造体系<sup>[6]</sup>, 共同构成复杂断裂带。盆地内可见两组走向明显不同的断层(图 1), 分别为北西-南东的正断层和近南北走向的伸展正断层, 形成了方向不同的地堑和半地堑构造。其中北西-南东走向的赞比西地堑为赞比西构造体系的一部分, 主要由边界断层组成, 盆地西南被东北-西南向 Urema 地堑横切; 南北向 Shire 地堑和 Urema 地堑组成伊尼亚明加构造体系,

收稿日期: 2019-03-12; 修回日期: 2019-05-06

基金项目: 国家重点研发计划课题(2017YFC1405504); 国家自然科学基金(41830537, 41476048)

[Foundation: National Key Research and Development Project, No.017YFC1405504; National Natural Science Foundation of China, No.41271547, No.41401644]

作者简介: 高雅(1995-), 女, 湖北荆州人, 博士研究生, 主要从事海洋地质研究, E-mail: yagao@cug.edu.cn

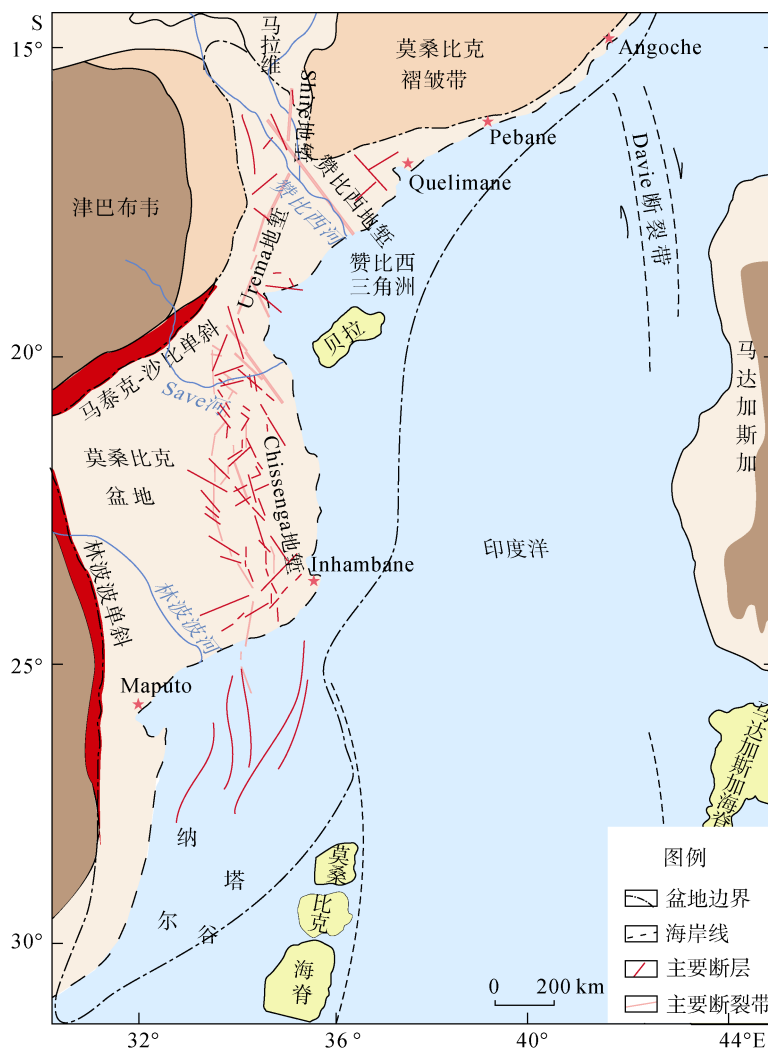


图 1 区域地质概况与盆地构造样式图(修改自文献[6-8])

Fig. 1 Regional geological survey and structural style of the basin (modified after [6-8])

往南延伸至 Chissenga 地堑, 成为东非裂谷系向南延伸的一部分。横切关系反映出赞比西构造体系的形成早于新生代早期的伊尼亚明加构造体系。整体的构造样式反映了其后期拗陷沉降的特征。

## 1.2 大地构造背景

在泛非运动构造期(前寒武纪至寒武纪), 大陆群聚合形成冈瓦纳古陆, 持续至晚石炭世, 古陆进入 Karoo 裂谷阶段, 并随着 Karoo 地幔柱的活动, 东西冈瓦纳从非洲南部、南极洲以及南美洲的结合处开始解体<sup>[9-10]</sup>: 特提斯洋从南边被打开, 区域性北向海侵; 到晚侏罗世初期, 由马达加斯加、印度、南极洲与澳大利亚组成的东冈瓦纳从现今索马里盆地位置沿着 Davie 断裂带近南向走滑<sup>[11-13]</sup>, 形成右行剪切型边缘; 同期非洲东部海底扩张, 北特提斯洋打开, 在

晚侏罗世-早白垩世南北贯通。早白垩世时期约 121 Ma, 马达加斯加于现今位置停止漂移<sup>[14]</sup>, 标志着东非整体裂谷演化阶段的结束。在被动大陆边缘背景下, 东非大陆边缘形成了一系列的伸展沉积盆地<sup>[15-17]</sup>。

## 2 盆地构造演化阶段划分

莫桑比克盆地构造演化总体上可以划分为两大阶段, 分别为断陷期及拗陷期(图 2)。晚石炭世时期, 由于冈瓦纳古陆的差异性抬升, 莫桑比克盆地作为西冈瓦纳的一部分随之开始了断陷 I 期; 随着南极洲沿着剪切带的东南向移动, 莫桑比克盆地开始了断陷 II 期, 盆地向东延伸, 产生陆壳减薄区, 与断陷 I 期以早侏罗世为界。张裂进一步导致东西冈瓦纳古陆的裂解, 盆地整体处于大陆边缘裂谷阶段。10~30 Ma 后在晚侏罗世中期开始海底扩张阶段<sup>[2-3, 17-20]</sup>, 洋壳生成,

在盆地内形成破裂不整合界面。早白垩世后，盆地逐渐形成稳定的被动大陆边缘，但在晚白垩世与渐新世-

中新世时期出现构造反转，盆地经历了两期挤压作用，构造抬升使得剥蚀量大幅度增加并形成不整合界面。

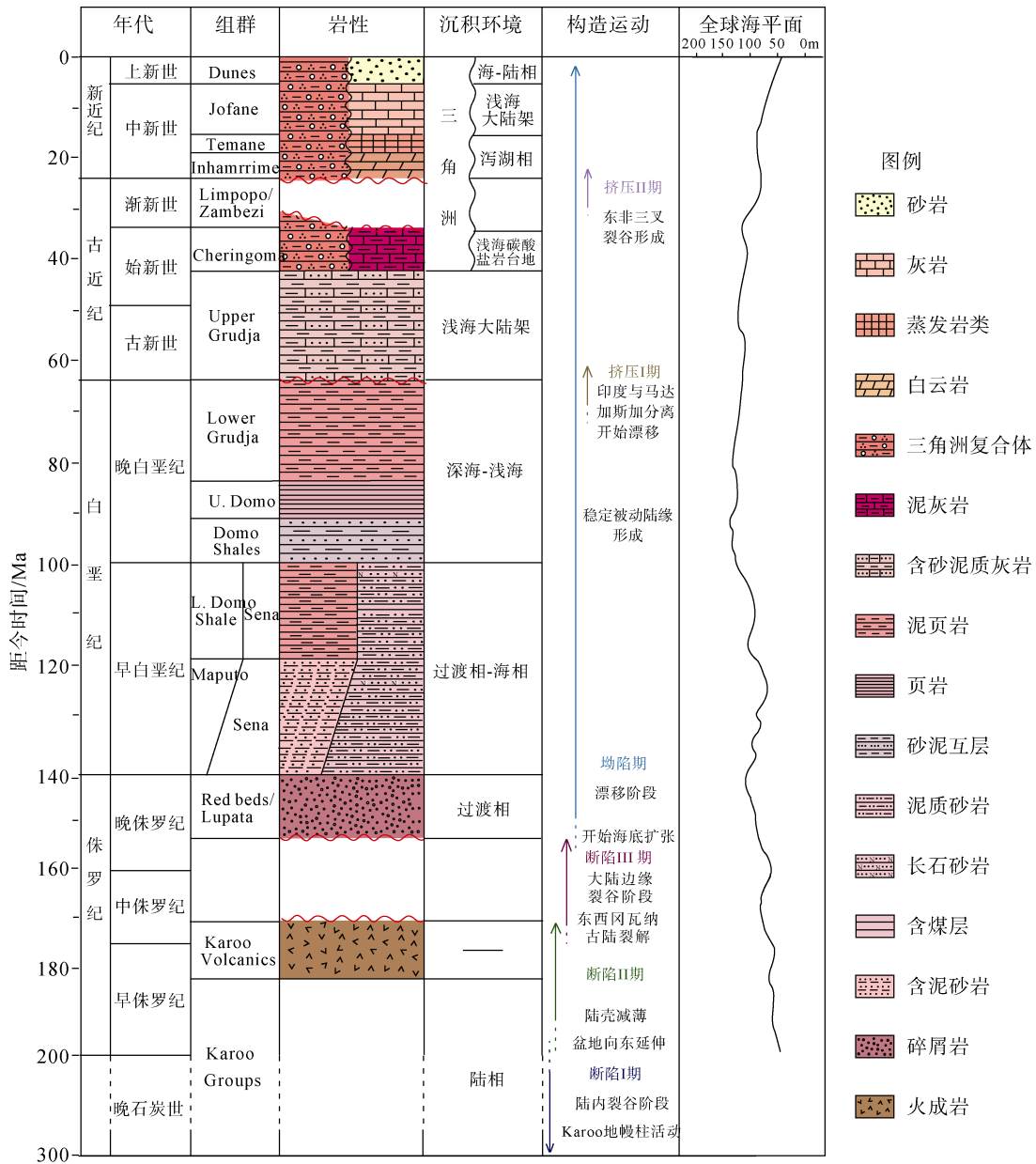


图2 莫桑比克盆地地层柱状图(修改自文献[21-22])

Fig. 2 Integrated stratigraphic column of the Mozambique Basin (modified after [21-22])

### 3 盆地沉积充填演化特征

#### 3.1 盆地整体地层格架

莫桑比克盆地基底为 Karoo 玄武岩，局部发育晚侏罗早期裂陷湖盆沉积。裂后期晚侏罗世、白垩纪和新生代地层遍及整个盆地，沉积物整体上向东及北边增厚，具有明显的不对称性，在赞比西三角洲沉降区达到最大厚度。晚侏罗世晚期(约距今约

160 Ma)盆地东侧岩石圈裂解开始出现海底扩张，同期形成了明显的跨盆地级的破裂不整合界面，随后盆地充填环境发生明显改变，以海陆过度相沉积为主。白垩纪持续的海侵使得区域性海平面上升，在早白垩世中期形成了连通的海相盆地，整体上形成近南北向展布的陆相、海陆过渡相及海相沉积。新生代沉积序列随海平面不断升降变化，发育海相碎屑岩、碳酸盐岩台地、三角洲和浊流沉积。始新世海

侵达到最大值并在晚期开始海退。中始新世以来,莫桑比克盆地沿岸带发育三角洲复合体,始新世晚期由于广泛的侵蚀,存在沉积间断。在中新世早期以过渡相为主,形成蒸发岩。中期出现短暂的海侵后持续海退,在上新世以海相-陆相沉积为主。

### 3.2 断陷期沉积充填特征

断陷期沉积主要受断层的控制,在断陷 I 期,冈瓦纳地区的陆相 Karoo 沉积一直持续到早侏罗世(距今约 183 Ma<sup>[23]</sup>),广泛分布于东非大陆。较老的 Karoo 群沉积于最古老的地堑中,其中大部分占据了现今盆地最深的部分。典型的 Karoo 群从底到顶依次由冰碛岩、煤系地层、扇三角洲碎屑岩和玄武岩组成,厚度可达到 3 000 m。断陷 II 期,盆地陆壳的拉张减薄伴随着大规模的火山活动, Karoo 群普遍遭受火成岩的侵位,形成大火成岩省。Karoo 火成岩一般覆盖着 Karoo 群的各种沉积地层,主要由拉斑熔岩流、长英质火山碎屑岩及相关的岩脉群和硅质岩组成,在莫桑比克盆地西边最突出的单元为马泰克-沙比单斜及林波波单斜(图 1),形成于距今 184~179 Ma<sup>[24]</sup>。冈瓦纳古陆解体后盆地处于大陆边缘裂谷阶段,由此开始断陷 III 期,盆地内广泛分布断陷期形成的地堑单元,在铲式断层的作用下产生旋转断块,半地堑、地堑被楔形的沉积物充填。

### 3.3 拗陷期沉积特征

#### 3.3.1 晚侏罗世沉积特征

晚侏罗世中期海底扩张开始,盆地内部存在明显的伸展-走滑的应力转换,走滑作用占据主导<sup>[25]</sup>。在莫桑比克盆地南部沉积超过 900 m 的陆源红层(即图 2 中 red beds),并向西延伸;同期在盆地北部赞比西一带形成陆源砂岩 Lupata 组(图 3),其中可见部分火成岩,在赞比西河入海口一带转变为三角洲沉积,以砂质黏土为主。

#### 3.3.2 早白垩世沉积特征

早白垩世的沉积具有多样性,主要表现为海相、陆相和过渡相共存(图 4a)。盆地西部海水未覆盖的区域主要为陆源碎屑沉积,而在东侧出现滨浅海及三角洲沉积。在白垩世早期的初期海侵中,海平面整体比较低,在林波波河与赞比西河稳定的物源供应条件下,现今大陆架边缘区发育海底扇,对古陆坡的位置有一定的指示作用。东部深海陆坡一带沉积海相深水页岩。整体上,古陆架边缘呈现向海进积的沉积特征。与此同时,岩浆活动并未完全停止, Mahanjane<sup>[19]</sup>

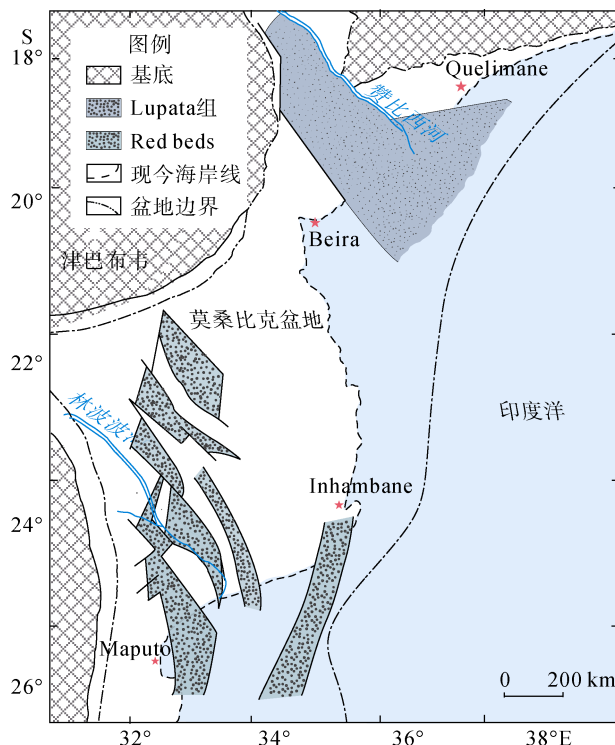


图 3 晚侏罗世时期沉积展布图(修改自文献[16])

Fig. 3 Sedimentary distribution in the Late Jurassic (modified after [16])

在 Beira 高地一带的地震剖面中识别出了熔岩流,而盆地中南部的钻井岩心中也发现各个沉积组中存在以锂辉岩和玄武岩为主的早白垩世火成岩<sup>[16]</sup>。

分布在中南部的 Maputo 组、Lower Domo 组与北部 Sena 组为同期沉积岩层。Maputo 组沉积浅水海绿石-石英砂岩和与泥岩相间的砂质灰岩,覆盖在玄武岩或陆源红层上。Lower Domo 组以暗色海相泥页岩为主,偶尔可见长石砂岩,厚度为 700~1 500 m,不整合沉积于 Karoo 火成岩之上<sup>[26]</sup>,超覆于 Maputo 组之上。北部的赞比西地堑中,陆相砂岩 Sena 组沉积于早侏罗纪火成岩之上,向东横穿 Urema 地堑,其组内底部可见火山岩夹层(lupata volcanics),为 Karoo 沉积和后 Karoo 沉积的标志性分界。

白垩纪中期,在阿尔必阶晚期出现短暂的海退,盆地东部沉积没有间断,但盆地边缘及更远的北部,早晚白垩世之间,即阿尔必阶晚期和森诺曼阶初期间的沉积地层存在边缘不整合<sup>[27]</sup>。除此之外,根据 Forster<sup>[27]</sup>对获取岩心的分析,盆地内部 Maputo 河地区的巴雷姆阶时期沉积序列及中期沉积厚度达到 500~600 m,60 km 以北,厚度减少到 60~90 m,缺乏-巴雷姆阶-阿尔必阶时期沉积的下部岩层; Maputo 河以北 170 km,仅有坎帕阶和马斯里奇特阶时期沉积



物覆盖于 Karoo 火成岩; 另一方面, 在早白垩世中期到晚白垩世中期, 虽然盆地南北部的沉积输送通量均存在大幅度增加的趋势, 但是存在南早北晚的差

异<sup>[22, 28]</sup>, 这些都说明盆地内存在从南向北连续增加的剥蚀, 长时间的构造隆升将莫桑比克南部的沉积盆地与赞比西一带分隔开。

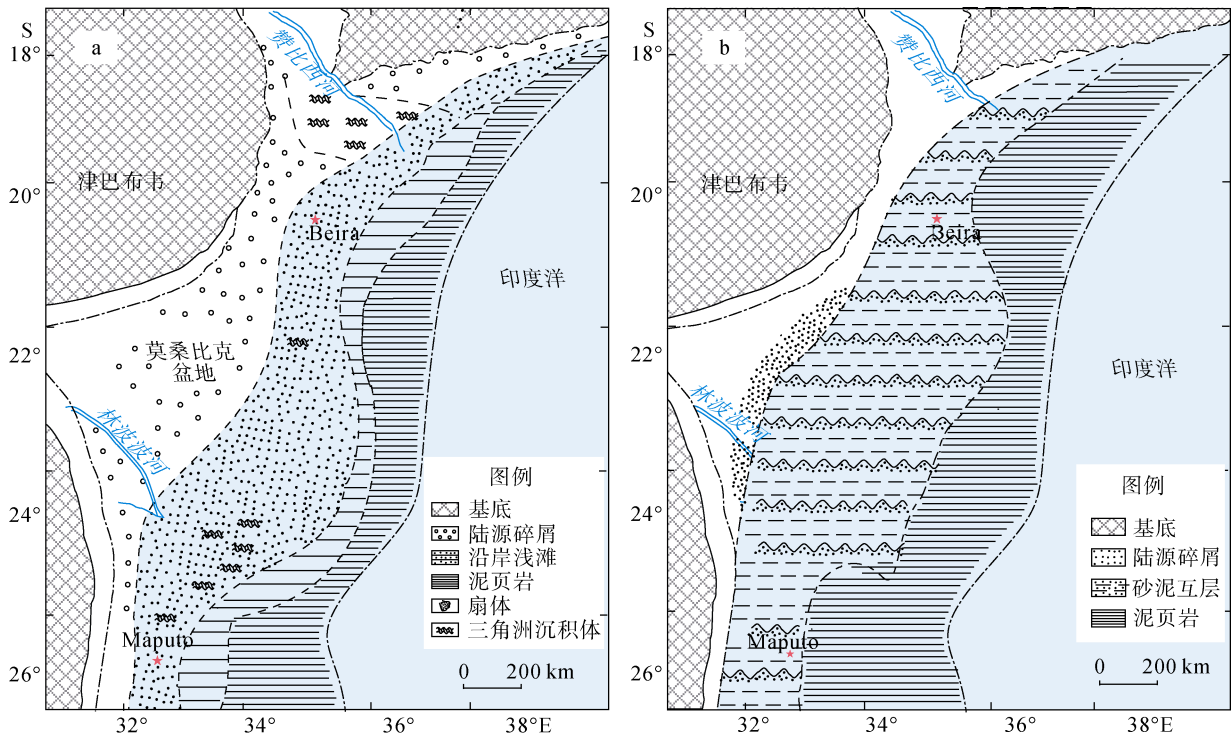


图 4 早白垩世时期(a)和晚白垩世时期(b)沉积展布图(修改自文献[16])

Fig. 4 Sedimentary distribution in the Early Cretaceous (a) and the Late Cretaceous (b) (modified after [16])

### 3.3.3 晚白垩世沉积特征

晚白垩世以来莫桑比克盆地形成稳定的被动大陆边缘, 并发育 3 个海相沉积组。晚期伴随着大规模持续海退, 在盆地边缘存在麦斯里希特阶末期的沉积间断, 形成边缘不整合面。岩浆活动依旧存在于北部海峡一带, 与印度和马达加斯加的分离及马斯克林盆地的形成有关<sup>[25, 29]</sup>。开放的海洋环境使得莫桑比克海峡在这一时期开始出现始于索马里一带的南北向底流, 对海底扇的沉积有一定的限制作用。在洋流的作用下, 北部贝拉高地一带可见等深流沉积<sup>[30]</sup>, 同期在南部也发育沉积物波。

Domo Sands 组为晚白垩世底层沉积组, 分布在盆地中部的浅水陆架, 由于这一时期海平面的旋回变化, 该沉积组以海绿石石英砂岩及暗色泥岩互层为特征(图 4b), 总厚度达到 200~250 m, 向东部及南部, 砂岩含量减少, 泥岩为主要沉积物。Upper Domo Shales 组为晚白垩世中层沉积组, 分布于盆地中南部, 是黏土密集层, 总体上厚度约 600~650 m。Domo 组整体沿着西北向岩性均发生变化, 以大陆砂砾岩

为主, 成为 Sena 组的一部分, 在赞比西一带厚度达到 2 500 m。

Lower Grudja 组占据晚白垩世顶部, 在盆地中部广泛分布, 沿着赞比西三角洲沉降带西侧发育, 厚度可达 1 100~1 200 m, 以黏土为主, 其中可见厚度从几米到五十米不等的海绿石石英砂岩层, 分布在沿岸带, 是在浅水陆架环境中形成的埋藏浅滩和沙坝。由于白垩纪末期的海退, 该组在盆地南部的高地和地垒区域普遍遭受剥蚀。向东在大陆斜坡广泛沉积页岩层, 向西堆积陆相和沿海陆源沉积物<sup>[25]</sup>。

中-晚白垩世时期, 在赞比西一带沉积物通量大幅度增加<sup>[22, 30]</sup>, 莫桑比克盆地南部<sup>[28]</sup> 和非洲南边 Outeniqua 盆地<sup>[31]</sup>及 Orange 三角洲<sup>[32-33]</sup>也出现同样的现象, 指示在这一时期存在挤压作用, 造成了南非整体的构造抬升<sup>[34]</sup>, 沉积物剥蚀量迅速增加, 在莫桑比克北部沿陆架-陆坡产生浊流。大量物源输送的条件下, 现今赞比西一带深水区陆隆形成海底扇, 受到底流的影响, 扇体远端沉积中心存在明显的南移, 使得其南侧的坡度比北面缓, 并形成沉积物波<sup>[30]</sup>。

### 3.3.4 新生代沉积特征

古新世以来, 由于陆源碎屑输入量较低<sup>[35]</sup>, 碳酸盐沉积占据主导, 在中始新世-渐新世其含量达到最大值, 盆地范围有 83% 被覆盖, 主要集中在沿岸带<sup>[28]</sup>。随着中新世物源输入的增加, 晚中新世时期沉积中心向海偏移, 上新世-更新世碳酸盐含量也迅速减少。

始新世晚期开始的海侵, 在末期达到最大海泛面, 以此可以将新生代的沉积划分为古近世-始新世及渐新世-新近纪两个阶段。晚始新世在陆架边缘地带存在沉积间断, 出现广泛的侵蚀, 形成不整合面。在非洲周边的许多边缘盆地中, 渐新世期间的沉积都很薄或者缺失<sup>[36]</sup>。中中新世短暂的海侵后, 大范围的海退持续至今。

古近世-始新世沉积序列包含 Upper Grudja 组和 Cheringoma 组, 以浅水陆架沉积为主, 向东延伸至大陆坡深水相, 泥质、页岩及灰质泥岩含量<sup>[16]</sup>。Upper Grudja 组以灰岩为主, 含有海绿石砂岩及泥质黏土, 总厚度达到 300~400 m; Cheringoma 组沉积含有黏土和钙质砂岩的含钙灰岩, 厚度约为 250 m, 广泛分布在沿岸带。

古新世以来, 古陆架浅海一带发育生物礁, 并持续至晚始新世。礁体成带状延伸分布于古陆架边缘带, 大致平行于海岸线。古新世礁体位于大陆架外缘赞比西三角洲拗陷中部, 向东受到水深的限制, 主要沉积泥页岩; 早始新世礁体以层间叠加的砂质灰岩、砂岩和泥灰岩为代表, 分布在 Upper Grudja 组的上半部, 在北部赞比西一带礁体的连续性被几个穿过古陆架的下切谷打断; 中-晚始新世礁体发育面积达到最大, 但在始新世后, 构造抬升及大量的陆源物质输入使生物礁不再发育。整体上, 礁体的生长不断向陆侧迁移, 表明这一时期存在持续的海侵。

渐新世-新近纪, 林波波和赞比西一带发育三角洲沉积。赞比西古三角洲的三角洲扇也包含了庞格河和布兹河古三角洲的沉积物, 由砾岩、砂、黏土互层组成。其凹陷内填充陆源沉积, 沉积速率高于沉降速率, 导致三角洲平原向东进积。林波波河三角洲复合体沉积于海相盆地, 陆源物质大量减少, 沉积主要集中在沿海平原。盆地中部赞比西河和林波波古三角洲之间新近纪的沉积主要分布在浅水陆架, 中新世的沉积分布最广, 包含 Inharrime, Temane 和 Jofane 三个沉积组。由于渐新世晚期的海退, 早中新世和中新世大多为潟湖环境, Inharrime 组沉积红色白云岩、红色黏土和砂岩, 厚度达到 100~350 m。

Temane 组由一层厚的含石膏蒸发岩组成, 主要分布在中部 Save 河一带。Jofane 以海相灰岩、砂屑灰岩、砂质灰岩为特征, 遍及整个沿海平原, 厚度可达 200 m。

自渐新世以来, 由于大量的物源输入, 赞比西三角洲一带沉积速率非常高<sup>[22, 30]</sup>, 浊流沉积发育, 沿陆坡形成海底峡谷。但是在盆地南部, 沉积物的输入自中新世开始才逐渐增加<sup>[28]</sup>。一方面, 北部地块的快速向东倾斜导致赞比西陆上地层强烈抬升, 与南部形成差异性构造演化; 另一方面, 考虑到渐新世的侵蚀不整合, 存在着晚渐新世大量沉积物被剥蚀并重新分布的可能性。这一时期物源输入的变化可能与东非裂谷体系的发育有关, 一系列断裂运动向南延伸, 对东边盆地存在一定的挤压作用。赞比西三角洲形态在中新世有明显的改变, 沉积物的分布出现倾斜特征, 在河口沿东南向呈条带状沉积, 表明存在从北到南流经莫桑比克海峡, 汇入阿古拉斯流的海流<sup>[22]</sup>, 控制了沉积物的展布。新近纪以来, 莫桑比克海脊南部一带也开始受到洋流主控的一系列沉积, 阿古拉斯流、南极中层流、北大西洋深层流及南极底层流沿着大陆与海脊边缘形成稳定的洋流循环系统<sup>[37]</sup>, 在地震剖面中可见对沉积地层的侵蚀作用及在等深流沉积中形成的漂积体<sup>[38-39]</sup>。

上新世沉积形成于一个广泛的海退期, 分布在莫桑比克盆地大部分地区, 为古沙丘、河流阶地和湖泊的陆相沉积, 海洋沉积物分布在现今陆架内, 由于赞比西河流域范围的扩大, 物源输送比较充足, 在赞比西三角洲的沉积达到最大厚度。

## 4 结论

1) 在冈瓦纳古陆的裂解背景下, 结合东非的区域性演化特征, 莫桑比克盆地的构造演化可以划分为断陷期与拗陷期, 分别对应裂谷阶段和被动大陆边缘阶段。

2) 受到构造演化的控制, 盆地整体的沉积环境及物源输入条件随之变化, 使得在不同时期沉积体系与沉积充填具有不同的特征。断陷期, 陆源碎屑大多充填于张裂地堑; 拗陷初期, 海陆过度相发育, 随后海相沉积范围不断扩大, 并且在海峡一带出现稳定的底流, 对沉积的改造作用使得沉积产物更加多样化; 拗陷中晚期, 晚白垩世末和渐新世末两次构造抬升导致沉积环境改变, 其中渐新世末以来碳酸盐沉积占据主导。显然, 盆地内沉积充填主要受构造抬升与海平面变化的影响。

参考文献:

- [1] Segoufin, J. Anomalies magnétiques mésozoïques dans le bassin de Mozambique[J]. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 1978, 287: 109-112.
- [2] König M, Jokat W. Advanced insights into magmatism and volcanism of the Mozambique Ridge and Mozambique Basin in the view of new potential field data[J]. Geophysical Journal International, 2010, 180(1): 158-180.
- [3] Leinweber V, Klingelhoefer F, Neben S, et al. The crustal structure of the Central Mozambique continental margin: Wide-angle seismic, gravity and magnetic study in the Mozambique Channel, Eastern Africa[J]. Tectonophysics, 2013, 599(4): 170-196.
- [4] 李国玉, 金之钧. 世界含油气盆地地图集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005.  
Li Guoyu, Jin Zhijun. Atlas of Petroliferous Basins in the World[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2005.
- [5] AAPG Database. Global Oil & Gas Fields with Sedimentary Provinces Layer[DB/OL]. [2019-01-27]. <https://www.aapg.org/>.
- [6] Flores G. The Cretaceous and Tertiary sedimentary basins of Mozambique and Zululand[C]//Blant G. Sedimentary Basins of the African Coasts, Part 2. Paris: Paris Association African Geological Surveys, 1973: 81-111.
- [7] Christian O M, Wilfried J, Bernd S. The crustal structure of Beira High, central Mozambique: Combined investigation of wide-angle seismic and potential field data[J]. Tectonophysics, 2016, 683: 233-254.
- [8] Fonseca D J, Chamussa J, Domingues A, et al. MOZART: A seismological investigation of the East African Rift in Central Mozambique[J]. Seismological Research Letters, 2014, 85(1): 108-116.
- [9] Graeme E, Matthias K, et al. A model of plate kinematics in Gondwana breakup[J]. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 2010, 173(2): 703-717.
- [10] Jokat W, Boebel T, König M, et al. Timing and geometry of the early Gondwana breakup[J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108 (B9): 1-15.
- [11] Bassias Y. Petrological and geochemical investigation of rocks from the Davie fracture zone (Mozambique Channel) and some tectonic implications[J]. Journal of African Earth Sciences, 1992, 15(3-4): 321-339.
- [12] Coffin M F, Rabinowitz P D. Reconstruction of Madagascar and Africa: Evidence from the Davie Fracture Zone and western Somali Basin[J]. Journal of Geophysical Research Solid Earth, 1987, 92 (B9): 9385-9406.
- [13] Mahanjane E S. The Davie Ridge and adjacent basins in the offshore Mozambique Margin: A new insight for the hydrocarbon potential[J]. Marine Petroleum Geology, 2014, 57 (2): 561-571.
- [14] Rabinowitz P D, Coffin M F, Falvey D. The separation of Madagascar and Africa[J]. Science, 1983, 220(4592): 67.
- [15] Marsh J S. The geophysical mapping of Mesozoic dykes in southern Africa and their origin in the disruption of Gondwana[J]. Journal of African Earth Sciences, 2002, 35(4): 525-527.
- [16] Salman G, Abdula I. Development of the Mozambique and Rovuma sedimentary basins, offshore Mozambique[J]. Sedimentary Geology, 1995, 96(1-2): 7-41.
- [17] Cox K G. Karoo igneous activity and the early stages of the break-up of Gondwanaland[J]. Geological Society London Special Publications, 1992, 68(1): 137-148.
- [18] Leinweber V T, Jokat W. The Jurassic history of the Africa-Antarctica corridor: New constraints from magnetic data on the conjugate continental margins[J]. Tectonophysics, 2012, s 530-531: 87-101.
- [19] Mahanjane E S. A geotectonic history of the northern Mozambique Basin including the Beira High: A contribution for the understanding of its development[J]. Marine and Petroleum Geology, 2012, 36 (1): 1-12.
- [20] Kent P E. Continental margin of East Africa: A region of vertical movements[C]//Bark C A, Drake C L. The Geology of Continental Margins. New York: Springer, 1974: 313-320.
- [21] Haq B U, Hardenbol J, Vail P R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 million years ago to present)[J]. Science, 1987, 235(4793): 1156-1167.
- [22] Walford H L, White N J, Sydow J C. Solid sediment load history of the Zambezi Delta[J]. Earth Planetary Science Letters, 2005, 238(1): 49-63.
- [23] Duncan R A, Hooper P R, Rehacek J, et al. The timing and duration of the Karoo igneous event, southern Gondwana[J]. Journal of Geophysical Research Solid Earth, 1997, 102(B8): 18127-18138.
- [24] Melluso L, Cucciniello C, Petrone C M, et al. Petrology of Karoo volcanic rocks in the southern Lebombo monocline, Mozambique[J]. Journal of African Earth Sciences, 2008, 52(4): 139-151.
- [25] Klimke J, Franke D, Gaedicke D, et al. How to identify oceanic crust: Evidence for a complex break-up in the Mozambique Channel, off East Africa[J]. Tectonophysics, 2016, 693: 436-452.
- [26] Kamen-Kaye M. Mozambique-Madagascar geosyncline, II: Petroleum geology[J]. Journal of Petroleum Geology, 2010, 5(3): 287-308.
- [27] Forster R. The geological history of the sedimentary basin of southern Mozambique, and some aspect of the origin of the Mozambique channel[J]. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 1975, 17 (4): 67-287.
- [28] Aymen S, Moder C, Clark S, et al. Cretaceous-Cenozoic sedimentary budgets of the Southern Mozambique Basin: Implications for uplift history of the South African Plateau[J]. Journal of African Earth Sciences,

- 2015, 109: 1-10.
- [29] Storey M, Mahoney J J, Saunders A D, et al. Timing of hot spot-related volcanism and the breakup of Madagascar and India[J]. *Science*, 1995, 267: 852-855.
- [30] Castelino J A, Reichert C, Klingelhoefer F, et al. Mesozoic and Early Cenozoic sediment influx and morphology of the Mozambique Basin[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2015, 66: 890-905.
- [31] Tinker J, Wit M D, Brown R. Linking source and sink: Evaluating the balance between onshore erosion and offshore sediment accumulation since Gondwana Break-up, South Africa[J]. *Tectonophysics*, 2008, 455(1): 94-103.
- [32] Michiel C J, De Wit. Post-Gondwana drainage and development of diamond placers in western South Africa[J]. *Economic Geology*, 1999, 94(5): 721-740.
- [33] Guillocheau F, Rouby D, Robin C, et al. Quantification and causes of the terrigenous sediment budget at the scale of a continental margin: A new method applied to the Namibia-South Africa margin[J]. *Basin Research*, 2012, 24(1): 3-30.
- [34] Gallagher K, Brown R, Osmaston M, et al. Denudation and uplift at passive margins: the record on the Atlantic Margin of southern Africa[J]. *Philosophical Transactions Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 1999, 357(1753): 835-859.
- [35] Schlager W. Carbonate sedimentology and sequence stratigraphy[J]. *Society for Sedimentary Geology*, 2005, 3(2): 1-12.
- [36] Jackson M P A, Hudec M R, Hegarty K A. The great West African Tertiary coastal uplift: Fact or fiction? A perspective from the Angolan divergent margin[J]. *Tectonics*, 2005, 24(6): 1-23.
- [37] Uenzelmann-Neben G, Huhn K. Sedimentary deposits on the southern South African continental margin: Slumping versus nondeposition or erosion by oceanic currents?[J]. *Marine Geology*, 2009, 266(1): 65-79.
- [38] Uenzelmann-Neben G, Watkeys M K, Kretzinger W, et al. Palaeoceanographic interpretation of a seismic profile from the southern Mozambique Ridge, southern Indian Ocean[J]. *South African Journal of Geology*, 2011, 114: 448-458.
- [39] Niemi T M, Ben-Avraham Z, Hartnady C J H, et al. Post-Eocene seismic stratigraphy of the deep ocean basin adjacent to the southeast African continental margin: a record of geostrophic bottom current systems[J]. *Marine Geology*, 2000, 162(2): 237-258.

## The tectonic evolution and sedimentary filling characteristics of the Mozambique Basin

GAO Ya<sup>1</sup>, TANG Yong<sup>1, 2</sup>, XIE Xi-nong<sup>1</sup>

(1. College of Marine Science and Technology, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou 310012, China)

**Received:** Mar.12, 2019

**Key words:** tectonic evolution; sedimentary filling; the Mozambique Basin; East African continental margin

**Abstract:** In this study, the regionally episodic tectonic evolution in the Mozambique Basin was analyzed based on literature review and regionally typical seismic profile interpretation. The study area considered here is the East African marginal intracontinental rift basin developed in the rifting stage and the depression stage divided by the late Jurassic break-up unconformity. In the rifting stage, the basin was characterized by continental lacustrine sedimentary filling. Afterward in the depression stage, it gradually changed from continental-marine transitional facies to shallow and deep water facies. It was observed that two tectonic uplifts of the late Cretaceous and Oligocene to Miocene greatly changed the sediment supply and the sedimentary environment of the basin. Additionally, deep water facies gradually evolved to shoreline facies or delta facies.

(本文编辑: 刘珊珊)