

文章编号: 1006-6616 (2017) 01-0141-09

# 塔里木盆地新生代海相沉积问题

李建锋<sup>1,2</sup>, 赵越<sup>1,2</sup>, 裴军令<sup>1,2</sup>, 刘锋<sup>1,2</sup>,  
周在征<sup>1,2</sup>, 高海龙<sup>1,2</sup>, 高亮<sup>1,2</sup>, 付自波<sup>3</sup>

(1. 国土资源部古地磁与古构造重建重点实验室, 北京 100081;

2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

3. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

**摘要:** 基于前人文献, 对塔里木盆地新生代海相沉积问题进行梳理, 进而探讨该盆地新生代海侵的次数和范围以及海退的时限、原因。研究表明, 新生代, 塔里木盆地至少经历古近纪的阿尔塔什晚期至齐姆根早期(古新世早期至古新世晚期)、卡拉塔尔期—乌拉根期(始新世中期)、巴什布拉克中期(始新世晚期至早渐新世)等三期海侵; 塔里木盆地中新世仍有海相地层这一认识获得广泛认可仍需更多的地质证据来支持。塔里木盆地海侵范围在卡拉塔尔—乌拉根组沉积时期达到最大, 向东可达玛扎塔格地区, 在盆地北缘和南缘分别可以到达库尔勒以东地区和洛浦县阿其克以东地区。由于受到全球海平面变化和构造运动的共同影响, 副特提斯海新生代从塔里木盆地退却的沉积记录包括齐姆根组顶部、乌拉根组顶部、巴什布拉克组第四段和第五段, 时间上分别对应于古新世晚期、始新世中晚期和早渐新世。

**关键词:** 塔里木盆地; 副特提斯海; 新生代; 海侵; 海退

**中图分类号:** P512.2 P534.6

**文献标识码:** A

## 0 引言

新生代以来, 印度大陆与欧亚大陆碰撞造成特提斯洋海退、青藏高原隆升, 并向北扩展一直到帕米尔高原北缘和塔里木盆地的南缘<sup>[1-10]</sup>。

塔里木盆地是受新生代印度大陆与欧亚大陆碰撞的影响, 副特提斯海海水经阿莱依海峡向西退却的区域<sup>[11-12]</sup>, 对喜马拉雅西构造结帕米尔高原和天山的碰撞具有重要的制约作用, 并与青藏高原的隆升和生长过程具有密切的关系。塔里木盆地新生代海相沉积问题不仅对研究帕米尔高原和天山的碰撞及青藏高原向北隆升和生长过程具有重要的科学意义, 对于盐类等矿床和油气资源评价同样有重要意义<sup>[13]</sup>。塔里木盆地新生代海相

沉积问题最早引起国内地学界的关注<sup>[13-18]</sup>。晚白垩世时期, 特提斯洋的海水大举向东入侵塔里木盆地<sup>[13, 15, 19-20]</sup>; 至新生代, 由于受到全球海平面变化和构造运动的共同影响, 特提斯洋在塔里木盆地经历几次海进海退, 最终退出<sup>[13, 19]</sup>。

本文在对前人文献进行研究的基础上, 梳理塔里木盆地新生代海相沉积问题, 进而探讨塔里木盆地新生代海侵的范围和最高海相层以及海退的时限、原因。

## 1 地质背景

塔里木盆地位于天山和昆仑山两个古生代褶皱带之间, 是在塔里木地台的基础上发展起来的<sup>[16]</sup>, 被许多学者认为是解决青藏高原隆升扩展

收稿日期: 2016-06-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(41201202, 41672202); 国家深部探测技术与实验研究专项(Sinoprobe08-01-01)

作者简介: 李建锋(1977-), 男, 博士, 构造地质学专业, 主要从事造山带与盆地演化及热年代学研究。E-mail: lijianfeng217@sina.com

通讯作者: 赵越(1955-), 男, 研究员, 从事区域构造、构造地貌和构造事件年代学研究。E-mail: yue\_zhao@cags.ac.cn

及动力学问题的关键地区<sup>[21]</sup>。现今的塔里木盆地主要由古生界克拉通盆地和中、新生界前陆盆地叠合而成，具有古老陆壳基底和多次沉降隆升的复杂的构造演化历史<sup>[11-12]</sup>。塔里木地块与其南面的西昆仑—阿尔金造山系从早古生代开始“焊接”；在北面，早古生代末期，塔里木地块东段与中天山增生弧地体碰撞<sup>[5]</sup>；塔里木地块西段晚古生代（石炭纪或二叠纪）与中天山增生弧地体碰撞<sup>[5,22]</sup>。新生代以来，受印度大陆与欧亚大陆碰撞

的影响，塔里木盆地周缘山地发生了强烈的隆升、缩短及走滑变形，形成了复杂的环型造山系；塔里木地块完成了与古亚洲体系和特提斯体系的对接，最终形成了特殊的盆地<sup>[5]</sup>。

塔里木盆地地层主要出露在盆地周缘（见图1），盆地内部大部分区域都被沙漠所覆盖，只在盆地中南部麻扎塔格和民丰地区有长条状隆起<sup>[23]</sup>。根据盆地内新生代地层的沉积特征，塔里木盆地可划分为塔西南地区、塔北地区和塔东南地区三个地区（见表1）。

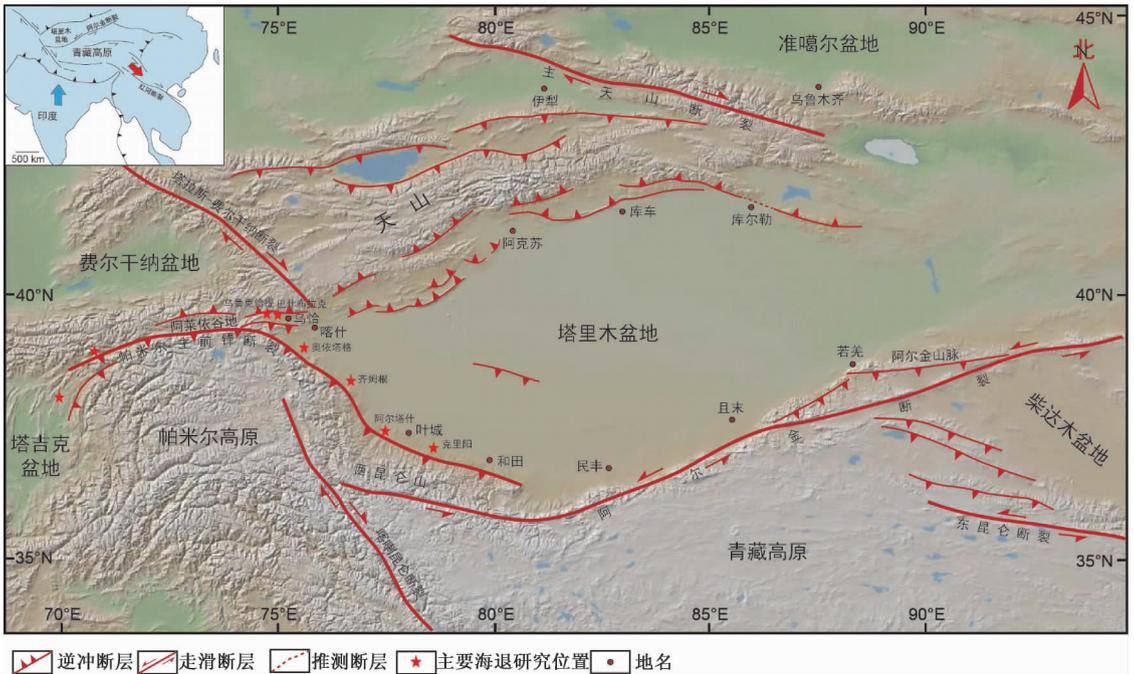


图1 塔里木盆地周缘主要断裂和地体

Fig. 1 Main faults and terranes surrounding the Tarim Basin

表1 塔里木盆地新生代地层<sup>[29,31-38]</sup>

Table 1 Cenozoic stratum in the Tarim Basin

地层		塔西南区	塔北区	塔东南区
第四系	下更新统	西域组	西域组	西域组
	上新统	阿图什组	库车组	库车组
新近系	中新统	乌恰群	帕卡布拉克组	康村组
			安居安组	吉迪克组
			克孜洛依组	苏维依组
古近系	渐新统	喀什群	巴什布拉克组	阿瓦特组
			卓尤勒干苏组	
	乌拉根组		小库孜拜组	
	卡拉塔尔组			塔拉克组
	盖吉塔格组		库姆格列木群	
	齐姆根组			
古新统	阿尔塔什组	塔拉克组		
			吐依洛克组	

塔西南地区古近系是在早白垩世以来塔里木海湾<sup>[13-14,24-25]</sup>的基础上发展起来的，为海陆交互相<sup>[26]</sup>。早白垩世，塔里木盆地与其西部的塔吉克盆

地、费尔干纳盆地相互连通<sup>[27-29]</sup>，西部特提斯海水通过阿莱依海道侵入塔里木盆地，形成一个向西开口的袋状海湾<sup>[13-14,24-25]</sup>。晚白垩世，西部特提斯海

侵作用加强, 特提斯海水通过阿莱依海道沿着天山前低地在靠近柯坪隆起的低洼处侵入到塔里木北缘<sup>[19]</sup>。白垩纪至古近纪时期, 特提斯海水多次经西部的阿赖依海道向东大规模侵入到塔里木盆地内部, 历经几次海侵与海退的过程, 形成了白垩纪—新近纪早期巨厚的海陆交互相地层。该套地层以滨岸、潟湖及台地相的碳酸盐岩、蒸发岩及碎屑岩为主, 其中含有海相生物化石(双壳类、腹足类、菊石、有孔虫、苔藓及鲨鱼牙等), 可以为层序地层学研究提供依据。塔西南地区古近系(见表 2)包括吐依洛克组, 喀什群的阿尔塔什组、齐姆根组、盖吉塔

格组、卡拉塔尔组、乌拉根组、卓尤勒干苏组和巴什布拉克组; 不同学者对该地区地层分类有不同的认识。根据吐依洛克组中发现的古新世生物化石(底栖有孔虫、介形虫)和稳定同位素(碳、氧)异常, 可将吐依洛克组<sup>[30]</sup>归为古新世。根据原齐姆根组上段和巴什布拉克组一段发现始新世有孔虫化石, 可将齐姆根组分为齐姆根组和盖吉塔格组; 将巴什布拉克组分为卓尤勒干苏组(始新世)和巴什布拉克组(渐新世)<sup>[31]</sup>。新近系包括中新统乌恰群的克孜洛依组、安居安组、帕卡布拉克组和上新统阿图什组(见表 1)。

表 2 塔里木盆地西南地区古近纪地层分类沿革<sup>[29,31-32,34,39]</sup>

Table 2 Paleogene strata classification evolution in southwestern Tarim Basin

地层	新疆地层表, 1981; 周志毅等, 1990	郝治纯, 1982	刘训等, 1997	郭宪璞等, 2000
渐新统	巴什布拉克组	巴什布拉克组	巴什布拉克组	巴什布拉克组
始新统	乌拉根组	卓尤勒干苏组	乌拉根组	卓尤勒干苏组
	卡拉塔尔组	乌拉根组	卡拉塔尔组	乌拉根组
		盖吉塔格组	齐姆根组	齐姆根组
古新统	齐姆根组	齐姆根组	阿尔塔什组	盖吉塔格组
	阿尔塔什组	阿尔塔什组		齐姆根组
				阿尔塔什组
				吐依洛克组

塔北地区古近纪地层包括库姆格列木群的塔拉克组、小库孜拜组和阿瓦特组。塔拉克组主要为潟湖相石膏岩夹少量白云岩, 下部含有少量非海相陆源碎屑岩; 小库孜拜组以褐红色、黄褐色砾状砂岩或砂、泥岩为主; 阿瓦特组为棕红色泥岩夹中厚层状灰白色石膏。塔北库车地区钙质超微化石证据表明, 塔拉克组下段属于晚白垩世, 上段属于古新世<sup>[20]</sup>。塔北地区新近纪地层包括中新统苏维依组、吉迪克组、康村组和上新统库车组, 中新统可与塔西南地区乌恰群进行对比。苏维依组出露灰绿色粉砂岩、泥岩, 含有少量石膏; 吉迪克组为紫红色含砾砂岩、灰绿色粉砂岩和泥岩, 含巨厚盐岩和石膏; 康村组为杂色砾岩, 紫红色、灰绿色含砾砂岩、粉砂岩。库车组为杂色砾岩, 紫红色、灰绿色含砾砂岩。

塔东南地区古近纪地层为库姆格列木群, 新近纪地层包括中新统苏维依组、吉迪克组、康村组和上新统库车组。

## 2 新生代海侵问题

### 2.1 海侵次数

不同学者对塔里木盆地新生代发生过几次海

侵认识不同。塔里木盆地西部白垩纪至古近纪海相地层研究<sup>[13]</sup>表明, 海水自白垩纪开始进入塔里木盆地。副特提斯海在塔里木盆地西部历经的海侵—海退旋回包括白垩纪的库克拜期、依格孜牙期, 古近纪的阿尔塔什晚期至齐姆根早期(古新世早期至古新世晚期)、卡拉塔尔期至乌拉根期(始新世中期)、巴什布拉克中期(始新世晚期至早渐新世)等 5 个阶段。塔里木盆地西部晚白垩世至古近纪海相沉积环境证实, 塔西南地区巴什布拉克组二段海水开始进入局部地区, 到第四段海水又开始退出, 这两段地层含有较多的海相动植物化石, 为潮下浅水硅酸岩泥相<sup>[18]</sup>。巴什布拉克、阿尔塔什、克孜、克里阳等剖面生物地层学和磁性地层学研究证实, 新生代塔西南地区副特提斯海有 3 次海侵事件, 但对于中新世是否存在海侵存在疑问<sup>[40]</sup>。

一些学者认为, 直到中新世塔里木盆地还有海相地层存在<sup>[15,17,19,41-42]</sup>。依据有孔虫化石的特征, 新近纪中新世西南天山山前残留海盆可划分为 *Cibicidoides* 和 *Ammonia* 两个有孔虫生物相区, 沉积环境分别代表较正常浅海和半咸水潟湖<sup>[15]</sup>。对塔里木盆地乌恰县克孜洛依剖面、英吉莎县齐姆根剖面、轮台县健仁沟剖面和轮一井的乌恰群

地层有孔虫化石进行分析表明,中新世早期至中期,副特提斯海海水再次进入塔里木盆地<sup>[17]</sup>。中新世塔里木盆地处于快速沉降阶段<sup>[15]</sup>,特提斯洋的海水仍能在海泛期沿着天山山前的通道到达库尔勒地区<sup>[19]</sup>。这表明,此时阿莱依海道仍未关闭,帕米尔与天山的碰撞并未真正开始。郭宪璞等<sup>[19]</sup>根据新生代塔西南地区各组沉积环境绘制出该地区新生代海水进退旋回图(见图2),并进一步认为中新世塔西南地区仍有残留海相地层。塔里木盆地东南缘米兰河剖面有孔虫化石和裂变径迹及U-Th/He热年代学研究表明,渐新一早中新世该地区仍然位于海平面附近,有可能是一个联通的海<sup>[41]</sup>。

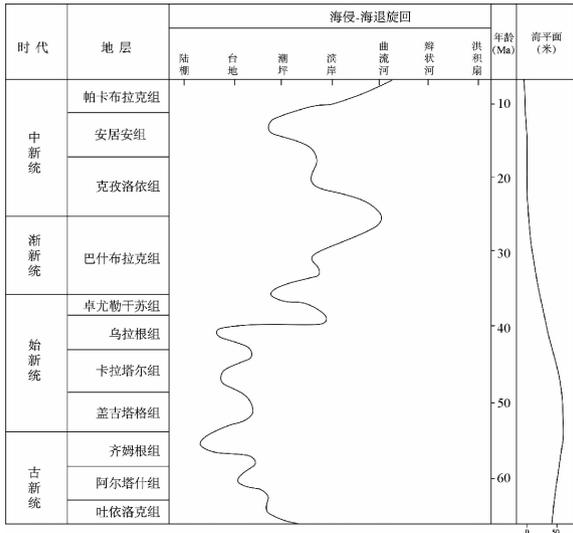


图2 新生代塔里木盆地西南地区海水进退旋回图<sup>[19]</sup>和全球海平面变化趋势<sup>[43]</sup>

Fig. 2 Cenozoic cycle of progressive and regressive in southwestern Tarim Basin and trend of global eustatic sea level

### 2.2 海侵范围

唐天福等<sup>[13]</sup>认为,古新世和始新世,塔里木盆地西部海水分布最广泛,海水沿着西昆仑山前可达洛甫县阿其克。由于被沙漠覆盖,海水的东部边界很难确定<sup>[13]</sup>。古近纪时期塔里木盆地的海水分布范围是白垩纪时期两倍,存在东塔里木海、西塔里木海和库车滨海潟湖3个区域<sup>[13]</sup>。库车地区古新世至始新世红层内夹层发现了产于灰岩、白云质灰岩和砂、泥灰岩的各类海相化石,表明库车大部分地区曾受古近纪海侵作用影响<sup>[13]</sup>。始新世时期是塔里木盆地新生代海盆发育的最好时期,此时海水分布范围最广,海水向东可达玛扎塔格地区,在北部沿着天山山前向东北可达库尔

勒以东地区,在盆地南缘沿昆仑山前向东可达洛甫县阿其克以东地区<sup>[13,33-34]</sup>(见图3)。多数情况下,海侵-海退过程形成一个完整的沉积环境和沉积序列。海侵早期海水较浅,环境动荡,一般生物不发育,形成碳酸岩;海侵中期海水较深,环境稳定,生物繁盛,生成暗色泥岩夹泥灰岩;海侵晚期海水变浅,环境又开始动荡,盐度增高,不利于生物生长,岩性为灰色泥岩夹介壳灰岩<sup>[13]</sup>。

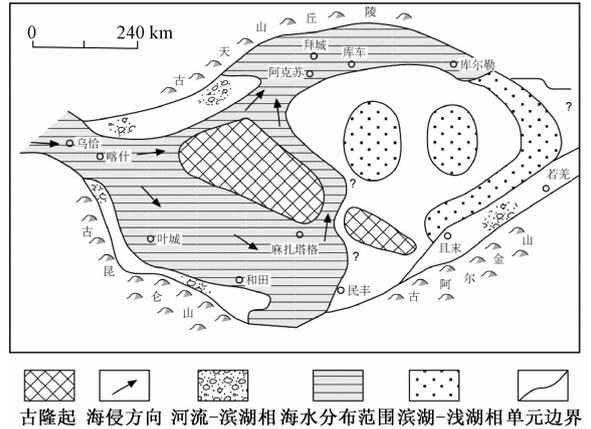


图3 塔里木盆地古近纪海侵古地理图<sup>[19]</sup>

Fig. 3 Paleogene transgressive paleogeographic map of Tarim Basin

晚始新世之后,受全球海平面升降和印度板块向北推移的共同作用<sup>[44]</sup>,海盆开始抬升,海水从塔里木盆地逐渐退出。中新世塔里木盆地处于快速沉降阶段<sup>[15]</sup>。郭宪璞等<sup>[19]</sup>认为,塔里木盆地在中新世是一个巨大的潟湖,残留海相地层主要分布于塔西南地区的乌鲁克恰特、巴什布拉克、库孜贡苏、杨叶、康什威尔至小阿图什等天山前缘地带;塔里木盆地中新世半咸水潟湖相海水呈条带状东西展布,海泛期特提斯洋的海水仍能沿着天山山前到达库尔勒地区(见图4)。胡兰英<sup>[17]</sup>认为,中新世早期至中期海侵海水最远可达库尔勒以东地区,海侵范围超过了自晚白垩世以来的海面。这表明,此时阿莱依海道仍未关闭,帕米尔与天山的碰撞并未真正开始。

### 3 新生代海退问题

塔里木古海湾新生代海退时限是国内外地质学界关心的热点问题之一。唐天福等<sup>[13,18]</sup>和钟石兰等<sup>[45]</sup>认为新生代副特提斯海从塔里木盆地退却的沉积记录包括齐姆根组顶部,乌拉根组顶部,巴什布拉克组第四段和第五段。郭宪璞等<sup>[19]</sup>认为

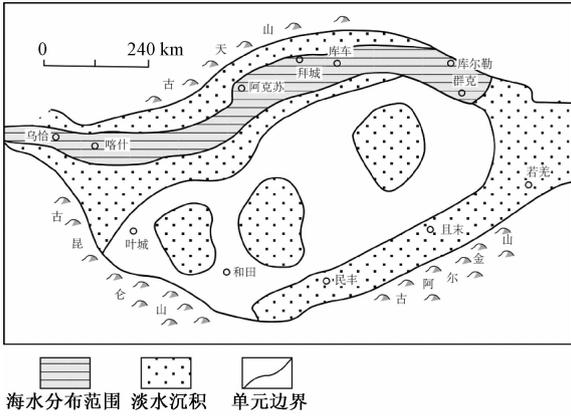


图 4 塔里木盆地中新世海水分布图  
(据郭宪璞等<sup>[19]</sup>修改)

Fig. 4 Miocene marine transgression distribution in Tarim Basin

中新世晚期可能在安居安组上段或帕卡布拉克组下段以后, 塔里木盆地由与海水相联通的巨大泻湖变成了淡水河湖, 开始完全陆相沉积演化阶段。

3.1 海退时限

关于新生代副特提斯海从塔里木盆地退却的时限, 存在着几种截然不同的观点。

塔西南地区奥依塔格剖面 and 克里阳剖面磁性地质学结合古生物化石研究<sup>[44,46]</sup>表明, 副特提斯海在距今约 47 Ma 和 40 Ma 最终从塔里木盆地退出, 但并未指出海退地层属于哪个岩组。塔西南地区介形虫、有孔虫、软体动物、钙质超微化石、孢粉学等生物地层学方法与磁性地质学对海退问题的综合研究<sup>[40,47-48]</sup>表明, 塔里木盆地分别在始新世距今约 41 Ma (乌拉根组上段) 和 37 Ma (巴什布拉克组四段) 海退, 最后一次海退范围在盆地的最西端 (见图 5), 属于巴尔顿阶 (Bartonian) 最晚期至早普里阿邦阶 (Priabonian)。由于海底地貌形态差异, 导致海水退出的时间有差别。尽管海水时进时退, 双壳化石等生物地层学证据<sup>[13]</sup>表明, 海水于晚始新世—早渐新世从巴什布拉克组四段开始退出, 直到第五段才从塔西南地区全部退出。塔里木盆地西部晚白垩世至古近纪钙质超微化石的研究<sup>[45]</sup>表明, 最后一次海退即从巴什布拉克组四段

退出的时间为晚始新世。塔西南地区乌鲁克恰提剖面生物地层分类和电子自旋测年<sup>[49]</sup>综合确定各岩组沉积时间和沉积环境的研究表明, 副特提斯海最终在早渐新世 (距今约 34 Ma) 从塔里木盆地退却。帕米尔西缘塔吉克盆地新生代地层火山灰锆石 U-Pb 年代学和钙质超微化石分析<sup>[50]</sup>证

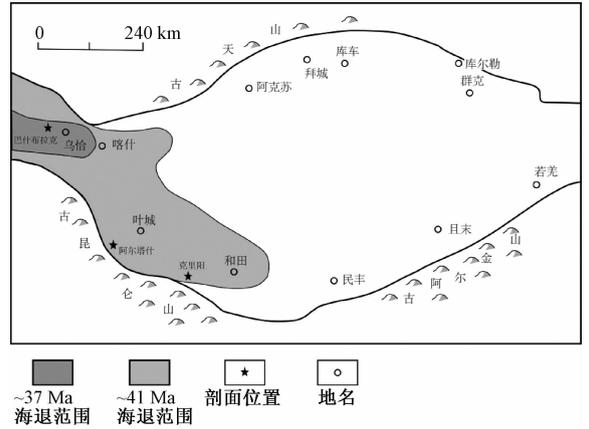


图 5 塔里木盆地第四、第五次海退范围分布图  
(据 Bosboom 等<sup>[40]</sup>修改)

Fig. 5 The fourth and fifth regression distribution of the Paratethys Sea from Tarim Basin

实, 中—晚始新世 (距今约 39 Ma) 副特提斯海从塔吉克盆地退出。

而部分学者认为中新世以后塔里木盆地才彻底变为陆相盆地<sup>[15,19,41]</sup>。郭宪璞等<sup>[19]</sup>认为, 可能在中新世晚期安居安组上段或帕卡布拉克组下段沉积以后, 帕米尔与西南天山的构造作用切断与塔里木盆地相连的海道使塔里木盆地开始完全陆相沉积演化阶段。塔里木盆地东南缘米兰河剖面有孔虫化石和裂变径迹及 U-Th/He 热年代学方法研究<sup>[41]</sup>表明, 渐新世—早中新世该地区仍然位于海平面附近, 有可能存在一个联通的海; 阿尔金山受青藏高原隆升的影响, 中中新世 (距今约 15 Ma) 随着特提斯洋的退却从海平面附近开始隆升成为现在的高山。

3.2 海退原因

一些学者认为引起塔里木盆地新生代海退的原因主要有构造运动和全球海平面变化或二者之一<sup>[40,44,49,51]</sup>, 但是不同学者对于二者在塔里木盆地新生代海退过程中所起的作用认识不同。白垩纪—古近纪可以识别出 5 个三级海平面变化旋回, 其中最后 2 个旋回随着海水达到最大侵位后逐级向西后退<sup>[40]</sup>。

塔西南地区库孜贡苏剖面晚白垩世至新生代海进—海退旋回曲线的变化<sup>[51]</sup>和全球海平面升降曲线<sup>[52]</sup>的同步性表明, 塔西南地区沉积旋回主要是由于全球海平面升降引起, 而不是局部构造运动所造成的。

塔西南地区奥依塔格剖面磁性地质学和乌鲁克恰提剖面生物地层分类与电子自旋测年研

究<sup>[44,49]</sup>表明,全球海平面变化和构造作用共同对新生代副特提斯海从塔里木盆地退出起作用,其中全球海平面变化是主要贡献者。此外,奥依塔格剖面位于活动构造区,构造引起的盆地沉降可能在海进过程中也起着次要作用<sup>[44]</sup>。

也有部分学者认为,青藏高原早期隆升引起的长期加积作用和海平面的短期变化共同引起副特提斯海从塔里木盆地退却<sup>[40]</sup>。第四次海退(距今约41 Ma)在时间上与路德阶(Lutetian)晚期原型副特提斯海与北极海的断开时间一致而且很迅速,表明这次海退是海平面变化对地形低缓陆缘盆地的控制<sup>[40]</sup>。塔西南地区海退缺乏穿时,并且海平面下降同时记录在全球海洋记录中和塔里木盆地、法国巴黎盆地、西班牙埃布罗(Ebro)盆地、罗马尼亚特兰西瓦尼亚(Transylvanian)盆地等欧亚盆地内,证实青藏高原早期隆升引起了中亚长期构造驱动海洋逐渐向西撤退,独立的海退由短期海平面下降引起<sup>[40]</sup>。

## 4 结 论

新生代副特提斯海在塔里木盆地至少经历古近纪阿尔塔什晚期至齐姆根早期(古新世早期至古新世晚期)、卡拉塔尔期—乌拉根期(始新世中期)、巴什布拉克中期(始新世晚期至早渐新世)等三次海侵;塔里木盆地中新世仍有海相地层这一认识获得广泛认可仍需更多的地质证据来支持。

新生代塔里木盆地卡拉塔尔—乌拉根期海侵范围最大,海水向东可达玛扎塔格地区,在北部沿着天山山前可达库尔勒以东地区,在盆地南缘沿昆仑山前向东可达洛浦县阿其克以东地区。巴什布拉克期和中新世海侵范围可能局限在盆地西部地区。

新生代副特提斯海从塔里木盆地退却的沉积记录包括齐姆根组顶部、乌拉根组顶部、巴什布拉克组第四段和第五段,时间上对应于古新世晚期、始新世中晚期和早渐新世。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Molnar P, England P, Martinod J. Mantle dynamics, uplift of the Tibetan Plateau, and the Indian monsoon [J]. *Reviews of Geophysics*, 1993, 31 (4): 357 ~ 396.
- [ 2 ] Tapponnier P, Xu Z Q, Roger F, et al. Oblique stepwise rise and growth of the Tibet Plateau [J]. *Science*, 2001, 294 (5547): 1671 ~ 1677.
- [ 3 ] 王成善, 朱利东, 刘志飞. 青藏高原北部盆地构造沉积演化与高原向北生长过程 [J]. *地球科学进展*, 2004, 19 (3): 373 ~ 381.  
WANG Cheng-shan, ZHU Li-dong, LIU Zhi-fei. Tectonic and sedimentary evolution of basins in the north of Qinghai-Tibet plateau and northward growth process of Qinghai-Tibet plateau [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2004, 19 (3): 373 ~ 381.
- [ 4 ] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 青藏高原与大陆动力学——地体拼合、碰撞造山及高原隆升的深部驱动力 [J]. *中国地质*, 2006, 33 (2): 221 ~ 238.  
XU Zhi-qin, YANG Jing-sui, LI Hai-bing, et al. The Qinghai-Tibet plateau and continental dynamics: A review on terrain tectonics, collisional orogenesis, and processes and mechanisms for the rise of the plateau [J]. *Geology in China*, 2006, 33 (2): 221 ~ 238.
- [ 5 ] 许志琴, 李思田, 张建新, 等. 塔里木地块与古亚洲/特提斯构造体系的对接 [J]. *岩石学报*, 2011, 27 (1): 1 ~ 22.  
XU Zhi-qin, LI Si-tian, ZHANG Jian-xin, et al. Paleo-Asian and Tethyan tectonic systems with docking the Tarim block [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27 (1): 1 ~ 22.
- [ 6 ] 许志琴, 杨经绥, 李文昌, 等. 青藏高原中的古特提斯体制与增生造山作用 [J]. *岩石学报*, 2013, 29 (6): 1847 ~ 1860.  
XU Zhi-qin, YANG Jing-sui, LI Wen-chang, et al. Paleo-Tethys system and accretionary orogen in the Tibet Plateau [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2013, 29 (6): 1847 ~ 1860.
- [ 7 ] 李海兵, Valli Franck, Arnaud Nicolas, 等. 喀喇崑崙断裂带走滑过程中伴随的快速隆升作用: 热年代学证据 [J]. *岩石学报*, 2008, 24 (7): 1552 ~ 1566.  
LI Hai-bing, Franck V, Nicolas A, et al. Rapid uplifting process of strike-slip along the Karakorum fault zone in western Tibet: Evidence from <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar thermochronology [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2008, 24 (7): 1552 ~ 1566.
- [ 8 ] Godin L, Grujic D, Law R D, et al. Channel flow, ductile extrusion and exhumation in continental collision zones: an introduction [J]. *Geological Society, London, Special Publications*, 2006, 268 (1): 1 ~ 23.
- [ 9 ] Leier A L, DeCelles P G, Kapp P, et al. Lower Cretaceous strata in the Lhasa terrane, Tibet, with implications for understanding the early tectonic history of the Tibetan Plateau [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2007, 77 (10): 809 ~ 825.
- [ 10 ] Wang C S, Zhao X X, Liu Z F, et al. Constraints on the early uplift history of the Tibetan Plateau [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105 (13): 4987 ~ 4992.
- [ 11 ] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 1 ~ 295.  
JIA Cheng-zao. Tectonic characteristics and petroleum in Tarim Basin, China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997:

- 1 ~ 295.
- [12] 贾承造. 塔里木盆地构造特征与油气聚集规律 [J]. 新疆石油地质, 1999, 20 (3): 177 ~ 183.  
JIA Cheng-zao. Structural characteristics and oil/gas accumulative regularity in Tarim basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20 (3): 177 ~ 183.
- [13] 唐天福, 杨恒仁, 蓝琇, 等. 新疆塔里木盆地西部白垩纪至早第三纪海相地层及含油性 [M]. 北京: 科学出版社, 1989.  
TANG Tian-fu, YANG Heng-ren, LAN Xiu, et al. Marine Late Cretaceous and Early Tertiary stratigraphy and petroleum geology in western Tarim Basin, China [M]. Beijing: Science Press, 1989.
- [14] 郝诒纯, 曾学鲁. 新疆喀什盆地早第三纪有孔虫 [J]. 古生物学报, 1980, 19 (2): 152 ~ 172.  
HAO Yi-chun, ZENG Xue-lu. Early Tertiary foraminifera from the Kashi Basin in Xinjiang [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1980, 19 (2): 152 ~ 172.
- [15] 郝诒纯, 曾学鲁, 裴松余, 等. 新疆塔里木盆地中新世有孔虫及其地质意义 [J]. 中国地质科学院院报, 1982, 4 (1): 69 ~ 82.  
HAO Yi-chun, ZENG Xue-lu, QIU Song-yu, et al. Miocene foraminifera of Tarim basin, Xinjiang and their geological significance [J]. Bulletin of Chinese Academy of Geological Sciences, 1982, 4 (1): 69 ~ 82.
- [16] 郝诒纯, 曾学鲁. 从有孔虫的特征探讨中新世西塔里木古海湾的演变 [J]. 微体古生物学报, 1984, 1 (1): 1 ~ 18.  
HAO Yi-chun, ZENG Xue-lu. On the evolution of the western Tarim gulf from Mesozoic to Cenozoic in terms of characteristics of foraminiferal fauna [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1984, 1 (1): 1 ~ 18.
- [17] 胡兰英. 塔里木盆地晚第三纪有孔虫古生态及地质意义 [J]. 科学通报, 1982, 27 (15): 938 ~ 941.  
HU Lan-ying. Late Tertiary foraminifer ecology of the Tarim basin and its geological significance [J]. Chinese Science Bulletin, 1982, 27 (15): 938 ~ 941.
- [18] 唐天福, 薛耀松, 俞从流. 新疆塔里木盆地西部晚白垩世至早第三纪海相沉积特征及沉积环境 [M]. 北京: 科学出版社, 1992.  
TANG Tian-fu, XUE Yao-song, YU Cong-liu. Characteristics and sedimentary environments of the Late Cretaceous to Early Tertiary marine strata in the western Tarim basin [M]. Beijing: Science Press, 1992.
- [19] 郭宪璞, 丁孝忠, 何希贤, 等. 塔里木盆地中新世海侵和海相地层研究的新进展 [J]. 地质学报, 2002, 76 (3): 299 ~ 307.  
GUO Xian-pu, DING Xiao-zhong, HE Xi-xian, et al. New process in the study of marine transgressional events and marine strata of the Meso-Cenozoic in the Tarim basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2002, 76 (3): 299 ~ 307.
- [20] 苏新, 郭宪璞, 丁孝忠. 塔里木北部库车前陆盆地晚白垩世和古新世的钙质超微化石组合 [J]. 现代地质, 2003, 17 (4): 370 ~ 377.  
SU Xin, GUO Xian-pu, DING Xiao-zhong. Late Cretaceous and Paleocene calcareous nannofossil assemblages from Kuche foreland basin in the northern Tarim basin [J]. Geoscience, 2003, 17 (4): 370 ~ 377.
- [21] 崔军文, 郭宪璞, 丁孝忠, 等. 西昆仑—塔里木盆地盆-山结合带的中、新生代变形构造及其动力学 [J]. 地学前缘, 2006, 13 (4): 103 ~ 118.  
CUI Jun-wen, GUO Xian-pu, DING Xiao-zhong, et al. Mesozoic-Cenozoic deformation structures and their dynamics in the basin-range junction belt of the west Kunlun-Tarim basin [J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13 (4): 103 ~ 118.
- [22] 高俊, 钱青, 龙灵利, 等. 西天山的增生造山过程 [J]. 地质通报, 2009, 28 (12): 1804 ~ 1816.  
GAO Jun, QIAN Qing, LONG Ling-li, et al. Accretionary orogenic process of western Tianshan, China [J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28 (12): 1804 ~ 1816.
- [23] 杨逸畴, 周兴佳, 赵景峰, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地两处高地的地质地貌对比研究——麻扎塔格山和北民丰隆起 [J]. 干旱区研究, 1993, 10 (3): 10 ~ 15.  
YANG Yi-chou, ZHOU Xing-jia, ZHAO Jing-feng, et al. Comparing research of geology and geomorphology of two highlands (MazarTagh and north Minfeng Uplift) in the interior of Taklimakan desert [J]. Arid Zone Research, 1993, 10 (3): 10 ~ 15.
- [24] 雍天寿, 单金榜. 白垩纪及早第三纪塔里木海湾的形成与发展 [J]. 沉积学报, 1986, 4 (3): 67 ~ 76.  
YONG Tian-shou, SHAN Jin-bang. The development and formation of the Tarim Gulf in Cretaceous-Paleogene ages [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1986, 4 (3): 67 ~ 76.
- [25] 丁孝忠, 郭宪璞, 彭阳, 等. 新疆塔里木盆地白垩纪—第三纪层序地层学研究 [J]. 地球学报, 2002, 23 (3): 243 ~ 248.  
DING Xiao-zhong, GUO Xian-pu, PENG Yang, et al. A study of the Cretaceous-Tertiary sequence stratigraphy of Tarim Basin, Xinjiang [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2002, 23 (3): 243 ~ 248.
- [26] 邵龙义, 罗文林, 顾家裕, 等. 塔里木盆地古近系层序地层研究 [J]. 古地学报, 2007, 9 (3): 283 ~ 292.  
SHAO Long-yi, LUO Wen-lin, GU Jia-yu, et al. A basin-wide sequence stratigraphic analysis of the Paleogene in Tarim Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2007, 9 (3): 283 ~ 292.
- [27] 田在艺, 柴桂林, 林梁. 塔里木盆地的形成与演化 [J]. 新疆石油地质, 1990, 11 (4): 259 ~ 275.  
TIAN Zai-yi, CHAI Gui-lin, LIN Liang. Formation and evolution of the Tarim Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1990, 11 (4): 259 ~ 275.
- [28] 丁道桂, 刘伟新, 崔可锐, 等. 塔里木中生代前陆盆地构造分析与油气领域 [J]. 石油实验地质, 1997, 19 (2): 97 ~ 107.  
DING Dao-gui, LIU Wei-xin, CUI Ke-rui, et al. Tectonic

- analysis and hydrocarbon domains in the Mesozoic and Cenozoic foreland basins of Tarim [J]. *Experimental Petroleum Geology*, 1997, 19 (2): 97 ~ 107.
- [29] 刘训, 吴绍祖, 付德荣, 等. 塔里木板块周缘的沉积-构造演化 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1997: 1 ~ 257.
- LIU Xun, WU Shao-zu, FU De-rong, et al. The sedimentary tectonic evolution of Tarim Plate and its surrounding area [M]. Urumqi: Xinjiang Science Technology and Hygiene Publishing House, 1997: 1 ~ 257.
- [30] 郭宪璞. 塔里木盆地西部海相白垩系—第三系界线划分的研究 [J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 1990, 15 (3): 325 ~ 335.
- GUO Xian-pu. Study on marine Cretaceous-Tertiary boundary in the western Tarim basin [J]. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 1990, 15 (3): 325 ~ 335.
- [31] 新疆维吾尔自治区区域地层表编写组. 西北地区区域地层表——新疆维吾尔自治区分册 [M]. 北京: 地质出版社, 1981: 1 ~ 496.
- Compilation Group of Regional Stratigraphic Table in the Xinjiang Uygur Autonomous Region. Northwest regional stratigraphic table—the Xinjiang Uygur Autonomous Region Volume [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1981: 1 ~ 496.
- [32] 郝诒纯, 曾学鲁, 李汉敏. 塔里木盆地西部晚白垩世—第三纪地层及有孔虫 [J]. *地球科学: 武汉地质学院学报*, 1982, 17 (2): 1 ~ 161.
- HAO Yi-chun, ZENG Xue-lu, LI Han-min. Late Cretaceous and Tertiary strata and foraminifera in western Tarim basin [J]. *Earth Science: Journal of Wuhan College of Geology*, 1982, 17 (2): 1 ~ 161.
- [33] 郭宪璞. 论塔里木盆地西部海相古新统划分 [J]. *地质论评*, 1994, 40 (4): 322 ~ 329.
- GUO Xian-pu. The stratigraphic division of the marine Paleocene in the western Tarim basin [J]. *Geological Review*, 1994, 40 (4): 322 ~ 329.
- [34] 郭宪璞, 郝诒纯, 叶留生, 等. 新疆塔西南区海相白垩系—第三系界线的地球化学异常 [J]. *现代地质*, 2000, 14 (3): 348 ~ 354.
- GUO Xian-pu, HAO Yi-chun, YE Liu-sheng, et al. Abnormal geochemical characteristics of the boundary between the marine Cretaceous-Tertiary in the southwestern Tarim basin [J]. *Geoscience*, 2000, 14 (3): 348 ~ 354.
- [35] 丁孝忠, 刘训, 吴绍祖, 等. 塔里木盆地西部库孜贡苏地区白垩—早第三纪沉积特征及沉积环境探讨 [J]. *新疆地质*, 1993, 11 (3): 179 ~ 193.
- DING Xiao-zhong, LIU Xun, WU Shao-zu, et al. Discussion on the Cretaceous-Paleogene sedimentary features and environments of Kuzigongsu area, western Tarim basin [J]. *Xinjiang Geology*, 1993, 11 (3): 179 ~ 193.
- [36] 丁孝忠, 林畅松, 刘景彦, 等. 塔里木盆地白垩纪—新近纪盆地耦合过程的层序地层响应 [J]. *地学前缘*, 2011, 18 (4): 144 ~ 157.
- DING Xiao-zhong, LIN Chang-song, LIU Jing-yan, et al. The sequence stratigraphic response to the basin-orogene coupling process of Cretaceous-Neogene in Tarim Basin, China [J]. *Earth Science Frontiers*, 2011, 18 (4): 144 ~ 157.
- [37] 贾承造, 张师本, 吴绍祖. 塔里木盆地及周边地层研究 (上、下册) [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1 ~ 1063.
- JIA Cheng-zao, ZHANG Shi-ben, WU Shao-zu. Stratigraphy of the Tarim Basin and Adjacent Areas (upper and lower volumes) [M]. Beijing: Science Press, 2004, 1 ~ 1063.
- [38] 邵龙义, 何志平, 顾家裕, 等. 塔里木盆地古近纪岩相古地理 [J]. *古地理学报*, 2006, 8 (3): 353 ~ 364.
- SHAO Long-yi, HE Zhi-ping, GU Jia-yu, et al. Lithofacies palaeogeography of the Paleogene in Tarim Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2006, 8 (3): 353 ~ 364.
- [39] 周志毅, 陈丕基. 塔里木生物地层和地质演化 [M]. 北京: 科学出版社, 1990: 1 ~ 366.
- ZHOU Zhi-yi, CHEN Pei-ji. Stratigraphy in Tarim Basin [M]. Beijing: Science Press, 1990: 1 ~ 366.
- [40] Bosboom R, Dupont-Nivet G, Grothe A, et al. Timing, cause and impact of the late Eocene stepwise sea retreat from the Tarim Basin (west China) [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2014, 403: 101 ~ 118.
- [41] Ritts B D, Yue Y J, Graham S A, et al. From sea level to high elevation in 15 million years: Uplift history of the northern Tibetan Plateau margin in the Altun Shan [J]. *American Journal of Science*, 2008, 308 (5): 657 ~ 678.
- [42] Wei H H, Meng Q R, Ding L, et al. Tertiary evolution of the western Tarim basin, northwest China: A tectono-sedimentary response to northward indentation of the Pamir salient [J]. *Tectonics*, 2013, 32 (3): 558 ~ 575.
- [43] Miller K G, Komazin M A, Browning J V, et al. The Phanerozoic record of global sea-level change [J]. *Science*, 2005, 310 (5752): 1293 ~ 1298.
- [44] Sun J M, Jiang M S. Eocene seawater retreat from the southwest Tarim Basin and implications for early Cenozoic tectonic evolution in the Pamir Plateau [J]. *Tectonophysics*, 2013, 588: 27 ~ 38.
- [45] 钟石兰. 新疆塔里木盆地西部晚白垩世至早第三纪钙质超微化石 [M]. 北京: 科学出版社, 1992: 1 ~ 121.
- ZHONG Shi-lan. Calcareous nannofossils from the Upper Cretaceous and Lower Tertiary in the western Tarim Basin, South Xinjiang, China [M]. Beijing: Science Press, 1992: 1 ~ 121.
- [46] Sun J M, Windley B F, Zhang Z L, et al. Diachronous seawater retreat from the southwestern margin of the Tarim Basin in the late Eocene [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2016, 116: 222 ~ 231.
- [47] Bosboom R E, Dupont-Nivet G, Houben A J P, et al. Late Eocene sea retreat from the Tarim Basin (west China) and concomitant Asian paleo-environmental change [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2011, 299

- (3): 385 ~ 398.
- [48] Bosboom R, Dupont-Nivet G, Grothe A, et al. Linking Tarim Basin sea retreat (west China) and Asian aridification in the Late Eocene [J]. *Basin Research*, 2014, 26 (5): 621 ~ 640.
- [49] Wang X, Sun D H, Chen F H, et al. Cenozoic paleo-environmental evolution of the Pamir-Tien Shan convergence zone [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2014, 80: 84 ~ 100.
- [50] Carrapa B, DeCelles P G, Wang X, et al. Tectono-climatic implications of Eocene Paratethys regression in the Tajik basin of central Asia [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2015, 424: 168 ~ 178.
- [51] 刘训, Grahah S, Chang E, 等. 塔里木板块周缘晚古生代以来的构造演化 [J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 1994, 19 (6): 715 ~ 725.
- LIU Xun, Grahah S, Chang E, et al. Tectonic evolution of Tarim plate and its surrounding area since late Paleozoic [J]. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 1994, 19 (6): 715 ~ 725.
- [52] Haq B U, Hardenbol J, Vail P R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic [J]. *Science*, 1987, 235 (4793): 1156 ~ 1167.

## CENOZOIC MARINE SEDIMENTATION PROBLEM OF THE TARIM BASIN

LI Jian-feng<sup>1,2</sup>, ZHAO Yue<sup>1,2</sup>, PEI Jun-ling<sup>1,2</sup>, LIU Feng<sup>1,2</sup>,  
ZHOU Zai-zheng<sup>1,2</sup>, GAO Hai-long<sup>1,2</sup>, GAO Liang<sup>1,2</sup>, FU Zi-bo<sup>3</sup>

(1. *Key Laboratory of Paleomagnetism and Tectonic Reconstruction of Ministry of Land and Resources, Beijing100081, China;*

2. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing100081, China;*

3. *School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)*

**Abstract:** Based on former studies, this paper combines the problems on Cenozoic marine sedimentation of Tarim basin and discusses the times and scope of transgression, and time and cause of the Paratethys regression from Tarim basin in Cenozoic. The results suggest that Tarim basin experienced at least three marine incursions in Cenozoic, they are Late Aertashi-Early Qimugen (the Early Paleocene to Late Paleocene), Kalatar-Wulagen (the Middle Eocene) and Middle Bashibulake (the Late Eocene to Early Oligocene). Further evidence is needed for the recognition of the marine strata that existed in Tarim basin in Miocene. The maximum transgression corresponded to the Kalatar-Wulagen. Further, the seawater reached Mazhatagh, then the east of Kuala and the east of Aqike, which are northern and southern margins of Tarim basin, respectively. On the effect of global eustatic sea level change combined with tectonism in Cenozoic, the top of the Qimugen, the top of the Wulagen and, the fourth and fifth segments of the Bashibulake formed due to the Paratethys Sea regression, corresponding to Late Paleocene, Late Eocene and Early Oligocene, respectively.

**Key words:** Tarim basin; Paratethys Sea; Cenozoic; transgression; regression