

柴达木盆地阿尔金斜坡层序地层 及湖盆充填型式

付国民¹ 李永军² 梁志录³ 柳 煜³

(1.成都理工大学石油系,四川 成都 610059 2.长安大学,陕西 西安 710050 3.甘肃地勘局,甘肃 兰州 730000)

提要 根据基准面分析原理,柴达木盆地阿尔金斜坡新近系、古近系发育了构造侵蚀不整合界面、局部构造运动叠加凝聚界面、相转换面、湖泛面等4类等时或准等时界面,依次将新近系、古近系湖盆充填体系划分为3个构造层序和4个成因层序,并建立了等时地层格架和初始裂陷型、伸展裂陷型、湖盆萎缩型3种不同的层序式样,每种层序式样受特定的沉积古构造背景控制,并具有不同的内部构成,从而形成了柴达木新近纪、古近纪湖盆沉积中心不断东移,总体向上变细的湖盆充填模式。

关键词 层序地层;层序型式;湖盆充填模式;柴达木

中图分类号 P534.6 文献标识码 A 文章编号:1000-3657(2002)02-0172-06

柴达木盆地是在柴达木地块基础上发育起来的中新生代山间盆地,其盆地构成主体新近系、古近系是在前新生代伸展裂陷盆地基础上形成的以拗陷为主的盆地,发育了巨厚的河湖相碎屑岩建造,是柴达木盆地西北油气勘探的主力区块。阿尔金斜坡是柴达木盆地的一个二级构造单元(图1),位于阿尔金山南麓,茫崖凹陷北缘,是柴达木新近系、古近系古湖盆南缘陡坡带的主要组成部分。本文旨在以层序地层学基本原理为出发点,以构造地层、层序地层分析法和基准面分析原理为手段,应用露头调查、高分辨率地震剖面、测井曲线、岩相和古生物资料,识别不同级别的层序界面,建立等时地层格架,并研究层序型式、体系域特征及盆地充填模式。

其次构造活动产生的古地理背景对层序内部结构和型式产生影响,并构成层序体系域不同沉积体系的

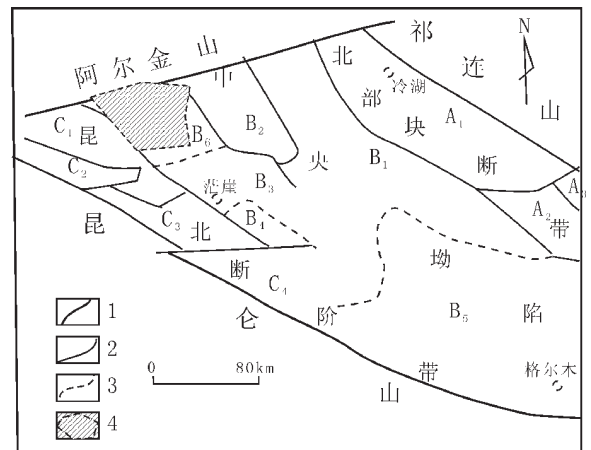


图1 柴达木盆地西部构造格架图

Fig. 1 Tectonic framework of the western Qaidam basin

- A₁—赛昆凹陷; A₂—大红沟凸起; A₃—鱼卡红山凹陷;
- B₁—里坪凹陷; B₂—大凤山凸起; B₃—茫崖凹陷;
- B₄—黄石凸起; B₅—三湖凹陷; B₆—阿尔金斜坡; C₁—尕斯库勒凹陷;
- C₂—铁木里克凸起; C₃—东柴山斜坡; C₄—塔尔丁斜坡;
- 1—一级断层; 2—二级断层; 3—过渡边界; 4—研究区域

1 层序地层的划分及构成格架

构造、气候和物源的供给,通过对基准面升降旋回的作用,实现了对层序地层发育的控制^[1-2],对陆相断拗盆地而言,构造运动对盆地充填序列控制是第一重要因素,主要表现为构造作用控制下的可容纳空间决定了层序发育的规模、速度和空间的几何结构,而可容纳空间的形成速率控制着层序边界的形成^[3],

组合,在柴达木盆地这一点尤其明显,构造旋回控制了构造层序的发育,而构造幕及气候决定了成因层序的形成,物源供给速率和可容纳空间的变化速率关系决定了体系域的特征^[4-5]。通过识别不同级别的不整合界面及其相应的整合界面,可建立盆地层序格架,进一步研究体系域特征和层序式样^[6]。

1.1 等时界面的划分

通过地震界面解释,地表露头观察和钻井资料所进行的构型分析,于本区新近系、古近系湖盆充填层序中共建了4类等时和准等时地层界面。

(1)构造侵蚀不整合面:是由区域性构造事件产生的不整合面,代表了盆地演化过程中不同的构造体制,并用以划分构造层序,在盆地中这种界面有:

T_0 界面,为盆地基底面,形成于晚白垩世末期,为燕山古构造运动的产物,界面记录了中生代前裂陷盆地的封闭隆起和遭受剥蚀的过程。

T_1 界面,分割第一和第二构造层序的界面,是喜山期早期构造运动产物。钻井取芯普见底砾岩和古风化壳,界面之下为古—始新世断拗盆地,边界同沉积正断裂为控盆断裂,界面之古近系盆地沉积主体为拗陷盆地,控盆断裂为走滑—逆冲断裂。

T_6 界面,为盆地新近系顶面,是喜山末期构造运动产物。根据地震、钻井和地面露头反映,此界面在三湖地区和其他较大凹陷,界面上下为连续沉积,而在柴西地区,特别是七个泉和红沟子等构造界面为微角度和小角度不整合面,代表湖盆全面萎缩,中心东移,这一古地理变迁,揭开了青藏高原强烈隆升和构造变形的序幕。

(2)局部构造运动叠加的凝聚界面:该界面通常形成于盆地基底沉降速率近于零,湖水面无变化,源区侵蚀作用也很弱的慢速沉积或无沉积过程。以细粒悬浮沉积或化学沉淀物为标志,其顶界面称之为凝聚界面,即相当于通常所称的高位滞留层,界面之下大多为退覆式的进积层序。在凝聚界面形成之后,若被抬升性构造运动叠加,则显示一部分地层被剥蚀而保留角度不整合,而另一部分则显示为整合接触的复合界面。柴西地区见有两条构造运动叠加的凝聚界面,主要发育于湖盆拗陷阶段,分别限定了3个不同类型的层序。

T_3 界面,形成于中新世末,是喜山中幕运动的产物。在区外的七个泉、红柳泉等地普见明显的角度不

整合,下油砂山组超覆于不同的层位之上。在本区此界面为一相对整合界面,界面之下为中新世末形成的碳酸盐岩凝聚层,界面之上为相对超覆的湖进体系域。同时, T_3 界面在本区亦为一相转换面,界面之下为滨浅湖沉积,界面之上为扇前辫状河沉积,代表了古柴达木湖经渐新世至中新世大规模扩张后,至此逐渐萎缩,沉积中心东移。

T_5 界面,形成于上新世中期末,也是湖退滞后凝聚层,形成后又被构造运动叠加而产生的一复合界面,是喜山晚期构造运动在盆地之响应,在红柳泉、七个泉等地,狮子沟组沉积超覆于不同层位之上,表现为一明显角度不整合。而在本区该界面亦为一相转换面,界面之下为常态三角洲—湖泊沉积,界面之上为冲积扇—扇前辫状河沉积。此界面的形成代表盆地西部进一步隆升,沉降中心东移这一古地理变迁。

(3)相转化面:是等时性地层界面的标志,与相关的地质事件相伴而产生,分割两个具有不同充填样式的沉积体系域。本区相转化面主要表现为两类不同的成因,一是区域性水系废弃界面,二是构造事件在盆内反映的整合凝聚界面。

这类界面主要有分割三级层序的不同体系单元中的 T_4 界面,界面之下为湖泊三角洲沉积,界面之上为辫状河三角洲沉积,代表古柴达木盆地经渐新世—中新世大规模扩张后至此逐渐萎缩,沉降中心迁移。此外,构造事件叠加凝聚界面 T_3 和 T_5 ,在盆内也表现为一相转换面。

(4)湖泛面:以侧向稳定的湖泊沉积层为标志,湖水面的突然上升是形成湖泛面的前提。区内此类界面群多,但仅在 T_2 界面为区域性湖泛面,其分割两个具有不同充填样式的沉积体系域,代表古湖盆的最大扩张。

1.2 层序划分及其内部构成

依据不同级别等时性地层界面,将本区湖盆充填序列划分为3个构造层序、4个成因层序(表1),其中构造层序由构造运动侵蚀面所限定,为I级古构造界面。不同构造层序分别代表不同的构造体制及湖盆不同的演化阶段。成因层序是由沉积不整合以及与之连续延伸的整合面所限定的有成因联系地层实体,其限定界面为构造运动叠加凝聚界面及相转化面,代表了在盆控制断裂间歇式活动影响下盆地沉积速率的幕式变化。

层序I:相当于古始新世沉积期。底界面为 T_0 古

表1 柴达木盆地阿尔金斜坡层序地层单元

Table 1 Units of sequence stratigraphy on the Altun(Altyn Tagh) Slope of the Qaidam basin

地 层	绝对年龄 (Ma)	厚度 (m)	岩性柱	层 序			沉积体系域	界 面 类 型 及 充 填 样 式	湖 水 面 变 化 曲 线
				地震	构造	成因			
第四系	2.0	0-800		T ₆					
新近系	5.1	650-1300		T ₆	第III构造层序	IV	上超体系域 (OST)	冲积扇-辫状河-三角洲型	
		1325	T ₅	高位湖退体系域 (LRST)					
	1201	T ₄	上超体系域 (OST)	相转化界面					
古近系	24.6	1314		T ₃	第II构造层序	II	高位湖退体系域 (LRST)	构造运动叠加凝聚界面	
	42.0		T ₂	最大湖泛体系域 (LFST)			三角湖-湖泊型		
	54.0	1212	T ₁	上超体系域 (OST)			湖泛面		
		0-670	T ₁	低位体系域 (LST)			近岸重力流-较深湖型		
白垩系	66.5			T ₀	第I构造层序	I	低位-上超体系域 (OST)	构造侵蚀不整合面	
				T ₀			扇三角洲-深湖型		

近系盆地基底界面,顶界面为T₁界面,即始新世与渐新世分界面,此层序是在中生代断陷盆地的基础上发育起来的不完整层序,仅发育低位—上超体系域,其构成相差较大,严格受古地形和同生断裂控制,在盆内多为河流相沉积,起到填平补齐作用,在盆缘阿尔金斜坡红狮一带,形成小型断陷湖盆,发育扇三角洲至较深湖沉积。

层序II 相当于渐新世至中新世沉积期。底界面为T₁界面,顶界面为T₃构造运动叠加凝聚界面。代表了沉积盆地强烈拗陷这一完整演化过程,即由强烈的差异沉降阶段开始到稳定沉降和欠补偿阶段,再到构造活动强化和过补偿过程,最后出现短暂的无沉降和慢速沉积凝聚过程。这一层序以厚度最大、充填序列最为完整和含巨厚生油岩系为特征,湖水进退曲线表现为完整的三段式特征,体系域发育非常完整,可划分出4个体系域。

(1)低位体系域(LST):据本区数十口钻井资料,

低位体系域主要表现为在初始充填阶段,河流作用强化,边缘断层启动,形成冲积扇—三角洲体系—湖泊体系。物质建造以砂砾岩为主,在同沉积断层边缘发育以冲积扇及扇前辫状河沉积,盆地中心以近岸浊流沉积为主。此体系域厚度较小,局部地段缺失。

(2)上超体系域(OST):边缘断层强烈走滑逆冲,盆地显著拗陷,湖岸向老山推进,超覆于前期低位沉积和古—始新世沉积之上。盆地边缘以发育冲积扇、水下洪积锥及近岸浊流沉积为特色,湖盆中心以较深湖相和远源浊流沉积为主。小层序表现为退积型组合,整体反映了湖水面旋回上升和盆地范围扩展的演化过程。

(3)最大湖泛体系域(LFST):相当于湖盆最大扩张期,大致在中新世早期,阿尔金断裂强烈活动,湖盆直抵断层边缘。边缘沉积总体退缩到最小范围,以水下洪积锥及近岸水下重力流沉积体系为特征,盆地中心一侧以深湖沉积为主夹少量远源浊积

砂体,在干柴沟构造西端可见上干柴沟组数层滨岸灰岩直接超覆于下干柴沟组洪积砾岩之上,并在柴深1井见深水介形化石,此沉积体系域为区内主力生油层。

(4)高位湖退体系域(LPST):经中新世早期湖盆最大扩张后,本区地壳升降趋于宁静,由原先欠补偿阶段进入相当稳定的沉降阶段,尔后由于阿尔金断裂仍不断向湖盆内推覆,因而湖盆趋于填平,总体表现为湖退过程。沉积体系相应由强烈欠补偿阶段的洪泛重力流变为三角洲—湖泊沉积,在干柴沟地区西岔沟一带,形成以灰岩与粉砂质泥岩组成的滞后凝聚层,厚达100 m。

层序Ⅲ:相当于上、下油砂山组沉积期,底、顶界面分别为T₃和T₅构造运动叠加凝聚界面。在老山边缘多表现为超覆不整合,盆地内表现为一相转化面。该层序是在边缘老山强烈逆冲抬升,盆地萎缩这一古构造背景下形成的,因此体系域发育不完整,总体以上部湖退体系域为主。

(1)上超体系域(OST):厚度较小,大多数地段表现不明显。在湖盆边缘主要表现为退覆型三角洲—湖泊体系,在七个泉、红柳泉等地超覆于下伏不同层位之上,而在干柴沟地区湖进层序不明显,主要是阿尔金断裂不断向湖盆逆冲推覆,湖盆进一步淤积变浅。数层延伸稳定的灰岩在构造西部多见超覆于下伏洪泛砾岩之上,表明湖水是多旋回上升的,但由于起始水位较低和沉积物堆积速率较快,因而湖进过程不十分明显,只有周期性的湖泛和由其而产生的湖泛沉积层才是唯一的鉴别标志。

(2)高位湖退体系域(LRST):在湖盆边缘以辫状河三角洲—常态三角洲—湖泊体系构成,湖盆中心由浅湖到半深湖沉积体系构成,垂向上形成向上变粗的进积型成因层序组合。是老山大规模隆升,沉降中心东移这一远古构造背景下沉积响应。在成因层序单元中多见下部为浅湖—前三角洲水下细粒沉积,上部为扇前河道等砂砾岩这样的反旋回层序,表明砂体不断向湖盆进积。

层序Ⅳ:相当于狮子沟组沉积。底、顶界面分别为构造事件叠加凝聚界面T₅和构造侵蚀不整合面T₆,在盆地边缘皆为超覆不整合面,盆地中心则为相转化面。形成于湖盆大规模萎缩演化阶段,因而体系域构成不完整,仅为上超覆型体系域。其盆缘主要由辫状河三角洲—浅湖体系构成,湖盆中心由三角

洲—湖泊体系构成。在成因层序单元中,见其形成两类不同的沉积组合,在湖盆边缘形成下部为砂砾质河道砂体,上部为越岸细粒沉积的二元结构;在盆内形成下部为浅湖—前三角洲等细粒沉积,上部为三角洲主要砂砾质粗粒相组成的反旋回层序。

1.3 层序格架及式样

(1)层序地层格架:依据Ⅰ级古构造运动面和Ⅱ级构造运动凝聚面的限定及其盆地构造——沉积特征,将以上4个成因层序归并为3个构造层序(图2),第Ⅰ和Ⅱ构造层序均由1个成因层序组成,分别代表

地层系统	绝对年龄 (Ma)	层序地层格架	地震层序	成因层序	构造层序	演化阶段
第四系						
新近系	狮子沟组	5.1	AP	T ₆	IV	萎缩阶段
	上油砂山组		LD	T ₆		
	下油砂山组	24.1	LD	T ₄	III	
	上干柴沟组	42.0	LD	T ₃		
古近系	下干柴沟组	54.0	LD	T ₂	II	主陷阶段
	路乐河组	80.5	LD	T ₁	I	初始断陷阶段
白垩系	火牙沟组			T ₀	I	

图2 柴达木盆地阿尔金斜坡层序地层格架及演化阶段
Fig. 2 Sequence stratigraphic framework and evolutionary stages on the Altun slope of the Qaidam basin

AP—扇前冲积平原沉积总体 LD—三角洲—浅滨湖沉积总体; DL—较深湖—深湖沉积总体 SG—近岸水下重力流程沉积总体

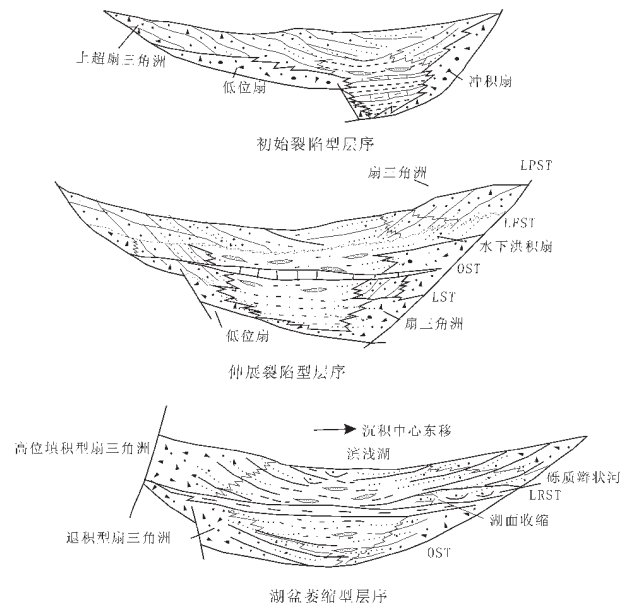


图3 柴达木盆地阿金斜坡层序地层形式
Fig. 3 Sequence stratigraphic types on the Altun slope of the Qaidam basin
图中代码同表 1

了断拗过渡阶段,湖盆拗陷扩张阶段,第Ⅲ构造层序由2个成因层序组成,是湖盆萎缩阶段中两个幕式沉积旋回,形成于边缘老山隆升沉降中心东移这一古构造背景之下。

(2)层序式样:根据柴达木盆地西部新近系、古近系湖盆发育的构造特征、气候变迁、沉积物供给、层序发育特征,可划分为初始裂陷型、伸展裂陷型及萎缩型3种层序形式(图3)。

初始断陷型层序:发育于古始新世,层序发育不完整,仅存低位体系域,在盆内以冲积体系为主,起到填平补齐作用,但在阿尔金斜坡带形成小型山前箕状断陷,发育较深湖细粒沉积,该类层序形成于湖盆初始裂陷期,以发育单一体系域为特征,是边缘断裂开始拉张伸展,古地形强烈分化,气候相对干燥,可容纳空间快速减小,物源供给相对充足条件下形成。

伸展裂陷型层序:该类层序发育于渐新世至中新世早期,是在区域性挤压应力下,盆地大幅度下陷,同时在湖盆边缘斜坡带派生走滑应力场,形成盆缘拉张同沉积期断裂,该断裂带在层序形成过程中具有重要意义,断裂的强烈伸展及相对宁静导致了可容纳空间的增长速率及沉积物供给速率的变化,从而形成不同体系域特征及沉积体系配置特征。该类层序在陡坡带拉张断陷,发育水下重力流沉积,缓坡带则以发育三角洲—湖泊沉积体系为特征,气候相对湿润,形成典型的四段式体系域特征。

萎缩型层序:该层序发育于中新世中期至上

新世,是老山隆升且向湖盆大规模逆冲推置,湖盆萎缩背景下的沉积响应,在层序发育初期,气候湿润,有小规模的湖侵,形成局部上超层序,以扇三角洲—浅湖沉积体系为主,当达到最大湖泛面时则形成一套以生屑灰岩及泥灰岩、暗色泥岩为主浅湖泥岩,其后,沉积中心东移,湖盆掀斜,气候干燥,沉积物供给速率大于新增的可容纳空间的增长速率而使湖面收缩,发育以进积作用为主的河流三角洲体系。

2 湖盆充填模式

柴达木盆地阿尔金斜坡带新近系、古近系层序的发育和湖盆充填是在盆地构造运动,古气候和物源供给条件控制下发生的,尤其阿尔金断裂的形成和演化对整个层序形式和湖盆充填特征具有重要的控制作用。以上因素通过对盆地沉积基准面和可容纳空间变化的作用在不同构造幕、气候和物源供给条件下发育不同的层序型式和充填模式^[6](图4)。

初始断陷期,阿尔金断裂以走滑为主,并产生NE向同沉积断裂,湖盆扩张裂陷,形成古新世初不完整性层序——第Ⅰ构造层序,在伸展裂陷期,边界断裂强烈拉张剪切,基准面上调,水体大规模扩张,形成完整的层序型式——第Ⅱ构造层序。在湖盆萎缩阶段,阿尔金断裂强烈向湖盆逆冲推置,湖水全面萎缩,形成萎缩型层序——第Ⅲ构造层序,由于次级盆内构造和气候幕式变化,形成两个成因层序构成,

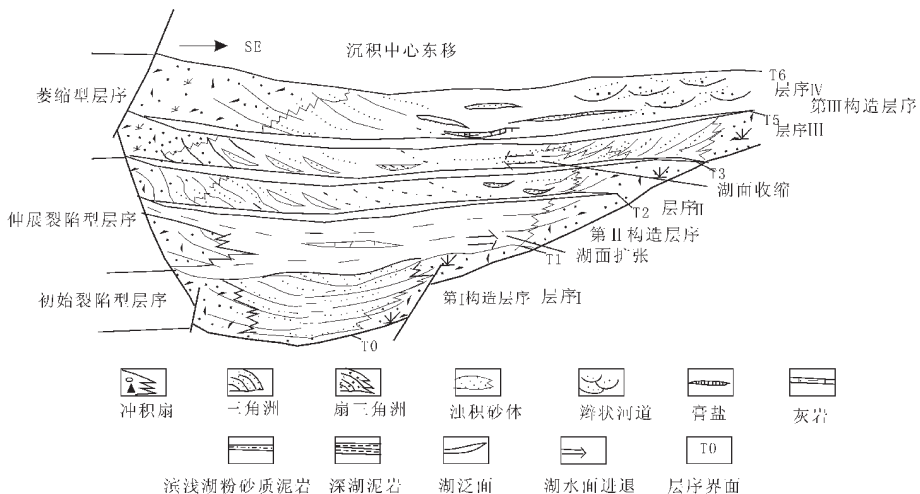


图4 柴达木盆地阿尔金斜坡带湖盆充填模式

Fig. 4 Lake basin-filling model on the Altun slope of the Qaidam basin

在整个演化过程中,沉降中心逐渐东移,总体形成向上变细层序。

3 结 论

(1) 依据不同级别的等时界面可将柴达木盆地阿尔金斜坡带新近系、古近系划分为3个构造层序和4个成因层序,分别为不同的构造旋回和构造带和气候变迁所控制。

(2) 依据湖盆不同的演化阶段和充填特征,将新近纪、古近纪层序划分为初陷型、主陷型、萎缩型3种形式,不同的层序体系域配置和构造完全不同。

(3) 柴达木盆地西部阿尔金斜坡带新近系、古近系层序的发育受控于盆地幕式构造演化,气候变化和物源供给条件变化导致的沉积基准面升降旋回和可容空间的变化,表现为不同级别的构造运动。气候

旋回和物源供给因素控制不同级别层序及体系域的发育,总体形成了以逆冲断层控边的横向上粗相带持续向盆推进,纵向上是向上变粗的沉降中心逐渐东移的湖盆充填模式。

参考文献:

- [1] 纪友亮,张世奇,等.层序地层学原理及层序成因机制模式[M].北京:地质出版社,1998.
- [2] 纪友亮,张世奇,等.陆相断陷盆地东北部层序地层及沉积体系条件分析[M].北京:地质出版社,1992.
- [3] 薛良清,等.层序地层学研究现状、方法与前景[J].石油勘探与开发,1995,22(5):8~13.
- [4] 陈永武,等.储集层与油气分布[M].北京:石油工业出版社,1995.
- [5] 李思田,程守田,杨士恭,等.鄂尔多斯盆地东北部层序地层及沉积体系分析[M].北京:地质出版社,1992.
- [6] 冯有良.东营洼陷下第三系层序地层学格架及盆地充填模式[J].地球科学,1999,24(6):635~342.

Sequence stratigraphy and lake basin-filling model on the Altun slope in the Qaidam basin

FU Guo-min¹, LI Yong-jun², LIANG Zhi-lu³, LIU Yu³

(1.Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;

2.Changan University, Xi'an 710050, Shaanxi, China;

3.Gansu Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: Four types of isochronous or quasiisochronous boundaries, i. e. tectonic erosion unconformity, condensed surface overlapped by the local tectonic movement, facies transition surface and lake-flooding surface, are developed in the Paleogene and Neogene System on the Altun slope of the Qaidam basin. They may divide the Paleogene and Neogene lake basin-filling system into three tectonic sequences and four genetic sequences, and an isochronous stratigraphic framework and three sequence types, i.e. the initial rifting type, extensional rifting type and highstand type are established. Each sequence type is controlled by a specific sedimentary-paleotectonic setting and exhibits its own internal structure, thus forming the lake basin-filling model of continuous eastward migration of the depocenter of the Paleogene and Neogene Qaidam Lake basin and generally upward-fining lake basin-filling.

Key words: sequence stratigraphy; sequence type; lake basin-filling model; Qaidam