

文章编号: 1000-0550(2011)05-0866-10

柴达木盆地西北地区古近纪沉积充填过程与主控因素分析

陈国俊¹ 杜贵超^{1,2} 吕成福¹ 薛莲花¹ 陈吉^{1,2} 张晓宝¹

(1. 中国科学院油气资源研究重点实验室 兰州 730000; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 从柴达木盆地西北地区古近纪古—始新世、渐新世古地形、古物源及沉积体系构成与分布的演变方面,剖析了柴西古近纪沉积充填过程及控制因素。受阿尔金断裂在新生代走滑过程中近南北向挤压分量的作用,柴达木盆地西部地区形成了多隆多拗的地形格局。下干柴沟组沉积期(约60~40 Ma)随阿尔金山的快速隆升,在阿尔金山前形成数个沉降中心,沉积中心也从狮子沟迁移至南翼山—油泉子一带,并以尖顶山—南翼山—油泉子为界,分为东、西两类不同性质的沉积区,沿阿尔金山前陡坡带形成近物源的冲积扇—扇三角洲—湖底扇—半深湖沉积体系;在尖顶山—大风山缓坡带则形成远源控制型冲积扇—河流—三角洲—滨、浅湖相沉积体系。至上干柴沟组沉积期,因前期的超补偿沉积,阿尔金山前沉降区快速充填,沉积相由半深湖相变为浅湖相,大风山地区也因牛鼻子梁物源供给的减少,湖泊向东扩展,滨浅湖广布柴达木西北部地区。

关键词 沉积相 充填过程 主控因素 柴达木盆地

第一作者简介 陈国俊 男 1964年出生 博士 副研究员 E-mail: gjchen@lzb.ac.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

经过数十年的研究,对中生代柴达木盆地周缘断裂带地质事件的发生、发展的认识取得了大量成果,在柴达木盆地内部,也因数十年石油勘探,在沉积物类型、分布及环境演变方面积累了丰富的资料。但由于区调和石油部门各自研究方向和目的不同,对柴达木盆地周缘控盆断裂活动与盆内沉积充填响应过程的研究不够深入细致,国内外学者在新生代古近纪阿尔金断裂走滑起止时间上仍没有形成共识^[1~9],对新生代柴达木盆地的类型及构造属性亦众说纷纭^[10~18]。作为柴达木盆地西北缘的控盆边界——阿尔金山体的隆升,对柴达木西部的成盆过程、沉积充填方式等都有不可忽视的影响。本文试图从柴达木盆地西北部古近纪古地形变化、古物源及沉积物类型、分布演变几方面,结合近年来对阿尔金山隆升过程的研究成果,剖析柴西古近纪沉积充填过程与主控因素,以期对阿尔金山隆升在柴西古近纪沉积充填过程中所起的作用有一个较为全面的认识,并为正确认识柴达木盆地类型和构造属性积累一些沉积学方面的资料。

1 区域地质背景

柴达木盆地是我国西部一个重要的中生代含油气盆地,位于青藏高原北部(图1),在大地构造位

置上属于特提斯构造域的东部^[19,20]。区域构造研究表明,白垩纪以来由于印度板块向北俯冲并与欧亚板块碰撞,其效应波及整个青藏高原,使柴达木盆地应力场表现为近南北向水平挤压的特征;阿尔金断裂走滑作用中伴随有强烈的隆升作用,并控制和影响着青藏高原北部隆升和扩展^[16],在阿尔金走滑过程中青藏高原北部(祁连山)首先开始隆升^[6~9]。柴达木盆地新生代沉积正是在这种背景下发生的,阿尔金断裂的走滑促使周缘山体的隆升和盆地的拗陷,而盆地的拗陷又直接控制了沉积作用的范围和性质,在柴西沉积了古近系古新统路乐河组,始新统下干柴沟组(下段、上段)和渐新统上干柴沟组(图1)。

路乐河组出露于盆地北缘及东北缘一带,主要为一套棕红色粗碎屑岩,在局部地区如干柴沟、红柳泉狮子沟等,岩性变细、变灰,呈灰色砂、砾岩与灰色、深灰色钙质泥岩互层。沉积厚度300~1000 m;与下伏白垩系犬牙沟组为不整合接触。

下干柴沟组西部广大地区都有沉积,是盆地西部的的主要含油层系;沉积厚度一般为400~2200 m,与下伏路乐河组为假整合接触或不整合接触。

下干柴沟组下段多为棕红色砾岩及砂质泥岩,狮子沟构造为灰色、深灰色泥灰岩、钙质泥岩夹粉砂岩条带,沉积厚度100~800 m,略具由西向东增厚趋势。

收稿日期: 2010-11-10; 收修改稿日期: 2011-03-01

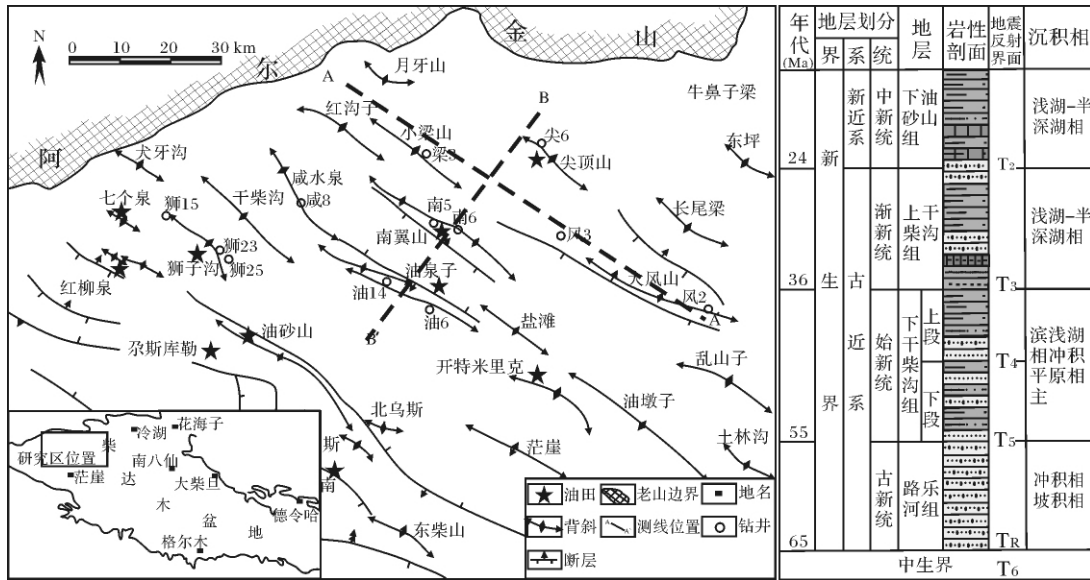


图 1 柴西地区构造纲要及研究区位置示意图

Fig. 1 Tectonic sketch map and the study area in western Qaidam Basin

下干柴沟组上段岩性变化较大,盆地边缘岩性较粗,岩性为灰色砾岩、砂岩及棕红色砂质泥岩夹泥灰岩;西部南区尕斯断陷一带以深灰色、灰色钙质泥岩为主,一般厚 300~500 m,盆地西部北区则主要为棕红色泥岩、砂质泥岩夹少量灰绿色细砂岩,沉积厚度一般大于 1 000 m,最厚可达 2 200 m。

上干柴沟组广泛分布全区,沉积厚度 400~1 100 m,盆内与下干柴沟组为连续沉积。在西部南区下部为灰色、深灰色钙质泥岩及泥岩为主,夹砂岩、粉砂岩及泥灰岩;上部为棕褐色、棕红色砂质泥岩夹少量灰绿色砾状砂岩、含砾砂岩和灰色含钙泥岩、杂色泥岩。西部北区下部岩性为灰色、深灰色、棕红色、泥岩夹钙质泥岩、泥灰岩及粉砂岩条带,上部岩性为灰色、深灰色、棕灰色泥岩夹粉砂岩条带及钙质泥岩、泥灰岩。

2 柴西北地区古近纪古地形演变特征

根据沉积补偿原理,地层厚度尤其是盆地内厚度变化,在一定程度上能有效反映湖底沉降幅度和古地形的基本轮廓,因此,可用来进行古构造分析。根据东方地球物理公司研究院敦煌分院成果经盆内有关钻孔地层分层校正分别做柴达木西北地区古近系下干柴沟组(下段、上段)和上干柴沟组残余厚度图(图 2),考虑地层压实的影响,只能间接应用残余厚度来分析阿尔金山前古地形特征,而柴西凹陷区古近纪沉积连续,未发生大规模的剥蚀,不同组段残余厚度的变化,可以真实反映古近纪因构造应力改变、沉降速

率变化所造成的柴西北地区古地形变化状况。

从柴西古近系下干柴沟组下段、上段及上干柴沟组残余厚度图(图 2、3、4)来看,地层残余厚度均呈向阿尔金山逐渐减薄趋势以至于尖灭,并且表现为北西—北北西向的厚与薄间互的分布规律,说明研究区古近纪古构造呈北北西—南东向的隆凹相间格局。

据中石油勘探开发研究院西北分院研究,路乐河组只是呈填平补齐式沉积。由于研究区完整揭露路乐河组的钻孔极少,因此,无法对盆地内古—始新世的古地形进行准确的判定,只能通过盆地周缘露头及有限的钻孔资料加以推测。研究区路乐河组主要为河泛相棕红色粗碎屑岩,在局部地区如狮子沟、南翼山、尖顶山地区零星发育滨浅湖相,岩性呈灰色砂、砾岩与灰色、深灰色钙质泥岩互层,说明古近纪早期柴西地区沉降幅度不大,地形高低幅度差也较小。

至下干柴沟组沉积期,柴西地区古地形大致呈北高南低之势,各地高差虽不大,但沿阿尔金山前,已开始出现独立于盆地内部的沉降中心(图 2),说明此时阿尔金山已开始隆升,但幅度不大,向湖盆内坡度相对较缓。图 3 反映了下干柴沟组上段沉积时柴西地区的地形特征,相比之下,此期是柴西阿尔金山前凹陷沉降最快的时期。从图中可以看出,阿尔金山前分布数个沉降洼陷,沉降幅度巨大,盆缘呈明显的陡坡,且呈北北西—南东向的隆凹相间格局,犬南—狮北地区、干柴沟、红沟子、月牙山是相对低洼的地区,在犬南—狮北与干柴沟之间、咸 7—咸 8 井一线以及南翼

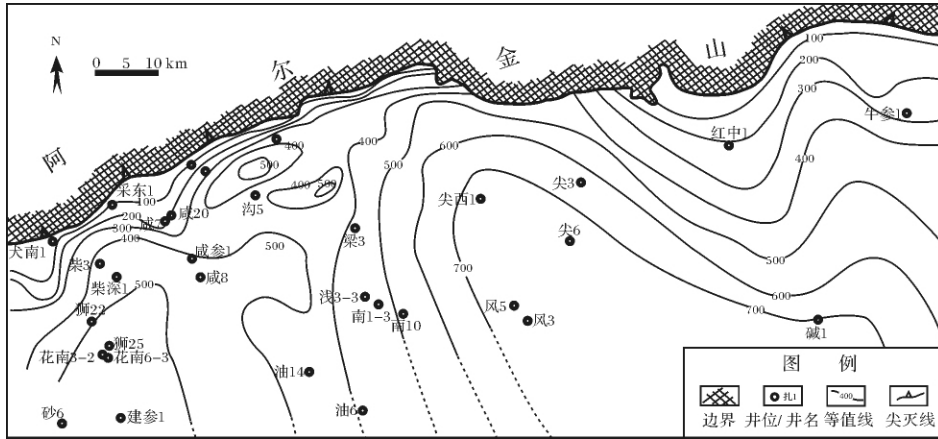


图 2 下干柴沟组下段地层残余厚度图

Fig. 2 Diagram showing the residual thickness of strata of lower member of Xiangancaigou Formation

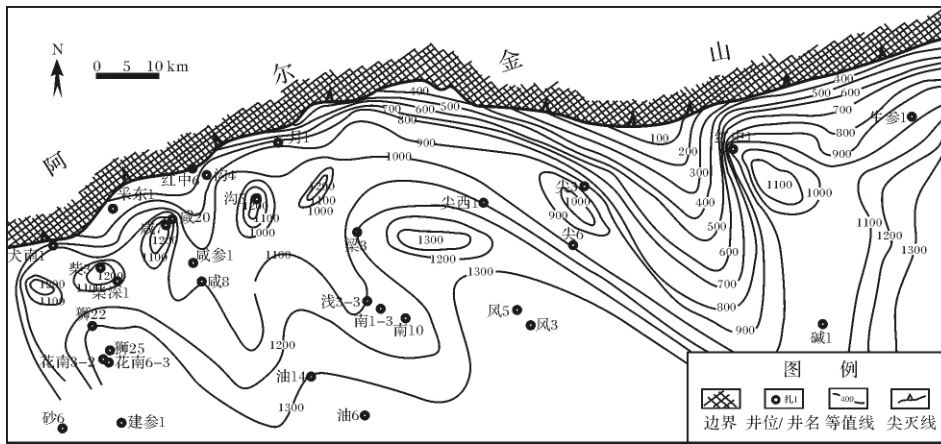


图 3 下干柴沟组上段地层残余厚度图

Fig. 3 Diagram showing the residual thickness of strata of upper member of Xiangancaigou Formation

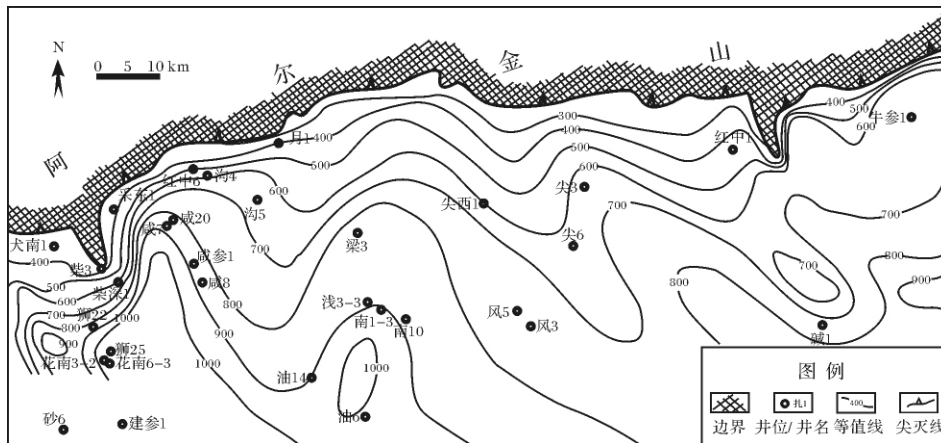


图 4 上干柴沟组地层残余厚度图

Fig. 4 Diagram showing the residual thickness of strata of Shanggancaigou Formation

山—小梁山—一线存在隆起区,尤其是尖顶山—大风山—一线的缓坡带一直持续到上干柴沟组沉积期。从上干柴沟组残余厚度(图4)可以发现,由于快速的沉积

充填,此时沿阿尔金山前除干柴沟外,其它地区地形大都较下干柴沟组下段沉积期平缓许多。

上述各时期阿尔金山前地形的变化表明阿尔金

山前地区经历了缓慢→快速→缓慢的沉降过程,也意味着,如果柴西的沉降是受阿尔金山隆升影响的话,阿尔金山的隆升自始新世至渐新世也经历了缓慢→快速→缓慢的过程。

3 古近纪沉积物源分布特征

青海油田数十年勘探积累了大量钻井岩芯及岩屑的重矿物分析数据,本次工作重新对柴西近 20 口井的重矿物数据进行了整理。由于研究区上、下干柴沟组物源相对比较稳定,其重矿物分布也具有稳定性和继承性,在此仅以下干柴沟组上段的重矿物分布特征(表 1)为例,结合郑希民、寿建峰、陈世悦等学者对柴西北区古近系重矿物特征及砂砾岩分布状况的研究成果,对阿尔金山前古近纪沉积物源进行简要分析。沿阿尔金山前从犬牙沟至牛鼻子梁—鄂博梁可以划分为 3 个区带,每个区带的重矿物组合都有明显的区别。以下干柴沟组上段为例,Ⅰ区带重矿物组合特

征:该区带位于牛鼻子—尖顶山地区、大风山地区,重矿物以白钛矿、磁铁矿、硅灰石、角闪石、榍石、锆石、石榴石为主,代表了牛鼻子梁物源方向。其中主要以磁铁矿—锆石—白钛矿—石榴石—硅灰石为组合特征,全区分布较为稳定。Ⅱ区带重矿物组合特征:该区带的重矿物组合总体上以石榴石—磁铁矿—锆石—角闪石—榍石为其主要特征,其特点是稳定重矿物石榴石、磁铁矿含量高。它在月牙山地区和红沟子—咸水泉地区形成两个分支。Ⅲ区带重矿物组合特征:该区带位于干柴沟和狮北地区,其重矿物组合以锆石—白钛矿—磁铁矿—石榴石,其最大特征是锆石、白钛矿含量明显增加,而石榴石含量明显减少。它代表了干柴沟的物源方向,在干柴沟地区与狮北地区可能形成两个分支,两者的重矿物组合特征有相似性,但在干柴沟地区主要以白钛矿—锆石为主,而狮北地区主要以锆石—白钛矿为主。

上述特征表明柴西北地区狮子沟—油泉子—油

表 1 柴达木盆地西部主要地区古近系重矿物含量统计(%)

Table 1 Contents of heavy minerals in the Paleogene of the northwestern Qaidam Basin

地层	井名	锆石	石榴石	磁铁矿	硅灰石	白钛矿	榍石	赤铁矿	电气石	绿帘石	角闪石	备注
上	尖顶山	2.5	13.6	39.3	11.04	10.6	5.32	3.6	1.8	0.5	11.0	辉石 2.13
干	大风山	4.25	0.8	20.9	47	21.1	0.2	1.93	少量	0.3	1.5	辉石少量
柴 沟 组	南翼山	19.5	18.9	6		7.9	5.3			39.4	2.3	
	小梁山	15.7	6.85	57.9				14.7				
	油泉子	5.7~32.2	6.1~16.5	15.5~17.9	18.1	9.2~8.69	2.9	10.8~2.6		11.0~8.7	16.2~7.8	辉石 2.24
	红沟子	13.1	10.2	41.9		6.65		8.8		7.6	11.2	
	干柴沟	22.12~31.02	13.26~13.05	5.53~13.1	0~3.9	40.9~36.45		0.65	4.12	3.86~6.15		
下	狮子沟	16.68	8.24	19.75		13.23			7.81	10.12		
干	咸水泉	35.3~23.04	25.7~11.16	10.5~29.85	5.27~0	8.15~4.96	4.27~10.6		2.2~0	3.2~8.0		
柴 沟 组 上 段	红沟子	10.96	36.28	24.01							7.33	
	月牙山	3.7	33.7	11.7				4.3			29.2	
	尖顶山	5.8	7.4	55.4	8.73	12.9	0.6	3.6	少量		1.94	辉石少量
	大风山	0.76	0.3	13.4	65.7	9.55	0.2	1.3		0.6	0.6	
	南翼山	11.7~5.4	7.95~7.8	9.3~33.9	4~8.7	17.4~30.4	6.9~7.0	21~37		16.6~7.36	1.92~2.7	辉石 1.7 金红石 2.1
	小梁山	22.04	7.03	10.6	28.37		5.08				5.3	
	油泉子	26.1	1.2	19.5	2.8	21		9.2		2.4	7.8	
下 干 柴 沟 组	咸水泉	43.5	8.2	12.85	4.3	22.8	4.2				1.5	
	尖顶山	10.7	4.84	40.3	17.3	15.9		7.4	少量		1.3	辉石少量
	大风山	0.2	0.2	8.4	69.5	11.8		0.8	0.35	0.75	0.5	
	碱石	24.7	2.8	22.2	4.7	19.9	4.5	15.8				
	牛参 1	21.1	17.5	27.8		12.0	3.6	13.3				
	鄂博梁	12.25	41.7	12.8		17.8		5.4	少量			褐钛矿 7.6 辉石少量
	南翼山	23.1	9.1	13.5	13.6	20.5			少量	4.6	8.6	褐钛矿 5.7 辉石 0.2
下 段	油泉子	22.5	0.7	2.8	1.4	24.1		8.0	2.19	0.8	4.2	
路 乐 河 组	鄂博梁	4.5	25.4	10.6		10.3	2.0			20		褐钛矿 26.2
	尖顶山	9.9	2.8	40.9	28.9	4.3	0.5	9.8	少量		1.5	辉石少量
	南翼山	33	9.8	20.7	7.0		27.4		少量		1.8	

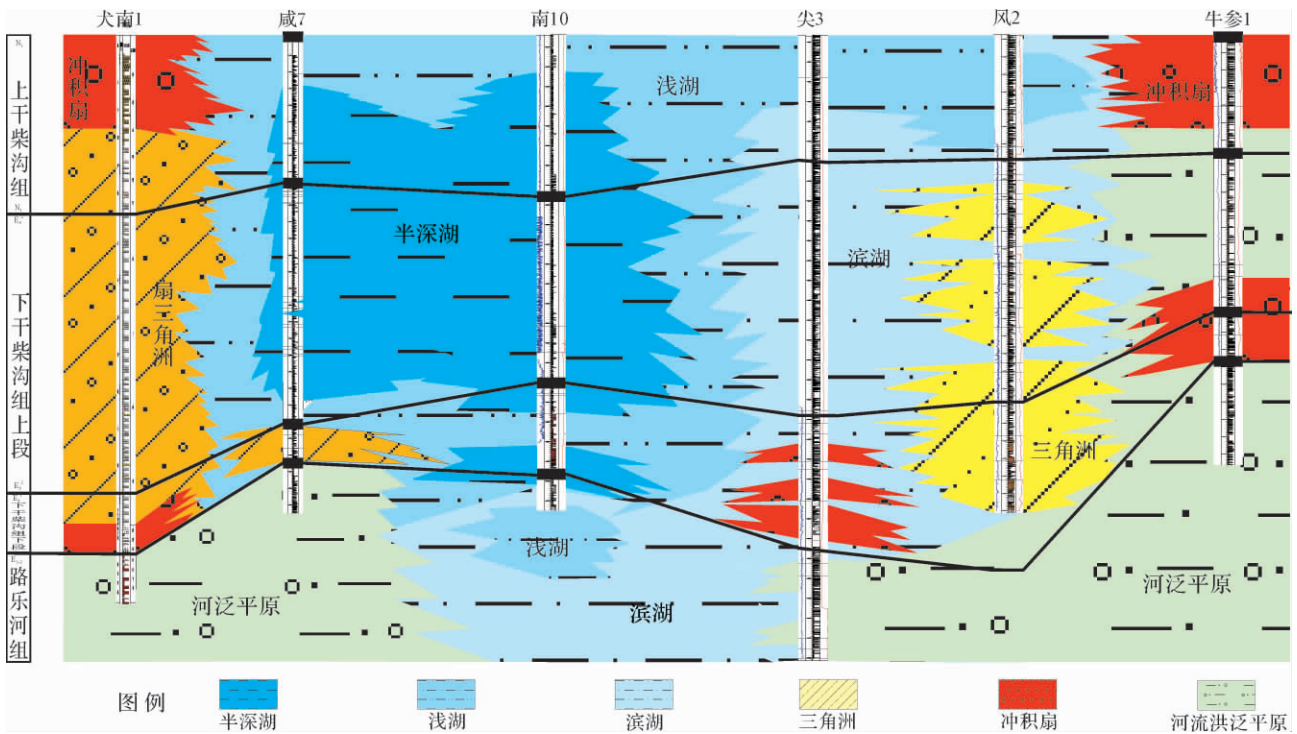


图5 柴达木盆地西部地区东西向联井剖面

Fig. 5 Correlation of depositional facies and stratigraphic framework along the depositional dip on the northern slope

墩子以北的广大沉积区的物源均来自阿尔金山,且以月牙山—南翼山为界分为东、西2个分区。东区受控于尖顶山—牛鼻子梁物源,影响范围扩至南翼山—大风山;西区有干柴沟、咸水泉、月牙山数个物源,可细分为索尔库里物源、干柴沟物源;油泉子、南翼山、小梁山一线则为几个物源的交汇区。

4 沉积体系构成与分布特征

从柴西录井所揭示的砂、砾岩及暗色泥岩分布特征和地震相可以确定研究区沉积体系分为两类,一类为冲积扇—扇三角洲—湖底扇—半深湖沉积体系;另一类为冲积扇—辫状河—三角洲—滨、浅湖相沉积体系(图5)。

4.1 冲积扇—扇三角洲—湖底扇—半深湖相沉积体系

该沉积体系以红沟子地区为代表,分布于阿尔金山前斜坡带上。钻井所揭示岩相的显著特点是纵向上相变快、横向上相带窄,杂色粗碎屑岩相与暗色泥岩岩相频繁交互沉积,其地震相则表现为亚平行波状—杂乱波状相。

红沟子地区古近系半深湖发育,冲积相序不够发育,垂向上构成湖底扇、半深湖相序组合。扇三角洲

的前端在红沟子附近,向南翼山方向仅有浊积成因的粉砂岩。该区在上干柴沟沉积期发生了第三纪以来最大规模的扇三角洲进积作用,沟4井为扇三角洲平原、前缘亚相组合,沟5井为前扇三角洲与半深湖亚相组合。据A—A'地震测线分析(图6),在红沟子沟5井与南翼山之间,其地震反射特征为断续—连续、平行—亚平行波状特征,该特征表明半深湖的水体动荡,时常有前扇三角洲、湖底扇或浊积扇加入其中,构成具有浊积性质的岩相与半深湖组合。

综上所述,柴西北区的冲积扇和扇三角洲从下干柴沟组下段开始发育,至上干柴沟组发展到最强盛,进入中新世后逐渐萎缩。

4.2 冲积扇—河流—三角洲—滨、浅湖沉积体系

该体系在本研究区只有一套,从古新世开始至渐新世分布于整个北东地区。其主要物源较远,受控于尖顶山—牛鼻子梁物源,影响范围大至南翼山—大风山。该体系的沉积基底平缓,沉积空间开阔,冲积扇、河流和湖泊相带发育,过渡性质的三角洲相带不发育,尤其是三角洲前缘和前三角洲及不发育。其垂向上的特征是碎屑粒度逐渐变细,岩层颜色由红色逐渐变为灰色、黄色、深灰色。由下向上依次为辫状河—三角洲—滨湖—浅湖,构成河退湖进的沉积序列。在

横向上, 冲积序列相带逐渐缩小, 湖泊沉积相带逐渐扩大^[21]。

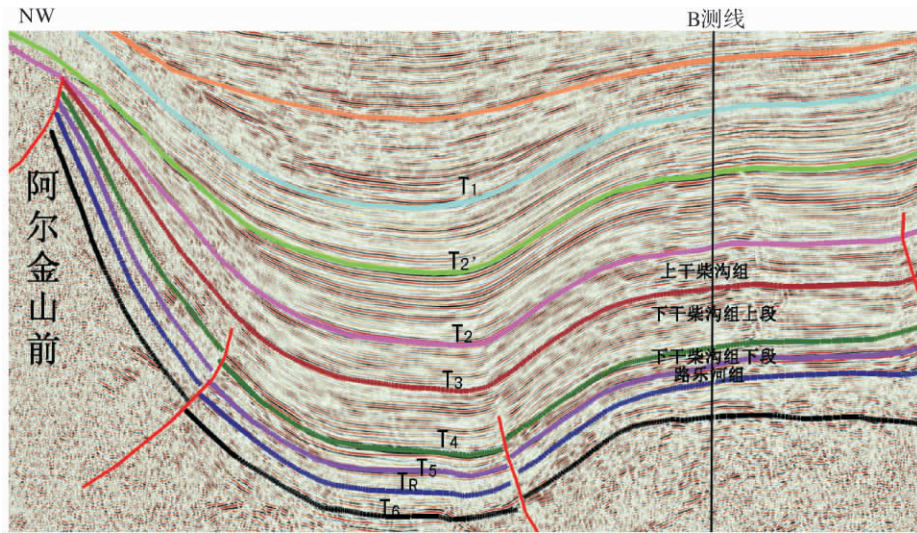


图 6 A—A' 测线地震反射特征(由陡坡至缓坡)

Fig. 6 Transverse section (A—A') across the north - eastern of the Qaidam basin

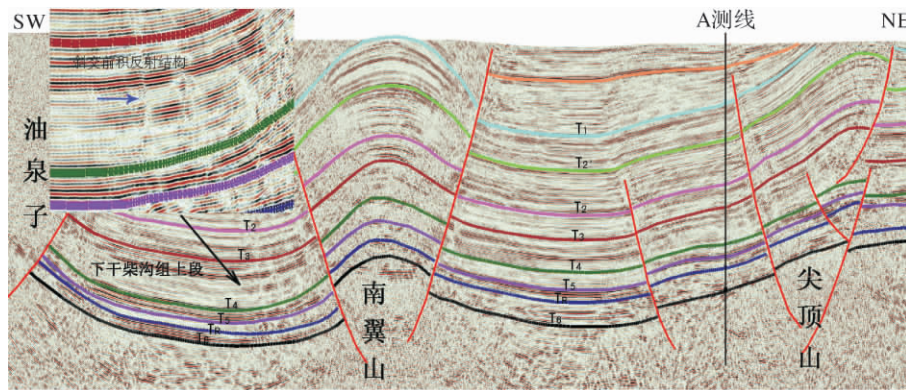


图 7 B—B' 测线地震反射特征

Fig. 7 Transverse section (B—B') across the north - western of the Qaidam Basin

在古近纪, 尖顶山和油泉子地区同属于牛鼻子梁至大风山地区的河流—湖泊沉积体系(图 3)。牛鼻子梁—大风山冲积沉积相带是主动型后退, 当湖泊向东迁移扩张时, 加上地形平缓等因素, 向牛鼻子梁方向发育三角洲及河泛相沉积。半深湖—浅湖相主要发育于柴西的西南部, 虽然自牛鼻子梁向西南方向有三角洲入湖, 但总观大风山及尖顶山一带, 应以滨湖亚相为主, 三角洲仅为季节性河流控制, 因此, 在该区沉积了较厚的碳酸盐岩。但是, 仍然有个别冲积势能较强的分流河道及三角洲朵体进入了浅湖区、半深湖区(油泉子), 并形成较为完整的三角洲前缘或前三角洲, 在相应的地震剖面上表现为连续高频平行相中出现中振幅斜交前积反射见图 7 之 B—B' 测线)。

5 柴西地区古近纪沉积充填过程及主控因素

5.1 沉积充填过程及主控因素分析

从上述重矿物特征所反映的物源及沉积物类型特征与分布状况, 可以尝试恢复古近纪柴西沉积充填过程如下: 经过燕山晚期运动的调整, 柴达木大部地区抬升遭受剥蚀, 古近纪伊始, 在喜山早期运动新的成盆动力作用下, 柴达木又拉开第三纪拗陷发展演化的序幕。在南北板块的对挤下, 夹持在昆仑山、阿尔金山和祁连山间的柴达木地块向东挤出, 在干柴沟—狮子沟地区首先开始伸展断陷过程, 因而古新世以干柴沟—狮子沟一带为沉积中心, 充填了以浅湖相互层状灰色砂砾岩、深灰色泥岩、钙质泥岩为主的路乐河

组在盆缘大部地区路乐河组则多为一套河流相紫红色泥、砂、砾混杂的粗碎屑沉积。始新世早期阿尔金山前成为柴西的沉降中心,提供了充分的沉积空间,来自阿尔金山的碎屑物质在山前陡坡带沉积了一系列裙边状的冲积扇—扇三角洲体系。从重矿物类型来看,干柴沟、咸水泉、红沟子、月牙山及尖顶山这些沿阿尔金山前分布的区域,各自拥有独立的物源,由此形成的扇体在平面上并未连片展布,湖盆面积扩大,南翼山—干柴沟一带成为湖盆的沉积中心,因此,下干柴沟组在这一地区表现为深湖、半深湖相泥岩、泥灰岩,还发育了可观的湖底扇。而夹在尖顶山、牛鼻子梁之间的缓坡带,包括大风山地区,由于地形相对较高,距物源区较远,因碎屑物质供给量的变化,渐新世早期多发育三角洲—滨浅湖相。渐新世晚期上干柴沟组沉积期,盆地沉降明显变缓,由于超补偿沉积,沿阿尔金山前的拗陷区被快速充填,原先的陡坡带大为平缓,但浅湖—半深湖范围向东明显扩大,此时柴西已呈现出一个统一的拗陷形态。

柴达木盆地处于祁连山、东昆仑山及阿尔金山三大山系的交汇部位,三大山系的共同作用构成了柴达木盆地总体挤压+走滑的区域应力场背景。新生代柴达木盆地的拗陷和周缘山体的隆升存在着很好的耦合关系:板块作用产生的区域应力场促使周缘山体的隆升和盆地的拗陷,而盆地的拗陷又直接控制了沉积作用的范围和性质;反过来说,沉积作用范围和性质的变化能够有效的反映周缘山体的隆升和盆地拗陷的过程和特征。因此可以通过不同地史阶段沉积中心的位置、沉积作用范围以及沉积中心的平面展布形态分析来了解周缘山系的隆升状况。

对于柴达木盆地新生代隆拗相间格局的形成机制,众多学者达成共识,认为是印度板块向北俯冲并与欧亚板块碰撞,柴达木盆地受近南北向水平挤压而成,但是,对柴达木成盆、沉积充填方式等都有重要影响的阿尔金断裂活动起始时间的认识,众说纷纭。据陈正乐对阿尔金山中段热年代学研究,认为该段山脉的隆升开始于渐新世早期(约36 Ma)^[10]。Jolivet M (2001)认为阿尔金断裂活动始于46 Ma,而任麦收等2004年的研究表明,早期阿尔金断裂的活动始于55 Ma,结束于30 Ma前;据李海兵等^[7]年的研究,早期阿尔金断裂的活动从60 Ma前持续至40 Ma年前。从对柴西古近纪古地形及沉降中心的变化研究,我们认为阿尔金山的隆升应该不迟于55 Ma。正是此

期阿尔金断裂的走滑、挤压、隆升,在阿尔金山前,开始出现独立于盆地内部的沉降中心,并沿阿尔金山前呈NEE向分布数个沉降洼陷。

综上所述,柴西新生代沉积充填正是在这种背景下的发生的,沉积中心不仅表现为有规律的自西向东迁移,和区域应力场的耦合关系也很有规律,表现为:区域应力场的作用促使周缘山系隆升,山系的隆升控制沉积中心的位置、沉积作用范围以及沉积中心的平面形态。也正是主要受这种构造作用的控制,形成了柴西古构造、古地形等条件的差异性和分割性,柴西湖盆经历了从一个主沉积—沉降中心到多个局部沉降中心发生、发展的演化过程,水体也相应的经历了由浅变深过程,沉积—沉降中心出现有规律的转移,相应地柴西古近纪沉积特征在纵向和平面上呈一定的变化规律。纵向上,自下而上:随着湖盆水域的不断扩大,冲积扇相、(辫状河)辫状三角洲相沉积不断退缩,滨浅湖相沉积不断扩大并向盆地边部推进;相序上由(冲积扇相)→辫状河相→辫状三角洲相→滨浅湖相变化,沉积物粒级总体由粗变细。平面上,受沉积物源和古地形的控制,沉积相分带(区)性明显:靠近山前的盆地边缘发育冲积扇相及河流相(辫状河亚相),往盆地内部依次发育辫状三角洲相、滨浅湖相;控制大风山及尖顶山的阿尔金物源形成的辫状三角洲沉积规模在研究区明显偏小。

5.2 沉积充填模式

从上述古地形及沉积充填过程分析可以看出,古近纪的柴达木盆地具有以走滑逆冲断层为边界的断陷湖盆性质,昆仑山北缘和阿尔金山山体的隆升活动以及古构造、古地形的差异控制了湖盆特殊的沉积作用。柴西地区古近纪沉积模式可概括为图8所示。

6 结论

(1) 从对柴西古近纪古地形及沉降中心的变化研究,我们认为阿尔金山的隆升应该不迟于55 Ma。正是此期阿尔金断裂的走滑挤压,在阿尔金山前,开始出现独立于盆地内部的沉降中心,并沿阿尔金山前呈NEE向分布数个沉降洼陷。阿尔金断裂在古近纪走滑活动过程伴随有强烈的隆升,受走滑过程中近南北向挤压分量的作用,柴达木盆地西部地区形成了多隆多拗的地形格局,阿尔金山前凹陷区经历了缓慢—快速—缓慢的沉降过程,也意味着,阿尔金山的隆升自古新世至渐新世也经历了缓慢—快速—

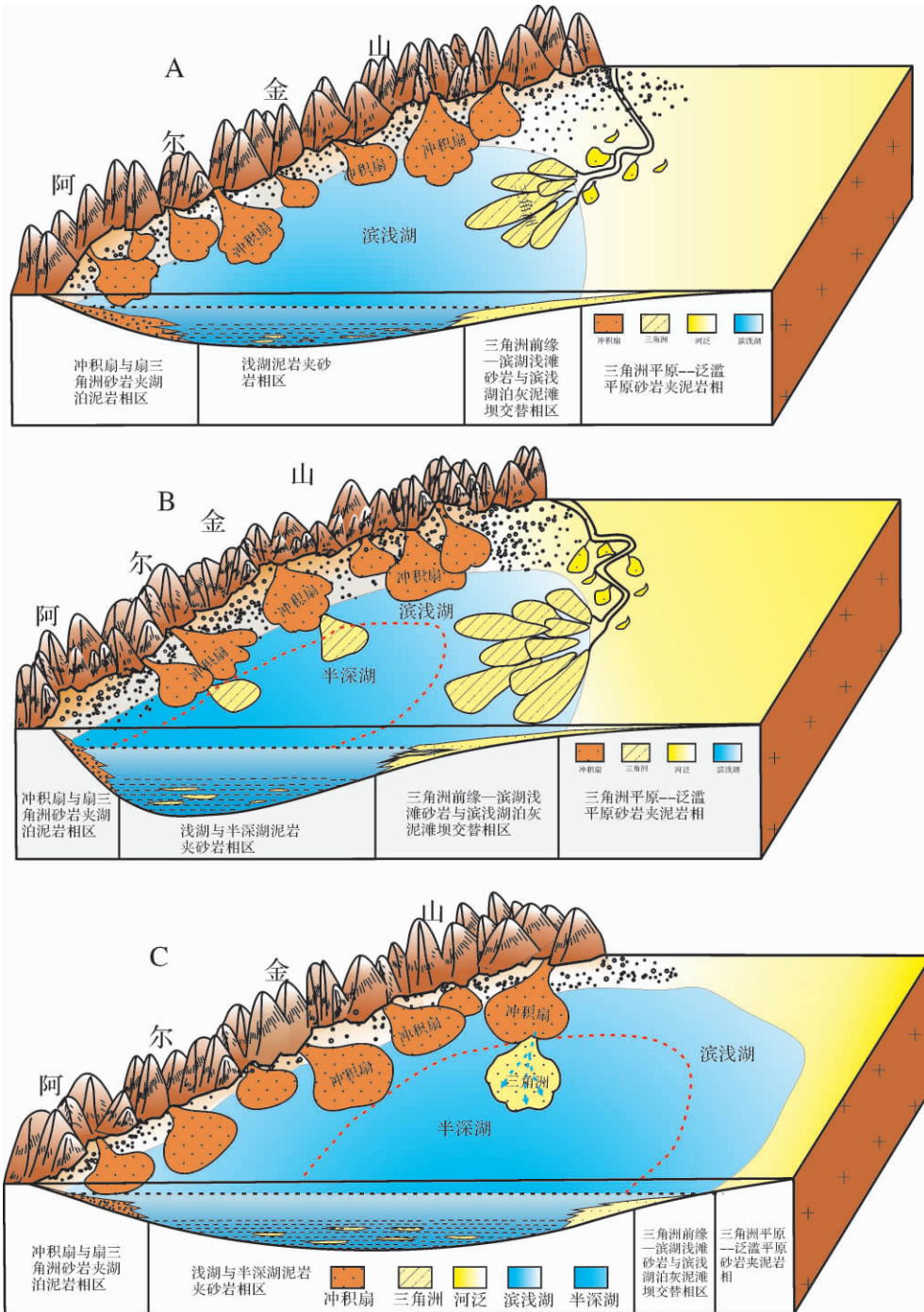


图 8 柴达木盆地西部北地区古近纪沉积模式图(A: 古新世路乐河沉积期; B: 始新世下干柴沟沉积期; C: 渐新世上干柴沟沉积期)

Fig. 8 Sedimentary evolution model of the north of western Qaidam basin(A: Paleocene; B: Eocene; C: Oligocene)

缓慢的过程。

(2) 下干柴沟组沉积期(约 60 ~ 40 Ma) 随阿尔金山的快速隆升,在阿尔金山前形成数个沉降中心,沉积中心也从狮子沟迁移至南翼山—油泉子一带,并以尖顶山—南翼山—油泉子为界,分为东、西两类不同性质的沉积区,因古地形的差异,沉积体系的构成

与分布也呈现不同的特点。沿阿尔金山前陡坡带形成近物源的冲积扇—扇三角洲—湖底扇—半深湖沉积体系;在尖顶山—大风山缓坡带则形成远源控制型冲积扇—河流—三角洲—滨、浅湖相沉积体系。

(3) 上干柴沟组沉积期,因前期的超补偿沉积,阿尔金山前沉降区快速充填,沉积相由半深湖相变为

浅湖相,大风山地区也因牛鼻子梁物源供给的减少,湖泊向东扩展,滨浅湖广布柴达木西北部地区。

参考文献 (References)

- 1 刘永江,葛肖虹,叶慧文,等. 晚中生代以来阿尔金断裂的走滑模式[J]. 地球学报, 2001, 22(1): 23-28 [Liu Yongjiang, Ge Xiaohong, Ye Huiwen, *et al.* Strike-slip model for Altyn Tagh fault developed since Late Mesozoic [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2001, 22(1): 23-28]
- 2 刘永江,葛肖虹, Oenser J, 等. 阿尔金断裂带构造活动的⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄证据[J]. 科学通报, 2003, 45(2): 1335-1341 [Liu Yongjiang, Ge Xiaohong, Oenser J, *et al.* ⁴⁰Ar/³⁹Ar age evidence of structure movement in Arkin faulted zone [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 45(2): 1335-1341]
- 3 刘永江, Franz Neubauer, 葛肖虹, 等. 阿尔金断裂带年代学和阿尔金山隆升[J]. 地质科学, 2007, 42(1): 134-146 [Liu Yongjiang, Franz Neubauer, Ge Xiaohong, *et al.* Geochronology of the Altyn fault zone and rising of the Altyn mountains [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 2007, 42(1): 134-146]
- 4 任收麦, 葛肖虹, 刘永江, 等. 晚白垩世以来沿阿尔金断裂带的阶段性走滑隆升[J]. 地质通报, 2004, 23(9-10): 926-932 [Ren Shoumai, Ge Xiaohong, Liu Yongjiang, *et al.* Multi-stage strike-slip motion and uplift along the Altyn Tagh fault since the Late Cretaceous [J]. *Regional Geology of China*, 2004, 23(9-10): 926-932]
- 5 李海兵, 杨经绥, 许志琴, 等. 阿尔金断裂带印支期走滑活动的地质及年代学证据[J]. 科学通报, 2001, 46(16): 1333-1338 [Li Haibing, Yang Jingsui, Xu Zhiqin, *et al.* Geological and chronological evidence of strike-slip movement of Alkyn faulted zone in Indo-China epoch [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(16): 1333-1338]
- 6 李海兵, 杨经绥. 青藏高原北部白垩纪隆升的证据[J]. 地学前缘, 2004, 11(4): 345-359 [Li Haibing, Yang Jingsui. Evidence for Cretaceous uplift of the northern Qinghai-Tibetan plateau [J]. *Earth Science Frontiers*, 2004, 11(4): 345-359]
- 7 李海兵, 杨经绥, 许志琴, 等. 阿尔金断裂带对青藏高原北部生长、隆升的制约[J]. 地学前缘, 2006, 13(4): 59-79 [Li Haibing, Yang Jingsui, Xu Zhiqin, *et al.* The constraint of the Altyn Tagh fault system to the growth and rise of the northern Tibetan plateau [J]. *Earth Science Frontiers*, 2006, 13(4): 59-79]
- 8 Yin A, George E G, Craig E M, *et al.* Tectonic erosion, diapiric flow, and emplacement of UHP rocks during oceanic subduction; origin of the North Qaidam UHP gneisses [J]. *Geol Soc Am, Annual Meeting*, 2001, 33(6): 207
- 9 Yin A, Rumlhart P, Bulter R, *et al.* Tectonic history of the Altyn Tagh fault system in northern Tibet inferred from Cenozoic sedimentation [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 2002, 114: 1257-1295
- 10 陈正乐, 张岳桥, 陈宣华, 等. 阿尔金断裂中段晚新生代走滑过程的沉积响应[J]. 中国科学: D 辑, 2001, 31(增刊): 90-96 [Chen Zhengle, Zhang Yueqiao, Chen Xuanhua, *et al.* Sedimentary response in strike-slip processes of the middle member of Arkin faults in late Cenozoic [J]. *Science in China: series D*, 2001, 31(Suppl.): 90-96]
- 11 陈正乐, 张岳桥, 王小凤, 等. 新生代阿尔金山脉隆升历史的裂变径迹证据[J]. 地球学报, 2001, 22(5): 413-418 [Chen Zhengle, Zhang Yueqiao, Wang Xiaofeng, *et al.* Fission track dating of apatite constraints on the Cenozoic uplift of the Altyn Tagh Mountain [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2001, 22(5): 413-418]
- 12 陈正乐, 宫红良, 李丽, 等. 阿尔金山脉新生代隆升—剥露过程[J]. 地学前缘, 2006, 13(4): 91-102 [Chen Zhengle, Gong Hongliang, Li Li, *et al.* Cenozoic uplifting and exhumation process of the Altyn Tagh Mountains [J]. *Earth Science Frontiers*, 2006, 13(4): 91-102]
- 13 陈正乐, 刘健, 孙知明, 等. 阿尔金山脉新生代剥露历史—前陆盆地沉积记录[J]. 地质通报, 2005, 24(4): 302-308 [Chen Zhengle, Liu Jian, Sun Zhiming, *et al.* Cenozoic erosional history of the Altyn Tagh Mountains from the sedimentary record of the foreland basin [J]. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24(4): 302-308]
- 14 李海兵, 杨经绥, 史仁灯, 等. 阿尔金走滑断陷盆地的确定及其与山脉的关系[J]. 科学通报, 2002, 47(1): 63-67 [Li Haibing, Yang Jingsui, Shi Rendeng, *et al.* The determination of strike-slip fault basin of Altyn and its relationship with mountains [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(1): 63-67]
- 15 李建星, 王永和, 校佩曦, 等. 阿尔金断裂与周缘新生代盆地关系[J]. 西北地质, 2005, 38(2): 19-24 [Li Jianxing, Wang Yonghe, Xiao Peixi, *et al.* The relation between the Altyn Tagh fault and the Cenozoic basin [J]. *Northwestern Geology*, 2005, 38(2): 19-24]
- 16 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 Chengshan, Zhu Lidong, Liu Zhifei. Tectonic and sedimentary evolution of basins in the north of Qinghai-Tibet plateau and northward growing process of Qinghai-Tibet plateau [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2004, 19(3): 373-381]
- 17 许志琴, 曾令森, 杨经绥, 等. 走滑断裂“挤压性盆—山构造”与油气资源关系的探讨[J]. 地球科学, 2004, 29(6): 631-643 [Xu Zhiqin, Zeng Lingsen, Yang Jingsui, *et al.* Role of Large-scale strike-slip faults in the formation of petroleum-bearing compressional basin-mountain range systems [J]. *Earth Science*, 2004, 29(6): 631-643]
- 18 张克信, 王国灿, 曹凯, 等. 青藏高原新生代主要隆升事件: 沉积响应与热年代学记录[J]. 中国科学: D 辑, 2008, 38(12): 1575-1588 [Zhang Kexin, Wang Guochan, Cao Kai, *et al.* Uplift events of Qinghai-Tibet plateau in Cenozoic: sedimentary response and thermal chronology record [J]. *Science in China: series D*, 2008, 38(12): 1575-1588]
- 19 吕宝凤, 赵小花, 周莉, 等. 柴达木盆地新生代沉积转移及其动力学意义[J]. 沉积学报, 2008, 26(4): 552-558 [Lü Baofeng, Zhao Xiaohua, Zhou Li, *et al.* Cenozoic sedimentary migration in Qaidam basin and its significance on the dynamic mechanism [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2008, 26(4): 552-558]
- 20 李玉喜, 庞雄奇, 汤良杰, 等. 柴西地区近南北向构造系统及其控油作用分析[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 65-68 [Li

Yuxi , Pang Xiongqi , Tang Liangjie , *et al.* The S-N tectonic system in the west of Qaidam basin and its control on petroleum [J]. *Petroleum Exploration and Development* , 2002 , 29(1) : 65-68]

21 郭泽清, 郑得文, 刘卫红, 等. 柴达木盆地西部古近纪—新近纪

湖相生物礁的发现及意义 [J]. *地层学杂志* , 2008 , 32(1) : 60-68

[Guo Zeqing , Zheng Dewen , Liu Weihong , *et al.* Discovery and significance of the Neogene and Palaeogene lacustrine reefs in the western Qaidam basin [J]. *Journal of Stratigraphy* , 2008 , 32(1) : 60-68]

Sedimentary Filling History and Analysis of Its Controlling Factors in the Paleogene of the Northwestern Qaidam Basin , China

CHEN Guo-jun¹ DU Gui-chao^{1,3} LÜ Cheng-fu¹ XUE Lian-hua¹
CHEN Ji^{1,3} ZHANG Xiao-bao¹

(1. Key Laboratory of Petroleum Resources Research , Institute of Geology and Geophysics , Chinese Academy of Sciences , Lanzhou 730000;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences , Beijing 100049)

Abstract Quantitative studies on the Paleogene sedimentary filling history and analysis of its controlling factors were carried out based on studies of topography , sediment provenance , constitution and distribution of sedimentary system in Qaidam basin. Western region of Qaidam basin can be divided into several secondary uplifts and depressions controlled by Cenozoic strike-slip process of Altyn Tagh. In Xiangancaigou depositional stage (about 60 ~ 40 Ma) , with the fast uplift of Altyn Tagh , several subsidence centers were created in the front zone of Altyn Tagh. Deposition centers were transported from Shizigou to Nanyi mountain and Youquanzi area. It can be divided into two types of sedimentary areas during Xiangancaigou deposition period bounded by Jianding mountain-Nanyi mountain-Youquanzi: (1) proximal deposits of alluvial fan-fan delta-sub-lacustrine fan-semi-deep lake depositional systems at the front zone of Arkin mountain; (2) alluvial fan-fluvial-delta-shore-shallow lacustrine depositional systems at Jiandingshan-Dafengshan ramp zone. Sedimentation of subsidence center at the front zone of Altyn mountain accelerated during Shanggancaigou deposition period , sedimentary facies in this period is mainly shallow-lake facies. Affected by reduction of sediment supply by Niubiziliang , lake of Dafengshan region developed eastern-ward and northwestern of Qaidam basin is extensively covered by shallow lacustrine.

Key words sedimentary facies; filling history; main controlling factors; Qaidam Basin