文章编号:1673-5005(2014)03-0001-09

doi:10.3969/j.issn.1673-5005.2014.03.001

# 柴达木盆地古近系沉积相研究

苏妮娜1,金振奎2,宋 璠1,顾军锋2,陈 英2,张卫丹2

(1. 中国石油大学地球科学与技术学院,山东青岛 266580; 2. 中国石油大学地球科学学院,北京 102249)

摘要:综合利用野外露头剖面、钻井剖面、岩心以及测井、地震等多种资料,采用单因素分析多因素综合作图的定量 岩相古地理研究方法,以三级层序为单元对柴达木盆地古近系沉积相进行综合研究。结果表明:柴达木盆地古近系 发育冲积扇、辫状河、洪泛平原、扇三角洲、辫状河三角洲、湖泊和浊积扇7种沉积相类型;受盆地构造演化作用的控 制,柴达木盆地古近系沉积经历了水体由浅变深的演化过程;阿尔金山西段的山前陡坡带主要发育扇三角洲-浊积 扇-湖泊沉积体系,阿尔金山中段的山前缓坡带主要发育冲积扇-辫状河-辫状河三角洲-湖泊沉积体系,柴北缘及柴 东地区主要发育辫状河-洪泛平原沉积体系。

### Sedimentary facies of the Paleogene in Qaidam Basin

SU Ni-na<sup>1</sup>, JIN Zhen-kui<sup>2</sup>, SONG Fan<sup>1</sup>, GU Jun-feng<sup>2</sup>, CHEN Ying<sup>2</sup>, ZHANG Wei-dan<sup>2</sup>

(1. School of Geosciences in China University of Petroleum, Qingdao 266580, China;

2. College of Geosciences in China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Based on integrated analysis of outcrop section, drilling profiles, cores, well logging and seismic data, according to the quantitative lithofacies paleogeography, i. e. single factor analysis and multifactor comprehensive mapping method, the sedimentary facies of the Paleogene in Qaidam Basin were comprehensively studied by the third-order sequence as the unit. The results show that there are seven types of sedimentary facies in this region, including alluvial fan, braided river, floodplain, fan delta, braided river delta, lake and turbidite fan. Under the control of the structural evolution function, the sedimentary water of the Paleogene in Qaidam Basin experienced the evolution process from shallow to deep. The sedimentary facies were respectively fan delta-turbidite fan-lake sedimentary system in piedmont steep slope zone of the western Altun Mountains, the alluvial fan-braided river-braided river delta-lake sedimentary system in piedmont gentle slope zone of the middle section of the Altun Mountains, and the braided river-floodplain sedimentary system in the east and northern margin of Qaidam Basin.

Key words: Qaidam Basin; Paleogene; single factor analysis and multifactor comprehensive mapping method; quantitative sedimentary facies; sedimentary facies evolution

柴达木盆地位于青藏高原东北部,是一个大型 的多期构造层相互叠置的复合型沉积盆地。盆地西 高东低,西宽东窄,沿北西西-南东东方向延伸,四 周被阿尔金山、祁连山、昆仑山所环绕,盆地总面积 为12.1×10<sup>4</sup> km<sup>2[1]</sup>。古近系广泛分布,出露良好,是 柴达木盆地最重要的含油气层系之一,剩余油气资 源丰富,勘探潜力巨大。对于柴达木盆地的沉积相 研究,前人已经取得了很多研究成果,主要包括3大方面:一是层序地层学与沉积相方面的研究<sup>[24]</sup>,二 是沉积相特征及其主控因素方面的研究<sup>[5-13]</sup>,三是 沉积相与储层评价、储层形成的主控因素等方面的 研究<sup>[14-18]</sup>。这些研究大多采用定性的方法,并且研 究工作主要集中在柴西、柴北缘等局部地区,而将柴 达木全盆地作为一个整体的岩相古地理研究程度较

收稿日期:2013-12-16

基金项目:山东省自然科学基金项目(ZR2011DL005);国家科技重大专项(2011ZX05009-002);中央高校基本科研业务费专项 (27R1101061A)

作者简介:苏妮娜(1981-),女,讲师,博士,主要从事沉积学、储层地质学等方面的研究。E-mail:sunina1981@163.com。

低,沉积相划分较粗。笔者以三级层序为单元,采用 单因素分析多因素综合作图法<sup>[19]</sup>,进行全盆地沉积 相综合研究,对于明确优质烃源岩和储层的空间分 布规律、寻找有利勘探方向具有重要意义。

### 1 地层发育特征

柴达木盆地古近系在盆地内广泛分布,自下而 上划分为路乐河组(E<sub>1+2</sub>)、下干柴沟组下段(E<sub>3</sub><sup>1</sup>)和 下干柴沟组上段(E<sub>3</sub><sup>2</sup>)3 套地层。依据陆相湖盆层 序地层划分方法,利用野外露头、钻井岩心以及地球 物理资料的层序地层识别标志,将柴达木盆地古近 系划分为6个三级层序(SQ1~SQ6)、12个体系域 (表1)。其中,路乐河组对应于SQ1~SQ2,岩性以 棕褐色、紫灰色砾岩、含砾砂岩为主,夹棕褐色、棕红 色砂岩、泥质粉砂岩及砂质泥岩,为一套洪泛平原、 河流相红色粗碎屑岩系。下干柴沟组下段对应于 SQ3~SQ4,岩性以棕红色砂砾岩、泥岩为主,基本上 为一套洪泛平原-河流相红色粗碎屑岩系,是盆地 最主要的一套区域储层。下干柴沟组上段对应于 SQ5~SQ6,岩性以棕红色、灰绿色泥岩为主,整体上 为一套湖泊相细粒碎屑岩系。

表1 柴达木盆地古近系层序地层划分

Table 1	Paleogene	stratigraphic	sequence	division	of	Oaidam	Basin
						•	

地层		地层	当些性	<b>百亩</b> \$/	层序			
系	统	组(段)	石注付低	序度 0/m	一级	二级	三级	体系域
始 新 统			柴西地区以灰色、深灰色泥岩、钙质泥岩和碳酸盐岩为主,柴 北缘和东部地区以棕红色、灰绿色泥岩为主	182 ~ 2 000		Ш.	SQ6	湖退
		下上段						湖侵
	始	$\mp$ (E <sub>3</sub> <sup>2</sup> )					SQ5	湖退
	ഹ	此						湖侵
	刺	*					504	湖退
	玧	沟 下段	棕红布砂砾岩 泥岩为主 獅子沟地区岩栖同败氏河组	250 350	т	п	-964	湖侵
	组 (E <sub>3</sub> <sup>1</sup> )	你红亡吵哧石、泥石乃工,狮子 闪地区石 庄问西小得沮	250~550	1	ш	503	湖退	
								湖侵
古 新 统		棕褐色、紫灰色砾岩、含砾砂岩为主,夹棕褐色、棕红色砂岩、 泥岩、砂质泥岩及泥质粉砂岩。狮子沟—南翼山一带可见灰 色、深灰色泥岩和泥灰岩	86 ~ 1 309		I	SQ2	湖退	
	路乐河组						湖侵	
	( E <sub>1+2</sub> )					SQ1	湖退	
							湖侵	

## 2 沉积相类型

在前人研究基础上,综合野外露头、岩心及地球 物理资料,在柴达木盆地古近系共识别出7种沉积 相类型,各沉积相类型及特征见表2。

冲积扇相主要分布于盆地周缘的山前地带,纵向上主要发育于路乐河组和下干柴沟组下段,岩性以红褐色砾岩、砂砾岩为主,砾石常呈杂乱堆积(图1(a))。扇三角洲是冲积扇直接入湖所形成的扇形堆积体,主要分布于阿尔金山前的陡坡地带,其沉积 主体为水下分流河道粗砂岩与砂砾岩,常发育中小型交错层理、平行层理(图1(b))。

辫状河在盆地周缘山前带呈连片分布,河道 下切作用明显,常发育冲刷面,与下伏地层呈突变 接触,其垂向序列显示了自下而上由砂砾岩向中 粗砂岩和粉细砂岩变化的正旋回特征,常发育大 型板状、槽状交错层理及平行层理(图1(c)、 (d)、(f))。古近纪气候干旱,在河道沉积之外发 育有大规模的洪泛平原。洪泛平原地形平坦,河 道稀少,处于长期暴露于大气的强氧化环境,只有 在发洪水时才被淹没,其沉积物主要以红色、棕褐 色泥岩和泥质粉砂岩为主,具有微弱的水平层理, 大多呈块状。由于研究区洪泛平原广泛发育,故 本次研究将其单独作为柴达木盆地的一种沉积相 类型列出。辫状河直接入湖形成了辫状河三角 洲,主要分布于柴西的阿拉尔、大风山、跃进地区 及柴北缘的鄂博梁、冷湖、马海、南八仙等地区,并 随盆地中心的向东迁移而不断向东进积,其最重 要的识别特征是砂岩、砾岩夹灰色、灰绿色泥岩, 常见平行层理与板状交错层理。

柴达木盆地古近系湖相泥岩为暗色泥岩与薄层 泥质粉砂岩、粉砂岩互层,缺乏大套厚层暗色泥岩, 故研究区发育滨浅湖和半深湖亚相,深湖不发育。 滨浅湖地处弱氧化—弱还原环境,以暗色泥岩、粉砂 岩及细砂岩为主,常发育双向交错层理、脉状、透镜 状层理,生物扰动构造常见(图1(e)、(g)、(h))。 半深湖地处弱还原—还原环境,以暗色泥岩为主,常 发育水平层理(图1(i))。

#### • 3 •

#### 表 2 柴达木盆地古近系主要沉积相类型及特征

#### ... . . - -. . . .

Table 2 Paleogene sedimentary facies types and features of Qaidam Basin							
相类型	亚相	主要微相(或岩相)	主要分布地区	岩性组合			
冲积扇	上扇 中扇 下扇 扇前	主水道、砾质漫滩 辫状水道、砂(砾)质漫滩 水道、砂质漫滩 泥质漫滩 泥质漫滩	阿尔金山、昆仑山和 祁连山的山前地带	主要为砾岩、砂质砾岩,其次为砂岩、粉砂岩 和少量泥岩;泥岩以棕红色、紫红色、棕褐色、 棕黄色为主;砾岩成分成熟度和结构成熟度 均较低,分选差、磨圆差			
扇三角洲	扇三角洲平原 扇三角洲前缘 前扇三角洲	分流河道、分流河道间 水下分流河道、分流间湾、 河口坝、席状砂 泥岩相	七个泉、咸水泉、红柳 泉等阿尔金山前陡坡 带	主要以中粗粒碎屑岩为主,多为砾岩、砂砾 岩、砾状砂岩夹薄层粉细砂岩和泥岩			
辫状河	河道 溢岸 河漫	主河道、支河道 河漫滩、河漫湖	阿尔金山、昆仑山和 祁连山的山前地带	主要为砂岩、砾岩夹泥岩;岩石颗粒分选中等,磨圆中等;泥岩呈棕红色、棕黄色,见沥裂,为氧化环境中的洪泛平原沉积			
洪泛平原			广泛发育	主要以红色、棕褐色泥岩和泥质粉砂岩为主			
辫状河 三角洲	三角洲平原 三角洲前缘 前三角洲	分流河道、河漫滩、溢岸沉积 水下分流河道、分流间湾、 河口坝、远砂坝 泥岩相	大风山、鄂博梁、跃进 等地形较缓地区	砂岩、砾岩与水下沉积的灰色、灰绿色、深灰 色等还原色泥岩交互			
		滩坝 泥兕相					
湖泊	半深湖	深灰色泥岩相、灰质泥岩相、 浊积岩相	狮子沟、英雄岭、茫 崖、一里坪等周边	暗色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩和细砂岩互层为 主			
浊积扇	上扇、中扇、下扇	补给水道、浊积岩相	山前陡坡带	砂岩和砾岩夹于大套灰色、深灰色泥岩、泥灰 岩中			
	(a (a) (c)板状 西名	$\hat{Y}$ 中 的 中 的 中 的 中 的 中 的 中 和 中 の 中 の 中 の 中 の 中 の 中 の 中 の 中 の 中 の 中 の 中 の 中 の 中 の 一 の の の 一 の の の 一 の の 一 の の の 一 の の の 一 の の の 一 の の の 一 の の の 一 の の 一 の の の 一 の の の 一 の の の 一 の の の の 一 の の の 一 の の の 一 の の の 一 の の の 一 の の の 一 の の の の 一 の の の 一 の の の の の の の の の の の の の	$(b) \mathbb{P}f M \mathbb{R} \mathbb{R} + \mathbf{p} h \mathbb{R} + $	<image/>			
	1780			1cm			

(f)平行层理,细砂岩冷四 1井, 1.780 km, E<sub>1+2</sub>



Fig. 1 Paleogene typical sedimentary structures of Qaidam Basin

浊积扇是深水重力流成因的扇状碎屑岩体,一 般形成于半深湖—深湖环境,为冲积扇-扇三角洲 滑塌再沉积所致。研究区在阿尔金山前的花土沟、 咸水泉一带的下干柴沟组上段发现浊积扇沉积,其 特征为砂岩和砾岩夹于大套灰色、深灰色泥岩、泥灰 岩中,分选差,大小混杂,常发育不完整的鲍马层序 或递变层理。

## 3 沉积相演化特征

以三级层序为研究单元,采用冯增昭提出的定 量岩相古地理研究方法——单因素分析多因素综合 作图法<sup>[20-21]</sup>,选取了地层厚度、砂岩厚度、砾岩厚 度、砂砾岩百分比、暗色泥岩百分比及碳酸盐岩百分 比等单因素,综合编制柴达木盆地古近系定量的沉 积相图,总结各三级层序发育时期的沉积相分布特 征及演化规律。

#### 3.1 路乐河组 SQ1 沉积相特征

路乐河组 SQ1 沉积时期为柴达木古近纪坳陷

湖盆的形成时期。此时期青藏高原开始抬升,随印 度洋板块向亚欧板块俯冲过程中,盆地西部阿尔金 山前和昆仑山前一带相对沉降较快,形成坳陷湖盆, 油砂山一带为沉积沉降中心,发育半深湖亚相。根 据地震资料和地层厚度推测旱参1井区也是沉降中 心,发育半深湖亚相。半深湖外围的狮子沟、干柴 沟、咸水泉地区以及一里坪地区广泛发育滨浅湖亚 相。由于地形坡度较陡,在干柴沟、咸水泉地区,冲 积扇直接入湖形成扇三角洲,沉积物以棕黄色砂砾 岩与暗色泥岩互层为特征:昆仑山前的阿拉尔地区 的辫状河入湖形成小范围的辫状河三角洲:切克里 克地区连片发育辫状河。冲积扇沉积主要发育在阿 尔金山前的月牙山、尖顶山、牛鼻子梁、鄂博梁地区 以及柴北缘的路乐河、潜山、东台1井区、尕西1和 园丘1井区,冲积扇前端广泛发育辫状河,呈连片条 带状分布。柴东地区此时期为超覆尖灭,未接受沉 积。在盆地的其他地区则广泛发育洪泛平原相的红 色碎屑沉积(图2)。



图 2 柴达木盆地路乐河组 SQ1 沉积相 Fig. 2 Sedimentary facies of Lulehe Formation-SQ1 in Qaidam Basin

#### 3.2 路乐河组 SQ2 沉积相特征

路乐河组上部 SQ2 时期,油砂山和一里坪地区 仍然是沉积沉降中心,发育半深湖亚相;SQ2 的滨浅 湖面积较 SQ1 时期相比明显扩大,阿尔金山前的滨 浅湖范围扩展到尖顶山、大风山及墩 5 井区,一里坪 地区的滨浅湖范围也有所扩大。柴西地区在阿尔金 山前的月牙山、牛鼻子梁地区发育冲积扇,在咸水泉 地区发育扇三角洲;由于滨浅湖面积扩大,尖顶山地 区的辫状河直接入湖形成辫状河三角洲;与 SQ1 时 期相比,阿拉尔地区的辫状河三角洲消失,辫状河直 接过渡为洪泛平原;切克里克地区仍然发育辫状河。 柴北缘祁连山前发育冲积扇,主要分布在东台1、尕 西1和园丘1井区;冲积扇前端的冷湖地区、马海地 区及陵深1井区广泛发育辫状河,呈连片条带状分 布。柴东地区此时期为超覆尖灭,未接受沉积。在 盆地的其他地区则广泛发育洪泛平原相的红色碎屑 沉积(图3)。

#### 3.3 下干柴沟组下段 SQ3 沉积相特征

下干柴沟组下段 SQ3 时期,阿尔金山前西段和 一里坪地区发育湖泊相,其中建参1井区和旱参1 井区是沉积沉降中心,发育半深湖亚相。柴西的阿 拉尔地区及昆仑山前的切克里克地区广泛发育辫状 河三角洲。扇三角洲主要分布于阿尔金山前的干柴 沟、咸水泉和月牙山地区。冲积扇沉积主要分布于 阿尔金山前的牛鼻子梁地区、柴北缘的路乐河、潜 山、东台1井区、马海地区及园丘1井区以及柴南缘 的乌图美仁地区,这些冲积扇前端向盆地内部过渡 为连片的辫状河。柴东地区此时期为超覆尖灭,未 接受沉积。在盆地内部的其他地区则广泛发育洪泛 平原相的红色碎屑沉积(图4)。



图 3 柴达木盆地路乐河组 SQ2 沉积相 Fig. 3 Sedimentary facies of Lulehe Formation-SQ2 in Qaidam Basin



图 4 柴达木盆地下干柴沟组下段 SQ3 沉积相 Fig. 4 Sedimentary facies of lower member of Xiaganchaigou Formation-SQ3 in Qaidam Basin

#### 3.4 下干柴沟组下段 SQ4 沉积相特征

下干柴沟组下段 SQ4 时期,湖泊面积明显较 SQ3 时期增大,油砂山和一里坪地区仍然是该时期 沉积沉降中心,发育半深湖亚相。油砂山地区的半 深湖面积扩大到咸水泉、狮子沟地区,滨浅湖范围向 西扩展到阿尔金山边缘,向南扩展到阿拉尔及切克 里克地区,向北扩展到大风山地区,向东扩展到墩 5、茫南1井区;一里坪地区的滨浅湖面积也较 SQ3 时期有明显扩大。柴西地区阿尔金山前的干柴沟、 咸水泉和月牙山等地区继承性发育扇三角洲,牛鼻 子梁地区发育冲积扇。阿拉尔地区的辫状河入湖形 成辫状河三角洲。柴北缘祁连山前以辫状河为主, 较 SQ3 时期相比缺乏冲积扇沉积,冷湖附近的辫状 河入湖形成辫状河三角洲。柴南缘的乌图美仁地区 发育冲积扇,冲积扇前端为连片状的辫状河沉积。 柴东地区此时期仍然为超覆尖灭,未接受沉积。在 盆地的其他地区则广泛发育洪泛平原相的红色碎屑 沉积,以红色泥岩、泥质粉砂岩沉积为主(图5)。



图 5 柴达木盆地下干柴沟组下段 SQ4 沉积相

#### Fig. 5 Sedimentary facies of lower member of Xiaganchaigou Formation-SQ4 in Qaidam Basin

### 3.5 下干柴沟组上段 SQ5 沉积相特征

下干柴沟组上段 SQ5 时期,柴达木盆地发生大范围湖侵,湖泊面积明显扩大,尤其是滨浅湖面积扩 大,原来的两个滨浅湖连成一片,成为一个大面积的 滨浅湖。滨浅湖范围向西已推进到达阿尔金山边 缘,向北到达大风山、鄂博梁地区,向南推进到昆仑 山边缘及弯参1 井区,向东推进到冷湖-南八仙地 区。半深湖仍然继承性地分布在油砂山和一里坪地 区,但面积较 SQ4 时期更大,同时油砂山地区半深 湖中的建参1 井区还发育灰质泥岩。一里坪地区的 旱参1、旱2井区此时已发展为半深湖沉积。由于 地形坡度大,月牙山地区的冲积扇入湖后很快进入 半深湖形成浊积扇。阿尔金山西段连片发育扇三角 洲,阿尔金山中段的尖顶山、大风山、鄂博梁地区主 要发育辫状河三角洲。柴北缘祁连山前仍然缺乏冲 积扇沉积,主要发育辫状河-辫状河三角洲。柴南 缘的乌图美仁及其以西地区发育冲积扇-辫状河。 柴东地区此时期开始接受沉积,除了山前发育辫状 河外,大部分地区为洪泛平原。在盆地其他地区也 广泛发育洪泛平原相的红色碎屑沉积(图6)。



图 6 柴达木盆地下干柴沟组上段 SQ5 沉积相

#### Fig. 6 Sedimentary facies of upper member of Xiaganchaigou Formation-SQ5 in Qaidam Basin

#### 3.6 下干柴沟组上段 SQ6 沉积相特征

下干柴沟组上段 SQ6 时期,湖泊范围又有所变 化,主要是湖泊的南边界由甘森地区退回到大风山 地区,原来的落参1井区由滨浅湖相变为洪泛平原相;冷七2处的湖泊也向盆地内部退去,使冷七2井 区由 SQ5 时期的辫状河三角洲相变为洪泛平原相; 牛鼻子梁地区的湖岸线直接推进到阿尔金山前,致 使此处由 SQ5 时期的冲积扇-辫状河-辫状河三角 洲直接变为辫状河三角洲前缘。咸水泉、月牙山附 近的半深湖中发育浊积扇。与 SQ5 时期相比,柴西 阿拉尔地区由原来的扇三角洲变为辫状河三角洲, 冷湖及南八仙地区由原来的辫状河三角洲变为辫状 河-洪泛平原。柴南缘的黄石、乌图美仁地区发育 冲积扇-辫状河-洪泛平原。柴东地区除了山前发 育辫状河外,大部分地区为洪泛平原沉积。在盆地 的其他地区也广泛发育洪泛平原相的红色碎屑沉积 (图7)。



图 7 柴达木盆地下干柴沟组上段 SQ6 沉积相

Fig. 7 Sedimentary facies of upper member of Xiaganchaigou Formation-SQ6 in Qaidam Basin

#### 3.7 沉积相分布特征和演化规律

构造作用控制了沉积中心的迁移,对柴达木盆 地的沉积演化过程起着明显的控制作用。古近纪由 于燕山运动晚期及喜山运动早期的影响,盆地主要 以旋转扭张为主,处于弱断陷阶段,盆地内形成多个 沉积-沉降中心,且沉积-沉降中心总体上有由南向 北、由西向东迁移的规律<sup>[22-26]</sup>。受盆地构造演化作 用的控制,柴达木盆地古近系沉积经历了水体由浅 变深的演化过程。纵向上,自下而上随着湖盆水域 的不断扩大,冲积扇、辫状河沉积不断退缩,滨浅湖 沉积不断扩大并向盆地边部推进,相序上有冲积扇 -辫状河-辫状河三角洲-滨浅湖-半深湖的变化,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,沉积相分带性明显:在阿尔金山西段的 山前陡坡带主要发育扇三角洲-浊积扇-湖泊沉积 体系,阿尔金山中段的山前缓坡带主要发育冲积扇 -辫状河-辫状河三角洲-湖泊沉积体系,柴北缘及 柴东地区主要发育辫状河-洪泛平原沉积体系。

### 4 结 论

(1)柴达木盆地古近系发育冲积扇、辫状河、洪 泛平原、扇三角洲、辫状河三角洲、湖泊和浊积扇7 种沉积相类型。不同沉积相的岩石类型、沉积物颜 色及沉积构造等特征各不相同。

(2)柴达木盆地古近系沉积经历了水体由浅变 深的演化过程,自下而上随着湖盆水域的不断扩大, 相序上有冲积扇-辫状河-辫状河三角洲-滨浅湖-半深湖的变化,沉积物粒级总体由粗变细。

(3)柴达木盆地古近系沉积相分带性明显,阿 尔金山西段的山前陡坡带主要发育扇三角洲-浊积 扇-湖泊沉积体系,阿尔金山中段的山前缓坡带主 要发育冲积扇-辫状河-辫状河三角洲-湖泊沉积体 系,柴北缘及柴东地区主要发育辫状河-洪泛平原 沉积体系。

#### 参考文献:

- [1] 翟光明. 中国石油地质志(14卷,青藏油气区)[M]. 北京:石油工业出版社,1990:1-5.
- [2] 李永军,付国民,阎海卿,等. 柴达木盆地干柴沟地区 第三系层序地层分析及其油气勘探意义[J]. 西安工 程学院学报,2000,22(3):11-18.
  LI Yong-jun, FU Guo-min, YAN Hai-qing, et al. The analysis of succession of strata and the significance of oil and gas exploring from Ganchaigou in the Qaidam Basin [J]. Journal of Xi'an Engineering University, 2000,22 (3):11-18.
- [3] 付国民,李永军,梁志录,等. 柴达木盆地阿尔金斜坡

层序地层及湖盆充填型式[J].中国地质,2002,29 (2):173-177.

FU Guo-min, LI Yong-jun, LIANG Zhi-lu, et al. Sequence stratigraphy and lake basin-filling model on the Altun slope in the Qaidam Basin[J]. Geology in China, 2002,29(2):173-177.

[4] 蒋宏忱,于炳松,王黎栋,等. 柴达木盆地西部红狮凹 陷第三系下干柴沟组层序地层格架[J].现代地质, 2002,16(4):382-388.

> JIANG Hong-chen, YU Bing-song, WANG Li-dong, et al. Sequence stratigraphic framework of the lower Ganchaigou formation in Hongliuquan-Shizigou area, western Qaidam Basin[J]. Geoscience, 2002,16(4):382-388.

[5] 王鹏,赵澄林. 柴达木盆地北缘地区第三系碎屑岩储 层沉积相特征[J].石油大学学报:自然科学版,2001, 25(1):12-15.

> WANG Peng, ZHAO Cheng-lin. Characteristics of Tertiary reservoir sedimentary facies in the north part of Qaidam Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2001,25(1):12-15.

[6] 金振奎,齐聪伟,薛建勤,等.柴达木盆地北缘结绿素-红山地区古新统至中新统沉积相[J].古地理学报, 2006,8(3):377-388.

> JIN Zhen-kui, QI Cong-wei, XUE Jian-qin, et al. Sedimentary facies of the Paleocene-Miocene in Jielvsu-Hongshan area in north margin of Qaidam Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2006,8(3):377-388.

 [7] 金振奎,张响响,邹元荣,等.青海砂西油田古近系下 干柴沟组下部沉积相定量研究[J].古地理学报, 2002,4(4):99-107.

> JIN Zhen-kui, ZHANG Xiang-xiang, ZOU Yuan-rong, et al. Quantitative study on sedimentary facies of the lower part of Xiaganchaigou Formation of Paleogene of Shaxi Oilfield in Qinghai province [J]. Journal of Palaeogeography, 2002,4(4):99-107.

[8] 欧成华,董兆雄. 柴达木盆地干柴沟—咸水泉地区渐 新统—中新统沉积相分布特征[J]. 地质论评,2010, 56(5):653-663.

> OU Cheng-hua, DONG Zhao-xiong. Sedimentary facies distribution characteristics of Oligocene-Miocenein Ganchaigou-Xianshuiquan area, Qaidam Basin[J]. Geological Review, 2010, 56(5):653-663.

[9] 杨超,陈清华,王冠民,等.柴达木地区晚古生代沉积 构造演化[J].中国石油大学学报:自然科学版,2010, 34(5):38-43.

> YANG Chao, CHEN Qing-hua, WANG Guan-min, et al. Sedimentary and tectonic evolution of Qaidam areas in Late Paleozoic[J]. Journal of China University of Petro

leum(Edition of Natural Science), 2010,34(5):38-43.

- [10] 蒋宏忱,于炳松,王黎栋,等. 柴达木盆地西部红狮凹 陷第三系下干柴沟组沉积相分析[J]. 沉积学报, 2003,21(3):391-397.
  JIANG Hong-chen, YU Bing-song, WANG Li-dong, et al. Analysis on depositional facies of the lower Ganchaigou Formation in Hongliuquan-Shizigou area, western Qaidam Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(3):391-397.
- [11] 路琳琳,纪友亮,刘云田,等. 柴达木盆地红柳泉—跃东地区新近系下油砂山组沉积体系展布特征及控制因素[J].古地理学报,2008,10(2):139-149.
  LU Lin-lin, JI You-liang, LIU Yun-tian, et al. Distribution characteristics and controlling factors of depositional systems of the Neogene Xiayoushashan Formation in Hongliuquan-Yuedong area, Qaidam Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2008,10(2):139-149.
- [12] 段宏亮,钟建华,马锋,等. 柴西阿尔金山前中、下株 罗统展布及油气勘探方向[J].中国石油大学学报: 自然科学版,2006,30(6):13-17.

DUAN Hong-liang, ZHONG Jian-hua, MA Feng, et al. Lower-middle Jurassic distribution and oil-gas exploration direction on the southern Altyn tagh in the western Qaidam Basin[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2006, 30(6):13-17.

[13] 陈国俊,杜贵超,吕成福,等. 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[J]. 沉积学报, 2011,29(5):866-875.
CHEN Guo-jun, DU Gui-chao, LÜ Cheng-fu, et al. Sedimentary filling history and analysis of its controlling factors in the Paleogene of the northwestern Qaidam Ba-

tactors in the Paleogene of the northwestern Qaidam Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(5): 866-875.

[14] 沈安江,朱国华,寿建峰. 柴达木盆地跃进地区 E<sub>3</sub><sup>-1</sup>、 N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub><sup>-1</sup> 碎屑岩储层特征[J]. 沉积学报,2001,19(1): 71-76.
SHEN An-jiang, ZHU Guo-hua, SHOU Jian-feng. A research on E<sub>3</sub><sup>-1</sup>、N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub><sup>-1</sup> clastic rock reservoir in Yuejin area, Qaidam Basin, Northwest China[J]. Acta Sedim-

entologica Sinica, 2001,19(1):71-76.

[15] 谢庆宾,管守锐. 柴达木盆地北缘侏罗系沉积相类型及储集层评价[J].石油勘探与开发,2000,27(2):40-44.

XIE Qing-bin, GUAN Shou-rui. Sedimentary facies type and reservoir evaluation for the northern Qaidam Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27 (2):40-44. [16] 郭峰,陈世悦,袁文芳,等. 柴达木盆地西部干柴沟组 沉积相及储层分布[J]. 新疆地质,2006,24(1):45-51.

> GUO Feng, CHEN Shi-yue, YUAN Wen-fang, et al. Analysis on depositional facies and reservoir of the Ganchaigou formation, western Qaidam Basin[J]. Xinjiang Geology, 2006,24(1):45-51.

[17] 高长海,查明. 柴达木盆地北缘冷湖南八仙构造带油 气成藏条件及成藏模式[J]. 中国石油大学学报:自 然科学版,2007,31(4):1-7.

GAO Chang-hai, ZHA Ming. Oil-gas reservoir-forming conditions and patterns in Lenghu-Nanbaxian structural belt in the northern margin of Qaidam Basin[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2007,31(4):1-7.

 [18] 吴因业,靳久强,李永铁,等. 柴达木盆地西部古近系 湖侵体系域及相关储集体[J]. 古地理学报,2003,5
 (2):232-241.

> WU Yin-ye, JIN Jiu-qiang, LI Yong-tie, et al. Transgressive system tracts and related reservoir bodies of Paleogene in western Qaidam Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2003,5(2):232-241.

- [19] 冯增昭. 单因素分析多因素综合作图法:定量岩相古 地理重建[J].古地理学报, 2004,6(1):3-19.
   FENG Zeng-zhao. Single factor analysis and multifactor comprehensive mapping method: reconstruction of quantitative lithofacies palaeogeography [J]. Journal of Palaeogeography, 2004,6(1):3-19.
- [20] 冯增昭. 单因素分析综合作图法:岩相古地理学方法 论[J]. 沉积学报,1992,10(3):70-77.
  FENG Zeng-zhao. Single factor analysis and comprehensive mapping method: methodology of lithofacies paleogeography[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1992,10 (3):70-77.
- [21] 冯增昭,王英华,刘焕杰,等. 中国沉积学 [M]. 北 京:石油工业出版社,1994:662-685.

 [22] 金之钧,张明利,汤良杰,等.柴达木中新生代盆地演 化及其控油气作用[J].石油与天然气地质,2004,25
 (6):603-608.
 JIN Zhi-jun, ZHANG Ming-li, TANG Liang-jie, et al.

Evolution of Meso-Cenozoic Qaidam Basin and its control on oil and gas[J]. Oil & Gas Geology, 2004,25(6): 603-608.

[23] 高先志,陈发景,马达德,等.中、新生代柴达木北缘的盆地类型与构造演化[J].西北地质,2003,36(4): 16-23.

GAO Xian-zhi, CHEN Fa-jing, MA Da-de, et al. Tectonic evolution of the Northern Qaidam Basin during Mesozoic and Cenozoic eras[J]. Northwestern Geology, 2003,36(4):16-23.

 [24] 汤良杰,金之钧,张明利,等. 柴达木盆地北缘构造演 化与油气成藏阶段[J]. 石油勘探与开发,2000,27
 (2):36-39.

> TANG Liang-jie, JIN Zhi-jun, ZHANG Ming-li, et al. Tectonic evolution and oil (gas) pool-forming stage in northern Qaidam Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2000,27(2):36-39.

[25] 吴光大,葛肖虹,刘永江,等.柴达木盆地中、新生代 构造演化及其对油气的控制[J].世界地质,2006,25 (4):411-416.

> WU Guang-da, GE Xiao-hong, LIU Yong-jiang, et al. Mesozoic-Cenozoic structural evolution in Qaidam Basin and its control on hydrocarbon occurrence [J]. Global Geology, 2006,25(4):411-416.

[26] 曹国强,陈世悦,徐凤银,等. 柴达木盆地西部中-新生 代沉积构造演化[J]. 中国地质,2005,32(1):33-39.
CAO Guo-qiang, CHEN Shi-yue, XU Feng-yin, et al. Ceno-Mesozoic sedimentary and tectonic evolution in the western Qaidam Basin[J]. Geology in China, 2005,32 (1):33-39.

(编辑 徐会永)