

# Development Characteristics and Sedimentary System Analysis of Jurassic Stratum in Wudun Sag

Liwei Cao<sup>1</sup>, Guohong Liu<sup>1</sup>, Yanlei Dong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Exploration and Development, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying Shandong

<sup>2</sup>College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing

Email: 285452979@qq.com

Received: Jul. 30<sup>th</sup>, 2017; accepted: Sep. 24<sup>th</sup>, 2017; published: Dec. 15<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

The drilling data revealed that Wudun Sag of the Dunhuang Basin was a residual sag of the Middle Cenozoic in the Jurassic stratum as exploration target, the low production oil flow was recovered in the Jurassic stratum, which indicated that the Wudun Sag had a better exploration potential, the study found that the direction of exploration and accumulation of oil and gas depended on the stratigraphic development and sedimentary evolution in this area. According to the drilling, seismic and outcrop data from Wudun Sag, the development characteristics of the Jurassic stratum were summarized, the sedimentary systems of the Middle and Lower of Jurassic were analyzed, which were compared with the Jurassic stratum of some basins nearby, it was considered that each formation and interval of Jurassic stratum were developed completely in Wudun Sag, Lucaogou and Nanhu outcrops exposed Dashankou Formation of the Lower of Jurassic. In the sedimentary period of Middle and Lower of Jurassic, the provenance was controlled by the Beishan Mountain in the north, Sanwei Mountain in the south and source systems in the east of the Sag, the Wudun Sag has changed from piedmont fault depression into a sag, the water gradually deepened and the climate changed from warm and wet to hot and dry. The central sub-sag is a favorable source rock and reservoir development zone in the sag, and has a good matching relationship between source and reservoir, which is a favorable target area for oil and gas exploration at the next stage.

## Keywords

Wudun Sag, Jurassic, Stratigraphic Development, Depositional System

---

# 五墩凹陷侏罗系地层发育特征及沉积体系分析

曹力伟<sup>1</sup>, 刘国宏<sup>1</sup>, 董艳蕾<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中石化胜利油田分公司勘探开发研究院, 山东 东营

<sup>2</sup>中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京

作者简介: 曹力伟(1982-), 男, 工程师, 现主要从事地质综合研究工作。

Email: 285452979@qq.com

收稿日期: 2017年7月30日; 录用日期: 2017年9月24日; 发布日期: 2017年12月15日

## 摘要

钻探揭示, 敦煌盆地五墩凹陷是以侏罗系为勘探目的层的中新生代残留凹陷, 在侏罗系内见低产油流, 预示五墩凹陷具有较好勘探潜力。研究表明, 该区的地层发育与沉积演化特征决定了油气的成藏富集及勘探方向。根据五墩凹陷内钻井、地震及露头等资料, 总结侏罗系发育特征, 分析中-下侏罗统沉积体系, 并与周缘诸盆地侏罗系进行对比, 认为五墩凹陷侏罗系各组段发育齐全, 芦草沟和南湖等地出露下侏罗统大山口组; 中-下侏罗统沉积时期, 物源受凹陷北部北山、南部三危山和东部物源体系控制, 五墩凹陷由山前断陷转为凹陷, 水体逐渐加深, 气候由温暖湿润转为炎热干燥。凹陷内中央洼陷带是有利烃源岩及储层发育区带, 并且源储匹配关系较好, 是下步油气勘探有利目标区。

## 关键词

五墩凹陷, 侏罗系, 地层发育, 沉积体系

Copyright © 2017 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

敦煌盆地油气勘探时间早, 前人以侏罗系为勘探目的层系, 在五墩凹陷开展石油地质方面研究, 但一直没有取得勘探突破。2013年以来, 在五墩凹陷钻探的西参1井、墩1井见到良好油气显示, 揭示中-下侏罗统烃源岩已经生排烃且成藏, 表明五墩凹陷具备油气成藏条件, 勘探潜力较大。但五墩凹陷沉积构造较为复杂, 勘探程度低, 诸多基础地质问题没有得到解决, 随着勘探的深入, 地层对比划分及沉积体系成为五墩凹陷亟需解决的关键地质问题。笔者以沉积学理论为指导, 在充分调研前人研究成果的基础上, 对五墩凹陷周缘侏罗系露头进行详细观测, 利用已钻井的岩心、岩屑及测井资料, 结合地层、岩矿送样分析结果[1][2], 对五墩凹陷侏罗系进行划分, 明确各组段归属; 对勘探目的层段的沉积体系开展了深入的研究。

## 2. 区域地质概况

敦煌盆地位于河西走廊西端, 构造上夹持于北山和阿尔金造山带之间, 是在前侏罗系基底之上发育

起来的中新生代盆地，五墩凹陷在构造上位于敦煌盆地中部安墩坳陷内，该凹陷是一个中生代的断陷盆地，北为玉门关斜坡，南临三危山隆起，西靠南湖低凸起，东接甜水井凸起，为敦煌盆地中部的一个二级构造单元(图 1)。敦煌盆地在二叠世晚期 - 三叠纪处于挤压的构造环境，侏罗纪以来，盆地构造格局发生重大转变，燕山期及喜山期的构造运动对于侏罗纪、白垩纪、新近纪地层沉积和展布产生了重要影响。侏罗纪，盆地处于拉张应力环境，五墩凹陷受三危山北断层控制，早期为断陷，后期变为凹陷，沉积了侏罗系下、中、上统。在喜山运动早期，敦煌盆地处于南北向的挤压应力环境，造成新近系疏勒河组与下伏侏罗系呈角度不整合接触，缺失部分上侏罗统及下白垩统，喜山运动晚期，在压扭应力场作用下，三危山北断裂持续活动造成侏罗系露头出露地表。

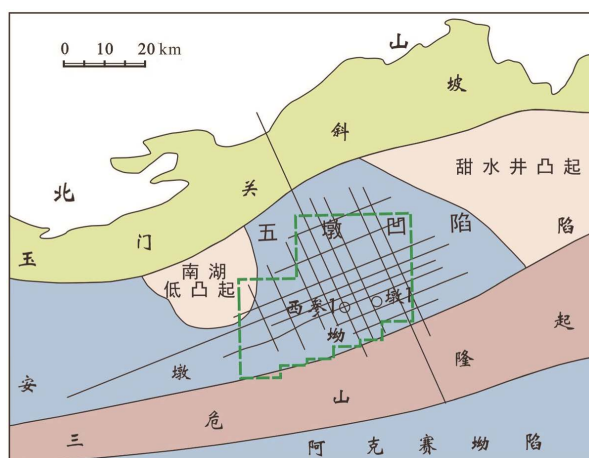


Figure 1. The tectonic location of Wudun Sag  
图 1. 五墩凹陷构造位置图

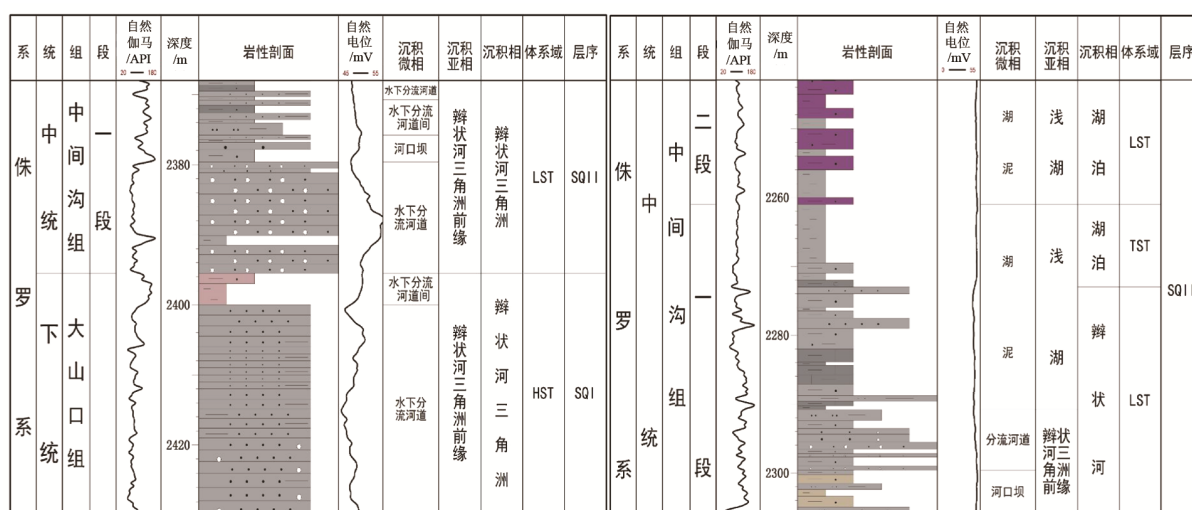
### 3. 侏罗系垂向发育特征及周缘露头归属

#### 3.1. 地层垂向发育特征

由于五墩凹陷周缘侏罗系出露不完整，在芦苇沟、南湖等露头点只见到侏罗系露头与前侏罗系呈不整合接触，并未见到露头顶界。因此，选取五墩凹陷内的西参 1 井开展侏罗系对比划分，该井侏罗系序列完整，资料齐全，具有代表性。根据西参 1 井古生物、岩性、电性、沉积旋回、接触关系、古气候变化等特征，将五墩凹陷侏罗系自下而上划分为下侏罗统大山口组(J<sub>1d</sub>)，中侏罗统中间沟组(J<sub>2z</sub>)、新河组(J<sub>2x</sub>)，上侏罗统博罗组(J<sub>3b</sub>)。

西参 1 井揭示 J<sub>1d</sub> 厚度为 221 m，只钻揭了上部地层，J<sub>1d</sub> 与下伏基底呈角度不整合接触。岩性以灰色含砾砂岩、砂岩、泥质砂岩为主夹灰黑色、灰色泥岩。砂砾岩为灰色，分选中等，次棱角状，泥质胶结，矿物成分主要以石英为主，长石次之；泥岩为灰色到灰黑色，含少量砂质，较硬，代表了温暖湿润性气候，为辫状河三角洲前缘亚相沉积(图 2)。

西参 1 井揭示 J<sub>2z</sub> 厚度为 715 m，细分为 3 个段，一段下部以灰色砂砾岩、深灰色砂岩为主，夹灰色泥岩，局部可见灰黑色碳质泥岩，顶部发育厚层灰黑色泥岩。砂岩由灰色到深灰色，次棱角状，分选中等，矿物成分以石英为主，长石次之；泥岩为灰色到灰黑色，质纯，较硬，为辫状河三角洲前缘亚相沉积。二、三段岩性主要以棕红色、紫红色砂岩、泥质砂岩为主，局部可见深紫色砂质泥岩与泥岩互层。砂岩主要为棕红色到紫红色，分选中等，次棱角状，矿物主要以石英为主，长石次之；泥岩为棕红色到深紫色，含少量砂质，较硬，为辫状河三角洲前缘亚相沉积(图 2)。



注：LST为低位体系域；HST高位体系域；TST水进体系域。

Figure 2. The histogram of Well Xican 1 in Wudun Sag  
图 2. 五墩凹陷西参 1 井地层柱状图

西参 1 井揭示  $J_2x$  厚度为 260 m，岩性主要以棕红色砂砾岩为主，夹杂棕红色泥质砂岩、泥岩。砂岩以中砂为主，少量细砂岩，次棱角状，分选中等，矿物成分以石英为主，长石次之；泥岩为棕红色，质不纯，含少量砂，为辫状河三角洲平原亚相沉积。

西参 1 井揭示  $J_3b$  厚度为 701 m，岩性可划分为上、下 2 段，下段以棕红色厚层泥质砂岩为主，夹杂棕红色砂质泥岩、泥岩；上段以紫红色泥质砂岩为主，夹紫红色、棕红色泥岩，局部可见杂色砂岩及灰白色含砾砂岩。其中，砂岩为棕红色到紫红色、细粒到中粒，次棱角状，分选中等，矿物以石英为主，长石次之；泥岩为棕红色到紫红色，质不纯，含少量砂，为辫状河沉积。

岩性是区域气候、构造背景及小的沉积环境共同作用的综合反映，是地层对比的直接标志之一。结合前人对柴达木、吐哈、准噶尔盆地侏罗系划分结果[3] [4] [5]发现，下侏罗统的含煤段是中国北方中生代最强烈的一次造煤作用的产物，是在全区温暖潮湿背景下形成的；晚侏罗世的红色沉积也是全区干旱气候所致。敦煌盆地的含煤层段、暗色泥岩段、杂色岩段以及红色砂砾岩段与周缘地区具有可对比性。

### 3.2. 露头岩性特征及其归属

五墩凹陷周缘侏罗系露头较少，只有芦苇沟和南湖露头，两露头地层特征相似，具有可对比性。芦苇沟露头位于五墩凹陷东南部(图 1)，三危山北侧，虽然剖面较短，但剖面较完整，岩性序列清楚，具有代表性。

芦苇沟剖面侏罗系与下伏基底呈不整合接触(图 3)。基底主要为变质火成岩，包括花岗片岩、云母石英片岩、辉绿岩等。下部主要为一套灰绿色厚层状砾岩、含砾粗砂岩、中粗砂岩，块状层理为主，向上变为灰褐色厚层 - 巨厚层状中、细砾岩夹中、粗砂岩，砾石直径在 2~20 cm 之间，发育多期冲刷面，大小混杂、杂基支撑、分选磨圆均较差，无明显交错层理，以碎屑流沉积为主，为扇三角洲平原亚相沉积；上部为浅灰绿色厚层状细砾岩、含砾粗砂岩与红褐色中层状安山岩互层，顶部见厚层碳质泥岩夹煤层安山岩中发育杏仁状构造，为火山喷发相成因，砂岩中见多期槽状交错层理，无明显粒序变化，块状层理为主，偶见安山岩火山弹，直径约为 20~25 cm，火山弹中见杏仁状构造与变形构造，为扇三角洲前缘至滨浅湖相沉积。

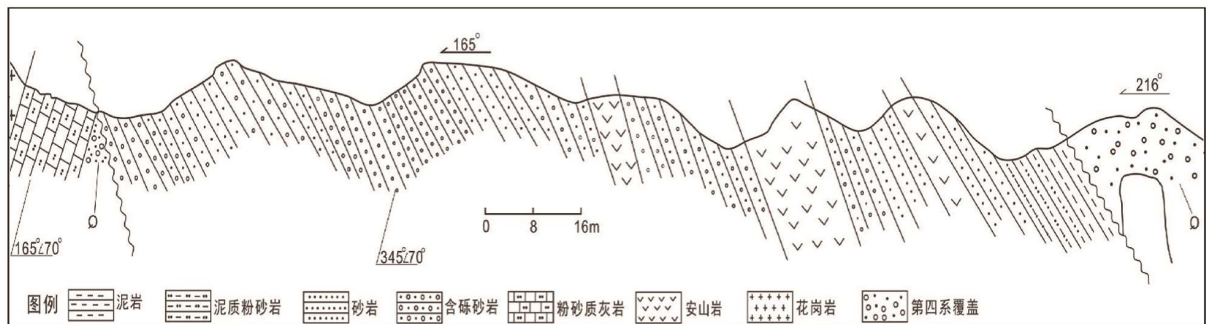


Figure 3. The profile of Lucaogou J<sub>1d</sub> in the southeast of Wudun Sag

图 3. 五墩凹陷东南部芦草沟 J<sub>1d</sub> 剖面图

岩石组合、沉积相带、体系域等特征表明，芦草沟剖面出露低位、湖侵、高位体系域，显示水体逐渐加深沉积过程；露头底部砾岩直径大，磨圆差，为断陷湖盆在裂陷早期近源快速堆积，具有边缘相沉积特征。其岩石特征与西参 1 井所钻遇到 J<sub>1d</sub> 上部特征没有可对比性，但又具有边缘相沉积特征，所以应为 J<sub>1d</sub> 早期沉积[6]。

#### 4. 地层横向展布及盆地结构

依据五墩凹陷地质结构，将其划分为山前南部断阶带、中央洼陷带、北部斜坡带，具有南断北超、南厚北薄的构造特征。五墩凹陷的沉积、沉降中心受边界断层的控制，地层逐渐向北超覆，厚度呈现向北逐渐减薄的趋势。早侏罗世，地形分异明显，凹陷内古地形凹凸不平，局部会出现次级沉积中心，处于断陷初期的填平补齐阶段；中侏罗世，五墩凹陷继续以断陷为主，随着早侏罗世填平补齐作用的进行，凹陷内低凸起消失，沉积范围较早侏罗世明显扩大。早-中侏罗世，地层厚度中心位于三危山前中央洼陷带；晚侏罗世，地层沉积范围继续扩大，厚度中心逐渐向凹陷北部偏移(图 4)。

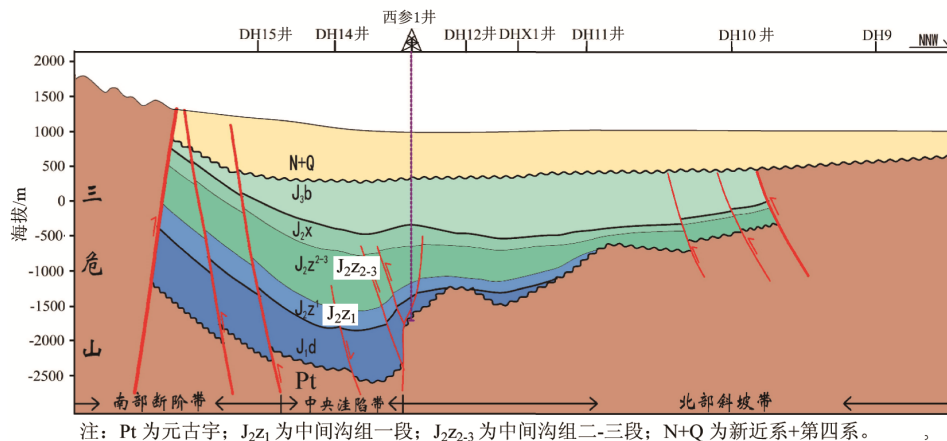


Figure 4. The geological sectional view of the SN direction of DH15-X2 in Wudun Sag

图 4. 五墩凹陷 DH15-X2 南北向地质剖面图

#### 5. 沉积体系分析

五墩凹陷侏罗纪地层的分布特征反映的仅仅是现今残留展布，由于侏罗纪沉积后遭受了燕山运动及喜马拉雅运动的强烈改造，因此，五墩凹陷侏罗纪的原始沉积格局如何，是油气勘探主要关注的问题。在前人研究基础上，对各方面的地质资料进行了综合分析，就五墩凹陷地区侏罗纪的原始沉积格局进行了探讨。



### 5.1. 影响沉积体系的主要因素

在各类陆相盆地中,构造运动和水面升降是控制盆地充填序列的最重要因素[7] [8]。构造活动(包括基底沉降和断裂的活动)对陆相湖盆可容空间和地层展布的控制作用比海相盆地更明显。陆相断陷盆地往往是由断层活动产生沉积物,可容空间而后逐渐形成盆地[5]。构造作用控制下的可容空间决定了层序的发育演化及边界的形成[9]。构造活动产生的古地理背景(陡坡、凹陷、缓坡)对层序内部结构和形态也产生影响,并造成层序体系域内不同沉积体系的组合。构造沉降控制了凹陷内层序的发育和地层厚度的变化,而水面的升降则控制了岩相的分布, $J_2Z_1$  顶部的厚层泥岩在五墩凹陷内沉积范围大,横向分布稳定,证明了水面升降对岩相的控制作用。上述 2 种构造作用始终对陆相湖盆的发展演化起着主导作用。除上述 2 种作用外,气候因素对湖盆沉积物类型也有较大的影响作用,如在温暖潮湿气候条件下,容易形成沼泽环境而沉积煤层或碳质泥岩,岩石颜色以还原色为主;在干旱气候条件下,湖盆中容易形成膏盐层,地层颜色为棕红色、紫红色等氧化色。至于沉积物的供给,一般都要受到构造作用和水面变化因素的制约,它们对沉积充填有一定的影响作用,但起决定因素的还是构造作用和水面升降[9] [10]。

### 5.2. 沉积体系特征

早侏罗世 - 中侏罗世早期为断陷期,早侏罗世受印支运动影响,在五墩凹陷内形成一系列低矮的山丘(低凸起区)、山间洼地(凹陷区)和沟梁,地形分异明显,凹陷分割性强,呈现凸凹相间分布格局,无大型湖泊发育。受边缘断裂拉张活动控制形成双断断陷,控制了  $J_1d$  沉积,凹陷南北两侧的三危山及北山为凹陷提供物源,在中央洼陷带南部陡坡带沉积岩性灰色、灰绿色厚层状砾岩、含砾粗砂岩、中粗砂岩,为扇三角洲沉积体系,在洼陷带北部缓坡带沉积了以灰色砂砾岩为主夹灰黑色、灰色泥岩,为辫状河三角洲前缘亚相沉积,南北物源交汇在中央洼陷带内,沉积范围有限[11] [12] [13] (图 5(a))。

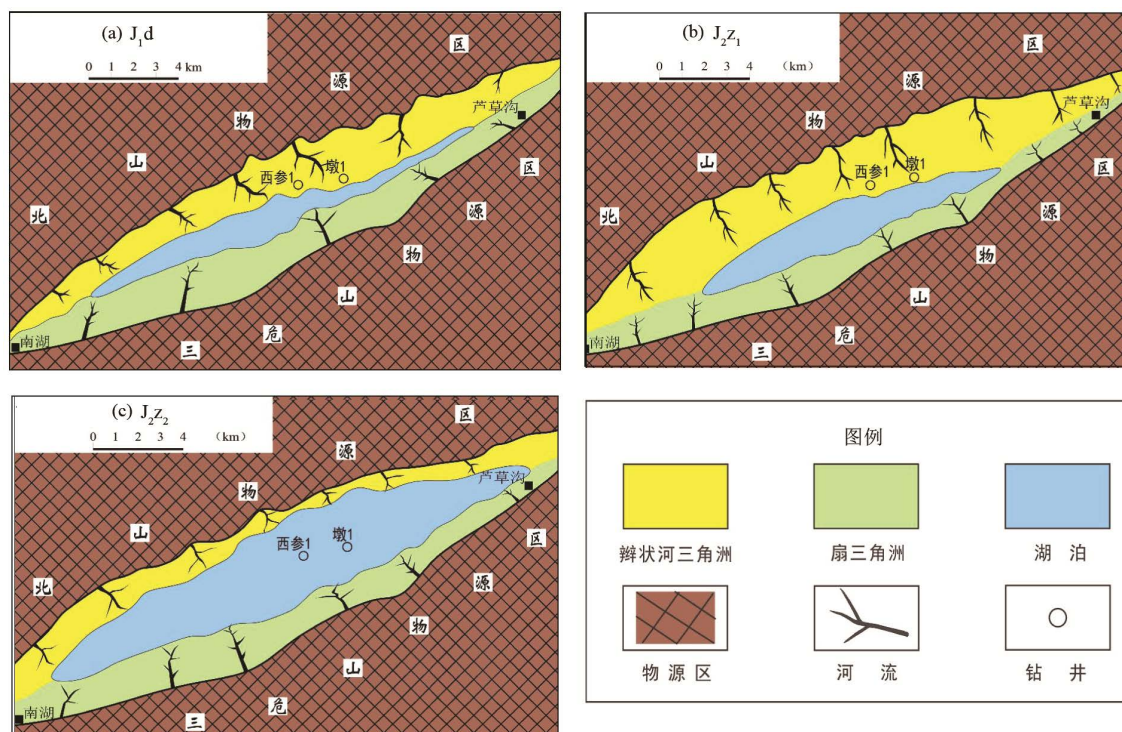


Figure 5. The lithofacies palaeogeographic map of each section of  $J_1d_1$  and  $J_2z_1$  in Wudun Sag  
图 5. 五墩凹陷  $J_1d_1$ 、 $J_2z_1$  各段岩相古地理图

中侏罗世早期断陷作用进一步发展, 水位继续升高, 引起湖泛, 大型湖泊开始发育, 来自北山的物源在  $J_2z$  下部沉积了一套泥质粉砂岩、砂质泥岩和湖相泥岩为主的细粒碎屑岩, 为辫状河三角洲前缘到湖相沉积。岩性特征表明,  $J_2z_1$  早期气候温暖湿润, 上部厚层灰黑色泥岩表明此时达到最大湖泛面, 半深湖相暗色泥岩沉积范围达到最大, 之后古气候转变为炎热干燥, 岩石颜色以棕红色、红色为主色调。断陷期地层展布受三危山北缘边界断裂的控制, 沉降中心位于三危山前[14] [15] [16] (图 5(b)和图 5(c))。

中侏罗世中晚期 - 晚侏罗世为拗陷发育期, 中侏罗世中期的早燕山运动是西北地区沉积盆地发展过程中一个重要的历史转折期, 使得西北地区的侏罗系盆地在类型上发生转变, 结束了早期断陷盆地的演化, 开始了挤压拗陷型盆地的演化阶段, 在地震剖面上见到的  $J_2z$  和  $J_2x$  发育假整合面或沉积相突变面, 这是地壳整体抬升的结果。该时期, 五墩凹陷被填平补齐进入准平原化发展阶段, 沉积了一套紫红色粗碎屑岩地层, 在凹陷南部为冲积扇相沉积, 凹陷北部为河流沉积。晚侏罗世拗陷阶段沉降中心不再受边界断层的制约, 沉积层序具超覆结构, 表现出双向上超特征, 沉降中心向西北方向迁移。

## 6. 结论

1) 五墩凹陷侏罗系可分为  $J_{1d}$ 、 $J_{2z}$ 、 $J_{2x}$  和  $J_{3b}$ , 并进一步把勘探目的层中间沟组划分为 3 个段, 将芦草沟露头归属于  $J_{1d}$ 。

2) 依据地层及沉积特征将五墩凹陷划分为南部断阶带、中央洼陷带、北部斜坡带, 地层逐渐向北部斜坡带超覆, 形成南断北超、南厚北薄的构造特征, 中 - 下侏罗统地层厚度中心位于中央洼陷带。

3) 五墩凹陷中下侏罗统沉积时期受构造、水面升降、古气候等及物源体系的影响, 在凹陷北部发育辫状河 - 辫状河三角洲 - 湖泊沉积体系, 在凹陷南部主要发育扇三角洲 - 湖泊沉积体系, 扇三角洲与辫状河三角洲交汇在中央洼陷内半深湖区。

4) 五墩凹陷内中央洼陷带既是湖相烃源岩发育区, 也是有利储层发育区, 且中央洼陷带内源储匹配关系较好, 是油气勘探有利区带。

## 参考文献 (References)

- [1] 林中凯, 蔡利飘, 罗婷婷. 敦煌盆地地层发育特征分析[J]. 内江科技, 2012(1): 149-149.
- [2] 赵澄林, 季汉成. 敦煌盆地群侏罗系石油地质研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.
- [3] 汪立群, 罗晓蓉. 柴达木盆地北缘油气成藏与勘探实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 1973: 1-6.
- [4] 匡立春, 雷德文. 准噶尔盆地侏罗 - 白垩系沉积特征和岩性地层油气藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 2013.
- [5] 袁明生. 吐哈油气地质与勘探实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 70-73.
- [6] 张满郎, 朱筱敏, 张琴. 准噶尔盆地东部侏罗系沉积体系及油气意义[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 272-278.
- [7] 解习农, 任建业, 焦养泉, 等. 断陷盆地构造作用与层序样式[J]. 地质论评, 1996, 42(3): 239-244.
- [8] 李思田, 林畅松. 大型陆相盆地层序地层学研究[J]. 地学前缘, 1995, 2(3-4): 133-136.
- [9] 张振生, 林畅松. 冀中拗陷陆相地层层序地层学的应用型[J]. 石油学报, 1997, 18(2): 26-33.
- [10] 纪友亮, 张世奇. 陆相断陷湖盆层序地层学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996: 22-43.
- [11] 鲜本忠, 万锦峰, 姜在兴, 等. 断陷湖盆洼陷带重力流沉积特征与模式: 以南堡凹陷东部东营组为例[J]. 地学前缘, 2012, 19(1): 122-132.
- [12] 李凤杰, 李磊, 魏旭, 等. 鄂尔多斯盆地华池地区长 6 油层组湖底扇内深水重力流沉积特征[J]. 古地理学报, 2014, 16(6): 827-833.
- [13] 谭程鹏, 于兴河, 李胜利, 等. 准噶尔盆地南缘四棵剖面八道湾组扇三角洲沉积特征[J]. 现代地质, 2014, 28(1): 181-189.
- [14] 朱筱敏. 层序地层学[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2006: 1-28.

- [15] 张琴, 朱筱敏, 张满郎. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系层序地层格架的建立[J]. 沉积学报, 2001, 19(4): 575-580.
- [16] 张敏, 修金磊, 陈林, 等. 准噶尔盆地中部 2、4 区块侏罗系头屯河组物源体系及沉积演化特征[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2014, 36(6): 45-50.

[编辑] 邓磊

**Hans** 汉斯

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [jogt@hanspub.org](mailto:jogt@hanspub.org)