

文章编号: 1006-6616 (2017) 03-0436-15

苏干湖盆地及毗邻柴北缘西段侏罗系 残留地层发育特征

韦成杰^{1,2}, 朱世发^{2,3}, 杜建军¹, 乐 辉^{2,3}, 李宗星¹

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249;

3. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249)

摘要: 前期的油气勘探和评价揭示了柴北缘西段侏罗系具有良好的油气和煤炭勘探前景。在前人研究的基础上, 利用野外露头、岩心、钻井及地震等资料, 对柴北缘西段侏罗系残留地层发育特征进行了系统研究, 初步落实了侏罗系残留地层的分布。侏罗系自下而上可划分为下统的湖西山组和小煤沟组, 中统的大煤沟组及上统的采石岭组 and 红水沟组。下统主要见于冷湖构造带(湖西山组)和苏干湖盆地东部的向阳煤矿(小煤沟组)。湖西山组的下部岩性为厚层粗粒沉积物, 表现为水下扇沉积特征, 上部为大套湖相暗色泥岩; 小煤沟组厚度较薄, 沉积物粒度粗, 发育煤层。中、上侏罗统主要分布于赛什腾凹陷和苏干湖盆地内的西部凹陷、中部凹陷、向阳煤矿。根据钻井显示, 苏干湖盆地内中侏罗统主要发育大煤沟组五至七段, 岩性主要为灰色、灰黑色泥岩夹灰色细砂岩、砾岩及薄煤层; 其中五段为主力煤层和油气烃源岩层。上侏罗统岩性主要为棕红色、褐色泥岩夹砾岩、砂岩。残留地层的分布主要受控于沉积中心的迁移和断裂的展布。

关键词: 沉积地层; 地层分布; 构造作用; 侏罗系; 地层特征; 苏干湖盆地

中图分类号: P539 P534.52

文献标识码: A

0 引言

柴达木盆地北缘西段(以下简称柴北缘西段)位于盆地西北部阿尔金山和祁连山系交会处, 属于柴达木盆地一级构造单元, 包括鄂博梁—冷湖一带、南八仙、马海构造带以及苏干湖盆地(或苏干湖凹陷)(见图 1), 是长期以来石油勘探的重点地区。前人研究分析认为, 侏罗系是柴北缘地区主要生油层和储集层^[1~8]。经过 50 多年的勘探, 目前已经在柴北缘发现了冷湖三号油田、冷湖四号油田和南八仙油田等油气田, 但是在北部的苏干湖盆地和赛什腾凹陷等地勘探进展缓慢, 侏罗系展布存在争议,

其中主要原因就是受原始沉积产异性和后期构造改造复杂性的影响, 以及基础资料薄弱, 包括地震、钻井资料缺乏等影响, 造成了对侏罗系原始沉积模式和残留分布分析的困难。因此, 本文在前人研究的基础上, 综合利用野外露头、岩心、钻井及地震剖面等资料, 重点围绕苏干湖盆地及其周缘的侏罗系岩相发育特征、地层划分对比以及残留地层分布开展研究, 为柴北缘西段侏罗系油气资源潜力评估提供地质基础资料, 更好地指导油气勘探工作。

1 区域地质背景

柴达木盆地面积约 $1.2 \times 10^5 \text{ km}^2$, 是在前侏罗

收稿日期: 2016-10-22

基金项目: 中国地质调查局项目(12120115003501-4); 国家自然科学基金青年科学基金(41202107); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金(新教师类)(20120007120004); 中国石油大学(北京)科研基金(KYJJ2012-01-20)

作者简介: 韦成杰(1993-), 男, 硕士研究生, E-mail: chengjietianxia@126.com

通讯作者: 杜建军(1976-), 男, 博士, 高级工程师, E-mail: djjwyf@sina.com

系基底上发育起来的中、新生代内陆盆地, 四周被阿尔金山脉、祁连山脉和昆仑山脉呈不规则菱形环绕。周缘山脉在不断隆升过程中不仅扩大了盆地空间, 也为其沉积提供充足的物源。柴达木盆地经历了复杂的构造演化过程, 各期的构造活动控制着盆地现今的构造格局和沉积分布。

本文研究区为柴北缘西段, 狭义上包括大柴旦以西、赛什腾构造带以南、冷湖构造带以东地区, 广义上还包括苏干湖盆地, 其中苏干湖盆地为本文研究的重点。苏干湖盆地位于柴达木盆地北缘块断带北部^[8], 南接大、小赛什腾山, 北临

阿尔金山与党河南山, 东南部直抵土尔根达坂山, 盆地面积约 8600 km²。苏干湖盆地的主控断裂体系形成于中生代晚期, 主要发育逆断层, 断层的延伸方向以 NW-NNW 向为主, 控制一系列断块的抬升与剥蚀^[9-10]。侏罗纪时期赛什腾山尚未隆起, 苏干湖盆地与柴北缘(狭义上)联成一体, 后期由于晚喜山运动南祁连山向南逆冲推覆^[11], 赛什腾山隆起并把两者分割成两个独立的构造单元而各自沉积^[12-14]。而冷湖-南八仙构造带及鄂博梁构造带多呈反“S”型构造带^[12-13], 表现为北西-南东向延伸的背斜构造带。

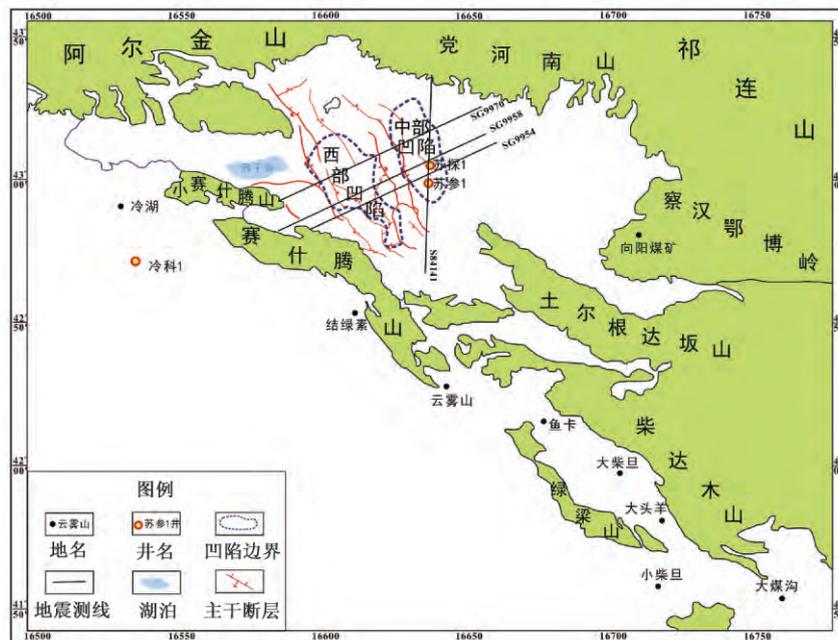


图 1 柴北缘地区地理位置图

Fig. 1 Location map of the northern margin of the Qaidam Basin

柴达木盆地在震旦纪形成基底以来, 经历多期构造旋回的沉积与改造^[14-16]。印支运动结束了盆地长期遭受剥蚀的历史, 在侏罗纪开始接受中生界沉积^[12]。柴达木盆地在中、新生代形成演化可以划分为四个阶段^[15, 17-19], 即: 早、中侏罗世伸展断陷阶段; 晚侏罗世—早白垩世挤压拗陷阶段; 古近系—上新世晚期挤压拗陷阶段; 上新世晚期—第四纪挤压、推覆阶段。其中, 柴北缘的构造变形主要受控于晚白垩世燕山运动的隆升剥蚀和新生代晚期喜山运动的冲断作用^[2, 8]。

2 地层特征与划分

柴北缘基底与周缘的祁连山、阿尔金山连成

一体, 主要是元古界变质岩、下古生界变质岩和古生界花岗岩^[7, 11]。柴北缘西段沉积盖层主要由中、新生界组成, 自下而上发育有: 侏罗系, 古近系, 新近系和第四系, 由于晚白垩世隆升剥蚀作用, 仅局部有白垩系残存。柴北缘地区中生界主要发育侏罗系和白垩系(分布局限), 中、下侏罗统主要以河流、湖沼相为主, 岩性以灰黑色、黑色泥岩、炭质泥岩夹灰色粉砂岩、细砂岩, 局部夹黑色煤层; 上侏罗统为干旱气候下的河流沉积体系, 以红色、棕红色泥岩夹棕红、棕灰色含砾砂岩、砾岩为主(见图 2)。

柴北缘西段和东段的侏罗系沉积特征既有相似性也有可比性, 因此, 本文选择柴北缘东段侏罗系典型剖面—大煤沟剖面来做为各层段划分的

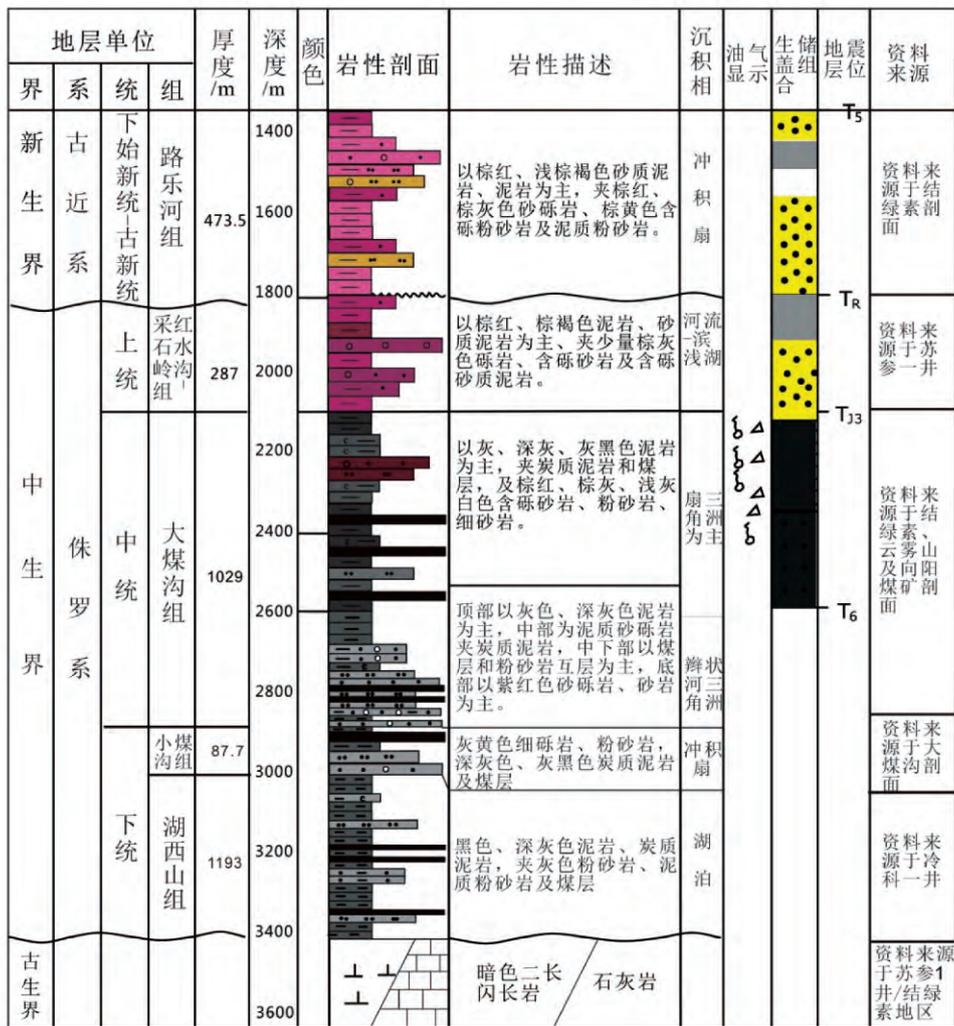


图2 柴北缘西段侏罗系综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive stratigraphic column of the western sector of northern margin of Qaidam Basin

标准和依据。柴北缘东段地区侏罗系主要残余中、上统地层，中侏罗统大煤沟组根据岩性特征划分为七段，第一段下部为灰绿色砂砾岩，向上为煤层及泥岩沉积为主；第二段下部为砂砾岩段，上部为炭质泥岩段；第三段底部为灰色砾岩夹薄层泥岩，中部为多套砂岩-泥岩反旋回，顶部变为灰色砂砾岩沉积；第四段为砂砾岩-灰绿色泥岩旋回，泥岩向上厚度变大；第五段，底部为含砾粗砂岩，向上变为深灰色泥页岩与粉细砂岩薄互层，中上部为煤岩发育段，为该段的标志层；第六段为大套砂砾岩段，上部为砂砾岩与杂色泥岩旋回段；第七段下部为深灰色泥岩夹中细砂岩；中、上部为黑色、灰黑色油页岩，为该段的标准层。上侏罗统采石岭组下部为土黄色砂砾岩，中上部为红色泥岩段，夹薄层砂岩^[15-18]。

2.1 侏罗系露头发育特征

为了能够全面地了解柴北缘西段侏罗系的地层特征，本文选取了野外露头剖面主要包括苏干湖盆地东南缘的向阳煤矿露头、赛什腾山南缘的结绿素露头和云雾山露头进行研究，以柴北缘东段的大煤沟露头和羊肠子沟露头作为对比参考，对各剖面的地质特征做了详细的描述。

向阳煤矿露头位于苏干湖盆地东南部，即土尔根达坂山北部，剖面位置见柴北缘西段地理位置图(见图1)，剖面测量起点的坐标为38°34'21"N, 95°24'49"E。实测剖面长度约70m，剖面方位为SW234°。本区侏罗系仅出露于向阳煤矿中部，主要为滨浅湖亚相沉积。岩性以土黄色、灰白色泥灰岩夹灰白色、灰色泥岩、灰黑色炭质泥岩，顶部见五米厚的黑色煤层夹土黄色泥岩(见图3a)。根据岩性特征，将该区岩性划分为两段，分别对应大煤沟

组的五、六段, 以顶部的黑色煤层为标志层, 对应于柴北缘东段大煤沟组五段顶部的煤层, 六段中下部为灰白色泥灰岩夹灰色、红褐色泥岩、灰黑色炭质泥岩、灰白色粉砂岩透镜体为特征, 泥灰岩中可见斑点状和细条带状黄铁矿分布, 与大煤沟剖面相比, 该区岩性相对较细, 主要是泥岩和泥灰岩沉积,

砂砾岩沉积很少; 上部沉积特征有相似性, 为灰白色、红褐色、土黄色等杂色泥岩 (见图 3b) 与薄层粉砂岩旋回段, 在实测剖面图上有较好的显示 (见图 4)。此外, 该剖面产拟刺葵、膜蕨型锥叶蕨、带羊齿、新芦木、网脉蕨等化石^[10, 15], 这些化石也是确定该套地层属于中侏罗统的重要依据之一。

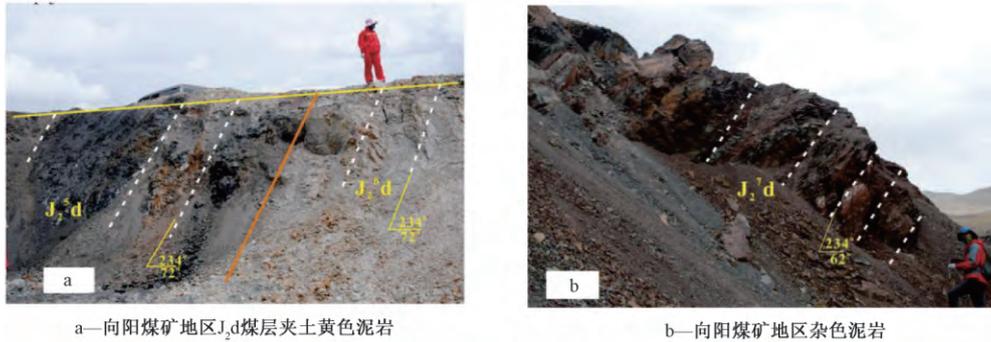


图 3 向阳煤矿野外露头相标志

Fig. 3 Outcrop facies marks of Xiangyang Coal Mine

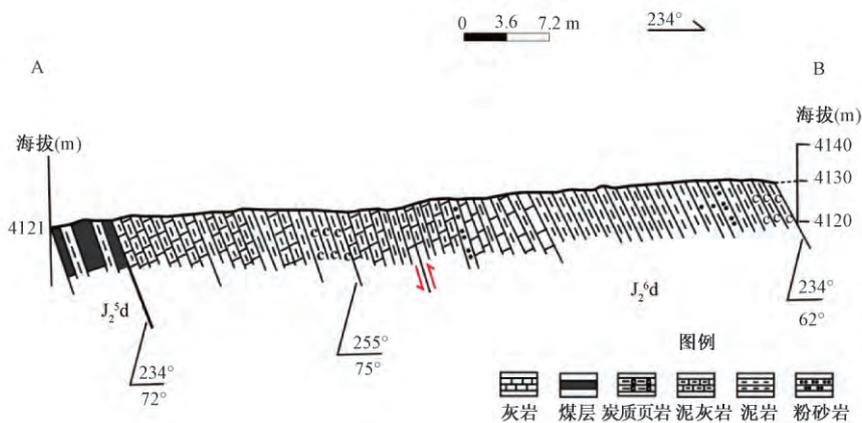


图 4 向阳煤矿侏罗系地层实测剖面图

Fig. 4 Jurassic observed profile of Xiangyang Coal Mine

结绿素剖面位于赛什腾山脉中段南部, 剖面位置见柴北缘西段地理位置图 (见图 1), 剖面测量起点的坐标为 37°31'31.69"N, 95°59'58.78"E, 剖面实测长度约 583m, 剖面方位为 NE37°。本区域的侏罗系仅于高泉煤矿有出露, 平面上呈近东西向的长条状, 侏罗系与石炭系呈断层接触关系。该剖面主要出露中、上侏罗统地层, 上统主要为河流-辫状河三角洲-湖泊相沉积, 岩性主要为土黄色砂砾岩、红褐色泥岩为主; 中统主要为扇三角洲-辫状河三角洲-湖泊相沉积, 岩性主要为灰黑色泥岩、炭质泥岩、土黄色粉砂岩、砂砾岩及薄煤层。根据岩性特征, 将该区岩性划分为五段, 分别对应大煤沟剖面上侏罗统采石岭组、中侏罗

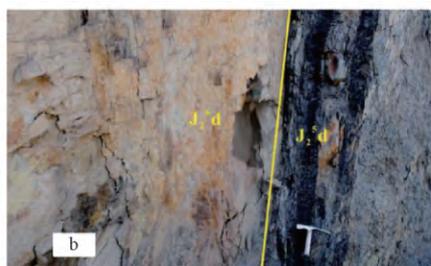
统大煤沟组七段至四段。该剖面上部的红褐色泥岩、泥质粉砂岩为划分上侏罗统采石岭组的标志层, 该剖面采石岭组岩性下部为灰白色、土黄色粉-细砂岩、泥质粉砂岩, 砂岩中可见平行层理、小型交错层理, 上部主要为红褐色泥岩、泥质粉-细砂岩, 和大煤沟剖面相比, 该区岩性更细, 未发现大煤沟地区的粗粒砂砾岩沉积, 但其向上沉积变细、上部沉积有红褐色泥岩的特征是相似的。七段以顶部的黑灰色油页岩 (见图 5a) 为标志层, 对应大煤沟剖面大煤沟组七段上部的油页岩, 岩性主要为厚层的灰黑色油页岩夹土黄色、灰色泥岩; 六段为砂砾岩段, 下部为土黄色粗-细砂岩, 上部为灰色粉砂岩、泥质粉砂岩, 砂岩普遍发育

平行层理; 五段以顶部的灰黑色炭质泥岩及上部发育薄煤层(见图5b)为特征, 可与大煤沟剖面大煤沟组五段相对应, 岩性主要为灰色黑色炭质泥岩、灰色含粉砂岩泥岩夹薄煤层; 四段厚度较薄, 主要为薄层的土黄色粉砂岩, 与石炭系灰黑

色灰岩夹煤层呈断层接触, 实测剖面图如图6所示。该剖面产柴达木叶肢介、达尔文介、带羊齿、新芦木、开口轮藻、网脉蕨等化石^[10], 对确定地层的时代归属具有重要意义。



a—结绿素地区大煤沟组五段灰黑色油页岩



b—结绿素地区大煤沟组五、六段分界线

图5 结绿素地区野外露头相标志

Fig. 5 Outcrop facies mark in Jielsu area

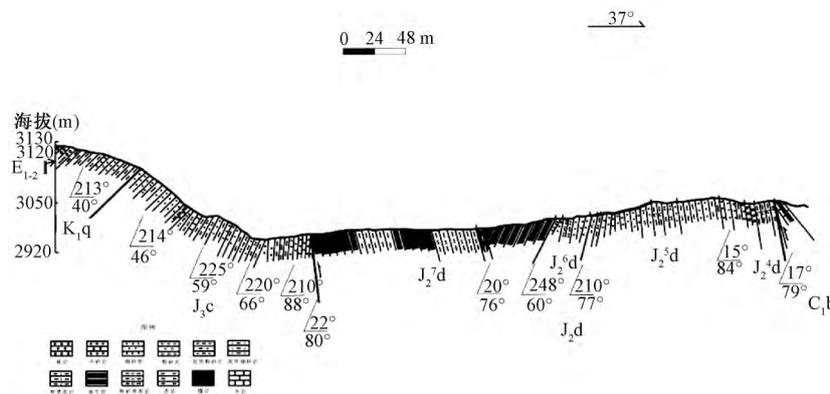


图6 结绿素侏罗系地层实测剖面图

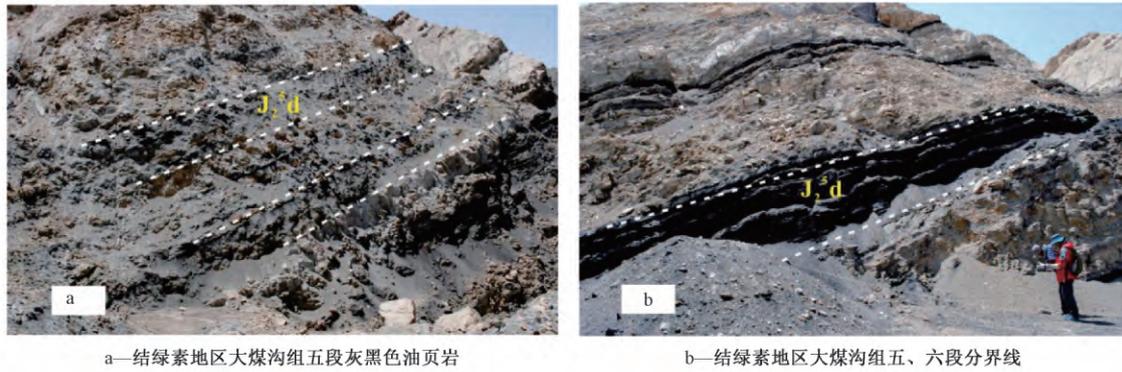
Fig. 6 Jurassic observed profile of Jielsu area

云雾山位于大赛什腾山脉东南部末端, 剖面位置见柴北缘西段地理位置图(图1), 剖面测量起点的坐标为 $38^{\circ}23'46''N$, $94^{\circ}17'13''E$ 。剖面实测长度约250 m, 剖面方位为 $ES179^{\circ}$ 。该区出露的侏罗系地层平面上呈为西北向的长条状。该剖面主要出露中侏罗统地层, 主要为滨浅湖亚相沉积, 岩性以土黄色砂岩、粉砂岩、黑灰色炭质泥岩为主, 夹薄层煤线及灰色泥岩。根据岩性特征, 将该区岩性划分为三段, 分别对应大煤沟剖面中侏罗统大煤沟组四段至六段。四段以灰白色砂砾岩-灰白色砂岩-灰色泥岩旋回为特征, 砾石最大7 cm, 顺层排列, 向上变细, 冲刷薄层灰色泥岩, 呈间断性正韵律, 岩性特征与沉积特征与大煤沟剖面大煤沟组四段相似。五段底部为含砾砂岩、粗砂岩, 见长3 m、宽0.5 m粗砂岩透镜体, 向上为黑

灰色炭质泥岩夹灰白色粉-细砂岩(见图7a)及煤层(见图7b), 顶部为土黄色细砂岩, 该段发育的薄煤层及煤线为主要标志层, 与大煤沟剖面五段相比, 该段岩性相对较细、泥岩颜色更深, 沉积特征相似。六段厚度较薄, 出露不全, 底部为灰白色砂砾岩段, 向上变为土黄色细砂岩与灰色泥岩旋回, 其底部的砂砾岩段为主要标志层段, 实测剖面如图8。该剖面产带羊齿、新芦木、开口轮藻、苏铁杉、楔羊齿等化石^[10]。

2.2 侏罗系钻井划分

地层的分布和厚度是评价柴北缘侏罗系勘探的关键因素。目前, 钻全侏罗系的探井较少且分布不均, 多数井位于冷湖构造带上, 使得准确预测侏罗统地层厚度比较困难。本文主要研究区是苏干湖盆地, 所以选取了盆地内钻遇侏罗系的探



a—结绿素地区大煤沟组五段灰黑色油页岩

b—结绿素地区大煤沟组五、六段分界线

图 7 云雾山地区野外露头相标志

Fig. 7 Outcrop facies marks in Yunwushan area

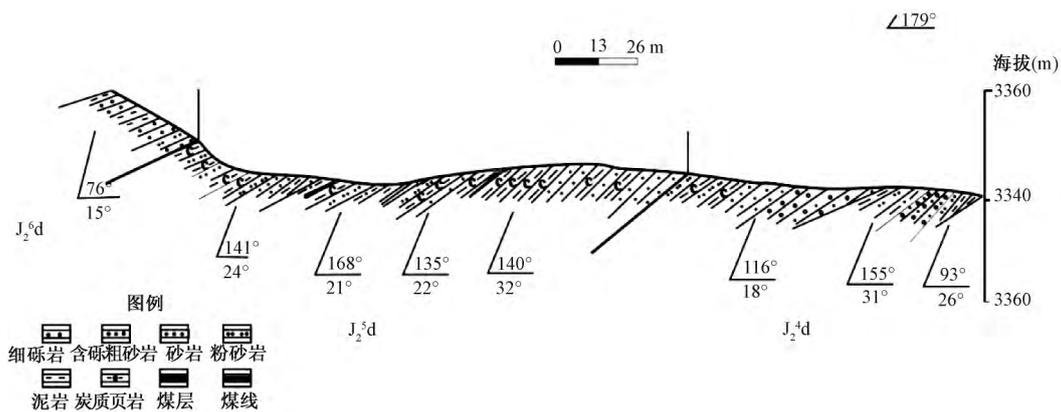


图 8 云雾山侏罗系地层实测剖面图

Fig. 8 Jurassic observed profile in Yunwushan area

井和冷湖构造带上的冷科 1 井进行研究, 为研究柴北缘西段侏罗系的展布提供充足的依据。各井钻遇层位及深度见 (见表 1)。

表 1 探井分层数据表

Tab 1 Hierarchical data of the wells in Suganhu Basin

井号	井深 (m)	补心海拔 (m)	Q ₁₊₂	N ₂ ¹	N ₁	E ₃	E ₁₊₂	J ₃	J ₂	J ₁
苏参 1	2789.4	3003.64	298	546	936	1374.5	1848	2135	2653	
苏探 1	2878	3006.19	290	510	820	1218	1647	2498	2878 _▽	
冷科 1	5200	2774.2			784	2520	3473	未钻遇	未钻遇	5200

苏参 1 井是位于青海省苏干湖盆地花海子东 18 公里处的参数井。通过苏参 1 井的钻探证实, 该井从上至下分别钻遇了七个泉组、下油砂山组、上干柴沟组、下干柴沟组、路乐河组、红水沟-采石岭组和大煤沟组, 缺失白垩系地层, 侏罗系沉积地层与下伏地层上古生界为不整合接触。钻遇的侏罗系上统红水沟-采石岭组厚度约为 287 m, 岩性以棕红、棕褐色泥岩、砂质泥岩为主, 2135 m 以下, 岩性由棕褐色变为灰色地层, 且开口轮藻明显减少。根据地层颜色和化石的变化, 将红水

沟组及采石岭组底界划分在 2135 米。苏参 1 井钻遇的中侏罗统厚度约为 518 m, 岩性以灰色、深灰、灰黑色泥岩为主, 并夹有黑灰色炭质泥岩层及黑色煤层, 2410 ~ 2515 m 为煤系层段, 部分砂质岩含油迹、油斑, 2622 ~ 2653 m 的地层为一套暗色混合花岗岩。根据岩性特征、沉积特征与大煤沟剖面进行对比, 将 2380 ~ 2653 m 的地层划分为大煤沟组五段, 其岩性以灰黑色、灰色泥岩为主, 夹灰白色砂岩及煤层, 煤层总共厚约 30 m, 煤层为大煤沟组五段的标志层; 2180 ~ 2380 m 的

地层划分为大煤沟组六段,与大煤沟剖面相比,该区岩性较细、泥岩厚度较大,主要为灰色、灰黑色泥岩夹灰色细砂岩,2135~2180 m 地层划分为七段,厚度较薄,岩性为灰色、灰黑色泥岩与灰色油斑粉砂岩互层。本井暗色泥质岩集中分布在大煤沟组,视厚度 341 m,占该地层总厚度的 65.8%,煤层累计厚度达 33.3 m,泥岩的有机质丰度和成熟度都较高,具有较高的生烃能力。

苏探 1 井钻遇的层位和苏参 1 井一样,但是钻遇各层的厚度发生变化。根据岩性和沉积特征,将苏探 1 井钻遇的中侏罗统划分为两段。将 2685~2878 m 的地层划分为大煤沟组五段,岩性主要为灰色、灰黑色泥岩夹灰黑色炭质泥岩及薄煤层,炭质泥岩向上厚度变大,划分依据主要是其中上部灰黑色炭质泥岩中夹有薄煤层,煤层为该段的标志层。将 2498~2685 m 的地层划分为大煤沟组六段,岩性主要为褐色、灰色泥岩夹灰绿色、灰色含砾砂岩、泥质粉砂岩,向上泥岩厚度变薄,与大煤沟剖面相比,该处岩性更细、泥岩颜色更深。苏探 1 井钻遇的大煤沟组暗色泥岩总厚度为 255 m,占所在中侏罗地层厚度的 93.4%,且泥岩的有机质丰度和成熟度都较高,有成为优势烃源岩层的潜力。

冷科 1 井是冷湖背斜带冷湖五号构造二高点上的一口科探井,冷科 1 井从上至下分别钻遇了上干柴沟组、下干柴沟组、路乐河组、小煤沟组,缺失白垩系、中、上侏罗系地层。在 3473~5200 m 打下侏罗统小煤沟组,其岩性上部以黑灰色泥岩为主,夹灰白色泥质粉砂岩,粉砂岩;中部煤层发育,并夹有砾状砂岩及含砾砂岩;下部以灰、深灰色泥岩、砂质泥岩为主,夹少量灰色粉砂岩、泥质粉砂岩。该组地层沉积了一套以灰黑、深灰色泥岩、砂质泥岩为主的地层,岩性较细,上部地层暗色泥岩中夹有较多的植物碎片及植物叶片等化石,薄层的粉砂岩条带中多含指相矿物黄铁矿。在 4100~4200 m 左右井段是煤层集中段。根据上述岩性特征可初步断定该地区的侏罗系地层是半深水沉积,根据煤层的规模推测为湖泊-沼泽相沉积。冷科 1 井暗色泥岩厚度累计达 1490 m,占地层总厚度的 86.2%,最大连续厚度达 196 m,且冷科 1 井侏罗系的生油岩不仅沉积厚度大,而且丰度高,具有广阔的找油前景。

3 侏罗系残留地层分布

柴北缘侏罗纪经历了复杂的演化过程,其后又受到燕山运动和喜山运动的强烈改造,导致各统之间的地层展布存在差异。想要明确侏罗系各统之间的空间展布规律,查明侏罗系各统的分布范围至关重要。研究中将地面露头、钻井和地震资料综合起来,将传统粗略的大套地层进行了剥离分析,具体过程是把前人关于侏罗系各统地层展布面积进行叠合,然后根据野外露头资料进行定点标定,再通过地震剖面和钻井资料标定出各统地层在横向和纵向上的展布情况,最后进一步划分出各统的分布范围。由于本文研究的重点主要是苏干湖盆地,所以关于冷湖地区及赛什腾凹陷的结论主要是在参考前人^[20-24]研究的基础上,结合该区的野外露头和钻井资料得出的。

3.1 下侏罗统

早侏罗世处于印支末造山运动结束后的调整期^[7],受阿尔金断裂带左旋走滑的影响,柴北缘在近北东-南西向松弛伸展构造应力场作用下^[17],形成了一系列由同沉积断层控制的右行的雁列次凹,这些次凹决定了下侏罗统的沉降、沉积中心和展布情况^[1]。从图 9 可以看出柴北缘西段下侏罗统地层主要分布在冷湖-南八仙以西以南地区,其南部边界可能在一里坪凹陷南部地区,这一地区包括冷湖、鄂尔博梁、伊北、昆特依等四个沉积中心。下侏罗统地层分布较广、沉积厚度较大,如冷科一井钻遇湖西山组厚度达 1727 m,地层分布受基底断裂的控制,平面上的展布与断层基本走向一致呈北西向,沉积物源主要来自阿尔金山。此外,在柴北缘西段北部的苏干湖盆地内^[25],主要在向阳煤矿地区沉积了下侏罗统(见图 9),分析认为在早侏罗世时期,除了在阿尔金、冷湖及红山地区发育三个比较大的沉降带外,在南祁连山向阳煤矿地区也发育了一系列小型断陷盆地,来自南祁连山的物源通过山区河流形成扇三角洲后进入湖盆沉积早、中侏罗世地层。当时柴北缘气候温暖湿润,因而在本区沉积了暗色泥质烃源岩。苏干湖盆地目前勘探程度较低,在本区缺少探井和优质的地震资料,其确切的分布范围和沉积厚度有待进一步落实。

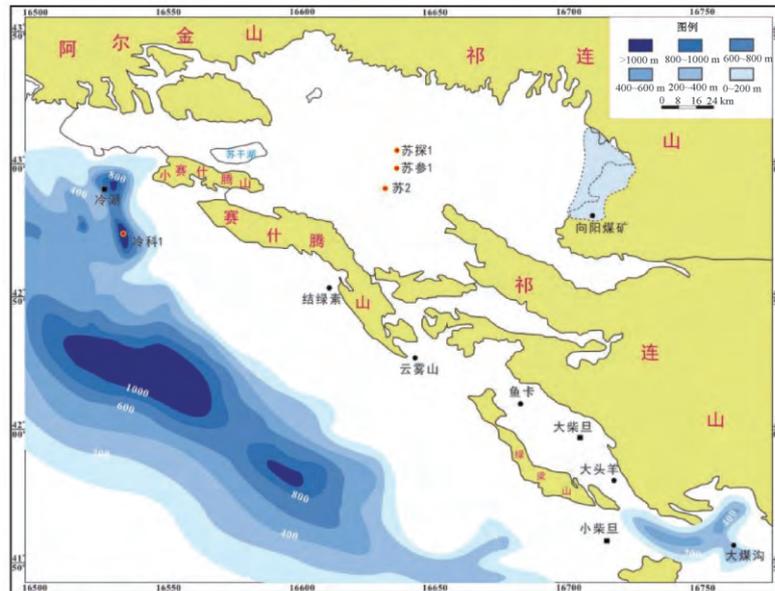


图 9 柴北缘西段侏罗系下统残余厚度图

Fig. 9 The thickness chart of the lower Jurassic residual of the western sector of the northern margin of Qaidam Basin

3.2 中侏罗统

中侏罗世早期, 塔里木板块相对柴达木板块大规模地向东迁移^[1], 不仅使得柴达木板块西部的阿尔金断裂带发生局部活化, 而且使柴达木盆地西部抬升, 并形成主控中侏罗统断陷沉积的沿赛什腾山-宗务隆山分布的沉积断层^[26], 从而造成沉积中心向东北方向迁移。中侏罗统主要分布于三个地区, 一是柴北缘东部大柴旦-大煤沟以南地区, 一是赛什腾山山前凹陷至鱼卡地区, 还有就是柴北缘西段北部的苏干湖盆地。沉积范围较早侏罗世更大, 一些地区的中侏罗统超越下侏罗统范围直接覆盖在古生界、元古界等基岩之上 (大头羊剖面)^[13], 甚至可以越过赛什腾山, 即可能苏干湖盆地的沉积地层与赛什腾山前的中侏罗统地层是相连成一片的。

在苏干湖盆地内, 通过对地震、钻井资料和野外露头资料综合分析, 认为苏干湖盆地中侏罗统残留地层主要分布于三个区域, 分别是西部凹陷、中部凹陷和向阳煤矿。如过西部凹陷和中部凹陷的地震测线 SG9954 (见图 10)、SG9958 (见图 11) 和 SG9970 (见图 12) 所示, 测线方向为南西-北东向 (见图 1), 测线中由 T_R 和 T_6 限定的地层为侏罗统地层, T_{J3} 和 T_6 之间的为中侏罗统地层, T_{J3} 和 T_R 之间为上侏罗统地层。 T_6 界面是中侏罗统大煤沟组的底界面, 其能量时强时弱, 连续性时好时坏, 较难识别。 T_R 界面为中生界的顶界面,

该界面能量强, 波形稳定, 连续性好, 波组特征明显, 是一区域不整合面, 为中生代地层和新生代地层分界线。受塔里木板块向东迁移和南祁连山向南逆冲推覆的影响, 盆地内形成一系列北西向的基底主干断裂并且控制着盆地内沉积地层的分布。西部凹陷、中部凹陷物源主要是来自祁连山和阿尔金山, 沉积以断层为边界, 最大沉积厚度约 850 m (见图 13)。西部凹陷侏罗系面积 495 km², 由过凹陷的地震剖面图可以看出其分布范围和沉积厚度向北逐渐增大, 最大沉积厚度在测线 SG991081 ~ SG99120 之间, 分布范围受北西向断裂控制, 向北达四道班一带, 向南一直延伸到大赛什腾山北部, 具北断南超断陷沉积特征。中部凹陷侏罗系面积 320 km², 由过凹陷的南北向的地震剖面 (见图 10) 可知其具有南厚北薄、南断北超特征, 分布范围北达党和南山南部, 南至土尔根达坂山西北部, 沉积中心位于凹陷西南部。东部的向阳煤矿物源主要来自祁连山南缘, 由于缺少地震资料和钻井资料, 其沉积厚度和分布范围有待进一步落实。

3.3 上侏罗统

晚侏罗世, 随着姜塘板块持续向北强烈挤压^[26]、塔里木板块继续向东迁移以及南祁连山、阿尔金山和柴北缘相继隆升, 盆地处于弱挤压环境中, 由中侏罗的断陷盆地向拗陷盆地转化^[11-19], 根据晚侏罗大范围可对比的主的细粒沉积物, 认

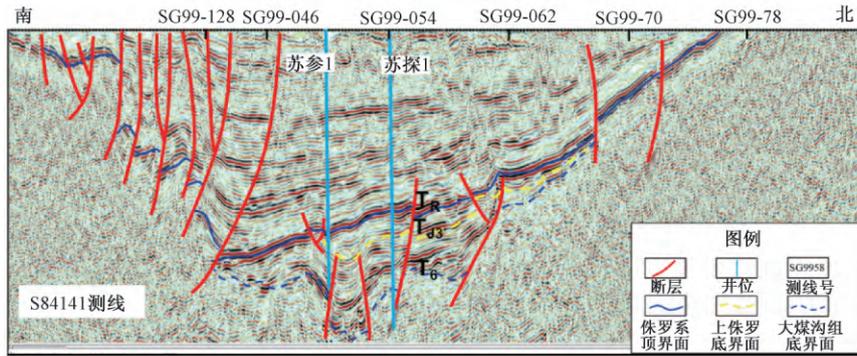


图 10 苏干湖盆地 S84141 测线地震剖面

Fig. 10 Seismic profile of measuring line S84141 in Suganhu Basin

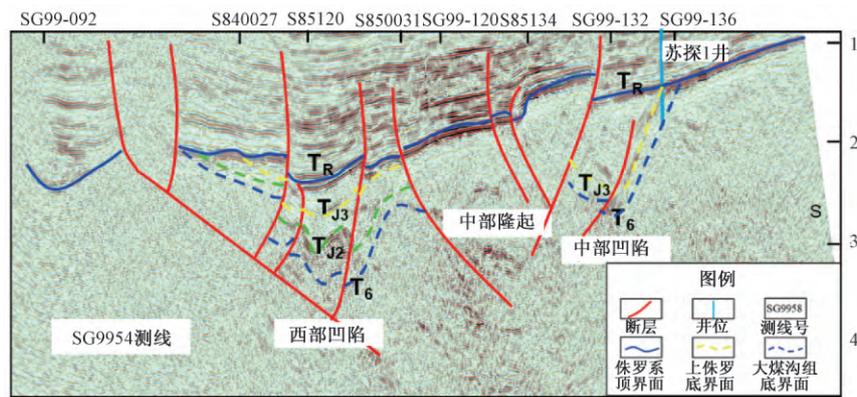


图 11 苏干湖盆地 SG9954 测线地震剖面

Fig. 11 Seismic profile of measuring line SG9954 in Suganhu Basin

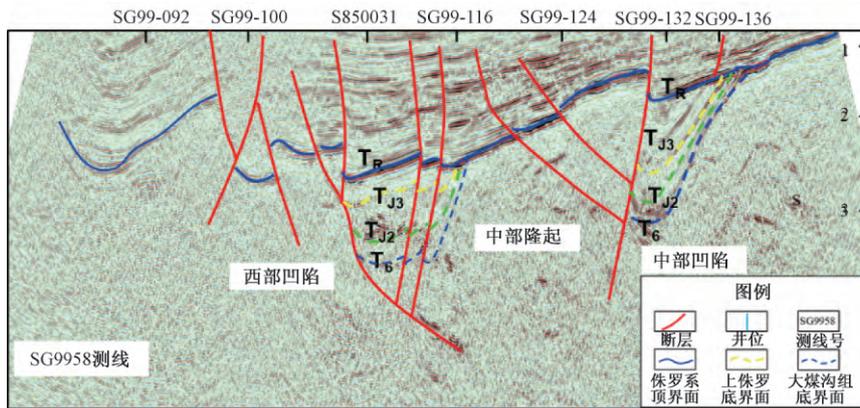


图 12 苏干湖盆地 SG9958 测线地震剖面

Fig. 12 Seismic profile of measuring line SG9958 in Suganhu Basin

为该时期盆地水体加深，沉积范围更加广阔，与中侏罗统呈连续沉积的关系，形成真正意义上的大型凹陷盆地^[19 21]。但受到白垩纪末期构造抬升影响，大面积的晚侏罗至早白垩地层遭受剥蚀，现今柴北缘地区上侏罗统主要分布于赛什腾凹陷东部、大煤沟地区和苏干湖盆地，沉积了一套干旱环境下洪积和河湖相红色碎屑岩为主。

在苏干湖盆地内，上侏罗统的沉积对中侏罗统沉积具有继承性，沉积范围主要分布在西部凹陷和中部凹陷（见图 14），在地震剖面图上由 T_R 和 T_{J3} 限定的地层为上侏罗统。 T_{J3} 界面为中侏罗统与上侏罗统之间的界面，中部凹陷的苏参 1 和苏探 1 井合成记录标定较为理想， T_{J3} 界面可以追踪对比。西部凹陷的分布范围和侏罗统相比变化不

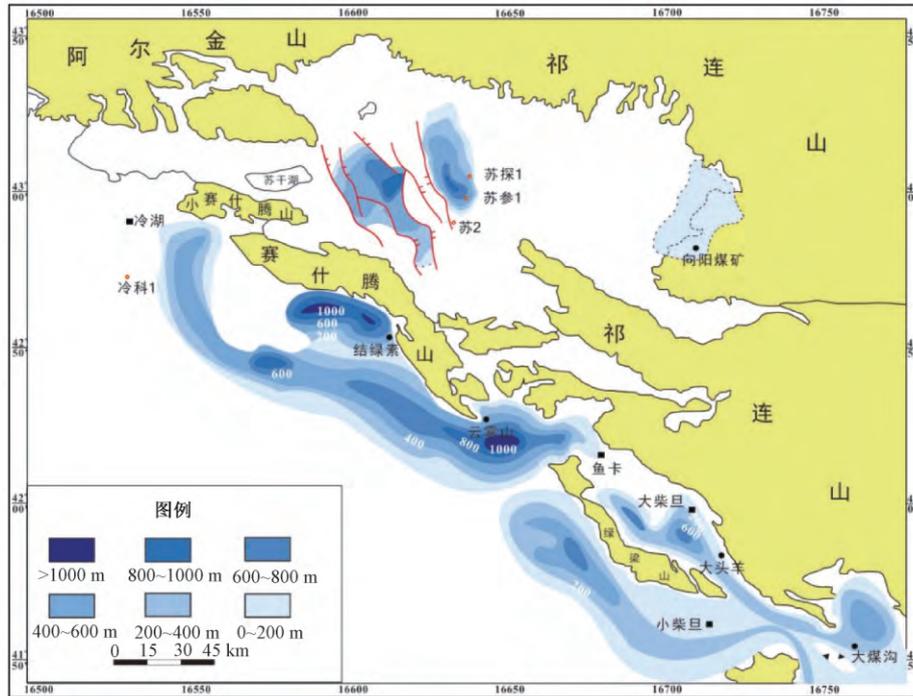


图 13 柴北缘西段中侏罗统残余厚度图

Fig. 13 The thickness chart of the middle Jurassic residual of the western sector of the northern margin of Qaidam Basin

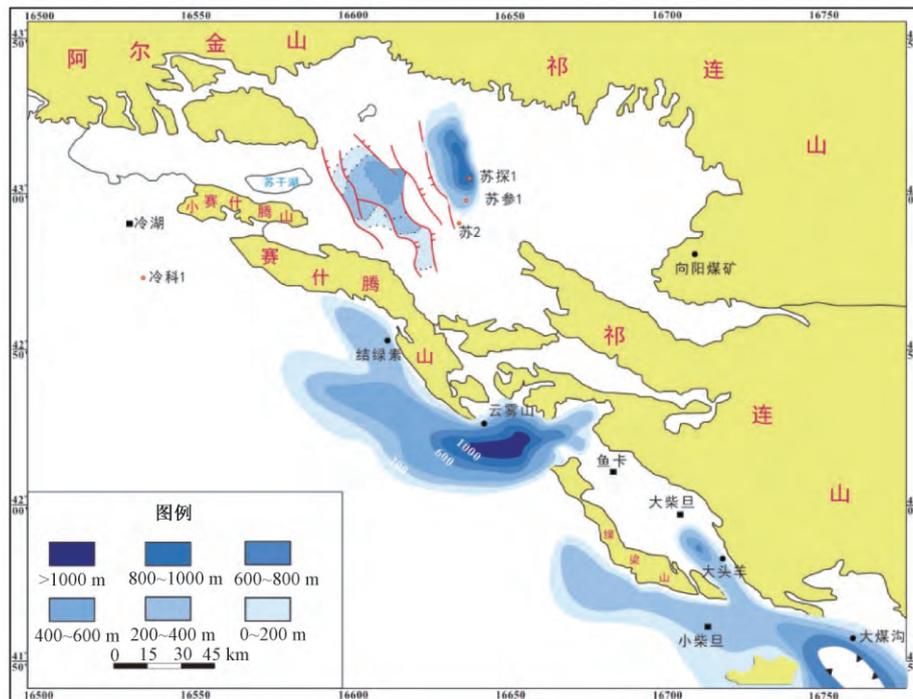


图 14 柴北缘西段上侏罗统残余厚度图

Fig. 14 The thickness chart of the upper Jurassic residual of the western sector of the northern margin of Qaidam Basin

大, 沉积范围主要受北西向断裂控制, 但沉积厚度比中统要厚, 具有南薄北厚的特点, 沉积中心位于六道班一带, 最大沉积厚度大于 1000 m。根据钻井资料和地震资料综合分析认为中部凹陷沉

积了较厚的上侏罗统地层, 具有南厚北薄、南断北超的沉积特征, 最大沉积厚度达 1200 m。该区上侏罗统的物源主要来源于西北部的阿尔金山和北部的阿尔金山与南祁连交汇处。

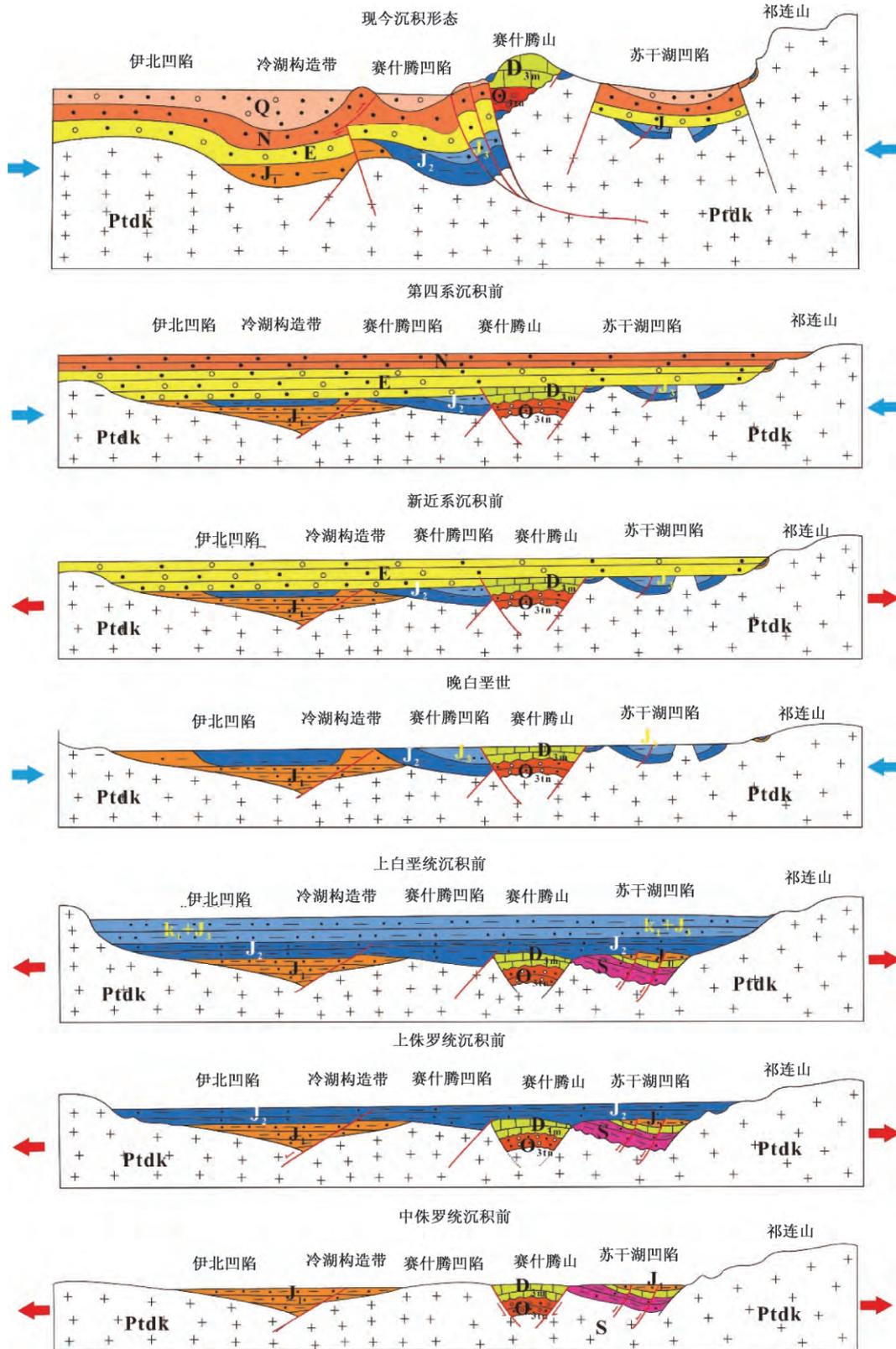


图 15 过伊北凹陷-冷湖构造带-赛什腾凹陷-赛什腾山-苏干湖盆地中生代沉积演化模式示意图

Fig. 15 Mesozoic sedimentary evolution mode of passing Yibei Depression-Lenghu tectonic zone-Serteng Depression-Sertengshan Mountain-Suganhu Basin

4 构造演化对残余地层的控制作用

柴北缘西段侏罗系现今残余分布主要受沉积中心和构造演化这两点主要因素的控制,其中构造演化更是起到了主导作用。构造运动不仅控制了当时的沉积环境,影响沉积中心的迁移,还对前期侏罗系沉积的产出状态起到了强烈的控制和改造作用。在前人研究基础上,根据沉积与构造变形分析,将柴北缘的中生代构造演化分为早一中侏罗世弱伸展断陷阶段以及晚侏罗世—白垩纪挤压阶段(见图15)。

4.1 早-中侏罗世的断陷阶段

早侏罗世时,柴北缘周缘的造山运动趋于停止,进入造山期后的伸展期,侏罗系以超覆形式覆盖于古生界褶皱基底之上^[2]。早燕山期,阿尔金断裂发生左旋走滑伸展运动使柴达木盆地西北缘产生了多条近EW向拉配泉断层的张裂^[2],从而形成了冷西、昆特依、伊北、等沉积中心,并在冷湖—南八仙以西以南地区沉积了较厚的下侏罗统地层,之后在北部的苏干湖盆地、鱼卡凹陷、红山断陷也发生断陷并开始接受沉积^[13]。其次,印支末期祁连山的造山运动对柴北缘西段早侏罗的沉积也有较大影响,为其提供了较好的沉积环境,沉积物源主要来自现今的阿尔金山与南祁连山。

中侏罗世,塔里木板块向北漂移并且伴有约33°的顺时针旋转^[13 26],不仅导致使阿尔金断裂局部活化,深部岩浆上涌,柴达木微板块西端抬升,从而使柴北缘地区在中侏罗世地壳受到拉伸^[2],并形成一系列NW向的主控断层控制的新的断陷沉积,如以赛什腾山—宗务隆山分布的断裂、及苏干湖盆地内分布的北西向基底断裂。由于这种区域构造的转化,沉积中心向东北方向迁移,且靠近祁连山前。中侏罗世祁连山的伸展作用较为强烈,湖盆不断扩大,沉积区域可以越过赛什腾山,苏干湖盆地也广泛沉积了中侏罗统。沉积区南部边界以超覆为主,北部以断层接触为主,因此,中侏罗世柴北缘依然保持了北断南超的断陷盆地性质。

4.2 晚侏罗世—白垩纪挤压阶段

晚侏罗世,区域伸展作用减弱,断层张性活

动趋于停止,盆地由断陷转为拗陷型。这一时期盆地水体加深,沉积范围较中侏罗统更广阔(见图15),形成大型拗陷型盆地。

晚白垩世末期,印度板块与欧亚板块间的碰撞作用(即晚燕山期运动)使柴达木盆地整体抬升,盆内晚侏罗系至早白垩系遭受大面积强烈剥蚀,造成了古近系与下伏地层的区域性不整合接触,盆地进入了整体沉积的拗陷阶段,形成现今盆地的沉积格局^[16]。

晚白垩世燕山运动的隆升剥蚀作用后,柴北缘进入了新的构造演化时期。古新世—始新世,阿尔金断裂带发生右旋走滑^[27-28],盆地受拉伸从发生早期断陷并且广泛沉积,沉积范围远大于现今柴达木盆地和苏干湖盆地的边界。新近纪,印度板块与亚洲板块发生陆—陆碰撞,青藏高原逐渐隆升,导致阿尔金断裂发生左旋走滑,祁连山向南逆冲推覆加剧,在阿尔金断裂带和南祁连山强烈的造山运动作用下,赛什腾山和绿梁山被推覆成山。残留的原柴达木盆地边缘形成现今的两个山间盆地,即苏干湖盆地和库木库里盆地,独自发育和演化。上新世末期的晚期喜山构造运动幕使柴达木盆地结束了拗陷发展阶段,盆地褶皱上升,第三系地层遭受不同程度剥蚀。第四纪开始,盆地全面沉降,沉积范围扩大,厚度变化平缓,构造活动减弱。

5 结论

(1) 苏干湖盆地和柴北缘西段侏罗系上统、中统、下统均有发育,但发育不全,下统缺失小煤沟组,中统主要发育了中统大煤沟组四段—七段,五段—七段是主要烃源岩层系且发育煤层;上侏罗统主要沉积了采石岭组和红水沟组。

(2) 现今柴北缘西段下侏罗统残余主要分布在冷湖—南八仙以西以南地区,另外,苏干湖盆地的向阳煤矿也是下侏罗统的分布区;中侏罗统主要分布于冷湖—赛什腾凹陷—鱼卡地区和苏干湖盆地;上统主要分布于苏干湖盆地和赛什腾凹陷东部。从早侏罗世到晚侏罗世,盆地沉积范围不断扩大,具有从南向北、自西往东迁移的特征。

(3) 苏干湖盆地和柴北缘西段侏罗系现今残余地层主要受晚燕山运动和喜山运动的影响。晚白垩世燕山运动以大面积隆升为主的构造变形,

致使晚侏罗世至早白垩世地层遭受强烈剥蚀; 新生代赛什腾山的隆起和南祁连山的强烈造山运动使侏罗系被分割成苏干湖盆地和柴北缘两个残余区。

参 考 文 献

- [1] 杨永泰, 张宝民, 席萍, 等. 柴达木盆地北缘侏罗系展布规律新认识 [J]. 地层学杂志, 2001, 25 (2): 154~159.
YANG Yong-tai, ZHANG Bao-min, XI Ping, et al. New knowledge about distribution of the Jurassic strata along north margin of Chaidamubasin [J]. Journal of Stratigraphy, 2001, 25 (2): 154~159.
- [2] 曾春林. 柴北缘西段侏罗系构造演化及其对油气成藏的控制 [D]. 北京: 中国矿业大学, 2009.
ZENG Chun-lin. Jurassic tectonic evolution and its control over hydrocarbon accumulation in the north margin of Qaidam Basin [D]. Beijing: China University of Mining, 2009.
- [3] 任收麦, 包书景, 张毅, 等. 柴达木盆地北缘侏罗系页岩气地质条件 [J]. 地质通报, 2016, 35 (2): 204~210.
REN Shou-mai, BAO Shu-jing, ZHANG Yi, et al. Geological conditions of the Jurassic shale gas on the northern margin of Qaidam Basin [J]. Geological Bulletin of China, 2016, 35 (2): 204~210.
- [4] 魏彬炎. 青海省北半部陆相侏罗系地层 [J]. 煤田地质与勘探, 1978, (4): 16~30.
WEI Bin-yan. Jurassic strata in the northern part of Qinghai Province [J]. Coal Geology & Exploration, 1978, (4): 16~30.
- [5] 邓文诗, 张丽霞, 成永盛. 青海省下中侏罗统含煤岩系沉积特征及聚煤作用 [J]. 中国煤炭地质, 2009, 21 (S2): 14~18, 56.
DENG Wen-shi, ZHANG Li-xia, CHENG Yong-sheng. Coal-bearing strata sedimentary features and coal accumulation process in lower middle series, Jurassic system, Qinghai Province [J]. Coal Geology of China, 2009, 21 (S2): 14~18, 56.
- [6] 孟元林, 杜虹宝, 许丞, 等. 西宁盆地地下侏罗统烃源岩有机地球化学特征 [J]. 天然气地球科学, 2014, 25 (4): 588~594.
MENG Yuan-lin, DU Hong-bao, XU Cheng, et al. Organic geochemistry of lower Jurassic source rocks in Xining Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25 (4): 588~594.
- [7] 张跃中, 杨刚, 宋兵, 等. 柴达木外围盆地群油气勘探潜力 [J]. 青海石油, 2013, 31 (4): 1~5.
ZHANG Yue-zhong, YANG Gang, SONG-bing, et al. Exploration potential of oil and gas in peripheral basins of Qaidam Basin [J]. Qinghai Petroleum, 2013, 31 (4): 1~5.
- [8] 胡受权, 郭文平, 曹运江, 等. 柴达木盆地北缘构造格局及在中、新生代的演化 [J]. 新疆石油地质, 2001, 22 (1): 13~16.
HUSHou-quan, GUO Wen-ping, CAO Yun-jiang, et al. Tectonic framework and structure evolution of Mesozoic and Cenozoic in northern margin of Qaidam Basin [J]. Petroleum Geology of Xinjiang, 2001, 22 (1): 13~16.
- [9] 肖安成, 陈志勇, 杨树锋, 等. 柴达木盆地北缘晚白垩世古构造活动的特征研究 [J]. 地学前缘, 2005, 12 (4): 451~457.
XIAO An-cheng, CHENZhi-yong, YANG Shu-feng, et al. The study of Late Cretaceous paleostructural characteristics in northern Qaidam Basin [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12 (4): 451~457.
- [10] 汪立群, 罗晓容. 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, 2012.
WANG Li-qun, LUO Xiao-rong. Oil and gas accumulation and exploration practice in the northern margin of Qaidam Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2012.
- [11] 汤济广. 柴达木北缘西段中、新生代多旋回叠加改造型盆地构造演化及对油气成藏的控制作用 [D]. 武汉: 中国地质大学, 2007.
TANG Ji-guang. Tectonic evolution and its control for hydrocarbon accumulation of Mesozoic-Cenozoic multicycle superimposed reformation basin in the west of Northern Qaidam Basin [D]. Wuhan: China University of Geoscience, 2007.
- [12] 付锁堂, 袁剑英, 汪立群, 等. 柴达木盆地油气地质成藏条件研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
FU Sui-tang, YUAN Jian-ying, WANG Li-qun, et al. Geological conditions of hydrocarbon accumulation in Qaidam Basin [M]. Beijing: Science Press, 2014.
- [13] 胡勇. 柴达木盆地北缘西段冲断带油气成藏研究 [D]. 广州: 中国科学院广州地球化学研究所, 2005.
HU Yong. Studies on Oil/gas reservoir-forming in the thrust belt on the west part of the Northern margin in the Qaidam Basin [D]. Guangzhou: Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 2005.
- [14] 方向, 张永庶. 柴达木盆地西部地区新生代沉积与构造演化 [J]. 地质与勘探, 2014, 50 (1): 28~36.
FANG Xiang, ZHANG Yong-shu. Cenozoic sediments and tectonic evolution in the western Qaidam Basin [J]. Geology and Exploration, 2014, 50 (1): 28~36.
- [15] 张梦林. 柴北缘苏干湖凹陷中生界源内岩性油气藏分布规律研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2012.
ZHANG Meng-lin. A study on the distribution regularity of Mesozoic strata within oil source lithologic hydrocarbon reservoir of Suganhudepression in North Qaidam [D]. Changchun: Jilin University, 2012.
- [16] 李明杰, 郑孟林, 曹春潮, 等. 柴达木古近纪-新近纪盆地的形成演化 [J]. 西北大学学报 (自然科学版), 2005, 35 (1): 87~90.
LI Ming-jie, ZHENG Meng-lin, CAO Chun-chao, et al. Formation and evolution of Qaidam Paleogene and Neogene Basin [J]. Journal of Northwest University (Natural Science

- Edition), 2005, 35 (1): 87~90.
- [17] 杨浩. 柴达木盆地北缘中生代的盆地结构分析-以大柴旦地区为例 [D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
YANG Hao. Structural analysis of the Mesozoic Basin in the north margin of the QaidamBasin: TakingDachaidan area as an example [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007.
- [18] 郭帅. 柴北缘东段侏罗纪沉积-构造演化 [D]. 青岛: 中国石油大学 (华东), 2012.
GUO Shuai. Research on Jurassic sedimentary and tectonic evolution of the east sector of northern QaidamBasin [D]. Qingdao: China University of Petroleum (East China), 2012.
- [19] 郑孟林, 李明杰, 曹春潮, 等. 柴达木北缘西段侏罗纪盆地构造特征及其演化 [J]. 石油实验地质, 2004, 26 (4): 315~318.
ZHENG Meng-lin, LI Ming-jie, CAO Chun-chao, et al. Structural characteristics of the Jurassic basin in the west part of the northern margin of the Qaidam plate and their evolution [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004, 26 (4): 315~318.
- [20] 陈志勇, 肖安成, 周苏平, 等. 柴达木盆地侏罗系分布的主控因素研究 [J]. 地学前缘, 2005, 12 (3): 149~155.
CHEN Zhi-yong, XIAO An-cheng, ZHOU Su-ping, et al. The main control factor for Jurassic distribution in QaidamBasin [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12 (3): 149~155.
- [21] 吴光大. 柴达木盆地构造特征及其对油气分布的控制 [D]. 长春: 吉林大学, 2007.
WU Guang-da. Study on the tectonic in Qaidam basin and its control to the hydrocarbondistribution [D]. Changchun: Jilin University, 2007.
- [22] 任宪军. 柴达木盆地北缘中生代含油气性研究 [D]. 大庆: 大庆石油学院, 2008.
REN Xian-jun. The study on the petroleum properties in northern margin of QaidamBasin [D]. Daqing: Daqing Petroleum Institute, 2008.
- [23] 杨永泰, 张宝民, 李伟, 等. 柴达木盆地北缘侏罗系层序地层与沉积相研究 [J]. 地学前缘, 2000, 7 (3): 145~151.
YANG Yong-tai, ZHANG Bao-min, LI Wei, et al. Study of Jurassic stratigraphic sequence and sedimentary facies in North of Qaidambasin [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7 (3): 145~151. [24] 李猛. 柴达木盆地北缘侏罗系沉积体系与页岩气富集规律 [D]. 北京: 中国矿业大学 (北京), 2014.
LI Meng. Sedimentology and shale gas accumulation of the Jurassic in the northern QaidamBasin [D]. Beijing: China University of Mining (Beijing), 2014.
- [25] 刘虎, 王志军, 望长伟, 等. 甘肃省阿克塞县向阳煤矿的侏罗系 [J]. 甘肃科技, 2014, 30 (17): 40~41, 60.
LIU Hu, WANG Zhi-jun, WANGChang-wei, et al. The Jurassic of Xiangyangcoal mine in Aksaycounty Gansu Province [J]. Gansu Science and Technology, 2014, 30 (17): 40~41, 60.
- [26] 李伟, 刘宝珺, 白淑艳. 柴达木盆地侏罗系地层沉积大迁移及成因分析 [J]. 石油学报, 2002, 23 (6): 16~19.
LI Wei, LIU Baojun, BAI Shuyan. Great transposition and origin of Jurassic sedimentary in QaidamBasin [J]. ActaPetroleiSinica, 2002, 23 (6): 16~19.
- [27] 郑孟林, 曹春潮, 李明杰, 等. 阿尔金断裂带东南缘含油气盆地群的形成演化 [J]. 地质论评, 2003, 49 (3): 277~285.
ZHENG Meng-lin, CAO Chun-chao, LI Ming-jie, et al. Formation and evolution of petroliferous basins on the southeast side of the Altun Fault Belt [J]. Geological Review, 2003, 49 (3): 277~285.
- [28] 金振奎, 齐聪伟, 薛建勤, 等. 柴达木盆地北缘侏罗系沉积相 [J]. 古地理学报, 2006, 8 (2): 199~210.
JIN Zhen-kui, QI Cong-wei, XUE Jian-qin, et al. Sedimentaryfacies of the Jurassic in northern margin of QaidamBasin [J]. Journal of Palaeogeography, 2006, 8 (2): 199~210.

THE DEVELOPMENT CHARACTERISTICS OF THE RESIDUAL JURASSIC STRATUM IN SUGANHU BASIN AND THE WEST SECTION OF THE NORTHERN MARGIN OF THE QAIDAM BASIN

WEI Cheng-jie^{1 2}, ZHU Shi-fa^{2 3}, DU Jian-jun¹, YUE Hui^{2 3}, LI Zong-xing¹

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;

2. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Previous exploration and assessment of oil and gas showed that Jurassic stratum in the west section of the northern margin of the Qaidam Basin are of excellent potential in oil and gas and coal. Based on the previous research, development characteristics of the residual Jurassic stratum in the west section of the northern margin of the Qaidam Basin are studied systemically through field outcrops, cores, drilling and seismic data, and the distribution characteristics are determined preliminarily. Jurassic could be divided into several formations from bottom to top, including Huxishan and Xiaomeigou formation in the lower part, Dameigou formation in the middle part, and Caishiling and Hongshuigou formation in the upper part. The Lower Jurassic mainly distributes in Lenghu structural belt (Huxishan formation) in the Southern Suganhu Basin, and Xiangyang coal mine in the eastern Suganhu basin (Xiaomeigou formation). The lithology of lower Huxishan Formation consists of thick coarse sediments which show features of subaqueous fan sedimentation, and the thick dark shales develop in the upper formation; Xiaomeigou Formation is thinner with coarser sediments which are suitable for the development of coalbed. The Middle and Upper Jurassic stratum mainly developed in the Saishiteng sag and the West Depression, Central Depression and Xiangyang coal mine inside the Suganhu Basin. According to the drilling data, it is mainly the fifth to seventh member of Dameigou formation that developed inside Suganhu Basin, with lithology of grey, ash black shale interbedded with fine sandstone, conglomerate and thin coal layer, and the fifth member is predominant coalbeds and oil and gas hydrocarbon source rocks. The lithology of Upper Jurassic is brownish red shale interbedded with conglomerate and sandstone. The distribution of residual stratum is basically controlled by the transfer of the deposit center and the distribution of the fractures.

Key words: sedimentary strata; stratigraphic distribution; tectonism; Jurassic; formation characteristics; Suganhu Basin