苏干湖地区与柴北缘侏罗系原始沉积关系探讨

赵旭东[1)],赵俊峰[1)],郭泽清[2)],曾旭[2)],田继先[2)],王迪[1)],胡超[1)]
1) 西北大学大陆动力学国家重点实验室/地质学系,西安,710069;
2) 中国石油勘探开发研究院廊坊分院,河北廊坊,065007

内容提要:苏干湖地区位于柴达木盆地西北端,二者之间以大、小赛什腾山相隔。钻井及露头资料证实,苏干湖地区和柴北缘新生界之下均有较大范围的侏罗系分布,但围绕两地侏罗系之间的沉积关系探讨较少。本文通过地层与沉积学对比、后期改造分析、物源分析等综合研究认为,苏干湖—柴北缘地区侏罗系经历了白垩纪晚期、新生代末等多期改造作用,现今残留地层分布为后期改造的结果。早侏罗世沉积较局限,柴北缘与苏干湖地区应为相互分隔的沉积区,且以断陷沉积为主。中侏罗世时期,苏干湖地区与柴北缘呈连通状态,赛什腾山地区主体接受沉积,研究区为一个较现今侏罗系残留范围更为广阔的坳陷型沉积盆地。研究结果对于加深理解青藏高原北缘中—新生代构造演化和该地区油气资源评价、勘探部署具较为重要的意义。

关键词:侏罗系;原型盆地;隆升;苏干湖地区;赛什腾山;柴北缘

苏干湖地区位于青藏高原东北缘,其北为祁连造山带,其南以大、小赛什腾山为界,与柴达木盆地相邻,面积约7000 km^2(图1)。苏干湖地区发育厚达4500 m的新生界断陷—坳陷沉积,现今呈两凹夹一隆的构造格局(祁文珍等,2007)。柴达木盆地北缘(简称柴北缘)新生界之下广泛发育侏罗系,已被勘探证实为重要的油气源岩和储层(杨永泰等,2000;付锁堂等,2014)。勘探资料显示,苏干湖地区亦发育较厚的侏罗系,但关于苏干湖地区侏罗系的分布范围、盆地性质及其与柴北缘的关系,观点不一,认识模糊。高瑞祺等(2001)、钟筱春等(2003)依据侏罗系横向厚度变化等,推测侏罗纪苏干湖地区已与柴达木盆地分隔,为独立的山间断陷或山前断坳型盆地;肖安成等(2005,2010)、韦成杰等(2017)通过古构造恢复、地层对比等认为,侏罗纪时期苏干湖地区为柴达木盆地的一部分。不同的盆地类型和沉积规模,具有不同的资源潜力,因此,深入剖析苏干湖地区侏罗系原型盆地特别是其与柴北缘侏罗系原始沉积关系,对于该地区油气资源评价和勘探部署具较为重要的现实意义,同时也有助于加深对青藏高原北缘沉积—构造演化的理解。

本文按照改造盆地原盆恢复的思路(刘池洋等,2000;赵俊峰等,2010),采用野外露头调查、地震资料、钻井资料以及重矿物分析等相结合的方法,从沉积建造、后期改造两方面资料和证据入手,今古对比,相互约束,来探讨苏干湖地区与柴北缘侏罗系的原始沉积关系。

1 现今侏罗系的分布与沉积特征

勘探表明,柴北缘发育有较大厚度的侏罗纪地层,自下而上可依次划分为:下侏罗统湖西山组、小煤沟组、大煤沟组一段~三段,中侏罗统大煤沟组四段~七段,上侏罗统采石岭组和红水沟组。作为柴北缘的主力生烃层系,下、中侏罗统在苏干湖地区、赛什腾山内也有不同程度的发育,但各处保存的具体层段和厚度有所差别(图1、表1)。

1.1 苏干湖地区

下侏罗统仅残留于东部向阳煤矿一带,中侏罗统在凹陷内部和东部露头均有分布。在向阳煤矿,下侏罗统覆盖严重、出露局限。下部发育灰色、灰白色砂砾岩夹薄层炭质页岩,上部为大套紫灰色砾岩,出露厚度102 m,具边缘相沉积特征。向上连续沉

注:本文为国家自然科学基金重点项目(编号:41330315)、大陆动力学国家重点实验室科技部专项经费项目(编号:201210140)、中国石油勘探开发研究院廊坊分院委托项目(编号:RIPED-LFFY-2016-JS-153)的成果。
收稿日期:2018-01-06;改回日期:2018-07-23;责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2018.05.005
作者简介:赵旭东,男,1993年生。硕士研究生,矿产普查与勘探专业,从事沉积学与石油地质研究。Email:505808389@qq.com。通讯作者:赵俊峰,男,1975年生。副教授,博士生导师,主要从事盆地分析与沉积学研究。Email:zjf@nwu.edu.cn。

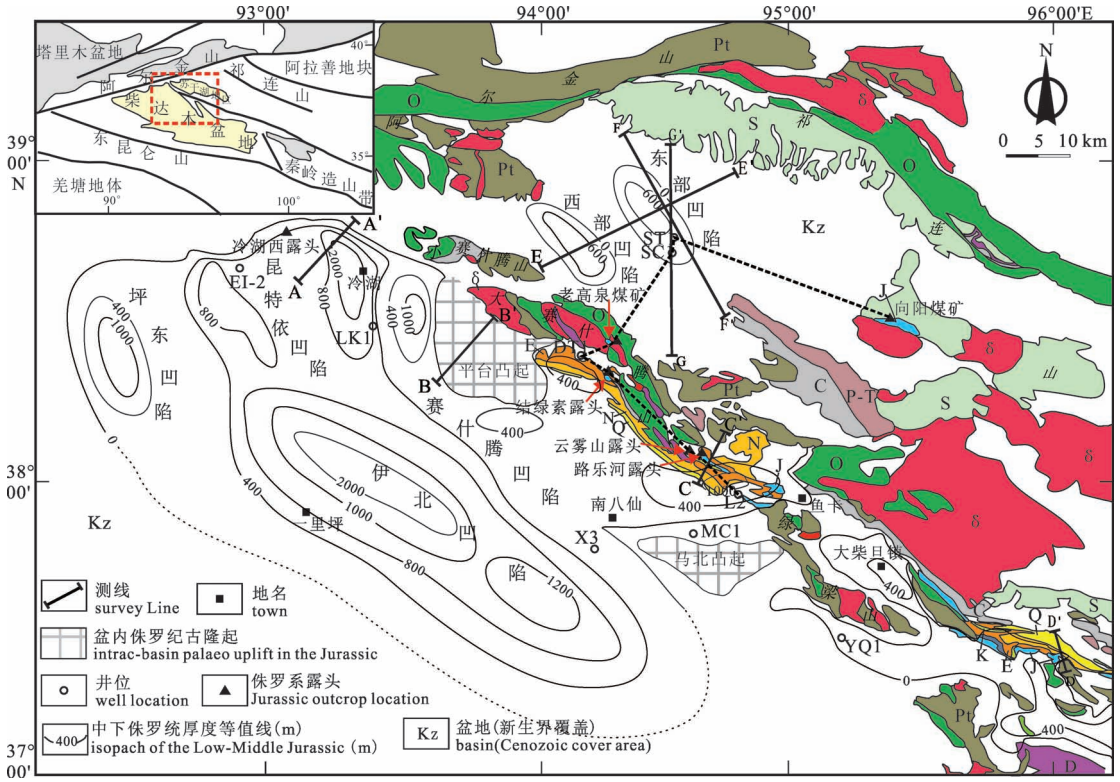


图 1 苏干湖—柴北缘地区地质简图

Fig. 1 Simplified geologic map of Suganhu area —Northern Qaidam Basin

Q—第四系；N—新近系；E—古近系；K—白垩系；J—侏罗系；P—T—二叠系—三叠系；
C—石炭系；D—泥盆系；S—志留系；O—奥陶系；Pt—元古宇；δ—岩浆岩

Q—Quaternary；N—Neogene；E—Paleogene；K—Cretaceous；J—Jurassic；P—T—Permian—Triassic；
C—Carboniferous；D—Devonian；S—Silurian；O—Ordovician；Pt—Proterozoic；δ—Magmatic rock；

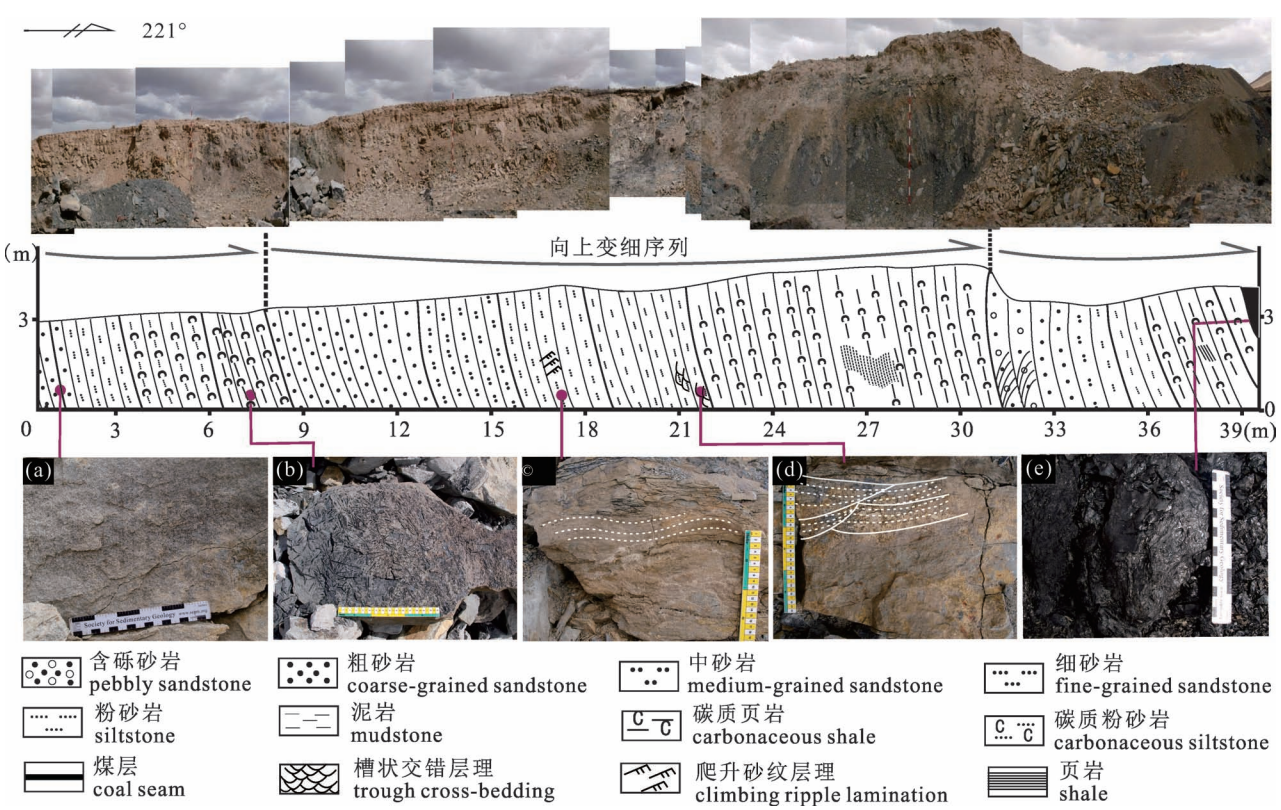


图 2 向阳煤矿中侏罗统扇三角洲平原沉积露头特征

Fig. 2 Outcrop anatomy of a fan delta plain succession of the Middle Jurassic in Xiangyang coal mine

(a)灰白色粗砂岩;(b)植物叶片化石;(c)爬升沙纹层理;(d)槽状交错层理;(e)煤层

(a) gray white coarse-grained sandstone; (b) plant leaf fossils; (c) climbing ripple lamination; (d) trough cross-bedding; (e) coal seam

表1 苏干湖-柴北缘地区侏罗系对比表

（据甘肃省地质矿产局，1985；付锁堂等，2014；整理）

Table 1 Correlation of the Jurassic strata in the Suganhu area and the Northern Qaidam Basin (modified from Gansu Bureau of Geological and Mineral Resources, 1985#; Fu Suotang et al., 2014&)

地层 \ 地区				苏干湖地区	赛什腾山	柴北缘西段	柴北缘东段
上覆地层				路乐河组 $E_{1-2}l$	犬牙沟组 K_1q	犬牙沟组 K_1q	犬牙沟组 K_1q
侏罗系	上统	红水沟组 J_3h					
		采石岭组 J_3c					
	中统	大煤沟组 $J_{1-2}d$	6~7段				
			4~5段				
	下统		1~3段				
		小煤沟组 J_1x	1~3段				
		湖西山组 J_1h	1~3段				
下伏地层				达肯大坂群 Pt_1dk	奥陶系O/泥盆系D/石炭系C	达肯大坂群 Pt_1dk	达肯大坂群 Pt_1dk

注：竖线充填表示缺失地层。

积中侏罗统大煤沟组四段~七段,厚度约 550 m。剖面可见多个由粗变细的正旋回。旋回下部以厚层灰白色粗砂岩、砂砾岩为主,发育槽状交错层理、沙纹交错层理,中部为灰色、灰黄色砂岩与碳质泥页岩的互层,夹薄煤层,可见大量植物叶片化石,表现为扇三角洲平原沉积特征。顶部为厚层粉砂质粘土岩夹薄层砂岩、粉砂岩,具湖泊相沉积特征(图 2)。中侏罗统含丰富的植物化石 *Podozamites* sp.、*Phoenicopsos* sp.、*Coniopteris hymenophylloides*、*Brongniart*、*Carpolitthus* sp.等(甘肃省地质矿产局,1985)。

在苏干湖地区新生界覆盖区,勘探证实侏罗系主要分布在东、西两个凹陷内(图 1),面积约 815 km^2,目前仅两口井钻遇,均为中侏罗统。SC1 井揭示的侏罗系发育大煤沟组六段~七段,厚度 486 m,产孢粉 *Disaccites—Leiotriletes—Classopollis* 组合,具较强中侏罗世色彩(付锁堂等,2014)。该套地层下部为灰色、灰白色砂泥岩的互层夹薄煤层,表现为三角洲平原沉积,向上为厚层深灰色泥岩夹薄层同色粉砂岩,具湖泊相沉积特征(图 3)。北侧相邻的 ST1 井亦钻遇侏罗系大煤沟组六段~七段,厚度约 230 m。底部发育碳质泥岩,向上为一套灰绿色、灰色砂砾岩、砂岩与同色粉砂岩、泥质粉砂岩互层的岩性组合,发育小型交错层理和平行层理,推测为三角洲前缘沉积。顶部岩性整体变细,以灰黄色泥岩、灰色泥质粉砂岩为主(图 3)。

1.2 柴北缘地区

地震和钻井资料证实,下侏罗统主要分布于冷湖—南八仙—马北凸起一线以南、以西的伊北凹陷、昆特依凹陷以及石泉滩等地区,发育多个堆积中心,面积约 21100 km^2,厚度 95~2415 m。柴北缘下侏罗统各组均有发育,含湖西山组、小煤沟组和大煤沟组一段~三段(表 1)。中侏罗统在赛什腾山前地区呈 NW 向展布,总体西薄东厚,面积约为 1200 km^2,厚度 76~1399 m。地震剖面显示,在平台和马北地区,可见侏罗系向凸起部位减薄和超覆,指示存在同沉积古隆起(图 1)。大量煤田钻孔资料揭示,赛南、鱼卡地区大煤沟组四段~七段发育较全,表现为多个由粗变细的正旋回。大煤沟组四段~六段岩性主体为灰白、灰色砂岩、含砾砂岩和煤层,间夹深灰色粉砂岩、粉砂质泥岩,粗砂岩中普遍发育槽状、板状交错层理和平行层理,大煤沟组五段发育多层厚煤层,含植物叶片和茎干化石丰富。总体来看,大煤沟组四段~六段为一套辫状河—辫状河三角洲沉积。大煤沟组七段发育大段暗色泥岩及碳质泥岩,夹深灰色粉砂岩和细砂岩,常见水平层理、沙纹层理和同生变形构造,显示为三角洲前缘—湖泊相沉积特征(图 3)。

1.3 赛什腾山

在赛什腾山地区的老高泉煤矿、高泉煤矿、结绿素、云雾山、路乐河等处(位置见图 1),出露厚度

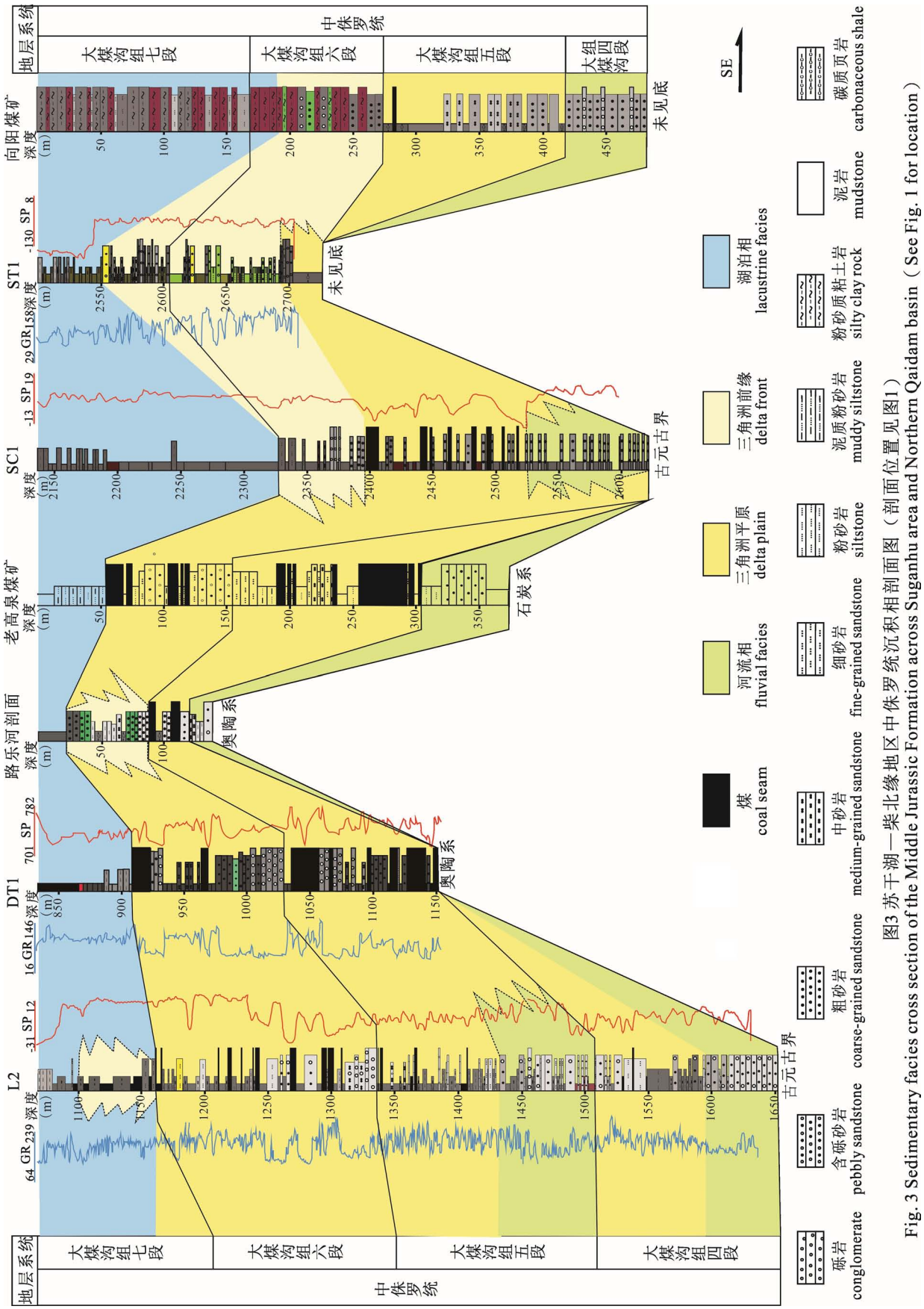


图3 苏干湖—柴北缘地区中侏罗统沉积相剖面图（剖面位置见图1）

Fig. 3 Sedimentary facies cross section of the Middle Jurassic Formation across Suganhu area and Northern Qaidam basin (See Fig. 1 for location)

75.5 ~ 390.0 m 的侏罗系，产出 *Podozamites*、*Coniopteris hymenophylloides*（*Brongniart*）*Seward*、*Cladopllebis* sp. 等植物化石（甘肃省地质矿产局，1985），指示地层时代为中侏罗世。侏罗系与下伏奥陶系滩间山群或泥盆系、石炭系呈不整合接触，垂向上以发育多个向上变细的正旋回为特点，旋回底部具有明显的河道冲刷构造（图 4a）。下部以灰白色、灰黄色砂岩、粉砂岩为主，夹厚层碳质泥页岩和煤层（图 4b），砂岩中常见交错层理和平行层理（图 4c、图 4d），总体显示为辫状河—辫状河三角洲平原沉积特征。向上岩性明显变细，以深灰色、灰色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩为主（图 4e），偶夹粉砂岩，可见水平层理和同生变形构造（图 4f），具辫状河三角洲前缘—滨浅湖亚相沉积特征。

2　侏罗系的后期改造

苏干湖地区与柴北缘地处青藏高原东北缘。新近纪以来，随着印度—欧亚板块的碰撞拼接，导致整个青藏高原的剧烈隆升和构造变形（刘池洋等，2009；吕宝凤等，2011），对研究区侏罗系也产生了强烈改造。另外，地震资料揭示古近系与中生界之间存在明显的不整合界面，表明燕山期亦存在构造改

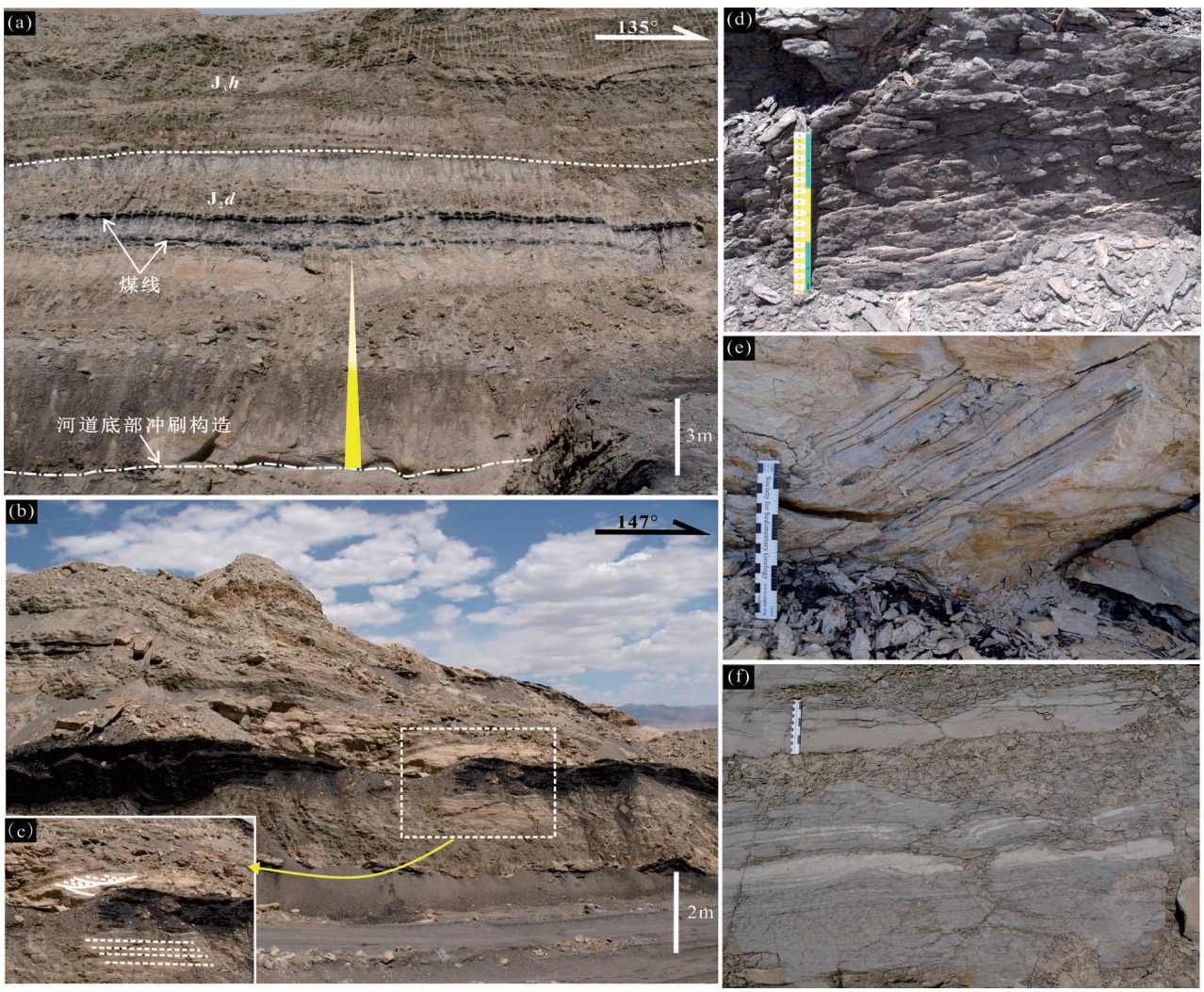


图 4 赛什腾山地区侏罗系露头沉积特征

Fig. 4 Outcrop-based sedimentary characteristics of Jurassic Formation in Saishiteng Mts. area

（a）中侏罗统正粒序沉积，路乐河剖面；（b）灰白色砂岩夹煤线，云雾山剖面；（c）槽状交错层理和平行层理，云雾山剖面；（d）小型板状交错层理，结绿素剖面；（e）深灰色泥质粉砂岩含植物茎干化石，云雾山剖面；（f）灰绿色细砂岩中的同生变形构造，路乐河剖面

（a）Fining-upward succession of Middle Jurassic Formation, Lulehe section; （b）Gray white sandstone with coalseam interlays, Yunwushan section; （c）Trough cross-bedding and Parallel bedding, Yunwushan section; （d）Small-scale planar cross-bedding , Jielvsu section; （e）Dark gray muddy siltstone containing plant stem fossils, Yunwushan section; （f）syn-depositional deformed structure in gray green fine-grained sandstone, Lulehe section

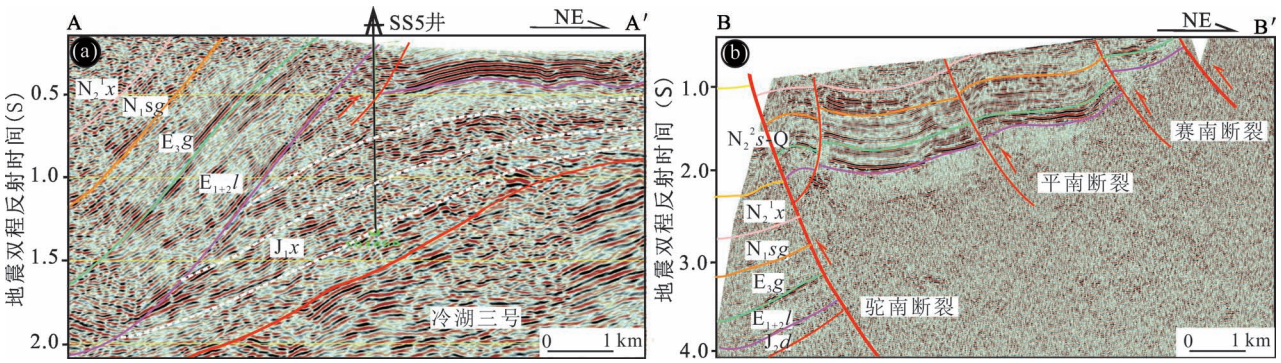


图 5 大、小赛什腾山前典型地震剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 5 Typical seismic profiles in front of Saishiteng Mountain and Xiaosaishiteng Mountain(See Fig. 1 for location)

造作用。因此,探讨苏干湖地区与柴北缘侏罗系的原始沉积关系,不可忽视以上两期后期改造作用。

2.1 柴北缘地区

从地层接触关系来看,柴北缘中南部侏罗系与上覆古近系以平行不整合接触为主,但在北部赛什腾山前地区可见角度不整合(图 5a),指示发生于中生代末的抬升事件具北强南弱的特点。山前钻井资料揭示,残留的侏罗—白垩纪地层时代自西向东逐渐变新,指示侏罗系剥蚀时间可能具有“西早东晚”的规律。全区整体缺失上白垩统,说明燕山期的抬升活动在晚白垩世最为强烈和普遍。地震资料显示,柴北缘腹地巨厚新生界之下,侏罗系呈大范围连续展布,但向北至赛什腾山前,侏罗系被山前断裂截切中断(图 5b),表明其原始沉积未受到赛什腾山的限制。

中新世以来,伴随着青藏高原的强烈隆升,柴达木盆地内发育一系列 NW 或 NWW 向的大型褶皱构造带,引起侏罗系的深埋或抬升(耿庆明等,2015)。地质资料显示,被卷入构造带的最新地层为新近系狮子沟组(图 6),说明新生代以来对柴北缘侏罗系改造最为强烈的构造事件发生于新近纪末—第四纪。由上述分析可知,现今柴北缘侏罗系分布为后期改造的结果,赛什腾山为其改造边界,并非原始边界。

2.2 苏干湖地区

现今苏干湖地区,残留侏罗系呈两凹夹一隆的构造格局,自西向东依次为西部凹陷、中部凸起、东部凹陷(图 7a)。地震剖面显示,凹陷内残存的侏罗系与上覆新生界普遍呈角度不整合接触,削截现象十分明显(图 7),说明侏罗系在白垩纪发生过一次抬升掀斜作用,使原始地层遭受大量剥蚀。因此,现今苏干湖地区侏罗系的保存边界已不是原始边界,其原始沉积边界向南推测可至现今赛什腾山地区或更远,与柴北缘可连为一体。

苏干湖地区新生界发育古近纪—第四纪沉积。从地震剖面可看出,新生界由赛什腾山向盆内逐渐加厚(图 7c),指示赛什腾山为其新生代沉积提供物源。同时,在赛什腾山北侧山前带,新生界内发育大量的南倾逆断层和新生界削截现象(图 7a、图 7c),从错断层位判断,逆冲活动主要发生在第四纪以来,这与赛什山南侧北倾为主的逆断层构成镜像关系,指示二者第四纪以来经历了共同的挤压作用。

2.3 赛什腾山

大、小赛什腾山分隔了苏干湖与柴北缘地区,因此,对其隆升时限的认识,直接决定了对苏干湖地区与柴北缘侏罗系原始沉积关系的判断。前人研究认为,柴北缘构造带(赛什腾山—鱼卡—沙柳河构造带)是一条早古生代洋盆闭合而形成的缝合带(杨经绥等,1998;朱小辉等,2015;孙娇鹏等,2016)。早二叠世,随着古特提斯洋的关闭,该地区发生陆内俯冲,柴北缘因而隆升为古陆,且这种隆升状态一直持续到三叠纪末(朱迎堂等,2009);至侏罗纪,柴达木盆地及周邻地区又进入了伸展环境,接受陆相沉积。

赛什腾山地区出露的地层有下元古界、古生界、侏罗系以及少量白垩系和新生界(图 1、图 6c)。与柴北缘和苏干湖地区相似,赛什腾地区侏罗纪以来亦经历了多期构造改造(杨明慧,1998;Ritts and Biffi,2001;Lei Wu et al.,2011)。区内可识别出上侏罗统与下白垩统之间、中生界与新生界之间、新近系与第四系之间 3 个不整合界面,指示发生在晚侏罗世末、晚白垩世、上新世末三期挤压构造活动。其中晚侏罗世末构造活动以区域抬升为主,改造强度较

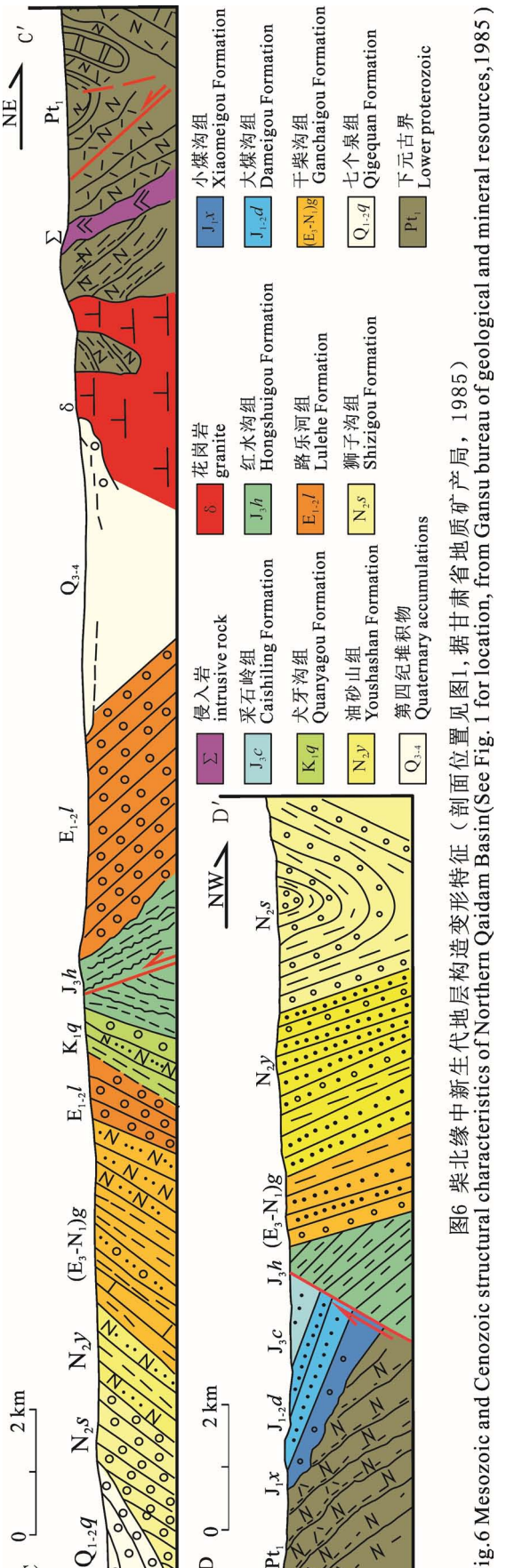


图6 柴北缘中新生代地层构造变形特征（剖面位置见图1，据甘肃省地质矿产局，1985）

Fig.6 Mesozoic and Cenozoic structural characteristics of Northern Qaidam Basin(See Fig. 1 for location, from Gansu bureau of geological and mineral resources,1985)

弱；晚白垩世逆冲改造可能造成赛什腾山的初步隆升；喜山晚期构造运动最为强烈且最具有广泛的区域性，造成新近系与第四系之间的角度不整合（图6c）。

低温热年代学是反映中—新生代以来地壳抬升活动过程的有效手段（Peter，2005）。对前人已发表的赛什腾山地区 47 个磷灰石裂变径迹年龄数据（Jolivet et al.，2001；彭杨宏等，2008；曾春林等，2009；万景林等，2011；Cheng Xiaogang et al.，2016）统计表明，样品寄主岩石时代主要为元古宙和早古生代，少数为中、新生代。裂变径迹年龄存在 4 个峰值（图 8），指示主要发生于晚白垩世、始新世末—渐新世的隆升时间，少量样品也记录了新近纪末—第四纪的区域性抬升事件。低温热年代学分析结果显示，赛什腾山地区在侏罗纪尚未发生明显的隆升作用（图 9）。

3　侏罗系物源与原始沉积关系

3.1　重矿物物源分析

苏干湖地区 ST1 井中侏罗统主要重矿物组合为磁铁矿+锆石+白钛石+石榴子石+绿帘石（图 10），指示源区母岩以中基性岩浆岩和中高级变质岩为主。ZTR 指数介于 3.8%～38.3%，反映其物源体系的多变性和复杂性。东部向阳煤矿主要重矿物为锆石+金红石+白钛矿+赤褐铁矿+电气石的组合（图 10），指示母岩区以中高级变质岩和沉积岩为主，这与 ST1 井矿物组合有所区别，表明两者可能具有不同的物源区，但与鱼卡煤矿相近，说明物源应当来自南祁连山。

赛什腾山一带的云雾山与结绿素剖面主要重矿物组合分别为锆石+石榴子石+电气石+白钛矿+金红石、锆石+白钛石+赤（褐）铁矿+蓝晶石（图 10），反映源区母岩均以中高级变质岩为主，但距云雾山不远处的路乐河剖面重矿物组合与前者差别较大，指示两者具不同的物源体系。从 ZTR 指数来看，云雾山和结绿素地区 ZTR 指数高达 56.94% 和 73.59%，显示远源沉积的特点，表明赛什腾山非物源剥蚀区，而是稳定的沉积区，这与前文分析结果一致。

3.2　原始沉积关系分析

同一盆地的同一套地层是在相似构造、气候背景下沉积充填的，因此其各类沉积体系的演化特征在空间和时间上均会存在比较强的规律性和对比性。从沉积体系配置和演化来看，苏干湖地区下侏

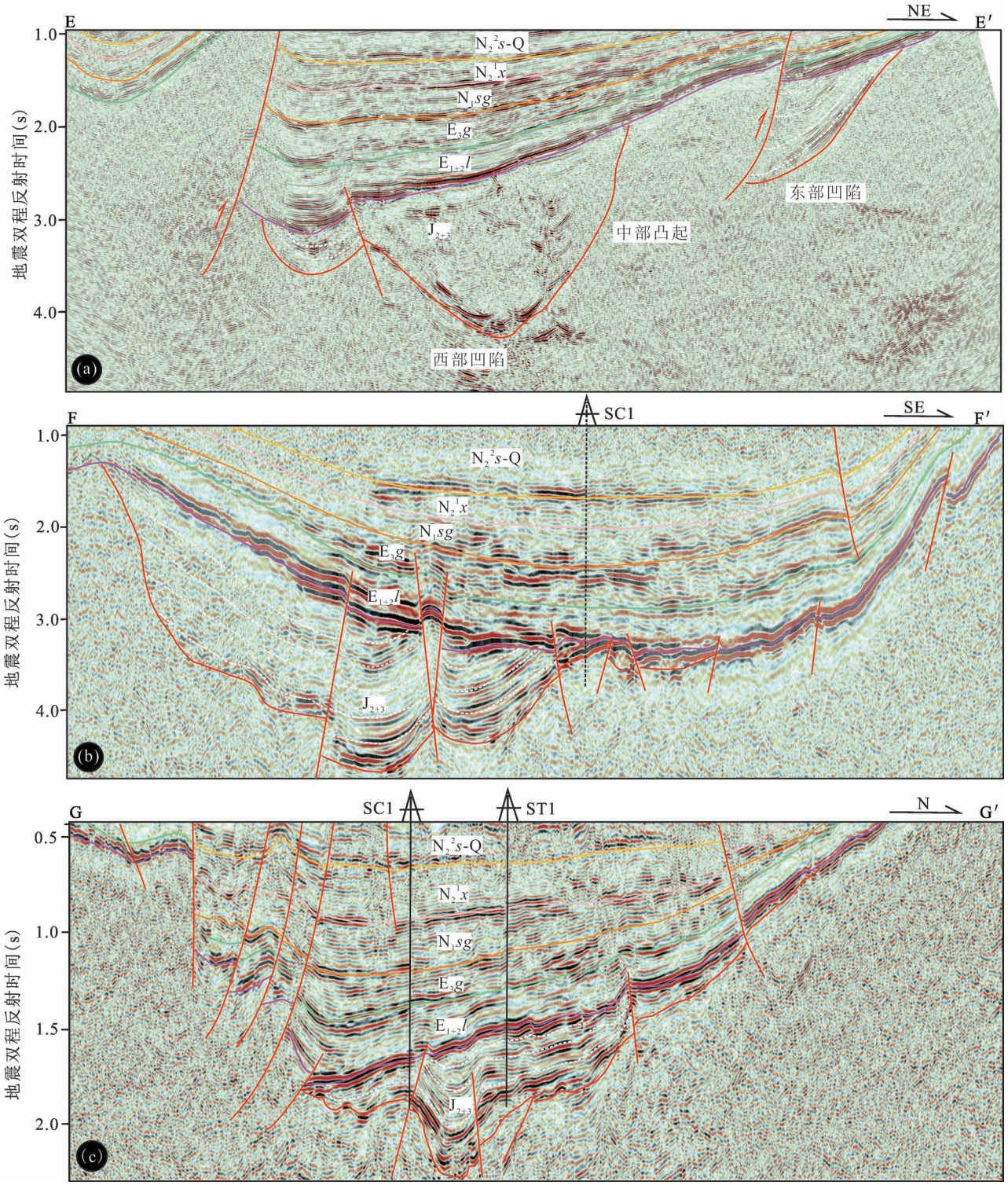


图 7 苏干湖地区侏罗系削截现象(剖面位置见图 1)

Fig. 7 Truncation phenomenon of the Jurassic Formation in Suganhu area(See Fig. 1 for location)

罗统仅向阳煤矿可见。柴北缘下侏罗统分布主要限于冷湖—南八仙构造带以南地区,赛什腾山、苏干湖地区覆盖区并未见下侏罗统。故推测早侏罗世柴北缘与苏干湖地区应为相互分隔的沉积区。

柴北缘、赛什腾山地区中侏罗世早期以辫状河、辫状河三角洲平原沉积占主体,晚期演变为以湖泊相为主的远源细粒沉积(图 3),这与苏干湖地区中西部中侏罗统的沉积体系配置和演化规律具明显一

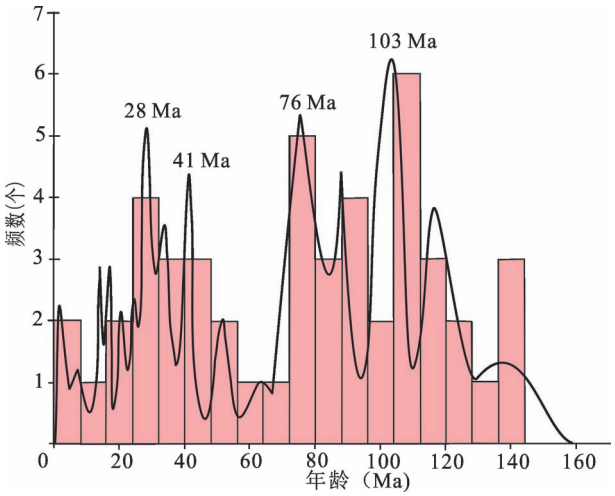


图 8 赛什腾山地区磷灰石裂变径迹年龄统计柱状图
（汇总前人发表数据）

Fig. 8 Statistical histogram of apatite fission track age data in Saishiteng area(Compiled from published data)

致性，表明赛什腾山及两侧盆地中侏罗统沉积相带可有机相连，构成统一的沉积实体。从沉积相平面展布来看，中侏罗统自柴北缘腹地向赛什腾山前没有明显的相带变化，指示原始湖盆范围较广。另外，赛南地区大煤沟组七段发育有代表较深水还原环境暗色泥页岩发育(Li Meng et al.,2016)，且整个中侏罗世缺乏边缘相沉积，说明该地区距原始沉积边界尚远，即赛什腾山对两侧覆盖区中侏罗统无明显分隔作用。在盆地内部，侏罗系向平台凸起方向地层厚度减薄，岩性变粗，与平台凸起呈上超接触，表明盆内古隆起对其沉积具一定控制作用。此外，地震剖面显示，中侏罗统向南侧冷湖—南八仙构造带减薄尖灭，下伏地层由基岩过渡为下侏罗统，呈上超接触。地震相主要表现为中强振幅、中低频、较连续的特点，推测为河流—沼泽相沉积，进而指示冷湖—南八仙构造带已靠近中侏罗世盆地南部边缘(图 11)。

4　早—中侏罗世盆地性质探讨

关于柴北缘早—中侏罗世盆地性质一直存在争议，主要有断陷型盆地(段宏亮等,2007)、先断后拗型盆地(李军亮等,2016)、走滑拉分盆地(赵文智

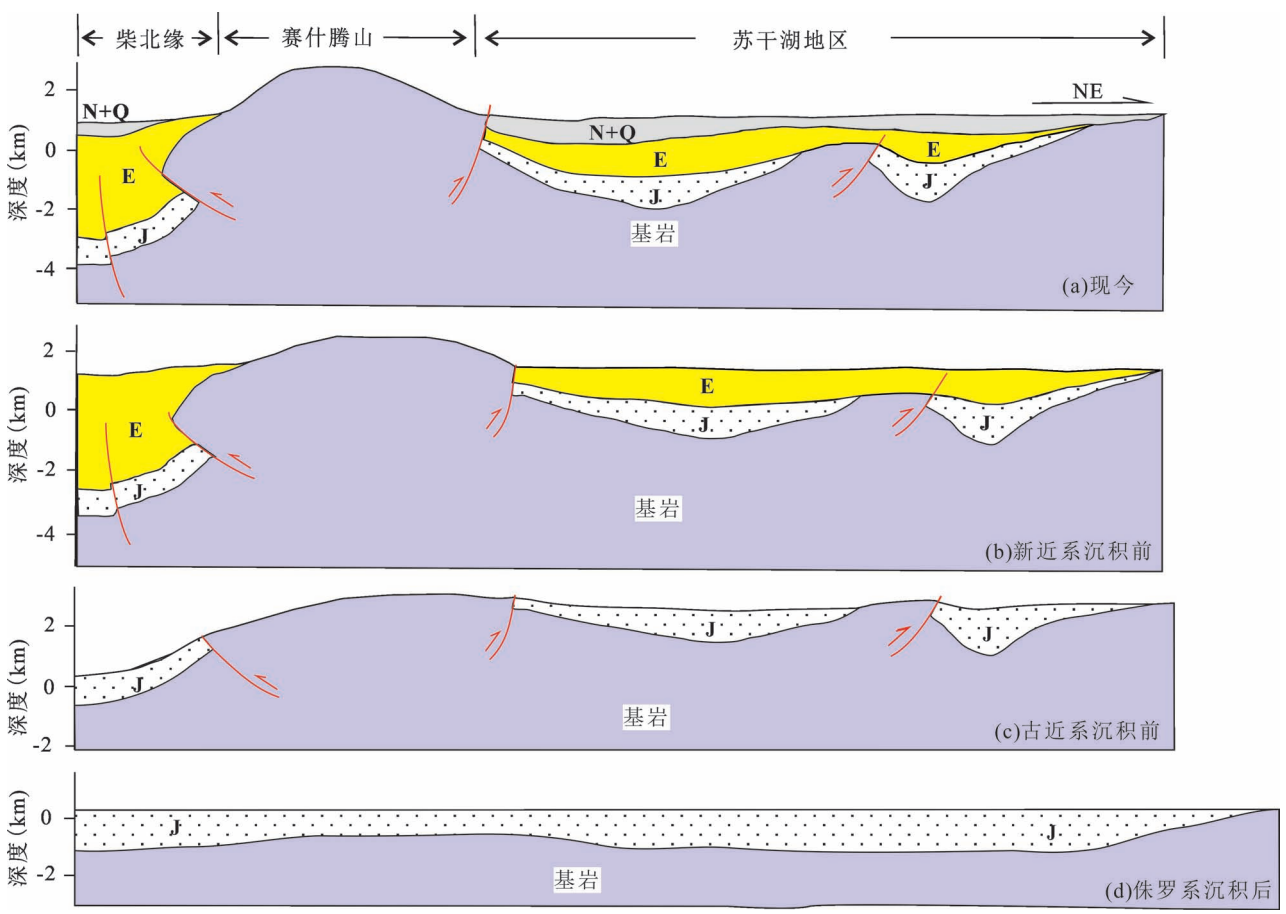


图 9 苏干湖—柴北缘地区侏罗纪以来构造演化模式图

Fig. 9 Tectonic evolution model from Jurassic to the present across Suganhu area —Northern Qaidam Basin

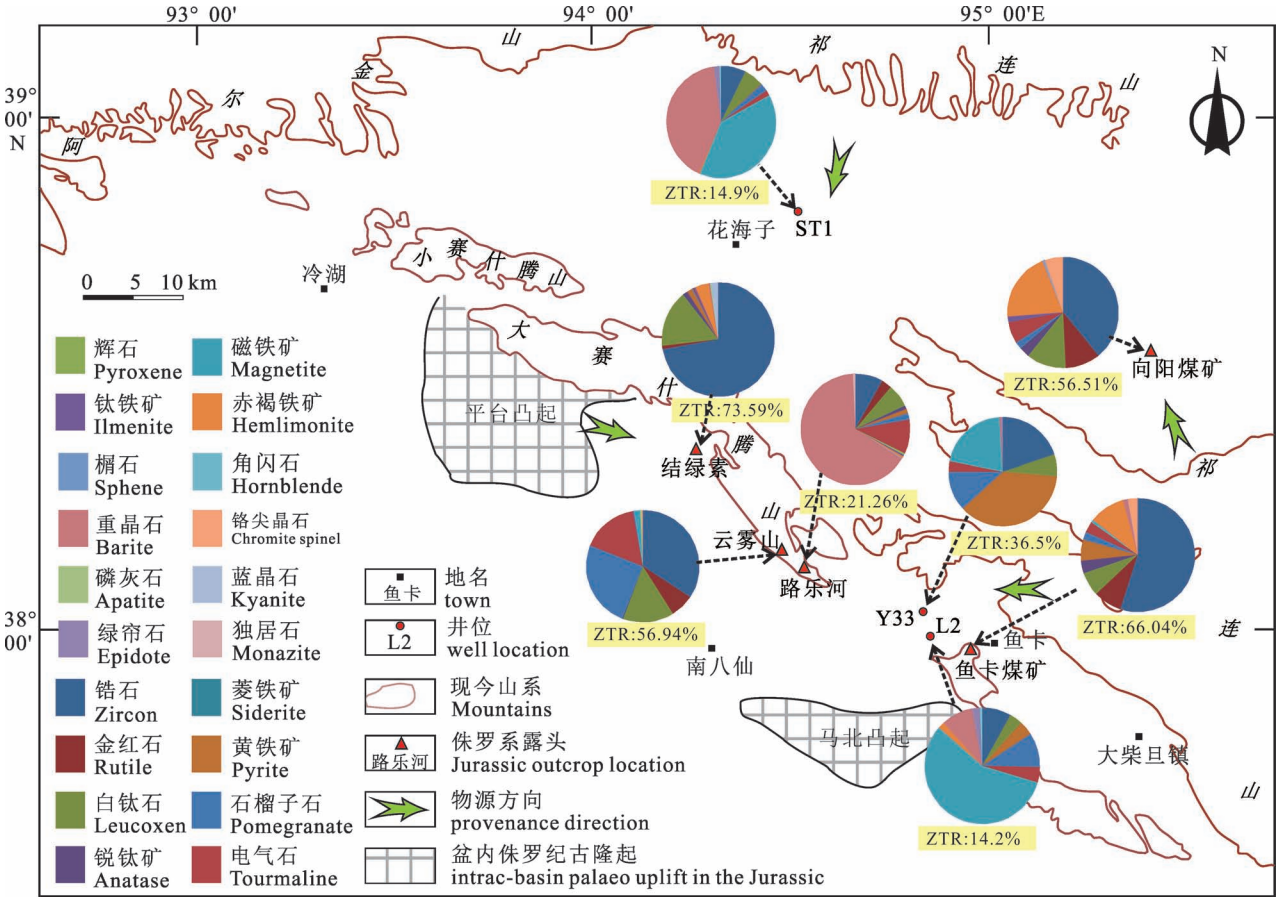


图 10 柴北缘西段中侏罗统重矿物组合分布图

Fig. 10 The distribution of the heavy mineral association of the Middle Jurassic in the west of Northern Qaidam Basin

等,2000)和前陆盆地(和钟铧等,2002)等观点。地震资料显示,柴北缘昆特依—石泉滩地区下侏罗统厚度横向变化大,沉积体呈不对称的楔形,盆地边界受正断层控制,显示出明显的断陷结构,加之垂向和横向上相变剧烈,故认为该区在早侏罗世以断陷沉积为主。而盆地内伊北、一里坪等凹陷发育的同时代地层展布较以上地区更为平缓稳定,且无明显断陷结构,初步推断为坳陷沉积性质。从区域构造背景看,早侏罗世柴达木地块与相邻地块之间的差异运动,造成柴达木地块整体处于伸展构造环境(赵文智等,2000;杨永泰等,2000)。盆地内部则由于伸展应力场相对较弱且更均衡,沉积形式可能以坳陷为主;但受限于现有勘探资料,尚需进一步论证。

柴北缘和苏干湖地区中侏罗统呈较稳定层状展布,未表现出明显的断陷结构样式,具坳陷沉积的特点。前文分析表明,中侏罗统在不同地区具有沉积同步性和统一性,沉积源区相对较远,中侏罗世赛什腾山地区主体尚在接受沉积。故认为苏干湖—柴北缘地区在中侏罗世为一个较广阔的坳陷型盆地。

5 结论

(1)苏干湖地区与柴北缘现今侏罗系的赋存分布状态为多期后期改造的结果。赛什腾山初始隆升于晚白垩世,之后主要经历了始新世末—渐新世、新近纪末—第四纪两期隆升过程。赛什腾山为柴北缘和苏干湖地区侏罗系的改造边界,非原始沉积边界。

(2)沉积学、物源分析及后期改造等综合研究表明,早侏罗世苏干湖地区沉积局限,柴北缘与向阳煤矿应为相互分隔的沉积区,并以断陷沉积为主,可能在盆地内部转换为坳陷沉积。中侏罗世时期苏干湖地区与柴北缘呈主体连通状态,赛什腾山一带主体接受沉积,苏干湖—柴北缘地区为一个较现今侏罗系残留范围更为广阔的坳陷型沉积盆地。

致谢:感谢西北大学硕士研究生闫占冬、薛锐、杨瑶,中国石油勘探开发研究院廊坊分院孔骅工程师在野外工作和资料收集整理等方面给予的支持和

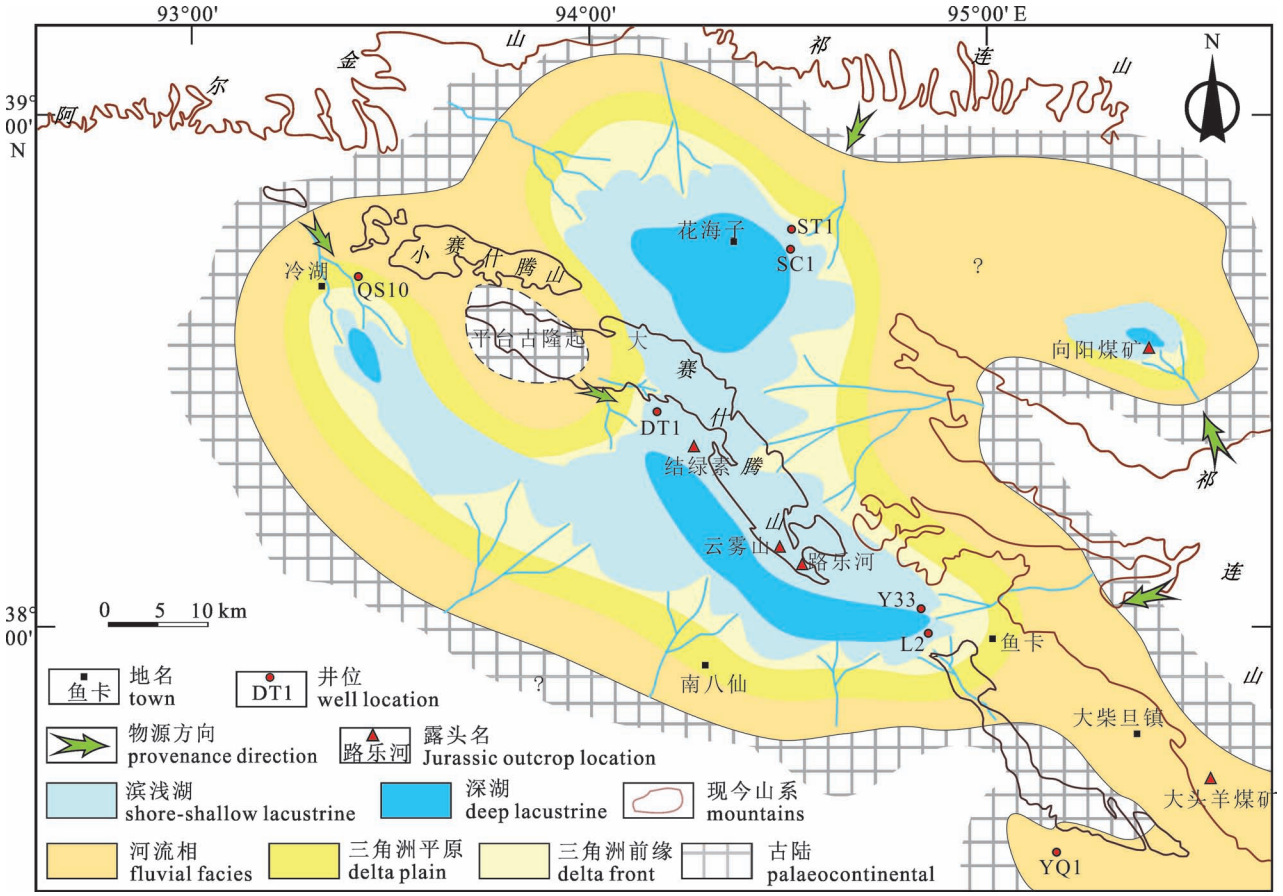


图 11 苏干湖—柴北缘地区中侏罗世原型盆地沉积面貌图

Fig. 11 The original sedimentary pattern of the Suganhu area—Northern Qaidam Basin during the Middle Jurassic Epoch

帮助。

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a "&" is in Chinese with English abstract; the literature whose publishing year followed by a "#" is in Chinese without English abstract)

段宏亮, 钟建华, 马锋, 张跃中, 李勇, 温志峰. 2007. 柴达木盆地西部中生界原型盆地及其演化. 地球学报, 28(4): 356~368.

付锁堂,袁剑英,汪立群等 . 2014. 柴达木盆地油气地质成藏条件研究. 北京:科学出版社: 10~101.

甘肃省地质矿产局. 1985. 区域地质调查报告——鱼卡幅. 北京:地质出版社: 112~117.

高瑞祺, 赵政璋. 2001. 中国油气新区勘探第 4 卷——中国西北地区侏罗系油气分布. 北京:石油工业出版社: 1~11.

耿庆明, 牛志新, 李永红, 张永安. 2015. 青海省柴达木盆地北缘侏罗系地层含煤建造特征. 地质论评, 61(z1): 135~136

和钟铧, 刘招君, 郭巍, 董清水. 2002. 柴达木北缘中生代盆地的成因类型及构造沉积演化. 吉林大学学报(地球科版), 32(4): 333~339.

李军亮 ,肖永军, 王大华, 林武, 柴先平, 张俊峰, 田连玉. 2016. 柴达木盆地东部侏罗纪原型盆地恢复. 地学前缘, 23(5): 11~22.

刘池洋, 杨兴科. 2000. 改造盆地研究和油气评价的思路. 石油与天然气地质, 21(1): 11~14.

刘池洋, 赵红格, 张参, 王建强. 2009. 青藏—喜马拉雅构造域演化的转折时期. 地学前缘, 16(4): 1~12.

吕宝凤, 张越青, 杨书逸. 2011. 柴达木盆地构造体系特征及其成盆动力学意义. 地质论评, 57(2): 167~174.

彭杨宏. 2009. 柴达木盆地北缘磷灰石裂变径迹年龄及其意义. 导师:高军平. 兰州大学硕士学位论文, 兰州:兰州大学.

祁文珍, 刘健, 高雪峰, 靳春花. 2007. 苏干湖坳陷油气成藏条件及勘探建议. 青海石油, 25(3): 7~11.

孙娇鹏, 陈世悦, 马寅生, 彭渊, 邵鹏程, 马帅, 代昆, 郑策. 2016. 柴达木盆地北缘早奥陶世陆—弧碰撞及弧后前陆盆地: 来自碎屑岩地球化学的证据. 地质学报, 90(1): 80~92.

万景林, 郑德文, 郑文俊等. 2011. MDD 法和裂变径迹法相结合模拟样品的低温热历史: 以柴达木盆地北缘赛什腾山中新生代构造演化为例. 地震地质, 33(2): 369~382.

韦成杰, 朱世发, 杜建军, 乐辉, 李宗星. 2017. 苏干湖盆地及毗邻柴北缘西段侏罗系残留地层发育特征. 地质力学学报, 23(3): 436~450.

肖安成, 汪立群, 杨树锋, 马立协, 沈中延, 王亮, 吴磊, 陈元忠. 2010. 南祁连山前区中生代晚期古构造特征的研究. 地质科学, 45(1): 146~156.

肖安成, 陈志勇, 杨树锋, 马立协, 巩庆林, 陈元忠. 2005. 柴达木盆地北缘晚白垩世古构造活动的特征研究. 地学前缘, 12(4): 451~457.

杨经绥, 许志琴, 李海兵, 吴才来, 崔军文, 张建新, 陈文.1998. 我国西部柴北缘地区发现榴辉岩. 科学通报, 43(14): 1544~1549.

杨明慧. 1998. 南祁连南缘弧形逆冲推覆构造. 中国区域地质, 17(2): 102~106.

杨永泰, 张宝民, 李伟, 张映红, 赵长毅, 杨东胜. 2000. 柴达木盆地

北缘侏罗系地层沉积特征及其对含油气系统划分的意义. 勘探家, 5(3): 12~16+5.
曾春林, 姜波, 张敏, 尹成明, 王超勇. 2009. 柴北缘构造活动及其磷灰石裂变径迹记录. 石油天然气学报, 31(2): 20~24+12.
赵俊峰, 刘池洋, 梁积伟, 王晓梅, 喻林, 黄雷, 刘永涛. 2010. 鄂尔多斯盆地直罗组—安定组沉积期原始边界恢复. 地质学报, 84(4): 553~569.
赵文智, 靳久强, 薛良清, 孟庆任, 赵长毅. 2000. 中国西北地区侏罗纪原型盆地形成与演化. 北京: 地质出版社: 119~135.
钟筱春, 赵传本, 杨时中, 沈后. 2003. 中国北方侏罗系(II)古环境与油气. 石油工业出版社: 20~26.
朱小辉, 陈丹玲, 王超, 王红, 刘良. 2015. 柴达木盆地北缘新元古代—早古生代大洋的形成、发展和消亡. 地质学报, 89(2): 234~251.
朱迎堂, 田景春, 白生海, 余存莲, 张翔, 肖玲, 曹桐生. 2009. 青海省石炭纪—三叠纪岩相古地理. 古地理学报, 11(4): 384~392.
左国朝, 刘义科, 李相博. 2004. 蒙甘青宁地区侏罗纪开合盆山构造格局及原型盆地沉积特征. 地质通报, 23(3): 261~271.
Chen Xiaogan, Lin Xiubin, Wu Lei, Chen Hanlin, Xiao Ancheng, Gong Junfeng, Zhang Fengqi, Yang Shufeng. 2016. The Exhumation history of north Qaidam thrust belt constrained by apatite fission track thermochronology: implication for the evolution of the Tibetan Plateau. Acta Geologica Sinica (English Edition, 90(3): 870~883.
Duan Hongliang, Zhong Jianhua, Ma Feng, Zhang Yuezhong, Li Yong, Wen Zhifeng. 2007&. Prototypes and evolution of the Mesozoic basin in Western Qaidam. Acta Geoscientica Sinica, 28(4): 356~368.
Fu Suotang, Yuan Jianying, Wang Liqun et al. 2014#. The Study of Petroleum Accumulation Condition of Qaidam Basin. Beijing: Science Publishing House: 10~101.
Gansu Bureau of geological and mineral resources. 1985. Regional Geological Survey Report——Yuqia. Beijing: Geological Publishing House: 112~117.
Gao Ruiqi, Zhao Zhengzhang. 2001#. Exploration in the New Area of Petroleum in China (Vol. 4) The Petroleum distribution of the Jurassic System in Northwest China. Beijing: Petroleum Industry Press: 1~11.
Geng Qingming, Niu Zhixin, Li Yonghong, Zhang Yongan. 2015#. Characteristics of coal bearing formations in Jurassic strata in the northern margin of Qaidam Basin of Qinghai. Geological Review, 61(z1): 135~136
He Zhonghua, Liu Zhaojun, Guo Wei, Dong Qingshui. 2002&. The genetic type of Northern Qaidam Basin and its tectonic—sedimentary elvolution. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 32(4): 333~339.
Li Junliang, Xiao Yongjun, Wang Dahua, Lin Wu, Chai Xianping, Zhang Junfeng, Tian Lianyu. 2016&. Jurassic prototype basin reconstruction in east part of Qaidam basin. Earth Science Frontiers, 23(5): 11~22.
Li Meng, Shao Longyi, Liu Lei, Lu Jing, Baruch Spiro, Wen Huaijun, Li Yonghong. 2016. Lacustrine basin evolution and coal accumulation of the middle Jurassic in the Saishiteng coalfield. Journal of Palaeogeography. 5(3): 205~220.
Liu Chiyang, Zhao Hongge, Zhang Can, Wang Jianqiang. 2009&. The important turning period of evolution in the Tibet—Himalayan tectonic domain. Earth Science Frontiers, 16(4): 1~12.
Liu Chiyang. 2000&. Dynamics of sedimentary basin and basin reservoir (ore) forming system. Journal of Earth Sciences and Environment, 21(1): 11~14.
Lü Baofeng, Zhang Yuanqing, Yang Shuyi. 2011&. Characteristics of Structural System and its Implication for Formation Dynamics in Qaidam basin. Geological Review, 57(2): 167~174.
Jolivet M, Brunel M, Seward D, Xu Z, Yang J, Roger F, Tapponnier P, Malavieille J, Arnaud N, Wu C. 2001. Mesozoic and Cenozoic tectonics of the northern edge of the Tibetan plateau: fission-track constraints. Tectonophysics, 343: 111~134.
Peng Yanghong. 2009&. Apatite fission track ages and significance of Northern Qaidam Basin. Supervisor: Gao Junping. Master´s degree thesis. Lanzhou: Lanzhou University.
Peter W R. 2005. Past, present and future of thermochronology. Rev Mineral Geochem, 58: 1~18.
Qi Wenzhen, Liu Jian, Gao Xuefeng, Jin Chunhua. 2007#. Petroleum accumulation condition and exploration suggestions in Suganhu depression. Qinhai Petroleum, 25(3): 7~11.
Ritts B D, Biffi U. 2001. Mesozoic northeast Qaidam basin: response to contractional reactivation of the Qilian Shan, and implications for the extent of Mesozoic intracontinental deformation in Central Asia. In: Hendrix M S, Davis G A (Eds.), Paleozoic and Mesozoic tectonic evolution of central Asia: from continental assembly to intracontinental deformation, 194. Geological Society of America Memoir, Boulder, Colorado: 293~316.
Sun Jiaopeng, Chen Shiyue, Ma Yinsheng, Peng Yuan, Shao Pengcheng, Ma Shuai, Dai Kun, Zheng Ce. 2016&. Early Ordovician continental—arc collision and retroarc foreland basin on the northernmargin of Qaidam Basin: Geochemical evidence from clastic rocks. Acta Geologica Sinica, 90(1): 80~92.
Wan Jinglin, Zheng Dewen, Zeng Wenjun, Wang Weitao. 2011&. Modeling thermal history during low temperature by K-feldspar MDD and fission track: example from Meso—Cenozoic tectonic evolution in Saishitengshan in the northern margin of Qaidam basin. Seismology and Geology, 33(2): 369~382.
Wei Chengjie, Zhu Shifa, Du Jianjun, Yue Hui, Li Zongxing. 2017&. The development characteristics of the residual Jurassic stratum in Suganhu basin and the west section of the Northern margin of the Qaidam basin. Journal of Geomechanics, 23(03): 436~450.
Wu Lei, Xiao Ancheng, Wang Liqun, Shen Zhongyan, Zhou Suping, Chen Yuanzhong, Wang Liang, Liu Dong, Guan Junya. 2011. Late Jurassic—Early Cretaceous northern Qaidam basin, NW China: Implications for the earliest Cretaceous intracontinental tectonism. Cretaceous Research: 552~564.
Xiao Ancheng, Chen Zhiyong, Yang Shufeng, Ma Lixie, Gong Qinglin, Chen Yuazhong. 2005&. The study of late Cretaceous paleostructural characteristics in northern Qaidam basin. Earth Science Frontiers, 12(04): 451~457.
Xiao Ancheng, Wang Liqun, Yang Shufeng, Ma Lixi, Shen Zhongyan, Wang Liang, Wu Le, Chen Yuanzhong. 2010&. Study on characteristics of Latest Mesozoic paleo-structures in front of south Qilian Mountain, China. Chinese Journal of Geology, 45(1): 146~156.
Yang Jingsui, Xu Zhiqin, Li Haibing, Wu Cailai, Cui, Junwen, Zhang Jianxin, Chen Wen. 1998#. Eclogite found in the northern margin of the Qaidam area in Western China. Chinese Science Bulletin, 43(14): 1544~1549.
Yang Minghui. 1998&. Arcuate thrust nappe structure on the southern margin of the Southern Qilian mountains. Regional Geology of China, 17(2): 102~106.
Yang Yongtai, Zhang Baomin, Li Wei, Zhang Yinghong, Zhao Changyi, Yang Dongsheng. 2000&. The Characteristics of stratum and sediments of the Jurassic System in the north of Qaidam basin, and

its significance for classification of petroleum system. Explorationist, 5(3): 12~16+5.

Zeng Chunlin, Jiang Bo, Zhang Ming, Ying Chengming, Wang Chaoyong. 2009&. Tectonic activities and apatite fission-track records in the northern margin of Qaidam basin. Journal of Oil and Gas Technology, 31(02): 20~24+12.

Zhao Junfeng, Liu Chiyang, Liang Jiwei, Wang Xiaomei, Yu Lin Huang Lei, Liu Yongtao. 2010&. Restoration of the original sedimentary boundary of the middle Jurassic Zhiluo Formation—Anding Formation in the Ordos basin. Acta Geologica Sinica, 84(4): 553~569.

Zhao Wenzhi, Qin Jiuqiang, Xue Liangqing, Meng Qingren, Zhao Changyi. 2000#. Formation and evolution of the Jurassic prototype basin in Northwest China. Beijing: Geological Publishing House: 119~135.

Zhong Xiaochun, Zhao Chuanben, Yang Shizhong, Shen Hou. 2003#. The Jurassic System in the Northern of China (II). Paleoenvironment and Petroleum Geology. Beijing: Petroleum Industry Press: 20~26.

Zhu Xiaohui, Chen Danling, Wang Chao, Wang Hong, Liu Liang. 2015&. The initiation, development and termination of the Neoproteroznic Early Paleozoic ocean in the northern margin of Qaidam basin. Acta Geologica Sinica, 89(2): 234~ 251.

Zhu Yingtang, Tian Jingchun, Bai Shenghai, Yu Cunlian, Zhang Xiang, Xiao Ling, Cao Tongsheng. 2009&. Lithofacies palaeogeography of the Carboniferous—Triassic in Qinghai Province. Journal of Palaeogeography, 11(4): 384~392.

Zuo Guochao, Liu Yike, Li Xiangbo. 2010&. Jurassic basin —range tectonic pattern and depositional features of prototype basins in the Inner Mongolia—Gansu—Qinghai—Ningxia region. Geological Bulletin of China, 23(3): 261~271.

Discussion on the Original Sedimentary Relationship between Suganhu Area and Northern Qaidam Basin during Jurassic Period

ZHAO Xudong[1), ZHAO Junfeng[1), GUO Zeqing[2), ZENG Xu[2), TIAN Jixian[2), WANG Di[1), HU Chao[1)

1) *State Key Laboratory of Continental Dynamics / Department of Geology, Northwest University, Xi'an*, 710069;

2) *Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Langfang, Hebei*, 065007

Objectives: Suganhu area is located to the north side of Qaidam Basin, two areas separated by Saishiteng Mountain and Xiaosaishiteng Mountain. Drilling and outcrop data confirmed that the Jurassic below the Cenozoic of Suganhu area and Northern Qaidam Basin has a large distribution area, but the study on the Jurassic original sedimentary relationship between two areas is insufficient.

Methods: In this paper, a comprehensive study based on the comparative analysis of stratigraphy and sedimentology, characteristics of later stage reconstruction and provenance analysis.

Results: The study shows that the Jurassic in Suganhu area and Northern Qaidam Basin is comparable in lithology and sedimentary characteristics. In addition , these strata had been modified after Jurassic period, and the initial uplift of Saishiteng Mountain was in late Cretaceous ,forming the distribution of residual Jurassic now.

Conclusions: The sedimentary scop in Suganhu area was small during the early Jurassic, therefore , the sedimentary depression of Northern Qaidam and Suganhu area should be independent, and the study area is dominated by the faulted basin. In the Middle Jurassic period, Suganhu area and Northern Qaidam Basin were connected , Saishiteng area was deposited simultaneously, the whole study area was a depression type sedimentary basin of which the sedimentary scop was wider than the distribution of residual Jurassic now. The research results are of great significance for understanding Mesozoic—Cenozoic tectonic evolution and hydrocarbon resource evaluation and exploration deployment in the northern margin of Tibetan Plateau.

Keywords: Jurassic; prototype basin; uplifting; Suganhu area; Saishiteng Mountain; Northern Qaidam basin

Acknowledgments: This research is supported by key project of National Natural Science Foundation of China (No.41330315), MOST Special Funds from the State Key Laboratory of Continental Dynamics (No. 201210140) and cooperative project from Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration and Development (No. RIPED-LFFY-2016-JS-153). We sincerely thank postgraduates Yan Zhandong, Xue Rui, Yang Yao and Engineer Kong Hua for their help in field work and data collection

First author: ZHAO Xudong, Male, born in 1993, Postgraduate; Engaged in basin analysis and petroleum geology. Email: 505808389@ qq.com

Corresponding author: ZHAO Junfeng, Male, born in 1975, associate Professor, supervisor of doctoral; Engaged in Basin analysis and Sedimentology. Email: zjf@ nwu.edu.cn

Manuscript received on: 2018-01-06; Accepted on: 2018-07-23; Edited by: LIU Zhiqiang

Doi: 10.16509/j.georeview.2018.05.005