www.
geojournals.cn/georev

柴北缘东段及周缘侏罗系发育特征及其对构造活动的响应

冯怀伟[1)]，许淑梅[2,3,4)]，王大华[5)]，肖永军[5)]，张关龙[5)]，
曾治平[5)]，王千军[5)]，王金铎[5)]

1)潍坊科技学院，山东潍坊，262700；
2)中国海洋大学海底科学与探测技术教育部重点实验室，山东青岛，266100；
3)中国海洋大学海洋地球科学学院，山东青岛，266100；
4)深海圈层与地球系统前沿中心，山东青岛，266100；
5)中石化股份公司胜利油田分公司勘探开发研究院，山东东营，257000

内容提要：为研究柴北缘东部及周缘侏罗系发育特征及其对构造活动的响应，笔者等基于柴北缘东段红山、霍布逊及德令哈凹陷侏罗系野外地质调查，通过地层接触关系追踪、二维地震资料解释以及岩性岩相突变特征分析，同时与中国西北地区其他典型盆地的侏罗系发育特征进行对比分析，研究表明，在中国西北多个板块的相互作用的构造背景之下，柴北缘东段燕山期构造运动Ⅰ幕发生在早—中侏罗世，以古地理与古构造环境较为均一、发育粗碎屑凹陷、每个凹陷内具有幕式沉积充填特征，与中国西北其他盆地对比，此幕构造运动波及面大，但强度较弱，推测与中国西北周边各板块碰撞造山之后的伸展作用相关；燕山期构造运动Ⅱ幕发生在晚侏罗世—早白垩世，此幕构造运动导致古地理与古构造环境向新的环境转变，以中—上侏罗统之间的角度不整合、白垩系及上侏罗统的残缺不全为特征，推测与拉萨地块与欧亚板块碰撞以及蒙古—鄂霍茨克洋的关闭及 Kolyma—Omolon 地块的碰撞有关。

关键词：地层发育特征；侏罗系；板块运动；柴北缘东段及周缘地区

燕山运动最初由翁文灏先生研究并定义(Wong Wenhao，1926，1927，1929)，后又经学者们不断的研究补充修改(丁文江，1929；谢家荣，1936；赵金科，1937；李春昱，1950；赵宗溥，1959，1963；张宏仁，1998；董树文等，2000；李海龙等，2014)。中生代以来，中国中西部盆地群在海西期各洋盆关闭后形成统一大陆，经受相同或相似的构造变形(贾承造等，2005)。在特提斯洋三期构造作用下(潘桂棠等，1997；贾承造，2001)，中国西部分别形成金沙江洋碰撞关闭而成的印支期前陆盆地和雅鲁藏布江洋碰撞关闭而成喜马拉雅造山期前陆盆地或逆冲带(贾承造等，2003)。所以燕山期构造运动不仅导致了金沙江洋和雅鲁藏布江洋的封闭，形成了巨大的燕山期造山带；同时在中国中西部大陆内部形成了一系列北西西向或近东西向平行排列的山脉和内部山间盆地。但是过去数十年关于燕山期构造运动的研究多集中于中国中东部地区(刘训，1982；吴福元等，2000；赵越等，2004；吴根耀，2005；邢作云等，2006；董树文等，2007；Dong Shuwen et al. , 2015；渠洪杰等，2016；于海飞等，2016；苏德辰等，2019；宋志伟等，2021)，对中国中西部的只有一些零星的研究(周良仁等，1990；朱文斌等，2020；朱文等，2021)，而对中国西北地区侏罗系发育特征及其对构造活动的响应缺少系统性的研究。

针对上述问题，笔者等立足于中国西部燕山期的大地构造演化背景，结合柴北缘东段侏罗系发育特征(地震剖面解释、地层接触关系、岩性岩相变化、沉积旋回特征)的研究，以及通过前人在柴北缘东段周缘地区侏罗系发育特征、岩浆活动及地层接触关系方面的成果，试图对西北地区侏罗系发育的特征、燕山期构造运动的幕次及与板块相对运动的关系进行初步探讨，为后续油气资源勘探开发提供

注：本文为中石化胜利油田分公司科技攻关项目(编号：30200018-21-ZC0613-0075)的成果。
收稿日期：2022-02-12；改回日期：2022-07-19；网络首发：2022-08-20；责任编辑：刘志强。Doi：10.16509/j.georeview.2022.08.001
作者简介：冯怀伟，男，1987年生，博士，副教授，长期从事层序地层和沉积盆地分析研究工作；Email：905534327@qq.com。通讯作者：许淑梅，女，1970年生，博士，教授，长期从事沉积学和盆地分析研究；Email：xsm@ouc.edu.cn。

沉积学方面的依据。

1 地质背景及构造格局

柴北缘东段的红山、霍布逊及德令哈凹陷位于柴达木盆地的中轴部位，夹持于南祁连加里东期造山带与东昆仑造山带之间，是在中、新元古代变质结晶基底与早古生代褶皱基底基础之上发育的中、新生界叠合盆地（许志琴等，2006；杨经绥等，2010；孙娇鹏等，2015；李军亮等，2016；徐志敏等，2019）。研究区总体呈现“南北分带，东西分块，块带相间，基底断裂交切，多山多凹”的大地构造格局（图 1）。自北向南由：中祁连地块、南祁连加里东造山带、南祁连南缘断裂、宗务隆印支期造山带、宗务隆山南缘断裂、欧龙布鲁克微地块、柴北缘乌兰—鱼卡断裂、

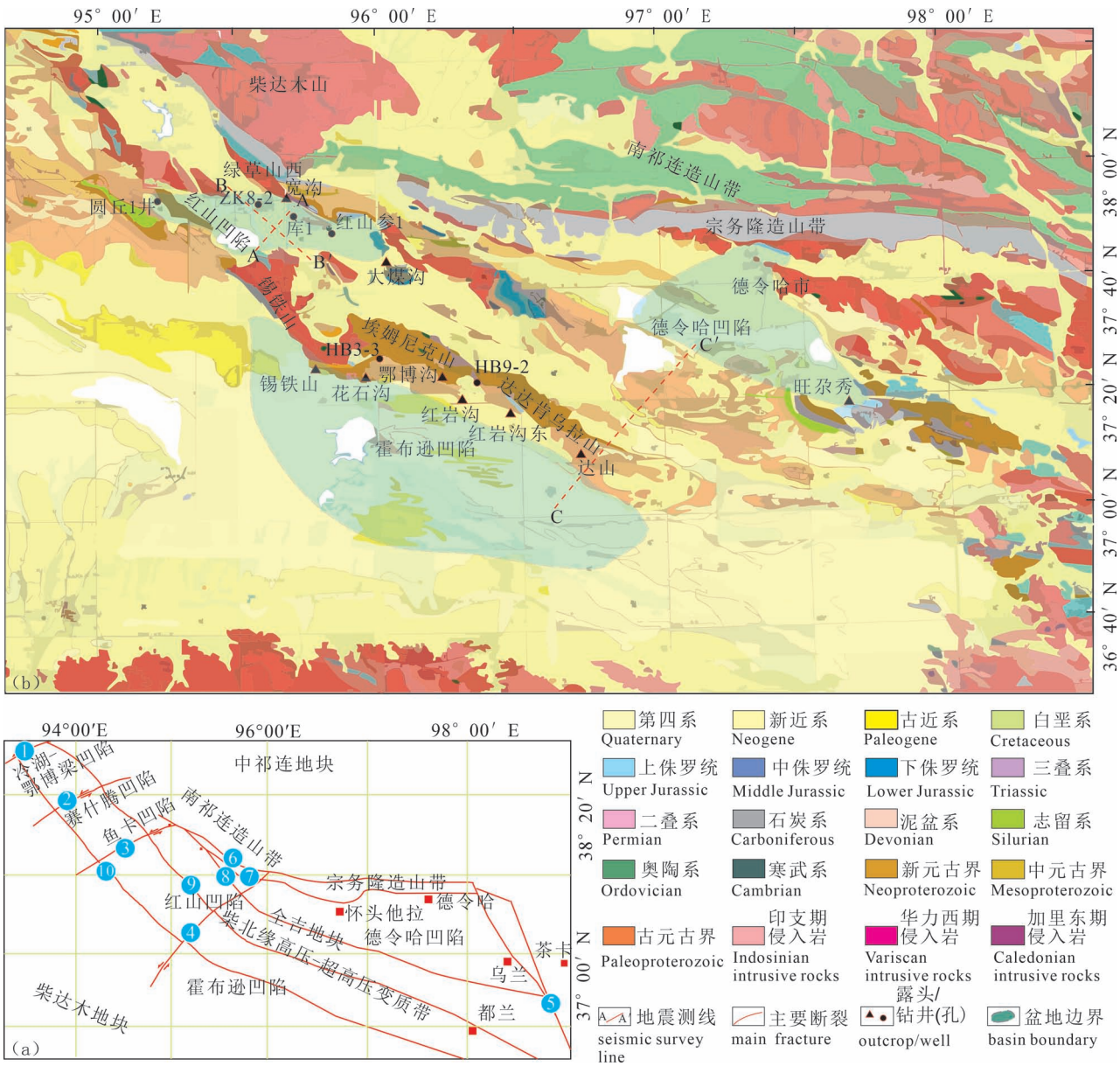
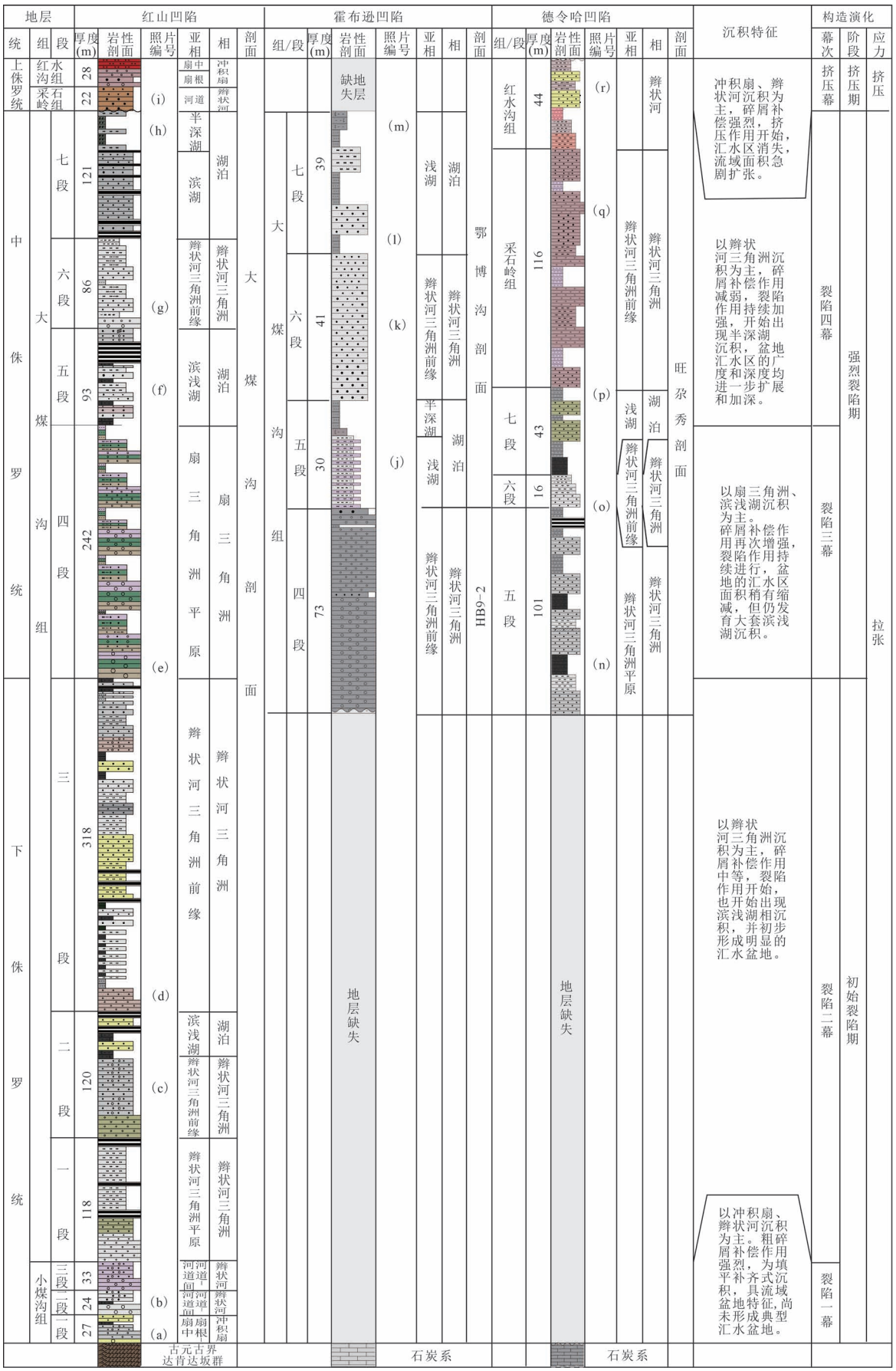


图 1 柴北缘东段中、新生界构造格局（a）以及红山、霍布逊和德令哈凹陷及周缘地区地质简图（b）

Fig. 1 The Mesozoic and Cenozoic tectonic framework of North Qaidam block (a) and the geological map of the Hongshan, Huobuxun and Delingha sags (b)

① 阿南断裂；② 赛什腾断裂；③ 塔尔丁—鱼卡断裂；④ 格尔木—锡铁山断裂；⑤ 温泉断裂；⑥ 南祁连南缘断裂；⑦ 宗务隆南缘断裂；⑧ 乌兰—鱼卡断裂；⑨ 柴北缘南缘断裂；⑩ 萌北—陵间—达霍断裂

① Southern Margin Fault of Altun; ② Saishiteng Fault; ③ Taerding—Yuka Fault; ④ Golmud—Xitieshan Fault; ⑤ Wenquan Fault; ⑥ South Margin Fault of South Qilian Orogen; ⑦South Margin Fault of the Zongwulong Orogen; ⑧Wulan—Yuka Fault; ⑨ South Margin Fault of Northern Qaidam Block; ⑩ Mengbei—Lingjian—Dahuo Fault


地层
统
组
段
红山凹陷
厚度(m)
岩性剖面
照片编号
亚相
相
剖面
霍布逊凹陷
组/段
厚度(m)
岩性剖面
照片编号
亚相
相
剖面
德令哈凹陷
组/段
厚度(m)
岩性剖面
照片编号
亚相
相
剖面
沉积特征
构造演化
幕次
阶段
应力
上侏罗统
中侏罗统
下侏罗统
红水沟组
采石组
大煤沟组
小煤沟组
七段
六段
五段
四段
三段
二段
一段
121
86
93
242
318
120
118
33
24
27
(i)
(h)
(g)
(f)
(e)
(d)
(c)
(b)
(a)
半深湖
滨湖
湖泊
辫状河三角洲前缘
滨浅湖
辫状河三角洲
扇三角洲平原
扇三角洲
河道
扇根
辫状河
冲积扇
大煤沟剖面
缺失
39
41
30
73
(m)
(l)
(k)
(j)
浅湖
辫状河三角洲前缘
辫状河三角洲
鄂博沟剖面
HB9-2
地层缺失
44
116
43
16
101
(r)
(q)
(p)
(o)
(n)
红水沟组
采石岭组
七段
六段
五段
辫状河
辫状河三角洲
浅湖
辫状河三角洲前缘
辫状河三角洲平原
旺尕秀剖面
冲积扇、辫状河沉积为补偿作用开始,积碎屑流域面积消失,急剧扩张。
辫状河三角洲沉积为主,碎屑补偿作用持续开始,盆地的广均展深,半深湖水体和一步扩加深。
扇三角洲、辫状河三角洲沉积为主。补偿作用增强,持续稍作行,水体有仍套滨浅湖沉积。
辫状河三角洲沉积为主,碎屑补偿作用开始,盆地的广均展深,半深湖水体和一步扩加深。
冲积扇、辫状河沉积为主。补偿作用开始,粗碎屑流域面积消失,急剧扩张。
挤压
挤压幕
挤压期
强烈裂陷期
拉张
裂陷四幕
裂陷三幕
裂陷二幕
裂陷一幕
初始裂陷期
古元古界
达肯达坂群
石炭系
石炭系

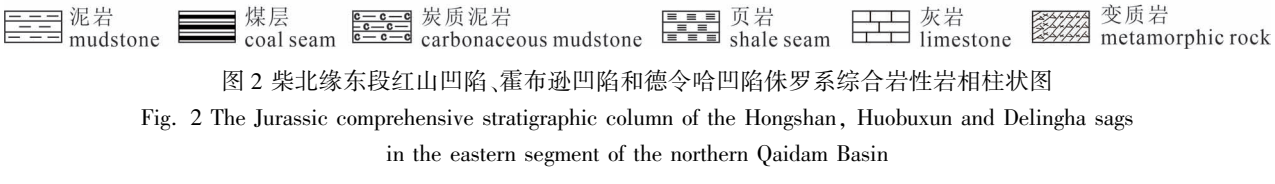


图 2 柴北缘东段红山凹陷、霍布逊凹陷和德令哈凹陷侏罗系综合岩性岩相柱状图

Fig. 2 The Jurassic comprehensive stratigraphic column of the Hongshan, Huobuxun and Delingha sags in the eastern segment of the northern Qaidam Basin

早古生代加里东期高压超高压变质混杂岩带、柴北缘南缘断裂、柴达木地块、萌北—凌间—达霍断裂，NE—SW 向发育阿南断裂、赛什腾断裂、塔尔丁—鱼卡断裂、格尔木—锡铁山断裂、温泉断裂(图 1a)。自西向东基底断裂交切处发育冷湖—鄂博梁凹陷、赛什腾凹陷、鱼卡凹陷、红山凹陷、霍布逊凹陷、德令哈凹陷(图 1a,b)。因此，研究区前侏罗纪“多山多凹”的地貌特征以及“多断裂、多地块、多造山带”的构造格局为燕山期盆地幕式沉积活动提供了构造位置基础。

2 研究区侏罗系发育特征及构造运动幕次划分

根据柴北缘东段红山凹陷、霍布逊凹陷和德令哈凹陷侏罗系接触关系、岩性岩相变化以及结合邻区相应的构造热事件对比，将研究区燕山期构造运动划分为两期，尽管柴北缘东段与周缘地区之间并不严格等时，但是不同盆地之间的地层发育特征可以大致对比。

在柴北缘东段及周缘地区燕山期构造运动分为两幕，其中燕山期运动Ⅰ幕发生在早—中侏罗世，底界面为侏罗系与前侏罗系盆地基底的不整合接触，顶界面在研究区表现在中、上侏罗统之间的不整合接触，盆地沉积具有幕式充填沉积特点。燕山期运动Ⅱ幕发生在晚侏罗世—早白垩世，表现在局部地区上侏罗统与白垩系的不整合或白垩系的部分缺失及岩浆活动的出现。

裂陷一幕包括下侏罗统小煤沟组一、二、三段。底界面小煤沟组下超在前侏罗系基底之上，顶界面为小煤沟组三段)辫状河“二元结构”与大煤沟组一段辫状河三角洲平原的岩性、岩相突变界面。分布范围较小，仅局限于红山凹陷大煤沟及附近狭小区域。从沉积序列分析，小煤沟组一段发育粗碎屑沉积扇沉积体系，以紫红色、灰绿色砾岩发育为特征，底部可见巨砾岩(图 2，图 3a)，属于典型的早期填平补齐阶段底砾岩，小煤沟组二、三段发育辫状河沉积体系，由下部灰绿色泥质砂砾岩与上部炭质泥岩过渡为灰绿色泥岩沉积(图 2，图 3b，c)，表现为河流“二元结构”特征。总之，裂陷一幕是在前侏罗纪构造格局背景基础之上，以冲积扇、辫状河沉积为主，粗碎屑补偿作用强烈的填平补齐沉积，此时凹陷发育处于流域盆地特征时期，尚未形成典型的汇水盆地，以发育填平补齐的粗碎屑沉积为特色(图 2)。

裂陷二幕是在盆地填平补齐基础上控盆断层活动开启，凹陷接受了初始裂陷充填沉积。包括下侏罗统大煤沟组一、二、三段。底界面是与裂陷一幕的岩性、岩性突变面，顶界面为与中侏罗统的顶超界面(图 2，图 4)。沉积中心位于红山凹陷东次洼，向南东超覆到库 1 井附近。大煤沟组一段主要发育辫状河三角洲平原沉积，辫状河道发育正旋回砂砾岩体，发育大型板状、楔状交错层理(图 3d)。沼泽聚煤环境发育，煤层成层发育、厚度较大。大煤沟组二段主要发育辫状河三角洲前缘及浅湖沉积，下部辫状河三角洲前缘水下分流河道发育粗砂岩—粉细砂岩正旋回沉积，前缘水道斜层理广泛发育；中上部浅湖沉积发育厚层深灰色、黑色炭质泥岩，水平层理发育，泥岩中夹有三角前缘薄层砂坝，厚度小于 3 m。大煤沟组三段主要发育辫状河三角洲及滨、浅湖滩坝亚相，总体表现为三角洲砂泥互层沉积特征。中部发育辫状河三角洲前缘亚相，前缘河口坝发育，自下而上表现为厚层深灰色泥岩—粉砂岩—粗砂岩反旋回沉积序列，标志三角洲前缘河口坝砂体沉积环境，以浅水初始汇水盆地沉积为主要特点(图 2)。

裂陷三幕包括大煤沟组四段、五段，在红山凹陷底界面为与下侏罗统的上超界面(图 4)，顶界面是滨、浅湖与辫状河三角洲的突变界面(图 2)，分布范围从大煤沟向东上超到宽沟地区，在库 1 井附近，大煤沟组四段扇三角洲沉积下超在裂陷二幕滨、浅湖沉积之上。大煤沟组四段发育典型的扇三角洲沉积，岩性自下而上发育杂色巨砾岩—粗砾岩—泥质粉砂岩—泥岩(图 3e)；粗砾岩—泥质粉砂岩—泥岩；中砾岩—泥质粉砂岩—泥岩；粗粒岩—粉砂岩—泥岩五套旋回，粒度总体向上变细，单层厚度向上变薄，分选差，见交错层理、斜层理，底部具有冲刷面；

大煤沟组五段为滨、浅湖沉积,下部发育三个的中砂岩—炭质泥岩旋回,上部发育煤层,见植物碎屑(图3f)。此时随着裂陷活动的加剧,在锡铁山—埃姆尼克山—达达肯乌拉山南麓开始发育霍布逊凹陷,并开始接受裂陷三幕的沉积。大煤沟组四段下部为厚层的浅灰色砾岩段,中部为浅灰色中砾岩和少量灰



图 3 柴北缘东段红山(a)—(i)、霍布逊(j)—(m)和德令哈凹陷(n)—(r)侏罗系典型照片

Fig. 3 Outcrop photographs of typical lithologies in the Jurassic Hongshan(a)—(i), Huobuxun(j)—(m) and Delingha sags(n)—(r) in the eastern part of the northern Qaidam Basin

(a)—(j) 红山凹陷:(a) J_1x^1 冲积扇亚相杂色巨砾岩;(b) J_1x^2 河口坝微相交错层理;(c) J_1x^2 杂色砾岩中的粒序层理;(d) J_1d^3 暗红色中砂岩交错层理;(e) J_2d^4 粗砾岩;(f) J_2d^5 煤层;(g) J_2d^6 砂体;(h) J_2d^7 油页岩;(i) J_3c 棕红色含砾砂岩。(j)—(m) 霍布逊凹陷:(j) J_2d^5 滨湖亚相暗紫色泥质粉砂岩;(k) J_2d^6 水下分流河道黄褐色砂岩;(l) J_2d^7 灰褐色泥质粉砂岩;(m) J_2d^7 灰黑色炭质泥岩。(n)—(r) 德令哈凹陷:(n) J_2d^5 分流河道间暗色炭质泥岩;(o) J_2d^5 煤层与 J_2d^6 灰白色中砂岩;(p) J_2d^7 暗色炭质泥岩;(q) J_3c 棕红色粗砂岩中斜层理;(r) J_3h 暗红色粉砂岩交错层理

(a)—(i) In Hongshan Sag: (a) alluvial conglomerate of J_1x^1; (b) cross-bedding in mouth bar microfacies of J_1x^2; (c) grain-sequence bedding in conglomerate of J_1x^2; (d) cross-bedding in marroon sandstone of J_1d^3; (e) coarse grained conglomerate in J_2d^4; (f) coal seam of J_2d^5; (g) sandbody of J_2d^6; (h) oil shale of J_2d^7; (i) grey gravel-bearing sandstone of the Caishiling Formation of J_3. (j)—(m) In Huobuxun Sag: (j) purple argillaceous siltstone of J_2d^5; (k) yellow-brown sandstone of J_2d^6; (l) gray-brown argillaceous siltstone of J_2d^7; (m) grey-brown carbonaceous mudstone of J_2d^7; (n)—(r) In Delingha Sag: (n) dark carbonaceous mudstone of J_2d^5; (o) coal seam of J_2d^5 and gray-white medium sandstone of J_2d^6; (p) dark carbonaceous mudstone of J_2d^7; (q) cross-bedding in coarse sandstone of the Caishiling Formation of J_3; (r) cross-bedding in marroon siltstone of the Hongshuigou Formation of J_3

色泥岩,上部为浅灰色中砾岩和粗砂岩,是辫状河三角洲平原亚相沉积。大煤沟组五段下部灰白色中砾岩、浅灰色中砂岩和粉砂岩,中部为灰色细砂岩和粉砂岩(图 3j),为辫状河三角洲前缘亚相沉积,上部为暗色炭质泥岩夹薄层灰色粉砂岩。在德令哈地区也开始接受沉积,大煤沟组五段为辫状河三角洲平

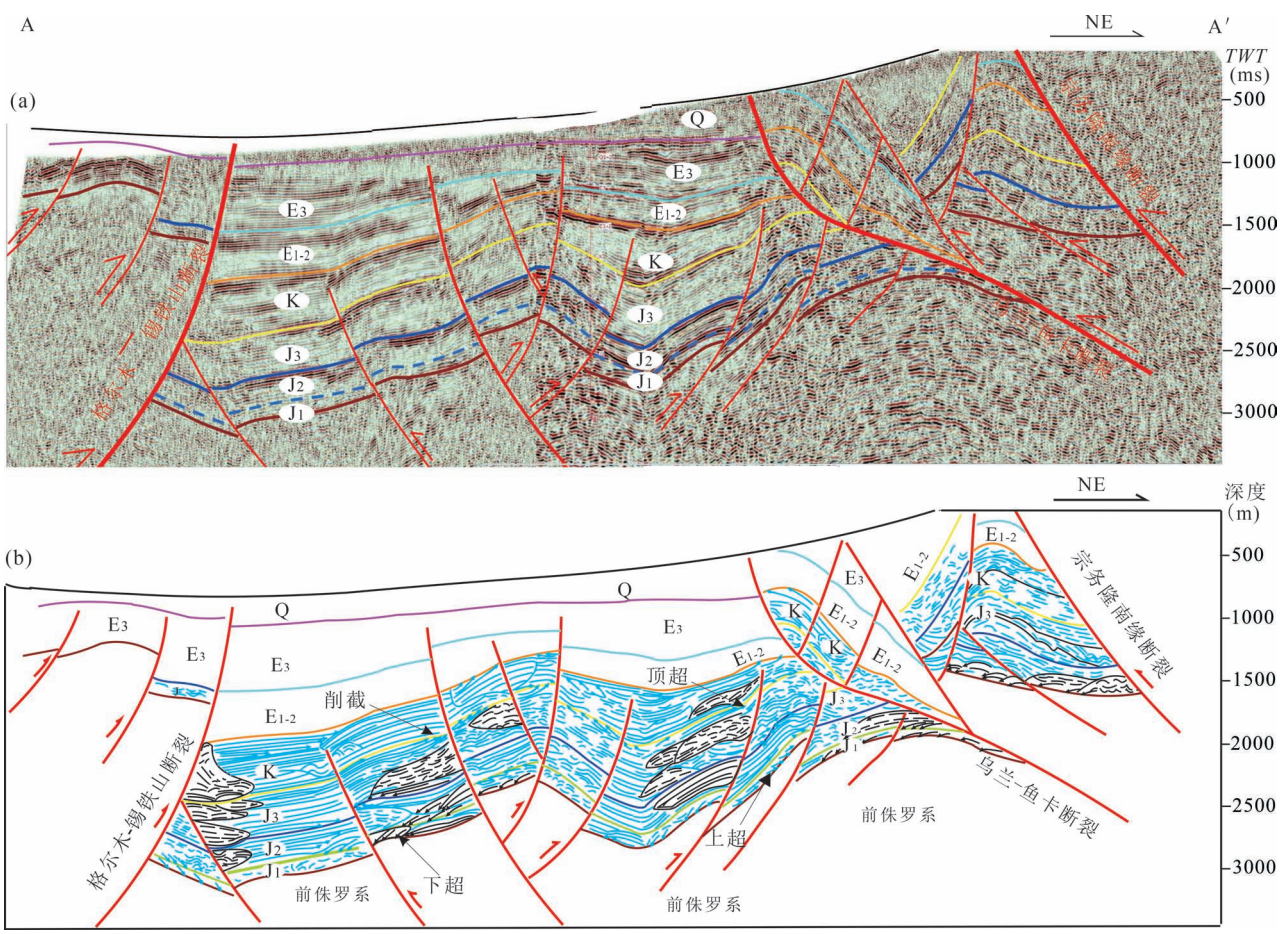


图 4 柴北缘东段红山凹陷 NE 向地震剖面及地质解释(剖面位置见图 1b)

Fig. 4 The NE-trending seismic profile and geological interpretation in Hongshan Sag (profile location shown Fig. 1b)

原亚相沉积,下部为灰色中砂岩、灰白色粉砂岩,上部为灰黑色泥岩并有煤层发育(图 2, 图 3n,o)。裂陷三幕主要以扇三角洲、滨湖、浅湖沉积为主,碎屑补偿作用再次增强,裂陷作用加强,陡坡发育粗碎屑沉积与煤层出现为特征。

裂陷四幕包括大煤沟组六段、七段。底界面为与三幕的岩性、岩性突变面,顶面在地震剖面上表现为与上覆上侏罗系的削截不整合接触(图 2,图 4,图 5,图 6)。在红山凹陷,沉积范围从大煤沟向西超覆到绿草山西,最北到达宗务隆南缘断裂一带,最南到达柴北缘南缘断裂一带。大煤沟组六段发育灰白色中砂岩、泥质粉砂岩、泥岩,在大煤沟标准剖面见长约 20 m,宽 5 m 的辫状河三角洲前缘亚相水下河道砂体(图 3g);大煤沟组七段下部是煤层发育段,砂岩层面见浪成波痕,内部见斜层理的滨湖沉积;上部发育暗色油页岩(图 3h),灰黑色粉砂岩的半深湖沉积。在霍布逊凹陷,裂陷四幕沉积范围在锡铁山—埃姆尼克山—达达肯乌拉山南麓山前地带。大煤沟组六段存在相变,在盆地边缘的锡铁山为辫状河三角洲平原亚相沉积,在锡铁山露头为灰色含砾砂岩,灰褐色粗砾岩(图 3k),灰色中砂岩,上部为灰色细砾岩与薄煤层互层,底部是灰色泥岩沉积,为辫状河三角洲平原亚相沉积;在 HB3-3 下部为杂色粉砂岩、砂岩沉积,中部为杂色中砂岩沉积,上部为白色含砾粗砂岩,杂色细砂岩和灰白色含砾粗砂岩,为辫状河三角洲前缘沉积;在 HB9-2 大煤沟组六段为浅灰色砂砾岩、粉砂岩与浅灰绿色粉砂质泥岩沉积的辫状河三角洲前缘沉积;大煤沟组七段为灰褐色泥质粉砂岩及炭质泥岩的滨、浅湖沉积(图 2,图 3l,m)。在德令哈凹陷大煤沟组六段为辫状河三角洲前缘亚相沉积,岩性为灰白色中砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩,具有正韵律特征(图 3o);大煤沟组七段为浅湖亚相沉积,岩性下部为暗色炭质泥岩、灰黑色泥岩、灰绿色中砂岩,上部为灰黑色泥岩(图 3p),总之,裂陷四幕以辫状河三角洲沉积为主,碎屑补偿作用减弱,裂陷作用持续加强,开始出现半深湖沉积,

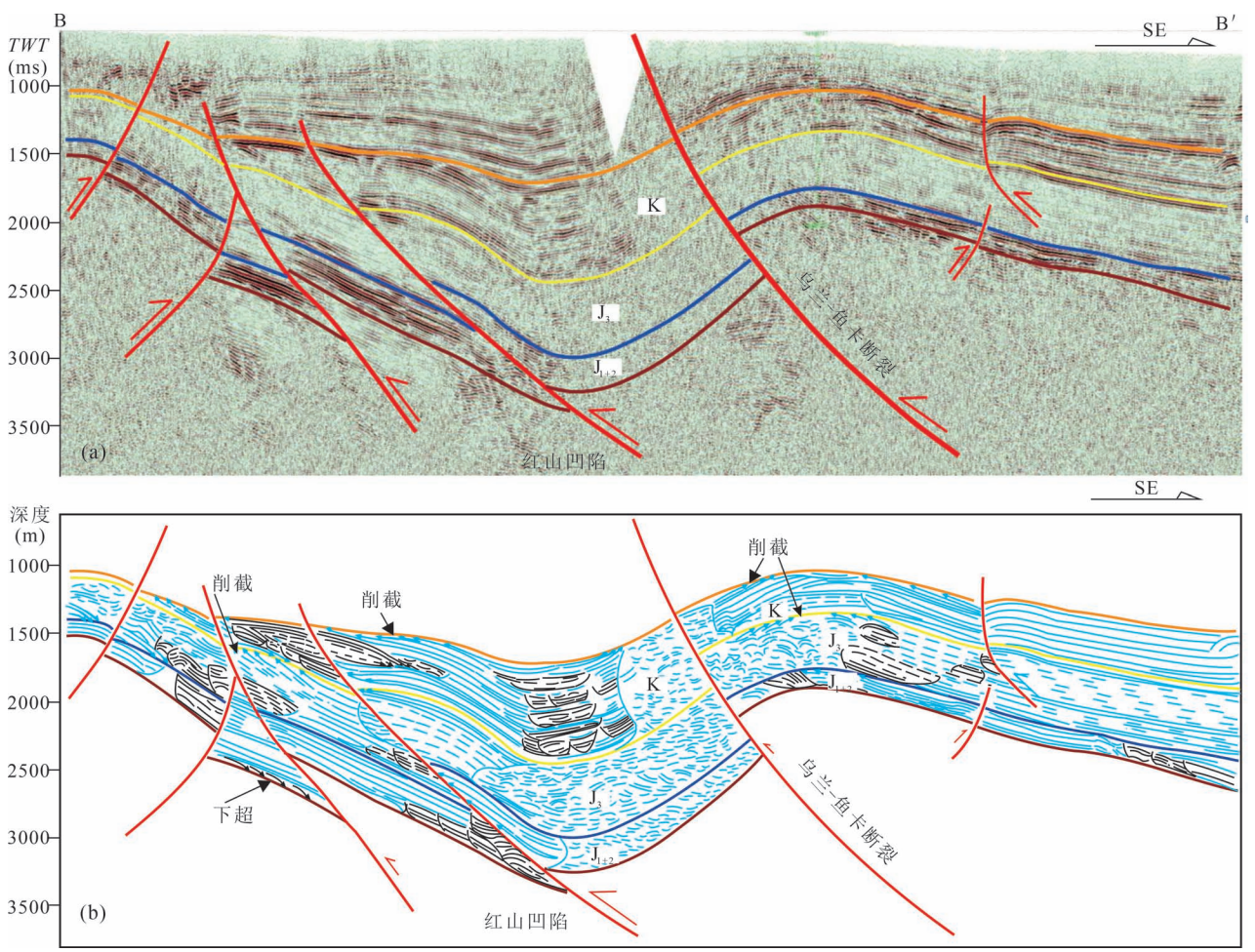


图 5 柴北缘东段红山凹陷 SE 向地震剖面及地质解释(剖面位置见图 1b)

Fig. 5 The SE-trending seismic profile and geological interpretation in Hongshan Sag (profile location shown Fig. 1b)

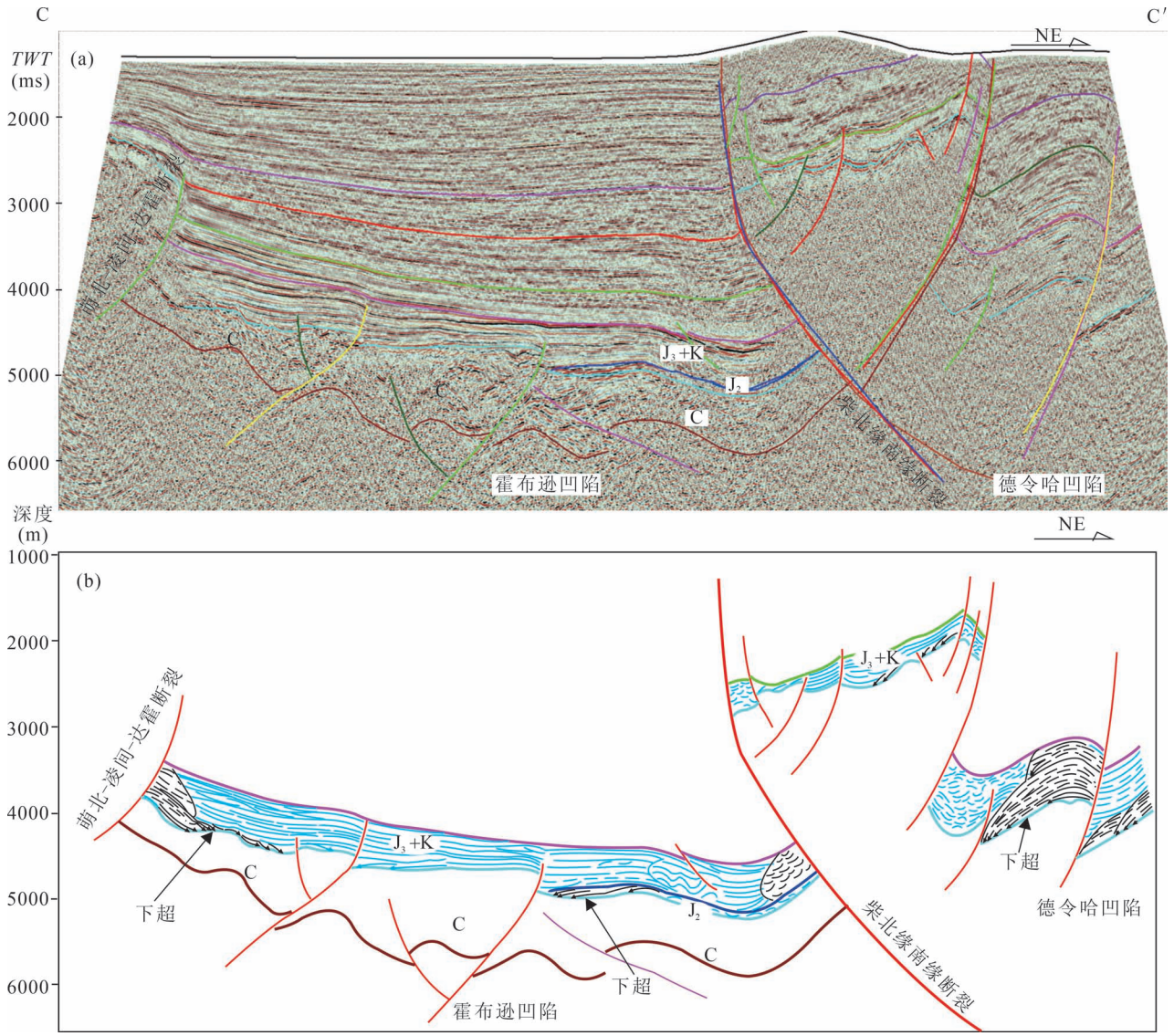


图 6 柴北缘东段霍布逊凹陷和德令哈凹陷 NE 向地震剖面及地质解释(剖面位置见图 1b)

Fig. 6 The NE-trending seismic profile and geological interpretation in Huobuxun and Delingha sags (profile location shown Fig. 1b)

盆地汇水区的广度和深度均进一步扩展和加深,以淤浅夷平与油页岩为特征。

燕山期构造运动Ⅰ幕,前期为前侏罗纪地貌基础上的填平补齐沉积,后期裂陷构造活动逐渐增强,碎屑物供给量较大,最后构造活动相对减弱,碎屑供给变弱,裂陷四幕湖泛作用增强,沉积了滨湖相煤层及半深湖相油页岩。总体上表现为扇三角洲平原—滨、浅湖—辫状河三角洲前缘—滨湖—半深湖沉积充填演化序列(图 2),整体上以水体浅—深—浅—深的幕式旋回沉积为主。

燕山期构造运动Ⅱ幕底界面为上侏罗统下超在中侏罗统之上,顶界面为白垩系与上覆新生界之间的削截接触关系(图 4,图 5,图 6)。在红山凹陷沉积范围从大煤沟向东超覆到圆丘 1 井附近。由采石岭组砂砾岩为主的辫状河沉积和红水沟组暗紫色砾岩为主的冲积扇沉积组成(图 3i);在德令哈凹陷,上侏罗统采石岭组为辫状河三角洲前缘亚相沉积,下部为棕红色中砂岩,上部为棕红色粉砂岩沉积,并发育有标志性的斜层理构造(图 3q)。红水沟组为辫状河亚相沉积,下部为暗红色粉砂岩、暗紫色泥质粉砂岩、暗红色泥岩,上部为暗紫色泥质粉砂岩及灰白色中砂岩(图 3r),代表了侏罗纪湖盆萎缩消亡期(图 2)。

3　柴北缘东段周缘盆地侏罗系发育特征对比

3.1　和什托洛盖盆地—准噶尔盆地

燕山期构造运动Ⅰ幕,和什托洛盖盆地在早—中侏罗世处于伸展构造背景。该时期为盆地主发育期,与东缘的准噶尔盆地没有明显的分割。下侏罗统八道湾组在盆地内广泛分布,以灰绿、黄色砂岩、泥岩为主夹炭质泥岩、砂砾岩及煤线、煤层,与下伏三叠系为平行不整合接触;下侏罗统三工河组以河湖相沉积为主,主要为灰绿、灰黑色泥岩与砂岩互层。与中侏罗统西山窑组及八道湾组呈整合接触。此时,盆地构造活动平静,盆地及周缘造山带仅在克拉玛依发现早侏罗世的玄武岩(徐新等,2008)。

燕山期构造运动Ⅱ幕,中、晚侏罗世哈拉阿拉特山构造带再次抬升,使和什托洛盖盆地与准噶尔盆地分开。侏罗纪末期,受盆地周缘断裂活动影响,基底隆起大幅度隆升,盆地再次遭到较强烈的改造和剥蚀,造成全区缺失晚侏罗世沉积。白垩纪,和什托洛盖盆地再次与准噶尔盆地再次连通成为统一盆地,沉积了下白垩统吐谷鲁群砂泥岩(图 7),不整合在侏罗系等下伏地层之上(胡杨等,2011;孙自明等,2015)。盆地北部的阿尔泰造山带的磷灰石裂变径迹年龄分析表明燕山期构造运动Ⅱ幕的岩浆活动和断裂运动主要集中 160~100 Ma 和 100~62 Ma (Yuan Wanming et al. , 2006)。

燕山期构造运动Ⅰ幕,早、中侏罗世天山地区盆地格局以盆地沉积范围大、天山正地形较小为特征,天山基本处于准平原化状态,准噶尔盆发育下侏罗统八道湾组、三工河组;中侏罗统西山窑组、头屯河组(图 7)。

燕山期构造运动Ⅱ幕,准噶尔盆地由弱伸展拗陷向挤压性盆地的转变造成了西山窑组与头屯河组之间的不整合接触运动使盆地整体发生隆起。构造隆升在头屯河组时期表现并不强烈,沉积体系演化更多的是受早期湿润多雨的气候以及早期物源后退的影响,基准面整体上升,沉积体系表现为辫状河向曲流河的转变。至喀拉扎组沉积时期,构造活动最为强烈,剧烈的构造抬升与气候的干旱化造成河流体系逐渐消亡,取而代之的为盆地边缘快速沉积的粗碎屑沉积(邓胜徽等,2015;张驰等,2021)。

3.2　天山盆地群

燕山期构造运动Ⅰ幕,伊犁盆地初期裂陷扩张阶段,该时期主要为扇三角洲,岩性为粗碎屑砂砾岩。中期深陷鼎盛阶段,近物源区靠山地断崖一侧沉积粗粒碎屑岩,远离物源只有较细粒碎屑物,形成最大湖泛面,可见暗色及灰黑色粉砂岩、泥岩。

燕山期构造运动Ⅱ幕,盆地抬升萎缩阶段,盆地开始向物源区后退,基准面开始下降,湖泊逐渐收缩,伴随着相对湖平面下降,湖面范围开始变小,可容空间减小,沉积体系整体向湖盆方向迁移,物源供给增大,沉积物搬运能力增强,底部沉积粗粒碎屑物,如砂砾岩等,辫状河三角洲沉积。到了中侏罗统晚期,湖盆消失,在局部地区头屯河组河流相披覆沉积(李勇等,2020)。

燕山期构造运动Ⅰ幕,焉耆盆地早侏罗世开始处于伸展环境中,焉耆盆地范围逐步扩大。早侏罗世八道湾期盆地下降接受沉积,中期发生湖侵,湖盆地范围扩大,晚期湖侵达到最大。八道湾期湖泊体系发育,湖水分布于博湖拗陷中南部,北部和西部为辫状河沉积。三工河组沉积早期基本上继承了八道湾组沉积期南深北浅的格局,晚期发生侏罗纪最大规模的湖进。三工河组沉积期,湖盆面积扩大,在西部和南部为浅湖相,北部为辫状河相沉积。西山窑沉积初期,气候再次转为温暖潮湿,进入了最大湖泛期,沼泽发育。该时期盆地中南部发育湖泊相,南部为辫状河三角洲平原相(陈建军等,2007;陈建军,2007)。

燕山期构造运动Ⅱ幕,新疆南部盆地沉积范围再次扩大,塔里木盆地发育超覆不整合,塔北隆起消失,库车盆地与塔北成为统一的盆地。此时,焉耆盆地沉积范围再次扩大。焉耆盆地抬升剧烈,早白垩纪地层被剥蚀(陈建军等,2007;陈建军,2007)。

库车凹陷燕山期构造运动Ⅰ幕为弱伸展隆升背景下的断陷盆地(王珂等,2020)。库车坳陷燕山期构造运动Ⅰ幕自下而上划分为下侏罗统阿合组和阳霞组、中侏罗统克孜勒努尔组和恰克马克组(图 7)。阿合组为辫状河三角洲沉积,发育平原亚相辫状河道和前缘亚相水下分流河道砂体,岩性以灰色—灰白色厚层砂砾岩、含砾粗砂岩、中粗砂岩为主,局部夹灰绿色中—细砂岩、暗黑色泥岩及煤线,砂体厚度大、泥质夹层少、岩性粗、分选差、区域稳定分布。阳霞组沉积时期水体加深,发育辫状河三角洲前缘及湖泊—沼泽相沉积,煤层发育,岩性为灰色砂(砾)岩、深灰色—浅绿色泥岩、炭质泥岩、煤岩互层的煤系地层。克孜勒努尔组沉积时期出现大范围的滨浅湖沉积环境,岩性为灰色与灰绿色中层或厚层粉砂岩、细砂岩夹黑色炭质页岩,下部夹薄煤层。

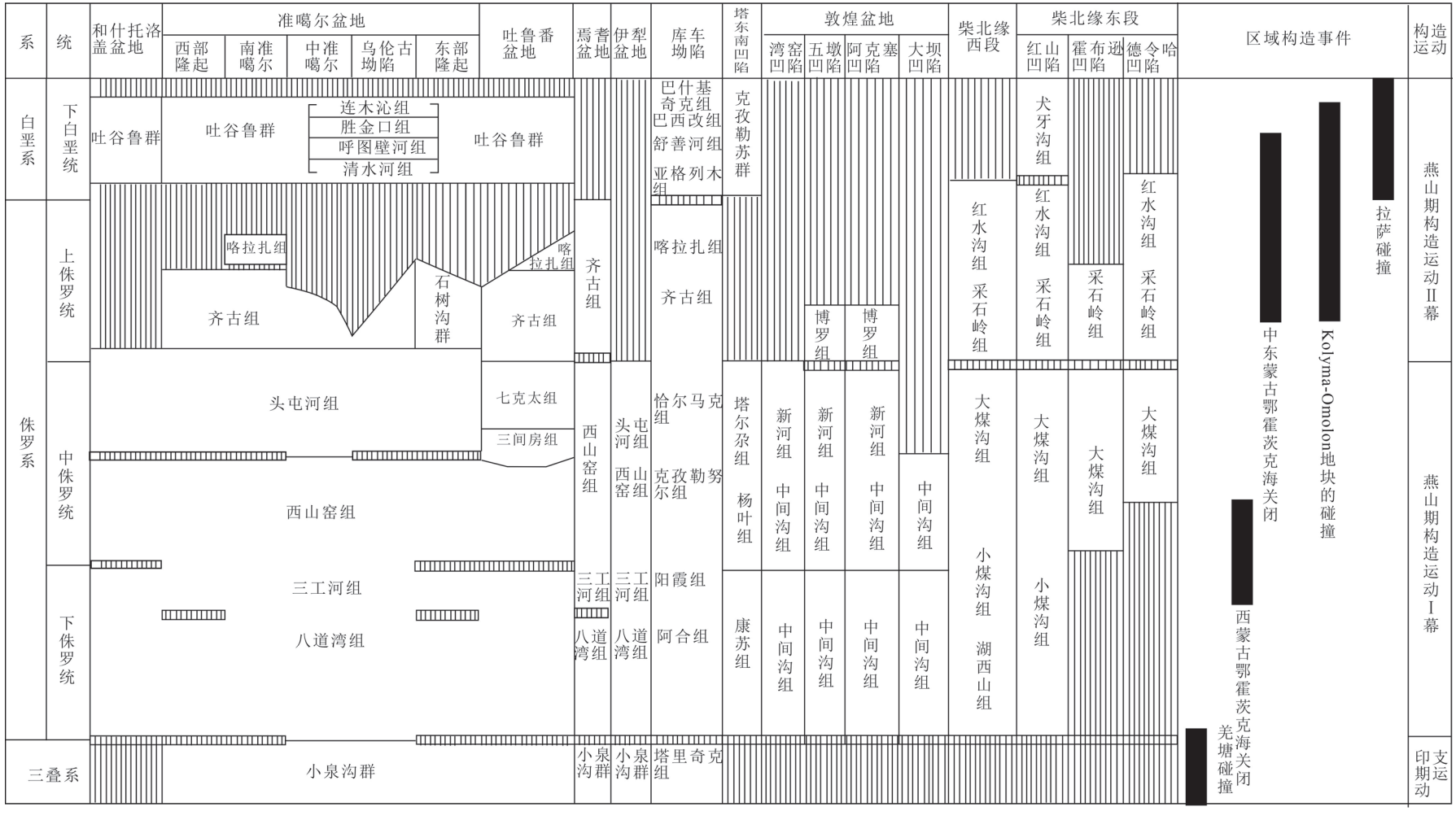


图7 中国西北盆地侏罗系各盆地不整合面及构造运动(据吴富强，1999；邱荣华等，2001; 刘家铎等，2002；贾进华，2009；Yang Yongtai et al., 2014, 2015, 2017; 侯明才等，2016; 许志琴等，2016；朱文斌等，2020；王珂等，2020，2022；冯怀伟等，2021，2022；Baig et al., 2021修改)

Fig.7 Unconformity surfaces and tectonic movements of the Jurassic basins in Northwest China (modified from Wu Fuqiang, 1999&; Qiu Ronghua et al., 2001&; Liu Jiaduo et al., 2002&; Jia Jinhua, 2009&; Yang Yongtai et al., 2014, 2015, 2017; Hou Mingcai et al., 2016&; Xu Zhiqin et al., 2016&; Zhu Wenbin et al., 2020&; Wang Ke et al., 2020&, 2022&; Feng Huaiwei et al., 2021&, 2022&; Baig et al., 2021)

燕山期构造运动Ⅱ幕,库车坳陷普遍缺失上白垩统,下白垩统在全区发育,超覆在下伏侏罗系和三叠系之上,局部与古生界直接接触,仅在温宿凸起及北部单斜带等区域缺失(余海波等,2016)。这些证据表明库车坳陷白垩纪末期发生过短暂的侧向挤压和构造变形。

燕山期构造运动Ⅰ幕,吐哈盆地早、中侏罗世,水西沟群中、下部发育冲积平原、沼泽和湖相沉积;晚期出现了河流以及三角洲交替沉积。中侏罗世的三间房组和七克台组沉积时期,主要为一套三角洲—浅湖相沉积组合。齐古组沉积期,沉积环境发生变化,气候逐渐向干旱转变,造成湖盆水体不断缩小,形成了氧化环境下的红色湖泊泥岩沉积。

燕山期构造运动Ⅱ幕,吐哈盆地喀拉扎组沉积期,随着湖盆边缘上升,湖盆范围不断缩小,加之燕山期构造运动的抬升剥蚀,仅分布与台北凹陷之内(张元等,2005)。

天山造山带内早侏罗世—早白垩世的 AFT 年龄(187~143 Ma)记录了盆地周边造山带的差异剥蚀事件(郭召杰等,2006),板缘差异升降活动不仅为盆地的形成提供了可容纳空间,而且又提供了物源基础。与柴北缘东段各凹陷相比,在燕山期构造运动Ⅰ幕,各盆地都具有粗碎屑、相变快、古地理与古构造环境变化均一的特点,而在燕山期构造运动Ⅱ幕,以沉积红色碎屑为主,古环境剧烈改变。

3.3　阿尔金盆地群

阿尔金盆地群包括塔东南凹陷和敦煌盆地。燕山期构造运动Ⅰ幕,塔东南凹陷早侏罗世湖泊尚未形成,印支运动形成的局部高地正遭受剥蚀,是一个冲积扇—河流—沼泽沉积体系发育阶段。在山前地带发育冲积扇—辫状河沉积,其岩性主要为砾岩和砾状砂岩。在盆地内部主要为河流相沉积,发育一套砾状砂岩、砂岩夹煤层及炭质页岩。盆地中心为沼泽相沉积,煤层较发育。晚期为河流—三角洲—湖泊沉积体系发育阶段,山前地带发育辫状河。湖泊相沉积以滨、浅湖为主。

燕山期构造运动Ⅱ幕,塔东南凹陷为湖退时期,湖泊逐渐消失,气候变得干旱炎热,发育冲积扇-河流沉积体系,发育杂色砂、泥岩和砂质泥岩。晚侏罗世沉积范围可能局限在盆地边缘的山前地带,发育冲积扇—辫状河沉积体系,岩性为一套红色砂、砾岩(周琦等,2000)。

燕山期构造运动Ⅰ幕,敦煌盆地早侏罗世断陷初期的填平补齐阶段早侏罗世地形分异明显,形成了一系列彼此分割的小型山间凹陷。下侏罗统大山口组以冲积扇—河流相为主的灰绿、灰白色砂岩、砂岩、砂砾岩,夹少量泥岩、粉砂质泥岩和炭质页岩、煤线,相对岩性简单,分布较为局限。中侏罗世早期,构造活动趋于平稳。随着早侏罗世填平补齐作用的进行,凹陷内低凸起消失,较大型湖泊开始发育,水位升高,各山间凹陷连成一片,盆地沉积物加厚,以发育河流、三角洲或辫状河、扇三角洲相与湖泊相交互沉积为主,下部中间沟组为浅灰绿色、灰色、灰绿色砾岩、砂岩及灰黑色、深灰色砂质泥岩、粉砂岩、页岩及煤层。上部新河组为一套河流相沉积,以含砾粗砂岩主(冯怀伟等,2021)。

燕山期构造运动Ⅱ幕,敦煌盆地上侏罗统博罗组以紫红色、暗红色为主的粉砂岩、泥岩,所含化石较少,主要为冲积扇砂砾岩沉积。该阶段沉降中心发生向北西方向的迁移,沉积不再受边界断层的制约,总体上表现出坳陷盆地的性质(冯怀伟等,2021)。

阿尔金盆地群的形成与阿尔金断裂在燕山期的运动密切相关,其中,陈宣华等(2002)测得阿尔金拉配泉钾长石^{40}Ar-^{39}Ar 年龄分别为 220~187 Ma 和 100 Ma;此后刘永江等(2007)对阿尔金断裂带内变形的新生云母矿物^{40}Ar-^{39}Ar 测年,获得了 164.4~178.4 Ma 和 100~85 Ma;李海兵(2001)分别在阿尔金断裂北侧敦煌盆地的红柳峡火山岩的 K-Ar 年龄为 106 ~ 112 Ma,而切割其火山岩的火山岩脉的^{40}Ar-^{39}Ar 年龄为 83 Ma,在北大窑地区,发育在断裂带内的橄榄玄武岩的 K-Ar 年龄为 99~105 Ma,这套火山岩以熔岩层的形式被夹在白垩系中。这说明阿尔金盆地群的形成与阿尔金断裂在燕山期的走滑运动有关。

4　研究区及周缘沉积—构造响应机制探讨

目前关于柴北缘东段及周缘沉积—构造机制问题仍存在争议,靳久强等(1999)认为中国西北早中侏罗世伸展盆地是南方特提斯洋板块挤压运动之间应力松弛的产物;陈发景等(2000)认为造山带地貌拆沉和伸展垮塌作用是形成中国地区缓断面盆地和陡断面盆地的原因,而冷的刚性克拉通或者大中型地块的存在是形成克拉通盆地和缓慢的应变速率是形成克拉通周边盆地的原因;也有学者认为中国西北侏罗系的幕式变形与晚三叠世—早侏罗世羌塘板块的碰撞、早—中侏罗世西蒙古—鄂霍茨克洋的关

闭、中侏罗世晚期—晚侏罗世早期帕米尔高原喀喇昆仑地块与亚洲南缘的碰撞以及与晚侏罗世—早白垩世东蒙古鄂霍茨克洋的关闭有关(Yang Yongtai et al., 2014, 2015,2017)。

本文根据柴北缘及周缘侏罗系发育特征及其对构造活动的响应认为,板块相对运动的远程效应是造成地层发育特征不同的主要原因,但是其影响的幕次及范围各有不同。燕山期构造运动Ⅰ幕,中国西北经历三叠纪长期挤压作用之后,从侏罗纪开始,柴北缘东段及周缘地区处于应力松弛伸展状态并缓慢沉降;早—中侏罗世,柴北缘地区、阿尔金断裂及天山造山带南北呈低山构造地貌,地势相对平缓,具准平原化特征,对环境的地理分隔作用不显著,准噶尔盆地南部甚至可能与塔里木盆地连通,表现为半局限敞流湖盆特征,此时正处于羌塘板块与拉萨板块分别与欧亚板块南缘碰撞之间的松弛时期,虽然北部的西蒙古—鄂霍茨克海关闭,但是只对和什托洛盖盆地和吐哈盆地有微弱的影响,导致盆地内下、中侏罗统之间不整合接触(图 7)。因为距离遥远,此时西蒙古—鄂霍茨克海的关闭几乎没有影响到阿尔金盆地群和柴北缘地区。燕山期构造运动Ⅱ幕发生在晚侏罗世至早白垩世,拉萨地块向北碰撞拼合,中、东蒙古—鄂霍茨克洋关闭及 Kolyma—Omolon 地块的碰撞,中国西北地区经历了区域性的挤压,导致盆山格局发生显著变化,逆冲和褶皱变形广泛发育,上侏罗统和下白垩统的红色泥岩和厚层砾岩只沉积在局部地区(图 7)。

5 结论

燕山期构造运动Ⅰ幕发生在早—中侏罗世,柴北缘东段及周缘地区盆地以发育粗碎屑裂陷为特征,每个凹陷内具有幕式沉积充填特征,与中国西北其他盆地对比,此幕构造运动波及面大,但强度较弱,古构造和古地理环境较为均一,推测与羌塘板块、拉萨板块先后分别与欧亚板块南缘碰撞之间的应力松弛有关。

燕山期构造运动Ⅱ幕发生在晚侏罗世—早白垩世,中、晚侏罗世在区内普遍可见角度不整合接触、上侏罗统及下白垩统发育残缺不全、广泛发育红色碎屑岩为特征,此次运动造成了西部地区古地理和古构造面貌的改变,这次运动推测与中侏罗世晚期以来拉萨地块与欧亚大陆碰撞、北部蒙古鄂霍茨克洋碰撞闭合以及俄罗斯东北部的 Kolyma—Omolon 地块与西伯利亚克拉通之间陆陆碰撞等构造运动的叠加影响有关。

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)

陈发景, 汪新文. 2000. 中国西北地区早—中侏罗世盆地原型分析. 地学前缘, 7(4): 459~469.

陈建军, 刘池阳, 姚亚明, 陈建中, 段心建. 2007. 中生代焉耆盆地演化特征. 西北大学学报(自然科学版), 37(2): 287~290.

陈建军. 2007. 新疆焉耆盆地中生代原盆面貌及其演化与改造. 导师: 任纪舜, 刘池阳. 西安: 西北大学博士论文: 1~171.

陈宣华, 尹安, Gehrels G E, 王小凤, Cowgill E S, Grove M, Harrison T M, 陈正乐. 2002. 青藏高原北缘中生代伸展构造$^{40}Ar/^{39}Ar$测年和 MMD 模拟. 地球学报, 23(4): 305~310.

邓胜徽, 王思恩, 杨振宇, 卢远征, 李鑫, 胡清月, 安纯志, 席党鹏, 万晓樵. 2015. 新疆准噶尔盆地中、晚侏罗世多重地层研究. 地球科学, 36(5): 559~574.

丁文江. 1929. 中国造山运动. 中国地质学会志, 8(2): 151~170.

董树文,吴锡浩,吴珍汉,邓晋福,高锐,王成善. 2000. 论东亚大陆的构造翘变:燕山运动的全球意义. 地质论评,46(1):8~13.

董树文, 张岳桥, 龙长兴, 杨振宇, 季强, 王涛, 胡建民, 陈宣华. 2007. 中国侏罗纪构造变革与燕山运动新诠释. 地质学报, 81(11): 1449~1461.

冯怀伟, 许淑梅, 崔红庄, 侯旭波, 王金铎. 2021. 甘肃敦煌盆地侏罗纪原型盆地性质与沉积环境演化. 地质论评, 67(3): 640~654.

冯怀伟, 许淑梅, 王大华, 肖永军, 王金铎. 2022. 柴达木盆地东段中、新生代沉积迁移规律及原型盆地性质研究. 沉积学报, 40(3): 667~678.

郭召杰, 张志诚, 吴朝东, 方世虎, 张锐. 2006. 中、新生代天山隆升过程及其与准噶尔、阿尔泰山比较研究. 地质学报, 80(1): 1~15.

侯明才, 江文剑, 倪师军, 黄虎, 罗文, 石鑫, 谬宗利. 2016. 伊犁盆地南缘中下侏罗统碎屑岩地球化学特征及对物源制约. 地质学报, 90(12): 3337~3351.

胡杨, 郭峰, 刘见宝, 袁亚娟. 2011. 和什托洛盖盆地构造演化及油气成藏条件. 西南石油大学学报: 自然科学版, 33(5): 68~74.

贾承造, 魏国齐, 李本亮, 肖安成, 冉启贵. 2003. 中国中西部两期前陆盆地的形成及其控气作用. 石油学报, 24(2): 13~17.

贾承造, 魏国齐, 李本亮. 2005. 中国中西部燕山期构造特征及其油气地质意义. 石油与天然气地质, 26(1): 9~15.

贾承造. 2001. 特提斯北缘盆地群构造地质与天然气. 北京: 石油工业出版社: 1~162.

贾进华. 2009. 塔里木盆地早白垩世沉积特征与古地理. 古地理学报, 19(2): 167~176.

靳久强, 赵文智, 薛良清, 孟庆任. 1999. 中国西北地区侏罗纪原型盆地与演化特征. 地质论评, 45(1): 92~104.

李春昱. 1950. 四川运动及其在中国之分布. 地质论评, 15(z2): 19~40.

李海兵. 2001. 阿尔金断裂带的形成时代及其走滑作用对青藏高原北部隆升的贡献. 导师: 许志琴. 北京: 中国地质科学院博士学位论文: 1~169.

李海龙,张宏仁,渠洪杰,蔡向民,王猛. 2014. 燕山运动"绪动/A幕"的本意及其锆石 U-Pb 年代学制约. 地质论评,60(5):1026~1042.

李军亮, 肖永军, 张俊锋, 林武, 栾守亮. 2016. 柴东地区早中侏罗

世沉积充填与分布规律. 油气地质与采收率, 23(5): 37~43.
李勇, 江文剑, 王超. 2020. 伊犁盆地南缘侏罗系高分辨率层序格架下沉积演化. 东华理工大学学报(自然科学版), 43(1): 55~63.
刘家铎, 孟万斌. 2002. 伊犁盆地南缘侏罗系地层学研究. 成都理工学院报, 29(6): 650~655.
刘训. 1982. 对中国东部燕山运动的一些认识. 地质论评, 28(5): 428~438.
刘永江, Neubauer F, 葛肖虹, Genser J, 袁四化, 李伟民, 巩庆林, 陈元忠. 2007. 阿尔金断裂带年代学和阿尔金山隆升. 地质科学, 42(1): 134~146.
潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 颜仰基, 许效松, 徐强, 江胜新, 吴应林, 罗建宁, 朱同兴, 彭勇民. 1997. 东特提斯地质构造形成演化. 北京: 地质出版社: 1~218.
邱荣华, 陈文礼, 林社卿, 杜耀斌, 渠渝鲁. 2001. 焉耆盆地中生界层序地层和沉积体系分析. 地球科学, 26(6): 615~620.
渠洪杰,王猛,徐佳,冯卉,康艳丽,陶涛,宋立才. 2016. 北京西山沿河城地区早白垩世火山—沉积盆地的充填过程及构造意义. 地质论评,62(6):1403~1418.
宋志伟, 郑常青, 林波, 徐学纯, 梁琛岳, 陈龙, 赵英利, 温泉波. 2021. 辽西寺儿堡—白塔盆地晚侏罗世火山岩地质特征及其对燕山运动的响应. 地球科学. https://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1874.P.20211126.1436.005.html
苏德辰, 杨站兵, 孙爱萍, 乔秀夫. 2019. 山西云冈石窟侏罗系地震液化砂岩柱的发现及其大地构造意义. 地质学报, 93(8): 1814~1830.
孙娇鹏, 陈世悦, 邵鹏程, 马帅, 庄毓凯, 刘金. 2015. 柴东北缘新元古代—新生代构造—沉积演化. 地质论评, 61(S1): 704~705.
孙自明. 2015. 新疆西北部和什托洛盖盆地构造演化与后期走滑—冲断改造. 西北地质, 48(2): 150~158.
王珂, 曹婷, 魏红兴, 肖安成, 周露. 2020. 库车坳陷东部晚白垩世古隆起及构造应力场恢复. 地质学报, 94(6): 1716~1726.
王珂, 张荣虎, 王俊鹏, 余朝丰, 杨钊, 唐雁刚. 2022. 塔里木盆地库车坳陷侏罗系阿合组与白垩系巴什基奇克组储层特征对比与勘探开发启示. 天然气地球科学, 33(4): 556~571.
吴福元, 孙德有, 张广良, 任向文. 2000. 论燕山运动的深部地球动力学本质. 高校地质学报, 6(3): 379~388.
吴富强. 1999. 焉耆中生代原型盆地性质及其形成机制. 新疆石油地质, 20(4): 298~301.
吴根耀. 2005. 中国中—东部的燕山运动和两种燕山造山带. 地质学报, 79(4): 530~530.
谢家荣. 1936. 北平西山地质构造概况. 中国地质学会志, 16: 371~416.
邢作云, 邢集善, 赵斌, 刘建华, 袁晓萍. 2006. 华北地区两个世代深部构造的识别及其意义—燕山运动与深部过程. 地质论评, 52(4): 433~441.
徐新, 陈川, 丁天府, 刘兴义, 李华芹. 2008. 准噶尔西北缘早侏罗世玄武岩的发现及地质意义. 新疆地质, 26(1): 9~16.
徐志敏, 辛会翠, 李晋, 吕扶君. 2019. 柴达木盆地大柴旦地区盆地中新生代演化机制电性特征分析. 地质学报, 93(12): 3292~3298.
许志琴, 杨经绥, 侯增谦, 张泽明, 曾令森, 李海兵, 张建新, 李忠海, 马绪宣. 2016. 青藏高原大陆动力学研究若干进展. 中国地质, 43(1): 1~42.
许志琴, 杨经绥, 李海兵, 姚建新. 2006. 中央造山带早古生代地体构架与高压/超高压变质带的形成. 地质学报, 80(12): 1793~1806.
杨经绥, 许志琴, 马昌前, 吴才来, 张建新, 王宗起, 王国灿, 张宏飞, 董云鹏, 赖绍聪. 2010. 复合造山带作用和中国中央造山带的科学问题. 中国地质, 37(1): 1~11.
于海飞, 张志城, 帅歌伟, 陈彦, 汤文豪. 2016. 北京十三陵—西山髫髻山组火山岩年龄及其地质意义. 地质论评, 62(4): 807~826.
余海波, 漆家福, 杨宪彰, 孙统, 刘骐峣, 曹淑娟. 2016. 塔里木盆地库车坳陷中生代原型盆地分析. 新疆石油地质, 37(6): 644~666.
张驰, 于兴河, 姚宗全, 李顺利, 单新, 向曼, 李亚龙. 2021. 准噶尔盆地南缘西段中、上侏罗统沉积演化及控制因素分析. 中国地质, 48(1): 284~296.
张宏仁. 1998. 燕山事件. 地质学报, 72(2): 103~111.
张元, 李树新, 郭翔, 邓勇. 2005. 吐哈盆地台北凹陷侏罗系高分辨率层序地层学研究. 石油地球物理勘探, 40(增刊): 102~107.
赵金科. 1937. 北平西山九龙山系以前之不整合. 中国地质学会会志, 17 (3): 309~322.
赵越, 徐刚, 张拴宏, 杨振宇, 张岳桥, 胡健民. 2004. 燕山运动与东亚构造体制的转变. 地学前缘, 11(3): 319~328.
赵宗溥. 1959. 论燕山运动. 地质论评, 19(8): 339~346.
赵宗溥. 1963. 中国东部的燕山运动. 地质科学, 4(3): 128~138.
周良仁, 蔡厚维. 1990. 中国西北地区的燕山运动. 西北地质科学, (4): 61~75.
周琦, 王建国, 杜鸿烈. 2000. 塔东南拗陷侏罗系层序地层分析与油气前景. 沉积学报, 18(4): 580~584.
朱文, 王任, 鲁新川, 石万忠, 任梦怡, 刘凯. 2021. 准噶尔盆地西北腹部燕山期构造活动与沉积响应. 地球学报, 46(5): 1692~1709.
朱文斌, 王富军, 曹远远, 王胜利. 2020. 天山及邻区燕山期构造岩浆事件. 地质学报, 94(5): 1331~1346.
Baig S S, Xue Chuandong, Jan M Q, Rehman H U. 2021. Late Jurassic adakite-like granodiorite along the southern Karakoram block, NE Pakistan: New evidence for subduction initiation of the Neo-Tethys Ocean. Lithos, 406 ~ 407: 106496.
Chen Fajing, Wang Xinwen. 2000&. Prototype analysis of Early—Middle Jurassic basins in northwestern China. Earth Science Frontiers, 7(4): 459~469.
Chen Jianjun, Liu Chiyang, Yao Yaming, Chen Jianzhong, Duan Xinjian. 2007&. The evolution characteristic of Yanqi Basin in the Mesozoic. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 37(2): 287~290.
Chen Jianjun. 2007&. Original appearances and its evolution and reformation in Mesozoic Yanqi Basin in Xinjiang. Supervisor: Ren Jishun, Liu Chiyang. Xi´an: Northwestern University Doctoral Dissertation: 1~171.
Chen Xuanhua, Yin An, Gehrels G E, Wang Xiaofeng, Cowgill E S, Grove M, Harrison T M, Chen Zhengle. 2002&. Mesozoic extension in northern Tibetan plateau: $^{40}Ar/^{39}Ar$ analyses and MDD modeling. Acta Geoscientia Sinica, 23(4): 305~310.
Deng Shenghui, Lu Yuzheng, Fan Ru, Pan Yanhong, Cheng Xiansheng, Fu Guobin, Wang Qifei, Pan Huazhang, Shen Yanbin, Wang Yaqiong, Zhang Haichun, Jia Chengkai, Duan Wenzhe, Fang Linhao. 2010. The Jurassic System of Northern Xinjiang, China. University of Science & Technology of China Press: 1~279.
Deng Shenghui, Wang Ensi, Yang Zhenyu, Lu Yuanzheng, Li Xin, Hu Qingyue, An Chunzhi, Xi Dangpeng, Wan Xiaoqiao. 2015&. Comprehensive study of the Middle—Upper Jurassic strata in the Junggar Basin, Xinjiang. Acta Geoscientica Sinica, 36(5): 559~

574.

Ding Wenjiang. 1929. Orogeny in China. Journal of the Geological Society of China, 8(2): 151~170.

Dong Shuwen, Wu Xihao, Wu Zhenhan, Deng Jinfu, Gao Rui, Wang Chengshan. 2000&. On tectonic seesawing of the East Asia Continent——Global implication of the Yanshanian Movement. Geological Review, 46(1): 8~13.

Dong Shuwen, Zhang Yueqiao, Long Changxing, Yang Zhenyu, Ji Qiang, Wang Tao, Chen Jianmin, Chen Xuanhua. 2007&. Jurassic tectonic revolution in China and new interpretation of the Yanshan movement. Acta Geological Sinica, 81(11): 1449~1461.

Dong Shuwen, Zhang Yueqiao, Zhang Fuqin, Cui Jianjun, Chen Xuanhua, Zhuang Shuanhong, Miao Laicheng, Li Jianhua, Shi Wei, Li Zhenhong, Huang Shiqi, Li Hailong. 2015. Late Jurassic—Early Cretaceous continental convergence and intracontinental orogenesis in East Asia: A synthesis of the Yanshan Revolution. Journal of Asian Earth Sciences, 114: 750~770.

Feng Huaiwei, Xu Shumei, Cui Hongzhuang, Hou Xubo, Wang Jinduo. 2021&. Jurassic depositional environmental evolution and prototype basin in Dunhuang Basin, Gansu Province. Geological Review, 67(3): 640~654.

Feng Huaiwei, Xu Shumei, Wang Dahua, Xiao Yongjun, Wang Jinduo. 2022&. Study of the process of sedimentary migration, and Mesozoic and Cenozoic prototype basins, eastern segment of Qaidam basin. Acta Sedimentologica Sinica, 40(3): 667~678.

Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, Wu Chaodong, Fang Shihu, Zhang Rui. 2006&. The Mesozoic and Cenozoic exhumation history of Tianshan and comparative studies to the Junggar and Altai Mountains. Acta Geologica Sinica, 80(1): 1~15.

Hou Mingcai, Jiang Wenjian, Ni Shijun, Huang Hu, Luo Wen, Shi Xin, Miu Zongli. 2016&. Geochemical characteristic of the Lower and Middle Jurassic clastic rocks in the southern margin of the Yili basin, Xinjiang and its constraints on provenance. Acta Geologica Sinica, 90(12): 3337~3351.

Hu Yang, Guo Feng, Liu Jianbao, Yuan Yajuan. 2011&. Analysis of tectonic evolution and oil—gas reservoir formation condition of Heshituoluogai basin in northwest Xinjiang. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 33(5): 68~74.

Jia Chengzao, Wei Guoqi, Li Benliang. 2005&. Yanshanian tectonic features in west—central China and their petroleum geological significance. Oil & Gas Geology, 26(1): 9~15.

Jia Chengzao, Wei Guoqi, LiBenliang, Xiao Ancheng, Ran Qigui. 2003&. Tectonic evolution of two-epoch foreland basins and its control for natural gas accumulation in China's mid—western areas. Acta Petrolei Sinica, 24(2): 13~17.

Jia Chengzao. 2001#. Structural Geology and Natural Gas of the Northern Tethys Basin Group. Beijing: Petroleum Industry Press: 1~162.

Jia Jinhua. 2009&. Sedimentary characteristics and palaeogeography of the Early Cretaceous in Tarim Basin. Journal of Palaeogeography, 19(2): 167~176.

Jin Jiuqiang, Zhao Wenzhi, Xue Liangqing. Meng Qingren, 1999&. Proto-types and evolution of Jurassic basins in NW China. Geological Review, 45(1): 92~104.

Li Chunyu. 1950#. Sichuan Movement and its distribution in China. Geological Review, 15(z2): 19~40.

Li Haibing. 2001&. The formation age of Altyn fault zone and the contribution of its strike-slipping to the uplifting of northern Qinghai—Tibet Plateau. Supervisor: Xu Zhiqin. Ph. D. dissertation of the Chinese Academy of Geological Sciences: 1~169.

Li Hailong, Zhang Hongren, Qu Hongjie, Cai Xiangmin, Wang Meng. 2014&. Initiation, the first srage of the Yanshan (Yenshan) movement in Western Hills, constraints from zircon U-Pb dating. Geological Review, 60(5): :1026~1042.

Li Junliang, Xiao Yongjun, Zhang Junfeng, Lin Wu, Luan Shouliang. 2016&. Depositional filling and distribution rules of Early—Middle Jurassic in eastern Qaidam Basin. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 23(5): 37~43.

Li Yong, Jiang Wenjian, Wang Chao. 2020&. Characteristics of sedimentary evolution under the high resolution sequence of the Jurassic in the southern margin of the Yili basin. Journal of East China University of Technology (Natural Science), 43(1): 55~63.

Liu Jiaduo, Meng Wanbin. 2002&. Study of Jurassic stratigraphy in the south margin of ILI basin. Journal of Chendu University of Technology, 29(6): 650~655.

Liu Xun. 1982&. Recognition of the Yanshanian movement in the eastern part of China. Geological Review, 28(5): 428~438.

Liu Yongjiang, Neubauer F, Ge Xiaohong, Genser J, Yuan Sihua, Li Weimin, Gong Qinglin, Chen Yuanzhong. 2007&. Geochronology of the Altun fault zone and rising of the Altun mountains. Chinese Journal of Geology, 42(1): 134~146.

Pan Guitang, Chen Zhiliang, Li Xingzhen, Yan Yangji, Xu Xiaosong, Xu Qiang, Jiang Shengxin, Wu Yinglin, Luo Jianning, Zhu Tongxing, Peng Yongmin. 1997#. The Formation and Evolution of the Eastern Tethys Geological Structure. Beijing: Geological Press: 1~218.

Qiu Ronghua, Chen Wenli, Du Sheqing, Du Yaobin, Qu Yulu. 2001&. Mesozoic sequence stratigraphy and depositional system in Yanqi basin. Earth Science (Journal of China University of Geosicences), 26(6): 615~620.

Qu Hongjie, Wang Meng, Yu Jia. Feng Hui, Kang Yanli, Tao Tao, Song Licai. 2016&. Early Cretaceous volcano-sedimentay basin-filling process and Tectonic implication in Yanhecheng area, Western Hills of Beijing. Geological Review, 62(6): 1403~1418.

Song Zhiwei, Zheng Changqing, Lin Bo, Xu Xuechun, Liang Chenyue, Chen Long, Zhao Yingli, Wen Quanbo. 2021&. Geological characteristics of Late Jurassic volcanic rocks in Sierbao—Baita Basin, Western Liaoning Province and its response to Yanshan Movement. Earth Science. https: //kns. cnki. net/kcms/detail/42. 1874. P. 20211126. 1436. 005. html

Su Dechen, Yang Zhanbing, Sun Aiping, Qiao Xiufu. 2019&. Discovery of the Jurassic seismic liquefaction sandstone pipes in the Yungang Grottoes, Shanxi Province and its tectonic significance. Acta Geologica Sinica, 93(8): 1814~1830.

Sun Jiaopeng, Chen Shiyue, Shao Pengcheng, Ma Shuai, Zhuang Yukai, Liu Jin. 2015 #. Neoproterozoic—Cenozoic tectonic—sedimentary evolution on the northeastern margin of Qaidam Basin. Geological Review, 61(S1): 704~705.

Sun Ziming. 2015&. Tectonic evolution, strike-slip and thrust reformation of Hoxtolgay basin in Northwestern Xinjiang, China. Northwestern Geology, 48(2): 150~158.

Wang Ke, Cao Ting, Wei Hongxing, Xiao Ancheng, Zhou Lu. 2020&. The palaeo uplift of Late Cretaceous and tectonic stress field reconstruction of the eastern Kuqa Depression. Acta Geologica Sinica, 94(6): 1716~1726.

Wang Ke, Zhang Ronghu, Wang Junpeng, Yu Chaofeng, Yang Zhao, Tang Yangang. 2022&. Comparison of reservoir characteristics between Jurassic Ahe Formation and Cretaceous Bashijiqike Formation in Kuqa Depression of Tarim Basin and implications for exploration and development. Natural Gas Geoscience, 33(4): 556~571.

Wong Wenhao. 1926. Crustal movement in eastern China. In: Procceding of the 3th Pan-Pacific Scientific Congress, 1: 265~285.

Wong Wenhao. 1927. Crustal movements and igneous activities in eastern China since Mesozoic time. Bulletin of the Geological Society of China, 6(1): 9~37.

Wong Wenhao. 1929. The Mesozoic orogenic movement in eastern China. Bulletin of the Geological Society of China, 8(1): 33~44.

Wu Fuqiang. 1999#. The nature and formation mechanism of the Yanqi Mesozoic prototype basin. Xinjiang Petroleum Geology, 20(4): 298~301.

Wu Fuyuan, Sun Deyou. Zhang Guangliang, Ren Xiangwen. 2000&. Deep geodynamics of Yanshain Movement. Geological Journal of China Universities, 6(3): 379~388.

Wu Genyao. 2005#. The Yanshan Movement and Two Yanshan Orogenic Belts in Central—Eastern China. Acta Geologica Sinica, 79(4): 530.

Xie Jiarong. 1936. An overview of the geological structure of Xishan Mountain in Beiping. Journal of the Geological Society of China, 16: 371~416.

Xing Zuoyun, Xing Jishan, Zhao Bin, Liu Jianhua, Yuan Xiaoping. 2006&. Identification of deep structure of two episodes in North China and its significance——Yanshanian Movement and deep process. Geological Review, 52(4): 433~441.

Xu Xin, Chen Chuan, Ding Tianfu, Liu Xingyi, Li Huaqin. 2008&. Discovery of Lisa basalt northwestern edge of Junggar basin and it's geological significance. Xinjiang Geology, 26(1): 9~26.

Xu Zhimin, Xin Huicui, Li Jin, Lü Fujun. 2019&. Electrical characteristics analysis of Mesozoic and Cenozoic evolution mechanisms of basins in the Dachaidan area, Qaidam Basin. Acta Geologica Sinica, 93(12): 3282~3298.

Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Hou Zengqian, Zhang Zemin, Zeng Lingsen, Li Haibing, Zhang Jianxin, Li Zhonghai, Ma Xuxuan. 2016&. The progress in the study of continental dynamics of the Tibetan Plateau. Geology in China, 43(1): 1~42.

Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Li Haibing, Yao Jianxin. 2006&. The early Palaeozoic terrene framework and the formation of the high pressure (HP) and ultra-high pressure (UHP) metamorphic belts at the central orogenic belt (COB). Acta Geologica Sinica, 80(12): 1793~1806.

Yang Jingsui, Xu Zhiqin, Ma Changqian, Wu Cailai, Zhang Jianxin, Wang Zongqi, Wang Guocan, Zhang Hongfei, Dong Yunpeng, Lai Shaocong. 2010&. Compound orogeny and scientific problems concerning the Central Orogenic Belt of China. Geology in China, 37(1): 1~11.

Yang Yongtai, Guo Zhixin, Song Chuanchun, Li Xiangbo, He Sheng. 2014. A short-lived but significant Mongol—Okhotsk collisional orogeny in latest Jurassic – earliest Cretaceous. Gondwana Research, 28(3): 1096~1116.

Yang Yongtai, Song Chuanchun, He Sheng. 2015. Jurassic tectonostratigraphic evolution of the Junggar basin, NW China: A record of Mesozoic intraplate deformation in Central Asia. Tectonics, 34: 86~115.

Yang Yongtai, Guo Zhixin, Luo Yanjun. 2017. Middle — Late Jurassic tectonostratigraphic evolution of Central Asia, implications for the collision of the Karakoram—Lhasa Block with Asia. Earth - ScienceReviews, 166: 83~110.

Yu Haibo, Qi Jiafu, Yang Xianzhang, Sun Tong, Liu Qiyao, Cao Shujuan. 2016&. Analysis of Mesozoic prototype basin in Kuqa depression, Tarim Basin. Xinjiang Petroleum Geology, 37(6): 644~666.

Yu Haifei, Zhang Zhicheng, Shuai Gewei, Chen Yan, Tang Wenhao. 2016&. SHRIMP and LA-ICP-MS U-Pb ages and geological significance of the volcanic rocks in the Tiaojishan Formation in Ming Tombs Area—western Hills, Beijing. Geological Review, 62(4): 807~826.

Yuan Wanming, Carter A, Dong Jinquan, Bao Zengkuan, An Yinchang, Guo Zhaojie. 2006. Mesozoic - Tertiary exhumation history of the Altai Mountains, Northern Xinjiang, China: New Constraints from Apatite Fission Track Data. Tectonophysics, 412(3~4): 183~193.

Zhang Chi, Yu Xinghe, Yao Zongquan, Li Shunli, Shan Xin, Xiang Man, Li Yalong. 2021&. Sedimentary evolution and controlling factors of the Middle—Upper Jurassic in the western part of the southern Junggar Basin. Geology in China, 48(1): 284~296.

Zhang Hongren. 1998&. Yanshan Event. Acta Geologica Sinica, 72(2): 103~111.

Zhang Yuan, Li Shuxin, Guo Xiang, Deng Yong. 2005#. Jurassic high-resolution sequence stratigraphy in the Taibei Sag, Turpan—Hami Basin. Petroleum Geophysical Exploration, 40(Supp.): 102~107.

Zhao Jinke. 1937. The former unconformity of the Jiulong Mountains in Xishan, Beiping. Journal of the Geological Society of China, 17(3): 309~322.

Zhao Yue, Xu Gang, Zhang Shuanhong, Yang Zhenyu, Zhang Yueqiao, Hu Jianmin. 2004&. Yanshanian movement and conversion tectonic regimes in East Asia. Earth Science Frontiers, 11(3): 319~328.

Zhao Zongpu. 1959#. On the Yanshan Movement. Geological Review, 19(8): 339~346.

Zhao Zongpu. 1963#. The Yanshan Movement in Eastern China. Geological Science, 4(3): 128~138.

Zhou Liangren, Cai Houwei. 1990&. Yenshan Movement in Northwest China. Northwest Geological Science, (4): 61~75.

Zhou Qi, Wang Jianguo, Du Honglie. 2000&. Study of sequence stratigraphy in Mesozoic southeast Tarim foreland basin. Acta Sedimentaologica Sinica, 18(4): 580~584.

Zhu Wen, Wang Ren, Lu Xinchuan, Shi Wanzhong, Ren Mengyi, Liu Kai. 2021&. Yanshanian tectonic activities and their sedimentary responses in northwestern Junggar basin. Earth Science, 46(5): 1692~1709.

Zhu Wenbin, Wang Fujun, Cao Yuanyuan, Wang Shengli. 2020&. Tectono—magmatic events in Tianshan Mountains and adjacent areas during Yanshanian Movement period. Acta Geologica Sinica, 94(5): 1331~1346.

Jurassic strata development characteristics and their response to tectonic movement in the eastern segment of northern Qaidam Basin and its surrounding regions

FENG Huaiwei[1)], XU Shumei[2, 3, 4)], WANG Dahua[5)], XIAO Yongjun[5)], ZHANG Guanlong[5)], ZENG Zhiping[5)], WANG Qianjun[5)], WANG Jinduo[5)]

1) *Weifang University of Science and Technology*, *Weifang*, *Shandong*, 262700;

2) *Key Lab of Submarine Geosciences and Prospecting Techniques*, *Ministry of Education*, *Qingdao*, *Shandong*, 266100;

3) *College of Marine Geosciences*, *Ocean University of China*, *Qingdao*, *Shandong*, 266100;

4) *Frontiers Science Center for Deep Ocean Multispheres and Earth System*, *Qingdao*, *Shandong*, 266100;

5) *The Exploration and Development Research Institute*, *Shengli Oilfield SINOPEC*, *Dongying*, *Shandong*, 257000

Objectives: In order to study the characteristics of the Jurassic strata in the eastern segment of the northern Qaidam Basin and its surrounding regions and their response to tectonic activities.

Methods: The authors based on the field geological survey of the Jurassic in the Hongshan, Huobuxun and Delingha sags in the eastern segment of the northern Qaidam Basin, through stratigraphic contact relationship tracing, interpretation of 2D seismic data and analysis of lithological and lithofacies mutation characteristics, and comparative analysis with the Jurassic strata development characteristics of other typical basins in Northwest China.

Results: The first episode of Yanshanian tectonic movement in the eastern segment of the northern Qaidam Basin and its surrounding regions occurred in the Early—Middle Jurassic. It is relatively uniform in paleogeography and paleo-tectonic environment, and coarse clastic sags are developed. Each sag has episodic sedimentary filling characteristics. In contrast with other basins in Northwest China, this episode of tectonic movement affected large areas but weak intensity. The second episode of Yanshanian tectonic movement in the eastern segment of the northern Qaidam Basin and its surrounding regions occurred in the Late Jurassic—Early Cretaceous, which led to the transformation of paleogeography and paleo-tectonic environment to a new environment, characterized by the angular unconformity between the Middle—Late Jurassic and the incompleteness of the Cretaceous and Upper Jurassic.

Conclusions: The stratigraphic feature of first episode is presumed to be related to the extension after the collision of various plates around Northwestern China; the stratigraphic feature of second episode is related to the collision between the Lhasa Block and the Eurasian Plate, the closure of the Mongolia—Okhotsk Ocean and the collision of the Kolyma—Omolon Block.

Keywords: strata development characteristics; Jurassic; plate movement; the eastern segment of northern Qaidam Basin and its surrounding regions

Acknowledgements: Financially supported by Science and Technology Key Project of Shengli Oilfield of SINOPEC (No. 30200018-21-ZC0613-0075).

First author: FENG Huaiwei, male, born in 1987, doctor, associate professor, has long been engaged in studies of sequence stratigraphy and basin analysis; Email: 905534327@qq.com

Corresponding author: XU Shumei, female, born in 1970, doctor, professor, has long been engaged in studies of sedimentology and basin analysis; Email: xsm@ouc.edu.cn

Manuscript received on: 2022-02-12; Accepted on: 2022-07-19; Network published on: 2022-08-20

Doi: 10.16509/j.georeview.2022.08.001 **Edited by**: LIU Zhiqiang