

doi: 10.12029/gc20220322001

孔家豪, 张关龙, 许淑梅, 王金铎, 曾治平, 王千军, 任新成, 武向峰, 舒鹏程, 马慧磊, 崔慧琪. 2025. 准噶尔盆地侏罗纪车—莫古隆起的发育阶段及其对沉积体系的制约[J]. 中国地质, 52(2): 631–649.

Kong Jiahao, Zhang Guanlong, Xu Shumei, Wang Jinduo, Zeng Zhiping, Wang Qianjun, Ren Xincheng, Wu Xiangfeng, Shu Pengcheng, Ma Huilei, Cui Huiqi. 2025. Development stage of Jurassic Che–Mo Paleouplift in the Junggar Basin and its constraints on sedimentary system[J]. Geology in China, 52(2): 631–649(in Chinese with English abstract).

准噶尔盆地侏罗纪车—莫古隆起的发育阶段及其对沉积体系的制约

孔家豪¹, 张关龙², 许淑梅^{3,4,5}, 王金铎², 曾治平², 王千军², 任新成², 武向峰²,
舒鹏程^{3,4}, 马慧磊^{3,4}, 崔慧琪^{3,4}

(1. 中石化股份公司胜利油田分公司鲁胜石油开发有限公司, 山东 东营 257000; 2. 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; 3. 中国海洋大学海洋地球科学学院, 山东 青岛 266100; 4. 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; 5. 海洋高等研究院/深海圈层与地球系统前沿中心, 山东 青岛 266100)

摘要:【研究目的】准噶尔盆地车—莫同沉积古隆起是影响侏罗系结构样式和储层分布特征的重要地貌单元, 研究其发育过程有利于认识准噶尔盆地盆山耦合关系和油气藏的聚集规律。【研究方法】本文基于盆地腹部 41 口井的测井数据和地震资料, 对侏罗系砂体和地层结构进行了详细分析和等时性对比, 重点阐述车—莫古隆起阶段性发育与准噶尔盆地周缘造山带, 尤其是博格达山的协同演化及这种协同演化对盆地边界和沉积格局等的影响。【研究结果】车—莫古隆起在侏罗纪的演化可划分为初始发育、快速隆升和隆升后剥蚀等三个阶段。早侏罗世车—莫古隆起的初始发育对八道湾组和三工河组展布和结构样式没有影响或影响很小, 研究区由西北部扎伊尔山和东北部克拉美丽山供源, 主要形成辫状河三角洲沉积体系; 中侏罗世为车—莫古隆起的快速隆升阶段, 除了西北部扎伊尔山和东北部克拉美丽山供源之外, 博格达山也同步隆出水面开始供源, 导致盆地边界、地层分布及结构样式的重大转变, 使得西山窑组一段、二段大面积超覆、西山窑组三段沉积缺失或遭受剥蚀, 沉积体系也随之发生转变, 形成辫状河三角洲和滩坝共存的沉积体系组合; 中侏罗世晚期和晚侏罗世车—莫古隆起隆升出水面则导致头屯河组和齐古组的剥蚀缺失, 形成了与白垩系的区域不整合面。【结论】车—莫古隆起在侏罗纪的形成和演化不仅影响到盆地的沉积地貌, 也使盆地边界、物源格局发生重大改变, 并导致沉积体系、地层结构样式和分布规律等的显著变化。

关键词: 车—莫古隆起; 侏罗系; 沉积体系; 构造演化; 油气勘查工程; 准噶尔盆地

创 新 点: 探讨了车—莫古隆起阶段性发育与准噶尔盆地周缘造山带, 尤其是博格达山的协同演化及这种协同演化对盆地边界和沉积格局等的影响。

中图分类号: P618.13 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2025)02-0631-19

Development stage of Jurassic Che–Mo Paleouplift in the Junggar Basin and its constraints on sedimentary system

收稿日期: 2022-03-22; 改回日期: 2022-05-31

基金项目: 中石化胜利油田科学技术研究项目(302000018-21-ZC0613-0075, 2019QZKK0902)资助。

作者简介: 孔家豪, 男, 1997 年生, 硕士, 从事沉积学, 序列地层学和盆地分析; E-mail: 1154786051@qq.com。

通信作者: 许淑梅, 女, 1970 年生, 博士, 教授, 从事沉积和盆地分析的研究和教学; E-mail: xsm@ouc.edu.cn。

KONG Jiahao¹, ZHANG Guanlong², XU Shumei^{3,4,5}, WANG Jinduo², ZENG Zhiping², WANG Qianjun², REN Xincheng², WU Xiangfeng², SHU Pengcheng^{3,4}, MA Huilei^{3,4}, CUI Huiqi^{3,4}

(1. Shengli Oilfield Branch Lusheng Petroleum Development Co., Ltd, Dongying 257000, Shandong, China; 2. The Exploration and Development Research Institute, Shengli Oilfield Sinopec, Dongying 257000, Shandong, China; 3. College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, Shandong, China; 4. Key Lab of Submarine Geosciences and Prospecting Techniques, Ministry of Education, Qingdao 266100, Shandong, China; 5. Frontiers Science Center for Deep Ocean Multispheres and Earth System, Qingdao 266100, Shandong, China)

Abstract: This paper is the result of oil and gas exploration engineering.

[Objective] Che–Mo synsedimentary paleouplift in Junggar basin is an important geomorphic unit that affects the structural style and reservoir distribution characteristics of Jurassic. The study of its development process is helpful to understand the basin mountain coupling relationship and the accumulation law of oil and gas reservoirs in Junggar basin. **[Methods]** Based on the logging data and seismic data of 41 wells in the abdomen of the basin, this paper makes a detailed analysis and isochronous comparison of Jurassic sand body and stratigraphic structure, and focuses on the synergistic evolution between the phased development of Che–Mo paleouplift and the orogenic belt around Junggar basin, especially Bogda mountain, and its influence on the basin boundary and sedimentary pattern. **[Results]** The evolution of Che–Mo paleouplift can be divided into three stages: initial development stage, rapid uplift stage and post uplift denudation stage. The initial development stage of Early Jurassic Che–Mo paleouplift has no or little influence on the distribution and structural style of Badaowan Formation and Sangonghe Formation. The study area is supplied by Zhayier mountain in the northwest and Kelameili mountain in the northeast, mainly forming braided river delta sedimentary system; The Middle Jurassic was the rapid uplift stage of Che–Mo paleouplift. In addition to the source supply of Zhayier mountain in the northwest and Kelameili mountain in the northeast, Bogda mountain also rose out of the water at the same time and began to supply the source, resulting in significant changes in basin boundary, stratigraphic distribution and structural style, resulting in large-area overlap of the first and second members of Xishanyao Formation, loss or denudation of the third members of Xishanyao Formation, The sedimentary system combination of Braided River Delta and beach bar is formed; The uplift of Che–Mo paleouplift in late Middle Jurassic and late Jurassic resulted in the denudation loss of Toutunhe Formation and Qigu Formation, forming a regional unconformity with Cretaceous. **[Conclusions]** The formation and evolution of Che–Mo paleouplift in Jurassic not only affected the sedimentary landform of the basin, but also significantly changed the basin boundary and provenance pattern, and led to significant changes in sedimentary system, stratigraphic structure style and distribution law.

Key words: Jurassic; sedimentary system; Che–Mo paleouplift; tectonic evolution; oil and gas exploration engineering; Junggar Basin

Highlights: The co–evolution of the staged development of the Che–Mo paleouplift and the orogenic belt around the Junggar Basin, especially the Bogda Mountains, and the impact of this co–evolution on the basin boundary and sedimentary pattern are discussed.

About the first author: KONG Jiahao, male, born in 1997, master, engaged in sedimentology, sequence stratigraphy and basin analysis; E–mail: 1154786051@qq.com.

About the corresponding author: XU Shumei, female, born in 1970, doctor, professor, engaged in the research and teaching of sedimentology and basin analysis; E–mail: xsm@ouc.edu.cn.

Fund support: Supported by Science and Technology Research Project of Sinopec Shengli Oilfield Company (No.302000018-21-zc0613-0075, No.2019QZKK0902).

1 引 言

准噶尔盆地及周边造山带经历了古生代俯冲消减、中生代多板块碰撞造山及新生代陆内造山构

造运动,形成了以陆相沉积为主的大型陆内叠合盆地(郭召杰等, 2006)。盆地平面上略呈北窄南宽的三角形,东西长近 700 km,南北宽约 370 km,面积 $1.36 \times 10^5 \text{ km}^2$,地势总体具北高南低的特征(匡立春

等, 2013)。盆地南部为震旦纪—二叠纪弧盆裂谷系岩石组成的北天山; 东部为晚古生代红海式裂谷及弧盆系沉积岩石组成的克拉美丽山; 西北部是扎伊尔山和哈拉阿拉特山, 扎伊尔山由泥盆纪洋壳残片和石炭纪板内裂谷系岩石组成, 哈拉阿拉特山属于晚古生代岛弧及岩浆弧带(图 1a)(徐学义等, 2016)。

受燕山运动挤压构造应力影响, 车—莫古隆起在准噶尔盆地腹部于侏罗纪逐渐发育并壮大(李忠和彭守涛, 2013)。中、晚侏罗世形成的车—莫古隆起将盆地分隔成三拗两隆的沉积格局。车—莫古隆起西起车排子地区, 中经莫索湾和莫北地区向东北方向延伸。由于该隆起在现今的构造中消失在南倾单斜之中, 长期以来一直被人们所忽略(彭希龄, 2007; 刘朝荣, 2008)。实际勘探过程中发现, 准噶尔盆地腹部侏罗系不同组段的油气分布受车—莫古隆起的影响显著, 盆内侏罗系八道湾组、三工河组和西山窑组的地层分布、结构样式和油水规律有显著差异(张枝焕等, 2009), 而对引起这种差异的原因尚不明确。目前明确的一点是, 中、晚侏罗世正是车—莫古隆起发育形成阶段, 车—莫古隆起为同沉积古隆起, 其发育、壮大到息止的全过程对准噶尔盆地侏罗系的沉积格局和沉积体系有重要影响。近二十年来针对车—莫古隆起演化进行了大量的研究工作, 并利用地震剖面等资料从构造上阐述了其分布范围(何登发等, 2008)、几何形态(马宝军等, 2008)和形成机制(何登发等, 2008; 况军等, 2009); 对其构造演化阶段也提出了不同划分方案, 总体上可以概括为初始发育(J_1)、剧烈发育(J_2 、 J_3)、隐伏埋藏($K-E$)、掀斜消亡($N-Q$)四个阶段(朱允辉和孟闲龙, 2005; 张福顺等, 2007; 于福生等, 2008)。

侏罗纪时期车—莫古隆起的形成和发育不是一个孤立的事件, 但当前研究主要集中在利用地震资料对车—莫古隆起的形态及展布、形成与演化等构造特征的分析, 很大程度上忽略了其与准噶尔盆地周缘造山带, 包括扎伊尔山、克拉美丽山, 尤其是博格达山隆升的协同演化及这种协同演化对盆地边界、物源格局的影响, 未将盆内古隆起的形成与周缘造山带山的活动和隆升阶段联系起来。实际上, 车—莫古隆起与博格达山为同一构造体制下同期形成的不同构造单元, 侏罗纪时期车—莫古隆起

的形成和演化不仅影响到盆地的沉积地貌, 也使盆地边界、物源格局和沉积体系等均发生相应的显著变化。另外, 车—莫古隆起的发育伴随着盆地周缘古生代弧盆及裂谷系闭合所形成的低矮造山带的进一步隆升(方世虎等, 2006), 使盆地由早侏罗世的畅流盆地向中、晚侏罗世的闭流湖盆演化。因此, 车—莫古隆起的隆升对的侏罗纪盆地边界、构造地貌、物源格局、地层样式和分布规律、沉积体系、油藏分布规律等方面均有重要影响。

本文主要利用研究区 41 口探井和开发井的取心、录井和测井等资料, 通过详细的小层等时性对比和地层结构样式分析, 分析车—莫古隆起的活动阶段; 结合盆地周缘造山带构造研究成果, 探讨车—莫古隆起与盆地周缘造山带, 尤其与博格达山的构造活动期次和耦合关系, 进一步明确准噶尔盆地侏罗纪的构造地貌、盆地边界、物源格局、沉积体系等的变化规律。该研究对准噶尔盆地盆山耦合关系和油气藏的聚集规律的认识均具有重要意义。

2 区域地质概况及侏罗纪地层发育特征

准噶尔盆地在印支运动后的应力松弛阶段形成宽阔、平缓的碟状压陷湖盆, 开始接受中生代沉积。研究区处于准噶尔盆地腹部稍偏西位置, 面积约 8400 km², 属于盆地腹部的中央拗陷带, 主体部分位于盆 1 井西凹陷与昌吉凹陷北斜坡, 东西两侧为莫索湾水下隆起、中拐水下隆起和达巴松水下隆起(路成, 2016), 自北向南可划分为沙窝地、莫西庄、征沙村和永进等四个地区(图 1b)。准噶尔盆地侏罗纪接受沉积时基本继承三叠纪盆地缓慢沉降的开阔拗陷湖盆特征, 盆地依次沉积八道湾组(J_{1b})、三工河组(J_{2s})、西山窑组(J_{2x}), 总体以辫状河三角洲沉积体系为主。受燕山运动的影响, 盆地基底相对较缓慢沉降的同时发生了 4 次快速抬升, 侏罗系因此形成 4 个向上变细的三级沉积旋回(图 2)。侏罗系八道湾组上部 and 下部以灰色砂砾岩、含砾粗砂岩为主, 夹有薄层泥岩、粉砂岩和多层极薄的煤层, 中部以泥质、粉砂质为主, 沉积厚度稳定, 厚度为 720~810 m; 三工河组上部 and 下部为一套湖相深灰色泥岩, 夹零星的薄层粉砂岩和细砂岩

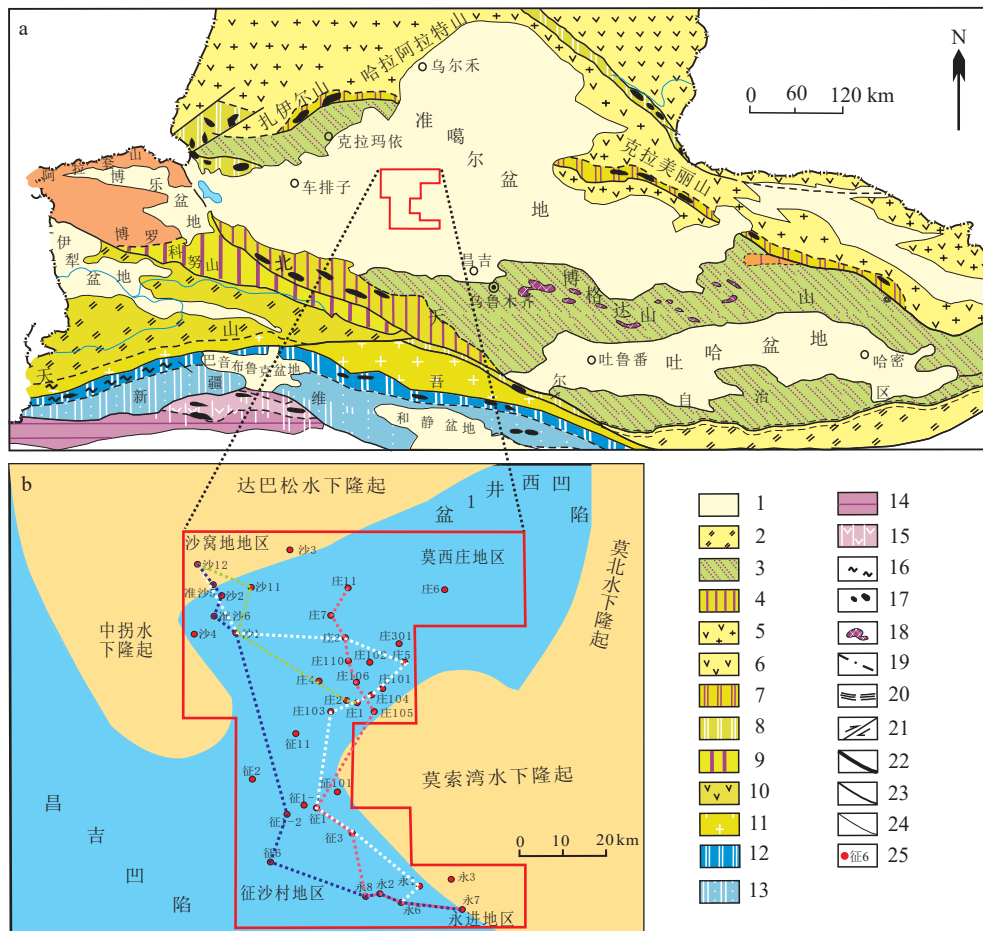


图1 准噶尔盆地的位置及区域地质背景(a 据徐学义等, 2016 修改)

1—中生代盆地; 2—前南华系基底上板内裂谷; 3—古生代褶皱基底上板内裂谷; 4—红海式裂谷; 5—火山弧+岩浆弧; 6—火山岛弧; 7—早中泥盆世洋壳残片带; 8—早古生代弧盆地及蛇绿混杂岩带; 9—外陆棚沉积盆地; 10—火山岛弧; 11—岩浆弧; 12—缝合带(蛇绿混杂岩带); 13—弧前增生楔; 14—上叠盆地; 15—陆缘裂谷; 16—高压及超高压变质岩; 17—超镁铁质岩; 18—辉长岩及辉长-辉绿岩; 19—地球物理探测的断裂带; 20—韧性断裂带; 21—走滑断裂; 22—缝合带边界断裂及一级构造单元边界断裂; 23—二级构造单元边界断裂; 24—三级构造单元边界断裂及区域性大型断裂; 25—井位及井号

Fig.1 Location and regional geological background of the Junggar Basin(Fig.a modified from Xu Xueyi et al., 2016)

1—Meso-Cenozoic basin; 2—Intraplate rift on the Preanhua basement system; 3—Intraplate rift on Paleozoic folded basement; 4—Red Sea type rift; 5—Volcanic arc+Magmatic arc; 6—Volcanic island-arc; 7—Early-Middle Devonian oceanic crustal debris belt; 8—Early Paleozoic arc basin system and ophiolitic mélange belt; 9—Outer shelf sedimentary basin; 10—Volcanic island-arc; 11—Magmatic arc; 12—Suture zone (ophiolite mélange belt); 13—Forearc accretive wedge; 14—Superimposed basin; 15—Marginal rift; 16—High pressure and ultrahigh pressure metamorphic rocks; 17—Ultramafic rocks; 18—Gabbro and gabbro-diabase; 19—Geophysically detected fault zone; 20—Ductile fault zone; 21—Strike-slip fault; 22—Boundary fault of primary tectonic unit; 23—Boundary fault of secondary tectonic unit; 24—Boundary fault of tertiary tectonic unit; 25—Well location and well number

层, 中部岩性总体以砂砾岩为主, 沉积厚度基本稳定, 平均厚约为 400 m; 西山窑组下部以灰色、灰黑色泥岩为主, 夹零星的薄层粉砂岩, 中上部以灰色砂砾岩、含砾细砂岩为主, 顶部红色泥岩发育, 地层中夹有多套煤层。受车—莫古隆起隆升发育影响, 沉积厚度在 0~250 m 大幅变化。喜马拉雅构造运动导致天山北缘向北逆冲(赵文智和靳久强, 2000), 使得研究区侏罗系现今在南北向上呈现出极大的埋深差异, 北部沙窝地和莫西庄地区埋深约

3100 m, 北部征沙村和永进地区埋藏深度约 5200 m。

侏罗纪总体为湖进过程, 盆地基底在应力松弛期伸展并缓慢沉降导致湖平面缓慢上升, 形成向上变细的退积式正旋回, 此为盆地的“陷”过程(Peng et al., 2018)。磷灰石裂变径迹年龄显示的侏罗纪盆地周缘造山带阶段性快速抬升使盆地基底快速抬升, 并因此导致研究区进积式准层序不发育, 此为盆地“压”的过程(朱文等, 2021)。盆地压陷过程中的快速隆升与缓慢沉降导致退积式的三角洲砂体

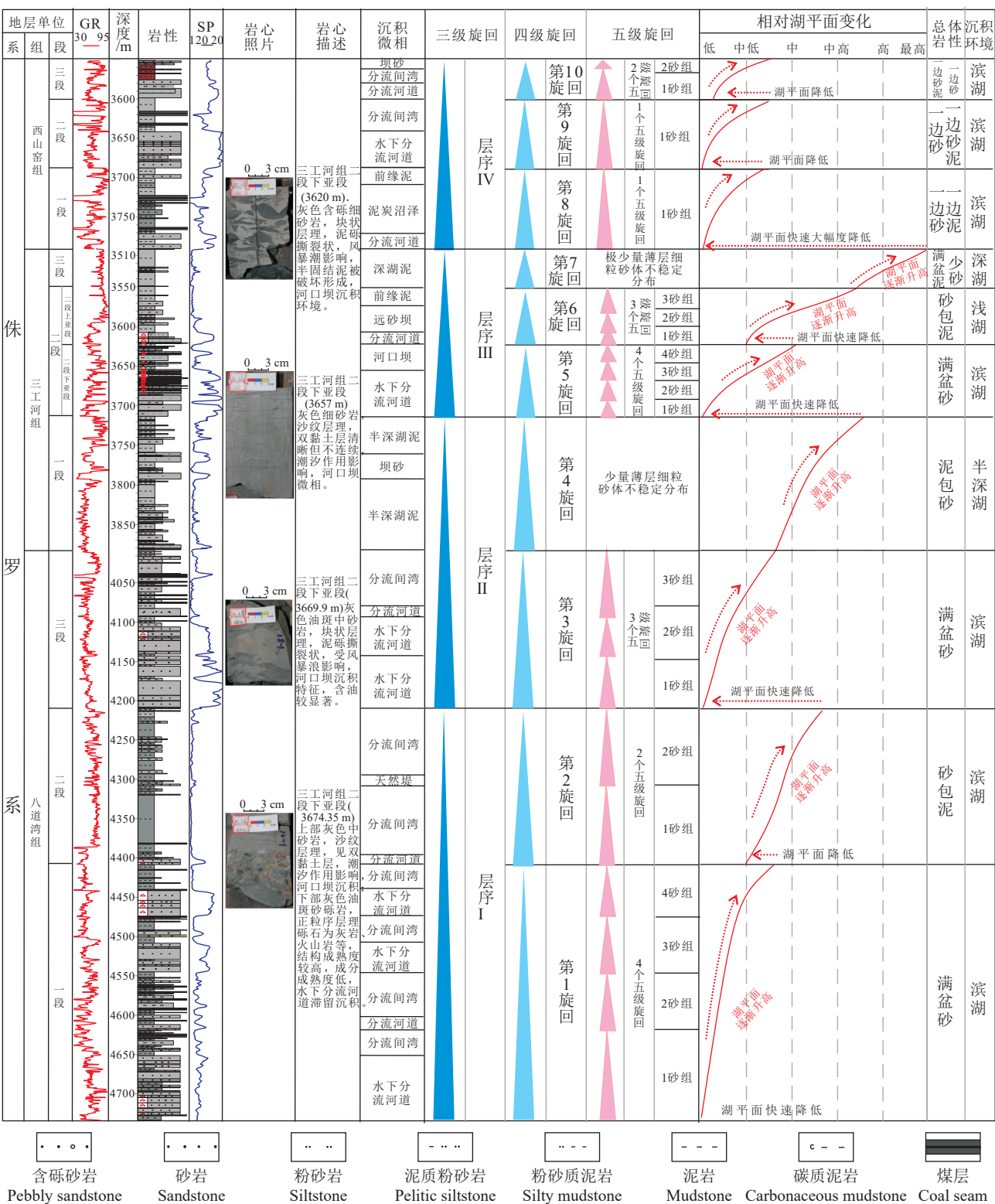


图 2 准噶尔盆地侏罗系(沙 1 井)综合柱状图及等时性地层划分
Fig.2 Jurassic composite histogram of Well-Sha1 and isochronous stratigraphic division of Junggar Basin

的叠加,形成了由砂到泥的向上变细的正旋回。主要
由退积式辫状河三角洲砂体叠置形成的这些正旋回是准噶尔盆地中生代的主要储集体。依据此
特征并基于地震资料、测井及岩心资料的分析,将

研究区侏罗系沉积序列划分为 4 个退积式三级层序, 层序 I 相当于下侏罗统的八道湾组一、二段(J_1b_1 、 J_1b_2), 层序 II 相当于下侏罗统八道湾组三段(J_1b_3)及三工河组一段(J_{1s_1}), 层序 III 相当于下侏罗统三工河组二、三段(J_{1s_2} 、 J_{1s_3}), 层序 IV 相当于中侏罗统西山窑组(J_{2x}) (许淑梅等, 2020) (图 2)。

3 古隆起的形成及演化

哈萨克斯坦—准噶尔板块 NW 向基底断裂构造系统对准噶尔盆地沉积盖层的构造变形起重要的控制作用。准噶尔盆地基底断层活动的动力来源于板块构造运动。准噶尔盆地 NW 向基底断裂构造系统形成于早古生代或更早(徐学义等, 2016), 晚古生代末发生大规模右行走滑构造活动, 每条断裂的右行走滑量为 80~200 km 不等; 中生代盆地基底断层的走滑运动量大大降低, 不超过晚古生代末走滑量的 10%, 但这些断裂仍然有一定的活动(何国琦等, 1995; 徐学义等, 2016)。新生代以来印度板块北上与欧亚大陆发生碰撞, 这种碰撞挤压的远程效应会对准噶尔盆地中生代的断裂进一步改造。车—莫古隆起介于天山北缘断裂和乌伦古南断裂—克拉美丽断裂之间, 这两条大断裂的活动控制了准噶尔盆地基底古生代以来的沉降, 也制约着车—莫古隆起的形成和发育(何登发等, 2008)。盆地基底断层的走滑量越大, 导致同期盆地基底沉降幅度和构造沉降速率越大; 盆地晚古生代平均沉降速率在 150~300 m/Ma, 中生代盆地基底沉积速率骤减至 50~60 m/Ma, 新生代基底沉降速率约 200 m/Ma(Zhu et al., 2017)。晚三叠世—早侏罗世早期的羌塘碰撞、早侏罗世中、晚期的内蒙鄂霍茨克海的关闭、中晚侏罗世的帕米尔碰撞是准噶尔板块基底断裂构造活动的驱动力(赵淑娟等, 2014; Yang et al., 2015; 岳勇等, 2024)。中生代准噶尔盆地基底构造低走滑量和盆地基底的慢沉降速率形成侏罗纪低可容纳空间的宽浅辫状河退积式沉积序列。

车—莫隆起为准噶尔盆地内部侏罗纪同沉积隆起, 侏罗系不同组段, 尤其是各等时性层序的发育特征、残余厚度、缺失面积、超覆范围及剥蚀特征等能准确反映同沉积古隆起的实际发育情况和演化阶段。笔者利用研究区最新的岩心、钻测井资料所揭示的等时性 4 级层序的发育特征和分布情

况, 进一步对古隆起的发育阶段、发育范围进行了详细的分析和厘定, 并将侏罗纪车—莫隆起的演化划分为 3 个阶段, 即初始发育阶段(三工河组沉积期, J_{1s})、快速隆升阶段(西山窑组沉积期, J_{2x})、剥蚀改造阶段(中侏罗世头屯河组, J_{2t} ; 晚侏罗世, J_3)。

3.1 车—莫古隆起未发育阶段

早侏罗世八道湾组(J_1b)沉积期为印支运动后的应力松弛期, 准噶尔盆地处于沉降伸展状态, 博格达山尚未隆升出湖面, 准噶尔盆地与吐哈盆地完全连通(魏红兴, 2007), 为具有统一沉降中心的大型开阔平缓的畅流湖盆。地震剖面揭示八道湾组在研究区相对均匀分布, 厚度稳定。八道湾组由 3 个四级湖进期退积式正旋回形成的辫状河三角洲前缘水下分流河道砂体组成(第 1~3 旋回), 全区可对比(图 3), 地层厚度相对稳定, 没有缺失、剥蚀及超覆等现象。这些特征表明车—莫古隆起尚未发育, 盆西 1 井西凹陷、昌吉凹陷、车排子—莫西庄隆起区为统一的坳陷区(图 1b)。

3.2 车—莫古隆起初始发育阶段

早侏罗世三工河组沉积期(J_{1s})为车—莫古隆起的初始发育阶段。研究区侏罗系三工河组自下而上可划分为 4 个四级正旋回, 分别对应三工河组的 4 个(亚)段。三工河组一段、三工河组二段下亚段沉积期(J_{1s_1} 、 $J_{1s_2}^1$)继承了八道湾组的沉积特征, 盆西 1 井西凹陷、昌吉凹陷、车—莫古隆起区仍为正常沉积区, 并持续接受沉积。地层在研究区稳定分布, 在车—莫古隆起区也没有超覆减薄特征, 表明车—莫古隆起此时仍未发育。三工河组二上亚段沉积期($J_{1s_2}^2$)在车—莫古隆起区已有砂组的明显缺失和沉积地层的减薄现象, 如在征 1、征 2 井区已顶部缺失第三旋回的第 3 砂组。三工河组三段沉积期(J_{1s_3})半深湖相泥岩在征 1 井和征 2 井区也明显减薄(图 4), 表明三工河组二段沉积期车—莫地区已开始发育, 在水下呈低幅度隆起并形成同沉积背斜, 导致盆西 1 井西凹陷和昌吉凹陷之间的连通性变差。车—莫古隆起的核部隆起的最高点位于征沙村地区的征 1 井、征 2 井区。

3.3 车—莫古隆起快速隆升阶段

中侏罗世西山窑组沉积期(J_{2x})为车—莫古隆起的快速隆升阶段, 古隆起的快速隆升导致同期沉积地层的超覆, 使得古隆起南北两翼地层厚度超覆

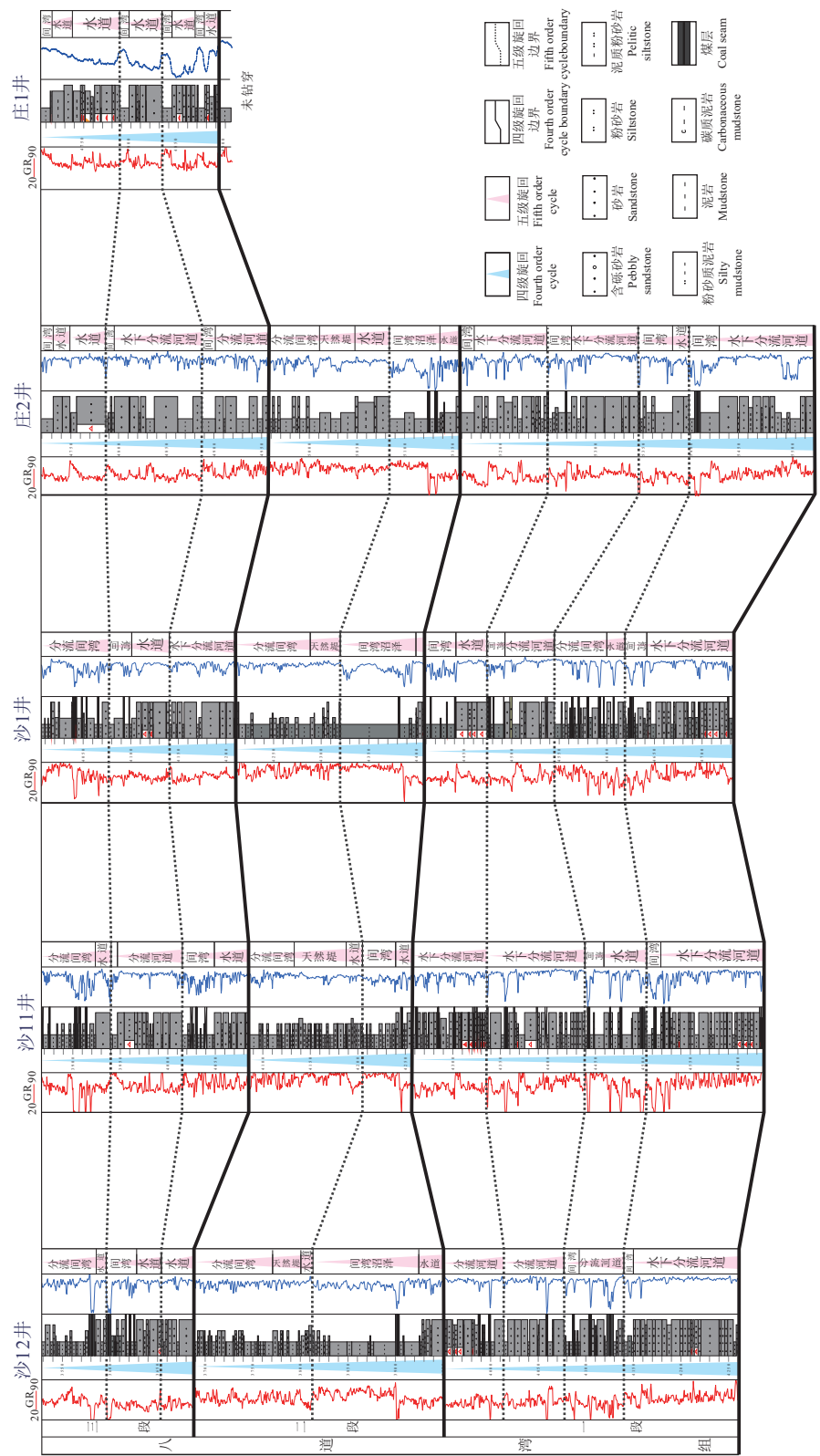


图 3 八道湾组区域砂体组合对比(剖面位置见图 1)
Fig.3 Comparison of sand body combination in Badaowan Formation area (see Fig. 1 for section position)

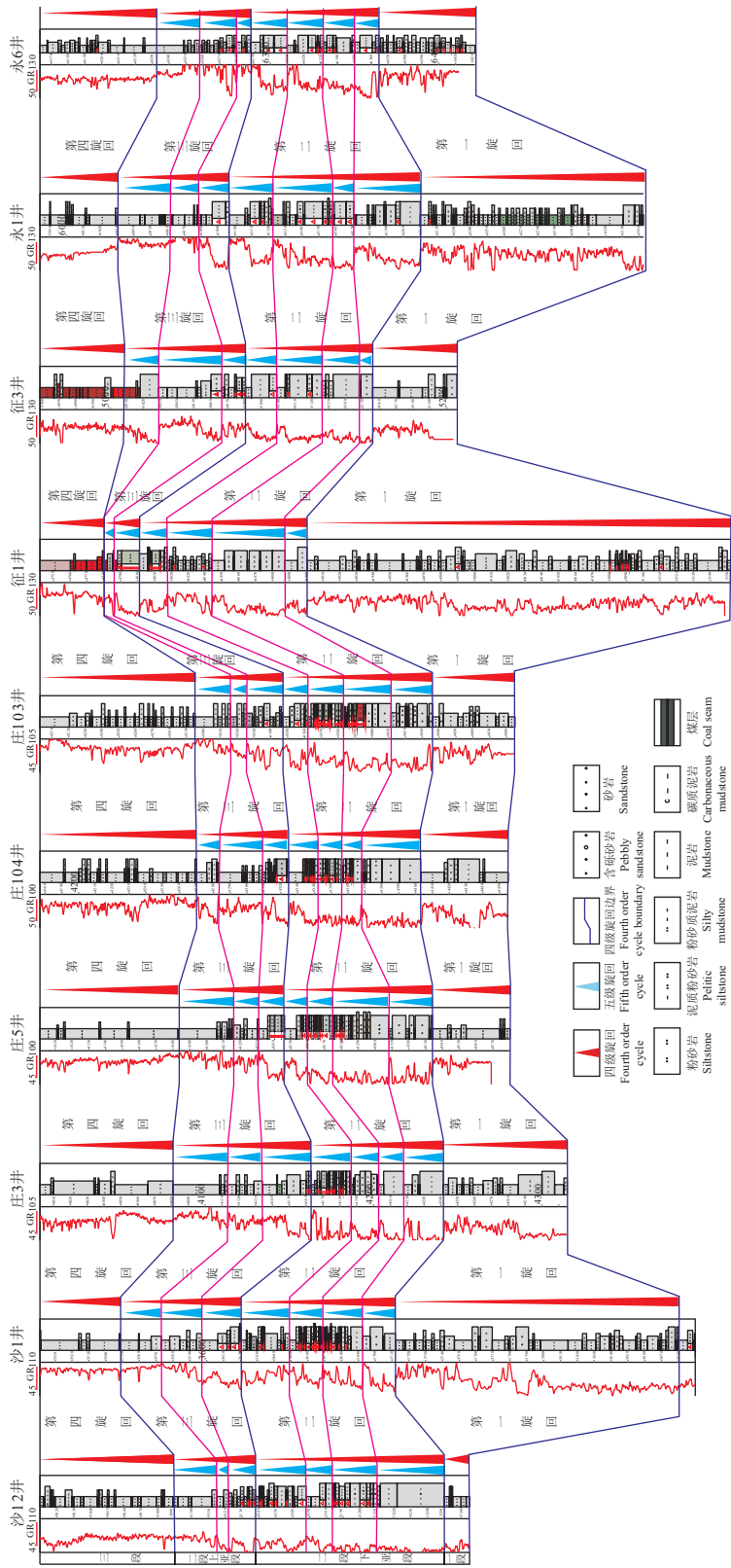


图 4 研究区三工组小层对比和砂组划分(剖面位置见图 1)
Fig.4 Isochronous layer comparison and sand body division of Sangonghe Formation in the study area (see Fig. 1 for profile position)

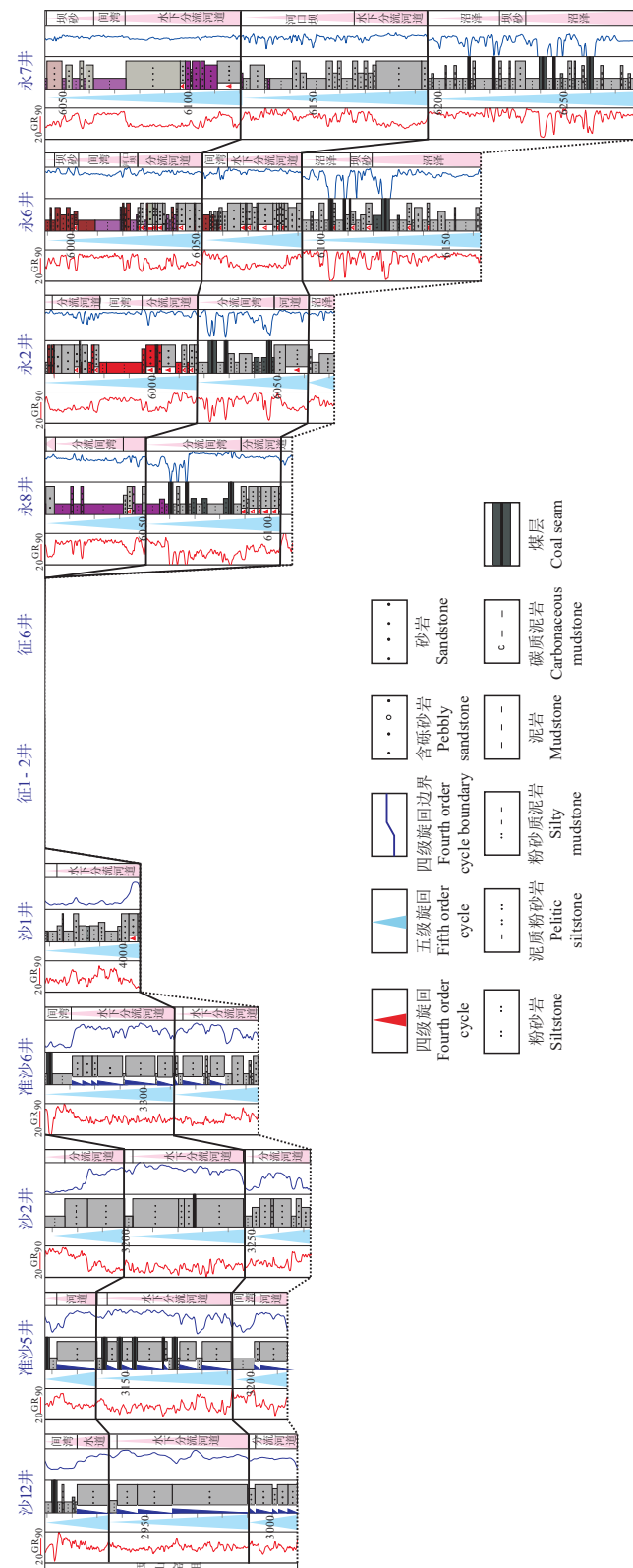


图 5 西山窑组区域砂体组合对比(剖面位置见图 1)
Fig.5 Comparison of sand body combination in Xishanyao Formation area (see Fig. 1 for section position)

减薄、古隆起顶部沉积缺失(图 5)。研究区西山窑组地层厚度变化大,从车—莫古隆起两翼坡角向下向外,地层沉积厚,保留完整,厚度可达 200 m;古隆起南、北两翼自下而上因沉积超覆,地层厚度逐渐减薄;地层厚度尖灭线所围限的区域为古隆起核部最高点,沉积地层大面积缺失。依据西山窑组的沉积旋回特征、沉积相变化规律,将西山窑组自下而上划分为三段,不同沉积阶段车—莫古隆起的隆升速率并不相同。

西山窑组一段沉积期(J_2x_1),车—莫古隆起隆升速率最快,大致呈 EW 向延伸。利用该段地层在古隆起核部的缺失和翼部的超覆减薄厚度计算得出该阶段车—莫古隆起的隆升速率约为 59.4 m/Ma。该阶段车—莫古隆起的发育规模和隆升高度对地层分布区域和沉积超覆范围均有很大影响,无沉积区面积也最为广泛。车—莫古隆起核部的征沙村、沙窝地东南部和莫西庄南部,包括征 2 井、征 1 井、征 1-2 井、征 101 井、沙 1 井、庄 301 井、庄 4 井、庄 110 井、庄 102 井、庄 5 井、庄 106 井、庄 107 井、庄 2 井、庄 1 井、庄 104 井、庄 101 井、庄 108 井、庄 103 井、庄 105 井等,为无沉积区。古隆起南翼的莫西庄中部与永进西部地区为地层超覆区,包括永 8 井、永 2 井、永 6 井、永 7 井,地层超覆导致该区西山窑组一段地层厚度较薄(图 5)。古隆起北翼的沙窝地北部、莫西庄中部地区包括沙 4 井、准沙 6 井、沙 2 井、准沙 5 井、沙 11 井、沙 12 井、沙 3 井、庄 3 井、庄 7 井、庄 11 井、庄 6 井、永 6 井、永 1 井、永 3 井、永 7 井也为超覆沉积区(图 6a)。

西山窑组二段沉积期(J_2x_2),车—莫古隆起总体仍呈 EW 向延伸,隆升速率比西山窑组一段稍有降低,约为 52.9 m/Ma,隆起区核部的无沉积区面积与西山窑组二段沉积期相比较也有所减小。位于古隆起核部的征沙村与莫西庄南部地区为地层无沉积区,包括征 2 井、征 1 井、征 1-2 井、征 101 井、征 11 井、庄 103 井、庄 105 井;位于古隆起北翼的莫西庄中部地区为超覆沉积区,包括庄 110 井、庄 102 井、庄 6 井、庄 109 井、庄 106 井、庄 107 井、庄 2 井、庄 1 井、庄 104 井、庄 101 井、庄 108 井;古隆起南翼的莫西庄南部与永进地区也为超覆沉积区,主要包括永 8 井、永 2 井、永 6 井、永 7 井

区。与西山窑组一段沉积期相比,车—莫古隆起核部无沉积区面积减小,古隆起南翼地层超覆区面积稍增加,古隆起北翼地层超覆区面积大幅增加(图 6b)。

西山窑组三段沉积期(J_2x_3),车—莫古隆起隆升速率进一步降低至约 23.6 m/Ma,古隆起核部自西向东向呈“指状”发育。位于古隆起核部的征沙村与沙窝地南部地区为地层剥蚀或无沉积区,包括征 2 井、征 1 井、征 1-2 井、征 101 井、沙 4 井、准沙 6 井和沙 1 井区,无沉积区面积进一步缩小。车—莫古隆起南、北两翼超覆沉积不太明显,大部分地区为正常接受沉积,局部表现为剥蚀缺失,如准沙 6 井和沙 1 井区(图 5)。与西山窑组二段沉积期相比,地层超覆区面积大幅度减小(图 6c)。在车—莫古隆起在核部最高点,即征沙村地区的征 1、征 2 井区,古隆起开始隆升出水面,导致盆西 1 井西凹陷和昌吉凹陷之间不再相互连通。从沉积微发育特征来看,沙窝地地区可容纳空间明显小于莫西庄、永进地区(图 5),车—莫古隆起在沙窝地地区坡度较缓,在莫西庄、永进地区坡度则比较陡。

3.4 车—莫古隆起剥蚀阶段

中侏罗世头屯河组至晚侏罗世沉积期(J_2t-J_3),燕山运动导致盆地整体抬升的同时,车—莫古隆起进一步强烈抬升并隆出水面,盆地沉积中心随之向东移动,造成了盆地南北凹陷区的分离(赵宏亮, 2006; 纪友亮等, 2010)。上述两方面的原因使盆地腹部的中、上侏罗统的无沉积区扩大,也使这些地层在超覆区遭受剥蚀。研究区头屯河组及以上的侏罗系全部缺失,西山窑组也遭受不同程度剥蚀:征沙村地区与沙窝地南部沙 1 井、准沙 6 井地区西山窑组三段地层剥蚀殆尽,莫西庄大部分地区西山窑组三段二砂组缺失(图 5)。盆地内远离车—莫古隆起的沉积区,则一定程度接受并保存有头屯河组和西山窑组沉积。准噶尔盆地头屯河组剥蚀尖灭线可以大致反映车—莫古隆起的发育情况(何登发等, 2008)。

4 同沉积古隆起阶段性发育对物源和沉积体系的影响

4.1 对盆地物源格局和地层展布的制约

侏罗纪车—莫古隆起的阶段性隆升发育不仅

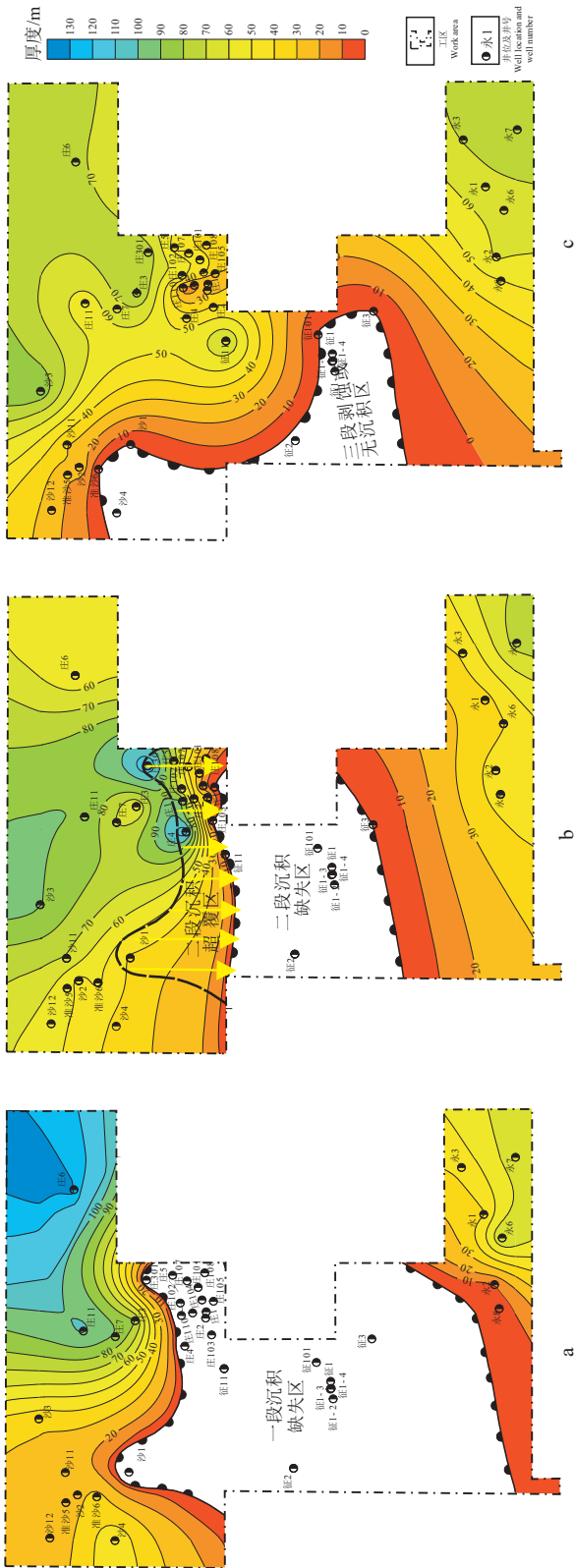


图 6 车—莫古隆起区周缘地区西山窑组各段地层厚度反映的地层缺失和超覆特征

a—西山窑组一段等厚图; b—西山窑组二段等厚图; c—西山窑组三段等厚图

Fig.6 Stratum loss and overlap characteristics reflected by the stratum thickness of each section of Xishanyao Formation in the peripheral area of Chepaizi-Mosuowan paleouplift area
a-Isopach map of the first member of Xishanyao Formation; b-Isopach map of the second member of Xishanyao Formation; c-Isopach map of the third member of Xishanyao Formation

直接影响了盆地供源体系和盆地边界,对地层展布样式和结构特征也有重要制约作用。

受燕山运动影响,中侏罗世车—莫古隆起与盆地周缘低矮的造山带同时隆升,博格达山磷灰石及锆石裂变径迹(Yang et al., 2015; Fang et al., 2015)、侏罗系重矿物分析(Zhou et al., 2019; 宋燕等, 2020)和古水流方向等研究成果(朱文等, 2021)表明博格达山同期也开始隆出湖面,并开始向盆地供源(郑有伟等, 2016)。因此,准噶尔盆地周缘低矮造山带进一步隆升、博格达山隆出水面和车—莫古隆起发育均为燕山运动的产物,具有区域上的一致性特点。博格达山的隆升使原本连通的准噶尔盆地和吐哈盆地彼此分割成两个独立的盆地,明显改变了准噶尔盆地的边界,并开始向两侧盆地(准噶尔和吐哈盆地)供源,导致准噶尔盆地中侏罗世的物源格局和盆地边界与早侏罗世相比发生巨大变化。通过研究区岩屑组分分析、地层厚度统计和砂泥比计算发现,早侏罗世三工河组沉积期研究区的物源主要来自扎伊尔山和克拉美丽山(王居峰等, 2005)。其中莫西庄、征沙村和永进地区沉积物主要来自东北方向的克拉美丽山物源区,沙窝地地区沉积物则来自西北方向的扎伊尔山物源区(Eberth et al., 2001)(图 7a)。至中侏罗世西山窑组一段沉积期,车—莫古隆起已快速抬升,博格达山也隆出水面开始向两侧提供沉积物供源。沙窝地地区物源来自西北方向的扎伊尔山,莫西庄地区物源来自东北方向的克拉美丽山,征沙村和永进地区物源则来自东南方向的博格达山(图 7b、c)。

早侏罗世早期八道湾组和三工河组一段沉积期,车—莫古隆起尚未发育,因此该期地层全区稳定发育,地层厚度没有明显变化。早侏罗世晚期三工河组二段和三段沉积期,车—莫古隆起初始发育稍有抬升,导致该期地层在车—莫古隆起的核部,即征 1 井、征 1-1 井和征 2 井区有所减薄(图 4)。中侏罗世早期西山窑组沉积期为车—莫古隆起快速隆升阶段,车—莫古隆起的快速抬升导致该期地层沉积样式的重大改变:在隆起的核部出现无沉积地层缺失区,在隆起翼部则表现为西山窑组的明显超覆沉积特征,地层明显减薄(图 5a、b)。中侏罗世晚期头屯河组(J_2t)至晚侏罗世齐古组(J_3)沉积期,随着准噶尔盆地基底的抬升与车—莫古隆起隆升

规模和幅度的再次增大,使得研究区西山窑组三段上部的大范围剥蚀,头屯河组和齐古组缺失。车—莫古隆起的隆升发育使研究区早、中、晚侏罗世地层分别表现为“底部稳定分布—中部沉积超覆—上部无沉积或剥蚀”的结构样式。

4.2 对沉积体系的影响

中晚侏罗世车—莫古隆起的发育及博格达山隆出水面不但改变盆地边界、影响盆地的构造地貌和物源格局,也因此改变了沉积体系。下面着重阐述随着车—莫古隆起的阶段性发育,研究区侏罗系沉积体系的变化特征和规律。

车—莫古隆起开始隆升之前(J_1b),即八道湾组沉积期,辫状河三角洲前缘沉积在研究区稳定分布,辫状河三角洲前缘水下分流河道的正旋回(含砾)粗砂岩构成研究区主要储集体。沙窝地地区辫状河三角洲沉积来自西北方向的扎伊尔山物源,莫西庄、征沙村和永进地区辫状河三角洲前缘沉积物源主要来自东北方向的克拉美丽山。八道湾组一段(J_1b_1)形成于盆地低湖平面期,主要发育三角洲前缘水下分流河道、分流间湾沉积微相,岩性以细砾岩、砂砾岩、粗—中砂岩与细砂岩为主。砂体发育状况较好,范围较大,全区连片分布,沉积物粒度粗,砂泥比达到最高,具“满盆砂”特征。八道湾组二段(J_1b_2)湖平面升高,主要发育退积式三角洲前缘水下分流河道、分流间湾和天然堤微相,岩性以泥岩、粉砂岩、细砂岩为主。砂体发育较差,沉积物粒度较小,砂泥比低,呈现“砂包泥”特征。八道湾组三段(J_1b_3)沉积期湖平面降低,主要发育三角洲前缘水下分流河道、分流间湾沉积微相,岩性以砂砾岩、粗—中砂岩与细砂岩为主,夹有粉砂岩与泥岩。

车—莫古隆起初始发育阶段(J_3s),即三工河组沉积期,由于古隆起的隆升幅度很小,研究区沉积格局与八道湾组沉积期相比未发生明显改变,基本继承了八道湾组的物源和沉积格局。沙窝地地区辫状河三角洲沉积来自西北方向的扎伊尔山物源,莫西庄、征沙村和永进地区辫状河三角洲前缘沉积物源主要来自东北方向的克拉美丽山。三工河组一段(J_3s_1)沉积期随着湖平面上升,辫状河三角洲发生大幅退积,研究区主要发育辫状河三角洲前缘席状砂和远砂坝及半深湖泥岩,岩性以泥岩、粉砂岩、细砂岩为主,砂泥比较低,具“泥包砂”特

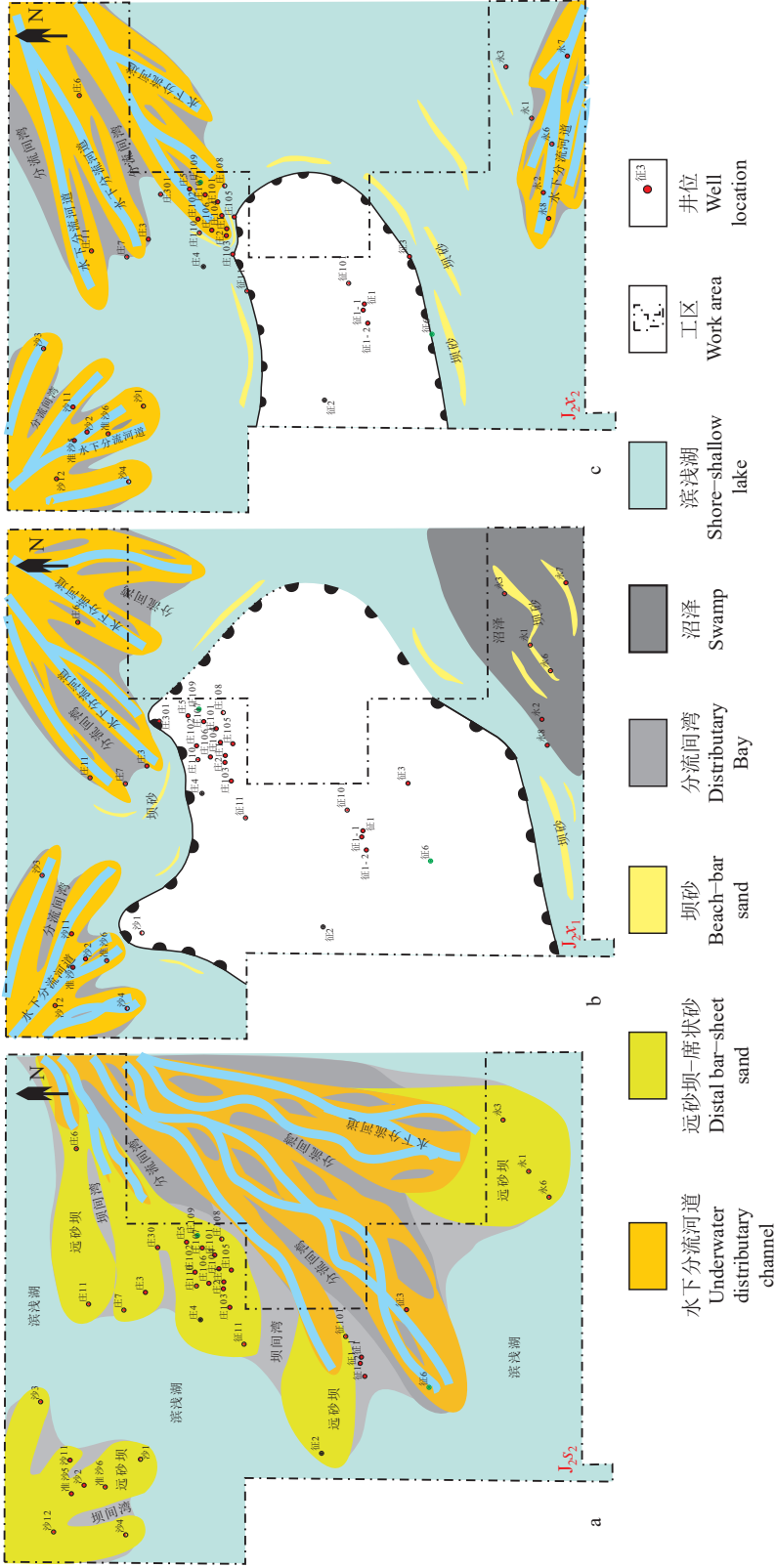


图 7 研究区物源格局平面展布
a—三工河组二段沉积体系; b—西山窑组一段沉积体系; c—西山窑组二段沉积体系
Fig. 7 Plane distribution of provenance pattern in the study area
a—Sedimentary system of the second member of Sangonghe Formation; b—Sedimentary system of the first member of Xishanyao Formation; c—Sedimentary system of the second member of Xishanyao Formation

征。三工河组二段(J_1s_2)形成于盆地低湖平面期,发育水下分流河道、河道间湾、河口坝、坝间湾、远砂坝、席状砂和前缘泥沉积微相,岩性以泥岩、粉砂岩、细砂岩、粗—中砂岩、砂砾岩、细砾岩为主,砂体发育较好,砂泥比高(刘传鹏,2013)。三工河组三段(J_1s_3)湖平面上升,发育席状砂和半深湖相沉积微相,岩性以厚层泥岩为主,偶夹薄层粉砂、泥质粉砂岩,沉积物粒度小,砂体分布不连续不稳定,砂泥比低,具“泥包砂”特征。受车—莫古隆起初始发育影响,在古隆起核部征1井和征1-1井区,三工河组二段砂组减少,三工河组三段泥岩厚度减薄(图8)。

车—莫古隆起快速隆升阶段,即西山窑组沉积期(J_2x),盆地基底逐渐抬升,盆地处于低湖平面状态,辫状河三角洲沉积非常发育。车—莫古隆起的隆升阻挡了克拉美丽山物源向征沙村和永进地区的沉积,而盆地东南方向博格达山的隆升则成为研究区新的物源区,导致该期沉积体系与三工河组沉积期相比发生重大变化。车—莫古隆起北翼沙窝地地区辫状河三角洲沉积来自西北方向的扎伊尔山物源,莫西庄地区辫状河三角洲前缘沉积物源主要来自东北方向的克拉美丽山,沉积微相主要为辫状河三角洲前缘水下分流河道的较粗粒沉积,沉积范围较八道湾组和三工河组沉积期大为减小。永进地区以博格达山为主要物源区。西山窑组一段沉积期,博格达山刚刚隆出水面,尚未形成相对稳定的辫状河供源体系,主要以博格达山(低隆起)的近岸剥蚀供源为主,因此车—莫古隆起南翼的永进地区西山窑一段沉积期为较细颗粒的滨浅湖滩坝沉积体系为主(图7b,图9)。古隆起南、北两翼呈现出“不同相不同源”的沉积特征。滩坝砂与辫状河三角洲砂前缘水下分流河道砂体构成的“同期异相砂体”的走向近垂直(商晓飞等,2014),两类砂体的油水关系大不相同。西山窑组二段和三段沉积期,随着车—莫古隆起与博格达山的进一步隆升,由博格达山向准噶尔盆地逐渐形成了稳定的辫状河河流三角洲供源体系,因此车—莫古隆起南翼的永进地区以向古隆起超覆沉积的辫状河三角洲沉积体系为主(图7c,图9);古隆起的北翼仍为分别由扎伊尔山和克拉美丽山供源形成的辫状河三角洲前缘较粗颗粒沉积。古隆起南、北两翼呈现出“相同相不同源”沉积的特征(图9)。

综上,研究区中晚侏罗世沉积体系的改变主要有如下表现:(1)中侏罗世早期西山窑组沉积期是盆地沉积边界、物源格局和沉积体系发生重大改变的节点。早侏罗世为扎伊尔山和克拉美丽山两物源供源格局,中晚侏罗世为扎伊尔山、克拉美丽山和博格达山三物源供源格局;(2)西山窑组一段沉积期,博格达山刚刚隆出水面,尚未形成相对稳定的辫状河三角洲供源体系,主要以低矮的博格达山的近岸剥蚀供源为主,因此征沙村和永进地区的西山窑一段沉积期为滨前湖滩坝沉积(图7b);西山窑组二段和三段沉积期,博格达山进一步隆升并逐渐形成向盆地相对稳定供源的辫状河流三角洲供源体系,因此征沙村和永进地区的西山窑二段和三段则以辫状河三角洲沉积体系为主(图7c);(3)水下古隆起的发育区更容易引起能量辐聚,使得波能增强(王旭影和姜在兴,2020)。随着车—莫古隆起的隆升,沉积超覆在古隆起翼部未固结的辫状河三角洲砂体受较强波浪的冲刷簸选,易形成环古隆起分布的滩坝沉积体系。滩坝体系和辫状河三角洲体系构成“同期异相”沉积组合样式。

5 结 论

(1)车—莫古隆起的阶段性发育与准噶尔盆地周缘造山带、尤其是博格达山的构造活动在时间上具有同步性,均为燕山运动的产物。车—莫古隆起的演化可划分为初始发育、快速隆升和隆升后剥蚀等三个阶段。早侏罗世和中侏罗世早期车—莫古隆起初始发育阶段对八道湾组和三工河组地层展布和结构样式基本没有影响或影响很小;中侏罗世早期车—莫古隆起快速隆升阶段及博格达山同步隆出水面,导致盆地边界、地层分布及结构样式的重大转变,使得西山窑组大面积超覆、沉积缺失或遭受剥蚀;中侏罗世晚期和晚侏罗世车—莫古隆起的隆升出水面则导致了研究区头屯河组和齐古组地层的剥蚀缺失,形成了与白垩系的区域不整合面。

(2)研究区早—中侏罗世沉积体系属辫状河三角洲—滨浅湖—半深湖沉积体系,包括辫状河三角洲内前缘(水下分流河道滞留沉积、心滩)、三角洲外前缘(河口坝、坝间湾、远砂坝、席状砂)、前三三角洲及深—半深湖亚相。不同区块分别受潮汐、波浪和构造活动影响。车—莫古隆起的隆升及与其同

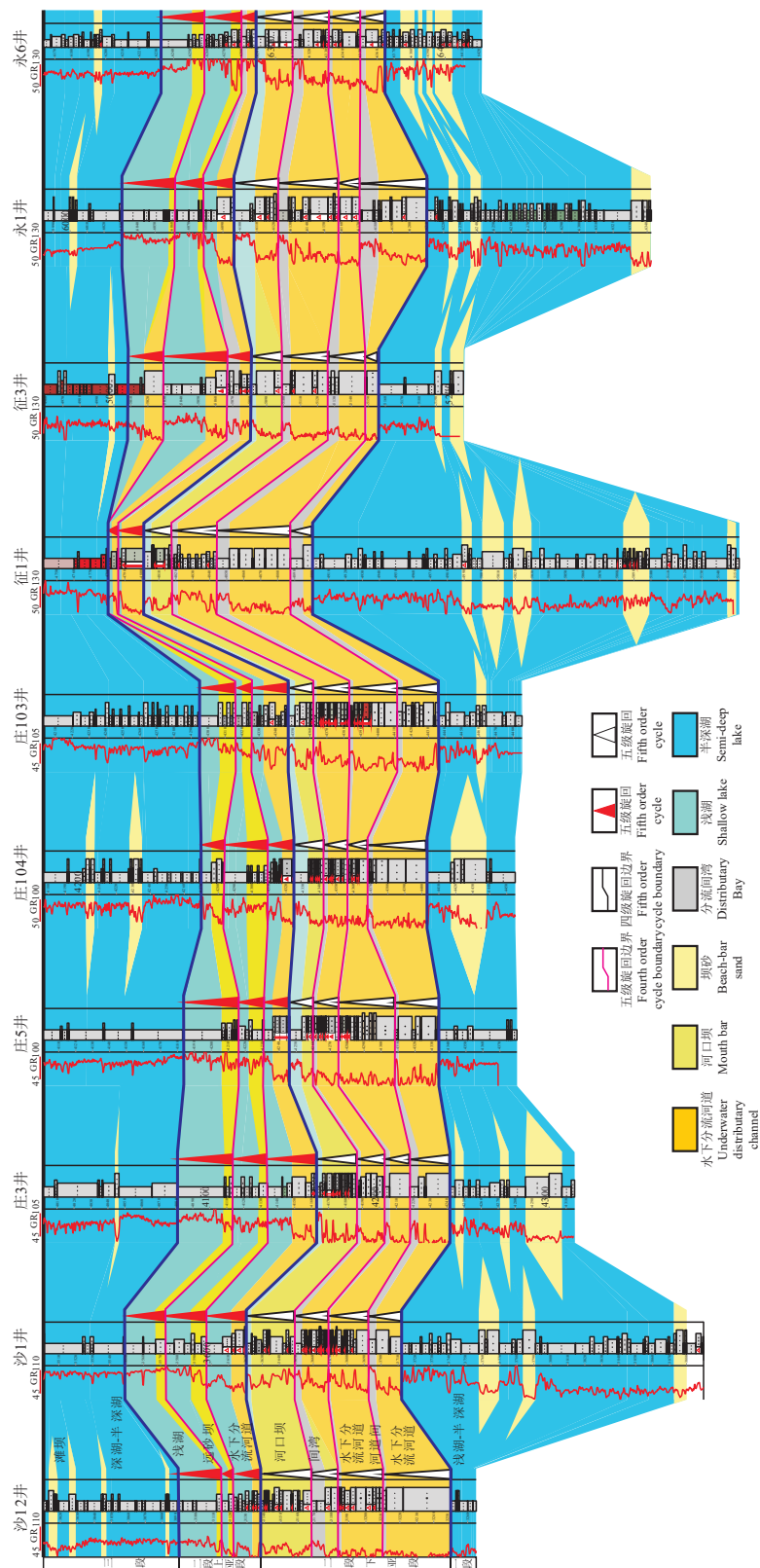


图 8 研究区三工河组沉积微相连井 (剖面位置见图 1)

Fig.8 Inter-well sedimentary micro-facies of Sangonghe Formation in the study area (see Fig. 1 for profile position)

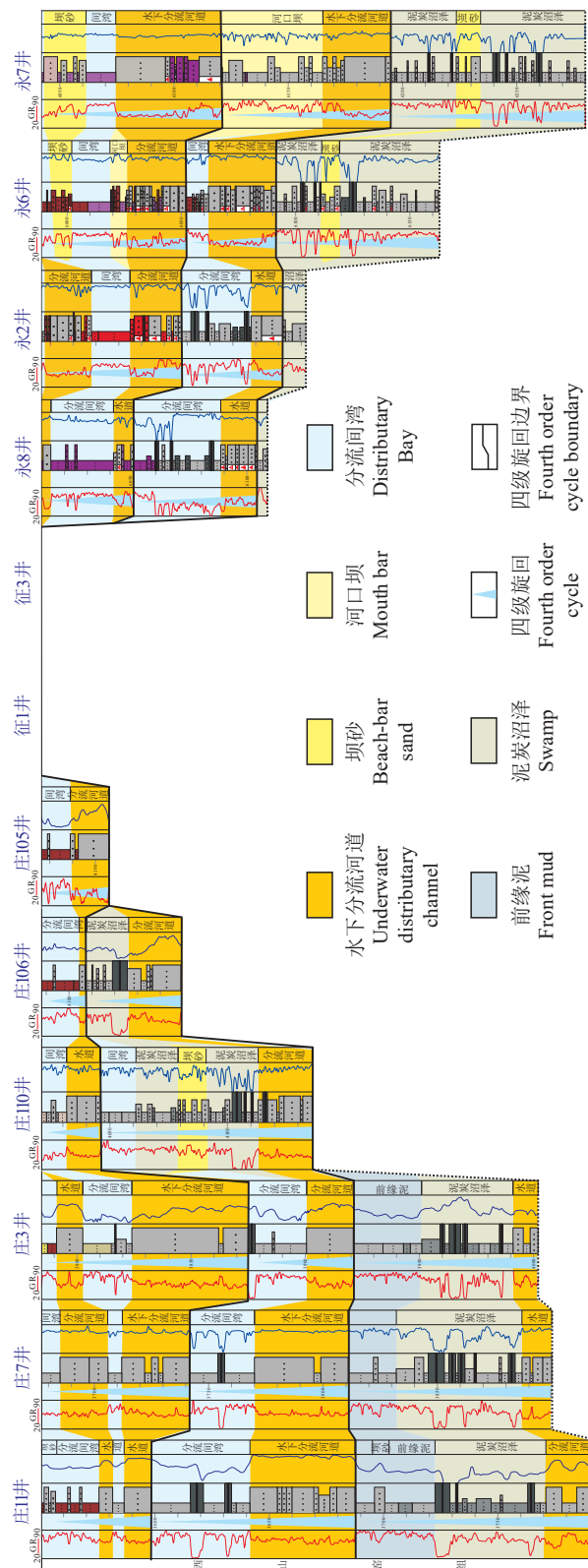


图 9 西山窑组莫西庄—永进地区沉积微相连井(剖面位置见图 1)
Fig.9 Inter-well sedimentary micro-facies of Xishanyao Formation in Moxizhuang and Yongjin area (see Fig. 1 for profile position)

期发育并隆出水面的博格达山也极大地改变了盆地边界、物源格局,并使沉积体系发生重大变化。车—莫古隆起发育隆升之前,即八道湾组和三工河组沉积期,研究区由西北的扎伊尔山和东北的克拉美丽山等两物源供源,主要形成辫状河三角洲沉积体系;车—莫古隆起快速隆升阶段,即西山窑组沉积期,博格达山隆出水面并作为盆地的东南边界开始向盆地供源,同时隔绝准噶尔盆地和吐哈盆地之间的连通,对盆地供源格局产生了巨大影响,总形成扎伊尔山、克拉美丽山和博格达山三物源供源格,研究区沉积体系也随之发生转变,形成辫状河三角洲和滩坝共存的沉积体系组合。

References

- Eberth J, Pascovici G, Thomas H G, Warr N, WeiBhaar D, Miniball C. 2001. From euroball to gamma-ray tracking arrays – new developments in ge detector technologies [C]//Nuclear Structure Physics – Celebrating the Career of Peter von Brentano – The International Symposium. Gottingen, Germany.
- Fang Shihu, Guo Zhaojie, Jia Chengzao, Zhang Zhicheng, Wang Xulong, Wang Meina. 2006. Meso-cenozoic heavy minerals' assemblages in the southern Junggar Basin and its implications for basin-orogen pattern[J]. Chinese Journal of Geology, 41(4): 648–662 (in Chinese with English abstract).
- Fang Y, Wu C D, Guo Z J, Kejun H, Lin D, Wang L, Li L. 2015. Provenance of the southern Junggar Basin in the Jurassic: Evidence from detrital zircon geochronology and depositional environments[J]. *Sedimentary Geology*, 315: 47–63.
- Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, Wu Chaodong, Fang Shihu, Zhang Rui. 2006. Mesozoic Cenozoic Tianshan uplift process and its comparative study with Junggar and Altai Mountains[J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(1): 1–15 (in Chinese with English abstract).
- He Dengfa, Chen Xinfu, Kuang Jun, Zhou Lu, Tang Yong, Liu Deguang. 2008. Formation, evolution and genetic mechanism of Chepaizi Mosuo Bay paleouplift in Junggar Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 15(4): 42–55 (in Chinese with English abstract).
- He Guoqi, Lu Shuning, Li Maosong. 1995. Significance of large fault systems in paleo-plate studies: A case study of Central Asia[J]. Geological Journal of Universities, 1(1): 1–10 (in Chinese with English abstract).
- Ji Youliang, Zhou Yong, Kuang Jun, Wan Lu, Zhang Rui, Lu Chunhong. 2010. Formation and evolution of Che Mo ancient uplift in Junggar Basin and its control over sedimentary facies[J]. Science China Earth Science, 40(10): 1342–1355 (in Chinese).
- Kuang Jun, Hou Lianhua, Zhang Yueqian, Shi Xinpiao, Wang Jinghong. 2009. Shallow reservoir forming factors and exploration direction of Chemogu uplift in Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 30(4): 445–449 (in Chinese with English abstract).
- Kuang Lichun, Lei Dewen, Tang Yong. 2013. Jurassic Cretaceous Sedimentary Characteristics and Lithostratigraphic Reservoirs in Junggar Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1–156 (in Chinese with English abstract).
- Li Zhong, Peng Shoutao. 2013. Mesozoic Cenozoic detrital zircon U–Pb chronology, provenance system analysis and intracontinental basin mountain evolution at the north and south foothills of Tianshan[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 29(3): 739–755 (in Chinese with English abstract).
- Liu Chuanpeng. 2013. Microscopic characteristics and effective reservoir control factors of the second member of Sangonghe Formation in Moxizhuang area, Junggar Basin[J]. *Geology in China*, 40(5): 1515–1522 (in Chinese with English abstract).
- Liu Zhaorong. 2008. There is no Mesozoic paleouplift in the central Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 29(2): 256–259 (in Chinese with English abstract).
- Lu Cheng. 2016. Study on Secondary Logging Interpretation of Old Wells in Blocks 1 and 3 in the Central Junggar Basin [D]. Xinjiang: Xinjiang University, 1–86 (in Chinese with English abstract).
- Ma Baojun, Qi Jiafu, Yu Fusheng, Zhang Kexin. 2008. Structural characteristics and physical simulation of Che Mo ancient uplift in Junggar Basin[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 32(1): 36–41 (in Chinese with English abstract).
- Peng B, Jin Z J, Wang H, Jia X. 2018. Sedimentology and sequence stratigraphy of a retrogradational fan-delta system within Lower Triassic in the Mabei area, Junggar Basin (northwestern China)[J]. *Russian Geology and Geophysics*, 59: 606–619.
- Shang Xiaofei, Hou Jiagen, Cheng Yuanzhong, An Zhenyue, Yao Ruixiang, Li Yan. 2014. Discussion on the genetic mechanism of thick lake beach bar sand body and its geological significance—Taking the second member of Shahejie Formation in Banqiao sag of Huanghua depression as an example[J]. *Acta Geologica Sinica*, 88(9): 1705–1718 (in Chinese with English abstract).
- Song Yan, Chen Shi, Zhang yilou, Liang Xinxin, Liang Yuanyuan, Hou Wen. 2020. Calibration of basin mountain differentiation time limit in the Middle and Late Jurassic in Bogda area, southeast margin of Junggar Basin[J]. *Science Technology and Engineering*, 20(3): 924–934 (in Chinese with English abstract).
- Wang Jufeng, Deng Hongwen, Cai Xiyuan. 2005. Sedimentary system of Sangonghe Formation of Lower Jurassic in the hinterland of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 26(2): 137–141 (in Chinese with English abstract).
- Wang Xuying, Jiang Zaixing. 2020. Sedimentary system characteristics and model of Paleogene Fusan member in Subei Basin[J]. *Geoscience*, 34(6): 1132–1143 (in Chinese with English abstract).
- Wei Hongxing. 2007. Structural Characteristics and Formation and Evolution of the Southern Margin of Bogda Mountain [D]. Shaanxi:

- Northwest University, 1–75 (in Chinese with English abstract).
- Xu Shumei, Li Meng, Wang Jinduo, Ren Xincheng, Zeng Zhiping, Wu Xiangfeng, Xu Pengcheng, Feng Huaiwei. 2020. Cycle style and sand body superposition law of Lower Jurassic Sangonghe Formation in the abdomen of Junggar Basin[J]. *Journal of Palaeogeography*, 22(2): 221–234 (in Chinese with English abstract).
- Xu Xueyi, Wang Hongliang, Chen Junlu. 2016. *Geology of Tianshan and Its Adjacent Areas in China* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–175 (in Chinese with English abstract).
- Peng Xiling. 2007. Query on chemo ancient uplift in Junggar Basin[J]. *China Petroleum Exploration*, (6): 63–71 (in Chinese with English abstract).
- Yang Y T, Song C C, He S. 2015. Jurassic tectonostratigraphic evolution of the Junggar basin, NW China: A record of Mesozoic intraplate deformation in Central Asia[J]. *Tectonics*, 34(1): 86–115.
- Yue Yong, Jiang Shu, Tian Jingchun, Lin Xin. 2024. Late Cretaceous to Early Paleocene sedimentary environment evolution: Geochemical evidences of Well PBX1 in the southwestern Tarim Basin[J]. *Geology in China*, 51(2): 592–605 (in Chinese with English abstract).
- Yu Fusheng, Amuguleng, Yang Guangda, Ma Baojun. 2008. Structural evolution characteristics and genetic simulation of Che Mo ancient uplift in Junggar Basin[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 29(1): 39–44 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Fushun, Yu Yingfan, Zhu Yunhui, Xia Mouzhong. 2007. Formation and evolution of Che Mo ancient uplift and oil and gas distribution[J]. *Oil and Gas Geology of Western China*, 3(1): 13–20 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zhihuan, Qin liming, Li Wei, Wang Chunjiang, Qiu Nansheng, Meng Xianlong, Zhang Zhenying, Yuan Dongshan. 2009. Oil source and hydrocarbon source focus transfer of oil-bearing structures on the north and south sides of Chemogu uplift in the abdomen of Junggar Basin[J]. *Geology in China*, 36(4): 826–836 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Shujuan, Li Sanzhong, Liu Xin, Lou Da, Suo Yanhui, Dai Liming, Sun Wenjun, Li Tao, Wang Xuebin, Yang Chao. 2014. The structure of the eastern margin of Junggar Basin: The intracontinental process of the transition between Altay and North Tianshan orogenic belt[J]. *Science China Earth Science*, 44(10): 2130–2141 (in Chinese).
- Zhao Wenzhi, Jin Jiuqiang. 2000. *Formation and Evolution of Jurassic Prototype Basins in Northwest China* [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Zhu Wen, Wang Ren, Lu Xinchuan, Shi Wanzhong, Ren Mengyi, Liu Kai. 2021. Yanshanian tectonic activity and sedimentary response in the northwest hinterland of Junggar Basin[J]. *Earth Science*, 46(5): 1692–1709 (in Chinese with English abstract).
- Zhu X M, Li S L, Wu D, Zhu S F, Dong Y L, Zhao D N, Wang X L, Zhang Q. 2017. Sedimentary characteristics of shallow–water braided delta of the Jurassic, Junggar basin, Western China[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 149: 591–602.
- Zhu Yunhui, Meng Xianlong. 2005. Formation and evolution of Chemo ancient uplift in Junggar Basin and its influence on oil and gas accumulation in the abdomen[J]. *West China Petroleum Geosciences*, 1(1): 55–57 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Youwei, Wang Yadong, Guo Jianming, Liu Xingwang, Zhao Guangliang, Su Long, Zheng Jianjing. 2016. Evolution characteristics of Jurassic heavy minerals in the southeast margin of Junggar Basin and its response to the uplift of Bogda mountain[J]. *Acta Sedimentation Sinica*, 34(6): 1147–1154 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Hongliang. 2006. Evolution and reservoir control law of Che Mo paleouplift in Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 27(2): 160–162 (in Chinese).
- Zhou T Q, Wu C D, Yuan B, Shi Z K, Wang J L, Zhu W, Zhou Y X, Jiang X, Zhao J Y, Wang J, Ma J. 2019. New insights into multiple provenances evolution of the Jurassic from heavy minerals characteristics in Southern Junggar Basin, NW China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 46(1): 67–81.

附中文参考文献

- 方世虎, 郭召杰, 贾承造, 张志诚, 王绪龙, 王美娜. 2006. 准噶尔盆地南缘中–新生界沉积物重矿物分析与盆地格局演化[J]. *地质科学*, 41(4): 648–662.
- 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[J]. *地质学报*, 80(1): 1–15.
- 何登发, 陈新发, 况军, 周路, 唐勇, 刘德光. 2008. 准噶尔盆地车排子–莫索湾古隆起的形成演化与成因机制[J]. *地学前缘*, 15(4): 42–55.
- 何国琦, 陆书宁, 李茂松. 1995. 大型断裂系统在古板块研究中的意义——以中亚地区为例[J]. *高校地质学报*, 1(1): 1–10.
- 纪友亮, 周勇, 况军, 万璐, 张锐, 卢春红. 2010. 准噶尔盆地车–莫古隆起形成演化及对沉积相的控制作用[J]. *中国科学: 地球科学*, 40(10): 1342–1355.
- 况军, 侯连华, 张越迁, 石新朴, 王京红. 2009. 准噶尔盆地车莫古隆起浅层成藏因素及勘探方向[J]. *新疆石油地质*, 30(4): 445–449.
- 匡立春, 雷德文, 唐勇. 2013. 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, 1–156.
- 李忠, 彭守涛. 2013. 天山南北麓中–新生界碎屑锆石 U–Pb 年代学记录、物源体系分析与陆内盆山演化[J]. *岩石学报*, 29(3): 739–755.
- 刘传鹏. 2013. 准噶尔盆地莫西庄地区三工河组二段储层微观特征及有效储层控制因素[J]. *中国地质*, 40(5): 1515–1522.
- 刘朝荣. 2008. 准噶尔盆地中部不存在中生代古隆起[J]. *新疆石油地质*, 29(2): 256–259.
- 路成. 2016. 准噶尔盆地中部 1、3 区块老井测井二次解释研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 1–86.
- 马宝军, 漆家福, 于福生, 张克鑫. 2008. 准噶尔盆地车–莫古隆起构造特征及物理模拟[J]. *大地构造与成矿学*, 32(1): 36–41.
- 商晓飞, 侯加根, 程远忠, 安振月, 姚瑞香, 李燕. 2014. 厚层湖泊滩坝

- 砂体成因机制探讨及地质意义——以黄骅坳陷板桥凹陷沙河街组二段为例[J]. 地质学报, 88(9): 1705–1718.
- 宋燕, 陈石, 张艺楼, 梁鑫鑫, 梁媛媛, 侯文. 2020. 关于准噶尔盆地东南缘博格达地区中晚侏罗世盆山分异时限的标定[J]. 科学技术与工程, 20(3): 924–934.
- 王居峰, 邓宏文, 蔡希源. 2005. 准噶尔盆地腹部下侏罗统三工河组沉积体系[J]. 新疆石油地质, 26(2): 137–141.
- 王旭影, 姜在兴. 2020. 苏北盆地古近系阜三段沉积体系特征与模式[J]. 现代地质, 34(6): 1132–1143.
- 魏红兴. 2007. 博格达山南缘构造特征及其形成演化[D]. 西安: 西北大学, 1–75.
- 许淑梅, 李萌, 王金铎, 任新成, 曾治平, 武向峰, 舒鹏程, 冯怀伟. 2020. 准噶尔盆地腹部下侏罗统三工河组旋回样式及砂体叠置规律[J]. 古地理学报, 22(2): 221–234.
- 徐学义, 王洪亮, 陈隽璐. 2016. 中国天山及邻区地质[M]. 北京: 地质出版社, 1–175.
- 彭希龄. 2007. 准噶尔盆地车莫古隆起质疑[J]. 中国石油勘探, (6): 63–71.
- 岳勇, 蒋恕, 田景春, 林新. 2024. 塔里木盆地西南部晚白垩世—早古新世沉积环境演化: 来自皮山 PBX1 井的地化证据[J]. 中国地质, 51(2): 592–605.
- 于福生, 阿木古冷, 杨光达, 马保军. 2008. 准噶尔盆地车—莫古隆起的构造演化特征及其成因模拟[J]. 地球学报, 29(1): 39–44.
- 张福顺, 余滢帆, 朱允辉, 夏忠谋. 2007. 车—莫古隆起形成演化与油气分布[J]. 中国西部油气地质, 3(1): 13–20.
- 张枝焕, 秦黎明, 李伟, 王春江, 邱楠生, 孟闲龙, 张振英, 袁东山. 2009. 准噶尔盆地腹部车莫古隆起南北两侧含油构造油源及烃源灶转移[J]. 中国地质, 36(4): 826–836.
- 赵淑娟, 李三忠, 刘鑫, 楼达, 索艳慧, 戴黎明, 孙文军, 李涛, 王学斌, 杨朝. 2014. 准噶尔盆地东缘构造: 阿尔泰与北天山造山带交接转换的陆内过程[J]. 中国科学: 地球科学, 44(10): 2130–2141.
- 赵文智, 靳久强. 2000. 中国西北地区侏罗纪原型盆地形成与演化[M]. 北京: 地质出版社.
- 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[J]. 地球科学, 46(5): 1692–1709.
- 朱允辉, 孟闲龙. 2005. 准噶尔盆地车莫古隆起的形成演化及其对腹部油气成藏的影响[J]. 中国西部油气地质, 1(1): 55–57, 108.
- 郑有伟, 王亚东, 郭建明, 刘兴旺, 赵光亮, 苏龙, 郑建京. 2016. 准噶尔盆地东南缘侏罗系重矿物演化特征及对博格达山隆升的响应[J]. 沉积学报, 34(6): 1147–1154.
- 赵宏亮. 2006. 准噶尔盆地车莫古隆起演化及其控藏规律[J]. 新疆石油地质, 27(2): 160–162.