

文章编号: 0253-9985(2005)01-0086-06

准噶尔盆地西北缘构造演化与扇体形成和分布

雷振宇¹, 鲁兵², 蔚远江¹, 张立平¹, 石昕¹

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油勘探开发公司, 北京 100034)

摘要: 准噶尔盆地西北缘经历了多次(期)不同性质的构造演化。在新生代以后, 表现出(类)前陆盆地性质, 伴随区域构造运动发生强烈的碰撞挤压、冲断作用。断裂活动具有明显的推覆性质, 产生了与断裂带平行的褶皱构造。西北缘逆掩断裂普遍具有同生活动性质, 对扇体的形成有明显的控制作用。主要表现为冲断作用持续发生, 上、下盘地形相差悬殊, 自冲断席上剥蚀下来的碎屑物堆积于断崖根部而形成各类扇体(冲积扇、扇三角洲和水下扇等), 阶梯式逆冲断裂则形成多级扇体。研究表明, 从二叠纪到侏罗纪构造活动逐渐减弱, 扇体规模逐渐变小; 在平面上由于构造活动的位移, 导致了扇体的迁移。总体来看, 百口泉-夏子街地区活动性最强, 延续时间最长, 形成的扇体规模较大、叠置程度高、迁移明显; 车拐-克拉玛依地区活动性较弱, 形成的扇体规模小、叠置程度差、迁移小。

关键词: 准噶尔西北缘; 构造演化; 断裂活动; 扇体迁移

中图分类号: TE112.322

文献标识码: A

Tectonic evolution and development and distribution of fans on northwestern edge of Junggar Basin

Lei Zhenyu, Lu Bing, Wei Yuanjiang, Zhang Liping, Shi Xin

(1. *Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Beijing;*2. *Petroleum Exploration and Development Company, PetroChina, Beijing*)

Abstract: The northwestern edge of Junggar Basin experienced multiphase tectonic movements of different natures, and it appeared as a foreland basin since Cenozoic. Extensive collision, compression and thrusting occurred along with regional tectonic movement, and faulting apparently had the nature of overthrusting, resulting in fold structures to be in parallel with the fracture zone. The overthrust faults were commonly syngenetic and controlled obviously the development of fans. Thrusting occurred continuously, so topographies on the hanging walls were greatly different from those on the footwalls. Clastics denuded from the thrust sheets accumulated on the foot of fault scarps, leading to the formation of various fans (alluvial fan, fan delta and submarine fan, etc.). Step thrust faults led to the formation of multistage fans. Tectonic activities attenuated gradually from Permian to Jurassic and the sizes of fans decreased gradually. Lateral displacement of tectonic activities resulted in the migration of fans. As a whole, the strongest and longest tectonic activities occurred in Baikouquan-Xiazijie area, hence the fans in that area would be relatively large, highly superimposed and largely migrated; while those in Cheguar-Karamay area were relatively weak, so the fans would be small, poorly superimposed and shortly migrated.

Key words: northwestern edge of Junggar Basin; tectonic evolution; faulting; fan migration

在地理位置上, 准噶尔盆地西北缘地区西北以扎伊尔山和哈拉阿拉特山为界, 西至奎屯, 东至

夏子街。其大地构造部位处于西准噶尔褶皱山系与准噶尔地块之间。全长 250 km, 宽 20 km, 面积

基金项目: 中国石油天然气集团公司“九五”重点科技攻关项目(970211)

第一作者简介: 雷振宇, 男, 44岁, 高级工程师(博士), 石油地质

收稿日期: 2005-01-09

约 5 000 km², 地震及钻井资料证实, 它是一个隐伏的逆掩断裂带。它的形成是由于准噶尔-吐鲁番板块的洋壳在晚古生代向哈萨克斯坦板块俯冲、消减乃至发生碰撞作用, 使该地区成为碰撞隆起带及与隆起带相邻的碰撞前陆型沉积拗陷。碰撞作用形成了车排子-红山嘴-夏子街地区的巨型逆掩推覆构造。在漫长的地质历史时期, 西北缘曾经历了多次(期)不同性质的构造演化, 但在新生代以后均表现出(类)前陆盆地性质, 形成多套生储盖组合, 为油气的生成、运移和聚集提供了雄厚的物质基础。经过数十年的勘探, 它已成为我国目前重要的油气勘探和生产基地。

1 构造演化与原型盆地

盆地的构造历史可以追溯到晚古生代, 泥盆-石炭纪, 准噶尔盆地是兴蒙海中的一个相对稳定的地块, 周缘为深水海槽, 因此, 深水沉积主要发育于地块周缘。石炭纪末, 随着周缘海槽的再次由北向南收缩闭合, 准噶尔盆地开始由开放型海相盆地向封闭型陆相盆地转化, 进入了盆-山构造沉积发展体系。

早二叠世佳木河期, 盆地周缘海槽已基本收缩闭合; 早二叠世晚期, 盆地周缘海槽已全部褶皱成山, 火山活动减弱。由于盆地周缘褶皱山系向盆地冲断的推覆作用, 致使早二叠世末准噶尔盆地中相对于边缘冲断推覆带形成了西北缘前陆盆地。盆地拗陷格局也在此时期初具规模, 形成了巨大的玛湖-盆1井西拗陷。西北缘早二叠世发育了一套火山-火山碎屑岩相和水下扇、扇三角洲碎屑岩沉积相。

中、晚二叠世西北缘盆地边缘褶皱山系持续向盆地内挤压推进, 发育冲积扇、水下扇、扇三角洲沉积, 但在构造间歇期和盆地内部也发育有辫状河相、正常三角洲相、陆缘近海湖或湖泊相沉积^[1]。从其对各时期扇体的控制作用分析, 同生断裂大多具有明显的继承性活动的特点。晚二叠世时沉积范围逐渐扩大, 西北缘继承性发育了一个北东方向延伸的沉降中心, 最大沉积厚度超过 3 000 m。

三叠纪初, 盆地整体抬升遭受剥蚀, 随后进入了整体沉降-抬升的振荡发展阶段。此时期准噶尔盆地已成为统一的浅水湖盆, 且由于周缘山系的夷平处于泛盆地沉积阶段。盆地西北缘继续承

受了一定的挤压、扭压应力, 形成了一系列冲断、褶皱、不整合及超覆等构造组合, 并发育大量同沉积断裂, 绝大多数同沉积断裂控制了扇体的相带边界和分布, 部分断裂还控制着扇体的沉积厚度和岩相特征。

印支运动在准噶尔盆地表现为: 盆地周边的主控断裂除了同生性活动外并兼有明显的扭动, 盆地北缘一些主控断裂还表现出强烈推覆活动, 著名的克拉玛依-夏子街推覆体就是在印支期发育起来的。三叠纪末, 盆地发生整体抬升, 形成了三叠系和侏罗系之间的区域性不整合。此后进入燕山构造层的发育和演化。

侏罗纪基本继承了三叠纪的盆地面貌, 构造活动有所减弱(同沉积断裂), 但依然控制着侏罗纪扇体的相带展布、相带边界, 部分断裂控制着扇体的沉积厚度、岩相及沉积边界。除早侏罗世形成规模巨大的扇体裙外, 中侏罗世和晚侏罗世扇体的发育程度和规模均较三叠纪扇体明显小得多。

白垩纪一早第三纪是准噶尔盆地比较稳定的时期, 盆地边缘缓慢隆升, 盆内相对沉降, 沉积了一套较粗的磨拉石建造, 盆地边缘白垩系普遍遭受削蚀, 与上覆地层呈大角度不整合接触, 所以其原型盆地沉积范围要大于现今的残余地层区域, 估计应与现今盆地范围相当。早第三纪又经历了一个更稳定的时期, 接受了一套细粒的稳定沉积物, 沉积范围亦与现今盆地相当。

燕山运动是广泛发育于我国全境的重要构造运动。在准噶尔盆地中, 涉及到侏罗纪、白垩纪区域性构造的运动有 3 次: ①中侏罗统头屯河组与下伏西山窑组之间的不整合; ②白垩系底界与侏罗系之间的区域性不整合, 上侏罗统在西北缘基本缺失; ③以下第三系与白垩系的不整合为代表, 在盆地东部地震资料上可清晰地看到下第三系与下伏地层反射波的相交现象。

2 断裂分布与活动

准噶尔盆地西北缘可划分为西北缘断阶带、中拐凸起、玛湖凹陷西斜坡和昌吉凹陷西斜坡等几个次级构造单元。西北缘冲断带又可进一步划分为西南的红山嘴-车排子断裂带、中部的克拉玛依-乌尔禾断裂带和东北部的乌尔禾-夏子街断裂带。它们首尾衔接, 向盆内凸出而成弧形断裂, 3

个弧形断裂带,即3个舌形推覆体,彼此之间的衔接部位常常发育横向断裂,并具有以下特征。

(1) 层间滑脱显著,东段推覆距离大(图1)。以各层系底界计算水平位移,侏罗纪为0.08~0.32 km;三叠纪为0.4~1.4 km;二叠纪为3~7.5 km;中、晚石炭世为8~16 km,最大超过20 km^[2]。从二叠系及中、上石炭统底界计算的断距来看,水平断距明显大于垂直断距,如夏红北断裂二叠系底界水平断距为5.4 km,垂直断距只有2.4 km;乌兰林格断裂二叠系底界水平断距为7.4 km,垂直断距仅1.2 km;白碱滩断裂中、上石炭统底界水平断距16 km,垂直断距为4.2 km。表明同一条断裂上部地层断距小,下部地层断距大,位移向上的传递或由于剥蚀作用而减小或由于褶皱作用所吸收;同时,石炭—二叠系断距大,因此说,克拉玛依这一同生逆掩断裂带主要为石炭—二叠纪时期形成的古推覆构造^[3]。

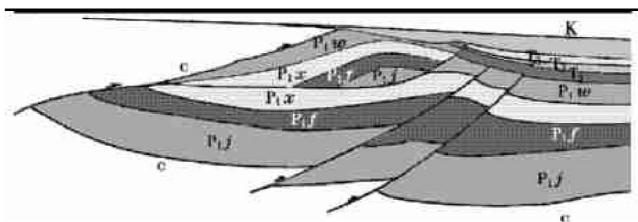


图1 准噶尔盆地西北缘乌—夏断裂带剖面图

Fig. 1 Profile of Urkar-Xiazijie fracture zone on the northwestern edge of Junggar basin

(2) 断裂活动北强南弱、北压南扭。研究证明东北段的乌—夏断裂带具有明显的推覆性质,产生了3排与断裂带平行的褶皱构造;而中段的克拉玛依—

依—乌尔禾断裂带与西南段的红山嘴—车排子断裂带,推覆规模相应变小,三叠纪—中侏罗世以扭动为主,发育压扭性的同生断裂,仅在主断裂两端弧状撒开处,发育小型褶皱,在下盘发育一些短轴的鼻状构造。

(3) 横切断裂发育。在北东向长条断块的背景下,发育了一些北东东向断裂。该组断裂将西北缘冲断带切割成许多矩形小断块且使某些北东向断裂产生形变。而玛里雅、红山嘴、大侏罗沟、白杨河—黄羊泉、红旗坝等北西西断裂规模比北东向断裂小,活动时期也较晚。

(4) 断裂多属同生断裂。西北缘逆掩断裂普遍具有同生活动性质,对扇体的形成有明显的控制作用,由于冲断作用持续发生,上、下盘地形相差悬殊,自冲断席上剥蚀下来的碎屑物堆积于断崖根部而形成各类扇体(包括冲积扇、扇三角洲和下水扇等),阶梯式逆冲断裂则形成多级扇体。

3 同生断裂活动与扇体发育

长期以来地质工作者始终把沉积作用和构造作用的关系作为盆地分析的核心,这些研究主要集中在伸展背景的张性(张剪性)盆地及挤压背景的压性(前陆盆地)盆地中,已逐渐形成当前地质学研究的热点^[4~10]。

准噶尔盆地西北缘广泛发育了二叠纪—侏罗纪冲积扇、水下扇、扇三角洲等砾质粗碎屑沉积。其成因和分布与同期的断裂活动有着密切的关系,它们在平面上呈扇形或近似扇形(图2)、剖面上是楔形或近似楔状体,伴随着冲断活动,形成一

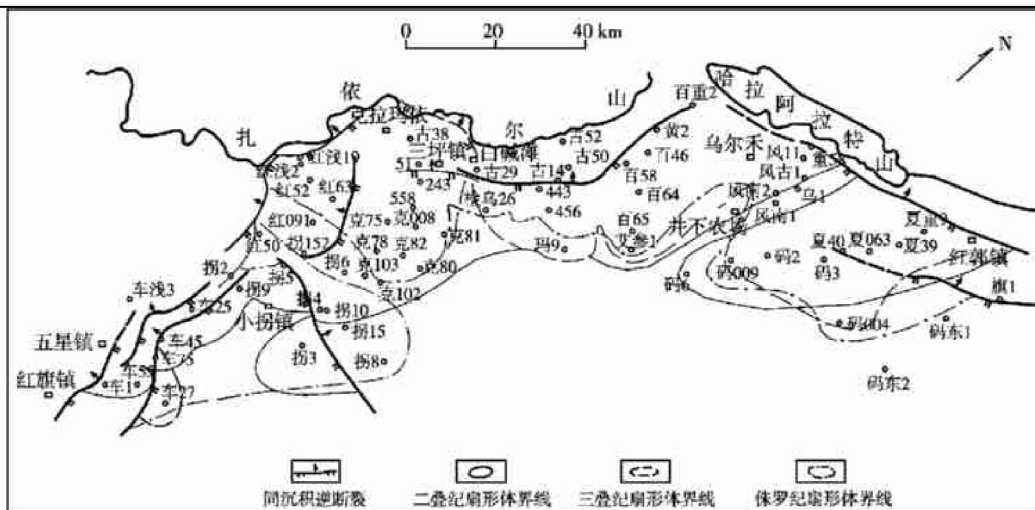


图2 西北缘二叠纪—侏罗纪同沉积断裂及扇体分布图

Fig. 2 Distribution of Permian-Jurassic fans and synsedimentary faults on the northwestern edge of Junggar Basin

系列垂向叠置的沉积序列,反映了幕式构造旋回。

3.1 二叠纪

二叠纪断层活动性指数表明,佳木河期(P_{1j})红山嘴-车排子、克拉玛依-乌尔禾、乌尔禾-夏子街构造带的同生断层活动性指数分别为1.143~4.571, 1.034~1.45, 1.091~1.429。在早二叠风

成城期、中晚二叠乌尔禾期及中二叠夏子街期,由红山嘴-车排子、克拉玛依-乌尔禾到乌尔禾-夏子街断裂带,同生断层活动指数略呈增加趋势,反映其同生断层活动性趋于增强(图3)。

二叠系扇体受到同生断层的控制,在各个岩组中均有发育,以在佳木河组 and 上乌尔禾组中最

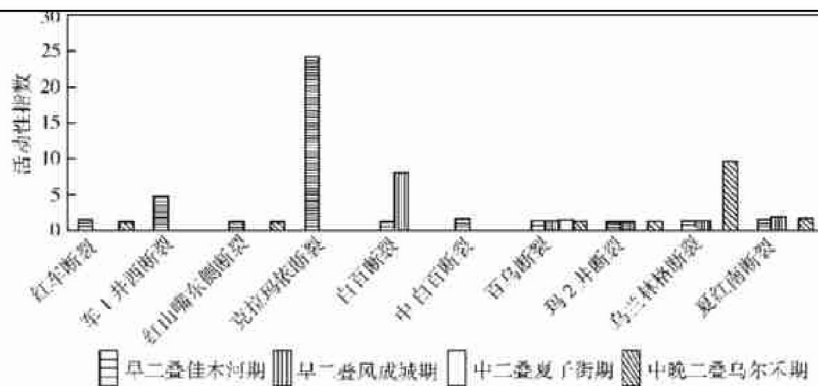


图3 西北缘二叠纪同沉积断裂活动性指数分布直方图

Fig.3 Histogram showing activity indexes of Permian synsedimentary faults on the northwestern edge of Junggar Basin

为发育,扇体分布区域较广,表明佳木河期和晚乌尔禾期西北缘冲断活动波及范围广、强度大;晚乌尔禾期扇体规模最大,扇体主要分布于车排子、中拐、克拉玛依、百口泉、夏子街地区的盆地边缘,受控于拐前断裂、红3井东断裂、白百断裂及乌兰北断裂。风成城期扇体分布范围及规模均最小,主要发育于五区南及百口泉地区。早乌尔禾期扇体主要分布于五八区-白碱滩-夏子街地区,受克拉玛依-乌尔禾-夏子街断裂的控制。总体来讲,在五区南克80井区、百口泉、百64井区、夏子街地区扇体最为发育,共有4期,表明该区构造活动性最强,延续时间最长。

从早二叠世佳木河期至晚二叠世乌尔禾期,西北缘二叠纪的扇体逐渐由盆缘向盆地推进,扇体面积总体不断扩大,并表现出明显的迁移性。从平面分布和叠置关系看,车拐地区扇体叠置程度相对较差,由早二叠世佳木河期至晚二叠世乌尔禾期,扇体分布略向盆缘收缩、后退;而克拉玛依-夏子街地区二叠纪扇体叠置程度较高,具明显的由盆缘至盆内迁移、扩展推进的特点。

3.2 三叠纪

从三叠纪早期到晚期,红山嘴-车排子、克拉玛依-乌尔禾、乌尔禾-夏子街构造带的同生断裂活动性均呈减弱趋势,但活动强度略呈增加趋势。

在中三叠世早期、晚期及晚三叠世,克拉玛依-乌尔禾断裂带的同生断裂活动指数较大,说明其冲断推覆活动强于红山嘴-车排子、乌尔禾-夏子街断裂带(图4)。

三叠纪各构造带的同沉积冲断构造活动性有显著差异,导致不同构造带沉积扇体的发育明显不同。夏子街地区(乌尔禾-夏子街断裂带)的冲断推覆活动最强烈,活动延续时间最长,形成的扇体规模较大,但断裂活动在局部地区具有明显的波动性;其次为红山嘴及克拉玛依-乌尔禾断裂带,波动性的冲断推覆作用也较明显;红山嘴-车排子构造带的车拐地区扇体不发育,仅在晚三叠世白碱滩期发育有小扇体;红山嘴地区扇体发育于早三叠世百口泉期至晚三叠世白碱滩期,扇体的总体迁移特征是由盆地内部向盆地边缘方向退覆式迁移,该时期扇体的面积和规模最大,而晚三叠世白碱滩期强烈退缩至临近扎依尔山根。克拉玛依-乌尔禾构造带中南段克拉玛依-十区,扇体的叠置、迁移特点与红山嘴地区基本相同;中北段百口泉-乌尔禾地区,晚三叠世白碱滩期未有扇体发育,由早三叠世百口泉至中三叠世晚克拉玛依期扇体的叠置程度最好,并逐渐由盆内至盆缘收缩。乌尔禾-夏子街构造带情况较为复杂,由早三叠世百口泉至晚三叠世白碱滩期扇体叠置程度较高。

其迁移特点是:早三叠世百口泉至中三叠世克拉玛依早期扇体退缩,中三叠世克拉玛依晚期推进且范围超越覆盖了早三叠世百口泉期扇体,至晚三叠世白碱滩期再次退缩,但退缩范围较中三叠世早克拉玛依期为小。

综上所述,三叠纪扇体具有总体退覆式叠置迁移特点,反映了西北缘冲断构造活动逐渐减弱

的趋势,但这种逆冲推覆构造活动强度在局部有所波动。

3.3 侏罗纪

在侏罗纪,红山嘴-车排子、克拉玛依-乌尔禾、乌尔禾-夏子街三大构造带同沉积断裂的发育时间有所差别:红山嘴-车排子断裂带的活动时间主要为早侏罗世八道湾期、中侏罗世头屯河期;克

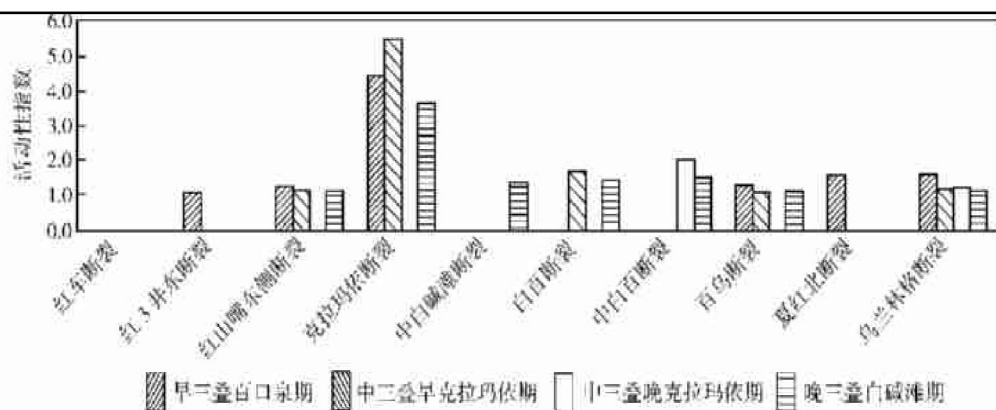


图4 西北缘三叠纪同沉积断裂活动性指数分布直方图

Fig.4 Histogram showing activity indexes of Triassic synsedimentary faults on the northwestern edge of Junggar Basin

拉玛依-乌尔禾断裂带的活动时间主要为早侏罗世八道湾期、早侏罗世三工河期、中侏罗世头屯河期;乌尔禾-夏子街断裂带则主要在早侏罗世八道湾期-中侏罗世西山窑期发生逆冲推覆作用,西山窑期之后乌尔禾-夏子街断裂带趋于平静。因此,侏罗纪各期扇体分布较为零乱,叠置关系较差,由早侏罗世八道湾期至中侏罗世头屯河期,各期扇体均表现为由盆内至老山物源区退缩迁移。于各构造带的断裂活动强度差异性不大,扇体分布较为稀散。总的说来,早侏罗世八道湾期断裂活动性较强,形成时期较早,因此扇体规模较大,构成主要的储集岩体^[11~12];早侏罗世八道湾期期之后断裂活动性急剧减小,因而扇体规模较小。

4 时空演化

在红山嘴-车排子、克拉玛依-乌尔禾、乌尔禾-夏子街断裂带中,二叠系至侏罗系的扇体的迁移特征和叠置关系存在差异。红山嘴-车排子断裂带的车拐地区,虽然断裂活动迁移不明显,但其活动强度逐渐增大,因而,扇体规模变大、扇体边

界向盆地中心扩大。红山嘴地区和克拉玛依-乌尔禾扇体叠置程度很高,扇体规模渐小,由于主要控扇断裂由盆地至老山方向迁移,扇体也由盆内至盆缘方向退缩迁移。克拉玛依-乌尔禾地区,虽然总体上扇体的规模是变小的,扇体边界向盆地边缘方向退缩,但二叠纪-中三叠世断裂活动向盆地内部方向迁移,即:早期(早二叠世佳木河期-中二叠世夏子街期)断裂和扇体在断阶带较发育;晚期(中晚二叠世乌尔禾期-中三叠世克拉玛依期)由于断裂向盆地内部方向迁移,使扇体广泛分布于斜坡区,也就是说扇体呈前展式叠置分布。

二叠纪-侏罗纪扇体规模逐渐变小,说明此时期构造活动逐渐减弱(图5),扇体沿断裂带在走向上发育规模也有明显差异,反映了断裂活动的分段性;而扇体沿冲断方向的迁移特征显示前陆冲断带断裂活动的复杂性。断裂活动控制了扇体的分布规律。即在断裂持续活动的地区,扇体叠置程度高,特别是各期扇体的根部无迁移现象;在断裂推进活动的地区,扇体呈前展式分布;而在断裂后退活动的地区,扇体呈退覆式分布。

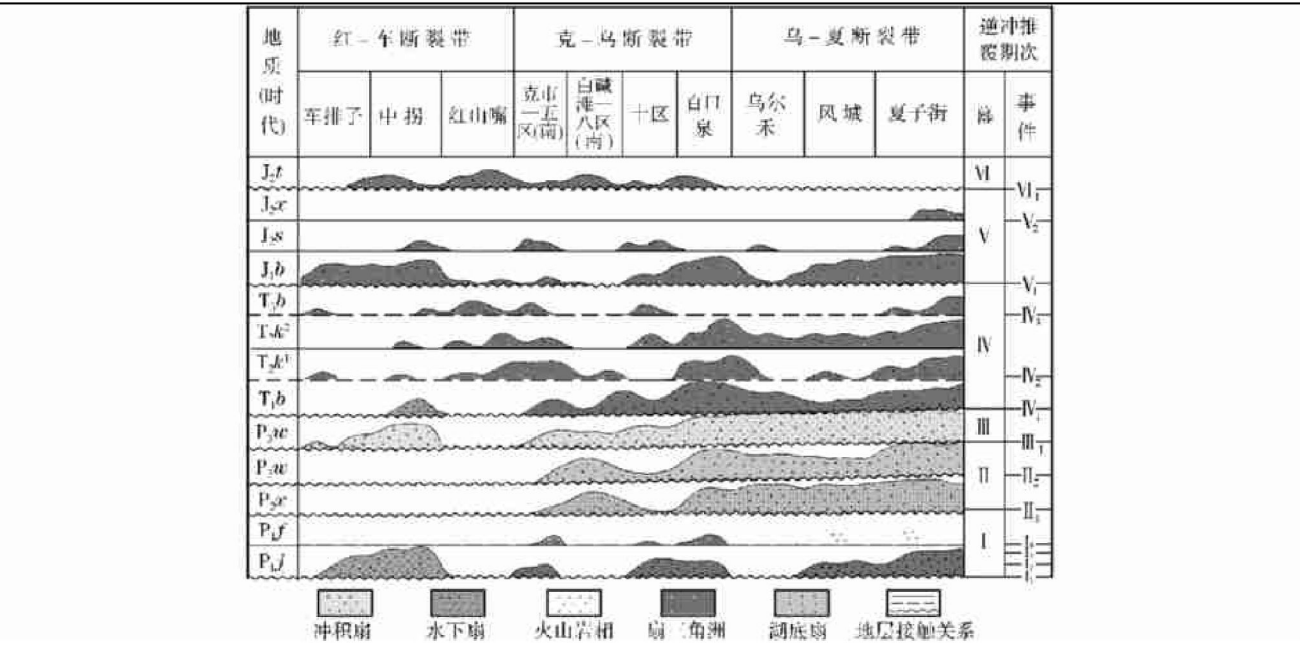


图 5 准噶尔盆地西北缘扇体发育程度对比图

Fig. 5 Comparison diagram of fan extents on the northwestern edge of Junggar Basin

J_{2t}—中侏罗头屯河期; J_{2x}—早侏罗西山窑期; J_{1b}—早侏罗八道湾期; T_{3b}—晚三叠白碱滩期; T_{2k²}—中三叠晚克拉玛依期; T_{2k¹}—中三叠早克拉玛依期; T_{1b}—早三叠白口泉期; P_{3x}—中晚二叠乌尔禾期; P_{2x}—中二叠夏子街期; P_{1f}—早二叠风城期; P_{1j}—早二叠佳木河期

参 考 文 献

1 李嵘. 准噶尔盆地西北缘二叠系储层特征及分类[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 78~ 81
Li Rong. Characteristics and classification of Permian reservoirs in northwestern margin of Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(1): 78~ 81

2 谢宏, 赵白, 林隆栋, 等. 准噶尔盆地西北缘逆掩断裂区带的含油特点[J]. 新疆石油地质, 1984, 5(3): 15~ 27
Xie Hong, Zhao Bai, Lin Longdong, et al. Oil bearing thrust belt in west-north margin of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1984, 5(3): 15~ 27

3 尤姝妹. 准噶尔盆地西北缘推覆构造的研究[J]. 新疆石油地质, 1983, 4(1): 23~ 30
You Shumei. Structure study in west-north margin of Junggar basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1983, 4(1): 23~ 30

4 Arenas C, Millan H, Pardo G, et al. Ebro basin continental sedimentation associated with late compressional Pyrenean tectonic(northeastern Iberia): controls on basin margin fans and fluvial systems[J]. Basin Research, 2001, 13: 65~ 89

5 Li Youli, Yang Jingchun. Tectonic geomorphology in the Hexi Corridor, north-west China[J]. Basin Research, 1998, 10: 345~ 352

6 Hardy S. Minimum work, fault activity and the growth of critical wedges in fold and thrust belts[J]. Basin Research, 1998, 10: 365~ 373

7 Sinclair H D, Juranov S G, Byrne P, et al. The balkan thrust wedge and foreland basin of eastern Bulgaria: structural and stratigraphic development[J]. AAPG Memoir, 1997, 68: 91~ 114

8 李勇, 曾允浮. 龙门山逆冲推覆作用的地层标识[J]. 成都理工学院学报, 1995, 22(2): 1~ 9
Li Yong, Zeng Yunfu. Strata mark of overthrust nappe in Longmeng Mountain[J]. Journal of Chengdu College of Technology, 1995, 22(2): 1~ 9

9 Leckie D A. Regional setting evolution and depositional cycles of the western Canada foreland basin[J]. AAPG Memoir, 1992, 55: 9~ 45

10 Allen P A, Homewood P, Williams G D. Foreland basins: an introduction[A]. In: Allen P A, Homewood P. Foreland basins[C]. Pubs Int Ass Sediment, 1986, 8(Spec Pub): 3~ 12

11 张年富, 齐雪峰, 王英民, 等. 准噶尔盆地侏罗系层序底界上下砂体预测与有利区评价[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 145~ 149
Zhang Nianfu, Qi Xuefeng, Wang Yingmin, et al. Prediction of upper and down sandbodies in the bottom boundary of ④sequence of Jurassic in Junggar basin and evaluation of favourable areas[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(2): 145~ 149

12 胡宗全, 李明娟. 准噶尔盆地西北缘侏罗系层序模拟与沉积相演化特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 351~ 355
Hu Zongquan, Li Mingjuan. Sequence modelling and sedimentary facies evolution of Jurassic in northwestern edge of Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(4): 351~ 355