

文章编号:1009-3850(2013)02-0001-09

准噶尔乌夏前陆冲断带二叠系层序地层划分及时空演化

李山生¹, 冯建伟², 葛玉荣³, 杨俊生²

(1. 胜利油田测井公司, 山东 东营 257061; 2. 中国石油大学(华东), 山东 青岛 266580; 3. 中石油测井有限公司, 新疆 哈密 839000)

摘要:造山带地区构造运动复杂、沉积体系多变,其层序地层划分往往被视为禁区。准噶尔盆地西北缘乌夏前陆冲断带早二叠世发育了一套由火山-火山碎屑岩和正常碎屑岩互层的沉积组合,中晚二叠世主要发育了冲积扇相、扇三角洲相和湖泊相沉积,给层序地层学的研究带来很大难题。对前陆冲断带层序地层划分不能套用稳定地区的模式。本文通过地震、钻测井资料识别各类不整合面,并依据火山喷发方式、火山旋回、沉积旋回分析技术,在经典层序地层学基础上按照不同对比原则,进行层序界面的识别和划分,建立了研究区前陆冲断带地区的层序时空演化模式。结果表明:研究区二叠系层序发育经历了强烈俯冲碰撞造山期-饥饿深水阶段、弱冲断夹短暂伸展火山期-复理石阶段、强烈冲断复活期-磨拉石阶段和冲断活动鼎盛期-水下粗粒沉积阶段(PSS4发育期)。

关键词:乌夏前陆冲断带;二叠系;层序地层;时空演化

中图分类号:P512.2

文献标识码:A

前言

自1988年层序地层学诞生以来,我国学者迅速开展了广泛的研究,结合我国陆相盆地的特点,在陆相层序地层学理论上取得了许多重大进展,在与油气勘探相结合方面也取得了一些重要成果。在海相盆地中不但应用在稳定区和浅水区,而且也用在深水区,甚至包括造山带的残余盆地(张海清等,1997),浅水区和深水区的层序地层学理论及实践体系已基本完善和成熟,而造山带和前陆冲断带地区的层序地层仍涉足甚少,国内往往视为禁区^[1],极少有人涉足。这是因为:其一,前陆冲断带地区构造活动频繁,地层改造强烈,往往残缺不全;其二,海平面或湖平面升降不定,多表现为跳跃式,且控制因素不同于克拉通盆地;其三,地层充填多为火山岩、火山碎屑岩、碎屑岩组成的混积地层,相互

穿插,相变大,因而在造山带或前陆冲断带地区进行层序地层学研究远比克拉通地区复杂得多。

乌夏前陆冲断带位于准噶尔盆地西北缘东北部,处于哈拉阿拉特山前,全长80km,宽度约为16km,是一个受多期构造叠加影响的前陆冲断带,平面上呈弧状,是剖析西准噶尔地区盆山耦合关系、沉积体系发育的关键地段(图1)。研究表明乌夏前陆冲断带在海西运动中期末即已开始挤压推覆,经晚海西、印支、燕山运动继承发育,在燕山运动III幕晚期最终被覆盖定型。构造特征复杂,经历了完整的二叠纪前陆盆地、三叠纪-侏罗纪陆内拗陷等不同发育旋回阶段,并形成了众多走向不同却又彼此相互切割叠加的逆冲断裂,影响着地层的沉积与剥蚀,控制着湖平面的升降以及断裂带的形成、演化。乌夏前陆冲断带基底由古老结晶岩系和早、中古生代褶皱系组成,具有明显的“双层褶皱基

收稿日期:2012-11-22; 改回日期:2012-12-05

作者简介:李山生(1963-)男,高级工程师,主要从事测井地质学研究。E-mail:linqu-fengjw@126.com

基金项目:国家科技重大专项:2008ZX05001

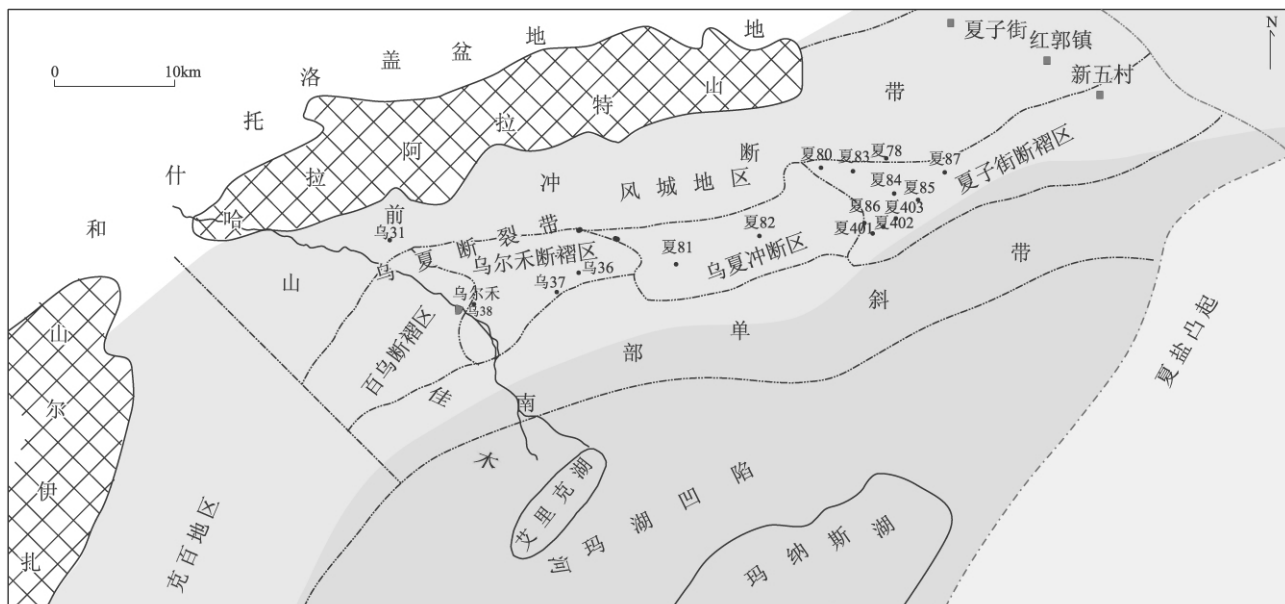


Fig. 1 Tectonic division of the Wuxia foreland thrust zone

(图 2)。界面上下无论是二叠系还是三叠系都发生了一定程度的变形,主要表现为倾斜和褶皱,且 TSB1 与下伏二叠系呈明显的削截关系,这一点无论是在断裂带还是在斜坡区都表现得非常明显,而且越靠近背斜的核部,削截的角度越大。也就是说二叠纪和三叠纪之间存在明显的沉积间断,存在明显的不整合,其规模从断裂带到斜坡区甚至延伸至盆地中心。这样的特征完全符合 Embry 关于一级层序界面的描述。

1 二叠系层序界面识别

二级层序界面 PSB1 即二叠系底界,也是一级层序界面。在乌夏前陆冲断带的断裂带上并不易识别,这就造成了 PSB1 界面的识别主要依赖于地震资料。但准噶尔盆地二叠纪以来经历了多期构造运动,使乌夏前陆冲断带尤其是乌夏断裂带的二叠系发生断裂、变形、剥蚀,地层沉积时的原貌遭受很大的破坏。二叠系佳木河组是一套火山岩、火山碎屑岩与陆源碎屑岩互层的沉积组合,其属于史密斯地层,区域性的构造不整合控制着地层的发育。另外,乌夏前陆冲断带二叠系底界埋藏深,尤其在斜坡地区埋深多在 6000m 以上,从而造成了 PSB1 界面不易识别。因此,只能采取局部地震相差异进行区分。具体来说,佳木河组的火山岩、火山碎屑岩与陆源碎屑岩沉积主要表现为中-强振幅、中-差连续性的杂乱或楔状沉积,而下伏石炭系主要为中-弱振幅、差连续杂乱反射。这一地震相差别在构造破坏相对较弱的斜坡区表现得尤为明显(图 2)。

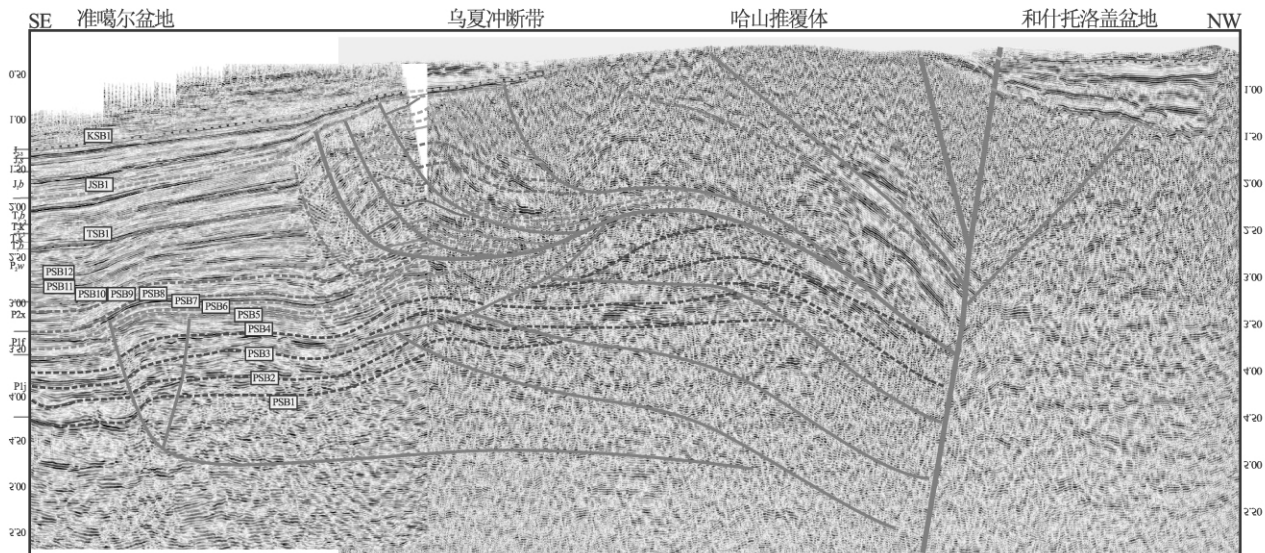


图2 夏子街地区断裂带-斜坡带上一、二级层序界面识别特征(NW-SE向剖面)

Fig. 2 Recognition of the first- and second-order sequence boundaries in a slope zone in the Wuxia foreland thrust zone

二级层序界面 PSB5 (风城组底界) 是二叠系风城组与佳木河组之间的分界面。二者在断裂带上盘呈断层接触关系,在断裂带下盘的斜坡区此界面上下的地层是正常的沉积接触关系。在工区内有部分钻井钻遇这样的沉积接触界面(图3),可以看出,PSB5 之上的风城组沉积了一套厚约 250m 的白云质岩类,电阻率曲线有明显的高阻特征,在这高阻段的底部出现了低的尖峰,各井间的对比性较好。在地震剖面上,该界面相对容易识别,首先,风城组在断裂带下盘的地震剖面上表现为中-强振幅、中-好连续、席状相或席状披盖相,而下伏的佳木河组的地震反射连续性要较上覆风城组差得多,反射外形上佳木河组也常以楔状为主。其次,PSB5 界面对下伏地层存在着较为明显的削截现象,图4中便可看到 PSB5 之下存在着4个削截点。当然这种明显的削截现象往往在断裂活动相对较弱的地区能看得清楚,在断裂带上盘,则因断裂发育而破坏了界面上下地层原始的沉积接触关系而难以观察到这样的削截点。再者,断裂带下盘二叠系发生弯曲形成了褶皱,褶皱的变形程度是由老地层向新地层逐渐变弱的,也就是说,越向下越老的地层变形弯曲的程度越大,PSB5 界面是区分这种变形强弱的一个较为明显的分界线。这种变形强度向上变弱的现象可以用构造活动的多期性加以解释。即佳木河组沉积之后,地层受挤压力作用变曲变形,并抬升至地表发生剥蚀,形成了不整合面 PSB5,可以说明 PSB5 形成于一次区域性的构造活动,是一个二级层序界面。

二级层序界面 PSB8 (夏子街组底界) 是夏子街组与风城组之间的分界面。在乌夏前陆冲断带有较多的钻井揭示此界面,从过乌40-乌27-风南3井连井剖面(图3)上可以看到,PSB8 界面上下地层在岩性电性上存在着明显的差异,界面之下以高阻为特征,且电阻率变化大,呈明显的锯齿状,界面之下的声波时差曲线表现为明显的低值(乌27井,风南3井),GR 曲线在风城组中也较夏子街组明显增高,乌40井明显高于界面之上夏子街组的基线,乌27井也出现几个明显的尖峰。这主要是由于该界面之上为夏子街组的泥岩、砂岩、砂砾岩组合,界面之下为风城组的白云质岩、泥岩组合造成的。

从地震剖面上看,该界面上下的沉积特征造成的地震相特征差别较大。夏子街组以冲积扇和扇三角洲沉积为主,沉积物为砂砾岩与泥岩互层,沉积物的成分与厚度稳定性较差;而风城组以湖相沉积为主,沉积物多为泥岩、夹火山碎屑岩,这些细粒组分沉积厚度、沉积物类型相对稳定,从而造成了二者在地震反射特征上的差别(图4)。从乌尔禾地区得地震反射特征来看,PSB8 界面呈连续性很好的强反射,这一反射在工区西部的乌尔禾-风城地区比较稳定,虽然在斜坡区的地震剖面上看不到 PSB8 附近的上超与削截,但是该界面上下的地震相却存在明显的差别。界面之下的风城组呈弱振幅、差连续、空白反射,反映了沉积物为相对稳定的细粒组分。而界面之上的夏子街组则为中-弱振幅、中-差连续席状相,与夏子街组以砂砾岩-泥岩夹层为特征的扇三角洲沉积物一致。从中部风城地区地震反

射特征来看,PSB8 及其下风城组的反射特征与乌尔禾地区相比有较大的变化(图 4),PSB8 不再是连续

的强轴,其下的风城组也不再是一段空白反射。

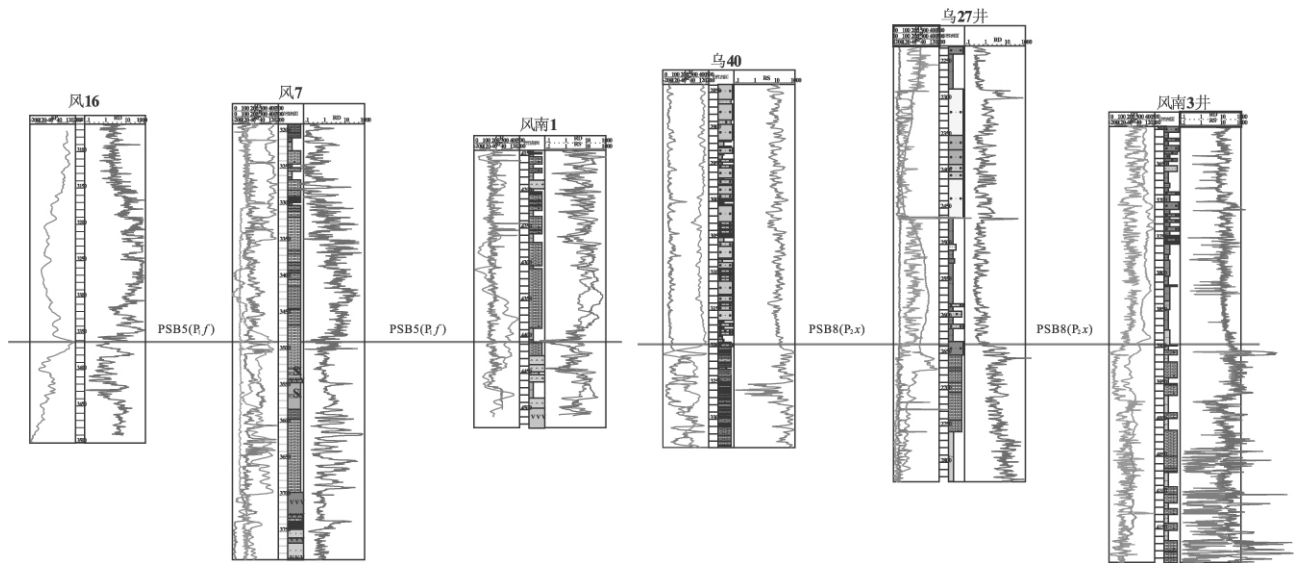
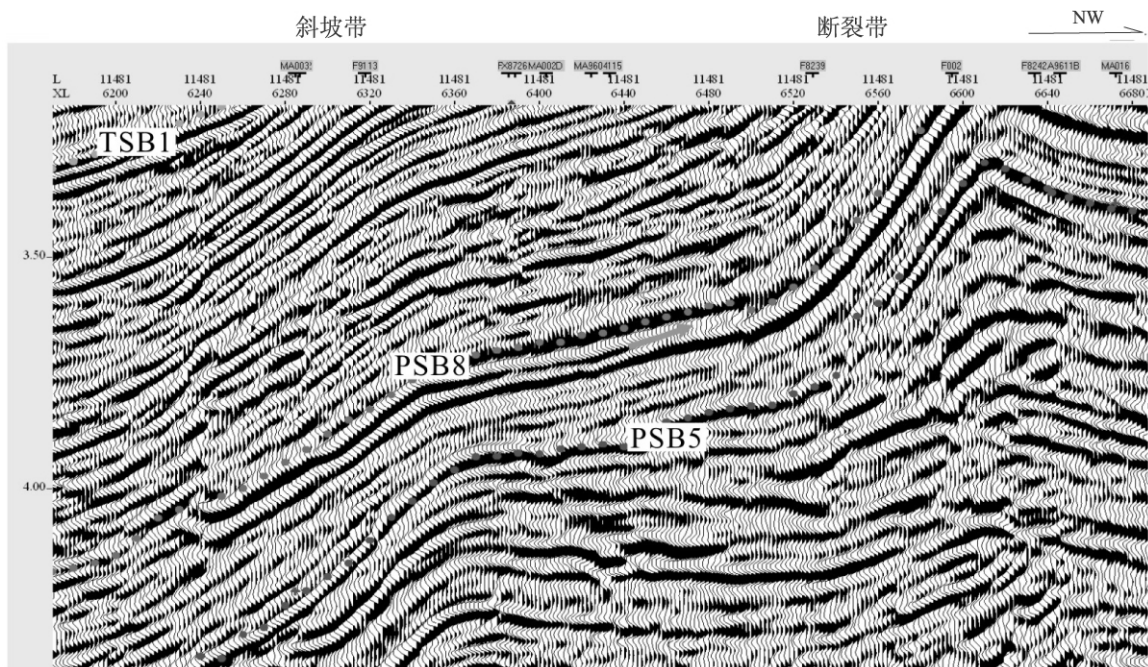


图3 二级层序界面 PSB5、PSB8 的钻井识别特征

Fig. 3 Recognition of the second-order sequence boundaries PSB5 and PSB8 in the Wuxia foreland thrust zone



注意: 界面PSB8之下有两个连续性好的强反射轴, 其中上部的强反射在XL6470附近削载尖灭, 再向下为弱振幅空白反射。其上的夏子街组为中-弱振幅、中-差连续的席状披盖相。该剖面为乌夏连片三维L11481的二级层序地层划分与对比剖面

图4 乌尔禾-风城地区二级层序界面 PSB8 的识别特征(NW-SE 向剖面)

Fig. 4 Recognition of the second-order sequence boundary PSB8 in the Urho-Fengcheng zone

2 二叠系层序特征

根据以上分析,二叠纪是准噶尔盆地的前陆盆地发育阶段,看做一个一级层序,本次研究中将这个一级层序划分为4个二级层序和12个三级层序(表1)。应用Vail的层序地层学理论,认为各级层序的发育主要受构造作用控制^[5]。何登发等人对西北缘二叠系前陆冲断带同生断裂的冲断活动强度进行了量化统计分析,据二叠纪冲断推覆事件的地层、沉积标识,识别出3个逆冲推覆幕、7个逆

冲推覆事件,划分出 P_{1j} - P_{1f} 、 P_{2x} - P_{2w} 、 P_{3w} 3套构造层序^[6]。这3套构造层序分别与相应的二级层序对应,并发现在第一个逆冲推覆幕 P_{1j} - P_{1f} 中,佳木河组(P_{1j})与风城组(P_{1f})的地层展布样式发生了较大的差异,可以认为它们形成的构造背景发生了较大的变化,故此将第一套构造层序划分为两个二级层序(表1)。

另外,由于乌夏前陆冲断带上乌尔禾组不发育的特点,在乌夏前陆冲断带实际上存在着3个二级层序,分别是PSSQ1、PSSQ2和PSSQ3。

表1 乌夏前陆冲断带二叠系层序地层划分
Table 1 Sequence stratigraphic division of the Permian strata in the Wuxia foreland thrust zone

界	系	统	地 层	段 (亚组)	层序界面			构造 演化	古 气候			沉积环境
			组		一级	二级	三级		干旱	半干旱	湿润	
中生界	三叠系	下统	百口泉组					陆内拗陷阶段				
			上乌尔禾组			PSS4	PSQ12					水下扇为主
		中统	下乌尔禾组			PSS3	PSQ11					水下扇沉积相
							PSQ10					
			夏子街组				PSQ9					扇三角洲湖泊相
		下统	风城组			PSS2	PSQ8					
							PSQ7					滨海浅湖相
							PSQ6					
			佳木河组	上亚组		PSS1	PSQ5					
				中亚组			PSQ4					火山溢流相
				下亚组			PSQ3					
							PSQ2					
			泰勒古拉组				PSQ1					火山岩相

二叠系由盆地边缘向盆地内部变薄,完全符合前陆盆地的地层展布特征,地层由前渊到中隆方向变薄的楔状展布特征非常明显(图5)。二叠系底部的层序PSSQ1相当于佳木河组,由一套火山岩、火山碎屑岩、正常碎屑岩组成,属于混杂堆积的史密斯地层^{[7][8]},可以根据不整合面和岩层层面对含火山岩系的地层进行层序地层划分和对比,从而结合地震相的差异分为3个地震相单元,即3个三级层序单元,分别与3个亚组相当(图5)3个三级层序向盆地内部减薄直至尖灭。

二级层序PSSQ2相当于下二叠统风城组。它与上覆夏子街组也呈不整合接触。另外在地震剖面上风城组常因其强反射-好连续性的特点容易与

上、下地层区分开,而内部的各层序在地震剖面上基本上是整合接触关系。在钻井剖面上夏40井和夏72井揭示了夏子街地区风城组的厚度为340~350m左右,其岩性以凝灰岩和白云质凝灰岩为主(图6)。在过夏40井的地震剖面上可以看到这段厚约300m的凝灰岩与约100ms的空白反射对应,顶底为强反射界面。风南地区的风南1井和风南2井也揭示了风城组,该区风城组下部以泥质白云岩为主,中部为泥质白云岩夹白云质泥岩,上部以砂质泥岩和白云质泥岩为主,泥质白云岩以夹层状产出,含量较下部明显降低。按照上面的岩相变化特征将风城组划分为3个三级层序,层序界面一般位于厚层白云质泥岩或砂质泥岩底界,这种高泥质低

白云质的岩相组合一般是低湖平面期的沉积产物。可见,风城组沉积时经历了构造抬升到构造沉降再到抬升的构造演化过程,这一过程导致了水体上升-下降的湖平面变化旋回,从而控制了3个三级层序的发育。

PSSQ1与PSSQ2层序的最大区别之一是在地层展布样式上。前者自盆地边缘向盆地内部明显

变薄,呈典型的前陆盆地的楔状特征,尤其是下部的3个层序PSQ1-PSQ3的地层厚度变化更为明显,后者与前者相比虽然地层厚度也向盆地方向减薄,但变化的幅度要小得多(图5)。上面的地层变化样式说明了风城组沉积时前陆盆地的发育有所减缓,隆起区的抬升速度与前渊区的沉降速度均有所减小,碎屑沉积物的供应速率也有所降低。

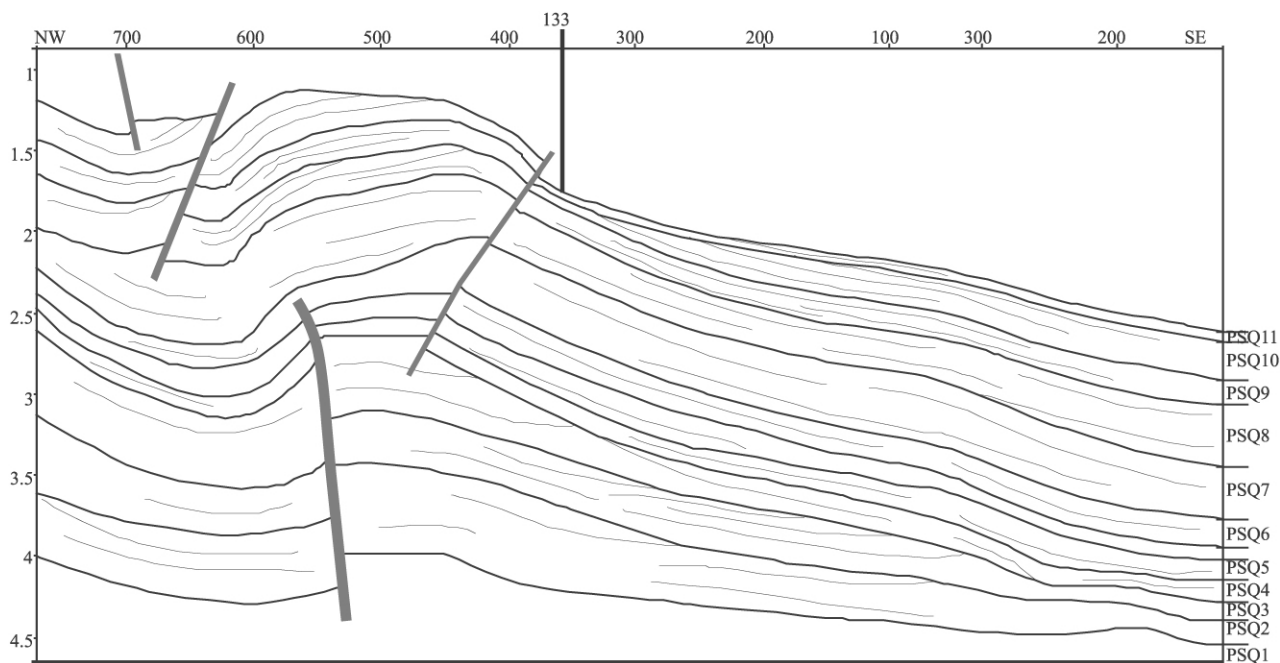


图5 乌夏冲断带二叠系层序划分及其展布样式

Fig. 5 Division and distribution of the Permian sequences in the Wuxia foreland thrust zone

二级层序PSSQ3包括中二叠统夏子街组和下乌尔禾组。其中夏子街组相当于一个三级层序(PSQ8),乌尔禾组则划分为3个三级层序(PSQ9-PSQ11)。PSQ8的厚度较大,风南1井和夏40井揭示了相对完整的夏子街组,厚度为600~700m左右,位于断裂带附近的风7井则揭示了大约1100m厚的夏子街组。从盆地演化的角度来考虑,该组沉积后的厚度最大地区应该位于当时的前缘位置,也就是现在的断裂带上盘,但因受后期构造运动的改造,断裂带上盘的夏子街组有大部分被剥蚀。这反映在岩相特征上是该套地层自上而下都是砂砾岩和泥岩的互层,泥岩的颜色有棕色、棕红色、灰绿色、浅灰色,总体上以氧化色为主,砂岩的颜色也有相似的特征,电测曲线上的旋回性也不明显。夏40井PSQ8介于3910~4520m之间。PSQ8的底部砂砾岩含量相对较高,而且杂色、棕褐色等反映氧化环境的色调相对较多。PSQ8中部泥质含量增加,砂岩粒度变细、以泥质砂岩和细砂岩为主,岩石颜色

也以灰色、棕灰色为主。PSQ8上部出现了厚约60m的砂砾岩沉积,岩石的颜色是以灰绿色为主(图6)。在地震剖面上它与下伏的风城组(PSSQ2)区分明显,与上覆下乌尔禾组(PSQ9-PSQ11)也是不整合接触,主要表现在下乌尔禾组底部的上超,很少见到夏子街组与下乌尔禾组接触面上的削蚀现象。上面的接触关系反映出从夏子街期到下乌尔禾期盆地主体部位发生的是快速沉降,而没有经过抬升改造。研究从地震资料出发,根据地震剖面上地震反射终止关系将下乌尔禾组划分为3个三级层序。这3个三级层序在钻井剖面上也有较好的对应关系,它们或反映湖平面的升降过程或反映沉积体的进积期次。如在乌夏前陆冲断带连井层序对比剖面上,夏72井和夏40井揭示了完整的下乌尔禾组,玛7井也钻遇了该组的上部层序PSQ11。仍以夏40井为例,下乌尔禾组下部为PSQ9层序,深度介于3370~3910m之间。与下伏、上覆地层相比,该套地层的泥岩含量增大、岩石颜色更趋于还原色,是以

绿灰色、棕灰色色调为主。通过该层序内部的岩相变化可区分为较为明显的 3 个单元,分别与 LST、TST 和 HST 相对应(图 10)。夏 40 井下乌尔禾组中部(PSQ10)砂岩砾岩含量增高,岩石颜色以灰绿和绿灰色调为主,内部可以划分出 3 个体系域,首次水进面(FFS)和最大水进面(MFS)分别位于 3245m 和 3170m。夏 40 井下乌尔禾组的上部(PSQ11)以杂色

砂砾岩为主,夹薄层泥质砂岩。上面关于夏 40 井下乌尔禾组 3 个层序的划分基本上体现了 3 期较大规模的沉积体进积过程,与 3 个三级层序相对应,也是该井构造活动逐渐增强的体现。各层序内部可以识别出更高一级的沉积旋回,分别与不同的体系域对应。其中,二级层序 PSSQ4(上乌尔禾组)在乌夏前陆冲断带不发育。

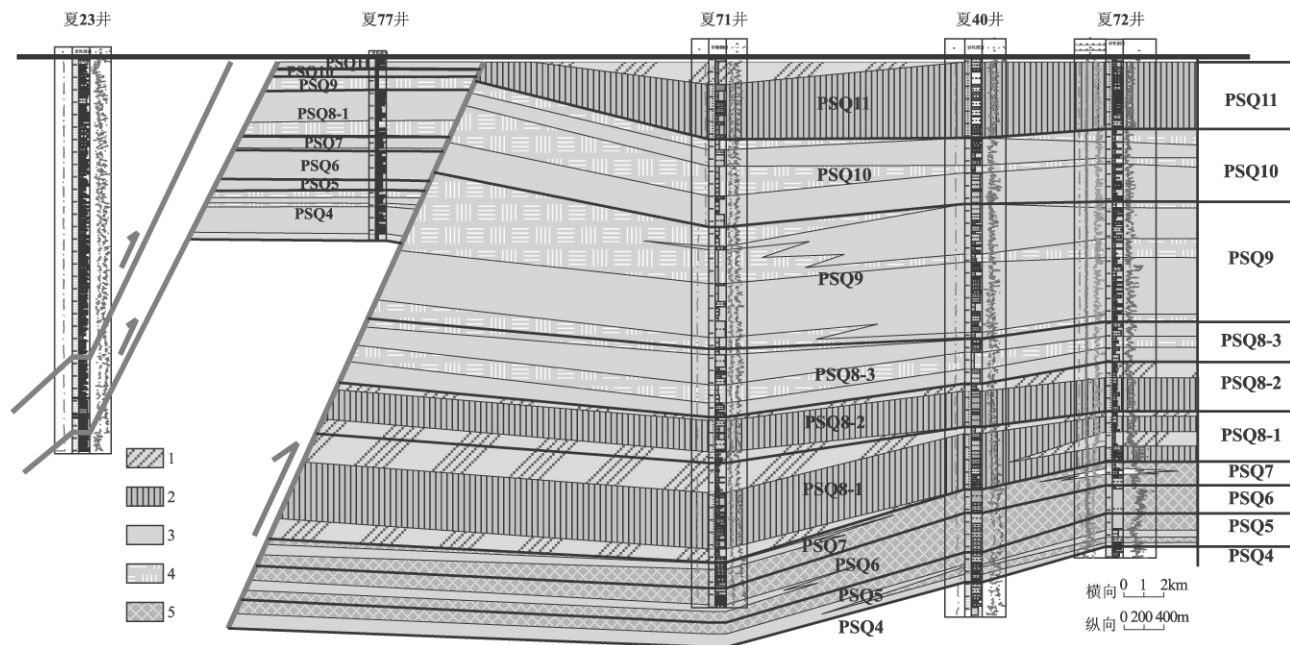


图 6 夏 23 井-夏 72 井二叠系沉积相连井剖面对比图

1. 冲积平原;2. 冲积扇扇中;3. 扇三角洲前缘;4. 滨浅湖;5. 半深湖-深湖

Fig. 6 Correlation of the Permian sedimentary facies in the well-tie sections across the Xia23-Xia72 well area

1 = alluvial plain; 2 = mid-fan; 3 = delta front; 4 = littoral-shallow lake; 5 = bathyal-abyssal lake

3 二叠纪层序时空演化

根据各级层序界面识别和层序格架划分,建立了以本区二级层序为单元的时空演化模式,反映了一个前陆盆地从产生、发育、壮大和消亡的全部过程^[7]。总体来看,受构造活动影响,乌夏地区二叠纪早期为典型的前陆盆地沉积特征,晚期逐渐向坳陷盆地过渡。同时由于火山活动和湖平面变化等多种因素的影响,使得乌夏前陆冲断带二叠系岩性复杂,层序展布控制因素多样化^[8],但总体来说,构造活动是控制二叠系层序和沉积特征的主要因素。

(1) 强烈俯冲碰撞造山期-饥饿深水阶段(PSS1 发育期):石炭纪末期-二叠纪初期,在准-哈被动大陆边缘上初始负荷为俯冲杂岩体或增生楔,洋壳的俯冲、地块的强烈碰撞均发生在海平面以下,所以泻入盆地的沉积物极少。这时期准噶尔盆地西北缘已褶皱成山,推覆体形成,同时伴随较广泛的火

山活动,南边玛湖地区稳定持续下沉,成为当时的沉降中心之一。PSS1 层序内正常沉积岩与火山-火山碎屑岩交替存在,扇三角洲及滨浅湖上由于断裂活动形成大量的火山喷发物质与正常碎屑沉积物交替发育。由于前陆盆地的特征,沉积中心位于造山带边缘,也是砂砾岩等粗碎屑物的主要沉积场所。火山活动与断裂活动息息相关,近火山口相主要分布在造山带附近以及乌夏地区断裂带周缘。PSQ1 和 PSQ2 发育时期火山活动最为强烈,火山溢流相广泛分布于夏子街断裂带以及山前断裂带,PSQ3 和 PSQ4 发育时期火山活动减弱,以正常碎屑岩夹火山岩沉积为主(图 7)。

(2) 弱冲断夹短暂伸展火山期-复理石阶段(PSS2 发育期):早二叠纪时期,随着初期强烈的冲断作用,促使地形上升到海平面之上,泻入盆地沉积增加,形成深海碎屑楔,发育复理石沉积。并与间歇喷发的中基性火山岩穿插分布,呈棱柱体状由

盆地中心向造山带方向加厚,扇体类型主要为扇三角洲沉积。其中 PSS2 发育期为半封闭海湾-咸化泻湖相沉积环境,主要由灰黑色、黑色泥岩,沉凝灰岩、白云质泥岩,硅化云化泥岩,泥质白云岩、凝灰质泥岩等组成,是研究区的主要生油层系。而且 PSS2 时期为二叠纪最大湖侵期,乌夏地区整体以深

湖、半深湖沉积为主,沉积中心开始向南迁移。早期在夏 72 井、夏 201 井、夏 202 和风南 1 井等处局部仍有火山作用活动。PSQ5 和 PSQ6 时期发育大段的凝灰岩、白云质凝灰岩,集中分布在近火山口相发育的乌尔禾断褶带和南部单斜带,为火山灰飘落沉积。

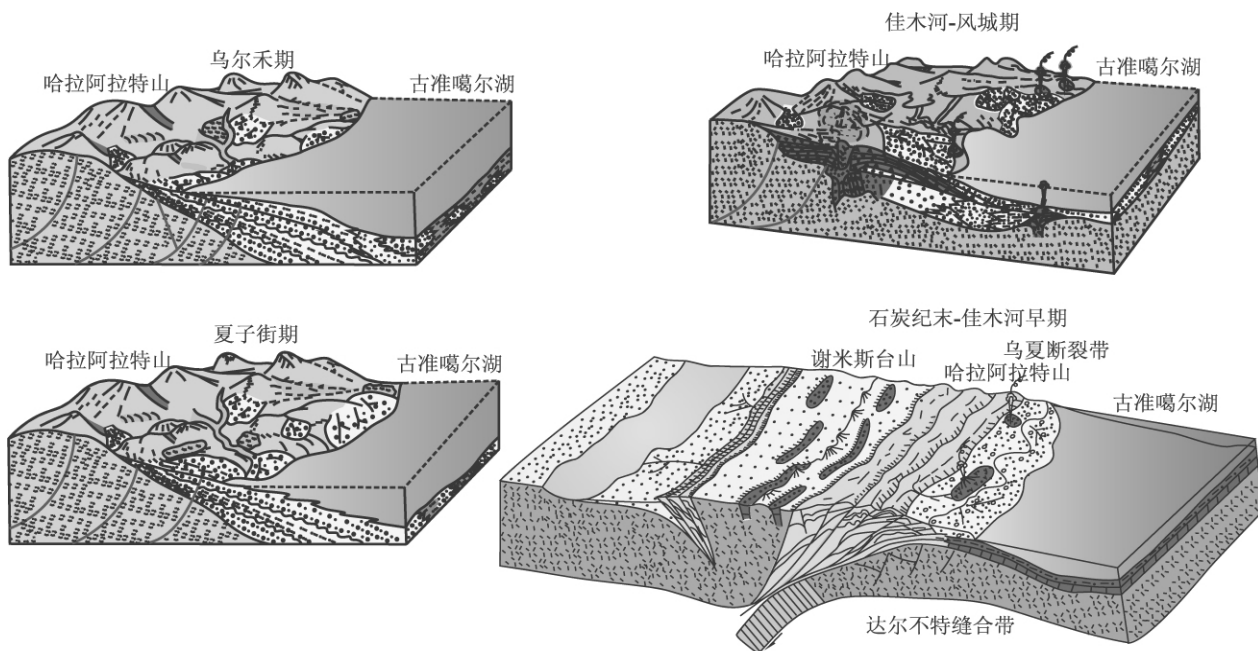


图 7 乌夏前陆冲断带层序发育演化模式

Fig. 7 Models showing the formation and evolution of the sequences in the Wuxia foreland thrust zone

(3) 强烈冲断复活期-磨拉石阶段 (PSS3 发育期): 中晚二叠纪, 准噶尔盆地西北缘再次开始了以强烈挤压推覆为主的发展时期。这一时期以强烈抬升作用为主, 断裂活动广泛, 火山活动减弱, 物源丰富, 近源高能搬运粗碎屑, 乌夏地区沉降中心继续向南迁移至玛湖凹陷, 发育磨拉石沉积和陆相碎屑楔, 形成向上变细的扇三角洲平原沉积层序, 具有沉积厚度大、以混杂结构为主和搬运侵蚀能力强等特点。这时期的扇体类型较全, 广泛发育冲积扇-扇三角洲-近岸水下扇-湖泊相沉积组合, 自下而上为基准面上升-下降-上升的旋回。

PSQ8 和 PSQ9-PSQ11 发育期分别经历了两次湖侵过程后, 构造活动也分别由强逐渐变弱, 这表明在前陆盆地的发育期受周缘冲断活动的间隙式或幕式活动影响。盆地的构造沉降也经历了由快变慢的周期性活动过程, 相反沉积充填表现为由粗变细的旋回沉积。这体现出前陆盆地周缘冲断的挠曲沉降响应与幕式活动特点。

(4) 冲断活动鼎盛期-水下粗粒沉积阶段 (PSS4 发育期): 由于乌夏地区 PSS4 层序的极度不发育状

况, 结合整个西北缘其它地区情况来看, PSS4 期是准噶尔盆地西北缘前陆冲断活动的最强时期。前陆冲断带的前锋基本达到其现今部位^[9], 经过 PSS1-PSS3 时期的调整, 幕式冲断活动在此时期达到最强烈活动阶段, 前陆盆地达到其最强盛时期。之后, 前陆冲断活动逐渐减弱, 并走向陆内拗陷发育阶段, 表现出了前陆盆地的完整发育历程^[10]。PSS4 期粗碎屑岩相沉积范围扩大, 包括冲积扇相、水下扇相、辫状河流相和湖泊相 4 种。其中水下扇相最为发育, 分布于中拐以东 (北) 及夏子街的大部分地区, 规模巨大, 构成扇裙。

总之, PSS4 沉积时期具有构造抬升→沉降的变化规律。同时, 由于根据 PSS4 层序与上覆地层呈区域性不整合接触, 说明 PSS4 发育末期发生了区域性构造抬升运动。因此上乌尔禾期完整的构造-层序发育表现为早期构造抬升→中晚期构造沉降→末期构造抬升的变化过程。

4 结论

(1) 乌夏前陆冲断带只发育 1 个一级层序界面-

三叠系底界面(TSB1),以及5个二级层序界面和13个三级层序界面。二叠系内划分出4个二级层序和12个三级层序。其中各级层序在地层展布样式上,都表现为自盆地边缘向盆地内部明显变薄,呈典型的前陆盆地的楔状特征,尤其是下部的3个层序PSQ1-PSQ3的地层厚度变化更为明显,中上部变化化的幅度要小得多。层序变化样式说明PSS2发育时前陆盆地的发育有所减缓,隆起区的抬升速度与前渊区的沉降速度均有所减小,碎屑沉积物的供应速率也有所降低。

(2)乌夏前陆冲断带经历了强烈俯冲碰撞造山期-饥饿深水阶段(PSS1发育期)、弱冲断夹短暂伸展火山期-复理石阶段(PSS2发育期)、强烈冲断复活期-磨拉石阶段(PSS3发育期)和冲断活动鼎盛期-水下粗粒沉积阶段(PSS4发育期),层序时空演化模式,很好地反映了一个前陆盆地从产生、发育、壮大直至消亡的全部过程,最终转变为陆内拗陷盆地阶段。总体来说,构造活动是控制二叠系层序和沉积特征的主要因素。

参考文献:

- [1] 蔡雄飞. 试论造山带层序地层的类型、特点和控制因素—以东昆仑三叠系为例[J]. 地层学杂志, 2006, 30(2): 132-133.
- [2] 李德武, 张艳会, 祝彦贺. 准噶尔盆地西北缘二叠系佳木河组层序发育演化特征[J]. 内蒙古石油化工, 2008, 14: 54-55.
- [3] 张朝军, 何登发, 吴晓智等. 准噶尔多旋回叠合盆地的形成与演化[J]. 中国石油勘探, 2006, 10(1): 47-58.
- [4] 张功成, 陈新发, 刘楼军等. 准噶尔盆地结构构造与油气田分布[J]. 石油学报, 1999, 20(1): 13-18.
- [5] VAN WAGONER, J. C., MITCHUM R. M. Siliciclastic Sequence Stratigraphy in wellLogs, Cores, and Outcrops [J]. AAPG Methods in Exploration Series, 1990, (7): 148-160.
- [6] 蔚远江, 何登发, 雷振宇等. 准噶尔盆地西北缘前陆冲断带二叠纪逆冲断裂活动的沉积响应[J]. 地质学报, 2004, 78(5): 612-619.
- [7] 杜远生, 张克信. 关于非史密斯地层学的几点认识[J]. 地层学杂志, 1999, 23(1): 78-81.
- [8] 赵玉光, 肖林萍. 西准噶尔前陆盆地二叠纪火山—沉积序列与盆地演化耦合[J]. 地质论评, 2000, 46(5): 530-535.
- [9] 何登发, 尹成, 杜社宽等. 前陆冲断带构造分段特征—以准噶尔盆地西北缘断裂构造带为例[J]. 地学前缘(中国地质大学, 北京), 2004, 11(3): 95-98.
- [10] 杨有星, 金振奎, 时晓章. 准噶尔盆地西北缘检188井区下侏罗统八道湾组沉积特征及主控因素分析[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 30(4): 86-91.

Sequence stratigraphic division and spatio-temporal evolution of the Permian strata in the Wuxia foreland thrust zone in the Junggar Basin

LI Shan-sheng¹, FENG Jian-wei², GE Yu-rong³, YANG Jun-sheng²

(1. Well Logging Co., Ltd., Shengli Oil Field Company, Dongying 257061, Shandong, China; 2. China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, Shandong, China; 3. Well Logging Co., Ltd., Petro-China, Hami 839000, Xinjiang, China)

Abstract: The Wuxia foreland thrust zone on the northwestern margin of the Junggar Basin is characterized by complicated tectonics, severe stratigraphic deformation and modification, incomplete and variable sedimentary systems, and frequent rising and lowering of sea-levels or lake levels, and has recorded the evolution from foreland basin through intracontinental depression to tectonic uplift since the late Hercynian orogeny. The Early Permian strata in the study area primarily consist of volcanic-volcaniclastic rocks and normal clastic rocks. The alluvial fan facies, fan delta facies and lacustrine facies were accentuated during the Middle and Late Permian. The Jiamuhe Formation is made up of the mixed volcanic rocks, volcanoclastic rocks and clastic rocks, which are assigned to the Smith strata with cyclicity. The regional structural unconformity is believed to be the major factor controlling the development of the Permian sequences and sedimentary characteristics. The Permian strata are classified into four second-order sequences and twelve third-order sequences. The model for the spatio-temporal evolution has been constructed for the Permian strata in the Wuxia foreland thrust zone in the Junggar Basin.

Key words: Wuxia foreland thrust zone; Permian; sequence stratigraphy; spatio-temporal evolution