

准噶尔盆地东部五彩湾地区层序框架

李兴平 李静琰 王国司

(地矿部第八普查勘探大队, 贵州 550001)

运用层序地层学原理对该区划分了6个超层序, 10个层序, 建立石炭系风化面以上到侏罗系层序框架, 以及低水位、水进、高水位体系域的平面展布。

关键词 层序框架 体系域 准噶尔盆地东部

第一作者简介 李兴平 男 34岁 工程师 石油物探

准噶尔盆地是中国西部重要的含油气盆地之一, 盆地东部五彩湾地区位于克拉美利山前, 是已知油气开发区。为了进一步扩大油气远景, 向新领域进军, 1994~1995年对该区基础石油地质作了一些工作, 本文从层序地层研究的角度予以论述, 目的是为确定生、储、盖层的分布, 寻找有效的构造或非构造圈闭, 扩大油区远景。

1 地震层序划分及特征

随着地震地层学在沉积盆地分析中的应用, 形成了一门新的学科——层序地层学, 它把地震反射层划分成沉积层序及体系域, 使之对应于时间地层上特定成因的沉积层序, 并可预测沉积岩相, 因为特定的沉积过程及其对应的沉积环境与特定的体系域相关, 从而进一步预测石油的生、储、盖层与运移通道。

归纳起来, 层序地层是由4个层次关系来预测沉积盆地演化与沉积相的。首先控制沉积层序最基本因素是大的长周期构造变动; 第二是叠加在构造变动之上的短周期的海面(或湖面)升降, 由此划分出层序或体系域; 第三是体系域里包含低水位、水进、高水位体系域3部分, 与其相应的沉积相和它在体系域中所处的位置密切相关; 第四是副层序组, 确定进积、加积、退积副层序组对判定体系域是十分重要的, 利用测井资料、露头剖面能较直观地预测它们的关系。

对准噶尔盆地东部地震层序研究, 是在分析反射层终止类型(上超、下超、顶超、削截)的基础上, 识别不连续面, 以确定层序和体系域。层序界限以区域性的上超和削截为特征, 同一层序内部的体系域界

限以区域性下超为特征。区内几口主要钻井有VSP测井及合成记录, 以及少量地层古生物资料, 可用于标定层序地质属性。

根据构造运动长周期的幕次及其影响大小对本区划分了6个超层序; 再根据短周期的湖面变化, 将完整的湖进、湖退旋回划分为10个层序; 层序内部再分低水位体系域(LST)、水进体系域(TST)和高水位体系域(HST), 详见表1。

(1) 超层序 I 第三系—第四系

(2) 超层序 II (K) 以白垩系与下伏地层区域性不整合为特征。由于晚燕山运动幕对盆地影响极广, 克拉美利山和北三台核心部位形成两个旋扭式构造, 使构造线呈放射状展布; 盆地反向南倾斜, 五彩湾凹陷内出现了花状构造, 南缘博格达山强烈抬升, 形成推覆构造, 强烈的褶皱、错断, 形成大型正向构造单元, 使侏罗系(J)上部地层遭到不同程度剥蚀, 隆起部位秃顶。这是一次全面改造的强烈构造运动, 白垩系后期湖盆面积大大缩小, 且变形微弱、单调。

(3) 超层序 III (J) 侏罗系划分为三个层序。上部头屯河组(J_2t)、齐古组(J_3q)与喀拉扎组(J_3k)为层序 III₁(石树沟群 J_{2-3sb}); 中部西山窑组(J_2x)、三工河组(J_1s)为层序 III₂; 下部上八道湾组(J_1b^2)、下八道湾组(J_1b^1)为层序 III₃。层序 III₁与 III₂之间为燕山运动第一幕, 头屯河组(J_2t)与下伏地层呈不整合接触, 但盆地东部规模不大, 仅有轻微角度不整合, 此间湖盆开始收缩。

层序 III₁由棕红、褐红、灰绿色砂质泥岩、砂岩和砾岩组成, 其沉积环境属气候转为干燥的氧化环境。由于南部受燕山运动而抬升, 形成新的主要物源

表 1 准噶尔盆地东部五彩湾地区层序地层划分表

地 层			层 序 划 分					构造旋回	湖水升降 ← 升降 →
			波组	超层序	层序	体系域	年 龄		
第四系									
上第三系				I			1.65	喜山期	
下第三系							25.7		
白垩系				I			66.5		
侏罗系	上中统	石树沟群 J_{2-3sh}	K_1^1		Ⅱ ₁		131	燕山期	
	中统	西山窑组 J_2x			Ⅱ ₂	HST			
	下统	三工河组 J_1s	J_1^3			TST LST	179		
		上八道湾组 J_1b	J_1^2		Ⅱ ₃	HST			
		下八道湾组 J_1b				TST LST			
三叠系			J_1^1				210		
	中上统	小泉沟群 T_{2-3xq}	T_1^1	IV	IV ₁	HST		印支期	
	下统	上苍房沟群 T_1ch				TST	240		
二叠系		下苍房沟群 P_2ch	P_1^3		IV ₂	HST TST	248		
	上统	平一段 P_2p^1				LST	258		
		平二段 P_2p^2							
		平三段 P_2p^3							
		将军庙组 P_2j	P_1^2	V	V ₁	HST		海西期	
	下统	下二叠统 P_1	P_1^1			TST	263		
						LST	280		
石炭系	中上统	上石炭统 C_3	C_1				306		
		巴塔玛依内山组 C_2b							
	下统	滴水泉组 C_1d		VI			330		
							340		

区,头屯河组的重矿物组合与层序Ⅱ₂有较大差异。

层序Ⅱ₂侏罗系三工河组到西山窑组不整合在上八道湾组之上,东部地表露头上有角度不整合,盆内有削截。层序Ⅱ₂底部上超,顶部削截。

层序Ⅲ₃上部八道湾组底部煤系地层为强振幅、长连续、平行状、约 2~3 个相位反射,煤层之上是向南下超的前积反射结构,煤系地层与前积反射结构为上八道湾时期的最大湖泛面与高水位体系域沉积。

(4) 超层序Ⅳ($T-P_2ch$),划分为 N_1 与 N_2 两个层序。反映印支到晚海西运动之间的构造周期,该期使五彩湾-大井盆地反转,使盆地转为向西南倾斜

的斜坡,形成了统一成盆的雏形,因此是一次强烈的改造。下苍房沟群削截其下的平地泉组,顶部小泉沟群也因区域性抬升剥蚀而保存不一。

层序 N_1 除隆起顶部缺失外,遍布全区,底部有 1~2 个强相位平行长连续反射,逐渐向五彩湾方向变成一个强的单波,同时伴有上超;层序上部则向西南下超,为高水位体系域。

层序 N_2 隆起高处缺失,其它地区厚度不等。底部向隆起上超,层序上部向西南下超。内部反射为中等连续到不连续、中低频、中振幅,底部侵蚀间断。

(5) 超层序Ⅴ(P_2p-C_3)由上二叠统平地泉组(P_2p)到将军庙组(P_2j)以及五彩湾地区发育的 C_3

— P_1 充填相构成完整的旋回。顶部被削截,底部向隆起上超减薄尖灭。

在五彩湾和沙帐地区,上二叠统之下,以及不整合在石炭系巴塔玛依内山组(C_2b)之上有一套充填反射形态的沉积层序,表现了低水位斜坡扇或盆底扇前积叠置扇体特征,地层时代长期未定,地震解释对比后认为,它属于石炭系侵蚀面上的充填物,产状与平地泉组类似,因此时代定为下二叠统(P_1)较好。在五彩湾地区是低水位盆底扇、斜坡扇,属火山破碎后经流水搬运改造后的充填物,因此是超层序 V 旋回开始时的低水位沉积。

2 层序框架

2.1 石炭系概况

本区石炭系顶面起伏大,潜山发育,以五彩湾到车道海子一带最发育,大体呈东西向展布,部分为北西向,如五彩湾鼻状隆起,白家海北缘隆起,东西向滴水泉和屏风山断裂带控制的两个高断块等。白家海凸起以南是个向西南倾斜的斜坡。

石炭系内部因地震反射质量差,暂不具备详细研究条件,通过钻井、地表露头资料,证实层序是复杂的,剖面上有 3 种反射特征。

1) 低频,中一强振幅,外形起伏的充填状或丘状,产状陡、缓不等,五彩湾地区多见。

2) 高频连续平行反射,分布在白家海凸起及以北,沙西断裂西部。钻井揭示有碳酸盐岩与玄武岩、凝灰岩等夹层,彩参 2 井发现有海相化石。

3) 杂乱反射,具火山岩侵入体特征,形成凸起,在南部一条东西向区域测线上,沙西断裂两盘石炭系反射波面貌迥然不同,上盘是杂乱反射的火山岩,下盘是层状反射,说明两块基底性质的差异。

以上前两种为陆相或海相沉积岩,夹有大陆喷发的玄武岩,第三种属局部火成岩侵入或褶皱基底。五彩湾地区在陆相碎屑岩内有黑色泥岩生油层,已在露头和钻井中证实,应作为找油气的新领域。

2.2 上二叠统平地泉组层序框架

石炭系因风化面的潜山起伏高差大,造成了分割状凹陷,在此基础上开始二叠系的填平补齐。首先向凹陷充填堆积了低水位期的红色砂、砾、火山碎砾等粗屑物,形成盆底扇、斜坡扇,其地质时代尚有争议,从充填相特点出发,暂定 P_1 较好,这类低位扇体是好的储层,并已在五彩湾得到证实。

平地泉期开始水进体系域的沉积,随着水体不断加深,从浅湖到半深湖,厚度加大,沉积中心与生油凹陷统一,生油岩受分割的凹陷控制。如图 1 所示,当时克拉美利山与博格达山之间有三个凹陷中心,将这三个原型沉积盆地命名为五彩湾-大井盆地、昌吉盆地与博山盆地。盆地之间被隆起所分割。白家海-奇台凸起呈北西向延伸,凸起上的平地泉组变薄或缺失。

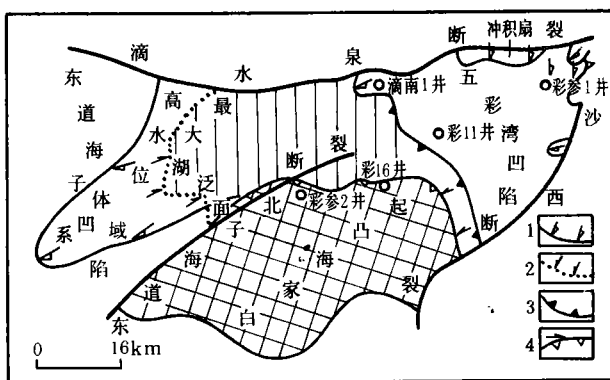


图1 准噶尔盆地东部五彩湾地区
上二叠统平地泉组沉积框架

1. 下超; 2. 上超; 3. P_2P_1-2 尖灭;

4. P_2P 上超尖灭

凸起以北是五彩湾-大井盆地(简称北部盆地)闻名的火烧山油田即位于此。它沿着克拉美利山以南分布,是克拉美利褶皱造山后的前陆箕形盆地。早二叠世低位扇沉积以后开始湖泛,靠近老山边缘有水下扇体。盆地中心水体较深,有稳定的半深湖相黑色泥页岩(P_2P^3)以及残留海水蒸发的湖相白云岩及白云质泥岩等(P_2P^2)生油层,顶部(P_2P^1)泥岩可作盖层。五彩湾地区西部,是白家海凸起的一部分,平地泉组上部削截尖灭,平三段向凸起上超减薄或尖灭,盆地早期发展阶段最好的生油岩发育于大井盆地。这种类型的平地泉组称为克拉美利型,下部层位可延展到吉木萨尔凹陷,说明其早期水域沟通,只是厚度仅有 200 余米。

凸起以南之昌吉盆地,是另一个大型拗陷。区内东道海子北凹陷的地震反射物征与五彩湾的平地泉组不同,它由断续平行反射组成,白家海凸起以南进入阜康斜坡后反射品质更差,又无一口钻井揭露,从几条东西向剖面大体可看出东道海子北凹陷最大湖泛面上超方向是由西南向北东,可见在东道海子与

五彩湾两个凹陷中间存在着一个北西向的隆起分割带,一直维持到苍房沟群结束(图1,2)。

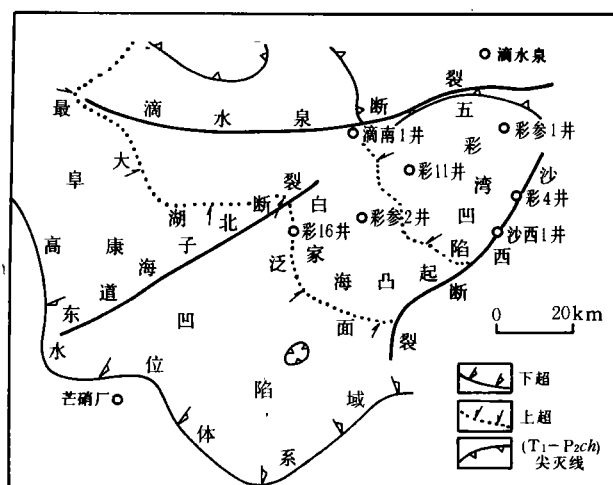


图2 准噶尔盆地东部五彩湾地区
上二叠统-下三叠统苍房沟群沉积框架

南部三台凸起呈东西向横亘于博格达山前,将山前断陷与北部分开。早期断陷形成了博山盆地,处于半封闭滞流环境,限于东西向狭窄范围,即芦草沟组(P_2l)沉积区。

3个分割的盆地与相应3个沉积中心并存的格局,是对平地泉组评价的基础。

晚海西运动对区内沉积盖层进行第一次强烈改造,克拉美利山前的挤压最强烈,五彩湾地区平地泉组以前的沉积盖层全部卷入褶皱及断裂中,北部盆地变得十分复杂,一些低水位盆底扇、斜坡扇被挤到背斜核部,而基底因硬度大,沿风化面挤压滑动。盆内 P_2p^{1-2} 段在褶皱顶部遭强烈剥蚀,甚至使基底潜山披覆被削顶,对油气保存不利。

2.3 上二叠统上部到三叠系层序框架(图2,3)

超层序 N 由两个层序组成,下部层序 N_2 为苍房沟群,上部层序 N_1 为小泉沟群,每个层序都有低水位到高水位体系域的完整旋回。

平地泉组沉积后,晚海西运动对本区进行了强烈改造,凹陷逐渐被充填。在广阔的准夷平面上,起伏已大为减小。到层序 N_1 形成时,已大体出现南倾斜坡的雏形。

层序 N_2 苍房沟群分布广泛,仅滴水泉断裂以北,白家海凸起南部缺失。底部削蚀五彩湾背斜、白家海凸起,顶界又被下八道湾组削蚀。厚度向隆起减薄或尖灭。

层序 N_2 的低水位体系域在五彩湾地区发育,如彩参1井就位于 P_2ch 河道下切谷内。层序下部湖进体系域最大湖泛面可到达彩16井到滴西一线,因此规模比平地泉期大,湖进由西南向东北上超,滨湖以下的面积约占本区总面积的一半;层序上部高水位体系域向西南延伸范围也更宽,但五彩湾与东道海子之间仍存在一个北西向的低凸带,与平地泉期相比有一定的继承性,只是更加宽缓。

层序 N_1 小泉沟群的沉积是经过一次湖退,部分遭到剥蚀后又开始新的旋回,这时北部盆地已逐渐向南西整体倾斜,使五彩湾盆地成为翘起端,由于沉积底面逐渐夷平,湖面扩大,水进体系域最大湖泛面向北东方向推进,达到滴南1井与彩参2井一线,白家海凸起几乎被淹没,比苍房沟时期推进了10km,东道海子北凹陷内推进约50km;上部高水位体系域的范围比苍房沟期略有收缩。东道海子凹陷内NE向剖面均有从南向北的上超及向西南下超的高水位体系域(图3)。

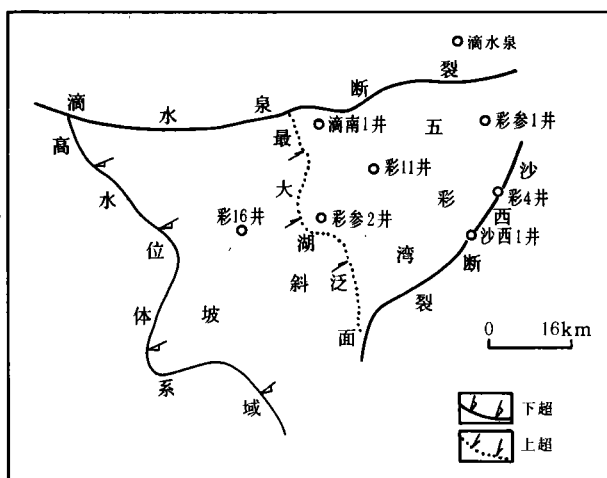


图3 准噶尔盆地东部五彩湾地区
中上三叠统小泉沟群沉积框架

从几口钻井揭示来看,小泉沟群多为深灰色砂质泥岩夹碳质泥岩,生油性能好,从五彩湾到阜康凹陷厚度加大。

晚三叠世末印支运动对该区再次强烈改造,褶皱断裂发育,尤以克拉美利山前更剧烈,小泉沟群在五彩湾背斜、火烧山背斜被剥蚀殆尽,白家海凸起上也被剥蚀减薄或尖灭。残留沉积向隆起上超,此后北部盆地完全反转消失,北西向分割带不再存在,形成统一向西南倾斜的盆地。

2.4 下侏罗统八道湾组层序框架(图 4)

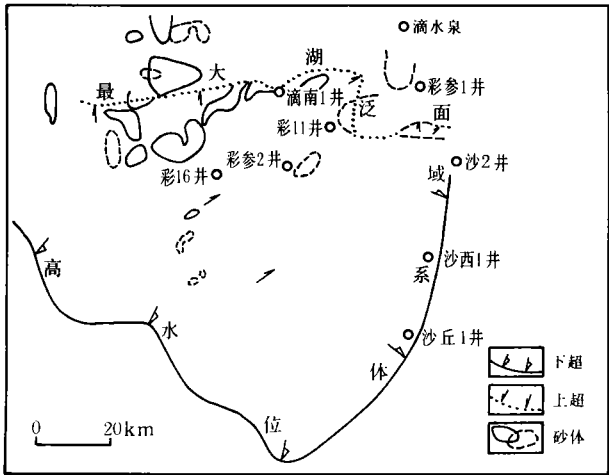


图 4 准噶尔盆地东部五彩湾地区
下侏罗统八道湾组沉积框架

印支运动对前三叠系再次强烈改造、侵蚀夷平后,开始了侏罗系的新阶段,处于统一成盆后湖盆开始扩大和稳定发展的时期。

下八道湾组沉积初期,低水位河流充填切谷普遍发育,湖进开始由西南向北东上超,最大湖泛面达到了滴水泉断裂附近,分布了广阔的湖相体系,并向五彩湾方向推进到彩 11 井、彩 4 井以北,因此水进体系域在下八道湾期很发育,湖泛以后,盆地处于欠补偿状态并形成滞流,温暖潮湿的气候又使植物得以繁茂生长,各种微生物盛衍,沼泽化在盆地大面积发育,经过一定温度、压力条件,广泛沉积碳质泥岩、黑色泥页岩及煤层,且向盆地深处加厚,这就是陆相盆地中煤系地层与凝缩段相应的关系,所以煤系地层可解释为陆相盆地的凝缩段,也是重要的生油岩。因凝缩期沉积的煤系地层的岩性(或波阻抗)差异大,地震剖面上表现为中低频、强振幅、长连续、双相位、平行反射特征(图 5)。

上八道湾期发育高水位体系域进积型副层序组,其前缘已达到沙 2、沙丘 1 井及芒硝厂以北,近陆的五彩湾向彩 11 井方向有高水位扇体,东道海子凹陷内河道充填砂体叠置。南北方向上八道湾组的高水位下超前积反射从滴水泉断裂一直向南延伸,区域上展现了南北向的整体面貌,从八道湾期高水位体系域的外形及物源主要来自五彩湾、陆南隆起等特点看,是以冲积扇和三角洲相组成,三角洲前缘斜坡带在高水位前端,岩性变细,主要是粉砂和

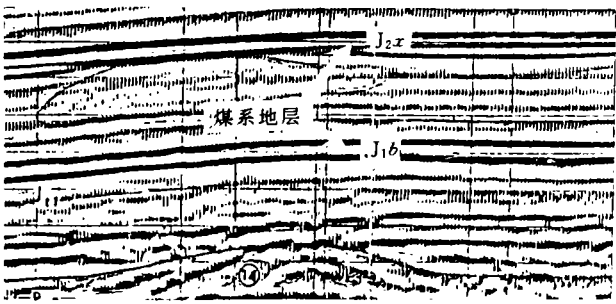


图 5 八道湾组(J_{1b})、西山窑组(J_{2x})
凝缩段煤系地层反射特征

泥,储层相应变差。

从几口钻井揭示,上八道湾组是一套进积型副层序组,属高水位体系域。下八道湾组岩性更细,为细砂、粉砂岩、泥岩、碳质泥岩及煤,底部细中砂岩、含砾砂岩,是退积和加积副层序组。

湖进及早期高水位体系域中欠补偿沉积(凝缩段)是沉积在湖相中最好的生油岩,因此陆相生油岩常受湖进体系域、最大湖泛面远端的沉积体系所控制。

据有机地化最新研究成果(王飞宇等,1993),煤和陆源有机质生油岩与海相、湖相腐泥质生油岩组成了地质体中的三大类型生油岩,其特点是,生油岩中有机质以高等植物占绝对优势,Ⅱ型干酪根为主,有机质由生油富氢组分和不生油贫氢组分组成,前者数量决定着这种生油岩的生烃能力。准噶尔盆地侏罗系煤系烃源岩以富氢组分镜质组占绝对优势,暗色泥岩中相对富含类脂体组分,其生油潜力不容忽视。准东地区侏罗系八道湾组和西山窑组两套煤系都分别在水进体系域与高水位体系域之间的最大湖泛期以后沉积下来,向南逐渐加厚,在最大湖泛以后出现一个稳定的凝缩阶段,即滞流盆地,发育了大面积的湖沼、泥炭沼泽,以高等植物为有机质主要来源。此时期结束后高水位体系进积型副层序才发育。因此,从层序地层学原理上说明了湖相成煤期与海相黑色泥岩凝缩段生油岩是可以类比的。

新疆煤成油发现地区和烃源岩特征(表 2),充分说明了煤成油的存在。

2.5 中下侏罗统三工河组—西山窑组层序框架(图 6)

八道湾期沉积旋回结束后,经过短暂的侵蚀,大部分地区有微弱的凹凸不平侵蚀间断,克拉美利山露头区有角度不整合,阜康凹陷内见有上八道湾组

被三工河组削截现象。三工河组底面向南下切,坡度加大。三工河到西山窑期是个完整的层序,从低水位、水进体系域到高水位体系域。

表2 新疆煤成油发现地区和烃源岩特征

煤成油发现地区	油源岩地质时代	成熟度	原油性质	典型井
准盆齐古油田	J _{1b} 、J _{2x} 煤系地层	0.6-1.3	轻质油	齐古34井
准盆古牧地	J _{1b} 、J _{2x} 煤系地层	0.6-1.3	轻质油	古牧地5井
塔盆伊奇克里油田	J ₁ J ₂ 煤系地层		轻质油	
吐哈盆地奇克台油田	J _{1b} 煤系地层	0.4-1.5	轻质油	台参1井
准盆彩南油田	J _{1b} 煤系地层		轻质油	彩参2井

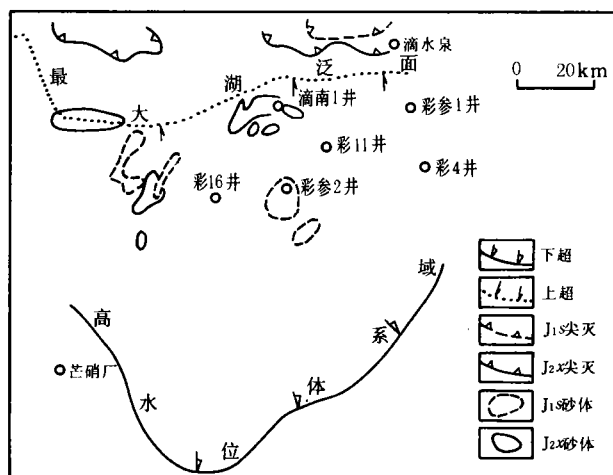


图6 准噶尔盆地东部五彩湾地区
中下侏罗统三工河组-西山窑组沉积框架

三工河期是侏罗纪湖水分布最广泛时期,具一定能量的水动力筛选了碎屑物,将它们改造成有较高成熟度的砂,形成了孔隙发育的湖相砂岩,底部有低水位河流切谷充填的砂砾岩。前人研究中描述了三工河组下部砂砾岩可分为若干小的正旋回沉积,每个小旋回下部为砾岩,向上变为砂岩。砂岩以岩屑为主,颗粒分选中等到好,磨圆度好,显微镜下可见长条状矿物,具有定向排列及优选方位,反映持续稳定的特点。在湖进过程中,由细的砂质泥岩、泥岩,与砂、砾组成加积型副层序组,即由粗到细的正旋回,向下倾方向加积型副层序组变薄。

三工河期湖进体系域遍布工区范围,到西山窑

期的煤层相当于凝缩段也分布广泛,煤层和黑色泥岩为最大湖泛面滞流盆地(沼泽化)沉积,向南到博格达山前厚度加大,西山窑组上部,是高水位进积型副层序组,平面上向南下超,分布区与八道湾期大体相同,物源来自五彩湾与北部陆南凸起,北部低水位河流充填相发育。

西山窑组底局部地区有一套砂岩,以细砂为主,含少量中砂、粉砂,分选中等,多为棱角~次棱角状。据前人研究,认为是分流河道砂体叠置形成的大面积席状砂,对这套砂体的分布和沉积环境尚待进一步研究。

3 结语

1) 运用层序地层学方法理论,将地表露头、钻井、地震剖面等资料结合起来,首次在本区陆相地层中建立了二叠系-侏罗系沉积层序框架。

2) 在该区划分了6个超层序,10个层序。超层序是受区域性构造运动所控制,层序是区域性构造运动之间的海(湖)平面升降旋回沉积。

3) 利用地震层序反射特征,在地震剖面上识别体系域,研究低水位、水进、高水位体系域在平面上的展布规律,指出与最大湖泛面有关的滞流沉积(凝缩段)具有良好的生油能力。如平地泉组的P₁p¹⁻²、八道湾组的煤层、西山窑组的煤层是良好的生油层段。

4) 层序地层学在油气勘探中的应用是很有效的。它不仅能大大提高地震解释对比水平,预测石油的生、储、盖组合及其纵横向展布关系,而且为区域地层对比与划分、沉积相古地理再造、盆地与构造演化分析提供了科学的依据。因此无论是在海相沉积地层还是陆相沉积地层,运用层序地层学方法解释地震剖面、建立层序框架、预测油气及选区评价诸方面,都是当今油气勘探领域值得推广的新方法。

参考文献

- 1 C·E 佩顿编,牛毓荃、徐怀大、陈俊生、吴律等译.地震地层学.北京:石油工业出版社,1980
- 2 John B Sangree, Peter R Vail 著,张宏达等译.应用层序地层学.北京:石油大学出版社,1990

(收稿日期:1996年5月14日)

(下转第33页)

MODELLING STUDY ON THE PROFILE STRUCTURE OF TB LINE IN DONGHAI

Xu Xuehui Jiang Xingge Wei Wu Zhang Yuchang

(*Central Lab of Petroleum Geology, MGMR*)

Abstract

In this paper, 147km of TB seismic profile across Qiantang Depression, Xihu Depression till Diaoyudao upfolded belt is interpreted. In view of the characteristics that Donghai continental shelf basin has gone through fault depression-passive continental margin-compression-depression multistages tectonic superimposition since the Paleocene, the models of depression, profile equilibrium and fault depression are established. By means of the modelling software package developed by the authors, the original thickness of each stage strata is calculated and restored, and the subsiding and compacting processes of depression are reproduced. By the method of the combination of equiarea and critical-layer equilibrium, the recovery of compressive structure between T_1^0 and T_2^0 is realized, equilibrium profile is obtained, and shorten range of each bedded plane is calculated. Based on the situation that growth faulting information inverses plow faulting till in the deep part and by calculation on the displacement fields and movement loci of middle and upper plates during the course of extension, the extended range about 10.4km from Xihu Depression to Diaoyudao upfolded belt in the Paleocene period is obtained. By the connexion and combination of depression, profile equilibrium and fault depression models, the modelling of fault depression-compression-depression inversion and superimposition is realized, the subducting and developing history of entire tectonics reappears, and the dynamic results of the modellings are shown by the graphs of certain time intervals.

(上接第 24 页)

SEQUENCE FRAMEWORK OF WUCAICHI IN THE EAST JUNGGAR BASIN OF XINJING

Li Xingping Li Jinglian Wang Guose

(*No. 8 Reconnaissance and Exploration Party, MGMR*)

Abstract

By using the principle of sequence stratigraphy, six supersequences and ten sequences are divided in the study area, sequence framework from above Carboniferous weathering surface to Jurassic strata is established, and the plane distribution of lowstand, transgressive and highstand system tracts are determined.