

饶阳凹陷古近系层序地层研究

张大智¹, 纪友亮², 张瑞峰³, 初丽兰⁴,
倪超⁵, 王林⁶

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油大学, 北京 102249; 3. 中国石油华北油田公司, 河北任丘, 062552; 4. 大庆油田勘探开发研究院, 大庆 163712; 5. 杭州地质研究院, 杭州 310023; 6. 中国地质大学能源学院, 北京 100083)

摘要: 根据饶阳凹陷构造运动的演化阶段, 结合地震、测井、岩相等基础资料, 将古近系地层划分为三个二级层序, 十个三级层序。层序Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅶ为湖泊层序, 层序Ⅰ、Ⅱ、Ⅵ为气候层序, 每个层序可划分为低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域。层序Ⅷ、Ⅸ、Ⅹ为河流层序, 可划分为基准面上升体系域和基准面下降体系域。针对不同构造部位和不同演化阶段层序发育不同的特点, 总结了饶阳凹陷层序发育模式, 将其划分为六种类型。分析了不同构造部位的含油气性, 认为层序Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ是下一步有利勘探方向。

关键词: 饶阳凹陷; 古近系; 层序地层; 体系域; 发育模式

中图分类号: P539.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2008)01-0033-10

1 地质概况

饶阳凹陷位于冀中拗陷中部, 是一个受复杂断裂系统控制、走向为北北东向的大型东断西超式单断凹陷, 其构造位置南到新河凸起, 北与霸县凹陷相接, 东与献县凸起、大城凸起相邻, 西至高阳低凸起, 面积约 6 300 km², 是冀中拗陷最大的凹陷, 也是冀中拗陷油气最富集、勘探成效最高的凹陷^[1-2]。根据区内构造特征及地层结构, 将饶阳凹陷自东向西划分为陡坡断阶带、东部次洼陷带、主洼陷带、中央隆起带、西部次洼陷带和斜坡带等次级构造单元(图 1)。

历经二十余年的大规模油气勘探, 饶阳凹陷形态好、面积大、成藏条件优越的构造圈闭发现越来越难, 随着大规模的三维地震覆盖和精细构造解释的开展, 复杂断块的勘探也已深入到相当程度。针对该凹陷剩余油气资源仍相当丰富这一物质基础条件, 加大隐蔽油气藏勘探力度, 开拓新的找油领域, 已成为进一步扩大油气勘探的重要方向。勘探实践证明, 层序地层研究是隐蔽油气藏勘探的基础

环节, 沉积体系与砂体预测研究是隐蔽油气藏勘探的关键步骤。本文便是根据层序地层理论, 将全区地层划分为不同级别的层序, 建立了饶阳凹陷的层序地层格架; 在分析各个层序形成特征及沉积体系发育类型的基础上, 建立了不同构造部位的层序发育模式, 并分析了含油气性, 为下一步的勘探提供了有益的方向。

饶阳凹陷钻遇古近系地层从老到新依次为孔店组、沙四段、沙三下亚段、沙三中亚段、沙三上亚段、沙二段、沙一段、东三段、东二段和东一段, 根据构造活动的演化阶段和地震、测井、岩相及古生物标志, 将其划分三个二级层序、十个三级层序(表 1)。

2 层序边界类型

2.1 二级层序界面

由区域性的构造运动产生的角度不整合所形成, 反应盆地内的构造运动幕的变化^[3], 在本地区识别出这类边界有 T_g、T₆、T₄、T₂ 等反射界面(图 2)。这类层序边界一般为较大规模的不整合面, 主要分布在

收稿日期: 2008-01-08

责任编辑: 刘新秒

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目“饶阳凹陷下第三系层序地层学及隐蔽油气藏勘探方向研究”部分成果(2004BA616A-04-02)

作者简介: 张大智(1981-), 男, 中国石油勘探开发研究院在读博士研究生, 方向为沉积与储层研究, E-mail: zhangdazhi-123@163.com。

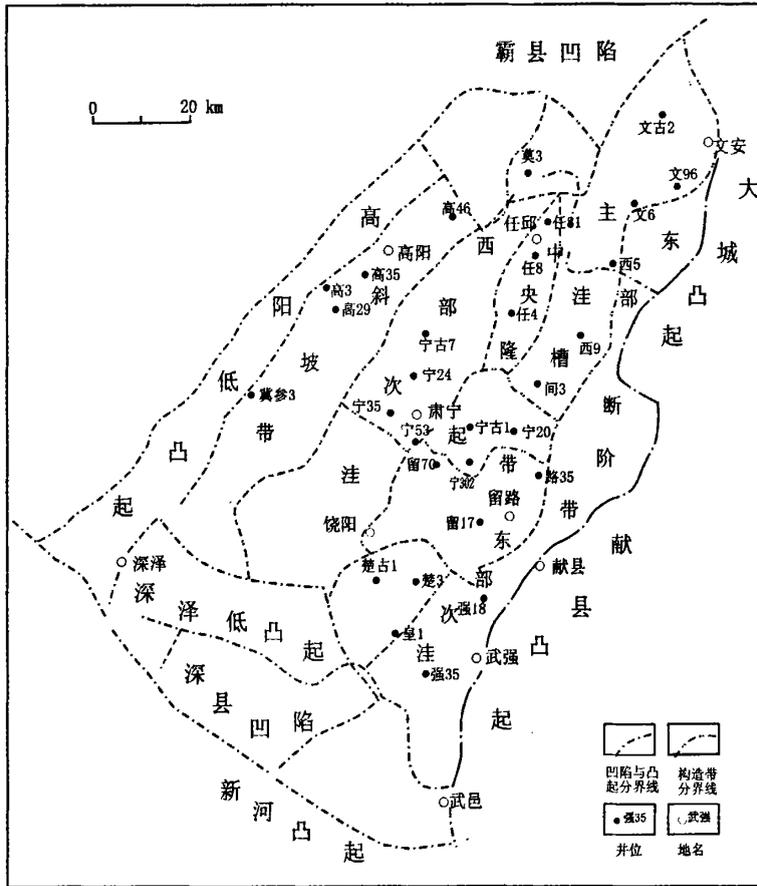


图 1 饶阳凹陷构造单元划分示意图

Fig.1 Sketch map of tectonic unit division of Raoyang Depression

表 1 层序地层划分表

Table 1 Sequence stratigraphic division and correlation

系	组	地层		地震反射界面	与下伏地层接触关系	层序		构造运动
		段	亚段			二级	三级	
新近系	馆陶组	馆下段	Ng _F	T ₂	角度不整合			
古近系	东营组	东一段	Ed ₁	T ₃₋₁	整合	第三层序	X	断拗抬升 消亡期
		东二段	Ed ₂	T ₃₋₂	整合		IX	
		东三段	Ed ₃	T ₃	局部上超		VIII	
	沙河街组	沙一段	Es ₁	T ₄	上超	第二层序	VII	断陷扩张 深陷期
		沙二段	Es ₂	T ₅	局部不整合		VI	
		沙三段	Es ₃ ^上	T ₆₋₁	不整合		V	
			Es ₃ ^中	T ₆₋₂	不整合		IV	
	Es ₃ ^下		T ₆	不整合	III			
沙四段	Es ₄	T ₇	角度不整合	第一层序	II	断陷分割 充填期		
孔店组	孔店段	Ek	T _g		不整合、 削截		I	

凹陷边缘,大部分在地震剖面上可以识别,如 T_g 为古近系与前古近系的地层界面,在地震剖面上反映为明显的不整合、削截接触; T_6 为断陷早期与扩张期的分界面,断陷活动增强,产生了明显的角度不整合面; T_4 和 T_2 也是如此,均是构造活动改变形成的不整合面,在大部分地区呈现上超、削截等地层接触关系。因此,此类层序界面识别比较容易。

2.2 三级层序界面

此类层序边界的形成可分为两种情况^[4,9],第一种为盆地内不同构造部位的差异升降造成的差异剥蚀形成的角度不整合,如杨武寨地区的 T_{6-1} 界面就是典型的局部构造不整合面,代表层序IV顶界、层序V底界(图3);第二种为由于构造运动造成的可容空间减少,使得沉积物供应速率超过了可容空间的产生速率,形成了顶超、下超和轻微剥蚀型的层序边界,在本地区包括 T_7 、 T_{6-2} 、 T_5 、 T_3 、 T_{3-1} 、 T_{3-2} 等界面(图4)。这类层序边界的不整合面仅分布在凹陷局部地区,地震剖面上的界面特征表现的不很明显,需要借助测井、岩芯、岩性旋回特征及古生物标志来进行识别划分。

3 层序地层特征

3.1 二级层序

第一层序包括孔店组和沙四段,处于断陷分割充填早期阶段,可容空间较小。早期强烈断陷的构造运动、凸凹多变、北高南低和西高东低的地形特征,以及干燥炎热的气候条件控制了孔店组的沉积类型和沉积范围,绝大部分地区在陆上河流冲积、分割充填、夷平补齐背景下接受沉积,沉积厚度薄而稳定,沉积范围广。主要相类型为冲积扇和河流相,其次为扇三角洲相和辫状河三角洲相沉积。第一层序与下部前第三系不同年代地层为角度不整合接触,而与上部第二层序的接触关系为平行不整合和局部角度不整合。

第二层序包括沙三段和沙二段,经过第一层序发育时期的快速充填式沉积之后,饶阳凹陷进入了古近系湖盆扩张、深陷的稳定沉积阶段,区内地形总体为西高东低和北高南低,晚期南高北低,沉积范围广,沉积厚度大。第二层序下部超覆于第一层序之上。自下而上有辫状河三角洲相粗碎屑岩夹灰色泥岩、红色泥岩演化为滨浅湖亚相灰色泥岩沉积,最后演化为干热条件下河流环境的粗碎屑岩夹

红色泥岩沉积。其顶部以红色泥岩与沙一段砂岩接触处作为与第三层序的分界,二者地震界面为 T_4 反射层,并呈区域超覆不整合接触关系。

第三层序包括沙一段和东营组,属于湖盆发展晚期的断坳沉积阶段。下部以沙一段底砂岩夹灰色、红色泥岩为特征,向上演化为厚度不大的湖侵体系域的滨浅湖亚相粗碎屑岩和灰色泥岩、油页岩、生物灰岩和砂岩沉积,后期很快抬升,湖域缩小,沉积了一套辫状河三角洲相粗碎屑岩夹灰色泥岩,最后演化为辫状河三角洲相粗碎屑岩夹红色灰绿色泥岩与河流相中细砂岩和红色泥岩。第三层序与上覆新近系馆陶组为区域不整合接触,两者的地震界面为 T_2 反射层。

3.2 三级层序

在古近系,饶阳凹陷经历了不同的构造演化阶段,先后沉积了孔店组、沙河街组和东营组地层,而不同时期的沉积发育历史也造就了不同类型的层序特征。按照层序形成机制可把层序划分为构造层序和气候层序两大类^[3,9],构造层序是指由一期构造活动从开始到结束过程所控制而沉积的一大套有成因联系的地层,顶底为构造抬升形成的侵蚀面或盆地基底停止沉降产生的沉积间断面,包括河流层序和湖相层序。河流层序在饶阳凹陷发育较为普遍,古近系各组段均有不同程度的发育,层序VIII、IX、X全部为河流层序,可划分为基准面上升和基准面下降两个体系域^[9]。湖相层序发育于湖盆活动的各个时期,广泛沉积辫状河三角洲相地层和滨浅湖相地层,有明显的低位、湖侵和高位三个阶段,层序III、IV、V、VII均属此类层序。气候层序仅发育于闭流湖盆中,取决于气候变化引起的湖平面变化,湖平面从低到高再到低的一次长周期变动,就形成一套气候层序,常常是由于干旱气候,沉积物供应不充足而造成的,也可划分为低位、湖侵和高位三个阶段,层序I、II、VI便属于气候层序。下面依次介绍每个三级层序的特征。

层序I相当于孔店组,直接发育于中生界乃至古生界地层之上,底界面SB1所对应的地震反射界面为 T_g ,与下伏地层的接触关系在盆地边缘地区表现为明显的削截现象,在饶南地区则与主大断层相切。该时期孢粉组合显示,喜干旱的麻黄、雪松和罗汉松粉属等热带-亚热带的分子含量高,伴以膏盐岩为特征的岩性组合,表明该地质历史时期植被被稀

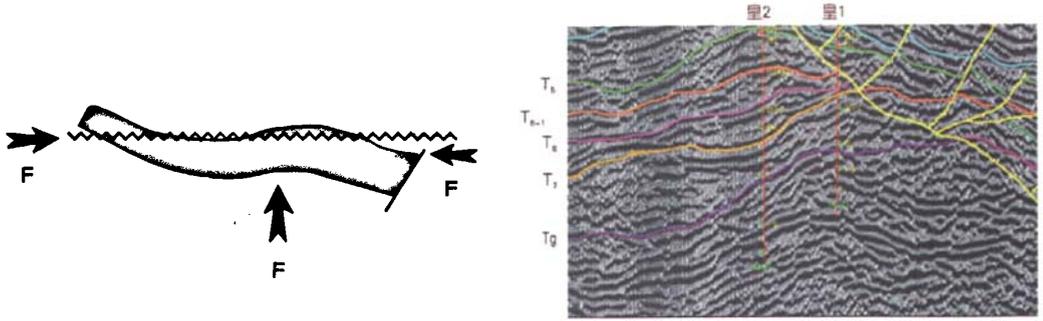


图 2 二级层序示意图(左)及地震剖面(右)

Fig. 2 Sketch map (left) and seismic profile (right) of the second-order sequence

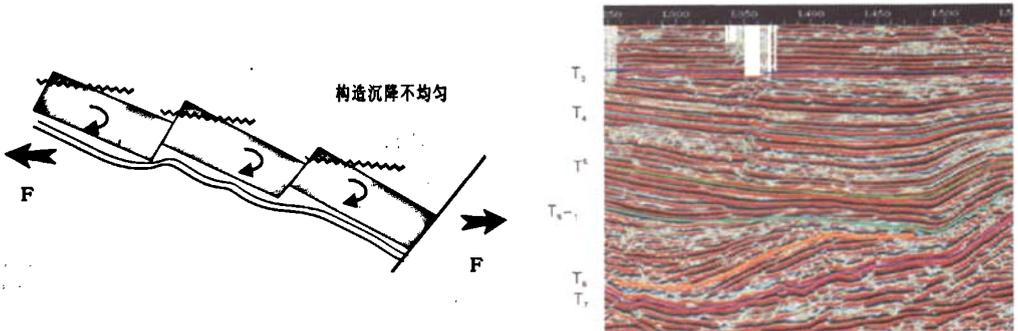


图 3 构造差异沉降形成三级层序示意图(左)及地震剖面(右 - 饶南 L1080 测线)

Fig. 3 Sketch map (left) and seismic profile (right) of the third-order sequence attributing to the difference of the tectonic differential subsidence

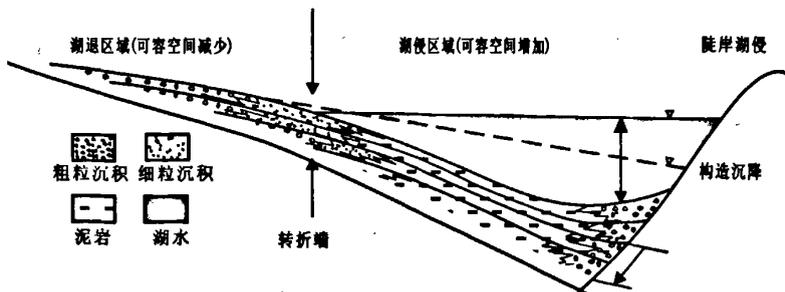
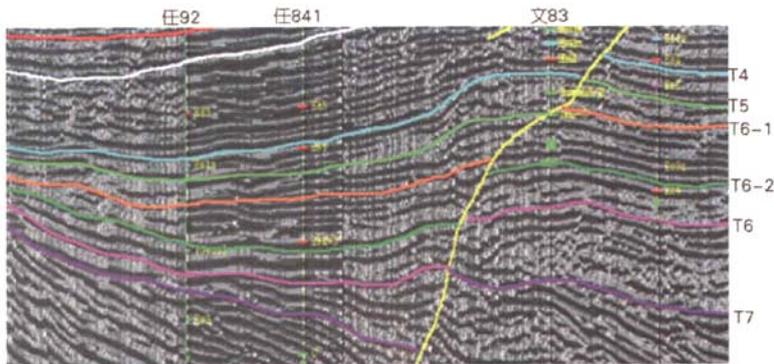


图 4 可容空间变化形成的三级层序界面(上 - 地震剖面 下 - 示意图)

Fig. 4 Seismic profile (up) and sketch map (down) of the third-order sequence attributing to the transformation of accommodation

少,蒸发量大于降水量,属干燥炎热的热带亚热带气候环境。以河流相粗碎屑沉积为主,凹陷南部地区发育有膏岩湖亚相,在地震上反射特征表现为强反射,在有些地区地震反射特征不明显,可根据录井资料的电性和岩性突变进行识别。其高位体系域在大部分地区遭受剥蚀缺失,仅在留楚-杨武寨地区有残留。

层序Ⅱ相当于沙四段,孢粉分析资料表明,热带亚热带植物化石丰富多样,连续出现,比层序Ⅰ时期更为发育。发现有半咸水的南星介生物组合,微量元素锶、硼含量较高,且发现有孔虫。反映了湖盆分割闭塞、蒸发量大、水质偏咸的沉积环境,发育了饶阳凹陷下第三系最典型的气候层序。层序底界面SB2对应地震反射界面 T_7 ,与下伏地层的接触关系表现为整合、平行不整合和角度不整合。在饶南地区较厚,层序顶部为不整合,剥蚀强烈。层序顶界面 T_7 是一个全区较为明显的不整合面,削截现象明显,全区易于追踪。

层序Ⅲ相当于沙三段的下部亚段,底界面SB3对应 T_6 ,与下伏地层的接触关系为角度不整合,此时整个凹陷湖水开始加深,斜坡地区可见上超现象。该层序仅在饶南及马西一带较厚,中部地区则较薄,残余厚度仅有十几米到几十米,在地震上不易识别。局部可见上超现象,并在凹陷中央隆起带等部分地区缺失低位体系域和湖侵体系域。

层序Ⅳ相当于沙三段的中部亚段,底界面为SB4相当于 $T_{6,2}$,整套地层在饶阳凹陷分布广泛,厚度比较稳定,以辫状河三角洲相沉积为主,可分为低位、湖侵和高位三个体系域。其中低位体系域向蠡县斜坡方向上超减薄。层序Ⅳ在饶南地区与上覆地层存在不整合,有削截现象,缺失高位体系域;在文安地区存在顶超现象,前积形成三角洲砂体。

层序Ⅴ相当于沙三段的上部亚段,底界面SB5对应地震反射界面为 $T_{6,1}$,代表了一套强反射地层,多发育为暗色泥岩、油页岩夹生物灰岩,此时整个凹陷实现了第一次湖水连通,滨浅湖相以及辫状河三角洲最为广泛,全区内层序发育稳定。在饶南局部地区层序顶界面 T_5 代表了一个不整合界面,地震剖面上可见削截现象,高位体系域遭受剥蚀;在蠡县斜坡地区则沿斜坡向上上超,整体厚度逐渐减薄,较远位置低位体系域不发育。

层序Ⅵ相当于沙二段,地质历史时期构造逐渐

抬升,湖水浅而偏淡,沉积范围较小,地层厚度薄而稳定,受到干热气候控制,形成气候层序。顶界面为 T_4 ,底界面为 T_5 ,辫状河三角洲沉积为主,在马西地区及各洼槽带为湖相沉积,相变快速,与上覆地层沙一段在盆地边缘为不整合接触。整套地层地震反射特征较杂乱。

层序Ⅶ相当于沙一段,在经过了层序Ⅵ时期干热气候条件和强烈的区域抬升构造运动之后,整个饶阳凹陷进入了典型的断拗沉积阶段。层序顶界面为 T_3 ,底界面为 T_4 , T_4 代表了一套同相轴极为连续的强烈反射层,主要为大套的油页岩及灰岩,形成于大规模湖侵时期,是饶阳凹陷最主要的标志层之一,全区分布广泛,易于追踪。本层序在杨武寨断层面上盘遭受剥蚀,沿蠡县斜坡向上可见上超现象,并伴有轻微的削截现象,沿蠡县斜坡向下则可见由局部物源充足造成的下超现象。低位体系域以滨浅湖沉积环境为主,普遍发育有一套厚度为十几米至几十米的砂岩,在自然电位曲线上表现为弹簧状,极易识别。湖侵体系域主要发育灰岩及少量油页岩;高位体系域则发育辫状河三角洲平原。

层序Ⅷ相当于东三段,以河流相沉积为主,但马西洼槽地区为滨浅湖相,发育大量暗色泥岩。盆地边缘局部可见上超、削截现象。

层序Ⅸ相当于东二段,以河流相沉积为主,在饶南地区,如杨武寨断层面上盘,层序的上部遭受剥蚀,厚度较薄,而在饶阳中部发育较好,厚度较厚。层序Ⅸ中段在饶阳凹陷大部地区均发育有暗色含螺泥岩,在地震上表现为强振幅,高连续的同相轴,易于识别和追踪,据此为沉积转换面划分基准面上升体系域和基准面下降体系域。

层序Ⅹ相当于东营组一段,以河流相沉积为主,在饶南杨武寨断层面上盘,该层序剥蚀强烈,顶部地震反射对应轴为 T_2 。部分地区地层缺失,仅在洼槽带内较厚。与上覆地层馆陶组接触关系为角度不整合。

4 层序地层发育模式

在陆相断陷盆地中,构造沉降、气候变化、沉积物供给等综合作用引起的相对湖平面变化决定可容空间的变化,从而决定层序的发育模式^[6-10]。如前所述,根据层序形成机制的不同,将饶阳凹陷层序划分为构造层序和气候层序。

4.1 构造层序发育模式

陆相湖盆内部构造分异较大,同一层序发育的构造部位不同,或同一构造部位的盆地演化阶段不同,可以形成不同的层序地层样式^[1]。根据饶阳凹陷层序发育的构造部位差异及演化阶段变化,总结出六种类型的层序样式:缓坡带型、隆起带型、洼槽带型、陡坡带型、河流型和气候型。

4.1.1 缓坡带层序发育模式

在层序 I、II、III、IV、V 发育时期的整个饶阳凹陷,及层序 VI、VII 发育期的蠡县-肃宁-河间一带,均为不对称的单断湖盆沉积。由于湖盆沉降,在偏东部区域形成沉积中心,在缓坡区发育低位、湖侵及高位体系域,主要以三角洲、浅湖相沉积为主。在蠡县斜坡带的部位,各层序在 seismic 剖面上显示为向岸超覆的楔状体,延伸距离较远,但总体厚度均较薄。该地区构造运动不强烈,沉积稳定而连续,没有层序缺失,主要由河流相、辫状河三角洲相和滨浅湖亚相沉积体系组成,东部靠近任西断层位置,下部层序可发育扇三角洲相沉积(图 5)。

4.1.2 隆起带层序发育模式

在雁翎-任丘-南马庄地区,层序 I、II、III、IV 发育期,由于任丘潜山的存在,将凹陷分割为任西和任东两个不对称单断洼槽,每个洼槽的层序发育特点与简单单状缓坡模式相同。西侧下部层序主要发育扇三角洲相,东侧则以辫状河三角洲为主,至层序 V 末期该区方才逐渐填平补齐,在层序 V 沉积期之后,任丘潜山逐渐被埋藏,形成简单斜坡盆地,层序 VI、VII 主要以三角洲相沉积为主,发育滨浅湖亚相,层序 VIII、IX、X 则主要发育河流相沉积(图 6)。

4.1.3 洼槽带层序发育模式

马西洼槽、河间洼槽是饶阳凹陷内典型的深洼构造带区域,各层序在洼槽内均没有缺失且具有厚度大、分布稳定的特点。层序 VIII 之前在洼槽中部主要发育滨浅湖-半深湖沉积,两侧边缘位置则有辫状河三角洲和扇三角洲发育。层序 VIII、IX 时期则以河流相沉积为主,区内残存有零星湖泊,层序 X 全部为河流相沉积。早期的层序均可分为低位体系域、湖侵体系域和高位体系域,在洼槽中部 seismic 剖面上表现为席地地震相组合。三种体系域都发育较全,低位体系域以滨浅湖相沉积为主,两侧辫状河三角洲发育;湖侵体系域则以半深湖为主,两侧向

盆地边缘上超,水体为还原环境,是湖盆烃源岩系的主要来源;高位体系域有滨浅湖亚相发育,沉积加积式准层序组,后期发育辫状河三角洲相呈进积式向湖盆推进,湖盆深处可发育三角洲砂体,滑塌则形成重力流沉积(图 7)。

4.1.4 陡坡带层序发育模式

陡坡带主要位于凹陷东部的马西及孙虎地区,以扇三角洲体系为主,也发育辫状河三角洲沉积,地震剖面上可看出层序在靠岸位置较厚,识别出低位体系域、湖侵体系域、高位体系域。低位体系域以小型辫状河三角洲沉积为主,分布范围局限;湖侵体系域则以滨浅湖-半深湖沉积为主;高位体系域则大量发育辫状河三角洲或扇三角洲沉积体系。

饶阳凹陷南部的孙虎-杨武寨地区,层序 I、II、III、IV 发育时期,为简单斜坡断层,沉积了红色泥岩层和盐湖地层,形成了裂谷初始期的湖泊层序。在层序 V 发育期之后,由于盆地构造活动,形成了二台阶,在高部位遭受剥蚀,与上覆地层不整合接触。在孙虎断层及皇甫村断层下盘发育近源堆积的扇三角洲,后期层序则主要发育辫状河三角洲和滨浅湖,东营组时期均为河流相沉积,这些层序在孙虎断层均遭受剥蚀,仅有层序 I、II、III、IV 得以保存(图 8)。

4.1.5 河流层序发育模式

东营组沉积阶段,处于断拗转换时期,构造活动停止,湖盆逐渐被沉积物充填,面积缩小,河流层序占主要地位,可以划分为基准面上升体系域和基准面下降体系域。基准面上升体系域位于层序下部,砂岩发育,联通性较好。基准面下降体系域位于层序上部,砂岩含量低,联通性差,剖面上呈透镜状分布(图 9)。

4.2 气候层序发育模式

气候层序是在干旱气候条件下,沉积物供应不充足而造成的,层序 I、II、VI 便属于气候层序。由于气候比较干旱,湖盆没有被完全充满,形成闭流湖盆,层序的发育受湖平面变化的控制。由于受气候条件的控制,湖平面变化是周期性的,因此,该层序可以划分为三个体系域,即低位体系域、湖侵体系域和高位体系域。层序相对较薄,以河流-三角洲相的红色地层为主,小型湖泊发育在饶阳凹陷的北部洼槽地区(图 10)。

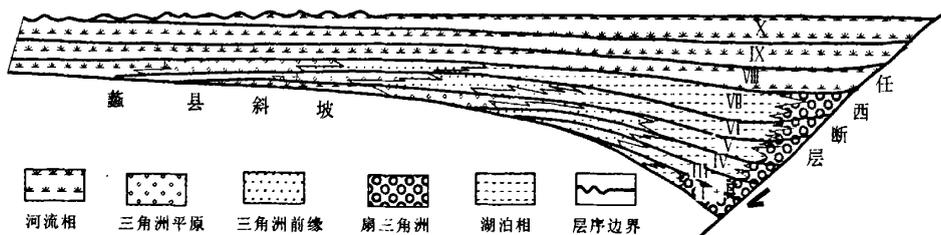


图 5 缓坡带层序发育模式(比例尺是任意的)

Fig. 5 Sequence development model of the gentle slope zone

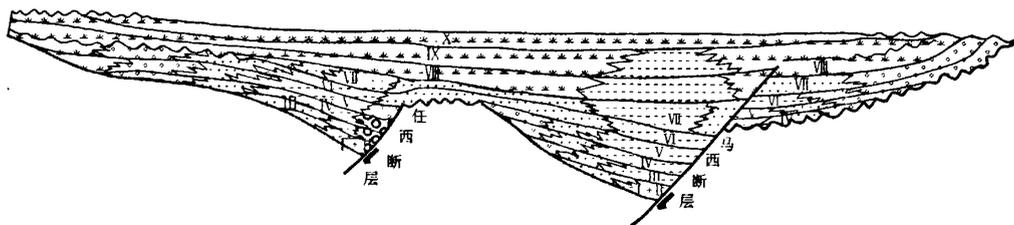


图 6 隆起带层序发育模式(图例同图 5)

Fig. 6 Sequence development model of the rise zone

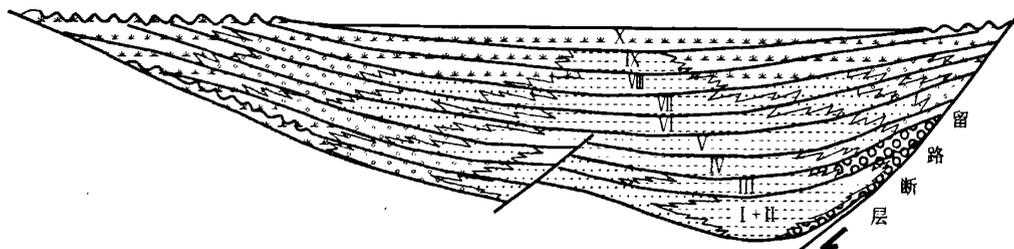


图 7 洼槽带层序发育模式(图例同图 5)

Fig. 7 Sequence development model of the sag zone

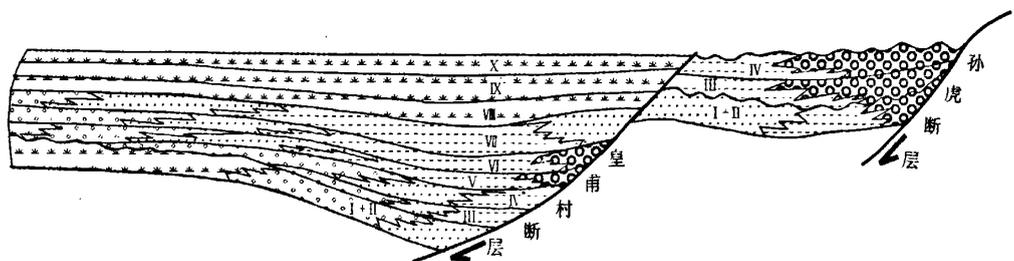


图 8 陡坡带层序发育模式(图例同图 5)

Fig. 8 Sequence development model of the steep slope zone

5 石油地质意义

饶阳凹陷古近系地层发育有十个三级层序,在层序 I、II 发育的盆地裂陷初期,由于气候干燥,盆地范围小而水体局限,以快速堆积的粗粒沉积物为主,生油岩缺乏。在层序 III、IV、V、VI 等层序发育的

盆地断陷扩展期,深湖-半深湖相泥岩发育,生油岩厚度大,储集砂体发育,构成了有利的生储盖组合。在层序 VII、VIII、IX、X 等发育的盆地断陷消亡期,三角洲及河流相发育,易形成较为有利的储集砂体。

5.1 含油性

对于陡坡带而言,具有坡度陡、近物源、古地

形起伏变化大、构造活动强烈等特点^[12]。在层序Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ等湖盆扩展时期,常形成扇三角洲及水下扇沉积,扇体大都与烃源岩呈侧变式接触或被包围在烃源岩中,油源条件优越,靠自身背斜形态或上倾尖灭及相变构成圈闭,部分扇体通过不整合面和断层作为通道提供油源,因此,易形成隐蔽油气藏。以马西地区为例,该区陡坡带受马西断层的控制,形成单断箕状凹陷的陡坡带,储层主要以沙河街组和东营组砂岩为主。来自洼槽的油气通过连通砂体运移至南马庄构造带,然后发生垂向运移。因为北部陡坡带坡度较陡,洼陷中的成熟烃源岩生成的油气可直接通过砂体和断层垂向运移,在圈闭条件优越的地方聚集起来,形成下生上储式油藏。不整合面也可作为重要的运移通道,油气沿不整合面运移,在不整合面上下圈闭中聚集成藏,其成藏特点是运移通道类型多,运移过程复杂,运移的纵向距离远,以垂向运移为主(图 11)。

对于缓坡带而言,由于其外接凸起,内临洼陷,地层坡度小,地层超覆、剥蚀、不整合现象频繁,有利于油气侧向运移^[13]。缓坡带是地层超覆带、岩相过渡带和湖岸线变迁带,在层序Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ等湖盆扩展时期,根部洼陷中成熟烃源岩生成的油气,首先进入伸入洼陷的分支砂体中,并以此作为运移通

道进行侧向运移,至断层后向上或再进入另一侧砂体继续侧向运移,形成阶梯状运移方式;或沿不整合面向上运移,在不整合面上下圈闭中聚集成藏,受地层超覆和岩性上倾尖灭等沉积作用的控制,可形成典型的非构造圈闭(图 11)。

洼槽是断陷盆地的沉积中心,油源中心,具有优越的油气生成条件^[14],深洼区层序Ⅲ成熟烃源岩排出的油气就近进入水下砂体及扇三角洲前缘的孤立砂体中,形成岩性油气藏。因该类砂体被巨厚的烃源岩层包围,故一般不发生油气的二次运移或运移距离较短,形成良好的自生自储式油气藏(图 11)。

5.2 有利方向

在层序Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ等湖盆扩展时期,由构造坡折控制的低水位缓坡三角洲、低位扇等砂体经长距离的搬运,分选、磨圆及孔隙性均较好,为良好的油气储层。构造坡折控制的同生断层坡折内侧低位域物源丰富,近岸水下扇、扇三角洲及浊积扇砂体十分发育;坡折带之上的下切水道发育良好,它们直接或通过不整合面、断面与油源岩沟通;湖侵域发育的深湖泥岩、油页岩既是良好的生油岩又是低位域砂体的良好盖层,这样就形成了有利的生储盖组合,在同生断层的侧向封堵下,可形成构造-地层复合圈闭油气藏。

层序Ⅷ、Ⅸ、Ⅹ为河流相沉积,砂体连续性一

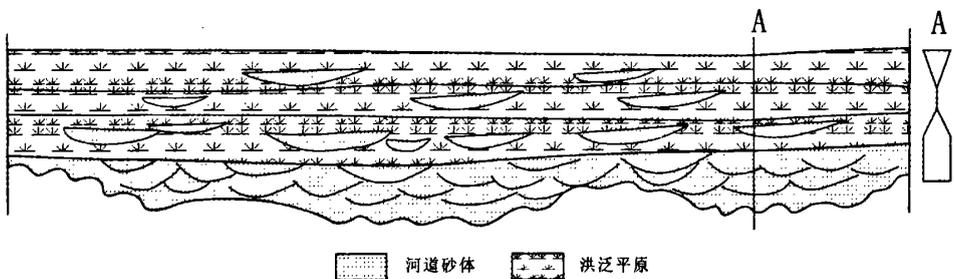


图 9 河流层序发育模式

Fig.9 Sequence development model of the fluvial sequence

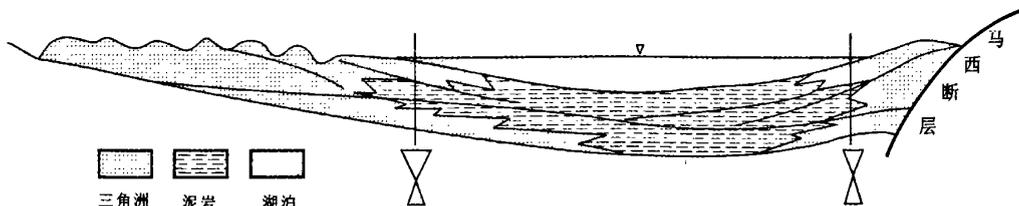


图 10 气候层序发育模式

Fig.10 Sequence development model of the climate sequence

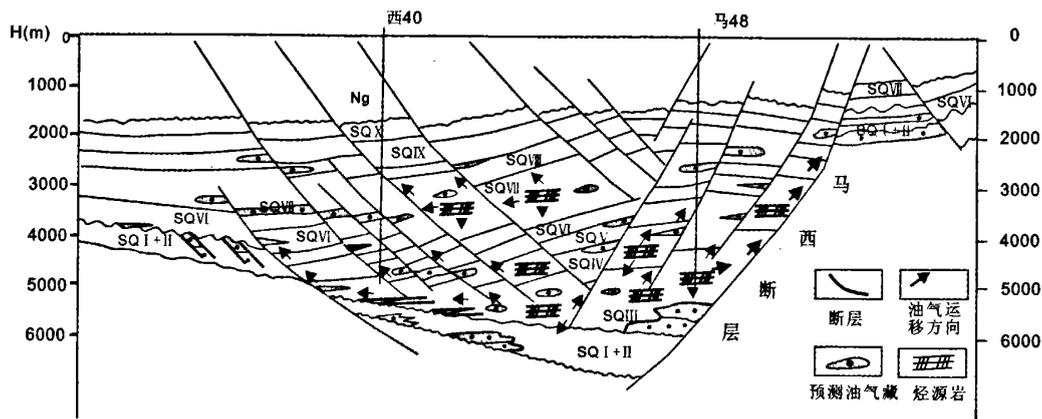


图 11 饶阳凹陷成藏模式图

Fig.11 The reservoir formation model of Raoyang depression

般,但是由于层序VII发育大套的油页岩沉积,可提供油气来源,在有断层沟通的条件下,可形成透镜状岩性油气藏。

6 结论

通过饶阳凹陷古近系层序地层研究,得到以下认识:

(1)根据饶阳凹陷构造运动的演化阶段,结合地震、测井、岩相等基础资料,将古近系地层划分为三个二级层序,十个三级层序。区域性的构造运动形成的角度不整合界面反映了二级层序的界面特征;盆地内构造差异沉降形成的角度不整合面,以及由于构造运动造成的可容空间减少,使得沉积物供应速率超过了可容空间的产生速率而形成的顶超、下超和轻微剥蚀型的层序边界反映了三级层序的边界特征。

(2)按照层序形成机制,把十个三级层序划分为构造层序和气候层序两大类。构造层序又可分为湖泊层序和河流层序,层序III、IV、V和VII为湖泊层序,层序I、II、VI为气候层序,每个层序可划分为低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域;层序VIII、IX、X为河流层序,每个层序可划分为基准面上升体系域和基准面下降体系域。

(3)根据层序发育的构造部位和演化阶段的不同,将饶阳凹陷层序发育模式总结为六种类型:缓坡带型、洼槽带型、隆起带型、陡坡带型、河流型和气候型。

(4)凹陷不同构造部位具有不同的含油气性,

可以形成不同类型的油气藏。如在陡坡带易形成构造-岩性油气藏,缓坡带易形成地层油气藏,洼槽带易形成透镜体油气藏等。

(5)处于同沉积坡折控制之下的层序III、IV、V、VI等,优质储集砂体发育,具备隐蔽油气藏成藏的良好条件;层序VIII、IX、X等河流相沉积,可形成透镜状岩性油气藏,可以作为下一步勘探的方向。

参考文献

- [1] 杜金虎,邹伟宏,费宝生,等.冀中拗陷古潜山复式油气聚集区[M].北京:科学出版社,2002,181-184.
- [2] 张文朝,崔周旗,韩春元,等.冀中拗陷老第三纪湖盆演化与油气[J].古地理学报,2001,3(1): 45-49.
- [3] 纪友亮,张世奇.陆相断陷湖盆层序地层学[M].北京:石油工业出版社,1996,1-75.
- [4] 纪友亮,张世奇,张宏,等.层序地层学原理及层序成因机制模式[M].北京:地质出版社,1998,1-30.
- [5] 蔡希源,李思田,陈开元,等.陆相盆地高精度层序地层学:隐蔽油气藏勘探基础、方法与实践.基础理论篇[M].北京:地质出版社,2003,45-87.
- [6] 邓宏文.美国层序地层研究中的新学派-高分辨率层序地层学[J].石油与天然气地质,1995,16(2): 89-97.
- [7] 顾家裕.陆相湖盆层序地层学模式[J].石油勘探与开发,1995,22(4): 12-17.
- [8] 纪友亮,张世奇,李红南.东营凹陷下第三系陆相盆地层序地层学研究[J].地质论评,1994,40(增刊): 97-105.
- [9] 熊继辉,贾承造,王毅,等.层序地层学及其在塔里木盆地石炭系研究中的应用[J].北京:石油工业出版社,1996,1-75.

- [10] 张世奇,纪友亮.陆相断陷湖盆层序地层学模式探讨.石油勘探与开发,1996,23(5):23-28.
- [11] 杜振川,金瞰昆,孙玉壮,等.高分辨率层序地层模式及油气地质意义-以沾化凹陷下第三系为例[J].中国矿业大学学报,2002,31(4):430-434.
- [12] 李丕龙,邱以钢,陈宝宁,等.陆相断陷盆地层序地层学应用 [M].北京:石油工业出版社,地质出版社,2003,70-151.

Research on the Sequence Stratigraphy of Eocene in Raoyang Depression

ZHANG Da-zhi¹, JI You-liang², ZHANG Rui-feng³, CHU Li-lan⁴,
NI Chao⁵, WANG Lin⁶

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Petrochina, Beijing 100083, China; 2. China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3. Hubei oilfield company, Petrochina, Hebei Renqiu 062552, China; 4. Daqing Oilfield Exploration and Development Research Institute, Heilongjiang, Daqing 163712, China; 5. Hangzhou Institute of Petroleum Geology, Zhejiang, Hangzhou 310023, China; 6. Department of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The research of sequence stratigraphy of Eocene has been based on comprehensive study of seismic data, well logging data, lithologic data and the evolvement process of tectonic movement in raoyang depression. The strata of Eocene are divided into three second-order sequences and ten third-order sequences. The third-order sequence III, IV, V and VII are lacustrine sequence and I, II, VI is climate sequence, which can be divided into the low stand system tract, the lacustrine transgressive system tract and the high stand system tract. The third-order sequence VIII, IX, X are fluvial sequence, which can be divided into the base-level-rising system tract and the base-level-falling system tract. On the basis of the different identification of different evolvement process and tectonic site, sequence stratigraphy models are established and divided into 6 types. The future exploration direction of raoyang depression is proposed according to the analysis of the hydrocarbon bearing in different tectonic site.

Key words: Raoyang depression; Eocene; sequence stratigraphy; system tract; development model