

廊固凹陷古近系层序地层特征 及油气储集规律探讨

董国臣¹ 孙景民¹ 张守鹏¹ 梁冬梅²

(1.中国地质大学,北京 100083 2.首都经贸大学,北京 101500)

摘要 笔者通过对钻孔岩心资料描述和对比,结合具有系统性、连续性和区域分布特点的地震资料,运用层序地层学和地震地层学基本原理对凹陷区内古近系进行了研究,划分了地层层序,揭示层序地层构造格架,探讨了区域沉积格架特征及其对油气生成、储集的控制作用。

关键词 层序地层;廊固凹陷;油气储集

中图分类号:P534.61 文献标识码:A 文章编号:1000-3657(2002)04-0397-04

层序地层学应用于沉积盆地研究有助于查清含油气盆地的地层层序和油气富集成藏规律^[1],开拓新的油气勘探规律。廊固凹陷(廊坊—固安)作为冀中新近系、古近系四大凹陷之一,是华北油田主要产油区。凹陷位于渤海湾盆地冀中凹陷北部,西邻大兴隆起,东接武清凹陷,南靠牛驼镇凸起,北连大厂凹陷,长60 km,宽5~15 km,面积420 km²。

凹陷受北东向断裂构造控制,表现出整体不均匀下降的箕状凹陷特征,凹陷的3个方向均以断裂为界,西侧为大兴断裂,东界为河西务断裂,北界为桐柏镇断裂,其差异运动控制着凹陷的发展和沉积地层的发育程度,不同时期凹陷内沉积物发育厚度差异很大。已有研究表明^①,古新世初期大兴断裂活动形成西断东超的箕状凹陷,沉积了巨厚的暗色泥岩,并伴随多期火成岩的侵入和喷发。受断裂差异活动的影响,基岩断块呈西低东高的翘倾式状态,古近系地层逐层超覆其上,形成潜山披覆构造带和区域不整合面,为油气生成、运移、成藏提供了有利条件。

1 地层特征

廊固凹陷作为新生代断陷盆地,主要发育古近

系孔店组和沙河街组河流和湖泊相沉积地层,厚度巨大,逾8 000 m。其中,沙河街组又进一步划分为4个岩性段。

(1)孔店组:该组岩性变化较大,在凹陷西部大兴断裂沿线,发育冲积扇相沉积,厚度大于1 000 m,在东南部的牛北斜坡一带,出现湖滨碎屑岩。总体上看,其下部为暗棕褐色泥岩,泥质砂岩、泥岩,底部为灰白色底砾岩;上部为暗紫红色夹灰绿色砂质泥岩、泥质砂岩和浅棕红色(含砾)砂岩互层;中部为深灰色泥岩、灰绿色粉砂岩夹泥岩、页岩,向上粒度变细,以灰黑色泥岩、页岩为主,夹灰绿色含泥长石粉砂岩和油页岩,局部夹灰岩。

(2)沙河街组第四段:沙四段是重要的含油层位,构成河西务构造带的主要含油层,可分为3个亚段:下亚段下部为灰色泥岩与灰白色砂岩不等厚互层,夹炭质泥岩,底部以底砾岩、或含砾砂岩与下伏孔店组分界,具有湖底扇特征,厚度2 000~411 m;上部为灰黑色泥岩夹灰白色粉砂岩,厚402~1 000 m。中亚段为深灰色泥岩与灰白色粉砂、细砂岩不等厚互层,局部夹玄武岩及含石膏泥岩,厚450~782 m。上亚段为灰色泥岩、钙质泥岩夹钙质页岩、泥灰岩及砂

收稿日期 2001-12-22;改回日期 2002-06-20

基金项目:国家自然科学基金项目(49802005)资助。

作者简介:董国臣,男,1962年生,博士生,教授级高级工工程师,从事岩石与矿床学专业。

① 徐文斌. 大兴断裂下降盘沙三中上段成油条件研究,1989.

质条带,厚0~967 m。

(3)沙河街组第三段:沙三段是一套富含有机质的暗色泥岩夹油页岩、泥灰岩,富含华北叶枝介^[2],属较深水环境产物,是柳泉、曹家务构造带的主要含油层,厚度538~2300 m,可以分为3个亚段。

沙三下亚段上部为深灰色泥岩、灰绿色灰质油页岩夹灰白色砂岩,下部为深灰色泥岩与灰白色砂岩互层,体现出深湖区沉积特征。沙三段中亚段为深灰色泥岩夹灰白色砂岩,底部为灰色砂岩。沙三上亚段为深灰色泥岩与灰白色粉砂岩、砂岩互层,夹深灰色炭质泥岩、油页岩和薄层煤,顶部为灰色泥岩,下部煤层较厚,底部为砂岩。

(4)沙河街组第二段:沙二段岩性呈下粗上细、为红色调的沉积,主要岩性组合为紫红色泥岩与灰色钙质砂岩、粉砂岩、泥灰岩互层,底部为绿色泥岩与砂岩互层,夹紫红色泥岩,厚度600~800 m。

(5)沙河街组第一段:以冲洪积相紫红色泥岩、杂色砾岩、含砾砂岩和砂岩互层为主,砾石成分主要为石英,次为长石、燧石和火成岩块,胶结松散,分选性差。近物源砾石多、砾径大,可达10 mm,远离物源的固8井则变细为含砾砂岩,砾径一般为1~2 mm。局部出现暗色泥岩与杂色砾岩、含砾砂岩互层的正韵律层,其沉积厚度200~300 m。

2 层序地层发育特征

2.1 层序界面的识别及特征

根据岩心中地层发育特征,结合测井资料和地震剖面反射终止特征,将凹陷区古近系沉积地层中的界面分为3类。

I级不整合面:由构造运动、构造应力场转换造成大规模区域性不整合面。凹陷区发育两个I级不整合面,一个是古近系与中生界之间的界面(即 T_g 反射层),该界面以下,古近系地层自东向西依次与石炭—二叠系(永11井)、奥陶系(京30-9为峰峰组,京30为上马家沟组,永2为下马家沟组)、寒武系或更老地层接触,表明其下为前中生代海相碳酸盐岩沉积,其上为富含介形虫和植物化石的湖相碎屑沉积^[2];另一个是新近系与古近系之间的界面(即 T_2 反射层)^[3],表现在明化镇组与沙一段直接接触(区内缺失馆陶组和东营组地层)。

II级不整合面:由明显的沉积基准面下降伴随局部性的构造运动,在盆地边缘地带表现为沉积间断,

甚至侵蚀,在盆地内部可由无沉积到连续沉积,地震剖面上表现为上超到平行整合。凹陷区II级不整合面为沙四段与沙三段之间的界面(T_6 反射)^[4],表现为界面上下具削截、顶超和上超反射特征,尤以盆地边部反映清楚,其成因与喜马拉雅运动第二幕有关。

III级不整合面:主要由沉积物供应速率变化和基准面波动造成地层岩性的相级旋回变化,这类界面往往由录井、测井资料来识别,也可根据地震反射振幅强度连续性等来识别。区内III级界面为孔店组和沙四段之间(T_7)、沙三段下段与沙三段中段之间(T_5)以及沙三段和沙二段之间(T_5)^[4]的界面,其共同特点是削截不明显,上下层位化石特征相似,主要表现在层序型式的转变部位。

2.2 钻井层序地层特征

根据地层钻井取芯和测井曲线资料以及层序界面特征,将廊固凹陷古近系划分为5个沉积层序(表1)。

(1)层序 DS_1 发育3个体系域,其LST为其底部发育的砾岩部分暗棕褐泥岩、泥质砂岩互层,EST为层序下部的泥质和砂岩夹灰色泥质砂岩互层,HST为杂色泥质砂岩、砂质泥岩和含砾砂岩互层。3个体系域主要由冲积扇相灰色泥岩夹粉砂岩组成,形成于湖盆稳定沉降、迅速扩张期。

(2)层序 DS_2 可以划分出两个体系域,其下部为EST,由灰白色砂岩、泥岩及细砂、粉砂岩构成,底部局部出现少量砂岩。上部相当于HST,主要为钙质泥岩夹砂质条带及深灰色泥岩、泥灰岩,属较深水、深水湖相沉积产物。其中HST发育的不够完整,可能是与可容纳空间的变化有关。

(3)层序 DS_3 由3个体系域组成,LST为一套砾岩与泥岩互层,在大兴断裂下降盘一带厚度更大,EST则为含砾砂岩、砂岩、细砂岩、泥岩互层,HST以泥岩、细砂岩为主,夹有砂岩层,其HST可能受剥蚀而发育不完整。

(4)层序 DS_4 有两个体系域,EST为 ES_3 中亚段下部的粗粒砂岩、粉砂岩及泥岩互层,HST则为 ES_3 中亚段和上亚段的黑色炭质泥岩、油页岩和粉砂岩、泥岩组合,为深湖相沉积产物。

(5)层序 DS_5 发育两个体系域,EST为 ES_2 灰色钙质砂岩、粉砂岩、泥灰岩岩石组合,HST由泥岩、泥灰岩、油页岩和 ES_1 含砾砂岩和杂色砂岩组合。 DS_5 局部受剥蚀而出露不全。

2.3 地震地层层序特征

地震层序是从地震剖面上识别出来的以不整合面及其与之可对比的整合面为界的、内部反射相对统一的地震反射单元。其主要识别依据是地震反射的终止方式,即顶超、上超、削截、下超,兼顾内部总体反射特征。通过对过井主干剖面地震层序界面的对比追踪、解释,在凹陷区古近系 II 级层序的底顶界面 T_g与 T₂之间识别出了 2 个 II 级地震层序(表 1)。S II-1 为 T_g反射层与 T₆反射层限定的地层,对应层位为 Ek 和 ES₄; S II-2 为 T₆反射与 T₂反射所限定的地层,对应层位为沙三段、沙二段和沙一段。S II-1 和 S II-2 则反映出一级旋回(S II-2)特征。

根据上述界面和层序特征,结合钻孔岩心岩性和生物资料,可以看出廊固凹陷古近系沉积基准面经历了一个完整的水进-水退旋回,相当于一级层序。期间出现了两次较大规模旋回性变化,相当于两个二级层序,即孔店组和沙四段沉积期以及沙三段至沙一段沉积期沉积的 2 个二级层序,更小规模的旋回性变化相当于 5 个三级层序。这期间,以三级层序 DS₂和 DS₄发育期湖盆水域宽、覆水深;其他三级层序发育期的湖盆沉积范围较小,水体变浅。

3 油气赋存规律和油气藏勘探方向

3.1 生储盖组合与基准面旋回的对应关系

生储油条件取决于沉积盆地类型、沉积相和沉积物中有机质的丰度^[5]。廊固凹陷古近系主要为暗色泥岩、泥岩及砂岩组合,其中有机质赋存形式及品质丰度有较大差异。在两个二级层序的发育过程中,每一旋回的早期可容纳空间较低时,发育粗碎屑的快速充填沉积;中期基准面迅速上升,发育湖泊相砂泥互层沉积;晚期的基准面下降过程中,发育以粗碎屑岩为主的沉积组合。

三级层序处于二级旋回的不同阶段时,其沉积

表 1 廊固凹陷古近系地层层序划分方案

Table 1 Classification scheme of the Paleogene depositional sequences in the Langgu subdepression

界	地 层					反射 终端	层 序			体系域	反射 代号	年 龄 (Ma)				
	系	统	组	段	亚段		I 级	II 级	III 级							
新 生 界		上新统	明化镇			上超	S I-3				T ₂	12.0				
	古 近 系	渐新统	沙河街组	S ₁		削截	S II-2		DS ₅	HST	T ₄	35				
				S ₂						EST	T ₅					
				S ₃	上	平行				DS ₄	HST					
					中	平行					EST					
				S ₃	下					DS ₃	HST					
						上超					EST					
		始新统	孔店组	Ek			上超	S II-1		DS ₂	HST	T ₆₋₂	40.4			
											中	削截		EST	T ₇	
											下	平行		DS ₁	HST	
															EST	
									LST	T _g	54					
中生界						削截	S I-1									

背景、岩性特征、生储盖层的发育条件均有较大的变化。层序 DS₁ 形成于第一个二级旋回的早期,低可容纳空间的沉积物特征突出,主要发育储集岩,而生油岩和盖层不发育;层序 DS₂ 形成二级旋回的基准面上升期,并已达到一定高度,发育以暗色泥岩为主的生油岩、以细中粒砂岩为主的储集岩和以灰色深灰色泥岩为主的区域性盖层。层序 DS₃ 适当调整,发育可作为储集岩的砂岩、细砂岩互层,到 DS₄ 发育期,沉积基准面升高,湖盆水域宽、覆水深,暗色泥质岩发育,形成以暗色泥质岩为主的生油岩和以砂岩、细砂岩为主的储集岩;至层序 DS₅ 发育时,基准面开始下降,湖盆沉积范围收缩,水体变浅,发育三角洲相砂岩与湖相泥岩,特别是在层序的顶部,沉积物明显变粗。

3.2 烃源岩系特征

根据层序地层特征和有机质丰度和质量,廊固凹陷古近系内烃源岩可划分为 5 套:第一套位于曹家务、别古庄和固安一带,为沙二段上部地层,属 DS₅ 湖泛时期的沉积产物。根据钻探和电测解释资料^①,沙二段见荧光砂岩 4 层,厚 30 m,井壁取芯为油浸、油斑,且具有油藏埋深浅、产量和丰度高的特点;第二套分布于曹家务以西地区,为沙三段中上部至沙三

① 刘和平,等.廊固凹陷油气富集规律的新认识及勘探方向研究,1988.

段底部地层,属于DS₄的最大湖泛时期产物;第三套广布全区,但在曹家务及以东地区发育厚度明显较大,整体产于沙三段下部,相当于DS₃期间沉积产物。根据探测资料结果,第二套是廊坊—别古庄地区主要烃源岩^[6],其有机质丰度高、质量较好,两套烃源岩累积厚度约1 250 m,占地层厚度的80%,暗色泥岩有机碳平均含量1.19%。

第四套烃源岩位于DS₂层序内,指沙四段中上部,第五套系孔店组中上部,属DS₁时期的沉积而成。两套岩系中暗色泥岩厚度在600 m左右,占60%以下,其中有机质丰度低,有机碳平均含量只有0.44%,最高不超过1%,加之埋深大,总体属差生油岩或非生油岩^[6]。但埋藏深度适当时,也可成为主要生油层,如河西务构造带即以第四套烃源岩为主要生油岩^①。

4 结 论

廊固凹陷古近系可以划分为5个三级层序和2个二级层序,下部层序DS₁以粗碎屑岩沉积为主要特征,为盆地发育早期的快速充填沉积,以河流、扇三角洲沉积环境为主,凹陷中部发育湖相沉积。上部层序DS₂、DS₃和DS₄是湖盆扩张期的沉积产物,发育深湖相的深灰色块状泥岩。其中,以层序DS₄发育时湖盆水域最宽,水体最深。层序DS₅发育时基准面已经开始下降,水体变浅,沉积范围缩小,但仍以滨浅湖相沉积为主。整个凹陷沉积相的纵向演化具有一

致性,表现出地层发育规律和充填演化序列。

在沙四和沙三段上部层序中,发育半深湖—深湖相,其中的泥质岩石厚度大、有机质含量高,构成较好的烃源岩,滨浅湖相环绕湖盆边缘分布,连通性强。凹陷东部和中部的沉积中心是有利的生油区,环绕这些中心的河西务地区和曹家务地区是较有利的生油区;沉积体系发育的凹陷东部及东南部是有利的储集岩发育区。

在收集本文资料过程中,得到了华北石油管理局采油四厂有关领导和专家们热情帮助,在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 樊太亮,刘金辉,徐怀大,等.新疆塔里木盆地北部应用层序地层学[M].北京:地质出版社,1997.
- [2] 魏魁生,徐怀大.冀中地区早第三纪海泛特征及其层序地层学意义[J].现代地质,1993,7(3):274~283.
- [3] 徐怀大,魏魁生.华北地区第三系层序地层学特征[J].古潜山,1992(1):1~8.
- [4] 徐怀大,魏魁生.华北地区第三系层序地层学特征[J].古潜山,1992(2):1~7.
- [5] 叶兴元,徐晓峰,张锐锋.河西务构造带沙三段、沙四上段油气藏分析[J].古潜山,1992,1:36~41.
- [6] Bowen D W, Weimer P, Scott A. The relative success of sequences stratigraphic in exploration: examples from incised valley fill and turbidite system reservoirs[J]. In: Paul Weimer and Henry Posamentier eds. Siliclastic sequence stratigraphy: AAPG memoir 58, 1993, 15~42.

Paleogene sequence stratigraphy and oil-gas accumulation in the Langgu subdepression

DONG Guo-chen¹, SUN Jing-min¹, ZHANG Shou-peng¹, LIANG Dong-mei²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China

2. Capital Economy and Trade University, Beijing 101500, China)

Abstract: The Langgu subdepression is a major oil-producing area in the North China oil field. On the basis of the hole core data combined with the seismic data and by using the basic principles of sequence stratigraphy and seismic stratigraphy, the authors studied the Paleogene in the subdepression, distinguished depositional sequences, revealed the tectonic framework of sequence stratigraphy and probed into the characteristics of the regional depositional framework and their controlling effects on petroleum generation and accumulation.

Key words: sequence stratigraphy; Langgu subdepression; oil and gas accumulation

① 吴小洲,廊固凹陷油气分布与富集条件研究,1990.