Vol. 23 No. 4 Aug. 2014

文章编号:1671-1947(2014)04-0330-05

中图分类号 :TE121.1

文献标识码 :A

松辽盆地徐家围子断陷沙河子组地震相研究

吕鹏信1,柳成志1,颜 康2,张继伟3

(1. 东北石油大学 地球科学学院,黑龙江大庆 163318; 2. 大港油田采油二厂,河北 沧州 061103;

3. 中国石油大学 地球科学学院 北京 100083)

摘 要 松辽盆地徐家围子断陷沙河子组处于断陷早期,受断陷影响较大.针对研究区的实际情况,根据地震反射终止关系,将沙河子 组划分出了 5 个地震层序,即 Sq1~Sq5.利用地震反射的内部结构和外部几何形态,结合地震同相轴等各类参数,在目的层内识别出 楔状发散、席状平行、席状披盖、丘状前积、丘状空白和丘形乱岗状 6 种地震相,并描述其特征.通过综合解释,把地震相转换为沉积 相.结果表明,沙河子组主要发育有辫状河三角洲、扇三角洲、湖泊和湖底扇等沉积体系.

关键词 徐家围子断陷 沙河子组 地震相 层序 沉积相 松辽盆地

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2014.04.004

STUDY ON THE SEISMIC FACIES OF THE SHAHEZI FORMATION IN XUJIAWEIZI FAULT DEPRESSION IN SONGLIAO BASIN

LYU Peng-ji¹, LIU Cheng-zhi¹, YAN Kang², ZHANG Ji-wei³

(1. College of Earth Sciences, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, Heilongjiang Province, China; 2. No.2 Oil Production Plant, Dagang Oilfield, Cangzhou 061103, Hebei Province, China; 3. College of Earth Sciences, China University of Petroleum, Beijing 100083, China)

Abstract : The Shahezi Formation in the Xujiaweizi Depression in Songliao Basin, formed in the early stage of depression, is largely influenced by the depression. For the situation of less drilling and uneven distribution, based on the seismic reflection termination relationship, the Shahezi Formation is divided into five seismic sequences from Sq1 to Sq5. According to the internal reflection texture and external geometric configuration and in combination with parameters, six seismic facies are identified in the target sequences of the study area, including wedge shaped, parallel sheet, overlap, mound shape, blank and hummocky seismic facies, with detail descriptions of their characteristics. The seismic facies are transformed into sedimentary facies through a comprehensive interpretation. The results show that the target sequences develop the sedimentary systems of braided river delta, fan delta, lake and sublacustrine fan.

Key words : Xujiaweizi fault depression; Shahezi Formation; seismic facies; sequence; sedimentary facies; Songliao Basin

0 引言

松辽盆地为中国东北部的中新生代陆相含油气盆 地,面积为26×10⁴ km²,沉积地层厚度5000~6000 m,历 经沉积早期张裂、中后期的整体凹陷和后期褶皱3个 阶段,是具有"上拗下断"双层地质结构的沉积盆地^[1-4]. 故此松辽盆地深、浅层表现出不同的油气聚集分布特 征,中浅层研究勘探程度高,并已经取得了丰富的资

源,而盆地深层勘探也获得了重大突破.

徐家围子断陷位于松辽盆地中央古隆起带东部, 在晚侏罗世到早白垩世早期形成断陷,是该盆地具代 表性的深层含气断陷^[3].徐家围子断陷近南北向展布, 所在的构造单元为东部断陷区(图1).整个断陷长 115 km,宽 33 km,断陷面积为 3097 km².沙河子组处 于白垩系底部的强烈断陷期,介于下部的侏罗系火石 岭组和上部的营城组之间.

收稿日期 2013-07-03 修回日期 2013-10-11.编辑 李兰英.

作者简介 :吕鹏佶(1990-) ,男 ,东北石油大学硕士研究生 ,研究方向 储层沉积学及层序地层学 ,通信地址 黑龙江省大庆市高新区东北石油大学地球 科学学院 701 室 ,E-mali//dqpilpj@126.com



图 1 徐家围子断陷研究区位置图 Fig. 1 Study area of the Xujiaweizi fault depression 1—一级构造(first order of tectonics) 2—二级构造(second order of tectonics)

1 地震层序划分

地震层序是沉积层序在地震剖面上的反映^[5-6],前 人在这一问题上已做过大量研究^[7-9].通过对地震波组 接触关系的识别,在徐家围子断陷沙河子组地层中,能 够清晰地发现上超、下超及削截等不整合反射类型 与此 同时对地震剖面进行追踪对比.基于以上,可将沙河子 组地层划分出 5 个地震层序 即 Sq1~Sq5(见图 2、表 1).

2 地震相类型及其与岩性的对应关系

结合本地区的沉积特征、沉降演化及地质背景等 实际情况,此次研究以 14 条骨架剖面为基础,在不同 层序中一共识别出了6种地震相,其中包括楔状发散、 席状平行、席状披盖、丘状前积、丘状空白和丘形乱岗 状地震相.

2.1 楔状发散地震相

其剖面形态总体呈楔状,可向盆地边缘加厚或减 薄,在沉积过程中断陷边缘基底的差异沉降作用或者 沉积速率的横向变化均可以形成这种地震相类型.本 地区沉积体主要发育于徐家围子断陷东部的缓坡带, 反映三角洲前缘以及滨浅湖沉积体系.在沙河子组沉 积时期,尚深3井在地震剖面上高连续,高频率和强振 幅的特点正反映出这种楔状发散特征,对应的岩性为 互层的薄砂泥岩,并发育有少量薄煤层,宋深101井在 沙河子组地层中的地震剖面上也呈现出这种楔状发 散、而其反射具有低连续和低频率、弱振幅的特征,岩性 除夹有少量薄层泥岩外,以厚层砂砾岩为主(见图3a).

2.2 席状平行地震相

本类型地震相表现出席状的外部几何形态,内部 由一组平行的地震反射轴构成,与上下反射层呈平行 接触关系,厚度相对稳定,以中一强振幅、中一高连续 反射结构为特征,反映在一个沉积区域内相对稳定、 水体能量偏低的沉积相组合^[10].在徐家围子沙河子组



图 2 徐家围子断陷沙河子组层序地层划分和界面反射特征

Fig. 2 The division of sequence stratigraphy and interface reflection in Shahezi Formation in Xujiaweizi fault depression

表1 徐家围子断陷沙河子组层序地层划分

Table 1 The division of sequence stratigraphy in Shahezi Formation in Xujiaweizi fault depression

地层单元			日皮	行田法と	分批演化
统	组	段	一运门	ルベルに	<u> </u> 血地
下白垩统	沙河子组	五段	Sq5	沙河子沉积后期全区剥蚀严重 沉积扇三角洲和滨浅湖沉积体系	
		四段	Sq4	西部发育了较大规模的扇三角洲沉积体系 ;东部斜坡带发育形成坡折带 ,但相对于西侧则 要缓得多 ,沉积物主要沉积辫状河三角洲 ,搬运距离长	
		三段	Sq3	断陷达到最大规模,西部物源充足,沉积粒度粗,发育大规模的扇三角洲体系,局部发育近 岸水下扇;东部斜坡带主要沉积了一套以辫状河三角洲发育为主的沉积体系	强烈断陷期
		二段	Sq2	扇三角洲沉积体系扩大 ,东部斜坡带较缓 ,沉积物搬运距离长 ,主要沉积了一套以辫状河三 角洲发育为主的沉积体系	
		一段	Sq1	受到古地貌的控制,形成较小的扇三角洲沉积体系. 东部沉积物搬运距离长 沉积了一套以 辫状河三角洲发育为主的沉积体系	
侏罗系	火石岭组				初始断陷

主要发育于断陷的中部,这种席状平行结构说明了弱 水动力条件,指示滨浅湖、深湖一半深湖沉积体系. 宋 深3井在地震剖面上就具备这种席状平行特征,表现 出强振幅、高连续、高频率的特点. 岩性主要是大段的 厚层泥岩,夹少量薄细砂岩层及煤层. 芳深 10 井在地 震剖面上表现出席状平行、弱振幅、高连续及低频率的 特点. 岩心剖面上岩性以大段暗色泥岩为主,自然伽马 曲线低值,属于典型的深湖一半深湖沉积(见图 3b).

2.3 席状披盖地震相

席状披盖型地震相出现在徐家围子断陷缓坡带的 尖灭带处,与地震底层界面相邻,由于沉积后伴随剥蚀 而体现出振幅比较强的特征,主要指示辫状河三角洲 平原.例如,尚深1井即位于断陷缓坡带的边缘,指示 辫状河三角洲平原沉积,岩心剖面上显示此处底部发 育红色泥岩,中上部均发育大段浅灰色泥岩(见图 3c). 2.4 前积地震相



图 3 地震相图版

Fig. 3 Seismic facies

a-楔状发散地震相(wedge shaped seismic facies) 为-席状平行地震相(parallel sheet seismic facies) 次-席状披盖地震相(parallel overlap seismic facies) 对一前积地震相(mound shape seismic facies) 定一丘状空白地震相(blank seismic facies) f一丘形乱岗状地震相(hummocky seismic facies)

前积相通常反映某种携带沉积物的水流在向盆地 方向推进的过程中由于前积作用而发生的反射.沙河 子组地层前积相主要指示扇三角洲前缘和扇三角洲平 原.全区发育在徐西断裂一侧,并呈零星分布,指示三 角洲平原和前缘沉积.例如肇深6井就表现出丘状前 积的特点,具备弱振幅、低连续、高频率的反射特征,岩 性以暗色泥岩为主(见图 3d),并夹少量薄层砂岩,属 于扇三角洲前缘与滨浅湖沉积的过渡段.

2.5 丘状空白地震相

实际上,空白反射主要是由大套岩性比较均一的 地层造成的.因此,地震上表现出极弱振幅的反射特 点.对应的沉积相,如果在断陷的边缘主要是三角洲平 原或前缘的河道沉积,而如果在断陷中部,则主要对应 着深湖一半深湖沉积.本类型地震相主要分布在徐西 断层一侧,如芳深 801 井,在地震剖面上表现为丘状空 白,岩心剖面上显示存在大套杂色砂砾岩,属于扇三角 洲平原发育的河道沉积物(见图 3e).

2.6 丘形乱岗状地震相

^{肇深 12} 井在地震剖面上表现出丘形乱岗状,中振幅,不连续,高频率,具备典型的丘形乱岗状反射特征. 岩心剖面对应的岩性为大套砂砾岩,属于扇三角洲平 原沉积.丘状外形本身指示扇体发育形态,中等振幅说 明岩性变化属于渐变型,不连续说明岩性横向变化比 较大,高频率可说明岩性变化频繁,岩性一般为厚层 砂砾岩,对应的沉积相类型一般认为主要是扇三角 洲平原或扇三角洲前缘^[11].在本研究区中丘形乱岗状 地震相一般分布在徐西断层一侧,指示着扇三角洲沉 积体系(见图 3f).

3 地震相向沉积相的转换

根据本区的钻、测井资料,开展单井相分析. 再结 合三维地震资料,建立过井剖面的地震相和沉积相之 间的关系,进而把地震相转换为沉积相^[12]. 地震相向 沉积相的转换是研究沉积相发育演化进而分析预测有 利储层的必要环节.

本文以宋深4井为例,对其沉积相以及沉积特征 进行系统分析. Sq2 沉积时期,在地震上的反射特征为 丘状的反射结构. Sq2 取心段下部为泥岩夹砂岩层,中 间是泥岩夹少量灰黑色细砂岩,上部为泥质粉砂岩,泥 岩中含零星炭屑.取心段主要为三角洲平原亚相沉积. 在 Sq3 沉积时期,在地震剖面上为前积反射.取心段岩 心下部为灰白色砾岩;中部岩性主要为细砂岩;上部为 细砂岩和少量砂砾岩,整体呈现正韵律,三处均为典型 的三角洲平原越岸沉积微相. Sq4 沉积时期,地震剖面 上为丘状空白反射. 取心段岩心以砂砾岩为主,砾石磨 圆呈次圆状,颗粒结构为不等粒结构,可见平行层理, 主要反映了三角洲前缘辫状河道微相沉积.

4 沙河子组沉积相演化

沙河子组沉积时期,徐家围子断陷受徐西断裂控 制作用明显,西厚东薄,西断东超.在局部相带的变化 上,由于不同地质因素引起湖平面的不断变化,不同时 期的水体深度和范围均发生着细微的变化,沉积相带 也随之演化,如三角洲体系内部平原与前缘之间的演 化,三角洲相与湖相之间的演化,湖泊相中滨浅湖与半 深湖一深湖之间的演化等(见图 4).这些相带的演变 形式在不同层序内特征有所差异.在不同的背景下,不 同的演变形式预示着各异的沉积特征,指导着有利储 层预测与油气的勘探开发.

Sq1 沉积时期 徐家围子断陷沉降幅度较小 沉积 范围不大 扇三角洲沉积体系发育较小 滨浅湖面积亦 小. Sq2 沉积时期,徐家围子断陷开始进入沉降期,辫 状河三角洲发育规模有所扩大,滨浅湖和扇三角洲范 围也随之扩大,并且此时期发育了大规模的半深湖一 深湖体系 局部发育湖底扇沉积. Sq3 沉积时期 徐家 围子断陷继续稳定沉降,辫状河三角洲的发育规模达 到最大,并且此时期发育了大范围的半深湖-深湖沉 积体系,局部发育湖底扇. Sq4 沉积时期,徐家围子断 陷遭受剥蚀导致面积减小,辫状河三角洲发育规模有 所减小 滨浅湖范围面积减小 并且此时期发育了小范 围的半深湖一深湖体系,局部发育湖底扇沉积体系. Sq5 沉积时期是沙河子组沉积后期,全区遭受严重剥 蚀,仅发育扇三角洲和滨浅湖,且沉积范围很小. 简而 言之 ,沙河子组沉积时期总体上下部呈正旋回 ,上部呈 反旋回 Sq3 时期可容纳空间增加速率与沉积物供给 速率之比(A/S值)下降到最小,广泛发育细粒物质,水 体相对最稳定.

5 结论

依据徐家围子断陷沙河子组地震反射终止关系, 从下到上可以划分出 5 个地震层序,即 Sq1~Sq5.利用 地震剖面上内部结构和外部呈现出的几何形态,结合 反射同相轴的振幅、频率和连续性等有效地震相参数, 可以识别出楔状发散、席状平行、席状披盖、丘状前积、 丘状空白和丘形乱岗状共 6 种地震相.在研究过程中, 基于陆相湖盆沉积理论的指导,通过地震相向沉积相



图 4 徐家围子断陷沙河子组沉积模式图



1-扇三角洲平原(fan delta plain) 2-扇三角洲前缘(fan delta front) 3-辫状河三角洲前缘(braided river delta front) 4-辫状河三角洲平原(braided river delta plain) 5-滨浅湖(shore-shallow lake) 5-深湖-半深湖(deep lake and semi-deep lake) 7-近岸水下扇扇根(fan root of nearshore subaqueous fan) 8-近岸水下扇扇中(mid-fan of nearshore subaqueous fan) 9-近岸水下扇扇端(fan end of nearshore subaqueous fan);10-湖底扇(sublacustrine)

的转换,并结合沙河子组地层的沉积特征、地质背景等因素,分析了沉积相演化并建立了一套完整的沉积相模式,为松辽盆地徐家围子断陷的深层天然气勘探与 有利储集层预测提供有力依据.

参考文献:

- [1]侯启军,冯志强,冯子辉.松辽盆地陆相石油地质学[M].北京:石油 工业出版社,2009.
- [2]殷进垠,刘和甫,迟海江. 松辽盆地徐家围子断陷构造演化[J]. 石油 学报, 2002, 23(2): 26-30.
- [3]夏利. 徐家围子沙河子组沉积体系与烃源岩预测[D]. 北京:中国地 质大学(北京), 2009.
- [4]何委徽 ,真允庆 陈中 ,等. 松辽盆地"三层式"构造格局与深部找藏 [J]. 地质调查研究, 2011, 34(3): 229-240.
- [5]徐立恒,卢双舫,陈践发,等.徐家围子断陷深层烃源岩生气评价[J]. 石油学报,2008,29(6):846-852.

- [6]徐安娜,董月霞,韩大匡,等.地震、测井和地质综合一体化油藏描述 与评价:以南堡1号构造东营组一段油藏为例[J].石油勘探与开发, 2009, 36(5):541-551.
- [7]徐怀大,王世风,陈开远. 地震地层学解释基础[M]. 武汉:中国地质 大学出版社, 1990: 28-59.
- [8]王伟, 张世奇 纪友亮. 青坨子凸起馆陶组地震相研究[J]. 断块油气 田, 2007, 14(1): 16-18.
- [10]韩小俊,施泽进,郑天发.地震地层及地震相分析在川东南复杂储 层识别中的应用[J].成都理工大学学报:自然科学版,2006,33(2): 193-197.
- [11]吴键 李凡华. 三维地质建模与地震反演结合预测含油单砂体[J]. 石油勘探与开发, 2009, 36(5): 623-627.
- [12]陈学海,卢双舫,薜海涛,等.海拉尔盆地呼和湖凹陷白垩系地震相 [J].石油勘探与开发,2011,38(3):321-327.