

文章编号:1673-5005(2006)02-0001-05

济阳坳陷白垩系沉积特征及其控制因素

徐振中¹, 陈世悦¹, 王永诗², 张明军¹

(1. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061; 2. 胜利油田有限公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要: 济阳坳陷白垩系沉积特征的研究程度较低,使得这一层位的油气资源勘探存在较大风险。在系统观察岩心的基础上,结合测井、地震等资料,对济阳坳陷白垩系沉积特征进行了综合研究,并探讨了沉积的主要控制因素。结果表明,研究区白垩系主要发育的沉积相类型有:杂乱堆积的冲积扇相;纵向上呈粒度向上变细的河流相;中等成分成熟度和结构成熟度的三角洲相;杂色砂泥岩呈薄互层沉积的滨浅湖亚相。北西向断层的活动对沉积起到主要的控制作用,在其控制下,白垩纪济阳坳陷为一相互分割的山间盆地,湖盆范围时大时小,湖水深度不断变化,总体湖水较浅,主要发育滨浅湖亚相。

关键词: 济阳坳陷; 白垩系; 沉积特征; 控制因素

中图分类号: TE 121.32

文献标识码: A

Sedimentary characteristics and controlling factors of Cretaceous in Jiyang depression

XU Zhen-zhong¹, CHEN Shi-yue¹, WANG Yong-shi², ZHANG Ming-jun¹

(1. Faculty of Geo-Resource and Information in China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong Province, China;

2. Research Institute of Geological Science of Shengli Oilfield Limited Company, Dongying 257015, Shandong Province, China)

Abstract: There exists high risk for oil-gas resource exploration owing to the low study of sedimentary characteristics of Cretaceous in Jiyang depression. According to coring observation, a lot of well logging and seismic data, sedimentary facies types and their distribution in Cretaceous of Jiyang depression were comprehensively studied, and the primary controlling factors were analyzed. The results show that there are many sedimentary facies in Cretaceous of study area, such as alluvial fan with disorderly deposits, river with positive cycle, delta with middling maturity of petro composition and texture, and coastal and shallow lake sub-facies with deposits of thin multilateral mottle sand and shale. Being primarily controlled by northwest faults, Cretaceous of Jiyang depression contained several isolated basins, and lake levels of these isolated basins were instable, but on the whole, shore and shallow lake sub-facies is in the majority.

Key words: Jiyang depression; Cretaceous; sedimentary characteristics; controlling factors

1 问题的提出

济阳坳陷位于渤海湾盆地东南部、郯庐断裂带西侧,是一个油气资源极为丰富的大型含油气盆地^[1]。现资源探明程度达 56.97%,但纵向勘探程度极不均衡,探明与控制石油储量的 90% 和天然气储量的全部均分布在第三系^[2]。随着油气田开发和勘探程度的不断提高,寻找后备储量的主要方向

越来越明显地定位在深层和坳陷外围。

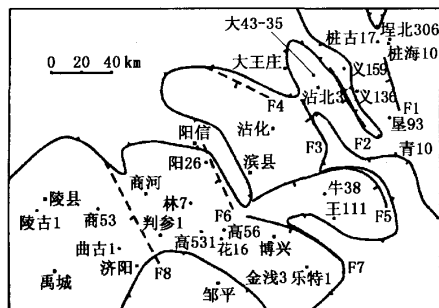
济阳坳陷是在华北古生代地台基础上发育而成的一个中、新生代叠合盆地,由负反转盆地、右旋扭张盆地及主动裂谷 3 个原型盆地叠加而成^[3]。目前,人们对中生代盆地构造特征研究较多^[3-5],认为白垩系主要发育有北西向五号桩、孤西和罗西等断层(图 1),而对于沉积特征研究较少,从而加大了这一层位的油气资源勘探风险。济阳坳陷白垩系沉积

收稿日期:2005-08-30

基金项目:“十五”国家科技攻关项目(2001BA605A09);“十五”中国石油化工股份有限公司科技攻关项目(P01013)

作者简介:徐振中(1970-),男(汉族),安徽亳州人,工程师,博士研究生,主要从事沉积盆地分析。

包括蒙阴组和西洼组,现今残留地层最厚达2 500 m。笔者对济阳坳陷白垩系的大量岩心、测井和地震资料进行综合研究,旨在分析其沉积相类型及分布特征,为该区中生界的油气资源勘探提供指导。



F1—五号桩断层;F2—孤西断层;F3—罗西断层;
F4—车西断层;F5—陈南断层;F6—阳信断层;F7—
石村断层;F8—滋镇断层

图1 济阳坳陷白垩系构造纲要图

(据宗国洪,1999修改)

2 沉积相类型

根据现代沉积学理论^[6],对研究区地质、钻井、

测井和地震资料的综合研究,特别是对沾北3井、孤北古2井及堤北306井等30余口取心井共计1 000余米的岩心分析表明,白垩系主要发育冲积扇相、河流相、三角洲相及湖泊相等沉积相类型。

2.1 冲积扇相沉积

研究区白垩系冲积扇相沉积较为发育,义136井3 088.88~3 099.9 m和3 231.61~3 243.25 m,孤北古2井3 062~3 066 m等井段均钻遇了冲积扇沉积(图2(a),(b))。扇中沉积物主要由杂色厚层砂砾岩、中粗粒砂岩及薄层紫色泥岩组成。砂砾岩颗粒分选差,颗粒呈棱角状(图3(a)),岩心观察砾石粒径为0.2~10 cm,最大为40 cm。测井相类型比较复杂,由齿化箱状中高幅+柱状低幅组合而成,为不断迁移的辫状河道夹河道间沉积物的测井响应。扇缘沉积物主要为紫色含砾砂质泥岩沉积(图3(b)),中间夹有紫色砂砾岩。在地震剖面上,冲积扇沉积响应为丘形乱岗状,即由一系列乱岗状的反射同相轴组成,外形类似丘状,反映了快速杂乱堆积的特征。

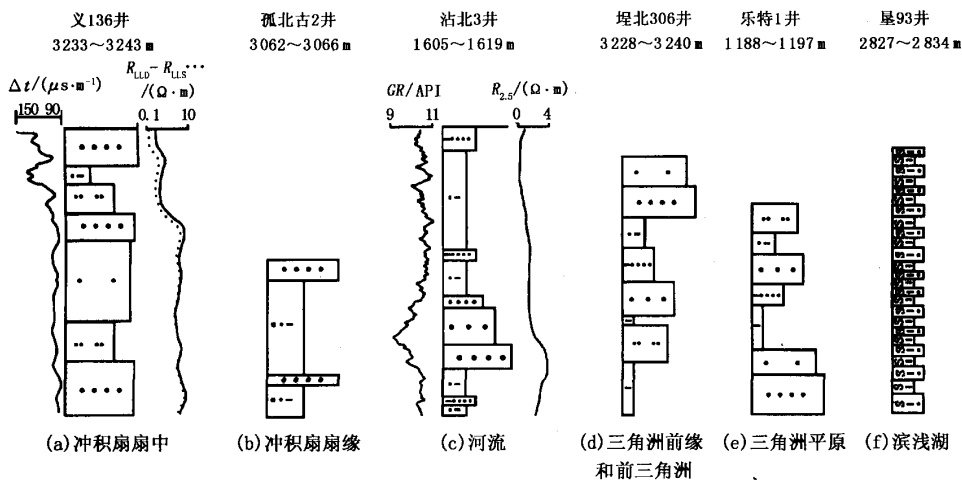


图2 济阳坳陷白垩系沉积岩心剖面(乐特1井为录井剖面)

2.2 河流相沉积

研究区白垩系河流相沉积广泛发育,从岩心观察最具典型的河流相沉积为沾北3井的1 587.54~1 637.72 m和1 656.23~1 671.15 m,高41-1井的912~1 250 m等井段。沉积物纵向上呈粒度向上变细的正旋回特征(图2(c))。

河道沉积物以杂色含砾粗砂岩、中细粒岩屑长石砂岩为主,砾石砾径为0.2~3 cm,最大为5 cm,多为岩屑,颗粒呈棱角状,成分成熟度和结构成熟度

都很低,反映了本区河流的近源沉积特征。河道沉积物的粒度概率曲线均为由跳跃总体和悬浮总体构成的两段式,跳跃总体含量为70%~80%,细截点的粒度 Φ 值为2.8~3.7;悬浮总体含量较高,一般为30%。这反映了本区河流沉积环境具有中等的水动力条件。河流砂岩中发育平行层理、小型板状交错层理及冲刷构造等(图3(c)和3(d))。自然伽马曲线为齿化钟状高幅,电阻率曲线为钟状中幅,接触关系为底加速渐变和顶线性渐变型,反映了河道

砂体对其下伏砂质泥岩的冲刷作用较弱以及水流逐渐减弱的过程。在地震剖面上,河道沉积响应为充填反射。

泛滥平原沉积物以紫色粉砂质泥岩为主。测井相特征为齿化柱状低幅。在地震剖面上,泛滥平原沉积响应呈亚平行波状乱岗状反射。

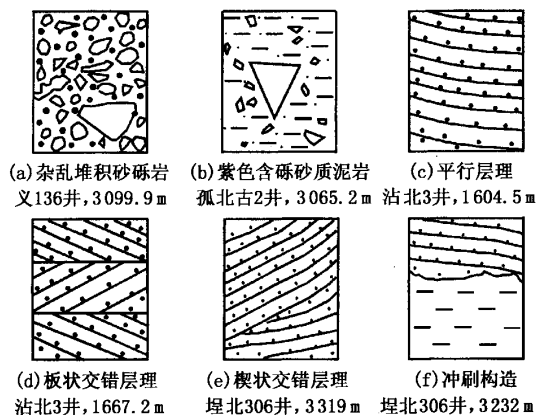


图3 济阳坳陷白垩系沉积构造

2.3 三角洲相沉积

研究区白垩系三角洲沉积较为发育,从岩心观察最具典型的三角洲相沉积为渤古1井3263.5~3269.8 m,埕北306井3228.93~3234.5 m等井段。沉积物纵向上呈粒度向上变粗的反旋回特征(图2(d)),在层序的顶部为粒度向上变细的正旋回特征(图2(e))。

三角洲平原沉积以杂色砂砾岩与厚层暗色泥岩为主,测井相特征为钟状中高幅+齿化柱状低幅。三角洲前缘沉积以粗砂岩和中、细砂岩为主,砂岩颗粒分选较好,磨圆中等—较好;成分成熟度中等,石英含量为30%~45%,长石为20%~35%,岩屑为15%~25%,并含钙质。砂岩的粒度概率曲线主要有两种类型,一种是由跳跃总体、悬浮总体及两者之间的过渡段组成,跳跃总体含量为30%~60%,粒度 Φ 值为0~1.49,过渡段含量为20%~30%,与跳跃总体间的交切点的粒度 Φ 值为1.41~1.49,与悬浮总体交切点的粒度 Φ 值为2.5~3.0,悬浮总体含量低于15%;另一种是总体斜率较低的多段式,有多个折线组成,斜率为10°~30°,沉积物粒度范围较宽,组分多,分选差;沉积构造类型多样,主要有平行层理、小型楔状交错层理及冲刷构造等(图3(e)和3(f))。测井相特征为漏斗状+钟状。前三角洲

沉积以致密厚层水平层理发育的深灰色泥岩为主,电性曲线较平缓,为柱状低幅。在地震剖面上,三角洲沉积响应为多种形状的前积反射。

2.4 湖泊相沉积

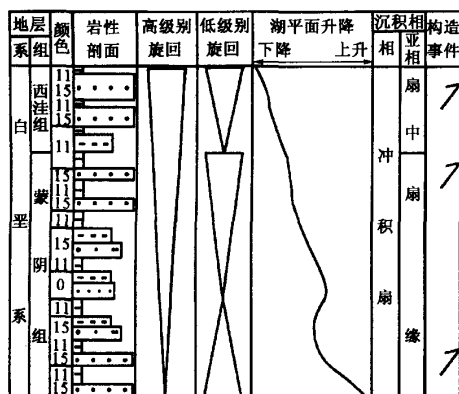
研究区白垩系滨浅湖面积较大,半深湖仅在局部区域有所发育。孤南36井3870~3876 m,垦93井2825.6~2851.07 m等井段均钻遇了湖泊相沉积。滨浅湖沉积主要为杂色凝灰质泥岩、砂质泥岩及凝灰质泥质粉砂岩的薄互层(图2(f));砂岩具有较高的成熟度,分选和磨圆都较好;岩石的沉积构造主要发育透镜状、压扁、波状层理等;在地震剖面上,滨浅湖沉积响应为中弱振中低连亚平行反射。半深湖沉积以灰色和深灰色泥岩、粉砂质泥岩为主,主要发育水平、波状层理;在地震剖面上,半深湖沉积响应为中强振中高连平行反射。

3 沉积相垂向演化

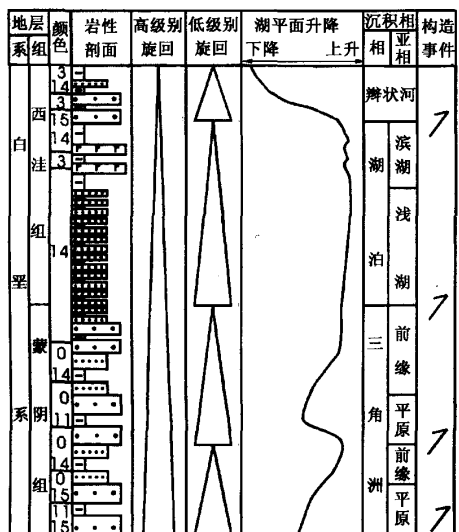
在孤西断层东北侧的义136井和义159井区域(区域位置见图1),白垩系沉积物具有向上变粗的垂向结构,总体显示为一进积序列,又可分为3个小的旋回(图4(a)),对应下部正旋回、中部反旋回和上部反旋回。北西向断层的伸展作用为较强—较弱—较强—强。断层的幕式活动导致沉积物堆积的速度与可容空间的增长速度不断变化,引起湖平面频繁升降,沉积中心逐渐向北西向断层的东北方向迁移,到晚白垩世,这一区域均被抬升未接受沉积。

孤西断层南西侧的大43-35井和沾北3井区域(区域位置见图1),白垩系沉积物具有向上变细的垂向结构,总体显示为一退积序列,又可分为4个小的旋回(图4(b)),构成两个湖进、湖退序列,在这中间至少有4次断层的幕式活动,对应下部正旋回—中下部正旋回—中部正旋回—上部正旋回。北西向断层的伸展作用为较强—较弱—较强—强—较弱。

通过对孤西断层两侧沉积相垂向演化的综合分析可以看出,在蒙阴组沉积早期,北西向断层的伸展作用较小,湖盆的沉积中心依然靠近北西向断层的东北侧;从蒙阴组沉积晚期到西洼组沉积早期,北西向断层的伸展作用强烈,沉积中心向蒙阴组沉积早期沉积中心的东北方向移动,北西向断裂带剥蚀区范围也迅速向东北方向扩展。在西洼组沉积晚期,沉积中心已经移到北西向断层的南西侧,这时断层的活动逐渐萎缩,湖盆也逐渐缩小。



(a) 孤西断层东北侧



(b) 孤西断层西南侧

图 4 孤西断层两侧沉积相垂向演化

4 沉积模式

白垩纪, 济阳坳陷受到北西向断层的控制(图 1), 发育凸凹相间、相互分割的多个山间湖盆。冲积扇-河流-三角洲-滨浅湖沉积体系在北西向断层南西侧、东北侧和小湖盆的长轴方向(北西-南东)均有分布(图 5), 但是这种沉积体系的配置在白垩纪的不同时期有所变化。在早白垩世, 即蒙阴组沉积早期, 北西向断层东北侧河流较南西侧短, 滨浅湖偏向断层的东北侧。到中白垩世, 即蒙阴组沉积晚期和西洼组沉积早期, 北西向断层东北侧河流较南西侧长, 北西向断层南西侧的河流逐渐萎缩, 在陈南断层的南西侧冲积扇直接入湖形成扇三角洲沉积, 滨浅湖偏向断层的南西侧。晚白垩世, 即西洼组沉积晚期, 滨浅湖逐渐萎缩, 在断层的两侧河流都逐渐变

长。物源主要来自湖盆的长轴方向(北西-南东)以及北西向断层附近。此时气候时而潮湿多雨, 时而寒冷干燥(沾北 3 井取心井段 1587.54~1637.72 m 和 1656.23~1671.15 m 灰色和紫色中细砂岩相互穿插沉积), 北西向断层的幕式拉伸导致沉积物的堆积速度和湖盆可容空间不断变化, 湖平面频繁升降。这一时期湖盆面积时大时小, 湖水深度不断变化, 总体上湖水较浅, 主要发育滨浅湖亚相, 半深湖仅仅在局部区域有发育。

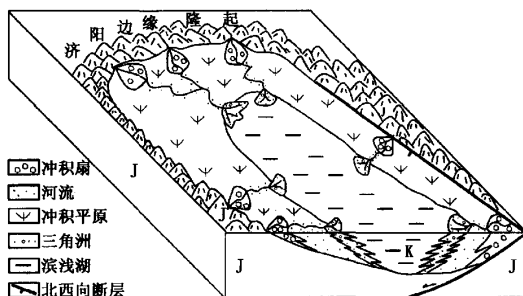


图 5 济阳坳陷白垩系山间湖盆沉积模式

5 构造演化对沉积的控制作用

晚三叠世, 济阳坳陷主要受控于扬子板块与华北板块挤压碰撞所产生的挤压应力场, 板块内部发生挤压调整并形成了以北西向逆冲断层为主的隆坳相间的构造格局。本区整体处于抬升剥蚀状态, 早、中三叠世沉积的地层几乎剥蚀殆尽^[5]。逆冲构造带在三叠纪末期终止活动, 其上沉积了中、下侏罗统地层, 反映为区域性准平原化作用^[3]。晚侏罗世, 三叠纪北西向逆冲断层发生反向伸展, 形成了一系列半地堑的断陷盆地^[5]。此时就整个渤海湾盆地来说, 由于太平洋板块向北北西向俯冲, 使北北东向的郯庐断裂带发生左旋走滑运动, 致使郯庐断裂带以西的地区处于左旋剪切应力场下, 进而发育了一系列雁行排列的小型断陷盆地, 自北向南可划分为北部的渤海断陷系、中部的济阳断陷系和南部的鲁西南断陷系 3 个北西向断陷系^[7]。鲁西南断陷盆地受断层的控制沉积了一套河湖相地层^[8], 这已经为大量的野外露头所证实。渤海断陷盆地受到控盆断裂的严格控制, 东部地区见大段安山岩夹凝灰质泥岩, 其他地区见砂岩、泥岩夹石灰岩、玄武岩等薄层^[9]。

白垩纪, 济阳坳陷受北西向断层伸展作用的影响, 沉积了一套冲积扇-河流-滨浅湖体系的红色碎屑岩和灰色碎屑岩, 并形成两个盆地充填序列: 蒙阴组和西洼组。

在早白垩世,即蒙阴组沉积早期,为稳定断陷阶段,北西向断层沿断层面不断伸展。沉积作用表现为在北西向断层的东北侧沉积了一套冲积扇-河流(流程短)-三角洲体系的红色碎屑岩,沉积厚度较薄;在北西向断层的南西侧沉积了一套冲积扇-河流(流程长)-三角洲体系的红色碎屑岩,沉积厚度较厚;沉降中心靠近北西向断层的南西侧,而沉积中心位于两北西向断层中间偏南西侧。

中白垩世,即蒙阴组沉积晚期和西洼组沉积早期,为强烈断陷阶段,断裂活动仍以北西向正断层为主,且对沉积体系展布具有明显的控制作用。沉积作用表现为在北西向断层的东北侧沉积了一套冲积扇-河流(流程长)-三角洲体系的灰色碎屑岩,沉积厚度较薄;在北西向断层的南西侧沉积了一套冲积扇-河流(流程短)-三角洲体系的灰色碎屑岩,沉积厚度较厚。沉降中心依然靠近北西向断层的南西侧,而沉积中心位于两北西向断层中间偏东北侧,即向早白垩世沉积中心的东北方向移动,此时在某些北西向断层(陈南断层)的南西侧有半深湖发育。

晚白垩世,即西洼组沉积晚期,为断陷萎缩阶段^[4]。北西向正断层活动逐渐减弱,沉积作用表现为在北西向断层的两侧均沉积了一套冲积扇-河流体系的红色碎屑岩,沉积厚度均较薄,沉降中心和沉积中心相对中白垩世末期大致位置未变,滨浅湖逐渐萎缩。

6 结 论

(1) 济阳拗陷白垩系主要发育冲积扇、河流、三角洲和滨浅湖等沉积相类型。受北西向断层的控制,济阳拗陷在白垩纪为一相互分割的山间盆地。

(2) 北西向断层的活动对沉积起到主要的控制作用,对应白垩纪早、中、晚期,断层的活动表现为稳定—强烈—萎缩3个不同的阶段,而相应的沉积表现为:在北西向断层的东北侧,发育冲积扇-河流-三角洲沉积体系,河流由短不断变长;在北西向断层的南西侧也发育冲积扇-河流-三角洲沉积体系,河流的变化特点为长—短—长;滨浅湖发育范围的变化特点是小—大—小。

参考文献:

- [1] 李丕龙.胜利油区勘探现状及展望[J].油气地质与采收率,2002,9(1):9-12.
LI Pei-long. The present status and expectation of exploration in Shengli oil field[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2002,9(1):9-12.
- [2] 李丕龙,金之钧,张善文,等.济阳拗陷油气勘探现状及主要研究进展[J].石油勘探与开发,2003,30(3):1-4.
LI Pei-long, JIN Zhi-jun, ZHANG Shan-wen, et al. The present research status and progress of petroleum exploration in the Jiyang depression[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003,30(3):1-4.
- [3] 宗国洪,肖焕钦,李常宝,等.济阳拗陷构造演化及其大地构造意义[J].高校地质学报,1999,5(3):275-282.
ZONG Guo-hong, XIAO Huan-qin, LI Chang-bao, et al. Evolution of Jiyang depression and its tectonic implications[J]. Geological Journal of China Universities, 1999,5(3):275-282.
- [4] 王毅,陆克政,任安身.济阳拗陷东北部中生代构造运动和火山活动及盆地演化[J].石油大学学报:自然科学版,1994,18(2):1-8.
WANG Yi, LU Ke-zheng, REN An-shen. Tectonism and volcanism and the basin evolution of the Mesozoic era in the north-east of Jiyang depression[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 1994,18(2):1-8.
- [5] 吴智平,李伟,任拥军,等.济阳拗陷中生代盆地演化及其与新生代盆地叠合关系探讨[J].地质学报,2003,77(2):280-286.
WU Zhi-ping, LI wei, REN Yong-jun, et al. Basin evolution in the Mesozoic and superposition of Cenozoic basin in the area of Jiyang depression[J]. Acta Geologica Sinica, 2003,77(2):280-286.
- [6] 冯增昭.沉积岩石学[M].2版.北京:石油工业出版社,1996.
- [7] 侯贵廷,钱祥麟,蔡东升.渤海湾盆地中、新生代构造演化研究[J].北京大学学报:自然科学版,2001,37(6):845-851.
HOU Gui-ting, QIAN Xiang-lin, CAI Dong-sheng. The tectonic evolution of Bohai Basin in Mesozoic and Cenozoic time[J]. Universitatis Pekinensis (Acta Scientiarum Naturalium), 2001,37(6):845-851.
- [8] 山东省地质矿产局.山东省区域地质志[M].北京:地质出版社,1991:520-521.
- [9] 侯贵廷,钱祥麟,蔡东升.渤海中、新生代盆地构造活动与沉积作用的时空关系[J].石油与天然气地质,2000,21(3):201-206.
HOU Gui-ting, QIAN Xiang-lin, CAI Dong-sheng. Space-time relationship between tectonics and sedimentation of Meso-Cenozoic Bohai Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2000,21(3):201-206.

(编辑 刘艳荣)