

文章编号: 1006-6616 (2007) 01-0060-10

二连盆地白音查干凹陷层序地层及其油气勘探意义

李金良¹, 樊太亮², 张岳桥¹

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2 中国地质大学能源学院, 北京 100083)

摘要: 基于测井和地震资料分析, 识别了二连盆地白音查干凹陷的层序界面, 建立了凹陷层序地层格架, 研究凹陷内部沉积相类型及其平面展布特征, 并建立了单断箕状断陷盆地沉积相模式。根据油气生、储、盖组合特征, 预测腾格尔组(层序III)和都红木组一段(层序IV)为油气有利成藏层位, 南部缓坡河道砂体储集层和北部陡坡冲积扇储集层为油气有利储集相带, 达尔其断块和桑合地区为油气有利成藏区块。

关键词: 白音查干凹陷; 层序地层; 沉积相; 单断箕状断陷盆地

中图分类号: 618.13

文献标识码: A

1 引言

层序地层学研究以不整合面或与之对应的整合面为界的年代地层格架中具有成因联系及旋回性的地层学分支学科^[1], 曾被称为油气普查勘探的精确方法^[2]。层序地层学主要通过测井和地震资料分析, 识别层序界面、建立等时地层框架, 以此为基础研究层序内部体系域和沉积相带展布特征。在盆地内部, 测井和地震资料是进行层序地层分析的重要工具^[3]。

白音查干凹陷位于二连盆地西端, 北东向展布, 长约150km, 宽15~28km, 是盆地一个勘探新区(图1)。该凹陷是在基底之上发育的下白垩统断陷盆地, 凹陷沉积物自下而上分为阿尔善组、腾格尔组、都红木组、赛汉塔拉组。凹陷基本构造格架分为东西两部分, 之间为翁特断层所隔^[4]。凹陷分为7个构造单元: 北部塔拉断裂构造带、西部凹陷带、白音断裂构造带、毛呼潜山带、嘎顺斜坡带、查干超覆带、东部凹陷带。盆地北部断裂带由塔拉断层和塔拉南断层组成, 塔拉断层为控盆边界断层, 产状陡倾, 对沉积控制作用明显; 南部断裂不发育, 对沉积控制作用较弱, 地层向南部逐层超覆。

本文基于钻井测井资料分析和地震剖面分析, 重点介绍该凹陷层序地层格架和沉积相展布特征, 为油气勘探提供基础地质依据。

收稿日期: 2006-07-28

作者简介: 李金良(1974), 男, 博士生, 从事层序地层学与盆地分析研究。E-mail: li-jin-liang@163.com.
©1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.>

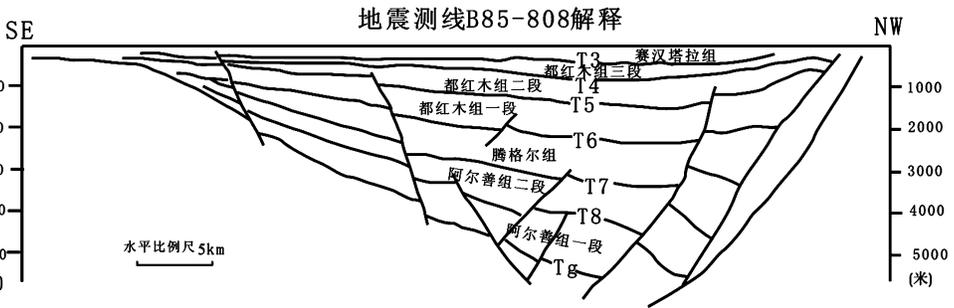
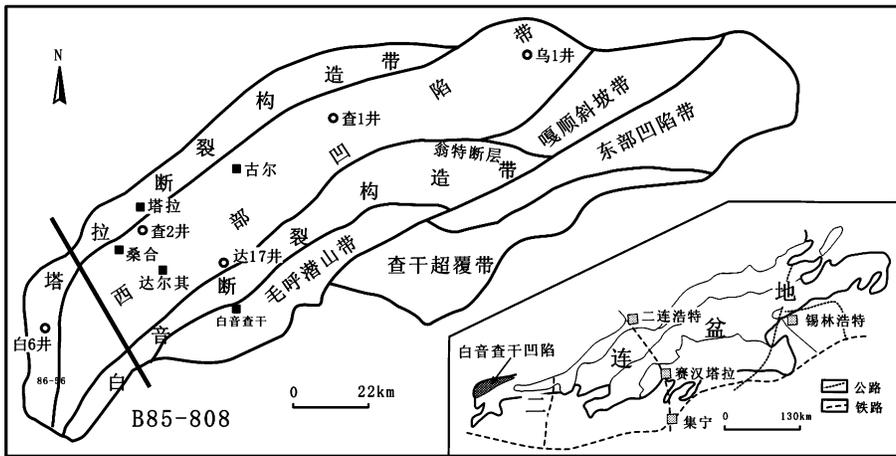


图 1 白音查干凹陷位置、构造及地层

Fig 1 Location, tectonic units and strata of the Bayan Qagan subbasin

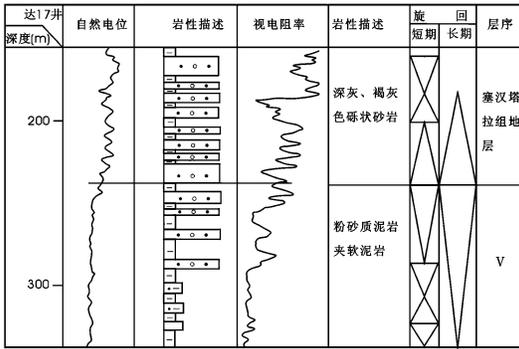
2 层序地层分析

2.1 层序地层格架

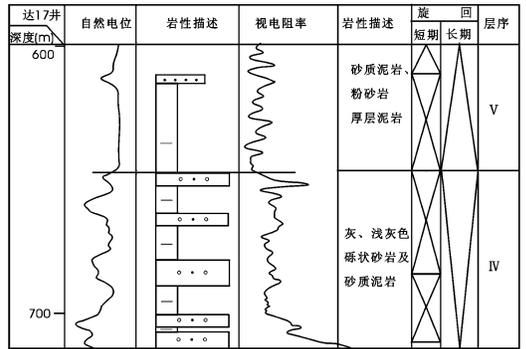
识别层序界面是建立层序地层格架的基础，层序界面的识别依据标志性的岩性、电性特征。确定地层层序界面的标志主要有：(1) 河道冲刷面及其上覆滞留沉积，冲刷面成因是地表抬升至基准面之上发生侵蚀作用，对应该区域的电性曲线显示为侵蚀面的自然电位、电阻率、自然伽马曲线均出现突变接触关系（如图 2F），假如自然电位的钟形突变接触表明水体的侵蚀和由浅变深，突变处很可能代表侵蚀界面；(2) 岩性粒度变化界面处，该界面向上及向下粒度均变细，说明该处水体最浅，是地层分组和层序分界标志（如图 2C）；(3) 垂向上相组合类型的转换位置（如图 2B、图 2D）；(4) 浅水沉积物如直接覆盖在深水沉积物上，它们接触界面是层序界面，反映可容纳空间突然减小（如图 2A），滨岸沉积向盆地迁移。

选取 5 口钻孔（图 1），截取具有代表性的测井曲线及岩性突变的界面，可以看出岩性、电性（测井曲线特征）在层序界面处的标志性变化。它们的层序界面特征如下（图 2）：

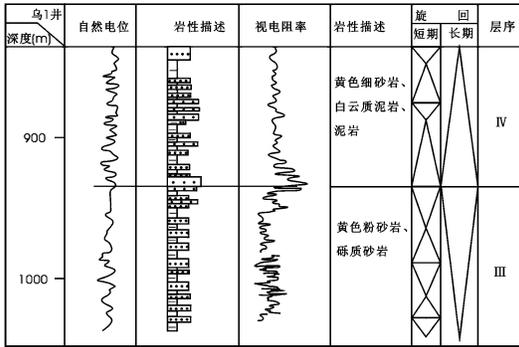
层序 I 底界面是白 6 井阿尔善组一段与下伏古生界不整合接触界面。古生界以区域变质岩为主，自然电位曲线呈箱型、高幅马鞍型，自然伽玛低值，电阻率曲线为块状高阻。阿尔善组一段以杂色砂砾岩为主，自然电位曲线低幅箱状和高幅指状，电阻率曲线块状、刺刀状高阻；总体上阿一段属于砂砾岩相沉积，分选差。



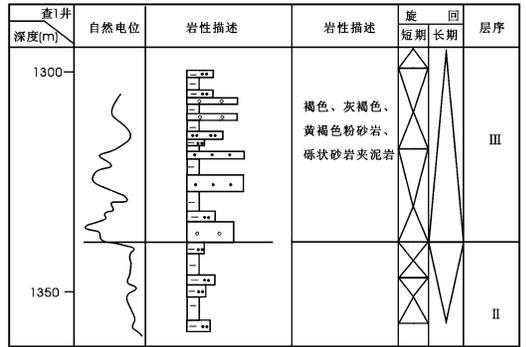
A-层序V顶界面



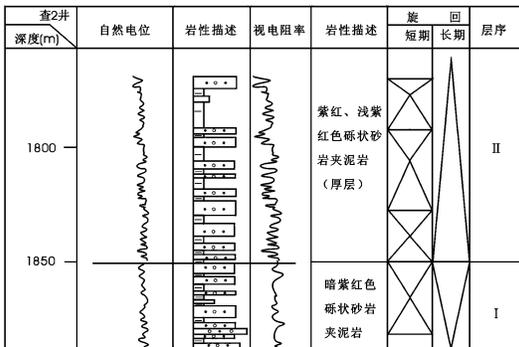
B-层序V底界面



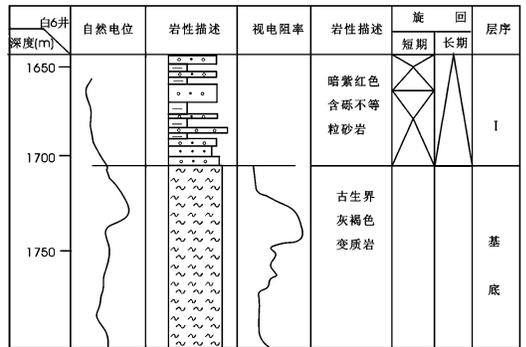
C-层序IV底界面



D-层序III底界面



E-层序II底界面



F-层序I底界面

— 泥岩 - - 含砂质泥质 - - 泥质粉砂岩 .. 粉砂岩 细砂岩 ... 中砂岩 . . . 含砾砂岩 . . . 砂质砾岩 基底变质岩

图2 各层序界面岩性和电性特征

Fig.2 Lithologic characteristics and logging curves near sequence boundaries

层序II底界面是查2井阿尔善组二段的底界面。阿尔善组一段自然电位曲线呈箱状突变，为地层划分标志；电阻率曲线亦呈箱形。阿二段以暗灰色泥岩为主，灰色泥岩与砂岩、砾状砂岩不等厚互层，夹薄层紫红色泥岩；自然电位为箱形、马鞍型、中低幅。总体上，阿尔善组二段下部主要为砂砾岩沉积；顶部为灰色泥岩沉积，具正韵律特征。

层序III底界面在查1井是阿尔善组二段与腾格尔组的分界。阿尔善组上部泥岩较多，砂岩粒度较粗，自然电位幅值小、锯齿状。腾格尔组岩性变化大，自下而上岩性由粗变细，自然电位为钟型、漏斗型、中低幅、局部出现高幅负异常。此界面为侵蚀面，以自然电位突变

为特征。

层序 IV 底界面是乌 1 井腾格尔组与都红木组一段的界面。腾格尔组顶部为岩性较细的粉砂岩, 自然电位曲线平直, 电阻为梳状电阻。都红木组一段以云质泥岩或泥质云岩发育为特征, 泥岩中含黄铁矿。电性特征为界面上部自然电位值较低。

层序 V 的底界面是达 17 井都红木组一段与都红木组二、三段的分界。它是一个岩性突变的界面。界面下部岩性粒度较粗且岩层较厚, 自然电位中幅钟型或低幅马鞍型, 电阻率曲线中幅指状; 界面上部为厚层泥岩段, 自然电位低幅锯齿型, 与下部界限清楚, 电阻率曲线幅值也较下部明显小。界面上下测井曲线具有较大差异。

层序 V 顶界面是达 17 井都三段与赛汉塔拉组岩性突变界面。界面上赛汉塔拉组为较厚层的砾状砂岩夹泥岩段, 电阻曲线为锯齿状高阻, 与下伏都红木组地层的锯齿状低阻分界明显。界面上下岩性差异大, 界面下为都红木组三段, 主要为砂泥岩互层段, 向上岩性粒度变粗, 反映湖盆水体变浅以及湖盆沉积萎缩, 电性上低电阻率是都红木组的标志, 自然电位曲线平直、马鞍形, 中低幅(图 2)。

根据上述界面识别标志, 主要利用钻孔测井资料, 结合地震地层解释, 建立了白音查干凹陷层序地层格架, 如表 1 所示。

表 1 白音查干凹陷地层、岩性与层序格架

Table 1 Stratigraphy, lithology and sequence framework of the Bayan Qagan subbasin

地 层		地震反 射层	界面特征	层序	岩 性	生	储	盖	
统	组	段	(上/下)						
下 白 垩 统	赛汉塔拉组		T3	削截/平行	棕红、紫色、灰色泥岩粉砂质泥岩, 含砾泥岩, 杂色砂砾岩不等厚互层夹薄层泥灰岩				
			T4	底超/顶超	V	深灰色厚层泥岩, 夹薄层灰色砂岩、页岩粉砂质泥岩 白云质页岩	储	盖	
	都红木组	三段				灰色泥岩、页岩、油页岩为主, 夹薄层粉细砂岩	生	盖	
		二段				底超/顶超	IV	灰白色白云质泥岩夹粉砂岩, 灰色泥岩, 砾状砂岩、粉砂岩	生
	腾格尔组		T5	底超/顶超	IV	灰白色白云质泥岩夹粉砂岩, 灰色泥岩, 砾状砂岩、粉砂岩	生	储	
			T6	削截/顶超	III	灰色泥岩夹砂岩, 砂岩向下增多, 灰色白云质泥岩粉砂岩(达尔其地区), 紫红色泥岩灰白色砾状砂岩互层	生	储	盖
	阿尔善组	二段		T7	底超/顶超	II	深灰色泥岩, 灰白色砂质砾岩	生	储
		一段		T8	削截/顶超	I	下部白色砾状砂岩, 上部杂色砂砾岩、紫红色泥岩夹黑、灰色泥岩, 粉砂岩	生	储

2.2 层序特征

白音查干凹陷达 17 井位于凹陷的中心部位, 除了层序 I 不发育外, 其它各层序发育相对完整, 较好地反映了凹陷的沉积特征。本文对该井沉积序列进行了详细的研究(图 3)。

层序Ⅱ发育于1510~1900米,对应阿尔善组二段地层,与下伏的古生界基底呈不整合接触。本段下部为泥质岩夹粉、细砂岩,自然电位中幅锯齿形,为水进体系域,该体系域发育前三角洲相、浅湖相沉积。上部为灰色泥岩与砾状砂岩、砂砾层夹薄层紫色、紫红色泥岩,自然电位高幅箱形、锯齿形,为水体变浅的高位域,地层叠加样式为由退积到进积的组合,反映水位变深后又逐渐变浅过程。该高位域发育辫状水道、分流间湾及三角洲前缘相沉积组合。

层序Ⅲ发育于1120~1510米,对应腾格尔组地层,沉积物以砂岩夹薄层泥岩为主,地层叠加样式为下部低位域、水进体系域、上部高位域;自然电位中幅齿状、箱状。低位域发育分流河道和分流间湾相;水进体系域发育细粒席状砂及前三角洲沉积;高位域主要发育分流河道及分流间湾沉积。本层序部分砂岩可作为储层;厚层泥岩可以作为盖层。

层序Ⅳ发育于602~1120米,对应都红木组一段地层,下部为泥岩夹薄层粉砂岩,向上粒度逐渐变粗出现粉砂岩、细砂岩,反映水体很快变深又逐渐变浅的旋回,低位域较不发育,向上逐渐变为水进体系域及高位体系域,其中低位域发育河道亚相及河道间湾亚相,水进体系域发育深湖相沉积,高位域发育半深湖相及滑塌浊积扇相沉积。本段水进域的深湖泥岩为很好的生油层,高位域的滑塌浊积扇可以作为好的储集层。

层序Ⅴ发育于245~602米,属都红木组二段和三段沉积,地层叠加样式为水进体系域和高位域组合,为深湖一半深湖相沉积,以泥页岩为主。在基准面上升期,沉积物粒度较细,下降期,粒度变粗,本段可作储、盖层(图3)。

3 沉积相特征

通过以上层序界面和内部地震相的识别并结合测井相分析,编制了凹陷沉积相分布图(图4)。

阿尔善组包括层序Ⅰ和层序Ⅱ,是在晚侏罗世火山喷发后,在强烈的差异块断运动下开始沉积的。白音查干凹陷在湖盆发育的初期,沉积速度快,沉积地层为超覆式,湖盆沉降速度小于沉积物供给速度,导致陆上沉积分布广,湖域小,水体浅,沿湖盆两岸发育有河流相、扇三角洲和水上扇体,沿凹陷走向显示出分带的沉积特征。

层序Ⅰ对应阿尔善组一段,沉积范围较小,洪泛平原位于南北两侧的坡折带上,滨浅湖相沉积呈环带状分布,向中心渐变为深湖区。南坡的沉积主要是河道相及三角洲相,沉积物粒度在靠近物源处较粗,向湖盆中心变细,北坡主要发育冲积扇,延伸范围不大,分布于塔拉和古尔处(图4A)。

层序Ⅱ对应阿尔善组二段,沉积范围较层序Ⅰ大,沉积扇体的范围也相应扩大,北坡主要发育冲积扇体;南坡由主干河道、三角洲平原和三角洲前缘沉积组成;西部发育辫状河三角洲沉积体。凹陷中部为湖相沉积,湖相沉积的范围较层序Ⅰ明显增大(图4B)。

层序Ⅲ对应腾格尔组,该组沉积前,湖盆发生了强烈的抬升,导致阿尔善组沉积地层遭受剥蚀。之后该区进入翘断、深陷沉积阶段。古斜坡快速被湖水吞没,湖盆面积进一步扩大,从而形成广水域、深水体的沉积格局。腾格尔期发育的沉积相类型较多、范围大,与前一阶段沉积的继承性较差,表现为较前期沉积有明显的迁移。本层序南部缓岸主要为辫状河三角洲分布区,范围较以前更大,向湖盆延伸更远。北坡沉积在原有冲积扇上发育水道。西部白6井处发育一个较大的三角洲沉积,比前期沉积的范围大(图4C)。

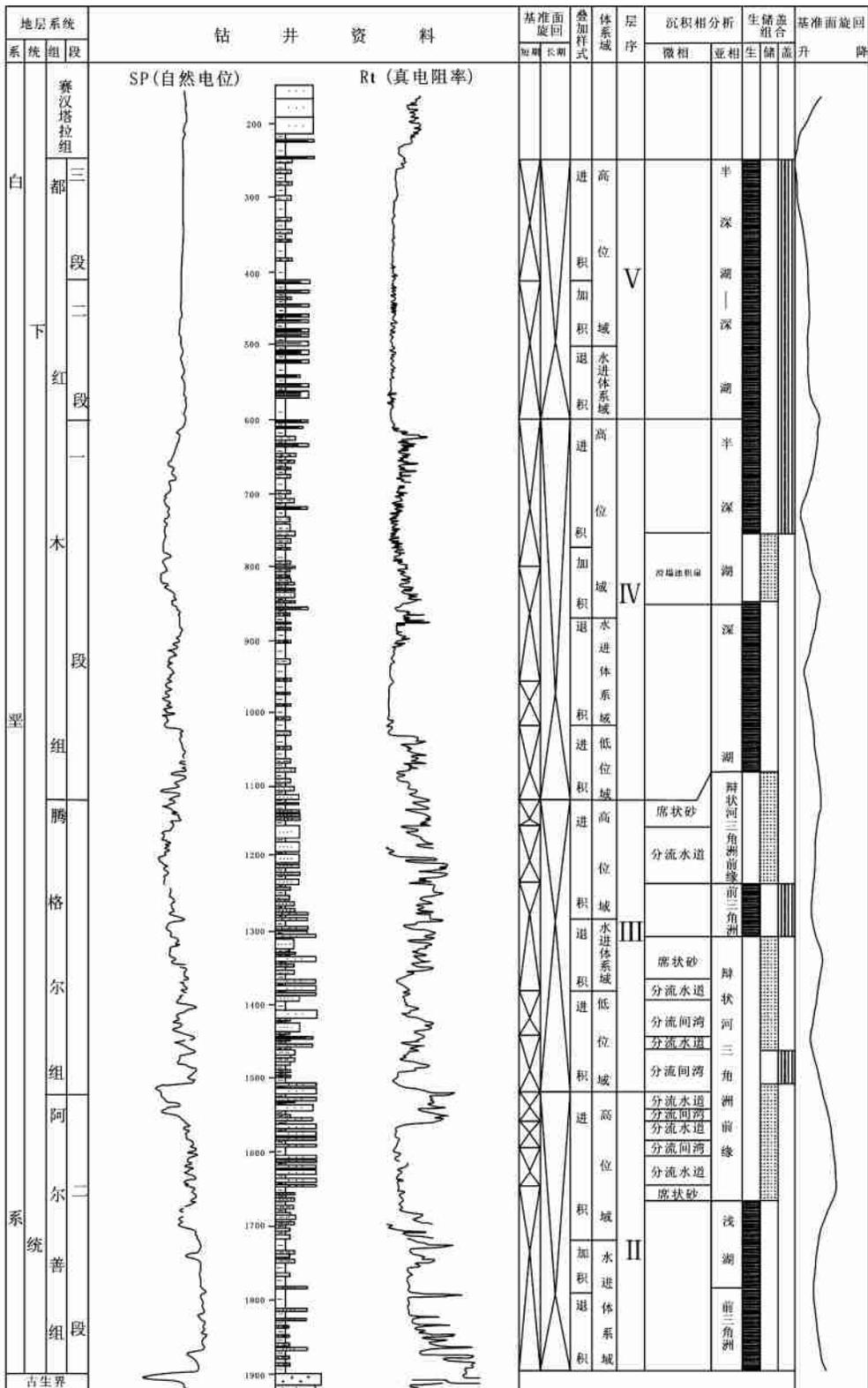


图 3 达 17 井层序地层综合分析柱状图

Fig. 3. Composite sequence stratigraphic column of well Da-17

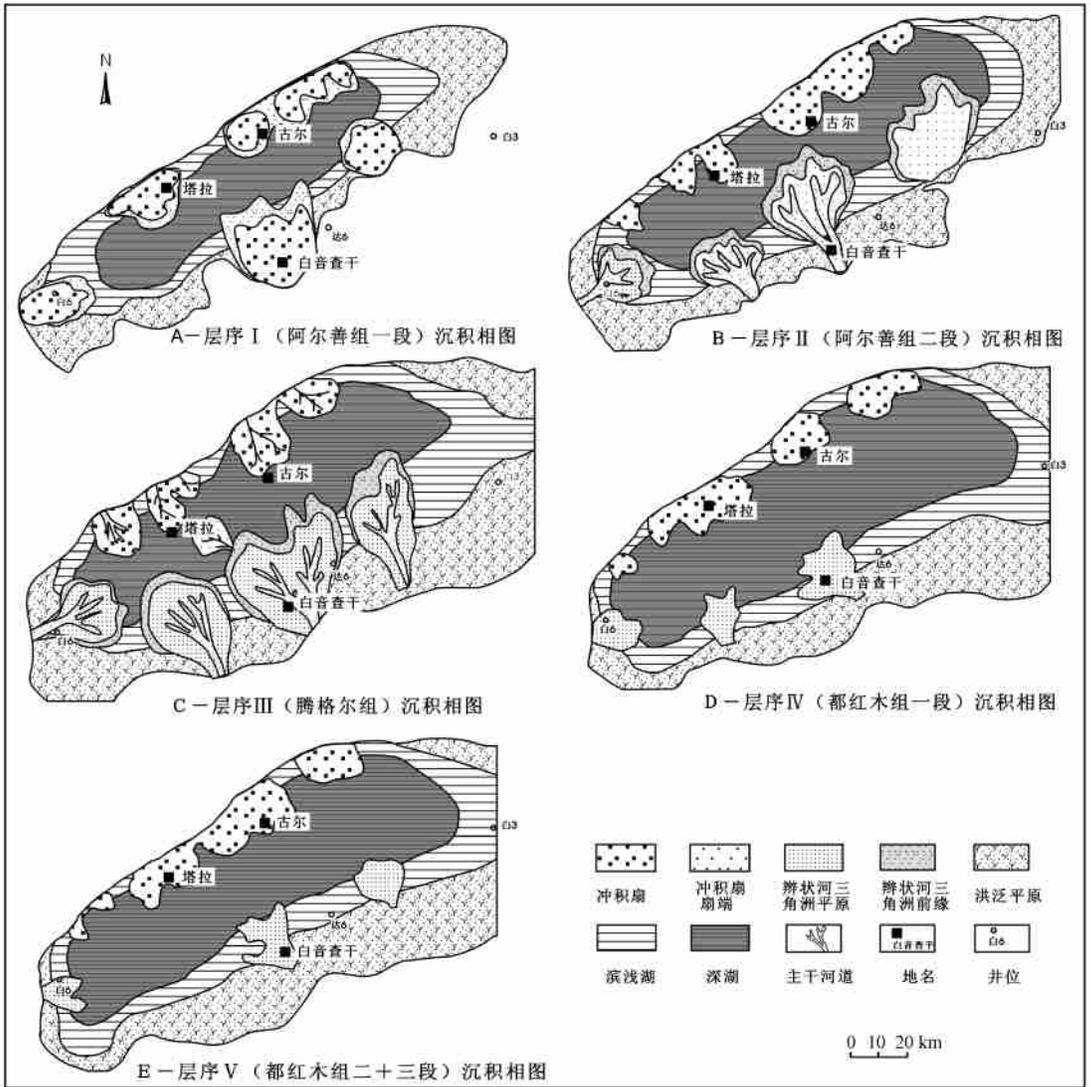


图4 白音查干凹陷各层序沉积相分布

Fig 4 Distribution of sedimentary systems of various stratigraphic sequences in the Bayan Qagan subbasin

层序IV对应都红木组一段，经过腾格尔期强烈深陷阶段之后，拉张翘断作用渐趋停止，区域抬升作用减缓，盆地地形趋于平缓，开始进入了以断拗为主的广阔湖盆沉积阶段。都红木期沉积的特点是粗碎屑物质供应充足，地形变缓，从而导致不同成因、方向各异的粗碎屑岩，扇体发育。该层序深水沉积大为增加，深湖相、滨浅湖相沉积范围明显扩大。相应的南坡的辫状河三角洲沉积范围缩小或消失，只发育两个小型扇体，西部亦发育辫状河三角洲沉积，粒度较细。北坡扇三角洲在继承前期沉积的基础上沉积范围也相应缩小（图4D）。

层序V对应都红木组二段和三段，基本继承了层序IV的沉积特征，南坡为辫状河三角洲沉积，扇体范围小，粒度较细。北坡为扇三角洲沉积，粒度较粗，沉积范围不大。西部沉积亦继承了层序IV的特征（图4E）。

4 凹陷沉积模式

白音查干凹陷属断陷盆地类的半地堑^[9], 又称单断箕状凹陷, 沉积具有南断北超、南厚北薄的特点, 北部陡坡带形成冲积扇, 延伸范围不大, 但厚度大; 南部缓坡带主要发育辫状河三角洲, 沉积延伸远, 粒度细, 沉积层薄。根据沉积相的发育受控于沉积时的古地理的原理^[9]。在凹陷的长轴方向可发育较长的河道相沉积, 形成三角洲砂体^[7]。在凹陷发育的中、晚期水体加深, 发育浅湖—深湖相沉积^[8]。以此为模式建立白音查干箕状凹陷沉积相分布特征如图5。

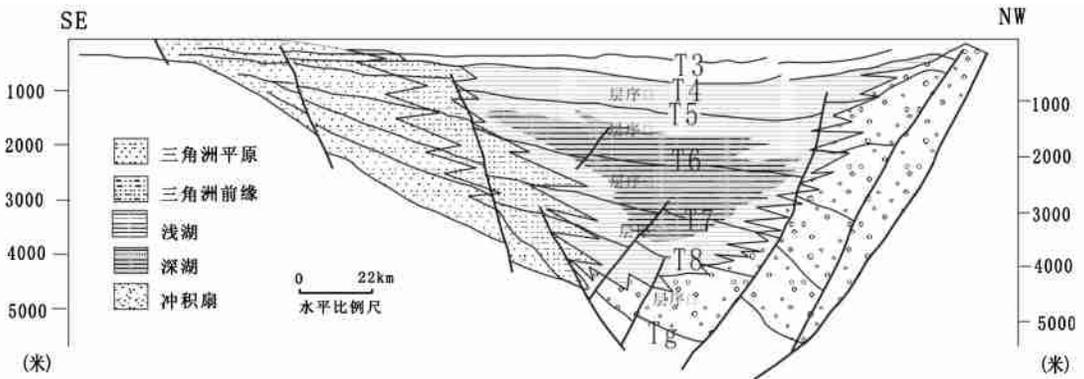


图5 单断箕状凹陷沉积相分布模式图

Fig. 5 Model of sedimentary facies distribution for a half graben

5 有利区块预测

油藏形成及分布受多种因素的控制, 包括储层特征、油源条件、盖层条件和圈闭类型等方面^[9]。在层序地层分析的基础上, 综合考虑以上各因素更有利于对油气勘探有利区的准确预测。

从生、储、盖组合来分析, 阿尔善组地层粒度普遍较粗且分选好, 是良好的储油层。腾格尔组以砂砾岩与泥岩互层为主, 连续发育的厚层泥岩既是烃源岩, 也是良好的局部盖层, 可以形成自生自储、下生上储的成油组合。

都红木组地层在盆地中部, 以泥岩为主, 向盆地边缘逐渐过渡为泥岩夹砂岩或砂泥岩互层。都红木组一段下部发育较粗粒沉积物, 上部逐渐变为厚层泥岩; 都红木组二段发育厚层泥岩, 可作为区域盖层。都红木组地层可形成凹陷中间生、边缘储, 都一段生、储, 都二段盖, 都二段生、都三段储盖的组合形式^[8]。

主要根据有利储层的展布特征, 参考白音查干凹陷勘探成果^[10, 11], 定性预测有利储集相带为腾格尔组(层序 III)和都红木组一段(层序 IV)。有利储集相带为南部缓坡的河道砂体储集层和北部陡坡的冲积扇储集体; 有利成藏区块为中部达尔其断块和北部桑合地区。

6 结论

(1) 确定了白音查干凹陷的层序地层格架, 层序 I 为阿尔善组一段; 层序 II 对应阿尔善组二段; 层序 III 对应腾格尔组; 层序 IV 对应都红木组一段; 层序 V 对应都红木组二段及三段。

(2) 以达 17 井为例分析了白音查干凹陷垂向层序发育特征, 识别了层序内部的体系域并对沉积相的类型和分布进行了判断。凹陷发育沉积相类型有河道相, 三角洲前缘相, 湖相, 冲积扇相。

(3) 根据井、震资料对比, 以层序为单位, 描述了白音查干凹陷各种沉积相在平面上的展布特征, 绘成白音查干凹陷各层序沉积相分布图。

(4) 总结了白音查干凹陷的沉积相展布特征, 建立该凹陷沉积模式, 具有南断北超、南厚北薄的特点, 陡坡带和缓坡带发育不同类型沉积相。

参 考 文 献

- [1] Van Wagoner JC, et al. 层序地层学原理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993, 47~225.
- [2] 张文华. 层序地层学中的若干问题 [J]. 石油勘探与开发, 2000, 27 (2): 18~21.
- [3] 朱筱敏. 层序地层学原理及应用 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.
- [4] 池英柳, 张万选, 李滩连, 唐文连. 白音查干凹陷有利勘探目标预测 [J]. 断块油气田, 1997, 6 (4): 5~9.
- [5] 张福顺, 樊太亮, 孙宜朴, 库国正, 张放东. 二连盆地白音查干凹陷构造对沉积的控制作用 [J]. 地质力学学报, 2003, 9 (2): 136~141.
- [6] 樊太亮, 吕延仓, 丁明华. 层序地层体制中的陆相储层发育规律 [J]. 地学前缘, 2000, 7 (4): 319~320.
- [7] 袁烽南, 薛叔浩, 应凤祥. 中国陆相油气储集层 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997, 111~113.
- [8] 祝玉衡, 张文朝, 王洪生, 等. 二连盆地地下白垩统沉积相及含油性 [M]. 北京: 科学出版社, 2000, 65~189.
- [9] Hamilton DS, Tadros NZ. Utility of coal seams as genetic stratigraphic sequence boundaries in nonmarine——An example from the Gunnedah basin, Australia [J]. AAPG, 1994, 78 (2).
- [10] 库国正, 张放东, 邓已寻, 李西爱, 王婧韞, 柳金钟. 白音查干凹陷变换构造与油气关系 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26 (2): 257~262.
- [11] 王保才, 王立志, 李金平. 白音查干凹陷西洼断裂控油特征 [J]. 断块油气田, 1999, 6 (2): 11~12.

SEQUENCE STRATIGRAPHY OF THE BAYAN QAGAN SUBBASIN IN THE EREN BASIN AND APPLICATIONS FOR PETROLEUM EXPLORATION

LI Jin-liang¹, FAN Tai-liang², ZHANG Yue-qiao¹

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;

2. Department of Energy, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on an analysis of well-log data and seismic profiles, the authors have identified the main sequence boundaries in the Bayan Qagan subbasin of the Eren basin, established the sequence

stratigraphic framework of the subbasin and described the types of sedimentary facies and their plan distribution and constructed a sedimentary facies model of this half graben. According to the features of the source-reservoir-cap rock assemblage, the authors predict that: the Tengger Formation (sequence III) and the first member of the Duhongmu Formation (sequence IV) are the favorable target zones for petroleum exploration, the fluvial sand bodies along the southern gentle slope and alluvial fan deposits along the northern steep slope are the favorable reservoir zones for hydrocarbon accumulation and the Da'erqi fault-block and Sanghe district are favorable blocks for hydrocarbon accumulation.

Key words: Bayan Qagan subbasin; sequence stratigraphy; sedimentary facies; half graben

(上接第 14 页)

AN APPROACH TO THE STUDY OF COAL AND GAS OUTBURSTS

SUN Ye¹, TAN Cheng-xuan², SUN Wei-feng², WANG Rui-jiang³, WU Shu-ren², CHEN Qun-ce²

(1. *National Geological Material Center, Ministry of Land and Geological Resources, Yanjiao 056201, Hebei, China;*

2. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;*

3. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*)

Abstract: The overlapping of tectonic stress, rock mass energy concentration and mining-induced stress is the basic cause for coal and gas outbursts. Coal and gas outbursts, which are one of the manifestations of present tectonic activities and induced by crustal instability, belong to the research content of geomechanics. It is a good way to explore the basic idea of prevention and reduction of hazards caused by coal and gas outbursts by using the experience in seismogeological work initiated by Prof. J. S. Lee for reference, beginning with the study of present active tectonic systems and using the methodology and technology of rock mechanics and tectonic stress field, combined with the practice and experience of crustal stability assessments.

Key words: coal gas outburst; tectonic stress; energy concentration; mining-induced stress; rock mechanics; tectonic stress field; disaster prevention and reduction