

临南油田隔层类型划分及其分布规律研究

朱东亚¹, 胡文瑄¹, 曹学伟¹, 陈庆春²

1. 南京大学地球科学系, 江苏南京 210093

2. 胜利油田临盘采油厂地质研究所, 山东临邑 251500

摘要: 在对临南油田储层砂岩小层及单砂体精细划分对比基础上, 通过对取心井的岩心观测和测井曲线分析, 对小砂层之间的隔层进行了系统研究, 按照岩性、岩相特征划分为3种主要类型: 泥岩类隔层(I型隔层)、粉砂岩类隔层(II型隔层)和钙质岩类隔层(III型隔层)。并根据沉积相特点把I型隔层分为I¹型和I²型, 把II型隔层分为II¹型和II²型。这些不同类型的隔层在测井曲线形态、沉积组合关系和空间展布上都具有不同的特点。隔层分布不连续会造成砂层在垂向上局部的相互连通, 上下砂层为砂坝砂体或河道砂体时, 形成连通的原因不同, 也分别具有各自不同的测井响应模式。根据隔层的岩性、电性特征和建立的连通模式, 从测井曲线出发, 对研究区内110多口井逐一进行了研究, 最终揭示了隔层的空间展布规律, 为剩余油预测和优化开采方案提供了依据。

关键词: 临南油田; 隔层分类; 连通模式; 测井响应; 分布规律。

中图分类号: P618.1

文章编号: 1000-2383(2004)02-0211-08

收稿日期: 2003-05-28

Classification and Distribution of Insulating Layers in Linnan Oilfield

ZHU Dong-ya¹, HU Wen-xuan¹, CAO Xue-wei¹, CHEN Qing-chun²

1. Department of Earth Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China

2. Geology Institute of Linpan Oilfield, Linyi 251500, China

Abstract: Based on detailed division and correlation of reservoir sandstones in Linnan oilfield, the insulating layers are systematically studied through core observation and well logging analysis. According to lithology and lithofacies of the layers, they are divided into mudstone insulating layers (type I), siltstone ones (type II) and carbonate-bearing ones (type III). Because of facies variation, type I insulating layers are subdivided into I¹ and I², and type II into II¹ and II². All the insulating layers have different well logging features, sedimentary assemblages and spatial distributions. Discontinuity of the insulating layers could make nearby sand layers connected. The connection between sandbar bodies or channel sand ones shows different origins and distinguished well logging models. The spatial distribution characteristics of each insulating layer are concluded by the research of more than 110 well loggings, thus providing basic data for the prediction of residual oil and selection of exploitation methods.

Key words: Linnan oilfield; insulating layer classification; connection model; well logging feature; distribution principle.

0 前言

多数陆相碎屑岩储层都存在着较为严重的非均质性, 其中砂岩储集层和以泥岩为主的非渗透性隔层的空间展布变化频繁是造成储层非均质性的一个主要原因。当前对非均质性的研究主要是围绕砂体(层)展开的, 集中于砂体的成因及其内部物性变化

的解剖, 而对砂层之间隔层的研究鲜有涉及, 近年来才有部分学者开展了这方面的探索工作, 如隗合明等(2001)、刘春林等(1995)研究了隔层的渗透性问题以及封堵能力; 周宗良等(1995)按厚度对隔层进行了划分并分别探讨了其分布的稳定性和对储层的分割特征; 李琳等(1996)研究了缓坡浊积体储层中隔夹层的特征和分布规律。笔者在实际工作中发现,

砂体之间的隔层发育情况非常复杂。首先,这些隔层往往具有不同的成因,岩性上也有较大的差别;其次,不同成因类型的隔层不但横向上厚薄变化悬殊、分布不均,纵向上有时也会缺失,于是就造成了较多的上下砂体之间在垂向上局部的相互连通。这些因素制约着地下油水运动规律,对注水开发效果也有很大影响。因此,在对储层砂体精细划分和对比的同时,还要对砂体之间隔层的岩性、岩相特点和空间分布情况开展精细研究,这样才能比较准确地揭示储层内部的非均质性,把握注水开发过程油水的运动规律,预测剩余油分布情况,制定合理的勘探开发方案。

临南油田位于胜利油区临南洼陷南部,处于夏口断裂带西段的双丰鼻状构造上。该构造被双丰 1 号断层切割成 2 个断块,西南为夏 52 断块,东北为夏 32 断块。主力产油层为沙三中段和沙二段,分别属于三角洲前缘和三角洲平原亚相(蔡忠和曾发富, 2000)。本次研究选取夏 52 块沙三中段三砂组和夏 32 块沙二段六砂组为研究对象,在对岩心观察的基础上,结合测井曲线特征,对 2 区块的隔层进行了详细解剖,以岩性特点和岩相类型为基础对隔层进行了系统分类,建立了相邻小砂层间相互连通(隔层缺失)的测井曲线模式,总结了隔层的空间展布特点。

1 临南油田隔层的分类与特征

通过详细的岩心观测,发现研究区段内的隔层岩性主要是泥岩、粉砂岩和钙质砂岩,这些类型的隔层都是在某一特定的沉积环境或在后期成岩作用过程中形成的。不同沉积环境中不但形成的隔层类型不同,而且隔层的空间分布规律也有较大差异。因此,要合理地隔层进行分类,首先就要从研究隔层的岩性和形成时的环境入手,同时还要结合垂向沉

积组合关系和测井曲线特征。

1.1 隔层类型划分

研究区段内均有几期明显的洪泛过程,发育了全区广泛分布的滨浅湖—半深湖相泥岩隔层。洪泛期间,夏 52 块沙三中段主要是三角洲前缘和前三角洲等水下类型的沉积,夏 32 块沙二段六砂组主要是三角洲水上分流平原沉积。在此期间,2 区块均发育各种类型的粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂岩—泥岩互层等类型的隔层。

根据岩性、形成环境、垂向组合关系和测井曲线特征,将该区的隔层分成 3 种类型: I 型隔层、II 型隔层和 III 型隔层(表 1)。

I 型隔层为泥岩类隔层,根据形成环境不同又可分为 2 种类型: I¹ 型和 I² 型。II 型隔层为粉砂岩类(粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉砂岩—泥岩互层等)隔层,根据形成环境不同也可以分成 2 种类型: II¹ 型和 II² 型。III 型隔层为厚砂层中薄的钙质夹层(表 1)。

1.2 各类型隔层特征

(1) I 型隔层: 泥岩类隔层。I 型隔层为泥岩类隔层,按照形成时的沉积环境, I 型隔层可分为 I¹ 和 I² 2 种类型。I¹ 型隔层为深灰色或黑色泥岩,易碎裂,碎裂后多呈团块状。这类隔层是在前三角洲—半深湖环境下沉积形成的,垂向上一般和砂坝、远砂坝等三角洲前缘、前三角洲亚相等类型的沉积组合产出(图 1)。该类泥岩隔层形成于湖面上升时期,全区发育稳定、厚度大,一般有几 m 至十几 m。因此 I¹ 型隔层对上下砂层能起到完全的阻隔作用,开发过程中上下砂层要划到不同的注采体系中去,这类隔层通常情况下都作为全区地层划分和对比的标准层。I² 型隔层为灰色或浅灰色泥岩,其中含有较多的碳质成分,硬度大,碎裂后多呈片状或层状。这类隔层是在支流间湾或河漫滩处沉积形成的,一

表 1 隔层类型划分

Table 1 Classification of insulating layers

主类型	岩性	亚类型	形成环境	垂向沉积组合
I 型隔层	泥岩、粉砂质泥岩	I ¹ 型隔层	滨浅湖—半深湖	砂坝、远砂坝等
		I ² 型隔层	支流间湾	分支河道、天然堤等
II 型隔层	粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉砂岩—泥岩互层等	II ¹ 型隔层	前三角洲前缘、远砂坝	远砂坝或远砂坝与半深湖相泥岩互层沉积
		II ² 型隔层	漫滩、决口扇等	分支河道、天然堤等
III 型隔层	钙质岩类	/	咸化期间湾、滨浅湖等,后期成岩作用	/

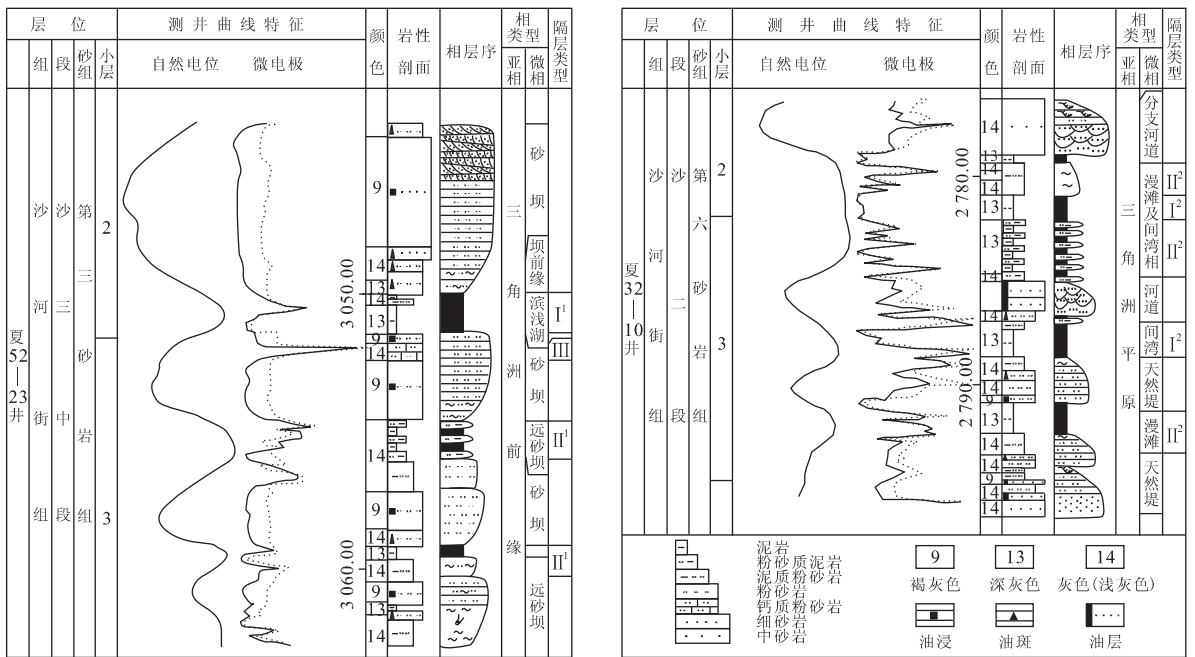


图 1 各类型隔层的岩性和测井曲线特征

Fig. 1 Lithology and well logging features of different insulating layers

般发育在三角洲平原上或前三角洲靠近三角洲平原处,垂向上和分支河道、天然堤等三角洲平原亚相类型的沉积组合产出(图 1)。在支流间湾以及河漫滩处形成的 I² 型隔层分布也较为稳定,但由于后期河流具有强烈的下切作用,从而使得此种类型的隔层局部变薄或缺失。这 2 种类型的隔层都是较纯的泥岩隔层,在测井曲线上,自然电位平直、位于泥岩基线处,井径扩大、井壁坍塌现象明显,具有高导性质,微电极曲线平直、很少有锯齿状起伏(图 1)。

(2) II 型隔层: 粉砂岩类隔层。II 型隔层是小层之间或小层内部的粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩或者粉砂岩—泥岩的互层,这些类型的粉砂岩层若作为隔层存在,其渗透率一般小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (刘春林等, 1995)。按其形成环境不同, II 型隔层可分为 II¹ 和 II² 2 种类型。II¹ 型隔层为青灰色致密粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩以及粉砂岩—泥岩的互层,主要发育在三角洲前缘亚相前端和前三角洲处,是远砂坝或者是远砂坝和半深湖相泥岩互层沉积。一般发育水平层理和细小的纹理,垂向上和砂坝、远砂坝以及半深湖相的泥岩组合产出(图 1)。在水动力较强的情况下,前三角洲处沉积形成的远砂坝由于分选性好、泥质含量低,孔隙度、渗透率较大而能成为较好的储层。但是在分选性较差、泥质含量较高以及泥粉质纹理、薄夹层较为发育的情况下,远砂坝

相的沉积变得非常致密,此时则形成良好的隔层 (II¹ 型)。II¹ 型隔层是在开阔的半深湖环境中沉积形成的,所以此种类型的隔层分布较为稳定。II² 型隔层多为灰白色粉砂岩、泥质粉砂岩层,在夏 32 块沙二段六砂组表现为红褐色的粉砂岩、泥质粉砂岩及粉砂岩—泥岩互层。II² 型隔层中常见有小型交错层理和斜层理,有些井段还夹有薄的黑色泥质条带,局部可见碳质碎屑和植物遗迹。这种隔层是在河漫滩、决口扇等环境下沉积形成的,垂向上和分支河道、天然堤、心滩、边滩等类型的沉积组合产出(图 1)。由于受到河流的冲刷作用, II² 型隔层有时厚度变化较大,空间分布不连续。在测井组合曲线上, II 型隔层自然伽玛值较高(一般大于 90API),自然电位略高于泥岩基线,微电极曲线锯齿状突起明显、微电位和微梯度曲线无幅度差或者幅度差较小(图 1)。

(3) III 型隔层: 钙质岩类隔层。III 型隔层为分布于厚层泥岩之上或之下的砂层中的薄的钙质夹层,一般厚度为 0.1~0.5 m。此类隔层是砂岩储层中致密的钙质胶结层,岩心上观察呈灰白色或白色,滴上盐酸后有大量气泡产生。测井曲线上最明显的特征是微电极具有强烈的齿状突起。如在夏 52-23 井沙三中段三砂组 3 小层的 1 砂体的顶部发育有这样的隔层,它把该砂体分为上下不能连通的两部分(图

1). 这种类型的隔层分布很不稳定,同一隔层一般仅能在一口井或少数相邻井处连续产出,但它在许多砂层中都广泛存在。Ⅲ型隔层成因有 2 种:一种是在高盐度时期的支流间湾或滨浅湖环境下,和砂岩同时沉积形成的原始富钙薄层。另一种原因是在成岩作用过程中,较厚的泥岩由于压实作用而变得越来越致密,其中所含的大量水分被挤压出来,这些从泥岩中释放出来的水具有较高的矿化度,当其渗透到上面或者下面的砂层中时便会有钙质成分沉淀出来并对砂岩起胶结作用,于是便形成薄的钙质夹层。

2 隔层不连续部位的砂体连通性模式

不同类型隔层空间分布稳定性具有较大的差别,有的在全区范围内连续分布,有的则不连续。在隔层分布不连续的部位,上下砂层会在一定程度上相互连通。不同环境下隔层的缺失以及由此造成砂体间的连通都具有不同的特点,并且这些连通的层段在岩心和测井曲线上表现得都较为明显,有一定的规律可循。通过岩心观察并结合测井曲线建立了上下砂层之间相互连通的 2 种测井曲线模式。

(1)砂坝砂体之间的连通模式。夏 52 块沙三中段三砂组主要发育砂坝类型的沉积砂体,多数钻孔处的砂坝受到某种类型隔层的阻隔而不能相互连通,但也有部分钻孔的两期砂坝之间在垂向上是相互连通的。夏 52-23 等取心井的相互连通井段岩心表现为:上下两期砂坝层之间没有明显的隔挡层,晚期砂坝直接沉积叠加在早期砂坝之上,并且同为油层或者水层。而相邻井与之可对比层段的上下小层之间是不连通的,中间有明显的致密隔层存在。这些连通井段在测井曲线上表现为:自然电位略微降低,泥质含量稍有升高,微电极曲线有时呈现弱的锯齿状突起,但微电位和微梯度曲线保持一定的幅度差,声波孔隙度也略有降低(图 2a,注:图中 2¹, 2² 代表

2 小层 1 砂体和 2 小层 2 砂体,下同)。导致砂坝垂向上相互连通的原因大致有 2 种:一种是沉积过程中由于局部的水动力较强而使得上下 2 期砂坝之间的粉砂岩隔层较薄、甚至缺失,颗粒较粗、泥质含量较低,致使上下砂坝在一定程度上相互连通;另一种是由于水体环境的变化造成砂坝沉积在横向上的迁移。在隔层还没有完全形成之前,后期砂坝就直接叠加在前期砂坝之上,这样 2 期砂坝就会在垂向上局部的相互连通。图 2b 是把这个模式应用到未取心井段得到的一个连井剖面。图中的 2 期砂坝分别是夏 52 块沙三中段三砂组的 2 小层 1 砂体和 2 小层 2 砂体,两砂体之间的隔层为Ⅱ¹型。在这层隔层的沉积过程中,由于夏 52-207、夏 52-111 等井处水动力较强,隔层不能完整发育,导致上下两期砂坝在这些井处相互连通。

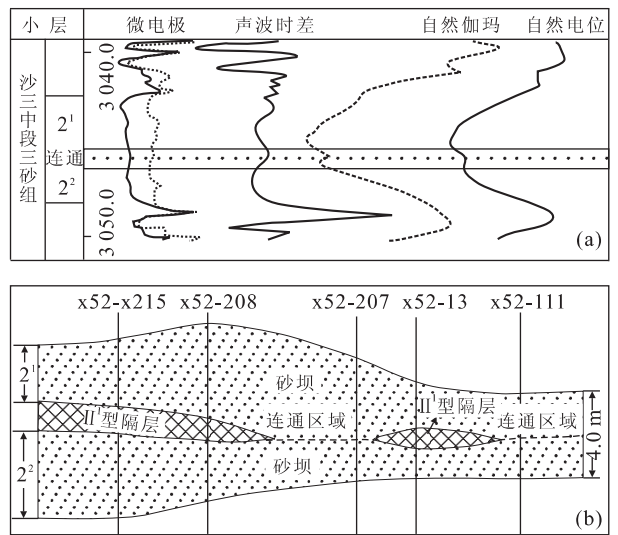


图 2 砂坝之间的连通模式

Fig. 2 Connection model between sandbar layers
a. 夏 52-23 井,沙三中段三砂组的 2 小层 1 砂体和 2 小层 2 砂体在垂向上相互连通的测井曲线模式;b. 夏 52 块沙三中段三砂组 2 小层 1 砂体和 2 小层 2 砂体之间相互连通区域在剖面上的分布特征

表 2 临南油田隔层分布特征

Table 2 Distribution characters of insulating layers in Linnan oilfield

区块	夏 52 块沙三中段三砂组										夏 32 块沙二段六砂组				
	1 ¹	1 ²	2 ¹	2 ²	2 ³	3 ¹	3 ²	4 ¹	4 ²	5 ¹	3 ¹	3 ²	3 ³	4 ¹	
隔层位置	顶	1 ²	2 ¹	2 ²	2 ³	3 ¹	3 ²	4 ¹	4 ²	5 ¹	底	3 ²	3 ³	4 ¹	
隔层类型	I ¹	I ² , II ²	I ² , II ²	II ¹	I ¹ , II ¹	II ¹	II ¹	I ¹ , II ¹	I ¹ , II ¹	I ¹ , II ¹	I ¹	I ² , II ²	I ² , II ²	I ² , II ²	
分布连续与否	是	否	是	否	否	是	否	是	否	是	是	否	否	是	否

注:1¹代表 1 小层 1 砂体,其他同。

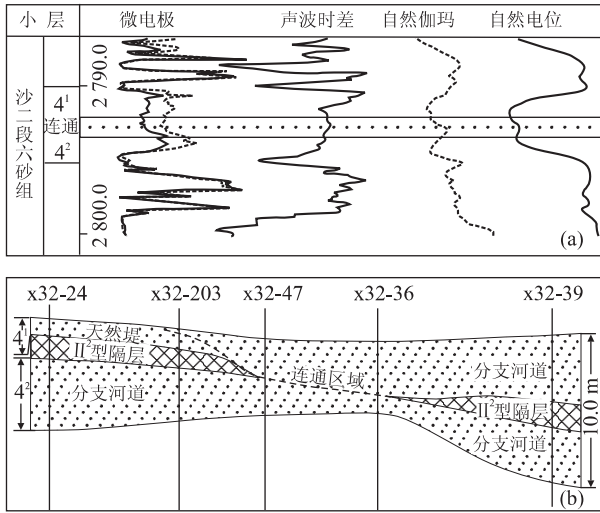


图 3 河道砂体之间的连通模式

Fig. 3 Connection models between fluvial sand bodies
 a. 夏 32-10 井沙二段六砂组, 4 小层 1 砂体和 4 小层 2 砂体在垂向上相互连通的测井曲线模式; b. 夏 32 块沙二段六砂组 4 小层 1 砂体和 4 小层 2 砂体之间相互连通区域在剖面上的分布特征

道、天然堤和漫滩等类型的沉积微相为主的沉积。在湖面下降期, 河流具有明显的下切作用, 这种下切作用会把已形成的隔层完全冲刷掉, 甚至还会把位于隔层之下的早期河流相沉积的顶部冲刷掉, 这样后期河道砂体就会直接沉积在早期的河道砂体之上, 从而使得上下砂层相互连通。从夏 32-10 等取心井段的岩心上观察可见: 早期河流相沉积的顶部被冲刷掉, 晚期河道沉积中可见从底砾岩、中—粗砂岩到细砂岩的完整的沉积序列, 它们之间还可以见到形态完好的冲刷面, 并且还具有一致的油水特征。测井曲线上的表现和砂坝之间连通时的特征基本相同 (图 3a)。通常情况下, 河流相沉积的垂向加积模式自下而上依次为: 河道底砾岩、中粗粒河道砂岩、细粒边滩、漫滩粉砂岩以及洪泛泥岩。两期河流相沉积纵向上一般是不连通的, 即使后期河流具有下切作用, 它们能否相互连通也要视下切作用的程度来确定。当下切较为微弱时, 先期河流的漫滩沉积及泥质含量较多的边滩沉积仍会有部分保留下来, 上下 2 期河道砂岩仍不能相互连通; 而当河流下切作用把它们之间的隔层以及早期河流相沉积顶部的边滩、

(2) 河道砂体之间的连通模式。夏 32 块沙二段六砂组是以发育在三角洲水上分流平原上的分支河

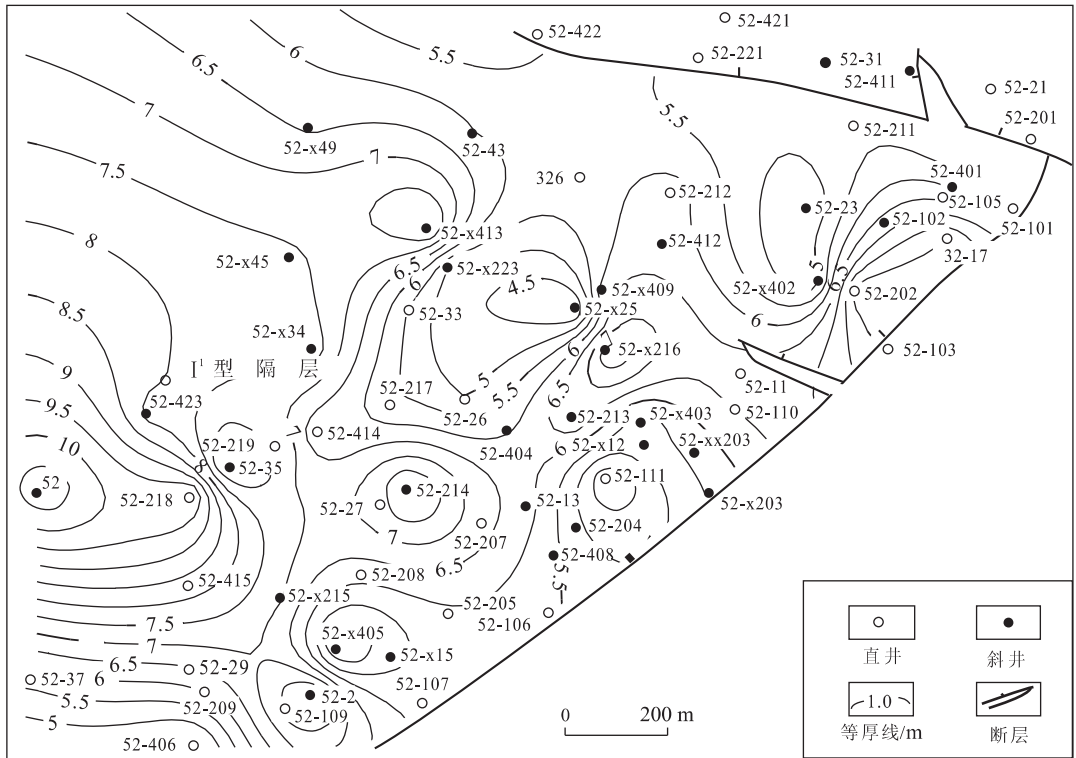


图 4 临南油田夏 52 块沙三段三砂组底部隔层等厚线

Fig. 4 Isopachous map of insulating layers at bottom of the third sandstone group in Xia 52 area, Linnan oilfield
 夏 52 块沙三段三砂组底部的隔层只有 I¹ 型一种类型, 并且该层隔层厚度大, 在整个研究区内稳定分布。这种类型的隔层可作为全区地层对比的标准层, 是各砂岩组之间的界线

漫滩粉砂岩冲刷掉时,晚期河道砂体便会直接叠加在早期河道砂体之上,这种情况下,上下 2 期河道砂体才会相互连通。图 3b 是把这个连通模式应用到未取心井得到的河道砂体之间相互连通的一个例子。图 3b 中的 2 期砂体分别是夏 32 块沙二段六砂组的 4 小层 1 砂体和 4 小层 2 砂体,两砂体之间的隔层为 II² 型。4 小层 1 砂体的分支河道在夏 32—47、夏 32—36 等井处具有强烈的下切作用,已形成的隔层在这些井处被冲刷掉,4 小层 1 砂体便直接叠加在 4 小层 2 砂体之上,于是两小层便局部地相互连通。

3 隔层的空间分布特征与展布规律

少数几口取心井所获得的岩心资料是很有限的,要对研究区域的隔层空间分布情况进行研究,就需要把前文所述各类型隔层的岩性、电性特征、垂向沉积组合关系,以及砂体连通模式应用到其他未取心井,依据这些井的测井曲线进行研究。精细地层划分与对比表明,夏 52 块沙三中段三砂组划分为 5 个

小层,进一步分为 12 个单砂层;夏 32 块沙二段六砂组分为 5 个小层,进一步分为 8 个单砂层(本文只研究空间展布变化较大的 3 和 4 两个小层)。对这 2 个区块中 110 余口井的各单砂层间的隔层类型和厚度逐一进行了研究,结果见表 2。

从表 2 可以看出,有些单砂层之间的隔层只有一种类型,如三砂组的顶、底以及 2¹ 与 2² 砂体之间的隔层;有的则由 2 种类型的隔层组成,如三砂组的 1¹ 与 1² 砂体以及六砂组的 3¹ 与 3² 砂体之间的隔层;并且这些隔层有的呈连续分布,有的则分布不连续。进一步总结可得到以下分布规律。

(1)单一类型隔层独立展布。夏 52 块沙三中段三砂组顶端和底端隔层,以及 2¹ 与 2² 砂体、2³ 与 3¹ 砂体、3¹ 与 3² 砂体、5¹ 与 5² 砂体之间的隔层都是只包括一种类型。顶端和底端是洪泛期形成的半深湖—深湖相泥岩(I¹型隔层),厚度较大(几到十几 m),分布连续(图 4)。这种类型的隔层具有高导性,分布稳定,是全区地层对比的标准层,也是各砂岩组之间的界线。2³ 与 3¹ 砂体以及 5¹ 与 5² 砂体之间的

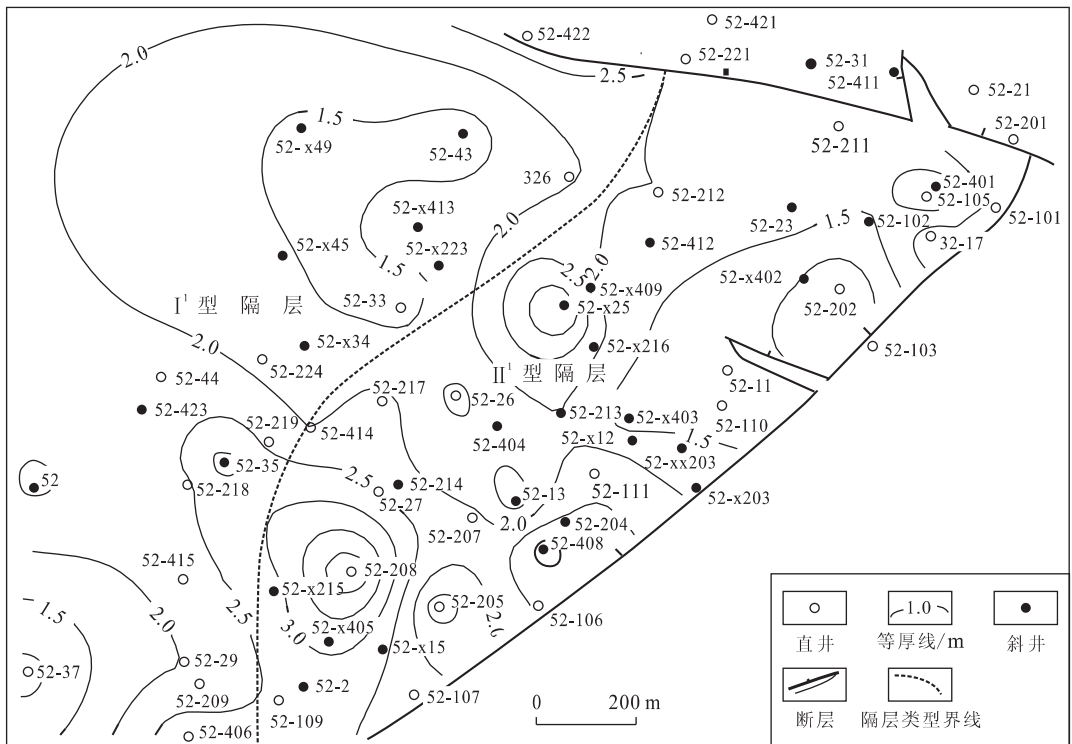


图 5 临南油田夏 52 块沙三中段三砂组 4 小层 2 砂体和 5 小层 1 砂体之间的隔层等厚线

Fig. 5 Isopachous map of insulating layers between 4² and 5¹ sand bodies of the third sandstone group in Xia 52 area, Linnan oilfield

夏 52 块沙三中段三砂组 4 小层 2 砂体和 5 小层 1 砂体之间有 I¹ 和 II¹ 两种类型的隔层,其中 II¹ 型隔层在三角洲的一侧发育, I¹ 型隔层则在向湖的一侧发育,两者之间呈渐变过渡关系

隔层均是一套稳定的远砂坝粉砂岩、泥质粉砂岩及其与半深湖相泥岩之间的互层构成的隔层(II¹),其厚度一般在 1.5~3 m 之间,表明当时长期处于广阔的前三角洲—半深湖相的沉积环境。同为 II¹ 型的 2¹ 与 2² 砂体以及 3¹ 与 3² 砂体之间的隔层空间分布则不是很连续,这可能与沉积时的水体环境变化大、水体动荡不定有关。

(2) 2 种类型隔层同时存在。夏 52 块的 1¹ 与 1² 砂体以及 1² 与 2¹ 砂体之间的隔层是在三角洲平原上发育的支流间湾泥岩(I² 型)和漫滩粉砂岩(II² 型) 2 种类型的隔层。夏 32 块的 3¹ 与 3² 砂体、3² 与 3³ 砂体、3³ 与 4¹ 砂体以及 4¹ 与 4² 砂体之间的隔层类型也为 I² 型和 II² 型。由于河流的冲刷改道,早期形成的间湾泥岩类隔层及漫滩、边滩、决口扇等的粉砂岩、泥质粉砂岩隔层可能会被破坏掉,而后又由新一期次的泥岩或者粉砂岩层填补进来。因此,这些小层之间的隔层在空间分布上多数连续性较差,并且这 2 种类型隔层之间多是一种突变的接触关系。夏 52 块的 2² 与 2³ 砂体、3² 与 4¹ 砂体、4¹ 与 4² 砂体以及 4² 与 5¹ 砂体之间的隔层也是由 2 种类型的

隔层组成,即半深湖—深湖相泥岩(I¹ 型隔层)和远砂坝粉砂岩、半深湖粉砂岩—泥岩互层(II¹ 型隔层)。其中 3² 与 4¹ 砂体以及 4² 和 5¹ 砂体之间隔层厚度比较稳定,在 1~3 m 之间。II¹ 型隔层在靠近前三角洲一侧发育,而 I¹ 型隔层则在向湖的一侧发育(图 5)。这 2 种类型的隔层是在不同沉积环境下形成的,它们同时存在反映了沉积环境、水动力条件在同一等时面上的侧向变化(王振彪和李伟,1996)。二者之间并没有截然的界线,从前三角洲相的粉砂岩、泥质粉砂岩隔层到半深湖、深湖相的泥岩隔层是一个渐变的过程。

(3) II¹ 型隔层以及河流下切区域隔层连续性差。夏 52 块沙三中段三砂组的 2¹ 与 2² 砂体、2² 与 2³ 砂体、3¹ 与 3² 砂体、4¹ 与 4² 砂体之间的 II¹ 型隔层空间分布均不稳定,尤其是在 2¹ 与 2² 砂体之间的 II¹ 型隔层区域内,上下单砂体相互连通的并有 20 口之多。这些连通区域有的仅在一口井处分布,有的则在多口井处连续存在,约占总面积的 30%(图 6)。如此多的连通区域的存在,说明当时水动力条件较强,水体环境变化较快,局部隔层还没有形成

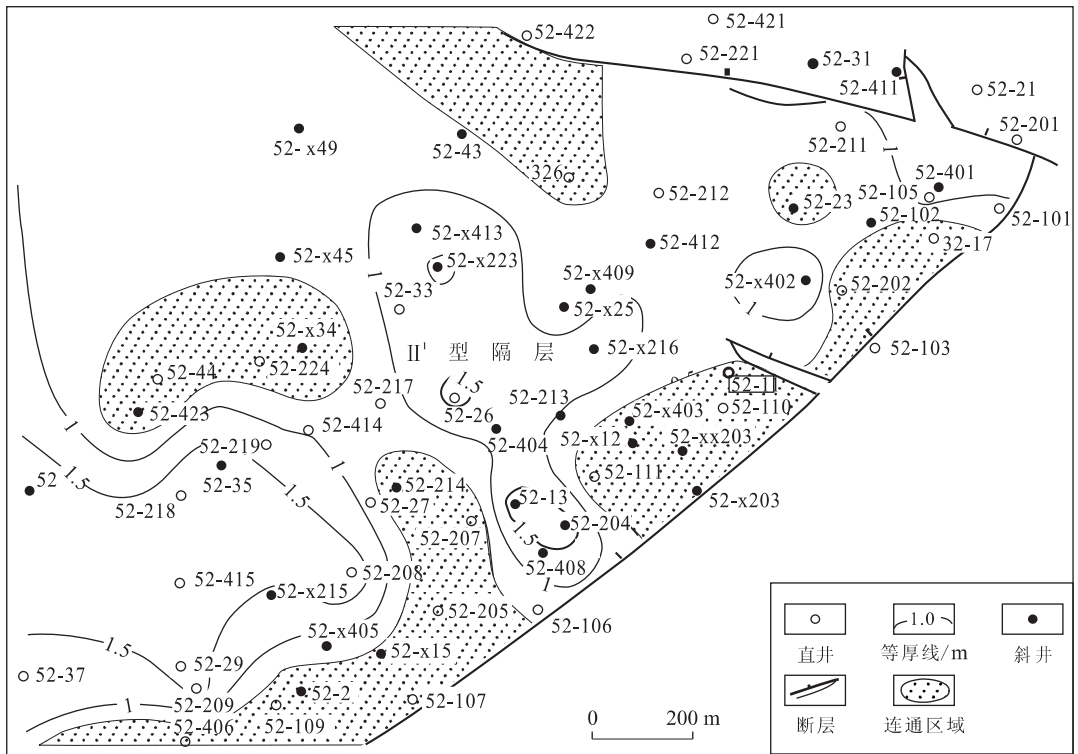


图 6 临南油田夏 52 块沙三中段三砂组 2 小层 1 砂体和 2 小层 2 砂体之间的隔层等厚线

Fig. 6 Isopachous map of insulating layers between 2¹ and 2² sand bodies of the third sandstone group in Xia 52 area, Linnan oilfield

夏 52 块沙三中段三砂组 2 小层 1 砂体和 2 小层 2 砂体之间的隔层为 II¹ 型,该层隔层分布不稳定,连续性差,发育较多的连通区域

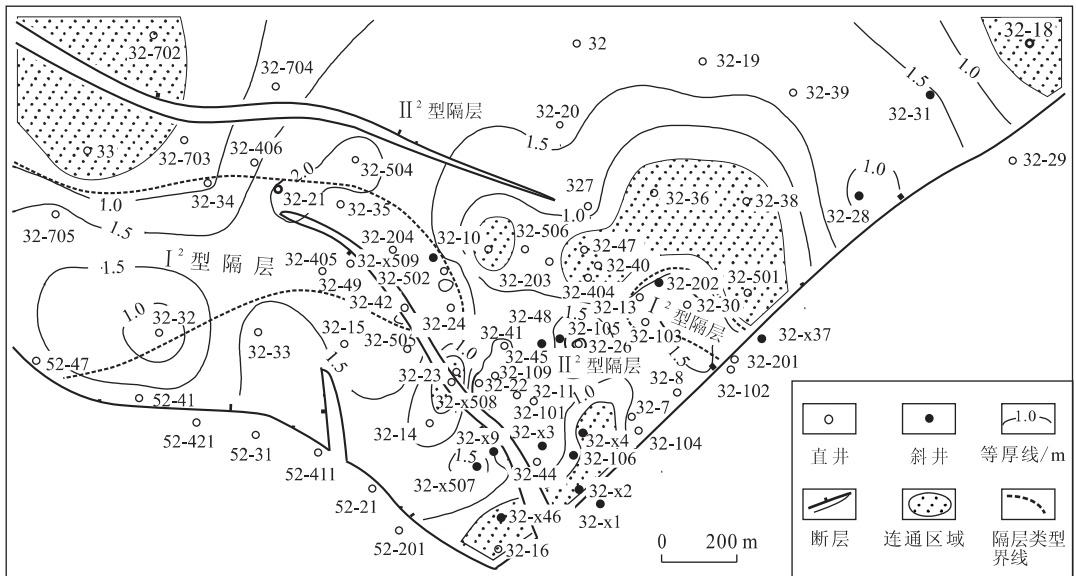


图 7 临南油田夏 32 块沙二段六砂组 4 小层 1 砂体和 2 砂体之间的隔层等厚线

Fig. 7 Isopachous map of insulating layers between 4^1 and 4^2 sand bodies of the sixth sandstone group in Xia 32 area, Linnan oilfield

夏 32 块沙二段六砂组 4 小层 1 砂体和 2 砂体之间的隔层以 II² 型为主,局部区域为 I² 型,由于河流的下切作用而发育较多的连通区域

便开始沉积后期的砂体,这样,前后 2 期砂体便直接相互叠加,这些直接叠加的区域在垂向上就会一定程度地相互连通。

河流下切作用发育的区域,隔层分布的连续性也比较差,如所统计的夏 32 块的 4 层隔层中有 3 层分布不连续。现以 4 小层 1 砂体和 2 砂体之间的隔层为例来加以说明,4 小层 1 砂体和 2 砂体均是以分支河道为主的河流相沉积,它们之间的隔层以 II² 型为主(图 7)。4 小层 1 砂体沉积过程中,河流下切作用在夏 32-18、夏 32-36、夏 32-x4、夏 33 等井处发育。由于河流的下切作用,原先形成的隔层会遭受侵蚀破坏而变薄或缺失,从而在这些井处形成较多的连通区域(图 7)。

4 结论

本文按照隔层的岩性和形成环境把隔层分为 I 型隔层(泥岩类隔层)、II 型隔层(粉砂岩类隔层)和 III 型隔层(钙质岩类隔层),其中 I 型隔层又可分为 I¹ 型和 I² 型,II 型隔层可分为 II¹ 型和 II² 型。不同类型的隔层都是在不同的沉积环境下发育形成的,具有不同的空间分布特征,其连续性以及垂向上的分割性能也具有较大的差别。

隔层的不连续会造成上下砂层在垂向上的相互

连通,文中分别给出了上下砂坝之间和河道砂体之间相互连通的 2 种模式。由于不同砂层中的流体可通过这些连通区域相互交换,连通区域的多少和井间分布状况对地下流体的活动有着较大的影响,是油田注水开发过程中必须考虑的因素。

总之,通过对临南油田隔层类型的划分,明确了不同类型隔层的成因机制和发育特征,揭示了这些隔层分布的空间变化规律及其对垂向上相邻砂体连通性的影响程度,这对于油区的勘探开发,特别是剩余油预测与开发方案的优化有着重要的价值,对其他地区的相关研究也有良好的借鉴意义。

References

- Cai, Z., Zeng, F. F., 2000. Models of sedimentary micro-facies and residual oil distribution in Linnan oilfield. *Journal of Petroleum University*, 24(1): 44-47 (in Chinese with English abstract).
- Li, L., Ren, Z. W., Lin, C. Y., et al., 1996. Research of intercalated beds within the centre slope of turbidite reservoir in Shuer district. *Journal of Xi'an Petroleum Institute*, 11(3): 8-11 (in Chinese with English abstract).
- Liu, C. L., Wang, H. X., Shang, Y. Q., 1995. Upper limit of physical property of insulating layer after water-flooded

(下转 223 页)