

河道砂体内部夹层岩性与遮挡性识别

胡荣强^{1,2)}, 马世忠¹⁾, 马迪³⁾

1) 东北石油大学地球科学学院, 黑龙江大庆, 163318;

2) 大庆油田勘探开发研究院, 黑龙江大庆, 163712; 3) 大庆油田第一采油厂, 黑龙江大庆, 163111

内容提要:河道砂体内部夹层作为储层构型界面, 厚度较薄, 岩性、遮挡性存在差异, 对河道砂体内流体渗流及剩余油分布的影响不尽相同。本文以大庆油田萨北二区为例, 利用密闭取芯井岩芯和纵向分辨率较高的微电极测井曲线等资料, 以岩芯识别夹层岩性为基础, 通过对测井曲线幅值、幅差、回返率交汇分析, 优选出微电位回返最低值和微梯度回返率作为夹层岩性判别标准, 夹层岩性识别符合率达 82%; 并以夹层含油性为依据, 将夹层按遮挡性分为完全阻流型、强限流型、弱限流型等三种类型; 分析密闭取芯井河道砂体内部夹层岩性与遮挡性对应关系, 建立了非取芯井河道砂体内部夹层遮挡性的岩性解释法, 夹层遮挡性识别符合率达 72%。以此为深入研究地下河道砂体内部构型对注入剂驱替路径及剩余油分布的影响奠定基础。

关键词: 沉积成因夹层; 夹层分布; 夹层岩性; 夹层遮挡性; 砂体构型

随着精细地质研究逐步深入, 在储层构型中起重要作用的夹层越来越受重视。针对夹层的研究往往与构型研究相结合, 其中以河道砂体内部夹层研究最为典型 (Miall, 1988; 赵翰卿, 2002; 单敬福等, 2006; Kjemperud et al., 2008; 岳大力等, 2012)。国内外学者通过观察古代露头、现代沉积, 可识别河道砂体内部夹层岩性、分布等特征 (Flach et al., 1985; Olsen et al., 1995; 李思田, 1996; 马世忠, 2003); 对于地下河道砂体内部夹层, 利用岩芯资料可直观分辨夹层岩性, 但资料较少, 制约其应用; 而对于非取芯井, 采用自然电位、电阻率、自然伽马、声波时差、感应测井曲线绘制蜘蛛网图可识别夹层岩性 (陈程等, 2003; 张吉等, 2003; 束青林, 2006), 但对薄夹层 (<0.3m) 的识别能力较差。针对河道砂体内部夹层遮挡性的研究, 目前主要利用岩芯地化分析、水淹解释、RFT 测井、饱和度测井、常规测井等方法获取夹层上下砂体的压力、饱和度等资料 (崔文富, 2005; 刘方等, 2008), 通过对比资料的差别识别夹层遮挡性, 但分析化验资料的稀少和测井解释资料的准确性影响该方法的应用。本文以萨北二区 4 口密闭取芯井岩芯和纵向分辨率较高的微电极测井曲线等资料为基础, 通过岩电对应分析建立夹层岩性判

别标准, 并分析夹层岩性与含油性的关系, 认识到夹层岩性对流体遮挡作用的差异, 建立夹层遮挡性的岩性解释法, 有效识别河道砂体内部夹层遮挡性, 以为高含水期、三次采油阶段剩余油分布及挖潜研究提供指导。

萨北二区位于大庆长垣萨尔图油田北部纯油区内。萨尔图油田属背斜构造油气藏, 共发育萨尔图、葡萄花、高台子三套油层, 属于早白垩纪中期松辽盆地北部大型河流—三角洲沉积。本文研究目的层为萨尔图、葡萄花油层, 分为萨 I、萨 II、萨 III、葡 I、葡 II 等 5 个油层组 51 个沉积单元。目前, 研究区一、二类油层均已进入三次采油阶段。

1 河道砂体内部夹层沉积成因类型及岩性特征

河道砂体内部夹层是指分布在河道砂体内部相对非渗透、低渗透层, 岩性为泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、含泥粉砂岩等细粒沉积, 厚度仅有几厘米至几十厘米, 能够对流体渗流起到一定控制、遮挡作用。萨北二区河道砂体内部夹层主要为沉积成因 (胡荣强, 2012)。在河道砂体沉积过程中, 当来沙量大于水流挟沙能力时, 河床发生沉积。在落水期,

注: 本文为国家自然科学基金项目 (编号: 41172135) 和黑龙江省研究生创新科研项目 (编号: YJSCX2011-125HLJ) 资助的成果。

收稿日期: 2015-02-06; 改回日期: 2015-05-20; 责任编辑: 黄敏。Doi: 10.16509/j.georeview.2016.02.003

作者简介: 胡荣强, 男, 1985 年生。博士研究生。主要从事油气田开发地质学研究。通讯地址: 163318, 黑龙江省大庆市东北石油大学地球科学学院。Email: hurongqiang@126.com。

水流能量减弱,悬浮泥质沉积,形成河道砂体内部沉积成因夹层,即:“落淤”成因夹层(薛培华,1991)。依据水动力强弱及岩性特征将河道砂体内部夹层分为水动力间歇期及波动期悬浮沉积成因夹层。

1.1 水动力间歇期悬浮沉积成因夹层

河流丰水期过后,水动力进入间歇期,水流极缓,河流负载能力极大减弱,悬浮的泥质颗粒超过水流负载能力沉积形成夹层。岩性以灰色、灰黑色、灰绿色泥岩或粉砂质泥岩为主,可见水平层理、波状层理,夹层连续,含油产状为不含油或油迹,厚度多为1~30cm,如图1a、b;夹层1为灰黑色波状层理泥岩;夹层2为灰色粉砂质泥岩。

1.2 水动力波动期悬浮沉积成因夹层

河流丰水期过程中,水动力强度存在波动现象。当水动力减弱时,河流负载能力减弱至仅能搬运泥质颗粒而不能负载粉砂质颗粒,悬浮的粉砂质颗粒沉积形成夹层。岩性以浅棕色(油浸)、灰棕色、灰色、灰绿色泥质粉砂岩、含泥粉砂岩为主,可见斜层理、波状层理、水平层理,含油产状为油斑、油浸或含油,厚度多为1~20cm,如图1c、d;夹层3为灰棕色波状层理油浸泥质粉砂岩;夹层4为灰棕色油浸含泥粉砂岩。

2 河道砂体内部夹层界面等级及分布特征

2.1 河道砂体内部夹层对应河道砂体界面等级

河道砂体内部夹层与河道砂体界面等级相对应,是河道砂体构型研究主要内容之一。河道砂体是由各种规模岩相及结构体组成的。每一种规模结构体都是随着特定时间范围内的沉积作用产生的,并且可以依据不同的界面等级将其区分开来(于兴河,2008)。Miall(1996)将河流界面划分为6级,河道砂体内部沉积成因夹层多位于河道砂体4级界面处,即:宏观底形,为侧向或顺流加积面。

2.2 河道砂体内部夹层分布特征

研究区属早白垩纪中期松辽盆地北部大型河流—三角洲沉积体系,河道砂体依据沉积模式(Miall,1977,1978)可分为:砂质辫状河、砂质混合负载曲流河、泥质细粒曲流河、顺直河(水下分流河)(隋军等,2000)。通过岩芯观察,水动力间歇期和波动期悬浮沉积成因夹层在河流相河床亚相中的心滩、边滩微相与三角洲相平原亚相中的分流河道微相、内前缘亚相中的水下分流河道微相砂体内部均有分布。

砂质辫状河道砂体内部夹层:多位于砂质辫状河心滩微相中,岩性多为灰黑色或灰色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩或含泥粉砂岩等,富含有机质、炭屑等,可见水平层理、波状层理、扰动构造和变形层理等。为辫状河悬浮质沉积形成的前积落淤层,倾角 $0\sim 5^\circ$,主要位于心滩上部(刘波等,2002;束青林等,

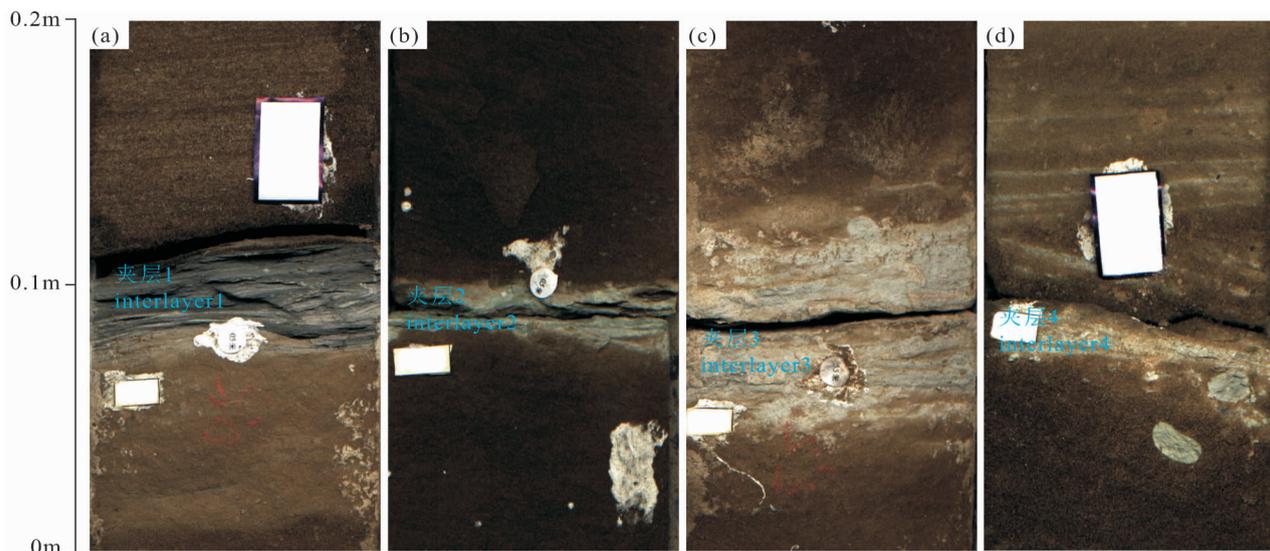


图1 密闭取芯井河道砂体内部夹层沉积成因类型岩芯

Fig. 1 The cores of sedimentary origin types of interlayer inside channel sand bodies of sealed coring wells

(a)、(b)水动力间歇期悬浮沉积成因夹层;(c)、(d)水动力波动期悬浮沉积成因夹层

(a)、(b)the interlayer of suspension load deposit in hydrodynamic intermittent period;(c),

(d)the interlayer of suspension load deposit in hydrodynamic fluctuation period

2004),如图 2a;夹层 1 为灰黑色波状层理粉砂质泥岩,厚度 16cm。

砂质混合负载曲流河道砂体内部夹层:多位于砂质混合负载曲流河的边滩微相中,岩性多为灰色、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩等。为曲流河侧向加积过程中悬浮质沉积而成,倾角 $3^{\circ} \sim 20^{\circ}$,倾向曲流河凹岸,周期性水流作用形成斜列式侧积夹层(马世忠等,2000),如图 2b;夹层 2 为灰色泥岩,厚度 7cm,倾角 7° 。

泥质细粒曲流河道砂体内部夹层:多位于三角洲平原分流河道微相中,岩性多为灰绿色、灰色粉砂质泥岩、泥岩或泥质粉砂岩。研究区三角洲平原发育的分流河道为高弯度型(胡荣强等,2011),属泥质细粒曲流河,河道砂体规模较砂质混合负载曲流河规模小、粒度细、能量弱,侧积夹层发育,夹层产状与砂质混合负载曲流河夹层相似(周银邦等,2008;尹艳树等,2013),如图 2c;夹层 3 为灰绿色粉砂质泥岩,厚度 4cm,倾角 5° 。

顺直河道(水下分流河道)砂体内部夹层:多位于三角洲内前缘水下分流河道微相中,岩性多为灰黑色、灰色泥岩、粉砂质泥岩等,可见水平层理、波状层理。研究区水下分流河为顺直河,夹层为水下分流河道悬浮质垂直加积而成,河道砂体中上部居多,近似水平(李志鹏等,2012),如图 2d;夹层 5 为灰黑色水平层理泥岩,厚度 13cm,倾角 0° 。

通过统计研究区 4 口密闭取芯井岩芯资料,4 个沉积单元共发育 12 井次河道砂体,砂岩总厚度 51.2m,平均单期河道砂体厚度 4.3m。河道砂体内部共发育 49 个夹层,夹层频率达 0.96 层/m;平均垂向夹层间距 0.97m;夹层密度为 7.7%;夹层厚度较薄,最大为 32cm,最小为 1cm,平均厚度 8cm,厚度小于 10cm 的夹层为 38 个,占夹层总数的 77.6%(图 3a);夹层倾角最大为 20° ,最小为 0° ,平均倾角 4.4° (图 3b);夹层主要分布在河道砂体中上部,位于砂体上部的夹层占 36.7%,位于砂体中部的夹层占 51.0%(图 3c)。

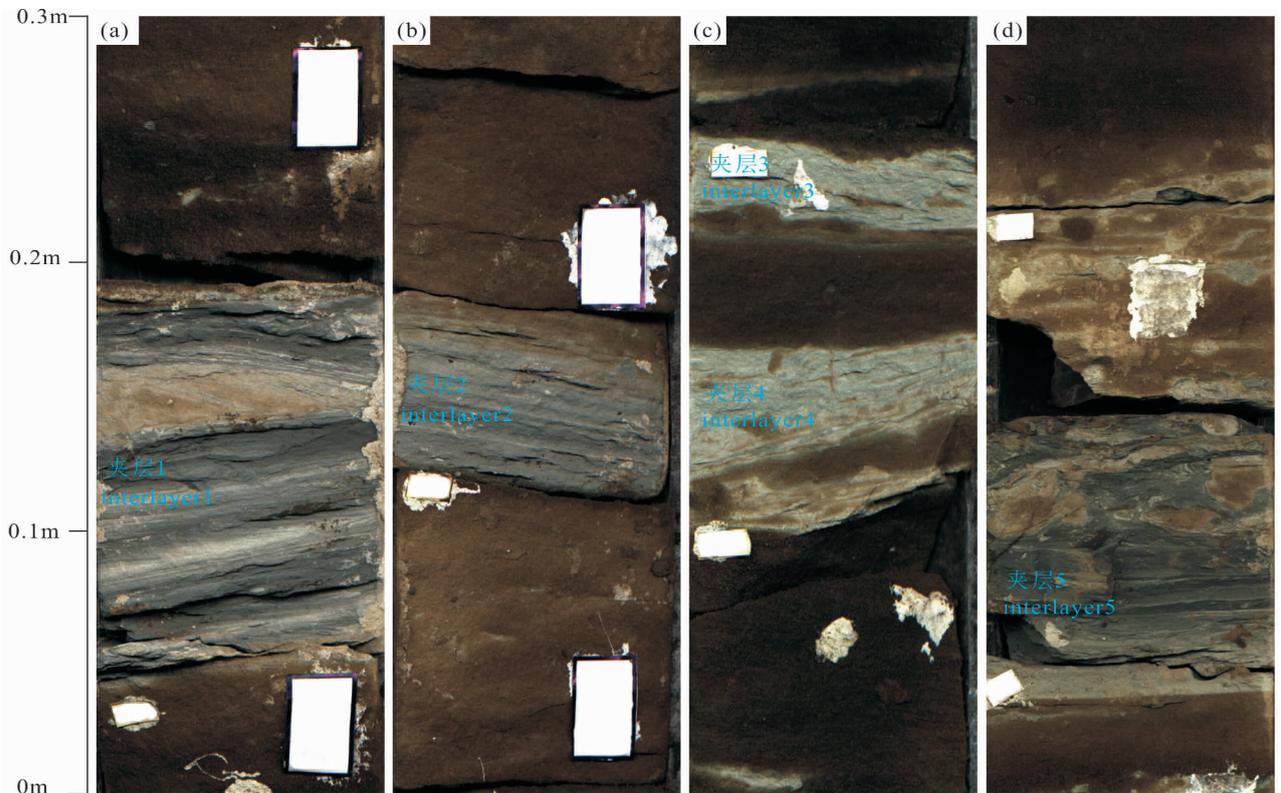


图 2 密闭取芯井四种类型河道砂体内部夹层岩芯

Fig. 2 The cores of interlayer inside four kinds of channel sand bodies of sealed coring wells

(a) 葡 I 3 单元砂质辫状河道砂体内部夹层岩芯;(b) 葡 I 2 单元砂质混合负载曲流河道砂体内部夹层岩芯;(c) 萨 II 7+8 单元泥质细粒曲流河道砂体内部夹层岩芯;(d) 萨 II 9 单元顺直河道砂体内部夹层岩芯

(a) the core of interlayer inside sandy braided channel sand body of P I 3;(b) the core of interlayer inside sandy mixed load meandering channel sand body of P I 2;(c) the core of interlayer inside fine grained meandering channel sand body of S II 7+8;(d) the core of interlayer inside straight channel sand body of S II 9

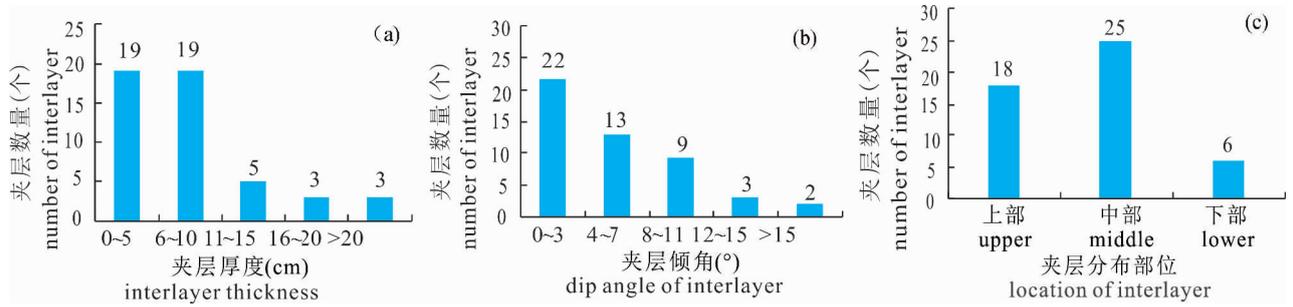


图3 河道砂体内部夹层特征统计图

Fig. 3 The graph of interlayer features inside channel sand bodies

(a) 夹层厚度统计图; (b) 夹层倾角统计图; (c) 夹层分布部位统计图

(a) the graph of interlayer thickness; (b) the graph of dip angle of interlayer; (c) the graph of location of interlayer

3 河道砂体内部夹层岩性识别

河道砂体内部夹层岩性受控于沉积成因,其特征直接影响了夹层物性、电性、含油性。夹层岩性的识别有助于分析夹层特征及其在河道砂体内的作用。通过岩芯观察、测井识别等方法,可识别河道砂体内部夹层岩性。

3.1 岩芯观察识别夹层岩性

岩芯观察可直观识别夹层岩性。在岩芯上,夹层颜色为灰黑色、灰色、灰绿色或因油浸显浅棕色、灰棕色;岩性多为泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、含泥粉砂岩;常见水平层理、波状层理或略显斜层理;含油产状为不含油、油迹、油斑、油浸或含油;夹层连续,产状水平或倾斜,与相邻棕色饱含油粉砂岩、细砂岩组成的河道砂体相比,在颜色、粒度、沉积构造、含油性等方面存在明显差异。通过岩芯观察,萨北二区河道砂体内部夹层岩性以过渡岩性为主,泥质粉砂岩、含泥粉砂岩夹层共35个,占夹层总数的71.4%(图4)。

3.2 测井识别夹层岩性

测井曲线利用地层电学、声学、放射性等地球物理特性反映地层岩性特征(王群等,2002)。但河道砂体内部夹层厚度较薄,且测井曲线存在多解性,仅用单一测井曲线无法确定夹层岩性。本文在岩芯识别夹层岩性的基础上,分析多种测井曲线对夹层岩性的响应特征,建立夹层岩性判别标准。

通过对密闭取芯井河道砂体所对应的自然电位、微电极、

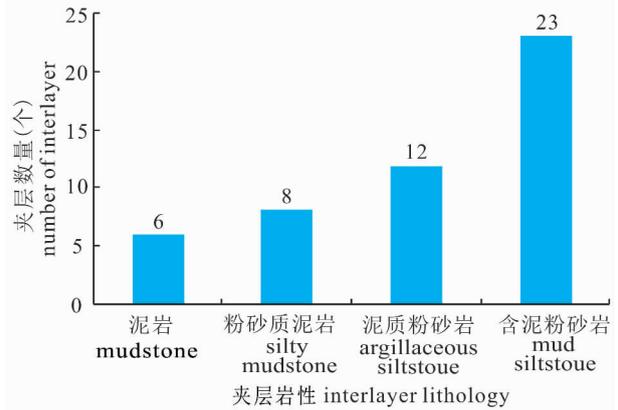


图4 密闭取芯井河道砂体内部夹层岩性统计图

Fig. 4 The graph of interlayer lithology inside channel sand bodies of sealed coring wells

侧向、声波时差、自然伽马等测井曲线幅值、幅差、回返率(砂岩与夹层幅值之差/砂岩幅值)的交汇分析,优选出微电位回返最低值和微梯度回返率作为夹层岩性判别标准。微电极测井(包括微电位、微梯度)电极距小,探测距离短,纵向分辨率高,曲线幅值对河道砂体内部夹层岩性具有指示作用(图5)。其中,微电位测井探测半径为8~10cm,主要测

表1 河道砂体内部夹层岩性判别标准表

Table 1 The lithology identification criteria of interlayer inside channel sand body

识别参数	泥岩	粉砂质泥岩	泥质粉砂岩	含泥粉砂岩	合计
微梯度回返率(%)	>21	10.5~21	5~10.5	<5	
微电位回返最低值($\Omega \cdot m$)	<9.5	9.5~11.1	11.1~13	>13	
样品数(个)	6	8	12	23	49
符合标准样品数(个)	6	5	8	21	40

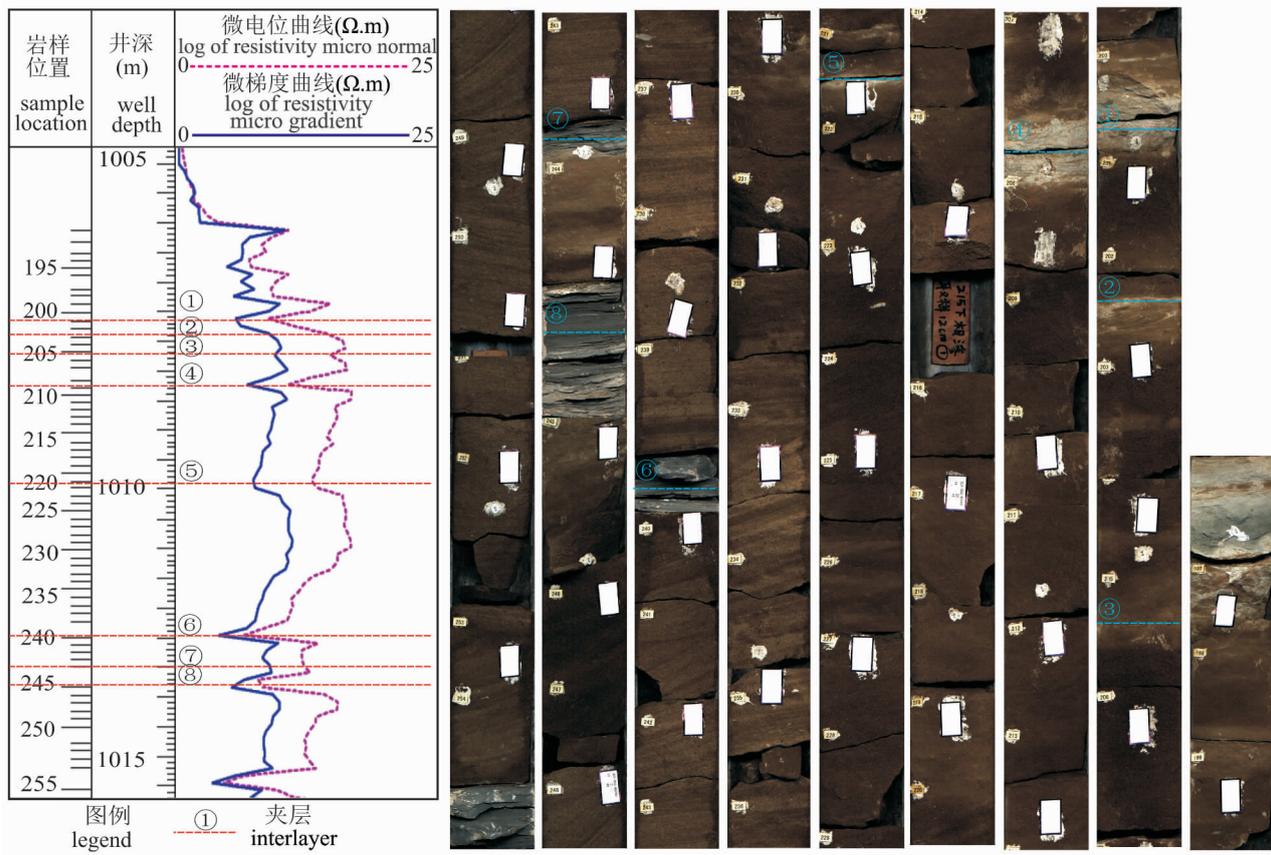


图 5 密闭取芯井河道砂体岩芯与微电极测井曲线

Fig. 5 The core and microresistivity logging of channel sand bodies of sealed coring well

量冲洗带电阻率,其幅值反映地层岩性;微梯度测井探测半径为 4 ~ 6cm,主要测量泥饼附近的电阻率,其幅值受泥饼、泥浆薄膜影响较大,其回返率反映夹层与砂体电性、岩性的相差程度。因此,以微电位回返最低值和微梯度回返率为依据,建立夹层岩性判别标准(表 1)及判别图版(图 6)。按照判别标准,对密闭取芯井河道砂体内部夹层岩性进行回判验证,符合率达 82%。

4 河道砂体内部夹层遮挡性研究

河道砂体内部夹层岩性、物性差,强化了河道砂体层内非均质性(李阳,2001),对河道砂体内部流体渗流起遮挡作用,影响注入剂的驱替路径及剩余油的分布。

河道砂体内部夹层遮挡性表现为夹层对河道砂体内部流体渗流起到阻流、限流作用。夹层遮挡作用受控于夹层排替压力与砂体内压力的差值,排替压力受孔隙度、渗透率、岩石密度、颗粒中值半径、比表面积等多种因素影响;且在油田开发过程中,砂体

内含油饱和度、流体性质、流体粘度不断变化;加之地面与地下温度、压力等条件存在明显差异,导致直

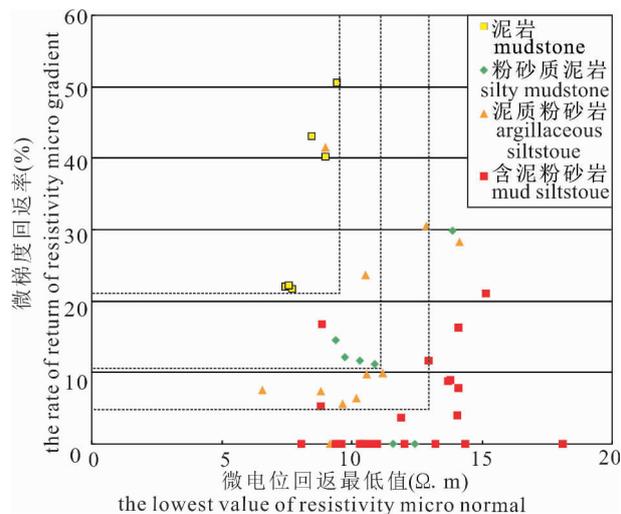


图 6 河道砂体内部夹层岩性判别图版

Fig. 6 The lithology identification chart of interlayer inside channel sand bodies

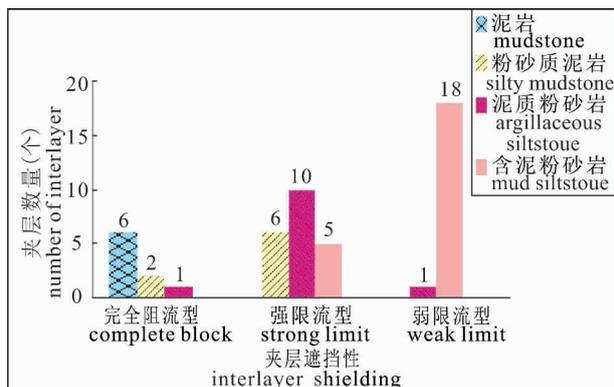


图7 密闭取芯井河道砂体内部夹层遮挡性与岩性统计图

Fig. 7 The graph of interlayer shielding and lithology inside channel sand bodies of sealed coring wells

接识别夹层遮挡性较为困难。目前,国内外学者主要利用岩芯地化分析与多种测井解释资料获取夹层上下砂体的压力、饱和度等参数,通过对比参数的差异分析夹层遮挡性,但分析化验资料的有限性和测井解释资料的准确性制约夹层遮挡性识别的推广应用。本文以密闭取芯井岩芯夹层含油性为切入点,通过夹层含油性反推夹层遮挡性。由于石油中非烃化合物易吸附于矿物表面,石油的渗流路径上存在残余油,表现出含油性。因此,河道砂体内部夹层含油性表明夹层对流体渗流的遮挡作用,即:夹层含油,则流体可以通过夹层渗流;夹层不含油,则夹层阻挡流体;夹层含油程度表明夹层限流作用的强弱。依据岩芯夹层含油性将夹层遮挡性分为三种类型:

(1)完全阻流型:夹层不含油,流体无法通过夹层渗流(图1a)。

(2)强限流型:夹层含油产状为油迹、油斑、油浸,流体可以通过夹层渗流,夹层不能完全阻挡流体,但对砂体内流体渗流具有一定的限制作用(图1b、c)。

(3)弱限流型:夹层含油产状为含油、油浸,对砂体内流体渗流的限制作用极弱(图1d)。

通过观察岩芯夹层含油性,识别出河道砂体内部夹层遮挡作用以限流作用为主。统计密闭取芯井河道砂体内部夹层,限流型夹层40个,占夹层总数的81.6%。其中,强限流型夹层21个,占夹层总数的42.8%;弱限流型夹层19个,占夹层总数的38.8%。

在识别密闭取芯井河道砂体内部夹层岩性与遮挡性的基础上,分析夹层岩性与遮挡性的关系:完全

阻流型夹层以泥岩为主,可见粉砂质泥岩、泥质粉砂岩;强限流型夹层以泥质粉砂岩、粉砂质泥岩为主,可见含泥粉砂岩;弱限流型夹层以含泥粉砂岩为主,可见泥质粉砂岩(图7)。因此,建立密闭取芯井河道砂体内部夹层遮挡性的岩性解释法,即:泥岩夹层为完全阻流型;泥质粉砂岩、粉砂质泥岩为强限流型;含泥粉砂岩为弱限流型。通过对密闭取芯井河道砂体内部夹层进行验证,夹层岩性与遮挡性对应符合率达82%。同时,结合河道砂体内部夹层岩性判别标准,建立非取芯井河道砂体内部夹层遮挡性的岩性解释法,即:利用微电位回返最低值和微梯度回返率判别夹层岩性,结合夹层岩性与遮挡性对应关系,最终识别非取芯井夹层遮挡性。综合密闭取芯井河道砂体内部夹层岩性识别符合率、岩性与遮挡性对应关系符合率,该方法识别河道砂体内部夹层遮挡性准确率达72%。因此,利用夹层遮挡性的岩性解释法可有效识别夹层遮挡性,为深入分析地下河道砂体内部构型对注入剂驱替路径及剩余油分布的影响奠定基础。

5 结论

(1)河道砂体内部夹层为“落淤”成因夹层,依据水动力强弱及岩性特征将夹层分为水动力间歇期及波动期悬浮沉积成因夹层。

(2)密闭取芯井岩芯资料揭示研究区砂质辫状河、砂质混合负载曲流河、泥质细粒曲流河、顺直河等四种类型河道砂体内部均存在夹层,夹层频率达0.96层/m;厚度较薄,平均为8cm;倾角较小,平均为4.4°;主要分布在河道砂体中上部。

(3)通过岩芯观察、测井识别等方法可识别夹层岩性,研究区河道砂体内部夹层岩性分为:泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、含泥粉砂岩等;优选出微电位回返最低值和微梯度回返率作为夹层岩性判别标准,识别符合率达82%。

(4)依据夹层含油性,将河道砂体内部夹层遮挡性分为:完全阻流型、强限流型、弱限流型等三种类型;分析夹层岩性与遮挡性对应关系,即:泥岩夹层为完全阻流型,泥质粉砂岩、粉砂质泥岩为强限流型,含泥粉砂岩为弱限流型;建立非取芯井河道砂体内部夹层遮挡性的岩性解释法,夹层遮挡性识别符合率达72%;为深入分析地下河道砂体内部构型对注入剂驱替路径及剩余油分布的影响奠定基础。

参考文献 / References

(The literature whose publishing year followed by a "&" is in Chinese)

- with English abstract; the literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)
- 陈程,孙义梅. 2003. 厚油层内部夹层分布模式及对开发效果的影响. 大庆石油地质与开发, 22(2): 24~27.
- 崔文富. 2005. 反韵律厚油层夹层分类及纵向剩余油分布模式. 油气地质与采收率, 12(1): 52~56.
- 胡荣强. 2012. 萨北二区密集取心井区河道砂体内部构型及薄夹层研究. 导师: 马世忠. 黑龙江大庆: 东北石油大学硕士学位论文: 27~31.
- 胡荣强, 马世忠, 马迪. 2011. 高弯度分流河道砂体内部构型解剖. 科学技术与工程, 11(20): 4366~4369.
- 李思田. 1996. 含能源盆地沉积体系. 武汉: 中国地质大学出版社: 47~60.
- 李阳. 2001. 河道砂储层非均质模型. 北京: 科学出版社: 14~25.
- 李志鹏, 林承焰, 董波, 卜丽侠. 2012. 河控三角洲水下分流河道砂体内部建筑结构模式. 石油学报, 33(1): 101~105.
- 刘波, 赵翰卿, 李广月. 2002. 储层砂质辫状河的识别——以大庆喇嘛甸—萨北油田西部 P I 23 为例. 石油学报, 23(2): 43~47.
- 刘方, 刘丽华, 梁媛. 2008. 应用井壁取心资料对厚层内夹层遮挡作用的认识. 录井工程, 19(2): 33~36.
- 马世忠, 杨清彦. 2000. 曲流点坝沉积模式、三维构形及其非均质模型. 沉积学报, 18(2): 241~247.
- 马世忠. 2003. 松辽盆地河流—三角洲体系高分辨率层序地层学、储层构形及非均质模型研究. 导师: 孙枢. 北京: 中国科学院地质与地球物理研究所博士学位论文: 168~187.
- 单敬福, 纪友亮, 史榕, 柳成志. 2006. 曲流点坝薄夹层构形对驱油效率及剩余油形成与分布的影响. 海洋地质动态, 22(4): 21~25.
- 束青林, 张本华. 2004. 河道砂储层油藏动态模型和剩余油预测. 北京: 石油工业出版社, 81~100.
- 束青林. 2006. 孤岛油田馆陶组河流相储层隔夹层成因研究. 石油学报, 27(3): 100~103.
- 隋军, 吕晓光, 赵翰卿, 许运新. 2000. 大庆油田河流—三角洲相储层研究. 北京: 石油工业出版社, 36~46.
- 王群, 庞彦明, 郭洪岩, 杨知盛. 2002. 矿场地球物理测井. 北京: 石油工业出版社, 53~60.
- 薛培华. 1991. 河流点坝相储层模式概论. 北京: 石油工业出版社, 51~79.
- 尹艳树, 张昌民, 尹太举, 俞宸. 2013. 三角洲平原高弯曲分流河道内部结构单元三维建模. 地质论评, 59(3): 544~550.
- 于兴河. 2008. 碎屑岩系油气储层沉积学. 北京: 石油工业出版社, 264~269.
- 岳大力, 赵俊威, 温立峰. 2012. 辫状河心滩内部夹层控制的剩余油分布物理模拟实验. 地学前缘, 19(2): 157~161.
- 张吉, 张烈辉, 胡书勇, 南力亚. 2003. 陆相碎屑岩储层隔夹层成因、特征及其识别. 测井技术, 27(3): 221~225.
- 赵翰卿. 2002. 储层非均质体系、砂体内部建筑结构和流动单元研究思路探讨. 大庆石油地质与开发, 21(6): 16~18.
- 周银邦, 吴胜和, 岳大力, 刘江丽, 刘志鹏. 2008. 分流河道砂体构型分析方法在萨北油田的应用. 西安石油大学学报(自然科学版), 23(5): 6~10.
- Chen Cheng, Sun Yimei. 2003#. The distribution patterns of the interlayers within thick pays and their impact on recovery efficiency, Shuanghe Oilfield. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 22(2): 24~27.
- Cui Wenfu. 2005#. Classification of intercalation and the longitudinal remaining oil distribution pattern in reverse rhythm thick reservoir. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 12(1): 52~56.
- Flach P D, Mossop G D. 1985. Depositional environments of Lower Cretaceous McMurray Formation Athabasca oil sands, Alberta. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 69(8): 1195~1207.
- Hu Rongqiang. 2012#. Research on channel sand body architecture and slight interlayer of intensive core well in North Second Area. Tutor: Ma Shizhong. Daqing, Heilongjiang: Northeast Petroleum University, master degree thesis: 27~31.
- Hu Rongqiang, Ma Shizhong, Ma Di. 2011#. The dissection of internal architecture in high curvature distributary channel sand. Science Technology and Engineering, 11(20): 4366~4369.
- Li Sitian. 1996#. Depositional Systems in Energy-resources-bearing Basins. Wuhan: China University of Geosciences Press: 47~60.
- Li Yang. 2001#. Heterogeneity Model and Remaining Oil Distribution of Fluvial Reservoir. Beijing: Science Press: 14~25.
- Li Zhipeng, Lin Chengyan, Dong Bo, Bu Lixia. 2012#. An internal structure model of subaqueous distributary channel sands of the fluvial-dominated delta. Acta Petrolei Sinica, 33(1): 101~105.
- Liu Bo, Zhao Hanqing, Li Guangyue. 2002#. Sand body identification of braided reiver reservoir—an example from the P I 2³ west of Lamadian—Saertu Oilfield. Acta Petrolei Sinica, 23(2): 43~47.
- Liu Fang, Liu Lihua, Liang Yuan. 2008#. The recognition on interbed barrier function in thick layer by applying wall coring data. Mud Logging Engineering, 19(2): 33~36.
- Kjemperud A V, Schomacker E R, Cross T A. 2008. Architecture and stratigraphy of alluvial deposits, Morrison Formation (Upper Jurassic), Utah. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 92(8): 1055~1076.
- Ma Shizhong, Yang Qingyan. 2000#. The depositional model, 3-D architecture and heterogeneous model of point bar in meandering channels. Acta Sedimentologica Sinica, 18(2): 241~247.
- Ma Shizhong. 2003#. Studies of High-resolution Sequence Stratigraphy, Reservoir Architecture and Heterogeneity Model in Fluvial—Delta System, Songliao Basin. Tutor: Sun Shu. Beijing: Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, doctor degree thesis: 168~187.
- Miall A D. 1977. A review of the braided-river depositional environment. Earth Science Reviews, 13(1): 1~62.
- Miall A D. 1978. Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 5: 597~604, 858.
- Miall A D. 1988. Reservoir heterogeneity in fluvial sandstones—lessons from outcrop studies. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 72(6): 682~697.
- Miall A D. 1996. The Geology of Fluvial Deposits; Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. New York: Springer-Verlag, 57~98.
- Olsen T, Steel R J, Hogseth K, Skar T, Roe S. 1995. Sequential architecture in a fluvial succession; sequence stratigraphy in the Upper Cretaceous Mesaverde Group, Price Canyon, Utah. Journal of Sedimentary Research, 65B(2): 265~280.
- Shan Jingfu, Ji Youliang, Shi Rong, Liu Chengzhi. 2006#. Effects of thin meander dot dam interbeds on flushing efficiency and on formation and distribution of residual oil. Marine Geology Letters, 22(4): 21~25.
- Shu Qinglin, Zhang Benhua. 2004#. Dynamic Model and Remaining Oil Distribution of Fluvial Reservoir. Beijing: Petroleum Industry Press: 81~100.
- Shu Qinglin. 2006#. Interlayer characterization of fluvial reservoir in Guantao Formation of Gudao Oilfield. Acta Petrolei Sinica, 27(3):

100 ~ 103.

Sui Jun, Lv Xiaoguang, Zhao Hanqing, Xu Yunxin. 2000#. River—Delta Reservoir Studies of Daqing Oilfield. Beijing: Petroleum Industry Press; 36 ~ 46.

Wang Qun, Pang Yanming, Guo Hongyan, Yang Zhisheng. 2002#. Mine Geophysical Logging. Beijing: Petroleum Industry Press; 53 ~ 60.

Xue Peihua. 1991#. An Introduction to Reservoir Models of Point bar Facies. Beijing: Petroleum Industry Press; 51 ~ 79.

Yin Yanshu, Zhang Changmin, Yin Taiju, Yu Chen. 2013#. Three dimensional architectural model of the high sinuous distributary channels on delta plain. Geological Review, 59(3): 544 ~ 550.

Yu Xinghe. 2008#. Clastic Petroleum Reservoir Sedimentology. Beijing: Petroleum Industry Press; 264 ~ 269.

Yue Dali, Zhao Junwei, Wen Lifeng. 2012#. Physical simulation

experiment of remaining oil distribution controlled by interlayer within braided bar of braided river reservoir. Earth Science Frontiers, 19(2): 157 ~ 161.

Zhang Ji, Zhang Liehui, Hu Shuyong, Nan Liya. 2003#. The genesis and characteristics and identification of intercalations in non-marine reservoir with clastic rock. Well Logging Technology, 27(3): 221 ~ 225.

Zhao Hanqing. 2002#. Approach to the study thinking about reservoir heterogeneous system, sand-body internal construction structure and flow unit. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 21(6): 16 ~ 18.

Zhou Yinbang, Wu Shenghe, Yue Dali, Liu Jiangli, Liu Zhipeng. 2008#. Application of the architectural analysis method of distributary sand-body in Sabei Oilfield. Journal of Xi' an Shiyou University (Natural Science Edition), 23(5): 6 ~ 10.

The Identification of Lithology and Shielding of Interlayer inside Channel Sand Body

HU Rongqiang^{1,2)}, MA Shizhong¹⁾, MA Di³⁾

1) College of Earth Science, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang, 163318;

2) Exploration and Development Institute of Daqing Oilfield, Daqing, Heilongjiang, 163712;

3) The First Oil Production Plant of Daqing Oilfield, Daqing, Heilongjiang, 163111

Abstract: The interlayer taken as architecture interface inside channel sand body was thin. There were differences in lithology and shielding of interlayer which shielded the flow of fluid and influenced the distribution of remaining oil. This paper took North Second Area of Daqing Oilfield as an example. The core of sealed coring wells and vertical high-resolution microelectrode logging data were used in this study. The lithology of interlayer was analyzed by using the intersection of amplitude values, amplitude difference and the rate of return of well logging curves on the basis of core identification. The lowest value of RMN (resistivity of micro normal) and the rate of return of RMG (resistivity of micro gradient) were selected as criteria of interlayer lithology identification. The identification rate of interlayer lithology was up to 82%. Taking oil-bearing interlayer as basis, the interlayer was divided into three types: complete block interlayer, strong limit interlayer and weak limit interlayer. Considering the relationship of lithology and shielding, the lithologic interpretation method of the interlayer shielding inside channel sand body was established. The identification rate of interlayer shielding was up to 72%. Therefore, this paper laid the foundations for the deep study that the architecture influenced the displacement path of injection and the distribution of remaining oil in underground channel sand body.

Keywords: sedimentary origin interlayer; distribution of interlayer; interlayer lithology; shielding of interlayer; architecture

Acknowledgements: This paper is supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 41172135) and the Postgraduate Innovative Scientific Research Project of Heilongjiang Province (Grant No. YJSCX2011-125HLJ).

First author: HU Rongqiang, male, born in 1985. Doctoral student. Now he is mainly engaged in the study of petroleum development geology. Email: hurongqiang@126.com.

Manuscript received on: 2015-02-06; Accepted on: 2015-05-20; Edited by: HUANG Min.

Doi: 10.16509/j.georeview.2016.02.003