

复合河道砂体劈分及隔夹层研究

——以大庆油田北一区断东葡 I 2 小层为例

杜微 马世忠 范广娟

(东北石油大学地球科学学院¹, 大庆 163318)

摘要 目前大庆油田已进入高含水开发阶段,厚油层内剩余油的挖潜成为重要的研究内容。厚油层内隔夹层的存在使其内部非均质性更加复杂,进而严重影响剩余油的分布。以大庆油田北一区断东为研究区,研究厚砂劈分及隔夹层特征,为厚油层内剩余油的挖潜提供可靠的依据。首先利用研究区目的层的沉积特征和测井资料确定了复合砂体的可分性,其次确定不同期次河道砂体间沉积的隔夹层为复合砂体的劈分依据,最后根据成因和岩性将隔夹层划分为泥质夹层、钙质夹层和物性夹层三种类型。将复合砂体劈分与隔夹层结合研究。

关键词 大庆油田 复合砂体 劈分 隔夹层

中图分类号 TE122.2; **文献标志码** A

大庆油田主力油层以河流-三角洲相砂体为主,目前已经进入高含水开发阶段,如何挖潜厚层砂体内部的剩余油,是目前提高采收率的关键。厚砂体内部空间结构特征复杂,只有对其内部进行精细解剖,达到单一砂体级别的认识程度,有针对性地开采,才有可能更准确认识厚砂体内部的非均质性,达到挖潜更多剩余油、提高采收率的目的。因此,对该研究区厚砂体的劈分,具有重要的地质意义和开发意义。厚砂体内发育的隔夹层是对其进行劈分的重要依据,因而对隔夹层的研究也是十分必要的。

1 区域地质概况

本文研究区位于大庆油田萨中开发区北部 98 号断层以东大庆油田萨尔图背斜构造上。P I 油层组是大庆油田的主力油层,为松辽盆地北部大型河

流-三角洲沉积,具有多物源、多沉积体系的特点,是由多期不同规模、不同类型的砂体交错迭置而成的,沉积总厚度约 35—40 m。P I 2 小层位于姚家组姚一段葡萄花油层,为河流相泛滥平原沉积,发育两套上下切叠的复合砂体,细分为 P I 2₁、P I 2₂ 两个沉积时间单元。油田开发中后期,受地质因素和开发因素的影响,储层的非均质性愈加严重,尤其是复合砂体内,隔夹层的存在使流体分布复杂,因此,亟需对复合砂体进行精确劈分和研究。

2 厚砂可分性研究

2.1 沉积特征^[1-3]

前人通过对区域沉积背景、岩石学、古生物及单砂体等特征的研究,综合确定研究区为:近源、短流程、高能的河流-河控三角洲沉积体系。在充分吸收前人的研究成果基础上,结合目前研究区所处的位置,尤其是密井网精细解剖后的沉积微相平面图,揭示出研究区 P I 2₁、P I 2₂ 沉积时间单元属河流相泛滥平原亚相沉积,根据对小层内单井测井相识别,并进行合理的沉积微相组合,得到 P I 2₁、P I 2₂ 沉积时间单元微相平面图(见图 1、图 2),由图知,这

2011 年 3 月 7 日收到

第一作者简介:杜微(1986—),女,东北石油大学地球科学学院硕士研究生,研究方向:油气田开发地质。Email:duwei_86@163.com。

两个目的层均发育大－中型曲流河道,且河道分布面积大,河道砂体钻遇率高。PI₂₁、PI₂₂ 两个沉积时间单元所发育的微相类型基本相同,包括曲流河道、废弃河道、决口河道、天然堤及溢岸砂等。其中曲流河道微相最发育,且上下两个沉积时间单元的河道砂体相互切叠,形成了较厚层的复合河道砂体。

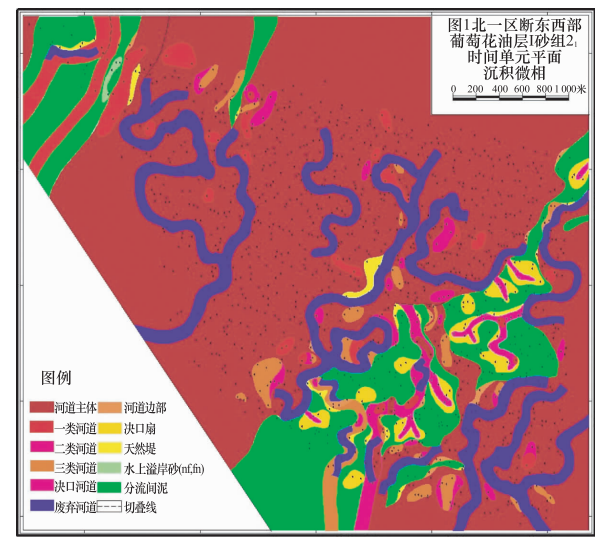


图1 PI₂₁ 沉积时间单元微相平面图

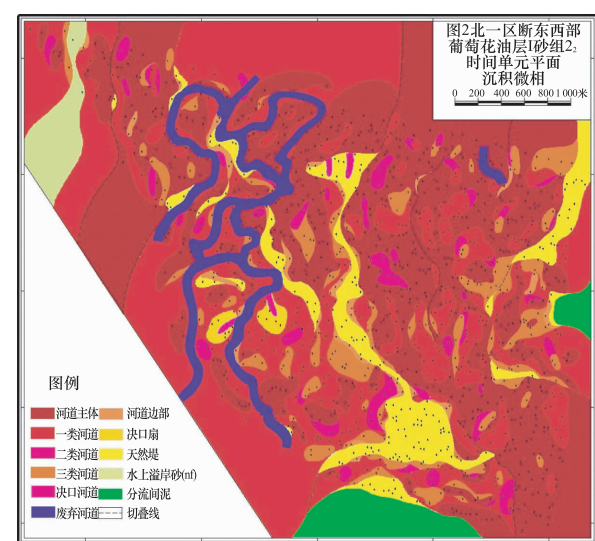


图2 PI₂₂ 沉积时间单元微相平面图

将PI₂₁、PI₂₂ 两个沉积时间单元所沉积的河道砂体叠合在一张图上可以清晰看出复合河道砂体发育的范围、规模都很大(见图3),图中红色为切叠河道发育的范围。

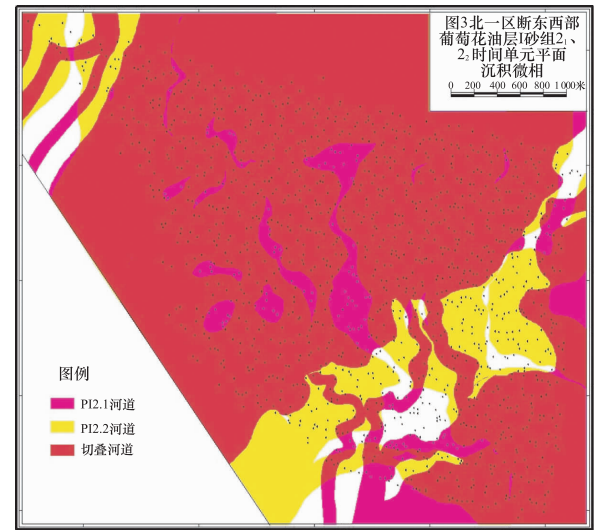


图3 PI₂₁、PI₂₂ 河沉积时间单元道叠合图

2.2 测井资料特征^[4]

由于研究区内取芯井资料少,因此主要应用测井资料对复合砂体进行研究。应用高分辨率层序地层学控制下的平面小层对比技术,依据PI₂沉积时间单元标准井B1-6-44的分层标准,在整个研究区进行精细对比,严格控制PI₂的顶底,达到全区闭合。厚层复合砂体是不同时期沉积的河道砂体相互叠置而形成的,厚度往往较大,不同河道位置砂体的切叠方式、程度不同。垂向上,河道砂体相互切叠,厚度不等。不同时期的砂体沉积之间往往会有不同程度的细粒沉积物沉积,它们形成厚层复合河道砂体间的隔夹层。

研究区内PI₂沉积时间单元测井相应上明显为两期河道特征的井的比例达55%,主要表现在两期测井曲线的底部变化较陡,为河道底部明显的冲刷特征;单期河道的测井曲线向上幅度变低,呈明显的正韵律;两期河道之间测井曲线明显低幅,为典型的分流间泥岩测井响应特征(见图4)。

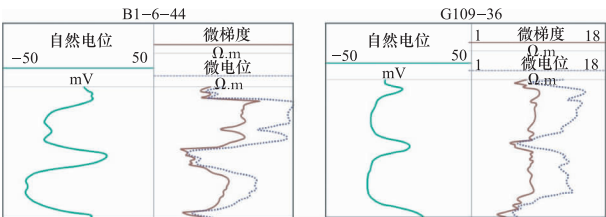


图4 复合河道砂体测井曲线特征

3 单元间隔夹层研究

隔夹层是油层中相对低渗透或非渗透的部分,既包括注水开发中对流体起隔绝作用的非渗透层,也包括在一定条件下能够限制和阻碍流体运动的相对低渗透层。^[5]该研究区内目的层的厚层复合河道砂体的重要劈分依据就是其间发育的隔夹层,因此对隔夹层研究是有重要意义的。

3.1 夹层类型^[6-10]

研究区内发育的复合砂体是通过两沉积单元内砂体间的隔夹层进行劈分的,根据岩性特征可将研究区内隔夹层划分为三种类型,即泥质夹层、钙质夹层和物性夹层,现将其特征分述如下:

3.1.1 泥质夹层

泥质夹层是河流相储层中最重要的一类夹层,也是复合砂体劈分的重要标志之一。泥质夹层的岩性为泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、页岩,其分布形式有泥质薄层、泥质条带、泥质侧积层等,泥质薄层和泥质条带分布广泛,广泛分布于各种沉积微相中,它是在水动力条件较弱的沉积环境下形成的,如在两次洪积事件之间或是洪积事件中较弱的某个阶段都可以形成泥质夹层。河流的冲刷剥蚀作用使早期的沉积物得到改造,使得泥质沉积物部分或完全被剥蚀掉,侧向上水动能、流量等可能发生变化,使得河流上部泥质层发育本身并不稳定。在多期河道砂体叠加的环境中,砂岩中泥质夹层代表了一期河道沉积结束到下期河道沉积开始之间短暂的细粒物质沉积。这种泥质夹层是识别两期河流沉积的重要标志,即是劈分复合河道砂体的重要依据。

通过对研究区目的层的电测曲线进行观察和分析,认为泥质夹层在测井曲线上主要表现为泥岩特征:自然电位曲线靠近泥岩基线,深侧向电阻值下降显著,微电极幅度明显下降,幅度差很小或为零,自然伽马值相对升高(见图5)。

研究区内PI2的复合河道砂体间的泥质夹层是最发育的。

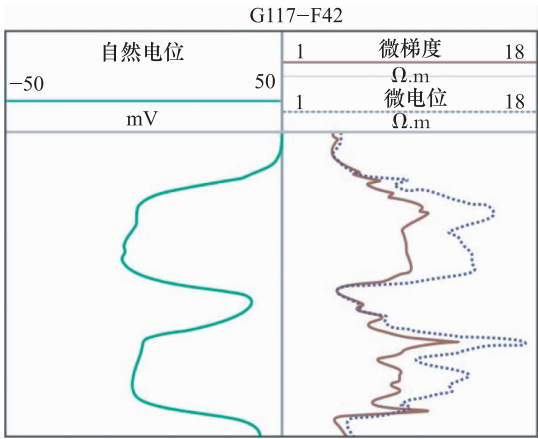


图5 泥质夹层测井曲线特征

3.1.2 钙质夹层

钙质层在研究区复合河道砂体内部也有发育,只是分布较少。钙质夹层是受沉积作用和成岩作用共同控制的一类夹层,在河流相储层中也经常出现,尤其是复合砂岩中部含钙,代表了一期河道发育后,原河床水体不流畅,长期处于浅水蒸发环境,形成钙质层;当后期洪水到来时,除已有河床充满水外,原废弃河床可能再次复活,形成新的浅河道,带来砂质沉积覆盖在钙质层上。砂岩中部钙质层在现代河流相沉积中存在,因此也是鉴别两期河道沉积的重要标志。该类夹层岩性主要为钙质胶结砂岩或砾状砂岩,钙质胶结物的含量通常超过10%,岩性致密,能有效地阻止流体渗流,此类夹层厚度较薄,分布较稳定,但连续性较差。河流相储层中的钙质夹层主要出现在砂岩层的顶、底与泥岩交界处,分布的范围较小。作为复合河道砂体的分层标志,钙质夹层常为顶部后沉积砂体的底部沉积,又称为底钙沉积。

钙质夹层的岩性致密,导电性差,在测井曲线上表现为高阻特征,接近或高于油层电阻率值;微电极曲线上尖峰状特征显著,低自然伽马值,自然电位偏向正异常(见图6)。

3.1.3 物性夹层

物性夹层主要是指厚层较高渗透率砂岩储层中的低渗透条带,其岩性以砂岩和砾状砂岩为主,泥、粉砂等细粒沉积物充填了岩石孔隙。复合河道

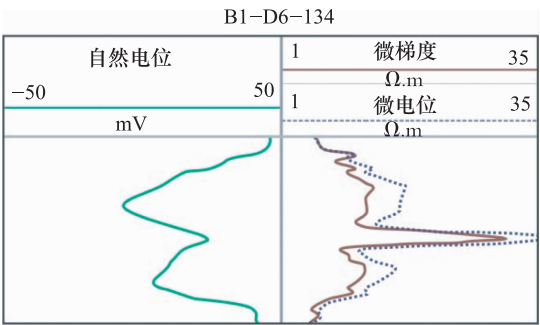


图6 钙质夹层测井曲线特征

砂体的复杂性在于是多期次河道冲刷充填叠加而形成的。但是,由于不同期次河流气候、物源、坡降(局部坡降)、流速、流量、输砂量等方面的差异,造成河道砂体粒径、分选性、储集层物性等的差别,形成了物性夹层。这类夹层泥质含量高,物性差,微观非均质性强。

物性夹层微电极曲线介于泥岩和钙质层之间,有一定的幅度差,常为叠加型河道砂电测曲线的台阶变化,自然电位幅度低,自然伽马值升高。还可以通过微电极幅度差曲线的回返进行判别,物性夹层虽然具有一定的渗透率,但作为渗流屏障,渗透性与相邻砂岩层相比明显减弱,微电极幅度差明显降低(见图7)。

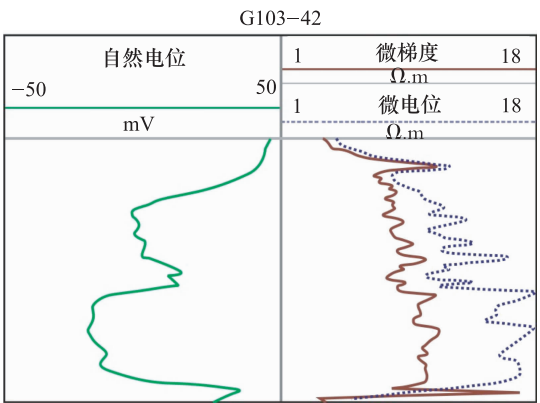


图7 物性夹层测井曲线特征

4 结论

(1)研究区内目的层发育的复合河道砂体是不同时期河道砂体相互切叠而形成的。根据平面沉积特征和测井资料分析,可判定复合河道砂体是可以进行劈分的,而劈分的重要依据就是不同时期河道砂体之间沉积的隔夹层。

(2)根据成因和岩性可以将研究区内的隔夹层分成三类:泥质隔夹层、钙质隔夹层和物性隔夹层。不同类型的隔夹层具有不同测井响应特征。研究区内目的层泥质隔夹层最发育。

(3)精确劈分复合砂体对准确认识复合河道砂体内部非均质性、掌握高含水期剩余油分布、提高采收率具有重要的意义。而准确识别复合砂体内的隔夹层又是劈分复合河道砂体的关键。

参 考 文 献

1 舒志华,张立有,刘 刚. 复合砂体中单一河道的识别方法. 大庆石油地质与开发,2006;25(4):18—20

2 吕晓光,于洪文,田东辉,等. 高含水后期油田细分单砂层的地质研究. 新疆石油地质,1993;14(4):345—349

3 周银邦,吴胜和,岳大力,等. 复合分流河道砂体内部单河道划分——以萨北油田北二西区萨Ⅱ1+2b小层为例. 油气地质与采收率,2010;12(2):4—81

4 闫百泉,沈忠山,王 龙,等. 大庆油田杏6区葡Ⅰ3₃小层的可分性. 大庆石油学院学报,2009;33(4):40—43

5 柳成志,张 雁,单敬福,等. 砂岩储层隔夹层的形成机理及分布特征——以萨中地区PⅡ2小层曲流河河道砂岩为例. 天然气工业,2006;26(7):15—17

6 赵翰卿. 河道砂岩中夹层的稳定性. 大庆石油地质与开发,1985;4(3):1—12

7 张 吉,张烈辉,胡书勇,等. 陆相碎屑岩储层隔夹层成因、特征及其识别. 测井技术,2003;27(3):221—224

8 吕晓光,马富士,田东辉. 隔层岩性、物性及分布特征研究. 石油勘探与开发,1994;21(5):80—87

9 束青林,张本华. 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,2004

10 窦松江,季 岭,王海波,等. 王官屯油田中生界厚油层内隔夹层研究. 石油地质与工程,2008;2(1):48—51