

文章编号:1000-0550(2001)03-0394-05

古河流废弃河道微相的精细描述

刘波^{1,2} 赵翰卿² 王良书¹ 林春明¹ 刘绍文¹

1(南京大学地球科学系 南京 210093) 2(大庆油田公司勘探开发研究院 黑龙江大庆 163712)

摘要 河流相储层的废弃河道微相,在侧向上对流体起隔挡作用。在油田深度开发阶段,是储层平面非均质性精细描述的关键、平面剩余油的重要影响因素。本文综合现代沉积、露头调查,描述其几何形态和规模,建立其概念模式。利用密井网测井曲线,阐述其平面和剖面上的分布特征、识别方法,建立了大庆油田泛滥平原废弃河道微相的静态模式。以该方法为基础,在进行储层综合预测和剩余油分析、发现高效井中成效显著。

关键词 河流相 废弃河道 微相 精细描述 大庆油田

第一作者简介 刘波 女 1965年出生 博士研究生 构造地质学

中图分类号 P512.2 TE122.2 **文献标识码** A

1 引言

不同开发阶段,油藏描述的任务不同。油藏描述分为开发准备阶段的早期油藏描述,主体开发阶段的中期油藏描述,提高采收率阶段的精细油藏描述^[1]。我国东部中生代陆相含油气盆地已开发的油田中,河流相储层占总储量40%以上^[2]。进入三次加密和三次采油开发阶段的大庆油田,总储量的48.1%分布在该类储层中^[3],河流相储层精细描述特别重要。

“微相”是控制成因单元的砂体一即具有独特储层性质的最小一级沉积^[4],许多学者强调河流相储层要细分到微相^[5]。在复合曲流带砂体的油藏描述中,以往划分为河道砂、河间砂和河间淤泥三个相带,很难识别、划分出废弃河道微相。随着对现代河流沉积学认识的深化,对沉积背景、沉积特征认识的深入,特别到油田开发后期,大庆油田平均井距200~300m,个别地区达到100m,密井网测井资料丰富,对复合曲流带废弃河道微相的识别和精细描述才真正实行。

河流相储层中的废弃河道,在砂体剖面上,表现为砂体下部连通,而上部不连通;在平面上,表现为砂体连续性变差。因此,在注水开发中,废弃河道起侧向隔挡作用,成为影响注采关系的重要因素之一。所以古河流废弃河道的识别是储层地质、储层描述中的重要因素,是精细描述砂体的非均质性、识别单一河道砂体的关键,是精细地质研究、储层建模的基础。废弃河道的识别提高了对河流砂体分隔性的认识,对寻找剩余油,制定三次加密和三次采油的开发方案,具有重要的实际生产意义。

2 废弃河道的成因

河流是气候的产物,是自然界最广泛、最活跃的一种地形塑造因子。大量地表水在重力作用下,经常或周期性地沿着陆地表面线形凹地、连续不断的通行路径,形成河道^[6]。河道在演变过程中,或整条河道、或某一段河道丧失了作为地表水通行路径的功能时,原来的河道就变为废弃河道。

从沉积学上讲,废弃河道的成因与曲流河侧积体的形成密切相关。在泛滥平原上,每次洪水事件,河曲外侧的凹岸产生掏蚀,河曲内侧凸岸发生侧积,曲流河侧向迁移。每迁移一次,都形成一个具有储集能力的侧积体。洪水周期性发生,侧积作用不断进行,河弯曲率逐渐增加,河道长度不断增大,河床坡度逐渐减小,流速降低。在某一次洪水期,河水冲破河弯颈取直前行,原来的河道被淤泥充填,成为废弃河道(牛轭湖)^[7]。河道废弃分为突然废弃和逐渐废弃两种形式。一种是废弃河道主要填充淤泥,为突然废弃型。随着河流的弯度越来越大,形成很窄的“地峡”,这时可由一次特大洪水冲掉“地峡”,使河道突然取直废弃。其中又分为两种情况:只有局部的河曲被废弃,河水仍然沿着原来的大部分老河道行进,这种河道取直称为“曲颈取直”;河水沿着冲沟冲刷出一个新河床,河水决口改道,使河道被迅速取直,老河道与新河道分离,称“冲沟取直或串沟取直”^[8]。另外一种河道逐渐取直,废弃河道间歇性充填,含有部分砂,为逐渐废弃型(图1)。

从废弃河道的形成方式看,在曲流带内部,废弃河

特征	(渐变)流槽切割	(突变)颈切	决口改道
平面形态			
剖面形态			

图1 废弃河道成因(剖面形态据1979年沃克修改)

Fig.1 The formative cause of abandoned channel

道出现,代表一个点坝的结束。最后一期废弃河道的发育,代表河流的一次改道。河道的废弃过程是极为复杂的,在不少地区完全带有偶然性。木材阻塞、坡度优势的丧失、灾期如飓风时的填塞作用、河道上游所发生的变化,都将引起河道退化和淤塞。如果沉积物和水注入量大部分被夺走,河道内将发生充填作用,而且仅仅由来源于上游和下游的局部沉积物开始充填这条废弃河道^[9]。

根据很多钻入废弃河道的岩心资料,发现废弃河道是一个典型的垂向沉积层序。其主要特征是,不稳定的砂和粉砂薄层,与组成废弃河道的细粒碎屑层交互。废弃河道的充填过程毫无规则;唯一的共同特征是,如果充填物中有相当大量的砂质物时,说明该处位于河道底部附近或河道分叉处。由于充填作用杂乱无章,难找到河道本身的底部^[9]。

3 废弃河道微相的精细描述

在油田开发中,精细描述废弃河道微相,必须综合多种方法。以现代河流沉积理论为指导,用大面积密井网测井资料,按复合曲流带特有的沉积规律,由大到小,由粗到细,逐级解剖砂体几何形态和内部建筑结构,从中识别、描述复合曲流带砂体中废弃河道微相^[10]。

3.1 从现代沉积中观察几何形状

我国主要大河长江、黄河、松花江等,都发生过重大的水系变迁与河流袭夺,都发育有古河道。利用航空照片,通过色调、形状、纹理、阴影等判别古河道。(图2)明亮的白条带是活动河道,灰白色的砂质条带代表砂坝,粘土土充填的牛轭湖,为暗色的鹅头形、月牙形、马蹄形,从而建立废弃河道在空间分布形态的感性认识。在绘制平面及剖面相带图时,应尽可能逼真地反映废弃河道形态。

古河道砂带的几何形状,主要指砂带俯视图、纵剖面 and 横剖面的形状。其俯视图有弯曲带状、平直带状、宽窄相间的带状;其纵剖面,一般均呈上游厚、下

游薄,直至尖灭的楔状;其横剖面有窄而厚的盆状、宽而浅的盘状或透镜状。

废弃河道沿袭古河道形态,在平面相带图上,废弃河道为低渗透盖层,呈蛇曲状,断续状,弯月状来描述(图3)。在剖面上,废弃河道呈对称或不对称“U”型,底部弯凹,顶部近水平状(图4)。

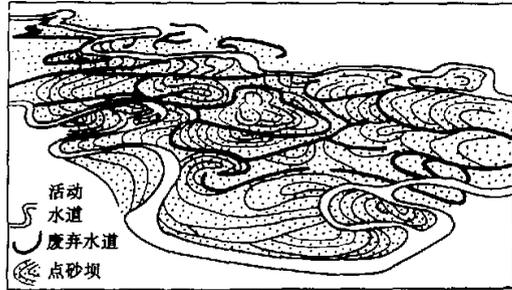


图2 第二松花江下游现代复合曲流带

Fig.2 Present complex meander belt in the down stream part of Songhua river

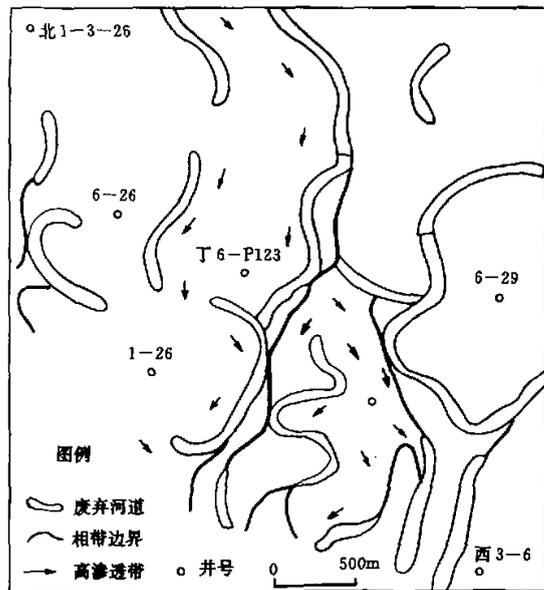


图3 萨尔图油田北一区断西PI21 废弃河道平面分布图

Fig.3 the plan plot of abandoned channel in PI21

west unit in Northern block1, Sartu oilfield



图4 萨尔图油田北一区断东曲流河砂体剖面图

Fig.4 The typical profile of meander river sandstone body of east unit in northern block1, Sartu oilfield

3.2 从露头调查中推测规模

根据 Miall 的河流沉积分析法—结构要素分析, 众多研究者描述了古河流的分级界面和内部构成; Allen(1970), Leeder(1978) 和 Schumm(1972) 等学者提出一系列计算砂体分布规模和古水文、古地貌的经验公式。John. C. Lorenz (1985), 和 D. K. Davies (1993) 应用这些经验公式, 计算了古河道深度和宽度、曲流河砂体的宽度, 预测了单个点坝砂体的规模。这些方法对于研究废弃河道微相的规模有重大作用。

废弃河道沉积主要是粉砂岩和粘土岩。粉砂岩具交错层理, 粘土岩中发育水平层理。岩体呈透镜状, 延伸最大可达十公里, 厚可达数十米。古河道的砂体规模以砂体的长、宽、厚来表示。一般情况下, 砂带越长, 砂体越宽, 砂层越厚。

大量的露头描述与观察证明, 废弃河道的规模, 与区域沉积背景、沉积特征和河流规模、性质有关。废弃河道的宽度和长度取决于古河道的长度、宽度、河曲率。废弃河道的数量和厚度, 取决于河流的规模与性

质。由于河流类型, 水流能量, 废弃方式, 钻遇部位不同, 废弃河道的在剖面上呈不同形状。

图3为2800m×2800m面积的复合曲流带砂体, 发育15条废弃河道, 宽度只过一个井点, 长度从只过一个、两个井排, 到连续延伸、过7~8个井排。相邻的废弃河道, 从物源方向上, 有连续的趋势性; 在垂物源方向上, 之间的距离窄至小于100m、宽至大于500m。

3.3 用密井网测井曲线进行识别

大庆油田在高含水开发阶段, 井网密度平均200~300m之间, 密井网测井曲线资料相当丰富, 可充分应用于成因单元细分对比的研究中。如果单元划分过细, 会破坏同一期河流沉积物的整体形态, 无法精细描述微相展布; 如果单元划分过粗, 则掩盖了真实情况。实际工作中, 应在小层对比的基础上, 采用密井网区块统层对比方法, 剖面上划分成因单元, 平面上细分沉积微相从实际工作中, 总结出泛滥平原相复合曲流带砂体的典型测井测井曲线特征(图5)。可以看出, 主体河道砂与废弃河道的测井曲线, 在形态、韵律、厚度、幅

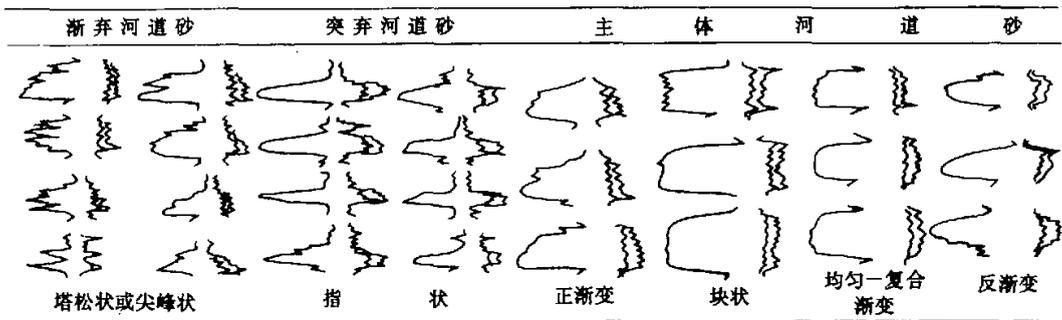


图5 典型测井曲线特征

Fig.5 The characteristics of typical log curve

度等方面都有所区别。

测井曲线具有多解性, “没有一种测井曲线形态唯一地相应于某一特定的环境, 测井相解释最好综合有关其他因素。”^[11] 因此, 废弃河道微相精细描述, 必须结合相的分布位置和所有井点测井曲线形态组合特征, 进行综合分析。

废弃河道微相在平面及剖面上, 区别于主河道、薄层席状砂、河间淤泥, 关键是: 剖面上, 判别废弃河道与其它砂体的层位关系; 在平面上, 按照河流砂体平面组合、单一河道砂体发育趋势进行精细描述(图3)。

平面上废弃河道的位置, 一定与河道相毗邻, 位于单一河道砂体的凹岸边部, 成为单一河道砂体相带的边界。当废弃河道发育在大型河道砂—复合曲流带砂

体中, 它成为复合曲流带划分单一河道砂体边界、鉴别河道砂体几何形态、成因类型、深入研究砂体内部建筑结构、连通状况和平面非均质特征的重要依据。

在平面上, 废弃河道成为同一成因的不同河道砂体的重要标志; 在剖面上, 废弃河道体现出, 不同河道砂体的顶底层位存在差异。由于废弃河道突弃和渐弃的形成方式, 废弃河道上半部由泥或砂泥交互沉积充填, 废弃河道底部层位应与河道砂底部层位相当, 废弃河道顶部层位应低于河道砂顶部层位(图4)。

4 废弃河道微相研究的应用

废弃河道的识别, 提高了对河流砂体分隔性的认识, 从以下实例中, 可以得到证明。研究区在未进行废

弃河道微相研究之前,是大面积连续分布的复合曲流带厚层河道砂,其间零星分布河间薄层席状砂。该区有一口采油井 1-7-P124,其周围布注水井:1-7-P24,1-7-P25,1-30(图 6)。

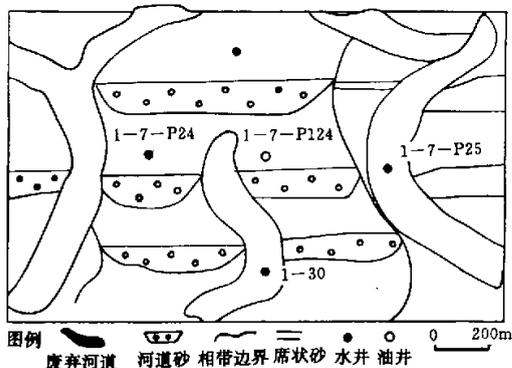


图 6 萨尔图油田北 1-7- P124 井葡 I 21 单元与周围注水井的连通

Fig. 6 Continuities status between 1-7-P124 oil well in unit PI21 in northern block1 and water-injected wells around, Sartu oilfield

根据砂体分布状态,油水井注采关系,该区葡 I 21 层中,油井 1-7-P124 产油状况应该很好,但是该井该层的产能一直不好。

通过沉积微相研究,划分出废弃河道微相之后,发现注水井 1-7-P25,1-30 井布在了废弃河道上。注水井 1-7-P24 虽然布在河道砂体中,但是她和采油井 1-7-P124 之间,却发育一条废弃河道。造成油井 1-7-P124 产油状况不好的原因,主要是注入水受到废弃河道的遮挡,使油井没受效。

废弃河道的渗流遮挡作用,使注采不平衡,有 2 种现象。一种是油水井之间发育废弃河道,使油水井不连通,有采油井、无注水井,油井存在剩余油。另一种是油井或水井钻在废弃河道上,形成有采油井、无注水井,或无采油井、有注水井的注采不平衡现象。(图 7)

S218 井为水井,距离三口油井 6~69、Z1~71、1~73 都很近,且河道砂发育,但是由于废弃河道的遮挡作用,使 S218 井与其它三口油井都不连通。

由此可见,在油田开发中,废弃河道沉积往往造成相邻河道砂体间的渗流遮挡,识别废弃河道的发育状况,分析注水井与采油井的动态,寻找剩余油,方法实用,效果显著。(图 8)

注水井 J6-P28 距离两口采油井 J6-P128、6-P36 很近,但是由于 J6-P28 与 J6-P128 井间的 109-斜 28 井处为废弃河道,使砂体的连续性发生变化,J6-P128 井注水不受效。而油井 6-P36 恰好位于废弃河道上。试

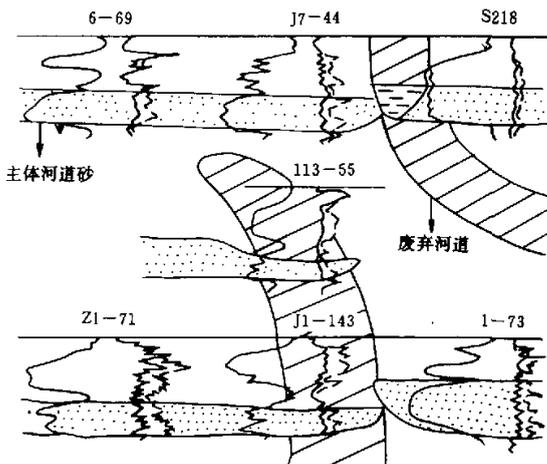


图 7 PI21 油层 S218 井组废弃河道的遮挡作用
Fig. 7 The compartment effect of abandoned river of wells S218 in oil layer PI21

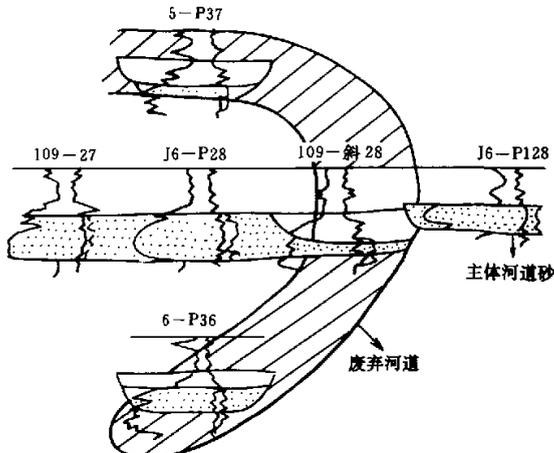


图 8 PI21 油层 J6-P28 井组废弃河道的遮挡作用
Fig. 8 The compartment effect of abandoned river of wells J6-P28 in oil layer PI21

井资料也证实,J6-P28 井与 J6-P128、6-P36 两口井不连通。

5 结论

废弃河道微相的精细描述技术,采用地质分析技术及测井解释技术,其中地层划分对比、细分沉积微相、测井曲线形态是关键;

废弃河道微相的精细描述方法,必须综合多种方法,根据现代沉积和古代露头,描述其形态和规模,依据密井网测井曲线资料,及其平面组合特征、剖面层位,进行识别;

废弃河道微相精细描述的目的,在于储层平面非均质性研究,使储层地质模型从概念模型、静态模型,

发展到预测模型;

废弃河道微相精细描述与油水井状态结合,就是动静结合、地质与开发结合,从而进行剩余油研究、寻找高效井、制定开发方案;

该废弃河道微相精细描述方法,建立在沉积理论基础,可操作性、实用性强,便于推广、普及、应用。

参加本研究工作的,还有付志国、王广运、常爱敏、张素珍等,在此一并表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 1 穆龙新,裘亦楠. 不同开发阶段的油藏描述[M]. 北京:石油工业出版社,1999. 12~30
- 2 裘亦楠. 中国陆相碎屑岩储层沉积学的进展[J]. 沉积学报. 1992, 10(3):16~23
- 3 刘春发. 高含水后期厚油层剩余油富集区的确定和挖潜[A]. 大庆油田油藏工程论文集[C]. 北京:石油工业出版社,1995. 126~128
- 4 吴菁,裘亦楠. 碎屑岩储层概念模型的建立方法—以双辽河油田 I V 上油组为例[J]. 石油勘探与开发, 1991, 18(4):85~90
- 5 裘亦楠. 储层沉积学研究工作流程[J]. 石油勘探与开发, 1990, 17(1):85~90
- 6 吴忱,朱宜清,许清华等. 华北平原古河道研究论文集[M]. 北京:中国科学技术出版社,1991. 49~235
- 7 尹燕义,王国娟,祁小明. 曲流河点坝侧积体类型研究[J]. 石油勘探与开发, 1998, 25(2): 37~40
- 8 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社, 1997. 84~100
- 9 J M 科尔曼, D B 普赖尔. 三角洲砂体[M]. 北京:石油工业出版社, 1987. 17~24
- 10 赵翰卿,付志国,吕晓光. 大型河流—三角洲沉积储层精细描述方法[J]. 石油学报, 2000, 21(4):109~113
- 11 Building T P, Breyer T A. Exploring of subtle traps with high-resolution maps: Reklaw1 interval(Eocene), South Texas. AAPG, 1989, 73(1):24~39

The Detailed Description of Ancient Fluvial Abandoned Channel Micro-facies

LIU Bo^{1,2} ZHAO Han-qing² WANG Liang-shu¹
LIN Chun-ming¹ LIU Shao-wen¹

1(Earth Science Dept of Nanjing University Nanjing 210093)

2(Exploration and Development Research Institute, Daqing Oilfield Corporation Ltd., Daqing Heilongjiang 163712)

Abstract

The abandoned channel micro-facies of fluvial reservoir blocks the fluid in the lateral. During the stage of further development, this kind of micro-facies is the key to the detailed description of the areal heterogeneity in reservoir and the important factor which influences the lateral remaining, oil. Three facies belts which are channel stone, interchannel stone and interchannel silt are subdivided in the reservoir description of complex meander belt stone body previously. Which is hard to identify and subdivide the abandoned river micro-facies. With the more knowledge of background and characteristics of modern fluvial sedimentary, especially at the stage of further development, the average well interval of Daqing oilfield is 200~300 meter, some of that is 100 meter even. Based on the abundant data of close well logging, the identification and detail description of micro-facies of complex meander belt are authentic established. This article combined modern sedimentary, output investigation with the description of channel geometry and scale to set up the conceptual model of abandoned channel facies. By using well logging curves under close well spacing, this paper interpreted the distribution character, the recognition method of channel facies on the areal and profile, and established a static model for the abandoned channel facies on flooding-plain in Daqing Oilfield. Based on this method, the comprehensive prediction of reservoir and the analysis of remaining oil have been conducted. This method has a notable result in high efficiency wells.

Key words fluvial facies abandoned channel micro-facies detailed description Daqing Oilfield