

# Research Method of Fluvial Reservoirs in Offshore Wide Spacing Oilfield

Fei Chen, Tingen Fan, Hongjun Fan, Wentao Cai, Xiabin Wang

Research Institute Co. Ltd., CNOOC, Beijing  
Email: chenfei2@cnooc.com.cn

Received: Mar. 16<sup>th</sup>, 2020; accepted: Apr. 17<sup>th</sup>, 2020; published: Jun. 15<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

The study of fluvial reservoirs influences the effect of reservoir development directly. How to characterize reservoirs accurately determines whether it can quantify development index accurately or whether it can get the distribution of remaining oil to decrease the ratio of low efficient wells. Offshore oilfield is different from onshore oilfield and lack of development experience for reference. Based on particularity of offshore oilfield development, it analyzes main problems of offshore oilfield development and puts forward research thinking and technical system for offshore oilfield development. These innovative idea and practice not only explore a new way for offshore oilfield development in our country but also propose research thoughts and methods of reservoirs for onshore oilfield with well spacing of more than 100 meters. The research shows that study of composite sand body architecture is effective research method for fluvial reservoirs in offshore wide spacing oilfields as well as trend for study of fine reservoir architecture research.

## Keywords

Offshore Oilfield, Wide Spacing, Fluvial Reservoirs, Research Method

---

# 海上大井距油田河流相储层研究方法

陈 飞, 范廷恩, 范洪军, 蔡文涛, 王夏斌

中海油研究总院有限责任公司, 北京  
Email: chenfei2@cnooc.com.cn

收稿日期: 2020年3月16日; 录用日期: 2020年4月17日; 发布日期: 2020年6月15日

## 摘 要

河流相储层的研究,直接影响到油气藏开发效果,如何进行精细储层表征关系到能否正确量化开发指标、或者能否正确描述剩余油分布进而有效减少低效井比例。海上油田有别于陆地油田,又无开发经验借鉴,基于海上油田开发的特殊性,本文深入分析了海上油田开发面临的主要问题,提出了适合于海上油田开发的研究思路和技术体系。这一创新的认识与实践,不仅为我国海上油田开发探索出一条新路,也为大于100 m井网的陆上油田,开创性地提出了储层的研究分析思路和方法。研究表明,“复合砂体构型”的研究方法,是海上大井距油田河流相储层行之有效的研究方法,也是一种精细储层构型研究的发展趋势。

## 关键词

海上油田, 大井距, 河流相储层, 研究方法

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 研究背景

海上油田开发投资大、风险高。海上油田开发受到地质油藏与海洋环境等地下和地面双重因素影响,开发所面临的问题与陆地有相当大的差异。海上油田平台工程造价、生产操作费都很高,开发投资及经济效益,受油田规模、油气品质、单井产能、井数、井深,以及水深、离岸距离、海况(波浪、洋流、海冰、台风等)、气象等海洋环境诸多因素的制约[1] [2]。因而,海上油气田的开发所采用的技术复杂、投资高、风险大,此外,海上油田开发是否具有经济效益也是必须解决的重要问题[3]。

海上油田具有大井距、稀井网的特点。海上油田缺少探井的钻探,这对油田的早期认识造成了很大的局限性;即便是在开发投产阶段海上油田也只是采用 350~400 m 的大井距开发,超出了—个沉积体的范围,这就给油田地质研究带来了很大的困难;同时,由于完井费用高昂,同时受开发周期的限制,生产过程中对于钻井资料的再收集和再研究的程度受限,导致海上油田整体研究程度相对陆上油田较低[4]。

海上油田地质研究条件受限、地质油藏条件复杂,海上油田储层为河流三角洲沉积的砂体,尤其是渤海油田此类储层更为发育,储层非均质性强、相变快,切割和叠合导致相互镶嵌,埋藏浅、含油层数多、含油井段长、存在多个油水系统且关系复杂[1] [5];储层物性好、渗透率高、胶结疏松、油井出砂严重、流体性质较差,储层内部夹层分布影响水驱效果。陆上油田对于复杂储层沉积,在大庆油田和胜利油田的小井距开发实验区块都进行了关于河流相复杂储层的探索和研究,但他们对储层的构型解剖往往

是基于 50 m 左右的小井距进行的[6]。

受高开发成本的制约, 钻井密度低、开发井距大、资料相对较少, 采用常规技术难以实现对储集层的精细描述[7]。仅仅从单井资料出发, 依靠传统的“岩电结合”技术划分沉积微相是不够的。因此, 海上油田必须大胆创新高效开发理念并探索相应的地质新思路和新方法的研究, 将其创新突破尽快转变为适用技术, 才有可能奠定海上大井距油田高效开发的坚实技术基础[1] [8]。但是, 海上油田往往能够采集到更高品质的地震资料, 通过地质与地震的结合[9], 对地震资料空间可识别的砂体复合成因组合进行分析, 可以克服海上大井距的缺点, 准确预测储层的空间分布[4] [10] [11] [12]。

## 2. 存在问题

随着开发程度的提高, 我国大多数主力油田进入开发后期阶段, 以高含水为特征, 注采矛盾日益突出, 剩余油的分布也越来越复杂, 碎屑岩油气储层构型的研究, 直接影响到油气藏开发效果, 如何进行精细构型表征关系到能否正确量化开发指标、或者能否正确描述剩余油分布进而有效减少低效井比例。

由于地下储层的内部薄夹层多、规模小, 单层厚度低于地震分辨率, 因此, 对地下储层精细构型研究存在一定困难。而传统的储层构型研究方法是在野外露头 and 现代沉积储集体研究的基础上, 综合运用岩心、录井、测井、地震和动态等资料揭示地下储集层构型特征。目前对于陆上密井网的地下储层预测方法比较成熟, 但是对海上相对大井距条件下储层内部构型的空间分布预测亦缺乏有效的研究方法。

河流相储层是重要的陆相碎屑岩储层之一, 在我国东部中生代含油气盆地中占重要比例, 探明地质储量占渤海海域总探明地质储量的 53%, 产量占渤海海域产量的 64% [5]。河流相储层非均质性强, 具有相变快、内部结构复杂、复合河道变化大等特点, 纵向上具有多级次的旋回性, 平面微相组合复杂, 这是导致地下储层构型研究困难的根本原因[11]。

地下储层构型分析主要依靠钻井资料, 钻井资料的缺少是不可逾越的障碍, 即使是在油田开发中后期密井网条件下的 100 m 井距, 仍大于构型单元的规模。目前无论陆上还是海上油田井网井距一般都要大于 100 m, 因此绝大部分油田都是属于稀疏井网油田[13], 同时地震信息通常只能识别大尺度的构型单元(复合砂体), 对于小尺度构型单元(单砂体)的识别存在一定难度。目前海上高品质地震主频范围约在 20~40 Hz, 理论可分辨 10~20 m 的地层[14] [15]。在面向开发尺度的曲流河储层研究中, 地震资料分辨率之下的沉积单元和沉积界面的穿时性和多解性是急需解决的重要问题, 而这也正是地下储层构型研究的一个重要难题。

## 3. 研究尺度

在海上油田河流相储层表征过程中, 由于缺少类似沉积露头描述, 无法获得真实的河流储层分布参数; 在油田开发前期, 测井信息严重不足, 在油田开发中后期, 井距比较大, 井间储层建模的随机性较大; 利用地震约束, 地震信息与测井信息存在含义及尺度不一致问题。海上油田井少、地震信息丰富, 将钻井的“一孔之见”, 以地震为空间载体外推拓展, 对地质体的描述尺度应为多少, 这些都决定了海上油田开发地质研究的精度。用于描述油藏的资料种类很多, 从厘米级的岩心资料直到公里级的地震资料, 它们所代表的对象有很大的差异, 把不同尺度的资料有效综合到一个模型中就必须考虑海上油田开发地质研究精度的问题。对于开发生产来说, 储层的认识是无止境的, 储层的细分当然越细越好, 然而事实上则只能适可而止, 因而对于海上油田储层的研究要把握好一个“度”。

海上油田在开发中后期的井距一般比较大(200~350 m), 井点描述的储层可以达到几米级别, 但其表征的是储层纵向上的关系, 且只有井点资料。而地震资料可以描述的地质体的范围在几十米级别, 因此, 对于横向及纵向几米级别的地质体是很难表征出来的。由于资料的限制, 海上油田即使在开发中后期, 地质体的描述精度也只能在几十米级的范围, 而达不到陆上油田的几米级别。海上大井距河流相油田不

仅需要识别曲流河河谷的宏观发育形态，还需要对河谷内的曲流点坝复合单元进一步刻画，识别出次一级的点坝复合体边界。这就需要对河流相沉积体作为一个三维空间的成因体进行解释，充分利用曲流河沉积体在平面和剖面上沉积特征间的成因联系，以地质规律和地质模式弥补地震反射剖面信息直接刻画的不足，进行不同级次的解释和成因单元的划分，通过级次化的解释方法有助于实现不同规模和沉积成因地层单元的地质成因约束，同时也便于对不同规模和成因的沉积单元采用针对性的解释技术和尺度范围。

因此，海上油田开发地质研究的精度决定了必须探索一套适合海上油田开发地质研究尺度的工作方法，地震响应能够反映储层的发育特征，适合应用地震沉积学方法进行储层预测的尺度，满足海上河流相储层油田的地质研究工作。砂体构型研究很难达到陆上油田基于密井网条件的构型认识水平，因此，基于识别单砂体为目标的构型解剖方法不适用于海上油田。海上油田应该致力于解决内部有成因相联系的不同级次、不同微相的，在垂向上相互叠置，平面上相互拼合，地震资料空间可识别的砂体复合成因组合[5] [11]。

#### 4. 储层精细描述研究方法

复合砂体内部具有不同的层次性和结构性，不同构成单元的形态、规模、方向、物性及其叠置关系。通过探地雷达的精细解剖，识别精细的构型界面，建立复合点坝三维构型定量模式，依据复合点坝的沉积结构构造、几何形态和增生迁移方式，对不同类型的叠置砂体进行的精细解剖，从而形成复合砂体构型表征方法，复合砂体是对储集体的非均质进行直观量化的系统研究。

针对海上大井距油田，采用内在成因相连的叠置复合的砂体的方式来研究复合砂体的空间展布规律。通过野外露头剖面描述和现代沉积探地雷达解析，深入研究构型原型模型，识别精细的构型界面，建立复合砂体三维构型定量模式，通过不同级别构型分析，明确复合砂体之间几何形态、叠置关系以及连通性，从而实现海上稀疏井网条件下复合砂体的精细解剖(图 1)。

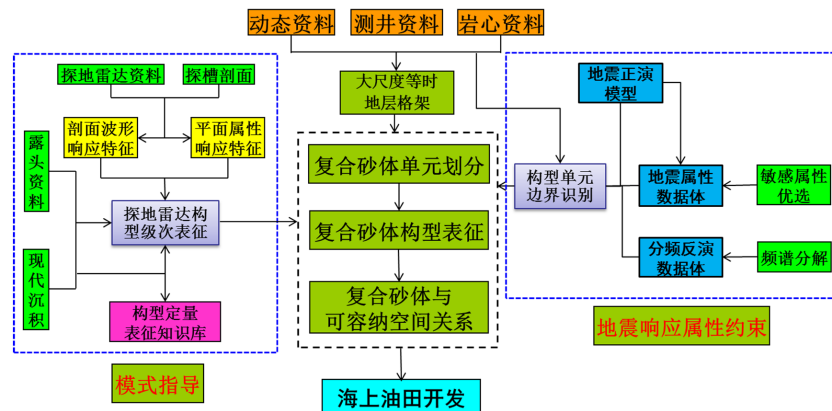


Figure 1. Method and flow of fluvial reservoir in large well spacing of offshore Oilfield  
图 1. 海上大井距油田河流相储层研究方法与流程

以沉积模式为指导，波形剖面解析为基础，平面属性为约束，结合国内外河流相砂体叠置模式研究，解剖河流相储层砂体分布，结合地震响应规律研究和地震预测技术的研究进展，针对渤海中南部地区的具体情况，以地震、测井、沉积学和储层地质学等基本理论为指导，以正演模拟为手段，以剖析地震响应机理为核心，以建立地震响应模版为目标。开展地层对比与划分工作，建立精细等时地层格架；以构型原型模型为指导，形成了井震结合、模式指导的层次构型表征方法；总结了海上油田河流相典型构型单元的测井、地震响应特征，在曲流河沉积相模式指导下，以平面层地震属性及单井砂体解释为基础，

按照“井震联合、层次分析、模式拟合、动态指导”的研究思路,采用井震联合的表征方法对研究区复合砂体级次分布进行了预测。

## 5. 研究意义

本文提出了一种可用于大井距碎屑岩油气田储层研究的思路,不仅仅适用于海上油田,而且也适用于井网大于 100 m 的陆上油田。针对储层厚度低于地震分辨率的先天不足,在地震资料可识别的尺度上对河流相储层进行详细分析,因此,将地质与地球物理有机结合,形成“复合砂体构型”的研究方法,有助于海上大井距的储层研究,这也是正确描述剩余油分布进而有效减少低效井比例的关键因素,同时,也是一种精细储层构型研究的发展趋势。

复合砂体的建立为精细等时地层对比提供了模式指导,亦为井震结合的沉积构型表征奠定了基础。不同构型相的复合砂体侧向连续性差异较大,砂体的连通差异亦较大,必将在开发生产上表现为不同的动态响应,地震构型相的思路和方法为精细刻画碎屑岩油气储层非均质储集层空间分布提供了完整的解决方案,故构型相的表征方法为油田开发后期井型井网部署和剩余油分布预测提供了科学依据。这一思路源于沉积学家对地质体的实际认识,符合实际生产油田构型研究的思路。地震构型相的研究方法是推进当今沉积学和储层地质学进一步深化的重要方法,同时,必将丰富和完善开发地质学。

## 基金项目

“十二五”国家科技重大专项课题“海上开发地震关键技术及应用研究”(2011ZX05024-001)。

## 参考文献

- [1] 周守为. 海上油田高效开发技术探索与实践[J]. 中国工程科学, 2009, 11(10): 55-60.
- [2] 胡光义. 海上油气田储量品质评价与开发决策[M]. 成都: 四川大学出版社, 2014.
- [3] 胡光义, 孙福街, 范廷恩, 等. 海上油气田勘探开发一体化理念、基本思路 and 对策[J]. 中国海上油田, 2014, 26(1): 58-64.
- [4] 安桂荣, 许家峰, 周文胜, 等. 海上复杂河流相水驱稠油油田井网优化: 以 B-2 油田为例[J]. 中国海上油气, 2013, 25(3): 28-31.
- [5] 胡光义, 陈飞, 范廷恩, 等. 渤海海域 S 油田新近系明化镇组河流相复合砂体叠置样式分析[J]. 沉积学报, 2014, 32(3): 586-592.
- [6] 李阳, 郭长春. 地下侧积砂坝建筑结构研究及储层评价[J]. 沉积学报, 2007, 25(6): 942-945.
- [7] 范廷恩, 胡光义, 王巍, 等. 海上油田开发前期储层综合地质建模方法探讨——以辽东湾 JX 油田为例[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2012, 31(5): 71-77.
- [8] 朱伟林, 米立军, 高乐, 等. 认识和技术创新推动中国近海油气勘探再上新台阶——2013 年中国近海勘探工作回顾[J]. 中国海上油田, 2014, 26(1): 1-8.
- [9] 朱伟林. 中国近海油气勘探的回顾与思考[J]. 中国工程科学, 2011, 13(5): 4-9.
- [10] 胡光义, 陈飞, 孙立春, 等. 高分辨率层序地层学在河流相油田开发中的应用[J]. 沉积学报, 2013, 31(4): 600-607.
- [11] 陈飞, 胡光义, 范廷恩, 等. 渤海海域 W 油田新近系明化镇组河流相砂体结构特征[J]. 地学前缘, 2015, 22(2): 207-213.
- [12] 王晖, 胡光义, 范洪军, 等. 边际油田河流相储集层表征关键技术[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(5): 626-633.
- [13] 吴胜和, 翟瑞, 李宇鹏. 地下储层构型表征: 现状与展望[J]. 地学前缘, 2012, 19(2): 15-23.
- [14] 侯东梅, 廖新武, 李超. 海上复杂河流相油田高效开发研究与实践[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2015, 17(3): 34-39.
- [15] 刘超, 赵春明, 廖新武, 等. 海上油田大井距条件下曲流河储层内部构型精细解剖及应用分析[J]. 中国海上油田, 2014, 26(1): 58-64.