

# Study on the Distribution of Remaining Oil in Massive Edge and Bottom Water Reservoir

Weili Liu

Exploration and Development Research Institute of Daqing Oilfield, Daqing Heilongjiang  
Email: weililiu@petrochina.com.cn

Received: Jun. 3<sup>rd</sup>, 2020; accepted: Jul. 3<sup>rd</sup>, 2020; published: Sep. 15<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

**B reservoir of an oilfield is a medium porosity, medium high permeability reservoir with edge and bottom water, and interlayer is developed. After a long period of high-speed development, the distribution of remaining oil is very complex. Bottom water coning is the biggest problem faced by the development, while the existence of interlayer controls the movement of oil and water in the reservoir, especially the upward movement of bottom water, so it is very difficult to understand the law of oil and water movement. At present, reservoir B is in the stage of medium low water cut development. In this paper, four kinds of macro remaining oil distribution research methods are used to carry out the fine remaining oil distribution research combining dynamic and static comprehensive analysis and numerical simulation. Through the understanding of the distribution law of remaining oil, the remaining potential has been realized by dividing the well area from the plane and the small layer from the vertical. The research results provide strong technical support for optimizing the development and adjustment scheme, and a set of scientific and reasonable description technology of fine oil reservoir for the oil fields of the same type and similar development stage in the future.**

## Keywords

Edge and Bottom Water Reservoir, Remaining Oil, Distribution Law

---

# 块状边底水油藏剩余油分布规律研究

刘卫丽

大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 黑龙江 大庆  
Email: weililiu@petrochina.com.cn

收稿日期: 2020年6月3日; 录用日期: 2020年7月3日; 发布日期: 2020年9月15日

## 摘要

某油田B油藏为边底水发育的中孔、中高渗透储层, 夹层发育。经过较长时期的高速开发后, 剩余油分布十分复杂, 底水锥进是开发面临的最大问题, 而夹层存在又控制着油水在油藏中的运动, 特别是控制着底水向上运动, 因此认识油水运动规律非常困难。B油藏目前处于中-低含水开发阶段, 本文采用4种宏观剩余油分布研究方法研究, 开展动静态综合分析数值模拟相结合的精细剩余油分布研究。通过剩余油分布规律认识, 从平面上分井区细化, 纵向上分小层落实了剩余潜力, 研究成果为优化开发调整方案提供有力的技术支持, 为今后同类型相近开发阶段的油田提供了一套科学合理的精细油藏描述技术。

## 关键词

边底水油藏, 剩余油, 分布规律

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. 国内外研究现状

国内外在底水油藏的剩余油研究方面主要是围绕水锥形态、临界产量和见水时间及其影响因素这三个点展开的。“临界产量”这一概念最早由法国工程师 Dupuit 在研究解决地下水工程问题时提出, 我们称之为 Dupuit 临界产量[1]。1935年, Muskat 和 Wyckoff [2]首先提出了水锥理论, 根据压降算出临界产量, 建立了一套基础底水锥进理。1954年 Mayer 和 Garde [3]提出水锥是由井底向外延伸的压力降形成的, 推导出了临界产量的计算公式。最早通过室内实验来研究底水油藏开采的是 Henley, Owens 和 Craig, 1961年, 他们利用比例模型分析了流量、毛管力、重力、井的打开程度和井距等一系列因素的影响。结果表明, 通过在井底设置非渗透隔板能有效提高底水油藏的原油采收率。1993年, 考虑到油井污染的问题, 李传亮[3]把表皮因子引进 Dupuit 临界产量, 修正了 Dupuit 公式(1993年), 提出利用矿场资料来确定临界产量的方法(1993年)。1997年, 喻高明[4]等通过数值模拟方法研究砂岩底水油藏水锥影响因素。如采油速度、射开程度、油水粘度比、井距、毛管压力、夹层大小及位置、油层沉积韵律、边底水能量。直到1999年 M. R. Islam [5]提出采用水平井开采也是一种抑制水锥的方法。但钻水平井技术难度大、投资高, 限制了其在底水油藏中的应用。但随着水平井技术的不断发展与进步, 水平井被越来越多的应用在砂岩底水油藏的开发中。随之, 底水油藏开发的理论不断成熟, 2004年, 陈满朝[6]等在综合考虑水平井开发

技术经济指标因素的基础上,根据资金平衡原理,建立了底水油藏水平井合理水平段长度的优化数学模型,求解可得到考虑技术、经济条件下水平井合理水平段长度、水平段位置和生产压差。20世纪90年代以来,各个产油国非常重视密闭取心的分析和第一手资料的收集,完善了动态监测系统,使剩余油分布的研究精度有了较大提高[7]。

## 2. 研究区地质概况

某油田构造位置位于某盆地满加尔凹陷的某构造带上,自早古生代起基本处于凹陷构造格局。在晚奥陶世、志留纪、泥盆纪,满加尔凹陷均为全盆地的沉积中心。在其地质历史演化过程中,总体上表现为相对稳定的凹陷特征。海西中、晚期该区向北部凸起方向超覆沉积了石炭系。构造带发育于海西中、晚期,定形于喜山期,属典型的凹中隆,具有十分有利的成藏地质条件。由于处于凹陷中,多次运动均未形成明显断裂。地层发育较全。某油田B油藏埋藏深度5000m左右,地层厚度23.8m,共分12个小层。油藏有效厚度1.0m~2.0m,夹层平均厚度0.55m。储层孔隙度15.5%,空气渗透率 $235.7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,为一边底水发育的中孔中渗砂岩油藏。油藏于1999年投入开发,由于存在边底水,发育夹层,采用水平井与直井联合开发,并且纯油区初期采用天然能量开发后转为注水开发,而过渡带采用天然能量开发。截至2012年9月,整个油藏采出程度23.3%,综合含水率65.3%。经过较长时期的高速开发后,剩余油分布十分复杂,油水运动规律认识困难。

## 3. 剩余油研究方法确定

### 3.1. 剩余油研究技术路线

利用取心井、水淹层测井、动态监测等资料,应用精细地质研究成果,开展数值模拟,从剩余油形成机制入手,按成因分析研究剩余油形成主要类型,分小层统计宏观剩余油分布规律(图1)。

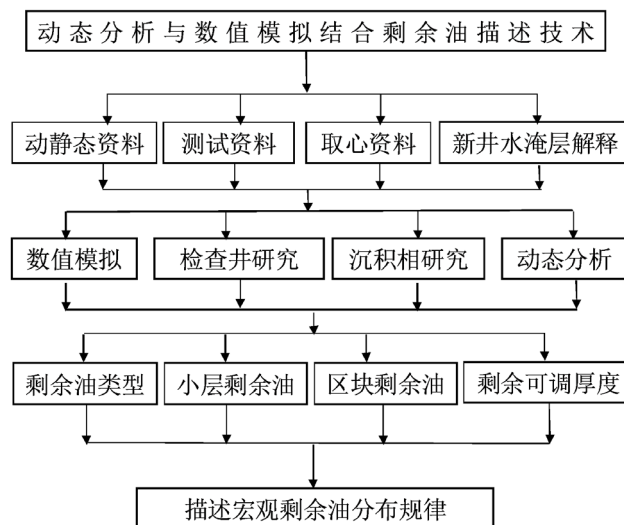


Figure 1. Distribution of technical routes for remaining oil research

图1. 剩余油研究技术路线分布规律

### 3.2. 剩余油影响因素分析

由于剩余油的形成是受多种地质因素及开发因素综合作用的结果,因而确定剩余油的分布是很复杂

的, 必须应用多学科的技术, 收集尽可能多的资料进行分析。综合国内外文献调研[8] [9] [10] [11] [12], 研究剩余油及其分布的方法主要有开发地质学方法、地震技术、测井方法、示踪剂测试法和岩心分析方法等。确定剩余油及其分布的方法各有优缺点, 应根据油藏的具体地质特征和开采历程选择不同的方法。

结合某油藏的储层描述成果、生产动态特征、夹层平面展布规律及油水井注采关系, 分析了主要为边底水活跃、储层内部夹层发育、井网控制程度低而井距偏大为剩余油分布的主控因素。

### 3.3. 剩余油研究方法的适用性分析

**检查井研究剩余油方法:** 应用已开发油田密闭取心检查井, 可以直观的观察各类储层动用状况, 水淹状况, 剩余油分布类型及特点, 可以直观地观察评价低、特低渗透层裂缝发育程度、类型、规模; 通过采用室内分析化验方法, 评价水淹前后油层表面润湿性、孔隙结构变化及对剩余油的影响[9]。但它具有时效性差的缺点, 且研究投入成本较高。

**水淹层测井解释方法:** 水淹层测井解释比较客观, 资料丰富, 但由于不同地区的解释图版和标准不同, 资料解释符合率及精度较低。

**动静态分析方法:** 油田的合理开发, 就需要预测油田动态变化状况, 及时采取相应的开发对策和调整措施, 保障油气田生产的持续发展。一方面首先从单井、井组分析入手, 研究储层厚度与产量、含水、含水上升速度、采出程度的匹配关系, 然后按照开发层系或区块进行全面而系统的分析, 从而形成全油田(区块)开发阶段、开发水平、开发潜力的整体概念。一方面应用分层测压、产液剖面、吸水剖面等监测资料, 分析不同层系、不同微相储层开发动用程度, 评价不同类型储层剩余油潜力。但该方法井点综合性强, 并且资料也较少。

**油藏数值模拟方法:** 能全面定量描述剩余油, 但调整参数多, 拟合难度也大。

某油田目前处于中-低含水开发阶段, 采用 4 种宏观剩余油分布研究方法综合研究, 检查井研究方法, 生产动态监测及水淹层测井解释方法, 动静态监测分析方法, 油藏数值模拟方法等来研究不同类型储层剩余油分布。

## 4. 剩余油分布规律研究

### 4.1. 检查井法研究油层水洗状况

应用已开发油田截至目前完钻的 7 口密闭取心检查井资料, 直观的观察对比各类储层动用状况, 水淹状况, 对各类油层的动用状况和剩余油分布特点进行分析评价。

#### 4.1.1. 油层顶部、底部及中段均有不同程度的水洗

从多口密闭取心检查井的油层水洗状况综合曲线图上分析, 纵向上存在三种水洗类型, 中水洗、弱水洗和未水洗, 其中顶部水洗占 18.1%, 底部水洗占 36.4%, 中段水洗占 45.5%。

水洗强度以中水洗为主, 水洗厚度占水洗层的比例为 84.6%。厚度大于 2 m 的油层水洗程度最高, 水洗厚度比例占 93.6%, 厚度小于 1 m 的油层水洗程度最低, 水洗厚度比例占 69.9% (图 2)。各井区水洗程度有所差异, 其中 HD4-32 井区水洗程度最高, 水洗厚度比例占 94.1%, HD1-2 井区水洗程度最低, 水洗厚度比例占 16.4% (图 3)。

#### 4.1.2. 各类油层的未洗情况及剩余油分布特点

从检查井统计结果看, 整体动用程度较低, 油层未洗厚度比例为 63.0%。厚度大的油层未洗程度大, 厚度大于 2 m 的油层未洗程度最高, 未洗厚度比例为 78.7% (图 4), 各井区未洗程度除 HD4-32 井区最低(未洗厚度比例为 44.6%), HD4-15 及 HD4-60 井区未洗程度较高(未洗厚度比例分别为 79.4%和 71.3%) (图 5)。

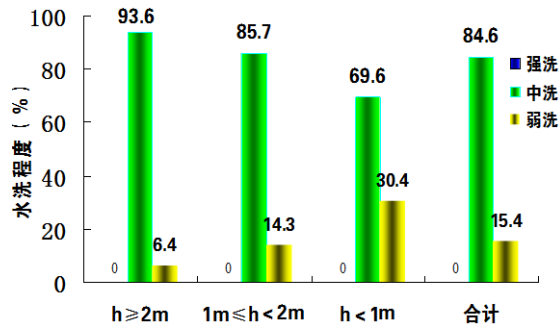


Figure 2. Distribution of water washing degree of various oil layers in each well block

图 2. 各类油层水洗程度分布图

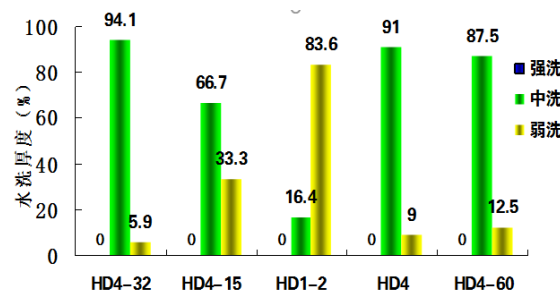


Figure 3. Distribution of water washing thickness

图 3. 各井区水洗厚度分布图

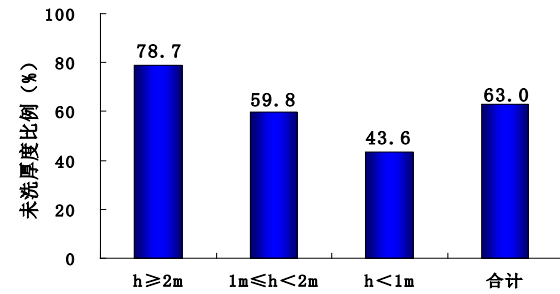


Figure 4. Distribution map of degree of UN washed oil layers

图 4. 各类油层未洗程度分布图

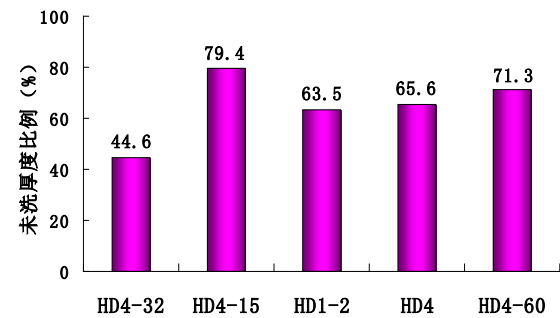


Figure 5. Distribution map of undrained thickness in each well block

图 5. 各井区未洗程度分布图

见水层中未洗厚度占总未洗厚度的 66.6%。其中厚度在 1 m~2 m 和小于 1 m 的油层见水层未洗比例高(未洗厚度比例分别为 82.7%和 100.0%) (图 6)，边部 HD4 井区和 HD4-60 井区见水层水洗比例高(未洗厚度比例分别为 100.0%) (图 7)。

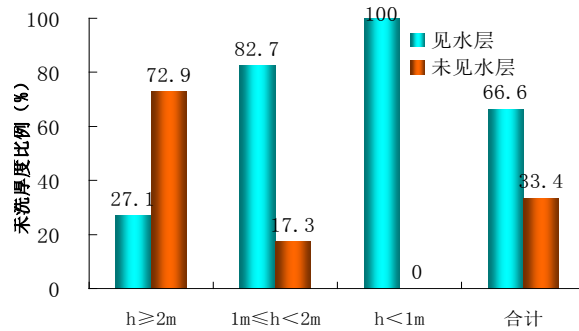


Figure 6. Distribution of water washing degree of various oil layers

图 6. 各类油层未洗厚度分布图

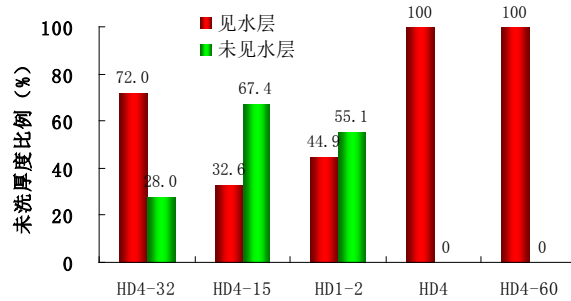


Figure 7. Distribution of water washing thickness in each well block

图 7. 各井区未洗厚度分布图

## 4.2. 生产动态监测及水淹层测井解释方法分析油层动用和水淹状况

### 4.2.1. 生产动态监测法确定剩余油潜力

生产动态监测资料中有连续两次以上测试资料的，称之为动用好，只有一次的，称之为动用差，而一次也没有的，就称之为未动用。统计某油田近几年的同位素吸水剖面资料(表 1)：

Table 1. Production status of different types of oil layers in water injection wells of an oilfield (6 wells)

表 1. 某油田注水井不同类型油层动用状况表(6 口井)

有效厚度 分级	测试厚度(m)			动用好(%)			动用差(%)			未动用(%)		
	小层数	砂岩	有效	小层数	砂岩	有效	小层数	砂岩	有效	小层数	砂岩	有效
$\geq 2.0 m$	4	11.24	9.93	2	51.51	55.49	2	48.49	44.51	/	/	/
$\geq 1.0 m < 2.0 m$	24	34.21	31.99	13	55.57	55.55	6	23.53	25.16	9	20.90	19.29
$< 1.0 m$	42	29.22	12.08	21	43.87	50.00	12	28.61	33.86	14	27.52	16.14
合计	70	74.67	54.00	36	50.38	54.30	20	29.28	30.67	5	20.34	15.04

分析表明，有效厚度大于 2.0 m 油层全部动用；随着油层条件变差，动用状况逐渐也变差；整体看



各有效厚度段油层动用好的比例均达 50%以上；动用差的比例占 25%~45%；未动用的比例占 15%~20%；全区注水井还有近 15%~30%的有效厚度未动用或动用差。

#### 4.2.2. 水淹层测井解释法确定剩余油潜力

近四年以来研究区一共有 14 口新井开展了水淹层测井解释(表 2)，平均单井有效厚度 11.2 m，其中高水淹厚度 2.3 m，厚度比例占 20.8%，层数比例占 10.6%；中水淹厚度 2.7 m，厚度比例占 23.7%，层数比例占 10.6%；低水淹厚度 1.3 m，厚度比例占 11.5%，层数比例占 12.2%；未水淹厚度 4.9 m，厚度比例占 44.0%，层数比例占 66.6%。低水淹和未水淹厚度总共 6.2 m，厚度比例占 55.4%。

从平面分布(在水淹井与示踪剂监测井井位关系图上)分析，底水抬升与边水顺层推进是造成水淹的主要原因；从水淹层测井解释图纵向水淹特征分析，水淹层主要在油层底部，且最底部油层水淹级别最高。

Table 2. Statistics of water flooded zones of new wells in an oilfield in recent four years (14 wells)

表 2. 某油田近四年新井水淹层统计情况表(14 口井)

时间(年)	井数(口)	有效厚度(m)	小层个数(个)	低水淹		中水淹		高水淹	
				层数(%)	厚度(%)	层数(%)	厚度(%)	层数(%)	厚度(%)
2008	3	28.18	26	15.4	21.6	7.7	14.5	7.7	7.1
2009	3	17.3	24	8.3	5.78	12.5	28.3	12.5	38.2
2010	4	40.82	36	13.9	14.45	11.1	10.3	16.6	52.2
2011	4	38.45	37	10.8	13	18.9	43.9	5.4	7.02
合计	14	124.75	123	12.2	11.51	10.6	23.7	10.6	20.8

#### 4.3. 动静态分析方法研究剩余油潜力

综合储层描述成果、生产动态特征、夹层平面展布规律及油水井注采关系，逐井逐层(123 口井 12 个小层)确定了剩余油主要有 5 种成因类型(表 3，图 8，图 9)：

Table 3. Statistical table of remaining oil thickness in an oilfield

表 3. 某油田剩余油类型厚度统计表

成因类型	分布特点	动用差及未动用			
		砂岩(m)	比例(%)	有效(m)	比例(%)
夹层控制	由于底水绕流无法驱替夹层上覆和下伏的油	100.4	32.5	48.7	28.2
未射孔	油水井对应层位的射孔不完善	107.6	34.8	63.8	36.9
无井网控制	井控程度低，井距偏大，砂体无井控制	40.2	13.0	23.2	13.4
物性差	局部物性变差(即储层非均质影响)	19.9	6.4	10.5	6.1
注采不完善	由于油水井不连通未形成完善的注采系统	41.2	13.3	26.7	15.4
	小计	309.3	100.0	172.9	100.0

研究表明，夹层控制型剩余油是由于储层中夹层存在，底水不能穿过夹层，只能发生绕流，在不渗透夹层上、下邻层均可形成大量的“屋檐”型剩余油和“屋顶”型剩余油[10]。这部分剩余油统称为夹层控制型剩余油，该类型剩余油有效厚度 48.7 m，占总剩余油厚度的 12.4%。未射孔型剩余油形成主要是因油水井对应层位的射孔不完善、甚至在部分小层没有射孔。这部分剩余油有效厚度 284.5 m，占总剩余油厚度的 72.3%。这两种剩余油有效厚度占总剩余油厚度的 65.1%，夹层控制和未射孔型剩余油是研究区剩余油主要类型，是油田开发后期挖潜的重点对象(表 3，图 8，图 9)。

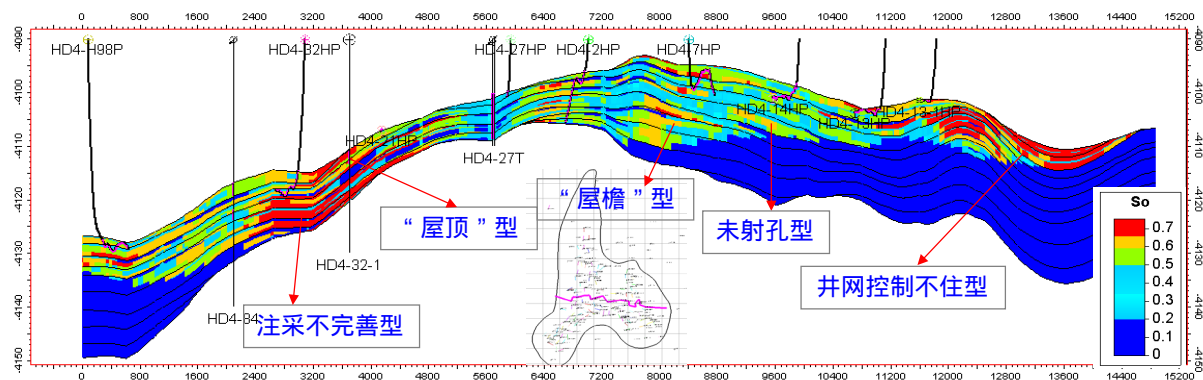


Figure 8. Residual oil saturation profile of well HD4-H98~HD4-13-1HP (201203)

图 8. 过 HD4-H98~HD4-13-1HP 井(201203)剩余油饱和度剖面图

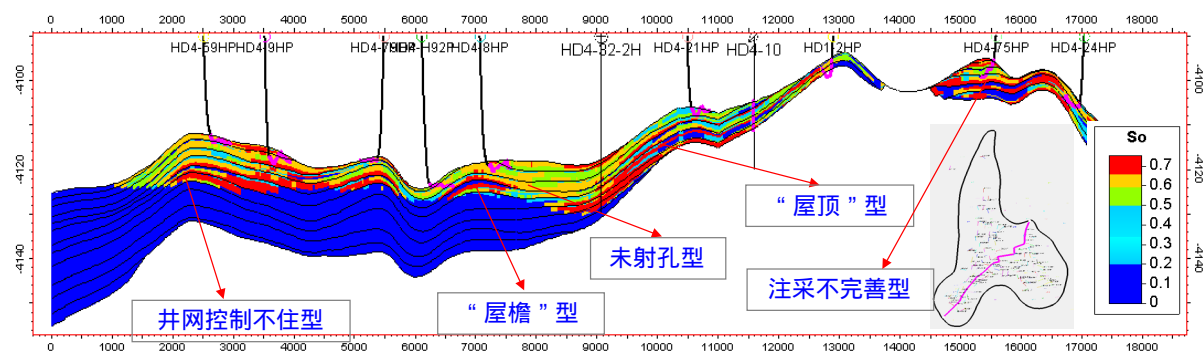


Figure 9. Residual oil saturation profile of well HD4-H98~HD4-13-1HP (201203)

图 9. 过 HD4-H98~HD4-13-1HP 井(201203)剩余油饱和度剖面图

井网对剩余油分布的影响程度主要决定于井网对砂体的控制程度，在相同的注水方式下，井网控制程度越高，水驱越易于均匀；反之，则越不均匀。目前 700~800 m 井网对井间砂体很难控制，在无井区就形成砂体无井网控制型剩余油，该类型剩余油有效厚度 23.2 m，占总剩余油厚度的 5.9%。由于砂体零散窄小，油水井不连通，或由于油井射孔(未射孔)而注水井未射孔(射孔)没有形成完善的注采系统，造成平面上有采无注或有注无采而形成注采不完善型剩余油(图 8，图 9)。储层非均质性对剩余油分布起到很大的影响。层内非均质性使剩余油主要分布在物性较差部位，这种类型的剩余油平面上主要是在非主流线部位和渗透率较差的侧缘相带以及砂体尖灭附近水淹程度较低，剩余油富集。该类型剩余油有效厚度 10.5 m，占总剩余油厚度的 2.7% (表 3)。

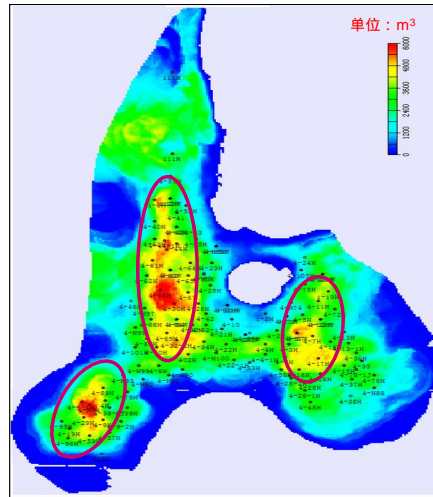
#### 4.4. 油藏数值模拟方法研究剩余油潜力

根据前面敏感性分析得到的认识，我们把油井含水拟合根据井网的变化分成如下几个阶段：首先拟合油井初期含水，然后是井的含水及产量变化特征。这一过程主要是修改影响注入水推进的各项参数，其中包括注水层位的有效厚度、方向渗透率、相对渗透率和油水井措施的影响[11][12][13]。通过单井和井组的拟合最后实现全区块拟合。

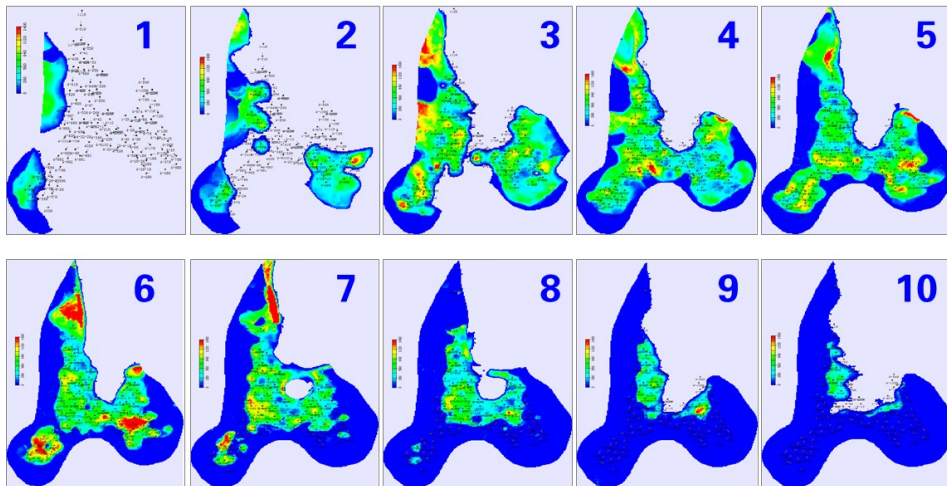
根据叠加的剩余储量分布图看(图 10)，到 2012 年 3 月剩余油主要特征是：在油藏中部剩余油主要集中在 HD4-44~HD4-69 条带；油藏东部剩余油主要集中在 HD4-7~HD4-17 以南区域；油藏南部剩余油主要集中在 HD4 井区。与地质分析的剩余厚度等值图分布区域基本一致。从各小层的剩余储量分布图看(图 11)，随着深度增加，逐渐靠近底水，剩余储量逐渐减少，纵向上主要分布在 3~7 小层，占剩余储量的 82.5%。



主力油层的剩余油分布有如下特征，3 小层受边底水影响，东部区块剩余油相对分散，西部远离边水部位剩余油相对集中。5 小层受边底水及注入水的共同影响，剩余油整体相对分散，HD4、HD4-70H 井区剩余油相对集中。6 小层含油面积小，剩余油整体进一步分散，HD4 井区剩余油相对集中。



**Figure 10.** Distribution of superimposed remaining reserves in reservoir B in each layer  
**图 10.** B 油藏叠加剩余储量分布图



**Figure 11.** Abundance diagram of remaining oil reserves of reservoir B by numerical simulation  
**图 11.** B 油藏数值模拟各小层剩余油储量丰度图

#### 4.5. 剩余油分布规律

##### 4.5.1. 剩余油在平面上的分布

在平面上砂体受不同沉积环境和沉积微相的影响，油层性质不同，动用程度不同，剩余油富集程度也不同[14] [15]。根据分区块注采不完善、井网控制不住和未射孔等不同剩余油类型在各小层分布井点数占全区总井点数的百分比，可分为三种，分别是大面积分布型、局部分布型、零散分布型。研究区剩余油整体以局部分布为主，剩余有效厚度占全区 56.3%；有效厚度在小于 1.0 m 的未动用比例高(56.0%) (表 4)。

**Table 4.** Plane distribution of remaining oil in an oilfield**表 4.** 某油田剩余油平面分布情况表

分布类型	动用差或未动用						剩余油合计			
	有效 $\geq 2.0$ m		2.0 m > 有效 $\geq 1.0$ m		1.0 m > 有效 > 0 m		砂岩		有效	
	砂岩 (m)	有效 (m)	砂岩 (m)	有效 (m)	砂岩 (m)	有效 (m)	厚度 (m)	比例 (%)	厚度 (m)	比例 (%)
零散	0.0	0.0	26.0	19.7	28.8	14.2	54.8	17.7	33.8	19.6
局部	8.4	6.8	48.9	36.1	123.6	54.5	180.9	58.5	97.4	56.3
大面积	0.0	0.0	19.6	14.9	54.0	26.8	73.6	23.8	41.7	24.1
合计	8.4	6.8	94.4	70.7	206.4	95.4	309.3	100.0	172.9	100.0

#### 4.5.2. 剩余油在纵向上的分布

研究表明 4、6、3、5、7 小层的剩余厚度最大，分别占剩余总有效厚度的 18.3%、17.8%、16.6%、15.7%、9.1%，(表 5)，占全区总有效厚度的 4.27%、4.15%、3.86%、3.64%、2.13%。

**Table 5.** Statistical table of vertical remaining oil distribution in an oilfield**表 5.** 某油田纵向剩余油分布情况统计表

小层	全区合计		动用差或未动用		占总剩余油比例		占全区比例	
	砂岩 (m)	有效 (m)	砂岩 (m)	有效 (m)	砂岩 (%)	有效 (%)	砂岩 (%)	有效 (%)
1	23.8	22.5	5.2	3.3	1.7	1.9	0.58	0.45
2	57.5	52.1	25.1	14.1	8.1	8.2	2.82	1.90
3	139.0	127.2	48.8	28.7	15.8	16.6	5.47	3.86
4	162.6	134.9	61.7	31.7	19.9	18.3	6.92	4.27
5	156.4	130.5	49.6	27.1	16.0	15.7	5.57	3.64
6	142.5	115.8	52.3	30.8	16.9	17.8	5.87	4.15
7	106.8	79.2	29.9	15.8	9.7	9.1	3.36	2.13
8	56.4	44.7	23.8	14.2	7.7	8.2	2.67	1.91
9	37.0	28.5	11.1	6.3	3.6	3.6	1.25	0.85
10	9.1	7.7	1.7	0.9	0.5	0.5	0.19	0.12
小计	891.1	743.2	309.3	172.9	100.0	100.0	34.71	23.26

## 5. 结论

1) 综合研究结果表明边底水活跃、储层内部夹层发育、井网控制程度及井距偏大是某油田剩余油分布的 4 个主控因素。

2) 未见水油层未得到有效控制，以层间矛盾为主，需要提高油层动用程度；见水油层未水洗比例较高，以层内矛盾为主，需要扩大宏观波及体积。

3) 某油田剩余油存在注采不完善型、未射孔型、夹层控制型、无井网控制及物性变差 5 种类型，平面上以局部类型为主，纵向上集中在 3~7 小层，具有较大的调整潜力。

## 致 谢

项目研究是在领导和同事精心指导和热情关怀下完成的，从项目立项、研究，他们都付出了大量的

心血！特别感谢庞彦明总工程师、韩德金副总工程师和王秀娟主任给予的具体指导和帮助，在研究过程中提出了许多宝贵意见和建议。感谢所有参与项目研究的同事们，大家精诚团结，努力攻关，牺牲了许多休息时间，毫无怨言的超负荷工作，使得项目得以顺利完成！

## 基金项目

国家科技重大专项：松辽盆地致密油开发示范工程 2017ZX05071。

## 参考文献

- [1] 李传亮. 油藏工程原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005.
- [2] Muskat, M. and Wyckoff, R.D. (1935) An Approximate Theory of Water-Coning in Oil Production. *Transactions of the AIME*, **114**, 144-161. <https://doi.org/10.2118/935144-G>
- [3] Meyer, H.I. and Garder, A.O. (1954) Mechanics of Two Immiscible Fluids in Porous Media. *Journal of Applied Physics*, **25**, 1400-1406. <https://doi.org/10.1063/1.1721576>
- [4] 喻高明, 凌建军, 蒋明煊. 砂岩底水油藏底水锥进影响因素研究[J]. 江汉石油学院学报, 1996, 18(3): 59-62.
- [5] 刘宝坤. 我国剩余油技术研究现状与进展[J]. 西北地质, 2004, 37(4): 1.
- [6] 俞启泰. 关于剩余油研究的探讨[J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(2): 46-50.
- [7] 林承焰. 剩余油的形成与分布[M]. 东营: 石油大学出版社, 2000.
- [8] 韩飞军. 边底水油藏特高含水期剩余油挖潜方法研究[J]. 内蒙古石油化工, 2016, 8(4): 153-154.
- [9] 王秀娟, 等. 大庆外围已开发油田油藏精细地质描述技术研究[Z]. 2005.
- [10] 薛永超, 程林松, 张继龙. 夹层对底水油藏开发及剩余油分布影响研究[J]. 西安石油大学学报, 2010, 32(3): 101-106.
- [11] 陈程, 孙义梅. 厚油层内部夹层分布模式及对开发效果的影响[J]. 大庆石油地质与开发, 2003, 22(2): 24-27.
- [12] 李阳. 储层流动单元模式及剩余油分布规律[J]. 石油学报, 2003, 24(3): 52-55.
- [13] 冉启佑. 剩余油研究现状与发展趋势[J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(5): 50-51.
- [14] 李胜利, 于兴河, 高兴军, 等. 生产动态和油藏静态结合研究剩余油分布的理论与方法[J]. 资源与产业, 2006, 8(2): 63-66.
- [15] 田小川, 邓爱居, 等. 边底水驱高含水厚油层剩余油分布特征及挖潜实践[J]. 油气井测试, 2013, 22(6): 39-41.