

文章编号: 0253-9985(2001)01-0057-03

大庆油田剩余油的影响因素及分布

魏纪德¹, 杜庆龙², 林春明¹, 张同意³

(1. 南京大学地球科学系, 江苏南京 210093; 2. 大庆石油管理局, 黑龙江大庆 163712;

3. 大庆采油工艺研究所, 黑龙江大庆 163453)

摘要: 大庆油田现已进入高含水开发阶段, 寻找和开发剩余油非常重要。大庆油田3个密集井网区的实验结果表明, 沉积微相是影响剩余油平面分布的主要因素, 大型河道砂中的剩余油主要分布于砂体物性变差的部位, 分流河道及水下分流河道砂中的剩余油主要存在于薄砂层或孤立的小透镜体中; 沉积韵律层渗透性的差异控制剩余油的纵向分布, 厚油层顶部是剩余油富集的有利区段。另外, 开发因素对剩余油的分布亦有一定的影响。不同成因的砂体中, 剩余油分布不同。分流河道砂体、分流间砂体及水下分流砂体因非均质性严重, 故易形成剩余油。

关键词: 剩余油; 沉积微相; 砂体; 分布; 大庆油田

第一作者简介: 魏纪德, 男, 35岁, 硕士生, 油藏工程

中图分类号: TE122 文献标识码: A

高含水期油田开发与调整的主要目的就是认识剩余油, 开发剩余油^[1]。大庆油田现已进入高含水开采阶段, 地层中油水分布十分复杂, 笔者采用储层沉积学基本原理, 对大庆油田3个密集井网区白垩纪地层的萨尔图、葡萄花、高台子等油层的剩余油分布特征及控制因素等方面进行了研究, 旨在寻找油藏中剩余油的富集带及与地层的关系, 为油田后期挖潜指明方向, 最终提高采收率。

1 影响因素

1.1 地质因素

1.1.1 沉积微相

沉积微相控制注入水在油层中的运动, 是影响剩余油平面分布的主要因素。由于河道的变迁及河道下切、叠加, 各期沉积砂体形态极不规则, 砂体间接触关系复杂多变, 两期河道间有的以低渗透薄层砂相接触, 有的与废弃河道泥质充填物或尖灭区相连接, 这些部位及其附近是剩余油富集的有利场所。大型河道砂中的油层, 由于砂体分布面积广、连通性好, 平面上所有井几乎都已不同程度水淹, 剩余油主要分布在砂体物性变差的部位; 而分流河道砂及水下分流河道砂中的油层, 剩余油主要存在于河道间薄层砂或河道边部物性变差部位以及那些呈孤立分散状且井网难以控制的小透镜体中, 如

萨尔图油田中区西部中的341-检7井萨尔图第二油层组的第7小层(SⅢ7), 该层砂岩厚度0.5 m, 处于河道砂的边部, 岩芯分析结果表明, 该层为未水洗层。

1.1.2 沉积单元

大庆油田北部厚油层一般以多段多韵律沉积为主, 这种多韵律油层一般由2~3个沉积单元叠加而成, 而每个沉积单元主要以正韵律沉积为主, 岩芯分析资料表明: 这种厚油层内水淹一般符合正韵律油层规律, 即沉积单元底部高渗透部位水淹严重, 向上水淹程度逐渐减轻, 在多个沉积单元叠加的厚油层剖面上表现出多段水淹的特征, 如萨尔图油田北二区东部的北2-357-检82井的萨尔图第三油层组的5~8小层(SⅡ5~8), 砂岩厚度7.2 m, 有效厚度6.4 m, 由两个正韵律油层叠加而成, 岩芯水洗剖面上表现为两段水淹。

1.1.3 渗透率

地层沉积韵律控制储层垂向渗透率变化, 油层中的泥质或物性隔层使垂向渗透率产生差异。由于层内渗透率差异的存在, 注入水沿着高渗透部位推进, 难以波及低渗透部位, 从而形成厚油层顶部剩余油的富集。如中343-5井的萨尔图第二油组的8小层, 砂岩厚度为5.6 m, 有效厚度4.4 m, 为正韵律油层, 水淹层测井解释结果表明, 该层底部1.3 m的有效厚度已高水淹, 顶部其余厚度未水淹; 该井的另一层萨尔图第二油组的5~8小层, 砂

岩厚度 6.1 m, 有效厚度 5.5 m, 水淹层测井解释结果表明, 该层底部 3.1 m 的有效厚度已高水淹, 其余的未水淹, 而且层内又有物性夹层, 射开上述油层顶部砂岩厚度 4.1 m, 投产初期, 日产油 13 t, 含水率 17%。

1.1.4 微伏构造及封闭断层

微伏构造是指油层顶面由于受古地形以及压实差异作用的影响而形成的一种局部有微小起伏的构造。这种局部微伏构造在重力作用下对注入水在油层中的运动起一定的控制作用, 如果微伏构造的高部位没有井控制, 就会形成剩余油。另外, 由于封闭断层的遮挡作用, 可造成局部注采系统不完善, 使得断层与注水井异侧存在大量的剩余油。如萨尔图油田中区西部的中 347-2 井, 该井因受断层遮挡, 薄差油层的水淹程度一般都较低, 全井共射开砂岩厚度 31.0 m, 有效厚度 5.4 m, 投产初, 日产油 21 t, 含水率为 29.4%。

1.2 开发因素

开发因素中最重要的是注采系统的完善程度及与地质因素的配置关系。对于砂体分布不稳定的油层, 由于砂体发育不稳定, 或规模小, 现有井网控制程度低, 造成注采不完善, 或是有注无采, 或是有采无注, 从而形成剩余油。注采关系也是影响剩余油分布的主要因素之一, 处在主流线部位的油层水淹程度高, 而非主流线上油层水淹程度相对较低。

在油层性质一定的条件下, 布井方式对剩余油分布也有很大影响。如行列井网, 如果注水井排上油层变化较大, 那么即使在两口注水井之间也可能存在剩余油, 在中间井排上两口油井之间通常是剩余油的富集区; 而四点法面积井网, 即使在油层比较稳定情况下, 在注水井之间的压力平衡区附近也存在剩余油。

2 剩余油分布

由于各类砂体平面及层内非均质的差异, 加之井网对各类砂体控制能力的不同, 从而造成剩余油分布特征的不同。

2.1 辫状河砂体

该类砂体平面上呈大面积连续分布, 内部很少有尖灭区或废弃河道。由于该类砂体平面及层内非均质弱, 在较稀的井网下注采关系就较完善, 因此, 目前平面上几乎所有井点都已水淹, 只有局部

由于砂体厚度变薄, 物性相对变差而存在一些低水淹部位。如中区西部密井网试验区的葡萄花第一油层组的第 2 小层中的第 3 个砂体(P 12³), 平面上水淹比较均匀; 又如萨中的高 1129-检 25 井的 P 12³层, 砂体厚度 4.5 m, 有效厚度 4.1 m, 离注水井 600 m, 注水已达 27a, 检查井分析结果表明, 该层水洗厚度已达 98.8%, 驱油效率为 58.6%。

2.2 曲流河砂体

平面上曲流河因反复迁移和改造, 以侧蚀和侧积方式形成了面积广阔的复合曲流河砂体, 内部发育有许多尖灭区及河间砂体, 边部及内部还存在一定数量的废弃河道, 从而使得曲流河砂体上半部侧向连通性变差。曲流河砂体厚度 3~5 m, 纵向上一般由多个正韵律叠加而成。这类砂体中剩余油主要分布于河间砂、废弃河道部位及尖灭区附近。由于注入水总是沿着渗透率高的部位推进, 所以河间砂部位的石油一般很难被水驱动; 另外由于废弃河道的遮挡, 造成局部注采不完善, 注入水难以达到附近砂体顶部, 从而使砂体顶部形成剩余油, 如中区西部的葡萄花第一油层组的第 2 油层的第一个砂体, 中 347-6 井处在一条较长的废弃河道附近, 射开该层顶部砂岩厚度 6 m, 有效厚度 4.8 m, 投产初期日产油 17 t, 含水 54.1%, 获得较好的开采效果。纵向上该类砂体表现为多段水淹, 水淹厚度较大, 驱油效率较辫状砂低一些。

2.3 分流河道砂体

该类砂体以侧向加积为主, 砂体形状窄而长, 曲率变大, 渗透率呈现出明显的方向性。厚度一般为 3~7 m, 粒度变细, 渗透率降低, 一般为 $500 \times 10^{-3} \sim 2000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 层内非均质性没有曲流河严重, 但平面上具强非均质性, 相突变部位极易造成注采不完善, 因此剩余油主要存在于河道的突出部位及河道边部的薄差层中, 如中区西部的 PI 1 层, 中 355-4 井正在河道边部的突出部位, 该部位是剩余油富集的可利部位。射开砂岩厚度 4.5 m, 有效厚度 3.8 m, 投产后初期产油 22 t, 含水 36%; 该类砂体纵向上由于层内有较好的均质性, 水淹程度较高, 如喇 7-检 1320 井的 PI 5-7 层, 砂岩厚度 6.3 m, 有效厚度 6.2 m, 水淹厚度 95.2%, 驱油效率 41.3%。

2.4 分流间砂体

主要指天然堤、河漫滩、决口小河道等砂体, 它们主要分布在河间及分流间地区, 以垂向加积为

主,粒度细,渗透率低,厚度薄,多在2 m以下,纵向上较均匀。由于这类砂体物性相对较差,而且平面上常与主体河道并存,所以平面非均质严重,注入水主要沿河道砂体推进,在井网较稀情况下,这类砂体极易形成剩余油。

2.5 水下分流砂体

为一种顺直型的垂向加积的河道砂体,这类砂体一般较窄,且多为断续分布,有时为不规则坨状。厚度为1~5 m,一般为正旋回或均质层状,粒度是所有河流相砂体中最细的,因此渗透率较低。由于该类砂体较窄,往往井网加密后才能钻遇到,在井网较稀的条件下,原井网一般很难控制,从而易形成剩余油。如中区西部SⅡ₄¹层,中341-检7井正处在水下分流砂体中,由于砂体窄,原井网没有钻遇,该层砂岩厚度3.5 m,有效厚度1.7 m,检查井分析结果表明为弱水洗。

2.6 三角洲前缘席状砂体

三角洲前缘相砂体为垂向加积作用的产物,平面上砂体大面积分布,局部可见较厚的砂体,该类砂体单层厚度小于2 m,粒度细,渗透率低,多为反韵律或复合韵律,根据砂体发育状况和位置的差异又分为内前缘席状砂与外前缘席状砂两种。

2.6.1 内前缘席状砂

该类砂体处在河口区,受河流及湖浪的双重作用,从而形成一些坨状、较厚的水下分流河道砂体或河口坝砂体。尽管这类砂体平面上分布稳定,连通较好,注采井网一般易于控制,但该类砂体由于平面非均质性比较强,从而造成平面上水淹极不均

匀,水淹部位主要是那些厚度大,物性相对较好的部位;如中区西部的PI 8²层,大面积薄层席状砂中间发育有一定数量的坨状河口砂体,这部分砂体已完全水淹,剩余油主要存在于其周围的薄层中。

2.6.2 外前缘席状砂

分布在离河口远的地区,分布范围广,层位稳定,厚度小,粒度最细,局部偶尔可见一些较厚的砂体。由于该类砂体厚度薄,物性差,在井网较稀的条件下,即使注采完善,油层原油也很难被驱动,如北二东的高台子第一油层组的第20小层中的第2个砂体(GI 20²),由于其物性差,剩余油成片分布。检查井的水洗资料统计表明:该类砂体水洗层数占钻遇层数的15.0%左右,而这些水洗层中主要以中水洗为主。

3 小结

每种砂体并不是孤立存在的,它们经常是几种沉积类型砂体同时伴生,在注采完善条件下,注入水总是沿那些物性相对较好的砂体推进,剩余油主要存在于物性差或注采不完善的部位,而且针对不同类型砂体存在的剩余油,挖潜措施也不尽相同,曲流河及辫状河等的剩余油主要存在油层内部,可采用三次采油方式来挖潜;而对于分流间砂体及三角洲前缘砂体,剩余油主要存在于平面油层物性差的部位,所以只能用三次加密方式来挖潜。

参 考 文 献

- 1 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

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS AND CONTROLLED FACTORS OF RESIDUAL OILS IN DAQING OILFIELD

Wei Jide¹ Du Qinglong³ Lin Chunming¹ Zhang Tongyi²

(1. Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing; 2. Daqing Research Institute of Oil Recovery Technique, Daqing, Heilongjiang; 3. Daqing Petroleum Administration, Daqing, Heilongjiang)

Abstract: The test results of three dense well net regions in Daqing Oilfields indicate that sedimentary microfacies is the main factor influencing the planar distribution of residual oil. In large channel sand bodies, the residual oil is mainly distributed in the places with poor physical property; in distributary channel sand bodies, the oil is usually preserved in thin sand laminae and sand lens. The top part of thick oil horizon favours the enrichment of residual oil, and exploration factor also has some influence on the distribution of residual oil.

Key Words: residual oil; sedimentary microfacies; sand body; distribution; Daqing Oilfields