

# 动态法在评估油藏剩余经济可采储量中的应用

孙晓静

辽河油田培训中心

DOI:10.12238/jpm.v3i7.5080

**[摘要]** A油田于七十年代初勘探,八九十年代进入滚动勘探开发阶段,截至2012年12月,A油田经过了一次开发上的重大调整,并经历了天然能量开发、注水稳产、一次加密调整及产量递减4个阶段,上报过两个区块的探明储量。油层物性好,属中高渗油藏,目前处于低速开采期,产量保持相对稳定,但是产量递减是必然趋势,采用动态法评估分析A油田的剩余经济可采储量。

**[关键词]** A油田; 勘探开发历程; 储量动态评估; 评估参数选取; 动态评估法

**中图分类号:** TD41 **文献标识码:** A

Application of Dynamic Method in Evaluation of residual economically recoverable oil reserves

Xiaojing Sun

Liaohu Oilfield Training Center

**[Abstract]** A oilfield was explored in the early 1970s, and entered the rolling exploration and development stage in the 1980s and 1990s. As of December 2012, A oilfield has undergone a major development adjustment, and experienced four stages: natural energy development, water injection and steady production, one encryption adjustment and output reduction, and reported the proved reserves of two blocks. The oil layer has good material properties and belongs to a medium and high seepage reservoir. At present, it is in the low-speed mining period, and the output remains relatively stable, but the output decline is an inevitable trend. The dynamic method is used to evaluate and analyze the remaining economic recoverable reserves of A oil field.

**[Key words]** A oil field; exploration and development process; dynamic evaluation of reserves; evaluation parameter selection; dynamic evaluation method

## 1 概况

A油田位于H盆地C凹陷南部断阶带的中段,为夹持于I、II号断层之间,为一受古隆起影响和断层控制的断块构造。70年度初期,原地矿部第五普勘探大队曾在A地区钻“东”字号探井7口,其中5口井位于A北侧的B断块,2口位于A油田范围内,但已在目前发现的含油面积之外,断块上曾有3口井在三垛组一段中试获少量原油,未达工业标准。1989-1990年,分公司在H凹陷开展三维地震工作,发现了A构造。1991年2月,首先在B断块部署QK2井,发现三层油砂、油浸细砂岩,累计厚13.4m,经测试,结果为含油水层。1992年5月,在A构造上部部署K5井,揭示60.4m油砂,经测试获得最高日产33.77t(二段)-56.58t(一段)的工业油流。从而,A油田开始进入滚动勘探、开发阶段。A油田被一总体格局北倾,北西轴向,西陡东缓,后经南西西向的内部分块断层切割成南、北两个主体断块,北断块叫做ZIII断块,南断块叫做ZIV断块。截止2005年12月,A油田上报过2个区块的探明储量,合计探明含油面积1.21km<sup>2</sup>,地质储量250×10<sup>4</sup>t,标定可采储量84.26×10<sup>4</sup>t,采收率为33.7%。

## 2 地质特征

### 2.1 油层组特征

根据本区含油层段的岩性组合,含油性及电性特征,自上而下共分为三个油层组:第一油层组位于三垛组一段中上部泥岩夹砂岩段中,厚度20.7-39.8m,由2个砂体组成;第二油层组位于三垛组一段下部的底块砂岩中,厚度42.5-87.4m,由11个砂体组成;第三油层组位于戴南组二段上、下砂组中,厚度40-97.0m,由5个砂体组成。

### 2.2 油层物性好,属中高渗透层

根据岩心分析及测井解释资料,进行储层分析,测定垛一段平均孔隙度22%,空气渗透率5.2-5862.31×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>;戴二段平均孔隙度25.19%,平均空气渗透率0.97-6042.56×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>,属中高孔渗储层,储集性能中等-较好。

### 2.3 油藏性质

A油田所产原油为稠油,特点为高含蜡、高凝固点、低-中含硫、低饱和的特点。原油密度:0.8839-0.9308g/cm<sup>3</sup>,凝固点:21-36℃。但不同断块及不同层位原油性质有差异,戴南组原油

性质好于三垛组,同一含油层系内高部位好于低部位。地层水性各断块之间及不同层位间差别不大,水型为 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,PH值在7.52-9.24,属于弱碱性油田水,矿化度17.23-25.19g/l。A油田地温梯度为3.24-3.86 $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ,垛一段油藏原始地层压力接近静水柱压力,为15.74-16.48MPa,压力系数为1.014,属正常温度压力系统。

### 3 开发历程

1992年12月,在A构造的南断块(ZIV)的K5井,揭示60.4m油层,经测试获得最高日产33.77t(二段)-56.58t(一段)的工业油流,由此发现了A油田,并进入了油气滚动勘探、开发阶段。截至2012年12月,A油田经过了一次开发上的重大调整,并经历了天然能量开发、注水稳产、一次加密调整及产量递减4个阶段:

(1)产能建设阶段(1992年12月-1995年2月):投入开发井8口,建成基础井网,到1994年底建成年产油 $3.7 \times 10^4\text{t}$ 的产能规模,以弹性-弱边水能量开发,地层能量亏空严重。

(2)注水稳产开发阶段(1995年3月-2002年9月):先后有3口井注水补充地层能量,油田以2%以上的采油速度稳产开发,年产油保持在 $(3.81-4.8) \times 10^4\text{t}$ 。油田采取边缘注水方式,注水井均位于在油藏的西部,不能满足整个油田发展的需要,没有解决油藏中部高断块及北断块的能量补充问题,1999年开始,原油产量呈现缓慢递减的趋势。

(3)井网加密调整阶段(2002年10月-2006年1月):部署加密调整、更新井21口,延长了油田的稳产期,本阶段油田年产油 $(4.17-3.06) \times 10^4\text{t}$ 。

(4)产量递减阶段(2006年2月-2015年12月):ZIV断块经过14年注水开发后,2006年2月综合含水达81%,进入高含水开发期,产量递减快。本阶段主要依靠提液、高含水井侧钻控制产量递减,但由于含水率大于95%的高含水低效井增多,频繁调层生产,使地下油水关系变得十分复杂,剩余油呈高度分散状态,原油产量出现了总递减趋势,稳产难度较大,到2016年9月,采出程度达36.15%,采油速度0.58%,综合含水90.8%,自然递减率9.16%。2016年,在洲20井开展2C吞吐试验,增油效果明显。随后在洲18小井距注采井组中实施2C驱油试验,对应油井洲20受效增油明显。通过室内试验及油藏工程参数优化,编制了《洲IV断块垛一段油藏“2C”提高采收率方案》,同时结合高耗水带问题实施泥浆、粉煤灰浆调驱,实施4口2C注水井,建立了6注11采注采井网,对应的洲20、洲1等井受效增油,当年累计增油3000余吨。2017年初2C驱效果下降,2017年3月4口2C驱替井关停。2017年7月在洲18井尝试了新一轮2C驱,但是对应油井无增油。

### 4 油气田开发现状

截至2021年底,全油田共有采油井15口,开井8口,开井率53%;日产油水平22.1t/d,综合含水92.5%,油田自然递减率7.95%,综合递减率7.95%,平均单井日产油2.76t/d。注水井7口,开井7口,日注水369.44 $\text{m}^3$ ,平均单井日注水52.78 $\text{m}^3$ ,月注采比0.94。油田累产油 $69.26 \times 10^4\text{t}$ ,产水 $225.98 \times 10^4\text{t}$ ,累计注水 $335.34 \times 10^4\text{m}^3$ ,累计注采比1.1;采油速度0.37%;地质储量采出程度33.3%,可采

储量采出程度87.6%,剩余可采储量 $9.8 \times 10^4\text{t}$ 。

## 5 储量评估

### 5.1 开发规律分析

A油田注水开发时间较长,从产量与时间的关系曲线来看,具有明显的递减规律(2003-2015年),A油田不断进行剩余油饱和度研究,通过新钻调整井、封堵高含水层、对部分层段补孔,提高储量动用程度、改变注水方向、提高注水波及系数等综合调整,还是不能控制产量递减。目前处于低速开采期,产量保持相对稳定,但是产量递减是必然趋势,因此适合采用动态法评估。

### 5.2 评估方法

SEC储量动态评估方法由五种,为递减法、类比法、容积法、物质平衡法和油藏模拟法。

(1)递减法:要求油藏至少投入开发半年以后且递减趋势较为明显,若油田或区块开发时间长且处于开发中后期,使用该方法效果最好。根据历史动态趋势预测未来产量,储量直接与产量相关,储量是时间或累计产量的函数。常用的递减类型有3种,分别为指数递减、双曲递减、调和递减。

(2)类比法:用于油田或区块开发初期或未开发油藏,通过类比已知成熟油藏开发过程来预测目标油藏的动态。在油田开发早期,由于没有确切的地质和开发动态资料,类比法是最为常用和有效的方法。

(3)容积法:用于油田开发早期或初期,以地质资料为依据,是油田开始开发之前较好的一种方法,通常和类比法结合使用。

(4)物质平衡法:用于可采储量采出程度在10%~70%的油气藏,与容积法一起使用预测油气地质储量。使用该方法必须掌握准确的油藏静压和产量数据,对于强水驱油气藏,当压力变化较小时或特低渗透和非均质性较强的油气藏不适用。SEC储量评估时一般不采用该方法。

(5)油藏模拟法:在任何阶段都可使用,但是只有历史数据拟合程度较高时,采用与储量评估。一般情况下不直接用于证实储量的评估中。

SEC储量动态评估方法中一般采用递减法、类比法、容积法或相结合使用,这几种方法具有简单可操作性强,产量在经济参数(油价、税费、操作成本等)的约束下,通过与时间的关系可得出预测的产量、经济年限和储量的净现值等参数。

### 5.3 评估参数选取依据

A油田采用注水开发方式开采,虽然进行了老区综合调整治理,但是仍然不能控制产量递减的趋势,因此,选择油井开井数相对稳定的时间段的月产油量递减阶段进行递减率预测。通过开发数据预测递减率作为储量评估的递减率,2003-2015年产油量有明显递减规律,利用OGRE软件,拟合该时间段的开发数据得到递减率规律,递减率取值11.1%(如图1)。

目标油田已开发30年,动态资料相对丰富,从生产曲线来看,开发规律性强,目前综合含水92.5%,油田已进入中后期,随着近两年的2C驱替效果显现,产量趋于平缓,初产较上年末减少了86.01t/m,EUR与上年末基本保持稳定,根据SEC准则,递减率沿

用11.1%, 初始产量采用年末实际产量659.79t, 按现有递减规律进行产量预测(图2)。

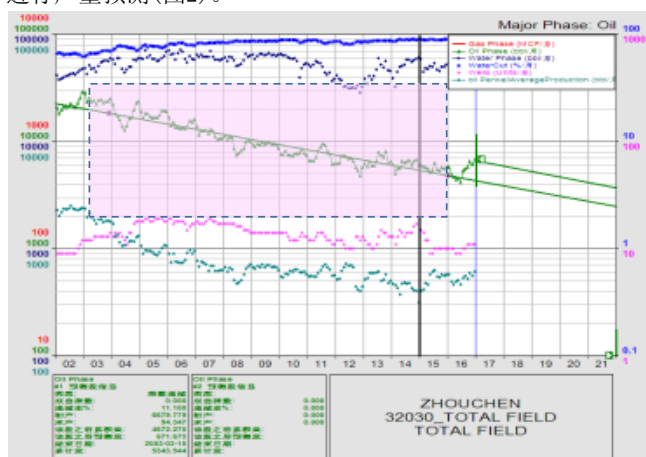


图1 A油田递减拟合段

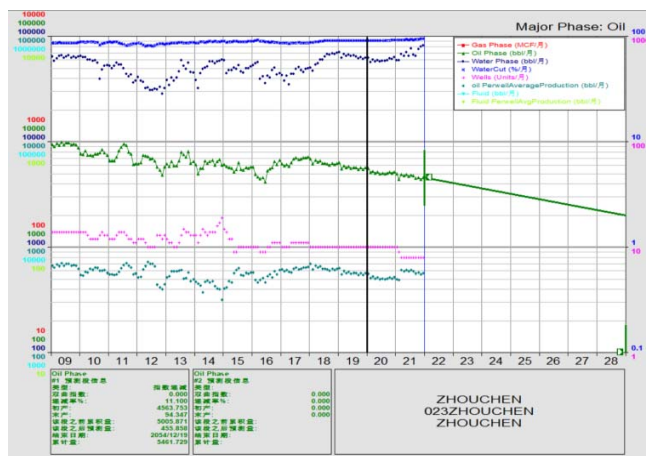


图2 A油田产量预测图

### 5.4经济参数选取

2021年A油田的油价为3287元/吨(不含税价), 按照吨桶比7.1646和汇率为6.4515折算为70.11\$/bbl。总操作成本为32961 × 10<sup>4</sup>¥, 总操作成本根据55%、45%的比例劈分为固定成本和可变成本, 在用可变成本除以当年的年产量得到单位可变成本。

### 5.5评估结果及合理性分析

利用OGRE软件, 将各项参数输入, 计算剩余经济可采储量0.319MMBBL, (4.45 × 10<sup>4</sup>t), 累计产油68.45 × 10<sup>4</sup>t, 则经济可采储量为72.9 × 10<sup>4</sup>t。目前国内计算的经济可采为75.59 × 10<sup>4</sup>t, 两者非常接近, 绝对误差2.69 × 10<sup>4</sup>t, 相对误差3.6%, 说明评估结果相对可靠。

### [参考文献]

[1]贾承造.美国SEC油气储量评估方法[M].北京:石油工业出版社,2004.

[2]Arps JJ.Analysis of Decline Curves.AIME(1945).

[3]王树华,魏萍.SEC储量动态评估与分析[J].油气地质与采收率,2012,19(2):93-94.

[4]张玲,魏萍,肖席珍.SEC储量评估特点及影响因素[J].石油与天然气地质,2011,32(2):33-34.

[5]尚明忠.用SEC标准进行储量评估应注意的主要问题[J].油气地质与采收率,2005,12(1):49-51.

[6]郭齐军.对油田剩余经济可采储量及评估的讨论——以东辛油田为例[J].石油与天然气地质,2003,24(3):309-312.

[7]黄学斌,曾小阳,杨园园,等.储量动态评估方法及影响因素分析[J].油气地质与采收率,2003,10(2):11.