

# 相关决策技术在油藏动态调整中的应用

牛雪莲 马奇祥 顿金婷

(中原油田分公司采油工程技术研究院)

**摘要** 相关决策技术是利用油藏所有油水井生产参数相关关系的变化规律来反映油藏开发生产过程中的动态特征。将油藏作为一个整体,利用油水井生产参数的变化规律来建立若干个动态分析模型,进而评价油藏的开发效果。并且直接应用 Oracle 数据库的现有数据,使数据的来源准确可靠,并随着现场动态数据的更新而自动添加。通过对中原油田采油三厂马寨油田卫 95 北块 32 口油水井开发过程中的建模计算,结果与实际生产较吻合,符合率在 95% 以上,从而为油田下一步实施油水井措施、开发方案调整等决策提供科学的依据。

**关键词** 相关决策技术 生产参数 数学模型 注水开发

以区块为单元的油藏综合治理与调整在中原油田开发中已取得了良好的效果。然而,随着开发时间的延续,调整的潜力越来越小,生产成本也需进一步压缩,如何挖掘现有生产油层的潜力,提高油田注水开发效益及储量动用程度,增加水驱油效果,提高最终采收率是现实生产中的关键,而相关决策技术能从宏观上指导油田的生产管理及动态调整。

由相关决策理论<sup>[1]</sup>可知,油田开发是通过单井、井间、水驱油关系的描述将油藏与地面建立某种关系,分析地面上获得的信息,如油田的生产特征参数(产油量、产水量、含水率等)和注入井的注水量,确定油藏系统注入与产出的相关程度,反映出系统内部的诸多信息,从而使人的主观能动性得到更好的发挥,合理的管理和利用油藏。

## 1 模型建立

### 1.1 研究基础

相关决策技术分析方法解决问题的关键是查明井间是否存在干扰,干扰程度有多大。因此,把油田单井产液量、产油量等作为研究分析的基础;根据原始资料,计算地面各生产参数间的相关系数,诊断相应的干扰程度。这种方法可以不考虑用传统的统计方法叠加到初始所选资料的某些限制,可以从现有的资料中获取大量的信息,从而提供了与现场实际效果统筹考虑的可靠性。

根据相关分析的基本原理,客观存在的各种现象之间的相互联系,都可以表现为一定的数量关系,下面给出任意 2 个变量之间的等级相关系数公式<sup>[2]</sup>:

设有 2 组变量  $V$ 、 $W$ (如产油量、产水量),每组变量有  $n$  个等级数目。

变量  $V$  的等级顺序为:  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ ; 变量  $W$  的等级顺序为:  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ ; 变量  $V$  与变量  $W$  的等级之差为:  $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ 。

省略推导过程,得相关系数  $r$  的基本公式:

$$r = 1 - \frac{6 \sum_{k=1}^n (V_k - W_k)^2}{n^3 - n}$$

### 1.2 模型建立

本方法运用油田开发动态系统分析方法,利用油井的产液量、产油量和注水井的注入量、注入压力等参数<sup>[3]</sup>来分析油藏动态,建立 3 个模型:单井生产参数相关模型、井间干扰模型、水驱油模型。运用单井生产参数相关模型描述油液之间的密切程度,计算出油液相关系数,从而评价单井的生产状况,系数越大,说明产液量与产油量相关越

收稿日期 2000-01-02

第一作者简介 牛雪莲,女,1969年生,助理工程师,1990年毕业于中原石油学校采油专业,现在中原油田分公司采油工程技术研究院工作,地址(457001):河南省濮阳市,电话:(0393)4890021。

大,这时,提高产液量,产油量的增长速度与它基本保持一致;反之,提高产液量反而会使产油量下降。运用井间干扰模型描述某油井产油量与周围油井产量间的干扰程度,计算出井间干扰系数,对油井间的相互作用进行评价,划分出强弱排油区,井间干扰系数越大,运用程度越高。运用水驱油模型描述周围水井的累积注水量与某油井累积产油量之间的相互关系,计算出水驱油系数,对水驱油状况进行评价,在平面上划分出不同的水驱油状况分布。软件系统与 Oracle 数据库接轨,并能使相关分析模型随数据库数据的更新而更新,随时对油藏系统进行动态监测。

## 2 现场应用

该技术已成功地运用于中原油田采油三厂及采油六厂,下面以采油三厂马寨油田卫 95 北块进行分析。

卫 95 北块于 1989 年 6 月投入开发,截止 1999 年 6 月底,共有油水井 66 口,其中油井 32 口,综合含水 86.9%。为了完善注采井网,强化注采管理,调整注水产液结构,增加可采储量,控制含水上升速度和产量递减速度,进一步提高油藏开发水平,决定采用相关决策技术对其生产动态进行描述,以评价马寨油田卫 95 北块的开发效果。

### 2.1 井间干扰分析

首先借助干扰分析模型来确定井与井之间是否存在干扰,从而确定出油藏弱排油区、死油区及强相关区的排油强度,得出需要加强或限制排液等结论,指导部署注水采油的合理工作制度。

卫 95 北块以西南部和东北部干扰系数稍大,反映动用程度较高,其中 95-82、95-63、95-88、95-137、95-12 等油井动用程度最好,为强排油区,西南部向东北方向 95-86、95-40、95-38 等井区逐渐过渡为弱排油区,北东区由 95-12、95-137 等高点向西南变弱,中部 95-131、95-30 附近的井区为动用极差区,向其四周动用程度稍有增加(见图 1)。总之,卫 95 北块中部动用程度低,剩余油较富集,在以后的生产措施中应注意挖潜这些区域的泄油能力。

### 2.2 注入与产出状况分析

通过井间干扰分析得出了油藏泄油程度和特

点,但对油藏作出全面、可靠的决策还不够充分,还应找出造成这些现象的原因,即找出注水井的水驱能力与水驱效果。为了查明水线方向和水驱动用情况,了解地下流体的分布状态,对卫 95 北块的水驱特征进行了分析,利用假定相关模型计算井组的累积注入量与累积产出量之间的相关系数,其大小反映了注入与产出之间的密切程度。

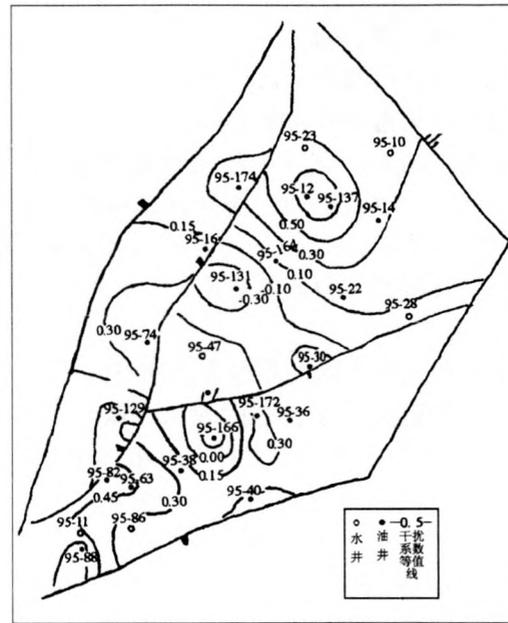


图 1 卫 95 北块井间产油量干扰图

从北块水驱油相关系数图(见图 2)上可看出,东北部 95-137、95-22、95-174、95-164 井区及西部 95-40、95-86、95-36、95-38 井区水驱油能力强,水驱效果好,流体之间的沟通好,为注水见效区。而中部 95-82、95-129、95-74、95-131 井区驱油效果差,这与上面的井间干扰分析结果相一致,即北块中部驱油效果差,动用程度较低,剩余油富集,从而也找出了动用程度低的原因,地层非均质的影响使中部水驱能力弱、水驱效果差,建议结合沉积相等静态资料,进一步找出水驱能力弱的原因,从而有针对性地实施挖潜措施。

### 2.3 单井生产参数相关分析

以上分析了地层排油程度,找出了微弱泄油区、滞留区、注水见效区,还要进一步分析各单井的生产动态,判断哪些井适合挖潜及提液,哪些井应限采或停采,指导区块综合治理。

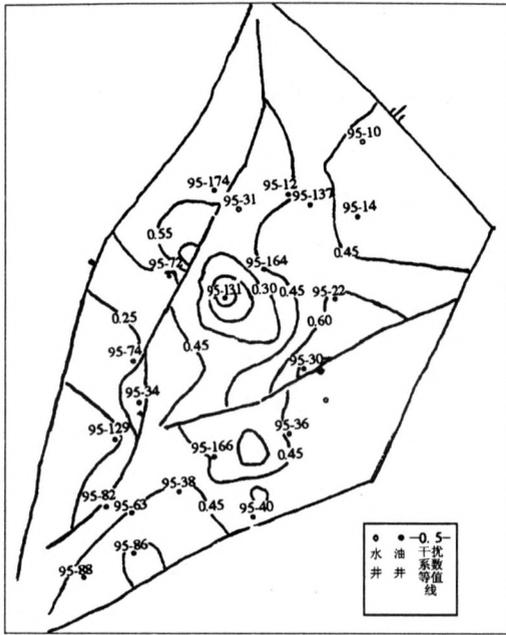


图2 卫95北块注水量与产油量关系图

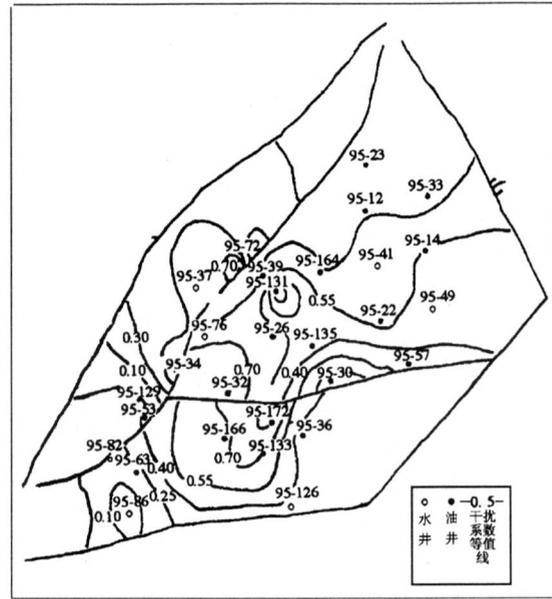


图3 卫95北块单井产油量与产液量关系图

从单井油液相关系数图(见图3)上可看出,除95-131、95-30、95-129、95-86、95-53等井及其附近井区油液相关系数低外,其它大多数井的值均较大,故95-32、95-172、95-33、95-72、95-39、95-34、95-164、95-12、95-26、95-22、95-14、95-166、95-133、95-135等井都可以考虑强化采液,而95-30、95-36、95-63、95-86、95-131、95-129、95-82、95-53井及其附近井区需考虑限制采液。

95-166井于1998年9月将 $\varnothing 38$ 泵升级为 $\varnothing 44$ 泵提液后,产油量由3.4 t增加到5.2 t,含水由84%下降到68%,与分析结果相符。

95-53井分析结果应限采。在1998年6月泵升级后,产量下降,含水有所上升,充分证明了95-53井不能提液,需限采。

以上分析结果和卫95北块1998年措施井效果统计资料进行对比分析,两者的符合率在90%以上,说明了相关决策技术对油田生产具有重要的指导意义。

### 3 结论和认识

- a) 卫95北块中部水驱能力弱,驱油效果差。
- b) 绝大多数井的干扰相关系数小,说明油藏动用不均,非均质性较强,动用程度较低。
- c) 卫95北块大部分井的油液相关系数较小,表明大部分井不适合提液生产,而应以调剖堵水为中心,进行控水稳油综合治理。
- d) 如果把产量劈分到层,则可做出分层相关系数图,使分析评价更加准确。
- e) 分析结果与卫95北块实际情况较为吻合,对油田开发具有重要的指导意义。

#### 参 考 文 献

- 1 王波译. 解决油藏水动力学调整问题的系统方法. 油气田开发工程译丛, 1991, (5)
- 2 伏敏, 刘黛娥, 赵国瑜. 油田动态中的相关分析方法. 断块油气田, 2000, 7(5)
- 3 王凤琴, 薛中天. 利用系统分析方法评价注水开发油田的水驱效果. 断块油气田, 1998, 5(3)

(编辑 刘新玲)