

面向油田中长期开发规划的决策支持系统

马 丽

(西华师范大学 商学院,四川 南充 637002)

摘 要:所提出的油田中长期开发规划决策支持系统DevTarget,通过构建和使用开发指标预测模型库及开发规划模型,可以为油田开发规划工作提供决策支持。该系统已在某东部油田得到应用并显示出较高的预测质量。

关键词:油田;开发指标;预测模型;开发规划;决策支持系统

中图分类号:TP311.52

文献标识码:A

文章编号:1672-7800(2009)03-0093-03

1 开发指标预测模型

本系统首先需要在全面研究油田开发指标预测方法的基础上,建立油田开发指标预测模型库。开发指标预测模型库由若干开发指标预测模型所构成。目前,在油田产量预测中使用最为广泛也是最常见的预测方法当属生长曲线法。因为油田的产能规律变化一般为递减规律,与生物体的生命周期过程极为类似。因此,人们用各类生长曲线的规律来模拟和预测油田产量的变化规律,也就成为一种必然的选择。由于油田类型的多样性与复杂性,目前用于油田产量预测的生长曲线预测方法种类也非常多。

生长曲线模型的最大特点是能较好地模拟油田产量的变化,适用于油田整个产量期的产量预测。并根据不同油田区块或单井的具体情况预测参数调整,以提高油田产量预测的精度。但模型中参数的确定很困难,难以用手工计算求解,尤其是模型中参数较多(例如超过2个以上参数)时,必须借助计算数学的插值、试差法等方法及编制计算软件才能求解。同时,在实际应用中需要充分分析和考虑各个模型的适用性与局限性。例如,HCZ模型特别适合我国目前油田开发现状;Logistic预测模型适合于油田开发递减阶段;Raleigh预测模型适合于已经出现最高产量的油田开发;Weibull预测模型和对数正态分布模型适合于全过程预测油田开发指标。

根据多次油田产量历史数据拟合实验的分析结果,在Dev-Target中选择并编程实现了12种预测模型来构建开发指标预测模型库。这12种预测模型及其参数描述如表1所示。

开发指标预测的基本流程可描述如下(流程图如图1所示):

(1) 用户在屏幕上输入用于历史数据处理的油田/单井产油量数据起止时间(以月、年作为时间单位)、油田/单井名称、开发指标等基本参数;

(2) 选择表1预测模型中的一种(即“用户自选”)或者由系统自行通过求解计算找出拟合效果最好的相应预测模型(即“系统自选”),然后基于所选定的预测参数完成预测计算;

(3) 在窗口显示预测结果的相关系数(便于用户查看和选择拟合度最高的预测结果)、预测数据与实际数据的数据对比表以及相应的曲线对比图,并可将数据和图形输出到Microsoft Excel文件方便用户在Excel中进行更多的编辑操作。

(4) 用户可通过调整预测参数设置及重新选择预测模型来重新进行开发指标预测。

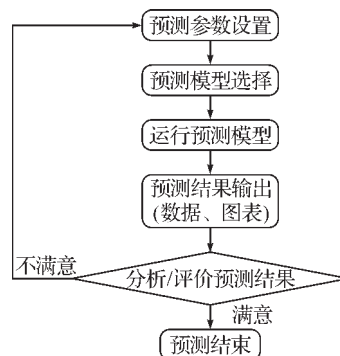


图1 开发指标预测的基本流程

2 开发规划模型

经过多年开发的老油田,目前大都面临着后备储量不足、含水上升、产量递减的问题,生产经营形势十分严峻。如何尽快使老油田实现经济开发,是油田企业面临的现实问题。开发规划的目标就是提高油田生产经营活动的经济效益,降低开发成本,做到投入少、产出多。因此,DevTarget系统针对油田生产实际情况,建立了相应的开发规划模型。

2.1 约束条件

$$(1) \text{产量约束: } \sum_{i=1}^n x_i \geq x_T$$

表1 开发指标预测模型

模型名称	模型表达式	参数描述
广义翁氏预测模型	$Q=at^b e^{-(at^c)}$	Q: 油田产量 t: 生产时间 a, b, c: 模型常数
威布尔(Weibull)预测模型	$Q=\frac{N_R\alpha}{\beta}t^{\alpha-1}e^{-(t^\alpha/\beta)}$	Q: 油田年产量 NR: 可采储量; t: 油田开发时间 α, β : 模型常数
逻辑斯谛(Logistic)预测模型	$Q=\frac{acN_R e^{-at}}{(1-ce^{-at})^2}$	Q: 油田年产量 NR: 可采储量 t: 开发年限 a, c: 模型常数
对数正态分布预测模型	$Q=\frac{N_R}{\sqrt{2\pi}\beta} \frac{1}{t} e^{-(\ln t - \alpha)^2 / 2\beta^2}$	Q: 油田产量 NR: 可采储量 t: 油田开发时间 α, β : 模型常数
瑞利(Raleigh)预测模型	$Q=\frac{N_R}{C^2} t e^{-(t^2/2C^2)}$	Q: 某生产时间 t 的产量 NR: 可采储量 t: 生产时间 C: 最高年产量发生时间
HCZ 模型	$Q=aN_R e^{(-\frac{a}{b}e^{-bt}-bt)}$	Q: 油田产量 NR: 可采储量 t: 生产时间 a, b: 模型参数
Γ 模型	$Q=\frac{2b^a N_R}{\Gamma(a)} t^{2a-1} e^{-bt^2}$	Q: 油田产量 NR: 可采储量 t: 生产时间 a, b: 模型常数
递减曲线模型	$Q=q(1-\frac{a}{b}t)^{(\frac{1-a}{b})}$	Q: 油田产量 q: 上年度油田产量 t: 生产时间 a, b: 模型常数
甲型水驱曲线模型	$lgW_p=a+bN_p$	a, b: 模型参数 fw: 含水率
乙型水驱曲线模型	$lgL_p=a+bN_p$	Np: 累计产油量 Wp: 累计产水量
丙型水驱曲线模型	$L_p/N_p=a+bL_p$	
丁型水驱曲线模型	$L_p/N_p=a+bW_p$	

其中, x_i 为第 i 项产油量, x_T 为最低目标产量。产量约束用于保证油田的现有 n 项产油量之和不得低于最低目标产量。

(2)成本费用约束: $C_1X_1 + \sum_{j=2}^n C_j(x_j) \leq C_T$

其中, C_jx_j 为第 i 项产油量成本费用, C_T 为总目标成本。成本费用约束用于保证油田的产油成本不得高于最高预算成本。

(3)生产能力约束: $X_{j0} \leq x_j \leq x_{j1}$

其中, X_{j0} 为第 j 项措施最低工作量, x_{j1} 为第 j 项措施生产能力上限。生产能力约束用于保证油田的各项产油措施工作量保持在合适的范围之内。

(4)产量非负要求: $x_i \geq 0$

其中, x_i 为第 i 项产油量。产量非负要求用于保证模型求解结果的各项产油量不得为负数。

2.2 目标函数

开发规划模型的目标函数将利润最大化作为规划的总体目标,综合考虑了利润、产量、成本、生产能力等因素,可合理规划油田未来开发产量。DevTarget系统设计了两个开发规划模型:年度开发规划模型、五年开发规划模型。年度开发规划模型的目标函数如下:

$$\text{Max}X=p \cdot \lambda \cdot \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n X_i C_{1i} - C_{12} - (C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + t) \sum_{i=1}^n X_i$$

目标函数中的参数描述如下:

X——利润(元)

p——原油价格(元/吨)

λ ——商品率(%)

C_{1i} ——第 i 项产量的单位成本(元/吨)

C_{12} ——折旧总额(元),即:总井数(口) × 单井年折旧(元/口)

C_2 ——单位管理费用(元/吨)

C_3 ——单位财务费用(元/吨)

C_4 ——单位勘探费用(元/吨)

C_5 ——单位销售费用(元/吨)

t ——单位产量税率(元/吨)

五年开发规划模型与年度开发规划模型类似,只是将产量变量及折旧总额增加至五年:

$$\text{Max}X=p \cdot \lambda \cdot \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^5 X_{ij} - \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^5 X_{ij} C_{1i} - C_{12} - (C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + t) \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^5 X_{ij}$$

2.3 开发规划数据库

根据开发规划模型的要求,本系统设计了相应的开发规划数据库,共由14张Oracle数据库表组成(包括开发规划参数表、技术经济指标表、油田基础参数表、开发计划部署表、产能建设数据表、产量构成表等),并按照系统使用人员的不同级别设置

对应的操作权限。

3 DevTarget系统的实现

3.1 系统功能

DevTarget系统包括主要系统管理、开发指标预测、开发规划3个功能模块,如图2所示。其中,系统可预测的开发指标包括年产油量、最高年产量、发生年份、可采储量、累积产量、含水率等。

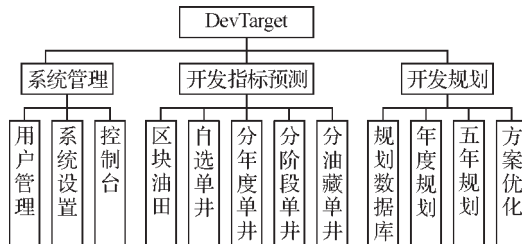


图2 DevTarget功能结构

在“系统管理”子系统中,管理员可对系统用户的资料信息进行检索、浏览、增加、删除、修改等操作,以及赋予用户不同的数据操作权限。

在“开发指标预测”子系统中,用户可以选择“系统自选”或“用户自选”模式以确定合适的预测模型,然后选择区块油田、任意单井、某年度单井、某时间段单井或某类油藏单井进行相应的开发指标预测。

在“开发规划”子系统中,用户可先设计年度规划方案或者五年规划方案(规划基础数据及相应的参数值均由开发规划数

数据库保存),然后对这些方案进行优化求解。若当前规划方案不可行,则系统将弹出对话框提示用户修改方案设置。

3.2 系统实现

DevTarget系统运行于Windows 2000/XP及以上版本操作系统,其系统结构采用C/S架构,程序设计语言采用PowerBuilder 9.0,后台数据库采用Oracle 9i,数据库建模工具采用PowerDesigner 9.5。限于论文篇幅,下面仅给出DevTarget的“油田开发指

标预测”、“分年度单井开发指标预测”运行界面,分别如图3、4所示。可以看到,DevTarget得出的预测产量数据曲线与实际产量数据曲线拟合程度很高,这表明DevTarget系统具有较高的预测质量。

对于系统计算出的所有预测结果,用户均可点击“预测结果输出...”按钮将结果数据和统计图形传到Microsoft Excel中,以方便完成进一步的数据报表处理和加工。

4 结束语

随着国际原油产销市场竞争的日益激烈,如何制定科学合理的油田企业中长期开发规划方案,是当前油田企业迎接挑战并生存壮大所面临的核心问题之一。传统开发指标预测及开发规划所采用的手工操作、经验判断等手段过于粗略,已不能适应当前油田企业开发规划的要求。DevTarget是一个面向油田企业中长期开发规划的决策支持系统,内建了丰富的开发指标预测模型及科学的开发规划模型,已在某东部油田得到实际应用并显示出较高的预测质量。未来的研究内容主要是扩充完善开发指标预测模型,以进一步提高DevTarget系统针对各类型油田的实用性。

参考文献:

[1] 陈元千,袁自学.预测油气田产量和可采储量的新模型[J].石油学报,1997(2).

[2] 胡建国,姚蕃珍,屈雪峰.预测油气田产量的广义模型[J].石油学报,1999(1).

[3] 邢明海,陈祥光,王渝.基于人工神经网络组合预测油田产量[J].计算机仿真,2004(5).

[4] 王涛,陈祥光,李宇峰.油田产量多变量预测模型的优化[J].计算机仿真,2006(2).

[5] 李宇峰,陈祥光.油田产量预测系统的研制[J].微计算机信息,2006(2).

(责任编辑:卓 光)

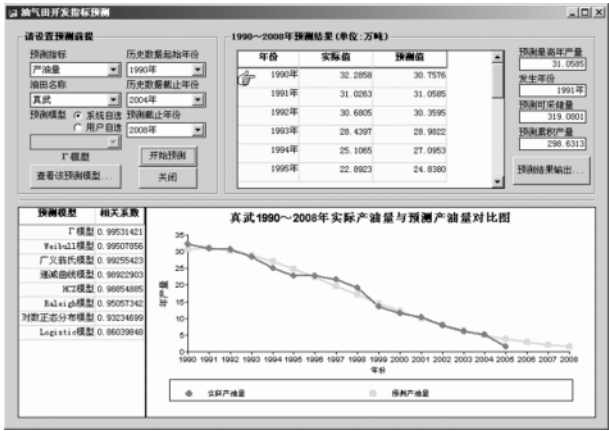


图3 油田开发指标预测界面

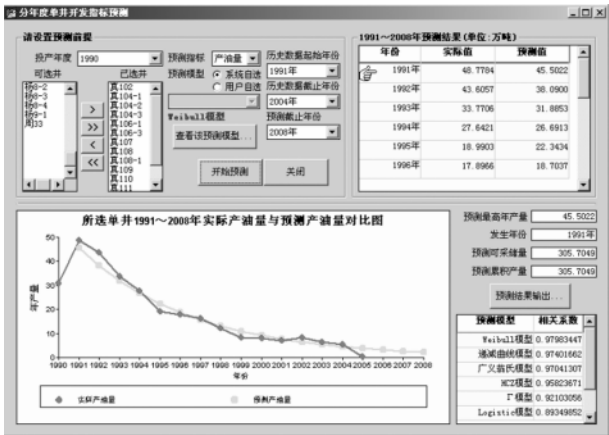


图4 分年度单井开发指标预测界面

Decision Support System for Middle-Long-Term Development and Planning of Oil Field

Abstract:Middle-Long-Term development and planning is the basis of strengthening the competition ability of oil field ,thus it is straight relational to the long-term development and profit of oil field.Technique economic target predicting of traditional development and planning is rough and planning mainly relies on manual operation and experience judgment,so there is lacks scientific,reasonable methods for plan optimizing.To solve the above problems,a decision support system for middle-long-term development and planning of oil field, which called DevTarget,was developed.With constructing and applying the development target predicting models and develop-plan models,DevTarget can provide decision support for the development and planning of oil field.Nowadays DevTarget is used in an oil field that lies in eastern China,and the applying result shows that DevTarget has good predicting ability.

Key Words:Oil Field;Development Target;Predicting Model;Developing and Planning;Decision Support System