

人工举升可视化模拟技术

费秀英 胜利油田采油工艺研究院

摘要：采油方式的设计是油田开发过程中的一个重要环节。建立采油方式可视化建模研究知识库的主要目的是为采油方式设计的各个部分提供相关的事宜依据、规则。基于模糊一致矩阵建立的采油方式优选方法，通过优先关系系数把待优选的若干方案在每一个因素下的优劣定量地描述出来，计算过程简单易懂。在初选采油方式的基础上选中一种举升方式后，将其定位至井筒上，选定优化所需的方法，则系统自动进行优化设计计算，给出采油方式的优化设计结果。采用可视化建模技术实现了采油方式的可视化过程建模，实现了单井优化工况的模拟和单井采油方式的优选。

关键词：采油方式；知识库；模型库；可视化建模；举升

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2013.1.017

采油方式的设计是油田开发过程中的一个重要环节。为了更好地利用现有的数据资源，需要考虑实现专业知识的存储和利用，专业领域的专家所提供的咨询信息的存储和利用；为降低采油方式设计的难度和复杂度，需要考虑实现采油方式的可视化建模，即通过简单的直观操作就可实现模拟和分析过程^[1]。

1 采油方式知识库

建立采油方式可视化建模研究知识库的主要目的是为采油方式设计的各个部分提供相关的事宜依据、规则。

(1) 知识库的组织与实现。分析油田的采油方式设计流程，建立合理的采油方式设计流转系统。采油方式设计所涉及的专业知识面广，知识类型复杂，在构建采油方式知识库过程中，为了实现知识化存储，采用表结构设计来表示各种知识。

(2) 知识库的管理。知识的浏览、添加、修改、删除、打印等操作，是通过知识库管理系统来完成的。

2 采油方式模型库设计

目前常用采油方式包括有杆泵、电潜泵、水力射流泵和螺杆泵采油等。分析过程和方法类似，即把油井系统分成油层子系统和井筒子系统。

2.1 模型库的组织与实现

采油方式模型库主要包括油井流入动态模型、井筒多相流模型、采油方式模型和采油方式优选模型。

(1) 油井流入动态模型。油井流入动态是指油

井产量与井底流动压力的关系，反映了油藏向该井供油（液）的能力。实际生产中，通常采用较为简单的数学相关式进行油井产能的计算。一般都要先进行现场实际资料的拟合，在此基础上，油井产能计算才可以满足采油工艺技术的要求。油井流入动态模型主要包括采油指数(PI)公式、达西(Darcy)公式、沃格尔(Vogel)公式和费特科维奇(Fetkovich)公式等。每一个产能公式分别适合于不同的油藏地质条件，针对不同的油藏地质条件，要准确计算油井产能，应选用相应的产能公式。

(2) 井筒多相流模型^[2]。对于油井生产来说，油、气、水混合物在井筒中的流动规律 井筒多相流理论是研究各种举升方式油井生产规律共同的基本理论。井筒多相流模型主要包括 Poettmann-Carpenter 相关式、Fanch-Brown 相关式、Baxendell-Thomax 相关式、Hagedorn-Brown 关系式、Eaton 相关式和 Aziz 相关式等。以这些相关式为参考，对相关式中的参数进行修正，就又可以得出新的井筒多相流的压力分布模型。预测多相垂管流的压力分布，是为了能正确选择完井管柱，预测井的自喷产能，设计人工举升设施，以及进行生产井动态分析。

(3) 采油方式优选模型。现有的采油方式优选方法中，效用函数法、逼近理想解的排序等方法虽然都能确定出最终的优选方案，但评价结果不够客观，应该确定一种能更多地避免主观性，计算简单的采油方式优选方法。在了解了各采油方式的适应性后，进行采油方式的初选，进而确定了采油方式优选的综合评价指标体系，开展了以模糊一致矩阵



为理论指导的采油方式优选研究，对各个采油方式进行技术经济综合评价。

2.2 模型库的管理

系统模型库的逻辑管理是通过模型库管理系统来实现的，与知识库管理系统类似，包括模型信息的浏览，模型在逻辑上的添加、更新和删除操作，以及模型组合等相关操作。

3 可视化过程建模

可视化过程建模即操作上的图形化过程，是一个完全独立的图形化建模。利用已定义好的图形化工具，如油藏、井筒、泵和抽油杆等，用户可自主进行相应的设置。该过程中可利用图形直观、快速模拟油水井生产工况并对工况进行分析^[3]。

3.1 实体对象封装

封装就是把对象的全部属性和全部操作方法结合在一起，形成一个不可分割的独立的单位（对象）。根据行业标准对采油工程中的各种设备、工具和方法进行了图形化抽象图片封装，抽象图片封装了该设备的所有属性，通过图形化封装，把每个实体对象与知识库、计算方法结合起来，形成一个独立的模块。

在设计过程中，采取为各个对象添加获取属性值的方法，将对应的作为限制条件的对象本身或属性作为方法的参数进行传递，这样就可以随时调用对象的操作方法，得到特定条件下某个属性的具体值。系统在模型组合的过程中，需实现某些流程的自动流转，因此需要为对象定义相应的行为。通过了解某些对象的属性值并结合知识库中的事实、规则来获取具体的行为。

3.2 实体对象连接

采油方式可视化建模技术的核心在于建立一个完整的举升系统模型库，在对象封装的基础上，各对象之间通过节点相连。每个对象有固定的输出，根据整个举升系统中压力、温度、流量连续的特点，每个对象的输出作为下一节点的输入。

3.3 可视化过程模拟

可视化模拟的主要特点在于只需将建模工具栏里的对象拖拽至建模区域，每个对象之间用流程线连接起来，在属性设置界面上将所需数据输入，通过简单的直观操作即可实现模拟和分析过程。

3.3.1 单井优化工况模拟

单井优化工况模拟是对现有工况的计算机模拟。工况建模过程利用流程线将井筒、泵、抽油杆、油管、抽油机等设备联系在一起。工况分析是

利用实体对象的属性数据、方法等实现对整个油井的工况进行分析，查看每个对象、节点的工况。

3.3.2 单井采油方式优选

单井采油方式优选首先进行采油方式初选，其原理如图1所示。

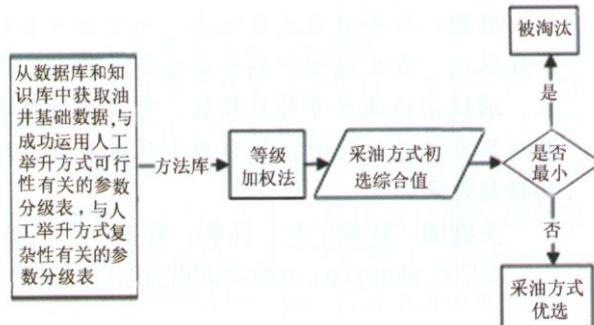


图1 采油方式初选框图

在给定井筒数据后，自动计算该井的井眼轨迹。给定基础数据后，将采油方式对象定位至井筒上，则该模块自动进行分析计算。采油方式对象中内置了采油方式初选方法，该方法根据给定的技术数据，利用知识库中的准则和各种采油方式的适应性，优选出两种适合该井的采油方式。

在初选采油方式的基础上选中一种举升方式后，将其定位至井筒上，选定优化所需的方法，则系统自动进行优化设计计算，给出采油方式的优化设计结果。

4 结论

(1) 基于模糊一致矩阵建立的采油方式优选方法，通过优先关系系数把待优选的若干方案在每一个因素下的优劣定量地描述出来，计算过程简单易懂。

(2) 根据系统请求，利用知识库对基础数据进行分析，得到所需的事实和规则，可以直接调用模型库里的计算模型，并运行该模型来获取相关的计算结果。

(3) 采用可视化建模技术实现了采油方式的可视化过程建模，实现了单井优化工况的模拟和单井采油方式的优选。

参考文献

- [1] 张洪亮, 郑俊德. 油气田开发与开采[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [2] 韩力, 王中武, 李海涛, 等. 有杆泵分层举升采油技术研究[J]. 石油钻采工艺, 2010, 32 (2): 65-67.
- [3] 陈晓红. 螺杆泵举升采油适应性分析[J]. 油气田地面工程, 2004, 23 (4): 38.

(栏目主持 杨军)

