

WellFlo 单井采油优化与设计软件

A. WellFlo 基本模块

WellFlo 能够为垂直井的多个层位或水平井穿透的多个储存空间建模；通过分析向井流入特性来考虑影响表皮的诸多因素，同时通过分析井筒来为复杂的完井建模。

WellFlo 能为生产井(针对所有流体类型)，注入井(气或水) 油，干气(带无机物)，凝析液，挥发油、垂直井、斜井、水平井等不同类型的油井建模；建模层数最多达 36 层；油气井建模时考虑的流动方式有三种可选：油管流动，环空流动以及油管环空同时流动。

WellFlo 应用系统或节点分析技术来确定单井的压力和流量变化。其基本功能如下：

- 1) 利用 21 个不同的产量值对油井进行工作点分析；
- 2) 一次可对 10 个不同的参数值进行敏感性分析；
- 3) 可同时对两组参数进行敏感性分析；
- 4) 公制、英制及用户自定义单位制可选；
- 5) 以图形或表格的方式为油井和管线建模；
- 6) 可针对压力，温度，相流量，相密度，相粘度，相速度，总压降，重力、摩擦力和加速度压降，持液率、流态，冲蚀速度，井斜角，水平井的水平段距离，Turner 卸载速度，(管内)局部流速等参数生成沿井筒和管线的剖面；
- 7) 工作点或压降两种分析方式可选；
- 8) 气举和电潜泵设计；
- 9) 用于单井数据的传输和批量计算；
- 10) 可针对流压，井口压力和产量等一系列单井变量做数据的批量计算；
- 11) WellFlo 的 IPR 模型有直线、Vogel、Fetkovich、多相流拟压力、表格(用户输入) Goode&Wikinson、以及 Joshi(用于水平井) 回压和 P^2 型；
- 12) 在 Unix、DOS/Windows 下生成可用于油藏模拟程序的文件格式，以便将结果输入到流行的油藏模拟软件：其主要格式有：
 - VFP 文件(用于 GeoQuest 的 Eclipse)

- BHP 文件(用于 Nolan 的 VIP)
- BHP 文件(用于 SSI 的 SimBest I)
- BHP 文件(用于 SSI 的 SimBest II)
- BMPT 文件(用于 CMG 的 IMEX)
- CHV 文件(用于 Chevron 的 Cheers)
- TABLE 文件(用于 Shell 的 MoRes)
- WBH 文件(用于 GCOMP)

WellFlo 能够进行表皮的详细分析,必要时进行预测,可对所有表皮参数进行敏感性分析; WellFlo 的表皮分类为: 污染带表皮因子(污染带的渗透率、厚度等)、射孔段表皮因子(炮眼直径、射孔段长度、射开区表皮、射孔密度、射孔相位分布、流动因子(Locke, Egan, Tarig, Muscat)、井斜表皮因子、收缩表皮因子(垂直井中的打开不完善、水平井中的水平段长度)、砾石填充表皮因子(填充厚度、渗透率、效率等)、压裂面表皮因子、裂缝长度和宽度、压裂和填充完井等。可以生成多相流拟压力对应于压力的数据表,用于 IPR 计算。

WellFlo PVT 特性和垂直管流相关式主要有:

1) 黑油相关式: Glaso, Lasater, Standing, Vasquez-Beggs, PetroskyFarshad, Macary, BealandChew(油粘度), Beggs(油粘度), ASTM 方法(死油粘度校正)

2) 气体相关式: Carr(气体粘度), Lee(气体粘度)

3) Dranchuk, PurvisRobinson(z 因子)

4) 乳化液粘度相关式

5) 可以修正 PVT 相关式使其与测量数据拟合

6) 凝析液和挥发油系统的状态方程也可以被修正,使其与测量数据拟合

7) BeggsandBrill(标准的和修正的), BeggsandBrill(无滑脱), DunsandRos, Orkizewski, Gray, FancherandBrown, Dukler-Eaton-Flanigon, Mechanistic 模型

8) 不同的相关式可以用于油井模型的不同部分

9) 相关式可用 L 因子来调整

针对油嘴的计算可选用 Ros, Gilbert, Baxendell, Achong 等不同的相关式,

用户自定义临界两相流系统，对于气系统采用临界和亚临界组合模型。

B. WellFlo 电潜泵 (ESP) 模块

a. 电潜泵计算

- 通过泵 (每级或数级) 的压力和温度增量
- 粘稠流体的校正
- 含气液体的校正和限定
- 考虑气体分离器的效率
- 考虑功耗和磨损因素的泵效

b. 马达计算

- 考虑轴限定因素的机械功率
- 电气功率
- 通过泵/马达后流体温度的升高
- 马达效率

c. 电缆计算

- 沿电缆的电压降
- 电缆尺寸

d. 设计方式

- 在给定泵深度、设计流量和设计频率的情况下，该程序将生成：符合条件的泵的列表；级数；推荐的电缆；需要的功率和电流；设定深度
- 对可变频率的情况，该程序将针对下列参数进行优选：目标频率；目标级数；最大效率

e. 计算方式

- 对选定的泵生成压力和温度剖面
- 可进行敏感性分析的参数包括：磨损因子；级数；频率；设定深度；气体泵下分离器效率；所有其他 WellFlo 敏感性分析参数

f. 数据库

- 内置的泵和马达的数据库包含了以下厂家的数据：Reda, Centrilift, ODI, ESP Inc., Alnas 等。
- 用户自定义泵的数据也可输入到数据库

g. 输出

- 绘出带工况条件和附加限定条件的泵的特性曲线
- 供分析用的报表和包含所有被选泵的文件
- 其他所有的 WellFlo 标准输出
- 泵的细节

C. WellFlo 气举 (GL) 模块

a. 气举设计 - - 最深注入点

- 需定义: 套管头压力与气液比或注入气量
- 计算最大的注入深度, 井的动态
- 对套管头压力 (CHP)、注入气量 (Q_{gi})、注入气液比 (GLR) 以及所有

WellFlo 中的其他参数做敏感性分析

b. 气举设计 - - 阀间距

• 需定义: 套管头压力、注入气液比或注入气量、阀的压力损耗的期望值、最大深度目标产量、设计裕量

- 计算卸载阀、工作阀、油管的深度以及在每个阀上的套管压力、温度
- 套管控制阀和流体控制阀的设计工作

c. 气举设计 - - 阀的筛选

- 采用阀间距计算的结果
- 计算卸载阀的气室压力及调试台开度
- 计算所需的孔径

d. 先进的气举阀建模

- 通过相关式建立真实的阀特性模型
- 通过油井动态曲线和阀特性曲线的交点得出真实的系统工作点
- 对阀型、孔径、阀的设定值及注气参数进行敏感性分析
- 可选的充气阀和孔板阀的特性相关式
- 实验室测量的真实的阀特性数据可直接输入 WellFlo

e. 气举计算

- 输入设计数据后计算气举井的动态
- 预测阀在任何工况下的实际工作情况, 或使气体进入某个指定阀的情

况

- 除进行标准的 WellFlo 敏感性分析外，还可对套管头压力、注入气量和注入气液比进行敏感性分析

f. 图形输出

- 绘出带工况条件和气举数据的油井动态曲线
- 针对油流和套管液绘出垂直的压力和温度剖面
- 显示所有的阀并标识出工作阀
- 卸载序列图
- 在数据表上计算阀的尺寸
- 包含所有数据的报表文件