

# 华线 Swift 试井分析软件平台

华线 Swift V3.5 为国家科技部技术创新基金资助产品，是针对国内油田实际情况在研究国内外最新试井解释理论及软件技术基础上开发出的一套先进的试井分析软件平台。本软件平台使得现场的资料解释人员和油藏工程师能够在桌面上完成各种试井资料的解释。

本软件除容纳了国内外已有软件所具有的分析方法及模型外，还容纳了目前国内外同类软件没有的许多功能，包括（1）低渗透、特低渗透油气藏非达西流试井分析、非达西垂直裂缝试井分析、致密及页岩油气藏试井分析、煤层气井试井分析、稠油、调驱及聚合物驱非牛顿流体的试井解释、裂缝溶洞油藏试井分析、多井系统中的试井分析、水平裂缝模型、多分支水平井模型、特征综合试井分析、考虑流量约束和不考虑流量约束的任意多层模型、裂缝及泄漏变井筒储存试井分析模型等，（2）另外在国内外已有成果基础上总结出了10多种平均地层压力计算方法，可供用户选择，（3）SLPD和PPD模型诊断技术，能够比目前的双对数压力导数图更有效地诊断井筒及地层响应。

Swift V3.0 的设计更加贴近国内油田的实际应用，功能上更加丰富，方法较全，它包含了油、气、水井试井解释、各种常规试井分析和典型曲线自动拟合分析功能，并应用了最先进的非线性回归分析技术，使试井解释质量发生了质的飞跃。整个解释过程是一个“边解释边检验”的过程。几乎每一个流动阶段的识别，每一个参数的计算，都要从两种不同的分析方法分别进行，再对比结果。在用两种不同方法进行解释得到一致的结果之后，还要经过半对数图、双对数图和压力史拟合图的检验。靠这一套边解释边检验的解释程序，使每一步骤都做得扎实、可靠，从而保证了整个解释的可靠性。另外，本软件可

以与华线 RSAS 油藏监测信息网络应用软件平台形成实现试井资料从资料解释、数据录入到数据管理再到数据的综合应用的一体化。

目前 Swift 软件系统可以从三大方向建立各种模型的分析方法（三类技术）：

（1）基于各种特种图的特征直线分析方法，其特点是分析过程中可以直接通过 2 点回归分析参数。

（2）基于双对数图的双对数分析方法，也称双对数分析，其特点是分析过程中一般不是直接通过 2 点回归分析参数，而是通过已知斜率线（1，1/2，1/4 等）直接拟合选择分析数据段。

（3）基于典型曲线拟合技术的模拟分析方法，包括自动拟合分析等。以上三类技术可以独立分析，也可以关联分析。

本系统的具体功能：

### 1、 数据输入与预处理

可进行原始压力数据、流量数据的编辑、筛选、抽稀诊断。产生解释软件易于处理的目标数据。编辑环境是数据与曲线同步显示。特别适合于处理成千上万个大数据量的电子压力计压力（温度）资料的筛选与诊断。

1) 输入全井的基本数据，考虑了油井、油水两相流井的试井分析 PVT 参数计算，可进行油、气（比重法、组分法，并考虑凝析气）、水等物性参数的计算。

2) 读入或输入测试数据或文件。

3) 编辑修改各种数据。

4) 压力时间数据抽稀及异常数据删除。

5) 多支压力计测试数据对比分析。

6) 油气井井底压力计算（气井油套压计算井底压力、可以矫正温度影响的压力异常和油井液面折算井底压力）。

## 2、模型诊断

绘制 9 种模型诊断图，包括

测试全图（在同一页上绘压力史图与流量史图包括续流量，可选择流动期）

线性图、线性流图、双线性流图、球面流图、PPD 图(一阶压力导数图)、SLPD 图（二阶压力导数图）、半对数图（包括 MDH 图或霍纳图等）、双对数图（在同一图上绘制压力和压力导数的双对数图）、同屏显示（同屏显示以上任意选定的 9 幅图）。

使用以上模型诊断图能够有效地诊断出各种模型的流动段：径向流段、垂直径向流段、裂缝径向流、纯井筒储存（早期）、变井储、溶洞变井储、井间干扰、直线断层、夹角断层、封闭系统（晚期）、垂直裂缝线性流、水平裂缝线性流、河道储层、垂直裂缝双线性流、球面流、半球面流和多井影响等。

实际试井分析过程中，高精度和有效的模型诊断与模型分析是交织在一起的。为了充分体现分析的逻辑过程，本系统的模型诊断功能与模型分析之间的主要差别体现在模型诊断可以显示所以模型分析图，无储层参数计算功能（但只有简单回归功能），而模型分析部分只显示用于模型参数计算的模型分析图。

在对变井筒储存效应、溶洞井储效应和井筒积液效应的诊断方面本软件提供了国内外其它软件一般都没有功能：变井筒储存效应和井筒积液效可以表现为 3 种情况或特征，按现行的试井分析模型诊断技术，只有出现明显的“驼峰”效应的这种情况能够诊断出，其它情况诊断不出，结果也就谈不上解释了，应用我们软件提供的 PPD 和 SLPD 压力导数曲线就能够识别现有方法不能判断的井筒积液效应。

## 3、模型选择

## 储层渗流类型

达西流

低速非达西流

非牛顿流体

压敏介质模型

高速非达西流

## 井筒储存模型

定井筒储存

F 变井筒储存

H 变井筒储存

泄漏变井筒储存

裂缝变井筒储存

## 近井模型

有限导流垂直裂缝（双线性流）

有限导流垂直裂缝（三线性流）

无限导流垂直裂缝

均匀流量垂直裂缝

水平裂缝

部分打开井模型（包括存在底水和气顶）

## 基本储层模型

均质储层

双重孔隙储层（拟稳态）

双重孔隙储层（不稳态）

双重渗透储层—两层储层

缝洞三重孔隙介质储层（基岩、裂缝或溶洞）

溶洞储层（缝洞+均质介质）

溶洞储层（缝洞+裂缝介质）

溶洞储层（单洞或者双洞）

2 区径向复合储层（可扩展多区复合模型）

二层模型、任意多层模型（包括考虑流量约束和不考虑流量约束的）。

### 外边界类型：

- 。无限大
- 。圆形系统（封闭或定压）
- 。直线断层（封闭或定压）
- 。夹角断层（封闭或定压）
- 。河道储层（全封闭、封闭或定压、全定压）
- 。U 型储层（全封闭、封闭或定压、全定压）
- 。方形系统（全封闭、封闭或定压、全定压）

变压边界

注意：圈闭概念不同于封闭，圈闭系统包括封闭和定压边界，封闭系统只包括封闭边界。

### 井网影响模型

单井系统

未知邻井系统（林氏）

已知邻井系统

## 4、常规分析

常规分析包括基于各种特种图的特征直线分析方法和基于双对数图的双对数分析方法，也称双对数分析。常规分析也可以进行均质储层，径向复合，双重孔隙介质，双重渗透率介质，多层储层（合试）、有限导流垂直裂缝，无限导流垂直裂缝等模型方法的分析。

(1) 基于各种特种图的特征直线分析方法

具体包括霍纳法、MDH 法、变流量叠加分析、纯井筒储集分析、线性流分析结果、双线性流分析和球面流分析等。


## (2) 基于双对数图的双对数分析方法

目前，国内外普遍使用的试井分析技术有基于各种特种图的特征直线分析方法（如：半对数分析技术）和典型曲线拟合分析技术。如果测试时间短或者早期数据缺失，见不到反映不到径向流直线、单位斜率直线或线性流直线，半对数分析技术将无法使用，这时唯一的选择是用典型曲线拟合分析技术，但是存在着拟合不唯一的危险，再者，典型曲线拟合的结果没有半对数分析精度高。为了克服上述缺陷，本系统使用基于压力导数双对数图的双对数分析技术的思想。该方法是一种新的、准确而又快速的不稳定压力资料解释方法，它直接利用了双对数压力和压力导数曲线图上的各种直线段的斜率和特征点，而不进行典型曲线拟合来计算储层参数。

### 常规试井分析的过程

在模型选定以后，可在出现的有关的任一特种图上，划分流动段，但回归计算参数只在特征直线分析图上进行。例如：在双对数图上划分出了流动段，若进入其它图时发现，流动段范围不正确，可以直接在现图下直接调整，调整方法类似于 word 上的标尺移动方式实现。

划分流动段，可以在 9 种图的任何一图上做划分流动段标记（包括双对数图），其它 8 张图都同时产生标记。有关参数计算结果只显示在相应的能指示特征段的分析图上。

但双对数图还可以使用角尺  来选择拟合和标记流动段后，得出结果。依据双对数图的分析计算结果可直接显示在双对数图上。例如：对于径向复合储层模型，划分可出现：

○纯井筒储存

- 内区径向流
- 外区径向流
- 直线断层径向流（封闭）
- 直线断层径向流（定压）

又如：对于带一条直线断层的有限导流垂直裂缝模型的分析图，本分析模型有 4 个特征分析图和一个双对数诊断图，即：线性图（纯井筒储存）+双线性流图（垂直裂缝双线性流）+ 线性流图（垂直裂缝线性流）+半对数图（拟径向流+直线断层径向流）， 双对数图（纯井筒储存+垂直裂缝双线性流+垂直裂缝线性流+拟径向流+直线断层径向流）。

## 5. 典型曲线拟合分析

以双对数曲线拟合、无因次 HORNER 叠加检验、全压力史模拟及非线性回归分析技术为方法的现代试井分析。

## 6、平均地层压力计算

提供了10多种平均地层压力计算方法，可供用户选择，特别是考虑了已开发油气藏的地层压力计算，高、中和低渗透油藏都可以应用。

## 7、水平井试井分析

带各种外边界水平井试井分析，可以进行早期径向流、中期线性流和晚期拟径向流的解释，解释出有效的水平井段长度等参数；多段压裂水平井试井解释，解释出裂缝影响参数等。

## 8、低渗透油藏试井分析

本软件开发主要适合国内油田的低渗透油藏试井分析，包括非达西流试井的压裂井模型、双孔模型、复合模型、压敏模型和均质模型等可以完成低渗透油藏的试井解释。用这几个模型计算出的压力响应不仅可以识别出井与储层的特性，而且可以求渗透率、表皮因子、裂

缝半长和拟启动压力梯度等有关的地层参数。

## 9、聚合物驱（非牛顿流体）试井解释（含稠油试井解释）

聚合物驱非牛顿幂律流体的均质储层试井解释模型

聚合物驱非牛顿幂律流体的复合油藏试井解释，可以解释聚合驱替前缘和幂律指数等有关参数。

## 10、缝洞性油藏试井解释

### （1）缝洞三重介质油藏试井解释

本软件对由基质、裂缝和溶洞组成的三重介质油藏建立了试井解释模型功能，可以进行溶洞-井筒连通、缝-洞-井筒连通的井试井资料解释。并计算出介质间的窜流系数、弹性储能比、渗透率比及外边界等信息。

### （2）缝洞型油藏钻遇溶洞油藏试井解释

在缝洞型油藏实际钻井过程中经常出现钻杆放空、泥浆大量漏失等现象。这类油藏使用常规三重介质试井方法解释时困难较大，建立溶洞型储层试井解释模型并对这类油藏进行测试资料试井解释具有实际意义。本软件实现了含大尺度溶洞缝洞型油藏试井解释功能，可以通过对井底压力及压力导数双对数曲线分析得到溶洞大小、基质窜流系数、裂缝储能比等参数。

### （3）双重介质系统（裂缝+溶孔）试井解释、

可以进行裂缝和溶孔与井筒连通的双重介质油藏系统的试井解释,可以进行表皮因子、介质间窜流、弹性储容比的计算。

## 11、气井的试井分析

### （1）解决了变井筒储存或井底积液情况的试井分析。

建立了一套组合三种气井井底积液试井分析模型：Fair 积液模型、Hegeman 积液模型、泄漏积液模型，能够很好地解决多数情况的



变井筒储存或积液井分析。本系统解决了过去分析中存在的参数无法分离带来的多解性问题，使出现异常的实测曲线能很好的拟合。

(2) 建立了考虑气体渗流的高速非达西效应的典型曲线图版，不同于常规的典型曲线图版。在井底附近有差别，要考虑气体渗流的高速非达西流动规律。

(3) 全面地应用了标准拟压力函数和标准拟时间函数，以及用于试井分析天然气 PVT 计算方法优化。使得有关气井试井分析更加完善。

## 12、多井系统中的试井分析

目前，国内外所应用的试井解释方法和软件都是基于单井系统的试井解释模型。这类方法和软件只适用于无井间影响或其影响比较小的情况，如：探井和油田开发初期的井等。对于多井系统，人们只把它考虑成定压边界或封闭系统的问题来解释。实际上，在已开发的多井储层中，一口井边界压力并非定压，而是存在某种变化趋势，在关井压力恢复过程中，测得的井底压力已是受这一压力趋势影响的结果。本功能应用了最新的多井系统中的试井解释理论。这一新理论方法的应用能大大地改善已开发储层中井的试井解释结果（如：渗透率，表皮系数和平均地层压力等储层参数值）的可靠性，此外，还能求得以往试井解释时无法求得的一个重要参数——单井注采比。

## 13、试井设计

可以完成基本模型的试井设计，包括完成测试时间等问题的设计。

## 14、解释成果报告输出

可以完成测试时间等问题的设计。解释成果报告有多种输出方式，可以生成自己的可以编辑的报告，也可以输出到 word 中，还可以生成方便网络发布的 HTML 报告等。此外，可以直接打印解释成果报告，打印解释成果图，可实现边分析边打印等。

## 15、系统帮助

即电子文档功能，可滚动浏览和支持鼠标器。

## 16、软硬环境配置

本系统使用目前国际上最新流行的微机软件操作平台即使用 Microsoft Windows 2010/Win7/Win8 环境下运行。本系统中参数的符号及单位符合法定标准。本系统应具有功能强大、运行速度快、人机界面友好的特点。

## 服务与支持

### (1) 服务与技术支持

在系统运行的过程中，免费提供关于系统的任何咨询和技术服务。在售后服务上，我们以客户为中心，提供 7×24 小时的服务，让我们的客户既可以通过面谈、电话、传真、网页等立刻得到服务，又可以获得我们的定期服务、关怀服务，我们愿和客户共同进步，一起创造繁荣和昌盛！

### (2) 售后服务承诺

售后服务部由专人负责为用户进行售后服务。包括交货验收、现场安装调试、现场指导、培训、故障响应等。

免费服务安装，协助用户。

免费维护期 1.0 年，根据用户的需求免费维护现有功能的系统，保证用户方便使用。

免费提供用户安装和使用手册。

---

---

西安华线石油科技有限公司      网址：<http://www.sinoline.com>

地址：西安市电子二路中段西安石油大学国晟大厦四层4025室      邮编：710065

电话：029-88271228      传 真：029-88272254      邮箱：[info@sinoline.com](mailto:info@sinoline.com)