

一、华线试井技术服务中心简介 .....	2
二、试井技术概述 .....	3
2.1 试井技术定义、目的及发展 .....	3
2.2 广义试井技术定义 .....	5
三、试井仪器技术 .....	5
3.1 井下高精度压力计 .....	5
3.2 井口高精度压力计 .....	7
3.3 试井液面监测仪 .....	8
四、试井工艺技术 .....	9
五、试井资料精细解释技术 .....	10
5.1 何为一次试井资料解释和二次试井资料解释? .....	10
5.2 为什么必须进行二次试井资料解释? .....	10
5.3 一次试井解释与二次试井解释的效果比较 .....	11
5.4 常规试井解释流程和综合试井解释流程 .....	12
5.5 华线自主研发试井解释软件简介 .....	13
5.6 华线试井资料解释与网络应用一体化技术服务 .....	16
六、华线试井技术服务内容 .....	16
6.1 试井施工与解释一体化服务 .....	16
6.2 试井解释专长项目 .....	17
6.3 试井主导的油气藏综合评价项目 .....	18
6.4 精细试井资料解释提供的测试对象深化认识内容 .....	18
6.5 智能试井解释服务 .....	19
七、试井技术质量标准及相关要求 .....	19
7.1 技术服务质量要求 .....	19
7.2 本服务执行的技术标准、规范 .....	20
7.3 甲方乙方分工要求 .....	20
八、华线试井解释服务的技术优势 .....	20
九、华线试井解释服务业绩 .....	21
十、试井分析特色与独创方法案例 .....	21

## 一、华线试井技术服务中心简介

西安华线石油科技有限公司成立了试井技术服务中心，专注于试井资料采集技术服务、试井解释模型研究、试井资料解释及有关软件开发。本中心能够全面地提供从试井工艺设计、测试工艺标准制定、试井资料解释、试井模型研究、油藏综合资料评价，再到试井资料的网络化管理与应用的一体化技术服务。

我中心拥有自主研发并获得国家创新基金支持的2大软件产Swift试井分析软件平台和油气藏监测信息网络应用软件平台（RSAS）。同时我中心拥有资深的试井资料解释专业团队人员、拥有全套的试井资料解释模型方法研究人员和试井资料解释软件开发人员。已经开发比较丰富的适合国内低渗透储层、致密及页岩油气多段压裂模型、缝洞型油气藏、储气库、聚合物驱、二氧化碳驱、邻井干扰等复杂油气藏的试井解释模型及试井解释软件，已有20多年的资料解释服务历史，为长庆油田、新疆油田和延长油田等单位解释处理了上万井次试井资料，并且还服务了中石油、石化和中海油等国内许多其它油田。

### 我中心主要服务对象及内容：

**面向油公司的服务：**一种方式向油公司（采油采气厂或研究院等单位）提供试井解释软件，二是向油公司提供试井资料精细解释或者二次解释服务，三是向油公司提供试井解释模型研究服务，四是向油公司提供试井解释技术培训服务，五、向油公司提供试井作业服务，六、向油公司提供试井仪器。

**面向油服公司的服务：**一种方式向油服公司（各类试采和测试公司等）提供试井解释软件，二是向油服公司提供试井资料解释技术培训服务，三是向油服公司提供试井解释模型研究服务，四是向油服公司提供试井仪器。

**面向石油高校的服务：**一种方式向石油高校提供试井解释软件服务，二是向石油高校提供在线试井解释课程设计服务。

---

西安华线石油科技有限公司

公司网址：<http://www.sinoline.com>

联系电话：029-81292009

传真：029-88270244

邮箱：[sv@sinoline.com](mailto:sv@sinoline.com)

地址：西安市电子二路36号1楼1001室 邮编：710065

## 二、试井技术概述

### 2.1 试井技术定义、目的及发展

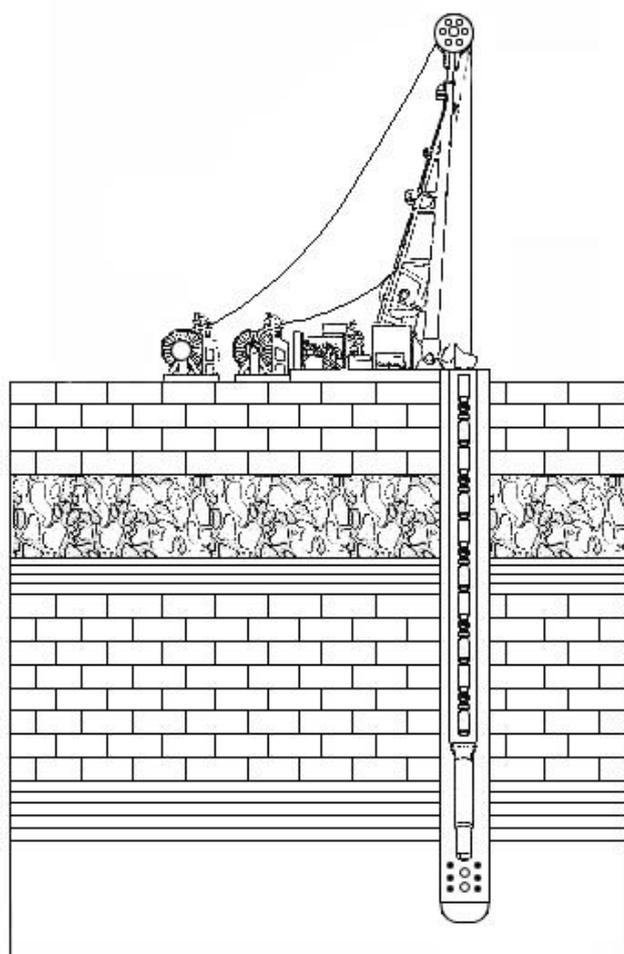
试井技术是一种通过获得有代表性储层流体样品、测试同期产量及相应的井底压力温度资料来进行井和储层动态评价的技术。试井技术包括试井测试和试井解释两部分。

**试井测试：**通过一定的测试工艺和测试手段对油井、气井或水井进行测试。

**测试内容：**流量、压力、温度、声波、应力波和流体取样等等，其中包括测试仪器和测试工艺两个方面的技术。

**试井解释：**通过对井的测试信息的研究，确定反映测试井和储层特性的各种物理参数。

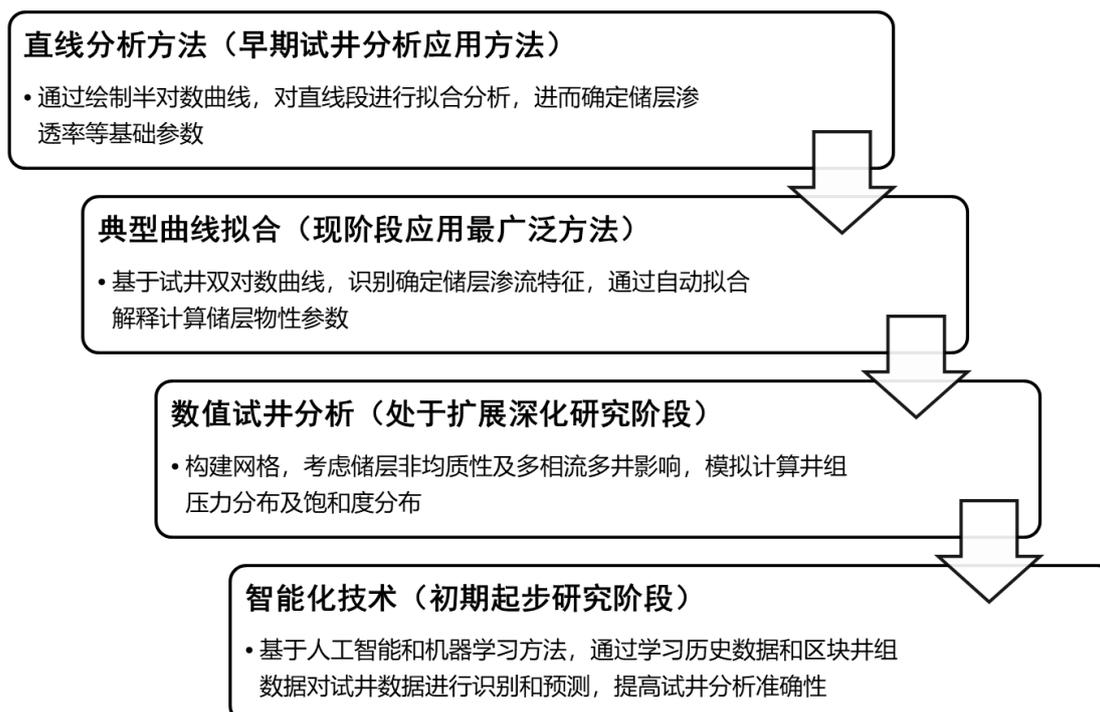
**试井目的：**油气藏描述，流量、流体性质和井筒完整性监测等，达到油气水井和油气藏管理正确与可靠的决策。



常规试井测试工艺示意图

试井是动态条件下获取油气藏流动能力参数的唯一途径、是唯一的流动动态矿场评价技术，是建立油气藏模型的重要信息来源。试井服务范围贯穿勘探开发全过程，既包括探井、评价井，也包括开发井，并且涉及不同类型油气藏井，包括热采井、CCUS 井、储气库和地热井。试井解释评价成果好坏直接影响油气藏的高效勘探和高效开发。

### 试井技术发展进程



## 试井技术未来发展趋势

### 单井到多井分析技术，其中包括单井和多井反卷积技术

- 反卷积通过对实测资料的优化处理，构造出理想的、等效的、对应于相同时间段内以恒定产量生产条件下的压力变化，得到测试全部过程的压力响应。多井减少单井多解性。

### 数据库管理一体化

- 利用计算机技术将试井过程中产生的各种数据、图片、文件等信息进行整合、分类、存储和管理，实现数据的集中管理和共享利用，提高试井决策的准确性和科学性

### 多学科交叉、多源信息融合：压力、温度、流量和流体示踪的一体化

- 多学科交叉融合可以为试井提供更全面深入的支持，加强地质学、物理学、数学等领域之间的合作交流，共同推进试井分析技术的发展。多源信息集成压力和流量等多信息。

### 智能化试井技术：目前试井技术已开始转型为云端实时分析

- 借助人工智能和机器学习等先进技术，对试井数据进行模式识别和预测，提高试井分析效率，实现试井分析过程的自动化和智能化

## 2.2 广义试井技术定义

广义试井技术在上述试井技术定义基础上包括了所有流量、压力、温度、流体性质、声波和地应力等各种井中探测技术。其中扩展了示踪剂试井，压裂高频压力监测、压裂远声波探测、地应力监测、分布式光纤监测（DTS 和 DAS）、流体性质监测和生产测井的注入和产出流量剖面监测等。

## 三、试井仪器技术

### 3.1 井下高精度压力计

用于油气井的测试工作的井下试井用电子压力计是一种精密的电子仪器，它的核心是一只采用硅—蓝宝石或石英材料制作的高精度传感器。在外界压力和温度的作用下，压力计产生不同频率的振荡，并将处理过的频率值记录在压力计内含的存储器中。使用压力计的检定系数进行换算，就能把采集到的频率值转换成真实的压力和温度数据提供给用户。

压力计的主要性能指标包括：压力计精度，分辨率和量程。电子压力计在现场的三种作业方式是钢丝作业、电缆作业、随生产管串下井。

以下为目前业界流行三种井下高精度压力计的性能指标情况。

典型的井下高精度压力计技术指标表

硅-蓝宝石存储压力计

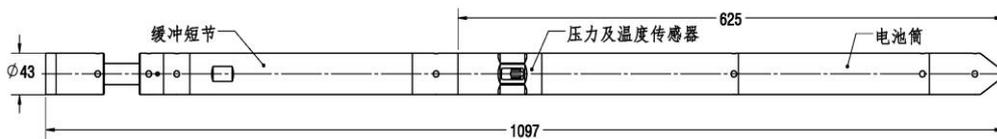
传感器类型	硅蓝宝石
压力范围	6K psi   10K psi   15K psi
压力精度	± 0.03% FS
压力分辨率	0.0003% FS
温度等级	125 °C (257 °F)   150 °C (301 °F)
温度精度	± 0.5 °C
温度分辨率	0.01 °C

石英存储压力计

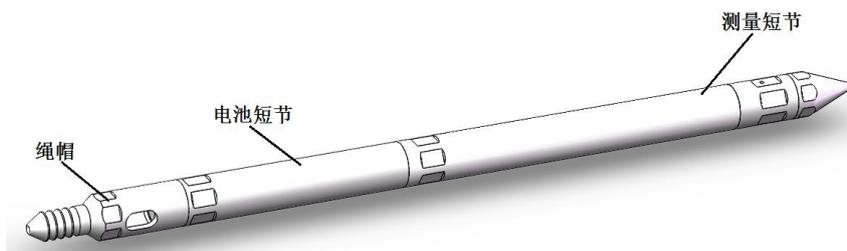
传感器类型	石英
压力量程	0-10K   0-16K   0-20K   0-25K
压力精度	± 0.02% FS
压力分辨率	<0.01   0.00006% FS 16K+
温度等级	0-150 °C (301 °F)   0-177 °C (351 °F)
温度精度	± 0.2 °C
温度分辨率	0.001 °C FS

高温存储石英压力计

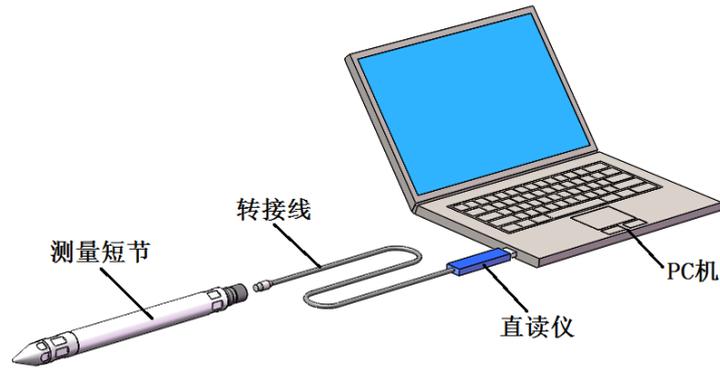
传感器类型	石英
压力量程	16K   20K   25K   30K
压力精度	± 0.02% FS
压力分辨率	<0.01
温度等级	200 °C (392 °F)   225 °C (437 °F)
温度精度	± 0.2 °C
温度分辨率	<0.005



仪器结构图



电子压力计仪器外形图



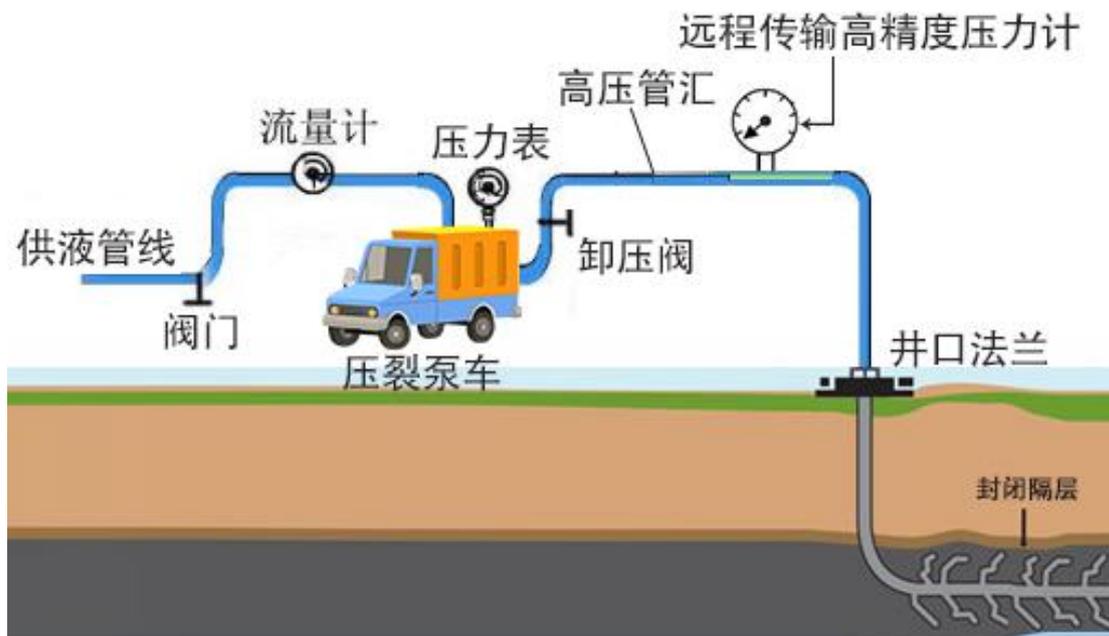
仪器与 PC 机之间的连接图

井下试井原则上至少使用 2 支以上的压力计测试数据，重点井 3 只及以上，而且压力计必须及时按照规范时间进行标定。关井压力恢复试井原则上关井前需要测试 30 分钟以上的流动段，保证有明显的流动台阶。

高精度压力计生产企业：国外有 Pioneer 、 - SERCEL / METROLOG / GRC、\_Flopetrol 等公司、国内有西安思坦仪器股份有限公司、贵州航天凯山石油仪器有限公司、湖北江汉石油仪器仪表股份有限公司等。

### 3.2 井口高精度压力计

井口高精度试井压力计配套先进的井底压力折算软件，不仅可以满足高温高压井试井测试和压裂作业井等难下入井下试井情况，也可以用于常规油、气、水井的试井，减少井下作业成本，并实现数据实时远程传输，及时分析地下情况，系统自动实时监测井筒动力状况，落实出井筒储集效应结束时间和合理关井时间，并实现渗流压力解释获得裂缝渗流参数。增加压力计频率可以监测和捕捉压裂过程的高频压力波，获得压裂过程作业效果评价，例如：裂缝开启情况、砂堵、桥塞坐封情况等信息。

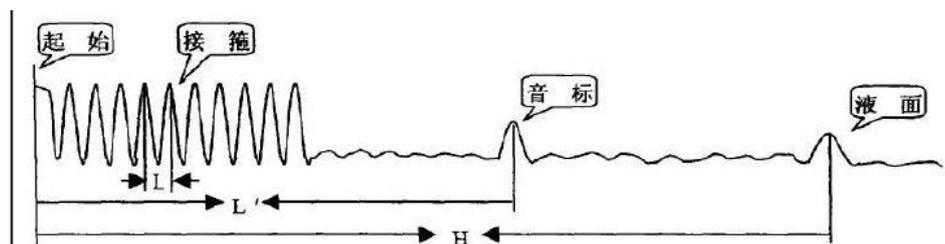


井口安装高精度压力计示意图

### 3.3 试井液面监测仪

- 1、产品名称：试井液面远程监测仪
- 2、产品型号：HLAGS-D
- 3、环境条件：适合套压 0-3MPa 的油井
- 4、技术参数：液面测量范围:20-2500m;
  - (1) 套压测量范围：0-5MPa;
  - (2) 传输模式：TD-LTE;
  - (3) 防爆等级：Exd II CT6 Gb;
  - (4) 本地输出：RS485;
  - (5) 承压范围：0-5MPa;
  - (6) 供电方式：DC12V。
- 5、产品外形：





回声法计算动液面示意图

每次测试至少有三条以上液面位置相同曲线，液面波形要大于 5 毫米。3 条曲线综合判断，1 条无法固定液面位置。解释过程避免选择接箍波太少或不合理。如果使用音标，音标在下入井中时，要精确丈量下入的深度，最好下入在井口至预计动液面距离 9/10 的地方。这样，测量的误差可保证在 1% 以下。声波能量不够，油井太深或者漏气影响。声波传播不断减弱，液面反射不清楚，井深超过 1500m 的测试之前，对井筒实施憋压，直至套压超过 0 之后，再测试，检查井口密封，不漏气。测试动液面时，抽油机等人工举升设备的振动或杆管偏磨会产生影响，暂停设备 20 分钟左右测试。

**液面监测仪生产产家：**国外有 Echometer 等公司，国内有沈阳新石科技有限公司、西安海联石化科技有限公司、高新兴创联科技股份有限公司、贵州航天凯山石油仪器有限公司、湖北江汉石油仪器仪表股份有限公司等。

#### 四、试井工艺技术

提供解决实际油气问题的试井监测工艺技术，并能组织测试队伍和进行现场监督，开发了有关试井监测工艺的优化设计模型及软件系统，可以实现各种油气藏监测方案的优化设计。我公司试井施工服务专注于重点井、疑难井测试以及高端试井技术服务，其中典型测试工艺如下：

- (1) 抽油井不停产分层关井恢复测试技术；
- (2) 液面智能监测系统脉冲干扰试井技术；
- (3) 注水井智能分层测试技术；
- (4) 井间干扰与脉冲试井技术；
- (5) 示踪剂试井技术。

## 五、试井资料精细解释技术

### 5.1 何为一次试井资料解释和二次试井资料解释？

答：测试公司完成测试后配套完成的常规试井解释为一次试井资料解释即常规解释，二次试井资料解释是一种全面利用测试井的历次试井资料、相邻井试井资料以及井和油气藏其它描述资料进行精细试井解释的工作。

### 5.2 为什么必须进行二次试井资料解释？

答：理由主要有三个方面：

(1) 试井包括测试和解释两部分工作。与生产测井相比，试井资料的录取工艺比较简单，但试井解释工作是一项非常专业和复杂的工作，解释工作难度非常大，因此需要在解释上进行较大投入才能取得有价值信息。目前，测试公司获得油气田试井技术服务工作，主要是为了提供现场测试技术服务即完成数据采集工作，测试公司的解释工作受到工作条件限制，以及测试费用一般不包括精细试井解释费用，只能进行常规解释，很难解释出丰富的油气藏信息。因此，精细解释工作应该由采油采气厂自己解释或委托第三方专业服务公司解释。

(2) 目前大多数油田的试井资料是由不同的测试公司测试和解释的，由于解释方法不同、解释工具不同、解释标准不统一、参数计算标准不同，解释人员技术素质差别较大，造成解释结果差异较大，甚至相互矛盾。同时目前缺少复杂条件或者非常规条件的解释模型和软件，导致一些油田的试井资料的解释率和利用率非常低、无法实现有效地应用。

(3) 进行二次解释和综合解释可以极大地提供资料解释可靠性和解释出更多信息，选择优秀解释服务商进行二次解释，不仅能提升试井资料解释的可靠性，而且一般情况下至少提升或者增加 30%以上的油气藏信息；

(4) 基于历次和井组的二次解释或者区块解释（测试公司一次解释一般不包括这项工作），能够提升资料的解释可靠性和解释率；

(5) 试井解释工作（包括试井设计）通过第三方的试井解释单位完成，这样有利于实现更好的技术监督，提升资料的可靠性和质量；

(6) 试井资料解释需要不断地进行解释模型研究、软件开发和资料解释一体化机构来实施，这样才能有效应对和解决实际试井资料出现的各种千变万化的问题。专业公司这种模型研发支撑作用能更好地解释出油藏信息，专业公司通过模

型或方法改进可以建立适合研究区、解释区的解释模型软件系统，可以有效解决现场的复杂试井解释问题。

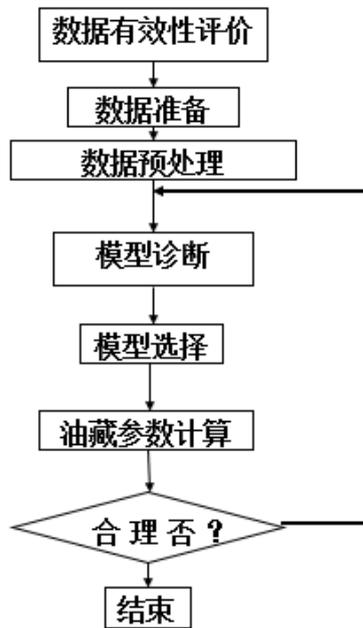
### 5.3 一次试井解释与二次试井解释的效果比较

序号	解释项目	一次试井解释结果	二次试井解释扩展结果
1	测试资料质量评价	二支压力计比较分析和测试曲线形态分析	系统评价，提供多种对比图进行分析，并为试井设计服务。
2	模型诊断	一般只用双对图、全测试图和半对数图等	系统分析，多种诊断图的综合应用。包括使用 PPD 图和 SLPD 图
3	渗流特征评价	只计算一个渗透率参数	系统评价渗流能力，包括非达西效益，计算启动压力梯度等。
2	污染评价	计算表皮因子	可以全面定性和定量地进行综合评价，历次对比分析。
3	井储动力状况	计算井储常数或变井储效应分析。	必要时系统地进行有关资料的早期图版分析和复杂变井储分析
4	地层压力确定	只计算一个地层压力值(拟合压力,不可靠)	应用多种方法系统地进行地层压力优化评价，包括平均压力计算和压力保持水平的评价。
5	边界位置确定	通过曲线拟合出多种边界位置	系统地进行不渗透边界和河道宽度等评价，评价断层密封性。
6	措施效果评价	只算裂缝半长	系统地进行措施前后资料的综合对比分析，定性定量结合，包括压裂酸化措施、调堵、调剖措施等系统评价。
7	储层非均质性评价	计算复合半径或者裂缝参数	系统地评价储层裂缝特征和规律，评价复合前缘推进和变化。
8	井间连通性评价	定性分析	可以系统定量进行连通性分析，包括大孔道分析。
9	注采平衡分析	定性分析	计算单井注采比。
10	合理配注量的确定	一般不做	可以通过测试井的地层和生产情况确定计算出分层配注量。
11	动态储量计算	只计算封闭系统情况的动态储量	可以通过试井分析计算各种复杂储集体的单井动态储量。
12	产能评价	计算无阻流量，并提供流入动态图	可以通过软件模拟系统试井，实现产能评价。
13	合理工作制度确定	一般不做	通过试井资料解释落实合理产量或者低能低产井的间采周期
14	井网井距优化	一般不做	通过试井资料技术合理井距。
15	水平井有效井段评价	只计算有效井段长度	结合生产数据落实有效井段的位置。
16	深度调剖聚驱	一般不做	可以进行地层里流体分布前缘位

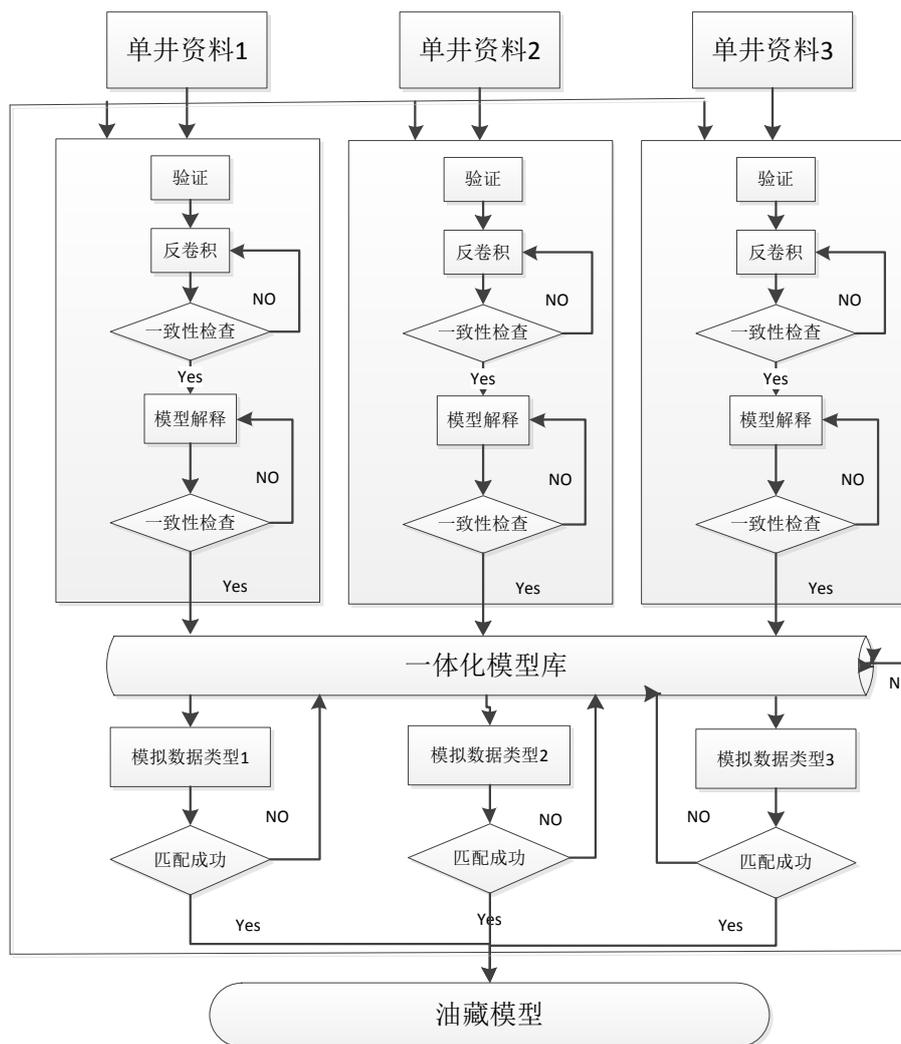
序号	解释项目	一次试井解释结果	二次试井解释扩展结果
	效果评价		置，注聚后的堵和窜进行评价
17	剩余油分布	一般不做	通过数值试井分析技术计算
18	地层压力分布	一般不做	通过数值试井分析技术计算
19	分层参数计算	一般不做	可以计算出每个层的基本参数

#### 5.4 常规试井解释流程和综合试井解释流程

二次试井解释全面加强常规试井解释流程和综合试井解释流程的内容，一次试井解释一般只做了基本的常规试井解释流程的内容。



常规试井解释流程



综合试井解释流程

## 5.5 华线自主研发试井解释软件简介

软件名称为Swift试井分析软件平台V4.6(国家科技部技术创新基金资助产品)。

Swift容纳了国外主流试井分析软件常用试井模型和国内外文献发表的一些最新试井分析模型，其中包括增加了低渗透储层、致密及页岩储层、聚合物驱、二氧化碳驱、缝洞型油气藏、储气库、邻井干扰等特殊情况的试井解释模型以及一些复杂油气藏的产能试井解释和液面试井解释等，在解释能力方面比已有技术有大改进，包括计算优势渗流通道、复杂储集体的结构、计算变厚度和变裂缝导流能力等，模型诊断功能含（PPD/SLPD），渗透早期试井图版分析，10种地层压力计算方法以及支撑各类油气井的增产措施决策（软件基于试井分析知

识图谱形成了企业标准)。

**模型系统功能及创新技术指标:**

流动期类型	→	井底压力恢复(降落)、井口压力恢复(降落)、温度测试
井型	→	直井、水平井、多段压裂水平井、双分支井
流体类型	→	油、气、水、油水、油气、气水、油气水、煤层气、页岩气
流量史选择	→	定流量、变流量、反卷积
储层渗流类型	→	达西、低速非达西、幂律型非牛顿、应力敏感、吸附解析
井储类型	→	定井储、F、H变井筒储存、泄漏和裂缝变井储
近井储层类型	→	直井、有限导流垂直裂缝、无限导流垂直裂缝、均匀流量垂直裂缝、直井部分打开、部分打开有限导流垂直裂缝、部分打开无限导流垂直裂缝、部分打开均匀流量垂直裂缝、水平井、水平井有限导流垂直裂缝(等间距等裂缝半长)、水平井无限导流垂直裂缝(等间距等裂缝半长)、水平井均匀流量垂直裂缝(等间距等裂缝半长)、水平井有限导流垂直裂缝(不等间距不等裂缝半长)、水平井无限导流垂直裂缝(不等间距不等裂缝半长)、水平井均匀流量垂直裂缝(不等间距不等裂缝半长)
基本储层模型	→	均质基本储层模型、均质两区线性复合(双线性流)、均质三区线性复合(三线流)、均质五两区线性复合(五线性流)、双重孔隙储层(拟稳态单渗)、双重孔隙储层(不稳态单渗)、双重孔隙储层(拟稳态双渗)、均质两区径向复合、均质两区线性复合、均质三区径向复合、均质四区径向复合、三重孔隙储层(拟稳态单渗)、三重孔隙储层(拟稳态双渗)、应力敏感、均质两区径向复合(内区牛顿外区非牛顿)、均质两区径向复合(内区非牛顿外区牛顿)、热损失多井干扰、考虑重力超覆的稠油热采、内区考虑热损失外区考虑达西流、单洞、多洞组合。
外边界类型	→	无限大、直线断层、平行断层、U型储层、夹角断层、矩形系统、圆形系统
井网模型	→	单井系统、注采同时存在的多井、全生产井的多井

目前国内油田使用的试井软件主要用于达西级油藏试井软件,缺少低渗、特渗透、超低渗透油藏属于毫达西级至纳米达西级油气藏的试井解释软件,存在裂缝系统、大孔道和缝洞管流油气藏的管渗耦合试井解释软件。

**Swift 试井分析平台**

**致密油气、低渗透、超低渗透水平井分段试井模型系统**

内边界	直井模型	外边界条件
-----	------	-------

直井模型系统	定井储	常规直井模型 常规压裂井模型（线性、双线性、三线性性和五线性） 低渗透低速非达西流均质储层模型	无限大边界
	变井储	低渗透低速非达西流压裂井模型（双线性、三线性性和五线性） 低渗透低速非达西流复合储层模型 低渗透低速非达西流双孔储层模型	定压边界/封闭边界
水平井模型系统	内边界	水平井模型和多段压裂水平井	外边界条件
	定井储	常规水平井模型 双重介质水平井模型 常规压裂水平井三线性流模型 低速非达西流压裂水平井三线性流模型	无限大边界
	变井储	考虑裂缝压敏效应的水平井压裂三线性流模型 考虑压敏效应的低渗透压裂水平井三线性流模型	定压边界
		水平井等间距等裂缝半长无限导流裂缝 水平井等间距等裂缝半长有限导流裂缝 水平井等间距不等裂缝半长均匀流量裂缝 水平井等间距不等裂缝半长无限导流裂缝 水平井等间距不等裂缝半长有限导流裂缝 考虑吸附解析煤层气、页岩气模型	封闭边界
		不同井网结构	

### Swift 试井分析平台

存在裂缝系统、大孔道和缝洞管流油气藏的管渗耦合试井解释模型系统

流动期类型	压力恢复、压力落差、压力降落、注入试井
井型	直井
流体类型	油、水、气、油气两相、油水两相、油气水三相
坐标变量选择	5 种坐标
储层渗流类型	达西流、 溶洞（等势体、等效渗透率、广义流度）
井筒储存模型	定井筒储存、变井筒储存（F 模型、H 模型）
近井储层模型	有限导流垂直裂缝、无限导流垂直裂缝、均匀流量垂直裂缝、溶洞
基本储层模型	均质基本储层模型、双重孔隙储层（拟稳态单渗）、双重孔隙储层（不稳态单渗）、双重孔隙储层（拟稳态双渗）、三重孔隙储层（拟稳态单渗）、三重孔隙储层（拟稳态双渗）

<b>缝洞体模型(不含外边界类型)</b>	溶洞模型：井-缝-洞模型、井-洞-缝-洞模型、洞-缝-井-缝-洞模型、考虑单洞（径向单洞、垂向单洞）、考虑双洞（径向双洞、垂向双洞）、考虑双缝洞（井在洞内、井在洞外）、考虑三缝洞（井在洞外、井在洞内）、井-溶洞-裂缝-溶蚀孔洞型、河道模型、管道形复合储集体模型、圆柱形储集体模型、井-洞（变井储-流动耦合模型）
<b>外边界类型</b>	无限大、直线断层、平行断层、U型储层、夹角断层、矩形系统、圆形系统
<b>顶底边界类型</b>	上下封闭、上下定压

## 5.6 华线试井资料解释与网络应用一体化技术服务

“华线 Swift 试井分析软件”联合“华线 RSAS 油藏监测信息网络应用平台”可以形成实现试井资料从“解释、录入、管理到综合应用”的一体化系统，实现对试井资料综合应用的快速支持，本系统已在大庆、大港、冀东、青海和吐哈等油田应用。

## 六、华线试井技术服务内容

### 6.1 试井施工与解释一体化服务

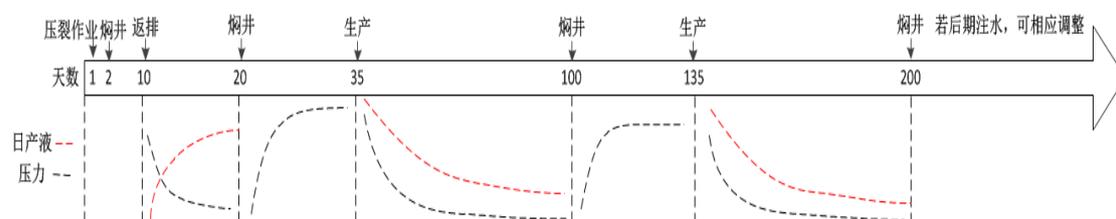
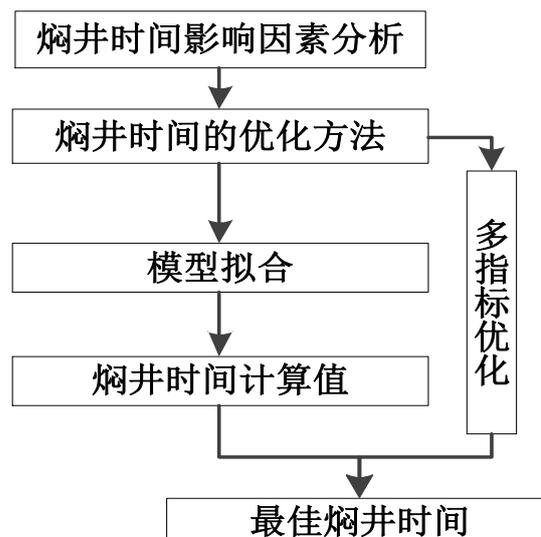
- (1) 油、气、水井的井下压力和温度单井试井：施工设计→测试→资料解释→井组综合评价；
- (2) 井间干扰试井：施工设计→测试→资料解释→井组综合评价；
- (3) 液面监测：施工设计→测试→资料解释→井组综合评价；
- (4) DTS（注入剖面测试、产出剖面测试）：施工设计→测试→资料解释→井组综合评价；
- (5) 井间示踪剂试井：施工设计→测试→资料解释→井组综合评价；
- (6) 压裂井返排示踪剂试井：施工设计→测试→资料解释；
- (7) 水平井产液剖面智能示踪剂试井：施工设计→测试→资料解释；
- (8) 全生命周期压裂压力监测：施工设计→测试→资料解释→井组综合评价（多段裂缝干扰解释）；

全生命周期压裂高精度压力监测可以实现压裂压力、停泵压力降、焖井压力及排液压力的一体化分析，解释出地层压力、裂缝导流能力、SRV 体积、焖井时间等。

焖井时间计算的常用方法主要有室内物理实验，数值模拟和 矿场经验统计等方法。

### 试井矿场实验方法

首先进行经验统计，研究产能较高时的开关井的策略；之后研究相关的模型，通过拟合已有的产能等资料，采用计算机模拟出不同开关井条件下，对产能的影响，从而获得最佳的焖井时间。



焖井时间和试井周期优化过程示意图

## 6.2 试井解释专长项目

- ◆ 油、气、水井解析试井解释和数值试井解释；
- ◆ 井间干扰与脉冲试井设计与解释；
- ◆ 层间干扰与脉冲试井设计与解释；
- ◆ 基于液面监测的脉冲干扰试井分析
- ◆ 基于注采联动试井的井间连通性分析
- ◆ 井间示踪剂监测、生产数据与试井数据一体化监测与分析；
- ◆ 多段压裂水平井反排产液剖面示踪监测与压力监测一体化分析；
- ◆ 基于试井数据与生产数据的井间连通性监测与分析；
- ◆ 基于试井数据与生产数据的优势水流通道监测与分析；
- ◆ 基于试井数据与生产数据的油水分布规律监测与分析；
- ◆ 基于试井数据与生产数据的剩余油分布监测与分析；
- ◆ 基于试井的多段压裂水平井见水方向监测与分析；

- ◆ 基于生产数据的试井解释；
- ◆ 基于历次和井组的区块试井资料综合解释；
- ◆ 油气井 DTS 产出剖面解释；
- ◆ 注水井 DTS 吸水剖面解释。

### 6.3 试井主导的油气藏综合评价项目

- ◆ 试井主导的油气藏描述、三维地质建模
- ◆ 试井主导的渗流场与剩余油分布规律研究
- ◆ 试井主导的油气藏动态储量计算
- ◆ 数值试井与数值模拟一体化分析技术
- ◆ 基于生产数据的油气井试井动态评价技术
  - (1) 生产数据典型曲线分析技术
  - (2) 含水预警自动分析技术
  - (3) 产量变动原因自动分析技术

### 6.4 精细试井资料解释提供的测试对象深化认识内容

- ◆ 井间连通性评价
- ◆ 聚合物驱效果评价
- ◆ 水驱效果评价
- ◆ 储层渗透物性分布及变化评价
- ◆ 优势水流通道分析
- ◆ 调堵、调剖（确定层位）
- ◆ 剩余油分布解释
- ◆ 注采平衡及压力保持水平评价（含计算单井注采比）
- ◆ 合理配注量的确定
- ◆ 合理井网井距的优化
- ◆ 油气井间开周期优化
- ◆ 不稳定注水周期优化
- ◆ 压裂井高渗透带体积计算
- ◆ 缝洞储集体系统的体积计算
- ◆ 复杂油气藏边界及边底水情况评价

- ◆ 储气库多周期生产优化
- ◆ 多段压裂水平井闷井时间优化

## 6.5 智能试井解释服务

- (1) 智能试井解释，实现云端实时分析；
- (2) 注入产出剖面流量智能解释。

## 七、试井技术质量标准及相关要求

### 7.1 技术服务质量要求

- (1) 解释出的地层参数符合实际生产情况；
- (2) 针对低渗透油气藏和缝洞油气藏等复杂油气藏，优先使用 Swift 试井分析软件有关试井解释模型；
- (3) 对于低渗透-超低渗透复杂油气藏难测试出明显地层响应的资料，需要同时使用 Swift 试井分析软件早期试井解释图版，进行试井解释；
- (4) 地层压力计算应选择能充分地明确地层压力保持水平的计算方法，Swift 试井分析软件有 10 多种地层压力计算方法，可以试算比较优选；
- (5) 提泵测压井必须进行流压校正，Swift 试井分析软件可以实现半自动流压校正；
- (6) 所有计算压力必须折算到油气藏中部或者基准面上，Swift 试井分析软件可以实现高温高压等复杂油气井的井底压力折算；
- (7) 解释报告信息全面，必须全面容纳相关信息以便达到认识解释的结果可靠性。解释报告应包括内容如下：

#### A、试井软件录入的信息

- ◆ 报告封页信息
- ◆ 摘要与测试目的
- ◆ 井基础信息（含井身结构和射孔压裂完井信息）
- ◆ 流体性质参数
- ◆ 储层性质参数（含测井信息）
- ◆ 测试基础信息 包括测试类型、井型、流体类型和施工记录
- ◆ 测试数据（包括原始测试数据、预处理后测试数据，含梯度测试数据）
- ◆ 流量史数据

◆ 深度压力校正

B、试井软件分析出的信息

◆ 解释成果图（含九张诊断图和四张拟合图，早期资料必须有早期拟合图）

◆ 解释成果表（不同分析方法对应不同的分析参数表）

◆ 结论与建议

◆ 试井解释报告（word 形式）。

## 7.2 本服务执行的技术标准、规范

本技术服务执行适用的现行国家、行业和企业规范、标准和规程。

## 7.3 甲方乙方分工要求

（1）甲方提供需求计划、地质资料、生产数据和高压物性资料及相渗数据、动态监测资料（压力测试资料等）。

（2）乙方提交试井资料解释报告、分析成果资料、油水井措施建议等。

## 八、华线试井解释服务的技术优势

（1）拥有高水平、经验丰富的试井资料解释人员，专业试井解释队伍能够及时处理疑难井资料解释；

（2）拥有自己的模型研究、方法研究及软件开发团队，可随时根据油气田实际情况建立更加合适的模型方法，迅速加入到软件中，及时处理复杂情况的资料，解决实际问题；

（3）提供统一标准、统一方法、统一人员的动态监测和油藏地质资料服务；

（4）拥有国内先进的试井资料解释软件，特别是试井解释软件 Swift 容纳了适合低渗透油气藏和非常规油气藏试井解释的各种模型。拥有自己独特的解释新方法包括非达西流、非牛顿、多井、压力敏感、多层模型以及综合分析对比（历次、井组和区块综合）；

（5）不仅能提供资料解释技术（Swift），而且能提供试井资料的网络数据库管理及应用服务（RSAS）。实现从资料解释到资料入库管理再到网络化应用的一体化，通过网络应用软件平台可以提升测试资料信息利用率。

（6）通过我们的二次资料解释服务可以增加测试资料信息 30% 以上，提高资料解释可靠性 30% 以上。

（7）通过综合试井解释和储层评价可以解释出更多的可靠信息，制定出更可靠

的开采方案。例如：试井解释可解释出单井注采比、低渗透油藏的启动压力梯度、解释出压裂井线性流下得平均地层压力以及全井测试资料解释出分层地层参数等，目前国外软件都没有上述模型。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。

## 九、华线试井解释服务业绩

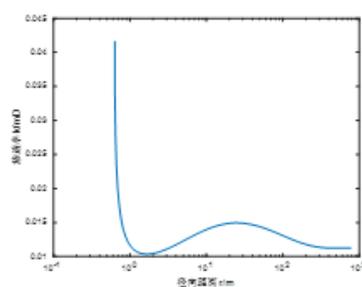
华线试井解释技术中心已经应用 Swift 试井分析软件为长庆油田的 10 个采油厂、苏里格气田、榆林气田，延长油田、吉林油田、大庆油田、冀东油田、青海油田、大港油田、新疆油田、胜利油田、中原油田、江汉油田、江苏油田和中海油等单位提供过二次或精细试井解释服务，并也为国外油田提供过精细试井解释服务，累计解释处理了上万井次试井资料。

## 十、试井分析特色与独创方法案例

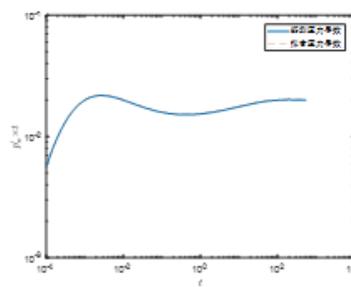
下文给出我们实现的一些精细试井解释的典型例子，有关例子只包含其中的亮点内容或者最终成果图，省略许多其它内容，其中包括一些使用我们独创的试井解释方法的解释结果。

### 案例 1：压力恢复试井解释径向渗透率剖面和压力剖面的成果

渗透率剖面算例：已知一组实测压力导数，反演的渗透率剖面如图所示。

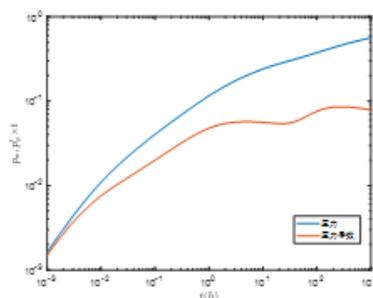


渗透率剖面的半对数图

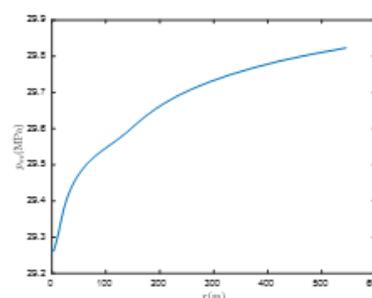


拟合的压力导数曲线

压力剖面算例：利用压力恢复试井数据确定压力剖面

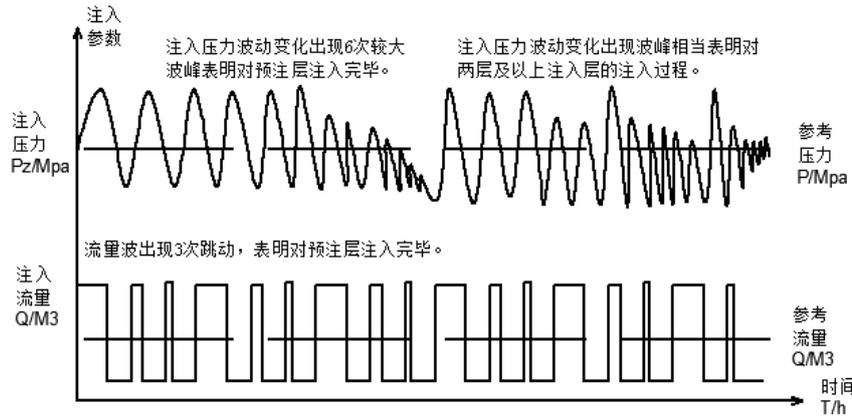


压力及压力导数双对数曲线

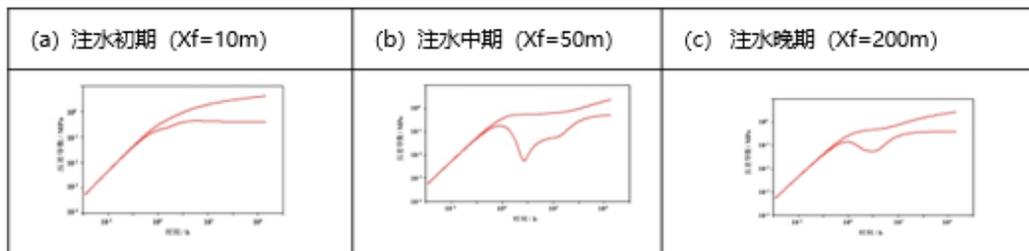


关井时刻压力剖面图

## 案例 2：不稳定注水试井分析

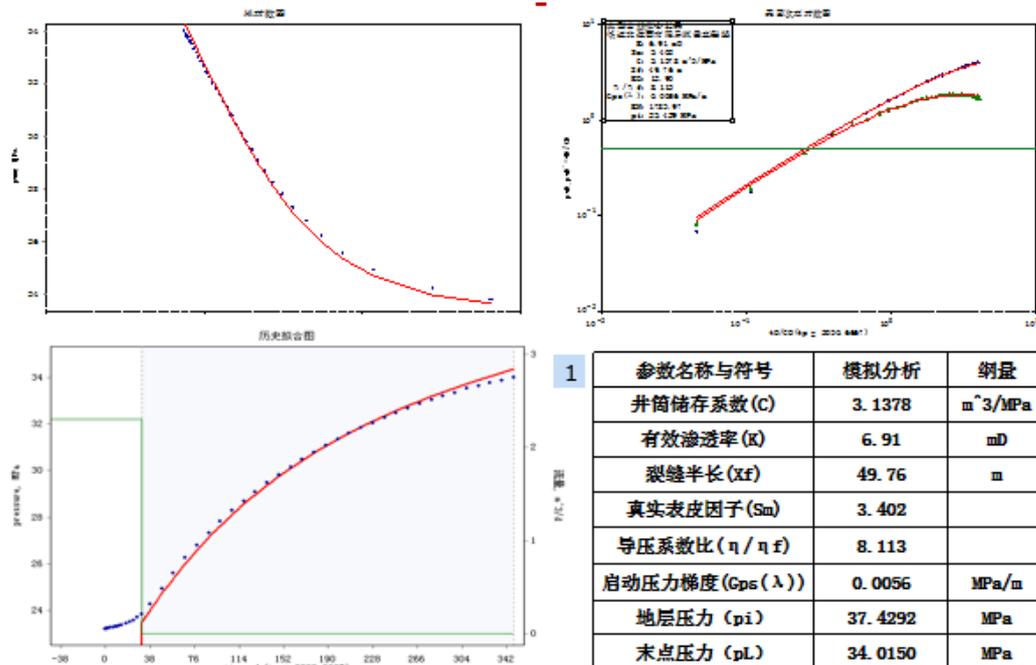


不稳定注水周期对压力影响的分析图



不稳定注水周期和强度对试井曲线影响分析图

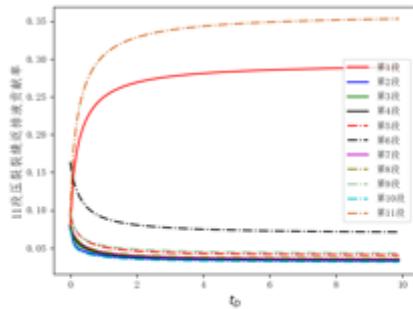
## 案例 3：低渗透油藏非达西有限导流垂直裂缝模型解释结果



## 案例 4：多段压裂水平井注入与停泵压裂压力分析成果

### (一) 多段压裂水平井注入压力分析成果

分段压裂压力分析裂缝参数



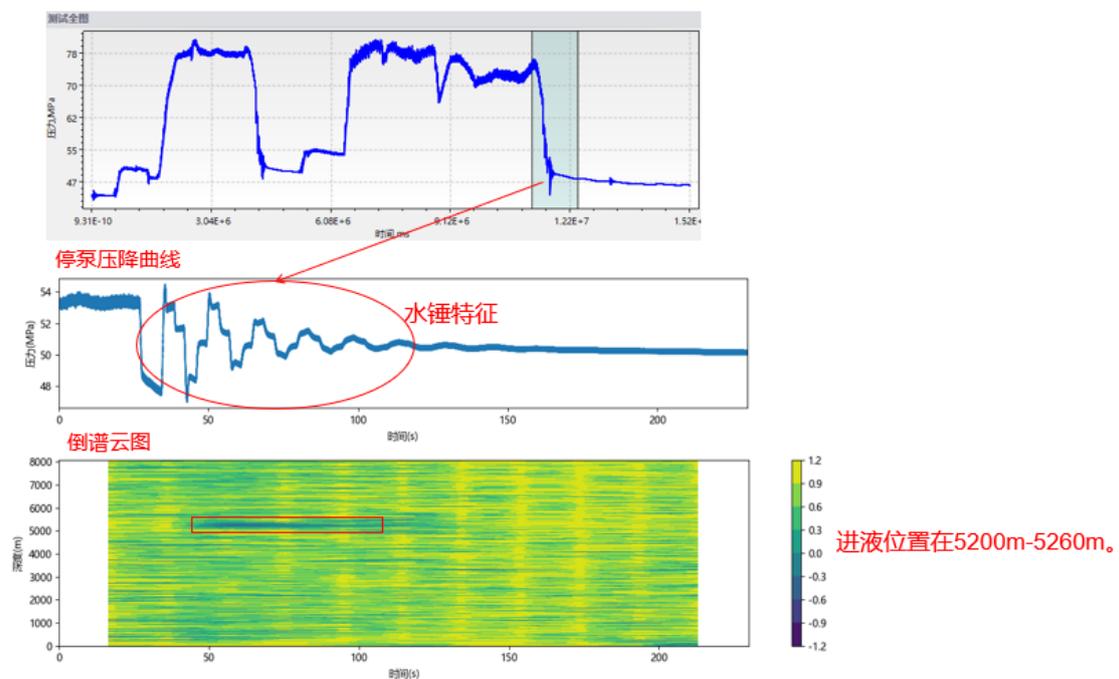
共11段压裂裂缝反排液贡献率随时间变化图 (试算)

共11段压裂裂缝参数解释结果(停泵时刻裂缝参数)

井段	裂缝平均宽度 (mm)	裂缝长 (m)	裂缝导流能力 (D.m)
第1段	4.4	197.57	9.65
第2段	4.5	240.89	10.15
第3段	3.9	178.81	8.73
第4段	4.3	215.69	9.60
第5段	4.3	222.95	9.57
第6段	3.4	109.88	7.52
第7段	4.1	192.56	9.28
第8段	4.4	224.21	9.83
第9段	4.4	226.41	9.84
第10段	4.4	230.08	9.89
第11段	4.5	241.43	10.06

### (二) 多段压裂水平井停泵压裂压力分析成果

一口多段压裂水平井其中一段的压裂停泵压降水锤分析成果(含倒谱云图)如下:



压裂停泵压降的系统分析方法:

停泵后高频压力计数据分解锤击压力(声波)及渗流压力, 对渗流压力则通过

滤波方法，消除渗流压力，得到水锤压力，再进行数据分析。对于声波，进行阻抗及倒谱分析。

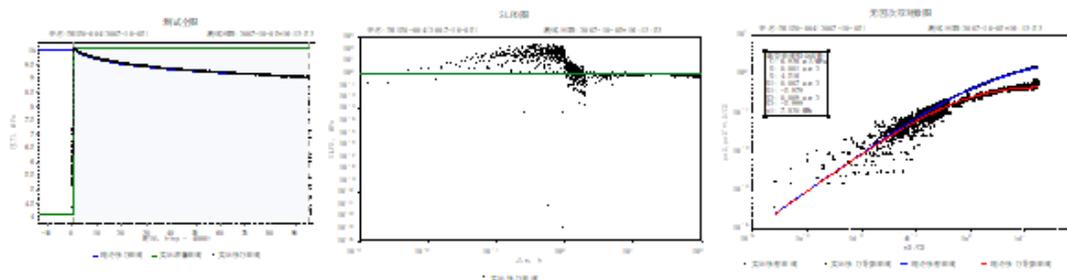
水锤压力分析可以得到：

---确定裂缝进液点位置；

---水锤波的反射波包括： 桥塞反射、裂缝反射。

### 案例 5： 多层油藏合层试井资料算分层参数的试井解释成果

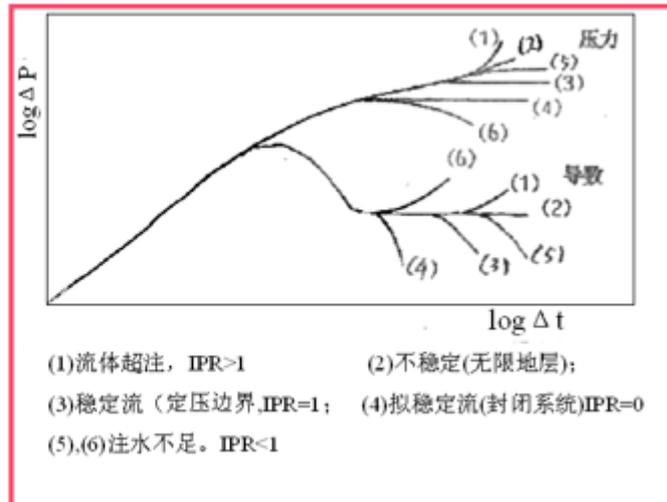
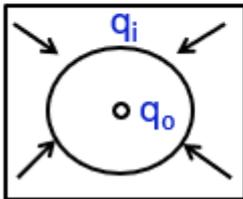
层名	流动系数 $\mu \text{ m}^2 \cdot \text{m} / \text{mPa} \cdot \text{s}$	渗透率 $\mu \text{ m}^2$	表皮 因子	井储系数 $\text{m}^3 / \text{MPa}$	平均压力 MPa	层厚度 m	层流量 $\text{m}^3 / \text{d}$
S731	0.037	0.022	6.434		8.985	1.000	4.06
S733	0.013	0.008	0.528	8.201	8.715	1.000	2.91
S74	0.034	0.012	4.026		8.860	2.800	13.03



## 案例 6: 多井系统中的单井试井分析单井注采比

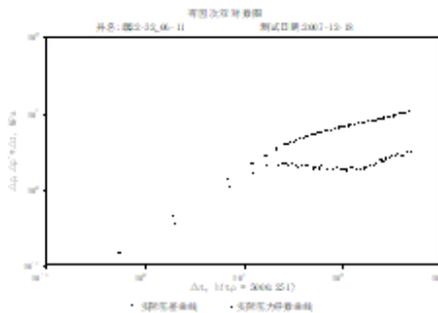
单井注采比计算公式

$$IPR = \frac{q_i}{q_o}$$

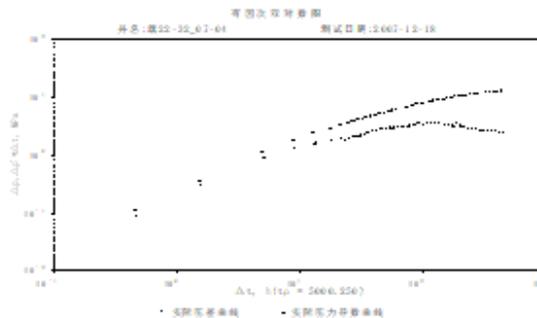


注采井组单井单层注采比试井分析方法原理图

2006年11月测试(图1)



2007年4月测试(图2)



(1) 邻井干扰: 同一口井IPR<1和IPR>1情况对比的分析结果

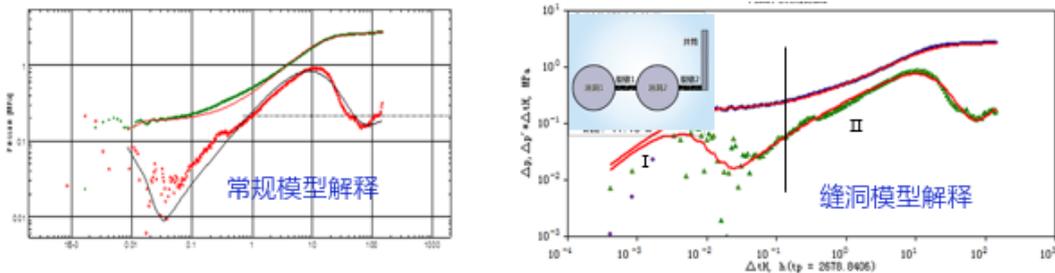
图1: 超注:

单井注采比	1.86
-------	------

图2: 注水不足

单井注采比	0.569
-------	-------

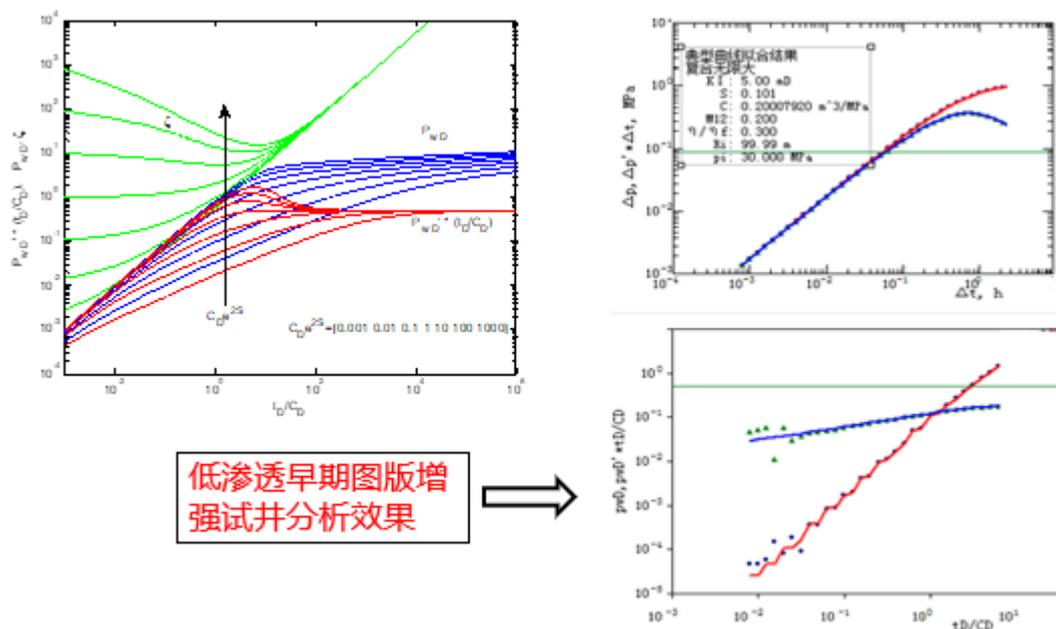
## 案例 7：缝洞油藏压恢试井使用“井-缝-洞-缝-洞井在裂缝模型”解释成果



双对数图可划分为2个流动段 I：裂缝、溶洞响应段；II：裂缝、溶洞响应段。选择井-缝-洞-缝-洞模型。

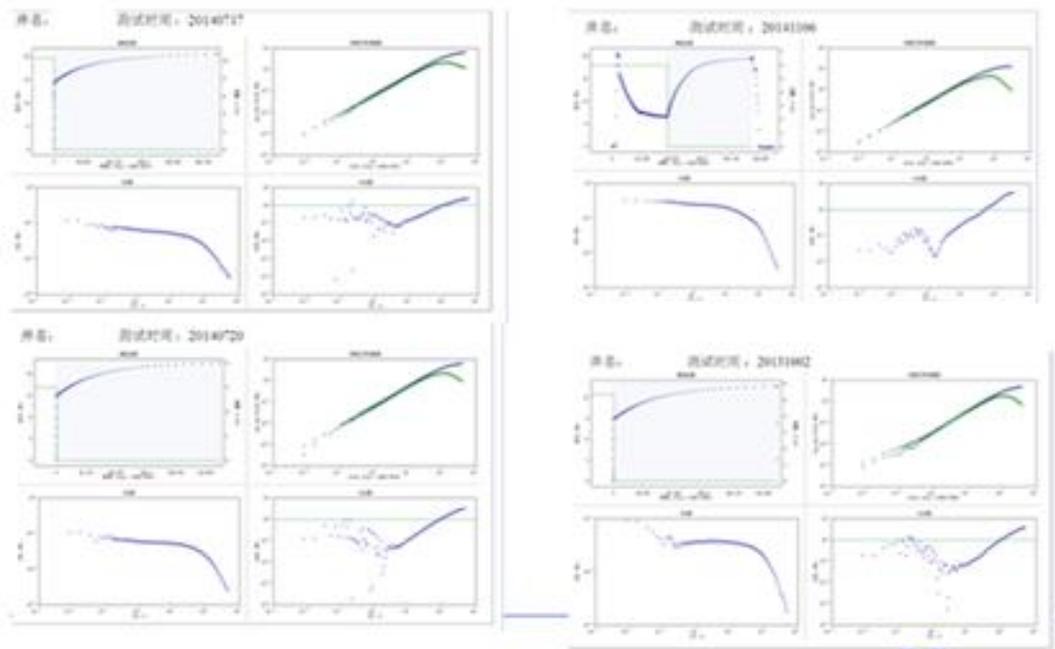
常规模型解释			缝洞模型解释		
变井储+有限导流+双孔			井-缝-洞-缝-洞		
参数	数值	单位	参数	数值	单位
有效渗透率 (K)	66.3	mD	有效渗透率 (K)	3082.63	mD
井储系数 (C)	71.7	m <sup>3</sup> /MPa	井筒储集系数 (C)	0.0222	m <sup>3</sup> /MPa
裂缝半长 (Xf)	126	m	裂缝 I 长度 (Xf1)	143.34	m
表皮系数 (S)	-3.87		裂缝 II 长度 (Xf2)	77.73	m
外推压力 (Pi)	86.74	MPa	溶洞 I 体积 (Vv1)	3574172	m <sup>3</sup>
			溶洞 II 体积 (Vv2)	1281	m <sup>3</sup>
			裂缝 I 横面积 (Af1)	0.059	m <sup>2</sup>
			裂缝 II 横面积 (Af2)	0.411	m <sup>2</sup>
油藏地层压力 86.88MPa/7557.66m (垂深)			外推地层压力 (Pi)	86.42	MPa

## 案例 8：低渗透早期试井分析图版应用实例

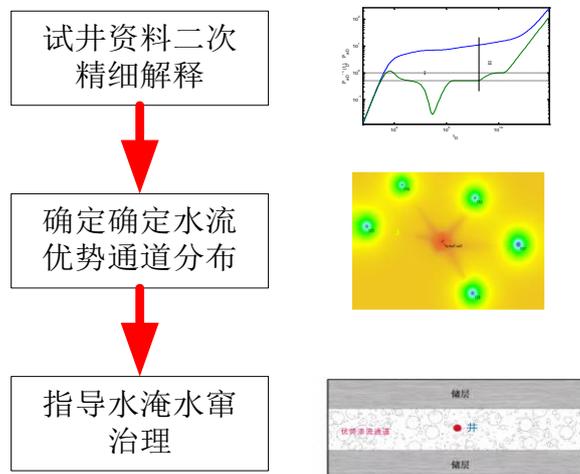


## 案例 9：优势渗流通道试井分析成果

对53口井试井资料分析，试井模型诊断存在优势水流通道的井共16口

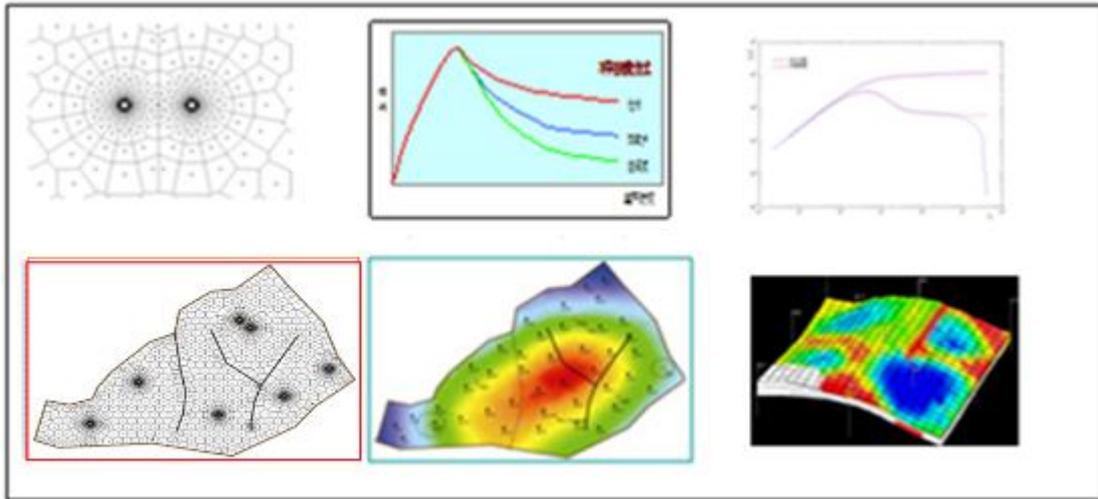


优势渗流通道试井认识成果图

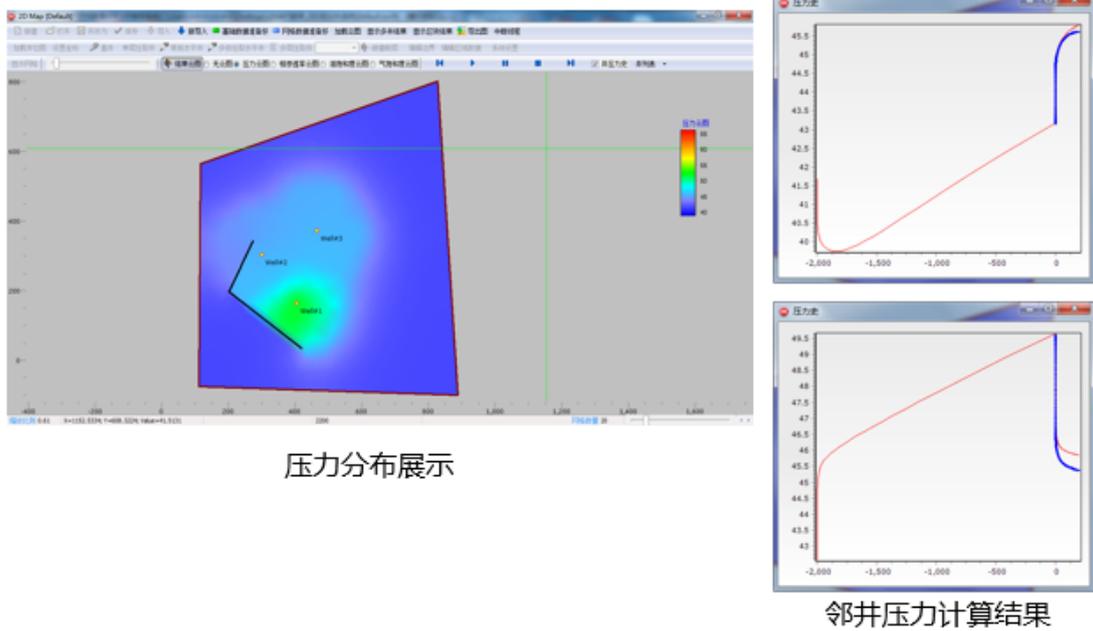


注水开发油藏优势渗流通道试井分析方法原理图

## 案例 10：数值试井解释成果示例



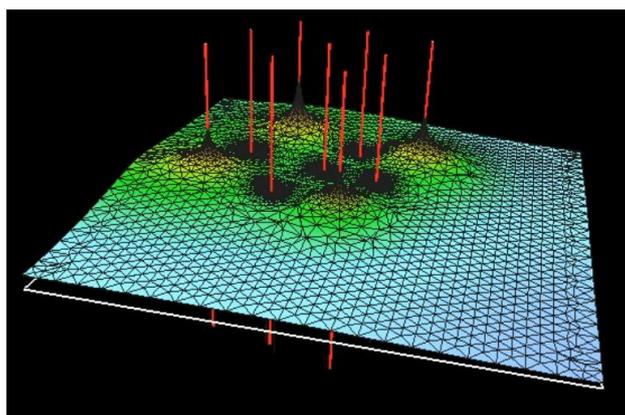
油气藏数模与数值试井一体化模拟分析原理示意图



压力分布展示

邻井压力计算结果

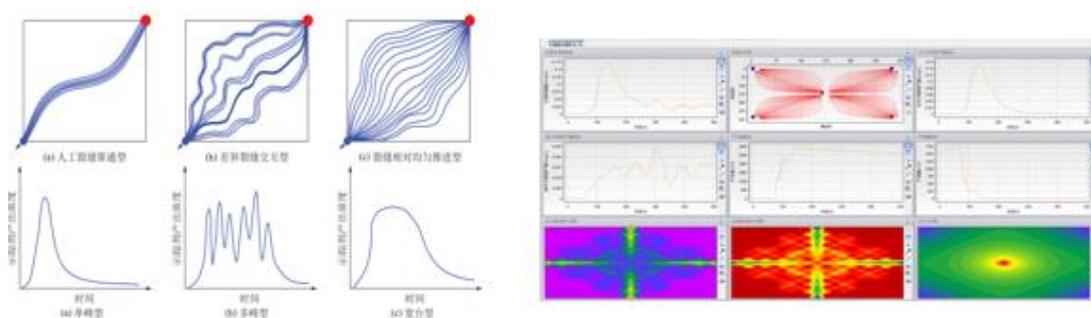
某井组油井邻井影响的压力分布分析结果



某油藏中部区块油井高压低产资料分析成果  
数值试井解释成果图

### 案例 11：示踪剂试井定量解释成果

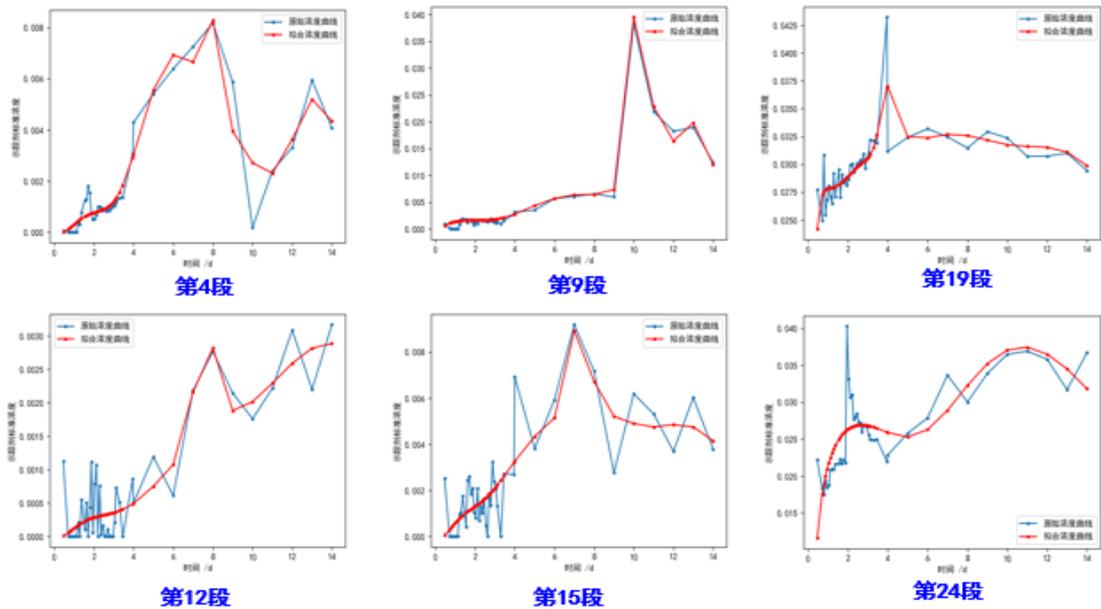
#### (1) 井间示踪剂定量解释成果



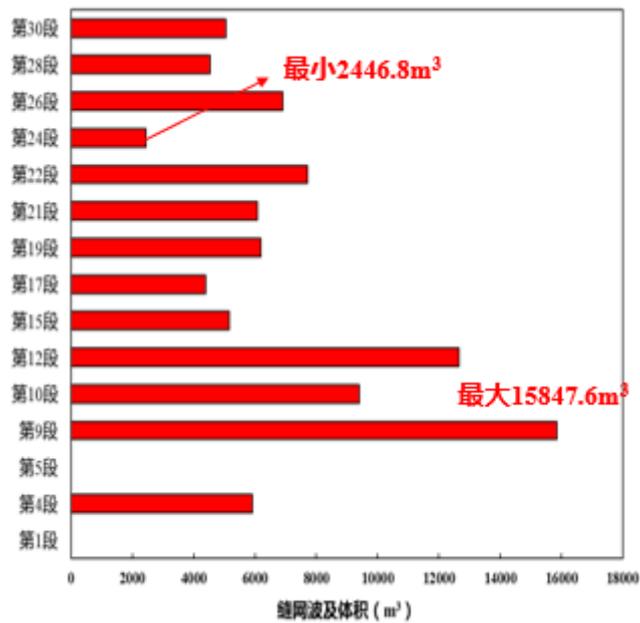
42井组示踪剂综合解释成果表

序号	井号	半定量解释参数		定量解释参数		扩展计算获取参数		
		注入水分配系数 <i>f</i>	注入水波及体积/ $m^3$	流道体积/ $m^3$	流道长度/ $m$	流道截面积/ $m^2$	流道直径/ $m$	平均真实流速/ $m/d$
1	K482	0.5049	6960.7	6873.2	1037.0	6.63	2.90	24.12
				7876.1	1146.1	6.87	2.96	26.65
				6894.7	1149.3	6.00	2.76	26.73
2	K488	0.0608	1442.8	1481.2	845.1	1.75	1.49	8.37
				1658.5	618.1	2.68	1.85	6.12
				1366.1	1047.7	1.30	1.29	10.37
3	K455	0.1095	2521.7	2839.4	3242.3	0.88	1.06	35.24
				2540.0	2379.4	1.07	1.17	25.86
				2539.8	2776.3	0.91	1.08	30.18
4	K461	0.1272	1252.0	1120.3	3923.3	0.29	0.60	196.17
				1444.6	5337.7	0.27	0.59	266.89
				1254.0	3033.2	0.41	0.73	151.66
5	K435	0.1976	2587.1	3087.9	5036.5	0.61	0.88	186.54
				2763.3	5198.0	0.53	0.82	192.52
				3003.8	4814.6	0.62	0.89	178.32

(2) 水平井分段压裂示踪剂解释分析（曲线拟合方法）



水平井分段压裂示踪剂曲线拟合图



各段解释缝网波及体积统计直方图

缝网波及体积——平均单段缝网波及体积为 7102.9m<sup>3</sup>

西安华线石油科技有限公司

公司网址: <http://www.sinoline.com>

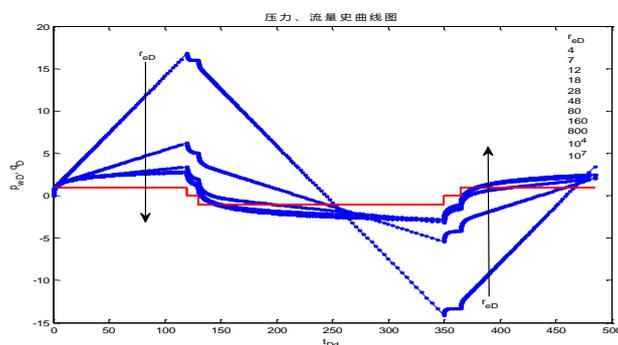
联系电话: 029-81292009

传真: 029-88270244

邮箱: sv@sinoline.com

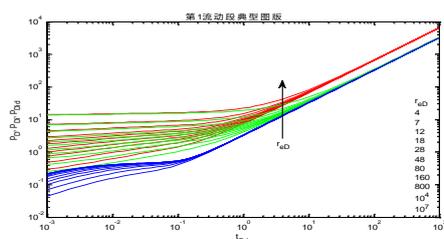
地址: 西安市电子二路 36 号 1 楼 1001 室 邮编: 710065

## 案例 12: 储气库多周期注采联合运行生产数据分析模型及其应用

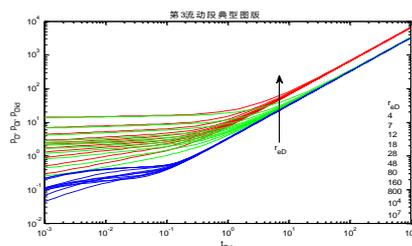


压力、流量曲线图

模型拟合图版是根据历史流量数据计算分析流动段开始时刻的地层压力分布，并在此基础上构建的 NPI 图版。

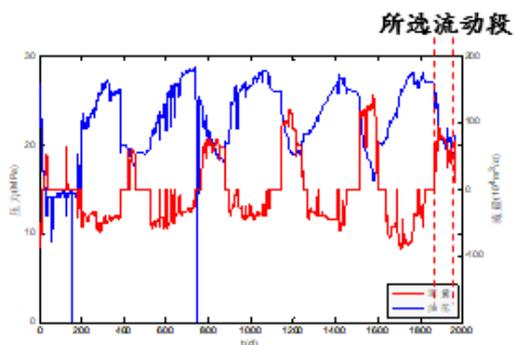


第 1 流动段典型图版

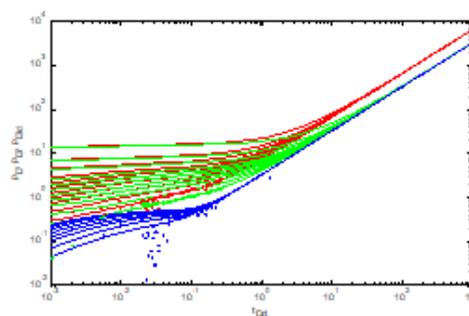


第 3 流动段典型图版

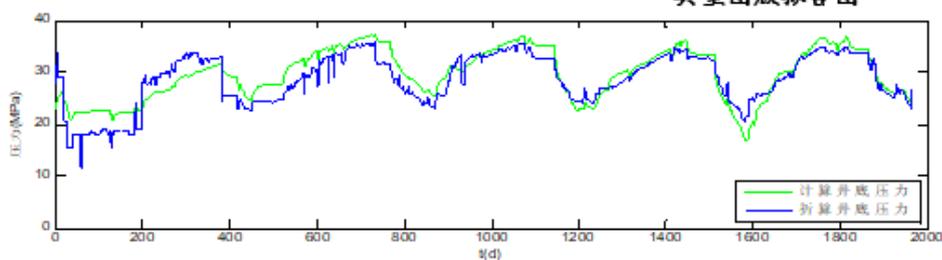
直井多周期模型验证实例



历史流量压力图



典型图版拟合图



直井实例验证图版：全周期历史拟合图