

ICS 75.180.99

E 10

备案号: 2642—1999

# 中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6363—1998

---

## 不稳定试井技术要求

Technical requirement for transient well testing

1999 - 03 - 03 发布

1999 - 10 - 01 实施

---

国家石油和化学工业局      发 布

## 目 次

前言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 不稳定试井设计 .....	1
3 不稳定试井测试应取得的数据 .....	3
4 单井不稳定试井解释方法 .....	3
5 单井不稳定试井解释报告的内容 .....	5
6 多井试井解释方法 .....	6
附录 A (标准的附录) 不稳定试井解释常用的计算公式 .....	7
附录 B (标准的附录) 符号注释 .....	10
附录 C (提示的附录) 不稳定试井解释报告中的典型图例 .....	12

## 前 言

不稳定试井技术是认识油藏、评价油藏及油藏动态监测的一个重要手段，在油田勘探和开发中得到了广泛的应用。为了使不稳定试井技术的应用规范化，本标准规定了油水井的不稳定试井设计、资料录取和解释方法的技术要求。

本标准的附录 A、附录 B 都是标准的附录。

本标准的附录 C 是提示的附录。

本标准由油气田开发专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：大港油田集团有限责任公司地质勘探开发研究院。

本标准主要起草人 刘继红 郭光前 崔迪生 蒋 华 杨上荣

## 不稳定试井技术要求

Technical requirement for transient well testing

## 1 范围

本标准规定了油（水）井不稳定试井设计、资料录取和解释方法的技术要求。  
本标准适用于油（水）井不稳定试井。

## 2 不稳定试井设计

## 2.1 目的

根据油藏勘探开发不同阶段的要求，阐明本次不稳定试井所要解决的问题。

## 2.2 测试井的基础数据

测试井的基础数据包括以下内容：

- a) 井的基础数据（见表1）；
- b) 目前井身结构示意图；
- c) 测试层数据（见表2）；
- d) 油水井生产情况（见表3、表4）；
- e) 产液剖面（注水井吸水剖面）；
- f) 流体物性参数（见表5、表6）。

表1 ××油田××井测试井基础数据

地理位置					
构造位置					
井别		井型		油层中深，m	
最大井斜深度，m		总方位		倾角	
完钻日期		完钻井深，m		人工井底，m	
完井日期		完井方式			

制表人：

校对入：

制表日期：

表2 ××油田××井测试层数据

层位	层号	解释井段 m	射孔井段 m	有效厚度 m	射井厚度 m	孔隙度 %	渗透率 $10^{-3}\mu\text{m}^2$	电测解释 结果	备 注

制表人：

校对入：

制表日期：

表3 ××油田××油井生产情况

日期	工作制度	日产量			含水率	累计产量			压力, MPa		备 注
		油, t	气, m <sup>3</sup>	水, m <sup>3</sup>	%	油, t	气, m <sup>3</sup>	水, m <sup>3</sup>	油压	套压	
											流 压、静 压、 流 温、静 温 及 测试时间

制表人:

校对入:

制表日期:

表4 ××油田××水井注水情况

日期	注入方式	泵压 MPa	油压 MPa	套压 MPa	日注水 m <sup>3</sup>	累计注水 m <sup>3</sup>	备 注

制表人:

校对入:

制表日期:

表5 ××油田××井地面流体物性参数

取样日期	相对密度	原油粘度 mPa·s	凝固点 ℃	初馏点 ℃	含蜡 %	含硫 %	含胶 %	地层水总矿化度 mg/L	备 注

制表人:

校对入:

制表日期:

表6 ××油田××井地层流体物性参数

取样日期		地层原油粘度, mPa·s		油压缩系数, MPa <sup>-1</sup>	
分析日期		地层水粘度, mPa·s		水压缩系数, MPa <sup>-1</sup>	
地层压力, MPa		地层原油体积系数		岩石压缩系数, MPa <sup>-1</sup>	
地层温度, ℃		地层水体积系数		原始饱和压力, MPa	

制表人:

校对入:

制表日期:

### 2.3 测试方式

**2.3.1** 单井试井包括压力恢复、压力降落和变流量测试, 可根据测试目的和生产条件选择。应优先选择关井测压力恢复(注水井压力降落), 关停油井优先选择压力降落, 当考虑资料采集的难易程度、经济的合理性和适应性时, 可选择变流量的方式取得不稳定压力数据。

**2.3.2** 多井试井包括干扰试井和脉冲试井, 可根据实际条件来选择。多井试井主要是为了确定井间的连通情况。

## 2.4 测试时间的确定

### 2.4.1 压力恢复（压降）测试时间估算：

a) 压力恢复（注水井压降）测试应计算径向流开始的时间：

$$\Delta t_b > 2210 C e^{0.14S} / (Kh/\mu) \quad \dots\dots\dots(1)$$

最少测试时间  $\Delta t_d > 10\Delta t_b$

b) 压降测试应计算径向流开始的时间：

$$t_b > (2650 + 160S) C / (Kh/\mu) \quad \dots\dots\dots(2)$$

最少测试时间  $t_d > 10t_b$

c) 探边测试应计算拟稳态出现的时间：

$$t_{ps} = \frac{277.8 \times 10^6 \phi \mu C_1 A}{K} (t_{DA})_{ps} \quad \dots\dots\dots(3)$$

最少测试时间  $\Delta t_d > 10t_{ps}$

2.4.2 干扰试井测试时间估算是确定测试流量  $q$ 、激动生产时间  $t$  和压力计分辨率  $\delta_p$  之间的关系。当  $qB$  为选定流量时， $\delta_p$  与  $t$  的关系为：

$$\delta_p = \frac{qB\mu}{1.086Kh} E_i \left( - \frac{69.44 \phi \mu C_1 L^2}{Kt} \right) \quad \dots\dots\dots(4)$$

$\delta_p$  选定 0.0001MPa 时，最少测试时间  $\Delta t_d > 10t$ 。

2.4.3 也可根据已知的或计算的地层参数（ $K$ 、 $\rho$ 、 $h$ 、 $\mu$ 、 $\phi$ ）进行试井模拟，模拟出压力曲线及边界特征和边界反映时间，并作预分析，再根据模拟结果确定测试时间。

## 2.5 压力计性能选择

2.5.1 探边测试、多井试井和半对数分析图中期段直线斜率  $m \leq 0.01\text{MPa/cycle}$  的常规试井，要选用精度在 0.05%FS 以内的高精度电子压力计。其他测试可选用机械压力计或低精度的电子压力计。

2.5.2 根据井的地层压力、地层温度合理选择压力计的量程。

## 2.6 测试要求

2.6.1 确定下入深度。如果压力计下不到油层中部时，要测取相应深度的流压梯度、流温梯度、静压梯度和静温梯度数据。

2.6.2 根据测试目的和设计计算或试井模拟结果，确定测试时间。

2.6.3 根据测试要求和仪器性能，确定合理的数据采集时间。

2.6.4 测试期间测试井和邻井的工作制度应保持稳定，间隔产量的波动不得超过 10%。

2.6.5 多井试井时，对于连通性好的井组，一般要求先测出井底压力变化趋势；对于连通性较差的井组，只要压力计下入后正常即可进行干扰试井。

## 2.7 测试注意事项

根据测试井的不同情况，规定出测试时应注意的事项。

## 3 不稳定试井测试应取得的数据

3.1 压力、温度梯度数据如表 7 所示。

3.2 不稳定试井测试数据如表 8 所示。

3.3 多井试井要测取观察井的井底压力梯度、温度梯度数据和井底压力、温度数据外，还要观察记录激动井的井口压力和流量变化情况。

## 4 单井不稳定试井解释方法

### 4.1 资料解释要求

4.1.1 详细了解整个测试过程，全面鉴定测试井（层）的基础数据和测试资料的质量。

表7 ××油田××井压力、温度梯度数据

测试日期:				测试仪器及型号:		
测试时间 时:分:秒	测试深度 m	压 力 MPa	压力梯度 MPa/100m	温 度 ℃	温度梯度 ℃/100m	备 注

制表人:

校对入:

制表日期:

表8 ××油田××井测试数据

序 号	时 间				累计时间 h	实测井底压力 MPa	实测井底温度 ℃
	日	时	分	秒			

制表人:

校对入:

制表日期:

4.1.2 用各种试井解释方法和软件对测试资料作出准确可靠的解释。

4.1.3 参考地震、地质、测井、岩心和试采资料加以综合判断,力求做到选择的解释模型和计算的参数准确。

#### 4.2 数据准备

数据准备包括压力史数据、流量史数据及解释计算所需的其他参数。

#### 4.3 解释模型选择

利用双对数压力导数曲线形状、特征直线进行曲线诊断,划分各流动段,确定地层渗流特征和边界性质,选择合适的解释模型。

#### 4.4 参数计算

##### 4.4.1 常规分析

对双对数压力导数中期出现水平直线段的资料,都要用霍纳(Horner)法或MDH法进行常规分析,计算出有关的参数(有效渗透率 $K$ 、表皮系数 $S$ 、外推拟合压力 $p^*$ 、边界距离 $L_b$ 、导压系数 $\eta$ 等)和压力拟合值,并以此校正双对数曲线拟合中的压力拟合值。

##### 4.4.2 特定曲线分析

对双对数压力导数曲线出现的特征斜率直线,都要用以下特定的分析方法进行分析:

a) 当早期出现斜率为1的直线时,作 $\Delta p - \Delta t$ (或 $t$ )线性图,用其直线斜率计算井筒储存系数 $C$ ,并校正双对数拟合分析的 $C$ 值;

b) 当早期出现1/2斜率直线时,作 $\Delta p - \sqrt{\Delta t}$ (或 $\sqrt{t}$ )的线性图,用其直线斜率计算裂缝半长 $L_f$ ;

c) 当早期出现1/4斜率直线时,作 $\Delta p - \sqrt[4]{\Delta t}$ (或 $\sqrt[4]{t}$ )的线性图,用其直线斜率计算垂直裂缝导流能力 $K_f W_f$ ;

d) 当压降晚期曲线出现封闭边界反应时,作 $p(t) - t$ 线性图,用其直线斜率计算与井连通的

孔隙体积、流体储量和面积。

#### 4.4.3 双对数图版曲线拟合分析

所有试井资料都要用双对数图版曲线拟合法进行拟合分析,通过调整拟合的图版曲线值  $(C_D e^{2S})_M$ 、时间拟合值  $t_M$ 、压力拟合值  $p_M$ ,并用叠加线源解方法拟合边界反映,使其达到最佳拟合,并计算出有关参数(有效渗透率  $K$ 、表皮系数  $S$ 、无量纲井筒储存系数  $C_D$ 、垂直裂缝半长  $L_f$ 、垂直裂缝导流能力  $K_f W_f$ 、储能比  $\omega$ 、串流系数  $\lambda$ 、边界距离  $L_b$  等)。

#### 4.4.4 解释结果检验

解释结果检验包括以下内容:

##### a) 一致性检验:

用常规解释方法与双对数解释方法所得的结果应一致,计算的  $K$ 、 $S$  相对误差小于 10%。

##### b) 可靠性检验:

##### 1) 无量纲霍纳曲线检验:

霍纳典型曲线和实测数据的无量纲曲线应该彼此拟合。若获得一致的分析结果,表明解释结果可靠;否则,要调整  $(C_D e^{2S})_M$ 、 $t_M$ 、 $p_M$ 、 $p^*$  等拟合参数,直到达到满意的拟合为止。

##### 2) 压力史拟合曲线的检验:

该部分是将实际的产量历史、解释模型以及从分析中得到的井和油藏的参数值代入相应的数学模型,从而计算出压力与时间的关系曲线,然后与实测曲线进行对比。如果曲线重合,说明获得了良好的结果;否则,说明解释结果与实测的油藏动态不符,应重新选择模型进行计算。

### 5 单井不稳定试井解释报告的内容

#### 5.1 测试目的。

#### 5.2 测试井的基本情况:

- a) 测试井的基本数据;
- b) 测试层数据;
- c) 试油试采及生产情况。

#### 5.3 测试概况:

- a) 测试方式、工作制度、测试时间、测试过程;
- b) 测试所取得的压力、温度梯度数据和压力、温度随时间变化的实测数据。

#### 5.4 曲线形态分析:

- a) 实测压力史分析;
- b) 半对数曲线分析;
- c) 双对数压力及压力导数曲线拟合分析;
- d) 无量纲霍纳拟合曲线分析;
- e) 压力史曲线拟合分析;
- f) 拟稳态曲线分析(压降)。

#### 5.5 输入参数:

- a) 油层及流体物性参数;
- b) 流量史数据。

#### 5.6 解释结果:

- a) 常规试井分析结果;
- b) 双对数分析结果;



c) 拟稳态分析结果 (压降)。

## 5.7 结论与建议:

对测试结果进行评述, 并对下步措施提出建议。

## 5.8 附表:

压力随时间变化的实测压力数据表。

## 5.9 附图:

- a) 压力史图;
- b) 常规试井分析图;
- c) 双对数压力及压力导数拟合图;
- d) 无量纲霍纳拟合图;
- e) 压力史拟合图;
- f) 构造井位图。

# 6 多井试井解释方法

## 6.1 干扰试井解释方法

### 6.1.1 干扰试井压力的确定

在激动井改变工作制度进行干扰测试前, 应在观察井中下入高精度的电子压力计, 测出观察井的压力变化趋势。激动井改变工作制度在观察井中测得的压力反应中, 应考虑上述趋势压力, 从而确定出随时间变化的干扰压力值。

### 6.1.2 干扰测试资料解释

对均质油藏, 常用的解释方法有三种: 极值点法 (激动井多次激动)、半对数分析法 (适用于干扰测试段后期的数据点)、双对数指数积分曲线图版拟合法。解释出的参数有井间流动系数 ( $Kh/\mu$ ) 和弹性储能系数 ( $\phi h C_{t1}$ )。

对双重介质油藏, 常用双对数图版拟合法解释。可选择的图版有双重孔隙介质间流动为拟稳定和 unstable 两种图版, 以及我国自行研制的双重介质地层干扰压力理论图版等。解释出的参数有井间裂缝系统的流动系数 ( $K_{fh}/\mu$ ) 和弹性储能系数 ( $\phi h C_{t1}$ )<sub>f</sub> 以及裂缝岩块系统间的串流系数  $\lambda$  和储能比  $\omega$ 。

## 6.2 脉冲试井解释方法

### 6.2.1 脉冲试井概述和录取资料要求

脉冲试井是多井试井的一种特殊形式, 其功能等同于干扰试井。测试时, 在激动井形成一系列短时流的脉冲, 而在观察井中用高精度压力计记录由激动井脉冲引起的压力响应。所取资料主要为脉冲压力响应幅度、脉冲周期、激动井脉冲流量。其余资料如井距、地层和流体性质等与单井试井相同。

### 6.2.2 脉冲试井资料解释方法

脉冲试井录取的资料可通过图解法和经验法求解井间地层参数。图解法所用的图版为脉冲压力响应幅度与滞后时间关系图, 对不同的脉冲次数有不同速度的图版; 经验法适用于脉冲比为 0.2~0.8 的情况。解释的参数与干扰试井相同。以上方法均只适用于均质油藏, 不适用于双重孔隙介质油藏, 因而对双重孔隙介质油藏不宜安排脉冲试井。

附 录 A  
(标准的附录)  
不稳定试井解释常用的计算公式

## A1 计算无量纲量

## A1.1 无量纲压力

$$p_D = \frac{Kh \Delta p}{1.842 q B \mu} \quad \cdots \cdots \cdots (A1)$$

## A1.2 无量纲时间

$$t_D = \frac{3.6 \times 10^{-3} K \Delta t}{\phi \mu C_t r_w^2} \quad \cdots \cdots \cdots (A2)$$

$$t_{DL_f} = \frac{3.6 \times 10^{-3} K \Delta t}{\phi \mu C_t L_f^2} \quad \cdots \cdots \cdots (A3)$$

## A1.3 无量纲井筒储存系数

$$C_D = \frac{0.1592 C}{\phi h C_t r_w^2} \quad \cdots \cdots \cdots (A4)$$

## A1.4 无量纲半径

$$r_D = \frac{r}{r_w} \quad \cdots \cdots \cdots (A5)$$

## A1.5 无量纲裂缝导流能力

$$(K_f W_f)_D = \frac{K_f W_f}{K L_f} \quad \cdots \cdots \cdots (A6)$$

## A2 计算双对数拟合值

## A2.1 时间拟合值

$$t_M = \frac{t_D / C_D}{\Delta t} \quad \cdots \cdots \cdots (A7)$$

$$t_M = \frac{t_{DL_f}}{\Delta t} \quad \cdots \cdots \cdots (A8)$$

## A2.2 压力拟合

$$p_M = \frac{p_D}{\Delta p} \quad \cdots \cdots \cdots (A9)$$

## A3 计算产能系数

## A3.1 半对数直线法

$$Kh = \frac{2.12 q \mu B}{m} \quad \cdots \cdots \cdots (A10)$$

## A3.2 双对数典型曲线拟合法

$$Kh = 1.842 q B \mu p_M \quad \cdots \cdots \cdots (A11)$$

## A4 计算表皮系数

## A4.1 霍纳法

$$S = 1.151 \left[ \frac{p_{ws(1h)} - p_{wf(\Delta t=0)}}{m} - \lg \left( \frac{K}{\phi \mu C_1 r_w^2} \times \frac{t_p}{t_p + 1} \right) + 2.0923 \right] \dots\dots\dots (A12)$$

## A4.2 MDH 法

$$S = 1.151 \left[ \frac{p_{ws(1h)} - p_{wf(\Delta t=0)}}{m} - \lg \frac{K}{\phi \mu C_1 r_w^2} + 2.0923 \right] \dots\dots\dots (A13)$$

## 压降法

$$S = 1.151 \left[ \frac{p_i - p_{wf(1h)}}{m} - \lg \frac{K}{\phi \mu C_1 r_w^2} + 2.0923 \right] \dots\dots\dots (A14)$$

## A4.3 双对数曲线拟合法

$$S = \frac{1}{2} \ln \frac{(C_D e^{2S})_M}{C_D} \dots\dots\dots (A15)$$

## A4.3.1 无限导流垂直裂缝

$$S = \ln \frac{2r_w}{x_f} \dots\dots\dots (A16)$$

## A4.3.2 有限导流垂直裂缝

$$S = \ln \frac{r_w}{r_{we}} \dots\dots\dots (A17)$$

## A5 计算井筒储存系数

## A5.1 利用早期单位斜率数据计算

$$C = \frac{qB\Delta t}{24\Delta p} \dots\dots\dots (A18)$$

## A5.2 利用双对数时间拟合值计算

$$C = \frac{22.62 \times 10^{-3} Kh}{\mu t_M} \dots\dots\dots (A19)$$

## A6 计算探测半径

$$r_i = 0.12 \sqrt{\frac{K t_p}{\phi \mu C_1}} \dots\dots\dots (A20)$$

## A7 计算有效井筒半径

$$r_{we} = r_w e^{-S} \dots\dots\dots (A21)$$

## A8 计算表皮附加压降

$$\Delta p_s = 0.87 m S \dots\dots\dots (A22)$$

## A9 计算边界距离

## A9.1 利用半对数直线法计算

$$L_b = 0.045 \sqrt{\frac{K t_d}{\phi \mu C_1}} \dots\dots\dots (A23)$$

**A9.2 利用双对数拟合法计算**

$$L_b = 0.5 \sqrt{C_D(r_D^2/C_D)_M} \quad \dots\dots\dots(A24)$$

**A10 计算地质储量****A10.1 压降法**

$$N = \frac{4.167 \times 10^{-6} q S_o \gamma_o}{m * C_1} \quad \dots\dots\dots(A25)$$

**A10.2 封闭油藏双对数拟合法求出面积后计算储量**

$$N = 100 A h \phi S_o \gamma_o / B_o \quad \dots\dots\dots(A26)$$

**A11 计算与井筒连通的孔隙体积**

$$V_P = \frac{4.167 \times 10^{-2} q B}{m * C_1} \quad \dots\dots\dots(A27)$$

**A12 计算供油面积**

$$A = \frac{4.167 \times 10^{-8} q B}{m * \phi h C_1} \quad \dots\dots\dots(A28)$$

**A13 计算无限导流垂直裂缝长度****A13.1 利用早期特征直线计算**

$$L_f = \frac{0.196 q B}{m_{L_f} h} \sqrt{\frac{\mu}{\phi K C_1}} \quad \dots\dots\dots(A29)$$

**A13.2 利用双对数拟合值计算**

$$L_f = 0.06 \sqrt{\frac{K}{\phi \mu C_1 t_M}} \quad \dots\dots\dots(A30)$$

**A14 计算有限垂直裂缝导流能力****A14.1 利用早期特征曲线计算**

$$K_f W_f = \frac{1.222}{\sqrt{\phi \mu C_1 K}} \left( \frac{q \mu B}{h m_{L_f}} \right)^2 \quad \dots\dots\dots(A31)$$

**A14.2 利用双对数拟合参数计算**

$$K_f W_f = K L_f [(K_f W_f)_D]_M \quad \dots\dots\dots(A32)$$

**A15 导压系数计算**

$$\eta = \frac{K}{\phi \mu C_1} \quad \dots\dots\dots(A33)$$

附 录 B  
(标准的附录)  
符号注释

符号	名 称	单 位
$A$	泄油面积	$\text{km}^2$
$B$	地层体积系数	1
$B_o$	地层原油体积系数	1
$C$	井筒储存系数	$\text{m}^3/\text{MPa}$
$C_D$	无量纲井筒储存系数	1
$(C_D e^{2S})_M$	典型曲线拟合	1
$C_t$	综合压缩系数	$\text{MPa}^{-1}$
$E_i$	指数积分函数	1
$h$	地层有效厚度	m
$K$	地层有效渗透率	$10^{-3} \mu\text{m}^2$
$Kh$	地层系数	$10^{-3} \mu\text{m}^2 \cdot \text{m}$
$Kh/\mu$	流动系数	$10^{-3} \mu\text{m}^2 \cdot \text{m}/\text{mPa} \cdot \text{s}$
$K_f W_f$	垂直裂缝导流能力	m
$(K_f W_f)_D$	无量纲裂缝导流能力	1
$L_h$	边界距离	m
$L_f$	垂直裂缝半长度	m
$x_f$	裂缝半长	m
$L$	激动井离观察井距离	m
$m$	半对数直线斜率 (绝对值)	$\text{MPa}/\text{cycle}$
$m_{1/2}$	$\Delta p - \sqrt{\Delta t}$ 直线斜率 (绝对值)	$\text{MPa}/\text{h}^{1/2}$
$m^*$	拟稳定段压力降斜率 (绝对值)	$\text{MPa}/\text{h}$
$N$	单井控制储量	$10^4 \text{t}$
$p$	地层压力	$\text{MPa}$
$p_D$	无量纲压力	1
$p_i$	原始地层压力	$\text{MPa}$
$\Delta p$	压力差	$\text{MPa}$
$p_{wf(1h)}$	开井时半对数直线 1h 处压力	$\text{MPa}$
$p_M$	压力拟合值	$\text{MPa}$
$p_{w(1h)}$	关井时半对数直线 1h 处压力	$\text{MPa}$
$p^*$	拟合压力	$\text{MPa}$
$\Delta p_s$	表皮附加压力降	$\text{MPa}$

符号	名 称	单位
$p_{wf}$	井底流动压力	MPa
$p_{ws}$	井底恢复压力	MPa
$\Delta p'$	压力差导数	MPa/h
$Q$	产量	m <sup>3</sup> /d
$R$	径向距离	m
$r_i$	探测半径	m
$r_D$	无量纲半径	1
$r_w$	井筒半径	m
$r_{we}$	有效井筒半径	m
$S$	表皮系数	1
$S_o$	含油饱和度	1
$t_D$	无量纲时间	1
$t_p$	关井前生产时间	h
$t_{pss}$	拟稳态开始时间	h
$t_{DA}$	无量纲生产时间	1
$t_M$	时间拟合值	1/h
$t$	开井时间	h
$\Delta t$	关井时间	h
$\Delta t_d$	最少测试时间	h
$t_d$	断层干扰显示时间	h
$t_{DL_1}$	以 $L_1$ 定义的无量纲时间	1
$t_b$ 或 $\Delta t_b$	径向流开始时间	h
$V_P$	岩石孔隙体积	m <sup>3</sup>
$\gamma_o$	原油相对密度	1
$\mu$	地层原油粘度	MPa·s
$\phi$	孔隙度	1
$\omega$	储能比	1
$\lambda$	串流系数	1
$\phi h C_t$	弹性储能系数	MPa <sup>-1</sup> ·m
$\eta$	导压系数	10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> ·MPa/mPa·s
$\delta_p$	压力计分辨率	1

## 附录 C

(提示的附录)

## 不稳定试井解释报告中的典型图例

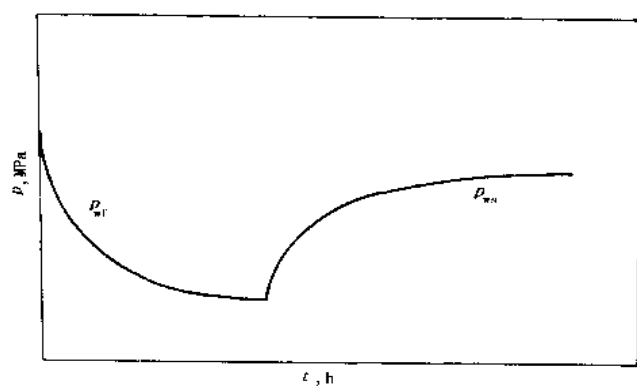
C1 压力史图 (即  $p-t$  图) (见图 C1)

图 C1 压力史曲线

## C2 常规分析图 (霍纳曲线、MDH) (见图 C2、图 C3)

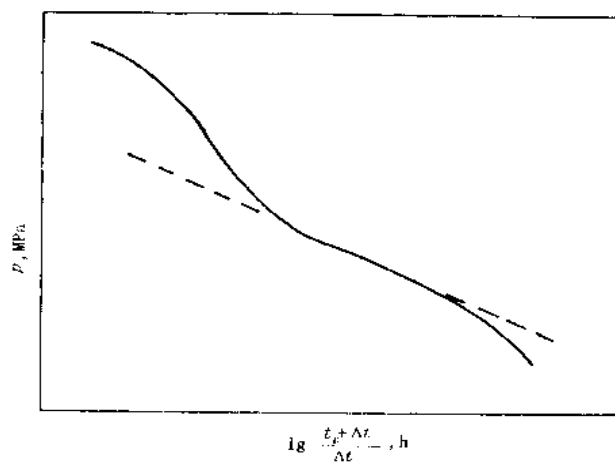


图 C2 霍纳曲线

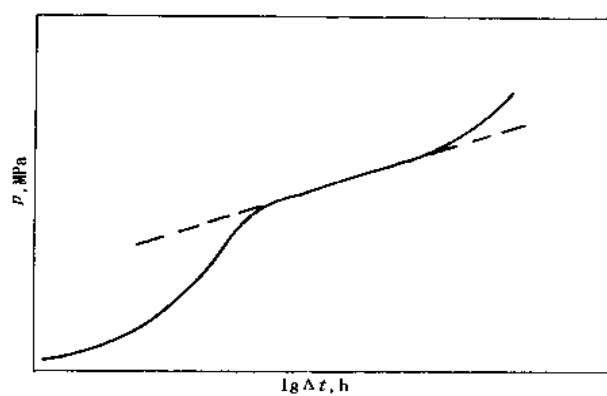


图 C3 MDH 曲线

## C3 双对数分析图 (见图 C4)

C4 拟稳态曲线图 (即  $p_{ws}-t$  图) (见图 C5)

## C5 无量纲霍纳曲线拟合图 (见图 C6)

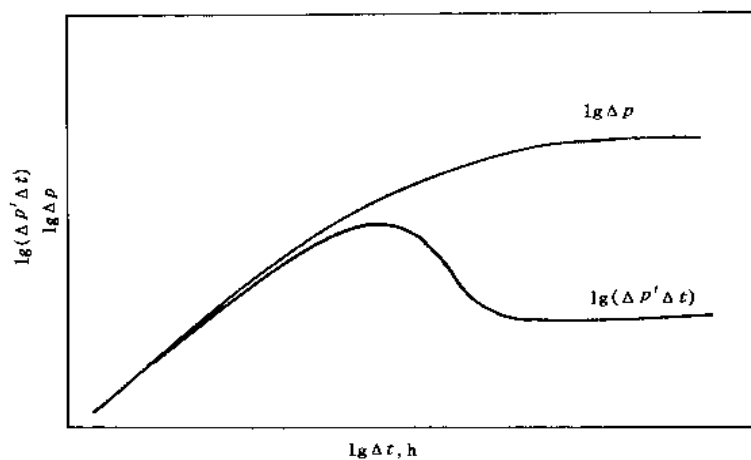


图 C4 双对数及导数曲线

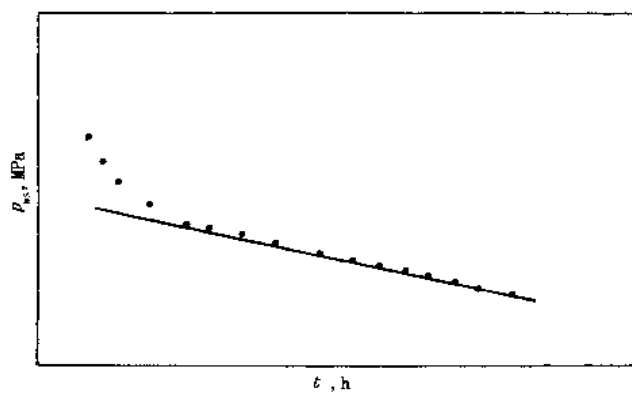


图 C5 拟稳态曲线

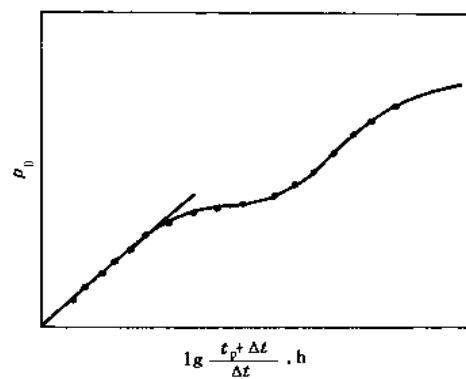


图 C6 无量纲霍纳曲线拟合图

C6 压力史拟合图 (见图 C7)

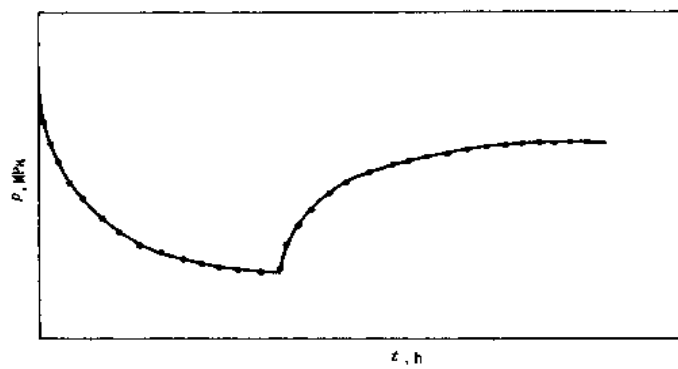


图 C7 压力史拟合图