

石油工业干部科技学习丛书

# 地层倾角测井 泥浆测井与井温测井

王 曰 才 编

石 油 工 业 出 版 社

石油工业干部科技学习丛书

地层倾角测井  
泥浆测井与井温测井

江苏工业学院图书馆  
藏书章

王曰才 编

石油工业出版社

## 内 容 提 要

《石油工业干部科技学习丛书》包括八个专业，即 1. 石油地质；2. 石油地球物理勘探；3. 矿场地球物理测井；4. 钻井；5. 油气田开发开采；6. 石油天然气储运；7. 石油炼制；8. 海洋石油开发等。本书是矿场地球物理测井专业中的一个专题，概述地层倾角测井、泥浆测井、井温测井在生产中的应用。

石油工业干部科技学习丛书

地层倾角测井

泥浆测井与井温测井

王曰才编

\*

石油工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

人民卫生出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub>印张1<sup>1</sup>/<sub>8</sub>字数17千字印数1—35,006

1979年9月北京第1版 1979年9月北京第1次印刷

书号15037·2137 定价0.11元

内 部 发 行

# 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 一、地层倾角测井 .....       | 1  |
| (一) 地层倾角测井的发展 .....  | 1  |
| (二) 地层倾角测井的原理 .....  | 2  |
| (三) 地层倾角测井解释浅说 ..... | 5  |
| 二、泥浆测井 .....         | 18 |
| (一) 概述 .....         | 18 |
| (二) 泥浆测井的发展 .....    | 20 |
| (三) 泥浆测井所包括的项目 ..... | 20 |
| (四) 展望 .....         | 23 |
| 三、井温测井 .....         | 24 |
| 思考题 .....            | 32 |

## 一、地层倾角测井

利用地层倾角测井可以确定地层层面的倾角和倾向。合理应用地层倾角测井得到的数据可以确定有无构造变化，提供鉴别断层、不整合、交错层、沙坝、岩礁、河床沉积、三角洲沉积、盐丘周围构造形变以及其他构造异常等方面的根据。在研究地质构造和选择新井位，特别是在一个新的勘探区域，上述资料有重要的参考价值。

### (一) 地层倾角测井的发展

同其他测井技术一样，地层倾角测井技术是基于石油勘探和开发的实际需要发展起来的。1942年，在美国海湾油田砂泥岩剖面中使用自然电位式地层倾角测井仪取得了良好的测井资料。1945年，在自然电位不明显的地区开始使用电阻率式地层倾角测井仪。这种仪器可以记录三条电阻率曲线，在软、硬地层中都能使用。

上述地层倾角测井仪的井斜测量都是点测，由于仪器在井内旋转，连续测量的井段一般不超过40或50英尺。

1952年，斯仑贝尔测井公司开始使用 CDM-T型

连续地层倾角测井仪，记录三条  $1 \times 1$  英寸的微梯度电阻率曲线。1956年，又使用了 CDM-P 型地层倾角测井仪，记录三条微聚焦测井曲线，用磁针和摆锤作为传感器进行连续测斜。1961年开始使用磁带记录，并用电子计算机处理测井资料。1963年，发展了一种四臂地层倾角测井仪，它使电极的垂直分辨力显著提高（约  $1/2''$ ）。为了把高灵敏度记录正确地用在解释结果上，又提出由电缆速度校正为电极速度的补正装置。在井场把各测定值数字记录下来，然后用计算机进行处理，提高了解释精度，使地层倾角测井仪不只能够研究地质构造，而且还能研究地层沉积环境，找出油气勘探最有利的地区。从此，地层倾角测井技术在油气田勘探和开发中得到了广泛的应用。

## （二）地层倾角测井的原理

要想测定一个地层层面，至少要测出地层层面上三个点。现在使用的地层倾角测井仪，能够测出地层层面上三个点或四个点。三臂地层倾角测井仪在同一平面上安装互成  $120^\circ$  的电极系，四臂地层倾角测井仪在同一平面上安装互成  $90^\circ$  的电极系。测量时，这些电极系紧贴井壁。

下面以四臂地层倾角测井仪为例，说明地层倾角测井的工作原理。

如果在钻直方向的井眼中地层处于水平面位置，则四组测量电极系同时通过地层界面，这时所得四条测井曲线的拐点位置没有高程差。如果地层倾斜（如图 1 所示），则四组测量电极在不同时间通过地层界面，这时四条测井曲线的拐点（ $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$ ）之间出现了高程差。利用这些拐点的高程差、井径、井斜和第一组电极的方位，就可以定出地层层面的空间坐标位置。

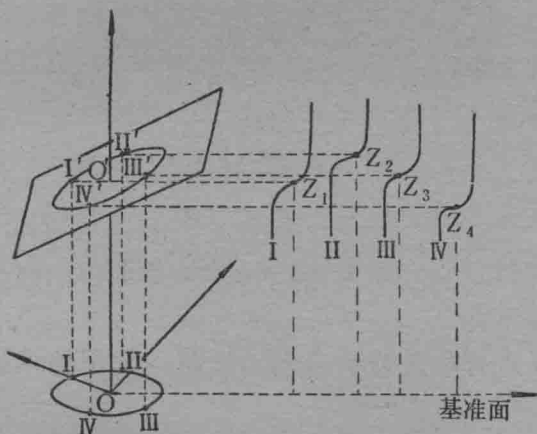


图 1 地层倾角测量原理

利用电子计算机对地层倾角测量资料进行处理时，为了提高精度，不采用如图 1 所示的先求拐点、再求高程差的方法，而是采用相关分析的间隔对比法

(图 2)。对两条曲线进行相关分析对比时，把一条曲线（基准曲线）上的一段深度固定，移动第二条曲线（对比曲线），求出第二条曲线在各个位置时的相关系数，并找出相关系数最大的点。该点的位置即为两条曲线段对比的最好位置。根据这两条曲线段在此位置时的深度差，可以求出高程差。

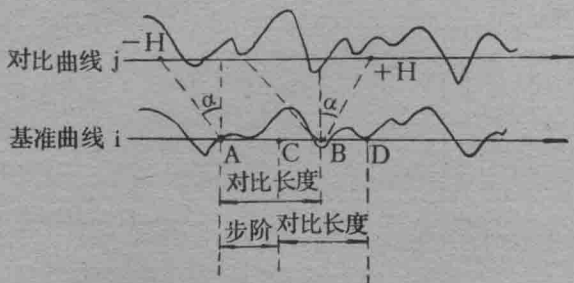


图 2 相关对比概念图

在进行相关分析自动对比时，常用的术语有下列几个：

1. 处理井段 从起始深度到终止深度。
2. 对比长度（窗长） 在进行相关对比时所采用的曲线段的长度。一般在一个处理井段上做出两种相关对比，一种是长对比长度相关对比；另一种是短对比长度相关对比。长对比长度是 10 英尺到 30 英尺



(即3米~10米),用来找构造倾角,研究断裂、褶曲、不整合。短对比长度是1英尺~3英尺,用来进行岩石沉积学研究,研究砂坝油气藏、河流式油气藏一类的沉积。

3. 探索间隔(探索角) 设探索角为 $a$ ,则  
(探索间隔) = (井径)  $\times$   $\text{tg } a$ 。探索间隔就是相关对比时,基准曲线 $i$ 固定,允许曲线 $j$ 移动的距离。

4. 步阶 一般以对比长度的百分数来表示。把对比间隔放在曲线 $i$ 的一个指定位置上,用计算机和曲线 $j$ 对比完后,把这个对比间隔向下移动一个步阶值的距离,然后再重复相关对比的全过程。在研究构造时常用的步阶值是50%,也就是说10英尺的窗(对比长度)步阶值可采用5英尺。第一次相关对比和第二次相关对比可以有5英尺的重迭,这样可以减少随机误差和地层不均匀性所造成的误差。

### (三) 地层倾角测井解释浅说

地层倾角测井资料的主要用途是确定已钻穿的井位在什么样的构造上,判断所钻穿的沉积层的类型以及确定断层的位置及其类型。

这些任务必须由钻井工程人员、地质人员及测井分析人员根据地层倾角测井资料作成的各种图形来完成。表示地层倾角测井结果的原始图是向量图,也叫

做蝌蚪图或箭头图。

向量图上每个箭头代表了几种意义。箭头尾部位置表示地层某点的深度及其倾角大小。箭头的方向表示倾斜地层倾斜方向。箭头棒上的符号表示该点的相关质量（如图 3 所示）。

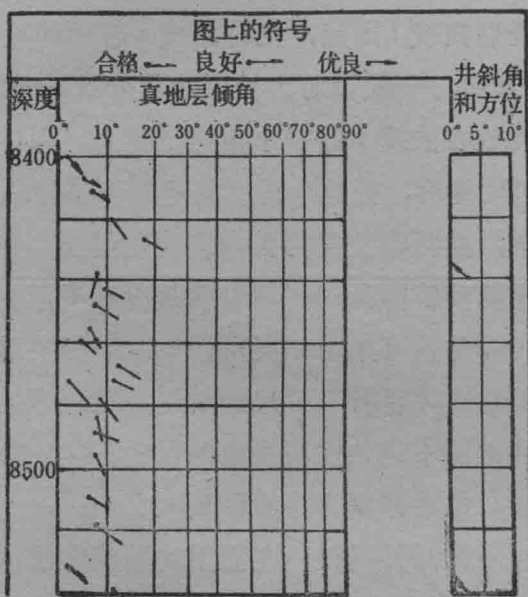


图 3 地层倾角向量图

为了使地层倾角图容易解释，按照向量图上箭头的显示把箭头分成若干图型组。地层倾角测井图上有三种不同类型的箭头图型组，分别用三种不同的颜色

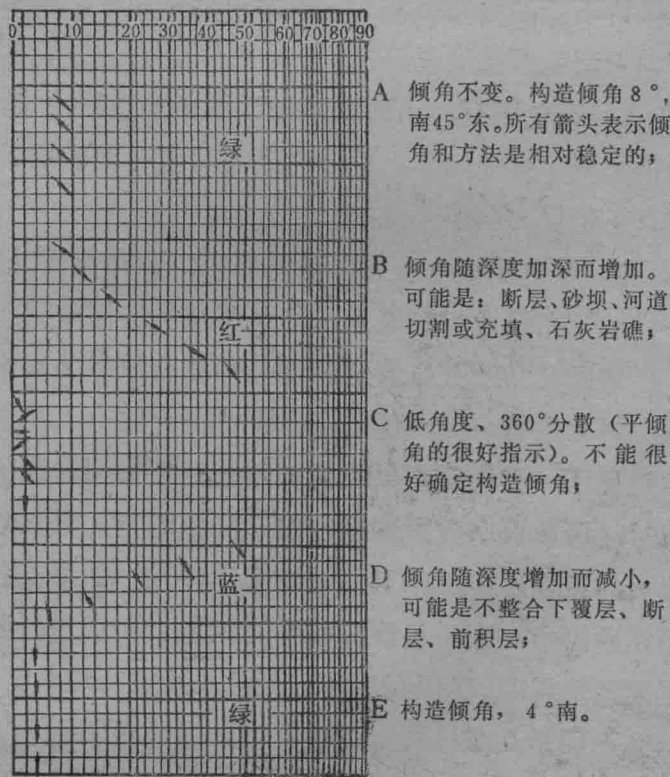


图 4 地层倾角图型组示意图

来表示（参看图4）：

1. 红色图型 由随深度加深倾角增加但方向基本保持不变的倾角组成。它表示可能是断层、褶皱、沙坝上面的覆盖层或河道。

2. 蓝色图型 由随深度加深倾角角度减小但方向仍保持不变的倾角组成。它表示可能是前积层、不整合下覆层、断层及褶皱。

3. 绿色图型 由方向基本相同，倾角角度大小一样的倾角组成。它表示可能是区域构造倾角。

地层倾角测井资料的解释必须结合裸眼井基本测井资料来进行，因为地层倾角测井图上的箭头图型并不只显示一种地质现象。例如红色图型在泥岩段的中间时，可能被解释为断层，但是红色图型如果在砂岩顶上的泥岩层中，则可能被解释为沙坝。如果红色图型在砂层中，则又可能被解释为河道。所以在解释地层倾角资料时，必须利用各种测井曲线进行综合解释。

下面是几个比较常见的典型地层倾角图例。

图5是在比较深的静水中沉积的泥岩层段，通常可以确定区域构造倾角。

图5的砂岩体中，倾角与方向变化无常，这种现象是交错层的显示。在砂岩体上面和下面的泥岩段中的倾角为区域构造倾角。砂岩体的倾角与区域构造倾

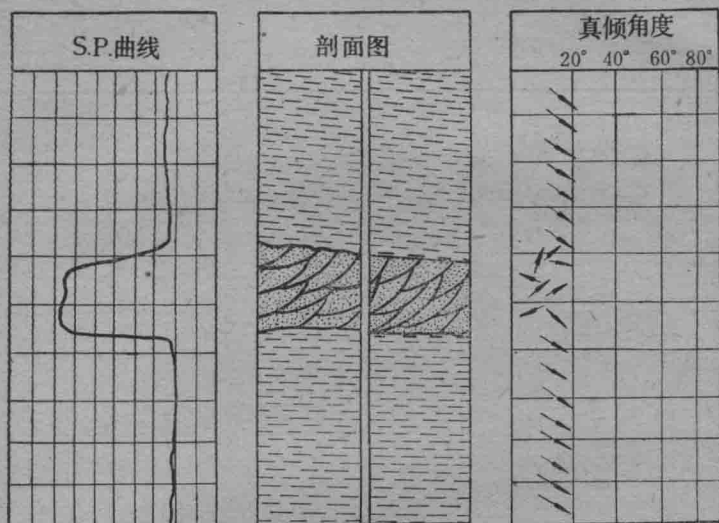


图 5 区域构造倾角图型

角一般差别很大，但有时这两种倾角的大小和方向也可能一致。

图 6 为逆断层的地层倾角测井图。逆断层在地层倾角测井图上的图型与正断层基本一致，所不同的是断层面两边的图型有一些变化或畸变。

图 7 是砂坝的地层倾角测井图型。根据砂岩上覆地层中的箭头图型可以判断砂坝的存在。如果井眼是通过砂坝陡侧，则在砂坝顶界上方倾角增加很快，进入砂坝后则倾角逐渐减小，直至构造倾角重新

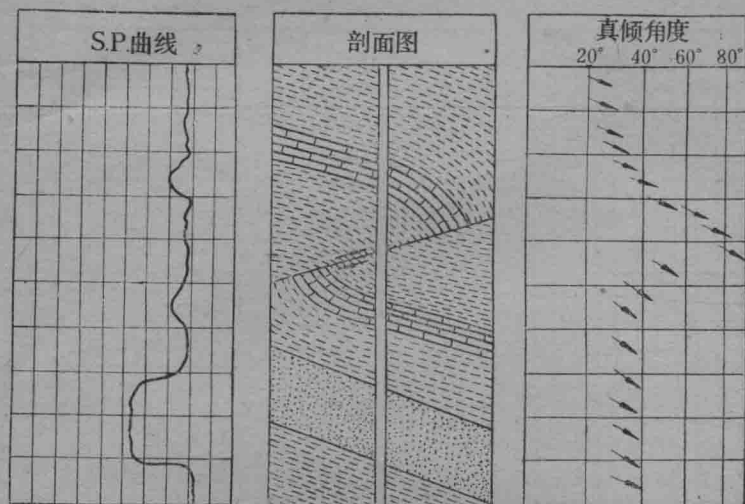


图 6 逆断层地层倾角图型

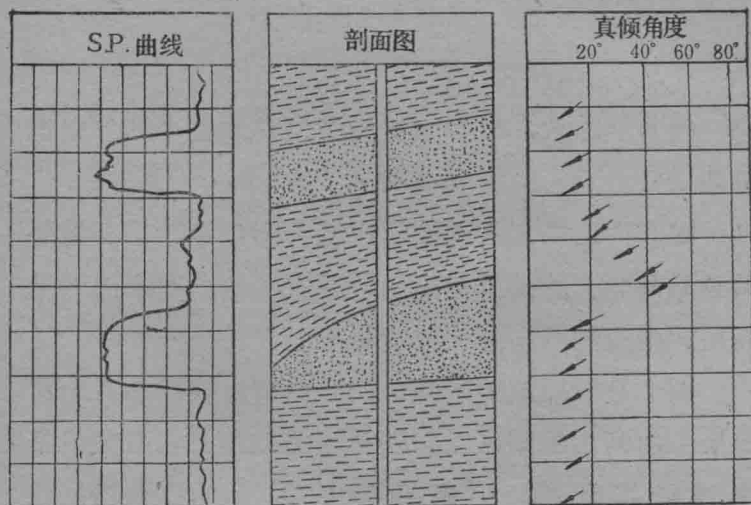


图 7 砂坝地层倾角图型

出现为止。随深度加深倾角增加而后再返回到正常趋势的箭头图型也是正断层的一个特征，但是结合岩性分析和其他测井曲线进行综合解释，就能够把正断层和砂坝区分开。

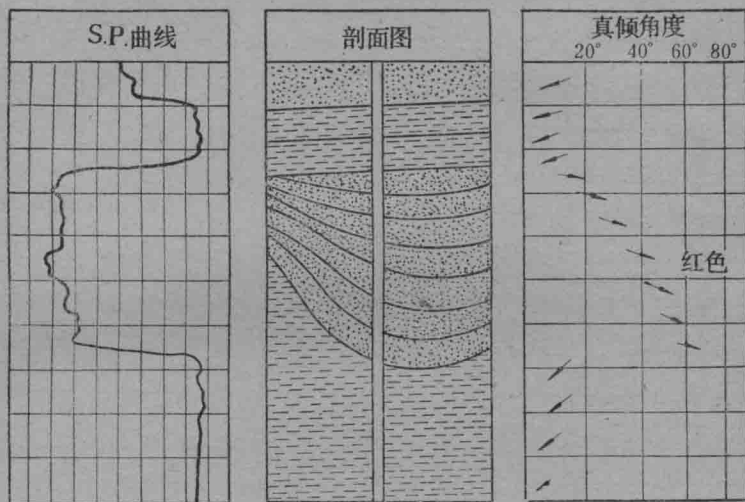


图 8 河床地层倾角图型

图 8 是河床的地层倾角图型。在砂岩体中出现的红色图型可能是支流河床砂岩体。这种地层倾角测井图型也可能是其他河床的显示，但不及支流河床显示那么明显。在强岩石上部形成的河床可能显示不出这种图型。

图9是前积层的地层倾角图型。前积层的地层倾角图型为蓝色图型。我们可用它在地层倾角测井图上定出沉积时的水流方向。同时这种图型也能显示出交互层。

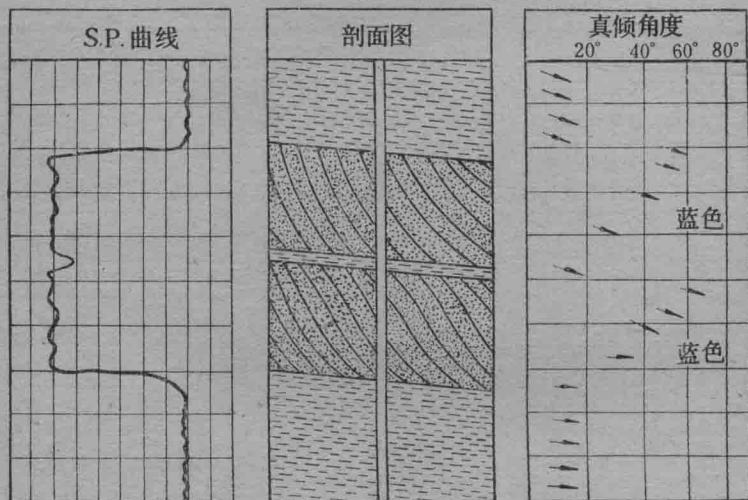


图9 前积层地层倾角图型

图10为角度不整合的地层倾角图型。只要在老侵蚀面以上和以下的地层之间地层倾角和方向有差异，就可从地层倾角测井图上定出角度不整合的位置。在地层倾角测井图上，角度不整合显示为倾角角度有明显变化，此外倾角的方向也可能发生变化。有些角度不整合的下覆地层内有拖曳，这种现象可在地层倾



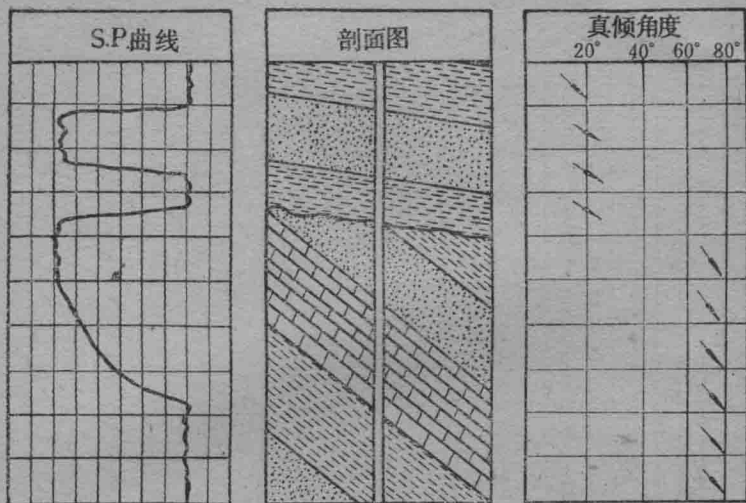


图 10 角度不整合地层倾角图型

角测井图上显示为地层倾角随深度加深而减小（参看图11）。

上面讨论的这种比较简单的例子是容易解释的，但是大多数地层倾角测井图型并没有这么简单。对于比较复杂的地层倾角测井图，必须使用其他解释方法。改进的施密特图和方位频度图是常用的两种。这两种图型都是统计图，使我们能够解释难于用向量图分析的地层倾角测井曲线。

改进的施密特图是画在同心圆格纸上的。图的外