

# PELRW - 俄罗斯过套管电阻率测井仪

## 套管中测量地层电阻率

### 油层剩余油饱和度测量的最新技术

#### 剩余油测井的现状

老油田在开采过程中随着石油的减少，其含油地层的饱和度在同步变化。

对于生产井，测量相应油层电阻率，从而测定油层剩余油饱和度数值。由于存在射孔区域、水泥环、导电钢制套管等因素影响，测量变得十分困难。

采用“碳氧比”测井能获得质量较好的含油信息。但仅局限于 30cm 的径向范围，这一空间主要为射孔区 and 水泥环，反映地层电阻率的信息非常有限。

斯伦贝谢的 SHFR 和俄罗斯 Pyatigorsk 研究院的 EKOS-31-7 两种仪器都是建立在对流向接地套管的直流电势能衰减差位的研究上。测量地面接收电极接收到的逸散到地层的相对微小的电流强度来进行测量。由于缺少电流传输过程中所穿过的若干不同电阻率隔层的相关信息。从而造成要达到其广告精确度 (5~10%) 是非常困难的

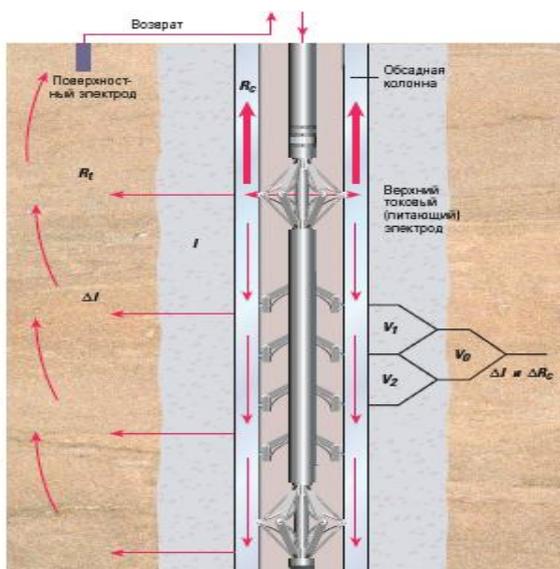
#### SHFR, EKOS-31-7

#### 技术要素

其中的一个发射电极贴紧钢制管壁，第二个回波标记电极安置在地表。

由于管壁同地层之间绝对大的电阻率差别。造成绝大部分电流从管壁流走。仅仅有很微小的一部分 (10<sup>-5</sup>) 电流通过地层传到地面接收电极。

每隔 15cm 进行电流强度测量。用来计算产油地层的饱和度数值。



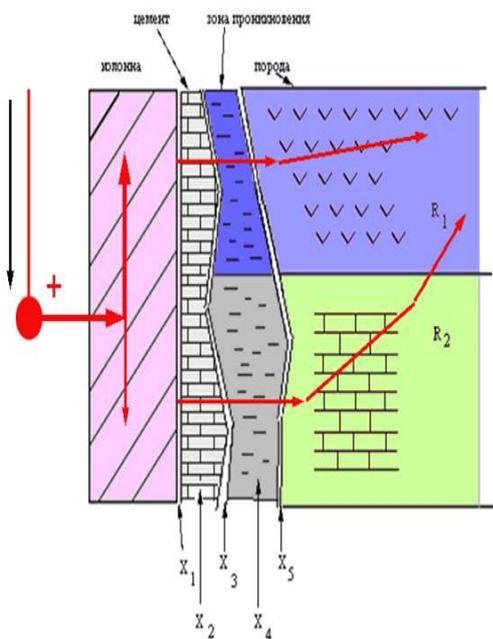
## SHFR 技术的困难因素

在进行测量的过程中。有以下未知因素造成结果的不确定性

- 管体同水泥环交接面的电阻率 (X1)
- 水泥环电阻率 (X2)
- 泥浆带于水泥环交接面的电阻率 (X3)
- 泥浆带的电阻率 (X4)
- 泥浆带同原油地层交接面的电阻率 (X5)

激发和接收

在射孔井段，当电极铜管壁腐蚀层、管体复杂不均衡性表面接触。产生次级场。正因为如此，此类方法来测量地层电阻率并达到广告宣传的高精度，从理论上就是不可行的。



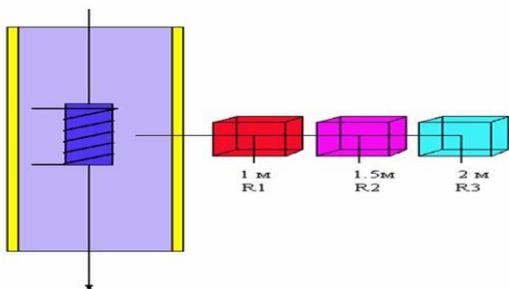
## 在套管中测量油层电阻率

俄罗斯科研团队开发出了能够在用套管中测量距轴心 2 米以内地层电阻率的技术。其建立在对脉冲电流电磁场激发感应研究的基础上

使用脉冲式电磁波的激发及接收，可以降低管壁的屏蔽作用

跳过水泥环及泥浆带测量，避免 X1-X5 在模型中的忽略及近似，提高测量精度。

以套管为轴心，2 米范围内每 0.05 米采集电阻率数据，进一步提高含油地层电阻率测量精确。硬连接、无液压推靠装置，对井筒要求宽泛，适用于水平井测井



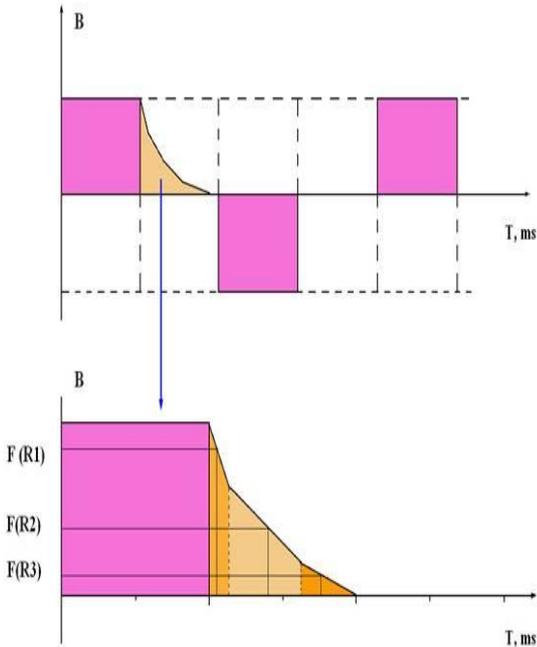
## 电磁场激发及接收进程示意图

在直流脉冲激发后瞬停进行检测，排除了初生电磁场的影响，即时记录衰变状态。

前期（测量期前段）时间记录曲线标示了离轴心较近距离的底层电阻率信息

较晚期（测量期后段）时间记录曲线标示了离轴心较远距离的地层电阻率信息

根据实验信息及实践数据，可以将检测的轴向间距做到 5cm



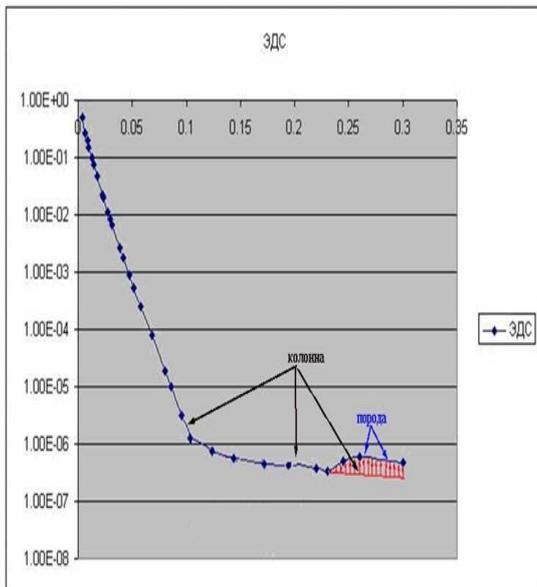
## PELRW- 理论基础

管体及地层介质中产生的涡电流磁场被螺旋接收线圈所捕获；

场能衰减过程中，距离轴心不同距离感生电流随时间变化。

由钢制管感生出的电流在前期时间段充当了主要角色，2 次感生电流产生的涡流磁场的影响达到了 225ms

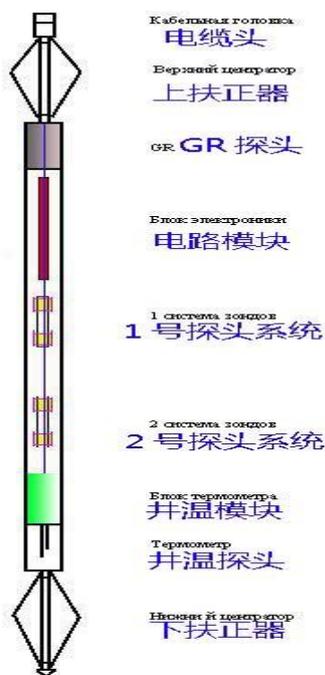
而地层介质感生的磁场从 250ms 开始



## PELRW-过套管电阻率简介:

PELRW 使用非常态方式测量涡电流感生电磁场的变化，根据采集信息加工、计算出相应地层电阻率的数值

PELRW 消除了高噪声的影响，用高新技术元件进行测量，能够在油井内进行高精作业。耐高温 150 摄氏度耐压 100 兆帕。



## PELRW 主要技术参数

供电电流（接受时间段 500ms）	1 安培
表观电阻率测量范围，欧姆米	0~200
电阻率最大测量误差	5%
电信号传输系统	RS232
最大工作温度	150 摄氏度
最大工作压强	100 兆帕
取样间隔（纵向）	15cm
取样间隔（径向）	5cm
测量方式	连续测量
外观尺寸，mm	
-长	7,000mm
-直径	95mm
-重量	35 千克

## PELRW 过套管电阻率仪器组成

PELRW 系统包括

整合型电磁场激发、记录系统，

对油层介质的表观电阻率的计算精度误差为 5%；

-自然伽马记录模块，用于绑定校深；。

-井内流体温度记录探头；

- 解释程序包括：

数据记录、整合捆绑程序

一级及二级加工软件

解释、出图程序

PELRW 技术系统被设计可以适用于任何类型测井车载电脑上。

## 油层剩余油饱和度

根据油层电阻率的数值就能够根据具体地层情况按照以下公式换算出相应的油层剩余油饱和度

$$K_H = 1 - (a * b * R_B) / (K_{\pi m} * R_n)^{1/n},$$

式中：

a, b, m, n,  $R_B$ ,  $K_{\pi}$

以上参数可用取样岩心数据获得。也可以在裸眼井中获取。

每一口井都有对应的这些参数，其已经在实验室有过上百次的取样试验。如果没有合适的采样数据，可以用同一井区周边油井相应的数据进行演算。

其中  $R_n$  数值由 PELRW 测量出的数值提供。

PELRW 技术能够在套管内测量、计算，以阵列方式提供离轴心 2 米以内以 5cm 为

间隔点含油地层表象电阻率数值。由此计算出相应的油层的剩余油饱和度情况。

适合老井区的剩余油评估作业。