

# 轮南油田水淹层测井识别

高楚桥, 王超 (江汉石油学院地球物理系, 湖北 荆州 434023)

肖承文, 陈新林 (塔里木油田公司, 新疆 库尔勒 841000)

张庆红 (中国石化勘探开发研究院, 北京 100083)

**[摘要]** 由测井资料识别水淹层是水淹层测井解释的基本任务。研究了轮南油田油层水淹后测井曲线的变化规律, 发现油层水淹后自然电位幅度差增大, 电阻率下降, 套管井中子寿命测井提供的自然伽马值和热中子俘获截面值增大。利用这些特征可有效地识别轮南油田水淹层位。

**[关键词]** 测井解释; 水淹层; 套管井; 轮南油田

**[中图分类号]** P631.84 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-9752(2003)03-0067-02

目前轮南油田已进入中高含水期, 为做到高速度、高效益、高水平地开发油气田, 需要对水淹层的测井识别与评价方法进行研究, 提高剩余油饱和度的解释精度, 准确划分水淹等级, 由测井资料识别水淹层是水淹层测井解释中的基本任务。定性识别水淹层就是根据测井曲线判别油层是否水淹, 定性指出水淹部位。经过分析对比, 认为对轮南油田水淹情况反映敏感的测井方法有电阻率测井、自然电位测井和中子寿命测井, 利用这些测井方法能对水淹层位进行有效识别。

## 1 自然电位与电阻率曲线结合识别水淹层

水驱油后, 在水淹部位产层的导电性能得到增强, 使油层电阻率降低。经过对轮南油田实际测井资料的分析处理发现, 油层水淹以后, 其深电阻率下降约  $4\sim 8\Omega\cdot m$ 。

油层水淹以后, 其自然电位测井响应也发生较明显的变化。若水淹部位的地层水矿化度或地层电阻率发生变化, 就会引起自然电位幅度变化和基线偏移。轮南油田采用污水回注方式开发, 由于回注污水的矿化度与地层水的矿化度十分接近, 因此自然电位基线一般不发生偏移, 但水驱油以后使地层电阻率降低, 导致自然电位负异常幅度增大。实际证明, 当油层被水淹以后, 自然电位负异常幅度(相对于泥岩基线)增大约  $10mV$ 。

电阻率的降低量和自然电位的幅度增大量与水淹程度有关。对于中、高矿化度的底水水淹层或污水水淹层, 一般均具有电阻率曲线和自然电位曲线在形态上对称的特征显示。图1是X井测井曲线图。由图1可见, 在水淹部位(4803~4807m), 自然电位测井值较未水淹部位低约  $10mV$ , 电阻率较未水淹部位低约  $4\Omega\cdot m$ 。图1及以下各图中, GR为自然伽马; SP为自然电位; CALI为井径; ILD为深感应电阻率; ILM为中感应电阻率; SFLU为微球形聚焦电阻率; NPHI为中子; RHOB为密度; DT为声波时差; MD为井深。

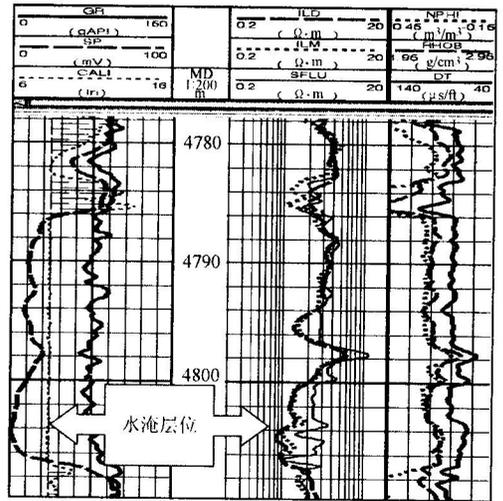


图1 自然电位与电阻率曲线结合识别水淹层

## 2 自然伽马对比法识别水淹层

轮南油田地层水矿化度极高 ( $19\times 10^4\sim 23\times 10^4mg/L$ ), 给中子寿命测井的应用提供了良好的地质

**[收稿日期]** 2002-08-11

**[基金项目]** 湖北省教育厅科学研究项目(2000B51001)。

**[作者简介]** 高楚桥(1966-), 男, 1987年大学毕业, 博士, 副教授, 现主要从事测井分析与处理的研究与教学工作。

条件。利用中子寿命测井提供的自然伽马能较好地指示水淹层位。

套管井中子寿命测井所测自然伽马 GRSG (中子寿命自然伽马) 随着产层水淹程度的增加, 其值可能会急剧增大。形成原因可能有两个方面: ①可溶解于水的六价铀在套管周围被还原成不溶于水的四价铀而沉淀, 形成放射性积垢, 使该处 GRSG 测井响应值增大很多。②所测伽马射线强度既有地层自然伽马的贡献, 又有热中子俘获伽马射线的贡献 (若测量自然伽马时等待时间不够长), 增大部分由俘获伽马射线引起。以上两个原因都是由于油层被水淹而引起, 因而 GRSG 增大这一现象可用来指示水淹层位。图 2 为 Y 井一井段测井曲线图。由图 2 可见, 4795~4806m 中子寿命测井测得的自然伽马 (GRSG) 远高于同一储层上部井段 (4780.5~4795m), 也比完井时测得的自然伽马 (GR) 高很多, 这是该层段已被水淹的指示。从该层自然电位幅度的增大和电阻率的降低亦能看出该层已被水淹。

### 3 中子寿命测井识别水淹层

热中子寿命测井通过测量热中子的衰减速率来记录地层中的热中子俘获截面。热中子俘获截面的大小主要取决于地层中水的矿化度及化学成分, 特别是氯的含量。因此, 在产层注水开发过程中, 热中子俘获截面的变化主要取决于注入水及地层水的类型和产层的水淹程度。注入水及地层水的氯含量越高、油层水淹程度越强, 水淹油层的宏观俘获截面就越大, 热中子寿命就越短。

由水分析资料知, 轮南油田地层水为氯化钙型地层水, 矿化度高。轮南油田利用污水回注驱油, 由于回注污水的矿化度与地层水矿化度十分接近, 水淹程度较高的层位, 水淹后产层的含氯量比其饱和油时的含氯量增加较大, 中子寿命测井所记录的宏观俘获截面比未水淹时明显增大。

图 3 是 Z 井测井曲线图, 图中 FSIG 为中子寿命测井得到的热中子俘获截面; PSXO 为冲洗带孔隙水体积; PSW 为原状地层孔隙水体积。由图 3 可看出, 该曲线变大的层位, 正是物性好的层位, 说明物性好的地层已水淹, 而物性相对较差的层位, 还没水淹或水淹程度相对较弱。

### 4 结 论

轮南油田三叠系地层水淹后, 测井曲线将发生以下变化, 利用这些变化特征, 可有效识别水淹层位: ①自然电位相对幅度增大, 增大越多, 水淹程度越强。②地层电阻率降低, 降低越多, 水淹程度越强。③中子寿命测井所测自然伽马明显增大。④热中子俘获截面增大。

#### [参考文献]

[1] 吴世旗, 钟兴水, 李少泉. 套管井储层剩余油饱和度测井评价技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.  
[2] 《测井学》编写组. 测井学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.

[编辑] 弘文

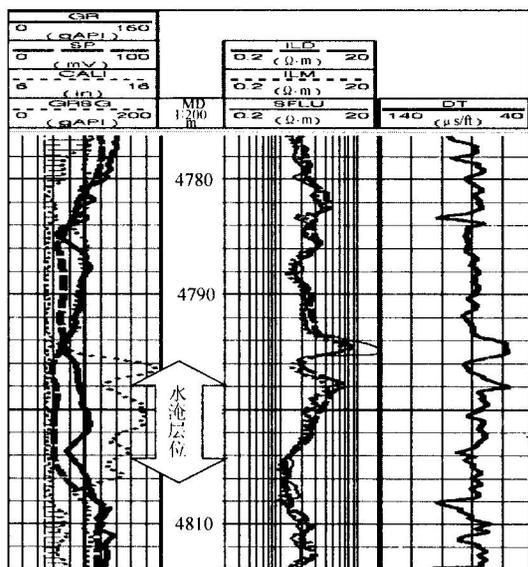


图 2 油层水淹后中子寿命测井所测自然伽马的变化

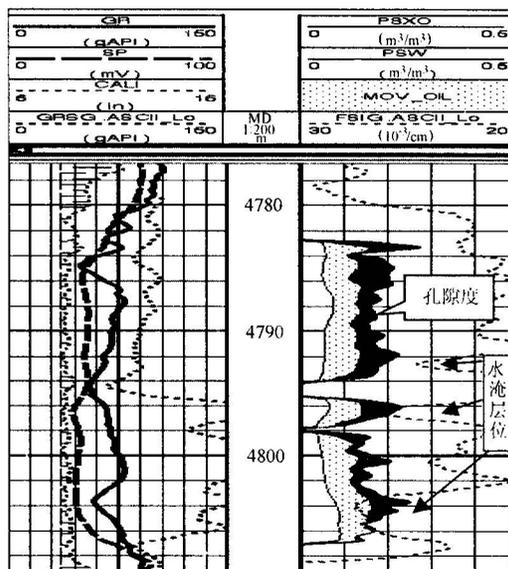


图 3 油层水淹后热中子俘获截面的变化