

◆ 钻井与完井 ◆

# 随钻伽马测量数据处理方法的研究及应用

李洪强<sup>1</sup> 丁景丽<sup>1</sup> 林楠<sup>1</sup> 苏向东<sup>2</sup>

(1. 胜利石油管理局钻井工艺研究院, 山东东营 257017; 2. 山东省东营市东营区科技局, 山东东营 257000)

**摘要:**由于随钻自然伽马测井仪的信号在传输过程中遭到干扰及放射性测量的统计涨落等因素影响, 测量结果存在较大的噪声, 影响了地质工程师对地层变化的准确判断。为此, 提出首先要对原始测量数据进行预处理, 然后采用滤波的方法滤除干扰噪声。探讨了适应随钻自然伽马测井提高测量精度以及滤除干扰噪声的滤波方法, 分析了其滤波效果。现场应用表明, 对原始随钻自然伽马测井数据进行预处理和滤波后, 提高了随钻自然伽马测井的垂直分辨率, 与常规电缆自然伽马测井曲线比较, 测量结果基本一致。

**关键词:** 随钻测井; 数据处理; 滤波

**中图分类号:** TE271    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1001-0890(2008)04-0012-03

随钻自然伽马测量仪通过测量钻进过程中不同深度地层的伽马值, 判断地层岩性的变化。但随钻自然伽马测井仪与传统的电缆式自然伽马测井仪在响应上存在差异, 这些差异主要来源于测井仪器所用的钻铤和测速等。这些影响通过刻度井的一系列试验, 确定能谱偏移是放射性地层、钻铤厚度和探测器类型的函数<sup>[1-2]</sup>。放射性核衰变的随机性导致仪器的测量结果围绕某个数值上下波动, 从而在随钻测井曲线上存在许多与地层参数无关的统计起伏变化。另外由于仪器本身的特性及随钻仪器在井下受到强烈的冲击和振动, 也会产生与地层岩性变化无关的随机噪声, 同时实时传送的随钻钻井液信号也会受到干扰。用包含如此多的不确定性干扰因素的原始随钻自然伽马测量结果准确判断地质信息是很困难的。为此, 必须对原始的测量结果进行相应的处理, 以提高测井解释与数据处理结果的精度。

## 1 影响仪器测量结果的主要因素分析

### 1.1 放射性测量的统计涨落

在放射性测量中, 即使测量对象和测量条件不变, 每次测量结果也会不相同, 而是围绕着某个数值上下波动, 这种现象被称为放射性测量的统计涨落。这是由放射性核素在衰变时的固有特性引起的。由放射性的统计涨落引起的误差称为统计涨落误差。地层中放射性核素的衰变、伽马射线与物质的相互作用, 以及伽马射线被探测器探测等一系列过程均是偶然事件, 具有随机性。但是从宏观角度看, 放射

性测量结果服从一定的统计分布规律, 一般具有以下特点: 1) 计数率在平均值附近出现的次数越多, 离平均值越远出现的次数越少; 2) 计数率的分布对称于平均值。因此, 只有平均值才能反映辐射强度的真值。统计误差的存在会掩盖地层特性的变化, 使测量得到的伽马曲线上有两类性质的变化: 一类是由统计涨落变化(较小的锯齿状变化)引起的干扰信息, 这种变化与地层性质无关; 另一类是由地层性质变化引起的有用信息, 根据这类变化可划分出油井所穿过的地质剖面。处理随钻自然伽马测井数据的目标是减小统计涨落引起变化的影响, 保留由地层性质变化引起的有用信息。

### 1.2 信号在传输过程中的干扰

随钻自然伽马测井与常规自然伽马测井的最大不同是在钻井过程中实时将自然伽马测量结果无线传输至地面。井下仪器中的控制机构将自然伽马测量结果编码, 驱动钻井液脉冲发生器产生一系列钻柱内的钻井液压力波动, 通过这种方法产生正压力脉冲或负压力脉冲, 或连续的钻井液压力波。在地面连续检测立管压力的变化, 并通过译码转换成不

收稿日期: 2007-11-16; 改回日期: 2008-04-10

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)项目“随钻测井核心探测器的研究”(编号: 2006AA060105)部分内容

作者简介: 李洪强(1974—), 男, 1998年毕业于洛阳工学院工业电气自动化专业, 在读工程硕士研究生, 工程师, 从事随钻测井仪器的研制和软件的设计工作。

联系电话: 15954666188

同的测量数据。

伴随在钻井液信道中的测量信号很容易受到钻井泵等钻井液循环系统工作状态等因素的影响,地面系统对编码信号会不可避免地产生误译,为此在数据的预处理中应该充分排除这些因素,以得到正确的测量结果。

## 2 数据处理方法

### 2.1 数据的预处理

在随钻自然伽马测井中,地面计算机可以实时将测量信号处理后在屏幕上显示其结果,受到干扰的信号一般与真实的地质反映有明显区别,因此,可人工剔除明显的干扰数据。

随钻测量中,钻井液脉冲信号按一定的时间顺序编码发送至地面,其地层分辨率与机械钻速成反比。在机械钻速慢时,均匀间隔上可以测得多个点;机械钻速快时,传至地面的测量值对岩层的细分不够。为此,为了保证测量结果的连续,可以根据现场实际情况适当控制机械钻速。由此可见,由于机械钻速不均匀,造成等间距内自然伽马测点不同。

从图 1 的原始自然伽马曲线可以看到,在钻速较慢的地层,测量的结果比较多,毛刺现象非常严重,严重干扰了对岩性的识别。此时,如果对曲线进行平滑处理,则钻速慢的地层由于样本值大,会抑制快钻速时的岩性信号。因此需对测量数据做等间隔处理。可以使用减小样本数据方差的方法,使数据更为精准,以真实反映岩性的变化。

### 2.2 随钻测井曲线滤波

在对原始自然伽马曲线预处理的基础上,再对有干扰的曲线进行低通滤波,以得到反映地层信息变化的平滑曲线。笔者对常用的几种滤波方法进行了比较。为得到适合随钻自然伽马测井曲线的滤波方法,笔者以五点法为例给出了相应的计算公式。同样可以选取 3 点、7 点等更多的采样进行二次曲线拟合,对于同一种滤波方法,参加的点数越多,短周期的毛刺干扰越小,曲线越平滑。在具体的处理中可以依据对“簿层”<sup>[3]</sup>的定义及测速进行选择。

#### 2.2.1 五点二次曲线拟合平均法

$$\overline{G_R} = \frac{1}{35} [-3(G_{R,i-2} + G_{R,i+2}) + 12(G_{R,i-1} + G_{R,i+1}) + 17G_{R,i}] \quad (1)$$

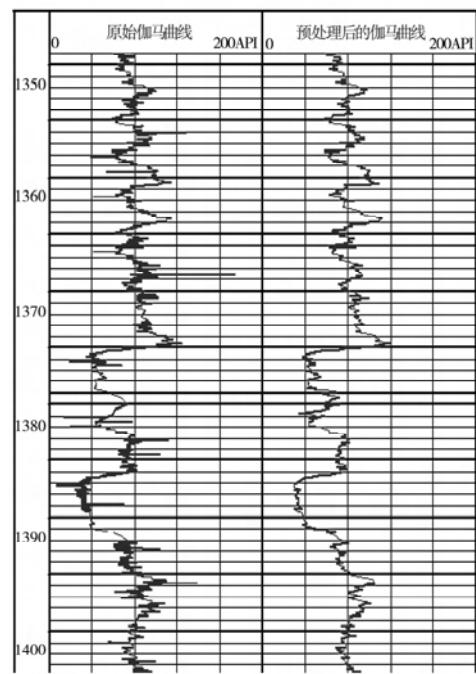


图 1 原始自然伽马曲线与经过预处理后曲线的比较

#### 2.2.2 五点钟形函数平滑法

$$\overline{G_R} = 0.11(G_{R,i-2} + G_{R,i+2}) + 0.24(G_{R,i-1} + G_{R,i+1}) + 0.3G_{R,i} \quad (2)$$

#### 2.2.3 五点汉明函数平滑法

$$\overline{G_R} = 0.04(G_{R,i-2} + G_{R,i+2}) + 0.24(G_{R,i-1} + G_{R,i+1}) + 0.44G_{R,i} \quad (3)$$

### 2.3 数据处理结果分析

图 2 是对胜利油田某井随钻自然伽马测井曲线预处理后的曲线及采用二次曲线、钟形函数和汉明函数方法处理的结果。由图 2 可以看出:3 种方法皆可以有效滤掉因放射性统计起伏的变化及随钻过程中产生的干扰信号,处理后的曲线比较光滑。但 3 种方法处理的结果也有区别:钟形函数滤波效果最好,但其将 1 m 内岩性微弱的变化也滤去了;而汉明函数法及二次曲线法在对伽马曲线进行有效平滑处理的同时,还能够保留 0.5 m 内细微的岩性变化,适合处理随钻自然伽马测井曲线。

## 3 现场应用

随钻自然伽马测井曲线处理方法应用于测井工程取得了很好的应用效果,笔者以一口生产探井为例进行说明。该井位于胜利油田八面河地区,邻井

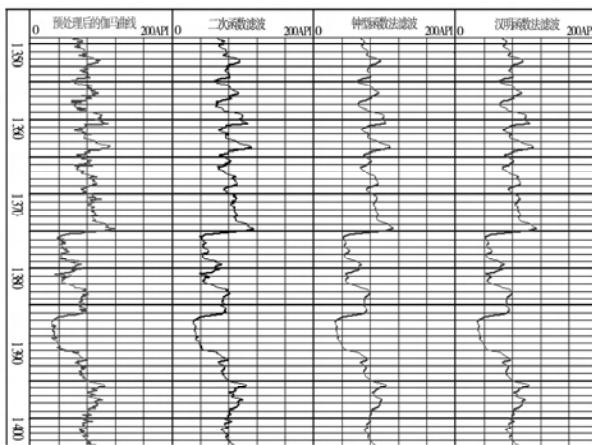


图 2 3 种数据处理方法处理效果对比

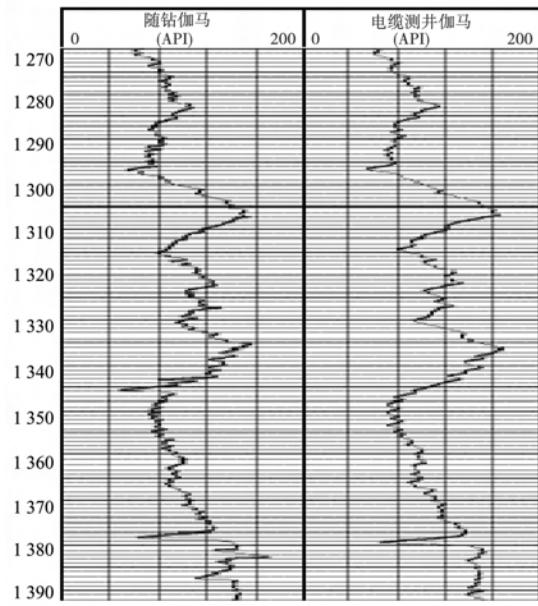
资料比较丰富,为此以随钻自然伽马测井仪为工具进行地质导向<sup>[4]</sup>,开发已知油层,并向下延伸以发现较深处的油藏。该井从井深 1 280 m 开始使用 MWD+随钻自然伽马测井仪进行地质导向,处理后的随钻自然伽马测量数据与邻井地质资料完全吻合,响应一致,1 375~1 392 m 井段为油层,钻至井深 1 610 m 完钻,未发现更深处的油藏。图 3 为处理后的随钻自然伽马测井曲线与该井常规电缆测井曲线的对比,测量结果基本一致。

## 4 结 论

1)由于随钻自然伽马测井与常规电缆自然伽马测井存在许多差异,因而常规电缆自然伽马测井的数据处理方法不能直接用于随钻自然伽马测井曲线的处理。

2)影响随钻自然伽马测井测量精度的主要因素是放射性测量的统计涨落和信号传输过程中的干扰。

3)为提高随钻自然伽马测井数据的处理精度,需要对原始数据进行预处理,并对预处理后的数据

图 3 处理后随钻伽马曲线与电缆测井伽马曲线对比  
进行滤波以消除干扰噪声。

4)经过预处理和滤波的随钻伽马测井曲线的垂直分辨率得到提高,与常规电缆自然伽马测井曲线比较,测量结果基本一致。

## 参 考 文 献

- [1] 杨锦舟,肖红兵,张海花. 随钻自然伽马刻度装置及量值传递研究[J]. 石油仪器,2004,18(5):24-26.
- [2] Elton D Winemiller. Method and apparatus for temperature, compensation of gamma tools in MWD environments: US, 5461230[P]. 1995-10-24.
- [3] Larry L Gadeken, Ward E Schultz, Kwang M Yoo. Radiation detector: US, 6300624[P]. 2001-10-9.
- [4] 雍世和,张超模. 测井数据处理与综合解释[M]. 山东东营:石油大学出版社,1996:43-83.
- [5] 申梅英,陈家阔,姚伟. 薄层测井解释技术的进展[J]. 国外测井技术,2005,20(3): 59-63.
- [6] 赵金海. 胜利油田地质导向钻井技术研究进展[J]. 石油钻采工艺,2006,28(4):1-4.

[审稿 都振川]

## Research and Application of Data Processing in Gamma Ray Logging while Drilling

Li Hongqiang<sup>1</sup> Ding Jingli<sup>1</sup> Lin Nan<sup>1</sup> Su Xiangdong<sup>2</sup>

(1. Drilling Technology Research Institute, Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong, 257017, China; 2. Dongying Science & Technology Bureau, Dongying, Shandong, 257000, China)

**Abstract:** NGR (Natural Gamma Ray) can transmit the surveying data from downhole to the surface timely to help geological engineer to identify lithology and to geosteer. Noise existing in the measured data due to the interference during transmitting severely impacts the accurate estimation result. The analysis indicates that the main factors impacting the NGR are measurement of the Gamma Ray, interference during transmitting. Based on this, the original data was preprocessed and then the preprocessed data was filtered by filtering algorithm. The filtering algorithm fitting for the Gamma Ray was illustrated and the filtering results using different filtering algorithm were discussed. The preprocessing and filtering improves the vertical resolution of Gamma Ray. Comparing with traditional NGR, the results are consistent. A very good result was obtained by applying this method in NGR to geosteer. This method provides good reference for other logging while drilling data.

**Key words:** logging while drilling; data processing; filtering