江汉石油学院学报 2001 年 12 月 第 23 卷 第 4 期
Journal of Jianghan Petroleum Institute Dec. 2001 Vol. 23 No. 4.

双晶自然 γ 能谱测井仪数据处理方法研究

林 谦，吴泽云 （清华大学工程物理系，北京 100084）

［摘要］针对自然 γ 能谱测井和双路探测器本身的特点，研究了双晶自然 γ 能谱测井仪中数据曲线可能采用的各种实时滤波方法及其特点。通过对实际测井数据的滤波处理，从中总结出一种最适合的数据处理滤波方法，即在自适应滤波的基础上进行 5 点均值滤波；同时也对双晶数据和单晶数据的结果进行了比较，验证了双晶数据的优点。
［关键词］自然伽马测井仪；核素含量曲线；双晶数据；测井数据处理；低通滤波
［中图分类号］P631.84 ［文献标识码］A ［文章编号］1000－9752（2001）04－0028－03

长期以来，解决测量速度是测井界的一项重要任务。为此，在自然 γ 能谱测井[1] 中提出双晶测量的思想，即一次测量可以获得两组数据，相当于提高了测井的速度或测量的统计精度。双晶自然 γ 能谱测井仪就是采用两个探头获取两路地层数据的核测井仪。该仪器已由清华大学工程物理系核测井研究室研制成功，并完成了一定的实验应用与研究。如果对得到的两路数据处理得当，它在两倍于正常测速的情况下测得的井结果不会比现有单晶仪器正常测速情况下的结果差；并且在测井速度保持不变的情况下，其测井精度会有显著的提高。在此，笔者仅讨论双晶自然 γ 能谱测井仪中的数据处理问题。

1 双晶自然 γ 能谱测井仪测量数据的特点

1.1 单晶仪器测量数据的特点

现有的自然 γ 能谱测井仪平均的测量速度是 180～270 m/h，一般每上升 10 cm 采一次数据。每次数据采集的对应测量时间为 2 s 左右，总计数不超过 1k。如果用 256 道多道计数器计数，每道计数不会大于 100。可见计数率是非常低的。数据处理后能得到的地层分辨率一般只有 20～30 cm。

对于放射性测井信号，还有自身的一些特点。同一地层放射性特性稳定，不同地层界面处放射性统计特性会发生突变或渐变；尽管对于同一深度长时间观察发现该处统计特点是平稳的，但当测井仪器由深及浅测井时，由于地层变化，测井信号却是非平稳的随机过程；在测井仪器移动过程中，会产生地层的褶积效应。这些都会增加信号处理的难度。

在实际数据处理中，对核元素含量随井深度变化的曲线进行一系列滤波处理，可以减少波形统计起伏，提高测量精度。

1.2 双路数据的合成特点

双晶自然 γ 能谱测井仪的两个探测器晶体相隔一定距离，测到的数据反映各自相应的地层信息，仪器硬件上也采用了两路系统来分别接收和存储。

在实际数据处理中，根据深度信息，可以把两路数据合成一路数据。具体做法就是，在一路数据的基础上，根据深度坐标，插入另一路数据，这样就使得同一深度间隔内所得到的数据量增加了一倍。这不仅充分利用了所有数据的信息，也可以提高数据处理的统计精度。从时间角度考虑，相当于在同样测量时间内，得到了两倍于原先的数据，这个对于改善数据处理效果和提高实际测井效率都有很大的作用。

2 数据处理方法的比较与选择

在测井仪测出各个地层 γ 射线计数值后，通过对特征响应矩阵的反演，得到随地层深度变化的 U，

［收稿日期］2001－05－29
［作者简介］林谦（1963－），男，1986 年清华大学毕业，副教授，现从事核测井仪器的研究工作。

Th，K 含量曲线。所谓测井数据处理就是对此曲线进行滤波。在对数据进行滤波处理前，测井数据可以看成是随深度变化的序列，它包含了地层信息和统计误差及其他误差信息。对其进行滤波处理可以减低或消除数据中的误差。

将滤波算法应用于对测井仪采集数据的实时处理，不能对数据信号的统计特性有先验知识，所以总体思路是对信号进行低通滤波，选定一个求平均的深度间隔来降低统计误差或滤除统计误差和噪声干扰。

下面比较几种滤波算法[2]，供应用时选择。

1）均值滤波（直线滑动滤波）　当前深度点的值是以该深度点为中心的一定深度区间的所有采样值的平均值。比如可以采用 5 点取平均法。

2）5 点平滑滤波（二次抛物线函数拟合）　当前深度点的值是以该深度点为中心的 5 点的加权平均值。平滑滤波的本质是使处理后的数据点落到一条光滑曲线上，这样可以降低统计误差，提高测量精度，有利于以后用数学方法实现自动分层和提取特征参数。

上述两种滤波方法对数据实时处理时都简单易行，但当数据统计涨落较大时，在均匀厚层的情况下，这种滤波器对于薄层的响应将易产生畸变。这种畸变是在测量厚层岩层中均匀的 K，U 和 Th 含量的过程中，由于地质因素突变和统计计数减少的综合结果所造成。因此简单的平均或加权平均没有考虑到地质响应所带来的影响。

3）自适应滤波　通过仪器的总 γ 响应，用基于误差的函数来确定滤波器的加权值，从而对实时测井数据进行有效的滤波。基本原理是：当滤波间隔内两个不同深度点的总 γ 计数率相等时，误差函数将权值加到最大。若在不同深度点上总 γ 计数率相差很多，加权值则很小。当地层变化不大时，总 γ 计数率基本不变，并且相对于各个单道计数率来说，总计数率的统计涨落小；只有当地层发生突变时总 γ 计数率才会有较大变化。因而采用这种方式确定的加权值具有“自适应”的特点。

将上述 3 种方法应用于实际数据处理中进行比较发现单纯使用一种滤波方法有时候很难得到很好的滤波效果。对此笔者认为，可以考虑各种滤波方法各自的特点，综合使用两种或两种以上的滤波方法对曲线数据进行滤波，这样可能得到非常好的效果。

3　应用实例

图 1 是对实际测到的某井地层能谱数据通过剥谱法计算得到的 K 含量随深度变化的曲线，对于双晶自然 γ 能谱测井仪有两路数据。由图 1 可见，实际数据有很大的涨落，含量曲线非常模糊，这些都很不利于从中提取有用的信息。因此必须对含量曲线进行各种滤波处理。滤波之前，应该把两路数据先合成为一路数据（图 2）。

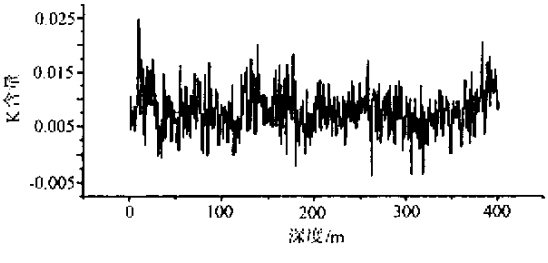

图 1　双晶测井数据

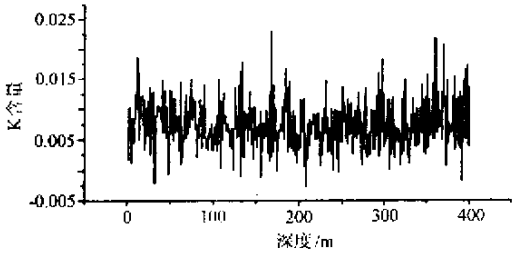

图 2　合成数据

图 3 和图 4 是分别通过 5 点均值滤波和 5 点平滑滤波后得到的 K 元素含量曲线图。由图 3、图 4 可见，曲线经过两种滤波方法滤波后具有下述特点：①曲线涨落明显减小，这样降低了统计误差，提高了测量精度；②处理后的数据点能落到一条大致光滑的曲线上；③有利于利用数学方法实现自动分层和提取特征参数，便于对数据进行下一步处理。但也存在一些不足，一是曲线涨落仍然存在，二是平滑滤波

出现明显的失真现象。这些问题是由这两种滤波算法本身的缺陷造成的，只有寻求更加合适的方法才能弥补。

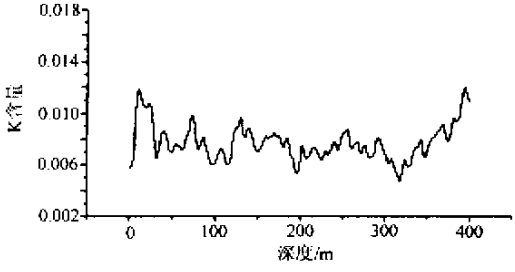

图 3　五点均值滤波结果

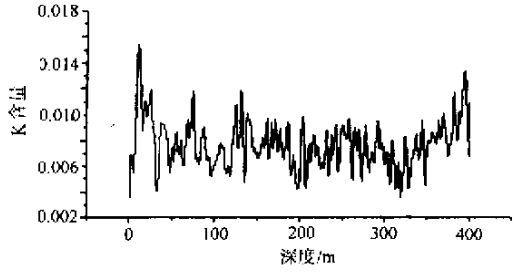

图 4　五点平滑滤波结果

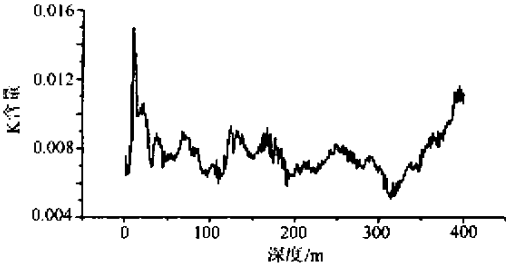

图 5　自适应滤波结果

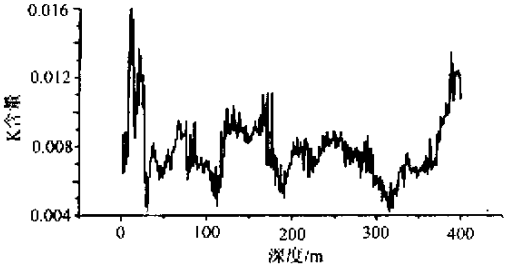

图 6　单晶数据的自适应滤波结果

图 5 是自适应滤波法得到的 K 元素含量曲线，滤波间隔采用了 20 个深度点。从图 5 可见，相对于前面两种滤波方法，其滤波效果的优势还是很明显的，波形涨落得到了更好地控制，并且也反映出了地层变化的一些细节。

图 6 是单晶数据的自适应滤波结果。比较图 5 和图 6 可见，无论是从数据的涨落程度还是整个曲线的平滑程度，双晶数据的结果都优于单晶数据。这个结果很好地证实了双晶数据在数据处理上的优势。

自适应滤波虽然有很多优点，但也存在一些不足，如曲线点没有完全落到一条光滑曲线上，仍然有一些幅度很小的“毛刺”（见图 5）。

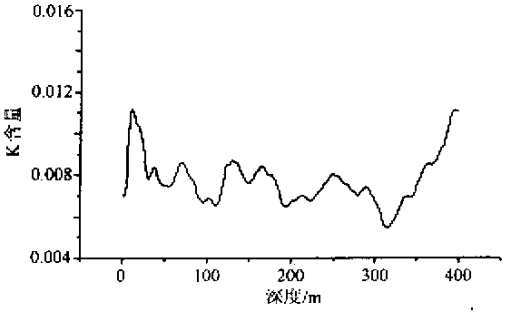

图 7　自适应滤波加 5 点均质滤波的结果

考虑到 5 点均值滤波法结果的“光滑度”非常好（见图 3），在采用自适应滤波的基础上再进行 5 点均值滤波法二次滤波，得到了非常好的效果（图 7，）可见这种综合滤波法滤波效果为最佳。

［参考文献］

［1］黄隆基，首祥云．自然伽马能谱测井原理及应用［M］．北京：石油工业出版社，1995.

［2］李惕碚．实验的数学处理［M］．北京：科学出版社，1980.

［编辑］舍　予

双晶自然γ能谱测井仪数据处理方法研究

作者： 林谦， 吴泽云
作者单位： 清华大学工程物理系,
刊名： 江汉石油学院学报
英文刊名： JOURNAL OF JIANGHAN PETROLEUM INSTITUTE
年，卷(期)： 2001,23(4)
被引用次数： 1次

参考文献(2条)

1. 黄隆基;首祥云 自然伽马能谱测井原理及应用 1995

2. 李惕碚 实验的数学处理 1980

引证文献(1条)

1. 阳林锋. 庹先国. 李怀良. 刘勇. 沈统 基于快速自然γ测井定位的定点能谱测井仪设计[期刊论文]-科学技术与工程 2013(33)

引用本文格式：林谦. 吴泽云 双晶自然γ能谱测井仪数据处理方法研究[期刊论文]-江汉石油学院学报 2001(4)