

数字化声波时差测井曲线逐点判别

插值处理法

李宝华 (阜新矿务局地测处 阜新 123000)

摘要 用逐点判别插值法对数字化声波时差测井曲线进行处理, 以 5 个测点或 9 个测点为一组合, 逐点判别, 剔除非正常点, 再根据界面最大时差变化率和曲线形态及非正常点的分布类型对当前非正常时差点进行插值。

关键词 声波测井; 判别分析; 插值

中国图书资料分类法分类号 P631.84

声波测井是一种有效的测井方法, 深受测井工作者欢迎。通过近几 a 大量模拟声波测井和十几个孔的数字化声波测井发现: 由于仪器性能、井径变化、摩擦碰撞、周波跳跃等因素的影响, 使声波时差测井曲线产生一些非正常点。非正常点的出现给直接利用声波测井曲线带来一定困难。如何有效地消除非正常点的影响, 目前采用的数字滤波方法只能对时差曲线做不同程度的平滑, 不易消除非正常点的影响; 井眼补偿法^① 从原理上讲可以消除井径变化的影响, 但实际效果并不明显。逐点判别插值法对数字化声波时差测井曲线的处理, 克服了上述方法的不足, 取得了较好的地质效果。

1 接收器通过界面的时差反映

如图 1 所示, 设单发双收声波时差测井



图 1 单发双收声波时差仪原理示意图

仪的源距 $L = TR_1$, 间距 $l = R_1R_2$, 介质声速为 v , 发射器 T 到接收器 R_1 波的旅行时间为 t_1 , 到接收器 R_2 波的旅行时间为 t_2 。如果不考虑间距内井径变化的影响, 声波时差:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = l/v \quad (1)$$

可见, 无论发射器在何种介质中, 只要 R_1, R_2 在同一种均匀介质中, 由(1)式就可以得到该介质的声波时差, 且第 i 测点时差与第 $i+1$ 测点时差相等, 即:

$$|\Delta t_i - \Delta t_{i+1}| = 0 \quad (2)$$

1.1 接收器通过两层介质的时差反映

如图 2 所示, R_1R_2 随机地通过两种介质界面 I 时, 间距内时差为波在这两种介质中旅行时间之和:

$$\Delta t = x/v_2 + (l-x)/v_1 \quad (3)$$

v_2 和 v_1 分别为上下两层介质的声速, x 为 R_2

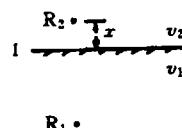


图 2 接收器通过二层介质示意图
初次进入 v_2 介质后距 I 界面的距离。

R_1R_2 通过 I 界面采样间隔的最大时差变化率为

$$T_m = |\Delta t_1 - \Delta t_2|$$

①上海地质仪器厂数字化声波仪说明书

$$= \left| \left(\frac{x}{v_2} + \frac{l-x}{v_1} \right) - \left[\frac{x+D}{v_2} + \frac{l-(x+D)}{v_1} \right] \right| \\ = |\Delta T_1 - \Delta T_2| \times D/l \quad (4)$$

式中: $\Delta T_1, \Delta T_2$ —— v_1, v_2 介质的时差;
 D —— 采样间隔。

由(4)式可知, l 一定, T_m 的大小取决于上下两种介质的声速和采样间隔。

1.2 接收器通过三层介质的时差反映

如图 3 所示, 当 v_2 介质层厚 $h-x < l$ 时, 间距内的时差为波在各种介质中旅行时间之和:

$$\Delta t = y/v_3 + h/v_2 + (l-y-h)/v_1 \quad (5)$$

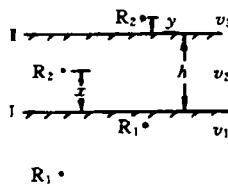


图 3 接收器通过三层介质示意图

式中: v_3, v_2, v_1 —— 上、中、下三层介质的声速。

此时, 在 v_2 介质中测得的极值时差小于 l/v_2 (大小与间距内各介质的声速及所占比例有关), 这样只能用 v_2 介质极值时差 (ΔT_{\max} 或 ΔT_{\min}) 代替 v_2 介质时差 l/v_2 。

接收器 $R_1 R_2$ 通过界面 I 或 II 时, 根据实测界面上、下两种介质极值时差求得界面采样间隔的最大时差变化率:

$$T'_m = |\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min}| \times D/l \quad (6)$$

当 $h-x \geq l$ 时, 把界面 I 和 II 分别做为两个独立界面处理, 用(4)式求 T_m 。

2 非正常点的判别与插值方法

2.1 判别

判别是对所有测点结合曲线形态逐一进行, 剔除非正常点, 方法如下:

a. 根据地层声速的上下限确定时差判别门限值, 大于和小于门限值的时差均属非正常点。

b. 根据相邻测点时差变化率判别当前点是否发生突变确定非正常点。

2.2 插值方法

在剔除非正常点后, 按不同的采样间隔, 选择不同点数的插值组合。一般 10 cm 采样间隔取 5 个测点(含非正常点)为一个插值组合, 2.5 cm 采样间隔取 9 个测点为一个插值组合。根据组合内已知几个测点值用(6)式求 T'_m , 再根据相邻测点间的时差变化关系确定插值方法:

a. 相邻测点其一为极值时差: ①为极大值, 插值应为较小相邻点 $+T'_m$ 。②为极小值, 插值应为较大相邻点 $-T'_m$ 。

b. 相邻测点不是极值时差, 插值应为较大相邻点 $-T'_m$ 。

3 应用实例

用逐点判别插值法对 5 个孔的数字化声波时差测井曲线进行了处理, 判别门限值为 $110 \mu\text{s}$ 和 $30 \mu\text{s}$, 结果见表 1。

图 4 对不同处理方法进行了比较, 其中逐点判别插值法处理效果最好, 基本消除了非正常点影响, 与密度曲线一致地反映了岩煤层。A 处 Δt_1 曲线由于非正常点影响, 夹石反映不明显, 处理后的 Δt_4 曲线夹石反映十分明显; B 处 Δt_1 曲线由于井径扩大出现正超现象, 处理后的 Δt_4 曲线消除了井径扩大的影响; C 处 Δt_1 曲线出现畸变, 处理后 Δt_4 曲线畸变消失。

由图 4 还可以明显地看出, 处理后的 Δt_4 曲线原有正常点没有任何形态变化。

图 5 效果更明显, A—J 10 处不同程度地受到非正常点的影响, 处理后 Δt_2 曲线客观地反映了岩煤特征。特别是 G 处 Δt_1 曲线连续两测点大于 $125 \mu\text{s}$, 另一测点为 $18 \mu\text{s}$, 曲线形态严重失真, 处理后的 Δt_2 曲线清晰地反映了煤层结构。

表1 实测时差与逐点判别插值处理成果比较

测井 深度 (m)	实测 时差 (μ s)	T' m (μ s)	处理 结果 (μ s)	插值 标志	测井 深度 (m)	实测 时差 (μ s)	T' m (μ s)	处理 结果 (μ s)	插值 标志
645.20	87.00	0.50	87.00		642.00	91.00	4.75	91.00	
645.10	86.00	0.50	86.00		641.90	91.00	28.75	91.00	
645.00	125.50	0.50	85.00	*	641.80	-97.00	28.75	62.25	*
644.90	124.00	2.50	82.50	*	641.70	33.50	28.75	33.50	
644.80	19.50	2.75	79.75	*	641.60	82.00	27.00	82.00	
644.70	81.00	2.75	81.00		641.50	87.50	27.00	87.50	
644.60	36.50	7.75	86.50		641.40	87.00	2.75	87.00	
—	—	—	—		641.30	84.00	1.75	84.00	
643.50	87.50	0.75	87.50		641.20	110.50	22.50	61.50	*
643.40	87.50	21.50	87.50		641.10	112.50	22.25	51.75	*
643.30	87.50	21.50	87.50		641.00	42.00	23.625	42.00	
643.20	44.50	21.50	86.75	*	640.90	86.50	23.625	86.50	
643.10	86.00	1.50	86.00		640.80	68.00	22.25	68.00	
643.00	87.50	2.50	87.50		640.70	61.00	12.75	61.00	
642.90	86.50	2.50	86.50		640.60	80.50	9.75	80.50	
—	—	—	—		640.50	17.00	16.75	63.75	*
642.40	87.00	0.75	87.00		640.40	19.50	20.75	55.38	*
642.30	86.50	3.25	86.50		640.30	47.00	22.75	47.00	
642.20	127.50	4.75	81.50	*	640.20	88.50	22.75	88.50	
642.10	81.50	4.75	81.50		640.10	84.00	20.75	84.00	

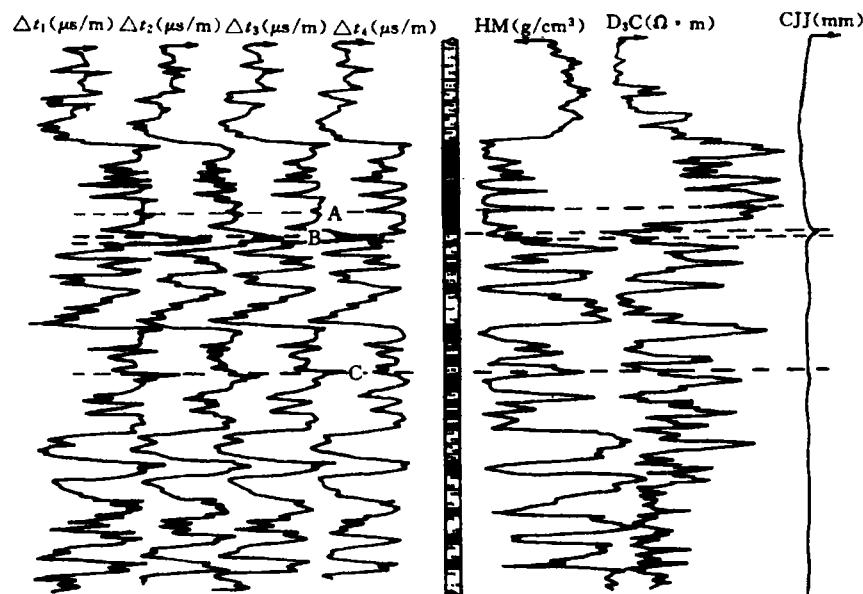


图4 艾友主井井筒检查孔各种测井曲线比较

t_1 —原始声波时差测井曲线; HM—密度测井曲线;
 t_2 —经井眼补偿处理的声波时差测井曲线;
CJJ—井径测井曲线;
 t_3 —经三点平滑处理的声波时差测井曲线;
 D_3C —三侧向测井曲线;
 t_4 —经逐点判别插值处理的声波时差测井曲线

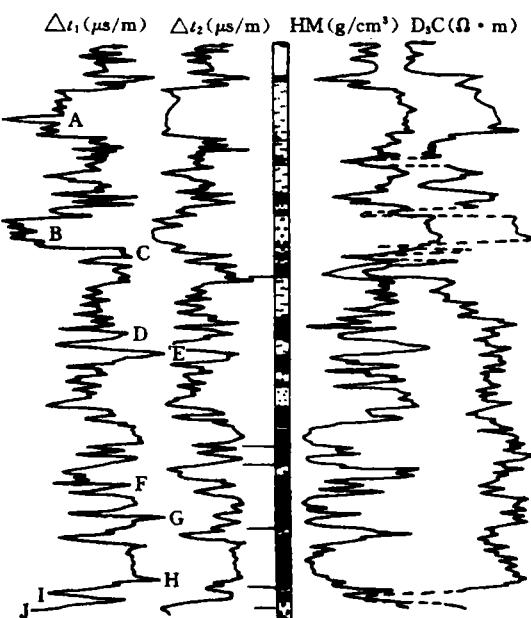


图 5 2.5 cm 采样逐点判别插值处理成果
 Δt_1 —经三点平滑处理的声波时差测井曲线;
 Δt_2 —经逐点判别插值处理的声波时差测井曲线;
HM—密度测井曲线; D_3C —三侧向测井曲线

4 结语

a. 该方法只对非正常点有根据地插值,保留了原有曲线特征,通过对部分数字化

声波时差测井资料的处理,证明该法原理简单,处理效果明显。

b. 插值精度与采样间隔及非正常点分布类型有关。采样间隔越小,非正常点越少,插值精度越高,反之亦然。同时,时差上下限确定是否合理、突变点判别标准是否正确都会影响插值效果。

c. 用该方法处理周波跳跃,严重的可留下痕迹(出现平滑直线段),否则,无痕迹。

本文撰写过程中,得到了局地测处高级工程师肖跃东、闵延党、何文学、工程师李中天的大力支持并提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢。

参考文献

- 1 黄作华等. 煤田测井方法与处理(上). 北京: 煤炭工业出版社, 1982, 245~263
- 2 中国矿业学院等. 煤田地球物理测井. 北京: 煤炭工业出版社, 1982, 134~142
- 3 霍夫曼 G L 等著, 王玉等译. 煤田地球物理测井手册. 北京: 煤炭工业出版社, 1987, 106~108

(收稿日期 1993-04-26)

THE METHOD OF SUCCESSIVE DISCRIMINATION AND INTERPOLATION OF DISTORTION POINTS OF DIGITAL SONIC INTERVAL TRANSIT TIME LOG CURVE

Li Baohua

(Geology Surveying Department of Fuxin Mining Bureau)

Abstract With five or nine points combination, a log curve of digital sonic interval transit time is handled by the method of successive discrimination and interpolation of distortion points. According to the high-lower limits of sonic speed of local area stratas, whether or not suddenly changes of the current and nearby points are distinguished in the combination, and the unnormal points of interval transit time are deleted. After rejecting the distortion point, the current distortion interval transit time point is interpolated by the varying rate of maximal interval transit time of interface and the curve form and the distribution type of unnormal point.

Keywords acoustical logging; discriminant analysis; interpolation