

核辐射堆积脉冲数字化判别

弟宇鸣,方国明,邱晓林,韩峰,许鹏,杨贤明

(第二炮兵工程学院,陕西西安 710025)

摘要:基于探测器能量收集特性及探测器输出脉冲的时间-幅度变化关系,研究提出用二项高斯公式拟合其变化曲线,根据拟合的6个参数判别脉冲是否堆积及其堆积形式。通过实际采集的脉冲信号验证了该方法的正确性。

关键词:脉冲堆积;高斯拟合;堆积判别

中图分类号:TN78

文献标志码:A

文章编号:1000-6931(2008)04-0370-03

Digital Distinguish for Pile-Up Pulse

DI Yu-ming, FANG Guo-ming, QIU Xiao-lin, HAN Feng, XU Peng, YANG Xian-ming

(Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China)

Abstract: Based on energy collecting characteristics of detector and variation relation of time-amplitude, a Gauss fit curve with six fitting parameters was presented in order to distinguish pulse pile-up and pile-up format. The correctness of the method was verified with real pulses.

Key words: pile-up pulse; Gauss fitting; pile-up discretion

核辐射测量中脉冲堆积的处理是关键环节。传统的谱仪采取的处理方法是堆积拒绝。随着数字化技术的发展,核辐射堆积脉冲被进一步深入认识和分析。文献[1]给出了在液体闪烁探测器下的堆积脉冲分析方法,但要求两个堆积脉冲是下降沿堆积;文献[2]采取脉冲梯形化算法分析脉冲幅度,但只能做到下降沿堆积脉冲幅度分析;文献[3]给出了基于脉冲的高斯成形的堆积识别,也只能做到后沿堆积。对于脉冲的上升沿堆积,目前还未见相关文献报道。在高速实时数字化处理系统中,判断脉冲是否堆积及其堆积方式显得更为重要。本工作对堆积脉冲进行研究,给出判断方法,并在

MATLAB 环境下编写判断程序,为进一步进行堆积脉冲信息的提取及实时分析系统提供借鉴。

1 实验设计

主要实验设备为 Cd(Zn)Te 探测器、Cannberra Inspector 1200 谱仪、NI PCI-5122 采集卡(100 MS/s)、¹³⁷Cs 标准源和 Labview 软件。

实验中采集脉冲数为 10 万个。脉冲波形(负脉冲)如图 1 所示。

对脉冲波形的时间-幅度分布进行高斯拟合。高斯拟合公式为:

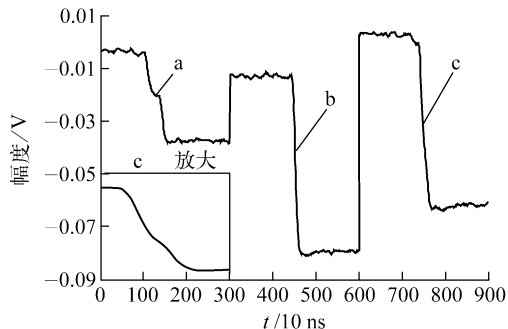


图 1 ¹³⁷Cs 的脉冲

Fig. 1 Some pulses of ¹³⁷Cs

a——后沿堆积脉冲; b——无堆积脉冲;
c——前沿堆积脉冲

$$f(x) = a_1 e^{\left(\frac{x-b_1}{c_1}\right)^2} + a_2 e^{\left(\frac{x-b_2}{c_2}\right)^2}$$

式中: a_1 、 a_2 为拟合后两个峰的幅度; b_1 、 b_2 为拟合后两个峰的峰位; c_1 、 c_2 为拟合两峰的峰宽涨落方差。

2 实验内容

2.1 时间-幅度分布

脉冲幅度为射线在探测器中损失的能量, 间隔一段时间所增加的幅度对应着探测器在相应的时间段中所吸收的能量。取脉冲波形的每点(相隔 10 ns)幅度值, 逐点计算后一时间点与前一时间点间的幅度差值。差值的时间-幅度分布示于图 2。

从图 2a 可看出, 在脉冲上升中, 单位时间内增长的幅度值出现了单一峰值, 这显示了脉冲上升的先快后慢过程; 从图 2b 和 c 可看出, 幅度值增长出现了两个峰值, 说明脉冲在上升过程中出现了两次快慢过程; 图 2c 中的两个增长峰值中出现了负值, 说明脉冲在上升过程中出现了下降趋势。

2.2 高斯拟合

由探测器探测粒子射线的特性、统计涨落及上述脉冲的时间-幅度分布含义, 对脉冲的时间-幅度分布曲线进行高斯拟合, 并获得 6 个脉冲时间-幅度拟合参数。

实验对 100 个脉冲进行了分析, 获得 600 个拟合参数, 并对这 100 个脉冲逐个放大观察其堆积方式。对脉冲单个放大, 除个别脉冲外, 目视可观察到其堆积形式。表 1 列出了 10 个脉冲的参数值。

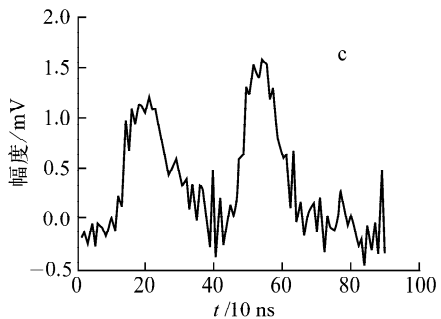
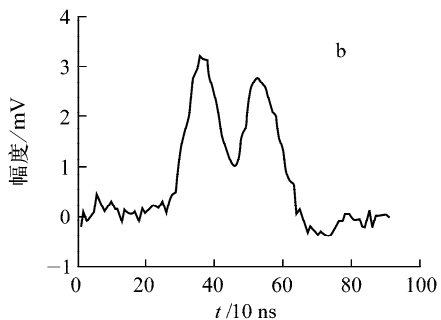
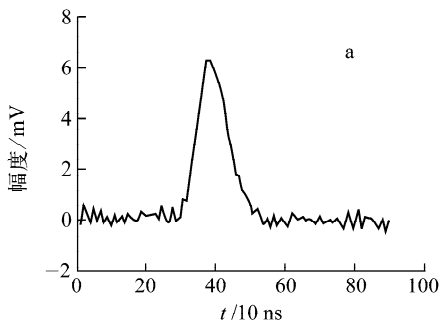


图 2 脉冲的时间-幅度分布

Fig. 2 Time-amplitude distribution of pulse

a——无堆积的时间-幅度变化曲线;
b——上升沿堆积的时间-幅度变化曲线;
c——下降沿堆积的时间-幅度变化曲线

对 3 种脉冲形式拟合后的参数统计分析, 得到如下结论: 1) 当拟合参数 a_2 相对很小时, 即可判断脉冲为堆积; 2) b_1 、 b_2 相近, 也可判断为堆积; 3) c_1/c_2 大于 0.5, 亦可判断为堆积。

根据结论 1) 编写程序, 对另外随机抽取的 100 个连续脉冲进行判断。程序判别出的脉冲堆积数多于目视数, 表明该算法可判断目视不易分辨的脉冲堆积。

判断堆积后, 进而确定脉冲时间-幅度分布曲线在 b_1 、 b_2 之间的最小值, 如最小值小于零, 即判断为下降沿堆积, 反之, 为上升沿堆积。程序判断结果与直接观察结果一致。

表 1 时间-幅度变化曲线拟合参数
Table 1 Fitting parameters of time-amplitude variation curve

脉冲序号	a_1	a_2	b_1	b_2	c_1	c_2
1	0.006 069	0.000 018	151.900 9	3.706 6	6.266 152	38.656 9
2	0.006 204	0.000 066	150.446 0	125.130 7	6.024 325	38.932 7
3	0.004 551	-0.000 017	152.070 7	277.592 8	8.169 618	79.940 0
4	0.006 767	-0.000 009	152.553 6	271.923 9	5.651 245	33.958 0
5	0.006 273	0.000 143	150.793 6	103.548 7	5.837 995	21.293 9
6	0.002 502	-0.000 024	149.782 9	220.930 6	6.509 191	35.763 6
7	0.001 342	0.001 247	77.674 0	152.334 0	6.852 704	12.069 5
8	0.004 406	0.001 917	145.617 9	168.303 0	6.165 678	6.119 4
9	0.003 115	0.002 323	144.695 3	153.187 5	4.163 403	11.135 0
10	0.001 491	0.001 937	140.104 7	145.152 0	2.962 582	12.614 0

注:1~6 为无堆积脉冲;7、8 为下降沿堆积脉冲;9、10 为上升沿堆积脉冲

3 讨论

采取本工作所述方法对脉冲堆积判别可获得如下结果:

1) 实验采取二项高斯拟合,拟合结果必然显示两个高斯拟合峰;

2) 无堆积脉冲的时间-幅度分布只有 1 个主峰,由 1) 知,拟合后出现的另一高斯峰值参数必然很小,即这两个高斯拟合参数值相差相对很大;

3) 上升沿堆积和下降沿堆积脉冲的时间-幅度分布呈现两个主峰,高斯拟合后决定了高斯峰值参数相对较大,且高斯拟合后,峰位参数即是该脉冲时间-幅度分布中的两个主峰所处的位置;

4) 在 3) 的基础上判断脉冲的时间-幅度分布曲线在两个主峰位置之间的最小值,如小于零,则脉冲在上升阶段出现了下降趋势,由探测器收集能量特性可判断为下降沿堆积,反之,为上升沿堆积。

4 结论

基于本工作研究提出的高斯拟合脉冲幅度

变化曲线所得的参数来判别是否出现堆积以及堆积形式,在实验中获得了良好结果。本工作所用脉冲采集卡为 100 MS/s,如果两个脉冲到达时间间隔小于本实验中采集卡所能判断的范围,则无法判别。从理论上可推知,采集率越高,脉冲幅度变化越精确,用本工作所提出的算法判别效果越好。

参考文献:

- [1] MARRONE S, CANO-OTT D, COLONA N, et al. Pulse shape analysis of liquid scintillators for neutron studies[J]. Nucl Instrum Methods, 2002, A490:299-307.
- [2] IMPERIALE C, IMPERIALE A. On nuclear spectrometry pulse digital shaping and processing [J]. Measurement, 2001, 30: 49-73.
- [3] 陈世国,令狐荣锋. 脉冲堆积识别与校正的数字处理方法[J]. 黔西南民族师范高等专科学校学报, 2006, 2: 77-81.
CHEN Shiguo, LINGHU Rongfeng. Digital processing of pile-up pulse distinguish and correct[J]. Journal of Southwest Guizhou Teachers' College for Nationalities, 2006, 2:77-81(in Chinese).