

第5章 声发射信号处理方法

目前采集和处理声发射信号的方法可分为两大类。一种为以多个简化的波形特征参数来表示声发射信号的特征，然后对这些波形特征参数进行分析和处理；另一种为存贮和记录声发射信号的波形，对波形进行频谱分析。简化波形特征参数分析方法是自二十世纪五十年代以来广泛使用的经典的声发射信号分析方法，目前在声发射检测中仍得到广泛应用，且几乎所有声发射检测标准对声发射源的判据均采用简化波形特征参数。

5.1 经典信号处理方法

5.1.1 波形特性参数

图 5.1 为突发型标准声发射信号简化波形参数的定义。由这一模型可以得到如下参数：

- (1) 波击（事件）计数；
- (2) 振铃计数；
- (3) 能量；
- (4) 幅度；
- (5) 持续时间；
- (6) 上升时间；

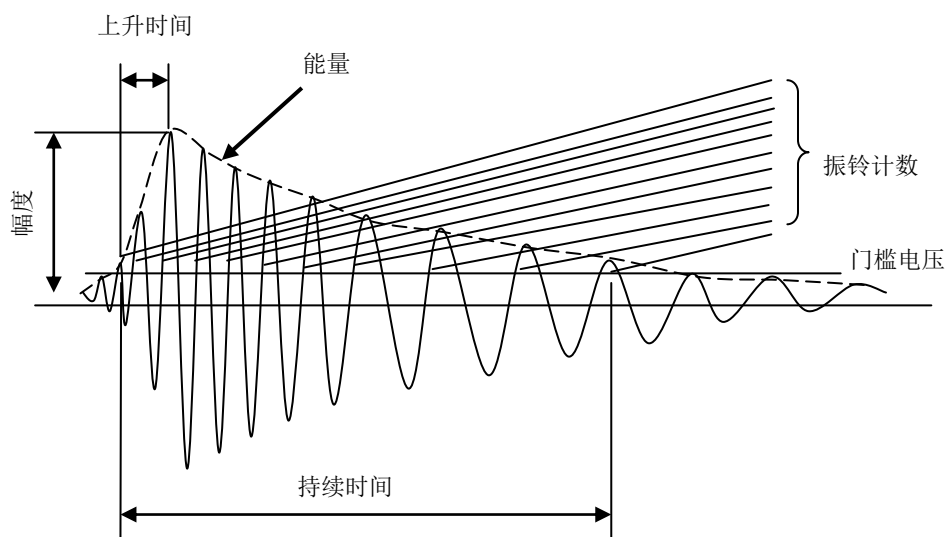


图 5.1 声发射信号简化波形参数的定义

对于连续型声发射信号，上述模型中只有振铃计数和能量参数可以适用。为了更确切地描述连续型声发射信号的特征，由此又引入了如下两个参数：

- (7) 平均信号电平；
- (8) 有效值电压。

声发射信号的幅度通常以 dBae 表示，定义传感器输出 1μV 时为 0dB，则幅值为 Vae 的声发射信号的 dBae 幅度可由下式算出：

$$\text{dBae} = 20 \lg (V_{\text{ae}}/1\mu\text{V})$$

表 5.1 列出了常用整数幅度 dBae 对应的传感器输出电压值。

表 5.1 常用整数幅度 dBae 对应的传感器输出电压值

dBae	0	20	40	60	80	100
Vae	1μV	10μV	100μV	1mV	10mV	100mV

对于实际的声发射信号，由于试样或被检构件的几何效应，声发射信号波形为如图 5.2 所示的一系列波形包络信号。因此，对每一个声发射通道，通过引入声发射信号撞击定义时间（HDT）来将一连串的波形包络画入一个撞击或划分为不同的撞击信号。对于图 5.2 的波形，当仪器设定的 HDT 大于两个波包过门槛的时间间隔 T 时，则这两个波包被划归为一个声发射撞击信号；但如仪器设定的 HDT 小于两个波包过门槛的时间间隔 T 时，则这两个波包被划归分为两个声发射撞击信号。

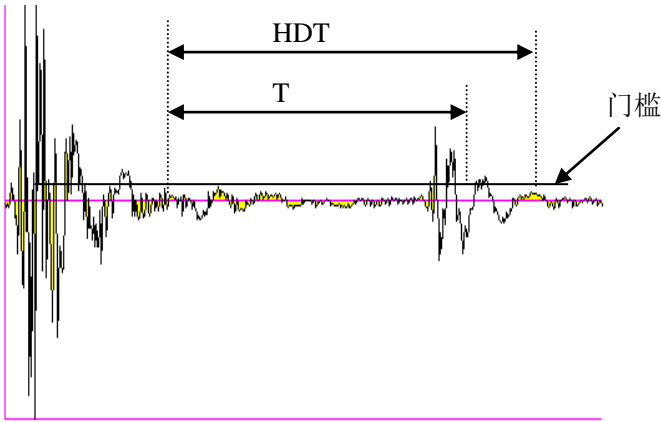


图 5.2 声发射撞击信号的定义

表 5.2 列出了常用声发射信号特性参数的含义和用途。这些参数的累加可以被定义为时间或试验参数(如压力、温度等)的函数,如总事件计数、总振铃计数和总能量计数等。这些参数也可以被定义为随时间或试验参数变化的函数,如声发射事件计数率、声发射振铃计数率和声发射信号能量率等。这些参数之间也可以任意两个组合进行关联分析,如声发射事件-幅度分布、声发射事件能量-持续时间关联图等。

5.1.2 分析识别技术

(1) 声发射信号参数的列表显示和分析

列表显示是将每个声发射信号参数进行时序排列和直接显示，包括信号到达时间，各个声发射信号参数、外变量、声发射源的坐标等。表 5.3 为压力容器升压过程中采集到的裂纹扩展声发射信号参数数据列表。在声发射检测前对声发射系统进行灵敏度测定和模拟源定位精度测试时，直接观察数据列表。对声发射源的强度进行精确分析时也经常采用数据列表显示和分析。

表 5.2 声发射信号参数

参数	含义	特点与用途
撞击 (Hit) 和 撞击计数	超过门槛并使某一通道获取数据的任何信号称之为一个撞击。所测得的撞击个数，可分为总计数、计数率	反映声发射活动的总量和频度，常用于声发射活动性评价
事件计数	产生声发射的一次材料局部变化称之为一个声发射事件。可分为总计数、计数率。一阵列中，一个或几个撞击对应一个事件	反映声发射事件的总量和频度，用于源的活动性和定位集中度评价
计数	越过门槛信号的振荡次数，可分为总计数和计数率	信号处理简便，适于两类信号，又能粗略反映信号强度和频度，因而广泛用于声发射活动性评价，但受门槛值大小的影响
幅度	信号波形的最大振幅值，通常用 dB _{ae} 表示（传感器输出 1 μ V 为 0dB）	与事件大小有直接的关系，不受门槛的影响，直接决定事件的可测性，常用于波源的类型鉴别、强度及衰减的测量
能量计数 (MARSE)	信号检波包络线下的面积，可分为总计数和计数率	反映事件的相对能量或强度。对门槛、工作频率和传播特性不甚敏感，可取代振铃计数，也用于波源的类型鉴别
持续时间	信号第一次越过门槛至最终降至门槛所经历的时间间隔，以 μ s 表示	与振铃计数十分相似，但常用于特殊波源类型和噪声的鉴别
上升时间	信号第一次越过门槛至最大振幅所经历的时间间隔，以 μ s 表示	因受传播的影响而其物理意义变得不明确，有时用于机电噪声鉴别
有效值电压 (RMS)	采样时间内，信号的均方根值，以 V 表示	与声发射的大小有关，测量简便，不受门槛的影响，适用于连续型信号，主要用于连续型声发射活动性评价
平均信号电平 (ASL)	采样时间内，信号电平的均值，以 Db 表示	提供的信息和用途与 RMS 相似，对幅度动态范围要求高而时间分辨率要求不高的连续型信号，尤为有用。也用于背景噪声水平的测量

到达时间	一个声发射波到达传感器的时间，以 μs 表示	决定了波源的位置、传感器间距和传播速度，用于波源的位置计算
外变量	试验过程外加变量，包括时间、载荷、位移、温度及疲劳周次等	不属于信号参数，但属于波击信号参数的数据集，用于声发射活动性分析