

长安福特

# 变速器行星架压制过程

## 声发射监测

美国物理声学公司（PAC）北京代表处

2015年11月25日

## 一、声发射原理

声发射(Acoustic Emission 简称 AE) 又称应力波发射, 是材料或零部件受力作用产生变形、断裂, 或内部应力超过屈服极限而进入不可逆的塑性变形阶段, 以瞬态弹性波形式释放应变能的现象如图 1 所示。在外部条件作用下, 固体(材料或零部件)的缺陷或潜在缺陷改变状态而自动发出瞬态弹性波的现象亦为声发射。通常意义上的声发射源, 一般来自于受力材料所产生的各种损伤和断裂现象。例如: 金属材料中的裂缝扩展、位错运动、滑移带的形成、孪生变形、晶界滑移、夹杂物的分离与开裂; 复合材料中的基体开裂、层间分离、纤维和基体间界面分离和纤维断裂等。

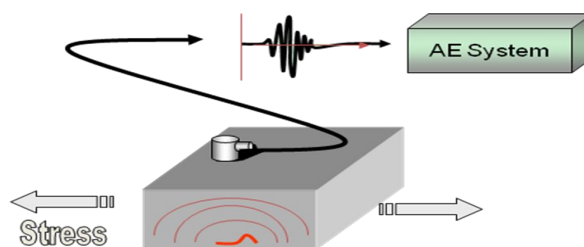


图 1 声发射产生原理

声发射波的频率范围很宽, 从次声频、声频直到超声频, 可包括数 Hz 到数 MHz; 其幅度从微观的位错运动到大规模宏观断裂在很大的范围内变化, 按传感器的输出可包括数  $\mu\text{V}$  到数百 mV, 不过, 多数为只得用高灵敏传感器才能探测到的微弱振动。用最灵敏的传感器, 可探测到约为  $10^{-11}$  mm 表面振动。图 2 为声发射信号流程图。



图 2 声发射信号处理流程图

## 二、声发射技术特点

- 1) 声发射是一种动态检验方法, 声发射探测到的能量来自被测试物体本身, 而不是象超声或射线探伤方法一样由无损检测仪器提供。因此, 声发射监测可获得关于缺陷的动态信息, 并据以评价缺陷的发生强度, 发生频度, 发生部位以辅助判别危害程度及对结构的整体性的影响;
- 2) 对大型结构, 进行整体检测。不需要移动传感器做繁杂的扫查操作, 省时、省力、高效;
- 3) 可提供随载荷、时间、温度等工况的瞬态或连续信息, 因而适用于过程监控, 以及早期或

临近破坏的预报；

### 三、数据处理：

#### 3.1、采用传感器放置在下压头不同监测位置监测压制过程的信号特征

如图 3 所示，采用两个传感器放置在方形固定盘侧面，上面为 1 号传感器，型号为 NANO30；下面为 2 号传感器，型号为 R15A。

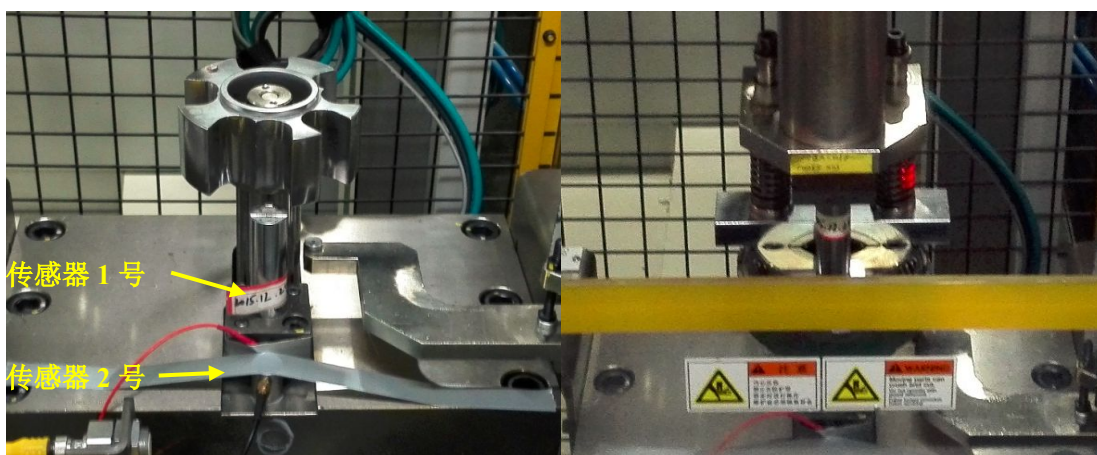


图 3 行星架压制机构传感器布置图

#### 3.1 完好行星架压制过程信号特征

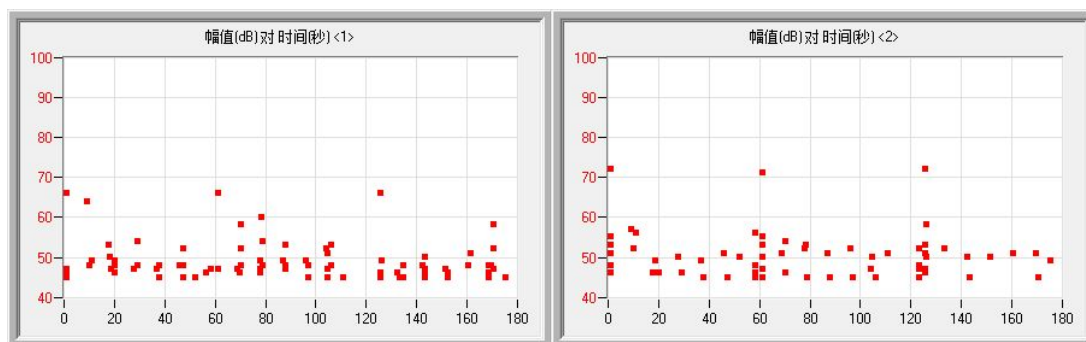


图 4 完好行星架幅值-时间散点图

由声发射特征参数柱状图与散点图得出，完好的压制状态下，声发射特征参数具有明显的相似性，如图 4 所示，三个试件压制过程的信号特征非常接近。

从图 5 中能量图看出，相同的传感器贴放在不同的监测部位，得到的监测信号具有差别，2 通道所在部位是方形固定盘，其内部采用弹簧+球头固定压头杆的转动，因此在压制过程产生多余的信号，同时 2 通道的传感器为低频传感器，接收到的信号能量更高。

同时由于压制过程开始和结束的时候，需要人工放置和取出行星架，该过程将产生较多的信号，因此，考虑将压制机开始工作的信号输入给声发射设备，用来控制声发射设备开始采集；同时，压制结束后需要压制机结束工作的信号输入给声发射设备，用来控制声发射设备结束采集，这样避免人为因素的干扰。如图 5 所示的能量高的三个点均为人工摆放试件产生的撞击噪声信号。

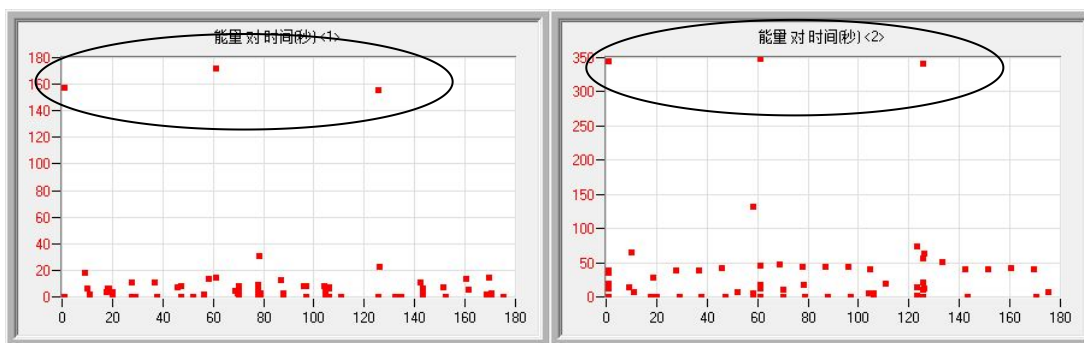


图 5 完好行星架能量-时间散点图

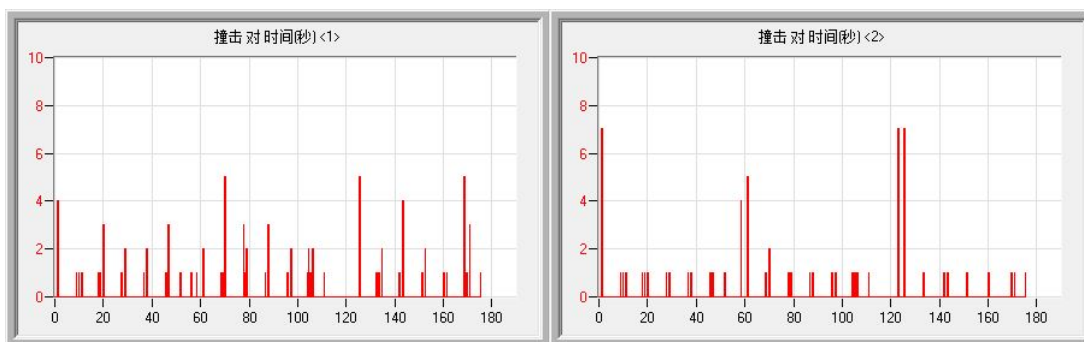


图 6 完好行星架撞击-时间柱状图

### 3.2 人造缺陷行星架压制过程信号特征

在行星架的孔边缘进行锉磨，使得结构件减薄，减小承受应力的面积，造成人工缺陷，这样在加载过程中发生开裂，监测开裂信号的特征。人造缺陷的行星架如图 7 所示，一共五个孔，每个孔进行不同程度的锉磨。

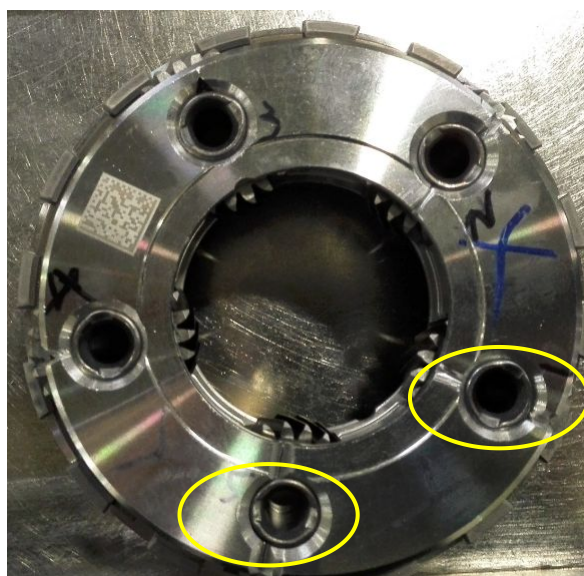


图 7 人造缺陷行星架压制过程开裂图



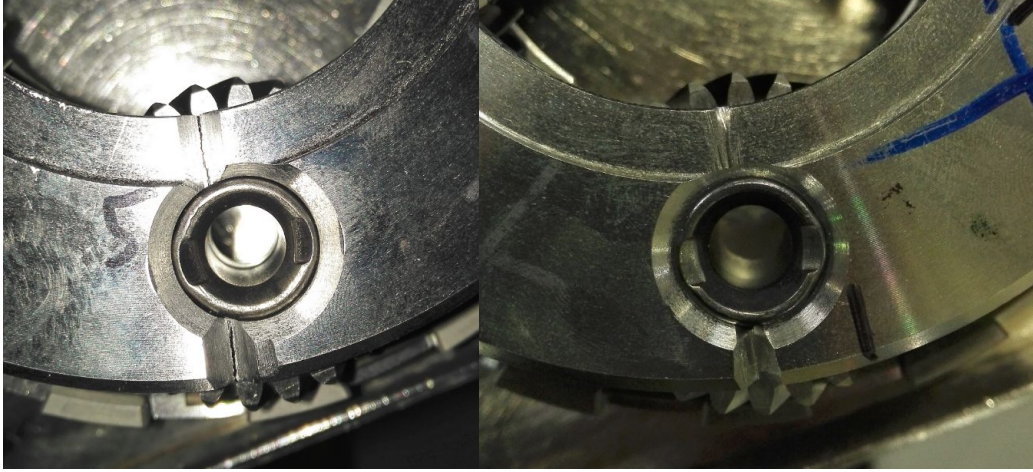


图8 肉眼可见的开裂信号（1号，5号位置）

图8显示了加载过程中发生开裂的部位图，分别在行星架的1号孔和5号孔，5号孔最薄，发生开裂的程度更大，1号孔同样发生了开裂，并在1号孔进行了两次加载。

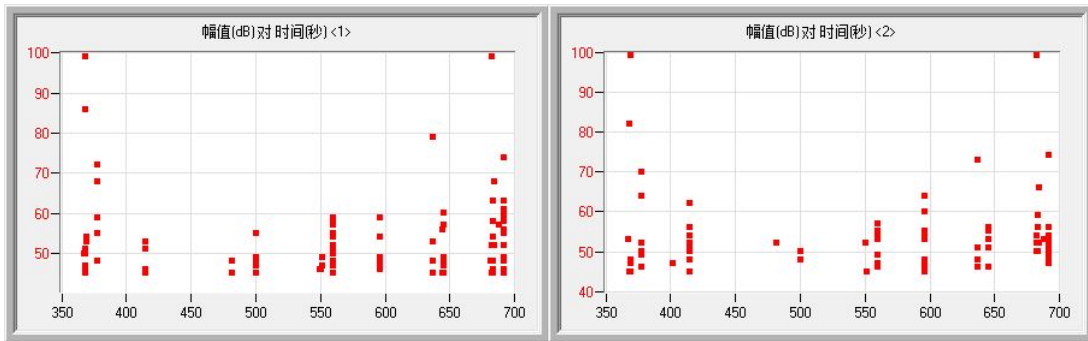


图8 开裂信号幅值-时间散点图

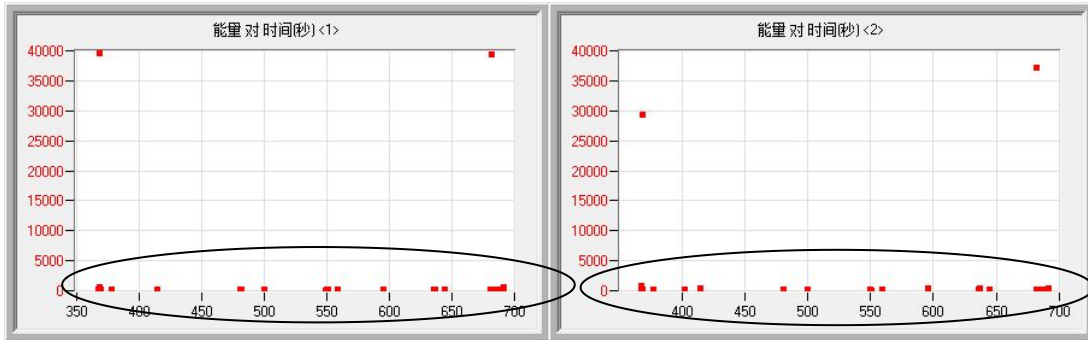


图9 开裂信号能量-时间散点图

一旦出现开裂过程，由于开裂过程往往在最大载荷时出现，也就是在正常信号特征条件下出现了开裂过程，将会在信号幅度，能量上产生较大的变化，同时产生于开裂过程相关的信号群，体现在柱状图的信号余量增多。图8，图9，图10 开裂过程的信号特征图。

将图9中的黑色椭圆圈中的信号进行放大观察，如图10所示。

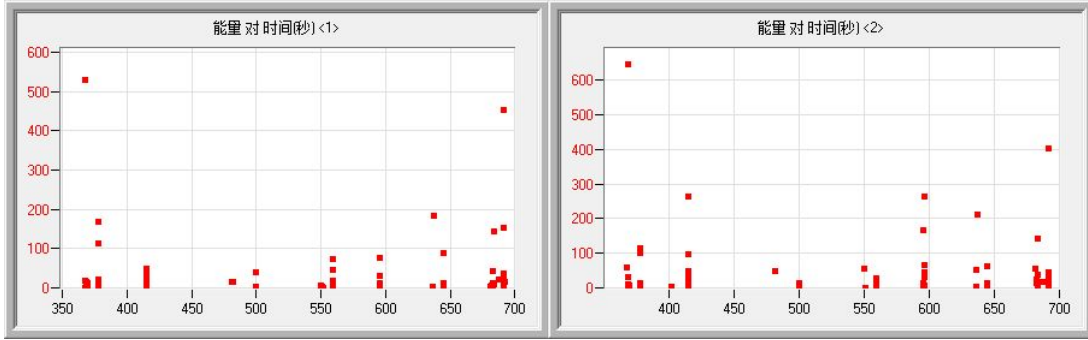


图 10 开裂信号能量-时间散点图（局部放大）

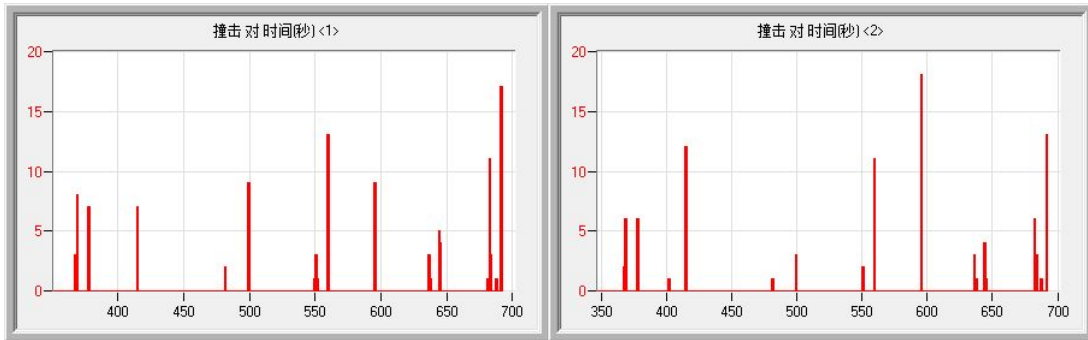


图 11 开裂信号撞击-时间柱状图



图 12 信号绝对能量-时间散点图

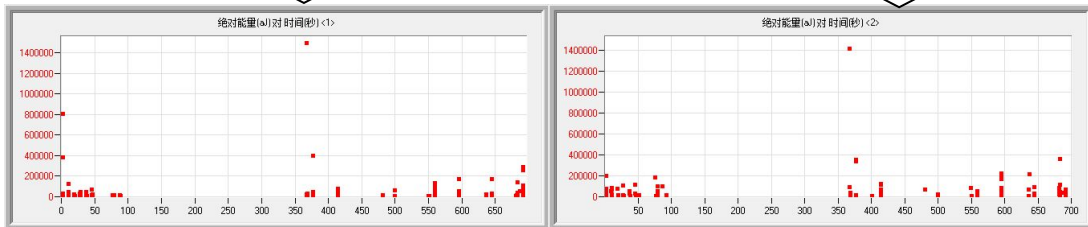


图 13 信号绝对能量-时间散点图（局部放大）

图 12 为信号的绝对能量-时间散点图，其区别度更加明显，改数据中，0-100 秒的数据为完好结构的行星架压制过程信号特征，350-700 秒的数据为人工缺陷的行星架压制过程的信号特征，图 13 为信号绝对能量-时间散点图（局部放大）

统计：

#### 1 号传感器 NAN030

信号特征	最大幅值-dB	最大能量数	绝对能量数
开裂结构	100	38000	8500000000
完好结构	65	170	800000

#### 2 号传感器 R15A

信号特征	最大幅值	最大能量	绝对能量
开裂结构	100	40000	600000000
完好结构	71	350	200000

## 四、综上所述

- 1、 声发射技术可用于压制过程金属开裂过程的监测
- 2、 声发射技术具有更广的监测优势，适用范围广泛
- 3、 声发射安装方便，操作容易，适用于在线监测，离线检测
- 4、 具有非侵入，非破坏，不影响原有结构功能的优势
- 5、 声发射可以实现 I/O 输入输出，既可以接受压制机传来的控制信号开始采集，以及接受压制机传来的控制信号停止采集，同时可以输出报警信号给压制设备，实现全过程监测自动化，智能化，减少人为因素造成的误差干扰，提高零部件检测合格率的可靠性。