

# 基于 Lab VIEW 的多通道木材声发射信号采集系统<sup>①</sup>



王明华, 鞠 双, 李新慈, 李晓崧, 李 明

(西南林业大学 机械与交通学院, 昆明 650224)

通讯作者: 李 明, E-mail: [swfu\\_lm@swfu.edu.cn](mailto:swfu_lm@swfu.edu.cn)

**摘 要:** 为采集木材在长时间载荷作用下的声发射信号, 设计了一种多通道的高速数据采集系统. 首先, 利用 NI USB-6336 高速采集卡和声发射传感器等硬件搭建 4 通道声发射信号硬件采集平台; 其次, 基于 Lab VIEW 设计人机界面及软件控制系统; 最后, 通过木材三点弯曲试验来验证该采集系统的效用. 试验结果表明, 该 4 通道的信号采集系统能有效地采集与自动存储木材在损伤过程中的声发射信号. 作为一种木材声发射信号采集平台, 该系统能够为木材声发射信号的采集与分析提供基本保障.

**关键词:** 木材; 采集系统; 声发射; Lab VIEW; 三点弯曲

引用格式: 王明华, 鞠双, 李新慈, 李晓崧, 李明. 基于 Lab VIEW 的多通道木材声发射信号采集系统. 计算机系统应用, 2020, 29(5): 63-68. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/7403.html>

## Multi-Channel Wood Acoustic Emission Signal Acquisition System Based on Lab VIEW

WANG Ming-Hua, JU Shuang, LI Xin-Ci, LI Xiao-Song, LI Ming

(School of Mechanical and Transportation, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** A multi-channel high speed data acquisition system is designed to collect acoustic emission signals of wood under long-term loading. Firstly, a four-channel acoustic emission signal hardware acquisition platform is built by using NI usb-6336 high-speed acquisition card, acoustic emission sensor and other hardware. Secondly, man-machine interface and software control system are designed based on Lab VIEW. Finally, the utility of the acquisition system is verified by wood three-point bending test. The experimental results show that the four-channel signal acquisition system can effectively collect and automatically store acoustic emission signals of wood during the damage process. As a kind of wood acoustic emission signal acquisition platform, this system can provide basic guarantee for the acquisition and analysis of wood acoustic emission signal.

**Key words:** wood; acquisition system; acoustic emission; Lab VIEW; three-point bending

声发射 (Acoustic Emission, AE) 是指材料变形和断裂的过程中释放应力波的现象. 材料在外力作用下产生的 AE 信号, 隐含着有关 AE 源特性的重要信息, 如材料状态、裂纹产生时间、位置、变化趋势及严重程度等<sup>[1]</sup>. 故而可以利用 AE 技术对实测的 AE 信号进

行分析与处理, 实现对材料缺陷的诊断和损伤过程的监测<sup>[2,3]</sup>. AE 信号作为一种非平稳的随机信号, 能量微弱, 采集易受到外界噪声的影响<sup>[4,5]</sup>, 实现对 AE 信号的有效采集是进行 AE 研究的前提.

AE 信号采集系统在多个领域广泛应用, 刘倩颖等<sup>[6]</sup>

① 基金项目: 国家自然科学基金 (31760182, 31100424)

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (31760182, 31100424)

收稿时间: 2019-10-15; 修改时间: 2019-11-15; 采用时间: 2019-11-18; csa 在线出版时间: 2020-05-07

以 PSoC 为控制核心, 利用 Lab VIEW 编写软件程序实现对信号的实时采集; 马豪等<sup>[7]</sup>利用 DSP 和 ARM 芯片设计了磨床 AE 监测系统; 李欣等<sup>[8]</sup>采用 PLC 控制设计了工业振动信号采集系统; 在木材科学领域, 对于 AE 信号采集与处理研究, 较多是借助 Lab VIEW 软件和 NI 公司的数据采集卡搭建信号采集与处理系统. 朱晓东等<sup>[9]</sup>利用 Lab VIEW 软件搭建了木材振动信号采集与分析系统, 实现了对木质材料振动信号的在线检测; 于帅帅<sup>[10]</sup>利用 NI 设备设计了多通道 AE 信号采集与分析平台, 实现了云南松表面 AE 信号的采集及重构; Li Y 等<sup>[11]</sup>针对胶合板表面声发射源定位问题, 提出了互相关的 AE 源定位法并利用 Lab VIEW 搭建 AE 信号采集平台, 有效提取 AE 信号实现准确的源定位; 丁小康等<sup>[12]</sup>利用基于 Lab VIEW 的 AD 数据采集、小波分析、频谱分析等模块, 实现了对木材干燥过程的监控. 现有的研究较多是关注木材断裂损伤等片段式信号的连续采集问题, 当涉及到长时间的数据采集时, 如木材蠕变、在役结构件安全监测等, 进行不间断的高速信号采集将会出现存储数据过大现象, 容易造成数据溢出或是系统性能表现不佳等情况. 因此, 实现对木质材料在长时间载荷作用下产生的大数据的有效采集与存储, 已经是木材声发射研究中一个不得不克服的难点.

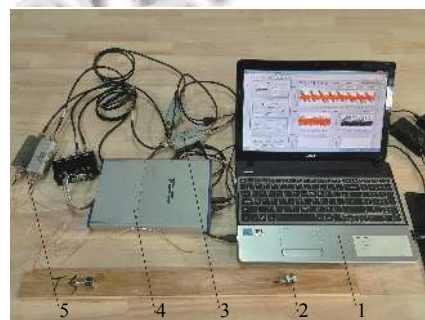
本文针对木材在长时间载荷作用下的 AE 信号采集与存储问题, 设计一种基于 Lab VIEW 的 4 通道木材 AE 信号采集系统, 实现每隔一定时间, 存储给定时段的数据并在计算机界面上显示各通道的波形; 同时将采集到的数据自动命名存储在指定的路径下, 最后在力学试验机上进行木材三点弯曲试验并采集试件在断裂过程中的 AE 信号, 以此验证系统的效用. 作为一种 AE 信号采集工具, 该系统能为研究木材在长时间载荷作用下的 AE 特性提供基础保障.

## 1 系统硬件组成

系统硬件包括 NI USB-6366 高速采集卡、前端放大器、前放供电分离信号器、SR 150N 单端谐振声发射传感器及计算机等. 用于实际 AE 信号的检测、传输及采集.

其中 AE 传感器用于检测木材的 AE 信号, 现有研究表明木材 AE 信号频率最高约为 200 kHz<sup>[13,14]</sup>, 故系统选用带宽为 22~220 kHz 的 AE 传感器; 为减小

AE 传感器的输出阻抗对 AE 信号传播的影响, 系统配置了增益为 40 dB 的 PAI 前端放大器, 用于放大传感器的信号实现长距离传输; 前放供电信号分离器主要用于给前端放大器供电和有效提取数据信号至 NI 高速采集卡; 根据香农采样定理为了不失真地恢复模拟信号有  $f_s \geq 2f_{\max}$ , 而在实际工程运用中, 采样频率  $f_s$  为输入信号最高频率  $f_{\max}$  的 7~10 倍时, 就可以正确还原信号得到理想的波形<sup>[15]</sup>, 所以系统采用采样频率最高可达 2 MHz 的 USB—6366 NI 高速数据采集卡作为 AE 信号采集设备. 系统硬件实物连接如图 1 所示.



1-计算机 2-AE 传感器 3-前放供电分离信号器  
4-数据采集卡 5-前端放大器

图 1 系统硬件连接图

## 2 系统软件设计

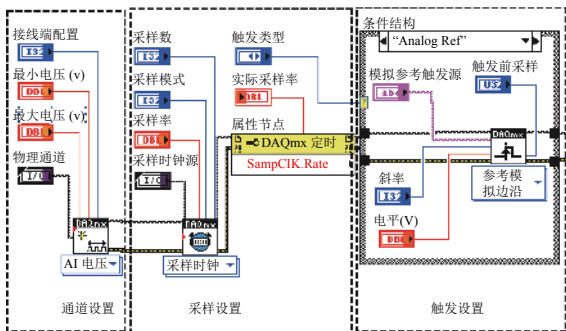
软件部分采用模块化设计, 包括参数设置、信号采集与存储设置及人机界面 3 部分. 其功能是将传感器检测到的 AE 信号分段采集并储存在系统指定的路径下, 以便后期进行数据分析时调用. 再者就是在计算机界面上实时显示信号波形信息及系统所处的运行状态等.

### 2.1 参数设置及人机界面

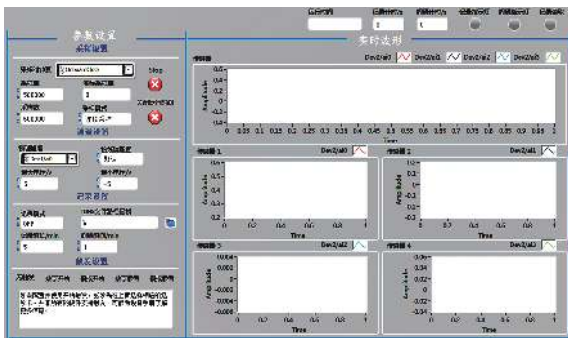
参数设置模块包括通道设置、采样设置和触发设置等, 它与人机界面共同完成系统的物理通道、采样数、采样模式及文件存储路径等参数的配置, 确保系统能够在人为调控的情况下有序地进行. 软件程序及系统人机界面如图 2 所示.

其中通道设置用于实现软件系统与外部硬件系统之间的通信, 从而将传感器采集到的 AE 信号转化为模拟电信号; 而采样设置则是利用采样时钟控件来设置采样率、采样数、时钟源等参数, 其本质是一个用于产生各种时钟脉冲的 DAQ 定时器, 保证采样过程能够周而复始有序地进行; 为了适应不同类型的数据采集

需求,系统还配置了数字边沿触发、模拟边沿触发、数字边沿参考及模拟边沿参考4种触发模式.关于触发采集的设置可以在人机界面中进行数字触发源或模拟触发源的选择,并指定触发源的触发电平、触发采样及触发发生的时刻,从而实现对系统采样过程的控制.在人机界面上,除了上述的参数设置面板外,还集成了一些指示性的面板,如波形显示、记录指示灯、运行时长显示等控件,用于指示系统当前的运行状态,使用户能直观地获取系统的运行信息.



(a) 参数设置软件程序



(b) 人机界面

图2 参数设置及人机界面

### 2.2 信号采集与存储设置

信号采集与存储是整个系统的核心,其功能定位为间隔性数据采集并在计算机界面上显示波形信息,同时将数据按指定格式自动命名存储.包括数据自动命名及储存设置和存储数据长度设置及图形显示两部分.其程序框图如图3所示.

数据自动命名及储存设置用于实现数据存储判断、文件命名更新及存储路径配置,其软件程序如图4所示.数据存储的第一步是判断该数据是否要存储.本文利用循环次数*i*与常量2的余数作为存储参照进行判断,当余数为0时进行数据存储,反之则不存储.当

存储判断的结果为“真”时,数据采集进入命名与存储路径阶段.

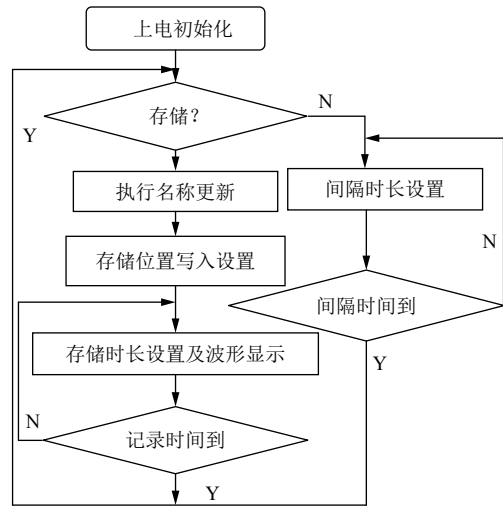


图3 采集模块程序流程图

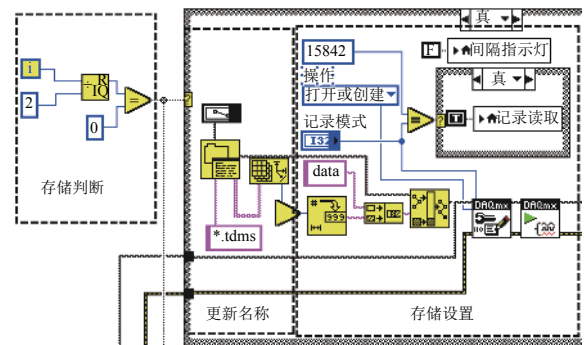
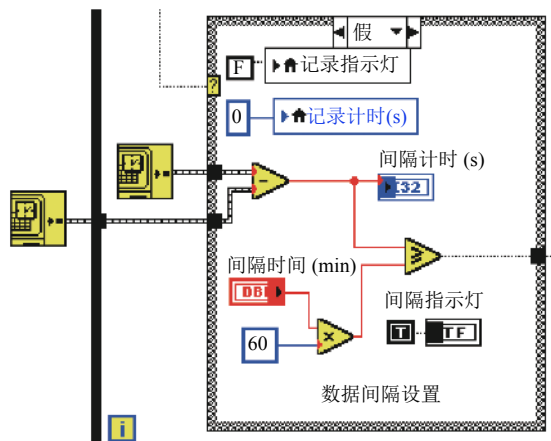


图4 自动命名及存储设置软件程序

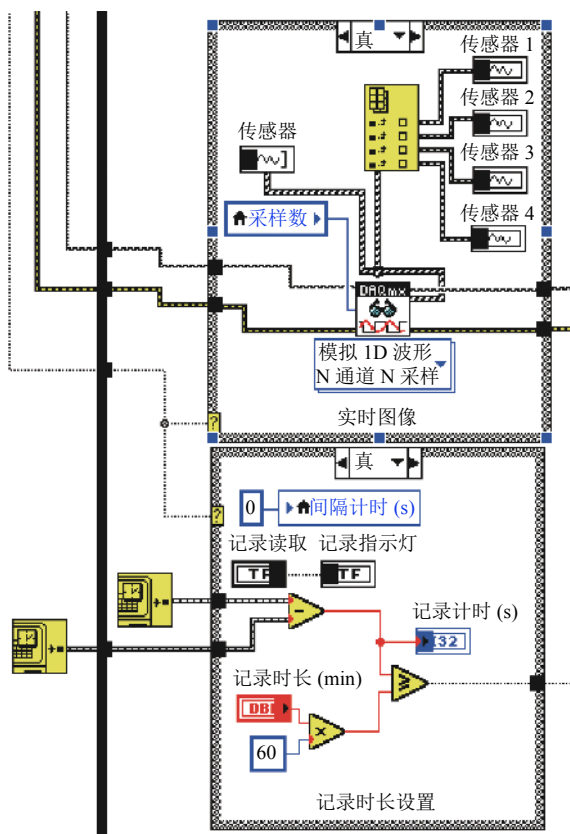
为避免人为进行存储路径选择与命名,首先扫描指定文件夹中要存储类型文件的数量*k*;其次利用字符串控件将扫描到的文件数执行*k+1*并将 data (*k+1*) 转为字符串;再次将文件扫描路径作为基路径,字符串 data (*k+1*) 作为创建路径控件的相对路径写入;最后将创建路径控件的输出值写入 DAQmx 文件配置控件,实现在基路径下以 data (*k+1*) 命名文件存储.

存储数据长度设置及图形显示模块的核心作用:一是数据分段存储;二是表征系统的运行状态并显示实时图像信息.包括数据间隔设置、数据时长设置与图像显示2部分,其软件程序如图5所示.本文利用在二级循环体内部建立2个并列的条件结构并把上述存储判断结果作为条件结构判断依据,实现对采集过程的记录、间隔及显示的控制.2个并列的条件结构,一

个作为图像显示判断,当其条件值为“真”时,系统显示实时的波形信息,值为“假”则不显示实时图像;而另一个条件结构用于数据间隔与数据记录判断,当其值为“真”时,采集过程进入数据时长记录配置,其值为“假”时,采集过程则进入数据间隔配置模块。



(a) 间隔设置软件程序



(b) 时长设置及图形显示软件程序

图5 存储设置及图形显示模块软件程序

当某次循环属于存储阶段时,系统进入时长设置与图像显示模块.利用DAQmx读取控件获取当前任

务的模拟波形并通过索引数组将混叠的信号分离至各个传感器.对于数据记录则利用获取当前时间控件分别获取大循环处时间 $t_0$ 和图像显示二级循环体处的时间 $t_1$ ,两者的差值 $T=t_1-t_0$ 即是大循环到二级循环所用时间,如此便可以用 $T$ 和输入的记录时长 $s$ 进行比较判断是否达到了记录时长,从而跳出存储循环进入新一轮的存储判断;而当某次循环是为不存储阶段时,此处的 $T$ 则与输入间隔时长 $t$ 比较大小以判断是否到了间隔时长,从而跳出间隔循环进入下一次的存储判断。

### 3 实验与结果分析

#### 3.1 材料及方法

为了验证该系统的效用,采用尺寸为 $970\text{ mm}\times 40\text{ mm}\times 20\text{ mm}$ 的杉木锯材试件在力学试验机上进行三点弯曲实验,实验中试件跨距为 $260\text{ mm}$ ,试验加载速度为 $1\text{ mm/min}$ ,4传感器在试件上表面呈中心对称布置(如图6).采集系统的记录时长设置为 $0.5\text{ min}$ ,间隔时长为 $0.2\text{ min}$ ,采样频率为 $500\text{ kHz}$ ,文件路径为“F:\实验数据记录\2019-4-11 三点弯曲”。

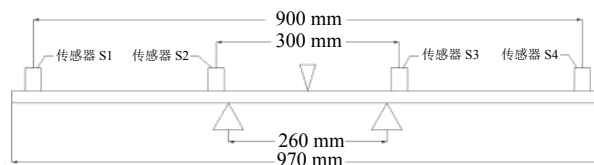


图6 传感器布置示意图

#### 3.2 实验验证

根据上述的参数设置进行实验,4个传感器在采集过程中的实时AE信号情况如图7所示,可以直观地看到4个传感器的各自的信号波形及它们在混叠状态下的波形信息,且信号波形的特性与AE信号突发性特征一致.在该弯曲试验中,杉木的弯曲断裂过程历时约为 $840\text{ s}$ ,根据参数设置中的记录时长 $0.5\text{ min}$ ,间隔时长 $0.2\text{ min}$ 可知,实验过程中,有 $240\text{ s}$ 属于间隔不采集阶段,故实际采集到的数据总时长为 $600\text{ s}$ ,共20组数据,每组时长为 $30\text{ s}$ ,文件自动命名为data1~data20,并保存在“F:\实验数据记录\2019-4-11 三点弯曲”文件夹下(见图8),每组数据对应着一段时间的AE信号且

各个数据之间间隔 12 s, 即 data1 对应 0–30 s, data2 对应 42–72 s, 两组之间间隔了 12 s, 其他数据所对应时间段情况依次类推即可。

采集到的数据是 4 个传感器混叠状态下的 AE 信号, 为了更直观的观察杉木在整个弯曲损伤过程各个传感器的 AE 情况, 利用信号分离程序从原始的混叠信号中析取了各个传感器的时域信号. 为方便表述, 将 5 个数据分为一个单元, 则一个单元里有 20 个独立信号. 各个单元析取完成后对应传感器的时域信号如图 9.

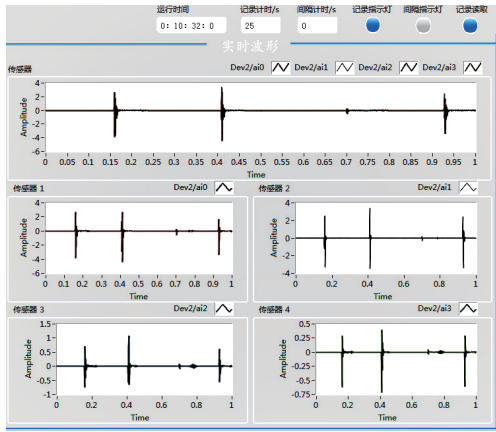


图 7 实时 AE 信号

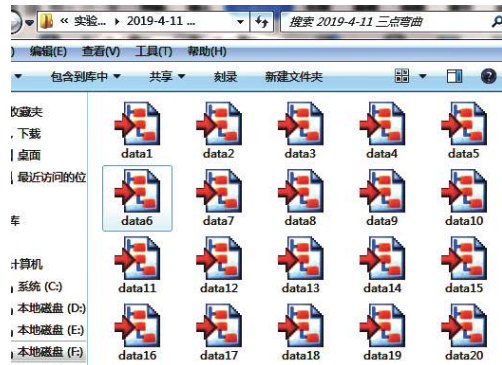
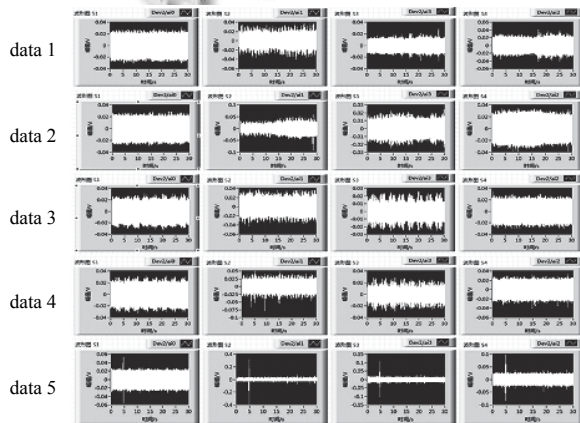
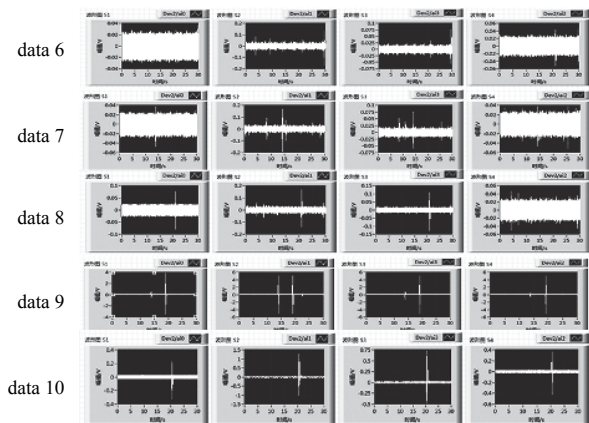


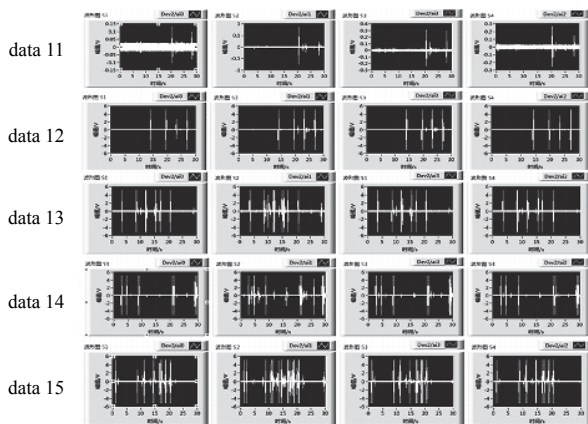
图 8 系统采集到的信号



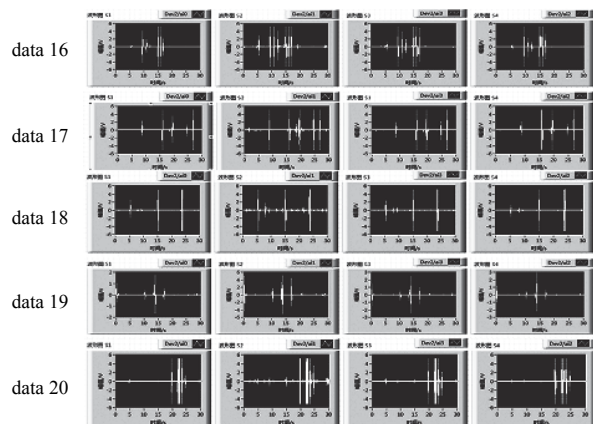
(a) 0–198 s AE 信号时域图



(b) 210–408 s AE 信号时域图



(c) 420–618 s AE 信号时域图



(d) 630–828 s AE 信号时域图

图 9 杉木 AE 信号时域图

如图 9(a) 从上到下分别对应 data 1、data 2、data 3、data 4、data 5 的各传感器信号, 从左到右分别对应传感器 S1、S2、S3、S4 等 4 个传感器的时域信号。则由图 9 可以看出杉木在弯曲实验的前期, 试件没被破坏, 系统的信号主要是以外部噪声为主, 故各传感器没有出现明显的声发射现象, 表现为低幅值噪声信号; 到了中后期, 随着杉木断裂过程的逐步加剧, 杉木受到严重破坏, 系统采集到的 AE 信号则表现出强烈且急促的突变, 由此可见, 采集到的 AE 信号能较好地表征杉木在损伤断裂过程的大致情况。

为了进一步说明系统的效用, 此处将 data16 单独取出加以说明, 其时域波形信息如图 10 所示。该阶段处于试件断裂的后期, 声发射现象显著, 表现为高幅值高能量, 图 10 很好地体现了这一断裂特性, 而且 S2 和 S3 距离声发射源较近, S1 和 S4 距离声发射源较远, AE 信号在传播过程中会有能量衰减, 故 AE 信号到达 S1 和 S4 的幅值会低于 S2 和 S3, 图 10 的波形信息也准确地体现了 AE 信号这一传播规律。由此可见, 该采集系统能够很好地采集杉木在弯曲断裂过程中的 AE 信号。

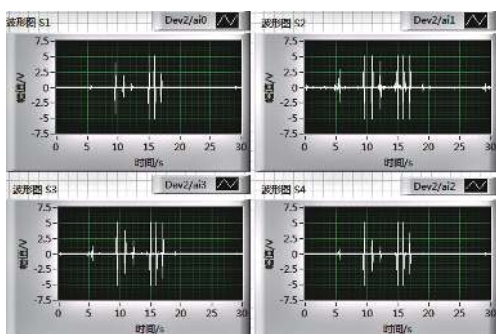


图 10 630~660s AE 信号时域图

#### 4 结果与讨论

本文介绍的基于 Lab VIEW 的四通道木材 AE 信号采集系统, 不仅能实现数据分段采集与自动命名存储, 还能在计算机界面上显示各个通道的波形。人机操作界面配置了必要的参数设置面板及辅助指示控件, 能直观地反映系统当前的运行状态, 具有一定的人机友好性。系统效用良好, 能实现预期的功能需求, 可应用于多种不同的实验领域。但是, 该系统仍有改进的空间, 如结构不够紧凑、程序冗长、实现了数据采集过程却没有配置相应的模块用于信号处理等。因此, 在今后的实际应用过程中, 仍应按照应用领域的需求进一步对系统进行优化与完善。

#### 参考文献

- 孙建平, 王逢瑚, 朱晓冬, 等. 基于声发射技术的木材损伤过程监测. 福建林学院学报, 2006, 26(4): 344-348. [doi: 10.3969/j.issn.1001-389X.2006.04.013]
- Shibkov AA, Zheltov MA, Gasanov MF, *et al.* Acoustic emission during intermittent creep in an aluminum-magnesium alloy. *Physics of Metals and Metallography*, 2018, 119(1): 76-82. [doi: 10.1134/S0031918X18010143]
- Morscher GN, Maillat E. Nondestructive evaluation- use of acoustic emission for CMCs. *Comprehensive Composite Materials II*, 2018, 5: 308-324. [doi: 10.1016/B978-0-12-803581-8.09998-7]
- 于洋, 王赛. 一种新的声发射时差定位方法. 化工自动化及仪表, 2015, 42(10): 1127-1129, 1140. [doi: 10.3969/j.issn.1000-3932.2015.10.015]
- 关山, 彭昶. 刀具磨损声发射信号的混沌特性分析. 农业工程学报, 2015, 31(11): 60-65. [doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.11.009]
- 刘倩颖, 王长瑞. 基于 LabVIEW 和 PSoC 的多通道数据采集系统的设计. 电子质量, 2017, (1): 52-54. [doi: 10.3969/j.issn.1003-0107.2017.01.012]
- 马豪, 尹健龙, 罗亮, 等. 基于 DSP+ARM 的磨床声发射实时监控系统的的设计. 机床与液压, 2016, 44(16): 139-142. [doi: 10.3969/j.issn.1001-3881.2016.16.040]
- 李欣, 雷菊阳. 基于 PLC 的振动信号高速数据采集系统. 化工自动化及仪表, 2018, 45(12): 933-935. [doi: 10.3969/j.issn.1000-3932.2018.12.007]
- 朱晓冬, 王逢瑚, 曹军, 等. 基于虚拟仪器的木材振动无损检测系统研究. 西北林学院学报, 2010, 25(5): 182-186.
- 于帅帅, 申丽娟, 李杨, 等. 云南松表面声发射信号采集与特征分析. 西北林学院学报, 2017, 32(2): 247-251, 300. [doi: 10.3969/j.issn.1001-7461.2017.02.42]
- Li Y, Yu SS, Dai L, *et al.* Acoustic emission signal source localization on plywood surface with cross-correlation method. *Journal of Wood Science*, 2018, 64(2): 78-84. [doi: 10.1007/s10086-017-1672-x]
- 丁小康, 张祥雪, 郝燕华, 等. 木材干燥过程中声发射信号分析. 木材工业, 2012, 26(3): 40-43. [doi: 10.3969/j.issn.1001-8654.2012.03.011]
- 鞠双, 李新慈, 罗廷芳, 等. 应用小波分析法对马尾松胶合木表面声发射信号特征检测. 东北林业大学学报, 2018, 46(8): 86-90. [doi: 10.3969/j.issn.1000-5382.2018.08.016]
- 申珂楠, 赵海龙, 丁馨曾, 等. 木材损伤断裂过程声发射信号小波析取. 河南科技大学学报 (自然科学版), 2015, 36(3): 33-37. [doi: 10.3969/j.issn.1672-6871.2015.03.008]
- 马永辉, 刘康, 杨大志. 基于 LabVIEW 的声发射信号采集分析与处理系统. 煤矿机械, 2011, 32(2): 258-261. [doi: 10.3969/j.issn.1003-0794.2011.02.111]