

基于近场声全息的植物病害检测*

王秀清 王海燕 杨世凤

(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

摘要: 为了有效地判断植物病害胁迫程度,确定病害情况,依据植物声发射现象,基于分布源边界点法近场声全息技术,建立了柱面-球面非共形面声全息实验模型,对单声源和双声源分别进行仿真实验。通过改变模型中的全息圆柱面半径、全息测点数、重建球面上的结点数、虚构特解源到重建球面上结点的距离等参数,获取切实可行的实验参数。仿真结果表明:该方法能够准确识别及定位声发射源的位置。依据实验参数,建立了以 DSP 为核心的信号采集声全息实验系统,上位机以 LabView 为软件平台,进行数据分析处理。

关键词: 植物病害 近场声全息 分布源边界点法 非共形面模型 声源定位

中图分类号: S122; S432 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)02-0256-06

引言

目前,植物病害检测主要有计算机视觉技术、图像处理技术^[1-2]、专家系统^[3]和光谱技术^[4]等。但这些方法的应用不同程度存在算法复杂、识别率不高;专业性太强、实时性差;光谱分辨率不高、光谱模型不够完善等问题。相关研究表明:植物在病害等胁迫下产生的声发射信号,是了解其生长状态和受病害情况的重要敏感信息^[5]。通过近场声全息技术对声发射信号研究,可及时发现和识别病害,从而建立最优防治策略。

近场声全息 (NAH) 技术是一种先进的用于声源识别、定位以及空间声场可视化的噪声测量分析前沿技术^[6-7],有正交共形结构 NAH: 二维空间 Fourier 变换法^[8-11];非共形结构 NAH: 边界元法 (BEM)^[12-14]、分布源边界点法^[15-18]等。分布源边界点法既继承了 BEM 适用于任意形状声源分析的优点,同时又避开了 BEM 中存在的缺陷,具有计算精度高、速度快等优点,得到了广泛应用。

现有声全息研究中信号大多数为低频段稳态信号,对瞬时、非稳态且在高频段及超高频段的声发射信号研究较少。考虑到植物的声发射信号特点和环境噪声影响等,本研究将声源频率选在超声频段,基于分布源边界点法近场声全息技术建立仿真实验模型,利用 Matlab 进行声源识别仿真,对植物的声发射信号进行识别和分析,定位声源位置。依据仿真结果,设计声全息实验系统,进行

植物病害检测和分析。

1 基于分布源边界点法的声全息理论

对于振动体在无限域中引起的外部声辐射问题可以用 Kirchhoff-Helmholtz 积分等式来表示。通过边界元法离散后,其在边界面和外部声场中的离散矩阵形式^[15-18]为

$$\mathbf{A}_s \mathbf{p}_s = \mathbf{B}_s \mathbf{v}_{ns} \tag{1}$$

$$\mathbf{p}_f = \mathbf{C}_f \mathbf{p}_s + \mathbf{D}_f \mathbf{v}_{ns} \tag{2}$$

联合式(1)和式(2),可得

$$\mathbf{p}_f = (\mathbf{C}_f + \mathbf{D}_f \mathbf{B}_s^{-1} \mathbf{A}_s) \mathbf{p}_s = \mathbf{G}_p \mathbf{p}_s \tag{3}$$

式中 $\mathbf{p}_s$ ——振源表面声压列矩阵
 $\mathbf{v}_{ns}$ ——振源表面法向振速列矩阵
 $\mathbf{p}_f$ ——声场中任意面上声压列矩阵
 $\mathbf{A}_s, \mathbf{B}_s, \mathbf{C}_f, \mathbf{D}_f$ ——系数矩阵
 $\mathbf{G}_p$ ——传递矩阵

分布源边界点法的核心是利用分布在振动体边界结点的法线方向上(背离分析域)的一系列特解源产生的特解间接地构造出振源与声场之间的传递矩阵。

采用的特解源为点源,对于位于点*i*的特解点源,其在场点*r*处产生的特解声压为

$$p^*(r,i) = 2\pi j f \rho_o \frac{e^{-jkR}}{4\pi R} \tag{4}$$

式中 R ——特解点源*i*到场点*r*之间的距离
 k ——波数 f ——频率
 ρ_o ——空气密度

将重建面作为声源的边界面,假设虚构特解源分布在与重建面共形且在背离结点的法线方向上一定距离处,并且令特解源数目与重建面上的结点数相等,通过分布源边界点法构造重建面声压与全息面声压之间的传递矩阵来获取重建面上的声压分布。

设在声场中全息面上分布 M 个测量点,重建面上结点个数为 N , N 个特解点源在全息面上产生 $M \times N$ 阶声压特解矩阵 $\mathbf{p}_{mn}^*$, 该矩阵的第 i 列表示第 i 个特解点源在 M 个测量点产生的特解声压,特解声压按照式(4)计算。其中

$$\mathbf{p}_{mn}^* = \begin{bmatrix} \mathbf{p}_{11} & \cdots & \mathbf{p}_{i1} & \cdots & \mathbf{p}_{N1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{p}_{1M} & \cdots & \mathbf{p}_{iM} & \cdots & \mathbf{p}_{NM} \end{bmatrix} \quad (5)$$

N 个特解点源在重建面上产生 $N \times N$ 阶声压特解矩阵 $\mathbf{p}_{nn}^*$, 该矩阵的第 i 列表示第 i 个特解点源在 N 个重建面结点上产生的特解声压,特解声压按照式(4)计算。其中

$$\mathbf{p}_{nn}^* = \begin{bmatrix} \mathbf{p}_{11} & \cdots & \mathbf{p}_{i1} & \cdots & \mathbf{p}_{N1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{p}_{1N} & \cdots & \mathbf{p}_{iN} & \cdots & \mathbf{p}_{NN} \end{bmatrix} \quad (6)$$

根据式(3)可得

$$\mathbf{p}_{mn}^* = \mathbf{G}_p \mathbf{p}_{nn}^* \quad (7)$$

则

$$\mathbf{G}_p = \mathbf{p}_{mn}^* (\mathbf{p}_{nn}^*)^{-1} \quad (8)$$

当 $M \geq N$ 时,通过对传递矩阵 $\mathbf{G}_p$ 进行奇异值分解和广义逆变换^[15-18],可得重建面上声压为

$$\mathbf{p}_c = \mathbf{G}_p^+ \mathbf{p}_q = \mathbf{V}_p \sum \mathbf{p}^{-1} \mathbf{U}_p^H \mathbf{p}_q \quad (9)$$

式中 $\mathbf{p}_c$ ——重建面声压矩阵
 $\mathbf{p}_q$ ——全息面上的 M 阶声压列向量
 $\mathbf{U}_p$ 、 $\mathbf{V}_p$ ——列向量相互正交的酉矩阵
 $\mathbf{p}$ ——声压
 H ——Hermitian 算子

2 实验模型

由于植物在病害等胁迫下发出的声发射信号可看作点声源,该声源均匀地向四周辐射,那么重建面可选为球面,取呈圆柱形的植物主茎作为全息测量面,这样全息面将声源包络在内,会得到更加充分的声学物理信息,提高重建精度,故建立了柱面-球面非共形面声全息实验模型,如图 1 所示。以轴向中心为原点建立空间直角坐标系,其中 r_h 为全息圆柱面的半径, r_s 为重建球面的半径, L 为全息测量面沿轴向的高度, h 为虚构特解点源到重建球面上结点的距离。

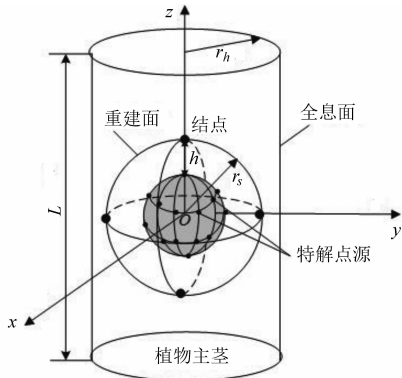


图 1 声全息实验模型

Fig. 1 Experimental model of acoustical holography

3 仿真实验与分析

3.1 单声源仿真

3.1.1 测点数 24 和结点数 14 的仿真

设定全息面上分布 24 个测量点,全息点在圆周方向角度间距 $\Delta\theta = \pi/4$, z 方向上高度间距 $\Delta z = 0.45 \text{ m}$,全息测量面沿轴向高 0.9 m ^[19]。重建球面在纬度、经度方向上均被均匀分为 4 等份,共 14 个结点。其重建球面表面结点分布图如图 2 所示。

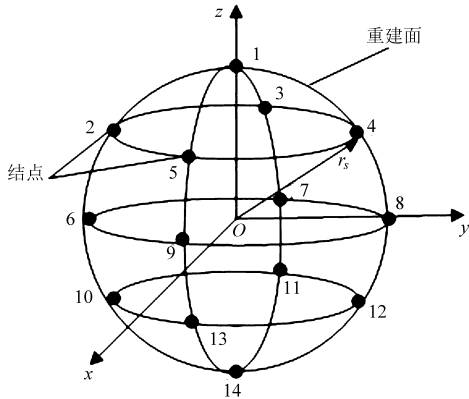


图 2 重建球面表面结点分布图

Fig. 2 Surface nodes distribution of reconstruction spherical

根据一般植物半径大小,选取全息圆柱面半径为 0.01 m ,重建球面半径为 0.009 m , $f = 50 \text{ kHz}$,假设声源位于第 7 个结点方向上距球心(原点) 0.006 m 位置处,进行仿真,重建效果如图 3~6 所示。

从图 3 可看出:结点 7 的声压最高,其他结点的声压符合声压随距离变化衰减的规律,可以确定有一个声源。综合图 4~6 可看出:声源(颜色最深的位置)与 x 轴的夹角为 π ,与 z 轴的夹角为 $\pi/2$,高度为 0 m ,与假设相符。

将声源频率在 $10 \sim 300 \text{ kHz}$ 范围内以 20 kHz 的间隔取值,全息圆柱面半径选取 0.01 m 、 0.02 m 、 0.03 m ,重建球面半径选取 0.009 m 、 0.019 m 、 0.029 m 。在不同的全息圆柱面半径和相应的重建

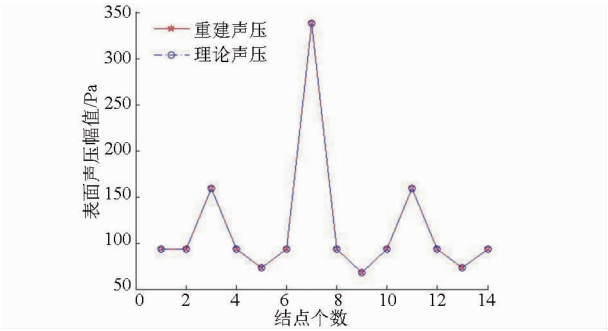


图3 重建声压与理论声压对比图(单声源)

Fig.3 Comparison diagram of reconstruction sound pressure and theory sound pressure

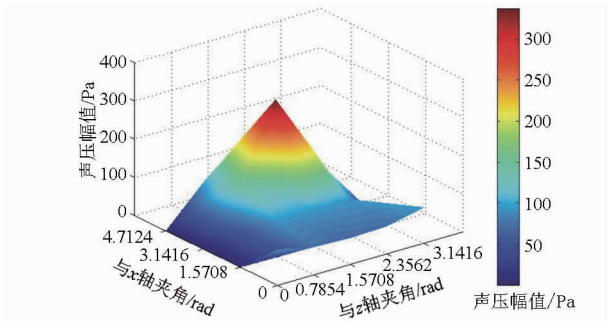


图4 三维重建声压图(单声源)

Fig.4 3-D diagram of reconstruction sound pressure

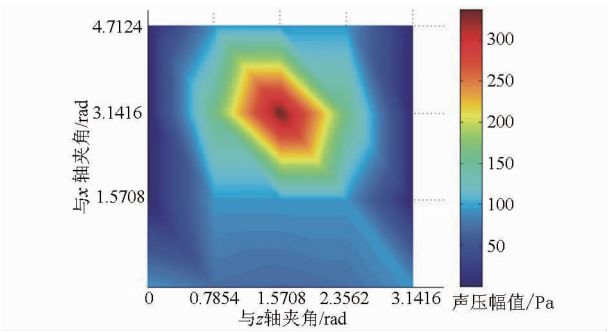


图5 三维图的旋转平面图(单声源)

Fig.5 3-D graph of rotating plane

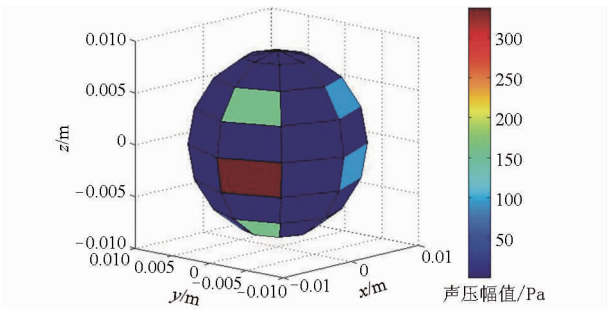


图6 四维重建声压图(单声源)

Fig.6 4-D diagram of reconstruction sound pressure

球面半径下改变不同结点方向上的声源到球心的距离进行多次仿真,结果表明:对于每一个声源频率,通过调节虚构特解点源到重建球面上结点的距离都能够重建出声源所在的任意位置并且具有较高的重建精度,同时可以得出达到最佳重建效果时特解点

源到重建球面上结点的距离 h 的选取规律:声源到球心的距离与 h 的加和等于重建球面半径。

但是,对于半径较小的植株,全息周向测点间距为 7.85 mm,意味着安装在全息面上的传感器最大为 7.85 mm,这就为实际操作带来不便。

3.1.2 测点数 16 和结点数 14 的仿真

为解决实际测量困难和传感器选型等问题,将测点数减少为 16,全息点在圆周方向角度间距 $\Delta\theta = \pi/2$, z 方向上高度间距 $\Delta z = 0.3$ m,全息测量面沿轴向高 0.9 m,重建球面上仍为 14 个结点。

再次选取不同的全息圆柱面半径和相应的重建球面半径,声源频率的变化范围及取值不变,声源到球心的距离作相应变化,依据参数 h 的选取规律进行仿真。可以看出:只有在声源到球心的距离与相应的全息圆柱面半径的比值大于等于 0.4 时才有较好的重建效果,也有个别频率在其比值更大的情况下才可准确重建。

3.1.3 测点数 16 和结点数 10 的仿真

不改变测点数 16,重建球面上结点数改为 10,其在纬度、经度方向上分别被均匀分为 3 等份和 4 等份,在此实验参数下改变全息圆柱面半径 r_h 、声源频率 f 和声源到球心的距离 d 进行仿真实验。部分仿真结果统计如表 1 所示。

表 1 仿真结果统计					
Tab.1 Statistics of simulation results					
r_h /m	r_s /m	L / m	f /kHz	d /m	重建 效果
0.01	0.009	0.9	10 ~ 300 (间隔 20)	0.001 ~ 0.008 (间隔 0.001)	$h = r_s - d$ 时重建 准确,重建值与 理论值吻合
0.02	0.019	0.9	10 ~ 300 (间隔 20)	0.001 ~ 0.018 (间隔 0.001)	同上
0.03	0.029	0.9	10 ~ 300 (间隔 20)	0.001 ~ 0.028 (间隔 0.001)	同上

仿真结果表明:在此实验参数下,对 10 ~ 300 kHz 的频率范围内,通过合理地选取 h ,能够重建出声源所在的任意位置,具有较高的重建精度,参数 h 的选取规律与前述一样,并且全息圆柱面半径可以一直增大到 0.05 m。

此外,此时全息周向测点数减少,测点间距较大,对于半径较小的植株,周向测点间距为 15.7 mm,此时安装在全息面上的传感器最大为 15.7 mm,提高了实际可操作性。

从仿真实验中可以看出,分布源边界点法近场声全息的重建精度受多种因素的影响,其中关键的参数包括:全息测量面上周向和轴向测点间的距离、

重建球面上结点数目、虚构特解点源到重建球面上结点的距离。

在保证足够精度的情况下,应采用尽量少的测点数以降低实际操作的难度及测量成本,并且考虑到传感器的选型和硬件数据处理等方面,最终选择全息面测点数为 16、在圆周方向角度间距 $\Delta\theta = \pi/2$ 、 z 方向上高度间距 $\Delta z = 0.3\text{ m}$ 、全息测量面沿轴向高 0.9 m 、重建球面上结点数为 10 的实验参数为实测系统参数。在此实验参数下对 $10\sim 300\text{ kHz}$ 频率范围内均可准确地实现声源定位。

3.2 双声源仿真

由于声发射信号不一定唯一发生,用多个频率信号可以表达不同声源,而每一个频率代表每个声发射信号经过窄带滤波器后的信号。依据单声源仿真参数选取结果,对 $f_1 = 100\text{ kHz}$ 和 $f_2 = 150\text{ kHz}$ 进行双声源重建。重建效果如图 7~10 所示。

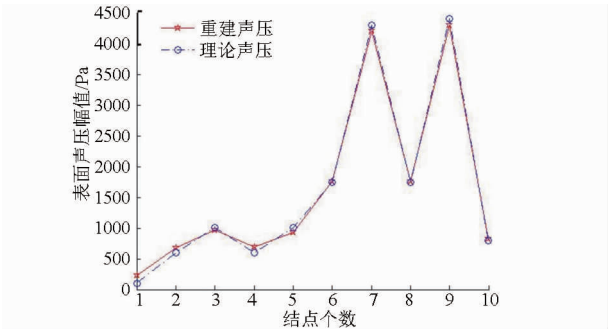


图 7 重建声压与理论声压对比图(双声源)
Fig.7 Comparison diagram of reconstruction sound pressure and theory sound pressure

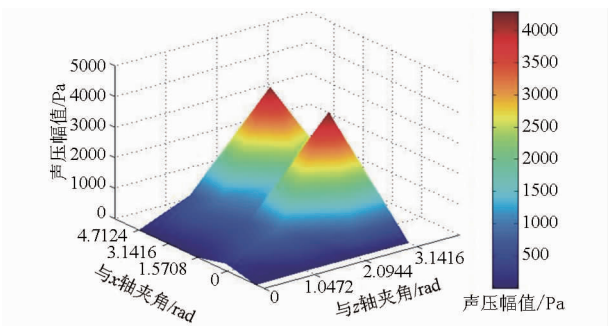


图 8 三维重建声压图(双声源)
Fig. 8 3-D diagram of reconstruction sound pressure

从图 7 可以看出:结点 7 和结点 9 的声压比其他结点声压较高,而结点 6、7、8、9 处在同一个截面上,如果是一个声源点的话,那一定在 7、9 结点中间位置左右,这个位置的声源在结点 6、8 处产生的声压和 7、9 处声压相近,但仿真结果表明他们的声压相差很多,说明声源有可能是两个,分别在 7、9 结点处。另外,由于其他结点的声压小于结点 7、9 的声压,且符合声压随距离变化衰减的规律,故可确定有 2 个声源。综合图 8~10 可看出:2 个声源高度方向

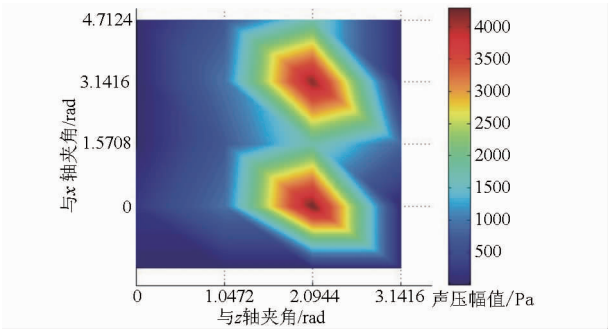


图 9 三维图的旋转平面图(双声源)
Fig.9 3-D graph of rotating plane

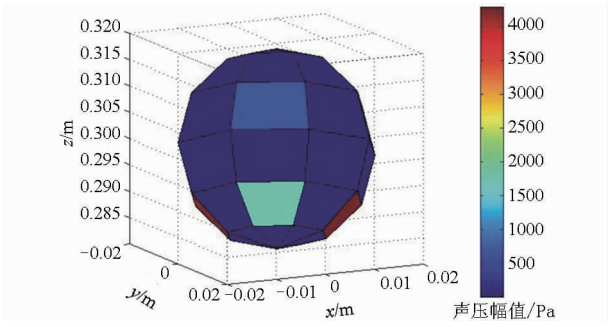


图 10 四维重建声压图(双声源)
Fig. 10 4-D diagram of reconstruction sound pressure

均在 0.29 m 附近,其中一个声源与 x 轴的夹角为 0 ,与 z 轴的夹角为 $2\pi/3$;另一个声源与 x 轴的夹角为 π ,与 z 轴的夹角为 $2\pi/3$,能够准确识别声源。其他参数双声源仿真结果类似,验证了该方法的有效性。

4 声全息实验系统设计

根据仿真结果得出的实验参数,考虑到实验参数的合理安排和实际操作等因素,选取最佳实验参数,设计声全息实验系统。

整个实验系统主要包括:声发射传感器阵列、传感器支架、前置放大器、A/D 转换器、DSP 处理器、上位机声源识别算法分析处理软件等。实验系统结构框图如图 11 所示。

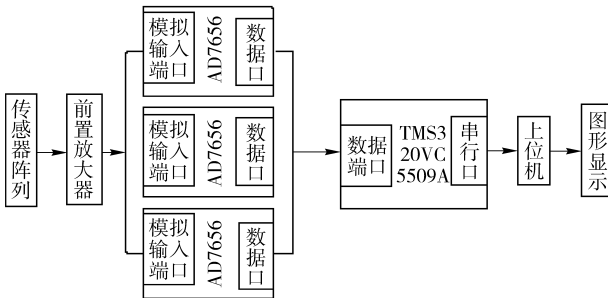


图 11 实验系统结构图
Fig. 11 Structure diagram of experimental system

由于声发射信号是瞬时、非稳态的信号,所以需采用快照法来获得全息面上的复声压。依据上述仿真实验参数选取结果,按 16 个全息点在圆周方向

角度间距 $\Delta\theta = \pi/2$ 、 z 方向上高度间距 $\Delta z = 0.3 \text{ m}$ 、全息测量面沿轴向高 0.9 m 的要求,合理布阵传感器阵列。

考虑到声发射信号的特点和环境噪声的影响,一般选择 20 kHz 以上的超声频段进行分析,结合采样率的要求,可选择谐振频率 70 kHz 及以上的声发射传感器和宽带声发射前置放大器,由于一般前置放大器是信号输出和电源输入共线的,需要设计高通滤波电路进行电源和信号分离。A/D 转换器选用美国 ADI 公司的 AD7656,将 3 对转换启动引脚短接可实现 6 路同步采样且采样速率高达 250 ks/s ,能达到 16 位的分辨率,由于需要 16 个测点,故需要 3 片。3 片 AD7656 的所有 A/D 转换启动引脚共用 DSP 的一个 GPIO 口,控制 16 路同步采样转换,可使用 DSP 的 3 根地址线作为 A/D 的片选信号,它和 DSP 有并行和串行 2 种接口模式,该平台使用并行接口模式,AD7656 的 16 位数据线与 DSP 的 16 位数据直接相连,全部转换结束后,触发 DSP 进入外部中断,进行数据读取。

实验选取植物主茎为研究对象,将传感器阵列固定在支架上且紧贴植物主茎表面,传感器阵列采集到的多路信号经过放大、滤波处理后进入 A/D 采样电路,由 DSP 提供 A/D 采样的控制信号,实现多路 ADC 进行同步采样,A/D 转换数据并行传入 DSP,经处理后上传上位机。上位机以 LabView 为软件平台,利用图形化编程语言对数据进行自谱和

互谱运算,以第 1 个传感器为参考点,各个测量传感器采集的信号与第 1 个传感器采集的信号作互谱获得各测点处的声压相位,各个测量传感器采集的信号作自谱获得各测点处的声压幅值^[20],根据声压计算公式获得全息面的复声压。利用 LabView 中的 Matlab Script 节点,并以全息复声压作为算法输入量,对数据进行分析处理,完成对声源的重建,可利用 Matlab 的绘图功能将重建分析后的声源声压分布结果以二维图、三维图、四维图显示出来,提高可视化效果。

5 结束语

针对植物病害胁迫特点,基于分布源边界点法近场声全息技术,建立了柱面-球面非共形面声全息实验模型,通过改变模型中的实验参数,对单声源和双声源分别进行了仿真实验及分析,仿真结果表明该方法能够准确识别及定位声发射源的位置。通过对大量实验数据的分析,给出了全息柱面半径、声源频率的适用范围,虚构特解点源到重建球面上结点的距离的选取规律及影响重建精度的主要参数。在保证具有较高重建精度的情况下,综合考虑实际操作和测量成本,选择合理的实验参数,布阵传感器阵列,构建了以高速 A/D 和 DSP 进行信号采集处理的声全息实验系统,上位机以 LabView 为软件平台,进行数据的采集、存储和全息面复声压的计算,并将 LabView 和 Matlab 结合起来,进行声场分析,识别声源,判断病害程度。

参 考 文 献

- 崔艳丽,程鹏飞,董晓志,等. 温室植物病害的图像处理及特征值提取方法的研究[J]. 农业工程学报,2005,21(增刊2):32-35.
Cui Yanli, Cheng Pengfei, Dong Xiaozhi, et al. Image processing and extracting color features of greenhouse diseased leaf[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(Supp.2):32-35. (in Chinese)
- 张建华,冀荣华,袁雪,等. 基于径向基支持向量机的棉花虫害识别[J]. 农业机械学报,2011,42(8):178-183.
Zhang Jianhua, Ji Ronghua, Yuan Xue, et al. Recognition of pest damage for cotton leaf based on RBF-SVM algorithm[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(8):178-183. (in Chinese)
- 刘明辉,沈佐锐,高灵旺,等. 基于 WebGIS 的农业病虫害预测预报专家系统[J]. 农业机械学报,2009,40(7):180-186.
Liu Minghui, Shen Zuerui, Gao Lingwang, et al. Expert system based on WebGIS for forecast and prediction of agricultural pests[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(7):180-186. (in Chinese)
- Bravo C, Moshou D, West J, et al. Early disease detection in wheat fields using spectral reflectance[J]. Journal of Biosystems Engineering, 2003, 84(2):137-145.
- 王秀清,游国栋,杨世凤. 基于作物病害胁迫声发射的精准施药[J]. 农业工程学报,2011,27(3):205-209.
Wang Xiuqing, You Guodong, Yang Shifeng. Precision spraying model based on acoustic emission for crops disease stress[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3):205-209. (in Chinese)
- 于飞,陈剑,李卫兵,等. 近场声全息方法识别噪声源的实验研究[J]. 振动工程学报,2004,17(4):462-466.
Yu Fei, Chen Jian, Li Weibing, et al. Experimental research on noise source identification using near-field acoustic holography method[J]. Journal of Vibration Engineering, 2004, 17(4):462-466. (in Chinese)
- 李卫兵,陈剑,于飞,等. 统计最优平面近场声全息对振动体的定位研究[J]. 农业机械学报,2005,36(10):101-104.
Li Weibing, Chen Jian, Yu Fei, et al. Study on vibrating objects localization with statistically optimal planar near-field acoustical holography[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(10):101-104. (in Chinese)
- Williams E G, Maynard J D, Skudrzyk E. Sound reconstruction using a microphone array[J]. Journal of the Acoustical Society of

America, 1980, 68(1): 340 – 344.

9 Maynad J D, Williamas E G, Lee Y. Near-field acoustic holography I: theory of generalized holography and the development of NAH [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1985, 78(4):1 395 – 1 413.

10 Veronesi W A, Maynard J D. Near-field acoustic holography (NAH) II : holographic reconstruction algorithms and computer implementation [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1987, 81(5):1 307 – 1 322.

11 李卫兵,陈剑,于飞,等.柱面内声全息技术在声源识别与定位中的应用[J].农业机械学报,2005,36(4):103 – 106.
Li Weibing, Chen Jian, Yu Fei, et al. Application of cylindrical interior NAH in the identification and localization of sound sources[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(4):103 – 106. (in Chinese)

12 Bai M R. Application of BEM (boundary element method)-based acoustic holography to radiation analysis of sound sources with arbitrarily shaped geometries [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1992, 92(2):533 – 549.

13 Kim B K, Ih J G. On the reconstruction of vibro-acoustic field over the surface enclosing an interior space using the boundary element method [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1996, 100(5): 3 003 – 3 016.

14 Chappell D J, Harris P J. A Burton-Miller inverse boundary element method for near-field acoustic holography [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 2009, 126(1):149 – 157.

15 毕传兴,陈剑,周广林,等.分布源边界点法在声场全息重建和预测中的应用[J].机械工程学报,2003,39(8):81 – 85.
Bi Chuanxing, Chen Jian, Zhou Guanglin, et al. Reconstruction and prediction of acoustic field in the distributed source boundary point method based near-field acoustic holography [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2003, 39(8):81 – 85. (in Chinese)

16 毕传兴,陈剑,陈心昭.半自由声场的全息重建和预测技术研究[J].声学学报,2004,29(4):379 – 384.
Bi Chuanxing, Chen Jian, Chen Xinzhaoh. Technology study on theholography reconstruction and prediction of semi-free field[J]. Journal of Acoustics, 2004, 29(4):379 – 384. (in Chinese)

17 李卫兵,陈剑,毕传兴,等.基于分布源边界点法的声散射场全息重建和预测理论[J].应用科学学报,2005,23(4):384 – 388.
Li Weibing, Chen Jian, Bi Chuanxing, et al. Holographic reconstruction and prediction of acoustic scattering field using the distributed source boundary point method [J]. Journal of Applied Sciences, 2005, 23(4):384 – 388. (in Chinese)

18 毕传兴,陈心昭,毕宝庆,等.基于分布源边界点法的近场声全息实验研究[J].振动工程学报,2006,19(1):9 – 16.
Bi Chuanxing, Chen Xinzhaoh, Bi Baoqing, et al. An experimental study on the distributed source boundary point method based near-field acoustic holography [J]. Journal of Vibration Engineering, 2006, 19(1):9 – 16. (in Chinese)

19 王秀清,王尹超,杨世凤,等.基于柱面近场声全息的植物病害胁迫分析[J].农业机械学报,2012,43(10):179 – 183.
Wang Xiuqing, Wang Yinchao, Yang Shifeng, et al. Plant disease stress analysis based on cylindrical near-field acoustic holography[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(10):179 – 183. (in Chinese)

20 李加庆.基于声全息的故障特征提取技术研究[D].上海:上海交通大学,2008.
Li Jiaqing. Research of a fault feature extraction technique based on acoustical holography[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2008. (in Chinese)

Plant Disease Detection Based on Near-field Acoustic Holography

Wang Xiuqing Wang Haiyan Yang Shifeng

(College of Electronic Information and Automation , Tianjin University of Science and Technology , Tianjin 300222 , China)

Abstract: In order to judge the degree of plant disease stress effectively and determine disease situation, according to plant acoustic emission phenomenon, cylindrical and spherical non-conformal acoustic holography experiment model was established based on the distributed source boundary point method near-field acoustic holography technology. Single sound source and double sound sources were simulated respectively. The parameters, such as the holographic cylindrical radius, the number of measuring points on the holographic face, the number of nodes on the reconstructed spherical surface, the distance from fictional special point sound source to nodes on the reconstructed spherical surface and so on should be adjusted to obtain the practicable experimental parameters. The simulation results showed that the method could identify and locate the position of the acoustic emission source accurately. According to the experimental parameters, the signal acquisition acoustic holography experiment system was established based on DSP, signal was analyzed and processed based on LabView software platform.

Key words: Plant disease Near-field acoustic holography Distributed source boundary point method Non-conformal surface model Sound source localization