

幅度随距离的增加而出现一系列谷值。这里的弯曲波实际上是单极子斯东来模、偶极子弯曲模和四极子螺旋模等迭加的混合波,也可称为“准弯曲波”。一般来讲,增大偏心度会使弯曲波幅度增加,纵波幅度减小。当偏心度较小,如在 5cm 以下时,则声波响应接近于居中偶极子响应。第二种排列方式是垂直偶极子,即发射器和接收器指向垂直。这时,其声波响应幅度与平行偶极子的声波响应幅度相差不多,且在波列中随着距离的增加没有出现明显的最小值。发射偶极子的指向与偏心方向平行,即 $\beta_i = 0^\circ$ 时,接收波形为 0; $\beta_i = 45^\circ$ 时,波形幅度最大。

在偏心偶极子测井中,岩体的横波慢度可由 STC 算法所求出的弯曲波慢度加以修正而得。当偶极子偏心度和裸眼井尺寸增大时,该修正值增大。如使用低频源激发声波,弯曲波的慢度接近于横波,且不甚依赖于偏心度和 β_i ,只要稍作修正,即可得岩体横波慢

度。

在合成波列中,弯曲波的幅度随距离的变化趋势还与激发声波的源频率、偏心幅度与裸眼井半径之比 r 和裸眼井的绝对尺寸有关。

前面的数字合成结果及所得结论由比例实验法验证。实验模型是实物的 1/20,因而源的频率、模型尺寸等有关参数都将按此比例缩小。用作发射器和接收器的微型偶极子是厚度极化的偏铌酸铅,慢岩体由丙烯酸物质和聚乙烯模拟。除去界面反射的影响,比例实验结果和数字合成结果符合得相当好。

(党长久 摘译自 Leslie H. D. and Randall C. J., Eccentric dipole sources in fluid-filled boreholes: Numerical and experimental results, *J. Acoust. Soc. Am.* **87** (6), June 1990)

用声学方法检测农产品果实中的蛀虫

众所周知,植物果实贮存过程中造成损失的一个重要原因就是蛀虫的滋生和繁殖。据统计,美国在这方面的经济损失每年可高达总收益的 9%。在有虫源的粮食中,如果不加以控制,六个月内就可使其在重量上损失 30%,并使 70% 的粮食粒中生有蛀虫。蛀虫在幼龄期的大部分时间里藏在果实(谷物及水果)内,肉眼难以发现。传统的检测手段是对米粒或水果进行抽样解剖统计,或用 X 射线、红外线、CO₂ 探测等方法,或者干脆让样品中的蛀虫生长成虫后进行统计。这些方法一般工作量大、设备昂贵或周期太长。

最近,美国的“昆虫行为、诱杀剂及基础生物学”研究室 C. Webb 等人提出了用声学方法来检测农产品中的蛀虫,并对此进行了系统的基础性实验研究。该方法的基本原理是,用灵敏的声学传感器监听蛀虫嚼食或移动时发出的声信号。水果内蛀虫发出的声信号频率一般为 100—250Hz,粮食蛀虫发出的声信号频率一般为 5—75kHz。声学传感器使用电容式微音器,并根据待测物种采用不同的接触方式。当检测水果时,把声波导管套在微音器上,顶端有一个类似医用听诊器头的装置与水果接触。有时也采用带分支的波导管,以便从不同方向同时检测。检测粮食时需顶端再加一个网状铝盒,容积约 100ml,以盛装样品。有时也采用在 350—450ml 样品罐内按一定分布插入若干个传感器的方法。声信号经微音器转变成电信号后,根据不同要求进行相应的信号处理,或用耳机监听或用计算机处理。

Webb 等人对监测到的信号特点与蛀虫情况之间的关系做了大量实验研究。结果发现,在水果中单位时间内的发声次数或两次发声的时间间隔大小与虫龄和虫数的关系密切。一般说来,随虫数或虫龄增加,单位时间内的发声次数增加,或发声间隔缩短。在粮食中,发声声强与虫数或虫龄成正比,其实验拟合直线的相关系数一般在 0.94 以上,说明这种关系是比较稳定的。并且拟合线的斜率与被测粮食品种和蛀虫种类有关。由于粮食品种是已知的,所以通过该方法不仅能知道蛀虫数量,还能测知蛀虫的种类。对得到的信号进行频谱分析还发现,不同粮食或水果品种中的不同种类蛀虫发出的声信号频谱成份是不同的。同种蛀虫,不同的虫龄结构也表现出不同的频谱分布。更加有趣的是,频谱成份的相对分布只与虫龄结构的相对分布有关,而与蛀虫总数无关。在水果中,蛀虫爬行时产生的声信号与嚼食产生的声信号差别很大,借此可鉴别出蛀虫是在“运动”还是在“进餐”。

虽然这种方法尚有不足之处,如温度和湿度及粮食含水量对检测信号有一定影响;环境噪声会使信噪比下降等等。但是 Webb 等人认为这些问题不难解决,特别是应用计算机技术可以对信号进行实时或非实时处理和存储,会使我们从中获得更多的有用信息,其应用前景是非常具有吸引力的。传统灭虫方法通常是用药物烟熏,但往往由于时机选择不当而收效甚微,经济上也造成损失。通过声学方法监测,可保证在蛀

(下转第18页)

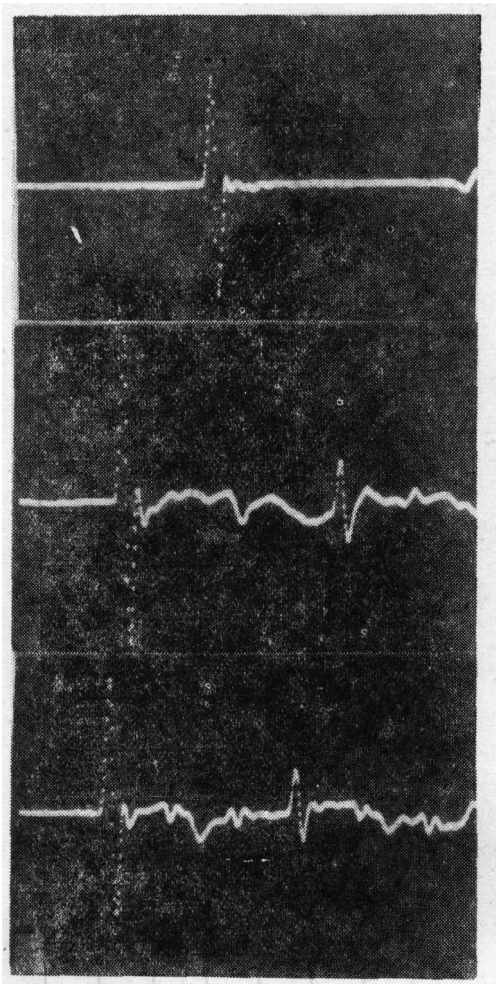


图6 不同 ρc 负载下的接收波形(在同样发射、接收条件下)
(上)有机玻璃 $t = 4.8\text{cm}$; ($\rho c = 3.18 \times 10^6 \text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$)
(中)灰岩 ($5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$); ($\rho c = 14.0 \times 10^6 \text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$)
(下)铝合金 ($9\text{cm} \times 9\text{cm} \times 4\text{cm}$); ($\rho c = 17.4 \times 10^6 \text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$)

能观测到一个周期的透射脉冲波形,但灵敏度明显下降。在这种情况下换能器的 $1/4\lambda$ 匹配层虽然未处在最佳阻抗匹配状态,但因晶体自身的阻尼及全匹配背衬吸收,其接收脉冲波形仍是窄的。

五、结 束 语

夹心 PZT(3-3) 复合材料是模型实验中较为合适的换能材料。在用 1MHz 左右的夹心 PZT(3-3) 复合材料做换能元件时,采用单层前匹配和声阻抗全匹配的背衬结构可以得到在低声阻抗负载中只有近一个周期接收脉冲波形的宽带换能器。在水负载时,四分之一波长的前匹配可以改善该换能器的带宽、提高能量传输率。在着重考虑换能器带宽性能时,声阻抗全匹配结构可获得最佳宽带。

在本工作中,材料及换能器部分的性能测试得到中科院声学所朱厚卿、陈守六两同志的热情帮助;在换能器性能实验方面得到南京石油物探所实验室部分同志的帮助;清华大学物理系诸国桢教授对文稿提出了宝贵的意见,作者在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 诸国桢,周铁英,魏建新,应用声学,5-1(1986),35.
- [2] 魏建新等,石油物探,26-2(1987),98.
- [3] 林维正,洪有根,孙长俊,袁益镛,声学技术,6-1(1987),34.
- [4] Xia. Z. Y. The Proceedings of the China-Japan Joint Confence on Ultrasonics, May 11-14, 1987, Nanjing., 331.
- [5] Zhuang, Y. Q., Xu Q. C., The Proceedings of International Symposium on the Applications of Ferroelectrics 86,235.
- [6] 庄咏璆,何远光,徐其昌,硅酸盐学报,16-1(1988),41.
- [7] 庄咏璆,陈守六,第三届全国特陶年会论文汇编 1988,10,桂林.
- [8] C.S. Desilets, John D. Fraser, and G. S. Kino, IEEE Trans. Sonics and Ultrasonics, SU-25-3 (1978), 115.

(上接第 43 页)

虫对药物最敏感期灭虫,以达到最佳的杀虫效果。另外,由于该方法不干扰蛀虫的正常生活,所以,还可以做为一种观察蛀虫生态特性的有效手段,对各种蛀虫进行生态学研究。

(王双维、冯若编译自 *Applied Engineering in Agriculture*, 4-3 (1988), 268—274 等文献)