

超声导波二维阵列聚焦仿真

姚鹏娇¹, 周世圆¹, 于全朋¹

1. 机械与车辆学院, 北京理工大学, 海淀, 北京

简介: 为实现复杂构件表面的遍历检测, 需研究超声导波相位模式控制与空间聚焦双相控技术[1]。

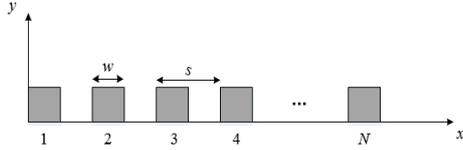


图 1. 一维线阵换能器结构图

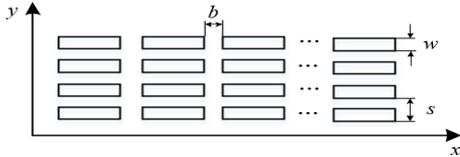


图 2. 二维阵列换能器结构图

计算方法: 建立如图所示的二维铝板线阵模式控制仿真模型及阵列聚焦模型。

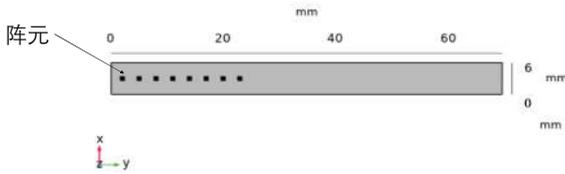


图 3. 线阵模式控制仿真模型

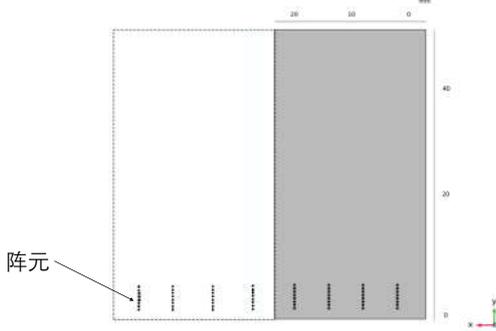


图 4. 二维阵列聚焦仿真模型

使用结构力学模块下的固体力学物理场进行分析, 为各阵元添加该物理场下的指定位移激励, 铝板左右边界添加低反射边界条件[2]。采用瞬态研究模块对超声导波在铝板中的传播进行仿真模拟。

$$\rho \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2} = \nabla \cdot \mathbf{S} + \mathbf{Fv}$$

结果: 线阵模式控制模型主模态延时计算参数如表 1 所示, 波场快照如图 5 所示, 可观测到添加延时后的波的传播。在铝板上点 A(3,60) 处设置探针, 提取该点的时域信号并做短时傅里叶变换, 证明激励模态的正确性。

激励主模态	相速度为 c_p (m/s)	群速度为 c_g (m/s)	延时 t_0 (ns)
A_0	1870	2874	1604

表 1. 主模态延时计算参数

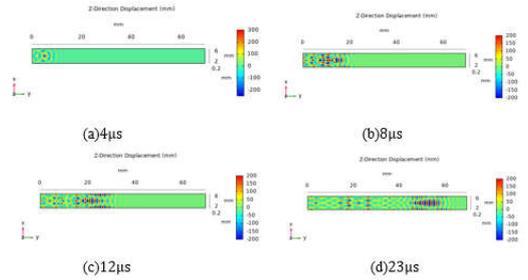


图 5. 线阵模式控制模型波场快照

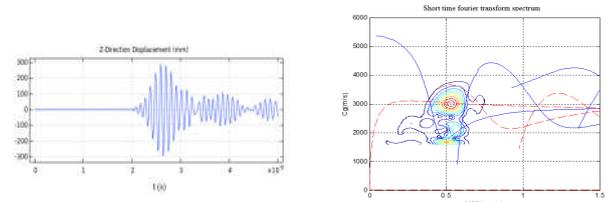


图 6. A(3,60) 点时域信号

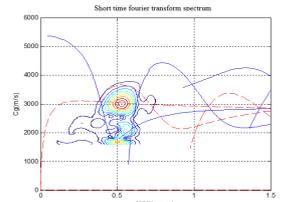


图 7. A(3,60) 点时频分布

二维阵列聚焦模型包含 8 行 × 8 列共 64 个阵元, 通过为各阵元添加延时控制, 可使导波在中线上聚焦, 聚焦距离为 $L=40$ mm。仿真结果如图 7 所示, 波形在理论聚焦位置处聚焦, 证明聚焦法则的正确性。

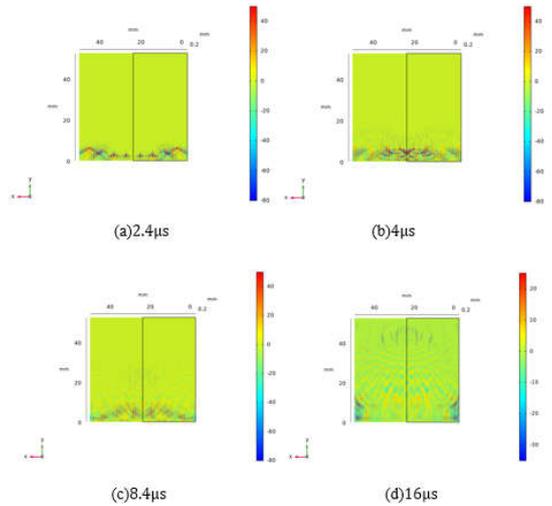


图 8. 二维阵列聚焦波场快照

结论: 仿真结果证明了阵列导波相位模式控制与空间聚焦法则的正确性。本案例仅进行了二维阵列形式的导波聚焦, 下一步的工作可围绕环形或多边形阵列的导波聚焦。

参考文献:

- Deutsch W A K, Cheng A, Achenbach J D. Self-Focusing of Rayleigh Waves and Lamb Waves with a Linear Phased Array[J]. Research in Nondestructive Evaluation, 9(2):81-95(1997).
- Rose J L, Pelts S P, Quarry M J. A comb transducer model for guided wave NDE[J]. Ultrasonics, 36(1-5):163-169 (1998).