

Abstract

超声波无损检测是一种相对成熟的技术, 具有快捷、准确、高效等优势, 广泛应用于医疗、制造、建筑等行业。在道路检测领域, 由于沥青路面材料的复杂特性, 特别是粘弹性, 限制了超声波无损检测的大规模商用。同时, 考虑到粘弹性介质对频率敏感度很高, 入射频率的合适与否直接决定了超声波检测的效果。因此, 本文以入射频率为变量, 探究其对超声波在沥青路面中传播衰减的影响。

建立二维模型, 主体分为沥青路面结构和压电换能器两部分, 属于声学、电学与力学的多物理场耦合。沥青路面结构部分使用"固体力学"模块, 根据实际情况, 结构分为三层并分别定义材料参数, 同时用Kelvin-Voigt模型表征其粘弹性; 压电换能器部分使用"压力声学", 电信号采用汉宁窗调制的正弦函数, 并通过"特征频率"研究确定共振频率。不断调整入射频率的参数, 建立入射波和接收波的振幅、频谱与入射频率、传播距离之间的定性定量关系, 探究超声波能量衰减的规律, 为路面实际检测选择合适的电信号频率提供参考依据。

计算结果表明, 振幅和频谱均能较好地表征超声波能量的大小, 相关性较高; 当入射频率一定时, 随着传播距离增大, 振幅与频谱均呈现指数型减小, 衰减率呈现指数型增大; 在低频率段 ($\leq 200\text{kHz}$), 当传播距离一定时, 随着入射频率增大, 振幅与频率的衰减率逐渐增大, 但幅度较小。

Figures used in the abstract

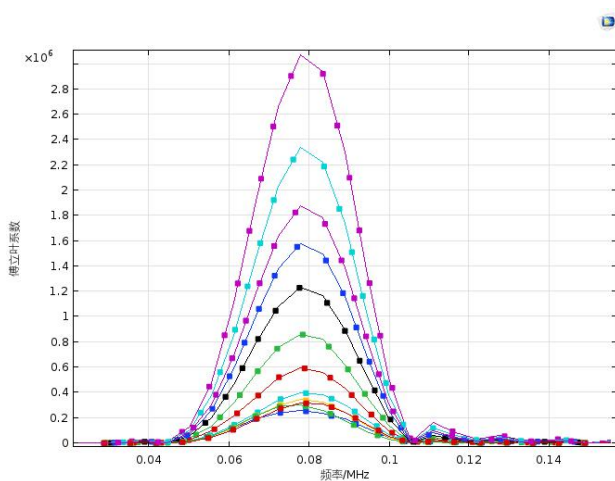


Figure 1: $f=75\text{kHz}$ 的频谱图 (每条曲线代表不同传播距离处的频谱)