

声场旋转器结构单元尺寸对其工作带宽的影响

张秀海, 屈治国

(西安交通大学, 能源与动力工程学院, 陕西 西安 710049)

(E-mail: zhangxiuhai000@163.com; zgqu@mail.xjtu.edu.cn)

引言: 超材料是一类具有天然材料所不具备的特殊性质的材料。近年来, 有学者开始研究超材料对波的旋转效应, 这一研究有着工程应用价值。江雪等设计并实验验证了一种声场旋转器。江雪等进一步研究了声场旋转器整体尺寸大小对其工作带宽的影响及声场旋转器中心处的旋转角度与其结构单元长度的关系。但未见声场旋转器结构单元尺寸对其工作带宽影响的研究。

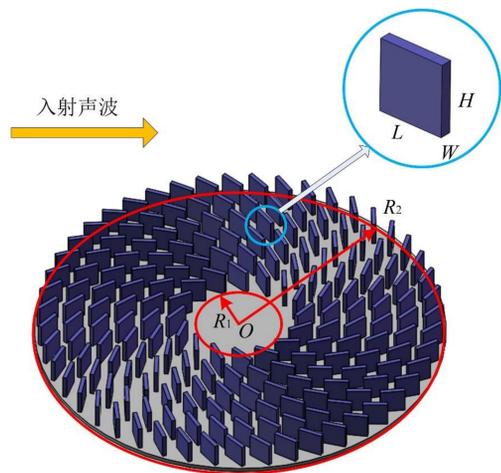


图 1. 声场旋转器结构示意图

计算方法: 采用 COMSOL Multiphysics® 的声学模块和结构力学模块模拟图2所示的二维结构, 采用完美匹配层以获得更好的模拟结果。

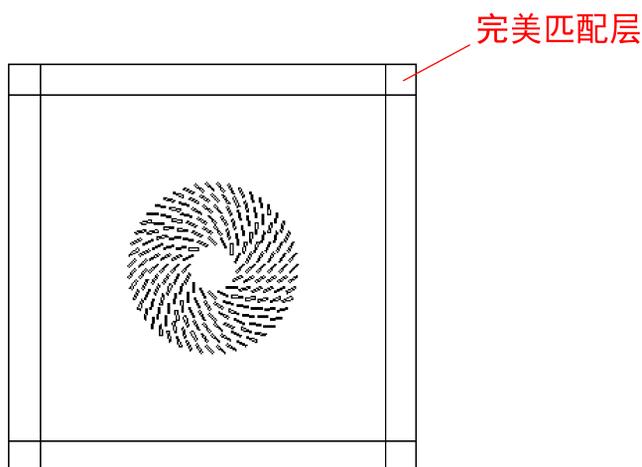


图 2. 声场旋转器计算示意图

声场旋转器编号	结构单元长度 L(mm)	结构单元宽度 W(mm)	结构单元长宽比	结构单元层数
#1	11.2	2.8	4 : 1	9
#2	14	2.8	5 : 1	7
#3	16.8	2.8	6 : 1	6
#4	19.6	2.8	7 : 1	5
#5	22.4	2.8	8 : 1	4

表 1. 5个声场旋转器结构单元

结果: 本文模拟了5个声场旋转器在不同频率下的声场 (图3-图7)。发现, 随着长方体结构单元长宽比的增加, 尽管声场旋转器在低频仍能工作, 但可以工作的高频频率是下降的, 即声场旋转器的工作带宽是变窄的。为了确定声场旋转器的高频工作截止频率, 本文采用二分法确定声场旋转器 #1-#5 的高频截止频率。发现声场旋转器的高频截止频率与长方体结构单元长宽比基本成线性关系 (图8)。

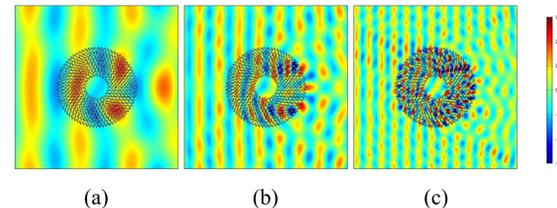


图 3. 声场旋转器 #1 在(a) 2000 Hz、(b) 5000 Hz和(c) 8000 Hz时的声压图

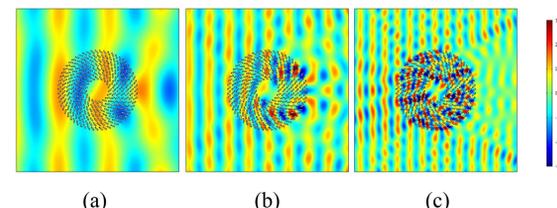


图 4. 声场旋转器 #2 在(a) 2000 Hz、(b) 5000 Hz和(c) 8000 Hz时的声压图

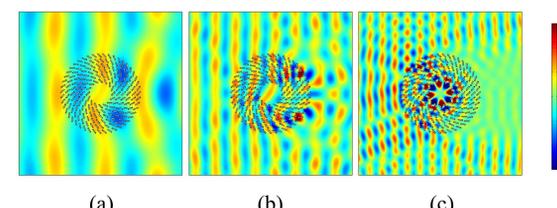


图 5. 声场旋转器 #3 在(a) 2000 Hz、(b) 5000 Hz和(c) 8000 Hz时的声压图

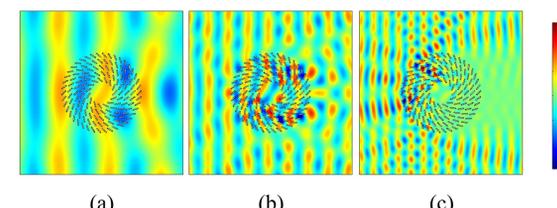


图 6. 声场旋转器 #4 在(a) 2000 Hz、(b) 5000 Hz和(c) 8000 Hz时的声压图

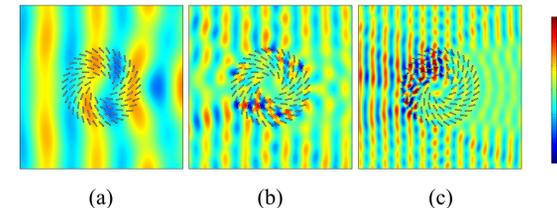


图 7. 声场旋转器 #5 在(a) 2000 Hz、(b) 5000 Hz和(c) 8000 Hz时的声压图

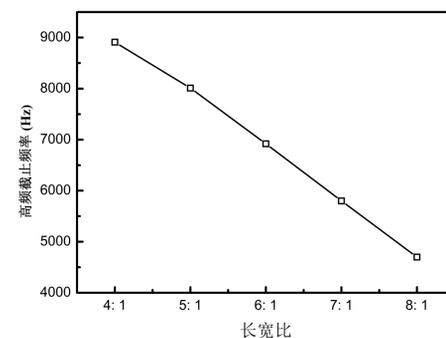


图 8. 声场旋转器高频截止频率与长方体结构单元长宽比的关系

结论: 本文具体研究了声场旋转器结构单元尺寸对其工作带宽的影响, 发现当结构单元为长方体时, 随着长方体结构单元长宽比的增加, 尽管声场旋转器在低频仍能工作, 但其可以工作的高频频率是下降的, 即声场旋转器的工作带宽是变窄的。本文采用二分法进一步确定了声场旋转器 #1-#5 的高频截止频率, 发现声场旋转器的高频截止频率与长方体结构单元长宽比基本成线性关系。