

文章编号:1674-2869(2014)012-0072-03

簧片哨噪声功率谱密度分析

冯中营^{1,2}, 吴胜举²

1. 太原工业学院理学系, 山西 太原 030008;

2. 陕西师范大学应用声学研究所, 陕西 西安 710062

摘要:针对簧片哨空化噪声的问题, 首先通过 ANSYS 模拟簧片哨的振动, 研究簧片哨的振动频率; 然后通过水听器测量方法采集簧片哨的空化噪声数据, 并利用 ORIGIN 软件分析噪声谱, 最后分析模拟结果与噪声谱的关系。结果表明, 簧片哨模拟振动频率与实际测得的频率基本相符; 在不同水压条件下, 簧片哨的噪声谱基本一致, 测得的基频为 0.8 kHz, 泛频为 1.6 kHz、2.4 kHz、3.2 kHz、4.0 kHz、4.8 kHz 等; 簧片哨的噪声谱具有明显的线状谱特点, 但噪声谱的频率为可听声频率范围而不是超声频率范围。簧片哨的线状空化噪声谱特点有利于加强空化效果。

关键词:空化; 簧片哨; 功率谱密度

中图分类号: O426

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1674-2869.2014.012.014

0 引言

空化是一种在流体内产生的复杂现象。流体内的空化核在外部条件的影响下发生一种特殊的反应, 空化泡会发生增大缩小的变化, 当达到崩溃条件时, 空化泡崩溃产生高温高压等常规方法很难产生的极端物理条件。产生空化的方法有压电超声换能器、磁致伸缩换能器等小处理量的方法, 还有穿孔版、簧片哨及漩涡哨等水力空化产生的大处理量的方法^[1-2]。声学的整体特点是应用领先于理论研究, 实际应用很多, 但由于学科特点的原因相关的理论研究相对较少, 理论研究落后于实际应用。笔者对产生水力空化的装置簧片哨空化时产生的噪声谱进行分析研究, 研究 ANSYS 模拟振动频率与水听器测得的噪声谱之间的关系。

1 有限元分析软件模拟计算

利用有限元分析软件 ANSYS, 模拟分析簧片振动问题, 根据实验中所用簧片哨的属性, 在 ANSYS 软件中设置制造簧片所用材料不锈钢的弹性系数为 200 000 MPa, 不锈钢的密度为 7 860 kg/m³, 不锈钢的泊松比为 0.3。在建立模型后利用 ANSYS 中的自由的四面体网格对所建立的簧片哨模型进行网格划分, 然后利用 ANSYS 软件进行模态分析及求解。模拟结果表明, 实验所用簧片哨的

前 5 阶振动频率分别为 8 067 Hz、16 337 Hz、24 152 Hz、32 291 Hz、41 084 Hz。

2 簧片哨空化噪声功率谱密度的测量与分析

在实验过程中利用水听器采集簧片哨产生空化时的噪声, 利用数字示波器收集数据并利用 ORIGIN 软件分析示波器最终采集的数据^[3-4], 得到不同水压下簧片哨产生的噪声功率谱密度分别如图 1、图 2、图 3、图 4、图 5 所示。

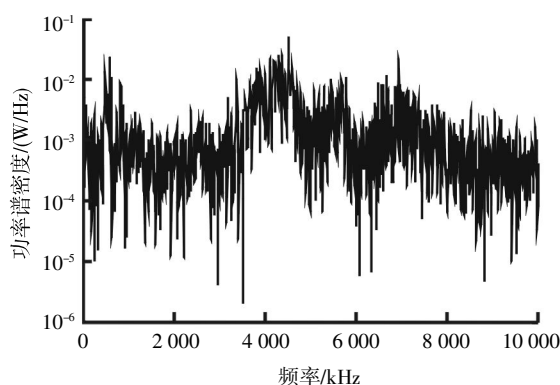


图1 水压为 0.15 MPa 时的噪声功率谱密度

Fig. 1 Power as MSA at 0.15 MPa water pressure

由图 1 可以看出, 0.15 MPa 的水压太小, 基本不能激起簧片哨的振动, 噪声功率谱密度无明显的线状谱特点, 功率谱密度数值也特别小, 基本都在

收稿日期: 2014-09-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (10474061, 10074042)

作者简介: 冯中营 (1981-), 男, 山东临沂人, 硕士。研究方向: 声学。

10^{-2} W/Hz 以下,大多数的功率谱密度甚至小于 10^{-3} W/Hz. 在簧片哨空化降解应用的实验中也没有人将水压调到如此低,因为空化降解等实验结果表明此时基本没有明显的空化降解效果,通过图 1 显示的空化噪声功率谱也可以得出相同的结论.

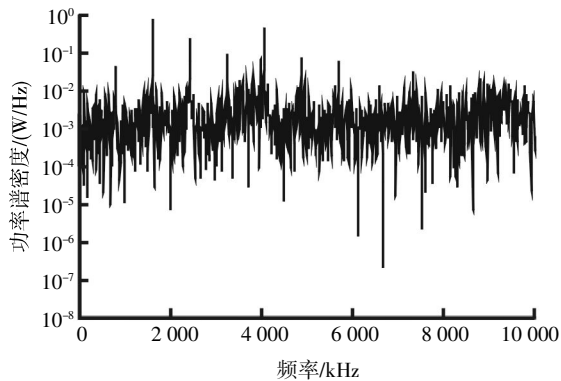


图 2 水压为 0.25 MPa 时的噪声功率谱密度

Fig. 2 Power as MSA at 0.25 MPa water pressure

由图 2 可以看出,在 0.25 MPa 的水压下,簧片哨开始明显振动,具有明显的线状谱特点,功率谱密度峰值对应的频率分别为 790 Hz、1 630 Hz、2 440 Hz、3 260 Hz、4 070 Hz、4 890 Hz、5 700 Hz、6 600 Hz、7 330 Hz,峰值频率数值呈现明显的倍数关系,这就是振动问题中的基频与泛频的关系.此系列频率与 ANSYS 模拟得到的前五阶振动频率 8 067 Hz、1 6337 Hz、24 152 Hz、32 291 Hz、41 084 Hz 具有较好的符合性.噪声功率谱密度与图 1 比较有了很大的提高,最大值出现在 1 630 Hz 时为 0.811 9 W/Hz,此时产生了一定的空化效果.

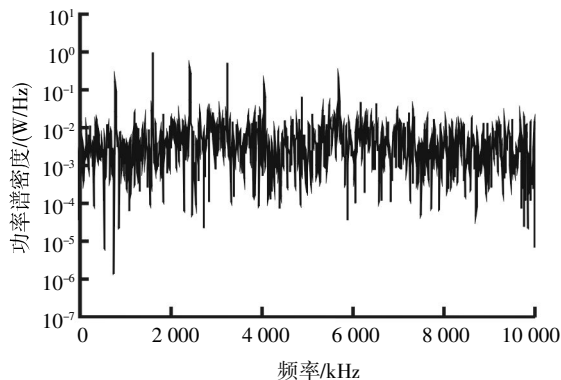


图 3 水压为 0.35 MPa 时的噪声功率谱密度

Fig. 3 Power as MSA at 0.35 MPa water pressure

图 3 表明在水压为 0.35 MPa 时同样明显振动,同样具有明显的线状谱特点,功率谱密度峰值对应的频率分别为 810 Hz、1 630 Hz、2 450 Hz、3 260 Hz、4 070 Hz、4 890 Hz、5 700 Hz、6 520 Hz、

7 330 Hz 等,峰值频率数值呈现明显的倍数关系,且大部分峰值频率与水压为 0.25 MPa 时相同,功率谱密度数值整体比 0.25 MPa 水压时提高,最高值在 1 630 Hz 时为 0.895 3 W/Hz.

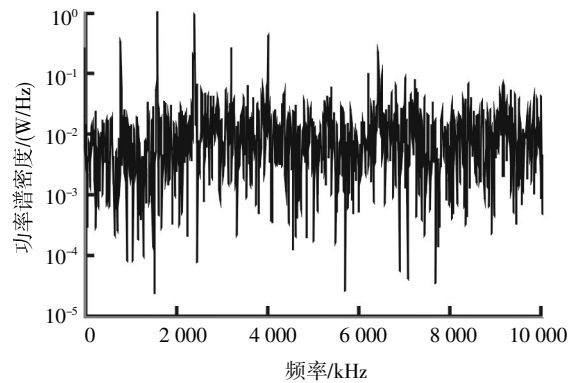


图 4 水压为 0.45 MPa 时的噪声功率谱密度

Fig. 4 Power as MSA at 0.45 MPa water pressure

图 4 表明在水压为 0.45 MPa 时功率谱密度峰值对应的频率分别为 800 Hz、1 600 Hz、2 400 Hz、3 210 Hz、4 010 Hz、4 810 Hz、5 400 Hz、6 420 Hz、7 230 Hz 等,其中高频的峰值频率在图中看并不明显,功率谱密度数值整体比 0.35 MPa 水压时提高,最高值在 1 600 Hz 时为 1.028 1 W/Hz.

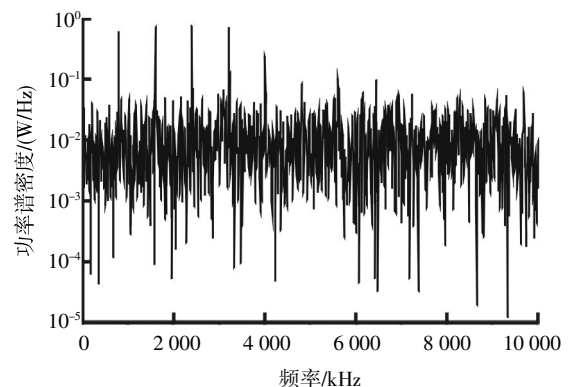


图 5 水压为 0.55 MPa 时的噪声功率谱密度

Fig. 5 Power as MSA at 0.55 MPa water pressure

图 5 表明在水压为 0.55 MPa 时功率谱密度峰值对应的频率分别为 800 Hz、1 600 Hz、2 410 Hz、3 210 Hz、4 010 Hz、4 810 Hz、5 610 Hz、6 440 Hz、7 240 Hz 等,其中高频的峰值频率在图中看也并不明显,功率谱密度数值整体比 0.45 MPa 水压时反而下降,最高值在 2 410 Hz 时为 0.760 2 W/Hz,但从整体来看功率谱密度比 0.45 MPa 水压时的功率谱密度有明显提高.

3 结 语

ANSYS 模拟结果及实际测得的空化噪声功率

谱密度表明,模拟得到的簧片哨振动频率与实验得出的空化噪声功率谱密度峰值频率具有很好的符合性,均为 0.8 kHz、1.6 kHz、2.4 kHz、3.2 kHz、4.0 kHz、4.8 kHz,最高峰值频率 7 kHz 也仍然在可听声频率范围,并不是超声频率范围,由于簧片哨的结构及其工作时需要水流冲击的条件致使簧片哨并不能像压电超声换能器那样发生超声频率的超声波,图 1~图 5 也能看出在高频段的峰值频率均不十分明显。

在 0.15 MPa 的较低水压下,簧片哨基本没有明显的振动,此时也没有明显的空化效应。随着簧片哨水压的提高,簧片哨逐渐开始振动,而且通过图 1~图 5 所示的不同水压下的空化噪声功率谱密度对应的峰值频率来看,不同水压下的振动频率基本一致,由此可以得出,簧片哨产生空化的原因在于簧片哨的簧片的振动,通过实验所用的不同水压下的空化噪声功率密度整体大小来看,随着水压的增加空化噪声功率密度增加,但由于实验条件限制没有进行更高水压的实验。

本文对水力空化的装置簧片哨在其振动频率与空化噪声功率谱密度方面进行了研究,得出了一定的结论,簧片哨也可以加工成各种规格形状的,簧片哨中簧片的规格形状也是可以加工成多种多样的,因此不同的簧片哨也会产生不同的空化效果,需要对簧片哨进行更多的模拟分析研究及实验分析研究以便找出其规律性,为增强簧片哨的空化效果提高其空化利用提供一个理论基础。

致 谢

国家自然科学基金委员会提供了资金资助,符卫春同学在实验过程及数据分析过程中提供了帮助,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] TESTUD P, MOUSSOU P, HIRSCHBERG A, et al. Noise generated by cavitating single-hole and multi-hole orifices in a water pipe[J]. Journal of Fluids and Structures, 2007, 23(2): 163-189.
- [2] MOHOLKAR V S, SABLE S P, PANDIT A B. Mapping the cavitation intensity in an ultrasonic bath using the acoustic emission[J]. AIChE Journal, 2000, 46 (4): 684-693.
- [3] 秦平力, 李端勇, 张昱. 利用 Origin7.0 软件处理超声波声速实验数据[J]. 武汉工程大学学报, 2009, 29 (9): 69-71.
QIN Ping-li, LI Duan-yong, ZHANG Yu. Application Origin 7.0 software to experimental data of the sound velocity of ultrasonic[J]. Journal of Wuhan Institute of Technology, 2009, 29(9): 69-71. (in Chinese)
- [4] 冯中营. 穿孔板噪声谱分析研究[J]. 武汉工程大学学报, 2010, 30(3): 110-111.
FENG Zhong-ying. The analysis research on the noise spectrum of perforation plate[J]. Journal of Wuhan Institute of Technology, 2010, 30 (3): 110-111. (in Chinese)

Spectral noise power density of reed whistle

FENG Zhong-ying^{1,2}, WU Sheng-ju²

1. Department of Science, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan 030008, China;
2. Institute of Applied Acoustics, Shanxi Normal University, Xi'an 710062, China

Abstract: Aimed at the cavitation noise spectrum of reed whistle, firstly, the vibration of reed whistles was simulated by ANSYS, and the vibration frequency of reed whistles was analyzed. Then the cavitation noise spectrum of reed whistle acquired by hydrophone measurements was explored using ORIGIN software. Finally the relationship between simulation values and noise spectrum was studied. The results show that the simulated vibration frequency of reed whistle coincides with the actual measured frequency; the reed whistle noise spectra are basically the same in different water pressure conditions; the radical frequency measured is 0.8 kHz and overtone is 1.6 kHz, 2.4 kHz, 3.2 kHz, 4.0 kHz, 4.8 kHz, and so on; the noise spectrum of reed whistle shows linear characteristics, but the noise is found in audible frequency range rather than in ultrasonic frequency range. The linear characteristics of cavitation noise spectrum of reed whistle are beneficial to enhance cavitation effect.

Keywords: cavitation; reed whistle; spectral power density

本文编辑: 苗 变