

单振子双腔体压电泵的输出性能实验

吴丽萍^{1,2}, 杨志刚¹, 曾平¹, 程光明¹, 吴银柱²

(1. 吉林大学机械科学与工程学院, 130025, 长春; 2. 长春工程学院勘查与测绘学院, 130012, 长春)

摘要: 以单振子双腔体压电泵的输出压力和输出流量为测试参数, 通过实验不仅对单振子双腔体与单振子单腔体压电泵的输出性能进行了对比分析, 而且对压电泵结构及参数对输出性能的影响也进行了分析. 实验结果表明: 在提高驱动电压的前提下, 双腔体压电泵的输出流量为单腔体压电泵输出流量的 1.82 倍, 并且输出压力随驱动电压的增高而增高, 缓冲腔、进水口以及止回阀等结构对压电泵的输出性能具有不同程度的影响, 此结果为优化压电泵的结构设计提供了依据.

关键词: 单振子双腔体; 压电泵; 输出性能; 测试参数

中图分类号: TH38 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-987X(2007)05-0628-03

Experimental Research on the Performance of Piezoelectric Pump with Single Bimorph-Double Chambers

Wu Liping^{1,2}, Yang Zhigang¹, Zeng Ping¹, Cheng Guangming¹, Wu Yin Zhu²

(1. School of Mechanical Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130025, China; 2. School of Prospecting and Survey, Changchun Institute of Technology, Changchun 130012, China)

压电泵是利用压电片作为换能器的流体传输装置^[1-2], 具有结构简单、体积小、无电磁干扰、可控性好等特点^[3], 目前已成为国内外一个新兴研究领域. 由于压电泵腔体体积变化量小, 因此造成压电泵的输出流量较低, 为了提高压电泵的输出流量, 本文采用一个压电振子形成 2 个腔体无阀压电泵的结构, 设计制作了样机, 并进行了有关实验.

1 单振子双腔体压电泵工作机理

单振子单腔体压电泵利用压电振子的一个侧面与泵体构成一个工作腔体, 在一个周期内可完成一次吸入、一次排出的工作过程. 单振子双腔体压电泵对压电振子进行了特殊绝缘处理, 利用压电振子的 2 个侧面, 分别与泵体构成 2 个工作腔体, 在一个周期内可完成 2 次吸入、2 次排出, 理论上双腔体是单腔体压电泵输出流量的 2 倍, 因此提高了压电泵的工作效率. 如图 1 所示, 设泵腔体积变化量的幅值为 v_x , 扩张管、收缩管流阻系数分别为 ζ_d 、 ζ_n , 无阀压电泵在吸入和排出过程中, 出口处流量均按正弦

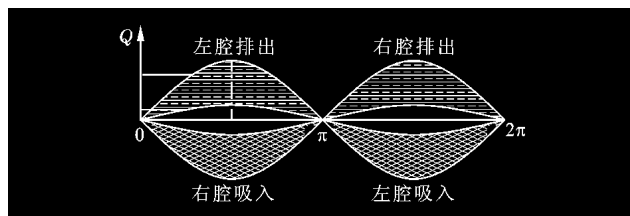


图 1 双腔体压电泵吸入、排出过程的瞬时流量

规律变化, 其值分别为

$$Q_a = v_x \omega \sin(\omega t) / (1 + (\zeta_n / \zeta_d)^{-2})$$

$$Q_b = v_x \omega \sin(\omega t) / (1 + (\zeta_d / \zeta_n)^{-2})$$

在一个周期中, 双腔体压电泵完成 2 次吸入、2 次排出, 其总体积是单腔体压电泵总体积 V_0 的 2 倍, 则双腔体压电泵在一个周期中的流量

$$Q = \frac{V_0}{\pi} = \frac{1}{\pi} \left(\int_0^\pi Q_a dt + \int_\pi^{2\pi} Q_b dt \right)$$

2 双腔体与单腔体压电泵输出性能

2.1 实验样机及实验设备

为了对比单振子单腔体和单振子双腔体压电

泵,分别制作了尺寸、材料、压电振子等参数相同的实验样机.实验仪器为 AG1200 信号发生器、7058 功率放大器、LV-1610 多普勒激光测试仪和 CF5220 傅里叶分析仪等.

2.2 输出流量实验对比分析

如图 2 所示,在驱动电压 $v=110$ V、频率 $f=250$ Hz 时,双腔体是单腔体压电泵输出流量的 1.82 倍,而且单腔体与双腔体的最佳输出流量范围较宽,在 190~280 Hz 范围内,单振子双腔体压电泵输出流量在单腔体的 1.6~1.8 倍之间.因此,在提高驱动电压的前提下,双腔体比单腔体压电泵的输出流量有明显的提高.此外,在测定流量的实验中,发现双腔体流量的输出脉动小,输出流更加平稳.

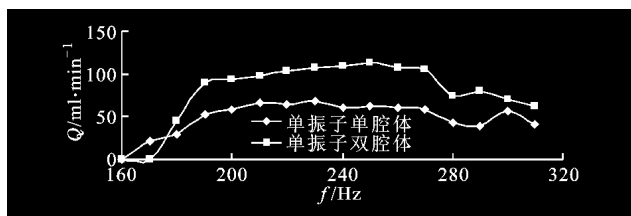


图 2 单腔体与双腔体压电泵输出流量对比曲线($v=110$ V)

2.3 输出压力与频率实验的对比分析

由图 3 可知,当 v 由 45 V 逐渐增高至 60 V 时,最大输出压力 p 由 0.47 kPa 提高到 0.56 kPa,但 v 的增大不能超过压电振子的击穿电压.

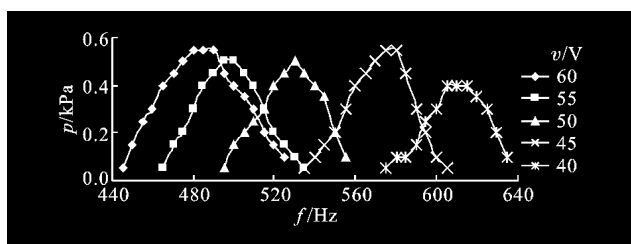


图 3 单振子双腔体压电泵输出压力与频率关系曲线

在一定驱动电压下,改变频率,输出压力随之改变,且能找到最佳频率段.不同驱动电压对应不同的最佳频率段,而且驱动电压越高,最佳频率点越低.反之,驱动电压越低,最佳频率点则越高.

3 结构及参数对输出性能的影响

3.1 缓冲腔大小对输出性能的影响

在压电泵工作时,流体从进口流入,流经缓冲腔,然后从出口流出,缓冲腔在此过程中起着过渡及缓冲的作用.从图 4、图 5 中可看出,对于出口直径 d 为 0.7 mm 的压电泵,当缓冲腔直径 d_h 为 3.5 mm

时,通过改变频率或驱动电压,其输出压力能够达到较好的效果.当 $d_h=4$ mm 时,输出压力明显降低, d_h 缩小为 2 mm 或扩大为 5 mm 时,输出压力显著降低,出水口处几乎不排水.由实验可知,对于该压电泵样机, $d_h=3.5$ mm 左右为最佳, d_h 过大、过小,其输出效果都不理想.

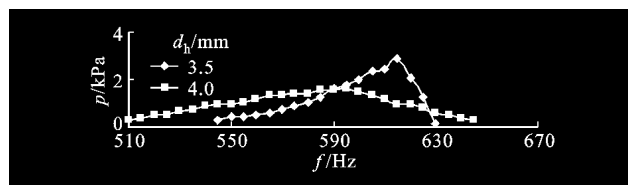


图 4 频率与输出压力的关系

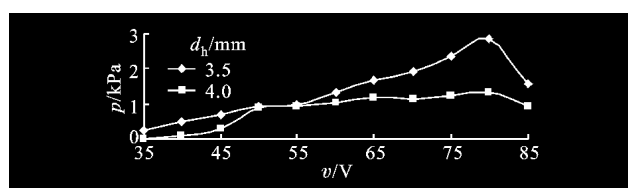


图 5 驱动电压与输出压力的关系

3.2 进水口数量对输出性能的影响

将一个进水口与 2 个进水口的压电泵的输出流量、输出压力进行对比实验,发现输出流量、输出压力的变化均不大,但 2 个进水口的噪声比较小,原因是 2 个进水口比一个进水口使腔体产生的气泡少,从而降低了噪声.

3.3 止回阀对输出性能的影响

由于无阀压电泵的最大缺点是反向止回性差,需要改善压电泵的输出性能才能满足实际工作的要求,因此在压电泵进水口处增加了一个止回阀,在 $v=90$ V 时,对带止回阀与不带止回阀的压电泵进行了输出流量和压力的实验.从图 6 的实验结果中可看出,带止回阀比不带止回阀压电泵的输出流量和输出压力高.

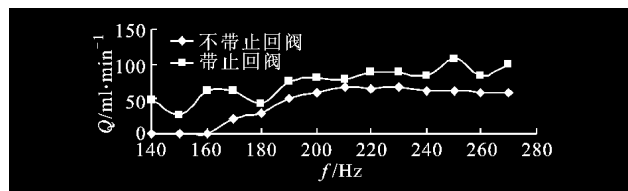


图 6 2 种压电泵输出流量的比较

4 结 论

(1)本文在提高驱动电压的前提下,单振子双腔体压电泵的输出流量比单振子单腔体压电泵的输出流量明显提高.

(2)在驱动电压不超过压电振子的击穿电压时,压电泵输出压力随驱动电压的增高而增高,在一定的驱动电压下,输出压力随频率改变而改变,不同驱动电压及最大输出压力对应不同的最佳频率段。

(3)缓冲腔直径应根据压电泵具体结构尺寸来寻找最佳值,从而达到较好的输出效果。此外,开设2个进水口虽然不能提高输出流量和输出压力,但能起到减弱噪声的作用。实验结果表明,带止回阀压电泵的输出效果优于不带止回阀压电泵的输出效果。

参考文献:

- [1] 曾平,程光明,刘九龙,等. 双腔薄膜阀压电泵的实验研究[J]. 光学精密工程, 2005, 13(3): 312-313.
Zeng Ping, Cheng Guangming, Liu Jiulong, et al. Experimental research on double-chambered piezoelectric pump with membrane valves[J]. Optics and Precision Engineering, 2005, 13(3): 312-313.
- [2] 李军,吴博达,程光明,等. 收缩管/扩张管型无阀压电泵的工作原理[J]. 压电与声光, 2000, 22(6): 376-378.
Li Jun, Wu Boda, Cheng Guangming, et al. The principle of diffuser/nozzle-based valveless piezoelectric pump[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2000, 22(6): 376-378.
- [3] 阚君武,彭太江,唐可洪,等. 两腔压电泵结构与特性[J]. 压电与声光, 2006, 28(1): 39-40.
Kan Junwu, Peng Taijiang, Tang Kehong, et al. The structure and performance of double-chamber piezoelectric pumps [J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2006, 28(1): 39-40.

(编辑 管咏梅)