

螺杆紧固郎之万型振子的大振幅特性

(森荣司等)

对设计大功率超声振动系统, 振子的大振幅特性是极其重要的。由于缺乏测量方法和合适的可变机械负载, 大振幅特性从未测量过。采用瓦特表法和作者提出的可变机械负载阻, 测量了最为有效和广泛应用的螺杆紧固郎之万型振子的大振幅特性, 证明测量是成功的。作为一例, 一个螺杆紧固的振子的最大机械输出功率大于1.5KW, 在最佳声负载阻时, 其电声效率高达96%。

一、引言

在大功率超声应用中, 振子的大振幅特性(LAC)对于振动系统的合理设计是极其重要的。在超声处理中, 往往要求给出振速和超声输出功率。大振幅特性(LAC)系指:

- (1)有效机械阻与振速的关系,
- (2)介电损耗与所加电压的关系,
- (3)电声效率与机械负载阻的关系,
- (4)振子可得到的最大机械或声输出功率。

通常采用动态阻抗曲线法(MILM)或动态导纳曲线法(MALM)来测量振子的机械振动损耗。当振速增加时, 由于机械阻的非线性, 动态阻抗或导纳轨迹从圆变成了半月型。除此以外, 在高功率状态下, 所加电压或电流波形也发生畸变。因此机械振动损耗的测量精度差。另外, 在MILM或MALM中, 因需要一个具有非常高或低的输出阻抗的电放大器, 来保持所加电压或电流恒定, 所以不可避免地引起换能器与测量电路间的阻抗失配, 并且电功率不能输入振子使其达到功率

极限。上述由于换能器的机械振动损耗与它的振速有关, 又缺乏合适的可变机械阻, 或第四特性, 亦称负载特性一直未测量。本文利用一个瓦特表和作者最近研制的一个可变机械负载阻(1, 2), 测量了螺杆紧固郎之万型振子的大振幅特性。实验中所用的这种用螺杆夹持朗之万振子是功率超声应用中广泛使用并非常有效的振子。

二、瓦特表法概述

瓦特表法采用振子在无载, 有载和紧固条件下的输入电功率测量法。这种方法类似于电机测试技术, 与MILM或MALM比较, 我们称之为瓦特表法。如图1所示, 考虑一个连着机械共振负载的测试振子, 驱动振速为 v , 在这图中, $a-a'$ 和 $b-b'$ 表示振子的电输入端和机械输出端。电元件 C 和 L 用来提高功率因数和滤掉电流的高次谐波。通过变化声负载阻, 就有改变共振机械负载的等效机械阻。有关细节后述。设振子的输入电功率, 介电损耗和机械损耗功率分别是 $W_e(v, V, r_s)$, $W_d(V)$, 和 $W_m(v, V, r_s)$ 一般可表为:

$$W_e(v, V, r_s) = W_d(V) + W_m(v) + W_s(v, r_s) \quad (1)$$

其中 $W_s(v, r_s)$ 表示共振机械负载的机械损耗, 包括声功率辐射。假设机械和介电损耗分别依赖于振速 v 和所加电压 V 。由(1)可知, 从振子的机械端 $b-b'$ 流出的功率能从输入电功率减去对应的介电和机械损耗功率得到。如果 W_m 和 W_d 能够分别作为 v 和 V 的函

数被测定, 则 W_e 能算出, 而不管前面所述的非线性。为得到 W_m 和 W_d , 需要在振子的共振频率情况下进行紧固和无载测试。

夹持测试

只有在振子共振频率下实现夹持, 测量在不同电压下的输入电功率, 就可得到 $W_e(v)$, 这是因为振子在无机械振动损耗时, 输入电功率就是介电损耗功率 $*$ 。紧固技术后述。

无载测试

振子的输出机械端 $b-b'$ 短路, 改变振速 v , 测量电输入功率和端电压。从 W_e 减去对应的介电损耗 W_d , 可得机械损耗 W_m 。即。

$$W_m(v) = W_e(v, V, 0) - W_d(V) \quad (2)$$

振子的等效机械阻 r_i 为:

$$r_i = W_m(v)/v^2 \quad (3)$$

为得到负载特性还需进行加载测试。

加载测试

假设在一定负载下, 输入电功率, 机械端 $b-b'$ 的振速和所加电压分别是 $W_e(v, V, r_s)$, v 和 V 。可计算流进共振机械负载的机械输出功率:

$$W_s(v, r_s) = W_e(v, V, r_s) - (W_d(v) + W_m(v)) \quad (4)$$

有效机械负载阻 r_s 和电声效率 μ_{es} 分别是:

$$r_s = W_s(v, r_s)/v^2 \quad (5)$$

$$\eta_{es} = W_s(v, r_s)/W_e(v, V, r_s) \times 100\% \quad (6)$$

三、实验

实验用螺钉夹持郎之万型振子的详细技术说明如表1所示。机械端 $b-b'$ 的振幅利用显微镜或一个经校准的光学位移测量装置测量。通过实验调整 L 和 C 使功率因数保持是1。当然, 每个元件的损耗都得从每一个电功率中减去。

a) 夹持测试

用两个振子, (用MALM法即导纳曲线法测量, 它们几乎有同样的振动特性)象图2—a一样机械连接。为了使它们不振动, 两个振子都以同一驱动源以它们原来的共振频率驱动。因它们产生的振动互相抵消, 所以在此频率上他们不振动。此时, 输入电功率 W_e 即给出 W_d 。这就是说, 在共振频率时的介电损耗通过求两个振子损耗的平均值得到。

(b) 无载测试

在波节点支撑整个振动系统, 如图2—b, 无载测试, 如紧固测试也把两个振子机械相连接, 但仅驱动一个, 另一个的电端保持开路。在共振频率上测量不同振速下的电输入功率。电压幅值不变, 改变其频率, 当振幅最大时的频率当作共振频率。这个频率可能不同于原来的, 但两个振子振动模式几乎与单个振子一样。频率漂移似乎不影响机械振动损耗。利用(2)式即可计算机械振动损耗。

(c) 加载测试

如图3所示, 一个可变机械负载由一个棒——盘幅射器和一个混响槽组成。改变幅射器浸入水中的深度, 即可实现变化的有效机械阻 r_s 。如图1所示, 当变化深度 d 时, 分别测量输入电功率, 机械端 $b-b'$ 的振速和端电压。从振子流出的机械输出功率根据方程(4)标出。使用混响槽的理由是, 不在槽里建立驻波。因在驻波时特别在大振幅下, 声负载是不稳定的。盘在径向振动较强, 引起水表面的波动, 因此应用海绵把盘幅射器的柱表面包起来, 使圆柱面不幅射。

四、实验结果和讨论

作为一个例子图4是D—4520PC振子的介电损耗与所加端电压关系。介电损耗正比于 V^2 , 估计损耗因子 $\tan\delta$ 是0.04, 这值比压电

材料本身的损耗因子稍大，可能是由于功率测量不准确所致。当振子器破裂时所加的电压即最大电压。图5绘出了D—4520PC的机械振动损耗，机械损耗正比于 v^2 ，正比例常数大约为 4×10^4 达因/厘米/秒(估计对应的机械品质因子是1983)，这个值与导纳曲线(即MALM)法所得结果几乎一样。最大振速由振子应力不超过夹持螺钉的静态夹持压应力来确定。图6表明D—4520PC和D—4415的机械输出功率与机械负载阻的关系，其中振速当成一参量。令人惊奇的是仅一个振子的机械输出功率大于1.5KW，估计其可能输出功率会更大，只是被所用电功率放大器的功率极限限制了。图7表明了两个振子的电声效率与等效机械负载阻的关系，其中振速当作一参量。在机械负载大约为10达因/厘米/秒时，效率出现一最大值96%，最佳负载阻大约是振子等效机械阻的50倍。

五、结 论

采用瓦特表法和可变机械共振负载，成功地测量了高功率超声振子的特性。这也许是关于压电振子大振幅特性的第一个报告。其它功率超声换能器的大振幅特性的测量正在进行，另外，近期将计划测量换能器的温升。

周光平译自 Ultrasonics International 1983 Conference Proceedings, 154—159, 陈桂生校)

参考文献

- (1) Mori, E. and Ito, K. Measurement of the acoustical output Power of Ultrasonic high Power . transducer using electrical high frequency Wat—tmeter.
- (2) Mori, E. and Tsuda, Y. A n w high power Ultrasonic wave radiator for liquid medium Proc. Ultrasonics Intern. 81. Brighton. (1981) PP.307—312

表1振子技术参数

名 称	D—4415	D—4520C
直 径 (mm)	40	50
共振频率 (KHZ)	16.280	19.723
机械Q 值	981	2293
动态电导 $Y_m(m\Omega)$	50	389
夹持电容 $c_d(PF)$	8110	14700
力因子 $\Lambda 10^5(\text{dyn}/\text{volt})$	1.09	2.59
等效机械阻 $r 10^4(\text{dyne}/\text{kin})$	2.4	1.73
等效质量 (g)	305	320

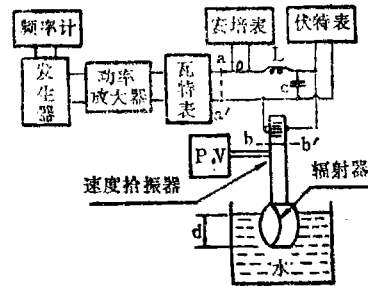


图1 测量方框图

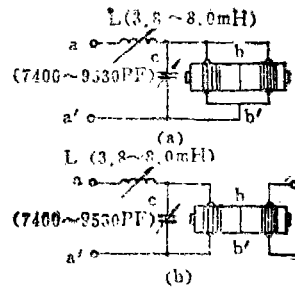


图2 夹持a和无载b测试端

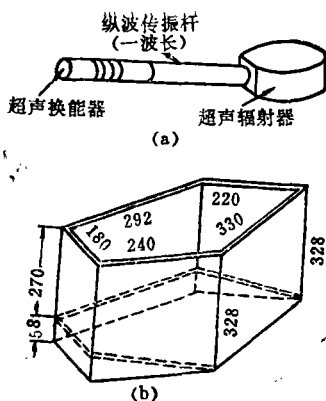


图3 由辐射器a和混响水槽b组成的可变机械负载

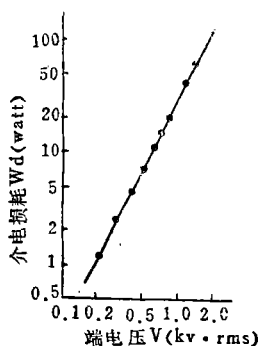


图4 D—4520的介电损耗

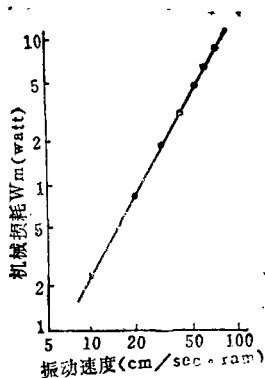


图5 D—4520PC的机械损耗

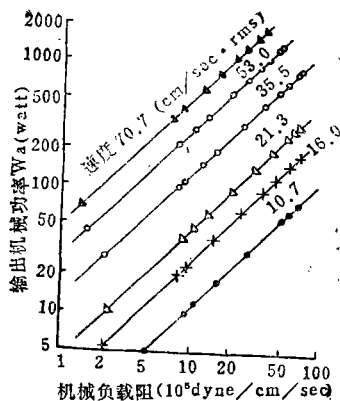


图6 不同机械负载阻时的机械输出功率

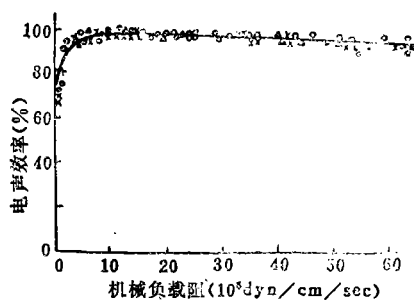


图7 D—4520PC和D—4415的电声效率

上接第40页

续表

中刷	CXP 消泡器	彩相六层一次涂布	乳剂倒入保温锅内立即开车。 车速 15米/分 涂布公尺数 400米 未发现有气泡,小针孔及气泡引起的条道	CXP 消泡器基本上能用于彩色感光材料涂布时的消泡。
----	---------	----------	---	----------------------------

CXP型超声波消泡器经过试用以后,符合设计要求所提出的各项指标,且有相当的可靠性。目前CXP型超声波消泡器已通过技术鉴定,将在生产中发挥其作用。我们希望超声消泡这一国外先进技术尽快地被应用于国内各个行业。