F3 环形行波马达的无负荷转速随定子上所加电压及定子尺寸的变化

陈新业　周铁英

（清华大学物理系声研室　北京・100084）

从广义压电方程组出发，利用已得出的压电陶瓷-金属复合薄板的微分运动方程，解得长矩形板在一维情况下的弯曲振动挠度分布。

在环形行波马达定子中每一压电分割片两端均处于节点位置，相当于两端简支的边界条件，在定子环的宽度远小于波长的情况下，忽略振动沿半径方向的分布，将每一片当做两端简支的长矩形板，利用前边得到的结果，考虑圆环具有的周期性边界条件，解出每一压电分割片所产生的弯曲振动，将所有压电片产生的弯曲振动叠加，得出定子圆环作弯曲振动时，定子表面每一点的垂直和切向位移量的大小，忽略定子/转子的压力对定子振动的影响，假定转子以定子振动的椭圆运动的最大切向速度旋转，推导出马达的无负荷转速的关系表达式：

无负荷转速 $N=60*U_{max}/(2\pi r)$，切向最大振动速度：$U_{max}=(4n-2)BZ$，其中 $B=A*(1-\mathrm{ch}(ml))/(\mathrm{sh}(ml))$，$A=k\cdot V_c$，$Z$为中性面到定子表面距离，$n$ 为定子圆环弯曲振动阶数，r为定子圆环平均半径，V_c为定子上所加电压，k为由定子结构尺寸决定的常数。

改变定子上所加电压、厚度及内、外径，考虑定子固有频率的变化，得出马达无负荷转速与定子上所加电压、定子厚度及内、外径的变化关系曲线，计算结果表明：马达的无负荷转速随外加电压的升高而线性增大，随定子厚度的增加而缓慢增大，随定子内、外径的增大而减小，与实验结果相比较得出较为一致的结果。

参考文献

1 上羽贞行“新版超音波モータ”トリケツプス，东京 1991.10

2 清华大学固体力学教研组编“机械振动”机械工业出版社，北京，1980.9.

F4 超声驻波马达耦合振子研究

彭军宇　周铁英

（清华大学物理系　北京・100084）

1985年Kumada提出一种纵弯扭耦合超声驻波马达，该马达定子是由一个单梁纵弯扭耦合振子及与其相匹配的朗之万型换能器组成，文章没给计算方法。1993年我们用有限元方法计算了这种振子的各种振动模式，并改进了它的结构提出了一种三梁纵弯扭耦合振子，并制成

实验驻波马达。

由于同一结构中纵弯弯耦合振动模式的谐振频率低于纵弯扭振动模式，而且马达低频运行性能优于高频，所以我们又用有限元方法计算了三梁支架纵弯弯振动模式及四梁支架纵弯弯振动模式。当梁和腿的尺寸不变时，改变中间圆盘厚度，计算了纵弯弯振动模式的谐振频率随盘厚的变化，得到的结论是：频率随盘厚由低到高且趋于一极限值。定义梁的上表面弯曲位移的切向分量与腿的下表面的纵向位移之比为耦合振子的放大倍数M，当梁与腿尺寸不变时，改变盘厚则M随盘厚有一极大值。

为了降低梁的弯曲谐振频率，我们采用矩形梁代替梯形梁，在同样截面尺寸及同样梁高的条件下，矩形窄梁的弯曲谐振频率比较低。文章介绍了几种具体耦合振子的振动模式、相应的谐振频率、谐振频率随中部盘厚变化规律、放大倍数M随圆盘厚度的变化规律，并与实验进行了对比。实验方法是在耦合振子底部安放一很小的压电片，压电片驱动振子，通过测量阻抗及位相的变化可以测知振动模式所对应的谐振频率，当然将转子安放到耦合振子上可观测其运行状态是更直接的测定。

通过计算机及实验方法优化的耦合振子将进一步组成实验马达，以便提高马达的运行特性。文中参考文献 2 篇

F5 纵弯模式转换型超声马达的制造及分析测试

贺西平　程存弟　刘纯荣　鲍善惠

（陕西师范大学应用声学研究所　西安・710062）

超声马达以其转速低、力矩大、能抗电磁场干扰等优点，近年来引起了人们的研究兴趣。本文制造并研究了一种纵弯模式转换型超声马达。

在夹心式纵向振动换能器的顶端，用螺栓紧固一定子。该定子的外形如图 1 所示。在其顶端面上沿径向竖立有两个高度为l，宽度为a，厚度为b 的小振片，并在每个小振片的同侧（或左侧、或右侧）挖一道有一定深度和宽度的小槽。在该定子的中心有一螺孔，以便装配一与转子相滑配的螺杆。当换能器被激励起时，经设计的沿径向的一对振动片将作与换能器纵向振动频率相同的弯曲振动，从而振动片顶端的轨迹是为两种振动合成的椭圆。由于这两振动片作弯曲振动的相位相反，故置于其上的转子将在摩擦力的作用下沿一定方向转动，如图 2 (a)所示。取振动片顶端为x-y坐标系的原点 x轴与纵振动方向重合。换能器纵振动的振幅为A_1，弯曲振动的振幅为A_2，两者的角频率都是ω。振动片静止时，其顶端位置在0点。换能器被激励后，振动片端头在t时刻位置为：

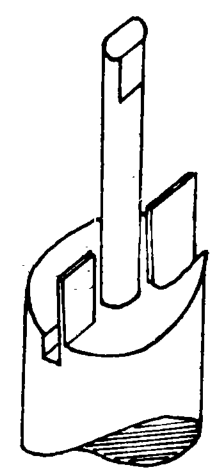

图 1　马达定子外形

$W = A_1 \sin(\omega t + \alpha)$　　　　$V = A_2 \sin(\omega t + \beta)$

即端头轨迹为：
$$\frac{W^2}{A_1{}^2} - \frac{2WV}{A_1A_2}\cos(\beta-\alpha) + \frac{V^2}{A_2{}^2} = \sin^2(\beta-\alpha) \qquad (1)$$