

凡满足 $\cos 2\pi x/\lambda=0$ 的点, 振幅都是零, 这些点静止不动, 叫做波节; 而满足 $|\cos 2\pi x/\lambda|=1$ 的那些点, 其振幅最大, 等于 $2A$, 称为波腹, 其余各点的振幅在零与最大值之间。不难发现, 相邻两波腹 (或波节) 之间的距离为该声波的半波长 $\lambda/2$ 。对于驻波来说, 每一时刻都有一定的波形, 这些波形的空间位置不像通常的行波那样沿 x 轴的正方向或负方向移动, 而是以节点为标志驻定不动的, 各质元位移的大小和方向随时间作周期性的变化。

二、声悬浮

声悬浮是在重力或微重力空间, 利用强声场的辐射与物体重力相平衡, 从而使该物体稳定地悬浮在声场中或在空中移动的技术。它是高声强条件下的一种非线性效应, 其基本原理是利用声驻波与物体的相互作用产生竖直方向的悬浮力, 以克服物体所受到的重力, 同时产生水平方向的定位力将物体固定于声压波节处。声悬浮装置可分为三轴式和单轴式两种, 三轴式是在空间三个正交方向分别激发一系列驻波以控制物体的位置, 单轴式只在竖直方向产生一系列驻波, 其悬浮定位力由圆柱形谐振腔所激发的一定模式的声场来提供。

图 2 是单轴式声悬浮装置示意图。上面的声发射端发出声波, 声波抵达下端的声反射端后被反射回来, 反射回来的声波与继续向反射端传播的声波重叠。这两列波是从同一波源发出的, 但传播方向相反, 满足驻波的形成条件。调节反射端到发射端之间的距离, 当声波谐振腔的长度恰好是该声波波长的整数倍时, 谐振腔内将产生稳定的驻波。由驻波的形成机理与特点不难理解, 如果将物体 (如小动物) 放在声驻波的波节处, 物体将成为传播声波的媒质, 而波节处的质元是不会沿波的传播方向移动的, 因此物体将悬浮在该点附近, 这就是单轴式声悬浮的原理。声悬浮的原理决定了被悬浮物尺寸必须小于声波的半波长, 对超声波段, 可悬浮的物体尺寸不超过 1 厘米。

研究表明, 声悬浮力的大小与声源强度、重力水平、媒质、温度、反射端形状 (如球面、旋转抛物面) 和几何参数 (如反射端截面半径和曲率半径) 等诸多因素有关。不同媒质中产生的最大悬浮力, 不仅取决于媒质密度与声速之比, 还取决于该媒质中的波长与悬浮器几何参数的相对大小。

三、声悬浮的应用

声悬浮技术简单易行, 没有明显的机械支撑, 几乎对客体没有附加效应, 从而为熔炼超高纯度固

体材料以及研究流体和生物体的力学性质, 提供了一种崭新的技术。

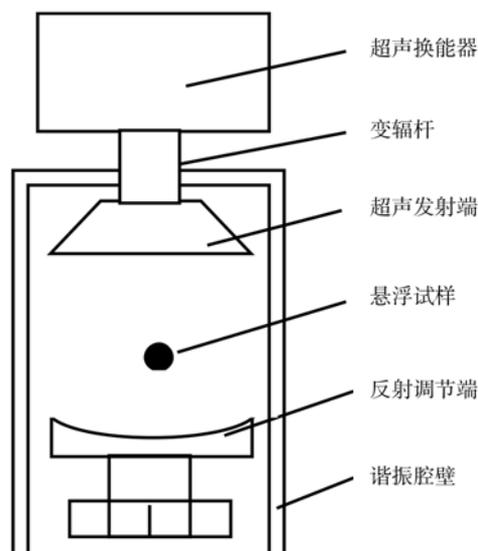


图 2 声悬浮装置示意图

在材料科学领域, 为了获得高质量的材料, 必须避免材料与容器壁间的接触。在宇宙空间没有重力影响, 可以做到这一点, 而在地面上, 则必须通过各种悬浮方法才能做到。利用电磁力可以将各种金属悬浮在空中, 但不能把非金属和有机物悬浮起来, 并且由于其强烈的加热效应, 会导致低熔点金属的过热和蒸发, 也不适合处理低熔点金属材料。而用声悬浮能把包括金属在内的所有物质悬浮起来, 这也为我们提供了一种模拟微重力状态的实验方法, 其成本比空间实验低得多。

不仅如此, 借助于声悬浮技术, 还可进行深过冷热力学研究, 测定深过冷熔体的热力学性质, 探究深过冷条件下共晶、偏晶和包晶合金的形核机制; 另外, 通过对声悬浮状态下液滴的运动学和动力学规律的研究, 可测量液体的密度、表面张力和黏滞系数等物理性质。由于采用非接触式测量, 所以可以获得其他方法难以得到的液体在过冷态的热物性实验数据。

目前, 国外最大的悬浮能力是把密度为 $11.3 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 的铅球悬浮起来; 而我国西北工业大学应用物理系魏炳波教授及其合作者, 在国际上首先利用超声波悬浮起密度为 $18.9 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 的金属钨饼而获国家发明专利, 这标志着我国声悬浮研究进入国际领先行列。我们相信, 随着该技术的日趋成熟, 声悬浮必将在物理学、流体力学、生物学、航空等领域得到更广泛地应用。

(陕西西安通信学院数理教研室 710106)