

动态悬挂法测定金属材料的杨氏模量

杨氏模量是工程材料的一个重要物理参数，它标志着材料抵抗弹性形变的能力。目前工程技术上常用“动态悬挂法”测量杨氏模量。其基本方法是：将一根截面均匀的试样（棒）悬挂在两只传感器（一只激振，一只拾振）下面。在两端自由的条件下，使之作自由振动。测出试样的固有基频，并根据试样的几何尺寸、密度等参数，测得材料的杨氏模量。

【实验目的】

1. 用动态悬挂法测定金属材料的杨氏模量。
2. 学习确定试样节点处共振频率的方法。

【实验要求】

1. 用外延法求出节点处的共振频率。
2. 测定室温下金属材料的杨氏模量。

【实验原理】

根据棒的横振动方程

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \left(\frac{EJ}{\rho S} \right)^2 \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0 \quad (1)$$

用分离变量法解该方程，对圆形棒得

$$E = 1.6067 \frac{l^3 m}{d^4} f^2 \quad (2)$$

上两式中， E 为杨氏模量， l 为棒长， d 为棒直径， S 为棒截面积， ρ 为棒的密度， m 为棒的质量， f 为棒横振动的固有频率， J 为极惯性矩。

由式（2）可知，测定出试样（棒）在不同温度时的固有频率 f 及各力学参数，即可计算出它在不同温度时的杨氏模量。测量时可采用图（1）的示意装置。

本实验只计算室温下的杨氏模量，故不用加热炉。

实验中有两个问题需加注意。

1. 式（2）给出杨氏模量 E 的计算公式中的 f 是棒横振动的基频，在实验中要加以判断。
2. 从图 1 中看到测试棒横振动的激发与拾振是通过悬丝与换能器连接的。若连接点不在棒横振动的波节上，则横振动的方程不满足。若连接点就在波节上，则不能激发与拾取试样的振动。因此为测定固有频率，一般可采用外延测量法来计算固有频率。具体做法如下：按照方程（1）的解，测试棒时应对基频的横振动的两个波节分别在 $0.224 l$ 与 $0.776 l$ 。见图 2。

(a) 先将激振与拾振的两悬丝分别连接在棒 $0.1l$ 与 $0.9 l$ 上，寻找其共振频率 f_1 。

(b) 将两悬丝逐渐从每间隔 $0.02 l$ 间距向里推进，分别寻找出对应的频率 f_2 、 f_3 ……直到悬挂点处于 $0.22 l$ 与 $0.78 l$ 的位置上。

(c) 以 l 为横坐标， f 为纵坐标，作图。将图线延升至 $0.224 l$ 处所对应的 f 即为该棒的

固有频率。

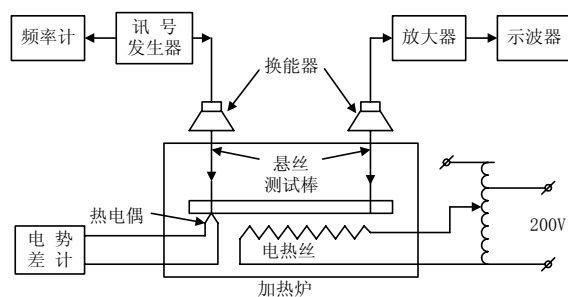


图 1

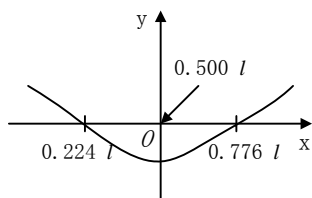


图 2

【实验内容】

1. 按图 1 连接各实验装置，并将悬丝分别连接在测试棒的 $0.1 l$ 与 $0.9 l$ 处。
2. 由小到大逐渐调节讯号发生器的频率，并观察示波器信号的变化。当示波器显示的拾振信号（交流信号）在某一频率处达到极大，则认为信号发生器的激振频率与测试棒共振。并记下该频率 f_1 。
3. 将两悬丝以每间隔 $0.02 l$ 向里靠拢，分别记下频率 f_2 、 f_3 ……。
4. 测量测试棒的各力学量 l 、 m 、 d 各 6 次。
5. 作图计算测试棒的固有频率 f 。
6. 代入公式 (2) 计算该棒的杨氏模量。
7. 可换取测试样品重复 1—6 的步骤，求出不同试样的杨氏模量 E 。