

§ 4.12 离心式转速表

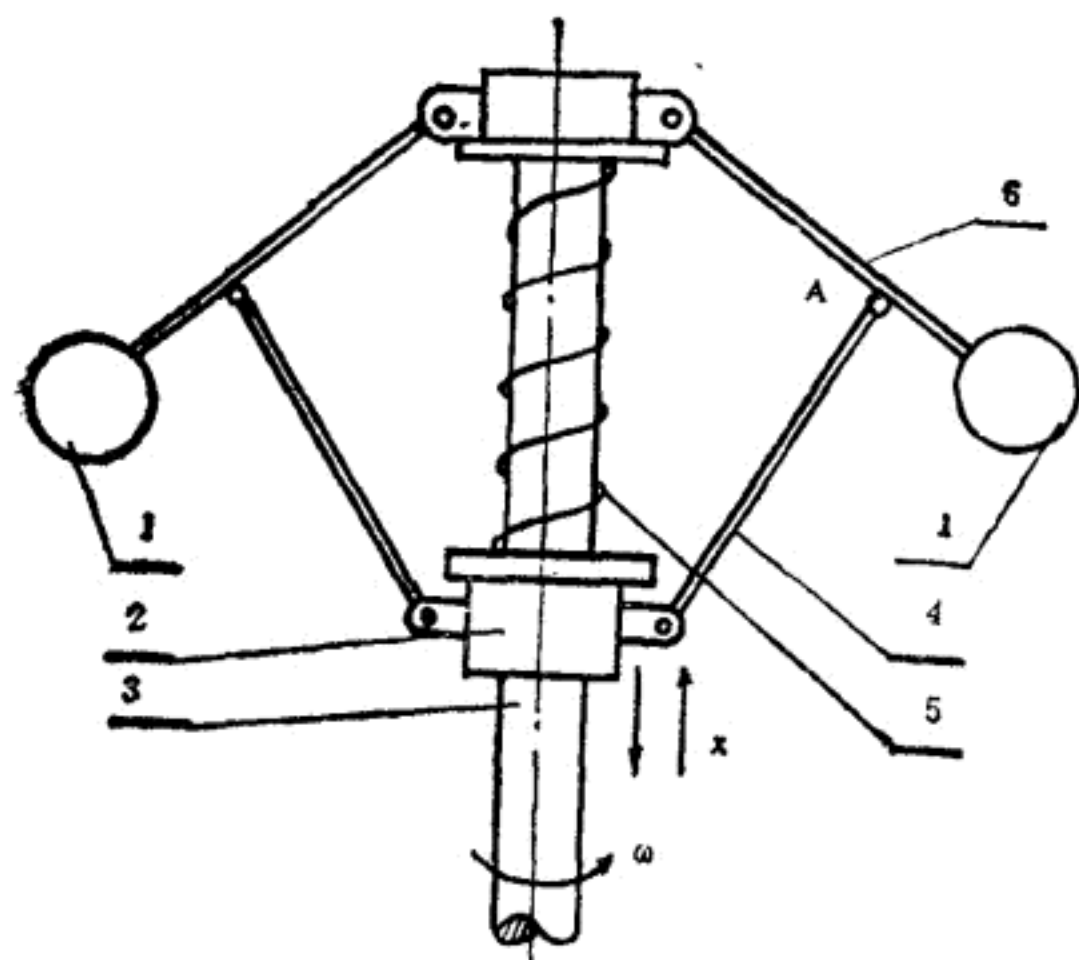


图 4.12.1 离心式转速表结构图

1. 重锤 2. 套筒 3. 转轴 4. 拉杆 5. 弹簧 6. 连杆

工作原理 图 4.12.1 为离心式转速表结构图。它的基本工作原理是，当转轴转动时，重锤在锤的重力和连杆的张力共同作用下，作匀速圆周运动。重锤作圆周运动的半径为重锤中心到转轴中心的垂直距离。

连杆和拉杆的支点 A ，在连杆的张力和拉杆的拉力共同作用下，也作匀速圆周运动。而套筒则在重锤离心力（它的大小等于重锤作匀速圆周运动时的向心力）的作用下，通过拉杆作用使它沿转轴的轴向方向向上（或向下）移动一个位移 x 。套筒压缩（或拉伸）弹簧，弹簧产生一个反弹力，最后使套筒达到动态平衡，停留在轴向某个位置上。

由于被测物和离心式转速表的转轴同步旋转，所以当被测物有某一个转速时，重锤停留在和转轴成某个夹角的位置上。同时，套筒则在转轴的轴向方向上移动一个位移。因此测出该位移量的大小，就可知道对应的被测物的某个转速。

为了定量说明离心式转速表的工作原理，现将图 4.12.1 简化为图 4.12.2。从图 4.12.2

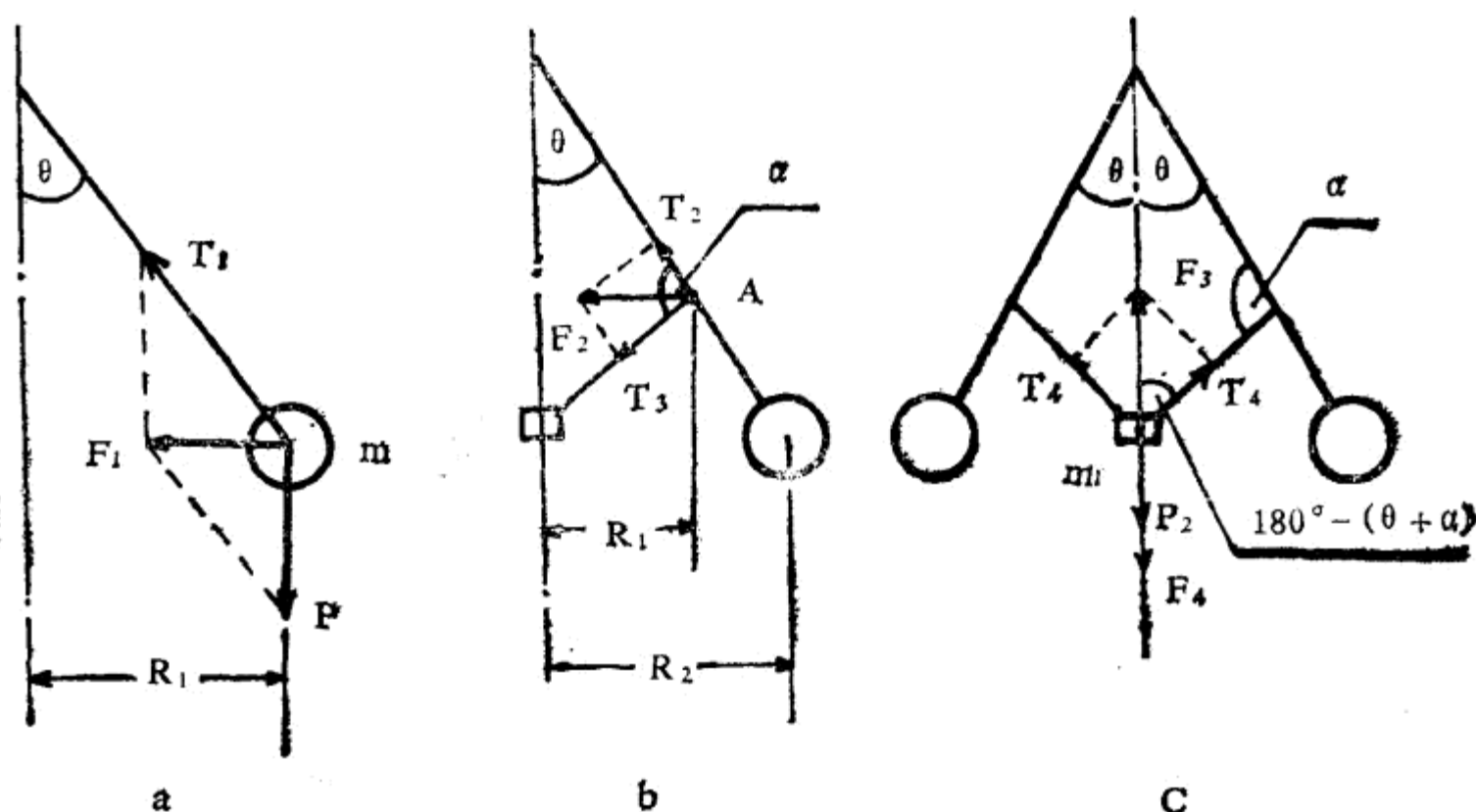


图 4.12.2 离心式转速表的工作原理图

a. 重锤受力图

m. 重锤质量

 T_1 . 连杆张力

P. 重锤重力

 F_1 . T_1 和 P 的合力

b. 拉杆受力图

 T_2 . 连杆张力 T_3 . 拉杆张力 F_2 . T_2 和 T_3 的合力

c. 套筒受力图

 T_4 . 拉杆张力 P_2 . 套筒重力 F_3 . T_4 合力 F_4 . 弹簧弹力 m_1 . 套筒质量

(a) 知, 当转轴以角速度 ω 旋转时, 重锤(质量为 m)在 T_1 和 P 的共同作用下作匀速圆周运动, 其向心力 F_1 为

$$F_1 = m \frac{v^2}{R_1} = m \frac{(\omega R_1)^2}{R_1} = m\omega^2 R_1 \quad (4.12-1)$$

式中 v —重锤在 R_1 处作匀速圆周运动时的线速度。

分力 T_1 的大小可由 F_1 及 P 根据力的平行四边形法则求出。由

$$F_1^2 = T_1^2 + P^2 + 2\cos(180 - \theta) \cdot T_1 P$$

可得

$$T_1^2 - 2P\cos\theta \cdot T_1 + (P^2 - F_1^2) = 0 \quad (4.12-2)$$

式中 P —重锤重力, 大小为 mg 。

解式(4.12-2)可得

$$T_1 = mg\cos\theta \left[1 + \sqrt{1 - \frac{g^2 - \omega^4 R_1^2}{g^2 \cos^2 \theta}} \right] \quad (4.12-3)$$

由于连杆为刚性结构, 所以图 4.12.2(b) 中的 $T_2 = T_1$ 。而 F_2 则为

$$F_2 = m\omega^2 R_2 \quad (4.12-4)$$

按照力的平行四边形法则可求得 T_3 为

$$T_3 = T_1 \cos\alpha \cdot \sqrt{1 - \frac{F_2^2}{T_1^2 \cos^2 \alpha}} \quad (4.12-5)$$

在图 4.12.2(c) 中, T_4 和 T_3 在数值上大小相等, 方向相反。设套筒质量为 m_1 , 则套

筒本身的重量为

$$P_2 = m_1 g \quad (4.12-6)$$

拉杆对套筒的拉力 T_4 (共两个) 合成后为 F_3 , 显然 F_3 大小为

$$F_3 = T_4 \sqrt{2[1 - \cos(\theta - \alpha)]} \quad (4.12-7)$$

套筒在弹簧弹力 F_4 、套筒重力 P_2 及 F_3 共同作用下, 达到动态平衡。因此有

$$F_4 + P_2 = F_3 \quad (4.12-8)$$

式中 F_4 的大小为

$$F_4 = Kx \quad (4.12-9)$$

式中 x —套筒在转轴的轴向上的位移,

K —弹簧的弹性系数。

由式(4.12-8)和式(4.12-9)可得

$$x = \frac{F_3 - m_1 g}{K} \quad (4.12-10)$$

将式(4.12-5)代入上式则有

$$x = \frac{1}{K} \cdot \left(T_1 \cos \alpha \cdot \sqrt{1 - \frac{1 - \frac{F_1^2}{T_1^2}}{\cos^2 \alpha}} - m_1 g \right) \quad (4.12-11)$$

再将式(4.12-3)和式(4.12-4)代入上式中, 得到

$$x = \frac{1}{K} \left\{ mg \cos \theta \left(1 + \sqrt{1 - \frac{g^2 - \omega^4 R_1^2}{g^2 \cos^2 \theta}} \right) \cdot \sqrt{\cos^2 \alpha - \left[1 - \frac{\omega^4 R_2^2}{g^2 \cos^2 \theta \left(1 - \frac{g^2 - \omega^4 R_1^2}{g^2 \cos^2 \theta} \right)^2} \right]} - m_1 g \right\} \quad (4.12-12)$$

式(4.12-12)表明, 当被测物以角速度 ω 旋转时, 套筒在重锤离心力的作用下, 沿转轴的轴向位移一个 x 。标定出不同转速下的 x 数值大小后, 就可知被测物的转速。这就是离心式转速表的工作原理。

结 构 见图 4.12.1。

主要性能 最高转速达 20000 转/分, 精度 1~2%。

离心式转速表具有结构简单、成本低、测速范围宽、输出力大等优点。缺点是, 可从式(4.12-12)知, x 和 ω 并非线性关系, 因此, 刻度不均匀。并且由于重锤质量大, 惯性大, 因而动特性不太好, 不能测量变化较快的转速。

由于它的输出力较大, 可直接推动阀门, 因此可制成不需外加辅助能源的直接作用式的调节器。如瓦特节连器。它常用在蒸汽机、汽轮机和水力发电机等设备中。