

# 软支承动平衡机的试验转速

杨 双 朝

(机械系)

## 提 要

本文根据振动基本理论提出, 动平衡机以远高于转子及其系统的固有频率的转速转动时, 试验转速可根据实际工作转速选取, 并不影响测得的结果。

**关键词:** 动平衡机 试验转速

文献[4]提出动平衡机的试验转速应“不低于实际工作转速的十分之一”, 而且, 经实际使用证明, 用这样的试验转速平衡了的刚性转子符合原设计要求。笔者认为, 动平衡机试验转速的选取, 当然要经得起实践的检验, 但是, 尤其应当有理论根据。

现代的软支承动平衡机(不妨以上海试验机厂生产的DS-100型试验机为例)可以简化为如下的力学模型, 如图1所示。刚性转子1由四根弹簧支撑, 设转子上有一偏心质量 $m$ ,

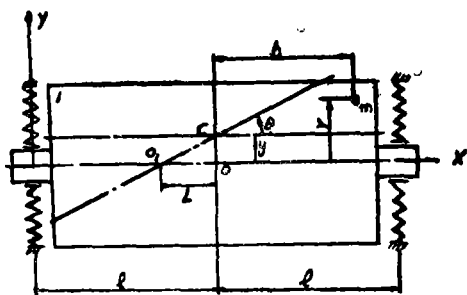


图 1

其回转面距质心 $c$ 的距离为 $h$ , 回转半径为 $r$ 。当转子以角速度 $\omega$ 转动时, 将产生离心惯性力 $mr\omega^2$ ; 这个力在水平面内的分力为 $mr\omega^2\cos\omega t$ , 将使转子及其系统在水平面内产生强迫振动。把坐标系 $XOY$ 选在水平面内, 质心 $c$ 平沿 $Y$ 轴动的坐标为 $y$ , 系统绕质心 $c$ 在坐标平面内绕 $Z$ 轴转动的坐标为 $\theta$ 角。转子及其系统可视为两个自

由度的振动系统。若转子质量为 $M$ , 四根弹簧的总刚度为 $K$ , 转子绕 $Z$ 轴(垂直向上)的转动惯量为 $J_z$ , 并假设系统作微幅振动。那么, 根据达伦伯原理, 可写出转子振动的微分方程式

$$\left. \begin{aligned} My + Ky &= mr\omega^2\cos\omega t \\ J_z\ddot{\theta} + Kl^2\theta &= mhr\omega^2\cos\omega t \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

方程组(1)为两个自由度的强迫振动微分方程式, 式中 $t$ 代表时间, 其它代表符号如图1所示。方程组(1)的解为

$$\left. \begin{aligned} y &= \frac{mr\omega^2}{k - M\omega^2} \cos\omega t \\ \theta &= \frac{hmr\omega^2}{kl^2 - J_z\omega^2} \cos\omega t \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

可见, 转子的振幅 $y$ 与转角 $\theta$ , 均为时间 $t$ 的周期性余弦函数。当转子的角速度 $\omega$ 一定时, 可将平动与转动合成, 合成结果相当于转子绕 $O_1$ 点的转动,  $O_1$ 点称振动中心, 位于回转轴线上, 并在质心的一侧 $L$ 处。在微幅振动情况下,  $L$ 的值由下式确定

$$L = \frac{y}{\theta} = \frac{kl^2 - J_z \omega^2}{h(k - M\omega^2)}, \quad (3)$$

若令  $kl^2/J_z = \omega_0^2$ ,  $K/M = \omega_y^2$ ,

则

$$L = \frac{J_z(\omega_0^2 - \omega^2)}{Mh(\omega_y^2 - \omega^2)} \quad (4)$$

式中,  $\omega_y$  与  $\omega_0$  分别为转子随质心移动的固有频率与转子绕质心转动的固有频率。对于某一确定转子, 式中  $J_z$ 、 $M$ 、 $h$ 、 $\omega_0$ 、 $\omega_y$  均为定值, 故振动中心位置  $L$  仅与转子角速度  $\omega$  有关。根据公式 (4), 可绘出  $L-\omega$  关系曲线, 如图2所示,

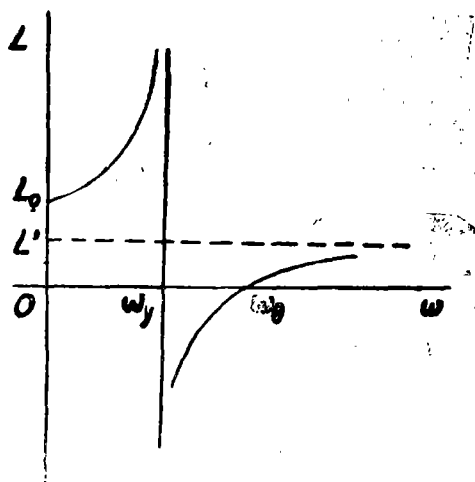


图 2

分析  $L-\omega$  关系曲线, 可得如下结论:

(1), 当  $\omega = 0$  时,  $L = J_z \omega_0^2 / Mh \omega_y$  为一常数, 令其为  $L_0$ 。

(2), 当  $\omega$  从零逐渐增大到  $\omega_y$  时,  $L$  从  $L_0$  开始逐渐增大; 当  $\omega = \omega_y$  时,  $L$  趋于无穷大, 因为转子绕无穷远处的某点转动, 可以看作平动; 这时系统处于共振状态。

(3)。当  $\omega$  从  $\omega_y$  逐渐增大到  $\omega_0$  时,  $L$  由负无穷大逐渐变到零, 转子由平动变为绕质心  $C$  的转动。

(4), 如果转子角速度  $\omega$  远远超过  $\omega_0$ , 则  $L$  趋于某固定值  $L = J_z / Mh$ , 令其为  $L'$ 。这最后一种情况, 对于动平衡试验机试验转速的选择有很大意义。

大家知道, 当振动中心  $O_1$  的位置确定之后, 对于一定的转子, 左右支承的振幅  $Y_L$ 、 $Y_R$  与不平衡量  $m_r$  成正比。软支承动平衡机正是通过测量支承振幅来测量不平衡量  $m_r$  的大小的。当转子角速度  $\omega$  远大于固有频率  $\omega_y$  与  $\omega_0$  时, 由于  $L$  趋于某固定值  $L'$ , 所以左右支承的振幅  $Y_L$ 、 $Y_R$  也为定值。当然, 若转子角速度  $\omega$  在从零到  $\omega_0$  的范围内变化时, 将会引起  $L$  值 (振动中心位置) 的显著变化, 测量数据也会在很大范围内变化。一般说, 转子及其系统的固有频率只有 1.5~5 赫芝, 而试验转速远高于该值。例如, DS-100 的试验转速为 1700rpm 和 2700rpm, 即约 28 赫芝和 45 赫芝, 差不多为转子及其系统固有频率的十倍以上。动平衡机以如此高的转速转动时, 振动中心位置  $L$  为一定值。由此可见, 动平衡机的试验转速在一定范围内变化, 而  $L$ 、 $Y_R$  和  $Y_L$  值可以认为不变化。因此可得结论如下, 动平衡机以远高于转子及其系统的固有频率的转速转动时, 试验转速可任意选取, 当然也可根据转子的实际工作转速选取, 并且不会影响测得的结果。

但是, 试验转速是否一定要高于工作转速的十分之一, 则不一定。根据前述道理, 试验转速选择的根据是, 远高于转子及系统的固有频率。假定, 所选择的试验转速, 接近或等于转子

及其系统的固有频率,即使这样的试验转速高于十分之一的转子工作转速,显然也是不妥当的。

### 参 考 资 料

- 〔1〕 天津大学主编 机械原理 人民教育出版社 1979年5月
- 〔2〕 郑兆昌主编 机械振动 机械工业出版社 1980年8月
- 〔3〕 〔西德〕 哈托·施奈德著 廖日岳译 平衡技术理论与实践 机械工业出版社 1981年
- 〔4〕 张永才 兰天存 动平衡技术及其设备 机械设计 1981年 第2期

## THE TEST SPEED OF FLEXIBLE—SUPPORT DYNAMIC BALANCING MACHINE

Yang Shuang—chao

(Mechanical denartment)

**ABSTRACT** In the light of the basic vibration theroy, this article puts forward that, when dynamic balancing machine works at a speed far higher than the natural frequency of the rotor and the system, we can choose the test speed according to the practical working speed without affecting the result obtained.

**Key words:** dynamic balancing machine, test speed.