

双盘式校验转子的设计

宣化试验机厂 赵玺亮

TH877

摘 要

本文叙述了双盘式刚性校验转子的结构和计算, 重点介绍了500kg双盘式刚性校验转子的计算方法和结构尺寸, 从而为YFW-4000型风机平衡机的安装调试及产品鉴定提供了保证。

一、问题的提出

我厂新开发的YFW-4000型风机平衡机的有关参数为: 工件质量范围400~4000kg; 工件支承间距范围1350~3200mm; 平衡转速180~500rpm。为此选择500kg校验转子, 但500kg标准转子两支承距离为760mm显然不适合该产品的要求。如果按GB4201-84《通用卧式平衡机校验法》中所规定的标准转子系列再派生出第8号即1600kg标准转子, 既使不考虑其它因素, 其结构尺寸也无法满足上述要求, 所以我们专门设计了双盘式校验转子。

二、理论依据和分析

结构形式如图1所示, 设轴为刚性轴, 质量不计, 两盘均质, 尺寸D、a完全一致且对称分布在横向X轴两侧, X₁、X₂分别居左、右两盘之中且与X轴平行, 距X轴的距离为h, 设ρ为转子对X轴上回转质心的回转半径, I、I'两平面为校正面, 距X轴为H。

由《动平衡原理与动平衡机》中“校验转子(S·A)”一节可知, 当选两校正面距

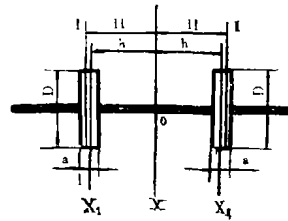


图1

整个转子质心的距离等于回转半径时, 即 $H = \rho$, 不平衡量 U_1 和 U_2 分别对校正面 I、I' 没有影响, 这相当于所谓的校正面的机械干扰比为零。

1. 动力学理论推导

设两盘的质量 $= \frac{M}{2}$ (M为整个转子质量), 则左盘对 X₁、X₂ 轴的转动惯量:

$$J_{X1} = \frac{M}{2} \cdot \frac{1}{12} (3r^2 + a^2) = \frac{M}{24} \left(\frac{3D^2}{4} + a^2 \right)$$

$$J_{X2} = \frac{M}{24} \left(\frac{3D^2}{4} + a^2 \right)$$

由平行轴公式可知在 X 轴上有:

$$J_X = J_{X1} + \frac{M}{2} h^2 + J_{X2} + \frac{M}{2} h^2 = 2 \left[\frac{M}{24} \left(\frac{3D^2}{4} + a^2 \right) + \frac{M}{2} h^2 \right]$$

$$= M \left(\frac{D^2}{16} + \frac{a^2}{12} + h^2 \right)$$

令 $J_x = M\rho^2$, 则

$$\rho^2 = \frac{1}{16} D^2 + \frac{1}{12} a^2 + h^2 \quad (1)$$

由于刚性轴质量不计, 则有:

$$\frac{M}{2} = \frac{\pi}{4} D^2 a \gamma \quad (\gamma \text{ 为材质密度})$$

$$\text{即 } M = \frac{1}{2} \pi \gamma D^2 a \quad (2)$$

所以, 当转子同时满足 (1), (2) 式条件时, 即:

$$\begin{cases} \rho^2 = \frac{1}{16} D^2 + \frac{1}{12} a^2 + h^2 \\ M = \frac{1}{2} \pi \gamma D^2 a \end{cases}$$

就是 $H = \rho$ 的条件, 即校正面的机械干扰比为零。

2. 以标准转子验证

标准转子可视为两盘合一的特殊型式, 以 7 号标准转子来验证: 即取 $D = 380 \text{ mm}$, $a = 285 \text{ mm}$,

$$h = \frac{a}{2} = 142.5 \text{ mm}, \gamma = 7.85 \text{ g/cm}^3.$$

由 (2) 式知:

$$M = \frac{\pi}{2} \times 7.85 \times 38^2 \times 28.5 = 504 \text{ kg}$$

由 (1) 式知:

$$H = \rho = \sqrt{\frac{1}{16} \times 380^2 + \frac{1}{12} \times 285^2 + \left(\frac{285}{2}\right)^2} \approx 190 \text{ (mm)}$$

两校正面间距离为:

$$2H = 380 \text{ mm}$$

由此可见, 与标准转子所给尺寸一致。

三、根据实际结构确定校验转子的参数

1. 确定转子的结构尺寸

如图 2 所示, 将刚性轴质量计算在内, 图中表明尺寸为已拟定的, 由此来确定两盘的安装尺寸 h 和校正面尺寸 H 。由图 2 可近似认为两 $\phi 450 \times 180$ 圆盘对称套装在 $\phi 125$

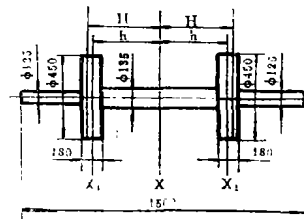


图 2

$\times 1500$ 的光轴上。轴的材料为 45* 钢, 其密度为 7.85 g/cm^3 ; 圆盘材料为 HT150, 其密度为 7.0 g/cm^3 。设轴的质量为 m_1 , 圆盘质量为 m_2 , 则:

$$m_1 = \frac{\pi}{4} \times 7.85 \times 1.25^2 \times 15 = 144.5 \text{ (kg)}$$

$$m_2 = \frac{\pi}{4} \times 7.0 \times (4.5^2 - 1.25^2) \times 1.8 = 184.8 \text{ (kg)}$$

$$\text{则: } J_x = \frac{144.5}{12} \left(\frac{3 \times 125^2}{4} + 1500^2 \right)$$

$$+ \frac{184.8}{2} \left(225^2 + 62.5^2 + \frac{180^2}{3} \right) + 2$$

$$\times 184.8 h^2 = 369.6 h^2 + 33252623.1$$

$$\begin{aligned} \text{因为, } J_x &= (m_1 + 2 m_2) \rho^2 \\ &= (144.5 + 2 \times 184.8) \rho^2 \\ &= 514.1 \rho^2 \end{aligned}$$

$$\text{所以, } 514.1 \rho^2 = 369.6 h^2 + 33252623.1$$

当取 $\rho = H = 360$ 时, 由上式可求得

$$h = 300.5 \text{ 取 } h \approx 300.$$

两支承间距离 $A \geq 4H = 1440$

2. 校验转子的一阶临界转速的计算

由图3知:

$$a_1 = b_2 = 420 \text{ mm},$$

$$b_1 = a_2 = 1020 \text{ mm},$$

$$l = 1500 \text{ mm}.$$

$$\text{轴的当量直径: } d_D = \xi \frac{\sum d_i \Delta I_i}{\sum \Delta I_i}$$

取 $\xi = 1.0$, 则

$$d_D = \frac{125 \times 540 \times 2 + 135 \times 420}{1500}$$

$$= 127.8 \text{ mm}$$

一阶临界转速 n_{c1} :

$$n_{c1} = \frac{2.99 \times 10^5 d_D^2}{\sqrt{m_1 l^3 + \frac{32.47}{l} \sum a_i^2 b_i^2 m_i}}$$

$$\approx 3492 \text{ (rpm)}$$

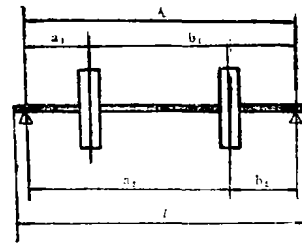


图3

由于YFW-4000型风机平衡机的平衡转速范围是180~500rpm, 所以该校验转子的最高限速为500rpm是完全可靠的。

四、结束语

综上所述, 双盘式校验转子的主要结构尺寸都已确定, 诸如校正面上试重块的安装孔以及轴端结构等参照标准转子设计, 在本文中就不加研究了。顺便指出的是, 该500kg校验转子是根据我厂的加工设备、工艺方法等具体条件综合考虑后设计的。还应注意转子在加工制造时, 其质量误差应控制在 $\pm 3\%$ 以内。该转子的设计和制造, 为YFW-4000型风机平衡机的出厂检验提供了保证, 为用户的调试提供了方便。

参 考 文 献

- 1 叶能安, 余汝生主编. 动平衡原理与动平衡机. 华中工学院出版社.
- 2 机械设计手册. 上册, 中册. 化学工业出版社.