

发动机凸轮相位角的精密测量

陕西省柴油机厂 (西安 710054) 刘兴富

1. 概述

凸轮的相位角是指凸轮轴上第1(基准)凸轮与定位销(或键槽)间的夹角以及各凸轮“桃尖”间和夹角(图1)。相位角的测量,是通过准确确定定位销(或键槽)中心的位置和各凸轮“桃尖”的位置(通过确定凸轮测量起点转角获得准确的“桃尖”位置)求得凸轮的相位角的。凸轮测量起点转角的测量与求解方法——“敏感点法”,已有比较详细的论述,这里不再赘述。本文仅对定位销的中心位置(角度)的测量过程和求解方法进行比较系统的论述。

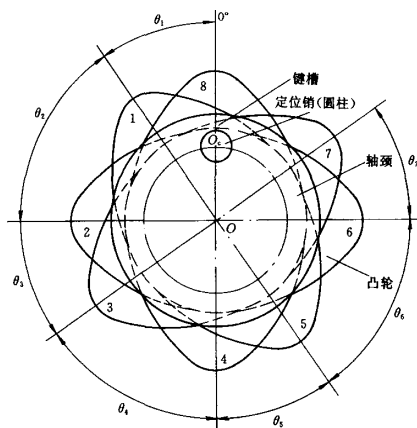


图 1

2. 测量方案的构思与设计

对于键槽中心位置(角度)的测量,测量数据稳定,重复好;而对于定位销的中心位置(角度)的测量,测量数据不稳定,重复性也不好。其原因是:测头(球)与定位销(圆柱)是点与线的接触,接触点的位置不易找准,通过多种方法测试,仍不能取得满意的效果,一度成为凸轮相位角测量中的棘手课题。

(1) 测量方案的构思 定位销不在凸轮轴的旋转中心,当凸轮轴转动时,定位销的运动轨迹是凸轮基圆的同心圆,这时,随着测头与定位销接触点位置的不

变,测头将产生位移(升降),因此定位销可以看成是凸轮轴上的一个凸轮。既然定位销是凸轮轴上的一个凸轮,那么,这个凸轮的“桃尖”——测量起点转角,就是定位销的中心角。则可以按“敏感点法”非常容易地求解出定位销的中心角了。这个凸轮相位角的测量难题不就迎刃而解了吗?

(2) 测量方法的设计 如图2,设测头(球)的半径 R_c , 定位销(圆柱)的半径为 R_x , 定位销中心运动轨迹圆的半径为 R_z , 凸轮轴的转角为 α , 测头(球)中心到凸轴旋转中心的距离 L ($O_c O$), 则可由 $\triangle O_c O O_x$ 依据余弦定理求出。

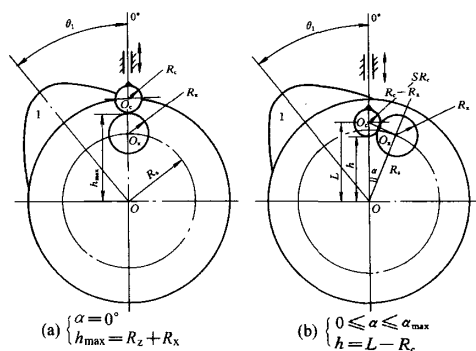
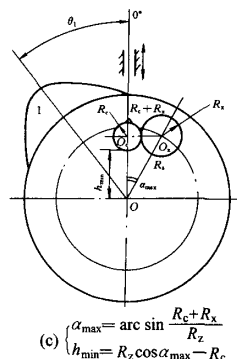


图 2

$$L = R_z \cos \alpha +$$

$$\sqrt{R_z^2 \cos^2 \alpha - (R_z + R_x + R_c)(R_z - R_x - R_c)}$$

$$\text{式中 } 0 \leq \alpha \leq \arcsin \frac{R_x + R_c}{R_z}$$

测球的升程、升程变化率为：

$$h = L - R_c$$

$$h' = \frac{\partial h}{\partial \alpha} = \frac{\partial L}{\partial \alpha} = -R_z \sin \alpha$$

$$\left[1 + \frac{R_z}{\sqrt{R_z^2 \cos^2 \alpha - (R_z + R_x + R_c)(R_z - R_x - R_c)}} \right]$$

因为定位销（凸轮）是对称形，升程变化率曲线是正弦函数曲线，可知其左、右侧“敏感点” m 、 n 位于凸轮正、负绝对值最大的转角处。

这时，左、右侧“敏感点” m 、 n 的各参数（ α_m 、 h_m 、 h'_m 和 α_n 、 h_n 、 h'_n ）均可按上述方法求出。当测出凸轮左、右侧“敏感点” m 、 n 的理论正确升程 h_m 、 h_n 对应点转角 φ_m 、 φ_n 之后，定位销的中心角度，即可按下式求出：

$$\varphi_0 = \frac{\varphi_m + \varphi_n}{2} - 180^\circ$$

3. 定位销的中心转角正确性的鉴别

用如下方法来鉴别（验证、校对）求解测量定位销的中心转角的正确性（是否有差错）：当以求出的定位销的中心转角 φ_0 为起点，如果定位销（凸轮）左、右侧“敏感点” m 、 n 的升程相等（ $h_m = h_n$ ），则所求定位销的中心转角正确无误；如果凸轮左、右侧“敏感点” m 、 n 的升程不等，则求解测量定位销的中心转角的操作、计算过程中出现错误，应重新求解。

4. 测量实例

已知：某汽车发动机凸轮轴的轴颈 $\phi = 32\text{mm}$ ，测头（球）的半径 $R_c = 2\text{mm}$ ，定位销（圆柱）的半径 $R_x = 2.5\text{mm}$ ，定位销中心运动轨迹圆的半径 $R_z = 11.5\text{mm}$ ，试确定定位销的中心角度？

求解：测量计算过程如图3所示。

（1）求最大转角（左、右侧“敏感点”的转角 α_m 、 α_n ），即

$$\alpha_{\max} = \arcsin \frac{R_x + R_c}{R_z} = 23^\circ 02' 06'' (\pm 23^\circ 02' 06'')$$

$$\alpha_m = 23^\circ 02' 06'' \quad \alpha_n = 336^\circ 57' 54'' (-23^\circ 02' 06'')$$

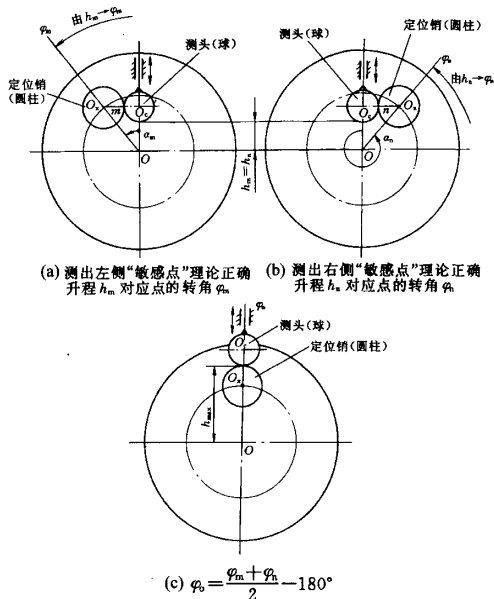


图 3

（2）求左、右侧“敏感点”的升程 h_m 、 h_n （因为是对称凸轮，左、右侧“敏感点”的升程相等，转角、升程变化率符号相反，绝对值相等），先求出 L ，再求 h 。

$$h_m = h_n = 8.617\text{mm}$$

（3）测出左、右侧“敏感点”理论正确升程对应点的转角 φ_m 、 φ_n 。

$$\varphi_m = 23^\circ 03' 16'' \quad \varphi_n = 337^\circ 04' 12''$$

（4）求解定位销的中心转角（角度）。

$$\varphi_0 = \frac{\varphi_m + \varphi_n}{2} - 180^\circ = 0^\circ 03' 58''$$

5. 几点说明

（1）为防止测头（球）与定位销（圆柱）接触不上，测量时应取比“敏感点”理论转角小一点的转角，替代所求出的“敏感点”，以保证测头（球）与定位（圆柱）接触。

（2）为了提高测量准确度，可以在“敏感点”附近（敏感区域内）多取几点对（1~2对），来求解定位销的中心转角。

（3）为了方便测量，测量前应将 φ_0 的转角值（度、分、秒）“置零”。

（收稿日期：20040810）