

# 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。

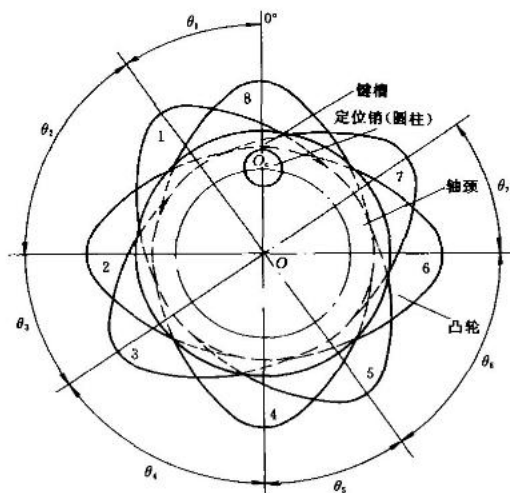


图 1

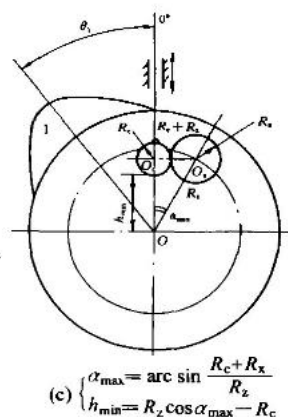
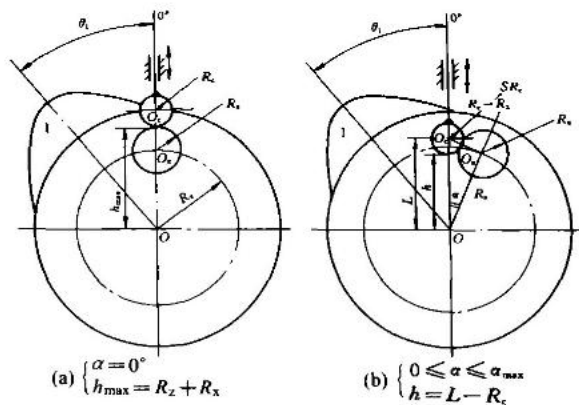
## 2. 测量方案的构思与设计

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改

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  $\alpha$ , 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。



$$(c) \begin{cases} \alpha_{\max} = \arcsin \frac{R_c + R_x}{R_z} \\ h_{\min} = R_z \cos \alpha_{\max} - R_c \end{cases}$$

图 2

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

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

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:

$$h = L - R_c$$

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

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

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( $\alpha_m$ 、 $h_m$ 、 $h'_m$ 和 $\alpha_n$ 、 $h_n$ 、 $h'_n$ )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 $\varphi_m$ 、 $\varphi_n$ 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 $\varphi_0$ 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 $\alpha_m$ 、 $\alpha_n$ ),即

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

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

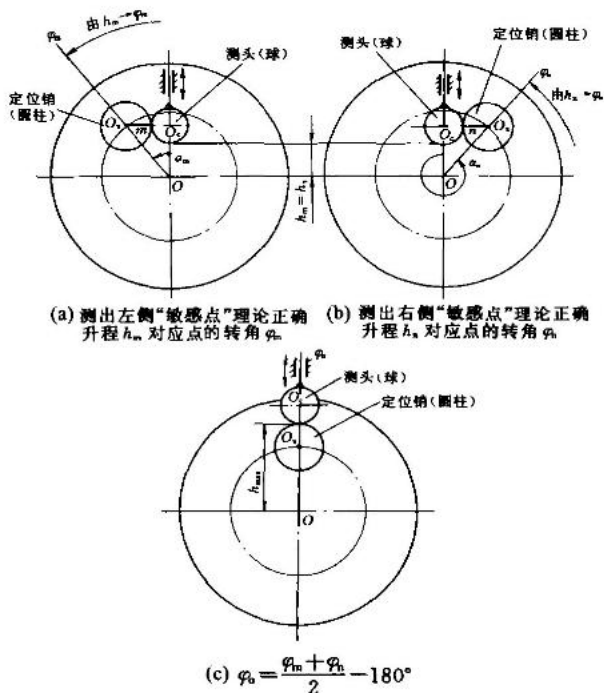


图 3

(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 $\varphi_m$ 、 $\varphi_n$ 。

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

(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)与定位销(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,测量前应先将 $\varphi_0$ 的转角值(度、分、秒)“置零”。

(收稿日期:20040810)