

文章编号: 1005-8893 (2002) 02-0001-03

# 用高副低代法快速求解偏心轮凸轮机构最大压力角<sup>\*</sup>

胡爱萍, 沈惠平

(江苏石油化工学院 机械工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 求解凸轮机构最大压力角, 在凸轮机构的分析与设计中具有重要而实用的意义。由于凸轮机构压力角是凸轮机构位置的函数, 传统的求法较为复杂, 而利用高副低代法, 可快速求解一类凸轮机构——偏心轮凸轮机构最大压力角。该方法具有较好的工程实用价值和教学应用意义。

关键词: 凸轮机构; 压力角; 高副低代

中图分类号: TH 132.47 文献标识码: A

偏心轮凸轮机构是指用几何形心与回转中心不重合的圆盘作凸轮的机构。凸轮机构的压力角是指从动件受力点处所受正压力的方向与从动件运动方向之间所夹的锐角, 它反映了力的有效利用程度。压力角  $\alpha$  愈大, 凸轮推动从动件所需的驱动力也就愈大, 凸轮机构的效率就越低。为了改善凸轮机构的受力情况, 提高凸轮机构的效率, 要求最大压力角  $\alpha_{\max}$  不超过许用压力角  $[\alpha]$ 。由于压力角  $\alpha$  与凸轮机构的几何参数有关, 且是凸轮机构位置的函数, 所以, 对一般廓线的盘形凸轮机构, 其  $\alpha_{\max}$  的传统求法是<sup>[1~3]</sup>: 预选凸轮机构的几何参数, 如基圆半径、直动从动件导路与凸轮回转中心之间偏离的距离 (即偏距)、摆动从动件摆动中心与凸轮回转中心之间的距离、摆动从动件长度等, 利用压力角解析计算的一般公式, 根据从动件运动规律, 把盘形凸轮整周若干等分, 采用计算机辅助的方法, 依次求出凸轮廓线上各等分点处的压力角  $\alpha$ , 最后从中比较出在某个位置具有  $\alpha_{\max}$ 。可见等分数要足够多, 否则求不出实际的  $\alpha_{\max}$ 。而且, 如果求出的  $\alpha_{\max} > [\alpha]$ , 应重新调整凸轮机构的几何参数, 再计算  $\alpha_{\max}$ , 直至  $\alpha_{\max} \leq [\alpha]$  为止。由于重新调整凸轮机构的几何参数也只能用试凑法, 故求解过程较为复杂。

在实际应用中, 偏心圆盘往往用来作凸轮。本

文提出的偏心轮凸轮机构  $\alpha_{\max}$  求解的高副低代法, 可快速求解出最大压力角  $\alpha_{\max}$  及其位置, 而且, 如求出的  $\alpha_{\max} > [\alpha]$ , 则可直接根据许用压力角  $[\alpha]$  的大小, 非常方便地调整凸轮机构的几何参数。现介绍该方法求解的一般步骤。

## 1 最大压力角快速求解的高副低代法

### 1.1 直动从动件

图 1 (a) 为用偏心轮作凸轮的滚子直动从动件盘形凸轮机构。运用高副低代法将该凸轮机构高副低代, 其低代机构为曲柄作主动件的偏置曲柄滑块机构  $OAB$ , 如图 1 (b) 所示。而曲柄作主动件的偏置曲柄滑块机构  $\alpha_{\max}$  的大小及其位置求解非常简便, 即  $\alpha_{\max}$  的出现位置为  $OA'B'$  位置, 大小为  $\alpha_{\max} = \sin^{-1} \frac{e + OA'}{AB}$ , 根据偏置曲柄滑块机构  $\alpha_{\max}$  的出现位置, 对照图 1 中 (a)、(b) 两图的几何关系, 可知图 1 (a) 所示凸轮机构最大压力角  $\alpha_{\max}$  的出现位置为凸轮轮廓上点  $B'$  处, 具体作法是: 利用相对运动原理, 假定整个机构以  $(-\omega)$  反转, 则凸轮固定不动, 从动件和机架沿  $(-\omega)$  绕凸轮回转中心  $O$  转动, 且从动件导路位置线始终

\* 收稿日期: 2002-04-12

作者简介: 胡爱萍 (1957-), 女, 浙江长兴人, 副教授, 主要从事机构学及机械设计方面的教学与研究。

与偏距圆相切<sup>4)</sup>，当从动件由BD位置转到B'D'位置时，A、O、C'3点共线，相当于其低代机构图1(b)中 $\alpha_{max}$ 的出现位置OA'B'位置(A'、O、C'3点共线)，由此可在凸轮轮廓上找到最大压力角的位置点B'。利用该B'点处的几何关系计算出： $\alpha_{max} = \sin^{-1} \frac{e+OA}{R+r_T}$ 。也可以先按比画出凸轮机构的运动简图，然后直接在运动简图上量取凸轮轮廓上B'点处的压力角 $\alpha$ 的值，即为 $\alpha_{max}$ 的值。如果求出的 $\alpha_{max} > [\alpha]$ ，可直接根据许用压力角 $[\alpha]$ 的大小，按式 $\alpha_{max} = \sin^{-1} \frac{e+OA}{R+r_T} = [\alpha]$ 非常方便地调整凸轮机构的几何参数。

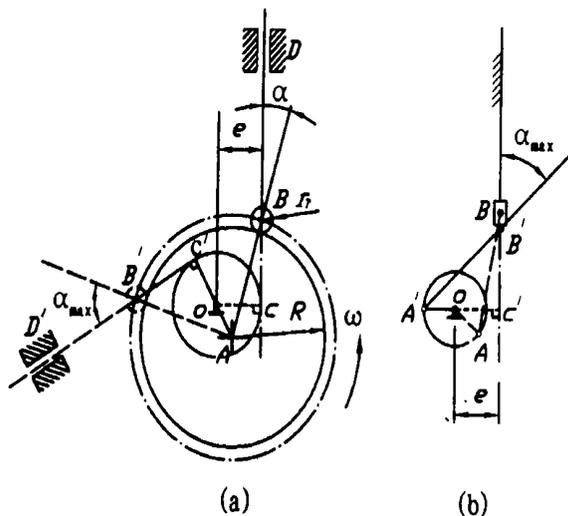


图1 直动从动件 $\alpha_{max}$ 的求解

### 1.2 摆动从动件

图2(a)为用偏心轮作凸轮的滚子摆动从动件盘形凸轮机构，可运用高副低代法，将该凸轮机构高副低代，其低代机构为曲柄作主动件的曲柄摇杆机构BCAO，如图2(b)所示。而图2(b)所示曲柄摇杆机构的最大压力角 $\alpha_{max}$ 的求解非常简便，若曲柄长度的平方与机架长度的平方之和小于连杆长度的平方与摇杆长度的平方之和，最大压力角出现在曲柄与机架重叠共线OA'C'B位置，相应的压力角用 $\alpha'_{max}$ 表示；若曲柄长度的平方与机架长度的平方之和大于连杆长度的平方与摇杆长度的平方之和，最大压力角出现在曲柄与机架拉直共线OA''C''B位置，相应的压力角用 $\alpha''_{max}$ 表示；若曲柄长度的平方与机架长度的平方之和等于连杆长度的平方与摇杆长度的平方之和，曲柄与机架重叠共线OA'C'B和拉直共线OA''C''B两位置的

相等，即该两位置均为最大压力角的出现位置。由图2(b)可知，

$$\alpha'_{max} = 90^\circ - \angle A'C'B,$$

$$\angle A'C'B = \cos^{-1} \frac{\overline{BC'}^2 + \overline{A'C'}^2 - (\overline{OB} - \overline{OA'})^2}{2 \overline{BC'} \cdot \overline{A'C'}},$$

$$\alpha''_{max} = \angle A''C''B - 90^\circ,$$

$$\angle A''C''B = \cos^{-1} \frac{\overline{BC''}^2 + \overline{A''C''}^2 - (\overline{OB} + \overline{OA''})^2}{2 \overline{BC''} \cdot \overline{A''C''}}.$$

对照图2中(a)、(b)两图的几何关系，可知图2(a)所示凸轮机构最大压力角 $\alpha_{max}$ 的出现位置为：利用相对运动原理，假定整个机构以 $(-\omega)$ 反转，则凸轮固定不动，从动件和机架沿 $(-\omega)$ 绕凸轮回转中心O转动，当机架OB转至OB'和OB''位置(B、O、A3点在一直线上)时，相当于其低代机构图2(b)中曲柄OA与机架OB重叠共线和拉直共线时的位置。

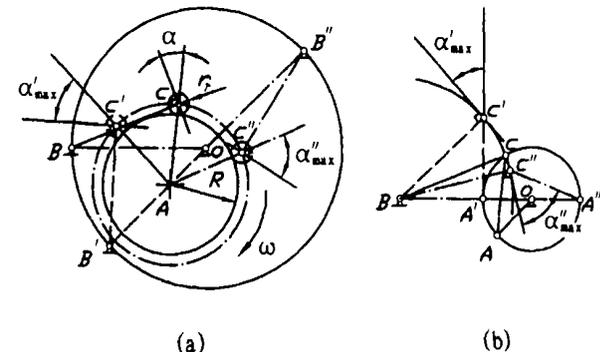


图2 摆动从动件 $\alpha_{max}$ 的求解

因此，该凸轮机构的最大压力角出现在凸轮轮廓上点C'和C''处之一，所以，可利用凸轮轮廓上C'点和C''点处的几何关系计算出 $\alpha'_{max}$ 和 $\alpha''_{max}$ ，

$$\alpha'_{max} = 90^\circ - \angle AC'B',$$

$$\angle AC'B' = \cos^{-1} \frac{\overline{B'C'}^2 + (R+r_T)^2 - (\overline{OB'} - \overline{OA})^2}{2 \overline{B'C'} \cdot (R+r_T)},$$

$$\alpha''_{max} = \angle AC''B'' - 90^\circ,$$

$$\angle AC''B'' = \cos^{-1} \frac{\overline{B''C''}^2 + (R+r_T)^2 - (\overline{OB''} + \overline{OA})^2}{2 \overline{B''C''} \cdot (R+r_T)}.$$

也可以先按比画出凸轮机构的运动简图，根据凸轮转动中心O、偏心圆盘圆心A、摆杆摆动中心B3点在一直线上的几何关系，在凸轮轮廓上找到点C'和C''，直接量取点C'和C''处的最大压力角值 $\alpha'_{max}$ 和 $\alpha''_{max}$ ， $\alpha'_{max}$ 和 $\alpha''_{max}$ 两者之中较大者便为该凸轮机构的最大压力角值 $\alpha_{max}$ 。如求出的 $\alpha_{max} > [\alpha]$ ，可直接根据许用压力角 $[\alpha]$ 的大小，按与实际

$\alpha_{\max}$  的出现位置相应的几何关系式  $\alpha'_{\max}$  和  $\alpha''_{\max}$ ,

$$\alpha'_{\max} = 90^\circ - \angle AC'B',$$

$$\angle AC'B' =$$

$$\cos^{-1} \frac{\overline{B'C'}^2 + (R+r_T)^2 - (\overline{OB'} - \overline{OA})^2}{2 \overline{B'C'} \cdot (R+r_T)},$$

$$\alpha''_{\max} = \angle AC''B'' - 90^\circ,$$

$$\angle AC''B'' =$$

$$\cos^{-1} \frac{\overline{B''C''}^2 + (R+r_T)^2 - (\overline{OB''} + \overline{OA})^2}{2 \overline{B''C''} \cdot (R+r_T)},$$
 较方便

地调整凸轮机构的几何参数。

## 2 结 论

本文提出的高副低代法求解偏心凸轮机构最大压力角  $\alpha_{\max}$  的出现位置及其大小的方法, 与传统的求解方法相比, 其求解过程简易、明了、快速, 不

仅可以在凸轮机构的运动简图上直接找到位置并量取  $\alpha_{\max}$ , 而且如求出的  $\alpha_{\max} > [\alpha]$ , 可直接根据许用压力角  $[\alpha]$  的大小, 按  $\alpha_{\max}$  的几何关系计算式非常方便地调整凸轮机构的几何参数, 使  $\alpha_{\max} \leq [\alpha]$ 。因此, 本文所提出的这一方法具有较好的工程实用价值及教学应用意义。

### 参考文献:

- [1] 郑文伟, 吴克坚. 机械原理 [M]. 第七版. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [2] 孙桓, 陈作模. 机械原理 [M]. 第六版. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [3] 王知行, 刘廷荣. 机械原理 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [4] 沈惠平. 关于平面凸轮机构特征圆的概念及其运动转角的度量表示方法 [J]. 江苏石油化工学院学报, 1993, 5 (2): 35-40.

## Evaluating Rapidly Maximum Pressure Angle Value of Offset Cam Mechanisms by Using Replacement of High Pair with Low Pair

HU Ai-ping, SHEN Hui-ping

(Department of Mechanical Engineering, Jiangsu Institute of Petrochemical Technology, Changzhou 213016, China)

**Abstract:** Evaluating maximum pressure angle (MPA) value of cam mechanism is significant and has practical applications in analyzing and designing cam mechanism. Because the pressure angle of cam mechanism is the function of the position of cam mechanism, the evaluating process of MPA is usually more complicated. The paper presents a method for evaluating rapidly MPA of one type of cam mechanisms—offset cam mechanisms by using replacement of high pair with low pair. Compared with the traditional method for solving MPA, this method is simple and easy. It not only can determine directly the position and value of MPA on the kinetic mechanism scheme, but also can adjust conveniently the geometric parameters of cam mechanisms according to the analytical formula of MPA. Therefore the method is of better value in engineering and teaching.

**Key words:** cam mechanism; pressure angle; replacement of high pair with low pair