

编制出求理论廓线的子程序^[2](SUB KX)。

由于凸轮实际廓线与理论廓线在法线方向的距离处处相等为 r_g 。

B 点的法线斜率:

$$\operatorname{tg} \theta = -\frac{dx}{dy} = -\frac{\frac{dx}{d\phi}}{\frac{dy}{d\phi}}$$

其中: $\frac{dx}{d\phi}$ 、 $\frac{dy}{d\phi}$ 可由式(4)求出。

故实际廓线 B 点的坐标为:

$$\begin{cases} x' = x \mp r_g \cdot \cos \theta \\ y' = y \mp r_g \cdot \sin \theta \end{cases} \quad (5)$$

这就是凸轮实际廓线方程,式(5)中的“-”为滚子的内包络线;“+”为外包络线。

根据式(5),编制了求实际廓线的子程序^[2](SUB KX)。

1.3 传力性能分析

在直动滚子从动件盘形凸轮机构中,如图 2 所示,滚子位于 B 点时,凸轮与从动件的相对瞬心在 P 点。在 P 点处,凸轮的线速度与从动件移动速度 v 相等。

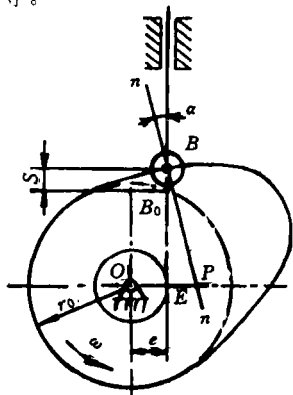


图 2 凸轮机构的压力角

即 $v = \omega \cdot \overline{OP}$

故 $\overline{OP} = \frac{v}{\omega} = \frac{ds}{d\phi}$

在推程中,凸轮机构的压力角 α 为

$$\alpha = \arctan \left| \frac{\overline{OP} - \overline{OE}}{\overline{BE} - \overline{B_0E}} \right| = \arctan \left| \frac{\frac{dx}{d\phi} - e}{s + \sqrt{r_0^2 - e^2}} \right| \quad (6)$$

根据式(6),可编制计算升程中每一点的压力角 α 的子程序(SUB YLJ),并输出最大压力 α_{max} 。

1.4 检查从动件的运动是否失真

从图 3 可看出:对于外凸的凸轮理论廓线 $y = f(x)$ 上任一点曲率半径 ρ 应大于滚子半径 r_g , 否则从动件不能按预期的运动规律运动,即出现

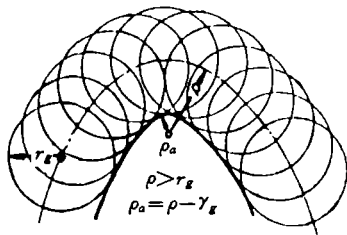


图 3 凸轮的理论(实际)廓线

图 4 的实际廓线。

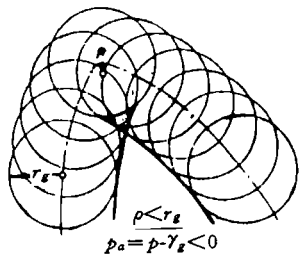


图 4 从动件运动失真现象

理论廓线的任一点处的曲率半径 ρ 为:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\{1 + [f'(x)]^2\}^{\frac{3}{2}}}{f''(x)} \\ &= \frac{[(s + s_0)^2 + (\frac{ds}{d\phi} - e)^2]^{\frac{3}{2}}}{(\frac{ds}{d\phi} - e)(2 \cdot \frac{ds}{d\phi} - e) - (s + s_0)(\frac{d^2s}{d\phi^2} - s - s_0)} \end{aligned} \quad (7)$$

根据(7)编制了求理论廓线上每一点曲率半径 ρ 的子程序^[2](SUB QLBJ)。

求出 ρ 值与滚子半径 r_g 比较:

若 $\rho < 1.2r_g$, 则改变 r_g 值或重新选择从动件的运动规律。再重新设计理论廓线,直至 $\rho > 1.2r_g$ 为止。

1.5 绘制运动线图及轮廓曲线

开辟绘图窗口,设定 x 、 y 方向的分辨率。根据运动分析子程序(SUB YDFX)求出 s 、 v 、 a 值,绘制 s - ϕ 、 v - ϕ 、 a - ϕ 曲线,并显示最大(小)值。

根据凸轮廓线坐标计算子程序(SUB KX)求出的理论廓线坐标 (x, y) ,实际廓线坐标 (x', y') 及基圆半径 r_0 、偏心距 e ,编制了绘制凸轮平面图子程序(SUB HT)。

1.6 凸轮机构的运动模拟显示

在凸轮机构设计完成后,为了能形象直观地看到机构运动情况(即凸轮等角速旋转,从动件按给定的运动规律作相应的直线移动),编制了凸轮机构的运动模拟显示子程序(SUB YDMN)。

2 平面凸轮机构 CAD 系统的原理与实现方法

为便于设计人员使用凸轮机构 CAD 系统,

该系统软件由 True BASIC 语言编写,用模块化结构。把从动件常见运动规律、凸轮压力角计算、不同型式的凸轮廓线坐标计算、图形绘制、机构运动模拟显示等编制成独立的子程序,使软件系统易读、易懂,且通用性强。使用者只需编写给初始变量赋值及调用子程序、主程序即可,编程相当方便简单。

该系统流程图(见图5)。

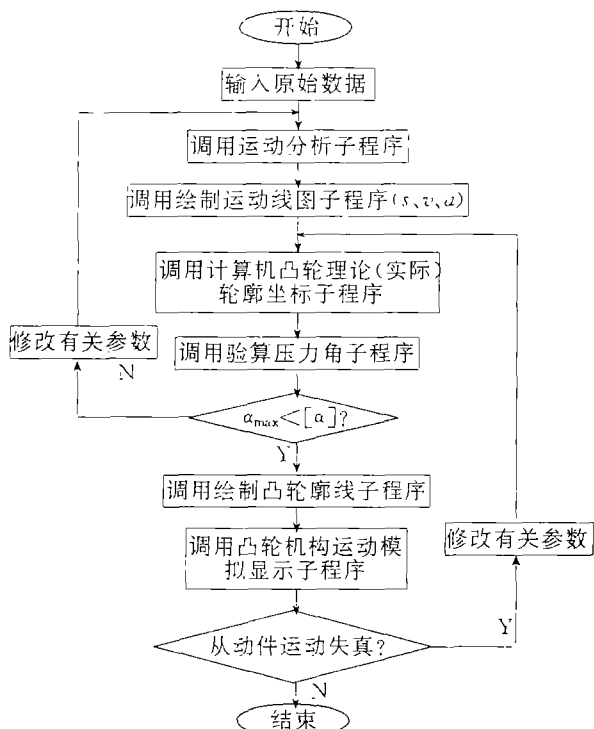


图5 CAD系统流程图

3 应用实例

3.1 题目:活塞式油泵机构的设计和运动分析

图6是该机构的示意图初始数据。

齿轮1(主动轮)的 $n_1 = 300 \text{ r/min}$

齿数 $z_1 = 16, z_2 = 50, m = 2 \text{ mm}$

压力角 $\alpha = 20^\circ, h_a^* = 1, c^* = 0.25$

中心距 $a' = 70 \text{ mm}$

凸轮基圆半径 $r_r = 50 \text{ mm}$

滚子半径 $r_g = 15 \text{ mm}$

偏距 $e = 10 \text{ mm}$

从动件推程 $H = 80 \text{ mm}$, 推、回程均为简谐运动。

推程角 $\phi = 120^\circ$ 远休止角 $\phi_s = 60^\circ$

回程角 $\phi'_r = 120^\circ$ 近休止角 $\phi'_s = 60^\circ$

推程许用压力角 $[\alpha] = 30^\circ$

回程许用压力角 $[\alpha'] = 75^\circ$

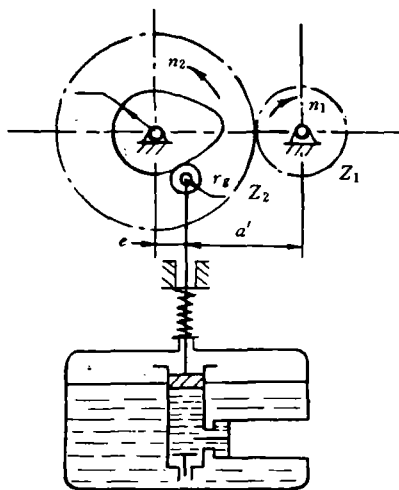


图6 活塞式油泵机构示意图

3.2 分析

3.2.1 求出凸轮转速 $n_2 = n_1 \cdot \frac{z_1}{z_2}$

3.2.2 输入 z_1, z_2, a', m, α 调用变位齿轮设计子程序。

3.2.3 编制凸轮设计主程序

(1)输入已知参数: $r_r, r_g, e, H, \phi, \alpha, \phi_s, \phi'_r, \phi'_s, [\alpha], [\alpha']$, 运动规律代号;

(2)调用从动件作简谐运动的运动分析子程序(SUB YDFX), 绘制 $s-\phi, v-\phi, a-\phi$ 图, 并输出 $V_{\max}, a_{\max}$ 值;

(3)调用凸轮理论(实际)廓线坐标计算子程序(SUB KX);

(4)调用压力角计算子程序(SUB YLJ);

(5)比较 α 和 $[\alpha]$ 的大小, 如 $\alpha_{\max} > [\alpha]$ 则显示 $\alpha > [\alpha]$, 并等待修改原始数据;

(6)调用曲率半径计算子程序(SUB OLB);

(7)比较 ρ 与 r_g 的大小, 如 $\rho_{\min} < 1.2r_g$, 则显示 $\rho < 1.2r_g$, 并等待修改原始数据;

(8)调用绘制轮廓线子程序(SUB HT), 同时绘制理论、实际轮廓及包络线;

(9)调用凸轮机构运动模拟显示子程序(SUB YDMN)。如对该机构设计不满意, 可重新修改参数, 如满意则设计工作结束;

(10)输出设计结果, 结束退出。

主程序及各子程序清单略。

3.3 设计结果分析

3.3.1 从动件的运动 s, v, a 值

Kinematic Analysis For The Disk CAM Profile

f	s	v	a
0.000	0.000	0.000	90.00
30.000	11.716	42.426	63.640
60.000	40.000	60.000	0.000

90.000	68.284	42.426	-63.640
120.000	80.000	0.000	-90.000
150.000	80.000	0.000	0.000
180.000	80.000	0.000	-90.000
210.000	68.284	-42.426	-63.640
240.000	40.000	-60.000	-0.000
270.000	11.716	-42.426	63.640
300.000	0.000	-0.000	90.000
330.000	0.000	0.000	0.000
360.000	0.000	0.000	0.000

3.3.4 凸轮机构运动模拟显示(如图 9 所示)

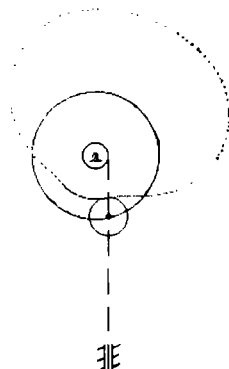


图 9 凸轮机构动画显示图

3.3.2 从动件运动线图(如图 7 所示)

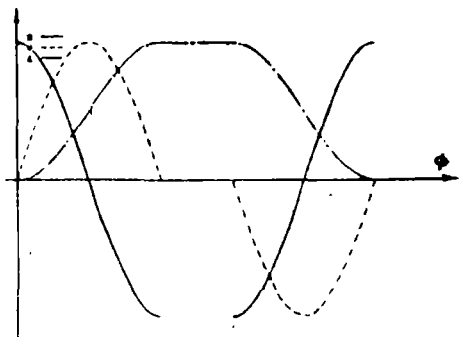


图 7 从动件运动线图

3.3.3 凸轮的理论廓线,实际廓线(见图 8)。

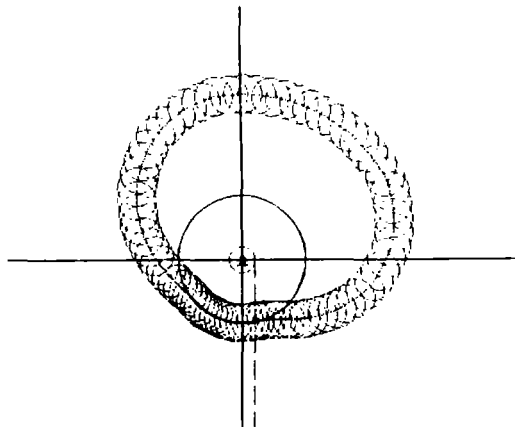


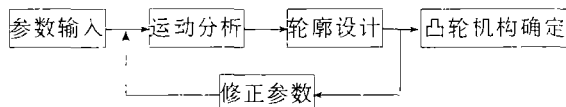
图 8 凸轮的理论(实际)廓线

4 结论

(1)该软件可精确计算任何型式凸轮机构轮廓曲线(或曲线坐标),而且能计算出在一个工作循环中每一个位置上的运动参数及动力参数(s 、 v 、 a 、 ρ 等),而手工计算是相当麻烦的。

(2)该软件能自动绘制反映凸轮机构运动特征的运动线图、反映凸轮外形的轮廓曲线图、反映机构运动情况的凸轮机构运动模拟动画显示图。这些图形易被初学者接受。

(3)该系统采用了从参数输入到凸轮机构确定的闭式系统:



设计人员可一边设计,一边观察检查设计效果,一边修改参数,直至达到最满意的效果,提高了机构设计的质量,并缩短设计时间。

参 考 文 献

- 1 孙恒. 机械原理. 北京:高等教育出版社,1996
- 2 谭浩强. True BASIC 程序设计教程. 北京:人民邮电出版社,1996

CAD of the Cam Profile

Zhou Hai

(Department of Mechanical Engineering of Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224003, PRC)

Abstract The cam profile can be exactly designed, and moving pictures of the cam mechanism can be shown in the screen by this CAD system.

Keywords cam mechanism; profile design; CAD