用线切割机床加工凸轮

许昌继电器厂　杨志武

凸轮设计时往往用柱座标（ρ，θ）给出从动件滚子中心轨迹。一般线切割机床上不配置回转工作台，且间隙补偿量限定在±10mm范围内，而从动件滚子半径是经常远远大于10mm，这就为线切割编程带来一定困难。本文通过一种特例，提出通用的求凸轮轮廓点公式，从而为在常用线切割机床上加工凸轮提供方便条件。

本厂引进德国BIHLER公司RM—40自动弯曲机，该机床需按被加工零件更换一组专用凸轮（6件）。从动件加速度按正弦规律变化，即：

$$a=\frac{d^2h}{dt^2}=C_1\sin\frac{2\pi}{T}t$$

$$v=\int a\,dt=C_2-C_1\frac{T}{2\pi}\cos\frac{2\pi}{T}t$$

$$h=\int v\,dt=C_2t-\frac{T^2}{4\pi^2}C_1\sin\frac{2\pi}{T}t+C_3$$

由初始条件　$t=0$　　$v=0$　　$h=0$　　$C_3=0$

$$C_2=C_1\frac{T}{2\pi}$$

行程终点　　$t=T$　　$h=H$　　　$\frac{C_1T^2}{2\pi}=H$

$$\therefore\ C_1=\frac{2\pi}{T^2}H\qquad C_2=\frac{H}{T}$$

$$h=\frac{H}{T}t-\frac{H}{2\pi}\sin\frac{2\pi}{T}t$$

该机从动件滚子半径为$r=21$mm或$r=23.5$mm使用说明书中给出其中心轨迹升程表，并声称曲线是在数控铣床上加工出来的，按目前情况凸轮毛坯在上数控机床以前需粗铣，而且要改制铣刀。这不但要耗费工时，同时也给工具管理带来麻烦，为此我们定出用线切割加工凸轮的方案。

凸轮轮廓线是从动件滚子中心轨迹的等距曲线（圆族包络线）。为了编程方便，需求出轮廓线上各点的直角座标。为此可写出如下方程：

$$\begin{cases}\rho(t)=R_0+h(t)\\ \theta(t)=\frac{\theta}{T}t\end{cases}$$

$$\begin{cases} x(t) = \rho(t)\cos\theta, \\ y(t) = \rho(t)\sin\theta, \end{cases}$$

根据等距线方程式，当曲线C的方程式为：

$X = x(t) \qquad Y = y(t)$ 时，对等距线C_1有：

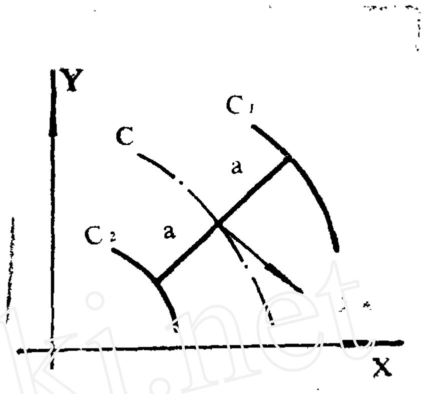

图 1

$$\begin{cases} X = x(t) - \dfrac{a\dot{y}(t)}{\sqrt{\dot{x}^2(t)+\dot{y}^2(t)}} \\ Y = y(t) + \dfrac{a\dot{x}(t)}{\sqrt{\dot{x}^2(t)+\dot{y}^2(t)}} \end{cases}$$

对 C_2有：

$$\begin{cases} X = x(t) + \dfrac{a\dot{y}(t)}{\sqrt{\dot{x}^2(t)+\dot{y}^2(t}} \\ Y = y(t) - \dfrac{a\dot{x}(t)}{\sqrt{\dot{x}^2(t)+\dot{y}^2(t)}} \end{cases}$$

因为RM—40机床上凸轮是外缘工作的盘状凸轮，只考虑 C_2即可。又因为凸轮升（降）程起点常常不是0°角，在计算过程中需引入初相角φ，于是有：

$$x(t) = \left[R_0 + \frac{H}{T}t - \frac{H}{2\pi}\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\right]\cos\left(\varphi - \frac{\theta}{T}t\right)$$

$$y(t) = \left[R_0 + \frac{H}{T}t - \frac{H}{2\pi}\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\right]\sin\left(\varphi - \frac{\theta}{T}t\right)$$

令 $A = \dfrac{H}{T}\left[1 - \cos\left(\dfrac{2\pi}{T}t\right)\right]$

$$B = \frac{\theta}{T}\left[R_0 + \frac{H}{T}t - \frac{H}{2H}\sin\left(\frac{2\pi}{T}\right)\right]$$

$$\therefore \quad \dot{x}(t) = A\cos\left(\varphi - \frac{\theta}{T}t\right) + B\sin\left(\varphi - \frac{\theta}{T}t\right)$$

$$\dot{y}(t) = A\sin\left(\varphi - \frac{\theta}{T}t\right) - B\cos\left(\varphi - \frac{\theta}{T}t\right)$$

$$\dot{x}^2(t) + \dot{y}^2(t) = A^2 + B^2$$

故当滚子半径为a时，对 C_2有：

$$X = x(t) + \frac{a\left[A\sin\left(\varphi - \frac{\theta}{T}t\right) - B\cos\left(\varphi - \frac{\theta}{T}t\right)\right]}{\sqrt{A^2+B^2}}$$

$$Y = y(t) - \frac{a\left[A\cos\left(\varphi - \frac{\theta}{T}t\right) + B\sin\left(\varphi - \frac{\theta}{T}t\right)\right]}{\sqrt{A^2+B^2}}$$

按上述3式计算座标点，用常规计算器不致很繁琐且容易出错。所以我三用BASIC语言写出一套程序存入线切割用编程机内。在此程序中使用了几个代号，它们是：基圆半径R，升距H，等分T，过渡角C，滚子半径D，初相角F。

程序表如下：

10. CLEAR

20. INPUT "R="; R, "H="; H, "T=": T, "C="; C°
"D="; D, "F="; F°

30. DIM X(T), Y(T)

40. FOR I=O TOT

50. $A=\frac{H}{T}\left[1-\cos\left(\frac{360I}{T}\right)\right]$, $B=\frac{PI\cdot C}{180\,T}\left[R+\frac{HI}{T}-\frac{H}{2PI}\sin\left(\frac{360I}{T}\right)\right]$

60. $X(I)=\frac{780\,TB}{CPII}\cos\left(F-\frac{CI}{T}\right)$; $Y(I)=\frac{180\,TB}{CPI}\sin\left(F-\frac{CI}{T}\right)$

70. $X(I)=X(I)+\frac{D\left[A\sin\left(F-\frac{CI}{T}\right)-B\cos\left(F-\frac{CI}{T}\right)\right]}{\sqrt{A^2+B^2}}$

80. $Y(I)=Y(\ )-\frac{D\left[A\cos\left(F-\frac{CI}{T}\right)+B\sin\left(F-\frac{CI}{T}\right)\right]}{\sqrt{A^2+B^2}}$

90. "LPRINT "X("; I ";)="; X(I): LPRINT "Y("I; ")="
Y(I)

100. NEXTI

110. END

需要说明的是，对应凸轮的升程段，取H>0；对应凸轮的降程段，取H<0。切割方向一律按顺时针走向，这套程序当然可以为数控铣床提供数据，同时也为凸轮设计者提供了很大方便。