

文章编号: 1009-038X(1999)04-0091-04

数控凸轮

姜 旻, 平雪良

(无锡轻工大学机械工程系, 江苏无锡 214036)

摘要: 针对机械凸轮的某些不足, 提出了数控凸轮的概念. 介绍了数控凸轮的工作原理、实现方法及应用前景.

关键词: 数控机床; 凸轮机构; 步进电机

中图分类号: TG659 文献标识码: A

凸轮机构是机械设计中常用的机构^[1], 当从动件的位移、速度和加速度均严格依照预定的规律变化时, 尤其当原动件作连续运动, 而从动件作间歇运动时, 则采用凸轮机构最为简便. 以最常见的盘形凸轮为例, 凸轮机构是由凸轮、从动杆、机架所组成的三构件, 如图 1 所示.

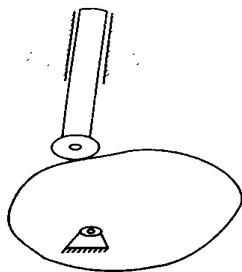


图 1 盘形凸轮示意图

凸轮机构的最大优点是只需选择适当的凸轮轮廓即可使从动杆得到任意预定的运动规律, 因而广泛地应用于各种自动机械. 但机械凸轮由于机械的局限性, 应用和制造上存在着不少缺点.

1) 压力角问题. 由于凸轮对推杆的作用力与推杆的运动方向不一致, 因而凸轮存在着压力角问题. 压力角越大, 机构中的摩擦力越大, 有效的推力就越小. 为了减少压力角的影响, 只能靠增大凸轮的基圆半径的方法, 从而增大了凸轮的体积.

2) 凸轮的制造问题. 由于凸轮的形状不规则, 小批量的凸轮只能用数控机床来加工, 因而增加了制造成本.

3) 柔性问题. 凸轮一旦制造好, 相应的运动规律就固定了, 因而对那些运动规律需随工作对象的变化而变化就无能为力.

4) 机构复杂. 由一个凸轮推动从动杆来实现预定的运动, 这样的机构是很简单的, 但在实际应用中, 一台机械为达到最终生产目的, 往往需许多复杂的机械运动相互配合来完成. 各种机械动作由主控制轴上的各个凸轮的轮廓曲线来控制, 当控制轴转过一圈时, 则机械完成一个循环. 由于各运动部件分布在机械的不同位置上, 因而, 凸轮的运动还必须通过其它的机构传递到运动部件上, 因而使得机械结构变得较为复杂.

收稿日期: 1999-07-30; 修订日期: 1999-09-20

作者简介: 姜旻(1949年 9月生), 男, 江苏张家港人, 工学学士, 讲师.

5)动力问题.由于凸轮一般为点接触或面接触,因而摩擦较大,尤其在压力角较大的情况下,不可能传递较大的动力.

1 数控凸轮原理

数控凸轮是一种虚拟的凸轮机构,用数控的方法精密地模拟凸轮的理论工作曲线,从而完成相应的机械运动.数控凸轮的执行部件一般采用步进电机,控制单元可采用廉价的单片机,根据凸轮的运动规律进行编程,使步进电机完成相应的动作.由于采用了机电一体化及数控技术,因而具有无可比拟的优点.由于不存在现实的凸轮,各种机械运动可协调工作在最理想的状态,作用力方向与运动方向一致,因而也就不存在压力角的问题,使效率大大提高.采用计算机控制,运动的轨迹、速度及加速度可随意控制,如要改变运动规律,只需改变相应的控制数据.在特殊的情况下,甚至可以根据当前被加工物体的运动规律来修改数控凸轮的运动轨迹.例如数控切纸机的切刀控制,就可以根据加工纸张的长度来调整切刀的运行规律,从而提高生产效率.另外,由于执行机构采用了步进电机驱动,因此,不但能传递较大的动力,而且运动的传递简化,使整个机器的结构变得简洁.凸轮曲线根据其生成方法可分为两类.

1.1 固定曲线及可编程曲线

以直动式盘状凸轮为例,设推杆的行程 h 与凸轮转角 θ 之间的函数为:

$$h = f(\theta) \quad (0 < \theta < 2\pi)$$

该函数为分段连续函数,选择合适的基圆,则可作出凸轮的轮廓.由于 $\theta = kt$,当凸轮轴匀速转动时, k 为常数,则推杆的行程为:

$$h = f(kt) = F(t) \quad (0 < t < T)$$

其中 T 为凸轮旋转一周的周期,故当 k 为常数时,凸轮曲线的变量由角变量转为时间变量.由于采用微机控制,可以用定时器精确定时,从而使凸轮曲线的实现变得非常容易.

在实际生产中,自动机及洗瓶机等机械设备的动作是由一组不同曲线的凸轮所控制,每一个凸轮控制一个机械动作的运行,凸轮与凸轮之间有严格的相位关系,以保证整个机械动作的协调.凸轮轴转速的变化对工作并不敏感,转速的变化仅对生产效率产生一定的影响.因而只要在预定的工作周期内,确保各凸轮之间的严格的时间相位关系,即能保证机械正常工作.

设步进电机的步距角为 τ ,步进电机的机械传动系统把转角转变为直线位移或角位移,则脉冲当量 Δh 与步距角 τ 的关系为:

$$\Delta h = n\tau$$

其中 n 为传动系数.

脉冲当量的选择首先应考虑凸轮运动的精度要求.精度要求高,脉冲当量应取较小值;精度要求低,可相应取较大值.为设计方便,脉冲当量最好取整数值,如:每脉冲当量 0.01 mm,每脉冲当量 0.01 弧度.

为满足不同的工作需要及减少工作中的冲击,凸轮的工作曲线往往由直线、正弦曲线或其它曲线组成.当自变量为时间 t 时,则凸轮的位移为时间 t 的函数,这就要求步进电机在设定的时间周期 T 中,严格按照凸轮曲线的轨迹运动,实现的方法有两种:

1)直线拟合法:即在不影响运动的情况下,把曲线用多段直线来代替,从而使整个运动

曲线改变为多段折线组成,计算机可采用简单的直线插补就可高速完成计算过程.插补可采用时间分割法,由于是单坐标插补,在计算中只需求出每步所需的时间即可.由于计算方式简便,占用计算机时间较少,故可代替高速凸轮运动.

2)反函数计算法:设有凸轮的曲线方程为 $h = f(\theta)$,其中 $\theta = kt$.

当匀速运动时, k 为常数,则 $h = F(t)$ ($0 < t < T$),其中 T 为周期,其反函数为:

$$t = h(h)$$

由于步进电机为脉冲电机,每走一步即走一个脉冲当量 Δh ,故离散曲线方程为:

$$t = h(h_i) = h(n \cdot \Delta h)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots, j$$

$$j = 2 \frac{h_{max}}{\Delta h}$$

令 Δh 为步进电机脉冲当量,则当 n 取 $1, 2, 3, \dots, j$ 时可分别求得 t_1, t_2, \dots, t_j ,这样步进电机每走一步的时间间隔:

$$\Delta t_1 = t_1$$

$$\Delta t_2 = t_2 - t_1$$

...

$$\Delta t_j = t_j - t_{j-1}$$

由于某些函数的反函数计算工作量较大,在高速运动时,实时运行可能来不及,故可在把凸轮运动方程输入后,先计算出步进电机每步的时间间隔,并换算成定时器定时常数存放在单片机内存中,在运行中用查表方法迅速查出下一步的延时常数^[2].如要改变凸轮的运动规律,只需重新输入凸轮曲线方程.通过计算又可生成新的步进电机延时常数表格,运行时便以新的凸轮运动规律运行,这样就可实现凸轮的柔性.

1.2 自适应型

当被加工物体的运动规律发生变化时,就要求凸轮的运动作出相应的变化,以适应加工的需要.以数控切纸机为例,凸轮机构由主电机带动,凸轮按设计的运动规律带动切刀上下运动,纸张由步进电机带动输送胶辊向前输送,切刀机构的工作角与送纸机构的工作角均为恒定值.当送纸较长时,凸轮转得慢,以保证有足够的时间送完纸,因而切刀运动变得很慢,这样就造成送纸长度越长,生产效率越低.如采用数控凸轮,则可由数控凸轮的控制单片机根据控制送纸单片机送来的纸张长度信息自动地修正凸轮的运行规律,保证切刀运动的速度不变,使整个机器运行在最佳的工作状态.

2 数控凸轮的机构组成形式

2.1 慢速高精度

这种机构可采用步进电机带动精密丝杆,使步进电机的转动转变为直线运动,适合于控制自动机一类的刀具自动进给,由于进给运动功率很小,小型步进电机足以胜任工作.

2.2 高速低精度

这种机构对行程的精度要求不高,但在速度上有一定要求.可采用齿轮齿条传动方式,适合于象数控切纸机一类的机械.由于速度较高,又有一定的作用力,故需采用较大功率的步进电机,同时要注意消除齿侧间隙,以免在反向时造成较大的冲击.

2.3 摆动式凸轮模拟

步进电机与谐波减速器相结合,可模拟摆动式凸轮运动轨迹,推而广之,该机构可在 360° 的平面上实现任意角度的位移、任意角速度及角加速度的运行,成为具有数控功能的圆工作台,其功能远远超出凸轮的应用范围。

3 数控凸轮的应用

由于数控凸轮能方便地实现预定的运动规律,而且能随时修改运动规律以适应不同的需求,因而可广泛地应用于各种食品包装机械及机械加工设备。例如,自动机的刀具进给机构,用了数控凸轮,可根据工件的加工要求分别设置各刀具的进给曲线,从而使刀具在零件的加工周期中协调地工作。如果更换加工工件,只需改变各刀具的运动曲线。

数控凸轮更适合应用于塑料制袋机一类的机械,它能自动改变运动规律,以适应不同长度的塑料袋,保证切刀的速度及塑料热压合的时间不变,从而提高生产率及产品的质量。

4 结 论

数控凸轮是采用计算机控制的虚拟凸轮机构,它不但可以精密地模拟凸轮的理论工作曲线,而且还可以随意改变运动曲线,甚至在某些情况下,还可以自行修改运动规律,使机械在最佳工作状态下运行。由于取消了凸轮组件,使运动的传递更简洁,工作更可靠。

参考文献:

- [1] 黄锡恺.机械原理[M].北京:人民教育出版社,1965.
- [2] 徐君毅.单片微型计算机原理与应用[M].上海:上海科学技术出版社,1988.

Numerical Control Cam

JIANG Ming, PING Xue-liang

(Department of Mechanical Engineering, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036)

Abstract To overcome the defaults of mechanical cam, this paper presents a new kind of concept about the numerical control cam and introduces the principle and achieving method of the numerical control cam. The paper also tells us the prospect of its application.

Key words numerical control machine; cam mechanism; stepping motor