

齿 轮 加 工 仿 真 技 术 *

杨玉芳, 林大钧, 付掌印
(华理大学机械工程学院, 上海, 20037)

摘要 利用 Autolisp 简单、易懂、易实现的特点, 应用 CAD 技术, 在计算机上仿真出三维齿轮实际加工过程。并以目前最常用的齿轮加工方法——展成法为例, 直观地展示了齿轮展成加工原理、变位原理、根切现象, 同时比较了由这种方法加工出的标准渐开线齿轮的齿廓形状、切根及变位齿轮的齿廓的形状。

关键词: CAD, Autolisp, 计算机仿真技术, 齿轮加工

中图分类号: TP 391

应用 Autolisp 进行三维仿真加工, 对渐开线齿轮是一种探索。当齿轮的加的运动情况确定以后, 利用 CAD 的二次开发功能来开发齿轮加的程序, 通过改变待加工齿轮的齿数和改变刀具的参数来加工不同的齿轮。

1 渐开线齿轮的加工原理

如图1所示展成法是前最常用的齿加工方法, 也是最适用于大批

量生产的方法。只要刀具和被加工齿轮的模数 m 及压力角 α 相同, 任何齿数的齿轮都可以用同一把刀具进行加工, 因此, 在程序中, 只需要 5

个基本的参数(齿数 z 、模数 m 、变位系数 x 、齿顶高系数 h_a^* 和顶隙系数 c^*) 就可以用刀具的齿廓包络出齿轮渐开线轮齿 [1]。

计算机仿真运动是一种运动的模拟, 其实现方法是在屏幕上快速地显示一组相关的图形。由此, 可先将这种运动分解为 CAD 的几种基本运动。

1.1 齿轮加工基本运动的分解

齿轮的齿条展成法加工有 4 个基本运动:

(1) 展成运动: 齿条与轮坯的啮合运动, 齿条的移动速度为 $v = \omega m z / 2$ 。其中, ω 、 m 、 z 分别为轮坯转动的角速度、齿轮模数和齿数。

(2) 切削运动: 刀具沿轮坯齿宽方向往复运动

v_0 来切削齿宽。

(3) 进给运动: 轮坯径向进给 v 来加工齿全高。

(4) 让刀运动: 轮坯径向退刀 v' 以免损伤加工好的表面(此处用齿条刀的反向运动实现)。

1.2 4 种基本运动在 Autolisp 中的实现。

在 Autolisp 的主程序中首先完成齿轮的角速度、齿条的线速度等公共参数的计算, 已备后续程序的使用。

加工过程的展成运动、切削运动、进给运动和让刀运动可以由 move、rotate、copy 和 subtract 等命令组合而成。其中, move 命令实现进给运动和切削运动; subtract 命令实现切削运动; 由于 subtract 命令执行后齿条刀具在 CAD 界面消失, 为保证后续程序的进行, 在每次 subtract 命令执行之前首先要执行 copy 命令。

2 展成法齿轮加工的实现过程

2.1 建模

前面已经提到过, 加工齿轮所需的 5 个基本参数为齿数 z 、模数 m 、变位系数 x 、齿顶高系数 h_a^* 和顶隙系数 c^* 。根据输入的这些参数, 首先画出轮坯和齿条刀具, 为了便于观察, 如图 2 所示, 在轮坯和刀具上分别画出了分度圆和分度线。

齿条型刀具与普通齿条基本相同, 仅在齿顶高出一段 c^*m 以便切出齿轮的顶隙。这样加工出来的标准齿轮的齿顶高才是 h_a^*m , 齿根高才为 $(h_a^* + c^*)m$ 。下面分述建模过程:

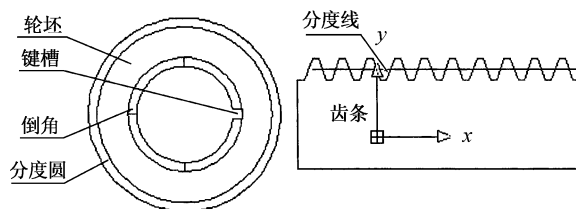


图2 轮坯和齿条刀具示意图

2.1.1 轮坯

由于在程序执行过程中,后面的程序语句往往要用到前面已经完成的实体,为此,每做完一步,都用 entlast 读取图形数据库里最后一个图元对象的名称,并将其命名。具体代码如下:

(setq yzh(entlast));将完成的实体命名为 yzh
首先做一个以齿顶圆半径为半径,以齿宽为高的圆柱。此过程用 cylinder 命令实现,具体实现格式为:

(setq p1(list 0 0 0));以原点为圆心
(setq R Ra);Ra 为齿顶圆半径,mm
(setq h B);B 为齿宽,mm

(command "cylinder" p1 R h);完成图形

做以原点为圆心,以所要求的孔的半径为半径,以齿宽为高的圆柱,命令与上述类同。而后两圆柱作差集运算,完成孔的绘制。命令执行如下:

(command "subtract" ent1 "" ent2 "")

其中,ent1、ent2 是图元变量,分别代表减实体和被减实体,此处为大小圆柱。

根据所需键槽的大小,我们用 box 命令做出键槽实体,同时作减运算,完成键槽的绘制,其代码如下:

(command "box" p1 "l" l w h)

p1 为左下角一个基点,l、w、h 分别为长方体的长、宽、高。

2.1.2 齿条刀具

刀具绘制大体步骤是:先在二维图纸上绘制刀具的形状,然后用 extrude 命令拉伸成刀具,同时画出刀具的分度线,如图3所示。

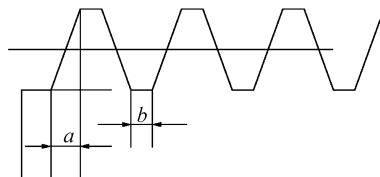


图3 齿条刀具计算及绘制原理

从图3中可知,齿条刀具有对称性。因此,只需要计算线段 a、b 的值和刀具的高度就可以绘制刀具的二维视图,其值分别为:

$$a = 2m(h_a^* + c^*)\tan\alpha; \alpha \text{ 为压力角}$$

$$b = \pi m / 2 - a; m \text{ 为模数}$$

齿条刀具拉伸代码如下:

(command "extrude" knife "" B 0);knife 为刀具。

2.2 加工过程

加工过程示意图如图4所示,从图4中可以看出齿轮的一个循环过程。分别从图4所表示的不同过程出发介绍加工过程的实现及所用的相应的代码[2]。

如图4(a)所示,轮坯执行 rotate 命令,即转过一定的角度后,刀具执行 move 命令,同时根据进给量 bch 移动到相应的位置,完成 copy 和 subtract 两个命令。其代码如下:

(command "copy" knife "" f1 f1)

(setq dt(entlast))

(command "subtract" base "" dt "")

copy 命令完成刀具在原位置的复制,复制后的实体命名为 dt,subtract 命令执行后,轮坯与实体 dt 做差运算。

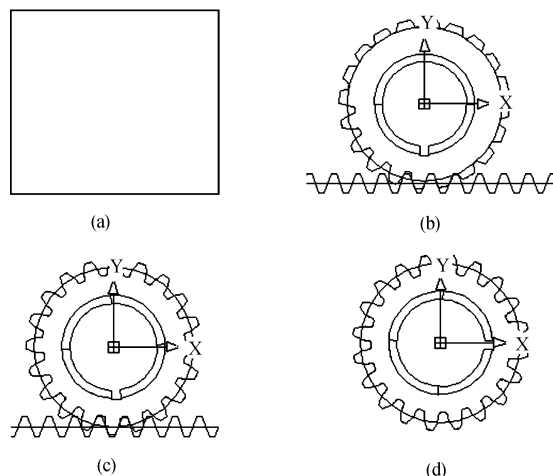


图4 齿轮加工过程的实现

如图4(b)所示,在图4(a)的基础上,刀具又向上移动了一定的进给量 bch,与图4(a)部分功能类似,刀具执行 copy 命令后与轮坯作差运算,完成切割运动。

进给量的计算为:设 bch 为每次的加工量,ch 为总的加工长度。首先用 fix 函数将 ch 除以 bch 的结果取整,代码如下:

(setq xh (fix (/ ch bch)))

则 xh 即为有相同进给量的加工循环次数(在这些循环过程中,齿轮还是不动的,即这些循环在轮坯的一次转动中实现)。

注意到变位的情况,ch 的计算为:

(setq ch (+ (- Ra R) (* m (- (+ hc) x))))

由此,最后一次的进给量应该为

$$y1 = ch - xh * bch$$

这是图4(c) 图加工的依据。

如图4(c) 所示, 该图的加工依据与上述部分相同, 除了进给量与 a) 、(b) 两图不相同以外, 加工过程及所用的命令与 a) 、(b) 是相同的。

在 c) 图中, 刀具已经到达轮坯的齿根部分, 在此次轮坯一周的循环中, 切割运动将完成, 最后的图形如图4(d) 所示。

整个循环过程代码如下(此处径向进给量按 mm 计算 :

```
(setq n1)
(while (<= n1 xh)
  (command "move" dj1 "" "0,0" "0,2")
  (command "move" fdx "" "0,0" "0,2")
  (setq i 0)
  (while (<= i 360)
    (command "rotate" base "" f1 j)
    (command "copy" dj1 "" f1 f1)
    (setq dt (entlast))
    (command "subtract" base "" dt "")
    (command "move" dj1 "" f9 f1)
    (command "move" fdx "" f9 f1)
    (setq i (- i j))
  )
  (setq cx (- 0 j))
  (setq ydc1 (fix (/360 cx)))
  (setq ydc (+ ydc1 1))
  (setq ydj (* dwydc))
  (setq ydlist ydj 0))
  (command "move" dj1 "" yd f1)
  (command "move" fdx "" yd f1)
  (setq xz (* ydc (- 0 j)))
  (command "rotate" base "" f1 xz)
  (setq n (+ n1))
)
(command "move" dj1 "" f1 jl)
(command "move" fdx "" f1 jl)
(setq i 0)
(while (<= i 360)
```

```
(command "rotate" base "" f1 j)
(command "copy" dj1 "" f1 f1)
(setq dt (entlast))
(command "subtract" base "" dt "")
(command "move" dj1 "" f9 f1)
(command "move" fdx "" f9 f1)
(setq i (- i j))
)
```

3 加工实例

设要加工的齿轮基本参数为: 模数 $m=2$; 分度圆压力角 $\alpha=20^\circ$; 齿数 $z=15$; 齿顶高系数 $h_a^*=1$; 顶隙系数 $c^*=0.25$; 分变位系数 $x=0$ 和 $x=0.3$ 两种情况进行加工比较, 图5为在两种变位系数下齿轮形状。

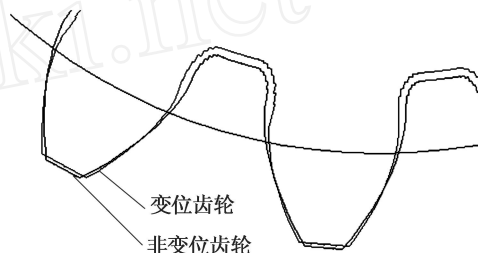


图5 齿轮加工实例

从图5中可以很清楚地看到变位齿轮与非变位齿轮形状的差别以及根切现象。正变位齿轮的齿廓曲线离基圆较远, 同时分度圆齿厚改变 [3]。

参 考 文 献

- [1] 安子军主编. 机械原理教程. 北京: 机械工业出版社, 2003
- [2] 舒飞主编. AutoCAD2004二次开发标准教程. 上海: 上海科学普及出版社, 2004
- [3] 姚涵珍, 周桂英, 楚大庆, 主编. AutoCAD2004交互工程绘图及二次开发. 北京: 机械工业出版社, 2004

The Simulation of the Gear Fabrication

YANG Yurfang, LIN Dajun, FU Zhang-yin

(School of Mechanical Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai, 200237)

Abstract The actual process of gear can be simulated using Autolisp based on CAD, by which different phenomena in the process can be displayed vividly. In addition, with the example of generating in this paper, the corresponding gear-tooth figures done by different parameters are compared and analyzed.

Key words: CAD, Autolisp, simulation, gear