

文章编号: 1005-0523(2004)01-0107-03

基于 AutoCAD 用仿形法实现斜齿轮加工仿真

任继文, 张会明

(华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 主要介绍在 AutoCAD 的平台上, 采用 VBA 开发工具, 利用布尔运算, 根据仿形法齿轮加工原理, 对斜齿轮加工过程进行三维动态仿真。

关 键 词: 斜齿轮; 加工; 仿真; VBA

中图分类号: TH162.0

文献标识码: A

1 引 言

虚拟制造 (Virtual Manufacturing, VM) 技术是由计算机仿真、建模技术、计算机图形学、人工智能、并行工程 and 多媒体技术等多学科交叉形成的综合系统技术, 是敏捷制造的关键技术之一。其目的就是要是 在产品 设计阶段, 借助建模与仿真技术, 及时和并行地模拟出产品未来制造过程, 并预测及评价产品性能和产品的可制造性, 从而更有效、更经济和更柔性地组织生产, 达到产品的开发周期和成本最小化、产品设计质量的最优化和生产效率的最大化。显然, 对产品加工模拟仿真技术作为虚拟制造的关键技术之一就显得尤为重要。

AutoCAD 是目前机械工程中最流行的 CAD 支撑与三维造型软件, 它具有较强的实体造型功能和三种二次开发工具 (VBA、Visuallisp 和 ARX)。尤其是内嵌的基于 ActiveX 技术的开发编程工具 VBA (Visual Basic for Application), 其功能、开发环境和语法与 VB 几乎相同, 易学好用; 结构精炼且常驻于主程序内部, 故其代码运行速度快, 数据共享方便。

本文以仿形法加工斜齿轮为例, 借助 AutoCAD 平台, 利用 VBA 技术, 对斜齿轮的加工过程进行了三维动态仿真。

2 齿轮渐开线齿廓切制原理

齿轮的加工方法很多, 有铸造、热轧、冲压、模锻、粉末冶金、冶金和切削法等。但是, 最为常用的还是切削法。切削法加工也有很多方法, 但从加工原理看, 可以概括为范成法和仿形法两大类。

范成法又称为展成法, 共轭法或包络法。根据包络法形成共轭齿廓的原理, 它是利用一对齿轮相啮合传动, 两轮的齿廓线互为共轭包络线的原理来进行加工的方法。其常用的刀具有齿轮型刀具 (如齿轮插刀) 和齿条型刀具 (如齿条插刀和齿轮滚刀等)。

仿形法是利用与齿轮的齿槽形状相同的刀具直接加工出齿轮齿廓, 其常用刀具有盘状铣刀和指状铣刀等。下面以盘状铣刀为例具体介绍用仿形法仿真加工斜齿轮的加工过程。

3 仿形法斜齿轮加工仿真的实现

对斜齿轮加工过程进行三维仿真, 首先需要 在计算机内部适当的空间位置建立斜齿轮毛坯和齿轮加工刀具的三维模型, 然后根据斜齿轮仿形加工方法, 使得毛坯和刀具作一定步距的相应运动, 每

收稿日期: 2003-09-28

作者简介: 任继文 (1969-), 男, 江西鹰潭市人, 华东交通大学机电工程学院副教授, 华中科技大学在读博士。

次运动到新的位置,使毛坯和刀具作布尔运算,直到切制出整个斜齿轮,下面介绍具体实现步骤.

1) 创建齿轮毛坯

斜齿圆柱齿轮毛坯模型的建立较简单,为一圆柱,圆柱直径取决于模数 m 、齿数 z ,高度为齿轮的齿宽,齿轮毛坯轴孔与所装配的轴有关.

2) 创建盘状铣刀

盘状铣刀的形状取决于需要加工的齿轮,齿轮参数包括模数 m 、齿数 z 、压力角、齿顶高系数 $h^* a$ 、间隙系数 c^* 及变位系数 χ 等,因此铣刀模型的建立需参数化.值得注意的是此时盘状铣刀的尺寸即铣刀刀号要按当量齿数来选取,例如,加工 $m=3, z=34, \beta=30^\circ$ 的斜齿轮,铣刀当量齿数 $Z_{\text{当}} = z / \cos^3 \beta = 34 / \cos^3 30 = 52$,根据当量齿数 52 来选铣刀,查询相关表选用模数 $m=3$ 的 6 号铣刀,这样就可以计算出盘状铣刀的刀齿齿廓上的关键点 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 的坐标如图 1 所示,利用点 2, 3, 4 用样条曲线拟合盘状铣刀刀齿齿廓并镜像,很容易画出盘状铣刀截面域,然后利用 VBA 技术旋转该封闭域得到盘状铣刀实体,具体创建过程如下.

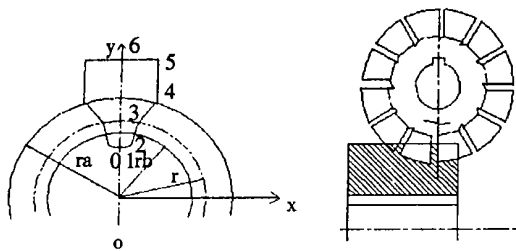


图 1 盘状铣刀齿形

a 创建盘状铣刀刀齿齿廓.

其中 0, 1, 2 点坐标存放在数组 pt1 中, 2, 3, 4 点坐标存放在数组 pt2 中, 4, 5, 6 点坐标存放在数组 pt3 中.

'用 0, 1, 2 点创建多义线 LWPolyline, 并设置凸度

```
Set curves(0) = acadDoc.  
ModelSpace.AddLightWeightPolyline(pt1)  
curves(0).SetBulge 1, 0.3  
startTan(0) = 0: startTan(1) = 0: startTan(2) = 0  
endTan(0) = 0.86: endTan(1) = 0.86: endTan(2) = 0  
'用 2, 3, 4 点创建样条曲线 Spline  
Set curves(1) = acadDoc.  
ModelSpace.AddSpline(pt2, startTan, endTan)  
'用 4, 5, 6 点创建多义线 LWPolyline  
Set curves(2) = acadDoc.  
ModelSpace.AddLightWeightPolyline(pt3)
```

b 镜像刀具右半部曲线得到刀具左半部曲线.

其中 point1、point2 分别为 0、6 点的坐标

```
Set curves(3) = curves(2).Mirror(point1, point2)  
Set curves(4) = curves(1).Mirror(point1, point2)  
Set curves(5) = curves(0).Mirror(point1, point2)
```

c 创建上述整个刀具曲线形成的面域.

```
XiDaoRegion = acadDoc.
```

```
ModelSpace.AddRegion(curves)
```

d 用 Revolve 方法旋转上述面域得到铣刀的整个实体.

其中 axisPt 为盘形铣刀圆心坐标, axisDir 为盘形铣刀轴线方向矢量, angle 为旋转角度 360° , 转化为弧度为 $2 * \pi = 6.28$.

```
Set XiDaoSolid =
```

```
acadDoc.ModelSpace.AddRevolvedSolid _
```

```
(XiDaoRegion(0), axisPt, axisDir, angle)
```

e 创建一个矩形刀槽, 并进行环形阵列.

其中 Length 为刀槽长度, Width 为刀槽宽度, Height 为刀槽高度, 其值为大于齿宽的任意值, SlotNum 为刀槽数, center 为刀槽中心坐标.

```
Length = m/2: Width = 4 * m
```

```
Set AXiDaoSlot =
```

```
acadDoc.ModelSpace.AddBox _
```

```
(center, Length, Width, Height)
```

```
XiDaoSlot = AXiDaoSlot.ArrayPolar _
```

```
(SlotNum, 6.28, axisPt) '
```

f 将上述矩形刀槽和铣刀刀具的整个实体进行布尔差运算, 得到铣刀刀具体.

```
For i = 0 To SlotNum
```

```
XiDao.Boolean acSubtraction, XiDaoSlot(i)
```

```
Next i
```

3) 仿形法斜齿轮加工过程仿真

仿形法加工斜齿轮仿真, 最重要的是要搞清楚盘形铣刀与齿轮毛坯位置关系和运动关系. 盘形铣刀与齿轮毛坯位置如图 2 所示, 齿轮毛坯相对直齿加工要旋转一个螺旋角 β . 在斜齿轮加工运动过程中, 铣刀运动较简单, 只有绕自身中心轴的旋转运动; 齿轮毛坯运动相对较复杂, 既要绕自身轴线作匀速圆周运动又要沿自身轴线作直线进给运动. 加工一个齿后, 齿轮毛坯退刀并作分度转动, 以便加工下一个齿, 分度角度为 $360/z$, 转化为弧度为 $6.28/z$.

其中齿轮毛坯的直线进给运动和绕自身轴线作圆周运动的步长增量必须满足一定的关系, 如图 3 为走刀螺旋线展开图, 当齿轮毛坯轴向移动一个螺距, 同时它绕自身轴线旋转 360° , 即沿周向移动距离 $\pi * d$; 把两个方向的距离进行 n 等份, 当齿轮毛

坯轴向移动一个距离步长 IncDistance 时,同时它也要绕自身轴线旋转一个角度步长 IncAngle,它们的关系可以如下推导:

$$\frac{(d/2) * \text{IncAngle}}{\text{IncDistance}} = \tan(\beta)$$

$$\text{故 Incangle} = \frac{2 * \text{IncDistance} * \tan(\beta)}{(m * z)}$$

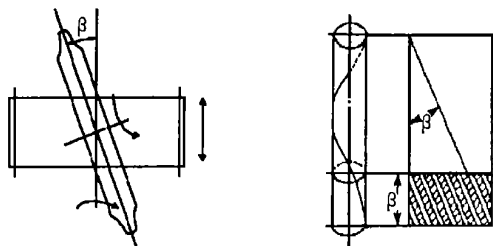


图 2 铣刀和齿轮位置 and 运动关系 图 3 螺旋线展开图

下面给出仿形法斜齿轮加工过程仿真的主要程序.其中 RotateAngle 为齿轮毛坯分度角度,IncAngle 为齿轮毛坯周向步进角度,OffsetAngle 为加工每个齿后相对于对刀点偏移的角度,XiDaoRotateAngle 为铣刀旋转角度,该值取决于刀具速度,IncDistance 为齿轮毛坯轴向步进距离,StartPoint 为对刀时齿轮毛坯中心起始位置点,EndPoint 为 StartPoint 点沿齿轮毛坯轴线方向移动一个齿宽的坐标点,axisPt1、axisPt2 分别为铣刀轴线两端点.

RotateAngle=0; IncAngle=2 * π / (m * z) * IncDistance * tan(β)

EndPoint(2)=StartPoint(2)+GearWidth

NextPoint(2)=StartPoint(2) + IncDistance ' IncDistance

Do Until RotateAngle > 6.28

RotateAngle = RotateAngle+6.28/z;

OffsetAngle= RotateAngle

For i = StartPoint(2) To EndPoint(2) Step IncDistance

OffsetAngle= OffsetAngle + IncAngle

NextPoint(2)= StartPoint(2)+I

' 齿轮毛坯沿自身轴向移动 IncDistance

GearMaoPei.Move StartPoint, NextPoint

' 齿轮毛坯绕轴线旋转 IncAngle 角度

GearMaoPei.Rotate3D StartPoint, NextPoint, IncAngle

GearMaoPei.Update

' 盘形铣刀旋转 XiDaoRotateAngle 角度

XiDao.Rotate3D axisPt1, axisPt2, XiDaoRotateAngle

Set XiDaoCopy = XiDao.Copy '复制盘形铣刀

'布尔差运算

GearMaoPei.Boolean acSubtraction, XiDaoCopy

GearMaoPei.Update

Next I

' 齿轮毛坯退回加工起点

GearMaoPei.Move EndPoint, StartPoint

GearMaoPei.Rotate3D StartPoint, NextPoint, OffsetAngle

' 齿轮毛坯转过分度角度

GearMaoPei.Rotate3D StartPoint, EndPoint, RotateAngle

GearMaoPei.Update

Loop

参考文献:

- [1] 王知行,刘廷荣.机械原理[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [2] 王知行,李建生,王哲.机械 CAD 与仿真技术[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2000.
- [3] 胡荣,喻宁.AutoCAD2000 开发工具——VBA 及 ActiveX 开发指南[M].北京:人民邮电出版社,2000.

Realization of the 3D Simulation of Helical Gear Machining by Method of Imitating Gear Profile Based on AutoCAD

REN Ji-wen, ZHANG Hui-ming

(School of Mechanical Eng., East China Jiaotong Uni., Nanchang 330013, China)

Abstract: Based on AutoCAD, VBA program tool and Boolean operation, this paper introduces the 3D simulation of helical gear machining by the method of imitating gear profile.

Key words: helical gear; machining; simulation; VBA