

任意角度和斜度圆锥台的数学建模及参数编程

黄可,丁仁华,马雪峰,高建国

常州机电职业技术学院

摘要: 圆锥台的加工通常采用层切法,通过控制层的厚度来获得较好的表面粗糙度。本文建立的数学模型能够表示任意角度与任意斜度的圆锥台,在参数程序编程时采用往复刀路,颠覆了使用往复刀路必须使用第三方软件编程的惯性思维,可以更好地控制圆锥台表面加工精度,缩短实际加工刀路的长度。程序可以在线修改,大大提高了程序的适应性。

关键词: 圆锥台;参数编程;数学模型;往复刀路

中图分类号: TG547; TH161

文献标志码: A

Mathematical Model Establishment and Parameter Programming of Any Oblique Cone Table and Any Angle

Huang Ke, Ding Renhua, Ma Xuefeng, Gao Jianguo

Abstract: The process of the cone table is usually a layer cutting method, and the surface roughness is obtained by the thickness of the control layer. This paper established a mathematical model to represent any arbitrary angle and slope of a cone, the parameter programming when the reciprocating cutter path, overturned using reciprocating cutter path must use third party software programming of inertial thinking, make a cone surface machining accuracy can be better controlled, also make the actual processing knife can greatly shorten the length of the road. Programs can be modified online, which greatly improves the adaptability of the program.

Keywords: cone; parameter programming; mathematical model; reciprocating cutter path

1 引言

随着数控技术的发展,数控机床的控制手段也越来越丰富,由早先的纸带穿孔传递程序信息,到通过人机交互界面直接在界面上输入相应代码,再到通过第三方软件设置刀轨并生成程序。在众多编程技术中,若以实际加工产品的质量来衡量程序的优劣,则参数编程可以保证加工出来的产品尺寸精度

和形位公差,切削参数可以在线调整,加工时间可以实时控制,并且在实际加工中出现紧急情况可以在线及时调整。

2 问题提出

在数控铣削当中经常遇到圆锥台,毛坯去除余量主要从能够快速去除余量和程序简单易于修改入手。如图1所示,建立了圆锥台数学模型,将圆锥台分成若干层,通过调整层的厚度来调整切削深度,在每一层上实行圆弧插补。立铣刀的刀位线是圆锥台数学模型向外偏置一个半径,该铣削方法能够满足开粗要求。

基金项目: 常州机电职业技术学院院级课题(2017-zdkj-02);常州市工业机器人系统集成技术重点实验室(CM20153002);江苏省高等教育高水平骨干专业建设项目(苏教高[2017]17号)

收稿日期: 2017年5月

采用该装置进行了2根管件的试制加工,与常规方法加工的管件尺寸参数进行对比发现,采用稳定装置加工的管件,其外壁螺纹、凹槽以及内孔直径的公差尺寸和椭圆度都得到了很好的控制,进一步提升了工件的成材率。

参考文献

- [1]朱敏红,徐云,王祥鑫,等.薄壁套的加工工艺与夹具设计[J].机械制造与自动化,2012,41(4):61-63.
- [2]刘剑峰.薄壁零件加工工艺研究[J].科技创新与应用,

2012,28:75-76.

- [3]刘峻.薄壁零件的加工工艺研究[J].机械研究与应用,2011(3):58-61.

- [4]马海龙,段辉,汤爱君.薄壁零件切削变形的研究现状综述[J].机床与液压,2010,38(9):117-119.

第一作者:白鹤,硕士,工程师,宝鸡职业技术学院机械工程系,721013陕西省宝鸡市

First Author: Bai He, Master, Engineer, Department of Mechanical Engineering, Baoji Vocational Technology College, Baoji, Shaanxi 721013, China

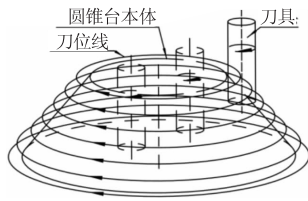


图1 圆锥台粗加工

获得精加工的刀位线不能以易于编程作为出发点,应从如何获得高质量的尺寸精度和高质量的表面粗糙度入手。尺寸精度的保证主要依赖于数学模型的科学性,对表面粗糙度的大量加工实践表明,图2的走刀线路是最优的解决方案。用第三方软件很容易得到该刀路,可是软件编程出来的刀路程序冗长,不能在线修改,程序没有灵活性。本文旨在建立一种数学模型能够概括这种圆锥台并且能够实现图2的刀具路径。

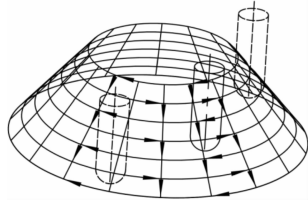


图2 精加工最优刀路

3 建立数学模型

图3绘出了圆锥台的主视图和右视图,设圆锥台底部直径为 $2a$,顶部直径为 $2c$,圆锥台高为 h ,球刀刀具半径为 r ,圆锥台顶部到点 g 的高度为 m , g 点相对于 x 轴的偏移角度为 θ , g 点到圆锥台中心的直线距离用 og 表示,因为模型为圆锥,所以 $og = of$ 。为了便于表达,用 f 表示 of 长度。

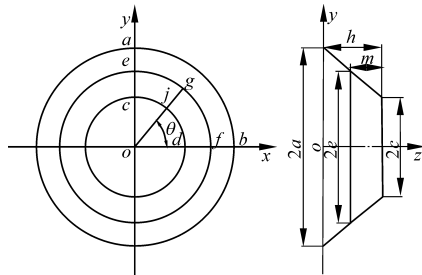


图3 圆锥台的主视图和右视图

由图3的尺寸关系可知

$$f = m(b - d) / h + d \quad (1)$$

在图4中,根据圆锥台的数学模型,得到点 L 的坐标为 $L(C\cos\theta, C\sin\theta)$, N 的坐标为 $N(f\cos\theta, f\sin\theta)$ 可得

$$o_3L = \sqrt{x_L^2 + y_L^2} = \sqrt{C^2 \cos^2 \theta + C^2 \sin^2 \theta} \quad (2)$$

$$o_2N = \sqrt{x_N^2 + y_N^2} = \sqrt{f^2 \cos^2 \theta + f^2 \sin^2 \theta} \quad (3)$$

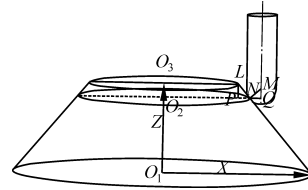


图4 圆锥台三维示意图

由式(2)、式(3)可表示出 $\angle LNP$ 为

$$\angle LNP = \arctan \left[\frac{m / \left(\sqrt{f^2 \cos^2 \theta + f^2 \sin^2 \theta} \right)}{-\sqrt{C^2 \cos^2 \theta + C^2 \sin^2 \theta}} \right] \quad (4)$$

令

$$\alpha = \angle LNP \quad (5)$$

由于 $\angle QMN = \angle LNP$,因而有

$$MQ = MN \times \cos \angle QMN = r \cos \alpha \quad (6)$$

$$QN = MN \times \sin \angle QMN = r \sin \alpha \quad (7)$$

若以圆锥台底部中心为数学模型的坐标原点,则有

$$Zm = h - m + MQ = h - m + r \cos \alpha \quad (8)$$

设点 N 处圆锥台切线的斜率为 k 。 N 点所在圆台切片的方程为 $\frac{x^2}{e^2} + \frac{y^2}{e^2} = 1$,对 x 求导可得

$$y' = -x \quad (9)$$

代入 N 点的坐标值 X_N, Y_N 即得 N 点出切线的斜率为

$$k = y' = -\cos \alpha / \sin \alpha \quad (10)$$

点 N 处切线的法线为 NQ ,故直线 NQ 的斜率为

$$k' = \sin \alpha / \cos \alpha \quad (11)$$

令

$$\beta = \angle MQR = \arctan k' = \arctan [\sin \alpha / \cos \alpha] \quad (12)$$

则有

$$QR = QM \times \cos \angle MQR = r \sin \theta \cos \gamma \quad (13)$$

$$MR = QM \times \sin \angle MQR = r \sin \theta \sin \gamma \quad (14)$$

Q 点是 N 点在水平面的投影,固有

$$X_N = X_Q = QR + x_M = r \sin \theta \cos \gamma + e \cos \alpha \quad (15)$$

$$Y_N = Y_Q = MR + y_M = r \sin \theta \sin \gamma + e \cos \alpha \quad (16)$$

由式(1)、式(2)、式(8)、式(15)、式(16)可见,刀心 P 的坐标 X_p, Y_p, Z_p 为高度循环变量及圆锥台转角变量的函数。

4 参数编程

采用 siemens828D 数控系统编写参数程序,以圆锥台底部中心为工件坐标系的零点(见图4)。参数程序如下:

O0001. MPF

R1 = ;定义圆锥台起始高度

R2 = ;定义圆锥台的起始角度

R3 = ;定义圆锥台的底半径

R4 = ;定义圆锥台的顶半径

R5 = R6;定义高度循环变量 R6 的初值, R5 为圆锥台高

度

G00X = R1 + R10Y = R2 + R10;R10 为球刀刀头半径

G01Z0F200;

MAKER1 ;;下刀循环开始

R7 = R6 * [R1 - R3]/R5 + R3;计算任一高度处圆锥台

下刀点

R8 = R6 * [R2 - R4]/R5 + R4;计算任一高度处圆锥台

下刀点

R9 = 360;给转角变量 R9 赋初始值,初始值为 360°

MAKER2 ;;切削圆锥台开始

R16 = R7 * R7 * COS[R9] * COS[R9] + R8 * R8 * SIN[R9] * SIN[R9];计算中间变量

R17 = R3 * R3 * COS[R9] * COS[R9] + R4 * R4 * SIN[R9] * SIN[R9];计算中间变量

R11 = ATAN[R6/[SQRT[R16] - SQRT[R17]]];计算中间变量

R12 = ATAN[R7 * SIN[R9]/[R8 * COS[R9]]];计算中间变量

R13 = R10 * SIN[R11] * COS[R12] + R7 * COS[R9];计算刀位点 X 坐标

R14 = R10 * SIN[R11] * SIN[R12] + R8 * SIN[R9];计算刀位点 Y 坐标

R15 = R5 - R6 + R10 * COS[R11];计算刀位点 Z 坐标

G01X = R13Y = R14Z = R15F200;进行直线插补

R9 = R9 - R18;确定转角步距,其中 R18 为角步距

IF R9 >= 0 GOTOB MAKER2;切削圆锥台循环结束

R6 = R6 - R19;确定层切时下刀步距

IF R6 > 0 GOTOB MAKER1;下刀循环结束

G01Z = R5 + 10;抬刀至圆锥台顶面 10mm 处

M30;程序结束

其中,R11 - R17 是中间变量,引入 R11 - R17 是为了缩短程序长度。赋予参数不同的数值可以得到不同的刀路轨迹如图 5 所示。

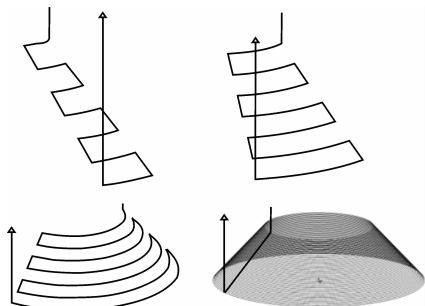


图5 赋予参数不同数值得到的实际刀路

5 结语

利用数学模型的解析得到了圆锥台与刀具的相对位置关系,由于球刀始终与圆锥台相切,反推出球刀刀心的坐标,通过控制刀心的轨迹来保证圆锥台的轮廓精度和表面粗糙度,灵活快捷。

利用参数编程编制圆锥台数控加工程序,当有类似元素出现时只需要改变相应参数的数值即能获得任意角度任意斜度的圆锥台往复刀具轨迹,大大节省了编程时间,减少了数控机床的停机时间,颠覆了编程人员遇到斜面就只能使用第三方软件编程的惯性思维。实际生产中的圆锥台、半圆锥台、孔口倒直角均可以使用该程序加工。

参考文献

- [1]胡翔云. 椭圆台类零件加工数学模型及宏程序[J]. 煤矿机械,2012,33(7):146-148.
- [2]黄可,马雪峰. R 参数在车削余弦曲线中的研究[J]. 煤矿机械,2017,38(2):42-44.
- [3]王秋红,葛胜兰,陈德华. 利用 FANUC 宏程序铣削半球零件的 3 种方法[J]. 机床与液压,2011,39(16):41-42,83.
- [4]杜军. SIEMENS 数控系统参数编程—编程技巧与实例精解[M]. 北京:化学工业出版社,2013.
- [5]孟生才. SIEMENS 参数编程方法、技巧与实例[M]. 北京:机械工业出版社,2012.
- [6]余娟,方春慧,韩秋燕,等. 凹球面的数控铣削加工实证研究[J]. 机械,2014,41(8):61-64.
- [7]刘雪建. 基于宏程序编制凹圆球的编程及工艺分析[J]. 机械工程师,2012(10):90-91.
- [8]陈丽君,吴金会,程少慧. 基于宏程序的凹球面铣削加工应用研究[J]. 煤矿机械,2013,34(5):161-162.
- [9]姚龙涛. 大型凹球面数控加工工艺研究[J]. 制造技术与机床,2013(8):110-113,160.
- [10]赵薇,薛明. 斜椭圆类零件数控车削加工方法研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2014(1):146-148.
- [11]赫焕丽,杨彦伟. 基于宏程序的斜椭圆数控车削加工的研究[J]. 煤矿机械,2013,34(2):133-135.
- [12]孟生才. SIEMENS 参数编程方法、技巧、实例[M]. 北京:机械工业出版社,2012.

第一作者:黄可,实验师,常州机电职业技术学院机械工程学院,213164 江苏省常州市

First Author: Huang Ke, Experimentalist, Changzhou Institute of Mechatronic Technology, Changzhou, Jiangsu 213164, China