

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.03.005

# 弯管仿真系统零件设计模块的实现

蔡东海, 屠立群

(特种装备制造与先进加工技术教育部/浙江省重点实验室(浙江工业大学), 浙江 杭州 310014)

**摘要:**在对管料零件成形过程分析的基础上,提出了基于空间定位的管料零件设计方法和基于 OpenCASCADE 的零件实现,并应用于基于 OpenCASCADE 的弯管仿真系统,实现其零件设计模块功能。通过实验验证,该设计方法及实现能很好地完成管料零件的设计。

**关键词:**仿真系统;管料零件;弯管;设计模块

中图分类号:N945.23 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2014)03-0019-03

## Realization of Part Design Module of the Pipe Bending Simulation System

CAI Donghai, TU Liqun

(Key Laboratory of E&M (Zhejiang University of Technology), Ministry of Education & Zhejiang Province, Hangzhou 310014, China)

**Abstract:** On the basis of analyse of pipe bending, the method of part design based on space location and the method of part realization based on OpenCASCADE were presented. It was used for realizing the part design module of the pipe bending simulation system. The experiment shows that the concrete example is given to realize the efficiency of the method.

**Key words:** simulation system; pipe part; pipe bending; design module

弯管加工过程中,已成形的和正在成形的管料将产生大范围的运动,其运动轨迹复杂,容易发生相互干涉碰撞,影响弯管加工。为降低或消除弯管加工过程中的碰撞干涉危险而开发的基于 OpenCASCADE 的弯管仿真系统<sup>[1-4]</sup>主要有5大模块组成:参数设置、零件设计、CAD动态仿真、CAE仿真和结果显示。其中零件设计模块用以实现管料零件的设计,主要包括零件参数输入、管料零件图像生成、零件自干涉检测等功能。文章在对管料零件成形过程分析的基础上,提出了基于空间定位的管料零件设计方法和基于 OpenCASCADE 的零件实现,并应用于弯管仿真系统,实现其零件设计模块功能。

### 1 管料零件的成形过程

弯管机床属于三坐标点位控制系统,通过控制3个坐标轴( $Y$ 轴、 $B$ 轴和 $C$ 轴)的运动来实现管料零件的成形,如图1所示<sup>[5-7]</sup>。在管料零件的成形过程中,已成形的和正在成形的管料将发生大范围运动,存在

与机床、模具和夹具以及工作地面、厂房等发生碰撞干涉的危险。

成形后的管料零件可以分解为多个段<sup>[8]</sup>,每段包括3个参数: $Y$ 为当前段直线部分距离,通过 $Y$ 轴进给实现; $B$ 为当前段与上一段的空间旋转角度值,通过 $B$ 轴旋转实现; $C$ 为当前段弯曲部分的角度值,通过 $C$ 轴旋转实现。

### 2 管料零件的设计方法

在管料成形过程中,零件的空间位置与零件各段的 $YBC$ 密切相关,零件的当前段空间位置受其后所有段 $YBC$ 的影响。

在零件设计时,考虑各段本身形状的同时,还要充分考虑各段之间的空间位置关系<sup>[9]</sup>。其中5个参数是零件设计的关键: $Y$ 为零件当前段直线部分长度; $C$ 为零件当前段弯曲部分角度; $P$ 为零件当前段整体(直线部分和弯曲部分)所构成的平面; $N$ 为 $P$ 的法向量(右手四指由当前段的直线部分向弯曲部分握拳,大拇指

收稿日期:2013-10-11;修回日期:2013-12-30

基金项目:浙江省教育厅科研项目(Y201225547)

作者简介:蔡东海(1982),男,浙江诸暨人,硕士研究生,主要从事CAD/CAE/CAM技术研究。E-mail:dhcai@zjut.edu.cn

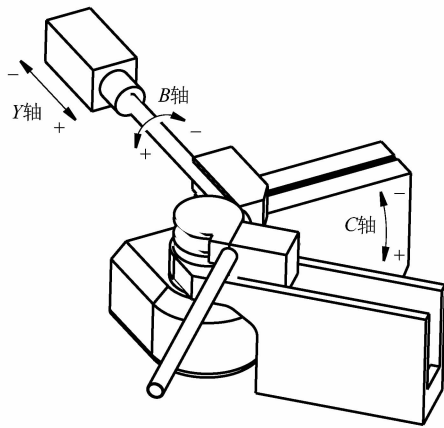


图 1 弯管机床的运动轴 YBC

Figure 1 YBC axes of the pipe bending tool

所指方向); $B$  为当前段与前一段的空间旋转角(右手大拇指由当前段直线部分末端——弯曲部分起始端指向起始端,当前段  $N$  沿四指握拳方向旋转至前一段  $N$  的角度)。

熟练掌握以上 5 个参数,便可方便的设计出管料零件。以简单 6 段零件设计为例,如图 2 所示。

1) 第 1 段

$Y_1$  为第 1 段直线部分长度;

$C_1$  为第 1 段弯曲部分角度;

$P_1$  为第 1 段整体所构成的平面;

$N_1$  为  $P_1$  的法向量;

$B_1$  为 0——不存在第 0 段。

2) 第 2 段

$Y_2$  为第 2 段直线部分长度;

$C_2$  为第 2 段弯曲部分角度;

$P_2$  为第 2 段整体所构成的平面;

$N_2$  为  $P_2$  的法向量;

$B_2$  为第 2 段与第 1 段的空间旋转角;

.....

3) 第  $i$  段

$Y_i$  为第  $i$  段直线部分长度;

$C_i$  为第  $i$  段弯曲部分角度;

$P_i$  为第  $i$  段整体所构成的平面;

$N_i$  为  $P_i$  的法向量;

$B_i$  为第  $i$  段与第  $i-1$  段的空间旋转角;

.....

4) 第 6 段

$Y_6$  为第 6 段直线部分长度;

$C_6$  为 0——末尾段一般不含弯曲部分;

$P_6$  为不存在——没有弯曲部分;

$N_6$  为不存在—— $P_6$  不存在;

$B_6$  为 0——第 6 段空间平面不存在。

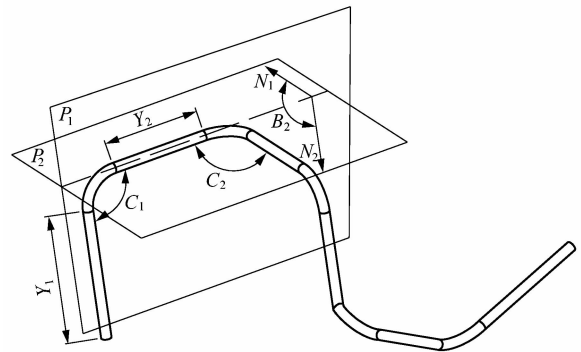


图 2 管料零件设计方法

Figure 2 Design method of the pipe

### 3 管料零件的实现

由于管料零件是轴对称件,其三维形状主要由中心线来描述。系统在读取通过输入界面输入的零件各段 YBC 值后,应用 OpenCASCADE 的三维几何体的生成和显示能力,调用其相关函数根据各段的 YBC 值在坐标原点生成管料零件的中心线段,并以此为扫描路径,以反应管料实际截面的圆环为扫描轮廓,扫描得到管料零件三维图形。

为避免管料在弯曲成形过程中产生自干涉<sup>[10]</sup>(已成形段与加工段或坯料段发生干涉),系统自动增加坯料段(加工过程中进给用管料)以模拟管料加工的实际情况,并将由多段组成的管料零件重组为 2 段:加工段和已成形段(将所有已成形段组合为一段),调用 OpenCASCADE 布尔运算的相关函数,进行坯料段、加工段和已成形段三者之间的交集计算。当其中的任意两者存在交集时,即判定发生自干涉,系统实现报警并提示相关错误信息,帮助用户修改或重新设计零件。

### 4 应用实例

应用基于 OpenCASCADE 的弯管仿真系统,设计图 2 所示管料零件,具体步骤如下:①输入第 1 段  $Y = 300, B = 0, C = 90$ ;②输入第 2 段  $Y = 200, B = 90, C = 90$ ;③输入第 3 段  $Y = 300, B = -90, C = 90$ ;④输入第 4 段  $Y = 300, B = 180, C = 90$ ;⑤输入第 5 段  $Y = 300, B = 90, C = 90$ ;⑥输入第 6 段  $Y = 400, B = 0, C = 0$ 。

图形生成及自干涉检测由仿真系统自动完成,结果如图 3 所示。

### 5 结语

管料零件设计是弯管仿真系统的基础,在对管料零件的成形过程分析的基础上,提出了一种简单而有

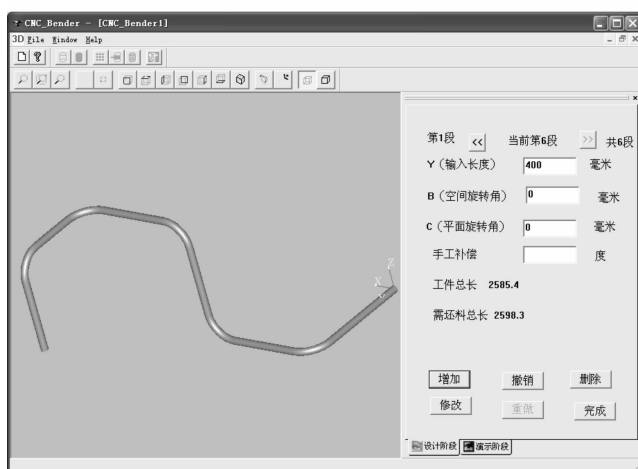


图3 仿真系统零件设计模块应用实例

Figure 3 Application example of design module of the pipe bending simulation system

效的管料零件的设计方法及实现,并应用于基于OpenCASCADE的弯管仿真系统的零件设计模块。通过实例验证,基于OpenCASCADE的弯管仿真系统能

很好地实现管料零件的设计,从而为实现系统的其它功能打好基础。

#### 参考文献:

- [1] 蔡东海,顾江萍,屠立群.基于OpenCASCADE软件的弯管仿真系统[J].轻工机械,2009,27(1):36-38.
- [2] 蔡东海,屠立群.基于OpenCASCADE的快速干涉检查[J].轻工机械,2010,28(2):82-84.
- [3] 赵章风,李克彬,林伟明.三维数控线材成型机控制系统[J].轻工机械,2007,25(4):81-84.
- [4] 李克彬,王淑琴,林伟明.三维数控弯管机的研究与开发[J].轻工机械,2008,26(3):33-36.
- [5] 吕波,唐承统,宁汝新.数控弯管加工过程仿真系统[J].计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(10):2323-2328.
- [6] 李光伟,欧长劲,李燕,等.低压旋流喷嘴流场特性的数值仿真分析[J].轻工机械,2012,30(4):12-17.
- [7] 丁一林.对称弯管成形设计方案探讨[J].锻造与冲压,2008(3):90-91.
- [8] 王立新.矢量弯管[M].北京:国防工业出版社,1984.
- [9] 洪若霞.蛇形弯管计算机辅助设计方法的研究[J].机械设计与制造,1999(5):50-52.
- [10] 赵锋,何卫平,秦忠宝,等.基于知识的数控弯管干涉回避算法[J].计算机应用研究,2006,23(11):65-67.

(上接第18页)

2) 降噪信号进行包络解调分析,得到故障特征频率及其谐波,而正常信号可以得到转频及其谐波,因为滚动体的特征频率就是原有特征频率的2倍,故对于滚动体剥落信号只能找到2倍频。

3) 基于冗余第二代小波降噪的包络解调方法能够找到正常轴承、外圈剥落、内圈剥落和滚动体剥落信号的特征频率(或转频)及其倍频,但效果会受转速的影响。

4) 提出包络谱幅值峭度指标以区分的4种不同故障轴承信号,将其作为故障特征输入BP网络,诊断正确率为100%。

#### 参考文献:

- [1] 崔玉敏,和卫星,高彩虹.基于小波变换及HHT的轴承故障诊断应用研究[J].计算机仿真,2010,27(10):294-300.
- [2] 高立新,汤文亮,青永刚,等.基于冗余第二代小波的降噪技术[J].北京工业大学学报,2008,34(12):1234-1237.
- [3] 薛坚,于盛林.基于邻域相关性新阈值函数的提升小波域信号降噪法[J].信息与控制,2008,37(6):665-669.

- [4] 何正佳,袁静,譬艳阳.机械故障诊断的内积变换原理与应用[M].北京:科学出版社,2012:101-126.
- [5] 宋晓美,孟繁超,张玉.基于包络解调分析的滚动轴承故障诊断研究[J].仪器仪表与分析监测,2012(1):16-19.
- [6] 张园,李力,邹隽.基于双谱的滚动轴承非线性耦合特征提取与故障分类[J].轴承,2008(7):37-42.
- [7] 丁康.平稳和非平稳振动信号的若干处理方法及发展[J].振动工程学报,2003(1):1-8.
- [8] 雷剑宇,廖明夫.滚动轴承局部故障的特征倍频诊断方法[J].测控技术,2007,26(9):72-75.
- [9] 洪晨,周正,杨洪旗.一种基于高斯过程回归的轴承故障预测方法:中国,CN102831325 A[P].2012-12-19.
- [10] 王江萍.机械设备故障诊断技术及应用[M].西安:西北工业大学出版社,2001:107-120.
- [11] 丁东辉,戴勇,何瑞江,等.轴承球研磨运动特性及其影响因素分析[J].轻工机械,2012,30(3):77-80.
- [12] 李红芳,张清华.基于自适应免疫检测器的变速器轴承故障诊断研究[J].机电工程,2013,30(11):1350-1353.
- [13] 郑海波,陈心昭,李志远.基于双谱的齿轮故障特征提取与识别[J].振动工程学报,2002,15(3):354-358.