



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107322059 A

(43)申请公布日 2017. 11. 07

(21)申请号 201710542592.3

(22)申请日 2017.07.05

(71)申请人 中国农业大学

地址 100083 北京市海淀区清华东路17号
中国农业大学(东区)

(72)发明人 李海涛 龙新佳妮 魏文军
芮成杰 杨杰

(51) Int. Cl.

B23C 3/00(2006.01)

G06F 17/50(2006.01)

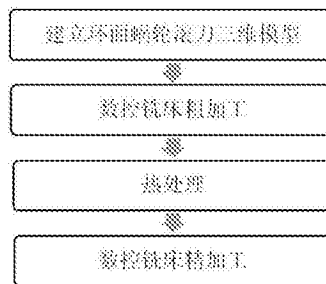
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

基于通用数控铣床的环面蜗轮滚刀CAD/CAM方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于四轴及四轴以上联动通用数控铣床的环面蜗轮滚刀CAD/CAM方法,属于环面蜗轮滚刀的设计和制造方法。利用环面蜗轮滚刀螺旋面和侧后角面成形原理,分别求得均布滚刀左右侧螺旋面、左右刃带终止线和左右侧后角面上的点族;将点族导入三维软件中拟合成滚刀左右侧螺旋面、左右刃带终止线和左右侧后角面;根据参数通过简单特征命令建立剩余曲面结构,得到完整的环面蜗轮滚刀三维模型。将模型导入四轴或四轴以上联动通用数控铣床系统中,仅通过粗铣、热处理和精铣三道工序实现滚刀自动化加工。简化了滚刀加工工艺,提高了滚刀制造精度。



1. 基于通用数控铣床的环面蜗轮滚刀CAD/CAM方法,其特征在于,包括基于环面蜗轮滚刀CAD,利用环面蜗轮滚刀螺旋面成形原理,计算出均布于滚刀的左侧螺旋面点族(1)和右侧螺旋面点族(2)的三维坐标数据,根据给定刀齿排数、前刀面和刃带宽度,计算均布于各个刀齿的左侧刃带终止线点族(3)和右侧刃带终止线点族(4)的三维坐标数据,根据滚刀螺旋面导程角计算方法和采用车刀刀尖车削滚刀后角面的方法以及后角面角度,计算均布各个刀齿的左侧后角面点族(5)和右侧后角面点族(6)的三维坐标数据,将计算出滚刀的左侧螺旋面点族(1)和右侧螺旋面点族(2)的三维坐标数据、各个刀齿的左侧刃带终止线点族(3)和右侧刃带终止线点族(4)的三维坐标数据、刀齿左侧后角面点族(5)和右侧后角面点族(6)的三维坐标数据导入三维建模软件中,分别拟合出滚刀的左侧螺旋面(7)和右侧螺旋面(8)、刀齿的左侧刃带终止线(9)和右侧刃带终止线(10)、刀齿的左侧后角面(11)和右侧后角面(12),根据滚刀相关参数建立滚刀的齿顶圆环面(13)和齿根圆环面(14)、刀齿的前刀面(15)和后刀面(16),通过前刀面(15)和左侧后角面(11)对左侧螺旋面(7)的剪切,得到刀齿的左侧刃带面(17),通过前刀面(15)和右侧后角面(12)对右侧螺旋面(8)的剪切,得到刀齿的右侧刃带面(18),将前刀面(15)向后刀面(16)的方向平移一个刃带宽的距离与齿顶圆环面(13)相交得到刀齿的顶部刃带终止线(19),齿顶圆环面(13)位于前刀面(15)和顶部刃带终止线(19)之间的部分就是刀齿的顶部刃带面(20),将齿顶圆环面(13)位于顶部刃带终止线(19)、左侧螺旋面(7)、右侧螺旋面(8)和后刀面(16)之间部分绕顶部刃带终止线(19)向齿根环面(14)转过一个后角面角度,即得到刀齿的顶部后角面(21),这样,由前刀面(15)、左侧刃带面(17)、左侧后角面(11)、顶部刃带面(20)、顶部后角面(21)、右侧刃带面(18)、右侧后角面(12)和后刀面(16)围成了一个刀齿的三维实体模型,同理,可以得到其他刀齿的三维实体模型,从而得到滚刀的三维实体模型(22);基于环面蜗轮滚刀CAM,将环面蜗轮滚刀三维实体模型(22)输入CAM软件中,基于K轴联动通用数控铣床,其中K为正整数,K的取值范围为4、5和6,给定刀齿的前刀面(15)、左侧刃带面(17)、右侧刃带面(18)和顶部刃带面(20)精加工余量L,其中L在0.05mm-1.00mm范围内给定,编制数控铣削程序,在K轴联动通用数控铣床上对环面蜗轮滚刀粗加工,再对环面蜗轮滚刀热处理,按加工余量为零,编制数控程序,然后在K轴联动通用数控铣床上对环面蜗轮滚刀每个刀齿的前刀面(15)、左侧刃带面(17)、右侧刃带面(18)和顶部刃带面(20)精加工,即得到蜗轮滚刀成品。

基于通用数控铣床的环面蜗轮滚刀CAD/CAM方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于四轴或四轴以上联动通用数控铣床的环面蜗轮滚刀CAD/CAM方法,属于环面蜗轮滚刀的设计和制造方法。

背景技术

[0002] 环面蜗杆传动与圆柱蜗杆传动相比,其承载能力强、体积小、传动效率高且使用寿命长,被广泛应用于高效、重载场合。但环面蜗杆传动啮合理论复杂,啮合传动性能对误差和变形十分敏感,需要高精度的加工制造。然而,环面蜗轮的加工所使用的环面蜗轮滚刀是一种结构复杂、设计和制造难度大的特殊刀具。现有的整体式环面蜗轮滚刀的加工工艺过程繁琐,需要采用蜗杆数控机床、铣床、热处理装备等不同的设备,将车削、磨削、铣削、热处理以及手工磨削等多种工艺组合起来制造滚刀,多次装卡工件,不易保证精度,工序复杂且得到的滚刀精度低。滚刀精度不高导致滚切蜗轮的切削性能不高,得到的环面蜗杆副精度不高,啮合性能欠佳,需要跑合才能正常使用。因此,需要探寻一种脱离传统复杂繁琐的加工工艺,并且能够提高滚刀精度和切削性能的环面蜗轮滚刀设计和制造新方法。

[0003] 中国农业大学2013年博士论文“包络环面蜗杆副蜗轮滚刀数控加工技术的研究”提出了一种滚刀后角面的车削加工的设计方法,建立包含刀齿侧后角面的滚刀三维模型,并采用铣削的方法初步探讨了包含刀齿侧后角面的滚刀关键曲面在四轴联动铣床上的直接成形,但这种方法只是关注滚刀刀齿侧后角面的铣削成形,没有考虑刀顶后角面,没有滚刀的完整制造工艺,还不能用于蜗轮的滚切。中国专利ZL201410613061.5“平面二次包络环面蜗轮滚刀侧后角面的数控磨削加工方法”提出一种基于四轴联动环面蜗杆磨床的平面二次包络环面蜗轮滚刀后角面磨削技术,实现了滚刀后角面的自动磨削,并可以按设计的刃带宽度和后角角度进行磨削,但仅仅是后角面的磨削。都没有实现基于通用数控铣床的环面蜗轮滚刀的完整设计与制造。

发明内容

[0004] 本发明的目的是要提供一种在四轴及四轴以上联动通用数控铣床上,仅通过两次装夹和一次热处理工艺实现环面蜗轮滚刀自动化加工的方法。为了达到本发明的目的所采取的技术方案如下:

[0005] 环面蜗轮滚刀CAD:利用环面蜗轮滚刀螺旋面成形原理,计算出均布于滚刀的左侧螺旋面点族(1)和右侧螺旋面点族(2)的三维坐标数据,根据给定刀齿排数、前刀面和刃带宽度,计算均布于各个刀齿的左侧刃带终止线点族(3)和右侧刃带终止线点族(4)的三维坐标数据,根据滚刀螺旋面导程角计算方法和采用车刀刀尖车削滚刀后角面的方法以及后角面角度,计算均布各个刀齿的左侧后角面点族(5)和右侧后角面点族(6)的三维坐标数据,将计算出滚刀的左侧螺旋面点族(1)和右侧螺旋面点族(2)的三维坐标数据、各个刀齿的左侧刃带终止线点族(3)和右侧刃带终止线点族(4)的三维坐标数据、刀齿左侧后角面点族(5)和侧后角面点族(6)的三维坐标数据导入三维建模软件中,分别拟合出滚刀的左侧螺旋

面(7)和右侧螺旋面(8)、刀齿的左侧刃带终止线(9)和右侧刃带终止线(10)、刀齿的左侧后角面(11)和右侧后角面(12),根据滚刀相关参数建立滚刀的齿顶圆环面(13)和齿根圆环面(14)、刀齿的前刀面(15)和后刀面(16),通过前刀面(15)和左侧后角面(11)对左侧螺旋面(7)的剪切,得到刀齿的左侧刃带面(17),通过前刀面(15)和右侧后角面(12)对右侧螺旋面(8)的剪切,得到刀齿的右侧刃带面(18),将前刀面(15)向后刀面(16)的方向平移一个刃带宽的距离与齿顶圆环面(13)相交得到刀齿的顶部刃带终止线(19),齿顶圆环面(13)位于前刀面(15)和顶部刃带终止线(19)之间的部分就是刀齿的顶部刃带面(20),将齿顶圆环面(13)位于顶部刃带终止线(19)、左侧螺旋面(7)、右侧螺旋面(8)和后刀面(16)之间部分绕顶部刃带终止线(19)向齿根环面(14)转过一个后角面角度,即得到刀齿的顶部后角面(21),这样,由前刀面(15)、左侧刃带面(17)、左侧后角面(11)、顶部刃带面(20)、顶部后角面(21)、右侧刃带面(18)、右侧后角面(12)和后刀面(16)围成了一个刀齿的三维实体模型,同理,可以得到其他刀齿的三维实体模型,从而得到滚刀的三维实体模型(22)。

[0006] 环面蜗轮滚刀CAM:将环面蜗轮滚刀三维实体模型(22)输入CAM软件中,基于K轴联动通用数控铣床,其中K为正整数,K的取值范围为4、5和6,给定刀齿的前刀面(15)、左侧刃带面(17)、右侧刃带面(18)和顶部刃带面(20)精加工余量L,其中L在0.05mm-1.00mm范围内给定,编制数控铣削程序,在K轴联动通用数控铣床上对环面蜗轮滚刀粗加工,再对环面蜗轮滚刀热处理,按加工余量为零,编制数控程序,然后在K轴联动通用数控铣床上对环面蜗轮滚刀每个刀齿的前刀面(15)、左侧刃带面(17)、右侧刃带面(18)和顶部刃带面(20)精加工,即得到蜗轮滚刀成品。

[0007] 本发明的有益效果在于:基于CAD/CAM技术,仅利用四轴及四轴以上联动的通用数控铣床,经过粗和精加工和一次热处理工艺可以实现环面蜗轮滚刀的加工。这种方法在简化了滚刀加工工艺的同时,还保证了滚刀各刀齿切削刃的位置和形状以及刃带宽、后角角度,进而得到较传统加工出的滚刀更佳的制造精度和切削性能的环面蜗轮滚刀。

附图说明

[0008] 图1为本发明环面蜗轮滚刀的设计和制造方法流程图

[0009] 图2为本发明环面蜗轮滚刀外形关键曲面上点族的分布示意图

[0010] 图3为本发明方法中在三维软件里根据滚刀右侧螺旋面点族建立滚刀右侧螺旋面过程示意图

[0011] 图4为本发明方法中建立的滚刀单个刀齿三维实体模型示意图

[0012] 图5为本发明方法中建立的环面蜗轮滚刀三维模型图

[0013] 图6为基于CAM软件编制数控铣削程序时环面蜗轮滚刀在数控铣床中的位置示意图

具体实施方式

[0014] 下面根据附图对本发明的实例进行描述。

[0015] 以平面二次包络环面蜗轮滚刀为例,相关参数为:环面蜗杆副的中心距 $a=175\text{mm}$,滚刀齿根圆弧半径 $R_{f0}=152.4\text{mm}$,滚刀齿顶圆弧半径 $R_{a0}=158\text{mm}$,刀齿排数 $N_z=6$,容屑槽为直槽,在圆周方向均布,各前刀面圆周夹角为 60° ,其中有一排刀齿的前刀面经过滚刀喉部

齿厚点。滚刀一共有31个刀齿,刀齿后角角度 $\alpha=5^\circ$,刃带宽 $l_E=1\text{mm}$,刀齿齿厚 $\eta=15\text{mm}$ 。

[0016] 图2所示为环面蜗轮滚刀外形曲面上点族的分布示意图。利用环面蜗轮滚刀螺旋面成形原理和所给出的上述参数,计算出均布于滚刀的左侧螺旋面点族(1)和右侧螺旋面点族(2)的三维坐标数据,其中单侧螺旋面上,齿高方向23个点,滚刀轴向127个点,共 $23 \times 127=2921$ 个点。根据给定刀齿排数确定各个前刀面(15)的位置,将各前刀面(15)沿前刀面的法向向刀齿实体平移一个刃带宽度 l_E 的距离,与左侧螺旋面(7)和右侧螺旋面(8)相交得到左侧刃带终止线(9)和右侧刃带终止线(10),从而可以计算均布于各个刀齿的左侧刃带终止线点族(3)和右侧刃带终止线点族(4)的三维坐标数据各17个点。根据滚刀螺旋面导程角计算方法和采用车刀刀尖车削滚刀后角面的方法,根据侧后角面角度 α ,后角面起始线上点的导程角和车削传动比的关系,得到侧后角面上一系列螺旋线,从而得到侧后角面的数学模型,利用侧后角面数学模型,计算出均布各个刀齿的左侧后角面点族(5)和右侧后角面点族(6)的三维坐标数据,其中齿高方向17个点,滚刀齿长方向16个点,滚刀单个刀齿一侧后角面共 $17 \times 16=272$ 个点。

[0017] 图3所示为基于建模软件逆向工程原理的滚刀右侧螺旋面(8)拟合过程图。在右侧螺旋面点族(2)上,沿滚刀轴向将每127个点拟合合成1条螺旋线,一共23条螺旋线,再将23条螺旋线拟合合成右侧螺旋面(8),同理可得到左侧螺旋面(7)。在右侧刃带终止线点族(4)上,沿齿高方向将17个点拟合合成一条曲线,即右侧刃带终止线(10),同理可得到左侧刃带终止线(9)。在刀齿的右侧后角面点族(6)上,沿齿长方向将每16个点拟合合成一条曲线,一共17条曲线,再将17条曲线拟合合成右侧后角面(12),同理可得到左侧后角面(11)。

[0018] 图4所示为建立的滚刀单个刀齿三维实体模型示意图。根据环面蜗杆副的中心距 $a=175\text{mm}$,滚刀齿根圆弧半径 $R_{f0}=152.4\text{mm}$,滚刀齿顶圆弧半径 $R_{a0}=158\text{mm}$,由“圆弧回转成片体”命令建立滚刀的齿顶圆环面(13)和齿根圆环面(14)。按容屑槽为直槽、第一排刀齿的前刀面经过滚刀喉部齿厚点和各前刀面圆周夹角为 60° 以及刀齿齿厚 η 为 15mm ,由“直线拉伸成片体”命令建立刀齿的前刀面(15)和后刀面(16)。由“裁剪片体”命令通过前刀面(15)和左侧后角面(11)对左侧螺旋面(7)的剪切,得到刀齿的左侧刃带面(17),通过前刀面(15)和右侧后角面(12)对右侧螺旋面(8)的剪切,得到刀齿的右侧刃带面(18)。由“平移”命令和“相交成曲线”命令将前刀面(15)向后刀面(16)的方向平移一个刃带宽度 l_E 的距离与齿顶圆环面(13)相交得到刀齿的顶部刃带终止线(19),齿顶圆环面(13)位于前刀面(15)和顶部刃带终止线(19)之间的部分就是刀齿的顶部刃带面(20)。

[0019] 将齿顶圆环面(13)位于顶部刃带终止线(19)、左侧螺旋面(7)、右侧螺旋面(8)和后刀面(16)之间的部分绕顶部刃带终止线(19)向齿根环面(14)转过后角面角度 $\alpha=5^\circ$,得到刀齿的顶部后角面(21)。由“延伸曲面”命令延伸顶部后角面(21),与左侧后角面(11)、右侧后角面(12)和后刀面(16)相交,由“裁剪片体”命令裁剪掉左侧后角面(11)、右侧后角面(12)和后刀面(16)超出顶部后角面(21)的部分,这样,由前刀面(15)、后刀面(16)、左侧刃带面(17)、左侧后角面(11)、顶部刃带面(20)、顶部后角面(21)、右侧刃带面(18)和右侧后角面(12)就围成了一个刀齿的三维实体模型,同理,可以得到其他刀齿的三维实体模型,即得到环面蜗轮滚刀三维实体模型(22)。

[0020] 图6所示为基于CAM软件编制数控铣削程序时环面蜗轮滚刀在数控铣床中的位置示意图。将得到的环面蜗轮滚刀三维实体模型(22)输入UG软件中,基于X轴、Y轴、Z轴和C轴

的4轴联动通用数控铣床,环面蜗轮滚刀轴线(23)与C轴重合,铣刀(24)相对于环面蜗轮滚刀三维实体模型(22)的相对位置变化有X轴、Y轴、Z轴三个直线移动轴,以及环面蜗轮滚刀三维实体模型(22)随C轴的转动。给定刀齿的前刀面(15)、左侧刃带面(17)、右侧刃带面(18)和顶部刃带面(20)精加工余量 L ,取 $L=0.5\text{mm}$,编制数控铣削程序,在4轴联动通用数控铣床上对环面蜗轮滚刀粗加工,再对环面蜗轮滚刀热处理,按加工余量为零,编制数控程序,然后在4轴联动通用数控铣床上对环面蜗轮滚刀每个刀齿的前刀面(15)、左侧刃带面(17)、右侧刃带面(18)和顶部刃带面(20)精加工,即得到蜗轮滚刀成品。

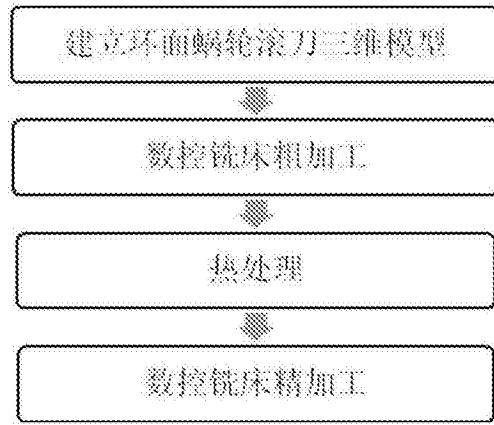


图1

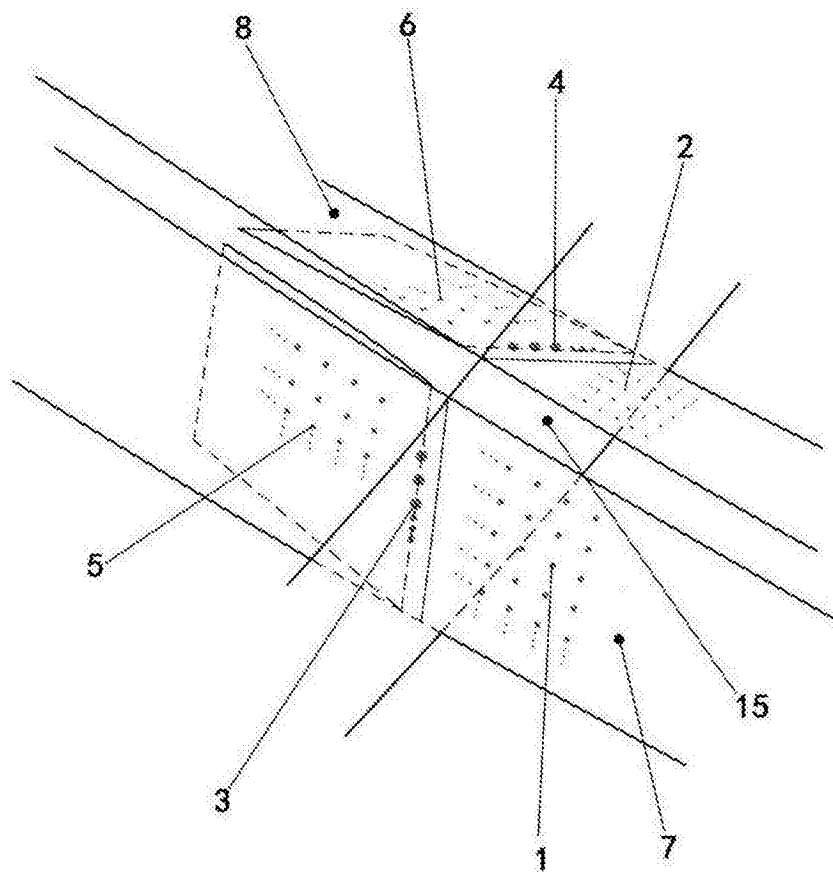


图2

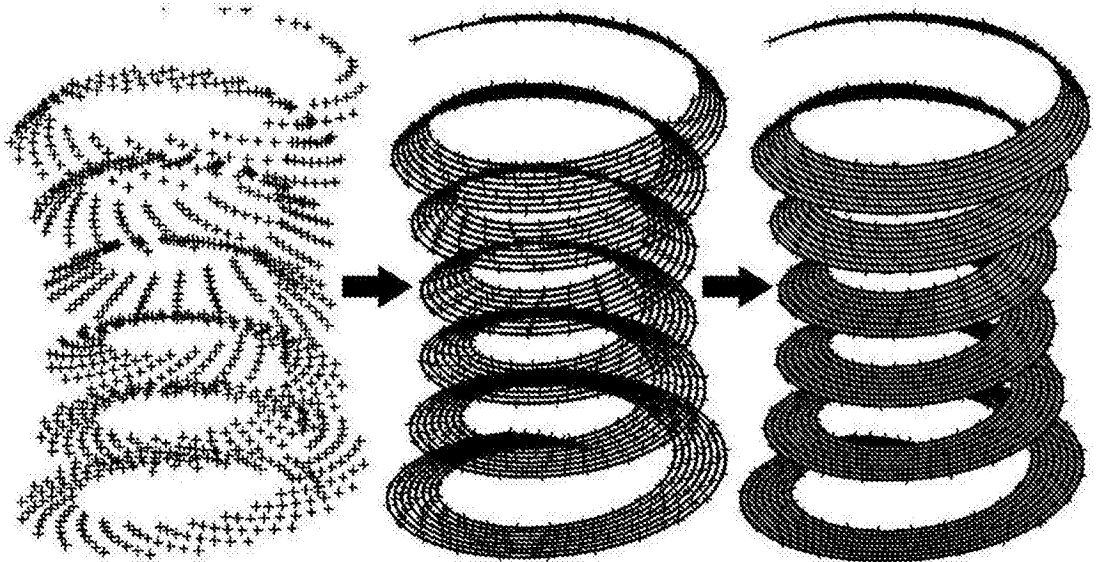


图3

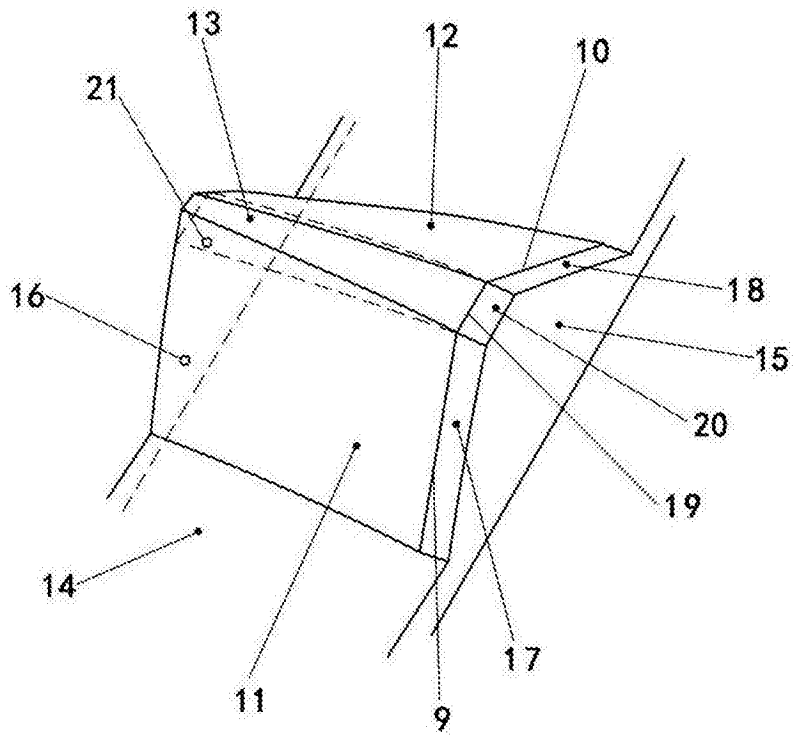


图4

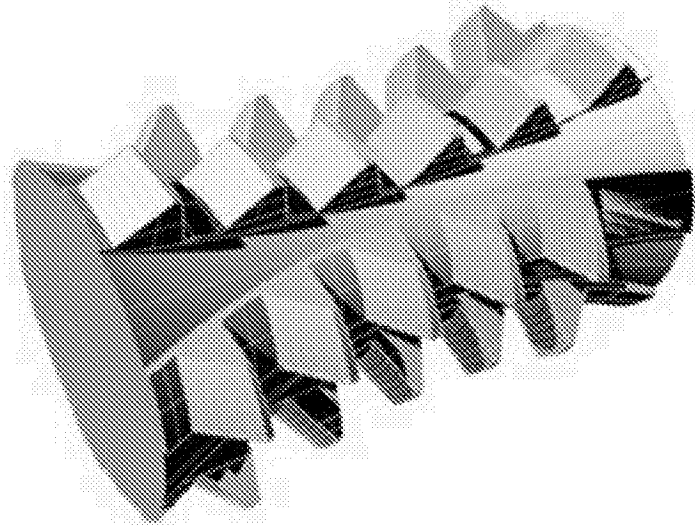


图5

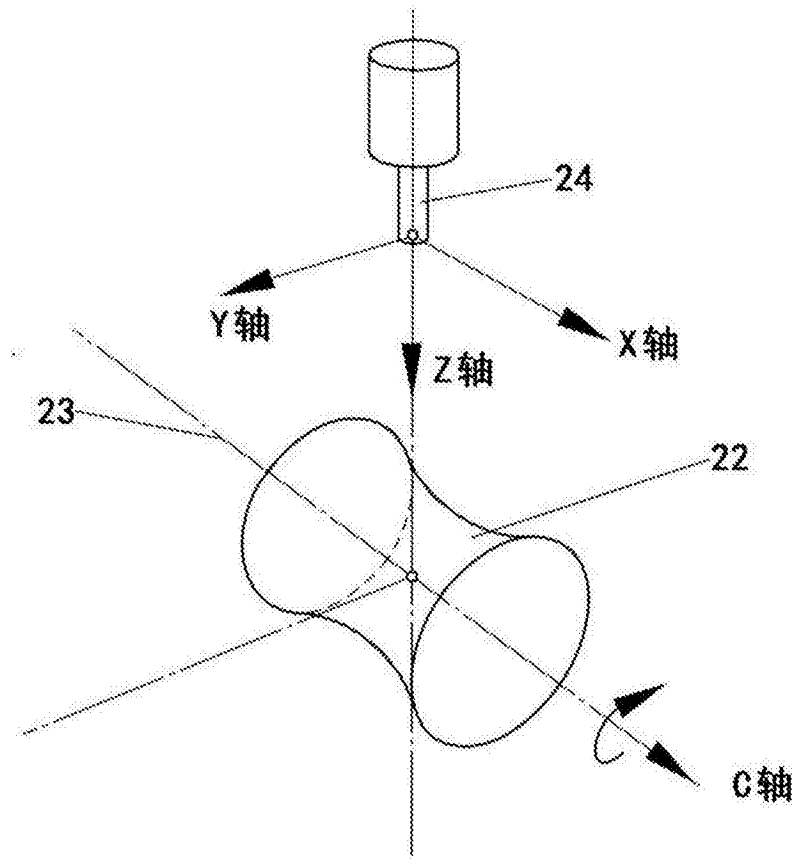


图6