



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103611990 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 05

(21) 申请号 201310580738. 5

(22) 申请日 2013. 11. 15

(71) 申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号天津大学

(72) 发明人 王太勇 王勇 林福训 卢志理  
王冬 吴开发 刘清建 刘恒丽  
张玥

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代理事务所 12201

代理人 张金亭

(51) Int. Cl.

B23F 9/08 (2006. 01)

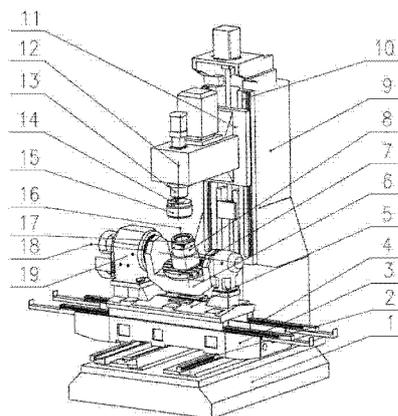
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种在通用六轴数控机床上加工螺旋锥齿轮的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种在通用六轴数控机床上加工螺旋锥齿轮的方法,该方法通过专用刀柄将标准铣刀盘连接在机床的刀盘主轴上,采用三爪卡盘将齿轮工件固定在C轴转台上,并通过设置并启动刀盘主轴和工件主轴电子齿轮功能,使铣刀盘和齿轮工件做啮合的展成运动,以加工出齿面。本发明无需对机床设备进行改造,只需安装齿轮加工所需刀柄、铣刀盘和夹具,就可实现螺旋锥齿轮的中小批量的生产,降低了加工成本,具有很好的经济效益。



1. 一种在通用六轴数控机床上加工螺旋锥齿轮的方法,所述通用六轴数控机床包括床身、X向直线导轨、Y向直线导轨、Z向直线导轨、第一驱动机构和第二驱动机构;所述床身上固定有所述Y向直线导轨,所述Y向直线导轨上安装有Y轴滑台,所述Y轴滑台上固定有X向直线导轨,所述X向直线导轨上安装有X轴床鞍;在所述床身的后面设有立柱,在所述立柱的前侧面上装有所述Z向直线导轨,所述Z向直线导轨上滑动配合连接有Z向滑台,所述Z向滑台上连接有刀盘主轴;所述第一驱动机构包括第一力矩电机,所述第一力矩电机内置入A轴支撑架内,所述A轴支撑架固定在所述X轴床鞍的左端上部,所述A轴支撑架上支撑有A轴摇篮,所述第一力矩电机的转子与所述A轴摇篮固接,所述第一力矩电机的定子与所述X轴床鞍固接;在所述A轴摇篮上安装有C轴转台;所述第二驱动机构包括第二力矩电机,所述第二力矩电机的定子固接在所述A轴摇篮内,所述第二力矩电机的转子与所述C轴转台固定连接,所述C轴转台的旋转中心线为C轴轴线;

其特征在于,

所述刀盘主轴采用伺服电主轴,所述伺服电主轴的转角采用角度编码器测定,所述伺服电主轴的转角采用闭环控制;

采用所述通用六轴数控机床加工螺旋锥齿轮的方法包括以下步骤:

一) 在伺服电主轴下面同轴连接刀柄,通过所述刀柄把加工齿轮所用的标准铣刀盘与所述伺服电主轴连接在一起;在所述C轴转台上同轴安装自定心的三爪卡盘,在所述三爪卡盘的中心处夹紧固定齿轮工件,使齿轮工件轴线与C轴轴线共线;

所述刀柄是由与所述标准铣刀盘连接的刀柄过渡部分和与所述伺服电主轴连接的刀柄主体一体形成的;所述刀柄过渡部分是由头部圆锥台和大圆柱一体形成的,所述头部圆锥台的头部端面中心处设有铣刀盘固定螺纹孔,所述头部圆锥台上设有与铣刀盘中心锥孔配合的铣刀盘定位锥面;所述大圆柱的外端面为铣刀盘轴向定位平面,在所述铣刀盘轴向定位平面上设有铣刀盘周向定位键键槽,在所述铣刀盘周向定位键键槽内设有固定键的螺纹孔;所述刀柄主体是由尾部圆锥台和小圆柱一体形成的,所述尾部圆锥台的尾部端面中心处设有拉钉孔,所述小圆柱的圆柱面上设有机床主轴端面键的键槽;

二) 设置并启动刀盘主轴和工件主轴电子齿轮功能;

三) 启动所述第一力矩电机使所述A轴摇篮转过一预设角度,以确定所述齿轮工件开始加工时的轮坯安装角;

四) 使所述Z向滑板运动,带动所述铣刀盘运动到其刀尖平面距离工件顶面100mm处,使所述Y轴滑台和所述X轴床鞍移动,并控制所述Y轴滑台和所述X轴床鞍的位移量,使最终合成位置为齿轮加工的起始位置;

五) 开启冷却液,所述铣刀盘按设定的进给速度切入齿坯,使所述铣刀盘的刀尖平面与齿坯在Y轴向的齿根处相切;X轴和Y轴进行联动,其联动的进给率为现有专用机械式螺旋锥齿轮加工机床的摇篮转速与径向刀位的乘积;在数控程序控制下,X轴、Y轴、刀盘主轴和工件主轴四轴联动,使所述铣刀盘和所述齿轮工件做啮合的展成运动,以加工出齿面;

六) 齿轮展成运动完成后,所述铣刀盘和所述齿轮工件继续按电子齿轮关系做旋转运动,同时所述铣刀盘向上运动,使所述齿轮工件与所述铣刀盘分离,所述铣刀盘回到最高位置,所述A轴摇篮摆回到起始位置;其它各轴都回到起始位置,取下加工好的齿轮。

2. 根据权利要求1所述的在通用六轴数控机床上加工螺旋锥齿轮的方法,其特征在

于,所述大圆柱的圆柱面上设有两个对称布置的平面,所述平面上设有螺钉孔。

## 一种在通用六轴数控机床上加工螺旋锥齿轮的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种螺旋锥齿轮的加工方法,特别是涉及一种在通用六轴数控机床上加工螺旋锥齿轮的方法。

### 背景技术

[0002] 螺旋锥齿轮作为高效、平稳、高载的传动部件,广泛用于轮船、飞机、直升机、汽车、动力机械等设备,其需求量非常之大。由于传统机械式螺旋锥齿轮数控加工设备的专用性、功能局限性而被逐步淘汰,而采用全数控理论和技术实现螺旋锥齿轮数字化加工是当前制造业发展的大趋势。

[0003] 在现有技术中,数控化的螺旋锥齿轮加工机床都是专用机床,设备投入大,维护费用高。这样的专机只能加工齿轮,在机床空闲时,不能用这类专机再加工其它普通零件。其机床加工柔性不高,机床利用率低,不适合锥齿轮小批量生产需求。另外专用的锥齿轮加工机床所配备的控制系统,都是在进口的数控系统中加入螺旋锥齿轮功能,其软件价格也十分昂贵。

### 发明内容

[0004] 本发明为解决公知技术中存在的技术问题而提供一种在通用六轴数控机床上加工螺旋锥齿轮的方法。

[0005] 本发明为解决公知技术中存在的技术问题所采取的技术方案是:一种在通用六轴数控机床上加工螺旋锥齿轮的方法,所述通用六轴数控机床包括床身、X向直线导轨、Y向直线导轨、Z向直线导轨、第一驱动机构和第二驱动机构;所述床身上固定有所述Y向直线导轨,所述Y向直线导轨上安装有Y轴滑台,所述Y轴滑台上固定有X向直线导轨,所述X向直线导轨上安装有X轴床鞍;在所述床身的后面设有立柱,在所述立柱的前侧面上装有所述Z向直线导轨,所述Z向直线导轨上滑动配合连接有Z向滑台,所述Z向滑台上连接有刀盘主轴;所述第一驱动机构包括第一力矩电机,所述第一力矩电机内置入A轴支撑架内,所述A轴支撑架固定在所述X轴床鞍的左端上部,所述A轴支撑架上支撑有A轴摇篮,所述第一力矩电机的转子与所述A轴摇篮固接,所述第一力矩电机的定子与所述X向床鞍固接;在所述A轴摇篮上安装有C轴转台;所述第二驱动机构包括第二力矩电机,所述第二力矩电机的定子固接在所述A轴摇篮内,所述第二力矩电机的转子与所述C轴转台固定连接,所述C轴转台的旋转中心线为C轴轴线;

[0006] 所述刀盘主轴采用伺服电主轴,所述伺服电主轴的转角采用角度编码器测定,所述伺服电主轴的转角采用闭环控制;

[0007] 采用所述通用六轴数控机床加工螺旋锥齿轮的方法包括以下步骤:

[0008] 一) 在伺服电主轴下面同轴连接刀柄,通过所述刀柄把加工齿轮所用的标准铣刀盘与所述伺服电主轴连接在一起;在所述C轴转台上同轴安装自定心的三爪卡盘,在所述三爪卡盘的中心处夹紧固定齿轮工件,使齿轮工件轴线与C轴轴线共线;

[0009] 所述刀柄是由与所述标准铣刀盘连接的刀柄过渡部分和与所述伺服电主轴连接的刀柄主体一体形成的；所述刀柄过渡部分是由头部圆锥台和大圆柱一体形成的，所述头部圆锥台的头部端面中心处设有铣刀盘固定螺纹孔，所述头部圆锥台上设有与铣刀盘中心锥孔配合的铣刀盘定位锥面；所述大圆柱的外端面为铣刀盘轴向定位平面，在所述铣刀盘轴向定位平面上设有铣刀盘周向定位键键槽，在所述铣刀盘周向定位键键槽内设有固定键的螺纹孔；所述刀柄主体是由尾部圆锥台和小圆柱一体形成的，所述尾部圆锥台的尾部端面中心处设有拉钉孔，所述小圆柱的圆柱面上设有机床主轴端面键的键槽；

[0010] 二) 设置并启动刀盘主轴和工件主轴电子齿轮功能；

[0011] 三) 启动所述第一力矩电机使所述 A 轴摇篮转过一预设角度，以确定所述齿轮工件开始加工时的轮坯安装角；

[0012] 四) 使所述 Z 向滑板运动，带动所述铣刀盘运动到其刀尖平面距离工件顶面 100mm 处，使所述 Y 轴滑台和所述 X 轴床鞍移动，并控制所述 Y 轴滑台和所述 X 轴床鞍的位移量，使最终合成位置为齿轮加工的起始位置；

[0013] 五) 开启冷却液，所述铣刀盘按设定的进给速度切入齿坯，使所述铣刀盘的刀尖平面与齿坯在 Y 轴向的齿根处相切；X 轴和 Y 轴进行联动，其联动的进给率为现有专用机械式螺旋锥齿轮加工机床的摇台转速与径向刀位的乘积；在数控程序控制下，X 轴、Y 轴、刀盘主轴和工件主轴四轴联动，使所述铣刀盘和所述齿轮工件做啮合的展成运动，以加工出齿面；

[0014] 六) 齿轮展成运动完成后，所述铣刀盘和所述齿轮工件继续按电子齿轮关系做旋转运动，同时所述铣刀盘向上运动，使所述齿轮工件与所述铣刀盘分离，所述铣刀盘回到最高位置，所述 A 轴摇篮摆回到起始位置；其它各轴都回到起始位置，取下加工好的齿轮。

[0015] 所述大圆柱的圆柱面上设有两个对称布置的平面，所述平面上设有螺钉孔。

[0016] 本发明具有的优点和积极效果是：

[0017] 1) A 轴采用力矩电机驱动，电机内置入在 X 轴床鞍左侧的 A 轴支撑架内，这样能够提高 Y 轴行程空间，减少机床的占地面积。A 轴和 C 轴采用力矩电机并配有高精度角度编码器，有利于提高机床加工齿轮的精度。

[0018] 2) 在通用六轴数控机床上进行螺旋锥齿轮的加工，无需对机床设备进行改造，只需安装齿轮加工所需刀柄、铣刀盘和夹具，就可实现螺旋锥齿轮的中小批量的生产，降低了加工成本，具有很好的经济效益。

[0019] 3) 采用通用六轴机床加工螺旋锥齿轮，加工设备还可以作为通用五轴、四轴、三轴机床加工其它非齿轮零件，增强了通用六轴机床的加工柔性，使其能够一机多用，提高了利用率。

#### 附图说明

[0020] 图 1 为本发明的应用结构示意图；

[0021] 图 2 为本发明所用刀柄的主视图；

[0022] 图 3 是图 2 的右视图；

[0023] 图 4 是图 2 的立体示意图。

[0024] 图中：1、床身，2、Y 向直线导轨，3、Y 轴滑台，4、X 向直线导轨，5、X 轴床鞍，6、A 轴

摇篮,7、C轴转台,8、夹具,9、立柱,10、Z向直线导轨,11、Z轴滑板,12、W轴轴线,13、刀盘主轴,14、刀柄,15、铣刀盘,16、C轴轴线,17、齿轮工件,18、A轴轴线,19、A轴支撑架,14-1、长锥面,14-2、拉钉孔,14-3、尾部圆锥台,14-4、小圆柱,14-5、大圆柱,14-6、铣刀盘轴向定位平面,14-7、铣刀盘定位锥面,14-8、头部圆锥台,14-9、螺钉孔,14-10、铣刀盘固定螺纹孔,14-11、铣刀盘周向定位键键槽,14-12、固定键的螺纹孔,14-13、机床主轴端面键的键槽,14-14、平面,A、刀柄过渡部分,B、刀柄主体。

### 具体实施方式

[0025] 为能进一步了解本发明的发明内容、特点及功效,兹例举以下实施例,并配合附图详细说明如下:

[0026] 请参阅图1~图4,一种在通用六轴数控机床上加工螺旋锥齿轮的方法,所述通用六轴数控机床包括床身1、X向直线导轨4、Y向直线导轨2、Z向直线导轨10、第一驱动机构和第二驱动机构。

[0027] 所述床身1上固定有所述Y向直线导轨2,所述Y向直线导轨2上安装有Y轴滑台3,所述Y轴滑台3上固定有X向直线导轨4,所述X向直线导轨4上安装有X轴床鞍5。

[0028] 在床身1后面设有立柱9,在立柱9的前侧面上装有Z向直线导轨10,Z向直线导轨10上滑动配合连接有Z向滑台11,Z向滑台11上连接有刀盘主轴13,刀盘主轴轴线为W轴轴线12。

[0029] 第一驱动机构包括第一力矩电机,第一力矩电机内置入A轴支撑架19内,A轴支撑架19固定在X轴床鞍5的左端上部,A轴支撑架19上支撑有A轴摇篮6,第一力矩电机的转子与A轴摇篮6固接,第一力矩电机的定子与X向床鞍5固接,当第一力矩电机通电工作时,第一力矩电机的转子带动A轴摇篮6绕A轴轴线18旋转,在本发明中,该旋转能够实现齿轮工件根锥角的调整运动,其调整角度范围为 $\pm 90^\circ$ 。

[0030] 在A轴摇篮6上安装有C轴转台7,其上为机床工作台面,工作台面可绕C轴轴线16连续旋转;

[0031] 第二驱动机构包括第二力矩电机,第二力矩电机的定子固接在A轴摇篮6内,第二力矩电机的转子与C轴转台7固定连接。当第二力矩电机通电工作时,第二力矩电机的转子带动C轴转台旋转,C轴转台7再带动夹具8和齿轮工件17连续旋转。

[0032] X向直线导轨4、Y向直线导轨2和Z向直线导轨10采用滚动导轨或滚珠丝杆,伺服电机通过直联方式将伺服电机的转动传给所述滚珠丝杆或滚动导轨,带动Y轴滑台3、X轴床鞍5和Z轴滑板11移动。Y轴滑台3、X轴床鞍5和Z轴滑板11的位移用光栅尺测定,闭环控制;A轴和C轴采用力矩电机直接驱动,回转精度用高精度角度编码器测定。

[0033] 所述刀盘主轴采用伺服电主轴,伺服电主轴的转角采用高精度角度编码器测定,伺服电主轴的转角采用闭环控制。

[0034] 采用所述通用六轴数控机床加工螺旋锥齿轮的方法包括以下步骤:

[0035] 一)在伺服电主轴下面同轴连接刀柄14,通过刀柄14把加工齿轮所用的标准铣刀盘15与伺服电主轴连接在一起,铣刀盘15与伺服电主轴同轴设置;当伺服电主轴旋转时,带动刀柄和铣刀盘旋转,构成伺服电主轴部分;在C轴转台7上同轴安装齿轮加工所需夹具8,夹具8为自定心的三爪卡盘,其中心夹有齿轮工件17,使齿轮工件轴线与C轴轴线共线。

[0036] 所述刀柄是由与所述铣刀盘连接的刀柄过渡部分 A 和与伺服电主轴连接的刀柄主体 B 一体形成的。

[0037] 所述刀柄过渡部分 A 是由头部圆锥台 14-8 和大圆柱 14-5 一体形成的,所述头部圆锥台 14-8 的头部端面中心处设有铣刀盘固定螺纹孔 14-10,所述头部圆锥台 14-8 上设有与铣刀盘中心锥孔配合的铣刀盘定位锥面 14-7;所述大圆柱 14-5 的外端面为铣刀盘轴向定位平面 14-6,在所述铣刀盘轴向定位平面 14-6 上设有铣刀盘周向定位键键槽 14-11,在所述铣刀盘周向定位键键槽 14-11 内设有固定键的螺纹孔 14-12。

[0038] 所述刀柄主体 B 是由尾部圆锥台 14-3 和小圆柱 14-4 一体形成的,所述尾部圆锥台 14-3 的尾部端面中心处设有拉钉孔 14-2,所述小圆柱 14-4 的圆柱面上设有机床主轴端面键的键槽 14-13。

[0039] 上述过渡部分 A 中用于安装延伸外摆线锥齿轮铣刀盘的定位面由铣刀盘轴向定位平面 14-6 和铣刀盘定位锥面 14-7 组成。铣刀盘轴向定位平面 14-6 上有一个铣刀盘周向定位键键槽 14-11。为防止铣刀盘周向定位键移动,在铣刀盘周向定位键键槽 14-11 上设有固定键的螺纹孔 14-12。大圆柱 14-5 上对称布置有 2 个平面 14-14,在平面 14-14 上设有螺钉孔 14-9,以便于在人工或叉车等起吊刀盘时,能够通过拧入螺钉来抓紧刀柄。

[0040] 在本实施例中,铣刀盘周向定位键键槽 14-11 宽 25.5mm,深 8mm,该键槽靠近大圆柱 14-5 中心的一侧为一圆头,其中心与大圆柱 14-5 中心的最短距离为 76.35mm,该键槽中心线与螺钉孔 14-9 中心线的夹角为  $45^\circ$ 。为防止键松动,在键槽的中心线上设有固定键的螺纹孔 14-12,可以采用螺钉把定位键固定在键槽内,螺纹孔 14-12 的直径为 6mm,深度 12mm,其中心线与大圆柱 14-5 中心线的距离为 86mm。铣刀盘定位锥面 14-7 大端直径为 130.07mm,锥度为 1:4,长度为 21.5mm,铣刀盘定位锥面 14-7 需用专业环规涂色检验,与铣刀盘接触面不少于 90%。刀柄过渡部分 A 上的铣刀盘固定螺纹孔 14-10 为一标准的带螺纹的  $60^\circ$  中心孔,该螺纹孔直径为 24mm,深 65mm。大圆柱 14-5 的直径为 210mm,长度为 30mm。大圆柱 14-5 圆柱面上的螺钉孔 14-9 的直径 10mm,深度 18mm。上述刀柄主体 B 为一符合标准 JIS B6339 规定的 BT50 号锥柄,但考虑到所安装的铣刀盘直径和重量均较大,不适合在通用数控机床上换刀,因此在小圆柱 14-4 上未加工 V 形槽。尾部圆锥台 14-3 上的长锥面 14-1 比头部圆锥台上的铣刀盘定位锥面长,故称之为长锥面。刀柄主体 B 可以通过安装在拉钉孔 14-2 内的标准拉钉、长锥面 14-1 其锥度为 7:24 及小圆柱 14-4 上的机床主轴端面键的键槽 14-13 安装在 BT50 号数控主轴上。长锥面 14-1 的大端直径为 69.85mm,拉钉孔 14-2 的直径为 24mm,深度 45mm。在小圆柱 14-4 上对称布置的 2 个机床主轴端面键的键槽 14-13 的宽为 25.7mm,键槽底面到小圆柱 14-4 中心的距离为 35.4mm。上述刀柄可以在数控机床 BT50 号主轴锥孔上安装中心锥孔为 130.07mm 的标准延伸外摆线锥齿轮铣刀盘。该刀柄和所连接的铣刀盘两者总体重量大于 40Kg,同时一般通用数控机床刀库的刀具空间直径小于 200mm,因此该刀柄不适合在通用数控机床上进行换刀操作,在小圆柱 14-4 上未设置标准 V 型槽,能够减少该刀柄的制造成本。考虑到通用数控机床的主轴启动力矩小、机床主轴方向运行行程的限制和提高刀柄的刚性,将刀柄过渡部分 A 与刀柄主体 B 做成一个整体,中间无其它连接部分。拉钉孔 14-2、尾部圆锥台 14-3、小圆柱 14-4、机床主轴端面键的键槽 14-13 的尺寸及公差与标准 JIS B6339 所规定的锥柄的相应尺寸及公差相同。

[0041] 数控机床主轴系统通过安装在拉钉孔 14-2 内的拉钉对刀柄主体 B 施加沿轴线方

向的拉力,使得刀柄主体 B 上的长锥面 14-1 与数控机床主轴锥孔紧密配合,实现刀柄在数控机床主轴上的轴向定位。刀柄在数控机床主轴上的周向定位是通过刀柄主体 B 的小圆柱 14-4 上的机床主轴端面键的键槽 14-13 与数控机床主轴上的端面键配合来保证的。将铣刀盘的中心锥孔套装在刀柄过渡部分 A 的铣刀盘定位锥面 14-7 上,并用拧紧在铣刀盘固定螺纹孔 14-13 内的螺钉将铣刀盘锁紧,从而实现铣刀盘在刀柄上的轴向定位。铣刀盘在刀柄上的周向定位是通过在铣刀盘的背面和铣刀盘轴向定位平面之间设置一个标准定位键来保证的,标准定位键固定安装在铣刀盘周向定位键键槽 14-11 内。

[0042] 二) 设置并启动刀盘主轴(W轴)和工件主轴(C轴)电子齿轮功能:即当伺服电主轴(W轴)旋转时,利用数控系统电子齿轮功能,第二力矩电机的转子跟随伺服电主轴(W轴)转动,驱动齿轮工件旋转;

[0043] 三) 启动所述第一力矩电机使 A 轴摇篮 6 转过一预设角度,以确定齿轮工件 17 开始加工时的轮坯安装角。

[0044] 四) 数控系统通过立柱 9 上的伺服电机来精确控制 Z 向滑板运动,带动铣刀盘快速往下运动到刀尖平面离工件顶面 100mm 处,通过机床床身上的伺服电机来精确控制 Y 轴滑台的位移量,通过 Y 轴滑台 3 上的伺服电机来精确控制 X 轴床鞍的位移量,使最终合成位置为齿轮加工的起始位置。

[0045] 五) 开启冷却液,铣刀盘 15 按设定的进给速度慢慢切入齿坯,使铣刀盘 15 的刀尖平面与齿坯在 Y 轴向的齿根处相切;铣刀盘 15 调整到此位置后,铣刀盘 15 在 Z 轴方向不再运动,X 轴和 Y 轴进行联动,其联动的进给率为现有专用机械式螺旋锥齿轮加工机床的摇台转速与径向刀位的乘积;在数控程序控制下,X 轴、Y 轴、刀具主轴 13 (W 轴)、工件主轴(C 轴)四轴联动使铣刀盘 15 和齿轮工件 17 做啮合的展成运动以加工出齿面。

[0046] 六) 齿轮展成运动完成后,铣刀盘 15 和齿轮工件 17 继续按电子齿轮关系做旋转运动,同时铣刀盘 15 向上运动,使齿轮工件 17 与铣刀盘 15 逐渐分离,铣刀盘 15 回到最高位置,A 轴摇篮 6 摆回到起始位置;其它各轴都回到原始位置,取下加工好的齿轮并换上待加工的齿坯。

[0047] 上述方法是采用六轴数控机床加工锥齿轮,当不需加工齿轮时,六轴数控机床可作为通用五轴、三轴机床加工其它非齿轮零件,其工作过程为:

[0048] 卸除刀柄 14、铣刀盘 15、夹具 8 和齿轮工件 17,在数控系统中,去掉刀盘主轴和工件主轴的电子齿轮关系,即为通用的双转台五轴数控机床。

[0049] 尽管上面结合附图对本发明的优选实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可以做出很多形式,这些均属于本发明的保护范围之内。

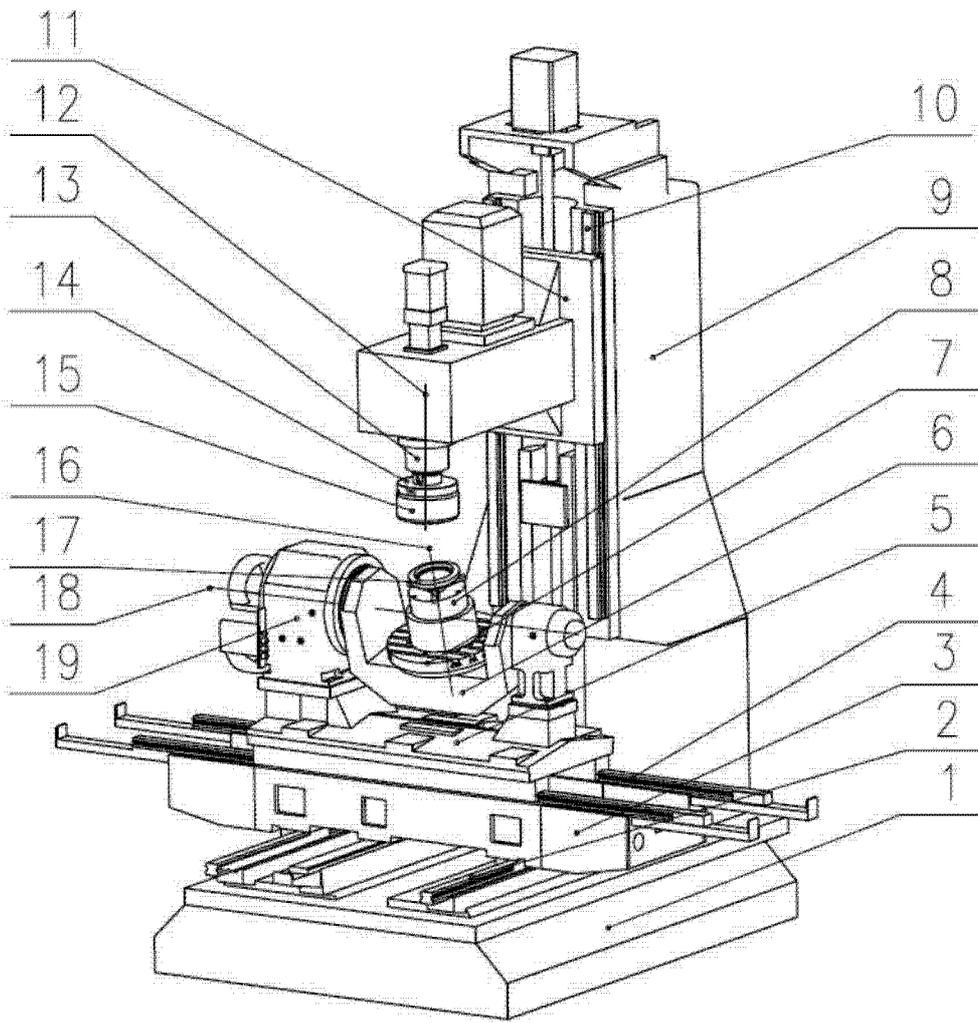


图 1

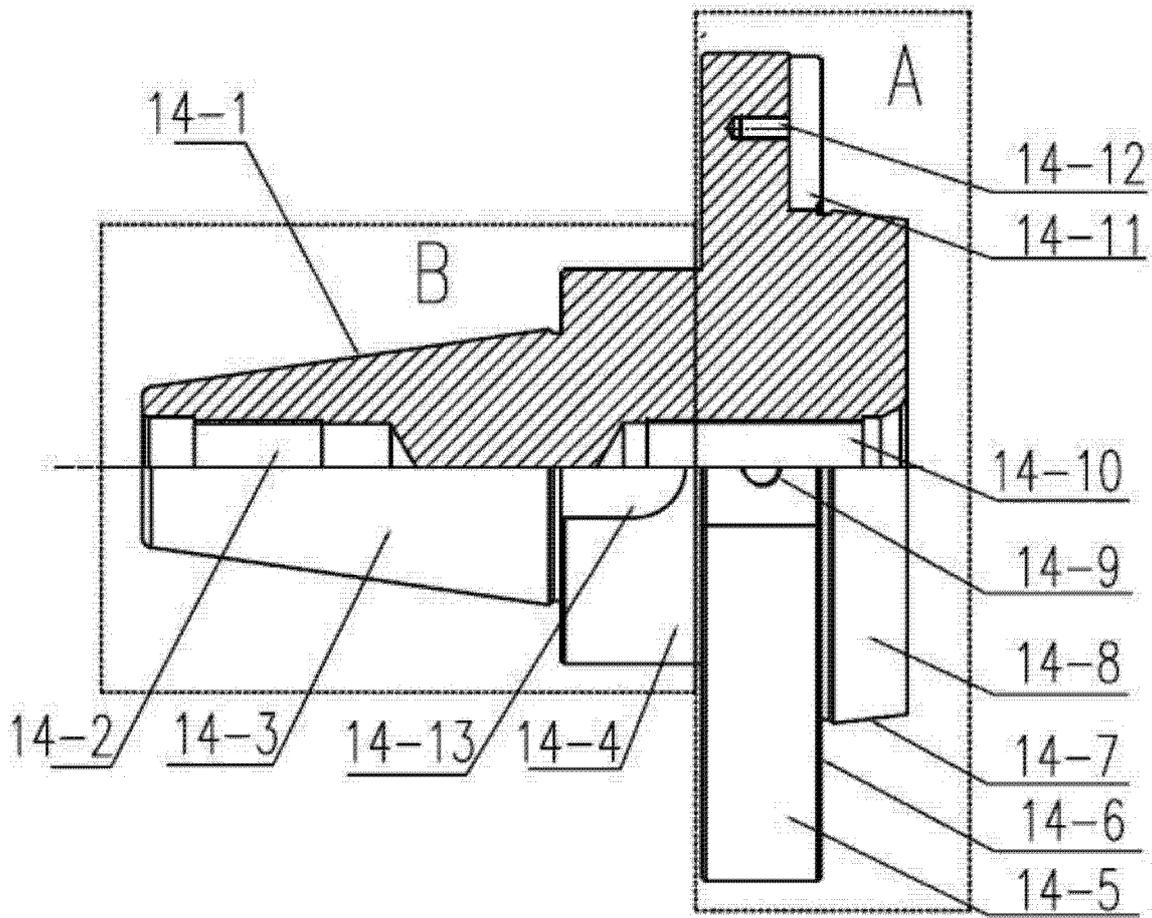


图 2

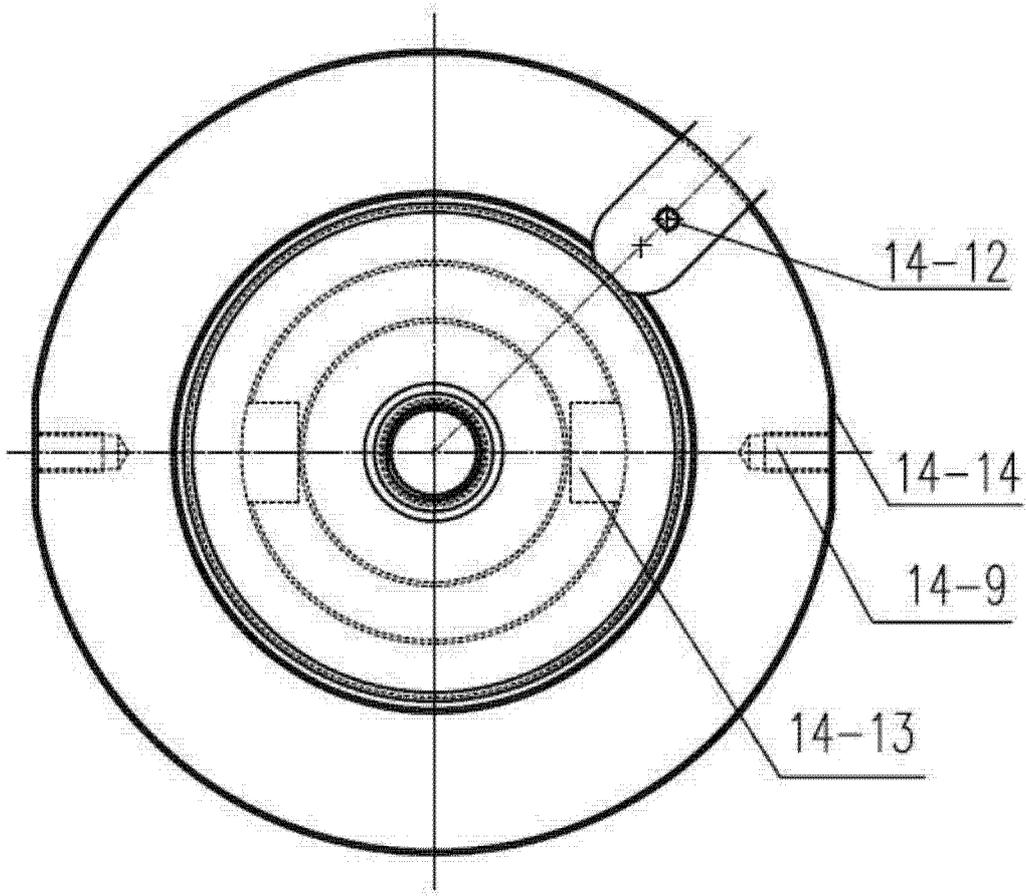


图 3

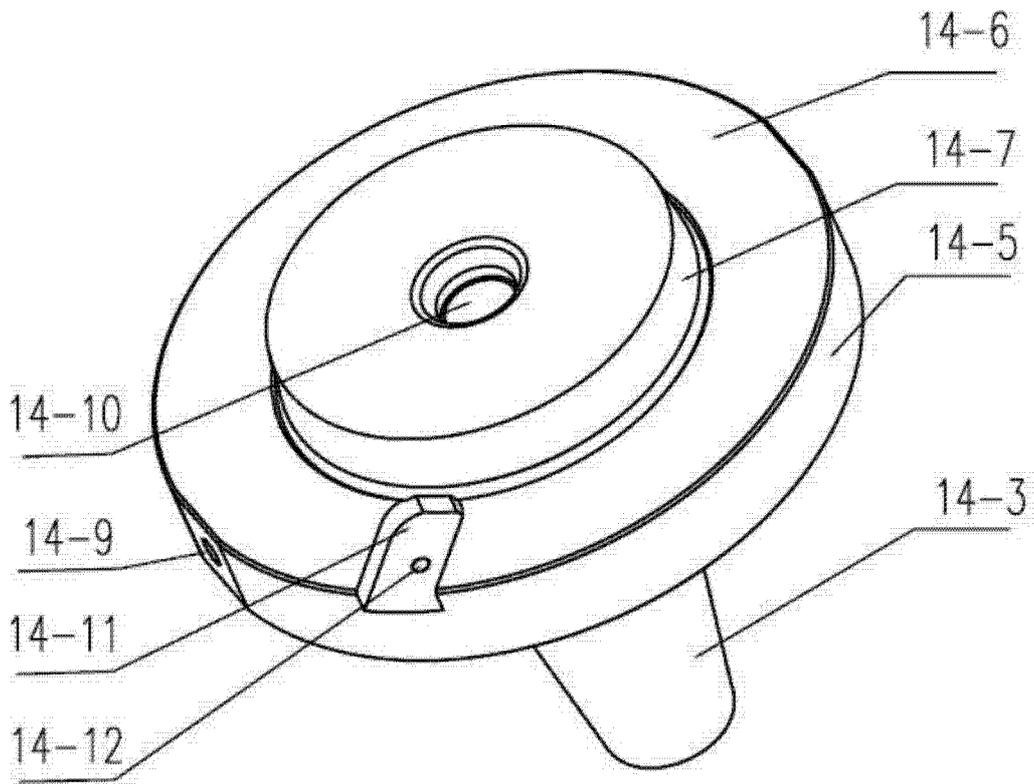


图 4