



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112800552 B

(45) 授权公告日 2022.06.21

(21) 申请号 202011561370.4

审查员 许莎莎

(22) 申请日 2020.12.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112800552 A

(43) 申请公布日 2021.05.14

(73) 专利权人 浙江大学
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 刘晓健 吴昊 王阳 裘乐淼
张树有 谭建荣

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200
专利代理师 林超

(51) Int. Cl.
G06F 30/17 (2020.01)

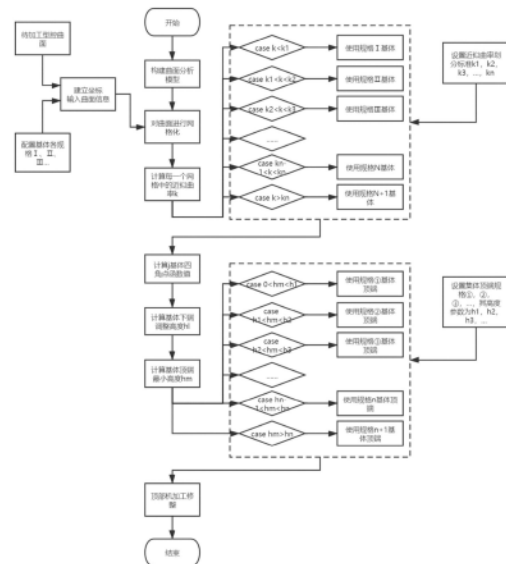
权利要求书3页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

一种基于近似曲率的型腔曲面动态快速构造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于近似曲率的型腔曲面动态构造方法。输入型腔曲面,用柔性基体装置构造;输入柔性基体装置中基体结构的规格化参数;柔性基体装置是由多个基体结构构成,基体结构包含有基体顶端和基体下端,基体顶端能够更换;求取型腔曲面上不同位置的近似曲率;对型腔曲面的平面维度和法向维度对柔性基体装置进行动态构造,对动态构造后的柔性基体装置的顶部进行机加工修整,得到模具型腔曲面结构。本发明方法能够根据型腔曲面曲率变化动态选择不同规格的基体结构和顶端来进行构造,具有组合快速、调节方便的特点,适用于个性化、多样化的模具型腔曲面构造需求。



1. 一种基于近似曲率的型腔曲面动态构造方法,其特征在于,方法包括以下步骤:

步骤(1):输入待构造的型腔曲面,使用柔性基体装置进行构造;

步骤(2):输入柔性基体装置中基体结构的规格化参数;所述的基体结构是正四棱柱结构的用于型腔曲面构造的基本单元,柔性基体装置是由多个基体结构构成,基体结构包含有基体顶端和基体下端,基体顶端能够更换;

步骤(3):对输入型腔曲面进行分析,求取型腔曲面上不同位置的近似曲率 k ;

步骤(4):对型腔曲面的平面维度对柔性基体装置进行动态构造,确定柔性基体装置中基体结构的横截面规格选用、各个横截面规格对应的基体结构的数量以及基体结构的总数量;

步骤(5):对型腔曲面的法向维度对柔性基体装置进行动态构造,确定各所选柔性基体装置中基体结构的高度规格 H ;

步骤(6):对按照步骤(4)和步骤(5)动态构造后获得的柔性基体装置的顶部进行机加工修整,得到型腔曲面结构;

(3.1) 将输入型腔曲面以平面维度进行网格化,平面维度是由相垂直的 x 方向与 y 方向构成,网格的实际形状为空间四边形,网格投影到平面维度上为正方形,网格投影到平面维度上后正方形的边长为最小横截面规格的基体结构的边长,且各个网格投影后正方形的边长均相同;

(3.2) 计算每一个网格分别沿平面维度的 x 方向与 y 方向上的近似曲率 x_t 与 y_t ,公式为:

$$x_t = \frac{F(P_{j1}) - F(P_{j3})}{l}$$

$$y_t = \frac{F(P_{j2}) - F(P_{j4})}{l}$$

其中, $F(P)$ 为型腔曲面在一 P 点处的高度值, l 为网格投影到平面维度上后的正方形的边长, P_{j0} 表示第 j 个网格的中心点, P_{j1} 、 P_{j2} 、 P_{j3} 、 P_{j4} 分别表示投影到平面维度上后的网格四条边的中点;

(3.3) 最后根据 x 方向的近似曲率 x_t 与 y 方向的近似曲率 y_t 计算第 j 个网格的总近似曲率 k ,公式如下:

$$k = \max(|x_t|, |y_t|)$$

其中, $\max()$ 为取最大值函数;

通过上述步骤(3.1) - (3.3)得到型腔曲面上每一个网格的总近似曲率;

所述步骤(4)中,对型腔曲面近似曲率的平面维度进行动态构造,根据型腔曲面不同网格内的总近似曲率不同,按照总近似曲率 k 值从大到小的顺序划分为 n 个近似曲率标准 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 \dots ,将所有 n 个近似曲率标准在型腔曲面上做 n 条曲率分界线,从而将型腔曲面分为 $n+1$ 个区域,进而对每个区域进行判断设置:

若 $k \leq k_1$, k 表示当前区域的总近似曲率,则采用最大横截面规格的基体结构进行填充;

若 $k_1 < k \leq k_2$,则在当前区域中采用第二大横截面规格的基体结构进行填充;

若 $k_2 < k \leq k_3$,则在当前区域中采用第三大横截面规格的基体结构进行填充; \dots

若 $k_{n-1} < k \leq k_n$,则在当前区域中采用第二小横截面规格的基体结构进行填充;

若 $k_n \leq k$,则在当前区域中采用最小横截面规格的基体结构进行填充;

在当前区域中,每填充一个基体结构后,将当前区域中余下未填充的区域和当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格比较,进行以下判断:

若当前区域中余下未填充的区域占据大于当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格的0.8倍,且形状能够使基体填充下,则采用当前区域中所要填充的基体结构进行进一步填充;

否则认为当前区域中余下未填充的区域为填充完成后的空隙,采用比当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格更小规格的基体结构进行填充,直到无法再填充入更小规格的基体结构;

在采用当前区域中所要填充的基体结构进行填充时,在相邻区域之间的交界处,当前区域用当前基体结构填充后,当前基体结构位置的截面积大部分落在和当前区域相邻的另一区域中,则改用比当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格更小规格的基体结构。

2. 根据权利要求1所述的一种基于近似曲率的型腔曲面动态构造方法,其特征在于:所述步骤(2)中:

基体横截面规格化参数,是指基体结构的截面尺寸参数,以不同的截面尺寸为依据将基体结构划分多种不同的横截面规格,以横截面的面积尺寸参数 S_i 为标准按从大到小的顺序构建不同的横截面规格;

基体顶端规格化参数,是指基体结构组成部分中基体顶端的高度参数,以不同的高度为设计成多种不同的高度规格,以基体顶端的高度参数 h_i 为标准按从小到大的顺序构建不同的高度规格。

3. 根据权利要求1所述的一种基于近似曲率的型腔曲面动态构造方法,其特征在于:所述步骤(5)中,以基体下端绝对高度 $h1$ 与基体顶端相对高度 hm 为目标参数,确定方法为:

(5.1) 设单个基体结构的基体顶端顶面的四个顶点分别为 i_1, i_2, i_3, i_4 ,基体下端绝对高度 $h1$ 计算为:

$$h1 = \min (F(i_1), F(i_2), F(i_3), F(i_4))$$

其中, $F(i)$ 为型腔曲面在点 i 处的高度值, \min 表示求最小化函数;

(5.2) 基体顶端相对高度 hm 计算为:

$$hm = \max (F(i_1), F(i_2), F(i_3), F(i_4)) - \min (F(i_1), F(i_2), F(i_3), F(i_4))$$

若 $0 < hm \leq h_1$,则基体结构中使用最小高度规格的基体顶端;

若 $h_1 < hm \leq h_2$,则基体结构中使用第二小高度规格的基体顶端;

若 $h_2 < hm \leq h_3$,则基体结构中使用第三小高度规格的基体顶端;

.....

若 $h_{n-1} < hm \leq h_n$,则基体结构中使用第二大高度规格的基体顶端;

若 $h_n < hm$,则基体结构中使用最大高度规格的基体顶端;

其中, $h_1 \cdots h_n$ 表示从小到大的高度规格;

由此,由基体下端绝对高度 $h1$ 与基体顶端相对高度 hm 共同组成基体结构的高度 H 。

4. 根据权利要求1所述的一种基于近似曲率的型腔曲面动态构造方法,其特征在于:所述的柔性基体装置主要由多个基体结构阵列排布组成,多个基体结构阵列排布后在周围安装外围框架(7)形成稳定整体结构,每个基体结构包括基体顶端(1)、基体下端(2)以及紧固

螺钉(3)、联接板(4)、螺纹丝杆(5)和止动环(6),基体顶端(1)通过紧固螺钉(3)连接安装在基体下端(2)顶部,基体下端(2)底部设有方柱轴,方柱轴可轴向移动地套装在联接板(4)的内腔中,联接板(4)用于相邻基体结构之间的对接,联接板(4)底部套装有螺纹丝杆(5),螺纹丝杆(5)上端伸入到联接板(4)的内腔后和基体下端(2)方柱轴下端面的螺纹孔相联接,螺纹丝杆(5)下端连接旋转驱动源,止动环(6)可拆卸地安装在联接板(4)底部;多个基体结构的基体顶端(1)顶面衔接组成组合表面,对组合表面进行机加工获得型腔曲面。

5. 根据权利要求4所述的一种基于近似曲率的型腔曲面动态构造方法,其特征在于:所述的联接板(4)分为上部块体和下部圆柱体,上部块体和下部圆柱体同轴连接并且在连接后的内部开设内腔,上部块体的形状、尺寸与基体下端(2)的形状、尺寸一致,基体下端(2)的方柱轴伸入到下部圆柱体的内腔中;所述的基体顶端(1)通过榫卯结构插装到基体下端(2),且在基体顶端(1)和基体下端(2)相互插装部位的基体下端(2)侧壁设有螺纹孔,所述的紧固螺钉(3)穿过螺纹孔后紧压连接到基体顶端(1)侧面,使得基体顶端(1)被固定安装于基体下端(2)。

6. 根据权利要求4所述的一种基于近似曲率的型腔曲面动态构造方法,其特征在于:所述的螺纹丝杆(5)的侧面开设有沿轴向布置的条形凹槽,下端的条形凹槽沿周向布置设有环形凹槽,环形凹槽表面设有外螺纹,止动环(6)的内周面设有和条形凹槽配合的凸起,凸起的内侧设有和环形凹槽处外螺纹配合的内螺纹,凸起通过条形凹槽后,凸起内螺纹与环形凹槽外螺纹相联接,止动环(6)插入联接板(4),形成止动环(6)和螺纹丝杆(5)轴向限位和周向限位配合安装,使得螺纹丝杆(5)无法旋转。

7. 根据权利要求4所述的一种基于近似曲率的型腔曲面动态构造方法,其特征在于:所述的联接板(4)对称两侧分别设有水平凹槽和水平凸条,当前基体结构的联接板(4)通过自身的水平凹槽和水平凸条分别与相邻基体结构中的联接板(4)的水平凸条和水平凹槽相嵌合固定,使得相邻的基体结构间紧密拼装连接。

一种基于近似曲率的型腔曲面动态快速构造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及了一种模具曲面构造方法,尤其是涉及了一种基于近似曲率的型腔曲面动态构造方法。

背景技术

[0002] 模具制造是装备制造业的基础。在我国,四分之三的粗加工产品零件、一半的精加工产品零件、绝大多数的塑料制的产品均是由模具加工成型。而模具制造又是模具行业的中重中之重。在传统的制造业中,模具制造过程以机械加工为主,其步骤包含了模具下料、修整和装配,往往加工周期较长,且成本也居高不下。当模具针对的零件形状较为复杂,特别是型腔曲面类零件,模具的生产效率就会降低。

[0003] 目前在“互联网+”的背景之下,个性化、定制化的需求越来越大,而传统模具制造技术生产的模具则是固定形状、固定精度的,难以满足日渐增长的个性化需求。一旦需要生产新的产品,则需要重新设计、更换模具,需要耗费大量的人力物力。

[0004] 传统模具制造技术所存在的各种不足包括:

[0005] (1) 传统模具制造过程包括下料、修整、装配等,生产周期长;

[0006] (2) 无法完成对复杂型腔曲面零件制造的缺陷,生产效率低下;

[0007] (3) 模具生产成本低,往往需要大批量销售才能收回成本,无法运用于小批量生产及个性化生产。

发明内容

[0008] 本发明的目的是克服现有技术的不足,提出了一种以多点成形技术为理论基础,面向注塑模具的快速制模装置的设计研发方案。

[0009] 为了实现上述目的,如图1所示,本发明采用的技术方案是:

[0010] 步骤(1):输入待构造的型腔曲面,使用柔性基体装置进行构造;

[0011] 步骤(2):输入柔性基体装置中基体结构的规格化参数;

[0012] 所述的基体结构是正四棱柱结构的用于型腔曲面构造的基本单元,柔性基体装置是由多个基体结构构成,基体结构包含有基体顶端和基体下端,基体顶端能够更换;

[0013] 所述的规格化参数包括基体横截面规格化参数、基体顶端规格化参数。

[0014] 步骤(3):对输入型腔曲面进行分析,求取型腔曲面上不同位置的近似曲率 k ;

[0015] 步骤(4):对型腔曲面的平面维度对柔性基体装置进行动态构造,确定柔性基体装置中基体结构的横截面规格选用、各个横截面规格对应的基体结构的数量以及基体结构的总数量;

[0016] 步骤(5):对型腔曲面的法向维度对柔性基体装置进行动态构造,确定各所选柔性基体装置中基体结构的高度规格 H ;

[0017] 步骤(6):对按照步骤(4)和步骤(5)动态构造后获得的柔性基体装置的顶部进行机加工修整,得到适用的型腔曲面结构。

[0018] 所述的型腔曲面的平面维度(XOY维度),是指将型腔曲面按垂直地面的方向投影,以此建立X轴与Y轴的平面坐标系。所述的型腔曲面的法向维度(Z维度),是指沿垂直地面的方向建立Z轴,在Z轴方向上可以确定基体结构的高度;

[0019] 所述步骤(2)中,将不同规格的基体结构和基体顶端进行系列化:

[0020] 基体横截面规格化参数,是指基体结构的截面尺寸参数,以不同的截面尺寸为依据将基体结构划分多种不同的横截面规格,以横截面的面积尺寸参数 S_i 为标准按从大到小的顺序构建不同的横截面规格I、II、III、IV、V等,其中,第i种横截面规格的基体结构的截面尺寸为 $a_i \times a_i$,截面面积为 S_i ;

[0021] 基体顶端规格化参数,是指基体结构组成部分中基体顶端的高度参数,以不同的高度为依据设计成多种不同的高度规格,以基体顶端的高度参数 h_i 为标准按从小到大的顺序构建不同的高度规格①、②、③等,其中,第i个高度规格的基体顶端的高度为 h_i 。

[0022] 所述步骤(3)中,具体为:

[0023] (3.1)将输入型腔曲面以平面维度进行网格化,平面维度是由相垂直的x方向与y方向构成,平面维度为型腔曲面所在的平面,该平面垂直于基体结构的轴向,网格的实际形状为空间四边形,网格投影到平面维度上为正方形,网格投影到平面维度上后正方形的边长为最小横截面规格的基体结构的边长,平面维度为平行于打印平面,且各个网格投影后正方形的边长均相同;

[0024] (3.2)计算每一个网格分别沿平面维度的x方向与y方向上的近似曲率 x_t 与 y_t ,公式为:

$$[0025] \quad x_t = \frac{F(P_{j1}) - F(P_{j3})}{l}$$

$$[0026] \quad y_t = \frac{F(P_{j2}) - F(P_{j4})}{l}$$

[0027] 其中, $F(P)$ 为型腔曲面在P点处的高度值, l 为网格投影到平面维度上后的正方形的边长, P_{j0} 表示第j个网格的中心点, P_{j1} 、 P_{j2} 、 P_{j3} 、 P_{j4} 分别表示投影到平面维度上后的网格四条边的中点;

[0028] (3.3)最后根据x方向的近似曲率 x_t 与y方向的近似曲率 y_t 计算第j个网格的总近似曲率 k ,公式如下:

$$[0029] \quad k = \max(|x_t|, |y_t|)$$

[0030] 其中, $\max()$ 为取最大值函数;

[0031] 通过上述方式得到型腔曲面上每一个网格的总近似曲率。

[0032] 所述步骤(4)中,对型腔曲面近似曲率的平面维度进行动态构造,根据型腔曲面不同网格内的总近似曲率不同,按照总近似曲率 k 值从大到小的顺序划分为 n 个近似曲率标准等级 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、……,将所有 n 个近似曲率标准在型腔曲面上做 n 条曲率分界线,从而将型腔曲面分为 $n+1$ 个区域,一个基体结构规格I对应一个区域,进而对每个区域进行判断设置:

[0033] 若 $k \leq k_1$, k 表示当前区域的总近似曲率,则采用最大横截面规格的基体结构进行填充,即基体结构规格I;

[0034] 若 $k_1 < k \leq k_2$,则在当前区域中采用第二大横截面规格的基体结构进行填充,即基

体结构规格 II；

[0035] 若 $k_2 < k \leq k_3$ ，则在当前区域中采用第三大横截面规格的基体结构进行填充，即基体结构规格 III；

[0036] ……

[0037] 若 $k_{n-1} < k \leq k_n$ ，则在当前区域中采用第二小横截面规格的基体结构进行填充，即基体结构规格 N；

[0038] 若 $k_n \leq k$ ，则在当前区域中采用最小横截面规格的基体结构进行填充，即基体结构规格 N+1；

[0039] 在当前区域中，每填充一个基体结构后，将当前区域中余下未填充的区域和当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格比较，进行以下判断：

[0040] 若当前区域中余下未填充的区域占据大于当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格的 0.8 倍，且形状能够使基体填充下，则采用当前区域中所要填充的基体结构进行进一步填充；

[0041] 否则认为当前区域中余下未填充的区域为填充完成后的空隙，采用比当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格更小规格的基体结构进行填充，直到无法再填充入更小规格的基体结构。

[0042] 在采用当前区域中所要填充的基体结构进行填充时，在相邻区域之间的交界处，当前区域用当前基体结构填充后，当前基体结构位置的截面积大部分落在和当前区域相邻的另一区域中，则改用比当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格更小规格的基体结构。

[0043] 所述步骤 (5) 中，基体结构在法向维度上由丝杠螺纹副进行调整的基体下端绝对高度和基体顶端相对高度两部分组成，以基体下端绝对高度 h_1 与基体顶端相对高度 h_m 为目标参数，确定方法为：

[0044] (5.1) 设单个基体结构的基体顶端顶面的四个顶点分别为 i_1, i_2, i_3, i_4 ，基体下端绝对高度 h_1 计算为：

[0045] $h_1 = \min(F(i_1), F(i_2), F(i_3), F(i_4))$

[0046] 其中， $F(i)$ 为型腔曲面在点 i 处的高度值， \min 表示求最小化函数；

[0047] (5.2) 基体顶端相对高度 h_m 计算为：

[0048] $h_m = \max(F(i_1), F(i_2), F(i_3), F(i_4)) - \min(F(i_1), F(i_2), F(i_3), F(i_4))$

[0049] 若 $0 < h_m \leq h_1$ ，则基体结构中使用最小高度规格的基体顶端，即高度规格 ①；

[0050] 若 $h_1 < h_m \leq h_2$ ，则基体结构中使用第二小高度规格的基体顶端，即高度规格 ②；

[0051] 若 $h_2 < h_m \leq h_3$ ，则基体结构中使用第三小高度规格的基体顶端，即高度规格 ③；

[0052] ……

[0053] 若 $h_{n-1} < h_m \leq h_n$ ，则基体结构中使用第二大高度规格的基体顶端，即高度规格 n；

[0054] 若 $h_n < h_m$ ，则基体结构中使用最大高度规格的基体顶端，即高度规格 n+1；

[0055] 其中， $h_1 \cdots h_n$ 表示从小到大的高度规格；

[0056] 由此，由基体下端绝对高度 h_1 与基体顶端相对高度 h_m 共同组成基体结构的高度 H 。

[0057] 这样，选对曲率适应的 Z 维度进行动态构造，保证留有足够的后期机器修整加工余量，使得基体顶端的高度全部大于型腔曲面的实际高度。

[0058] 本发明先对模具型腔曲面进行网格化处理,分析计算不同区域网格的型腔曲面近似曲率,基于近似曲率确定构造型腔曲面所需的基体结构的规格和数量,然后确定基体顶端的规格,通过机加工进行高度调节和形状修整,实现型腔曲面的动态快速构造。

[0059] 本发明的有益效果是:

[0060] 使用本发明,可以方便、快速地对不同的型腔曲面型腔进行生产装置构造,不需要重新生产模具,只需要使用不同规格的基体结构进行重新组合排列,最后调整螺纹丝杆高度以及更换基体顶端即可。

[0061] 相比于传统模具的制造,本发明可以免去生产模具的繁琐步骤以及巨大成本,成本较低,可以满足小批量、个性化生产的需要。

[0062] 本发明可实现模具型腔曲面的快速构造和局部结构的快速更换,且具有柔性制造的特点,大大减少了模具制造周期和成本。

附图说明

[0063] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明;

[0064] 图1为本发明方法的总流程图;

[0065] 图2为本发明方法的型腔曲面网格化示意图;

[0066] 图3为分发明方法的四种近似曲率划分示意图;

[0067] 图4为本发明方法的实施例型腔曲面形成示意图;

[0068] 图5为本发明方法的实施例总装配示意图;

[0069] 图6为本发明柔性基体装置的示意图;

[0070] 图7为本发明柔性基体装置的基体结构示意图;

[0071] 图8为本发明柔性基体装置的基体顶端与基体下端联接示意图;

[0072] 图9为本发明柔性基体装置的基体结构截面示意图;

[0073] 图10为本发明柔性基体装置的基体顶端高度规格示意图;

[0074] 图11为本发明柔性基体装置的剖面示意图。

[0075] 图中,基体顶端1、基体下端2、紧固螺钉3、联接板4、螺纹丝杆5、止动环6、外围框架7。

具体实施方式

[0076] 以下结合附图和实例对本发明做进一步的详细描述。

[0077] 如图1所示,本发明实施例及实施过程如下:

[0078] 步骤(1):输入待构造的型腔曲面;

[0079] 本实施例选用的示例型腔曲面函数为:

$$[0080] \quad z = \sqrt{\left| \left(1 - \frac{x^2 + y^2}{290^2} \right) \times 50^2 \right|}$$

[0081] 其中,x轴与y轴的坐标的取值范围均为0-200。

[0082] 步骤(2):将不同规格的基体结构和基体顶端进行系列化;

[0083] 本实施例以不同的截面尺寸为依据将基体结构设计成五种不同的横截面规格,以

横截面面积尺寸 S_i 为标准按从大到小的顺序排列规格I、II、III、IV、V,其中,五种横截面规格的具体尺寸如下表所示:

规格	I	II	III	IV	V
[0084] 基体结构截面尺寸/ (mm*mm)	50*50	40*40	30*30	20*20	10*10
截面面积 /mm ²	$S_1 = 2500$	$S_2 = 1600$	$S_3 = 900$	$S_4 = 400$	$S_5 = 100$

[0085] 另外,本实施例也以不同的高度为依据设计成三种不同的基体顶端的高度规格,以基体顶端的高度尺寸 h_i 为标准按从小到大的顺序排列高度规格①、②、③,其中三种基体顶端的高度规格如下表所示:

规格	①	②	③
[0086] 基体顶端相对高度 /mm	$h_1 = 10$	$h_2 = 20$	$h_3 = 30$

[0087] 步骤(3):对输入型腔曲面进行分析,以型腔曲面上不同点的近似曲率 k 为目标参数,其具体计算公式为:

[0088] (3.1)图2为本发明的型腔曲面网格化示意图,如图2所示,将输入型腔曲面以XOY维度进行网格化,网格的实际形状为空间四边形,网格投影到平面维度上为正方形,网格投影到平面维度上后正方形的边长为最小横截面规格的基体结构的边长,且各个网格投影后正方形的边长均相同,在此实施例中,网格的边长为10mm; P_{j0} 表示第 j 个网格的中心点, P_{j1} 、 P_{j2} 、 P_{j3} 、 P_{j4} 分别表示投影上的网格四条边的中点;

[0089] (3.2)计算每一个网格分别沿平面维度的x方向与y方向上的近似曲率 x_t 与 y_t ,公式为:

$$[0090] \quad x_t = \frac{F(P_{j1}) - F(P_{j3})}{l}$$

$$[0091] \quad y_t = \frac{F(P_{j2}) - F(P_{j4})}{l}$$

[0092] (3.3)最后根据x方向的近似曲率 x_t 与y方向的近似曲率 y_t 计算第 j 个网格的总近似曲率 k ,公式如下:

$$[0093] \quad k = \max(|x_t|, |y_t|)$$

[0094] 通过以上计算可以得到型腔曲面上每一个网格内的近似曲率 k 值。

[0095] 步骤(4):对型腔曲面近似曲率的平面维度进行动态构造,根据型腔曲面不同网格内的总近似曲率不同,划分4个近似曲率标准 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 ,4个近似曲率标准将型腔曲面分为5个区域,一个基体结构规格I对应一个区域,在本实施例中, k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 四个近似曲率标准取为0.1、0.15、0.2、0.25,如图3所示,为四个近似曲率划分示意图。

[0096] 进而对每个区域进行判断设置：

[0097] 若 $k \leq k_1$, k 表示当前区域的总近似曲率,则采用最大横截面规格的基体结构进行填充,即基体结构规格I;

[0098] 若 $k_1 < k \leq k_2$,则在当前区域中采用第二大横截面规格的基体结构进行填充,即基体结构规格II;

[0099] 若 $k_2 < k \leq k_3$,则在当前区域中采用第三大横截面规格的基体结构进行填充,即基体结构规格III;

[0100] 若 $k_3 < k \leq k_4$,则在当前区域中采用第二小横截面规格的基体结构进行填充,即基体结构规格IV;

[0101] 若 $k_4 \leq k$,则在当前区域中采用最小横截面规格的基体结构进行填充,即基体结构规格V;

[0102] 在当前区域中,每填充一个基体结构后,将当前区域中余下未填充的区域和当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格比较,进行以下判断:

[0103] 若当前区域中余下未填充的区域占据大于当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格的0.8倍,且形状能够使基体填充下,则采用当前区域中所要填充的基体结构进行进一步填充;

[0104] 否则认为当前区域中余下未填充的区域为填充完成后的空隙,采用比当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格更小规格的基体结构进行填充,直到无法再填充入更小规格的基体结构;

[0105] 在采用当前区域中所要填充的基体结构进行填充时,在相邻区域之间的交界处,当前区域用当前基体结构填充后,当前基体结构位置的截面积大部分落在和当前区域相邻的另一区域中,则改用比当前区域中所要填充的基体结构的横截面规格更小规格的基体结构。

[0106] 步骤(5):基体结构在法向维度上由丝杠螺纹副进行调整的基体下端绝对高度和基体顶端相对高度两部分组成,以基体下端绝对高度 h_1 与基体顶端相对高度 h_m 为目标参数,确定方法为:

[0107] (5.1) 设单个基体结构的基体顶端顶面的四个顶点分别为 i_1, i_2, i_3, i_4 ,基体下端绝对高度 h_1 计算为:

[0108] $h_1 = \min(F(i_1), F(i_2), F(i_3), F(i_4))$

[0109] 其中, $F(i)$ 为型腔曲面在点 i 处的高度值, \min 表示求最小化函数;

[0110] (5.2) 基体顶端相对高度 h_m 计算为:

[0111] $h_m = \max(F(i_1), F(i_2), F(i_3), F(i_4)) - \min(F(i_1), F(i_2), F(i_3), F(i_4))$

[0112] 若 $0 < h_m \leq h_1$,则基体结构中使用最小高度规格的基体顶端,即高度规格①;

[0113] 若 $h_1 < h_m \leq h_2$,则基体结构中使用第二小高度规格的基体顶端,即高度规格②;

[0114] 若 $h_2 < h_m \leq h_3$,则基体结构中使用最大高度规格的基体顶端,即高度规格③;

[0115]

[0116] 其中, h_1, h_2, h_3 表示从小到大的高度规格;

[0117] 由此,由基体下端绝对高度 h_1 与基体顶端相对高度 h_m 共同组成基体结构的高度 H 。

[0118] 如图4所示,为利用MATLAB构造的型腔曲面形成示意图。

[0119] 如图5所示,为示例型腔曲面的总装配示意图。

[0120] 步骤(6):对基体结构动态构造出的装置顶部进行机加工修整,得到适用的型腔曲面结构。

[0121] 由此实施可见,本发明方法能够根据型腔曲面曲率变化动态选择不同规格的基体结构和顶端来进行构造,具有组合快速、调节方便的特点,适用于个性化、多样化的型腔曲面构造需求。

[0122] 本发明具体实施的柔性基体装置如图6所示,主要由多个基体结构阵列排布组成,多个基体结构阵列排布后在周围安装外围框架7形成稳定整体结构。

[0123] 如图7所示,每个基体结构包括基体顶端1、基体下端2以及紧固螺钉3、联接板4、螺纹丝杆5和止动环6,基体顶端1通过紧固螺钉3连接安装在基体下端2顶部,基体下端2底部设有方柱轴,方柱轴可轴向移动地套装在联接板4的方形内腔中,方柱轴和方形内腔配合形成周向限位,联接板4用于相邻基体结构之间的对接,联接板4底部套装有螺纹丝杆5,螺纹丝杆5上端伸入到联接板4的内腔后和基体下端2方柱轴下端面的螺纹孔相联接,螺纹丝杆5下端连接旋转驱动源,旋转驱动源可以为电机一类,基体下端2嵌装在联接板4中,止动环6可拆卸地固定安装在联接板4底部。

[0124] 如图11所示,螺纹丝杆5的侧面开设有沿轴向布置的条形凹槽,条形凹槽末端处设有沿周向布置的环形凹槽,环形凹槽部分区域设有外螺纹,止动环6的内周面设有和条形凹槽配合的凸起,凸起的内侧设有和环形凹槽处外螺纹配合的内螺纹,凸起通过条形凹槽后,凸起内螺纹与环形凹槽外螺纹相联接,止动环6抵住联接板4并施加一定的预紧力,进而在内外螺纹牙之间产生的摩擦力,在摩擦力的作用下,形成止动环6和螺纹丝杆5轴向限位和周向限位配合安装,使得螺纹丝杆5无法旋转。

[0125] 如图8所示,基体顶端1、基体下端2均为正方形柱体结构。基体顶端1和基体下端2径向截面的形状和尺寸分别一致,有助于基体间紧密拼装联接,通过紧固螺钉3的联接,基体顶端1、基体下端2共同形成基体。基体顶端1通过榫卯结构插装到基体下端2,且在基体顶端1和基体下端2相互插装部位的侧壁设有螺纹孔,紧固螺钉3穿过螺纹孔后紧压连接到基体顶端1侧面,使得基体顶端1被固定安装于基体下端2,这样使得基体顶端1通过紧固螺钉3可快速替换地安装在基体下端2上。基体顶端1可通过紧固螺钉3可在相对应的基体下端2上进行快速替换,模具局部结构因为损坏或者需要重新设计时,通过对基体顶端1的快速替换,模具局部结构可实现快速替换,有利于该基体其他部分的重复利用。另外,为了减少基体顶端1在进行曲面加工修整时机加工的加工余量,节约成本,基体顶端1具有特定的多种高度尺寸规格,需要根据型腔曲面的形状进行选择。

[0126] 如图7、图11所示联接板4分为上部块体和下部圆柱体,上部块体和下部圆柱体同轴连接并且在连接后的内部开设内腔,内腔上端和下端开口,上部块体的形状、尺寸与基体下端2的形状、尺寸一致,基体下端2的方柱轴伸入到下部圆柱体的内腔中,螺纹丝杆5上端从内腔下端开口伸入到下部圆柱体的内腔中。

[0127] 如图6所示,联接板4对称两侧分别设有水平凹槽和水平凸条,当前基体结构的联接板4通过自身的水平凹槽和水平凸条分别与相邻基体结构中的联接板4的水平凸条和水平凹槽相嵌合固定,使得相邻的基体结构间紧密拼装连接,最后外围框架7将由所有基体结构的联接板3联接后的所有基体平面位置固定住。装置里的所有基体通过各自联接板4的凹

槽和凸条相互联接,目的是使基体间实现紧密排布,防止出现基体间的间隙导致产品表面质量差的情况,进一步,将排布好的基体通过外围框架7联接固定住,整体构造基本完成。

[0128] 这样,将基体顶端1固定在基体下端2上,基体下端2可以带动基体顶端1一同移动。螺纹丝杆5顶部外螺纹处与基体下端2底部内螺纹相联接,螺纹丝杆5只进行自转,相应地,基体顶端1只进行移动。将基体下端2嵌装在联接板4中,使其只能沿着联接板4内孔进行轴向运动。当基体达到预定高度时止动环6嵌装在螺纹丝杆5的凹槽中,止动环可以固定在联接板4下端,锁紧螺纹丝杆5,防止基体在轴向继续进行调整。

[0129] 如图9、图10所示,具体实施的基体结构具有多种规格。基体结构具有特定的多种截面尺寸规格;同一截面规格的基体结构中,基体顶端1、基体下端2和联接板4在XOY面上的截面尺寸规格相同。XOY面为平行于模具分型面的平面。基体顶端1在轴向上具有特定的多种高度尺寸规格,所述的基体下端2在轴向上具有固定的一种高度尺寸规格,不同高度规格的基体顶端1均与基体下端2适配。

[0130] 安装时,基体顶端1通过紧固螺钉4与基体下端2相连,基体下端2的方柱轴嵌装在联接板3中,螺纹丝杆5上端伸入到联接板4的内腔后和基体下端2方柱轴下端面的螺纹孔配合,螺纹丝杆5底部套入止动环6,对所有基体结构组合完成后,再使用外部框架7对其进行固定。

[0131] 螺纹丝杆5进行螺旋传动,经方柱轴和方形内腔配合限位将回转运动转换成直线运动带动基体下端2在轴向(Z方向)产生位移,实现基体在轴向上的高度调整和精准定位,进一步的,利用使用止动环6锁紧螺纹丝杆5,将基体轴向位置固定住。

[0132] 完成装置中所有基体在轴向上的高度调整和精准的定位后,多个基体结构的基体顶端1顶面衔接组成用于模具型腔曲面快速构造的组合表面,对组合表面进行机加工获得模具型腔曲面。具体实施将整体构造完成的多个基体顶端1顶面根据模具型腔曲面形状进行机加工,形成目标曲面。进一步,对模具型腔曲面进行快速构造。

[0133] 需要理解的是,术语“Z方向”为单个基体进行动态调形时的运动方向;术语“凹槽”、“凸条”为分布在联接板4两侧的结构,两者可以相互配合,达到联接板4间的固定以及基体间无间距的目的。

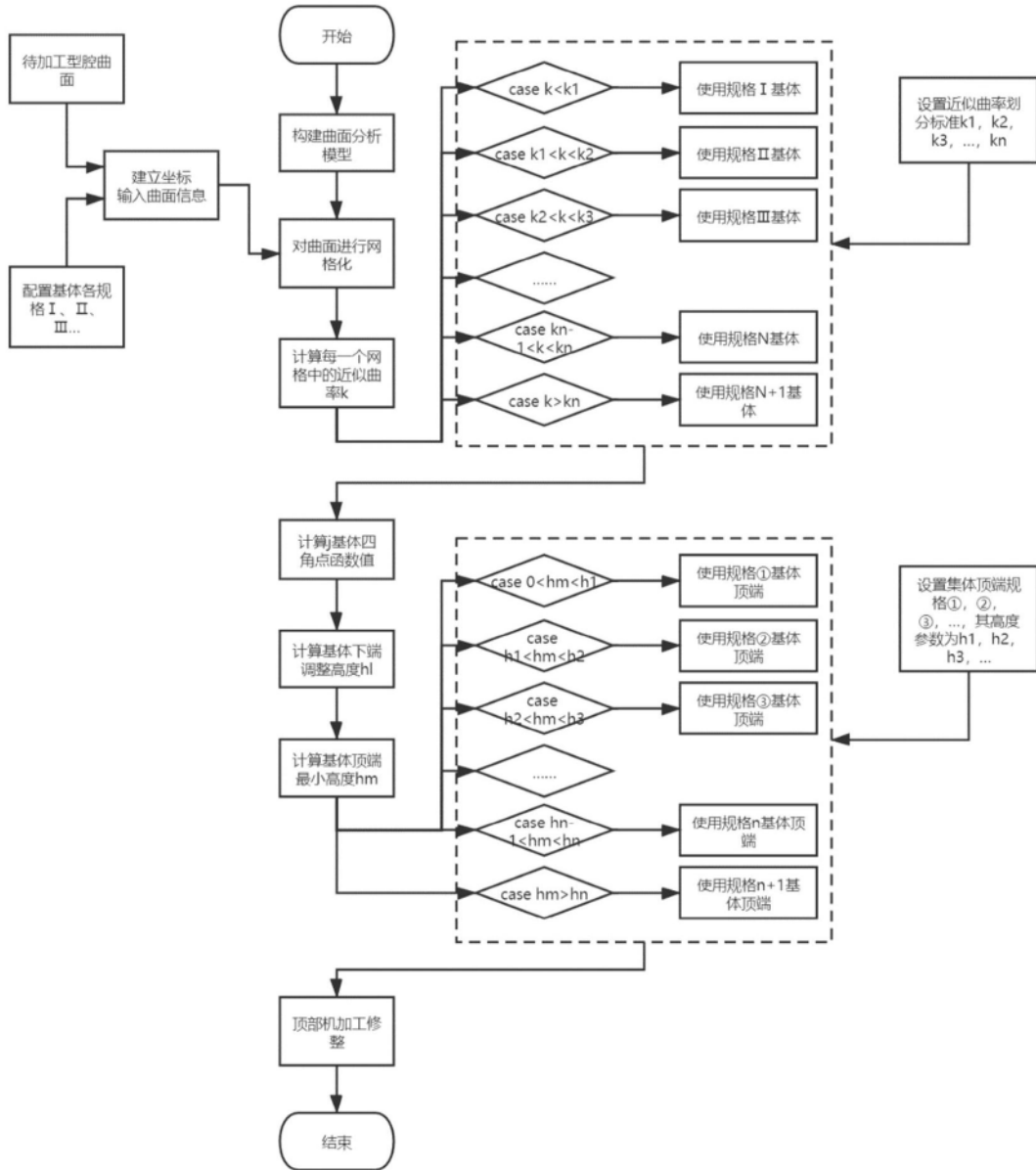


图1

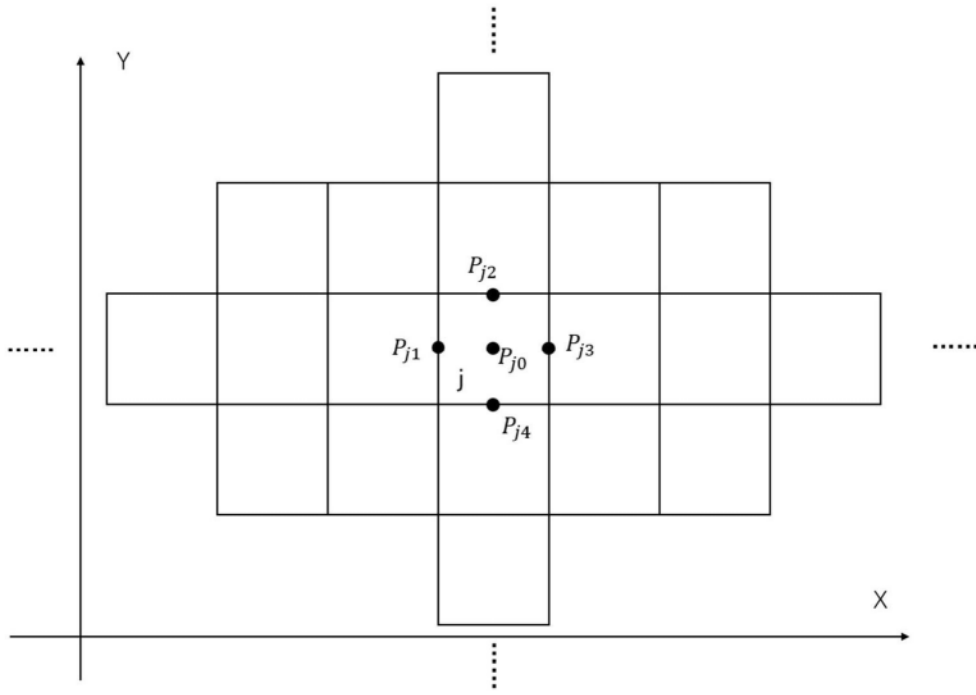


图2

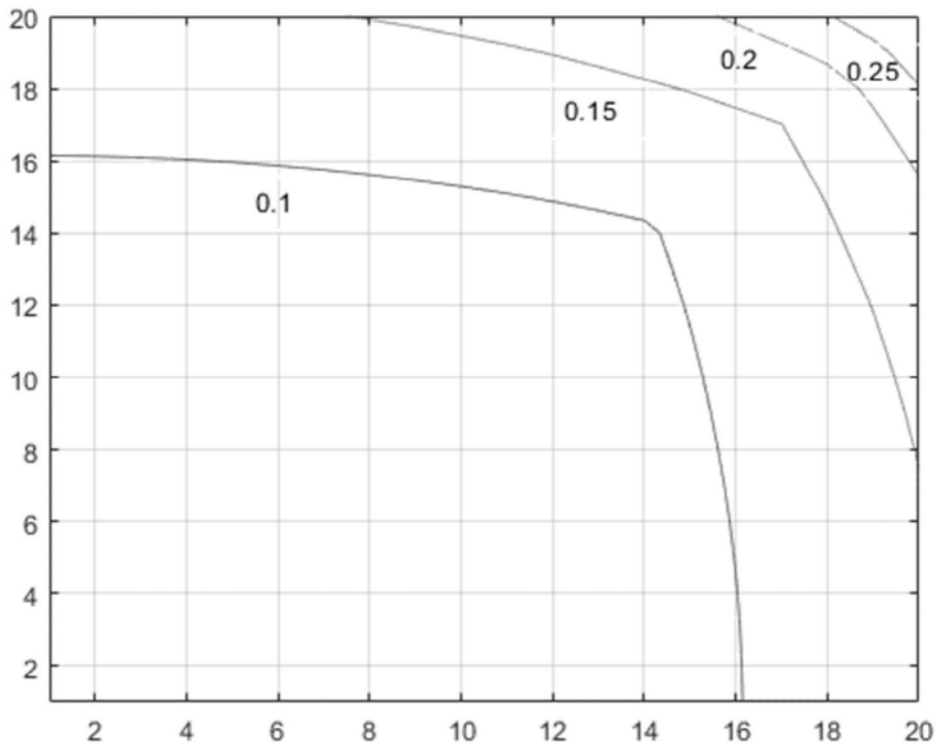


图3

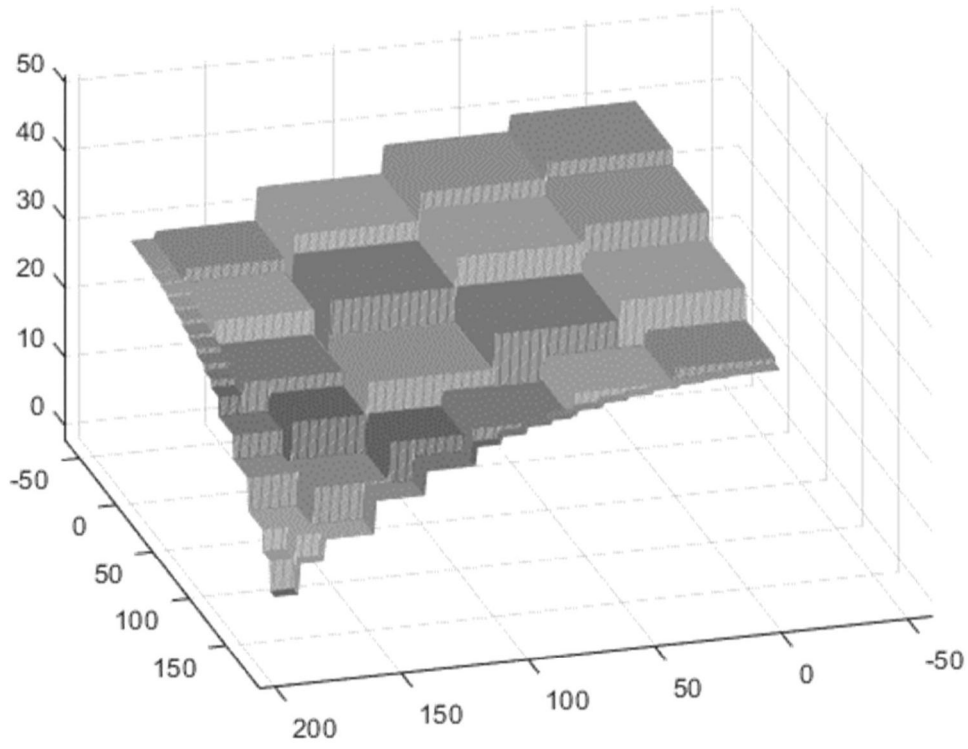


图4

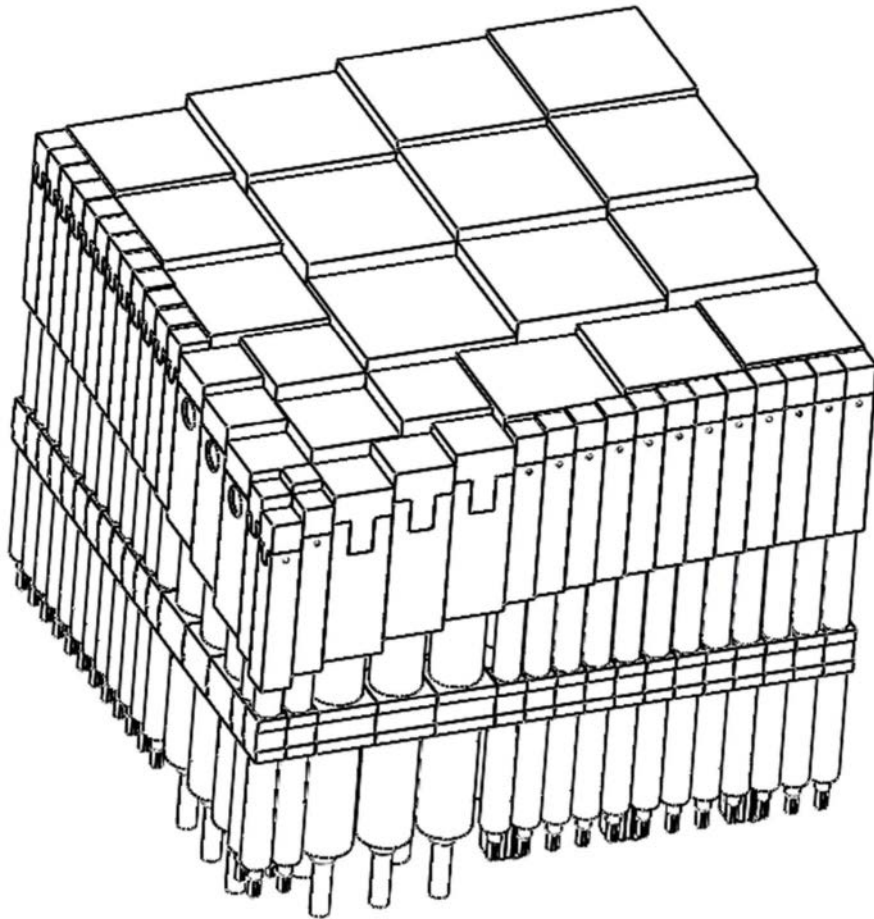


图5

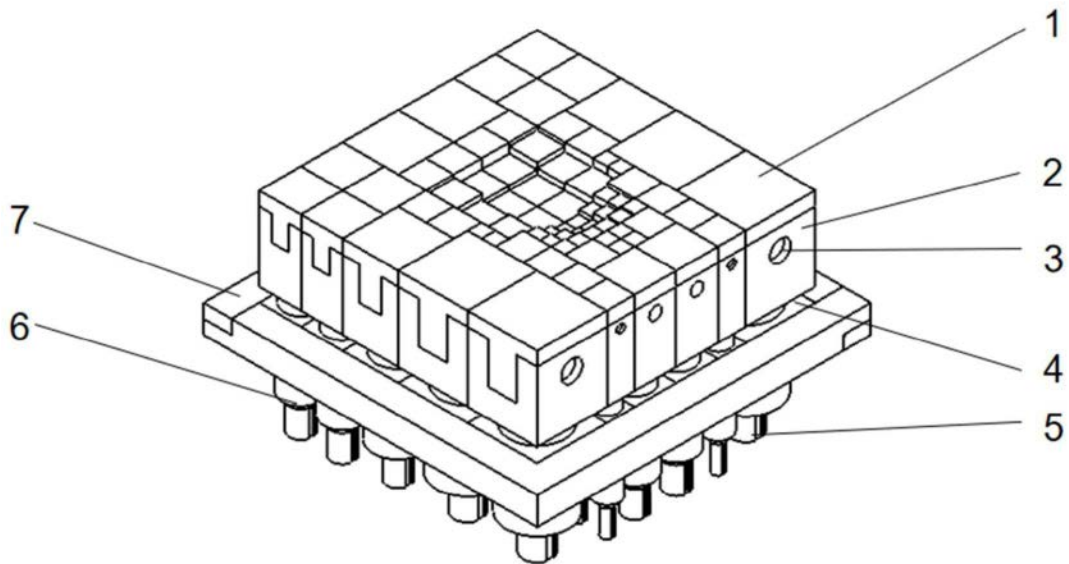


图6

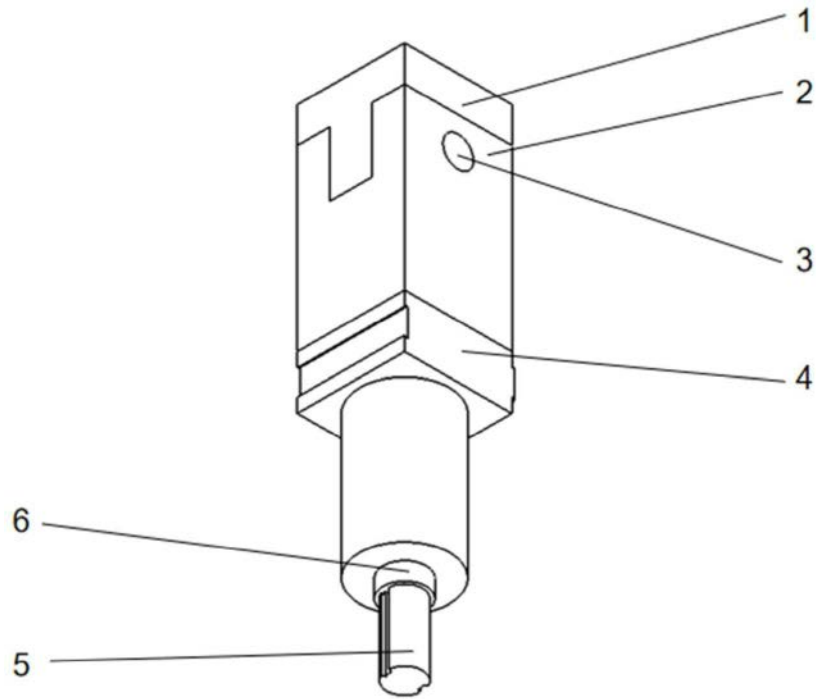


图7

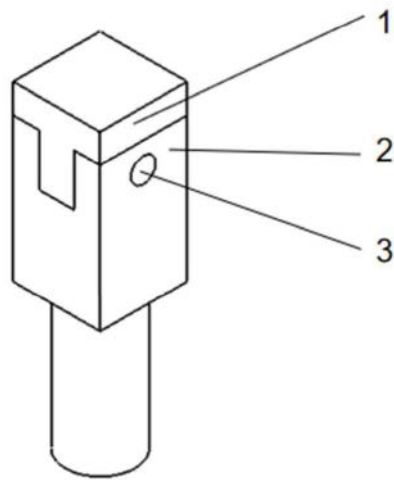


图8

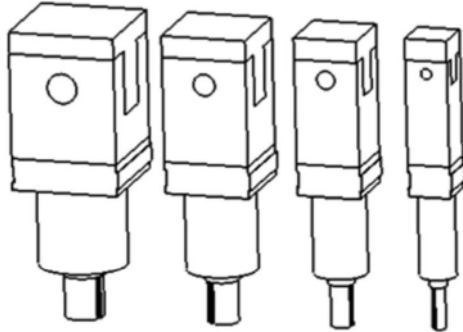
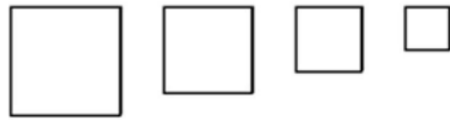


图9

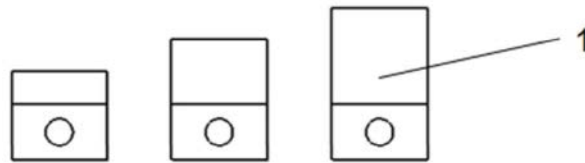


图10

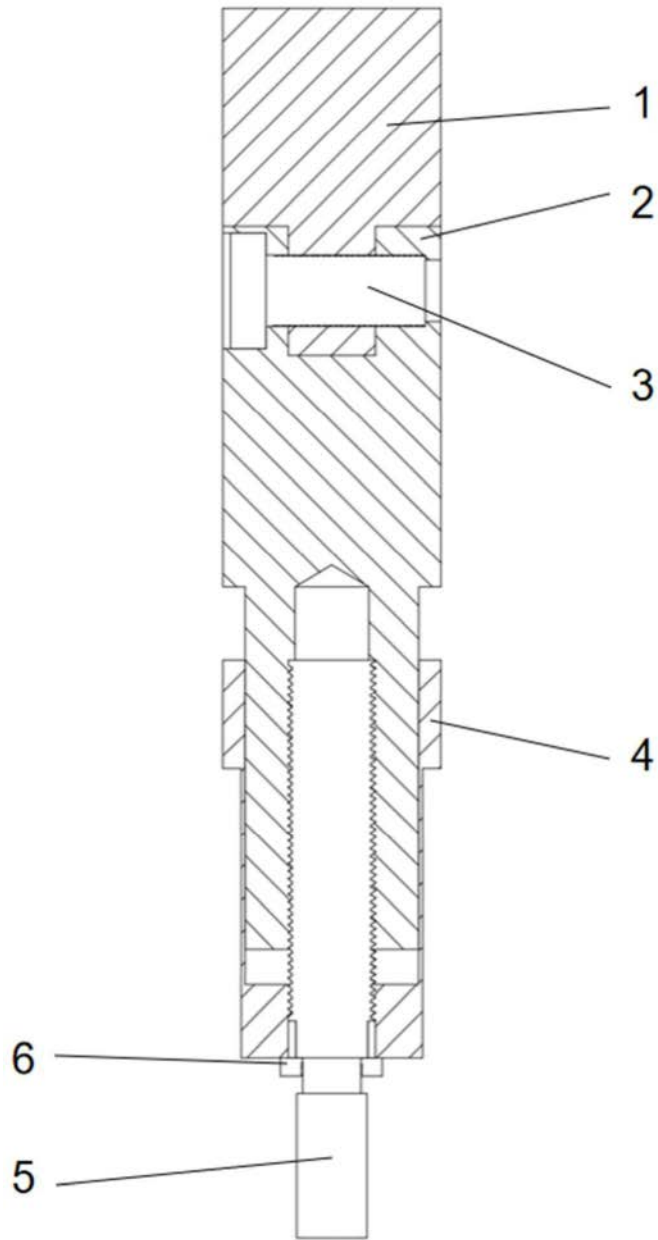


图11