



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112363453 B

(45) 授权公告日 2022. 10. 18

(21) 申请号 202011117470.8

(22) 申请日 2020.10.19

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112363453 A

(43) 申请公布日 2021.02.12

(73) 专利权人 上海航天设备制造总厂有限公司  
地址 200245 上海市闵行区华宁路100号

(72) 发明人 刘相柱 陈风帆 李天册 孔维森  
刘晓 徐兴硕

(74) 专利代理机构 上海航天局专利中心 31107  
专利代理师 孙瑜

(51) Int. Cl.  
G05B 19/19 (2006.01)  
B23C 3/00 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 110586960 A, 2019.12.20
- CN 111413924 A, 2020.07.14
- CN 111367237 A, 2020.07.03
- CN 101501588 A, 2009.08.05
- JP 2014106900 A, 2014.06.09
- WO 9810339 A1, 1998.03.12
- CN 105302070 A, 2016.02.03
- EP 0598386 A2, 1994.05.25
- CN 108549323 A, 2018.09.18

审查员 李一鸣

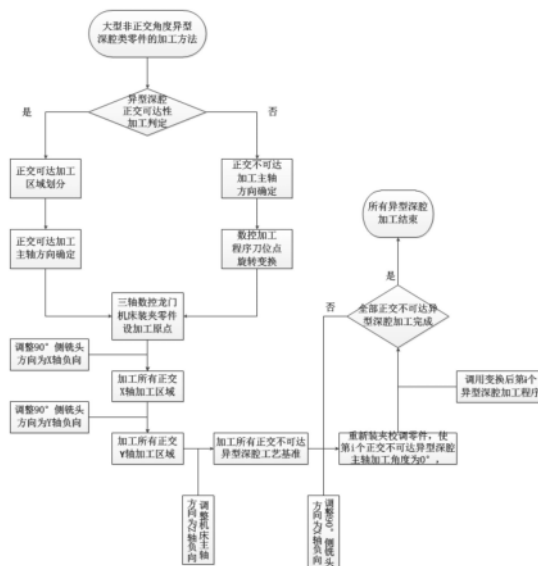
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种利用90°侧铣头实现大型非正交角度异型深腔类零件的加工方法

(57) 摘要

本发明提出了一种利用90°侧铣头实现大型非正交角度异型深腔类零件的加工方法,首先对异型深腔的正交可达性进行判定,对正交可达深腔进行加工区域划分并确定加工主轴方向;其次确定正交不可达深腔的加工主轴方向,并对加工程序刀位点进行旋转变换;最后在三轴数控龙门机床上装夹零件,分别调整90°侧铣头主轴方向,依次完成正交可达深腔、正交不可达深腔的加工。运用该方法可以利用三轴数控龙门机床实现大型非正交角度异型深腔类零件加工。同时,大大降低了加工成本并省去了购买全自动侧铣头的费用。



1. 一种利用 $90^\circ$ 侧铣头实现大型非正交角度异型深腔类零件的加工方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:对零件异型深腔进行正交可达性加工判定;如正交可达,进入步骤2;如正交不可达,进入步骤3;

步骤2:对正交可达异型深腔进行加工区域划分,并确定加工主轴方向;

步骤3:确定正交不可达异型深腔的加工主轴方向,并对数控程序刀位点进行旋转变换;

步骤4:对异型深腔零件进行机床加工;

步骤1中,对零件异型深腔进行正交可达性加工判定,包括以下步骤:

步骤11:设定整个零件正交坐标中心 $P_0(X_0, Y_0)$ ,选取位于I象限内 $(X_{正}, Y_{正})$ 的一个异型深腔,将异型深腔外侧轮廓沿坐标XY平面进行投影得到曲线C,选取曲线C上最左侧点为 $P_L(x_{min}, y_1)$ ,最右侧点为 $P_R(x_{max}, y_2)$ ;

步骤12:分别过点 $P_L(x_{min}, y_1)$ 、 $P_R(x_{max}, y_2)$ 作平行于Y轴方向的两条直线 $L_{YL}$ 、 $L_{YR}$ ,则直线 $L_{YL}$ 、 $L_{YR}$ 之间的区域为Y轴可达加工区域;

步骤13:过点 $P_R(x_{max}, y_2)$ 作平行于X轴方向的直线 $L_X$ ,则直线 $L_X$ 上方沿Y轴正向的区域为X轴可达加工区域;

步骤14:若该异型深腔被包含于X轴可达加工区域与Y轴可达加工区域共同组成的集合区域内,则可判定该异型深腔为正交可达;否则为正交不可达;

步骤15:位于其它三个象限内的异型深腔可分别通过绕零件正交坐标中心顺时针旋转 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ 变换至I象限内,执行步骤11-步骤14进行判定;步骤2中,对正交可达异型深腔进行加工区域划分,包括按步骤12方法确定Y轴可达加工区域划分为正交Y轴加工区域,加工时选定主轴方向为 $90^\circ$ ;异型腔内剩余加工区域划分为正交X轴加工区域,加工时选定主轴方向为 $0^\circ$ ;

步骤3中,确定正交不可达异型深腔的加工主轴方向,并对数控程序刀位点进行旋转变换,包括以下步骤:

步骤31:设定整个零件正交坐标中心 $P_0(X_0, Y_0)$ ,选取位于I象限内 $(X_{正}, Y_{正})$ 的一个异型深腔,将异型深腔内侧轮廓沿坐标XY平面进行投影可得曲线S,求解出坐标中心 $P_0(X_0, Y_0)$ 到曲线S的最短距离点 $P_s(X_s, Y_s)$ ;

步骤32:过点 $P_0(X_0, Y_0)$ 和点 $P_s(X_s, Y_s)$ 作直线 $L_s$ ,令直线 $L_s$ 与坐标轴X之间的夹角为 $\theta$ ,则 $\theta$ 值即可确定为该异型深腔的加工主轴方向;

步骤33:设定三维坐标原点为 $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ ,以 $\theta$ 为加工主轴方向,编制该异型深腔的数控程序并后置输出刀位点坐标 $P_{刀}(x, y, z)$ ,然后对刀位点坐标 $P_{刀}(x, y, z)$ 按下列公式进行变换:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \cos \theta - y \sin \theta \\ x \sin \theta + y \cos \theta \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

得到转换后的刀位点坐标 $P'_{刀}(x', y', z')$ ,顺时针旋转变换时 $\theta$ 取负值,变换后的加工主轴方向为X轴正向,角度为 $0^\circ$ ;

步骤34:其它正交不可达的异型深腔可分别执行步骤31-步骤33,通过绕零件正交坐标中心顺时针旋转 $\theta$ 值变换加工主轴方向为X轴正向,角度为 $0^\circ$ 。

2. 依据权利要求1所述的一种利用 $90^\circ$ 侧铣头实现大型非正交角度异型深腔类零件的加工方法,其特征在于,步骤4中,对异型深腔零件进行机床加工,包括以下步骤:

步骤41:在装备 $90^\circ$ 侧铣头的三轴数控龙门机床上装夹零件,设定工件加工坐标原点为 $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ ,调整 $90^\circ$ 侧铣头方向为X轴负向,加工所有正交可达异型深腔中正交X轴加工区域;

步骤42:调整 $90^\circ$ 侧铣头方向为Y轴负向,加工所有正交可达异型深腔中正交Y轴加工区域;

步骤43:加工所有正交不可达异型深腔外形轮廓,每个异型深腔留出工艺块与工艺孔基准;

步骤44:重新装夹零件,通过校调坐标原点 $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ 、工艺块和工艺孔基准,设定第一个正交不可达异型深腔主轴加工角度为 $0^\circ$ ,调整 $90^\circ$ 侧铣头方向为X轴负向,调用经过坐标旋转变换后的刀位点坐标 $P'_j(x', y', z')$ 程序,完成该异型深腔的加工;

步骤45:重复执行步骤44,直至完成所有正交不可达异型深腔的加工;然后铣去所有工艺块与工艺孔基准,完成全部异型深腔的加工。

## 一种利用90°侧铣头实现大型非正交角度异型深腔类零件的加工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机械加工领域,具体为一种利用90°侧铣头实现大型非正交角度异型深腔类零件的加工方法。

### 背景技术

[0002] 伴随着我国航天事业型号任务的逐步开展,越来越多的大型整体构件应运而生。整体构件虽然为保证产品性能提供了保障,但同时也对制造技术提出了挑战。以某型号异型对接框生产制造为例,零件尺寸规格为1500×1150×320,原材料选用了高强度淬硬钢,为了减轻零件结构质量,零件结构设计中采用了大量的非正交角度异型减轻深腔,致使整个加工过程中材料去除率达到95%以上。目前能够满足该零件加工要求的机床种类仅限于数控龙门机床、数控镗铣床。然而,由于目前航天型号中大型结构件的材料以铝合金锻件为主,加工装备为轻载高精度机床,不适合加工淬硬钢等难加工材料。而且市面上大型重载数控龙门加工设备稀缺,加工费用昂贵(800~1000/h)。

[0003] 为了最大限度的降低加工成本,并缩短加工周期,只能从现有设备中选取装备90°侧铣头的三轴数控龙门机床进行加工。由于没有装备价格昂贵(单价30万左右)的全自动侧铣头,受零件特征和机床结构的限制,该机床无法直接将含有大量非正交角度的异型深腔加工到位。

[0004] 因此,亟需一种合理的加工方法,利用装备90°侧铣头的三轴数控龙门机床来解决非正交角度异型减轻深腔类零件的制造难题。

### 发明内容

[0005] 要解决的技术问题

[0006] 为解决现有技术中缺乏三轴数控龙门机床加工大型非正交角度异型深腔类零件加工方法的问题,本发明提出了一种利用90°侧铣头实现大型非正交角度异型深腔类零件的加工方法。

[0007] 技术方案

[0008] 本发明的目的是要提出一种利用90°侧铣头实现大型非正交角度异型深腔类零件的加工方法,其中包括大型非正交角度异型深腔类零件的正交可达性加工判定与区域划分方法、正交不可达区域加工主轴方向确定与加工程序变换方法。

[0009] 本发明的技术方案为:

[0010] 所述一种利用90°侧铣头实现大型非正交角度异型深腔类零件的加工方法,其特征在于:包括以下步骤:

[0011] 步骤1:对零件异型深腔进行正交可达性加工判定,方法如下:

[0012] 步骤a:设定整个零件正交坐标中心 $P_0(X_0, Y_0)$ ,选取位于I象限内 $(X_{正}, Y_{正})$ 的一个异型深腔,将异型深腔外侧轮廓沿坐标XY平面进行投影可得曲线C,选取曲线C上最左侧点为

$P_L(x_{\min}, y_1)$ , 最右侧点为  $P_R(x_{\max}, y_2)$ 。

[0013] 步骤b: 分别过点  $P_L(x_{\min}, y_1)$ 、 $P_R(x_{\max}, y_2)$  作平行于Y轴方向的两条直线  $L_{YL}$ 、 $L_{YR}$ , 则直线  $L_{YL}$ 、 $L_{YR}$  之间的区域为Y轴可达加工区域。

[0014] 步骤c: 过点  $P_R(x_{\max}, y_2)$  作平行于X轴方向的直线  $L_X$ , 则直线  $L_X$  上方(沿Y轴正向)的区域为X轴可达加工区域。

[0015] 步骤d: 若该异型深腔被包含于X轴可达加工区域与Y轴可达加工区域共同组成的集合区域内, 则可判定该异型深腔为正交可达; 否则为正交不可达。

[0016] 步骤e: 位于其它三个象限内的异型深腔可分别通过绕零件正交坐标中心顺时针旋转  $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  变换至I象限内, 执行步骤a-步骤d进行判定。

[0017] 步骤2: 对正交可达异型深腔进行加工区域划分, 方法如下: 按步骤b方法确定Y轴可达加工区域划分为正交Y轴加工区域, 加工时选定主轴方向为  $90^\circ$ ; 异型腔内剩余加工区域划分为正交X轴加工区域, 加工时选定主轴方向为  $0^\circ$ 。

[0018] 步骤3: 确定正交不可达异型深腔的加工主轴方向, 方法如下:

[0019] 步骤31: 设定整个零件正交坐标中心  $P_0(X_0, Y_0)$ , 选取位于I象限内  $(X_{\text{正}}, Y_{\text{正}})$  的一个异型深腔, 将异型深腔内侧轮廓沿坐标XY平面进行投影可得曲线S, 求解出坐标中心  $P_0(X_0, Y_0)$  到曲线S的最短距离点  $P_S(X_S, Y_S)$ 。

[0020] 步骤32: 过点  $P_0(X_0, Y_0)$  和点  $P_S(X_S, Y_S)$  作直线  $L_S$ , 令直线  $L_S$  与坐标轴X之间的夹角为  $\theta$ , 则  $\theta$  值即可确定为该异型深腔的加工主轴方向。

[0021] 步骤33: 设定三维坐标原点为  $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ , 以  $\theta$  为加工主轴方向, 编制该异型深腔的数控程序并后置输出刀位点坐标  $P_{Ji}(x, y, z)$ , 然后对刀位点坐标  $P_{Ji}(x, y, z)$  按下列公式进行变换:  $\theta_i$

$$[0022] \quad \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \cos \theta - y \sin \theta \\ x \sin \theta + y \cos \theta \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0023] 得到转换后的刀位点坐标  $P'_{Ji}(x', y', z')$ , 顺时针旋转变换时  $\theta$  取负值, 变换后的加工主轴方向为X轴正向, 角度为  $0^\circ$ 。

[0024] 步骤34: 其它正交不可达的异型深腔可分别执行步骤31-步骤33, 通过绕零件正交坐标中心顺时针旋转  $\theta$  值变换加工主轴方向为X轴正向, 角度为  $0^\circ$ 。

[0025] 步骤4: 对异型深腔零件进行机床加工, 步骤如下:

[0026] 步骤41: 在装备  $90^\circ$  侧铣头的三轴数控龙门机床上装夹零件, 设定工件加工坐标原点为  $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ , 调整  $90^\circ$  侧铣头方向为X轴负向, 加工所有正交可达异型深腔中正交X轴加工区域;

[0027] 步骤42: 调整  $90^\circ$  侧铣头方向为Y轴负向, 加工所有正交可达异型深腔中正交Y轴加工区域;

[0028] 步骤43: 加工所有正交不可达异型深腔外形轮廓, 每个异型深腔留出工艺块与工艺孔基准;

[0029] 步骤44: 重新装夹零件, 通过校调坐标原点  $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ 、工艺块和工艺孔基准, 设定第一个正交不可达异型深腔主轴加工角度为  $0^\circ$ , 调整  $90^\circ$  侧铣头方向为X轴负向, 调用经

过坐标旋转变换后的刀位点坐标 $P'_{jj}(x', y', z')$ 程序,完成该异型深腔的加工;

[0030] 步骤45:重复执行步骤44,直至完成所有正交不可达异型深腔的加工;然后铣去所有工艺块于工艺孔基准,完成全部异型深腔的加工。

[0031] 有益效果

[0032] 采用本方法可以确定非正交角度异型深腔类零件的加工主轴方向,并可以利用三轴数控龙门机床实现大型非正交角度异型深腔类零件加工。同时,不仅省去了购买全自动侧铣头的费用,并且可以大大降低加工成本。

## 附图说明

[0033] 图1:大型非正交角度异型深腔类零件加工方法流程图

[0034] 图2:正交不可达异型深腔编程主轴方向示意图

[0035] 图3:正交可达异型深腔加工主轴方向示意图

[0036] 图4:正交不可达异型深腔加工主轴方向示意图

[0037] 其中,1-工件,2-刀具主轴。

## 具体实施方式

[0038] 下面结合具体实施例描述本发明:

[0039] 该实施例为对异型对接框中的异型深腔进行加工,由于零件结构设计中采用了大量的非正交角度异型减轻深腔,使得普通数控龙门机床无法加工到整个异型深腔。而且加工成本有限,无法采用五坐标数控龙门机床,所以采用装备 $90^\circ$ 侧铣头的三轴数控龙门机床进行加工。

[0040] 步骤1:对异型对接框中的异型深腔进行正交可达性加工判定,方法如下:

[0041] 步骤a:设定异型对接框正交坐标中心 $P_0(X_0, Y_0)$ ,选取位于I象限内 $(X_{正}, Y_{正})$ 的一个异型深腔,将异型深腔外侧轮廓沿坐标XY平面进行投影可得曲线C,选取曲线C上最左侧点为 $P_L(x_{min}, y_1)$ ,最右侧点为 $P_R(x_{max}, y_2)$ 。

[0042] 步骤b:分别过点 $P_L(x_{min}, y_1)$ 、 $P_R(x_{max}, y_2)$ 作平行于Y轴方向的两条直线 $L_{YL}$ 、 $L_{YR}$ ,则直线 $L_{YL}$ 、 $L_{YR}$ 之间的区域为Y轴可达加工区域。

[0043] 步骤c:过点 $P_R(x_{max}, y_2)$ 作平行于X轴方向的直线 $L_X$ ,则直线 $L_X$ 上方(沿Y轴正向)的区域为X轴可达加工区域。

[0044] 步骤d:若该异型深腔被包含于X轴可达加工区域与Y轴可达加工区域共同组成的集合区域内,则可判定该异型深腔为正交可达;否则为正交不可达。

[0045] 步骤e:位于其它三个象限内的异型深腔可分别通过绕零件正交坐标中心 $P_0(X_0, Y_0)$ 顺时针旋转 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ 变换至I象限内,执行步骤a-步骤d进行判定。

[0046] 步骤2:对异型对接框正交可达异型深腔进行加工区域划分,方法如下:按步骤1步骤b方法确定Y轴可达加工区域划分为正交Y轴加工区域,加工时选定主轴方向为 $90^\circ$ ;异型腔内剩余加工区域划分为正交X轴加工区域,加工时选定主轴方向为 $0^\circ$ 。

[0047] 步骤3:确定异型对接框中正交不可达异型深腔的加工主轴方向,方法如下:

[0048] 步骤31:设定异型对接框正交坐标中心 $P_0(X_0, Y_0)$ ,选取位于I象限内 $(X_{正}, Y_{正})$ 的一个异型深腔,将异型深腔内侧轮廓沿坐标XY平面进行投影可得曲线S,求解出坐标中心 $P_0$

$(X_0, Y_0)$  到曲线S的最短距离点 $P_S(X_S, Y_S)$ 。

[0049] 步骤32:过点 $P_0(X_0, Y_0)$ 和点 $P_S(X_S, Y_S)$ 作直线 $L_S$ ,令直线 $L_S$ 与坐标轴X之间的夹角为 $\theta$ ,则 $\theta$ 值即可确定为该异型深腔的加工主轴方向,如图2所示。

[0050] 步骤33:设定异型对接框三维坐标原点为 $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ ,以 $\theta$ 为加工主轴方向,编制该异型深腔的数控程序并后置输出刀位点坐标 $P_{JJ}(x, y, z)$ ,然后对刀位点坐标 $P_{JJ}(x, y, z)$ 按下列公式进行变换: $\theta_i$

$$[0051] \quad \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \cos \theta - y \sin \theta \\ x \sin \theta + y \cos \theta \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0052] 得到转换后的刀位点坐标 $P'_{JJ}(x', y', z')$ ,顺时针旋转变换时 $\theta$ 取负值,变换后的加工主轴方向为X轴正向,角度为 $0^\circ$ 。

[0053] 步骤34:其它正交不可达的异型深腔可分别执行步骤a-步骤c,通过绕零件正交坐标中心 $P_0(X_0, Y_0)$ 顺时针旋转 $\theta$ 值变换加工主轴方向为X轴正向,角度为 $0^\circ$ 。

[0054] 步骤4:对异型对接框进行机床加工,步骤如下:

[0055] 步骤41:在装备 $90^\circ$ 侧铣头的三轴数控龙门机床上装夹异型对接框,设定工件加工坐标原点为 $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ ,调整 $90^\circ$ 侧铣头方向为X轴负向,主轴方向见图3,加工所有正交可达异型深腔中正交X轴加工区域。

[0056] 步骤42:调整 $90^\circ$ 侧铣头方向为Y轴负向,主轴方向见图3,加工所有正交可达异型深腔中正交Y轴加工区域。

[0057] 步骤43:加工所有正交不可达异型深腔外形轮廓,每个异型深腔留出工艺块与工艺孔基准;

[0058] 步骤55:重新装夹异型对接框,通过校调坐标原点 $P_0(X_0, Y_0, Z_0)$ 、工艺块和工艺孔基准,设定第一个正交不可达异型深腔主轴加工角度为 $0^\circ$ ,调整 $90^\circ$ 侧铣头方向为X轴负向,主轴方向见图4,调用经过坐标旋转变换后的刀位点坐标 $P'_{JJ}(x', y', z')$ 程序,完成该异型深腔的加工;

[0059] 步骤45:重复执行步骤d,直至完成所有异型对接框中正交不可达异型深腔的加工;然后铣去所有工艺块于工艺孔基准,完成全部异型深腔的加工。

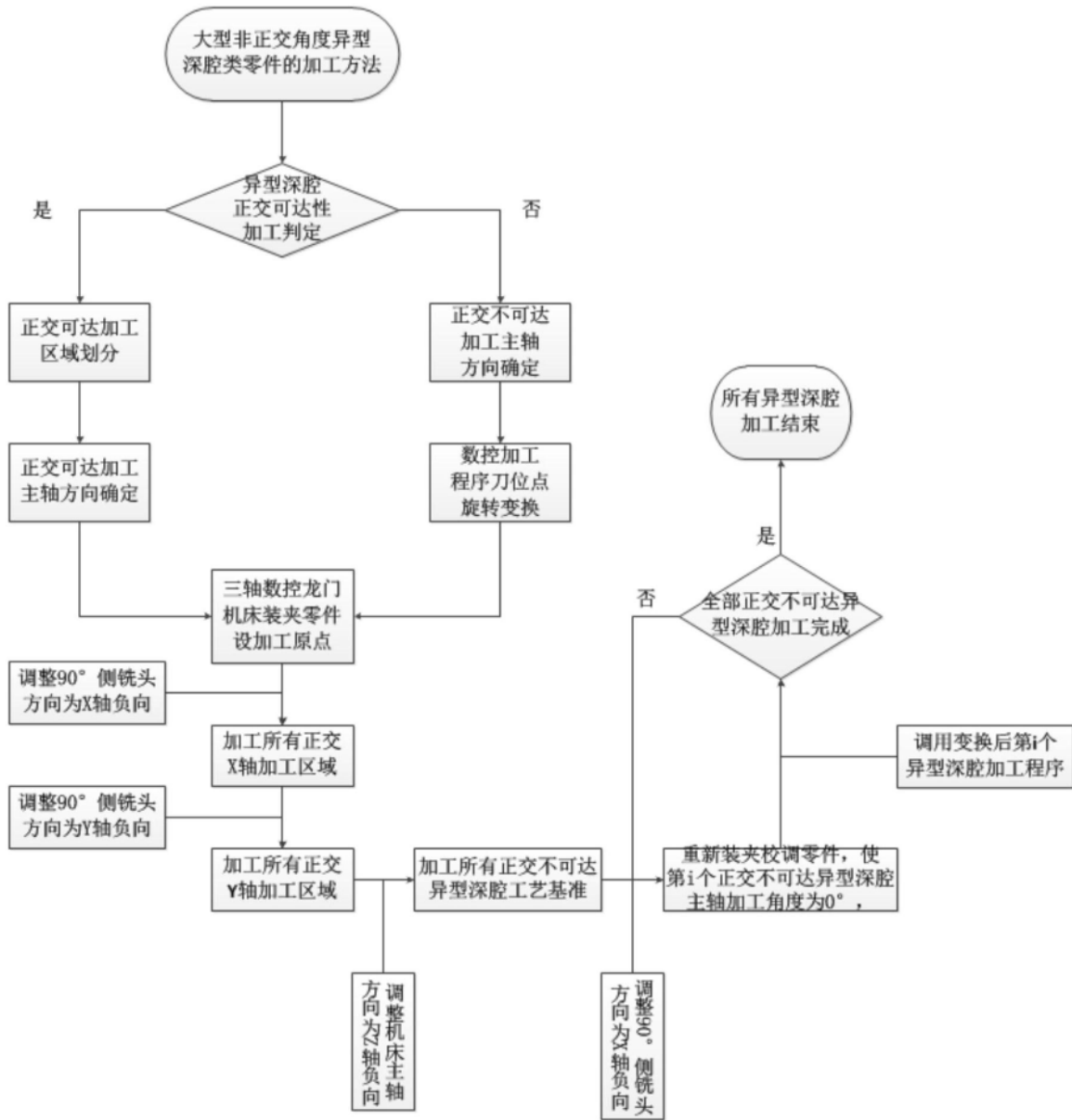


图1

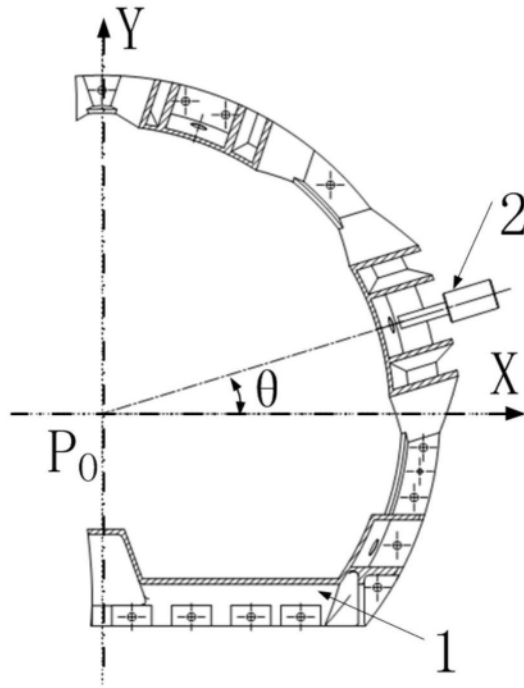


图2

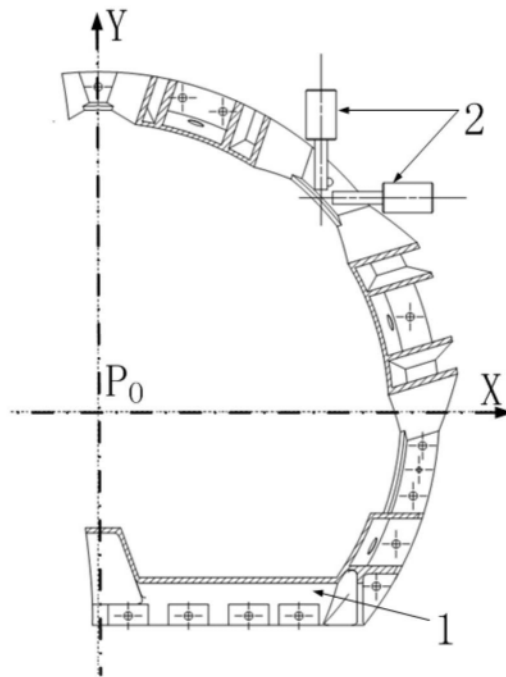


图3

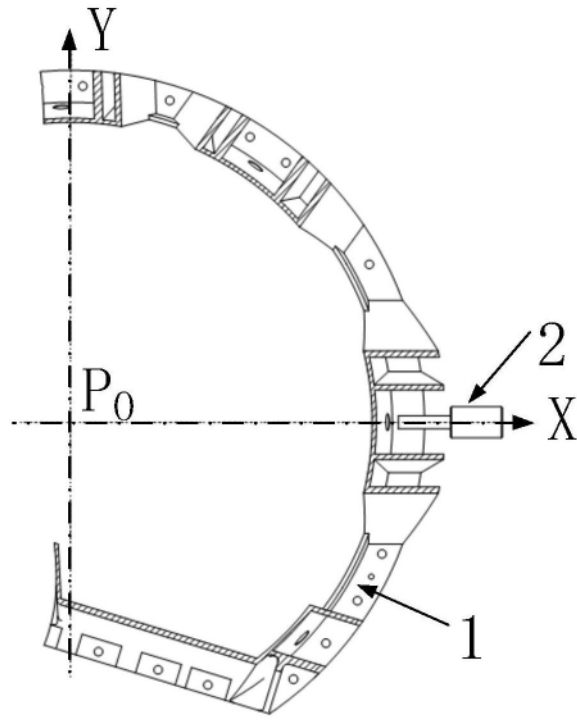


图4