

四轴卧式加工中心工作台旋转后坐标系的自动转换

张新民

上海电气凯士比核电泵阀有限公司 上海 201306

摘要：分析了在带 B 轴的四轴卧式加工中心上进行工件多面加工时存在的问题，并根据零件形状要求构建不同坐标，再利用几何模型和图样尺寸列出各坐标系之间的关系，实现坐标系的转换，将坐标系转换做成宏程序，从而实现任意角度多面工件的加工。

关键词：四轴卧式加工中心；工作台旋转；坐标转换；宏程序

1 序言

四轴卧式加工中心的应用已越来越普遍，但仍需要不断钻研和发掘设备的性能和功能，才能将其优势发挥到极致，从而更高效地加工出更高质量的产品零件。本文以工作台旋转后的坐标系转换为例，介绍利用宏程序完成带 B 轴卧式加工中心的工作台旋转后坐标系自动转换的方法。

2 坐标系转换存在的问题

一个工件有多个面需要加工时，使用带 B 轴的四轴卧式加工中心比较方便，只需一次装夹，就可以通过旋转工作台实现多个面的加工。在实际工作中，由于工件中心一般不是刚好放在工作台旋转中心，而且工件形状各异，所以通常加工每个面时都要重新测量并设定工件坐标系，效率低而且有测量误差，一些形状复杂的斜面或图样上的虚构面甚至根本无法测量。

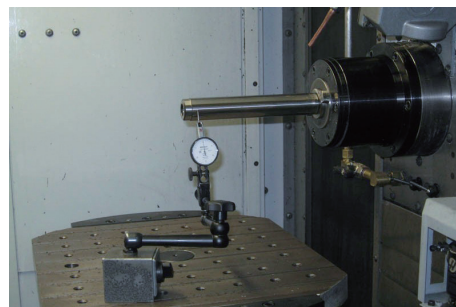
仔细思考这个问题不难发现，根据零件形状要求，构建不同坐标系，再利用几何模型和图样尺寸列出各坐标系之间的关系，从而实现坐标系的转换，即可解决以上问题。考虑到工作台旋转后 Y 坐标无变化，因此下面只分析计算 X 轴和 Z 轴的坐标变化与转换。

3 坐标系转换过程

3.1 测量工作台旋转中心 X 、 Z 轴机械坐标

测量所需工具为主轴标准检棒和带磁吸表座的杠杆式千分表。

(1) 测量 X_c 。测量过程如图1所示。



a) 0° 位置



b) 180° 位置

图1 工作台旋转中心 X 轴机械坐标测量

1) 将工作台 (B 轴) 定位在 0° 位置, 标准检棒装在主轴上, 表座吸在工作台上并使千分表表针压在检棒侧母线上 (见图1a)。手动移动 Y 轴寻找检棒侧母线最高点, 千分表指针读数置0, 记下此处 X 轴机械坐标 X_{m1} 。

2) 将检棒向上移至安全位置, 将工作台旋转至 180° 位置。以同样方式, 在另一侧寻找检棒侧母线最高点 (见图1b), 并移动 X 轴使千分表读数在上次置0的位置, 记下此处 X 轴机械坐标 X_{m2} , 则工作台旋转中心 X 轴机械坐标为 $X_c = (X_{m1} + X_{m2})/2$ 。

验证: 将主轴固定在 X_c 位置, 再用上述方法, 只移动 Y 轴和 Z 轴, 如果在 0° 和 180° 位置千分表的读数完全相同, 说明 X_c 正确, 否则需重新测量。

(2) 测量 Z_c 。测量过程如图2所示。

1) 将工作台 (B 轴) 定位在 0° 位置, 主轴移至 X_c 位置, 标准检棒装在主轴上, 表座吸在工作台

上并使千分表表针压在检棒侧母线上 (见图2a), 手动移动 Y 轴寻找检棒侧母线最高点, 将千分表指针读数置0。

2) X 轴固定不动, 工作台转至 90° 位置 (见图2b), 移动机床 Z 轴使千分表接触检棒端面至千分表读数为前面置0位置, 记下 Z 轴的机械坐标 Z_{m1} , 主轴标准检棒长度为 L , 直径为 D , 则工作台旋转中心 Z 轴机械坐标为 $Z_c = Z_{m1} + D/2 - L$ 。

3.2 坐标转换几何模型与计算

工件初始位置为工作台 0° 位置, O 点为工作台旋转中心, 其机械坐标为 (X_c, Z_c) 。先设置 A 点为工作坐标系 G54 零点, 进行工件第1面的加工。然后将工作台旋转 α 角度, 进行斜面的加工, 此时设置 B' 点为第2个工作坐标系 G55 零点, 坐标转换几何模型如图3所示, 图中已知参数见表1。同时, 为便于后面在机床上用宏程序自动计算, 在此给每个参数指定一个宏变量。旋转后新的坐标零点 B' 点的机械坐标 (X_0', Z_0') 计算过程见表2。

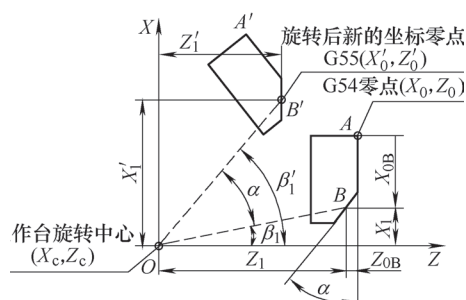
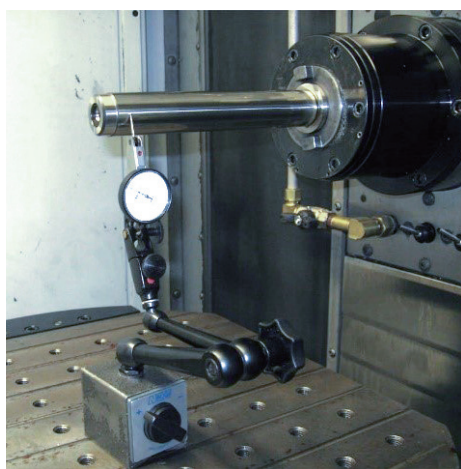


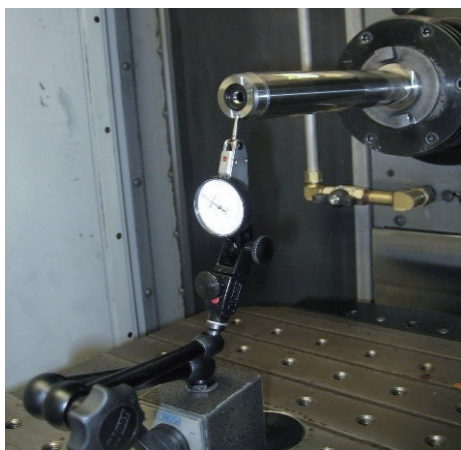
图3 工作台旋转中心坐标转换几何模型

表1 坐标转换前的参数

参数	说明	获取方式	宏变量
X_c	工作台旋转中心 O 点 X 轴机械坐标	按3.1节方法 测量	R81
Z_c	工作台旋转中心 O 点 Z 轴机械坐标		R82
X_0	G54 零点 A 的 X 轴机械坐标	用机床带的探针、寻边器或刀具测量	R83
Z_0	G54 零点 A 的 Z 轴机械坐标		R84
X_{0B}	斜面上的 B 点相对 G54 的 X 坐标	根据图样上的位置尺寸确定 (带正/负号)	R1
Z_{0B}	斜面上的 B 点相对 G54 的 Z 坐标		R3
α	B 点所在斜面角度	根据图样尺寸确定	R4



a) 0° 位置



b) 90° 位置

图2 工作台旋转中心 Z 轴机械坐标测量

表2 坐标转换计算过程

参数	说明	计算式	宏变量
X_1	B点相对工作台旋转中心O的X坐标	$X_1 = X_0 - X_C + X_{OB}$	$R86 = R83 - R81 + R1$
Z_1	B点相对工作台旋转中心O的Z坐标	$Z_1 = Z_0 - Z_C + Z_{OB}$	$R87 = R84 - R82 + R3$
L_{OB}	OB两点的距离	$L_{OB} = \sqrt{X_1^2 + Z_1^2}$	$R88 = \text{SQRT}(\text{POT}(R86) + \text{POT}(R87))$
β_1'	OB' 与Z轴的夹角	$\beta_1' = \alpha + \beta_1$	$R89 = R4 + \text{ATAN2}(R89, R87) * 180 / 3.14$
X_0'	B' 点的X轴机械坐标	$X_0' = X_C + X_1'$	$R91 = R81 + R88 * \text{SIN}(R89)$
Z_0'	B' 点的Z轴机械坐标	$Z_0' = Z_C + Z_1'$	$R93 = R82 + R88 * \text{COS}(R89)$

其中OB线与Z轴的夹角 β_1 可根据B点相对O点的 (X_1, Z_1) 坐标位置计算, 西门子数控系统中可通过“ $\text{ATAN2}(X_1, Z_1)$ ”函数直接得到(数学计算则需要根据B点所处象限分别列出计算, 相对较复杂, 在此省略)。B' 点相对工作台旋转中心O的坐标 (X_1', Z_1') 可根据下式计算。

$$X_1' = L_{OB} \sin(\beta_1') = L_{OB} \sin(\alpha + \beta_1)$$

$$Z_1' = L_{OB} \cos(\beta_1') = L_{OB} \cos(\alpha + \beta_1)$$

3.3 在四轴卧式加工中心上实现

有了以上的计算模型, 在机床上用宏程序就比较容易计算出工作台旋转后新零点的机械坐标。以西门子840D sl系统为例, 使用上述宏变量, 坐标转换计算的宏程序如下。

```
%_N_L8000_MPF
R1=(XOB值); Delta X
R2=0; Delta Y
R3=(ZOB值); Delta Z
R4=(α值); Rot Angle of B
R5=2; 2-- G55 / 3-- G56 / 4-- G57 / 5-- G505 / 6-- G506
R81=(XC值); X OF ROTATE CENTER
R82=(ZC值); Z OF ROTATE CENTER
R83=$P_UIFR(1,X,TR); X OF G54
R84=$P_UIFR(1,Z,TR); Z OF G54
R85=$P_UIFR(1,Y,TR); Y OF G54
R95=$P_UIFR(1,B,TR); B OF G54
R86=R83-R81+R1
R87=R84-R82+R3
R88=SQRT(POT(R86)+POT(R87))
```

$$R89 = R4 + (\text{ATAN2}(R89, R87)) * 180 / 3.14$$

$$R91 = R81 + R88 * \text{SIN}(R89)$$

$$R92 = R85 + R2$$

$$R93 = R82 + R88 * \text{COS}(R89)$$

$$\$P_UIFR[R5] = \text{CTrans}(X, R91, Y, R92, Z, R93, B, R95)$$

$$M30$$

4 结束语

1) 通过标准检棒和带磁吸的千分表可测量带B轴卧式加工中心的工作台旋转中心的机械坐标, 用于工作台旋转后的坐标转换计算。

2) 根据零件图样尺寸及放置位置, 建立几何模型并进行数学计算, 可计算出工作台旋转后新的坐标零点的机械坐标。

3) 此方案也可推广应用于FANUC、HAAS及其他数控系统的带B轴四轴卧式加工中心, 应用于实际数控加工中可大幅提高多面加工的工作效率和位置精度, 特别是对于形状复杂、实际难以直接测量的零件, 效果更加明显。

参考文献:

- [1] 冯志刚. 跟着实例掌握西门子参数编程高难度技巧[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [2] 杜军, 李贞惠, 唐万军. 数控宏程序编程从入门到精通[M]. 北京: 化学工业出版社, 2019.

MW 20210112

欢迎关注微信公众号: 机工机床世界

“机工机床世界”主要为广大制造企业和相关技术及操作人员介绍机床产品、机床技术、机床应用、机床使用技巧和数控机床等内容。

扫描二维码即可关注!

