

基于 FANUC 系统开发卧式加工中心工件偏置自动创建功能

撰文 / 许昌烟草机械有限责任公司 王晓勇

当卧式加工中心加工非正交平面时，工件坐标系的建立是个难题。本文介绍了利用 FANUC 系统的宏编程技术，针对非正交平面，开发工件偏置自动创建宏程序的过程。该宏程序能够自动读取已知数据，计算工件偏置，向数控系统输入计算结果，从而实现自动建立工件坐标系的功能。

卧式加工中心是指机床主轴处于水平状态的加工中心，这类机床通常配置一个绕固定轴线 360 度旋转的分度工作台，X、Y、Z 三个直线坐标轴加一个回转坐标轴，适合箱体类零件的加工，工件一次装夹，除了安装底面和顶面之外，可以完成至少四个侧面的加工。

卧式加工中心加工零件时，每个角度平面都要建立工件坐标系。在 0°、90°、180°、270° 这四个正交平面上，操作工可以方便的通过量棒或探头等工具，测量工件偏置值，建立工件坐标系。但是，当加工非正交平面（如 30° 平面）时，测量工件偏置是个繁琐但必需要解决的问题。

确定非正交平面工件偏置的方法有多种，其中最常用的方法是，技术人员通过手工计算或者电脑绘图确定。在计算之前，需要收集机床数据、零件数据和现场测量数据三个方面的信息，如表所示。其中机床数据和零件数据对于特定机床和零件是固定的，而现场数据需要零件在机床上装夹、定位后才能测量，因此，出现了技术员等待操作工现场实测数据，而操作工等待技术员计算结果的现象，造成机床停机，降低了机床有效作业率。

为了解决非正交平面加工基准点工件偏置的计算问题，我们利用数控系统的宏编程功能，开发了针对多种数控系统的宏程序，作为固定循环植入数控系统，可以实现任意角度平面工件偏置的自动创建功能，彻底解决了现场人工计算工件偏置的环节。下面以 FANUC 系统为例，介绍宏程序的开发过程和具体应用。

表 人工计算工件偏置需要收集的数据信息

序号	数据类别	数据内容
1	机床数据	(1) 工作台回转中心的机床坐标值 X、Z (2) 工作台旋转角度正负规定，如顺时针为正，还是逆时针为正
2	零件数据	(1) 非正交平面上，加工基准点相对于设计基准的坐标值 X、Z (2) 非正交平面的倾斜角度
3	现场数据	零件在摆正情况下，如 0° 面，作为计算参考基准点的 X、Z 坐标值



一、推导工件偏置的数学计算模型

开发宏程序的关键点和难点在于根据已知条件，推导正确的工件偏置计算公式。为此，我们建立以下命题，如图1所示，工件在摆正（ 0° ）的情况下，已知工件上一个参考基准点，该点相对于机床零点的坐标为（ X_{G54} ， Y_{G54} ， Z_{G54} ），机床工作台的回转中心相对于机床零点的坐标为（ $X_{回}$ ， $Z_{回}$ ），已知工件上任意一点A，该点相对于参考基准点的坐标值为（ I ， J ， K ）。如图2所示，当工件旋转任意角度 β° 后，点A转到点B，求点B相对于机床零点的坐标值（ $X_{偏}$ ， $Y_{偏}$ ， $Z_{偏}$ ）。

推导过程：

如图3所示，在Z-X坐标系下。

$$\begin{aligned} Z_{偏} &= Z + Z_{回} = R \times \cos(\alpha - \beta) + Z_{回} = R \times (\cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta) \\ &+ Z_{回} = R \times \cos\alpha\cos\beta + R \times \sin\alpha\sin\beta + Z_{回} \\ X_{偏} &= X + X_{回} = R \times \sin(\alpha - \beta) + X_{回} = R \times (\sin\alpha\cos\beta - \cos\alpha\sin\beta) \\ &+ X_{回} = R \times \sin\alpha\cos\beta + R \times \cos\alpha\sin\beta + X_{回} \end{aligned}$$

综合图1、图2的数据，计算结果如图4所示。

$$R \times \cos\alpha = Z_{G54} + K - Z_{回}$$

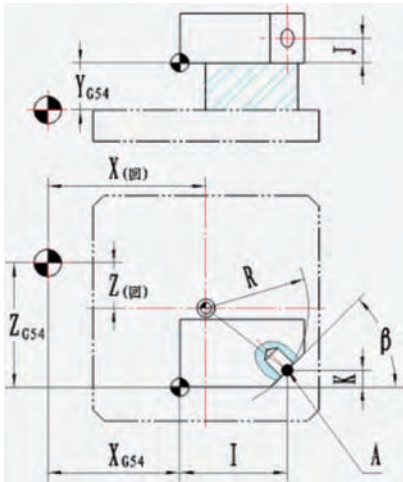


图1 工件偏置计算命题的已知条件

$$R \times \sin\alpha = X_{G54} + I - X_{回}$$

所以，可得：

$$\begin{aligned} Z_{偏} &= Z + Z_{回} = R \times \cos(\alpha - \beta) + Z_{回} = R \times (\cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta) \\ &+ Z_{回} = R \times \cos\alpha\cos\beta + R \times \sin\alpha\sin\beta + Z_{回} = (Z_{G54} + K - Z_{回}) \\ &\times \cos\beta - (X_{G54} + I - X_{回}) \times \sin\beta + Z_{回} \\ X_{偏} &= X + X_{回} = R \times \sin(\alpha - \beta) + X_{回} = R \times \\ &(\sin\alpha\cos\beta - \cos\alpha\sin\beta) + X_{回} \\ &= R \times \sin\alpha\cos\beta + R \times \cos\alpha\sin\beta + X_{回} = (X_{G54} + I - X_{回}) \times \cos\beta - \\ &(Z_{G54} + K - Z_{回}) \times \sin\beta + X_{回} \end{aligned}$$

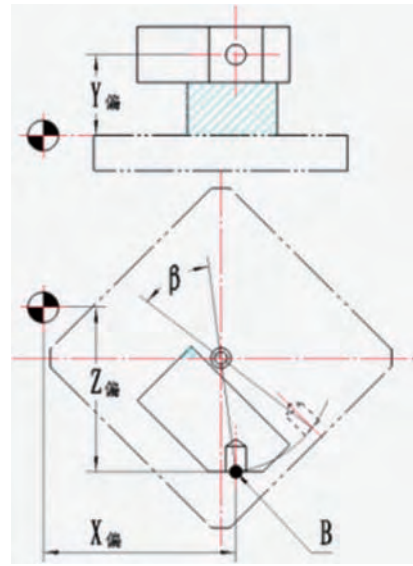


图2 工件偏置计算命题的求解目标

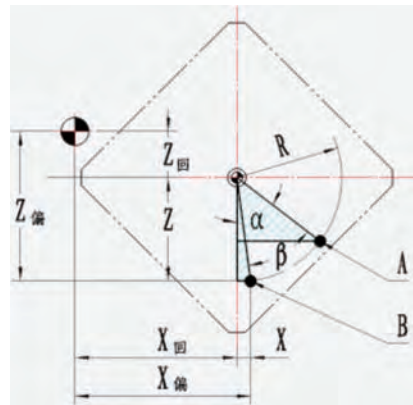


图3 工件偏置推导关键三角形示意图

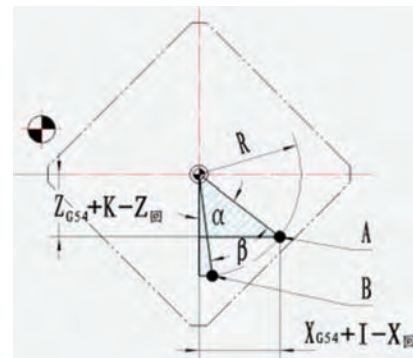


图4 工件偏置关键三角形直角边计算公式

因为Y轴方向的工件偏置和工作台旋转无关，所以，根据已知条件，最终点B的工件偏置计算公式如下，经过验证，公式准确无误。

工件偏置计算公式：

$$X_{偏} = (X_{G54} + I - X_{回}) \times \cos\beta - (Z_{G54} + K - Z_{回}) \times \sin\beta + X_{回}$$

程序正文	注释说明
O7010(CW+ CCW-)	→程序名
#4=0	→工作台回转中心相对机床零点的 X 值
#6=500	→工作台回转中心相对机床零点的 Z 值
IF[#1GE1]AND[#1LE48]]GOTO10	→判断，满足条件跳到 N10 程序段
IF[#1GE54]AND[#1LE59]]GOTO20	→判断，满足条件跳到 N20 程序段
N10 #20=#[7001+[#1-1]*20]	→提取 G54.1 P1-P48 X 坐标值
#21=#[7002+[#1-1]*20]	→提取 G54.1 P1-P48 Y 坐标值
#22=#[7003+[#1-1]*20]	→提取 G54.1 P1-P48 Z 坐标值
GOTO 30	→跳到 N30 程序段
N20 #20=#[5221+[#1-54]*20]	→提取 G54-G59 X 坐标值
#21=#[5222+[#1-54]*20]	→提取 G54-G59 Y 坐标值
#22=#[5223+[#1-54]*20]	→提取 G54-G59 Z 坐标值
N30 #7=#20+#24-#4	→数据计算
#9=#22+#26-#6	→数据计算
#17=#7*COS[#2]-#9*SIN[#2]+#4	→计算工作台旋转后工件偏置的 X 坐标
#18=#21+#25	→计算工作台旋转后工件偏置的 Y 坐标
19=#9*COS[#2]+#7*SIN[#2]+#6	→计算工作台旋转后工件偏置的 Z 坐标
IF[#11GE1]AND[#11LE48]]GOTO 100	→判断，满足条件跳到 N100 程序段
IF[#11GE54]AND[#11LE59]]GOTO 200	→判断，满足条件跳到 N200 程序段
N100 #8=#11	→变量赋值
G90 G10 L20 P#8 X#17 Y#18 Z#19	→将计算结果输入到指定的 G54.1 P1-P48
GOTO 99	→跳到 N99 程序段
N200 #8=#11-53	→变量赋值
G90 G10 L2 P#8 X#17 Y#18 Z#19	→将计算结果输入到指定的 G54-G59
N99 M99	→程序结束

$$Y_{\text{偏}} = Y_{G54} + J$$

$$Z_{\text{偏}} = (Z_{G54} + K - Z_{\text{回}}) \times \cos\beta + (Z_{G54} + I - X_{\text{回}}) \times \sin\beta + Z_{\text{回}}$$

二、FANUC 系统宏程序的编制

要实现“工件偏置”自动创建功能，需要利用数控系统的宏编程平台，开发一个能够根据已知条件，自动读取参考基准点的现场测量数据，自动计算工件偏置数据并写入数控系统的宏程序，然后将该宏程序存储到数控系统内存中，作为机床定制固定循环使用，通过零件加工主程序中编制宏调用指令调用，实现各种非正交平面工件坐标系的自动创建。

按照上述思路，我们根据上面推导的数学计算模型，针对 FANUC 系统，开发了能够根据已知数据，实现“工

件偏置”自动计算和输入的宏程序，宏程序结构及注释如下。

三、宏调用指令及使用说明

根据编制的宏程序，我们确定 FANUC 系统的宏调用指令格式如下。

G65 P_ A_ X_ Y_ Z_ B_ H_

注释：

G65 （宏调用指令）

P_ （调用的宏程序号，如 P7010）

A_ （参考基准点的工件偏置号，1-48 或 54-59，对应坐标系 G54.1 P1-P48 和 G54-G59）

X_ （非正交平面坐标系原点相对于参考基准点的 X 坐标值，有 +/— 之别）

IM | 现代制造

Y₋ (非正交平面坐标系原点相对于参考基准点的 Y 坐标值, 有 +/— 之别)

Z₋ (非正交平面坐标系原点相对于参考基准点的 Z 坐标值, 有 +/— 之别)

B₋ (旋转角度)

H₋ (建立非正交平面坐标系的工件偏置号, 1-48 或 54-59, 对应坐标系 G54.1 P1-P48 和 G54-G59, 注意和 A₋ 中的不要相同)

四、宏程序特点及注意事项

(1) 该宏程序仅适用于工作台顺时针旋转为正的机床, 否则, 需要适当调整。

(2) 针对不同的卧式加工中心, 因回转中心的机床坐标不同, 需要查阅机床手册或者根据实际校调数据, 对宏程序中 #4 和 #6 的变量值进行调整, 其中 #4 对应 X, #6 对应 Z。

(3) 使用前, 必需在零件“摆正”状态下, 建议为 0°, 测量参考基准点的坐标偏置值, 输入宏调用指令参数 A 指定的偏置中, 如 G54, 建立计算基准点, 供宏程序内部计算调用。

(4) 宏调用指令中, 由参数 A 和 H 指定参考点偏置号和建立非正交平面工件零点偏置号, 可以根据程序中非正交平面的数量, 选择 G54-G59, 或者 G54.1 P1-P48, 二者不能相同。

(5) 宏调用指令中, 参数 A 和 H 要正确输入, 超出取值范围的赋值将会触发报警。

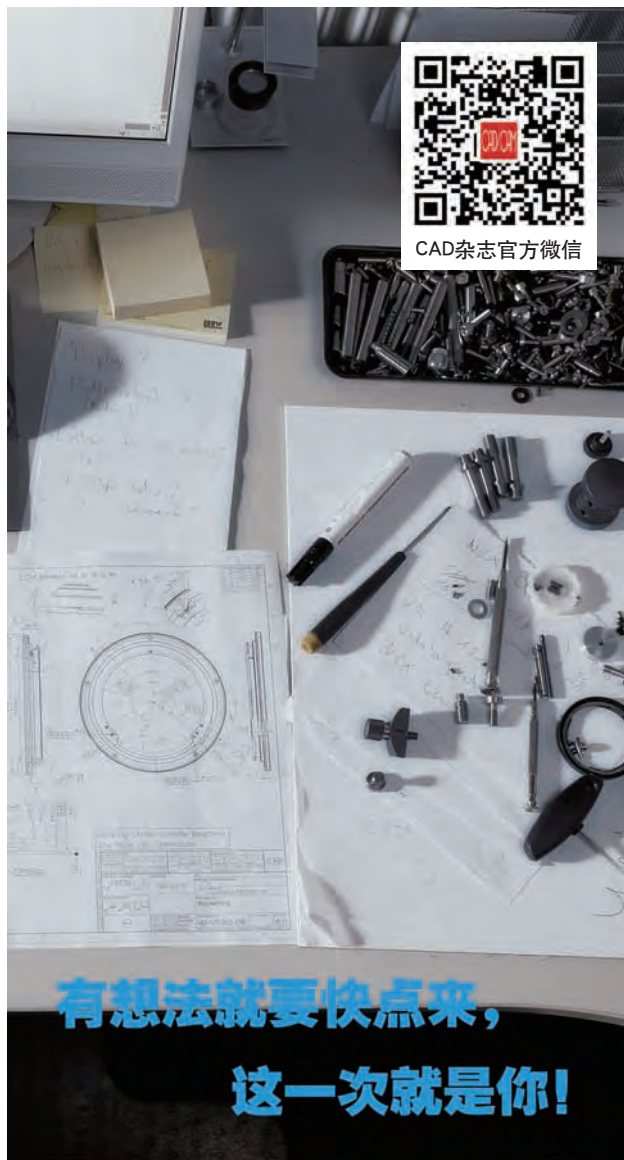
(6) 宏调用指令一般放在主程序的开始, 零件有几个非正交平面, 就需要几行宏调用指令, 主程序执行时, 工件偏置自动计算, 并写入数控系统指定的工件偏置设定区, 建立工件坐标系, 供主程序调用。

五、效果验证

宏程序编制完成后, 为了验证工件偏置自动创建功能的有效性, 计算数据准确性, 我们设计了 5 组不同数据, 在公司两台配置 FANUC 310i 系统的卧式加工中心上进行验证, 采用的方法是分别在两台设备上不同旋转角度的数值验证, 并将计算结果与 CAD 软件绘图采集的数据进行对比, 二者计算结果完全一致。

六、结语

利用 FANUC 系统的宏编程技术, 开发的卧式加工中心工件偏置自动创建功能, 解决了卧式加工中心在加工非正交平面时, 工件坐标系的建立难题, 消除了人工重复计算工件偏置的环节, 降低了技术人员的工作量和出错率, 减少了机床停机等待时间。IM



联系电话: 010-68993878/79/80
分机号码: 255 263 268
投稿邮箱: cadcam@idnovo.com.cn
地址: 北京市西城区百万庄大街22号 (100037)