

# 华中 8 型数控系统用户说明书（五轴）

V2.4 系列

# 前言

---

---

本说明书较全面地介绍了 HNC-8 型数控系统调试、编程或应用方法，是用户快速学习和使用本系统的基本说明书。本说明书的更新和升级事宜，由武汉华中数控股份有限公司授权并组织实施。未经本公司授权或书面许可，任何单位或个人无权对本说明书内容进行修改或更正，本公司概不负责由此而造成的客户损失。

HNC-8 型系列数控系统说明书中，我们将尽力叙述各种与该系统应用相关的事件。由于篇幅限制及产品开发定位等原因，不能也不可能对系统中所有不必做或不能做的事件进行详细的叙述。因此，本说明书中没有特别描述的事件均可视为“不可能”或“不允许”的事件。

此说明书的版权归武汉华中数控股份有限公司，任何单位与个人进行出版或复印均属于非法行为，我公司将追究其法律责任。

限于编者水平，书中肯定有很多缺点和不妥之处，望广大用户不吝赐教。



## 注意



关于“限制事项”及“可使用的功能”等的说明事项，机床制造商提供的说明书优先于本说明书。请在进行实际加工前进行空运转，进行加工程序、刀具补偿量、工件偏置量等的确认。



本说明书未加说明的事情，请解释为“不可行”。



本说明书在编写时，假定所有选项功能均已配备。使用时请通过机床制造商提供的规格书进行确认。



各机床的相关说明，请参考机床制造商提供的说明书。



可使用的画面及功能因各 NC 系统(或版本)而异。使用前请务必确认规格。

# 目录

前言.....	i
目录.....	i
第 1 章 五轴机床加工特点.....	1
第 2 章 五轴数控机床结构.....	5
2.1 五轴机床类型.....	5
2.2 五轴机床手动标定.....	7
2.3 五轴机床自动标定.....	8
第 3 章 五轴指令功能.....	11
3.1 五轴加工概述.....	11
3.2 刀轴方向指定方式 (G43.4~G43.5) .....	12
3.2.1 位置指定方式 G43.4.....	12
3.2.2 矢量指定方式 G43.5.....	14
3.3 刀轴方向长度补偿 (G43.4, G43.5/G49) .....	15
3.4 五轴倾斜面加工.....	18
3.4.1 特性坐标系设定 (G68.1~G68.2) .....	19
3.4.2 刀具轴方向控制.....	26
3.4.3 法向进退刀 G53.3.....	29
3.5 倾斜面加工中其他功能的应用.....	32
3.5.1 刀具半径补偿功能的应用.....	32
3.5.2 孔加工固定循环功能的应用.....	32
3.5.3 攻丝固定循环功能的应用.....	34
3.5.4 倾斜面加工中应用孔、攻丝固定循环的补充说明.....	36
3.6 刀具定向插补方式.....	36
3.6.1 线性插补.....	36
3.6.2 大圆插补.....	37
3.6.3 双 NURBS 曲线插补.....	41
3.7 五轴 RTCP 控制功能.....	43
第 4 章 五轴程序辅助功能.....	48

4.1 直角头双向刀长补.....	48
4.2 W 轴伸缩自动补偿.....	49
4.3 摆头分度.....	49
4.4 动态精度测定.....	51
4.5 数显手摇.....	51
4.6 斜面对刀.....	52
4.7 全闭环模式下零位保护功能.....	54
第 5 章 车铣复合相关功能.....	55
5.1 车铣复合相关功能.....	55
5.1.1 车铣复合切换编程指令.....	55
5.1.2 车铣复合模式切换可视化界面.....	55
5.1.3 车铣复合图形仿真.....	56
5.1.4 上电机床工作方式选择.....	56
5.1.5 综合刀具表管理.....	57
5.1.6 主轴刀具数.....	58
5.1.7 车铣复合刀库表显示.....	59
5.1.8 车床立卧转换.....	60
5.1.9 双通道车铣复合配置.....	69
第 6 章 五轴参数说明.....	71
6.1 刀具初始方向.....	71
6.2 RTCP 对刀模式.....	73
6.3 W 轴补偿.....	75
6.4 极点角度范围.....	76
6.5 摆头分度功能.....	77
6.6 直角头双向刀长补.....	79
6.7 摆头结构类型.....	80
6.8 摆头第一旋转轴方向矢量.....	82
6.9 摆头第二旋转轴方向矢量.....	83
6.10 摆头第一旋转轴偏移矢量.....	85
6.11 摆头第二旋转轴偏移矢量.....	86

6.12 转台结构类型.....	88
6.13 转台第一旋转轴方向矢量.....	89
6.14 转台第二旋转轴方向矢量.....	91
6.15 转台第一旋转轴偏移矢量.....	92
6.16 转台第二旋转轴偏移矢量.....	93
第 7 章 五轴 PLC 介绍.....	95
7.1 新增 IO 对照表（系统面板）.....	95
7.2 新增 IO 对照表（用户）.....	96
7.3 新增 K 参数开关.....	97
7.4 简易调试步骤.....	101
7.5 重点功能 PLC 说明.....	103
7.5.1 第四轴和第五轴功能子程序模块.....	103
7.5.2 MCP 面板点位对应图.....	106
第 8 章 重点说明.....	108
附录 A AC 双转台标定方法.....	109
附录 B BC 双摆头标定方法.....	121
附录 C B 摆 C 转混合结构标定方法.....	135
附录 D AC 双转台结构自动标定案例.....	148
附录 E 五轴动态精度案例.....	159

## 第 1 章 五轴机床加工特点

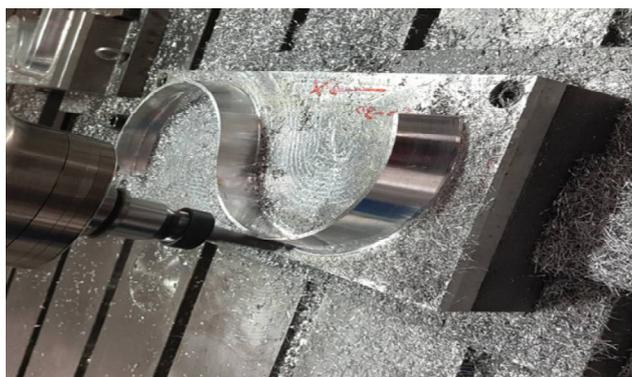
传统的三轴数控机床设备，在加工过程中刀轴的方向始终保持不变，机床只能沿着三个线性轴进行插补运动。当加工图 1 中的零件的时候，三轴加工短板尤为突显。相比三轴机床，五轴联动机床增加了两个旋转自由度，刀具运动姿态可以灵活变化，有利于刀具保持最佳的切削状态及有效避免加工干涉。因此在加工复杂自由曲面的时候，五轴联动数控加工具有显著的优势。



(a) 蜘蛛



(b) 叶轮



(c) S 件

图 1-1 五轴典型加工零件

相比三轴加工，五轴加工有以下几方面优点：

(1) 减少装夹次数，提高加工效率

五轴加工的一个主要优点是仅需经过一次装夹即可完成复杂形状零件的加工,如倾斜孔加工,曲面加工等。由于无需多次装夹，五轴联动加工技术不仅缩短了加工周期,而且避免了因多次装夹所造成的人工或机械误差，大大提高了加工精度。

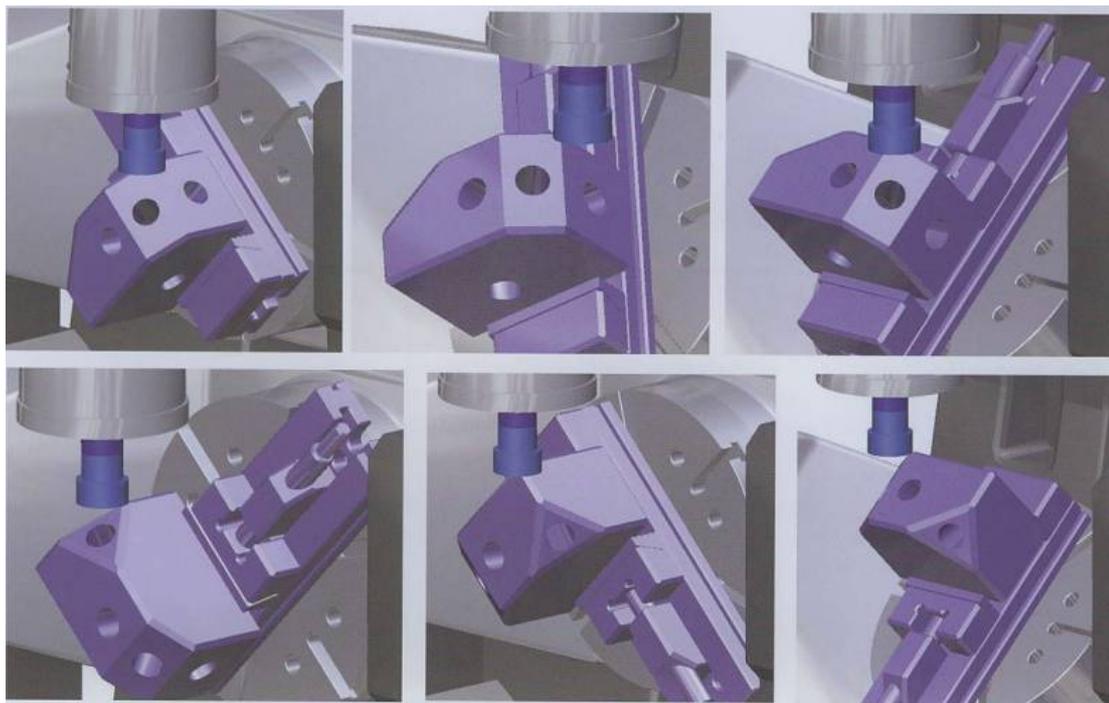


图 1-2 一次装夹多面加工

(2) 保持最佳的切削姿态

由于具备五个轴向的自由度，根据曲面的法矢量，转动旋转轴，使刀具总是保持最佳的切削姿态，提高切削效率。



图 1-3 切削姿态对比

(3) 有效避免加工干涉

对于复杂的曲面零件，例如：叶轮和叶片，某些加工区域由于三轴机床本身的缺陷会引起刀具干涉，无法满足加工要求。而五轴机床通过改变刀具的切削方向，解决加工干涉问题。

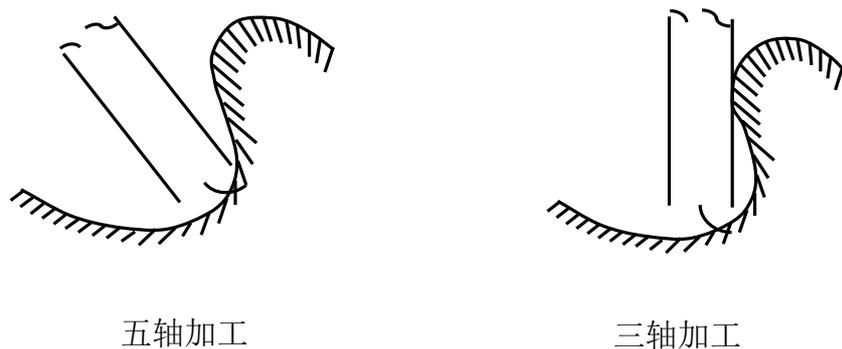


图 1-4 加工干涉问题

## (4) 侧铣加工提高加工效率和质量

在航空航天有曲面侧壁轮廓加工需求，将刀具倾斜一定的角度，通过刀具侧刃进行铣削，能够缩短加工时间和提高加工质量。

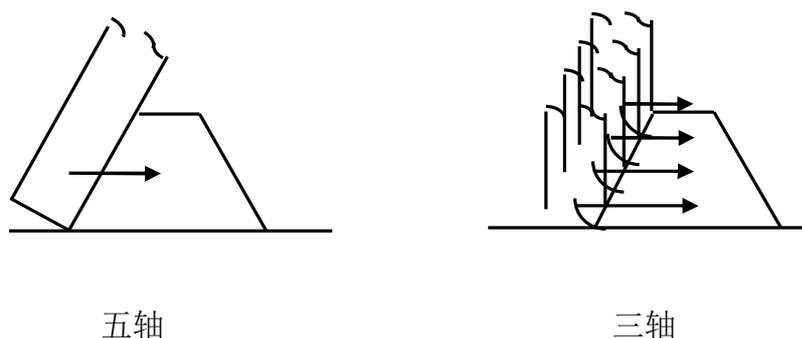


图 1-5 加工效率问题

## (5) 扩大了加工的范围

一些曲面由于本身扭曲和各曲面间相互位置限制，如整体叶轮，加工时不得不转动刀具轴线，因此只能采用五轴联动数控机床，否则很难甚至无法达到加工要求。另外在模具加工中，有时只能用五轴联动数控机床才能避免刀具与工件的干涉。

总之，五轴加工主要的优点是复杂曲面零件的加工，一次装夹完成全部工序、调整刀具到最佳切削姿态、合理的避开干涉位置、从而得到更好的加工品质，以及降低成本。

### 真五轴 or 假五轴

真五轴就是有 RTCP 功能。能根据主轴的摆长及旋转台的机械坐标进行自动换算。在编制程序时，只需要考虑工件的坐标，不需要考虑五轴机床运动链结构。是否是真五轴，不是看五个轴是否联动，假五轴也可五轴联动。主要关键是系统有 RTCP 真五轴的算法。应用 RTCP 模式后，编程 5 坐标加工就可以直接在工件坐标系下规划刀尖的轨迹，因此编程就会变得简单、高效很多。

不具备 RTCP 的数控系统必须依靠 CAM 编程和后处理，事先规划好刀路，将机床第四轴、第五轴中心位置输入到后处理模块中，生成的 CNC 程序为机床坐标点，实际加工中刀尖点运动的轨迹趋近与编程路径，这样精度得不到保证，另外同样一个零件，机床换了，或者刀具换了，就必须重新通过后置出程序，实际应用极其不方便。

## 第 2 章 五轴数控机床结构

### 2.1 五轴机床类型

五轴机床在三个直线轴基础上增加了两个旋转轴，而且可以五轴联动。五轴机床有定位五轴和五轴联动两类：定位五轴机床即 3+2 轴机床，刀轴矢量可以改变但固定后沿着整个切削路径过程不改变，而五轴联动机床加工时刀轴矢量可根据要求在整个切削路径上根据要求而改变。按照笛卡尔坐标 X、Y、Z、A、B、C 排列组合，以及旋转轴作用于刀具，还是作用于工作台，五轴机床结构可以有上百种组合，市面上典型的也有 21 种之多。对于两个旋转轴的结构形式，五轴机床可以分为三类：

#### 1. 双摆头结构

采用这类结构的五轴联动机床工作台不动，两个旋转轴均在主轴上。由于摆头附带一个主轴，所以双摆头自身的尺寸一般比较大。这类机一般采用龙门式或动梁龙门式结构，能加工的零件尺寸比较大，如航空筋肋梁结构件等。

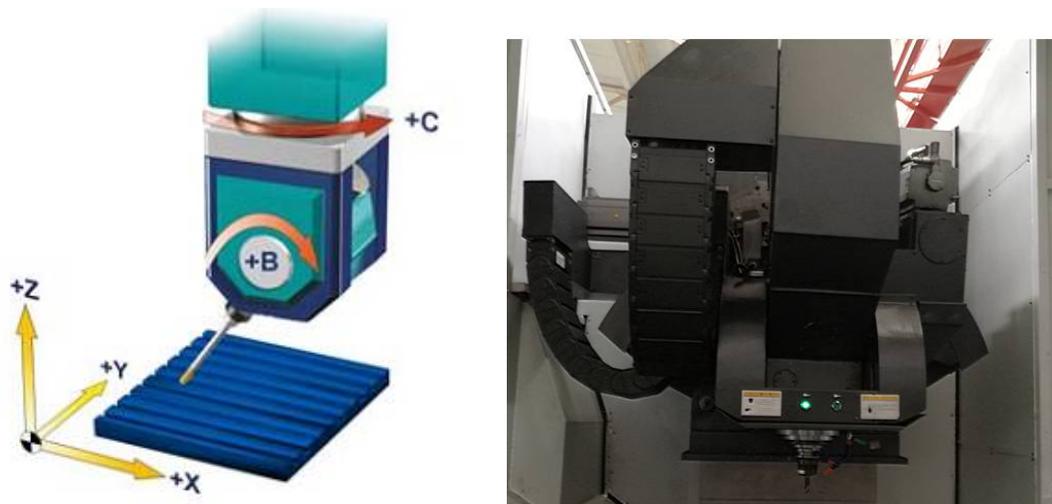


图 2-1 双摆头加工机床

## 2. 双转台结构

采用这类结构的五轴联动机床刀轴方向不动，两个旋转轴均在工作台上。加工时工件随着工作台转动，需考虑装夹承重，这类机床能加工尺寸比较小的零件，适用于叶轮、小型精密模具等。

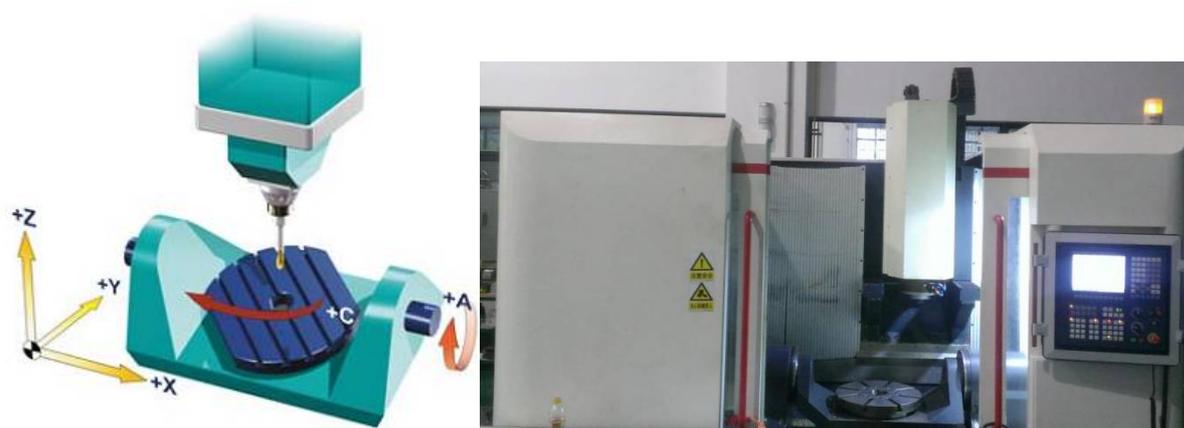


图 2-2 双转台结构机床

## 3. 混合结构

采用这类结构的五轴联动机床两个旋转轴分别在主轴和工作台上。单独旋转工作台使得能加工的工件尺寸范围比较大，而摆轴让刀轴方向改变灵活，让这类五轴联动机床可以有多种不同的组合以适应不同零件的加工要求。适用于叶片加工等。



图 2-3 混合结构机床

系统最多可支持三直线轴+四旋转轴机床结构。并支持任意旋转轴方向，例如斜 45 度摆头结构。

## 2.2 五轴机床手动标定

事先编制后的五轴 CAM 工艺程序，还不能导入到系统中进行加工。在使用五轴功能之前，需要先标定五轴运动链几何尺寸，录入到系统中，才能实现五轴加工。无论是摆头结构，还是转台结构，标定五轴结构参数关键是确定旋转轴的中心位置和方向。根据运动学原理，机床轴运动具有传动链关系，在两个转动轴中，有一个轴的轴线方向在运动过程中始终不变，成为主动轴，而另一个轴的轴线方向则是随着定轴的运动而变化成为动轴。作用于刀具有一个主动轴和一个从动轴，同理工作台也有一个主动轴和一个从动轴。传统手工测量方法使用检棒、百分表和方规测量主动轴和从动轴的位置和方向，从而完成五轴标定工作。

当机床只有一个摆头或者一个转台的时候，作用于刀具或者转台只有从动轴，没有主动轴，因此只需标定从动轴的位置和方向。

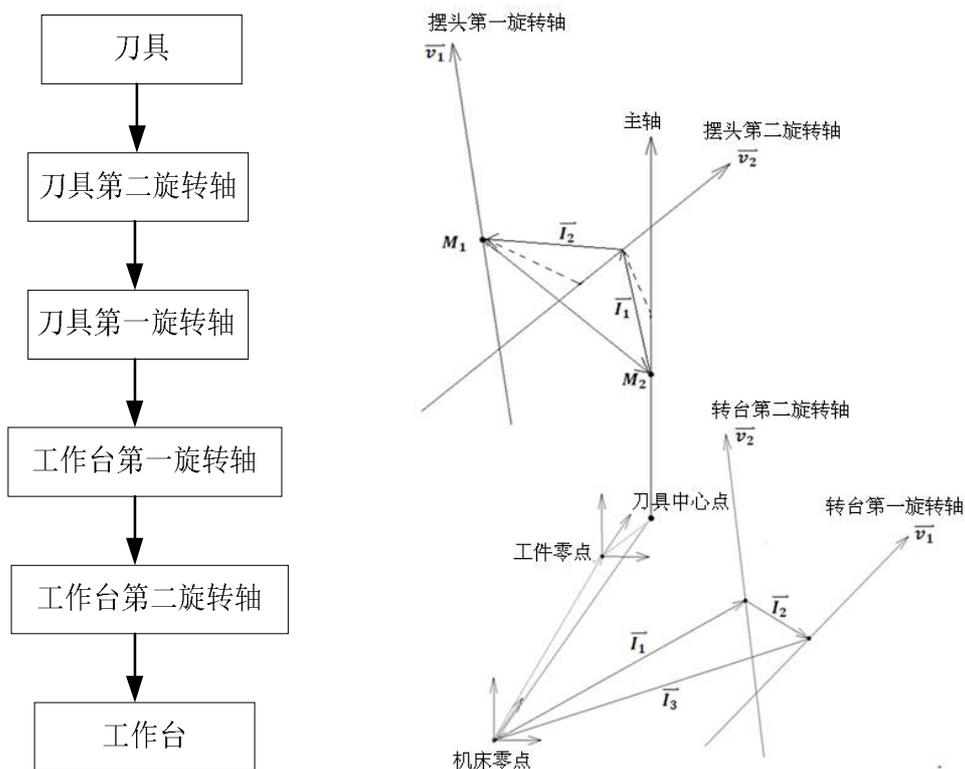


图 2-4 五轴运动链示意

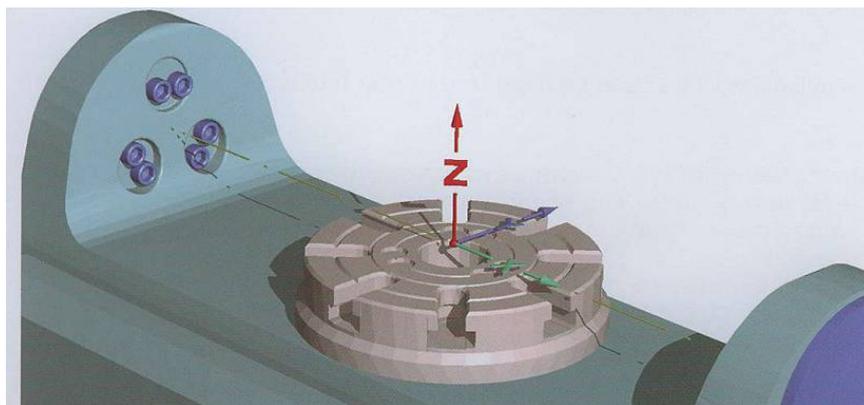


图 2-5 旋转中心位置和方向

附录 A、B、C 为 AC 双转台、BC 双摆头和 B 摆 C 转混合结构的手动标定方法。

### 2.3 五轴机床自动标定

为解决手工测量精度缺陷和使用局限性，最大限度实现测量的自动化，实现旋转刀具中心点精确控制，本系统提供五轴机床关键几何尺寸自动标定功能。标定过程中，采用触发式测头和标准球，通过测量宏程序，采集数据点经过拟合，自动计算生成五轴机床结构参数，从而提高测量精度和测量效率。自动标定适用于检测 ISO/CD 10791-6 规范之 A、B 及 C 等三种机型，使用便利性高，不需要专业操作人员，即可完成 RTCP 参数标定。

测量工具使用雷尼绍应变式测头和标准球磁力表座，硬件如图 8。



主轴测头  
(Renishaw强烈推荐Rengage™应变片测头)

硬件 (标准球)

图 2-6 测头与标准球

如图 9 为自动测量流程图，包括仪器安装、参数设置、碰撞采集和 RTCP 参数计算步骤。通过宏程序控制测头探针与标准球进行碰撞并锁存碰撞点机床坐标，根据锁存坐标计算各个示教点相对应的标准球球心坐标，使用最小二乘数据处理方法，对各个标准球球心坐标拟合主动旋转轴与从动旋转轴轴线方向与空间位置，得到 RTCP 参数。

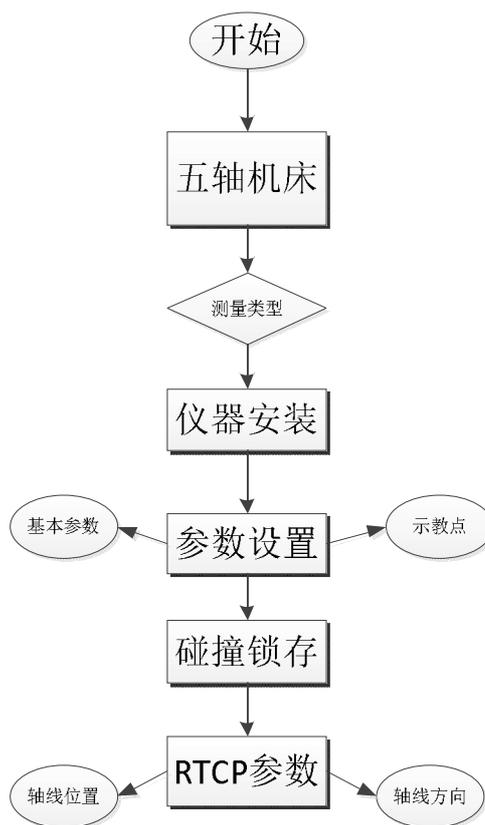


图 2-7 自动标定流程图

1) 仪器安装，根据机床结构类型，安装触发式测头和标准球，并用杠杆表对测头探针进行主轴同心校准；

2) 参数设置，在数控系统自动测量软件界面设置测量参数，包括测量类型、旋转轴显示顺序、旋转轴名、安全高度、定位速度、中间速度、触发速度、标准球半径、刀具长度和刀具半径 10 个基本参数以及 8 个主动轴示教点和 8 个从动轴示教点，示教点是用来确定标准球与测头相对位置，并进行碰撞的基准点；

3) 碰撞采集，通过宏程序，根据步骤 2 确定的 10 个基本参数以及 8 个主动轴示教点和 8 个从动轴示教点坐标，控制测头探针与标准球进行碰撞并锁存碰撞时机床坐标系下的坐标 X、Y、Z，每个示教点碰撞 4 次；碰撞过程如下：

测头探针在 Z 轴负方向与标准球顶点进行碰撞锁存机床坐标点 1，在 X 轴正方向与标准球赤道碰撞锁存机床坐标点 2，在 X 轴负方向与标准球赤道碰撞锁存机床坐标点 3，在 Y 轴正或负方向与标准球赤道碰撞锁存机床坐标点 4；

或者，测头探针在 Z 负方向与标准球顶点进行碰撞锁存机床坐标点 1，在 Y 轴正方向与标准球赤道碰撞锁存机床坐标点 2，在 Y 轴负方向与标准球赤道碰撞锁存机床坐标点 3，在 X 轴正或负方向与标准球赤道碰撞锁存机床坐标点 4；

4) RTCP 参数计算，根据锁存的碰撞点坐标，计算各个示教点对应的标准球球心坐标；对各个标准球球心坐标拟合主动旋转轴与从动旋转轴轴线方向与空间位置，得到 RTCP 参数，包括主动轴轴线方向矢量、从动轴轴线方向矢量、主动轴轴线偏移矢量和从动轴轴线偏移矢量。

附录 D 为 AC 双转台结构自动标定使用案例。

## 第 3 章 五轴指令功能

### 3.1 五轴加工概述

#### 功能及目的

对于数控三轴机床设备，在加工过程中刀轴的方向始终保持不变，加工中常用的铣床一般是立式铣床结构，其刀轴方向为 Z 方向，机床只能沿着三个线性轴进行插补运动。五轴联动机床增加了两个旋转自由轴，刀具运动姿态可以灵活变化，有利于刀具保持最佳的切削状态及有效避免加工干涉。因此在加工复杂自由曲面以及许多倾斜面的时候，五轴数控加工具有显著的优势。

HNC-08 型系统五轴加工 G 代码一览表如下：

G 代码	组号	功能
G43.4	10	RTCP 旋转角度编程
G43.5		RTCP 刀具矢量编程
[G49]		取消 RTCP 功能
G53.1	00	刀具轴方向控制（仅移动旋转轴）
G53.2		刀具轴方向控制（刀尖点跟随刀轴方向移动）
G53.3		法向进退刀
NURBSB		双曲线插补
G68.1	05	三点方式建立特性坐标系
G68.2		欧拉角方式建立特性坐标系
[G69]		取消特性坐标系
G140	25	线性插补方式
G141		大圆插补方式

### 3.2 刀轴方向指定方式（G43.4~G43.5）

#### 功能及目的

五轴加工功能，通常按加工方式分为：五轴联动加工和五轴定向加工（或倾斜面加工）。

五轴联动加工是刀具相对于工件可能在任意时刻产生连续或间断的 5 坐标运动，其刀轴矢量方向也在不停的变换。五轴定向加工（或称倾斜面加工），与普通三轴编程不同的是需要定义唯一刀轴矢量方向。

故五轴编程相对普通三轴编程时主要是刀轴方向的变化。对于刀轴方向的变化有如下表格指定方式。

G 代码	指定方法
G43.4 H_	位置指定方式（另含刀长补功能，下节介绍）
G43.5 H_	矢量指定方式（另含刀长补功能，下节介绍）
G49	取消刀轴方式指定

#### 3.2.1 位置指定方式 G43.4

##### 指令格式

G43.4 H\_ (X\_Y\_Z\_)

G49

参数	含义
X、Y、Z	X、Y、Z 向移动数据
H	刀具补偿量在刀补中的编号

##### 详细说明

1) 位置指定方式，也叫旋转角度编程。执行 G43.4 功能后，启动 RTCP 功能，其后续指令位置是指定旋转轴的位置 (A、B、C) 和线性轴的位置 (X、Y、Z)。当启动了 RTCP 功能时，这些指定的点是按照 RTCP 功能计算得到的值。

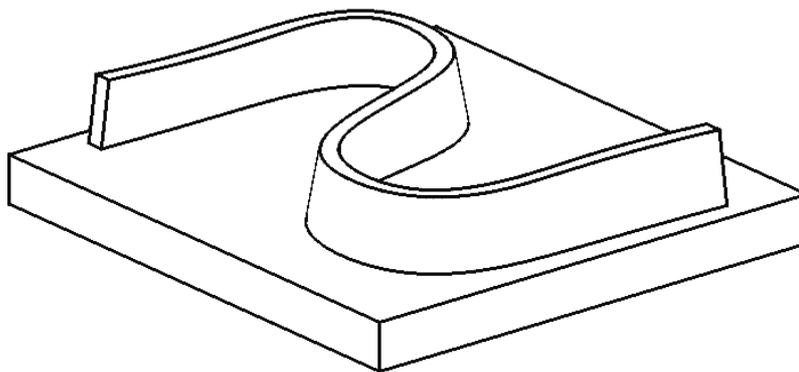
2) G43.4 H\_ 可与 X、Y、Z、A、C 同行，但建议 G43.4 H\_ 最好单独一行指定。

### 应用举例

NC 程序段格式举例：

G43.4 H01	启动 RTCP 功能，位置指定方式，调用 1 号刀具长度补偿
G01 X6.994 Y-22.71 Z116.425 A-2.984 C270.	指定线性轴和旋转轴的位置（五轴联动）
X9.642 Y11.694 Z37.863 A-10.326 C269.994	指定线性轴和旋转轴的位置（五轴联动）
.....	
G49	取消 RTCP 功能，取消刀具长度补偿

例：如下是 S 件加工程序段



S件加工图

```

%123
G54
G43.4 H01
G01 X6.019 Y-22.492 Z116.476 A0.0 C0.0 F3000. S5000 M03
X6.019 Y-22.492 Z116.476 A-2.984 C270.
X2.031 Y-21.714 Z36.622 A-3.174 C270. F1500.
X2.579 Y-19.274 Z36.738 A-3.767 C270.
X2.937 Y-17.667 Z36.814 A-4.154 C270.
X3.464 Y-15.28 Z36.926 A-4.722 C270.
X3.993 Y-12.853 Z37.038 A-5.292 C270.
.....
    
```

```
X8.293 Y9.452 Z37.959 A-9.922 C269.997
X8.669 Y11.837 Z38.04 A-10.326 C269.994
X9.254 Y15.816 Z38.167 A-10.955 C269.983
.....
G49
G91 G28 Z0
M30
```

### 3.2.2 矢量指定方式 G43.5

#### 指令格式

G43.5 H\_ (X\_Y\_Z\_)

G49

参数	含义
X、Y、Z	X、Y、Z 向移动数据
H	刀具补偿量在刀补中的编号

#### 详细说明

- (1) 执行 G43.5 功能后，启动 RTCP 功能，其后续指令是代替旋转轴的位置，指定每一个程序段终点的刀轴在工件坐标系中的方向 (I, J, K)；按照 RTCP 功能计算得到的值，经过 CNC 计算旋转轴的位置，使刀具朝向指定的方向。
- (2) G43.5 H\_ 虽可与 X、Y、Z、A、C 同行，但建议 G43.5 H\_ 最好单独一行指定。

NC 程序段格式举例：

G43.5 H01	启动 RTCP 功能，刀具矢量编程，调用 1 号刀具长度补偿
G01 X-27.748 Y-23.632 Z15.435 I-.324	指定线性轴的位置和刀轴方向（五轴联动）

J. 324 K. 889	
Y-4.983 Z11.296 I-.341 J.068 K.938	指定线性轴的位置和刀轴方向（五轴联动）
.....	
G49	取消 RTCP 功能

### 注意事项

- 1) G43.4 和 G43.5 指令，两者都是既启动 RTCP 功能，又是刀具长度补偿；
- 2) G49 是取消 RTCP 功能，也是取消刀具长度补偿，它与 G43.4、G43.5 相对应。在含有 G43.4、G43.5 指令与倾斜面加工指令时，一定要各自相互对应，否则执行的坐标值错误，有时会产生“超程”报警错误。
- 3) 对于五轴联动加工，实际上是刀轴方向连续不停的发生变化。
- 4) 执行含有 G43.4 和 G43.5 指令的程序时，当选择“进给保持”时，或突然中断程序时，此时系统保持在 RTCP 功能（即跟随功能），应该首先选择按复位键或急停键，否则在手动时容易刀具与工件或机床发生干涉。
- 5) 当 X、Y、Z、A、C 与 G43.4 H\_或 G43.5 H\_同时在一行执行时，如设置不当，容易出现报警“某轴超程”。

### 3.3 刀轴方向长度补偿（G43.4, G43.5/G49）

#### 功能及目的

在旋转轴（多轴）加工中，由于通常需要使用 RTCP 功能（刀尖跟随功能），系统需要将控制点与刀具中心点相关联，这样插补的路径才是需要移动的轨迹。且不同的五轴结构机床，其刀具长度测量的方式与三轴不同，那么多轴加工中，需要在刀具轴方向指定刀具长度补偿。

本数控装置使用 G43.4 和 G43.5 指令时，除了可指定刀具轴方向外，还可进行刀具长度补偿。

使用本功能时，通过实时刀具长度补偿，系统将控制点定位在刀具中心点上，且开启 RTCP 功能，保证刀具中心点沿着指定的路径移动。

## 指令格式

G43.4 X\_ Y\_ Z\_H\_ ; 刀具轴方向刀具长度补偿，也是位置指定方式（见上节）

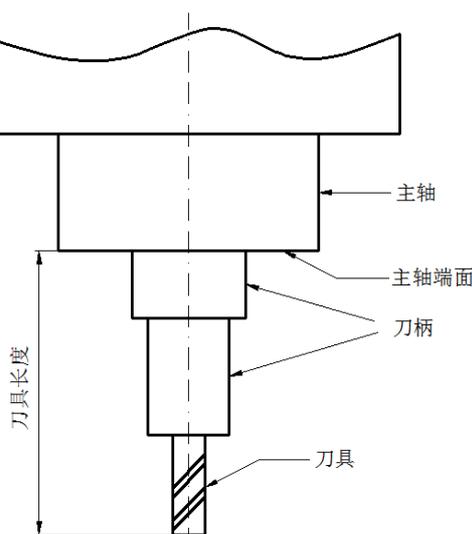
G43.5 X\_ Y\_ Z\_H\_ ; 刀具轴方向刀具长度补偿，也是矢量指定方式（见上节）

G49 ; 刀具长度补偿取消

参数	含义
X, Y, Z	X、Y、Z 向移动数据
H	刀具补偿量在刀补中的编号

## 详细说明

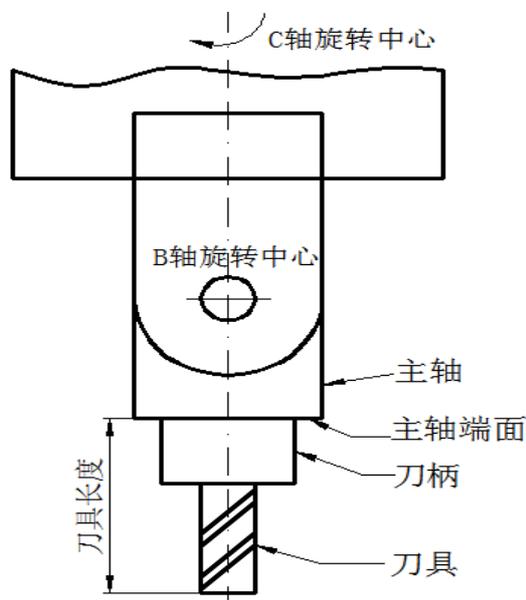
- 1) G43、G44 与 G43.4、G43.5 为同组 G 代码。因此，无法同时执行这些补偿。且取消 G43、G44、G43.4、G43.5 时，全部使用 G49。
- 2) G43.4 H\_ 和 G43.5 H\_ 一般在使用中单独一行指定，也可与移动数据 X、Y、Z 在同一行。当单独一行指定，执行时机床暂不产生移动，直到程序中有 Z 移动量时，才进行刀具长度补偿后的移动值。
- 3) 不同机床结构刀具长度补偿值过程如下：
  - a) 双摆台 AC 或 BC 结构机床，首先进行刀具长度的测量，刀具长度的测量如图示：



把图示中的刀具长度值，输入到数控系统中刀补表中几何长度补偿 Z 中，然后使用的工

件坐标系 Z 坐标向下偏移刀具长度值。在程序中使用 G43.4 进行调用，完成刀具长度补偿及 RTCP 功能。

b) 双摆头 BC 结构机床，首先进行刀具长度的测量，刀具长度的测量如图所示：



同样的把图示中的刀具长度值输入到数控系统中刀补表中几何长度补偿 Z 中，将使用的工件坐标系 Z 坐标向下偏移刀具长度值。在程序中使用 G43.4 进行调用，完成刀具长度补偿及 RTCP 功能。

对于图示中刀具长度值的测量，可采用机床上安装有红外探头的方式进行自动测量，也可以手动使用测量杠杆表的方式或量块的方式进行测量。机床安装有红外探头的方式见机床说明书。

### 3.4 五轴倾斜面加工

#### 功能及目的

五轴加工中常遇到倾斜面的加工，为了简化倾斜面的编程和加工，该功能可通过特殊坐标系的设定，将常规平面内的工件坐标系平移并旋转。即对当前工件坐标系的 X、Y、Z 轴，进行原点移动和旋转轴旋转角度定义后，建立新的坐标系及坐标平面，该坐标系称为特性坐标系（TCS）。特殊坐标系设定后，即可按常规方式编程和加工。

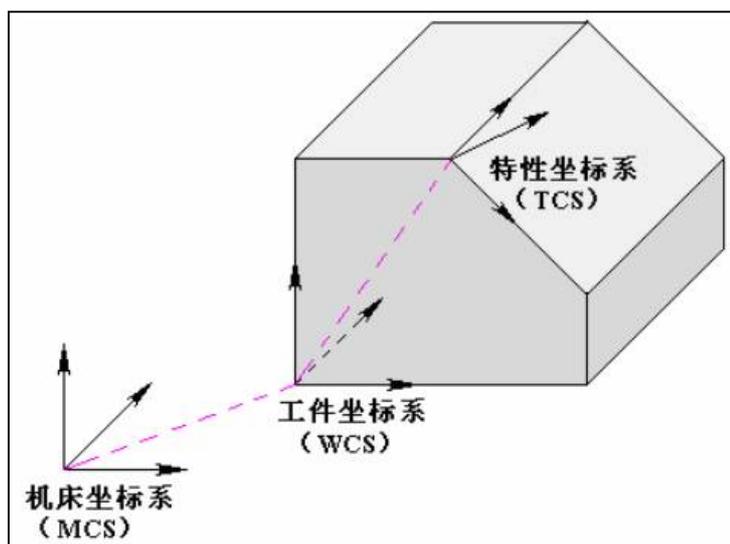
工件上的特性坐标系可以通过两种方式来指定，第一种方式是在 CNC 界面上输入特性坐标系数据，然后程序中使用 G68.1 指令选择哪一组数据来建立特性坐标系，8 型系统界面提供 20 个特性坐标系给用户使用；第二种方式是直接在程序中使用 G68.2 指令通过欧拉角方式建立特性坐标系，G69 取消当前建立的特性坐标系。

#### 注意：

- 1) 使用特性坐标系前应指定 G43.4/G43.5 开启特性坐标系功能。
- 2) 建立特性坐标系后，所有编程坐标都是特性坐标系下的坐标值。

此外，在新定义的特性坐标下还需控制刀具的轴方向，使刀具轴摆动到与特性坐标系 Z 轴平行的方向，即垂直于倾斜面。如果程序中只有特性坐标系（倾斜面）指定而没有刀轴方向控制，则旋转轴不产生角度旋转或报警。

如下图示是机床坐标系、工件坐标系、特性坐标系三者之间的关系：



### 3.4.1 特性坐标系设定 (G68.1~G68.2)

#### 1) 通过平面内的 3 点设定特性坐标系

##### 指令格式

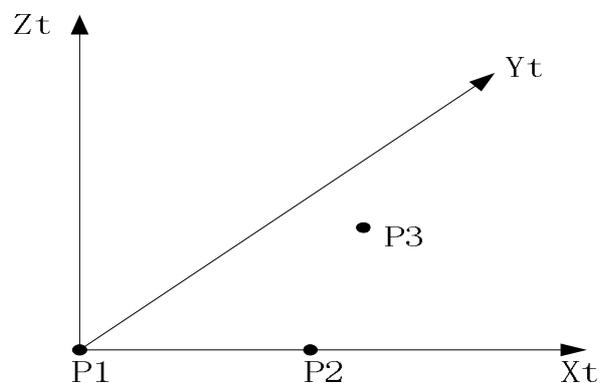
G68.1 Q\_        ; 选择哪一组特性坐标系

G69               ; 取消特性坐标系

参数	含义
Q	选择哪一组特性坐标系，取值范围为 1~20

##### 详细说明

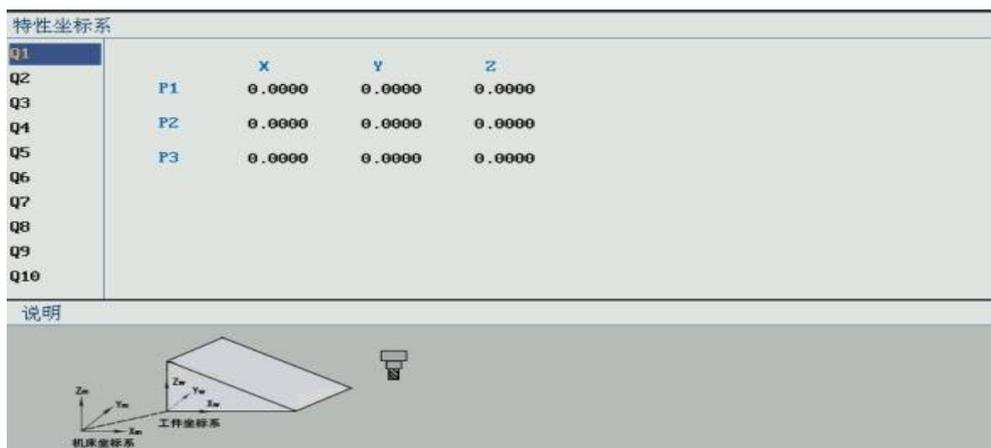
在数控系统中设置输入特性坐标系数据，特性坐标系数据的建立，通过指定以下三点来建立，此三点建立倾斜面，即特性坐标系，如图示：



P1: 特性坐标系的零点;

P2: 特性坐标系的 X 轴正方向任意一点 (Z 轴为刀具轴的 X 轴);

P3: 特性坐标系的 XY 平面一二象限任意一点。



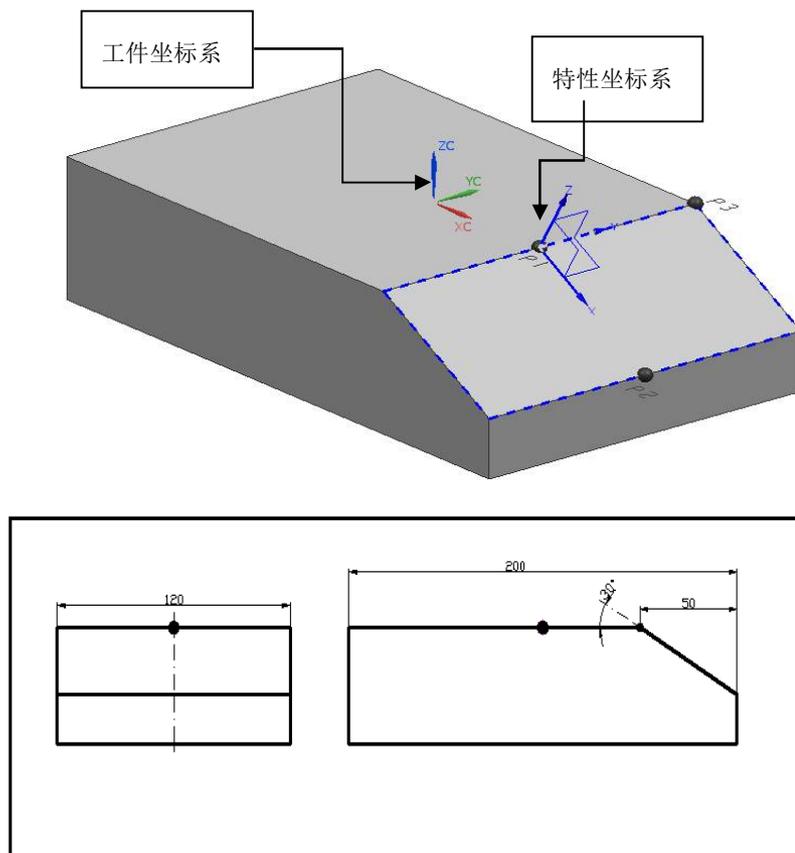
- (1) 点 P1、P2、P3 中 X、Y、Z 的值是指空间上点，是在工件坐标系下的坐标值。
- (2) 点 P1 称为特性坐标系的原点，从 P1 到 P2 的方向表示为 X 轴正向。
- (3) P1、P2、P3 是在 CNC 系统预先设置输入，如上图示是数控系统的特性坐标系显示界面，三个点分别输入到任意一个 Q\_中，系统支持 20 组特性坐标系。
- (4) 程序中使用 G68.1 指令选择调用哪一组 Q 特性坐标系。

## 应用举例

### (1) Q 点设定举例

一组 Q 的 P1、P2、P3 的指定，其中 P1、P2、P3 中 X、Y、Z 值，是如图示工件坐标系下的值，即设定特性坐标系：

Q	X	Y	Z
P1	50	0	0
P2	100	0	$-28.8675 (50 \times \frac{\sqrt{3}}{3})$
P3	50	60	0



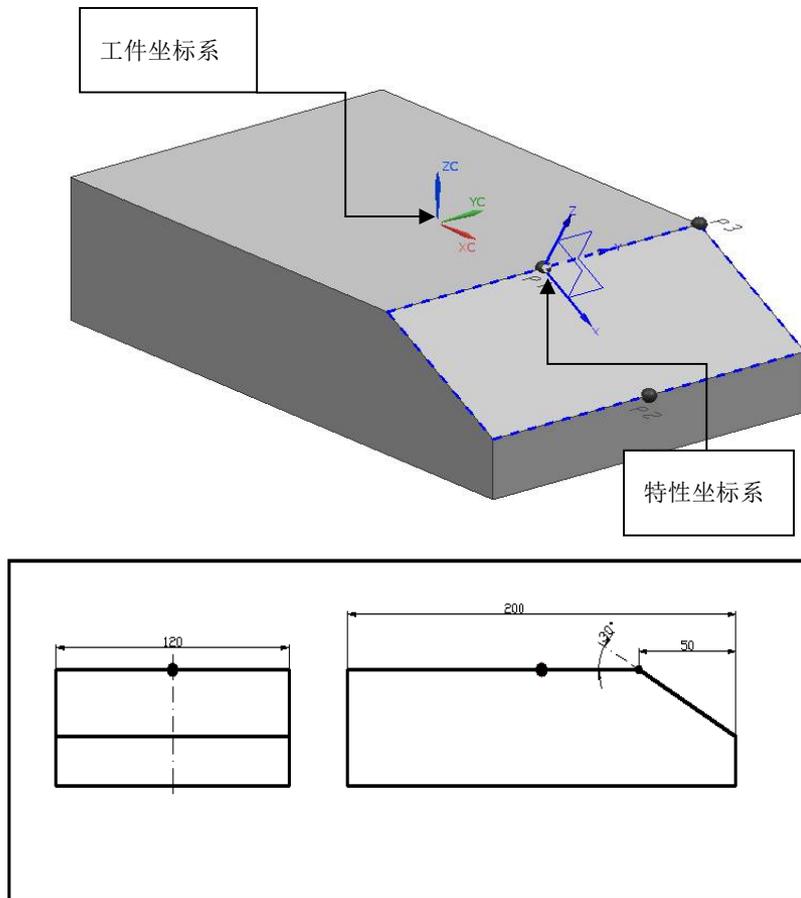
假定机床结构是 AC 双摆台机床，其运行结果：C 轴旋转  $90^\circ$ ，A 轴旋转  $30^\circ$ ；或 C 轴旋转  $270^\circ$ ，A 轴旋转  $-30^\circ$ 。

## (2) NC 程序段格式举例

G43.4 H1	开启刀具中心点控制
G68.1 Q1	使用特性坐标系 Q1
G53.1 (G53.2)	刀具轴摆动到与特性坐标系 Z 轴平行的方向
G01 X-20 Y-5 F500	在特性坐标系下，X 轴移动到-20mm，Y 轴移动到-5mm 位置

### (3) 编程实例

如：以 AC 双摆台五轴机床为例，刀具中心点路径（铣削）沿如图示绿色轮廓线移动，深度 -2mm。



在数控系统中选择某一个 Q，来设定其三点 P1、P2、P3，分别为

P1: 50, 0, 0

P2: 100, 0, -28.8675

P3: 50, 60, 0

程序：（如右图中绿色虚线轮廓，是刀具中心点的运行路线。特性坐标系在如图示的位置）

```
%123
```

```
G54
```

```
G43.4 H1
```

```
G68.1 Q1
```

```
G53.1 (G53.2)
```

G01 X-20 Y-60 Z30 F2000 M03 S3000

Z3

Z-2 F300

X57.735 F1000

Y60

X0

Y-80

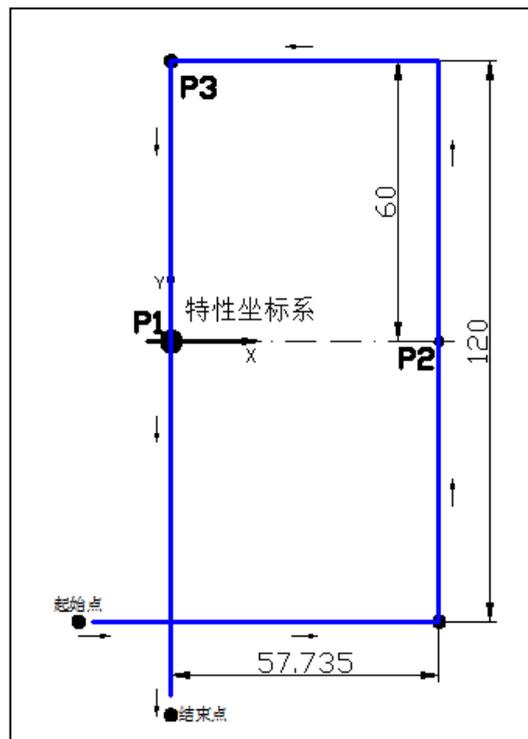
Z3

Z30 F2000

G69

G49

M30



## 2) 通过欧拉角建立特性坐标系

### 指令格式

G68.2 X\_Y\_Z\_I\_J\_K\_ ; 建立特性坐标系

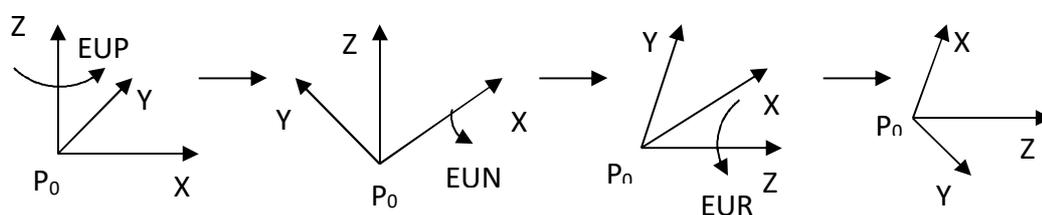
G69 ; 取消特性坐标系

参数	含义
X	工件坐标系下 X 值，是特性坐标系的 X 轴零点
Y	工件坐标系下 Y 值，是特性坐标系的 Y 轴零点
Z	工件坐标系下 Z 值，是特性坐标系的 Z 轴零点
I	进动角，工件坐标系下，围绕 Z 轴轴 C 旋转的角度
J	盘转角，工件坐标系下，进动角改变后围绕 X 轴轴 A 旋转的角度
K	旋转角，工件坐标系下，盘转角改变后围绕 Z 轴轴 C 旋转的角度

## 详细说明

G68.2 是通过欧拉角建立的特性坐标系，欧拉角是围绕坐标系的坐标轴旋转的角度，本数控装置旋转组合方式为“ZXZ”，其定义如下：

- (1) 进动角 (EULPR)：围绕 Z 轴旋转角度；
- (2) 盘转角 (EULNU)：围绕由进动角改变后的 X 轴旋转的角度；
- (3) 旋转角 (RULROT)：围绕由盘转角改变后的 Z 轴旋转的角度。



根据 G68.2 Xx Yy Zz Ia Jb Kc 的指令，CNC 执行特性坐标系过程如下：

- (1) 将 G68.2 指令指定的 Xx Yy Zz 作为特性坐标系原点。
- (2) 经过偏移后的特性坐标系，围绕 Z 轴旋转 a 度。
- (3) 然后围绕旋转后的坐标系的 X 轴旋转 b 度。
- (4) 最后围绕旋转后的坐标系的 Z 轴旋转 c 度。
- (5) 此时的坐标系成为在倾斜面上建立的坐标系，即特性坐标系。

以上坐标系的旋转角度，以相对于各自的旋转中心轴正方向，旋转中心轴的逆时针方向为正方向进行旋转。

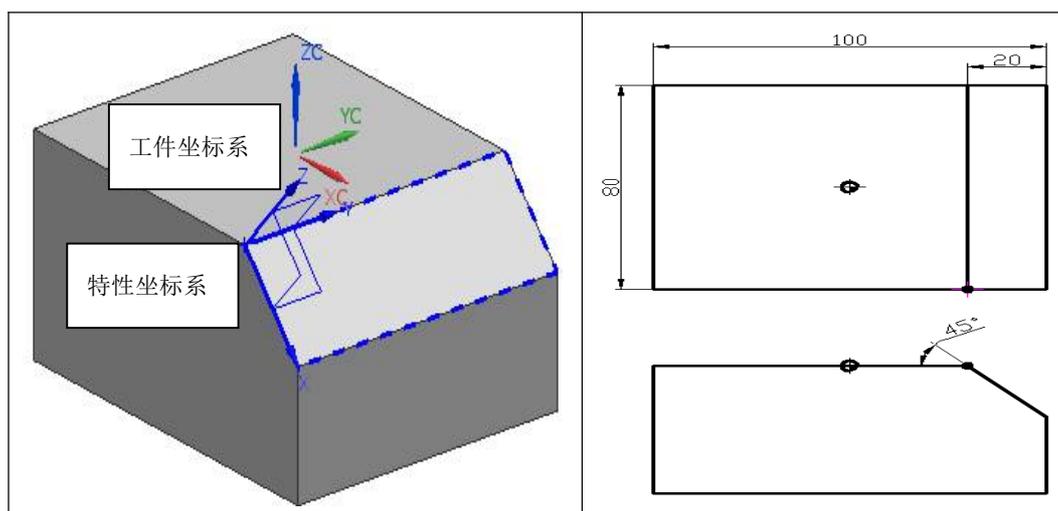
## 应用举例

- (1) NC 程序段格式举例

G43.4 H1	开启刀具中心点控制
G68.2 X30. Y-40. Z0.0 I90. J45. K-90.	使用欧拉角建立特性坐标系
G53.2 (G53.1)	刀具轴摆动到与特性坐标系 Z 轴平行的方向
G01 X0 Y-15 F2000	在特性坐标系下，X 轴移动到 0mm，Y 轴移动到-15mm 位置

## （2）编程实例

如：以 AC 双摆台五轴机床为例，刀具中心点路径（铣削）沿如图示蓝色轮廓线移动，深度-2mm。



G68.2 程序段格式：G68.2 X30. Y-40. Z0.0 I90. J45. K-90.

以双摆台（AC）为例，其运行机制：首先进行围绕 Z 轴旋转轴 C90°，然后围绕 X 轴旋转轴 A45°，最后进行围绕 Z 轴旋转轴 C-90°。

程序：（如右图中蓝色轮廓线，是刀具中心点的运行路线。特性坐标系在如图示的位置）

```
%0010
```

```
G54
```

```
G91 G28 Z0
```

```
G90 G00 Y-70. S3000 M03
```

```
G43.4 H1
```

G68.2 X30. Y-40. Z0.0 I90. J45. K-90.

G53.1 (G53.2)

G01 X0 Y-15. F2000.

Z50

Z3.

Z-2.0 F300.

Y80. F1000.

X28.284

Y0.0

X-15.

Z50. F2000.

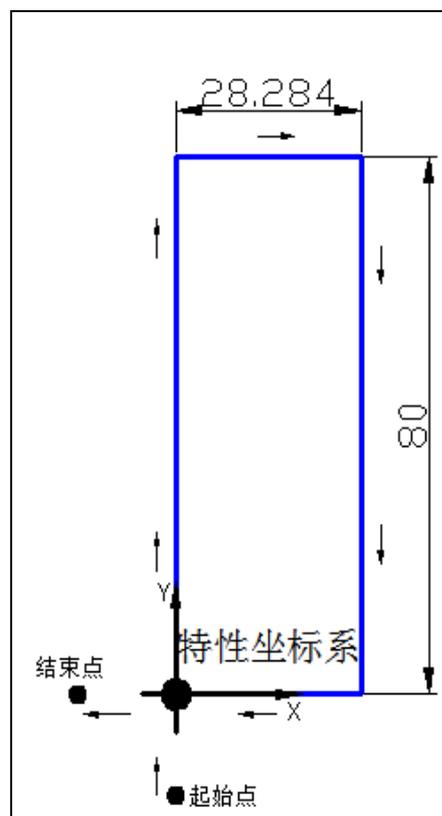
G69

G49

G91 G28 Z0

G90 G00 A0 C0

M30



### 3.4.2 刀具轴方向控制

#### 功能及目的

倾斜面加工时,首先需通过 G68.1/G68.2 指令建立特性坐标系,然后使用 G43.4(或 G43.5) 定义刀轴方向,刀具轴方向的控制方式有 2 种,本数控装置通过 G53.1 或 G53.2 指令设定。五轴机床经过特殊坐标系设定、刀轴方向设定、刀轴控制方式设定后,可使刀具轴方向摆动到与特性坐标系 Z 轴平行的方向(即垂直于特性坐标系 XY 平面)。

#### 指令格式

##### **G53.1/G53.2**

## 指令说明

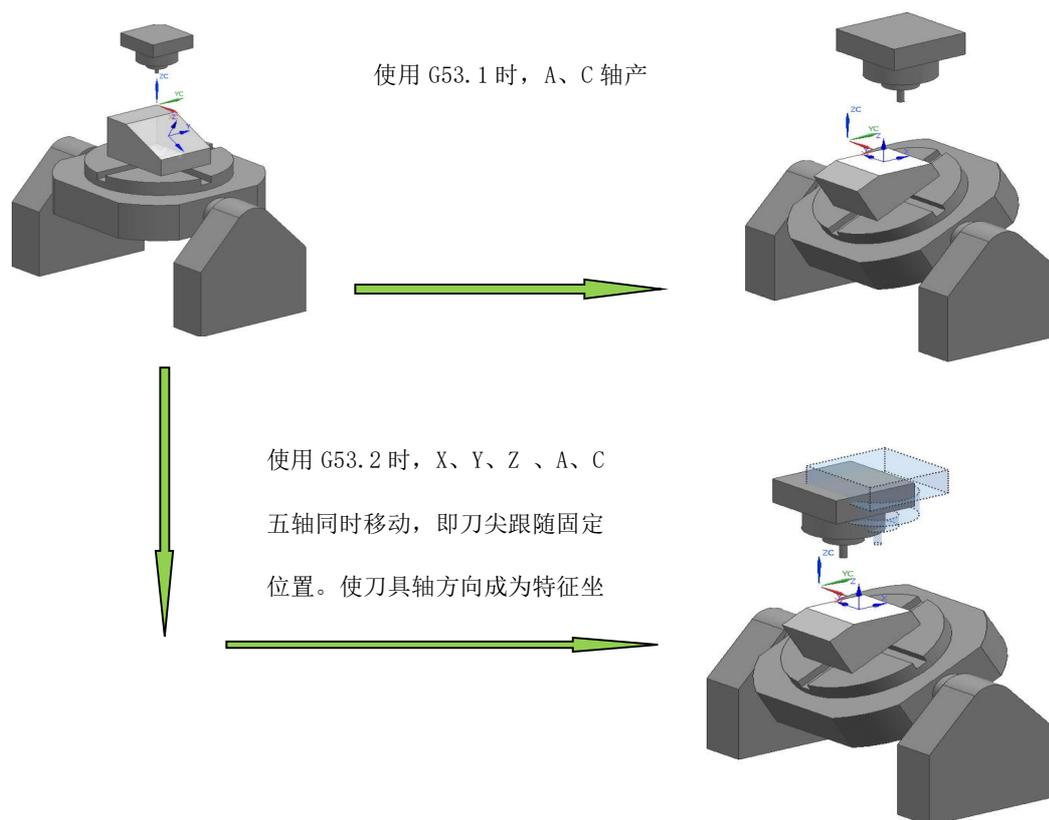
G53.1: 刀具轴方向控制（类型 1），仅旋转轴移动；

G53.2: 刀具轴方向控制（类型 2），线性轴和旋转轴联动，保持刀尖与工件的相对位置不变。

- (1) 当使用 G53.1 时，只是按照指定的特性坐标系的角度进行旋转，且两个旋转轴联动，而线性轴不移动。
- (2) 当使用 G53.2 时，按照指定的特性坐标系的角度进行旋转外，三个线性轴参与联动，即五轴联动（跟随刀尖移动）。

## 详细说明

当机床为 AC 双转台五轴结构机床（线性轴与主轴是整体），指令 G53.1 和 G53.2 的区别：



## 应用举例

NC 程序段格式举例

G43.4 H1	开启刀具中心点控制
G68.2 X30. Y-40. Z0.0 I90. J45. K-90. (G68.1 Q1)	G68.2 指令建立特性坐标系 (G68.1 指令建立特性坐标系)
G53.1 (G53.2)	刀具轴摆动到与特性坐标系 Z 轴平行的方向，A、C 轴产生联动。  (刀具轴摆动到与特性坐标系 Z 轴平行的方向，X、Y、Z、A、C 轴产生联动)
G01 X0 Y-15 F2000	

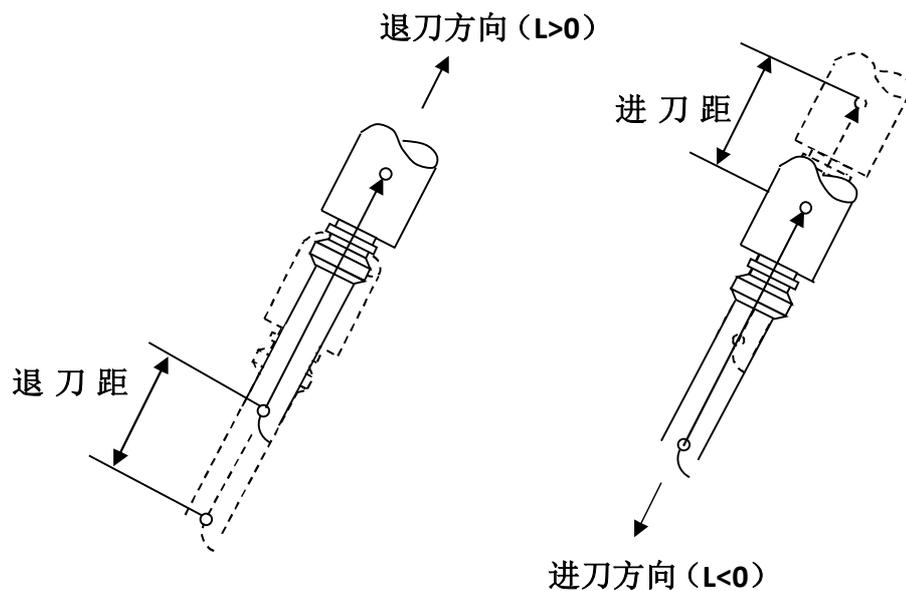
## 注意事项

- 1) 刀具轴方向控制与特性坐标系必须同时使用，且放在特性坐标系后面一行，即：指令 G68.1/G68.2 是建立特性坐标系，后面一行必须跟随 G53.1 或 G53.2，以使刀具轴垂直于倾斜面。且要单段一行，否则不执行旋转角度，仅移动线性轴，此时移动的坐标值不是指定值，或报警。
- 2) 在执行倾斜面加工时，程序运行到指令 G68.1/G68.2 这一行时，并不产生移动，只是建立特性坐标系，程序运行到 G53.1/G53.2 时，才开始移动，且移动速度是继承了 F 值的速度。如果程序行前面仅仅只有 G00，则运行参数 040030 “通道的缺省进给速度”。
- 3) 在使用 G53.2 时，如果机床所处位置不合适，在运行这一行联动时很容易报警：“某个轴超程”。或容易刀具与工件、工作台发生干涉。

### 3.4.3 法向进退刀 G53.3

#### 功能及目的

刀具沿刀轴方向（倾斜面法向）做进刀或退刀的移动。如下图所示



#### 指令格式

G53.3 L\_

参数	含义
L	L > 0 时，刀具远离刀尖方向移动，即退刀 L < 0 时，刀具朝向刀尖方向移动，即进刀

#### 详细说明

- （1）一般用于摆头结构机床，当刀具在工件附近或在工件内，不使用此功能时，此时仅向上移动 Z 轴，则容易刀具与工件发生干涉，使用法向进退刀可避免这一现象发生。
- （2）必须在参数中正确的设置机床的结构型式，否则无法正确执行法向进退刀指令。
- （3）编写 G 代码时，必须加入 G43.3H1 即 RTCP 功能，否则不能准确的法向进退刀，如下。

```

%123

G54

G43.4 H1

G53.3 L-50      ; 进刀 50mm

P2000

G53.3 L50       ; 退刀 50mm

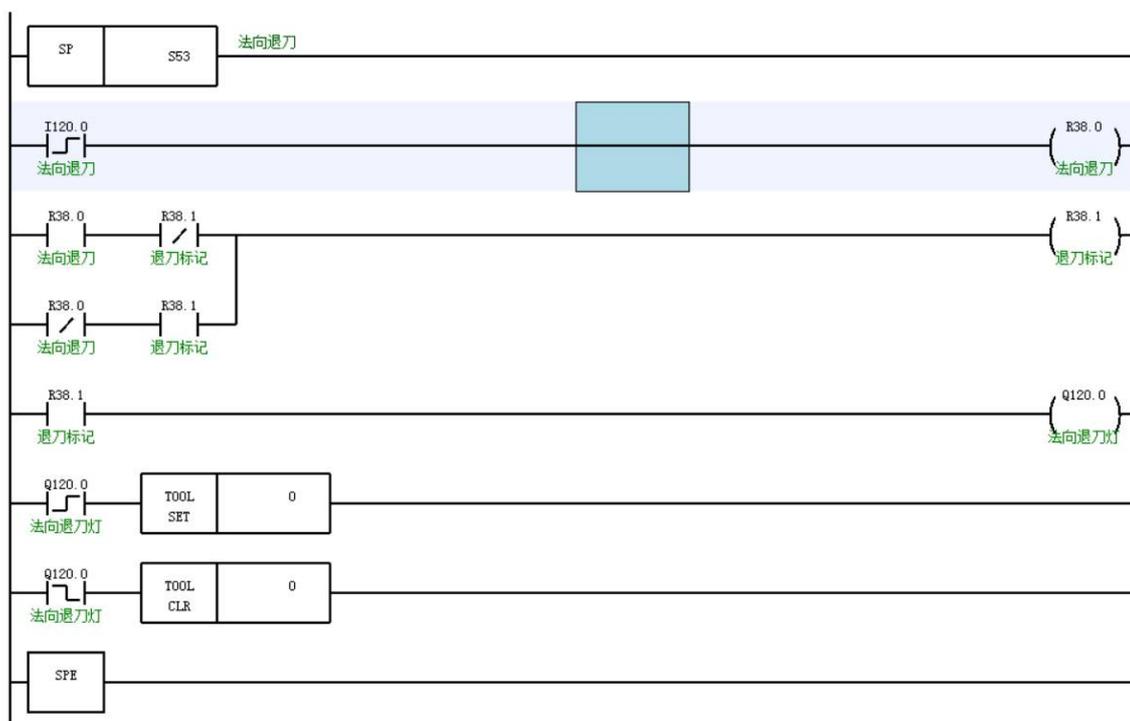
P2000

G49

M30
    
```

(4) 系统中还支持手动进退刀功能，在 PLC 中通过 TOOLSET 模块来开启手动退刀功能，通过 TOOLCLR 模块关闭手动退刀功能。

使用手动法向进退刀功能时，首先编辑系统 PLC，使用面板上空余的按键来达到其目的。PLC 如下：



在面板上选择一个空闲的按键选做法向进退刀功能开启和关闭的按键，通过按键灯的亮灭判断法向进退刀功能的开启与关闭。

**注意事项**

- 1) 必须在参数中正确的设置机床的结构型式，否则无法正确执行法向进退刀指令。
- 2) 系统中还支持手动进退刀功能，在 PLC 中通过 TOOLSET 模块来开启手动退刀功能，通过 TOOLCLR 模块关闭手动退刀功能。

### 3.5 倾斜面加工中其他功能的应用

#### 功能及目的

在倾斜面加工中，除了通用基本的指令可使用在倾斜面加工中，还有一些功能指令可用于倾斜面加工。

#### 3.5.1 刀具半径补偿功能的应用

倾斜面加工中，也可应用刀具半径左补偿和刀具半径右补偿，其 NC 程序段格式如下：

G43.4 H1	开启刀具中心点控制，加入刀具长度补偿
G68.2 X30. Y-40. Z0.0 I90. J45. K-90. (G68.1 Q1)	建立特性坐标系
G53.1	刀具轴摆动到与特性坐标系 Z 轴平行的方向
G01 X-20 Y-20 F2000	在特性坐标系下，X 轴移动到-20mm，Y 轴移动到-20mm 位置
G41 X-15 Y-15 D01	加入刀具半径补偿
.....	
G40 Y-80	取消刀具半径补偿
.....	

#### 3.5.2 孔加工固定循环功能的应用

倾斜面加工中，也可应用孔加工固定循环功能，孔加工固定循环指令包括 G73、G76、G80、G81、G82、G83、G85、G86、G87、G89，其 NC 程序段格式如下：

G43.4 H1	开启刀具中心点控制，加入刀具长度补偿
G68.2 X30. Y0. Z0.0 I90. J45. K-90. (G68.1 Q1)	建立特性坐标系
G53.2	刀具轴摆动到与特性坐标系 Z 轴平行的方

	向
G01 X10 Y20 F2000	在特性坐标系下，X 轴移动到 10mm，Y 轴移动到 20mm 位置，即孔中心位置。
G01 Z3	倾斜面法向方向定位到其上方 3mm 处。
G90 G99 G73 X15 Y20 Z-25 R4 Q-3 K2 P2000 F300	倾斜面上钻孔
X30	钻孔
.....	

### 编程实例

```

%1234
G55 G90 ; 建立工件坐标系
G43.4 H1 ; 使用 G43.4 开启 RTCP 功能；指定刀具长度补偿号为 H1
G1 X0 Y0 Z200
M3 S1000
G90 G01 Z200
A-20
G68.2 X10 Y10 Z20 i0 j90 k0 ; 工件位置（10,10,20）欧拉角建立特性坐标系
G53.2 ; 刀具方向控制
G01 X20 Y15
G98 G81 R20 Z-3 F200 ; 中心钻孔加工
G69 ; 取消特性坐标系
G1 Z200
A0
G49 ; 使用 G49 取消 RTCP 功能
M30

```

### 注意事项

使用倾斜面孔加工固定循环功能时，机床用户参数钻攻固定循环类型【010083】设置为 0。

### 3.5.3 攻丝固定循环功能的应用

常规三轴同步攻丝时，一般将 C 轴设定为同步轴，而对于五轴机床（如 AC 或 BC 五轴结构），由于 C 轴就是编程轴，即旋转轴 C 地址被占用，需要将其他轴编程地址当作攻丝轴，故五轴定向攻丝时，为了适应多轴运用场景，也支持 A、B、C、U、V 或者 W 编程轴进行刚性攻丝，通过参数 J 来定义攻丝轴类型。

#### 编程格式

G84 X\_Y\_Z\_R\_Q\_P\_F\_L\_H\_J\_;

参数名	参数值	含义
J	1	指定 A 轴攻丝
	2	指定 B 轴攻丝
	3	指定 C 轴攻丝
	4	指定 U 轴攻丝
	5	指定 V 轴攻丝
	6	指定 W 轴攻丝

以 B 轴攻丝为例

将”040005 B 坐标轴轴号”设置为-2



#### NC 程序段格式例

G43.4 H1	开启刀具中心点控制
----------	-----------

G68.2 X30. Y0. Z0.0 I90. J45. K-90. (G68.1 Q1)	建立特性坐标系
G53.1	刀具轴摆动到与特性坐标系 Z 轴平行的方向
G01 X15 Y20 F2000	在特性坐标系下，X 轴移动到 15mm，Y 轴移动到 20mm 位置，即移动到攻丝孔中心位置。
G01 Z3	倾斜面法向方向定位到其上方 3mm 处。
G90 G99 G84 X15 Y20 Z-15 R4 P2000 F1.5J2 S500	倾斜面上攻丝
X30	攻丝
.....	

### 编程实例

```

%1234
G55 G90 ; 建立工件坐标系
G43.4 H1 ; 使用 G43.4 开启 RTCP 功能；指定刀具长度补偿号为 H1
G1 X0 Y0 Z200
M3 S1000
M05
G90 G01 Z200
A-20
G108 B0 ; 切换到 B 轴，进行位置控制
G68.2 X10 Y10 Z20 I0 J90 K0 ; 工件位置 (10,10,20) 欧拉角建立特性坐标系
G53.2 ; 刀具方向控制
G01 X20 Y15
G98 G84 Z-100 R0 P500 F1 J2 ; B 轴攻丝
G69 ; 取消特性坐标系
G1 Z200
A0
G109 B0 ; 切换到主轴，进行速度控制
G49 ; 使用 G49 取消 RTCP 功能
M30

```

## 注意事项

- (1) 有些情况下，由于攻丝轴被旋转轴编程地址所占用，需要将其他轴编程地址当作攻丝轴。如 C 轴为旋转轴情况下，攻丝轴的编程地址被占用，需要设定 B 轴为攻丝轴，并设为-2。
- (2) 通过 G108 指令切换将主轴切换为位置模式时，如果 B 轴为攻丝轴，则调用指令方式为：G108 B0。同理切换回主轴模式时，调用指令方式为：G109 B0。

### 3.5.4 倾斜面加工中应用孔、攻丝固定循环的补充说明

- (1) 当需要在 G18，G19 平面进行钻孔和攻丝时，同样可以通过倾斜面加工原理完成钻孔循环和攻丝循环。
- (2) 在使用斜面攻丝时，需要对刚性攻丝的参数进行调试。调试的方法与三轴有所不同，三轴情况下需要保证 Z 和 C 轴的同步误差，而五轴情况下需要保证刀具轴向进给轴与 C 轴的同步误差。如 G18 平面，需要保证 Y 轴和 C 轴的同步误差；空间任意倾斜面，需要保证 X、Y、Z 轴和 C 轴的同步误差。
- (3) Cimatron 思美创 CAM 软件中已经集成了 8 型系统倾斜面加工后置处理模块，在 CAM 软件中定义倾斜面加工工艺后，直接生成系统可以运行的斜面加工程序。

## 3.6 刀具定向插补方式

在五轴刀具定向插补功能中，有线性插补、大圆插补和双 NURBS 曲线插补三种插补方式。在实际应用中，需根据加工工艺的要求，选取不同的插补方式。

### 3.6.1 线性插补

#### 功能及目的

五轴线性插补中，旋转轴插补就是建立直线轴位移增量与旋转角增量的同比例的映射关系。这种插补方式下，在旋转的运动过程中，只能控制刀具中心点位置，而无法控制刀轴方向。

#### 指令格式

G140 线性插补方式开启，  
位置指定方式下(即旋转轴编程方式下)，默认为线性插补方式。

### 3.6.2 大圆插补

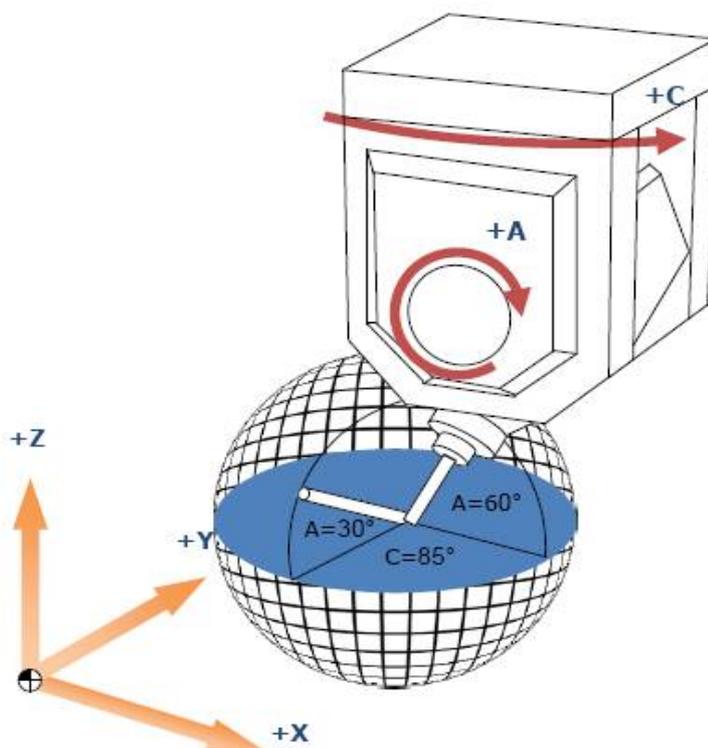
#### 功能及目的

大圆插补就是基于刀轴旋转方式开发的一种插补方法，使得在两个编程点之间插补的刀轴轨迹总是在同一平面圆弧上。这种刀轴的摆动保证在同一平面圆弧上，在空间球面上刀轴的轨迹是在两个刀轴形成的大圆圆弧上摆动，因此称为大圆插补。

#### 指令格式

G141 大圆插补方式开启，

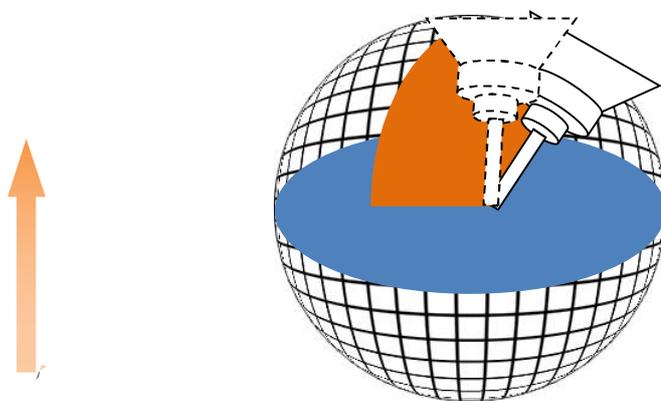
刀具矢量指定方式下，默认为大圆插补方式。



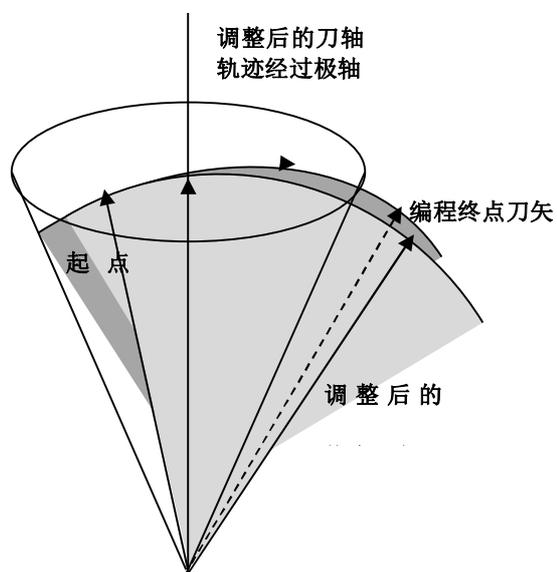
## 详细说明

### 大圆插补过程中的极点处理

刀具经过极点附近时，由于旋转轴方向的不确定，若无相应处理，会导致旋转轴超速。例如：刀具初始方向（A45，C0）和结尾方向（A-45，C0）与 YZ 平面平行，当刀轴向 A0 位置趋近时，由于 C 轴的位置不确定，只要发生一次方向性插补，C 轴会立刻转到 180 度位置。这一时刻，必然引起 C 轴超速，因此需要进行相应的处理。只有在大圆插补过程中，才会对极点进行处理。



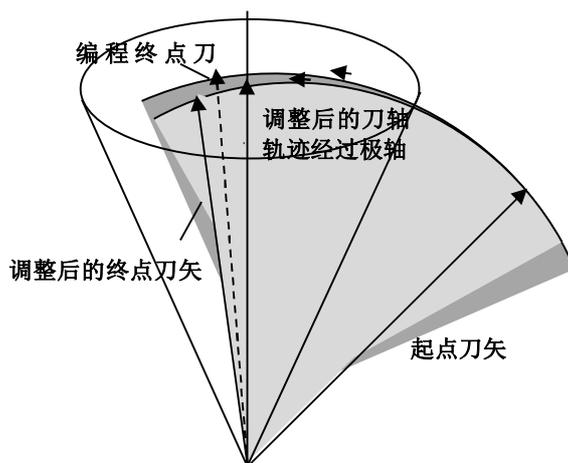
(1) 起点在极点区域内，终点在外



调整前后起点和终点刀矢的夹角相等；

这种情况下，在极点区域内的部分自动转成线性插补，区域外的保持大圆插补

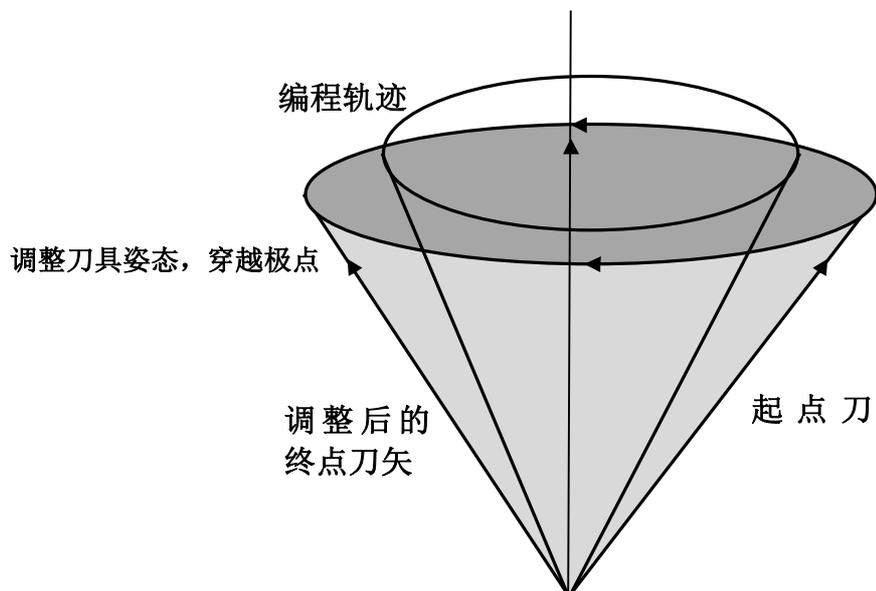
(2) 起点在外，终点在内



调整前后起点和终点刀矢的夹角相等；

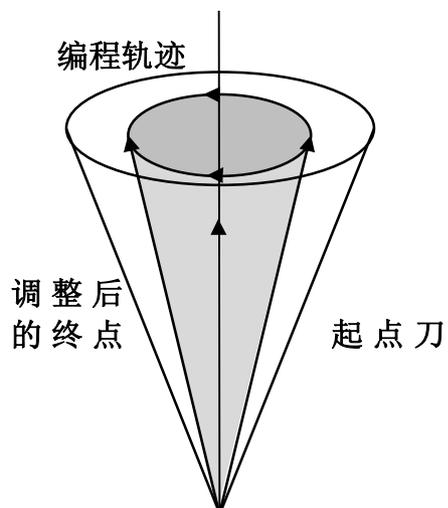
这种情况下，自动调整刀具姿态，使其则好穿过极点。

(3) 起点/终点均在外，但穿过极点区域



这种情况下，自动调整刀具姿态，使其刚好穿过极点。

(4) 起点/终点均在内



这种情况下，整段轨迹自动转成线性插补。

### 3.6.3 双 NURBS 曲线插补

#### 功能及目的

五轴小线段程序中包含刀具中心点数据和刀轴数据，线性插补只能控制刀具中心点轨迹，而无法控制刀轴方向。插补时刀轴方向是不连续的，可能会引起突跳。将刀具中心点和刀轴都拟合成 NURBS 曲线，对这两条曲线进行同步插补，可以提高加工速度和表面质量。

#### 指令格式

##### **NURBSB P\_K\_Q\_W\_**

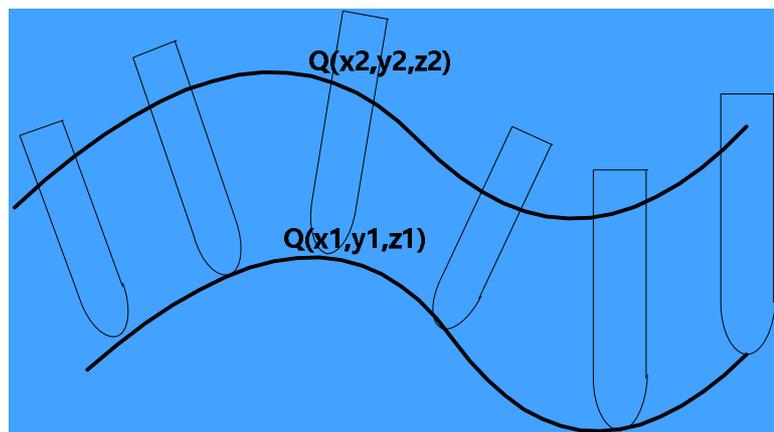
指令说明（详见下图）

P: NURBS 曲线的阶数

K: 节点

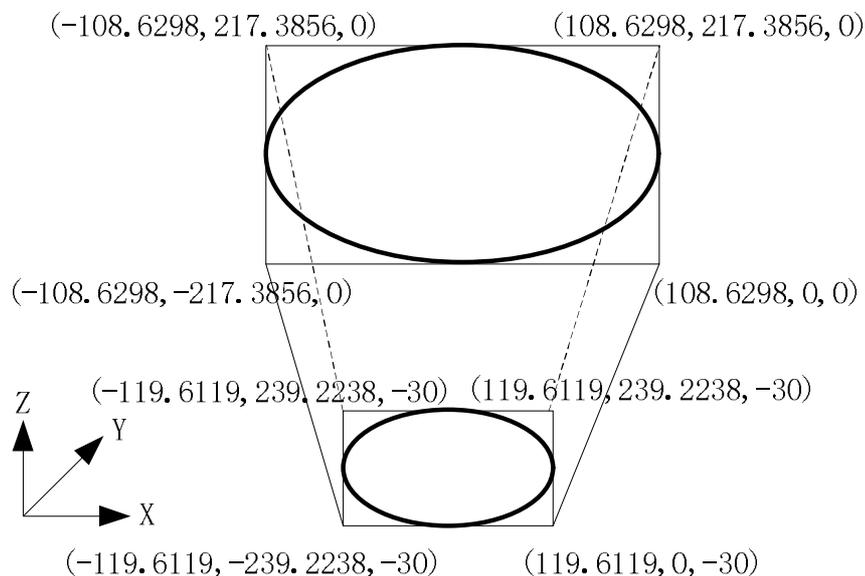
Q: 控制点数据(X1,Y1,Z1,X2,Y2,Z2)

W: 权重



## 编程实例

使用双 NURBS 样条曲线插补功能，加工下图标注的圆锥台，底部圆半径 R=119

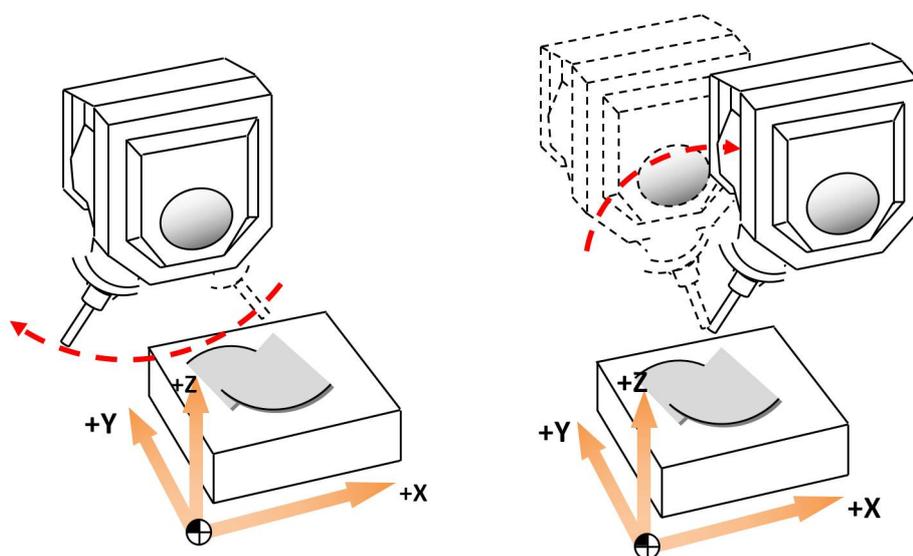


```
%0001
G54
F1000
G43.4H1
X150 Y0 Z30
G01 A20.1061 C270
X119.6119 Y0 Z-30
NURBSB P4 K{0,0,0,0,0.5} Q{119.6119,0,-30,108.6298,0,0} W1F600
K0.5 Q{119.6119,239.2238,-30,108.6298,217.3856,0} W0.333
K0.5 Q{-119.6119,239.2238,-30,-108.6298,217.3856,0} W0.333
K0.5 Q{-119.6119,0,-30,-108.6298,0,0} W1
K1 Q{-119.6119,-239.2238,-30,-108.6298,-217.3856,0} W0.333
K1 Q{119.6119,-239.2238,-30,108.6298,-217.3856,0} W0.333
K1 Q{119.6119,0,-30,108.6298,0,0} W1
G01 Z30
G49
G01 A0 c0
M30
```

### 3.7 五轴 RTCP 控制功能

#### 功能及目的

RTCP 功能也称为刀具中心点控制，是五轴加工的特征功能，该功能表现的特点是，当有旋转轴运动时（一个或两个旋转轴），通过三个直线轴的实时同步补偿运动，使刀具或工件的某一特定点在空间的位置始终保持不动，即刀具或工件绕这一特定点作旋转运动；这一特定点一般是刀尖与工件接触切削的那个点，即切削点。这一功能有时也叫刀具跟随功能。下图为有无 RTCP 功能时，刀具与工件的位置关系示意图。

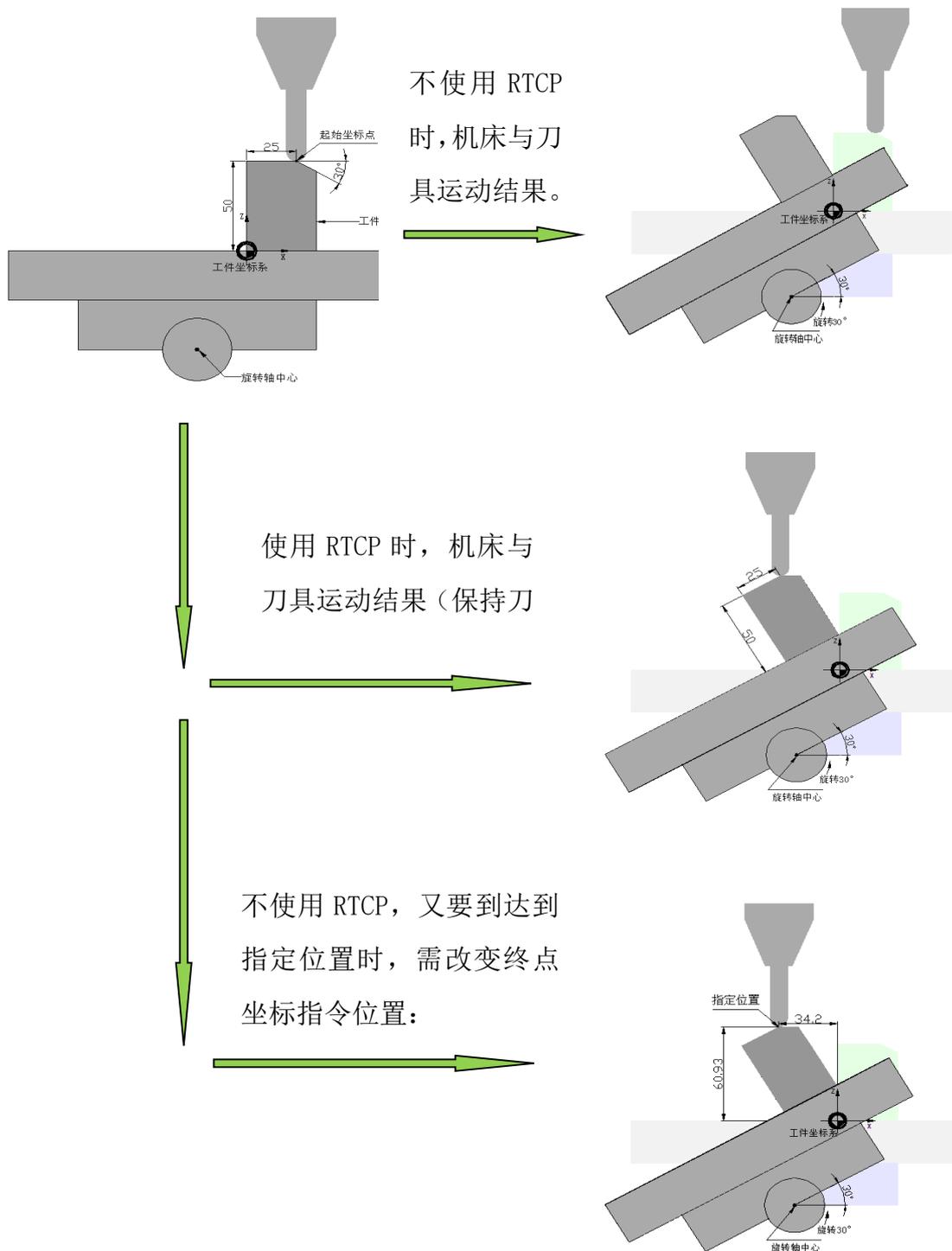


不使用 RTCP 功能时，  
刀具围绕着旋转轴中心旋转，  
刀尖点移出固定点。

使用 RTCP 功能，刀尖将停留在  
固定点，旋转轴运动时，系统  
会自动进行直线轴的补偿。

在五轴机床加工中，由于旋转轴的加入和机床结构的误差，导致刀具中心的轨迹发生了改变。当开启 RTCP 模式，系统将控制点定在刀具中心点，通过实时刀具长度补偿确保刀具中心点沿着指定的路径移动。用户只需要在工件坐标系下进行五轴编程，并不需要考虑机床结构的误差，大大简化了 CAM 编程和提高了加工精度。

下图是 BC 双转台五轴结构机床，当只有一个旋转轴运动时使用和不使用 RTCP 区别，两者各自运动后的结果。



起始坐标指令位置: G01 X25 Y0 Z50 B0 C0      终点坐标指令位置: G01 X25 Y0 Z50 B30 C0

要实现五轴加工的 RTCP 功能, 必须知道机床的运动结构形式, 旋转轴之间的位置关系, 旋转轴的偏心距以及刀尖至旋转中心的距离。将这些值输入到 CNC 参数中。在 G 代码程序中通过相应的指令开启 RTCP 模式, 系统将控制点偏移 to 刀具中心点, 通过实时刀具长度补偿确保刀具中心点沿着指定的路径移动。

另外在五轴加工中，由于旋转轴的加入，导致刀具中心点移动的速度可能和实际机床运动的速度不一致，因此有时候会造成分轴的速度超过了设定的最大的速度限制。此情况下，CNC 系统会降低加工速度，从而保证分轴速度在设定范围之内。

### 指令格式

**G43.4 (G43.5) H\_ ;开启 RTCP 功能**

**G43.4:旋转轴角度编程**

**G43.5:刀具矢量编程**

**G49 ;取消 RTCP 功能**

其中 G43.4(G43.5)开启 RTCP 功能；H 指定刀具长度补偿号，使刀具中心点沿着刀轴线往控制点方向偏移一个刀具长度补偿；G49 取消 RTCP 功能。

### 详细说明

#### 1) 速度控制

程序中 F 指定的是工件坐标系下的刀具中心点移动的速度。在五轴加工中，由于旋转轴的加入，导致刀具中心点移动的速度可能和实际机床运动的速度不一致，因此有时候会造成分轴的速度超过了设定的最大的速度限制。此情况下，CNC 系统会降低加工速度，从而保证分轴速度在设定范围之内。

#### 2) 对刀方式

系统提供两种对刀方式给用户选择：主轴端面对刀和刀尖点对刀。缺省设置为主轴端面对刀。

##### (1) 主轴端面对刀

通道参数【040403】设为 0，为主轴端面对刀。Z 向对刀完成后，需要往负向偏置一个刀具长度，设定主轴端面为工件坐标原点。此对刀方式下，更换刀具后，无须重新对刀，先前设定的坐标系能够继续使用。

注意：在未开启 RTCP 模式情况下，由于使用主轴端面对刀，当 Z 轴移动到工件原点附近区域，有可能会发生刀具与工件之间的干涉。

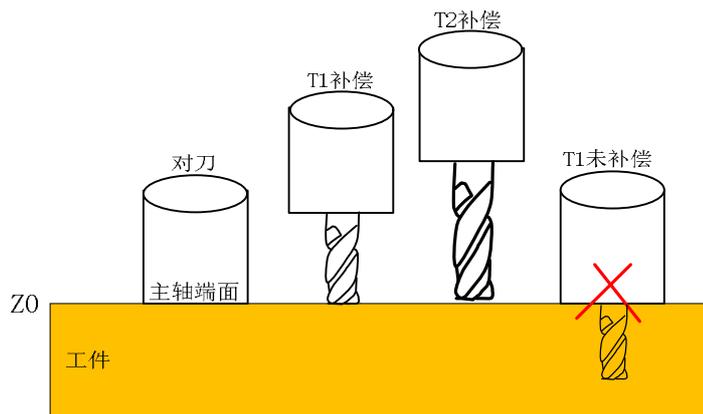


图 3-3 主轴端面对刀

### (2) 刀尖点对刀

通道参数【040403】设为 1，为刀尖点对刀。此对刀方式下，Z 向对刀完成后，设定刀尖点为工件坐标原点。此对刀方式下，更换刀具后，必须重新对刀，设定新的工件坐标原点。

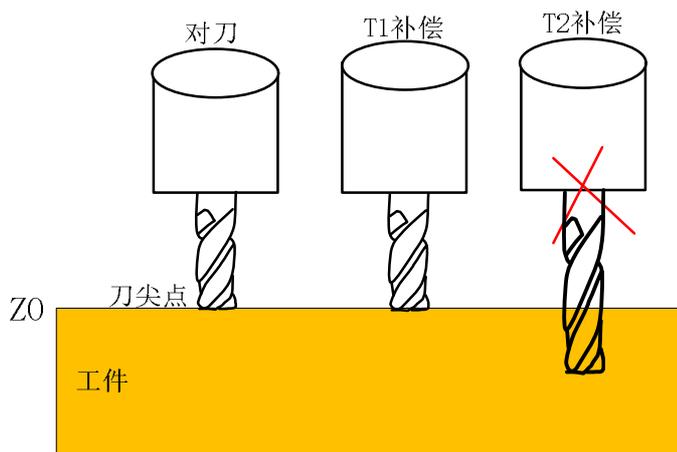


图 3-4 刀尖点对刀

### 3) 刀具长度补偿量

刀具长度补偿包含几何量、磨损量和基体量：几何量为刀具实际测量的长度，磨损量为刀具长时间切削后长度变化量，基体量为沿补偿方向的抽刀量。RTCP 功能激活后，其补偿量为三个分量的叠加总和。

一般情况下，只需要设定刀具长度补偿 Z 方向几何量。当使用直角头双向刀长补功能时，需使用 X 方向或者 Y 方向刀具长度补偿，该功能见 3.7。

刀具长度补偿=刀具几何量+刀具磨损+刀具基体

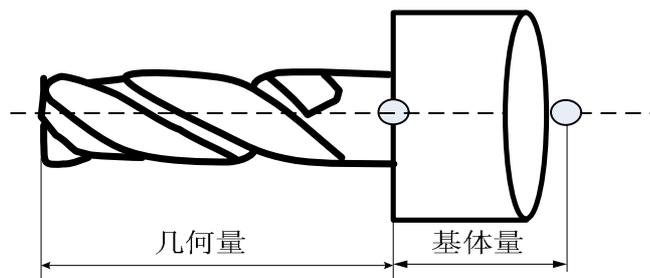
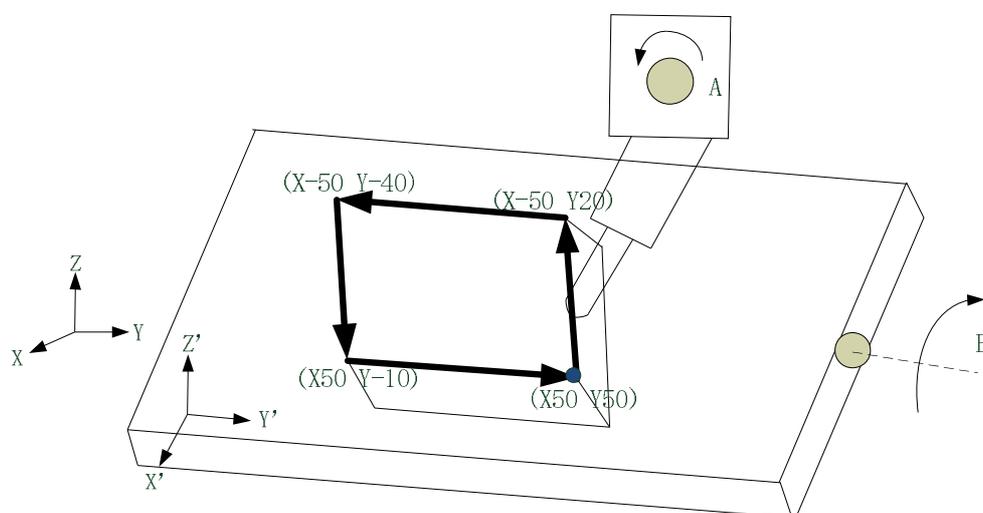


图 3-5 长度补偿量示意

### 编程实例

这是以 A 轴 30 度、B 轴-45 度加工四边形各边的例子。



```

%0001
G54
G90 G01 X-50 Y-50 Z-4 A0 B0 ;向初始位置移动
G43.4 H1 ;开始刀具中心点控制,使用 1 号刀补
A30 B-45 ;改变刀具方向
X50 Y50 ;开始加工四边形
X-50 Y20
X-50 Y-40
X50 Y-10
X50 Y50
A0 B0 ;旋转轴回初始位置
Z50 ;抬刀
G49 ;取消刀具中心点控制
M30
    
```

## 第 4 章 五轴程序辅助功能

### 4.1 直角头双向刀长补

直角铣头是一种重要的机床主轴附件，有两条直角边成 90 度 L 型结构，通过与五轴机床配合能够丰富加工工艺和扩大加工范围，轻松实现立式加工与卧式加工之间的转换。普通铣头的刀具长度仅沿机床主轴方向，在进行刀具长度补偿时仅需补偿刀具的 Z 向长度值，而直角铣头包含两个刀长方向，需要对直角头双向进行刀具长度补偿。

设定通道参数【040409】直角头双向刀长补为 1，开启双向刀长补功能，此时刀具表中长度补偿 X、Y 值有效，系统根据设定值进行补偿。

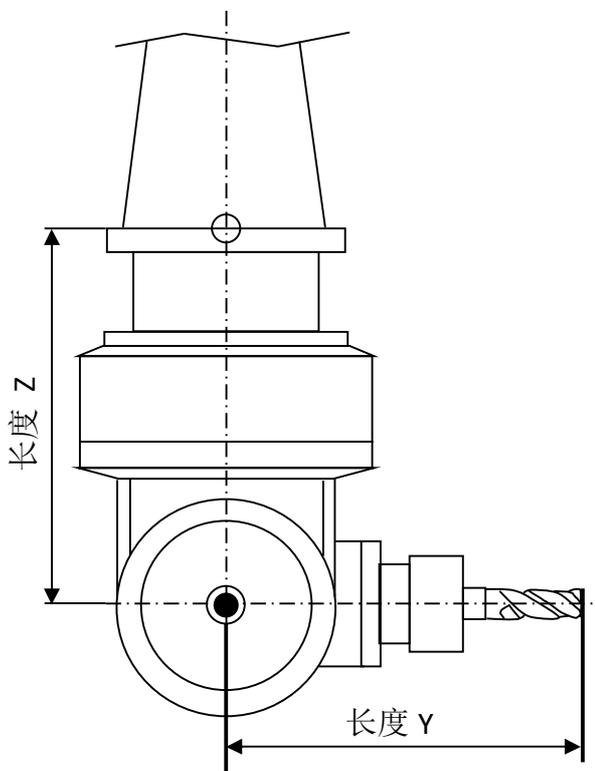


图 3-14 直角头长度定义

#### 注意：

- (1) 使用该功能，刀具初始方向必须设为 (0,0,1)。通道参数【040400】~【040402】表示刀具初始方向。
- (2) 刀具补偿表中，X、Y 和 Z 方向都可以设定几何量、磨损量和基体量。
- (3) 一般情况下，L 型直角头只需设定两个方向的长度量，根据刀尖点指向主轴中心方向确定正负号。

## 4.2 W 轴伸缩自动补偿

在五轴机床 Z 轴上安装 W 轴，利用 W 轴的伸缩，补偿 Z 方向行程不足，扩大机床加工范围。当 W 轴发生移动后，其刀具中心点位置也发生改变，系统提供 W 轴伸缩实时补偿功能，从而保证刀具按照工件点位置移动。

设定参数【040404】W 轴补偿为 1，开启 W 轴补偿功能，默认值为关闭状态。

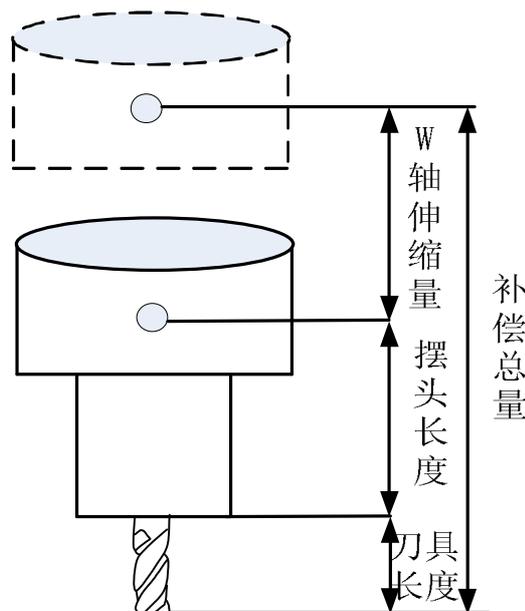


图 3-15 W 轴伸缩补偿

注意：

- (1) 为有效使用 W 轴补偿功能，需保证进行结构参数标定时，W 轴处于机床原点。
- (2) 设定工件坐标原点时，W 轴处于机床原点。

## 4.3 摆头分度

开启摆头分度功能后，RTCP 补偿位置与旋转轴工件原点无关。该功能适用于多主轴头 RTCP 摆动加工中，切换主轴头，不用考虑主轴头当前旋转轴角度位置，直接在工件坐标系下编制刀路程序即可。

通道参数【040408】

摆头分度功能：

- (1) 设为 0，关闭摆头分度功能（缺省值）。RTCP 补偿过程中，旋转轴计算角度=旋转轴工件坐标位置+旋转轴工件原点位置。

(2) 设为 1，开启摆头分度功能。RTCP 补偿过程中，旋转轴计算角度=旋转轴工件坐标位置。

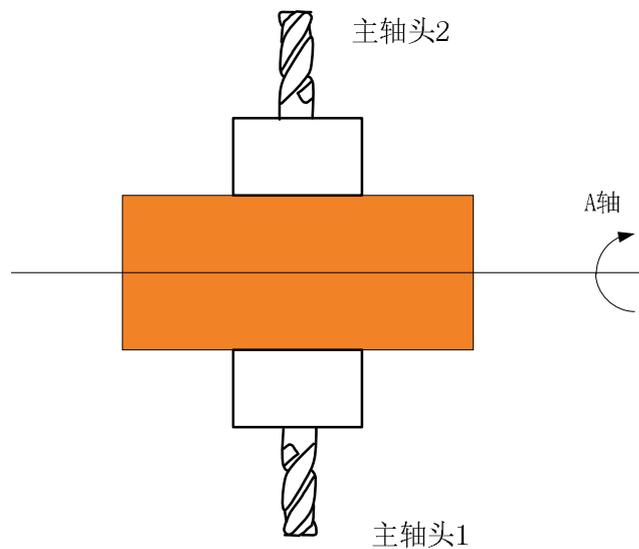


图 3-16 多主轴头摆头分度

示例：

```
%0001
```

```
G43.4H1
```

```
G54 （主轴头 1，A 轴坐标系 0 度）
```

```
M98P1002
```

```
G49
```

```
G55 （主轴头 2，A 轴坐标系 180 度）
```

```
G43.4H1
```

```
M98P1002
```

```
G49
```

```
M30
```

```
%1002
```

```
G01 X30Y30Z30A30
```

```
G01 X0Y0Z0A0
```

```
M99
```

#### 4.4 动态精度测定

在三坐标机床中，经常采用圆度测试来检测任意直线轴间的动态特性是否匹配，但在五坐标运动过程中，由于旋转轴的加入，必须在每个插补点对旋转轴运动而带来的直线轴偏差进行非线性补偿，因此也必须对旋转轴和直线轴间的动态特性进行伺服匹配。由于旋转轴和直线轴的控制单位不一样，不能像直线轴那样直接采用圆度测试，系统提供动态精度测定调试功能，可以对五个轴的动态特性进行测试和排序，从而为伺服参数调整提供依据。

根据 RTCP 原理，一个旋转轴运动关联两个直线轴运动，且两个直线轴实际运动轨迹是一段圆弧，则动态精度测定中测定内容包括：两个直线轴之间的不匹配度以及直线轴和旋转轴之间的不匹配度。

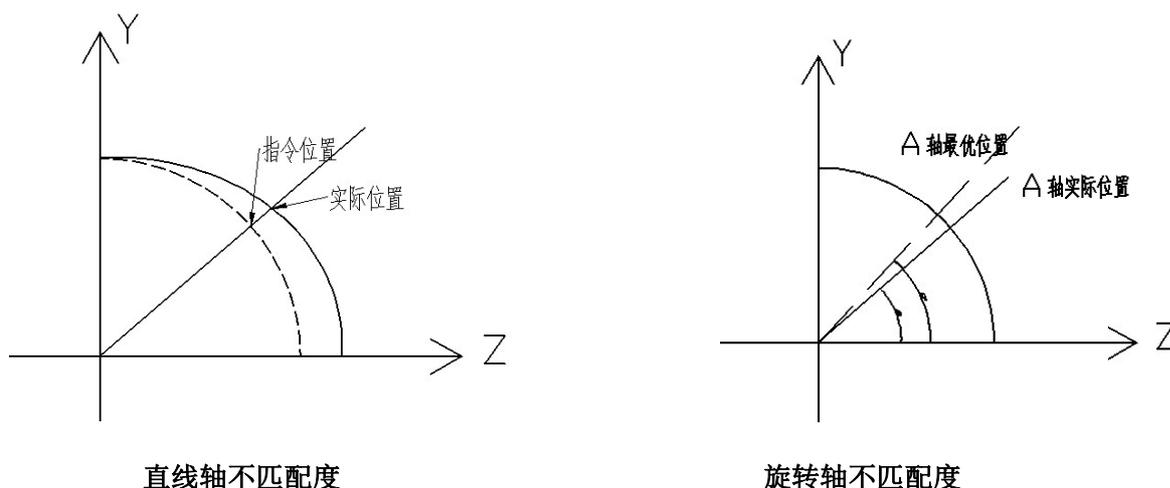


图 3-17 动态精度

附录 E 为动态精度测定示例。

#### 4.5 数显手摇

该功能在系统标准版上增加实现从串口接收手摇发送的数据请求并将对应的坐标轴名称、类型、当前坐标等信息发送给手摇，从而实现手摇远程查看机床部分信息功能。（适配华飞数显手摇）。

具体使用操作：

1. 保证手摇设备与数控系统 MCP 面板之间手摇控制线，视频显示线的连接正常。

2. 只需将 NC 参数 000051（串口硬件类型）设为 5，保存后重启即可

	参数号	参数名	参数值	生效方式
NC参数	000039	网盘服务器IP地址4	1	保存
机床用户参数	000040	网盘服务器端口号	21	保存
通道参数	000041	网盘服务器访问用户名	admin	保存
通道0	000042	网盘服务器访问密码	*****	保存
通道1	000043	网络断开判断阈值ms	1	重启
通道2	000044	网盘映射类型	0	重启
通道3	000049	本地端口号	10001	重启
坐标轴参数	000050	是否启动网络	1	重启
误差补偿参数	000051	串口硬件类型	0	重启
设备接口参数				
数据表参数				

最大值：5  
默认值：0  
最小值：0

说明： 0：关闭串口功能  
1：串口应用与RFID刀具寿命管理  
5：数显手摇

图 3-18 数显手摇参数

## 4.6 斜面对刀

### 功能说明

五轴斜面对刀时，当前位置自动计算刀具为立式状态时，机床的位置。

主要在工件对刀界面，新增一个斜面对刀功能子菜单。该功能会根据当前的各轴的实际坐标，计算立式对刀位置，并自动录入到 X，Y，Z 工件坐标值。

### 功能使用

操作：

1. NC 参数“000353 五轴功能应用”参数设置为 1
2. 在设置界面->坐标系界面中，可以看到倾斜对刀按钮
3. 斜面对刀完成后(此时刀为倾斜状态)，当前焦点在 G54~G59 任意坐标系，点击倾斜对刀。
4. 输入当前刀具号，点击确定，立式对刀位置会自动录入到当前对应坐标系。

### 功能举例

机床结构:B 摆 C 转五轴机床

说明：在对刀后，根据机床结构与当前机床坐标系位置进行变换，将摆头角度从 30°变为 0°，平动轴做相应补偿后，将坐标设为工件坐标系，具体流程如下图所示



图 3-19 倾斜对刀测试界面

1. 打开五轴功能

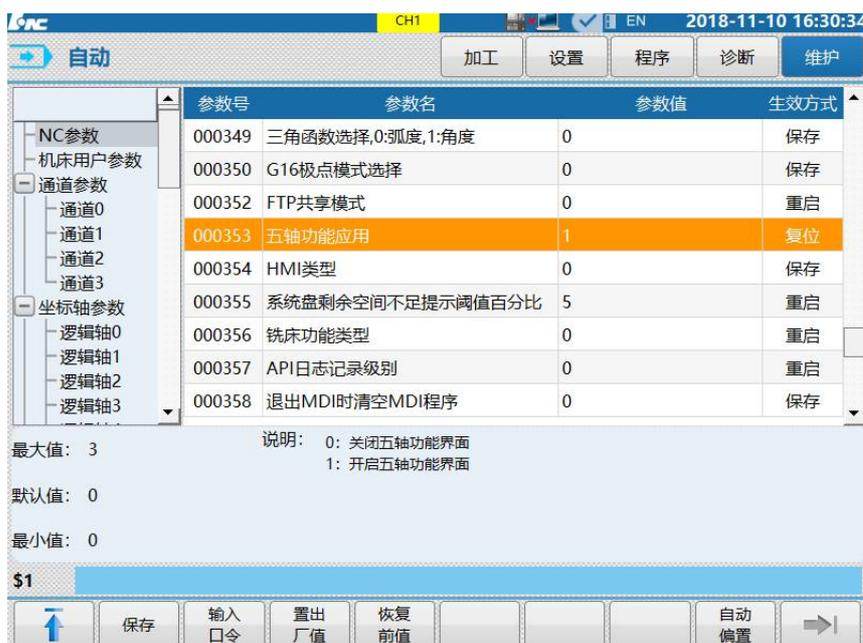


图 3-20 参数设置

2. 在设置->坐标系界面点击倾斜对刀，焦点移到需要设定的坐标系，输入此时使用的刀具号

外部零点偏移		相对坐标系		机床实际		相对实际	
X	0.0000 毫米	X	0.0000 毫米	X	10.0000	X	10.0000
Y	0.0000 毫米	Y	0.0000 毫米	Y	10.0000	Y	10.0000
Z	0.0000 毫米	Z	0.0000 毫米	Z	10.0000	Z	10.0000
B	0.0000 度	B	0.0000 度	B	29.9982	B	29.9982
C	0.0000 度	C	0.0000 度	C	10.0000	C	10.0000
G54		G55		G56		G57	
X	6.3399 毫米	X	0.0000 毫米	X	13.8650 毫米	X	20.0000 毫米
Y	10.0000 毫米	Y	0.0000 毫米	Y	13.8650 毫米	Y	9.9999 毫米
Z	16.3393 毫米	Z	0.0000 毫米	Z	13.8650 毫米	Z	5.0000 毫米
B	0.0000 度	B	0.0000 度	B	0.0000 度	B	0.0000 度
C	10.0000 度	C	0.0000 度	C	0.0000 度	C	10.0000 度

\$1 请输入当前刀具号:H

↑ 当前输入 增量输入 **倾斜对刀** G54-G59 G54.1 P 相对清零 全部清零 ⇒

图 3-21 倾斜对刀

3. 完成后，G55 更新

#### 4.7 全闭环模式下零位保护功能

全闭环场景下，旋转轴一般采用增量光栅尺或距离码光栅尺，开机后需要回零，回零过程中，光栅尺读数头偶尔由于污染或者信号干扰会导致零点出现偏差。

本次新增回零后位置比较功能，每次断电系统会自动记忆机床实际位置，重新上电后，机床回零，系统通过比较机床回零的位置，判断机床回零是否出现偏差。若出现偏差，则系统会给出提示。

## 第 5 章 车铣复合相关功能

### 5.1 车铣复合相关功能

车铣复合功能，需要修改系统相应的参数，具体参数设置如下。

参数类型	参数号	参数名称	参数值	说明
NC 参数	000065	车刀直径显示使能	1	X 轴直径显示
机床用户参数	010001	通道 0 切削类型	2	车铣复合系统
通道参数（通道 0）	040032	直径编程使能	1	X 轴直径编程方式开
通道参数（通道 0）	040094	断电机床类型	0	机床上电后，自动选择为断电前工作方式
通道参数（通道 0）	040101	主轴上刀具数	2	--

#### 5.1.1 车铣复合切换编程指令

LATHE：车床模式切换指令

MILL：铣床模式切换指令

#### 5.1.2 车铣复合模式切换可视化界面

上方栏显示当前通道为(车削/铣削)



图 3-22 通道状态显示

### 5.1.3 车铣复合图形仿真

在“加工”菜单下，点击“轨迹显示”，可进入图形仿真界面

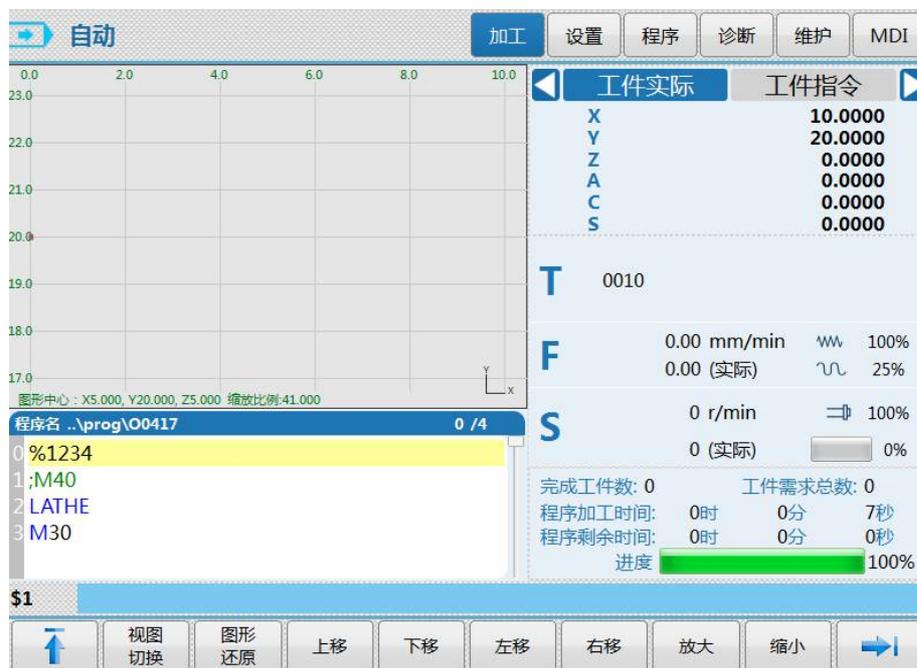


图 3-23 轨迹显示

### 5.1.4 上电机床工作方式选择

通道参数“040094 断电机床类型”

- 0: 机床上电后，自动选择为断电前工作方式（车床或铣床）。
- 1: 机床上电后，当前工作方式为铣床。
- 2: 机床上电后，当前工作方式为车床。

参数号	参数名	参数值	生效方式
040094	断电机床类型	0	重启

图 3-24 机床工作方式设置

## 5.1.5 综合刀具表管理



图 3-25 刀具表管理

刀具类型分为:

无刀具(无效刀具), 铣刀(有效刀具), 车刀(有效刀具), 通用刀具(有效刀具)

其中:

1. 无刀具不允许设置除刀具类型外其他值
2. 从有效刀具设为无刀具时, 清空该刀具所有信息(长度 X-刀尖方向列)同时清空该刀具磨损值
3. 铣刀生效菜单为:当前位置(会清除对应磨损值), 增量输入, 相对实际(会清除对应磨损值), 不生效的菜单不显示
4. 通用刀具生效菜单为:当前位置(会清除对应磨损值), 增量输入, 相对实际(会清除对应磨损值), 不生效的菜单不显示
5. 车刀生效菜单为:  
试切直径(会清除对应磨损值), Y 轴试切(会清除对应磨损值), 试切长度(会清除对应磨损值), 不生效的菜单不显示
6. 全部清零:会清除所有刀具信息, 包括磨损

### 5.1.6 主轴刀具数

1. 当通道参数“040101 主轴上刀具数”设为 1 (非 2 的情况按 1 处理)时, FST 显示与车床相同,如下图:



图 3-26 主轴刀具号显示

2. 当通道参数“040101 主轴上刀具数”设为 2 时,T 区域显示变换为同时显示当前车刀和铣刀,如下图:



图 3-27 主轴刀具数显示

此时主轴上刀号通过读取寄存器获得, PLC 中需要进行相应修改

寄存器	含义	
F2636.10	F2636.10=0, 表示 0 号通道为铣床模式	F2636.10=1, 表示 0 号通道为车床模式
B188	车床模式下, 主轴当前刀具号	
B197	铣床模式下, 主轴当前刀具号	

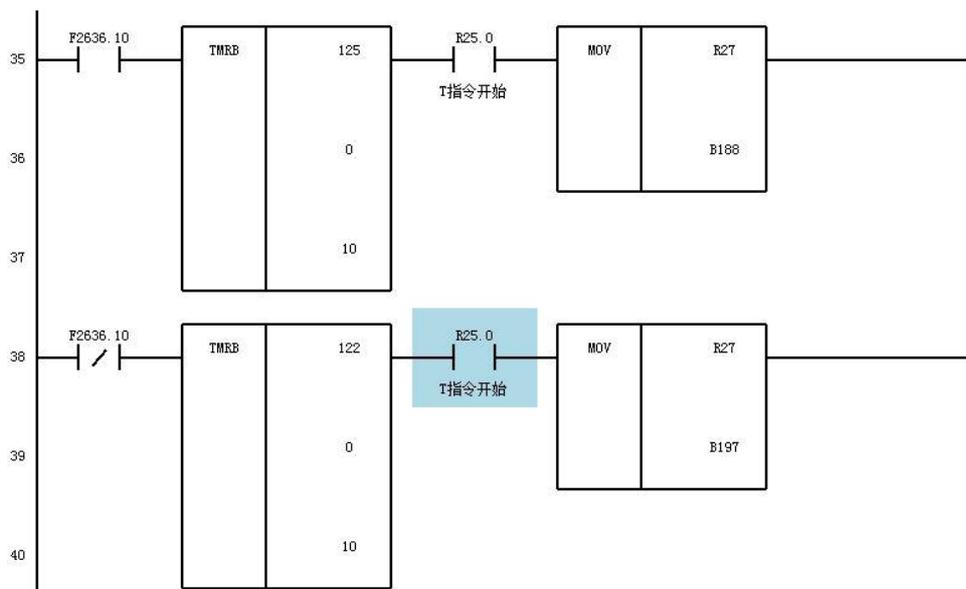


图 3-28 主轴刀具号 PLC 修改

### 5.1.7 车铣复合刀库表显示

1. 当通道参数“040101 主轴上刀具数”设为 1(非 2 的情况按 1 处理)时，显示如下:



图 3-29 车铣复合刀号显示界面

表中“刀号”和“加工模式”可以设值。当刀号为 0 或刀具类型为“无刀具”时，不允许设置“加工模式”。

2. 当通道参数 40101 主轴上刀具数设为 2 时，显示如下



图 3-30 车铣复合刀号显示界面

**注意事项:**

1. 刀库表前两行分别为:刀库当前车刀信息和刀库当前铣刀信息
2. 表中“刀号”和“加工模式”可以设值。当刀号为 0 或刀具类型为“无刀具”时，不允许设置“加工模式”。

**5.1.8 车床立卧转换****功能说明**

当机床为车模式使用的时候，有 2 种状态，立车状态和卧车状态。

例如：B 摆头 C 转台五轴结构的的车铣复合，主轴安装于 B 摆头上，当 B 为 0 度时为立车，B 为 90 度时为卧车。可参考如下示意图

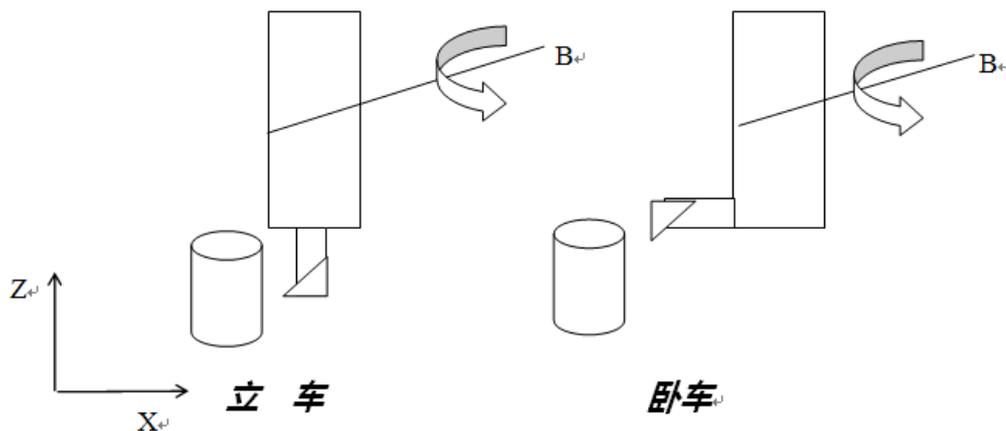


图 3-31 车床立卧转换示意图

车床立卧转换后，满足以下特性：

1. 车床立卧转换后，仍然按照车床方式进行编程，轴向 Z 轴，径向 X 轴。  
通过 GETD 指令进行轴交换，Z 轴编程，实际移动 X 轴；X 轴编程，实际移动 Z 轴。
2. 立卧转换后，手摇和手动按转换后的方式运动。例如轴选 X 轴，实际运动物理 Z 轴。  
立卧转换后，能够按车床使用习惯正常对刀，建立工件坐标系和刀偏表。
3. 立车转卧车后，保证车刀刀尖点能够重合。机床只需要进行一次对刀，就可以完成立车和卧车两种方式下的加工。
4. 界面显示部分：机床坐标系坐标轴会相互调换，工件坐标系会保持不变；  
若为两列显示，并且其中一列为机床坐标系时，以机床坐标系为主。



图 3-32 车床立卧转换后界面

### 5.1.8.1 车床立卧转换后，仍然按照车床方式进行编程

立卧转换后，仍然按照车床方式进行编程，轴向 Z 轴，径向 X 轴。通过 GetD 指令进行轴交换，Z 轴编程，实际移动 X 轴；X 轴编程，实际移动 Z 轴

#### 1. 功能配置

##### (1) 参数修改

通道参数“040102 动态切换轴掩码”，根据需要切换的轴来，例如：XZ 轴切换，就填 0x1；YZ 轴切换，就填 0x2。

参数号	参数名	参数值	生效方式
040097	极坐标插补假想轴轴号	1	复位
040099	极坐标插补假想轴偏心量(mm)	0.0000	复位
040100	极点处理模式	0	保存
040101	主轴上刀具数	0	保存
040102	动态切换轴掩码	0x1	复位
040104	系统上电时G94/G95模态设置	0	复位
040105	螺纹起点允许偏差(度)	5.0000	复位
040107	系统上电时G61/G64模态设置	1	复位
040110	G28搜索Z脉冲使能	0	保存

说明：根据需要切换的轴来  
例如：XZ轴切换，就填0x1；YZ轴切换，就填0x2。

最大值：0xFF  
默认值：0x0  
最小值：0x0

\$! 参数设置成功 保存后复位生效

图 3-33 参数设置

##### (2) 用 M 代码调用固定循环，注意 M 代码没有被占用

参数号	参数名	参数值	生效方式
010166	准停检测最大时间(ms)	1000	保存
010169	G64拐角准停校验检查使能	0	保存
010170	G1007对应M代码	45	保存
010171	G1008对应M代码	0	保存
010172	G1009对应M代码	0	保存
010173	G1010对应M代码	130	保存
010174	G1011对应M代码	131	保存
010175	G1012对应M代码	0	保存
010176	G1013对应M代码	0	保存

说明：用于设置对应的M代码，通过M代码调用用户自定义宏程序

最大值：1000  
默认值：0  
最小值：0

图 3-34 M 代码调用固定循环设置

## (3) 固定循环文件

- a) 在固定循环文件 USERDEF.CYC 中增加 G1010 和 G1011 固定循环

```

1  %1010
2  ;车床立卧转换（X轴和Z轴进行互换）
3  FREE X-1 Z-1
4  GETD X2 Z0
5  M49 ;配合PLC，实现手动和手摇方下，按转换后的方式运动
6  M99
7
8  %1011
9  ;车床解除立卧转换
10 FERR X-1 Z-1
11 GETD X0 Z2
12 M48 ; 配合PLC，实现手动和手摇方下，按转换前的方式运动
13 M99

```

图 3-35 立卧转换固定循环

- b) 说明

FREE X-1 Z-1

该指令表示把轴 X 和轴 Z 进行释放

GETD X2 Z0

该指令表示把逻辑轴 2 映射到 X 轴上，把逻辑轴 0 映射到 Z 轴上

- c) 举例

%1234

G54

M130; 立卧转换，X 轴和 Z 轴交换

M131; 解除立卧转换，

M30

## 5.1.8.2 立卧转换后，手摇和手动按转换后的方式运动

立卧转换后，手摇和手动按转换后的方式运动。例如选定 X 轴，实际运动是物理 Z 轴。立卧转换后，能够按车床使用习惯正常对刀，建立工件坐标系和刀偏表。

## 1. 举例

以 818D 面板为例子进行说明

- (1) 在 PLC1 中加上 M48（解除立卧转换），M49 进行立卧转换

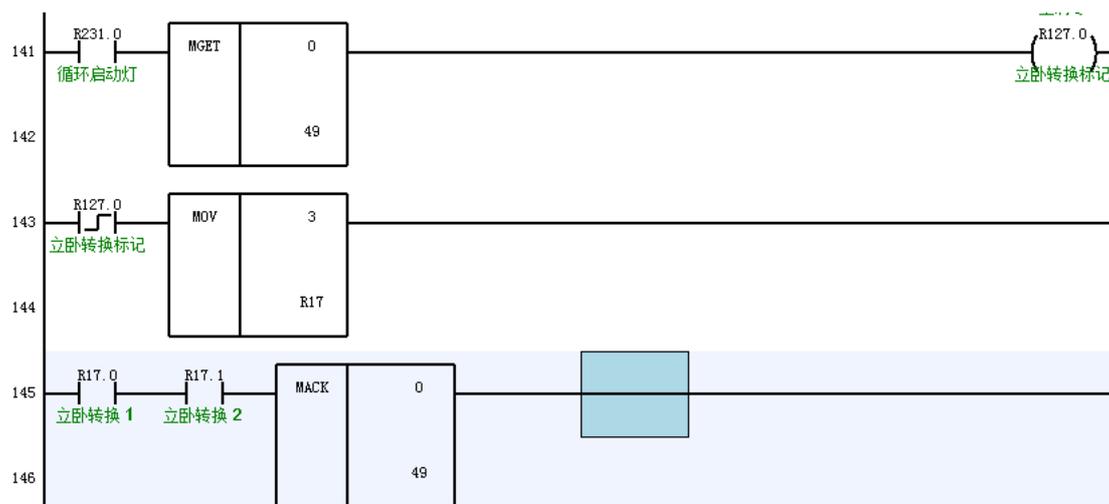


图 3-36-1 PLC 修改示例

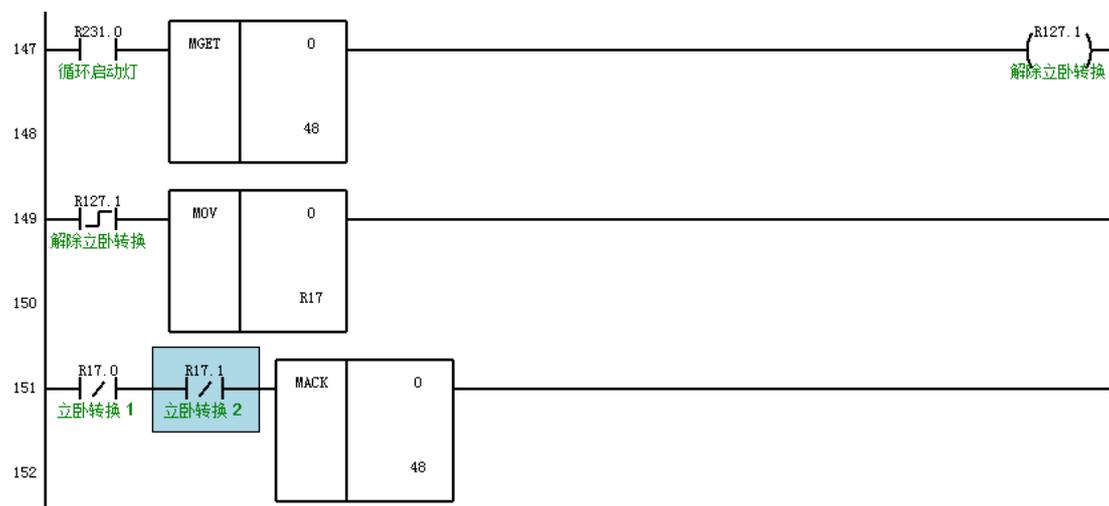


图 3-36-2 PLC 修改示例

(2) 手动部分修改

查找 G2622.0，修改切换条件

修改前 PLC 如下

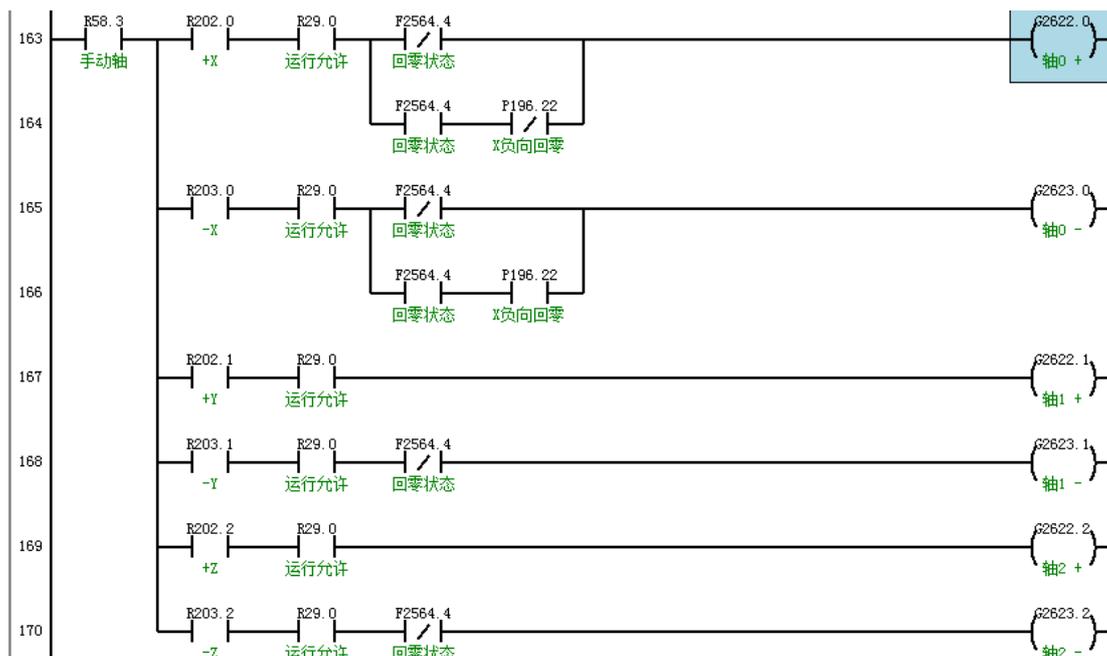


图 3-36-3 PLC 修改示例

修改后 PLC 如下

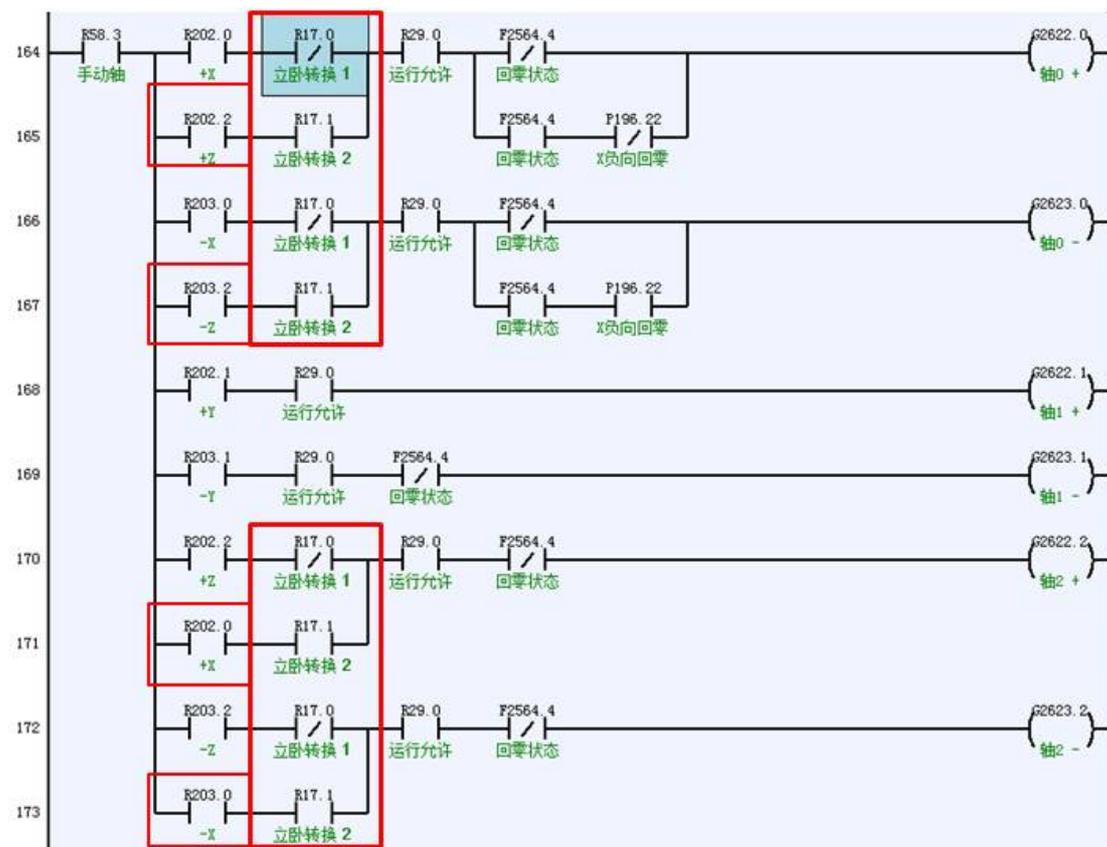


图 3-36-4 PLC 修改示例

(3) 手摇部分修改

查找 G2621.0

修改前 PLC 如下

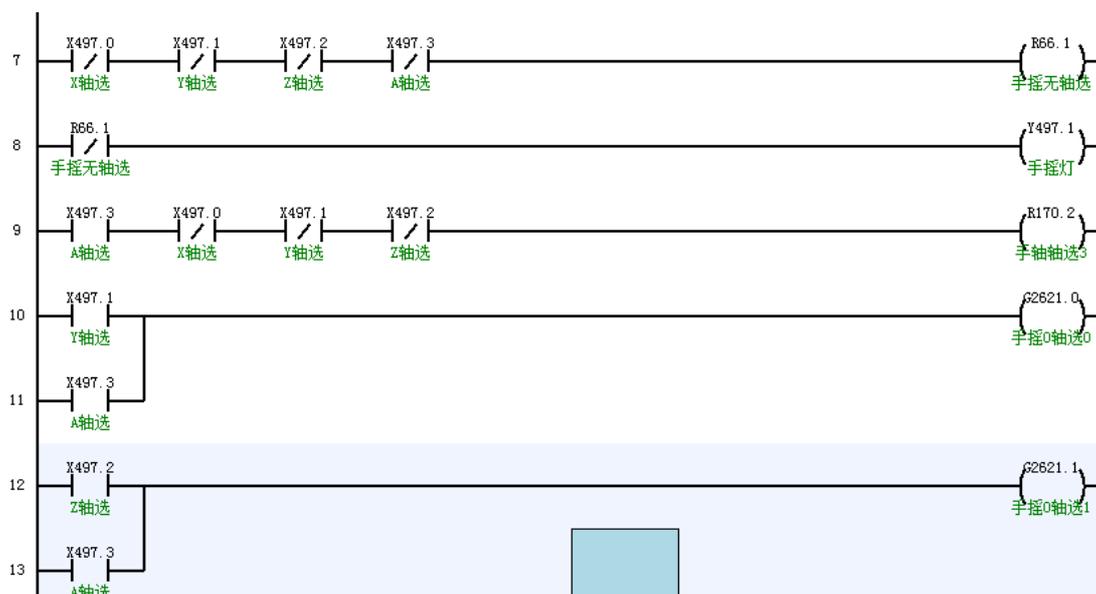


图 3-36-5 PLC 修改示例

修改后 PLC 如下



图 3-36-6 PLC 修改示例

### 5.1.8.3 立卧转换后，刀尖重合

立车转卧车后，保证车刀刀尖点能够重合。机床只需要进行一次对刀，就可以完成立车和卧车两种方式下的加工。

## 1. 功能配置

(1) 参数修改，用 M 代码调用固定循环，确保 M 代码没有被占用

参数号	参数名	参数值	生效方式
010169	G64拐角准停校验检查使能	0	保存
010170	G1007对应M代码	45	保存
010171	G1008对应M代码	0	保存
010172	G1009对应M代码	0	保存
010173	G1010对应M代码	130	保存
010174	G1011对应M代码	131	保存
010175	G1012对应M代码	132	保存
010176	G1013对应M代码	133	保存
010177	G1014对应M代码	0	保存

最大值：1000  
默认值：0  
最小值：0

说明：用于设置对应的M代码，通过M代码调用用户自定义宏程序

图 3-37 立卧转换 M 代码设置

(2) 固定循环文件 USERDEF.CYC

增加 G1012 和 G1013 用户固定循环，如果固定循环号被占用，可选用其他的。

G1012 固定循环内容如下

```
%1012
```

```
IF [AR[#7] EQ 0] ;H 号没有定义
```

```
    G110
```

```
ENDIF
```

```
IF #7 LT 0 ;H 号小于零
```

```
    G110
```

```
ENDIF
```

```
G10 L43 P[#7] X0Y0Z0A0C0 R100
```

```
G10 L43 P[#7] X0Y0Z0A90C0 R105
```

```
#110 = #105 - #100; X 偏置
```

```
#111 = #106 - #101; Y 偏置
```

```
#112 = #107 - #102; Z 偏置
```

```
G52 X[#110] Y[#111] Z[#112]
```

G80

M99

G1013 固定循环内容如下

%1013

G52 X0Y0Z0

G80

M99

## 2. 说明:

G10 L43 P\_ X\_Y\_Z\_A\_B\_C\_R\_

该指令通过给定的工件坐标位置，计算 RTCP 下的机床坐标，并写入系统变量中。其中 X、Y、Z、A、B 和 C 为给定的工件坐标，R 为写入的宏变量号，P 为刀具补偿号。

注意事项

## 3. 例子

%1234

G54

M132 H1; 卧式状态下，当前刀具号为 1，调用 G1001 完成立卧转换刀尖重合

M133; 恢复为立式状态下的坐标系

M30

## 4. 注意事项

(1) 该功能在固定循环中，通过 G10 L43 指令分别计算立式和卧式下刀尖点的机床坐标位置，然后得到刀尖点偏置量，放入 G52 局部坐标系中。执行固定循环时，不做 RTCP 联动运动，在后续指令做位移运动时，系统会补偿刀尖点偏置量，保证不用重新对刀，即可进行车削加工。

(2) 车刀刀补设置。通道参数【040409】直角头双向刀长补设置为 1，将车刀刀补值填入刀补表：长度 X 和长度 Z。

### 5.1.9 双通道车铣复合配置

#### 1. 参数配置

通道 0 和通道 1 的参数类型都设置为车铣复合类型，0 号通道切换为铣床模式，1 号通道切换为车床模式，具体参数设置如下。

参数类型	参数号	参数名称	参数值	说明
NC 参数	000065	车刀直径显示使能	1	X 轴直径显示
机床用户参数	010001	通道 0 切削类型	2	车铣复合系统
机床用户参数	010002	通道 1 切削类型	2	车铣复合系统
通道参数（通道 0）	040032	直径编程使能	1	X 轴直径编程方式开
通道参数（通道 0）	040094	断电机床类型	1	机床上电后，当前工作方式为铣床
通道参数（通道 0）	040101	主轴上刀具数	1	--
通道参数（通道 1）	041032	直径编程使能	1	X 轴直径编程方式开
通道参数（通道 1）	041094	断电机床类型	2	机床上电后，当前工作方式为车床
通道参数（通道 1）	041101	主轴上刀具数	1	--

#### 2. 多刀库管理

(1) 通道 0 为铣床模式，刀库中所有刀具类型为铣刀；通道 1 为车床模式，刀库中所有刀具类型为车刀

(2) 0 号通道主轴当前刀具号通过寄存器 B188 获取，1 号通道主轴当前刀具号通过寄存器 B204 获取

参数类型	参数号	参数名称	参数值	说明
------	-----	------	-----	----

通道参数 (通道 0)	040125	起始刀库号	1	--
	040126	刀库数目	1	--
	040127	起始刀具号	1	--
	040128	刀具数目	24	该参数可以根据实际情况修改
通道参数 (通道 1)	041125	起始刀库号	2	--
	041126	刀库数目	1	--
	041127	起始刀具号	40	该参数要根据实际情况填写，但是必须大于通道 0 最后一把刀号
	041128	刀具数目	24	该参数可以根据实际情况修改

(3) 系统参数中刀库数据也要进行相应修改

设置成功后通道 0 和通道 1 刀补界面显示如下



铣床通道 (通道 0)

车床通道 (通道 1)

图 3-38 刀补界面显示

## 第 6 章 五轴参数说明

### 6.1 刀具初始方向

参数编号	040400~040402
参数名称	刀具初始方向
数据单位	
数据类型	REAL
数值范围	-21470.0~-21470.0
缺省数值	0.0
访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

#### 说 明

该参数设定刀具初始方向，一般情况下，刀具初始方向与 Z 轴平行。

#### 图 示

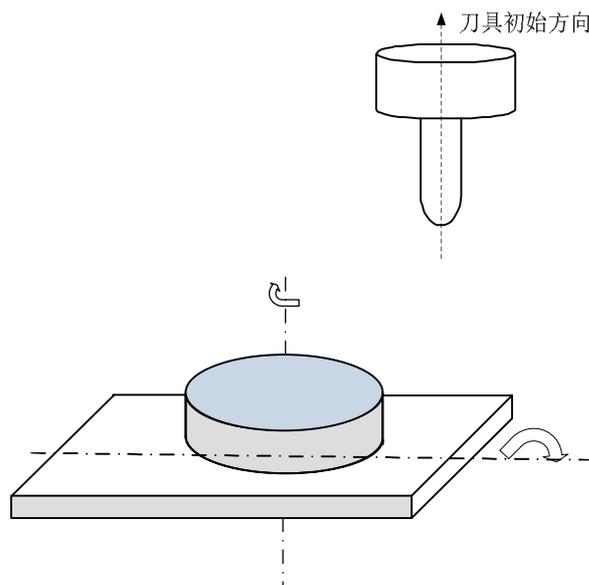


图 4-1 刀轴初始方向示意

注 意

示 例

一般情况下，刀具初始方向设置如下：

- 参数【040400】“刀具初始方向(X)”设置为 0.0
- 参数【040401】“刀具初始方向(Y)”设置为 0.0
- 参数【040402】“刀具初始方向(Z)”设置为 1.0

## 6.2 RTCP 对刀模式

参数编号	040403
参数名称	RTCP 对刀模式
数据单位	
数据类型	INT
数值范围	0~1
缺省数值	0
访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

### 说 明

系统提供两种对刀方式给用户选择：主轴端面对刀和刀尖点对刀。缺省设置为主轴端面对刀。

#### (1) 主轴端面对刀

设为 0，为主轴端面对刀。Z 向对刀完成后，需要往负向偏置一个刀具长度，设定主轴端面为工件坐标原点。此对刀方式下，更换刀具后，无须重新对刀，先前设定的坐标系能够继续使用。

#### (2) 刀尖点对刀

设为 1，为主轴端面对刀。此对刀方式下，Z 向对刀完成后，设定刀尖点为工件坐标原点。

## 图 示

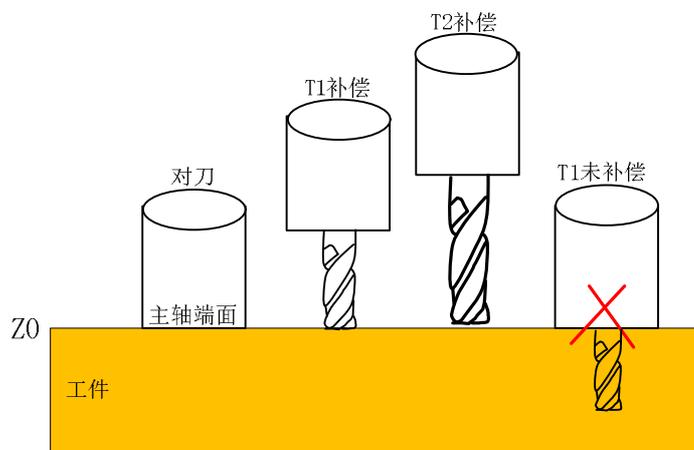


图 4-2 (a) 主轴端面对刀

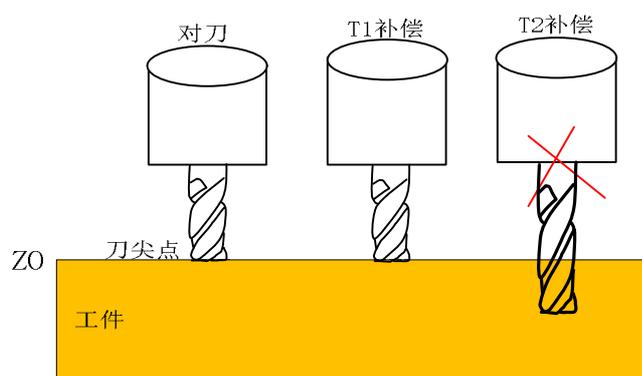


图 4-2 (b) 刀尖点对刀

## 注 意

- (1) 主轴端面对刀时，在未开启 RTCP 模式情况下，由于使用主轴端面对刀，当 Z 轴移到工件原点附近区域，有可能会发生刀具与工件之间的干涉。
- (2) 刀尖点对刀时，更换刀具后，必须重新对刀，设定新的工件坐标原点。

## 6.3 W 轴补偿

参数编号	040404
参数名称	W 轴补偿
数据单位	
数据类型	INT
数值范围	0~1
缺省数值	0
访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

## 说 明

在五轴机床 Z 轴上安装 W 轴，利用 W 轴的伸缩，补偿 Z 方向行程不足，扩大机床加工范围。当 W 轴发生移动后，其刀具中心点位置也发生改变，系统提供 W 轴伸缩实时补偿功能，从而保证刀具按照工件点位置移动。

设定参数为 1，开启 W 轴补偿功能，默认值为关闭状态。

## 图 示

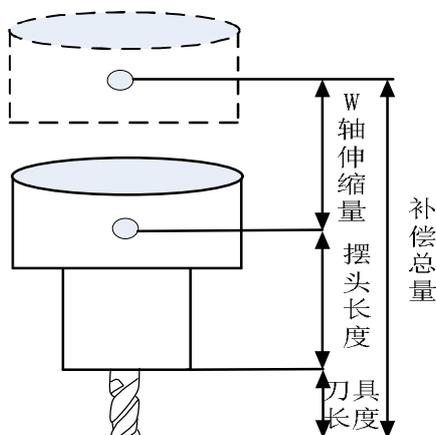


图 4-3 W 轴补偿示意

**注 意**

- (1) 为有效使用 W 轴补偿功能，需保证进行结构参数标定时，W 轴处于机床原点。
- (2) 设定工件坐标原点时，W 轴处于机床原点。

**6.4 极点角度范围**

<b>参数编号</b>	040407
<b>参数名称</b>	极点角度范围
<b>数据单位</b>	
<b>数据类型</b>	REAL
<b>数值范围</b>	0.0~360.0
<b>缺省数值</b>	0.0
<b>访问级别</b>	机床厂家权限
<b>生效方式</b>	复位生效

**说 明**

极点区域由角度定义，即以极点轴为轴线，以该角度为锥角的一个圆锥区域，该区域内都为极点范围。刀具经过极点附近时，由于旋转轴方向的不确定，若无相应处理，会导致旋转轴超速。

图 示

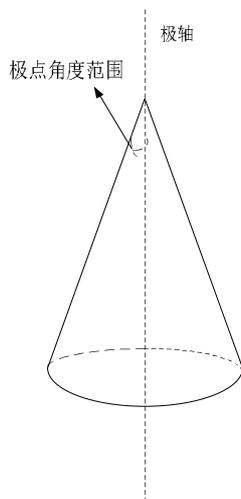


图 4-4 极点定义

注 意

示 例

## 6.5 摆头分度功能

参数编号	040408
参数名称	摆头分度功能
数据单位	
数据类型	INT4
数值范围	0~1
缺省数值	0
访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

## 说 明

开启摆头分度功能后，RTCP 补偿位置与旋转轴工件原点无关。该功能适用于多主轴头 RTCP 摆动加工中，切换主轴头，不用考虑主轴头当前旋转轴角度位置，直接在工件坐标系下编制刀路程序即可。

摆头分度功能：

- (1) 设为 0，关闭摆头分度功能（缺省值）。RTCP 补偿过程中，旋转轴计算角度=旋转轴工件坐标位置+旋转轴工件原点位置。
- (2) 设为 1，开启摆头分度功能。RTCP 补偿过程中，旋转轴计算角度=旋转轴工件坐标位置。

## 图 示

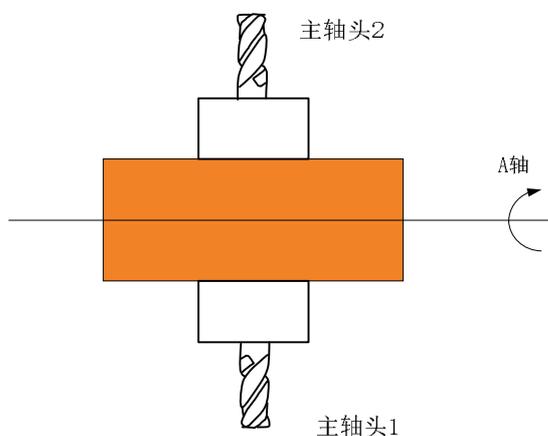


图 4-5 多主轴头摆头分度

## 示 例

```

%0001
G43.4H1
G54 （主轴头 1，A 轴坐标系 0 度）
M98P1002
G49
G55 （主轴头 2，A 轴坐标系 180 度）
G43.4H1
M98P1002
G49
M30

```

```

%1002
G01 X30Y30Z30A30
G01 X0Y0Z0A0
M99

```

## 6.6 直角头双向刀长补

参数编号	040409
参数名称	直角头双向刀长补
数据单位	
数据类型	INT4
数值范围	0~1
缺省数值	0
访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

### 说 明

- （1） 直角铣头是一种重要的机床主轴附件，有两条直角边成 90 度 L 型结构，通过与五轴机床配合能够丰富加工工艺和扩大加工范围，轻松实现立式加工与卧式加工之间的转换。普通铣头的刀具长度仅沿机床主轴方向，在进行刀具长度补偿时仅需补偿刀具的 Z 向长度值，而直角铣头包含两个刀长方向，需要对直角头双向进行刀具长度补偿。
- （2） 设定通道参数【040409】直角头双向刀长补为 1，开启双向刀长补功能，此时刀具表中长度补偿 X、Y 值有效，系统根据设定值进行补偿。

## 图 示

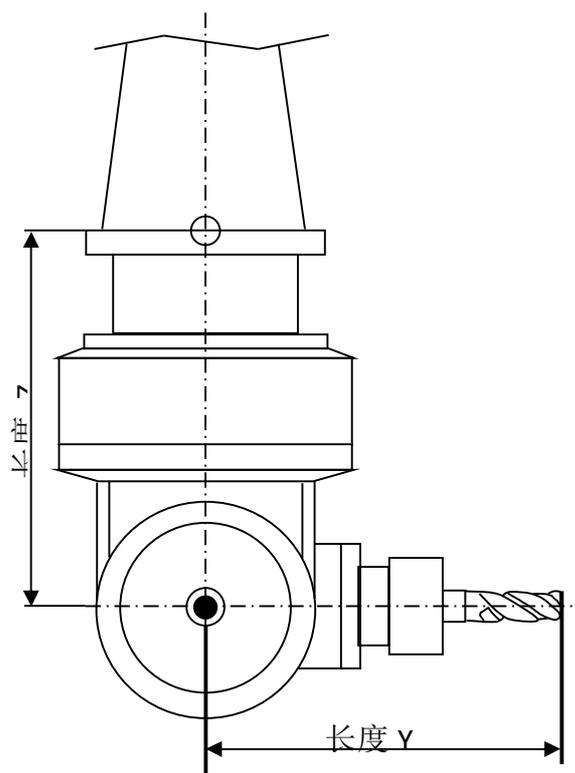


图 4-6 直角头长度定义

## 注 意

- (1) 使用该功能，刀具初始方向必须设为  $(0,0,1)$ 。通道参数【040400】~【040402】表示刀具初始方向。
- (2) 刀具补偿表中，X、Y 和 Z 方向都可以设定几何量、磨损量和基体量。
- (3) 一般情况下，L 型直角头只需设定两个方向的长度量，根据刀尖点指向主轴中心方向确定正负号。

## 6.7 摆头结构类型

参数编号	040410
参数名称	摆头结构类型
数据单位	

数据类型	STRING[7]
数值范围	
缺省数值	Z
访问级别	数控厂家权限
生效方式	复位生效

## 说 明

该参数设定作用于摆头的旋转轴名称，主动轴在前，从动轴在后。

## 图 示

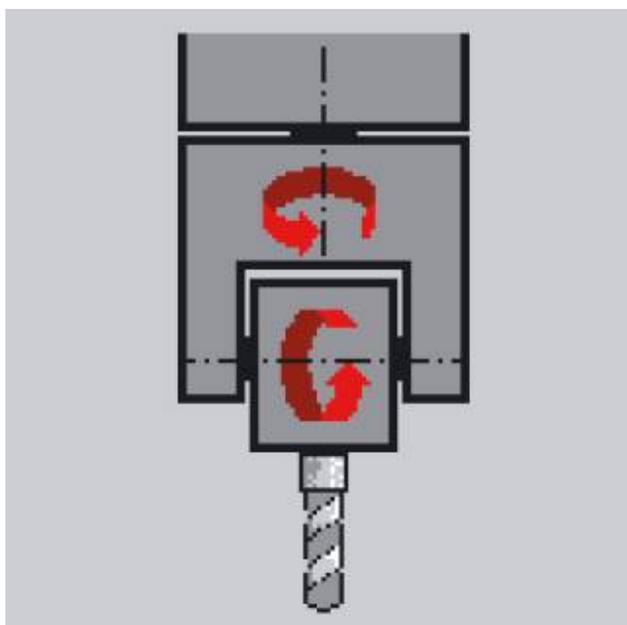


图 4-7 双摆头结构

## 示 例

CA 双摆头结构五轴机床，主动轴为 C 轴，从动轴为 A 轴，则摆头结构类型为 CA。

## 6.8 摆头第一旋转轴方向矢量

参数编号	040411~040413
参数名称	摆头第一旋转轴方向矢量
数据单位	
数据类型	REAL
数值范围	-21470.0~-21470.0
缺省数值	0.0
访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

### 说 明

该参数设定摆头第一旋转轴方向矢量(主动轴)，支持任意轴线方向。

### 图 示

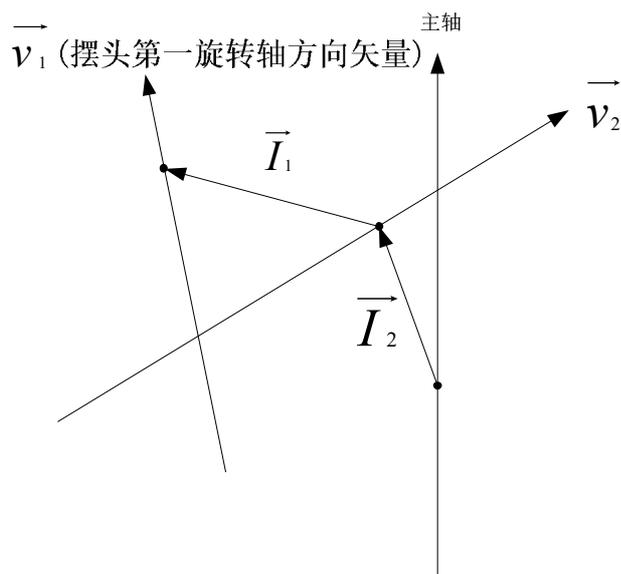


图 4-8 摆头第一旋转轴方向矢量示意

## 示 例

CA 双摆头结构五轴机床，主动轴为 C 轴，则摆头第一旋转轴方向矢量设置如下：

- Parm40411 “摆头第一旋转轴方向矢量(X)”设置为 0
- Parm40412 “摆头第一旋转轴方向矢量(Y)”设置为 0
- Parm40413 “摆头第一旋转轴方向矢量(Z)”设置为 1

## 6.9 摆头第二旋转轴方向矢量

参数编号	040414~040416
参数名称	摆头第二旋转轴方向矢量
数据单位	
数据类型	REAL
数值范围	-21470.0~-21470.0
缺省数值	0.0

访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

### 说 明

该参数设定摆头第二旋转轴方向矢量(从动轴)，支持任意轴线方向。

### 图 示

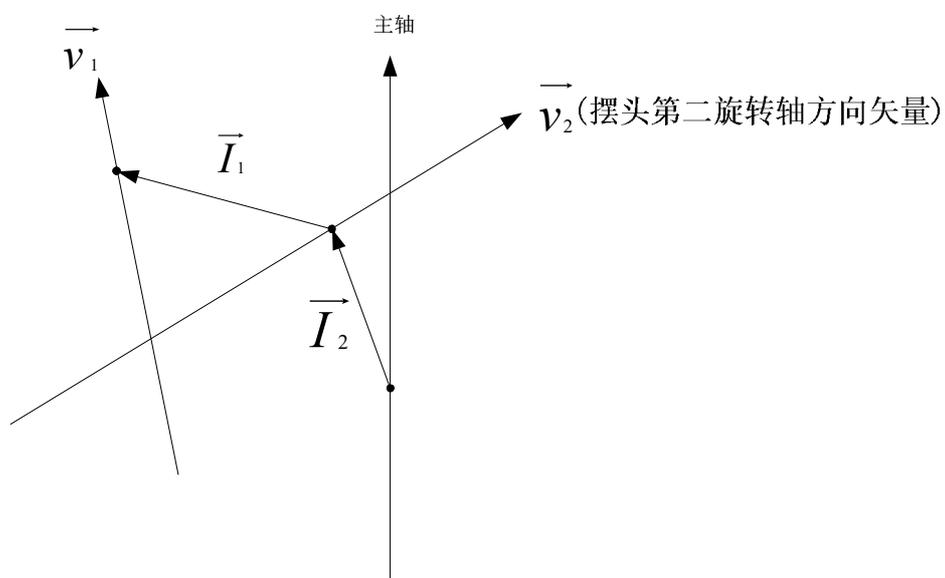


图 4-9 摆头第二旋转轴方向矢量示意

### 示 例

CA 双摆头结构五轴机床，从动轴为 A 轴，则摆头第二旋转轴方向矢量设置如下：

- Parm40414 “摆头第二旋转轴方向矢量(X)”设置为 1
- Parm40415 “摆头第二旋转轴方向矢量(Y)”设置为 0
- Parm40416 “摆头第二旋转轴方向矢量(Z)”设置为 0

### 6.10 摆头第一旋转轴偏移矢量

参数编号	040417~040419
参数名称	摆头第一旋转轴偏移矢量
数据单位	
数据类型	REAL
数值范围	-21470.0~-21470.0
缺省数值	0.0
访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

#### 说 明

该参数设定摆头第一旋转轴偏移矢量，即主动轴相对于从动轴的偏移矢量。

#### 图 示

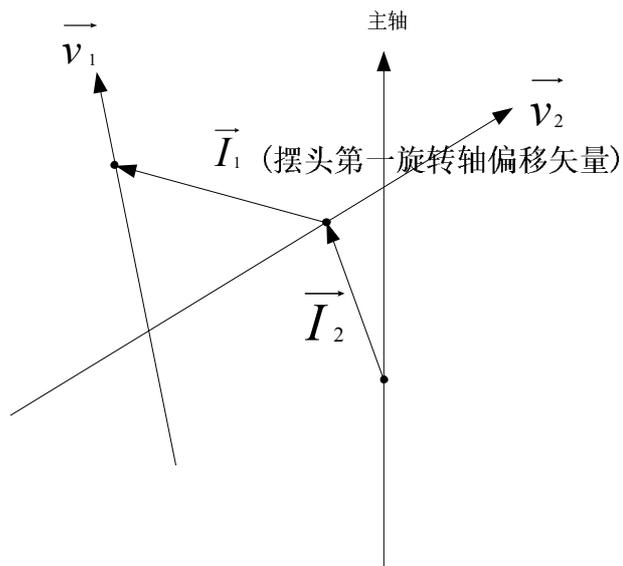


图 4-10 摆头第一旋转轴偏移矢量示意

## 示 例

CA 双摆头结构五轴机床，主动轴 C 轴相对于从动轴 A 轴的偏移矢量为  $(0, -10, 0)$ ，则摆头第二旋转轴方向矢量设置如下：

- Parm40417 “摆头第一旋转轴偏移矢量(X)”设置为 0
- Parm40418 “摆头第一旋转轴偏移矢量(Y)”设置为-10
- Parm40419 “摆头第一旋转轴偏移矢量(Z)”设置为 0

## 6.11 摆头第二旋转轴偏移矢量

参数编号	040420~040422
参数名称	摆头第二旋转轴偏移矢量
数据单位	
数据类型	REAL
数值范围	-21470.0~-21470.0

缺省数值	0.0
访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

### 说 明

该参数设定摆头第二旋转轴偏移矢量，即从动轴相对于主轴端面中心（控制点）的偏移矢量。

### 图 示

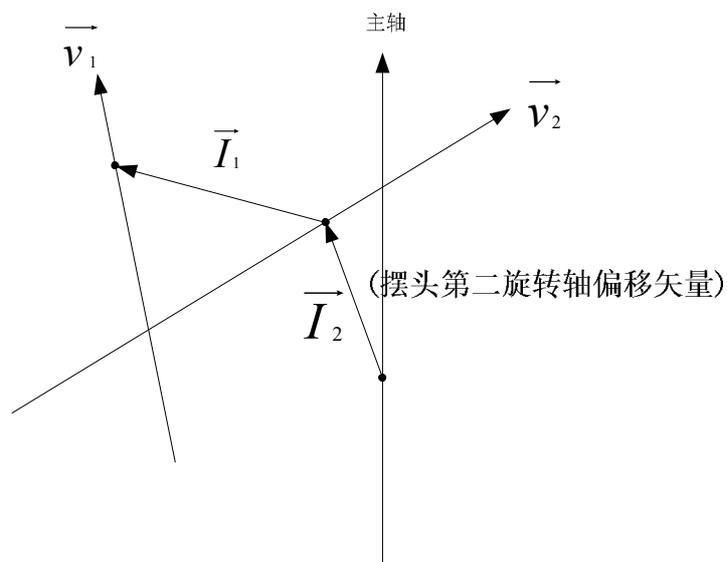


图 4-11 摆头第二旋转轴偏移矢量示意

### 示 例

CA 双摆头结构五轴机床，从动轴 A 轴相对于主轴端面中心（控制点）的偏移矢量为 (-10,-10,80)，则摆头第二旋转轴方向矢量设置如下：

- Parm40420 “摆头第二旋转轴偏移矢量(X)”设置为-10
- Parm40421 “摆头第二旋转轴偏移矢量(Y)”设置为-10
- Parm40422 “摆头第二旋转轴偏移矢量(Z)”设置为 80

## 6.12 转台结构类型

参数编号	040425
参数名称	转台结构类型
数据单位	
数据类型	STRING[7]
数值范围	
缺省数值	YX
访问级别	数控厂家权限
生效方式	复位生效

### 说 明

该参数设定作用于转台的旋转轴名称，主动轴在前，从动轴在后。

### 图 示

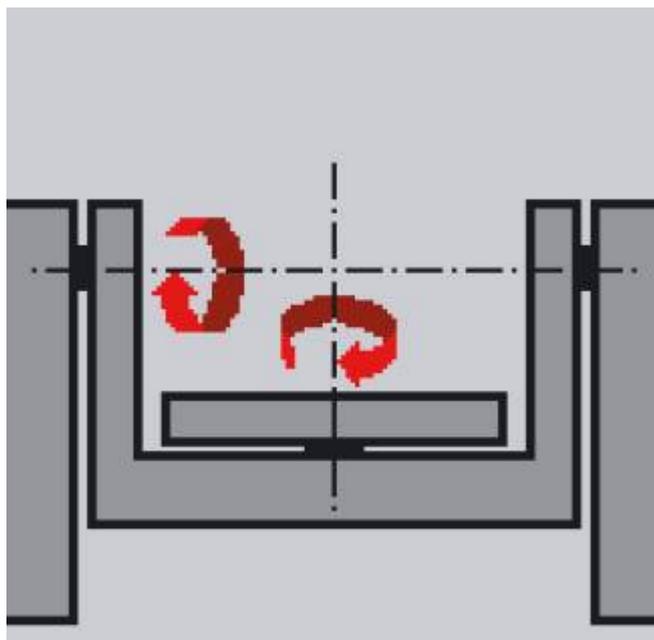


图 4-12 双转台结构示意图

## 示 例

AC 双转台结构五轴机床，主动轴为 A 轴，从动轴为 C 轴，则转台结构类型为 AC。

## 6.13 转台第一旋转轴方向矢量

参数编号	040426~040428
参数名称	转台第一旋转轴方向矢量
数据单位	
数据类型	REAL
数值范围	-21470.0~-21470.0
缺省数值	0.0
访问级别	机床厂家权限

生效方式	复位生效

## 说 明

该参数设定转台主动轴的轴线方向，与摆头方向相反，支持任意轴线方向。

## 图 示

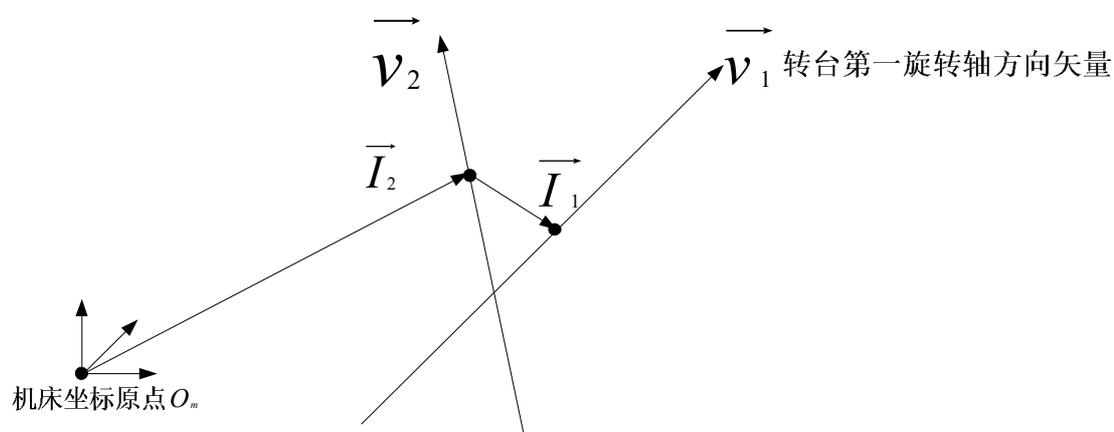


图 4-13 转台第一旋转轴方向矢量示意

## 示 例

AC 双转台结构五轴机床，主动轴为 A 轴，则转台第一旋转轴方向矢量设置如下：

- Parm40426 “转台第一旋转轴方向矢量(X)”设置为-1
- Parm40427 “转台第一旋转轴方向矢量(Y)”设置为 0
- Parm40428 “转台第一旋转轴方向矢量(Z)”设置为 0

## 6.14 转台第二旋转轴方向矢量

参数编号	040429~040431
参数名称	转台第二旋转轴方向矢量
数据单位	
数据类型	REAL
数值范围	-21470.0~-21470.0
缺省数值	0.0
访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

### 说 明

该参数设定转台从动轴的轴线方向，与摆头方向相反，支持任意轴线方向。

### 图 示

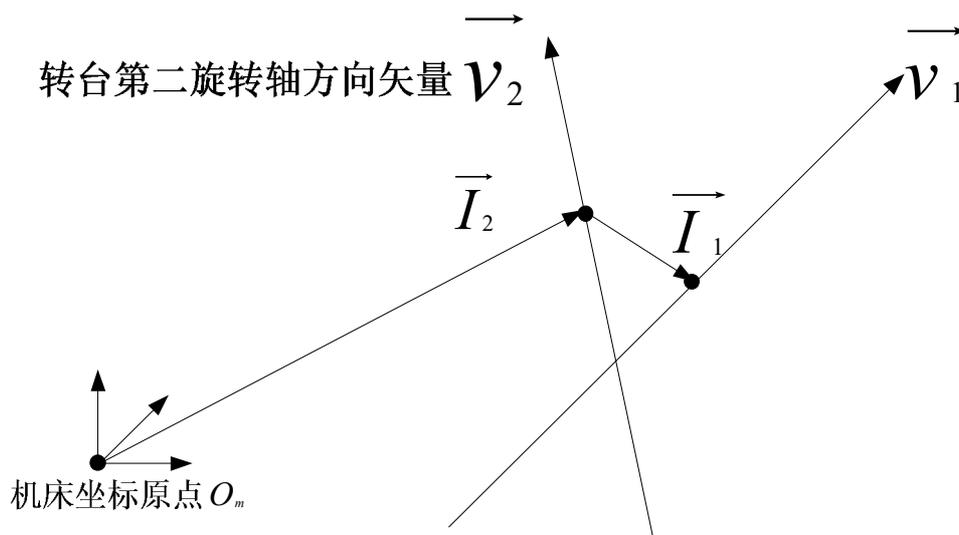


图 4-14 转台第二旋转轴方向矢量示意

## 示 例

AC 双转台结构五轴机床，从动轴为 C 轴，则转台第二旋转轴方向矢量设置如下：

- Parm40429“转台第二旋转轴方向矢量(X)”设置为 0
- Parm40430 “转台第二旋转轴方向矢量(Y)”设置为 0
- Parm40431 “转台第二旋转轴方向矢量(Z)”设置为-1

## 6.15 转台第一旋转轴偏移矢量

参数编号	040432~040434
参数名称	转台第一旋转轴偏移矢量
数据单位	
数据类型	REAL
数值范围	-21470.0~-21470.0
缺省数值	0.0

访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

## 说 明

该参数设定转台第一旋转轴偏移矢量，主动轴相对于从动轴的偏移矢量。

## 图 示

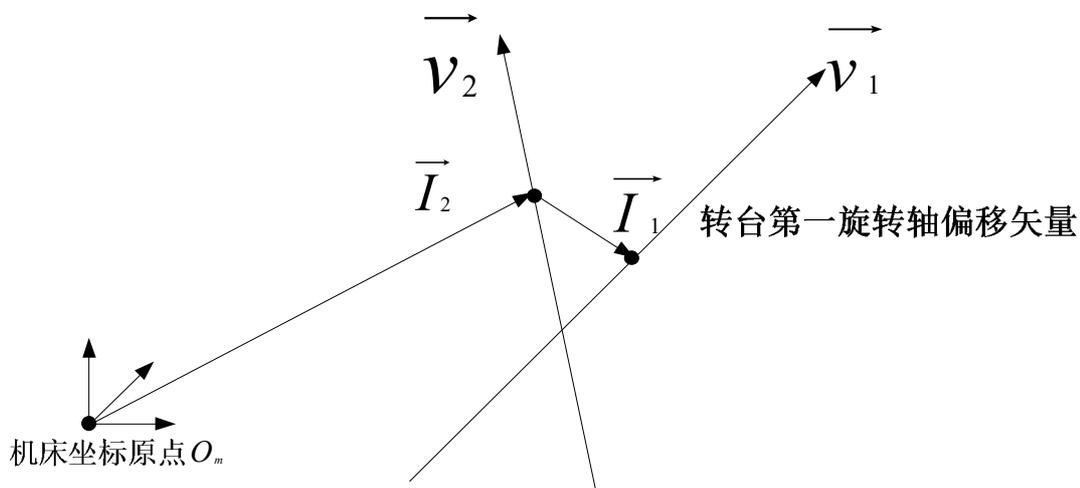


图 4-15 转台第一旋转轴偏移矢量示意

## 示 例

AC 双转台结构五轴机床，主动轴 A 轴相对于从动轴 C 的偏移矢量为(0,10,0)

- Parm40432 “转台第一旋转轴偏移矢量(X)”设置为 0
- Parm40433 “转台第一旋转轴偏移矢量(Y)”设置为 10
- Parm40434 “转台第一旋转轴偏移矢量(Z)”设置为 0

## 6.16 转台第二旋转轴偏移矢量

参数编号	040435~040437
------	---------------

参数名称	转台第二旋转轴偏移矢量
数据单位	
数据类型	REAL
数值范围	-21470.0~-21470.0
缺省数值	0.0
访问级别	机床厂家权限
生效方式	复位生效

### 说 明

该参数设定转台第二旋转轴偏移矢量，从动轴相对于机床零点的偏移矢量。

### 图 示

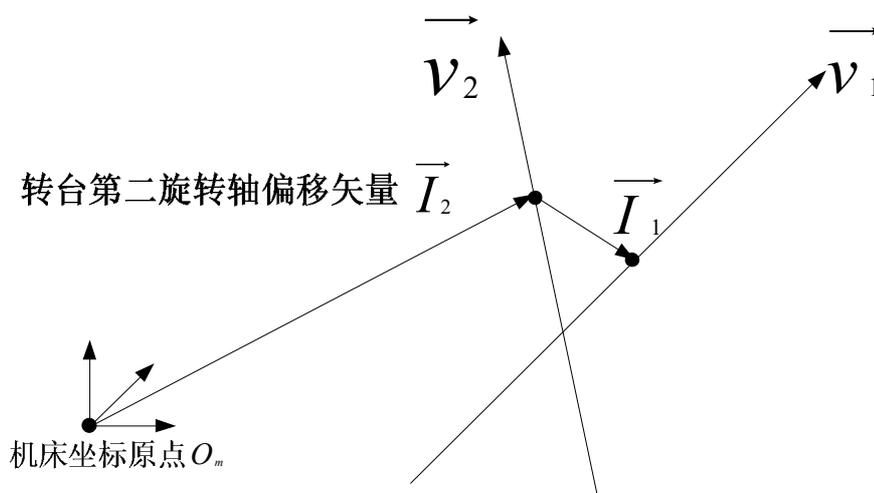


图 4-16 转台第二旋转轴偏移矢量示意

### 示 例

AC 双转台结构五轴机床，从动轴 C 轴相对于机床零点的偏移矢量为 (-20,-40,-150)

- Parm40435“转台第二旋转轴偏移矢量(X)”设置为-20
- Parm40436 “转台第二旋转轴偏移矢量(Y)”设置为-40
- Parm40437 “转台第二旋转轴偏移矢量(Z)”设置为-150

## 第 7 章 五轴 PLC 介绍

用户可以根据根据不同的五轴机床结构，很容易的对 PLC 进行修改，降低五轴机床控制方面的调试难度。

华中 8 型五轴 PLC 程序主要是在标准的铣床 PLC 上，增加和完善了如下的内容：

- (1) 增加了对两个旋转轴控制的单独的控制子程序；
- (2) 处理一些报警和保护功能；
- (3) 增加手动法向退刀模块

下面对 PLC 的修改内容，分别说明如下：

### 7.1 新增 IO 对照表（系统面板）

索引	寄存器(I/Q)	IO点(X/Y)	电平	周期	符号名	注释
1	I100.0	X481.0	0	1	自动	
2	I100.1	X481.1	0	1	单段	
3	I100.2	X480.0	0	1	手动	
4	I100.3	X480.1	0	1	手轮	
5	I100.4	X480.2	0	1	回参考点	
6	I100.5	X483.4	0	1	刀具松/紧	
7	I100.6		0	1		
8	I100.7	X480.6	0	1	空运行	
9	I101.0	X480.7	0	1	程序跳段	
10	I101.1	X481.6	0	1	选择停	
11	I101.2		0	1		
12	I101.3	X481.7	0	1	机床锁住	
13	I101.4	X482.6	0	1	防护门	
14	I101.5	X484.7	0	1	机床照明	

图 5-1 系统面板 IO 对照表

系统面板 IO 对照表中，寄存器（I/Q）注释信息和梯形图内的逻辑位置已定义好，无需修改。用户使用时，根据 MCP 面板各功能按键点位的（如自动、单段、手动等）X 输入点位对应 I 寄存器，Y 输出点位对应 Q 寄存器。系统规划给系统面板 IQ 寄存器地址范围为 80~127。

以上 IQ 和 XY 映射关系可单独生成一份 IO 对照表（系统面板）（\*.IOTS），由 PLC 编辑软件 HNC ladder 输出或者载入至 PLC 文件中，如 808D 铣床面板 IO 对照表.IOTS、818D 不带手摇标准铣床面板.IOTS 等。

## 7.2 新增 IO 对照表（用户）

用户 IO 对照表中，寄存器（I/Q）注释信息和梯形图内逻辑位置已定义好，无需修改。用户使用，根据现场 IO 装置的定义，将现场的 X 输入信号对应 I 寄存器，Y 输出信号对应 Q 寄存器。系统规划给用户 IQ 寄存器地址范围为 0~79。

以上 IQ 和 XY 映射关系可单独生成一份 IO 对照表（用户输入输出）（\*.IOTU），由 HNC ladder 输出或者载入至 PLC 文件中。该 IO 对照表（用户输入输出）可保存为某一用户现场专用的 IO 对照表。

**注意：**在 V2.4 版本中两个 IO 对照表中定义的 I、Q 寄存器最多支持 256 组。若超出，载入 PLC 至系统时启动失败。该问题在下一版本解决。

索引	寄存器(I/Q)	IO点(X/Y)	电平	周期	符号名	注释
1	I0.0		0	0	紧刀到位	
2	I0.1		0	0	松刀到位	
3	I0.2		0	0	扣刀	
4	I0.3		0	0	原点	
5	I0.4		0	0	刹车	
6	I0.5		0	0		
7	I0.6		0	0	刀库计数	
8	I0.7		0	0	刀库零位	
9	I1.0		0	0	前进/到刀	
10	I1.1		0	0	后退/回刀	
11	I1.2		0	0		
12	I1.3		0	0	润滑报警	
13	I1.4		0	0		
14	I1.5		0	0	气压报警	

图 5-2 用户 IO 对照表

## 7.3 新增 K 参数开关

地址	注释	7	6	5	4	3	2	1	0
K0	面板类型	0	0	0	0	0	0	0	1
K1	刀库类型	0	0	0	0	0	0	0	1
K2	刀库调试1	0	0	0	0	0	0	0	0
K3	刀库调试2	0	0	0	0	0	0	0	0
K4	主轴功能	0	0	0	0	0	0	0	0
K5	轴移动选择	0	0	0	0	0	0	0	0
K6	进给轴	0	0	0	0	0	0	0	0
K7	手摇功能	0	0	0	0	1	0	1	0
K8	润滑功能	0	0	0	0	0	0	0	0
308D面板(K0.0)									
808D面板									

图 5-3 新增 K 参数开关

K 参数开关，用于替换 PLC 开关。K 参数每组分为 0-7 共 8 个点位，16 组共 128 个点位。目前已根据 K 参数功能划分如下组，如 K0 组：面板类型；K1 组刀库类型；K2、K3 组：刀库调试；K4 组:主轴功能等。目前新版 PLC 中 K 参数规划如下表：

表 5-1 K 参数功能组合表

组别	K 参数地址	K 参数符号名	注释
面板类型	K0.0	808D 面板	808D 标准铣床 MCP 面板
	K0.1	818D 标无手摇	818D 不带手摇标准铣床 MCP 面板
	K0.2	848D(预留)	五轴 848D 面板
	K0.3	818D 无手摇钻攻	818D 无手摇钻攻 MCP 面板
	K0.4	818D 无手摇 6 轴	818D 无手摇 6 轴钻攻 MCP 面板
	K0.5	818D 带手摇	818D 带手摇钻攻 MCP 面板
刀库类型	K1.0	机械手（圆盘）刀库	机械手（圆盘）加工中心刀库
	K1.1	斗笠式刀库	斗笠式加工中心刀库
	K1.2	钻攻计数刀库	钻攻中心刀盘计数信号选刀刀库
	K1.3	PMC 钻攻刀库	钻攻中心 PMC 选刀刀库

	K1.4	TDS 伺服刀库	TDS 第三方点位控制伺服刀库
	K1.7	刀库屏蔽	开启刀库功能屏蔽 0: 不屏蔽; 1: 屏蔽刀库
刀库调试 1	K2.0	刀库调试	刀库调试功能开启 0: 不开启; 1: 开启
	K2.1	刀臂调试	机械手刀库刀臂调试功能开启 0: 不开启; 1: 开启
	K2.2	刀库计数信号转换	刀库计数信号选择 0: 常开; 1: 常闭
	K2.3	刀位计时限制	旋转单个刀位计时功能开启
	K2.4	12TOOL 钻攻	刀库容量 12 把刀, 仅适用钻攻中心刀库
	K2.5	16TOOL	刀库容量 16 把刀
	K2.6	21TOOL	刀库容量 21 把刀
	K2.7	24TOOL	刀库容量 24 把刀
刀库调试 2	K3.0	刀库单步调试开启	刀库单步换刀功能开启 0: 关闭; 1: 开启
	K3.1	下一把刀功能开启	MCP 面板下把刀调用功能开启
	K3.2	开大刀功能开启	开启大小刀管理功能
	K3.3	主轴松紧刀有效	0: 主轴松紧刀无到位信号; 1: 主轴松紧刀有到位信号
	K3.4	重排刀库功能开启	刀库在零位时, M38 重排刀号功能开启
	K3.5	位置定向允许	钻攻刀库 Z 轴位置 > 0 自动定向允许 0: 不允许; 1: 允许
	K3.6	面板松刀按钮	1: 面板换刀允许, 刀具松紧按键和外部松刀按钮都有效; 0: 仅外部松刀按钮有效
	K3.7	预选刀倒刀开启	T 指令预选刀到位后倒刀套功能开启 0: 关闭; 1: 开启
主轴功能	K4.0	主轴 G01 保护	主轴未旋转不能运行 G01 保护功能开启 0: 关闭; 1 开启
	K4.1	主轴过载保护	主轴负载电流过载保护功能开启 0: 关闭; 1 开启 (需设置坐标轴参数 105087)

	K4.2	主轴限流开启	主轴限流功能开启 0: 关闭; 1: 开启
	K4.3	主轴速度到达检查	M3、M4 主轴速度到达是否检查 0: 检查; 1: 不检查
轴移动选择	K5.0	X 轴负向键回零	X 轴回零功能, 由负方向键开启 0: 正方向键开启; 1: 负方向键开启
	K5.1	快进按键自锁有效	0: 快进按键自锁无效; 1: 快进按键自锁有效
第四轴旋转轴	K6.0	四轴有效	四轴有效选择 0: 无效; 1: 有效
	K6.1	四轴不断使能	四轴锁紧时不断使能
	K6.2	四轴断使能	四轴锁紧时断使能 (自动松开夹紧)
	K6.3	外接四轴松紧键 ON	外接四轴松紧键有效 (使用前提: K6.1=1)
	K6.4	四轴无松紧检测	四轴无松/紧到位检测信号
	K6.5	四轴松紧到位切换	四轴松/紧到位信号交换
	K6.6	四轴单步调试	四轴自动松紧单步调试 (使用前提: K6.2=1)
	K6.7	第四轴松紧到位信号分开	K6.7=1: 四轴松开到位和夹紧到位信号分开, 各有一个 K6.7=0: 四轴松开到位和夹紧到位信号共用一个输入信号
手摇功能	K7.0	点位式手摇	手摇轴选与倍率选择为点对点信号
	K7.1	组合式手摇	手摇轴选与倍率选择为组合点位开关 (如 848D 面板)
	K7.2	MCP 面板手摇	MCP 面板手轮选择 0: 未选; 1: 选择
	K7.3	手轮中断开启	手轮插入功能开启 0: 不开启; 1: 开启
	K7.4	手摇试切开启	手摇试切功能开启 0: 不开启; 1: 开启
润滑功能	K8.0	PLC 润滑功能开启	PLC 控制输出进行润滑 0: 关闭; 1: 开启
	K8.1	润滑计时方式	0: 开机计时; 1: 有轴移动才开启计时

	K8.2	上电是否自动润滑	0: 上电时不自动润滑; 1: 上电自动润滑
	K8.3	润滑压力报警屏蔽	0: 不屏蔽; 1: 屏蔽
	K8.4	润滑油压力屏蔽	润滑油压力检测 0: 不屏蔽; 1: 屏蔽
功能选择开关 1	K9.0	排屑正反有效	排屑由正反两个按键控制
	K9.1	排屑正停反有效	排屑由正停反三个按键控制
	K9.2	主轴中心出水开启	主轴中心出水开启 0: 关闭; 1: 开启
	K9.3	吹屑开启	吹屑功能开启 0: 关闭; 1: 开启
	K9.4	后冲水开启	机床后排冲水功能开启 0: 关闭; 1: 开启
	K9.5	看门狗 X9/Y9	0: 不选择; 1: 选择 HIO-1000 IO 看门狗
	K9.6	看门狗 X19/Y19	0: 不选择; 1: 选择 HIO-1200 IO 看门狗
功能选择开关 2	K9.7	IO 看门狗报警使能	IO 看门狗报警使能 0: 关闭; 1: 打开
	K10.0	防护门功能开启	防护门功能开启 0: 关闭; 1: 开启
	K10.1	气压检测开启	气压检测功能开启 0: 关闭; 1: 开启
	K10.2	M30 工件计数选择	M64/M30 工件计数功能选择 0: 由 M64 进行工件计数; 1: 由 M30 进行工件计数
	K10.3	MST_LOCK	MST_LOCK 功能开启 0: 关闭; 1: 开启
	K10.5	硬限位开关有效	硬限位开关信号有效 0: 无效; 1: 有效
功能选择开关 3	K10.6	黄灯控制可选	0: 不控制（无输出）; 1: 控制
	K11.0	智能化功能	智能化功能 PLC 采样开启 0: 关闭; 1: 开启
	K11.1	手动干预返回开启	0: 不开启; 1: 开启。需先将通道 59 号参数设置为 1007, 否则系统报警。
第五轴旋转轴	K11.3	刀长自动测量功能	0: 不开启; 1: 开启。开通刀长自动测量功能需先开通 K14.3 对刀仪功能
	K12.0	五轴有效	五轴有效选择 0: 无效; 1: 有效
	K12.1	五轴不断使能	第五轴锁紧时不断使能
	K12.2	五轴断使能	第五轴锁紧时断使能（自动松开夹紧）

	K12.3	外接五轴松紧键 ON	外接五轴松紧键有效（使用前提：K12.1=1）
	K12.4	五轴无松紧检测	第五轴无松紧到位检测信号
	K12.5	五轴松紧到位切换	第五轴松紧到位信号交换
	K12.6	五轴单步调试	第五轴自动松紧单步调试（使用前提： K12.2=1）
	K12.7	第五轴松紧到位信号分开	K2.7=1:五轴松开到位和夹紧到位信号分开， 各有一个 K12.7=0:五轴松开到位和夹紧到位信号共用 一个输入信号
信号处理	K13.0	手摇急停屏蔽	手摇急停屏蔽 0: 手摇急停有效；1: 手摇急停无效
	K13.1	面板急停屏蔽	面板急停屏蔽 0: 面板急停有效；1: 面板急停无效
测量功能	K14.0	工件测量开	工件测量功能开启 0: 关闭；1: 开启
	K14.1	工件测头脉冲	工件测头信号 0: 为电平信号；1: 为脉冲信号
	K14.3	对刀仪功能开	对刀仪功能开 0: 关闭；1: 开启
	K14.4	探头保护开	探头保护功能开启 0: 关闭；1: 开启

## 7.4 简易调试步骤

- (1) 进入系统，在机床厂家及以上权限，通过按“诊断→梯形图→梯图信息→IO对照表→用于IO”菜单，进入用户IO设定界面。将机床用户IO的定义的XY输出输入信号，对应的填入“用户IO对照表”中，形成映射关系。

1	I0.0	X2.1	0	1	紧刀到位
2	I0.1	X2.0	0	1	松刀到位
3	I0.2	X3.5	0	1	扣刀
4	I0.3		0	1	刀臂原点
5	I0.4	X2.2	0	1	刀臂刹车
6	I0.5		0	0	
7	I0.6	X0.5	0	0	刀库计数
8	I0.7	X0.4	0	1	刀库零位
9	I1.0	X2.6	0	0	前进/倒刀...
10	I1.1	X2.5	0	0	后退/回刀...
11	I1.2		0	0	
12	I1.3		0	0	润滑报警
13	I1.4		0	0	
14	I1.5	X1.1	0	0	气压报警

图 5-4 用户自定义 IO 映射配置

- (2) 在机床厂家及以上权限，通过按“诊断→梯形图→梯图信息→K 参数”菜单，进入 K 参数设定界面。根据机床刀库类型、主轴功能、进给轴功能等以及 K 参数界面的 K 参数值含义介绍，设定机床 PLC 的 K 参数。机床刀库调试、各功能的开启关闭均通过 K 参数的设定来完成，具体可参考《V2.4 版 PLC 功能说明书》。

地址	注释	7	6	5	4	3	2	1	0
K0	面板类型	0	0	0	0	0	0	0	1
K1	刀库类型	0	0	0	0	0	0	1	0
K2	刀库调试1	0	0	0	0	0	0	0	0
K3	刀库调试2	0	0	0	0	0	0	0	0
K4	主轴功能	0	0	0	0	0	1	0	0
K5	回零方式	0	0	0	0	0	0	0	1
K6	进给轴	0	0	0	0	0	1	0	0
K7	排屑吹气	0	0	0	0	0	0	0	1
K8	润滑功能	0	0	0	0	0	0	0	1

808D面板(K0.0)

图 5-5 用户自定义 K 参数配置

(3) 辅助功能配置

- 若现场配置 HIO-1000，请开启 K9.5 看门狗 X9/Y9，若配置 HIO-1200，请开启 K9.6 看门狗 X19/Y19。
- 根据现场是否配置手摇及手摇急停信号是否有效，选择开启或关闭 K13.0 手摇急停屏蔽。
- 检查用户 IO 对照表以及 K 参数设定完毕后，解开面板急停进行其他功能调试。

## 7.5 重点功能 PLC 说明

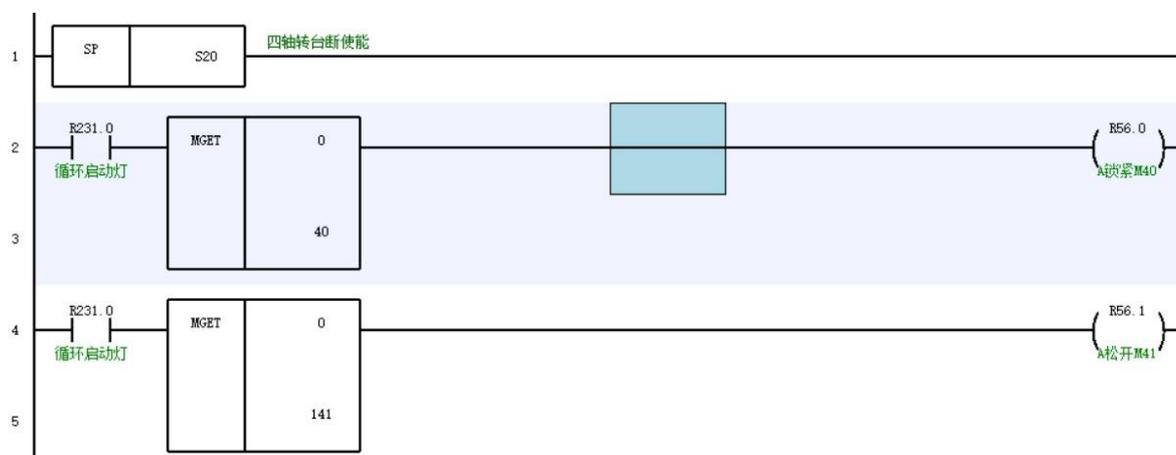
### 7.5.1 第四轴和第五轴功能子程序模块

五轴机床，比普通铣床，多了两个轴控制，为了方便 PLC 调试，将新增加的轴，写在独立的子程序中，进行 PLC 控制。

第四轴和第五轴功能说明

旋转轴	夹紧	松开
第四轴	M40	M41
第五轴	M45	M46

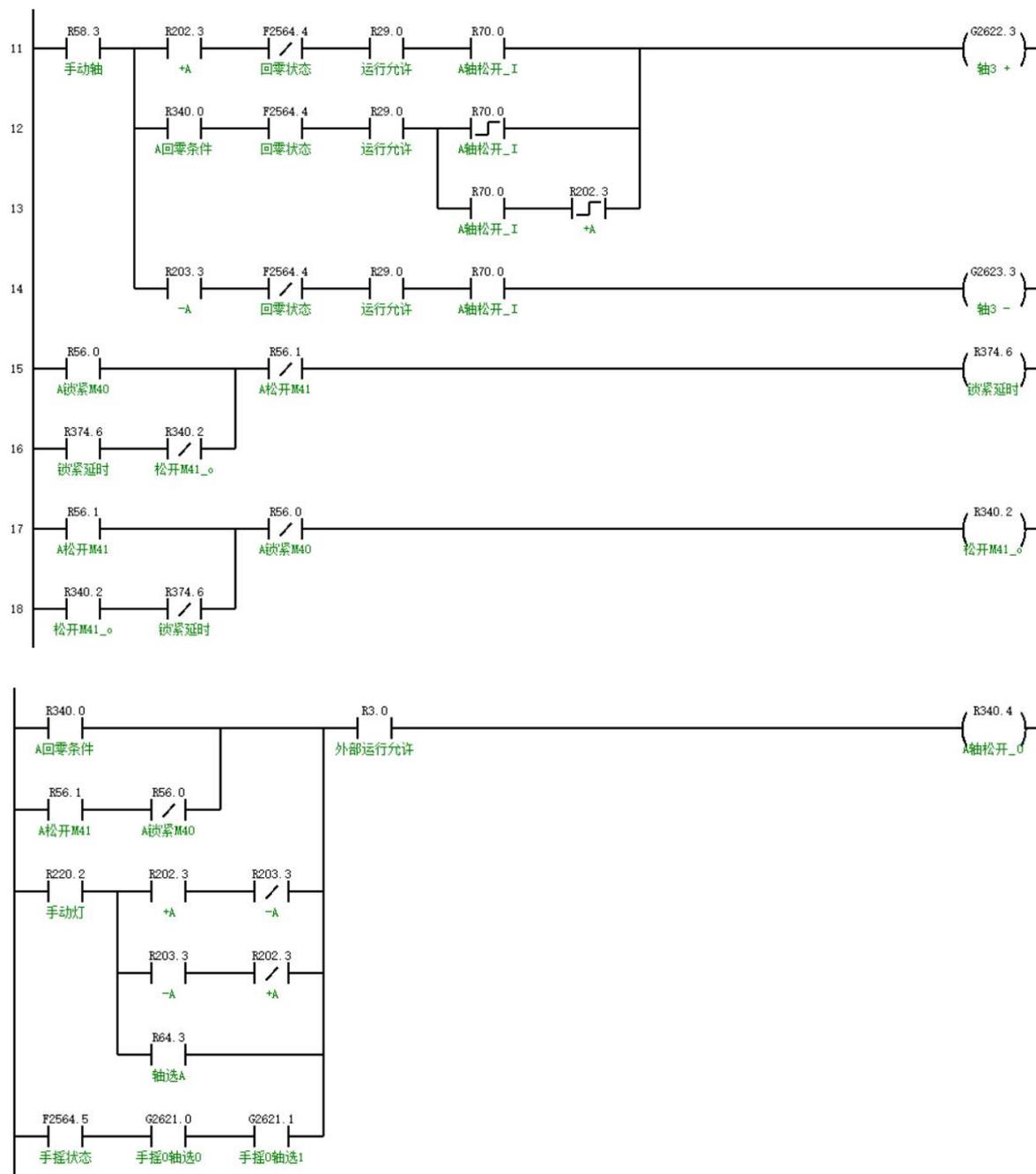
第四轴和第五轴功能在子程序 S20 和 S21 中，下面针对 A 轴功能子程序进行简单介绍：

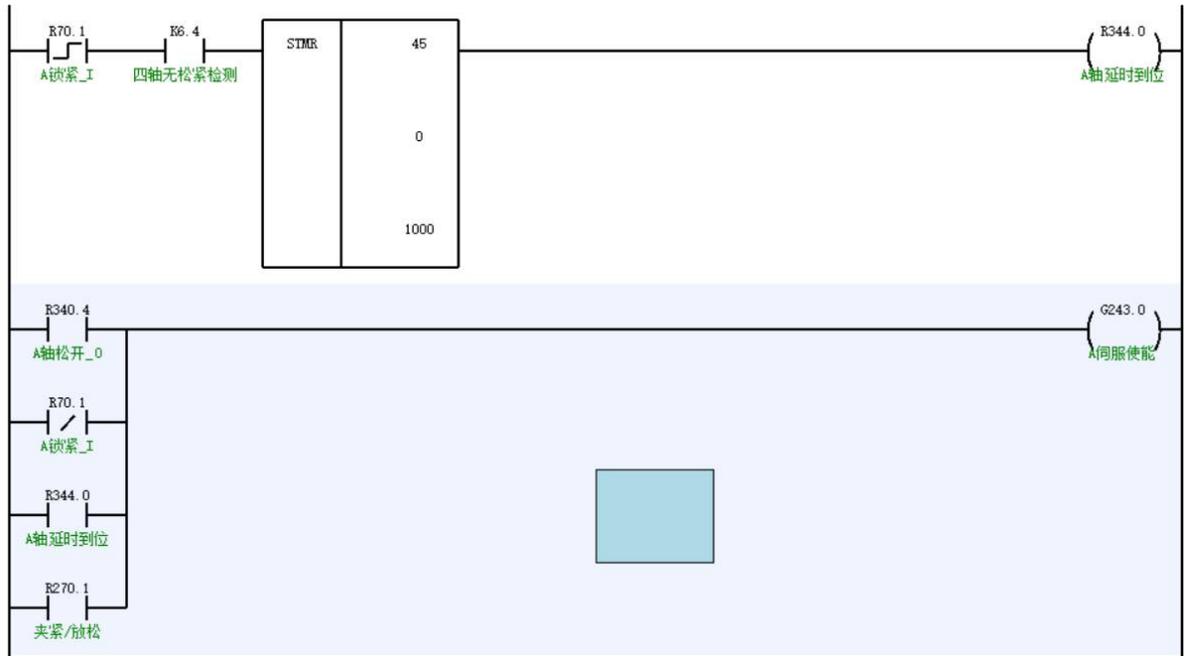


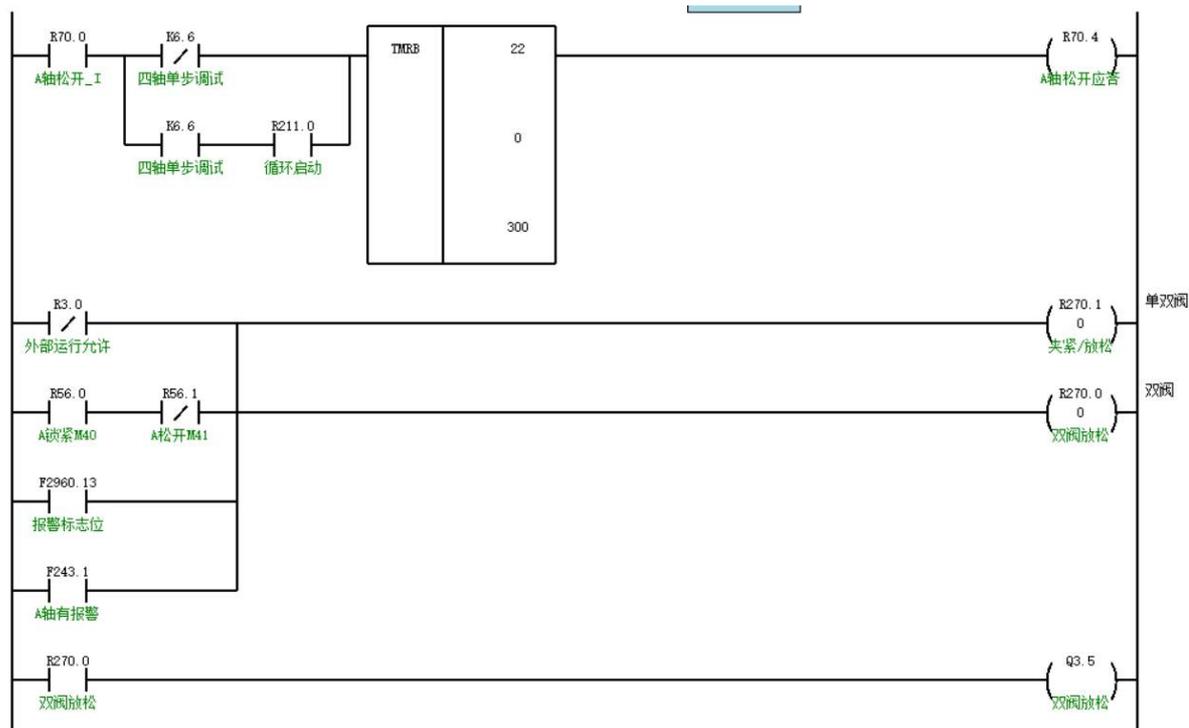
以上是 A 轴的自动松开夹紧代码，在此需要进行松开到位和夹紧到位信号点的修改，以及松开和夹紧报警延时时间的修改：



轴使能信号在子程序中，和松开夹紧信号有一定的；







A 轴的手动控制也增加在了子程序模块中，轴移动的首要条件就是要将 A 轴的松开 M 代码打开，在此子程序中手动状态下 A 轴是默认在松开状态，切到自动和单段时自动夹紧；

### 7.5.2 MCP 面板点位对应图

#### (1) 818BM 面板 X 输入 Y 输出点为对照表

表 5-2 818BM 面板点位对照

	0	1	2	3	4	5	6	7
X480	自动	单段	手动	增量	回参 考点	换刀 允许	刀具 松紧	空运行
X481	程序 跳段	选择停	Z 轴 锁住	机床 锁住			刀库 正转	刀库 反转
X482	X	Y	Z	0%	25%	主轴正转	主轴 停止	主轴 反转
X483	工作灯	A	B	C	50%	100%	主轴 定向	主轴 点动
X484	主轴 制动	防护 门	7	8	9	F1	F2	冷却

X485	润滑	吹屑	自动 断电	—	快进	+	F3	F4
X486	排屑 正转	排屑 停止	排屑 反转	超程 解除	循环 启动	进给 保持		
X487	主轴修调							
X488	手摇急停、手摇轴选和手摇倍率							
X489	进给修调							
X490	手摇每周周期增量脉冲							
X491								

## (2) 848 二代面板 X 输入 Y 输出点为对照表

表 5-3 848DM 面板点位对照

	0	1	2	3	4	5	6	7
X480	自动	单段	手动	主轴 正转	主轴 停止	主轴 反转	自定义 备用	自定义 备用
X481	自定义 备用	MDI	程序 跳段	回参 考点	主轴 定向	冷却	主轴 点动	自定义 备用
X482	自定义 备用	自定义 备用	选择停	手摇 模式	机床 锁住	X	Y	Z
X483	自定义 备用	自定义 备用	自定义 备用				A	B
X484	C	自定义 备用	自定义 备用	自定义 备用	快移 倍率0	快移 倍率25	防护 门	轴7
X485	轴8	循环 启动	进给 保持	轴9	快移 倍率50	快移 倍率100	机床 照明	JOG—
X486	快进	JOG+						
X487	主轴修调倍率							
X488	进给轴修调倍率							
X489								
X490								
X491								
X497	手摇							

## 第 8 章 重点说明

（1）使用本系统时，请将参数【000353】五轴功能应用设为 1，以保证五轴所有功能可以正常使用。

（2）本系统支持 CATIA、UG 和 Cimatron 等主流 CAM 厂家生成的五轴加工程序，为用户提供对应的 CAM 五轴后置处理包。

（3）仅 Cimatron 全面支持斜面加工循环后置处理，生成的程序可以直接运行。其他厂商生成的程序需要手动修改，以便完成斜面加工工艺。

（4）使用任意行加工时，需根据当前轴配置情况，正确设置参数【040114】任意行轴到位顺序，否则无法正常使用。例如 AC 双摆头结构机床，该参数设为 101211。扫描模式可以正常直接使用，非扫描模式加工需要在 MDI 模式下开启 RTCP 功能。

## 附录 A AC 双转台标定方法

### 1. 机床标定前检测

- 1) 保证机床 X、Y、Z 轴的几何精度已经测量过。
- 2) 测定 A 轴的轴线，C 轴的轴线，A 轴零位。

#### ◆ A 轴的轴线

A 轴的轴线必须保证与 X 轴平行，将百分表安装在主轴头上。在工作台上找一个 YZ 平面，表压在平面上，此时转动 A 轴，观察表的数值是否有变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

#### ◆ C 轴的轴线及 A 轴零位

将百分表安装在主轴可转动部分，表针打在工作台面上，用手转动主轴，观察表读数变化，调整转台安装使 X 方向误差在允许范围内，调整 A 轴角度，使 Y 方向误差在允许范围内，并将此时的 A 轴位置定为其零位。（此种测量方法假设已保证工作台面与 C 轴轴线垂直）

C 轴的轴线必须保证与 Z 轴平行，将百分表安装在主轴头上。A 轴零位时，在工作台上找一个 XY 平面，表压在平面上，此时转动 C 轴，观察表的数值是否有变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

- 3) 检查 A 轴及 C 轴的定位精度

#### ◆ A 轴位置

步骤 1:

- a) A 轴、C 轴回零。
- b) 安装百分表在主轴头上，将百分表打在工作台上表面。
- c) 沿 Y 方向来回移动工作台。
- d) 观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

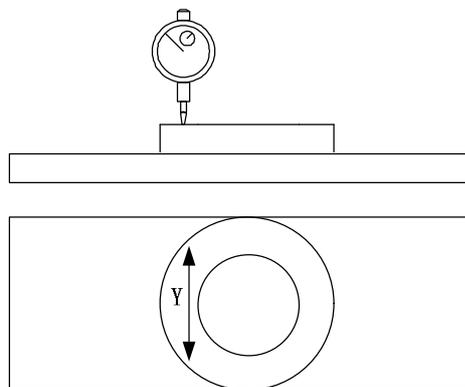


图 A-1-1 A 轴精度检测

步骤 2:

- a) A 轴 90 度、C0 度。
- b) 安装百分表在主轴头上，将百分表打在工作台上表面。
- c) 沿 Z 方向来回移动主轴头。
- d) 观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

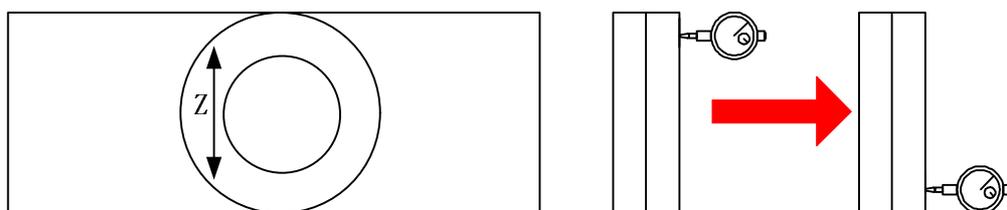


图 A-1-2 A 轴精度检测

#### ◆ C 轴位置

- a) 在转台上安装方规，C 轴 0 度时，使方规的一个平面与 YZ 平面平行；
- b) 将 C 轴分别旋转 0 度、90 度、180 度、270 度；
- c) 百分表安装在主轴上，表针打在竖直平面上，上下移动主轴，观察读数变化。

A、C 轴定位精度合格的前提下，才能进行后面的 RTCP 参数标定，否则，需要对旋转轴做相应的调整或补偿。

## 2. 机床 RTCP 参数标定

RTCP 需要标定的参数包括：C 转台中心矢量，AC 轴线偏移矢量。

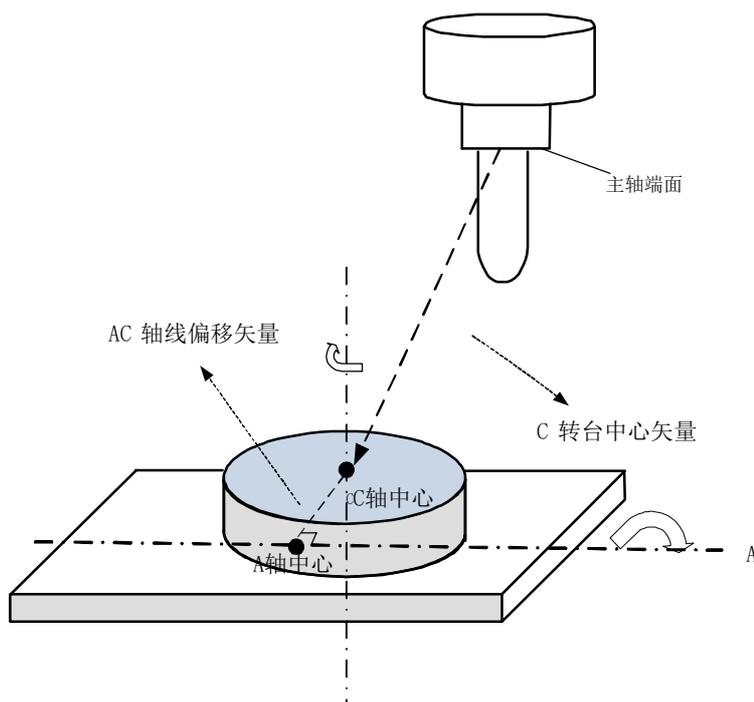


图 A-2 RTCP 参数示意图

### (1) C 转台中心 X、Y 偏移矢量

步骤 1:

- a) A 轴 0 度，C 轴 0 度。
- b) 安装寻边器在主轴头上，将下检测头打到 C 轴边缘高度。
- c) 将下测头打至 C 轴内径左右边缘，记录 X 轴坐标为 X1、X2。
- d) 计算 C 轴的 X 坐标： $X_c = (X1 + X2) / 2$ 。

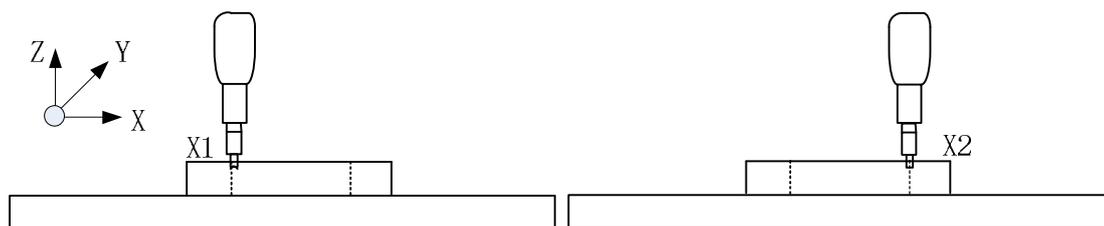


图 A-3 C 轴 X 方向回转中心

- e) 将下测头打至 C 轴内径前后边缘，记录 Y 轴坐标为 Y1、Y2。
- f) 计算 C 轴的 Y 坐标： $Y_c = (Y1 + Y2) / 2$ 。

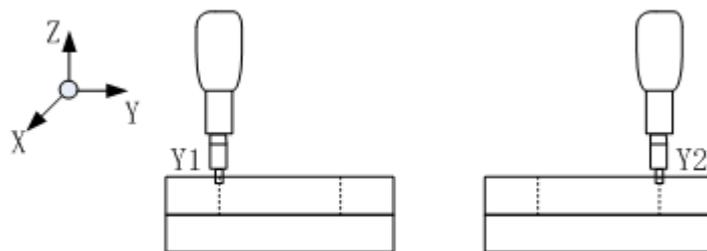


图 A-4 C 轴 Y 方向回转中心

步骤 2:

- a) 安装百分表在主轴头上。
- b) 调整工作台 X、Y 坐标为 Step1 中计算出的位置。
- c) 主轴头安装检棒。
- d) C 轴旋转，微调 X、Y 坐标，使 C 轴转一圈百分表读数在 2 丝以内。
- e) 记录当前坐标  $X_c$ 、 $Y_c$  为 C 轴 X、Y 坐标。

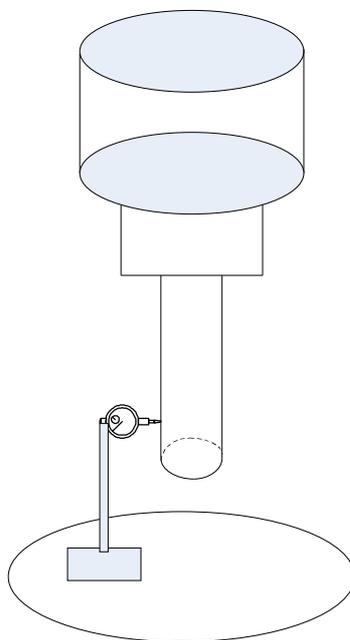


图 A-5 C 轴回转中心检测

## (2) AC 轴线的偏移矢量

这里只需要标定 AC 轴线 Y 方向偏移矢量。根据 A 轴的行程范围，采用不同的标定方法。

➤ A 轴能转 90 度和-90 度

步骤 1:

- a) A 轴转-90 度。
- b) 安装百分表在主轴上。
- c) 将百分表打到 C 轴转台外径最高点。

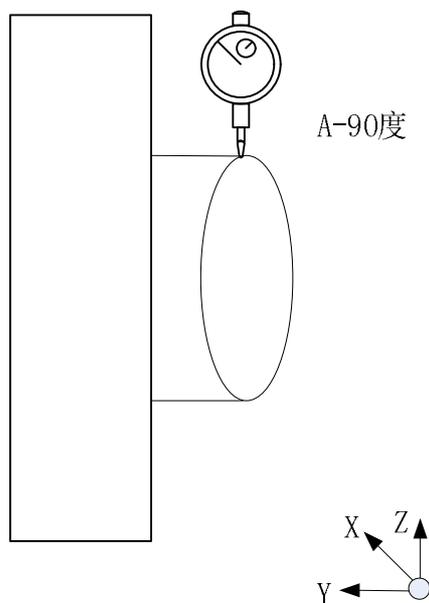


图 A-6-1 A 轴可 $\pm 90^\circ$ 旋转时 AC 轴线偏移矢量

- d) Z 轴相对清零。

步骤 2:

- a) A 轴转 90 度。
- b) 将百分表打到 C 轴转台外径最高点，保持与 Step1 的读数相同。

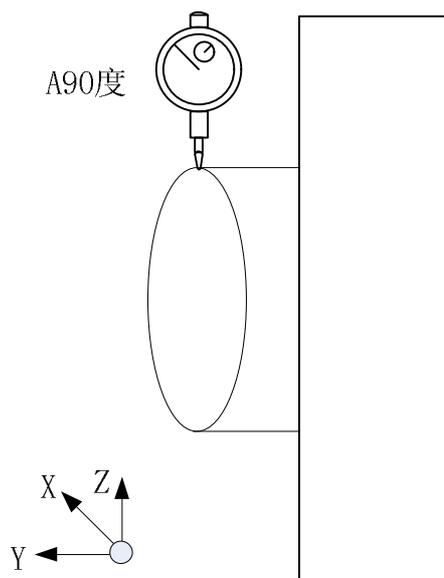


图 A-6-2 A 轴可±90°旋转时 AC 轴线偏移矢量

- c) 读取 Z 轴的相对坐标值，记录为 Z1。
- d) 则  $OFFY = Z1/2$ 。

➤ A 轴不能转 90 度，或者-90 度

选取靠近 A 轴正负行程最大位置，本例子为  $A \pm 40$  度。

步骤 1:

- a) 将百分表安装在主轴头上。
- b) A 轴 0 度位置，找到工作台 X 轴方向最高点，X 轴相对清零。

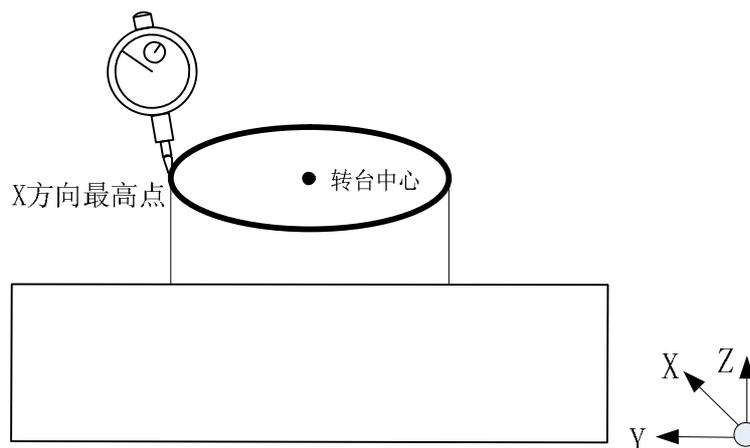


图 A-7-1 A 轴不可±90°旋转时 AC 轴线偏移矢量

步骤 2:

- a) A 轴-40 度，C 轴 0 度。

b) 保证 X 轴相对零位，移动 Y 和 Z 轴，将百分表打到下图所示工 作台面边缘点。Z 轴相对清零。

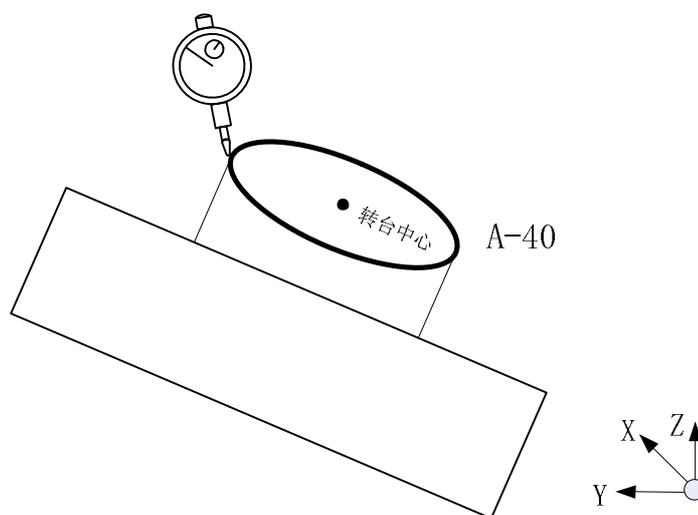


图 A-7-2 A 轴不可 $\pm 90^\circ$ 旋转时 AC 轴线偏移矢量

步骤 3:

- a) A 轴 40 度，C 轴 0 度。
- b) 保证 X 轴相对零位，移动 Y 和 Z 轴，将百分表打到下图所示工作台面边缘点。保证与 Step2 读数相同。

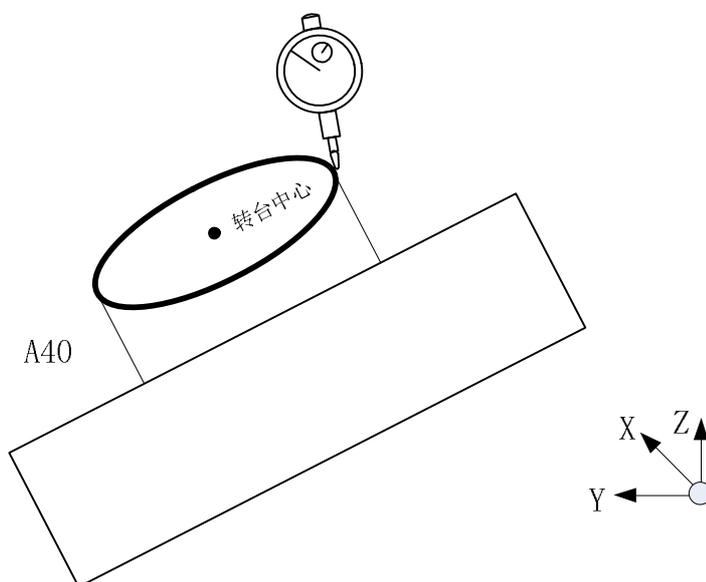


图 A-7-3 A 轴不可 $\pm 90^\circ$ 旋转时 AC 轴线偏移矢量

- c) 读取当前 Z 的相对坐标，记录为 Z1。
- d) 则  $AC\_OFFY = Z1/2$ 。

**注意：**AC 轴线 Y 方向偏移矢量通过手动标定不太方便，由于其值一般情况下比较小，可以

暂时设定 AC\_OFFY 为 0，最后通过标准球来进行修正。

### (3) C 轴中心 Z 偏移矢量

步骤 1:

- a) A 轴 0 度，C 轴 0 度。
- b) 装夹工件毛坯在工作台上，安装刀具。
- c) 将工作台打到 C 轴中心 X、Y 偏移矢量位置处，Y 轴坐标相对清零。
- d) 将刀尖打到工件上表面，记录当前 Z 坐标为 Z1。

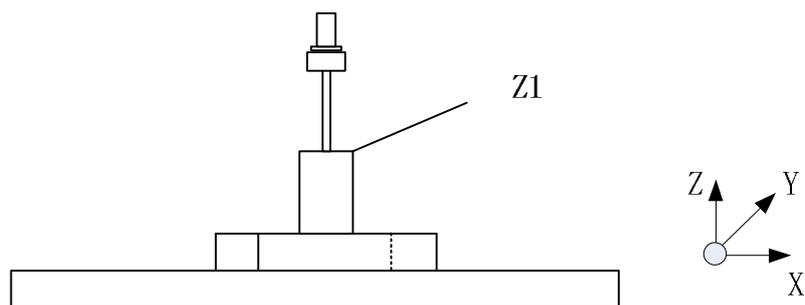


图 A-8-1 C 轴中心 Z 向偏移矢量

步骤 2:

- a) A 轴-90 度，C 轴 0 度
- b) 对刀使刀具边缘打在工件表面。

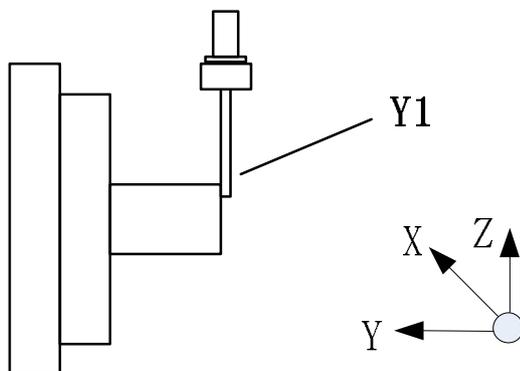


图 A-8-2 C 轴中心 Z 向偏移矢量

- c) 记录当前 Y 坐标为 Y1。
- d) 工件上表面距 A 轴的高度  $H = Y1 - AC\_OFFY + R$  (其中 AC\_OFFY 为 AC 轴线 Y 方向偏置距离，R 为刀具半径)。

步骤 3:

- a) 安装刀具在主轴上。
- b) 安装百分表在工作台上。

- c) 将百分表表头打在刀尖位置，Z 轴坐标相对清零。
- d) 将百分表表头打在主轴端面，当前 Z 坐标为 Z2。
- e) 刀具长度  $L = -Z2$ 。
- f) C 轴 Z 方向偏移矢量  $Z_c = Z1 + H - L$ 。

完成上述标定过程后，将各标定数据填入下表的通道参数中。

040400	刀具初始方向(X)	0.0
040401	刀具初始方向(Y)	0.0
040402	刀具初始方向(Z)	1.0
040425	转台结构类型	AC
040426	转台第一旋转轴方向矢量 X	-1.0
040427	转台第一旋转轴方向矢量 Y	0.0
040428	转台第一旋转轴方向矢量 Z	0.0
040429	转台第二旋转轴方向矢量 X	0.0
040430	转台第二旋转轴方向矢量 Y	0.0
040431	转台第二旋转轴方向矢量 Z	-1.0
040432	转台第一旋转轴偏移矢量 X	0.0
040433	转台第一旋转轴偏移矢量 Y	AC_OFFY
040434	转台第一旋转轴偏移矢量 Z	0
040435	转台第二旋转轴偏移矢量 X	Xc
040436	转台第二旋转轴偏移矢量 Y	Yc
040437	转台第二旋转轴偏移矢量 Z	Zc

注意：进行参数设置时，一定要根据当前的旋转轴的旋转方向来设置方向矢量，具体观察旋转方向请查看五轴参数说明书部分。

### 3. 机床 RTCP 功能有效性检测

#### (1) C 轴 RTCP 功能检测

- a) C 轴 0 度
- b) 安装标准球，测量标准球的长度为 L，球半径为 R，此时填入刀补表的数据为 L-R。
- c) 按照下图在 X 负方向安装百分表。

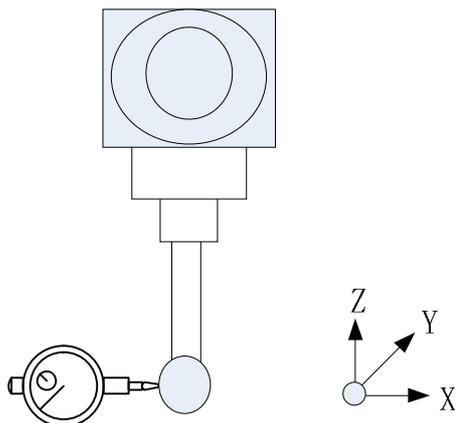


图 A-9 C 轴 RTCP 精度检测

d) 编写 G 代码测试程序，如下：

G54

F500

G43.4H1（打开 RTCP 功能）

G90C0

C90

C180

C270

G49

M30

e) 观察表的数值变化，正常情况下，C 轴旋转一圈，表数值变化在 2 个丝范围之内。如果表数值读数大于 2 丝，可以通过表针的读数来对标定参数进行修正。

➤ 观察 X 方向数据，以 C0 度为基准，C0 度和 C180 度之间的表的误差值为  $dx$ ，则转台第二旋转轴偏移矢量 X 的调整后的值为：

$$X_c = X_c + dx/2$$

➤ 观察 Y 方向数据，以 C90 度为基准，C90 度和 C270 度之间的表的误差值为  $dy$ ，则转台第二旋转轴偏移矢量 Y 的调整后的值为：

$$Y_c = Y_c - dy/2$$

**注意：**由于上面的  $dx, dy$  是有正负方向的，如果弄不清楚怎么算，可以用尝试法，先填一个数据进行测试，如果不对说明补反了，直到满足测试的基本要求。

**(2) A 轴 RTCP 功能检测**

- a) A 轴 0 度。
- b) 安装标准球，测量标准球的长度为 L，球半径为 R，此时填入刀补表的数据为 L-R。
- c) 按照下图安装百分表。

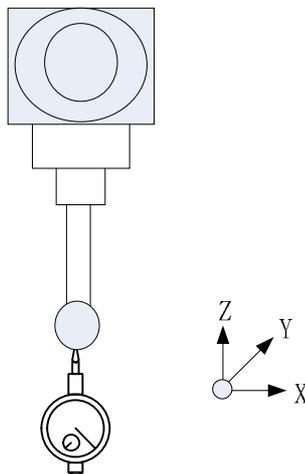


图 A-10 A 轴 RTCP 精度检测

- d) 测定 AC 轴线 Y 偏置距离有效性，编写 G 代码测试程序，如下：

```

G54
F500
G43.4H1（打开 RTCP 功能）
G90A0
A30
A0
A-30
G49
M30

```

观察表的数值变化，比较 A30 和 A-30 时的表的读数，如果在 1 丝范围之内，则不需要调整 AC\_OFFY 的值。如果在范围之外，以 A30 为基准，两次表的读数差为 doffy，则调整后的值为：

$$AC\_OFFY = AC\_OFFY + doffy/2$$

- e) 测定 C 轴中心 Z 偏移矢量有效性，编写 G 代码测试程序，如下：

```

G54
F500

```

G43.4H1（打开 RTCP 功能）

G90A0

A-90

M30

观察表的数值变化，比较 A0 和 A-90 时的表的读数，如果在 1 丝范围之内，则不需要调整  $Z_c$  的值。如果在范围之外，以 A0 为基准，两次表的读数差为  $dz$ ，则调整后的值为：

$$Z_c = Z_c - dz$$

**注意：**和 C 轴有效性测试一样， $doff$  和  $dz$  有正负值，如果弄不清楚怎么算，可以用尝试法，先补一个数据进行测试，如果不对说明补反了，直到满足测试的基本要求。

f) 再次执行步骤 e 的测试程序，观察整个运动过程中，表指针的跳动情况

## 附录 B BC 双摆头标定方法

### 1. 机床标定前检测

- (1) 保证机床 X、Y、Z 轴的几何精度已经测量过。
- (2) 测定 B/C 轴轴线及零位。

C 轴为主动轴，不受 B 轴影响，所以应先测 C 轴。

#### ◆ C 轴的轴线

C 轴的轴线必须保证与 Z 轴平行，将百分表安装在主轴头上。在工作台上找一个 XY 平面，B 轴摆动一个角度，表压在平面上，此时转动 C 轴，观察表的数值是否有变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内，如果超差，需要对 C 轴机械进行调整，以保证精度。

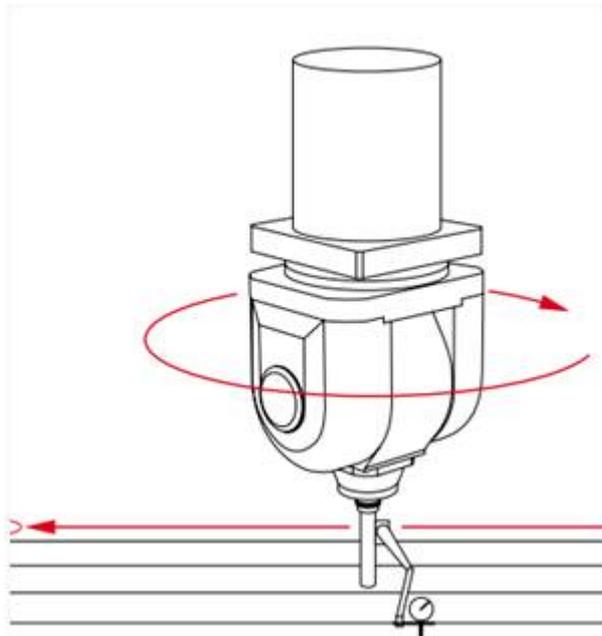


图 B-1 C 轴轴线精度检测

#### ◆ B 轴的轴线及 C 轴零位

B 轴的轴线必须保证与 Y 轴平行，将百分表安装在主轴头上。在工作台上找一个 XZ 平面，表压在平面上，此时转动 B 轴，观察表的数值是否有变化。调整 C 轴，使读数变化在允许的误差范围内，将此时的 C 轴位置定为其零位。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

## ◆ B 轴零位

- a) B 轴、C 轴回零。
- b) 安装检棒，将百分表打到检棒上，方向与机床 XZ 平面垂直。
- c) 上下移动 Z 轴。

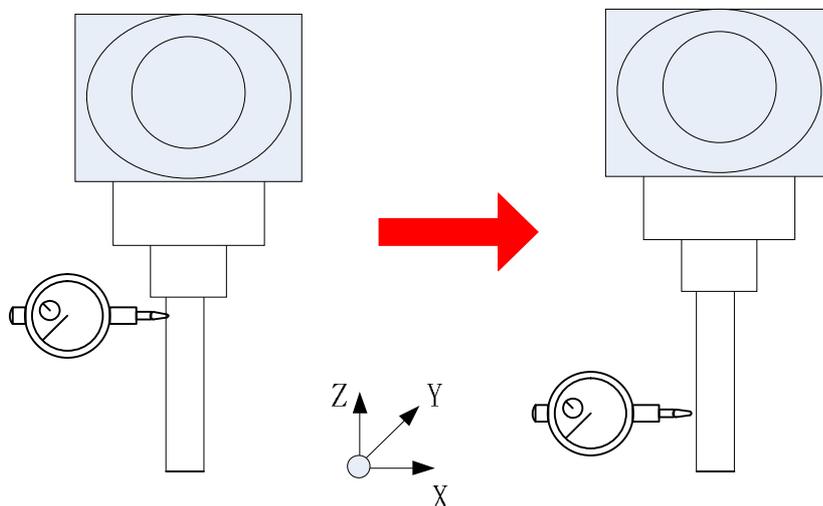


图 B-2 B 轴零位测试

d) 调整 B 轴，使表读数变化在允许的误差范围内，将此时的 B 轴位置定为其零位。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

## (3) 检查 B 轴和 C 轴定位精度

## ◆ B 轴位置

步骤 1:

- a) B 轴 90 度
- b) 百分表打到检棒上，方向与机床 XY 平面垂直。
- c) 来回移动 X 轴。

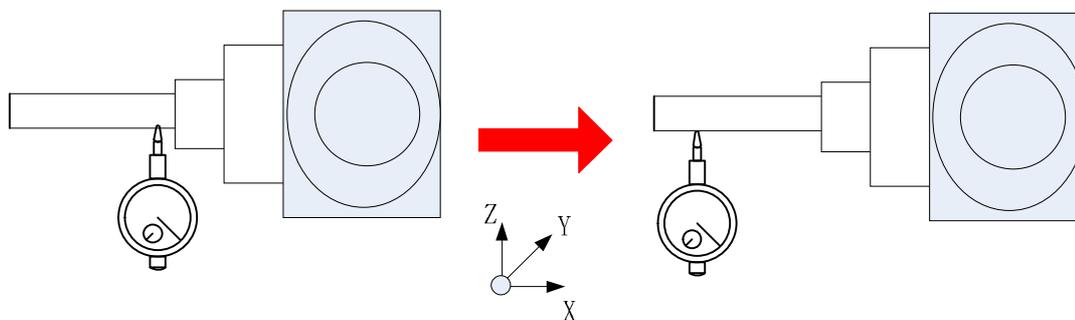


图 B-3 B 轴 90°定位精度检测

d) 观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

步骤 2:

- a) B 轴-90 度
- b) 百分表打到检棒上，方向与机床 XY 平面垂直。
- c) 来回移动 X 轴。

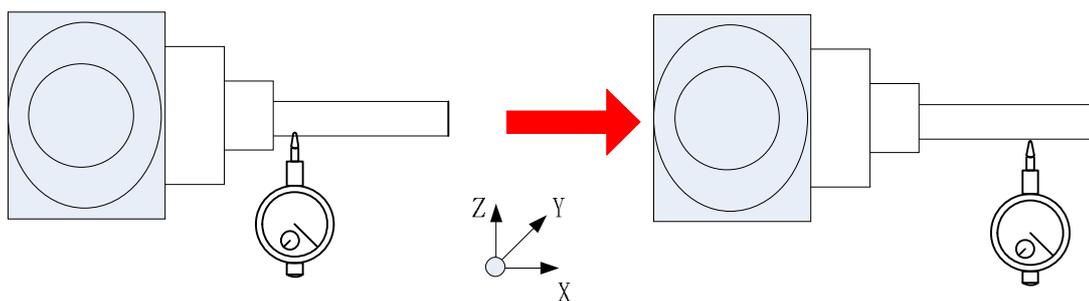


图 B-4 B 轴-90°定位精度检测

观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

#### ◆ C 轴位置

B 轴 90 度或者 B 轴-90 度

步骤 1:

- a) C 轴 0 度
- b) 百分表打到检棒上，方向与机床 XY 平面垂直。
- c) 来回移动 X 轴。

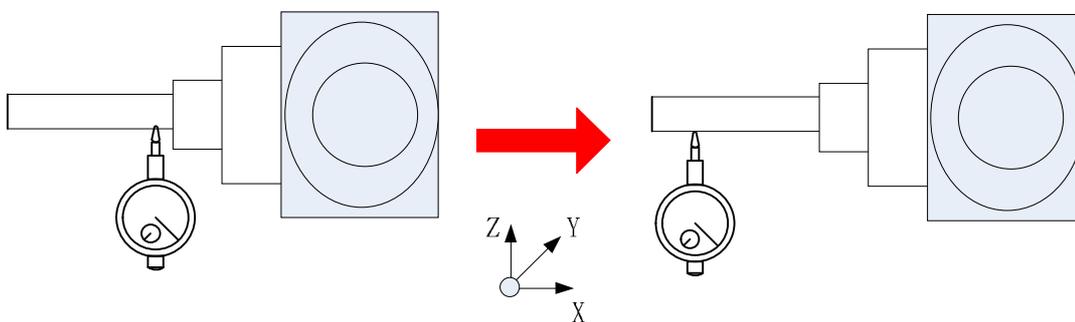


图 B-5-1 C 轴定位精度检测

d) 观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

步骤 2:

- a) C 轴 90 度
- b) 百分表打到检棒上，方向与机床 XY 平面垂直。
- c) 来回移动 Y 轴。

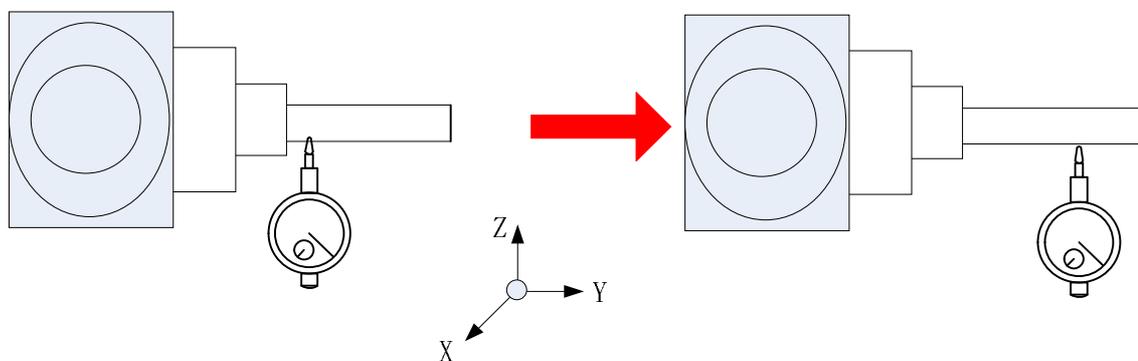


图 B-5-2 C 轴定位精度检测

- d) 观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

步骤 3:

- a) C 轴 180 度
- b) 百分表打到检棒上，方向与机床 XY 平面垂直。
- c) 来回移动 X 轴。

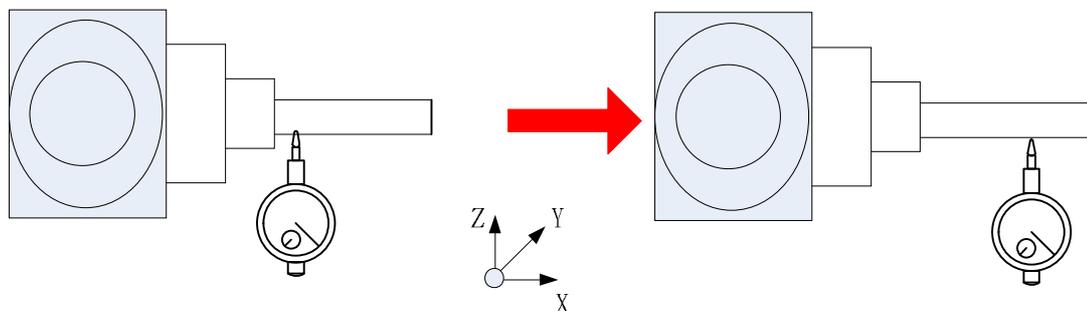


图 B-5-3 C 轴定位精度检测

- d) 观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

步骤 4:

- a) C 轴 270 度
- b) 百分表打到检棒上，方向与机床 XY 平面垂直。
- c) 来回移动 Y 轴。

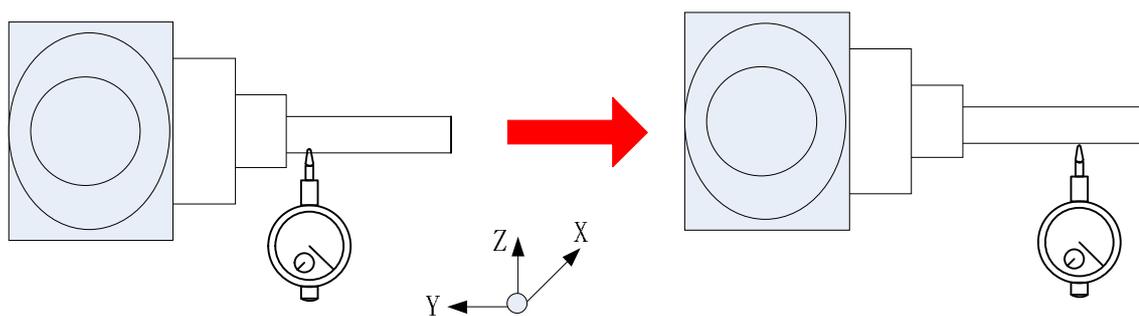


图 B-5-4 C 轴定位精度检测

观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

B、C 轴定位精度合格的前提下，才能进行后面的 RTCP 参数标定，否则，需要对旋转轴做相应的调整或补偿。

#### (4) 机床 RTCP 参数标定

RTCP 需要标定的参数包括：B 轴线 X 偏置距离，B 轴线 Y 偏置距离，BC 轴线偏置距离，主轴头长度。

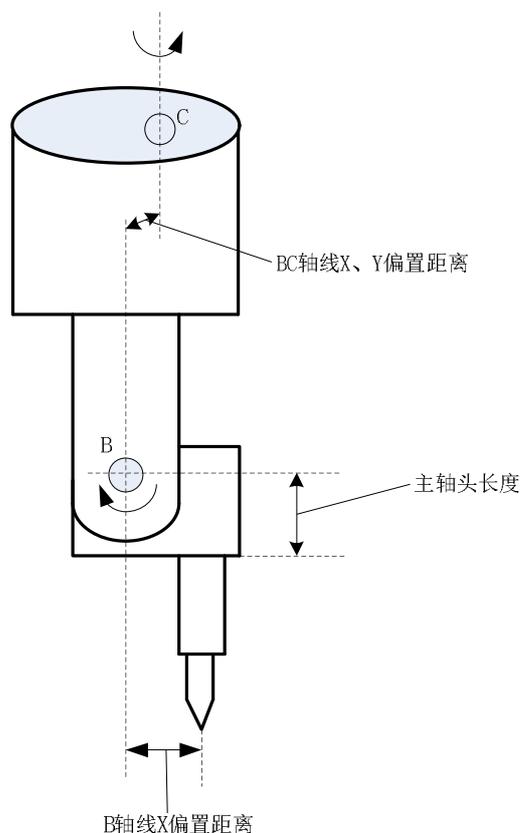


图 B-6 RTCP 参数标定示意图

## 1) B 轴线 X 偏置距离

## ◆ B 轴线 X 偏置距离

步骤 1:

- a) B 轴 90 度, C 轴 0 度
- b) 百分表打到检棒最低处(大径)。

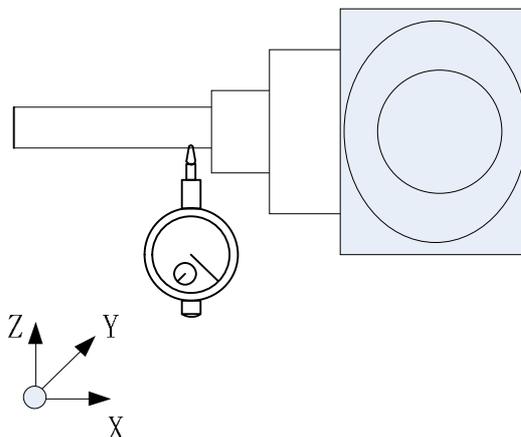


图 B-7-1 B 轴的轴线 X 向偏移距离

- c) 设置表的读数为 0。
- d) Z 轴相对清零。

步骤 2:

- a) B 轴-90 度, C 轴 0 度
- b) 再次将百分表打到检棒最低处(大径), 保证表的读数与 step1 相同。

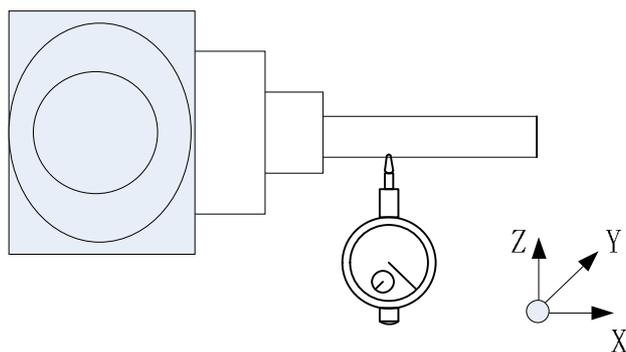


图 B-7-2 B 轴的轴线 X 向偏移距离

- c) 设置表的读数为 0。
- d) 查看 Z 轴的相对坐标值记录为 Z1。
- e) 计算 B 轴轴线相对于主轴轴线 X 偏移距离:

$$SPOFFB_x = Z1/2$$

## 2) BC 轴线 X、Y 偏置距离

## ◆ BC 轴线 X 偏置距离

步骤 1:

- a) B 轴 0 度，C 轴 0 度。
- b) 百分表安装在检棒的 X 负方向位置，将表打到检棒上。(X 方向)

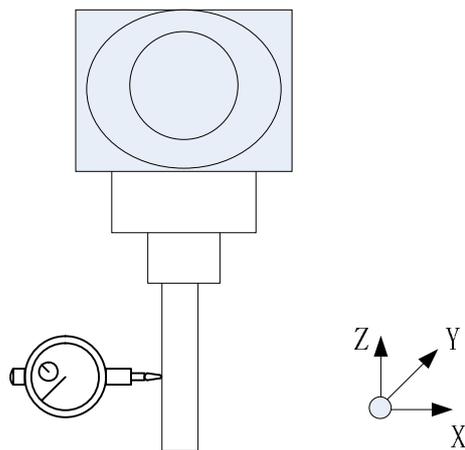


图 B-8 BC 轴线 X 向偏移距离

- c) 设置表的读数为 0。
- d) X 轴相对清零。

步骤 2:

- a) B 轴 0 度，C 轴 180 度。
- b) 再次将百分表打到检棒 X 负方向位置，保证表的读数与 step1 相同
- c) 查看 X 轴的相对坐标值记录为 X1。
- d) 计算 C 轴轴线相对于主轴轴线 X 偏移距离：

$$SPOFFC_x = (-x_1)/2。$$

- e) 计算 BC 轴线的 X 偏置距离

$$BCOFF_x = SPOFFC_x - SPOFFB_x$$

## ◆ BC 轴线 Y 偏置距离

设定 B 轴控制点与主轴中心点 Y 方向位置相同，那么 BC 轴线 Y 偏置距离，就相当于 C 轴轴线与主轴轴线 Y 偏置距离。

步骤 1:

- a) B 轴 0 度，C 轴 0 度。
- b) 百分表安装在检棒的 Y 负方向位置，表打到检棒上。(Y 方向)

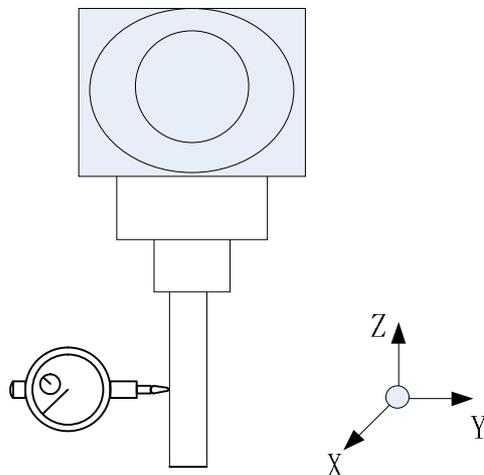


图 B-9 BC 轴线 Y 向偏移距离

- c) 设置表的读数为 0。
- d) Y 轴相对清零。

步骤 2:

- a) B 轴 0 度，C 轴 180 度。
- b) 再次将百分表打到检棒 Y 负方向位置，保证表的读数与 step1 相同。
- c) 查看 Y 轴的相对坐标值记录为 Y1。
- d) 计算 B 轴轴线相对于主轴轴线 Y 偏移距离：

$$BCOFFy = (-y1)/2。$$

### 3) 主轴头长度

步骤 1:

- a) B 轴 0 度，C 轴 0 度。
- b) 百分表打到主轴端面上。

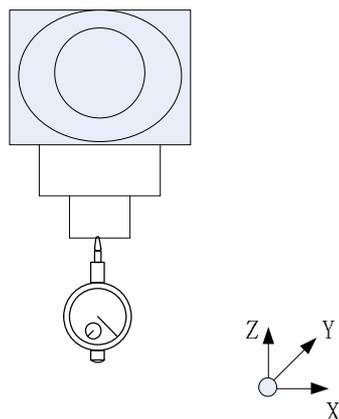


图 B-10-1 主轴头长度测试

- c) Z 轴相对清零。

步骤 2:

- a) B 轴 90 度，C 轴 0 度。
- b) 百分表打到检棒的最低处(大径)，保证表的读数与 step1 相同。

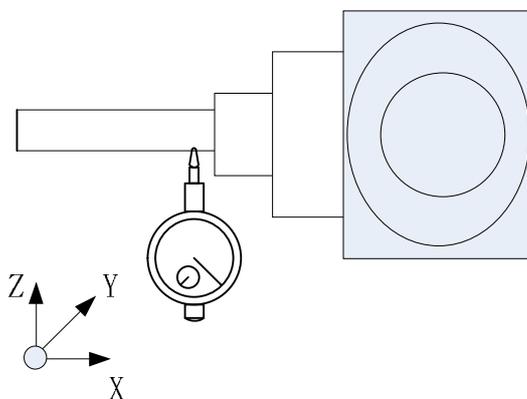


图 B-10-2 主轴头长度测试

- c) 设置表的读数为 0。
- d) 查看 Z 轴的相对坐标值记录为 Z1。
- e) 主轴头的长度:

$$SPLN = -(z1+d/2) - SPOFFBx$$

(B 轴轴线 X 方向偏置为 SPOFFBx，检棒的直径为

d)

完成上述标定过程后，将各标定数据填入下表的通道参数中。(转台结构类型确保为空)

040400	刀具初始方向(X)	0.0
040401	刀具初始方向(Y)	0.0
040402	刀具初始方向(Z)	1.0
040410	摆头结构类型	CB
040411	摆头第一旋转轴方向矢量 X	0.0
040412	摆头第一旋转轴方向矢量 Y	0.0
040413	摆头第一旋转轴方向矢量 Z	1.0
040414	摆头第二旋转轴方向矢量 X	0.0
040415	摆头第二旋转轴方向矢量 Y	1.0
040416	摆头第二旋转轴方向矢量 Z	0.0
040417	摆头第一旋转轴偏移矢量 X	BCOFFx
040418	摆头第一旋转轴偏移矢量 Y	BCOFFy
040419	摆头第一旋转轴偏移矢量 Z	0.0
040420	摆头第二旋转轴偏移矢量 X	SPOFFBx
040421	摆头第二旋转轴偏移矢量 Y	0.0
040422	摆头第二旋转轴偏移矢量 Z	SPLEN

注意：进行参数设置时，一定要根据当前的旋转轴的旋转方向来设置方向矢量，具体观察旋转方向请查看五轴参数说明书部分。

#### 4. 机床 RTCP 功能有效性检测

##### 1) B 轴定位精度检查

采用法向进退刀功能来检测系统中 B 轴定位精度。

- a) B 轴旋转一个角度。
- b) 将表压到直杆上。

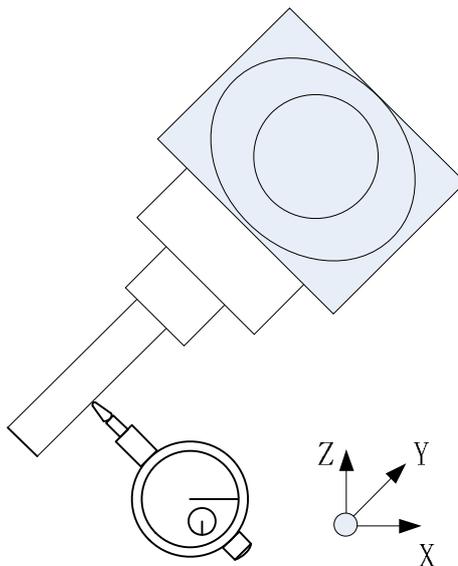


图 B-11 B 轴定位精度检测

- c) 通过法向进退刀指令 G53.3L<sub>z</sub>，沿着法向移动刀轴。注意在使用该指令之前需要开启 RTCP 功能，调用 G43.4 指令。
- d) 观察表的数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

## 2) RTCP 功能检测

### ◆ C 轴 RTCP 功能检测

- a) C 轴 0 度
- b) 安装标准球，测量标准球的长度为 L，球半径为 R，此时填入刀补表的数据为 L-R。
- c) 按照下图在 X 负方向安装百分表。

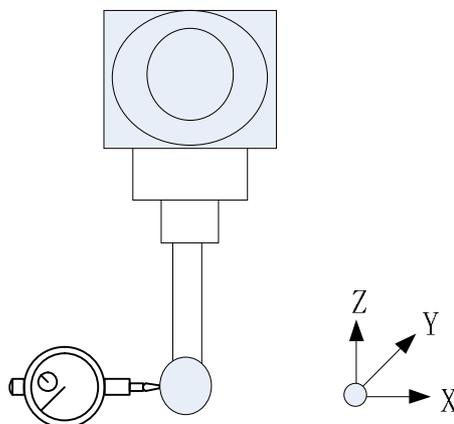


图 B-12 C 轴 RTCP 精度检测

- d) 编写 G 代码测试程序，如下：

G54

F500

G43.4H1（打开 RTCP 功能）

G90C0

C90

C180

C270

G49

M30

- e) 观察表的数值变化，正常情况下，C 轴旋转一圈，表数值变化在 2 个丝范围之内。如果表数值读数大于 2 丝，可以通过表针的读数来对标定参数进行修正。

- 观察 X 方向数据，以 C0 度为基准，C0 度和 C180 度之间的表的误差值为 dx，则转台第二旋转轴偏移矢量 X 的调整后的值为：

$$X_c = X_c - dx/2$$

- 观察 Y 方向数据，以 C90 度为基准，C90 度和 C270 度之间的表的误差值为 dy，则转台第二旋转轴偏移矢量 Y 的调整后的值为：

$$Y_c = Y_c + dy/2$$

**注意：**由于上面的 dx,dy 是有正负方向的，如果弄不清楚怎么算，可以用尝试法，先填一个数据进行测试，如果不对说明补反了，直到满足测试的基本要求。

#### ◆ B 轴 RTCP 功能检测

- a) B 轴 0 度。
- b) 安装标准球，测量标准球的长度为 L，球半径为 R，此时填入刀补表的数据为 L-R。
- c) 按照下图安装百分表。

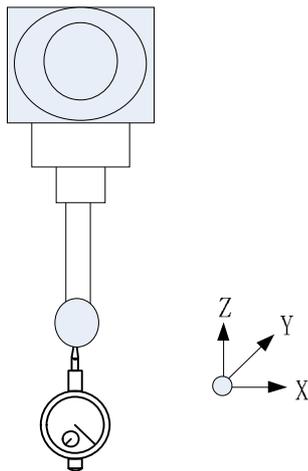


图 B-13 B 轴 RTCP 精度检测

d) 编写 G 代码测试程序，如下：

G54

F500

G43.4H1（打开 RTCP 功能）

G90b0

B90

B0

B-90

G49

e) 观察表的数值变化，正常情况下，B 轴运动过程中表数值变化在 2 个丝范围之内。如果表数值读数大于 2 丝，可以通过表针的读数来对标定参数进行修正。

- 比较 B90 度和 B-90 度表的读数，以 B90 度为基准，B90 度和 B-90 度之间的误差值为  $dx$ ，则摆头第二旋转轴偏移矢量 Y 调整后的值为：

$$SPOFFBx = SPOFFBx + dx/2$$

修正完 SPOFFBx，达到精度要求后，需要修正 BCOFFx 的值

$$BCOFFx = BCOFFx - dx/2$$

- 比较 B0 度和 B90 度表的读数，以 B0 度为基准，B0 度和 B90 度之间的误差值为  $dz$ ，则摆头第二旋转轴偏移矢量 Z 调整后的值为：

$$SPLEN = SPLEN - dz$$

**注意：**由于上面的  $dx, dz$  是有正负方向的，如果弄不清楚怎么算，可以用尝试法，先填一个数据进行测试，如果不对说明补反了，直到满足测试的基本要求。

**补充说明：**

- (1) AC 双摆头结构机床可以借鉴该文档。最主要不同是，BC 双摆头计算 B 轴轴线相对于主轴轴线的偏移距离，和 AC 双摆头计算 A 轴轴线相对于主轴轴线的偏移距离，在计算公式上符号要取反。

$$\text{SPOFFAy} = -Z1/2$$

- (2) 在用标准球进行 RTCP 检测时，修正值得计算公式符号也需要取反：

$$\text{SPOFFBAy} = \text{SPOFFAy} - dy/2$$

$$\text{BCOFFy} = \text{BCOFFy} + dy/2$$

## 附录 C B 摆 C 转混合结构标定方法

### 1. 机床标定前检测

- (1) 保证机床 X、Y、Z 轴的几何精度已经测量过。
- (2) 测定 B 轴的轴线和零位，C 轴的轴线。

#### ◆ B 轴的轴线

B 轴的轴线必须保证与 Y 轴平行，将百分表安装在主轴头上。在工作台上找一个 XZ 平面，表压在平面上，此时转动 B 轴，观察表的数值是否有变化。

#### ◆ B 轴零位

- a) B 轴、C 轴回零。
- b) 安装检棒，将百分表打到检棒上，方向与机床 XZ 平面垂直。

上下移动 Z 轴。

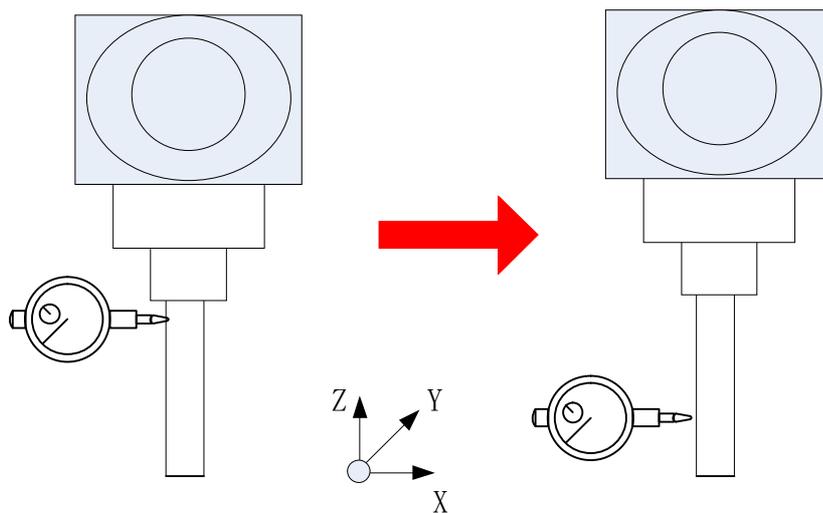


图 C-1 B 轴零位检测

- c) 调整 B 轴，使表读数变化在允许的误差范围内，将此时的 B 轴位置定为其零位。  
正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

#### ◆ C 轴的轴线

C 轴的轴线必须保证与 Z 轴平行，将百分表安装在主轴头上。在工作台上找一个 XY 平面，表压在平面上，此时转动 C 轴，观察表的数值是否有变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

## (3) 检查 B 轴的定位精度

## ◆ B 轴位置

步骤 1:

- a) B 轴回零。
- b) 安装检棒，将百分表打到检棒 X 负方向位置。
- c) 上下移动 Z 轴。

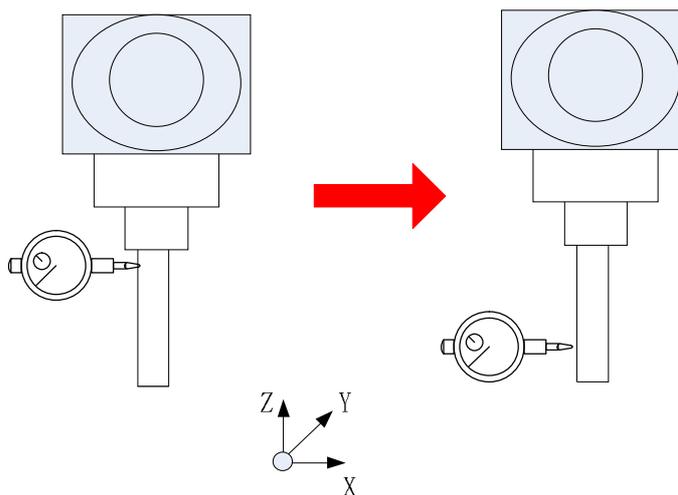


图 C-2-1 B 轴定位精度检测

- d) 观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

步骤 2:

- a) B 轴 90 度。
- b) 百分表打到检棒下侧。
- c) 来回移动 X 轴。

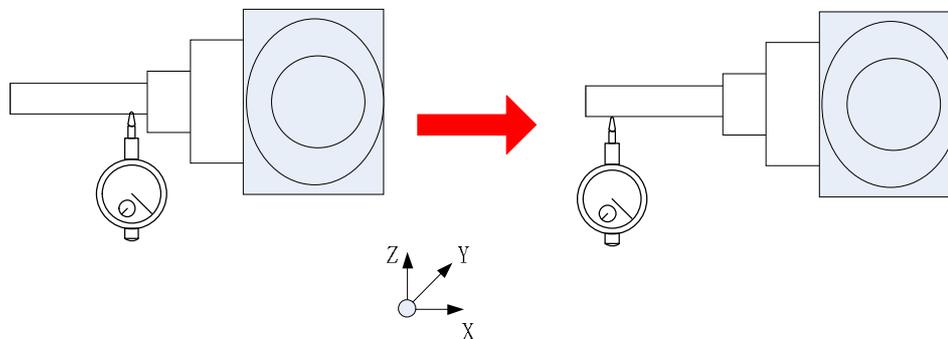


图 C-2-2 B 轴定位精度检测

- d) 观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

步骤 3:

- a) B 轴-90 度。
- b) 百分表打到检棒下侧。
- c) 来回移动 X 轴。

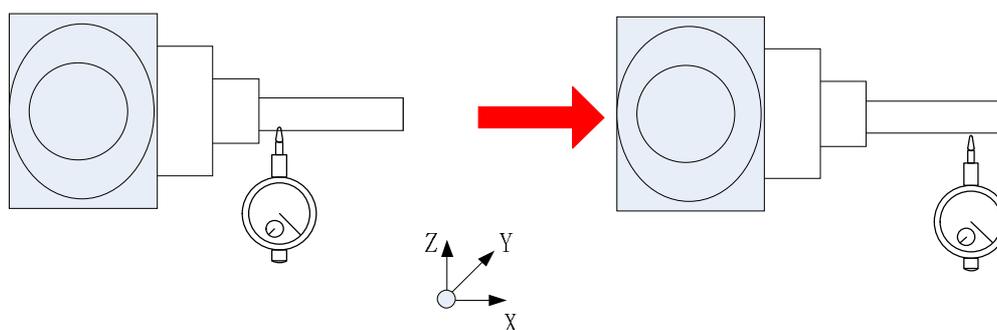


图 C-2-3 B 轴定位精度检测

- d) 观察表数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

#### ◆ C 轴位置

- a) 在转台上安装方规，C 轴 0 度时，使方规的一个平面与 YZ 平面平行；
- b) 将 C 轴分别旋转 0 度、90 度、180 度、270 度；
- c) 百分表安装在主轴上，表针打在竖直平面上，上下移动主轴，观察读数变化。

## 2. 机床 RTCP 参数标定

RTCP 需要标定的参数包括： B 轴线 X 偏置距离，主轴头长度，C 轴中心位置。

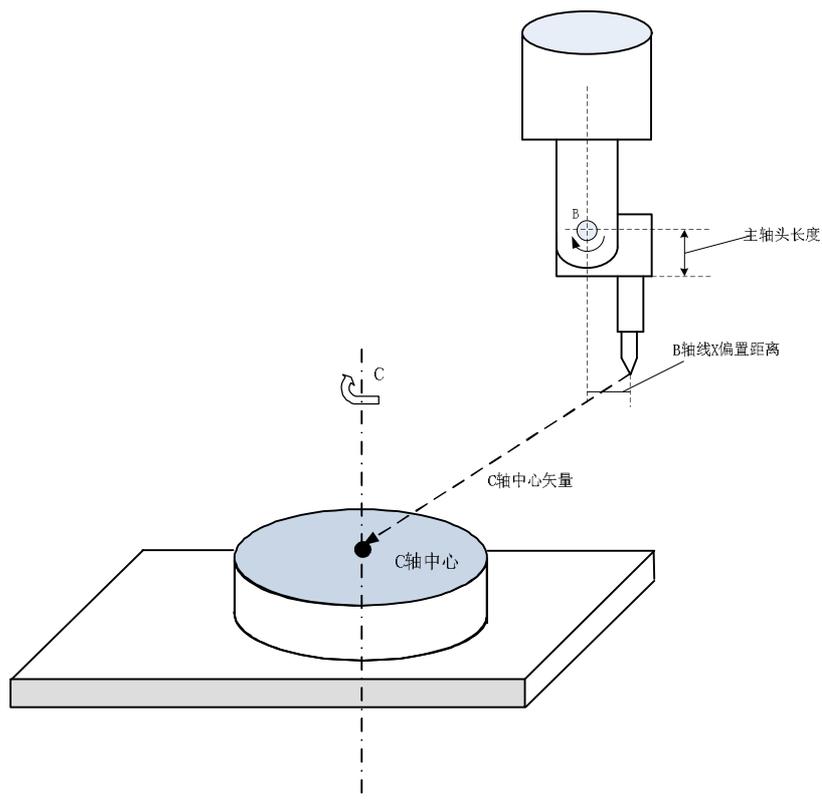


图 C-3 机床 RTCP 参数示意图

(1) B 轴线 X 偏置距离

步骤 1:

- a) B 轴 90 度
- b) 百分表打到检棒最低处(大径)。

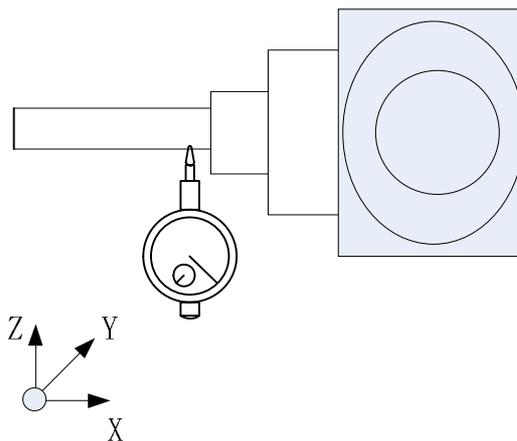


图 C-4-1 B 轴的轴线 X 向偏移距离

- c) 设置表的读数为 0。
- d) Z 轴相对清零。

步骤 2:

- a) B 轴-90 度, C 轴 0 度
- b) 再次将百分表打到检棒最低处(大径), 保证表的读数与 step1 相同。

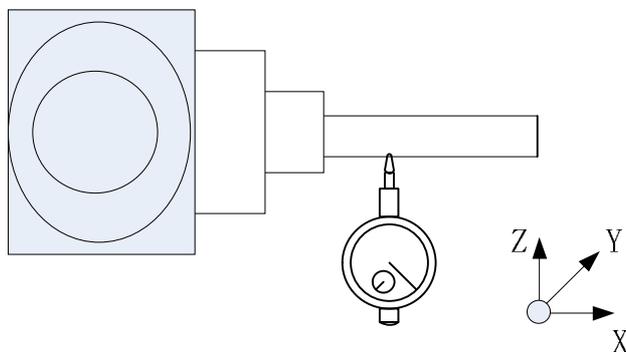


图 C-4-2 B 轴的轴线 X 向偏移距离

- c) 设置表的读数为 0。
- d) 查看 Z 轴的相对坐标值记录为 Z1。
- e) 计算 B 轴轴线相对于主轴轴线 X 偏移距离:

$$SPOFFB_x = Z1/2$$

## (2) 主轴头长度

步骤 1:

- a) B 轴 0 度, C 轴 0 度。
- b) 百分表打到主轴端面上。

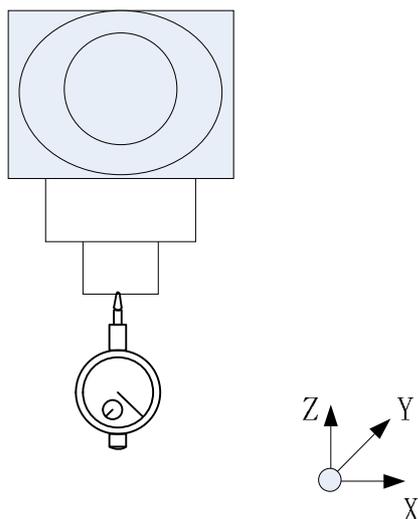


图 C-5-1 主轴头长度测量

- c) Z 轴相对清零。

步骤 2:

- a) B 轴 90 度，C 轴 0 度。  
b) 百分表打到检棒的最低处(大径)，保证表的读数与 step1 相同。

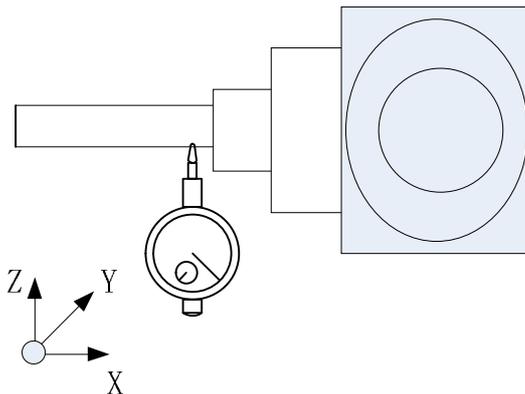


图 C-5-2 主轴头长度测量

- c) 设置表的读数为 0。  
d) 查看 Z 轴的相对坐标值记录为 Z1。  
e) 主轴头的长度:

$$\text{SPLEN} = -(z1+d/2) - \text{SPOFFBx}$$

(B 轴轴线 X 方向偏置为 SPOFFBx，检棒的直径为 d)

### (3) C 轴中心 X、Y 偏移矢量

步骤 1:

- a) A 轴 0 度，C 轴 0 度。  
b) 安装寻边器在主轴头上，将下检测头打到 C 轴边缘高度。  
c) 将下测头打至 C 轴内径左右边缘，记录 X 轴坐标为 X1、X2。  
d) 计算 C 轴的 X 坐标:  $X_c = (X1 + X2) / 2$ 。

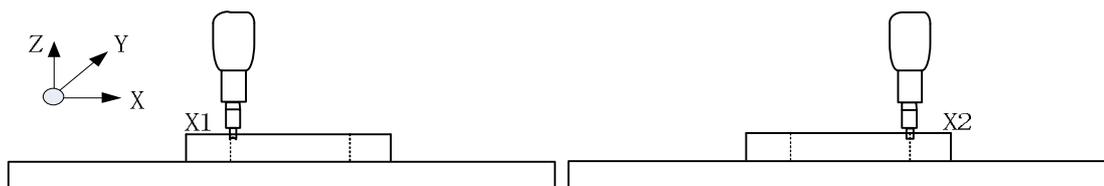


图 C-6 C 轴中心 X 方向偏移量

- e) 将下测头打至 C 轴内径前后边缘，记录 Y 轴坐标为 Y1、Y2。
- f) 计算 C 轴的 Y 坐标： $Y_c = (Y1 + Y2) / 2$ 。

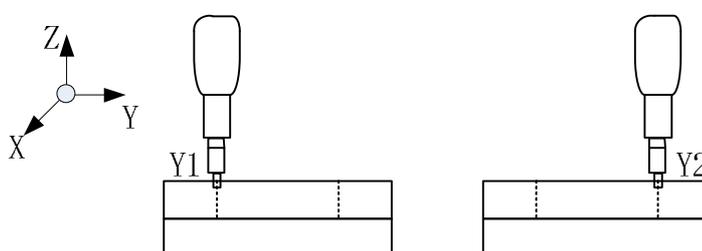


图 C-7 C 轴中心 Y 方向偏移量

步骤 2:

- a) 安装百分表在主轴头上。
- b) 调整工作台 X、Y 坐标为 Step1 中计算出的位置。
- c) 主轴头安装检棒。
- d) C 轴旋转，微调 X、Y 坐标，使 C 轴转一圈百分表读数在 2 丝以内。
- e) 记录当前坐标  $X_c$ 、 $Y_c$  为 C 轴 X、Y 坐标。

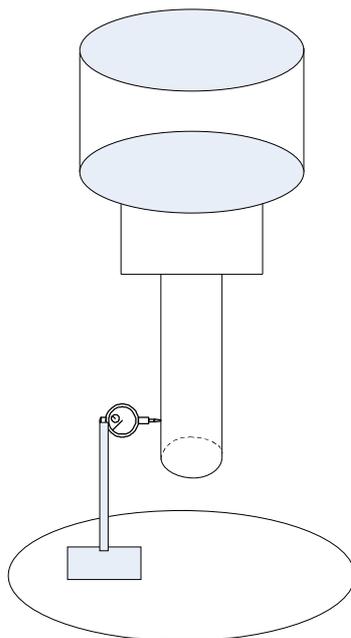


图 C-8 C 轴中心位置检测

## ◆ C 轴中心 Z 偏移矢量

Z 坐标不用标定，可以为任意值，直接置 0 即可。

完成上述标定过程后，将各标定数据填入下表的通道参数中。

040400	刀具初始方向(X)	0.0
040401	刀具初始方向(Y)	0.0
040402	刀具初始方向(Z)	1.0
040410	摆头结构类型	B
040411	摆头第一旋转轴方向矢量 X	0.0
040412	摆头第一旋转轴方向矢量 Y	0.0
040413	摆头第一旋转轴方向矢量 Z	0.0
040414	摆头第二旋转轴方向矢量 X	0.0
040415	摆头第二旋转轴方向矢量 Y	1.0
040416	摆头第二旋转轴方向矢量 Z	0.0
040417	摆头第一旋转轴偏移矢量 X	0.0
040418	摆头第一旋转轴偏移矢量 Y	0.0
040419	摆头第一旋转轴偏移矢量 Z	0.0

040420	摆头第二旋转轴偏移矢量 X	SPOFFBx
040421	摆头第二旋转轴偏移矢量 Y	0.0
040422	摆头第二旋转轴偏移矢量 Z	SPLen

040425	转台结构类型	C
040426	转台第一旋转轴方向矢量 X	0.0
040427	转台第一旋转轴方向矢量 Y	0.0
040428	转台第一旋转轴方向矢量 Z	0.0
040429	转台第二旋转轴方向矢量 X	0.0
040430	转台第二旋转轴方向矢量 Y	0.0
040431	转台第二旋转轴方向矢量 Z	-1.0
040432	转台第一旋转轴偏移矢量 X	0.0
040433	转台第一旋转轴偏移矢量 Y	0.0
040434	转台第一旋转轴偏移矢量 Z	0.0
040435	转台第二旋转轴偏移矢量 X	Xc
040436	转台第二旋转轴偏移矢量 Y	Yc
040437	转台第二旋转轴偏移矢量 Z	0

注意：进行参数设置时，一定要根据当前的旋转轴的旋转方向来设置方向矢量，具体观察旋转方向请查看五轴参数说明书部分。

### 3. 机床 RTCP 功能有效性检测

#### (1) B 轴定位精度检查

采用法向进退刀功能来检测系统中 B 轴定位精度。

- a) B 轴旋转一个角度。
- b) 将表压到直杆上。

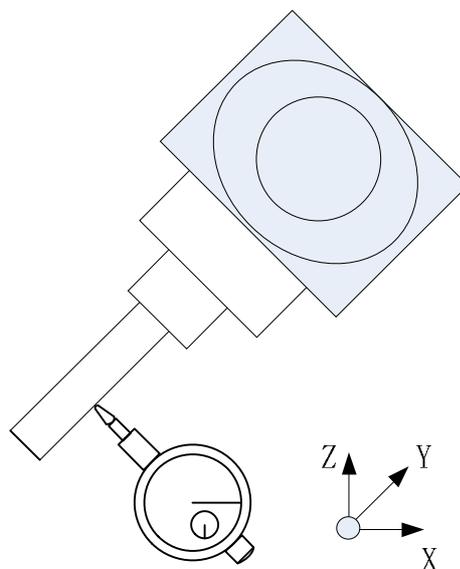


图 C-9 B 轴定位精度检测

- c) 通过法向进退刀指令  $G53.3L_$ ，沿着法向移动刀轴。注意在使用该指令之前需要开启 RTCP 功能，调用  $G43.4$  指令。
- d) 观察表的数值变化。正常情况下，表数值变化在 2 个丝范围之内。

## (2) RTCP 功能检测

### ◆ B 轴 RTCP 功能检测

- a) B 轴 0 度。
- b) 安装标准球，测量标准球的长度为  $L$ ，球半径为  $R$ ，此时填入刀补表的数据为  $L-R$ 。
- c) 按照下图安装百分表。

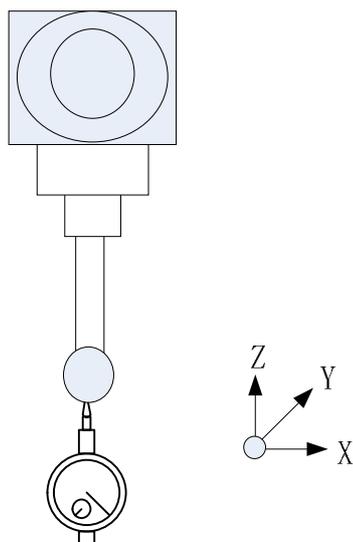


图 C-10 B 轴 RTCP 精度检测

d) 编写 G 代码测试程序，如下：

G54

F500

G43.4H1（打开 RTCP 功能）

G90 B0

B90

B0

B-90

G49

e) 观察表的数值变化，正常情况下，B 轴运动过程中表数值变化在 2 个丝范围之内。如果表数值读数大于 2 丝，可以通过表针的读数来对标定参数进行修正。

- 比较 B90 度和 B-90 度表的读数，以 B90 度为基准，B90 度和 B-90 度之间的误差值为  $dx$ ，则摆头第二旋转轴偏移矢量 Y 调整后的值为：

$$SPOFFB_x = SPOFFB_x + dx/2$$

- 比较 B0 度和 B90 度表的读数，以 B0 度为基准，B0 度和 B90 度之间的误差值为  $dz$ ，则摆头第二旋转轴偏移矢量 Z 调整后的值为：

$$SPLen = SPLen - dz$$

**注意：**由于上面的  $dx, dz$  是有正负方向的，如果弄不清楚怎么算，可以用尝试法，先填一个数据进行测试，如果不对说明补反了，直到满足测试的

基本要求。

◆ C 轴 RTCP 功能检测

- a) C 轴 0 度
- b) 安装标准球，测量标准球的长度为 L，球半径为 R，此时填入刀补表的数据为 L-R。
- c) 按照下图在 X 负方向安装百分表。

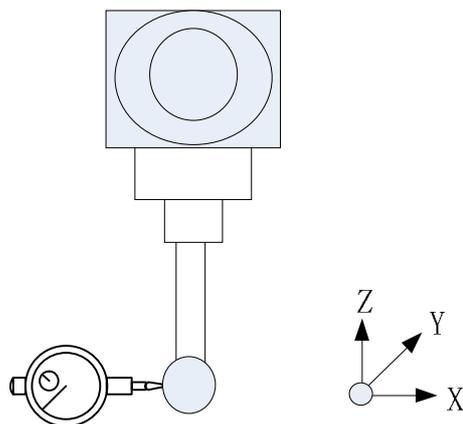


图 C-11 C 轴 RTCP 精度检测

- d) 编写 G 代码测试程序，如下：

G54

F500

G43.4H1（打开 RTCP 功能）

G90C0

C90

C180

C270

G49

M30

- e) 观察表的数值变化，正常情况下，C 轴旋转一圈，表数值变化在 2 个丝范围之内。如果表数值读数大于 2 丝，可以通过表针的读数来对标定参数进行修正。

- 观察 X 方向数据，以 C0 度为基准，C0 度和 C180 度之间的表的误差值为 dx，则转台第二旋转轴偏移矢量 X 的调整后的值为：

$$X_c = X_c + dx/2$$

- 观察 Y 方向数据，以 C90 度为基准，C90 度和 C270 度之间的表的误差值为 dy，

则转台第二旋转轴偏移矢量 Y 的调整后的值为：

$$Y_c = Y_c - dy/2$$

**注意：**由于上面的 dx,dy 是有正负方向的，如果弄不清楚怎么算，可以用尝试法，先填一个数据进行测试，如果不对说明补反了，直到满足测试的基本要求

## 附录 D AC 双转台结构自动标定案例

### 1、标定机床

AC 双转台结构机床



图 D-1 标定机床

### 2、标定工具

雷尼绍 OMP-600 测头

标准球：雷尼绍直径 25mm



图 D-2 标定工具

### 3、标定过程

#### 3.1 雷尼绍测头安装

在 HNC-8 中开发了 M40 与 M41 指令来开启测头和关断测头，图 D-3 为测头信号接收仪器电气接线图，其中青绿色为测头状态输入，与数控系统 I/O 输入 X 点位连接，当测头发生形变时，信号接受仪器接收形变状态，青绿色端由低电平输出高电平，上升沿信号使得数控系统 G31 跳断指令激活。G31 指令激活 PLC 梯形图如图 D-4，其中 X4.5 为青绿色端接入 I/O 点位示例。

白色为测头开启输入控制端，与数控系统 I/O 输出 Y 点位连接，当数控系统 Y 点位输出高电平时，信号接收仪给测头开启信号，测头开始工作。M70 测头开启和 M71 测头关断 PLC 如图 D-5 所示。

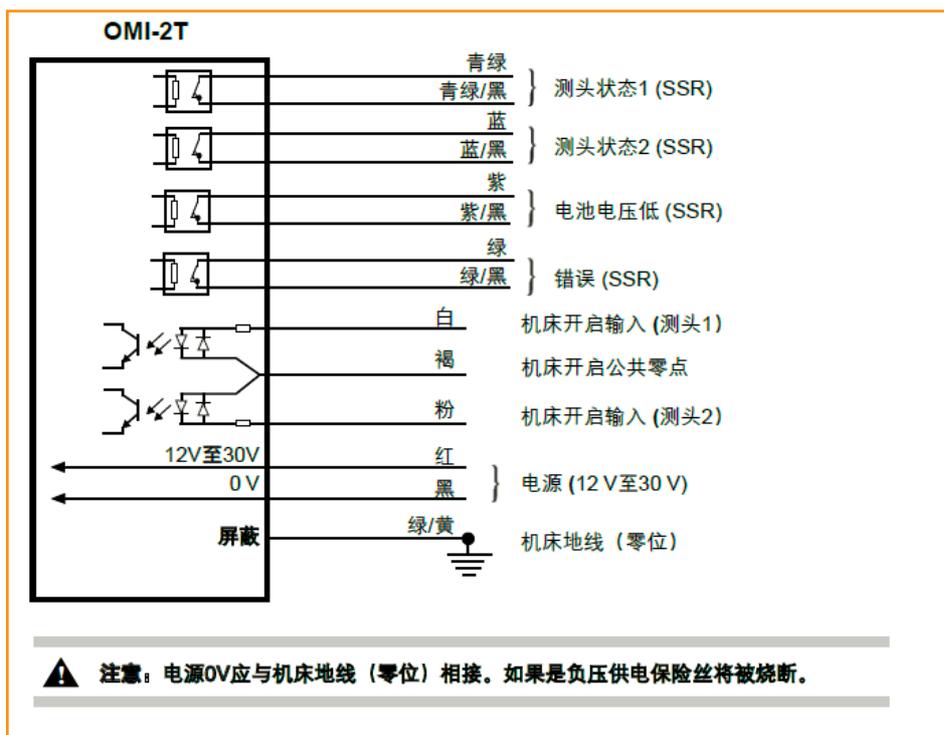


图 D-3 为测头信号接收仪器电气接线图

在 HNC-8 中增加了 M70 与 M71 指令来开启测头和关闭测头，G31 指令跳段激活。PLC 如下所示

注：G31 指令跳段激活 PLC 模块需放在 PLC1 中



图 D-4 G31 跳断功能激活

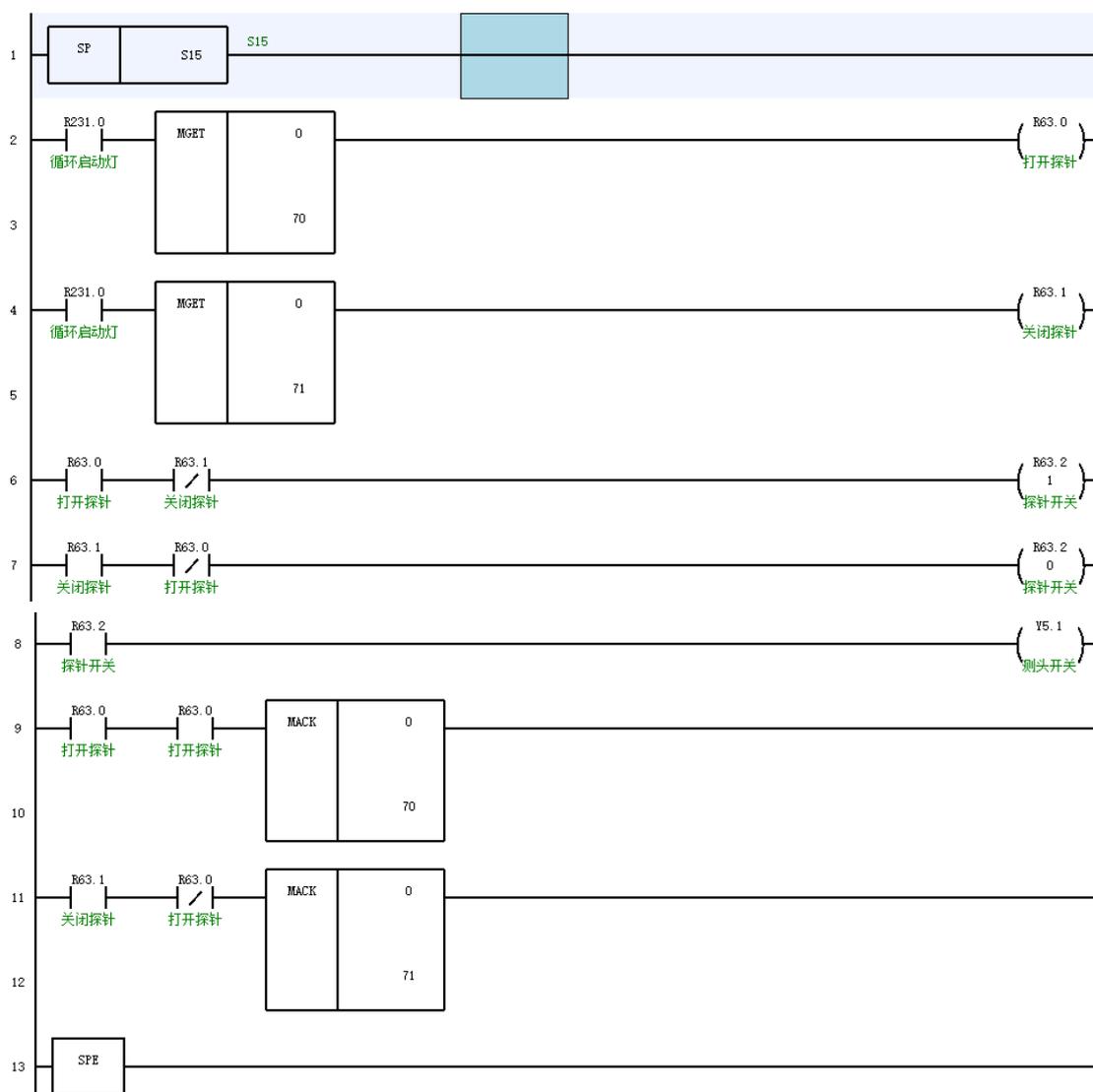


图 D-5 M70 和 M71 测头开启和关闭

### 3.2 G31 功能测试

标准球放于 C 转台上，探针在 X 方向慢速接近标准球表面，在快要接近时改用最小倍率接近，信号灯刚好亮时记录此时的机床坐标 X-228.1001，以这个值作为碰撞处真实机床坐标，使用以下 G 代码进行自动碰撞并返回机床锁存的坐标值。

测试 G 代码：

G54

G31 L1 G01 G90 X-229.1001 F100

G01 G91 X20

M30

坐标记录：-228.1031

真实坐标：-228.1001

结论：G31 指令正确，PLC 连接正确，测头工作状态正确

### 3.3 探头主轴同心校准

转动主轴千分杠杆表跳动 2 $\mu\text{m}$  以内

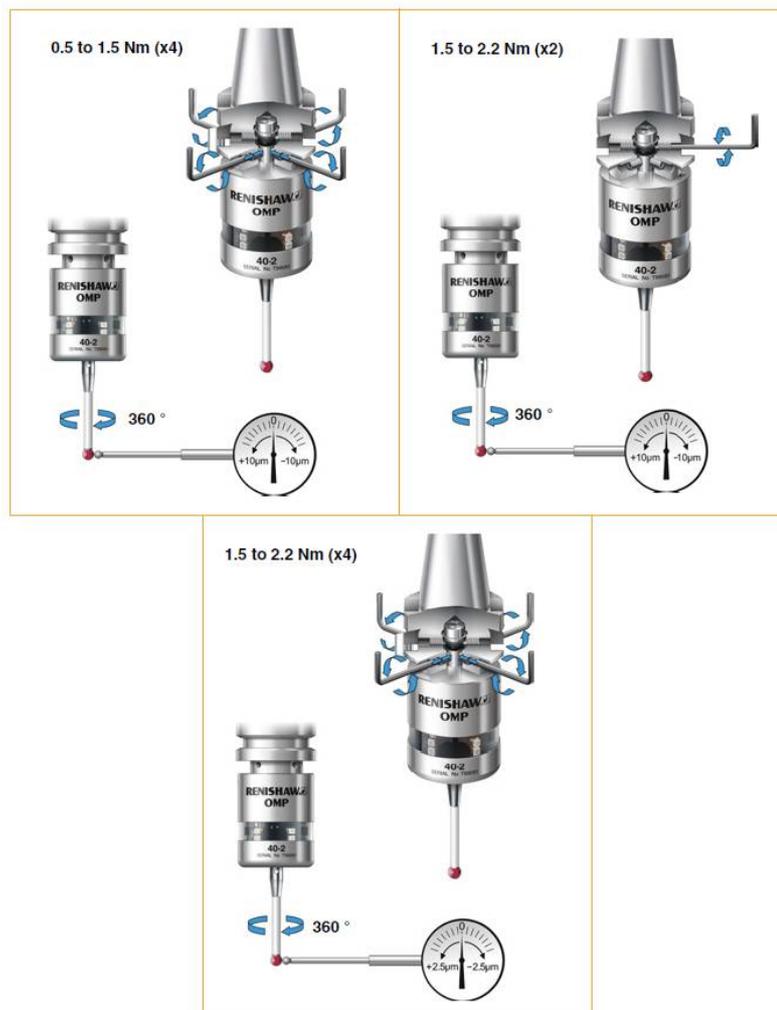


图 D-6 测头校准

### 3.4 自动标定测试过程

- (1) 通过点击“维护”—“机床标定”菜单，进入机床自动标定界面



图 D-7 机床自动标定界面

软件界面包括机床坐标区、参数设置区、宏程序区、RTCP 参数区，软件功能包括“宏程序”、“当前位置”、“测量结果”和“参数导入”，区域以及功能说明如下。

区域说明：

- 1) 机床坐标区：用于显示当前机床坐标以及相对坐标；
- 2) 参数设置区：用于基本参数（测量类型、旋转轴显示顺序、旋转轴名、安全高度、定位速度、中间速度、触发速度、标准球半径、刀具长度和刀具半径）、多个主动轴示教点和多个从动轴示教点输入。
- 3) 宏程序区：用于测量宏程序显示；
- 4) RTCP 参数区：用于 RTCP 参数测量结果显示。

功能说明：

- 1) 当前位置：用于主动轴示教点和从动轴示教点机床 5 坐标获取并设定“参数设置区”对应参数表中；
- 2) 宏程序：测量软件根据“基本参数”中“测量类型”加载对应的测量宏程序，并显示在“宏程序区”；
- 3) 测量结果：宏程序控制探针与标准球碰撞并锁存碰撞点机床坐标，系统依据碰撞点坐标拟合计算 RTCP 参数，并显示在“RTCP 参数区域”；
- 4) 参数导入：测量 RTCP 参数结果设定入数控系统中生效。

**(2) 根据实际需要在标定参数栏填入相应参数**

自动标定参数解释

参数名称	参数解释
标定类型	0: 表示双摆头结构 1: 表示双转台 2: 表示 1 个摆头和一个转台的混合结构
旋转轴显示顺序	0: 第二旋转轴显示在前 1: 第一旋转轴显示在前
旋转轴名	第一旋转轴在前, 第二旋转轴在后
安全高度	测头以定位速度 F1 快速接近标准球后, 在 Z 向应与标准球顶点保持的安全距离
定位速度 F1	测头快速接近标准球的速度
中间速度 F2	超过安全高度后与标准球产生碰撞并回退的速度, 比定位速度小
触发速度 F3	中间速度回退后, 继续与标准球碰撞并精度采集位置的速度, 比中间速度小
标准球半径	标准球半径
刀具长度	主轴端面到测球中心的位置
刀具半径	测球半径

测头刀具长度（标准球安装在主轴上，刀具长度指的是标准球球心到主轴端面的距离）：

236.6080mm（三次测量）

定位速度 2000mm/min

中间速度 200mm/min

触发速度 50mm/min

**(3) 点击“PageDown”按钮，进行第一旋转轴试教点的采集**

AC 双转台主轴安装测头，转台放置标准球。C 转台 360°每隔 45°取一点，A 转台受行程限制-25°~80°每隔 15°取点



图 D-8 第一旋转轴试教点的采集

(4) 点击“PageDown”按钮，进行第二旋转轴试教点的采集

AC 双转台主轴安装测头，转台放置标准球。C 转台 360°每隔 45°取一点，A 转台受行程限制-25°~80°每隔 15°取点



图 D-9 第二旋转轴试教点的采集

(5) 点击“宏程序”按钮，生成测量程序



图 D-10 生成测量程序

(6) 按下“循环启动按钮”，系统自动开始测量

生成标定结果

A 轴方向矢量-1.000000, 0.000000, 0.000093

C 轴方向矢量 0.000200, 0.000010, -1.000007

A 轴偏移矢量-0.0000, 0.1028, -0.0000

C 轴偏移矢量-200.3605, -190.1897, -516.0118

(7) 测量完成后点击“参数设置”，将标定结果写入系统

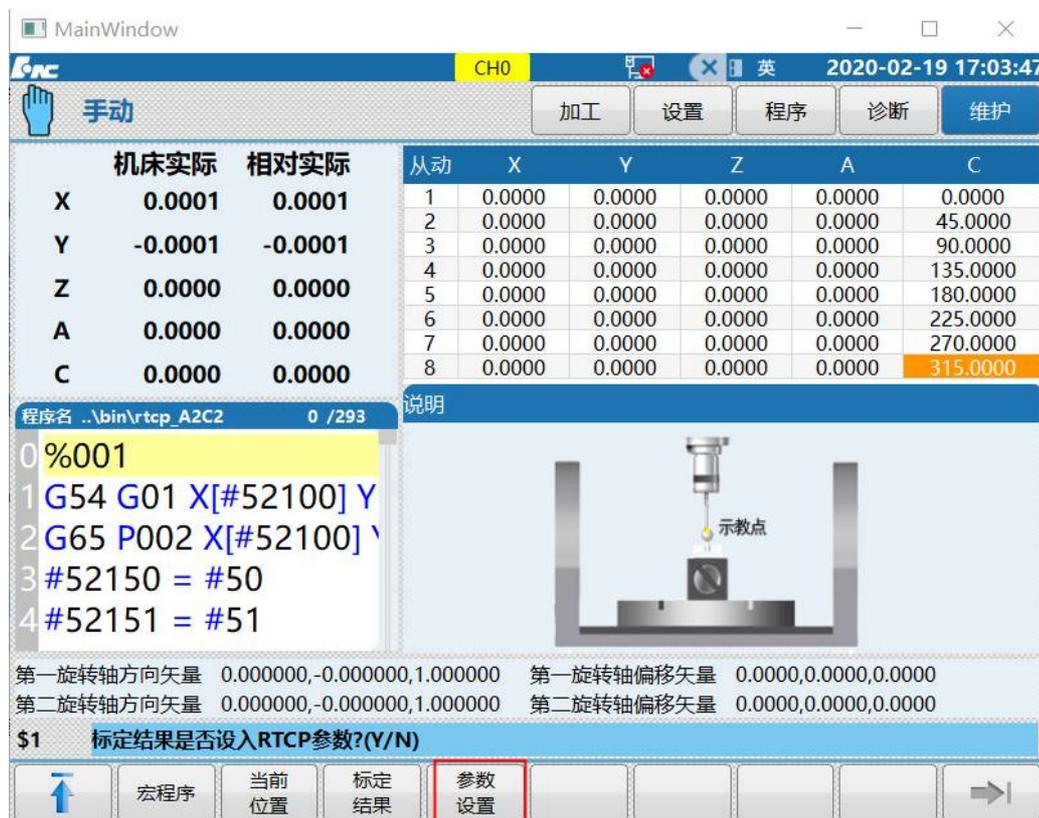


图 D-11 标定结果写入

系统参数设置中参考结果：

A 轴方向矢量-1, 0, 0

C 轴方向矢量 0.0002, 0, -1

A 轴偏移矢量 0, 0.1032, 0

C 轴偏移矢量-200.3521, -190.1937, -516.0228

(8) RTCP 数据精度测试：

1) C 转台精度测试：

千分杠杆表表针压一圈至 0，每转 45°暂停 10 秒，压表为正，回表为负。

使用主轴标准球和千分表进行 RTCP 精度 C 轴测试。主轴安装标准球，C 转台固定安装千分表，将表针指向标准球赤道压至一定的示数，C 轴回转联动，并在不同转角处记录表针偏摆示数，用来评价 C 轴 RTCP 联动定位精度的高低。

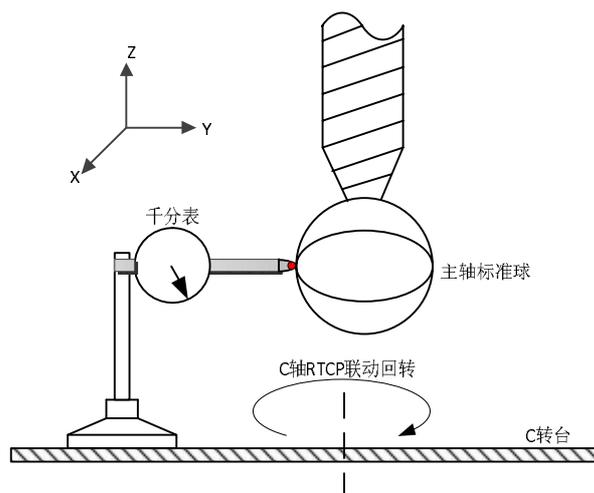


图 D-12 AC 双转台 C 轴 RTCP 精度测试

测试 G 代码:

G54

G43.4 H1

G01 C45

G04 X10

G01 C90

G04 X10

...

测试数据:

角度	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	360°
示数(um)	0	-2	-10	-18	-20	-12	-14	+4	-3

2) A 转台精度测试:

千分杠杆表表针压一圈至 0, A 轴 $\pm 90^\circ$ 测试, 压表为正, 回表为负。

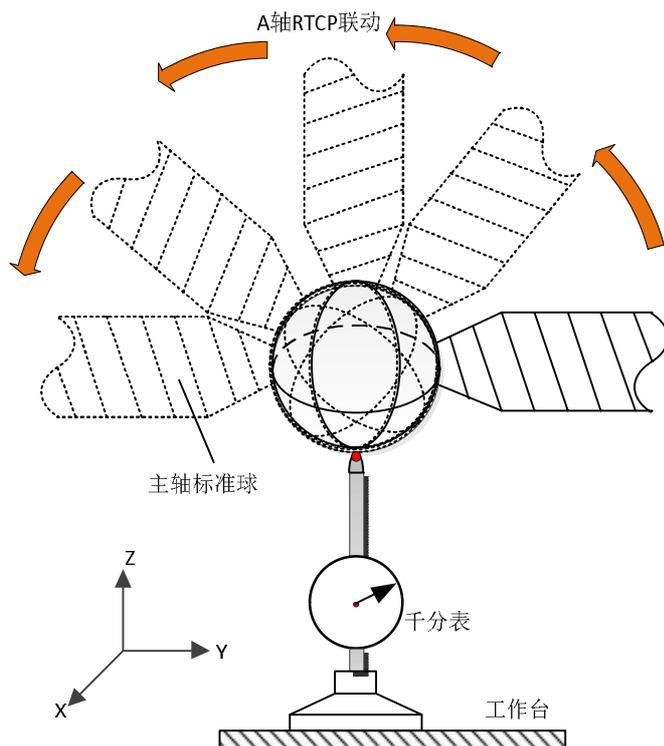


图 D-13 AC 双转台 A 轴 RTCP 精度测试

测试 G 代码:

G54

G43.4 H1

G01 A45

G04 X10

G01 A90

G04 X10

G01 A45

G04 X10

G01 A0

G04 X10

...

测试结果:

角度	0°	-25°	-10°	5°	20°	35°	50°	65°	80°
示数(um)	0	-8	+8	+14	+22	+20	+22	+24	+20

## 附录 E 五轴动态精度案例

在测定 RTCP 联动匹配之前，需对五轴机床进行结构参数标定，并简单测试 RTCP 动作。系统伺服调试工具和 SSTT 软件都有五轴动态性能测定功能，用于测定五个轴进行 RTCP 联动时伺服匹配程度，依此对伺服参数进行调整，主要调整 PA0 位置比例增益参数。

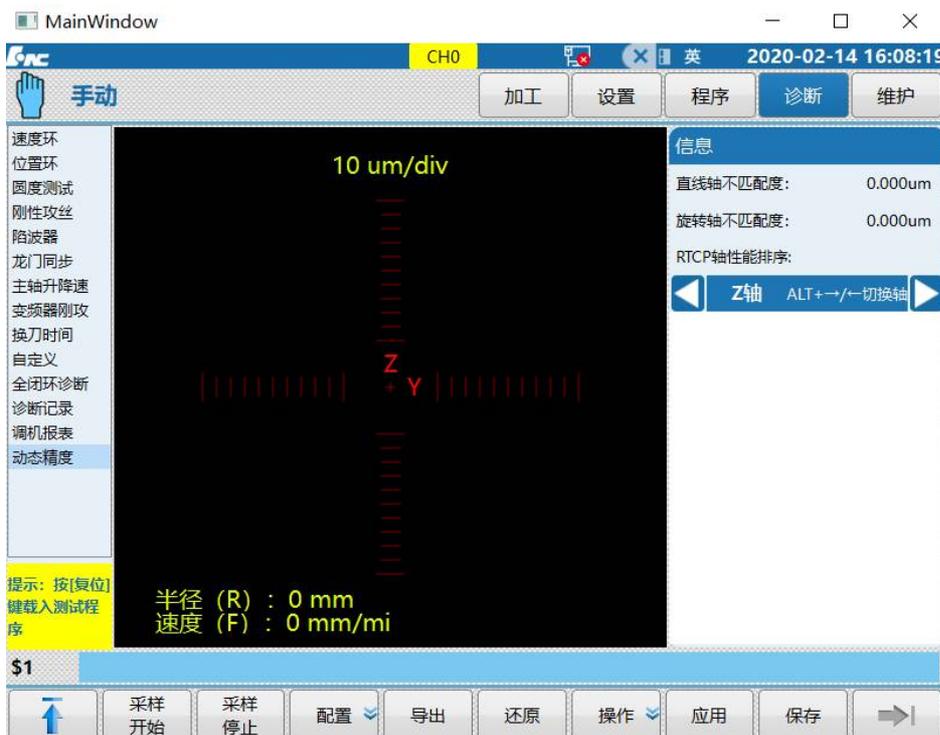


图 E-1 动态精度调试界面

(1) 配置参数项：包括旋转轴、进给速度、刀补号、旋转轴起始角度、旋转轴终止角度、采用周期，其中进给速度推荐为 1000mm/min。



图 E-2 动态精度参数设置

(2) 动态精度检测配置时，将旋转轴回零，手动移动到测定参考点（机床任意位置）。在“配置”界面设置参数，生成 G 代码，点击代码预览可查看。



图 E-3 动态精度测试 G 代码

(3) 按循环启动，系统自动采样并开始画图。测定程序运行完成后，系统自动计算直线度不匹配度和旋转轴不匹配度。不匹配度在 1.5um 范围之内，满足要求，否则根据轴伺服性能排序，以最弱的轴为基准，调整 PA0 参数。