

# 目 录

学习任务一：已有测量程序的 DEMO 工件的检测	6
学习任务二：数控铣零件的手动测量	19
学习任务三：数控铣零件的自动测量程序编写及检测	38
学习任务四：数控车零件的自动测量程序编写及检测	63
学习任务五：发动机缸体的自动测量程序编写及检测	83
迭代法建立坐标系	111
附录一：零件图纸	115
附录二：坐标测量技术专业术语中英文对照	120
附录三：PC-DMIS 常用快捷键汇总	125
附录四：坐标测量机精度指标	129
附录五：坐标测量机测头半径补偿和余弦误差	130
附录六：国内方案中心/Office	130

## 学习任务一 已有测量程序的 DEMO 工件的检测

【学习目标】 通过本任务的学习，学生应达到以下

基本要求：

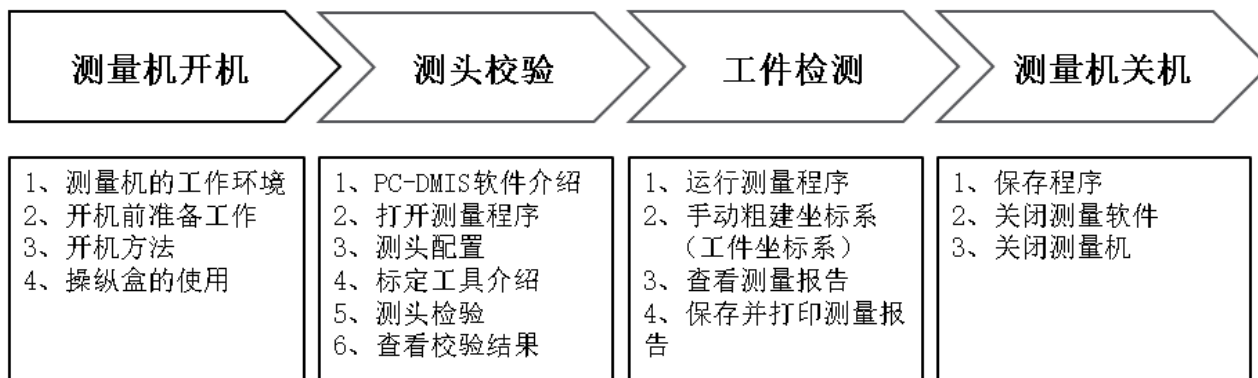
- 1) 掌握三坐标测量机的开机和操纵盒的使用；
- 2) 掌握启动软件的方法，并了解 PC-DMIS 测量软件界面；
- 3) 掌握三坐标测量机的测头配置和测头校验；
- 4) 掌握工件的装夹方法；
- 5) 能够运行已有的测量程序，完成工件的检测；
- 6) 掌握测量报告的保存和查看；
- 7) 掌握软件关闭和测量机关机。

【考核要点】 在已有测量程序的情况下，完成工件的检测，并给出测量报告。

【建议学时】

6 学时

【内容结构】



### 【检测任务描述】

某测量室接到生产部门的工件的检测任务（工件图纸见图 1-1，检测尺寸见表 1-1），该工件为批量加工件，已有测量程序（**Hexgon Demo 1.prg**），要求检测工价是否合格：

- 1) 给出检测报告，检测报告输出项目有：尺寸名称、实测值、公差值、超差值，格式为 PDF 文件；
- 2) 测量任务结束后，检测人员将检测结果填入下表中，并保存测量报告（.pdf 文件）。

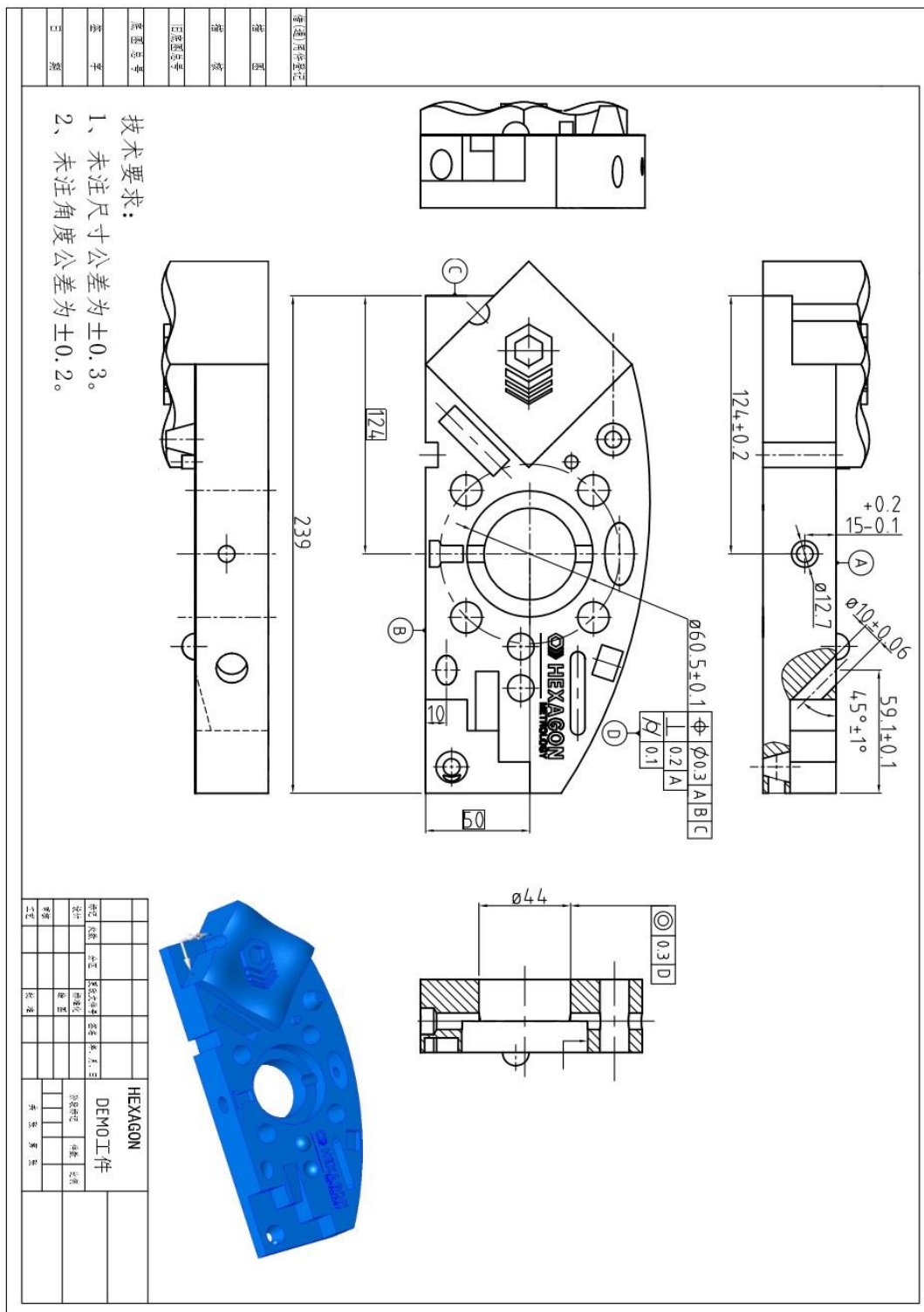
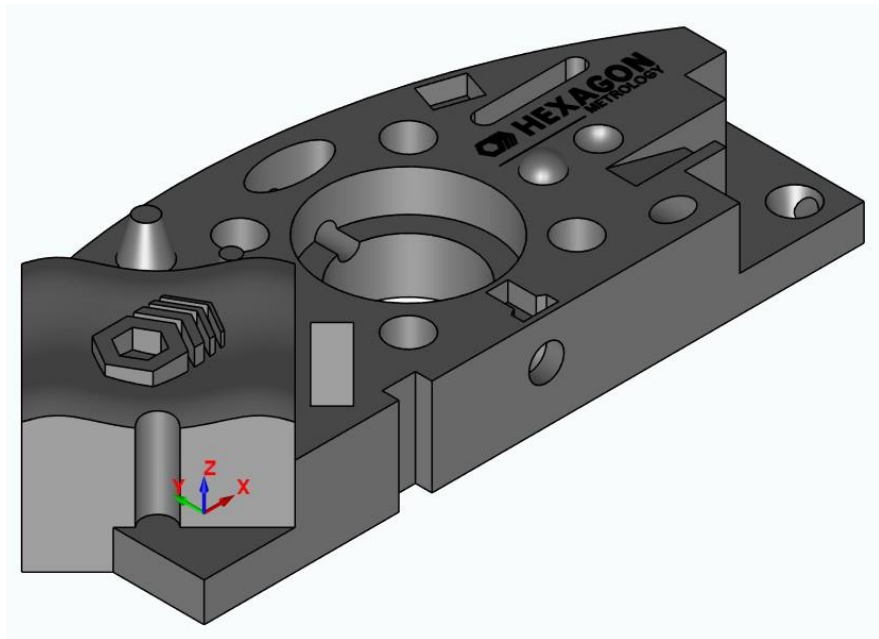


图 1-1

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差	测定值	偏差	超差
1	D001	尺寸 2D 距离 (PLN4)	239	0.3	-0.3			
2	DF002	尺寸 直径 (CYL_D2)	60.5	0.1	-0.1			
3	P003	FCF 位置度 *4 (CYL_D2)	0	0.3	0			
4	PE004	FCF 垂直度 (CYL_D2)	0	0.2	0			
5	CY005	FCF 圆柱度 (CYL_D2)	0	0.1	0			
6	D006	尺寸 2D 距离 (CYL_D6)	44	0.3	-0.3			
7	CO007	FCF 同轴度 (CYL_D2)	0	0.3	0			
8	D008	尺寸 2D 距离 (CYL3)	10	0.06	-0.06			
9	A009	尺寸 2D 角度 (PLN1, CYL3)	45	1	-1			
10	D010	尺寸 2D 距离 (PNT1, PLN4)	59.1	0.1	-0.1			
11	D011	尺寸 2D 距离 (CYL1)	124	0.2	-0.2			
12	D012	尺寸 2D 距离 (CYL1)	12.7	0.3	-0.3			
13	D013	尺寸 2D 距离 (CYL_L1, PLN1)	15	0.2	-0.1			

表 1-1





## 【测量室检测设备配置】

### 1、测量机型号：

海克斯康 Global Advantage 05.07.05



图 1-2

### 2、测座及传感器配置：

HH-A-T5 测座（图 1-3）：



图 1-3 HH-A-T5 测座

HP-TM 触发式测头，标测力黄色（图 1-4）：



图 1-4 HP-TM 触发式测头

### 测量机介绍：

Global Advantage 05.07.05 为移动桥式测量机，X、Y 和 Z 轴的行程是 500MM、700MM 和 500MM，其参数见表 1-2：

性能指标: 最大允许误差 MPE( μm),L(mm), τ (s)				最大三维	最大三维
测头配置	标准温度范围 18-22℃			速度	加速度
	MPE <sub>E</sub>	MPE <sub>P</sub>	MPE <sub>THP</sub> ,	(mm/s)	(mm/s <sup>2</sup> )
HP-TM	1.9+ 3L/1000	2.0	-	866	4300

表 1-2 机器参数表

### 您的检测设备配置：

设备型号：设备参

数填写：

性能指标：最大允许误差 MPE( μ m),L(mm), τ (s)				最大三维 速度 (mm/s)	最大三维 加速度 (mm/s <sup>2</sup> )
测头配置	标准温度范围 ____℃				
	MPE <sub>E</sub>	MPE <sub>P</sub>	MPE <sub>THP</sub> ，τ		

表 1-3 使用机器参数表

### HH-A-T5 测座：

HH-A-T5 是自动旋转分度测座

#### 知识链接

测座分为：

- (1) 固定式测座：不能够旋转，测座可以消除旋转定位重复性误差，通常应用于高精度的测量机。
- (2) 旋转式测座：旋转测座可分为自动旋转测座和手动旋转测座，可以灵活配置测头角度。

TESASTAR-m



TESASTAR-I M8



LSP-X5



### HP-TM 触发式测头：

HP-TM 是带吸盘的模块化 5 方向触发式测头

#### 知识链接

测头是负责采集测量信息的组件。测量方式分为接触式触发测量、接触式连续扫描 测量以及非接触式光学测量。



## 【检测流程】

### 1、测量机开机：

开机前准备工作：

A. 检测机器的外观及机器导轨是否有障碍物； B. 对导轨及工作台进行清洁； C. 检测温度、湿度、气压、配电等是否符合要求；

开机顺序：

(1) 旋转红色旋钮打开气源（气压表指正在绿色区间 内为合格）。



(2) 开启控制柜电源，系统进入自检状态（操纵盒 所有指示灯全亮），开启计算机电源；



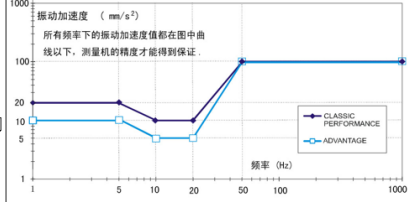
DC 800 控制柜

(3) 系统自检完毕（操纵盒部分指示灯灭），长按[ 加 电键]2 秒给驱动加电；



### 三坐标测量机的工作条件：

测量机的工作条件一般如下（特殊要求的测量机查看测量机手册）：

温湿度	振动
温度范围： $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度时间梯度： $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ & $\leq 2^{\circ}\text{C}/24\text{h}$ 温度空间梯度： $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 空气相对湿度： 25-75% （推荐40% - 60%）。  注意：测量机空调全年24小时开放，不应受到太阳照射，不应靠近暖气，不应靠近进出通道，推荐根据房间大小使用相应功率的变频空调。	 <p>如果机床周围有大的震源，需要根据减震地基图纸准备地基或配置主动减震设备。</p>
气源	电源
供气压力： $>0.5\text{ MPa}$ 耗气量： $>150\text{ Nl/分钟} = 2.5\text{ dm}^3/\text{s}$ （Nl: 标准升，代表在 $20^{\circ}\text{C}$ ，1个大气压下的 1升） 含水： $<6\text{ 克/立方米}$ 含油： $<5\text{ 毫克/立方米}$ 微粒大小： $<40\text{ 微米}$ 微粒浓度： $<10\text{ 毫克/立方米}$ 气源的出口温度： $20 \pm 4^{\circ}\text{C}$ 推荐使用空压机+前置过滤+冷冻干燥机+二级过滤	电压： 交流 $220\text{V} \pm 10\%$ 电流： 15A 独立专用接地线： 接地电阻 $\leq 4\Omega$  注意：独立专用接地线是指非供电网络中的地线，而是独立专用的安全地，以避免供电网络中的干扰与影响，建议配置稳压电源或UPS。

### 您检测设备的控制柜型号及打开控制柜的方法：



UMP360 控制柜



DC 240 控制柜



DC 241 控制柜



DC 800 控制柜

### 操纵盒的使用方法（以海克斯康 NJB 操纵盒为例介绍）：



(4) 启动 PC-DMIS 软件，测量机进行回零（回家）点过程；

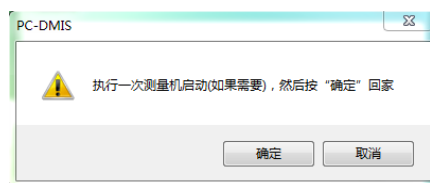
使用管理员权限打开软件



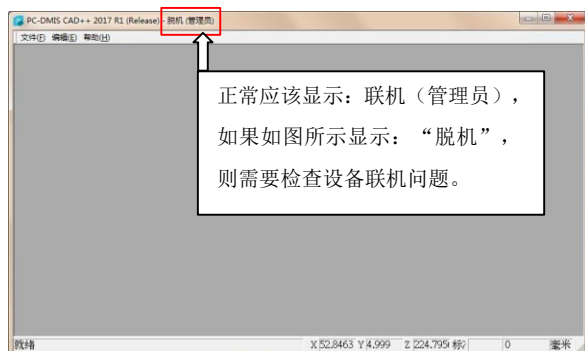
(5) 选择当前的默认测头文件（如当前无配置的测头，则选择未连接测头。



(6) 点击确定，测量机自动回到测量机的零点。

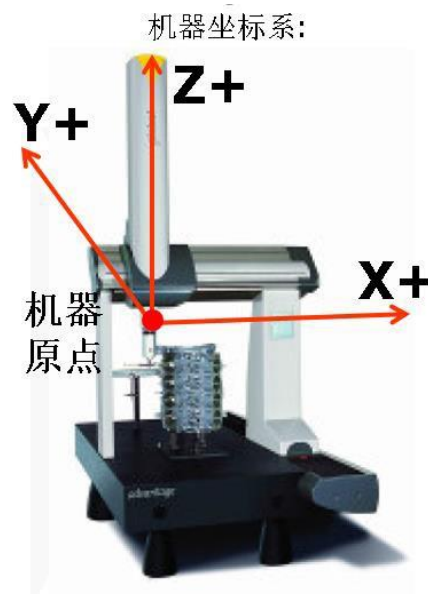


(7) 测量机回零后，PC-DMIS 进入工作界面，进行接下来的测量操作。



- 摇杆 + Probe Enable：手动驱动测量机进行 X、Y、Z 轴向的移动；
- 速度旋钮：用来控制三坐标测量机运行速度；
- 加电按钮：三坐标测量机启动控制柜完成自检后需要按此按钮给驱动加电；
- 急停按钮：在测量机测量过程中将要发生碰撞，可按下此按钮。
- 测头激活：灯亮时表示测头处在激活状态，测量过程中需要保持长亮；
- 慢速旋钮：灯亮时表示三坐标测量机进入慢速移动状态（仅手动模式有效）；
- 删除点：用于手动测量误采点后删除该点；
- 加移动点：在测量机自动测量编程过程中手动添加移动点；
- 轴向锁定：手动驱动测量机按照指定轴向移动（灯亮时表示测量机可延该轴移动）；
- 锁定/解锁：通过该按钮取放测头吸盘；
- 上档键：特定机型（配置 CW43 测座）使用，用于旋转角度；
- 操作模式：在测量机手动测量过程中进行 mach/part/probe 三个模式的切换。
- 执行/暂停：灯亮时表示测量机处在执行状态。

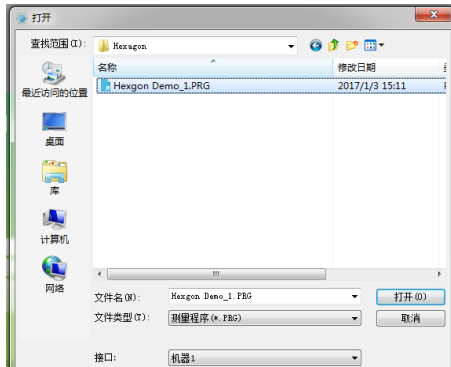
三坐标测量机的机器坐标系及原点：



唯一的坐标系，机器的零点

## 2、测头校验

(1) 打开该零件的测量程序 Hexagon Demo\_1.prg, 了解编程时的测头配置, 按照此配置定义并校验测头。



(2) 将光标放在加载测头处, 并按 F9 键 (或右键-编辑), 弹出测头工具框:



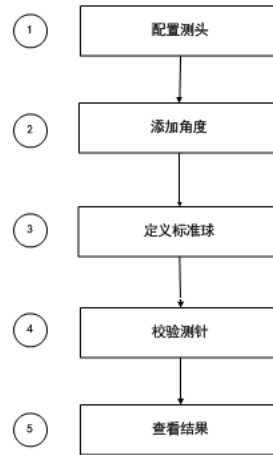
(3) 配置测头文件: 在“测头文件”框下输入测头文件名 (格式可以为名字缩写\_测针型号, 如: ZN\_3X40); 然后在“测头说明”处, 点击下拉框, 选择测头文件信息。



配置好的测头如下:



## 测头校验流程:



**知识拓展 编程人员:** 要将编程时的测头配置保存并存档 (照片), 在测量程序里做好备注, 最好的方法是保存测头文件 (\*.prb), 以便操作人员在测量工件时能够得到相关的测头配置信息。保存的测头配置信息包含: 测座, 测头, 转接, 加长杆, 测针, 所使用的角度。**操作人员:** 在使用新的测量程序时, 首先要了解该程序的测头配置信息, 并按照该信息配置测头, 否则有可能导致测针干涉、甚至碰撞。如果所使用的测头和编程时使用的测头不一致时, 要尽量和编程时配置的测针长度近似, 并在第一次运行时进行程序调试。

## HH-A-T5 测座测头组件:



## 知识拓展

选择测针和加长杆时要考虑测头的加长能力和承载能力, HP-TM 测头的参数如下:

测头名称 (数据基于 8mm/s 速度测试)	低测力	标测力	中测力	高测力
颜色	红	黄	绿	蓝
选用依据	橡胶等非金属材料需要低测力; 细测针需要低测力	大多数情况下	比标测力要求大 测针较长。	大测针或容易误 触发机器
推荐使用配置和设置	触测距离 $\geq 0.8\text{mm}$ ; 触测速度 $\leq 8\text{mm/s}$			
最大允许不锈钢和碳化钨测针长度	30mm	30mm	60mm	60mm
最大允许碳纤维测针长度	30mm	50mm	60mm	60mm
最大允许星形测针长度	不能接	20mm	20mm	20mm

您的测头文件配置为: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

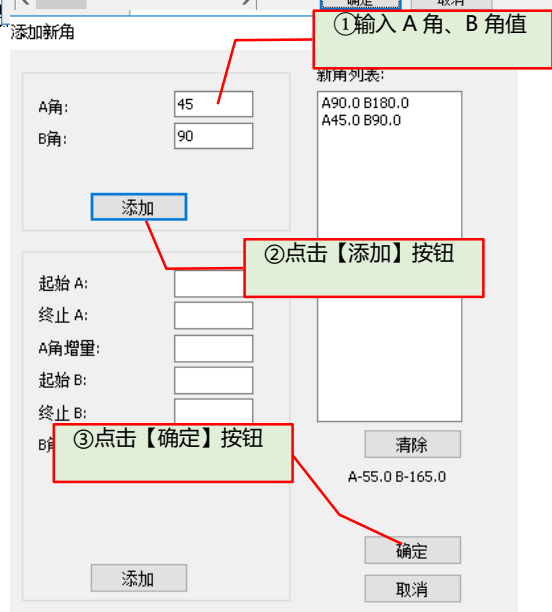
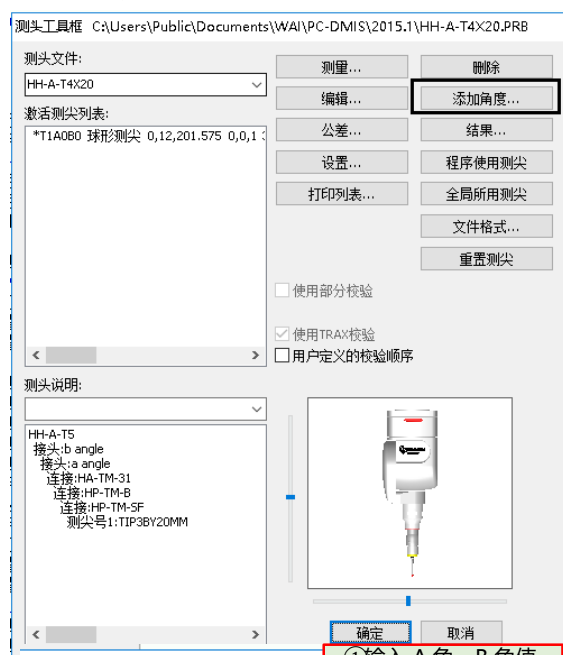
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



(4) 添加测头角度：配置好测头后，会自动添加 A0B0 角度，本程序还需要添加 A90B180，A45B90 角度。



(5) 把校验用的标准器（标准球）固定到机器上，保证标准球的稳固和清洁，同时检查测头各连接部分的稳定，红宝石球的清洁。



HH-A-T5 角度范围和分度如下图：

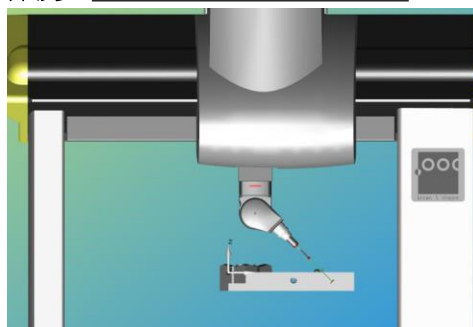


您的测座的角度范围及分度： A

: \_\_\_\_\_

B: \_\_\_\_\_

分度: \_\_\_\_\_



思考题：

A ( )

B ( )

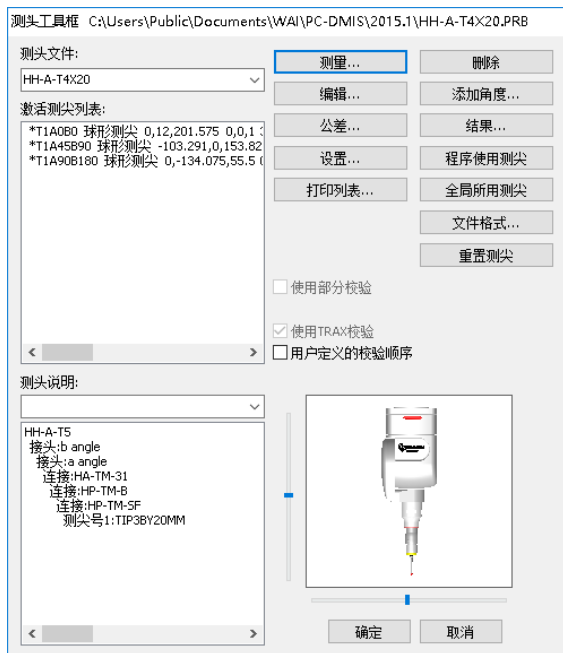
未校验的角度前会有星号标识：



标准球：

标准球都会随测量机配置，是高精度的标准器，在使用中要注意保护。测头校验的结果对测量精度影响很大，要保证测量机精度，标准球需要定期校准。

(6) 点击“测量”按钮，弹出“校验测头”对话框，按照下图，设置参数：



- 测点数：9
- 逼近回退：2.54
- 移动速度：30 mm/s
- 接触速度：2 mm/s
- 操作类型：校验测针
- 模式：自动
- 校验模式：用户定义（3层、起始角0°、终止角90°）
- 没有选择任何测尖时默认选择：所有测尖



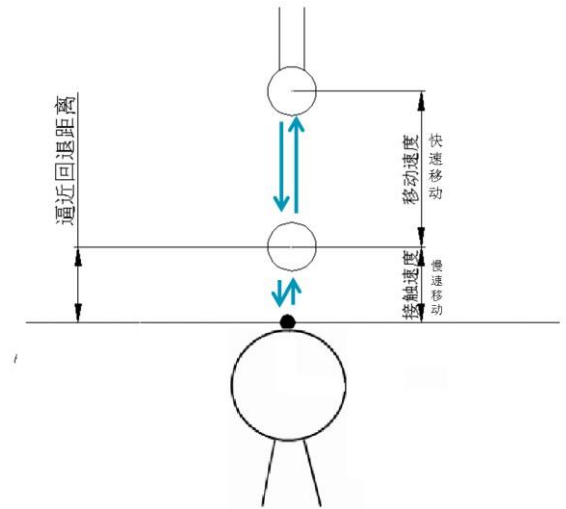
参数含义：

①测点数：校验时每个角度测量标准球的采点数。

逼近/回退距离：

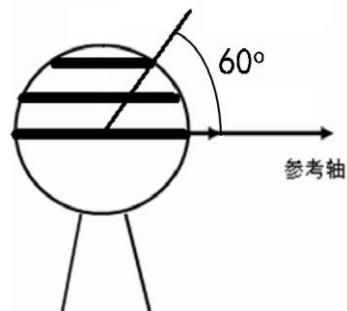
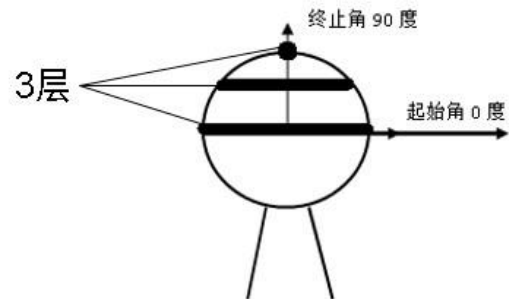
移动速度：

接触速度：



②运动方式：一般采用 DCC 方式。

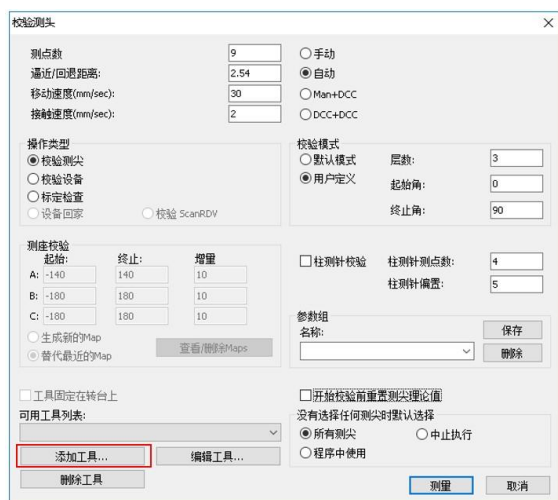
③检验模式：测量点在标准球上的分布，一般应采用用户定义，层数应选择3层。起始角和终止角可以根据情况选择，一般球形和柱形测针采用0~90度。对特殊测针（如：盘形测针）校验时起始角、终止角要进行必要调整。



思考题：

层数 ( )  
起始角 ( )  
终止角 ( )

(7) 点击“添加工具”按钮，设置标准球参数，如果已有定义好的标准球，可以从“可用工具列表”中选择：



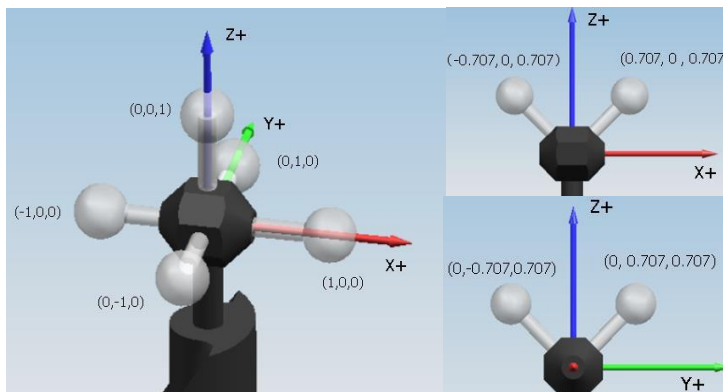

设置完毕后，点击“确定”，返回“校验测头”对话框。

## 参数含义：

①工具标识：不能用!@#%&\*()+=\等特殊字符，建议使用英文大写；

②工具类型：一般使用球体；

③支撑矢量：标准球固定在机器上，可以有不用方向，为了避免校验测头时测针和支撑杆干涉，需要告知标准球的摆放方向；



## 标准球方向定义

标准球的方向是指支撑杆指向球的方向，I, J, K 来表示：

- 与 X 轴夹角的余弦值称之为 I；
- 与 Y 轴夹角的余弦值称之为 J；
- 与 Z 轴夹角的余弦值称之为 K。

例如下图：

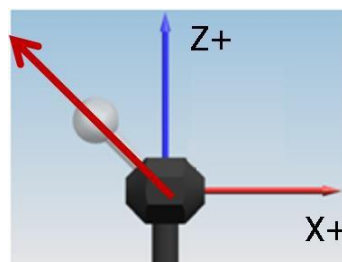
此标准球支撑方向与 X, Y, Z 轴向夹角分别为

(135°, 90°, 45°)

所以其矢量 (I, J, K) 为 (cos(135°)

, cos(90°), cos(45°))，即为 (-

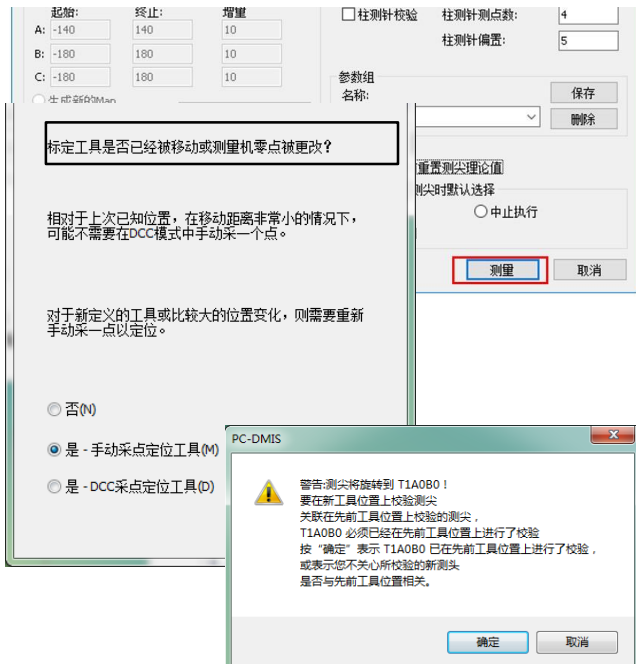
0.707, 0, 0.707)。



④直径/长度：在标准球（或其他标准器）的证书上会有标定直径（长度），并会定期校准，要输入最新的校准值；

### (8) 校验过程:

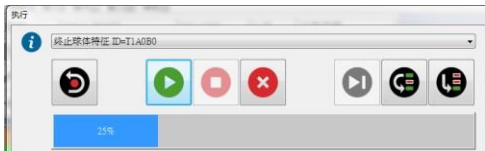
点击“测量”-“是-手动采点定为工具”-“确定”:



弹出采点提示框:

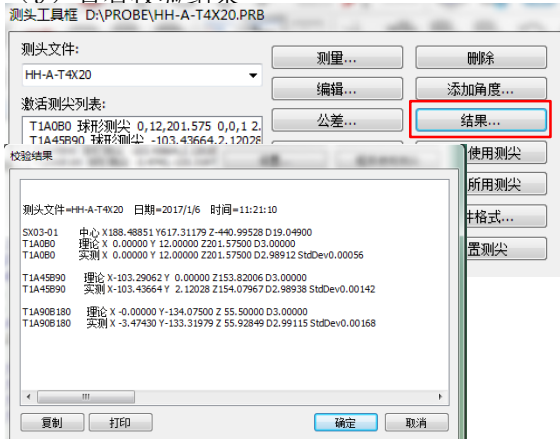


采点结束, 按一下操纵盒的“确认”键。



机器自动运行, 按顺序校验完所有角度, 校验完后, “激活测头列表”里的星号消失。

### (9) 查看校验结果



### 标定工具是否移动或测量机零点被更改?

- (1) 如果是第一次校验, 需要选择“是-手动采点定位工具”;
- (2) 如果是重新校验测针: 标准球没有移动, 则需要点击“否”, 自动测量;
- (3) 如果是重新校验测针: 标准球移动过, 需要先校验参考测针(A0B0), 并且点击“是-手动采点定位工具”。

### 操纵盒操作:

手动操作时, 必须先将“慢速按钮”按亮, 然后按住“Probe Enable”键, 操作“摇杆”, 左右控制 X 轴移动, 前后控制 Y 轴, 旋转控制 Z 轴。移动时, 速度均匀, 快接触采点位置时, 速度更要变慢。听到采点提示音时, 采点结束, 并将测针反方向移开。如果采点错误, 可使用“删除点”键删除, 并重新采点。



### 校验结果:

StdDev”是校验结果的标准差, 这个误差应越小越好, 一般结果小于 0.002。

### 知识拓展 当校验结果偏大时, 检查以下

几个方面: 1、测针配置是否超长或超重或刚性太差

(测力太大或测杆太细或连接太多);

2、测头组件或标准球是否连接或固定紧固;

3、测尖或标准球是否清洁干净, 是否有磨损或破损;

### 什么时候需要重新校验测头?

1、测量系统发生碰撞: 使用的测

针角度需要全部校验。

2、测头部分更换测针或者重新旋紧:

此时需要测针角度全部校验。

3、增加新角度 先校验参考测针“A0B0”, 再校验新添加的角度。



### 3、工件测量

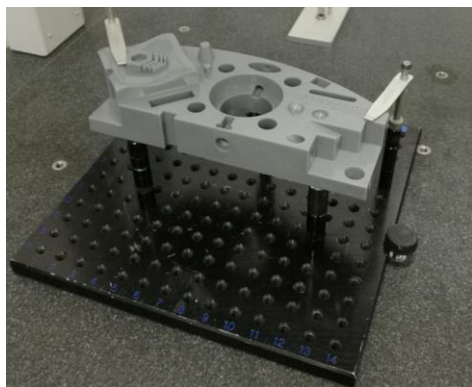
#### (1) 测量前的准备工作:

- 工件恒温 工件在测量前需要在恒温间做恒温处理;
- 工件清洁 可使用无纺布粘无水酒精擦拭零件, 如果

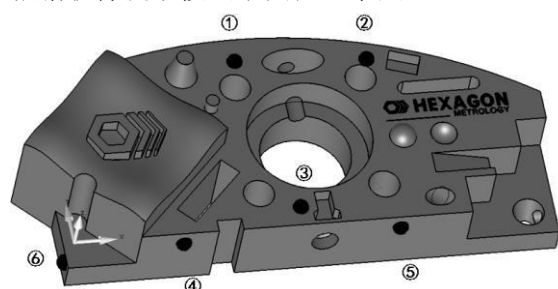
有螺纹孔需要检测, 可尝试用细毛刷做进一步 处理。

(2) 工件装夹: 将标准球从测量机上卸下, 根据编程时的夹具设置进行零件装夹, 夹具的位置最好和编程时一致, 避免运行中碰撞夹具。工件尽量放在机器的中间位置, 并进行粗略找正。装夹时保证工件的稳固, 但不能变形。

(为了安全, 本任务装夹工件前请将标准球从测量机上卸下, 实际应用中, 如果确定标准球 不干涉零件的测量可以将标准球固定在某一个 位置, 提高效率。)



(3) 粗建零件坐标系, 定位工件在测量机上的位置。使用 CTRL+Q 或文件-执行运行测量程序, 根据软件提示按照下图位置采点:



- 在上平面采前 3 个点, 按“确认”键;
- 在前平面采第 4、5 个点, 按“确认”键;
- 在左平面采第 6 个点, 将测头位置移高放在第 1 点的上方后, 按“确认”键; 测量机自动运行, 首先精建坐标系, 然后测量图纸要求的尺寸, 最后生成检测报告。

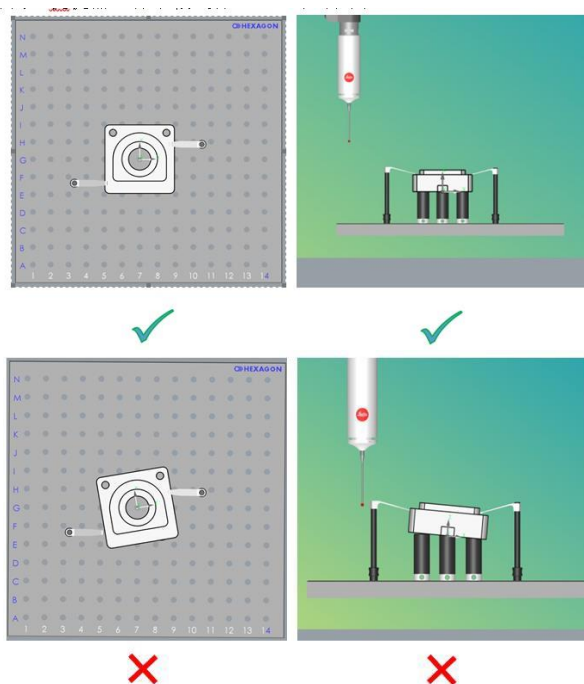
#### 待测零件准备工作:

加工留下的切屑、冷却液和机油对测量误差也有影响。如果这些切屑和油污黏附在探针的红宝石球上, 就会影响测量机的性能和精度。在测量机开始工作之前和完成工作之后分别对工件进行必要的清洁和保养工作, 避免将不必要的误差带入到测量结果中。通常可使用无水乙醇和无纺布擦拭工件。

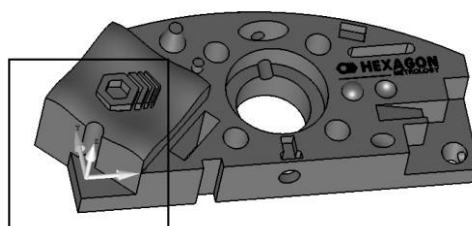
#### 零件找正:

装夹时要进行零件的找正: 要求零件与测量机机器坐标系轴线保证垂直平行关系, 避免测针的干

涉。(后面章节会详细介绍找正方法, 本例简单找正)



#### 零件坐标系:



#### 手动零件坐标系的目的

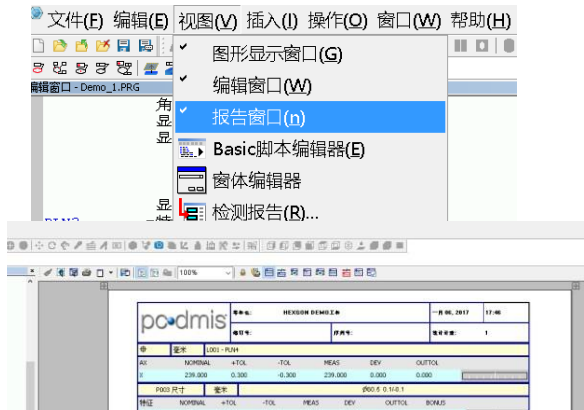
建立手动坐标系是为了确定零件的位置, 为后面程序自动运行做准备, 所以通常会测量最少的测量点数, 又称粗建坐标系。

#### 自动精建坐标系的目的

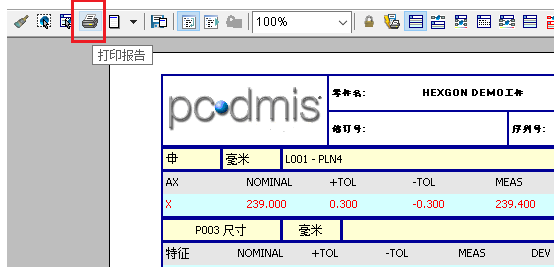
在手动零件坐标系后面, 还需要建立自动零件坐标系, 用来进行自动测量和尺寸测量。后面的任务里会详细介绍自动坐标系的建立方法。

## 5、报告查看和保存。

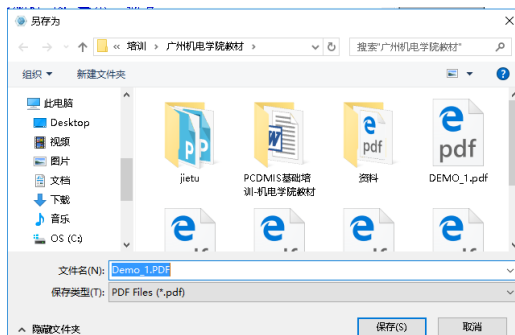
查看报告



保存报告：



选择路径并保存：

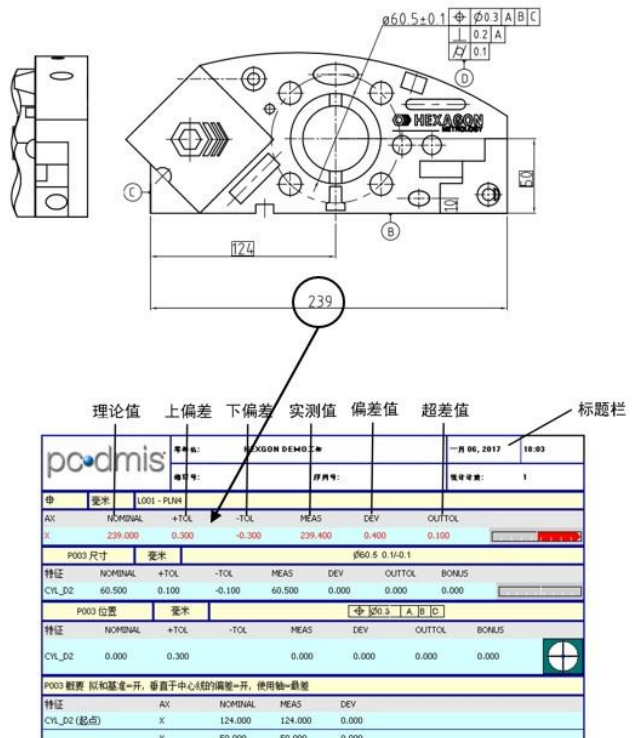


## 6、测量机关机

坐标测量机关机操作：

- 首先将测头移动到安全的位置和高度（避免造成意外碰撞）
- 退出 PC-DMIS 软件，关闭控制系统电源 和测座控制器电源；
- 关闭计算机，关闭气源。

怎样读懂报告：



关机位置：



总结：通过本任务的学习，可以运行已有的测量程序，进行工件的检测，达到了三坐标操作入门级能力要求。在后面任务里，我们会学习测量程序的编写过程。



## 学习任务二 数控铣零件的手动测量

【学习目标】 通过本任务的学习，学生应达到以下

基本要求：

- 1) 掌握多测针角度的校验方法；
- 2) 掌握使用操纵盒移动坐标测量机，进一步了解各个操作键的功能；
- 3) 掌握手动测量的方式方法；
- 4) 掌握报告评价窗口的使用；
- 5) 掌握工作平面的使用方法；
- 6) 掌握距离评价的一般方法；
- 7) 掌握保存测量报告的设置方法。

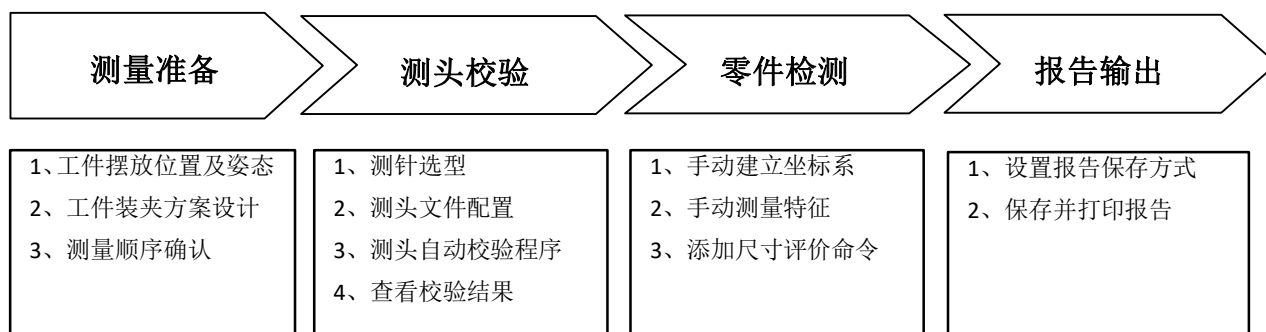
【考核要点】

根据数控铣零件检测图纸，要求以手动测量的方式完成检测表中标注尺寸的检测，并输出测量报告。

【建议学时】

6 学时

【内容结构】



## 【检测任务描述】

现我校接到某机械加工厂的数控加工件检测任务，要求如下：

- 1) 完成图纸中数控铣零件的检测，检测项目由检测表给出；
- 2) 图纸中未标注公差按照 $\pm 0.05\text{mm}$  处理；
- 1) 测量报告输出项目有：尺寸名称、实测值、公差值、超差值，格式为 PDF 文件；
- 2) 测量任务结束后，检测人员打印报告并签字确认。

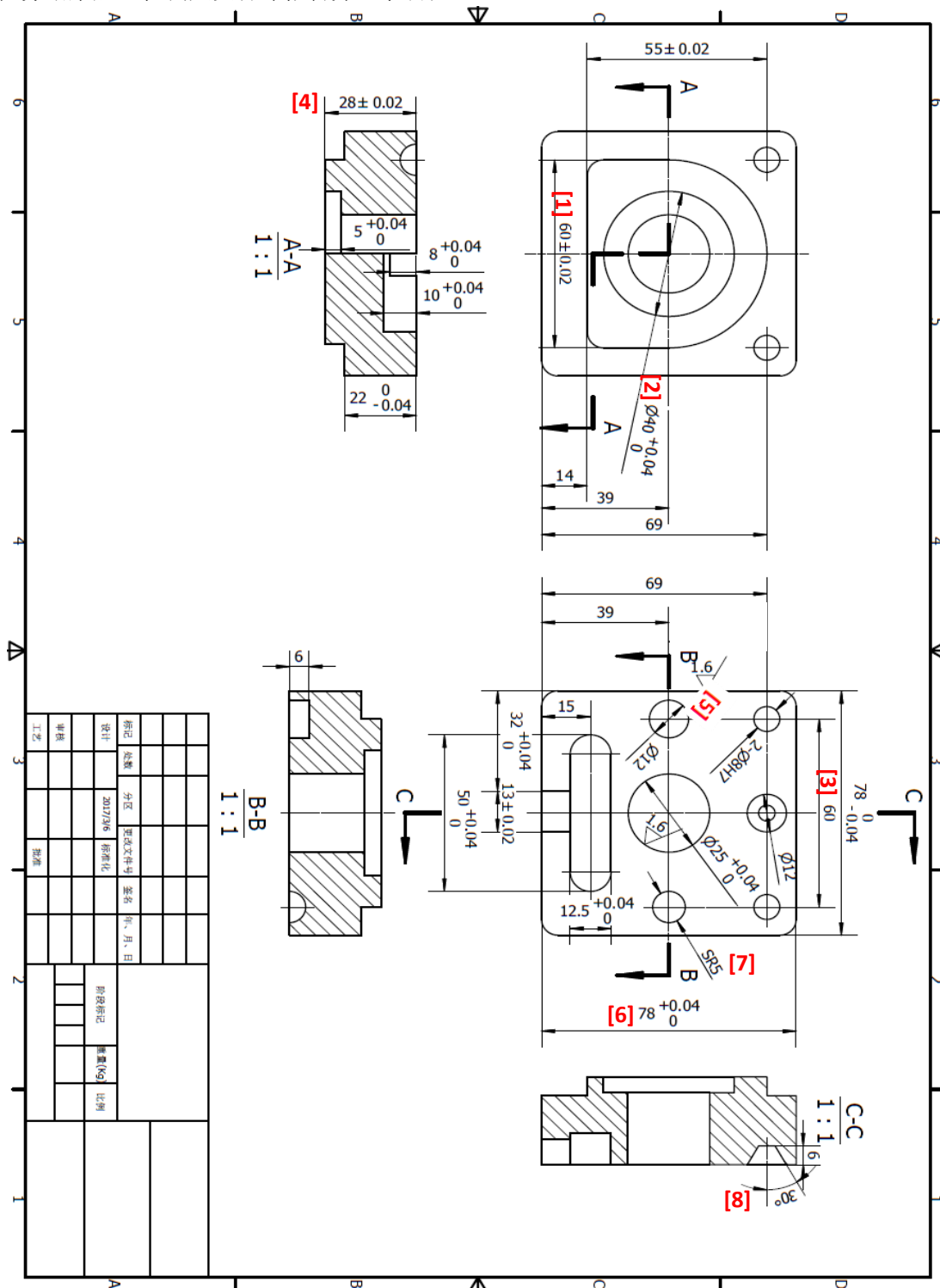


图 2-1

序号	尺寸	描 述	理论值	公差	上极限尺寸	下极限尺寸	关联元素 ID
1	D001	尺寸 2D 距离	60	$\pm 0.02$	60.02	59.98	PLN1, PLN2
2	DF002	尺寸 直径	40	0.04 / 0	40.04	40	CIR1
3	D003	尺寸 2D 距离	60	$\pm 0.05$	60.05	59.95	CYL1, CYL2
4	D004	尺寸 2D 距离	28	$\pm 0.02$	78	77.96	PLN3, PLN4
5	DF005	尺寸 直径	12	$\pm 0.05$	12.05	11.95	CYL3
6	D006	尺寸 2D 距离	78	0.04 / 0	78.04	78	PLN5, PLN6
7	SR007	尺寸 球半径	5	$\pm 0.05$	5.05	4.95	SPHERE1
8	A008	尺寸 锥角	60°	$\pm 0.05$	60.05	59.95	CONE1

尺寸检测表 2-1

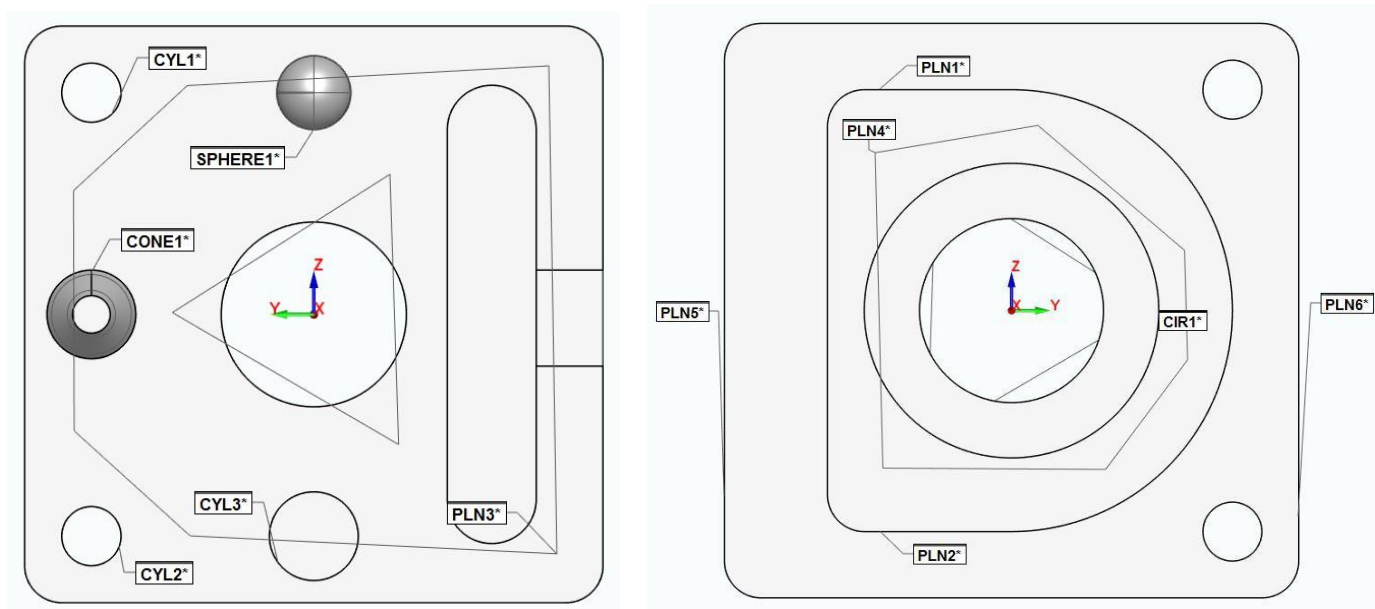


图 2-2 测量特征布局图

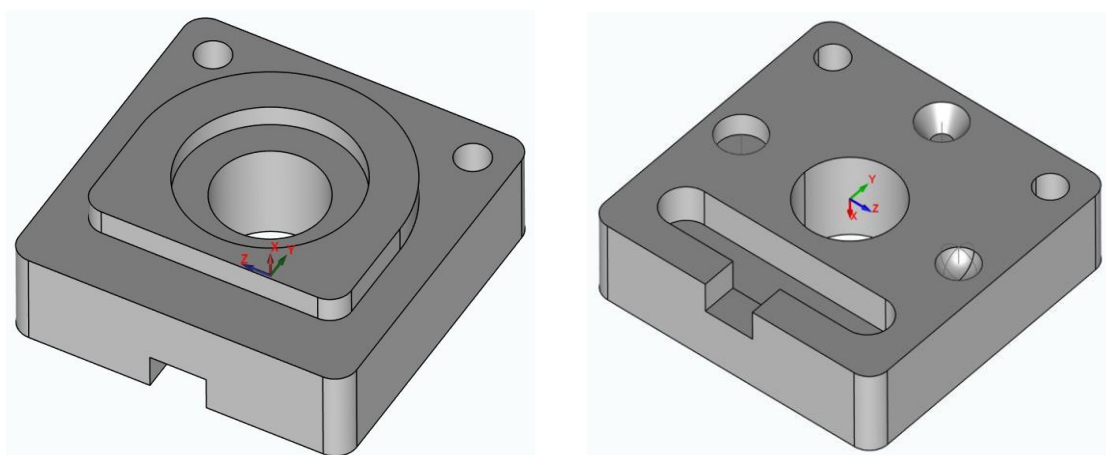


图 2-3 等轴视图



## 【测量室检测设备配置】

### 1、测量机型号： 沿用任务

#### 一测量用机器：

海克斯康 Global Advantage 05.07.05

经分析测量机行程完全满足测量要求，建议测量前将零件装夹在坐标测量机平台中心位置。

### 2、测头传感器配置：

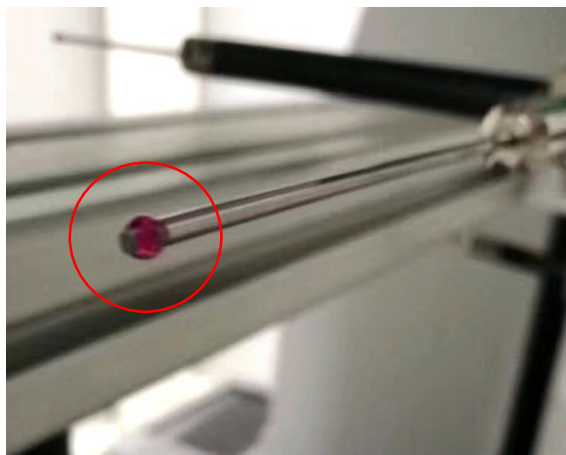
- HH-A-T5 测座；
- TESASTAR-P 测头；



测头文件配置明细

任务二选用的 3BY40 规格测针与任务一配置相同，这里需要做如下操作：

- (1) 将测针再次紧固在测头体上；
- (2) 清洁测球表面污垢，如有明显划痕需要更换测针。



## 知识拓展

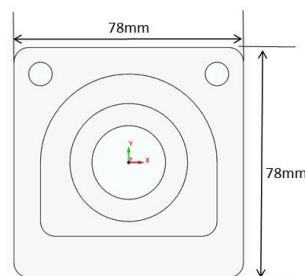
### 测量机选型推荐

现代制造检测环节，坐标测量机已经逐步取代传统的检查方法并减少了质量控制操作所需的时间和人力，那么如何根据测量行程选择符合您的坐标测量机？

坐标测量机测量行程主要分为三个轴向（X、Y、Z）的最大可移动范围，以海克斯康公司坐标测量机来讲，测量机的行程可通过名称来判断。 本例中坐标测量机为：

Global Advantage 05.07.05，从型号命名来看：X轴行程为

500mm，Y轴行程为700mm，Z轴行程为500mm，远大于被测零件尺寸。



被测零件尺寸图 如果零件的测量程序需要使用测

针加长杆和夹具，实际所需的最小测量范围可能远

大于工件尺寸。考虑到零件测量情况比较复杂，可选择X轴、Y轴和Z轴测量范围为预估尺寸两倍的坐标测量机型号。

## 知识拓展

### 测针选型推荐：

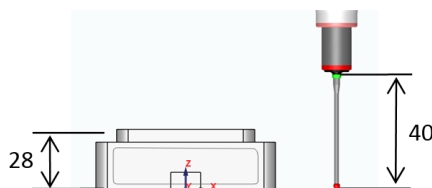
对于标准的球型测针，我们在选型时主要关注以下几个参数：

#### (1) 测针连接螺纹：

本例中，TESASTAR-P 测头使用 M2 的测针连接螺纹（对应下图中的 E 位置）。除了 M2 标准螺纹，部分测头需要使用 M3 或 M5 规格的测针。

#### (2) 测针总长度：

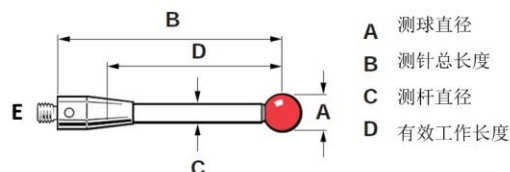
测针连接端面至红宝石球心的距离（对应图中的 B 位置）。注意与有效工作长度定义（对应图中的 D 位置）区别开来。



根据实际零件的几何尺寸，推荐使用长度为 40mm 的测针。

(3) 红宝石测球直径： 红宝石测球直径的选择需要根据零件被测特征尺寸合理选择。本例中最小孔直径

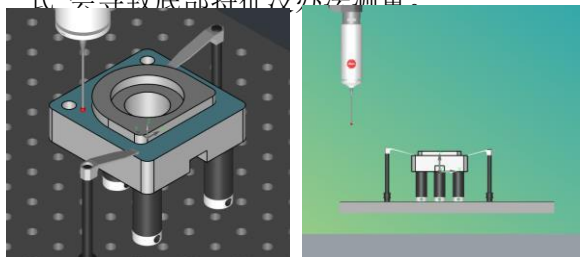
8mm，选用常规  $\phi 3\text{mm}$  测针即可。



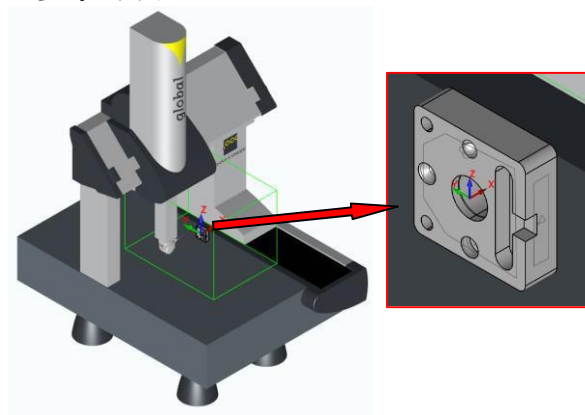
## 【零件装夹方案】

零件装夹最基本原则是在满足测量要求的前提下尽可能以保证尽量少的装夹次数完成全部测量尺寸。

以本测量案例分析，所有尺寸集中分布在上端面和下底面上。如果选用下图的装夹方式会导致底部特征没办法测量。



为了保证一次装夹完成所有要求尺寸的检测，本案例推荐将零件侧向装夹方案（使用海克斯康柔性夹具），零件相对测量机姿态参考下图：



### 零件机械找正操作

零件找正的方法有两种，这里我们采用锁定操纵盒轴向的方式来找正零件（第二种方法在任务三中介绍）。1) 调整零件上平面与测量机 Z 轴近似垂直

零件底面由两个相同规格的支撑柱支撑，因此不需要调整上平面位置；

2) 调整侧面轴向（参考右侧示意图）将操纵盒的 X 轴锁定灯按灭（这时测量机只能沿着 Y、Z 轴移动），使用操纵盒将测量机的测针贴近零件侧面的后边缘，并保留微小间隙（约 1mm），然后沿着 Y 轴移动测量机到侧面前边缘，比较两次的间隙大小尽量保持

一致。

## 知识拓展

### 零件的机械找正

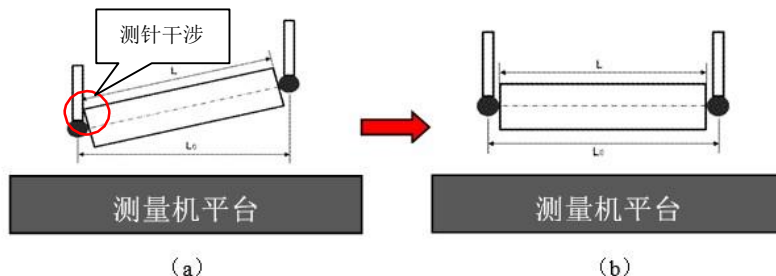
零件装夹在工作平台上，除了使用定制夹具，常规夹具是很难保证一次装夹后，零件可以做到横平竖直的理想摆放状态（如下图 b 所示），或多或少都有一定歪斜（如下图 a 所示）。测量前尽量使零件与测量机平台保持平行关系（操作方法类似于机加工中打表找正）。

零件的找正必须在测量程序编写前完成，一旦装夹确定程序编写完成，则不可进行装夹调整。如要调整夹具，需要重新调试程序。

### 为什么要进行零件的机械找正？

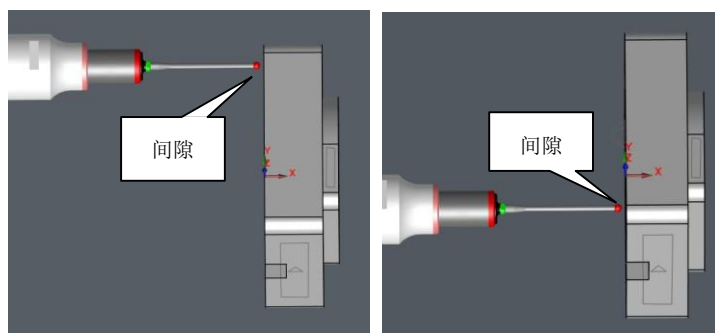
零件找正最主要的原因是为了避免测量过程中测针干涉。如下图所示，当我们测量长方体零件的长度 L 时，必须在零件两个侧向端面采点。

如果零件没有放平，测量中造成测杆干涉，导致测量误差。



三坐标测量机由于具备专业的测量软件，可通过建立零件坐标系（Alignment）的方式实现数学找正，所以三坐标测量机不严格要求零件做到精确找正，理论上只要装夹稳固、测杆不干涉即可。

### 调整侧面轴向步骤示意图：



### “轴向锁定”按键应用

“轴向锁定”按钮共有 3 个，分别控制 Y、X、Z 轴的移动。按钮指示灯亮，则表示坐标测量机可以沿着该轴向移动，如果要锁定该轴的移动，按灭此按钮指示灯即可。该功能在零件找正或精准位置手动测量中经常使用。



## 【检测流程】

### 1、打开PC-DMIS测量软件，新建测量程序：

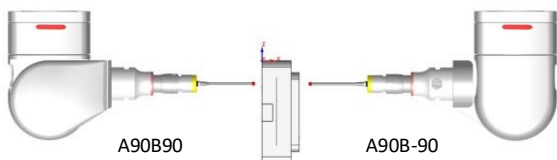


• 输入零件名（MISSION\_2\_名字首字母缩写）

点击“确定”后进入程序编辑界面，随后将程序另存在路径“D:\PC-DMIS\MISSION2”中。

### 2、添加测针角度

调用任务一测头文件，添加 A90B90 与 A90B-90 两个测针角度用于测量两个侧面。



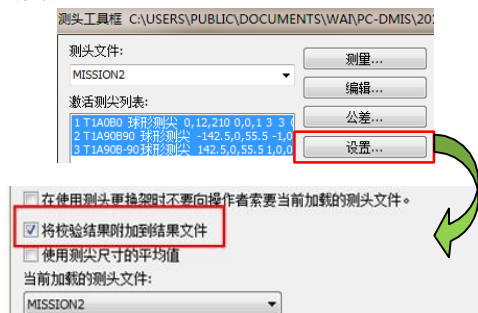
### 3、校验测针

校验测针前，做以下检测工作：

- 保证测头、测针各连接件必须是安装紧固，不能有松动；
- 注意标准球支座各连接不能有松动，底座必须紧固于测量机平台上；
- 使用无纺布擦拭测针红宝石测球及标准球，保证表面清洁无污渍。

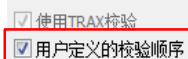
校验测针操作步骤：

（1）打开测头工具框，点击“设置”按钮进入设置页面：



（2）勾选“将校验结果附加到结果文件”，点击“确定”按钮；

（3）勾选“用户定义的校验顺序”；



## 知识拓展

### 如何区分产品图纸是英制还是公制？

零件图纸一般以两种单位制来标注，一种是采用公制，一种是采用英制。

英尺与毫米的换算关系：1英寸（inch）= 25.4毫米（mm） 可根据以下方法来区分：

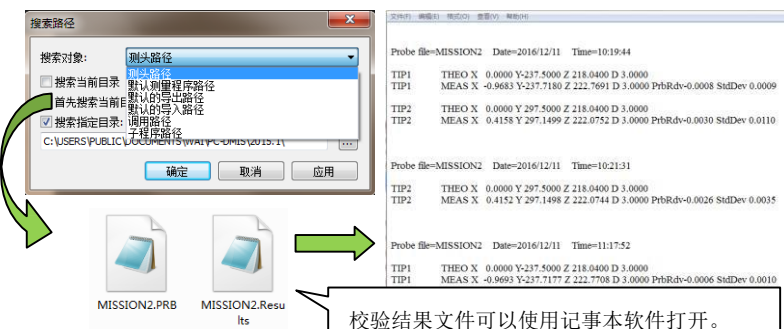
- 1、根据图纸标注的尺寸与实际产品长度对比确认；
- 2、从常使用英制的国家推测
- 3、看图纸注释，然后看右下角的标题栏 本教材图纸采用公制编制，因此在新建程序时选用“毫米”作为单位。

## 知识拓展

### “将校验结果附加到结果文件”选项使用

为了将不同时间的测针校准结果累计，可通过校验结果的附加设置来实现。

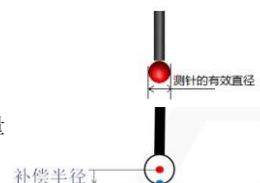
按照左栏做勾选设置后，每次校准的结果都会保存在结果文件“测头文件名.Results”中，与测头文件同在默认调用路径下。



## 知识拓展

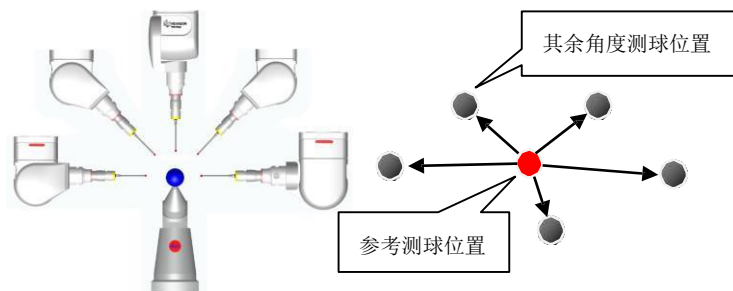
### 为什么必须校验测针？

由于测头触发有一定的延迟，以及测针会有一定的形变，测量时测头有效直径会小于该测针宝石球的理论直径。所以需要通过校验得到测量时的有效直径，对测量进行测头补偿（更详细描述见附录）。



### 什么是参考测针？

参考（Master Tip）测针将所有校验测针中心坐标与其全部关联，以参考测针位置为中心，得到与其余不同测头角度之间的位置关系。



### 如何定义参考测针？

参考（Master Tip）测针通过测针校验过程指定。首次校验测针选择标准球已移动，随后校验的第一个测针就被定义为参考测针，而在实际测量中，通常以A0B0角度测针作为参考测针，而将其它角度测针与之关联。



(4)按键盘 Ctrl 键，首先选择参考测针 A0B0，然后选择测针 A90B90、A90B-90，这时前面会显示顺序标号。

激活测尖列表：

1	T1A0B0 球形测尖	0,12,210 0,0,1 3 0
2	T1A90B90 球形测尖	-142.5,0,55.5 -1,0
3	T1A90B-90 球形测尖	142.5,0,55.5 1,0,0

(5)按照任务一校验方法设置，注意这里使用

DCC+DCC 的校验模式；

(6)检验结束后查看校验结果，确认满足要求 后点击“确定”进入建立坐标系环节，否则需 要重新排查问题后再次校验测针。

校验结果

测头文件=ZN\_3X40 日期=3/20/2017 时间=5:20:14 PM

1	中心 X 238.5886 Y 51.0949 Z 2.5371 D20.0000	
T1A0B0	理论 X 0.0000 Y 12.0000 Z 221.5750 D 3.0000	
T1A0B0	实测 X 0.0070 Y 11.9960 Z 221.5720 D 2.9910 StdDev 0.0003	✓
T1A90B-90	理论 X 154.0750 Y 0.0000 Z 55.5000 D 3.0000	
T1A90B-90	实测 X 154.0750 Y 0.0000 Z 55.5000 D 2.9920 StdDev 0.0015	✓
T1A90B90	理论 X-154.0750 Y 0.0000 Z 55.5000 D 3.0000	
T1A90B90	实测 X-154.0750 Y 0.0000 Z 55.5000 D 2.9940 StdDev 0.0115	✗

## 知识拓展

### 三坐标校验测针模式

PC-DMIS 软件提供了 4 种测头校验模式，分别为：手动、自动、Man+DCC、DCC+DCC。

校验测头

测点数	12	<input type="radio"/> 手动
逼近/回退距离:	3	<input checked="" type="radio"/> 自动
移动速度(mm/sec):	80	<input type="radio"/> Man+DCC
接触速度(mm/sec):	2	<input type="radio"/> DCC+DCC

#### (1) 手动

手动模式要求手动采集所有测点，即使坐标测量机具有 DCC 功能。此模式多用于特定机型，如关节臂测量机的测针校验。

#### (2) 自动

坐标测量机使用 DCC 模式在标准球上自动采集所有测点。如果标准球是第一次安装并首次校验测针，或在校验测针前已移动校验工具，在此情况下，则必须手动在标准球上采集第一个测点。

#### (3) Man+DCC

Man+DCC 模式为混合模式。此模式有助于校准不易模拟的奇异测头配置（如下图所示，尤其测针指向空间特定角度）。在多数情况下，Man+DCC 类似于 DCC 模式，但存在以下不同：

- 必须要手动为每个测尖采第一个测点，即使标定工具尚未移动。该测尖的所有其它测点将在DCC模式下自动采集。
- 因为所有第一次触测均手动执行，所以校准前后不对每个测尖进行测量的安全移动。



#### (4) DCC+DCC

DCC+DCC 模式与 MAN+DCC 模式类似，两个模式打点的方式是一致的，不同在于DCC+DCC模式在用于定位标准球的第一个测点是自动采集的，而Man+DCC则需要手动采第一点。如果想全部过程都是自动校准，则此模式非常有用。但是，注意使用MAN+DCC 模式会获得更准确的结果。

#### 4、零件坐标系建立 本章根据图纸分析，以经典的3-2-1方法

建立手动坐标系（精建坐标系的方法在任务三中作详细介绍）。

(1) 测量模式必须为手动模式（默认模式）：



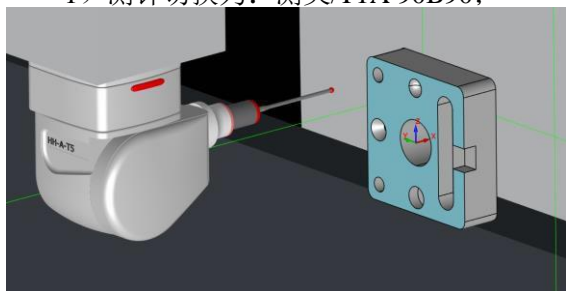
手动模式按钮



自动模式按钮

(2) 手动测量主找正平面（下图着色平面）操作步骤：

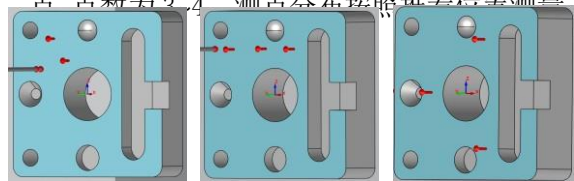
1) 测针切换为：测尖/T1A-90B90；



2) 通过【视图】—【其它窗口】—【状态窗口】开启“状态窗口”显示功能；

3) 用操纵盒操纵测头在此平面采集3个点，按操纵盒“确认”键，在软件中得到“平面1”的测量命令。

由于粗建基准是第一次为零件定向、定位，因此不需要在基准平面上大量采点，建议测点数为3~4，测点分布按照推荐位置测量。



a)  b)  c) 

a) 测点分布太集中，不能反应全貌； b) 测点分布近似在一条直线上，不能反应平面 矢量；

c) 推荐方法，测点分布得当。

平面1 =特征/平面, 直角坐标, 轮廓

理论值<0,-0.8763,0.535>,<-1,0,0>

实际值<0,-0.8763,0.535>,<-1,0,0>

测定平面,3

触测基本,常规,<0,19.0737,0.2499>,<-1,0,0>,<0,19.0737,0.2499>,使用理论值=是

触测基本,常规,<0,-10.2614,18.9582>,<-1,0,0>,<0,-10.2614,18.9582>,使用理论值=是

触测基本,常规,<0,-11.4414,-17.6031>,<-1,0,0>,<0,-11.4414,-17.6031>,使用理论值=是

终止测量

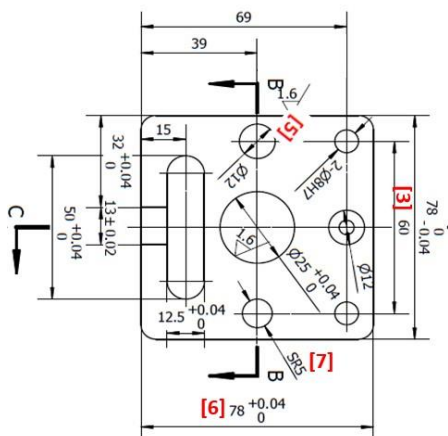
#### 知识拓展

##### 本零件建立坐标系方法分析

零件坐标系的建立方法虽然只能从现有的图纸资源来判断，但是原则上必须遵从于产品的设计、加工及装配方式。

我们推荐从以下方面来确认如何建立零件坐标系，尤其精基准的建立：

1、图纸距离尺寸的引出线（本案例方法） 常规图纸中如果没有形位误差评价，可不标注基准，在这种情况下主要通过尺寸线的引出方向确定以哪个特征作为基准元素。



如上图所示，所有横向尺寸的指引线都是从左侧端面引出，表明该侧面为加工基准，用于接下来其它元素的加工。当然此端面作为第一基准还是第二基准，是需要其它因素综合判断的，同样也需要大家在今后的练习中不断积累经验。

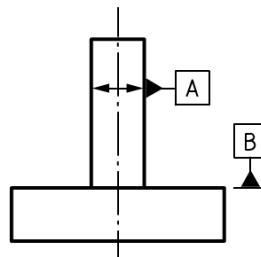
结合本案例加工过程：首先会先铣大端面平面，因此我们首先测量大端面并找正，对应3-2-1中的3；其次铣该基准侧面，我们在这个侧面上测量一条直线来控制第二轴向，对应3-2-1中的2；

最后在上面测量一点，用于定义坐标系轴向的零点，对应3-2-1中的1。

任务三中还会对坐标系建立方法做进一步学习。

2、图纸基准的标注 如下图所示，图纸中标注有A、B基准（A基准对应圆柱特征；基准B对应平面特征）。

按照常规基准标注编号规则，A基准为第一基准，优先控制第一轴向，因此需要用圆柱来找正轴向。

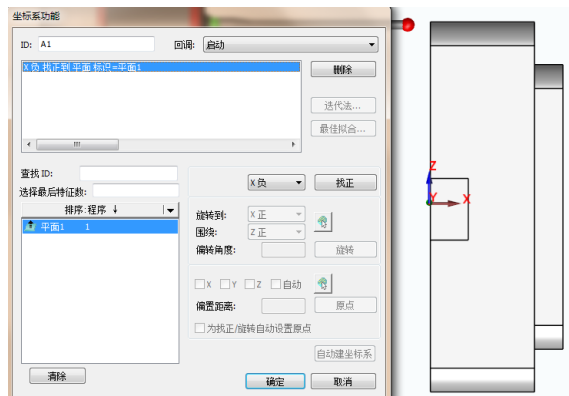


### (3) 插入新建坐标系找正平

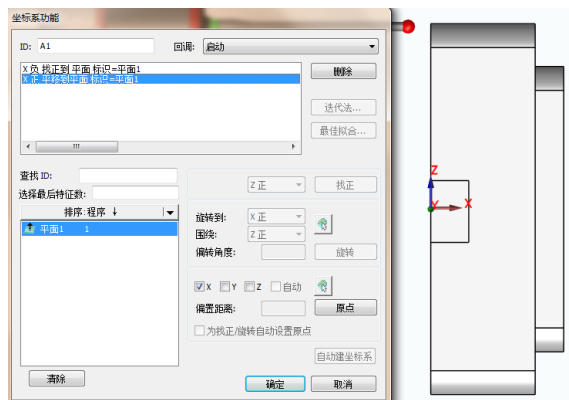
面 操作步骤:

1) 通过菜单【插入】—【坐标系】——【新建】(使用快捷键“Ctrl+Alt+A”或点击新建

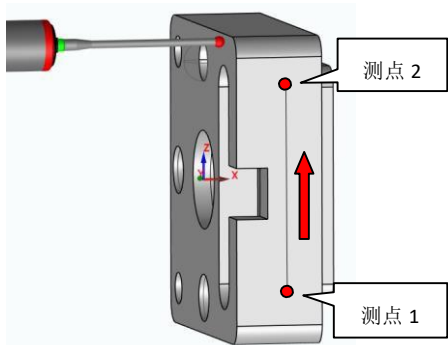
坐标系图标 ) 插入新建坐标系 A1, 2) 鼠标左键点选“平面 1”, 将找正方向选择为 X 负, 点击“找正”按钮, 有“X 负找正到平面标识=平面 1”命令显示在信息



3) 鼠标左键再次点选“平面 1”, 将 X 前的复选框打勾, 点击“原点”按钮, 则有“X 负找正到平面标识=平面 1”命令显示在信息提示栏:



(4) 手动测量次基准平面上的一条直线, 测量顺序按照下图所示:

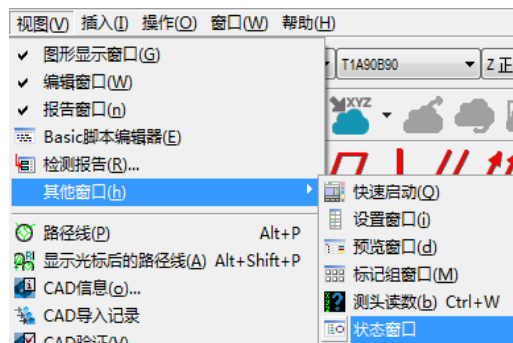


## 知识拓展

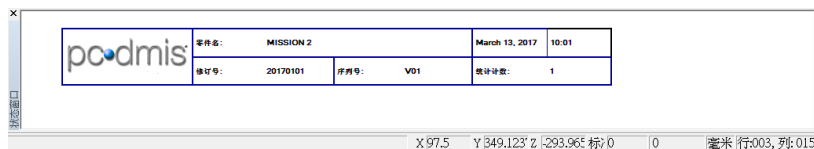
### 测量软件状态窗口的使用

PC-DMIS软件的状态窗口提供了非常多的测量信息, 可以实时提醒操作者测量进程的每一步信息, 推荐开启“状态窗口”显示。

“状态窗口”可通过【视图】—【其它窗口】—【状态窗口】开启。

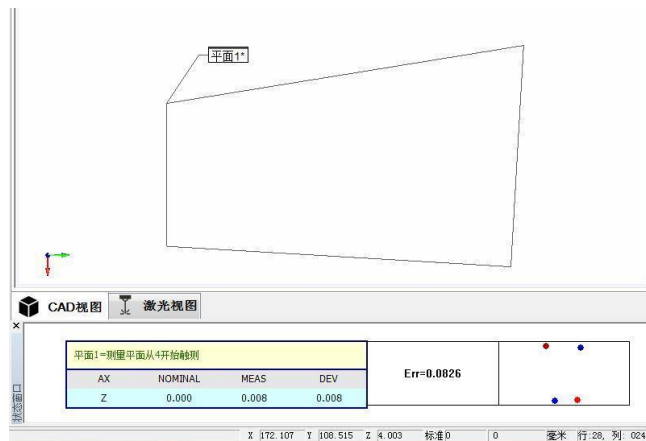


“状态窗口”默认显示在软件界面的右下角位置, 初始界面如下图所示:

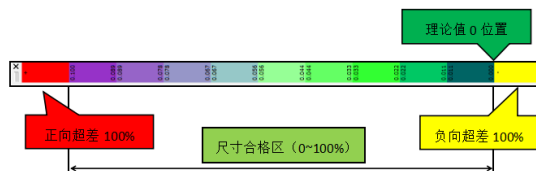


以平面测量为例说明状态窗口显示信息: 如下图所示, 测量平面特征时, 状态窗口显示该平面的总测点数、矢量方向的坐标

信息(本例平面矢量为Z正)、形状偏差(En)以及测点的分布。



对平面来讲, 形状偏差即平面度结果(En=0.0826), 测点颜色表明偏差程度, 可根据下面的尺寸颜色示意图判断。

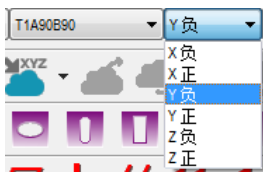


“状态窗口”使用注意事项:

- 1、在执行过程中, “状态窗口”通常仅显示最后执行的特征和尺寸;
- 2、“状态窗口”可以在特征尺寸还未创建时提供预览效果;
- 3、当鼠标光标放在报告命令位置, “状态窗口”显示其预览结果。

## 操作步骤:

1) 将工作平面切换为 X 负;



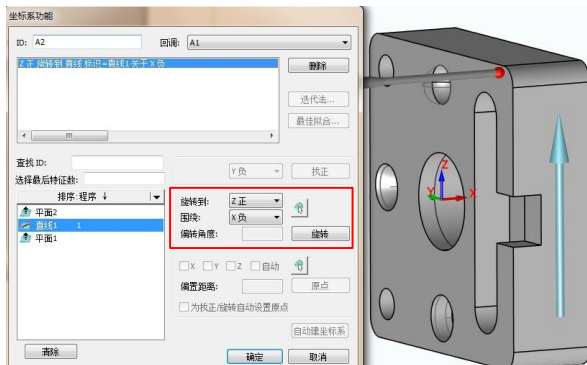
2) 用操纵盒操纵测头在此平面连续采 2 个点 (注意测量顺序), 按操纵盒“确认”键, 得到“直线 1”测量命令;

直线1 =特征直线, 直角坐标, 非定界  
理论值: <10.011, -39.575, 1.215>, <-0.6167327, -0.7871727, 0>  
实际值: <10.01, -39.576, 1.215>, <-0.6158474, 0.7878655, 0>  
测定直线: Z 正  
触发: 基本, 常规, <10.011, -39.575, -24.154>, <0.7872594, -0.6166215, 0>, <10.01, -39.576, -24.154> 使用理论值=是  
终止测量: 是

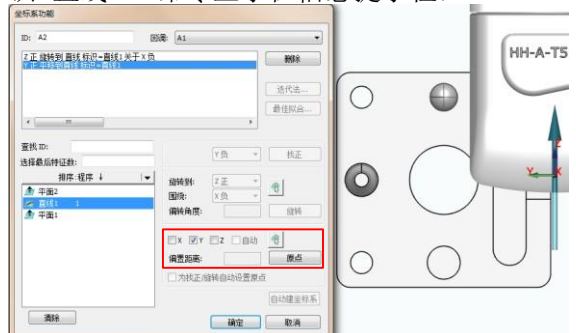
(5) 插入新建坐标系旋转到直线

1.1) 插入新建坐标系 A2;

2) 点选“直线 1”, 将“围绕”选择为 X 负 (X 负方向为 A1 坐标系确立的找正方向), “旋转到”选择为 Z 正 (直线 1 矢量), 点击“旋转”按钮, 有“Z 正 旋转到 直线 标识=直线 1 关于 X 负”命令显示在信息提示栏:



3) 继续在该界面点选直线 1, 勾选 Y 轴零点, 点击“原点”按钮, 有“Y 正 平移到直线 标识=直线 1”命令显示在信息提示栏:

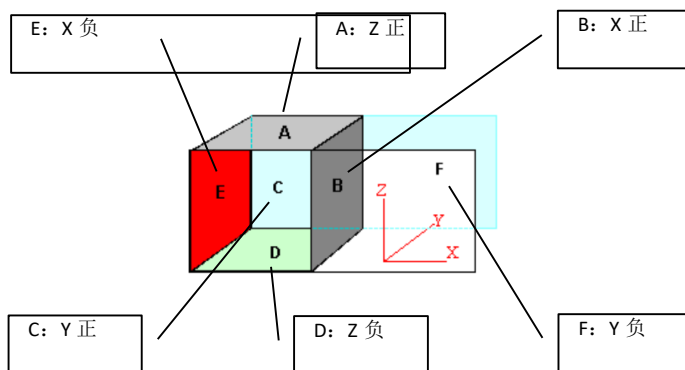


(6) 手动测量第三基准平面上的一点 操纵测量机测头在上表面测量 1 个测点, 触测完毕后按操纵盒“确认”键完成测量命令

## 知识拓展 何时选用工作平面

工作平面是测量时的视图平面, 类似图纸的三视图。

工作平面共有 6 个, 分别为: X 正、X 负、Y 正、Y 负、Z 正、Z 负, 分布及对应轴向如下图表所示:



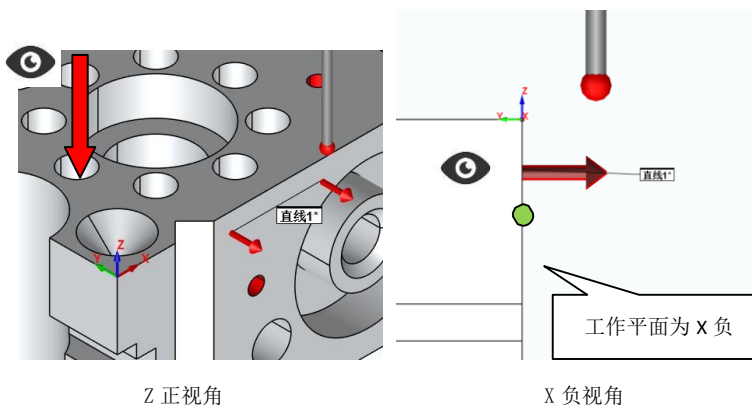
当测量二维元素 (比如直线、圆等) 时, 要求在与当前工作平面垂直的矢量上采集测点, 因此此时需要将工作平面进行相应的调整。

对于三维元素 (比如圆柱、圆锥等) 的测量, 是不需要调整工作平面的。

## 如何选用合适的工作平面

若当前工作平面是 Z 正 (矢量 0, 0, 1), 并在块状零件前端面上测量直线, 则测量直线的测点必须位于此零件的垂直面上, 如下图箭头所示。如果用户想测量工件上平面上的线特征, 需要选择 Z 正工作平面 (从 Z 工作平面正上方向下看), 这时该直线是可以测得正确的结果。另外选择 Z 负、Y 正、或 Y 负向工作平面, 都是可以的。

但如果工作平面选择 X 负或 X 正, 则从该视角看过去, 直线则变成了点元素。

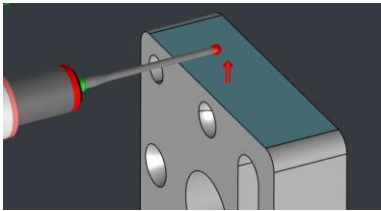


具体选用哪个工作平面, 取决于直线的矢量方向。在任务三我们对于工作平面和投影平面的使用作进一步了解。

## 直线测量顺序对坐标系建立的影响

按照本例, “直线 1” 从下向上测量, 直线矢量指向 Z 正, 因此将“围绕”选择为 X 负 (X 负方向为 A1 坐标系确立的找正方向), “旋转到”选择为 Z 正 (直线 1 矢量); 如果“直线 1” 从上向下测量, “旋转到”选择为 Z 负。

创建，测量位置可参考下图：



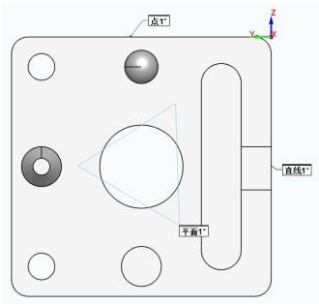
### (7) 插入新建坐标系 Z 轴置零

1) 插入新建坐标系 A3，点选“点 1”，勾选“Z”前复选框，点击“原点”按钮，有“Z 正 平移至点 标识=点 1”命令显示在信息提示栏：



2) 将坐标系名称“A3”改为“MAN\_ALN”，作为后期程序执行或维护的标识，便 MAN\_ALN =坐标系/开始/回调/A2,列表=是  
建坐标系/平移/Z轴/点1  
坐标系/终止

注意：粗建坐标系的过程是手动测量的开始阶段，触测过程要尽量保持平稳慢速测量，当测头远离被测零件时，可适当提高移动速度。



### (8) 通过移动测量机操作确认坐标系建立是否准确

- 1) 坐标系零点位置的确认 通过移动测针至我们大致认为的坐标系零点位置，看读数窗口三个轴的坐标是否接近零；
- 2) 坐标系方向的确认 沿着坐标系某个轴向移动测量机，观察读数窗口中这个轴的读数变化，如果往正方向移动，那么这个轴的数字就应该变大。

### 技能拓展 检查坐标系（结合读数窗口使用）：

读数窗口向操作者展示了 CMM 当前测头位置读数及其他有用信息。 以下图为例，右侧栏介绍的项目是我们在测量中会经常用到的。可通过快捷键“Ctrl+W”调出读数窗口，或通过【视图】—【其他窗口】—【测头读数】开启。



当运行手动测量程序时，可以显示特征 ID，当前测头坐标，测点数信息。



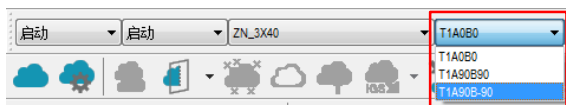
## 5、手动测量特征 测量软件可以通过手动操作操纵盒让测针

在零件表面触测采集得到的触测点信息，自动 计算推测所测量的元素类型；

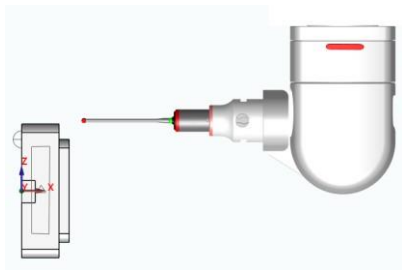
**操作操纵盒测量要点：**在手动测量期间，务必保证测针在即将触测阶段，将“SLOW”键按亮（慢速模式）后再进行触测，避免速度过快导致测头体或测针损坏。

### （1）测量特征 PLN1, PLN2

#### 1）切换测针为“测尖/T1A90B-90”

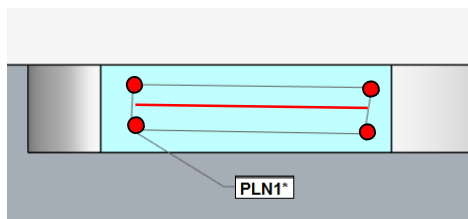


注意：确认测头远离零件，避免旋转时碰撞到零件，而且测针与被测平面无干涉，如下图所示：



#### 2）手动操纵测头触测 PLN1

使用操纵盒将测针靠近被测表面，按亮“SLOW”键，按照下图位置触测 4 个测点，触测完毕后按操纵盒“确认”键，完成命令创建。










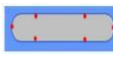

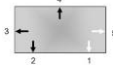

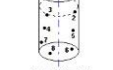



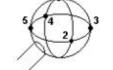

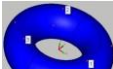
3）采用相同的方法完成 PLN2 测量。由于这两个平面测量区域是长方形，因此直接测量（软件推测可能的特征类型），很容易得到直线特征（如上图“PLN1”特征）。可使用“替代推测”功能来实现元素类型的纠正。

替代推测操作步骤：

- （1）将鼠标光标移动至编辑窗口该特征命令位置；
- （2）通过点击菜单【编辑】—【替代推测】—【平面】来纠正（注意光标放在特征命令处）。

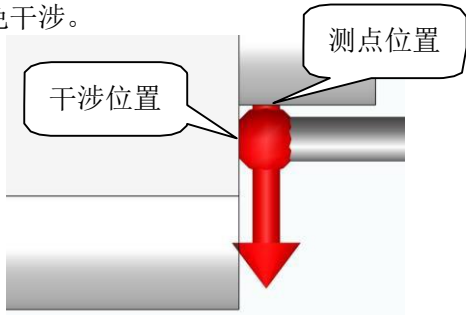
## 手动测量元素

目前软件支持以下手动测量元素：

元素类型	说明	工作平面	测点数要求
测量点 	使用点图标可以测量与参考平面对齐的平面上的点或空间点的位置。	不需要	1
测量直线 	使用直线图标可以测量与参考平面对齐的平面上的直线或空间直线的方位和线性。当测量直线时，PC-DMIS 将要求测量点的法矢垂直与当前的工作平面。	需要	至少 2
测量平面 	要创建测定平面，必须至少在任意 1 个平面上采 3 个测点。如果仅使用 3 个测点，最好以 1 个较大的三角形的方式选择点，以便覆盖曲面上尽可能大的区域。	不需要	至少 3 
测量圆 	要创建测定孔或键，必须至少采 3 个测点。系统会在测量时自动识别和设置平面。要采的点必须均匀分布在圆周上。	需要	至少 3 
测量圆槽 	要创建圆槽，必须在槽上至少采 6 点，通常在竖直每侧采 2 点，在圆弧上各采 1 点。同理，你可以在每条圆弧上采 3 点。	需要	至少 6 
测量方槽 	要创建方槽，必须最少在方槽上采 5 个测点，2 个点在槽的长边上，其他每个点分布在剩下的 3 条边上。这些点采集必须沿着顺时针 (CW) 或逆时针 (CCW) 方向。	需要	至少 5 
测量圆柱 	要创建柱体，必须至少在柱体上采 6 个测点。这些点必须一律在表面描述。采的前 3 个点必须在与主轴垂直的平面上。	不需要	至少 6 
测量圆锥 	要创建锥体，必须至少采 6 个测点。要采的点必须均匀分布在曲面上。采的前 3 个点必须在与主轴垂直的平面上。	不需要	至少 6 
测量球 	要创建球体，必须至少测 4 个点。这些点必须一律在表面上采集。首先 4 个点不能取在相同的圆周上。其中一个点应该在球体的极点，另外三个点取在同一圆周上。	不需要	至少 4 
测量圆环 	创建一个测量环，必须至少采 7 个测点。在环中心线圆周的同一水平面上采前 3 个测点（见右图）。这些测点必须代表环的方向，以使通过这 3 个测点生成的假想圆的矢量与环的大致相同。	不需要	至少 7 

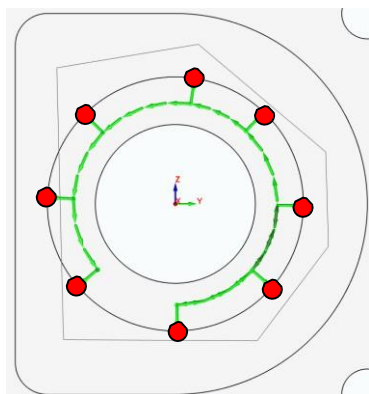


注意：PLN2 是位于下底面的特征，注意测量时避免干涉。



## (2) 测量特征 CIR1

- 1) 切换测针为“测尖/T1A90B-90”；
- 2) 将工作平面设置为 X 正；
- 3) 在特征 CIR1 所在圆柱面的中间截面位置测量多个测点，本案例采用 8 点，测量位置最好均匀分布（测点位置参考下图）。



- 4) 触测完毕后按操纵盒“确认”键，完成命令创建。

## 知识拓展：手动

### 测量命令详解

以下为圆 1 特征的手动测量命令：

```
CIR1  =特征/圆, 直角坐标, 内, 最小二乘方
理论值/ <25.66, 0.0>, <-1.0, 0>, 40
实际值/ <25.66, 0.0>, <-1.0, 0>, 40
测定/ 圆, 8, X 负
触测/ 基本, 常规, <25.8, 19.998, -0.284>, <0, -0.999899, 0.0142148>, <25.8, 19.998, -0.284>, 使用理论值=是
移动/ 圆弧
触测/ 基本, 常规, <25.422, 15.078, -13.14>, <0, -0.7538949, 0.6569951>, <25.422, 15.078, -13.14>, 使用理论值=是
移动/ 圆弧
触测/ 基本, 常规, <25.636, 0.306, -19.998>, <0, -0.0153233, 0.9998826>, <25.636, 0.306, -19.998>, 使用理论值=是
移动/ 圆弧
触测/ 基本, 常规, <25.561, 13.842, 14.436>, <0, -0.6921218, -0.7217807>, <25.561, 13.842, 14.436>, 使用理论值=是
移动/ 圆弧
触测/ 基本, 常规, <25.854, 3.019, 19.771>, <0, -0.1509257, -0.9885451>, <25.854, 3.019, 19.771>, 使用理论值=是
移动/ 圆弧
触测/ 基本, 常规, <25.586, -14.193, 14.091>, <0, 0.7096373, -0.7045671>, <25.586, -14.193, 14.091>, 使用理论值=是
移动/ 圆弧
触测/ 基本, 常规, <26.133, -19.975, 1>, <0, 0.9987503, -0.049979>, <26.133, -19.975, 1>, 使用理论值=是
移动/ 圆弧
触测/ 基本, 常规, <25.29, -15.237, -12.955>, <0, 0.7618597, 0.647742>, <25.29, -15.237, -12.955>, 使用理论值=是
终止测量
```

命令解读： 第一行：表明了特征类型、所用坐标系类型、内\外圆、拟合圆算法（默认使用最

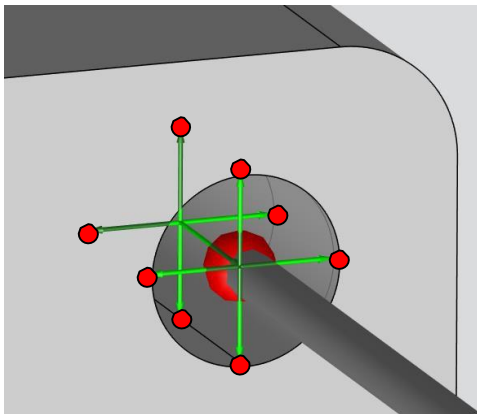
小二乘法）；

第二行：表明圆理论值（包括理论坐标及理论矢量值）； 第三行：表明圆实测值（包括实测坐标及实测矢量值）； 第四行：表明圆测量总点数及工作平面； 第五行：基本测点信息（首个测点），依次显示了测点的理论坐标、理论矢量、实测坐标。

第六行：移动圆弧命令，对于外圆柱测量非常有用。

### (3) 测量特征 CYL1、CYL2

- 1) 切换测针为“测尖/T1A90B-90”；
- 2) 在特征 CYL1、CYL2 所在圆柱面的靠近中间的位置测量多个测点，本案例采用 8 点，测量位置最好均匀分布，近似测量在两层截面上，即每层 4 个测点（测点位置参考下图）。



- 3) 触测完毕后按操纵盒“确认”键，完成命令创建。

### (4) 测量特征 PLN3、PLN4

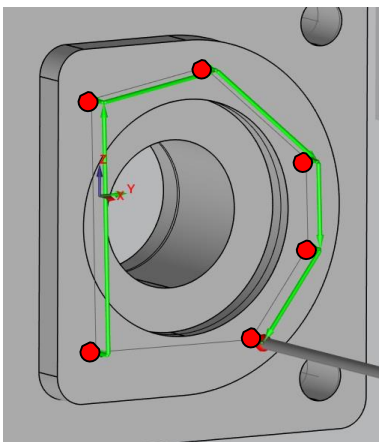
根据此前的特征分布图来看，PLN3 与 PLN4 刚好是相对的两个平面（平面矢量相反），因此必须使用两个角度的测针分别完成测量。

PLN3 是我们此前测量的基准平面，这里不需要重复测量。

- 1) 沿用测针“测尖/T1A90B-90”，在特征 PLN4 所在平面测量多个测点；

本案例采用 6 点（测点位置参考下图），测量位置最好均匀分布（避免所有测点集中在平面的局部），避免测量到平面边缘位置（边缘位置容易受到倒角和毛刺的影响）。

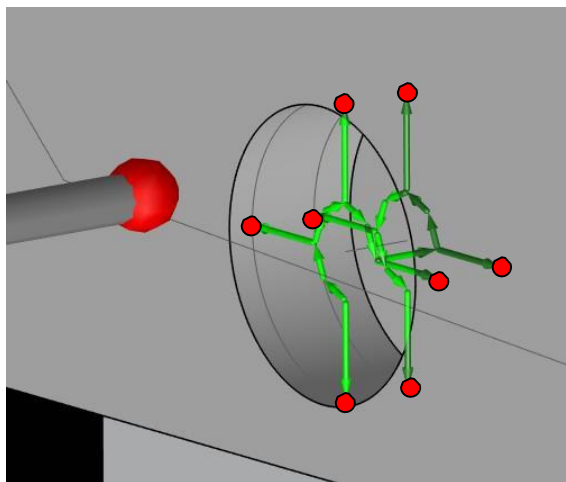
- 2) 触测完毕后按操纵盒“确认”键，完成命令创建。





## （5）测量特征 CYL3

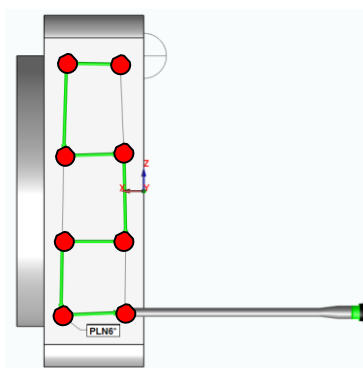
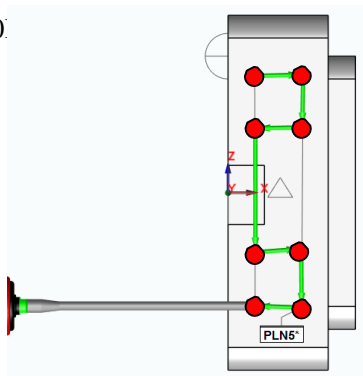
切换测针为“测尖/T1A90B90”，参考 CYL1、CYL2 的测量方法测完 CYL3 测量，本案例采用 8 点，测量位置最好均匀分布，近似测量在两层截面上，即每层 4 个测点（测点位置参考下图）。



## （6）测量特征 PLN5、PLN6

PLN5 与 PLN6 虽然也是相对的两个平面，但由于其平面区域狭长，可通过一个测针角度完成这两个特征的测量，无需做测针角度切换。这里仍然沿用上一个特征的测针角度：“测尖

/T1A90。



## 技能拓展 操纵盒锁定坐标轴向移动功能应用

在手动测量过程中，合理使用操纵盒上的功能键可以极大提高测量效率，保证测点的精度。

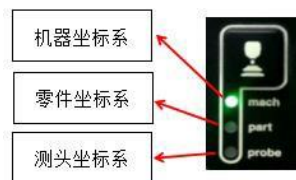
### 1) “SLOW”按键应用

在实际测量中，自动运行的速度一般为 100~200mm/s，使用操纵盒手动测量时由于速度较快不好控制触测力度，因此此时推荐使用“SHOW”按钮切换为慢速模式，进行手动元素的测量。

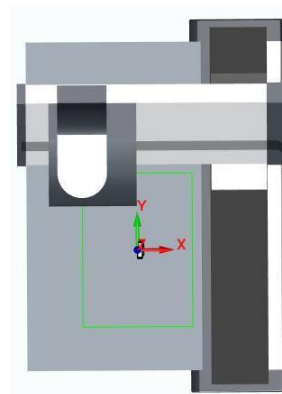


### 2) “移动控制”按键应用 软件提供了三种测头移动方向选择，分别为：“机器坐标系（mach）”、“零件坐标系（part）”、“测头坐标系（probe）”。

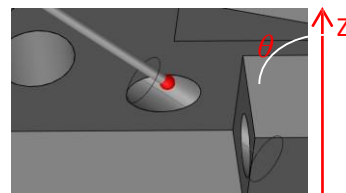
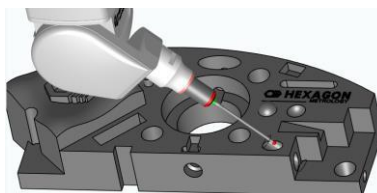
标系（part）”、“测头坐标系（probe）”。



- 机器坐标系：顾名思义，使用操纵盒的移动测头的方向与机器轴向一致；

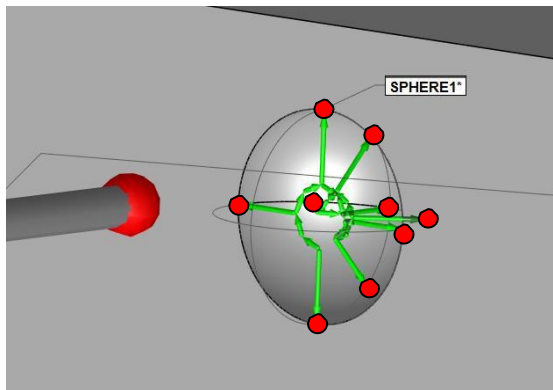


- 零件坐标系：使用操纵盒移动测头的方向与零件坐标系的方向保持一致；
- 测头坐标系：使用特殊角度的测针手动测量斜圆柱时，如果使用默认的机器坐标系模式测量，是很难操作的。这时可以将模式切换为“测头坐标系”，方便控制在圆柱各个方位进行触测。



### (8) 测量特征 SPHERE1

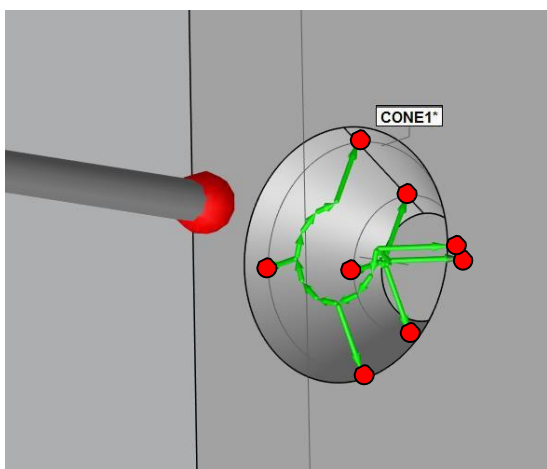
使用“测尖/T1A90B90”完成内半球的测量，推荐使用3层9个测点（测点位置参考下图）。



### (9) 测量特征 CONE1

使用“测尖/T1A90B90”完成内圆锥的测量。

使用操纵盒控制测量机在内圆锥上采集必要的测点。本例采用8个测点，分两层测量（测点位置参考下图）。




## 6、尺寸评价

### (1) 尺寸D001 评价:

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
1	D001	尺寸 2D 距离	60	0.02	-0.02

被评价特征: “PLN1”与 “PLN2”。

操作步骤:

1) 首先将工作平面调整为 X 负, 通过菜单【插入】—【尺寸】—【距离】(或点击距离图标) 插入距离评价;

2) 在左侧特征列表点选被评价元素 “PLN1”与 “PLN2”, 输入标称值与公差, 关系选择 “按 Z 轴”, 方向选择 “平行于”, 其它设置参考下图;



3) 点击 “创建” 按钮后在编辑窗口生成评价命令。

DIM D001=2D 距离平面 PLN1 至 平面 PLN2 平行 至 Z 轴, 无半径 单位=毫米, \$  
图示=关 文本=关 倍率=10.00 输出=两者  
AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL  
M 60.004 0.020 -0.020 60.000 -0.004 0.000 ---#----

### (2) 尺寸DF002 评价:

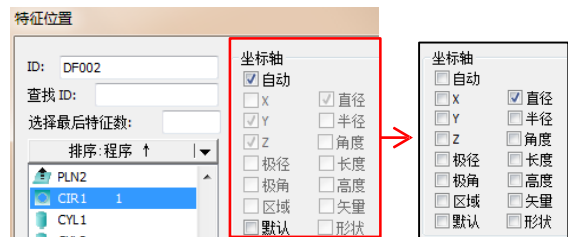
序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
2	DF002	尺寸 直径	40	0.04	0

被评价特征: “CIR1”;

1) 点击位置尺寸图标) 插入直径评价;

2) 在左侧特征列表点选被评价元素 “PLN1”, (默认 “自动” 是勾选的, 这里需要先去勾选后重新选择 “直径”);

3) 输入图纸理论值及公差, 点击 “确定” 创建评价命令。



## 知识拓展

### PC-DMIS 尺寸评价概述:

尺寸误差评价是三坐标测量技术最终的落脚点, 尺寸评价功能用于评价尺寸误差和几何误差, 尺寸误差包括: 位置、距离、夹角, 几何误差又称为形位误差, 包括形状误差和位置误差。

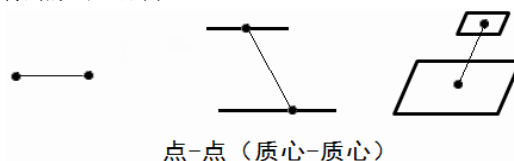
PC-DIMS 软件支持所有类型的尺寸、形状、位置误差评价, 如图 10-1 是尺寸评价快捷图标, 可通过点击【视图】—【工具栏】—【尺寸】显示。



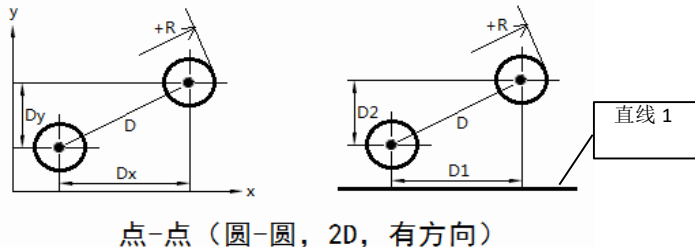
## 知识拓展

### 距离评价概述:

距离尺寸用于评价 “几何特征与基准” 或 “几何特征与几何元素” 之间, 按照图纸 要求的方向得到的2D/3D距离。



尺寸-距离: 选择特征1、特征2, 选择2D/3D模式 (2D是先投影, 再求距离, 3D是直接计算空间距离), 创建评价, 得到质心连线的长度, 一般不用于线和面。



D: 尺寸-距离, 2D, 选择圆1、圆2,

完成创建

Dx: 尺寸-距离, 2D, 选择圆1、圆2,

; 按X轴, 平行于, 完成创建

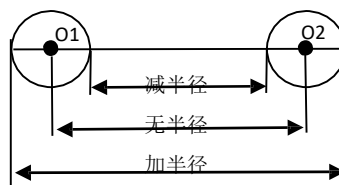
Dy: 尺寸-距离, 2D, 选择圆1、圆2,

建; 按Y轴, 平行于, 完成创建

D1: 尺寸-距离, 2D, 选择圆1、圆2、直线1, 按特征, 平行于, 完成创建;

D2: 尺寸-距离, 2D, 选择圆1、圆2、直线1, 按特征, 垂直于, 完成创建;

当所求距离需要加上或减去半径时, 选择 “加半径” 或 “减半径” 选项。



### (3) 尺寸 D003/D004/D006 评价

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
3	D003	尺寸 2D 距离	60	0.05	-0.05
4	D004	尺寸 2D 距离	28	0.02	-0.02
6	D006	尺寸 2D 距离	78	0.04	0

被评价特征：“CYL1”、“CYL2”、“PLN3”、“PLN4”、“PLN5”、“PLN6”；

评价方法参考尺寸 D001。

### (4) 尺寸 DF005 评价：

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
5	DF005	尺寸 直径	12	0.05	-0.05

被评价特征：“CYL3”；

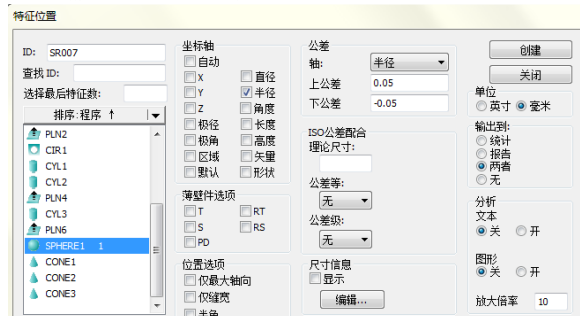
评价方法参考尺寸 DF002。

### (5) 尺寸 SR007 评价：

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
7	SR007	尺寸 球半径	5	0.05	-0.05

被评价特征：“SPHERE1”； 评价方法参考尺寸 DF002，唯一不同的是

勾选输出“半径”值。

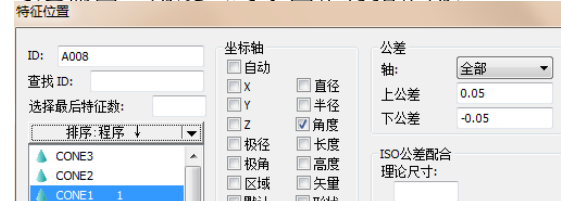


### (6) 尺寸 SR007 评价：

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
8	A008	尺寸 锥角	60°	0.05	-0.05

被评价特征：“CONE1”； 评价方法参考尺寸 DF002，唯一不同的是

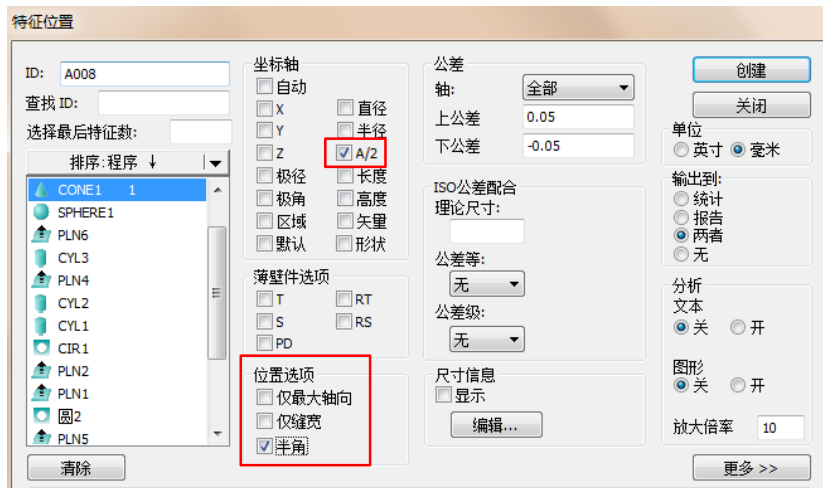
勾选输出“角度（对于圆锥特指锥角）”。



## 知识拓展

### 如何输出锥半角

评价位置菜单不仅可以输出锥角尺寸，同样也可以输出半角尺寸。 如下图所示：当勾选“位置选项”中的“半角”复选框后，原“角度”选项则变为“A/2”，此时输出的结果就是半角尺寸。

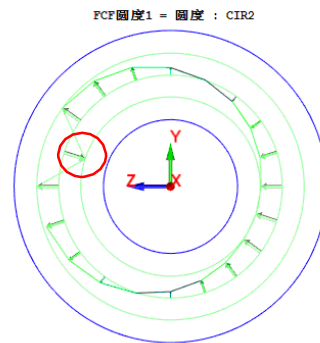
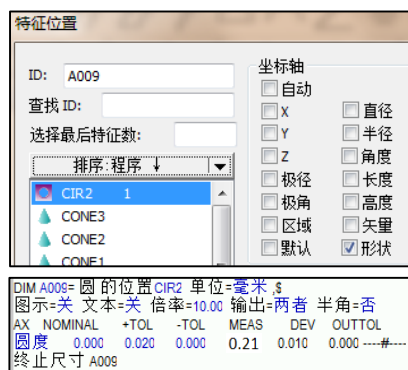


## 知识拓展

### 通过形状误差评价确认测量过程是否存在干涉或误触发

在零件的测量环节，由于可能出现的测针杆干涉或工件表面质量问题（比如毛刺、铝削等）导致的测量结果失真，在自动化测量中是不容易辨识的，手动测量尤其容易出现测针打滑的问题。我们可以通过评价该特征的形状误差来快速判断是否出现误触发。

如下图所示：当勾选“位置选项”中的“形状”复选框后，则会在编辑窗口出现该特征的形状评价结果。



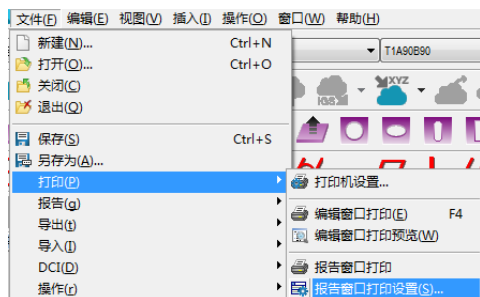
上面得到的形状误差（圆度）结果为 0.21mm，但是结合加工中心的加工能力，不应该得到这么差的结果。

通过图形分析（此方法在后面章节有详细说明）可以发现只有标记处的测点是有凸跳的，这时可以结合零件表面状态及测量状态灵活判断问题原因。

## 5、报告输出

操作步骤如下：

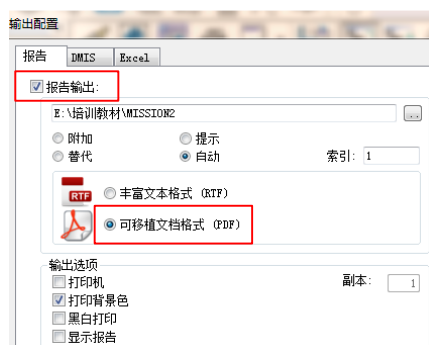
(1) 通过【文件】—【打印】—【报告窗口打印设置】进入报告输出设置页面：



(2) 在“输出配置”界面切换为“报告”栏（默认）；

(3) 勾选“报告输出”前的复选框；

(4) 方式选择“自动”，输出格式：可移植文档格式（PDF）；



(5) Ctrl+Tab 切换至报告窗口，点击打印报告按钮，在指定路径“D:\PC-DMIS\MISSION2”下生成测量报告。

注：该软件支持生成报告后同步在打印机上联机打印报告，只需要勾选“打印机”前的复选框，这时后面的“副本”选项激活，用于控制打印份数。

## 知识拓展

### 报告输出方式详解：

#### • 附加（Append）

PC-DMIS 将当前的报告数据添加至选定的文件。注意，操作者必须指定完整路径，否则 PC-DMIS 将报告存放在与测量程序相同的目录中。此外，若不存在该文件，生成报告

时将创建该文件。

• 提示（Prompt） 程序执行完毕后，显示另存为对话框，通过此对话框可选择将报告保存的具体路径。

#### • 替换（Overwrite）

PC-DMIS 将以当前的检查报告数据覆盖所选文件。

#### • 自动（Auto）

PC-DMIS 使用索引框中的数值自动生成报告文件名。所生成文件名的名称与测量例程的名称相同，但会附加数字索引和扩展名。此外，生成的文件与测量例程位于同一目录。若与生成的文件名存在同名文件，自动选项将递增索引值，直至找到唯一文件名。

### 背景色打印复选框



勾选“背景色”

不勾选“背景色”

总结：通过完整的手动测量过程理解使用三坐标测量机完成教学零件测量编程的逻辑思路，并熟悉编程的操作步骤。但由于手动方式测量精度不高，一般应用于手动坐标系的建立或小批量零件个别尺寸（如平面度）的检测。下一章我们详细了解如何编写自动测量的检测程序。

## 学习任务三 数控铣零件的自动测量程序编写及检测

【学习目标】 通过本任务的学习，学生应达到以下

基本要求：

- 1) 掌握三坐标测量机测针选型的分析方法；
- 2) 掌握数控铣类零件的装夹方法；
- 3) 掌握基准的识别及测量方法；
- 4) 掌握自动特征测量命令新建、参数编辑、拷贝移动；
- 5) 掌握避让移动点的添加技巧；
- 6) 掌握位置度、平行度、对称度的评价方法；
- 7) 掌握测量报告的保存方法。

【考核要点】

在无零件 CAD 数模的情况下，依据零件图纸完成检测清单所要求的检测项目，并输出测量报告。

【建议学时】

8 学时

【内容结构】

测量机开机	测头校验	工件检测	测量机关机
1、测量机的工作环境 2、开机前准备工作 3、开机方法 4、操纵盒的使用	1、PC-DMIS 软件介绍 2、打开测量程序 3、测头配置 4、标定工具介绍 5、测头校验 6、查看校验结果	1、新建测量程序 2、手动粗、精建坐标系 3、自动测量特征 4、添加尺寸评价 5、保存并打印报告	1、保存程序 2、关闭测量软件 3、关闭测量机



## 【检测任务描述】

某测量室接到生产部门的工件的检测任务（工件图纸见图 1-1，检测尺寸见表 1-1），检测工价是否合格：

- 1) 给出检测报告，检测报告输出项目有：尺寸名称、实测值、公差值、超差值，格式为 PDF 文件；
- 2) 测量任务结束后，检测人员打印报告并签字确认。

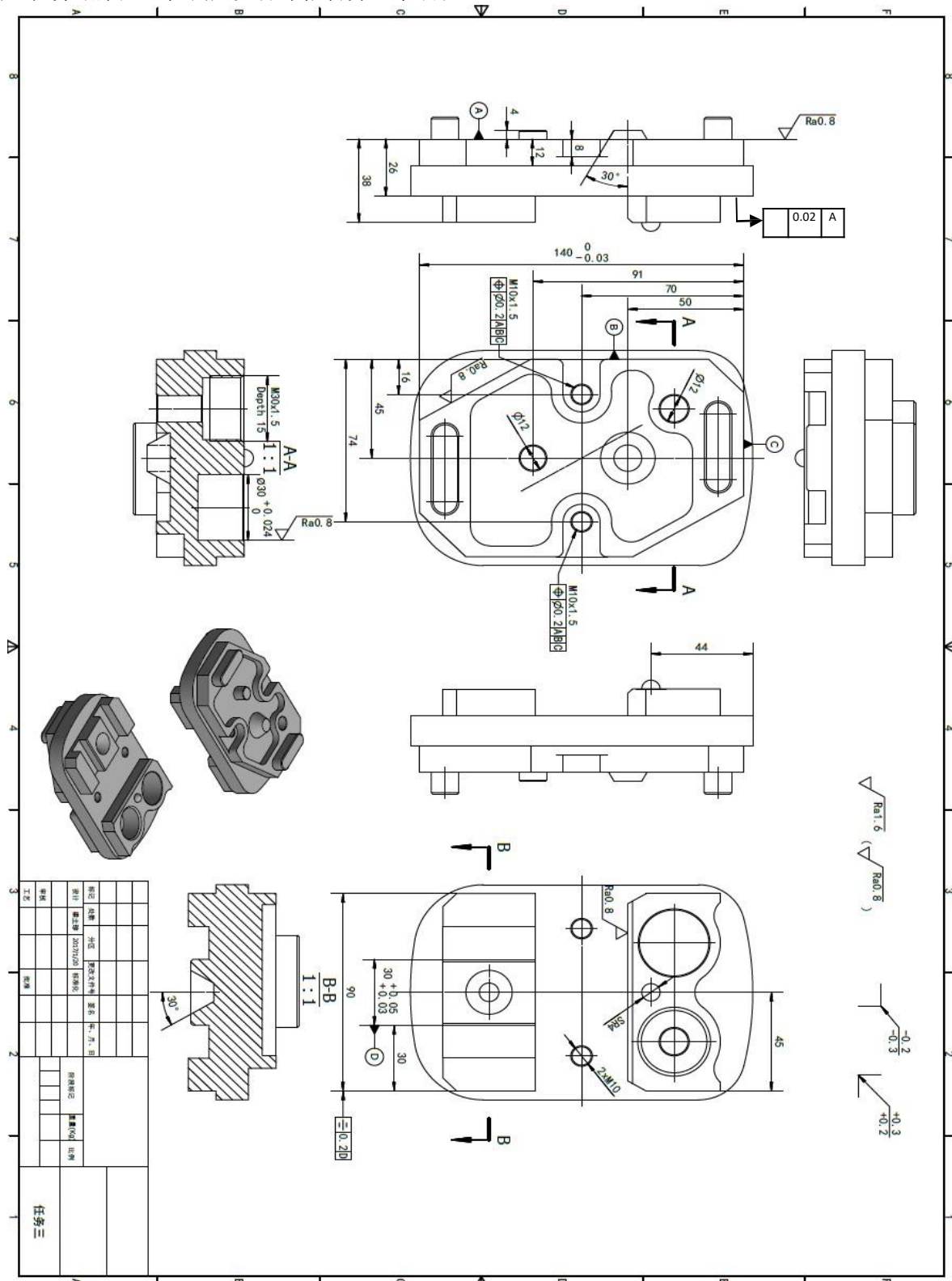


图 3-1

序号	尺寸	描述	关联元素类型	关联元素ID	位置分布 (A/B 面)
1	D001	尺寸 2D 距离	平面*2	PLN_D001_1, PLN_D001_2	A
2	D002	尺寸 2D 距离	螺纹孔*2	CYL_D002_1, CYL_D002_2	A
3	P003	FCF 位置度			A
4	A004	尺寸 2D 角度	圆锥*1	CONE_A004	A
5	D005	尺寸 2D 距离	外圆柱*1	CYL_D005	A
6	PA006	FCF 平行度	平面*2	PLN_PA006_1	A
				PLN_PA006_2	B
7	SR007	尺寸 3D 球半径	球*1	SPHERE_SR007	B
8	SY008	FCF 对称度	平面*2	PLN_SY008_1, PLN_SY008_2	B

表 3-1

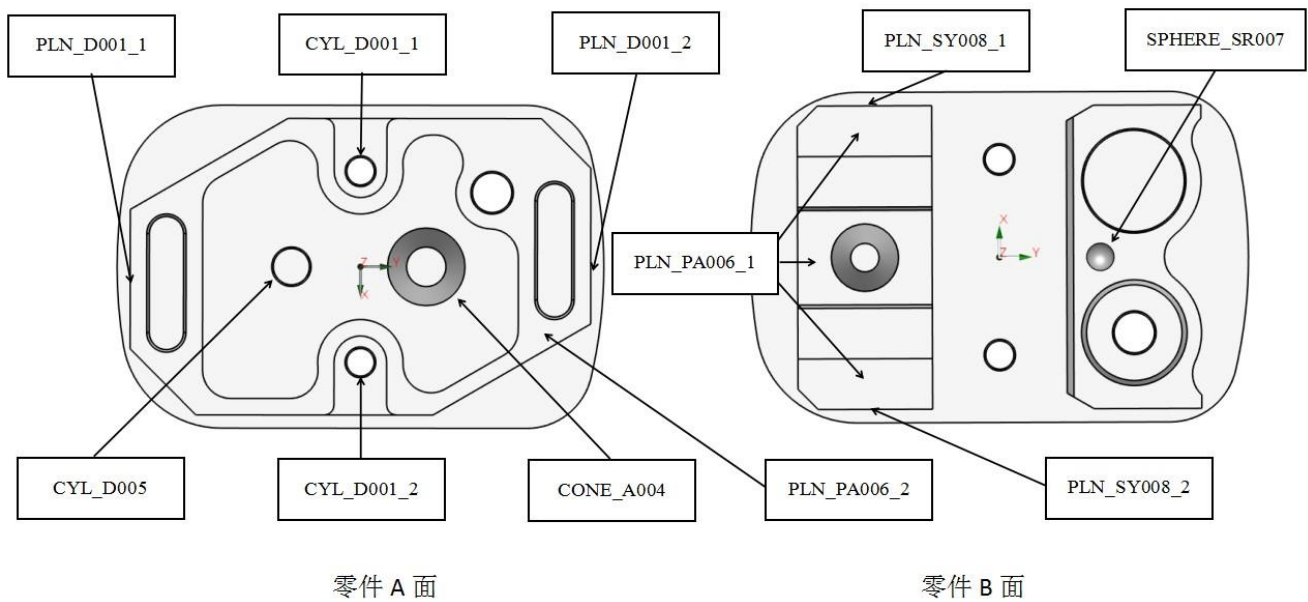


图 1-2



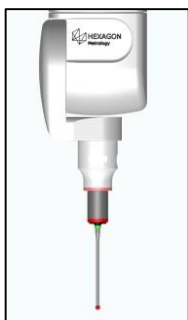
## 【硬件配置准备】

### 1、测针选型

任务三沿用任务二的测座、测头配置：

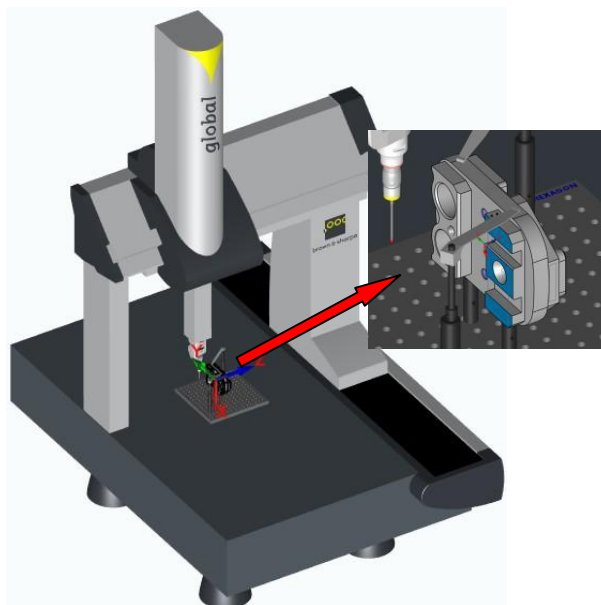
- HH-A-T5 测座
- TESASTAR-P 测头：

根据右栏分析，3BY40 规格测针可以满足测量要求，无需更换。



### 2、零件装夹

为了保证一次装夹完成所有要求尺寸的检测，本案例推荐将零件侧向装夹方案（使用海克斯康柔性夹具），零件相对测量机姿态参考下图

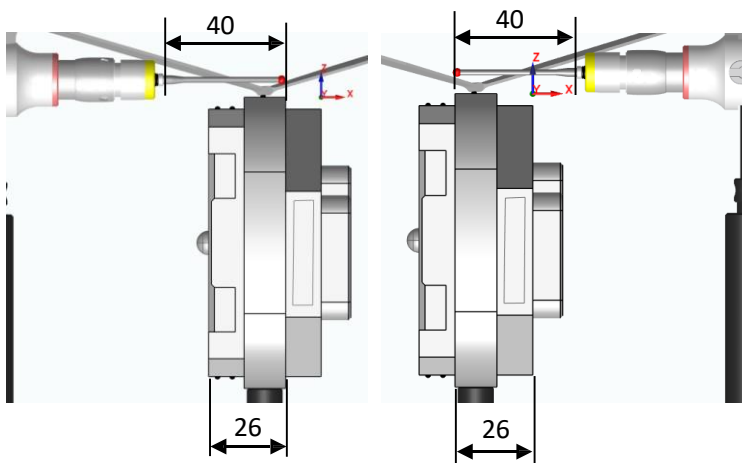


零件尺寸远小于测量机行程，装夹时保证零件适当居中，而且要保留一定高度，避免测座旋转后到达 Z-方向行程极限。

## 测针选项分析

### 1、测针长度

根据零件左右两侧的特征分布及所需测量的尺寸范围，可以判断使用任务二的测针可以满足测量需求。



### 2、测针直径

#### （1）最小孔径

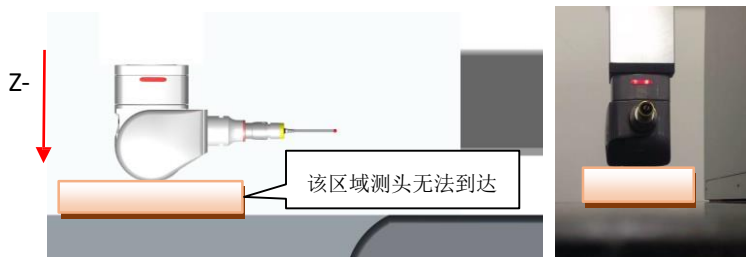
由图纸可知，零件的最小孔为 M10 螺纹孔， $\phi 3\text{mm}$  测针完全满足要求；

#### （2）最小台阶面

零件最小台阶面间距 13mm， $\phi 3\text{mm}$  测针完全满足要求。

综上所述，任务二测针配置可在任务三中沿用。

## 坐标测量机 Z-方向行程极限



## 【编程过程】

### 1、测量软件中新建测量程序；

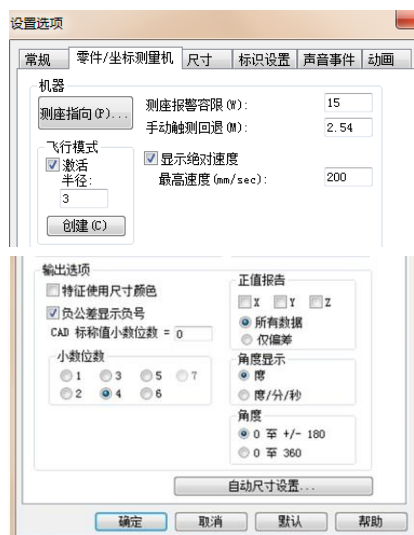


点击“确定”后进入程序编辑界面, 随后将程序另存在路径“D:\PC-DMIS\MISSION 3”中。

### 2、程序参数设定：

#### (1) 按键盘 F5 键进入“设置选项”菜单

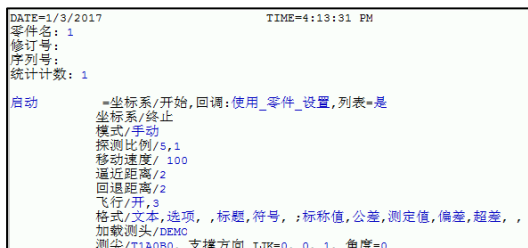
- 勾选【显示绝对速度】，最高速度设置为 200mm/sec。
- 【尺寸】栏中勾选“负公差显示负号”；
- “小数位数”选择 4，表示数据保留小数点后 4 位，即 0.0001mm。



#### (2) 按键盘 F10 键进入“参数设置”菜单

- “逼近距离”、“回退距离”更改为 2mm；
- “探测距离”更改为 5，“探测比例”更改为 1；
- “移动速度”更改为 100mm/s；
- “尺寸”依次勾选“标称值”、“公差”、“测定值”、“偏差”、和“超差”。

设置完毕后程序编辑窗口显示所有改动过的项目，如图所示：



### 知识拓展

#### 参数设置的重要性

参数设置决定了机器的运行参数、软件的显示精度、触测逼近回退距离等，在程序编制初始应该完成相关参数的设置。参数设置功能集中在【F5】、【F6】、【F10】中。

对于自动测量程序，需要进行以下参数的定义：

序号	参数	菜单	触发测头	扫描测头
1	测量机移动速度	【F10】	✓	✓
2	测量机的触测速度	【F10】	✓	✓
3	逼近回退距离	【F10】	✓	✓
4	测量机的扫描速度	【F10】		✓
5	程序显示精度	【F5】	✓	✓
6	显示绝对速度	【F5】	✓	✓
7	负公差显示负号	【F5】	✓	✓
8	测头测力	【F10】		✓
9	报告显示设置	【F10】	✓	✓

以上参数仅对于本测量程序有效，不影响其它程序测量。“✓”表示需要设置项。

#### 【F6】字体设置介绍

【F6】菜单可以完成“应用程序字体（界面窗口字体）”、“图形字体（图形显示窗口字体）”和“编辑窗口字体”修改。

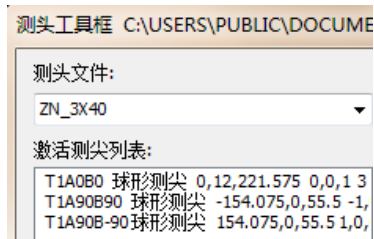


按照习惯的字体设置使用即可（推荐使用默认字体），保存后不需要每次修改

### 3、测针校验：

调用任务二的测头文件，再次校验

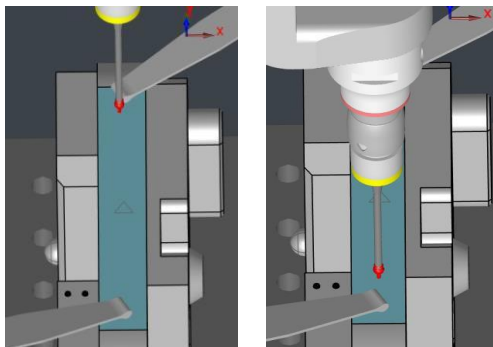
“T1A0B0”、“T1A90B90”、“T1A90B-90”三个测针角度，校验方法参考任务一。



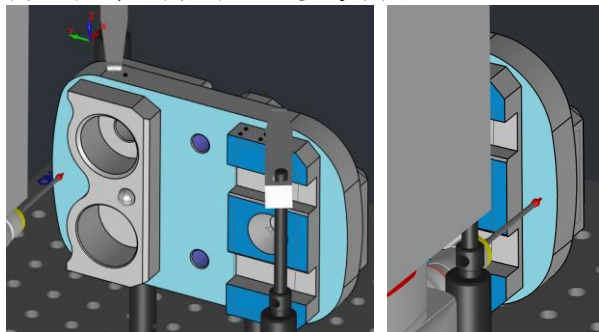
### 4、程序中工件找正：

操作步骤：

1) 在程序中调用测针“T1A0B0”，于上端面前后测两个测点，得到测点1和测点2的测量命令。测点位置可参考下图：



2) 比较两个测点的实测 Z 坐标，如果差值绝对值大于 0.1mm，需要重新调整支撑柱高度并复测； 3) 在程序中调用测针“T1A90B90”，在左侧面 前后端测两个点，得到测点3和测点4的测量命令，测点位置可参考下图：



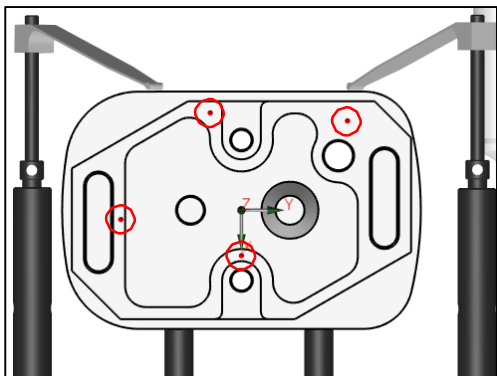
4) 比较两个测点的实测 X 坐标，如果差值绝对值大于 0.1mm，需要重新调整零件装夹姿态并复测，直至满足要求。

注意：程序中找到正过后需要将调试部分的程序删除后再进行坐标系的建立。

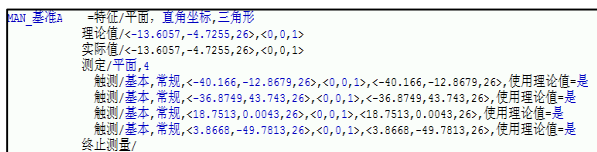
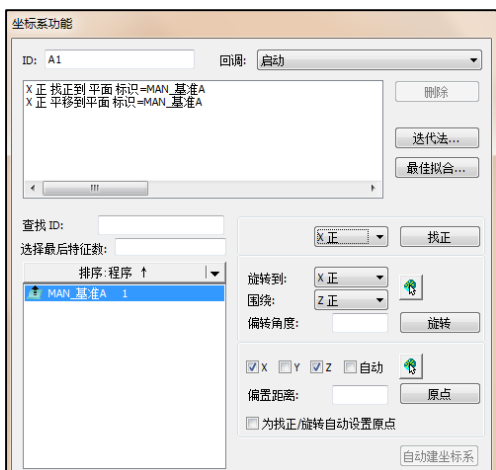
## 5、建立零件坐标系

### ·建立手动零件坐标系（粗基准系）

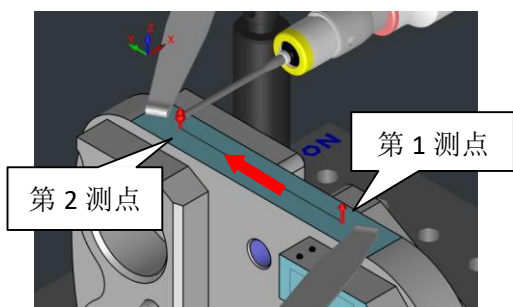
(1) 调用“测尖/T3A0B0, 支撑方向 IJK=0, 0, 1, 角度=0”, 测量主找正平面（第一基准 A）, 4 个测点分布可参考下图所示:



(2) 插入新建坐标系 A1, “MAN\_基准 A” 找正 X 正, 并使用该平面将 X 轴置零:



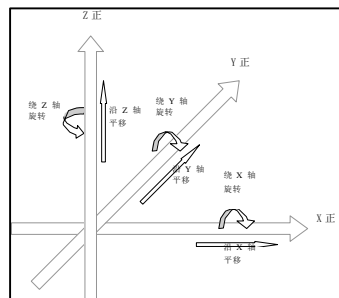
(3) 在第二基准 B 平面测量一条直线, 测点位置 如下图所示:



## 3-2-1 法的应用及原理

### 空间直角坐标系自由度概念:

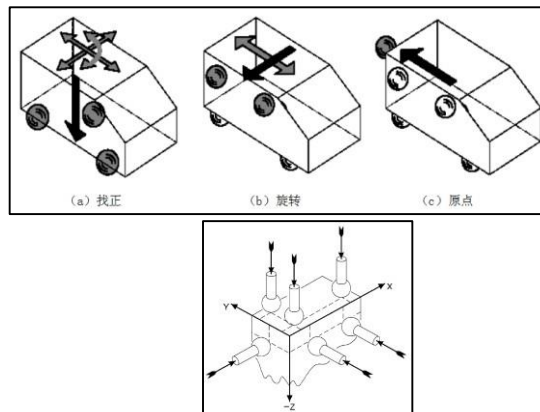
在空间直角坐标系中, 任意零件均有六个自由度, 即: 分别沿 X、Y、Z 轴平移 (x,y,z) 和分别绕 X、Y、Z 轴旋转 (u,v,w), 如下图所示:



所谓 3-2-1 法基本原理是:

- 测量主找正平面后, 取其法向矢量作为第一轴向, 锁定 3 个自由度 (RX、RY、TZ);
- 测取直线, 通过矢量方向 (起始点指向终止点) 作为第二轴向, 锁定 2 个自由度 (RZ、TX/TY);
- 测取一点, 确定最后一个轴向的零点, 锁定最后一个自由度 (TX/TY)。

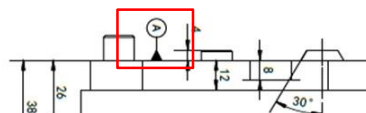
3-2-1 法建立空间直角坐标系分为三个步骤:



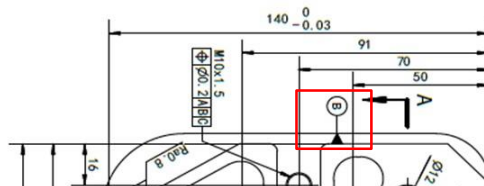
### 本案例坐标系建立思路分析

任务三采用了三个相互垂直的平面作为坐标系建立的元素, 也是在充分考虑该零件的加工顺序及图纸标注后做的决定。为了便于理解, 将零件坐标系的指向与测量机轴向保持一致。

(1) 第一基准平面选择 根据下面图纸的标注, 第一找正平面应该由 A 基准平面确定;

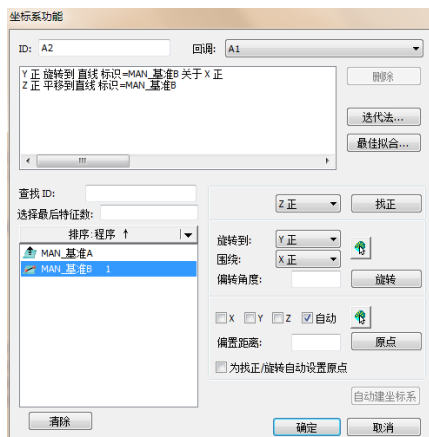


(2) 第二基准平面选择 根据下面图纸的标注, 第二找正平面应该由 B 基准平面确定;

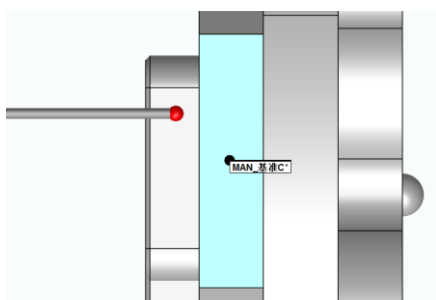


MAN\_基准B =特征/直线, 直角坐标,非定界  
理论值<-18.6232,-24.9744,49>,<0,1,0>  
实际值<-18.6232,-24.9744,49>,<0,1,0>  
测定/直线,2,X正  
触测/基本,常规,<-18.9212,-24.9744,49>,<0,0,1>,<-18.9212,-24.9744,49>使用理论值=是  
触测/基本,常规,<-18.3252,38.4589,49>,<0,0,1>,<-18.3252,38.4589,49>使用理论值=是  
终止测量

(4) 插入新建坐标系 A2, “MAN\_基准 B” 围绕 X 正, 旋转到 Y 正; 并使用该基准将 Z 轴置零;

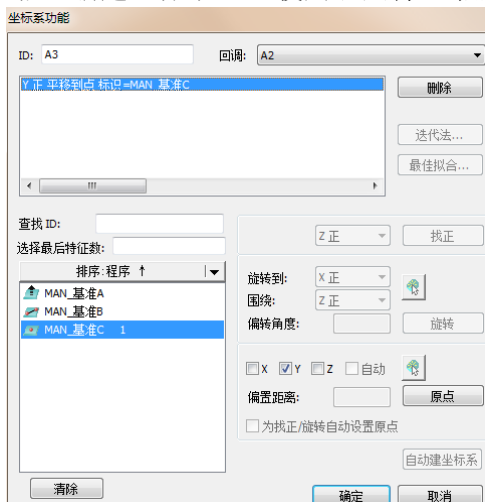


(5) 在基准 C 平面中间位置测量一点:



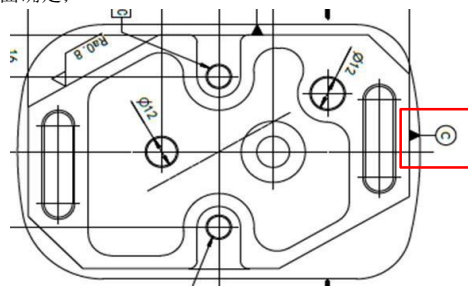
MAN\_基准C =特征/点, 直角坐标  
理论值<-5.7044,70,-42.5449>,<0,1,0>  
实际值<-5.7044,70,-42.5449>,<0,1,0>  
测定/点,1,工作平面  
触测/基本,常规,<-5.7044,70,-42.5449>,<0,1,0>,<-5.7044,70,-42.5449>使用理论值=是  
终止测量

(6) 插入新建坐标系 A3, 使用该点将 Y 轴置零。



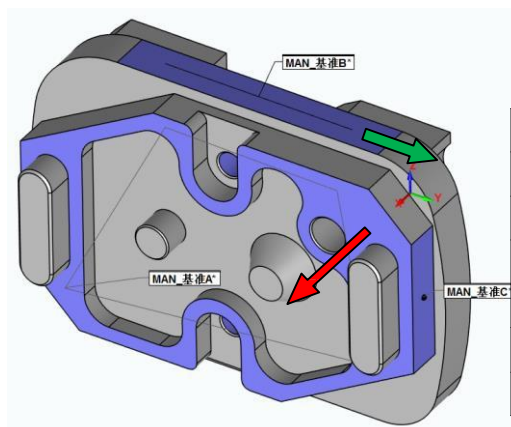
最终粗建坐标系轴向及原点位置参见右栏示意图:

(3) 第三基准平面选择 根据下面图纸的标注, 第三找正平面应该由 B 基准平面确定;



### “面一线一点”方法粗建坐标系

下图展示了零件基准 A、B、C 平面, 以及完成粗建坐标系后的零件坐标系位置及各轴指向。坐标系建立的最终目的就是控制坐标系的 6 个自由度, 使其有唯一确定的结果。

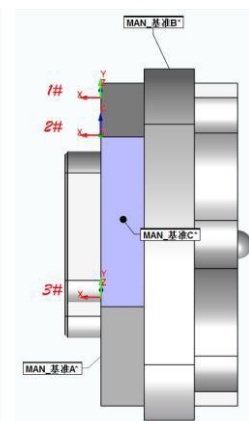
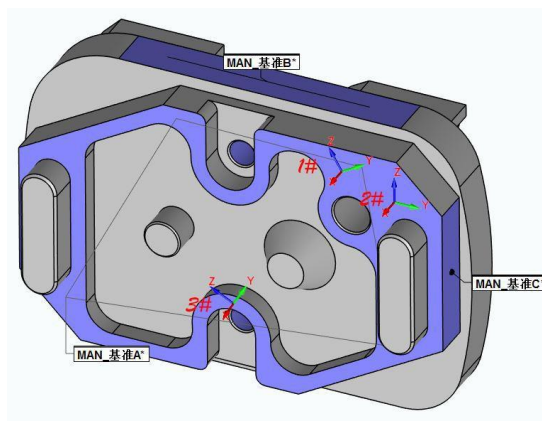


自由度	是否限定
X	
Y	
Z	
U	
V	
W	

(1) 基准 A 平面限制的自由度 (A 基准控制了哪些自由度请在表打勾)

1) 明确基准 A 平面的矢量方向指向 (如上图红色箭头所示), 并使用该矢量找正零件坐标系的一个轴向。由于零件摆放位置刚好矢量指向测量机的 X 正方向, 因此选择找正 X 正, 得到的效果是: 直角坐标系的 X 轴强制与矢量同向 (平行), 坐标系只能围绕 X 轴旋转 (u 不控制), 这里控制 v、w (不能围绕 Y、Z 轴旋转);

2) 该平面除了找正作用, 还可以限定延着 X 轴的水平, 即坐标系零点只能在该平面上平动, 得到的效果是: 坐标系 X 轴方向零点坐标始终与平面的 X 轴坐标重合, 这里控制 x (不控制 y、z);



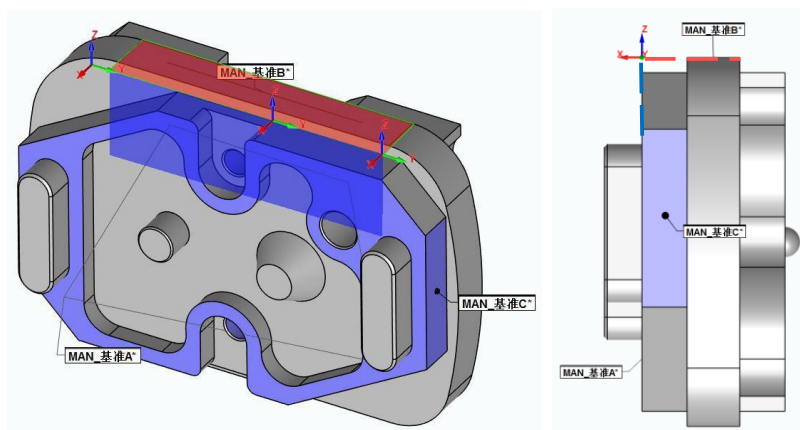
基准 A 平面限制自由度后可能的坐标系位置图 (任举 3 例不唯一)



(2) 基准 B 直线限制的自由度 (B 基准控制了哪些自由度请在表打勾)

1) 明确基准 B 直线的矢量方向指向与测量机的 Y 正方向一致, 因此选择围绕 X 正, 旋转到 Y 正, 得到的效果是: 直角坐标系的 Y 轴强制与矢量同向 (平行), 此时坐标系已经不能再旋转, 控制 v、w;

2) 该直线除了找正作用, 还可以限定延着 Z 轴的平动, 即坐标系零点可移动方向只剩 Y 轴平动, 得到的效果是: 坐标系 Z 轴方向零点坐标始终在基准 A 与基准 B 的交线上移动, 控制 z (不控制 y);

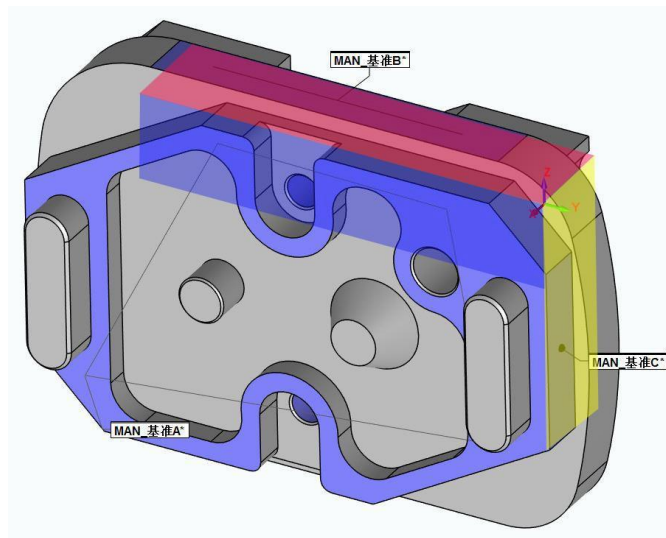


基准 B 直线限制自由度后可能的坐标系位置图 (任举 3 例不唯一)

(3) 基准 C 测点限制的自由度 (C 基准控制了哪些自由度请在表打勾)

基准 C 用于限定最后一个自由度 y, 得到的效果是: 坐标系 X 轴方向零点坐标始终与平面的 X 轴坐标重合。

这样粗建零件坐标系得到唯一确定的位置, 手动坐标系建立完成。



## ·建立自动零件坐标系 (“面—面—面” 精建坐标系)

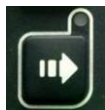
(1) 切换测量模式为自动 (使用快捷键 “Alt+Z”, 或点击 DCC 图标切换):



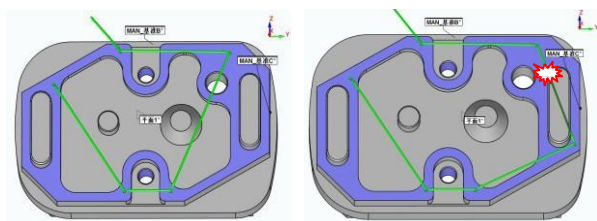
(2) 在安全位置添加移动点（根据需要可设置多个移动点）；

移动点的添加思路可参考右栏详解，具体操作如下：

- 1) 将光标放在需要添加移动点的位置；
- 2) 按操纵盒上的“添加移动点”按钮，随后在编辑窗口自动生成一条移动点命令。



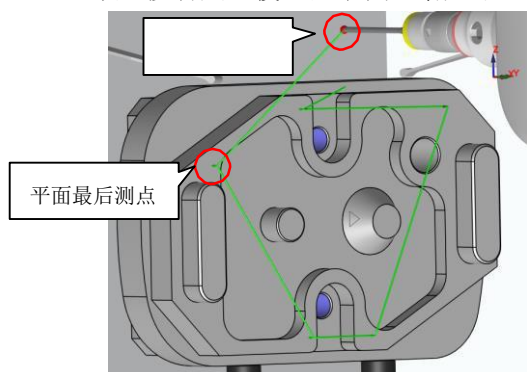
(3) 遵循粗建坐标系建立顺序第 1、2 步：操纵操纵盒测量主找正平面（注意测点与测点间不要有零件或夹具阻挡），并插入新建坐标系 A4 并找 X 正，X 轴置零；



```

模式/自动
测尖/TIA90B-90, 支撑方向 IJK=0, 0, -1, 角度=-90
移动点, 常规, <50, -100, 0>
DCC_基准A =特征/平面, 直角坐标三角形
理论值<0, -70, 49>, <1, 0, 0>
实际值I<0, -61.4419, -47.8194>, <1, 0, 0>
测定/平面, 5
触测/基本, 常规, <-84.1273, -8.7239>, <1, 0, 0>, <-84.1273, -8.7239>, 使用理论值=是
触测/基本, 常规, <-22.4118, -9.5812>, <1, 0, 0>, <-22.4118, -9.5812>, 使用理论值=是
触测/基本, 常规, <-55.4982, -88.7983>, <1, 0, 0>, <-55.4982, -88.7983>, 使用理论值=是
触测/基本, 常规, <-81.8987, -88.7983>, <1, 0, 0>, <-81.8987, -88.7983>, 使用理论值=是
触测/基本, 常规, <-122.0138, -27.4136>, <1, 0, 0>, <-122.0138, -27.4136>, 使用理论值=是
终止测量/
A4 =坐标系/开始, 回调, DCC_ALN, 列表=是
建坐标系/找平, X正, DCC_基准A
建坐标系/平移, X轴, DCC_基准A
坐标系/终止
    
```

(4) 添加移动点过渡至基准面 B 附近；

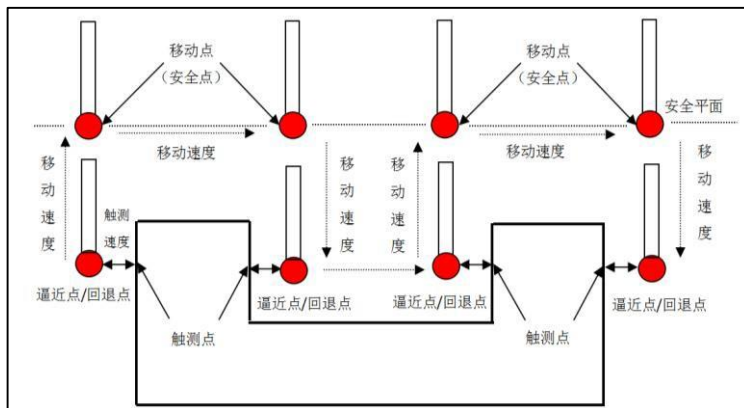


(5) 测量基准 B 平面，插入新建坐标系 A5 并找正 Z 正，Z 轴置零；

## 自动测量过程中移动点添加思路：

添加移动点是自动测量中保证元素与元素可以在测量机运行过程中无缝衔接的最有效途径。

如下图所示：在“凹”型件表面测量 4 个点，为了相互衔接又添加了多个移动点，图中说明了最终机器的移动路径及各段路径测量机的移动速度。



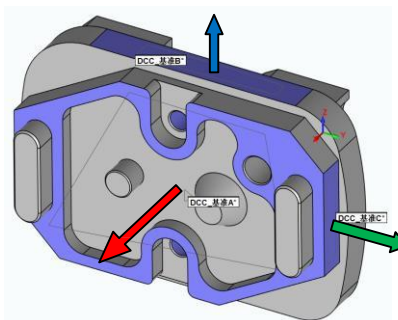
测量移动示意图 无论是手动测量还是自动运行程序，都遵循以下运动方式，快速移动（移动速度），

慢速触测（触测速度）。当自动运行时，触测点和移动点由程序给定，逼近回退距离值也需要在软件总设定。

- 移动速度——测量机移动快，一般环绕零件外表面移动，作为上一步测量和下一步测量的衔接。
- 触测速度——贴近被测表面触发采点时应用的速度，一般较慢。

## “面一面一面”方法精建坐标系

下图展示了零件基准 A、B、C 平面的矢量方向，以及完成精建坐标系后的零件坐标系位置及各轴指向。



自由度	是否限定
X	
Y	
Z	
U	
V	
W	

(1) 基准 A 平面限制的自由度（A 基准控制了哪些自由度请在表上打勾）

基准 A 平面应用情况与粗建坐标系一致, 此处不再赘述；

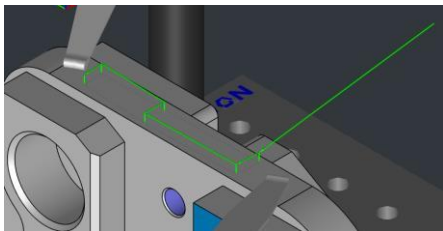
(2) 基准 B 平面限制的自由度（A 基准控制了哪些自由度请在表上打勾）

1) 明确基准 B 平面矢量方向与测量机的 Z 正方向一致，因此选择围绕 X 正，旋转到 Z 正，得到的效果是：零件坐标系的 Z 轴强制与平面矢量同向（平行），此时坐标系已经不能再旋转，控制 v、w；

2) 基准 B 平面限定延着 Z 轴的平动，即坐标系 Z 轴置零，得到的效果是：坐标系 Z 轴方向零点坐标始终在基准 A 与基准 B 的交线上移动，控制 z（不控制 y）；

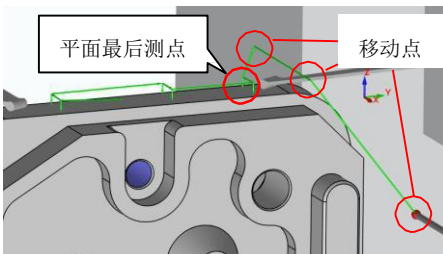
(3) 基准 C 平面限制的自由度（C 基准控制了哪些自由度请在表上打勾）

基准 C 平面用于限定最后一个自由度 y。

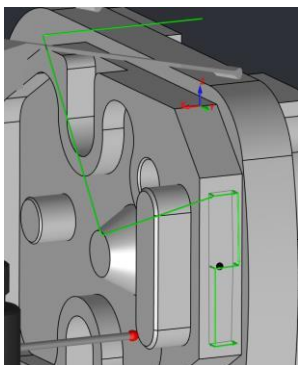


```
移动/点,常规,<50,-100,20>
DCC_基准B =特征/平面, 直角坐标,轮廓
理论值/<-19.3325,-59.8166,0>,<0,0,1>
实际值/<-19.3325,-59.8166,0>,<0,0,1>
测定/平面,6
触测/基本,常规,<-14.4857,-93.2664,0>,<0,0,1>,<-14.4857,-93.2664,0>,使用理论值=是
触测/基本,常规,<-23.3287,-92.7642,0>,<0,0,1>,<-23.3287,-92.7642,0>,使用理论值=是
触测/基本,常规,<-23.9458,-56.1843,0>,<0,0,1>,<-23.9458,-56.1843,0>,使用理论值=是
触测/基本,常规,<-16.0454,-56.2639,0>,<0,0,1>,<-16.0454,-56.2639,0>,使用理论值=是
触测/基本,常规,<-15.3779,-29.978,0>,<0,0,1>,<-15.3779,-29.978,0>,使用理论值=是
触测/基本,常规,<-22.8115,-30.4429,0>,<0,0,1>,<-22.8115,-30.4429,0>,使用理论值=是
终止测量/
A5 =坐标系/开始,回调,A4,列表=是
建坐标系/旋转,Z正,至,DCC_基准B,关于,X正
建坐标系/平移,Z轴,DCC_基准B
坐标系/终止
```

(6) 添加移动点过渡至基准面 C 附近;



(7) 测量基准 C 平面, 插入新建坐标系 A6 (更名为 DCC\_ALN) 并将 Y 轴置零;



```
移动/点,常规,<-15,-30,15>
移动/点,常规,<-30,-30,15>
移动/点,常规,<30,5,-30>
DCC_基准C =特征/平面, 直角坐标,轮廓
理论值/<-5.9794,0,-42.5754>,<0,1,0>
实际值/<-5.9794,0,-42.5754>,<0,1,0>
测定/平面,6
触测/基本,常规,<-2.5463,0,-23.1807>,<0,1,0>,<-2.5463,0,-23.1807>,使用理论值=是
触测/基本,常规,<-9.1074,0,-23.028>,<0,1,0>,<-9.1074,0,-23.028>,使用理论值=是
触测/基本,常规,<-9.4889,0,-42.0286>,<0,1,0>,<-9.4889,0,-42.0286>,使用理论值=是
触测/基本,常规,<-2.7752,0,-42.1812>,<0,1,0>,<-2.7752,0,-42.1812>,使用理论值=是
触测/基本,常规,<-2.8515,0,-62.6315>,<0,1,0>,<-2.8515,0,-62.6315>,使用理论值=是
触测/基本,常规,<-9.1074,0,-62.4026>,<0,1,0>,<-9.1074,0,-62.4026>,使用理论值=是
终止测量/
DCC_ALN =坐标系/开始,回调,A5,列表=是
建坐标系/平移,Y轴,DCC_基准C
坐标系/终止
```

(7) 坐标系检查 按照任务二的方法检查零件坐标系零点位置  
标系零点位置  
及各个轴向是否正确。

## 知识拓展

### “面—线—点”与“面—面—面”建立坐标系方法对比

我们在建立坐标系过程中使用了两种方法建立零件坐标系,有几点差异需要明确:

- 1、“面—线—点”方法总测点数少,测量效率高,适合建立手动坐标系(粗建);
- 2、“面—面—面”测点数多,可以反应基准面整体偏差情况(可以反映轮廓和位置偏差),适合建立自动坐标系(精建);

3、两种方法在第二基准使用上有差异:

- “面—线—点”方法使用直线在找正平面上的投影方向来旋转第二轴向;
- “面—面—面”方法使用平面的空间矢量来旋转第二轴向。在实际检测中推荐使用“面—线—点”与“面—面—面”组合方式完成坐标系建立过程。

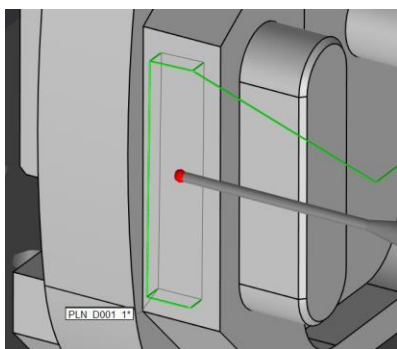
## 6、自动测量特征

(1) 自动测量 PLN\_D001\_1 (PLN\_D001\_2 经判断与基准 C 平面为同一个元素, 因此不需要再次测量):

- 1) 更换测针为: 测尖/T1A90B-90;
- 2) 在 PLN\_D001\_1 上手动触测 4~6 点后按操纵盒“Done”键生成测量命令;
- 3) 按照图纸尺寸修改平面的理论值及测点的理论值;

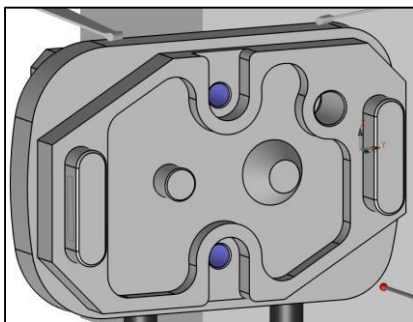
以 PLN\_D001\_1 特征为例, 其 Y 轴的理论值从图纸上得到, 为 140mm, 理论矢量为 0, 0, 1。

4) 平面特征首尾都应加移动点确保不会发生碰撞, 而且尽量保证首尾移动点坐标一致。



## (2) 自动测量 CYL\_D002\_1, CYL\_D002\_2 (M10 × 1.5 螺纹孔)

- 1) 更换测针为: 测尖/T1A90B-90;
- 2) 图纸中确定元素中心坐标值:
  - CYL\_D002\_1 (-8, -70, -16) 螺距 1.5mm
  - CYL\_D002\_2 (-8, -70, -74) 螺距 1.5mm
- 3) 点开自动圆柱测量对话框, 并填入合理参数:
  - 坐标 X、Y、Z (-8, -70, -16)
  - 曲面矢量 I、J、K (0, 0, 1)
  - 起始角度 (0, 0, -1)
  - 内柱, 直径=8, 长度=17, 起始角=0, 终止角=360, “方向”逆时针
  - 每层测点=4, 深度=4, 结束深度=4, 层=3, 自由移动“两者”=20



## PLN\_D001\_1 自动测量命令

移动/点, 常规, <30.0000, -150.0000, -40.0000>

PLN\_D001\_1 = 特征/平面, 直角坐标, 轮廓

理论值/<-6.04, -140, -52.3643>, <0, -1, 0>

实际值/<-6.04, -140, -52.3643>, <0, -1, 0>

测定/平面, 4

触测/基本, 常规<-2.5663, -140, -34.6411>, <0, -1, 0>, <-2.5663, -140, -34.6411>, 使用理论值=是

触测/基本, 常规<-9.1813, -140, -34.8647>, <0, -1, 0>, <-9.1813, -140, -34.8647>, 使用理论值=是

触测/基本, 常规<-9.5864, -140, -70.0107>, <0, -1, 0>, <-9.5864, -140, -70.0107>, 使用理论值=是

触测/基本, 常规<-2.8258, -140, -69.9407>, <0, -1, 0>, <-2.8258, -140, -69.9407>, 使用理论值=是

终止测量

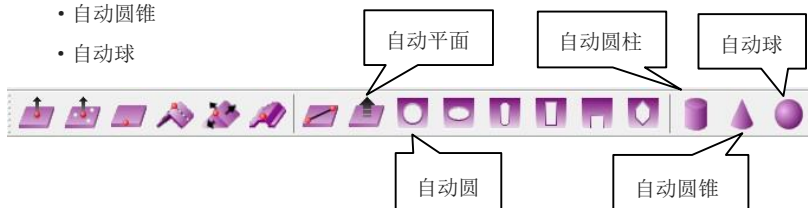
移动/点, 常规, <30.0000, -150.0000, -40.0000>

## 知识拓展

### 典型自动测量特征功能

PC-DMIS提供了常见特征的自动测量功能: 通过【视图】—【工具栏】—【自动特征】显示下图自动测量菜单。学习任务三中会陆续学习:

- 自动平面
- 自动圆
- 自动圆柱
- 自动圆锥
- 自动球



## 自动测量对话框各项含义:

- **XYZ 框:** 显示点特征位置的 X、Y 和 Z 标值;
- **坐标切换:** 用于在直角坐标系和极坐标系之间的显示切换 (**极坐标:** 以极径、角度、Z 值的极坐标方式显示特征坐标值; **直角坐标:** 以 X、Y、Z 直角坐标系的方式显示特征坐标);
- **查找按钮:** 查找用于根据 XYZ 点对话框查找 CAD 图上最接近的 CAD 元素 (有数模时才可使用);
- **从 CMM 上读取点:** 使用 CMM 读取测头当前位置作为矢量点的理论值;
- **曲面矢量 IJK:** 自动测点时该点的矢量方向;






CYL\_D002\_1 参数输入



CYL\_D002\_2 参数输入

3) 点击“创建”按钮 e，在编辑窗口中创建测量圆柱的程序（不建议打开测量开关 ）；

-  **查找矢量：**用于沿着 XYZ 点和 IJK 矢量刺穿所有曲面，以查找最近的点。曲面矢量将显示为 IJK 标称矢量，但 XYZ 值不会改变；
-  **翻转矢量：**用于翻转矢量的方向；
-  **料厚补偿：**用于补偿钣金件测量中实际零件的厚度，选中此对话框之后，会显示料厚输入框 ，选择料厚补偿的方式输入料厚即可对料厚进行补偿；
-  **测量开关：**选中此处选项，点击“创建”，开始进行特征元素的测量，否则只生成程序；
-  **重测开关：**选中之后，将在第一次测量的基础上做矢量修正再测量一遍；
-  **捕捉：**
  -  **捕捉点：**使用此功能，所有偏差都将位于点的矢量方向；
-  **自动匹配测量角度：**选则此选项后，软件会根据被测元素的矢量方向自动选择合适的测头角度进行测量（该功能在脱机编程时可以使用，联机状态下不建议使用该功能）；
-  **安全平面开关：**使用该选项后，如果程序中已经定义了安全平面，测量时将激活安全平面；
-  **圆弧移动开关：**在测量圆、圆柱、圆锥球体等元素时，测点与测点之间，测头将按圆弧移动；
-  **显示触测路径开关：**选中之后在图形窗口中将显示当前元素的测量路径；
-  **法向视图开关：**选中之后在图形窗口中将显示当前元素的法向视图；
-  **水平视图开关：**选中之后在图形窗口中将显示当前元素的水平视图；
-  **显示测量点开关：**选中之后在图形窗口中将显示当前元素的各个理论触测点；
-  **路径属性：**用于定义测量的点数和位置（对矢量点不可用）；

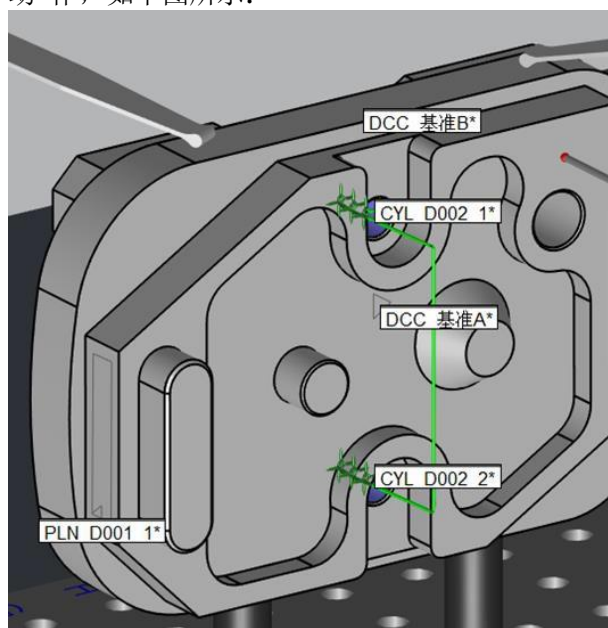


4) 运行该测量命令并调试参数设置是否合理。

将鼠标光标放在编辑窗口该测量命令处，按“Ctrl+E”键执行单条测量命令。

第一次输入的所有参数未必合适，还需要根据实际工件的情况加以验证调整，尤其是测点位置分布。

特征 CYL\_D002\_1 与特征 CYL\_D002\_2 之间无需添加移动点，使用两者移动功能可完成避让动作，如下图所示：



测量轨迹图

## 自动测量对话框避让移动设置：



**自由移动属性：**用于定义测量前和测量后测头的安全位置。在下拉选项中有

“否”“两者”“前”“后”4个选项：

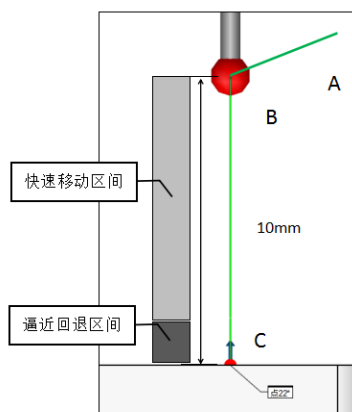
• **两者：**PC-DMIS 在测量特征之前和之后都应用设置的避让距离（如图 3-5 a 所示

，移动路径：A-B-C-B）；

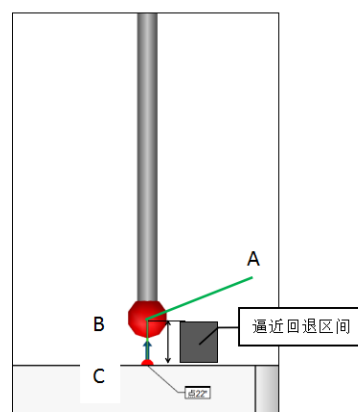
• **前：**PC-DMIS 仅在测量特征之前应用设置的避让距离（如图 3-5 a 所示，移动路径：A-B-C）；

• **后：**PC-DMIS 仅在测量特征之后应用设置的避让距离（如图 3-5 a 所示，移动路径：A-C-B）；

• **无：**PC-DMIS 不应用任何避让距离值（如图 3-5 b 所示，移动路径：A-B-C-B）。



a) 两者移动=10mm



b) 两者移动=0mm

## CYL\_D002\_1 测量程序：

CYL\_D002\_1 = 特征/触测圆柱/默认,直角坐标,内,最小二乘方

理论值<-8,-70,-16>,<1,0,0>,8.376,17

实际值<-8,-70,-16>,<1,0,0>,8.376,17

目标值<-8,-70,-16>,<1,0,0>

起始角=0,终止角=360

角矢量=<0,0,-1>

方向=逆时针 显

示特征参数=否

显示相关参数=是

测点数=4,层数=3,深度=4,终止补偿=4,螺距=1.5

采样方法=样例点

样例点=0,间隙=0 自动移动=两者,

距离=20 查找孔=无效出错=否,读

位置=否

显示触测=否

### (3) 自动测量 CONE\_A004 (外圆锥)

1) 更换测针为: 测尖/T1A90B-90;

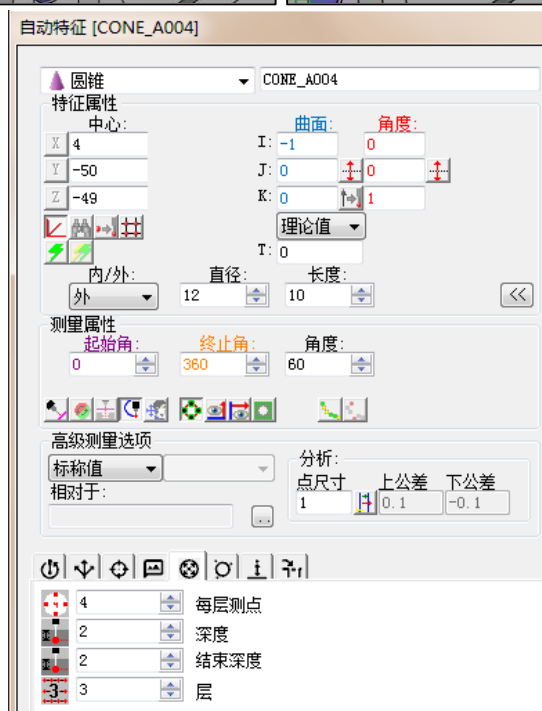
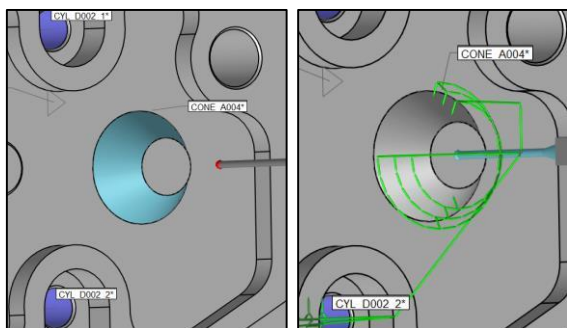
2) 确定元素中心坐标值:

• **CONE\_A004** (4, -50, -45)

测量点数: 每层 4~6 点, 2~3 层;

3) 打开自动测量圆锥对话框, 按照下面的参数输入:

- 坐标 X、Y、Z (4, -50, -45)
- 曲面矢量 I、J、K (-1, 0, 0)
- 起始角度 (0, 0, 1)
- 外锥, 直径=12, 长度=10, 起始角=0, 终止角=360, “方向” 逆时针
- 每层测点=4, 深度=4, 结束深度=4, 层=3, 自由移动“两者”=20



4) 点击“创建”按钮, 在编辑窗口中创建测量圆锥的程序;

5) 运行该测量命令并调试参数设置是否合理。  
将鼠标光标放在编辑窗口该测量命令处, 按

“Ctrl+E”键执行单条测量命令。

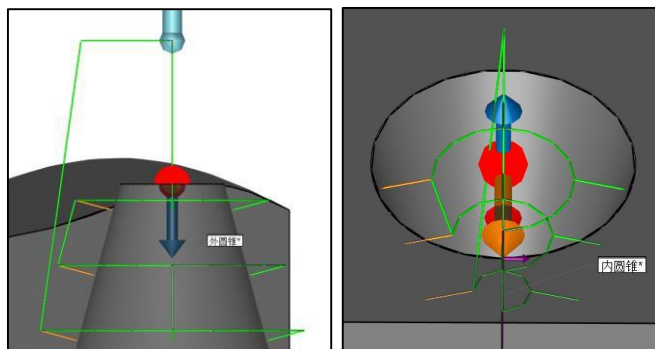
### CONE\_A004 测量程序:

CONE\_A004 = 特征/触测圆锥/默认, 直角坐标, 外  
理论值<4,-50,-45>,<-1,0,0>,60,10,12  
实际值<4,-50,-45>,<-1,0,0>,60,10,12  
目标值<4,-50,-45>,<-1,0,0>  
起始角=0,终止角=360  
角矢量=<0,0,1>  
显示特征参数=否  
显示相关参数=是  
测点数=4,层数=3,深度=2,终止补偿=2  
采样方法=样例点  
样例点=0,间隙=0 自动移  
动=两者,距离=20 出错=  
否,读位置=否  
显示触测=否

### 知识拓展

#### 圆锥矢量方向的定义:

内、外圆锥的矢量方向定义遵循: 从圆锥的小圆截面中心指向大圆截面中心。  
如下图所示:



图中蓝色箭头表示矢量方向, 假定竖直向上为 Z+, 则有:

- 左图曲面矢量为 (0, 0, -1);
- 右图曲面矢量为 (0, 0, 1)。

注: 蓝色箭头表示曲面矢量方向;

红色球表示元素中心;

黄色箭头表示测量的起始矢量方向。

#### (4) 自动测量 CYL\_D005 (外圆柱)

1) 更换测针为: 测尖/T1A90B-90;

2) 确定元素中心坐标值

• CYL\_D005 (4, -91, -45)

3) 打开自动测量圆柱对话框, 按照下面的

参数输入:

• 坐标 X、Y、Z (4, -91, -45)

• 曲面矢量 I、J、K (1, 0, 0)

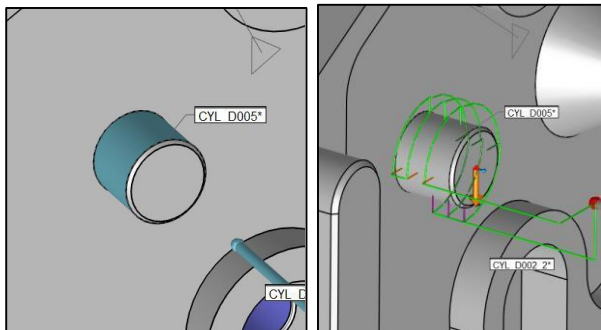
• 起始角度 (0, 0, -1)

• 外柱, 直径=12, 长度=-10, 起始角=0, 终止角=360, “方向”逆时针

• 每层测点=4, 深度=2, 结束深度=2, 层=3, 自由移动“两者”=20



4) 点击“创建”按钮, 在编辑窗口中创建测量圆柱的程序;



5) 运行该测量命令并调试参数设置是否合理。

#### CYL\_D005 测量程序:

CYL\_D005 = 特征/触测/圆柱/默认, 直角坐标, 外, 最小二乘方

理论值<4,-91,-45>,<1,0,0>,12,-9.5

实际值<4,-91,-45>,<1,0,0>,12,-9.5

目标值<4,-91,-45>,<1,0,0>

起始角=0,终止角=360

角矢量=<0,0,-1>

方向=逆时针 显

示特征参数=否

显示相关参数=是

测点数=4,层数=3,深度=4,终止补偿=4,螺距=1.5

采样方法=样例点

样例点=0,间隙=0

自动移动=两者,距离=20 查找孔=

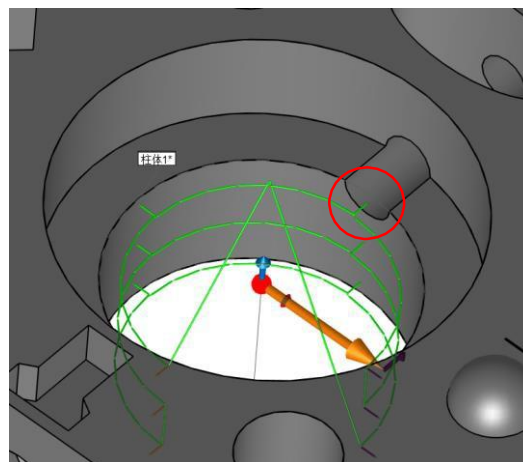
无效,出错=否,读位置=否

显示触测=否

#### 知识拓展 通过鼠标拖动测

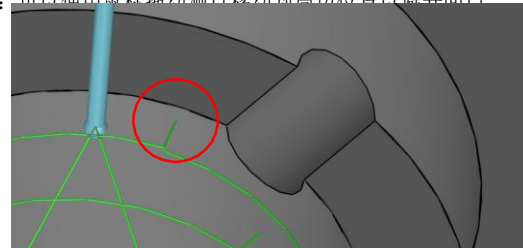
#### 量点位置:

实际测量需求: 测量距离上端面 2mm 至距下底面 2mm 区间内圆柱面, 每层测点为 4 个, 分 3 层;



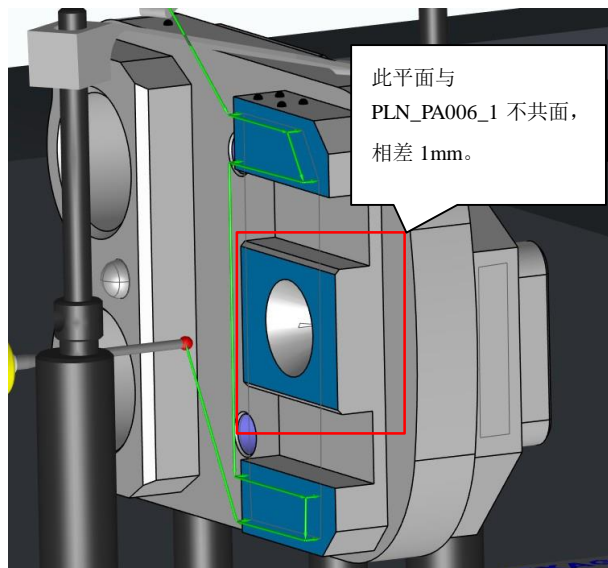
• 遇到困难: 采用自动测量圆命令, 上图中标注的测点落在凹口处无法测量;

• 解决方法: 可以使用鼠标拖动测点移动到周边位置以避免凹口

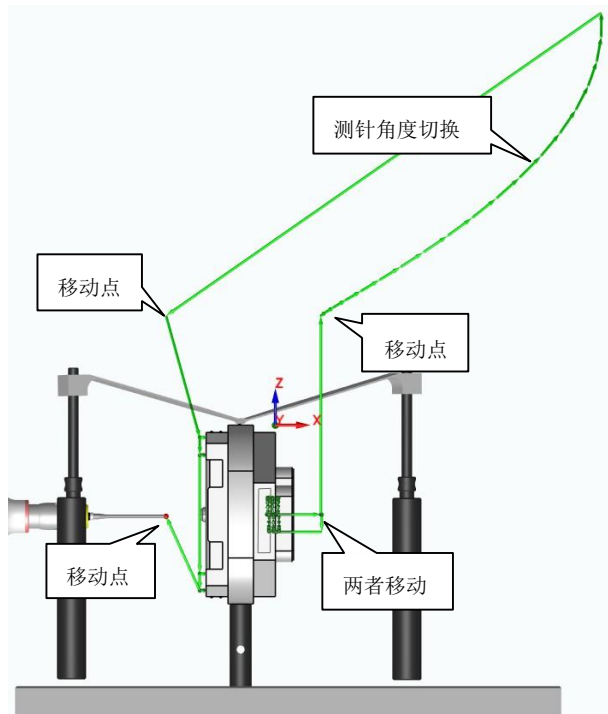


(5) 自动测量 PLN\_PA006\_1, PLN\_PA006\_2  
(PLN\_PA006\_2 经判断与基准 A 平面为同一个元素, 因此不需要再次测量)

平面触测方法不再赘述, 测点位置及顺序可参考下图:



注意: 通过添加移动点保证与上一个自动测量元素衔接。



测头移动路径示意图

## PLN\_PA006\_1 测量程序:

测尖T1A90B90, 支撑方向 IJK=-1, 0, 0, 角度=90 移动

点 常规<-60.0000,-50.0000,60.0000>

PLN\_PA006\_1=特征/平面, 直角坐标 轮廓

理论值<-38,-108.886,-48.7906>,<-1,0,0>

实际值<-38,-108.8849,-48.7906>,<-1,-0,0>

测定/平面,12

触测 基本 常规<-38,-94.2799,-6.8288>,<-1,0,0>,<-38,-94.2789,-6.8289>,使

用理论值=是

触测 基本 常规<-38,-119.254,-6.6714>,<-1,0,0>,<-38,-119.253,-6.6715>,使

用理论值=是

触测 基本 常

规<-38,-125.7365,-16.0867>,<-1,0,0>,<-38,-125.7355,-16.086>,使用理论值=是

触测 基本 常规<-38,-94.1611,-16.6826>,<-1,0,0>,<-38,-94.1601,-16.6826>,

使用理论值=是

触测 基本 常规<-38,-93.6797,-81.6139>,<-1,0,0>,<-38,-93.6787,-81.6139>,

使用理论值=是

触测 基本 常

规<-38,-123.8798,-81.4598>,<-1,0,0>,<-38,-123.8788,-81.4598>,使用理论值=是

触测 基本 常

规<-38,-123.3091,-90.3795>,<-1,0,0>,<-38,-123.3081,-90.3796>,使用理论值=是

触测 基本 常规<-38,-94.1467,-90.7724>,<-1,0,0>,<-38,-94.1457,-90.7724>,

使用理论值=是

终止测量

移动点 常规<-60.0000,-108.0000,-50.0000>

## (6) 自动测量 SPHERE\_SR007 (外球)

1) 更换测针为: 测尖/T1A90B90

2) 确定元素中心坐标值

- SPHERE\_SR007 (-38, -40, -45)

3) 打开自动测量球对话框, 按照下面的参数输入:

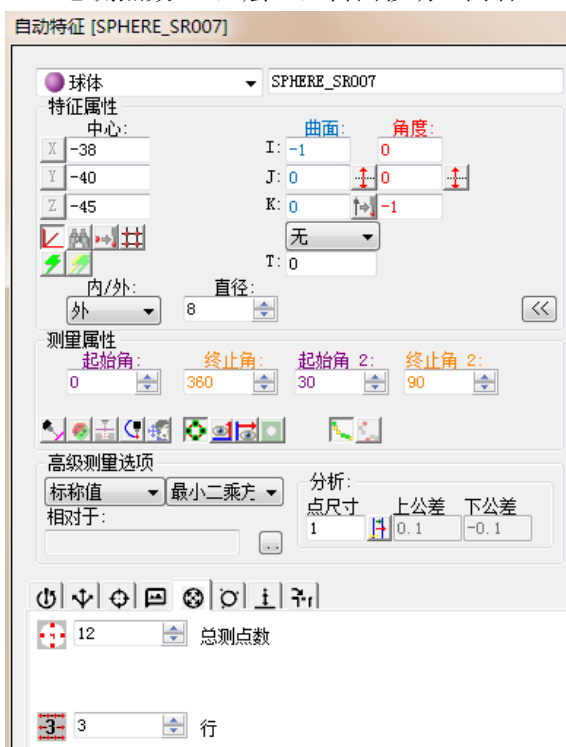
- 坐标 X、Y、Z (-38, -40, -45)

- 曲面矢量 I、J、K (-1, 0, 0)

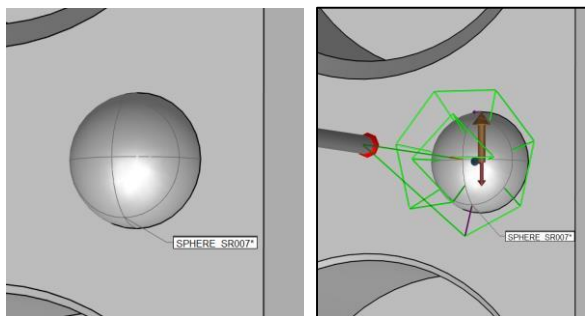
- 起始角度 (0, 0, -1)

- 外球, 直径=8, 起始角 1=0°, 终止角 1=360°, 起始角 2=30°, 终止角 2=90°, “方向” 逆时针

- 总测点数=12, 层=3, 自由移动“两者”=20



4) 点击“创建”按钮, 在编辑窗口中创建测量圆柱的程序;



5) 运行该测量命令并调试参数设置是否合理。

## 知识拓展

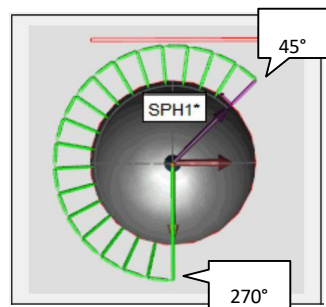
### 球特征的“起始角”、“终止角”使用说明

“起始角”和“终止角”针对于圆、圆柱、圆锥特征有效, 而对于球特征, 则由“起始角 1”、“终止角 1”和“起始角 2”、“终止角 2”共同控制测量范围。

假设要求在一个仅有一半区域是可以满足测量的外球上测量 20 个点, 分为 2 层分布。

#### “起始角 1”、“终止角 1”

如下图所示: 给定起始角 1 为 45°, 终止角 1 为 270°, 则从球矢量俯视, 测量区域从 45° 至 270° 均匀分布。



#### “起始角 2”、“终止角 2”

图 a) 表示: 给定起始角 2 为 30°, 终止角 2 为 90°, 则从球顶端测 1 点, 30° (纬度) 位置均匀分布 19 点。

图 b) 表示: 给定起始角 2 为 30°, 终止角 2 为 70°, 则从球顶端测 5 点, 30° (纬度) 位置均匀分布 15 点。

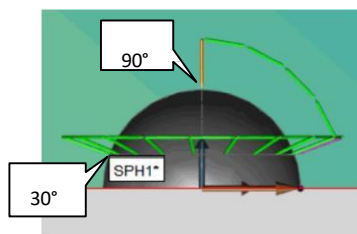


图 a)

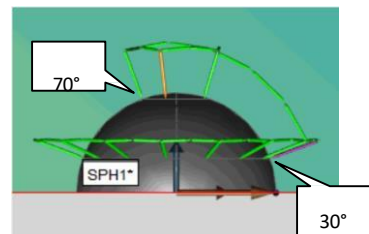


图 b)

## SPHERE\_SR007 测量程序:

SPHERE\_SR007=特征触测球体默认直角坐标外, 最小二乘方

理论值<-38,-40,-45>,<-1,0,0>,8

实际值<-38,-40,-45>,<-1,0,0>,8

目标值<-38,-40,-45>,<-1,0,0>

起始角 1=0, 终止角 1=360

起始角 2=30, 终止角 2=90

角矢量=<0,0,-1>

显示特征参数=否

显示相关参数=是

测点数=12, 行数=3

样例点=0 自动移动=两

者, 距离=20

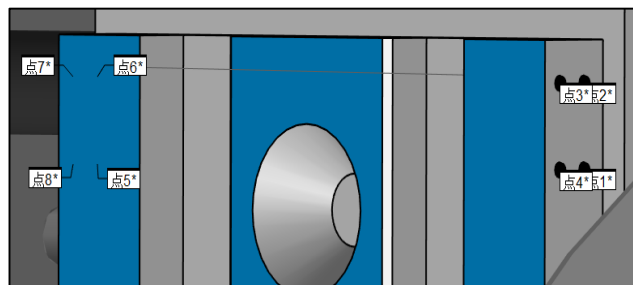
显示触测=否



## (7) 自动测量对称平面 (PLN\_SY008\_1, PLN\_SY008\_2) 并构造特征组

- 1) 更换测针为：测尖/T1A90B90;
- 2) 使用操纵盒安装下图所示位置采点;

根据对称度定义要求，需要在这两个平面的对称位置测量几组（本例采用 4 组）点，最后将这些测点按照对应关系构造为特征组。



点 1 与点 5 位置对应，点 2 与点 6 位置对应（对应点的坐标值也需要有对应关系），以此类推。

3) 点击【插入】—【特征】—【构造】—【特征组】，按照点的对应关系顺序依次选择，构造用于评价对称度的特征组 PLN\_SY008;



### 对称度基准 D 测量:

根据图纸标注，基准 D 为两对称平面的中分面。

操作步骤:

- 1) 测量这两个对称平面;
- 2) 插入构造平面 (【插入】—【特征】—【构造】—【平面】)，选用中分面功能。
- 3) 选中用于构造中分面的两个平面，点击创建完成构造中分面命令创建。

### PLN\_SY008 测量程序:

移动点, 常规 <-60.0000,-105.0000,0.0000>

点 1

= 特征点, 直角坐标 理论值

/<-30,-105,0>,<0,0,1> 实际值

/<-30,-105,0>,<0,0,1>

测定/点1, 工作平面

触测基本, 常规 <-30,-105,0>,<0,0,1>,<-30,-105,-4>, 使用理论值= 是  
终止测量

点 2

.....

.....

点 7

.....

点 8

= 特征点, 直角坐标

理论值 <-35,-105,-90>,<0,0,-1>

实际值 <-35,-105,-90>,<0,0,-1>

测定/点1, 工作平面

触测基本, 常规 <-35,-105,-90>,<0,0,-1>,<-35,-105,-90>, 使用理论值= 是  
终止测量

移动点, 常规 <-60.0000,-93.0000,-100.0000>

移动点, 常规 <-60.0000,-93.0000,0.0000>

PLN\_SY008 = 特征/特征组, 直角坐标 理论

值 <-32.5,-100,-45>,<0,0,1>

实际值 <-32.5,-100,-45>,<0,0,1>

构造/特征组, 基本, 点 1, 点 5, 点 2, 点 6, 点 3, 点 7, 点 4, 点 8,

### 对称度基准 D 测量程序:

移动点, 常规 <-60.000,-93.000,-30.000>

PLN\_D\_1

= 特征/平面, 直角坐标, 轮廓

理论值 <-32.441,-108.616,-30>,<0,0,1>

实际值 <-32.441,-108.616,-30>,<0,0,1>

测定/平面, 4

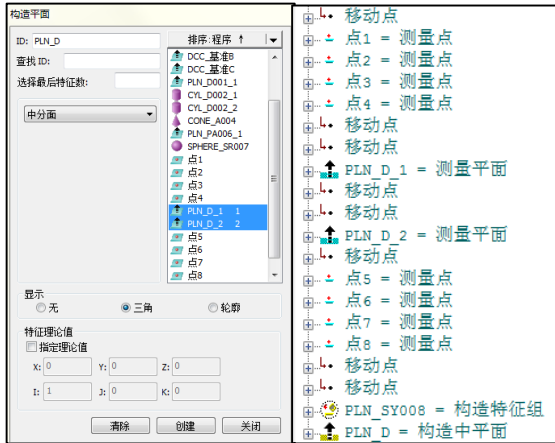
触测基本, 常规 <-30.826,-123.304,-30>,<0,0,1>,<-30.826,-123.304,-30>, 使用理论值= 是

触测基本, 常规 <-30.679,-94.310,-30>,<0,0,1>,<-30.679,-94.310,-30>, 使用理论值= 是

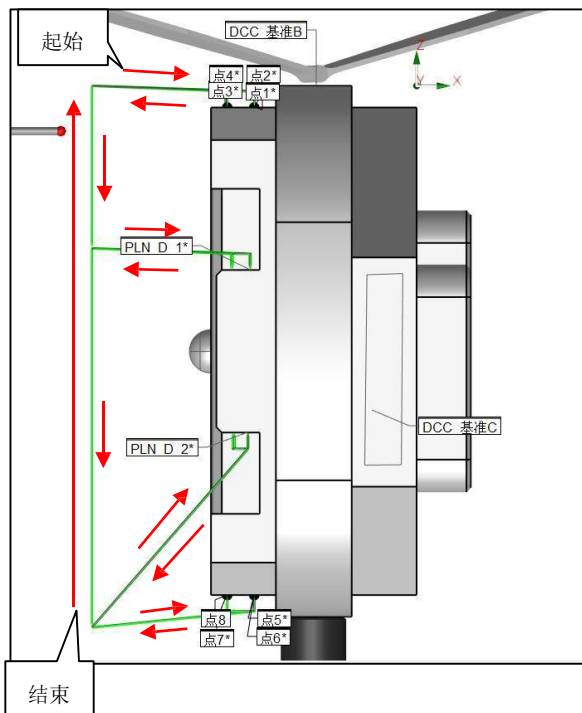
触测基本, 常规 <-34.247,-93.729,-30>,<0,0,1>,<-34.247,-93.729,-30>, 使用理论值= 是

触测基本, 常规 <-34.013,-123.120,-30>,<0,0,1>,<-34.013,-123.120,-30>, 使用理论值= 是

终止测量



下图是优化测量顺序（自上而下）后的测头移动路径：



移动点,常规<-60.0000,-93.0000,-30.0000>

移动点,常规<-60.0000,-93.0000,-100.0000>

PLN\_D\_2 =特征/平面, 直角坐标,轮廓

理论值<-32.476,-109.3152,-60>,<0,0,-1>

实际值<-32.476,-109.3152,-60>,<0,0,-1>

测定/平面,4

触测基本,常规<-31.2036,-123.458,-60>,<0,0,-1>,<-31.2036,-123.458,-60>,使用理论值=是

触测基本,常规<-33.6311,-123.3866,-60>,<0,0,-1>,<-33.6311,-123.3866,-60>,使用理论值=是

触测基本,常规<-33.9547,-95.1225,-60>,<0,0,-1>,<-33.9547,-95.1225,-60>,使用理论值=是触测基本,常规<-31.1144,-95.2936,-60>,<0,0,-1>,<-31.1144,-95.2936,-60>,使用理论值=是

终止测量

移动点,常规<-60.0000,-93.0000,-100.0000>

PLN\_D =特征/平面, 直角坐标,三角形否 理论值<-32.4589,-108.9657,-45>,<0,0,1> 实际值<-32.4589,-108.9657,-45>,<0,0,1> 构造/平面,中分,PLN\_D\_1,PLN\_D\_2 工作平面X 正

## 7、尺寸评价

### (1) 尺寸 D001 评价:


序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
1	D001	尺寸 2D 距离	140	0	-0.03

表 5-1 尺寸 D001 评价

被评价特征: “PLN\_D100\_1”、

“PLN\_D100\_2”;

1) 选择工作平面为 X 正, 将 YZ 平面做投影平面;

2) 点击“距离”按钮  插入距离评价;

3) 在左侧特征栏选择被评价元素, 按照下图 设置选择, 并填入图纸公差。



4) 点击“创建”按钮完成距离评价命令的创建。

DIM D001= 2D 距离平面 PLN\_D001\_1 至平面 DCC\_基准C 平行 至 Y 轴, 无半径 单位=毫米, 图示=关 文本=关 倍率=10.00 输出=两者  
AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL  
M 140.0000 0.0000 -0.0300 140.0000 0.0000 0.0000 -----#

### (2) 尺寸 D002 评价:

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
2	D002	尺寸 2D 距离	58	0.1	-0.1

被评价特征: “CYL\_D002\_1”、“CYL\_D002\_2”;

1) 插入距离评价, 投影平面不做更改;

2) 在左侧特征栏选择被评价元素, 按照下图 设置选择, 并填入图纸公差。



3) 点击“创建”按钮完成距离评价命令的创建。

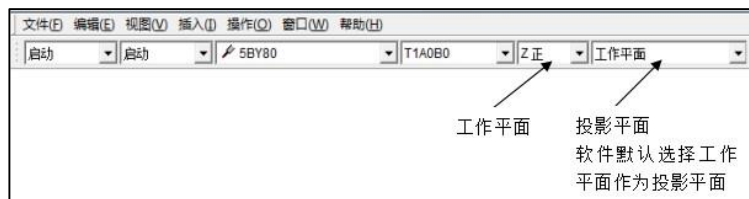
DIM D002= 2D 距离圆柱体 CYL\_D002\_1 至圆柱体 CYL\_D002\_2 平行 至 Z 轴, 无半径 单位=毫米, 图示=关 文本=关 倍率=10.00 输出=两者  
AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL  
M 58.0000 0.1000 -0.1000 58.0000 0.0000 0.0000 ----#---

## 知识拓展

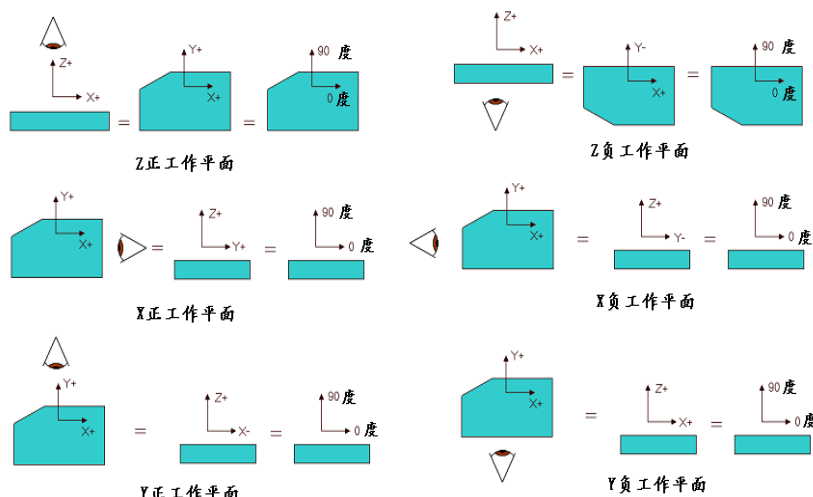
### 工作平面和投影平面:

工作平面是一个视图平面, 类似图纸上的三视图, 工作时从这个视图平面往外看。

假定在 Z+ 平面工作, 那么工作平面就是 Z+; 若你测量元素是在右侧面, 那么就是在 X+ 工作平面工作。测量时通常是在一个工作平面上测量完所有的几何特征以后, 再切换另一个工作平面, 接着测量这个工作平面上的几何特征, 工作平面选取菜单如下图所示:



### 工作平面、坐标轴和角度方向之间的关系



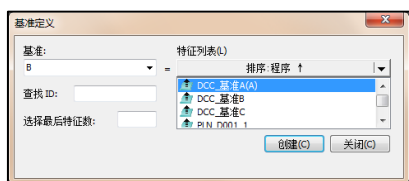
PC-DMIS 默认选择工作平面作为二维几何特征的投影平面, 也可以从投影平面下拉列表中选择某个平面作为投影平面, 但一般只用于一些特殊角度的投影, 较少使用; 并且部分软件功能需要参考方向时, 工作平面的矢量方向将作为默认方向, 比如球的矢量方向, 构造坐标轴的方向, 安全平面的方向等。

### (3) 尺寸 P003 评价:

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
3	P003	FCF 位置度	0	0.2	0

被评价特征: “CYL\_D002\_1”、“CYL\_D002\_2”;

- 1) 点击“位置度”按钮 插入位置度评价;
- 2) 在位置度评价菜单中定义基准 A、B、C。



- 3) 在位置度评价菜单左侧特征列表中选择被评价特征, 并按照图纸标注选择基准, 输入公差值。



- 4) 点击“创建”按钮完成位置度评价命令的创建。

### 知识拓展

#### 位置度评价概述:

位置度检测是经常要用到的一项功能。在进行位置度检测时首先要很好的消化和理解图纸的要求, 在理解的基础上选择合适的基准。所谓“位置度”就是相对于这些基准。测量这些基准, 可以把这些基准用于建立零件坐标系, 也可以使用这些基准作为基准元素评价位置度。评价位置度的基准元素选择和建立坐标系的元素选择有相似之处, 都要用平面或轴线作为 A 基准, 用投影于第一个坐标平面的线作为 B 基准, 用坐标系原点作为 C 基准。如果这些元素不存在, 可以用构造功能生成这些元素。

我们可以想象位置度公差带就象我们打靶, 靶心表示特征理论中心点, 由于加工误差, 实际圆心位置和理论圆心必然不重合, 就用位置度公差带限制圆心的位置必须在某个公差圆范围内, 公差数值则表明公差带范围的大小。

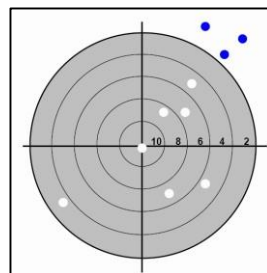


图 5-2 测量示意图

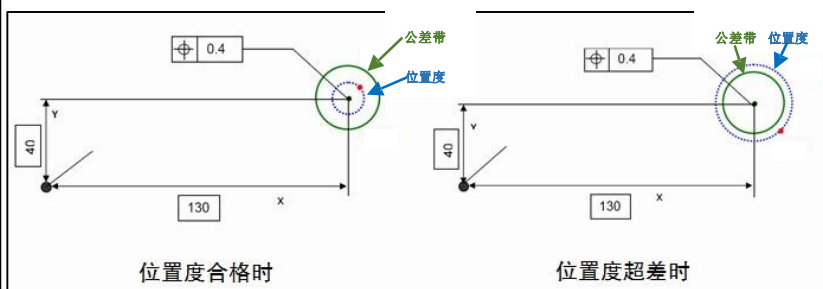


图 5-3 位置度超差判断示意图

### P003 尺寸评价程序:

基准定义/特征=DCC\_基准 A,A

基准定义/特征=DCC\_基准 B,B

基准定义/特征=DCC\_基准 C,C

P003\_CYL\_D002\_1 = 位置 : CYL\_D002\_1

特征圆框架显示理论值=否,显示参数=是,显示延伸=是

CAD 图=关,报告图=关,文本=关,倍率=10.00,箭头密度=100,输出=两者,单位=毫米

COMPOSITE=否,拟和基准=是,垂直于中心线的偏差=开,输出坐标系=基准参考框

自定义 DRF=否

标准类型=ISO\_1101 尺寸公

差1,直径0.5,-0.5

首尺寸/位置度,直径0.2,<MC>,<PZ>,<len>,A,B,C

次尺寸/<Dim>,<tol>,<MC>,<dat>,<dat>,<dat>

注解P003\_CYL\_D002\_1CYL\_D002\_1


特征CYL\_D002\_1,,

P003\_CYL\_D002\_2 = 位置度 (略)

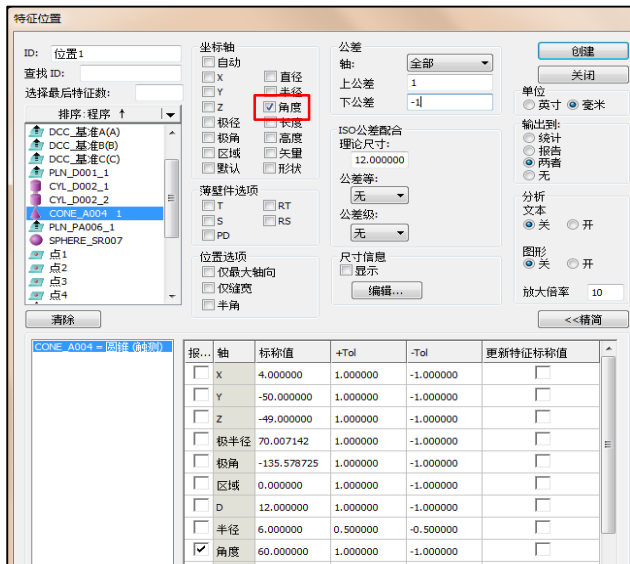
#### (4) 尺寸 A004 评价:

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
4	A004	尺寸 2D 角度	30°	1	-1

被评价特征: “CONE\_A004”;

1) 点击“位置”按钮  插入位置评价;

2) 在左侧特征栏选择被评价元素, 在“坐标轴”栏目中勾选“角度”, 并输入公差值;



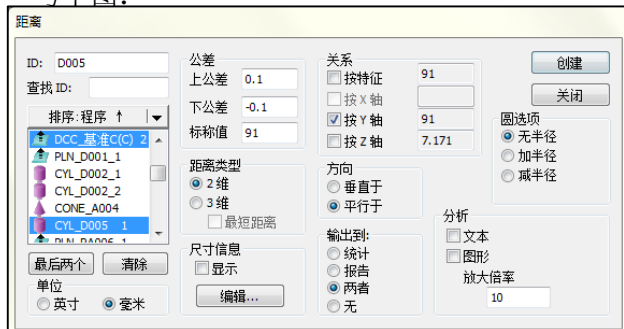
3) 点击“创建”按钮完成锥角评价命令的创建。

#### (5) 尺寸 D005 评价:

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
5	D005	尺寸 2D 距离	91	0.1	-0.1

被评价特征: “CYL\_D005”; 按照上述距离评价方法操作, 具体设置请参考

考下图:



#### A004 尺寸评价程序:

*DIM A004= 圆锥 的位置 CONE\_A004 单位=毫米 , \$*

*图示=关 文本=关 倍率=10.00 输出=两者 半角=否*

AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
锥角	60.0000	1.0000	-1.0000	60.0000	0.0000	0.0000 ---#----

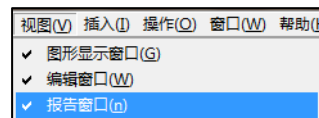
*终止尺寸 A004*

#### 知识拓展

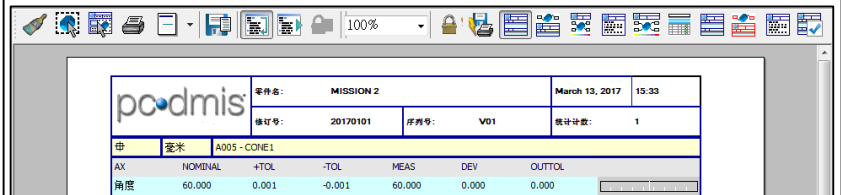
##### 报告窗口介绍:






尺寸误差评价是三坐标测量技术最终的落脚点, 尺寸评价功能用于评价尺寸误差和几何误差。

PC-DMIS软件支持所有类型的尺寸、形状、位置误差评价, 功能入口: 【插入】—【尺寸】, 所插入的评价在报告中体现, 需要勾选: 【视图】—【报告窗口】。



熟练的编辑测量报告, 前提是了解软件报告常用命令按钮, 报告窗口如下图所示:



1.  报告刷新按钮, 用于重新生成报告;
4.  报告打印按钮, 用于打印报告;
7.  报告查看按钮, 用于生成测量例程中自第一条命令至最后一条命令的报告;
8.  上次执行报告按钮, 用于查看上次执行过程中包含的报告项目, 排列顺序与执行顺序相同;
13.  仅文本报告按钮, PC-DMIS 默认报告模版。

以上几个按钮是我们在初步学习中比较常用的功能, 需要熟练掌握。可通过“Ctrl+Tab”快捷键实现“图形显示窗口”和“报告窗口”的切换。

#### D005 尺寸评价程序:

*DIM D005= 2D 距离柱体 CYL\_D005 至平面 DCC\_基准C 平行至 Y 轴 无半径 单位=毫米 \$*

*图示=关 文本=关 倍率=10.00 输出=两者*

AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	91.0000	0.1000	-0.1000	91.0000	0.0000	0.0000





### (6) 尺寸 PA006 评价:

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
6	PA006	FCF 平行度	0	0.02	0

被评价特征: “CYL\_D005”;

1) 点击“平行度”按钮插入平行度评价;

2) 左侧栏点选被评价元素, 基准框中选择之前定义的基准 A;



3) 点击“创建”按钮完成平行度评价命令的创建。

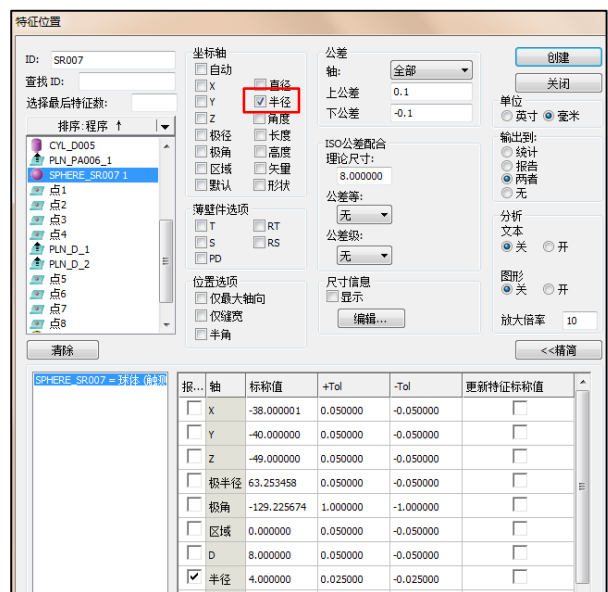
### (7) 尺寸 SR007 评价:

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
7	SR007	尺寸 3D 球半径	SR 4	0.1	-0.1

被评价特征: “SPHERE\_SR007”;

1) 点击“位置”按钮插入位置评价;

2) 在左侧特征栏选择被评价元素, 在“坐标轴”栏目中勾选“半径”, 并输入公差值;



3) 点击“创建”按钮完成评价。

### PA006 尺寸评价程序:

PA006 = 平行度 : PLN\_PA006\_1

特征圆框架显示参数=是,显示延伸=是

CAD 图=关,报告图=关,文本=关,倍率=10.00,箭头密度=100,输出=两者,单位=毫米

标准类型=ISO\_1101

尺寸/平行度0.2,<PZ>,<类型>,<len>,<wid>,A,<dat>,<dat>

注解PA006

特征PLN\_PA006\_1,,

### 知识拓展

#### 平行度评价概述:

距离尺寸用于评价“几何特征与基准”或“几何特征与几何元素”之间,按照图纸要求的方向得到的2D/3D距离。

符号	误差项目	被评价特征	有或无基准	公差带
	平行度	直线 圆柱 平面	有	两平行直线 (t); 两平行平面 (t); 圆柱面 (φ t)

平行度评价必须选择参考基准,基准元素可以是平面,也可以是圆柱,或者是中分面等需要间接测量的元素。

注意: 对于平行度、垂直度评价,基准特征的理论矢量非常重要,必须按照理论值输入,否则会影响公差带方向,导致误差引入。

### SR007 尺寸评价程序:

DIM SR007= 球体 的位置 SPHERE\_SR007 单位=毫米,\$

图示=关 文本=关 倍率=10.00 输出=两者 半角=否 DEV OUTTOL

AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS

半径 4.0000 0.1000 -0.1000 4.0000 0.0000 0.0000


---#---

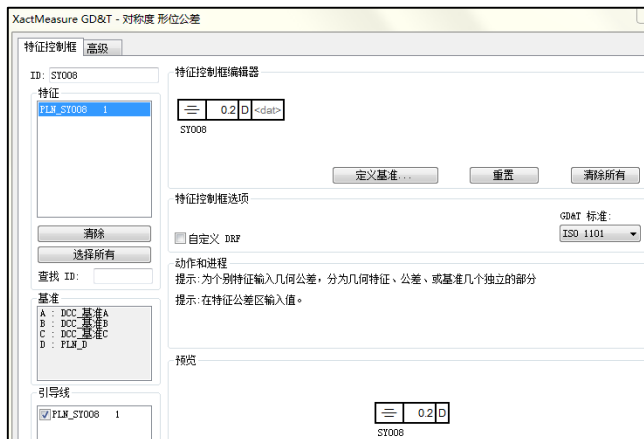
终止尺寸 SR007

## (8) 尺寸SY008 评价:

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
8	SY008	FCF 对称度	0	0.2	0

被评价特征: “PLN\_SY008”、“PLN\_D”;

- 1) 点击“对称度”按钮插入对称度评价;
- 2) 将中分面 PLN\_D 定义为基准 D;
- 3) 在左侧特征栏选择被评价元素, 基准框中选择基准 D;



4) 点击“创建”按钮完成对称度评价命令的创建。

## 8、报告输出为 PDF 文件 参考任务二报告输出方法, 选用“提示”

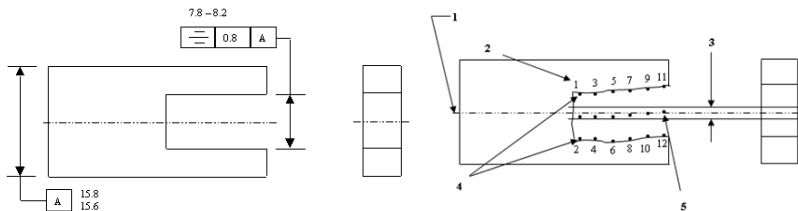
方式在“D:\PC-DMIS\MISSION 3”中输出检测报告。

## 9、保存测量程序 测量程序编制完毕, 点击菜单【文件】—【保存】将测量程序存储在路径“D:\PC-DMIS\MISSION 3”中。

## 知识拓展

### 对称度评价概述:

对称度是表示零件上两对称中心要素保持在同一中心平面内的状态。对称度公差是实际要素的对称中心面（或中心线、轴线）对理想对称平面所允许的变动量。



- 1- 基准特征 A 的中心平面。
- 2- 点测量顺序。
- 3- 0.8 宽公差区域。
- 4- 具有交替点的相对元素。
- 5- 衍生中间点。

CAD 图= 关, 报告图= 关, 文本= 关, 倍率= 10.00, 箭头密度= 100, 输出= 两者, 单位= 毫米

自定义 DRF= 否

标准类型= ISO\_1101 尺寸

对称度 0.2, D, <dat> 注解

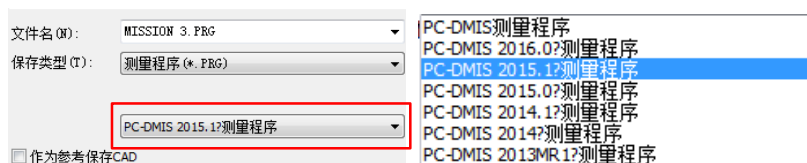
/SY008

特征/PLN\_SY008,

## 知识拓展

### 测量程序版本选择

另存程序时注意程序的保存版本选择, 如果编制的程序需要传递给需求方使用, 一定要确认对方使用的 PC-DMIS 版本。例如: 需求方使用 2015.1 版本的软件, 而程序是在高于这个版本的软件上编写, 则必须使用“另存为”, 并且选择对应的保存版本。



总结: 通过本任务的学习, 可以通过使用自动测量命令完成零件的自动检测, 经历从测针配置及校验、零件装夹、坐标系建立、自动测量、尺寸评价等一系列测量步骤。在后面任务中, 我们将学习数控车轴类零件测量程序的编写。



## 学习任务四 数控车零件的自动测量程序编写及检测

【学习目标】 通过本任务的学习，学生应达到以下

基本要求：

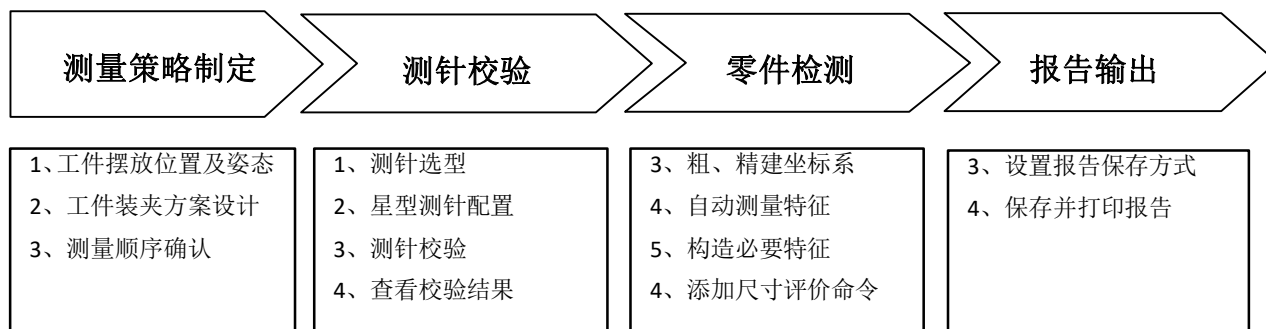
- 1) 掌握坐标测量机温度补偿设置方法；
- 2) 掌握星型测针的校验方法；
- 3) 掌握单轴坐标系的建立方法；
- 4) 理解回转体零件的公共轴线建立方法；
- 5) 掌握多探针测量技巧；
- 6) 掌握同轴度测量、评价方法；
- 7) 掌握圆跳动和全跳动测量、评价方法。

【考核要点】 根据数控车零件图纸，按照预先规划的测量顺序，高效完成检测表中标注尺寸的检测，并输出测量报告。

【建议学时】

8 学时

【内容结构】



## 【检测任务描述】

某测量室接到生产部门的数控车零件的检测任务（图纸见图 4-1，检测尺寸见表 4-1），检测工价是否合格，满足 装配需求。具体要求如下：

- 1) 给出检测报告，检测报告输出项目有：尺寸名称、实测值、公差值、超差值，格式为 PDF 文件；
- 2) 检测人员打印报告并签字确认。

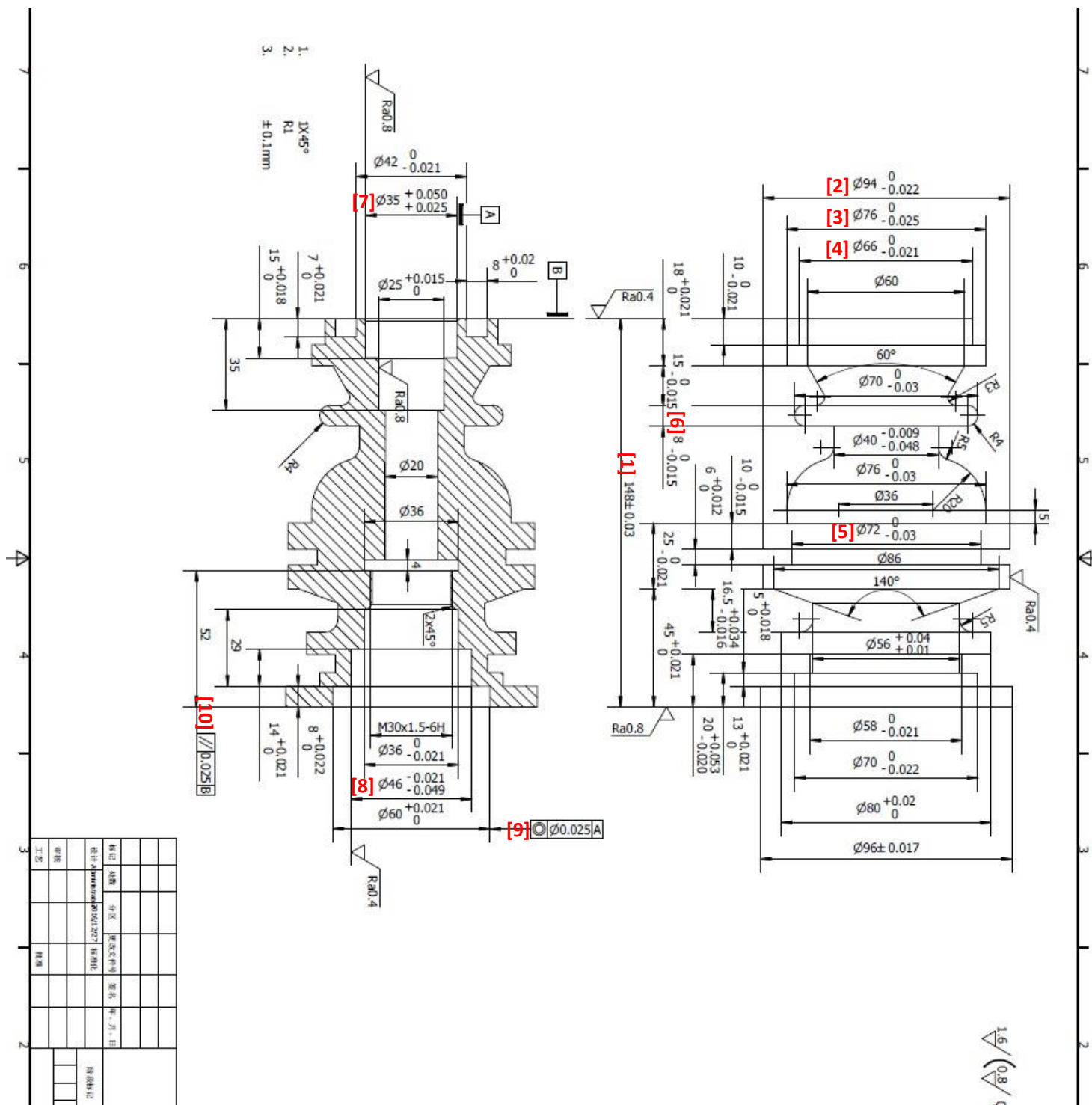


图 4-1

序号	尺寸	描 述	理论值	公差	关联元素类型	关联元素 ID
1	D001	尺寸 2D 距离	148	$\pm 0.03$	平面*2	F001(Datum B), F002
2	DF002	尺寸 直径	94	$0 / - 0.022$	圆柱*1	CYL1
3	DF003	尺寸 直径	76	$0 / - 0.025$	圆柱*1	CYL2
4	DF004	尺寸 直径	66	$0 / - 0.021$	圆柱*1	CYL3
5	DF005	尺寸 直径	72	$0 / - 0.03$	圆柱*1	CYL4
6	D006	尺寸 2D 距离	8	$0 / - 0.015$	平面*2	F003, F004
7	DF007	尺寸 直径	35	$0.05 / - 0.025$	圆柱*1	CYL5(Datum A)
8	DF008	尺寸 直径	46	$-0.021 / - 0.049$	平面*2	CYL6
9	CO009	FCF 同轴度	0	0.025	圆柱*2	CYL5(Datum A), CYL7
10	PA010	FCF 平行度	0	0.025	平面*2	F001(Datum B), F002

表 4-1

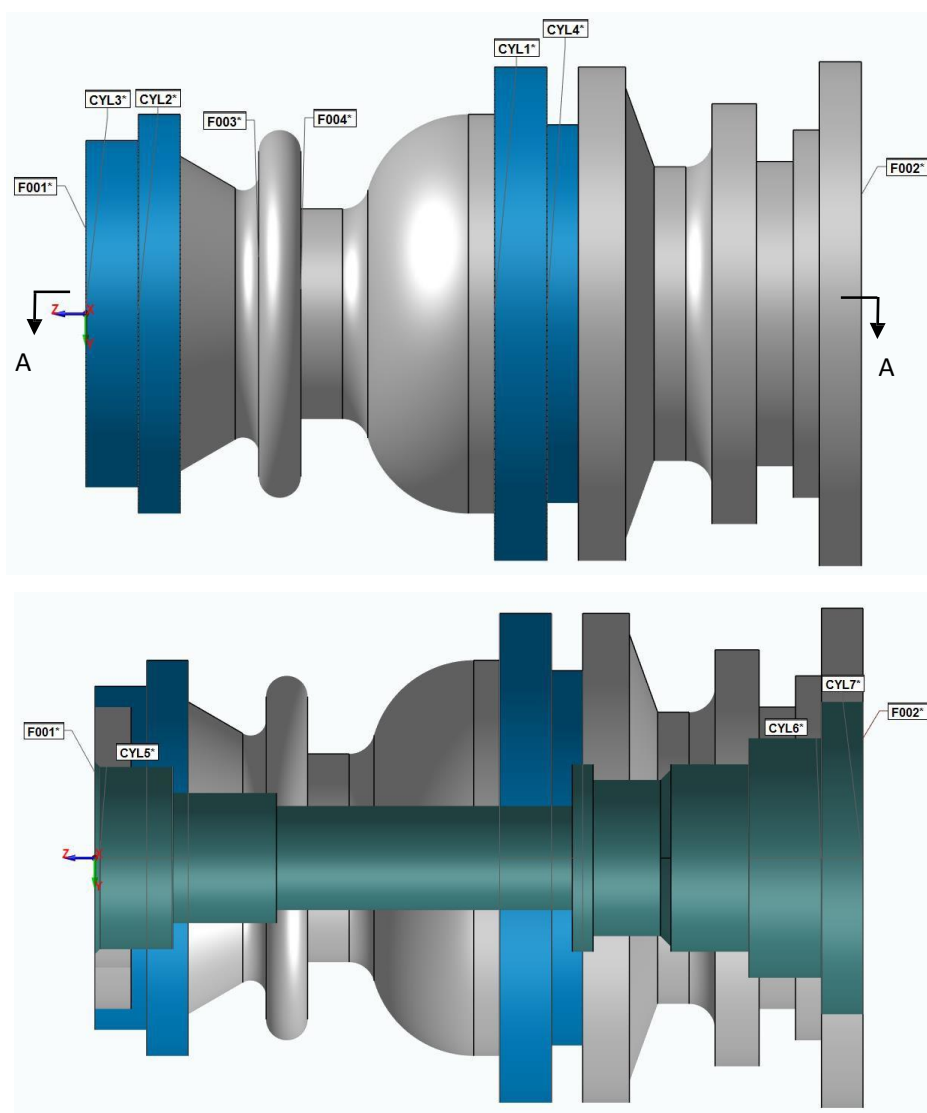


图 4-2 测量特征布局图（纵剖视图 A-A）

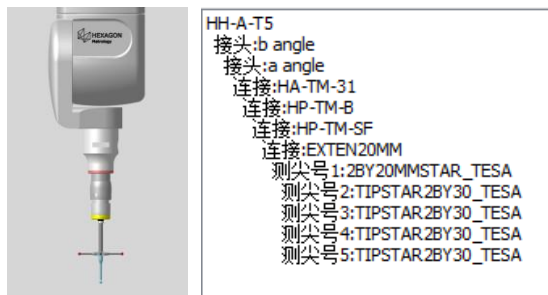


## 【硬件配置准备】

### 1、测针选型

任务四沿用任务二、任务三的测座、测头配置：

- HH-A-T5 测座
- TESASTAR-P 测头：  
测针选用星型测针，测针选项分析参考右栏，测针规格见下图：



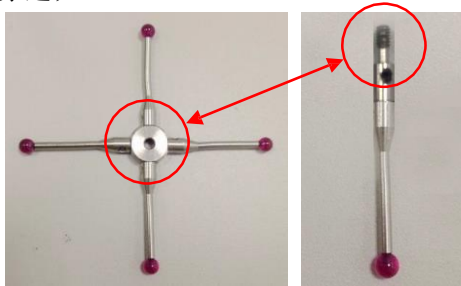
测头配置

### 2、星型测针安装 任务四沿用任务二、任务三的测座、测头

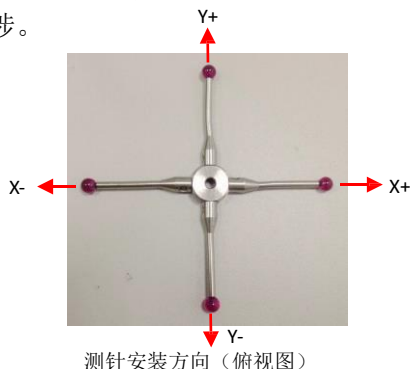
配置：

- HH-A-T5 测座
- HP-TM-SF 标测力测头：

(1)将右下图测针连接螺纹从星型测针中心孔穿过；

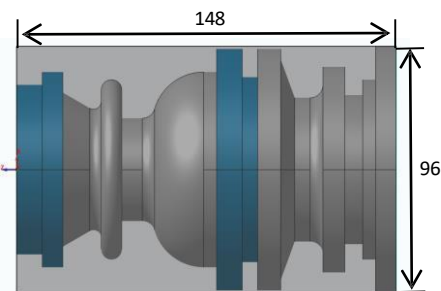


(2) 测针螺纹与测头连接，旋紧前保证星型测针水平方向与机器轴向大致平行，避免测量测针干涉。



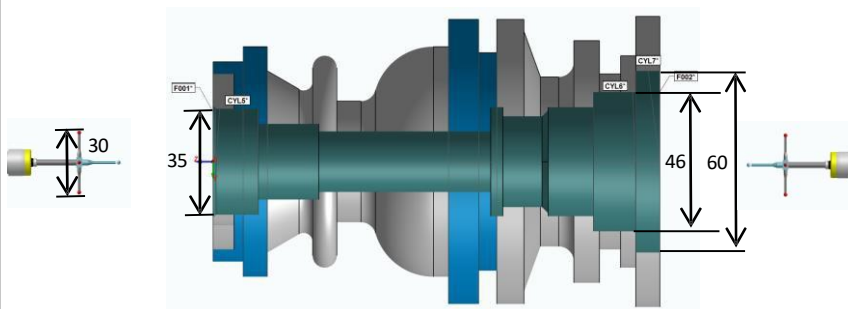
### 测针选型分析

#### 1、零件边界尺寸：



采用 2BY30 规格测针可以满足外部尺寸的检测；

#### 2、零件内部尺寸



采用 2BY30 规格测针可以满足内部尺寸的检测。

### 知识拓展

#### 三坐标测量常用测针类型

##### (1) 直测针

直测针是最简单、最常用的测针类型。有直形测杆和锥形测杆可供选择。当工件容易接近时，配锥形测杆的测针刚性更强。

##### (2) 星形测针

由安装牢固的测针组成的多测尖测针配置。测球材质为红宝石、氮化硅或氧化锆。您也可以使用测针中心座安装（最多5个）测针组件自行配置五方向测针，适合测量复杂内部轮廓，使用灵活。

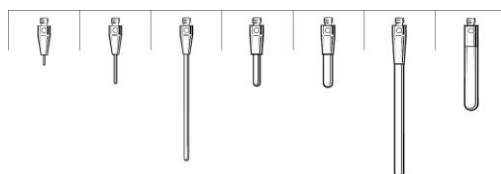
##### (3) 盘形测针

这些测针是高球度测球的“截面”，有多种直径和厚度可选。这类测针用于检测星形测针无法触及的孔内退刀槽和凹槽。但该测球表面只有一

小部分能够与零件接触，因此为确保与待测目标有良好接触，需要采用相对较薄的盘形测针测量。

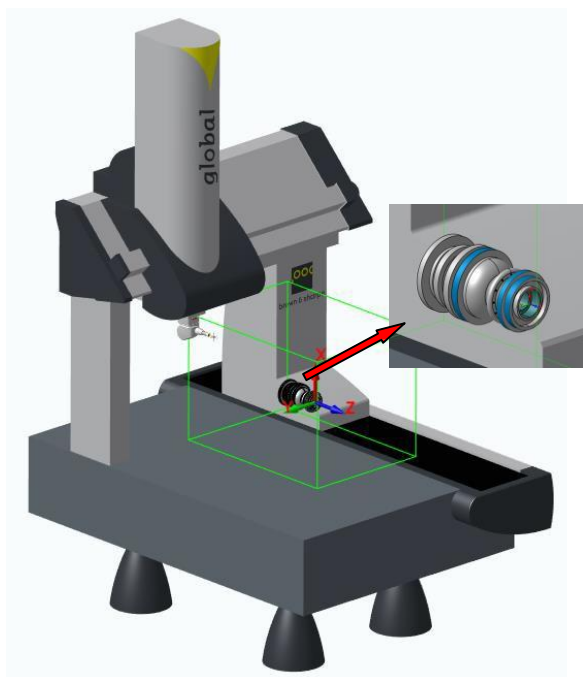
##### (4) 柱形测针

用于测量球形测针无法准确接触的金属片、模压组件和薄工件。还可测量各种螺纹特征、并可定位攻丝孔的中心。球端面柱形测针可进行全面标定及X、Y和Z向测量，因此可进行表面测量。



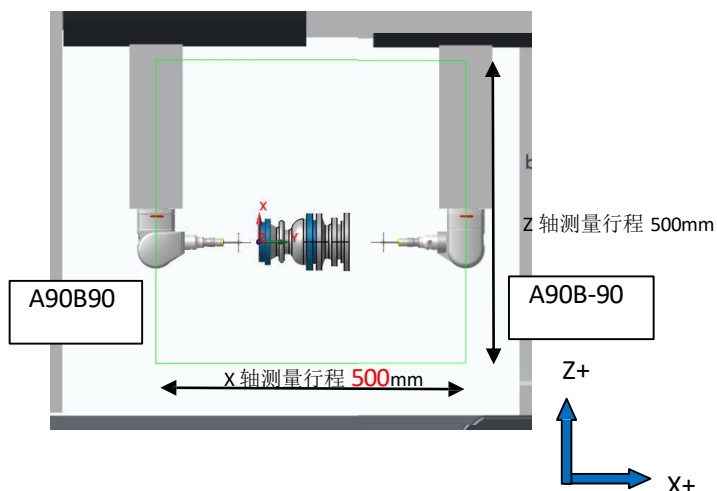
### 3、零件装夹

(1) **零件装夹姿态** 由于该零件两端内孔都有需要检测的特征，因此只能水平放置。另外需要注意的是零件装夹时需要适当抬高，这样测座旋转为水平后可以有效保证 Z 负方向的测量行程。根据右栏装夹姿态分析，优选方案二。



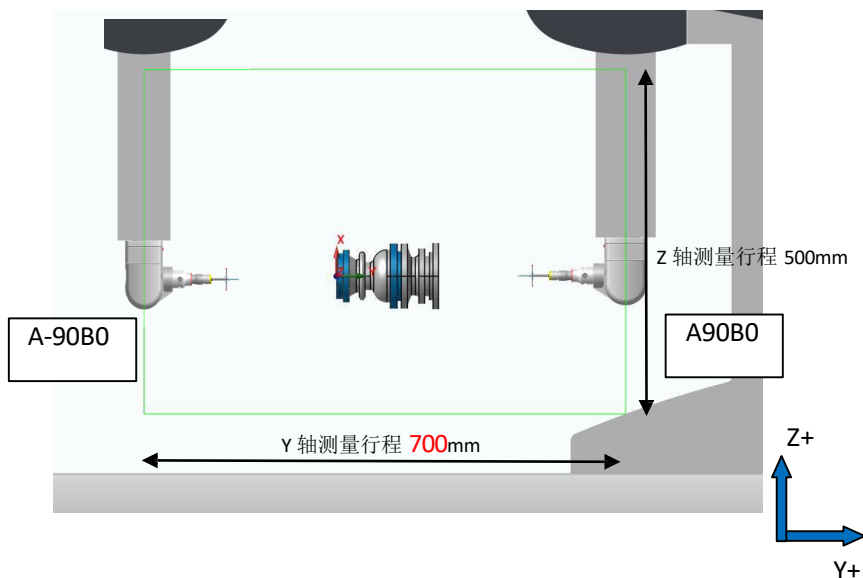
#### 零件摆放姿态方案一：零件回转轴平行于机器 X 轴

通过脱机演示可以发现测座在旋转为水平角度测量两端的特征时，测量空间相对来说比较紧张。



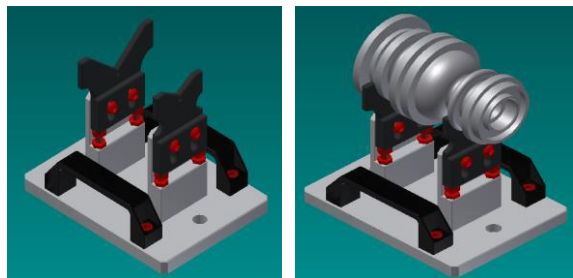
#### 零件摆放姿态方案二：零件回转轴平行于机器 Y 轴

通过脱机仿真可以发现测座在旋转为水平角度测量两端的特征时，测量横向空间增加 200mm，对于该零件检测是非常有帮助的。

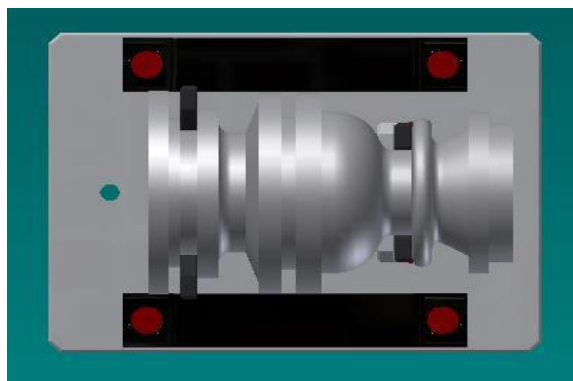
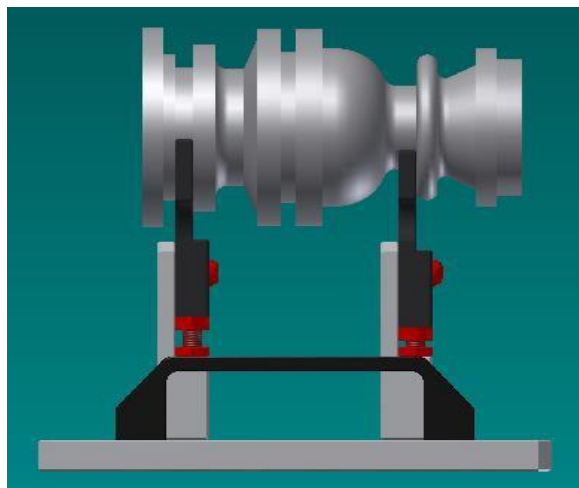


## (2) 零件夹具选用 回转类零件最常用的夹具组合是 V 型架

(或 V 型块) 装夹方案，本例也采用此方案。



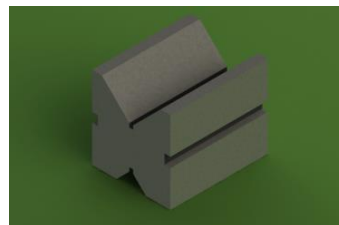
为了保持 V 型块装夹的稳定性，本装夹方案采用两端支撑的方式。由于数控车零件多段外圆柱的直径都不相同，因此这里采用了一端 V 型块固定，另外一端 V 型块高度可调的设计方案。在放置好零件后调整一侧高度，直至零件不可晃动，并依靠自重保持稳定。



## 知识拓展

### V 型块介绍

V型块按JB/T8047-95标准制造，也称为V型架。斜面夹角有60°、90°、120°，以90°居多。其结构尺寸已经标准化（GB/T 2208-1991），非标V型块的设计可参考标准V型块进行。

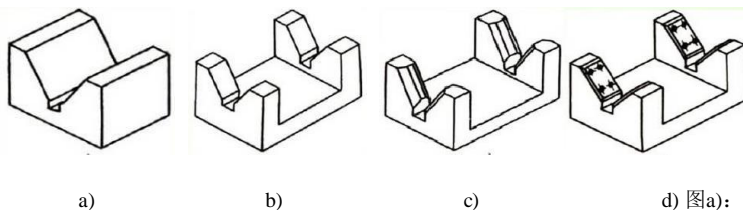


V型块适用于精密轴类零部件的检测，划线，定位及机械加工中的装夹，也是平台测量中的重要辅助工具，主要用来安放轴、套筒、圆盘等圆形工件，以便找中心线与划出中心线。一般V型块都是一副两块，两块的平面与V型槽都是在一次安装中磨出的。

机械制造技术中，在V型块定位时，有以下突出优点：

- 3、方便简单，成本低廉，是机械加工常用的附件，对于检测部门来说也是必备附件。
- 4、一般与压板和螺栓结合起来使用，再辅以挡铁等夹具就可以很快地对零件进行定位和固定，对于回转体零件效果最好。

对于不同类型产品，有以下V型块结构形式可供选择：



- a) 适用于精基准的短V块，限制2个自由度； b) 适用于精基准的长V块，限制4个自由度； c) 适用于粗基准的长V块，也可用于相距较远的两阶梯轴外圆的精基准定位，限制4个自由度； d) 适用于大重量工件的定位，限制4个自由度。其上镶的淬硬垫块（或硬质合金）耐磨，且更换方便。

## 【编程过程】

### 1、新建测量程序



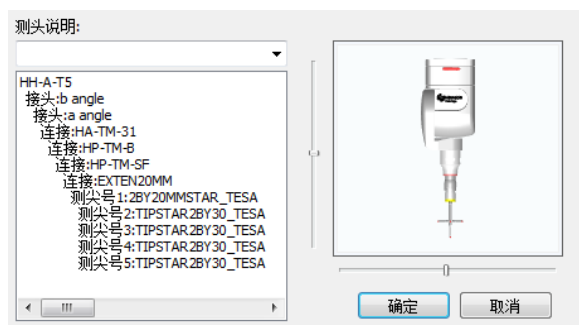
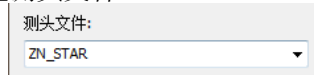
点击“确定”后进入程序编辑界面,随后将程序另存在路径“D:\PC-DMIS\MISSION4”中。

### 2、运行参数设置

根据任务三的运行参数进行设置。

### 3、星型测针校验:

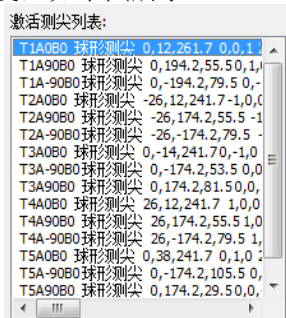
#### (1) 配置测头文件



注意: 星型测针的 TIP2~TIP5 测针都是固定在一起的。

#### (2) 添加测头角度“A90B0”、“A-90B0”

根据上文分析的零件摆放姿态,测针角度除了 A0B0 外,还需要添加:“A90B0”、“A-90B0”两个测座角度。测针列表中每增加一个角度,会自动在测针列表中添加 5 个新测针角度,如下图所示:

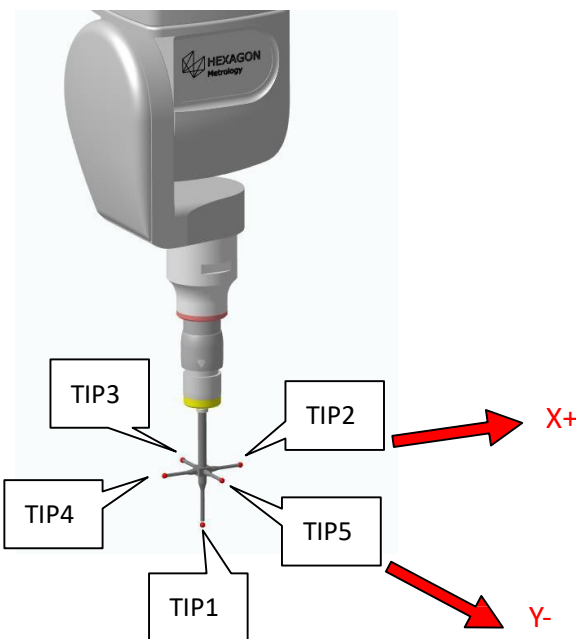


#### (3) 程序中不采用的新添加角度,选中后点击



按钮删除。

## 星型针测针号及指向



## 知识拓展

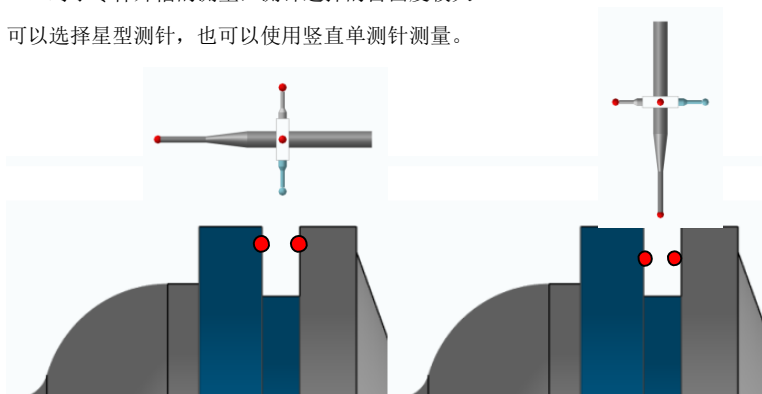
### 星型测针测量优势分析:

星型测针配置方便,对于内部沟槽类元素的测量有其它类型测针无法比拟的优势。

#### 案例一: 外槽宽度的测量

对于零件外槽的测量,测针选择的自由度较大。

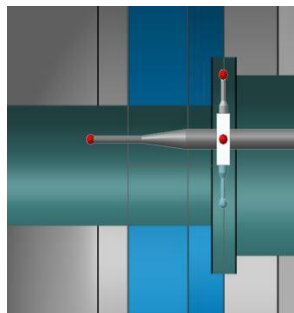
可以选择星型测针,也可以使用竖直单测针测量。



#### 案例二: 内槽宽度及内圆柱直径的测量

对于零件内槽宽度及内圆柱直径的测量,星型测针是最佳的测量方案。当然盘型测

针也可以满足要求,但要注意盘型针的尺寸选型。



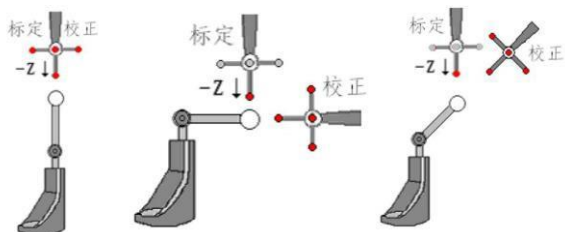


### (3) 星形测针校验

1) 调整标准球支撑杆竖直向上, 校验测针 A0B0 角度;

2) 调整标准球支撑杆指向 Y 正, 首先校验 T1A0B0 测针, 选择标准球已移动, 随后校验测针 A90B0 角度;

3) 调整标准球支撑杆指向 Y 负, 首先校验 T1A0B0 测针, 选择标准球已移动, 随后校验测针 A-90B0 角度;



(4) 校验完毕后确认校验结果, 如果不满足需求, 则必须重新检查原因并校验。

## 4、测量机温度补偿设置 三坐标测量机为保证测量精度, 绝大部分

设备配置有温度补偿技术, 这里以 PC-DMIS 软件为例介绍启用温度补偿设置的一般步骤:

(1) 通过【编辑】—【参数设置】—【温度补偿设置】打开温度补偿设置, 输入温度传感器通道编号 (每个轴有两个温度传感器, 格式为 A-B), 温度补偿命令需要在程序开端添加



注: 不同机型温度传感器通道编号不同, 以 Global B 机型为例, 通道编号为:

X 轴: 4-5  
Y 轴: 14-15  
Z 轴: 7-8  
零件: 9

(2) 在“材料 (热膨胀 CTE) 系数”栏输入各轴向及零件的系数值:

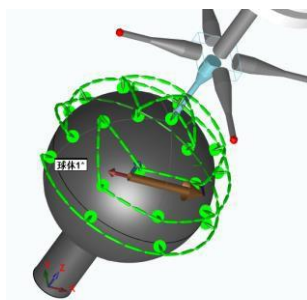
X 轴: 0.0000105 (以实际测量机为准)  
Y 轴: 0.0000105 (以实际测量机为准)  
Z 轴: 0.0000105 (以实际测量机为准)  
零件: 0.0000113 (以实际零件为准, 其它材料的热膨胀系数请参考右表。)

## 知识拓展

### 三坐标测量机多探针误差

GB/T 16857.5 (等同于 ISO 10360-5) 产品几何量技术规范 (GPS) 坐标测量机的验收检测和复检检测 第5部分: 使用多探针探测系统的坐标测量机, 明确规定了“三坐标测量机多探针误差”的检验标准及相关要求, 而星型探针属于典型的多探针系统。经验表明: 使用多探针系统 (相对于单测针测量系统) 引入的误差是值得引起注意的, 同时也是坐标测量机中主要的误差。

在实际测量中, 可以使用不同探针测量同一标准球, 通过查看拟合后球心结果的偏差量来做测针关联性判断, 是做多测针关联性判定的一般方法。



测量命令: 自动球

测点数: 25 测量

层数: 5层 测量区

域:

- 整个圆周 (“起始角” 0°, “终止角” 360°)
- 赤道至球冠 (“起始角2” 0°, “终止角2” 90°)
- ) 拟合方法: 最小二乘法

不同测针测得球心结果位置度偏差应满足实际测量要求。建议测量机在周期复检之前定期检查探测误差。

## 知识拓展

### 温度对三坐标测量机测量精度的影响

三坐标对温度的要求是精度保障的先决条件, 温度对三坐标测量机精度的影响是非常大的, 也是在众多影响测量机精度因素中比较好控制的。

三坐标测量机的校准、使用温度要求为20℃, 其中也包括被测零件的温度要尽量保持在为20℃为中心的一个温度区间内恒定。因此被测产品从加工完毕到最终放置在测量机平台上检测, 必须预留一段时间用以零件恒温, 完成部分加工应力释放, 最终达到满足测量的恒定状态。为了加快测量节拍, 推荐使用温度补偿技术, 一旦通过零件温度

传感器检测后温度

达标, 则可进行接下来的测量。

### 材料热膨胀系数对照表:

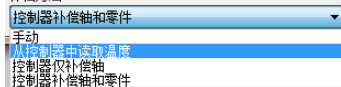
Material	Coefficient
Iron	11.3
Cast Iron	10.4
Stainless steel	17.3
Inconel	12.6
Aluminium	23.0
Brass	19.0
Copper	17.0
Invar	12.0
Zerodur; Nexcera	0.0
Alumina	5.0
Zirconia	10.5
Silicon Carbide	5.0
PVC	52.0
ABS	74.0

注意: 对于上面材料系数编辑器对话框, 输入的数值按照  $N \times 10^{-6}$  显示。例如第一行:



(3)勾选“显示设置温度”和“启用温度补偿”

(4)补偿方法选择“从控制柜中读取温度”；



软件提供了四种补偿方式，详细说明可参考软件帮助文件。本例推荐使用方法二：

PC-DMIS 软件完成温补补偿，不使用控制柜自我补偿；

(5)“参考温度”设置为 20℃，“阈值上限”与“阈值下限”按照测量机补偿能力设置；

(6)通过“读取零件温度前的延迟”设置延迟时间为 10（秒），用于在该时间内查阅当先温



(7)点击“确定”完成温度补偿命令创建。

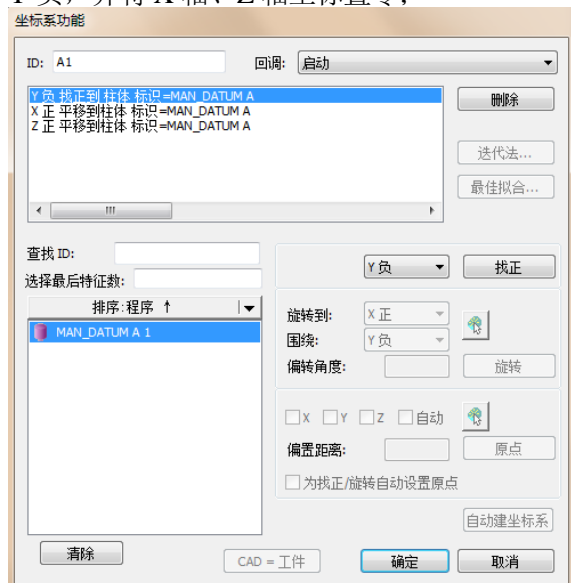
温度补偿/原点=0,0,0,材料系数=0.000000103,参考温度=20,阈值上限=22,阈值下限=18,传感器号=9,x轴温度=0,y轴温度=0,z轴温度=0,工件温度=0

## 5、单轴坐标系建立 数控车零件是典型的回转体零件，最重要

的轴向便是回转轴（车床主轴），一般由装配孔（本案例）或两端的顶尖圆锥面（发动机曲轴）确定的公共轴线确定。

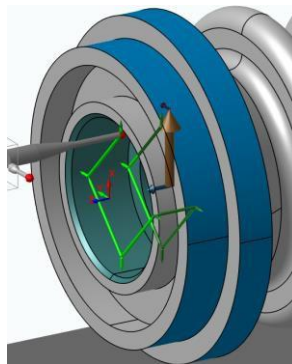
### (1) 粗建坐标系

1) 测针切换为：测尖T1A-90B0，测量回转轴元素基准 A（圆柱孔），确定主找正方向 Y 负，并将 X 轴、Z 轴坐标置零；



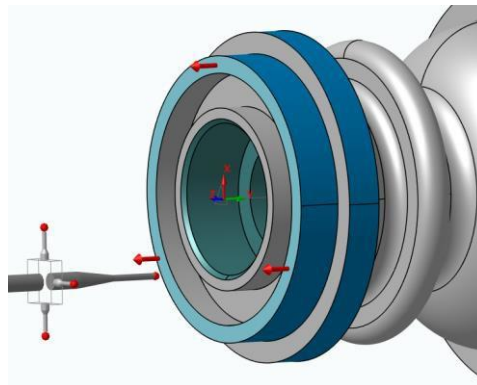
### 手动测量基准 A

圆柱孔测量 8 点，分两层测量。尽量保证圆柱测量长度，同时避免测针杆与孔内壁发生干涉。



### 手动测量基准 B

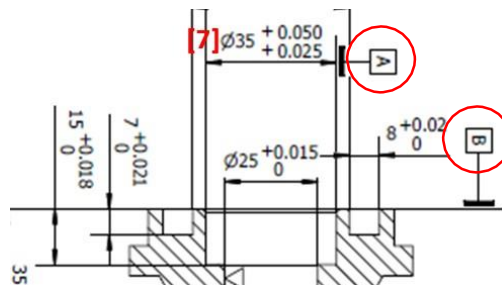
外环面测量 3 点，注意不要在外环面边缘处采集点。



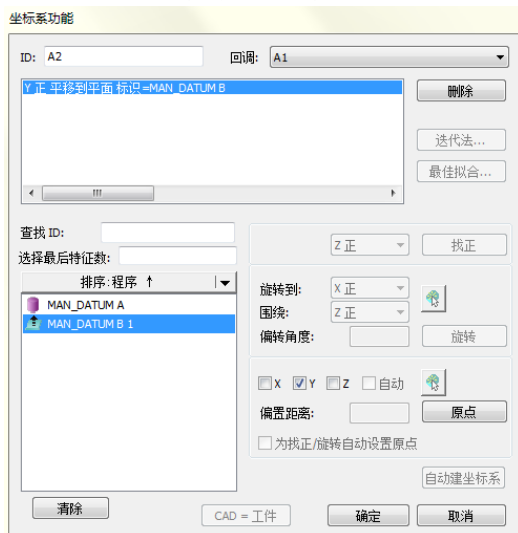
### 知识拓展

**问题 1:** 任务四如何选择基准建立单轴坐标系?

(1) 首先进行图纸分析，本产品为回转体零件，图纸中明确标注了基准 A、基准 B:



2) 测量端面元素基准 **B** (环形平面), 确定主找正方向 **Y** 负轴向的零点;



(2) 其次需要确认使用基准 A 找正还是基准 B 找正：对于数控车零件，加工回转轴为基准 A，而且从使用功能分析首先要保证回转轴的方向，因此本任务使用基准 A 找正，并且使用该基准将与此基准轴垂直的两个轴置零；

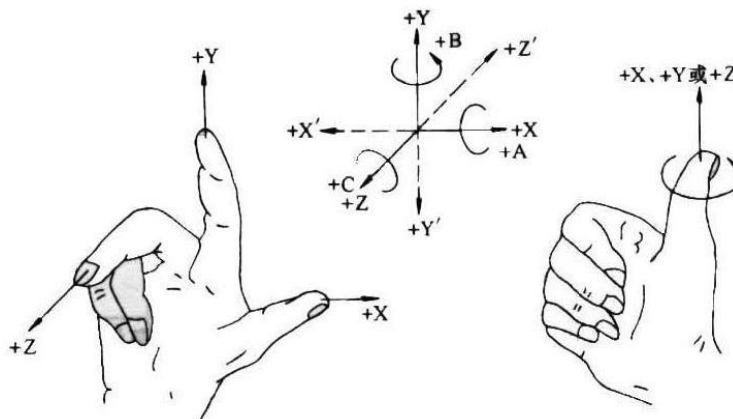
(3) 使用基准 B 将找正的轴置零，这样零件坐标系得到确定。

问题 2: 回转轴类零件是不是都可以建立单轴坐标系?

类似本例零件,所有加工元素都是基于回转轴中心对称的,因此只要第一轴向确定后,第二轴向只要垂直于回转轴,那么在哪个方向其实并不是我们关注的。但如果零件有加工键槽或其它具有明确角向位置,则必须使用图指标注的第二基准元素建立第二轴向。

**问题3:** 单轴坐标系仅有一个轴向得到了控制, 另外两个轴向怎么确定?

首先我们回顾下笛卡尔直角坐标系:



笛卡尔直角坐标系共有 6 个空间自由度：TX、TY、TZ、RZ、RY、RZ。第一轴向（如果矢量为 0, 0, 1）可以控制 TX、TY、RZ 三个自由度，TZ 可由端面确定。目前还有两个轴向 RX、RY 无从确定，那么使用上述单轴坐标系建立的方法就任由第二轴随意摆动吗？其实我们在建立坐标系时默认坐标系为机器坐标系，零点为设备回家位置，轴向垂直于导轨，因此这里没有特别指定的轴向 RX、RY 则使用了设备默认轴向按照主找正轴向的偏转矩阵转化后得到的方向。

至此粗建坐标系已经完成，接下来进入精建坐标系环节。

## (2) 精建坐标系

1) 插入自动运行命令 (Alt+Z)，自动测量特征前需要添加必要的移动点；

2) 按照粗建坐标系第一步顺序, 插入自动测量圆柱命令, 注意这里尽量使用 3 层, 每层 6~8 个测点, 这样可以保证圆柱轴线矢量的准确性。坐标系找正方式与手动坐标系相同: 确定主找正方向 Y 负, 并将 X 轴、Z 轴坐标置零;

3) 测量基准 B 平面, 可直接使用测头在环形端面上测量, 按操纵盒“确认”键终止测量 (注意此方法需要将测量命令中的理论值按照图纸修改, 确保 Y 轴坐标是 0, 理论矢量是 0, -1, 0); 或插入“自动平面”测量命令, 同样需要修改坐标数据为图纸理论值。

3、尺寸关联元素的自动测量 测量顺序一般遵循自左向右或自上向下顺序测量，优先考虑加工逻辑和测量效率。 根据特征分布图,按照自左向右顺序测量。

#### (1) 自动测量平面 F001;

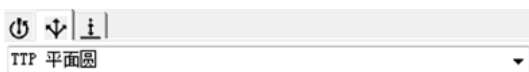
使用“TTP平面圆策略”功能测量平面F001，具体操作步骤：

1) 切换测针为：T1A-90B0

2) 插入“自动平面”命令，按照图纸输入理论坐标值及矢量；



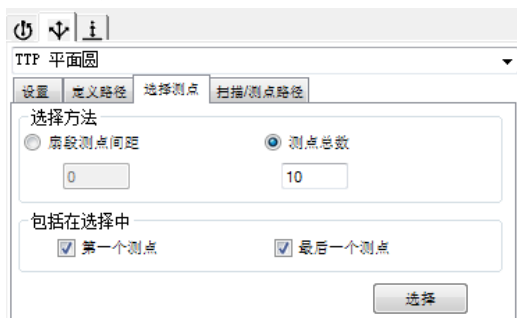
3) 将测量策略切换为“TTP 平面圆”；



4) 在“定义路径”栏设置环数为2，内环直径设置为39.5mm，外环偏置11mm（见右栏分析）；



5) “选择测点”栏切换为使用“测点总数”控制总测点数，设置为10，点击“选择”按钮确认操作；



6) 点击“确定”即可创建测量命令，如需要测试可点击“测试按钮”，这时测量机会联机测量。



### 知识链接

#### 自动平面触发测量策略

自 PC-DMIS2015.1 版本之后，加入了“TTP 平面圆策略”和“TTP 自由形状平面策略”功能，是 PC-DMIS 软件 2015 版之后推出的新功能，适用于具有复杂边界平面或环形平面的自动测量。

#### “TTP 平面圆策略”功能介绍

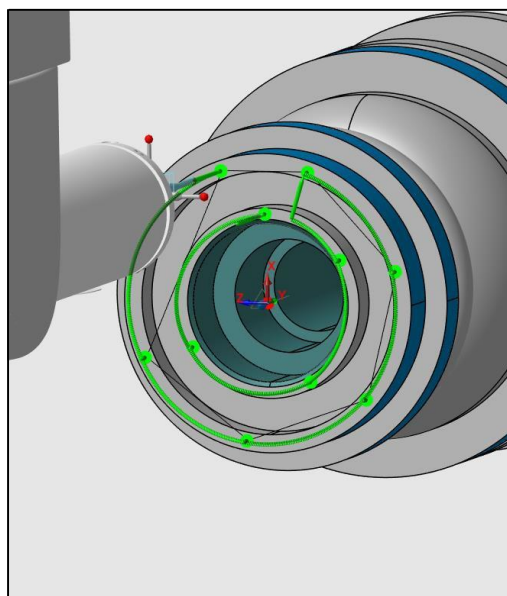
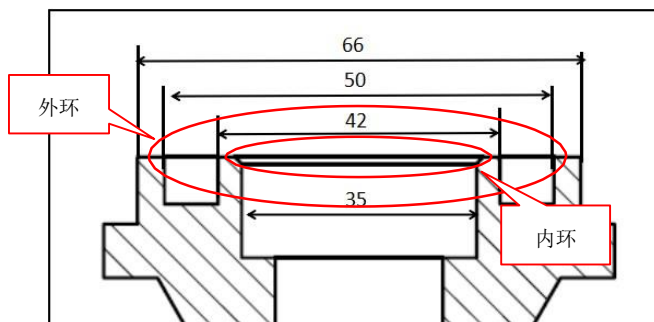
TTP平面圆策略功能是PC-DMIS软件2015版之后推出的新功能，适用于环形平面，尤其适用于有多个有固定间距环形平面组的测量。本例中需要根据图纸输入环形面理论圆心坐标及平面矢量。

#### TTP 自由形状平面策略功能使用

当使用CAD数模编程时，可以通过点击数模平面获取平面的理论值；如果不具备产品数模，可以通过在零件上用测头按要求位置触发测点生成命令。当然在具备数模时，功能优势更加明显。

#### 定义路径栏参数设置分析

直径35mm圆孔外缘有倒角，综合考虑后将内环中心定位39.5，即外边缘向内留1.25mm余量；外环面中心圆直径为： $(66+50)/2=58\text{mm}$ ，距离内环中心为 $(58-39.5)/2=9.25\text{mm}$ ，可设置范围为10~12，优选偏置值11mm。




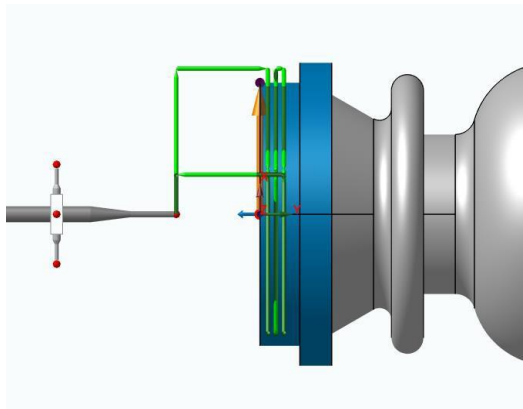
测点分布及路径线示意图

## (2) 自动测量圆柱 CYL5

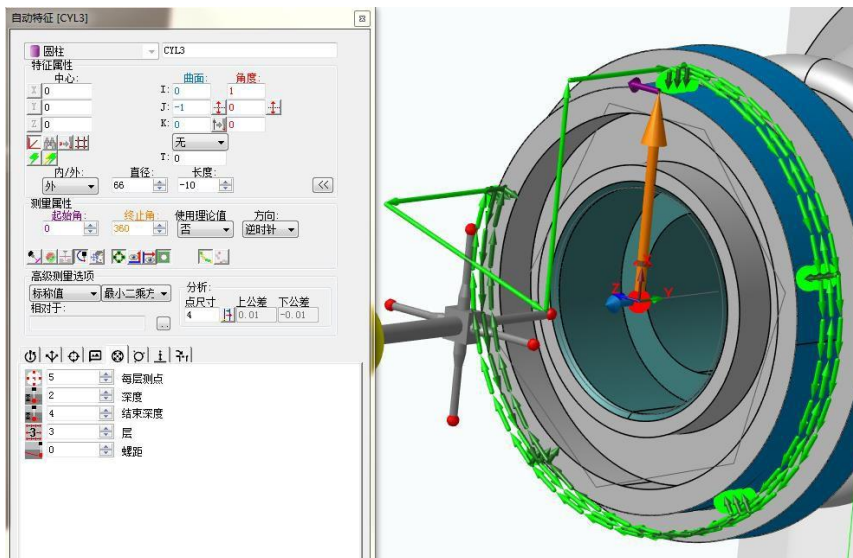
CYL5 经判断与基准 A 为同一个元素，因此不需要再次测量；

## (3) 自动测量圆柱 CYL3

- 1) 调用测针：T1A-90B0
- 2) 确定特征 CYL3 中心坐标：(0, 0, 0)
- 3) 圆柱长度：-10mm（外圆柱深度为负数，内圆柱刚好相反）
- 4) 测点数设置为：每层 6 个测点，共 3 层。
- 5) 对于外圆/圆柱测量，必须开启圆弧移动功能 ，避免测杆与被测圆柱发生干涉；



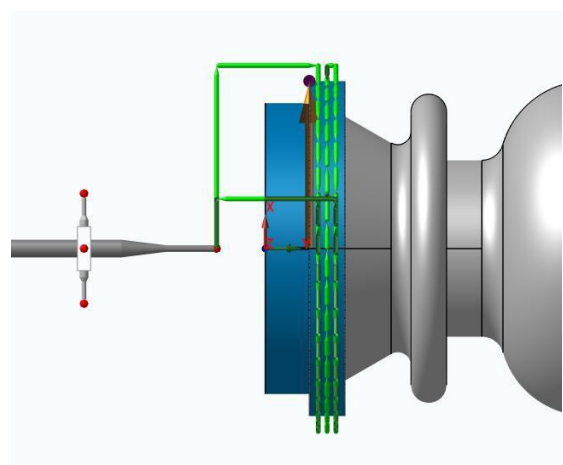
## 自动测量圆柱 CYL3 设置界面



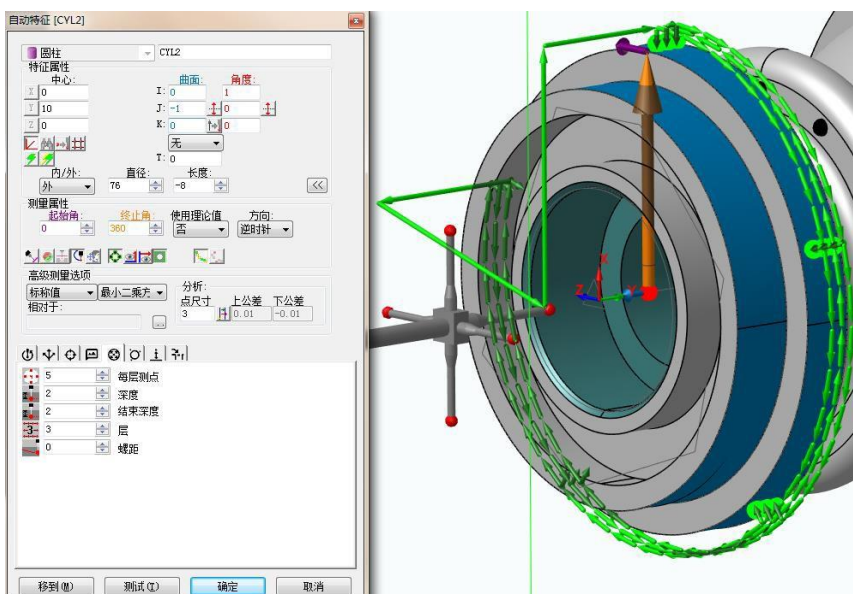
## (4) 自动测量圆柱 CYL2

参考圆柱 CLY3 的测量方法完成 CYL2 特征的测量，关键参数如下：

- 中心坐标：(0, 10, 0)
- 圆柱长度：-8mm
- 测点数：每层 6 个测点，3 层。注意：测量中注意观察其它测针有无干涉现象。



## 自动测量圆柱 CYL2 设置界面





#### (4) 自动测量对称平面 F003

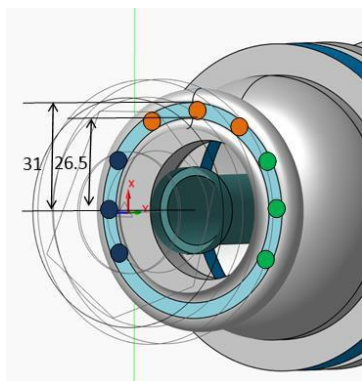
通过测量一系列矢量点的方法构造得到平面 F003，操作步骤如下：

- 1) 调用测针：“T2A0B0”；
- 2) 将工作平面切换为 Y 负；
- 3) 打开自动矢量点命令，点击坐标系切换按钮 切换为“极坐标系”；



4) 按照下表参数依次测量下图中左侧的三个矢量点，随后添加移动点用于切换测针；

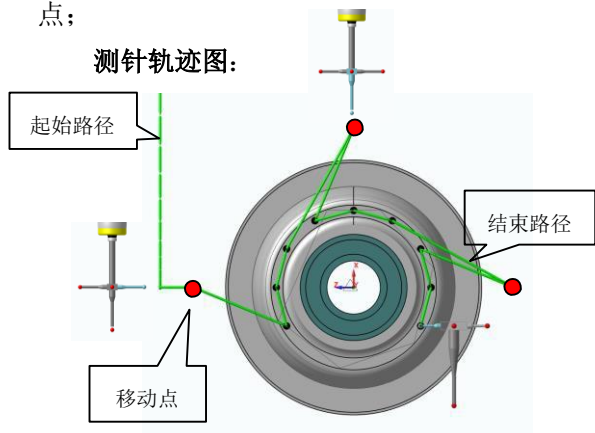
参数	矢量点 1	矢量点 2	矢量点 3
半径	29 mm	29 mm	29 mm
角度	120°	90°	60°
高度	-33 mm	-33 mm	-33 mm
矢量	0, -1, 0	0, -1, 0	0, -1, 0
两者移动	5 mm	5 mm	5 mm



5) 切换测针“T1A0B0”测量角度分别为 30°、0°、-30°三个矢量点，随后添加移动点；

6) 使用测针“T4A0B0”测量角度分别为 -60°、-90°、-120°三个矢量点，随后添加移动点；

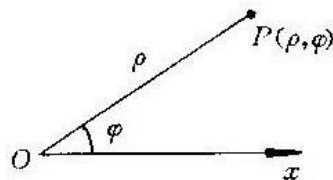
测针轨迹图：



#### 极坐标系介绍：

极坐标系 (polar coordinates) 是指在平面内由极点、极轴和极径组成的坐标系。

在平面上取定一点 O，作为极点。从 O 出发引一条射线 Ox，称为极轴。再取定一个长度单位，通常规定角度取逆时针方向为正。这样，平面上任一点 P 的位置就可以用线段 OP 的长度  $\rho$  以及从 Ox 到 OP 的角度  $\theta$  来确定，有序数对  $(\rho, \theta)$  就称为 P 点的极坐标，记为  $P(\rho, \theta)$ ； $\rho$  称为 P 点的极径， $\theta$  称为 P 点的极角。



以上描述基于二维平面定义，在三维空间点 P 极坐标表述为  $(\rho, \theta, H)$ ，H 表示点所在二维平面关于初始坐标系的高度值。

极坐标系可以与直角坐标系实现转化，遵循公式 (Z 仍表示高度坐标)：

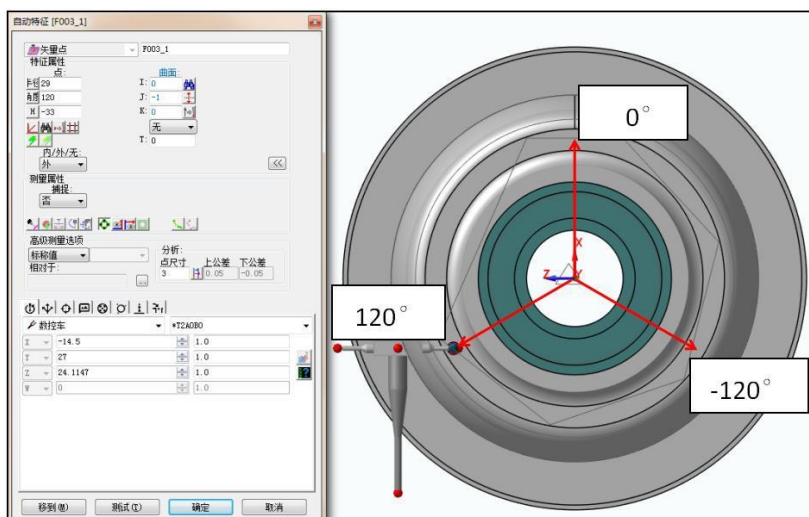
$$X = \rho \cdot \cos\theta$$

$$Y = \rho \cdot \sin\theta$$

#### 极坐标下矢量点测量

本例中 F003 面共计测量 9 个矢量点，以 120° 极角位置测点说明坐标输入：

- 半径 (极径) —— 29mm
- 角度 (极角) —— 120°
- H (高度) —— -33mm
- 矢量 —— (0, -1, 0)
- 两者移动 —— 5mm

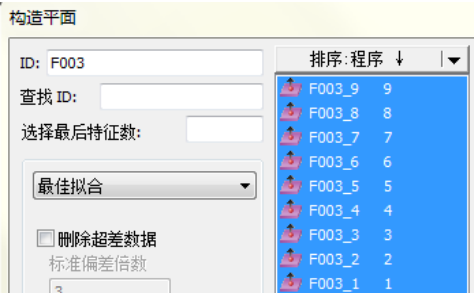


注意：在插入矢量点命令前需要插入：工作平面命令和对应调用测针命令；

F003 面 9 个矢量点测量完毕后构造 F003 平面，用于接下来距离的评定。

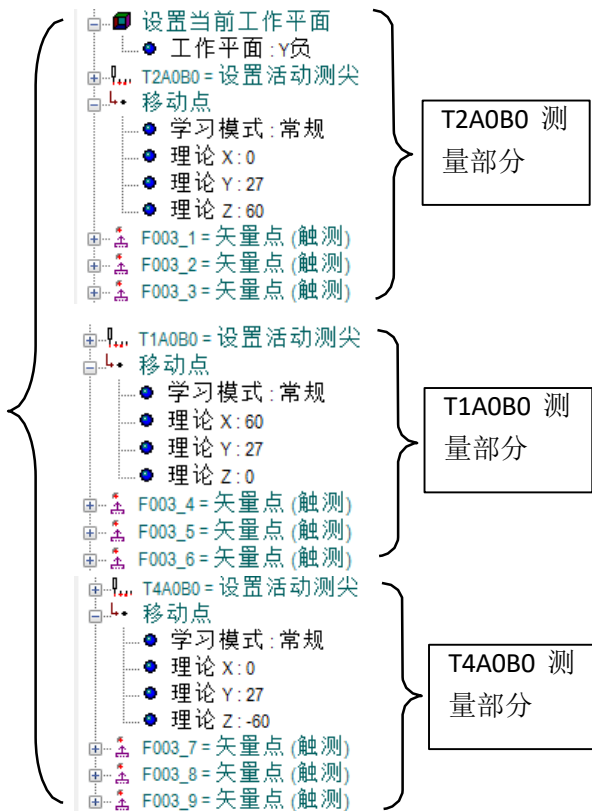


7)将平面上采集的 9 个矢量点构造为平面特征 F003;



F003 =特征/平面, 直角坐标,三角形,否  
理论值<8.8033,33.0><0,-1,0>  
实际值<8.8033,33.0><0,-1,0>  
构造平面最佳拟合,F003\_1,F003\_2,F003\_3,F003\_4,F003\_5,F003\_6,F003\_7,F003\_8,F003\_9,,  
局外层 移除,关,3  
过滤器,关,波长=0

### 程序结构图



### 功能拓展：测量路径线显示功能

不论对于脱机编程还是联机编程，我们都需要尽可能的减少意外碰撞导致的不必要风险，PC-DMIS 软件中的路径线显示功能对于程序检查无疑是一把利器。

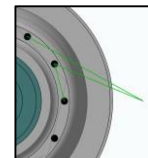
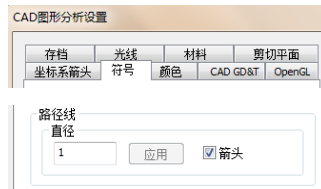
功能入口：【视图】——【路径线】/【显示光标处的路径线】



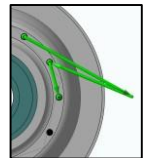
• 路径线：选择该菜单选项，将在图形显示窗口中绘制测针的测量路径（程序中未标记部分不显示路径线）。

• 显示光标处的路径线：软件显示鼠标光标所在位置特征及其前后相邻特征的测针测量路径（如中间包含移动点或测座旋转命令，则也会在结果中有体现）。  
**测量路径线显示效果修改**

• 路径线直径及箭头显示设置 可通过【编辑】——【图形显示窗口】——【显



直径=1



直径=5

勾选“箭头”复选框后，则可以显示测针移动的方向，推荐勾选。

• 路径线颜色（默认色为绿色）

访问 F5【设置选项】对话框，单击【动画】选项卡，从路径线颜色框中选择一个颜色。

### 小技巧：测量程序的复制粘贴

对于同一类测量命令，可以通过复制粘贴快速得到其它特征的测量命令。

以本例为例：

首先创建了 F003\_1 矢量点命令：

```
F003_1 =特征/触测/矢量点,默认,极坐标
理论值/ <29,120,-33>,<0,-1,0>
实际值/ <29,120,-33>,<0,-1,0>
目标值/ <29,120,-33>,<0,-1,0>
捕捉=否
显示特征参数=否
显示相关参数=否
```

为了快速得到 F003\_2，可以将以上命令选定后复制（Ctrl+C）后粘贴（Ctrl+V），这样仅需要更改两个参数（特征名称和极角值）便得到了 F003\_2。

```
F003_1 =特征/触测/矢量点,默认,极坐标
理论值/ <29,120,-33>,<0,-1,0>
实际值/ <29,120,-33>,<0,-1,0>
目标值/ <29,120,-33>,<0,-1,0>
捕捉=否
显示特征参数=否
显示相关参数=否

F003_2 =特征/触测/矢量点,默认,极坐标
理论值/ <29,90,-33>,<0,-1,0>
实际值/ <29,90,-33>,<0,-1,0>
目标值/ <29,90,-33>,<0,-1,0>
捕捉=否
显示特征参数=否
显示相关参数=否
```

#### (4) 自动测量对称平面 F004

F004 与 F003 是相对称的平面，除了 Y 值坐标和平面矢量不一样外，其余参数全部一致。下面我们尝试使用一个平面测量命令完成多测针的测量，测点分布参考 F003。

##### 操作步骤：

(1) 在当前测针下，使用操纵盒控制测头在平面 F004 既定位置上测量 9 个测点，按 Down 完成测量，将 Y 值修正为图纸尺寸 41：

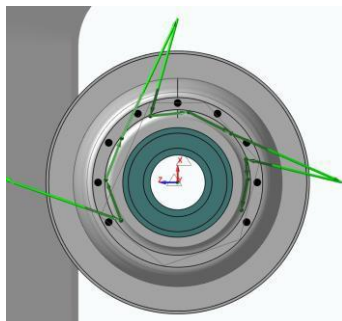
```
F004 =特征/平面, 直角坐标, 三角形
理论值<22.1328, 41, 1.2102><0, 1, 0>
实际值<22.1328, 41, 1.2102><0, 1, 0>
测定平面, 9
触测基本, 常规, <14.7651, 41, 20.7631><0, 1, 0>, <14.7651, 41, 20.7631>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <18.257, 41, 16.9355><0, 1, 0>, <18.257, 41, 16.9355>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <22.4848, 41, 14.2907><0, 1, 0>, <22.4848, 41, 14.2907>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <24.341, 41, 8.1826><0, 1, 0>, <24.341, 41, 8.1826>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <26.4164, 41, 3.8053><0, 1, 0>, <26.4164, 41, 3.8053>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <27.2943, 41, -2.5212><0, 1, 0>, <27.2943, 41, -2.5212>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <26.9338, 41, -9.993><0, 1, 0>, <26.9338, 41, -9.993>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <22.1266, 41, -16.5244><0, 1, 0>, <22.1266, 41, -16.5244>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <16.5758, 41, -24.0465><0, 1, 0>, <16.5758, 41, -24.0465>, 使用理论值=是
终止测量
```

(2) 为 9 个测点分配测针，每三个测点前插入一个测针命令，如下图所示：

```
F004 =特征/平面, 直角坐标, 三角形
理论值<7.8496, 41, -2.2185><0, 1, 0>
实际值<7.8496, 41, -2.2185><0, 1, 0>
测定平面, 9
测尖T2A0B0, 支撑方向IJK=0, 0, 1, 角度=0
触测基本, 常规, <14.7651, 41, 20.7631><0, 1, 0>, <14.7651, 41, 20.7631>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <18.257, 41, 16.9355><0, 1, 0>, <18.257, 41, 16.9355>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <22.4848, 41, 14.2907><0, 1, 0>, <22.4848, 41, 14.2907>, 使用理论值=是
测尖T1A0B0, 支撑方向IJK=1, 0, 0, 角度=0
触测基本, 常规, <24.341, 41, 8.1826><0, 1, 0>, <24.341, 41, 8.1826>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <26.4164, 41, 3.8053><0, 1, 0>, <26.4164, 41, 3.8053>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <27.2943, 41, -2.5212><0, 1, 0>, <27.2943, 41, -2.5212>, 使用理论值=是
测尖T4A0B0, 支撑方向IJK=0, 0, -1, 角度=0
触测基本, 常规, <26.9338, 41, -9.993><0, 1, 0>, <26.9338, 41, -9.993>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <22.1266, 41, -16.5244><0, 1, 0>, <22.1266, 41, -16.5244>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <16.5758, 41, -24.0465><0, 1, 0>, <16.5758, 41, -24.0465>, 使用理论值=是
终止测量
```

(3) 在适当位置添加移动点，避免测量干涉（可通过插入移动点命令，也可以使用操纵盒添加）：

```
F004 =特征/平面, 直角坐标, 三角形
理论值<7.8496, 41, -2.2185><0, 1, 0>
实际值<7.8496, 41, -2.2185><0, 1, 0>
测定平面, 9
测尖T2A0B0, 支撑方向IJK=0, 0, 1, 角度=0
移动点, 常规, <0.47, 60>
触测基本, 常规, <-13.8759, 41, 20.6236><0, 1, 0>, <-13.8759, 41, 20.6236>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <0.9887, 41, 26.1624><0, 1, 0>, <0.9887, 41, 26.1624>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <16.1657, 41, 20.3853><0, 1, 0>, <16.1657, 41, 20.3853>, 使用理论值=是
测尖T1A0B0, 支撑方向IJK=1, 0, 0, 角度=0
移动点, 常规, <60.47, 0>
触测基本, 常规, <24.2522, 41, 9.9369><0, 1, 0>, <24.2522, 41, 9.9369>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <25.6854, 41, -4.0546><0, 1, 0>, <25.6854, 41, -4.0546>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <17.8909, 41, -19.4885><0, 1, 0>, <17.8909, 41, -19.4885>, 使用理论值=是
测尖T4A0B0, 支撑方向IJK=0, 0, -1, 角度=0
移动点, 常规, <0.47, -60>
触测基本, 常规, <8.5139, 41, -24.866><0, 1, 0>, <8.5139, 41, -24.866>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <1.1174, 41, -25.4721><0, 1, 0>, <1.1174, 41, -25.4721>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <-10.0917, 41, -23.1938><0, 1, 0>, <-10.0917, 41, -23.1938>, 使用理论值=是
终止测量
```

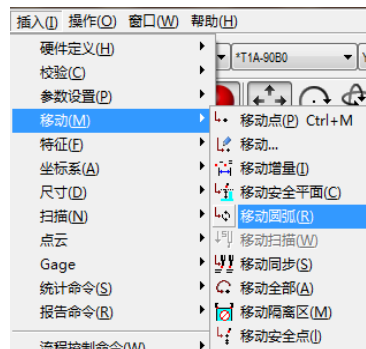


#### 小技巧：特征测量命令中添加移动命令

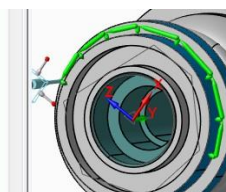
测量一般特征命令中可以加入移动点命令，这个方法我们在 F004 平面的测量中已经用到。那么我们接下来介绍另外两种移动命令的用法。

#### 1、添加“移动圆弧”命令

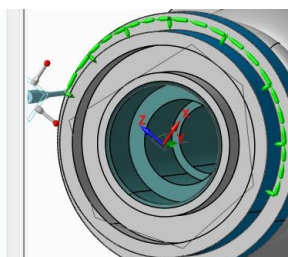
将鼠标光标放在测量圆的第一个测点最后，点击【插入】—【移动】—【移动圆弧】，这会在测点与测点间插入“移动圆弧”的命令，用于外圆测量避让。



```
圆: =特征/圆, 直角坐标, 外, 最小二乘方
理论值<0.51705, 0><0, 1, 0>, 66.0
实际值<-0.5182, 4.9678, -0.0313><0, 1, 0>, 64.981, 0
测定圆, 9, Y 正
触测基本, 常规, <7.2656, 4.4868, -32.1902><0.2201711, 0, -0.9754613>, <7.2656, 4.4868, -32.1902>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <19.7809, 4.6693, -26.4143><0.5994198, 0, -0.8004348>, <19.7809, 4.6693, -26.4143>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <29.9254, 4.985, -13.9094><0.9068294, 0, -0.4214978>, <29.9254, 4.985, -13.9094>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <32.7671, 4.5281, 3.9134><0.9929434, 0, 0.1185892>, <32.7671, 4.5281, 3.9134>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <26.5067, 5.6286, 19.6565><0.8032334, 0, 0.5956644>, <26.5067, 5.6286, 19.6565>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <16.8681, 5.5061, 28.3631><0.5111547, 0, 0.8594887>, <16.8681, 5.5061, 28.3631>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <4.5727, 6.2259, 32.6817><0.1385672, 0, 0.990353>, <4.5727, 6.2259, 32.6817>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <-7.4034, 5.3348, 32.1588><-0.2243445, 0, 0.9745099>, <-7.4034, 5.3348, 32.1588>, 使用理论值=是
终止测量
```

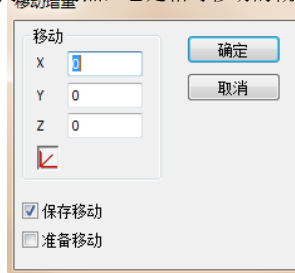


```
圆: =特征/圆, 直角坐标, 外, 最小二乘方
理论值<0.51705, 0><0, 1, 0>, 66.0
实际值<-0.5182, 4.9678, -0.0313><0, 1, 0>, 64.981, 0
测定圆, 9, Y 正
触测基本, 常规, <7.2656, 4.4868, -32.1902><0.2201711, 0, -0.9754613>, <7.2656, 4.4868, -32.1902>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <19.7809, 4.6693, -26.4143><0.5994198, 0, -0.8004348>, <19.7809, 4.6693, -26.4143>, 使用理论值=是
移动圆弧
触测基本, 常规, <29.9254, 4.985, -13.9094><0.9068294, 0, -0.4214978>, <29.9254, 4.985, -13.9094>, 使用理论值=是
移动圆弧
触测基本, 常规, <32.7671, 4.5281, 3.9134><0.9929434, 0, 0.1185892>, <32.7671, 4.5281, 3.9134>, 使用理论值=是
移动圆弧
触测基本, 常规, <26.5067, 5.6286, 19.6565><0.8032334, 0, 0.5956644>, <26.5067, 5.6286, 19.6565>, 使用理论值=是
移动圆弧
触测基本, 常规, <16.8681, 5.5061, 28.3631><0.5111547, 0, 0.8594887>, <16.8681, 5.5061, 28.3631>, 使用理论值=是
移动圆弧
触测基本, 常规, <4.5727, 6.2259, 32.6817><0.1385672, 0, 0.990353>, <4.5727, 6.2259, 32.6817>, 使用理论值=是
移动圆弧
触测基本, 常规, <-7.4034, 5.3348, 32.1588><-0.2243445, 0, 0.9745099>, <-7.4034, 5.3348, 32.1588>, 使用理论值=是
终止测量
```



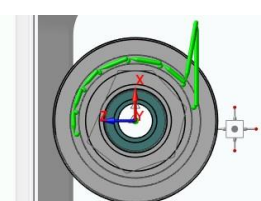
#### 2、添加“移动增量”命令

“移动增量”功能不同于移动点，它是相对移动的概念。



根据实际需要输入的相对移动值（X=50mm）会反映在移动路径中，即在当前位置

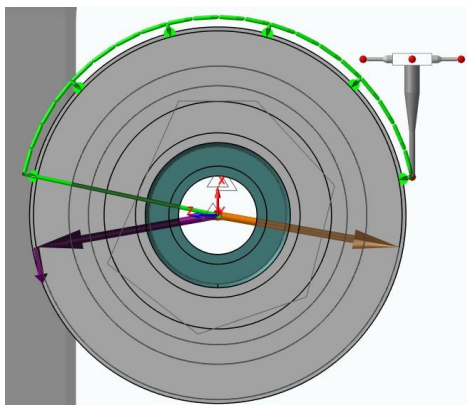
```
圆: =特征/圆, 直角坐标, 外, 最小二乘方
理论值<0.51705, 0><0, 1, 0>, 66.0
实际值<-0.5182, 4.9678, -0.0313><0, 1, 0>, 64.981, 0
测定圆, 9, Y 正
触测基本, 常规, <7.2656, 4.4868, -32.1902><0.2201711, 0, -0.9754613>, <7.2656, 4.4868, -32.1902>, 使用理论值=是
移动增量, <50, 0>
触测基本, 常规, <19.7809, 4.6693, -26.4143><0.5994198, 0, -0.8004348>, <19.7809, 4.6693, -26.4143>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <29.9254, 4.985, -13.9094><0.9068294, 0, -0.4214978>, <29.9254, 4.985, -13.9094>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <32.7671, 4.5281, 3.9134><0.9929434, 0, 0.1185892>, <32.7671, 4.5281, 3.9134>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <26.5067, 5.6286, 19.6565><0.8032334, 0, 0.5956644>, <26.5067, 5.6286, 19.6565>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <16.8681, 5.5061, 28.3631><0.5111547, 0, 0.8594887>, <16.8681, 5.5061, 28.3631>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <4.5727, 6.2259, 32.6817><0.1385672, 0, 0.990353>, <4.5727, 6.2259, 32.6817>, 使用理论值=是
触测基本, 常规, <-7.4034, 5.3348, 32.1588><-0.2243445, 0, 0.9745099>, <-7.4034, 5.3348, 32.1588>, 使用理论值=是
终止测量
```



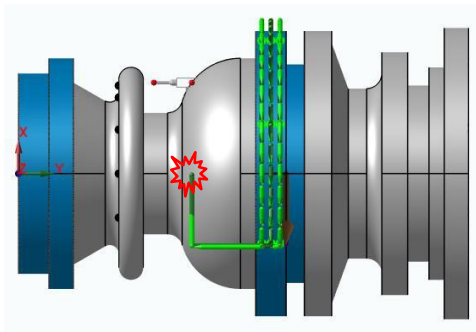
## (5) 自动测量圆柱 CYL1;

选用自动圆柱测量功能，参数设置如下：

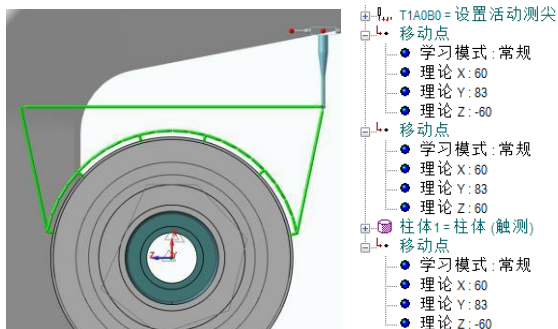
- 测针选用：T1A0B0
- 中心坐标：(0, 80, 0)
- 圆柱长度：10mm
- 测点数：每层 6 个测点，3 层。为了避免测量过程与夹具干涉，测量范围定为：60°~300°，测点位置如下图所示：



注意：该圆柱不建议使用两者移动。如下图所示：如果两者移动距离太短（图中为 20mm），则必然会发生碰撞；如果设置太长，则极大损失了测量效率。



权衡利弊，这里推荐使用移动点的方式合理避让。

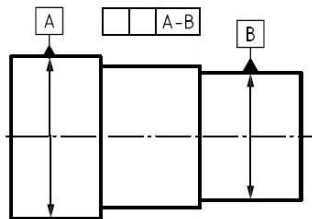


## 知识拓展：公共基准的测量及应用

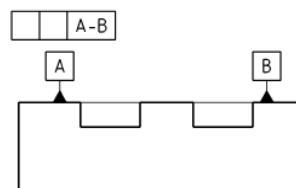
在轴类产品的测量中，经常会看得公共基准的标注方式，典型格式为：A-B。公共基准由于其特殊设计思路，其测量方法和应用方法对于是否遵从图纸设计至关重要。

**公共基准概念：**公共基准由两个或两个以上同时考虑的基准要素建立。主要有：公共基准轴线、公共基准平面、公共基准中心平面等。

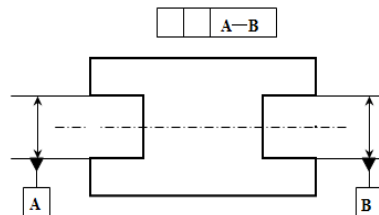
• **公共基准轴线：**由两个或两个以上的轴线组合形成公共基准轴线时，基准由一组满足同轴约束的圆柱面或圆锥面在实体外、同时对各基准要素或其提取组成要素（或提取圆柱面或提取圆锥面）进行拟合得到的拟合组成要素的方位要素（或拟合导出要素）建立，公共基准轴线为这些提取组成要素所共有的拟合导出要素（拟合组成要素的方位要素）。



• **公共基准平面：**由两个或两个以上表面组合形成公共基准平面时，基准由一组满足方向或/位置约束的平面在实体外、同时对各基准要素或其提取组成要素（或提取表面）进行拟合得到的两拟合平面的方位要素建立，公共基准平面为这些提取表面所共有的拟合组成要素的方位要素。

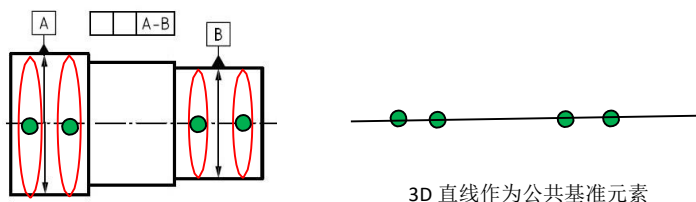


• **公共基准中心平面：**由两组或两组以上平行平面的中心平面组合形成公共基准中心平面时，基准由两组或两组以上满足平行且对称中心平面共面约束的平行平面在实体外、同时对各基准要素或其提取组成要素（两组提取表面）进行拟合得到的拟合组成要素的方位要素（或拟合导出要素）建立，公共基准中心平面为这些拟合组成要素所共有的拟合导出要素（拟合组成要素的方位要素）。



**公共基准测量思路** 参与公共基准建立的元素原则来说定位和定向的作用是平等的，因此可以当作同一个元素

来测量。以下图为例，在 A 基准测量多层截圆，套用每层圆的中点；同样在 B 基准执行此操作，最终将所有套用（构造点功能）得到的中点拟合（构造直线功能）为一条 3D 空间轴线。



3D 直线作为公共基准元素

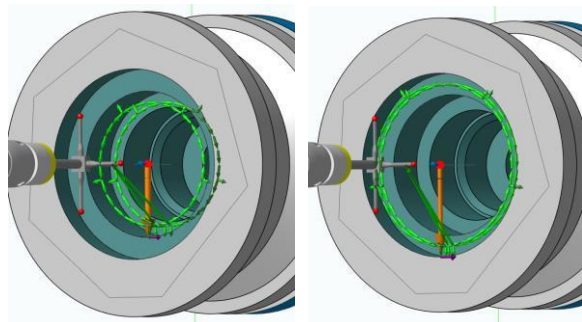


## (6) 自动测量圆柱 CYL4

测量方法参考 CYL1 特征，注意事项参考右栏说明。

## (7) 自动测量圆柱 CYL6、CYL7

CYL6、CYL7 是孔（内圆柱）特征，测量方法可参考 CYL5。



**CYL6** =特征/触测/圆柱/默认/直角坐标/内/最小二乘方  
理论值/0,140,0>,<0,1,0>,46,14  
实际值/0,140,0>,<0,1,0>,46,14  
目标值/0,140,0>,<0,1,0>  
起始角=0 终止角=360  
角矢量=<-1,0,0>  
方向=逆时针  
显示特征参数=否  
显示相关参数=否

**CYL7** =特征/触测/圆柱/默认/直角坐标/内/最小二乘方  
理论值/0,148,0>,<0,1,0>,60,8  
实际值/0,148,0>,<0,1,0>,60,8  
目标值/0,148,0>,<0,1,0>  
起始角=0 终止角=360  
角矢量=<-1,0,0>  
方向=逆时针  
显示特征参数=否  
显示相关参数=否  
移动/点,常规,<100,160,0>  
工作平面/正

## (8) 自动测量 F002

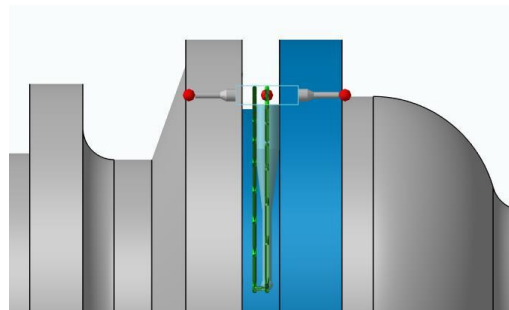
测量方法参考 F001，使用“TTP 平面圆策略”测量平面 F002，参数设置见下图：



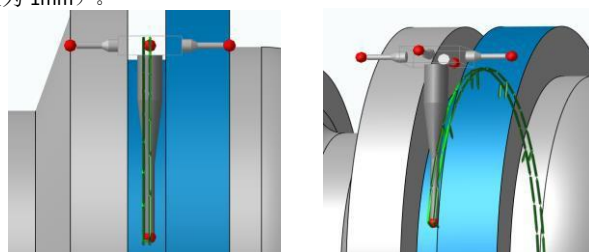
## 自动测量圆柱 CYL4 注意事项

从图纸中可以发现，圆柱 CYL4 的长度为 6mm，而且测量位置在内槽中，因此测量范围需要慎重设置。

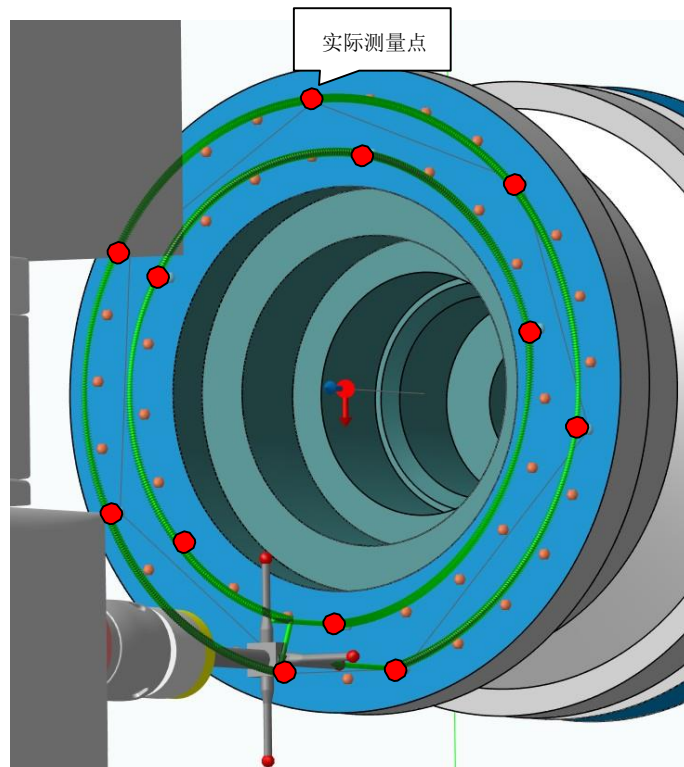
以下图为例，圆柱总长设定为 6mm，第一层深度为 2mm，结束深度也设置为 2mm，有效测量高度为 2mm，这时 T1A0B0 测针测杆几乎与槽侧面贴紧。



为避免测杆干涉，可将第一层深度与结束深度适当调整（如都设置为 2.5mm，有效测量高度为 1mm）。



## 自动测量平面 F002 示意图



## 5、尺寸评价

需按照检测表 4-1 尺寸顺序逐项添加，注意光标的插入位置。

### (1) 尺寸 D001/D006 评价：

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
1	D001	尺寸 2D 距离	148	0.03	-0.03
6	D006	尺寸 2D 距离	8	0	-0.015

被评价特征：“F001”与“F002”、“F003”与“F004”；通过菜单【插入】—【尺寸】—【距离】插入距离评价。



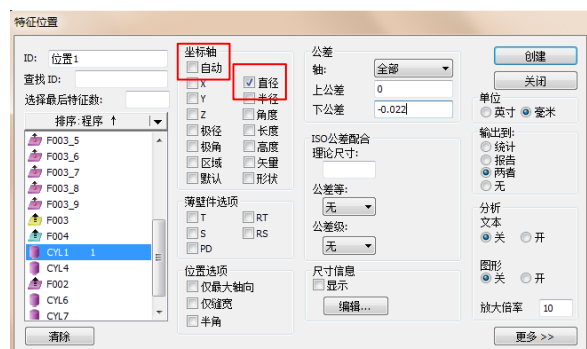
工作平面 XZ  
DIM D001=2D 距离平面 DATUM B 至平面 F002 平行至 Y 轴,无半径 单位=毫米, \$  
图示=关 文本=关 倍率=10.00 输出=两者  
AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL  
M 148.0000 0.0300 -0.0300 148.0000 0.0000 0.0000 ----#----

D006 尺寸评价同样参考此方法。

### (2) 尺寸 DF002 评价：

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
2	DF002	尺寸 直径	94	0	-0.022

被评价特征：“CYL1”；通过菜单【插入】—【尺寸】—【位置】插入直径评价。默认“自动”是勾选的，这里需要先去掉勾选后重新选择“直径”。



DIM 位置1=柱体的位置 CYL1 单位=毫米, \$  
图示=关 文本=关 倍率=10.00 输出=两者 半角=否  
AX NOMINAL +TOL -TOL MEAS DEV OUTTOL  
直径 94.0000 0.0000 -0.0220 93.9954 -0.0046 0.0000 ----#  
终止尺寸 位置1

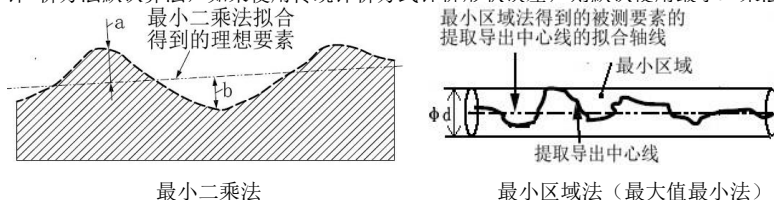
## 知识强化

### 几何公差项目及符号：

几何误差包括：形状误差、方向误差、位置误差和跳动，其所对应的几何公差项目及符号见下表：

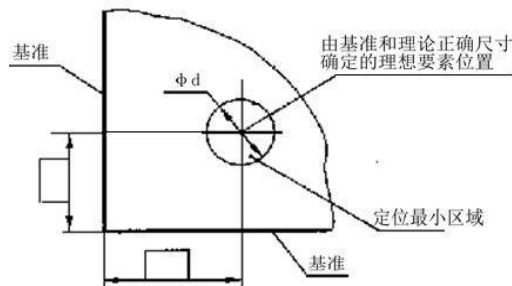
公差类型	公差项目	项目符号
形状公差	直线度	—
	平面度	▭
	圆度	○
	圆柱度	⊘
	线轮廓度	⌒
	面轮廓度	⌒
	平行度	//
方向公差	垂直度	⊥
	倾斜度	∠
	线轮廓度	⌒
	面轮廓度	⌒
位置公差	同心度	◎
	同轴度	◎
	对称度	≡
	位置度	⊕
	线轮廓度	⌒
	面轮廓度	⌒
跳动公差	圆跳动	↗
	全跳动	↗

- **形状误差：**形状误差是被测要素的提取要素对其理想要素的变动量。理想要素的形状由理论正确尺寸或/和参数化方程定义，理想要素的位置由对被测要素的提取要素采用最小区域法（切比雪夫法）、最小二乘法、最小外接法和最大内接法进行拟合得到的拟合要素确定。最小区域法（切比雪夫）为 PC-DMIS 特征尺寸框（FCF）评价方法默认算法，如果使用传统评价方式评价形状误差，则默认使用最小二乘法。



- **方向误差：**方向误差是被测要素的提取要素对具有确定方向的理想要素的变动量。理想要素的方向由基准（和理论正确尺寸）确定。方向误差值用定向最小包容区域（简称定向最小区域）的宽度或直径表示。

- **位置误差：**位置误差是被测要素的提取要素对具有确定位置的理想要素的变动量。理想要素的位置由基准和理论正确尺寸确定。位置误差值用定位最小包容区域（简称定位最小区域）的宽度或直径表示。





### (3) 尺寸 DF003/DF004/DF005/DF007/DF008

评价:

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
3	DF003	尺寸 直径	76	0	-0.025
4	DF004	尺寸 直径	66	0	-0.021
5	DF005	尺寸 直径	72	0	-0.03
7	DF007	尺寸 直径	35	0.05	-0.025
8	DF008	尺寸 直径	46	-0.021	-0.049

被评价特征:“CYL2”、“CYL3”、“CYL4”、“CYL5(Datum A)”、“CYL6”;

评价方法参考尺寸 2。

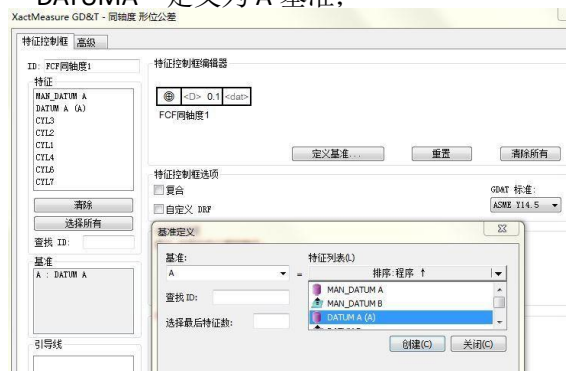
### (4) 尺寸 CO009 评价:

序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
9	CO009	FCF 同轴度	0	0.025	0

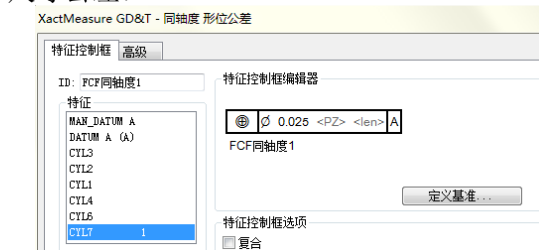
被评价特征:“CYL5(Datum A)”、“CYL7”;  
操作步骤如下:

1) 通过菜单【插入】—【尺寸】—【同轴度】插入同轴度评价命令;

2) 点击“定义基准”按钮,基准特征“DATUM A”定义为 A 基准;



3) 选择被评价元素为“CYL7”,按照图纸在尺寸框第一基准位置选择 A 基准,并输入尺寸公差:



4) 点击“创建”完成同轴度评价命令。

基准定义:特征=DATUM A  
CO009=同轴度 CYL7  
特征圆框架显示参数=是 显示延伸=是  
CAD图=关 报告图=关 文本=关 倍率=10.00 箭头密度=100 输出=两者 单位=毫米  
自定义 DRF=否  
标准类型=ASME Y14.5  
尺寸/同轴度 直径 0.025 A  
注解/CO009  
特征/CYL7

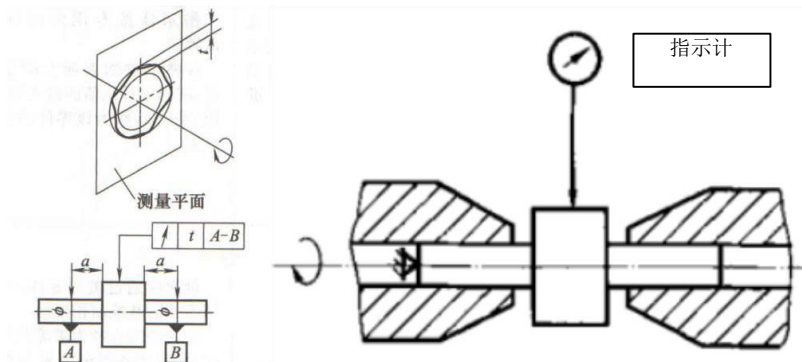
### 知识拓展

#### 跳动公差概述

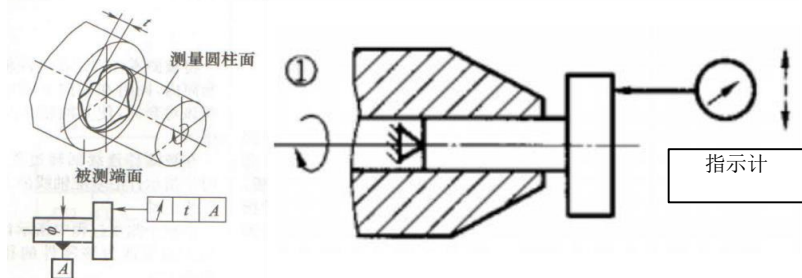
跳动可分为圆跳动和全跳动。**圆跳动**:圆跳动是任一被测要素的提取要素绕基准轴线做无轴向移动回转一周时,

由位置固定的指示计在给定计值方向上测得的最大与最小示值之差。圆跳动按照指示表所指位置又分为“径向圆跳动”、“端面圆跳动”及“锥面跳动”。

径向圆跳动图例:

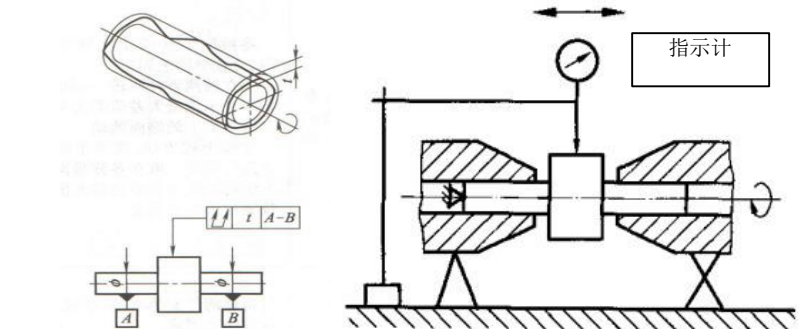


端面圆跳动图例:



**全跳动**:全跳动是被测要素的提取要素绕基准轴线做无轴向移动回转一周,同时指示计沿给定方向的理想直线连续移动过程中,由指示计在给定计值方向上测得的最大与最小示值之差。

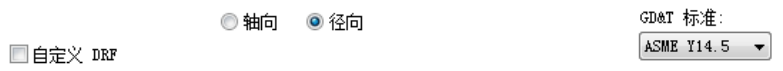
全跳动图例:



PC-DMIS软件对于轴向跳动或径向跳动的区分:

在跳动尺寸设置界面通过“轴向”、“径向”选择框合理选择。

特征控制框选项



## (5) 尺寸 PA010 评价:

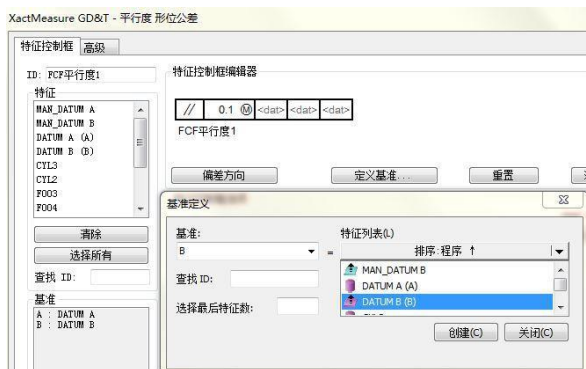
序号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
10	PA010	FCF 平行度	0	0.025	0

被评价特征: “F001” (Datum B)、“F002”;  
操作步骤如下: 1) 通过菜单【插入】—【尺寸】—【平行

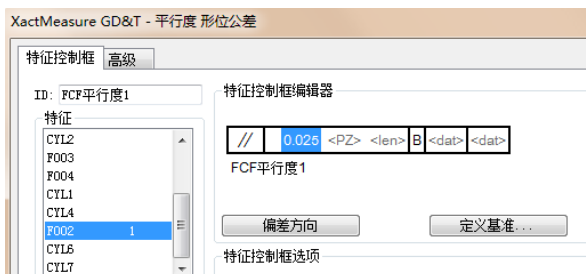
度】插入平行度评价命令;

2) 点击“定义基准”按钮, 基准特征

“Datum B” 定义为 B 基准;



3) 选择被评价元素 “F002”, 按照图纸在尺寸框第一基准位置选择 B 基准, 并输入尺寸公差;



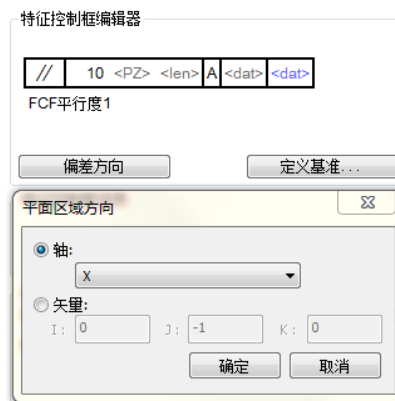
4) 点击“创建”完成同轴度评价命令。

基准定义/特征=DATUM B,B  
PA010=平行度:F002  
特征圆框架显示参数=是,显示延伸=是  
CAD图=关,报告图=关,文本=关,信率=10.00,箭头密度=100,输出=两者,单位=毫米  
标准类型=ASME\_Y14.5  
尺寸/平行度,0.025,<PZ>,<类型>,<len>,<wid>B,<dat>,<dat>  
注解/PA010  
特征/F002,  
尺寸信息/PA010,图标,尺寸标识,特征标识,垂直,水平,,  
标题,轴图示,测定值,.....

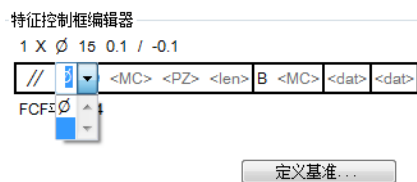
## 知识补充

### 平行度评价之“平面区域方向”:

平行度评价界面有“偏差方向”按钮, 对于平行度尺寸评价, 该设置定义了平行度公差带的偏差方向。



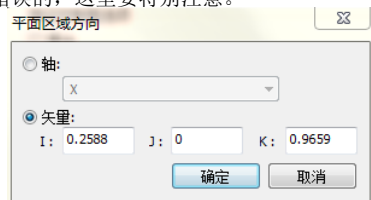
注意: “偏差方向”功能只对于平面公差带起作用, 如果设置为圆柱形公差带 ( $\phi$ ), 则该按钮不会显示。



“偏差方向”设置原则: 平行公差带的默认偏差方向由此特征的理论矢量决定。这里要求基准特征的理论矢量

必须与图纸保持一致, 这里不需要进行“偏差方向”的设置。对于特殊公差带方向 (指定公差带矢量) 的平行度评价, 偏差方向必须按照要求填入,

否则平面度计算结果是错误的, 这里要特别注意。



总结: 通过本任务的学习, 掌握了轴类产品的常规测量方法和对于测量难点的解决办法。在今后的不断练习中要逐步体会评价基准的重要性, 确保基准使用符合设计初衷, 满足装配需求。本章对于内外圆柱的测量任务最多, 要求可以灵活熟练掌握本章提到的几种测量方法。



## 学习任务五 发动机缸体的自动测量程序编写及检测

【学习目标】 通过本任务的学习，学生应达到以下

基本要求：

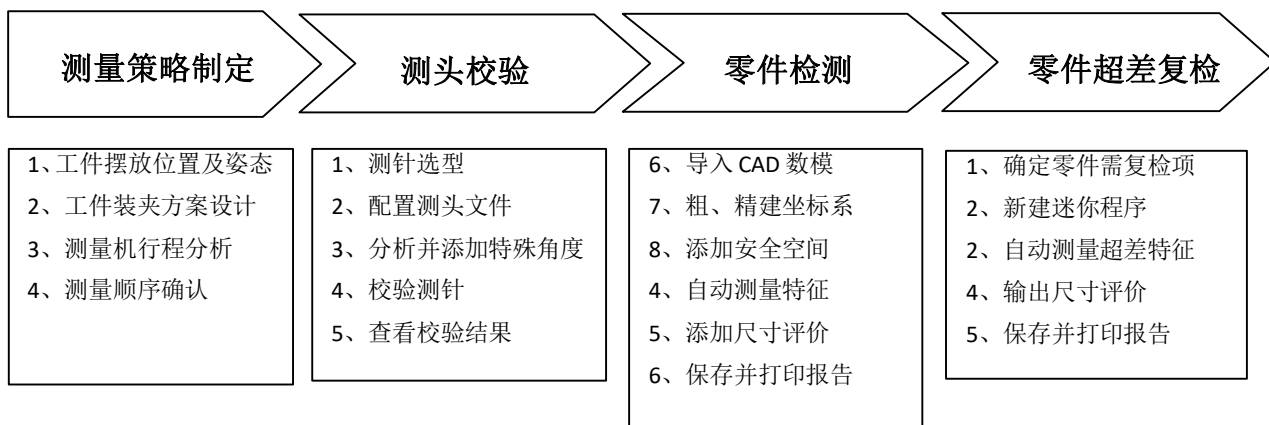
- 1) 掌握测量软件中导入三维数模的方法；
- 2) 掌握一面两销类基准系建立的方法及技巧；
- 3) 理解缸体类零件重点特征（缸孔、凸轮轴孔）的检测要求；
- 4) 了解基本圆扫描功能；
- 5) 掌握斜圆孔的测量技巧；
- 6) 掌握面轮廓度测量及评价方法；
- 7) 掌握孔组位置度及复合位置度的评价方法。

【考核要点】 结合发动机缸体零件三维数模，完成所有要求检测表中要求尺寸的检测，并输出测量报告。

【建议学时】

8 学时

【内容结构】



## 【检测任务描述】

- 某测量室接到生产部门的工件的检测任务（工件图纸见图 5-1，检测尺寸见表 5-1），检测工价是否符合：
- 1) 给出检测报告，检测报告输出项目有：尺寸名称、实测值、公差值、超差值，格式为 PDF 文件；
  - 2) 所有超差尺寸进行复检，检测人员打印报告并签字确认。

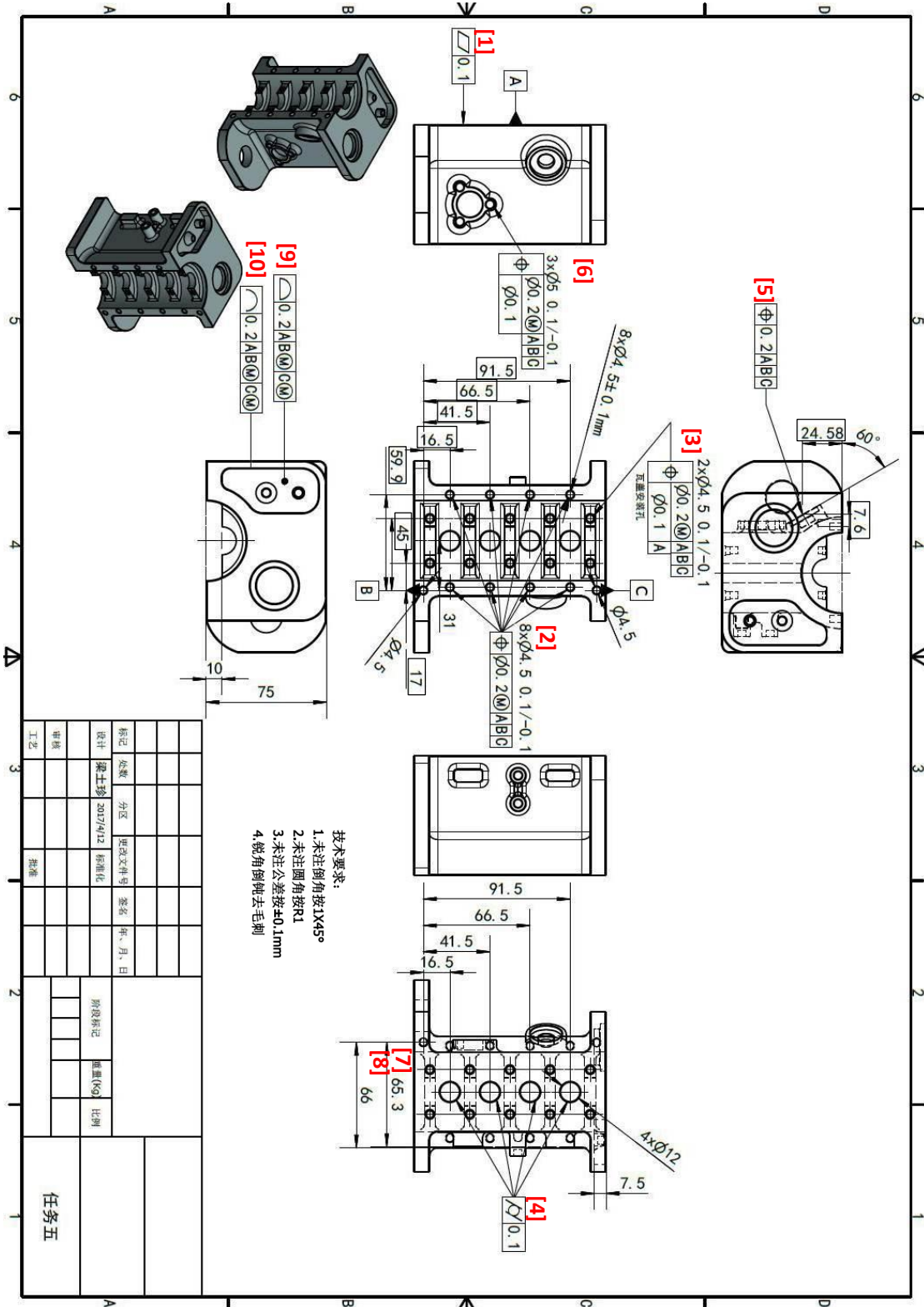


图 5-1

序号	尺寸	描 述	关联元素类型	关联元素 ID	位置分布
1	FL001	FCF 平面度	平面*1	F1000	前端面
2	P002	FCF 位置度	Φ4.5 光孔*8	H1001~H1004, H1005~H1008	前端面
3	P003	FCF 复合位置度	Φ4.5 光孔*2	H1011、H1012	前端面
4	CY004	FCF 圆柱度	Φ12 缸孔*4	H2001~H2004	后端面
5	P005	FCF 位置度	斜孔穿刺点*1	Point_1	左侧面
6	P006	FCF 复合位置度	Φ5 光孔*3	H3001~H3003	左侧面
7	D007	尺寸 2D 距离	平面*1	F4001	右侧面
8	D008	尺寸 2D 距离	平面*1	F4001 和 F4002 构造的台阶面	右侧面
9	PS009	FCF 面轮廓度	平面*1	F5000	上顶面
10	PS010	FCF 线轮廓度	曲面*1	F5100	上顶面

表 5-1

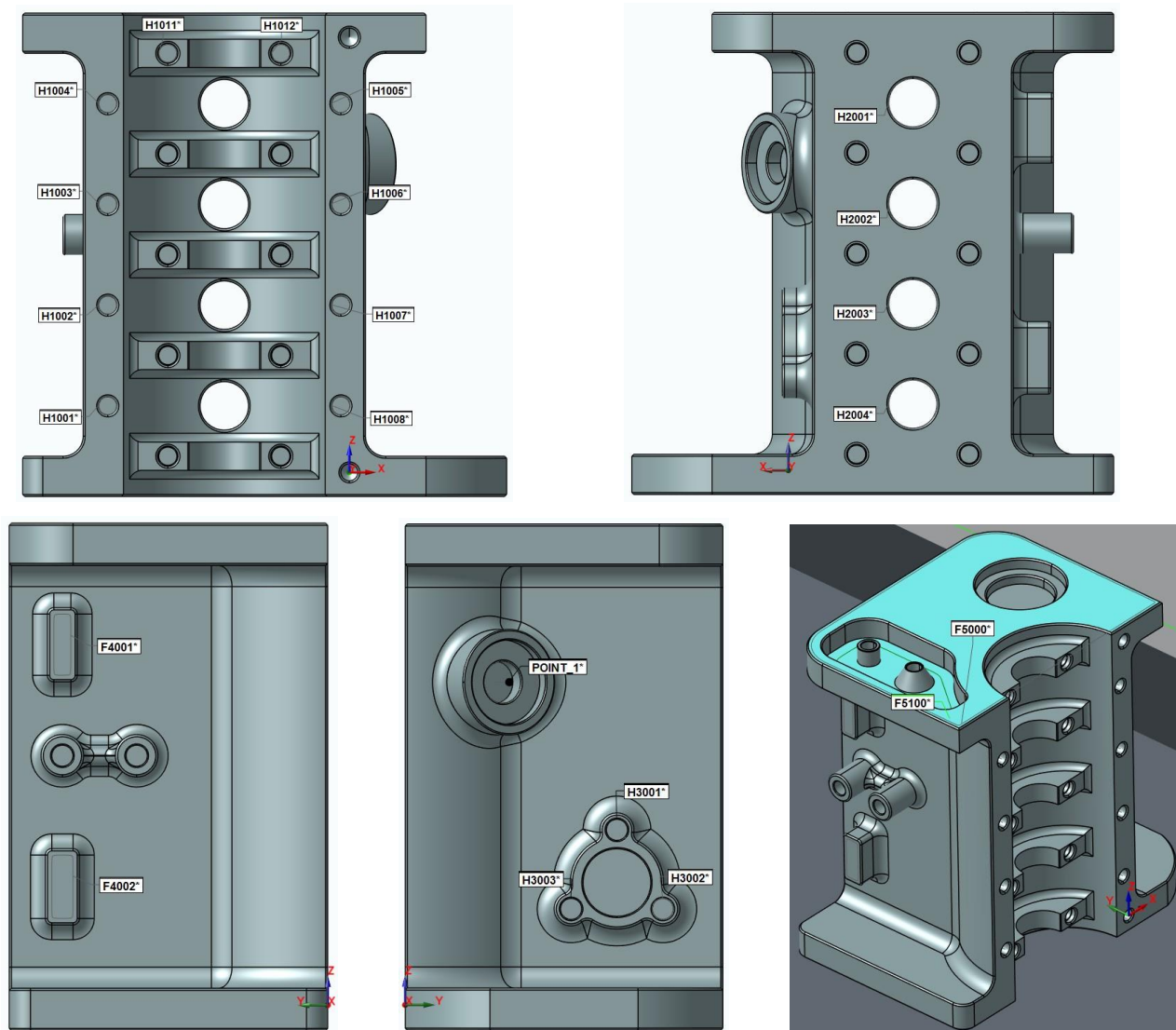


图 5-2 测量特征布局图

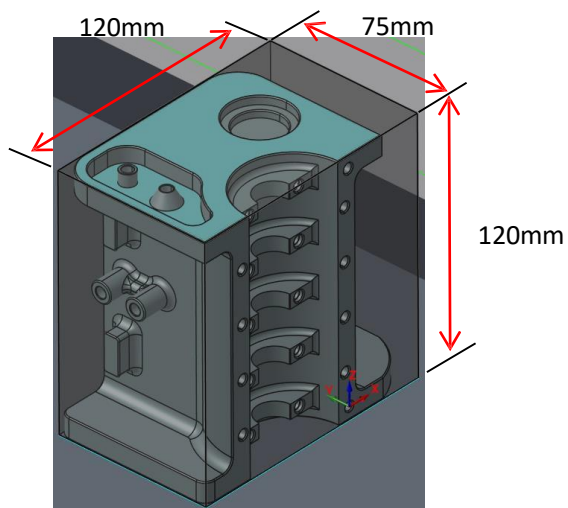


## 【硬件配置准备】

### 1、确认测量机行程：

根据测量机 Global Advantage 5.7.5 三个轴向的行程及零件外形尺寸的对比，该测量机可以满足测量需求。

被测零件尺寸：



从零件尺寸来看，坐标测量机的行程是完全满足的，这样我们在安放零件时保证在机台的中心位置就可以了。

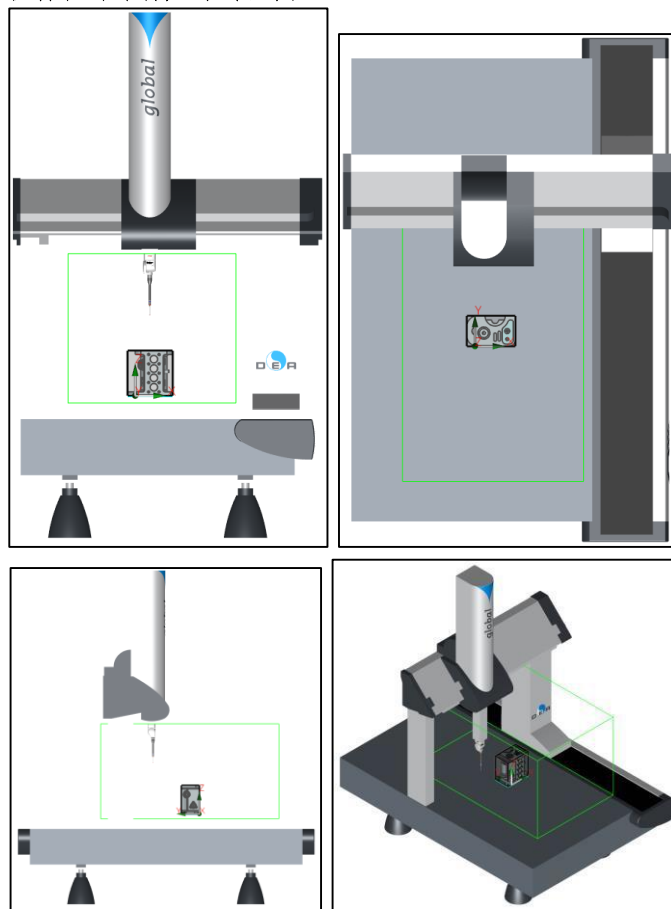
### 2、配置测头传感器：

- HH-A-T5 测座；
- HP-TM-SF 触发式测头（图 5-3）：

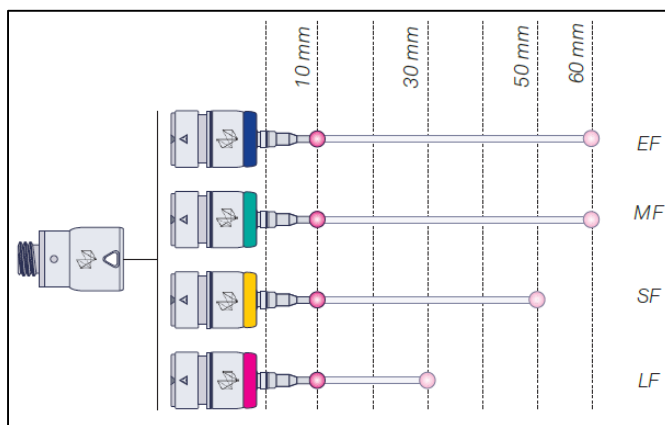


图 5-3 HP-TM 触发式测头

测量机行程与零件尺寸对比图：



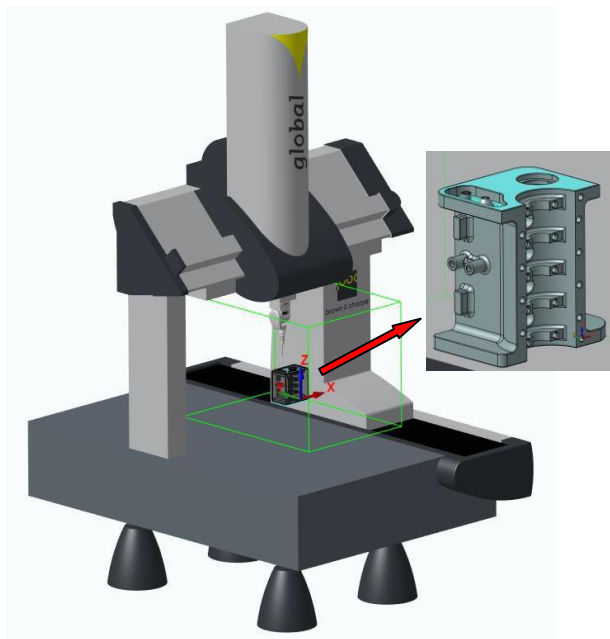
各传感器模块测头配置碳纤维测针，加长能力如下图所示：



### 3、零件装夹

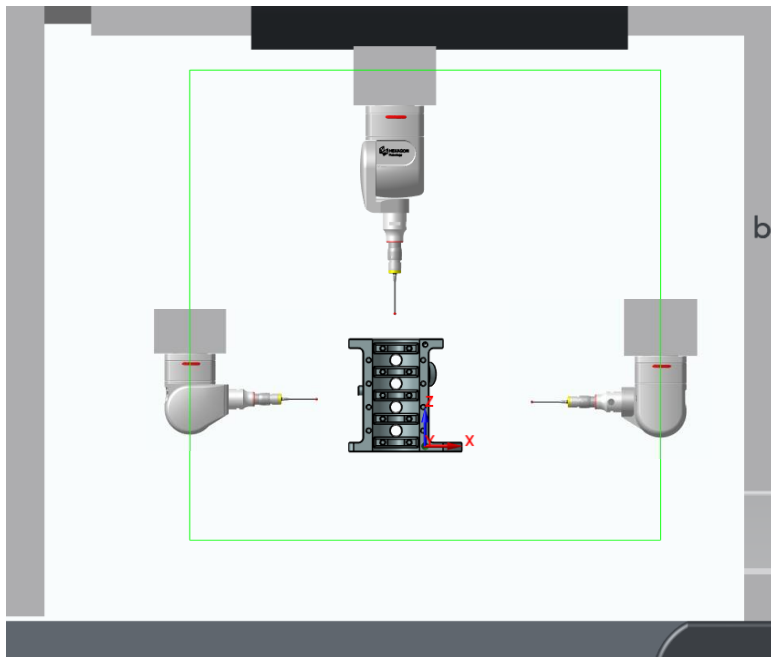
#### (1) 零件装夹姿态 参考下

方装夹姿态图：



#### 装夹姿态分析

- 1) 确认零件待检测特征具体分布位置，保证测量中无遮挡；
- 2) 由于该零件底面没有需要检测的特征，因此推荐将底面朝下装夹；
- 3) 零件装夹时需要适当抬高，这样测座旋转为水平后可以有效保证行程。

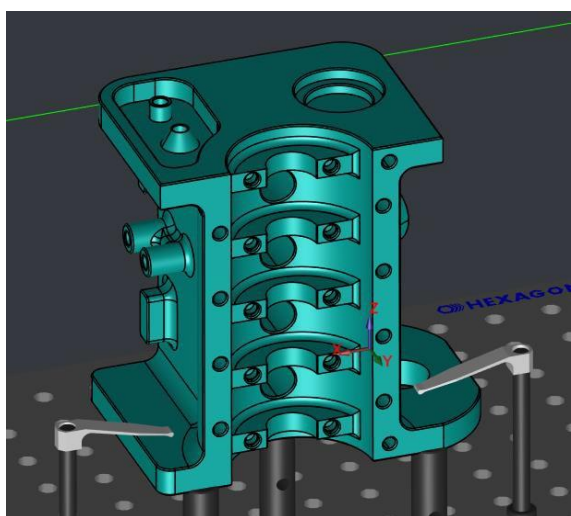


#### (2) 零件装夹

使用 Swift 柔性夹具装夹零件：

- 1) 使用三个支撑柱支撑底面；
- 2) 左右侧面用压板压紧；
- 3) 完成零件找正过程。

装夹效果如下图所示：



## 【编程过程】

### 1、新建测量程序；

打开 PC-DMIS 联机软件，在【文件】菜单中使用【新建】按钮新建测量程序。单位按照图纸要求选用毫米，接口选择“机器 1”（联机）。

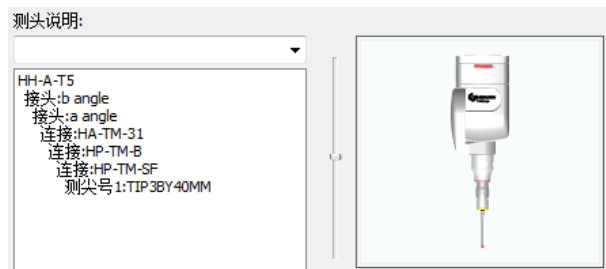
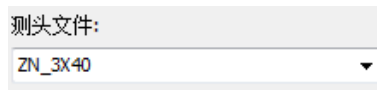


点击“确定”后进入程序编辑界面，随后将程序另存在路径“D:\PC-DMIS\MISSION 5”中。

### 2、运行参数设置 根据任务三的运行参数进行设置。

### 3、测针校验：

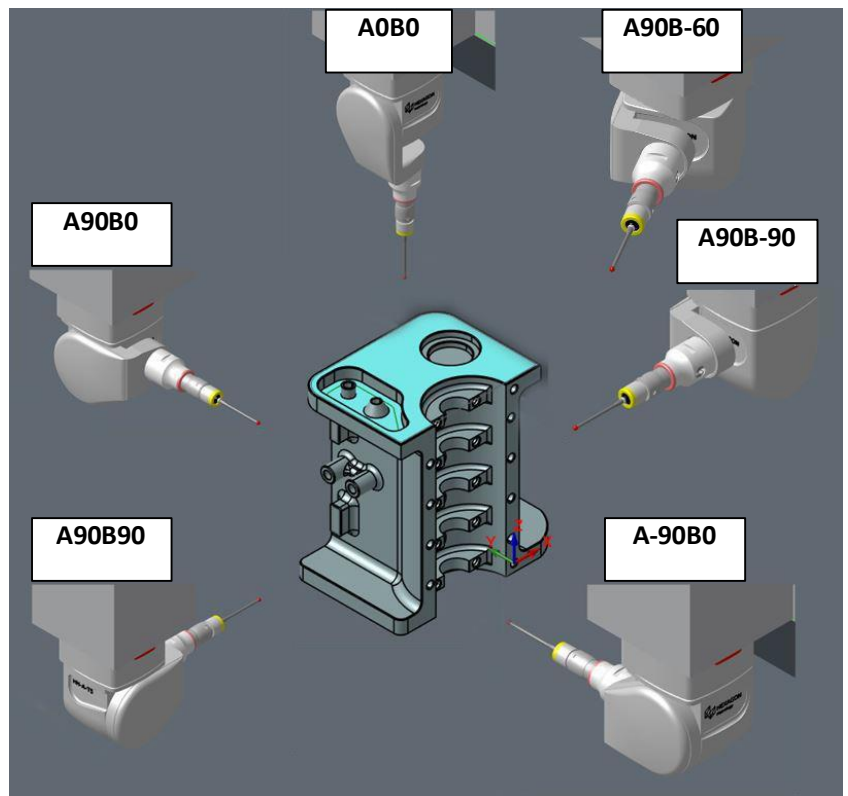
(1) 在“测针文件”下拉菜单中选择任务三配置的测头文件：



(2) 添加测头角度：“A90B0”、“A-90B0”、“A90B90”、“A90B-90”、“A90B-60；测量方向示意图如右栏所示：

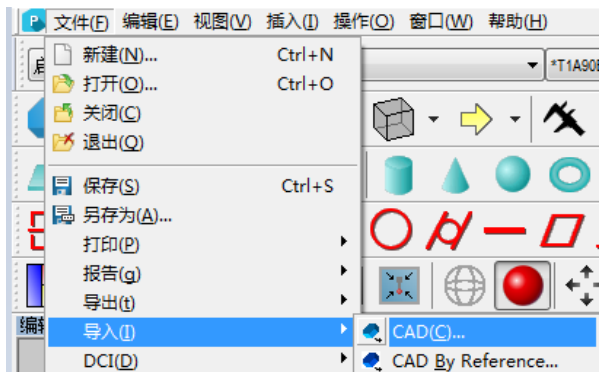
(3) 按照前面章节的方法重新校验测针；  
(4) 校验完毕后确认校验结果，如果不满足需求，则必须重新检查原因并校验。

### 总体测针配置方案

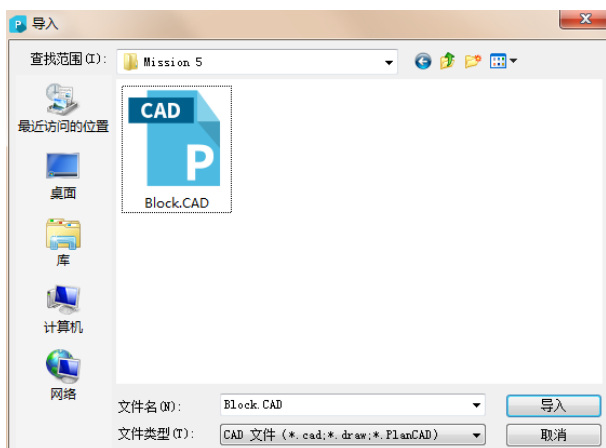


### 3、导入CAD数模

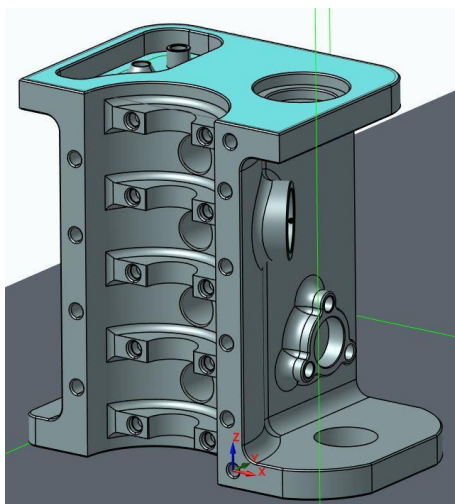
(1) 点击【文件】—【导入】—【CAD】菜单；



(2) 选择指定路径（D:\PC-DMIS\Mission 5\Block.CAD）的数模文件“Block.CAD”并点击“导入”按钮：



(3) 通过鼠标操作将数模摆放一个比较合适的角度，进行接下来的坐标系建立过程。



### 知识拓展

#### PC-DMIS数模导入功能

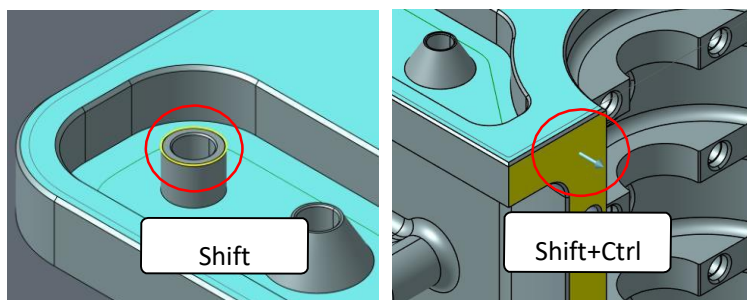
PC-DMIS支持多种格式的数模导入功能，包括：

- CAD
- CATIA V4/V5/V6 DCT
- IGES
- Inventor
- Parasolid DCT
- Pro/ENGINEER DCT
- SolidWorks DCT
- STEP
- Unigraphics DCT 等常见格式。

#### 导入数模文件在线测量的优势

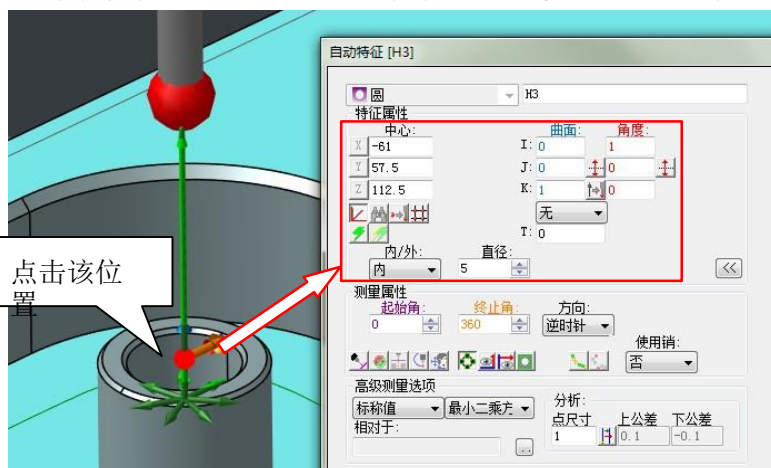
(1) 测量过程更加直观，便于操作；基于数模的在线编程，可以将测量特征测点位置在数模上实时显示，依托

PC-DMIS领先的快速编程方式完成特征测量命令的创建：



(2) 方便直接从三维数模上提取特征理论值；零件三维模型是产品设计、加工工艺制定、测量程序编辑等各个环节中非常重

要的数据传递枢纽，测量程序所有的理论值都需要从三维模型或二维图纸中获取；



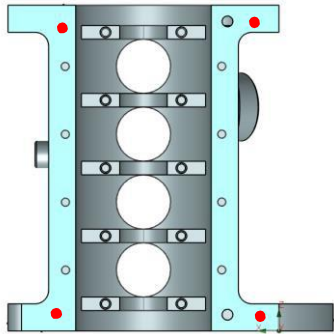
(3) 使用数模是脱机编程的最佳选择。使用三维模型可以进行离线测量仿真，通过PC-DMIS的脱机编程功能完成产品预编程，大大减少在线编程的占用时间。

## 建立零件坐标系

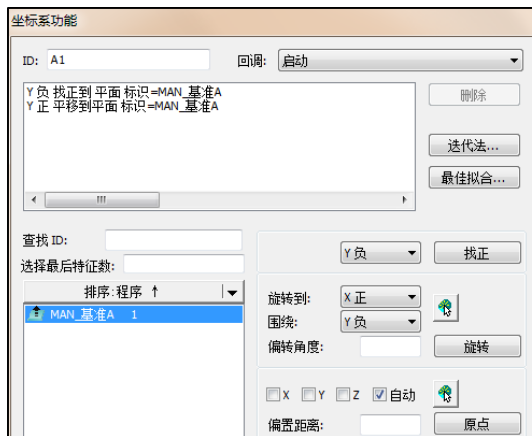
### • 建立外部坐标系

(1) 新建程序 BLOCK\_ALN，作为外部坐标系程序；

(2) 调用“测尖/T1A-90B0”，在主找正平面基准“MAN”上测量 4 个点，测点分布位置可参考下图：

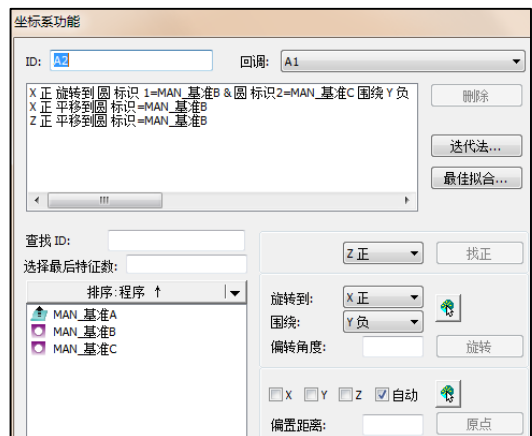


(4) 插入新建坐标系 A1，“MAN\_基准 A”找正 Y 负，并使用该平面将 Y 轴置零：



(5) 测量第二基准 B、第三基准 C，类型为圆，测点数为 4；

(6) 插入新建坐标系 A2，依次点选“MAN\_基准 B”和“MAN\_基准 C”围绕 Y 负，旋转到 Z 正；使用“MAN\_基准 B”将 X 轴、Z 轴置零；



## 答疑解惑

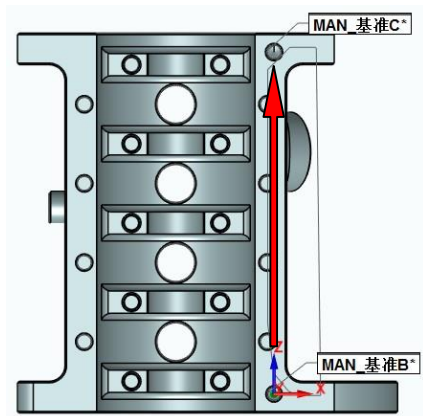
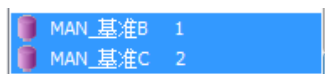
为什么要单独创建一个外部坐标系程序，这样做有哪些优势？

答：“外部坐标系”方法主要适用于同一批零件大批量检测的场合。外部坐标系文件 (.aln) 记录了零件相对于测量机的方向和位置，实际使用中有两大优势：

- (1) 测量程序调用外部坐标系后，可以直接切换为DCC模式自动运行；
- (2) 当零件由于夹具调整等原因导致方位有变化后，可以重新运行“外部坐标系程序”找到当前的新方位，不影响零件的批量检测。

## 定位销旋转第二轴向

依次点选“MAN\_基准 B”和“MAN\_基准 C”，可以看到特征名前面有 1、2 序号显示，表示该直线矢量为元素 1 指向元素 2，旋转到 Z 正方向。





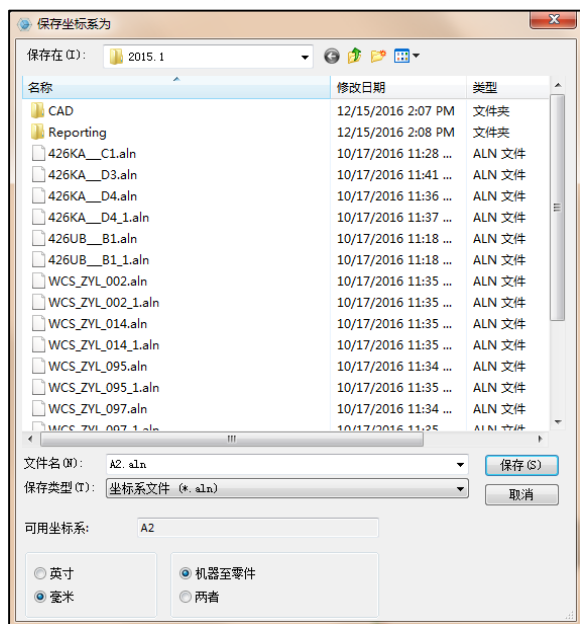
(7) 检查坐标系零点及轴向；

(8) 将坐标系 A2 保存为外部坐标系文件：

【插入】—【坐标系】—【保存】；



A2.aln 文件保存在坐标系调用路径下。



A2  
=坐标系/开始,回调:A1,列表=是  
建坐标系/旋转圆, Z正, 至, MAN\_基准B, AND, MAN\_基准C, 关于, Y负  
建坐标系/平移, X轴, MAN\_基准B  
建坐标系/平移, Z 轴, MAN\_基准B  
坐标系/终止  
保存/坐标系, A2.aln, 测量机到零件

(9) 最后将程序另存为：“外部坐标系.PRГ”，  
便于零件批量检测使用，随后退出当前测量程序

## • 建立自动零件坐标系（粗、精基准系）

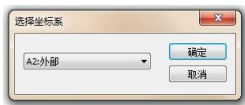
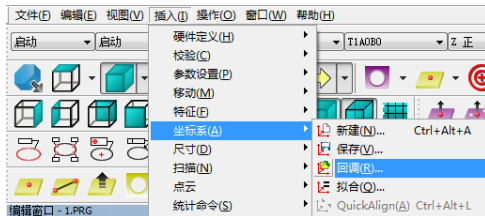
### （1）新建PC-DMIS 联机程序；



点击“确定”后进入程序编辑界面，随后将程序另存在路径“D:\PC-DMIS\MISSION 5”中。

### （2）运行参数设置（逼近回退距离设置为0.5）；

### （3）将模式切换为DCC模式，随后回调外部坐标系“A2.aln”；



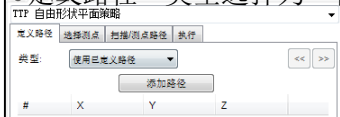
加载测头/BLOCK  
测尖/TIA0B0, 支撑方向 IJK=0, 0, 1, 角度=180  
模式/自动  
回调/坐标系, 外, A2

### （4）按照外部坐标系的建立顺序（面—圆—圆）在DCC模式下建立粗基准系

基准平面的测量采用自动测量平面命令的“自由形状平面策略”，具体操作方法如下：

1) 在【插入】—【特征】—【自动】—【平面】下插入自动平面测量命令，点击上图中“测量策略”按钮切换为“TTP 自由形状平面策略”；

2) 将“定义路径”类型选择为“使用已定义路径”；



3) 在数模上测量的所有测点（或使用测针在零件实体上触测），会自动记录到下面的测点列表中，点击“添加路径”按钮生成测量点路径；

#	X	Y	Z
1	22.0654	0.0000	218.2959
2	-1.6002	0.0000	108.5649
3	19.1488	0.0000	-1.5752
4	-128.7021	0.0000	1.6305

## 知识拓展

### “TTP 自由形状平面策略”功能介绍

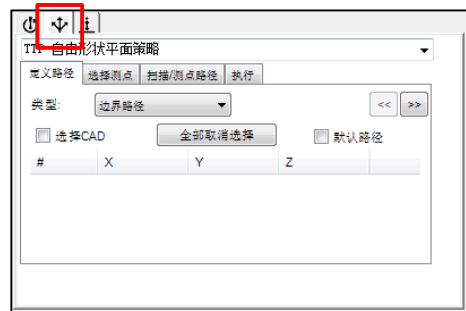
自动平面特征能够基于所选的策略创建其自己的触测点。用户可以通过鼠标点击CAD曲面或者使用测针在零件实体上触发定义触测点。该功能主要面向触发测量方案定制，具有普遍适用性。

### “TTP 自由形状平面策略”功能使用

该策略下有4类定义路径方案：

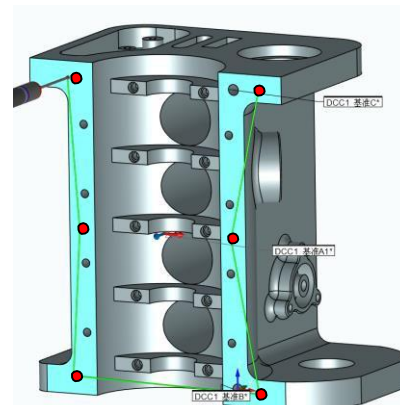
- 1) 边界路径
- 2) 自由形状路径
- 3) 自学习路径
- 4) 使用已定义路径 在手动模式下，已定义路径是TTP（触发测头）自由形状平面策略默认的路径

生成方法：在DCC模式下，边界路径是TTP（触发测头）自由形状平面策略的默认路径生成方法。在本章中使用“已定义路径”类型完成基准平面的测量。



### 基准A测量命令及测量点位置示意图

```
DCC1_基准A =特征/触测/平面/TTP_自由形状平面策略,直角坐标,轮廓,最小二乘方
理论值<-56.873,0,108.452><0,-1,0><22.0654,0,218.2959>
实际值<-56.873,0,108.452><0,-1,0><-1.6002,0,108.5649>
目标值<-56.873,0,108.452><0,-1,0>
角矢量<-1,0,0>矩形
显示特征参数=是
无效探测=否
曲面=无厚度,0
测量模式=标称值
相对测量=无,无,无
自动测座=否
圆弧移动=STRAIGHT
图形分析=否
特征位置=否,否,否
显示相关参数=是
测点数=3,行数=3
间隙=0
自动移动=否,距离=10
显示触测=是
触测_基本<22.0654,0,218.2959><0,-1,0><22.0654,0,218.2959>
触测_基本<-1.6002,0,108.5649><0,-1,0><-1.6002,0,108.5649>
触测_基本<19.1488,0,-1.5752><0,-1,0><19.1488,0,-1.5752>
触测_基本<-128.7021,0,1.6305><0,-1,0><-128.7021,0,1.6305>
触测_基本<-122.064,0,107.2792><0,-1,0><-122.064,0,107.2792>
触测_基本<-130.0857,0,216.5198><0,-1,0><-130.0857,0,216.5198>
终止测量
```

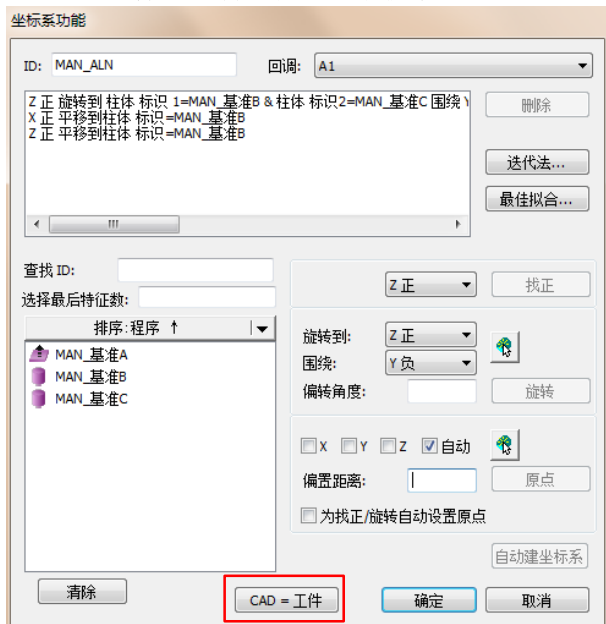


4) 确认该平面的理论值（位置坐标及矢量方向）是否需要修改，本例中  $Y=0$ ，矢量为  $(0, -1, 0)$ ；

5) 开启两者移动，距离设为 10；

6) 点击“确定”完成测量命令创建。

(5) 粗建坐标系最后一步，在对话框中点击“CAD= 工件”，将坐标系与数模拟合；

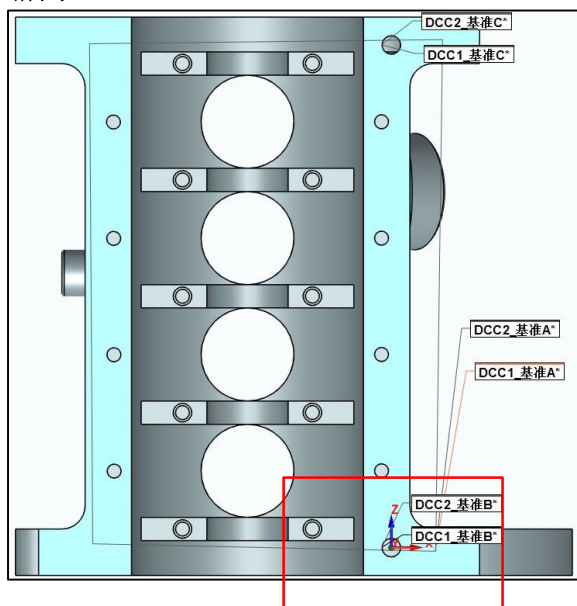


(6) 在粗基准坐标系的基础上完成精建坐标系过程（端面—销孔—销孔），具体要求如下：

1) 采用同样的方法测量基准 A 平面，要求测量 8~10 点；

2) 使用自动圆柱功能来测量基准 B、C；

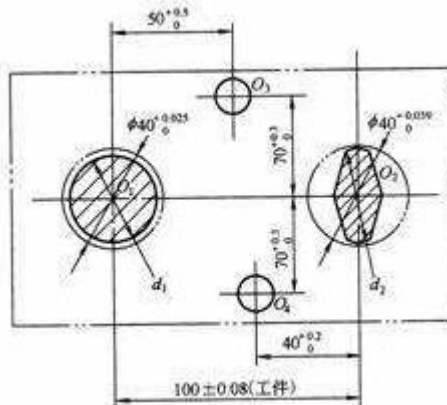
(7) 精建坐标系完成后，其零点及各轴指向如下图所示：



## 知识拓展

### 一面两销建立零件坐标系

一面两销定位法，是壳体、端盖零件设计加工最常用的方法。通常采用圆柱销和菱形销组合使用，如下图所示：



一面两销建立零件坐标系的方法适用于绝大部分箱体类零件的检测。以上图为例，从坐标系自由度的角度分析定位原理：

- **一面** 此端面是其它半精加工特征的首基准，同时也是半精加工基准系的主要找正方

向，通常采用该面找正一个轴向，并且将该轴向的零点定于此处。从控制的自由度方向分析，该平面约束了3个自由度，分别为两个轴的自转及一个轴的平移；

- **圆柱销** 与圆柱销配合的基准孔B用于确定坐标系另外两个轴向的零点。

从控制的自由度方向分析，该基准孔约束了2个自由度，分别为两个轴的平移；

- **菱形销** 与菱形销配合的基准孔C用于确定坐标系另外1个轴向。一销一面已经限制了5

个自由度，只有一个绕销旋转的自由度未限制，如果第二个销仍然用圆销，那两销间距离一定，就多限制了一次两销连线方向的自由度，形成过定位。

故改用菱形销后只限制了角向的选转的自由度，符合6点定位原则。注意，菱形长对角边应垂直于两销连线。

#### 4、尺寸关联元素的自动测量

##### (1) 自动测量平面 F1000

F1000 经判断与基准 A 平面为同一个元素，因此不需要再次测量；

##### (2) 自动测量 H1001~H1004, H1005~H1008 (Φ 4.5 光孔)

测针选用：测尖/T1A-90B0 测量点数  
：每层 4~6 点，2 层 操作方法参考  
任务三、任务四章节。

##### (3) 自动测量 H1011、H1012 (Φ 4.5 光孔)

测针选用：测尖/T1A-90B0 测量点数  
：每层 4~6 点，2 层。 操作方法参  
考任务三、任务四章节。

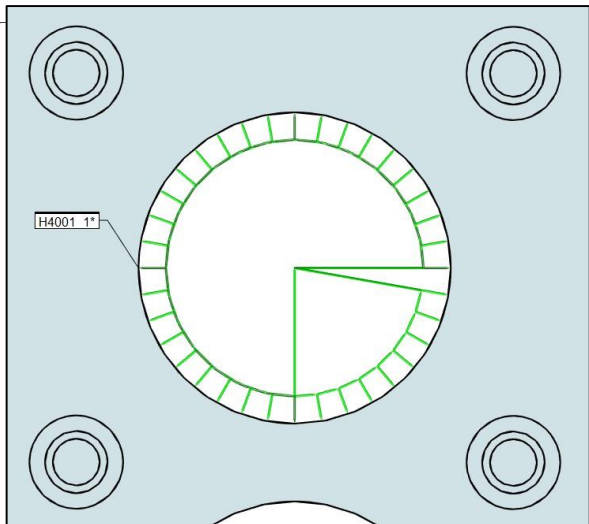
##### (4) 自动测量 H2001~H2004 (Φ 12 缸孔)

测针选用：测尖/T1A90B0

测量点数：每层 36 点，3 层

注：由于缸体缸孔对于发动机性能及使用寿命等  
功能性因素影响很大，因此对于其形状及方位要  
求特别高。而在实际测量中，多数采用模拟扫  
描 测头通过连续扫描的方式得到特征的相关尺  
寸， 在保证精度的前提下极大提高了测量效  
率。

本例中每层圆设定测量 36 点，意为每 10° 有



完成缸孔 H2001 测量后，采用阵列的方式  
得 到其它 3 个缸孔测量命令，操作步骤如下：

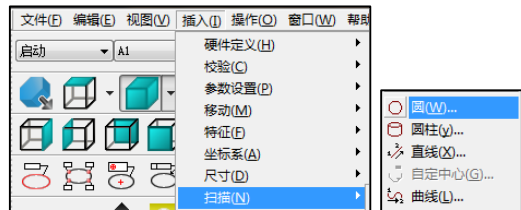
1) 选中 H2001 特征并复制 (Ctrl+C)；

```
H2001 =特征/轮廓/圆柱/默认/直角坐标/最小二乘方
理论值<=31.745,91.5><0.1,0>12.30
实际值<=31.745,91.5><0.1,0>12.30
目标值<=31.745,91.5><0.1,0>
起始角=0 终止角=360
角矢量=<1,0,0>
方向=逆时针
显示特征参数=否
显示相关参数=否
```

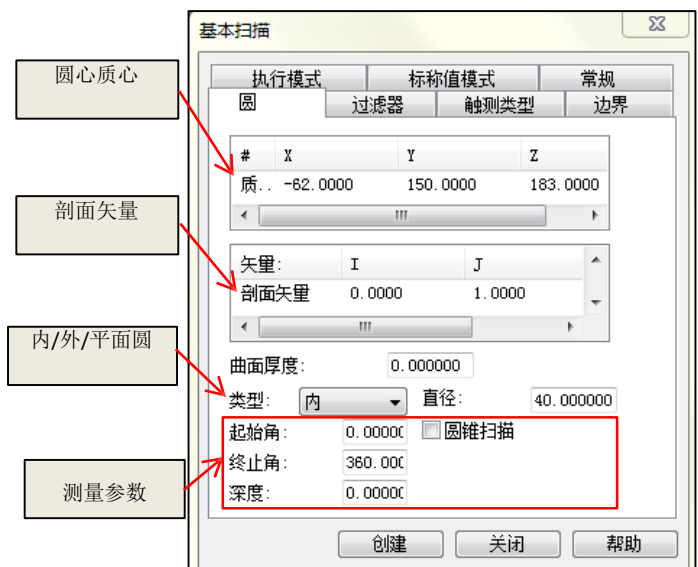
#### 知识拓展

##### 缸孔的连续扫描测量方法介绍

在汽车发动机项目测量方案实施环节，连续扫描功能是必不可少的测量要求。而  
对于缸孔垂直度、位置度、圆柱度等尺寸的测量，通常使用“基本圆扫描”的功能来  
实现。

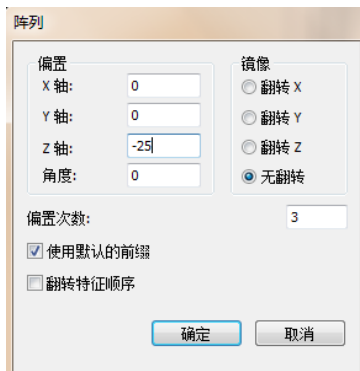


##### “基本圆扫描”界面介绍



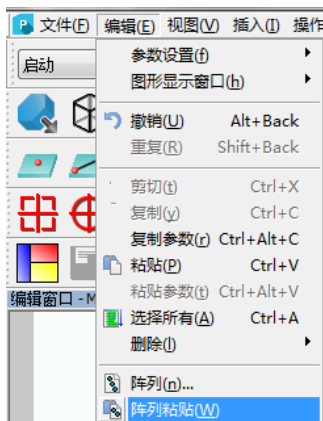
“基本圆扫描”功能通常搭配扫描测头使用，适用于规则圆孔（圆柱）或局部圆  
孔（圆柱）的连续扫描测量，拥有设置简单、扫描命令简洁等优点，可以保证坐标测  
量机连续高效的获得精确扫描数据，用于下一步特征构造。

2) 打开“阵列”设置菜单（【编辑】—【阵列】）：



在 Z 轴填入“-25”，偏置次数设为3。

3) 将鼠标光标放在 H2001 命令最后，点击【编辑】—【阵列粘贴】，得到 H2002、H2003、H2004 测量命令。



H2001 =特征/触测/圆柱/默认,直角坐标,内,最小二乘方  
理论值/<-31,74.5,91.5>,<0,1,0>,12,30  
实际值/<-31,74.5,91.5>,<0,1,0>,12,30  
目标值/<-31,74.5,91.5>,<0,1,0>  
起始角=0 终止角=360  
角矢量=<-1,0,0>  
方向=逆时针  
显示特征参数=否  
显示相关参数=否

H2002 =特征/触测/圆柱/默认,直角坐标,内,最小二乘方  
理论值/<-31,74.5,66.5>,<0,1,0>,12,30  
实际值/<-31,74.5,66.5>,<0,1,0>,12,30  
目标值/<-31,74.5,66.5>,<0,1,0>  
起始角=0 终止角=360  
角矢量=<-1,0,0>  
方向=逆时针  
显示特征参数=否  
显示相关参数=否

H2003 =特征/触测/圆柱/默认,直角坐标,内,最小二乘方  
理论值/<-31,74.5,41.5>,<0,1,0>,12,30  
实际值/<-31,74.5,41.5>,<0,1,0>,12,30  
目标值/<-31,74.5,41.5>,<0,1,0>  
起始角=0 终止角=360  
角矢量=<-1,0,0>  
方向=逆时针  
显示特征参数=否  
显示相关参数=否

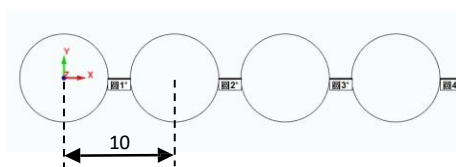
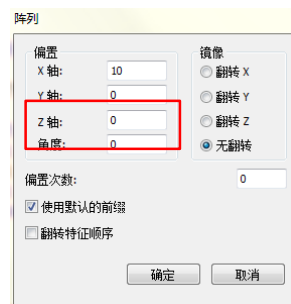
H2004 =特征/触测/圆柱/默认,直角坐标,内,最小二乘方  
理论值/<-31,74.5,16.5>,<0,1,0>,12,30  
实际值/<-31,74.5,16.5>,<0,1,0>,12,30  
目标值/<-31,74.5,16.5>,<0,1,0>  
起始角=0 终止角=360  
角矢量=<-1,0,0>  
方向=逆时针  
显示特征参数=否  
显示相关参数=否

## 知识拓展

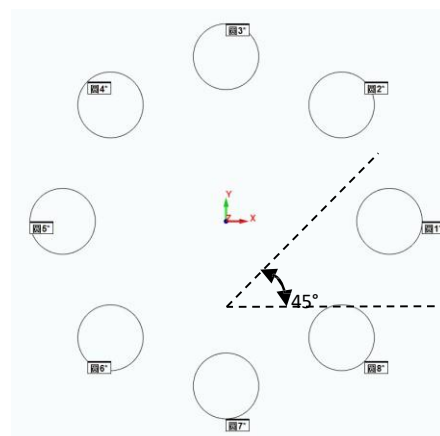
### 阵列功能介绍

PC-DMIS软件可以通过阵列功能快速得到具有相同间距或相同夹角的特征的测量命令，有以下几种常见阵列类型（圆1均为初始特征）：

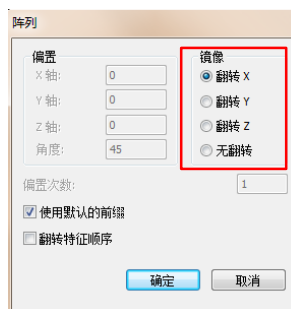
#### • 坐标偏置



#### • 角度偏置

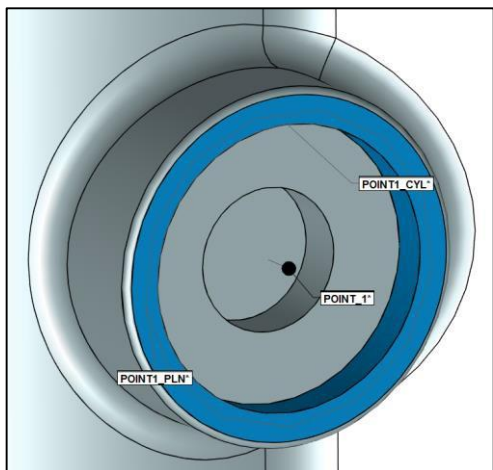


#### • 镜像偏置





## (5) 间接测量斜孔穿刺点 Point\_1



操作步骤:

- 1) 调用测尖/T1A90B-60;
- 2) 插入自动圆柱命令测量圆柱 POINT1\_CYL;

柱 POINT1\_CYL;

- 3) 插入自动平面命令测量端面 POINT1\_PLN;

面 POINT1\_PLN;

- 4) 插入构造点命令, 依次勾选 POINT1\_CYL 和 POINT1\_PLN, 方法选择“穿刺”, 创建得到穿刺点 Point\_1。



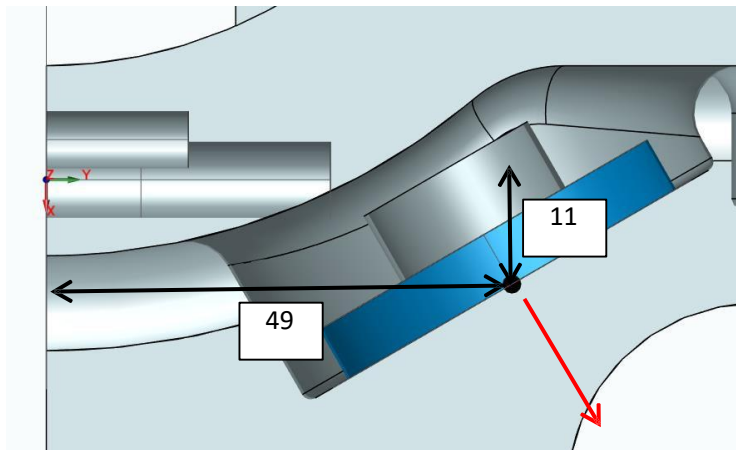
## 知识拓展

### 已知角度斜面(圆、圆柱)的测量方法介绍

从图纸可以确认穿刺点是由圆柱轴线与端面相交得到, 而端面与基准A平面夹角为  $30^\circ$ 。为保证触测方向符合设计要求, 测量位置, 一般有两种方法测量该特征:

- 方法一 在原有坐标系下直接测量特定角度特征, 穿刺点所关联元素的中心坐标及矢量有

可能需要通过计算得到。



有图纸可知POINT1\_CYL和POINT1\_PLN元素的中心坐标为 (11, 49, 153), 矢量计算方法如下:

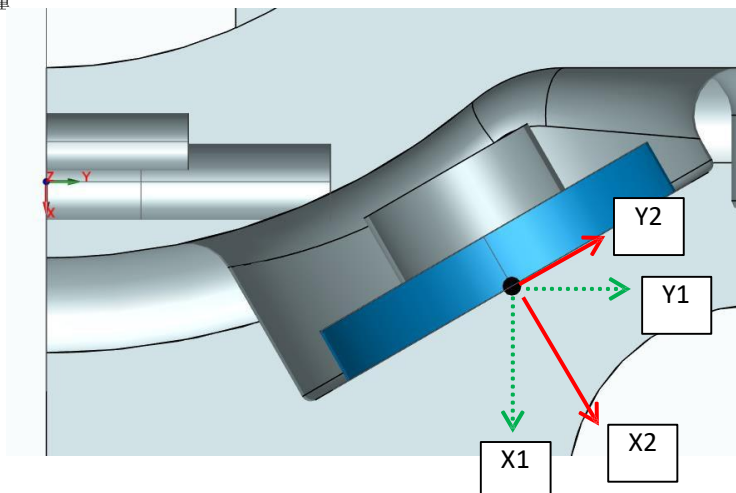
$$I = \cos(30^\circ) = 0.866$$

$$J = \cos(60^\circ) = 0.5$$

$$K = \cos(90^\circ) = 0$$

- 方法二 通过坐标系平移旋转到指定位置, 便于快速得到穿刺点所关联元素的中心坐标及

矢量



- 1) 将原坐标系平移到图示位置 (X1, Y1);
- 2) 坐标系围绕Z+轴逆时针旋转  $30^\circ$  至图示位置 (X2, Y2);
- 3) 此时POINT1\_CYL和POINT1\_PLN元素的中心坐标为 (0, 0, 0), 矢量方法为 (1, 0, 0)

## (6) 自动测量 F4001、F4002 台阶面

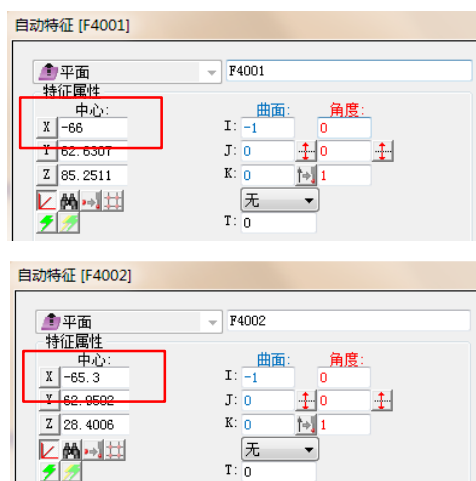
测针选用：测尖/T1A90B90

测量点数：4~6 点



元素	X 轴坐标
F4001	-66 mm
F4002	-65.3 mm

自动平面设置界面：

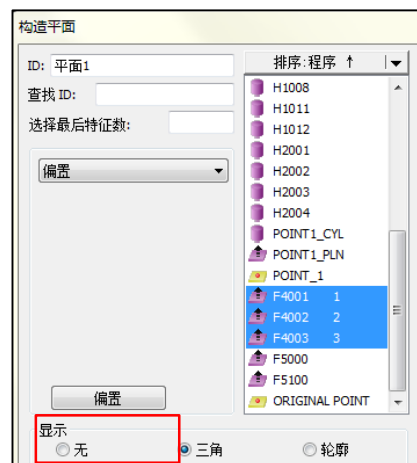


## 知识补充

### 台阶面（阶梯面）的创建及应用

在动力总成项目图纸中，经常可以看到以多个台阶面作为毛坯基准。使用台阶面做毛坯的基准，最大程度节省了工艺成本，提高加工效率。

PC-DMIS软件具备台阶面创建功能，可以对输入特征按照图纸指定距离构造偏置平面，通过【构造平面】——【偏置】功能实现。



操作步骤：

- 1) 打开“构造平面”创建界面，将构造方法切换为“偏置”；
- 2) 将参与构造偏置平面的所有平面选中（不分先后顺序）；
- 3) 点击“偏置”按钮跳出“平面偏置”设置菜单，通过“计算标称值”（需要输入理论偏置距离）或“计算偏置”（需要输入最终理想台阶平面的理论坐标）构造得到偏置平面。



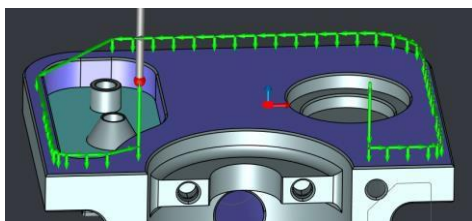
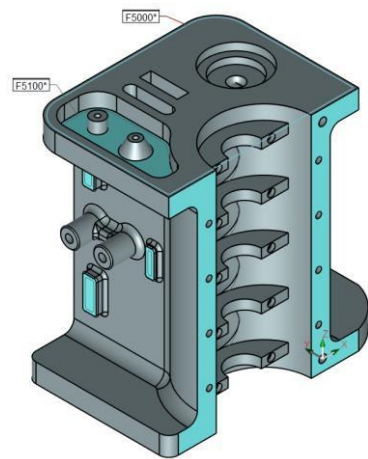
注意：“偏置”值都必须是从图纸中直接或间接得到，不允许输入实测值。

台阶面通常作为基准要素出现在图纸中，用于控制方向和位置。

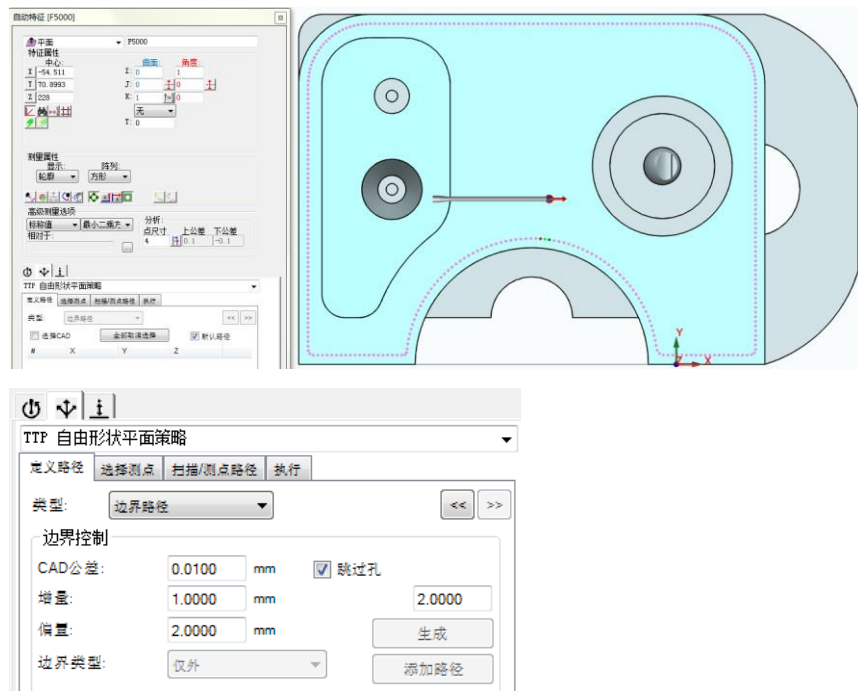
## (7) 自动测量 F5000

测针选用：测尖/T1A0B0

如下图所示：F5000 平面具有整体面积较大，平面边缘不规则的明显特点，使用平面扫描策略中的“TTP 自由形状平面策略”功能完成测量。参数设置请参考右栏。



### F5000 参数设置：



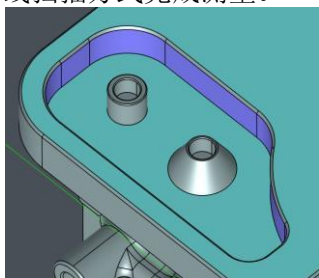
对于触发测量来说，“测量点密度”和“测量效率”两个要素需要统筹兼顾。

推荐设置：

- 偏置：2~3mm；
- 增量：1~5mm；
- 不勾选“跳过孔”；
- CAD 公差保持默认。

## (8) 自动测量 F5100

如下图所示：F5100 曲面为一段封闭曲面，我们这里使用开线扫描方式完成测量。

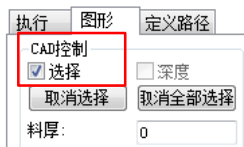


操作步骤：

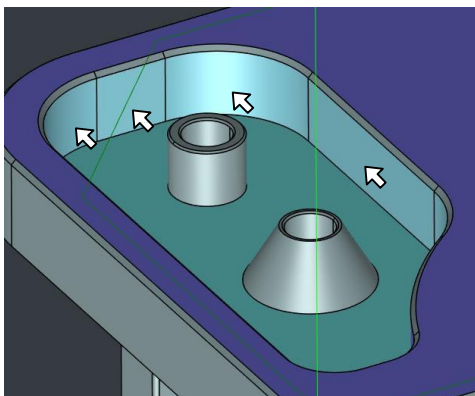
- 1) 切换工作平面为 Z 正；
- 2) 打开“开线扫描”设置界面；



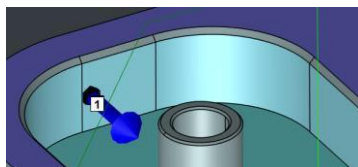
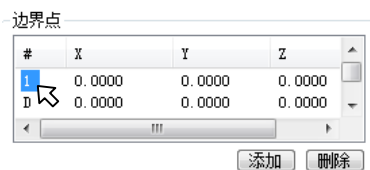
3) 切换至“图形”栏，勾选“选择”前复选框；



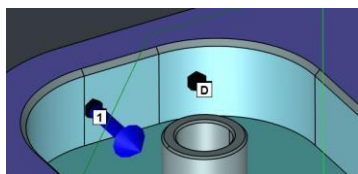
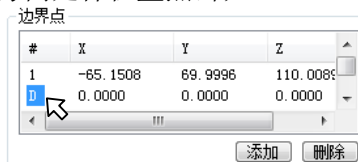
4) 使用鼠标在数模对应曲面依次点选，注意最终选择的面片是连续的，选择完毕后取消勾选；



5) 点击下图中“1”位置（起点），激活后在数模扫描起始位置点击，选取位置的坐标会自动抓取到软件中；



6) 点击下图中“D”位置（方向点），激活后在扫描方向延伸位置点击；



7) 点击下图中“2”位置（终点），激活后在扫描终止位置点击（为使扫描曲线尽量覆盖整个曲面，需要保证起点和终点的距离）；

## 知识补充

### 高级扫描类型

PC-DMIS高级扫描提供了较多控制方法来得到扫描路径及测点分布，包括以下方法：

- 开线
- 闭线
- 曲面
- 周边
- 截面
- 旋转
- UV
- 自由曲面
- 网格
- 生成截面

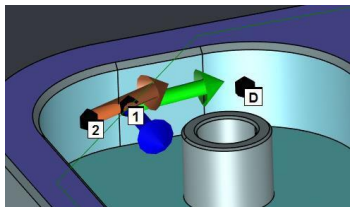


本任务以开线扫描为例，介绍了该功能的一般使用方法，以起到举一反三的目的。

边界点

#	X	Y	Z
1	-55.0856	69.3988	110.0871
2	0.0000	0.0000	0.0000

添加 删除



8) 双击“剖面矢量”后，在跳出的菜单中点击“工作平面”（将剖面矢量修正为0, 0, 1）；

初始矢量

矢量	I	J
起始矢量	0.0021	-1.0000
剖面矢量	0.0728	0.0002

编辑扫描项: 剖面矢量

I: 0.000000  
J: 0.000000  
K: 1.000000

下一个  
工作平面

确定 取消

9) 测点间距控制方法选用“方法1”，最大增量可按需要灵活设置，这里设置为4；

方向1方法:  
直线

最大增量: 6.0368

10) 按照以下参数设置“执行栏”菜单:

执行 图形 定义路径

执行控制: 常规  
理论值方法: 标称值  
公差: 0.2500  
安全平面: ☐  
单点: ☐  
自动移动: ☐  
测头补偿: ☒  
CAD补偿: ☐  
使用COP: ☐  
轴测点控制: 矢量  
显示控制: ☐ 显示触测点  
☐ 显示全部  
边界类型: 平面  
交叉数: 2

11) 切换为“定义路径”栏，点击“生成”按钮得到扫描路径（测点示意图如右栏所示）；

执行 图形 定义路径

理论路径

#	X	Y	Z	I	J
39	-68.9447	69.5583	110.0089	0.2968	-0.954

生成 清除 跳过孔 全部反向 反向 删除

边界偏置: 0.200000 获取理论值 转换为点

12) 点击“创建”完成扫描命令的创建。

F5100 =特征扫描, 开放路径, 触测点数=39, 显示触测=否, 显示所有参数=否  
测定扫描  
基本扫描/直线, 触测点数=39, 显示触测=否, 显示所有参数=否  
终止扫描  
终止测量

## 知识补充

### 边界类型如何设置

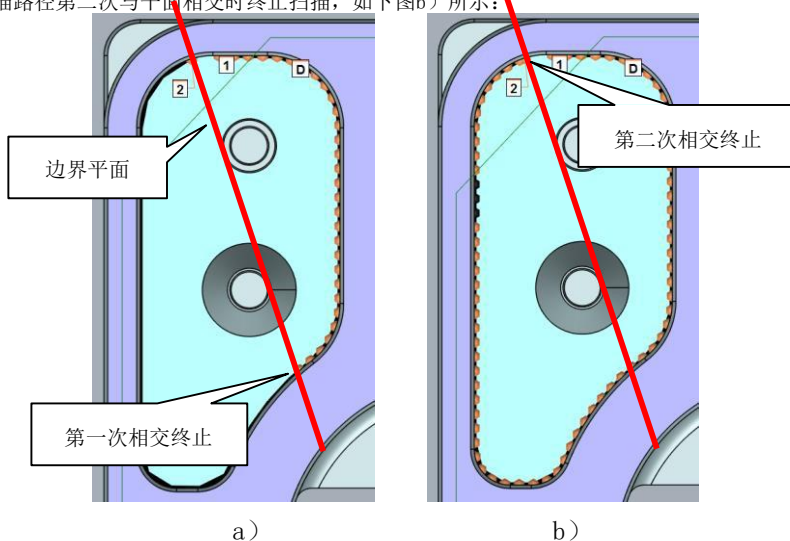
PC-DMIS高级扫描提供了多种边界（扫描终点）的控制方法，可以灵活应用在不同使用情境。

边界类型

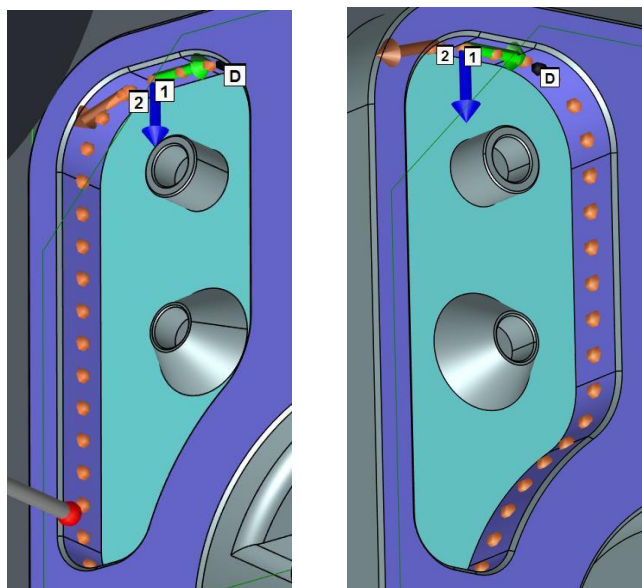
平面  
球体  
柱体  
圆锥  
OLDSTYLE

本例选用平面类型，进一步说明设置原理：边界类型参考终止点位置，选用“平面”类型后会在终止点位置虚拟一个边界平面。

交叉点1表示扫描路径第一次与平面相交时终止扫描，如下图a)所示；交叉点2表示扫描路径第二次与平面相交时终止扫描，如下图b)所示：



### 扫描点位置示意图





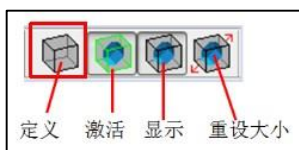
## 5、启用安全空间（ClearanceCube）合理避让

PC-DMIS 等为数不多的主流测量软件可以提供安全空间功能，意为为工件提供一个 3D 的保护区域，类似一个盒子包裹着整个检测零件，程序在执行测量任一元素时会先运行到相应的安全面上，再进行测量。使用该功能可以避免手动添加大量移动点，节约编程效率。

### 操作步骤

(1) 打开安全空间（【编辑】—【参数设置】

【设置安全空间】或安全空间工具栏），默认显示简约界面，通过点击“高级”按钮打开高级设置界面；



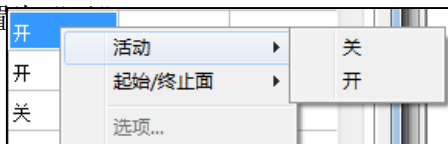
(2) 在【大小】栏中根据产品模型及现场装夹方案确定安全空间各个面到工件数模边缘的距离，默认是 10mm；



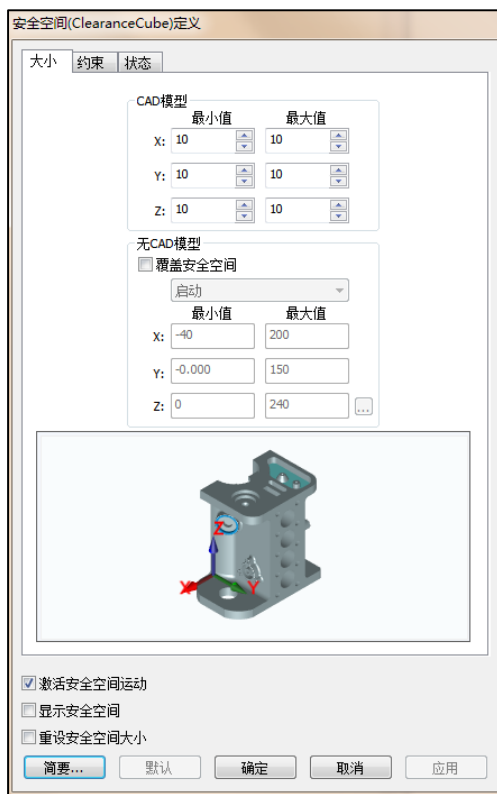
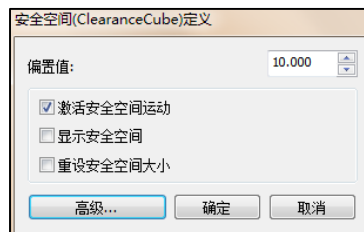
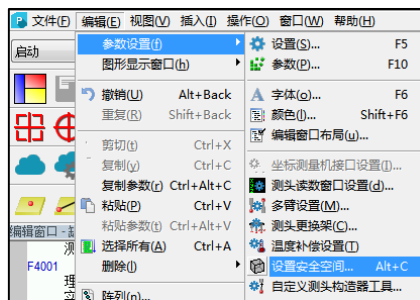
可通过“显示安全空间”按钮实时显示当前设置；

(3) 在【约束】栏中设置测头可通过平面，本例中设置可参考右图；注：不勾选表明测头不可以通过该棱边。

(4) 在【状态】窗口将所有特征的“活动”状态设置



### 安全空间界面设置示例图片



(5) “开始”、“结束”设置 “开始”：测量时测头从哪个方向的安全平面开始移动；“结束”：测量结束后测头从退回到哪个方向的安全平面；

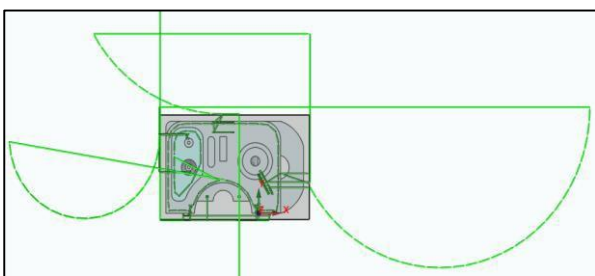
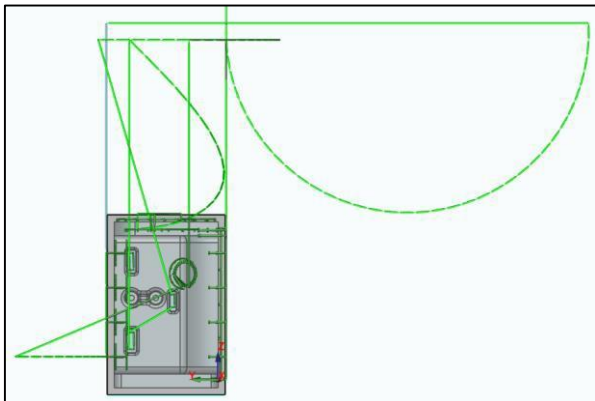
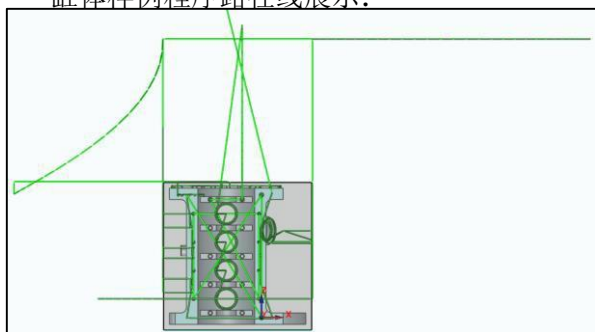
本例中推荐使用“使用测尖矢量”选项；

(6) 勾选“激活安全空间运动”，“显示安全空间”选项不建议在使用中勾选，点击“确定”完成创建；

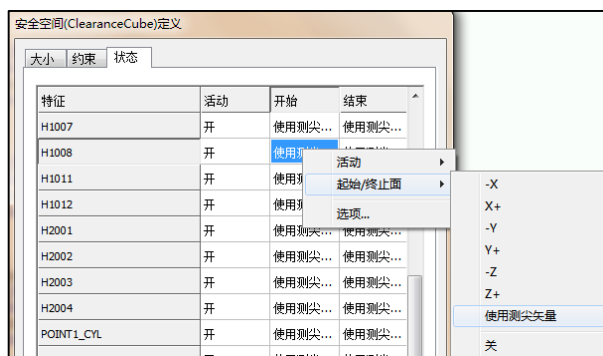
(7) 测量路径线预览 通过【视图】—【路径线】\【光标处的路径线】或“Alt+P”快捷键查看测量路径线。

注意：开启路径线查看功能，只能显示编辑窗口被标记程序的所有路径线，而未被标记的程序则不会显示路径线。对于手动测量命令可以使用快捷键“F3”将鼠标选取部分的程序设为未标记状态。

缸体样例程序路径线展示：



## 安全空间测针出入矢量定义



## 知识拓展

### F3 标记功能应用

在软件编辑窗口中显示的程序，在未做标记设置的前提下，所有程序默认都是标记状态，即“Ctrl+Q”会全部运行。

标记状态和未标记状态有明显的颜色区分，如下图所示：

- 蓝色背景区域为“未标记状态”，程序在使用全部执行命令（Ctrl+Q）后该部分不执行；
- 白色背景区域为“标记状态”，程序在使用全部执行命令（Ctrl+Q）后该部分执行；

<p>DCC1_基准C =特征:触测/圆柱/默认/直角坐标/内,最小二乘方</p> <p>理论值&lt;0,0,216&gt;,&lt;0,-1,0&gt;,8,30</p> <p>实际值&lt;0,0,216&gt;,&lt;0,-1,0&gt;,8,30</p> <p>目标值&lt;0,0,216&gt;,&lt;0,-1,0&gt;</p> <p>起始角=0,终止角=360</p> <p>角矢量=&lt;1,0,0&gt;</p> <p>方向=逆时针</p> <p>显示特征参数=否</p> <p>显示相关参数=否</p>	未标记状态
<p>粗建坐标系 =坐标系/开始,回调:A3,列表=是</p> <p>建坐标系/旋转圆,Z正,至,DCC1_基准B,AND,DCC1_基准C,关于,Y负</p> <p>建坐标系/平移,X轴,DCC1_基准B</p> <p>建坐标系/平移,Z轴,DCC1_基准B</p> <p>坐标系/终止</p> <p>DCC2_基准A =特征:触测/平面/ITP/自由形状平面策略/直角坐标/轮廓,最小二乘方</p> <p>理论值&lt;-59.6974,0,108.7372&gt;,&lt;0,-1,0&gt;</p> <p>实际值&lt;-59.6974,0,108.7372&gt;,&lt;0,-1,0&gt;</p> <p>目标值&lt;-59.6974,0,108.7372&gt;,&lt;0,-1,0&gt;</p> <p>角矢量=&lt;1,0,0&gt; 矩形</p> <p>显示特征参数=否</p> <p>显示相关参数=否</p>	标记状态

**功能用法：** 标记功能主要用在程序调试阶段和程序正式运行阶段。

• 调试阶段：对于未调试程序，可以先将全部程序设为未标记状态，然后逐项开启标记并运行；

• 正式运行：可以将一个完整程序通过不同的标记方法保存为具有特定用途的程序，如车身检测中可以分为“带天窗”检测程序及“无天窗”检测程序，而两个程序的唯一区别就是天窗部分的检测程序是否被标记。

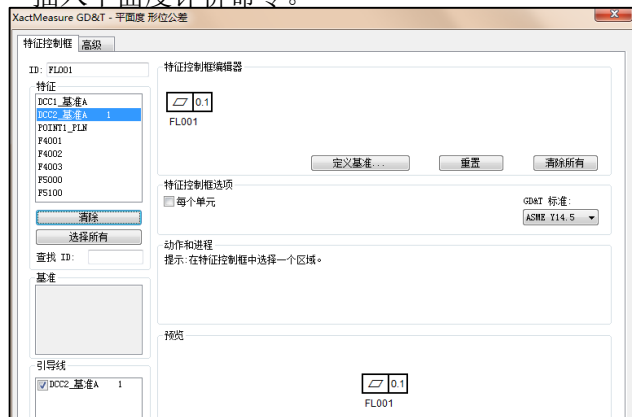
## 6、尺寸评价

### (1) 尺寸 FL001 评价：

符号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
	FL001	FCF 平面度	0	0.1	0

关联元素：“F1000”；通过菜单【插入】——【尺寸】——【平面度】

插入平面度评价命令。



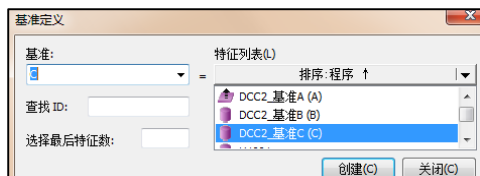
FL001=平面度, DCC2\_基准A  
特征圆框架显示参数=是, 显示延伸=是  
CAD图=关, 报告图=关, 文本=关, 倍率=100.00, 箭头密度=100, 输出=两者, 单位=毫米  
每单位=否  
标准类型=ASME\_Y14.5  
尺寸=平面度, 0.1  
注解/FL001  
特征/DCC2\_基准A

FL001	毫米					
特征	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
DCC2_基准A	0.0000	0.1000		0.0000	0.0000	0.0000

### (2) 尺寸 P002 评价：

符号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
	P002	FCF 位置度	0	0.2[M]	0

关联元素：“H1001~H1004, H1005~H1008”；通过菜单【插入】——【尺寸】——【位置度】插入位置度评价命令。首先定义 A、B、C 基准，如下图所示：

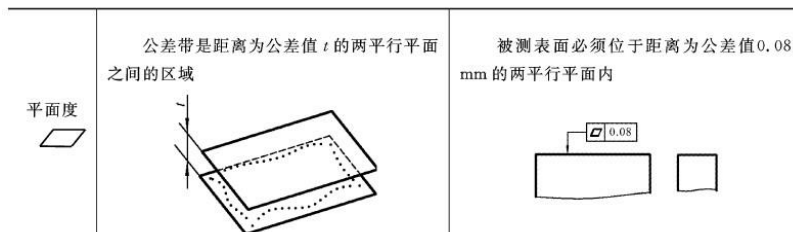


## 知识补充

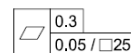
### 平面度概述

平面度表示零件的平面要素实际形状保持理想平面的状况，即平整程度。平面度公差是实际表面所允许的最大变动量，用以限制实际表面加工误差所允许的变动范围。

以下图为例，平面度要求被测平面所有离散测点必须位于距离为0.08mm的两个平行包络平面内，该尺寸才是合格的。



为了严格控制产品表面加工质量，在图纸中经常会增加区域平面度的评价要求，如下图所示：



有两点说明：

1、上格0.3公差

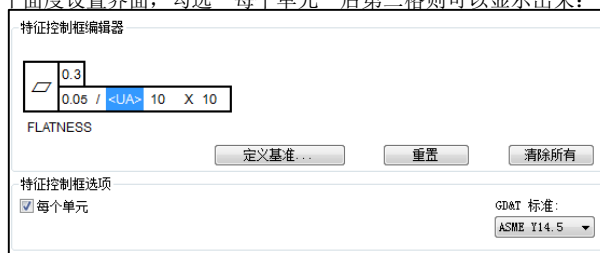
0.3公差所限定的平面检测区域范围为整个平面，因此测量范围要尽可能的覆盖整个平面；

2、下格0.05公差

0.05公差限定区域为整个测量区域中任意25×25面积，要求任意区域的最大平面度结果都要小于0.05。

### 区域平面度添加方法

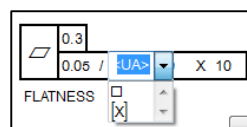
1) 打开平面度设置界面，勾选“每个单元”后第二格则可以显示出来：

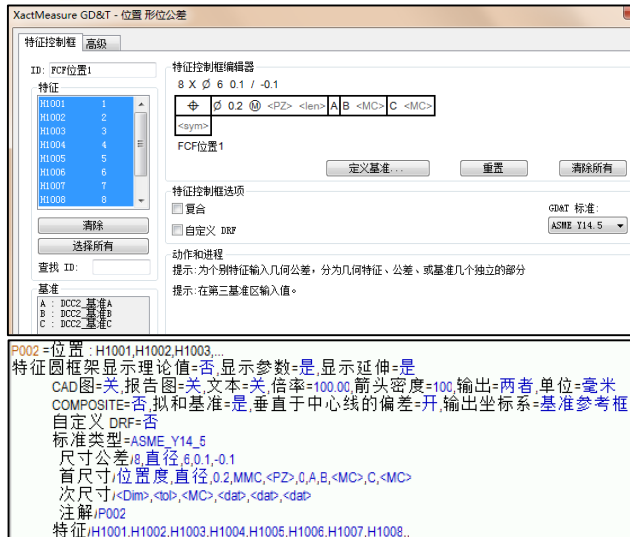


注：PC-DMIS软件仅在新版本评价方式（推荐默认设置）下才支持区域平面度评价，传统评价方式不支持该功能。

2) 按照图纸要求输入指定公差值；

注：PC-DMIS软件支持两类单位区域：方形区域、矩形区域。可通过点击上图中<UA>切换。





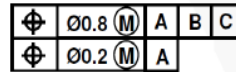
## 知识补充

### 组合位置度与复合位置度介绍

单格位置度是最为常见的位置度标注方式,但是在部分图纸中也会看到组合位置度和复合位置度两种标注方式。由于标注方法的不同,在PC-DMIS中设置也不相同,而且对特征公差带的限制方式也有不同。

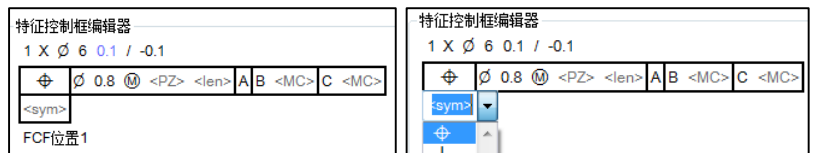
### 组合位置度 (Multiple Single-Segment Position)

组合位置度的上下格是两个相互独立的位置约束尺寸。如下图所示,组合位置度的上下格具备各自的位置度符号,而且公差值及使用基准也不尽相同。



PC-DMIS中如何添加组合位置度? 1)

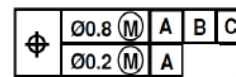
点击下方<sym>,选择位置度符号;



2) 下格按照图纸要求输入公差值,选择对应的基准。

### 复合位置度 (Composite Position)

复合位置度的上下格是有相联的位置约束尺寸。如下图所示,复合位置度的上下格使用共同的位置度符号,下格的公差值及使用基准与上格不同。



PC-DMIS中如何添加复合位置度在下文有具体描述。

图纸要求的位置度评价为孔组位置度评价,虽然不涉及基准匹配,但是由于同时选择了8个孔特征,因此与任务三位置度评价报告显示有差异,分为以下3部分显示:

1) 被评价特征孔直径尺寸,公差值根据位置度孔组直径公差值继承得到;

P002 尺寸	毫米			8XØ6 0.1/-0.1			
特征	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
H1001	6.0000	0.1000	-0.1000	5.9843	-0.0157	0.0000	0.0843
H1002	6.0000	0.1000	-0.1000	5.9668	-0.0332	0.0000	0.0668
H1003	6.0000	0.1000	-0.1000	5.9554	-0.0446	0.0000	0.0554
H1004	6.0000	0.1000	-0.1000	5.9854	-0.0146	0.0000	0.0854
H1005	6.0000	0.1000	-0.1000	6.0002	0.0002	0.0000	0.1002
H1006	6.0000	0.1000	-0.1000	6.0002	0.0002	0.0000	0.1002
H1007	6.0000	0.1000	-0.1000	6.0002	0.0002	0.0000	0.1002
H1008	6.0000	0.1000	-0.1000	6.0002	0.0002	0.0000	0.1002

2) 被评价特征孔位置度结果;

P002 位置	毫米						
特征	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
H1001	0.0000	0.2000		0.6139	0.6139	0.3295	0.0843
H1002	0.0000	0.2000		0.4882	0.4882	0.2215	0.0668
H1003	0.0000	0.2000		0.2784	0.2784	0.0230	0.0554
H1004	0.0000	0.2000		0.2273	0.2273	0.0000	0.0854

3) 被评价特征孔的理论坐标和实测坐标

P002 概要	拟和基准=开, 垂直于中心线的偏差=开, 使用轴=最差						
特征	AX	NOMINAL	MEAS	DEV			
H1001 (起点)	X	-119.8000	-119.5095	0.2905			
	Z	33.0000	32.9010	-0.0990			
H1002 (终点)	X	-119.8000	-119.5870	0.2130			
	Z	83.0000	82.8807	-0.1193			

### (3) 尺寸 P003 评价:

符号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
	P003	FCF 复合位置度	0	0.2[M] 0.1	0

关联元素: “H1011~H1012”; 通过菜单【插入】—【尺寸】—【位置度】

插入位置度评价命令。 图纸要求的复合位置度评价为孔组位置度评价, 涉及到基准匹配, 在位置度界面设置中有几点需要注意:

- 1) 关于评价标准的选用, 选用 ASME Y14.5 标准;

特征控制框选项

☒ 复合 ☐ 自定义 DRP

GD&T 标准: ASME Y14.5

- 3) 位置度公差上格带最大实体要求, 下格不带最大实体要求;

特征控制框编辑器

2 X Ø 6 0.1 / -0.1

特征: Ø 0.2 (M) <PZ> <len> A B <MC> C <MC>

特征: Ø 0.1 <MC> <PZ> <len> A <dat> <dat>

P003

- 4) 由于复合位置度下格仅由基准 A 限定方向, 因此在此报告中有基准转化后得到的位置度结果:

P003 位置		毫米		特征: Ø 0.2 (M) A B C			
特征	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
H1011	0.0000	0.2000		0.0251	0.0251	0.0000	0.1000
H1012	0.0000	0.2000		0.0251	0.0251	0.0000	0.1000

P003 位置		毫米		特征: Ø 0.1 A			
特征	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
H1011	0.0000	0.1000		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
H1012	0.0000	0.1000		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

P003 基准转化						
段	Shift X	Shift Y	Shift Z	旋转X	旋转Y	旋转Z
段 1	固定	固定	固定	固定	固定	固定
段 2	-0.0126	0.0000	0.0000	固定	0.0000	固定

P003 概要 拟和基准=开, 垂直于中心线的偏差=开, 使用轴=最差				
特征	AX	NOMINAL	MEAS	DEV
段 1-特征组	X	-62.0000	-62.0126	-0.0126
	Z	208.0000	208.0000	0.0000
段 1-H1011 (终点)	X	-90.0000	-90.0126	-0.0126
	Z	208.0000	208.0000	0.0000
段 1-H1012 (起点)	X	-34.0000	-34.0126	-0.0126
	Z	208.0000	208.0000	0.0000
段 2-特征组	X	-62.0000	-62.0000	0.0000
	Z	208.0000	208.0000	0.0000
段 2-H1011 (终点)	X	-90.0000	-90.0000	0.0000
	Z	208.0000	208.0000	0.0000
段 2-H1012 (起点)	X	-34.0000	-34.0000	0.0000
	Z	208.0000	208.0000	0.0000

实测值是在基准坐标系下显示的结果

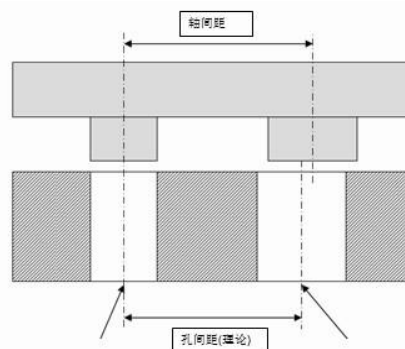
### 知识补充

#### 最大实体条件

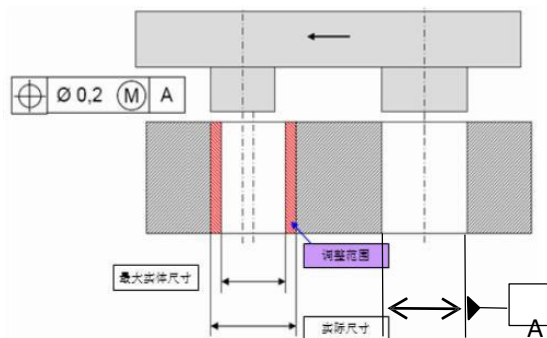
根据零件功能的要求, 尺寸公差与形位公差可以相对独立无关 (独立原则RFS), 也可以互相影响, 互相补偿 (相关要求), 而相关要求又可分为最大实体要求 MMC(Maximum Material Condition)、最小实体要求LMC(Least Material Condition)和包容要求。

最大实体要求既可以应用于被测要素, 也可以应用于基准中心要素。下面我们来看看为何需要最大实体条件?

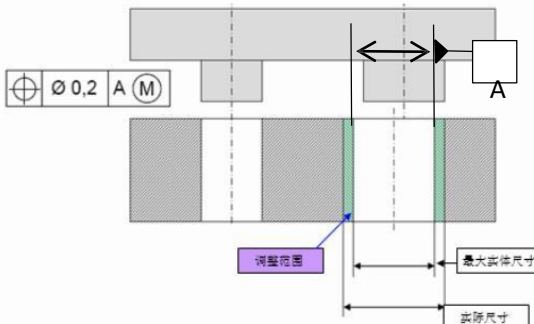
(1) 当考虑两个轴和两个孔能否装配时, 我们通常考虑间距(或者坐标)是否合格, 当实际间距和理论间距之差超差时, 是否就一定判断该零件不合格呢? 如下图所示:



答案肯定是不一定, 因为影响装配的因素除了间距 (坐标) 外, 还有直径的影响, 这就引入了最大实体条件。如下图所示, 如果特征标注最大实体, 则表示特征可以在某个范围内调整。孔特征的实际直径如果大于其最大实体尺寸, 则及时其加工位置稍有偏差, 可是可以满足装配需求的, 从而实现节省加工成本实现精益生产的目的。




(2) 如果基准标注最大实体, 则表示基准可以在某个范围内调整, 如下图所示:



综上所述: 评价对象的最大实体条件是将特征的公差放大, 而基准的最大实体条件是提供最佳装配路径(即最佳拟合)以缩小位置度要求。

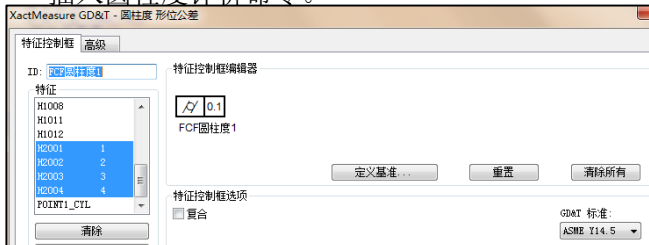


#### (4) 尺寸CY004 评价:

符号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
	CY004	FCF 圆柱度	0	0.1	0

关联元素: “H2001~H2004”; 通过菜单【插入】—【尺寸】—【圆柱度】

插入圆柱度评价命令。




圆柱度评价为形状误差评价项目, GD&T 标准选择 ISO 1101 或 ASME Y14.5 都可以, 不影响最终评价结果。

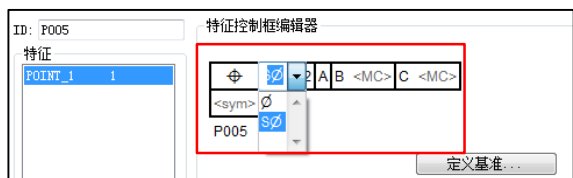
FCF 圆柱度 1 = 圆柱度: H2001, H2002, H2003, ...  
特征圆框架显示参数=是, 显示延伸=是  
CAD图=关, 报告图=关, 文本=关, 倍率=100.00, 箭头密度=100, 输出=两者, 单位=毫米  
标准类型=ASME, Y14.5  
尺寸/圆柱度, 0.1  
注解/FCF 圆柱度 1  
特征/H2001, H2002, H2003, H2004, ...

特征	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
H2001	0.0000	0.1000	0.0000	0.0884	0.0884	0.0000
H2002	0.0000	0.1000	0.0000	0.0884	0.0884	0.0000
H2003	0.0000	0.1000	0.0000	0.0884	0.0884	0.0000
H2004	0.0000	0.1000	0.0000	0.0884	0.0884	0.0000


#### (5) 尺寸P005 评价:

符号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
	P005	FCF 位置度	0	0.2	0

关联元素: 构造点“POINT\_1”; 图纸中虽然没有标注公差带类型, 但根据点空间位置要求, 应该为球公差带, 选择【SΦ】



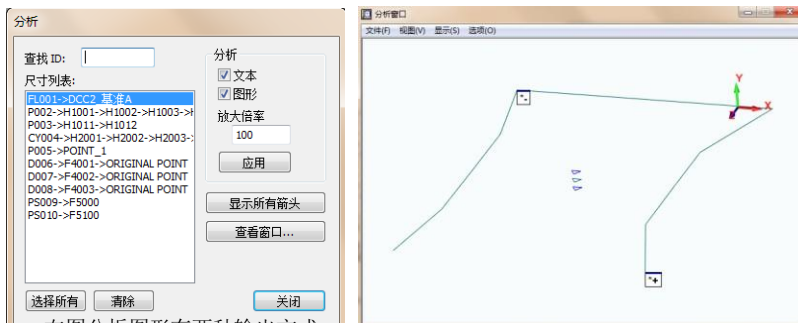
#### (6) 尺寸P006 评价:

符号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
	P006	FCF 复合位置度	0	0.2[M] 0.1	0

关联元素: “H3001”、“H3002”、“H3003”; 复合位置度设置方法参考 P003, 注意第二格无需选择基准。

实用技巧补充 如何在软件中查看影响圆柱度各个测点的偏差, 可否将点偏差图作为 报告输出便于调整刀具?

PC-DMIS软件的报告分析功能可以输出评价项目的图形分析, 通过【插入】—【报告命令】—【分析】进入设置界面, 选择需要显示的评价项目(这里选择FL001尺寸)勾选“图形”复选框, 放大倍率可以先按照100输入, 点击“查看窗口”后即可看到图形分析窗口跳出。



右图分析图形有两种输出方式:

- 1) 直接联打印机打印;
- 2) 通过【选项】——【将图形报告保存到报告】将分析图形插入到PDF报告中, 自动添加报告命令: 显示/元文件, “”, 合适, 高

#### 知识补充 公差与

#### 形状公差

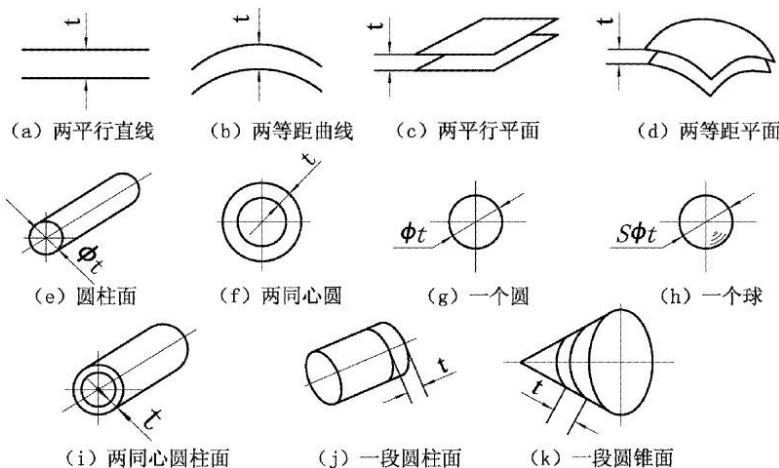
单一实际要素的形状所允许的变动全量。

#### 2、位置公差

关联实际要素的位置对基准所允许的变动全量。GB/T 1182 标准中将位置公差分为定向、定位、跳动 3 种, 分别是关联实际要素对基准在方向、位置和回转时所允许的变动范围。

#### 3、形位公差带的主要形状

形位公差带是用来限制被测实际要素变动的区域, 只要被测实际要素完全落在给定的公差带区域内, 就表示其实际测得要素符合设计要求。

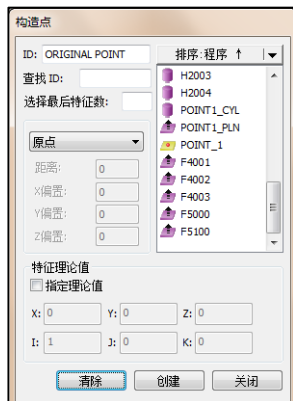


## (7) 尺寸 D007 评价:

符号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
	D007	距离	66	0.1	-0.1

关联元素: “F4001”; 有两种方式创建该评价: 方法一: 通过 “距离” 命令来评价

1) 插入构造点命令, 选择构造 “原点”;



构造点

ID: ORIGINAL POINT 排序: 程序 ↑

查找 ID:

选择最后特征数:

原点

距离: 0

X 偏置: 0

Y 偏置: 0

Z 偏置: 0

特征理论值

☐ 指定理论值

X: 0 Y: 0 Z: 0

I: 1 J: 0 K: 0

清除 创建 关闭

ORIGINAL\_POINT=特征/点, 直角坐标, 否  
 理论值/<0,0,0>,<0,0,1>  
 实际值/<0,0,0>,<0,0,1>  
 构造/点,原点

2) 插入 “距离” 评价, 选择 “2D 距离”, 方向平行于 “X 轴”;



距离

ID: 距离1 查找 ID:

排序: 程序 ↑

F4001 1

F4002

F3

ORIGINAL\_POINT

最后两个 清除

单位

☐ 英寸 ☒ 毫米

公差

上公差 0.1

下公差 -0.1

标称值 66

距离类型

☒ 2 维

☐ 3 维

☐ 最短距离

尺寸信息

☐ 显示

编辑...

关系

☐ 按特征 0

☒ 按 X 轴 66

☐ 按 Y 轴 62.6307

☐ 按 Z 轴

方向

☐ 垂直于

☒ 平行于

输出到:

☐ 统计

☐ 报告

☒ 两者

☐ 无

图选项

☒ 无半径

☐ 加半径

☐ 减半径

分析

☐ 文本

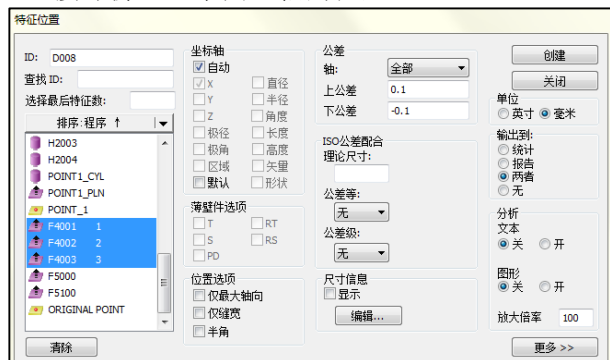
☐ 图形

放大倍率

10

创建 关闭

方法二: 通过 “位置” 命令来评价 图纸的实际意图就是评价台阶面各个面沿着基准系轴向到基准系中心的距离, 这里也可以直接评价这三个面 X 轴的位置。



特征位置

ID: D008 查找 ID:

选择最后特征数:

排序: 程序 ↑

H2003

H2004

POINT1\_CVL

POINT1\_PLN

POINT\_1

F4001 1

F4002 2

F4003 3

F5000

F5100

ORIGINAL\_POINT

清除

坐标轴

☒ 自动

☒ X

☐ Y

☐ Z

☐ 直径

☐ 半径

☐ 角度

☐ 长度

☐ 高度

☐ 区域

☐ 矢量

☐ 形状

薄壁选项

☐ T

☐ RT

☐ S

☐ RS

☐ PD

位置选项

☐ 仅最大轴向

☐ 仅垂直

☐ 半角

公差

轴: 全部

上公差 0.1

下公差 -0.1

ISO 公差配合

理论尺寸:

公差等: 无

公差级: 无

尺寸信息

☐ 显示

编辑...

单位

☐ 英寸 ☒ 毫米

输出到:

☐ 统计

☐ 报告

☒ 两者

☐ 无

分析

文本

☒ 关 ☐ 开

图形

☒ 关 ☐ 开

放大倍率

100

创建 关闭 更多 >>


方法一、方法二虽然是两种评价类型, 但实质内容是一样的, 可以灵活选用。

## (8) 尺寸 D008 评价:

符号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
	D008	距离	65.3	0.1	-0.1

关联元素: “F4002”; 创建方法可参考尺寸 D007 评价方法。

## (9) 尺寸 PS009 评价:

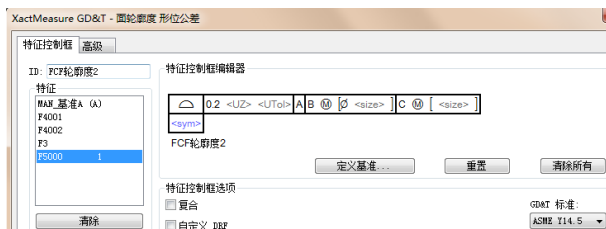
符号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
	PS009	FCF 面轮廓度	0	0.2	0

关联元素: 台阶面“F5000”;  
轮廓度分为:

1) 按键盘“F10”按钮打开参数设置界面, 切换到“尺寸”栏, 勾选“最大最小值”;




2) 打开轮廓度对话框, 按照要求选择被评价元素和评价基准, 并输入图纸公差, 标准选用 ASME Y14.5;



3) 点击“创建”按钮得到该轮廓度评价。

## (10) 尺寸 PS010 评价:

符号	尺寸	描述	标称值	正公差	负公差
	PS010	FCF 线轮廓度	0	0.2	0

关联元素: 开线扫描特征“F5100”; 该评价创建方法可参考尺寸 PS009, 注意要选用“线轮廓度”命令评价。

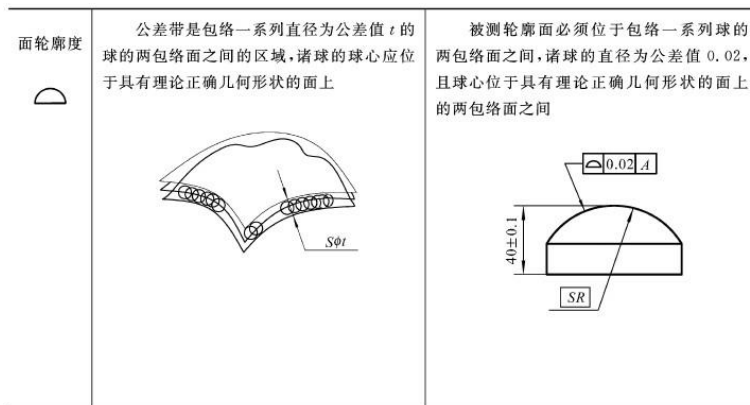
## 知识补充

### 面轮廓度概述

#### 概念

面轮廓度表示零件上任意形状的曲面保持其理想形状的状况。面轮廓度公差是非圆曲面的轮廓线对理想轮廓面的允许变动量, 用以限制实际曲面

加工误差的变动范围。



PC-DMIS软件在轮廓度评价中提供了ISO 1101和ASME Y14.5两个标准, 后者多适用于北美地区。

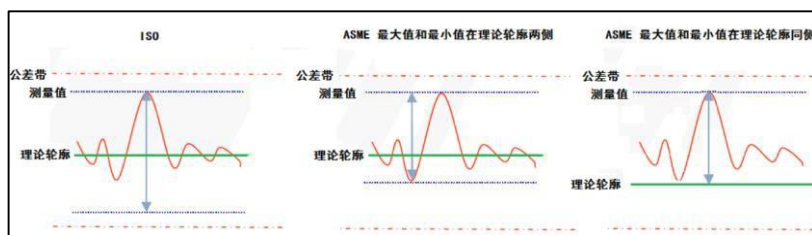
采用这两个标准计算测量值的区别在于:

1、ISO 1101 (带基准和不带基准计算方式相同): 使用最大偏差的两倍来计算测量值;

2、ASME Y14.5 (带基准和不带基准计算方式相同):

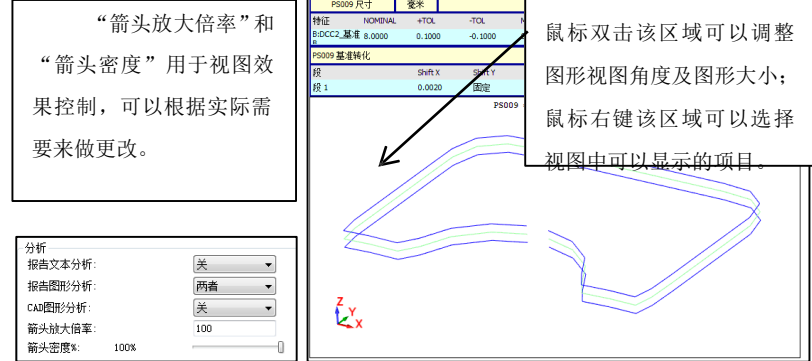
(1) 轮廓度的最大值和最小值位于理论轮廓两侧时, 以最大值和最小值的差作为测量值;

(2) 轮廓度的最大值和最小值位于理论轮廓同侧时, 以最大值和最小值的绝对值极值为实测值。



### 面轮廓度报告图形分析

PC-DMIS软件可以通过高级菜单中“报告图形分析”直接输出至PDF报告, 用于测点偏差详情查阅。



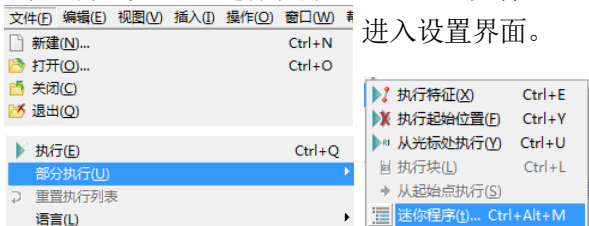
**7、产品复检及超差尺寸抽检** 在实际检测中，可能由于不确定因素（测量系统稳定性和精度在长期使用后有所下降，或零件在测量过程中没有装夹牢固等原因）导致测量结果不可靠。产品复检及超差尺寸抽检是在测量环节中常见的测量要求。

### （1）产品复检

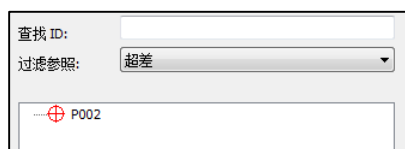
产品复检环节可以通过再次运行测量程序得到第二次测量的结果。通过与第一次测量结果做对比，有助于查找造成测量尺寸超差的原因。

**（2）超差尺寸抽检** 如果一次测量的总时长在可接受范围内，可以通过全部运行测量程序来得到超差尺寸的抽检结果。

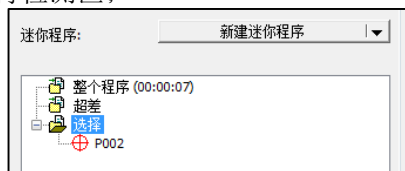
PC-DMIS 软件提供了便捷的超差尺寸抽检的方式——“迷你程序”，通过【文件】—【进入设置界面】。



设置步骤：1）【过滤参照】项选择“超差”；这样就在界面下方出现程序中所有超差尺寸。以下图为例，位置度 P002 结果超差：



2) 选中此超差尺寸，点击“>>”按钮将尺寸导入到待检测区；



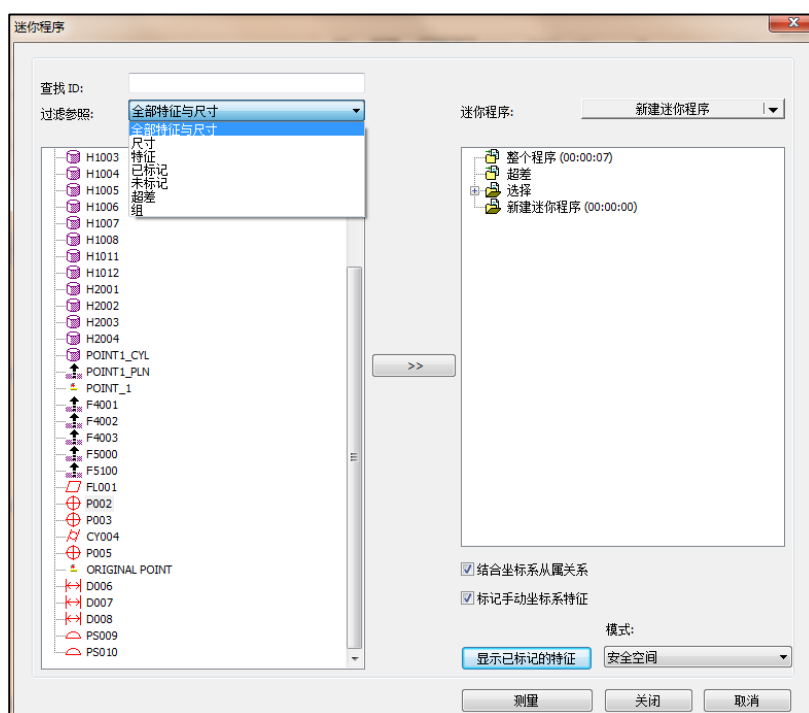
3) 勾选“结合坐标系从属关系”，如果工件有被移动过，需要勾选“标记手动坐标系特征”；4) 模式默认是“安全空间”，点击测量后，测量机则会根据特征尺寸的关联关系自动完成标记并执行测量命令；5) 测量结束后报告自动保存在指定路径。

## 知识补充

### 迷你程序功能介绍

迷你程序功能自PC-DMIS 2014.1版本推出，普遍得到业内好评。迷你程序有一个使用前提，必须依托于“安全空间”功能自动计算测头移动路径。通过迷你程序功能的“过滤参照”选项来查找要在迷你程序中测量的项目。筛选后的项目将显示在“尺寸”窗格中，具体有以下分类：

- 全部特征与尺寸
- 尺寸
- 特征
- 已标记
- 未标记
- 超差
- 组

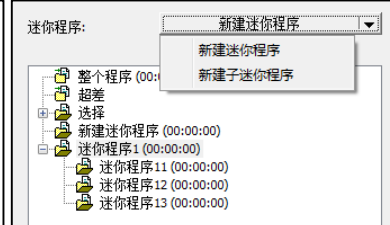


目前标记模式主要有“安全空间”和“基于特征测量”（后者广泛应用于手机产品检测，选项非标配）。

### 新建迷你程序

PC-DMIS软件可以通过“新建迷你程序”功能实现任意元素的组合测量。

- 1、点击“新建迷你程序”，得到“迷你程序1”；
  - 2、将筛选列表中的指定测量元素添加至“迷你程序1”栏目下；
  - 3、如迷你程序需要子结构，可通过“新建子迷你程序”实现；
  - 4、可通过“显示已标记的特征”查看软件标记状态。
- 确认无误后可点击测量。



总结：通过本任务的学习，可以通过创建批量检测程序，在力求测量方式方法准确的基础上完成较复杂缸体的检测。本章对于孔组位置度评价和复合位置度评价的测量实践较多，希望大家在不断练习中体会其实际控制要求的差异。

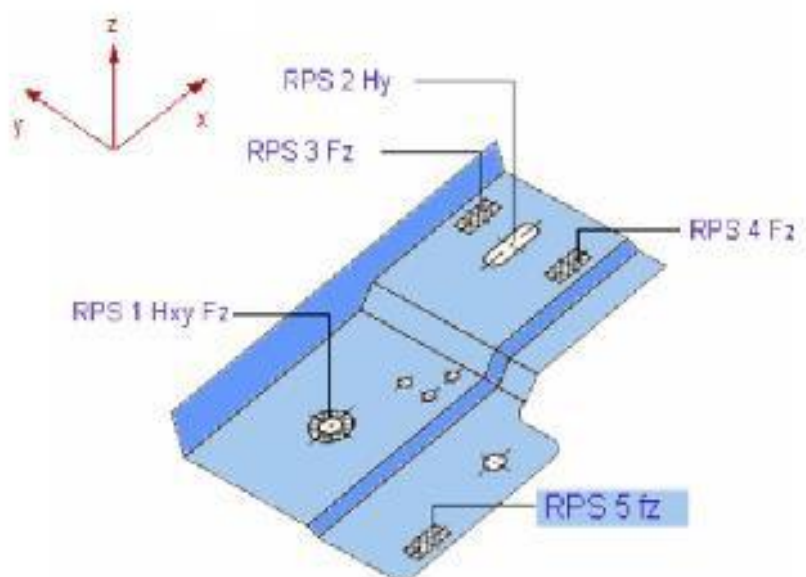


## 迭代法建立坐标系

### 【建议学时】

### 2 学时

迭代法建立零件坐标系主要应用于工件原点不在工件本身、或无法找到相应的基准元素（如面、孔、线等）来 确定轴向或原点。



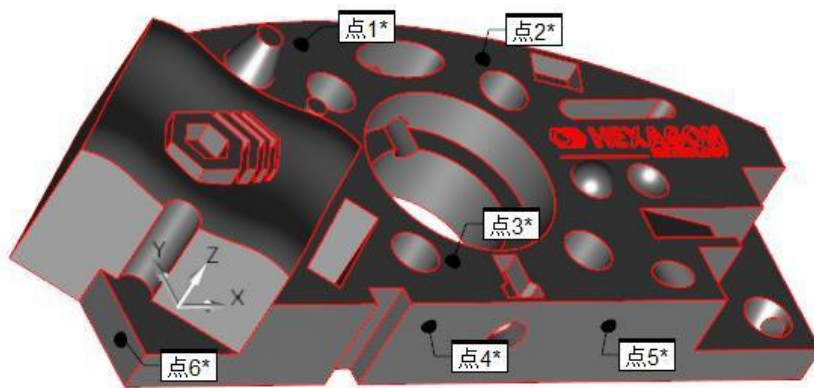
迭代法建坐标系特征元素必需要有数模或用于建立坐标系的元素的理论值信息。

**案例：六个点迭代** 前三个矢量点——确定平面——找正一个轴向 要求三个点矢量方向近似一致； 后两个矢量点——确定直线——旋转确定第二轴

要求两个点矢量方向近似一致，并且此两点的连线与前三个点方向垂直；

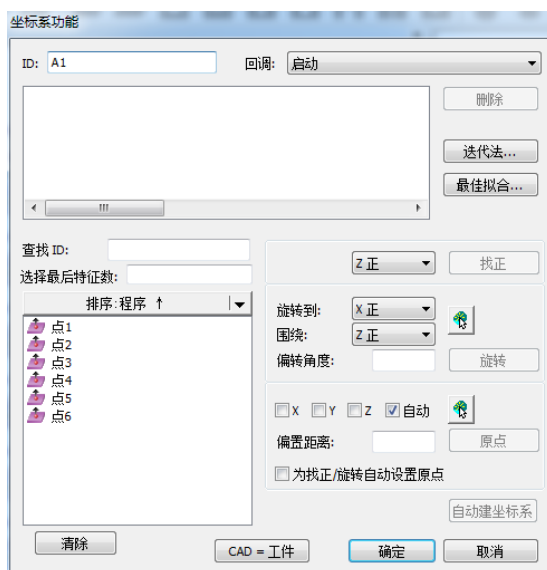
最后一个矢量点——原点；

要求方向与前五个

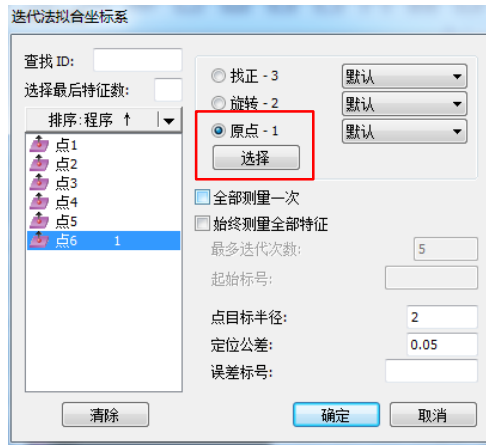




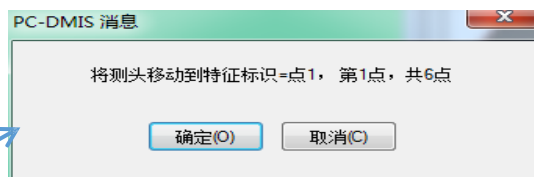
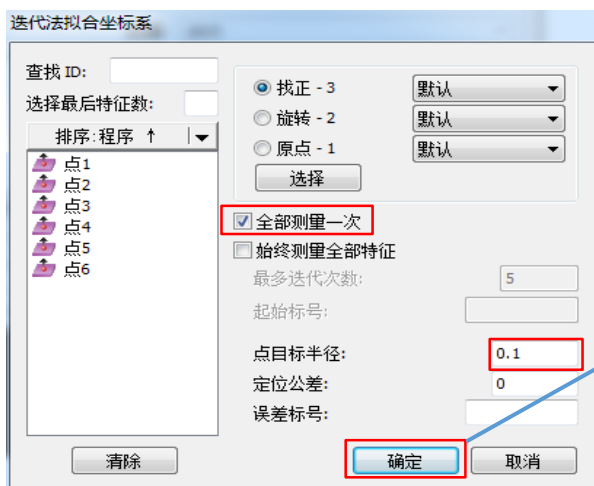
4、建立坐标系，选择“迭代法”；



5、选择点 1、点 2、点 3 ---找正---单击“选择”，选择点 4、点 5 ---旋转---单击“选择”，选择点 6 ---原点---单击“选择”；

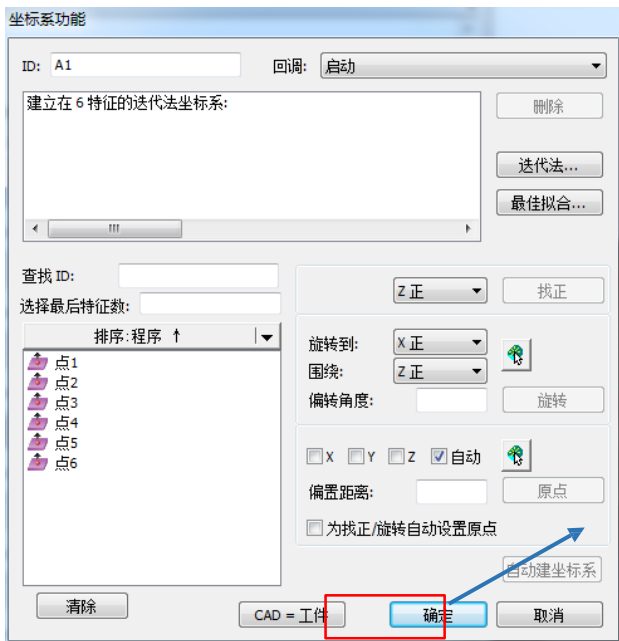


6、“点目标半径”处输入这 6 个定位点的精度，选择“全部执行一次”，单击确定。按照软件提示，将测头移动到相应的位置，点击“确定”，测量机将自动测量相应的点；



7、测量完毕后，软件将回到建立坐标系的初始对话框，点击确定，程序窗口将生成坐标系

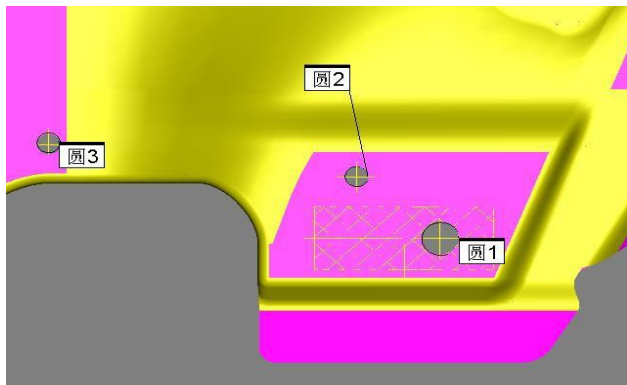
；



```

自动移动=两者,距离=20
显示触测=否
=特征/触测/矢量点/默认,极坐标
理论值/<157.383,0,-10.103>,<0,-1,0>
实际值/<157.383,0,-10.103>,<0,-1,0>
目标值/<157.383,0,-10.103>,<0,-1,0>
显示特征参数=否
显示相关参数=是
自动移动=两者,距离=20
显示触测=否
=特征/触测/矢量点/默认,极坐标
理论值/<10.869,90,-26.779>,<-1,0,0>
实际值/<10.869,90,-26.779>,<-1,0,0>
目标值/<10.869,90,-26.779>,<-1,0,0>
显示特征参数=否
显示相关参数=是
自动移动=两者,距离=20
显示触测=否
=坐标系/开始,回调:启动,列表=是
建立坐标系/迭代
点目标半径=0.1,起始标号=,定位公差=0,错误标号=
测量所有特征=一次,找正轴=Z 轴,旋转轴=Y 轴,原点轴=X 轴
找正=点1,点2,点3,,
旋转=点4,点5,,
原点=点6,,
坐标系/终止
    
```

其它常用迭代方法:



三个圆迭代



三个点两个圆迭代

迭代法建立规则:

所用特征的类型:	至少需要的特征数:	
圆	3个圆:	此方法将 3 个 DCC 圆用于建坐标系。
线	建议不要使用此特征类型。	
点	6个点:	此点用作 3-2-1 建坐标系。
槽	建议不要将此特征类型用作原点特征组的一部分。	
球	3个球体:	此方法将 3 个球体用于建坐标系。

## 学习任务一

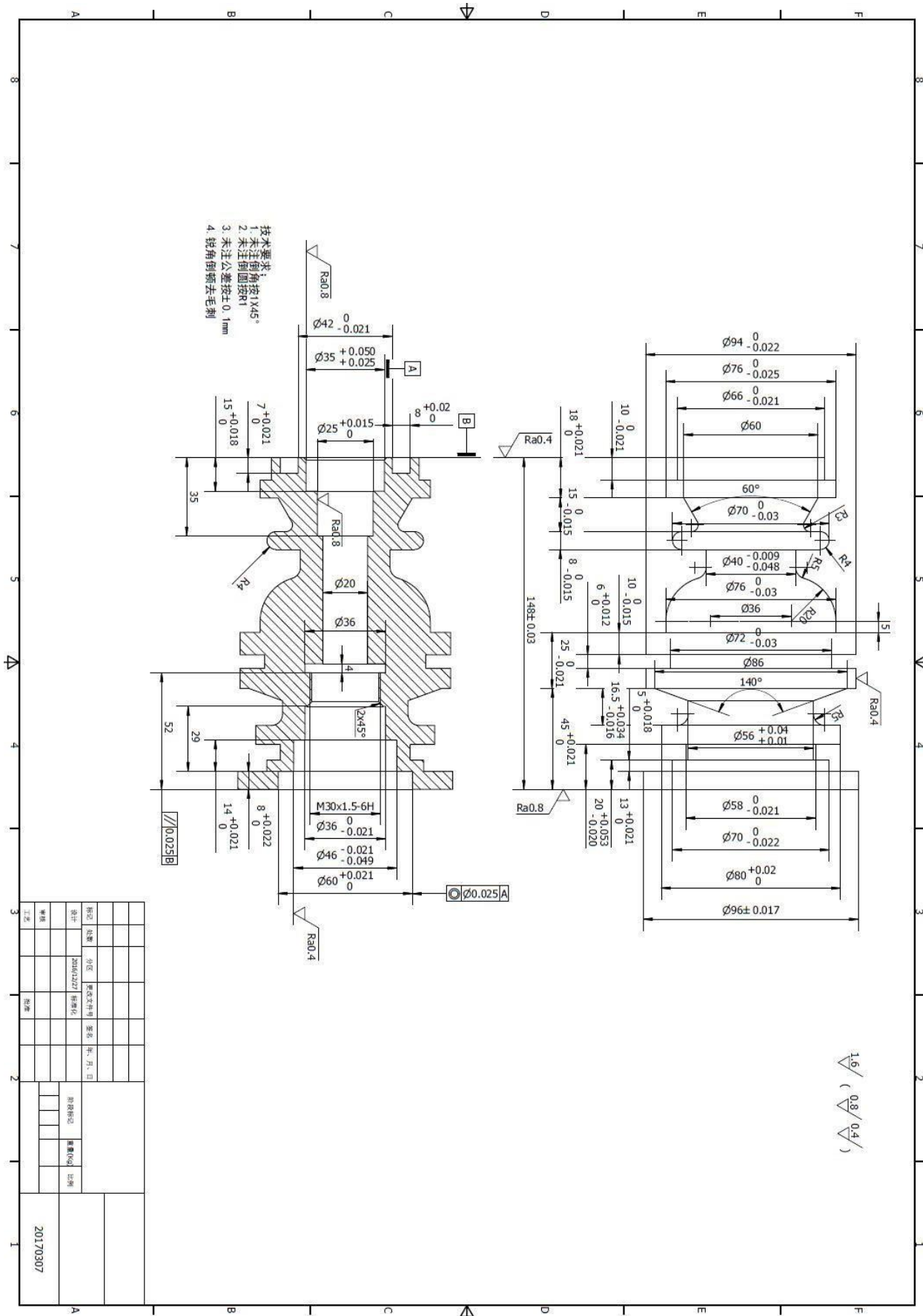


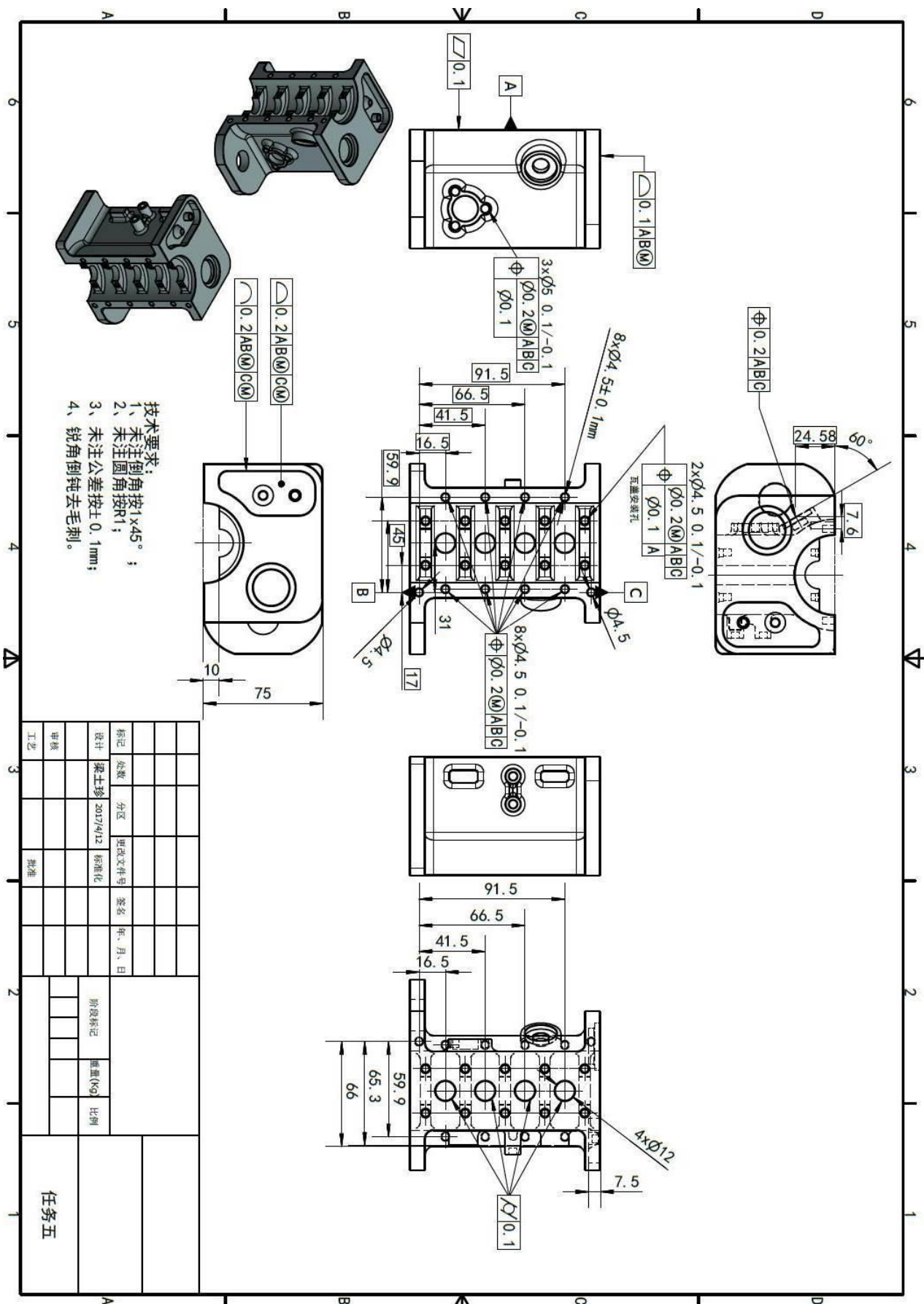




## 117

学习任务四





## 附录二 坐标测量技术专业术语中英文对照

A/D 转换	A/D Converter
阿贝误差	Abbe Error
验收检测	Acceptance Test ( Of A CMM)
实际接触点	Actual Contact Point
气动平衡	Air (Pneumatic) Counter Balance
空气轴承	Air Bearing
找正、建坐标系	Alignment
万向探测系统	Articulated Probing System
万向探测系统形状误差	Articulated Probing System Form Error
万向探测系统位置误差	Articulated Probing System Location Error
万向探测系统尺寸误差	Articulated Probing System Size Error
自动更换装置	Autochanger
轴向四轴误差	Axial Four-Axis Error
返回距离	Back Off Distance
滚珠丝杠	Ballscrew
最佳拟合	Best-Fit Process
笛卡尔直角坐标系	Cartesian System
合格证	Certification
数控测量机	CNC CMM
热膨胀系数	Coefficient Of Thermal Expansion
柱式坐标测量机	Column CMM
比较仪	Comparator
压缩空气	Compressed Air
计算机辅助精度改进	Computer Aided Accuracy
计算机辅助设计	Computer-Aided Design (CAD)
接触式探测系统	Contacting Probing System
连续轨迹控制	Continuous Path Control
转换规则	Conversion Rule
转换检测参数	Converted Test Parameter Values
坐标测量	Coordinate Measurement
坐标测量机	Coordinate Measuring Machine(CMM)
修正测量点	Corrected Measured Point
修正扫描线	Corrected Scan Line
修正扫描点	Corrected Scan Point
平衡机构	Counter Balance
对角线	Diagonal Line
百分表、千分表	Dial Indicator





尺寸	Dimension
尺寸测量用接口标准	Dimensional Measuring Interface Standard(DMIS)
直接 CAD 接口	Direct CAD Interface (DCI)
直接 CAD 翻译	Direct CAD Translation (DCT)
离散点探测	Discreted-Point Probing
离散点探测速度	Discreted-Point Probing Speed
漂移	Drift
动态作用	Dynamic Effect
误差修正图	Error Mapping
坐标测量机尺寸测量的示值误差	Error Of Indication Of A CMM For Size Measurement
数据集的范围	Extent(Of A Data Set)
元素构造	Feature Construction
过滤系统	Filtration System
有限元分析	Finite Element Analysis(FEA)
固定桥式坐标测量机	Fixed Bridge CMM
固定测头座	Fixed Head
固定多探针探测系统形状误差	Fixed Multiple-Stylus Probing System Form Error
固定多探针探测系统位置误差	Fixed Multiple-Stylus Probing System Location Error
固定多探针探测系统尺寸误差	Fixed Multiple-Stylus Probing System Size Error
固定工作台悬臂式坐标测量机	Fixed Table Cantilever CMM
固定工作台水平悬臂坐标测量机	Fixed Table Horizontal-Arm CMM
形状	Form
摩擦杆	Friction Bar
摩擦杆传动	Friction Driver(Capstan Or Traction)
龙门式坐标测量机	Gantry CMM
量块	Gauge Block
高斯辅助要素	Gaussian Associated Feature
高斯径向距离	Gaussian Radial Distance
产品几何量技术规范	GPS (Geometrical Product Specifications)
斜齿轮	Helical Gear
（坐标测量机）的高点密度	High Point Density(Of A CMM)
湿度	Humidity
滞后	Hysteresis
指示测量点	Indicated Measured Point
红外的	Infrared
（坐标测量机）的中间检查	Interim Check(Of A CMM)
中间检查	Interim Testing
中间点	Interim Point
国际标准组织	International Organization For Standardization (ISO)
激光干涉仪	Laser Interferometer

激光扫描测头	Laser Scanning Probe
丝杠	Leadscrew
自学习编程	Learn Programming
最小二乘	Least Square
最小二乘辅助要素	Least-Squares Associated Feature
长度标准	Length Standard
位置精度	Linear Displacement Accuracy
位置	Location
（坐标测量机）的低点密度	Low Point Density(Of A CMM)
L 型桥式坐标测量机	L-Shaped Bridge CMM
机器坐标系统	Machine Coordinate System
磁栅尺	Magnetic Scale
手动测量机	Manual CMM
手动测头座	Manual Head
实物标准器	Material Standard
尺寸实物标准器	Material Standard Of Size
最大内切圆	Maximum Inscribed Circle
坐标测量机尺寸测量的最大允许示值误差	Maximum Permissible Error Of Indication Of A CMM For Size Measurement
最大允许固定多探针探测系统形状误差	Maximum Permissible Fixed Multiple-Stylus Probing System Form Error
最大允许固定多探针探测系统位置误差	Maximum Permissible Fixed Multiple-Stylus Probing System Location Error
最大允许固定多探针探测系统尺寸误差	Maximum Permissible Fixed Multiple-Stylus Probing System Size Error
最大允许探测误差	Maximum Permissible Probing Error
最大允许万向探测系统形状误差	Maximum Permissible Articulated Probing System Form Error
最大允许万向探测系统位置误差	Maximum Permissible Articulated Probing System Location Error
最大允许万向探测系统尺寸误差	Maximum Permissible Articulated Probing System Size Error
最大允许轴向四轴误差	Maximum Permissible Axial Four Axis Error
最大允许径向四轴误差	Maximum Permissible Radial Four Axis Error
最大允许扫描探测误差	Maximum Permissible Scanning Probing Error
最大允许切向四轴误差	Maximum Permissible Tangential Four Axis Error
最大允许扫描检测时间	Maximum Permissible Time For Scanning Test
平均失效时间	Mean Time Between Failure (MTBF)
平均修复时间	Mean Time For Repair (MTFR)
测量空间	Measuring Volume
千分尺	Micrometer



微型应变片	Micro-Strain Gage
最小外接圆	Minimum Circumscribed Circle
机动测量机	Motorized CMM
机（自）动测头座	Motorized Head
移动桥式坐标测量机	Moving Bridge CMM
水平悬臂移动式坐标测量机	Moving Ram Horizontal-Arm CMM
移动工作台悬臂式坐标测量机	Moving Table Cantilever CMM
移动工作台水平悬臂坐标测量机	Moving Table Horizontal-Arm CMM
多探针	Multiple Styli
多探针	Multiple Stylus
多测头系统	Multi-Probe System
多级减速器	Multi-Stage Speed Reducer
（美国）国家标准及技术研究院	National Institute Of Standard And Technology(NIST)
非直角坐标系	Non-Cartesian System
非接触式探测系统	Non-Contacting Probing System
不均办温度场	Non-Uniform Temperatures
非预定路径扫描	Not Pre-Defined Path Scanning
脱机编程	Off-Line Programming
光学测头	Optical Probe
光学探测系统	Optical Probing System
光栅尺	Optical Scale
方向	Orientation
要素参数化	Parameterization Of A Feature
零件坐标系	Part Coordinate System
零件工夹具	Part Handling
零件编程	Part Programming
压电测头	Piezo Sensor
俯仰角摆	Pitch
预定路径扫描	Pre-Defined Path Scanning
（测头）预行程	Pretravel
测头	Probe
测头校验	Probe Calibration
测头座（测头）座	Probe Head
测头的三角形效应	Probe Lobbing
探测误差	Probing Error
探测系统	Probing System
探测系统的标定	Probing System Qualification
探测	Probing(to probe)
程序点	Program Point
可编程夹具	Programmable Fixture

齿轮齿条	Rack-And-Pinion
径向四轴误差	Radial Four Axis Error
探测轴	Ram
范围	Range
（光栅）读数头	Read Head
标准数据	Reference Data Set
标准付	Reference Pair
标准参数值	Reference Parameter Value
标准参数化	Reference Parameterization
标准残差	Reference Residual
标准软件	Reference Software
标准球	Reference Sphere
反射式光栅	Reflection Scale
可靠性	Reliability
重复性	Repeatability
残差	Residual
谐振	Resonance
（坐标测量机）的复检检测	Reverification Test(Of A CMM)
逆向工程	Reverse Engineering
自转	Roll
转台	Rotary Table
转台设置	Rotary Table Setup
采点策略	Sampling Strategy
扫描顺序	Scan Sequence
扫描	Scanning
扫描测头	Scanning Probe
扫描探测误差	Scanning Probing Error
扫描速度	Scanning Speed
敏感系数	Sensitivity Coefficient
伺服电机	Servo Motor
薄壁件特征测量	Sheet Metal Feature Measurement
尺寸	Size



### 附录三 PC-DMIS 常用快捷键汇总

快捷键	描述
<b>F1</b>	访问联机帮助
<b>F2</b>	编辑窗口:如果光标位于表达式行处, 则打开表达式构造器对话框.
<b>F3</b>	编辑窗口: 标记/取消标记要执行的命令。  如果您的光标停留在外部对象上, 按 <b>F3</b> 键可以在打印模式和执行模式之间切换。
<b>F4</b>	编辑窗口:打印编辑窗口内容。.
<b>F5</b>	访问设置选项对话框.
<b>F6</b>	访问字体设置对话框。
<b>F7</b>	编辑窗口: 在所选生物切换字段内, 按字母顺序向后循环至最后一个字母条目
<b>F8</b>	编辑窗口:在所选的切换字段内,按字母顺序向后循环至最后一个字母条目.。
<b>F9</b>	编辑窗口: 打开与光标处的命令关联的对话框。
<b>F10</b>	打开参数设置对话框。
<b>F12</b>	打开夹具设置对话框。
<b>Shift + 右键单击</b>	打开缩放绘图对话框。
<b>Shift + Tab</b>	编辑窗口:将光标向后移动到前一个用户可编辑的字段。
<b>Shift + 箭头</b>	随着光标的移动突出显示所有文本。
<b>Shift + F5</b>	编辑窗口: 更改尺寸测点在直角坐标系与极坐标系之间的显示。"P" 字符表示极坐标显示模式。
<b>Shift + F6</b>	编辑窗口: 若处于命令模式中, 将打开颜色编辑器对话框。
<b>Shift + F10</b>	编辑窗口: 访问跳转到对话框。
<b>终止</b>	终止特征测量。 编辑窗口:将光标移动至当前行的末尾。
<b>Home</b>	编辑窗口:将光标移动至当前行的开头。
<b>标签</b>	编辑窗口:将光标向前移动到下一个用户可以编辑的字段。
<b>Esc</b>	若在按 <b>Enter</b> 键前按 <b>Esc</b> , 将中止任何进程(数据输入除外)。
<b>删除</b>	编辑窗口:参考 '回车键'.



<b>Backspace</b>	编辑窗口:删除突出显示的字符。如果没有突出显示的字符,则与在普通编辑器下的功能相同。如无法删除项目,将显示一条错误消息。
<b>Enter 或 Return</b>	编辑窗口: 建立新的空白行,如果在光标移开前未完成操作,将自动删除该行。 选择命令。
<b>Shift + F4</b>	打开测量机接口设置。
<b>Shift + 右键单击</b>	报告窗口标识: 显示 报告对话框。
<b>Shift + 单击</b>	图形显示窗口: 根据突出显示的 CAD 元素创建自动特征。
<b>Ctrl + A</b>	编辑窗口:选择所有文本。 表格和报告编辑器: 选择所有对象。
<b>Ctrl + C</b>	编辑窗口:复制所选文本。 表格和报告编辑器: 复制所选对象。
<b>Ctrl + D</b>	删除当前特征。
<b>Ctrl + E</b>	执行被选特征或命令(那些支持该快捷方式的命令)
<b>Ctrl + F</b>	访问自动特征对话框。
<b>Ctrl + G</b>	在“编辑”窗口插入一个“读取点”命令。
<b>Ctrl + J</b>	编辑窗口:跳转到参考命令。
<b>Ctrl + K</b>	在编辑报告中保存所选的尺寸。
<b>Ctrl + L</b>	执行当前所选择的命令块。
<b>Ctrl + M</b>	在“编辑”窗口中插入一条 MOVEPOINT 命令。
<b>Ctrl + N</b>	创建新的测量例程。
<b>Ctrl + O</b>	打开测量例程。
<b>Ctrl + P</b>	打印“图形显示”窗口。
<b>Ctrl + Q</b>	编辑窗口: 执行当前测量例程。
<b>Ctrl + R</b>	打开旋转对话框。
<b>Ctrl + S</b>	保存当前测量例程。
<b>Ctrl + T</b>	编辑窗口: 将当前命令 (或已选命令)分配给主机械臂、从机械臂或同时分给两个机械臂。
<b>Ctrl + V</b>	编辑窗口: 粘贴剪贴板内容。 表格和报告编辑器: 粘贴 复制 对象。
<b>Ctrl + X</b>	编辑窗口: 剪切所选的文本。



	表格和报告编辑器： 剪切所选对象。
<b>Ctrl + Y</b>	编辑窗口： 从光标位置执行测量例程。
<b>Ctrl + Z</b>	激活“缩放到适合”功能。
<b>Ctrl + Enter 或 Return</b>	编辑窗口:在概要模式中，该键盘快捷键可以选择要加入“编辑窗口”的命令。
<b>Ctrl + 单击</b>	打开对话框，支持选择多个曲面，可以选择尚未选中的曲面或清除已选择的曲面。
<b>Ctrl + 单击</b>	图形显示窗口: 在 CAD 曲面上未使用的区域中执行此操作可取消选择所有选择的曲面。
<b>Ctrl + 拖动鼠标左键</b>	当松开鼠标时，要确保对话框或工具栏的拖动没有对接到当前界面。
<b>Ctrl + 拖动鼠标右键</b> (单击并拖动中间的滚轮按钮)	图形显示窗口： 3D 旋转 CAD 模型。
<b>Ctrl + F1</b>	使 PC-DMIS 置于平移模式。
<b>Ctrl + F2</b>	图形窗口： 将 PC-DMIS 置于 2D 旋转模式 编辑窗口： 如果在命令模式下，则在当前行上插入或删除书签。
<b>Ctrl + F3</b>	将 PC-DMIS 置于“3D 旋转”模式下，并打开旋转对话框。
<b>Ctrl + F4</b>	将 PC-DMIS 置于程序模式
<b>Ctrl + F5</b>	将 PC-DMIS 置于文本框模式
<b>Ctrl + Tab</b>	最小化或还原“编辑”窗口。
<b>Ctrl + Shift</b>	隐藏所选的图形分析箭头。
<b>Ctrl + End</b>	编辑窗口： 将光标移动到当前测量例程的末尾。
<b>Ctrl + Home</b>	编辑窗口： 将光标移动到当前测量例程的开头。
<b>Ctrl + Alt + A</b>	打开坐标系对话框。
<b>Ctrl + Alt + L</b>	使用 QuickAlign 功能创建自动坐标系。
<b>Ctrl + Alt + P</b>	打开测头功能 对话框。
<b>Ctrl + 单击</b>	在文本框模式中，在“图形显示”窗口中对某特征或标签 ID 执行此项操作， 将把光标移至“编辑”窗口中的该特征处。 在打开分析对话框的情况下执行该操作， 将会选择相关尺寸。
<b>Ctrl + Shift + H</b>	编辑窗口： 在“图形显示”窗口中高亮显示选择的特征。
<b>Ctrl + Shift + U</b>	编辑窗口： 清除对“图形显示”窗口中选定特征的高亮显示。

上箭头	编辑窗口:将光标移动至当前位置之上的下一个可用元素。
下箭头	编辑窗口: 将光标移动至当前位置之下的下一个可用元素。
右箭头	编辑窗口:将光标移动至当前位置右侧的下一个可用元素。
左箭头	在概要模式下展开折叠列表。
	编辑窗口: 光标移动至当前位置左侧的下一个可用元素。
Alt + "-" (减号)	在概要模式下折叠一个展开的列表。
	按住 Alt 和减号键, 删除测点缓冲区中的最后一个测点。
Alt + C	显示 Clearance 立方体对话框。
Alt + H	访问帮助菜单。
Alt + J	编辑窗口: 从引用的命令跳回。
Alt + P	图形显示窗口: 为整个测量例程绘制测头的当前路径。
Alt + Shift + P	图形显示窗口: 在光标位置之前和之后时, 立即绘制测头的当前路径。
Alt + F3	编辑窗口:打开 查找对话框。
Alt + Backspace	编辑窗口:撤销在“编辑窗口”中执行的上一个操作。
Shift + Backspace	编辑窗口:编辑窗口”中重复撤销上一个操作。
Alt + 拖动鼠标右键	图形显示窗口: 2D 旋转 CAD 模型。
Alt + 单击	图形显示窗口: 切换“编辑”窗口中基本特征的标记状态。

## 附录四 坐标测量机精度指标

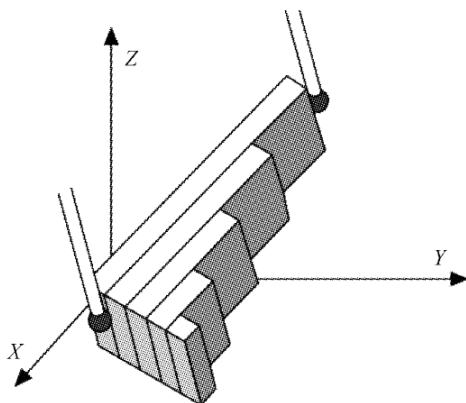
### 三坐标测量机的精度指标

三坐标测量机作为一种高精度的测量设备，其精度指标无疑是最重要的指标。

1994 年，ISO 10360 国际标准《坐标测量机的验收、检测和复检检测》开始实施。这个标准说明了坐标测量机性能检测的基本步骤。中国目前实行的测量机国家标准 GB/T16857.2 《坐标计量学—第二部分：坐标测量机的性能测定》便等同于 ISO 相应标准。其中规定的精度标准包括：

#### • 最大允许示值误差 ( $MPE_E$ )

测量方法：在空间任意 7 个位置，测量一组包含五种长度的量块，每种长度测量三次，共计测量次数： $5 \times 3 \times 7 = 105$ ，所有测量结果必须在规定范围内。

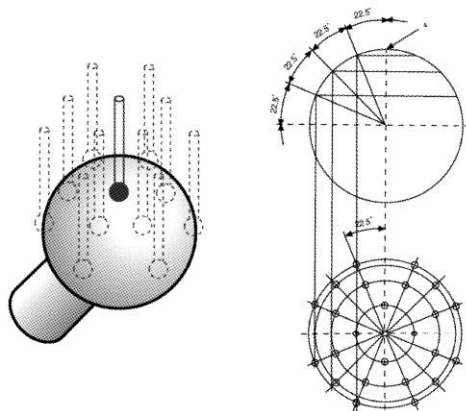


#### • 最大允许探测误差 ( $MPE_P$ )

测量方法：在标准球上探测 25 个点，各测量点应在标准球上均匀分布，至少覆盖半个球面。对垂直探针，推荐采样点分布为：

- 1 点位于标准球极点；
- 4 点均匀分布且与极点成  $22.5^\circ$  ；
- 8 点均布，相对于前者绕极轴旋转  $22.5^\circ$  ，且与极点成  $45^\circ$  ；
- 4 点均布，相对于前者绕极轴旋转  $22.5^\circ$  ，且与极点成  $67.5^\circ$  ；
- 8 点均布，相对于前者绕极轴旋转  $22.5^\circ$  且与极点成  $90^\circ$  ；

P 值= $R_{max}-R_{min}$  (球面)



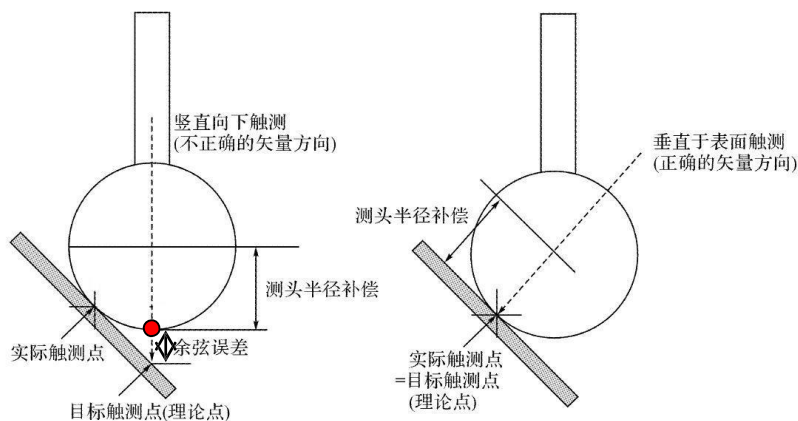
除此之外，ISO 10360 系列标准中还定义了以下指标，仅作参考：

- 最大允许扫描探测误差 ( $MPE_{THP}$ )
- 最大允许多探针误差 ( $MPE_{ML/MS/MF}$ ) 或 ( $MPE_{AL/AS/AF}$ )

## 附录五 坐标测量机测头半径补偿和余弦误差

在接触式坐标测量中，一般采用球型探针，当被测零件轮廓面信息还处于未知的情况下，探针红宝石球与工件表面接触点也是未知的，但由于测球与轮廓面是点接触，并且满足测力条件后即锁定该测球位置，所以测针球心的位置是唯一的。为得到实际接触点的坐标值，后续需要在这个球心坐标的基础上通过软件的半径补偿实现，而半径补偿的方向要沿着正确的矢量方向。这种方式简单可靠，因此球型测针适用范围最广。

点特征直接由红宝石球心坐标经过半径补偿后获得，手动测点缺省情况下为一维特征，是按照当前坐标系下最近轴的方向补偿，所以被测表面必须垂直于坐标系的一个轴向，否则将产生余弦误差。矢量点为三维特征，可以根据给定的矢量方向进行半径补偿。

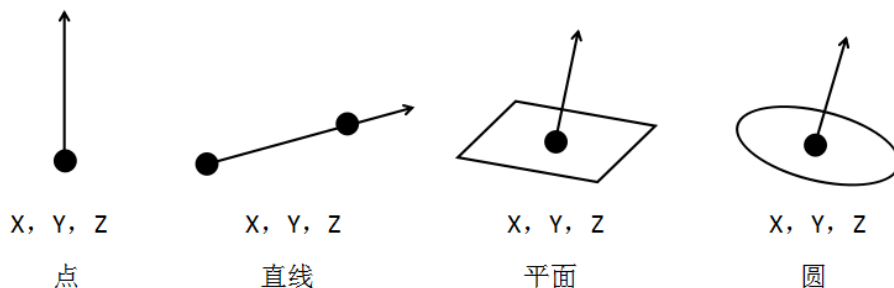


如上图所示，球型测针测量斜面上的目标触测点，左图触测方向为竖直向下（矢量方向与面矢量不平行），在测球接近目标测点过程中被斜面阻挡停止，此时实际接触点如图所示，软件经过触测矢量补偿后得到的点距离目标理论点的距离为“余弦误差”值。

右图触测方向垂直于平面，这样补偿方向与触测方向一致，而且实际触测点即目标触测点（不考虑零件坐标系的偏差），这样就可以消除“余弦误差”带来的影响，有效提高测量精度。

自动测量完全可以通过特征的理论矢量控制每个测点都沿着正确的矢量方向触测，具体细节在“学习任务三”中作进一步了解。

每种类型的几何特征都包含位置、方向及其它特有属性，在测量软件中，通常用特征的质心（Centroid）代表特征的位置，用特征的矢量（Vector）表示特



点以外的其它几何特征都是在点的基础上，通过拟合计算得到的，但是并不是使用补偿后的测点直接拟合，而是先使用红宝石球心坐标拟合，然后整体进行半径补偿，消除使用测点补偿的余弦误差。





## 附录六 国内方案中心/Office

海克斯康测量技术(青岛)有限公司 / Hexagon Metrology (Qingdao) Co., Ltd.  
青岛市株洲路 188 号 / 188 Zhuzhou Road Qingdao, China

P.C.266101

Tel: 0532 8089 5188

Fax: 0532 8089 5030

E-mail: [info.cn@hexagonmetrology.com](mailto:info.cn@hexagonmetrology.com)

客户服务热线: 400-6580-400



北京方案中心 (Beijing) 北京经济开发区东区科创二街  
新瀛工业园一期 A1-2 工厂 P.C.100023

Tel: 010 6789 2461

Fax: 010 6789 2462

---

上海方案中心 (Shanghai) 上海浦东新区祖冲  
之路 2290 号 4 号楼 (201210) P.C.201203

Tel: 021 6353 1000

Fax: 021 5106 2273

---

广州方案中心 (Guangzhou) 广州市萝岗区科学城尖塔山  
路 19 号, 广州计量院主楼 3 楼 P.C.510610

Tel: 020 3810 7978

Fax: 020 3810 7979

---

沈阳方案中心 (Shenyang)

沈阳市沈北新区道义南大街 37 号航空航天大学重点实验室  
P.C.510060

Tel: 024 2334 1690

Fax: 024 2334 1685

---

长春方案中心 (Changchun) 长春市景阳大  
街 2288 号华天大酒店 1713 室 P.C.130062

Tel: 0431 8761 0532

Fax: 0431 8761 0562

---

武汉方案中心 (Wuhan) 武汉东湖新  
技术开发区华工园二路一号  
P.C.430223

Tel:027 8792 8428

Fax:027 8719 6191

---

成都方案中心 (Chengdu) 成都  
市龙泉驿区车城东七路 699 号  
P.C.610016

Tel:028 8671 6718

Fax:028 8671 6730

---

重庆方案中心

重庆渝北食品城大道 18 号 重庆创意公园 D5-1-5

Tel:023-86018666

Fax:023-86015666

---

西安方案中心

西安市高新四路 1 号高科广场 A709 室

Tel:029-88361018

Fax:029-88361019



宁波方案中心 (Ningbo) 宁波市江

东区彩虹北路 48 号 2604 室

P.C.315040

Tel:0574 8737 6262

Fax:0574 8733 5159

---

深圳方案中心 (Shenzhen) 深圳市光明新区根玉路模

具产业基地机械协会大厦一楼 P.C.518057

Tel:0755 8602 8088

Fax:0755 8602 7270

---

南京方案中心 (Nanjing)

南京市江宁开发区菲尼克斯路 70 号开发区总部 基地 20 栋一层

P.C.210000

Tel:025 86988800

Fax:025 86988801

---

苏州方案中心 (Suzhou) 苏州市苏州工业园

区东长路 88 号 C2 幢 102 室 P.C.215123

Tel:0512 62800880

Fax:0512 62800990

---

无锡方案中心 (Wuxi) 无锡市春新东

路 8 号无锡计量所 11 楼 P.C.214011

Tel:0510-88217831

Fax:0510-88708640

---

台湾方案中心 (Taiwan) 台北县

林口乡文化一路一段 109 号

P.C.24447

Tel:886 2 2600 6360

Fax:886 2 2600 6362

---