


# 现代测量实验

机械实验教学中心

奚鹰



## 8-1 三维测量实验

### 一 实验目的

1. 初步学会使用“QM353多功能（三坐标）测量机”，了解接触式测量原理
2. 了解测量几何基本元素、距离、角度、形状误差、位置误差等方法。

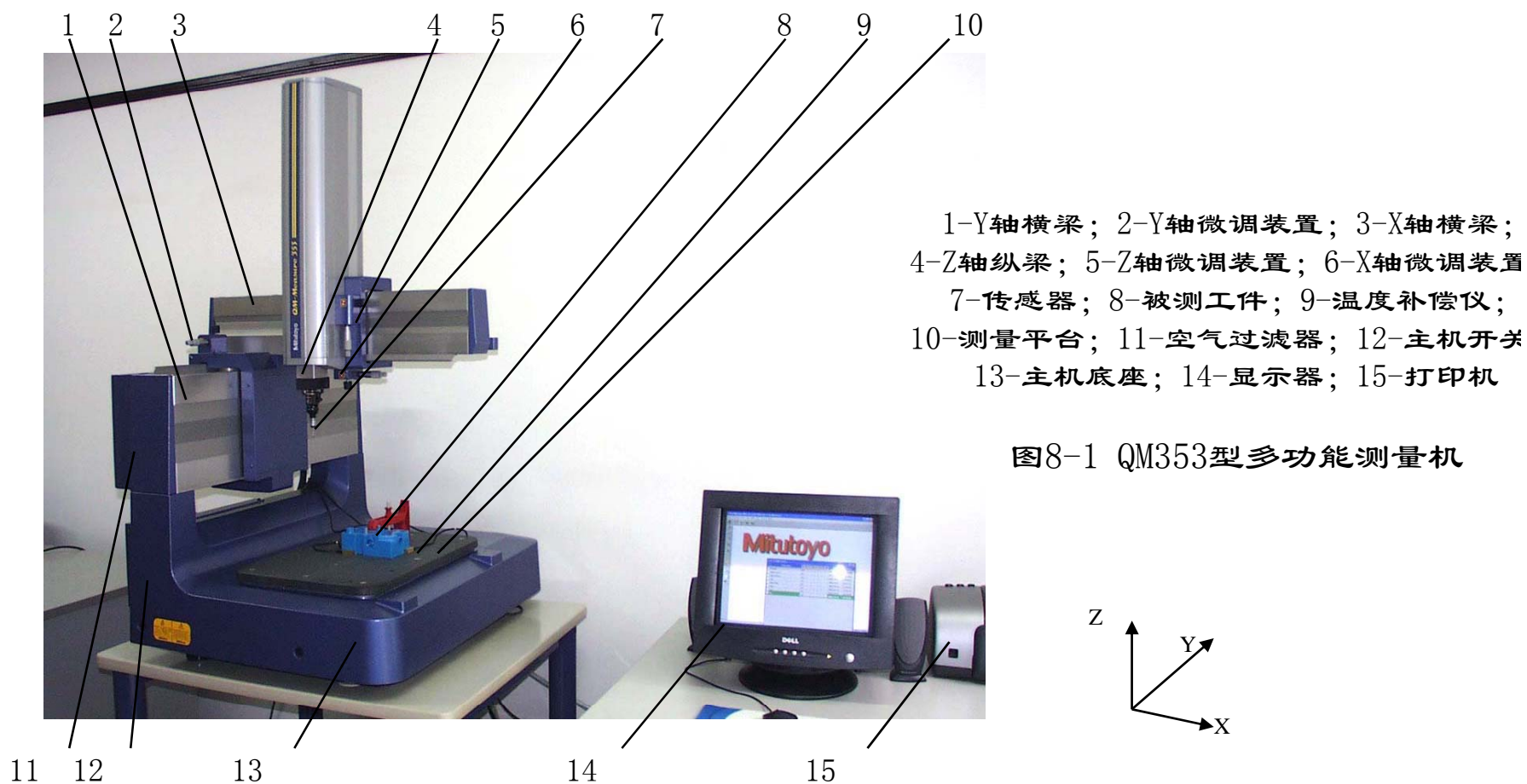
### 二 实验内容与要

1. 了解接触式测量原理测量几何基本元素、距离、角度、形状误差、位置误差等方法；
2. 了解零件坐标体系建立的方法；
3. 掌握圆、点到线距离、点到面距离、圆心到圆心距离等简单测量方法。

### 三 实验设备与测量原理

本实验采用QM353型多功能（三坐标）测量机。如图8-1所示，它由空压机、空气过滤器、QM353型主机、传感器、温度补偿仪、COSMOS测量软件、计算机、打印机等组成。

QM353型多功能测量机采用箱型悬臂结构，X轴横梁、Y轴横梁及Z轴纵梁移动导向方式均采用空气轴承，因此，箱型悬臂结构在X、Y、Z三轴横梁与纵梁移动时，为非接触状态



QM353型多功能测量机采用传感器直接探测被测零件表面，即接触式测量原理。它的系统构成图见图8-2。

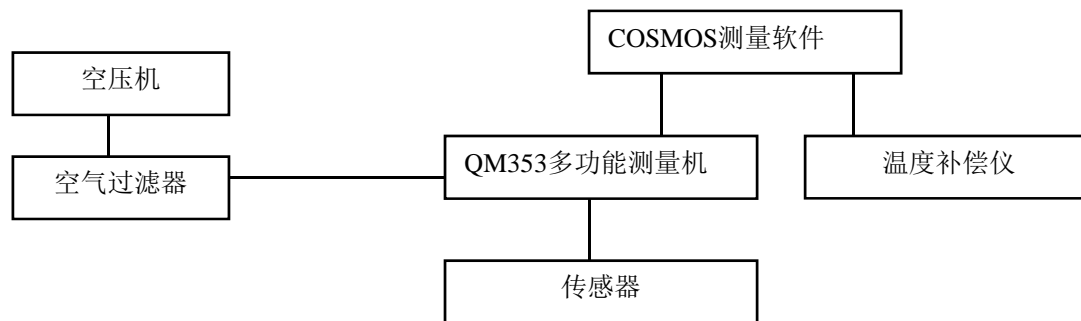


图8-2 QM353型多功能测量机系统构成图

#### 四 QM353型多功能测量仪操作规程

1. 上机操作前需接受相关培训,

2. 阅读本机使用说明书,

3. 开机顺序:

(1) 每次开机前应用无水酒精清洗导轨四侧及工作台 ( 纱布或棉布 ),

(2) 打开空压机电源开关, 使空压机启动, 并同时打开空压机的出气阀门 ( 注意: 气源需无水、无油、无尘 ) 气压在 0.5 MPa,

(3) 打开QM353主机的进气阀门, 气压需达到 0.35 MPa,

(4) 打开QM353主机的电源开关,

(5) 打开电脑显示器,

(6) 开启电脑主机电源,

(7) 进入Windows XP 状态, 双击SPOSWIN( 快捷键 ),

(8) 选择对话框 OK键, 用手分别轻移X、Y、Z轴到机械零位 ( X=46, Y=454, Z=254 ), 当绿色变黄色后, 关闭SPOSWIN ( 复位 ) 软件,

(9) 双击 “COSMOS” 快捷键, 进入QM353测量软件主界面如图8-3所示, 可以进行正常测量工作

4. 关机顺序:

(1) 测量完成后, 首先退出 COSMOS 测量软件,

(2) 关闭电脑主机, 电脑显示器,

(3) 关闭QM353主机,

(4) 关闭QM353主机进汽阀门,

(5) 关闭空压机阀门,

(6) 关闭空压机电源,

(7) 放空空压机下部积水。

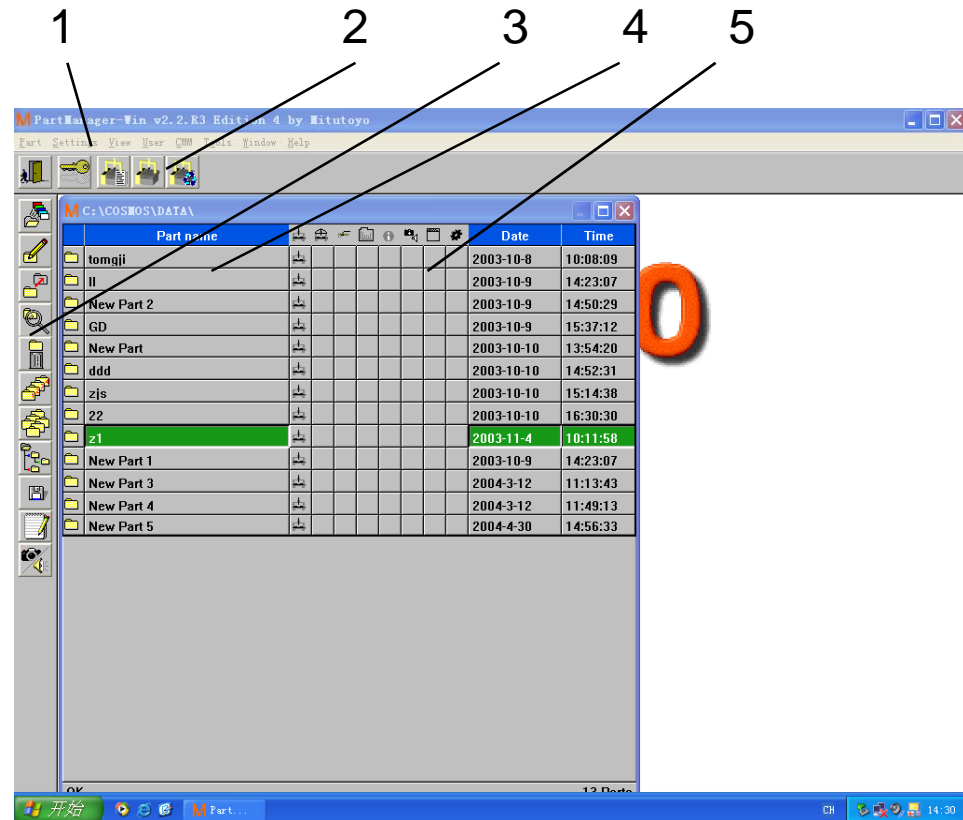
5. 工作环境:

工作间温度  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , 湿度  $55\% \sim 65\%$ , 温度补偿  $16^{\circ}\text{C} \sim 26^{\circ}\text{C}$ , 用气量  $50\text{L}/\text{min}$ , 工作台承重  
量  $30\text{kg}$  分辨率  $0.0005\text{mm}$  精度  $F=3.0+4I/1000$  探针直径:  $\varnothing 1 \quad \varnothing 3$

## 五COSMOS测量软件简介

### (一) COSMOS软件主窗口

1. 菜单：①工件，新建、更改、复制、删除工件；②设置，目录管理器、标记、标题数据、CMM驱动系统等；③视图；④用户，注册、用户编辑器；⑤CMM，子程序管理器；⑥工具；⑦窗口；⑧帮助。
2. 程序启动的相关工具栏：退出、注册、工件程序的编辑、教学模式、重复模式。
3. 进行工件相关处理的工具栏：它以快捷键的方式显示的菜单上的功能。
4. 工件的选择：它是以前编辑的工件程序，鼠标双击即可进入所需工件程序操作。
5. 显示数据启动程序。



- 1-菜单；2-程序启动的相关工具栏；
- 3-进行工件相关处理的工具栏；
- 4-工件的选择；5-显示数据启动程序

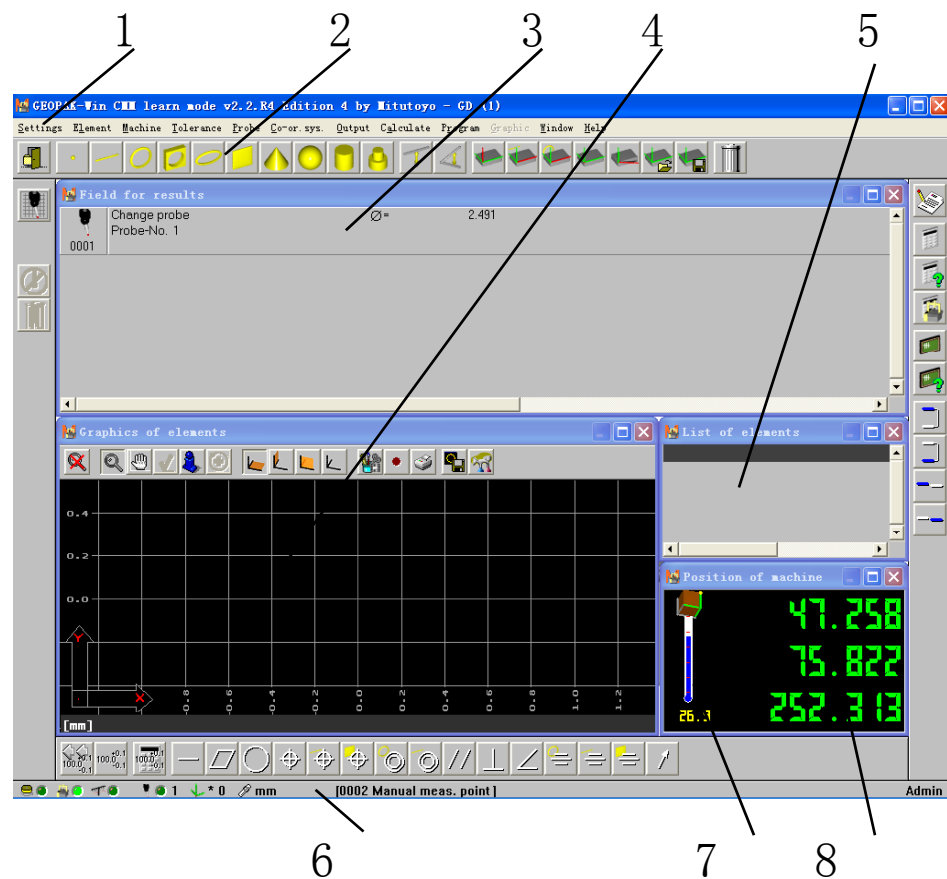
图8-3 COSMOS软件主窗口

## (二) COSMOS软件测量窗口

1. 命令菜单：任意点击菜单中的某一项，即会显示该项目的命令菜单。
2. 工具栏：命令已被图标化了，可以直接点击图标，如测量点、线、圆、内圆、椭圆、平面、圆锥、球、圆柱、不同直径圆柱、距离、夹角、以及不同坐标系统等。
3. 结果显示区：显示测量结果及指定的内容。
4. 要素绘图区：用图形来表示所测量的要素位置关系
5. 要素列表：显示被测量要素的名称。
6. 状态显示：三坐标测量机处于使用状态的显示灯、小工具处于使用状态的显示灯、回转测头处于使用状态的显示灯、测头编号、坐标系、单位、显示正在执行或即将执行的命令。
7. 温度显示：显示室内温度。
8. 计数器：最新测量坐标值。

## 六、思考题

1. 如何建立坐标系？
2. 如何测量圆半径、圆直径、圆心坐标？
3. 如何测量圆到圆距离？
4. 如何测量点到平面距离？
5. 如何测量角度？
6. 如何测量平行度、垂直度？
7. 如何测量同心度、同轴度？



1-命令菜单；2-工具栏；3-结果显示区；4-要素绘图区；  
5-要素列表；6-状态显示；7-温度显示；8-计数器

图8-4 COSMOS软件测量窗口



## 8-2 非接触3-D图像测量实验

### 一 实验目的

1. 初步学会使用“QS250Z非接触3-D图像测量机”，了解CCD成像原理与非接触测量原理；
2. 了解测量薄型几何基本元素、平面距离、角度、形状误差、位置误差等方法。

### 二 实验内容与要求

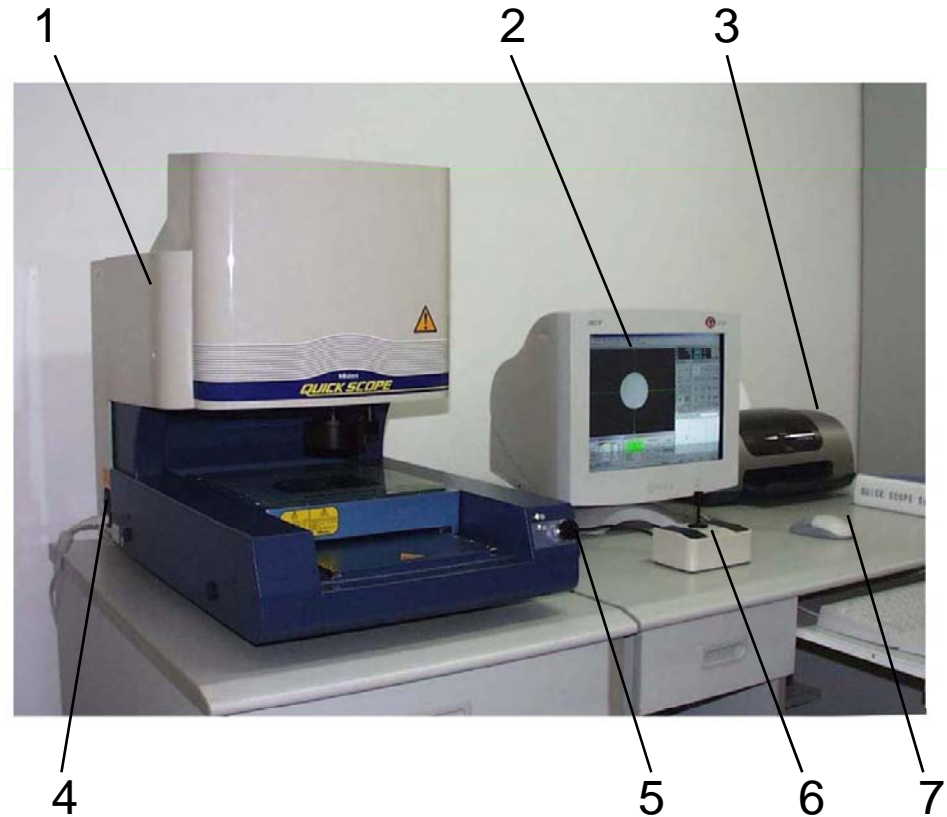
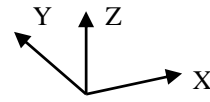
1. 了解非接触测量原理测量薄型几何基本元素、平面距离、角度、形状误差、位置误差等方法；
2. 了解机器坐标和零件坐标含义，了解零件坐标的方法；
3. 掌握圆半径、点到线距离、圆心到圆心距离等简单测量方法。



### 三 实验设备与测量原理

本实验采用QS250Z型非接触3-D图像测量机。如图8-5所示，它由主机1、计算机2、打印机3、控制器6等组成。

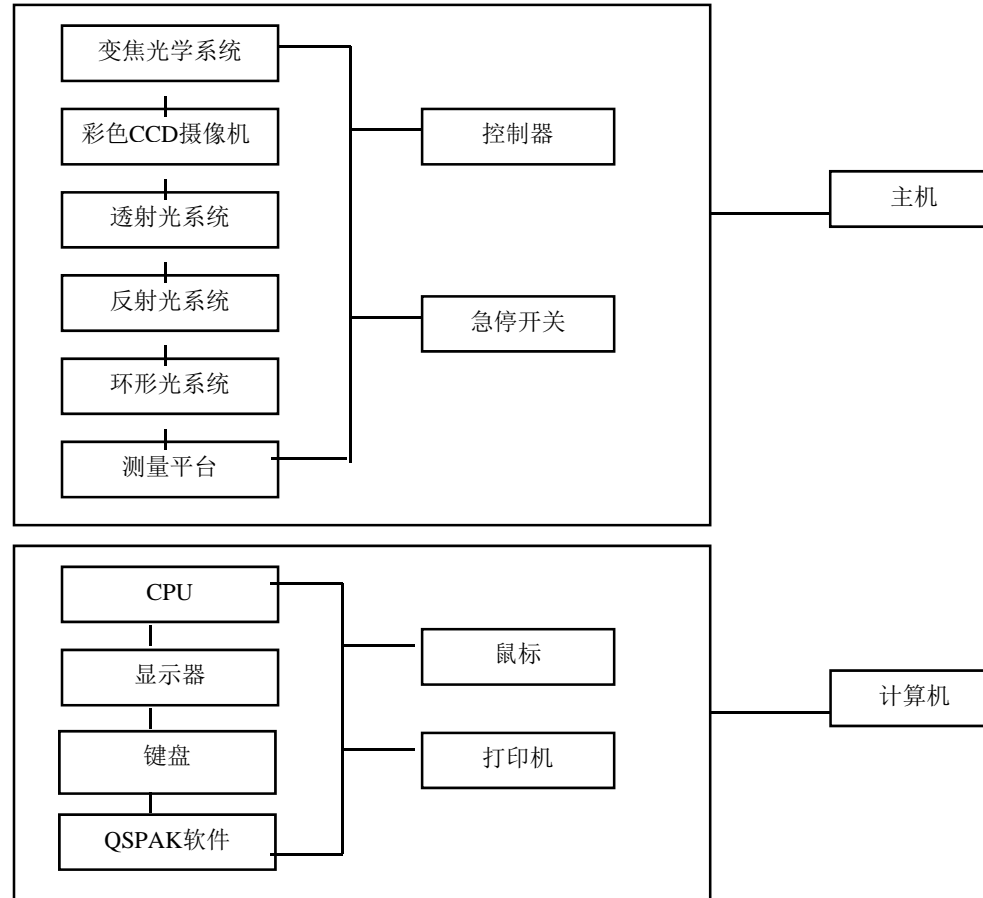
该机是一个图像测量系统，它利用高清晰彩色CCD摄像机，通过光学放大系统得到可视图像。为了测量零件尺寸，它利用非接触测量原理，通过复杂图像转换，点击图像边缘即可得到高清晰图像。



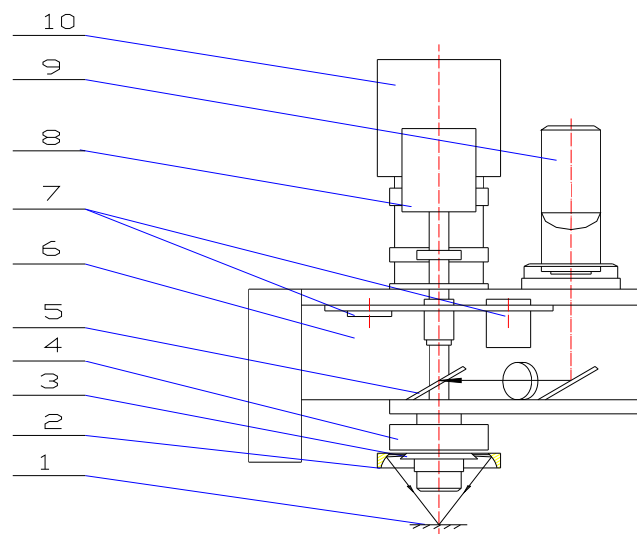
1-主机；2-显示器；3-打印机；4-主机开关；  
5-急停开关；6-控制器；7-鼠标

图8-5 QS250Z型非接触3-D图像测量机

该装置的特点是通过控制器和鼠标点击，就能简单操作和准确测量被测零件的图像。如图8-6为该装置的系统构成示意图



该机拥有一套光学系统,如图8-7所示为光学与成像系统。它的观察放大倍率(物镜)由可以连续调节可移动内置式光学系统组成。它允许八级(0.5X、0.65X、0.85X、1.0X、1.5X、2.0X、2.5X、3.5X)不同放大倍率选择,实际放大倍率能精确地观察被测零件。自动变焦光学系统也能独立操作改变放大倍率。因此,自动变焦光学系统使用是不能代替物镜。

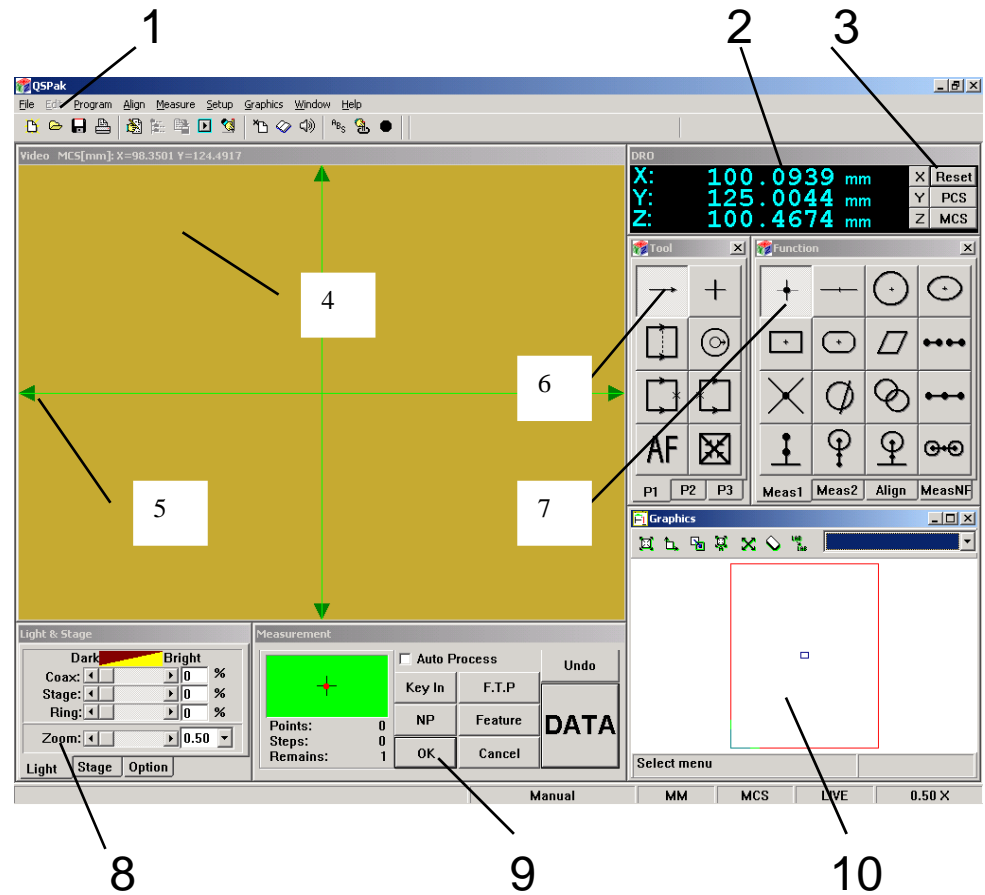


1-工件表面; 2-抛物面镜; 3-环行镜; 4-环行照明; 5-半反射镜;  
6-变焦光学系统; 7-管镜转盘; 8-马达; 9-投影图像生成; 10-CCD

图8-7光学与成像系统

#### 四 QS250Z型非接触图像测量机操作规程

1. 上机操作前须接受相关培训,
2. 阅读本机使用说明书,
3. 开机顺序:
  - (1) 首先开启电脑显示器,
  - (2) 打开电脑主机开关,
  - (3) 打开QS250Z主机开关,
  - (4) 在Windows 2000 状态下, 双击QSPAK Ver 5.1 测量软件快捷键,
  - (5) 单击对话框中的OK按钮, QS250Z主机的 X、Y、Z三坐标原点复位, 过程 (约25秒钟),
  - (6) 进入QSPAK测量软件界面见图8-8, 可以进行正常测量工作。
4. 关机顺序:
  - (1) 首先退出QSPAK测量软件,
  - (2) 关闭QS250Z主机,
  - (3) 关闭电脑主机,
  - (4) 关闭电脑显示器。



1-主菜单; 2-坐标值显示窗口; 3-坐标系按钮;  
4-测量窗口; 5-测量移动光标; 6-工具窗口;  
7-功能窗口; 8-光源窗口; 9-测量窗口; 10-图像窗口  
图8-8 QSPAK测量软件界面

## 五 QSPAK测量软件简介

1. **主菜单：**显示各种功能键；
2. **坐标值显示窗口：**它显示测量移动光标的当前X、Y、Z坐标值；
3. **坐标系按钮：**单击RESET键，当前X、Y、Z坐标值均暂时为零；单击PCS键，坐标值显示窗口就显示出零件坐标下的X、Y、Z坐标值；单击MCS键，坐标值显示窗口即显示机器坐标下的X、Y、Z坐标值；
4. **测量窗口：**显示被测零件成像窗口，通过光源与控制器调整，使被测零件边界清晰；
5. **测量移动光标：**由控制器控制测量移动光标左右移动；
6. **工具窗口：**有手动找点、自动找点、单击单点自动找多点、单击单点自动找整圆边界点等；
7. **功能窗口：**有测量点、线、圆、椭圆、矩形、棱形、交点、圆与线交点、圆与圆交点、点到线距离、点到圆心距离、线到圆心距离、圆心到圆心距离、点到线平均距离、点到圆心平均距离、线到圆心平均距离、圆心到圆心平均距离、两点距离、点到面距离、两线夹角、两平行线、垂直线、零件坐标建立、各种坐标系统转换和旋转等；
8. **光源窗口：**有透射光源、反射光源、环形光源三种，可以单独或联合调节使用；它的左下方有一个八挡倍率（0.5X、0.65X、0.85X、1.0X、1.5X、2.0X、2.5X、3.5X）变焦显示窗口；
9. **测量窗口：**左上方显示测量方式，右边是测量方式选择：测试中间或结束按钮，这样测量数据就能在数据显示窗口出现，测量图像就在图像窗口显示。
10. **图像窗口：**显示测量图像。



## 六、思考题

1. 什么是机器坐标？
2. 什么是零件坐标？如何建立零件坐标？
3. 机器坐标与零件坐标如何转换？
4. 什么是透射光、反射光、环形光？如何调整光源？
5. 如何用手动取点？如何采用自动取点？
6. 测量圆有几种方法？
7. 如何测量点到线的距离？
8. 如何测量两线夹角？
9. 如何测量垂直度？



## 8-3 高精密圆度测量仪测量实验

### 一 实验目的

1. 初步学会使用“RA-2100DS高精密圆度测量仪”，了解其测量原理；
2. 了解测量圆度、同心度、圆柱度、垂直度、斜率等方法。

### 二 实验内容与要求

1. 了解“RA-2100DS高精密圆度测量仪”，测量原理与方法；
2. 了解旋转测量方式下，圆度、同心度、圆柱度、垂直度、直径等测量方法；
3. 了解直线测量方式下，平行度、斜率、圆柱度、垂直度、锥度等测量方法；
4. 了解螺旋测量方式下，圆柱度、垂直度、平面度等测量方法。

### 三 实验设备与测量原理

本实验采用“RA-2100DS精密圆度测量仪”，如

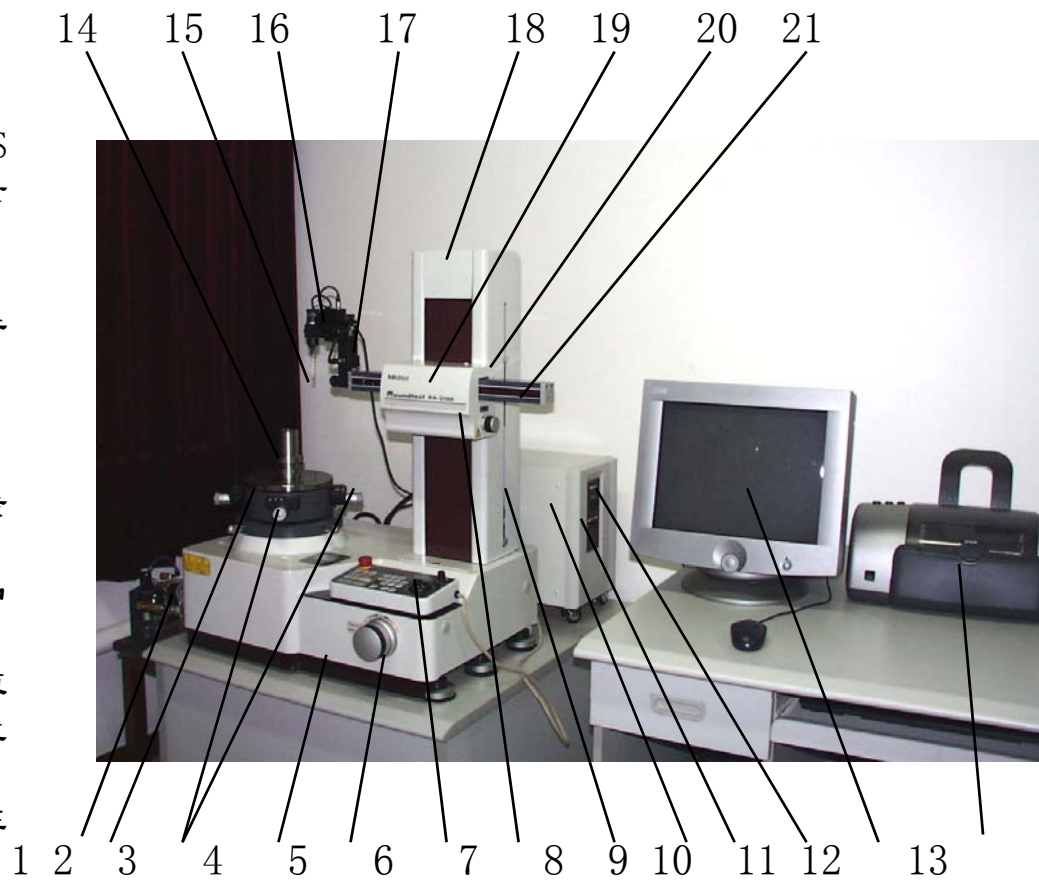
图8-9所示。它由空压机、空气过滤器、RA-2100DS型主机、传感器、控制器、遥控器、ROUNDPAK测量软件、计算机、打印机等组成。

测量平台是由空气轴承支撑，被测工件放在其上面，它可以静止、一定角度内、连续旋转等条件下进行测量工作。

探针可以 $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 放置，并可以内外、上下位置测量，传感器接触工件力的大小可以调整。传感器支架可以垂直和水平放置，它支承着传感器和探针并与X轴横梁端面相连。X轴横梁在X轴驱动箱内水平往复移动，X轴驱动箱带着X轴横梁和传感器及探针沿着Z轴立柱上下移动。

测量平台的上平面回转中心是主机机器坐标原点，即 $X=0$ ， $Z=0$ 位置。该设备可以为被测工件设置零件坐标，机器坐标与零件坐标之间可以转换。

被测工件在测量平台旋转条件下，X轴驱动箱在Z轴立柱上静止不动。因为带有精密的线性标尺，所以X轴横梁可以在旋转工件的测量中自动移动，这样探针就可以随工件表面形状运动。每一次测量，探针在工件表面测得一个圆。用这种方法可以测量圆度、同心度、圆柱度、垂直度、直径等参数



- 1-空气过滤器；2-测量平台；3-水平、中心调整按钮；4-主机底座；
- 5-Z轴微调按钮；6-遥控器；7-X轴微调按钮；8-下限位按钮；
- 9-控制器；10-控制器电源开关；11-系统开关；12-显示器；
- 13-打印机；14-被测工件；15-探针；16-传感器；17-传感器支架；
- 18-Z轴立柱；19-X轴驱动箱；20-上限位按钮；21-X轴横梁

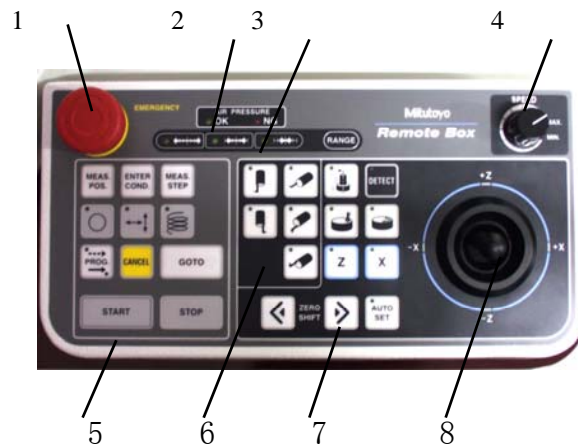
图8-9 RA-2100DS型高精度圆度测量仪



被测工件在测量平台静止条件下，X轴驱动箱沿着Z轴立柱自动移动，探针就可以随工件表面形状运动。若工件表面是锥面，则在自动跟踪功能下，X轴驱动箱沿着Z轴立柱自动移动，而X轴横梁同时也会自动水平移动。每一次测量，探针在工件表面测得一条线。用这种方法可以测量平行度、斜率、圆柱度、垂直度、锥度等参数。

被测工件在测量平台旋转条件下，同时X轴驱动箱沿着Z轴立柱自动移动，探针就可以随工件表面形状运动。每一次测量，探针在工件表面测得一条螺旋线。用这种方法可以测量圆柱度、垂直度、平面度等参数。

图8-10为遥控器面板外形图。



- 1-急停开关；2-空气压力显示屏LED；3-仪器敏感显示屏LED；
- 4-测量速度大小调整按钮；5-零件程序相关按钮；
- 6-传感器原始位置控制按钮；7-驱动控制按钮；8-遥杆

图8-10 遥控器面板外形图

## 四 RA-2100型高精度圆度测量仪操作规程

1. 上机操作前需接受相关培训,

2. 阅读本机使用说明书,

3. 开机顺序:

- (1) 每次开机前应用无水酒精清洗旋转测量平台(纱布或棉布),
- (2) 打开空压机电源开关,使空压机启动,并同时打开空压机的出气阀门  
(注意:气源需无水、无油、无尘)气压在0.5 MPa,
- (3) 检查并放掉RA-2100DS主机过滤器的积水,
- (4) 打开RA-2100DS主机的进气阀门,气压需达到0.35 MPa,
- (5) 打开RA-2100DS主机的电源开关和系统开关,
- (6) 打开打印机开关,
- (7) 打开电脑显示器,
- (8) 开启电脑主机电源,
- (9) 进入Windows 2000 状态, 双击ROUNDPAK(圆度仪测量与分析软件)快捷键,
- (10) 选择对话框 YES键, 主机X、Z轴返回机器坐标原点,
- (11) 进入ROUNDPAK测量软件主界面见图8-11, 可以进行正常测量工作。

4. 关机顺序:

- (1) 测量完成后, 首先退出 ROUNDPAK 测量软件,
- (2) 关闭打印机,
- (3) 关闭电脑主机, 电脑显示器,
- (4) 关闭RA-2100DS主机电源和系统开关,
- (5) 关闭RA-2100DS主机进汽阀门,
- (6) 关闭空压机阀门,
- (7) 关闭空压机电源,
- (8) 放空空压机下部积水。

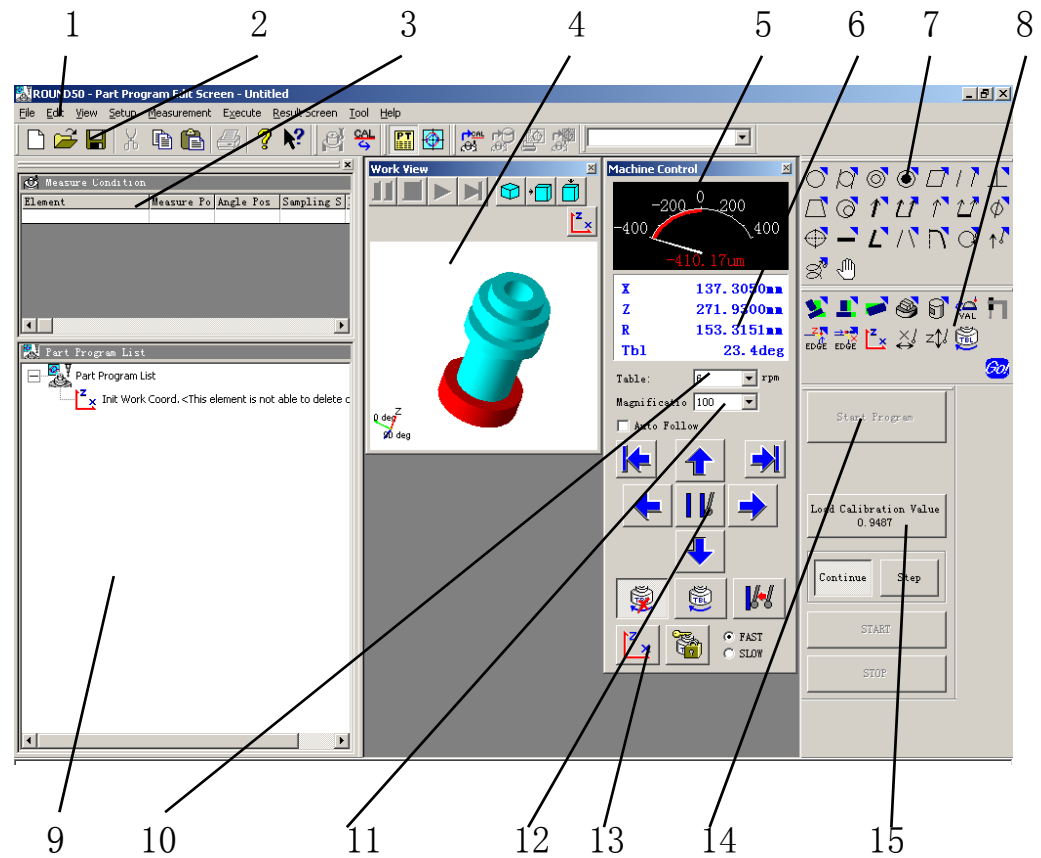
5. 工作环境:

工作间温度 $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , 湿度55%~65%, 用气量30L/min, 工作台承重量 30 kg, 旋转精度 $E=0.02+6H/1000$ ,  $H=280\text{mm}$ (测量高度), 探头:  $\varnothing 1.6\text{mm}$ , 探针直径: 5.5mm, 探测最小直径7mm。

## 五、ROUNDPAK测量软件简介


ROUNDPAK测量软件主窗口及功能

1. 菜单：① 文件—建立、打开、存盘、打印文件等；② 编辑—复制、粘贴、选中等；③ 设置—建立中心与水平校正、建立中心校正、建立水平校正、建立Z轴边缘、建立X轴边缘、建立测量条件等；④ 执行—零件程序、打开（自动计算、自动存盘、自动打印、自动显示结果）、简单计算、重新计算等；⑤ 结果显示—插入元素、时间、任意矩形、零件程序列表栏、结果表格、测量条件表格、属性、清除结果等；⑥ 工具—测量列表框、工具框、结果列表框等；⑦ 帮助。
2. 工具栏：新建、打开、存盘、剪切、复制、粘贴、打印、返回、计算、自动计算、自动显示结果等。
3. 测量条件框：元素、测量位置、角度位置、检测大小、退出尺寸等。
4. 被测工件演示区：在正式测量前，可以按显示按钮，此区域立刻仿真演示测量过程。
5. 探针测量显示区：实时显示探针波动范围
6. 当前探针坐标值：当前探针X、Z坐标值，R值及测量平台位置。
7. 测量项目功能区：有圆度、圆柱度、同轴度、平面度、平行度、垂直度、圆锥度、圆跳动、全跳动、直线度、斜度、锥度、旋转运动测量、直线运动测量、螺旋线测量等参数功能图标。



- 1-菜单；2-工具栏；3-测量条件框；4-被测工件演示区；
- 5-探针测量显示区；6-当前探针坐标值；7-测量项目功能区；
- 8-建立测量条件区；9-零件程序列表栏；
- 10-测量平台旋转速度选择框；11-测量倍率选择框；
- 12-探针位置显示键；13-机器坐标键；
- 14-开始测量键；15-探针角度选择键

图8-11 ROUNDPAK测量软件主窗口

- 
8. 建立测量条件区：中心与水平同时调整、中心调整、水平调整、静态校正、动态校正、Z轴边缘、X轴边缘、机器坐标、X方向移动、Z方向移动、测量平台等按钮。
  9. 零件程序列表栏：列表显示实时测量零件程序项目、参数等。
  10. 测量平台旋转速度选择框：2、4、6、10rpm四种，优选6rpm。
  11. 测量倍率选择框：有100、200、500、1000、2000、5000、10000、20000、50000、100000倍率选择。
  12. 探针位置显示键：显示探针里外、上下位置等。
  13. 机器坐标键：在零件坐标下，按此键立即转变为机器坐标。
  14. 开始测量键：按此键系统开始测量工作。
  15. 探针角度选择键：0°、15°、30°三种形式选择。

## 六 注意事项

1. 测量过程中，要设置探针退出间距，避免探针与工件相碰，
2. 每次测量调整前，请手动控制摇杆将探针退出，离开工件，
3. X轴驱动箱沿着Z轴立柱上、下移动时，要设置好上、下限位开关，
4. 在测量过程中，要时刻注意急停开关，
5. 每三个月在X轴导轨上侧面及Z轴立柱导轨四个侧面加专用机油润滑，以防生锈。

## 七 思考题

1. 什么是机器坐标？
2. 什么是零件坐标？如何建立零件坐标？
3. 机器坐标与零件坐标如何转换？
4. 在旋转测量条件下，能测量哪些参数？
5. 在直线测量条件下，能测量哪些参数？
6. 在螺旋测量条件下，能测量哪些参数？
7. 如何设置测量条件？
8. 如何调整被测工件中心与水平基准