

《机器视觉》实验指导书

V 1.0

实验三 1D/2D 测量实验



哈尔滨工业大学（深圳）
实验与创新实践教育中心

目录

3.1 实验目的	2
3.2 实验注意事项	2
3.3 实验原理	2
3.3.1 1D 测量	2
3.3.2 2D 测量	3
3.4 实验设备	4
3.5 实验内容	4
3.6 实验步骤——编程实现尺寸测量	4
3.6.1 通过 Halcon 实现 1D 测量	4
3.6.2 通过 Halcon 实现 2D 测量	8
3.6.3 VS 联合 Halcon 实现测量	14

3.1 实验目的

- 1) 了解图像目标几何特征的测量方法，包括对目标或者区域几何尺寸的测量和形状特征分析；
- 2) 掌握一维测量过程，调用相关算子实现零件尺寸测量；
- 3) 掌握二维测量过程，调用相关算子实现零件二维特征测量；
- 4) 掌握 Halcon 联合 VS 通过编程实现上述功能；

3.2 实验注意事项

- 1) 实验过程中关键器件轻拿轻放，爱护实验设备，避免用手直接触摸相机镜头，禁止未经允许随意拆装。
- 2) 相机和光源接线时，必须仔细核对是否正确（否则极易损坏器件）。
- 3) 实验结束，必须确保实验平台所有器件回归原位并摆放整齐，关闭电源并整理实验台，经老师检查后方可离开。

3.3 实验原理

3.3.1 1D 测量

构造测量对象——建立测量区域需要创建一个矩形或扇环形的 ROI，然后作等距投影线，与轮廓线垂直，长度等于 ROI 的宽度，如图 3-1 所示。

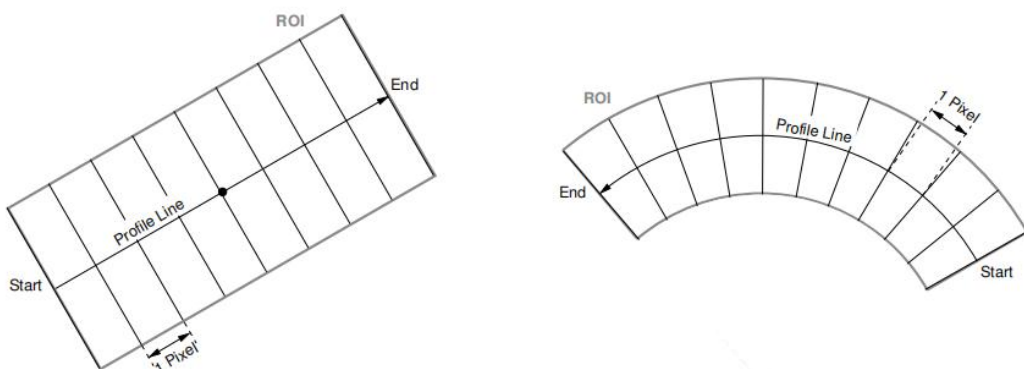


图 3-1 建立测量区域

获得测量区域的灰度变化。计算测量区域内垂直于轮廓线上单位像素间隔的平均灰度值，即计算投影线的平均灰度。投影线的长度是测量区域的宽，计算出

各个平均灰度值即可得到整个轮廓线的灰度值。再此过程中，如果测量矩形不是水平或者垂直状态，则需沿投影线对像素值进行插值，方法有：最邻近区域法（Nearest_neighbor）、双线性插值法（Bilinear）、双三次插值法（Bicubic）等。

获得轮廓线灰度值后，需要对其进行平滑处理，消除干扰。可以选择高斯平滑滤波器进行平滑处理。通过求平滑后的轮廓线的一阶导数，可以确定轮廓线上的极值点。极值大于 0 表明边缘灰度由暗到亮变化（Positive），极值小于 0 表明边缘灰度由亮到暗变化（Negative），相邻两个局部极值构成边缘对。

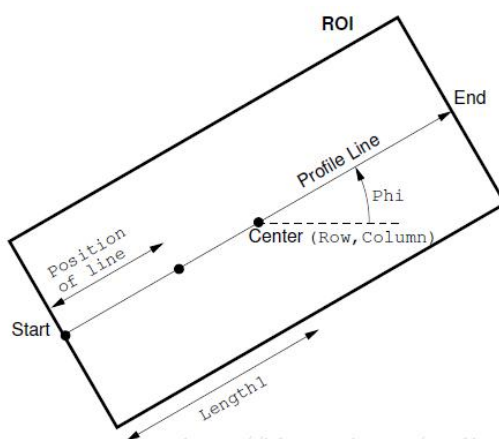


图 3-2 测量边缘

测量结束后需要关闭测量句柄，清除测量对象。典型算子以及流程如下图 3-3 所示。

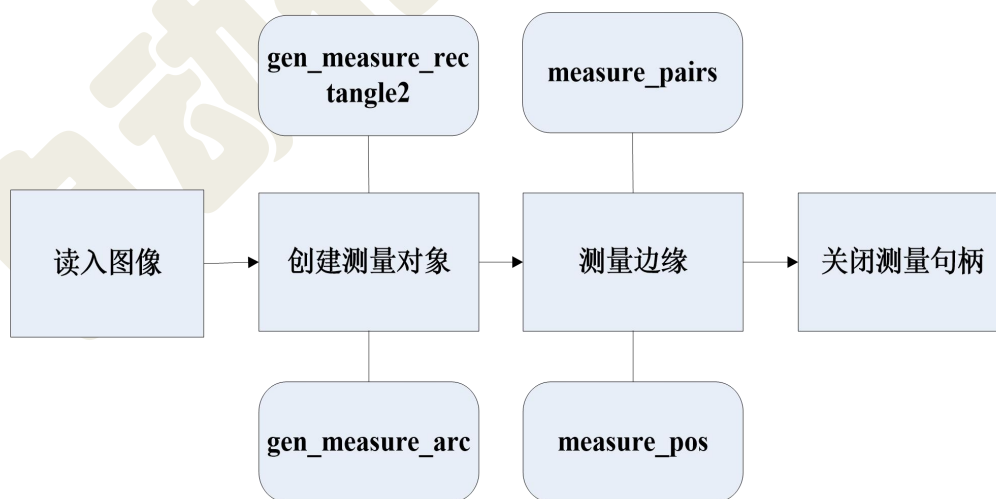


图 3-3 1D 测量流程

3.3.2 2D 测量

二维测量提取的二维特征通常包括面积（对象的像素数）、方向、角度、

位置、尺寸（直径、宽、高或对象之间的距离）及对象数量。二维测量任务从创建提取图像的区域或轮廓开始，提取感兴趣的特征主要有区域处理、轮廓处理和几何运算等步骤。

典型算子以及流程图如下图 3-4 所示。

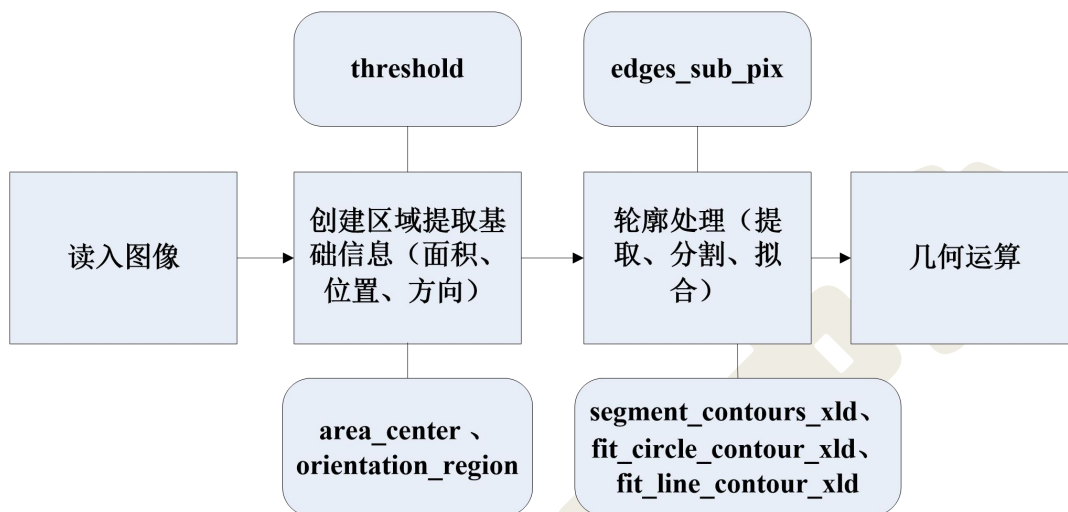


图 3-4 2D 测量流程

3.4 实验设备

Basler A1300-60gm 黑白相机（包含 12mm 镜头及安装支架）、背光源、待测工件。

3.5 实验内容

(1) 采用 Halcon 实现机械工件尺寸 1D\2D 测量，理解机器视觉 1D\2D 测量在实际项目中的应用。

(2) VS 联合 Halcon，实现尺寸测量功能，输出测量结果。

3.6 实验步骤——编程实现尺寸测量

3.6.1 通过 Halcon 实现 1D 测量

① 打开 HALCON 测量助手，打开“打开新的 Measure”，读入图像（实验时可在线拍摄），如图 3-5。

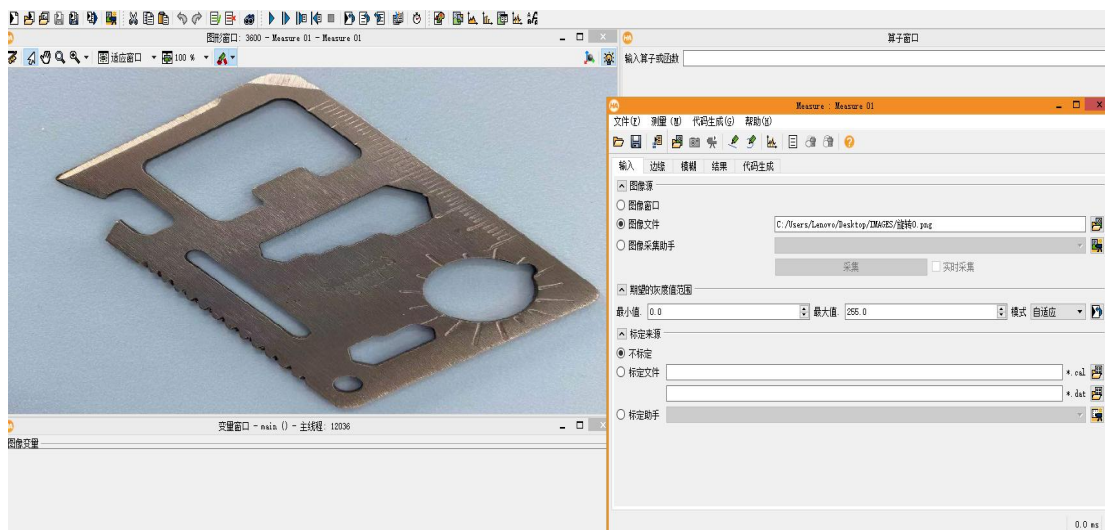



图 3-5 新的 Measure

② 选择“边缘”选项卡，然后选择“”图标按钮，按住鼠标左键不放，在图像的测量处画线段，松开左键，点击右键生成线段和边缘，如图 3-6。

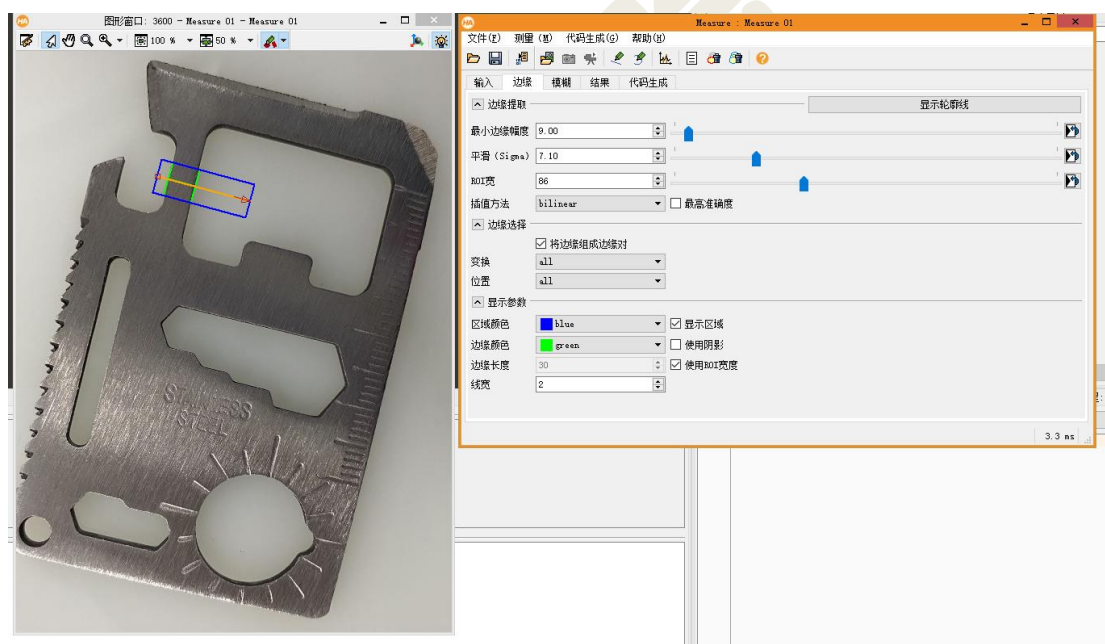


图 3-6 “边缘”选项卡

在“边缘”选项卡中，“边缘提取”参数解释如下：

- 最小边缘幅度：边缘强度的阈值；
- 平滑（Sigma）：高斯平滑系数，越大光滑越明显；
- ROI 宽：决定用于灰度值插值的区域宽度；
- 插值方法：最邻近区域法（Nearest_neighbor）、双线性插值法（Bilinear）、双三次插值法（Bicubic）等；

“边缘选择”参数解释如下：

- 变换：可以选择正向、负向或者全选。正向与负向边缘的意义在原理部分已做介绍，这里不再重复；
 - 位置：可以选择第一个边缘、最后一个边缘或者全部都选
- 若需要提取出来的边缘成对，可以勾选“将边缘组成边缘对”。

点击“显示轮廓线”按钮，出现的窗口中，勾选“导数”，拖动平滑按钮，观察到平滑的、明显的振幅，则边缘提取效果为佳。如图 3-7 所示。

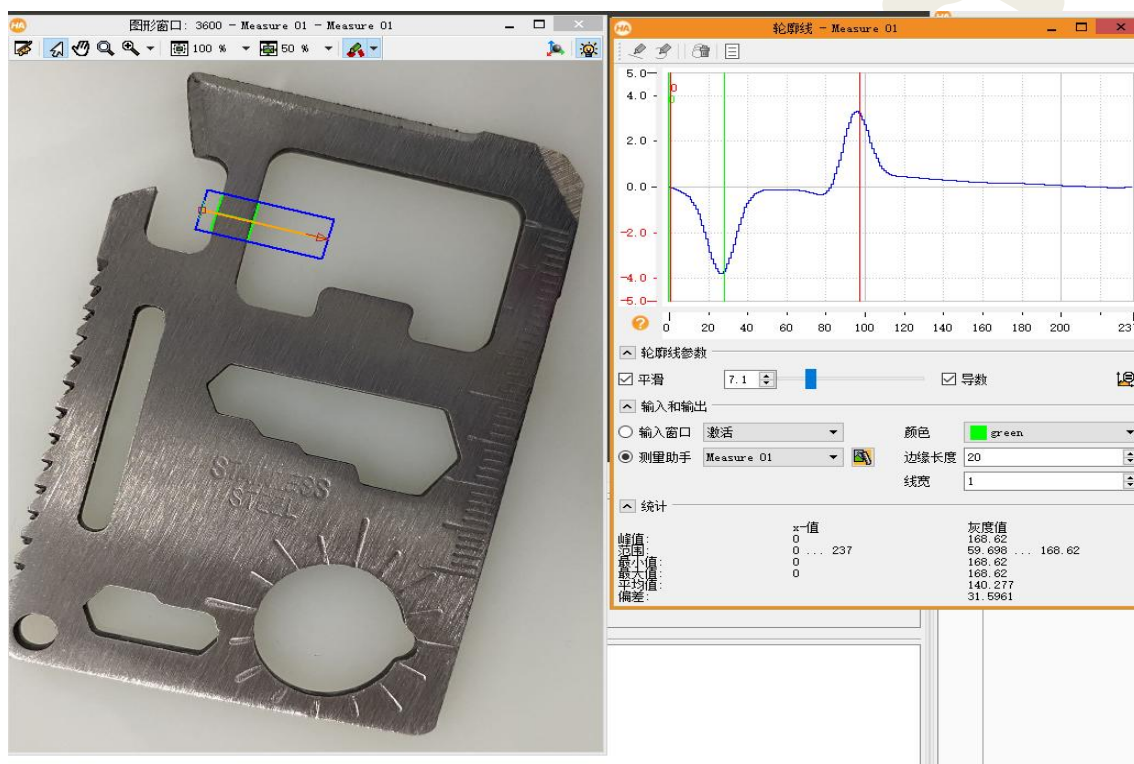


图 3-7 显示轮廓线

③ 切换到“结果”选项卡，显示当前参数设置下的测量结果，如图 3-8。“宽”表示边缘内两边缘的距离，本例中该数据就是我们的测量目标；“距离”表示连续边缘对之间的距离，本例中只有一对边缘，所以此参数为空。

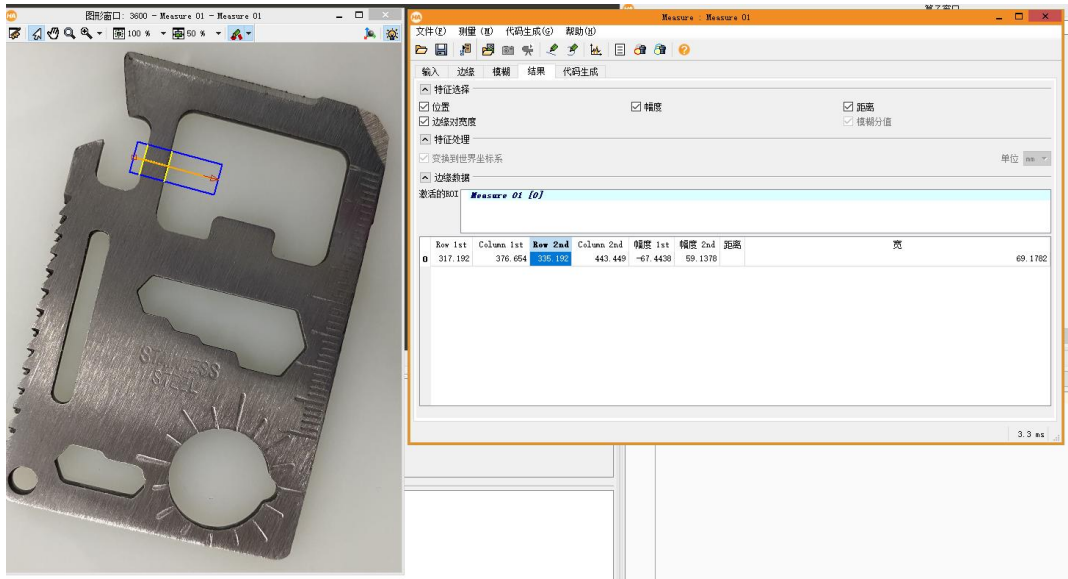


图 3-8 “结果”选项卡

④ 选择“代码生成”选项卡，可以将上述操作的代码插入编辑区。如图 3-9。

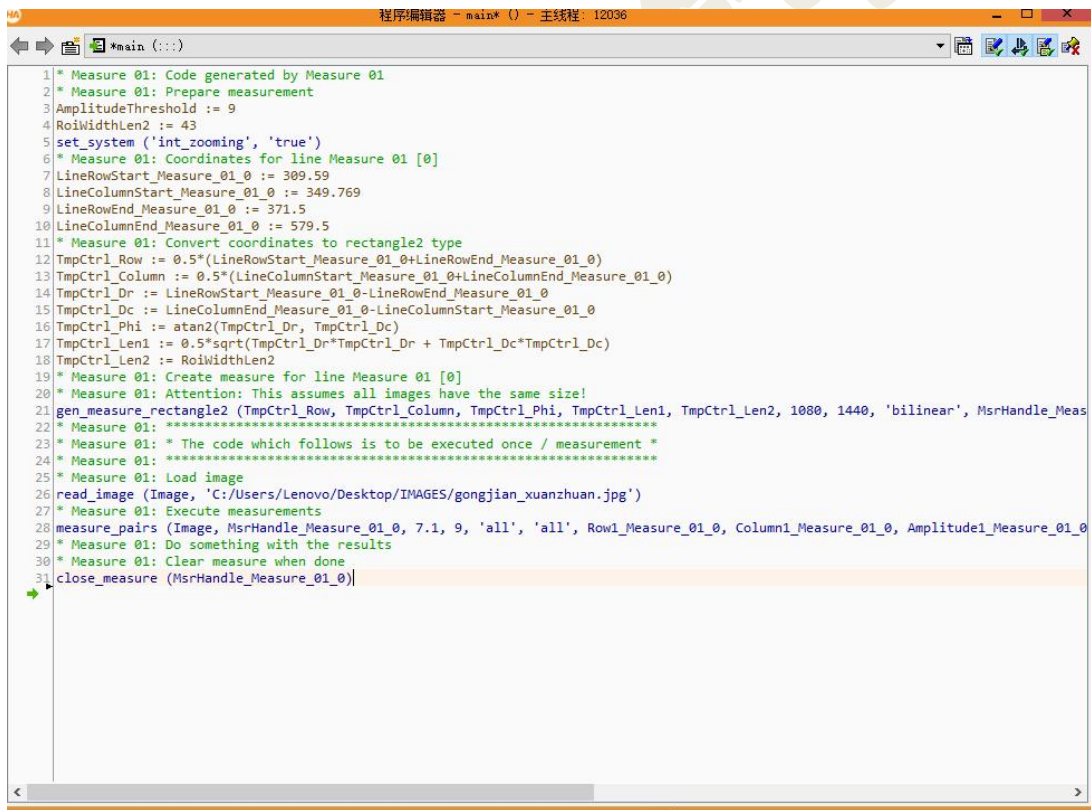


图 3-9 生成代码

⑤ 为了辅助图形显示，可以选择在编辑区适当位置加入合适的显示代码。这里给出参考代码如下（具体使用方法要根据实际代码逻辑，不可照抄，**此部分功能不做强制要求，仅供参考**）：

*设置填充为边界


```

dev_set_draw('margin')
dev_set_color('green')
*生成矩形 ROI
gen_rectangle2(ROI,TmpCtrl_Row,TmpCtrl_Column,TmpCtrl_Phi,TmpCtrl_Len1,TmpCtrl_Len2)
*显示矩形
dev_display(ROI)
*根据提取的边缘点生成 XLD 轮廓显示
gen_contour_polygon_xld(EdgeFirst,[-sin(TmpCtrl_Phi+rad(90))*TmpCtrl_Len2+Row1_Measure_01_0[0],-sin(TmpCtrl_Phi-rad(90))*TmpCtrl_Len2+Row1_Measure_01_0[0],[cos(TmpCtrl_Phi+rad(90))*TmpCtrl_Len2+Column1_Measure_01_0[0],cos(TmpCtrl_Phi-rad(90))*TmpCtrl_Len2+Column1_Measure_01_0[0]])
gen_contour_polygon_xld(Edgesecnd,[-sin(TmpCtrl_Phi+rad(90))*TmpCtrl_Len2+Row2_Measure_01_0[0],-sin(TmpCtrl_Phi-rad(90))*TmpCtrl_Len2+Row2_Measure_01_0[0],[cos(TmpCtrl_Phi+rad(90))*TmpCtrl_Len2+Column2_Measure_01_0[0],cos(TmpCtrl_Phi-rad(90))*TmpCtrl_Len2+Column2_Measure_01_0[0]])
*用不同颜色显示边缘
dev_set_color('blue')
dev_display(EdgeFirst)
dev_set_color('magenta')
dev_display(Edgesecnd)

```

最终测量结果，本示例所测机械工件的部分尺寸结果(像素距离)如下图 3-10 方框显示。

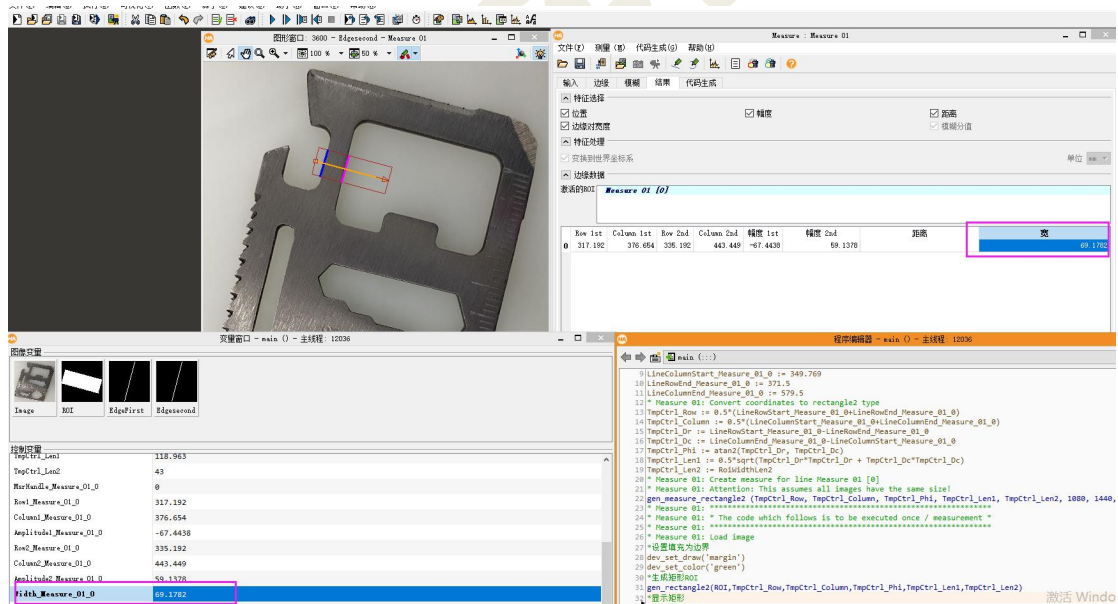


图 3-10 测量结果

3.6.2 通过 Halcon 实现 2D 测量

halcon 二维测量的基本思路:

- ① 图片预处理,使要测量的特征凸显化,去除噪点干扰等(若图像效果好,

这一步可省略)。

② **阈值化**，通过阈值化抽取出图像的特征，借助灰度直方图快速找到阈值范围。常用相关算子“threshold”；

③ **轮廓处理**。创建轮廓、选择轮廓、分割轮廓、拟合轮廓、生成轮廓并提取特征等操作，常用相关算子“edges_sub_pix”，“select_shape_xld”，“segment_contours_xld”，“fit_line_contour_xld”，“fit_circle_contour_xld”，“gen_contour_polygon_xld”，“gen_circle_contour_xld”，“area_center_xld”，“orientation_xld”。

④ **几何运算**。计算直线之间夹角，点到点距离，点到线距离等。相关算子“angle_ll”，“distance_pp”，“distance_pl”。

以上算子具体参数意义，可以查阅 Halcon 的帮助文档。

参考以上思路，测量如下机械工件的大圆圆心到最下方一条边的距离，以及大圆和小圆圆心的距离。实验前调整相机焦距、曝光度以及背光源亮度，使得被测工件的成像能够凸显边缘信息。

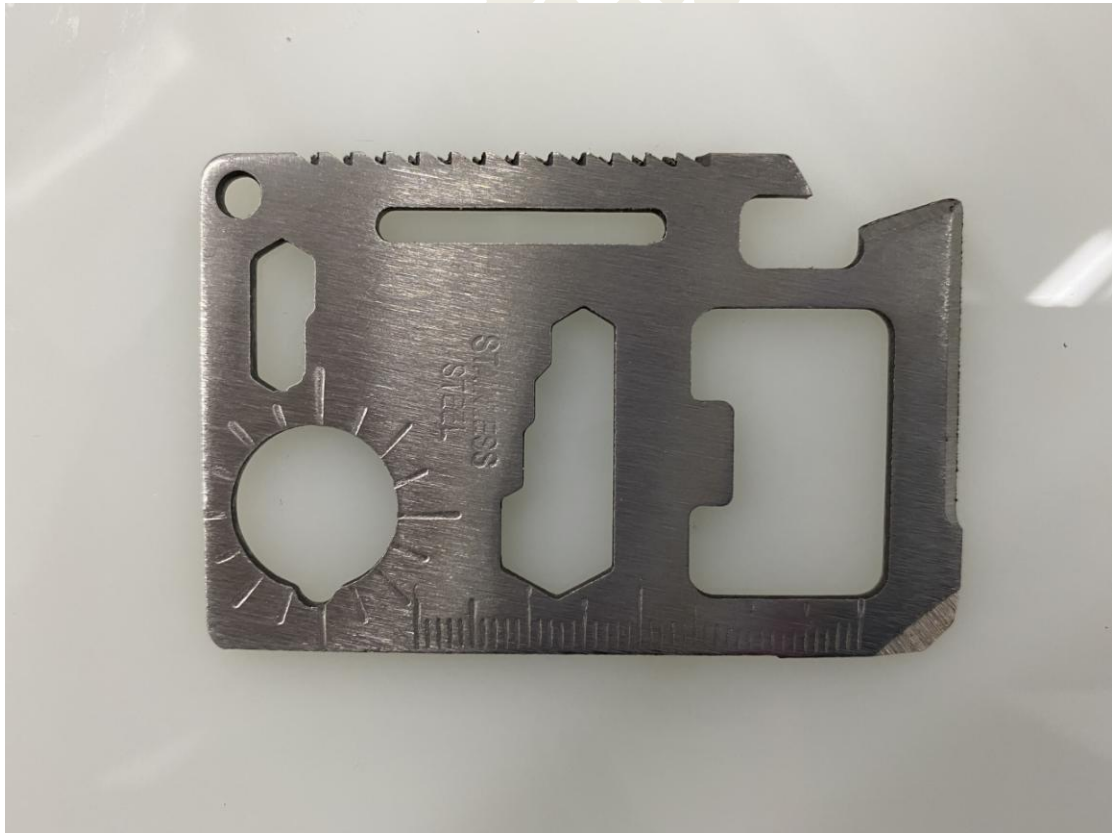
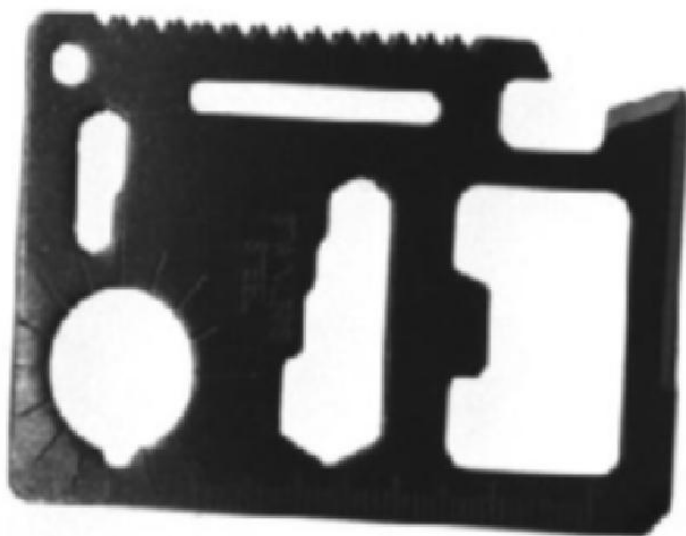


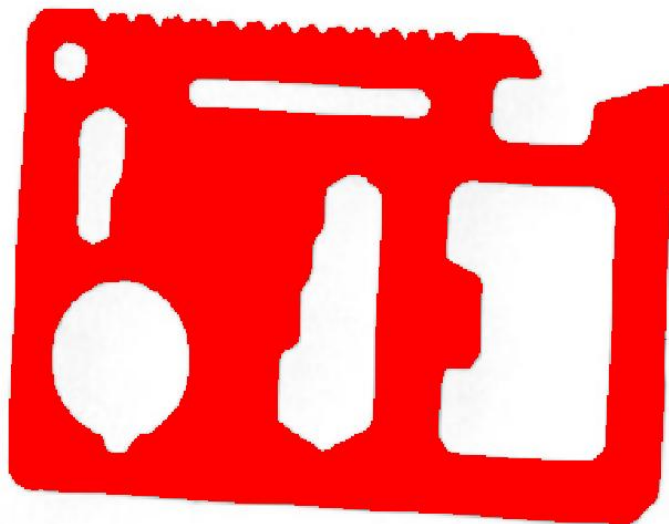
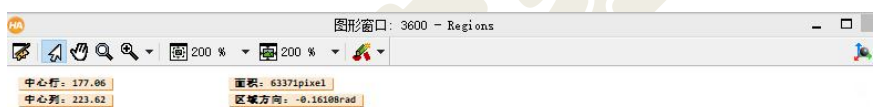
图 3-11 待测工件

上述操作思路图示：

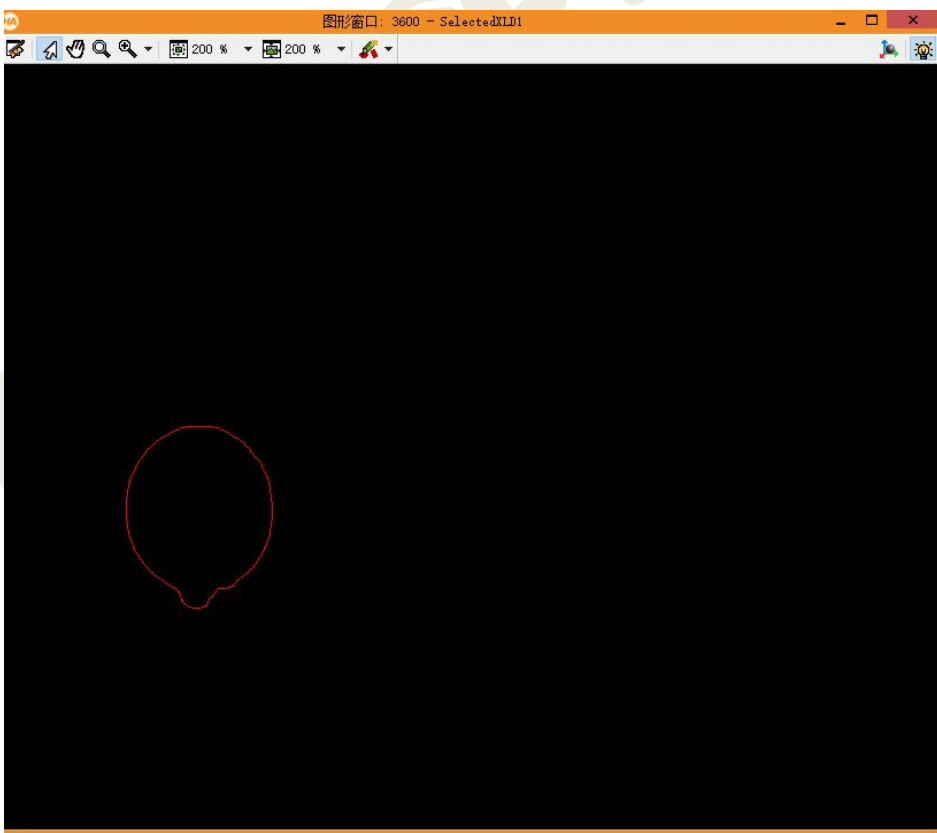
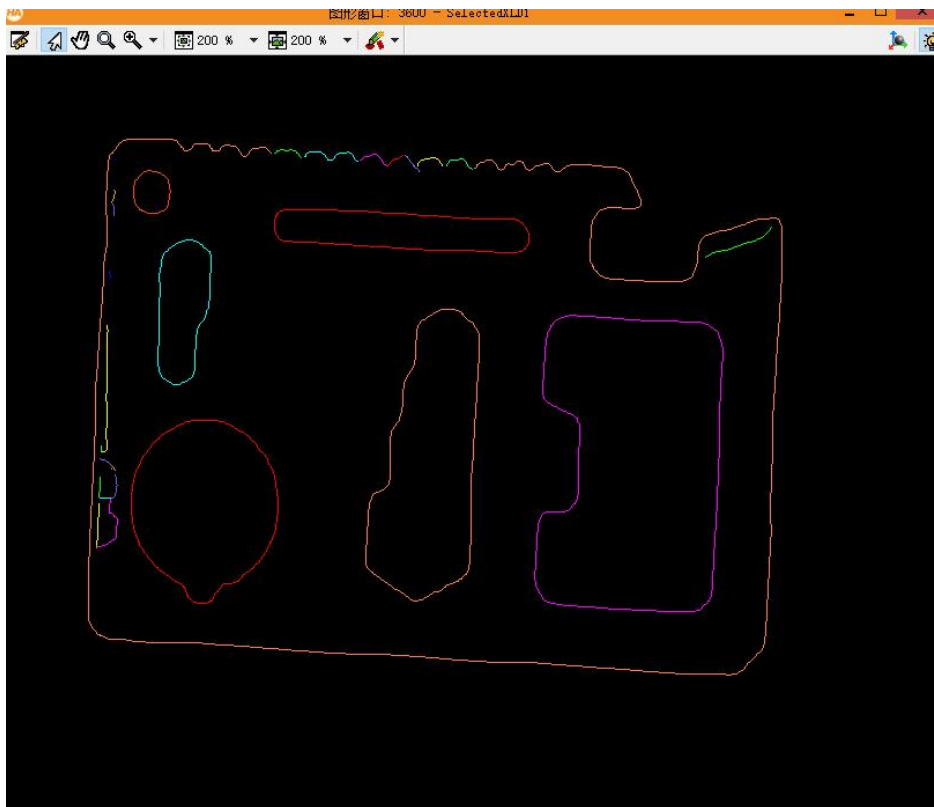
- ① 读图并 `mean_image/media_image` (图像效果好可省略此步骤)

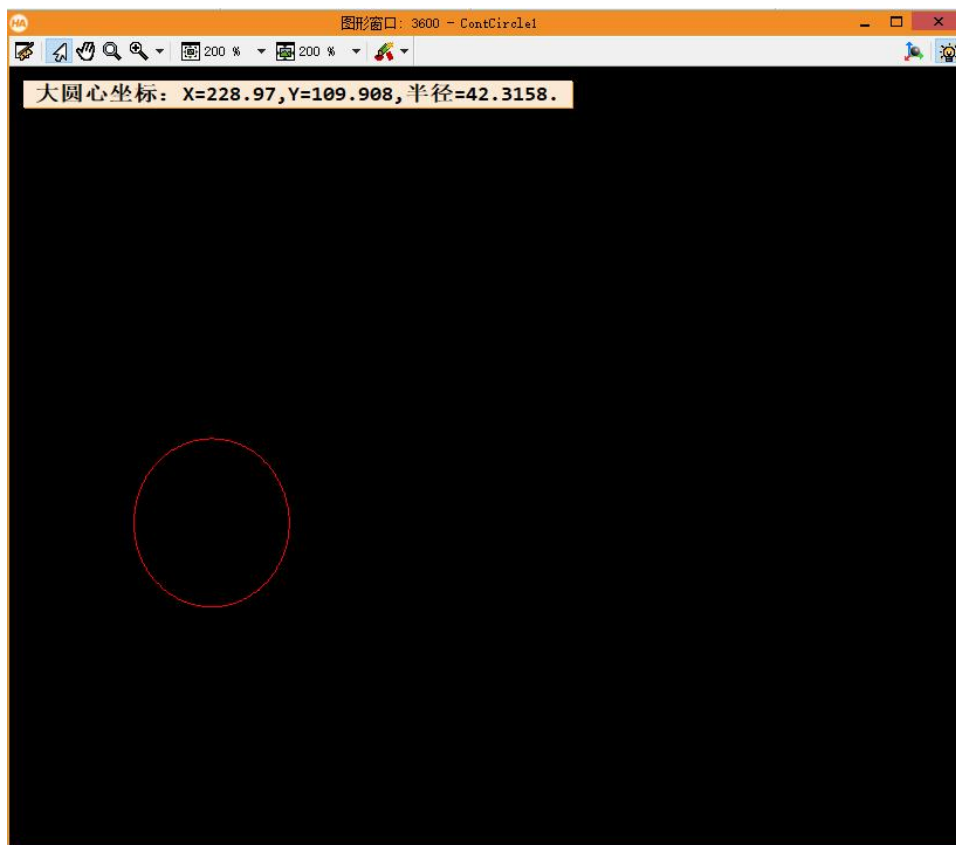


- ② Threshold

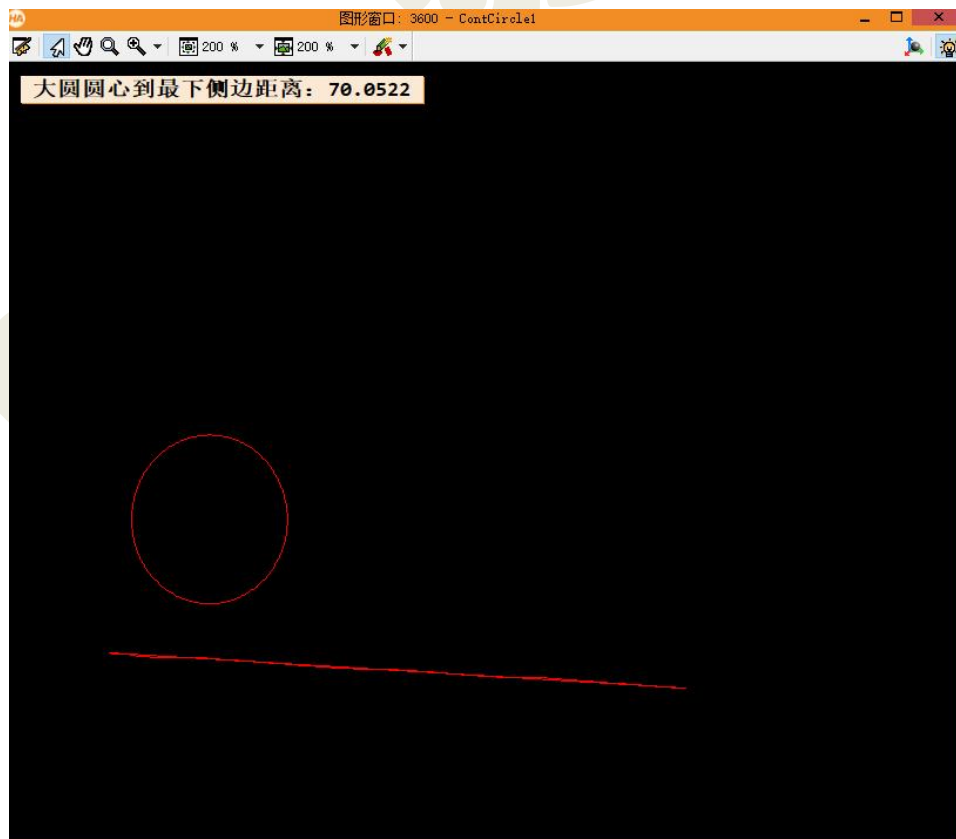


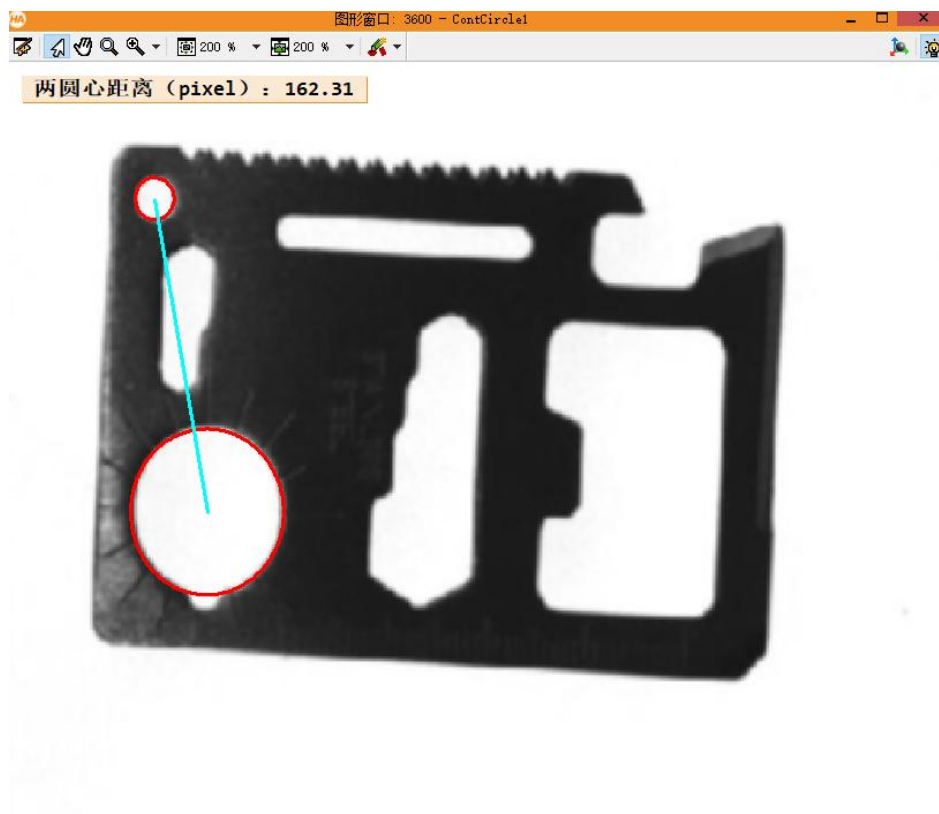
- ③ `edges_sub_pix`、`select_shape_xld`、`fit_circle_contour_xld`





④ 几何计算





2D 测量参考代码如下（图片路径、特征选择应依据实际图片情况，不可照抄）：

```

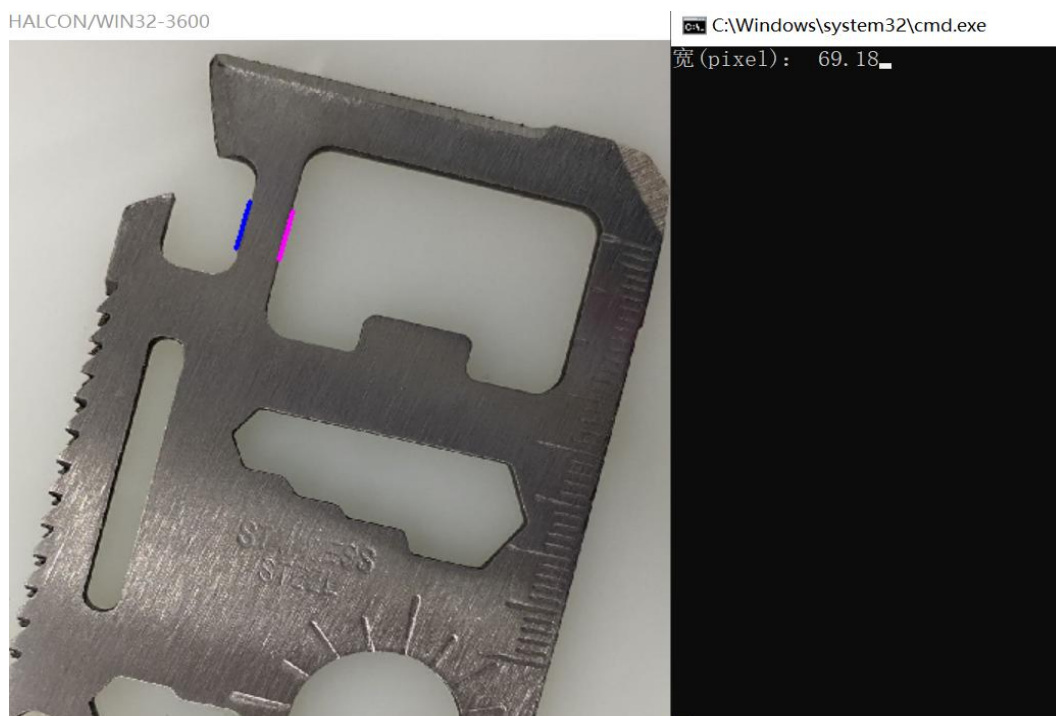
1 *关闭默认窗口
2 dev_close_window()
3 *读入图片
4 read_image(Image, 'F:/学校实验课文件/2024年机器视觉/IMAGES/Image_2021-05-06_14-03-53.jpg')
5 *适应图片大小新建窗口
6 dev_open_window_fit_image(Image, 0, 0, -1, -1, WindowHandle)
7 *显示
8 dev_display(Image)
9 *单通道
10 rgb3_to_gray(Image, Image, Image, ImageGray)
11 *threshold (ImageGray, Regions, 1, 64)
12 *创建轮廓
13 edges_sub_pix(ImageGray, Edges, 'canny', 1, 20, 40)
14 *选择轮廓
15 select_shape_xld (Edges, SelectedXLD, 'circularity', 'and', 0.88735, 0.96208)
16 select_shape_xld (Edges, SelectedXLD1, 'circularity', 'and', 0.68239, 0.71125)
17 *拟合轮廓为圆
18 fit_circle_contour_xld(SelectedXLD, 'algebraic', -1, 0, 0, 3, 2, Row, Column, Radius, StartPhi, EndPhi, PointOrder)
19 *获取圆轮廓
20 gen_circle(Circle, Row, Column, Radius)
21
22 fit_circle_contour_xld(SelectedXLD1, 'algebraic', -1, 0, 0, 3, 2, Row1, Column1, Radius1, StartPhi1, EndPhi1, PointOrder1)
23 gen_circle(Circle1, Row1, Column1, Radius1)
24 *计算圆心距
25 distance_pp(Row, Column, Row1, Column1, Distance)
26
27 *分割轮廓
28 segment_contours_xld(Edges, ContoursSplit, 'lines_circles', 5, 4, 2)
29 *根据宽度特征选择轮廓
30 select_shape_xld (ContoursSplit, SelectedXLD2, 'width', 'and', 541.07, 691.27)
31 *拟合直线
32 fit_line_contour_xld(SelectedXLD2, 'tukey', -1, 0, 5, 2, RowBegin, ColBegin, RowEnd, ColEnd, Nr, Nc, Dist)
33 *计算距离
34 distance_p1(Row1, Column1, RowBegin, ColBegin, RowEnd, ColEnd, Distance1)
35
36
37 *显示设置
38 dev_set_color('red')
39 dev_set_line_width(3)
40 dev_set_draw('margin')
41 dev_display(Image)
42 *显示结果
43 dev_display(Image)
44 dev_display(Circle)
45 dev_display(Circle1)
46 disp_message(WindowHandle, '大圆到直线距离: '+Distance1, 'window', 40, 20, 'black', 'true')
47 disp_line(WindowHandle, Row1, Column1, Row, Column)
48 disp_message(WindowHandle, '大小圆心距离: '+Distance, 'window', 20, 20, 'black', 'true')
49
50

```

3.6.3 VS 联合 Halcon 实现测量

通过 Halcon 导出 C++代码，在 VS 平台实现 1D/2D 测量，弹窗显示测量图像，并在控制台打印输出测量结果，取 HTuple 数据并打印输出的方法，参考实验二。参考结果如下图所示。

1 维测量结果如图：



2 维测量结果如图：

