

《机器视觉》实验指导书

V 1.0

实验二 物体的定位实验



哈尔滨工业大学（深圳）
实验与创新实践教育中心

目录

2.1 实验目的	3
2.2 实验注意事项	3
2.3 实验原理	3
2.3.1 模板匹配算法	3
2.3.2 模板匹配流程	4
2.4 实验所需设备	5
2.5 实验内容	5
2.6 实验步骤——编程实现模板匹配	5
2.6.1 基于 NCC 的模板匹配	5
2.6.2 基于形状的模板匹配	7
2.6.3 使用 Halcon 匹配助手进行匹配	8
2.6.4 VS 联合 Halcon 实现模板匹配	12
2.7 实验任务要求	13

2.1 实验目的

- 1) 通过图形化应用软件 KImage 了解如何创建模板，并在测试图像中搜索与该模板图像最相似的目标，理解相关算法理论在实际中的应用；
- 2) 掌握典型模板匹配算法以及步骤；通过不同的模板匹配算法实现目标定位；
- 3) 掌握 Halcon 联合 VS 通过编程实现上述功能；

2.2 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。

2.3 实验原理

2.3.1 模板匹配算法

模板匹配指的是通过模板图像与测试图像之间的比较，找到测试图像上与模板图像相似的部分，这是通过计算模板图像与测试图像中目标的相似度来实现的，可以快速地在测试图像中定位出预定义的目标。

匹配的主要思路是使用一个目标原型，根据它创建一个模板在测试图像中搜索与该模板图像最相似的目标，并寻找与该模板的均值或方差最接近的区域。在这个过程中，可以根据测试图像与模板的不同差异，如光照、位置、尺寸、旋转角度等，选择不同的模板算法。

① 归一化的互相关匹配（NCC）

$$ncc(r,c) = \frac{1}{n} \sum_{(u,v) \in T} \frac{t(u,v) - m_t}{\sqrt{s_t^2}} \cdot \frac{f(r+u, c+v) - m_f(r,c)}{\sqrt{s_f^2(r,c)}}$$

m_t 是模板的平均灰度值， s_t^2 是模板所有像素灰度值的方差。

$m_f(r,c)$ 和 $s_f^2(r,c)$ 是平移到图像当前位置的模板 ROI 中图像所有点的平均灰度值

与方差。

基于 NCC 的模板匹配其实是一种基于灰度值的匹配，它不受线性光照变化影响。与经典的基于灰度值匹配算法比，它的速度快很多；与基于形状模板的匹配算法比，它对一些有细微变化的、纹理复杂的或者聚焦模糊的检测图像效果要好。缺点是如果检测图像有较大位移、旋转或缩放，可能会匹配失败。

② 基于形状的模板匹配

基于形状的模板匹配，也称为基于边缘方向梯度的匹配，该算法原理是提取 ROI 中的边缘特征，结合灰度信息创建模板，并根据模板大小和清晰度的要求生成多层级的图像金字塔模型，接着在图像金字塔层中自上而下逐层搜索模板图像，直到搜索到最底层或得到确定的匹配结果。

该方法使用边缘特征定位物体，对光照和图像灰度变化不敏感，支持局部边缘缺失、一定程度杂乱场景、噪声、失焦和轻微形变的模型。

2.3.2 模板匹配流程

(1) 首先从预处理后的参考图像（若图像质量好，也可不做预处理）上选择一块感兴趣区域 ROI。

(2) 创建模板。不同的模板匹配方法，使用的算子不同，结合所需参数选择，此步骤需要返回一个模板的句柄，供匹配算子调用。

(3) 搜索目标。创建好模板之后，读取待检测的图像，使用相应的算子搜索得到结果。

(4) 如果各项参数设置合适，则在图像中会找到至少为 1 个的目标，输出匹配的结果，包括匹配分值、目标坐标和旋转角度等信息。

(5) 清除模板。匹配结束后，应调用算子将模板清除，释放内存资源。

模板匹配流程如下图 2-1 所示。

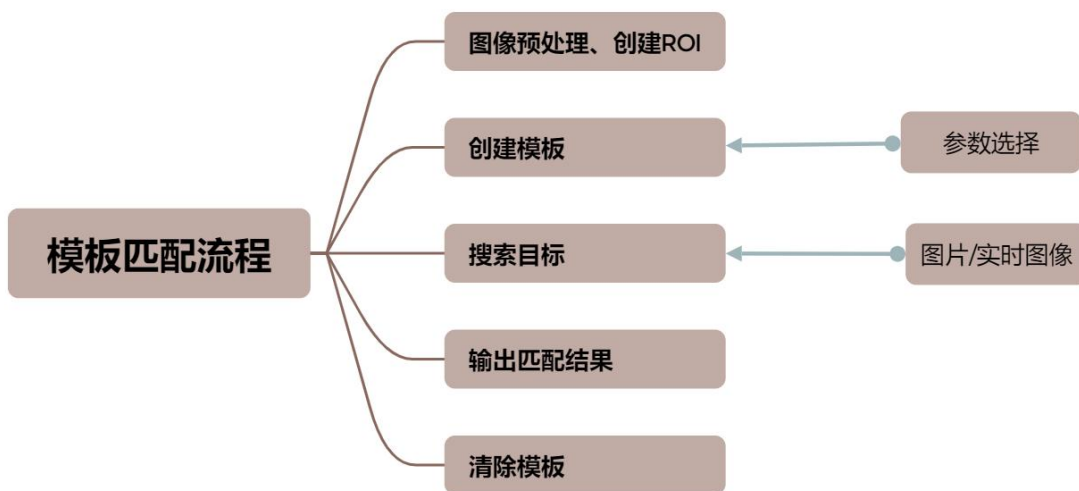


图 2-1 模板匹配流程

2.4 实验所需设备

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

2.5 实验内容

(1) 采用 Halcon 实现基于 NCC 的模板匹配或者基于形状的模板匹配，理解二者在应用中的差别。

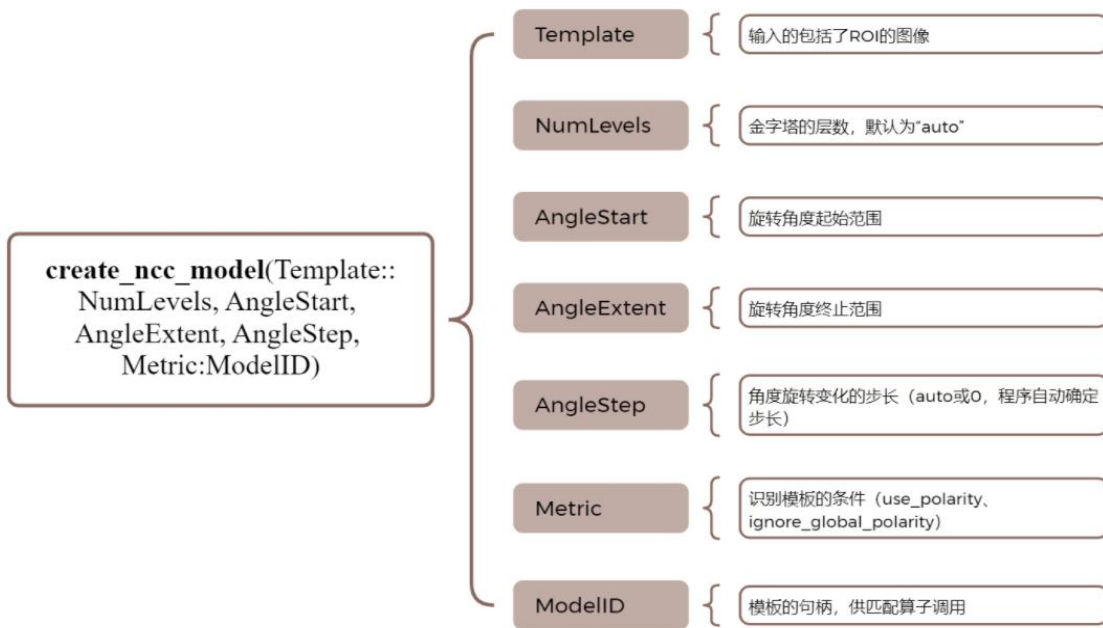
(2) VS 联合 Halcon，实现模板匹配。

2.6 实验步骤——编程实现模板匹配

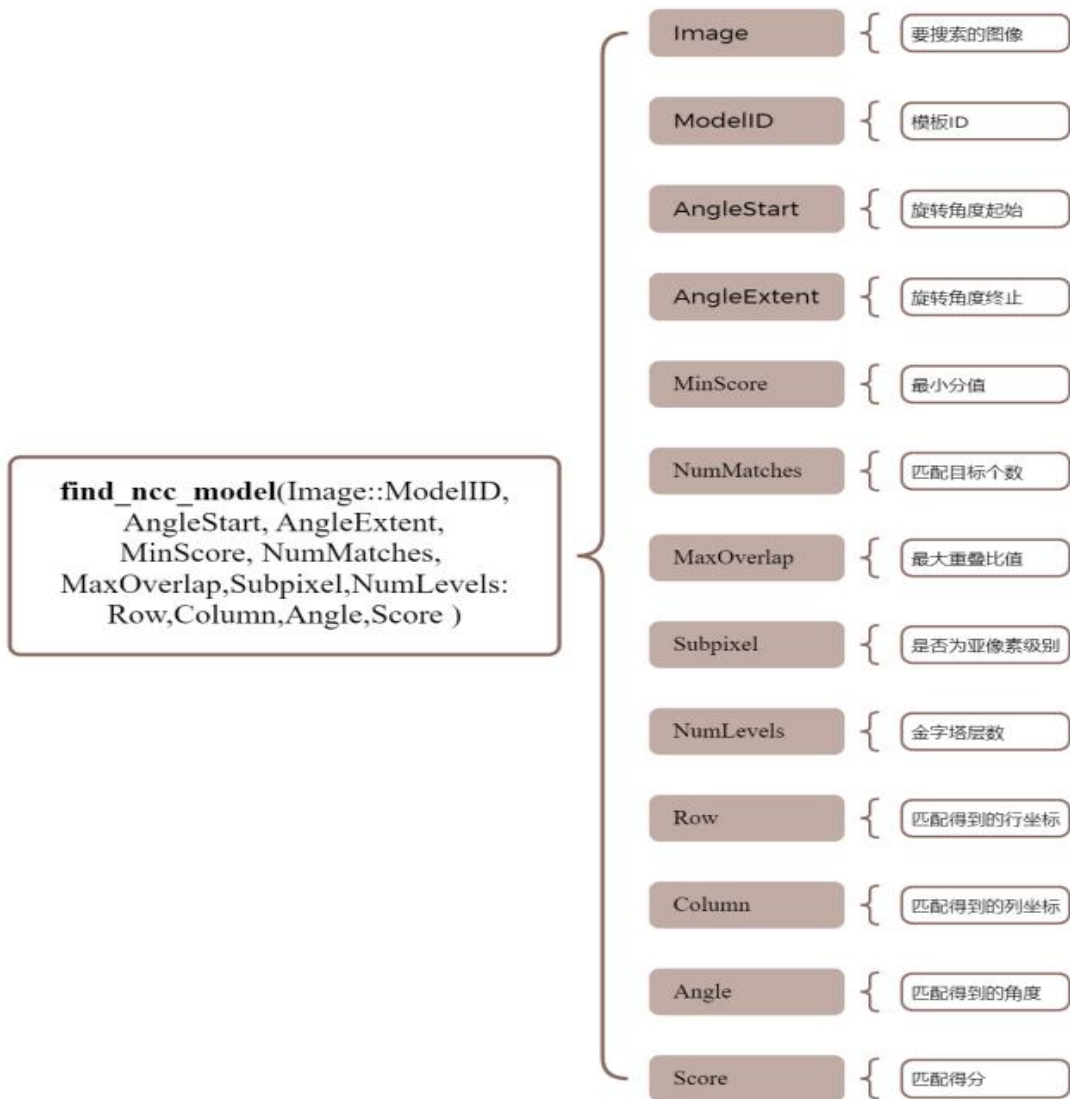
2.6.1 基于 NCC 的模板匹配原理

① 从参考图像上选择检测目标。使用矩形选区等方式，从参考图像上选择一块 ROI，然后用“reduce_domain”算子将该区域剪裁成一个独立的图像区域。

② 创建模板。用上一步剪裁后的图像创建一个归一化的互相关模型，使用的是“create_ncc_model”算子。



③ 模板匹配, 调用算子“find_ncc_model”。

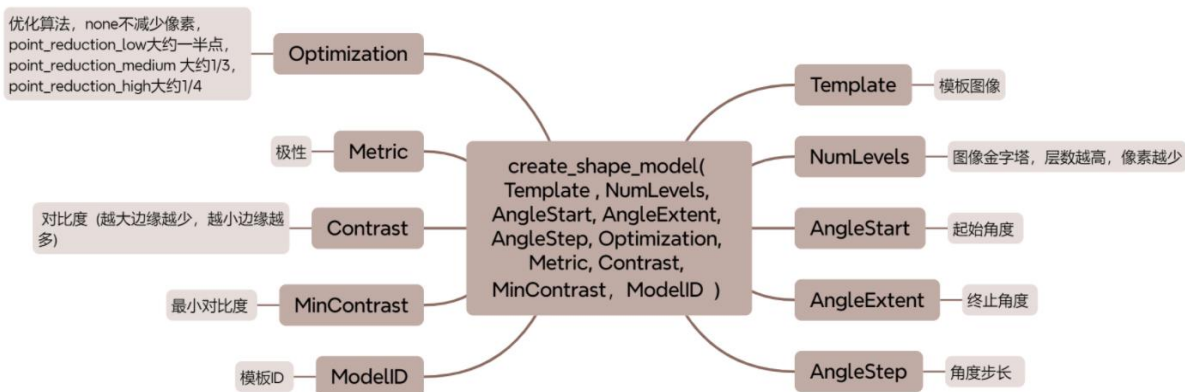


④ 匹配结束后，使用“clear_ncc_model”算子释放模板。

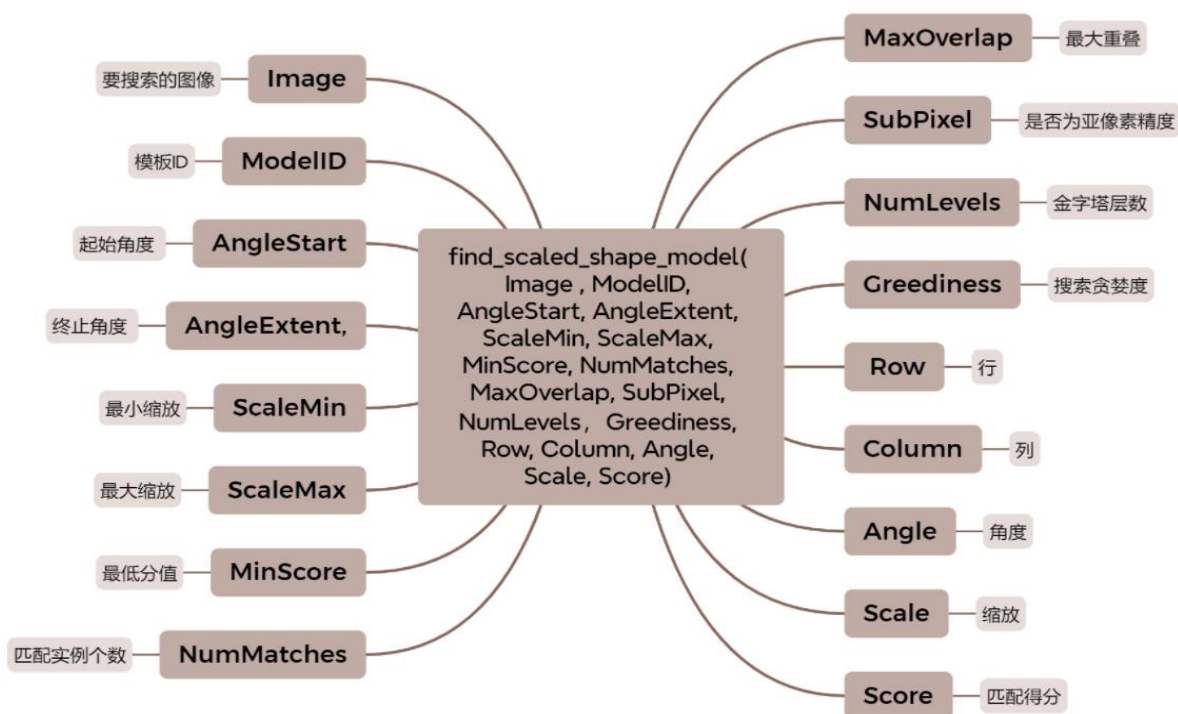
2.6.2 基于形状的模板匹配原理

① 从参考图像上选择检测目标。使用矩形选区等方式，从参考图像上选择一块ROI，然后用“reduce_domain”算子将该区域剪裁成一个独立的图像区域。

② 创建模板。“create_shape_model”算子生成的匹配图像有移动和旋转，“create_scaled_shape_model”算子除了移动和旋转还有放大缩小。



③ 模板匹配。调用算子“`find_scaled_shape_models`”，或者“`find_shape_model`”



④ 匹配结束后，`clear_shape_model (ModelID)`，释放资源。

2.6.3 使用 Halcon 匹配助手进行匹配

① 打开 HDevelop，选择“助手”→“打开新的 Matching”选项，选择要使用的匹配方法，在此以基于形状为例。如图 2-2。

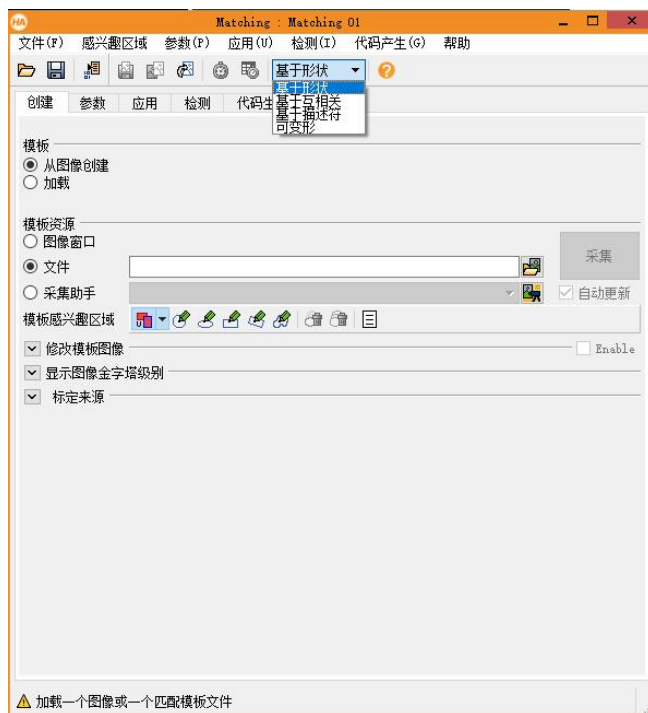


图 2-2 Halcon 匹配助手中的匹配方法

② 可以从图像中创建模板，也可以加载之前保存的模板。在“模板资源”中可以选择从“文件”选择图像所在路径，也可以选择“采集助手”连接相机，并拍摄图像，两种方式均可。然后从“模板感兴趣区域”中选择合适的图形工具，如圆形、椭圆形、矩形、多边形等，通常选择矩形，在图像中画出选区。选好后，右击确认并退出选择模式。如图 2-3。

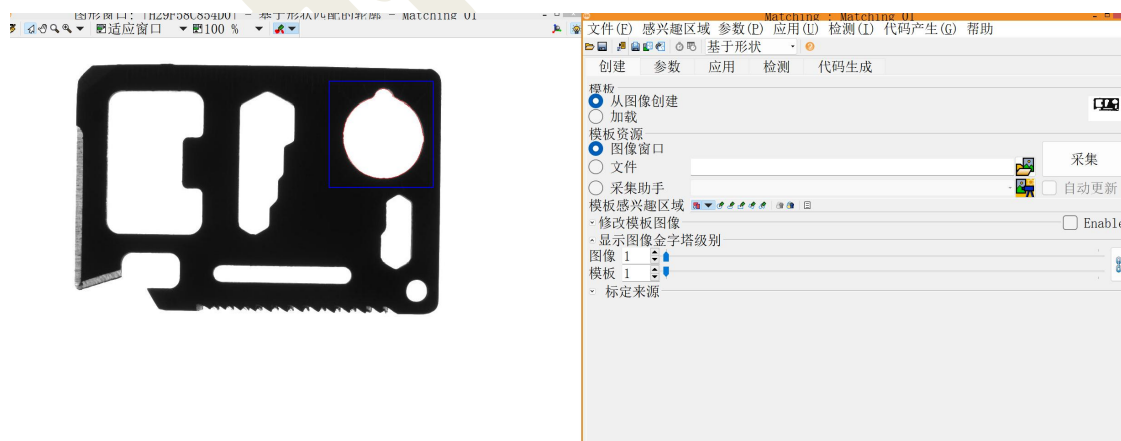


图 2-3 在匹配助手中选择 ROI

③ 接下来设置参数。在“创建”选项卡的“显示图像金字塔级别”中可以看到各种金字塔级别的特征图像，这是设置 NumLevel 参数的依据，如图 2-4。在“参数”选

项卡中可以设置各项参数（也可设置为自动选择），如图 2-5。以上参数在当前图像质量较好的情况下（图片清晰、光照合适、特征凸显），可以使用 Halcon 默认的设置。

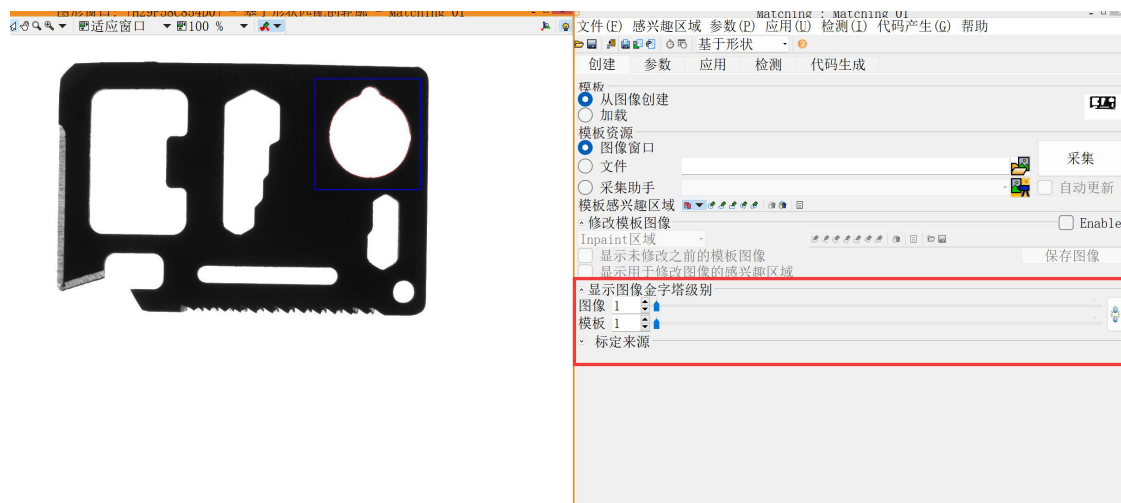


图 2-4 匹配助手“创建”选项卡

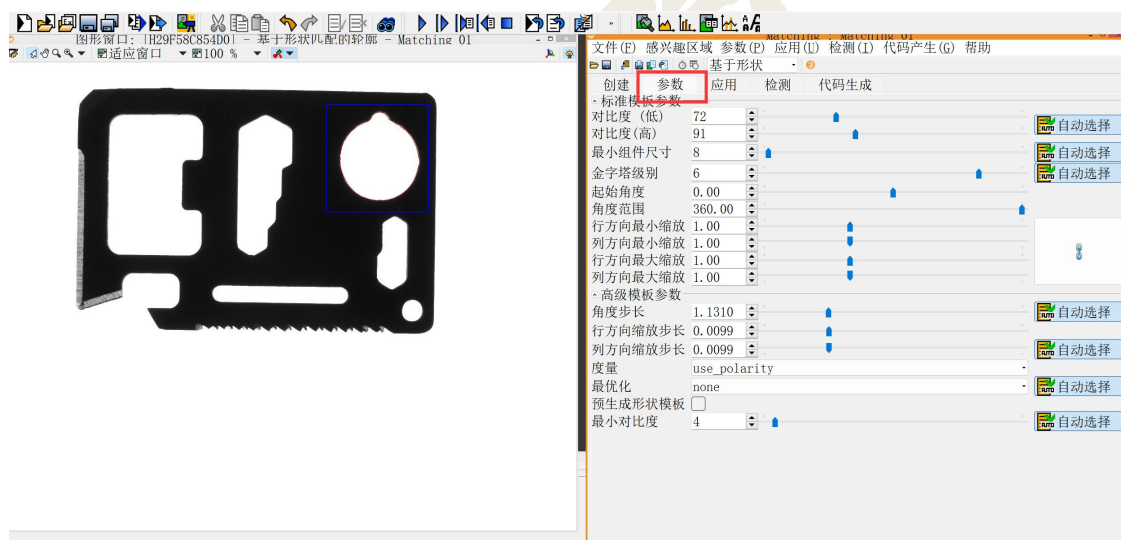


图 2-5 匹配助手“参数”选项卡

④ 点击“应用”选项卡，在该选项卡中设置加载图像文件的路径，选择进行模板匹配的图像（可以提前拍摄存储至硬盘，也可以连接相机实时拍摄），然后设置匹配参数，比如匹配最小分数、匹配最大数等，也可以使用默认值。这里推荐点击“执行优化”按钮，系统自动找到最佳参数值。如图 2-6。

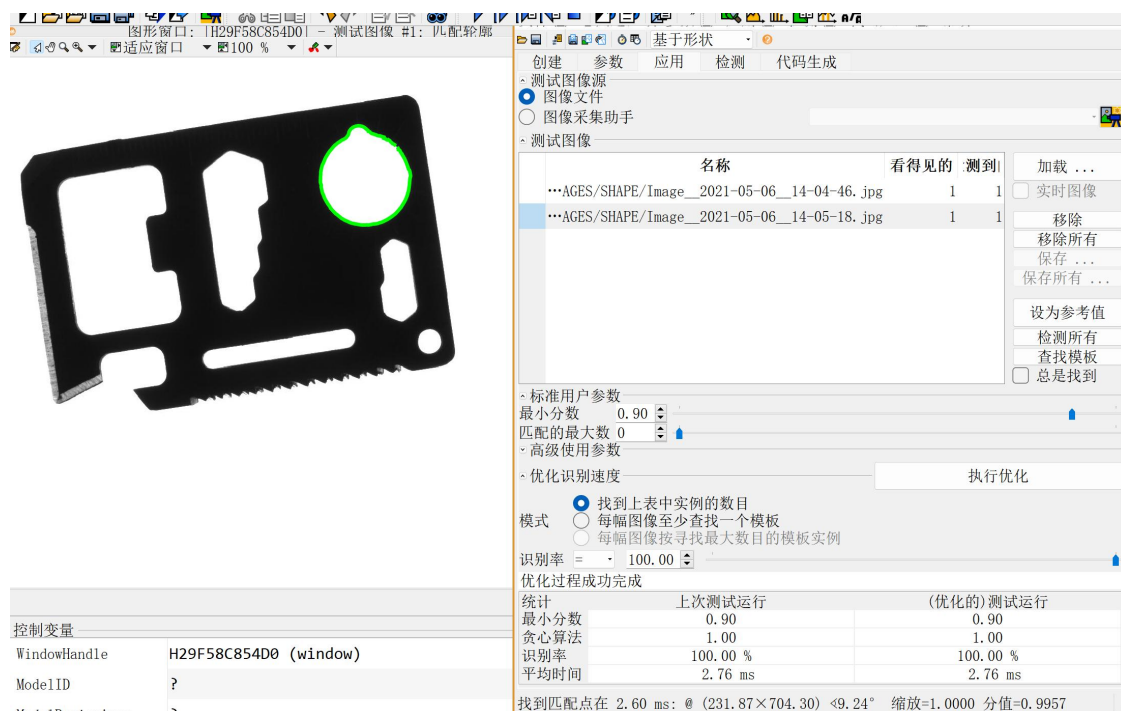


图 2-6 匹配助手“应用”选项卡

⑤ 点击“检测”选项卡，在窗口下方点击“执行”按钮之后就会显示模板匹配的结果信息，如图 2-7。



图 2-7 匹配助手“检测”选项卡

⑥ 点击“代码生成”选项卡，在“选项”中可以选择的内容如图 2-8 所示。展开“基于形状模板匹配变量名”可以查看插入代码时各个变量名称。点击右上角“插入代码”按钮，会在编辑区自动生成上述操作过程的代码。

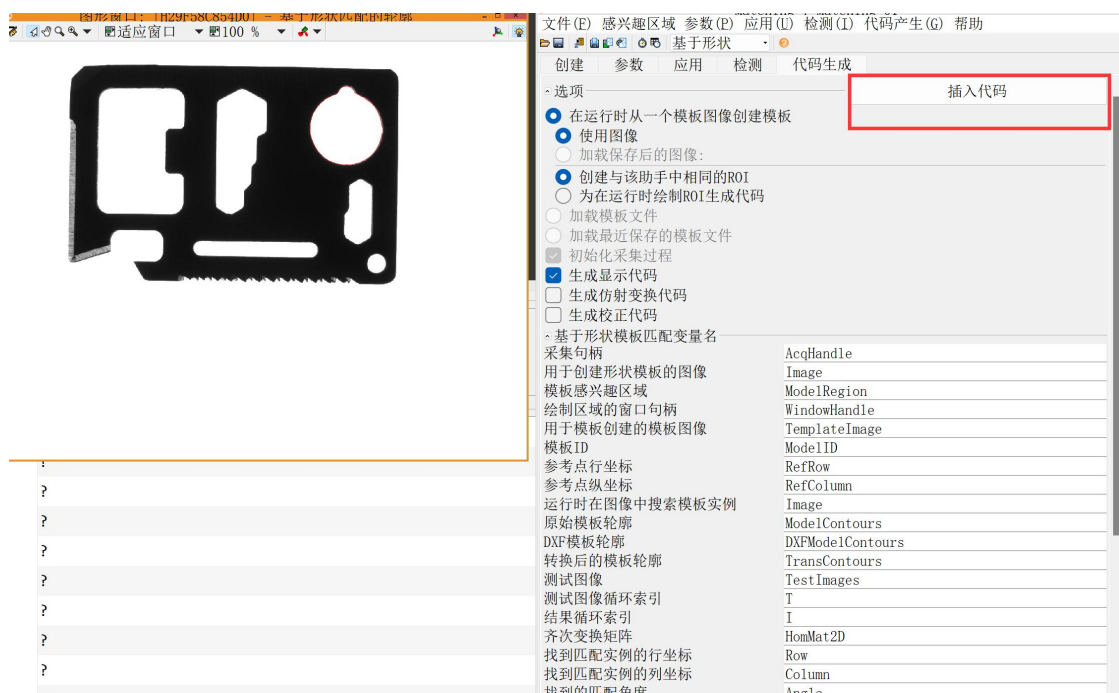


图 2-8 匹配助手“代码生成”选项卡

2.6.4 VS 联合 Halcon 实现模板匹配

通过 Halcon 导出 C++代码，在 VS 平台实现模板匹配，算子可选择**基于 NCC** 或者 **基于形状**的模板匹配，**要注意两种算法各自适合的应用场合**。通过弹出视图显示目标定位的结果（匹配的行、列坐标，匹配分数），VS 同 Halcon 建立连接的配置步骤见实验一。

自行选择以下两种方法其中一种实现 VS 平台的模板匹配，选择图片 ≥ 2 张，也可以实时进行定位，要求**输出匹配结果（行、列、匹配分数）**。

控制台应用程序（参考结果如下图 2-9）。

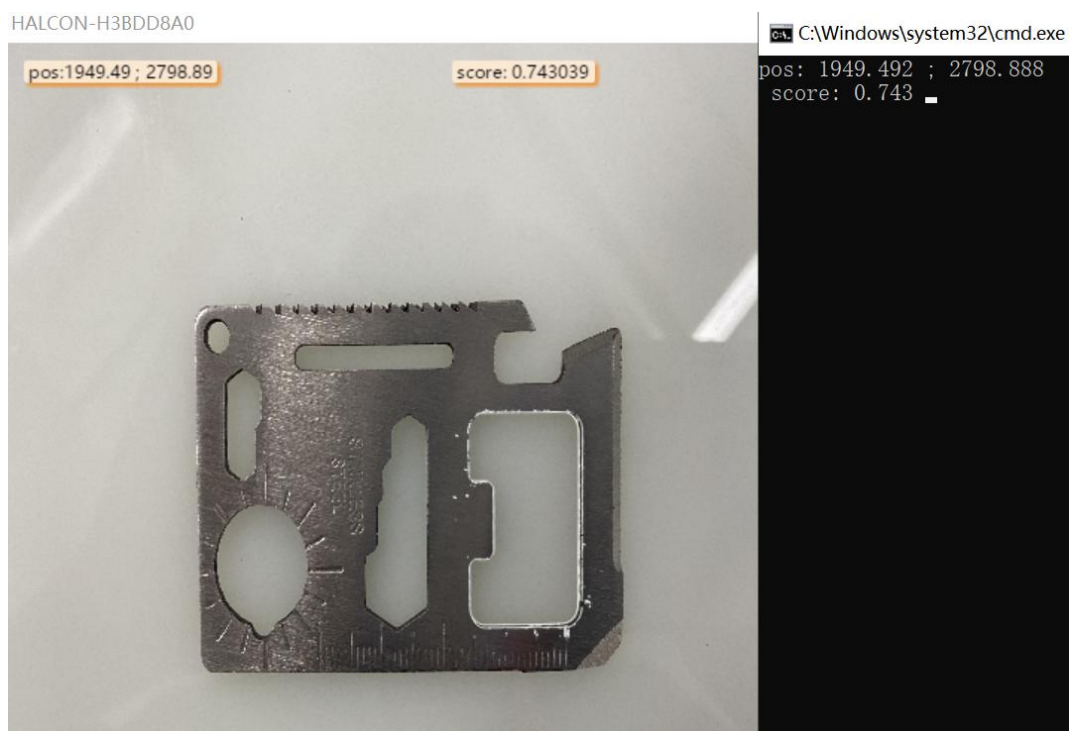


图 2-9 控制台应用程序运行结果

2.7 实验任务要求

- (1) 通过 Halcon 模板匹配实现工件的定位；
- (2) 任务 (1) Halcon 导出代码在 VS 平台运行实现模板匹配；