

《机器视觉》实验指导书

V 1.0

实验一 光源及图像采集、系统标定实验



哈尔滨工业大学（深圳）
实验与创新实践教育中心

目录

1.1 实验目的	2
1.2 实验注意事项	2
1.3 实验内容	2
1.4 实验设备	2
1.5 实验步骤	7
1.5.1 图像采集	7
1.5.2 相机标定	12
1.5.3 通过 Halcon 进行相机标定	15
1.5.4 编程实现图像采集	21
1.6 实验任务要求	32

1.1 实验目的

- 1) 掌握连接工业数字相机，熟悉使用实验平台软件采集图片；
- 2) 了解各种光源，以及工业相机常用参数，熟悉使用软件设置参数；
- 3) 掌握 Halcon 联合 VS 通过编程实现打开相机并采集图片、显示图片；

1.2 实验注意事项

- 1) 上机前做好充分准备，包括学习工业数字相机相关基础知识，了解相机常用参数的含义等。
- 2) 上机时要遵守实验室的规章制度，爱护实验设备。要熟悉与实验相关系统软件的使用方法。
- 3) 实验过程中关键器件轻拿轻放，禁止未经允许随意拆装。
- 4) 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）。
- 5) 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。

1.3 实验内容

（1）基于 Halcon 实现相机连接和图像采集、相机标定，理解在实际项目中相机的采图过程。

（2）VS 调用 Halcon 库，C++编程实现相机连接和图像采集、显示。做出简单交互界面（选做）。

1.4 实验设备

实验设备包括机器视觉运动平台，德国 basler aca1300-60gm 黑白相机，低角度环形光源。



图 1-2 机器视觉运动平台

打开机器视觉实验运动平台下方电气柜窗口，总空气开关如图 1-3 的位置，向上推动，电脑进入开机状态。待电脑开机之后，将遥控手柄的急停开关向右旋转，开关抬起，并按下绿色按钮，给设备上电，如图 1-4 所示。

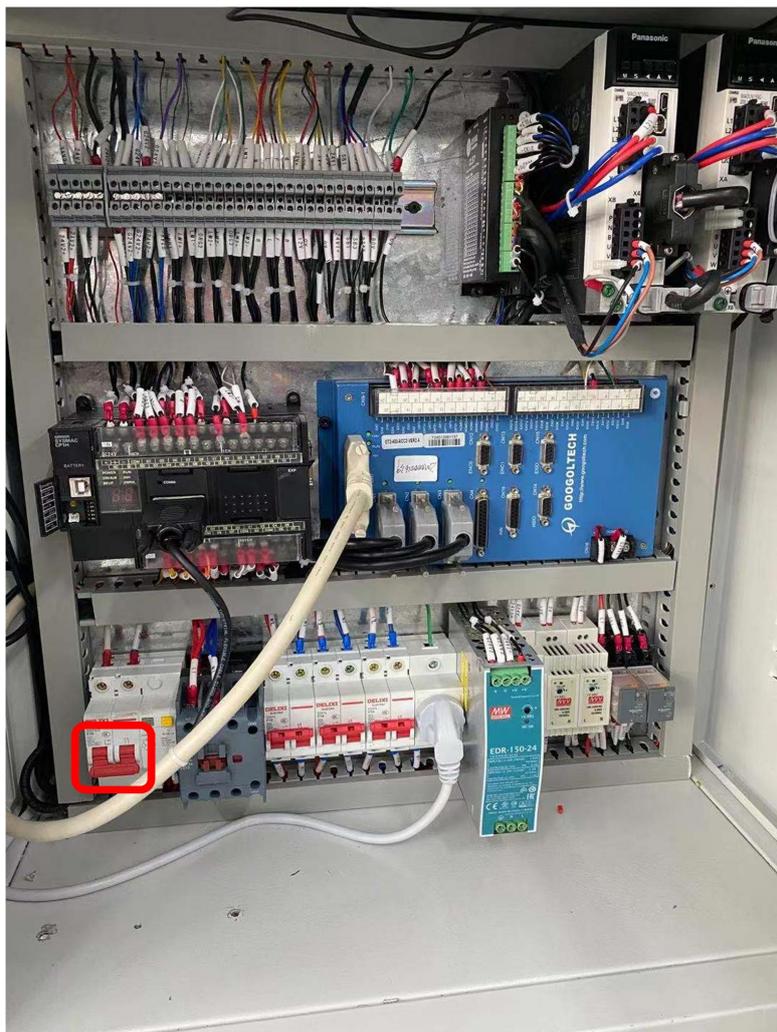


图 1-3 电控柜

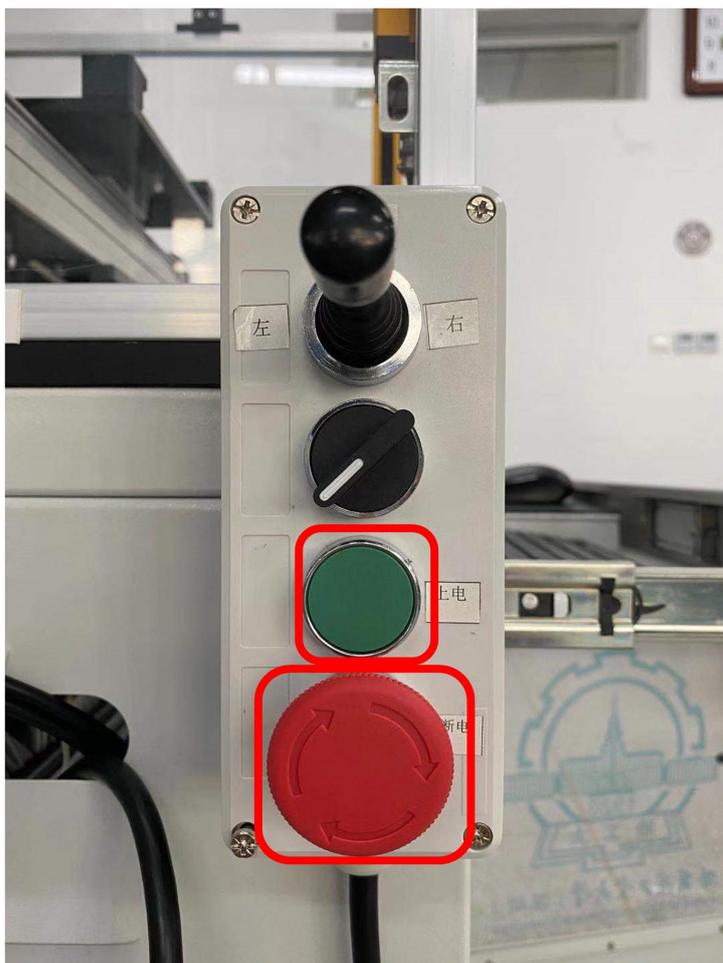


图 1-4 遥控手柄

图 1-5 所示为实验中陆续用到的各类光源，“1”为背光源，“2”为同轴光源，“3”为低角度环形光源，“4”为直射环形光源。德国 basler aca1300-60gm 黑白相机如图 1-6 所示。



图 1-5 各类光源示意图



图 1-6 basler aca1300-60gm 黑白相机

1.5 实验步骤

1.5.1 图像采集

- ① 给机器视觉实验平台上电，打开工控机，参见图 1-3、1-4。
- ② 转动运动平台 Z 轴上方的黑色旋钮，将相机卡在槽位，并旋紧旋钮固定相机，如图 1-7。

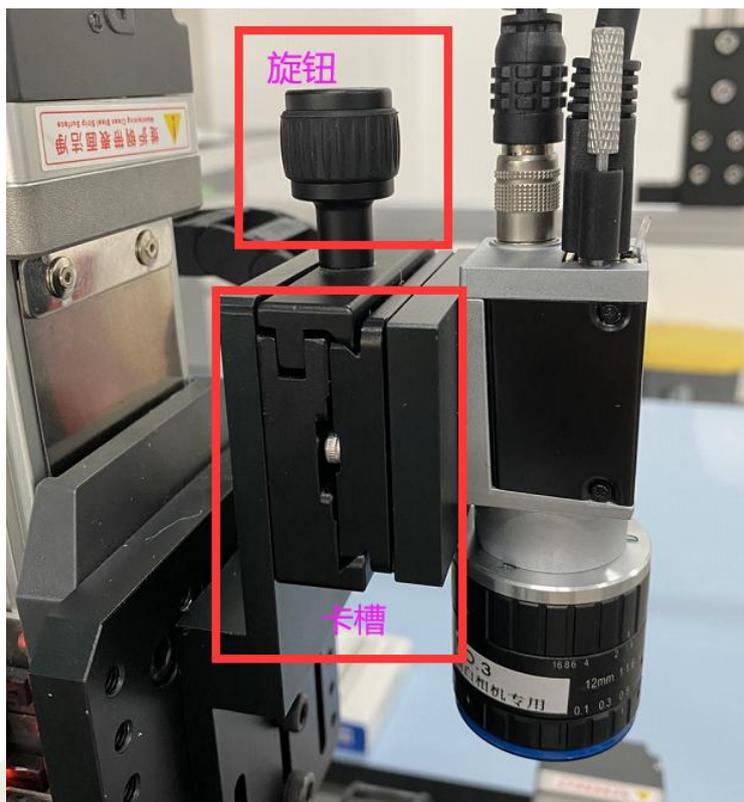


图 1-7 安装相机示意图

- ③ 连接相机网线、电源线如图 1-8，注意电源线的插头与插孔对准，切勿蛮力插拔。



图 1-8 连接相机示意图

④ 利用合适螺钉将光源固定在平台 Z 轴合适的位置上，参考下图 1-9，并将光源电源线接至平台 Z 轴后侧电源接口，“CH”按钮为通道选择，右侧两个按钮可以调节当前通道的亮度大小。



图 1-9 固定相机示意图

⑤ 运行 KImage.exe，显示登录界面，点击登录界面中的“登录”按钮进入实验平台操作界面，如图 1-10 所示。



图 1-10 实验平台软件操作界面

⑥ 双击工业相机连接及标定实验进入配置流程界面；（或者创建实验配置，在产品名称中输入实验配置的名称，如工业相机实验。点击新建按钮后

软件切换到流程配置界面), 如图 1-11 所示:

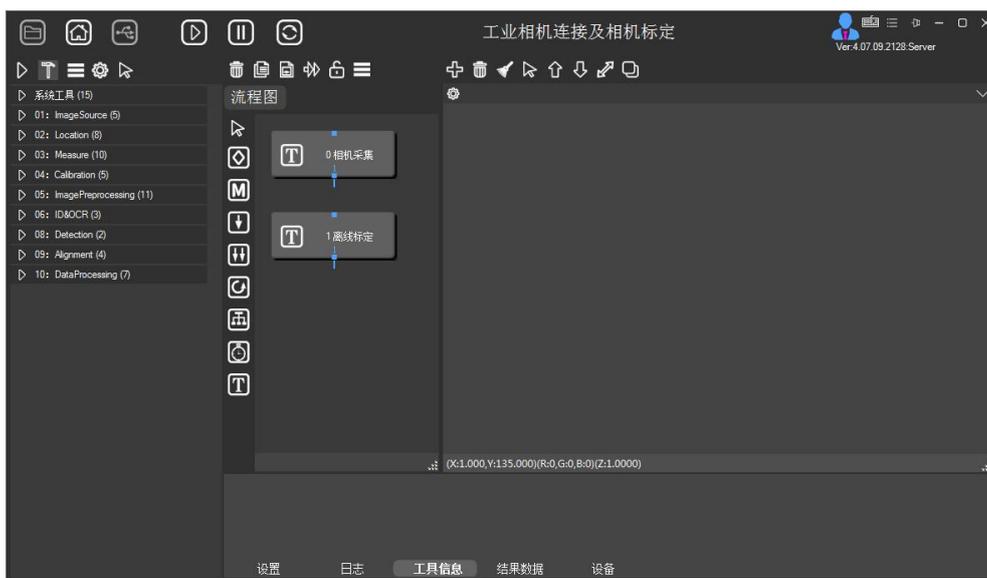


图 1-11 实验平台软件流程配置界面

⑦ 双击相机采集工具组模块, 进入工具组模块配置界面, 如图 1-12 所示:

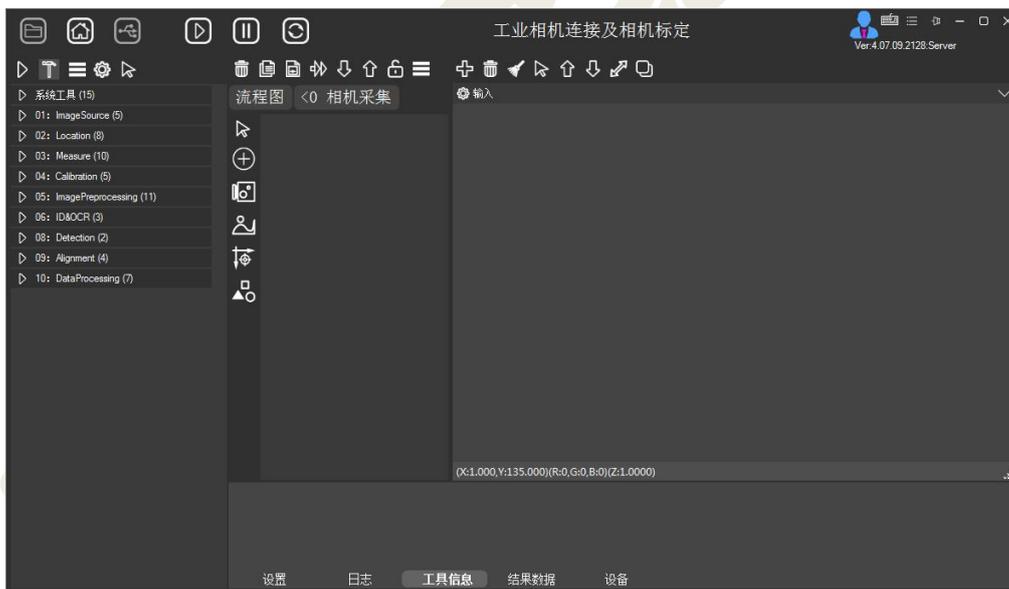


图 1-12 工具组模块配置界面

⑧ 单击相机工具图标, 然后在工具组模块配置区域中单击, 完成添加相机工具, 如图 1-13 所示。

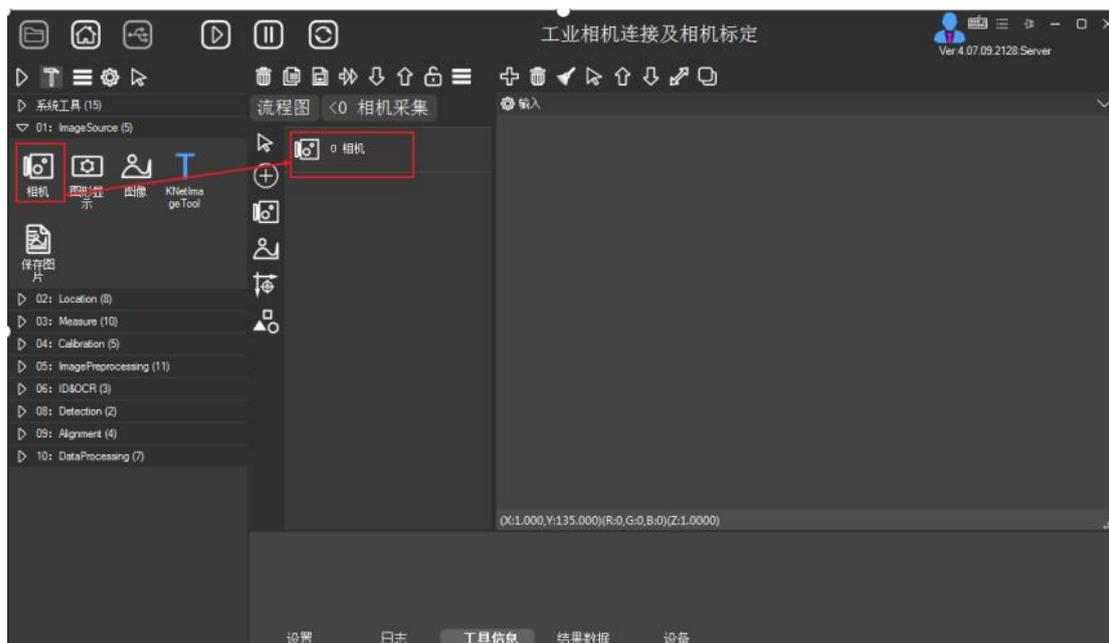


图 1-13 添加相机工具

⑨ 在图 1-13 界面，双击工具组模块配置区域中的“0 相机”工具，显示相机工具的参数设置界面，如图 1-14 所示。注意：双击相机工具的名字为显示参数设置界面。若点击相机工具的图标则会显示工具的版本信息，可在其中修改工具的名称。



图 1-14 相机工具参数界面

⑩ 在图 1-14 界面，设备号是指相机的序列号等信息组成的名称。在选择相机时需要在该参数的下拉列表中选中需要的相机。在选择完相机之后，点击应用参数按钮，然后点击执行按钮便可实现相机单帧采图。

⑪ 绑定显示相机图片鼠标左键按住相机工具，然后拖动到图像显示区域，如图 1-15 所示。在绑定显示之后，若需要连续采集图像，可以点击实验平台软件执行栏中的循环执行按钮。

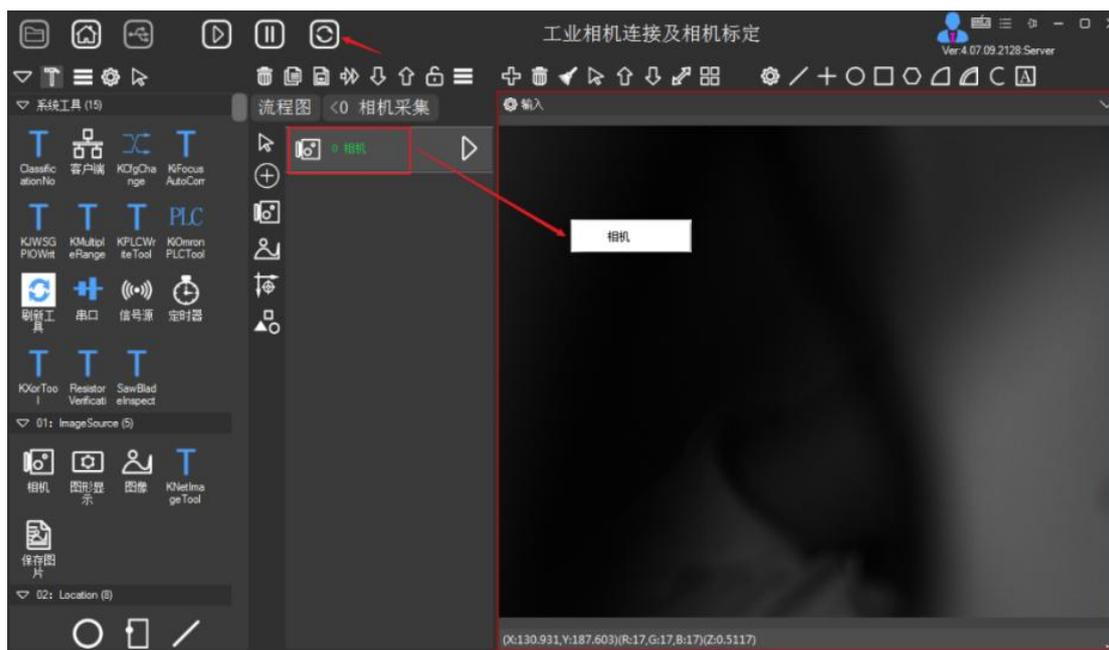


图 1-15 相机工具绑定显示

⑫ 在图 1-14 界面中点击“图像设置”标签页，进入图像设置界面，如图 1-16 所示。点击向下按钮可以下翻至后续参数显示，具体说明如下：

【曝光】：设置曝光时间，可以拖动滚动条进行设置，也可以直接在右侧编辑区手动输入曝光时间，单位是毫秒（ms）；

【增益】：设置增益，可以拖动滚动条进行设置，也可以直接在右侧编辑区手动输入增益；

【伽马值】设置伽马值，可以拖动滚动条进行设置，也可以直接在右侧编辑区手动输入伽马值；

【触发模式】：设置相机的触发模式，包含“SoftWare”软件触发和“Line”硬件触发，默认为软件触发；

【镜像】：设置图像镜像，包含：“Off”：不进行图像镜像；“Horizontal”：水平镜像；“Vertical”：垂直镜像；“Diagonal”：垂直+水平镜像；

【图像反向】：设置图像反向，包含：“Off”：不进行图像反向；“ON”：将图像进行垂直+水平镜像；

【IO 信号】：设置相机是否启用 IO 输出功能；

【IO 持续时间】：IO 输出时高电平的持续时间；



图 1-16 相机图像设置

1.5.2 相机标定

① 在如图 1-15 界面，单击畸变标定工具图标，然后在工具组模块配置区域中单击，完成添加标定工具，如图 1-17 所示。

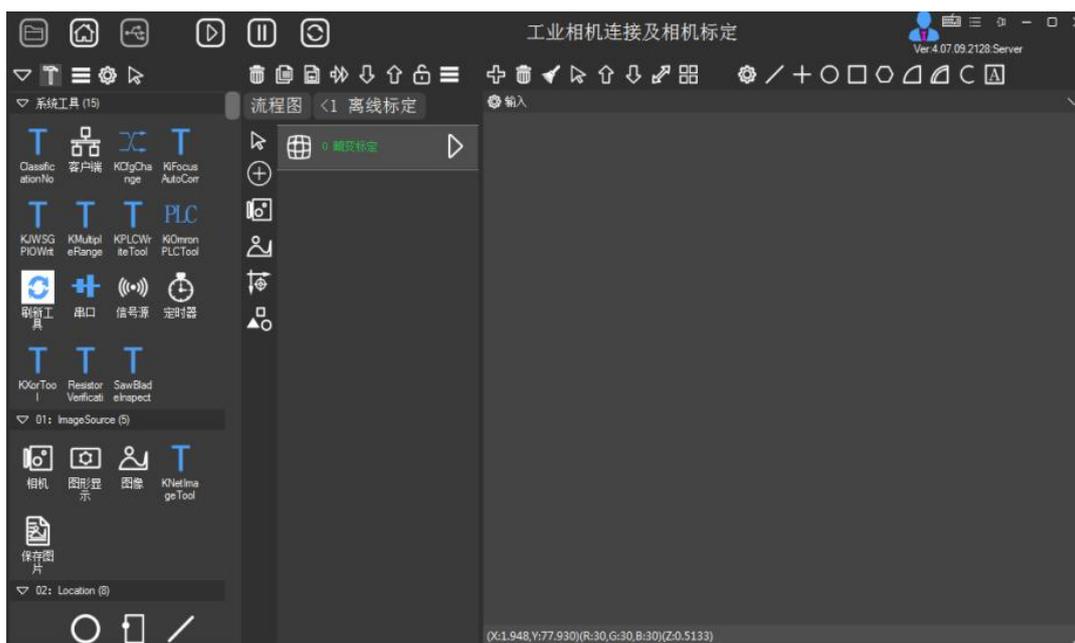


图 1-17 添加畸变标定工具

② 点击图片路径按钮选择标定板图片（打开 KImage.exe 所在路径中 Image 文件夹，选择“130 万标定图片”），如图 1-18 所示。注意：畸变标定采用的是离线标定方式，即需要在标定之前使用相机工具采集一组标定板图片（大于 10 张）。相机参数需要根据实验相机的型号，查询该相机的像元尺寸、镜头的焦距等信息。在设置标定板参数时，若使用的是标准的标定板，则可以直接根据标定板的型号进行选择；若使用的是非标准的标定板，则类型选择参数应选择为“CustomMode”，然后根据具体的标定板信息进行设置。

本次实验的标定板参数：

圆点列数：7

圆点行数：7

圆点间距：10 mm

圆点直径：5 mm

板厚度：3.75 mm

相机参数：

水平/垂直像素尺寸：5.3 X 5.3 μm

焦距：12 mm



图 1-18 畸变标定工具参数设置界面

③ 在设置完标定参数之后，点击标定相机按钮，实验平台进行相机标定。标定完成效果图，如图 1-19 所示。

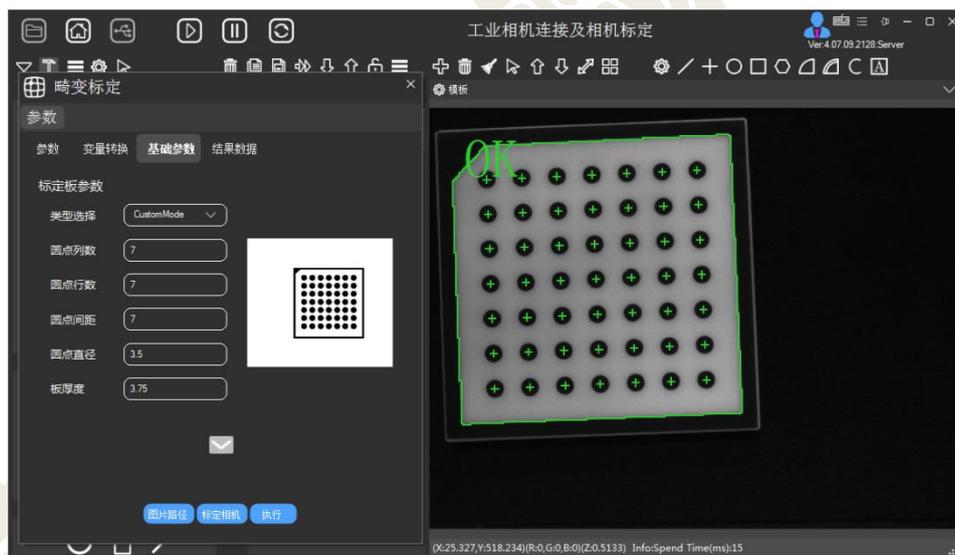


图 1-19 标定完成效果图

④ 若需要控制平台移动，可将遥控手柄的控制旋钮旋转到左下方（PLC 位置），摇动摇杆即可控制平台进行 XY 方向移动，注意行程不要超出范围。如图 1-20 所示。若平台的 X、Y 轴未使能，摇动摇杆无反应，请返回项目列表选择“线扫描拍照定位”，如图 1-21 所示。在弹出的提示是否保存配置，选择“否”。进入线扫描拍照定位项目，勾选“X 使能”和“Y 使能”，此时摇动手柄的摇杆，平台移动。然后再次回到本次实验项目。

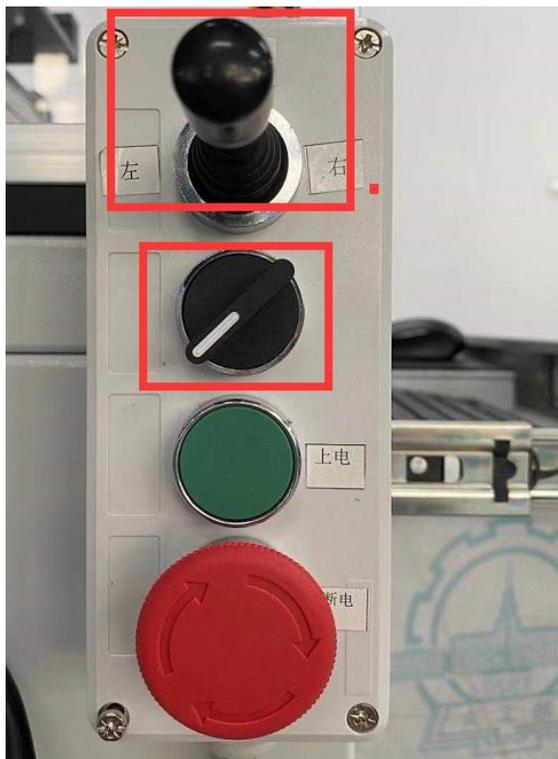


图 1-20 遥控手柄摇杆图示



图 1-21 项目列表

1.5.3 通过 Halcon 进行相机标定

① 生成标定板

打开 Halcon，输入算子 `gen_caltab`，打开如下图所示窗口，生成一个 `.descr` 的文件，点击打开文件的图标，可以选择一个路径。本实验标定板点阵式 7×7 ，每个圆点之间的间距是 0.01 米，圆点直径与圆点间距离的比值为 0.5，如下图所示。最后两个文件可以通过后面的文件夹符号来改变存储位置。点击“确定”，运行后，对应文件夹内会出现标定板文件。

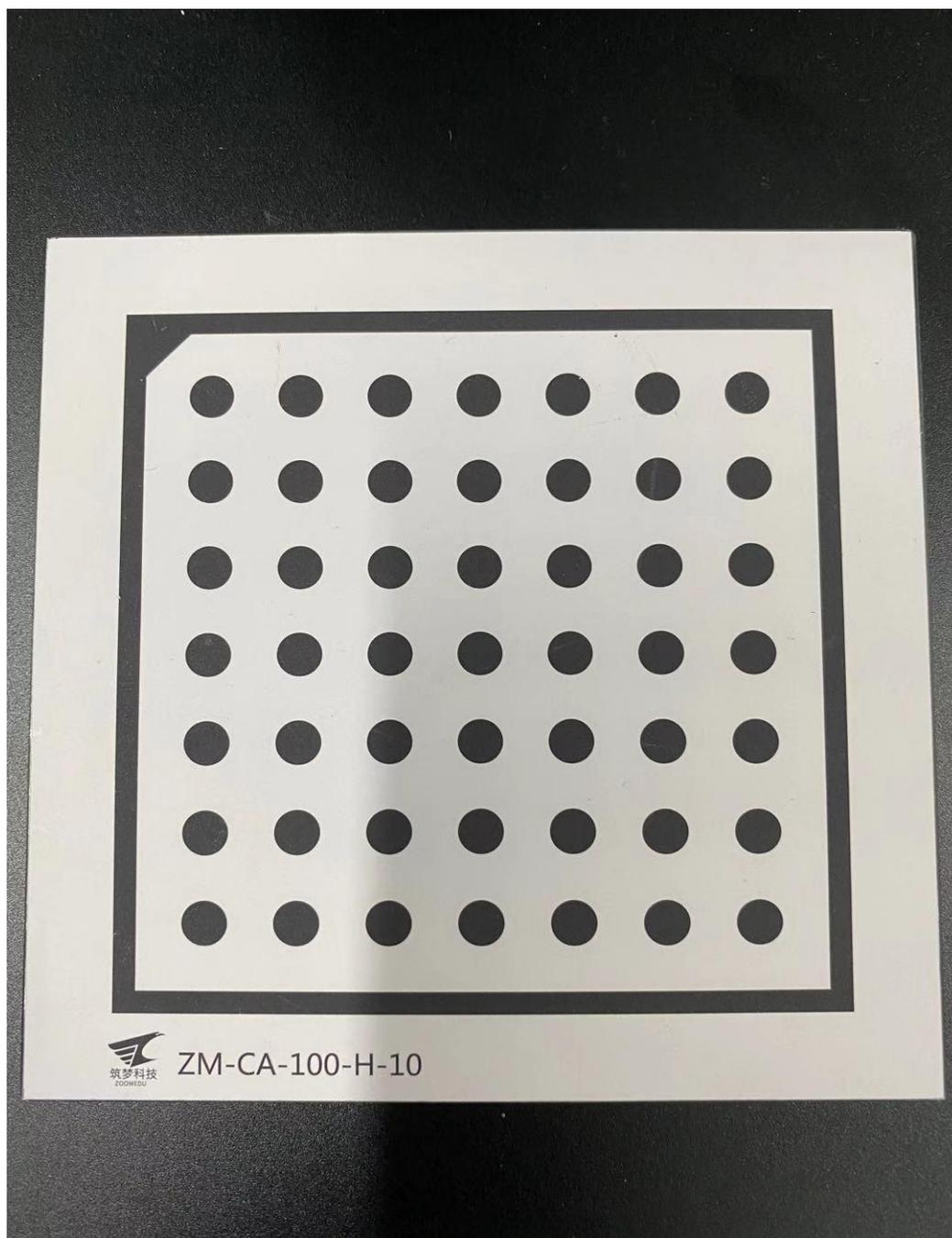


图 1-22 标定板 7X7

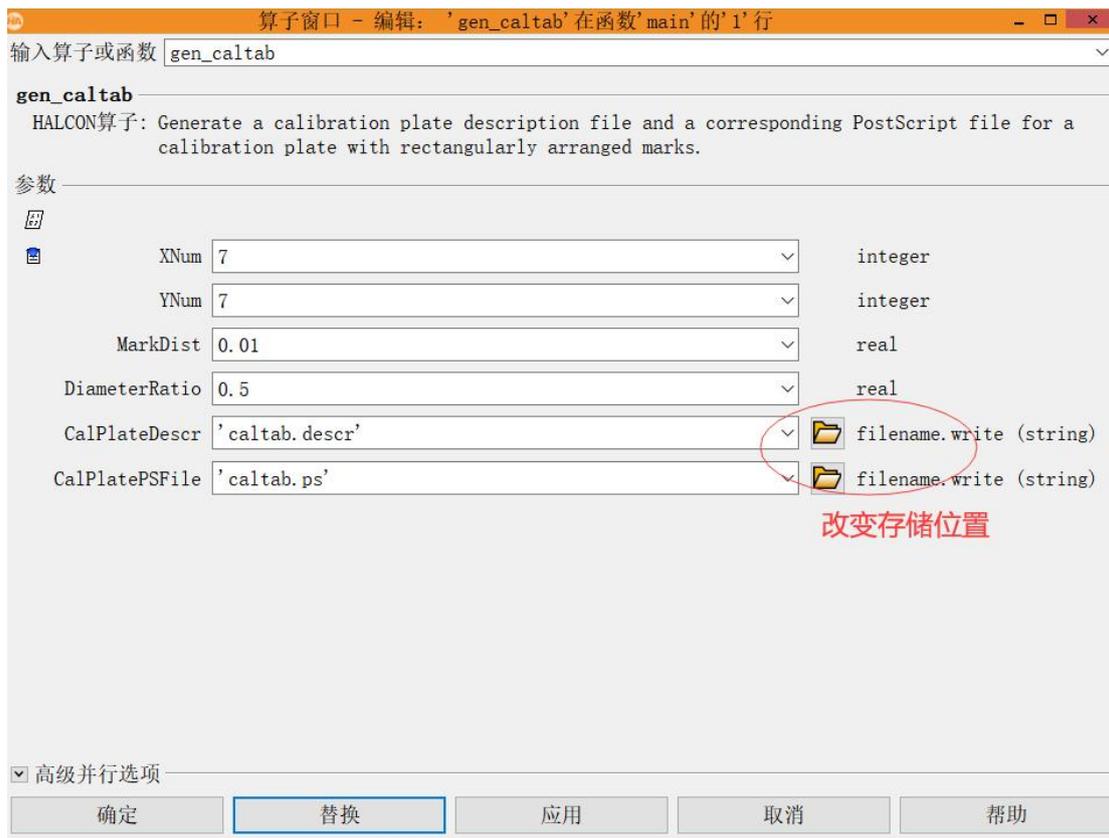


图 1-23 算子 gen_caltab

② 通过标定助手实现标定

打开标定助手，选择标定板的描述文件（刚才生成的.descr 的文件）、厚度和单个像元的宽高以及焦距，如下图。

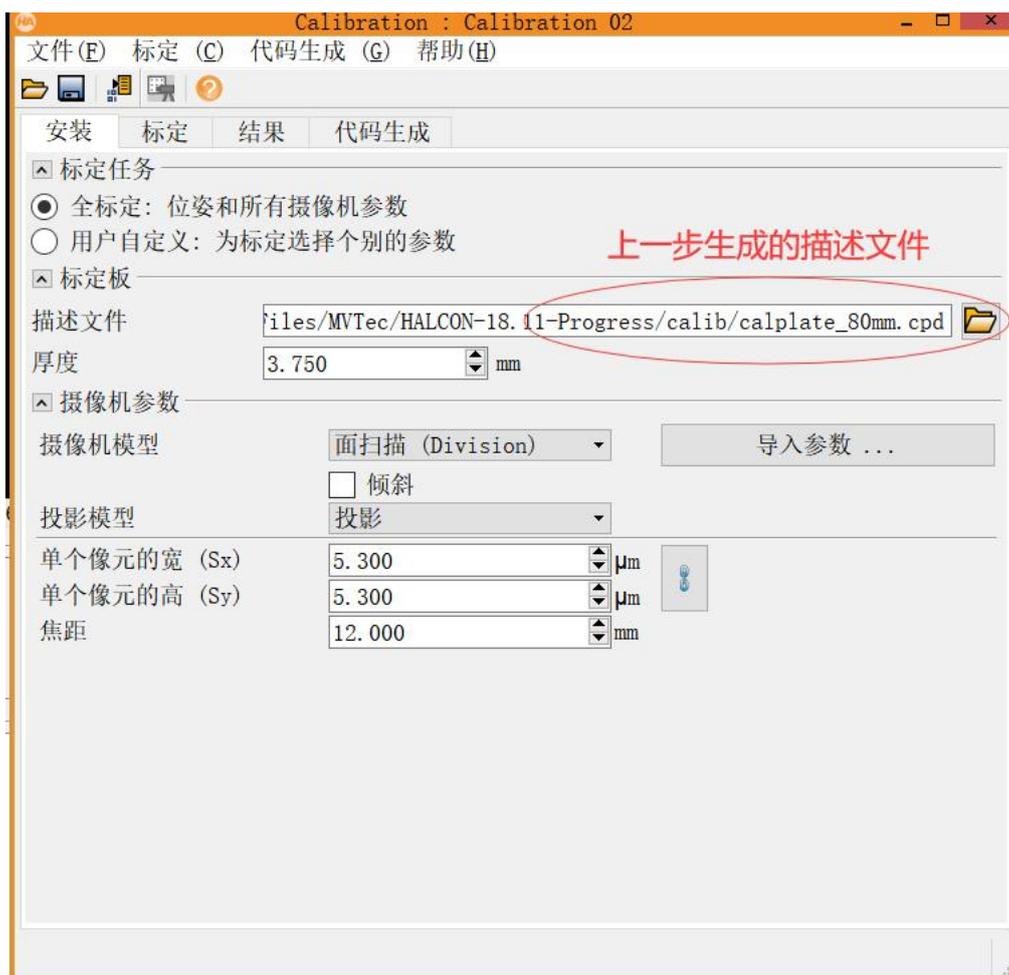
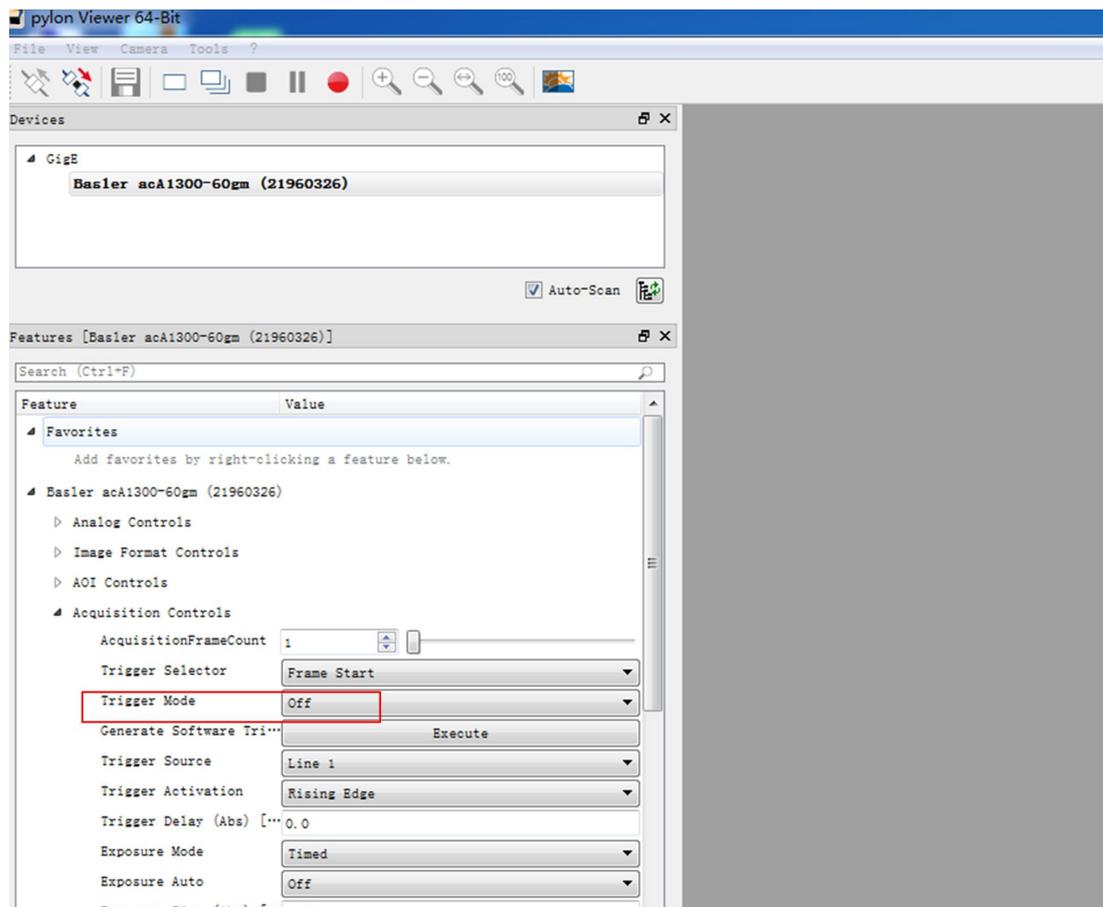


图 1-24 标定助手“安装”选项卡

③ 加载图像

可以实时采集，也可以采集好一起导入。一般推荐选择采集好后，一起导入的方式，即：**离线标定**。注意：若使用 Halcon 采集助手采集图片出现提示“超时”，软件卡死采图失败，则需更改相机当前模式。方法是：关闭 Halcon，保证相机不被其他软件占用，双击桌面“basler 驱动”软件，点击右上角图标“”连接相机，在“Acquisition Controls”的 Trigger Mode 由“ON”改为“OFF”，如下图。



采集各个角度和位置的图像（大于 10 张），将载入的图像选择一幅为参考位姿，点击“设为参考位姿”，在“品质问题”中，显示对标定图像质量的评价，若精度要求不是非常高的场合，提示“检测出品质问题”可以酌情接受；若提示“标定点提取失败”则图像不可用，如果提示“确定”则表明图像质量没问题。选择状态为“确定”的一幅图像作为参考图像。单击右侧“标定”按钮，即可自行标定。如下图 1-25。

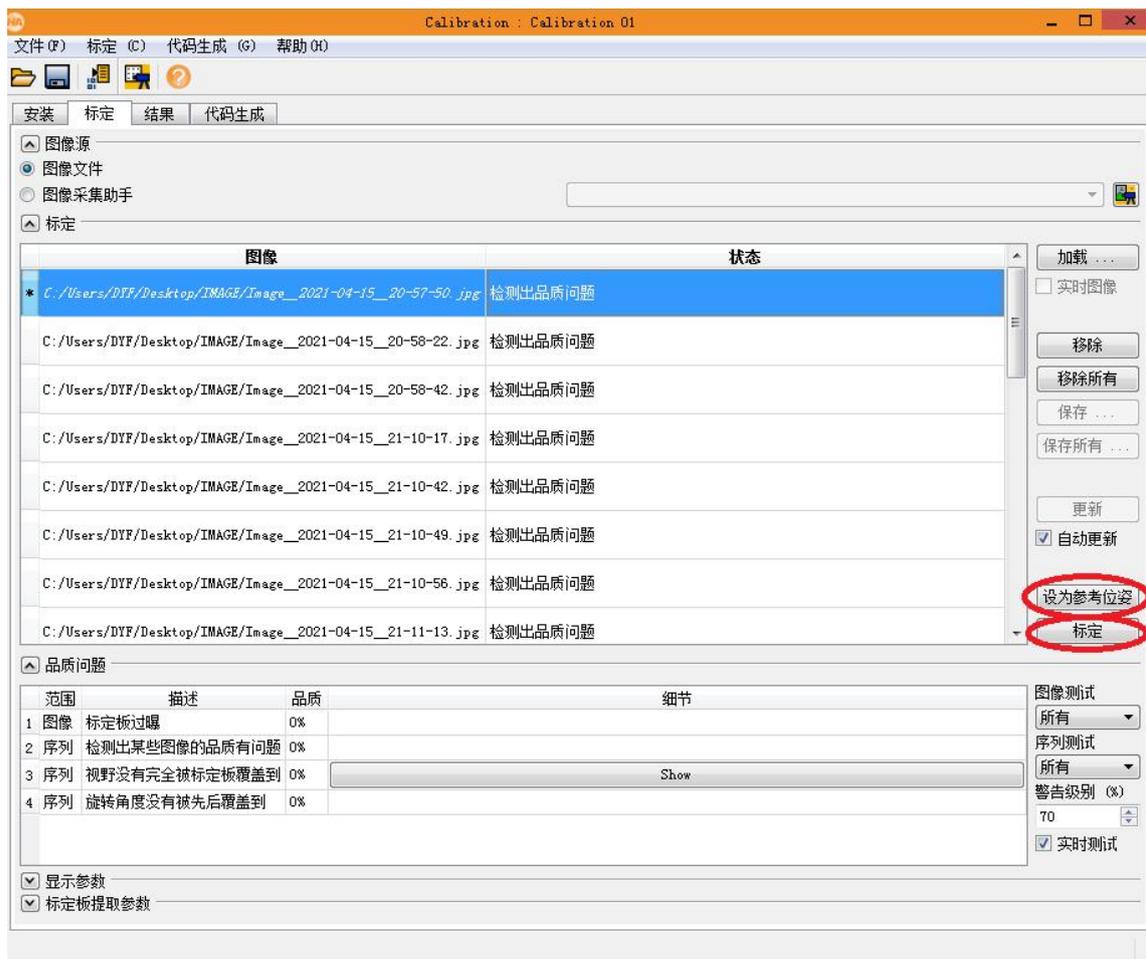


图 1-25 标定助手“标定”选项卡

④ 标定结果

标定完成后，“结果”选项卡显示标定的参数结果，得到相机内参和外参。如图 1-26。插入代码即可将代码插入程序中。

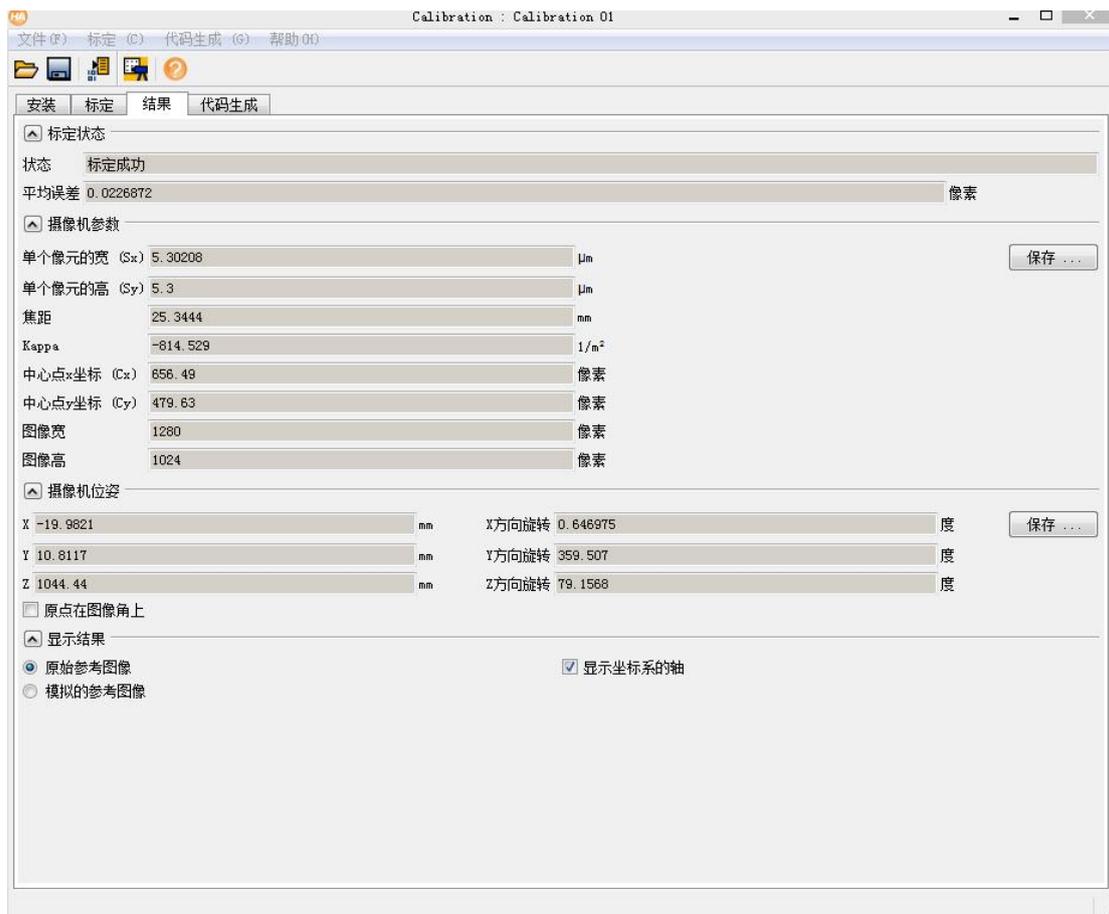


图 1-26 “结果”选项卡

1.5.4 编程实现图像采集

① 在开始之前需要安装好 Halcon 12（及以上版本）和 VS2010（及以上版本），实验室电脑安装 VS 版本为 2010，所以这里以 VS2010 为例。运行 VS2010，新建项目，并选择 MFC 应用程序（实验中也可以选择新建控制台应用程序），如下图 1-27。

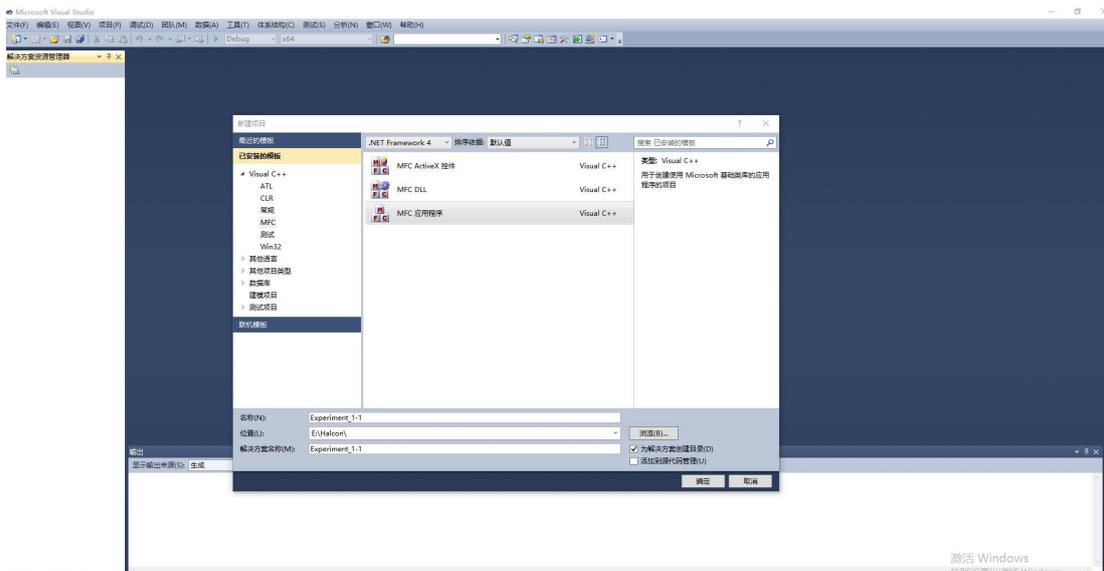


图 1-27 新建 MFC 项目

② 选择基于对话框，然后点击完成，如图 1-28。在资源视图中，通过工具箱 (toolbox) 添加 Picture 控件，以及 Button 控件，为 Picture 控件关联变量，为 Button 控件添加按钮的响应函数。



图 1-28 选择基于对话框程序类型

③ 将 Halcon 相关路径导入到工程，在解决方案中右击，选择属性——配置属性——C++——常规——附加包含目录，包含 halcon 相关头文件。如图 1-29 所示。

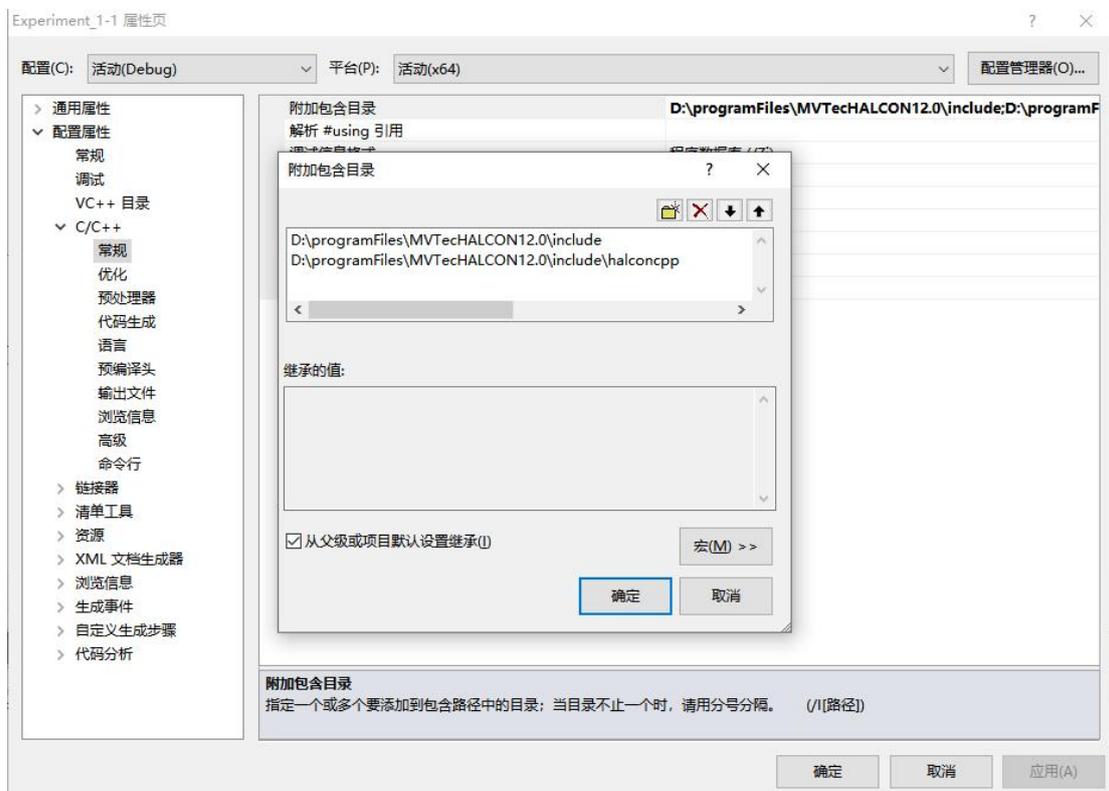


图 1-29 包含 halcon 相关头文件

④ 在解决方案中右击，选择属性——配置属性——链接器——常规——附加库目录，包含 halcon 相关库文件。

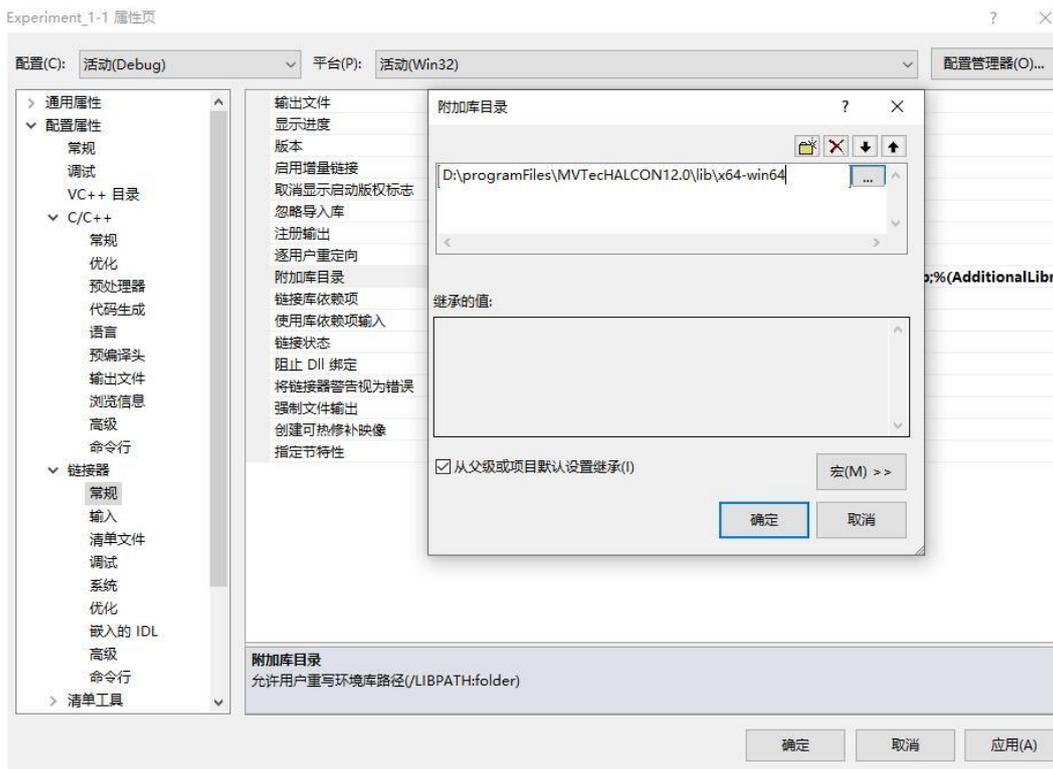


图 1-30 包含 halcon 相关库文件

⑤ 在解决方案中右击，选择属性——配置属性——链接器——输入——附加依赖项，填写依赖库。

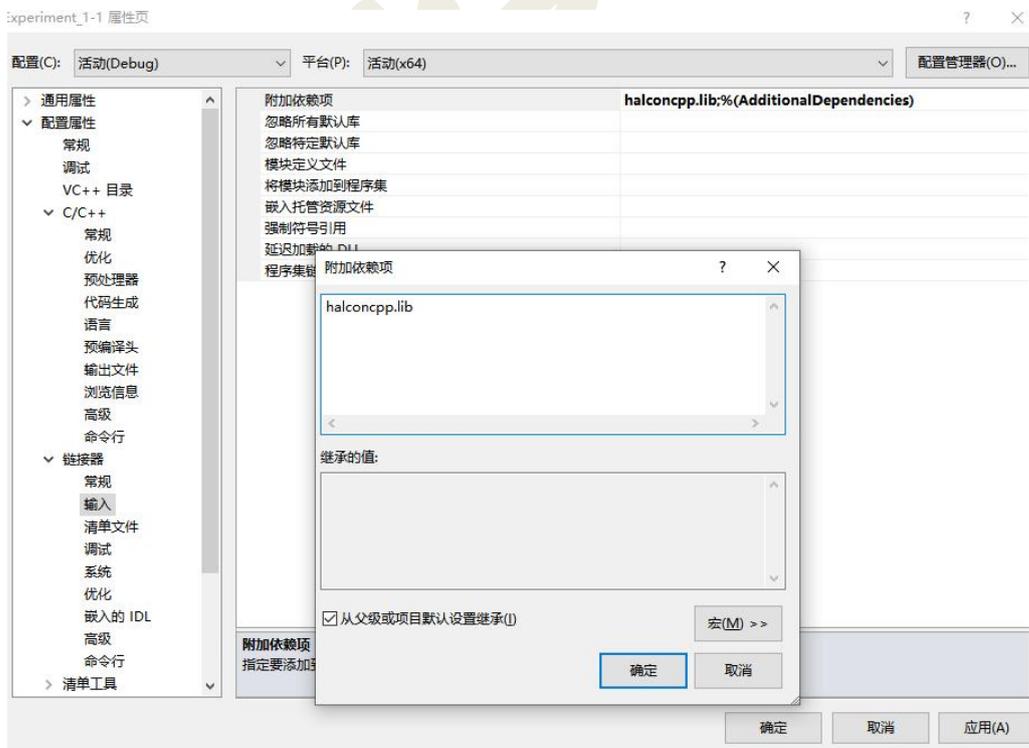


图 1-31 填写依赖库

⑥ 运行 Halcon ， 点击工具栏的“助手”——“打开新的 Image Acquisition”。

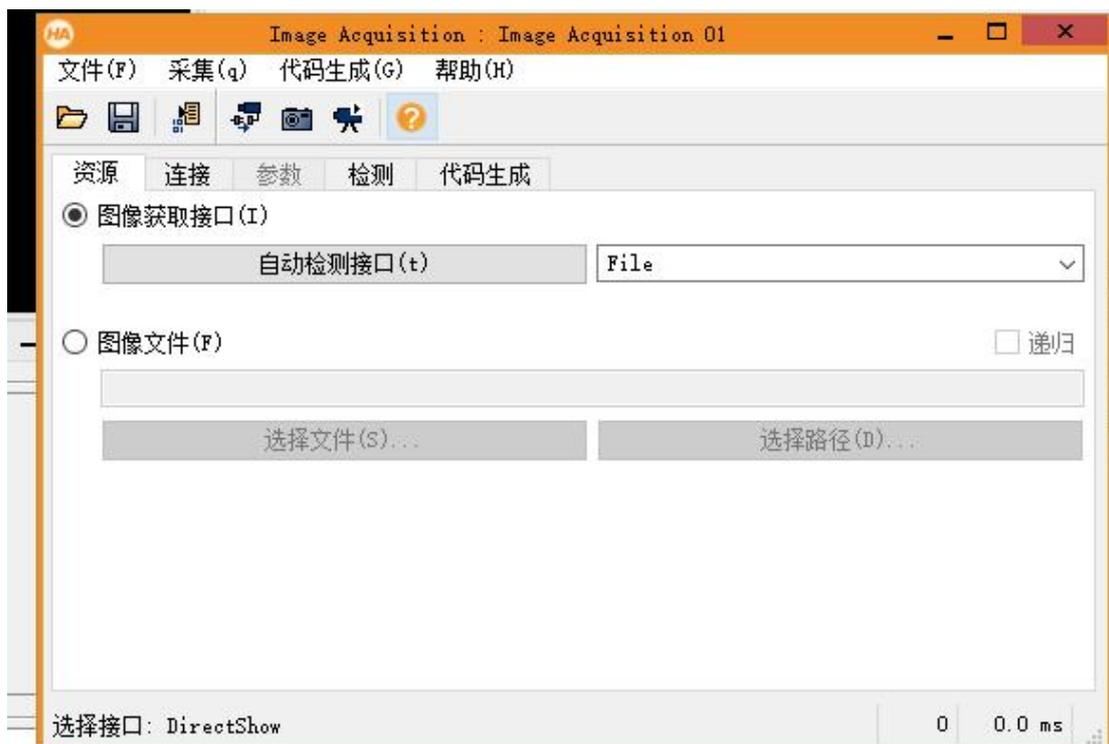


图 1-32 Image Acquisition

⑦ 点击“自动检测接口”，Halcon 将自动搜寻目前电脑连接的相机，切换到“连接”标签页。



图 1-33 “连接”标签页

⑧ 点击“连接”——“采集”即完成单张采图。

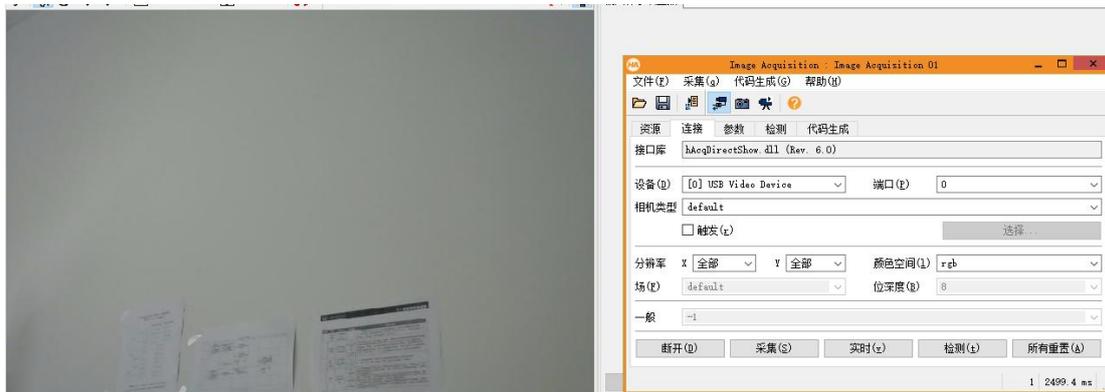


图 1-34 单张采图

⑨ 点击“代码生成”——“插入代码”，在程序编辑器可看到上述操作的 Halcon 代码。

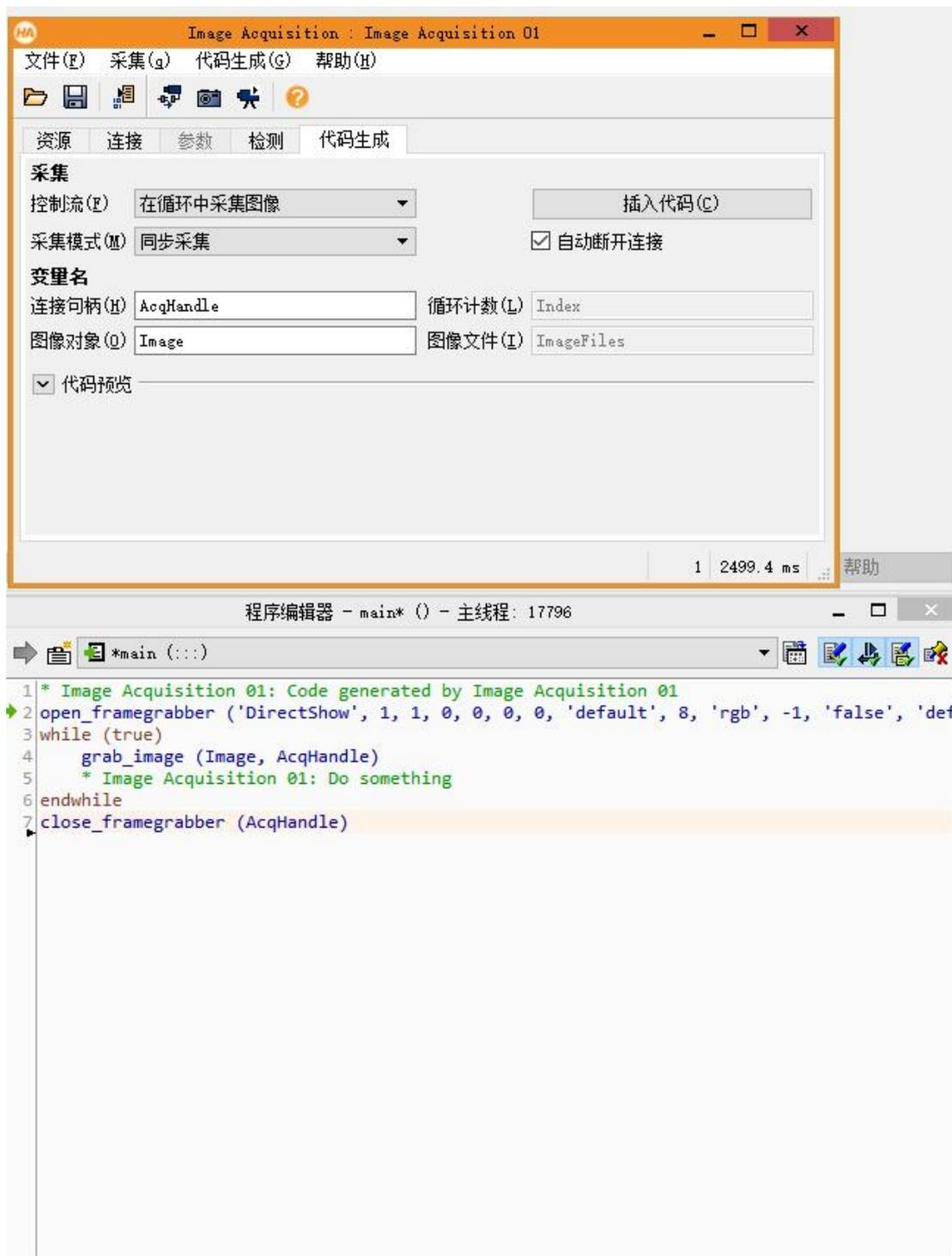


图 1-35 生成 Halcon 代码

⑩ 选择工具栏“文件”——“导出”，如下图 1-36 所示，选择“C++”，即可生成 C++代码。



图 1-36 生成 C++ 代码

⑪ 用 VS2010 打开生成的 cpp 文件，如下图所示。可以看出连接相机并采图的操作逻辑，**重点关注“action()”函数体部分**。红色框出的部分为打开相机的功能函数，当使用 halcon 打开相机时，该函数的各个参数赋值会自动生成，使用不同的接口以及相机，匹配的参数也会不同。

```
void action()
{
    // Local iconic variables
    HObject ho_Image;

    // Local control variables
    HTuple hv_AcqHandle;

    //Image Acquisition 01: Code generated by Image Acquisition 01
    OpenFramegrabber("DirectShow", 1, 1, 0, 0, 0, 0, "default", 8, "rgb", -1, "false",
        "default", "[0] USB Video Device", 0, -1, &hv_AcqHandle);
    while (0 != 1)
    {
        GrabImage(&ho_Image, hv_AcqHandle);
        //Image Acquisition 01: Do something
    }
    CloseFramegrabber(hv_AcqHandle);
}
```

图 1-37 函数参数赋值

⑫ 在步骤 1.1 添加的 MFC 工程内，打开资源视图，双击按钮为其添加响应函数。

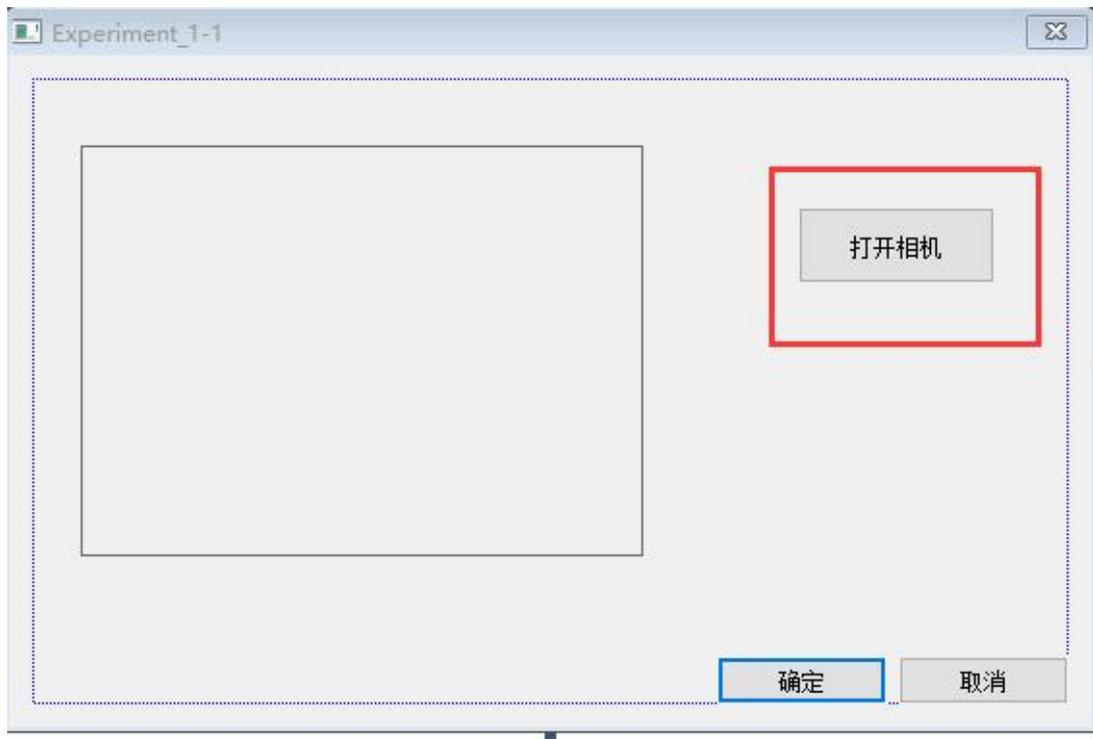


图 1-38 添加按钮响应

主要代码如下图所示。可以看到“OpenFramegrabber”就是直接使用 Halcon 导出的函数。若当前连接的相机不同，使用接口不同，该函数的参数也会不同，参数初始值由 halcon 自动生成。

将导出的 c++代码（主要看 action()内的代码部分）按其执行逻辑添加进按钮的响应函数体。执行的流程图如下。

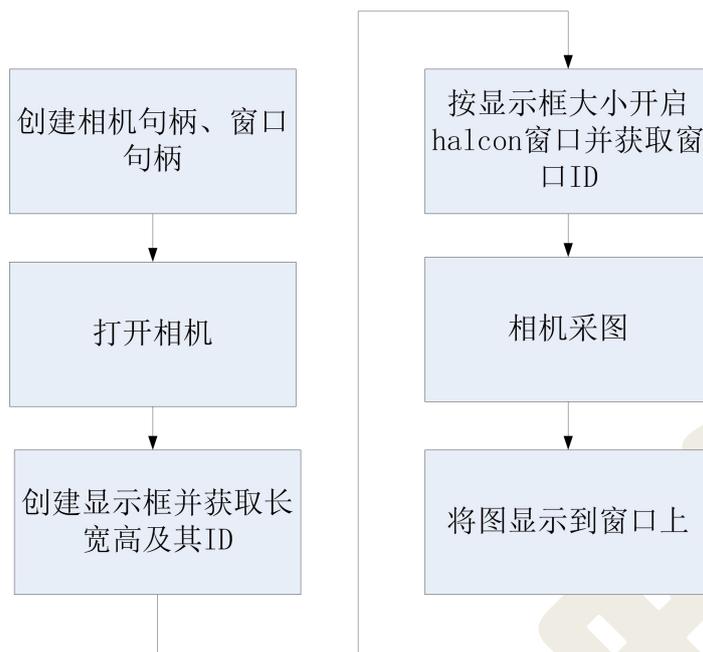


图 1-39 响应函数流程

```

void CExperiment_11Dlg::OnBnClickedButtonOpen()
{
    // TODO: 在此添加控件通知处理程序代码

    HTuple hv_AcqHandle;//相机句柄
    HTuple hWndID;//窗口句柄
    HTuple hv_Width,hv_Heigh;//显示窗口宽度和高度

    OpenFramegrabber("DirectShow", 1, 1, 0, 0, 0, 0, "default", 8, "rgb", -1, "false",
        "default", "[0] USB Video Device", 0, -1, &hv_AcqHandle);

    //开显示窗口
    CRect rct;//矩形框
    //获取矩形框的大小
    m_ctlStaticShow.GetClientRect(rct);
    long lWindowID=0;//窗口ID
    long m_nPicWidth=rct.Width();//宽
    long m_nPicHeight=rct.Height();//高

    //获取窗口ID
    lWindowID=(long)m_ctlStaticShow.GetSafeHwnd();
    //打开窗口
    OpenWindow(0, 0, (Hlong)m_nPicWidth, (Hlong)m_nPicHeight, lWindowID, "visible", "", &hWndID);
    //抓图
    HObject ho_Image;
    GrabImage(&ho_Image, hv_AcqHandle);

    GetImageSize(ho_Image, &hv_Width, &hv_Heigh);
    //显示图片到窗口上
    SetPart(hWndID, 0, 0, hv_Heigh, hv_Width);
    DispObj(ho_Image, hWndID);
}
  
```

图 1-40 C++执行代码

⑬ 将“halcon.dll”、“halconcpp.dll”拷贝到执行程序“.exe”目录下。如下图所示。

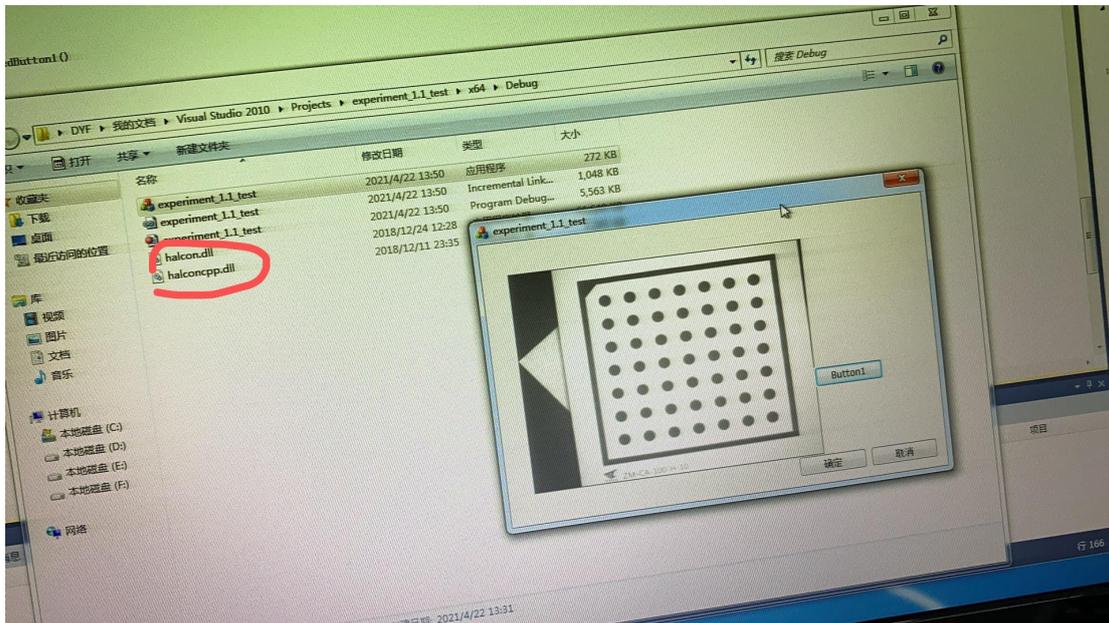


图 1-41 执行目录添加 dll

⑭ 最后编译、运行 MFC 程序，效果如下图所示。

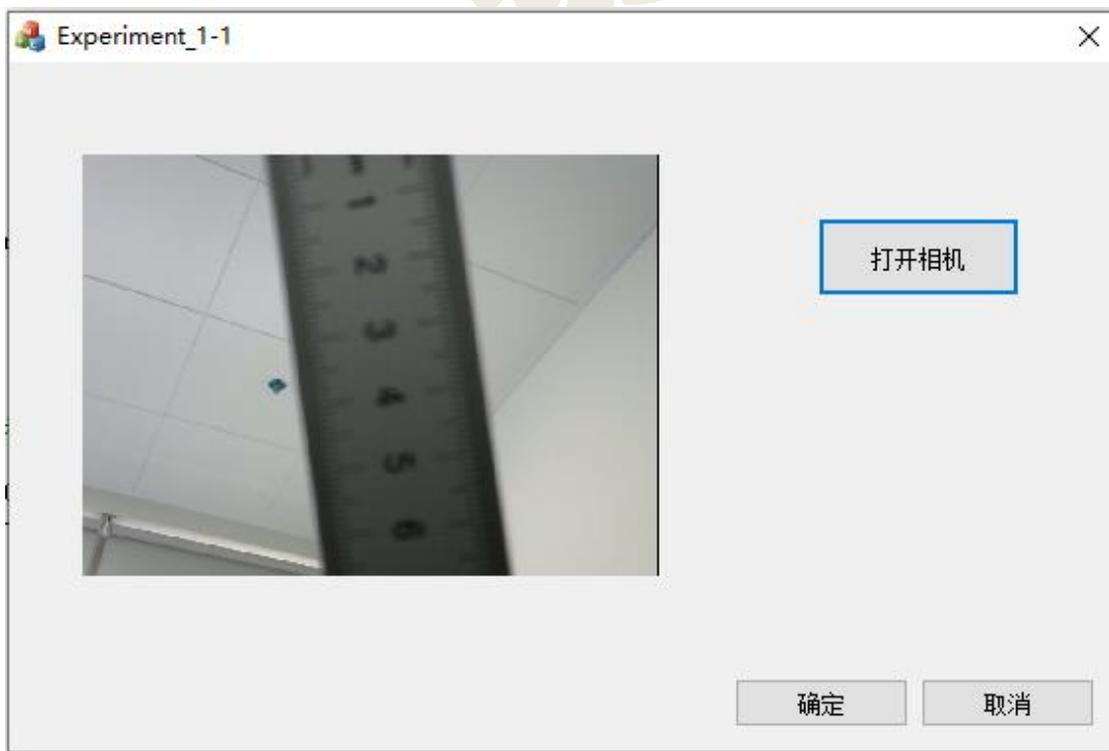


图 1-42 结果图示

1.6 实验任务要求

- (1) 通过 Halcon 实现相机标定；
- (2) 实现采集图像的 Halcon 代码，以及 Halcon 导出代码在 VS 平台运行结果（控制台应用程序，MFC 界面程序为选做）。

自动化实验中心