

2022 年全国职业院校技能大赛

机器视觉系统应用

——印刷综合检测与分拣

（总时间：480 分钟）

工作任务书

场次号：_____ 赛位号：_____

注意事项

一、本任务书共 **37** 页，包括附录七项（分别为视觉硬件及参数列表，相机的接线定义，分辨率及焦距计算公式，光源控制的接线说明，光源控制器通讯协议，旋转轴的安装及接线说明，相机、镜头、光源的选型计算报告答卷）。如出现缺页、字迹不清等问题，请及时向裁判示意，进行任务书的更换。

二、在比赛前需对竞赛平台和视觉编程软件平台熟悉，掌握 **C#** 软件编程及 **OpenCV** 库的调用。

三、在完成工作任务的全过程中，严格遵守光学或电气组件的相关操作要求，接线前一定要看清引脚定义和电压要求。

四、不得擅自更改设备已有器件位置和线路。

五、竞赛过程中，参赛选手认定竞赛设备的器件有故障，可提出更换，更换下的器件将由裁判组进行现场测试。若器件经现场测试是功能齐全，且没有故障的情况下，每次扣参赛队 **1** 分。若因人为操作损坏器件，酌情扣 **5-10** 分。

六、所编的机器视觉程序必须保存到本机的“**C:\全国职业院校技能大赛\KImage\Product\场次号-赛位号**”文件夹下。

七、参赛选手在完成工作任务的过程中，不得在任何地方标注学校名称、选手姓名等信息；违反规定者取消比赛成绩。

八、比赛结束后，参赛选手需要将任务书以及现场发放的图纸、资料、草稿纸等材料一并上交，不得带离赛场。

请按要求在 8 个小时内完成以下工作任务：

一、根据本任务书提供的视野大小要求、视野位置要求、工作距离要求、被测物的检测要求，从设备提供的所有机器视觉相机、镜头和光源中选择型号，完成选型并在合理的位置完成安装和接线。完成选型设计报告，并记载安装结果。

二、根据印刷样品的尺寸和初始状态的区域要求完成视野调焦和镜头对焦。

三、在开始配置测量流程前，创建配置文件名称：“场次号-赛位号”。

四、通过标定板，完成 3D 手眼标定、2D 手眼标定、XY 标定，并保存在配置文件中。

五、完成 PLC 控制运动平台运动测试，示教印刷品的检测区摆放位置、印刷品的拍照位置、合格印刷品放置位置、残次印刷品放置位置，并保存位置信息到配置文件。

六、选择合适的视觉工具，并配置分拣、测量和组装流程，并完成测量参数的设置。

七、在客户端完成读码任务、数据接收与显示任务以及客户端电脑 C#代码编程任务。

八、在机台中完成 3D 拆垛任务、印刷品检测与测量任务以及显示与保存任务。

注 1：本次工作任务请在机器视觉应用设备上完成，比赛前要熟悉设备使用说明书和软件用户手册。操作过程中，须遵守安全操作规程和职业素养要求的相关规定。

注 2：考试过程中不允许带入 U 盘或其他可储存设备。

注 3：程序复杂的情况下每完成部分编程需要记得先保存配置。

竞赛工作任务说明书

一、平台硬件、软件组成说明

竞赛任务平台的硬软件说明详见平台技术说明书，视觉软件详见视觉软件使用手册。完成竞赛工作任务书所需的全部硬件，都包含在工作台所提供设备内，选手要使用的全部器件，只能在本工作台提供的设备内选择

1、工控机

设备中已经包含一台工控机，比赛中还提供一台用于接收通讯数据的客户端计算机，比赛所需的软件和驱动均已经提前预装。

2、视觉硬件

1) 相机

可选择相机共四个，编号分别为相机 A，相机 B，相机 C，3D 相机，具体参数见附录一。

依据竞赛任务的要求选择好相机

2) 镜头

可选择的镜头共四个，编号分别为：12mm、25mm、35mm 焦距的定焦镜头以及一个 0.3X 放大倍率的远心镜头，具体参数见附录一。

依据被测物尺寸、相机安装位置，在满足工作距离，视野范围，分辨率的要求选择合适镜头。

3) 光源

可选择光源共五个，编号分别为：小号环形光源、中号环形光源、大号环形光源、同轴光源、背光光源。注意，三个环形可以组合成 AOI 光源。具体参数见附录一。

依据任务书的需要，在安装方式和安装空间位置允许的情况下，可根据实际需要，选择多个光源同时组合使用。

4) 标定板

可选择的标定板图案有 A、B 两种，其中每个图案提供透明和漫射材质各一面。依据相机视野范围选择合适尺寸的标定板，具体参数见附录一；

依据检测需求选择标定方式，选择标定板；

为满足检测要求，可以选择多种标定方式和标定板组合使用，完成系统的标定要求。

3、线缆

相机线缆（共 7 根）：相机线缆：2D 相机 USB 数据线一根、3D 相机数据线一根、GigE 电源线（含触发和输出信号）一根、千兆网相机通讯线一根（带锁）、网络通讯线一根（3 米扁线）、光源延长线一根、3D 相机光源电源线一根；（注意：RS232 通讯线默认已经与 PC 连接）；

4、运动控制硬件

PLC：控制运动平台运动，控制光源亮灭；

运动平台：X 轴、Y 轴、Z 轴、 θ 轴。（注意：旋转轴 θ 是扩展

轴，未安装前放在机器视觉工具箱中，需要选手按附录六：旋转轴的安装及接线说明完成平台的搭建）

5、气动硬件

提供三种吸嘴，规格为：SP-06、SP-08、SP-10，根据需求正确选择吸嘴。

二、软件功能及编程说明

在视觉编程软件中，请参赛选手采用图形化编程软件，需要选手根据检测要求完成软件流程设计。

图形化编程首先需要根据需求完成工具的选择，基本的流程如下图所示，为了使配置的流程相对简洁采用了子模块、工具组模块多模块组合的配置方法，具体流程配置方法详见《视觉软件使用手册》（说明：本流程示意图图 1 仅说明视觉软件的流程设计编程方式，与本任务书描述的具体任务无直接关系）

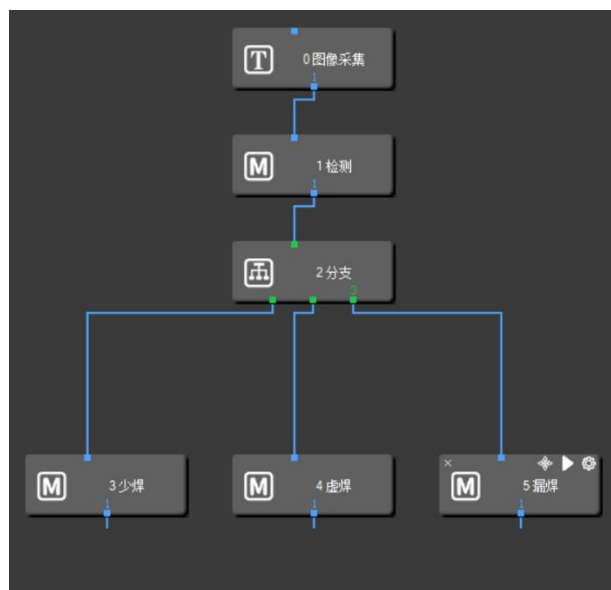


图 1 流程示意图

主要的工具列表：

类型	工具
系统类	服务器客户端通讯工具、串口工具、PLC 读写工具、机器人控制工具、信号源工具
图像源类	图像源工具、相机工具、保存图片工具、图形显示工具
定位类	仿射变换工具、斑点分析工具、找圆工具、找线工具、边缘点查找工具、形状匹配工具、灰度匹配工具
测量类	圆卡尺工具、夹角工具、边缘卡尺工具、线交点工具、线间距工具、点间距工具、矩形卡尺工具、点线距离工具、坐标转换工具、标定工具
图像处理类	图像转换工具、通道分离工具、颜色提取工具、图像剪切工具、图像处理工具、阈值化工具、轮廓提取工具
识别类	二维码工具、字符识别工具、条码检测工具、缺陷检测工具
对位类	位移计算工具、坐标计算工具、对位平台工具
数据处理类	累加工具、分类工具、保存表格工具、格式转换工具、列表工具、逻辑运算工具、字符串截取工具、用户变量工具

客户端电脑上提供以下编程工具和图像处理库：

- 1、Microsoft Visual Studio 2015 编程软件，使用 C# 编程。
- 2、基于 C# 的 OpenCV 图像处理库 OpenCvSharp；
- 3、客户端软件及《KImage 工具二次开发说明》文件，文件中提供部分二次开发工程框构示例。工程框构示例中已做好二次开发和 OpenCvSharp 的编译环境配置及相关功能函数声明，可供参考。

```

1  using System;
2  using System.Collections.Generic;
3  using System.Linq;
4  using System.Text;
5  using System.Threading.Tasks;
6
7  namespace test3
8  {
9      class Program
10     {
11         static void Main(string[] args)
12         {
13             /// <summary>
14             /// KImage转mat, 共内存的方法速度最快, 前三都常用的是共内存的, 其它的不常不明确对应关系, 所以就做
15             /// </summary>
16             /// <param name="image"></param>
17             /// <returns></returns>
18             public Mat KImageToMat(KImage image)
19             {
20                 if ((image == null) || (!image.IsValid())) return null;
21                 if (image.PixelFormat == PixelFormat.Format8bppIndexed)
22                 {
23                     Mat TempImg = new Mat(image.Height, image.Width, MatType.CV_8UC1, image.IntPtrData); //共内存
24                     return TempImg;
25                 }
26                 else if (image.PixelFormat == PixelFormat.Format24bppRgb)
27                 {
28                     Mat TempImg = new Mat(image.Height, image.Width, MatType.CV_8UC3, image.IntPtrData); //共内存
29                     return TempImg;
30                 }
31                 else if (image.PixelFormat == PixelFormat.Format32bppArgb)
32                 {
33                     Mat TempImg = new Mat(image.Height, image.Width, MatType.CV_8UC4, image.IntPtrData); //共内存
34                     return TempImg;
35                 }
36                 else
37                 {
38                     Bitmap bitmap = new Bitmap(image.Image); //1, 不共内存, 这种方法转过来的bitmap不管kimage是彩色还是黑白, bitmap都是彩色的
39                     // Bitmap bitmap = (Bitmap)image.Image; //2, 共内存, bitmap能与kimage保持一样的类型
40                     Mat TempImg = BitmapConverter.ToMat(bitmap); //不共内存, 如使用方法2, 这里转换的时间会长20ms左右,
41                     return TempImg;
42                 }
43             }
44             return null;
45         }
46     }
47 }

```

图2 C#代码编程界面参考

三、标定说明及运动位置校准

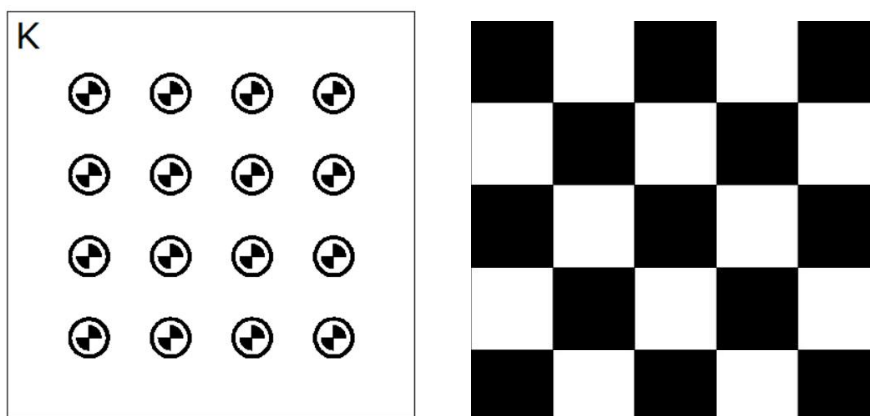


图3 两类标定板

选择合适的标定工具，利用图像标定板使用多点标定方式，对相机进行标定，把图像坐标转成设备坐标系统，并得出像素当量；选择合适的手眼标定工具，统一设备坐标系统与相机坐标系统。

四、样品说明

印刷样品及料盘 1 套，印刷样品分为 A 类印刷品（Topic1）和 B 类印刷品（Topic2），每种印刷品包含 3 个合格品和 3 个残次品。印刷样品尺寸规格：38mm x 32mm；两类印刷品如图 4 所示。

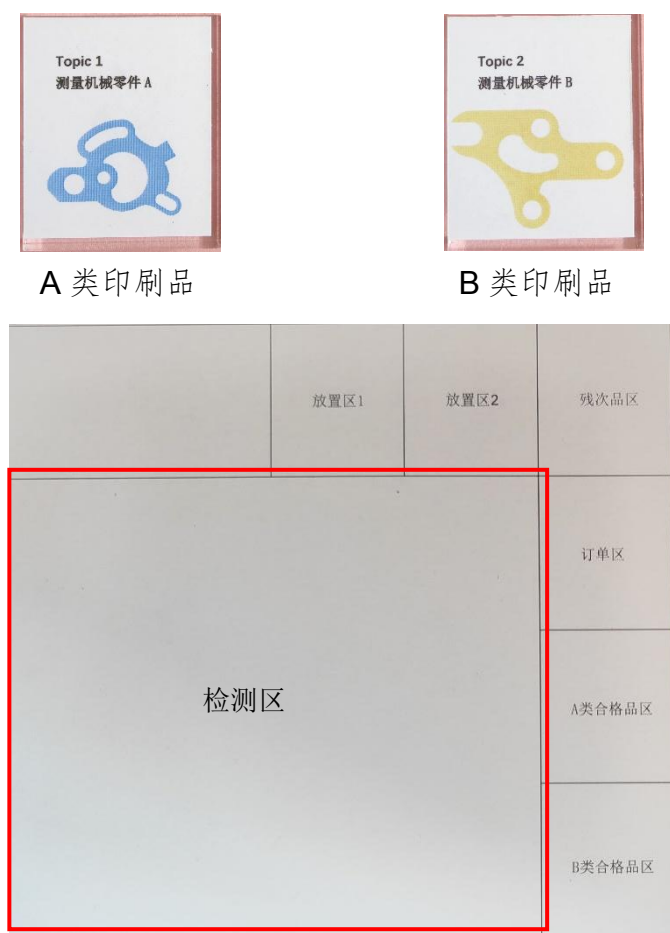


图 4 样品说明图

测试时，待检测印刷品由 2 种印刷品中各 3 个合格品以及裁判指定 3 个残次品组成，共 9 个印刷品。9 个印刷品随机数量堆叠在放置区 1 和放置区 2，单个放置区最多可放 6 个印刷品，如放置区 1 堆叠 3 个，放置区 2 就需要堆叠 6 个。如图 5 所示（仅为示意图，不代表最终结果）。



图 5 初始状态参考图

二维码图片：数量 10 张，每张二维码存储不同订单所需的 A 类印刷品数量与 B 类印刷品数量，存放在客户端编程通用计算机中，存放位置：“C:\全国职业技能大赛\二维码订单”。测试时，由裁判指定一张订单内容，客户端编程通用计算机上的视觉软件识别出指定订单图片的二维码内容。



图 6 二维码示例图

螺母图片：螺母图片共五张，螺母图片存放在客户端编程通用计算机，存放位置：C:\全国职业院校技能大赛\螺母。如图 7 所示。测

试时，由裁判指定一张螺母图片加载至“图像工具”。按要求使用螺母检测工具对该图片进行定位检测。

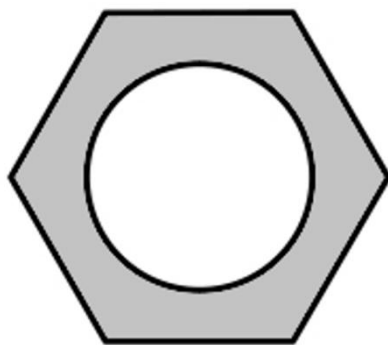


图 7 螺母图

五、竞赛任务-----印刷综合检测与分拣

本次竞赛完成印刷样品的综合检测与分拣以及客户端电脑 C# 代码编程，需要完成的任务如下：

（一）硬件选型要求

1、检测区分拣必须使用 3D 相机测量印刷品的高度和定位印刷品的位置信息；

2、印刷品测量检测的拍照位，单个视野要求满足覆盖一个印刷品的规格尺寸，同时遵循测量精度最高的原则，工作距离要求满足：200mm-260mm。

3、根据本任务书提供的视野大小要求、视野位置要求、工作距离要求、被测物的检测要求，从设备提供的所有机器视觉相机、镜头和光源中选择型号，完成选型并在合理的位置完成安装和接线。完成选

型设计报告，并记载安装结果，见附件中的附录七。

（二）客户端读码任务

1、在客户端编程通用计算机上打开客户端软件建立与机台电脑的 TCP/IP 通讯连接。

2、要求在客户端编程通用计算机上编程，实现对二维码图片样品进行读取识别，获取订单信息。

3、将订单信息传输至机台工控机中视觉编程软件，并触发工控机上编写的程序按订单信息运行，开始执行 3D 拆垛任务、印刷品检测与测量任务、印刷品分拣任务与显示和保存任务。

（三）3D 拆垛任务

1、完成 3D 手眼标定；

2、程序运行时首先完成自动回零；

3、使用 3D 相机定位 2 个放置区中印刷品码垛的位置与高度，引导吸嘴按要求自动拆垛，拆垛要求：首先将放置区 1 里堆叠起来的印刷品依次分拣至检测区，然后将放置区 2 里堆叠起来的印刷品依次分拣至检测区（例如，放置区 1 里有 3 个堆叠起来的印刷品，放置区 2 里有 6 个堆叠起来的印刷品，拆垛顺序为：将放置区 1 第一块印刷品分拣至检测区的第一个拍照位；将放置区 1 第二块印刷品分拣至检测区的第二个拍照位；将放置区 1 第三块印刷品分拣至检测区的第三个拍照位；将放置区 2 第一块印刷品分拣至检测区的第四个拍照位；以

此类推），且不影响后续的检测与测量任务。拆垛结果如图 8 所示。



图 8 拆垛结果参考图

（四）印刷品检测与测量任务

- 1、完成 XY 标定；
- 2、对印刷品中单词部分进行字符识别，获得识别结果。如图 9 红色方框所示。

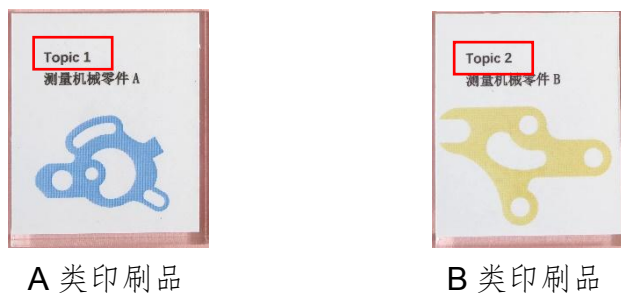


图 9 字符识别图

- 2、示教 9 个检测区的拍照位，对印刷品的文字部分进行缺陷检测，对零件图案部分进行偏色检测，缺陷种类为脏版、印刷缺失以及

偏色（偏色可不使用缺陷检测工具进行检测）。缺陷检测的内容如图 10 所示。

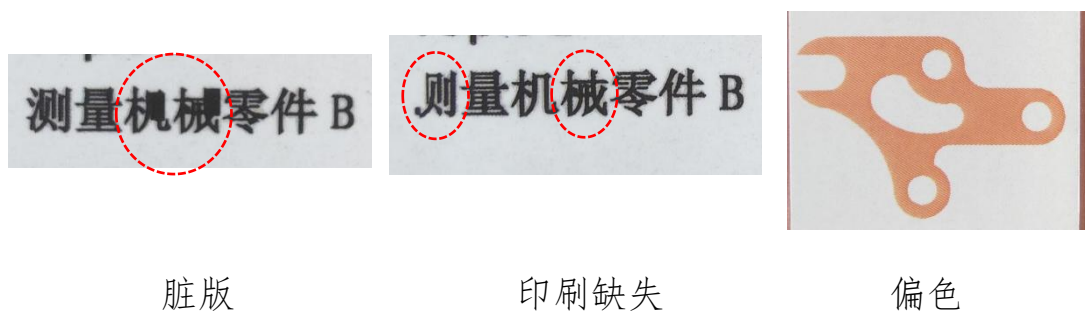


图 10 缺陷检测内容示意图

3、对印刷品中零件图案进行尺寸测量，尺寸测量的内容包括圆直径、圆心距、两线距离、两线夹角；

Topic1 测量的内容包括零件图案的圆直径、圆心距、角度，具体如图 11 所示；

圆直径：如标记 a，标准值及误差： $3.2\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ；

圆心距：如标记 b，标准值及误差： $5.35\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ；

角度：如标记 c，标准值及误差： $89^\circ \pm 1^\circ$ ；

Topic2 测量的内容包括零件图案的圆直径、圆心距、线间距，具体如图 11 所示；

圆直径：如标记 d，标准值及误差： $2.95\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ；

圆心距：如标记 e，标准值及误差： $12.9\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ；

线间距：如标记 f，标准值及误差： $3.6\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ；

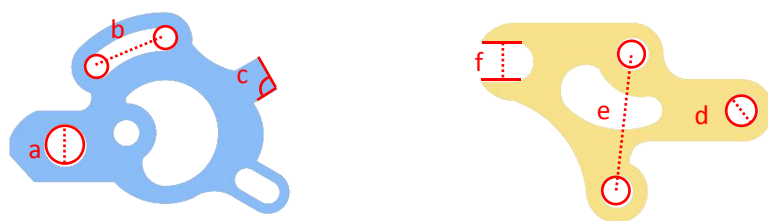


图 11 测量示意图

4、每个印刷品测量得到的数据，与任务书中给定的标准值结合允许误差进行比较，判断印刷品的尺寸是否合格，只要有一个数据不合格就判定该印刷品为残次品。

（五）印刷品分拣任务

1、完成 2D 手眼标定；

2、通过吸嘴将印刷品分拣至订单区、A 类合格区、B 类合格区以及残次品区。订单区放置根据二维码内合格印刷品的指定种类、数量要求摆放，二维码中第一个数据表示 A 类合格印刷品的数量，第二个数据表示 B 类合格印刷品的数量。例如二维码内容为“1, 2”，那么应将 1 个 A 类合格印刷品、2 个 B 类合格印刷品堆叠放置在订单区；A 类合格区放置订单需求外的 A 类合格印刷品；B 类合格区放置订单需求外的 B 类合格印刷品；残次品区放置两种印刷品的残次品（尺寸测量与缺陷检测的内容出现任一数据不合格，该印刷品即判定为残次品），将所有残次品堆叠放置于残次品区。如图 12 所示。

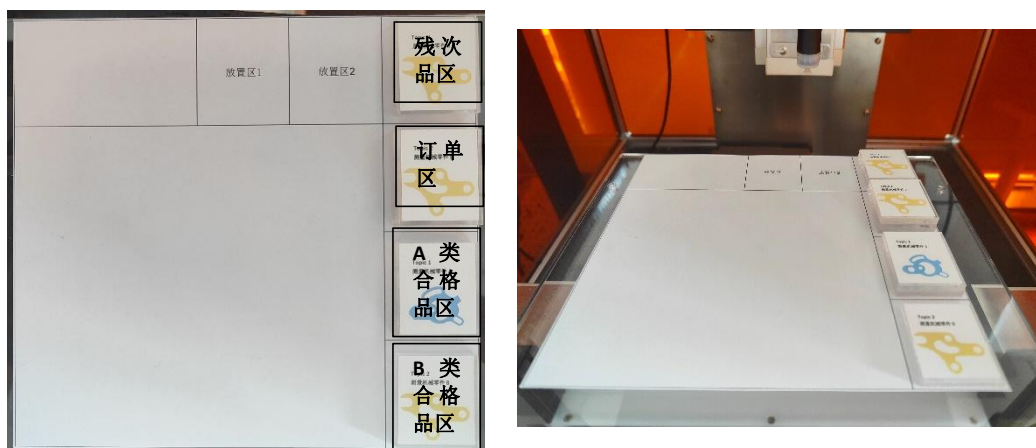


图 12 印刷品摆放示意图

8、分拣完成后，控制运动平台回到原点。

9、遵循模块化编程要求，程序可读性强。所有的模块、工具组都需要根据它的作用重命名，离线标定模块要求放在最外层，标定模块里面可以包含多个标定工具组。

10、运动到位每个拍照位后，在相机拍照前需要点亮光源，相机拍照后需要熄灭光源。

注：以上 3D 拆垛、印刷品检测与测量、印刷品分拣任务要求均可随机复现。

（六）显示和保存任务

1、分拣期间指示灯显示要求

- 1) 分拣合格印刷品期间，指示灯亮绿灯直到分拣下一个印刷品。
- 2) 分拣残次印刷品期间，指示灯亮红灯直到分拣下一个印刷品。
- 3) 分拣完成后，控制运动平台回到原点，熄灭指示灯。

2、窗口显示要求

第一个窗口显示第一个拍照位的图像，要求显示缺陷检测工具的结果轮廓、字符识别结果、测量项的轮廓、测量数据结果。测量数据显示要求仅显示当前拍照位中印刷品的测量数据，测量数据结果与缺陷检测结果都判断为合格显示 OK，测量数据结果或缺陷检测结果任一判断为不合格则显示 NG；

第二个窗口显示第二个拍照位的图像，要求显示缺陷检测工具的结果轮廓、字符识别结果、测量项的轮廓、测量数据结果。测量数据显示要求仅显示当前拍照位中印刷品的测量数据，测量数据结果与缺陷检测结果都判断为合格显示 OK，测量数据结果或缺陷检测结果任一判断为不合格则显示 NG；

第三个窗口显示第三个拍照位的图像，要求显示缺陷检测工具的结果轮廓、字符识别结果、测量项的轮廓、测量数据结果。测量数据显示要求仅显示当前拍照位中印刷品的测量数据，测量数据结果与缺陷检测结果都判断为合格显示 OK，测量数据结果或缺陷检测结果任一判断为不合格则显示 NG；

第四个窗口显示第四个拍照位的图像，要求显示缺陷检测工具的结果轮廓、字符识别结果、测量项的轮廓、测量数据结果。测量数据显示要求仅显示当前拍照位中印刷品的测量数据，测量数据结果与缺陷检测结果都判断为合格显示 OK，测量数据结果或缺陷检测结果任一判断为不合格则显示 NG；

第五个窗口显示第五个拍照位的图像，要求显示缺陷检测工具的

结果轮廓、字符识别结果、测量项的轮廓、测量数据结果。测量数据显示要求仅显示当前拍照位中印刷品的测量数据，测量数据结果与缺陷检测结果都判断为合格显示 OK，测量数据结果或缺陷检测结果任一判断为不合格则显示 NG；

第六个窗口显示第六个拍照位的图像，要求显示缺陷检测工具的结果轮廓、字符识别结果、测量项的轮廓、测量数据结果。测量数据显示要求仅显示当前拍照位中印刷品的测量数据，测量数据结果与缺陷检测结果都判断为合格显示 OK，测量数据结果或缺陷检测结果任一判断为不合格则显示 NG；

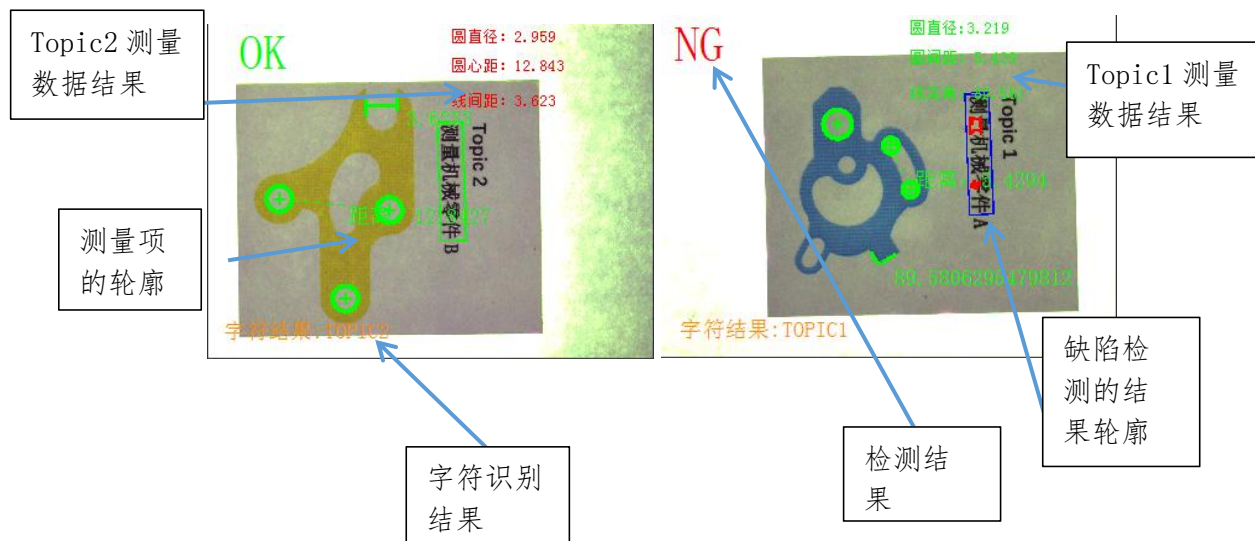
第七个窗口显示第七个拍照位的图像，要求显示缺陷检测工具的结果轮廓、字符识别结果、测量项的轮廓、测量数据结果。测量数据显示要求仅显示当前拍照位中印刷品的测量数据，测量数据结果与缺陷检测结果都判断为合格显示 OK，测量数据结果或缺陷检测结果任一判断为不合格则显示 NG；

第八个窗口显示第八个拍照位的图像，要求显示缺陷检测工具的结果轮廓、字符识别结果、测量项的轮廓、测量数据结果。测量数据显示要求仅显示当前拍照位中印刷品的测量数据，测量数据结果与缺陷检测结果都判断为合格显示 OK，测量数据结果或缺陷检测结果任一判断为不合格则显示 NG；

第九个窗口显示第九个拍照位的图像，要求显示缺陷检测工具的结果轮廓、字符识别结果、测量项的轮廓、测量数据结果。测量数据显示要求仅显示当前拍照位中印刷品的测量数据，测量数据结果与缺

陷检测结果都判断为合格显示 OK，测量数据结果或缺陷检测结果任一判断为不合格则显示 NG；

窗口显示内容如图 13 所示。



A) Topic1 印刷品显示内容 B) Topic2 印刷品显示内容

图 13 窗口显示内容参考图

3、数据处理与保存要求

通过视觉软件对印刷品检测结果进行统计、计算，并生成数据报表：统计 A 类印刷品的合格品总数、尺寸缺陷的残次品数量、印刷缺失的残次品数量、脏版的残次品数量、偏色的残次品数量，并生成数据报表“A 类印刷品数量统计.csv”；文件保存路径：C:\全国职业院校技能大赛\场次号-赛位号；统计 B 类印刷品的合格品总数、尺寸缺陷的残次品数量、印刷缺失的残次品数量、脏版的残次品数量、偏色的残次品数量，并生成数据报表“B 类印刷品数量统计.csv”；文件保存路径：C:\全国职业院校技能大赛\场次号-赛位号。

并将 A 类印刷品的合格品总数、尺寸缺陷的残次品数量、印刷缺失的残次品数量、脏版的残次品数量、偏色的残次品数量，B 类印刷品的合格品总数、尺寸缺陷的残次品数量、印刷缺失的残次品数量、脏版的残次品数量、偏色的残次品数量发送至客户端编程通用计算机上。

（七）客户端接收与显示

客户端编程通用计算机的视觉编程软件（KImageClient.exe）通过网口通讯接收印刷品检测数据，并实时显示在结果数据栏，客户端配置的名称为“数据接收”。

客户端编程通用计算机中视觉编程软件接收的数据包括检测数据：A 类印刷品的合格品总数、尺寸缺陷的残次品数量、印刷缺失的残次品数量、脏版的残次品数量、偏色的残次品数量，B 类印刷品的合格品总数、尺寸缺陷的残次品数量、印刷缺失的残次品数量、脏版的残次品数量、偏色的残次品数量。图像数据：“拍照位一”印刷品图片，如图 14 所示。



图 14 拍照位一图

客户端数据显示在软件界面的下方的结果数据栏中，如图 15 所示。

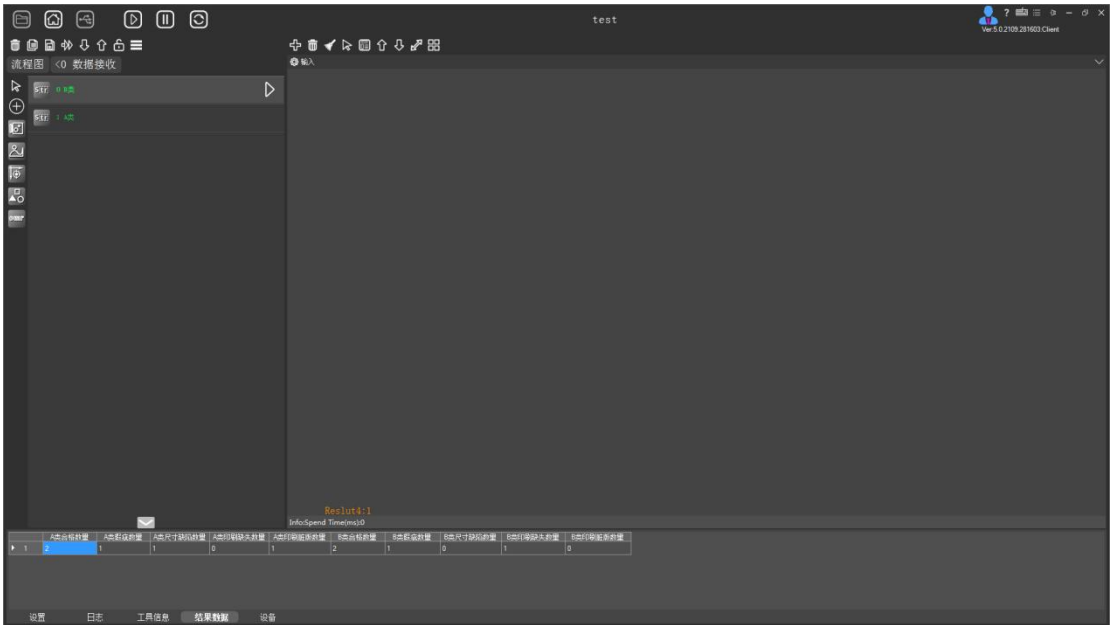


图 15 客户端数据显示

(八) 客户端电脑 C#代码编程任务

- 1、客户端与主控电脑实现控制指令、图像及数据的传输功能。

2、使用 Microsoft Visual Studio 2015 软件新建工程文件，调用 OpenCVSharp 图像库的算法，在新建工程文件中的函数体内实现以下图像处理算法，并将其封装为 KImage 能调用的.dll 文件，.dll 文件拷贝到客户端软件所在目录的 ToolGroup 文件夹下面的“场次号-工位号”文件夹里，要求如下：

（1）零件测量工具

a.零件测量工具名称定义为” KPartInspection”，在 KPartInspection 工具中实现找圆、找线算法，该工具用于对印刷品中零件图案检测。零件检测工具的参考思路：输入图像—根据“形状匹配工具”的仿射矩阵进行找圆 ROI 与找线 ROI 变换—根据变换后的 ROI 分割出零件图案中的圆与线—对找圆图像进行边缘检测，得到包含边缘轮廓的图像—从边缘轮廓图像中进行霍夫圆检测，得到包含所有圆轮廓点的点集—利用模板 ROI 对直线点集进行筛选，只获取坐标在模板 ROI 范围内的点，得到新的点集—利用最小二乘法对新点集进行圆拟合，画出找圆结果 ROI—对找线图像进行找线算法，得到线坐标，画出找线结果 ROI—依据点斜式公式计算出圆心到直线的垂距并画出结果 ROI

b. 零件测量工具中含有“A”按钮，点击 A 按钮，实现切换值模板图像视图，并添加两个矩形 ROI，鼠标可以拖动调整矩形 ROI，拖动矩形 ROI 区域将需要检测的圆和线分别进行框选。

c. 零件测量工具中含有“B”按钮，点击“B”按钮将 ROI 区域内的图像剪切并显示至 windows 窗口，窗口名分别为“圆剪切图”、“线剪切图”。

d. 零件测量工具中含有“Run”按钮，点击 Run 按钮实现零件图案定位检测，将找圆结果 ROI、找线结果 ROI、圆心到直线结果 ROI 以及原图显示至 Kimage 窗口,如图 15 与图 16 中绿色线条所示。

“零件测量工具”的输出参数中输出 line（直线坐标）、angle（直线角度）、center（圆心坐标）、radius（圆半径）、diameter（圆直径）、plinedistance 圆心到直线垂距。

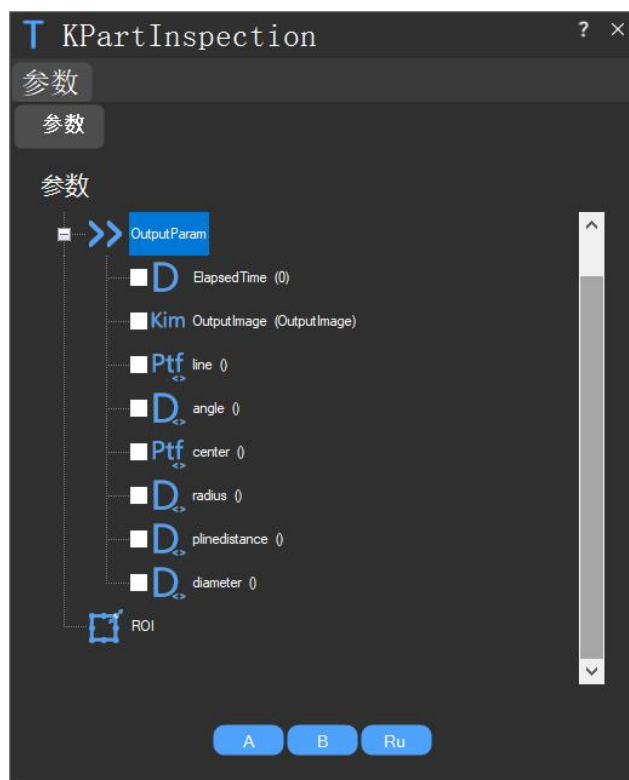


图 16 零件测量工具示例图

e. Topic1 测量的内容如图 17 所示：



图 17 Topic1 测量内容图

Topic2 测量的内容如图 18 所示：



图 18 Topic2 测量内容图

(2) 螺母检测工具

a. 工具名称定义为”KNutDetection”，在 KNutDetection 工具中实现找圆、找线、数学计算算法，该工具用于检测螺母中圆的尺寸以及圆心到螺母顶角的距离。螺母检测工具的参考思路为：输入图像—根据“形状匹配工具”仿射矩阵变换 ROI—根据变换后的 ROI 分割出 1 张找圆图像以及螺母轮廓中相邻的找线图像—对找圆图像进行边缘检测，得到包含边缘轮廓的图像—从边缘轮廓图像中进行霍夫圆检测，得到包含所有圆轮廓点的点集—利用模板 ROI 对直线点集进行筛选，只获取坐标在模板 ROI 范围内的点，得到新的点集—利用最小二乘法对新点集进行圆拟合—得到圆的圆心、直径—对两张找线图像进行

找线算法, 得到两条线坐标—根据两条线坐标计算出两条线交点—根据交点坐标以及圆心坐标计算出两点之间的距离。

b. 测量内容如图 19 所示:

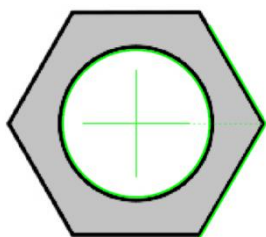


图 19 螺母测量示例图

c. 螺母检测工具中含有“C”按钮, C 按钮实现添加一个圆形 ROI 和两个矩形 ROI, 调整 ROI, 使用 ROI 将需要检测的圆形以及线分别进行框选。

d. 螺母检测工具中含有“D”按钮, 点击 D 按钮将三个 ROI 区域进行裁剪, 并分别显示至三个 Windows 窗口上, 窗口名称为“圆裁剪”、“线 1 裁剪”、“线 2 裁剪”

e. 螺母检测工具中含有“Run”按钮, 点击 Run 按钮实现找圆、找线算法, 显示找圆结果 ROI、两个找线 ROI、圆心到顶点的 ROI 以及原图至 Kimage 窗口, 在螺母检测工具得输出参数中显示检测结果: center (圆心坐标)、diameter (圆直径)、line1 (线段 1 坐标)、line2 (线段 2 坐标)、point (顶点坐标)、pdistance(圆心到顶点距离)。

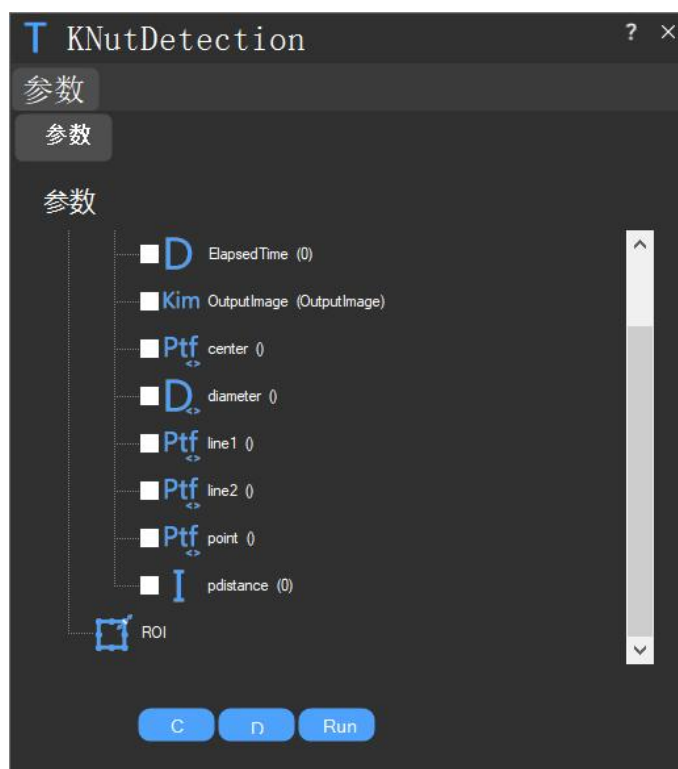


图 20 螺母检测工具示例图

(3) 零件测量工具、螺母检测工具功能测试

按照以下要求，在客户端编程通用计算机的 KimageClient 上编程，对制作好的工具进行功能测试：

1) 使用 KimageClient 自带“图像工具”，读取机台视觉软件传输到客户端的图片，使用 KimageClient 自带“形状匹配工具”定位印刷品中零件图案位置以及判断零件图案类型，根据不同零件图案类型使用“零件图案检测工具”进行检测，工具组名称为“零件测量工具功能测试”。

2) 使用 KimageClient 自带“图像工具”，读取“C:\全国职业技能大赛\螺母图片”中一张螺母图片，使用 KimageClient 自带“形状匹配工具”定位图片中螺母图案位置，使用“螺母检测工具”对图像

中的螺母图案进行检测，工具组名称为“螺母检测工具功能测试”。

六、工作流程参考

（一）编写视觉程序流程前主要准备工作

相机镜头安装调试完成，相机可以正常采集到图像，工作距离符合要求，相机视野合适；图像清晰，曝光设置合理；

光源安装调试完成，光源开关，亮度调好；

X,Y,Z 各轴可正常控制，速度合理，示教好各点位；

相机标定，手眼标定完成。

（二）客户端数据读码流程

1、使用“图像工具”读取二维码图片。

2、使用“二维码识别工具”读取二维码内容，获取订单信息。

3、通过网口通讯将订单信息发给机台工控机中视觉编程软件，并触发工控机上编写的程序按订单信息运行，开始执行 3D 拆垛、印刷品检测与测量任务、印刷品分拣任务、显示与保存任务。

（三）3D 拆垛主要流程

1) 测试前由裁判指定 9 个印刷品，将其随机数量分为两组，分别堆叠至放置区 1 和放置区 2，每个放置区最多 6 块。例如，放置区 1 堆叠 5 个、放置区 2 堆叠 4 个，此处举例仅为参考，最终堆叠结果以实际为准。

2) 开始时回到原点位置，然后运动到 3D 相机的拍照位，对放置区 1 和放置区 2 内的印刷品进行测量定位，并按要求进行拆垛。

（四）印刷检测以及测量的主要流程

1) 运动到第一个印刷品的拍照位，检测缺陷，测量相关尺寸，比较数据，判断印刷品是否合格；

2) 运动到第二个印刷品的拍照位，检测缺陷，测量相关尺寸，比较数据，判断印刷品是否合格；

3) 运动到第三个印刷品的拍照位，检测缺陷，测量相关尺寸，比较数据，判断印刷品是否合格；

4) 运动到第四个印刷品的拍照位，检测缺陷，测量相关尺寸，比较数据，判断印刷品是否合格；

5) 运动到第五个印刷品的拍照位，检测缺陷，测量相关尺寸，比较数据，判断印刷品是否合格；

6) 运动到第六个印刷品的拍照位，检测缺陷，测量相关尺寸，比较数据，判断印刷品是否合格；

7) 运动到第七个印刷品的拍照位，检测缺陷，测量相关尺寸，比较数据，判断印刷品是否合格；

8) 运动到第八个印刷品的拍照位，检测缺陷，测量相关尺寸，比较数据，判断印刷品是否合格；

9) 运动到第九个印刷品的拍照位，检测缺陷，测量相关尺寸，比较数据，判断印刷品是否合格；

（五）印刷品分拣任务

1) 按照订单内容分拣印刷品至订单区。

2) 将剩余合格印刷品 A 分拣至 A 类合格区，将剩余合格印刷品

B 分拣至 B 类合格区，残次印刷品分拣至残次品区。

（六）数据保存与界面显示

根据要求保存数据，根据要求进行界面显示。

（七）回原点

任务完成后控制运动平台回到原点。

（八）数据传输及客户端显示

按要求将数据发送至客户端并显示在指定位置。

按要求将“拍照位一”的印刷品图片发送至客户端。

（九）客户端编程任务

按任务书第五部分“（八）客户端电脑 **C#** 代码编程任务”要求完成。

七、附件

附录一、视觉硬件及参数列表

工业相机

类别	型号	分辨率	帧率 FPS	曝光模式	颜色	芯片大小	接口
2D 相机	MV-A5131MU001	1280x960	>90	全局	黑白	1/2"	USB3.0
2D 相机	MV-A7500MG20	2448x2048	>20	全局	黑白	2/3"	GigE
2D 相机	MV-A3504CG100	2592x1944	>10	滚动	彩色	1/2.5"	GigE
3D 相机	ZM3D-RS415	1920x1080 x2	>10	滚动	彩色	2/3"	USB3.0

工业镜头

类别	型号	支持分辨率 (优于)	焦距/ 倍率	最大光圈	工作距离	支持芯片大小
工业镜头	HN-P-1228-6M-C2/3	500 万像素	12mm	F2.0	>100mm	2/3"
工业镜头	HN-P-2528-6M-C2/3	500 万像素	25mm	F2.0	>200mm	2/3"
工业镜头	HN-P-3528-6M-C2/3	500 万像素	35mm	F2.0	>200mm	2/3"
远心镜头	WWK03-110-230	500 万像素	0.3X	F5.4	110m	2/3"
镜头接圈	0.5mm、1mm、2mm、5mm、10mm、20mm、40mm 一组					

LED 光源

类别	型号	主要参数	颜色	备注
环形光源	RI8000-RGB	直射环形, 发光面外径 80, 内径 40mm	RGB	三者可以合并成 AOI 光源
环形光源	RI12045-G	45 度环形, 发光面外径 120, 内径 80mm	G	
环形光源	RI15520-B	低角度环形, 发光面外径 160, 内径 120mm	B	
同轴光源	CO60-RGB	发光面积 60x60mm	RGB	
背光源	FL198154-W	发光面积 169x145mm	W	

注: R=红色、G=绿色、B=蓝色、W=白色

标定板

类别	暂命名	外框尺寸 mm	图案尺寸 mm	点间距 mm	点直径 mm	精度
标定板	标定板 A	100x100	80x80	10	5	±0.01mm
标定板	标定板 B	50x50	40x40	5	2.5	±0.01mm
标定板	标定板 C	25x25	20x20	2.5	1.25	±0.01mm

附录二、相机的接线定义

一、USB3.0 相机 (注意 **USB3.0** 通过 **USB** 线供电, 不要另外插电源, 否则会

烧相机)

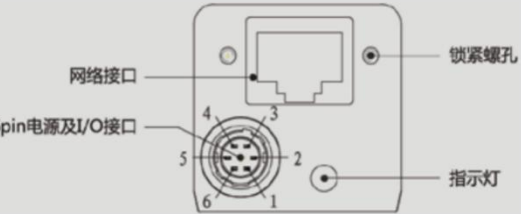
I/O接口说明 I/O Interface Instruction



引脚	描述	功能
1	Line3	GPIO (非隔离软件可配置输入/输出)
2	Line1	光耦隔离输入
3	Line2	GPIO (非隔离软件可配置输入/输出)
4	Line0	光耦隔离输出
5	Opto I/O Ground	光耦隔离信号地 (ISO_GND)
6	GPIO Ground	GPIO信号地 (GND)

二、GigE 相机

I/O接口说明 I/O Interface Instruction



管脚	信号	说明
1	Power	+6V~26V 直流电源
2	Line1	光耦隔离输入
3	Line2	可配置IO输入/输出口
4	Line0	光耦隔离输出
5	IO GND	光耦隔离地
6	GND	直流电源地

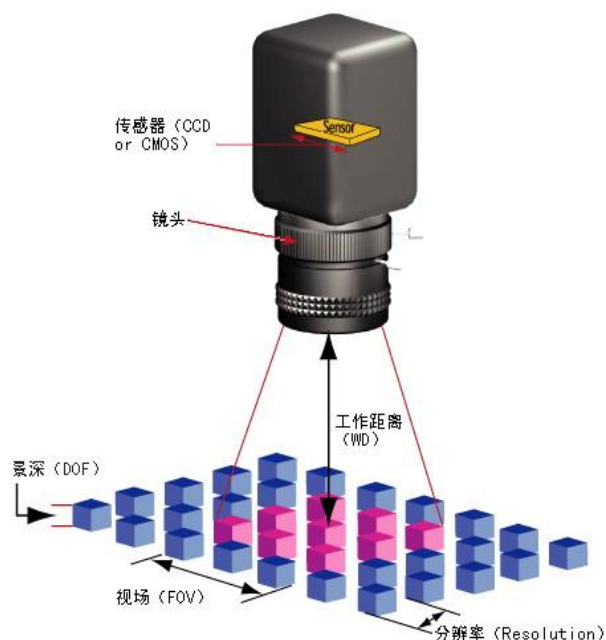
附录三、分辨率及焦距计算公式

简单视觉系统的计算，主要包括视场（FOV）、分辨率（Resolution）、工作距离（WD）和景深（DOF）等。

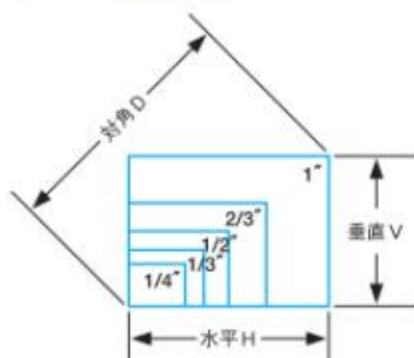
分辨率我们通常指的是像素分辨率，（默认选用的镜头分辨率高于相机的分辨率）。因此

分辨率就等于视野 FOV/相机的像素数
假如我们 FOV 尺寸是 16mmx12mm，选用的相机是 200 万像素（1600x1200），那么像素分辨率就是 $16\text{mm}/1600$ or $12\text{mm}/1200=0.01\text{mm}$ 。

下表分别表示的是英制的芯片尺寸，真实的芯片大小和焦距的计算公式。



影像大小



每一款监控摄像机CCD的靶面大小不同，但通常使用的CCD摄像机的规格均为4:3 (H:V)。

型号	CCD 尺寸	图像尺寸 (mm)		
		水平：H	垂直：V	对角：D
C	1"	12.8	9.6	16.0
H, A	2/3"	8.8	6.6	11.0
D, S	1/2"	6.4	4.8	8.0
Y, T	1/3"	4.8	3.6	6.0
Q	1/4"	3.6	2.7	4.5
35mm照相机镜头（参考）	35mm胶卷	36.0	24.0	43.3

视野计算

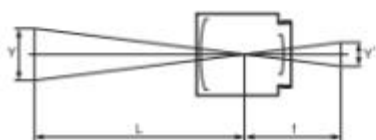
在物距确定的情况下，视野便能通过下述方程式计算出来。

$$Y = Y' \cdot \frac{L}{f}$$

Y：物体尺寸 L：物距
Y'：图像尺寸 f：焦距

例如：到物体的距离为5m时，用1/2"焦距为12.5mm的镜头和1/2"摄像机，监视器上所显示的尺寸为：

$$Y' : 6.4 \quad L : 5000 \quad f : 12.5 \quad Y = 6.4 \times \frac{5000}{12.5} = 2560\text{mm}$$



接口种类

通常的监控摄像机镜头拥有C接口和CS接口两种。

规格

	C接口	CS接口
后基距 (mm)	17.526 *1	12.5 *1
直径 (mm)	1-32UNF	

互换性

	C接口摄像机	CS接口摄像机
C接口镜头	○	○*2
CS接口镜头	×	○

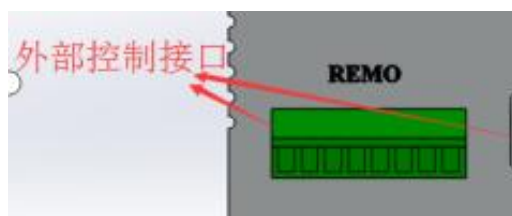
*1 空气换算长度。

*2 在C接口镜头与CS接口的摄像机配合使用的情况下，需使用C-CS接口适配环（5mm）。

附录四、光源控制的接线说明

硬件触发：用户可以通过 PLC、相机的输出外部触发信号来控制每一路输出的开关。需要外部触发功能时需将外部触发信号线连接到“REMO”端子上。触发信号高电平时打开，低电平时关闭。

软件触发：用户也可用软件实现触发功能，即使用串口对各输出通道进行控制，使各输出通道按照预先的设置打开或关闭其输出。



REMO 端子 引脚号	信号名称	信号定义
1	TR1+	1 通道触发信号+
2	TR1-	1 通道触发信号-

3	TR2+	2 通道触发信号+
4	TR2-	2 通道触发信号-
5	TR3+	3 通道触发信号+
6	TR3-	3 通道触发信号-
7	TR4+	4 通道触发信号+
8	TR4-	4 通道触发信号-

附录五、光源控制器通讯协议

硬件规范

波特率：9600 bps

每帧字节数：8 字节

每帧数据格式

1 字节	1 字节	1 字节	3 字节	2 字节
特征字	指令字	通道字	数据	异或和校验字

注：所有通讯字节都采用 ASCII 码

✧ 特征字 = \$

✧ 指令字 = 1, 2, 3, 4, 分别定义为：

1: 打开对应通道电源

2: 关闭对应通道电源

3: 设置对应通道电源参数

4: 读出对应通道电源参数

当指令字为 1, 2, 3 时，如控制器接收指令成功，则返回特征字\$；如控制器接收指令失败，则返回&。

当指令字为 4 时，如控制器接收指令成功，则返回对应通道的电源设置参数（返回格式跟发送格式相同）；如控制器接收指令失败，则返回&。

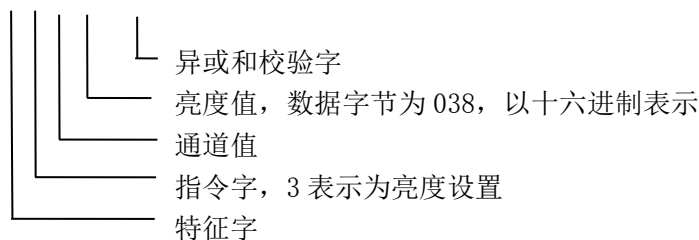
✧ 通道字 = 1, 2, 3, 4。分别代表 4 个通道。

✧ 数据 = 0XX (XX 为 00~FF 内的任一数值)，对应通道电源的设置参数，高位在前，低位在后。

✧ 异或和校验字 = 除校验字外的字节（包括：特征字，指令字，通道字和数据）的异或校验和，校验和的高 4 位 ASCII 码在前，低 4 位 ASCII 码在后。

例：将第 2 通道亮度设为 56，则以 ASCII 码向下写“\$320381E”

\$ 3 2 0 3 8 1 E



异或校验字运算过程如下：

	字符串	ASCII I 码	ASCII 码以十 六进制表示	将高 4 位和低 4 位分 别以 8421 码表示
特征字	\$	36	24	0010 0100
指令字	3	51	33	0011 0011
通道字	2	50	32	0011 0010
数据	0	48	30	0011 0000
	3	51	33	0011 0011
	8	562	38	0011 1000
异或和				0001 1110
异或校验字				1 E

注：打开对应通道电源、关闭对应通道电源和读出对应通道电源参数 3 个功能的异或校验字的运算过程中，数据的 3 个字节的值对异或结果无影响，保证格式为 0XX（XX=00~FF 内的任一数值）即可。

以下为几组指令数据

关闭 2 通道：\$220381F

	字符串	ASCII 码	ASCII 码 以十六进制表示	将高半字节和低半字节分别以 8421 码表示
特征字	\$	36	24	0010 0100
指令字	2	50	32	0011 0010
通道字	2	50	32	0011 0010
数据	0	48	30	0011 0000
	3	51	33	0011 0011
	8	56	38	0011 1000
异或和				0001 1111
异或校验字				1 f

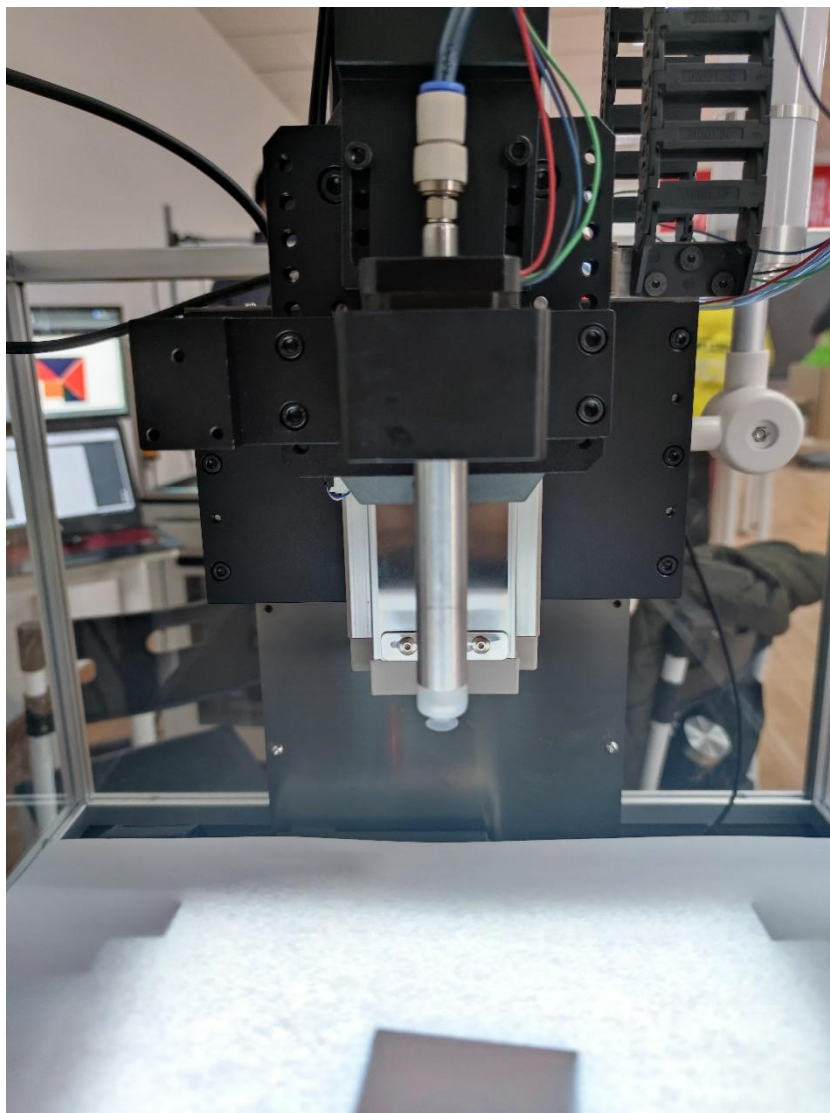
打开 2 通道：\$120381C

	字 符 串	ASCII 码	ASCII 码 以 十六进制表 示	将高半字节和低半字节 分别以 8421 码表示
特征字	\$	36	24	0010 0100
指令字	1	49	31	0011 0001
通道字	2	50	32	0011 0010
数据	0	48	30	0011 0000
	3	51	33	0011 0011
	8	56	38	0011 1000
异或和				0001 1100
异或校验字				1 C

读取 2 通道电源参数：\$4200012

字符串		ASCII 码	ASCII 码以十六进制表示	将高半字节和低半字节分别以 8421 码表示
特征字	\$	36	24	0010 0100

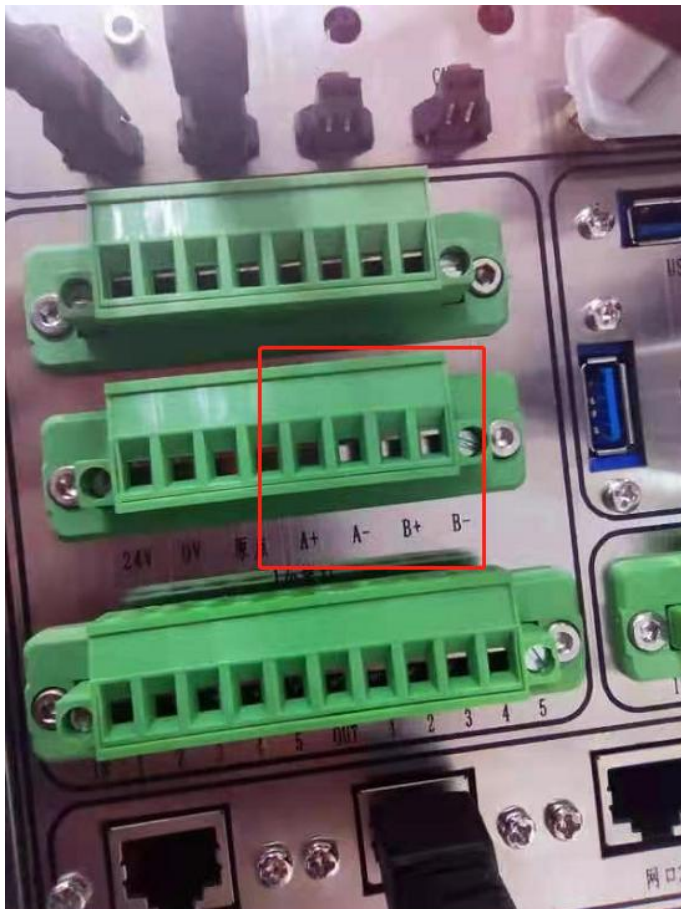
附录六、旋转轴的安装及接线说明



R 轴如上图所示，共有四根线需要接入控制面板。



接线分别为 A+ A- B+ B-，将对应接线端子接入到控制面板上。



附录七

相机、镜头、光源的选型计算报告

场次号_____ 赛位号_____