

2021 年全国职业院校技能大赛

机器视觉系统应用

——PCB 图像拼接及尺寸测量

（总时间：480 分钟）

工 作 任 务 书

日期：_____ 赛位号：_____

注意事项

一、本任务书共 **24** 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）。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、在比赛前务必对各机器视觉组件和图形化编程软件平台熟悉。

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:\全国技能大赛\KImage\Product\日期（年月日）-赛位号**”文件夹下，赛位号以现场抽签为准。

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。

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、根据本任务提供的视野大小要求、工作距离要求、被测物的检测要求，从设备提供的一组机器视觉相机、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 **PCB** 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：“日期（年月日）-赛位号”。

四、通过标定板，完成单幅视野的标定，并保存标定结果。

五、完成 **PLC** 控制运动平台运动，示教相机的三个拍照位置，并保存位置信息到配置文件。

六、选择合适的视觉工具，并配置测量流程，并完成测量参数的设置。

七、流程化的配置程序必须包含模板定位及建立坐标仿射跟随功能。

八、拼接内容：分三次拼接，示教三个相机拍照位置，拼接成一张完整的 **PCB** 图像。

九、测量内容：包含直径、角度、线间距、点到线距离、圆心距。

十、完成数据分析生成测试数据报表，并通过网络通讯工具发送给客户端，客户端收到测试数据后在窗口指定位置显示。

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及视觉软件使用手册。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

设备中包含一台工控机，另有一台用于接收通讯数据的客户端计算机由承办单位提供，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（3D 相机工作距离要求大于 350mm），具体参数见附录一。

依据被测 PCB 的大小、测量精度（在四、竞赛任务描述中给出）要求选择合适分辨率的相机。

2) 镜头

可选择镜头共四个，分别为：定焦 12mm 镜头，定焦 25mm 镜头，定焦 35mm 镜头，放大倍率为 0.3 倍的远心镜头，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，分辨率的要求下选择镜头。

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

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：**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；（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，放置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，根据实验需求正确选择吸嘴。

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的设计。

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）。

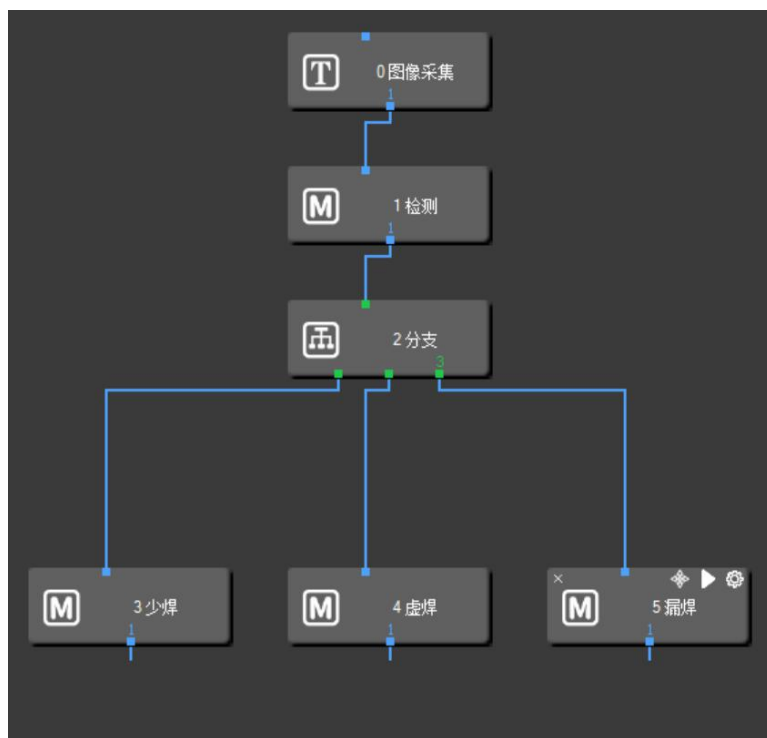


图 1 程序流程示意图

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
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	2 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

三、标定说明及运动位置校准

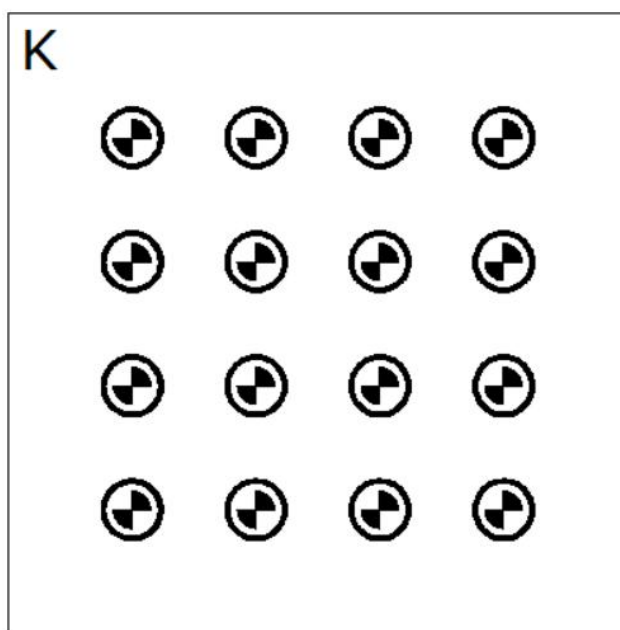


图 2 图像标定板

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、竞赛任务描述-----PCB 图像拼接与尺寸测量

本次竞赛完成 PCB 图像拼接与尺寸测量,PCB 及料盘数量 1 套, PCB 尺寸规格: 116mm x 44mm; 具体如下图 3, 分三次拍照拼接, 单个视野要求: 65mm x 50mm, 工作距离: 200mm+10mm, 光源距离产品表面安装不得超过 80mm, 同时遵循畸变最小、测量精度最高、PCB 特征对比度最高的原则进行硬件选型。



图 3 PCB 图像

1、拼接任务

PCB 初始位置由参赛选手放置在治具内，三次拍照可以完全拍完 PCB，相邻拍摄的 PCB 重叠区大于 2mm。拼接任务为：

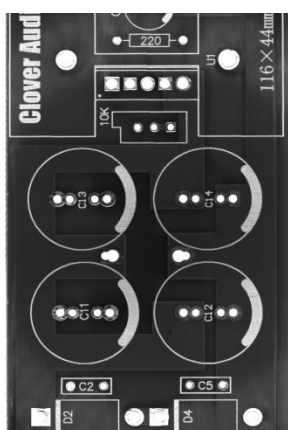
1) 编写视觉和运动控制程序，移动运动平台到达第一个拍照位，点亮光源，拍第一张图片，熄灭光源；移动运动平台到达第二个拍照位，点亮光源，拍第二张图片，熄灭光源；移动运动平台到达第三个

拍照位，点亮光源，拍第三张图片，熄灭光源；

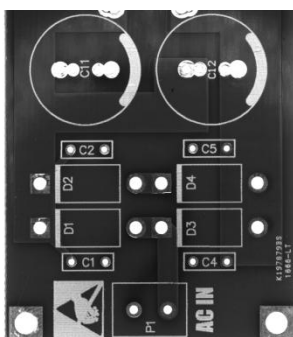
2) 使用图像拼接工具，选择合适的拼接算法，设置合适拼接参数，拼接出一张完整的 PCB 图片，拼接效果通过测量任务评判。



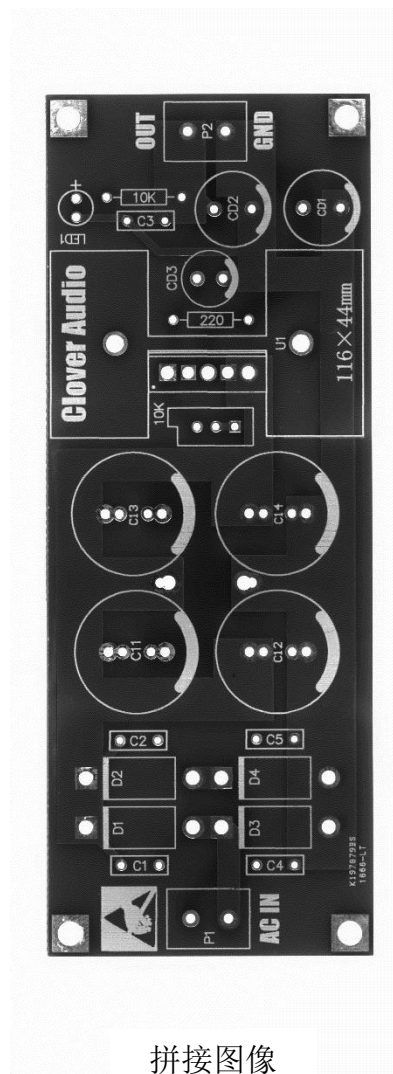
图像 1



图像 2



图像 3



拼接图像

3、测量任务

1) 测量任务为：圆直径、线边距离、点线距离、圆心距、线夹角测量项目，具体有：

圆直径：四个大圆的直径；

小圆圆心距：内部两个小圆的圆心距：

点线距离：外围四个小圆到长边的距离：

线边距离：整个 PCB 的长与宽：

角度：PCB 的四个角的夹角；

2) 计算四个大圆直径的平均值、计算外围四个小圆到长边的距离的平均值、计算 PCB 的四个角的夹角的平均值。

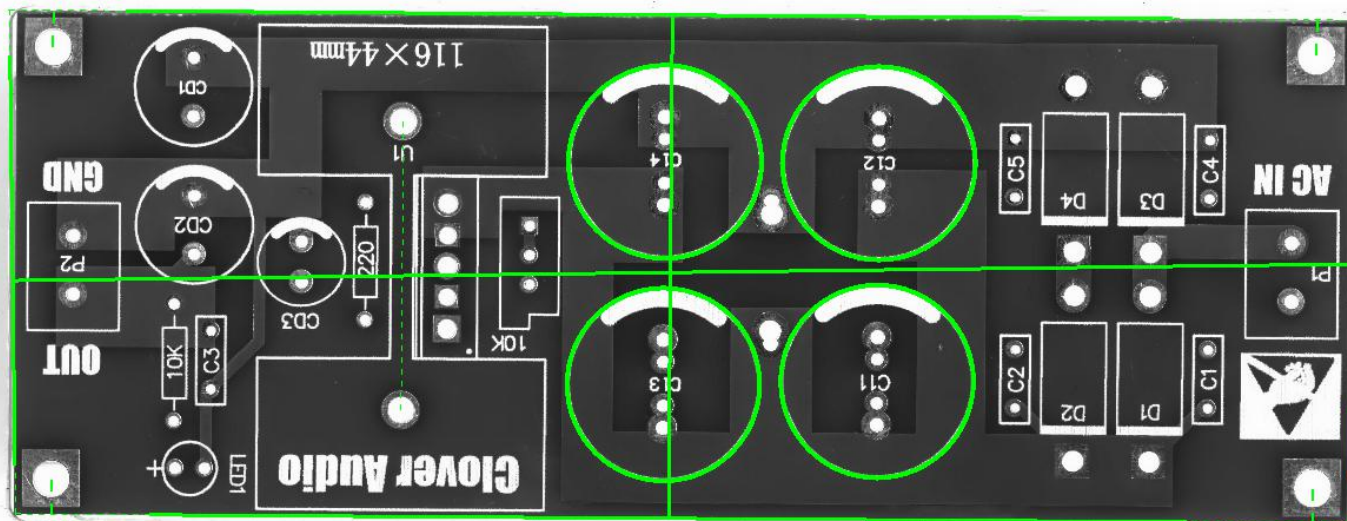


图 4 PCB 测量示意

3) 数据统计及分析

对测量数据进行分析统计并生成数据报表，报表文件保存到：

C:\全国技能大赛\日期-赛位号\测量数据.csv, 需要保存的数据有四个大圆直径的平均值、小圆圆心距、外围四个小圆到长边的距离的平均

值、整个 PCB 的长与宽、PCB 的四个角的夹角的平均值。

把测量的数据通过网络通讯工具发送到客户端，并显示在指定的窗口位置上，数据包括四个大圆直径的平均值、小圆圆心距、外围四个小圆到长边的距离的平均值、整个 PCB 的长与宽、PCB 的四个角的夹角的平均值。

五、竞赛任务工作要求

1、硬件选型安装接线

完成相机、镜头、光源的选型，输出选型计算报告。

将相机、镜头、光源、治具等在合理位置安装（注意工作距离），保证安装稳固，镜头与相机连接螺纹圈须拧紧；镜头调试好之后，用顶丝锁紧对焦环及光圈环；记录硬件的安装参数等结果。

完成相机、光源、旋转轴、通讯网络等电路接线，完成气路的连接，走线正确规范、整洁、牢固；物理接口选择正确。

2、视觉软件的 PLC 控制工具运行测试

控制 X,Y,Z 轴移动料盘，设置合适的检测区拍照位置；

控制 X,Y,Z 轴移动料盘，示教摆放区 PCB 摆放位置，需要示教三个位置；

输出 I/O 电信号正常。

3、光源控制工具运行测试

连接光源控制器正常，能控制多个光源亮灭；

能设置各个光源不同的亮度值；

实现光源频闪功能正常。

4、相机工具运行测试

相机能正常连接，能正常采集图像；

图像对焦清晰（PCB 边缘清晰，正面颜色清晰可见），视野大小合适；

协同光源控制器的光源调节功能，设置合适的相机参数（包括曝光，增益等参数）。

5、相机标定工具运行测试

把标定板放置到合适位置，设置合适的标定参数，完成相机标定；

保存标定数据结果到配置文件；

6、模板匹配工具运行测试

设置合适的参数创建模板并保存模板；

设置合适的参数查找模板。

7、图像拼接工具运行测试

选用合适的拼接方式

设置合适的拼接参数进行图像拼接

8、测量类工具运行测试

设置找线工具参数并正确找到直线；

设置找圆工具参数并正确找到圆；

设置线交点工具参数并正确计算两点距离；

设置距离工具参数并正确计算两点距离。

设置线夹角工具参数并正确计算角度。

9、数据处理类运行测试

设置数据表格工具参数，并生成 PCB 测量报表；

保存边长测量报表文件到：C:\全国技能大赛\日期-赛位号\测量数据.csv。

10、界面布局及数据显示

界面主窗口显示三次拍照的图像和拼接图像；

测量标记标线和结果显示到图像上；

测试数据在界面左侧显示。

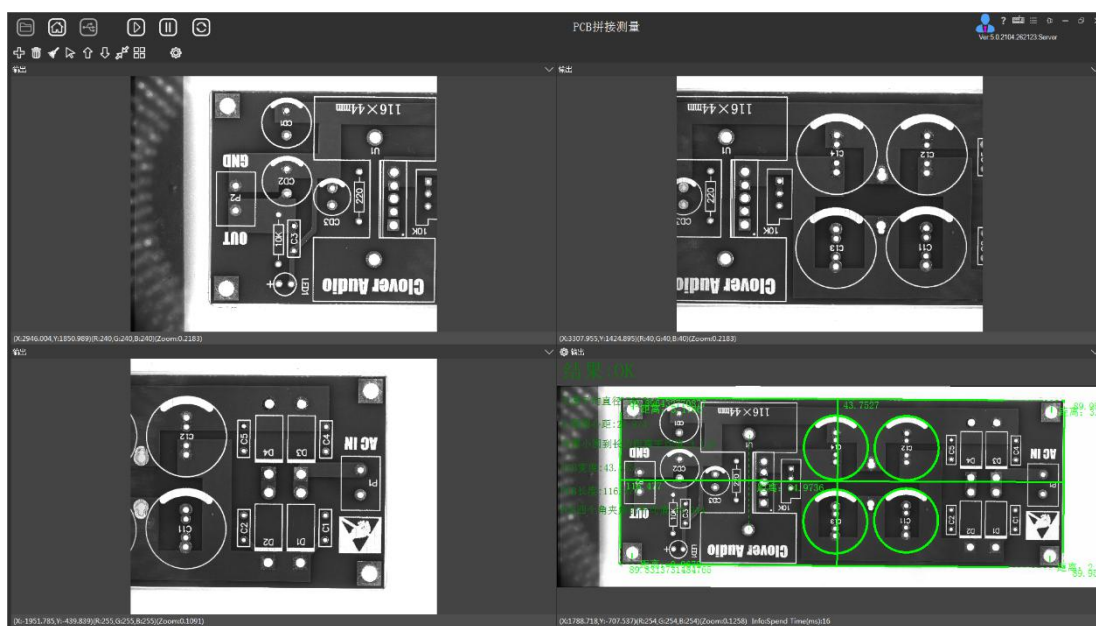


图 5 界面及结果显示

客户端接收的数据的显示格式如下图所示：

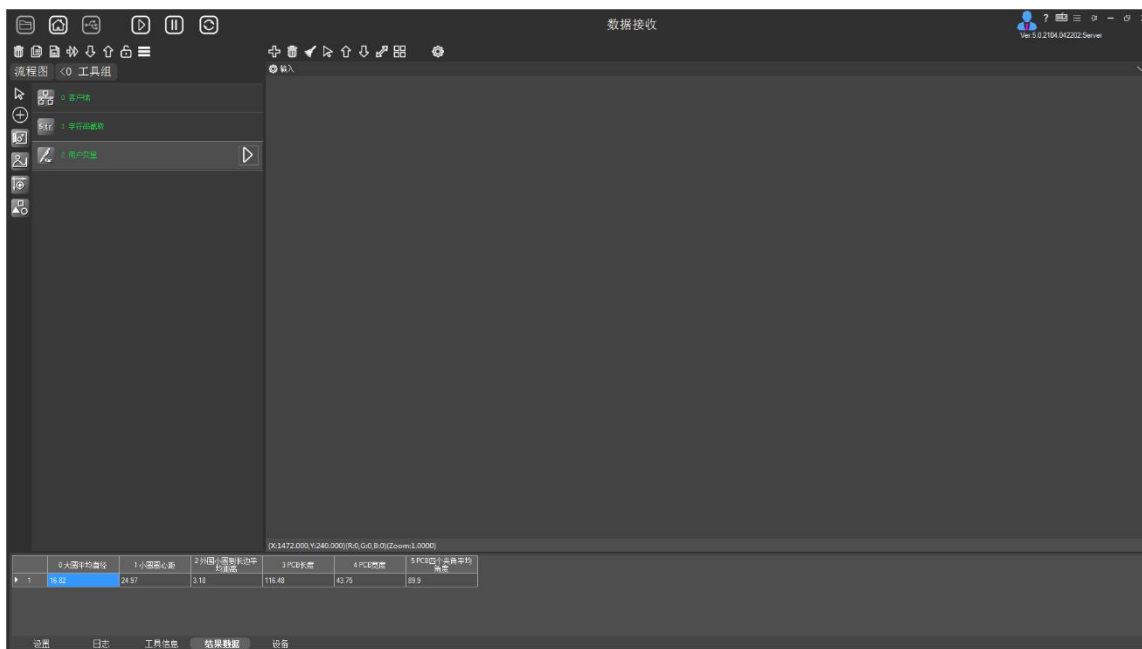


图 6 客户端接收的数据的显示

六、工作流程参考

1、编写视觉程序流程前主要准备工作

相机镜头已安装调试完成，相机可在正常采集到图像，工作距离符合要求、相机视野合适，三次拍照可覆盖整个 PCB；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，拍照检测区位置示教合理；

相机标定已完成。

2、拼接、测量流程

在主要准备工作完成后，开始 PCB 的拼接与测量流程，主要流程如下：

- 1) 选手把 PCB 放置到治具区，平台移动-拍图-平台移动-拍图-平台移动-拍图；
- 2) 拼接 PCB 图像；
- 3) 尺寸测量，显示测量数据、测量结果，并生成数据报表，报表文件保存到：**C:\全国技能大赛\日期-赛位号\测量数据.csv**。
- 4) 把测量数据通过网络通讯工具发送到客户端，并在客户端指定位置显示。

七、附件

附录一、视觉硬件及参数列表

工业相机

类别	编号	分辨率	帧率 FPS	曝光模式	颜色	芯片大小	接口
2D 相机	相机 A	1280x960	>90	全局	黑白	1/2"	USB3.0
2D 相机	相机 B	2448x2048	>20	全局	黑白	2/3"	GigE
2D 相机	相机 C	2592x1944	>10	滚动	彩色	1/2.5"	GigE
3D 相机	3D 相机	1920x1080x2	>10	滚动	彩色	2/3"	USB3.0

工业镜头

类别	编号	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	12mm 镜头	500 万像素	12mm	F2.0	>100mm	1/1.8"
工业镜头	25mm 镜头	500 万像素	25mm	F2.0	>200mm	2/3"
工业镜头	35mm 镜头	500 万像素	35mm	F2.0	>200mm	2/3"
远心镜头	远心镜头	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	编号	主要参数	颜色	备注
环形光源	小号环形光源	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	中号环形光源	45 度环形，发光面外径 120，内径 80mm	G	
环形光源	大号环形光源	低角度环形，发光面外径 160，内径 120mm	B	
同轴光源	同轴光源	发光面积 60x60mm	RGB	
背光源	背光源	发光面积 169x145mm	W	

注：R=红色、G=绿色、B=蓝色、W=白色

标定板

类别	外框尺寸 mm	圆/格间距 mm	外圆环直径 mm	内圆环直径 mm	精度 mm
标定板 A	100x100	20	5	3	±0.01
	50x50	10	2.5	1.5	±0.01
	20x20	4	1	0.6	±0.01

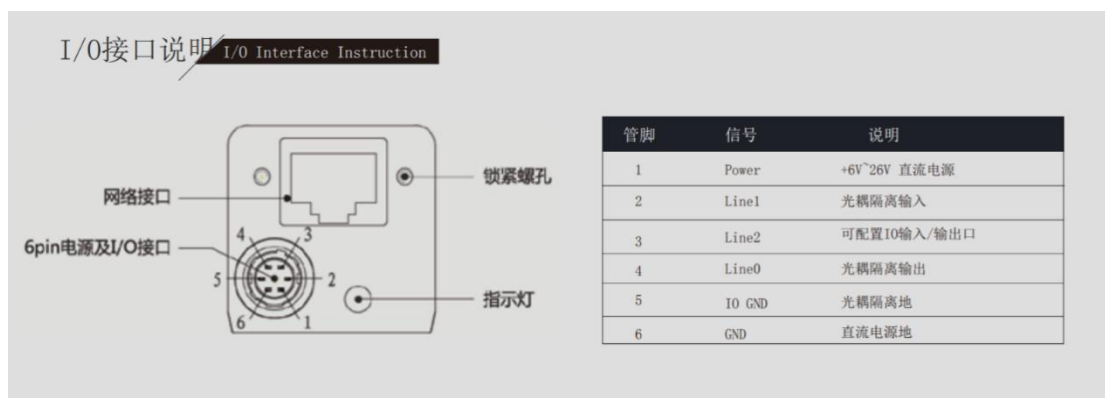
类别	外框尺寸 mm	方格边长 mm	方格数量	精度 mm
标定板 B	180x120	15	11x7	±0.01

附录二、相机的接线定义

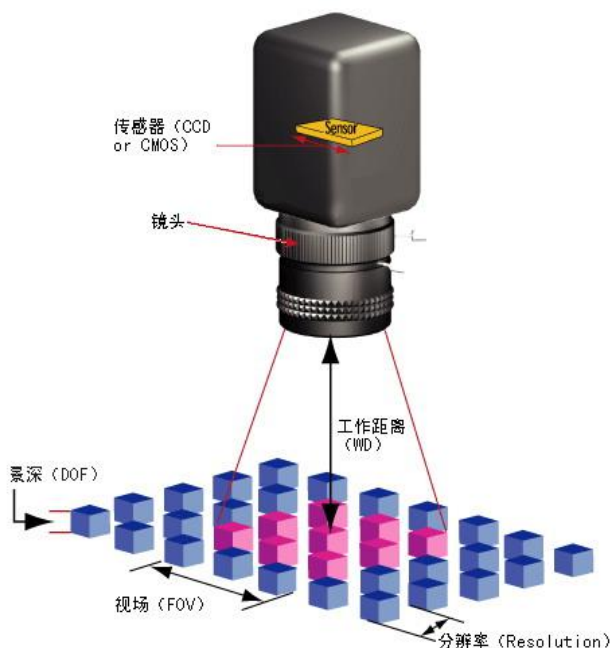
一、USB3.0 相机（注意 **USB3.0** 通过 **USB** 线供电，不要另外插电源，否则会烧相机）



二、GigE 相机



附录三、分辨率及焦距计算公式



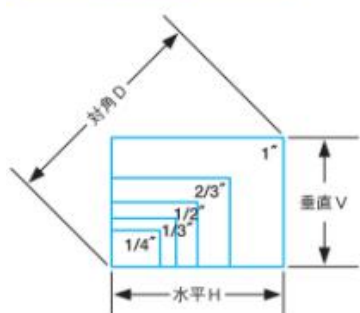
简单视觉系统的计算，主要包括视场（FOV）、分辨率（Resolution）、工作距离（WD）和景深（DOF）等。

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

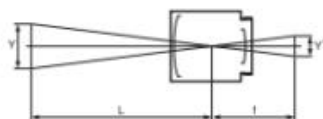
在物距确定的情况下，视野便能通过下述方程式计算出来。

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

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：

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



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	×	○

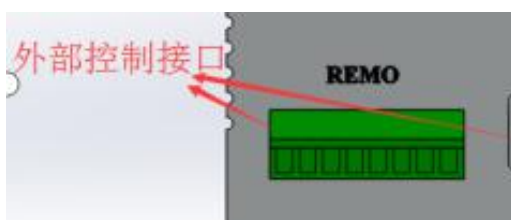
^{*1} 空气换算长度。

^{*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&。

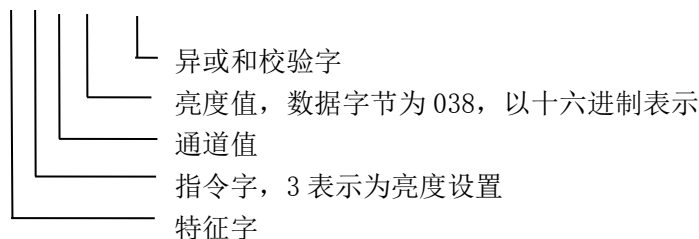
✧ 通道字 = 1, 2, 3, 4。分别代表 4 个通道。

✧ 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 0381E



异或校验字运算过程如下：

	字符串	ASCII 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	56	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

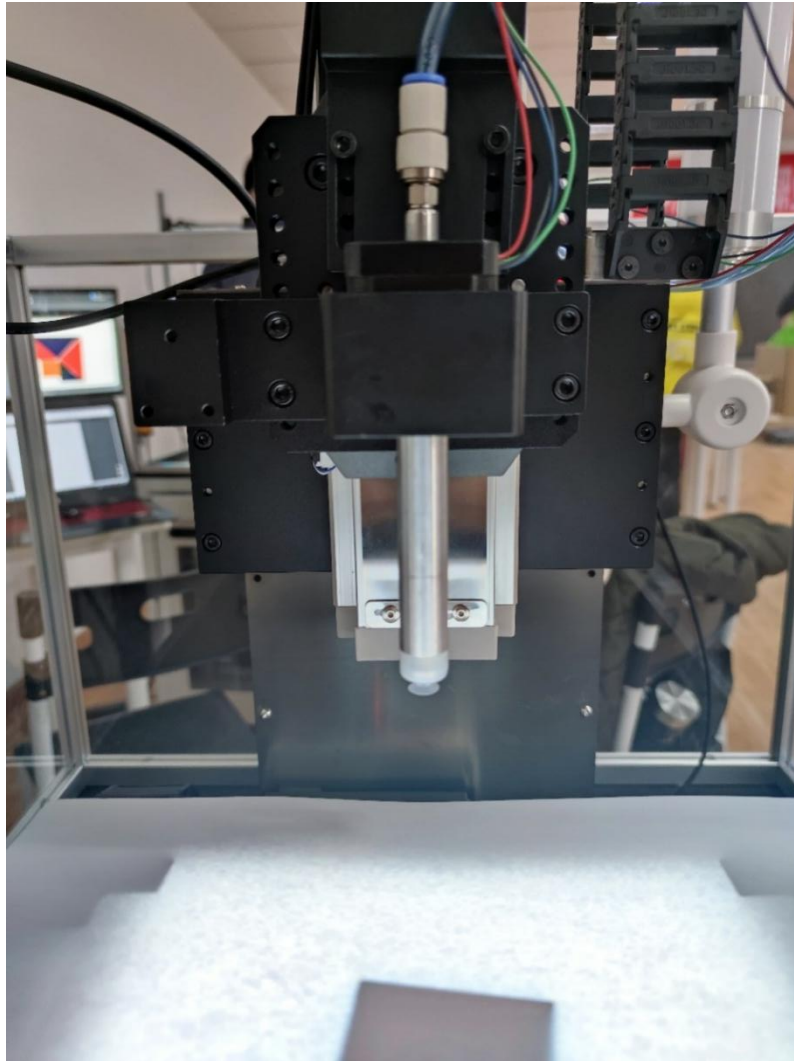
打开 2 通道：\$120381C

	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

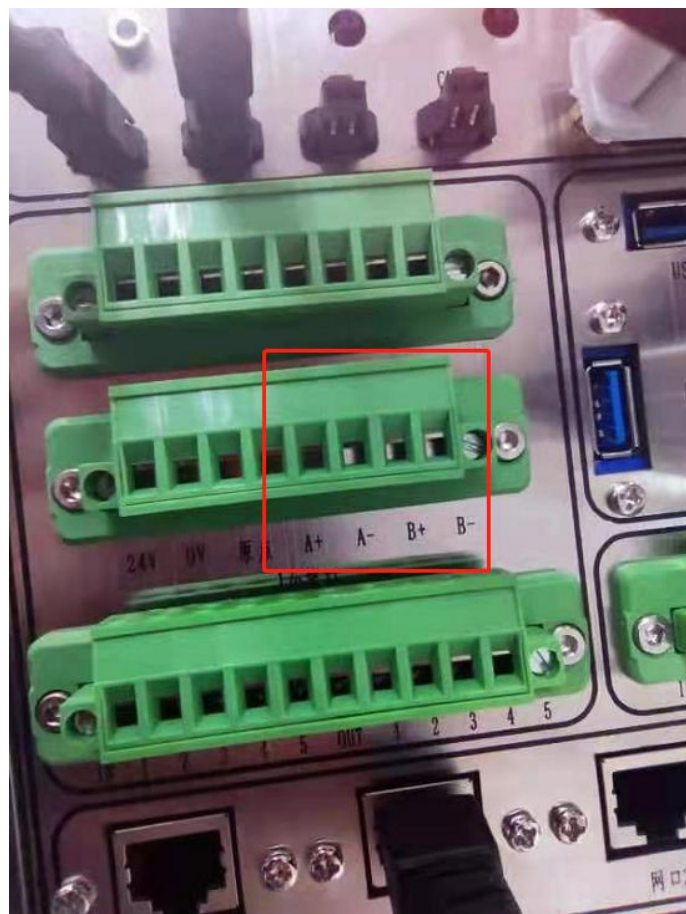
附录六、旋转轴的安装及接线说明



θ 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

赛位号_____