

1、实验名称及目的

理论上推导 UE4 相机的理想模型实验：在指定分辨率和视场角的情况下，可以快速计算焦距 和内参矩阵、以及根据相机位置解算外参矩阵。

2、实验原理

首先通过 `sendUE4Pos` 函数创建一架飞机用于装载摄像头，再通过 `jsonLoad` 函数导入 `config.json` 文件中的相机配置，其参数配置如下

“SeqID”代表第几个传感器。在本例程中仅有一个相机，此处 0 表示第一个相机。

“TypeID”代表传感器类型 ID，1:RGB 图（免费版只支持 RGB 图），2:深度图，3:灰度图。

“TargetCopter”传感器装载的目标飞机的 ID，可改变。

“TargetMountType”代表坐标类型，0：固定飞机上（相对几何中心），1：固定飞机上（相对底部中心），2：固定地面上（监控）也可变。

“DataWidth”为数据或图像宽度此处为 640，“DataHeight”为数据或图像高度此处为 480。

“DataCheckFreq”检查数据更新频率此处为 30HZ。

“SendProtocol[8]”为传输方式与地址，`SendProtocol[0]`取值 0：共享内存（免费版只支持共享内存），1：UDP 直传 png 压缩，2：UDP 直传图片不压缩，3：UDP 直传 jpg 压缩；`SendProtocol[1-4]`：IP 地址；`SendProtocol[5]`端口号。

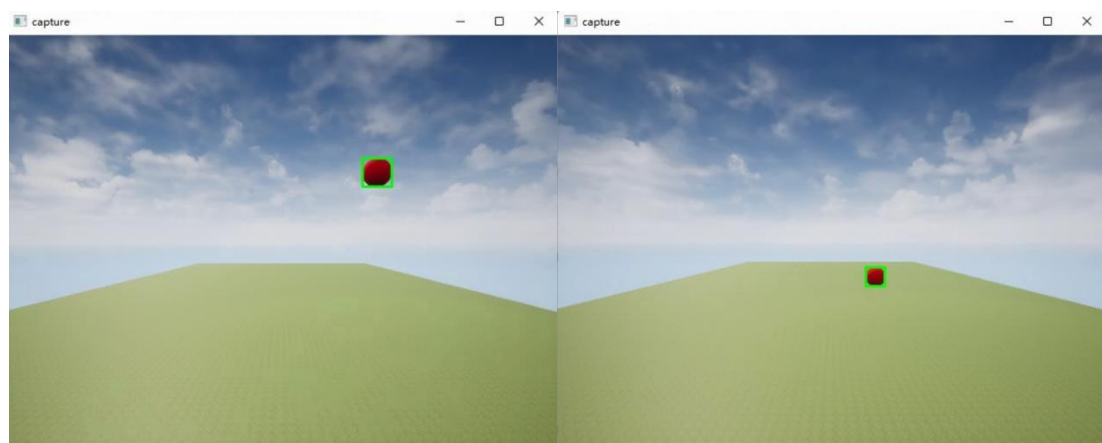
“CameraFOV”为相机视场角（仅限视觉类传感器），单位度也可改变。

“SensorPosXYZ[3]”为传感器安装位置，单位米也可改变。

“SensorAngEular[3]”为传感器安装角度，单位度°也可改变。

然后通过通过自定义的目标找寻函数找到球的轮廓，并通过定义的一系列函数获取到球的位置、距离等一系列信息，通过这些信息计算出理想相机模型。

3、实验效果



```
Calibration-picctest.py - Visual Studio Code
PS C:\Users\RFLY\VSIM> conda activate base
PS C:\Users\RFLY\VSIM> & D:/ProgramData/Anaconda3/python.exe c:/Users/RFLY/Desktop/biaoding/OneCameraCal-gather/Calibration-picctest.py
Get 1 vision sensors from UE4
Sensor req success from UE4
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: [250.58888308309555, 162.2048244652894]
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: [251.52086137281293, 163.33781965806733]
图像中的真实图像坐标为: [248.0, 160.0]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: [3.3396622870948887, 2.080548822476982]
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: [4.851546642354555, 2.080548822476982]
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 20.58247752719527
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 20.58247752719527
图像中的实际小球直径为: 22.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: [201.74951905668376, 266.3459620754717]
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: [203.47169811320754, 265.9622641589434]
图像中的真实图像坐标为: [196.5, 266.5]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: [5.251778556626223, 6.992485482025637]
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: [6.992485482025637, 28.10237995868102]
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 28.284359636223872
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 28.284359636223872
图像中的实际小球直径为: 31.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: [292.01441396731053, 196.09158053491825]
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: [292.4219910846954, 196.73105497771172]
图像中的真实图像坐标为: [291.0, 194.0]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: [2.3245956274422457, 3.4936077736583905]
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: [3.4936077736583905, 23.42121166092048]
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 23.42121166092048
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 23.42121166092048
图像中的实际小球直径为: 24.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: [286.8776114, 149.07579599999997]
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: [287.36, 150.39999999999998]
图像中的真实图像坐标为: [284.5, 145.0]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: [4.718526083903892, 6.11081372131843]
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: [6.11081372131843, 31.120504840014137]
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 31.120504840014137
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 30.667270540984514
图像中的实际小球直径为: 34.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: [410.7118995542348, 233.72736864784542]
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: [409.3907873185736, 233.8187233967387]
图像中的真实图像坐标为: [412.5, 233.0]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: [1.9303803651131226, 3.243390527826652]
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: [3.243390527826652, 23.23191340063925]
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 23.23191340063925
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 22.89356793527581
图像中的实际小球直径为: 24.0
```

4、文件目录

文件夹/文件名称	说明
CameraCalcDemo.bat	一键启动脚本。
Calibration-picctest.py	十小球图像例程。
OneCameraCal.bat	一键启动脚本。
ChangeFOV.py	FOV 改变例程。

5、运行环境

序号	软件要求	硬件要求	
		名称	数量
1	Windows 10 及以上版本	笔记本/台式电脑 ^①	1
2	RflySim 平台免费版		
3	Visual Studio Code		

①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com/1.1InstallMethod.html>

6、实验步骤

Step 1:

双击打开运行 OneCameraCal.bat。

ChangeFOV.py	2022/6/11 23:40	Python File	1 KB
Config.json	2022/6/11 23:40	JSON File	1 KB
OneCameraCal.bat	2022/9/20 17:07	Windows 批处理...	1 KB
PX4MavCtrlV4.py	2023/6/7 10:43	Python File	137 KB

Step 2:

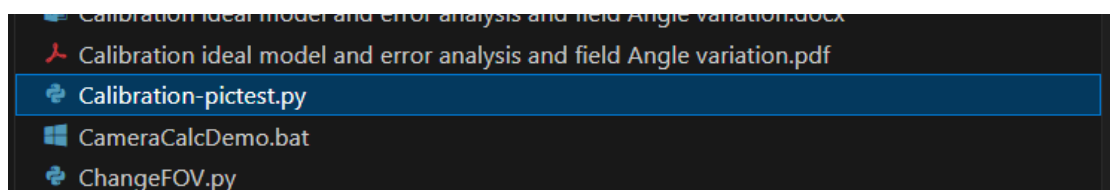
运行 PX4PSRfySimAPIs\RflySimSDK 目录下的 ReLabPath.py 文件。

Step 3:

通过 Visual Studio Code 打开 3-VisionAPI\3.CameraCalcDemo2 文件夹。



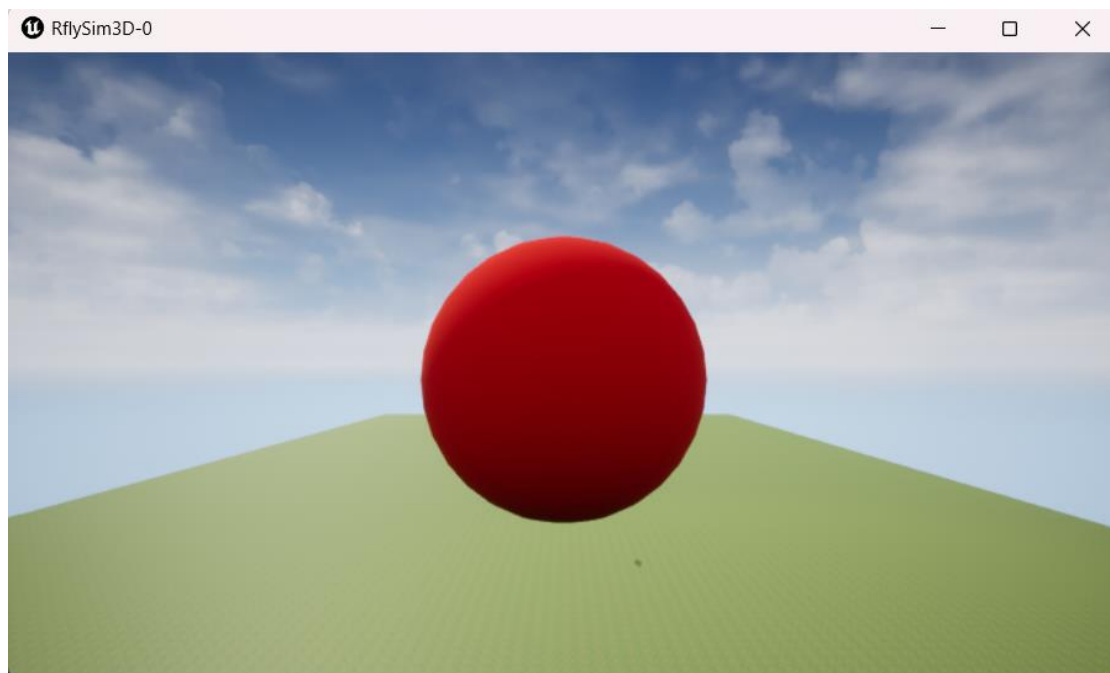
点击 Calibration-pictest.py 文件。

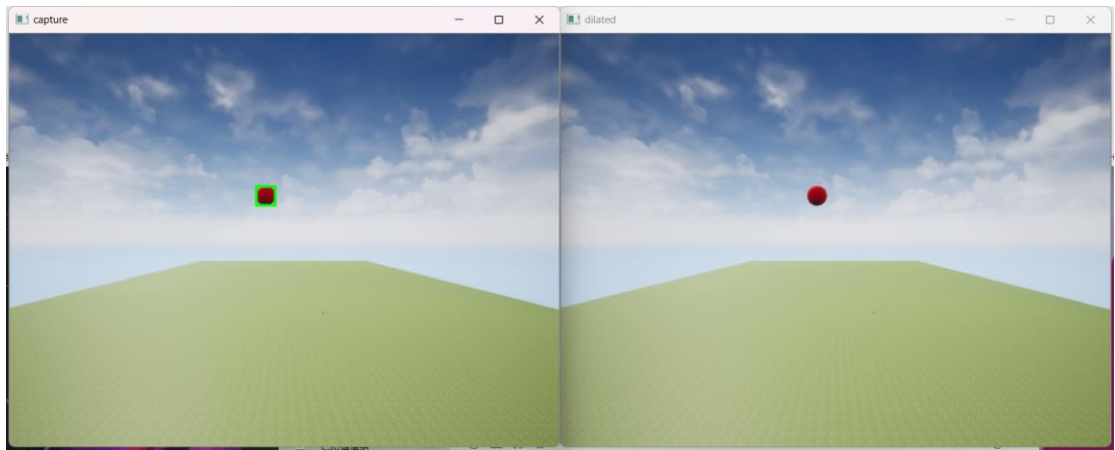


点击运行此文件。



终止 Calibration-pictest.py 程序，再次运行，输出图像如下：





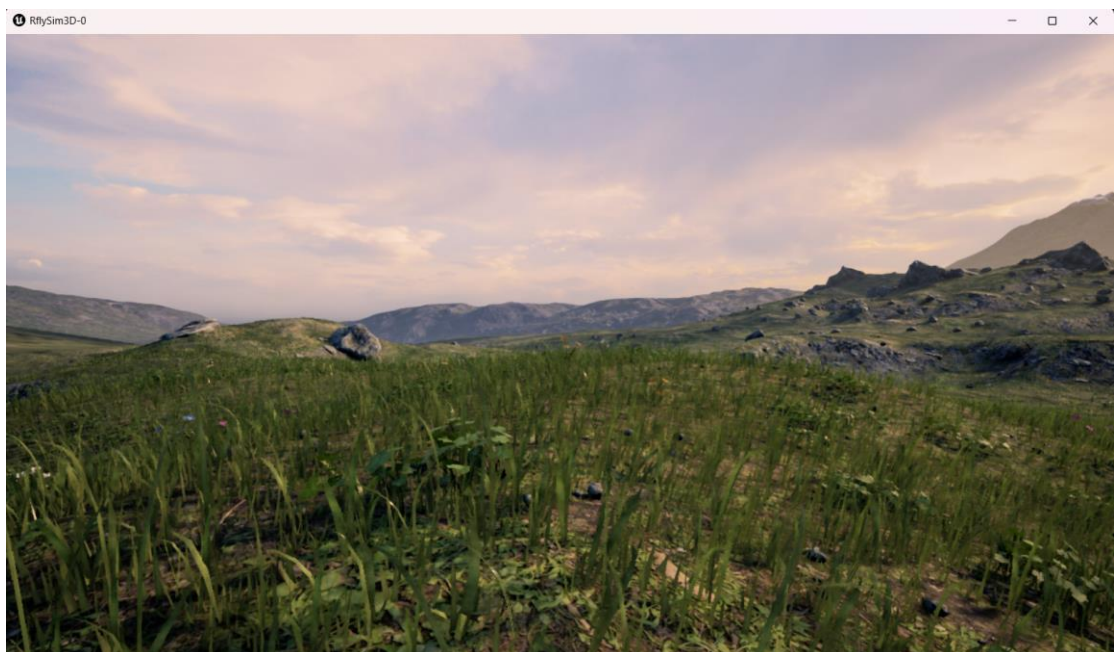
```

文件(F) 编辑(E) 窗口(W) 视图(V) 帮助(H) 运行(R) 调试(D) 校准(CameraCal)
PS C:\Users\RFLY\VSIM> conda activate base
PS C:\Users\RFLY\VSIM> & D:/ProgramData/Anaconda3/python.exe c:/Users/RFLY/VSIM/Desktop/biaoding/OneCameraCal-gather/Calibration-pictest.py
Got 1 vision sensors from json
Sensor req success from UE4.
MATLAB标定结束预测的图像坐标为: [258.58888390309555, 162.2048244952894]
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [251.52086137281293, 163.33781965086733]
图像中的真实图像坐标为: [248.0, 160.0]
MATLAB标定结束预测的图像坐标误差为: 3.3399622870948887
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 4.85154668234535
MATLAB标定结束预测的小球图像直径为: 20.805484922476982
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 20.50247725719527
图像中的实际小球直径为: 22.0
MATLAB标定结束预测的图像坐标为: [201.78951905668376, 266.3459620754717]
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [203.47169811320754, 265.9622641589434]
图像中的真实图像坐标为: [196.5, 266.5]
MATLAB标定结束预测的图像坐标误差为: 5.25177855626223
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 6.902486482025617
MATLAB标定结束预测的小球图像直径为: 28.70237955860102
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 28.284359636223872
图像中的实际小球直径为: 31.0
MATLAB标定结束预测的图像坐标为: [292.01441396731051, 196.09158053491825]
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [292.4219918846954, 196.7110549771172]
图像中的真实图像坐标为: [291.0, 194.0]
MATLAB标定结束预测的图像坐标误差为: 2.3845956274422457
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 3.079077736583905
MATLAB标定结束预测的小球图像直径为: 23.821221668592048
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 23.47420368821218
图像中的实际小球直径为: 24.0
MATLAB标定结束预测的图像坐标为: [286.8776114, 189.07579599999999]
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [287.36, 150.39999999999999]
图像中的真实图像坐标为: [284.5, 145.0]
MATLAB标定结束预测的图像坐标误差为: 4.71856683903092
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 6.11061371711843
MATLAB标定结束预测的小球图像直径为: 21.12080404014117
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 30.56727054094514
图像中的实际小球直径为: 34.0
MATLAB标定结束预测的图像坐标为: [410.7118995542348, 233.72736864784542]
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [409.3907875185736, 233.81872213967307]
图像中的真实图像坐标为: [412.5, 233.0]
MATLAB标定结束预测的图像坐标误差为: 1.9303803651131226
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 3.2151995578266552
MATLAB标定结束预测的小球图像直径为: 22.2339348062929
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 22.89356793527581
图像中的实际小球直径为: 24.0

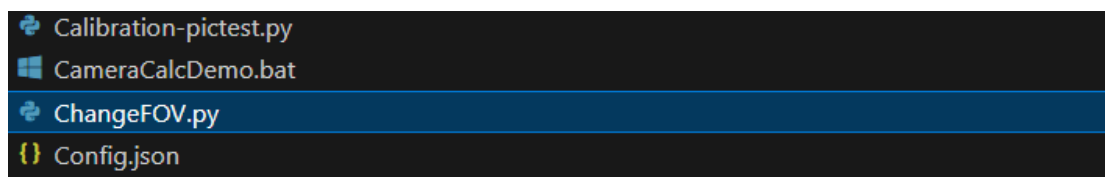
```

Step 4:

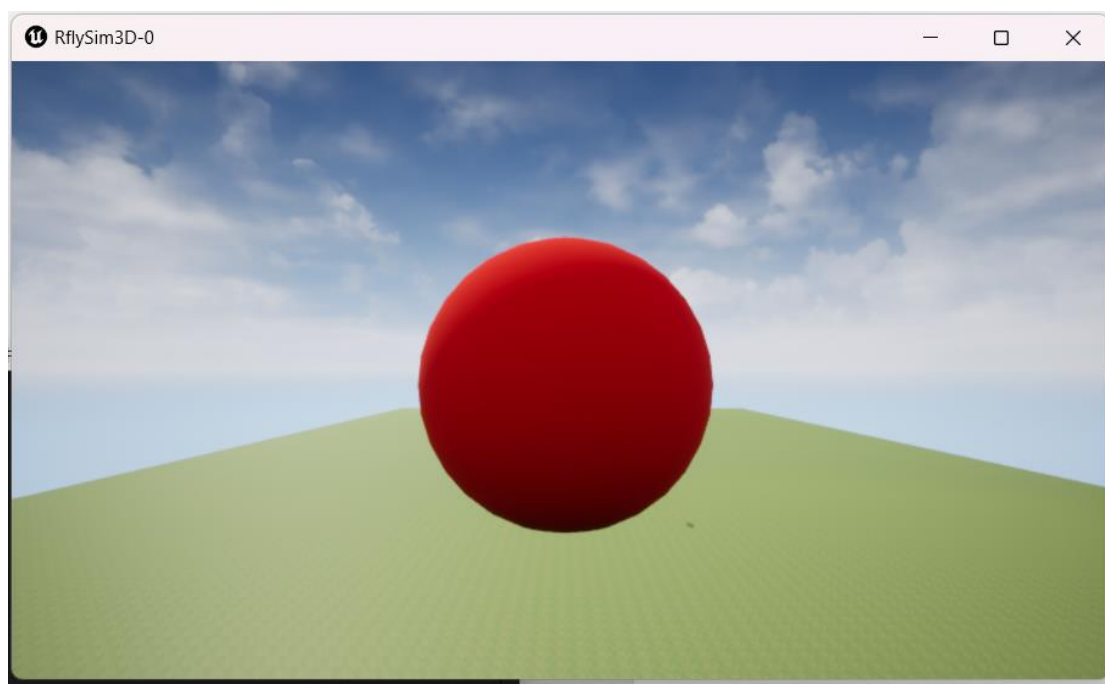
双击打开运行 CameraCalcDemo.bat。



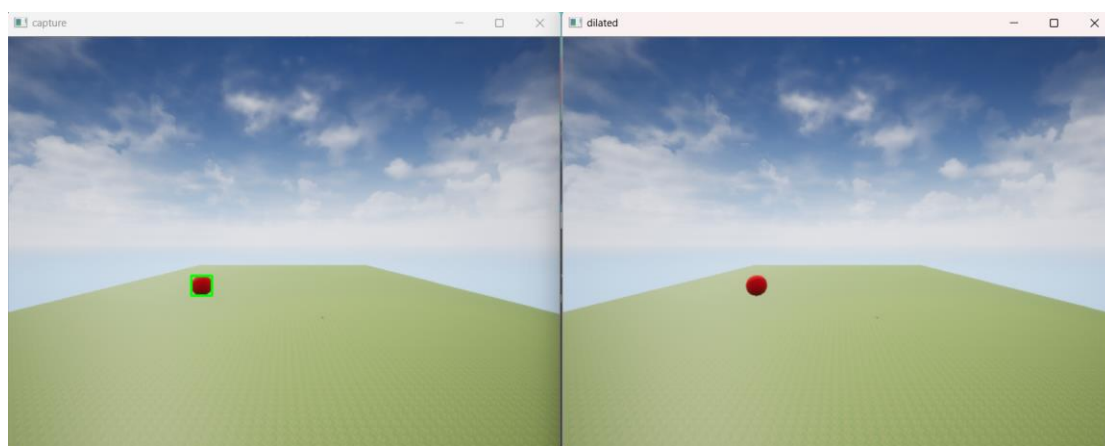
点击 ChangeFOV.py 文件。



点击运行此文件。



终止 Calibration-pictest.py 程序，再次运行，输出图像如下：



检测按键来转换视场角的代码如下：

```
if keyboard.is_pressed('Q' or 'q'):  
    px, py, CACULATION_FOCALLENGTH, MATLAB_FOCALLENGTH = change_cam(640, 480, 60)  
if keyboard.is_pressed('E' or 'e'):  
    px, py, CACULATION_FOCALLENGTH, MATLAB_FOCALLENGTH = change_cam(640, 480, 120)  
if keyboard.is_pressed('W' or 'w'):  
    px, py, CACULATION_FOCALLENGTH, MATLAB_FOCALLENGTH = change_cam(640, 480, 90)
```

在以上三个界面按“W”或“w”键，切换相机视场角为 90°、由 MATLAB 标定图像焦距（MATLAB 标定图像坐标括号后的数据）和公式计算的焦距（公式计算焦距预测图像坐标

括号后的数据)可得焦距在 320 左右。

```
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [357.3202762219287, 250.29524861294584] 324.7293
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [356.776750330251, 250.14531043593132] 320
图像中的真实图像坐标为: [357.5, 250.0]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 0.34564776847344475
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 0.7377026552633531
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 21.297612431818123
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 20.98743777719411
图像中的实际小球直径为: 20.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [334.73881156661787, 330.3346515373353] 324.7293
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [334.5241581259151, 329.0190336749634] 320
图像中的真实图像坐标为: [334.5, 332.0]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 1.6823841613764203
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 2.9810642136743666
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 22.880746027330556
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 22.547514895470712
图像中的实际小球直径为: 24.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [343.1301596368715, 161.53887025139665] 324.7293
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [342.7932960893855, 162.68156424581002] 320
图像中的真实图像坐标为: [343.0, 159.5]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 2.0430206638946995
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 3.1882718762489555
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 21.989691331367368
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 21.669437362250825
图像中的实际小球直径为: 23.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [399.641638540146, 196.86077912408757] 324.7293
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [398.48175182481754, 197.4890510948905] 320
图像中的真实图像坐标为: [401.0, 195.0]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 2.3038326337337933
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 3.5407554596138664
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 22.83137789045533
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 22.49886574739546
图像中的实际小球直径为: 24.0
```

在以上三个界面按“F”或“e”键，切换相机视场角为 120°，焦距在 185 左右。

```
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [307.658711775726, 253.91677182737283] 187.48254876875882
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [307.8384481111877, 253.7140904278096] 184.7520861406803
图像中的真实图像坐标为: [311.0, 254.0]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 3.3423246291153585
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 3.174453437857106
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 13.06488763652377
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 12.874612927406321
图像中的实际小球直径为: 12.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [317.47328101389814, 244.04275037776299] 187.48254876875882
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [317.5100797016081, 243.98387247742707] 184.7520861406803
图像中的真实图像坐标为: [321.0, 244.0]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 3.526978083534143
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 3.489957562222265
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 12.629512408000005
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 12.445578426584854
图像中的实际小球直径为: 12.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [271.1731592522097, 232.48817834649378] 187.48254876875882
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [271.88426471127525, 232.59757918635003] 184.7520861406803
图像中的真实图像坐标为: [274.0, 231.5]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 2.994582618303727
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 2.383488175398401
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 15.133089366989928
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 14.912693734248116
图像中的实际小球直径为: 15.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [328.4299707180197, 264.95271332533844] 187.48254876875882
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [328.3071981178363, 264.58930642879557] 184.7520861406803
图像中的真实图像坐标为: [333.5, 265.5]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 5.099482289840765
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 5.2720540748398745
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 16.695993247589637
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 16.452835759596326
图像中的实际小球直径为: 17.0
```

在以上三个界面按“Q”或“q”键，切换相机视场角为 60°，焦距在 560 左右。

```
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [430.9209501679708, 345.3188819776692] 562.4476463062763
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [429.3055170991674, 343.78503643759325] 554.2562584220408
图像中的真实图像坐标为: [452.5, 349.5]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 21.980380787644695
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 23.888173759344877
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 54.05741988032504
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 53.27013719336079
图像中的实际小球直径为: 59.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [357.95061973346844, 276.97752691978985] 562.4476463062763
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [357.3979136305529, 276.4389927682311] 554.2562584220408
图像中的真实图像坐标为: [374.0, 277.5]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 16.057882334208234
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 16.635955282593372
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 48.440161963179236
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 47.73468802543336
图像中的实际小球直径为: 49.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [275.9916917966463, 276.49469460765914] 562.4476463062763
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [276.63262100132886, 275.9631923403614] 554.2562584220408
图像中的真实图像坐标为: [290.5, 277.5]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 14.54309615781212
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 13.952275014330436
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 53.39353852242215
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 52.61592448594902
图像中的实际小球直径为: 55.0
MATLAB标定结果预测的图像坐标为: [449.3942637142454, 413.2213530368124] 562.4476463062763
通过公式计算焦距预测的图像坐标为: [447.5097885794676, 410.6985879370293] 554.2562584220408
图像中的真实图像坐标为: [470.5, 420.0]
MATLAB标定结果预测的图像坐标误差为: 22.167592535396125
通过公式计算焦距预测的图像坐标误差为: 24.800525952607423
MATLAB标定结果预测的小球图像直径为: 48.70065401703677
通过公式计算焦距预测的小球图像直径为: 47.9913863191642
图像中的实际小球直径为: 56.0
```

fov=90°时,图像坐标平均误差为 4.016776;fov=60°时,图像坐标平均误差为 18.000508;
fov=120°时,图像坐标平均误差为 4.538749。误差与目标生成的区域相关,目标越大,离中心越远,误差就越大。

7、参考文献

[1] 无

8、常见问题

Q1: 无

A1: 无