

# Aubovision视觉插件手眼标定流程说明

## 1 视觉插件标定界面

在Aubovision视觉插件中，选择【标定】选项卡，即可进入相机手眼标定界面。

界面中包含四个模块：

①相机画面显示模块：显示相机拍摄到的画面以及标定板的识别结果

②手眼标定模块：记录、保存、删除手眼标定时机械臂路点、计算手眼标定结果、执行自动标定任务

- 添加姿态：触发相机拍照对如下图所示标定板进行识别。若成功识别标定板，相机画面中的标定板会被标记，下方文本框中将提示识别成功，将机械臂当前姿态记录为有效标定姿态并添加至标定路点列表中。若识别失败，则会在下方文本框中提示识别失败，需要重新调整姿态。
- 删除姿态：移除标定路点列表中用户所选路点。
- 保存姿态：将标定路点列表中的机械臂姿态信息保存至本地。
- 自动标定：机械臂根据用户已保存的姿态信息进行运动，尝试识别标定板，最终返回手眼标定结果。
- 计算标定结果：计算手眼标定结果，并在下方文本框中输出结果。

③标定姿态列表模块：显示已经添加的有效标定姿态

④连续拍照验证模块：进行连续采图或标定板识别

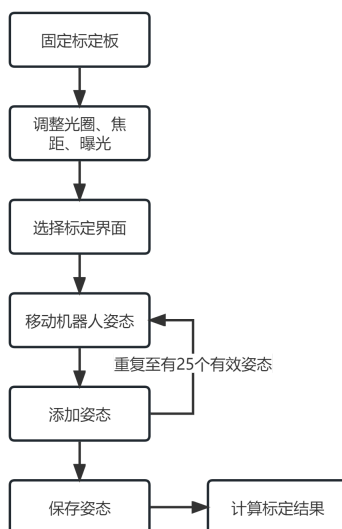


## 2 手眼标定操作流程

### 2.1 流程大纲

机器人视觉系统中要实现像素坐标与实际坐标的转换，首先要进行标定。这里标定不仅包括摄像头标定，也包括机器人系统的手眼标定。这里的构型为Eye-in-hand。

基于标定板的手眼标定流程如下：



### 2.2 操作流程

#### 2.2.1 手动手眼标定

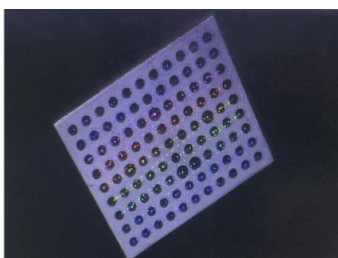
①固定标定板，确保标定板与机械臂基座的相对位置在标定过程中不会发生变化。

②在连续拍照验证选项中，选择默认选项。点击连续拍照验证开始拍照，相机会进行拍照并实时显示。移动机械臂至合适位置，确保标定板已出现在相机视野以及景深范围中。

③在连续拍照验证选项中，选择标定选项。点击连续拍照验证开始拍照，相机会尝试识别标定板。

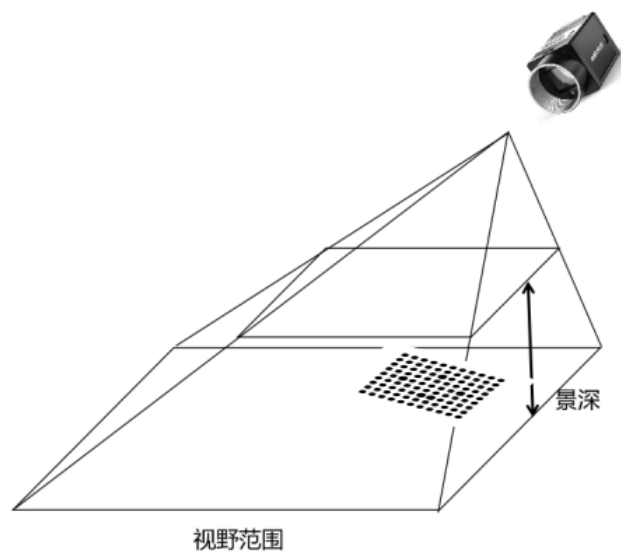
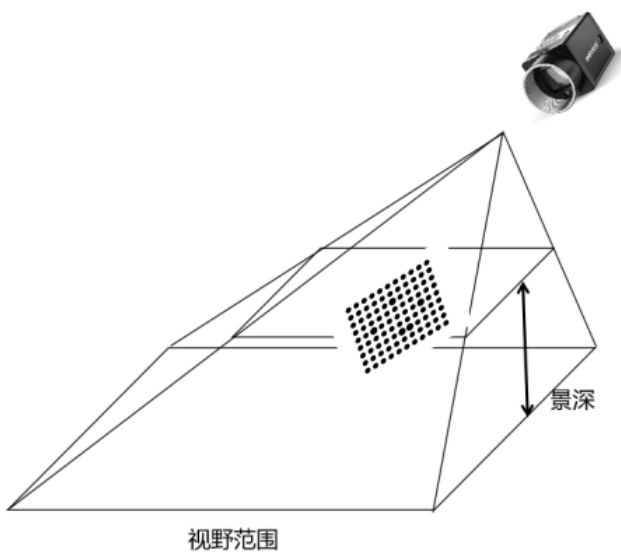
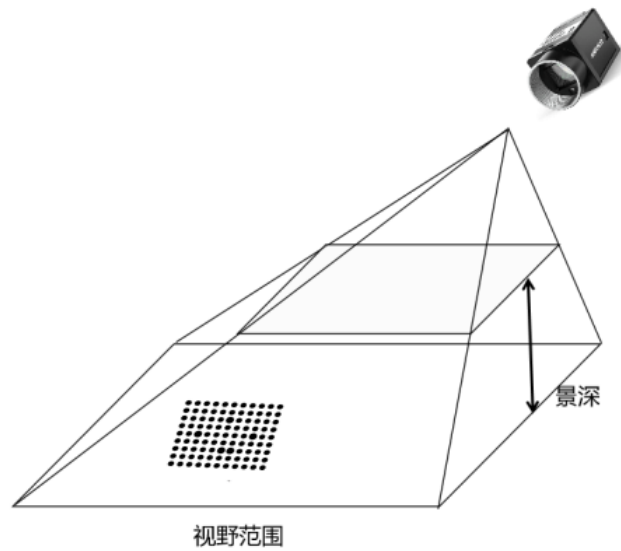
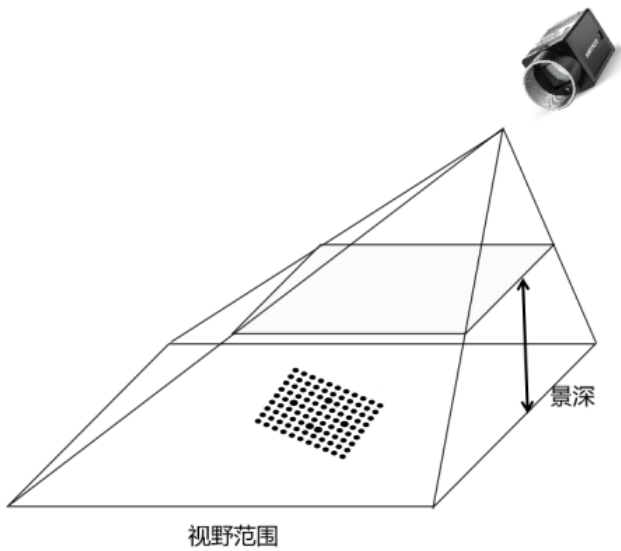
若第一次识别未成功，不要立刻修改姿态。重复识别**3 — 4**次，若全未成功识别，再对机械臂姿态进行调整。

识别成功后，相机画面中的标定板将被彩色虚线标注：



④在第③步成功识别标定板后，保持机械臂位置不要移动，点击添加姿态。等待添加完成后，当前机械臂姿态将被记录在标定姿态列表中（显示为机械臂的六关节角，单位为弧度）。

⑤重复步骤②、③、④直到有至少25个有效姿态



⑥点击保存姿态

⑦点击计算标定结果

- 若下方文本框提示标定结果验证成功，手眼标定完成。同时，下方文本框会显示手眼矩阵的平移矢量（格式为x,y,z, 单位为米），可与实际的相机安装位置进行对比，初步验证手眼标定结果。
- 若下方文本框中提示标定结果验证失败，需调整机械臂标定姿态，重新计算标定结果。

### 2.2.2 自动手眼标定

自动标定将根据用户保存的手眼标定姿态控制机械臂进行运动，并对标定板进行识别。

①点击自动标定

②若已保存的手眼标定姿态小于5个，自动标定将不会开始

③等待自动标定结束，查看标定结果

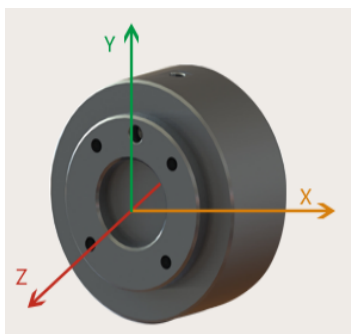
自动标定过程中，若在某个姿态未成功识别标定板，该姿态将被移除。用户可根据需要，重新调整手眼标定姿态。

### 2.2.3 手眼标定结果验证

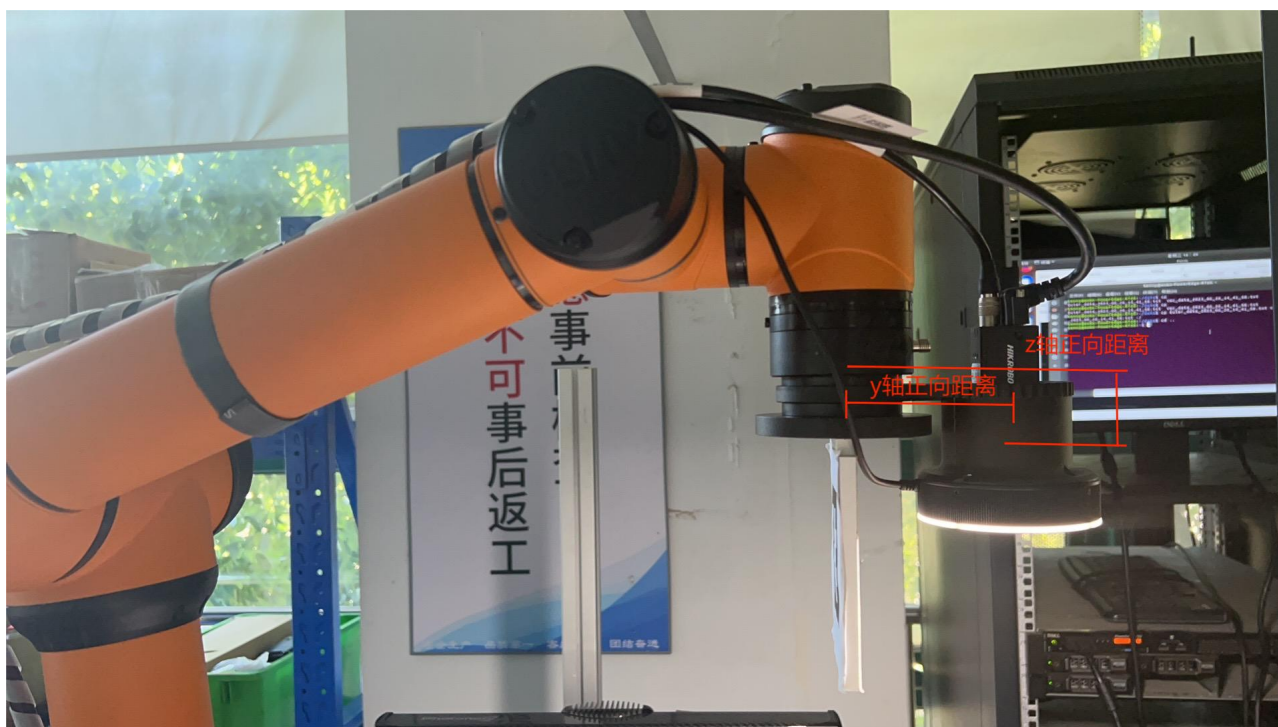
①对比手眼矩阵中平移矢量与相机实际安装位置的空间位置关系。

平移矢量代表了相机光心在法兰坐标系下的坐标。

机械臂的法兰坐标系如图所示。一个常用的判断坐标系方向的方法为：法兰中心为法兰坐标系原点，垂直于法兰盘表面向外为z轴正向，朝向末端航插口为y轴正向。根据右手坐标系原则即可推导出x轴正向。



相机光心的位置一般情况难以直接确定。通常会选择相机镜头的中点位置作为参照，如下图所示。



一般的，若实际的安装位置与标定算法的计算出的平移矢量出现方向相反（如实际相机位于y轴正向，而计算结果显示相机位于y轴负向）或出现距离上的显著偏差（如实际相机位置位于z轴正向约0.04m处，计算结果显示相机位于z轴0.2m处）则可认为本组标定结果不可用。

② 建立特征码模板，通过模板识别进行验证。

若手眼标定结果可用：

- 在一个位置建立特征码模板后，在模板建立的位置点击开环验证或闭环验证，机械臂将不会发生显著移动。
- 在将机械臂移动后，偏离建立模板的位置，点击开环验证或闭环验证，机械臂将会被引导回建立模板时的位置。

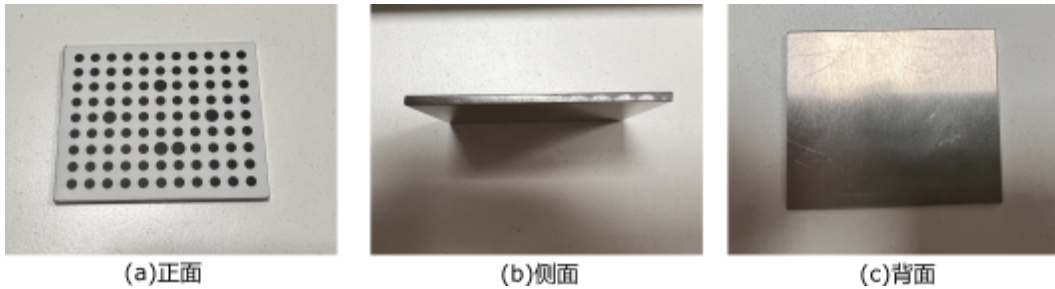
若手眼标定结果不可用：

- 在一个位置建立特征码模板后，在模板建立的位置点击开环验证或闭环验证，机械臂出现明显移动并且出现识别失败情况。
- 在将机械臂移动后，偏离建立模板的位置，点击开环验证或闭环验证，机械臂会被引导至错误位置。

## 2.3 标定注意事项

尽量选用**平面度高**，**打印精度高**的标定板，标定板固定位置不动，**手眼组合体变换姿态拍摄图片**。

在此处推荐使用氧化铝表面+铝基板材质的标定板，实物图如下：



### 1. 开始标定前：

- ①检查标定板各组合件之间有无松动；
- ②安装相机至机器人末端时，至少采用3颗螺钉固定；
- ③标定板放在相机视野范围中心，在景深范围内，机器人带着相机从各个角度能够看的标定板，相对机器人基座固定不动。

### 2. 标定过程中：

- ①保证在整个标定过程中，机器人末端相对于相机、标定板相对于机器人基座，没有相对运动；
- ②在景深范围和视野范围内，移动机器人末端从不同姿态拍摄标定板，且每次采集机器人六个关节的姿态都有变化，移动的位置能覆盖到所需的工作区域；
- ③俯仰的角度保持在10-35度之间。过大的角度会导致角点检测误差大，过小的角度会使得计算误差大。
- ④标定一般采集25幅图像以上。

### 3. 标定完成后：

- ①手眼标定算法返回的误差值不易直观判断。一般比较结果中的平移矢量与实际相机和机器人的关系，来初步判断标定正确与否。
- ②标定影响因素



这里将操作、测试和使用中的获得的经验总结如下:

- 要保证各种数据对是完全对应的。比如一个数据对中的机器人位姿是拍摄图像时刻的数据。
- 标定板**自身**的精度。相机标定中的输入数据对, 及标定中获得标定板位姿,都需要依赖标定板的物理坐标, 而物理坐标是基于标定板的理想尺寸计算获得的。采用高精度标定板的误差会明显降低。
- 标定板姿态和数**目**。因为相机工作区域内畸变和对焦误差不同等原因, 需要采集的数据能代表整个视野内的情况。