



拼接

## FAQ

文档版本	00B04
发布日期	2018-10-26

版权所有 © 深圳市海思半导体有限公司 2018。保留一切权利。

未经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

## 商标声明



**HISILICON**、海思和其他海思商标均为深圳市海思半导体有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

## 注意

您购买的产品、服务或特性等应受海思公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，海思公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

## 深圳市海思半导体有限公司

地址：深圳市龙岗区坂田华为基地华为电气生产中心 邮编：518129

网址：<http://www.hisilicon.com>

客户服务电话：+86-755-28788858

客户服务传真：+86-755-28357515

客户服务邮箱：[support@hisilicon.com](mailto:support@hisilicon.com)

# 前言

## 概述

本文为使用 AVSP 全景拼接的开发者而写，目的是为您在开发过程中遇到的问题提供解决办法和帮助。



### 说明

本文以 Hi3559AV100 描述为例，未有特殊说明，Hi3559CV100、Hi3519AV100，Hi3556AV100 与 Hi3559AV100 完全一致。

## 产品版本

与本文档相对应的产品版本如下。

产品名称	产品版本
Hi3559A	V100
Hi3559C	V100
Hi3519A	V100
Hi3556A	V100

## 读者对象

本文档（本指南）主要适用于以下工程师：

- 技术支持工程师
- 软件开发工程师
- 硬件开发工程师

## 修订记录

修订记录累积了每次文档更新的说明。最新版本的文档包含以前所有文档版本的更新内容。

### 文档版本 00B04(2018-10-26)

第 4 次临时版本发布。

新增 1.2.3 小节

### 文档版本 00B03(2018-10-10)

第 3 次临时版本发布。

新增 1.3 小节

### 文档版本 00B02(2018-07-30)

第 2 次临时版本发布。

新增 1.2 小节

### 文档版本 00B01 (2018-05-15)

第 1 次临时版本发布。



## 目 录

前 言.....	i
1 产线标定环境设计 .....	1
1.1.1 如何理解理想的产线标定环境.....	1
1.1.2 如何理解双鱼眼结构产线标定环境.....	2
1.1.3 如何理解四路水平结构产线标定环境.....	3
2 模型标定方法.....	1
2.1.1 如何理解模型标定图基本要求.....	1
2.1.2 如何拍摄高质量的模型标定图.....	2
2.1.3 如何利用 PQ Tools 中 tmp 文件评估模型标定效果.....	13
3 LUT 相关的调试方法 .....	17
3.1.1 当 Pipe 无法按照顺序编号时，如何正确生成及配置 LUT 表 .....	17



## 插图目录

图 1-1 产线标定环境示意图.....	1
图 1-2 双鱼眼结构产线标定环境示意图.....	3
图 1-3 双鱼眼结构产线标定图.....	3
图 1-4 四路水平结构示意图.....	4
图 1-5 四路水平结构半球面产线标定环境.....	4
图 1-6 四路水平结构三球弧靶面标定环境.....	5
图 1-7 四路水平结构产线标定图.....	6
图 1-8 四路水平结构产线标定效果图.....	6
图 1-9 棋盘格角点质量 .....	7
图 1-10 棋盘格切割示意图.....	7
图 2-1 一组完整的内参标定图片.....	3
图 2-2 一组完整的内参标定全部图片的三维投影图.....	4
图 2-3 三维投影示意图意义描述.....	4
图 2-4 内参标定：单张图卡覆盖全屏.....	5
图 2-5 内参标定：四边、四角覆盖标定图.....	6
图 2-6 内参标定：距离不同角度和位置覆盖标定图.....	7
图 2-7 内参标定：远距离不同角度和位置覆盖标定图.....	7
图 2-8 一组完整的外参标定图片.....	9
图 2-9 一组完整的外参标定图片的三维投影图.....	10
图 2-10 外参标定：最近距离下重叠区域全覆盖.....	11
图 2-11 外参标定：全角度下重叠区域全覆盖.....	11
图 2-12 外参标定：远距离重叠区域不同角度的覆盖.....	13
图 2-13 QA_measures.txt 文件内容.....	14
图 2-14 棋盘格标志示意图.....	16



# 1 产线标定环境设计

## 1.1 如何理解理想的产线标定环境

### 【现象】

AVSP 模块需要特殊的产线标定环境，客户较难理解。

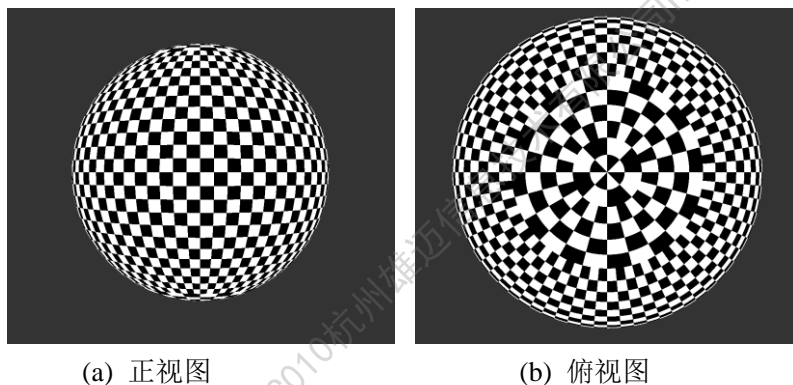
### 【分析】

理想标定环境需要根据算法设计要求进行定制，具体描述如下。

### 【解决】

理想的全景拼接标定环境为一个棋盘格球面，环境设计如图 1-1 所示。

图1-1 产线标定环境示意图



球体半径建议为 0.6m 至 2m 之间，以棋盘格可清晰对焦成像为参考。如果选用鱼眼镜头，景深相对比较大，距离比较近也能对焦清晰，所以球面半径可相应缩小，也可减小产线标定环境的制作难度及所占用的空间大小；如果选用非鱼眼镜头，由于景深相对比较小，对焦距离比较远，所以球面半径也需要相应较大，否则拍摄的图像模糊，角点检测不准确，造成标定异常。

球面上需要覆盖黑白棋盘格，根据世界地图经纬图的概念，建议南北极之间为 36 个格子，赤道一周 72 个格子，每个格子经纬方向都为  $5^\circ$ 。根据经纬度的特性，高纬度区域每个格子的水平宽度将越来越小，为了使格子大小均匀，在纬度 60~80 区域，格子



在经度方向上每 3 个进行合并，即每个格子经度为  $15^\circ$ ；在纬度  $0\sim 90$  区域，每个格子经度为  $45^\circ$ ，如图 1-1(b)所示。

采集标定图像时，将模型标定通道 0 对应的镜头光心位置放置在球体中心，理想条件下，球面上所有的棋盘格角点与球心距离都等于球半径  $R$ ，实际操作时，由于相机摆放位置及棋盘格结构公差等原因，角点与通道 0 的镜头光心距离一致性需保持在 10% 以内，即  $[0.95*R, 1.05*R]$  之间。

由于整个球面都覆盖了棋盘格，理论上相机摆放方向无特殊要求，不过因为高纬度的格子大小差异较大，所以建议重叠区尽量避开高纬度区域，放置于低纬度区域。

若棋盘格没有覆盖整个球面，则需保证各个相机之间的重叠区都能够覆盖棋盘格角点。从标定技术上，棋盘格只需要覆盖成像重叠区即可，所以若是非全景相机，可根据产品形态及产线要求对理想标定环境进行简化，并保证棋盘格为球弧面分布，格子大小尽量保持一致，且分布均匀。下面章节将以双鱼眼及四路水平结构为例说明，其他全景相机结构请根据实际情况调整。



### 注意

产线标定环境的大小与最佳拼接距离没有关联，标定完成后可在生成 LUT 时配置任意的最佳拼接距离。

## 1.2 如何理解双鱼眼结构产线标定环境

### 【现象】

针对双鱼眼结构，产线标定环境可在理想标定环境的基础上进行简化，客户较难理解。

### 【分析】

双鱼眼结构产线标定环境需要根据算法设计要求进行定制，具体描述如下。

### 【解决】

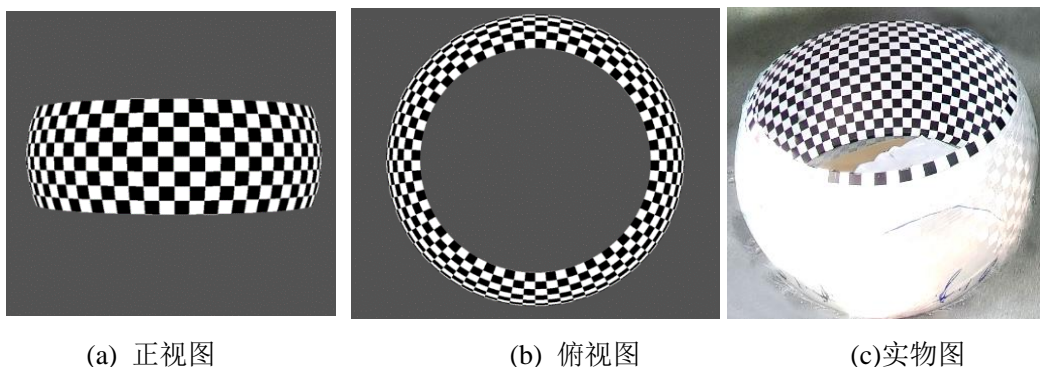
双鱼眼结构的重叠区在球面上表现为环形，故可在理想球体的基础上，将球面上下区域（高纬度区域）裁剪掉，保留赤道附近环球型即可。

建议每个格子为  $5^\circ$ ，故环球一周仍然是 72 个格子，垂直方向（纬度方向）格子数量根据重叠区大小设计即可，比如镜头 FOV 为  $200^\circ$ ，则有  $40^\circ$  重叠区，此时垂直方向需要 8 个格子以上，上下预留 1 个格子，10 个格子较为合适。此时棋盘格则覆盖南纬  $25^\circ$  至北纬  $25^\circ$  之间的区域。效果如图 1-2 所示，其中实物图中垂直方向共有 16 个格子，覆盖  $80^\circ$  重叠区，是为了适应不同的镜头选型，客户可根据自身的产线形态进行调整。





图1-2 双鱼眼结构产线标定环境示意图



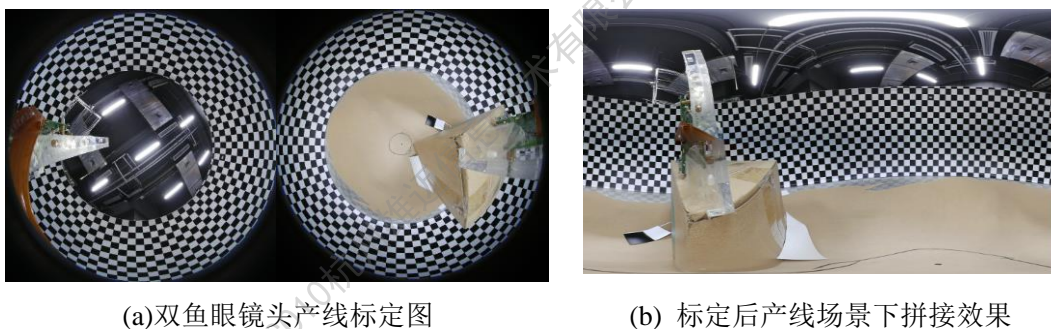
由于鱼眼镜头景深较大，近处对焦清晰，所以环球形半径大小建议处于 0.6m~1m 之间即可，可与产品所定位的最佳拼接距离保持一致，以保证在该距离可以得到最佳的效果。比如产品最关注 0.8m 距离的拼接效果，则可将环球形半径设计为 0.8m，以保证 0.8m 位置可达到最佳效果。

标定时将双鱼眼结构放置环形中心，并保证背景（即非棋盘格覆盖区域）干净，无其他棋盘格图样，避免标定时误检，匹配错误，造成标定失败。

由于双鱼眼结构为 720° 全景相机，相机底座总有一定的遮挡，这是正常现象，重叠区并非一定要覆盖全部棋盘格，在遮挡无法完全规避的情况下，请尽量覆盖即可。

实际产线标定测试效果如图 1-3(a)所示，这里使用的是 demo 版本相机，底座较大，遮挡较大，实际产品可将遮挡控制的更好。图 1-3(b)则是产线标定后，基于产线标定环境下的拼接效果。

图1-3 双鱼眼结构产线标定图



## 1.3 如何理解四路水平结构产线标定环境

### 【现象】

针对四路水平结构，产线标定环境可在理想标定环境的基础上进行简化，客户较难理解。

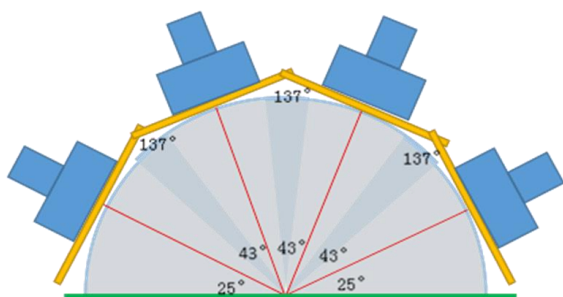
### 【分析】

四路水平结构产线标定环境需要根据算法设计要求进行定制，具体描述如下。

### 【解决】

4 路水平该结构一般运用于安防监控领域，结构一般如图 1-4 所示，该类型的四路水平结构拼接图像的在水平方向的 FOV 通常等于或小于  $180^\circ$ ，固有两种方案可以选择：半球面或者三球弧靶面。

图1-4 四路水平结构示意图

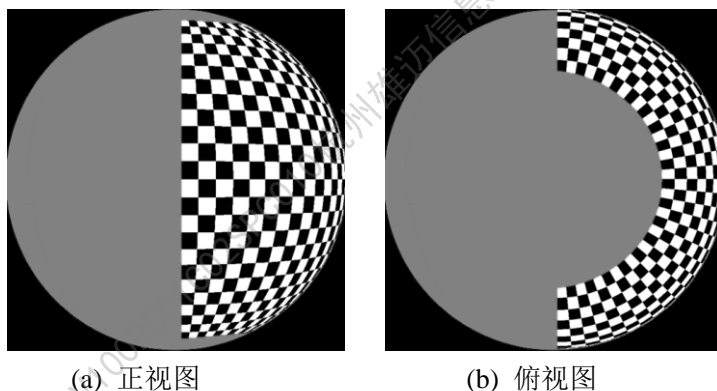


半球面方案较为简便，即在完全理想球面的基础上进行简单裁剪，水平方向上保留  $180^\circ$  的棋盘格球面，垂直方向上也可根据镜头 fov 就行裁剪，如图 1-5 所示，该示意图中只保留南纬  $60^\circ$  至北纬  $60^\circ$  区域，裁剪高纬度区域。

而对于向下倾斜的全景相机结构，该标定环境也适用，只需要将全景相机向上倾斜，使其画面全部对着棋盘格区域即可。

该方案的优点是整体结构，球心位置易于定位，较为准确，且适用向下倾斜的全景相机结构；缺点是制作难度较大，按照搬运困难，占用空间较大。详细规格这里不再描述，可参考三球弧靶面方案。

图1-5 四路水平结构半球面产线标定环境

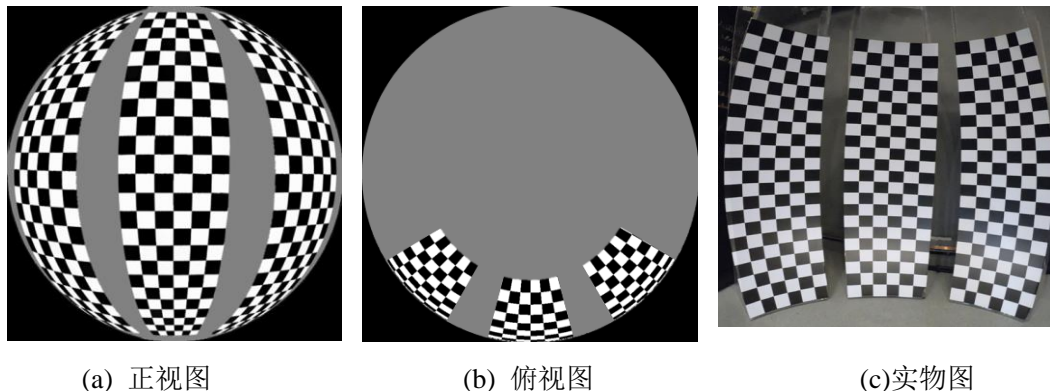


从技术上讲，采集图像时棋盘格只需要覆盖相机之间的重叠区域即可，四路水平结构的重叠区共有三个，故可以在上面半球面的基础上继续进行简化成三球弧靶面。如图



1-6 所示，只保留三个重叠区对应的棋盘格弧面，为了使环境更加简易，可制作三个相同的独立可分别移动的棋盘格球弧面，使用时放置于三个重叠区相应位置。

图1-6 四路水平结构三球弧靶面标定环境



该产品形态一般搭配非鱼眼镜头，4mm~6mm 左右焦距，其景深小于鱼眼镜头，对焦距离较远，所以建议球弧面对应的半径设计为 1.5m，该距离虽然不是全景相机的最佳对焦距离，但是基本还是可以较为清晰的成像，角点明显。若搭配的镜头焦距更大，则需要考虑相应的增大棋盘格球面的半径，使角点能够清晰成像，保证标定效果。

单个球弧靶面建议覆盖水平 30° 球面，垂直 120° 球面，同样借鉴世界地图经纬度的概念，按照每个格子 5° 设计，则：

- 水平方向上共有 6 个黑白格子，赤道位置水平弧长约为

$$L1 = \theta_1 * R = \pi / 6 * 1.5 = 0.785m$$

- 垂直方向上共有 24 个黑白格子并且以赤道为中心，上下对称，其弧长约为

$$L2 = \theta_2 * R = \pi * 2 / 3 * 1.5 = 3.14m$$

实际高度约为  $H = 2.6m$ 。

若实际重叠区更大，可相应增大球弧面大小及黑白格子数量；反之，若实际重叠区较小，也可相应的减小球弧面大小及黑白格子数量，只需要保证能够覆盖重叠区即可。

需要特别注意：标定图中，每个重叠区至少保证一列棋盘格以上，即两列角点以上，否则无法进行标定，因为还有镜头畸变、结构公差、相机拍摄角度等原因，请确保全景相机镜头之间的重叠区至少 10° 以上，甚至更大的重叠区，以保证最佳标定效果。

使用前将三个球弧面对应的球心移至相同位置，并根据镜头之间的夹角，在保持球心不动的情况下，调整球弧面之间的夹角，使重叠区都有棋盘格覆盖。标定时，将全景相机 pipe0 对应的镜头光心固定于球心位置，考虑公差情况，角点距离一致性保持 10% 以内，确保所有棋盘格角点与 pipe0 镜头光心之间距离处于 [1.425m, 1.575m] 之间，以保证最佳拼接效果。

拍摄时请保证背景（即非棋盘格覆盖区域）干净，无其他棋盘格图样，避免标定时误检，匹配错误，造成标定失败。





该方案优点是产线环境制作难度较小，占用空间小，且可根据全景相机重叠进行调整，可适应不同的4路水平结构，如多路环绕结构；缺点是中心点较难定位，建议通过制作辅助滑轨进行移动。

产线实测标定图如图1-7所示，为了方便比较，文档中将标定图旋转90°示意，实际图像分辨率与sensor输出一样，为3840x2160，且与第一步模型标定保持一致，标定时无需对图像进行旋转。标定后拼接效果如图1-8所示。

图1-7 四路水平结构产线标定图

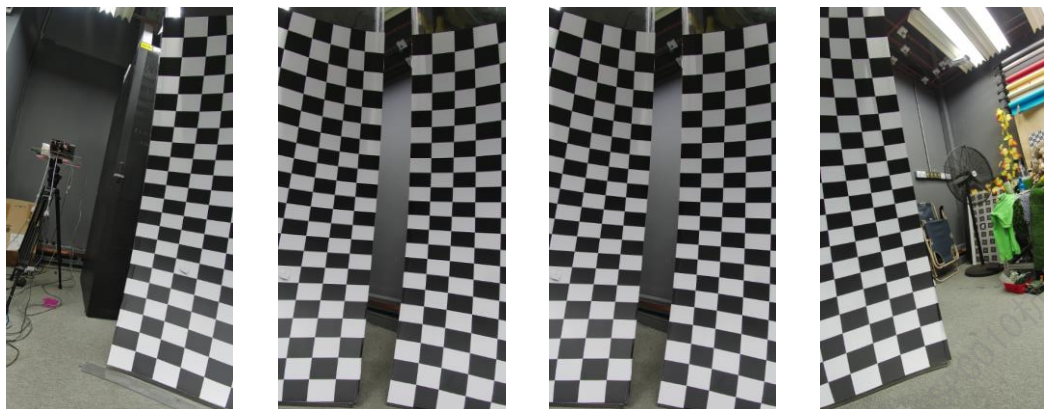


图1-8 四路水平结构产线标定效果图

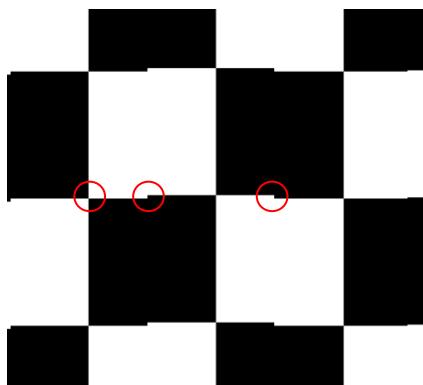


其他关于产线标定环境的建议及注意事项如下：

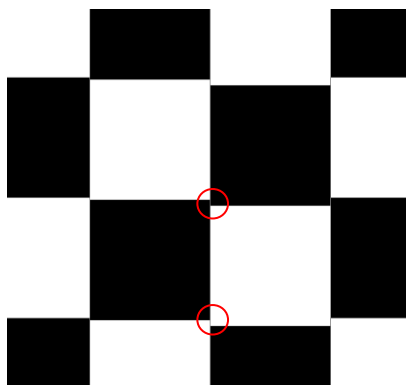
- 棋盘格张贴建议

整个产线标定环境制作过程中关键难点在于棋盘格的张贴。棋盘格需要张贴在球面上，面积相对较大，棋盘格整块成型张贴难度大，可切割成条状，然后在球面上一条一条张贴，形成最终的整块棋盘格图案。

图1-9 棋盘格角点质量



(a) 对角点检测影响较小的图案



(b) 对角点检测影响较大的图案

条状张贴时每条直接对齐有一定的工差，贴条之间可能有一定的错位，针对该错位，从技术上分析，图 1-9(a)中角点完整，虽然棋盘格中间有错位，不过对角点检测影响较小；而图 1-9(b)中角点有错位，影响标定过程中的检测准确性。

基于以上分析，为了保证角点的质量及完整性，每个贴条可延棋盘格中间切割，而不是从角点位置切割。如图 1-10 中所示，演示 4 路水平结构标定环境中棋盘格图案沿横向切割成条，切割位置沿着绿色线条切割，这样不影响角点的完整性。同理，若竖向切割也建议从棋盘格格子中间分割。

图1-10 棋盘格切割示意图



- 注意棋盘格背光及反光

棋盘格在背光及反光情况下，极大影响棋盘格成像效果，从而影响标定效果。所以棋盘格材料需选择哑光无反光材料，且要注意产线环境的光照，避免棋盘格有背光投射。



## 2 模型标定方法

### 2.1 如何理解模型标定图基本要求

#### 【现象】

拍摄模型标定图需要借助棋盘格图卡，对图卡的摆放及标定图像有一定的要求，客户无法准确理解。

#### 【分析】

汇总注意事项。

#### 【解决】

模型标定注意事项如下：

- 标定环境应该光照充足且尽量均匀，否则较大的噪声可能会对标定算法的检测造成影响；
- 棋盘格图卡不能有明显反光/阴影等导致亮暗不均的地方，可通过调整摄像头、图卡和光源的相对位置来规避；
- 棋盘格图卡不宜太小，一般来说图卡中的每个方格边长不低于 10 个像素；如果棋盘格在画面中占据的像素太少，可以考虑将棋盘格图卡靠近摄像头或者更换更大尺寸的图卡（必要时减少棋盘格格子的数量，最少的棋盘格角点数目是 4\*3）；
- 画面中不能出现多个棋盘格或者类似棋盘格式样的道具；如果出现该现象，请提前将该道具移走或者遮挡住，也可以手工在图片编辑工具中将该部分涂掉；
- 每个棋盘格图卡在画面中必须完整，否则无法检测，建议边缘保留半个格子宽度以上的白边。
- 所有的棋盘格的摆放位置需要覆盖整个画面（对外参来说，是覆盖整个重叠区）；
- 棋盘格需要覆盖至少 3 种不同的距离，并且这个距离最好是包含最常使用的一个距离；
- 棋盘格需要覆盖不同的角度；
- 每张抓拍图片中的棋盘格必须要清晰，不能有模糊现象；如果不够清晰，请先确认对焦清晰且景深较好；整个标定过程中不允许对镜头进行调焦/变倍操作，调焦后所有标定步骤需要重新开始；



- 图卡应该满足一定程度的覆盖，该覆盖应该包括实际标定的距离、图像有效区域、不同的角度等，同一位置的多张相同图片没有意义；

在 Hisilicon Stitching Tool 中进行标定过程中，PQTools 目录下的 tmp 文件夹中将会保存没一张标定图像的角点检测结果，可通过该文件夹中的图片判断标定图是否符合要求。

## 2.2 如何拍摄高质量的模型标定图

### 【现象】

模型标定过程中需要拍摄较多的标定图，为了得到最佳的标定效果，标定图拍摄有一定的要求。客户对此要求不是特别清楚。

### 【分析】

模型标定图需要覆盖不同的距离、不同的位置及不同的旋转角度，为了更加清楚的描述标定图的拍摄要求，将结合文字和图像的方法演示标定图像拍摄细节。

### 【解决】

为了更好的解释模型标定图像的拍摄方法，将以四路水平结构为例进行图解说明。相机结构如图 1-4 示意图所示，其他参数如下：

表2-1 相机结构参数

项目	参数	备注
每个镜头水平视场角	55°	镜头视场角越小，模型标定内标定的所有距离需要相应的增加；反之，所有距离需要相应减小。
拼接后的视场角	约 180°	-
每个重叠区的视场角	约 11°	重叠区视场角越小，模型标定外参标定的所有距离相应增加；同时外参标定时可覆盖的距离范围（或倍数）也相应减小。

### 2.2.1 内参标定图像拍摄方法

表2-2 内参标定图像拍摄指导

步骤	目标	标定方法	数量	参考距离
1	近距离，单张图卡全覆盖	保证棋盘格图卡在画面中完整且最大	1	350 mm
2	近距离，多张图卡全覆盖	覆盖全屏(4角+4边)：每张图卡占据画面约 1/4，4角梯形变换，4边图卡以边为轴倾斜 30° 左右	8	800 mm



步骤	目标	标定方法	数量	参考距离
3	中距离，多角度	增大图卡和摄像头的距离一倍，在整个画面中选取三角形三个点的位置，并且在每个位置每次将图卡旋转约 30°	3	2000 mm
4	远距离，多角度	再次增大图卡和摄像头的距离约 4 倍（注意，在每个位置每次将图卡旋转约 30°	3	6000 mm

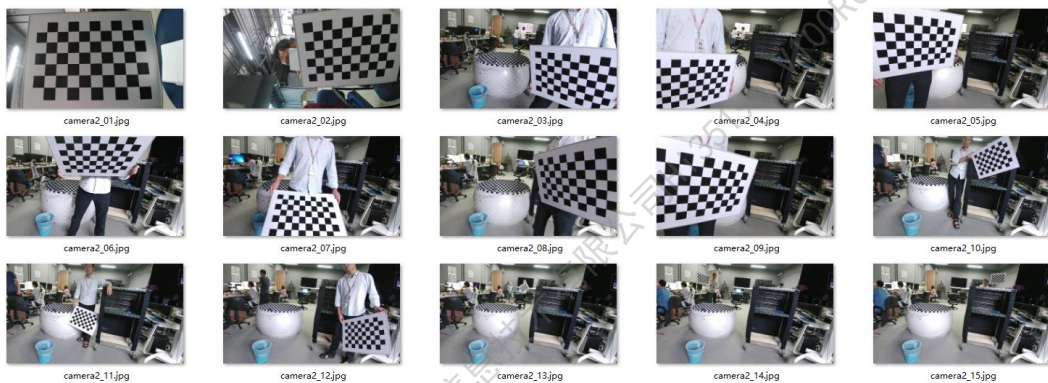


### 注意

内参标定的实际距离和单个镜头的视场角有关，镜头视场角越小，模型标定内标定的所有距离需要相应的增加；反之，所有距离需要相应减小；本章节中参考的距离都是相对于 55° 视场角的镜头进行的估算。

其中一组外参标定图片的效果如图 2-1 所示。

图2-1 一组完整的内参标定图片

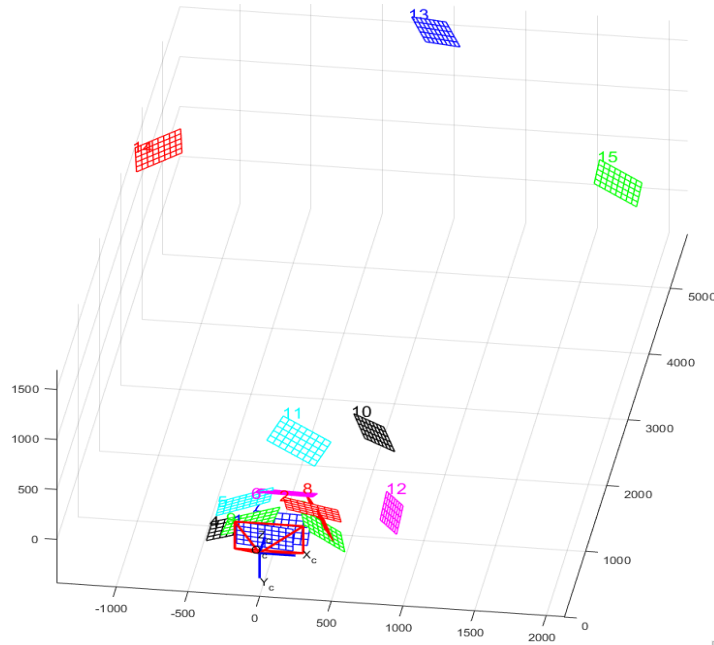


为了说明内参标定过程和要求，将实际标定图片中的棋盘格图卡提取出来，绘制在一个三维模型中，其效果如图 2-2 所示。



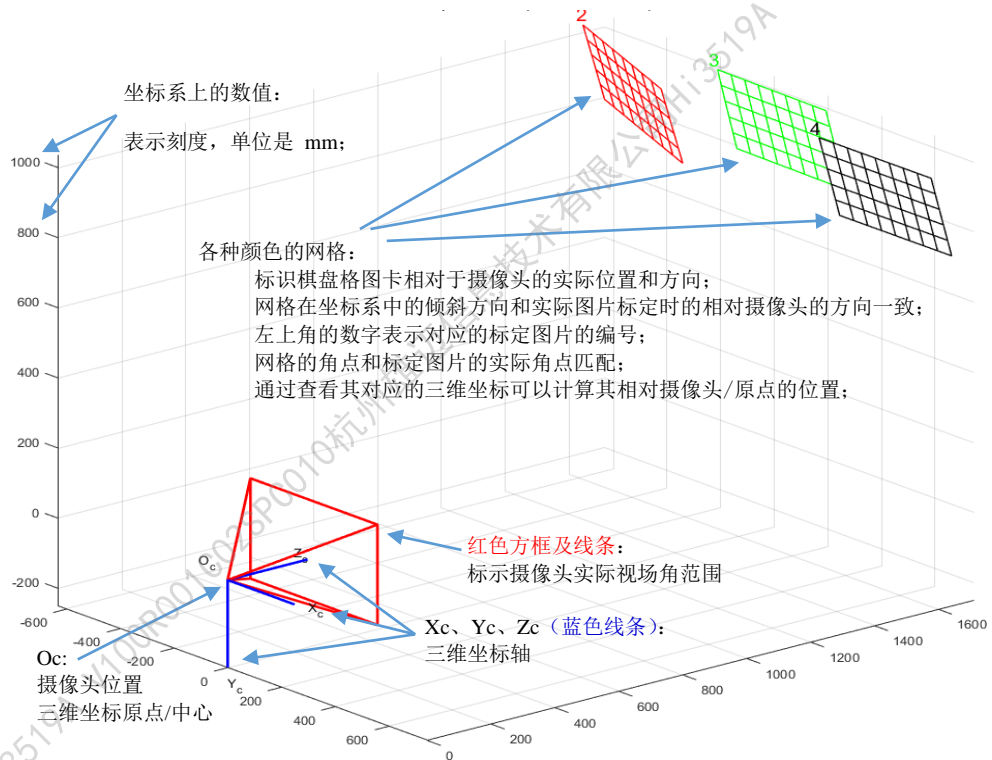


图2-2 一组完整的内参标定全部图片的三维投影图



三维投影示意图中各个图像的具体意义如下。

图2-3 三维投影示意图意义描述



以下四个步骤详细描述内参标定具体过程。



### 步骤 1. 单图片全画面覆盖

图卡靠近镜头，使得整张图卡正好**居中充满**整个画面（只要上下或左右充满即可），拍摄约 1 张图片。

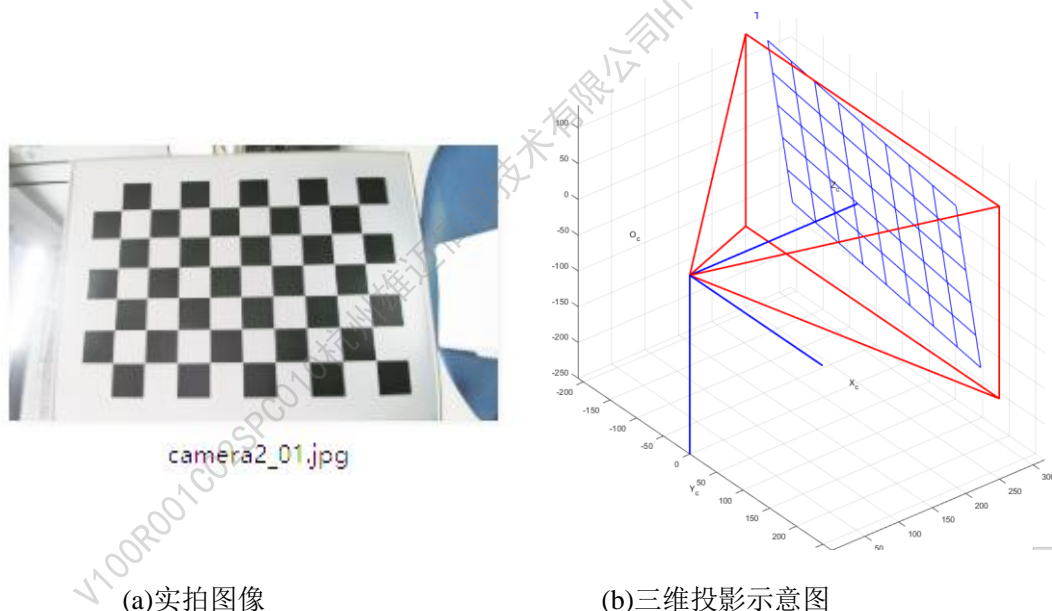
注意：

- 需要优先保证图卡的**完整**，如果图卡超出画面，需要将距离增大到图卡的所有部分出现在画面；
- 需要优先保证图卡的线条和角点**清晰**，如果模糊明显，需要将距离增大到图像清晰为止；
- 图像可以有**畸变**，但不能过大，过大的畸变将导致标定算法无法成功检测，这时需将距离增大，减小线条弯曲程度；
- 单图卡可以覆盖整个画面，这时图卡一般**距离**镜头很近，但过近的距离可能会产生线条距离弯曲或模糊，通常最近距离不低于 300mm 就可以了，通过实际预览效果来确定；
- 在以上条件下，保持图卡在画面的比例达到最大即可；
- 图卡存在各种方向的**轻微倾斜不影响**标定，不需要图卡绝对正立；
- 一般对于鱼镜头来说，由于视场角过大，图卡难以覆盖整个画面，这时只要尽可能覆盖更多即可；

举例说明：

如图 2-4 所示，一张单个格子边长为 50mm，内角点数量为 9\*6 的棋盘格用来标定 4 路非鱼眼拼接的单路覆盖图。

图2-4 内参标定：单张图卡覆盖全屏



### 步骤 2. 多图片整个画面全覆盖



多图片全覆盖采用**4角+4边**的方式，棋盘格图卡占据画面约1/4，分别覆盖在图像的4个角和4个边。4边时，图卡以靠近的边为轴倾斜**30°**左右。拍摄约8张图片。

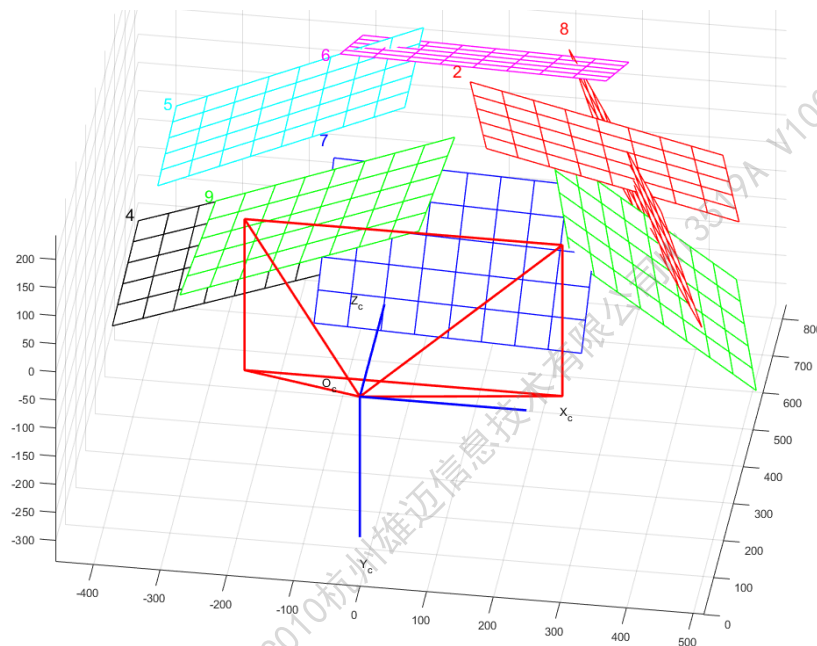
图2-5 内参标定：四边、四角覆盖标定图



(a)内参标定：四角覆盖实拍图像



(b)内参标定：四边覆盖实拍图像



(c) 内参标定：四边、四角覆盖三维投影图

### 步骤 3. 距离不同角度覆盖

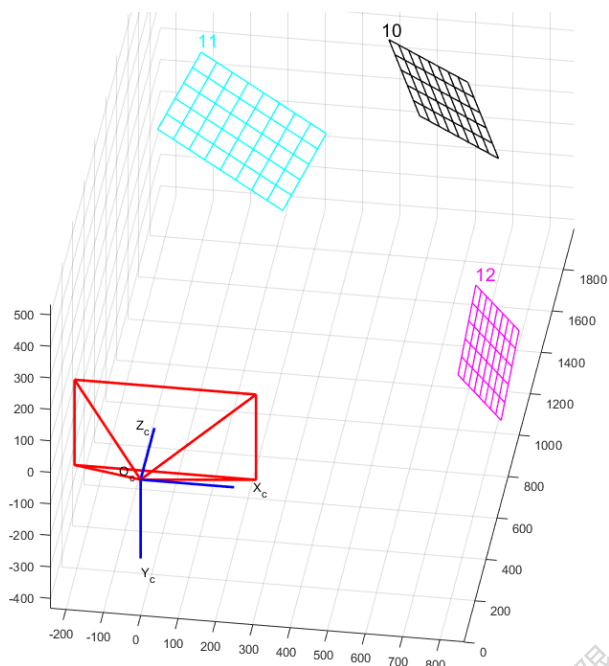
增大图卡和摄像头的距离约**一倍**，在整个画面中选取三角形三个顶点的位置，并且在每个位置每次将图卡**旋转约 30°**，拍摄约**3**张图片。



图2-6 内参标定：距离不同角度和位置覆盖标定图



内参标定：距离不同角度和位置覆盖实拍图像

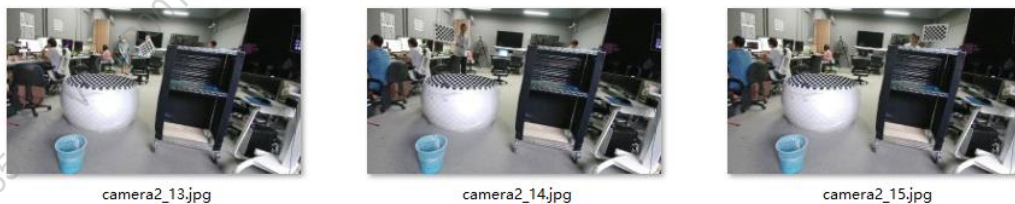


(b) 内参标定：距离不同角度和位置覆盖三维投影图

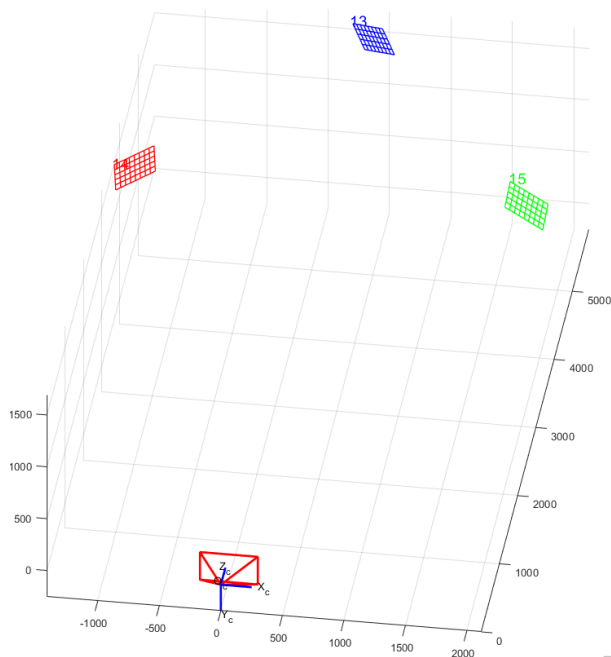
#### 步骤 4. 远距离不同角度的覆盖

再次增大图卡和摄像头的距离约 **4** 倍（注意，当图卡所占像素过小或室内测试环境长度不够时，可以适当缩小调整的倍数），在整个画面中选取另一个三角形三个点的位置，并且在每个位置每次将图卡旋转约 **30°**，拍摄约 3 张图片。

图2-7 内参标定：远距离不同角度和位置覆盖标定图



(a) 内参标定：远距离不同角度和位置覆盖实拍图像



(b) 内参标定：远距离不同角度和位置覆盖三维投影图

----结束

## 2.2.2 外参标定图像拍摄方法

表2-3 外参标定图像拍摄指导

步骤	目标	标定方法	数量	参考距离
1	最近距离下重叠区域全覆盖	窄边两边对齐重叠区，使得棋盘格最大	5	1800 mm
2	针对不同角度下对重叠区域全覆盖	调整距离更远（约 1.8 倍），使得图卡对角靠近 2 边拼缝，每拍一对旋转约 30°	8	2900 mm
3	远距离不同角度覆盖	距离增加一倍，拍摄 3 张	3	5000 mm



### 注意

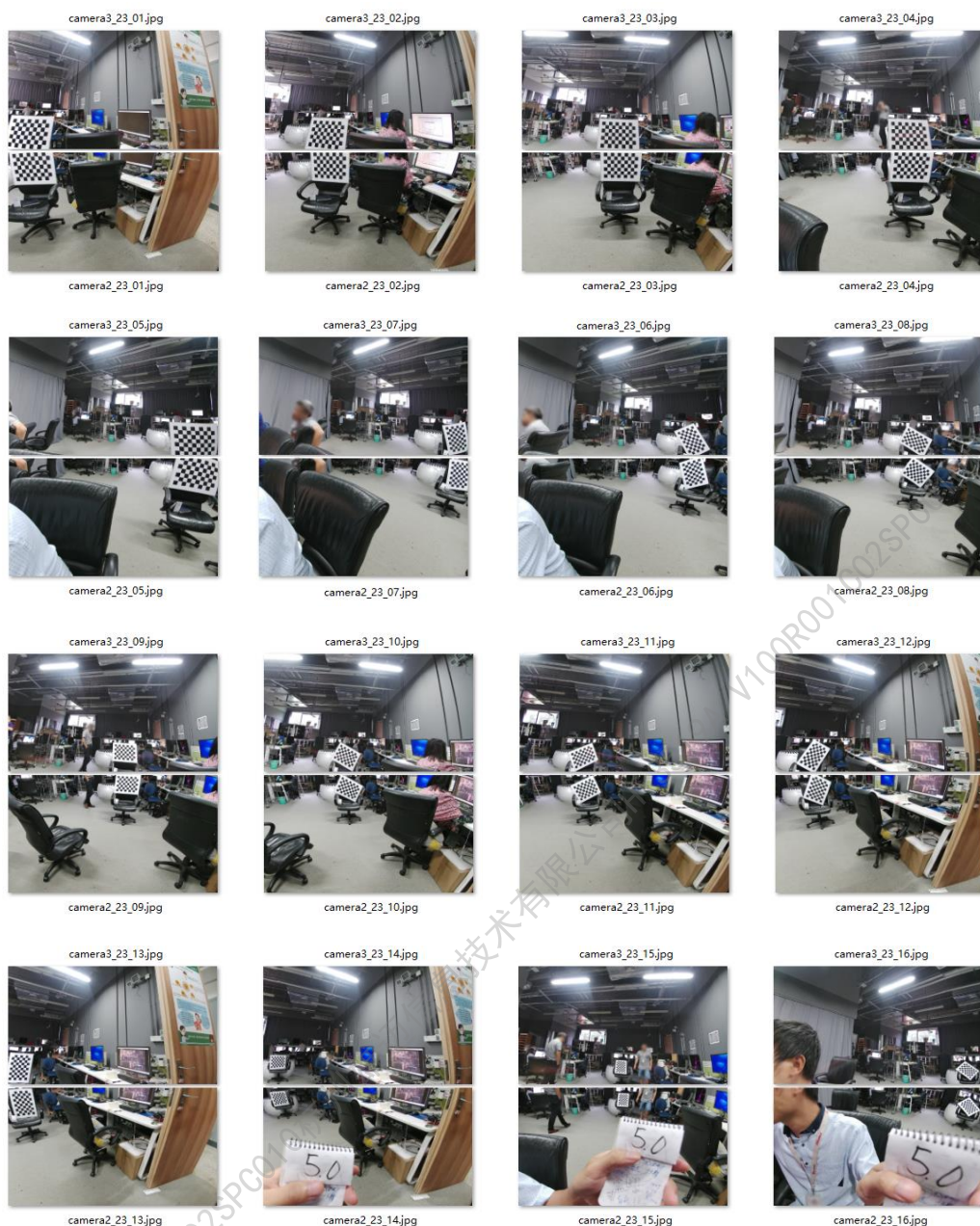
外参标定距离和重叠区视场角有关：重叠区视场角越小，模型标定外参标定的所有距离相应增加；同时外参标定时可覆盖的距离范围（或倍数）也相应减小；本章节中的重叠区视场角为 11°





以四路非鱼眼水平拼接为例，其中一组相邻镜头的外参标定图片的效果下所示（注意，为了排版方便，单板采取竖放的方式），共计拍摄约 16 对图片：

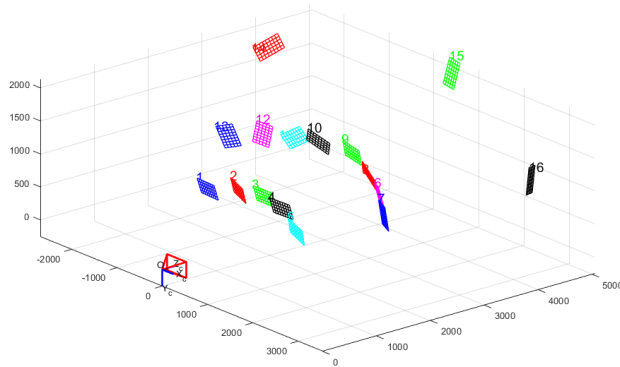
图2-8 一组完整的外参标定图片



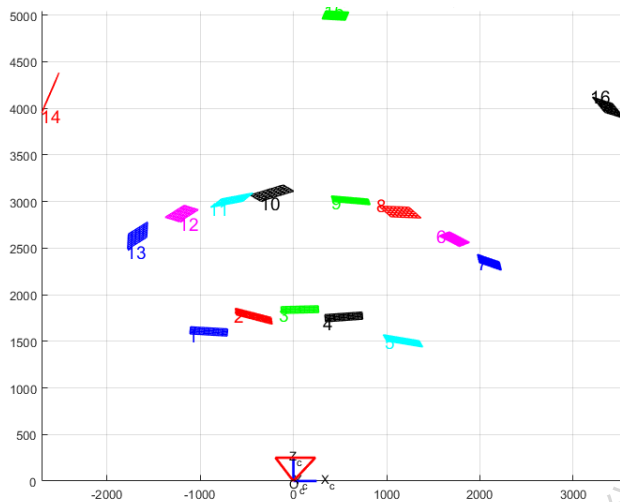
为了说明外参标定过程和要求，将实际标定图片中的棋盘格图卡提取出来，绘制在一个三维模型中，其效果如图 2-9 所示。



图2-9 一组完整的外参标定图片的三维投影图



三维投影视角 1



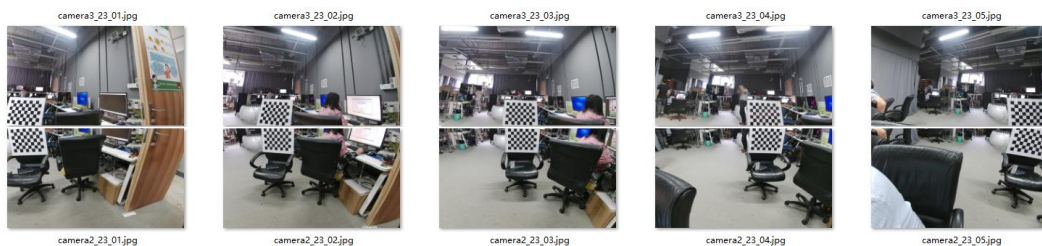
三维投影视角 2

### 步骤 1. 最近距离下重叠区域全覆盖

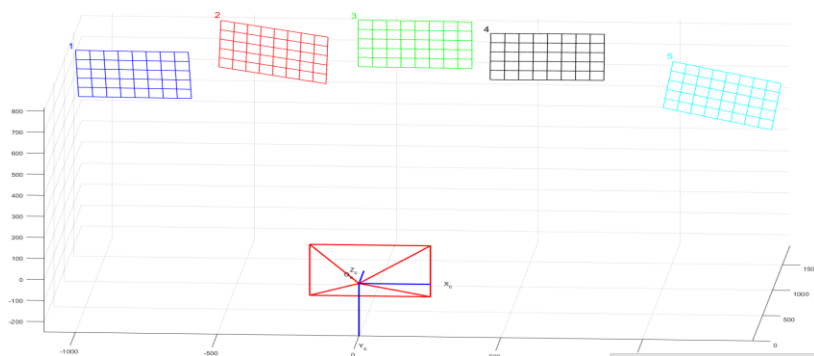
在最近距离下覆盖全部的重叠区域，可以减少标定图卡的数量，并提高标定的充分性。其方法是图卡角点数目较少的一边和重叠区两边对齐，使得棋盘格完整且达到最大，从重叠区的一侧向另一侧移动图卡，每个位置拍一张图片，棋盘格在这个标定期间不需要特别的旋转角度（否则容易导致棋盘格图卡超出某个重叠区域），在移动的过程中保持全部拍照图卡叠加后棋盘格可以覆盖整个重叠区。一般来说拍摄约 5 对图片即可满足（双鱼眼-背靠背结构较特殊，可能需要更多对的图片）。如图 2-10 所示。



图2-10 外参标定：最近距离下重叠区域全覆盖



(a) 外参标定：最近距离下重叠区域全覆盖实拍图像



(b) 外参标定：最近距离下重叠区域全覆盖三维投影图像

## 步骤 2. 针对不同角度下对重叠区域全覆盖

针对**不同角度**下对重叠区域全覆盖，可以覆盖较多的形状和角度，由于棋盘格图卡是方形的，实际只需要覆盖图卡旋转  $90^\circ$  即可。需要将图卡距离调远（一般相对步骤 1 增加到 1.8 倍，将棋盘格**对角**刚好可以出现在重叠区，参考如下标定示意图片 camera2\_23\_12.jpg，这样就可以满足图卡在重叠区任意旋转而不会超出重叠区域）使得棋盘格图卡对角靠近 2 边重叠区域，每拍一对图片移动一次图卡并同时**旋转**约  $30^\circ$ 。该步骤约拍摄 8 对图片。如图 2-11 所示。

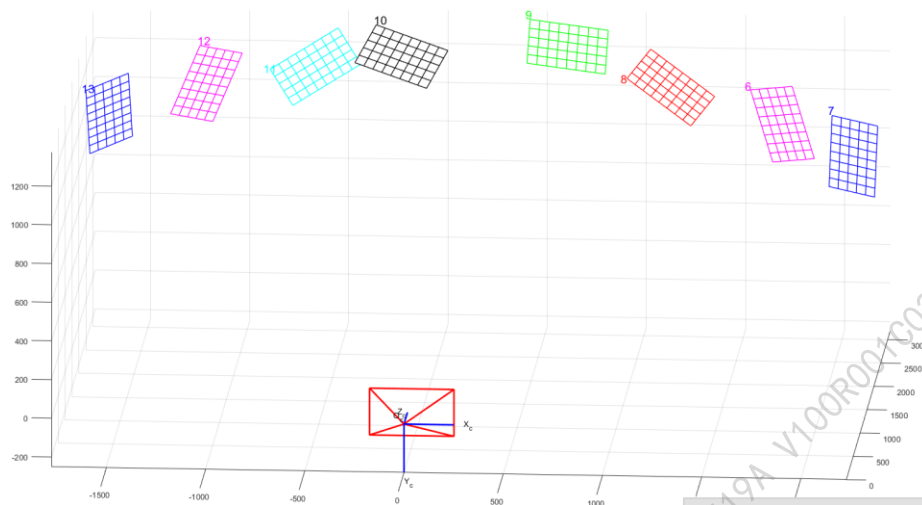
图2-11 外参标定：全角度下重叠区域全覆盖







(a) 外参标定：全角度下重叠区域全覆盖实拍图



(b) 外参标定：全角度下重叠区域覆盖三维投影图

### 步骤 3. 远距离不同角度覆盖

**远距离**不同角度覆盖，将图卡和摄像头的距离相对于步骤 2 增加约 1 倍，位置一般覆盖重叠区域的两端和中间位置。拍摄约 3 对图片。

注意：

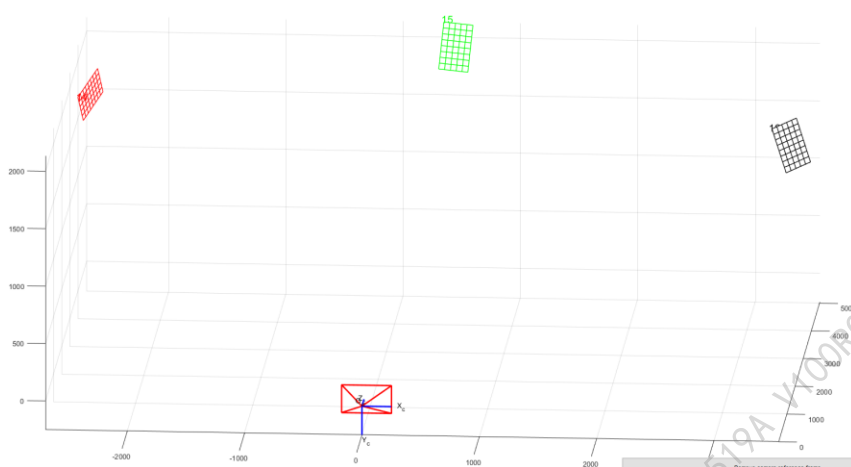
- 图卡每个方格占据画面像素不能过小，一般要求每个方格不低于 10 个像素；若方格太小，需要减少棋盘格距离镜头的距离；
- 若室内环境的空间不大，可以适当减小距离；
- 在距离足够，棋盘格所占像素还比较多时，也可以适当增加距离；
- 标定的过程中，尽量保证图卡在两个**重叠区域**的中间地带；
- 距离可以通过**目测**或**直接估算**得到。



图2-12 外参标定：远距离重叠区域不同角度的覆盖



外参标定：远距离重叠区域不同角度覆盖实拍图



外参标定：远距离重叠区域不同角度覆盖三维投影图

----结束

## 2.3 如何利用 PQ Tools 中 tmp 文件评估模型标定效果

### 【现象】

使用 PQTools 进行 AVSP 模型标定时，PQTools 中的 tmp 文件夹会产生一些临时文件，用于评估本次 AVSP 标定效果。客户对这些临时文件不熟悉。

### 【分析】

模型标定过程中，在 PQTools 的 tmp 文件夹中将产生三种类型的临时文件，分别为 QA\_measures.txt、distance.csv 及棋盘格标志的 jpg 图片。对这些文件的含义及使用进行说明。

### 【解决】

请参考 2.3.1 小节至 2.3.3 小节描述。



### 2.3.1 QA\_measures.txt 文件内容与使用说明

该文件在模型标定完成后生成，用于评估模型标定的效果。图 2-13 是双镜头标定生成的一个用例，QA\_measures.txt 主要分两部分，分别为 Total QA Measures 及 Each QA Measures。

图2-13 QA\_measures.txt 文件内容

```
Camera Number: 2
Calibration Sets Number: 3
-----Total QA Measures-----
Average Reprojection Error : 0.58845
Maximum Reprojection Error : 5.82056
Matched Point Count      : 1969
Total Dist Ratio          : 2.0457
Minimum Dist Ratio       : 1.0787894
-----Each QA Measures-----
---Camera 0
Average Reprojection Error : 1.09735
Maximum Reprojection Error :
4.77056
Matched Point Count      : 480
Dist Ratio               :
1.277863
---Camera 1
Average Reprojection Error: 0.90136
Maximum Reprojection Error: 3.82056
Matched Point Count      : 513
Dist Ratio               : 1.174847
---Pair 01
Average Reprojection Error: 1.08122
Maximum Reprojection Error: 4.04491
Matched Point Count      : 1066
Dist Ratio               : 1.372766
```

Total QA Measures 为整体的标定效果评估；Each QA Measures 为单个镜头或者每个拼接的标定效果评估，可根据某个镜头或者重叠区补充或者优化标定图。其评估内容的含义如下：

- **Average Reprojection Error:** 指平均反投影误差，单位为像素。反投影误差即拼接图中理论投影点与实际投影点的误差，可以简单理解为平均拼接错位大小，该值越小越好。根据测试经验，该值为在(0,1]范围内效果极好，在(1,2]范围内效果很好，在(2,3]范围内效果较好，当该值超过 3 以上效果则一般。不同的产品形态可能有所不同，具体可在产品评测阶段对实际拼接进行评估。
- **Maximum Reprojection Error:** 指最大反投影误差，可以判断标定过程中是否有棋盘格内角点匹配错误情况，若该值大于 20 则需要评估标定图中是否出现多个棋盘格，或者命名错误。
- **Matched Point Count:** 指匹配成功的角点对，与图像数量及棋盘格内角点数量相关。
- **Total Dist Ratio 或 Dist Ratio:** 棋盘格距离评估系数。模型标定图中棋盘格需要放置于不同的距离，以丰富标定模型计算。Dist Ratio 越大，则表明距离覆盖越丰富，理论上标定效果越好，对产线标定也有收益。根据测试经验，若该值大于 1.0 则表明模型标定效果可接受的，大于 3 则表明模型标定效果会比较好。



- **Minimum Dist Ratio:** 最小棋盘格距离评估参数。棋盘格距离评估参数分镜头和重叠区进行测算，同样的，若该值大于 1.0 则表明模型标定效果可接受的，大于 3 则表明模型标定效果会比较好。

## 2.3.2 distance.csv 文件内容与使用说明

该文件可更详细得到棋盘格距离分布，包括每个图片对应的棋盘格距离以及每个镜头或者每个拼缝标定图中的棋盘格距离直方图分布，以便更直观的评估棋盘格摆放是否正确。

如表 2-4 是双镜头标定的生成的一个用例，其中 A 区域表示每个标定图对应的棋盘格距离，若某个标定图为 TRUE 则表明此标定图参与进入镜头内外参标定参数计算，若为 FALSE 则表明该标定图不参与内外参标定参数计算，标定图是否为 TRUE 取决于标定过程中的迭代计算，但 FALSE 标定图较多时，超过一半以上，则需要考虑重拍标定图像。B 区域则表示单个镜头或者重叠区的棋盘格距离直方图分布，最后一列则为所有标定图的棋盘格距离直方图分布，距离单位都为毫米（mm）。

棋盘格距离直方图是为了进一步确定标定图抓拍是否符合标准，如有异常可提高问题定位的效率。

表2-4 distance.csv 文件内容

----Cam 0----				----Cam 1----				----Pair 03----				
0	TRUE	552.2906		0	TRUE	645.2615		0	FALSE	2677.212		
1	TRUE	1307.659		1	TRUE	1210.723		1	TRUE	3499.233		
2	FALSE	449.4046		2	TRUE	649.553		2	TRUE	2958.156		
3	FALSE	404.8621		3	FALSE	615.445		3	FALSE	2548.18		
4	TRUE	812.0552		4	TRUE	588.6755		4	TRUE	2470.85		
5	FALSE	727.6677		5	TRUE	538.2354		5	TRUE	2386.945		
6	TRUE	439.6839		6	TRUE	652.5065		6	TRUE	2256.68		
7	TRUE	568.8393		7	FALSE	560.6887		7	TRUE	2409.448		
8	TRUE	381.4501		8	FALSE	551.6486		8	TRUE	2389.564		
				9	FALSE	648.2472		9	TRUE	2433.484		
								10	FALSE	2474.781		
Distance Histogram												

----Cam 0----				----Cam 1----				----Pair 03----				----Total----	
	[0 - 200)	0			[0 - 200)	0			[0 - 200)	0		[0 - 200)	0
	[200 - 400)	1			[200 - 400)	0			[200 - 400)	0		[200 - 400)	1
	[400 - 600)	5			[400 - 600)	4			[400 - 600)	0		[400 - 600)	9
	[600 - 800)	1			[600 - 800)	5			[600 - 800)	0		[600 - 800)	6
	[800 - 1000)	1			[800 - 1000)	0			[800 - 1000)	0		[800 - 1000)	1
	[1000 - 1200)	0			[1000 - 1200)	0			[1000 - 1200)	0		[1000 - 1200)	0
	[1200 - 1400)	1			[1200 - 1400)	1			[1200 - 1400)	0		[1200 - 1400)	2
	[1400 - 1600)	0			[1400 - 1600)	0			[1400 - 1600)	0		[1400 - 1600)	0
	[1600 - 1800)	0			[1600 - 1800)	0			[1600 - 1800)	0		[1600 - 1800)	0
	...	...			...	...			...	...		...	...

### 2.3.3 棋盘格标志的 jpg 图片

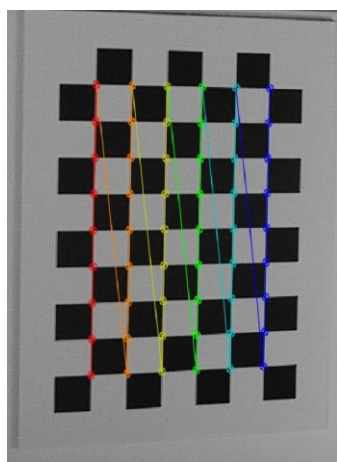
Tmp 文件夹中将复制每个标定图，并将图中棋盘格角点位置用彩色的点、线表示，用于判断棋盘格检测是否准确。如图 2-14 所示。

- 图 a 有彩色的点线标志，则表示该棋盘格的所有角点检测成功，即该标定图是有效的；
- 图 b 则仅有一部分的灰色点标志，表示该棋盘格角点检测失败，即该标定图是无效的；
- 图 c 没有任何点线标志，表示该棋盘格角点检测失败，即该标定图是无效的。

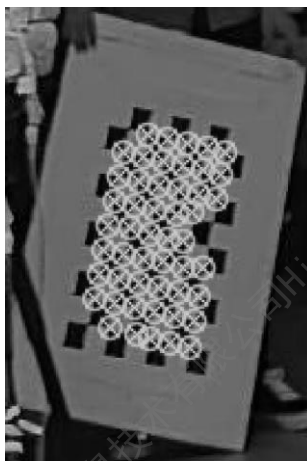
当出现棋盘格检测失败的标定图时，若有条件情况下尽量进行补充，以保证最佳标定效果。

图片命名 hisi\_avsp\_calib\_X\_vid\_Y\_Z.jpg 命名，其中 X 若为单个数字则表示该图为 camera X 对应的内参标定图，若 X 为两个数字则表示该图为这两个 camera 之间的外参标定图；Y 为镜头后缀编号，仅在外参标定图中起作用；Z 为图片后缀，以 0 开始编号。

图2-14 棋盘格标志示意图



(a) 检测成功



(b) 部分检测失败



(c) 完全检测失败





# 3 LUT 相关的调试方法

## 3.1 当 Pipe 无法按照顺序编号时，如何正确生成及配置 LUT 表

### 【现象】

在某些特殊的场景下，比如 WDR 场景下，Pipe 编号无法按照从 0 开始顺序编号，此种情况下不知道如何按照文档指导进行标定图像命名，LUT 查找表（即 .bin 文件）的生成及配置也存在困难。

### 【分析】

在 AVSP 模块中，每个 pipe 通道都有独立的 LUT 查找表，实现输出图像与输入图像的坐标映射，使用时先分别将各个 LUT 文件读入板端内存中，并将每个 LUT 的内存地址配置至相应的 pipe 通道寄存器中。由于实际使用时，LUT 之间是独立没有关联的，所以抓拍标定图时可以将分散的 pipe 号映射至顺序编号对图像进行命名，并生成顺序命名的 LUT 查找表文件。使用时将 LUT 内存地址配置到相应的 pipe 通道即可。

### 【解决】

以 4 路拼接 WDR 场景为例，VI 输出的 pipe 通道号分别为 0、2、4、6，一般要求 pipe 通道顺序与硬件结构中镜头的物理顺序保持一致，比如 pipe 通道从小到大与镜头位置从左到右对应，建议不要乱序，否则调试过程容易出错。

标定工具对标定图像命名的要求是：图像编号需按照从 0 开始顺序编号。故标定图像抓拍时可将 pipe0 命名为 camera0，pipe2 命名为 camera1，pipe4 命名为 camera2，pipe6 命名为 camera3，标定图抓拍后进行模型或者产线标定，并生成标定文件（即 .cal 文件）。

若使用 PQTools 或者产线标定库生成 LUT，则输出 LUT 文件后缀将从 0 开始顺序命名，如 PQTools 将自动命名为 avsp\_mesh\_out\_0.bin、avsp\_mesh\_out\_1.bin、avsp\_mesh\_out\_2.bin 及 avsp\_mesh\_out\_3.bin，那么使用时则需要将 avsp\_mesh\_out\_0.bin 读入板端的内存地址配置至 pipe0，avsp\_mesh\_out\_1.bin 读入板端的内存地址配置至 pipe2，avsp\_mesh\_out\_2.bin 读入板端的内存地址配置至 pipe4，avsp\_mesh\_out\_3.bin 读入板端的内存地址配置至 pipe6。

若使用板端 avs\_lut 库生成 LUT，由于该库只将 LUT 数据储存在内存地址中，故客户可自行将对应的 LUT 内存保存为任意名字，此时则可将 LUT 重新映射到与 pipe 号对



应的名字，比如将第 3 个 LUT 内存保存为 avsp\_mesh\_out\_4.bin 文件。当然也可以直接使用，只需要将内存地址配置到对应的 AVSP 寄存器中即可。