
自动驾驶图像传感器定量化研究

课题承担单位：	清华大学
团队负责人：	张新钰
项目负责人：	李志伟
联系人及电话：	徐大中 18600923615

目 录

第 1 章 背景.....	1
第 2 章 静态测试.....	2
2.1 视场角	2
2.2 畸变率	3
2.3 观测距离	3
第 3 章 道路动态测试	5
3.1 帧率	5
第 4 章 环境适应性	6
4.1 固定曝光模式	6
4.2 自动曝光模式	7
第 5 章 定量化结论	9
5.1 硬件实测性能	9
5.2 产品使用感受	9
5.3 更新	9

第1章 背景

图像传感器是自动驾驶的核心感知模块。由于自动驾驶责任行为主体从人转移到车，感知系统设计要考虑安全性，需要跟视觉感知能力甚至更强的感知模块互为冗余。但目前的图像传感器设备鲁棒性强不强，性能表现如何，目前业内还缺乏统一的标准。更进一步，需要探究自动驾驶需要什么性能的图像传感器能满足需求，针对这个现象首先对图像传感器就行测试，能够对图像传感器有深入了解。

下表为测试相机具体型号：

定焦相机					
感光芯片	PYTHON 2000	快门	Global Shutter	芯片尺寸	2/3
感光芯片类型	CMOS	感光芯片尺寸	9.2 mm x 5.8 mm	水平/垂直分辨率	1920 px x 1200 px
分辨率	2.3 MP	水平/垂直像素尺寸	4.8 μm x 4.8 μm	帧速率	50 fps

致谢：

技术支持：鲍泽峰、邓辉、熊一瑾

技术指导：高鑫、邹镇洪、宫彦

感谢所有参与人员付出的努力！

第2章 静态测试

2.1 视场角

(1) 测试目的

视场角的大小决定了图像传感器的视野范围，视场角越大，视野就越大，但可清晰探测距离越短。对于图像传感器的视场角，其主要受镜头焦距影响。本测试将去探究对于自动驾驶的不同任务应该采用多大焦距的镜头合适。

(2) 测试指标

特定距离下相机可观测到的角度 a 。相机到两目标物连线的垂直（直线）距离为 n ，两目标物之间的距离为 m ，根据三角函数计算公式： $a = 2\arctan \frac{m}{2n}$

(3) 测试方法

1) 研究前首先要对图像传感器的自动曝光，帧率，白平衡，增益等参数进行设置。

2) 将两个锥桶摆在图像传感器获取到的画面中间，利用卷尺测量出传感器到锥桶的直线距离。

3) 将锥桶左右移动，直到位于图像传感器画面的两个极限位置，测量两个临界位置的距离。

4) 通过得到的两个临界位置的距离以及传感器到锥桶的直线距离，算出该焦距下图像传感器的视场角。

5) 在不同焦距下，依次进行以上四步

(4) 测试结果及量化分析

镜头焦距	5mm	8mm	12mm
视场角	103.78°	85.54°	41.12°
测试图			

分析：不同焦距的镜头视场角不同，焦距越大，视场角越小。5mm 镜头拥有较大的视场角；12mm 镜头可视距离更远，但是车辆近处无法看到，盲区比较大。

2.2 畸变率

(1) 测试目的

畸变率会对图像造成影响，它会改变轴外物点在理想面上的成像位置，使成像的形状产生失真。在自动驾驶任务中，如果选用的相机成像存在畸变就需要额外进行图像的畸变矫正。畸变一般和所采用的镜头焦距相关，本测试将去探究典型镜头中多大的镜头会产生畸变及其畸变程度。



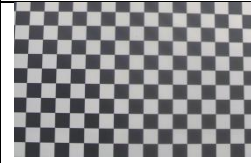
(2) 测试指标

畸变是指光学系统对物体所成的像相对于物体本身而言的失真程度，光学畸变是指光学理论上计算所得到的变形度。画面中央垂直方向上完整棋盘格长度为 y ，水平方向上完整棋盘格长度为 x ，畸变率 $b = (x/2 - y)/y$

(3) 测试方法

- 1) 研究前首先要对图像传感器的自动曝光，帧率，白平衡，增益等参数进行设置。
- 2) 使用棋盘格测试卡测试，调整传感器的位置，然后打开进行视频拍摄。
- 3) 将视频导入电脑，抽取视频中不同时刻的图片，在软件中用工具测出边缘四周完整的边线的距离。
- 4) 使用得到的距离信息，通过计算就可以得到图像传感器的畸变率。
- 5) 在不同焦距下，依次进行以上四步。

(4) 测试结果及量化分析

镜头焦距	5mm	8mm	12mm
畸变率	0.67%	0.88%	0.25%
测试图			

分析：随着镜头焦距的不断加大，畸变率逐渐变小，镜头产生的畸变效果减轻，8mm 镜头没有明显畸变。

2.3 观测距离

(1) 测试目的

在图像中，物体距离相机越远，在画面中所占像素比例越小。而对于自动驾驶来说，小目标的准确感知是有困难的，需要知道不同大小焦距的相机有效距离是多少。有效距离为一定焦距的相机可以清晰观测到目标物体的最远距离，而只

要自动驾驶系统能准确感知该目标即可认为是清晰观测。

(2) 测试指标

不同距离下测试人员在图像中所占像素比例 c 。图像总像素个数为 y ，测试人员在图像中所占像素为 x ， $c = x/y$ 。本测试中目标人物的身高 1.75 米、体重 85 千克。

(3) 测试方法

1) 研究前首先要对图像传感器的自动曝光，帧率，白平衡，增益等参数进行设置。

2) 相机水平放置安装，将目标物体置于画面中央，移动目标物体，使其到达相机图像中肉眼主观可以观测到目标物体的最远距离。

(4) 测试结果及分析

镜头焦距	5mm			
观测距离	5m	10m	20m	30m
目标占比	1.79%	0.37%	0.09%	0.05%
测试图				
镜头焦距	8mm			
观测距离	5m	10m	20m	30m
目标占比	4.06%	1.28%	0.37%	0.09%
测试图				
镜头焦距	12mm			
观测距离	5m	10m	20m	30m
目标占比	9.14%	2.03%	0.53%	0.26%
测试图				

分析：在相同的距离上，随着镜头焦距的增大，测试人员所占像素在图像上的比例也不断增大。大焦距镜头可以更好的观测远处目标，但是对较近距离的目标会有较大的盲区。

第3章 道路动态测试

3.1 帧率

(1) 测试目的

在自动驾驶中需实时处理所采集的数据并作出决策，数据的采集频率应与车速匹配。防止在车速较快时，数据的采集速度较慢，造成环境数据的丢失。帧率一般为单位时间所记录或者播放的图片数量。

在自动驾驶感知模块中，图像传感器获取图像的帧率应该伴随车速的变化而改变，提高车载有限资源的利用率。因此要测试研究相机帧率的合适范围。

(2) 测试指标

主观判断不同车速下相机对同一目标的观测效果。


(3) 测试方法

1) 研究前首先要对图像传感器的自动曝光，帧率，白平衡，增益等参数进行设置。

2) 在不同的车速下，调整图像传感器获取图像的帧率，计算经过路旁一辆完整车辆采集照片的数量。

3) 根据任务完成效果，记录效果优良时帧率的范围。

(4) 测试结果及分析

车速	20km/h			40km/h			80km/h		
采集帧率	10	20	30	10	20	30	10	20	30
采集图像次数	12	30	57	8	17	23	5	11	15
采集场景									

分析：车速相同时，随着采集帧率提高，经过同一目标（黑色车辆）采集图像的次数越多；采集帧率固定时，随着车速的提高，经过同一目标（黑色车辆）采集图像的次数越少。

第4章 环境适应性

4.1 固定曝光模式

(1) 测试目的

自动驾驶中对于图像传感器的环境适应性要求很高，比如在不同光照环境下的图像传感器成像质量，本实验重点对图像传感器在不同光照下的性能表现进行测试。


(2) 测试指标


不同光照强度下合适的曝光值。

(3) 测试方法

- 1) 研究前首先要对图像传感器的帧率，白平衡，增益等参数进行设置。
- 2) 在不同时间段（不同光照强度），调整相机曝光强度值，使相机成像质量在主观视觉上达到最佳。
- 3) 分析数据，判断图像传感器在不同光照强度下合适的曝光强度。

(4) 测试结果及分析

光强	10000LUX（晴天，14 时左右）			
光圈	F5.6			
曝光时间	2500 微秒	5000 微秒	10000 微秒	20000 微秒
图像				
光强	4000LUX（雾霾天，17 时左右）			
光圈	F5.6			
曝光时间	5000 微秒	10000 微秒	30000 微秒	50000 微秒
图像				
光强	50LUX（夜晚无路灯，21 时左右）			
光圈	F5.6			
曝光时间	10000 微秒	30000 微秒	50000 微秒	

图像				
光强	10LUX (雨雪夜, 22 时左右)			
光圈	F5.6			
曝光时间	20000 微秒	50000 微秒	100000 微秒	
图像				

分析：相机图像效果直接受光强大小的影响，光强越小相机要获得较好成像效果需要的曝光时间就越多，导致相机在光线较暗时容易出现卡顿现象。

4.2 自动曝光模式

(1) 测试目的

探究真实道路场景下相机自动曝光的效果及需求。

(2) 测试指标

相机视频有无明显拖影现象、相机图像清晰度。

(3) 测试方法

1) 研究前首先要将图像传感器设置为自动曝光模式，帧率 20，同时对白平衡，增益等参数进行设置。

2) 在不同交通场景下驾驶车辆采集图像数据，车速 30-40km/h。

(4) 测试结果及分析

城市支路 (白天)			合适的曝光值： 10000 微秒~30000 微秒
--------------	---	--	------------------------------

城市支路 (夜晚)			合适的曝光值： 30000 微秒~50000 微秒
城市快速路 (白天)			合适的曝光值： 5000 微秒~30000 微秒
城市路口 (白天)			合适的曝光值： 5000 微秒~30000 微秒
城市路口 (夜晚)			合适的曝光值： 30000 微秒~50000 微秒
隧道			合适的曝光值： 50000 微秒~100000 微秒

分析：经过不同交通场景下对图像传感器的实地测试，获得在不同场景下合适的曝光值取值范围：在较为空旷的路况下，为防止图像过曝，曝光值取值范围较低；在夜晚、隧道、高楼之间，为获得较高的图像质量，曝光值取值范围要有所提高。

第5章 量化结论

目前图像传感器的技术水平有了很大提升，但是其性能仍然难以保证在全天候全场景的道路环境下有很好的成像效果。

5.1 硬件实测性能

5.2 产品使用感受

5.3 更新

需要更多更详细的测试报告及测试原始数据请联系我们，期待一起探讨！