



1.1 摄像头

1.1.1 概述

摄像头是自动驾驶核心传感器，是实现自动驾驶众多规划、控制的基础，相比于激光雷达和毫米波雷达，最大的优势在于可以识别车辆周边的环境信息和纹理信息，能够“看到”目标的类型、信号灯的颜色等，类似于人类的眼睛。

1.1.2 工作原理

摄像头是将光学组件获得的光信号，投射到图像传感器上，完成由光信号到电信号的转换，然后再转换为数字图像信号，最后进行信号的算法处理，从而实现感知车辆周边路况的功能，实现如车辆、行人、车道线、交通标识物的检测、距离估计等模块。

摄像头由以下几部分组成：

1) 光学组件：也叫镜头组件(lens)，是由镜片、滤光片、保护膜等组成；

2) CMOS 图像传感器：也叫感光元件，简称 CIS，是模拟电路和数字电路的集成，是摄像头最基础，也是最重要的模块，主要由四部分构成：

- ◆ 微透镜：具有球形表面和网状透镜，光通过微透镜时，CIS 的非活性部分负责将光收集起来并将其聚焦到彩色滤光片；
- ◆ 彩色滤光片（CF）：拆分反射光中的 RGB 成分，并通过感光元件形成 Bayer 阵列*滤镜
- ◆ 光电二极管（PD）：光电转换器件，将光信号转换为电信号，一般采用 PIN 二极管或者 PNV 结器件制成；
- ◆ 像素设计：通过 CIS 上装有的有源像素传感器(APS)实现。一般 APS 由 3-6 个晶体管构成，将电信号转换为数字图像信号



*Bayer 阵列，是一个 4x4 的阵列，由 8 个绿色、4 个蓝色、4 个红色像素组成，在将灰度图转换为彩色图时会以 2x2 矩阵进行 9 次运算，最终生成一副彩图。该阵列是 CIS 的拍摄彩图的主要技术之一。



摄像头在获取数字信号后，通过串行器进行编码，然后通过 LVDS 或者其他高效链路，传输到对应的计算平台上，通过对应的解串器进行解码，送入计算单元中进行图像分析。

1.1.3 摄像头在自动驾驶汽车上的应用

根据摄像头的安装位置，可以分为前视、侧视、后视、内置、环视等。在高级别自动驾驶车辆上，配置的摄像头有多个甚至十多个。如特斯拉 Autopilot2.0 硬件系统就包含 8 个摄像头。

a) 前视摄像头

前视摄像头一般布置远距、中距、近距等，安装在前挡玻璃较高的位置，以实现较远的有效检测距离。中距或者远距一般有效检测距离在 90-250m，水平视场角在 60°以下，能够有效的检出行人、车辆、车道线、路岩线、交通信号灯、交通标识牌等。近距离摄像头有效检测距离小于 70 米，水平视场角一般在 70~120°，主要进行车道线、交通信号灯、交通标识牌等。在高级别自动驾驶中，常常会采用三种摄像头搭配的形式进行安装配置。

b) 侧视摄像头

侧视摄像头一般用于探测车身周围的盲区，盲区的存在，会大大增加交通事故发生的几率。现在车上的盲点检测，就是这个原理。在自动驾驶领域，也出现了使用侧后视摄像头来取代后视镜，避免在危险盲区发生意外。

c) 后视摄像头

后视摄像头主要用于倒车情况，用于障碍物、行人的检测，以及停车线检测等，实现安全倒车，方便停车入位。

d) 环视摄像头

环视摄像头一般是采用广角或者鱼镜头，用于低速或者超近距离感知，采集车身周围全景拼接，提供车辆四周 360°的画面。

e) 内置摄像头

内置摄像头主要用于驾驶员姿态的监控，针对疲劳、不规范驾驶等危险行为进行预警，内置摄像头需要在全工况下运行（包含暗光、夜晚、逆光等），且不受驾驶员衣着影响。

表 1.1 摄像头在 ADAS 中的功能列表

功能	摄像头类型		具体功能简介
车道偏离预警（LDW）	前视	单目/双目	车辆偏离车道时，发出警报
前向碰撞预警（FCW）	前视	单目/双目	当检测到与前车距离过近时，发出警报
车道保持辅助（LKA）	前视	单目/双目	检测本车道的车道线，当车辆即将偏离时，发出警报
行人碰撞辅助（PCW）	前视	单目/双目	监测前方道路的行人，并在可能发生碰撞时发出警报
交通标志识别（TSR）	前视	单目/双目	识别车辆前方道路两侧的交通标志
盲点监测（BSD）	侧视	广角	监控车辆盲区内障碍物
泊车辅助（PA）	后视	广角	泊车或倒车时，预测出倒车轨迹，辅助倒车



驾驶员注意力监测（DM）	内置	广角	安装在车内部，监测驾驶员开车状态
360 环视（AVM）	前侧后	鱼眼/广角	利用车辆前后的摄像头获取图像进行拼接，输出车身周围全图

1.1.4 车规级摄像头性能要求

所谓的车规级，就是需要满足车辆零部件资格和质量体系标准，目前汽车行业适用的标准为 ISO/TS 16949 和 ISO26262。前者是以 ISO9001：2008 标准为基础，确立针对汽车相关产品的设计和开发、生产以及相对应的安装与服务的质量管理体系要求，适用于整个汽车供应链的组织；后者是一项国际标准，是从电子、电气以及可编程器件功能安全基本标准 IEC61508 衍生出来的，定位在汽车行业中特定的电气器件、电子设备、可编程电子器件等专门的汽车零部件，旨在提高汽车电子、电气产品功能安全的国际标准。通俗的说法就是 16949 用于规范一般的汽车零部件供应商的质量管理体系，26262 用于车用电子、软件企业的电气产品功能安全的国际标准。

针对车规级的摄像头，因为车辆全天候全天时的运作，对光线、温度的变化都有较高的要求（如进出隧道等明暗反差过大的场合，北方冬天极寒场景等），且能够满足车辆震动的要求，所以要求自动驾驶中摄像头主要需要满足：

- 1）耐高温：车载摄像头需要在-40℃-85℃范围内都能够正常工作，且能够适应温度的剧烈变化；
- 2）抗震：车辆在路面行驶时会产生较强的震动，所以车载摄像头必须能抗各种强度的震动；
- 3）防水：车辆需要在全天候全天时工况下运行，就需要摄像头密封严实、满足在雨水中浸泡仍可正常使用；
- 4）使用寿命：车载摄像头的使用寿命至少 10 年；
- 5）高动态低噪点：车辆需要在全天候全工时状态下运行，摄像头面对的光线环境变化剧烈且频繁，所以要求摄像头的 CMOS 具有高动态性；在光线较暗时，能够有效的抑制噪点的产生；
- 6）对于某些特定功能的摄像头，如侧视摄像头、环视摄像头等，还需要水平视场角比较广。

1.1.5 摄像头的优劣势分析

相比于毫米波雷达，摄像头能够对目标类别进行准确的识别，对车道线（路沿）、红绿灯、交通标志准确的识别，同时还能够检测出车辆行驶的安全边界，对横向移动的目标具有很强的探测能力（十字路口横穿的行人、车辆进行探测和追踪）。

相比于激光雷达，其廉价的成本，精准的交通标识和信号灯的识别等都是激光雷达无法比拟的。

但摄像头受天气、光照影响较大，在极端恶劣天气下视觉传感器就会失效；且视觉测距、



测速性能远比不上激光雷达和毫米波雷达。

1.1.6 摄像头关键参数

在选择摄像头时，一般参考如下几个参数指标：有效的探测距离，水平视场角，垂直视场角，分辨率，最低照度(CMOS 对环境光线的敏感程度)，信噪比(输出的信号电压和噪声电压的比值)，动态范围(正常显示细节的最亮和最暗物体的亮度值所包含的那个区间)。

3D视觉工坊