

# 基于重型车辅助驾驶环视摄像头的防水设计

陈为<sup>1</sup> 宋小艳<sup>1</sup> 余永凯<sup>2</sup>

(1 北京航天发射技术研究所 北京 100076; 2 天津工业大学 天津 300387)

**摘要:** 针对全天候环境适应性方面要求, 研究辅助驾驶视觉系统的防水技术。鉴于辅助驾驶外挂式国产化环视摄像头的结构特点及防水密封需求, 探讨了防水功能的重要性, 并分别从密封设计和装配工艺两方面进行分析, 提出了防水设计方法。摄像头采用O形密封圈进行密封, 密封圈材料采用耐低温丁腈橡胶, 合理设计密封沟槽, 控制O形橡胶密封圈的压缩量范围。电气出线通过选用防水接插件解决防水密封问题, 同时固化光学保护玻璃的胶合工艺。通过淋雨试验及浸水试验, 验证了密封的有效性。

**关键词:** 辅助驾驶; 环视摄像头; 防水; 密封; 玻璃胶合

## 0 引言

目前, 车辆辅助驾驶的主流技术包括四类: 摄像头、超声波雷达、激光雷达和毫米波雷达<sup>[1]</sup>, 它们各自都有优缺点。早期, 只采用四类技术中的单一方法作为车辆辅助驾驶技术, 目前传感器信息融合技术在车辆安全保障研究领域受到越来越多的重视<sup>[2]</sup>, 从而保障车辆在全天候、多工况下均能安全、顺利完成任务。

环视摄像头是车辅传感器的重要组成部分, 其功能是利用多个摄像头拼接环视图像<sup>[3]</sup>进行周围环境的监视和泊车就位应用。据相关统计, 大多数重大交通事故发生在夜间道路上<sup>[4]</sup>, 因而夜间辅助驾驶技术日益重要。夜间行车时的可视距离相较于日间行车大为缩短, 且夜间行车时的光照条件更为复杂<sup>[5]</sup>, 夜视摄像头需要完成在夜间观察周围环境的功能, 为驾驶员行驶及泊车提供安全保障。

## 1 环视摄像头密封设计

环视摄像头以外挂方式安装于车辆外部, 工作环境比较恶劣, 需要经受风吹日晒, 尤其还要面对各种雨雪天气, 因此防水密封设计尤为重要。

图1所示为某重型车辆夜视环视国产化摄像头的结构示意图。不同于家用小型车辆辅助驾驶环视摄像头, 重型车辆夜视摄像头具备夜视功能, 能够在不开车灯和无路灯等情况下在山林、沙漠、丘陵等环境下实现辅助驾驶功能。由于工作环境恶劣, 一旦摄像头进水或吸入潮气, 不仅对电子器件带来影

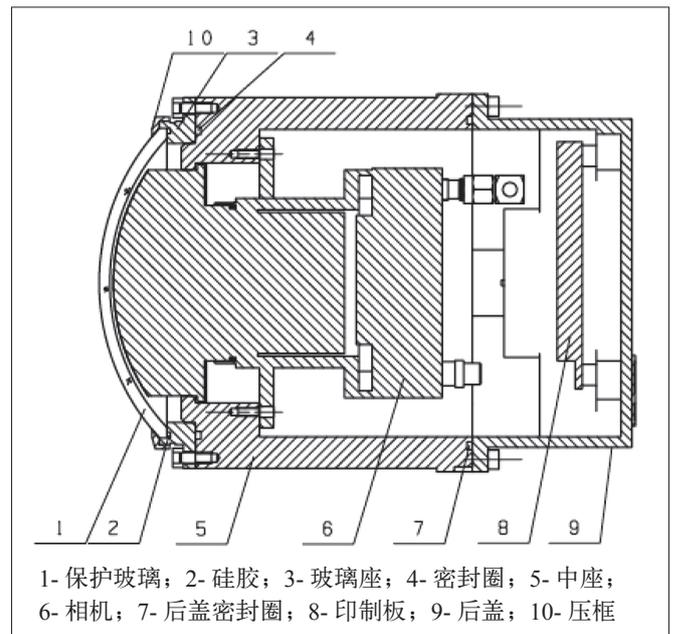


图1 环视摄像头结构示意图

响<sup>[6]</sup>, 还将直接影响图像采集功能, 甚至导致该功能丧失。

为了解决保护玻璃被风沙等划伤而带来的更换问题, 将保护玻璃先胶合在玻璃座上, 维修时仅需更换新的保护玻璃及玻璃座组合即可。电气出线通过选用防水接插件解决防水密封问题, 而其结构部分的防水密封设计主要考虑以下几个部位: 保护玻璃、玻璃座、后盖。而上述三处按防水密封设计类型可以分为两类: 结构防水设计和保护玻璃防水设计。

### 1.1 结构防水设计

摄像头壳体密封为静密封, 所谓静密封指的是两个静止面之间的密封<sup>[7]</sup>。

静密封可分为垫密封、胶密封和填料密封。垫密封对表面加工精度要求不高、成本低，但其密封效果取决于垫片形式、材料、温度和连接形式。填料密封性能好、结构紧凑、拆装方便，在箱体类、壳体类静密封中运用广泛，其中O形橡胶密封圈适用范围广泛，辅助驾驶环视摄像头结构件优先使用O形橡胶密封圈进行密封。

1.1.1 密封材料的选择

O形橡胶密封圈中最普遍使用的材料是丁腈橡胶(NBR)，其普通品种最低工作温度只有-30℃，无法满足环视摄像头-40℃工作环境的要求。因此，特别选用专门的耐低温丁腈橡胶<sup>[8]</sup>5080、5880、试5171(GJB 250A-1996《耐液压油和燃油丁腈橡胶胶料规范》)，其理化性能见表1。同时考虑橡胶材料的老化问题，设计环视摄像头密封结构时必须考虑便于对O形橡胶密封圈定期更换。

表1 耐低温丁腈橡胶胶料理化性能

序号	项目	胶料牌号		
		5080	5880	试5171
1	邵氏硬度A	80±5	83±5	77±5
2	拉伸强度不小于/MPa	14.7	9.8	10.8
3	扯断伸长率不小于/%	130	120	150
4	扯断永久变形不小于/%	6	6	6
5	低温脆性温度不小于/℃	-42	-55	-60
6	耐液压油压缩永久变形不大于/%	55	30	50
7	耐热空气扯断伸长降低率不大于/%	-	-	30

1.1.2 密封沟槽尺寸的设计

安装O形圈的密封槽结构如图2所示。

O形圈在密封沟槽内的变形及密封界面上接触压应力的分布，是影响O形密封圈性能的重要参数。摄像头壳体防水静密封槽设计采用非标准沟槽尺寸，根据O形圈的预拉伸(压缩)率、压缩率、溶胀等因素进行沟槽尺寸的设计。O形圈

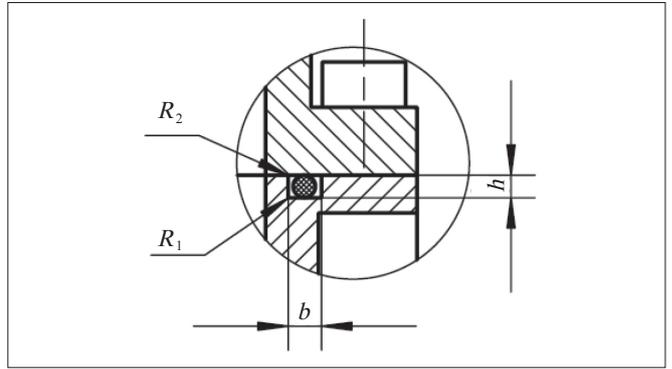


图2 密封槽结构图

表2 最大预拉伸(压缩)率

密封圈内径/mm	受内压最大预压缩率	受外压最大预拉伸率/%
10 ~ 97.5	1% 或最大 0.8mm	4
100 ~ 200	-	3
206 ~ 400	-	2

的预拉伸(压缩)率推荐值见表2，压缩率推荐值见图3。

根据环视摄像头的结构特点，设计O形圈截面直径规格为2.65mm。考虑存在高海拔工况，按受内压条件设计预压缩率为1%，截面压缩率设计为21%。依据上述O形圈参数，设计密封槽深度尺寸h的取值范围为2.1~2.2mm。

根据O形圈材料体积溶胀值来设计密封槽宽度，密封槽宽度应大于O形圈压缩变形后的最大截面直径。当O形丁腈橡胶密封圈和流体接触时，会吸收一定数量的流体，其溶胀性随不同流体而变化，因此O形圈的沟槽体积还应能适应溶胀和温度升高产生的膨胀，对于在恶劣环境下使用的产品，应按体

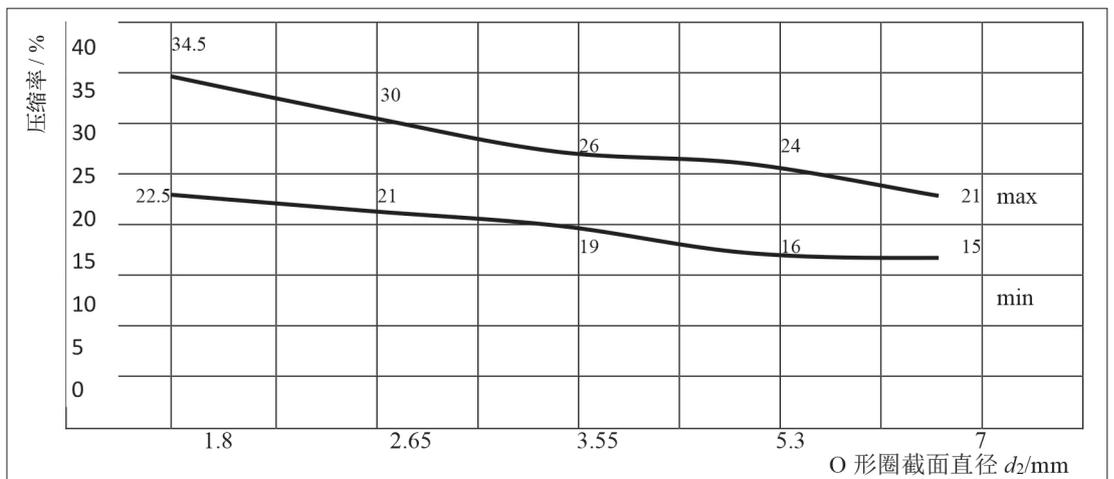


图3 推荐压缩率选用范围

积溶胀值为15%来计算。综合上述因素,设计密封槽宽度尺寸 $b$ 的值为3mm,倒角 $R_1$ 为0.2mm, $R_2$ 为0.2mm。

与O形圈接触的零件配合面的光洁度对密封效果有重要影响,光洁度偏低会导致密封圈的接触面上会产生伤痕,从而减弱密封效果。因此密封槽底面和侧面表面粗糙度 $R_a$ 值设计为 $1.6\mu\text{m}$ ,倒角表面粗糙度 $R_a$ 值设计为 $1.6\mu\text{m}$ 。同时,为保证整个接触面都能够良好密封,要求与O形圈接触的零件配合面有良好的平面度,对于有防水密封要求类的产品,平面度应优于0.05mm,而且紧固螺钉间距不大于25mm。

### 1.2 保护玻璃防水设计

环视摄像头本身不具备防水功能,需要在其外部增设保护玻璃。保护玻璃在保证透光度的同时发挥防尘防水的作用,保护内部的环视摄像头。图4所示为保护玻璃胶合安装示意图。

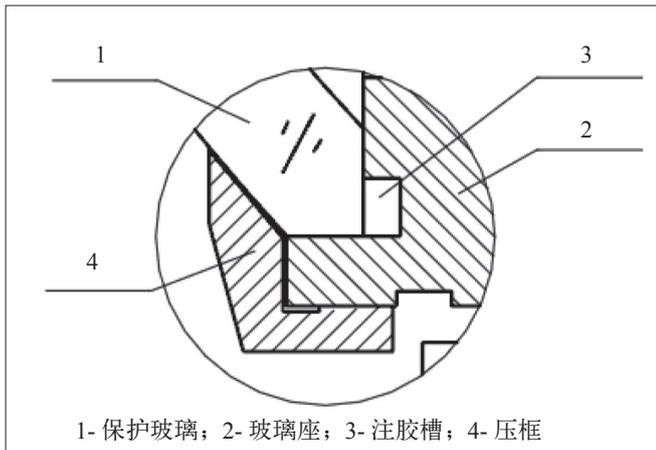


图4 保护玻璃胶合安装示意图

为了保证保护玻璃的防尘防水效果,胶合安装保护玻璃的过程中应注意以下要点:

- (1) 检查保护玻璃,不允许出现裂纹、破损、气泡等缺陷;
- (2) 检查玻璃座上保护玻璃的安装面,精度满足设计要求,无毛刺、漆点等缺陷;
- (3) 在槽中连续均匀注入适量黑色硫化硅橡胶,将保护玻璃放入玻璃座的配合孔内,并轻轻转动一周,使涂胶均匀连续无断裂无气泡无杂质等;
- (4) 将金属压块压在保护玻璃上静置24h;
- (5) 将压框旋入玻璃座,螺纹上涂虫胶,并在保护玻璃与压框之间,以及玻璃座与压框之间连续填上透明硫化硅橡胶,静置24h。

## 2 试验验证

### 2.1 试验目的

通过试验来验证环视摄像头在淋雨环境、浸水环境条件下的密封性能。

### 2.2 试验方法

将环视摄像头放置在淋雨设备内,如图5、图6所示,淋雨强度设置为 $8\text{mm}/\text{min}$ ,保持30min。保持时间结束后,停止喷淋,擦干外表面积水。检查产品有无渗漏水现象,并对产品进行绝缘检查。在气温 $(40\pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ ,相对湿度90%~95%条件下,绝缘电阻不小于 $2\text{M}\Omega$ 。

按照IPX7级浸水等级的要求对环视摄像头进行浸水试验,如图7所示。将环视摄像头放入水中,使其顶部距离水面0.5m,连续30min。保持时间结束后,取出摄像头,擦干外表面积水。检查产品



图5 淋雨试验间

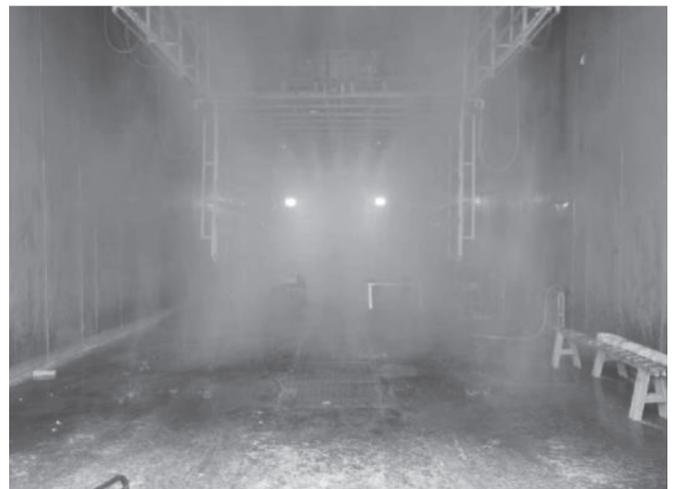


图6 淋雨试验

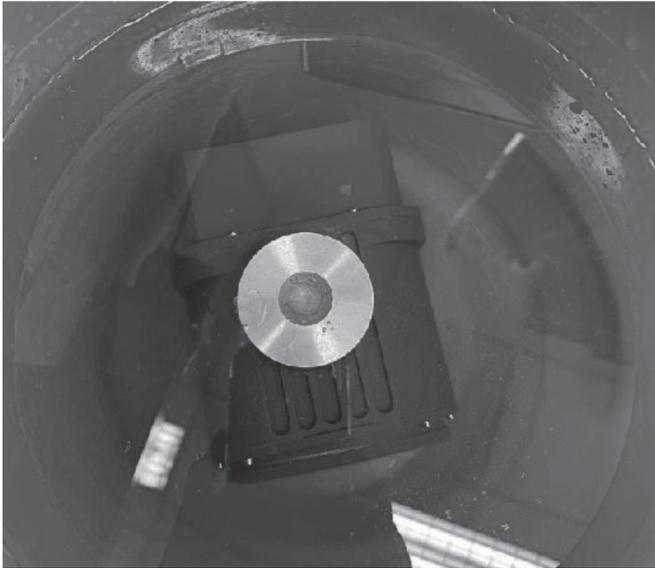


图7 IPX7级浸水试验

有无渗漏水现象，并对产品进行绝缘检查。在气温 $(40\pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度90%~95%条件下，绝缘电阻不小于 $2\text{M}\Omega$ 。

### 2.3 试验结果

淋雨结束后，擦干摄像头外表面的水并晃动摄产品，然后透过保护玻璃目视检查产品内部无渗漏水现象。并对产品进行绝缘检查，绝缘检查结果为无穷大。试验结果满足防水设计要求。

浸水结束后，擦干摄像头外表面的水并晃动摄产品，然后透过保护玻璃目视检查产品内部无渗漏水现象。并对产品进行绝缘检查，绝缘检查结果为无穷大。试验结果满足防水设计要求。

## 3 结语

环视摄像头防水密封问题是重型车辆辅助驾驶的

关键技术之一。本文采用结构防水设计及保护玻璃防水设计，有效解决了重型车辆辅助驾驶外挂式环视摄像头的防水密封问题。针对样机开展了淋雨试验和浸水试验考核，产品达到了电子测量仪器IPX7级防水等级的要求。试验结果表明，采用结构O形圈防水设计及玻璃胶合防水设计是可行的，研究结果可供完全暴露于户外的同类产品参考。

### 参考文献：

- [1] 李原. 毫米波雷达在车路协同系统中的应用研究[J]. 工业控制计算机, 2020, 33(1): 44-46+50.
- [2] 王荣本, 郭烈, 金立生. 智能车辆安全辅助驾驶技术研究近况[J]. 公路交通科技, 2007, 24(7): 107-111.
- [3] 何川, 周军. 具有直线结构保护的网格化图像拼接[J]. 中国图象图形学报, 2018, 23(7): 973-983.
- [4] 诸葛晓宇. 汽车夜视技术研究分析[J]. 轻型汽车技术, 2012(1): 3-5.
- [5] 李堃, 黎向锋, 杨振泰, 等. 基于夜间辅助驾驶的图像预处理方法研究[J]. 机械制造与自动化, 2020, 49(2): 162-165.
- [6] 吴广峰, 宋伟玲. 电子产品的防水方式及其发展趋势[J]. 科技视界, 2017(3): 123-124.
- [7] 汪启彬. 新型静密封材料及其应用[J]. 当代化工研究, 2017(5): 2-3.
- [8] 杨金蒙, 杨斌, 李云龙. 用分子动力学模拟研究丁腈橡胶/顺丁橡胶共混胶的相容性及耐低温性能[J]. 合成橡胶工业, 2020, 43(4): 291-295.

作者简介：陈为（1978.10-），男，汉族，河北唐山人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：精密机械设计。