

抬头显示系统（HUD）

标准需求研究报告

汽标委智能网联汽车分标委

HUD 系统标准需求研究项目组

2021 年 7 月 27 日

目 次

前 言.....	1
1 HUD 概况.....	1
1.1 HUD 起源和发展.....	1
1.2 汽车 HUD 发展.....	1
2 HUD 分类和构成.....	2
2.1 HUD 分类.....	2
2.1.1 C-HUD (Combiner-HUD 组合型抬头显示系统)	2
2.1.2 W-HUD (Windshield-HUD 挡风玻璃抬头显示系统)	3
2.1.3 AR-HUD (Augmented Reality HUD 增强现实型抬头显示系统)	3
2.2 HUD 构成.....	4
2.2.1 光学显示系统.....	4
2.2.2 图像生成单元 (Picture Generation Unit, 简称 PGU)	5
3 HUD 技术现状.....	6
3.1 HUD 技术研究.....	6
3.1.1 C-HUD 技术.....	6
3.1.2 W-HUD 技术.....	7
3.1.3 AR-HUD 技术.....	8
3.2 HUD 一般功能.....	9
3.3 HUD 性能.....	10
3.4 HUD 人机界面.....	11
3.4.1 显示内容和显示模式.....	11
3.4.2 显示区域分类.....	12
3.4.3 交互方式.....	13
3.5 HUD 测试内容.....	13
4 法规符合性分析.....	13
5 标准现状分析.....	14
5.1 标准现状.....	14
5.2 标准化的必要性.....	15
6 标准化建议.....	15

前 言

衷心感谢参与研究报告编写的各个单位和组织：广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、中国汽车技术研究中心有限公司、惠州市华阳多媒体电子有限公司、东风汽车集团股份有限公司技术中心、现代汽车研发中心（中国）有限公司、安徽江淮汽车集团股份有限公司、爱驰汽车（上海）有限公司、杭州炽云科技有限公司、江苏泽景汽车电子股份有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、未来（北京）智能科技有限公司、中国第一汽车集团有限公司、上海汽车集团股份有限公司技术中心、惠州市德赛西威汽车电子股份有限公司、本田技研工业（中国）投资有限公司、通用汽车（中国）投资有限公司、北京现代汽车有限公司、泛亚汽车技术中心有限公司、东风商用车有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、华为技术有限公司、长城汽车股份有限公司、厦门金龙旅行车有限公司、大众汽车（中国）投资有限公司、阿利昂斯汽车研发（上海）有限公司。

主要编写人：林剑伟、张世琦、温永发、张路、陈晓伟、王波、程周、黎艳杨、牟文珺、赖嘉涛、黄慧丽、李立安、任广乐、王云帆、管晋、张廷瑞、吕涛、高海龙、裴健、吴慧军、羊绍林、王淑琴、罗雪、张冀青、陈丽芳、郭建新、廖剑雄、胡乾、张志祥、陈建强、陆欢、金银敬、谢聪、朱晓钦、夏天、夏然飞、高小龙、汤家杰、汪明霞、王金奎、苗壮、刘航、隋琳琳、张晓龙、李建冰、尤双和、张文超、陈波雷、陈亮。

1 HUD 概况

1.1 HUD 起源和发展

HUD，英文全称 Head-up display，中文翻译为“抬头显示系统”或“平视显示系统”。最初仅作为军用战斗机的显示系统，飞行员不必低头，即可透过风窗看到所需的重要信息。目前，此项产品技术已移植到汽车上应用。HUD 将驾驶员驾驶所需的车速、导航、车辆状态与驾驶辅助等信息通过风挡玻璃成像在驾驶员视野正前方，可有效避免驾驶员低头查看手机导航、汽车仪表、汽车中控屏等视觉终端上的显示信息，便于专心驾驶，降低道路交通安全事故发生的概率。



图 1-1 最初为军用战斗机的显示系统



图 1-2 军用战斗机的 HUD 引入到汽车上应用

1.2 汽车 HUD 发展

20 世纪 80 年代初期，HUD 最早出现在概念车上，当时的定位和功能比较模糊，只是某些汽车厂商的噱头之一。随 HUD 技术的持续改进进步，其功能越来越丰富，实用性大幅提高。1988 年，通用汽车在 Oldsmobile Cutlass Supreme Indy 500 Pace Car 上应用了 HUD，是世界上首款采用 HUD 技术的汽车。最初的汽车 HUD 系统显示的信息有限并且颜色单一。

自此之后，HUD 系统开始逐渐装备在跑车和高档轿车中，且其技术开始朝着信息化、数字化的方

向发展。

1997年，通用在其车型“Corvette”第五代车型上首次搭载了彩色显示 HUD。

2003年，宝马成为了欧洲第一家使用 HUD 技术的汽车公司，随后奔驰、奥迪等豪华汽车品牌陆续加入使用 HUD 的厂商阵容。

当下，HUD 在汽车领域还未普及。究其原因主要有两方面：一是 HUD 在汽车领域的技术发展还没有达到最佳，成像效果未完全满足需求预期；二是 HUD 成本高昂。

随着 2020 年奔驰 S 级 AR-HUD（增强现实型抬头显示系统）的发布，HUD 市场再次进入一个高潮。AR（增强现实）技术令导航信息与实际路面信息叠加，导航信息的显示更为直接且易于理解。且 AR-HUD 结合 ADAS 功能，可以实时进行道路危险警示和预告路况，提升驾驶安全性，国内某些车企正在或已经进入相关领域进行研究工作。

随着人们对驾驶安全意识的不断增强，科学技术的不断发展，HUD 系统会不断普及到中低档汽车中，让普通人也能享受到科技带来的安全享受。HUD 系统可和相关驾驶辅助系统互联互通共享数据，为驾驶员提供更为安全可靠的驾驶数据直观显示。

2 HUD 分类和构成

2.1 HUD 分类

HUD 主要可分为 C-HUD（Combiner-HUD 组合型抬头显示系统）、W-HUD（Windshield-HUD 挡风玻璃抬头显示系统）和 AR-HUD（Augmented Reality HUD 增强现实型抬头显示系统）。C-HUD 将重要驾驶信息投影在车内仪表上方的“半透明树脂板”上，该成像介质独立于挡风玻璃；W-HUD 将重要驾驶信息通过汽车前挡风玻璃投影，与 C-HUD 相比，W-HUD 与整车的一体性好，也可以实现更大的显示画面；AR-HUD 可结合现实场景与导航信息，将 ADAS 警示信息与提示信息实时动态呈现，更大程度上帮助驾驶员规避道路风险。

2.1.1 C-HUD（Combiner-HUD 组合型抬头显示系统）

C-HUD 通过放置于汽车仪表上方、仪表板顶部的一个半透明的树脂板作为投影介质反射出虚像，一般会根据成像条件对树脂板进行特殊处理，树脂板通常做成楔形避免反射重影，提升显示效果。此方案在三种 HUD 方案中成本最低，但其弊端亦较为明显，主要表现在三个方面：

- ①成像区域小、显示内容有限；
- ②成像距离近，成像高度较低；
- ③C-HUD 置于驾驶员前方的仪表板上方，在车辆碰撞时可能会对驾驶员产生二次伤害。

目前，正因为 C-HUD 存在这些弊端，C-HUD 逐步边缘化。



图 2-1 C-HUD

2.1.2 W-HUD (Windshield-HUD 挡风玻璃抬头显示系统)

W-HUD 有多种技术路线，包括基于曲面反射镜放大成像，基于全息光学元件 (HOE) 放大成像，以及基于全息光波导 (Waveguide) 放大成像。HOE 和 Waveguide 目前都处于早期验证阶段，因此本文仅讨论基于曲面反射镜成像方案的 W-HUD。W-HUD 采用 TFT-LCD (薄膜晶体管液晶显示屏) 作为图像生成单元是当前主流技术，随着技术发展，DLP (数字光处理技术) 也逐渐被作为图像生成单元来使用，并在部分高端车型上得到应用。

W-HUD 使用前挡风玻璃作为成像介质来反射成像，可支持更大的成像区域和更远的投影距离，由于没有 C-HUD 所必须要使用的额外成像介质，显示效果更为一体化。但由于挡风玻璃一般为曲面反射镜，因此 W-HUD 需根据挡风玻璃的尺寸和曲率去适配高精度曲面反射镜，该产品光学结构相对复杂，成本相对较高，高成本在一定程度上限制了 W-HUD 的市场占有率。W-HUD 目前主要应用中高端车型中，也正在向中低端车型普及。



图 2-2 W-HUD

2.1.3 AR-HUD (Augmented Reality HUD 增强现实型抬头显示系统)

AR-HUD 与 W-HUD 一样使用前挡风玻璃作为成像介质来反射成像，并可采用 TFT-LCD (薄膜晶体管液晶显示屏技术)、LCOS (硅基液晶技术)、DLP (数字光处理技术) 以及 MEMS (激光扫描技术) 等方案生成图像元素，成像单元上的图像通过反射镜最终反射到挡风玻璃，但与 W-HUD 只可显示简易平面仪表信息不同的是，AR-HUD 需要将投射信息与道路交通环境进行高度融合，例如行驶过程

中前方障碍物/危险物贴合和车道偏离警示与车道线的贴合等。因此 AR-HUD 对光学设计及软件、硬件系统开发都提出了较传统 W-HUD 更高的要求。W-HUD 一般只需要投影距离为 2~3 米左右的虚像图像即可满足使用要求，而 AR-HUD 则一般需要成像更远，画面更大的虚像，甚至有两层不同距离的虚像的 AR-HUD。对于有两层虚像的 AR-HUD，近层虚像显示常规的平面信息，远层虚像则显示与实际路况融合的 AR 增强信息。

AR-HUD 较 W-HUD 成像区域更大、投射距离更远，成像上也更为生动直观。AR-HUD 将信息叠加显示在真实道路场景上，实现这一特性需要通过前视摄像头或其他传感器例如毫米波雷达、激光雷达等对前方的路况进行解析建模，得到对象的位置、距离、大小等要素，再把 HUD 显示的信息精准地投影到对应的位置。AR-HUD 显示效果出众，是 HUD 的发展方向，且 HUD 与整车感知决策深度融合是未来的发展趋势，是智能座舱解决方案和 ADAS 整体解决方案的重要部分。



图 2-3 AR-HUD

2.2 HUD 构成

HUD 系统主要由光学显示系统和图像生成单元构成。

2.2.1 光学显示系统

C-HUD, W-HUD 和 AR-HUD 的光学显示系统一般都包括平面反射镜，曲面镜，调节电机及控制单元。挡风玻璃对于 W-HUD 和 AR HUD 来说，虽然是光学显示系统中必不可少的一部分，但并不是 HUD 的组成部件，属于独立的单元。HUD 控制单元与车辆数据总线连接，获取车速、导航、驾驶辅助等信息，并在图像生成单元输出图像。

主要差异在于：

1) C-HUD 的成像介质为放置于仪表板上方的一个有一定程度透明的树脂曲面镜。其反射率一般为 30%左右，不大于 70%。C-HUD 由于不依赖挡风玻璃成像，故不需要根据车型挡风玻璃数据的不同而定制，易作为标准件适用于大部分车型，故 C-HUD 也易于作为后装产品存在。

2) W-HUD 与 AR HUD 的曲面镜虽然也是光学显示系统的一部分，但最终需要通过挡风玻璃成像。所以一般意义上来说，W-HUD 与 AR HUD 需要根据每款车型重新设计，难以做成标准件。前挡风玻璃的结构有内外两层玻璃，内外两层玻璃之间存在一层 PVB 薄膜夹层，若将 HUD 图像通过普通挡风玻

璃投射，在玻璃厚度和倾斜角度作用下，很容易形成虚像重影，投射效果差。为了消除重影，现在主流的方案是将玻璃夹层内 PVB 夹层制成楔形，玻璃总成呈上厚下薄的状态。

2.2.2 图像生成单元（Picture Generation Unit，简称 PGU）

一个图像生成单元包含了光源、光学膜片以及其他光学组件，用以生成 HUD 输出图像。目前应用于 HUD 的主要图像生成单元包括 TFT-LCD、DLP、MEMS，以及 LCOS 等多种技术。不同的图像生成单元其光源和光学组件也完全不同，所需要的技术也完全不同。

1) TFT-LCD 技术（薄膜晶体管液晶显示屏技术）

TFT 为 LCD 液晶显示技术中的一种，基于 TFT-LCD 的图像生成单元，其原理是 LCD 被背光源照亮后，通过集成在 LCD 面板每个像素点背后的薄膜晶体管驱动液晶分子旋转改变光源偏振状态，从而呈现不同的明暗灰度，再通过 RGB 滤色片呈现彩色图像，因此能够做到高响应速度、高亮度、高对比度地显示图像信息。由于技术成熟、成本低廉，当前各大 HUD 供应商普遍采用 TFT 方案。

TFT-HUD 的优势包括：

- ①方便应用于 3D 和 AR 设备；
- ②技术应用成熟，成本低；
- ③生命周期长；
- ④色度可靠，通过显示器标定进行控制。

TFT-HUD 的劣势包括：

- ①TFT-LCD 由于透过率一般小于 8%，所以对于 TFT-LCD 的热管理难度较大，需要有良好的背光设计才可以做到低功耗、高亮度；
- ②由于 AR HUD 成像距离较远，TFT-LCD 距离曲面镜的焦平面较近，阳光回灌导致的热效应会更加明显。因此，需要更多热管理方面的光学设计。

2) DLP 技术（数字光处理技术）

DLP 是一种以数字微镜装置作为主要光学控制元件调节反射光，并在匀光片上实现投射图像的投影技术，其亮度高、分辨率高、对比度优异，但其设计难度与生产成本均高于 TFT 技术。

DLP 技术是美国德州仪器的专利技术，通过集成了数十万个超微型镜片的 DMD（数字微镜芯片），可以将强光源经过数字系统计算反射后投影出来。

DLP-HUD 的优势包括：

- ①因该图像生成单元的 HUD 前端有一个成像的扩散板（幕），故热效应不严重；
- ②图像明亮度、颜色饱和度等表现较佳。

DLP-HUD 的劣势包括：

- ①图像对位、清晰度、锐度、重影、失真等问题；
- ②成本较高。

3) MEMS 技术（激光扫描技术）

MEMS 技术使用具有较高功率的红、绿、蓝（三基色）单色激光器为光源，激光经相应的光学元件和处理芯片的整合与扫描后投射在显示屏上，该方案色域空间大、色饱和度高、分辨率高，但目前 MEMS 存在的主要问题是滤光激光器耐温性能不足，满足环境亮度情况下自身发热较大，现阶段在高温下工作亮度达不到要求。

MEMS-HUD 的优势包括：

- ①低能耗；
- ②高亮度；
- ③大视场；
- ④高对比度。

MEMS-HUD 的劣势包括：

- ①激光二极管不耐高温，暂无法满足车载高温工作环境要求；
- ②激光二极管目前价格昂贵，相对使用其他投影技术，激光 HUD 无成本优势；
- ③当激光投影扫描速度高于所成像的临界闪烁频率，就可以满足人眼“视觉残留”的要求，人眼就可清晰观察，否则就有“视觉残留”现象。

3 HUD 技术现状

3.1 HUD 技术研究

3.1.1 C-HUD 技术

1) 成像原理

C-HUD 自带成像介质，通过成像介质将图像成像于驾驶员正前方视野。

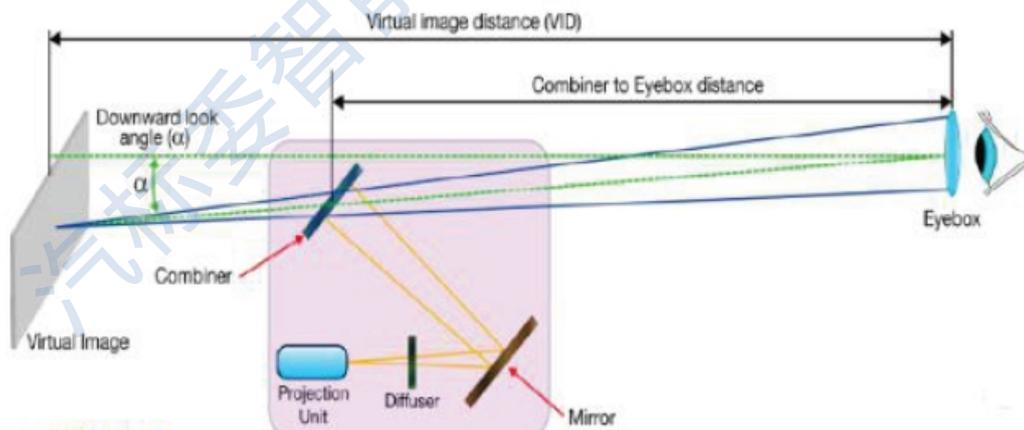


图 3-1 C-HUD 成像原理

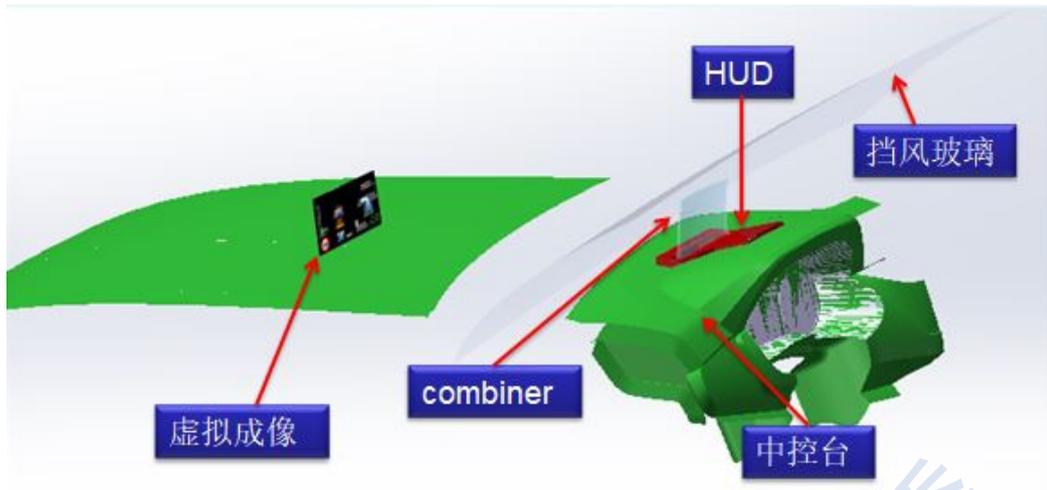


图 3-2 C-HUD 整车布置示意图

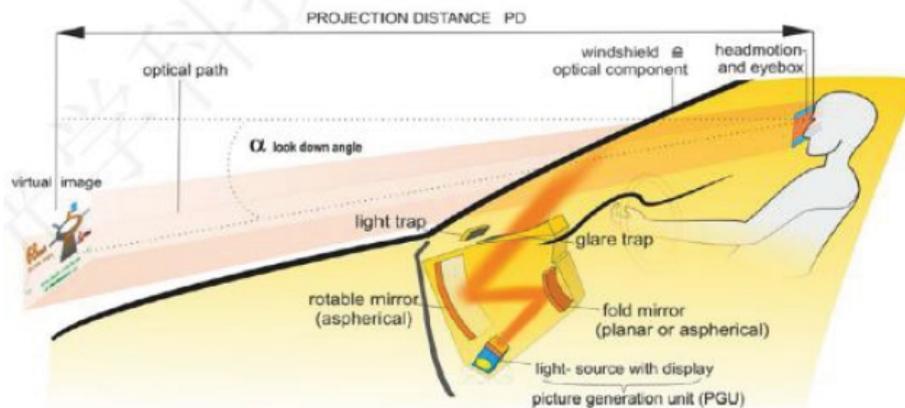
2) 规格参数

项目	C-HUD 规格参数值
视角 FOV	4°×1.5°~6°×3°
成像投影距离	1.2~2.5m
下视角	5°~7°
左视角	0°
成像像素分辨率	≥75pix/°
眼盒尺寸	≥130mm×50mm (±50mm)
成像单元类型	1.12/1.8 inch TFT
成像单元分辨率	360×180/480×240
最高亮度	5000~10000cd/m ²

3.1.2 W-HUD 技术

1) 成像原理

W-HUD 使用前挡风玻璃作为成像介质来反射成像。



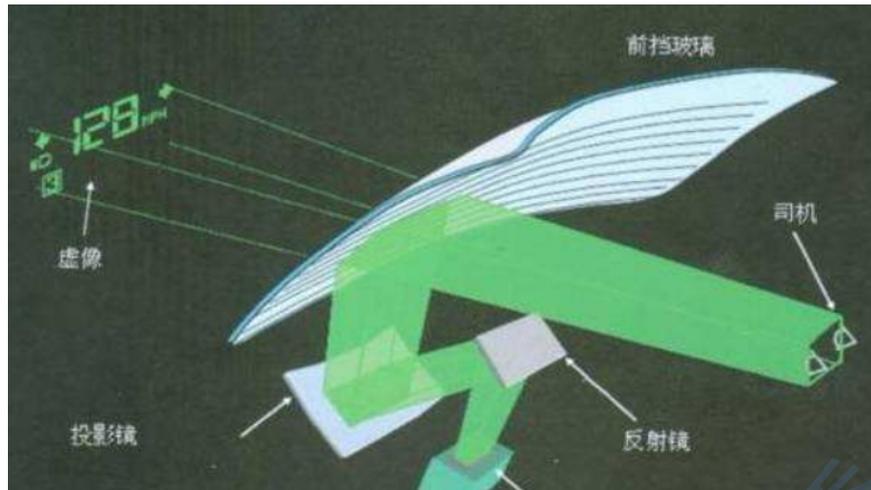


图 3-3 W-HUD 成像原理图

2) 规格参数

项目	W-HUD 规格参数值
视角 FOV	一般为 $3^{\circ} \times 1^{\circ} \sim 8^{\circ} \times 3^{\circ}$ ，个别上限达 $10^{\circ} \times 3^{\circ}$
成像投影距离	一般为 1.5m~2.5，个别上限达 4.5m
下视角	一般为 $3.5^{\circ} \sim 5.5^{\circ}$ ，个别下限到 3°
左视角	0°
成像像素分辨率	$\geq 75 \text{pix}^{\circ}$
眼盒尺寸	$\geq 130 \text{mm} \times 50 \text{mm}$ ($\pm 50 \text{mm}$)
成像单元类型	1.8/2.6/3.1 inch TFT
成像单元分辨率	400×150/480×240/800×480/800×480
最高亮度	$\geq 10000 \text{cd/m}^2$

3.1.3 AR-HUD 技术

1) 成像原理

AR-HUD 同样使用前挡风玻璃作为成像介质来反射成像，较 W-HUD 而言，AR-HUD 成像区域更大、成像距离更远，成像效果也更为生动直观。

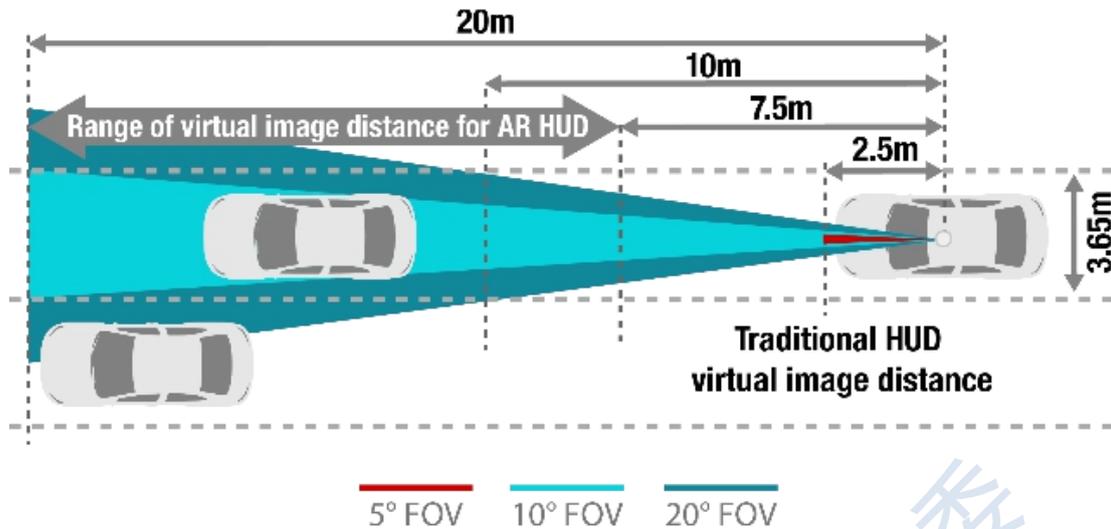


图 3-4 AR-HUD 成像覆盖示意图

H-FOV 为 10° 时，20 米距离可覆盖单车道，60 米距离覆盖三车道，即可将要呈现的信息与道路交通环境融合，达到目前最优的显示效果。

2) 规格参数

项目	AR-HUD 规格参数值
视角 FOV	一般为 $10^\circ \times 3^\circ \sim 12^\circ \times 5^\circ$ ，个别上限达 $13^\circ \times 5^\circ$
成像投影距离	一般为 $\geq 7\text{m}$ ，个别 $\geq 4.5\text{m}$
下视角	$1 \sim 3^\circ$
左视角	0°
成像像素分辨率	$\geq 75\text{pix}/^\circ$
眼盒尺寸	$\geq 130\text{mm} \times 50\text{mm}$ ($\pm 50\text{mm}$)
最高亮度	$\geq 12000\text{cd}/\text{m}^2$
延时（从接收到输出显示）	$\leq 50\text{ms}$

3.2 HUD 一般功能

1) 虚像显示功能

作为 HUD 最基本并最核心的功能，可显示车辆基本车息、车辆报警信息、导航信息、辅助驾驶信息、娱乐信息等。AR-HUD 可将 ADAS、导航、车辆等信息融合，并将显示内容与实际道路交通环境匹配进行 AR 增强显示，实现真正意义上的所见即所得。

2) 虚像高度调节功能

不同驾驶员可根据自身坐姿来调节 HUD 显示虚像的高度来满足视觉舒适性的需求，调节方式一般为手动调节。

3) 虚像亮度调节功能

HUD 可根据外部环境亮度变化进行自适应调节，获取外部环境亮度变化信号的阳光传感器有两种：一种是 HUD 自带阳光传感器，另外一种是通过车上阳光传感器；HUD 还可以通过手动操作调节亮度。

4) 虚像倾角调整功能

目前，部分 HUD 产品支持虚像画面倾角调整（顺时针或逆时针调整）。

5) 显示内容自定义屏蔽

HUD 虚像画面越大，可承载的信息更多，但未必满足不同驾驶员的兴趣和习惯，可允许驾驶员手动屏蔽部分功能，如导航、限速信息等；另外，目前部分 HUD 产品支持虚像画面风格切换。

6) 过温保护

需关注系统的热量管理，在内部温度超出工作温度一定范围时应及时干预，降低或关闭系统输出以保护光源模组。

7) 软件升级

支持总线升级或 OTA 升级。

3.3 HUD 性能

类型	项目	规格参数值
光学（图像）性能	最高亮度	C-HUD: 5000~10000cd/m ²
		W-HUD: ≥10000cd/m ²
		AR-HUD: ≥12000cd/m ²
	虚像畸变	眼盒中心≤3% 全眼盒≤5%
	眼盒大小（Eyebox）	≥130mm×50mm（±50mm）
	亮度均匀性	≥80%
	对比度	≥1000:1
	重影	中心眼盒≤2'，上下眼盒≤3'
	杂散光范围	≥300mm×200mm
	虚像距离 VID	C-HUD: 参照 3.1.1
		W-HUD: 参照 3.1.2
		AR-HUD: 参照 3.1.3
	下视角	C-HUD: 参照 3.1.1
		W-HUD: 参照 3.1.2
		AR-HUD: 参照 3.1.3
左视角	C-HUD: 0°	
	W-HUD: 0°	
	AR-HUD: 0°	
视场角 FOV	C-HUD: 参照 3.1.1	
	W-HUD: 参照 3.1.2	
	AR-HUD: 参照 3.1.3	

	虚像倾斜度	$\leq \pm 2^\circ$
	虚像清晰度	眼盒中心 MTF > 0.3 lp/mm 全眼盒 MTF > 0.1 lp/mm
	色温	5000K~9000K
可靠性	电气性能	按 GB/T 28046.2—2019 相关要求
	机械性能	按 GB/T 28046.3—2011 相关要求
	防尘防水性能	按 GB/T 30038—2013 相关要求
	环境耐候性	按 GB/T 28046.4—2011 相关要求
	化学负荷	按 GB/T 28046.5—2013 相关要求
特殊要求	阳光倒灌	全功率工作情况下能够直接承受 30min 的日光直射
电磁兼容	电磁兼容性能	按汽车领域相关国家标准要求
其它要求	反射镜旋转次数	室温下 ≥ 20000 次
	冷启动时间	$\leq 6s$
	正常工作电压	9V ~ 16V
	静态电流	AR-HUD $\leq 0.3mA$; W-HUD/C-HUD $\leq 0.1mA$
	最大工作电流	$\leq 2.5A@12V$
	刷新率	$\geq 30Hz$

针对 AR-HUD，虚像显示内容与实景路况融合后的叠加效果需另外考虑：

AR-HUD 虚像实时性：各关联信息传输于 AR-HUD 处理器融合处理再输出虚像，此过程一定存在延时，但虚像延时影响驾驶安全与驾驶体验。

AR-HUD 虚像稳定性：车辆在行进过程中存在加速、减速、颠簸等情况，车辆整体因此前后倾角存在实时变化，导致 AR-HUD 虚像与实景的贴合存在“上下漂浮”等不稳定现象，影响驾驶安全和驾驶体验。

AR-HUD 虚像准确性（贴合度）：AR 增强现实显示的形式是与外界实景匹配显示，若存在较大错位将影响驾驶安全和驾驶体验。

3.4 HUD 人机界面

3.4.1 显示内容和显示模式

下面是现有 HUD 产品的界面元素和布局特征：

企业	HUD 可提供信息	显示模式
宝马	车速、巡航控制、导航、检查控制信息、音乐、电话、限速、FM、并线提示、主动车速保持、车门和尾部开关状态提示、主打巡航控制	车载硬件配置了传感器，能够感知多种情境因素，界面自适应改变信息排布
奔驰	车速、转速、导航、时间、限速、主动车道保持、自适应巡航控制	提供两种不同模式（普通模式和 AMG 模式）
凯迪拉克	车速、转速、导航（路名、箭头、距离、行驶方向）、音频、警示标志、电话、音乐	提供三种个性化显示界面

奥迪	车速、导航、转速、自适应巡航控制、限速、夜市辅助系统警告、警示信息、天气、定速巡航、主动车道辅助显示	自适应相关情境信息
雷克萨斯	车速、限速、导航（行驶方向、车道、距离）、车道偏离警示、调频、档位	提供三种个性化显示界面
现代	车速，导航，警告灯，自适应巡航，车道辅助系统，音乐，FM/AM，警告标示	可自定义选择部分显示信息

HUD 承载两类信息：车辆信息和外界信息。

1) 车辆信息

指车辆本身的状态信息，这类信息能够反映车辆当前的状态，这类信息一般可通过 CAN 总线获取，主要包括以下四类：

- ①核心信息：是与传统指针仪表信息同步的，如车速、转速、里程、油量等；
- ②行车中出现的提示信息，常规显示内容有：档位、转向指示灯、远光灯、前后雾灯、车内温度、瞬时油耗等；
- ③警示指示信息：安全带提醒、燃油/电量不足、发动机状态、车门状态、驻车状态、机油剩余量、安全气囊状态、风窗玻璃洗涤剂清洗液存量、EPR 电子油门等；
- ④不同车型的附加功能信息：四驱模式、驾驶模式如雪地模式、天窗及车窗开启状态、车内温度控制、座椅状态、底盘状态等。

2) 外界信息

是 HUD 与车外环境进行交互，获取和显示更多外界信息，主要包括 5 大模块信息：出行、安全、生活、智能办公、娱乐等。

- ①出行：包含有定位、地图、导航、行人/障碍物检测、车道保持辅助等信息；
- ②安全：结合 ADAS 功能在驾驶过程中反馈道路交通实时状况，辅助驾驶员安全驾驶，包括但不限于
- ③超速预警、前车预警、车距信息提示、道路交通信号灯提示、道路安全预警、远程故障诊断信息等；
- ④生活：违章信息反馈、保养提醒、停车场车位信息、代驾预定等；
- ⑤智能办公：微信、邮件、电话、语音或视频会议、文档处理等；
- ⑥娱乐：部分娱乐功能如音乐和电台的播放控制、音量控制、影音媒体播放及控制、其他移动互联网功能等。

以上，HUD 虚像画面尺寸有限，显示内容的多少可由各主机厂按需定义，另外也需考虑显示信息的优先级问题。

3.4.2 显示区域分类

HUD 界面目前提倡允许用户自定义，但仍需进行规范，过多种类的显示会给驾驶员带来无益的视

觉负荷。前述 HUD 所承载的功能和信息，其辅助驾驶的界面信息可以按重要程度分为三类：

- 1) 核心和重要功能区域：持续显示，或随行车状况的变化自动同步激活显示；
- 2) 次要辅助功能区域：层级交替共享显示；
- 3) 随机区域：基于车联网和大数据的实时信息，根据实时道路与车辆状态信息进行显示。

某些局部的界面空间可以根据用户的使用频率和关注度，自定义设置相关信息的显示内容与方式。如有人关注瞬时油耗，有人更关注续航里程。数据可以用图形或数字字符显示，不同的用户也有其各自的偏好。在最终显示的主界面中，要对显示的信息总量进行控制，毗邻陈列的界面信息除了以类型分组也会通过视觉设计对不同的信息进行强调和削弱。在同一层级中区分主次，一般通过色彩、亮度、距离视觉焦点位置来实现。

此外，大部分生活、办公、娱乐功能的信息不属于辅助驾驶界面的显示内容，可以将其设置为低车速或驻车状态下才在 HUD 虚像界面上显示，而此时它们可以占据核心功能显示的区域。这类界面可采用移动互联网信息扁平化的模式来构建，以确保其操作的便捷。

3.4.3 交互方式

驾驶员可通过中控和方向盘按键等外部手控端口，手动调节 HUD 开关、虚像高度、虚像亮度、显示内容设置等。



图 3-5 HUD 调节设置示意图



图 3-6 HUD 显示内容设置示意图

3.5 HUD 测试内容

目前，HUD 测试规范、测试方法按各主机厂的要求执行。

HUD 应测试 3.3 中所述性能要求，此外，还应测试下述软件功能。

1) 软件功能测试

软件功能测试相关，不同主机厂因其通信方式、信息传递接口（如以太网、CAN、CANFD、LVDS 等）不同，导致测试方法及测试用例存在较大的差异。目前市场上主流的测试手段为建立模拟座舱或测试台架进行模拟测试，与实车测试相比可缩短测试周期、增加覆盖场景和环境变化。

4 法规符合性分析

汽车强制性标准对 HUD 系统形成制约主要体现在 GB 11562-2014《汽车驾驶员前方视野要求及测

量方法》和 GB 7258-2017 《机动车安全运行条件》中“11.1.2 机动车驾驶室应保证驾驶人的前方视野和侧方视野”。相关已存在强制性标准的目的：保证驾驶员具有足够的前方视野，保证驾驶安全。

GB 11562-2014《汽车驾驶员前方视野要求及测量方法》主要检测风窗玻璃及其周围一些部件对驾驶员前方视野的阻碍情况。标准条款 4.4 要求“驾驶员前方 180° 视野范围内，除 A 柱、排气通风口、三角窗分隔条、车外无线电天线、后视镜和风窗玻璃刮水器等造成的障碍外，不得有其他障碍。”

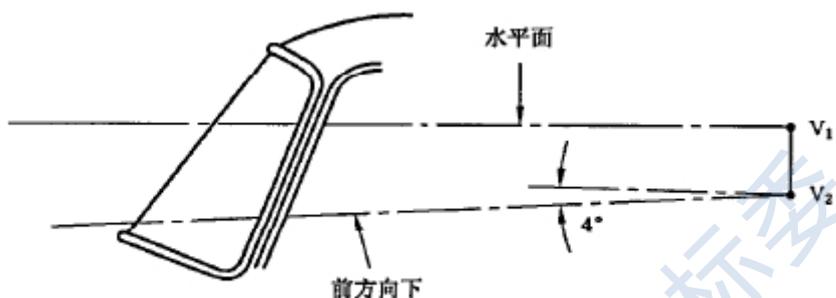


图 4 驾驶员前方 180° 内视野评价

因制定此标准时并没有 HUD 技术，故未考虑 HUD 等新技术投射的虚拟图像对驾驶员前方视野的影响及考核。针对 HUD 投射的虚像是否属于“障碍”，标准中尚无明确定义。且 HUD 系统投射的虚像有静态和动态两种状态，AR-HUD 的动态虚像可能会处于驾驶员前方 180° 视野范围内。

5 标准现状分析

5.1 标准现状

国际上目前已发布的 HUD 相关标准仅有 SAE/J1757-2: 2018。此标准为汽车抬头显示光学试验方法标准，用于评估 HUD 的硬件显示质量标准化试验方法为确保虚像相对于驾驶者双眼的准确投射（包括景深(DOF)、视场(FOV)、焦距、虚像位置和虚像距离等）、HUD 虚像在典型环境光线条件下的可识别性（需进行亮度、色度、均匀性和对比度测试）以及通过与目标虚拟图像的点偏差来测量 HUD 的图像失真、像差和重影程度。这些测量需要根据 NIST 美国国家标准与技术研究院的规定对光学测量设备或仪器进行标定，并且要求将这些设备或仪器置于驾驶员眼椭圆区域内的多个测量点来进行测量（确保覆盖潜在可视角范围）。

SAE/J 1757-2:2018《汽车用光学系统 HUD》，为车载抬头显示系统定义了一致的术语和图像基础测试方法。SAE/J 1757-2:2018 适用产品为 C-HUD 和 W-HUD，AR-HUD 可参考执行。

SAE/J 1757-2 定义了眼盒、HUD 标准测试图像、FOV（视场角）、可视角等 HUD 图像评价的核心术语概念和虚像距离、虚像亮度对比度、虚像亮度均匀性、虚像倾斜度、虚像畸变、虚像重影等基础测试项目，其中六项图像试验项目均以标准测试图像为试验图像，亮度相关项目引用了 ISO 15008 和 SAE/J 1757-1 中以车载显示屏为对象的环境光条件要求。SAE/J 1757-2 为车载抬头显示系统的图像评价提供了基础背景与思路。

SAE 标准仅规定了六项 HUD 图像评价项，未涉及虚像色度、MTF（调制传递函数）、虚像俯角等图像评价项，且未明确提出以整车为试验对象或以零部件系统为试验对象，也未针对性的提出不同试验对象下明确的环境光布置条件，同样未考虑终端用户实际使用画面的评价，属于评估 HUD 硬件显示质量的试验方法标准。

5.2 标准化的必要性

与汽车其他视觉显示类产品一致，图像性能是 HUD 系统的核心性能。系统设计与性能试验可确保驾驶员在各环境下获得清晰有效的虚像信息。低质量的虚像会导致驾驶员产生信息误判，导致交通事故。

HUD 因安全而被需求，因汽车智能化浪潮的到来而被寄予厚望。国内 HUD 市场于 2021 年进入高速增长期，亟需车规级标准满足技术支持和行业管理需求。

在清晨黄昏等直射光照环境下 HUD 虚像无法识别、在夜间低照度光照环境下 HUD 虚像过亮和虚像背景过强、HUD 虚像字符辨认困难、HUD 虚像重影畸变倾斜不清晰等所有 HUD 图像问题，反而会造成驾驶员无法获得 HUD 减轻视觉疲劳、减少视线转移的优势，造成驾驶员操控车辆的不安全和不舒服因素。有必要对 HUD 图像输出的相关参数执行标准化限值，从而保证 HUD 图像足够的安全性。

HUD 使用驾驶员前方平视视野作为输出背景，与常规无“修饰”的前方视野形成了巨大差异，需要以保障驾驶员前方视野安全、不干扰驾驶员正常获取前方视野视觉信息为目的规范 HUD 的设计输出，实现利用 HUD 保证行车安全、提高驾驶员注意力集中度，同时 AR-HUD 作为 ADAS 与智能座舱的“桥接”产品，需输出规范化的图像信息以实现高级别驾驶辅助系统与驾驶员的人机交互，实现“安全冗余”帮助驾驶员掌握外部辅助驾驶信息和车辆报警信息，未来结合车联网，AR-HUD 可以提供更方便直接的信息获取路径，并做到实时更新，此类图像更需要规范化以免反向造成驾驶员注意力的分散和混乱。

就显示性能而言，C-HUD 显示内容较为单一，显示面积较小，实用性较低，可视为仪表的另一种简易呈现方式，出现故障或失效后对驾驶安全影响较低，因此标准化需求较低，可遵循现有仪表规范。

6 标准化建议

1) 因 HUD 投射出来的虚拟图像为驾驶员所需的车速、导航、盲区监测等重要信息，可避免驾驶员低头看手机导航、仪表，能更专心驾驶，降低事故发生的概率。建议修订 GB 11562-2014《汽车驾驶员前方视野要求及测量方法》，对“驾驶员前方 180° 视野范围内，除 A 柱、排气通风口、三角窗分隔条、车外无线电天线、后视镜和风窗玻璃刮水器等造成的障碍外，不得有其他障碍。”中的“障碍”进行解析，明确“障碍”仅指车辆实体部件，不包括 HUD 投射出来的虚拟图像。

2) 建议制定标准《抬头显示系统（HUD）性能要求及试验方法》，规定 HUD 的一般要求、功能要求、性能要求、显示内容、测试方法等，适用于 M1 类车，其它车型可参照执行。