

AR-HUD 技术发展与产业化进程分析

朱培培 邵丽青 吴硕 王焰孟

(中国汽车技术研究中心有限公司,天津 300300)

【欢迎引用】朱培培,邵丽青,吴硕,等. AR-HUD 技术发展与产业化进程分析[J]. 汽车文摘, 2024(12): 14-20.

【Cite this paper】ZHU P P, SHAO L Q, WU S, et al. Analysis of the Development and Industrialization Process of AR-HUD Technologies[J]. Automotive Digest (Chinese), 2024(12): 14-20.

【摘要】为了深入了解座舱增强现实抬头显示(AR-HUD)技术,为汽车智能化的未来发展提供支持,通过文献调研、技术分析、案例研究等方法,对座舱 AR-HUD 技术的国内外标准法规、技术特点以及产业化进程进行系统梳理,分析 HUD 技术发展现状,并结合行业发展趋势,探讨 AR-HUD 技术在智能座舱中的应用前景。结果表明,AR-HUD 技术经历了不同阶段的迭代更新,正在成为智能座舱领域的重要发展方向,在提供娱乐体验和安全性方面不断拓展,装载车型逐步下沉,渗透率显著提升。未来,随着自动驾驶技术的持续进步和优化,预计 AR-HUD 技术将逐步成为车辆信息展示的主流趋势。

关键词:智能座舱;增强现实抬头显示;产业化分析

中图分类号:U464.12+3 文献标志码:A DOI: 10.19822/j.cnki.1671-6329.20240041

Analysis of the Development and Industrialization Process of AR-HUD Technologies

Zhu Peipei, Shao Liqing, Wu Shuo, Wang Yanmeng

(China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd., Tianjin 300300)

【Abstract】In order to gain an in-depth understanding of the cockpit Augmented Reality Head-Up Display (AR-HUD) technologies and provide support for the future development of automotive intelligence, through literature research, technical analysis, case study and other methods, this paper systematically sorts out the domestic and foreign standards, regulations, technical characteristics and industrialization process of cockpit AR-HUD technologies. Moreover, the development status of HUD technologies is analyzed and the application prospect of AR-HUD technologies in intelligent cockpit is discussed in combination with industry development trends. The results show that AR-HUD technologies have undergone different stages of iterative updates and have been becoming an important development direction in the field of intelligent cockpits. In the future, with the continuous progress and optimization of autonomous driving technologies, it is expected that AR-HUD technologies will gradually become the mainstream trend of vehicle information display.

Key words: Intelligent cockpit, Augmented Reality Head-Up Display(AR-HUD), Industrialization a nalysis

0 引言

近年来,人工智能和车联网技术飞速发展,在国家政策支持下,智能座舱的智能化程度呈现出明显的增长趋势^[1]。智能座舱的发展,推动了一系列与座舱相关的技术不断进步。人机交互方式变得更加多样、智能,其中以大尺寸中控液晶屏为代表的技术,已经开始替代传统的中控设计。全液晶仪表板也逐渐取代了传统仪表板,而中控屏与仪表板的一体化设计方案也开始出现在一些车型上应用。此外,少数先进车

型还新增了抬头显示(Head-Up Display, HUD)和流媒体后视镜等配置^[2]。随着技术的不断进步和应用的不断扩大,智能座舱将给我们的生活带来更多便利和舒适体验。

汽车 HUD 技术通过提高驾驶安全性和效率,改善驾驶体验,适应未来汽车技术的发展趋势,已经成为现代汽车技术的重要组成部分。增强现实抬头显示(AR-HUD)将 AR (Augmented Reality, AR) 技术应用于 HUD 系统中,将虚拟信息与现实驾驶场景融合,提供更为丰富和直观的驾驶信息,可大幅提升驾驶的

便利性和安全性。AR-HUD的发展经历了4个阶段,1990年至2000年为发展初期阶段,AR-HUD技术最初应用于军事领域,后来逐渐被引入到汽车领域。其主要作用是将驾驶信息投影到驾驶员前方的挡风玻璃上,但显示效果和功能相对简单。此后经历了发展阶段(2000—2010年)和成熟阶段(2010—2020年),AR-HUD的显示效果和功能得到了快速提升,技术逐渐成熟,一些汽车制造商开始在其车型中配备AR-HUD。当前,AR-HUD进入了创新阶段,随着人工智能、大数据等技术的发展,AR-HUD的应用场景和功能得到了进一步拓展。

AR-HUD的发展历程体现了汽车科技的不断创新和进步。随着相关技术的进一步发展,未来AR-HUD将成为汽车标配,为驾驶员提供更为安全、便捷的驾驶体验,因此对AR-HUD的技术产业化研究尤为重要。当前,已有诸多研究取得了进展,王澎斌^[3]研究了基于AR-HUD技术的智能网联汽车路径导航方法;吴朋^[4]等进行了AR-HUD光学参数的标定及检测研究;葛昌明^[5]阐述了以AR-HUD抬头显示为代表的座舱电子系统带来更加智能化和安全化的交互体验;陈芳等^[6]对车载HUD的人因学研究和交互设计空间进行了研究。但是,当前的研究更多聚焦于AR-HUD技术本身,缺乏对该技术的产业化分析,较少聚焦技术应

用和产业化进程,同时也少有相关标准法规的研究。因此,本研究重点关注AR-HUD技术应用,从标准法规入手分析当前技术的特点与趋势,利用文献调研、技术分析和对比分析等方法,对AR-HUD的技术特点和产业化进程进行详细研究,为其未来发展和产业化应用提供方向和指引。

1 AR-HUD国内外标准分析

在HUD市场发展过程中,不同整车企业对HUD产品技术要求的差异可能会导致一系列问题,在缺乏统一行业标准的情况下,如果消费者对HUD产品体验与期待出现偏差,不仅会影响汽车制造商、零部件企业、经销商的市场声誉和品牌形象,甚至也会影响用户满意度,可能对HUD市场带来不利影响。因此,行业内迫切需要一套完善的标准化体系规范HUD产品,从而推动市场的健康发展。

AR-HUD作为一种先进的驾驶辅助系统,其设计和实施需要遵守一系列的标准和法规。这些标准和法规旨在确保AR-HUD系统的安全性、可靠性和用户友好性。在国内AR-HUD标准制定与完善方面,我国已经成立专门的标准起草小组研究制定HUD标准,将推动HUD更加快速、健康、有序发展,我国HUD相关标准见表1。

表1 我国HUD相关标准

标准号	标准名称	标准类型	核心要点
SJ/T 11834—2022	车用平视显示器光学性能测试方法 ^[7]	中国电子行业标准	(1)描述了车用平视显示器光学性能的测试条件和测试方法 (2)适用于车用前装、后装平视显示器,包括风挡型平视显示器、组合型平视显示器、增强现实平视显示器等类型产品 (3)不适用于字段型平视显示器产品
计划号20231760-T-339 (2023.12.13公示完毕)	乘用车抬头显示系统性能要求及试验方法 ^[8]	国家标准	(1)规定了汽车用抬头显示系统的要求及试验方法 (2)适用于M1类车辆使用的风挡式抬头显示系统和增强现实式抬头显示系统 (3)其他类车辆使用的系统可参照本标准执行,包括C-HUD、W-HUD、AR-HUD
T/ITS 0222—2023	道路车辆抬头显示系统技术要求和测试方法 ^[9]	团体标准	(1)规定了道路车辆使用的抬头显示系统的技术要求及测试方法 (2)适用于安装在道路车辆上的风挡式抬头显示系统和增强现实式抬头显示系统

国外HUD标准法规主要包括以下3类:

(1)联合国UN-R法规。驾驶员辅助视野(Field of Vision Assistant, FVA)法规修订共分为3个阶段:阶段一,工作任务为修订UN R125《前方视野》法规,将法规的适用范围由M1扩展至M1和N1类车型;阶段二,工作任务为起草适用于M类和N类车辆的FVA新法规,并作为单独一部分补充进UN R125法规;阶段三,工作任务为起草适用于L类车辆FVA法规,并补充UN R22《摩托车用头盔》法规。

(2)ISO技术规范。ISO/TS 21957:以实车眼椭圆/眼盒作为试验基准位置,在不同的环境光场景下,对标车辆的HUD虚像标准画面进行图像评价,并对HUD系统的可靠性评价做出了相关规定(ISO16750-X),且对HUD的3D成像贴合度、视差等主观评价给出了指导性方法。适用于HUD,但不包括头戴式设备^[10]。

(3)SAE技术标准。2018年11月,SAE发布国际标准SAE J1757-2:2018,为车载抬头显示系统的图像评价提供了基础背景与思路。此标准为车载抬头

显示系统光学试验方法标准,用于评估HUD的硬件显示质量。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;适用产品为传统组合式抬头显示(Combiner HUD, C-HUD)和宽视角抬头显示(Windshield HUD, W-HUD),AR-HUD可参考执行^[11]。

总体来看,国际上尚未出现体系化的HUD标准,近几年,我国相关标准也在积极推进中,相关标准体系正在逐步完善。由京东方(BOE)牵头制定的中国电子行业标准《车用平视显示器光学性能测试方法及试验方法》由TC114(全国汽车标准化技术委员会)归口,TC114SC29(全国汽车标准化技术委员会电子与电磁兼容分会)执行,主管部门为工业和信息化部,于2023年12月13日公示截止;团体标准《道路车辆抬头显示系统技术要求和测试方法》于2023年发布。

2 AR-HUD 技术分析

目前,AR-HUD技术的发展正迫切需要通过实现3大技术领域的突破,包括显示技术、空间光学以及数字显示界面技术。

AR-HUD系统的核心部件是成像单元(Picture Generation Unit, PGU),负责生成输出图像用于AR-HUD将虚拟信息与真实世界场景融合,从而实现增强现实的显示效果。其成像技术主要有3种:反射式投影技术(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display, TFT-LCD)、数字光处理技术(Digital Light Processing, DLP)和反射式投影技术(Liquid Crystal On Silicon, LCoS),PGU成像单元的技术路线对比见表2。当前AR-HUD产品以采用TFT、DLP技术为主,但随着对HUD显示效果要求不断提升,TFT分辨率低、耐温性差等不足逐渐显现。LCoS技术在分辨率、亮度和色彩表现方面具有明显优势,而且其出色的耐温性和抗干扰能力也使其在复杂环境下具有更好的稳定性^[12]。此外,LCoS技术的投影体积较小,有助于减小产品的体积、减轻质量并提高便携性,有望与DLP共同成为未来主流技术路线。

在空间光学技术方面,AR-HUD面临多项挑战,如需研制出体积紧凑却具有广阔画幅的AR-HUD装置,防止阳光倒灌和眩光现象,同时必须克服图像畸变、双目视差以及重影等技术难题,以保障显示图像的清晰与精确。这些技术的进步将对汽车在内的多个领域产生深远影响,推动AR-HUD技术的产业化进程。

表2 PGU成像单元的技术路线

性能参数	TFT-LCD	DLP	LCoS
分辨率	低	中	高
亮度	一般	高	高
对比度	一般	高	高
光源	LED	激光/LED	激光/LED
体积	小	一般	一般
成本	较低	高	一般
防阳光倒灌能力	弱	强	强
工艺难度	低(成熟面板技术)	高(特殊立体蚀刻工艺)	中(成熟半导体工艺)
良品率	高	中	高
机械稳定性	全固态不易振动	机械机构易振动	全固态不易振动
像素尺寸/ μm	>48	≥ 5.4	≥ 3
优点	技术成熟 成本低	高亮度、高对比度、高可靠性、小体积	高分辨率、高对比度、高可靠性、小体积
缺点	热管理难度大 亮度对比度有限 视场有限 清晰度有限	机械稳定性较差 图像分辨率存在局限性	处于研发初级阶段

在显示技术方面,数字显示界面设计的目标是实现驾驶员的视觉沉浸感,减少眩晕感并预防因分心驾驶而导致的安全问题。

光波导技术和全息光学元件(Holographic Optical Element, HOE)应用于AR-HUD,有望根本解决传统HUD体积过大的问题。然而,HOE在保持光学特性的稳定性、制备工艺的成熟度,以及保障大规模生产下的产品稳定性等方面,还面临一系列挑战。预计2025年以后,该技术将走向成熟^[13]。

3 AR-HUD 产业化布局

3.1 AR-HUD 应用场景

AR-HUD技术在当前的车载应用中主要致力于提供沉浸式信息娱乐体验和安全智能化的实时提醒。

在娱乐体验方面,车辆停泊状态下,AR-HUD能够创造一个充满乐趣的沉浸式信息娱乐环境,通过将地图上的兴趣点与实际道路景象相结合,提升了用户出行的便利性。此外,AR-HUD导航功能可以清晰地显示路口信息和转向指示,帮助驾驶员准确无误地抵达目的地。

在安全性方面,AR技术能够将夜视图像实时映射到路面上,增强了夜间或恶劣天气条件下的驾驶安

全。通过将警示符号以醒目的方式投射在驾驶员的视线中,AR-HUD能够及时提醒驾驶员其他道路使用者的情况,如行人、自行车等,从而显著提升行车安全。

未来,AR-HUD的应用范围还将进一步扩展。例如,通过车辆对车辆(Vehicle-to-Vehicle, V2V)和车辆对基础设施(Vehicle-to-Infrastructure, V2I)的通信,AR-HUD可以展示周围车辆、路段状况、交通信号灯和拥堵信息,从而提高交通效率。除此之外,未来车辆能够从V2I信息中识别出支付需求,并将相关信息直观地显示在AR-HUD上。驾驶员可以通过简单的交互动作,如触摸、凝视或点头,来确认支付,从而实现更为便捷的支付体验。

AR-HUD技术有效解决了C-HUD和W-HUD在成像距离和成像尺寸等方面的局限性,展现出巨大的发展潜力,见表3。AR-HUD技术正逐渐成为行业发展的未来趋势,并且已经在一些车型上得到了初步的应用。

表3 HUD主要产品形态

项目	C-HUD	W-HUD	AR-HUD
视觉显示区域	透明树脂玻璃	前风窗玻璃	前风窗玻璃
产业应用情况	后装或前装,已实现量产	前装,已实现小规模量产	前装,少量量产
成像距离/m	<2	2.2~2.5	>7
主要优点	成本较低	一体化显示节省车内空间	驾驶安全性高 显示效果更加真实
主要缺点	(1)成像距离较近,易造驾驶疲劳 (2)成像尺寸过小,呈现内容有限,发生事故时透明树脂玻璃易造成二次伤害	(1)易造成驾驶疲劳沉浸感不佳 (2)光学结构较为复杂,需要对挡风玻璃进行特殊化处理,以防重影	(1)技术难度大,制造成本高
代表厂商	Navdy	大陆、博世	华为、大陆

3.2 AR-HUD国产化进程

HUD行业一直由全球知名的外资厂商如精机、大陆、电装、博世、伟世通等主导,市场集中度较高。然而,以华阳集团为代表的中国本土厂商正在挑战这一格局,逐步崭露头角。高工智能汽车研究院监测数据显示,2023年前3季度中国市场(不含进出口)乘用车前装标配抬头显示(包括W-HUD和AR-HUD)交付149.54万辆,同比增长45.86%。其中,AR-HUD细分赛道前3季度前装标配搭载量超过10万辆,达到13.23万辆,同比增长82.48%。在品牌分布方面,自主

品牌已经成为交付主力。数据显示,2023年前3季度前装标配搭载W/AR-HUD的自主与合资品牌的交付占比约为6:4,见图1。

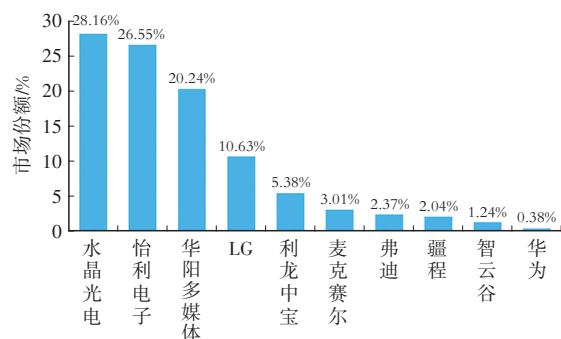


图1 中国2023年前3季度中国市场乘用车前装标配AR-HUD企业市场份额

基于企业市场表现(合作车企的数量和交付规模)、AR-HUD技术及产品竞争力以及经营规模等指标,高工智能汽车研究院发布《2024年度前装AR-HUD本土供应商竞争力前十位》,排名首位的是华为。具体企业及相关布局进展如表4所示。

国内企业在智能座舱和智能驾驶技术领域持续创新,不断推出新产品,在此过程中,跨界合作日益成为发展趋势,如表5所示。

3.3 AR-HUD装载车型

国产厂商崛起发展推动AR-HUD成本降低,进一步拉动需求,随着技术的提升,AR-HUD前装价格逐步降低,如图2所示。

目前,市场上的AR-HUD产品选配价格较高,但是随着国产品牌技术的不断成熟,AR-HUD成本的逐渐下降,越来越多的车型开始配备AR-HUD,并且这种趋势正在逐渐蔓延到中低端车型,如表6所示。

随着汽车智能化和网联化的不断发展以及HUD成本的下降,预计未来几年HUD将会加速渗透,2025年AR-HUD渗透率预计可突破30%。

随着AR-HUD渗透率提升、产业链成熟稳定,其成本会有更大的下降空间。AR-HUD与W-HUD并没有很大的硬件结构差别,在未来AR-HUD会进入到千元机时代。AR-HUD实现了更远距离和更大画幅的显示,信息更加丰富多维,在汽车智能化发展的进程中,AR-HUD将成为更多信息的显示载体,成为车内信息显示最主要的方式之一。

4 AR-HUD产业化技术难点

真正的AR技术需要在光学设计、软硬件、HMI交互等不同维度上同步推进,AR-HUD不仅需要做强

表4 2024年度车载前装AR-HUD中国本土企业竞争力前十位

综合排名	企业	排名第一单项	产业布局
1	华为	技术领先性	(1)国内首家量产基于LCoS技术(微米级像素单元、2K级分辨率)的AR-HUD方案企业,并陆续搭载上汽、问界等车型
2	水晶光电	市场份额	(1)2023年国内乘用车市场AR-HUD方案上车份额占比最高的企业,AR-HUD产品自主可控方式,储备了TFT、LCoS、DLP、光波导等多种技术方案 (2)2023年获得捷豹路虎EMA平台所有的AR-HUD和W-HUD项目,成为国内首个进入海外头部整车厂的HUD一级供应商,首次实现海外业务突破
3	华阳多媒体	-	(1)目前国内市场上前装HUD累计出货量最高的企业 (2)AR-HUD产品方案涵盖TFT、DLP、LCOS(与华为合作)等成像方案 (3)短期内客户合作确定性较为明确,整体出货量增长趋势良好
4	泽景	-	(1)2015年成立,在全国已经布局仪征(总部和制造中心)、西安(研发中心)、上海、长春4个区域 (2)在AR-HUD产品线部分,主推DLP方案(DLP5530/130万像素),推出基于DLP技术的双画面AR-HUD量产解决方案+自研软件AR Cyber
5	浦创智能	成长潜力	(1)2023年2月实现首款DLP方案AR-HUD的前装量产上车,自研AR-Creator,在基础驾驶信息显示的同时实现与ADAS互动 (2)结合AR-Creator空间算法,实现变道指引、碰撞预警显示、领航辅助、盲区检测、非机动车识别显示等功能的精准实时显示
6	FUTURUS	-	(1)2023年国内乘用车市场HUD上车量增速最快的企业 (2)2023年推出光场AR-HUD,具备光场成像能力(多景深离散光场),已获得国内某头部整车企业量产定点,预计2024年底实现量产上车 (3)空间光场AR-HUD(空间连续光场)正在开发中,预计将于2026年初实现量产
7	智云谷	-	(1)国内率先实现前装量产AR-HUD的企业之一 (2)2022年12月为岚图追光独家供货的AR-HUD(全系标配)成功量产 (3)2024年1月,完成数千万元A+轮融资,TFT方案AR-HUD已获得多家央企整车企业以及新势力车企的定点,并同时布局了基于DLP和LCOS方案的AR-HUD产品
8	利龙中宝	-	(1)在HUD产品线上进行高中低全产品系列开发,自主完成了小体积WHUD、mini ARHUD产品样机开发 (2)具备高中低全 AR/W-HUD 产品方案和生产保障能力
9	经纬恒润	-	(1)提供DLP方案的AR-HUD新晋企业,拿到多款车型的定点项目,2023年首发搭载领克08车型 (2)通过与自有ADAS业务的深度融合,提供AR-Creator及成像性能提升算法的开发与集成业务
10	疆程	-	(1)2023年发布3.6 TFT-LCD AR-HUD及CMS产品及解决方案,已完成国内大尺寸AR-HUD及CMS的首发量产

表5 AR-HUD跨界合作布局

整车企业或HUD零部件企业	投资及合作	合作方向	合作内容
大陆	Digilens	光波导	Digilens具有领先全息波导显示技术,与大陆合作开发光波导HUD产品
哈曼(三星)	Apostera	软件算法	Apostera为德国ARMR导航软件解决方案商,2022年2月被哈曼收购,帮助拓展哈曼汽车产品在AR和MR领域的应用
松下	Envisics	计算全息	松下的光学设计和汽车元件供应经验,配合Envisics的全息AR光学技术推动AR-HUD升级,计划2023年量产
松下	Phiar	软件算法	Phiar为松下提供3D定位、AI导航和环境感知算法
宝马	CY Vision	计算全息	CYVision通过计算机生成AR图像实现沉浸体验,和宝马合作开发全新AR技术
北汽集团	三极光电、TCL	光波导	三极光电作为国内体全息光波导开发商,将与TCL和北汽一同推进全息光波导AR-HUD落地
华阳集团	珑璟光电	光波导	珑璟光电是国内领先光波导开发商,将于华阳集团合作推动光波导在AR-HUD上的应用

示,更难的是虚拟与真实的精准对位^[4],当前技术产业化面临的难点阐述如下。

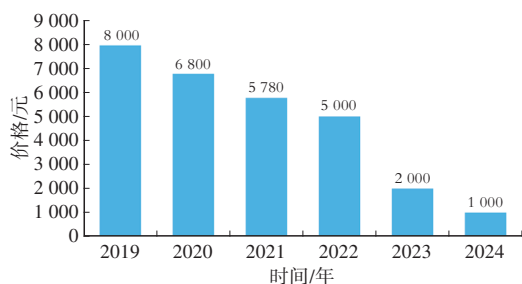


图2 AR-HUD前装平均价格

表6 AR-HUD装载车型情况

时间	2020年	2021年	2022年	2023年
1月		大众ID.4 CROZZ/ID.4X		
2月			奥迪Q5e-tron	奇瑞星途瑶光
3月		奥迪Q4e-tron	大众ID.3	上汽MG7
4月				岚图追光、 极氪X
5月		WEY摩卡		银河L7
6月		大众ID.6X	长安欧尚Z6、凯 迪拉克LYRIQ、深 蓝SL03、北汽魔 方、哪吒S	深蓝S7
7月		大众ID.6 CROZZ、吉利 星越L		腾势N7
8月				
9月	奔驰 S级		长安瑞程Plus、 飞凡R7	启源A07、仰 望U8、领克 08、蔚来EC6
10月				
11月	红旗 EHS9			
12月		奔驰EQS、广 汽传祺第二 代GS8、WEY 拿铁		问界M9

(1)精度要求高。AR-HUD需要将虚拟信息精确地投影到驾驶员的视线中,与实际道路场景准确融合。这要求系统具有极高的定位精度和图像处理能力,以确保信息的准确性和实时性。AR-HUD需要与自动驾驶域的ADAS数据进行打通,基于车身自有摄像头、雷达,以及GPS等诸多传感器数据,实时感知车身运动姿态和外部环境物体姿态,并进行准确识别。

(2)光学设计复杂。AR-HUD的光学系统需要将图像投射到一个合适的距离和位置,同时保证图像的亮度和清晰度。这需要复杂的光学设计和高质量的

光学元件,以实现大视场角和长投影距离。AR-HUD需要借助三维的显示技术以呈现连续变焦的HUD画面,传统的W-HUD技术很难实现。即使是现有奔驰S级所搭载的AR-HUD,也只呈现一个虚拟图像距离(Virtual Image Distance, VID)为10 m的单层画面,显示一组与真实路面无法融合的导航箭头。

(3)技术实现要求高。AR-HUD需要在不同光照条件、气候环境和路况下都能正常工作。这意味着系统设计需要考虑温度变化、湿度、振动等多种因素的影响,确保系统的稳定性和可靠性。AR-HUD系统需要与车辆的多个传感器、导航系统和驾驶辅助系统协同工作,这要求有强大的软件算法和硬件支持,以实现数据的快速处理和融合。

(4)体积占用空间较大。AR-HUD技术由于其宽广的视野(Field Of Vision, FOV)和VID需要更为复杂的光学系统和更大的设备体积。相较于传统的W-HUD,AR-HUD设备的体积要大得多,大约是30 L,而传统HUD只有3~4 L左右,因此制造成本高,仅渗透部分车型。

(5)成本控制与法规遵循。AR-HUD系统的研发和生产成本较高,如何在保证性能的同时控制成本,使其能够在更多车型中普及,是一个重要的挑战。同时,AR-HUD系统需要符合各种安全标准和法规要求,确保不会对驾驶员造成分心或安全隐患。这要求在设计时就要考虑到功能安全性和法规遵循性。此外,随着技术的发展,AR-HUD系统需要不断进行技术创新和迭代,以适应新的市场需求和驾驶辅助功能的要求。

由于技术要求高、体积大和制造成本高等问题,目前AR-HUD主要被应用在高档车型或者高端配置中,其市场渗透率相对较低。然而,随着技术的进步,制造成本有望下降,体积变小,从而使AR-HUD技术更加普及,并最终应用于更多车型。

为了推进AR-HUD技术的产业化与商业化,汽车制造商、零部件企业、软件开发商以及相关的科研机构必须共同面对并克服这些技术挑战。通过紧密的技术创新与合作,可以有效推动这一先进技术的进步和发展。

5 结束语

本研究综合分析了增强现实抬头显示(AR-HUD)技术在国内外标准、技术发展动态、产业化进程等多个层面,深入挖掘了AR-HUD的技术特色和产业化

布局模式。同时,本文也梳理了AR-HUD在产业化道路上所面临的挑战和难点,为汽车智能化的进一步发展提供了明确的方向和宝贵的参考。本研究在先前研究的基础上,不仅对技术本身进行了深入探索,还进一步拓宽了研究视野,对AR-HUD技术的应用场景、制造商以及搭载该技术的应用车型等关键领域进行了补充性分析,并对其未来的产业化趋势进行了详细阐述。然而,本研究并未提出针对产业化问题的具体解决方案。鉴于产业化是一个涉及长期技术迭代和多方面协同努力的复杂过程,未来,将持续在AR-HUD产业化领域进行深入研究,针对特定的技术难点和问题进行深入探讨,以期进一步促进技术的创新与发展。

参 考 文 献

- [1] 李函遥,王馨,郁淑聪.智能座舱人机交互发展趋势[J].时代汽车,2022(23):16-18.
- [2] 安佰平.智能座舱,智能汽车的兵家必争之地[J].汽车维护与修理,2022(10):74-75.
- [3] 王澎斌.基于AR-HUD技术的智能网联汽车路径导航方法研究[J].汽车测试报告,2024(2):31-33.
- [4] 吴朋,陈丽芳,魏玉亭.AR-HUD光学参数的标定及检测研究[J].上海汽车,2024(3):35-38.
- [5] 葛昌明.浅谈汽车座舱电子AR-HUD抬头显示系统技术[J].汽车博览,2020(1):1.
- [6] 陈芳,李明徽,卢宇.车载HUD的人因学研究和交互设计空间[J].汽车文摘,2022(5):16-27.
- [7] 全国音视、视频及多媒体系统与设备标准化技术委员会.车用平视显示器光学性能测试方法: SJ/T 11834—2022[S/OL].(2022-09)[2024-09-24]. <https://std.samr.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=19BAAB466C6CDB66E06397BE0A0ACODE>.
- [8] 全国汽车标准化技术委员会.乘用车抬头显示系统性能要求及试验方法: 20231760-T-339[S/OL].(2023-11-13)[2024-09-19]. <https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=0DF2C51A80373207E06397BE0A0AF1DA>.
- [9] 全国汽车标准化技术委员会.道路车辆抬头显示系统技术要求 and 测试方法: T/TIS 0222-2023[S/OL].(2023-12)[2024-09-24]. <https://www.c-its.org.cn/Uploads/ueditor/file/20231110/654de45fda57d.pdf>.
- [10] ISO. Road vehicles — Visibility — Specifications and Test Procedures for Head-Up Displays (HUD): ISO/TS 21957: 2023[S/OL].(2023-07-25)[2024-09-09]. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:ts:21957:ed-1:v1:en>.
- [11] SAE. Optical System HUD for Automotive J1757-2_201811[S/OL].(2018-11-06)[2024-09-19]. https://www.sae.org/standards/content/j1757-2_201811/.
- [12] 黄锡珉.LCOS技术的发展[J].液晶与显示,2002,17(1):5.
- [13] 王自立,冯焜焘.全息光学元件(HOE)及其应用[J].红外技术(6):10-14.
- [14] 葛昌明.浅谈汽车座舱电子AR-HUD抬头显示系统技术[J].汽车博览,2020(1):46.

(责任编辑 明慧)