

中国汽车保修设备行业协会团体标准
《增强现实型抬头显示系统人机交互设计指南》

（征求意见稿）

编 制 说 明

标准起草工作组

2025 年 1 月

目 录

一、工作简要过程.....	1
（一） 任务来源.....	1
（二） 必要性及可行性分析.....	1
（三） 主要起草单位及任务分工.....	1
（四） 主要工作过程.....	2
二、标准编制原则和主要内容.....	3
（一） 编制原则.....	3
（二） 标准主要内容.....	4
三、采用国际标准和国外先进标准情况.....	24
四、主要关键指标及试验验证情况.....	24
五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性.....	25
六、贯彻标准的要求和措施建议.....	25
七、废止现行相关标准的建议.....	25
八、其他需要说明的事项.....	25

一、工作简要过程

（一）任务来源

根据中国汽车保修设备行业协会运输装备专业委员会征集2023年团体标准项目通知，中国汽车工程研究院股份有限公司组织申报了“增强现实型抬头显示系统人机交互设计要求”团体标准。2023年12月1日，中国汽车保修设备行业协会下发关于《道路运输车辆标杆车型技术要求第1部分:厢式货车》等4项团体标准立项的公告（中汽保协字（2023）42号），《增强现实型抬头显示系统人机交互设计指南》（立项变更为指南类标准）获批立项。

（二）必要性及可行性分析

车路协同技术的广泛应用推动形成信息共享的网联环境，驾驶人在车内的可用信息和信息需求增加，车内人机交互复杂的复杂程度也随之增加。驾驶人作为执行驾驶任务的核心，信息过载或交互方式不合理均会引发对其有限认知能力的挑战。因此，如何提升网联环境下车内信息交互的高效性和安全性已成为目前亟待解决的重要问题。

平视显示技术(HUD)通过光学技术将信息投影至驾驶人视线正前方，从而减少驾驶人视线偏离道路的时间、视觉盲区与注意分心。《汽车智能座舱白皮书》和《车路一体化智能网联体系C-V2X白皮书》指出HUD作为网联汽车中重点发展的人车交互技术，已成为智能座舱的重要组成部分，并将为网联自动驾驶技术的发展铺路。目前，HUD技术迭代经历了组合型（C-HUD）、风挡型（W-HUD）和增强现实型（AR-HUD）三个阶段。AR-HUD利用增强现实技术将虚像信息和现实路况实时叠加，改善驾驶人在W-HUD与环境间的注意切换导致驾驶人不能同时处理HUD信息与真实环境信息的问题，可有效优化驾驶体验，被认为是保障网联环境下人机交互高效性的理想方案。

然而，目前有关HUD技术的标准仍然比较匮乏，尤其是在系统测试及效用评估方面。美国SAE组织发布的《Optical System HUD for Automotive》以及中国电子行业标准《车用平视显示器光学性能测试方法》都仅对HUD技术的光学性能测试及要求进行了规定，但以上标准对于AR-HUD的光学测试的指导能力十分有限，在AR-HUD系统的效用测试评估及设计方面更是无据可依。同时，AR-HUD的测试评估研究存在场景多样性不足、评价量化不足及测试体系性欠缺等诸多问题。因此，将AR-HUD综合效用评价方法研究纳入IVISTA智能指数规程计划，通过建立完整的测评规程，填补国内对AR-HUD系统效用评估体系及设计要求的空白，使指数规程内容更全面并保持行业领先优势及发挥引导示范作用，引领行业技术发展。

（三）主要起草单位及任务分工

本标准起草单位：中国汽车工程研究院股份有限公司、北京工业大学、交通运输部公路科学研究院、北京梧桐车联科技有限责任公司、长安汽车股份有限公司、吉利控股集团有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、东软集团、梅赛德斯-奔驰（中国）投资有限公司。

本标准主要起草人：曾梦瑾、赵晓华、边扬、陈晨、唐秋阳、刘璐、李辉、程泽辉、王颖杰、张兵兵、林裕佳、孙然、汤轲、向华、苏雅婷、邓平平。

中国汽车工程研究院股份有限公司负责标准编写的全面工作；中国汽车工程研究院股份有限公司、北京工业大学、北京梧桐车联科技有限责任公司、长安汽车股份有限公司、交通运输部公路科学研究院、吉利控股集团有限公司、比亚迪汽车工业有限公司负责组织标准讨论、校验与审核工作，中国汽车工程研究院股份有限公司、北京工业大学负责验证工作。

（四）主要工作过程

（1）项目立项阶段

根据任务要求，中国汽车工程研究院股份有限公司于2023年8月成立了标准编制专项工作组，组织开展标准编制的各项预研工作，并于2023年9月提交“团体标准立项建议书”和“团标立项可行性分析报告”。2023年10月，由中国汽车保修设备行业协会运输装备专业委员会组织行业专家以会议审查方式进行立项评审，并于2023年12月正式批准通过本标准的团体标准项目任务书，并确定中国汽车工程研究院股份有限公司为本标准编制的牵头单位。

（2）起草工作阶段

根据团体标准项目任务书要求，中国汽车工程研究院股份有限公司于2024年1月-2024年4月积极筹备和征集标准起草单位，成立了本标准的起草工作组。标准起草工作组确定了工作方案，制定工作计划，编写大纲，明确任务分工及各阶段进度时间。

1) 2024年4月-2024年5月，起草工作组针对国内汽车的智能座舱AR-HUD人机交互系统的特点进行了广泛的调研，收集了大量的资料，经过研究分析、测试验证和结合实际操作经验进行了总结；

2) 2024年5月-2024年7月，标准起草工作组着手编写《增强现实型抬头显示系统人机交互设计指南》草案并讨论；

3) 2024年8月，中国汽车保修设备行业协会运输装备专业委员会召开标准推进工作会，组织专家对项目进行了中期检查，与会专家对标准草稿的内容条款和技术指标进行深入研讨提出了检查及修改意见；

4) 2024年9月,标准起草工作组根据会上行业专家提出的意见或建议,进行了认真的分析、理解和总结,开展标准检测项目和评价方法合理性测试验证工作,完成征求意见稿(初稿);

5) 2024年10月,该标准征求意见稿(初稿)经中国汽车保修设备行业协会运输装备专业委员会初步审查,中国汽车保修设备行业协会运输装备专业委员会提出了修改建议。标准起草工作组根据意见进行了讨论、试验验证和进一步修改完善,最终形成了征求意见稿和编制说明,再次提交中国汽车保修设备行业协会运输装备专业委员会秘书处审核;

6) 2024年11月,标准起草工作组再次举办标准研讨会,进一步吸纳参与单位有关意见,不断修改完善标准,为标准的征求意见及送审做好相关准备。

7) 2025年1月,中国汽车保修设备行业协会运输装备专业委员会召开标准推进工作会,对标准征求意见稿材料进行了评议并提出了修改意见。标准起草工作组根据修改意见,进一步完善了标准文本,并提交征求意见稿和编制说明,由中国汽车保修设备行业协会运输装备专业委员会秘书处审核后,报中国汽车保修设备行业协会挂网公开征求意见。

二、标准编制原则和主要内容

(一) 编制原则

本标准为全新制定。该标准全面规定了智能座舱增强现实抬头显示系统(以下简称“系统”)的设计原则,设计原则主要包括视觉设计原则、动态设计原则和系统集成三个方面,坚持标准的一致性、先进性和可行性,保证标准的科学性和可操作性。其意义在于弥补目前车辆市场增强显示抬头显示界面设计标准的缺失,建立规范化的团体标准体系,指导并规范增强现实抬头显示系统的人机设计与应用,并进一步优化产业发展环境,促进相关行业的高质量可持续发展。主要包括:

1.充分考虑 AR-HUD 设计的实际需求

AR-HUD的设计必须紧密围绕当前的实际需求,识别用户在不同驾驶情境下所需的信息类型和展示方式。设计要确保信息在动态和静态环境下的可视化效果,以减少驾驶分心。同时,考虑不同功能的多样化需求,确保设计能够兼容多种驾驶场景,且具有通用性。

2.立足当前技术与行业现状

在编写标准时,应基于对当前AR技术、传感器应用以及显示设备的全面调研,分析行业面临的主要挑战,如尺寸和可视化问题。结合对行业管理机构和用户的反馈,识别出当前设计中的安全隐患和技术不足,从而为AR-HUD的设计提供切实可行的改进方案,确保在实际使用中最大限度地提高安全性和效率。

3.参考国际先进解决方案

对国际上成功的AR-HUD应用进行系统评估，分析其设计理念、技术实现及用户反馈，识别适用于我国市场的元素。设计标准应融入这些先进经验，以促进本土化改进，推动技术创新，并提升行业的整体竞争力，确保AR-HUD设计能够跟上全球发展步伐。

4.注重标准的可实施性

AR-HUD设计标准需与我国现有技术能力、市场需求和相关法规保持一致，确保条款清晰明了、易于理解，便于行业管理部门和企业的应用。设计建议考虑到用户的操作习惯和车辆的技术条件，使标准不仅具有指导意义，更能在实际中产生积极的安全影响。同时，要为未来的技术演进留出适应性空间，确保标准具备长期有效性。

5.关注用户体验与交互设计

在AR-HUD的设计中，用户体验至关重要。应重视人机交互的直观性和便捷性，确保信息的展示与用户的自然视线和操作习惯相匹配。设计过程中应进行用户测试与反馈收集，以优化界面布局、信息优先级和交互方式，使用户能够轻松获取所需信息，最大限度地减少驾驶干扰。

6.确保信息清晰和及时反馈

AR-HUD设计应确保信息展示简洁明了，避免信息过载，优先展示最关键的实时数据。此外，系统应具备及时反馈机制，确保驾驶员在操作过程中能够迅速理解信息变化，以便做出快速反应，提升行车安全性。

本标准在制定工作中遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”的原则，标准制定与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，统筹推进。

本标准在结构编写和内容编排等方面依据GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》进行编写。在确定本标准主要技术性能指标时，综合考虑增强现实抬头显示系统在车辆设计市场的需求，寻求最大的经济、社会效益，充分体现了标准在技术上的先进性和技术上的合理性。

（二）标准主要内容

本标准的主要内容包括增强现实抬头显示人机交互系统的前言、引言、范围，规范性引用文件、术语和定义、总体原则、AR-HUD系统人机交互设计原则。

（1）范围

本文件规定了增强现实抬头显示人机交互系统（以下简称“系统”）的设计原则、设计评估。标准涵盖AR-HUD的功能原则、视觉呈现、动态交互、系统集成等原则，具体适用如下：

在功能方面，系统宜支持多种信息呈现，包括导航指示、车速、油耗、车辆状态以及实时路况信息。此外，系统宜具备安全警示功能，以提供碰撞预警、交通信号变更提醒等，提升驾驶安全性，并允许用户进行个性化设置，以优化驾驶体验。

视觉呈现方面，标准详细规定字体样式、字号、颜色对比度及图标设计，确保信息在各种光照条件下的可读性和清晰度，同时强调信息层次的清晰，以减少驾驶员的认知负担。

动态交互的设计原则包括多种用户输入方式，如语音识别和手势控制，确保驾驶员能够安全、便捷地与系统进行互动。同时，系统需提供即时的视觉和听觉反馈，以确认用户的操作，增强互动体验。

在系统集成方面，标准要求系统与车辆其他电子系统（如车载导航和驾驶辅助系统）信息集成，确保信息流的统一性和一致性，同时规定数据互通的协议和接口标准，以支持实时信息更新和共享。

本文件适用于增强现实抬头显示人机交互系统的界面设计、测试评估，其他AR-HUD系统可参照本标准执行。

（2） 规范性引用文件

本部分内容给出了在标准过程中引用和参考了最新版的国内外相关的标准、规范等，以充分保证本标准条款的可依性和可行性。清单如下：

GB 3100-1993 国际单位制及其应用

GB 4094-2016 汽车操纵件、指示器及信号装置

GB 5768.2-2022 道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志

GB 11562-2014 汽车驾驶员前方视野要求及测量方法

GB/T 40429-2021 汽车驾驶自动化分级

SJ/T 11834-2022 车用平视显示器光学性能测试方法

DB 4403/T 358—2023 智能网联汽车自动驾驶系统设计运行条件

ISO 9241-303 人机交互的可用性和舒适性

ISO 9241-303:2011 Ergonomics of human-system interaction — Part 303: Requirements for electronic visual displays

ISO 15008:2017 Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Specifications and test procedures for in-vehicle visual presentation

其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

（3） 术语和定义

为便于对本标准的理解与适用，本部分标准引入了一系列与增强现实抬头显示（AR-HUD）相关的基础性定义和术语。同时，对本标准适用的重要术语进行了重点说明。所涉及的术语与国际标准保持一致，并根据行业的发展情况进行了更新与完善。本标准中的术语和定义主要涵盖AR-HUD系统的核心组成、信息类型及用户体验等方面，以确保在实际应用中的有效性和一致性。具体包括：成像介质、抬头显示系统、增强现实式抬头显示系统、显著信息、非显著信息、认知负荷、视觉疲劳、连续可用信息及临时发布信息等专业名词和解释。

（4） 总体原则

通过调研国内已经具有增强现实抬头显示系统的不同品牌、不同型号车辆的界面与功能设计以及开展行业内标准研讨会，结合参考现行相关标准，明确了系统的一般要求。驾驶相关信息优先呈现，确保驾驶员能迅速获取关键数据。界面设计宜简洁明了，避免信息过载，减少驾驶员的认知负担。界面文字和图标需具有高对比度，在各种光照条件下清晰可读。界面需及时更新车辆状态和环境信息，确保驾驶员实时了解车辆情况。界面宜允许驾驶员根据个人偏好调整显示信息，提高使用满意度。界面信息与其他显示系统保持一致，避免驾驶员混淆。

（5） AR-HUD 系统人机交互设计原则

本部分内容参考现行相关标准，结合征集行业专家的意见和增强现实抬头显示系统人机交互的界面设计特点和需求，明确了视觉设计原则、动态设计原则和系统集成。

关于视觉设计原则，视觉设计确保驾驶员能够快速获取重要信息。信息类型按功能划分为车辆状态、安全预警、导航提示和通讯娱乐，设计宜优先显示高重要度信息，减少认知负荷。显示位置需优化，使关键信息在视线中心，利用颜色和对比度增强可读性，字符和图标建议具备适当大小以提高识别性。关于动态设计原则，动态信息展示实时更新信息，分类包括导航、警示和道路环境提示。优先级依次为警示类、导航类和道路环境提示，动态提示形式结合视觉、声音和触觉反馈。动画效果需平滑且不干扰驾驶，信息更新宜及时且可预见，确保驾驶员能迅速反应。关于系统集成要求，系统集成宜将视觉和动态设计有效结合，确保AR-HUD的功能性和用户体验。信息传递宜流畅且一致，确保不同信息层级在驾驶环境中互不干扰，提升整体安全性与驾驶沉浸感。设计宜考虑多种环境因素，以适应不同驾驶条件，提高系统的可靠性和有效性。

a) 视觉设计原则编写依据

5.2.2 视觉信息的类型和重要性

5.2.2.2.1信息功能分类参考文献《车载HUD界面的信息架构与视觉设计》《车载平视显示系统交互信息界面情境化设计研究》《车载HUD的人机界面设计》和《风挡上的进阶革命：AR-HUD车载信息系统的界面设计探索》。按照信息的功能将视觉信息划分为车辆状态信息、安全预警信息、导航提示信息和通讯娱乐信息，旨在优化ARHUD系统的信息呈现方式，提高驾驶员对不同类型信息的识别、理解和反应效率，进而提升驾驶体验和安全性。不同类型的视觉信息对驾驶员的决策过程和安全性影响各不相同，因此进行功能划分有助于信息的有序呈现。车辆状态信息（如转速、油量等）提供基础车辆运行状态，使驾驶员对车辆状态持续掌握；安全预警信息（如障碍物预警、车距提示等）及时提醒驾驶员潜在的危险状况，增强驾驶安全性；导航提示信息（如行驶方向、转向提示等）引导驾驶路径，减轻驾驶员对路线决策的压力；通讯娱乐信息（如通讯、音乐）提供额外的舒适性和娱乐性，需在不干扰驾驶任务的前提下展示。

5.2.2.2.2视觉信息重要性参考文献《车载HUD界面的信息架构与视觉设计》《车载平视显示系统交互信息界面情境化设计研究》《车载HUD的人机界面设计》和《风挡上的进阶革命：AR-HUD车载信息系统的界面设计探索》。对视觉信息的重要性进行分类并优先显示，是为了提升ARHUD系统的信息呈现效果，确保驾驶员能够在驾驶过程中迅速获取对驾驶任务最为关键的信息，从而提高驾驶安全性。临时发布信息优先于连续可用信息，是因为临时信息通常涉及驾驶任务中的突发状况，要求驾驶员快速反应；显著信息优先于非显著信息显示，因其直接关系到驾驶安全和决策，如碰撞警告和导航指引；与驾驶相关的信息优先于非驾驶相关信息，是为了确保驾驶员的注意力集中在与当前驾驶任务紧密相关的信息上；此外，限制使用值不断变化或与道路标志信息冗余的符号和指示符，是为了避免过度信息干扰，减少认知负担。通过这些定义和优先级设置，ARHUD设计可以更加合理地分配信息展示资源，确保关键信息能够及时、清晰地传递给驾驶员，从而提升驾驶安全性和用户体验。

5.2.2.2.3信息数量限制参考文献《车载平视显示系统界面优化设计研究》。当显示信息数量超过最佳限制时，优先显示高重要度权重的信息是为了在驾驶过程中有效管理信息量，确保驾驶员能够快速、准确地获取关键信息，避免视觉认知过载。信息过载会显著增加驾驶员的认知负担，降低对关键信息的反应速度，从而影响驾驶安全。因此，在信息量较大时，通过对重要信息进行优先排序，突出显示重要度最高的1-3个类别的提示信息，同时降低低重要度信息的亮度或视觉属性，可以减少视觉干扰。

5.2.3 信息布局

5.2.3.2.1 HUD位置及其显示信息参考文献《Preliminary human factors guidelines for crash avoidance warning devices (Report No. DOT HS 808 342)》。针对HUD位置及其显示信息要求，HUD（抬头显示器）的定位和显示信息原则旨在确保驾驶员在驾驶过程中能够清晰、方便地获取关键信息，从而提高驾驶安全性和操作便捷性。HUD需具备调节功能，以适应不同驾驶员和佩戴偏光太阳镜的需求；关键的车辆控制和前进路径相关信息宜尽量接近视线中心线，以便于驾驶员快速响应；此外，应最小化在HUD上连续呈现稳定值信息的使用，以减少视觉干扰和信息过载。

针对AR-HUD区域划分，将界面划分为两行三列的六个区域，是为了优化信息显示的位置和顺序，确保驾驶员能够快速、准确地识别各类信息。通过实验测试，旨在通过测试不同道路类型（城市道路和高速公路）下，驾驶人对于AR-HUD界面布局不同区域位置上的目标数字的认知效率，提炼不同区域的认知效率排序，进而支持ARHUD人机交互设计。根据各区域认读效率，设计各区域内显示对应的信息类型，利于驾驶人高效的辨识理解信息。

实验设计及结果：根据文献《车载平视显示系统交互信息界面情境化设计研究》宜将AR-HUD界面六等分为两行三列（上从左至右为区域一、二、三，下从左至右为区域四、五、六），在高速公路（限速120km/h）和城市道路（60km/h）下进行测试，旨在测量车载AR-HUD界面布局不同区域位置上的目标项的认知效率。

每个区域选择数字中相差较大的 0、6、8、9 进行填充，为了增大搜索难度，更为清晰地比较出典型情境下每个未知区域对驾驶员认知活动的不同影响，故在每个方格填写四个数字，为减少数字位置不同对测试的认知活动的干扰，四个数字都处于临近方格中心点的位置并向中心点靠拢。此外，为了减少外部光线的干扰，选用夜间环境下进行。

69 68	96 69	69 96	99 88	09 89	98 88	99 69	96 69	68 66
99 66	66 96	96 69	89 98	89 88	98 89	69 96	99 66	69 69
86 66	86 88	86 86	89 89	99 89	88 88	89 89	98 89	89 99
66 95	88 68	68 68	89 89	69 88	99 89	99 89	89 99	09 89

图1 实验样本材料

驾驶人需要找出每个区域中唯一不同的数字。共有39名驾驶人参与实验。被试依次经历12种方案，将在高速和城市道路中各依次进行6种方案。采集驾驶人在城市和高速道路中各区域的认读反应时间。实验结果显示，驾驶员在城市道路中对不同区域的认读反应时间由小到大排序一致为：区域一 > 区域二 > 区域六 > 区域四 > 区域五 > 区域三。驾驶员在高速公路中对不同区域的认读反应时间由小到大排序一致为：区域二 > 区域六 > 区域五 > 区域四 > 区域三 > 区域一。根据驾驶人在不同区域的认读反应时间指标排序，获得各区域的信息认读效率。

5.2.3.2.2 显示区域信息布设参考文献《Auditory and other sensory forms of information presentation》和《CarCoach: A polite and effective driving coach》。按照信息发布的重要性将信息分为显著信息和非显著信息，结合城市道路和高速公路中驾驶人的信息需求特性，将不同的信息放入合适的区域，是为了确保驾驶员能够及时关注关键提示，从而提升驾驶的安全性和效率。显著信息是那些对驾驶安全和驾驶任务至关重要的提示，如碰撞警告、紧急导航指示等，这类信息需要迅速吸引驾驶员的注意力，并促使其及时反应；非显著信息则包括不紧急、不与时间相关的内容，如多媒体信息或车辆状态，这些信息不会对当前驾驶任务产生直接干扰。结合信息类型和区域认读效率结果，设计各区域的显示信息。

5.2.4 颜色和对比度（包括5.2.4.2.1-5.2.4.2.8），参考文献《车载平视显示系统界面优化设计研究》和《基于AR-HUD的汽车驾驶辅助系统设计研究》。AR-HUD设计中的颜色选择和使用策略是为了确保信息传达的准确性和可读性，帮助驾驶员在不同驾驶场景下快速理解和响应各类提示信息。颜色在信息传达中具有重要的符号意义，例如红色用于紧急情况，黄色用于警告，绿色用于正常操作，通过明确的颜色定义可以迅速引导驾驶员的注意力。研究还指出，减少用于编码信息的颜色数量（不超过4种）有助于避免视觉干扰，同时避免使用绿色/红色、黄色/蓝色等容易混淆的对比组合，以减少误判。保持色彩在不同信息类型中的一致性，确保信息在不同时间和天气条件下的高可见性，这对于驾驶员的识别效率至关重要。此外，选用视觉分辨率高的色彩，如蓝底白图的配色方案，可以显著提升交通指示信息的视觉搜索效率。

5.2.5 字符和图标的大小

5.2.5.2.1 AR-HUD的文字和图标尺寸主要依据视距和视角进行设计。在此设计中，视距确定为7.5米（即7500毫米）。通过视觉设计公式 $h = 2 \times d \times \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)$ 计算，h代表文字或图标的物理高度，d为虚像距离， θ 为视角（以弧分为单位），通过该公式可将视角转换为物理尺寸，

本方法适用于在视觉设计文字/图标尺寸定义阶段，以下结论均适用于在视觉设计文字/图标尺寸定义阶段。

5.2.5.2.2 关于文本大小的定义是基于提高驾驶员信息获取效率和确保视觉清晰度的考虑。选择文本和图标的最佳高度为20弧度分，最小高度为16弧度分（针对时间要求严格的）和12弧度分（针对时间要求不严格的），是为了保证在不同紧急程度的信息场景中，驾驶员能够快速、准确地识别和理解显示内容。参考了ISO/TR 7239《公共信息符号的开发与应用原则》，该文献强调符号设计宜具有高可见性和易读性，以确保在快速浏览的情况下，用户能够迅速理解信息。

5.2.5.2.3 车速文本数据定义说明

关于文本大小的定义是基于提高驾驶员信息获取效率和确保视觉清晰度的考虑。参考文献指出选择文本的最佳高度为20弧度分，最小高度为16弧度分（针对时间要求严格的）和12弧度分（针对时间要求不严格的），是为了保证在不同紧急程度的信息场景中，驾驶员能够快速、准确地识别和理解显示内容。在此基础之上，本标准设计系列文字尺寸测试实验，旨在验证测试文本尺寸的最小需求和适宜尺寸范围。考虑AR-HUD界面中文字内容以车速和导航两大内容为主，我们分别设计车速尺寸和导航文本尺寸两个测试实验。

针对车速文本尺寸信息显示，依据参考文献的推荐尺寸近似选择6种文字尺寸展开认知效率的测试，提炼出对应最符合驾驶员认知需求的车速文字尺寸大小。车速的数字和文字尺寸范围一般为19mm-64mm，本实验划分为6个车速尺寸，分别为：19mm、28mm、37mm、46mm、55mm、64mm。驾驶人需要认读当前的车速信息。共有39名驾驶人参与实验。被试依次经历6种车速尺寸方案，采集驾驶人对每种车速尺寸的认读反应时间。实验结果显示，认读反应时间由小到大排序为：46mm < 55mm < 37mm < 64mm < 28mm < 19mm。根据认读反应时间的实验结果，对车速尺寸的推荐进行排序。车速文本尺寸高度宜在46mm左右。该实验结果与推荐的最小尺寸高度（针对时间要求严格的为16弧度分，约34.9mm；针对时间要求不严格的为12弧度分，约26.2mm，推荐尺寸 h 计算公式见5.2.4.3）十分相近，满足最小尺寸要求，验证了该条标准的可靠性。

5.2.5.2.4 导航文本数据定义说明

针对导航文本尺寸信息显示，依据参考文献的推荐尺寸近似选择6种文字尺寸的认知效率的测试，提炼出对应最符合驾驶员认知需求的导航文字尺寸大小。导航数字以及文字尺寸的范围通常为14mm-64mm，考虑到AR-HUD界面显示信息要有大小层级变化，因此将导航的数字

和文字尺寸范围调至14mm-52mm。本实验划分为6个导航尺寸,分别为:14mm、16mm、23.6mm、33.2mm、42.8mm、52mm。驾驶人需要认读当前的导航信息。共有39名驾驶人参与实验。被试依次经历6种导航尺寸方案,采集驾驶人对每种导航尺寸的认读反应时间。实验结果显示,认读反应时间由小到大排序为:33.2mm < 42.8mm < 52mm < 16mm < 23.6mm < 14mm。根据认读反应时间的实验结果,对导航尺寸的推荐进行排序。导航文本尺寸高度宜在33.2mm左右。该实验结果与推荐的最小尺寸高度(针对时间要求严格的为16弧度分,约34.9mm;针对时间要求不严格的为12弧度分,约26.2mm,推荐尺寸 h 计算公式见5.2.4.3)十分相近,满足最小尺寸要求,验证了该条标准的可靠性。

5.2.5.2.5 2D图标视角定义说明

编写依据:参考了ISO/TR 7239《公共信息符号的开发与应用原则》,该文献强调符号设计应具有高可见性和易读性,以确保在快速浏览的情况下,用户能够迅速理解信息。

5.2.5.2.6 2D图标数据定义说明

图标的尺寸需要符合驾驶员查看界面时的过往经验与习惯偏好,过大的尺寸与过小的尺寸都会引起视觉认知的不适。需要通过测试来确定AR-HUD界面中合适的图标尺寸大小,以确保驾驶者能够快速视认和理解。

实验设计及结果:根据参考文献《基于视觉认知负荷的车载 HUD 界面设计优化研究》,本次实验测试了6组图标尺寸的大小,分别是:49/84/119/154/189/231 mm。旨在通过测试驾驶员在面对不同尺寸的图标时的认知效率去确定图标尺寸。

驾驶人需要认读当前的导航信息。共有39名驾驶人参与实验。被试依次经历6种图标尺寸方案,采集驾驶人对每种图标尺寸的认读反应时间。实验结果显示,认读反应时间由小到大排序为:189mm < 154mm < 119mm < 84mm < 84mm < 231mm。

编写依据:实验结果表明,在6组测试图标中,189mm的图标尺寸具有最短的认读反应时间,这意味着它的认知负荷最低,驾驶员能够最快速地识别。154mm和119mm的尺寸紧随其后,表明在这些范围内图标的可识别性依然较高。因此,推荐的图标尺寸区间应集中在84mm-189mm,既能够确保图标足够清晰,又不会因为尺寸过大或过小影响驾驶员的视认。

根据视觉人因学研究,驾驶员通过AR-HUD看到的虚像距离为7.5米,视角大小直接影响图标的可视性。以84mm和189mm为上下限,分别对应的视角为34弧分和86弧分,该范围适合常规车载环境中的2D图标展示。研究表明,视角在30-90弧分之间时,图标的可视性和识别速度最佳,超过这个范围会导致视认困难或者不必要的信息占用。

在驾驶环境中，不同信息的重要性决定了其在界面中的呈现大小。对于导航信息等高优先级信息，推荐采用189mm左右的尺寸，确保驾驶员能够在最短的时间内捕捉到关键信息。而对于辅助性信息，如交通标志提醒或娱乐信息，推荐采用相对较小的84mm图标，既能显示清晰，又不占用过多的屏幕资源。

实验结果显示，图标的认读反应时间随尺寸变化呈现出一定的规律：图标尺寸过小时，反应时间较长，因为驾驶员需要更多时间去识别。而尺寸过大时，虽然信息更为突出，但过大的视觉焦点变化会影响其他信息的接收。因此，最佳尺寸范围在84mm-189mm，这个区间内的图标能够兼顾快速识别与视觉舒适性，降低因识别不及时导致的驾驶安全隐患。

国际标准如ISO 15008《道路车辆—驾驶员视觉信息的评价方法》中，对驾驶员在不同虚像距离下的认读要求做了详细规定。结合该标准中的建议，在7.5米的视距下，2D图标的尺寸区间宜确保驾驶员在动态驾驶场景中可以轻松读取信息。图标的高度区间为84mm至189mm符合ISO 15008的建议，并确保在真实驾驶环境中的可操作性。

尽管物理尺寸的确定主要依据认知负荷和实验数据，但在实际应用中，AR-HUD的硬件分辨率也需要考虑。选择84mm-189mm的图标尺寸区间还需要保证硬件设备能够在该范围内提供足够的清晰度和对比度，避免图像模糊或过于锐利影响视觉感知。

综上所述，推荐的图标尺寸区间（84mm-189mm）结合了实验数据、视觉认知理论、行业标准以及设备硬件参数，确保驾驶员在动态驾驶环境中能够快速、清晰地识别界面信息，减少不必要的视觉负荷，同时保证驾驶的安全性与信息的有效传递。

5.2.5.2.7 字符高宽比例数据说明

在ARHUD设计中，字符的清晰度和可读性需要满足一定条件，才能使驾驶员能够在短时间内快速识别和理解关键信息，减少认知负担。显示的信息所采用的字符高度、宽高比以及关键信息比值与清晰度有很大的相关性，因此建议针对字符的一些重要数值提出具体的建议与要求。

编写依据：根据《In-Vehicle Display Icons and Other Information Elements: Volume I》和《Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems, Including 2006 Updated Sections》的研究，驾驶员与车载信息系统的交互设计建议严格遵循字符比例和笔画宽度的标准，以确保在不同驾驶环境下的可读性和信息传达效率。基于驾驶员的视觉感知和使用经验，文献提出字符的宽高比应保持在0.6至0.85之间，笔画宽度与高度的比值应在0.08至0.2范围内，关键信息的

比值首选为0.167至0.2，才可以确保关键信息在各种情况下的可视性和易读性，尤其是在高速行驶或复杂环境中。

5.2.5.2.8 字体选择说明

为寻找在数字显示屏上具有更好的可读性的字体类型，尤其是在短时间内需要快速识别信息的情况下，字体的简洁性和清晰度更能满足驾驶环境的需求。

实验设计及结果：根据文献《基于kano模型的车载HUD系统设计研究》，本次实验选取了6种在车载信息显示中较为常用的字体进行实验，分别是：幼圆/Daytona、华文仿宋/Mayberry、华文楷体/Unitext、华文宋体/Burlingame、微软雅黑/Roboto、微软雅黑/Arial。旨在通过测试驾驶员在面对不同字体显示的驾驶相关信息时的认知效率去确定字体类型。

驾驶人需要认读当前的导航信息。共有39名驾驶人参与实验。被试依次经历6种字体方案，采集驾驶人对每种字体的认读反应时间。实验结果显示，认读反应时间由小到大排序为：幼圆/Daytona < 微软雅黑/Arial < 华文楷体/Unitext < 华文宋体/Burlingame < 华文仿宋/Mayberry < 微软雅黑/Roboto。根据认读反应时间的实验结果，对字体类型的推荐进行排序。无衬线字体（如 Arial、Helvetica）比有衬线字体（如 Roboto）更适合用于显示文字。

5.2.6 字符和图标的间距与显示数量

5.2.6.2.1 交通图标，现有的交通图标经过长期使用，驾驶员已经熟悉其含义，能够在短时间内做出反应。这样的设计能够有效减少驾驶员对新图标的学习负担，降低认知负荷，从而在紧急情况下帮助驾驶员快速做出正确判断，显著提高驾驶安全性。现有的交通图标在各类信息系统中被广泛应用，尤其是在需要快速识别和决策的驾驶环境中，标准化的图标设计能够显著提高信息传达的效率和用户体验。现有的交通图标经过了大量的实践和测试，已被证明在不同文化和语言环境下都具有较高的识别度和可理解性，这使得它们成为ARHUD警示信息图标的最佳选择。

5.2.6.2.2 避免干扰，旨在遵循“避免干扰”的理念和设计原则，避免在图标周围放置过多的干扰元素，确保驾驶员能够清晰、快速地识别图标信息。即简化信息呈现以提高用户对关键内容的识别效率。

5.2.6.2.3 设计案例，通过合理设计案例展示了避免干扰原则在实际应用中的效果。依据了避免干扰原则的设计案例，强调图标和背景的简洁性和一致性。减少图标周围的装饰元素、保持图标与实际道路标识一致，能够显著提升信息的可读性和理解效率。

5.2.6.2.4 文字和图标布局, 参考文献《Hick's law for choice reaction time: A review》。简化HUD界面的文字和图标布局, 确保驾驶员能够快速理解并作出反应, 减少驾驶员的认知负担, 帮助其快速、准确地获取关键信息。界面设计宜尽可能减少同时呈现的选项数量, 特别是在需要快速决策的驾驶场景中。通过控制图标数量在1-3个之间, 并将最关键的信息以单一设计元素的形式突出显示, 可以显著缩短驾驶员的反应时间。文字排版整齐、避免换行和截断的要求则确保信息呈现的连贯性和可读性, 从而提高了驾驶过程中信息的获取速度和理解效果。

5.2.6.2.5 标和文字间距, 参考文献《基于认知机理的数字界面信息设计及其评价方法研究》。对于图标, 合理的间距可以避免视觉干扰, 确保图标间关系的清晰表达; 而对于文字, 适当的行距和字间距有助于提升文本的可读性和识别速度, 减少误读的可能性。当图标之间的间距与图标尺寸的比例为1/3时, 视觉认知绩效最佳, 而当间距比例超过2/3时, 搜索难度逐渐增加。其次, 《Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Specifications and test procedures for in-vehicle visual presentation (ISO 15008)》指出, 文字行距为1.5倍或2倍字高, 字间距为0.5倍或1倍字宽时, 能够最大化提升文字的可读性和视觉舒适度。旨在优化图标和文字的间距设计, 确保驾驶员在驾驶过程中能够快速、准确地理解所显示的信息。通过适当的图标和文字间距设计, 可以减少视觉搜索的难度, 提高信息识别效率, 从而增强驾驶安全性和信息传达的有效性。

5.2.6.2.6 信息分组, 分组显示是信息设计中的一个基础原则, 被广泛应用于界面设计中以优化用户体验。旨在通过将相关信息进行分组显示, 提高信息的可读性和易读性。通过将功能相关的信息聚合在一起, 可以减少信息的分散性, 使驾驶员更容易进行认知和记忆。

5.2.6.2.7 对齐原则, 旨在通过对齐图标或文字, 提高信息的整洁性和可读性, 使驾驶员能够快速找到所需的信息。对齐设计有助于建立界面视觉上的一致性和秩序感, 减少视觉搜索的时间和认知负担。对齐有助于信息的有序排列, 使界面更易于理解和导航, 从而提升驾驶员在驾驶过程中对信息的获取效率, 确保安全驾驶。

5.2.7视觉设计方案验证, 本章节主要介绍了视觉设计方案的验证方法, 旨在确保AR-HUD系统的视觉设计符合安全性、易用性和舒适性等核心要求。视觉设计方案验证通过评估驾驶员的视觉负担、信息传递的准确性和直观性、以及视觉舒适度等方面来确保设计的有效性。验证方案包含以下几个关键指标和验证方法。

瞳孔面积:

验证目的：瞳孔面积是视觉负担的一个重要指标。过大的瞳孔面积通常表明视觉负担较大，可能会导致驾驶员的注意力分散，影响安全驾驶。通过测量驾驶员的瞳孔面积，可以客观评估视觉设计是否导致了过高的认知负荷。

验证方法：使用眼动追踪设备或瞳孔追踪仪器来监测驾驶员的瞳孔面积变化。在特定驾驶场景下，记录瞳孔面积的波动情况并与视觉设计的复杂度进行关联分析。

注视持续时间：

验证目的：注视持续时间是衡量驾驶员从显示信息中提取和理解信息的能力的指标。较长的注视持续时间通常意味着设计信息过于复杂，驾驶员需要更多的时间来理解和处理信息。通过缩短注视持续时间，可以减少驾驶员的认知负荷，提高驾驶效率。

验证方法：通过眼动仪追踪驾驶员在AR-HUD显示区域的注视点及持续时间。在不同类型的视觉信息展示中，测量驾驶员的注视持续时间并进行对比分析。注视时间较短且集中在关键信息上，表明设计良好。

视线偏移路面时间比：

验证目的：该指标用来衡量驾驶员在与系统交互时是否偏离了主要驾驶任务。如果驾驶员过多地将视线从路面移开，可能会导致安全隐患。较低的偏移比率表明系统在视觉引导方面表现良好，能够帮助驾驶员保持对路况的关注。

验证方法：通过眼动追踪设备监测驾驶员的视线偏移情况，记录驾驶员注视路面的时间与注视显示屏的时间比例。在执行AR-HUD交互任务时，计算视线偏移路面时间比，确保其不超过安全标准。

任务反应时间：

验证目的：任务反应时间是驾驶员对系统提供的信息做出反应所需的时间。较短的反应时间表示设计能够有效引导驾驶员快速做出决策，减少潜在的驾驶风险。

验证方法：通过设置特定的驾驶任务（例如紧急警告或导航指示），使用车辆数据记录仪和摄像设备记录驾驶员的反应时间，确保信息的传递和反馈迅速且明确。

任务成功率：

验证目的：任务成功率反映了驾驶员在系统提示下成功完成交互任务的比例。较高的成功率表明系统设计的交互方式有效且易于理解。

验证方法：通过设置一系列的任务（如导航操作、警告信息确认等），记录驾驶员是否成功完成任务。任务完成率和操作成功率作为主要衡量指标，确保系统设计的易用性和有效性。

b) 动态设计原则编写依据

关于交互设计原则，交互设计中，触控交互建议简化操作，控件易于理解，位置合理且不会干扰其他系统，确保驾驶员视线不离开道路超过2秒。语音控制需自然对话流程，反馈明确。视觉反馈宜及时、准确、可读、可视且简明，听觉和触觉反馈需明确。多模态交互中，信息建议简单易懂，重要信息优先通过听觉和触觉显示，连续可用和非显著信息适合视觉显示。操作需简化、易用，具备高效专注和可定制性。三秒原则管理注意力，防止分心。错误防护确保关键信息清晰、操作简便，提供明确指示和反馈，避免干扰视线。进行测试和用户反馈收集，确保可用性和用户需求分析。ARHUD宜特别关注增强现实元素的交互和信息叠加的安全性。

5.3.1 动态信息提示

5.3.1.2.1 AR动态信息分类，参考文献《增强现实技术在车辆导航系统中的应用研究》。在ARHUD（增强现实平视显示系统）中，将动态信息划分为导航类、警示类和道路环境提示类，是为了确保驾驶员在复杂的驾驶环境中能够接收到结构化且有序的信息。这种分类有助于驾驶员在保持视线不离开路面的情况下，迅速识别和响应不同类型的信息，从而提高驾驶效率和安全性。

5.3.1.2.2 AR动态信息优先级，参考文献《驾驶注意力分配与信息显示优先级研究》。驾驶员在驾驶过程中的注意力资源有限，因此在ARHUD（增强现实平视显示系统）设计中，必须对信息进行优先级排序。将动态信息的优先级设定为警示类高于导航类，导航类又高于道路环境提示类，是为了确保在驾驶过程中，驾驶员能够首先接收到对安全至关重要的信息。这样的优先级划分有助于驾驶员在面对大量信息时，能够快速识别并优先处理最关键的信息，从而减少认知负担，提高驾驶安全性和效率。

5.3.1.2.3 AR动态信息提示形式分类，参考文献《多模态交互在增强现实平视显示系统中的应用》和《驾驶员注意力分配与信息提示策略》。在ARHUD设计中，多模态信息提示能够显著提升驾驶员对信息的理解和反应速度，将动态信息提示形式细分为视觉提示、声音提示、动画提示及触觉反馈四大类，是为了综合利用多种感官通道，以适应不同驾驶情境和驾驶员的个性化需求。这种多模态的信息提示策略能够提高信息传递的效率和准确性，同时减少单一模态可能导致的信息过载或误解。通过将提示类型与AR-HUD动态信息分类相结合，可以构建一个全面而灵活的提示策略概览表，确保在各种驾驶条件下都能有效地向驾驶员传达关键信息。

5.3.1.2.4 动态信息提示方式呈现原则，参考文献《增强现实平视显示系统在驾驶辅助中的应用》和《人机交互中的视觉显示设计原则》。信息提示的设计宜尽量减少对驾驶员视觉注意

力的干扰，以维持驾驶安全，在ARHUD设计中，建议动态信息提示方式采用条形或闪现的形式，是为了在不干扰驾驶员对前方道路和环境的观察的同时，提供必要的信息。这种设计考虑了驾驶员在驾驶过程中的视觉注意力分配，确保信息提示既足够醒目以引起注意，又不会过度占据视野或遮挡重要的视觉信息，从而避免分散驾驶员的注意力，减少驾驶过程中的认知负担。

5.3.1.2.5 视觉提示形式的位置，参考文献《驾驶员视觉注意分配与信息提示设计》。因为人眼的中央视野区域具有最高的视觉敏感度和分辨率。当信息提示位于驾驶员的中央视野或接近中央视野时，驾驶员能够更快地察觉并处理这些信息，从而减少对驾驶任务的干扰。因此，在设计ARHUD的视觉提示时，应优先考虑将关键信息放置在驾驶员的中央视野或视角角度较小的位置，以确保信息能够被快速且准确地识别，从而提高驾驶的安全性和效率。

5.3.1.2.6 3D预警图标类型的推荐顺序，3D预警图标类型需要有足够的视觉显著性，以保证快速吸引驾驶员注意力。基于此，需要通过测试来确定AR-HUD界面中合适的3D预警图标类型，以确保在紧急情况下能够迅速引起驾驶员的注意并采取相应措施。

实验设计及结果：根据参考文献《视觉符号在驾驶辅助系统中的作用》，驾驶员对红色和三角形的警示标志有更快的反应时间，因为这些元素在人类的视觉系统中具有较高的显著性。因此，本次实验测试了3种3D预警图标类型，分别是：红色三角叹号，红色三角抽象物体，红色矩形框。旨在通过测试驾驶员在面对不同类型的3D预警图标时的认知效率去确定3D预警图标类型。驾驶人需要在危险环境中根据预计图标做出反应。共有39名驾驶人参与实验。被试依次经历3种图标类型方案，采集驾驶人对每种图标类型的视认反应时间。实验结果显示，视认反应时间由小到大排序为：红色矩形框<红色三角抽象物体<红色三角叹号。

根据视认反应时间的实验结果，对3D预警图标类型的推荐进行排序。3D预警图标类型的推荐顺序为：红色三角叹号>红色三角抽象物体>红色矩形框。

5.3.2 动态信息交互

5.3.2.2.1 AR-HUD系统的动画过渡效果，参考文献《增强现实抬头显示AR-HUD白皮书》。AR-HUD技术通过结合虚拟现实技术，将行车信息叠加到实物上面，提供更远的成像距离和更佳的成像效果。这种技术的应用，使得动画过渡效果在提供信息时能够更加直观和有效。对动画过渡效果进行细致的分类，以确保在不同的情境下能够提供最合适的视觉反馈。这样的分类有助于在不影响驾驶员对道路的注意力的同时，通过视觉提示增强信息的传递效果，从而提升驾驶体验和安全性。

5.3.2.2.2和5.3.2.2.3 合适或不合适的动画过渡效果，参考文献《车载HUD的人因学研究和交互设计空间》。驾驶员在驾驶过程中对信息的感知和处理能力是有限的，因此动画设计需要考虑到不增加驾驶员的认知负担。因此，在设计ARHUD动画过渡效果时，建议根据信息的重要性和对驾驶任务的影响，选择合适的动画类型和顺序，以确保信息传递的效率和驾驶安全。

5.3.2.2.4和5.3.2.2.5 AR动态信息宜满足的原则，参考文献《车载AR-HUD道路安全提示信息界面设计原则研究》和《车载平视显示系统界面优化设计研究》。通过合理的信息发布时效设定，可以提高驾驶员对关键信息的反应速度，减少事故发生的风险。ARHUD设计原则中对AR动态信息的可预见性、及时性、实时性的要求是为了确保驾驶员在各种路况下能够安全、高效地接收和处理信息。这些要求基于对驾驶员行为、视觉感知和认知负荷的深入理解，以及对交通安全法规和人机交互原则的遵循。

5.3.3 动态信息反馈

5.3.3.2.1 通知信息，参考文献《Evaluation of the effects of age-friendly human-machine interfaces on the driver's takeover performance in highly automated vehicles》。当驾驶员需要从自动化系统接管控制权时，提供车辆状态信息和接管请求的原因可以提高接管性能，降低感知的工作量，并提高驾驶员的态度。在设计ARHUD时，建议每隔30至50秒向驾驶员提供车辆运行状态信息，并在自动驾驶或辅助驾驶功能激活后，适时提供周围环境潜在的危险信息，以提醒驾驶员保持警觉，有助于优化驾驶员对信息的接收和处理，减少因信息过载或不适当的信息呈现而导致的驾驶风险。

5.3.3.2.2 警示信息，参考文献《Proposal for the 01 series of amendments to UN Regulation No.157 (Automated Lane Keeping Systems)》。随着自动化程度的提高，驾驶员可能在系统失效前不会持续关注道路情况，因此，通过分阶段的预警系统，可以更有效地提醒驾驶员关注车辆运行状态和周围环境的潜在危险，从而提高接管性能和驾驶安全性。第一阶段预警至少宜在系统失效前10秒发出，以便驾驶员开始注意到问题并准备采取行动。第二阶段预警则在第一阶段之后至少4秒发出，且不晚于系统失效前5秒，这样的设计旨在逐步增强驾驶员的紧迫感，确保在关键时刻能够迅速且正确地响应。

5.3.3.2.3 提示信息，参考文献《Proposal for the 01 series of amendments to UN Regulation No.157 (Automated Lane Keeping Systems)》。在ARHUD设计中，提供定制化的操作指引是为了确保驾驶员能够在各种驾驶情景下获得清晰、准确的操作指导，从而减少驾驶过程中的认知

负担和潜在的驾驶风险。通过结合AR图像动态操作视觉指引和语音指引，驾驶员可以更直观地理解车辆状态和所需采取的行动，这有助于提高驾驶的安全性和便捷性。

5.3.4动态设计方案验证，本章节旨在介绍动态设计方案的验证方法，确保AR-HUD系统在动态信息展示中满足实时性、准确性、稳定性以及对驾驶员的引导效果。动态设计的验证对于提升系统在复杂驾驶环境中的表现至关重要，特别是在信息更新的及时性和准确性方面。

1) 延迟时间

验证目的：延迟时间衡量AR-HUD系统从接收到输入信号（如驾驶员的操作或环境变化）到系统做出响应并显示信息所需的时间。较短的延迟时间表明系统能够实时响应变化，从而提高驾驶员的决策效率和反应速度。

验证方法：使用高精度计时设备和视频分析记录从输入信号到系统显示响应的的时间差。在实际驾驶场景中，通过模拟不同的驾驶情境来评估延迟时间，确保系统在高速行驶或复杂环境下的实时性。

2) AR图像识别延迟时间

验证目的：AR图像识别延迟时间是指系统识别前方物体（如交通标志、行人、其他车辆等）并在AR-HUD上显示对应虚拟信息所需的时间。较短的识别延迟时间可以确保驾驶员及时获得道路环境信息，提升行车安全性。

验证方法：通过设置不同类型的障碍物（静止或移动物体）在路面上，使用高速摄像设备记录从物体进入视野到其显示在AR-HUD上的时间。通过多次测试，计算不同物体在不同速度下的识别延迟时间，确保系统响应的及时性。

3) AR图像追随延迟时间

验证目的：AR图像追随延迟时间是指AR-HUD系统在车辆移动过程中，从识别到目标物体到持续更新并跟随该物体显示所需的时间。该指标反映了AR系统在动态环境中的实时性和稳定性，能够确保驾驶员及时获取与道路环境变化相关的信息。

验证方法：在动态行驶过程中，使用移动物体（如遥控车、行人模型等）模拟实际场景，测试AR-HUD系统识别并持续更新显示目标物体的时间差。通过录像分析，评估追随过程中的延迟时间，确保系统能够快速并准确地跟踪和显示物体。

4) AR图像识别目标贴合度

验证目的：AR图像识别目标贴合度是指AR-HUD显示的虚拟目标与实际道路环境中的物体在空间上的匹配程度。较高的贴合度表明虚拟信息与实际环境的结合更加紧密，有助于驾驶员更准确地解读信息，提高驾驶安全性。

验证方法：通过精确测量虚拟目标（如导航指示、警告符号等）与实际物体（如交通标志、行人等）之间的空间位置、大小和角度的匹配程度。在静态和动态场景下，利用高精度传感器记录实际物体和AR图像显示位置的偏差，评估系统的贴合度。

5) AR图像识别目标显示稳定性

验证目的：AR图像识别目标显示稳定性衡量AR-HUD系统在动态环境中的图像显示是否稳定。较高的稳定性表明系统能够在车辆行驶过程中有效地保持目标物体的显示位置，避免由于车辆震动或识别错误导致的图像抖动或偏移。

验证方法：在实际驾驶过程中，通过监测AR-HUD显示的虚拟标记（如交通标志、障碍物预警等）与实际目标物体之间的稳定性。使用摄像设备记录车辆行驶过程中的抖动情况，并通过分析图像稳定性，评估系统在动态环境下的表现。

本动态设计方案验证通过对延迟时间、AR图像识别延迟时间、AR图像追随延迟时间、AR图像识别目标贴合度和AR图像识别目标显示稳定性等关键指标的测试，确保AR-HUD系统在动态信息展示中的实时性、准确性和稳定性。通过这些验证方法，能够全面评估系统在复杂驾驶环境中的响应能力，并为系统优化提供依据。

c) 系统集成编写依据

关于系统集成，系统集成原则强调不同功能的协调和优先级管理，确保驾驶员能够快速获取关键信息。HUD界面元素的数量建议控制在高权重刺激信息不超过3个，每类信息最佳数量为2-3个。信息超过最佳数量时，优先显示重要度最高的1-3个提示，降低低重要度信息亮度，避免认知过载。信息反馈按重要性和紧急性排序，动态显示的信息与其他信息一致，确保简洁易懂。驾驶相关信息优先呈现，避免非驾驶相关信息干扰。多功能界面需整合协调，系统响应和性能需优化，确保数据安全和隐私保护。

5.4.1.2.1 重要信息优先排序，参考文献《车载AR-HUD道路安全提示信息界面设计原则研究》。在驾驶任务环境中，信息的优先级排序对于减少驾驶员的认知负荷和提高反应效率至关重要。信息反馈的内容按照重要性和紧急性进行排序能够确保驾驶员在驾驶过程中能够迅速注意到最关键的信息，从而做出及时反应。因此，通过对重要信息进行优先排序，突出显示重要度最高的提示信息，可有效减少视觉干扰，有助于驾驶员快速捕捉到关键信息并及时进行操纵。

5.4.1.2.2 信息反馈一致性，参考文献《一文读懂汽车AR-HUD交互设计及用户体验趋势》。在ARHUD设计中，信息反馈的一致性是为了确保驾驶员在接收信息时能够快速识别并做出正确反应，避免因信息形式的多样性而导致的认知混淆和反应延迟。一致性的设计有助于建立驾驶员对信息提示的信任感，从而在关键时刻能够依赖这些信息做出决策。因此，在ARHUD的设计中，建议保持动态信息与其他信息显示的一致性，使驾驶员能够迅速理解并响应显示的信息，从而减少驾驶过程中的认知负担和潜在的安全风险。

5.4.1.2.3 信息简洁性，参考文献《车载平视显示系统界面优化设计研究》。在ARHUD设计中，信息的简洁性是为了确保驾驶员能够迅速理解并响应，从而最大化地减少认知负担和视觉干扰，使得驾驶员能够更好地专注于道路情况，进而提高驾驶的安全性。过度复杂的信息显示会导致驾驶员的认知过载，影响其对关键信息的快速反应能力。因此，使用图标和简洁的文本，以及最小化文本行数，可以确保信息传递的高效性。

5.4.2 信息优先级排序

5.4.2.2.1和5.4.2.2.2驾驶相关信息优先，参考文献《基于视觉认知负荷的车载HUD界面设计优化研究》。驾驶员在面对复杂的驾驶环境时，需要解决车载HUD信息量增多、结构层次复杂及视觉界面不规范的问题。驾驶情况相关的信息优先于非驾驶相关信息的呈现，能够确保驾驶员在驾驶过程中首先获取到最关键、最紧急的信息，从而快速做出反应，提高驾驶安全性，减少驾驶员的认知负荷，避免信息过载导致的注意力分散。因此，考虑到驾驶人有限的认知能力，应优先选择与驾驶相关情况、重要、紧急的信息，保证驾驶安全。

5.4.3 多功能界面整合

5.4.3.2.1 界面风格布局一致性，参考文献《Research on the Usability Design of HUD Interactive Interface》。在ARHUD设计中，针对不同的功能模块设计统一的界面风格和布局，比如在色彩、字体、图标等方面保持一致，可以降低驾驶员的认知负担，快速识别信息，避免界面切换时出现注意力分散，确保驾驶员能够高效地获取关键信息。因此，设计中建议统一界面风格和布局，以便提升信息获取的效率和驾驶安全性。

5.4.3.2.2 支持多模态交互，参考文献《Usability Study of Multi-modal Interfaces Using Eye-Tracking》。在ARHUD设计中，在支持多模态交互的系统中，驾驶员可以通过多种输入方式，根据当前驾驶环境和需求选择最合适的交互方式，从而减少操作复杂性，提升使用体验。因此，采用多模态交互的信息传递方式可以被用户自然地接受，有助于提高交互的自然性、减少误差，增强用户的愉悦感，提升ARHUD界面的操作性和便捷性。

5.4.4 错误防护

5.4.4.2.1 显示关键信息，参考文献《Automotive Head-Up Display Systems: A Bibliometric and Trend Analysis》。在ARHUD设计中，考虑到驾驶员的注意力分配，为了确保他们能够快速获取最重要的信息（如车速、导航指示和警告提示等），需要减少视觉干扰和认知负担，故当某一特定功能（如车速警告）处于运行状态时，HUD宜只显示驾驶人所需要的关键信息即可。因此，HUD系统在信息呈现时宜重点突出驾驶人需要的关键信息，以避免驾驶人因信息过载而分心，还可以优化信息显示的效率，减少对驾驶人注意力的干扰。

5.4.4.2.2 易于阅读和理解，参考文献《Research on the Usability Design of HUD Interactive Interface》。在ARHUD设计中，随着自动驾驶和人机交互技术的发展，车内系统信息量日益增加，虽然丰富了驾驶体验，但同时也容易分散驾驶员的注意力。因此，通过使用清晰、简洁的方式来呈现信息，可以有效减少驾驶人对复杂界面和符号的认知负担，降低驾驶过程中因信息复杂性而导致的注意力分散，从而提升驾驶安全性。

5.4.4.2.3 提供清晰的指示，参考文献《User-Centered Information Architecture of Vehicle AR-HUD Interface》。在ARHUD设计中，过多的虚拟信息可能干扰驾驶员对周围环境的注意力，影响驾驶判断。HUD宜根据驾驶员需求显示关键状态信息，如车辆维护提示，以帮助驾驶员在复杂驾驶环境中高效管理车辆信息，确保驾驶安全。因此，通过提供清晰的指示，可以帮助驾驶人迅速掌握车辆状态，避免潜在的机械故障或安全隐患，提升驾驶的安全性和便捷性。

5.4.4.2.4 提供反馈，参考文献《Towards the Automotive HMI of the Future: Overview of the AIDE-Integrated Project Results》。在ARHUD设计中，AIDE项目专注于汽车人机界面（HMI）的集成和适应性设计，强调了系统宜提供明确的操作反馈，以增强驾驶员对操作结果的感知。通过在三辆原型车中的测试和评估，该项目证明了反馈机制对提升驾驶员行为响应的重要性，有助于优化驾驶操作过程中的人机交互体验。因此，设置反馈机制有助于提高驾驶员对操作的信心，减少操作不确定性，从而提升驾驶的安全性和驾驶体验。

5.4.4.2.5 避免干扰，参考文献《Augmented Reality Interface Design Approaches for Goal-directed and Stimulus-driven Driving Tasks》。在ARHUD设计中，尽管AR-HUD在碰撞预警和导航等方面为驾驶员提供了显著的帮助，但同时也引发了许多感知和视觉上的问题。因此，为了减少驾驶员因视觉遮挡或亮度过高而引发的干扰，提升信息传达的有效性，HUD的位置和亮度建议符合相关要求，以确保驾驶人可以在不分散注意力的情况下读取信息。

5.4.4.2.6 提供撤销功能，参考文献《Evaluation and Optimization of In-Vehicle HUD Design by Applying an Entropy Weight-VIKOR Hybrid Method》。在ARHUD设计中，HUD界面设计的可用性评估和优化涉及了很多个指标。一种基于熵权-VIKOR方法的混合模型在对界面设计方案进行了优化之后发现在操作灵活性和容错性方面，提供撤销功能可以减少误操作的负面影响，提高用户在复杂驾驶任务中的操作效率，从而增强系统的可用性和安全性。因此，为了减少因失误操作带来的不便和潜在安全风险，提高操作上的灵活性和容错率，建议允许用户在一定时间内撤销操作。

5.4.4.2.7 加强车道显示，参考文献《Color Visibility Evaluation of In-Vehicle AR-HUD Under Different Illuminance》。在ARHUD设计中，不同光照条件下颜色的可见性会对驾驶员的认知效率产生显著影响，例如特定颜色和轮廓的亮度对字符的可见性有直接影响，尤其是在不同光照强度下。因此，考虑驾驶员在能见度较低时对道路信息的需求，为了确保重要信息在不同环境下的可见性，特殊天气环境下，HUD宜增强车道线的显示亮度，确保车道线在恶劣天气条件下依然清晰可见，帮助驾驶员保持正确的行驶路线。

5.4.4.2.8 关键信息优先显示，参考文献《Improving Emergency Vehicles' Response Times with the Use of Augmented Reality and Artificial Intelligence》。在ARHUD设计中，紧急服务车辆驾驶员在高速行驶和恶劣天气中面临巨大的心理和操作压力。利用增强现实（AR）和人工智能（AI）优化HUD信息的设计框架，可以确保驾驶员能够快速获得最重要的信息以降低驾驶风险。因此，为了提高驾驶人在恶劣天气下的警觉性，确保行驶安全，建议优先显示关键信息（如车速、前车距离、导航指引等），避免由于能见度低或路况复杂带来的驾驶风险。

5.4.5 系统集成设计方案验证，本章节旨在阐述系统集成设计方案的验证方法，通过对系统集成性能的综合评估，确保AR-HUD系统的各个功能模块（视觉设计、动态设计、驾驶辅助系统等）能够高效协同工作，提供一致的驾驶体验。系统集成设计方案验证侧重于评估各功能模块在真实驾驶环境下的协调性、稳定性和用户体验。

1) 横向偏移标准差

验证目的：横向偏移标准差衡量驾驶员在执行交互任务时，车辆行驶的横向稳定性。较小的偏移标准差表明车辆在执行任务时保持较好的车道位置，反映了AR-HUD系统在提供信息时对驾驶员的引导效果，确保在多任务环境下不会分散驾驶员的注意力或导致行车偏移。

验证方法：在驾驶过程中，设定多个交互任务（如通过语音控制车载系统或调整设置等），并记录车辆在任务执行过程中的横向偏移。通过分析车辆在完成任务过程中的车道偏移量，计算横向偏移标准差，确保系统设计能够提供有效的驾驶引导，避免驾驶员过多偏离车道。

2) 速度标准差

验证目的：速度标准差反映驾驶员在执行任务时，车辆的纵向稳定性。较小的速度标准差表示驾驶员能够稳定控制车速，系统能够有效地辅助驾驶员在执行任务时保持平稳的驾驶行为。

验证方法：在执行交互任务期间，记录车辆的速度数据，特别是在驾驶员进行语音或触控交互时，车辆的速度波动情况。通过分析速度数据，计算出速度标准差，从而评估系统设计在不同驾驶环境下对驾驶员的稳定性支持效果，确保驾驶员在进行交互时不会产生过多的车速波动。

3) 系统可用性问卷（SUS）

验证目的：系统可用性问卷（SUS）是一种广泛应用的评估工具，用于量化用户对系统可用性的感知。通过评估驾驶员对AR-HUD系统的总体可用性感受，可以了解系统集成设计的实际效果，特别是在用户界面、交互反馈和信息传递方面的表现。

验证方法：在完成各项功能测试后，邀请驾驶员填写系统可用性问卷（SUS）。问卷包括10个问题，覆盖系统易用性、交互方式、响应速度和整体设计的满意度等方面。通过对问卷结果的分析，得出系统可用性评分，并根据评分结果进行系统的优化建议。

本系统集成设计方案验证通过横向偏移标准差、速度标准差和系统可用性问卷（SUS）等指标的评估，全面验证AR-HUD系统在多功能协调、用户体验和驾驶稳定性方面的综合性能。通过这些验证方法，能够确保系统在复杂驾驶环境中的稳定性、高效性和易用性，提供准确、直观、安全的驾驶支持。

三、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准在制定过程中未采用现有的国际标准和国外先进标准。考虑到增强现实型抬头显示（AR-HUD）技术的国际发展趋势，标准在制定过程中已对相关国际标准（如ISO、SAE等）进行了研究，并确保与国内外已有标准的协调性。若相关标准已发布或计划发布，标准将根据技术发展需求进行相应调整，以确保与国际标准的一致性，并与国内标准化工作相协调。

四、主要关键指标及试验验证情况

通过广泛深入的分析国内现有和正在制修订的智能座舱人机交互系统设计规范，并与中国汽车工程研究院股份有限公司、北京工业大学、交通运输部公路科学研究院、北京梧桐车联科

技有限责任公司、长安汽车股份有限公司、吉利控股集团有限公司等讨论决议，增强现实抬头显示人机交互系统采用了驾驶模拟方案测试等方式，有效发现评估项目和评价方法适用性等问题。

在重庆或长沙开展实车线下设备测试，选取不同类型车辆进行项目测试，测试3款搭载ARHUD系统的乘用车。验证其检测评估项目和评价方法的可操作，持续优化技术指标及测试方法，积累了丰富的在AR-HUD人机交互系统检测评估经验，确保标准内技术指标可行性、适用性。

五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性

目前国内增强现实抬头显示系统人机交互设计原则暂时缺少相关的国家标准、行业标准和团体标准，无相关统一的文件支撑。

六、贯彻标准的要求和措施建议

本标准作为团体标准，并非强制性原则，供中国汽车保修设备行业协会会员单位及社会自愿使用。根据汽车智能座舱企业市场需求，可依据该标准进行设备试验测试。建议标准的实施日期为批准发布后1个月，以便于相关企业和消费者理解、消化和吸收。

标准发布后，由中国汽车保修设备行业协会组织出版，标准起草组将进行标准宣贯。

七、废止现行相关标准的建议

本标准为全新制定，无替代标准版本。

八、其他需要说明的事项

无

标准起草工作组
2025 年 1 月