

基于控制策略数据的 ACC 切入场景下 HMI 设计研究

王建民, 王文娟, 由芳, 张景卉
(同济大学, 上海 201804)

摘要: **目的** 通过基于控制策略数据的智能汽车自适应巡航控制功能的人机界面设计研究、实践和评估, 为自动驾驶汽车中的智能功能 HMI 设计提供参考方法和指导。**方法** 首先通过大量查阅文献资料, 了解 ACC 功能在切入场景下的运行逻辑和控制策略参数。然后结合驾驶员操作及认知任务, 抽离出汽车 HMI 中进行展示的数据信息。最后通过信息架构设计、基础元素设计和多屏互动方案设计等设计分析和实践, 对切入场景下汽车多屏 HMI 进行设计。**结果** 对 ACC 功能切入场景下的设计方案进行了可用性测试评估, 结果显示 ACC 的 HMI 设计方案逻辑清晰, 有较高的可用性。**结论** 基于控制策略数据的 HMI 设计, 能有效帮助设计人员进行复杂汽车智能功能的人机交互设计, 提高 HMI 可用性。

关键词: 自适应巡航控制; 人机界面设计; 运行逻辑; 控制策略数据; 可用性

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)18-0009-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.18.002

HMI Design in ACC Cut-in Scenario Based on Control Strategy Data

WANG Jian-min, WANG Wen-juan, YOU Fang, ZHANG Jing-hui
(Tongji University, Shanghai 201804, China)

ABSTRACT: Through the research, practice and evaluation of the Human-machine Interface design of intelligent vehicle adaptive cruise control function based on control strategy data, reference methods and guidance for intelligent function HMI design of automatic driving vehicle are provided. In the first place, through consulting a large quantity of documents and literature, we understand the operation logic and control strategy parameters of ACC function in the cut-in scenario. Secondly, in combination with the driver's operation and cognitive tasks, we extract the data information displayed in the vehicle HMI. Finally, through the design analysis and practice of information architecture design, basic element design and multi-screen interactive scheme design, the multi-screen HMI of automobile under the cut-in scenario is designed. The usability of the design scheme under the cut-in scenario of ACC function is tested and evaluated and the results show that the HMI design scheme of ACC is logically clear with high usability. Conclusion could be drawn that the Human-machine Interface design based on control strategy data can effectively help designers to implement human-computer interaction design of complex automotive intelligent functions and improve the usability of HMI.

KEY WORDS: adaptive cruise control; human machine interface; operation logic; control strategy data; usability

近年来, 随着物联网、人工智能、大数据等计算机技术的发展, 汽车自动驾驶技术也得到了快速发展, 并且汽车的智能化转变正在分阶段进行, 现阶段

主要是驾驶员辅助技术, 包括自适应巡航控制、车道保持辅助等。当前阶段的智能技术需要人类驾驶员和机器共享汽车的操控权, 并要求人类驾驶员在汽车提

收稿日期: 2021-06-06

基金项目: 国家社科基金后期资助项目(19FYSB040); 国家留学基金委((2020)1509号); 教育部2020年产学研合作协同育人项目(202002JG26); 上海汽车工业科技发展基金(No.1717); 深圳市协同创新专项国际合作研究项目(GJHZ20190823164803756); 同济大学第十二期精品实验项目(0600104086)

作者简介: 王建民(1973—), 男, 上海人, 博士, 同济大学教授, 主要研究方向为交互设计。

通信作者: 由芳(1974—), 女, 上海人, 博士, 同济大学教授, 主要研究方向为汽车交互设计、用户体验、数字媒体艺术。

出接管请求或发生其他紧急情况时能够迅速接管。因而在当前人机共驾的智能驾驶技术背景下,对汽车的人机界面设计提出了更高的要求,要求设计师能够熟练掌握把握车辆智能功能的运行逻辑和控制策略,根据策略数据对汽车 HMI 进行数字化和精细化设计,使驾驶员能够通过汽车 HMI 快速理解汽车当前的状态并监控汽车的行为,在发生危险时进行紧急接管。

1 ACC 介绍

1.1 ACC 功能研究

自适应巡航控制功能是高级驾驶辅助系统中的一项重要技术,目前市场上带有驾驶辅助系统的中高档车辆大部分都配备了 ACC 功能。该功能最早被提出是在 20 世纪 60 年代,最初的目的是想控制车辆在高速公路上行驶的速度与间距,从而提高公路使用效率与驾驶安全。20 世纪 80 年代后,随着通讯、计算机及传感技术的大力发展,欧美和日本等发达国家开始对 ACC 进行技术研发^[1]。1995 年三菱汽车在日本市场推出首款 ACC 系统,此后丰田、本田、通用、福特、戴姆勒、博世等公司也投入研发行列^[2]。进入 21 世纪,随着计算机技术和汽车电子技术的不断发展,ACC 技术的发展逐渐成熟,并开始了商业化生产,越来越多的车辆开始配备自适应巡航控制系统。ACC 是从定速巡航功能发展而来的,定速巡航功能下车辆可以按照预设的速度行驶,当驾驶员在高速公路长距离行驶时,可减少长时间脚踏油门的疲劳。ACC 是对定速巡航控制技术的延伸,ACC 可以监测车辆前方交通状况,保持本车与前车在安全范围内的车头时距。ACC 系统基于传感器和距离控制系统,车辆上的雷达、摄像头等传感器可检测到车辆所在车道的车辆,并且 ACC 能够根据传感器所获取的数据进行距离控制和车头时距控制。当传感器未检测到前方有车辆时,本车按照驾驶员预先调整好的 ACC 设定速度进行定速巡航,当检测到前方有车辆时,本车基于跟车算法控制车头时距进行跟车。为了实现速度和车头时距的控制,ACC 有油门和刹车的控制权^[3]。

ACC 有五种控制模式:开启、关闭、巡航、待机和跟车。当驾驶员进行加速、刹车、手动开启或关闭系统等操作时,ACC 可以在不同控制模式间切换。当车辆接近前方的另一辆车时,驾驶员不必踩刹车,ACC 会从巡航模式自动切换为跟随模式。如果前车切出本车所在车道,则系统返回到巡航模式。驾驶员全程都拥有手动取消巡航和跟车模式的自由控制权。ACC 控制模式的切换见图 1。

1.2 ACC 功能下的切入场景

前车切入本车道的事件是开启 ACC 功能后一个典型场景^[4-5],并且切入场景也是在日常行驶中常见

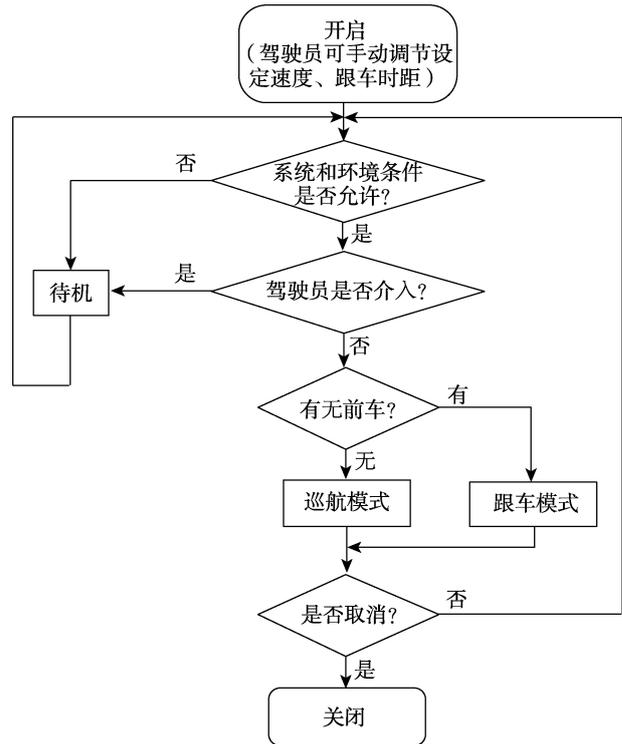


图 1 ACC 控制模式切换
Fig.1 ACC control mode switch

的驾驶场景。而且在 ACC 的使用过程中,由于系统功能限制(如弯道识别限制、天气限制等),切入也是一个较危险的场景。同济大学的大型 China-FOT 测试数据显示^[6],在自然驾驶的行车危险工况中,通过筛选得出有 778 例行车危险工况,其中切入危险占比 23.91%,是占比最高的两种危险情况之一(追尾危险占比最高)。切入危险中,其他车辆切入本车车道的危险工况占比 92.47%,是发生率最高的切入危险,因此,本文选定切入场景进行基于 ACC 控制策略数据的 HMI 设计与测试,该场景下的 HMI 设计研究结果也将有助于指导基于其他常见自动驾驶功能策略数据的 HMI 设计。

根据实际道路交通环境,切入场景主要分为三个阶段,切入场景示意图 2,包括巡航阶段、切入阶段和跟车阶段。

巡航阶段:驾驶员开启 ACC 之后,若检测到本车道前方无行驶车辆,则系统通过油门或刹车自动调整车速按照设定速度进行定速巡航。

切入阶段:本车行驶过程中,有侧车从相邻车道超车,越过车道线在本车前方切入本车道。

跟车阶段:侧车完全切入本车道后,本车传感器检测到前方车辆,ACC 通过油门或刹车自动调整车速按照设定的跟车时距进行跟车,并逐渐进入稳定跟车模式。

2 基于 ACC 控制策略数据的人机界面设计

计算机根据机器指令去执行命令,人按照自己的



图 2 切入场景示意

Fig.2 Schematic diagram of cut-in scenario

思维方式去操作，而人机界面就是沟通计算机与人的桥梁，它将信息转换为对方可以接受的形式，使得计算机和人能够互相理解对方的思维和行为，从而实现自然顺畅的人机交互^[7-8]。随着电子技术发展，汽车 HMI 也在不断发展，从传统的机械式显示到简单的电子控制面板再到如今已成为趋势的车内液晶大屏以及多通道显示，汽车 HMI 所承载的功能和信息大量增加并且更加复杂。随着自动驾驶技术的成熟，驾驶员从手动控制者转变为监控者和决策者，相较于传统的车辆控制，驾驶员的视觉认知过程被加长，因此对汽车 HMI 的设计也提出了更高的要求。在智能汽车的 HMI 设计中，需要将系统抽象信息转化为操作者易识别、易理解的图形用户界面元素，并且通过自动驾驶系统底层数据的计算和场景分析等手段，提供便于驾驶员识别和决策的显示信息，从而达到信息交互的有效性。

ACC 可以通过车辆传感设备和控制单元的配合，使本车和前车车辆始终保持安全距离。在 ACC 功能的运行过程中，需要获取大量的道路交通环境信息，并通过复杂的安全车距算法来控制汽车的行驶，ACC 的控制策略保证了功能的安全运行。汽车 HMI 是对驾驶员传递 ACC 功能运行状态的重要通道，驾驶员将通过 HMI 了解当前 ACC 运行情况并作出合理的决策，保证驾驶安全。本文基于 ACC 控制策略进行 HMI 设计，首先对 ACC 进行了详细地功能分析，对切入场景下 ACC 完整运行过程中的控制策略数据进行了分类整合；然后结合在使用 ACC 功能中驾驶员的操作及认知任务，从大量的策略数据中抽离出人机界面的显示信息，根据切入场景进行信息架构梳理，并对处理后的信息个体进行界面图形元素的设计；最后将所有 ACC 相关设计元素在智能汽车的多屏显示空间中合理布局，形成最终的多屏 HMI 设计方案。

2.1 切入场景下 ACC 运行逻辑及关键控制节点的策略数据

进行 ACC 的 HMI 设计前，首先需要将与 ACC 的功能运行有清晰了解。基本的 ACC 系统包含传感器、控制器和执行器三部分。传感器用于感知本车状态及行车环境等信息，控制器是系统的核心单元，用于对行车信息进行处理，确定车辆的控制命令，执行机构主要由制动踏板、加速踏板及车辆传动系控制执

行器等组成，用于实现车辆加、减速^[9]。

在切入场景下，驾驶员开启 ACC 功能后，首先进入定速巡航模式。定速模式的控制通常比较简单，按照一定的加速度将车速调整到预先设定的巡航速度即可。当侧车从相邻车道切换到本车道之后，若传感器感知到前方车辆，则从定速巡航模式变换到跟车模式。在跟车模式下，ACC 控制技术需要进行车辆理想安全距离的计算，使车辆在当前车辆行驶和道路条件下，与前车不发生碰撞，保持最小跟车距离。国内外在汽车 ACC 系统研究中设定的理想安全距离计算模型有不同的形式，总的来说，安全距离的一般计算公式为： $d_s = T_h \cdot V$ ，式中 d_s 为当前车辆理想安全间距， T_h 为车辆时距， V 为车辆速度或者为车辆速度的函数^[10-11]。确定理想的安全距离后，ACC 将基于适宜的系统控制策略来计算出车辆期望加速度从而对刹车和油门进行控制，从而适当地控制车辆的速度，保持车辆间的安全距离。

目前，众多高校和研究机构都对 ACC 的控制算法进行了研究，各种控制方法各有优缺点，实际设计中可基于系统需要强化的某些性能指标选择适宜的控制理论和方法。通过对大量 ACC 相关文献的查阅及总结分析可以得出，在各种控制算法下，ACC 的运行逻辑和控制策略参数基本一致，策略数据包括目标跟车车辆、本车和前车的速度、两车实际行驶距离、期望间隔距离等。基于对 ACC 功能运行的研究，梳理出 cut-in 场景下 ACC 运行逻辑及策略数据见图 3。

将 cut-in 场景下不同控制节点的策略参数进行进一步的归纳整理，共分为三大类，前车数据、本车数据和两车相对数据，关键控制节点的策略数据见表 1。

2.2 切入场景不同阶段信息架构及设计元素

人机界面是系统和用户进行交互的桥梁，双方在人机界面的帮助下可以进行高效沟通。Alan Cooper 在《交互设计精髓》一书中提出了实现模型、心理模型和表现模型的概念，实现模型是指软件的实际运行逻辑，心理模型是指用户所认为的如何使用软件，表现模型则是指设计者将软件的运行机制展示给用户的方式^[12]。当产品的表现模型越符合用户的思维和行为习惯，就和用户心理模型越相近，用户越能顺畅地使用产品，因此设计师应该尽可能地去了解目标用户在使用产品时的认知，利用设计将产品的实际运行逻辑

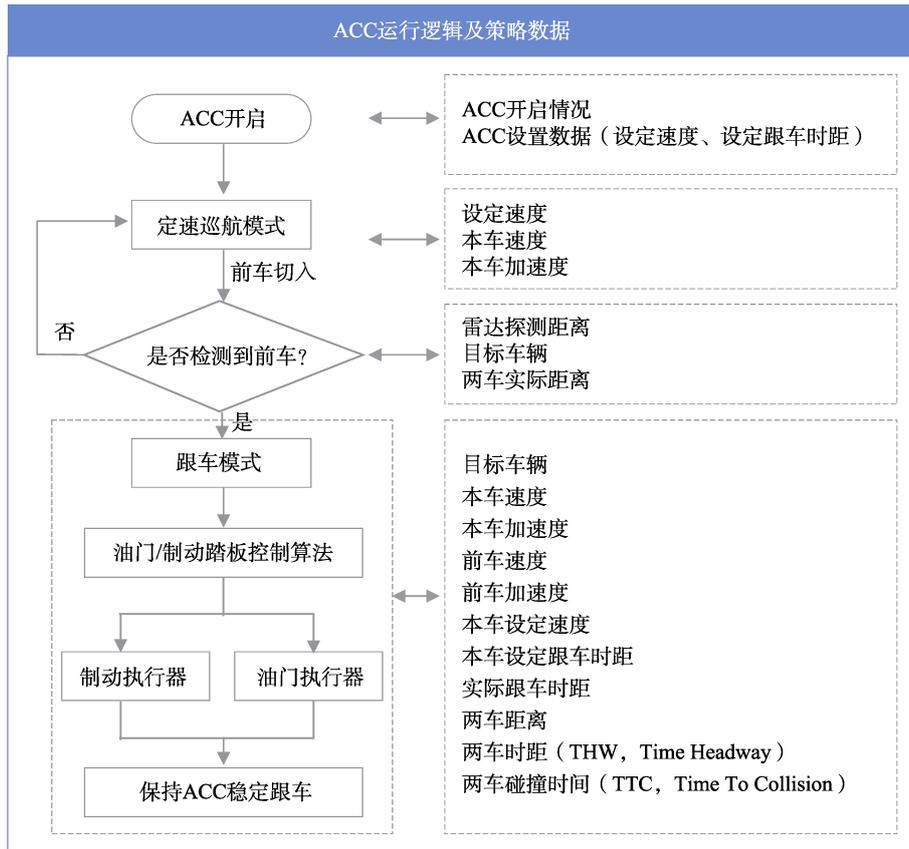


图3 ACC运行逻辑及策略数据
Fig.3 ACC operation logic and strategy data

表1 关键控制节点的策略数据
Tab.1 Strategy data of key control nodes

数据分类	策略数据
前车数据	目标车辆
	前车速度
	前车加速度
本车数据	本车速度
	本车加速度
ACC数据	ACC开启情况
	设定速度
	设定跟车时距
两车相对数据	雷达可探测距离
	两车实际距离
	实际车头时距（THW）
	实际碰撞时间（TTC）

清晰地呈现，也使用户更高效快捷地理解并完成任务。

对于ACC功能来说，汽车HMI的主要目标是告知驾驶员当前系统所处的状态并作出正确的驾驶决策。ACC系统的运行逻辑复杂、信息量庞大，这就需要在大量的信息中找到关键信息，并将复杂的逻辑关系化繁为简，减轻用户的认知负荷，提高系统交互效率，因此，在了解ACC实际的运行逻辑及策略数据后，对驾驶员在使用ACC过程中的操作及认知任

务进行了对应的梳理，结合ACC功能使用中的实现模型（控制策略）和用户心理模型（驾驶员操作及认知任务），从策略数据中抽离出需要在汽车HMI中进行展示的数据信息，汽车HIMI信息展示见图4，设计出使系统功能和用户心智相匹配的人机界面，让用户能够在使用过程中快速识别、获取信息，理解ACC功能逻辑的同时作出对应的决策和操作，提高ACC的使用效率和驾驶安全性。

确定ACC的HMI展示信息后，为了使驾驶员在cut-in的整个场景中都能方便快捷地查看到所需信息并及时作出正确反应，于是进行了详细地场景分析，根据cut-in场景的实际道路情况和对ACC运行逻辑的分析，将cut-in场景分为三个阶段：巡航阶段、切入阶段和跟车阶段。然后对每个阶段下的信息进行归纳整合，总结出不同阶段下的HMI信息架构。ACC的HMI展示信息分为三大类：常规驾驶信息、ACC设置信息和ACC识别信息，在界面上需要考虑信息呈现的组织性和顺序性。接下来对处理后的信息进行初步视觉设计，通过信息图形化以及结合色彩、数字、文字等元素的综合运用，将信息个体转变为设计元素，增强界面的可读性和易读性。最终将信息在HMI上有效地呈现给驾驶员，驾驶员可以方便快捷地获取所需信息。ACC在切入场景下不同阶段的信息架构设计和设计元素见图5。



图 4 汽车 HMI 信息展示
Fig.4 Automobile HMI information display

场景变化	场景描述	信息架构	设计元素
<p>● 阶段一： 巡航阶段</p>	<p>本车道前方检测无车，本车按照设定速度进行定速巡航</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 常规驾驶信息 本车速度 ● ACC设置信息 { 设定速度, 跟车时距, ACC开启情况 	<p>30km/h (本车速度)</p> <p>⊙ (设定速度)</p> <p>≡ (跟车时距)</p> <p>■ (ACC开启情况)</p>
<p>● 阶段二： 切入阶段</p>	<p>右侧车辆开始变道进入本车道，ACC系统检测到前车，开始跟车</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 常规驾驶信息 本车速度 ● ACC设置信息 { 设定速度, 跟车时距, ACC开启情况 ● ACC识别信息 目标车辆 	<p>30km/h (本车速度)</p> <p>⊙ (设定速度)</p> <p>≡ (跟车时距)</p> <p>■ (ACC开启情况)</p> <p>□ (目标车辆)</p>
<p>● 阶段三： 跟车阶段</p>	<p>右侧车辆完全变道行驶在本车道，本车进入稳定跟车状态</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 常规驾驶信息 本车速度 ● ACC设置信息 { 设定速度, 跟车时距, ACC开启情况 ● ACC识别信息 目标车辆 	<p>30km/h (本车速度)</p> <p>⊙ (设定速度)</p> <p>≡ (跟车时距)</p> <p>■ (ACC开启情况)</p> <p>□ (目标车辆)</p>

图 5 ACC 在切入场景下不同阶段的信息架构和设计元素
Fig.5 Information architecture and design elements of ACC in different stages under the cut-in scenario

2.3 多屏互动设计方案

传统的车载显示屏为仪表盘，后来随着车辆智能化和网联化的发展，车内信息大量增加并且更加复杂，车载中控大屏逐渐普及。显示技术和显示材料的

发展使信息显示无处不在，车内外多形式全面信息显示成为了一种趋势，并且平视显示将成为汽车显示设计的主要方式^[13]。本文选择了仪表盘、挡风玻璃抬头显示和增强现实抬头显示作为人机界面载体，进行 ACC 功能的智能汽车多屏 HMI 设计。

cut-in 场景下的多屏 HMI 设计方案见图 6, 基于 cut-in 的任务流程以及不同的显示载体特征, 进行多屏 HMI 设计。首先从空间分布的角度, 对所有信息进行合理安排组织, AR-HUD 上主要显示识别信息, 而仪表和 W-HUD 则显示所有的 ACC 功能信息, 包括常规驾驶信息、ACC 设置信息和识别信息。然后对仪表以及 W-HUD、AR-WHUD 上的设计元素进行合理布局, 考虑到整体 ACC 使用过程中的不同信息重要程度以及切入场景的不同阶段下驾驶员对信息的查看频率等, 在布局上既要注意多屏之间设计元素组织的一致性, 又要根据屏幕特点进行一定的差异化设计, 同时还要区分不同 ACC 运行状态下各个屏幕上设计元素的高亮显示、动态变化等。最后, 在 HMI 元素的设计上, 需要和市场上现有搭载 ACC 功能车辆的设计元素在一定程度上保持一致性, 从而能够符合驾驶员认知并减少学习成本, 并通过美学理论的灵活运用, 保证界面的清晰美观, 保证驾驶员顺利高效地完成任任务, 提高用户满意度。

3 可用性测试

对于自动驾驶功能的设计和开发, 应该做到在确保驾驶安全的前提下, 不断提升系统可用性。ISO DIS 9241-11 中可用性的定义为: 特定用户在特定环境中能够实现特定目标的有效性、效率和满意度^[14]。系统若具有高度可用性, 则可以有效执行系统功能, 用户可以高效地完成任任务, 并对人机交互过程产生较高的满意度。具有高度可用性的 ACC 人机界面, 将会使驾驶人有更加安全和舒适的驾驶体验。在此次实验中, 针对 ACC 的人机界面进行了可用性测试。

在可用性研究中, 采用了系统可用性量表^[15], 一些实证研究表明 SUS 量表有良好的测试效果^[16-17]。也有大量的样本研究表明, SUS 的可靠性系数为 0.91。同时为了获取被试对设计细节更详细的反馈, 本次可用性研究也对 HMI 中不同设计元素的有效获取程度和关注程度进行了统计分析, 实验中采用七分制评分量表针对驾驶员对不同设计元素的有效获取程度和关注程度进行了主观评价, 测试结果将帮助设计人员进行进一步的设计迭代。

3.1 被试

该可用性测试共招募被试 30 名 (15 名男性, 15 名女性, $M=30.5$, $SD=6.45$), 职业包括行政、工程师、学生、商务等, 所有被试拥有驾驶执照, 并且实际的开车频率都为每月几次, 教育背景为高中及以上。

3.2 实验场地和设备

此次实验在室内的驾驶模拟器上进行, 实验设备主要包括被试人员操作的主要测试车辆、实验人员操作的辅助测试车辆、监控和数据采集系统。实验设备也包括实验所需的摄像、量表等相关设备及材料。

主要测试车辆由被试驾驶, 驾驶模拟器由 Logic G29 力反馈方向盘、脚踏板和三块屏幕 (显示前方视野) 组成。并且主要测试车辆具备 ACC 功能, 例如能够调节设定速度、调整跟车时距, 也能够定速巡航、稳定跟车。辅助测试车辆由工作人员驾驶, 驾驶模拟器配置和主要测试车辆相同。辅助测试车辆屏幕上会显示两车相对距离, 以配合主测车形成测试场景。监控和数据采集系统可实时记录并保存主要测试车辆的速度、加速度、方向盘转向角度、车辆水平位置 (车辆左前轮距离左侧车道线的距离) 和两车相对距离。

实验中用到的问卷及量表等材料包括实验知情同意书、实验前介绍文档、系统可用性量表 (SUS) 和设计元素有效获取程度及关注程度主观评价问卷。

3.3 实验设计

实验开始前, 向被试介绍此次实验的背景和主要流程。然后被试可以自主使用驾驶模拟器 10~15 min, 熟悉驾驶模拟器的基础控制以及 ACC 功能的操作 (包括打开和关闭功能、调整设定速度和跟车时距等)。实验开始后, 每位被试在开启 ACC 功能之后的切入工况下执行一次实验任任务, 任任务结束后填写系统可用性量表和设计元素有效获取程度及关注程度主观评价问卷。最后实验人员整理和分析测试数据, 得出实验结果。

此次实验的任任务为: 被试在实验开始后将车辆加速到 30 km/h, 然后开启 ACC 功能, 随后保持在本车道安全行驶, 驾驶过程中被试需要结合 HMI 显示和



图 6 cut-in 场景下的多屏 HMI 设计方案
Fig.6 Multi-screen HMI design scheme in cut-in scenario

自己的驾驶经验对测试中出现的交通状况作出合适的判断，保持驾驶车辆在本车道安全行驶。实验人员控制辅测车在速度为 30 km/h、两车距离为 17 m 左右 (THW=2.0 s) 时切入主测车所在车道前方，并且保持 30 km/h 的速度在该车道平稳行驶。主测车稳定跟车 3 s 后实验任务结束。

实验过程中，不同阶段下 HMI 设计方案在驾驶模拟器上的展示效果见图 7，驾驶模拟器上的 HMI

设计元素说明见图 8。

3.4 实验结果

系统可用性量表总共包含 10 题，是 5 分制量表，奇数项的题目从正面进行描述，偶数项的题目从反面进行描述。计算 SUS 得分时首先确定每道题的转化分值 (分值范围在 0-4)，对于奇数项题目，转化分值是量表原始分减去 1，对于偶数项题目，转化分值是



图 7 展示效果
Fig.7 Exhibition effect



图 8 设计元素说明
Fig.8 Description of Design Elements

5减去原始分。所有题项的转化分值乘以2.5得到SUS量表的总分(分值范围在0~100)。在实验结束后,对被试关于切入场景下ACC的HMI方案的系统可用性的评分和评级进行统计分析。数据分析结果得出,该HMI设计方案的可用性平均分数为83.00分,参考SUS分数等级划分,可以得出该HMI方案相对应的评级为B。说明该HMI设计方案的整体可用性较高。

ACC不同设计元素的主观评估采用了7分制量表,被试针对设计元素的有效获取程度和关注程度进行评分,0代表完全不可以获取到信息或完全不关注信息,7代表完全可以获取到信息或十分关注信息。ACC信息有效获取程度见图9,ACC信息关注程度见图10。可以看出,在所有的ACC相关设计元素中,被试对本车速度的有效获取程度最高,对前车识别标识的有效获取程度最低,被试对前车识别标识的关注程度最高,因此,在ACC的HMI设计方案中应该更加优化前车识别的设计元素,在视觉上加强对前车识别的表达,从而在切入场景中使驾驶员能够更快地感知当前本车是否已进入跟车模式以及所跟随的目标车辆。

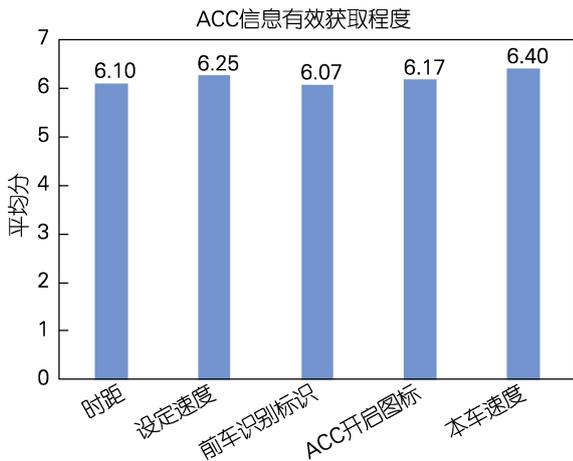


图9 ACC信息有效获取程度

Fig.9 Degree of effective acquisition of ACC information

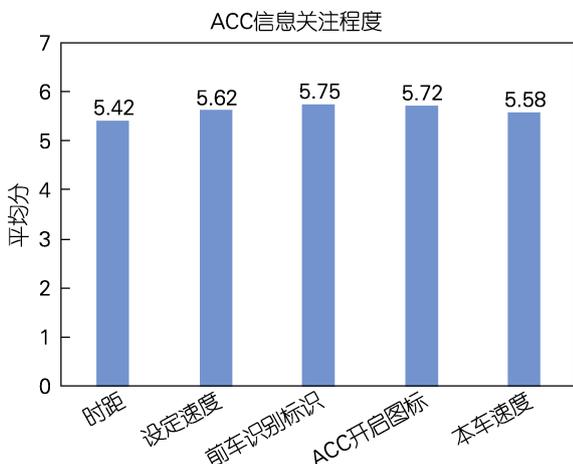


图10 ACC信息关注程度

Fig.10 Degree of concern of ACC information

4 结语

近年来,随着传感器硬件、物联网、自动驾驶算法等技术的快速发展,智能网联汽车不断进入人们的视野。而在智能汽车的驾驶中,驾驶员的角色也发生了转变,从传统的操作者转变为监控者和共同驾驶者,智能技术的不断突破和驾驶员认知的转变对汽车人机界面的设计提出了极大的挑战。本文针对先进驾驶辅助系统中的重要组成自适应巡航控制功能,进行了基于控制策略数据的HMI设计研究,选取前车切入作为典型场景,首先通过查阅大量文献,了解切入场景下ACC的运行逻辑及关键控制节点的策略数据。然后结合驾驶员在使用ACC时的操作和认知任务,梳理出HMI展示信息,并对HMI信息进行分类整理,总结出ACC在切入场景下不同阶段的信息架构以及对应的设计元素。最后根据智能汽车不同的显示载体特征选择合理的方式,进行多屏HMI设计。本文的最后针对基于控制策略数据的HMI设计方案进行了可用性测试,实验表明该HMI设计方案具有较高的可用性,并提出了更进一步的改进方向。同时也表明基于控制策略数据的HMI设计方法可以帮助设计人员进行复杂智能功能的人机交互设计,用于提升人机界面的可用性。

由于时间和资源限制,未来还有待进行更深入的研究,例如整理ACC功能下的其他典型场景,全面梳理策略数据并进行HMI设计;对HMI设计方案进行可用性和驾驶员认知等多维度的深入评估;对HMI中的颜色、文字、图标等设计细节进行测试和研究;通过不断研究对ACC的HMI设计方案进一步优化和完善。

参考文献:

- [1] 张立森. 自适应巡航控制系统发展现状与前景分析[J]. 汽车工业研究, 2017(7): 18-21.
ZHANG Li-miao. Development Status and Prospect of Adaptive Cruise Control System[J]. Auto Industry Research, 2017(7): 18-21.
- [2] 吴光强, 张亮修, 刘兆勇. 汽车自适应巡航控制系统研究现状与发展趋势[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2017, 45(4): 544-553.
WU Guang-qiang, ZHANG Liang-xiu, LIU Zhao-yong. Research Status and Development Trend of Vehicle Adaptive Cruise Control Systems[J]. Journal of Tongji University Natural Science, 2017, 45(4): 544-553.
- [3] STANTON N. Driver Behaviour with Adaptive Cruise Control[J]. Ergonomics, 2005, 48(10): 1294-1313.
- [4] 顾荣荣, 朱西产. 基于自然驾驶工况的自适应巡航控制典型工况类型总结[J]. Proceedings of the 11th International Forum of Automotive Traffic Safety: SESSION IV Active Safety Technology and V2x, 2014(8): 23-29.

- GU Rong. Summarization of Typical Scenarios of Adaptive Cruise Control Based on Natural Drive Condition[J]. Proceedings of the 11th International Forum of Automotive Traffic Safety: SESSION IV Active Safety Technology and V2x, 2014(8): 23-29.
- [5] 冯志伟, 马雪寒, 夏澜. 前车切入危险场景下驾驶员初始制动时刻分析[J]. Proceedings of the 14th International Forum of Automotive Traffic Safety, 2017(7): 113-122.
- FENG Zhi-wei, MA Xue-han, XIA Lan. Analysis of Driver Initial Braking Time under Risk Cut-in Scenarios[J]. Proceedings of the 14th International Forum of Automotive Traffic Safety, 2017(7): 113-122.
- [6] 陈名扬. 自然驾驶研究在自动驾驶汽车开发中的应用[D]. 上海: 同济大学汽车学院, 2017.
- CHEN Ming-yang. Application of Naturalistic Driving Study in Development of Automated Vehicles[D]. Shanghai: Automotive College of Tongji University, 2017.
- [7] 薛澄岐. 复杂信息系统人机交互数字界面设计方法及应用[M]. 南京: 南京东南大学出版社, 2015.
- XUE Cheng-qi. Design Method and Application of Human-computer Interaction Digital Interface in Complex Information System[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2015.
- [8] 李天科. 以人为本的人机界面设计思想[J]. 计算机工程与设计, 2005(5): 1228-1229.
- LI Tian-ke. Human Centered Human-machine Interface Design Idea[J]. Computer Engineering and Design, 2005(5): 1228-1229.
- [9] 王景武, 金立生. 车辆自适应巡航控制系统控制技术的发展[J]. 汽车技术, 2004(7): 1-4.
- WANG Jing-wu, JIN Li-sheng. Development of Control Technology of Vehicle Adaptive Cruise Control Systems[J]. Automobile Technology, 2004(7):1-4.
- [10] 刘中海. 自适应巡航控制系统设计与仿真[D]. 北京: 清华大学, 2005.
- LIU Zhong-hai. Adaptive Cruise Control Design and Simulation[D]. Beijing: Tsinghua University, 2005.
- [11] 秦严严, 王昊, 王炜. 自适应巡航控制车辆跟驰模型综述[J]. 交通运输工程学报, 2017, 17(3): 121-130.
- QIN Yan-yan, WANG Hao, WANG Wei. Review of Car-following Models of Adaptive Cruise Control[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2017, 17(3): 121-130.
- [12] COOPER A. 交互设计精髓[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- COOPER A. About Face[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2012.
- [13] 湖南大学. 汽车人机交互设计趋势白皮书[R]. 长沙: 湖南大学, 2018.
- Hunan University. White Paper of Automotive Human-computer Interaction Design Trends[R]. Changsha: Hunan University, 2018.
- [14] ISO 9241-11. Ergonomics of Human-system Interaction-Part11[S]. Usability: Definitions and concepts, 2008.
- [15] BROOKE J. SUS-A Quick and Dirty Usability Scale[J]. Usability Evaluation in Industry, 1996, 189(194): 4-7.
- [16] TULLIS T. A Comparison of Questionnaires for Assessing Website Usability[J]. Usability Professional Association Conference, 2004(1): 90.
- [17] BANGOR A. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale[J]. Journal of Usability Studies, 2009, 4(3): 114-123.