

汽车智能座舱交互设计研究综述

蔡萌亚^{1,2}, 王文丽¹

(1.上海工程技术大学, 上海 201620; 2.同济大学上海国际设计创新研究院, 上海 200092)

摘要: **目的** 随着信息技术的发展, 汽车座舱逐渐从纯粹的驾驶空间升级为智能移动生活终端, 人机交互的智能化趋势日益显著, 通过对相关研究现状进行梳理和分析, 为汽车智能座舱交互设计的优化方向提供参考, 旨在为智能汽车用户带来更好的驾乘体验。 **方法** 总结相关文献发表概况, 梳理智能座舱的发展历程并阐述智能座舱及其交互设计的含义, 对智能座舱及其交互设计的研究现状、关键技术、设计案例等进行梳理和归纳。 **结果** 总结得出汽车智能座舱交互设计当前面临的问题和未来发展的趋势。 **结论** 目前智能座舱交互设计面临着交互性与安全性的矛盾平衡、舱内与舱外的协同交互、智能座舱与其他智慧生活形态的有机连接、智能交互的应用实现等四个主要问题, 并呈现出交互模式多元化、复合化, 交互方式人性化、情感化, 交互设计场景化, 交互相关技术日益成熟的发展趋势。

关键词: 智能座舱; 交互设计; 汽车 HMI; 智能汽车

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)06-0430-11

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.06.049

Review of Interaction Design in Automotive Intelligent Cockpit

CAI Meng-ya^{1,2}, WANG Wen-li¹

(1.Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China;

2. Tongji University Shanghai Institute of Design and Innovation, Shanghai 200092, China)

ABSTRACT: With the development of information technology, the automobile cockpit is gradually upgraded from pure driving space to intelligent mobile life terminal, and the intelligent trend of human-machine interaction is becoming increasingly significant. The work aims to comb and analyze relevant researches to provide a reference for optimization of automotive intelligent cockpit (AIC) interaction design, to bring better driving experience for the users. After summarizing the literature publication and combing the history of AIC, the interpretation of AIC and its interaction design were expounded. Relevant researches, key technologies and design cases of AIC and its interaction design were sorted out and summarized, and then the problems that AIC interaction design faces and its future development were analyzed. Conclusions are drawn that there are four main problems in current interaction design of intelligent cockpit: the contradiction and balance between interactivity and safety, the coordination of interaction inside and outside the cockpit, the organic connection between AIC and other intelligent life sections, and the implementation of intelligent interaction; meanwhile, there are four main trends: diversified and composite interaction modes, humanized and emotional interaction methods, scenario-based interaction design, and increasingly mature technologies of interaction design.

KEY WORDS: intelligent cockpit; interaction design; automobile HMI; intelligent vehicle

近年来, 随着以物联网、人工智能、大数据为代表的互联通信数字技术的飞速发展, 汽车人机交互关系也随之呈现出全新的变化。作为人与汽车主要的交

互空间, 汽车座舱的数字化、智能化、互联化特征日益凸显, 尤其是新能源汽车座舱设计, 打破了机械化、电气化时代汽车座舱的传统交互模式^[1], 更多地采用

收稿日期: 2022-11-06

基金项目: 上海工程技术大学博士单位培育-艺术学院硕博学科支撑项目

作者简介: 蔡萌亚(1988—), 女, 博士, 讲师, 主要研究方向为人因工程、情感计算、设计评价。

了多通道、智能化、沉浸式的人车交互设计方案。汽车座舱不再只是单纯的驾驶空间,而是向着集交通驾驶、工作学习、休闲娱乐于一体的智能生活“第三空间”的方向发展^[1-2]。可以说汽车智能座舱或数字座舱的交互设计直接影响着新一代汽车设计的总体水平,也决定了未来汽车生活与智能社会的连接方式,是未来社会万物互联的关键环节。与此同时,围绕汽车智能座舱及其交互设计的研究方兴未艾、技术先行,尚未呈现出较明确的整体研究发展脉络,因此对现有的相关研究进行综述分析有助于明确汽车智能座舱交互设计的研究现状、发展方向和未来预期,为该领域的进一步研究发展提供阶段性参考。

1 汽车座舱人机交互发展历程

汽车座舱的人机交互发展可划分为三个阶段^[1,3-5]:

(1) 基于机械仪表的人机交互;(2) 基于传感器和数字仪表的人机交互;(3) 基于高速无线通信和人工智能的人机交互。

第一阶段:座舱的主要功能围绕驾驶与控制展开,人机交互主要依赖于中控平台的机械仪表与控制器,人在驾驶任务中担任绝对中心的角色,汽车按照驾驶员的决策及指令运行,即机器体现出被动性。

第二阶段:得益于更多的传感器和芯片技术的应用,座舱功能在驾驶的基础上开始向外延伸,呈现出部分智能化的特点。逐步发展成为集导航、信息娱乐、车辆管理等功能于一体的综合性座舱系统;人机交互多依赖于中控大屏或多屏融合技术,并开始引入语音等非接触式交互通道;同时开始配备 Level 1、Level 2 级别的有限辅助驾驶功能^[6],汽车开始主动参与到驾驶任务中。

第三阶段:汽车座舱迈入全面智能化时代,凸显交互的人性化。基于物联网和人工智能技术的进一步

完善,座舱的通信、控制、执行、交互、管理、安全、娱乐等功能高度集成化,且自动驾驶技术趋于成熟,达到 Level 3“有条件自动驾驶”级别及以上^[6];汽车开始自主承担驾驶任务并为其关联的移动生活模式提供全方位的服务,使智能座舱真正成为集移动办公、生活起居、休息娱乐、社交通讯于一体的移动生活“第三空间”。人逐渐从驾驶者身份转变为乘坐者身份,人机交互的技术趋于多元化,如语音识别、手势识别、人脸识别、AI(人工智能)、AR(增强现实)、HUD(抬头显示)、ADAS(高级驾驶辅助系统)、车联网模块、SRV 环视等^[7];人机交互的媒介也趋于多样化,如座舱空间布局、一体化中控显示、流媒体中央后视镜、音响、座椅、灯光等^[1,8]。

当前汽车座舱正处于第二阶段和第三阶段的过渡期^[3],呈现出融合的特性,未来将逐步走向智能座舱的成熟期。

由此,智能座舱可解释为:汽车座舱及其搭载的功能具有自主感知特性(包括对车内人员的语音语义识别、人脸识别、生理状态识别,以及对车辆周围及环境的主动感知等),并能据此进行智能化判断与反馈,然后借助多模态立体交互方式,实现汽车与人的协同驾驶,同时可结合用户偏好,满足每一位车载人员的个性化需求。由此形成的智能系统,可称之为智能座舱或数字座舱,见图1。显而易见,智能座舱具有较强的服务属性。

智能座舱的人机交互可解释为:在人车协同驾驶情景下,智能座舱与驾乘人经由多通道进行互动沟通与信息交换,实现人与人、人与车、车与车、车与路的全方位人机交互。其设计不仅包含狭义的人机交互界面(HMI, Human Machine Interface)设计,还包括广义的人机交互(Human Machine Interaction)设计,即借助除界面之外的其他硬件、软件模组(如座

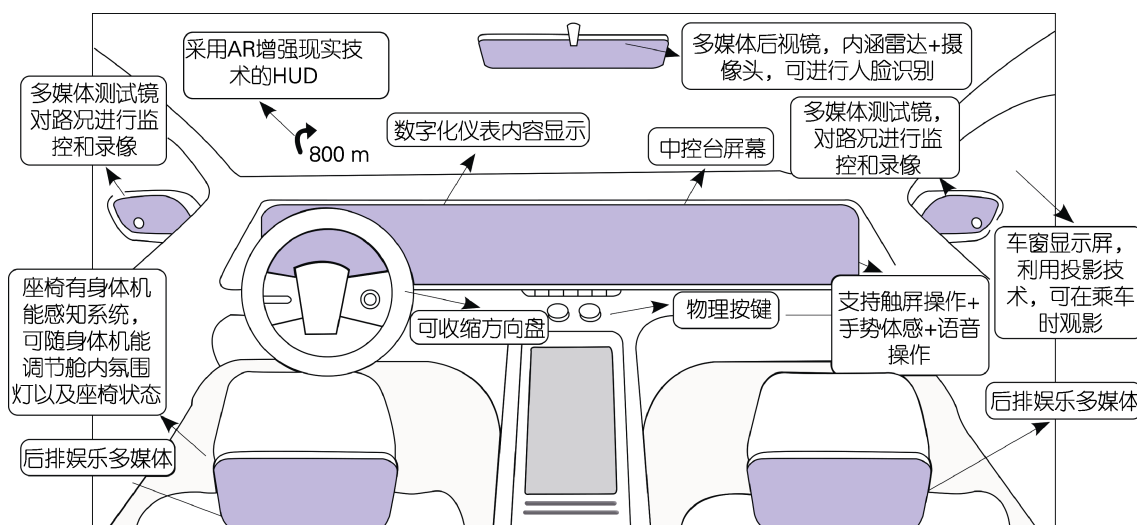


图1 汽车智能座舱图示^[1]

Fig.1 Illustration of automotive intelligent cockpit^[1]

Fig.3 Annual trend of CNKI paper publication

2.1 HMI 设计与驾驶安全研究

汽车智能座舱人机交互的核心媒介是人机交互界面, 通常分为物理界面(即按键、旋钮、拨片等)、触屏界面(即用户可在屏幕上通过点、拉、拖等动作对车辆发出指令)、语音界面(即对人的语音指令进行识别和响应)、动作界面(即对人的动作指令进行识别和响应)等。智能座舱常搭载的交互界面如图 4 所示。

刘雪等^[11]从交互通道、显示设备以及操作方式等方面对现有智能汽车人机交互方式进行了总结、分析, 指出目前的汽车人机交互方式日益多样化, 越来越多的智能座舱人机界面设计倾向于将视觉、听觉、触觉等多感官通道进行结合, 并指出“安全性”和“拟人化”逐渐成为了交互界面设计的重要考量。

在汽车 HMI 优化设计上, 鞠伟男等^[12]聚焦汽车人机交互中的视觉优化研究, 从生理的角度探索优化 HMI 设计的路径; 研究的主要对象是人的眼椭圆, 即驾驶员坐在车内时的视野特性, 通过对 4 000 余份人体眼椭圆样本进行统计学意义上的对比与分析, 得出了中国人眼椭圆的生理特性, 为中国汽车 HMI 设计提供了数据与理论支撑。刘宗汉^[13]通过问卷、访谈、行为观察、KANO 模型等方法探索了用户需求属性及层次, 然后基于用户需求项进行分层匹配, 通过用户

体验要素层次模型提出了汽车人机交互界面的优化策略, 提炼并确定设计要素, 以小鹏 P7 为例验证了交互界面设计优化对提升用户体验的积极作用。陈雪等^[14]也强调了交互界面设计对提升用户体验的必要性, 并研究总结出了基于用户体验的人机界面设计四要素: 视敏度、注意力、学习友好、情感化。李红亮^[15]通过对汽车 HMI 的技术迭代过程进行归纳总结, 提取了影响用户体验的设计因素, 进而提出汽车 HMI 的开发流程及设计原则, 为设计师提供了汽车 HMI 的设计思路。

在汽车 HMI 交互逻辑架构上, 王运^[16]聚焦汽车导航交互设计, 在研究中分析了中控导航上各系统的显示逻辑, 并结合导航系统的功能, 对中控导航界面显示优先级进行了排序, 从而解决了中控导航系统交互层级混乱的问题, 对简化人机交互行为、减少安全隐患有重要意义。Largillier 等^[17]借助 AHP 层次分析法对汽车 HMI 逻辑架构的所有变量进行了评价及权重分析, 总结出了设计的变量优先级, 得到了良好的交互层级关系, 为汽车 HMI 交互逻辑架构的优化提供了参考。Qbal 等^[18]在其研究中指出, 在驾驶员专注于驾驶任务时, 其他非驾驶类的人机交互行为会在一定程度上分散驾驶人的注意力, 从而造成安全隐患。Huang 等^[19]也指出, 在驾驶过程中不宜采用复杂

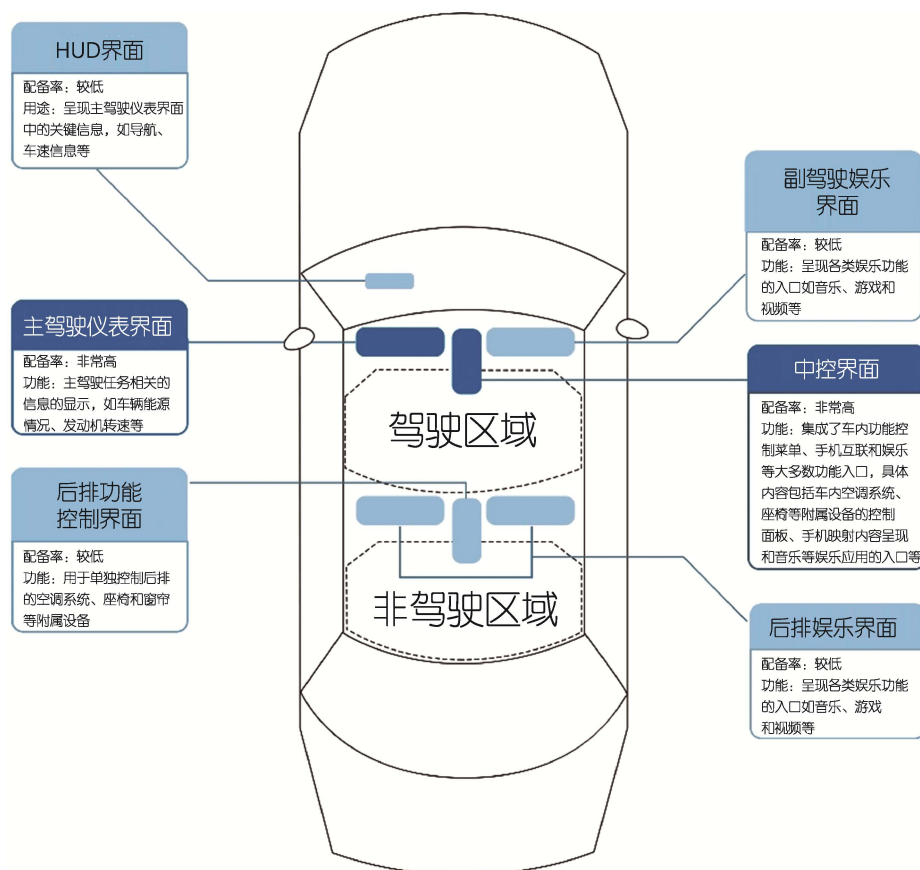


图 4 车载交互界面的分类^[11]

Fig.4 Classification of in-vehicle interactive interfaces^[11]

的交互方式,如手势交互、触摸交互等,会明显提升驾驶的安全风险,汽车智能座舱应优先采用语音交互和视觉交互。因此汽车 HMI 设计宜简不宜繁,在逻辑清晰的前提下,交互逻辑架构的层级越少越好。

此外,胡宏宇等^[20]指出,在未来自动驾驶的场景下,汽车 HMI 设计不能仅仅局限于车内,还应包括车外的人机交互,即自动驾驶车辆与行人的交互研究,目的是让行人有效识别自动驾驶汽车的行驶意图从而避免交通安全风险、提高道路通行效率;文章从行人检测与跟踪、行人意图识别及行为预测、自动驾驶汽车的决策等三方面介绍了当前车外人机交互的发展概况,并指出了车外人机交互面临的挑战及未来的发展方向。吕伟等^[21]也持有相同观点,认为解决自动驾驶汽车与行人的交互问题是实现自动驾驶商业化的前提之一,并对相关研究进行了综述分析,提出以行人为中心的自动驾驶汽车外部 HMI 设计原则。

可见,汽车 HMI 设计直接关联驾驶安全问题,是智能座舱交互设计的重要内容,交互界面的逻辑架构、任务层次、人因要素等都是优化界面、提升驾驶安全性的主要因素。

2.2 HMI 设计与人车合作信任研究

智能座舱的第三阶段,即以 Level 3 以上级别自动驾驶为背景的智能座舱,目前还处在测试与理论研究阶段,其中基于人车合作信任的交互设计是研究的热点之一。

由芳等^[22]以 Level 3 级别自动驾驶汽车的接管系统为对象,搭建典型驾驶场景和 HMI 原型,通过在模拟驾驶器上进行设计验证,对方向盘灯带和中控信息透明度进行再设计,有效提高了接管场景下人对自动化系统的信任度,并提高了接管效率和用户满意度。Lee 等^[23]探讨了信任在智能语音交互系统中的作用,提出了“交互质量”的概念用以提高人对语音交互的信任度,并通过实验加以验证,最后基于社会反应理论提出了语音交互信任机制。Alessandro 等^[24]对多模态并行的汽车人机交互进行了建模,并通过仿真实验对模型进行了验证。Suji 等^[25]提出了自动驾驶系统信任度的交互设计策略,并通过虚拟仿真实验进行了评估验证,指出社会环境会对人车信任度产生影响。郑凯淘等^[26]构建了面向人机交互的智能汽车信任度分析模型,通过实验再次验证了人机交互对信任度的显著正向影响,此外交互方式和交互内容也共同影响着乘客的信任度。孙晓枫等^[27]探讨了人车信任的影响因素及其作用机制,得出了信息内容、信息载体、信息通道、系统透明度、技术能力和情况管理等六个信任度影响因子。

总之,HMI 设计直接影响人车合作信任,而人车合作信任直接影响未来自动驾驶技术的推广和普及。目前的相关研究多集中在机制、策略、模型等方

面,对人机交互影响因子与信任变量的关系研究有待进一步加强。

2.3 用户认知、情绪研究

人在驾驶过程中难免会随着时间、环境的变化产生各种情绪,尤其是因为驾驶时长与复杂交通状况产生的负面情绪;进入智能座舱时代后,人机交互方式的改变也会为驾驶人的认知和情绪带来新的影响。Dukes 等^[28]提出智能驾驶过程中驾驶员的认知、情绪和生理感知都会在一定程度上影响驾驶员的接管驾驶行为。Vaa^[29]通过比较分析驾驶行为的理论模型,也指出驾驶员在执行驾驶任务时的认知能力和情感状态会在很大程度上影响其作出正确的驾驶判断和驾驶决策。因此,关于用户认知和情绪的研究是智能座舱设计研究的重要方向之一。驾驶员的感知和认知流程如图 5 所示。

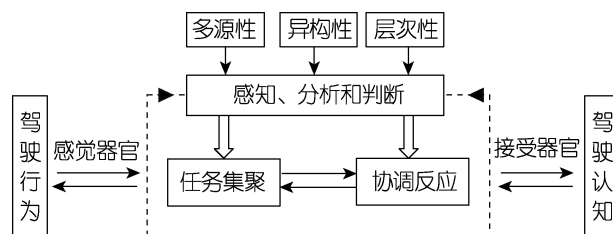


图 5 驾驶行为感知与认知流程^[30]

Fig.5 Driving behavior perceptual and cognitive processes

在用户认知层面,Pentland 等^[31]通过研究发现,驾驶员在执行驾驶任务时的心理活动和认知能力都在一定程度上影响着他的驾驶行为,可以通过系统化协调人车之间的交互关系来减小这种负面影响,以此来提高驾驶时人机交互的效率和安全性。谭浩等^[32]分析了汽车人机交互相关因素对驾驶分心、驾驶负荷、情境意识等认知指标的影响,归纳总结出了汽车座舱人机交互设计的要素,并对自然交互和增强现实等两个多通道人机交互模式范例进行了实践验证。冷雪^[33]通过研究进一步指出车载信息系统是引起驾驶员分神而导致交通事故的重要原因之一,通过研究车载信息系统对驾驶员视觉、动作和认知通道的分神影响,确定分神特性的表征指标和测定方法,得出不同的驾驶环境、不同的车载信息系统都会对驾驶员分神产生显著影响,因此提出了合理使用车载信息系统的建议,以减小对驾驶员的分神影响,提高驾驶安全性。

在用户情绪层面,赵新宇等^[34]指出驾驶员的焦躁情绪会对安全行驶造成负面影响,为了减少驾驶员的焦躁情绪,在相应的时空节点上引入了特定的人机互动设计,以此来调节驾驶员在驾驶等候时的焦躁情绪,最后通过 Unity 制作功能原型对驾驶员的情绪状况进行评价,评价结果验证了该设计方案可以取得良好的效果。Braun 等^[35]开展的研究也印证了该观点,即人机界面(如视觉和听觉界面)可以有效地调节驾

驶员的情绪。而 Bañuls^[36]的研究则发现当非直观的界面信息和有缺陷的交互系统超出驾驶员的认知范围时, 会引起认知混乱, 进而产生困惑情绪, 这会影响到驾驶员的注意力和决策力, 并增加操作反应的时间, 对人的驾驶表现产生较为明显的负面影响。李文博^[4]在模拟驾驶环境中收集了驾驶员的面部表情和驾驶情绪数据, 从情绪的发展、情绪对驾驶行为的影响、情绪的表达、情绪的调节等四个过程来分析情绪对驾驶行为的影响, 并发现人机交互视觉元素的优化设计对驾驶员的情绪调节作用十分显著。Lee 等^[37]提出了检测驾驶员情绪状态的新方法, 即运用车辆工程和情感计算相关领域的知识, 基于情绪表达时的生理变化和驾驶行为表现来检测驾驶员的情绪状态。

可见, 在驾驶过程中人的认知和情绪状态与驾驶安全及效率关联密切, 如何恰当地设计人机交互从而避免负面认知及情绪带来的风险得到了较多研究者的关注, 反映了认知和情绪在交互设计中的重要性。

2.4 智能座舱人机交互评价方法研究

智能座舱人机交互设计优化与创新的前提是对设计进行可靠的评价, 因此关于交互设计评价方法的研究也是汽车座舱人机交互研究的重要方向, 目前此类研究多集中在定量评价方法的研究上, 可见定量研究比定性研究更具实践指导意义。

马宁等^[38]提出通过“熵值法”对驾驶过程中的人机交互任务复杂度进行定量研究, 研究结论指出交互任务逻辑结构、知识等级和认知量、数字界面的复杂程度等三个变量对智能座舱的人机交互效果的影响较大, 并进一步提炼出智能座舱交互设计的优化重点, 即避免过于复杂的交互设计, 降低用户的学习成本。郁淑聪等^[39]将国内外多种测试评价方法与多维指标体系相结合, 搭建了智能座舱交互体验的综合量化评价模型, 并通过层次分析法对实际案例进行指标权重排序, 验证了该方法的有效性。王亚辉^[30]指出当前汽车智能座舱 HMI 设计存在评价标准体系不完整的问题, 导致汽车 HMI 设计常常忽略了用户的认知能力和心智模型, 因此王亚辉基于人因工程学和认知学的知识, 对驾驶员的认知行为(以视觉认知和脑认知为主)进行了量化研究, 提出了智能座舱人机交互认知机制和评价方法, 并通过实例进行了验证。此外, 马钧等^[40]还探究了车载人机界面的可用性评价, 并结合中国人的驾驶习惯和特征, 提出了适合中国使用的车载人机界面可用性评估方法。谢嘉悦等^[41]基于智能汽车的主动安全设计理念, 进行了智能汽车主动安全 HMI 的评价和优化研究。

除了 HMI 设计与驾驶安全、HMI 设计与人车合作信任、用户认知与情感、人机交互评价等四种主要的研究领域之外, 关于智能座舱交互设计的研究还涉及驾驶员的能力提升及态度干预^[42]、场景化交互设计

路径^[43]、交互设计方法指导下的汽车 HMI 设计^[44]等研究方向。虽然目前的相关研究数量还较少, 但鉴于汽车智能座舱高度的实践导向性和行业发展活力, 相关研究领域的扩展及加速趋势明显。

3 智能座舱人机交互的核心技术

智能座舱人机交互技术在直观层面主要指视觉、听觉、触觉等人机交互通道的相关技术, 或视觉界面、触觉界面、虚拟界面等不同界面类型的相关技术。在直观层面技术的背后, 是共通共用的深层技术基础, 主要包括: 机械电子技术、芯片硬件技术、智能软件技术、物联网通信技术等四类技术^[1,45], 其中与智能座舱人机交互关联紧密的主要为智能芯片、车载操作系统与物联网通信技术。

3.1 智能芯片

智能芯片技术是汽车座舱实现智能化人机交互的关键, 车载操作系统及软件、智能网联等功能的运行都依赖于芯片算力的提升。目前智能座舱芯片以高通、英特尔、瑞萨等品牌为主, 正在进入的还有华为、三星、联发科等品牌^[1]。

芯片在智能座舱中的相关应用场景如下:

1) 多模态交互。用于多模态交互的智能芯片主要有视觉芯片、语音芯片、动作捕捉芯片等。王迪等^[46]设计了一种以 STC89C52 为核心的 ISD4004 语音芯片, 芯片采用 CMOS 技术, 能够在汽车座舱中进行反复十万次的录音及语音提示; 以此为基础, 王迪等进一步开发出了一套智能 HMI 汽车自检控制系统, 见图 6, 通过超声波对道路环境进行实时监控和语音提示, 有效减小了雨雾风雪等恶劣天气下车辆行驶的安全隐患。

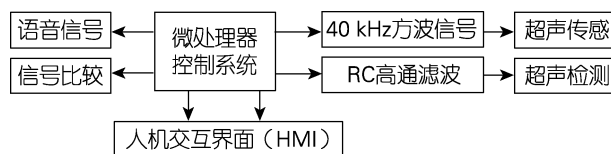


图 6 ISD4004 智能 HMI 汽车自检控制系统结构图^[46]

Fig.6 Block diagram of ISD4004 intelligent HMI automotive self-test control system^[46]

2) 虚拟仪表。汽车仪表作为人车信息交互的主要窗口, 也开始朝着虚拟智能化方向发展。虚拟仪表呈现出更高的灵活性, 可以随用户需求进行模式切换。随着汽车及座舱的发展, 仪表与中控呈现出联系越来越紧密的融合趋势^[47]。

3) 智能中控。智能中控基本上以大显示屏的形式存在, 是智能座舱人机交互的核心组件; 中控芯片与车辆的动力系统、车身系统、信息系统等进行联动, 并搭载操作系统及第三方软件, 一起为用户提供多元化的、个性化的服务^[48]。

4) AI 数据交换处理器。AI 数据交换处理器是汽车安全系统人机交互的关键部件,通过对车辆信息进行采集、计算,并通过数据库进行数据的整合和信息交互,实现 AI 人脸识别、安全防控、车辆管理等复杂智能功能^[49]。

3.2 车载操作系统

车载操作系统是智能座舱软件运行的基础,且与交互体验直接相关,主要应用于导航、蓝牙等方面。目前,底层车载操作系统有 QNX、Linux、Android 等三种内核,其中 QNX 和 Linux 都较早地应用于车载操作系统的开发。QNX 主要应用于仪表,非开源但安全性较高,开发难度较大。Linux 则是开源系统,开发灵活成本低,主要应用于信息娱乐系统。Android 也是基于 Linux 系统内核开发而来的,但其应用生态则优于 QNX、Linux^[50]。

目前,基于 Linux 系统内核研发的国产车载操作系统主要有阿里 AliOS 系统、华为鸿蒙系统(Harmony OS)系统,上汽荣威的斑马智行系统就搭载了阿里的 AliOS 系统^[51]。

3.3 物联通信技术

物联通信技术的核心是卫星通信系统,是以广域

性、立体性互联网接入覆盖为特征的新型通信网络基础设施,是智能汽车实现网联云互动不可或缺的技术基础。以北斗卫星为代表的高精度卫星通信系统,使汽车在复杂的环境中也能实现快速准确的定位,实现自动泊车、自动驻车、车路协同等智能化辅助驾驶功能^[52],为智能座舱实现立体化人车交互提供了技术基础。

3.4 其他技术

除此之外,还有传感器技术、摄像头技术、存储技术、智能表面技术等智能座舱人机交互的核心技术。

4 智能座舱交互设计案例

当前汽车行业的发展已进入新阶段,新一代汽车中已广泛搭载了智能座舱,表 1 罗列了其中一些代表性案例。

由表 1 可以看出,在锐思华创、荣威概念车 Vision-i 等概念类或实验类汽车及其座舱设计案例中,出现了更多的高级智能交互模态,且人车交互理念大胆、富有创新性,但它们距离实际应用推广还较远。而在特斯拉、奥迪等上市车型的案例中,智能交互主要集中在 HMI 界面设计的优化上,多模态人机交互的特征尚不明显,说明当前的智能交互技术还不够成熟。

表 1 智能座舱交互设计案例及其设计特点
Tab.1 Interaction design case of intelligent cockpit and its design characteristics

品牌或车型	智能座舱交互设计特点
锐思华创 ^[53]	采用 Raythink 最新光粒子空间成像技术和二代 Optical Core 光核引擎,使座舱里的人-机-环境通过挡风玻璃上的虚拟成像进行交互,实现真正的 AR 智能座舱交互功能
艾迈斯欧司朗 ^[54]	推出适用于小型座舱空间的智能人机交互方案,通过沉浸式内饰照明和高质量的 HUD 小型化设计,提升驾驶员和乘客的驾乘体验
荣威概念车 Vision-i ^[55]	以智能主动交互汽车为产品定位,搭载了 Sky Vision 整舱智能交互系统,在全球首次实现了“5G+零屏幕”,将用户需要的内容呈现在任意需要的位置和材质上,做到了全舱信息覆盖。该款座舱也搭载了“情感化智能助理”,能通过人脸识别用户的情绪和状态,并主动进行反馈
起亚概念车 Habaniro ^[55]	搭载了实时情感识别系统(Real-time Emotion Adaptive Driving System),可通过生理信号识别技术主动监测驾驶员的心情状况,然后自动改变驾驶室环境以舒缓驾驶员的情绪,提升座舱整体体验的愉悦性。该智能座舱还搭载了 V-Touch 触摸式手势控制技术,通过 3D 摄像头跟踪人的眼睛及手指的运动,允许用户在不使用物理按钮的情况下管理座舱内的娱乐、照明、空调等功能
特斯拉 ^[56]	交互界面布局高度模块化;交互界面视觉风格扁平,简约明了;界面动效采用轻量化设计,以简洁的折叠和展开形式为主
奥迪 A6 ^[56]	交互界面屏幕内容高度定制化。视觉主色调固定且简洁;通过快速缩放动效形成“聚焦关注”的效果,简单明了地引导用户的注意力分布

5 结语

当下的汽车座舱正处于向全面智能座舱时代迈进的导入阶段,已初步形成了以智能交互为核心的

设计发展方向,智能座舱对未来汽车及相关生态发展的重要性毋庸置疑。然而,距离全面迈进智能座舱发展第三阶段并实现大范围应用推广还有一定的差距,当前的智能座舱交互设计依然面临着以下主要问题:

1) 交互性与安全性的矛盾问题。在当前智能座舱所处的发展阶段,新型人车交互方式的安全性尚需要进一步检验,繁复的人机交互会对驾驶人造成分神影响甚至带来安全隐患;在未来智能座舱发展的第三阶段,还将面临着人车交互的信任问题。解决该问题是智能座舱实现实质性发展的关键。

2) 舱内交互与舱外交互的协同问题。智能座舱作为移动生活智慧终端的“第三空间”,其交互范畴需全面覆盖汽车舱内及舱外的立体化时空场景,不仅需要解决舱内的人机交互问题,也要解决舱外的人机交互问题,以及舱内舱外人机交互的协同问题。现有研究已部分解答了该问题,但仍需结合真实应用场景继续深入研究。

3) 智能座舱与其他智慧生活形态的连接问题。汽车智能座舱是智慧城市的重要组成部分,其交互设计不是孤立的,需有机对接到整个智慧城市的系统中。目前,对该问题的研究关注还比较少,有较大的研究空间。

4) 智能交互的应用实现问题。虽然智能交互的部分关键技术已实现了突破,但离普遍应用还较远。其根本原因在于交互技术的发展还不够充分,主要体现在信息感知、信息传输、信息处理等三个方面,具体为传感探测仪器的精度不足、高速物联网通信基础设施建设不足、芯片及软件产品的算力不足。这些问题的解决将决定智能座舱交互设计的发展速度。

综合以上研究现状与问题分析,汽车智能座舱交互设计的发展趋势总结如下:

1) 交互模态多元化、复合化。基于视觉、听觉、触觉等多感官通道的立体融合式交互模态将成为主流,结合更加深入的效率、安全、信任等人机交互研究,将逐渐发展成为全面的智能交互体系。

2) 交互方式人性化、情感化。虽然交互模态日益多元化,但座舱人机交互的方式将变得越来越简单,汽车将自发迎合人的自然交互习惯,让驾驶员以更少的注意力完成更多的人机交互,从而找到智能座舱交互性与安全性的平衡点。同时座舱人机交互将更注重对人的情感需求的感知与响应,成为情感化的智能伙伴。

3) 交互设计场景化。智能座舱的交互设计将结合更多的场景催生更丰富的交互方案,不仅从车内场景扩展到车外场景,也会由单一场景扩展到复合场景,甚至扩展到智慧生活的任意场景中,并实现交互模式的定制化,使汽车智能座舱真正成为未来智慧生活空间的一部分。

4) 交互相关技术日益成熟。在国家政策的持续引导与驱动下,硬件技术、软件技术、物联网通信基础设施等都将迎来持续的建设、发展与完善,为智能座舱交互设计的全面发展提供技术基础。

参考文献:

- [1] 王保东. 智能座舱的前世今生和未来[J]. 时代汽车, 2022(7): 167-168.
WANG Bao-dong. Past, Present and Future of Intelligent Cockpit[J]. Auto Time, 2022(7): 167-168.
- [2] 冯远洋, 孙锐, 王洪艳, 等. 汽车智能座舱发展现状及未来趋势[J]. 汽车实用技术, 2021, 46(17): 201-206.
FENG Yuan-yang, SUN Rui, WANG Hong-yan, et al. Development Status and Future Trend of Automobile Intelligent Cockpit[J]. Automobile Applied Technology, 2021, 46(17): 201-206.
- [3] 中国汽车技术研究中心. 智能座舱技术发展及应用案例解析[EB/OL]. (2018-12-27)[2022-10-25]. <https://www.autoinfo.org.cn/#/>.
China Automotive Technology Research Center Intelligent Cockpit Technology Development and Application case Analysis[EB/OL]. (2018-12-27)[2022-10-25]. <https://www.autoinfo.org.cn/#/>.
- [4] 李文博. 面向汽车智能座舱的驾驶员情绪行为影响、识别与调节方法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2021.
LI Wen-bo. Research on Driver Emotion for Smart Cockpit: Behavior Impact, Recognition and Regulation Method[D]. Chongqing: Chongqing University, 2021.
- [5] 郁淑聪, 孟健, 张渤. 浅谈汽车智能座舱发展现状及未来趋势[J]. 时代汽车, 2021(5): 10-11.
YU Shu-cong, MENG Jian, ZHANG Bo. Discussion about the Development Status and Future Trend of Automobile Intelligent Cockpit[J]. Auto Time, 2021(5): 10-11.
- [6] 吕钊凤, 田野. 分级更清晰 中国版自动驾驶分级标准公示[J]. 智能网联汽车, 2020(2): 13-15.
LYU Zhao-Feng, TIAN Ye. The Classification is Clearer. the China Version of the Automatic Driving Classification Standard is Publicized[J]. Intelligent Connected Vehicles, 2020(2): 13-15.
- [7] 杜曾宇, 黄晓延, 蒙锦珊. 智能座舱的关键技术[J]. 时代汽车, 2021(5): 143-144.
DU Zeng-yu, HUANG Xiao-yan, MENG Jin-shan. The Key Technology of Smart Cockpit[J]. Auto Time, 2021(5): 143-144.
- [8] 郑红丽, 丁冠源, 回姝, 等. 5G 通信时代汽车智能座舱发展趋势[J]. 汽车文摘, 2022(5): 12-15.
ZHENG Hong-li, DING Guan-yuan, HUI Shu, et al. The Development Trends of Automotive Smart Cockpits in the 5G Communication Era[J]. Automotive Digest, 2022(5): 12-15.
- [9] 王琦, 李东江. 创新中的产业跨越——简析我国新能源汽车产业发展现状[J]. 汽车维护与修理, 2022(21): 5-15.
WANG Qi, LI Dong-jiang. Industrial Leap-Forward in Innovation—A Brief Analysis of the Development Status of China's New Energy Automobile Industry[J]. Auto Maintenance & Repair, 2022(21): 5-15.
- [10] 中国一季度新能源车销量占世界59%的份额[J]. 特种

- 铸造及有色合金, 2022, 42(6): 731.
- China's Sales of New Energy Vehicles Accounted for 59% of the World's Total in the First Quarter[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2022, 42(6): 731.
- [11] 刘雪, 石天聪, 余政涛. 智能网联汽车人机交互界面分析[J]. 汽车实用技术, 2021, 46(10): 34-36.
- LIU Xue, SHI Tian-cong, YU Zheng-tao. Analysis of Human-Machine Interaction of Intelligent Connected Vehicle[J]. Automobile Applied Technology, 2021, 46(10): 34-36.
- [12] 鞠伟男, 刘丽萍, 温泉. 基于中国人体眼椭圆的汽车 HMI 设计研究[J]. 工业设计, 2020(3): 30-32.
- JU Wei-nan, LIU Li-ping, WEN Quan. Research on Automobile Hmi Design Based on Ellipse of Human Eye in China[J]. Industrial Design, 2020(3): 30-32.
- [13] 刘宗汉. 基于用户体验的车载交互界面优化设计研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2021.
- LIU Zong-han. Research on the Optimal Design of Vehicle Interaction Interface Based on User Experience[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2021.
- [14] 陈雪, 周美玉. 基于用户体验的界面设计因素分析[J]. 设计, 2019, 32(1): 81-83.
- CHEN Xue, ZHOU Mei-yu. The Study of Interface Design Factor Based on User's Experience[J]. Design, 2019, 32(1): 81-83.
- [15] 李红亮. 从信息艺术设计的角度看汽车 HMI 的发展[J]. 时代汽车, 2020, (2): 67-68.
- LI Hong-liang. Development of Automotive HMI from the Perspective of Information Art Design[J]. Times Auto, 2020, (2): 67-68.
- [16] 王运. 汽车导航各系统显示交互逻辑研究[J]. 汽车实用技术, 2017(20): 144-146.
- WANG Yun. Research on Interactive Logic of Vehicle Navigation System Display[J]. Automobile Applied Technology, 2017(20): 144-146.
- [17] Edouard-Thomas LARGILLIER, 马钧, 徐雯霞. 基于层次分析过程(AHP)的汽车人机交互界面(HMI)逻辑框架的分析及设计[J]. 汽车实用技术, 2013(9): 16-19.
- LARGILLIER E, MA Jun, XU Wen-xia. Based on Analytic Hierarchy Process (AHP) Automotive Human-Machine Interface (HMI) of the Logical Framework Analysis and Design[J]. Automobile Technology, 2013(9): 16-19.
- [18] IQBAL S T, JU Yun-cheng, HORVITZ E. Cars, Calls, and Cognition: Investigating Driving and Divided Attention[C]//Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Atlanta, Georgia, USA. New York: ACM, 2010: 1281-1290.
- [19] HUANG Zhao-hui, HUANG Xie-min. A Study on the Application of Voice Interaction in Automotive Human Machine Interface Experience Design[J]. AIP Conference Proceedings, 2018, 1955(1): 040074.
- [20] 胡宏宇, 刁小桔, 高菲, 等. 自动驾驶汽车-行人交互研究综述[J]. 汽车技术, 2021(9): 1-9.
- HU Hong-yu, DIAO Xiao-jie, GAO Fei, et al. Review of Interaction between Autonomous Vehicles and Pedestrians[J]. Automobile Technology, 2021(9): 1-9.
- [21] 吕伟, 郭伏, 任增根, 等. 行人与高级自动驾驶汽车的交互研究综述——基于行人视角[J]. 工业工程与管理, 2022, 27(6): 75-85.
- LYU Wei, GUO Fu, REN Zeng-gen, et al. Review of Research on Interaction between Pedestrians and Highly Automated Vehicles from Pedestrians' Perspective[J]. Industrial Engineering and Management, 2022, 27(6): 75-85.
- [22] 由芳, 张景卉, 张俊, 等. 智能汽车中基于信任的接管系统交互设计[J]. 包装工程, 2021, 42(6): 20-28.
- YOU Fang, ZHANG Jing-hui, ZHANG Jun, et al. Interaction Design for Trust-Based Takeover Systems in Smart Cars[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(6): 20-28.
- [23] LEE O D, AYYAGARI R, NASIRIAN F, AHMADIAN M. Role of Interaction Quality and Trust in Use of AI-based Voice-assistant Systems[J]. Journal of Systems and Information Technology, 2021, 23(2): 154-170.
- [24] SAPIENZA A, CANTUCCI F, FALCONE R. Modeling Interaction in Human-Machine Systems: A Trust and Trustworthiness Approach[J]. Automation, 2022, 3(2): 242-257.
- [25] CHOI S, KIM S, KWAK M, et al. Would You Trust Driverless Service? Formation of Pedestrian's Trust and Attitude Using Non-Verbal Social Cues[J]. Sensors (Basel, Switzerland), 2022, 22(7): 2809.
- [26] 郑凯淘, 万雨杰, 唐大琳, 等. 面向 HMI 的智能网联车信任度研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2022, 46(4): 629-633, 637.
- ZHENG Kai-tao, WAN Yu-jie, TANG Da-lin, et al. Research on the Trust of Intelligent and Connected Vehicle Based on HMI[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2022, 46(4): 629-633, 637.
- [27] 孙晓枫, 赵莹, 吕春梅. 自动驾驶汽车人机交互信任影响机制[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2022, 43(9): 1305-1313.
- SUN Xiao-feng, ZHAO Ying, LYU Chun-mei. Influencing Mechanism of Human-Computer Interaction Trust in Autonomous Vehicles[J]. Journal of Northeastern University (Natural Science), 2022, 43(9): 1305-1313.
- [28] DUKES R L, CLAYTON L T, MILLER T L, RODGERS S E. Effects of Aggressive Driving and Driver Characteristics on Road Rage[J]. The Social Science Journal, 2001, 38(2): 323-331.
- [29] VAA T. Some Comments on the Definition of Aggression and Aggressive Driving Behaviour[C]. Road Safety Three Continents in Pretoria, South Africa, 20-22 September 2000. In the Proceedings of the Conference Road Safety on Three Continents in Pretoria, South Africa, 2000, 15A:181-95.

- [30] 王亚辉. 智能汽车座舱人机交互认知机制与评价方法研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2019.
WANG Ya-hui. Cognitive Mechanism and Evaluation Method of Human-machine Interaction in Intelligent Vehicle Cockpit[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2019.
- [31] PENTLAND A, LIU A. Modeling and Prediction of Human Behavior[J]. Neural Computation, 1999, 11(1): 229-242.
- [32] 谭浩, 赵江洪, 王巍. 汽车人机交互界面设计研究[J]. 汽车工程学报, 2012, 2(5): 315-321.
TAN Hao, ZHAO Jiang-hong, WANG Wei. Vehicle Human Machine Interface Design Research[J]. Chinese Journal of Automotive Engineering, 2012, 2(5): 315-321.
- [33] 冷雪. 基于车载信息系统的驾驶员多通道分神特性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
LENG Xue. Study of Characteristics of Driver Multi-channel Distraction Based on In-vehicle Information Systems[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2014.
- [34] 赵新宇, 韩挺. 驾驶情绪信息驱动的车机 HMI 设计[J]. 设计, 2022, 35(14): 40.
ZHAO Xin-yu, HAN Ting. Automotive HMI Design Based on Driving Emotion Information[J]. Design, 2022, 35(14): 40.
- [35] BRAUN M, SCHUBERT J, PFLEGING B, et al. Improving Driver Emotions with Affective Strategies[J]. Multimodal Technologies and Interaction, 2019, 3(1): 21.
- [36] BAÑULS R, MONTORO L. Motivational and Emotional Aspects Involved in Driving[M]//Barjonet PE. Traffic Psychology Today. Boston, MA: Springer, 2001: 137-162.
- [37] LEE B G, CHONG T W, LEE B L, et al. Wearable Mobile-Based Emotional Response-Monitoring System for Drivers[J]. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 2017, 47(5): 636-649.
- [38] 马宁, 王亚辉. 智能汽车座舱人机交互任务复杂度分析方法[J]. 图学学报, 2022, 43(2): 356-360.
MA Ning, WANG Ya-hui. Complexity Analysis Method of Human-Machine Interaction Task in Intelligent Vehicle Cockpit[J]. Journal of Graphics, 2022, 43(2): 356-360.
- [39] 郁淑聪, 孟健, 郝斌. 基于驾驶员的智能座舱人机工效测评研究[J]. 汽车工程, 2022, 44(1): 36-43.
YU Shu-cong, MENG Jian, HAO Bin. Research on Ergonomic Evaluation of Driver-Based Intelligent Cabin[J]. Automotive Engineering, 2022, 44(1): 36-43.
- [40] 马钧, 谈行执. 车载人机界面可用性评估方法研究[J]. 上海汽车, 2014(2): 16-19.
MA Jun, TAN Xing-zhi. Study of Automotive HMI Usability Evaluation System[J]. Shanghai Auto, 2014(2): 16-19.
- [41] 谢嘉悦, 张舒. 智能化汽车主动安全人机交互界面评价方法的设计理念研究[J]. 质量与标准化, 2016(7): 53-56.
XIE Jia-yue, ZHANG Shu. Research on Design Concept of Evaluation Method of Intelligent Vehicle Active Safety Human-Computer Interaction Interface[J]. Quality and Standardization, 2016(7): 53-56.
- [42] ZHANG Wei, TSIMHONI O, SIVAK M, et al. Road Safety in China: Analysis of Current Challenges[J]. Journal of Safety Research, 2010, 41(1): 25-30.
- [43] 徐萌, 蔡艳波, 曹辉, 等. 基于场景的 HMI 创新体验设计研究与应用[J]. 汽车电器, 2022(5): 4-6.
XU Meng, CAI Yan-bo, CAO Hui, et al. Research and Application of Scenario-Based HMI Innovative Experience Design[J]. Auto Electric Parts, 2022(5): 4-6.
- [44] 刘伟, 辛欣, 朱燕丛, 等. 基于车联网的 HMI 交互体验流程与方法探究[J]. 包装工程, 2017, 38(20): 23-26.
LIU Wei, XIN Xin, ZHU Yan-cong, et al. Car HMI Design Process and Method for Internet of Vehicles[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(20): 23-26.
- [45] 刘尧, 李亚楠. 智能座舱多模态交互技术发展现状及趋势[J]. 汽车实用技术, 2023, 48(1): 182-187.
LIU Yao, LI Ya-nan. Analysis of Intelligent Cockpit Multi-Modal Interaction Technology Development Status and Trend[J]. Automobile Applied Technology, 2023, 48(1): 182-187.
- [46] 王迪, 李中超, 王三林. 基于 ISD 4004 智能 HMI 汽车自检控制系统设计[J]. 科技风, 2012(20): 30, 32.
WANG Di, LI Zhong-chao, WANG San-lin. Design of Auto Self-Inspection Control System Based on ISD 4004 Intelligent HMI[J]. Technology Wind, 2012(20): 30, 32.
- [47] 宏景电子. 汽车仪表——从全液晶虚拟仪表到智能座舱域[J]. 汽车电器, 2020(8): 12-13.
HONG J. Automobile Instrument—From Full LCD Virtual Instrument to Intelligent Cockpit Area[J]. Auto Electric Parts, 2020(8): 12-13.
- [48] 曾梦瑾. 汽车智能座舱设计体验用户满意度测试评价方法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2021.
ZENG Meng-jin. Research on Evaluation Method of User Satisfaction Test in Automotive Intelligent Cockpit Design Experience[D]. Chongqing: Chongqing University, 2021.
- [49] 程子轩. 基于汽车产业链的云服务平台数据交换技术探索[J]. 产业与科技论坛, 2016, 15(24): 46-47.
CHENG Zi-xuan. Exploration on Data Exchange Technology of Cloud Service Platform Based on Automobile Industry Chain[J]. Industrial & Science Tribune, 2016, 15(24): 46-47.
- [50] 李丹, 郑红丽, 回姝, 等. 智能网联时代汽车智能座舱操作系统的发展[J]. 汽车文摘, 2022(5): 1-6.
LI Dan, ZHENG Hong-li, HUI Shu, et al. Operating System Development for Automotive Intelligent Cockpit in an Intelligent and Networked Era[J]. Automotive Digest, 2022(5): 1-6.
- [51] 石攀, 董天哥, 刘畅. 基于用户体验的车载信息娱乐系统研究[J]. 机械工程与自动化, 2019(3): 224-226.
SHI Pan, DONG Tian-ge, LIU Chang. Research on Ve-

- hicle Information Entertainment System Based on User Experience[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2019(3): 224-226.
- [52] 吕钊凤. 北斗+智能网联汽车大有可为,北斗星通发布首款高精度智能座舱[J]. 智能网联汽车, 2019(3): 92-94.
- LYU Zhao-feng. Beidou+intelligent Networked Car is Promising, and Big Dipper Released the First High-Precision Intelligent Cockpit[J]. Intelligent Connected Vehicles, 2019(3): 92-94.
- [53] 锐思华创实车体验全新升级, 联手战略伙伴将实现真正的 AR 智能座舱[J]. 汽车与配件, 2021(2): 15.
- Ruisihua Creates a New Upgrade of the Real Car Experience, and Together with Strategic Partners, it Will Realize the Real AR Smart Cockpit[J]. Automobile & Parts, 2021(2): 15.
- [54] 金安敏. 智能座舱中的趋势与艾迈斯欧司朗的解决方案[J]. 电子产品世界, 2021, 28(8): 12.
- JIN An-min. Trends in Intelligent Cockpits and Solutions of Ames Osram[J]. Electronic Engineering & Product World, 2021, 28(8): 12.
- [55] 薛楠. 新时代智能座舱面面观: 更舒适、更懂你的人因工程[J]. 智能网联汽车, 2019(5): 90-93.
- XUE Nan. A Comprehensive View of the Intelligent Cockpit in the New Era: More Comfortable and Better Understand your Human Factors Engineering[J]. Intelligent Connected Vehicles, 2019(5): 90-93.
- [56] 田帅, 徐伟, 陈文庆, 等. 浅析汽车 HMI 系统交互设计发展趋势[J]. 汽车电器, 2022(5): 1-3, 6.
- TIAN Shuai, XU Wei, CHEN Wen-qing, et al. Analysis of Interactive Design Trend of Automotive HMI System[J]. Auto Electric Parts, 2022(5): 1-3, 6.
- 责任编辑: 马梦瑶

(上接第 429 页)

- [13] TAKI S, KAJIHARA Y, KADOWAKI M. Evaluation of Digital WORK Design Supporting System in Consideration of Work Burden Analysis[C]// International Conference on Industrial Management;Icim 2010. Tokyo Metropolitan University, Tokyo 2010.
- [14] 高静, 钱省三, 王殊轶, 等. 港机驾驶室联动台空间布局的人因优化[J]. 起重运输机械, 2010(12): 49-52.
- GAO Jing, QIAN Xing-san, WANG Shu-yi, et al. Ergonomics Optimization for the Spatial Arrangement of the Operating Worktable in the Port Machinery Cab[J]. Hoisting and Conveying Machinery, 2010(12): 49-52.
- [15] 徐江华. 飞机客舱设施安全人机设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2022.
- XU Jiang-hua. Safety man-machine design of aircraft cabin facilities[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics & Astronautics Press, 2022.
- [16] 项英华. 人类工效学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2008.
- XIANG Ying-hua. Ergonomics[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2008.
- [17] 刘李明, 彭博, 刘昊, 等. 基于 Jack 的游船驾驶室人机工程改进设计[J]. 机械设计, 2021, 38(12): 122-127.
- LIU Li-ming, PENG Bo, LIU Hao, et al. Ergonomic Improvement Design of Cruise Ship Cabin Based on Jack[J]. Journal of Machine Design, 2021, 38(12): 122-127.
- [18] 国家技术监督局. 中国成年人人体尺寸: GB 10000—1988[S]. 北京: 中国标准出版社, 1989.
- State Bureau of Quality and Technical Supervision of the People's Republic of China. Human Dimensions of Chinese Adults: GB 10000—1988[S]. Beijing: Standards Press of China, 1989.
- [19] 曹祥哲. 人机工程学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2018.
- CAO Xiang-zhe. Ergonomics[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2018.
- 责任编辑: 马梦瑶