 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i7.11414

Research on Human Computer Interaction Design and Commercial Application of Automotive Intelligent Exterior Decoration System

Bin Tang

Anhui JAC Intelligent Technology Co., Ltd., Hefei, Anhui, 231200, China

Abstract

Aiming at the transformation trend of the automotive industry from “vehicle” to “intelligent mobile space”, this paper constructs a “user centered” human-computer interaction design system for the problems of single function and poor interactive experience of intelligent exterior decoration system. Establish three core principles of natural interaction, scene adaptation and security priority, and build a three-tier technical structure covering the perception layer, decision-making layer and execution layer. The commercial value of the scheme is tested through mass production cases such as smart genie \1 and ideal L series, and the standardized application mode and market potential are explored. This paper provides theoretical guidance and implementation reference for the systematic design of automotive exterior decoration.

Keywords

intelligent exterior decoration; human computer interaction; design framework

汽车智能外饰系统的人机交互设计与商业化应用研究

唐彬

安徽江淮智能科技有限公司，中国 · 安徽 合肥 231200

摘　要

本文针对汽车产业从“交通工具”向“智能移动空间”转型的趋势，对智能外饰系统功能单一、交互体验不佳等问题，构建“以用户为中心”的人机交互设计体系。确立自然交互、场景适配、安全优先三大核心准则，搭建覆盖感知层、决策层、执行层的三层技术结构。通过smart精灵#1、理想L系列等量产案例检验方案商业价值，探索标准化应用模式与市场潜力。本文为汽车外饰系统化设计提供理论指导与实施参考。

关键词

智能外饰；人机交互；设计框架

1 引言

汽车产业正经历电动化、网联化和智能化的深刻变革，汽车角色已从传统交通工具演变为移动智能终端、储能节点及数字空间的综合体。汽车内外饰功能不断演进，由原本基础的装饰保护角色，转变为集成激光雷达、毫米波雷达、摄像头等传感设备的智能承载体，车灯光组升级为兼具照明与信息交互功能的终端，支持驾驶辅助与环境感知。但现阶段智能外饰发展仍存在功能碎片化、交互逻辑紊乱、用户体验欠佳等痛点。本文依托动态迎宾灯外后视镜、智能电动充电口盖等产品工程实践，构建“以用户为中心”的人机交互设计框架，搭建覆盖感知层、决策层、执行层的智能外饰系统技术架构，着力解决智能化进程中交互体验不足的难题，为汽车外饰系统化设计提供理论依据与可行路径。

【作者简介】唐彬（1989–），男，中国河北廊坊人，硕士，工程师，从事汽车工程研究。

2 汽车智能外饰系统发展现状与用户需求分析

2.1 发展历程与阶段特征

汽车外饰系统的发展经历了三个阶段的演进：早期静态外饰阶段、过渡阶段和当前动态智能外饰阶段。初期外饰仅承担基础装饰与防护功能，以静态外观为主。随着技术发展，外饰件逐步集成激光雷达、毫米波雷达、摄像头等传感器，成为智能载体，车灯转变为照明与信息交互终端。智能化趋势要求汽车内外饰能够为驾乘人员提供智能控制、人机交互、信息娱乐等多种功能。当前，发光格栅、智能前脸、智能保险杠等外饰部件逐步普及，实现驾驶辅助、环境感知和车路协同，用户可通过触控、语音、手势、APP 与外饰互动，如电动门把手自动弹出、智能充电小门自动开启等交互体验

进行创新升级。迎宾灯技术也从简单装饰发展为可投射动态图案的智能照明装置，部分产品已扩展至电动自行车领域应用。汽车内外饰的设计与功能正从满足基础需求向个性及舒适化的移动生活空间转变。

2.2 用户需求分析

用户智能外饰需求可从功能性、情感性、社会性三个维度分析。功能性层面，用户期望借助智能外饰强化行车安全与便利性。数据显示，智能座舱已成主流，集成触控屏、语音助手、AR-HUD 等交互功能，推动内饰件价值升级，2024 年中国市场乘用车前装标配智能座舱搭载率升至 72.58%。外饰智能化同样关键，如充电口盖自动开启、门把手弹出等功能明显提升使用便利度，发光车标、数字格栅等配置可提供行车状态反馈。情感性需求方面，用户追求个性彰显与情感陪伴，汽车内外饰向个性化及舒适化演进，隐藏式部件融合实用性与美观，发光前脸、车标等结合个性化设置，契合差异化审美诉求。社会性需求体现为与其他道路参与者有效沟通。智能外饰需协调物理功能诉求与心理感性诉求，通过视觉、听觉、触感等多维度提升舒适度。设计应确保兼顾用户感性与功能双重要求，通过多层次评价体系不断改进交互体验。

3 智能外饰系统人机交互设计框架

3.1 三大核心原则

3.1.1 自然交互原则

自然交互原则要求采用契合用户直觉的交互方式，降低用户的上手难度。智能交互系统设计应满足“用户体验、辅助功能”等多维度需求，确保界面设计贴合用户认知习惯与行为模式。诺曼 7 阶段理论指出，好的设计需保证系统状态和动作直接可见、概念模型与图标一致、获得连续性反馈，从而实现流畅的人机互动。交互方式应囊括物理操控、触控、语音、手势、视觉、非接触及多模态交互等多种形态，让用户以最直观的方式与外饰系统进行连接。

3.1.2 场景适配原则

场景适配原则强调依不同使用环境提供差异化体验。汽车交互将围绕日常生活多种场景展开来设计，涵盖了娱乐、办公和生活空间。迎宾、行车、充电及泊车等不同时刻，外饰交互逻辑等不同有所区分，比如雨夜增强听觉提示，完成环境自适应调节。多模态交互确保关键信息互补，冗余设计能在备用模式 0.5 秒内接管，保证信息完整度稳定保持 95% 以上。

3.1.3 安全优先原则

安全优先原则要求所有交互功能不得影响行车安全。人机交互发展需遵循保障人的主体地位与安全这一核心原则。系统设计应支持驾驶员而非诱发危险行为，不能分散其注意力或产生视觉干扰。HMI 设计需贯彻安全第一准则，通过可靠通知机制保障驾驶安全，降低不必要分神风险。所有交互方案的评判标准是安全性，任何功能创新都不可牺牲安全换取便利。

3.2 交互信息层级设计

智能外饰系统交互设计需明确信息优先级与呈现规范。人机交互架构应考虑功能元素划分、层级划分和布局规划三大维度，功能元素是界面展示的用户信息，层级划分则按显示需求排序，关键信息优先呈现。优先级建议基于功能重要度分层：碰撞预警为最高级，采用动态高亮闪烁且对比度不低于 20:1；行驶方向等次要信息可静态显示；礼让提示等临时信息显示不超过 3 秒后自动消失。架构遵循最少原则，布局实现功能优先级、格式最自然、布局最有效三原则。呈现规范需考虑驾乘人员认知负荷最小化，符合其习惯方式。视觉 / 色彩遵循 ISO 2575 符号标准，红绿蓝功能分区清晰；交互层级控制在 3 层内，避免嵌套过深导致操作复杂化。UI 用于近距离精细操作，HMI 注重视远距离快速识别。信息显示兼顾功能、情感等需求，车外交互可采用 LED 屏、发光格栅等载体实现原型设计与可用性测试。多层次评价体系持续优化体验，确保方案满足感性与功能需求双重标准。

3.3 技术架构概览

智能外饰系统采用感知层、决策层、执行层三层技术架构。感知层负责采集环境与车辆状态数据，包含车载视觉系统、雷达系统、各类传感器及通讯系统，实现对用户行为、车辆状态和环境信息的全面感知。决策层基于软件与人工智能算法和计算平台进行数据处理与分析，作为中枢单元接收感知层输出数据，完成任务规划、行为决策与动作规划全流程逻辑闭环，模块化算法将任务拆解为感知、预测、规划、控制等模块，规则驱动占主流，运行效率高度依赖车载芯片算力。执行层将决策转化为实际操作，包括电子驱动、转向、制动、电机、驱动器等硬件组件，线控底盘技术使低延迟电信号传输将制动响应从 430ms 减至 80ms，轻量化结构顺应电动智能化趋势。三层架构构成完整闭环控制回路，实现信号精准采集、快速处理与高效执行。

4 智能外饰系统技术架构与关键技术实现

4.1 感知层技术方案

感知层是智能外饰系统的首要环节，负责采集环境与车辆状态数据。车载视觉系统采用单目 / 双目 / 多目摄像头组合，配合激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达等探测设备，构建全方位感知网络。力传感器、视觉传感器、惯性传感器及 MEMS 传感器集成于外饰关键部件中，实现对用户行为、车辆状态和环境的全面感知。线控底盘技术结合精准传感器，可实时捕捉外部信息与驾驶员意图。布局上，摄像头部署于前后视镜、车门及前脸区域，雷达安装于保险杠与格栅位置，确保外部环境无死角监测。这种多源融合方案为后续

信息分析与交互决策提供可靠数据支撑。

4.2 决策层算法实现

决策层作为智能外饰系统的核心环节，基于人工智能算法与计算平台完成数据处理与分析。软件算法、AI 算法与 CPU/GPU 计算平台构成决策中枢，负责任务规划、行为决策和动作规划的全流程逻辑闭环。规则驱动方式目前占主导地位，模块化算法将自动驾驶任务拆分为感知、预测、规划、控制等多个模块协同作业。智能化交互决策机制通过分析感知层输入数据，实时判断场景类型并输出交互指令，如识别到用户靠近时触发迎宾模式、检测到充电连接状态时启动可视化提示等。人机交互系统设计需兼顾功能元素划分与信息层级划分，明确信息优先级，确保重要信息优先呈现，使交互逻辑清晰有序。硬件支撑方面，车载芯片算力水平与实时处理能力直接影响决策效率与系统稳定性，是技术架构的关键制约因素。

4.3 执行层应用案例

论市场竞争，智能外饰早就不是可有可无的点缀了，而是车企拼差异化的主力军。手握核心技术的玩家更能吃下更多蛋糕，整个行业也慢慢往头部集中。像发光前脸、智能格栅这类新的创意，正一步步从高端车型往下走，连带着整条产业链和做生意的逻辑都在变。等到成本再往下压一压、大家接受度再高一点，这些功能指不定哪天就从选装变成标配，妥妥的新增长点。现在不少车厂已经开始在这块布局，毕竟谁先占了坑位，谁就握住了主动权。这不仅是卖配置的问题，更是后续持续赚钱的关键棋。

5 量产实践与用户体验评估

在量产实践方面，申请人参与的智能外饰系统已实现商业化落地。Smart 精灵 #1 智能外后视镜项目集成动态迎宾灯功能，通过灯光语言实现迎宾交互，提升产品科技感与豪华感，成为该车型核心卖点之一，有效增强用户对外观智能化的感知。理想 L 系列电动充电口盖项目实现充电状态可视化交互，支持语音与触控双重开启方式，按压尾部即可自动弹开，部分版本配备充电桩按键联动功能，按下按键后充电口盖自动开启，用户无需额外操作即可完成充电准备，显著优化补能体验。极狐阿尔法车型天窗与外后视镜项目优化人机交互逻辑，智能座舱采用多屏联动设计，搭载华为智能语音系统，常用命令响应时间控制在 1 秒内，支持个性化自定义座舱环境，提升行车安全性与操作便捷性。

通过多维度验证，智能外饰系统的商业价值与用户体验提升效果得到确认。市场层面，三款车型在相应细分市场均取得良好销量表现，其中 smart 精灵 #1 凭借智能外饰配置获得年轻消费群体认可；用户体验方面，满意度调查显示动态迎宾灯与电动充电口盖等功能获得较高评分，被认为 " 实用且具科技感 " 的卖点配置；媒体评价普遍认可这些项目在提升车辆智能化水平方面的贡献。

6 商业化应用模式与行业影响

6.1 商业化应用模式

智能外饰商业化主要有三种模式：第一种是标配模式，直接把功能当核心配置塞进车里，好处是能快速建立技术认知、堆出规模效应；第二种选装模式更灵活，让用户根据钱包和喜好自己挑，既降低了入手门槛又保证了利润空间；第三种后市场改装模式给已经卖出去的车做升级，把服务边界往外扩。汽车市场正在加速扩张，数字服务、软件升级、AI 远程诊断这些新花样发展特别快，有机构预测 2030 年智能网联新能源车后市场规模能到 5 万亿。行业数据显示——2022 到 2026 年全球乘用车内外饰件市场从 4311.91 亿涨到 4856.86 亿，年复合增速大概 3.02%，这种增长就是智能化转型带来的价值重构机会。再看竞争这块，智能外饰早就成了车企差异化打的核心牌，有核心技术的企业能占更多份额，倒逼产业集中度往头部集中。发光前脸、智能格栅这些新配置正从高端车往下沉市场渗，带着产业链升级和商业模式一起变。等成本再降降、用户接受度再提提，这些功能说不定就能从选装变成标配，妥妥的新增长极。

6.2 挑战与未来展望

当前发展面临三大瓶颈：技术标准不统一导致系统集成受阻，接口与数据规范缺失制约规模化应用；成本偏高制约中高端车型普及；数据安全与隐私保护问题突出，跨主体协作不足影响生态搭建。对此建议加强技术协同创新、共建标准体系、实现安全共治及政策精准支持。展望未来，伴随人工智能深化应用与车路协同技术发展，智能外饰将向更智能化、个性化方向演进，成为连接人、车、路、云的关键交互节点。

7 结论

本文以用户为中心的汽车智能外饰系统人机交互设计框架，建立了涵盖感知层、决策层、执行层的全套技术架构，借助 smart 精灵 #1、理想 L 系列等量产项目检验方案商业价值。研究印证系统化人机交互设计对行业发展十分关键，可化解当前行业碎片化与体验不佳难题。展望未来，伴随人工智能、车路协同等技术进步，智能外饰将向智能化、个性化、情感化方向发展，成为连接人、车、路、云的关键交互端口。行业趋势表明人机交互将持续向减少人与机器中间环节演进，标志着交互逻辑从“功能响应”转向“环境自主适应”的转型。

参考文献

[1] 王统,倪恒国,朱佳男,等.适应市场新需求的汽车外饰条技术迭代与展望[J].汽车知识,2026,26(5):85-87.

[2] 傅伯洋.基于AIGC的高端新能源汽车设计研究与创作[D].北京邮电大学,2025.

[3] 任斌.智能驾驶辅助系统在新能源汽车中的应用[J].汽车电器,2025,(8):92-93.