

# 面向智能交互产品的创意服务设计

刘永红<sup>1,2</sup>, 白翔天<sup>1</sup>

(1.湖南大学, 长沙 410082; 2.泉州湖南大学工业设计及机器智能创新研究院, 福建 泉州 362006)

**摘要:** **目的** 面向数据智能时代发展需要, 通过剖析设计服务产业现状与面临挑战, 针对存在问题开发基于设计大数据的新工具与平台, 赋能先进制造业和现代服务业。**方法** 面对当今“人—物理—信息—机器”四元空间, 以设计大数据为主线, 按照“数据—工具—平台—应用”的研究框架, 创建“海量数据驱动—智能设计决策—云端创意生成—虚拟孪生评价—云生态柔性制造—精准营销”的全生命周期孪生融合的设计理论体系和商业模式, 构建设计范式, 并在六大智能交互产品领域开展应用示范。**结论** 智能交互产品创意服务设计流程向数字化、智能化的方向升级, 提升了数字创意与设计赋能经济发展的准确性和效率, 有助于形成大中小企业共生共荣、互相融通, 促进生产制造可持续发展。

**关键词:** 现代服务业; 创意服务设计; 智能交互产品

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)24-0020-08

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.24.003

## Creative Service Design for Intelligent Interactive Products

LIU Yong-hong<sup>1,2</sup>, BAI Xiang-tian<sup>1</sup>

(1.Hunan University, Changsha 410082, China; 2.Innovation Institute of Industrial Design and Machine Intelligence Quanzhou-Hunan University, Fujian Quanzhou 362006, China)

**ABSTRACT:** Facing the development needs of the data intelligence era, the work aims to develop new tools and platforms based on “big data in the design field” to address the existing problems and empower advanced manufacturing and modern services by analyzing the current situation and challenges of the design service industry. Facing the current “human-physic-information-machine” quadratic space, and based on the research framework of “data-tool-platform-application”, with big data in the design field as the main line, a design theory system and business model of “massive data driven-intelligent design decision-cloud creative generation-virtual twin evaluation-cloud ecological flexible manufacturing-accurate marketing” for the whole life cycle twin integration was created to build a design paradigm. And application demonstrations were carried out in six major areas of intelligent interactive products. The design process of intelligent interactive product creative service is upgraded to the direction of digitization and intelligence, which enhances the accuracy and efficiency of digital creativity and design-enabling economic development, helps to form a symbiosis and mutual integration of large, medium and small enterprises, and promotes the sustainable development of production and manufacturing.

**KEY WORDS:** modern service industry; creative service design; intelligent interactive product

设计是人类为实现某种特定目的而进行的创造性活动, 是人类生存和发展的基本活动<sup>[1]</sup>, 从早期生产工具创造到如今机械化生产, 创造性设计不断地推动物质文明的发展<sup>[2]</sup>。创意服务设计是企业及设计师

为客户提供产品、服务整合创意解决方案的过程。在数据智能时代, 我国的科技和制造业从跟跑、并跑到实现部分领跑, 建立了较为完善的工业、服务和人才体系<sup>[3]</sup>, 如今工业设计已进化到群智创新时代<sup>[4]</sup>, 但

收稿日期: 2022-07-22

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFF0900600)

作者简介: 刘永红(1972—), 男, 博士, 湖南大学教授、博士生导师, 主要研究方向为智能产品设计、设计协同创新研究。

通信作者: 白翔天(1996—), 男, 博士生, 主要研究方向为智能产品设计研究。

设计工具仍未摆脱依赖问题。展望 2035 年远景目标纲要“推动生产性服务业融合化发展”<sup>[5]</sup>, 我国大数据、完善的制造和服务体系优势<sup>[6]</sup>, 开发新设计工具与平台, 构建设计范式, 形成全球的文化认同和市场覆盖, 是文化科技与现代服务业面临的挑战<sup>[7]</sup>。

## 1 创意服务设计的战略意义与工具平台现状

### 1.1 创意服务设计的战略意义

20 世纪初至 50 年代, 德国包豪斯学院提出“设计服务产业”的概念<sup>[8]</sup>。21 世纪以来, 世界经济与技术高速发展, 全球产业结构已逐步由“工业经济主导”转型升级为“服务经济主导”, 以信息革命为基础的全球化是世界经济发展的主要特征。近年来, 大数据<sup>[9]</sup>、人工智能、云计算、区块链<sup>[10]</sup>等新兴技术飞速发展, 给创意服务设计带来了新的可能。中国科学院院士吴朝晖<sup>[11]</sup>教授提出, 人类社会已经进入人、物理世界、智能机器和虚拟信息世界构成的四元社会, 将对世界各国、各行业领域带来巨大影响。

在此过程中, 我国经济实现整体高速发展, 创造了世界经济增长奇迹。聚焦我国现代服务业发展, 其在国内生产总值 (GDP) 中的占比和对 GDP 的贡献率稳步上升, 2013 年我国服务业就首次超制造业, 占比 46.1%, 2015 年占比首次超过 50%, 2018 年占比已达到 52.2%, 成为经济增长的重要驱动力, 已涌现出具有影响力的现代服务业领域杰出企业, 显著提高了传统服务业科技水平。但近年来, 贸易摩擦冲击、新冠肺炎疫情影响和国际冲突激化导致全球性供应链危机, 我国经济下行压力加大, 社会面临多重机遇与挑战, 这同时也刺激了我国现代服务业, 尤其是数字技术应用、数字产品开发及数字经济的发展, 我国正处于科技创新强国建设改革的关键期<sup>[12]</sup>。

“十三五”期间, 科技部在国家重点研发计划中启动实施“现代服务业共性关键技术研发及应用示范”专项, 文化科技创新领域被列为专项重点支持板块。2019 年, 工信部、发改委、教育部等联合印发《制造业设计能力提升专项行动计划 (2019-2022 年)》, 规划在系统设计、人工智能设计等方面形成一批行业标准、国家标准, 研发好用的专业设计工具, 搭建共创共享的设计协同平台。2021 年 3 月, 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》发布, 要求坚持自主可控, 加强工业软件的研发应用, 推进“工业互联网+智能制造”产业生态建设, 深度融合先进制造业和现代服务业, 依托国内经济循环体系形成对全球要素资源的强大引力场, 强化国内大循环的主导作用, 以国际循环提升国内大循环效率和水平, 实现国内国际双循环互促共进。

2021 年 5 月, 为落实“十四五”期间科技创新部署安排, 科技部在国家重点研发计划中启动实施

“文化科技与现代服务业”重点专项。2021 年 8 月, 工信部、科技部等六部门联合印发《关于加快培育发展制造业优质企业的指导意见》, 推动自主可控工业软件推广应用, 培育综合性强、带动面广的示范场景, 建设推广工业互联网平台, 积极发展服务型制造新模式、新业态。紧接着, 2021 年 12 月, 工信部、教育部、科技部等 8 个部门联合发布了《“十四五”智能制造发展规划》, 推动制造业实现数字化转型、网络化协同、智能化变革, 到 2025 年, 工业软件技术水平的国内市场满足率超 50%。创意服务设计是推进产业转型优化发展的重要驱动力。

### 1.2 创意服务设计工具平台发展现状

聚焦智能交互产品领域, 我国创意服务设计行业软件在市场、用户、创意、设计、工程等方面, 超过 90% 被国外垄断, 国际上形成了巨头鼎立的局面。具体在工具层面, 国外有包括以 Adobe 创意设计系列软件群、Rhino 三维造型设计、C4D 场景动画、Sketch 矢量绘图、CorelDRAW 平面设计为代表的 CAD 计算机辅助设计软件; 以 Ansys 有限元分析、Dassault 产品生命周期管理、Simulia 系统仿真为代表的 CAE 计算机辅助工程软件; 还有以 Powermill 数控加工编程为代表的 CAM 计算机辅助制造软件。同时在平台层面, 有 Behance 创意作品领先在线、Pinterest 图片社交、Dribbble 设计在线服务, 以及基于云计算的 Google Cloud 工业互联、Microsoft Azure; 有以 Mindsphere、PTC ThingWorx 为代表的云开发平台; 还有以 Autodesk、Fusion 360、Dassault Catia 为代表的 CAX 一体化平台。“工具”“平台”的驱动核心是“数据”, 包括 Behance、Pinterest 中的创意数据, 以及 SizeNorthAmerica、NIOSH、CAESAR 中的人因工程数据等多个方面。国内方面, 对应有视觉中国、UI 中国、站酷、花瓣等创意分享交流平台, CNIS 中国标准化研究院建构的人因数据库, 还有中望软件、天河智造、浩辰 CAD、华天软件等生产制造工具平台, 以及 COSMOPlat、Oceanconnect、阿里云、腾讯云、京东云、太火鸟等工业互联网平台<sup>[13]</sup>, 见图 1。

总体来看, 国内创意服务设计工具平台从过去被国际巨头称霸压制, 到软件协同时期的借鉴追赶, 再到云时代的整体方案推进, 已经有了长足的发展, 且在部分细分领域已有突破, 形成较大规模。但与发达国家相比, 还存在自主知识产权不够、产业链不完整、国际市场份额少等问题, 离自主可控还有一定距离。在加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局下, 基于国内完整的制造产业链、广阔的消费市场、发达的互联网和人工智能技术, 能够催生新的创意服务设计软件生态, 催生新的设计工具开发, 研发面向智能交互产品的创意服务设计与平台, 契合国家重大发展战略。掌握数据智能, 就是把握了产业未来<sup>[14]</sup>。

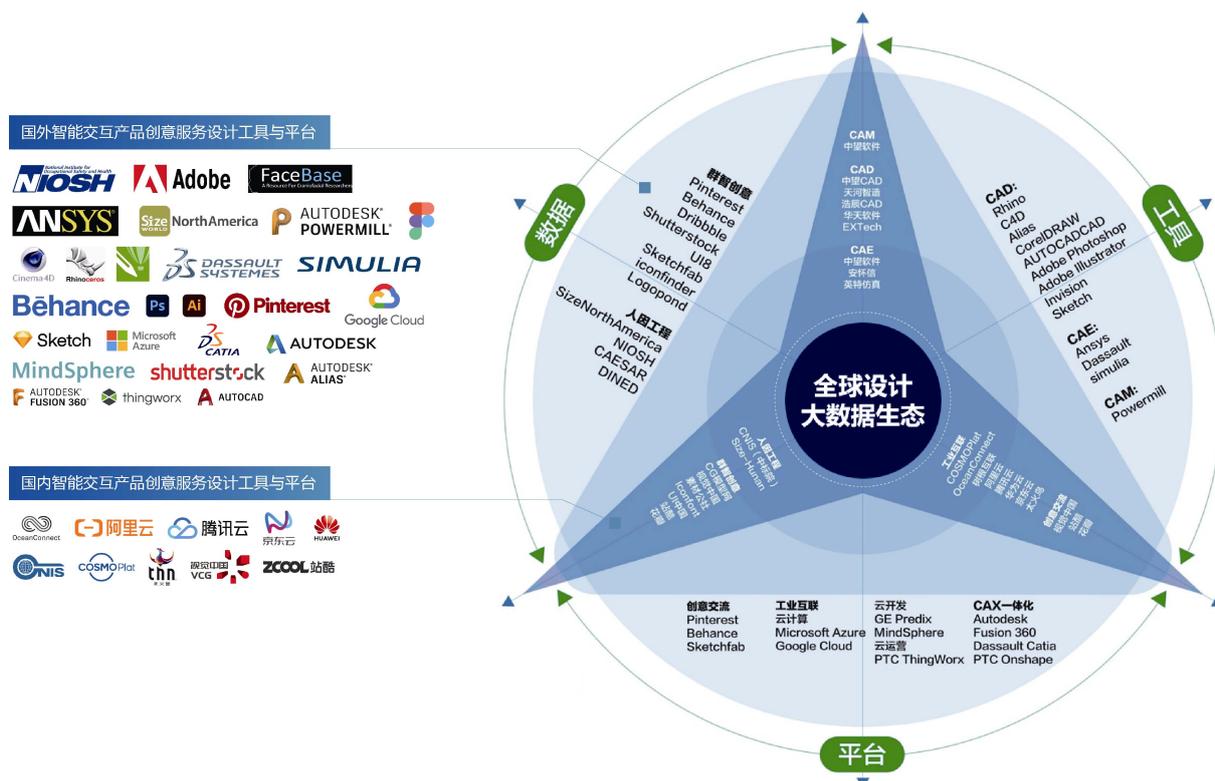


图1 国内外创意服务设计工具平台发展现状

Fig.1 Development state of creative service design tools and platforms at home and abroad

## 2 创意服务设计新模式与面临挑战

### 2.1 传统串行工作流程

我国传统制造行业体量规模大，总体来看，传统制造行业多存在自主创新能力较弱，生产管理效率较低、资源利用率不高等问题，企业多采用“市场调研—用户研究—产品定义—概念设计—设计优化—方案评审—生产制造—市场营销—服务体验”的串行工作流程，基本为“大规模生产”“先生产后销售”模式。串行流程不可避免地会造成人力、物力、财力的浪费和环节间的部分脱节。各环节主要对应产生的包括市场、人因工程、品牌基因、文化风格、产品特征、用户反馈、CAM/CAD、产品销售、服务体验等在内的多方面数据，目前尚未得到有效利用。如今，在全球产业互联变革与中国经济新常态的双重背景下，传统制造行业正经受来自需求、成本、流量、渠道等多方面冲击。全球产业处于新时期数字化转型升级的关键时期<sup>[15]</sup>，只有借数字化力量加大自主创新能力，不断提高产品竞争力，我国企业才能更好地发展壮大。

### 2.2 创意服务设计新模式

在技术发展的浪潮中，传统行业也在逐步进行数字化转型升级，部分高技术和知识密集型企业也在不断创新，促进产业与互联网、物联网等新兴技术的融

合发展<sup>[16]</sup>。通过把握“数据智能”的历史性发展机遇，诞生了一批代表性企业，见图2。在新消费领域，诞生了面向消费类产品设计生态链企业——小米；在智能制造领域，诞生了面向健康类产品设计生态链企业——迈瑞；在互联网领域，诞生了面向精准营销<sup>[17]</sup>的产品生态链企业——京东；在智能设计领域，诞生了面向智能产品创意服务生态链企业——太火鸟，这些企业无一例外都将设计生态链、创意服务生态链视作本企业在行业竞争、时代发展中的制胜法宝。以太火鸟为例，其是我国第一家工业设计服务生态链创新平台，是“设计+科技”的践行者，孵化了鳍源、素士、宗匠、安声等200多家“隐形冠军”企业。太火鸟智能设计系统是基于大数据、深度学习和信息可视化等技术研发的人工智能驱动式设计工具，包含智能设计决策引擎（基于大数据驱动的产品决策报告生成）和智能生成设计系统（从草图到效果图方案快速生成）两大模块，服务企业快速应对市场动态变化，提高协同研发效率，降低市场风险与创新成本，整体增强自主品牌创新能力。

设计促进信息化与制造业深度融合，助推实现产品智能化升级<sup>[18]</sup>，设计或设计服务已成为拉动我国经济发展和创新驱动的重要力量<sup>[19]</sup>。但放眼全国各级各类企业，我国设计创新服务能力总体相对较弱，普遍存在设计大数据支撑不够、设计工具仍未摆脱依赖等问题，同时不同行业间的差异特征导致设计过程、设计工具等呈现不同形态，难以形成普遍性的设计范式

指导<sup>[20]</sup>。在传统制造业向现代服务业和先进制造业转型的过程中, 串行流程和孤立数据难以支撑智能设计对全流程数字化管理与服务提出的要求, 特别是难以满足设计大数据、设计工具群、设计服务平台、精准营销等提出的网络化、实时性、一体化、联动性的要

求, 见图 3, 迫切需要通过数据智能方法将传统串行工作流程转化为基于设计大数据的网状设计创新体系, 提升产品定义、服务体验与赋能产业发展的精准度与效率, 形成数据智能驱动的创意设计服务新模式<sup>[21]</sup>, 是实现经济长期稳定发展的新动力。



图 2 数据智能代表性企业  
Fig.2 Representative enterprises of data intelligence

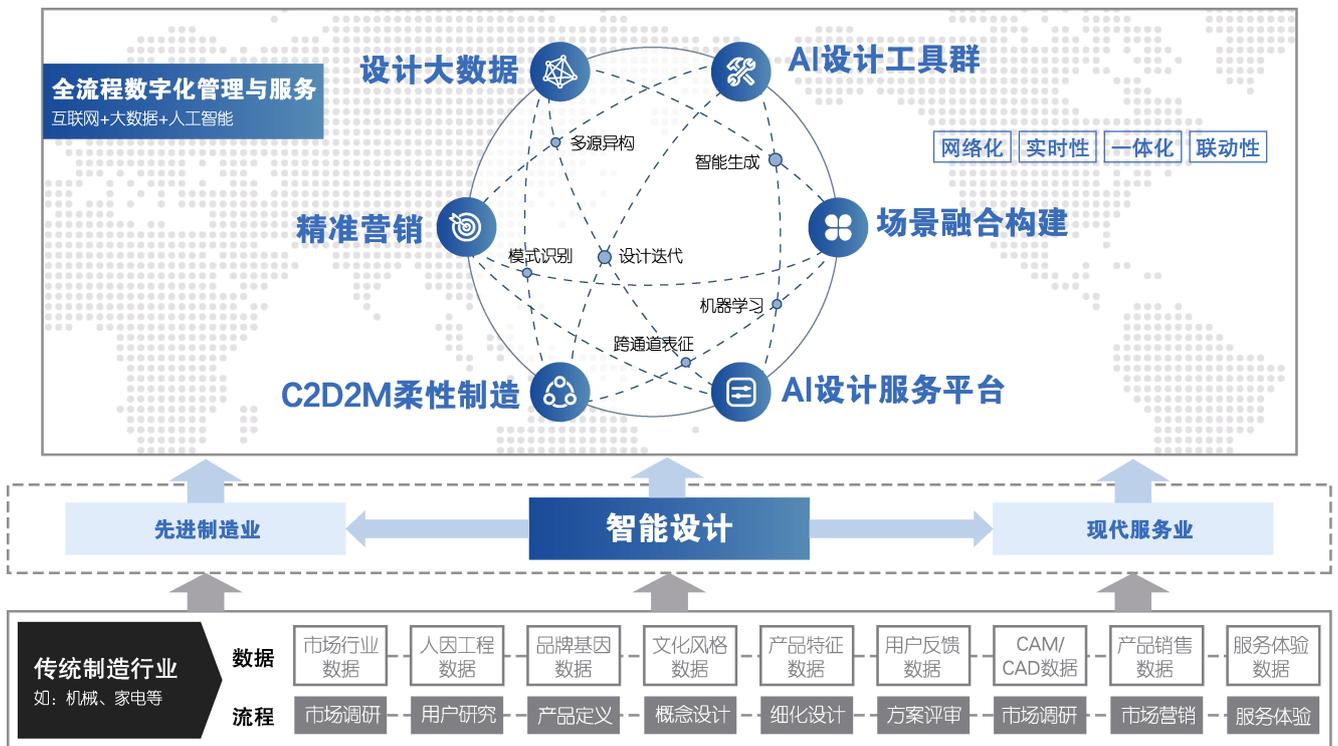


图 3 创意服务设计新模式  
Fig.3 New mode of creative design service

### 2.3 智能交互产品创意服务设计面临的挑战

智能交互产品是与互联网相连接进行通信和信息交换,再通过反馈以实现智能化识别、定位、监控和管理,从而为用户提供服务的产品<sup>[22]</sup>,不断产生的数据是智能交互产品优化升级的重要设计来源,将复杂的科学技术逻辑转化为优质产品体验成为设计的重要工作<sup>[23]</sup>。新时代设计服务产业面临着严峻挑战,可归纳为设计数据模糊、设计工具缺乏、设计平台零散、设计模式低效等方面。

#### 2.3.1 设计数据模糊

数据,已成为新时代推动经济增长的新引擎,在经济高质量发展中的作用日益提升。党的十九届四中全会通过决定,首次将数据列为新的生产要素。数据要素具有共享性、即时性、易复制等特征<sup>[24]</sup>。当前,设计数据虽然规模庞大、种类丰富、来源广泛,但行业内、企业间、院所间数据孤岛、数据壁垒问题比较严重,浅数据与冷数据、数据主权与割据、数据开放与保护间的辩证矛盾等普遍存在,无法实现规模汇聚、互联互通。“大数据”未进化成为精准的“设计大数据”,设计数据模糊分散且未形成较完整的数据体系,设计师、品牌方、生产商无法与数据分析师进行有效联动,数据无法高质高效支持创意设计。

#### 2.3.2 设计工具缺乏

设计工具由国外软件集团垄断严重,相比之下,国内设计工具数量较少、软件功能不强,未形成较好的数据分析工具来辅助设计师捕捉设计数据,设计产出效率和质量低,无法形成工具竞争优势,且存在卡脖子问题。2022年3月,美国数字化软件 Figma 封禁大疆等被美国制裁公司的账号。Figma 在 2020 年的市场占比就超过百分之五十,是新一代设计协同高效工具。应对之下,国产同领域软件功能范围均达不到平替要求,设计师只能组合使用多款替换软件,在一定程度上导致效率下降和成本的不必要增加。

#### 2.3.3 设计平台零散

相较于国外成熟设计平台,我国设计平台规模尚小,且不互通,缺乏明晰的整合和智能响应机制,无法快速形成有效合力,无法支持全流程的开放应用,难以形成规模平台效益。2022年8月, Behance 毫无预兆封禁中国地区账号,国内账号将无法继续使用 Behance 相关资源,此次封禁也对设计师创作和部分企业运营带来一定困扰。“十四五”《软件和信息技术服务业发展规划》中提出,明确量化目标和推进落地方式,为具有规模优势的国内软件龙头向平台型企业发展提供持续驱动力。

#### 2.3.4 设计模式低效

由于数据、工具、平台的局限,创意设计线上线下缺乏深度融合机制,设计产业数字化<sup>[25]</sup>程度较低,设计和上下游间产业间存在断层,无法满足产业全生命周期发展需要,设计多元协作效率低,激励和分配机制不明晰,辐射面窄<sup>[26]</sup>,未形成成熟的设计产业生态数字化网络。

## 3 聚焦设计大数据与智能设计

研究团队长期关注“文化科技与现代服务业”发展,参与了面向 2035 年的第 6 次国家中长期科技发展规划,深刻思考“三新”和“四个面向”形势下的时代需求和设计领域面临的紧迫需求,在“新征程、新工科、新设计”的规划指导下,依托国家级实验教学示范中心、数字文化创意智能设计技术文旅部重点实验室等优质资源,联合国内领先设计院校、企业、科研机构展开紧密合作,协同浙江大学、同济大学、中国科学院自动化研究所、北京太火红鸟科技有限公司、深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司、北京中科院软件中心有限公司、北京小米移动软件有限公司、长沙京东云计算有限公司等十家优势单位组成项目研究团队,共同开展“设计大数据与智能设计”的设计方法与工具研究,将消费体验研究延伸到健康体验、工作体验,项目成果将在医疗、健康护理、通讯电子、可穿戴设备、智能家居、教育文娱六大领域展开全场景服务与应用示范。

项目研究按照“数据—工具—平台—应用”四个层次展开,面向智能交互设计的需求和创意服务提供之间存在的错位、断位问题,以设计大数据为主线,意在解决多源异构数据驱动的设计决策、云原生多场景叙事建模与人机交互、多场景融合的文化风格与设计美学主客观评价机制、群智协同交互与创意内容智能生成<sup>[27]</sup>等,将传统的串行工作流程升级转化为数据智能驱动的网状设计创新体系,将极大地提升产品定义、服务体验的精准度与效率。

## 4 面向智能交互产品的创意服务设计技术与平台

围绕智能交互产品在创意设计方面存在的 key 问题,以驱动产业变革为目标开展技术攻关与应用示范,研发面向智能交互产品的创意服务设计技术与平台,赋能先进制造业和现代服务业。

### 4.1 数据处理:挖掘构建设计大数据

面向医疗、健康护理、通讯电子、可穿戴设备、智能家居、教育文娱领域,研究智能交互产品设计大

数据框架模型。针对用户行为、使用场景、产品功效、终端反馈等海量多源异构数据在设计、营销中应用难的问题, 面向典型领域智能交互产品设计需求, 整合来自企业的产品全生命周期数据(市场数据、用户数据、生产制造数据、设计研发数据、售后维护数据等)和来自科研机构的设计研究数据(用户体验数据、人因工程数据、设计文化数据、设计评价数据、设计案例数据等)。

经过数据清理、数据集成、数据规约、数据变换等智能分析处理后, 使其结构化、可读取、可运算<sup>[28]</sup>, 挖掘其中的“人—物—场”全要素关系, 构建设计大数据, 实现数据的互联共生, 拓展设计空间。研究智能化产品画像、设计决策、精准营销技术, 形成全场景用户行为和设计决策分析平台, 构建基于数字智能的群体智慧<sup>[29]</sup>, 驱动全价值链智能创新设计和服务<sup>[30]</sup>, 提升智能交互产品的设计价值定义的科学与服务体验的准确性<sup>[31]</sup>, 形成用户参与、数据融合、系统化的前瞻性评估, 建立风险控制、设计决策与精准营销体系, 形成可复制、可推广的设计大数据支撑模式。

#### 4.2 工具开发: 构建人因设计与美学评价工具体系

开发具有中国思维特征的智能设计工具与评价指标体系, 提升数字环境下跨平台的人机协同设计效率和质量<sup>[32]</sup>, 引领自主创新。

针对多模态人因数据面向自然交互融合度低、耦合性弱, 缺乏规范标准等问题, 研究智能交互产品人因数据的获取、融合、挖掘与应用技术, 构建面向自然人机交互的物理—认知—情感等云原生多模态人因数据库, 打造设计—开发—验证—升级的数据闭环; 研究智能产品的多模态人机交互技术和体验计算, 建立面向全场景—跨平台的智能交互产品人因设计规范、体验设计标准和智能辅助设计软件平台, 实现多通道交互与跨终端产品设计的舒适性可用性评估, 提升人因数据在产品全生命周期中的参与度、耦合度和易用性。

针对设计大数据与文化风格、美学评价割裂, 以及缺乏协同工具和审美评价标准等问题<sup>[33]</sup>, 研究面向虚拟孪生的文化风格挖掘与分类, 以及文化风格与数字美学的适度融合技术, 研发设计美学的智能评价工具, 构建多场景融合的文化风格与设计美学主客观评价体系。运用美学、符号学、语义学、组织行为学及认知心理学等理论, 对交互场景下的三维产品评价产品美学设计元素的提取与分析, 进行产品文化风格定义研究; 通过设计美学评价指标体系技术及工具, 应用设计大数据研究设计美学与用户审美体验的深层关系, 构建多场景融合的文化风格与设计美学主客观

评价指标体系, 实现人机协同智能评价与优化推荐, 对接精准制造。

#### 4.3 平台构建: 研发群智协同的智能设计工具系统

针对传统创意设计模式流程长、效率低、设计工具匮乏等问题, 基于对设计过程的建模分析, 研究云边端协同的群智交互设计技术与基于机器学习的创意内容智能生成技术。集成智能化设计服务技术, 聚集多学科资源<sup>[34]</sup>, 开展协同创新设计, 在六大领域开发群智协同的智能设计工具系统, 构建从健康体验到消费体验的全场景服务创新模式与应用。

在设计内容生成方面, 基于生成对抗网络、图卷积网络、Transformer 等模型, 采用多尺度渐进生成思想, 实现二维与三维内容的生成; 采用模式识别、协同过滤等算法, 实现设计内容的智能检索与推荐。在群智设计方面, 基于数据挖掘和机器学习方法, 实现群智设计知识图谱构建与优化, 对群智交互设计工具<sup>[4]</sup>的数据、控制和管理进行功能扩展和资源分配优化。基于软件工程设计理论, 构建支持“终端协同交互—云端创意生成”的智能设计平台, 包括基础功能、设计辅助<sup>[35]</sup>、设计评价模块等, 实现行业专家、市场调查员、设计师、工程师、用户的群智协同交互设计<sup>[36]</sup>, 优化产业链, 实现产品的快速生成与迭代, 带动智能交互产品的技术进步和深度应用。

#### 4.4 应用示范: 构建设计迭代和智能评估服务平台

探索建立面向典型行业产品生态链的 PSSD (Product Service System Design) 资源库和智能协同设计体系, 开发基于智能交互、模式识别、全场景分析数据驱动的 PSSD 设计迭代和智能化评估服务平台。以设计为核心, 构建消费者 (Consumer) 到设计 (Design) 到制造 (Manufacturing) 的 C2D2M 全生命周期的线上线下融通服务新模式, 打造智能交互产品创意服务设计一站式服务, 在医疗、健康护理、通讯电子、可穿戴设备、智能家居、教育文娱等行业的 6 个专业领域开展产品服务生态验证, 形成示范应用样板。在迈瑞的主要业务领域 (监护系统、麻醉机、呼吸机、彩超系统等), 开展基于全场景的健康产品服务设计系统企业典范; 在小米的重点产品板块 (智能手机、智能手表/手环、智能音箱等), 开展面向生态链的消费产品服务设计系统企业示范; 在创新工业设计服务平台太火鸟和精准营销平台京东, 开展面向中小企业的行业应用示范, 见图 4, 带动智能交互产品的技术进步和深度应用, 发展和引领价值共创的形式、途径和类型, 探索长期、开放、可持续运行机制。



图4 产品服务设计系统企业应用示范

Fig.4 Enterprise application demonstration of product service design system

## 5 结语

项目开展“设计+技术+商业”一体化研究与应用示范。以设计大数据为主线,创建“海量数据驱动—智能设计决策—云端创意生成—虚拟孪生评价—云生态柔性制造—精准营销”的全价值链创意服务设计流程和商业模式,形成中国创意服务设计理论,构建设计大数据驱动的设计创新模式,有效推进智能交互产品创意服务设计流程向数字化、智能化的方向升级,提升数字创意与设计赋能经济发展的准确性和效率,赋能先进制造业和现代服务业。项目发挥头部企业的领头作用,以期形成全球市场的文化认同与市场覆盖,形成大中小企业共生共荣、互相融通,同时引导资源的配置优化,促进生产制造可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 何人可. 工业设计史(第五版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019.  
HE Ren-ke. History of Industrial Design (Fifth Edition)[M]. Beijing: Higher Education Press, 2019.
- [2] CROSS N. Designerly Ways of Knowing[J]. Design Studies, 1982, 3(4): 221-227.
- [3] 娄永琪. 从“追踪”到“引领”的中国创新设计范式转型[J]. 装饰, 2016(1): 72-74.  
LOU Yong-qi. From Catching to Leading: The Paradigm Shift of China's Design and Innovation[J]. Zhuangshi, 2016(1): 72-74.
- [4] 罗仕鉴. 群智设计新思维[J]. 机械设计, 2020, 37(3): 121-127.  
LUO Shi-jian. New Thought of Crowd Intelligence Design[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(3): 121-127.
- [5] 人民日报. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十

四个五年规划和 2035 年远景目标纲要 [EB/OL]. (2021-03-13)[2022-02-01]. [http://paper. peo-ple.com. cn/rmrb/html/2021-03/13/nbs.D110000ren-mrb\\_01.htm](http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2021-03/13/nbs.D110000ren-mrb_01.htm). People's Daily. Outline of the People's Republic of China 14th Five-year Plan for National Economic and Social De-velopment and Long-range Objectives for 2035 [EB/OL]. (2021-03-13)[2022-02-01]. [http://paper. people.com.cn/rmrb/html/2021-03/13/nbs.D110000ren-mrb\\_01.htm](http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2021-03/13/nbs.D110000ren-mrb_01.htm).

- [6] 肖静华, 毛蕴诗, 谢康. 基于互联网及大数据的智能制造体系与中国制造企业转型升级[J]. 产业经济评论, 2016(2): 5-16.  
XIAO Jing-hua, MAO Yun-shi, XIE Kang. Transformation of Chinese Manufacturing Industry: Insight from Intelligent Manufacturing System Based on Internet and Big Data[J]. Review of Industrial EconoMics, 2016(2): 5-16.
- [7] 季铁, 闵晓蕾, 何人可. 文化科技融合的现代服务业创新与设计参与[J]. 包装工程, 2019, 40(14): 45-57.  
JI Tie, MIN Xiao-lei, HE Ren-ke. Innovation and Design Participation of Modern Service Industry Integrating Culture and Technology[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(14): 45-57.
- [8] 陈茂清, 曹小琴, 赵璧, 等. 基于 CiteSpace 的国内外设计服务产业领域知识图谱研究[J]. 科技管理研究, 2021, 41(14): 149-155.  
CHEN Mao-qing, CAO Xiao-qin, ZHAO Bi, et al. A Study on Knowledge Mapping of Domestic and Foreign Design Service Industry Based on CiteSpace[J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(14): 149-155.
- [9] 孟小峰, 慈祥. 大数据管理: 概念、技术与挑战[J]. 计算机研究与发展, 2013, 50(1): 146-169.  
MENG Xiao-feng, CI Xiang. Big Data Management: Concepts, Technique and Challenges[J]. Journal of Computer Research and Development, 2013, 50(1): 146-169.

- [10] DUAN Y, EDWARDS J S, DWIVEDI Y K. Artificial Intelligence for Decision Making in the Era of Big Data: Evolution, Challenges and Research Agenda[J]. International Journal of Information Management, 2019, 48(5): 63-71.
- [11] 吴朝晖. 四元社会交互运行, 亟须深化数字治理战略布局[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2020, 50(2): 5-9.  
WU Zhao-hui. A Deepened Strategic Layout of Digital Governance in an Interactive Quaternion Society[J]. Journal of Zhejiang University (Humanities and Social Sciences), 2020, 50(2): 5-9.
- [12] 陈劲, 尹西明. 中国科技创新与发展 2035 展望[J]. 科学与管理, 2019, 39(1): 1-7.  
CHEN Jin, YIN Xi-ming. Outlook of China's Technology Innovation and Development 2035[J]. Science and Management, 2019, 39(1): 1-7.
- [13] HUO Ru, ZENG Shi-qin, WANG Zhi-hao, et al. A Comprehensive Survey on Blockchain in Industrial Internet of Things: Motivations, Research Progresses, and Future Challenges[J]. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2022, 24(1): 88-122.
- [14] 吴军. 智能时代: 大数据与智能革命重新定义未来[M]. 北京: 中信出版社, 2016.  
WU Jun. Intelligent Age[M]. Beijing: China CITIC Press, 2016.
- [15] 刘永红, 刘倩. 工业 4.0 视角下工业设计对制造业转型升级的作用[J]. 包装工程, 2018, 39(8): 113-116.  
LIU Yong-hong, LIU Qian. Effect of Industrial Design on Manufacturing Transformation and Upgrading in Industrial 4.0[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(8): 113-116.
- [16] 黄江杰, 汤永川, 孙守迁. 我国数字创意产业发展现状及创新方向[J]. 中国工程科学, 2020, 22(2): 55-62.  
HUANG Jiang-jie, TANG Yong-chuan, SUN Shou-qian. Development Status and Innovation Direction of China's Digital Creative Industry[J]. Strategic Study of CAE, 2020, 22(2): 55-62.
- [17] 刘海, 卢慧, 阮金花, 等. 基于“用户画像”挖掘的精准营销细分模型研究[J]. 丝绸, 2015, 52(12):37-42.  
LIU Hai, LU Hui, RUAN Jin-hua, et al. Research on Precision Marketing Segmentation Model Based on Mining "Persona"[J]. Journal of Silk, 2015, 52(12): 37-42.
- [18] 顾新建, 张栋, 纪杨建, 等. 制造业服务化和信息化融合技术[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(11): 2530-2536.  
GU Xin-jian, ZHANG Dong, JI Yang-jian, et al. Integration for Manufacturing Servitization and Information[J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2010, 16(11): 2530-2536.
- [19] 赖红波. 设计驱动型创新系统构建与产业转型升级机制研究[J]. 科技进步与对策, 2017, 34(23): 71-76.  
LAI Hong-bo. Research on Design Driven Innovation System Construction and Industry Transformation and Upgrading Mechanism[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2017, 34(23): 71-76.
- [20] WILLEMIEN V. Design: One, but in Different Forms [J]. Design Studies, 2009, 30(3), 187-223.
- [21] 季铁. 季铁: 湖南大学设计艺术学院“新工科·新设计”人才培养教学体系与实践研究[J]. 设计, 2021, 34(20): 50-57.  
JI Tie. Ji Tie: Research on the Teaching System and Practice of "New Engineering-New Design" Talent Cultivation in School of Design, Hunan University[J]. Design, 2021, 34(20): 50-57.
- [22] 程彬, 王鹤. 基于任务的智能交互产品服务设计优化研究[J]. 包装工程, 2017, 38(22): 161-166.  
CHENG Bin, WANG He. Service Design Optimization of Intelligent Interaction Products Based on Task[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(22): 161-166.
- [23] 刘宁, 杨芳. 智能互联时代的工业设计创新发展研究[J]. 包装工程, 2021, 42(14): 101-107.  
LIU Ning, YANG Fang. Development of Industrial Design in Intelligent and Internet Era[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(14): 101-107.
- [24] 蔡跃洲, 马文君. 数据要素对高质量发展影响与数据流动制约[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(3): 64-83.  
CAI Yue-zhou, MA Wen-jun. How Data Influence High-quality Development as a Factor and the Restriction of Data Flow[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2021, 38(3): 64-83.
- [25] 罗仕鉴, 张德寅. 设计产业数字化创新模式研究[J]. 装饰, 2022(1): 17-21.  
LUO Shi-jian, ZHANG De-yin. A Preliminary Study of Innovation Mode for Design Industry Digitalization[J]. Zhuangshi, 2022(1): 17-21.
- [26] 初建杰, 李雪瑞, 余隋怀. 面向工业设计全产业链的云服务平台关键技术研究[J]. 机械设计, 2016, 33(11): 125-128.  
CHU Jian-jie, LI Xue-rui, YU Sui-huai. Key Technologies of Cloud Service Platform Oriented to the Whole Chain of Industrial Design[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(11): 125-128.
- [27] 刘永红, 黎文广, 季铁, 等. 国外生成式产品设计研究综述[J]. 包装工程, 2021, 42(14): 9-27.  
LIU Yong-hong, LI Wen-guang, JI Tie, et al. Review of Research on Generative Product Design Abroad[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(14): 9-27.
- [28] CHAKRABORTY D. Energy and Carbon Footprint: Numbers Matter in Low Energy and Low Carbon Choices[J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2013, 5(2): 237-243.
- [29] MICHELUCCI P, DICKINSON J. The Power of Crowds[J]. Science, 2016, 351(6268): 32-33.
- [30] SIDDHARTHA C, VLADLEN K. Data-driven Suggestions for Creativity Support in 3D Modeling[J]. ACM Transactions on Graphics (TOG), 2010, 29(6): 1.