

智能交互时代设计赋能智能制造 创新发展路径研究

郝凝辉, 刘晓天

(中央美术学院, 北京 100105)

摘要:目的 总结智能交互时代设计赋能智能制造创新发展的策略和路径。方法 基于智能交互时代背景, 以创新设计思维为指导, 从智能制造的发展现状、动态趋势以及与创新设计的关联性等方面对智能制造的创新设计发展策略及路径进行探讨。结果 在创新设计思维的指导下, 总结智能制造的创新设计模型与发展策略, 以及设计赋能智能制造创新发展的可行性路径。结论 以智能制造创新设计思维为指导, 总结了创新设计流程、数字化转型、柔性设计制造、协同集成平台、创新服务系统以及设计教育新范式等六大设计赋能智能制造创新发展的可行性路径。

关键词: 智能制造; 智能化生产; 创新设计; 设计思维; 设计方法

中图分类号: TB472 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2023)12-0039-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.12.004

Innovative Development Path of Intelligent Manufacturing Empowered by Design in the Era of Intelligent Interaction

HAO Ning-hui, LIU Xiao-tian

(Central Academy of Fine Arts, Beijing 100105, China)

ABSTRACT: The work aims to summarize the strategies and paths for the innovative development of intelligent manufacturing empowered by design in the era of intelligent interaction. Based on the background of intelligent interaction era and guided by innovative design thinking, the development strategies and paths for innovative design of intelligent manufacturing were discussed from the aspects of the development status, dynamic trend and relevance with innovative design of intelligent manufacturing. Under the guidance of innovative design thinking, the innovative design model and development strategy of intelligent manufacturing, as well as the feasible innovative development paths of intelligent manufacturing empowered by design were summarized. Guided by the innovative design thinking of intelligent manufacturing, the six feasible innovative development paths of intelligent manufacturing empowered by design are concluded, including innovative design process, digital transformation, flexible design and manufacturing, collaborative integration platform, innovative service system and new paradigm of design education.

KEY WORDS: intelligent manufacturing; intelligent production; innovative design; design thinking; design methods

数字化智能交互时代,“5G+VR/AR”“5G+AI”“5G+4K”等各种新交互模式应运而生,为虚拟实验室、智能虚拟工厂等提供了技术支持,也为智能制造的创新发展和数字化转型提供了技术基础^[1]。基于技术环境的革新,各个国家纷纷以振兴制造业为核心发

展战略,力图通过智能制造^[2]抢占全球制造业新一轮的竞争制高点。高新技术在发展中不断与工业设计和制造技术相融合,也为智能制造高端化、智能化、绿色化发展提供了历史机遇^[3]。基于此,通过对智能交互时代智能制造设计思维进行探索,并结合智能制造

收稿日期: 2023-01-30

基金项目: 国家社科基金艺术学重大课题“信息时代智能化设计创新方法论研究”阶段性成果(22ZD17)

作者简介: 郝凝辉(1980—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为工业设计、信息交互设计。

的创新设计发展现状及趋势,总结智能制造的未来发展策略和设计赋能智能制造创新发展的可行性路径。

1 智能制造的创新设计发展现状及动态趋势

智能制造涵盖了设计、加工、装配等环节的制造活动,目的是解决制造业发展过程中出现的各种资源匹配失衡的问题。2018年美国出台了《美国先进制造业领导战略》,全力支持智能制造创新生态系统的建设。法国制定了“一个核心、九大支点”的战略部署,旨在通过智能制造的升级推动工业发展。同时,日本发布的《日本制造白皮书》,旨在打造完整的智能制造体系,推进工业数字化进程。德国围绕人的核心需求开展智能制造转型升级和制造业智慧化设计,为用户群体提供了更加全面、人性化的服务^[4]。俄罗斯致力于发展智能制造体系,重点放在数字技术、创新领域和人才培养方面,采取加速高新技术发展、将数字技术应用于生产等措施,提高产品竞争力。通过对当前我国智能制造的发展现状以及相关文献进行分析,可发现我国目前智能制造的研究领域主要包括工业4.0、工业物联网、人工智能与智造技术、产教融合、智能生产以及数字化转型等方面,形成了以下六大研究热点知识图谱(如图1)。

结合智能制造领域研究热点知识图谱对我国当前智能制造现状进一步分析可以发现,目前我国大多数智能制造行业仍然存在以下观念:注重硬件轻视软件,偏向制造忽视服务,追求规模不重视质量,追求批量生产轻视个性化定制^[5],真正进入数字化发展阶段的智能制造比重较低,大多数企业无法随时监控产品状态、实时获取用户需求,从而及时地提供服务。而发展智能制造,需要企业调整组织结构、业务模式、研发设计、生产设备、工艺流程、产品架构等方面,这就导致许多企业在面对竞争激烈、利润下降、库存增加、坏账飙升的环境时,智能转型的投入就捉襟见肘。因此,面对智能交互时代智能制造的创新发展新

需求,需要引入设计思维,从而全面提高制造业的创新设计能力,最终实现从“制造大国”向“制造强国”的转变。基于上文对智能制造热点领域的分析以及智能制造的发展趋势,可以得出创新设计能够从以下四个方面推动智能制造发展:(1)发挥创新设计的积极引导作用,促进创新设计与智能制造深度融合,通过创新设计建立鼓励智能制造创新发展的机制和战略,制定相关政策措施,推动创新设计为智能制造和社会发展服务^[6];(2)开展校企合作,探索设计赋能智能制造创新发展的“产—学—研—用”融合的人才培养模式;(3)设立设计研发中心,以培养高水平的设计人才为目标,旨在提高我国智能制造产业的创新设计水平和实用性;(4)在智能交互时代背景下,结合新兴科技,打造智能制造创新设计教育“新门路”,为社会关键行业的发展服务。

未来,智能制造必然要以设计思维为指导进行顶层设计,实现数据可视化、增材制造、供应链管理系统以及自动化监控等技术的有效整合,从而打破传统制造模式,使客户需求、产品生产、商业流程以及供应链体系高度融合,最终实现所有制造实践的广泛数字化,如图2所示。

2 面向智能交互时代的智能制造设计思维模式

2.1 面向智能制造的创新设计思维模式

智能制造是集设计、管理、制造、服务于一体的系统性工程,智能交互时代的智能制造不仅需要制造活动各个环节的紧密配合,还需要将各种新的交互模式以及智能技术应用其中,从而实现智能制造的高效运转和数字化管理。而设计思维作为一种共通的思维和语言,可以有效整合智能制造的各个阶段,形成自上而下的系统化协作式智造体系,引导智能制造在不

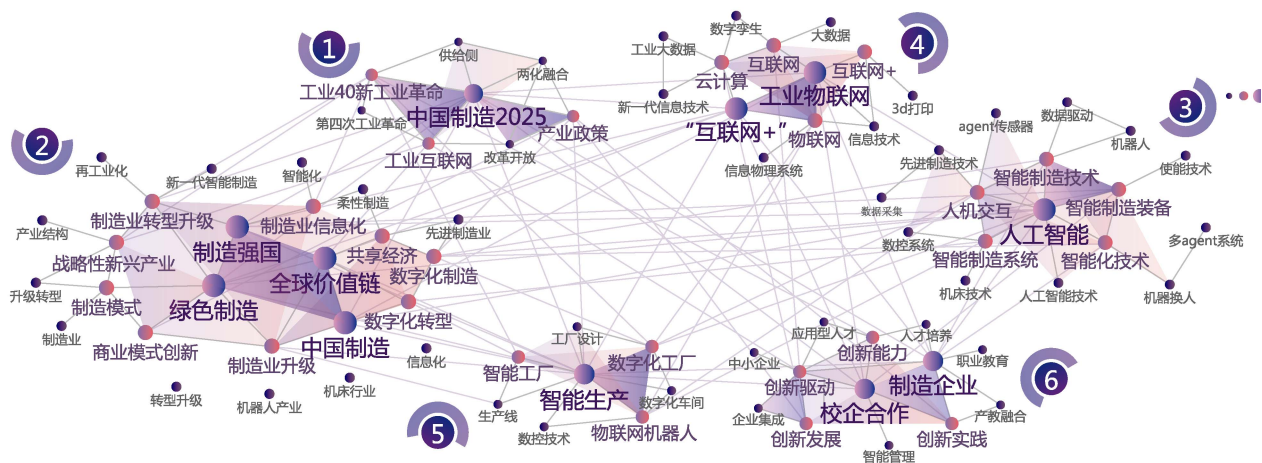


图1 智能制造领域研究热点知识图谱

Fig.1 Knowledge graph of research hotspots in the field of intelligent manufacturing

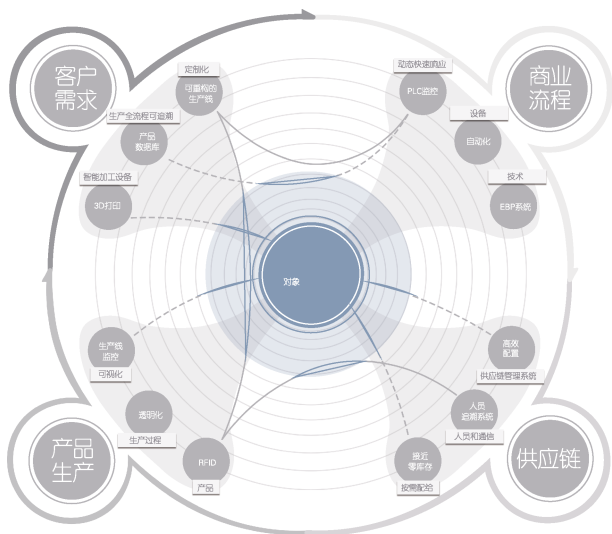


图 2 智能制造的未来设计目标和相应技术
Fig.2 Future design goals and corresponding technologies for intelligent manufacturing

同学科领域之间协同创新^[7]。因此,智能交互时代面向智能制造的创新设计思维需要以艺术、设计、科学与工程等学科知识体系为基础,强调去中心化,鼓励人人参与,是一种敏捷的、迭代的非线性创新思维,主要特征包括协作、探索、同理心、问题导向、创造力和持续改进等,实现在商业模式、用户体验、产品设计和运营四个维度上的共同协作。面向智能制造的创新设计思维模式比传统设计思维更注重与用户共同创造价值。该设计思维模式首先通过构建新的智能制造设计研发系统和项目实施路径来提高产品性能、使用者体验,改善工艺和复杂性管理,从而不断提升产品升级及售后服务水平,实现预测性维修和远程智能化全生命周期服务。在智能制造设计生产研发环节,注重工程师、工业设计师与制造团队之间的密切配合,关注工作者的生产率和安全性,确定执行任务的途径,硬件工程师和工业设计师一起合作改善产品布局和设计,以提高设计和研发效率,使设计聚焦于整个系统而不仅仅是离散的产品和服务。最后,建立新的智能制造全链路生态系统,提高协同创新能力^[8],在讨论制造、服务和监管事务等话题时,让工业设计师参与其中,打造产品全生命周期价值链,实现智能制造创新设计系统性发展。

2.2 智能制造全生命周期协同设计思维模式

从宏观层面来看,智能制造的创新设计思维可以有效对智能制造的创新发展方向进行把控。从微观层面来看,智能制造作为一种新型生产方式包含了问题发现、设计规划、分析调研、试验测试、质量评估、综合评价等方面。因此,需要以全生命周期协同设计思维为指导进行系统整合,实现对智能制造全流程的精准管控。智能制造全生命周期协同设计思维(如图 3)是指基于制造业全生命周期发展需求以及智能交

互时代智能制造的发展趋势,在充分考虑跨部门协同、跨企业协同、跨学科协同以及产品生命周期全过程所需的各种因素的基础上,结合系统设计、并行设计、集成设计、协同设计,建立智能制造协同创新设计体系,并通过问题发现、设计规划、分析调研、试验测试、质量评估、综合评价六个阶段,实现创新设计系统、信息管理系统、资源配置系统、工艺制造系统等智能制造子系统的协同^[9],从而推动智能制造数字化、集群化、智能化发展^[10]。

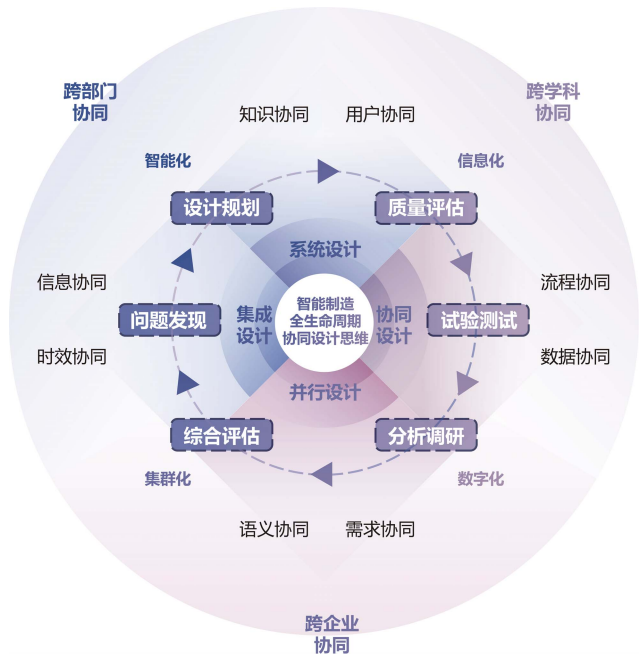


图 3 智能制造全生命周期协同设计思维模型
Fig.3 Collaborative design thinking model for the life-cycle of intelligent manufacturing

3 智能交互时代智能制造的创新设计模型与发展策略

3.1 智能交互时代智能制造设计创新模型

智能交互时代的智能制造设计创新主要包含智能产品创新、智能生产创新、智能服务创新三方面,其中涵盖了数据采集、数据存储、云计算、应用、产品性能、产品表现、产品运维、产品迭代、服务、销售、品牌和交互等方面,并由此形成了智能交互时代智能制造设计创新模型(如图 4)。成熟的设计创新模型是智能制造创新发展的原动力^[11]。企业需要从创新链的源头着手,将知识、技术和创意转化成数据、产品和服务,从而实现生产创新、产品创新与服务创新的融合^[12]。

1) 智能生产创新是智能制造设计创新模型的基本层,是一种以数据为中心的设计创新模式^[13],其需要通过不同方式配置数据资产以争取最优价值,包含数据采集、数据存储和云计算,主要载体是智能工厂。

传统工厂普遍具有效率低、污染大、生产组织架构混乱的通病,在追求清洁、高效、绿色、低碳生产方式的今天,采用数字技术、网络技术、智能化共性技术对传统工厂的生产设备、生产车间、人员管理等进行全面升级改造,推动传统工厂向智能工厂转型,从而有效提高产品生产质量和效率,降低生产污染与排放,并通过优化生产工艺、保障生产设备、合理完善生产人员调度和管理,全面提高企业市场竞争力。

2) 智能产品创新是智能制造设计创新模型的流通层,是一种以产品为中心的设计创新模式,其需要通过优化产品以创造价值,包含产品应用、产品性能、产品表现、产品运维、产品迭代。在当前的发展趋势下,智能制造技术发展速度飞快,推动智能产品的创新开发不断进步,实现了从“数字一代”到“智能一代”的飞跃。例如, AI 技术的研究与绿色应用可以使人工智能和机器人替代人类进行废料的回收封存,进行最优解的选择与行动。而在创新产品研发制造领域,借助虚拟仿真技术,也可以让产品的研发应用过程更加低碳高效,实现以“新型技术”哺育“新型产业”的正向产业生态循环。

3) 智能服务创新是智能制造设计创新模型的延展层,是一种以体验为中心的设计创新模式,其需要通过不同方式让用户参与,从而共创价值。智能服务创新主要包含两个方面:(1)制造业规模定制化生产^[14],未来的市场在互联网的作用下,企业与客户之间能够直接就产品需求进行高效沟通,实现企业设计、生产、销售、服务等活动的分解、消化,有利于生产资料的高效使用,从而增加产品的使用价值;(2)智能制造产业模式向服务型制造转变^[15],高新智能技术的广泛应用,使企业生产各个环节的附加增值充满了潜力,这无疑是巨大的商机,为制造业企业提供智能转型方案及相关设备的服务机构将会应运而生,为产业链增添新的一环。

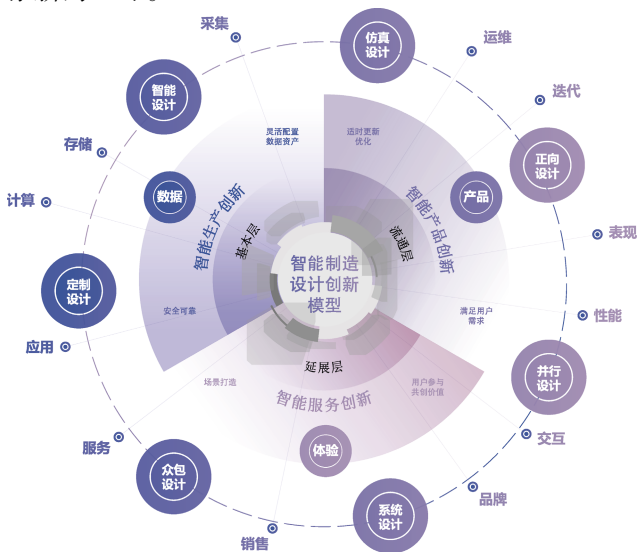


图4 智能制造设计创新模型
Fig.4 Innovative model for design of intelligent manufacturing

3.2 宏观层面智能制造的创新设计发展新策略

在智能制造设计创新模型的指导下,智能交互时代的智能制造创新设计发展策略可以从宏观和微观两个层面进行探讨。智能制造宏观层面的创新设计发展策略主要包含设计环节、生产、服务、管理四个方面^[16]。在设计环节,企业可以通过办公场景营造策略、智能信息激活策略、跨学科交流策略、文化挖掘策略以及冒险试错策略帮助企业营造良好的工作环境,形成良好的制度架构,搭建企业与设计师、工程师间交流的桥梁,扩大产品的文化影响力,挖掘创意的深度价值并将其效益最大化;在生产环节,企业可以使用 CDIO 本土化策略、数字化转型策略、实验室驻扎策略、跨学科管培策略、即时推荐策略以及价值设计策略培养员工的综合设计能力,整合数字技术、流程和能力,及时洞察市场和用户需求,为用户提供最大的总价值和最具吸引力的经济效益;在服务环节,企业可以通过服务蓝图架构策略、接触点分析策略、客户旅程梳理策略、营销介入的并行策略以及数字孪生策略等深入解读用户的体验感受,通过精准地感知产品状态并进行实时数据分析,可以最大程度地解决工业设计、制造、服务的复杂性和不确定性问题,从而实现科学决策;在管理环节,企业可以通过组建团队策略、八二产输策略、业务流程管理策略、知识管理策略、人才管理策略以及 MVP 构建策略等优化设计团队,提高设计团队的工作效率,推动项目正向产出,打破设计约束,突破生产瓶颈,促使工业设计方法上升为一种指导思想,使工业设计更好地赋能制造业高质量发展。例如,九阳作为小家电领军企业,一直积极适应市场需求并调整企业策略。2020年,九阳电器正式开展数字化转型,并推出了“一点两面三端四化”运营战略,计划通过三个阶段完成:消费者运营平台的搭建、智能企划和供应链智能补货协同系统的构建,以及智能化决策能力的构建。

3.3 微观层面智能制造的创新设计发展新策略

智能制造微观层面的创新设计发展策略主要包括产品设计孵化、成长、成熟、衰退四个阶段。在产品设计孵化阶段,企业可以利用设计引领策略、价格驱动策略、高价低销策略、低价低销策略、并发工程策略等帮助企业最有效地打造高质量产品并快速在市场立足;在产品设计成长阶段,企业可以使用技术壁垒策略、体验提升策略、市场细分策略、渠道拓宽策略、品牌优先策略等快速拉开自己与竞品间的产品差距,扩大产品的销售面,提高产品的经济效益,重塑消费者对品牌的认知,提高企业产品在社会上的声誉;在产品设计成熟阶段,企业可以通过市场修正策略、特征改良策略、多元化营销策略等手段,不断迭代改进产品特色,提升使用体验,拓展市场,增强并扩大产品市场份额。在产品设计衰退阶段,企业可以采用维护策略、削减策略、撤退策略等方式,通过设

计服务来减少产品成本, 延长现有产品的寿命, 开拓新领域并研发新产品。例如, 过去的 Dyson 空气净化器都以隐藏式的数字显示器作为唯一的界面, 须通过报错代码提醒用户产品状态, 这种设计的学习成本高, 用户无法及时明白代码意义。新款 Dyson 净化器通过增加 LCD 屏幕和整套视觉设计, 直观地表明产品状态, 给予用户明确、优化的操作指示 (如图 5)。

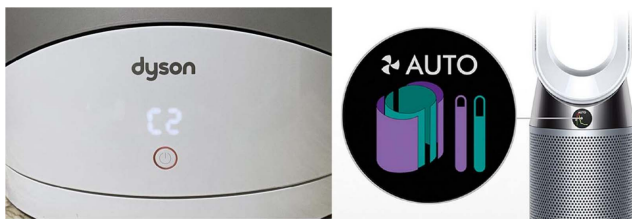


图 5 Dyson 空气净化器
Fig.5 Dyson air purifier

4 设计赋能智能制造创新发展的可行性路径

智能交互时代对智能制造的发展提出了全新的要求。面对当前我国智能制造发展存在的问题及创新设计对智能制造发展的启发, 需要结合智能交互时代智能制造创新设计思维以及协同设计思维, 以智能制造创新设计模型为指导, 从宏观、微观两个层面运用智能制造创新设计发展策略, 构建设计赋能智能制造创新发展的可行性路径。

4.1 建立端到端的智能制造创新设计流程

当前, 智能制造的研究重点主要集中在智能制造系统和技术两方面, 而企业智能设计管理问题往往被忽视。然而, 智能交互时代智能制造不能仅局限于生产流程智能化的实现, 还需要对企业内部流程进行再造并实现企业设计管理的智能化。

1) 统一智能制造管控流程。为了实现智能制造的创新设计与研发质量, 需要搭建水平与垂直两套设计项目辅助管理体系, 从不同的维度对智能制造过程中的设计进度与设计质量进行管理。水平部分依靠项目经理对进度实施跟进与把控; 垂直部分通过在线评审、设计文档等工具, 辅助专业负责人把控设计质量, 通过设计管理系统进行自动定期的人力情况统计与设计在线评审。在矩阵项目组中设立设计总监, 加大设计师在项目中的话语权, 定期把控设计质量。

2) 优化智能制造管控体系。以工业设计思维为指导, 结合云计算架构和平台化设计思想, 建立统一的数据设计和管控体系; 以服务设计理念为出发点, 建立前店后厂式数字化设计体系, 以实现前台应用设计的敏捷化、共享化和后台技术平台的标准化, 并通过标准化的设计组件来实现模块化设计部署^[17]。最后, 以逻辑设计要义为核心, 依据企业特有的业务模式和组织机构, 构建将数据变为资产并服务于业务的

机制, 建立适合自己的数据中台, 实现“设计+数据”双赋能。

4.2 建构智能制造数字化转型升级新模式

在智能交互时代, 制造业可以利用数字化技术提高智能制造创新设计能力, 并通过设计创新提高创新研发能力, 从而实现制造业智能化、数字化、服务化转型升级协同发展的需求, 最终实现硬件、数字和服务元素的有机融合。基于智能交互时代的数字化和智能化发展趋势, 制造业在数字化转型中, 需要将设计创新与科技创新相融合, 从而促进主营产品、业务的成功。作为一项复杂的系统设计工程, 制造业首先需要构建宏观层面的顶层设计战略, 描绘智能制造数字化愿景蓝图, 将智能技术与工业设计相结合, 制定具体的智能制造数字化转型方法举措、路径和目标, 明确项目规划责任主体并指导实施。围绕设备预测性维护、产品质检、人机交互、工艺参数优化等场景, 为制造业企业提供标准 AI 能力, 助力智能制造数字化升级转型。例如, 通用电气通过搭建自有数字孪生创新设计系统 GENIX 实现了数字化智能制造转型。GENIX 系统可兼容多平台, 为发电厂和发电机组提供以传感器为源头的数字化交互窗口, 实现从管理人员到客户的更高级别控制。同时, 可以结合分析模型展开业务, 对燃料价格和天气状况等不断变化的状况快速作出反应, 提高资产性能、增强运营并改进能源交易决策, 以创造额外的收入和降低成本的机会。另外, 该系统还可以将组件与飞行员操作方式相结合进行系统化模拟飞行, 从而提前预判飞机状态, 还可以通过对零件寿命的预测及分析, 与供应链、机库、燃料系统等进行联动, 完成航线系统的优化 (如图 6)。

1) 建立面向智能制造的智能设计数据库。对设计、加工、装配等环节的制造活动进行数据采集, 结合用户行为、产品功效、使用场景以及终端反馈四个方面, 建立产品设计需求模型与数据知识库, 将设计数据知识库、动态传感以及自主决策应用于各个制造子系统中, 实现智能感知、智能决策及智能控制^[18]。

2) 确立产品智能设计范式。结合智能产品、智能制造、智能设计的层次与类型、智能方案设计、知识获取和处理技术构建智能制造设计系统, 确定智能产品的连接对象、功能定位、感知精度等因素^[19], 实现对参数化设计流程的优化, 提高设计形态生成效率, 确立智能设计范式 (如图 7)。

3) 打造智能工厂。提高制造业设计、研发和创新的能力, 建设智能办公系统、智能制造单元、智慧供应链系统、智能产线、智能车间, 对智能化信息进行可视化综合应用, 促进设计、生产、销售、服务等环节的智能管控和互联互通。

4) 通过“设计+AI”构建智能制造可视化网络体系。通过设计推理智能制造各环节数据要素之间的逻辑关系, 借助在视觉信息处理方面的设计优势, 将尖

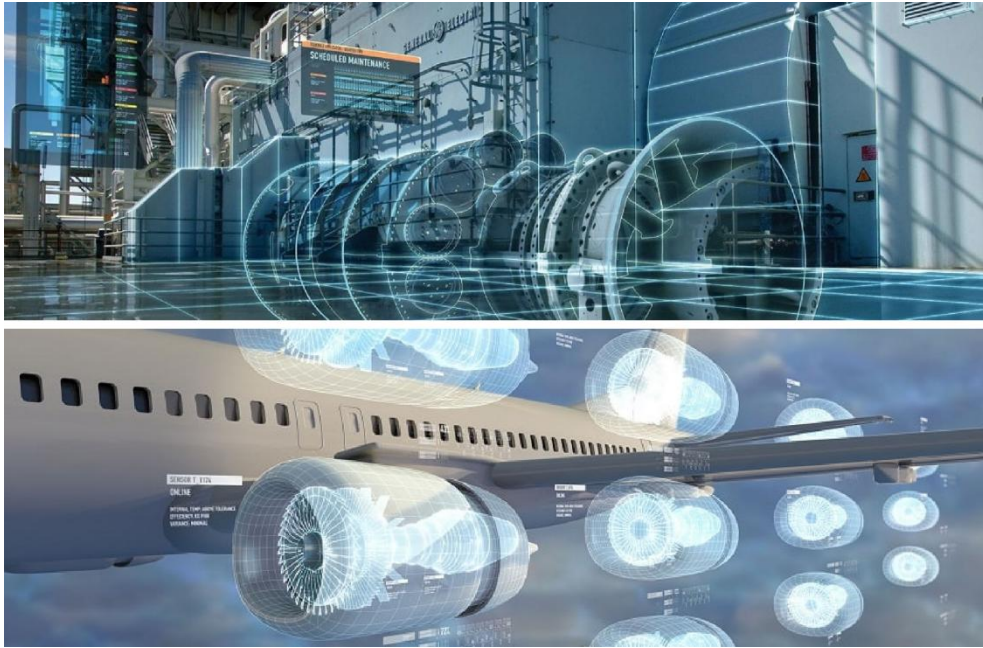


图6 通用电气数字化全生命周期转型
Fig.6 Digital full life cycle transformation of General Electric Company

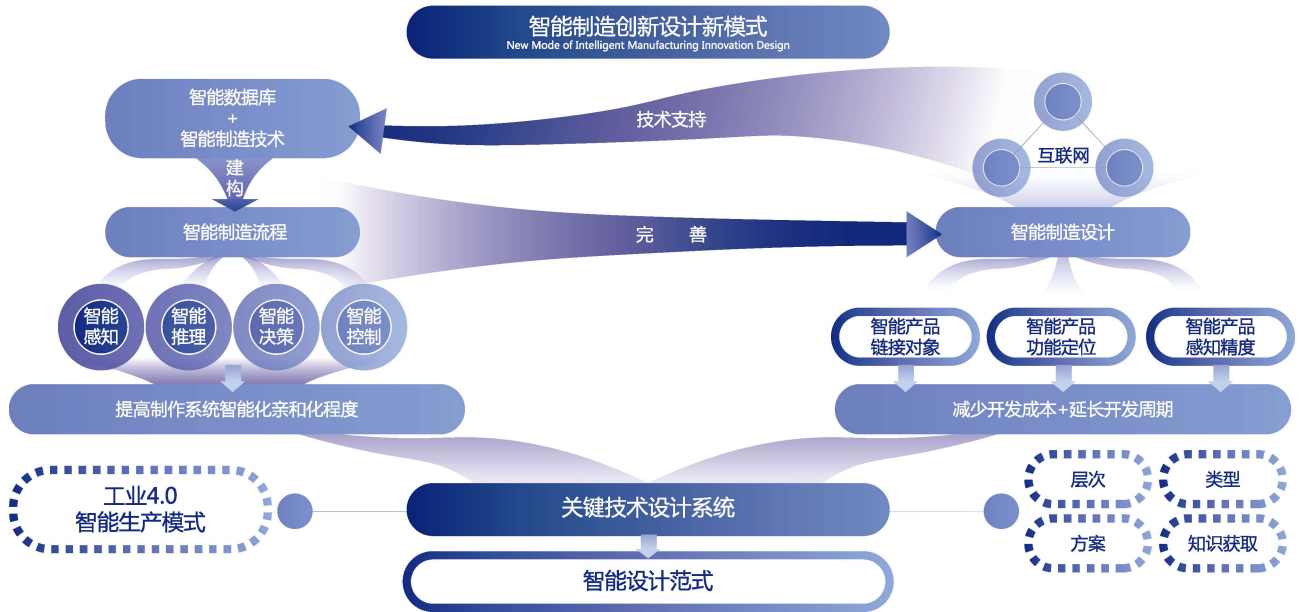


图7 智能制造的创新设计新模式
Fig.7 New innovative design mode of intelligent manufacturing

端技术、数据可视化技术及图像信息数字化技术等进行综合应用，构建智能制造信息可视化网络体系，用“设计语言+智能创新技术”实现智能制造互联共生。同时，在移动端、设备端和数字端上通过智能可视化方式，展现产品背后的“黑科技”，提高产品的市场竞争力。

4.3 培养智能制造行业柔性设计制造能力

在智能交互时代，智能制造产业想要构建较强的核心竞争力，就要通过工业设计提高小批量生产的能力，并通过设计管理提高智能制造供应链的敏捷反应

能力，同时将设计思维与柔性制造方法相结合，为制造业提供强大的柔性设计制造能力：(1) 机器柔性设计，通过设计需求分析，让机器方便快捷地根据不同品类的个性设计需要调整相关参数，从而满足生产需要；(2) 工艺柔性设计，通过工业设计介入生产，使智能制造各类工艺设计流程可以在一定程度上适应原材料或零部件的变化，同时又能根据原材料和零部件的变化对工艺进行调整；(3) 产品柔性设计，通过设计迭代思维构建智能制造产品柔性设计系统，以满足产品更新迭代或新品设计研发的需要，同时新产品设计还可以继承旧有产品的优势设计特性；(4) 维护

柔性设计, 利用设计流程管理方法对智能制造产品设计研发及生产制造系统进行柔性设计维护, 确保其高效稳定运行; (5) 生产能力柔性设计, 通过大数据实时监测订单量变化, 利用人工智能技术构建需求设计分析系统, 将生产成本控制在可接受范围内; (6) 运行柔性设计, 根据设计管理优化智能制造设计生产制造流程, 通过不同的机器、材料、加工工序、工艺流程等实现系列产品设计生产 (如图 8)。



图 8 制造业柔性设计制造能力培养体系
Fig.8 Flexible design and manufacturing capability training system in the manufacturing industry

4.4 打造智能制造创新设计协同集成平台

智能交互时代智能制造创新设计开发的关键要素是集成、协作和灵活性。通过工业设计赋能构建协作集成平台 (如图 9), 实现设计过程中功能、外形、阶段等元素的有效同步, 让制造业生成集成解决方案, 以更优化的方式运营: (1) 利用工业设计的跨学科属性将参数智能计算、产品变型设计、工艺变型设计、虚拟样机设计、多领域优化设计以及智能过程控制等通过 PDM 系统集成接口整合构建成数字化虚拟设计制造集成平台, 缩短设计及制造周期; (2) 通过现有产品的设计参数资料, 根据软件平台的设计思想, 对现有的参数进行修改, 使之符合用户的个性化设计需求, 从而增强企业在市场上的主动权, 并能对用户的具体设计需求迅速作出反应。在收到用户的订单后, 可以通过 PDM 系统的样本库进行查询, 如果有类似的例子, 可以选择已有的零件; 如果没有, 则基于类似的案例, 按照订单需求进行智能计算, 然后将计算的结果传回系统平台, 通过知识管理技术的协同优化, 使设计和生产动态无缝连接, 以完成产品系统配置、结构设计变型、多领域优化、工艺变型设计、自动装配、仿真测试等环节, 从而实现整个设计流程

的数字化; (3) 根据产品特性对产品进行数字化设计, 使产品设计与研发由文本化向数字化、高效化方向发展, 提高产品的质量与效率^[20]。

4.5 构建智能制造创新服务设计系统

智能制造创新服务设计系统 (如图 10) 可让制造业企业在检验阶段用宏观的系统思维方式结合设计思维找到产品薄弱点, 探索新的发展机会并延长生命周期, 其构建过程可以分为以下五个步骤: (1) 确定产品创新服务设计系统的范围, 即企业设计出的产品和服务所要解决的问题是什么, 能为用户做什么; (2) 团队采用实地考察、用户访谈、问卷调查等调研方式, 建立当前产品服务的设计生态系统地图, 分析现有产品设计系统中存在的问题及其原因, 在未来产品服务设计生态系统的构建中就可以针对这些痛点进行设计; (3) 确定产品与服务的概念和设计方向, 通过创新设计模式、商业模式、服务模式等重新设计、规划、建立智能制造设计价值链和产品创新设计机制^[21]; (4) 构建企业内外同创共享的开放式可持续设计创新体系。以用户为中心, 采取共创的设计方式, 围绕用户体验设计构建组织设计生态圈, 同时以用户旅程图为依据, 反复评估设计方案的影响, 将设计方式由原有的设计师单一设计向蕴含群体智能的群智创新设计转变^[22], 实现体验设计无缝化、员工模式创客化、组织设计无界化; (5) 建立线上线下融合的设计服务平台, 让设计师、用户和制造企业通过互联网进行沟通 and 协作, 提供全方位的设计服务, 从而实现设计过程的“零距离”以及设计、生产和销售的无缝衔接, 能够低成本快速满足用户个性化需求。例如, 作为专注于研发全屋互联网家电的云米, 十分重视线上产品销售及线下体验店的区分和协作, 在线上主推“科技潮牌”的爆款产品; 在线下依托“大商大店”的场景体验式门店, 提供“一站式全屋智能”解决方案和交互主导的产品^[23]。

4.6 形成智能制造设计教育新范式

1) 校企联合建立智能制造创新设计实验平台。以“创新设计+智慧制造”构建智能制造创新设计实验平台, 结合虚拟制造、数字孪生、元宇宙等技术搭建智能制造虚拟工程实践平台, 打造虚拟设计空间, 开创逆向产品设计流程。同时, 搭建跨学科、跨专业、多层次、多模式的智能制造设计实训平台, 融合创意设计、概念设计、智能制造、移动服务、品牌提升等方面, 形成一套覆盖全生命周期的创新设计实训体系。

2) 政企校三轮驱动形成智能制造产教融合新模式。政府、企业和高校应该深入推进创新设计、数字创意设计和智能装备深层次的融合发展, 在设计研学、产业基金、平台建设、智慧制造标准建设、品牌创建等方面展开合作。将智能产业转型的结构性需求和教学紧密结合, 共同探索和开拓产学研合作的新模

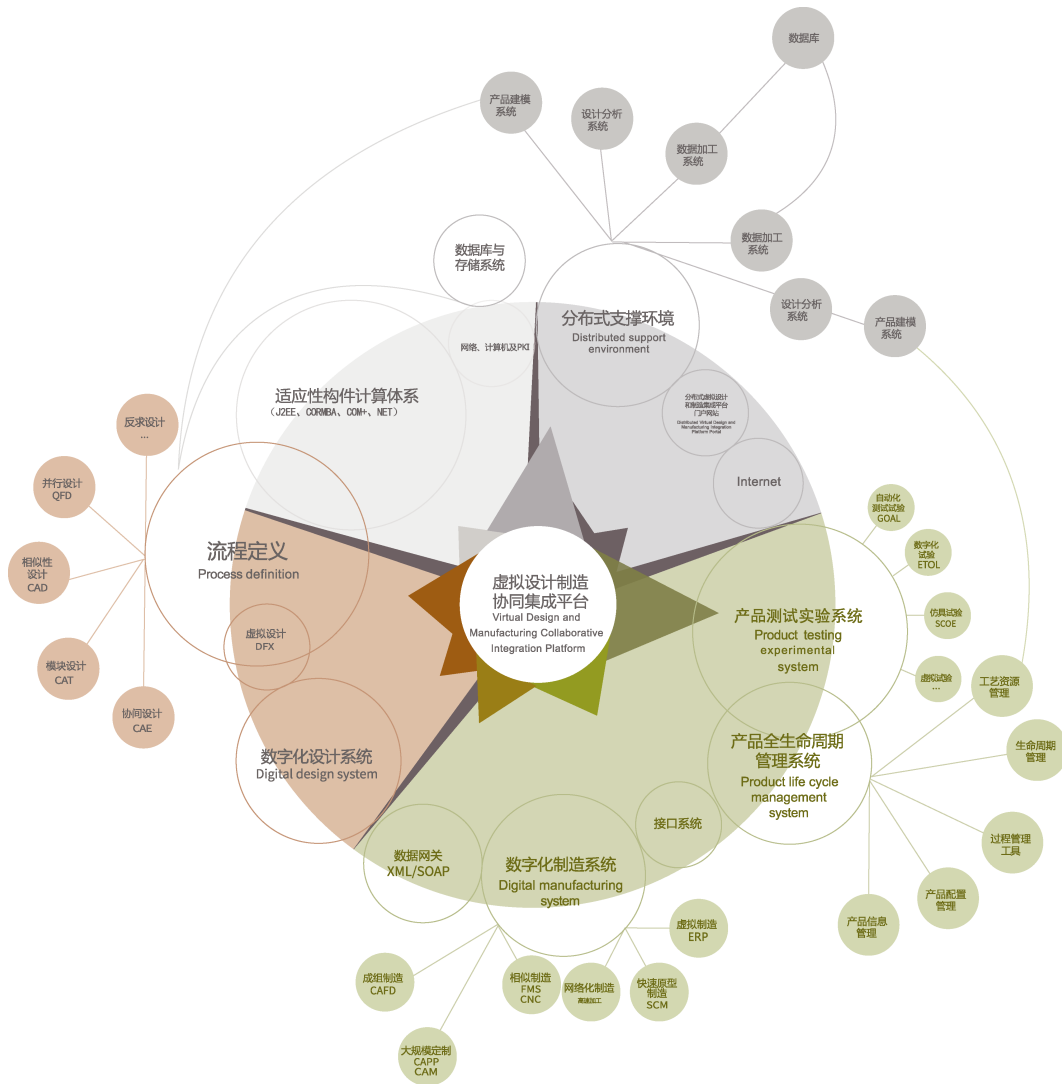


图9 虚拟设计制造协同集成平台
Fig.9 Virtual design and manufacturing collaborative integration platform

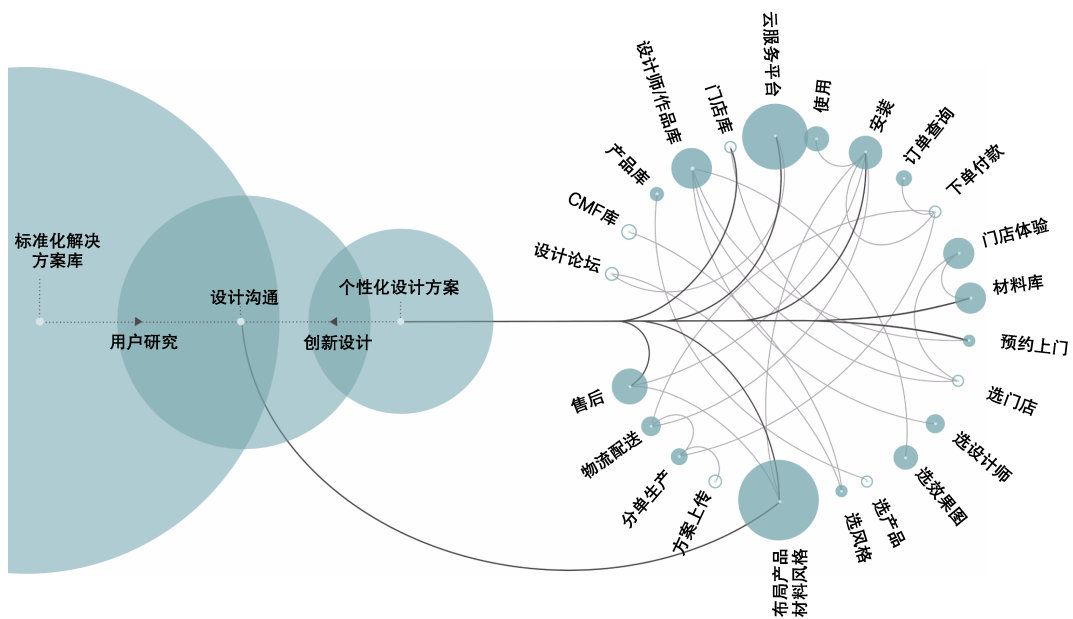


图10 智能制造创新服务设计系统
Fig.10 Innovative service design system of intelligent manufacturing

式,通过协同创新设计,对全产业链进行服务,在全球范围内建立智能制造创新设计教育新生态,持续推动创新设计教育高质量发展,促使设计教育转型,培养复合型智能制造创新设计人才^[24]。

3) 建立智能制造创新设计教育资源共享平台。将高校的设计创新能力、政府宏观调控能力与企业智能制造的生产实践相结合,建立创新设计教育资源共享平台,为企业智能制造提供全生命周期的设计服务,使企业能够正确分析产品开发周期,合理调配资源,从而加强数字化设计、提高产品开发效率、提升消费者感知价值。

5 结语

如今,我国智能制造产业已然站在了经济发展方式转变与新时期科技和产业革命的历史交点,正处在增长动力转换、发展方式转变、经济结构优化的关键时期^[25]。为推动智能交互时代中国智能制造的创新发展,必须从宏观和微观两个层面出发,结合创新设计思维和协同设计思维,实现制造业智能产品创新、智能生产创新、智能服务创新以及跨部门协同、跨企业协同、跨学科协同,从而促进中国智能制造朝信息化、智能化、集群化、数字化方向发展。

通过对智能制造的创新设计发展现状及动态趋势进行分析,总结出适用于智能交互时代的智能制造协同创新设计思维模式,并以此为指导,构建了智能制造设计创新模型和发展策略,探索了设计赋能智能制造创新发展的可行性路径。

参考文献:

- [1] 陈国强,张芳兰,徐丽,等. 智能信息时代下装备制造领域的中国式转型升级[J]. 包装工程, 2021, 42(24): 60-72.
CHEN Guo-qiang, ZHANG Fang-lan, XU Li, et al. Chinese-Style Transformation and Upgrading of Equipment Manufacturing Field in the Intelligent Information Age[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(24): 60-72.
- [2] 21世纪经济报道. 智能制造“十四五”规划征求意见: 核心技术攻关放到首位, 2025年规上制造企业普及数字化 [EB/OL]. (2021-04-14)[2022-09-08]. https://m.21jingji.com/article/20210414/herald/fa451af8c467a9dd46e81c7abe88929b_zaker.html.
21st Century Economic Report. Soliciting Opinions on the 14th Five Year Plan for Intelligent Manufacturing: Putting Core Technology Research First, and Popularizing Digitalization for Manufacturing Enterprises above Designated Size by 2025[EB/OL]. (2021-04-14)[2022-09-08]. https://m.21jingji.com/article/20210414/herald/fa451af8c467a9dd46e81c7abe88929b_zaker.html.
- [3] 朱恺真. 发展智能制造推动制造业高质量发展[J]. 智能制造, 2022(6): 42-43, 29.
ZHU Kai-zhen. Developing Intelligent Manufacturing and Promoting High-Quality Development of Manufacturing Industry[J]. IM (Intelligent Manufacturing), 2022(6): 42-43, 29.
- [4] 王龙,林兴浩,陈岚,等. 国外发展先进制造业的战略部署及启示[J]. 广东科技, 2022, 31(2)34-40.
WANG Long, LIN Xing-hao, CHEN Lan, et al. Strategic Deployment of Developing Advanced Manufacturing Industry Abroad and Its Enlightenment[J]. GuangDong Science & Technology, 2022, 31(2)34-40
- [5] 徐向梅. 推动数字经济和实体经济深度融合[N]. 经济日报, 2022-09-23(11).
XU Xiang-mei. Promote the Deep Integration of the Digital Economy and the Real Economy [N] Economic Daily, September 23, 2022 (11).
- [6] 韩秀申,陈明,石克坚. 日本工业设计的发展及对我国的启示[J]. 国际经济合作, 2009(9): 83-85.
HAN Xiu-shen, CHEN Ming, SHI Ke-jian. The Development of Japanese Industrial Design and Its Enlightenment to China[J]. Journal of International Economic Cooperation, 2009(9): 83-85.
- [7] 湛涛,肖亦奇. 面向智能制造的跨学科创新教育: 设计思维引领的新范式[J]. 高等工程教育研究, 2023(2): 45-50.
CHEN Tao, XIAO Yi-qi. Interdisciplinary Innovation Education for Intelligent Manufacturing: A New Paradigm Driven by Design Thinking[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2023(2): 45-50.
- [8] 徐志磊,董占勋,于钊. 创新设计新思维[J]. 机械设计, 2019, 36(4): 1-4.
XU Zhi-lei, DONG Zhan-xun, YU Zhao. New Thought of Innovation Design[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(4): 1-4.
- [9] 张强,赵爽耀,蔡正阳. 高端装备智能制造价值链的生产自组织与协同管理: 设计制造一体化协同研发实践[J]. 管理世界, 2023, 39(03): 127-140.
ZHANG Qiang, ZHAO Shuang-yao, CAI Zheng-yang. Production Self-organization and Collaborative Management of High-end Equipment Intelligent Manufacturing Value Chain: Integrated Design and Manufacturing Collaborative Research and Development Practice[J]. Management World, 2023,39 (03): 127-140.
- [10] 刘继红. 数字化智能化产品设计方法与技术的发展[J]. 包装工程, 2023, 44(8): 27-36, I0007.
LIU Ji-hong. Development for Digitalized and Intelligent Product Design[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(8): 27-36, I0007.
- [11] 罗仕鉴,朱媛,石峰. 创意设计融合智能技术提升新经济新动能研究[J]. 包装工程, 2022, 43(2)17-28, 41
LUO Shi-jian, ZHU Yuan, SHI Feng. A Study of Intelligent Technology-Integrated Creative Design Improving New Momentum for New Economy[J]. Packaging

- Engineering, 2022, 43(2):17-28, 41
- [12] 宋大伟, 郭雯. 我国服务型制造发展和“十四五”展望[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(11): 1358-1365.
SONG Da-wei, GUO Wen. Development of China's Service-Oriented Manufacturing and Its Outlook into 14th Five-Year Plan[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(11): 1358-1365
- [13] 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.
- [14] 刘吉超, 李钢. 信息化的挑战、机遇与中国制造业的应对之路[J]. 经济研究参考, 2014(33): 13-20.
LIU Ji-chao, LI Gang. Challenges and Opportunities of Informatization and Countermeasures of China Manufacturing Industry[J]. Review of Economic Research, 2014(33): 13-20.
- [15] 刘新, 莫里吉奥·维伦纳. 基于可持续性的系统设计研究[J]. 装饰, 2021(12): 25-33.
LIU Xin, MAURIZIO V. Study on Systemic Design Based on Sustainability[J]. Art & Design, 2021(12): 25-33.
- [16] 郝凝辉, 刘晓天. 基于全生命周期理念的制造业设计转型路径研究[J]. 包装工程, 2022, 43(22): 47-56.
HAO Ning-hui, LIU Xiao-tian. Path of Design Transformation in Manufacturing Based on the Concept of Life-Cycle[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(22): 47-56.
- [17] 贝正其, 贝思伽. 制造业数字化转型与未来工厂建设策略[J]. 华东科技, 2022(2):115-118.
BEI Zheng-qi, BEI Si-jia. Digital Transformation of Manufacturing Industry and Future Factory Construction Strategy[J]. East China Science Technology, 2022(2):115-118.
- [18] 谭建荣, 刘达新, 刘振宇, 等. 从数字制造到智能制造的关键技术途径研究[J]. 中国工程科学, 2017, 19(3): 39-44.
TAN Jian-rong, LIU Da-xin, LIU Zhen-yu, et al. Research on Key Technical Approaches for the Transition from Digital Manufacturing to Intelligent Manufacturing[J]. Engineering Science, 2017, 19(3): 39-44.
- [19] 智能设计[J]. 设计, 2021, 34(19): 7.
Intelligent Design[J]. Design, 2021, 34(19): 7
- [20] 陈国金. ETO 机电系统设计制造数字化集成平台[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2011.
CHEN Guo-jin. ETO Electromechanical System Design and Manufacturing Digital Integration Platform[D]. Hangzhou: Hangzhou University of Electronic Science and Technology, 2011.
- [21] 吴志军, 阮子才玉, 杨元, 等. 产业转型背景下制造业中的工业设计价值与服务[C]// 国家社科重大项目《中华工匠文化体系及其传承创新研究》课题组. 中国设计理论与社会变迁学术研讨会——第三届中国设计理论暨第三届全国“中国工匠”培育高峰论坛论文集. 上海: 同济大学国家社科重大项目“中华工匠文化体系及其传承创新研究”课题组, 2019.
WU Zhi-jun, RUAN Zi-caiyu, YANG Yuan, et al. The Value and Service of Industrial Design in The Manufacturing Industry in the Context of Industrial Transformation [C]// The Research Group of the National Social Science Major Project "Research on Chinese Craftsman Cultural System and Its Inheritance and Innovation", The Academic Seminar on Chinese Design Theory and Social Change - the Third Chinese Design Theory and the Third National "Chinese Craftsman" Cultivation Summit Forum. Shanghai: Tongji University, National Social Science Major Project "Research Group on the Cultural System of Chinese Craftsmen and Its Inheritance and Innovation", 2019.
- [22] 罗仕鉴. 罗仕鉴: 超学科, 超设计[J]. 设计, 2021(20): 66-69.
LUO Shi-jian. Luo Shijian: Super Discipline, Super Design [J] Design, 2021 (20): 66-69.
- [23] 刘永红, 白翔天. 面向智能交互产品的创意服务设计[J]. 包装工程, 2022, 43(24): 20-27, 56.
LIU Yong-hong, BAI Xiang-tian. Creative Service Design for Intelligent Interactive Products[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(24): 20-27, 56.
- [24] 杨南粤, 李争名, 蔡智圣, 等. 面向创新实践的智能制造实验室的构建[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(11): 236-240, 267.
YANG Nan-yue, LI Zheng-ming, CAI Zhi-sheng, et al. Construction on Intelligent Manufacturing Laboratory for Innovative Practice[J]. Experimental Technology and Management, 2017, 34(11): 236-240, 267.
- [25] 王金荣, 林琳. 我国经济转向高质量发展过程中的对策[J]. 中国集体经济, 2019(26): 23-24.
WANG Jin-rong, LIN Lin. Countermeasures in the Process of China's Economy Turning to High-Quality Development[J]. China Collective Economy, 2019(26): 23-24.

责任编辑: 马梦遥