

## 【特别策划】

## 设计学的开放性概念与产业模型

王震亚<sup>1</sup>, 左亚雪<sup>1</sup>, 刘亚男<sup>1</sup>, 尹昌宝<sup>2</sup>, 宣印<sup>3</sup>

(1.山东大学机械工程学院, 济南 250061; 2.山东省工业设计研究院, 烟台 264003;

3.山东兮易信息技术有限公司, 烟台 264001)

**摘要:** **目的** 近年来, 设计学的概念和其外延讨论不断引起学界和业界的关注, 理论研究与产业实践出现了脱节, 传统意义上的设计学边界变得模糊, 因此新的时代需要进一步强调设计的开放性特征。**方法** 首先从设计学的概念出发, 提出社会分工对设计的影响, 并明确设计研究的开放性特征; 然后结合实践, 从更加广泛的用户研究和更开放的制造业体系出发, 建立智能制造背景下的双轮驱动设计产业模型, 详细论述该模型中四个开放平台的作用, 并指出开放性设计所能解决的我国制造业面临的问题; 最后展望产教融合的开放式设计人才培养模式。**结论** 开放的设计学概念将打破学科之间的界限并建立更加广泛的联系, 从而带动从用户到制造的产业系统发展, 这是智能制造的必然趋势, 也符合新时代的要求。

**关键词:** 设计学; 开放性; 产业模型; 智能制造

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)20-0046-11

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.20.009

## Open Concept and Industry Model of Design Science

WANG Zhen-ya<sup>1</sup>, ZUO Ya-xue<sup>1</sup>, LIU Ya-nan<sup>1</sup>, YIN Chang-bao<sup>2</sup>, XUAN Yin<sup>3</sup>

(1.School of Mechanical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China; 2.Shandong Industrial Design Institute, Yantai 264003, China; 3.Shandong Xiyi Information Technology Co., Ltd., Yantai 264001, China)

**ABSTRACT:** In recent years, the discussion on the concept and extension of design science has continuously attracted the attention of academia and industry. There is a disconnection between the theoretical research and the industrial practice, and the traditional boundary of design science has become blurred, so it is necessary to further emphasize the openness of design in the new era. Firstly, starting from the concept of design science, the influence of social division of labor on design was proposed and the open feature of design research was clarified. Then, from the perspective of more extensive user research and more open manufacturing system, combined with the practice a two-wheel drive design industry model under the background of intelligent manufacturing was established. The roles of the four open platforms in the model were discussed in detail, and the problems that open design could solve in China's manufacturing industry were pointed out. Finally, the training mode of open design talents integrated with production and education was prospected. The open concept of design science will break down the boundaries between disciplines and establish more extensive connections, thus driving the development of industrial systems from users to manufacturers, which is an inevitable trend of intelligent manufacturing and also in line with the requirements of the new era.

**KEY WORDS:** design science; openness; industry model; intelligent manufacturing

按照国务院学位委员会[2011]8号文件发布的《学位授予和人才培养学科目录(2011年)》, 艺术学成为了一个全新的学科门类, 设计学则第一次成为一级学科, 但近十年来, 学术界却一直充满争议。有

学者从“艺术与科学属性”、“建立中国的设计学”、“学科范围”等方向论证了将设计学确定为一级学科的必要性, 并提出可持续设计的教育定位; 有学者提出设计学科的发展既要面向区域经济发展, 又要满足

收稿日期: 2020-08-21

作者简介: 王震亚(1974—), 男, 山东人, 博士, 山东大学教授, 主要从事工业设计教学与研究。

国家战略目标的需要，并指明设计学需要与信息科学、心理学和生理学等融合衔接；有学者指出有必要区分出设计学广义和狭义的内涵，同时应保证设计学中的艺术设计和工业设计具有相同地位，使艺术设计不被边缘化<sup>[1]</sup>；有学者指出设计学升级为一级学科，体现了国家对文化产业和创新发展的的高度重视，表明了大家对设计学科的认识有了进步，也反映了社会对设计学科发展的需求；也有学者指出虽然设计越来越受到关注，但是我国对设计学科的研究依旧不够深入，大多停留在简单的引进、模仿和补充，而针对中国问题展开的独立研究太少；还有学者指出目前我国设计教育没能较好地结合地域性，设计教育同质化非常严重<sup>[2]</sup>；同时更有学者指出由于现行学科目录中“设计学”一级学科下的二级学科没有被明确规定，并且目前各个院校对“设计”下属专业的设置各有不同，导致学术界所通行的“设计”概念与社会中约定俗成的日常观念存在一定落差<sup>[3]</sup>。与此同时，设计正全面影响着社会的各个方面，进入到生活的每个角落，每年举办的“设计上海”已成为亚洲最大的设计展会活动，从深圳到河北，从武汉到合肥，各种设计活动此起彼伏，其中工业设计还被视为“国家创新发展战略和全球引领性的创新产业，成为工业价值链攀升的关键环节和推动新旧动能转换、制造业高质量发展的重要力量<sup>[4]</sup>”。据统计仅2019年全国就举办了643个工业设计大赛，同年10月在山东烟台成功举办了世界工业设计大会。在此背景下，设计学和工业设计的概念被不断更新，其外延被不断扩展，也让学界产生了新的迷茫：设计是解决一切问题的万能钥匙吗？如何发挥设计在产业中的作用？本文尝试用“Open Design”的角度对以上问题进行解读，并结合山东省工业设计研究院的建设实践和中国工业设计联合创新大学的发展规划，探讨设计学的开放性概念及产业问题。

## 1 设计学的开放性概念

2015年，国际工业设计联合会（ICSID）更名为世界设计组织（WDO）<sup>[5]</sup>，进一步淡化了“Industrial Design”中的“工业化”，而同时发布的新定义指出“（工业）设计是创新驱动的战略问题解决过程”，与该机构过去几版定义相比，其概念随着时代发展发生了重大变化。其中，1980年定义中的前提条件——“就

批量生产的工业产品而言”早在2005年的定义中就被删除了，并且加入了“设计是技术创新人性化的核心元素，也是文化与经济交流的关键因素”的解释。由此可以看出，经过三十五年的发展，设计的对象从“工业产品”扩大到了“产品、系统、服务和体验”，设计的范畴从“材料、结构、形态、色彩、表面加工”扩大到了“技术、文化、经济、生活等领域”，设计的目标从“工业产品全部侧面或其中几个方面”及“包装、宣传、展示、市场开发等问题”升华到了“商业成功和更好质量的生活”。

不同的视角、定位及标准都影响到了人们对于设计的认知。比如在所谓的“人人爱设计”、“人人都是设计师”的表述中，“设计”更接近于“设计感”，主要取决于人对于设计对象的主观感受。然而职业设计师所要求的是一种“设计力”，即通过专业训练所获得的赋予设计对象更高价值的能力。

现代设计是社会分工的产物，在远古时代，原始人打造的石器，首先是给自己用的，因此他既是用户，也是制造者。到了农耕时代，社会分工出现，手工业从农业中逐渐分离出来，商品经济产生<sup>[6]</sup>，此时自然科学与社会科学并没有明显的界限，手工艺人同时也是手工艺设计师（Handcraft Designer），除了设计和制造以外，他们还负责销售。工业革命以后，社会进入工业时代，随着工业化程度的深入，新的社会分工不断涌现，设计、制造和商业分离，社会出现了专业的设计者、制造者、销售者，他们各司其职共同为用户提供服务，不过此时，使用者属于一种被动接受的状态，市场给予什么，他们就购买什么，商品的各个属性并不受使用者的意志影响。然而，到了知识网络时代以后，物质条件极度丰富，人们不再满足于被动接受现有商品，对商品提出了更高的要求，同时网络的发展也为人们提供了自由表达的途径，商品的设计者、制造者和销售者必须要考虑到使用者的感受，根据使用者的反馈为他们提供更合适的商品。随着大数据、人工智能的发展，社会开始进入数据智能时代，此时原有社会分工中各个角色的边界变得模糊，设计者、制造者、销售者、使用者处于一个相互融合的体系中，社会分工依旧存在，但是不同角色之间产生了基于大数据的交叉和融合。时代变迁下的社会分工见图1。

社会分工不断细化，也导致了学科的细分，设计从其他社会活动中独立出来是社会分工的结果，而设

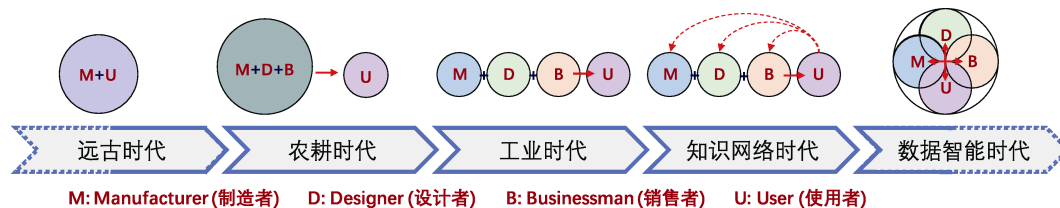


图1 时代变迁下的社会分工

Fig.1 Social division of labor under the changing times

计学的出现则是学科细分的结果,1837 年成立的英国皇家艺术学院(Royal College of Art,原名 Government School of Design),标志着设计开始成为一门学科。然而设计学科从来就不是一个封闭的体系,工业社会初期的设计学与工程学就有着千丝万缕的联系,德国学者 Redtenbacher 在其 1852 年出版的《力学与机械制造原理》一书中指出工程活动是一个充满艺术创造力的有机过程,并将设计方法论首次应用于机械领域<sup>[7]</sup>,这本书后来也成为了科学技术理论的一个里程碑。皇家艺术学院中声名显赫的工业设计工程专业(Industrial Design Engineering)创建于 1960 年,并长期与帝国理工学院合作办学,毕业生可以同时获得两所学校的硕士学位,充分体现了这一学科的交叉特色。20 世纪 70 年代开始,系统科学、信息科学等与设计产生交叉,现代数学方法和计算技术开始在设计中广泛应用,设计的对象也扩展到精密机械、电子装置等。设计目标不再是单一产品,而是“功能—质量—成本”的系统优化,整个过程涉及到方案选择、结构设计、材料选择、优化分析、工艺设计规划、可靠性设计、成本估计等<sup>[8]</sup>。进入 21 世纪,信息技术急速普及并应用,设计与系统工程、系统优化和计算机辅助设计在原有基础上建立了更广泛、更深入的合作,大数据、云计算、物联网、移动互联网对设计研究提出了新的要求:可感知,可度量,可通信,可操控,操控更准确,用户需求更易察觉,设计制造行销一体协同实现对市场需求的快速响应。新的时代要求更加开放的设计概念,而皇家艺术学院的工业设计工程更名为创新设计工程(Innovation Design Engineering),也表明设计学科迎来了一个新的发展阶段。

从社会和科技的发展来看,工业社会以来的专业分工越分越细,而人工智能时代的到来对此提出了挑战,专业化程度越高的工作越容易被人工智能所取代。马克思早在 1867 年就指出机器会不断占领新的生产领域并对工人造成排挤,而人工智能则是被赋予了“智能”的机器,在人工智能发展的过程中,国内外学者对于人工智能取代人类工作的担忧一直都存在<sup>[9-16]</sup>,李晓华指出人工智能在重复性、数字化、程式化、按照既定规则进行大量运算的工作,以及对于精确度、稳定性、快速响应等方面要求高的工作具有优势<sup>[17]</sup>。同时,学科门类的细分使得研究也越来越深入,新兴学科不断触及到不同学科的边缘地带,在碰撞中产生新的研究热点,开放性成为学科发展的必然结果。设计研究的开放性具体表现为以下方面。

1) 设计研究领域的广泛性。从传统的制造业(包含机械、电子、能源、交通运输等行业)到文化创意产业,从材料工艺的可实现性到市场的可行性,都可以视为设计学的研究范畴,取决于具体设计项目的导入。

2) 设计研究方法的多样性。在用户研究的基础

上,无论是以头脑风暴为代表的创造技法,还是以思维导图为代表的思维工具,甚至到以格式塔心理学为基础的感性工程学,以及通过眼动仪、脑电设备、行为分析等实验方法,都已成为设计学常用的研究方法,并提供了不同的研究路径。

3) 设计研究成果的不确定性。设计与工程技术最大的区别之一在于没有一个确定性的最优解,而是在尊重用户个体差异和使用环境约束下,通过追求设计成果的差异化实现创新。

必须指出的是,以上提到的“设计研究”与“设计学研究”有一定区别,前者偏重于实践和应用,后者偏重于基础理论(一般包括设计基础理论研究、设计实践理论研究和设计产业理论研究三大板块)。近年来设计学者虽在用户体验、人机交互等领域取得了一定突破,但未能取得普遍认可的设计理论基础。

设计学是一门与自然学科联系密切的、人文学科色彩浓厚的社会学科,其学科特点是面向产业化,在英文中,“产业的”和“工业的”是一个词,即“Industrial”。设计学的这一学科属性,决定了它能够打通自然科学与人文社会科学之间的壁垒,也将在新文科、新工科建设中发挥更大的作用。

## 2 开放性设计概念下的产业模型

在过去的两百年里,工业化的制造体系已经为人类创造了前所未有的物质成就,人民日益增长的物质需要基本得到了满足。然而时至今日,我国的主要社会矛盾发生了根本改变,片面单纯追求生产效率的制造体系也同时遇到了技术上的极限,当微电子芯片工艺已经到了纳米级的水平,传统的摩尔定律已经失效,片面强调最优解追求设计结果的唯一性,已难以满足人类的多样化需求。设计的价值,就是通过追求新的可能性,创造更多元的生活。因此,产业发展和升级需要工业设计发挥更大的作用。

近年来,中国制造业的发展同时面临着严峻的挑战与难得的机遇。挑战主要来自激烈的外部环境,以及亟待改善的自身结构问题。以美国、德国、日本为代表的发达国家纷纷推出以发展智能制造为核心的国家战略规划<sup>[18-21]</sup>;俄罗斯、印度等国家紧随其后,推出促进制造业升级的创新战略<sup>[22-23]</sup>;东南亚等地区的国家也借助巨大的人口红利、丰富的自然资源等优势积极参与到制造领域的国际竞争中<sup>[24-25]</sup>。与此同时中国制造业自身还存在结构失衡、产能过剩和产品质量效益低下等急需调整与改进的突出问题<sup>[26-28]</sup>。然而与挑战并行的还有机遇,信息网络技术的快速发展为中国制造业的发展提供了良好的技术环境,通过与信息网络技术的融合,中国制造业可实现信息、资源、人员等的优化配置<sup>[29]</sup>,促进生产方式向智能制造、柔性制造、个性化定制等转变,进而有效满足客户多样化个性化需求;同时中国政府也积极推出“中国制造

2025”等战略为中国制造业改造升级指明方向<sup>[30]</sup>，这不仅有利于中国制造业应对来自外部环境的挑战，更有助于中国制造业自身结构的调整升级。

## 2.1 设计驱动制造业创新理论

设计驱动制造业创新一般是从两个角度开展研究。第一种是从商业出发，研究设计在企业活动中的作用，促进企业结构调整与升级。Verganti 通过不同的商业案例正式提出设计驱动式创新，并指明这种创新区别于企业通常采用的市场驱动式创新和技术驱动式创新<sup>[31-33]</sup>。Ravasi 强调了设计和设计师在企业战略更新过程中的重要作用，并将企业的设计驱动创新分成四个阶段进行描述<sup>[34]</sup>。Gotzsch 和 Talke 等人指出设计驱动式创新能够使企业更具有竞争优势<sup>[35-36]</sup>。De Goey 等人通过归纳总结大量相关文献，得出设计驱动式创新可以促进企业产品差异化，有利于企业形成自己的品牌优势<sup>[37]</sup>。Hargadon 认为设计在企业的变革过程中，对创新和已建立的制度起到了协调作用，并将爱迪生的电力照明系统作为企业采用设计驱动式创新的案例进行了深入分析<sup>[38]</sup>。第二种是从设计出发，研究设计产业与制造产业的融合，进而促进两者的共同提升。Utterback 提出设计激发式创新，并通过丰富的案例回答了设计到底是什么的问题<sup>[39]</sup>。刘利民指出工业设计产业协同创新是提升产业整体创新能力，提高产业竞争力的有效途径，同时也是解决工业设计产业规模小、创新能力弱等问题的有效途径<sup>[40]</sup>。O'Connor 认为工业设计的增长取决于制造业内部的变化，而制造业的结构变化则取决于工业设计服务的可用性<sup>[41]</sup>。

上述两种研究角度都无法涵盖设计的开放性属性，甚至造成设计与制造的对立，这一现象也引起了学者的关注。徐明亮从社会分工和价值链两个角度分析了工业设计和制造业互动的机制，指出工业设计与制造业互动的过程中，工业设计重构优化了制造业企业的价值链，同时工业设计也获得了制造业提供的先进设施和设计服务需求<sup>[42]</sup>。卓慧娟认为工业设计行业

与制造业相互促进、融合发展。制造业结构升级扩展了工业设计行业的发展空间；工业设计行业则通过提升创新的专业化程度、改善创新的方式来推动制造业转型升级，推动制造业向价值链两端高附加值环节演进<sup>[43]</sup>。而另一方面，用户需求越来越受到产业的重视，如上文所述，用户作为“设计—制造”系统中不可或缺的一环，正在成为产业发展的另一种重要驱动力。开放性的设计将融入到“用户—制造”的系统，并促使该系统变得更加开放。

## 2.2 C2M 双轮驱动模型

现代工业体系下生产的产品是从制造端流到消费者（From Manufactory to Consumer，即 M2C）手里，可以视作是一种单向的物质流活动。然而随着以用户为中心设计（User-Centered Design）思想的发展，制造业开始从消费者，甚至是潜在消费者中开展调研，并用结果指导设计和生产活动<sup>[44]</sup>，可以说是设计促进了从消费者到制造端（From Consumer to Manufactory，简称为 C2M<sup>[45]</sup>）的回流。随着互联网和大数据技术的应用，工厂通过大数据分析获得用户的需求信息，提供定制化产业服务，设计与制造实现了新的融合，在这个过程中，设计一方面带动了用户需求的增长，另一方面又影响了制造业的升级，从而驱动产业发展，因此称之为双轮驱动。C2M 系统双轮驱动模型见图 2。

在智能制造背景下，以 C2M 模式为基础，以洞察客户需求为核心导向，信息和产品成为链接 C 和 M 的关键要素，而信息设计和产品设计则成为产业模型最好的载体。山东省工业设计研究院的实践对该模型进行了验证，并运用开放性设计的概念对此进行了完善。通过智能制造的建设及三交模式（交互、交易、交付）打通客户端和工厂端两端的信息流和产品流向，依托虚实结合的产业互联网，再针对应用层、平台层和生态层以工业设计的视角进行宏观规划设计，从而建立起 C2M 全流程开放的生态体系。C2M 双轮驱动开放性模型见图 3。

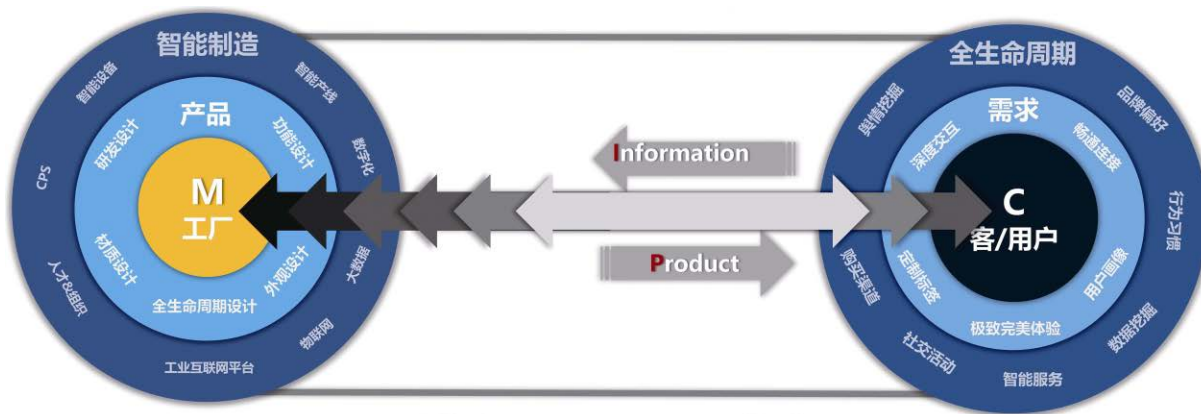


图 2 C2M 系统双轮驱动模型

Fig.2 Two-wheel drive model of C2M system



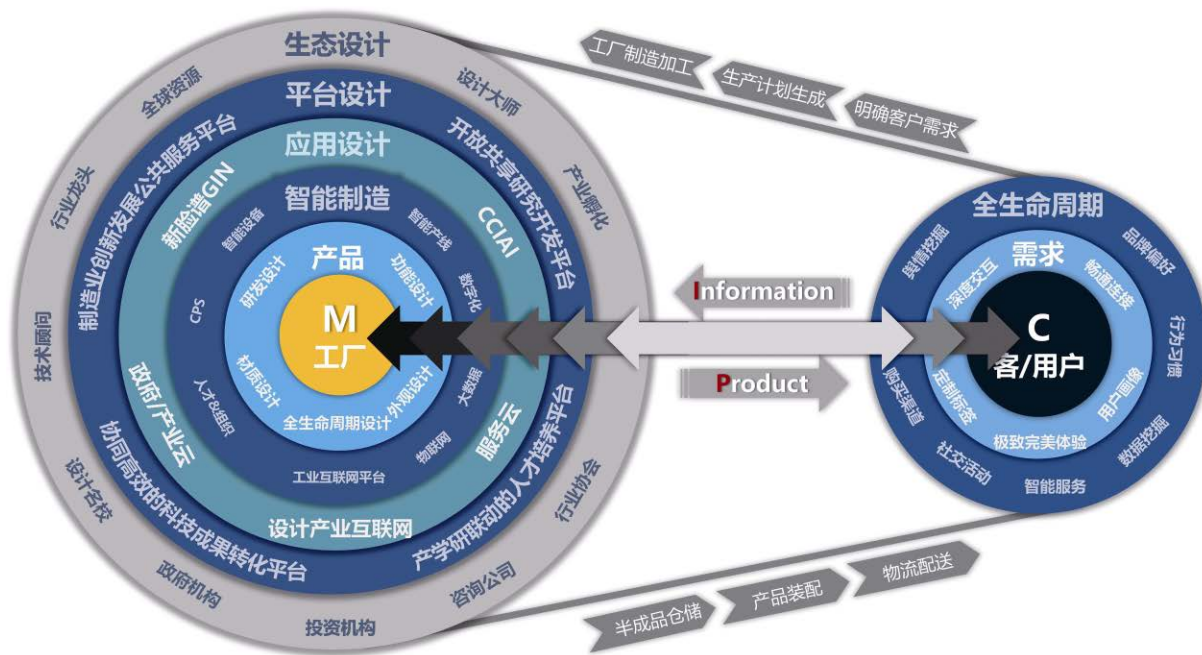


图3 C2M 双轮驱动开放性模型  
Fig.3 Open model of C2M two-wheel drive

该模型还从某种程度上梳理了智能制造、工业设计与产业互联网三者之间的逻辑关系,能够实现三者的虚实共生、融合发展。首先,产业互联网是智能制造的重要基础,通过网络可以把生产设备、流程、成本、订单等信息有效地联系在一起,并打通了上下游产业链;其次,工业设计通过发展和挖掘用户需求,为制造业的升级提供新的动力;第三,“互联网+”为工业设计指明了新的发展方向,并成为产业系统中运行的新机制。

与C2M系统双轮驱动模型相比,开放性模型还完善了四个平台的职能,使设计密切与产业相结合,四个平台如下。

1) 开放的共享研究开发平台。该平台着眼于全球范围内智能制造和工业设计的最新发展及趋势,在全面考虑可实施性的前提下,将智能制造与工业设计结合,并展开相应的理论与技术研究,使得智能制造与工业设计能够有效融合,特别是将工业设计发展领域中的理念、技术、工具、材料等应用在智能制造领域。首先用工业设计领域的发展经验带动智能制造这一新兴领域的起步与发展,然后逐步探索两个领域的最佳结合模式,有效完成工业设计与智能制造的融合。该平台汇集了智能制造工艺数据库、产品图谱库、行业分析数据库、产品生命周期评价数据库、专利数据库等基础信息资源,为共享研究提供需要的理论依据与技术基础。在以上工作的基础上,该平台完成专业智库的建立,以及共享渠道的构建,进而实现依据需求组合协同创新团队的目标,并为创新团队提供内外部协同支撑的服务,保证协同创新的高效性,强化产业链中各企业间的协同,保证创新资源的优化利用。

2) 开放的协同高效科技成果转化平台。该平台通过引入现代前沿科学技术成果,推动科技与设计的融合,为产业提供高技术、高设计的产品或解决方案;通过构建设计、研发、客户、市场、投资、供应链、品牌紧密融合的创新模式和机制,促进产学研用的紧密合作。该平台不断加强针对科技成果转化过程涉及的各知识产权的保护能力,并为产业提供专利预警、审查、确权、维权等一系列服务;搭建网络交易平台,更好洞察用户需求,根据用户需求配置、整合系统资源,实现需求与资源的对接;围绕设计师创业、设计机构产业化项目、传统产业开拓新领域、自主研发、科技成果转化、政府项目或课题等进行服务和孵化;同时,该平台还开展市场研究、项目挖掘、产品定义、团队建设、资源导入、原型试制、客户体验、产品打磨、客户获取、品质管控、供应链管理、品牌营销、基金创投等工作。

3) 开放的产学研联动人才培养平台。该平台通过与全球范围内智能制造、工业设计、工业互联网等领域的高校合作,打破大学与大学、学科与学科、艺术与工程、产业与教育、国内与国际、理论与实战之间的隔阂,进而培养具有创新精神和创新能力的优秀人才。该平台的人才培养模式以“开放式”为主要特征,这种模式培养的人才以“高端复合型”为主要特征,他们是融合了科技、设计、商业于一体的创新创业型人才。同时该平台还引入工信部工业设计领军人才培养模式,开展创新设计能力培训与认定工作。

4) 开放的制造业创新发展公共服务平台。该平台通过在制造领域组织开展设计供需的对接,推进制造业与工业设计的交流融合;通过整合国内外工业设

计资源, 打造全球智能制造创新高地; 通过促成国内制造企业与国际知名企业的战略合作, 推动中国智能制造走出去, 提升中国智能制造国际影响力。针对企业, 该平台主要提供系统的专业创新设计服务, 促进企业不断推出新产品、新服务, 提升品牌形象; 引导企业掌握创新设计的思维和方法, 建立和完善工业设计中心; 为企业构架创新管理流程, 并提供企业内训、国际智库等资源以提升企业人才团队质量。针对政府部门, 该平台主要提供以行业数据收集、行业现状分析、政策研究、政策宣传、政策落实等为主的支撑服务。

## 2.3 开放性设计为产业解决的问题

### 2.3.1 客户多样化及个性化需求无法得到满足

目前我国制造业企业大多存在科技附加值低、无法满足产品个性化定制需求等问题, 极大影响了企业实现高利润的经济效益及企业竞争力<sup>[46]</sup>。优秀的工业设计是提高产品科技附加值的最有效途径<sup>[47]</sup>, 一个科技感十足的工业设计产品能够大大提升产品的档次与价格, 而优秀的智能制造体系则能够使企业迅速满足客户个性化定制的需求, 因此智能制造工业设计 C2M 生态系统的建立, 可以帮助企业利用开放共享的工业设计平台提高产品科技附加值, 满足客户个性化需求, 增加产品的销售利润。智能制造服务平台可以为企业包括客户需求分析、产品设计研发、智能制造规划设计、智慧物流、智慧管理在内的全制造链服务, 通过将大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术融入包括企业研发、生产、销售、服务等在内的运营全过程, 将传统制造企业打造成为一个数字化的智慧企业, 帮助企业实现以客户价值为牵引的核心业务流程的纵向集成, 优化企业内资源配置、消除智能壁垒, 大幅提升运营效率, 使得企业不仅能够满足客户多样化及个性化的需求, 还能实现产业链的协同增效, 实现价值最大化。

### 2.3.2 传统制造业柔性生产能力弱, 资源利用效率低

柔性化生产指的是在生产资料保持一致的前提下, 生产线在大批量生产和小批量生产之间能够实现任意切换<sup>[48]</sup>。柔性化生产之所以能够成为制造企业的核心竞争力, 其核心就在于其强大的供应链协同功能。供应链协同要求制造企业的产能可根据市场的实际需求变化弹性释放。如果制造业柔性能力不够, 那么就意味着客户必须大批量采购压占资金, 否则就要承受断货停产的风险。从目前国内柔性化生产线的发展来看, 产能过剩一般都集中在落后产能、一般性产能, 而真正具备柔性生产能力的产能十分稀缺, 显示了我国传统制造业存在柔性生产能力弱的问题。我国传统制造企业产能过剩主要在于两个方面: 一方面, 企业投资并没有真正跟上市场消费的需求, 使原有产品市场饱和, 导致剩余产品积压, 后续生产乏力; 另

一方面, 当企业投资生产不能通过技术创新和产品升级来促进和带动新消费增长点, 那么此时, 企业的投资将只是在原先基础上的简单扩大再生产, 对于已达到饱和的市场需求而言, 将会造成更大的产能过剩问题。我国传统制造业的产能过剩具有显著路径依赖的“惯性”特征, 产能过剩在治理过程中出现“久治不愈”和“日益严重”现象, 并会导致资源浪费, 资源利用效率低下等问题。

智能制造工业设计 C2M 生态系统的建立, 能促成智能制造和工业设计的融合, 为传统制造业改造升级: 完善了顶层设计, 使企业具备以系统思维统筹解决制造问题的能力; 提升了制造灵活性, 为企业的柔性制造生产提供可能性。在智能制造工业设计 C2M 生态系统中, 工业设计贯穿于智能制造整个体系, 传统的企业生产模式被改变, 通过柔性生产来最大化地满足客户需求, 实现客户需求端与生产制造端的连接, 从客户需求出发设计产品, 完成个性化定制生产; 实现市场需求的定位和柔性智能生产, 避免生产制造中因对市场需求定位偏差引起的产能过剩; 同时还可充分发挥设计的引导作用, 最大限度地对资源进行规划, 提升利用效率。

### 2.3.3 品牌效应不足, 国际市场竞争力不强

中国是制造大国, 但不是制造强国, 主要原因之一就是中国制造企业大多为 OEM (原始设备制造商) 企业<sup>[49]</sup>。OEM 企业最重要的生产要素就是人力, 所承担的工作主要是加工装配, 不需要设计与技术研发, 不掌握任何核心技术<sup>[50]</sup>。经济的迅速发展, 为 OEM 企业带来了潜在的发展机会, 但更多的是不断加大的市场竞争压力。劳动力成本及原材料成本优势的消失, 使得国内 OEM 企业的价格优势也随之消失, 处于价值链低端的 OEM 企业为了摆脱困境, 不得不向 ODM (原始设计制造商) 模式、OBM (原始品牌制造商) 模式转型升级, 而从 OEM 模式到 ODM 模式再到 OBM 模式, 制造业对工业设计的需求是不断增加的, 同时对于设计的要求也是越来越高的。

智能制造工业设计 C2M 生态系统的建立, 将工业设计引入传统制造业中, 帮助传统制造业由 OEM 模式转型升级至 ODM 模式, 然后通过引进智能制造等先进技术, 帮助企业逐渐拥有自己的核心技术及创新能力, 进而由 ODM 模式成功过渡到 OBM 模式。在 OBM 模式中, 企业的品牌核心并不是产品本身, 而是包括产品的设计、制造、服务等在内的产品整个生命周期, 智能制造工业设计 C2M 生态系统则通过工业设计和智能制造的结合, 帮助企业将品牌深入到产品本身, 以及产品的整个生命周期中, 帮助企业打造维护自己的品牌, 提升企业竞争力, 进而提升中国制造业的国际竞争力。

### 2.3.4 自主创新能力不高, 创新驱动能力不足

目前我国制造业存在整体创新能力不高, 创新驱

动力不足的关键问题。这主要由于制造业的技术创新需要深厚的技术积累,需要跨学科多维度的技术融合,更要投入海量的资金支持,并且存在投资回收期较长,投资收益较低等现实问题。大型制造企业拥有雄厚的资金支持及长期的技术积累,在自主创新上有先天的优势,但是占据制造业大部分比例的中小型制造企业因为没有足够的资金和技术支持,只能以仿制或生产低技术含量的产品为主,进而导致了我国制造业整体创新能力弱,竞争力不强的局面。

智能制造工业设计 C2M 生态系统的建立,为中小型企业提供了一个共享的设计开发平台,中小企业可以借助这个平台实现产品的自主创新设计,由平台客户中的研究机构、高校院所和具有自主开发能力的企业共同为其提供创新服务,实现产学研联合开发,即为中小企业提供了共享的技术创新研发动力群,通过提高中小企业的自主创新能力,提升我国制造业整体的自主创新能力。

### 2.3.5 缺乏协同创新的产业互联网平台,工业设计和制造业融合不深

目前我国正在推行以智能制造为核心的制造业转型升级<sup>[51]</sup>,这个过程中工业设计的参与非常重要,它能够作为制造业的创新驱动力<sup>[21]</sup>,引起制造业的量变和质变,实现制造业中信息化和工业化的深度融合,进而实现制造业的智能化升级<sup>[52]</sup>。然而由于缺乏协同创新的产业互联网平台,公共服务体系不健全,致使工业设计服务的供需两端资讯对接不畅,工业设计和制造业缺乏深度融合,创新资源也比较分散,同质化比较严重,产品附加值欠缺,供需方信息不对称性比较严重,对制造业的智能化过程造成很大阻力。

智能制造工业设计 C2M 生态系统的建立,能为产业创新提供多层次的开放式服务平台,促使工业设计与传统制造业深度融合,通过工业设计为制造企业或者传统制造产品的改造提供配套的服务,能够促进传统产品的智能制造,最后实现产品的智能化,为传统制造业改造升级注入新动能。

2019 年 12 月,山东省工业设计研究院被工信部确定为首批八个国家工业设计研究院培育对象之一,创建方向为智能制造领域,进一步明确了建设目标。2020 年 8 月,该研究院与二十二家龙头企业签署共建协议,涉及家用电器、装备制造、化工、电信等行业,并积极探索工业设计在不同行业的应用实施方案。

## 3 开放性产教融合育人模式

虽然在石器时代人类就已经出现了明显的设计创造行为,但是真正的现代设计教育却是始于 20 世纪初包豪斯在德国的成立<sup>[53]</sup>,然后随着经济环境、技术条件等的变化,现代设计教育不断演变以匹配相应的社会环境。辛向阳将现代设计教育分为五个阶段,

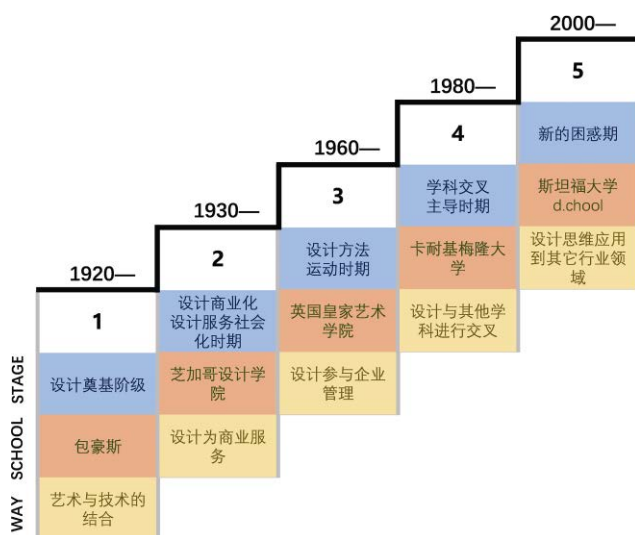


图 4 设计教育的发展阶段

Fig.4 Development stage of design education

分别为现代设计奠基阶段、设计商业化及设计服务社会化时期、设计方法运动时期、学科交叉主导时期、新的困惑期<sup>[54]</sup>。设计教育的发展阶段见图 4。

由此可见,每个时期的设计人才培养模式都在强调开放性,强调设计与其他领域、产业的结合。包豪斯作为现代设计教育的开端,一直主张设计与技术的统一,强调艺术家、企业家、技术人员的紧密合作,它从一开始就为设计教育奠定了开放性的基调;以芝加哥设计学院为代表的“新包豪斯”院校在美国商品经济大发展背景的助推下带动大批设计咨询公司、企业设计部门成立,而设计公司及设计部门都是为当时的商业服务的;英国皇家艺术学院参与的设计研究组织 DRS 则一直致力于企业产品研发过程中的效率管理、决策等设计方法的研究;卡耐基梅隆大学则开启了将学科交叉引入设计领域的先河,特别是设计与机械、商学院的交叉;创办于 2003 年的斯坦福大学的设计学院(d.school)在短短十几年就一跃成为世界顶级的设计学府,其学院的创始人是美国著名设计公司 IDEO 创始人、著名设计师 David Kelley,其从一开始就打上了鲜明的产业化烙印,其育人模式同样强调跨院系的合作,以设计思维的广度加深不同专业学位教育的深度,实现了广泛的开放性,斯坦福大学 d.school 的运行模式见图 5。

随着我国新型工业化、信息化、城镇化和农业现代化进程的加快,文化创意和设计服务已贯穿在经济社会各领域与各行业,呈现出多向交互融合态势<sup>[55]</sup>。中国也在不断地展开设计教育开放性的尝试与探索。在 2019 世界工业设计大会上,来自海内外的著名高校和企业,携手创建中国工业设计联合创新大学,这是一所以产教融合为特色的创新大学,是助力人才培养、构建产业创新融合机制和模式的重大突破。中国工业设计联合创新大学致力于将不同特色和优势的高校研发能力联合起来,同时整合并有效管理来自各



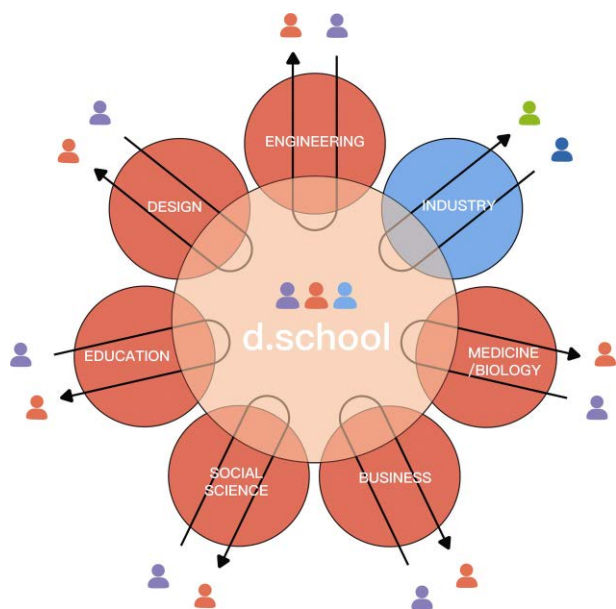


图 5 斯坦福大学 d.school 的运行模式

Fig.5 Operational model of d.school at Stanford University



图 6 以设计为核心的产教融合

Fig.6 Integration of production and education with design as the core

产业领域的课题和经费，以联合创新大学为机制和平台，通过匹配创投孵化器，加速和增强科研成果的产业化过程与实效。导师队伍包括企业家、科学家、设计大师、创业者及投资机构等，聚合多维度、宽领域、高层次力量，更有来自海内外的高校及诸多跨国公司、龙头企业、中小企业的加入，亦将为联合创新大学的发展注入持续活力与强有力支撑，同时为参与的各个国家和省市、大学、企业带来联动全球的人才集聚效应和创新动能。

所谓的“联合创新”，主要包括三个方面的含义。以设计为核心的产教融合见图 6。

1) 在研究领域，用设计学科紧密联系其他学科，通过项目导入，寻求所需学科的学者合作。作为一门年轻学科，设计学既要从其他学科中汲取经验，学习不同领域的研究方法，还要推进与其他学科的密切合作，更好地推动成果转化，在图中写作小写的 design。

2) 在产业领域，用设计产业深入服务其他产业领域，解决各个产业领域的问题，把大设计的概念赋予到每个行业，这也是由设计学的产业化特点所决定的，在图中用大写的 DESIGN 表示。

3) 在设计学科和设计产业之间，实现有机融合，其核心是围绕中间的 P，既代表项目 (Project)，即通过项目式合作突出高校和企业的共同利益；又代表问题 (Problem)，即通过提高解决实际问题的能力，使人才培养更贴近社会需要。

如图 6 所示，该模式将实现在以下方面的具体推进。

1) 更开放的人才培养。虽然多数企业已经逐步认识到设计的作用，并开始着手用设计提升产品的价值，但是在设计人才上还存在较大的缺口。同时高校毕业的本科生、研究生通常缺乏一线工作经验，存在从学校到企业的培养断层。因此，开放性设计人才培养应该是双向的，一方面引进企业导师到高校给学生授课，另一方面把高校的优秀师资用于企业的设计培训，同时在项目合作中锻炼队伍。

2) 更开放的项目合作。企业既有短期、具体的设计需求，又有长期、潜在的需求，应根据实际情况做好规划，定期输出符合企业战略的、有研究价值的项目，通过立项，由联合创新大学组织协调高校的科研力量，保证项目的顺利实施，同时企业派驻技术人员随时跟进项目，及时交流，使高校师生全面了解企业的要求。项目完成后，经过专家验收评审，制定合理的薪酬分配方式，保证各方的利益。

3) 更开放的平台建设。联合创新大学将重点建设三个平台：第一是设计基础研究与实验平台，为企业项目和高校科研提供开放共享服务；第二是设计教学资源平台，整合高校的教学资源和社会需求，优化配置，输出优质设计课程，如针对高校的《设计考察》课程，可以把展会活动、企业参观、专题讲座和工作坊相结合；第三是创新项目孵化平台，成立设计创投孵化器，加速设计成果的产业化过程。

#### 4 结语

1928 年，密斯·凡德罗用一句“Less is more”概括了 20 世纪的设计思想，确立了工业时代的方向，即通过设计符合现代生产条件的、标准化的产品，满足人们不断增长的物质需要，减少繁冗提高品质，为社会提供更加简洁实用的产品，这一信条仍在影响当下的设计风格。

今天，中国特色社会主义进入新时代，我国社会



主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾<sup>[56]</sup>,设计的作用也随之发生了变化。设计产业能够为社会提供更加美观、安全、舒适、便利的产品和服务,代表了设计创造美好生活的使命;设计研究打破了现代学科各自为战的局面,在自然学科和人文社科之间架起一座桥梁,代表了学科交叉融合的趋势;而开放的设计育人体现了以人为本的思想,则可能代表着教育发展的新方向。设计本身就是开放的,21世纪的设计将告诉人们一个答案:Open is more<sup>[57]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 朱亮. “2011 设计学学科建设研讨会”综述[J]. 装饰, 2012(2): 8.  
ZHU Liang. The Summary of Design Education Forum[J]. Zhuangshi, 2012(2): 8.
- [2] 庄边. 学科升级与学科建设:设计学学科发展研讨会综述[J]. 装饰, 2014(7): 54-61.  
ZHUANG Bian. Summary of Subject Construction and Promotion: Design Subject Development Symposium[J]. Zhuangshi, 2014(7): 54-61.
- [3] 祝帅, 张萌秋. 国家战略与中国设计产业发展[J]. 工业设计, 2019, 1(1): 16-27.  
ZHU Shuai, ZHANG Meng-qiu. National Strategy and the Development of China's Design Industry[J]. Industrial & Engineering Design, 2019, 1(1): 16-27.
- [4] 孔德晨, 张川. 2019 世界工业设计大会烟台开幕[N]. 人民日报海外版, 2019-10-19(03).  
KONG De-chen, ZHANG Chuan. The 2019 World Industrial Design Conference Opens in Yantai[N]. People's Daily Overseas Edition, 2019-10-19(03).
- [5] WDO | About | History[EB/OL]. [2020-09-21]. <https://wdo.org/about/history/>.
- [6] 何盛明. 财经大辞典[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1990.  
HE Sheng-ming. Dictionary of Finance and Economics [M]. Beijing: Chinese Financial & Economic Publishing House, 1990.
- [7] JAKOB R F. Principien der Mechanik und des Maschinenbaus[M]. Mannheim: Bassermann, 1852.
- [8] 路甬祥. 工程设计的发展趋势和未来[J]. 机械工程学报, 1997(1): 1-8.  
LU Yong-xiang. The Development Trend and Future of Engineering Design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 1997(1): 1-8.
- [9] NORBERT W. The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society[M]. New York: Avon, 1969.
- [10] ZELANY M. The A.I. Impacts on the Process of the Division of Labor[J]. IFAC Proceedings Volumes, 1987, 20(10): 31-36.
- [11] 蔡自兴. 人工智能对人类的深远影响[J]. 高技术通讯, 1995(6): 55-57.  
CAI Zi-xing. The Profound Impact of Artificial Intelligence on Humanity[J]. Chinese High Technology Letters, 1995(6): 55-57.
- [12] BRYNJOLFSSON E, HITT L M. Computing Productivity: Firm-Level Evidence[J]. Review of Economics and Statistics, 2003.
- [13] AGHION P, JONES B F, JONES C I. Artificial Intelligence and Economic Growth[J]. NBER Working Papers, 2017.
- [14] 潘文轩. 人工智能技术发展对就业的多重影响及应对措施[J]. 湖湘论坛, 2018, 31(4): 145-153.  
PAN Wen-xuan. Multiple Effects of Artificial Intelligence Technology Development on Employment and Countermeasures[J]. Huxiang Forum, 2018, 31(4): 145-153.
- [15] HUANG Ming-hui, RUST R T. Artificial Intelligence in Service[J]. Journal of Service Research, 2018, 21(2): 155-172.
- [16] FRANK M R, AUTOR D, BESSEN J E, et al. Toward Understanding the Impact of Artificial Intelligence on Labor[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2019, 116(14): 6531-6539.
- [17] 李晓华. 哪些工作岗位会被人工智能替代[J]. 人民论坛, 2018(2): 33-35.  
LI Xiao-hua. Which Jobs Will Be Replaced by Artificial Intelligence[J]. People's Tribune, 2018(2): 33-35.
- [18] 胡斌武, 陈朝阳, 吴杰. “中国制造 2025”与现代职业教育发展路径探索[J]. 山西大学学报(哲学社会科学版), 2016, 39(3): 91-96.  
HU Bin-wu, CHEN Chao-yang, WU Jie. Exploring the “Made in China 2025” Plan and the Development Path of Modern Vocational Education[J]. Journal of Shanxi University (Philosophy and Social Science Edition), 2016, 39(3): 91-96.
- [19] 丁纯, 李君扬. 德国“工业 4.0”: 内容、动因与前景及其启示[J]. 德国研究, 2014, 29(4): 49-66.  
DING Chun, LI Jun-yang. The Industry 4.0 of Germany: Content, Motivations, Perspectives and Its Stimulus[J]. Deutschland-Studies, 2014, 29(4): 49-66.
- [20] QIN Sheng-feng, CHENG Kai. Future Digital Design and Manufacturing: Embracing Industry 4.0 and Beyond[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2017, 30(5): 1047-1049.
- [21] 路甬祥. 设计的进化与价值[J]. 中国工程科学, 2017, 19(3): 1-5.  
LU Yong-xiang. The Evolution and Value of Design[J]. Strategic Study of CAE, 2017, 19(3): 1-5.
- [22] 韩爽, 徐坡岭. “俄罗斯创新国家战略与政策”学术研讨会综述[J]. 俄罗斯东欧中亚研究, 2013(6): 84-87.  
HAN Shuang, XU Po-ling. Summary of the Symposium on “Russian Innovative National Strategy and Policy”[J]. Russian, East European & Central Asian Studies, 2013(6): 84-87.
- [23] 李毅. 制造业在日本经济复苏中的角色探讨[J]. 日本

- 学刊, 2015(3): 61-81.
- LI Yi. The Role of Manufacturing in the Economic Recovery of Japan[J]. Japanese Studies, 2015(3): 61-81.
- [24] ZHAO S X B, WONG D W H, WONG D W S, et al. Ever-transient FDI and Ever, Olarizing Regional Development: Revisiting Conventional Theories of Regional Development in the Context of China, Southeast and South Asia[J]. Growth and Change, 2020, 51(1): 338-361.
- [25] 中国制造 2025 蓝皮书: 全球制造业正向东南亚等地区转移[J]. 智能制造, 2016(10): 6.
- Made in China 2025 Blue Book: Global Manufacturing is Shifting to Southeast Asia and Other Regions[J]. Intelligent Manufacturing, 2016(10): 6.
- [26] 黄群慧, 贺俊. 中国制造业的核心能力、功能定位与发展战略——兼评《中国制造 2025》[J]. 中国工业经济, 2015(6): 5-17.
- HUANG Qun-hui, HE Jun. The Core Capability, Function and Strategy of Chinese Manufacturing Industry: Comment on “Chinese Manufacturing 2025”[J]. China Industrial Economics, 2015(6): 5-17.
- [27] 史丹, 李鹏. 中国工业 70 年发展质量演进及其现状评价[J]. 中国工业经济, 2019(9): 5-23.
- SHI Dan, LI Peng. Quality Evolution and Assessment of China's Industry over the Past Seven Decades[J]. China Industrial Economics, 2019(9): 5-23.
- [28] 唐红祥, 张祥祯, 吴艳, 等. 中国制造业发展质量与国际竞争力提升研究[J]. 中国软科学, 2019(2): 128-142.
- TANG Hong-xiang, ZHANG Xiang-zhen, WU Yan, et al. The Comprehensive Development and Interactive Development of China's Manufacturing Industry's Development Quality and International Competitiveness[J]. China Soft Science, 2019(2): 128-142.
- [29] 黄顺魁. 制造业转型升级: 德国“工业 4.0”的启示[J]. 学习与实践, 2015(1): 44-51.
- HUANG Shun-kui. Transformation and Upgrading of Manufacturing Industry: Enlightenment from “Industry 4.0” in Germany[J]. Study and Practice, 2015(1): 44-51.
- [30] 制造强国战略研究项目组. 制造强国战略研究. 综合卷[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- Manufacturing Power Strategy Research Project Team. Manufacturing Power Strategy Research. Comprehensive Volume[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2015.
- [31] VERGANTI R. Design as Brokering of Languages: Innovation Strategies in Italian firms[J]. Design Management Journal (Former Series), 2003, 14(3): 34-42.
- [32] VERGANTI R. Design, Meanings, and Radical Innovation: a Metamodel and a Research Agenda[J]. Journal of Product Innovation Management, 2008, 25(5): 436-456.
- [33] VERGANTI R. Design Driven Innovation: Changing the Rules of Competition by Radically Innovating What Things Mean[M]. Boston: Harvard Business Press, 2009.
- [34] RAVASI D, LOJACONO G. Managing Design and Designers for Strategic Renewal[J]. Long Range Planning, 2005, 38(1): 51-77.
- [35] GOTZSCH J. Product Talk[J]. The Design Journal, 2006, 9(2): 16-24.
- [36] TALKE K, SALOMO S, WIERINGA J E, et al. What about Design Newness? Investigating the Relevance of a Neglected Dimension of Product Innovativeness[J]. Journal of Product Innovation Management, 2009, 26(6): 601-615.
- [37] DE G H, HILLETOTH P, ERIKSSON L. Design-driven Innovation: a Systematic Literature Review[J]. European Business Review, 2019, 31(1): 92-114.
- [38] HARGADON A B, DOUGLAS Y. When Innovations Meet Institutions: Edison and the Design of the Electric Light[J]. Administrative Science Quarterly, 2001, 46(3): 476-501.
- [39] UTTERBACK J, VEDIN B A, ALVAREZ E, et al. Design-inspired Innovation[M]. New York: World Scientific Publishing Company, 2006.
- [40] 刘利民. 工业设计产业协同创新模式研究[J]. 企业活力, 2011(1): 49-52.
- LIU Li-min. The Collaborative Innovation Model in Industrial Design Industry[J]. Regional Economic Review, 2011(1): 49-52.
- [41] O'CONNOR K. Industrial Design as a Producer Service: a Framework for Analysis in Regional Science[J]. Papers in Regional Science, 1996.
- [42] 徐明亮. 工业设计产业与制造业互动发展研究[J]. 内蒙古社会科学(汉文版), 2012, 33(4): 114-116.
- XU Ming-liang. The Interactive Development of Industrial Design Industry and Manufacturing Industry[J]. Inner Mongolia Social Sciences, 2012, 33(4): 114-116.
- [43] 卓慧娟. 工业设计行业与制造业升级: 机理、现状与对策[D]. 上海: 上海社会科学院, 2016.
- ZHUO Hui-juan. Industrial Design Industry and Manufacturing Industry Upgrading: Mechanism, Present Situation and Countermeasures[D]. Shanghai: Shanghai Academy of Social Sciences, 2016.
- [44] DA S G J C. Our Own Translation Box: Exploring Proximity Antecedents and Performance Implications of Customer Co-design in Manufacturing[J]. International Journal of Production Research, 2011, 49(13): 3833-3854.
- [45] ZHOU Ke-liang, LIU Tai-gang, LIANG Ling. From Cyber-physical Systems to Industry 4.0: Make Future Manufacturing Become Possible[J]. International Journal of Manufacturing Research, 2016, 11(2): 167.
- [46] 周晓红. 以转型升级助推中国制造业高质量发展[J]. 江苏行政学院学报, 2020(2): 56-61.
- ZHOU Xiao-hong. Promoting High-quality Development of China's Manufacturing Industry through Transformation and Upgrading[J]. The Journal of Jiangsu Administration Institute, 2020(2): 56-61.
- [47] 赵可恒. 论制造业产业升级语境下工业设计角色定位

- [J]. 包装工程, 2014, 35(8): 130-133.  
ZHAO Ke-heng. The Role Positioning of Industrial Design During the Updating of Manufacturing Industry[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(8): 130-133.
- [48] SHARIFI H, COLQUHOUN G, BARCLAY I, et al. Agile Manufacturing: a Management and Operational Framework[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 2001, 215(6): 857-869.
- [49] 毛蕴诗, 吴瑶, 邹红星. 我国 OEM 企业升级的动态分析框架与实证研究[J]. 学术研究, 2010(1): 63-69.  
MAO Yun-shi, WU Yao, ZOU Hong-xing. A Dynamic Analysis Framework and Positive Study of China's OEM Enterprises Enhancing Degree[J]. Academic Research, 2010(1): 63-69.
- [50] 毛蕴诗, 姜岳新, 莫伟杰. 制度环境、企业能力与 OEM 企业升级战略——东菱凯琴与佳士科技的比较案例研究[J]. 管理世界, 2009(6): 135-145.  
MAO Yun-shi, JIANG Yue-xin, MO Wei-jie. Institutional Environment, Enterprise Capability and OEM Enterprise Upgrade Strategy: a Comparative Case Study of Dongling Kaiqin and Jasic Technology[J]. Management World, 2009(6): 135-145.
- [51] 周济. 智能制造——“中国制造 2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 17: 2273-2284.  
ZHOU Ji. Intelligent Manufacturing: Main Direction of “Made in China 2025”[J]. China Mechanical Engineering, 2015, 17: 2273-2284.
- [52] 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.
- [53] SIEBENBRODT M, SCHÖBE L. Bauhaus: 1919-1933, Weimar-Dessau-Berlin (Temporis)[M]. New York: Parkstone International, 2015.
- [54] 辛向阳. 设计教育改革中的 3C: 语境、内容和经历[J]. 装饰, 2016(7): 124-127.  
XIN Xiang-yang. Context, Content and Course in Design Education Reform[J]. Zhuangshi, 2016(7): 124-127.
- [55] 国务院. 国务院关于推进文化创意和设计服务与相关产业融合发展的若干意见——国发〔2014〕10 号[EB/OL]. (2014-03-14)[2020-09-21]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-03/14/content\\_8713.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-03/14/content_8713.htm).  
State Council. Several Opinions of the State Council on Promoting the Integrated Development of Cultural Creativity and Design Services and Related Industries: Guo Fa [2014] No.10[EB/OL]. (2014-03-14)[2020-09-21]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-03/14/content\\_8713.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-03/14/content_8713.htm).
- [56] 习近平. 决胜全面建成小康社会夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告[M]. 北京: 人民出版社, 2017.  
XI Jin-ping. Decisive Victory in Building a Well-off Society in All Respects and Seizing the Great Victory of Socialism with Chinese Characteristics in the New Era: Report at the 19th National Congress of the Communist Party of China[M]. Beijing: People's Publishing House, 2017.
- [57] 王震亚. 开放的设计=更多的可能[J]. 设计, 2019, 32(18): 64-68.  
WANG Zhen-ya. Open Is More[J]. Design, 2019, 32(18): 64-68.