

# 人工智能 2.0 驱动的可持续设计升维路径研究

高云庭

(东南大学 艺术学院, 南京 211189)

**摘要:** **目的** 阐述新一代人工智能驱动下的可持续设计升维路径, 为人工智能技术的合理设计应用提供一定的依据与支持。**方法** 基于人工智能 2.0 应用技术和大量设计实践案例调研, 围绕“人工智能+”技术思维, 通过层次结构与比较分析, 研究可持续理念下设计的内容、方法、流程、形式、效果等方面所展现出的增值效应和新的特征, 探索可持续设计的升级模式与技术应用途径。**结果** 可持续设计的发展演变受新一代人工智能技术的影响, 并存在识、思、像、构四个升维路径。**结论** 可持续设计与人工智能的融合是大势所趋, 从认知、思考、表达、行动四个向度赋予设计及其对象智能化功能与更多价值, 新的工具和主体会深刻影响到环境、经济、社会三个维度的设计价值创造。

**关键词:** 可持续设计; 人工智能 2.0; 技术应用; 升维

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)02-0200-11

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.02.026

## Dimension-Raising Path of Sustainable Design Driven by AI 2.0

GAO Yun-ting

(School of Art, Southeast University, Nanjing 211189)

**ABSTRACT:** This paper expounds on the dimension-increasing path of sustainable design driven by the new generation of artificial intelligence, and provides a certain basis and support for the rational design and application of artificial intelligence technology. Based on the application technology of artificial intelligence 2.0 and a large number of design practice cases, the value-added effect and new characteristics of design content, method, process, form, effect and other aspects of design under the concept of sustainable design are studied through hierarchical structure and comparative analysis, and the upgrading mode and technical application approach of sustainable design are explored. The development and evolution of sustainable design are affected by the new generation of artificial intelligence technology, and there are four ways to increase the dimension of sustainable design: recognition, thinking, image and construction. The continuous integration of sustainable design and artificial intelligence has become an obvious trend. The intelligent function and multi-meaning value of design and its objects will be given from the four dimensions that cognition, thinking, expression and action. The new tools and subjects will profoundly affect the design value creation of the environment, economy and society.

**KEY WORDS:** sustainable Design; artificial intelligence 2.0; technology application; upgrade

人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 是从计算机科学中分支出来的一项正在快速发展的重要技术, 由此所形成的一系列变化正推动着人类社会步入人工智能时代。人工智能技术业已展现出颠覆各行业秩序的重构性力量, 其对可持续设计 (Sustainable De-

sign) 的强有力的影响, 已是不争的事实, 正为设计端、服务端和运行端提供新的助力。在人口老龄化、城市化、虚拟化、新冠疫情常态化等复杂的发展背景下, 可持续设计迫切需要找到新的增长点以夯实整体行动能力基础。图像处理、感知技术、成像技术、交

收稿日期: 2021-10-24

基金项目: 广东省重点培育建设学科“设计艺术学”项目 (粤教研函 2012.13 号); 广东省质量工程与教研教改项目 (CXQX-ZI201802); 广东省普通高校重点领域专项项目 (2020ZDZX1017)

作者简介: 高云庭 (1986—), 男, 湖北人, 东南大学艺术学院博士生, 主要从事可持续设计、艺术学理论研究。

互技术、模拟技术、语音处理、控制技术、数据处理、机器决策等智能技术，越来越成为可持续设计中用于设计创新、功能升级的理论方法和应用策略。作为一个代理主体的人工智能，能够在独立或半独立的状态下，模拟、替代设计师或与设计师合作，模拟、替代产品或与产品合作，在诸多方面有着系统性、结构化的广阔应用前景。

### 1 可持续设计的智能化历程

人工智能是指能够模拟人类智能活动的智能机器、技术或系统<sup>[1]</sup>。可持续设计在 20 世纪 60 年代的萌芽阶段，设计师们就已尝试运用人工智能，巴克明斯特·富勒是早期的代表人物<sup>[2]</sup>，具体的应用研究可追溯到 1970 年的形态语法<sup>[3]</sup>。一代又一代的可持续设计师们一直在努力将计算和机器带入设计。人工智能从 1965 年诞生到经历两次低谷之后，终于在 2016 年迎来了新的爆发期，在泛化大发展中走向了 2.0 阶段<sup>[4]</sup>，国务院于 2017 年 7 月 8 日印发的《新一代人工智能发展规划》明确了我国人工智能 2.0 的“五智”总体发展走向<sup>[5-6]</sup>。目前，许多国家已将人工智能 2.0 列为国家发展战略，并在其技术保障、人才培养、法规建设、体制完善和发展环境等方面提供强力支持<sup>[7-10]</sup>。设计的可持续化进程方兴未艾，人工智能的换代进化影响是必然的主流趋势，见图 1。

人工智能 2.0 是基于信息新环境和发展新目标之重大变化的新一代人工智能，是人、计算机、互联网三者融合的智能系统。它正在渗入可持续设计的绝大部分领域，并已成为深度影响可持续设计的大数据、物联网等热门技术的发展指向。可持续设计的各个方

面都将不可避免地被人工智能赋能所改变，并已初步呈现出新的特征：（1）流程协同化，表现在多类设计者和多种机器算法的协同创造，多项智能技术和多款设计工具的协同作用，“人一机”动因互叠交织，在思考和行为关联中共同推进设计；（2）技术复杂化，表现在自组织生成与自适应优化的信息集成、关联建构和决策制定过程中，它变辅助为自主，变单一为多种，变组合为复合；（3）形态多元化，表现在形态的科技感、生态化和人文性的局部分离和深度融合，面向体量扩大和非几何两个演变方向，产品形态趋于标准化、自由化、简洁化和自然化的多元特征。

### 2 智能时代的可持续设计

若可持续设计与所有要素的网络化连接关系形成，设计的可持续化进程才刚刚开始<sup>[11]</sup>，那么可持续设计与人工智能 2.0 的泛化连接关系形成，可持续设计将发挥的重要作用才刚刚起步。会听、会看、会说、会思考、会学习、会行动的人工智能<sup>[12]</sup>给可持续设计带来的升维影响必将是史无前例的，智能化使技术从外部条件转变为设计要素本身，促进设计的环保创新、价值创新、社会创新。一方面，可持续设计能够利用的资源场域正在从物理空间扩展到信息空间<sup>[13]</sup>，另一方面，可持续设计对环境、社会和经济三重系统的改造和协调作用能力也不断地增强。可持续设计将具有在一个复杂的环境、社会、经济和技术大系统中识别、定义、解决问题的能力，从而把环境置于保护对象和发展要素之间更优的平衡位置，释放经济价值在环境效益基底上的增长潜力，更好地覆盖多方利益，更有效地应对各层次多方面的社会问题，见图 2。

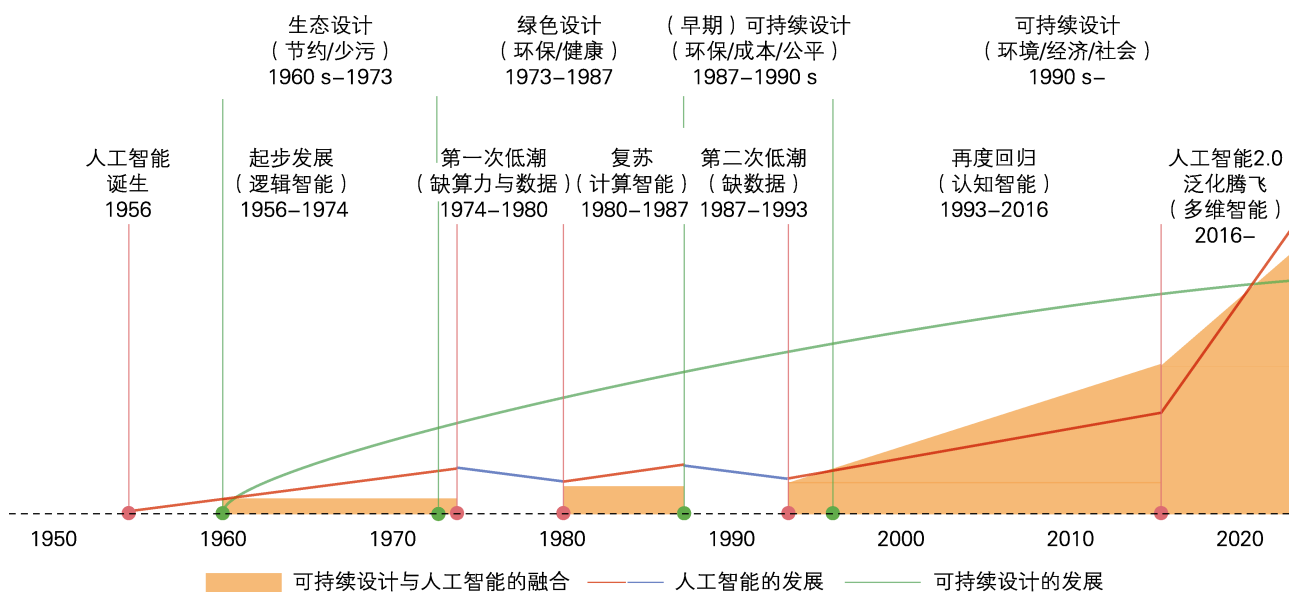


图 1 可持续设计与人工智能的融合历程

Fig.1 The process of integration of sustainable design and artificial intelligence

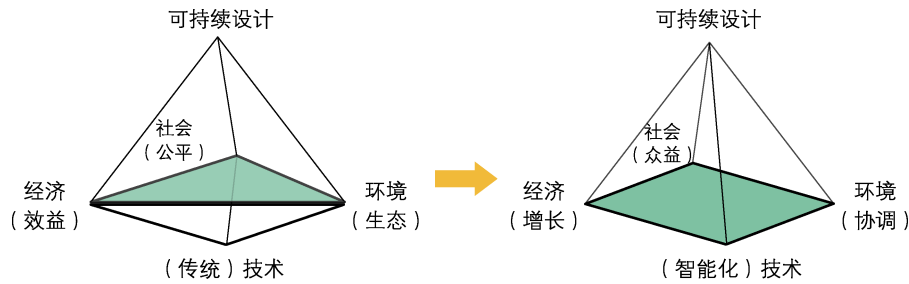


图2 人工智能 2.0 影响下的可持续设计技术角色转变

Fig.2 The role change of sustainable design technology under the influence of AI 2.0

## 2.1 设计诉求特征

人工智能 2.0 基于对自然智能奥秘的理解<sup>[14]</sup>, 所依据的高科技产业在低碳、环保方面具有明显优势<sup>[15]</sup>, 是可持续理念的体现。新一代人工智能所擅长的多数领域恰恰是可持续设计者所不擅长的, 许多算法模型已具有理解世界结构和自主价值创造的能力<sup>[16]</sup>。可持续设计对人工智能这一发展新动能存在非常明确的需求。

### 2.1.1 设计创新的高技术需求

过往的可持续设计常困于创新不足或缺乏技术支撑的尴尬境地, 人工智能 2.0 的技术运用能最大程度地扭转这种局面, 顺应基于人本主义的三系统意义创新发展趋势, 为设计引领可持续创新带来黄金机遇。首先, 人工智能的高新技术特点可以从科学的角度为设计提供强大的绿色型技术支持。其次, 众多的新技术连接或整合产生了极为丰富的可能性, 很容易触发新的原始性可持续设计创新。最后, 人工智能的多视角、去焦点化观察特点往往能从系统、信息、计算、拼接、突变等方面形成颠覆式的新景象, 拓展“生态—人文”的设计视野与思维, 进而生发机器的自主创新和某种新启示下的主观设计创新。

### 2.1.2 多边参与的深度性需求

多方的切实有效参与是设计践行可持续的重要特征和方法。数字孪生、虚拟场景、实时交互等智能模拟技术可以按照人的意图设想将预设方案做实时表现, 基于数据驱动的可持续性能映射模型和智能建模软件更是日渐模糊了设计师与参与者的界限, 用户、专家、生产者、管理者、利益相关者可以就性能、结构、样式、色彩等方面深度参与“理想对象”的设计<sup>[17-19]</sup>。人与产品的交互在其生成之前就已开始构建多维度的可持续意义, 确保了设计结果与目标受众在日益复杂的环境中正向意义的有效匹配, 进而促进了功能范式向更多重价值的体验范式转向<sup>[20]</sup>。

### 2.1.3 大规模异构数据处理需求

数据已是可持续设计中的重要资产和价值创造的核心动力源, 大约 80% 的可持续设计数据为非结构性“杂”数据<sup>[21-22]</sup>。设计师、传统技术与环境等学科

知识技能的小样本信息处理能力在体量庞大、种类多样的数据处理需求面前显然已力不从心, 难以应对现代复杂“生态—经济—文化”环境下的数字化生存问题<sup>[23]</sup>。人工智能与大数据是天生的一对搭档<sup>[24]</sup>, 对海量的功能、生态、文化、形态等各种数据, 人工智能可以从中提取环境信息和对象知识, 并做理性解释和活性运用, 这是可持续设计把数据价值真正切入设计价值与功能意义的关键前提。

### 2.1.4 多样化精准功能定位需求

随着可持续设计理念和方法的不断发展与完善, 所探索的问题已呈现出超越各种功能的系统化, 强调系统功能的多样性与个性化态势。传统的主观性、模糊性与抽象性认知特征使设计者难以获取对象的真实需求, 准确量化的设计决策并非易事。多信道判识、智能传感、大数据分析等技术能够更全面确切地获悉生态、环境、资源、系统、平台、人等方面的信息, 有助于在数量巨大的“长尾”上建立设计指向与真实诉求的精准匹配, 从根本上解放需求端的功能使用者、系统服务对象或资源消费者, 这是现阶段可持续设计满足使用、生态、文化等个性价值所迫切需要的技术支持。

### 2.1.5 设计运作效率迭代需求

随着智能化观念和技术的深度影响, 可持续设计的运作模式、工作节奏、技术兼容度都不能适应新的时代环境要求, 必须适时做出调整, 实现顺应变化趋势的迭代设计。可持续设计的这一流程转型有明显的节约资源和环境保护意义内涵。人工智能设计本质上基于数据、算力、算法的共同运作而完成的, 相应提高或替代的是设计者的记忆、反应、分析能力。机器能接手大量烦琐低效的“体力劳动式”的重复性工作, 可有效缩短设计周期、大幅提升工作效率、节约人力物力财力, 同时释放设计师的创造力。这种新型人机适应关系是可持续设计效率提升最有效的推动力量。

## 2.2 升维设计的五种技术类型

根据人工智能 2.0 技术的数智、群智、合智、混智、自智特征, 其在可持续设计中的应用相应概括为五类技术体系: 大数据智能、互联网群体智能、跨媒体智能、人机混合增强智能、自主智能<sup>[25]</sup>。它们是基



于计算程序和万联网连接起人、物、计算机，对计算机视觉、语音处理、自然语言处理、规划决策系统和大数据或统计分析等基础技术<sup>[26]</sup>的组合化与整合化运用的新形态：(1) 大数据智能（数据处理、数据库、知识表示等）是大数据驱动和知识指导相结合进行特点分析与创造输出的智能技术；(2) 互联网群体智能（开源信息系统、使用反馈平台、资源调控平台等）是基于互联网进行信息集成与协同联动的群体智能技术；(3) 跨媒体智能（多类传感整合、多信息转化、全景模拟等）是拟合多信道智能技术形成信息与行为智能的智能技术；(4) 人机混合增强智能（智能穿戴设备、人机协同系统、远程操作参与等）是机器在预设条件下增强人的能力的混合型智能技术；(5) 自主智能（性能映射模型、信息建模系统、自主决策等）是能够自动完成设计任务或是执行可持续功能的机器或程序型智能技术。

与传统人工智能技术相比，2.0 阶段的人工智能技术超出了人与机的关系范畴，它们是网络化技术架构的全面覆盖性智能技术。有关数据维度的智能技术适用范围最为广泛，多个智能体组合的群智技术存在传统性倾向，多通道智能整合技术对其他智能技术的依赖性最高，自主智能技术虽已无人化但适用范围比较窄，增强型协同智能技术需要人的参与度最高，见图 3。有人参与的窄适用域智能技术使可持续设计保留某种传统化特征，无人化的广适用域智能技术更容易使可持续设计变得自动化。这些特点各异的技术在环境、社会、经济的三重意义系统中，能以非常复杂多样的方式进行单独或组合运用，使可持续设计更好地实现价值创造。

### 3 可持续设计面向人工智能 2.0 的四重发展向度

“延展智能”作为一种新的人工智能范式，改变

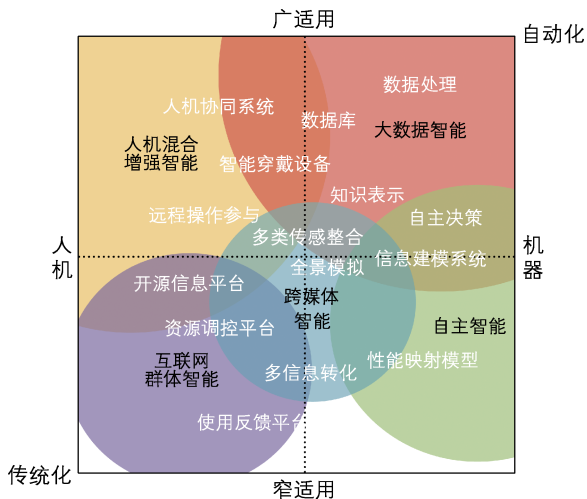


图 3 主要应用技术的分维属性

Fig.3 The dimension attributes of main application technologies

的是理解信息的认知程度、关照世界的思维模式、意图想象的表达形式、构造意义的行动方法，这必然引发新的可持续设计范式<sup>[27]</sup>。基于系统科学与复杂性思维，数据、计算和网络的看似单向度的人工智能技术，增强的并不是某个单一价值观，而是整个可持续设计的复杂生态，总体表现在“识”“思”“像”“构”四重向度。识，即感识，是认知向度的升维，提升的是信息获取与数据处理的能力；思，即思考，是思维向度的升维，提升的是知识生产与分析决断的能力；像，即拟象，是表达向度的升维，提升的是意义展现与信息传递的能力；构，即建构，是行动向度的升维，提升的是设计创造与意义价值生成的能力。

新技术、新工具所衍生的新思维方式，以及一系列新理念、新方法、新要素，在全新关系中提升着设计的思维能力、组织能力及实现能力。从形而上的角度看，识与构存在虚（非物）与实（物）的互映关系，思与像存在质（内容）与形（形式）的互存关系，可持续设计对人工智能的融合就在这种虚实相映、形质相生的二元动态关系中得到自我与对象化的发展升级。识、思、像、构在两个层面和两个维度上创造出可持续设计升维的价值意义，识与构是作用在行为层面上，形成依托智能信息获取的认知升维，依托主动计算机器的行动升维；思与像是作用在思想层面上，形成依托分析决断模型的思维升维，依托信息转化呈现技术的表达升维；识与思是属性内化过程，形成依托于大数据识别技术的认知升维，依托数据处理技术的思维升维；像与构是意义外化过程，形成依托交互式实时模拟的表达升维，依托自主创造与执行技术的行动升维，见图 4。

各种人工智能技术驱动的可持续设计变革影响是多层次、多点位、多面向的，既用于垂直领域，也

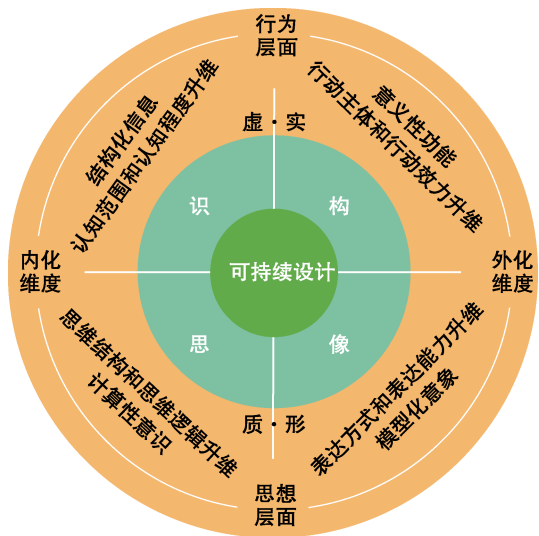


图 4 四重升维路径的基本性质及关系

Fig.4 The basic properties and relations of four dimension-raising paths

用于横向面域。具体来说,识之向度的升维主要基于数据处理、数据库、开源信息平台、使用反馈平台、智能穿戴设备、人机协同系统、多类传感整合、多信息转化、自主决策等技术;思之向度的升维主要基于数据处理、数据库、知识表示、开源信息平台、人机协同系统、远程操作参与、自主决策等技术;像之向度的升维主要基于人机协同系统、远程操作参与、多信息转化、全景模拟、信息建模系统、自主决策等技术;构之向度的升维主要基于数据处理、数据库、资源调控平台、智能穿戴设备、人机协同系统、远程操作参与、性能映射模型、自主决策等技术,见表1。识、思、像、构既是四个升维方向,也是一个交叠有序的循环发展过程。这种效应既影响到内涵表现,也改变着功能意义;既赋能于方案设计,也提升着产品功能。四种模式相互影响,交织着推动可持续设计往前演进。新一代人工智能技术应用在环境、社会、经济三方面的许多可持续设计实践中显现出设计赋能与价值创造的升维效应。

#### 4 识:海量数据信息架构的认知性拓展

识之向度的人工智能技术在可持续设计中的应用,既扩大客观认知范围,也深化主观认知程度,呈

现出针对性转向全环境、图文型转向数据型、静态获取转向动态获取、物理感知转向网络传感、正确性转向精确性的升维倾向。各种技术(网络爬虫、云平台、多点定位、数据计算等)和设备(传感器、摄像头、智能穿戴等)的组合或整合,能通过看、听、嗅、触、识等信息通道自主获取长时间的、连续的、大量的、全样本的各种属性、行为和时空数据,帮助设计者和设计对象更多维、更深层地观察、感知和了解人与环境,甚至能以可理解的互动方式将人的生理、行为、情绪等状态和环境要素的变化集中快速地反映到机器中<sup>[28-29]</sup>,见表2。认知中的“数据、算法”模式正在颠覆“物理、经验”模式,使可持续设计走向自然科学领域的特征。可持续设计中的认知性将向垂直化和异质性方向扩展,并转向细分化多焦点复合、全域化多层次综合。

在前期调研和信息收集阶段,各种智能认知技术和设备大大缩短了观察用户、环境分析、案例摄取等工作的耗时,也减少了个人理解偏差,为价值定位和功能展开提供更完整的依据。大疆飞行眼镜采用“摄像头+穿戴式”远程同步VR技术,VR眼镜背后的头旋转传感器可以控制云台摄像机实现场景实时传输,同时眼镜还与网络知识库连接,可随时调取各种资

表1 四重升维路径的具体内容  
Tab.1 Specific contents of four dimension increasing paths

升维路径	技术因素		路径特质		影响域	
	动力基础	关键技术类型	内涵表现	功能意义	设计域	产品域
设计之识	多维广源数据的信息分析处理能力	大数据智能/互联网群体智能/人机混合增强智能/跨媒体智能/自主智能	认知范围深广化	认知程度的拓展	问题调研信息采集	对象感知环境感知
设计之思	计算性、自主性、泛在性的智能技术加载	大数据智能/互联网群体智能/人机混合增强智能/自主智能	思维结构迭新化	思维逻辑的重塑	观念思路设计分析	信息处理智能决策
设计之像	交互式多拟态模型的赋能	跨媒体智能/人机混合增强智能/自主智能	表达方式多维化	表达能力的增强	调研表达设计表达	信息传达人机交互
设计之构	三系统意义生成的主体性升级演替	大数据智能/互联网群体智能/人机混合增强智能/自主智能	行动主体二元化	行动效力的提升	方案设计性能评价	功能实现意义创造

表2 识之升维向度的五类技术典型应用  
Tab.2 Typical application of cognition upgrade promoted by five kinds of intelligent technology



数据库(中国生态环境数据库):大量数据信息使三系统对象特征更清晰,图片来源根据公开资料绘制  
 开源信息平台(特赞DesignNet数据集):利用网站、邮箱、微信群等渠道广泛载入可持续价值认知,图片来源DesignNet  
 智能穿戴设备(光启技术N901测温头盔)智能辅助设备使信息获取更加实时、高效,图片来源浙江科技新闻网  
 多类传感整合(环境生态监测器):通过(远程的)多类信息集成形成整体认知,图片来源根据公开资料改绘  
 自主决策(国外无人机摄影测量设备):系统自主完成高精度的对象及环境数据收集工作<sup>[30]</sup>



料，便于识别所见之物并获悉相关信息，见图 5（图片来源根据设备影像绘制）。这个智能穿戴的人机协同设备整合多种传感和开源信息等技术，让设计者便于获取更丰富的对象数据信息。

多连接的产品感知技术可对环境与对象进行更全面的感知与监测，为功能输出即时调整提供智能化支持。麻省理工学院城市科学研究组研发的城市智家多功能可变空间，见图 6（图片来源 THECOOLIST）配备有 200 多个第三代环境传感器（TerMITes），分别置于部件和家具中，用于自主收集带有时间和地点标记的温湿度、运动、环境光线、CO<sub>2</sub> 等数据。TerMITes 通过低功耗 Wi-Fi 将数据自动上传到中央数据库。TerMITes 拟合多类传感技术获取环境特征和用户使用情况，为改造和迭代设计提供有效依据<sup>[31]</sup>。

### 5 思：智能技术理性映射的思维性重塑

思之向度的人工智能技术在可持续设计中的应



图 5 大疆飞行眼镜应用场景  
Fig.5 Application scenarios of Dajiang flying glasses

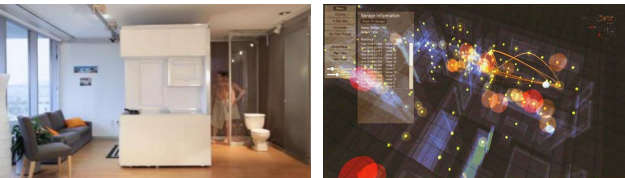


图 6 装有 TerMITes 传感器的城市智家空间及中央数据系统  
Fig.6 Urban Smart Home space and central data system equipped with TerMITes sensor

用，既革新观念思维结构，也重塑思维模式逻辑，呈现出逻辑式转向程序式、单一主体转向混合主体、经验主导转向质量结合、三系统维度转向三空间维度、专业知识转向知识整合的升维倾向。基于多元数据集、开源信息系统、人机协同技术等完成的知识图谱及自主分析与决策，人工智能通过分析、合成、构思、调整和验证五个计算步骤<sup>[32]</sup>，见表 3。可以理清数据中的模式、趋势、相关性等普遍现象与基本规律，接管大量经验性和总结性的思考工作或功能，并且其结果更具系统性、可比性、科学性和可靠性。相关的计算机科学、系统科学和统计科学等多领域技术及观念向设计思维的深度融合，在可持续理念框架下正在改变设计的底层逻辑，“可持续 AI+”思维语境将重新定义可持续设计的内容、范式、流程、工具和手段。

新的算法模型或多算法耦合可以更有效地进行学习、分析、推理、决策、管理，对形态要素、能耗、生态影响、材料等做全流程、全生命周期的整体性考量。例如，基于网络化和云平台的多维数据处理和算法耦合技术，运用反向传播神经网络（BPNN）与多目标进化算法（MOEA）展开的多目标优化计算，能突破以往算法模型耗时长的瓶颈，通过各项神经网络预测值与目标值相关性分析，有效权衡天然采光和热舒适性能目标与设备能耗的关系，进而对节能设计进行优化与决策支持，见图 7（图片来源根据文献资料改绘）。

产品内置的智能程序组合能自主对从外界输入的信息进行语义分析，判断使用者意图、新的需求点和环境要素变化，并做出能创造功能价值的决策反馈。I 搭智能搭配系统运用机器学习和模式识别技术，根据用户此刻的穿衣喜好或是着装的场景需求，自动推荐全身服饰搭配，提高衣物的使用效率，见图 8（图片来源尚科技），同时，还可将这个系统连接到慈善网络平台，让系统智能搜索平台上的公益需求并进行匹配，将不需要但尚可利用的衣物通过慈善网站精准地捐赠给有需要的人。

表 3 思之升维向度的五类技术典型应用

Tab.3 Typical application of thinking upgrade promoted by five kinds of intelligent technology



知识表示（使用者知识网络图谱）：利用数据信息有序自组织可持续知识图谱，图片来源造就

开源信息平台（LeNS 全球可持续设计知识网 ET 环境大脑）：机器对数据的精确计算及定性分析是科学研判的重要部分，图片来源 LeNS

人机协同系统（阿里云 ET 环境大脑）：机器对数据的多信息转化（谷歌交通环境判识系统）：通过全环境信息的综合分析做出更全面的评判，图片来源根据公开资料改绘

自主决策（天辰 TCBCI 绿色选材系统）：系统自主完成信息规整、分析与处理工作，图片来源绿色材库软件主页

自主决策(天辰 TCBCI 绿色选材系统)：系统自主完成信息规整、分析与处理工作,图片来源绿色材库软件主页

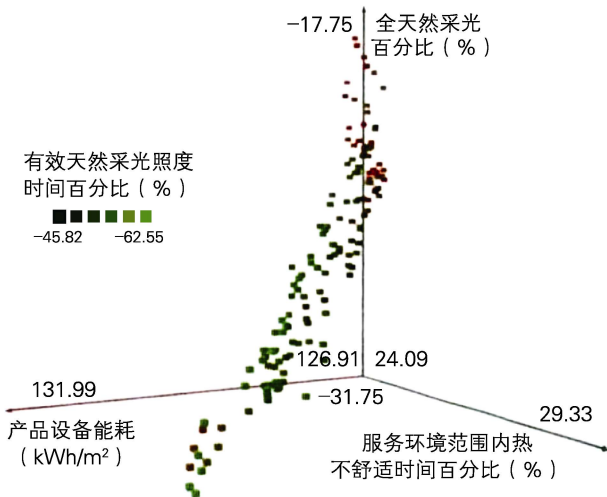


图7 耦合 MOEA 和 BPNN 的多性能自主分析  
Fig.7 Multi performance autonomous analysis of coupling MOEA and BPNN



图8 I 搭智能搭配软件及应用界面系统  
Fig.8 I intelligent matching software and application interface system

### 6 像：多维模态事理转化的表达性增强

像之向度的人工智能技术在可持续设计中的应用，既多维丰富表达方式，也全面提升表达能力，呈现出分段单层次转向全生命周期、单向表达转向实时交互、二维表现转向多维结合、物质性转向非物质、

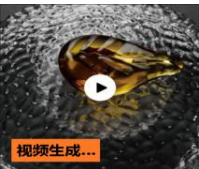



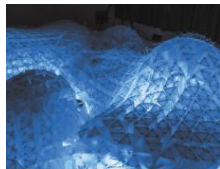
软件界面转向拟态模型的升维倾向。依托信息建模、数字孪生、语音合成、图像生成、交互显示界面等技术，可视化、清晰化、立体化的系统性数字信息和各路信号具有二维图像表达、三维立体表达、四维动态表达、N 维全息表达、N + 维实时反馈表达等信息呈现形式，见表 4。一方面，它们能实现从自然与社会尺度到单个因素尺度、从生态性要素到人性化要素的全方位表达；另一方面，它们能以多种形式进行即时性、交互性的意图、状态和功能表达。多因素复合权衡与多表达方式耦合预测计算能精确呈现出信息内容，作为媒介的多模态信息载体将成为人、物与环境交互的重要环节，使主客体之间能快速达成目标价值实现的最优路径。

设计中的智能化表达系统能准确细化地模拟形态、性能、结构、影响因素等，可以实现全周期、全要素、参数化、多情景与互动式<sup>[34]</sup>的设计表现，推动可持续设计生成评价一体化流程转变趋势。Desktop Metal 公司的 Live Parts 软件能根据用户正在构建的对象结构限制和输入的约束条件，见图 9（图片来源根据公开资料绘制），使用基于生物灵感的人工智能模型，快速生成带有性能结构信息的较少材料消耗的三维形态，并与 3D 打印系统连接，自主生成实物模型。Live Parts 降低了技术门槛，也节约了生成转化成本，能快速生成实用性较高的设计模型。

信息智能传达系统能更好地提示产品功能、意图、状态和环境变化，提升产品的易用性和多层次使用体验，加强智能产品之间的连接互动。例如，为渐冻症患者设计辅助表达产品可以整合脑电捕捉和机器学习技术，将语音和成像技术作为新的用户界面<sup>[35]</sup>，利用全息投影展现患者的面部表情和情绪，利用语音合成技术播放患者想表达的语言，并通过不同颜色的灯闪提示有脑电信号产生，或是情绪激动、需要陪护、设备故障等情况，见图 10（图片来源根据文献资料改绘）。这样既节省了屏幕设备的材料消耗，又让患者能够像正常人一般有尊严地表达交流。

表 4 像之升维向度的五类技术典型应用

Tab.4 Typical application of expression upgrade promoted by five kinds of intelligent technology

				
知识表示 (AlibabaWood 图文转视频生成器): 全生命周期信息的结构化意义展现, 图片来源 alibabawood	资源调控平台(环境信息传达器): 组合多种信息表达形式获取、传达重要信息, 图片来源作者自绘	人机协同系统(MIT 人机互动界面): 多感交互界面使人能即时了解和调整需求功能适配度, 图片来源 MIT Media	全景模拟(索尼 360 度圆柱形显示屏): 多信道动态虚拟现实模拟大大降低表达成本, 图片来源新浪科技	信息建模系统(图像算法生成的 MONA 仿生装置): 系统根据数据自动生成信息或形态模型 <sup>[33]</sup>



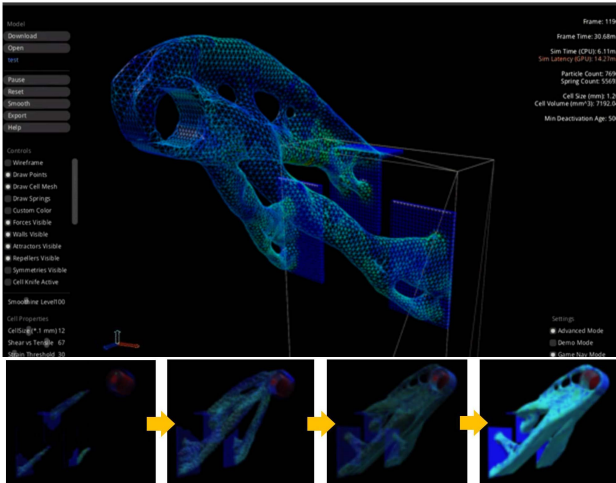


图 9 Live Parts 自动建模软件  
Fig.9 Live parts automatic modeling software



图 10 渐冻症患者辅助表达产品及信息模拟系统  
Fig.10 Product and information simulation system for ALS patients

## 7 构：二元主体价值创造的行动性提升

构之向度的人工智能技术在可持续设计中的应用, 既二元细分行动主体, 也赋能主体行动效力, 呈现出低效率转向高效率、操作性转向自主性、单一主体转向人机协同、技术支持转向平台支持、线性实现转向交替生成的升维倾向, 见表 5。性能映射算法、智能调控平台、自主行动机器、人机互助设备、智能穿戴设备等技术, 使行动机器成为兼具主体性、工具性和客体性的存在, 能完成自组织生成与自适应优化。三系统意义生成的主体性演替正在发生, “行动者” 位置必然将存在人与“非人”的叠加、网络与身份集合<sup>[36]</sup>。一方是自上而下的可持续理念导向, 一方是自下而上的三系统数据导向; 一种基于双主体协同联动的“生物机制”, 在功能价值生成与实践已建立起“意图—功能—价值”的全新连接, 可持续设计中新的“创造基因”将充分激活人的智慧和机器智能, 融合发挥共情、创意、责任和数据、逻辑、计算等工具优势, 提升设计与功能的品质和效率。

不断迭新的算法模型能完成越来越多的重复性、可计算、体力型设计工作, 以及初步设计<sup>[38]</sup>和方案评价<sup>[39]</sup>, 算法机器与人的协同提升了设计效率, 让设计者回归创造本质。例如, 条件生成对抗网络 (CGAN) 能很好地帮助设计者处理性能的“结构—形态”等二元要素设计问题<sup>[40-41]</sup>。CGAN 算法对设计者收集的设计数据及成功案例进行学习分析训练, 能自动寻出环境、社会、经济三方面的重要特征及与形态的关联, 并可据此结合设计条件快速完成大量符合可持续性要求的新方案设计, 设计者可筛选较好的方案再进行深化细节的创作和完善, 见图 11。

系统化智能产品的功能价值输出主体已不限于静态功能, 自主机器或程序也是执行功能和意义生产的主体, 功能变得更加多元, 并可以自主实现。麻省理工学院媒体实验室研发的城市无人智慧车 (PEV) 系统, 见图 12 (图片来源 MIT Media Lab) 通过智能监控中心统一调控, 高峰时段载人、空闲时段快递包

表 5 构之升维向度的五类技术典型应用

Tab.5 Typical application of action upgrade promoted by five kinds of intelligent technology

数据处理 (阿里垃圾分类 APP): 从数据的可持续知识中快速形成智能行为, 图片来源淘宝 APP	资源调控平台 (京东“亚洲一号”物流中心): 互动的机器或程序生成自动或半自动的交互行为, 图片来源中新网	远程操作参与 (MIT in-FORM 远程设计装置): 通过机器载体以非具身在场的低碳方式进行现场参与, 图片来源 Mashable	多信息转化 (木马设计普罗娜智慧路灯): 依据多环境要素调配相应技术功能的运行, 图片来源 MOMA 木马	性能映射模型 (GAN 生成的木质椅): 算法模型学习可持续案例后能自主进行协同或辅助创造 <sup>[37]</sup>



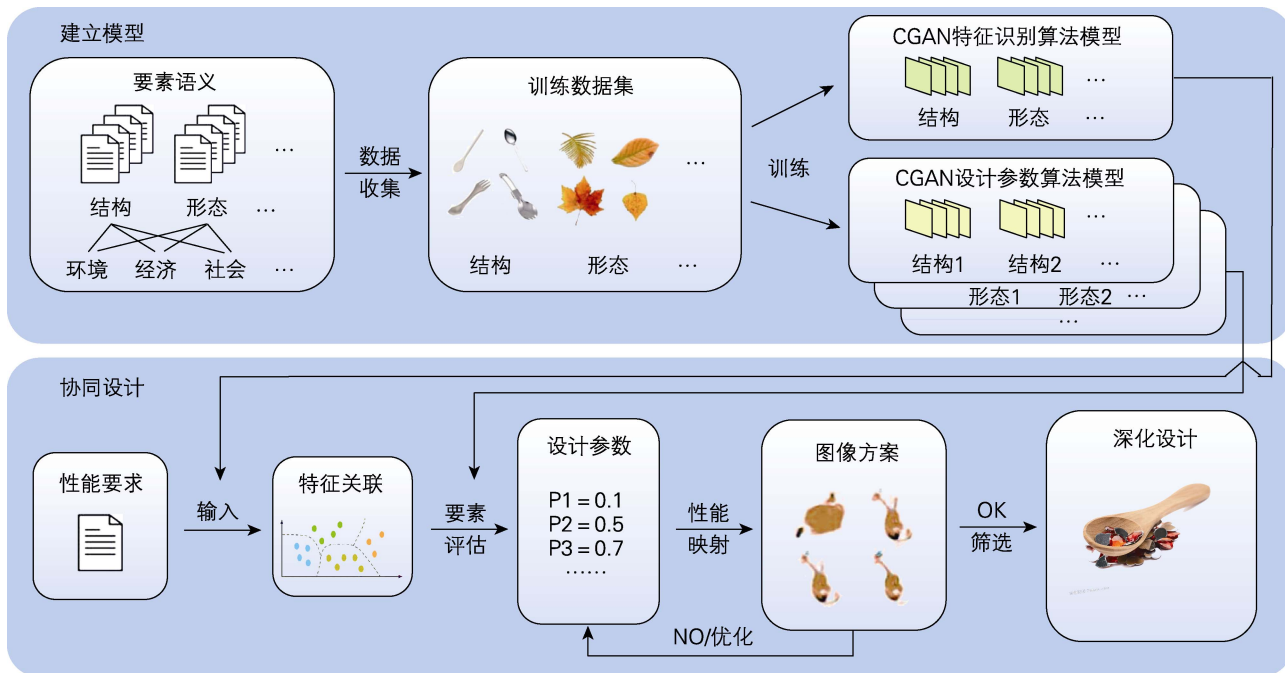


图 11 设计者与 CGAN 算法规器协同的可持续设计流程  
 Fig.11 Sustainable design process for designers in collaboration with CGAN algorithmic machines



图 12 PEV 多用途无人共享车及终端管控系统  
 Fig.12 PEV multi purpose vehicle and terminal management and control system

裹。运用大数据分析预测让 PEV 提前到达高需求区域，平衡供给，避免拥堵。骑车人可通过手机 APP 召唤最近的 PEV 自动驶来<sup>[42]</sup>。PEV 创造了一种安全、低碳、低成本、共享的能增加城市活力和人际交往的友好出行方式。

### 8 结语

在新一代人工智能推动可持续设计的升维过程中，虽然以往的数据质量、伦理安全<sup>[43]</sup>、经验时效等问题同样存在，但并不影响人工智能技术顺着识、思、像、构四条路径逐渐发展为可持续设计的一种基础技术，将设计的可持续内容扩展为人与自然、人与社会、人与自我、人与智能的关系范畴，赋予可持续设计丰富的理论和实践能力。阐释识、思、像、构四重升维路径，有助于认清可持续设计变革所面临的新环境、

新形势、新问题，促进人工智能 2.0 技术向可持续设计的良性融入。认知、思维、表达、行动四重向度的人工智能技术运用，应继续秉承“变通”与“坚守”的辩证思路，发展出自然与人文、人性与智能的平衡，创造可适用、可解释、可持续的智能化设计方案。

### 参考文献：

[1] 朱巍, 陈慧慧, 田思媛, 等. 人工智能: 从科学梦到新蓝海——人工智能产业发展分析及对策[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(21): 66-70.  
 ZHU Wei, CHEN Hui-hui, TIAN Si-yuan, et al. Artificial Intelligence: New Blue Ocean from a Scientific Dream: Analysis and Countermeasures of the Development Situation of AI Industry[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2016, 33(21): 66-70.

- [2] 范凌. 过去的未来: 富勒、亚历山大和尼葛洛庞帝 [EB/OL]. (2017-04-27)[2021-10-11]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/26611850>FAN Ling. The future of the past: Fuller, Alexander and Negroponte [EB/OL]. (2017-04-27)[2021-10-11]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/26611850>.
- [3] 蔡凌豪, 范凌, 赖文波, 等. 设计视角下人工智能的定义、应用及影响[J]. 景观设计学, 2018, 6(2): 56-63. CAI Ling-hao, fAN Ling, LAI Wen-bo, et al. Definition, Application and Influence of Artificial Intelligence on Design Industries[J]. Landscape Architecture Frontiers, 2018, 6(2): 56-63.
- [4] 潘云鹤. 人类世界正由两元空间变成三元空间[N]. 中国信息化周报, 2019-11-11(7). PAN Yun-he. The Human World is Changing from Two-dimensional Space to Three-dimensional Space[N]. China Information Weekly, 2019-11-11(7).
- [5] 中国国务院新闻办公室. 《新一代人工智能发展规划》政策解读[EB/OL]. (2017-07-24)[2021-09-12]. <http://www.scio.gov.cn/34473/34515/Document/1559231/1559231.htm>. The State Council Information Office of the People's Republic of China. Policy Interpretation of the new Generation Artificial Intelligence Development Plan [EB/OL]. (2017-07-24)[2021-09-12]. <http://www.scio.gov.cn/34473/34515/Document/1559231/1559231.htm>.
- [6] 中国国务院新闻办公室. 新一代人工智能具有五大特点 [EB/OL]. (2017-07-21)[2021-10-15]. <http://www.scio.gov.cn/32344/32345/35889/36946/zy36950/Document/1559026/1559026.htm>. The State Council Information Office of the People's Republic of China. the Five Characteristics of the new Generation of Artificial Intelligence [EB/OL]. (2017-07-21)[2021-10-15]. <http://www.scio.gov.cn/32344/32345/35889/36946/zy36950/Document/1559026/1559026.htm>.
- [7] 郭宇. 人工智能与家居设计[J]. 包装工程, 2017, 38(16): 12-15. GUO Yu. Artificial Intelligence and Home Design[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(16): 12-15.
- [8] 武慧君, 邱灿红. 人工智能 2.0 时代可持续发展城市的规划应对[J]. 规划师, 2018, 34(11): 34-39. WU Hui-jun, QIU Can-hong. Planning Response of Sustainable Development City in AI v2. 0 Era[J]. Planners, 2018, 34(11): 34-39.
- [9] 王文军, 李琪, 刘丹. 论人工智能时代绿色发展的挑战及应对[J]. 西安财经学院学报, 2020, 33(1): 30-36. WANG Wen-jun, LI Qi, LIU Dan. Challenges and Countermeasures of Green Development in the Era of Artificial Intelligence[J]. Journal of Xi'an University of Finance and Economics, 2020, 33(1): 30-36.
- [10] 姜鹏, 曹琳, 倪聆. 新一代人工智能推动城市规划变革的趋势展望[J]. 规划师, 2018, 34(11): 5-12. JIANG Peng, CAO Lin, NI Gang. The Prospect of AI-driven Urban Planning Reform in the New Era [J]. Planners, 2018, 34(11): 5-12.
- [11] 曼纽尔·卡斯特. 网络社会的崛起[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2001. MANUEL C. The Rise of thr Network Society [M]. Beijing: Social Science Academic Press, 2001.
- [12] 谭铁牛. 人工智能的历史、现状和未来[J]. 智慧中国, 2019(Z1): 87-91. TAN Tie-niu. History, Current Situation and Future of Artificial Intelligence [J]. Wisdom China, 2019 (z1): 87-91.
- [13] 潘云鹤. 人类世界正由两元空间变成三元空间[N]. 中国信息化周报, 2019-11-11(7). PAN Yun-he. The Human World is Changing from Two-dimensional Space to Three-dimensional Space [N]. China Information Weekly, 2019-11-11(7).
- [14] 钟义信. 人工智能: 概念·方法·机遇[J]. 科学通报, 2017, 62(22): 2473-2479. ZHONG Yi-xin. Artificial intelligence: Concept, Approach and Opportunity[J]. Chinese Science Bulletin, 2017, 62(22): 2473-2479.
- [15] 王文军, 李琪, 刘丹. 论人工智能时代绿色发展的挑战及应对[J]. 西安财经学院学报, 2020, 33(01): 30-36. WANG Wen-jun, LI Qi, LIU Dan. Challenges and Countermeasures of Green Development in the Era of Artificial Intelligence [J]. Journal of Xi'an University of Finance and Economics, 2020, 33(1): 30-36.
- [16] 范凌. 从无限运算力到无限想象力: 设计人工智能概览[M]. 上海: 同济大学出版社, 2019. FAN Ling. From Infinite Computing Power to Infinite Imagination: Designing Artificial Intelligence Overview[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2019.
- [17] HUANG X, BELONGIE S. Arbitrary Style Transfer in Real-Time with Adaptive Instance Normalization[C]. Venice: International Conference on Computer Vision, 2017.
- [18] NISHIDA G, GARCIA D I, ALIAGA D G, et al. Interactive Sketching of Urban Procedural Models[J]. ACM Transactions on Graphics, 2016, 35(4): 1-11.
- [19] CHANG H, FRIED O, LIU Y, et al. Palette-Based Photo Recoloring[J]. ACM Transactions on Graphics, 2015, 36(4): 139.1-139.11.
- [20] 杨庆峰. 交互体验的缘由、类型及其实质[C]. 上海: 人民出版社, 2015. YANG Qing-feng. The Reason, Type and Essence of Interactive Experience the Reason, Type and Essence of Interactive Experience[C]. Beijing: People's Publishing House, 2015.
- [21] 2018 设计与人工智能报告 [EB/OL]. (2018-04-18) [2021-09-18]. [https://www.tezign.com/designer/#/share/case/vjg2xhpkc/26578?\\_k=3t0v4f](https://www.tezign.com/designer/#/share/case/vjg2xhpkc/26578?_k=3t0v4f). 2018 Design and Artificial Intelligence Report [EB/OL]. (2018-04-18)[2021-09-18]. [https://www.tezign.com/designer/#/share/case/vjg2xhpkc/26578?\\_k=3t0v4f](https://www.tezign.com/designer/#/share/case/vjg2xhpkc/26578?_k=3t0v4f).
- [22] 薛志荣. AI 改变设计: 人工智能时代的设计师生存手册[M]. 北京: 清华大学出版社, 2019.

- XUE Zhi-rong. AI Changing Design: a Survival Manual for Designers in the Era of Artificial Intelligence[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2019.
- [23] 银宇堃, 陈洪, 赵海英. 人工智能在艺术设计中的应用[J]. 包装工程, 2020, 41(6): 252-261.
- YIN Yu-kun, CHEN Hong, ZHAO Hai-ying. The Application of Artificial Intelligence in Art Design[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(6): 252-261.
- [24] 张耀铭. 人工智能驱动的人文社会科学研究转型[J]. 济南大学学报(社会科学版), 2019, 29(04): 20-28.
- ZHANG Yao-ming. Research Transformation of Humanities and Social Sciences driven by Artificial Intelligence[J]. Journal of University of Jinan (Social Science Edition), 2019, 29(4): 20-28.
- [25] PAN Y. Heading toward Artificial Intelligence 2.0[J]. Engineering, 2016, 2(4): 409-413.
- [26] 腾讯研究院, 中国信通院互联网法律研究中心, 腾讯 AI Lab, 等. 人工智能[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2017.
- Tencent Research Institute, Internet Law Research Center of China Academy of Information Technology, Tencent AI Lab, et al. Artificial intelligence[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2017.
- [27] 范凌. 从无限运算力到无限想象力: 设计人工智能概览[M]. 上海: 同济大学出版社, 2019.
- [28] 吴琼. 人工智能时代的创新设计思维[J]. 装饰, 2019(11): 18-21.
- WU Qiong. Innovative Design Thinking in the Era of Artificial Intelligence[J]. Art & Design, 2019(11): 18-21.
- [29] BAHREINI K, NADOLSKI R, WESTERA W, et al. Towards Multimodal Emotion Recognition in E-Learning Environments.[J]. Interactive Learning Environments, 2016, 24(3): 590-605.
- [30] PATERSON G, HONG S M, MUMOVIC D, et al. Real-time Environmental Feedback at the Early Design Stages[C]. Netherlands: eCAADe and Faculty of Architecture, 2013.
- [31] MIT MEDIA LAB. TerMITes[EB/OL]. (2018-08-05)[2021-05-10]. <https://www.media.mit.edu/projects/termities/overview/>
- [32] TapanVora. Design Thinking for AI: Sustainable AI Solution Design[EB/OL]. (2019-02-21)[2021-06-22]. <https://www.cuelogic.com/blog/design-thinking-for-ai>.
- [33] 赵超. 人工智能: 认知边界与协同创新——第五届艺术与科学国际作品展[J]. 装饰, 2019(11): 38-49.
- ZHAO Chao. Artificial Intelligence: Cognitive Boundary and Collaborative Innovation: The 5th Art and Science International Exhibition[J]. Art & Design, 2019(11): 38-49.
- [34] HUO K, VINAYAK, RAMANI K, et al. Window-Shaping: 3D Design Ideation by Creating on, Borrowing from, and Looking at the Physical World[C]. Boston: the Tenth International Conference ACM, 2017.
- [35] Accenture Technology Vision 2017 [EB/OL]. (2017-04-11)[2021-08-18]. <https://www.urenio.org/2017/04/11/accenture-technology-vision-2017/>
- [36] 陆丹丹. 后人类主义视域下人工智能时代的设计[J]. 美术观察, 2017(10): 18-19.
- LU Dan-dan. Design in the Era of Artificial Intelligence from the Perspective of Post Humanism[J]. Art Observation, 2017(10): 18-19.
- [37] 徐悬, 刘键, 严扬, 杨建明. 智能化设计方法的发展及其理论动向[J]. 包装工程, 2020, 41(4):10-19.
- XU Xuan, LIU Jian, YAN Yang, YANG Jian-ming. Development and Theoretical Trend of Intelligent Design Methods[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(6): 10-19.
- [38] Elgammal A, Liu B, Elhoseiny M, et al. CAN: Creative Adversarial Networks, Generating “Art” by Learning About Styles and Deviating from Style Norms[C]. Chengdu: IEEE Xplore, 2017.
- [39] 王亚辉, 余隋怀, 陈登凯, 等. 基于深度学习的人工智能设计决策模型[J]. 计算机集成制造系统, 2019, 25(10): 2467-2475.
- WANG Ya-hui, YU Wei-huai, CHEN Deng-kai, et al. Design Decision Model Based on Deep Learning. Computer Integrated Manufacturing System, 2019, 25(10): 2467-2475.
- [40] LIU Q. An Artificial Intelligence Based Data-driven Approach for Design Ideation[J]. Journal of Visual Communication and Image, 2019, 61(4): 10-22.
- [41] BAHNG H, YOO S, CHO W, et al. Coloring with Words: Guiding Image Colorization Through Text-based Palette Generation[J]. European Conference on Computer Vision, 2018: 443-459.
- [42] MIT MEDIA LAB. Persuasive Electric Vehicle (PEV) [EB/OL]. (2018-08-05)[2021-09-22]. <https://www.media.mit.edu/projects/pev/overview/>
- [43] 许为. 四论以用户为中心的设计: 以人为中心的人工智能[J]. 应用心理学, 2019, 25(4): 291-305.
- XU Wei. User-Centered Design (IV): Human-Centered Artificial Intelligence[J]. Chinese Journal of Applied Psychology, 2019, 25(4): 291-305.