

【工业设计】

工业设计视角下的高端装备创新设计原理与方法探析

郑刚强, 白铭玉, 饶飞云

(武汉理工大学, 武汉 430070)

摘要: **目的** 以国内外高端装备为研究对象,从工业设计的视角出发,探索符合高端装备特征的创新设计原理与方法。让我国在高端装备领域从“制造”走向“创造”,以此促进我国高端装备行业的战略发展。**方法** 综合运用文献检索、交叉研究、案例分析、经验总结等方法。通过对国内外前沿高端装备设计进行分析,了解高端装备特征和价值导向,并分析提炼装备设计创新方向。**结果** 从整合创新、移植创新、还原创新三个方向阐述高端装备创新设计原理,并提出了以用户体验为核心,通过进行系统的要素层次划分,实现与目标需求点匹配对应的设计方法。**结论** 高端装备作为“国之重器”,由于其属性特殊,缺乏相应的创新设计模式,为实现工业设计视角下高端装备的创新突破提供了一种富有参考性的创新设计原理和方法。

关键词: 工业设计; 高端装备; 创新设计原理; 设计方法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)12-0087-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.12.012

Principle and Method of High-End Equipment Innovation Design from the Perspective of Industrial Design

ZHENG Gang-qiang, BAI Ming-yu, RAO Fei-yun

(Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

ABSTRACT: With high end equipment at home and abroad as the research object, this paper aims to explore the principles and methods of innovative design that conform to the characteristics of high-end equipment from the perspective of industrial design, to make our country's high-end equipment industry change from "manufacturing" to "creating", to promote the strategic development of China's high-end equipment industry. The methods of literature search, cross-study, case analysis and experience summary were used synthetically. The advanced equipment design at home and abroad was analyzed to learn the features and value orientation of the high-end equipment. The innovation design principle of high end equipment was elaborated from the direction of integration innovation, transplant innovation, separation and innovation and reduction and innovation. A design method based on user experience was proposed, which matched the target demand points by dividing the elements of the system into different levels. As "weighing equipment of a country", the high-end equipment is short of innovative design patterns because of its special properties. This paper provides a referential innovative design principle and method to realize innovation breakthrough of high-end equipment from the perspective of industrial design.

KEY WORDS: industrial design; high-end equipment; principle of innovative design; design method

高端装备是指技术含量高、资金投入大、涉及学科多、服役寿命长,其研发与制造一般需要组织跨部

门、跨行业、跨地区的力量才能完成的一类技术装备^[1]。包括航空产业、卫星及应用产业、轨道交通装

收稿日期: 2020-05-21

基金项目: 国家社会科学基金艺术学项目(13CB116); 2017年湖北省高校省级教学改革研究项目(2017124); 2018年度中山市协同创新专项-软课题类(2018C1012); 中山市武汉理工大学研究院开放课题资助项目(WUT-2018-05)

作者简介: 郑刚强(1975—),男,湖北人,博士,武汉理工大学教授,主要研究方向为工业设计及理论。

备业、海洋工程装备及智能制造装备五个细分领域。目前, 高端装备制造业被确定为《中国制造 2025》重点领域, 位列我国战略性新兴产业之一, 因此, 其设计创新对国家及产业发展具有重要战略意义。放眼当今世界, 高端装备之争已上升为大国之间博弈的核心和不可或缺的利器。装备强则国强。国与国之争, 实质是装备制造业之争。目前, 我国的设计创新主要集中在轻工行业方面, 对高端装备的工业设计不够重视。这致使装备智能化程度低、美感较差、交互性弱。最终造成其附加值偏低, 无法在国际上形成有效竞争力。如何在高端装备类产品设计中更好地融入工业设计, 提升其整体品质和价值, 已经成为现今高端装备行业急需解决的问题。因此, 了解高端装备的产品特征, 提出适合的设计创新原理和方法, 对我国高端装备行业的未来战略发展极具现实意义。

1 高端装备的产品特征和价值导向

高端装备的高技术性决定了其所涵盖学科领域的广泛性。在进行高端装备的创新设计时, 首先应了解高端装备的特征, 明确其价值导向。高端装备的创新设计, 应具备精神功能、物质功能以及时代性。设计由实用性、科学性、艺术性三个要素组成。实用性与科学性的结合构成装备设计的物质功能; 实用性与艺术性的结合构成装备设计的精神功能; 科学性和艺术性的结合构成装备设计的时代性。其中, 物质功能是支撑, 也是最基本的需求^[2]。高端装备特征与设计要素的关系见图 1。在考虑物质功能的实用性和科学性基础上, 运用美学法则赋予实质具象载体可用性、人机性、美观性, 以满足用户精神功能和市场时代性^[3], 从而改善高端装备的用户体验。在普遍情况下, 高端装备类产品较多地考虑物质功能而忽视其精神功能和时代性, 导致其附加价值较低。

高端装备设计中, 由于技术的智能化、复杂化, 设计前期其核心技术和结构基本定型, 不会进行太大的改动。并且多数装备空间体积较大, 所用制作材料也多以金属板材及型材为主, 辅以塑料、橡胶等非金属材料作为外构件。另外, 高端装备设计也涉及较多的人机交互。基于高端装备的这些特殊性, 工业设计多以高端装备的结构布局优化、技术概念应用、空间感、形式审美及整体人机和交互设计为切入点, 赋予装备艺术性。



图 1 高端装备特征与设计要素的关系

Fig.1 Relationship between high-end equipment features and design elements

在了解高端装备产品特征后, 应明确设计的价值导向。防止设计过程中目标价值的模糊所带来的时间、物料的浪费及计划的变动等, 从而确保设计的有序进行。高端装备设计其价值一般由战略需求价值、经济延续价值、教育研究价值三个方面构成。

1) 战略需求价值。高端装备的创新设计可从实质上促进我国在装备领域的技术发展, 提升装备的美学价值, 培养行业人员的美学素养, 从而使得我国高端装备不受他人制约, 走出国门, 增强我国在高端装备行业在世界的话语权。

2) 经济延续价值。适当考虑装备设计所能带来的实质经济效益。设计只有在投入市场后才能成为真实的设计, 合理地进行产品开发是有必要的, 解决问题的方案可以扩展为可持续的商业模式的一部分^[4]。

3) 教育研究价值。装备创新能否有效提升领域水平, 促进相关学科的前沿化建设。这也是评估高端装备价值的标准。价值空间三维图见图 2, 三个价值导向相互关联, 两两之间构成二维价值空间, 继而通过二维价值空间形成三维价值空间, 各自又对方向重点进行纵深研究, 从而实现战略、经济、教育的三维立体平衡发展, 实现空间价值最大化。

2 高端装备创新设计原理

设计创新需要一定的理论指导, 合理的创新设计原理也是指导人们进行创新的基本法则。工业设计视角下, 装备设计创新包含功能创新、交互创新、形式创新三个方向。这三个方向从不同层面提升了设计的科学性、实用性、艺术性。功能创新的基础是科技, 科技的发展为功能的创新提供可能性。由于科技属于技术学范畴, 它并非具象存在的, 且不能直接使用, 通常需要一种载体将其进行物化并以实体的方式服务于社会, 而工业设计就是实现这类载体的手段。交互创新则是为了人与装备更好地进行人性化交流。帮助人们将情境中发生的任务与需求转化为界面的形式与行为^[5]。简化操作与理解复杂度, 通过交互设计的创新让科学技术以更直观、更便捷的形式呈现出

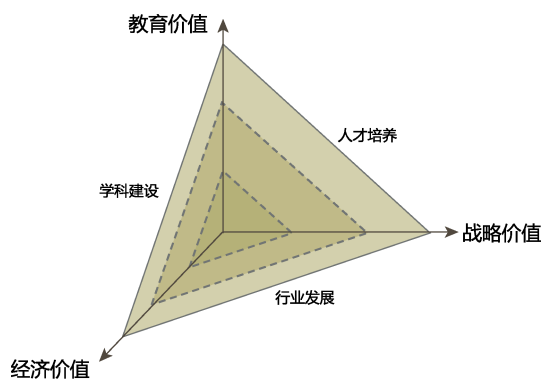


图 2 价值空间三维图

Fig.2 Three-dimensional map of value space

来,以达到优化用户体验的目的。形式创新涉及装备的造型、材质、图案、纹理及色彩,是设计在人机基础上富有艺术性的美学特征创新。对用户而言,无论是消费用户,还是操作用户,装备的艺术性都能通过影响用户的心理活动和情感需求来改变操作服务和用户体验的质量。在把握装备设计行业特征的基础上,结合装备设计创新的三个方向(功能创新、交互创新、形式创新)和设计的三个要素(实用性、科学性、艺术性),可系统阐述与装备相融的三种创新设计原理,即整合创新原理、移植创新原理、还原创新原理。

2.1 整合创新原理

整合设计理论最早由德国 George Teodorescu 教授创立。它是依据产品问题的认识分析判断,针对人类生活质量与社会责任,就市场的独特创新与领导性,解决产品整体设计问题的一种方法。笔者所提到的整合更多是基于可行性和可靠性的现有技术,运用工业设计手段对装备实行功能、操作、布局三方面的整合(见图 3),以期能够更快、更经济、更有效率地进行装备创新。

功能是设计存在的基础。实现功能整合创新,首先确定目标设计的预想功能,并将预想功能拆分为系统、独立的若干功能,即功能 1 至功能 n。随后对各个独立系统功能进行现有技术分析,并匹配对应的技术 1 至技术 n。在考虑成本、技术难度、价值等因素后,对匹配到的对应技术进行优先级选择,再将优先级技术按照差异性来分类。并通过串联或交叉的方式,完成对优先级技术的整合,从而达到功能整合,以此实现预想的目标功能。例如,由柳灏设计的上海岩联工程技术有限公司锚杆检测仪见图 4,首先确定其预想功能,设计应满足可完成检测、可手持抓握、可完成交互动作,以及进行交互反馈等需求。随后,

对其各个系统功能,如检测的科技手段与使用方式、适合抓握的体积与形态、适宜操作的交互形式与交互键排布、可使用的材质与加工工艺等进行技术分析。在掌握目标功能的基本技术后,设计师需要思考如何给予用户一个良好的操作环境,通过改善操作方式及简化用户操作步骤来提升用户体验。在智能化技术时代,装备的操作方式应朝着智能交互的方向发展,并将非必要人工操作步骤整合到智能交互的操作方式中。在进行操作整合时,先将理论操作分解成若干步骤,即步骤 1 到步骤 n,再分析每个步骤所对应的目的与其目的所带来的成本价值和容错率。选取适当的非人工必要操作,并以智能交互的形式,将其整合到操作方式上。在完善功能和操作整合之后,需要考虑总体的布局设计。艺术美不仅可以通过形态来表现,更该通过合理的空间布局设计来达到一种比例美、韵律美、和谐美的自然艺术美。在进行布局整合设计时,可将高端装备看作一个由多个部件组成的系统。每个部件都占据相应的空间,考虑到安全、维修、功能及美感因素。可以将这些空间设计成相应的封闭布局、外露布局、隐藏布局、门柜布局,使整体布局设计更为合理又不显突兀,呈现出一种符合人们审美习惯的和谐美,也便于装备后续形态特征的美感塑造。

2.2 移植创新原理

“他山之石,可以攻玉。”将某一领域或某一类产品的功能、原理、结构、形态、文化移植运用到另外一个领域或某类产品上便是移植创新。移植并非简单的复制模仿,而是各种功能与技术之间的相互转移和扩散,是恰到好处地将原有设计的精髓赋予目标设计。移植创新通过对已有的设计成果在新目标领域进行再设计创新,使已有成果在新的领域获得价值的延续与拓展。鉴于设计并不是发明创造,从工业设计的角度而言,比较常见的移植创新途径多为非纯技术的

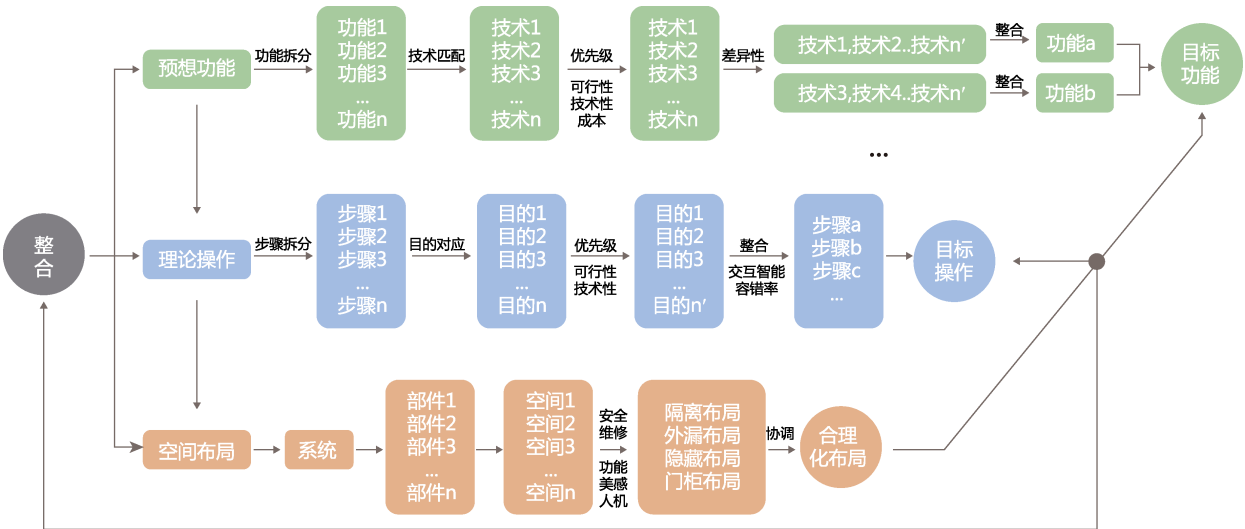


图 3 工业设计视角下装备设计功能、操作、布局的整合
Fig.3 Integration of equipment design function, operation and layout from the perspective of industrial design

功能移植、结构移植、形态移植、文化移植及多要素的综合移植。功能是产品的核心要素，也是设计过程中所面临的实现要点。通过功能移植，可以独辟蹊径，在提升设计效率的同时省略不必要的设计程序和节省大量成本。例如，饶飞云为北京协同创新研究院设计的食品粉碎高压射流磨（见图 5）便是将工业粉碎机的功能原理移植到射流磨的粉碎系统中，再根据食品原料的加工特点进行改造设计而来。功能的被移植对象可以是某类产品，也可以是某类生物。当被移植对象为某类生物时，就是机体功能原理仿生——将生物的某类机体功能原理移植到目标设计中。功能移植更偏向于科学性和实用性的创新，而形态和文化移植较为偏向于艺术性的创新。形态和文化的移植可以赋予高端装备较为突出的形体美感、地域识别性及对谱系 DNA 的塑造，从而提升附加价值^[6]。如柳灏设计的钻孔电视绕线器（见图 6）就是将暴龙头部的形态和文化移植其中，通过将暴龙头部的形态融入绕线器造型，使装备整体视觉效果坚硬强固且不失时尚活力。同时由于暴龙代表着肉食龙演化的顶峰，给人所向披靡之感。钻孔电视系统的使用环境多变且恶劣，也需要克服各种突发情况。这与暴龙的文化内涵相匹配，如此一来，设备整体艺术性和附加值得以提升。

2.3 还原创新原理

所谓“还原”，就是追寻设计的本源，即不以现有设计的改进作为创新的起点，而是让设计者抛离现

有的形态、结构等所带来的固化思维，追本溯源，返璞归真，以驱使人们设计的最基本点为创新原点。在设计创新时脱离原有设备去思考设计的最终目标是什么。正如柳冠中先生所说，“设计师要完成设计‘物’到设计‘事’的转变。设计一旦被囿于一种物的设计的话，设计师的创造力就被这个物的概念和抽象束缚了^[7]。”当设计师以事的本源为设计创新点时，需认知到现有装备只是实现“事”的目标的多种方式中的一种。先将设计进行“解构”，区分“物”与“事”，然后还原以“事”为导向的正确目标，再将现有设计进行“换元”，即设计更好的目标实现方式，如由饶飞云设计的新松智能运输平台（见图 7）。现有的类似设备普遍以粗笨刻板的黑盒子造型呈现，一味地参



图 5 食品粉碎高压射流磨
Fig.5 Food crushing high-pressure jet mill



图 4 锚杆检测仪设计
Fig.4 Design of anchor detector



图 6 钻孔电视绕线器
Fig.6 Drilling TV cable winder

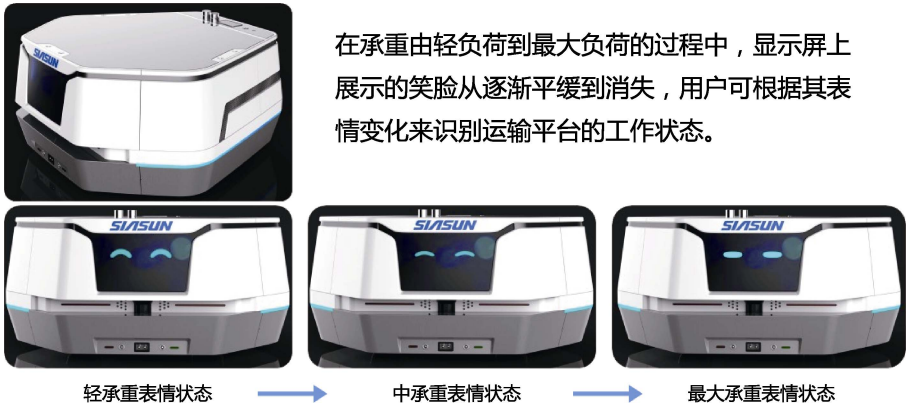


图 7 新松智能运输平台设计
Fig.7 Design of Xinsong intelligent transportation platform

在承重由轻负荷到最大负荷的过程中，显示屏上展示的笑脸从逐渐平缓到消失，用户可根据其表情变化来识别运输平台的工作状态。

考现有设计的形态结构，因此难以产生较大突破。而通过解构还原，可以得出此类产品从根本上说是一种在机场、车站等环境中使用的智能承重运输平台。除了给人以冰冷工业感的硬盒子的印象，其形式还可以是具有趣味交互性与科技感的机器人。通过这种解构—还原—换元—结合的设计论（见图 8）来引导设计，装备的设计创新空间将会得到极大拓展。

3 以用户体验为核心的高端装备创新设计法

由于高端装备的发展往往由工程师主导，主要关注技术的吸收与创新，倡导工程技术的先进性，所以常常忽略产品的人性化需求、审美特征、文化内涵等要素^[8]。对这些要素的忽视就是高端装备缺乏精神功能与时代性的关键所在。在这个以用户体验为核心的设计时代，技术创新^[9]、美学特征、人性化及地域文化等都是高端装备设计中的必要元素。

由于高端装备的设计构成体系庞大，单一局部性质的设计方法无法将其囊括其中，因此设计师需要运用系统的全体设计方法。用户体验不应局限于以互联网为平台的信息设计。高端装备设计即是一个完整

的用户体验设计。在设计过程中不应仅考虑目标需求和装备本身，还要考虑操作用户和消费用户与装备的人机交互、装备与环境的匹配及售后体验等，在系统的框架上进行设计。

基于此，可引入 Jesse James Garrett 提出的五个自上而下的用户体验层次——战略层、范围层、结构层、框架层、表现层^[10]，依据高端装备的设计属性对各要素的概念和定义进行调整：（1）在战略层，明确商业目标和用户目标并使其达到平衡，确定装备定位；（2）在范围层，进行需求分析和采集，确定功能范围和需求优先级；（3）在结构层，探寻实现装备功能和满足需求的手段和方式；（4）在框架层，对实现装备功能和满足需求的手段和方式进行物化和总体界面的设计；（5）在表现层，针对装备的形式，如造型、纹理、色彩、图案、材质等进行设计，考虑如何使装备呈现的视觉效果更加协调、平衡、自然。基于用户体验设计理念的高端装备设计构架见图 9。

然后将装备设计过程中所涵盖的基本需求要素——技术、人机、交互、文化、形式列出。这些要素主要集中于结构层、框架层、表现层。其中每个要素都有相应的重点设计需求点。通过将范围层与设计要素进行对应来有序实现装备设计的科学性、实用性、艺术性，以满足物质功能、精神功能及时代性，并减少设计的混乱性。当各个范围层和各个需求点对应完成后，再将要素对应的需求点进行细分考虑，如文化根据注入方式可细分为图案注入、形态注入、意向注入；形式根据组成可细分为造型、纹理、色彩、图案、材质。由于设计的感性存在，所以最后还需要对设计进行需求点的交叉和反复调整，以达到用户体验的最优化。

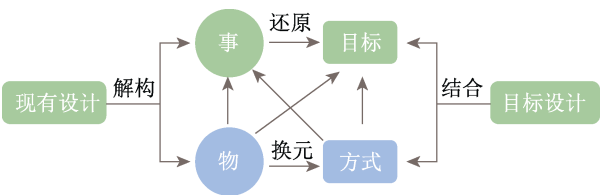


图 8 解构—还原—换元—结合的设计论
Fig.8 Design theory of deconstruction-reduction-exchange-combination

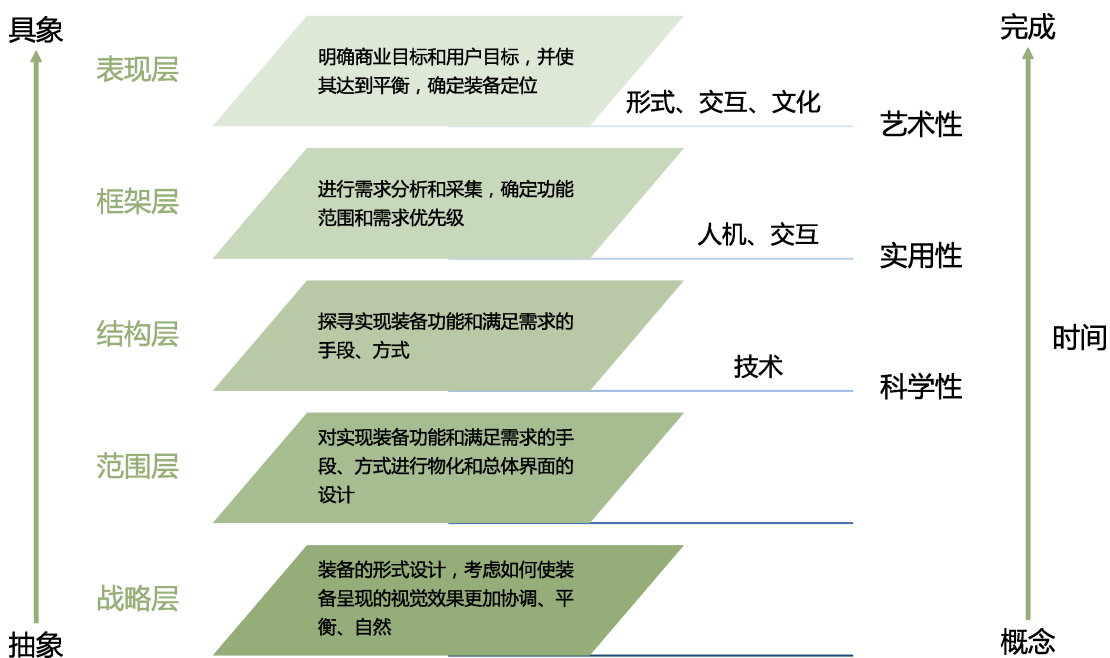


图 9 基于用户体验设计理念的高端装备设计构架
Fig.9 High-end equipment design framework based on user experience design concept

通过以上探索,设计伊始便对设计进行系统的要素层次划分,并与目标需求点匹配对应,保证了设计的有序进行。通过层层推进,实现装备设计的科学性、实用性、艺术性,并以此满足时代性,最终实现目标需求。

4 结语

高端装备属国之重器。目前我国正在实施由“中国制造”到“中国创造”的战略转变。其创新需要以工业设计作为驱动力。在提升创新能力过程中除了装备的科学性、实用性之外。还应注意装备的艺术性,考虑功能的时代性。以达到物质层、精神层、时代层的交融美。对于高端装备的理解,不能仅限于“物”的本身,还需了解装备特征和价值导向,把握宏观格局,理性引导正确的设计方向。在工业设计视角下探寻同高端装备相适应的设计创新原理;为当前装备设计提供理论支撑。并在设计时注重用户(包括操作用户和消费用户)体验,用现代思维引入符合时代需求的设计方法并运用到高端装备行业,以逐步提升我国高端装备设计创新水平。

参考文献:

- [1] 杨善林. 工业互联网时代的高端装备智能制造[J]. 智慧中国, 2019(Z1): 72-74.
YANG Shan-lin. Intelligent Manufacturing of High-end Equipment in the Age of Industrial Internet[J]. Wisdom China, 2019(Z1): 72-74.
- [2] 刘靓静, 马彧. 机械设备造型设计的结构性分析[J]. 包装工程, 2018, 39(12): 203-207.
LIU Liang-jing, MA Biao. Structural Analysis of Mechanical Equipment Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(12): 203-207.
- [3] ITSASO G, ESTER V, DANIEL J. Closing the Brand Gap through Innovation and Design[J]. Procedia CIRP, 2016(50): 112-116
- [4] 蒂姆·布朗. IDEO, 设计改变一切[M]. 侯婷, 译. 沈阳: 万卷出版公司, 2011.
BROWN T. IDEO, Changes by Design[M]. HOU Ting, Translate. Shenyang: Ten Thousand Volumes Publishing Company, 2011.
- [5] 艾伦·库伯. About Face 4: 交互设计精髓[M]. 倪卫国, 刘松涛, 译. 北京: 电子工业出版社, 2015.
COOPER A. About Face: Essence of Interactive Design[M]. NI Wei-guo, LIU Song-tao, Translate. Beijing: Electronic Industry Press, 2015.
- [6] 曹淮, 何人可. 基于创意感性的工业设计方法在数字装备设计中的应用研究[J]. 包装工程, 2006, 27(6): 285-288.
CAO Huai, HE Ren-ke. Research on the Application of Creative and Perceptual Industrial Design Method in Digital Equipment Design[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 285-288.
- [7] 柳冠中. 事理学论纲[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2006.
LIU Guan-zhong. Outline of Philosophy[M]. Changsha: Central South University Press, 2006.
- [8] 白铭玉, 郑刚强, 柳灏. 智能装备工业设计发展现状与价值分析[J]. 设计, 2017(9): 49-51.
BAI Ming-yu, ZHENG Gang-qiang, LIU Hao. Development Status and Value Analysis of Intelligent Equipment Industrial Design[J]. Design, 2017(9): 49-51.
- [9] 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.
- [10] GARRETT J J. 用户体验的要素[M]. 范晓燕, 译. 北京: 机械工业出版社, 2008.
GARRETT J J. The Elements of User Experience[M]. FAN Xiao-yan, Translate. Beijing: Machinery Industry Press, 2008.