

# 面向产业化的光学相干断层成像仪用户体验设计

赵志勇<sup>1</sup>, 丁伟<sup>2</sup>, 于钊<sup>3</sup>, 顾闻<sup>4</sup>, 周艳<sup>5</sup>

(1.澳门科技大学 人文艺术学院, 澳门 999078; 2.华东理工大学 艺术设计与传媒学院, 上海 200237;  
3.上海应用技术大学 艺术与艺术学院, 上海 200235; 4.上海木马工业设计有限公司, 上海 200060;  
5.南京工业大学 艺术设计学院, 南京 211899)

**摘要:** 目的 以光学相干断层成像扫描系统为研究对象, 以产业化为导向, 结合人本设计、用户体验设计理论, 探讨如何更好地使其适应中国市场需求, 提高产品使用效率和精准度, 缓解患者紧张心理, 促进医疗设施智慧化发展。**方法** 根据人本设计和包容性设计的原则, 采用桌面研究和用户调研的方法, 确定了传统光学相干断层成像扫描系统在用户使用过程中的影响因素与需求。结合以上信息和品牌设计理念, 设计了适用于中国市场的光学相干断层成像扫描系统, 并将其模块化, 为医疗机构提供智能化改进方案, 延长设备寿命并提供升级改造的空间。**结果** 提高了产品的使用便捷性和精准度, 降低了因地区、群体不同产生的仪器测绘偏差, 同时成功缓解了患者使用设备时可能产生的心理障碍。此外, 本方案也符合 Carl Zeiss 公司的设计规范, 提供了智能医疗的设计新思路。**结论** 通过将人本设计、用户体验设计等理念应用于光学相干断层成像扫描系统的产业化流程中, 打造符合中国市场需求的新兴产品, 对公共医疗设施的设计具有指导性意义, 同时为其他医疗设施的设计与规范提供实践参考。

**关键词:** 光学相干断层成像系统; 用户体验; 产品形式语义; 医疗健康

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)12-0438-11

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.12.052

## User Experience Design of Optical Coherence Tomography for Industrialization

ZHAO Zhi-yong<sup>1</sup>, DING Wei<sup>2</sup>, YU Zhao<sup>3</sup>, GU Wen<sup>4</sup>, ZHOU Yan<sup>5</sup>

(1.Faculty of Humanities and Arts, Macau University of Science and Technology, Macau 999078, China;

2.School of Art Design and Media, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China;

3.School of Art and Design, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 200235, China;

4.Shanghai Trojan Industrial Product Design Co., Ltd., Shanghai 200060, China;

5.College of Art & Design, Nanjing Tech University, Nanjing 211899, China)

**ABSTRACT:** The work aims to take optical coherence tomography (OCT) imaging system as the research object and industrialization as the guidance to explore how to make OCT better adapt to China's market demand combined with the theory of human-centered design and user experience design, so as to improve product efficiency and accuracy, alleviate patient tension, and support the intelligent development of medical facilities. According to the principles of human-centered design and inclusive design, the desk study and user research were adopted to determine the influencing factors and demands of traditional OCT imaging system in the using process of users. Combined with the above information and brand design philosophy, an OCT imaging system suitable for the Chinese market was designed and modularized, providing intelligent improvement schemes for medical institutions, extending device life, and providing space for up-

收稿日期: 2023-02-01

基金项目: 中国建设教育协会教育教学科研课题“基于职业能力目标的设计学本科生创新力构建因素研究”(2019139); 2022年上海市促进文化创意产业发展财政扶持基金产业研究类项目“上海设计创新型城市评级指标体系研究”(2022020026)

作者简介: 赵志勇(1974—), 男, 博士生, 副教授, 主要研究方向为艺术设计理论与实践。

通信作者: 周艳(1982—), 女, 副教授, 主要研究方向为视觉传达设计。

grading and renovation. The design scheme improved the using convenience and accuracy of product, reduced the instrument surveying and mapping deviation due to regional and population differences, and successfully alleviated the psychological obstacles that patients might encounter when using the device. In addition, this scheme also complied with Carl Zeiss's design standards and provided a new service touchpoint for intelligent healthcare. An emerging product that meets the demands of China's market is created by applying human-centered design and user experience design concepts to the industrialization process of optical coherence tomography imaging system. It also provides guiding significance for the design of public medical facilities and practical reference for the design and standardization of other medical facilities.

**KEY WORDS:** optical coherence tomography imaging system; user experience; product form semantic; healthcare

光学相干断层成像仪(OCT)是通过光学原理进行诊断成像的设备,其原理是将激光光束作为扫描光源,对目标物体进行扫描和反射,记录信号并将其转化为图像,从而实现对被检测物体的高分辨率三维影像重建,从而得出其结构和组织信息。OCT被广泛应用于医学研究中,如眼科、皮肤科、口腔颌面外科等领域。特别是在眼科领域中,OCT技术已经成为了临床上不可或缺的检查手段,广泛地应用于青光眼、黄斑变性等多种眼部疾病的诊断、治疗和监测。

与技术性能相比,产品的外观设计和用户体验往往被忽视,这些因素在OCT及其他医疗相关高技术装备的市场推广过程中也发挥着至关重要的作用,因为良好的用户体验和人机交互设计不仅可以带来更好的操作效率和结果准确性,还有助于提高用户满意度,进而影响产品的市场推广。本研究基于产业环境,针对以OCT为代表的专业高科技设备的产品外观、配件、用户界面等人机交互系统中的主要方面进行面向产业化生产的人机交互(Man-Machine Interaction, MMI)性能优化设计,以此验证针对高技术科研装备的持续性迭代优化机制的可行性。

本研究针对木马设计集团的Carl Zeiss PRIMUS200眼科仪设计项目,提出了一套基于国内外先进科技产品的用户体验测试方法和实践产业化产品设计创新的闭环流程,并验证了其可行性,以证明针对高技术设备的人机交互优化流程的必要性和有效性。本研究所提出的方法能为其他医疗相关高技术设备的MMI性能优化提供借鉴,并为该领域的未来发展注入新的动力。本研究的素材和实验数据均来源于木马设计集团的设计项目、普象网以及Carl Zeiss公司官网。

## 1 研究背景

OCT的MMI研究是指研究OCT设备和系统的人机交互设计和评估,包括用户界面、用户体验、用户需求、用户满意度等方面的调查和研究,用于产品的用户体验改进设计及产品的迭代。编程行为研究出现于20世纪70年代后期,是人机交互(HCI)领域较早的研究之一,人类因素研究起源于实验心理学和系统工程,被定义为研究人类及其在执行任务和活动时与产品、环境和设备的相互作用。近年来,不同研

究者针对OCT的MMI进行了连续性的专项研究,比较具有代表性的有Chen的研究,介绍了一种基于用户中心设计方法开发移动OCT设备用于青光眼筛查的过程和结果。Chen等<sup>[1]</sup>通过访谈、问卷、观察和测试等方法,收集了潜在用户的需求、偏好和反馈,并根据这些信息设计改进了移动OCT设备的硬件和软件。移动OCT设备具有便携性、易用性、低成本和高效率等优势,可以提高青光眼筛查的覆盖率和质量。他也指出了一些限制和挑战,如设备的稳定性、准确性、兼容性和安全性等,以及用户的培训、信任和接受度等。Chen等<sup>[2]</sup>的另一项研究主要评估了一款手持式OCT设备的可用性,包括易用性、效率、有效性和用户满意度等指标,通过实验和问卷等方法,比较了手持式OCT设备和传统的台式OCT设备在眼科检查中的表现。手持式OCT设备具有灵活性、便捷性和亲密性等优势,可以适应不同的检查场景和对象,如儿童、老年人和残障人士等。同时也发现了一些限制和问题,如设备的质量、尺寸、电池寿命和图像质量等,以及用户的操作技巧、疲劳感和信心等。Chen等<sup>[3]</sup>设计了一种手持式OCT设备的用户界面,包括图标、菜单、按钮、触摸屏等元素。通过文献综述、问卷调查、原型制作和测试等方法,确定了用户界面设计的目标、原则和要求,并根据用户的反馈进行了迭代改进。研究发现,用户界面设计对提升手持式OCT设备的可用性和用户体验至关重要,需要考虑用户的认知负荷、操作习惯、视觉感知和情感需求等因素。

在更加广泛的高技术科学装备的MMI研究方法方面,不同学者也进行了一定的探索。Mitchell等<sup>[4]</sup>在监控系统的人机交互和决策辅助研究中,提出了“GT-MSOCC”算子函数模型。Oliveira等<sup>[5]</sup>提出了面向对象的框架构建虚拟现实(VR)应用程序在医学培训中的建议,促进了该领域应用程序的有效开发。Paluch等<sup>[6]</sup>从用户的角度进行了一系列实证研究。Chen等<sup>[7]</sup>研究了多模式人机交互系统设计,利用虚拟现实和人工智能的新技术成果,设计了一种多模式无人人机交互(HCI)系统。Cooke等<sup>[8]</sup>描述了眼动追踪设备的基本工作原理。Tong等<sup>[9]</sup>提出了一种基于光学透视AR的PC辅助维护系统,此后,他还提出了一种基于视觉的非触摸屏手写交互设备,称为

Visual Pencil。Sun 等<sup>[10]</sup>实现一种基于增强现实系统的交互设计原型。Bornik 等<sup>[11]</sup>展示了一种基于混合 VR/Tablet PC 用户界面的用于手术计划的医疗数据集交互式可视化新型系统。Sharpley 等<sup>[12]</sup>将一般应用于控制和传输领域内的控制设计方法转移到了医疗设备环境中,并总结了应用的方式。Rajkomar 等<sup>[13]</sup>研究了通过分布式认知了解家用医疗设备安全交互的关键,以家庭医疗设备 DCoG 为例,分析了将其应用于肾病患者与家庭血液透析技术(HHT)的作用。Abdelmageed 等<sup>[14]</sup>介绍了一种从上腔静脉(SVC)中收集能量,为起搏器等与电线连接的受阻医疗设备供电的新方法。Liu 等<sup>[15]</sup>探讨了在评估医疗机器的图形用户界面时,不同的用户背景是否会影响到认知走查的结果,评估结果表明不同的用户背景会影响评估结果。当用户背景中包含更多因素时,就会发现更多的可用性问题。

根据文献综述可以得知,前述研究主要关注 MMI(人机交互)的交互机制、方法、效果和程序设置等因素,但对批量化的产品开发缺乏实证性研究,鲜有从概念提出到产品研发再到用户测试的系统性闭环策略,也未形成对 OCT 产业化的影响。

具体来说,当前的研究还存在以下三个需要深化的方面:

1) 当前的设计方法大多面向一般消费品领域,需要提供适用于高技术装备的方法。

2) 针对 OCT 的 MMI 研究方法,通常采用面向用户群体的意见采样和量化评估等方式,仅对现有的 MMI 方案进行有限评估或仅对界面等软件部分进行用户体验改进,需要增强设计决策指标的多样性,并为装备的 MMI 工效提供更有参考价值的迭代。

3) 现有方法的系统性不强,需要满足高频的产业化需求。

## 2 MMI 优化设计模型

本研究旨在解决前述研究所存在的问题,以一款 OCT 设备(Carl Zeiss PRIMUS 200)的 MMI 优化设计项目为例,通过实证研究,在产业化生产环境中建立适应高技术装备的 MMI 优化设计及循环迭代的工作流程闭环。通过对该设备进行连续迭代优化,验证产业化高效人因系统设计机制的可行性。其关键在于如何将常规方法整合为连续的流程,并实现行为、资源、数据和结果的流程复用,从而将具有不确定性的创新型环节纳入连续稳定的生产闭环,形成连贯的迭代创新过程,实现此目标需要有机结合洞察、定义、开发、设计、迭代、整合 6 个环节,如图 1 所示。

### 2.1 洞察

在 MMI 的优化设计过程中,洞察方法可以帮助设计者更准确地把握用户需求和市场趋势,从多个维

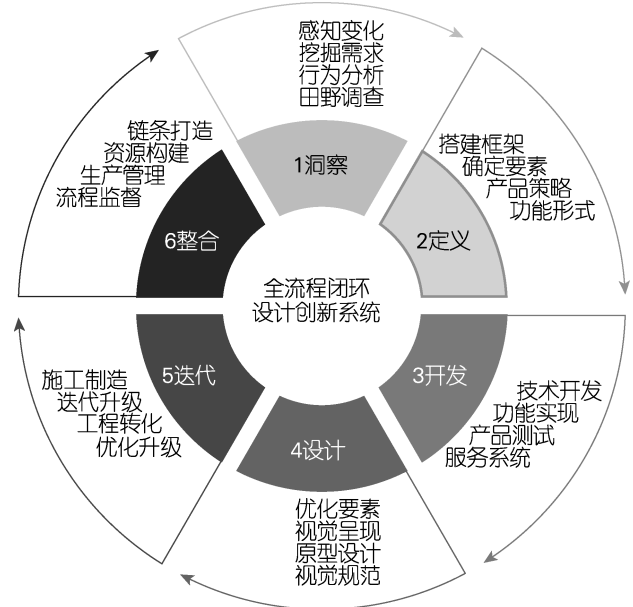


图 1 MMI 优化设计及循环迭代的工作流程闭环  
Fig.1 Closed loop workflow of MMI optimization design and cyclic iteration

度进行调查、研究、分析,深入挖掘其内在,把握本质的核心需求与机会。这一方法是实现 MMI 系统性和实用性提升的必不可少的一步。同时,洞察可以深入分析、筛选出满足特定用户群体需求的设计因素,提供一个跨越不同复杂需求级别的解决方案。

### 2.2 定义

在现有的 MMI 优化设计流程中,正确且准确地定义需求十分关键,它能够明确整个项目的方向和宏观需求,为后续的设计提供更清晰的指导。定义可以使整个需求分析更加全面深入,为接下来的设计提供更加有力的依据,进而为后续的工作打下坚实的基础。因此,定义不仅能够优化整个 MMI 优化设计流程,也有助于提高设计质量和效率。

### 2.3 开发

通过引入开发设计方法,企业可以提高产品开发效率和质量,并进一步提高企业竞争力和市场份额。MMI 优化设计流程中的开发是从技术层面的不同角度进行的,包括核心功能、功能原理、设计原型、体验流程、服务蓝图等,这需要整合软、硬件领域的新兴技术,以服务系统为导向,落地产品的核心功能与业务。由于这是一个涉及多部门共同协作的环节,项目经理需要进行资源配置分析与规划,例如该产品涉及哪些研发部门、第三方(手板厂、模具厂、代工厂或方案商)、传播平台等。开发的主要内容包括结构创新、A/B 测试、用户旅程、服务蓝图、功能原理、硬件设计、软件设计等方面。

### 2.4 设计

设计是 MMI 优化设计流程中的核心阶段,设计

的优良与否直接关系到产品的成败。一个好的设计还可以使产品后期的生产效率大大提高,同时,也可以让用户获得更好的体验感受,从而加深对品牌的认识和信任。因此,在现有 MMI 优化设计流程中,充分引入设计方法是至关重要的。只有将设计方法贯穿整个产品开发流程中,才能确保产品的质量以及市场竞争力。

## 2.5 迭代

产品迭代测试是 MMI 优化设计流程中不可或缺的一环,迭代可以有效提高产品质量、符合用户需求、优化用户体验、提高开发效率。首先,能够通过测试不断发现和解决问题,从而提高产品的质量水平;其次,通过测试用户反馈,可以更准确地了解用户需求,及时修复和改进产品,不断改善和迭代产品,使用户的使用体验更加顺畅、舒适,从而提高用户满意度;最后,通过测试可以及时发现和修复问题,减少后期修复成本,帮助开发团队更高效地工作。

## 2.6 整合

整合阶段在 MMI 优化设计流程中具有提升和总结设计成果的作用。随着经济全球化趋势的不断深化及产品复杂程度的提升,产品量产阶段的供应商规模也在不断扩大,以供应链整合管理为核心的量产模式正在成为产品量产的主流。供应链管理的经营理念是从消费者的角度,通过企业间的协作,谋求供应链整体优化。成功的供应链管理能够协调并整合供应链中所有的活动,完成无缝连接的一体化过程。

## 3 MMI 优化设计模型的应用

一个产品的创新,往往涉及许多方面,背后是非常复杂的开发过程,在进行产品创新的过程中,往往因为缺乏科学合理的流程,所以难以确保产品创新设计法的高效推进。本文构建了具有一定普适性、科学性的整合产品创新流程,形成了创新闭环,为解决问题提供了一个高效的途径。基于对大量产品设计研发流程的观察与思考,总结提炼出六个主要工作模块,其贯穿开发全流程,采用反馈结果线性反馈方式回溯影响开发过程的关键环节,以此能够根据工作类型、目标、资源配置类型的相似性及关联紧要程度对现有流程进行合并,使人员、信息等最大程度地复用。

### 3.1 洞察: 感知变化, 挖掘需求

#### 3.1.1 洞察的内涵

洞察是感知变化与发现问题的过程,是对社会、技术及人的需求变化的深刻感知。在实际项目中,人们会遇到各种类型的复杂问题,思维的惯性常常让人们把最容易观察到的、表象浅层的问题当成是要解决的核心机会点,复杂的、多元化的需求又会让人们感

到不知如何取舍。好的设计源于洞察,因为它能够抓住事物的内涵和本质,也是对新状态的深刻感受,是对社会发展方向的基本判断。如果将工业设计作为价值产生的原点,从多个维度调查、研究、分析对象,深入挖掘其内在,把握本质的核心需求与机会,洞察是必不可少且至关重要的一步。

#### 3.1.2 分析与研究的常用方法

如图 2 所示,洞察阶段常采用市场调研和用户访谈的方法。基于广泛的调查采样,需要进一步进行精细化的信息挖掘,用于直接聚焦明确需求的提出。常用的研究方法包括市场调研、头脑风暴、用户访谈、田野调查等,采用合理的研究方法能够实现资源、信息复用,深化广泛调查的采样种类和层次,用于支持后续的深入调查。

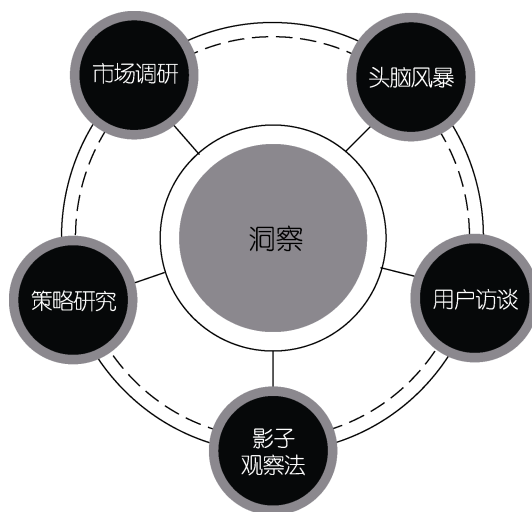


图 2 工作流程中洞察阶段的常用方法

Fig.2 Common methods for insight stage in workflow

#### 3.1.3 战略阶段进行洞察与分析的意义

不同的行业具有不同的发展规律,且处于竞争的不同阶段。设计的价值不仅在于产品本身,更在于基于行业洞察的战略创新,从而实现行业价值的提升。例如,LED 产业链总体分为上、中、下游,分别是 LED 芯片、LED 封装及 LED 应用。处在上游的芯片领域市场竞争激烈,压力重重;处在中游的封装企业规模普遍不够大,无法掌握核心竞争力;下游的 LED 应用领域则有着巨大的潜力。通过合理的设计,聚焦 LED 产品的应用创新,充满商业机会。因此,在战略发展阶段,对市场进行准确的洞察,是非常关键的一步,在这样一个抽丝剥茧的过程中,科学合理的研究方法能够极大地提高效率,快速挖掘问题。

## 3.2 定义: 搭建框架, 确定要素

#### 3.2.1 定义的内涵

定义的过程,是将洞察的问题转换为产品要素的

过程,要求把握项目整体方向和宏观需求,即明确业务需求的目标和范围。通过有效的产品定义方法,能够更清晰地完成设计目标管理,让每个项目成员的目标达成一致。在此基础上评估洞察阶段获得的内容并聚焦,通过独特的观察视角,寻找一个合理的框架,涉及需求挖掘、功能操作、价格与空间尺度、应用场景、用户价值、商业价值等维度。

### 3.2.2 定义与聚焦的常用方法

双钻石模型,又被称为产品设计策略4D导图,由英国设计协会提出,为设计从业人员提供了一种构建设计过程的工具,如图3所示。其核心为发现正确的问题,这是一种结构化的设计方法,设计过程包括发现期、定义期、发展期、交付期四个阶段。前两个

阶段可以将其定义成做正确的事情,也就是在找准做设计的方向;后两个阶段就是把事情做正确,确保把设计落实到点子上,避免偏差。

### 3.2.3 战略阶段进行定义与聚焦的意义

开发产品时会遇到各种各样的问题,其中方向性错误是最致命的。如果产品本身定义错了,那之后的一切投入包括设计、手板模型、功能样机、模具等都是徒劳的,风险很大。在产品领域的商战中,往往首战即决战,做到一战而胜,精准的产品定义是至关重要的,可以让后续的工作事半功倍。商场如战场,以往都是讲“机海战术”,很多产品同时上市,互联网时代讲究的是高效精确打击,应该把有限的资源放在打造精品上,通过良好的口碑带动市场。

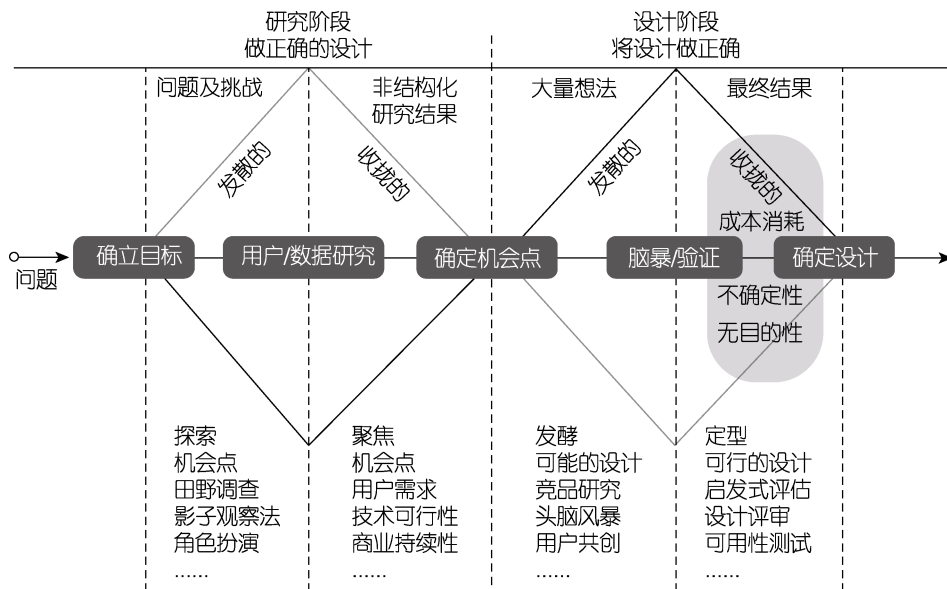


图3 定义阶段的研究方法“产品设计策略4D导图”  
Fig.3 Research method "4D map of product design strategy" in the definition phase

## 3.3 开发：技术开发，功能实现

### 3.3.1 开发的内涵

开发是从技术层面的不同角度进行的,包括核心功能、功能原理、设计原型、体验流程、服务蓝图等,需要整合软、硬件领域的新兴技术,以服务系统为导向,落地产品的核心功能与业务。设计师、工程师、产品经理三方达成共识并输出产品原型与《产品开发说明书》,涉及产品可扩展性、高性能性、可靠性、易维护性等技术细节的详细说明。

### 3.3.2 开发流程的三个维度

如图4所示,在一般性开发流程中,开发主要包括三个方面:服务系统开发、硬件开发、软件开发。服务系统开发是指用动态的设计思维驱动服务流程,平衡客户和业务的需求以创造优质的服务体验;硬件开发是产品落地的支撑;软件开发是在硬件开发基础上的功能实现。

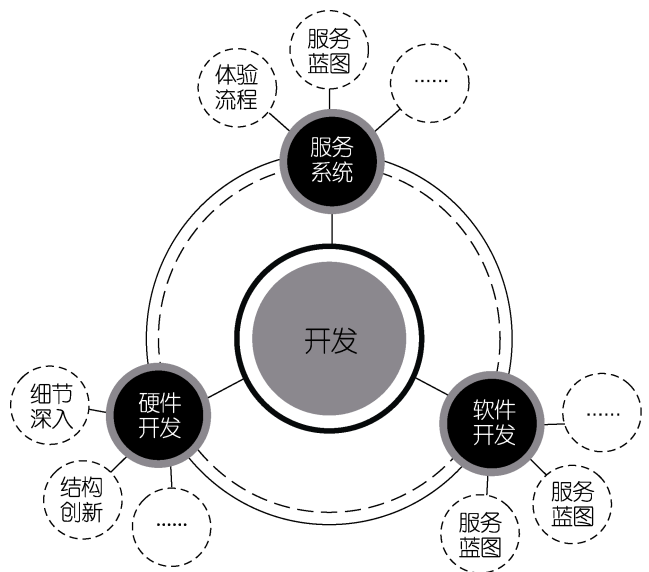


图4 开发流程的三个维度  
Fig.4 Three dimensions of the development process



### 3.4 设计:优化要素,视觉呈现

#### 3.4.1 设计的内涵

在创造与表达解决方案的过程中,设计师需要把握好其中的每个环节,设计原则与设计流程规范是其中重要的方面。基于特定的设计原则与设计流程,对产品的整体性要素进行优化,使产品在能用的基础上变得更加可用、易用,主要包括视觉呈现、视觉规范、原型设计等方面。

#### 3.4.2 产品设计流程

设计研发进程要做到严谨有序,在创新型产品设计之初进行充分评估,明确产品的各项功能指标以及产品销售目的地所需的所有安全认证,梳理整机功能框架及交互逻辑,展开总体概要设计;对项目研发的难点进行拆解,并提出多种解决方案;通过功能样机的对比测试,选择最优方案。

#### 3.4.3 设计在创新链条中的价值

一个好的设计首先需要普适,能被广大用户所接受;其次要保证后期的生产效率;再次要与市场上的同类产品形成差异化,并拥有自己的产品形象特征;同时具备良好的用户体验;最后让用户有美学上的良好感受。可以说前期的设计与后期的生产制造、产品美感和用户体验都息息相关,好的设计可以让产品最大限度被用户接受,可以提高后期开模、装配、生产的效率,从而切实有效地提高整个产品开发流程的效率。

### 3.5 迭代:施工制造,迭代测试

#### 3.5.1 迭代的内涵

进入验证阶段,需要通过不断的测试进行迭代与优化,能够以较小的代价发现尽可能多的错误,该环节的重点为评估与修订试产规范,直接明确迭代目标,形成反馈回溯迭代开发过程,而不是从下一轮调研重新开始。

#### 3.5.2 测试迭代的常用方式

将细节设计流程提前,纳入原型设计,直接将小样、可行测试等环节进行模块合并,集中同类型工作,提高设计效能;将体验功能开发直接纳入试产环节,缩短迭代周期,减少不同类型工作、人员等造成的信息、时间、资源耗损。

并行开发的各个环节都可能会遇到一些问题,为了确保解决问题的方案不违背最初的既定方向,同时又能够很好地解决问题、满足优化的需求,往往会用到 A/B 测试法,包括收集需要优化的需求,进行需求的优先级排序,并进行方案确定、更新版本、继续测试、推出产品、样机验证、包装设计、试产等步骤。

### 3.6 整合:链条打造,资源构建

#### 3.6.1 基于供应链的“量产”的内涵

供应链是指围绕核心企业,从配套零件开始,制成中间产品以及最终产品,最后由销售网络把产品送到消费者手中,将供应商、制造商、分销商、最终用户组成整体的功能网链结构,主要包括资源构建、生产管理、质量监控、市场监督、流程监督等方面。

#### 3.6.2 供应链整合管理的三种模式

供应链管理水乎取决于合作伙伴关系是否和谐,因此建立合作关系模型是实现供应链最佳效能的保证。供应链整合及协同方面常用的三种运营模式为 VMI、JMI 及 CPFR 模式。

VMI 供应商库存管理,是一种通过供应商共享客户的库存数据,维持客户所需要的库存水平的供应链优化方法;JMI 联合库存管理,是一种在 VMI 的基础上发展起来的上下游企业权利责任平衡和风险共担的库存管理模式;CPFR 即协同计划、预测与补给,是一种面向供应链新型合作伙伴的策略和管理模式。通过共同管理业务过程和共享商业信息来改善供需双方的伙伴关系,达到提高供应链效率、减少库存、提高消费者满意程度的目的。

#### 3.6.3 资源打造与整合的意义

随着经济全球化趋势的不断深化与产品复杂程度的提升,产品量产阶段的供应商规模也在不断扩大,以供应链整合管理为核心的量产模式正在成为产品量产的主流。制造型企业在产品“量产”阶段要想通过精益生产实现降低成本,其中很重要的部分就是通过供应链管理降低成本。因此,成功的供应链管理能够协调并整合供应链中所有的活动,最终成为无缝连接的一体化过程。

### 3.7 MMI 优化设计模型的设计实践

本文提出的 MMI 优化设计及循环迭代的工作流程是以传统光学相干断层成像扫描系统为基础的,在人本设计和包容性设计原则的指导下,整合用户调研、桌面研究等多种方法进行了实用性改造。这一工作流程的创新点主要体现在以下几个方面:

1) 在市场与高技术装备体验设计的需求指导下,本文将整合产品升级的实用型流程固定下来,并通过市场问卷调查,分析业界相关竞品,依据调查数据与感性洞察确定了 MMI 的优化设计策略,体现了流程对市场和高技术装备体验设计的实用化改造。

2) 该工作流程强调了不断循环迭代的方式,使整个设计流程更具有灵活性和可调性。不仅关注产品的初始设计,还注重后期的检验和升级改造,从而保证了产品性能和用户体验的不断优化。

3) 本文提出的 MMI 优化设计及循环迭代的工作

流程已经由生产导入实证,并在高技术装备生产领域的  
光学相干断层成像仪上进行了实际应用和验证。此次生产应用中的有效改型升级,也充分说明了该工作流程能够促进设备的智能化改进、提高产品的使用效率和精准度。因此,本文提出的 MMI 优化设计及循环迭代的工作流程是一种经过检验的新创意,在实践中获得了良好的应用效果和积极的反馈。

#### 4 MMI 优化设计模型的效能评价

为了验证 MMI 优化设计模型的实践效果,课题组通过实体店、康复中心以及国内外著名的医疗品牌

商城网站数据,汇总了 10 种较为典型的 OTC 仪器的整体造型和 8 种关键部件造型(见图 5—6),并采用 MMI 优化设计模型展开了设计实践。

如图 7 所示,基于本文提出的 MMI 优化设计及循环迭代的工作流程,对一款 OCT 设备(Carl Zeiss PRIMUS 200)的造型、结构和视觉效果展开设计实践,并将实践成果与 CIRRUS™ HD-OCT 500 与 CIRRUS™ HD-OCT 5000 两款仪器进行了对比分析。

##### 4.1 基于用户需求的产品 MMI 性能测试

通过三款 OCT 设备的 MMI 性能测试对比可知,PRIMUS 200 的性能表现较为优秀,如表 1—4 所示。



图 5 OTC 仪器的 10 种整体造型设计  
Fig.5 10 types types of overall design for OTC instruments

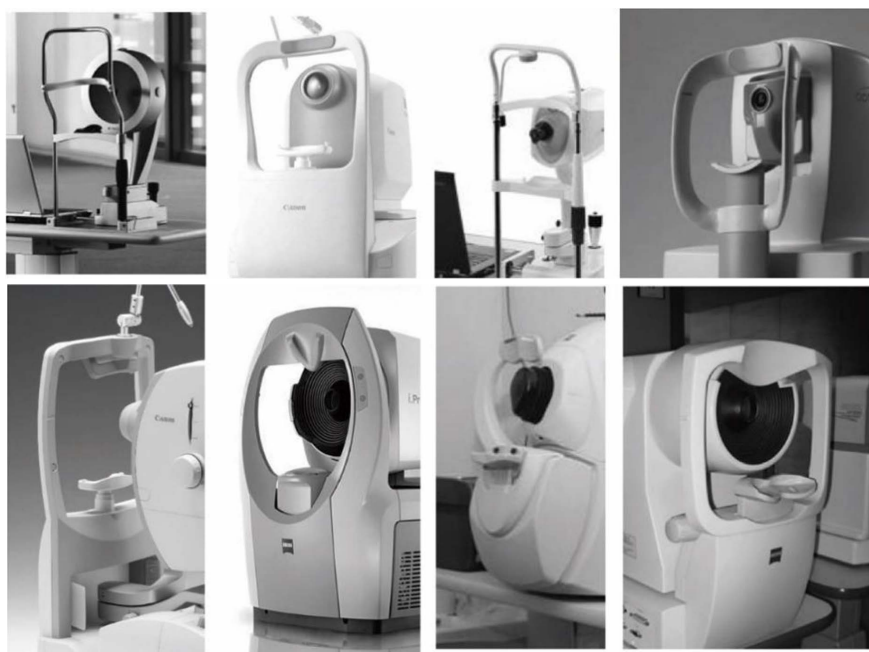


图 6 OTC 仪器的 8 种关键部件造型  
Fig.6 8 key component shapes for OTC instruments



图 7 Carl Zeiss PRIMUS 200 的造型和视觉效果图  
Fig.7 Stylistic design and visualization of the Carl Zeiss PRIMUS 200

OCT 成像部分: 通过 MMI 优化设计模型的应用, PRIMUS 200 型 OCT 设备在成像效果上较为突出, 具有更高的清晰度和图像分辨率。同时, 优化后的界面设计也能够帮助用户更加便捷地进行病变区域检测等操作。

眼底成像部分: 根据提供的 MMI 优化设计模型, PRIMUS 200 型 OCT 设备在眼底成像方面表现良好。通过改进设计能够提高成像深度、增强血流信号, 并拥有良好的模块化结构, 可以使用户更便捷地进行眼部病变检查。

电气与物理部分: 为了区分不同用户群体的使用习惯, 通过 MMI 优化设计模型实现对控制按钮的差异化处理, 保证不同用户操作的舒适度。私有协议和唯一硬件锁也能够提升产品的安全性和稳定性。

内部计算机部分: 在内部计算机设计上, 可以基于本文的 MMI 优化设计模型进行改进。设备优化后系统会更加稳定, 反应速度更快, 能够适应不同的数据处理需求。

表 1 MMI 优化设计后的模型 OCT 成像性能表现  
Tab.1 OCT imaging performance of the model optimized by MMI design

项目	CIRRUST <sup>TM</sup> HD-OCT 500	CIRRUST <sup>TM</sup> HD-OCT 5000	PRIMUS 200
方法	谱域 OCT	谱域 OCT	谱域 OCT
光源	超发光二极管 (SLD), 840 nm	超发光二极管 (SLD), 840 nm	超发光二极管 (SLD), 840 nm
A-扫描深度	2.0 mm (组织中), 1 024 个点	2.0 mm (组织中), 1 024 个点	2.0 mm (组织中), 1 024 个点
轴向分辨率	5 μm (组织中)	5 μm (组织中)	5±1 μm (组织中)
横向分辨率	15 μm (组织中)	15 μm (组织中)	≤20 μm (组织中, FWHM)

表 2 MMI 优化设计后的模型眼底成像性能表现  
Tab.2 Performance of fundus imaging in the model optimized by MMI

项目	CIRRUST <sup>TM</sup> HD-OCT 500	CIRRUST <sup>TM</sup> HD-OCT 5000	PRIMUS 200
方法	线扫描检眼镜 (LSO)	线扫描检眼镜 (LSO)	共聚焦扫描激光眼科检查 (cSLO)
动态眼底图像	校准和 OCT 扫描期间	校准期间	对齐期间
光源	超发光二极管 (SLD), 750 nm	超发光二极管 (SLD), 840 nm	超发光二极管 (SLD), 840 nm
视场 ( $H$ 为水平方向视角, $V$ 为垂直方向视角)	$H: 36^\circ, V: 30^\circ$	$H: 36^\circ, V: 22^\circ$	$H: 29^\circ, V: 21^\circ$
横向分辨率	25 μm (组织中)	45 μm (组织中)	≤80 μm (组织中)

表 3 MMI 优化设计后的模型电气与物理性能表现  
Tab.3 Electrical and physical performance of the model optimized by MMI

项目	CIRRUST <sup>TM</sup> HD-OCT 500	CIRRUST <sup>TM</sup> HD-OCT 5000	PRIMUS 200
质量	36 kg	34 kg	40 kg
尺寸	65 cm×46 cm×53 cm	65 cm×46 cm×53 cm	120 cm×80 cm×150 cm
固视	内部, 外部	内部, 外部	内部, 外部
屈光度	-20~20 D	-20~20 D	-23~17 D



表4 MMI优化设计后的模型内部计算机部分性能表现  
Tab.4 Performance of the internal computer part of the model optimized by MMI

项目	CIRRUS™ HD-OCT 500	CIRRUS™ HD-OCT 5000	PRIMUS 200
操作系统/处理器	Windows7/Intel Core 第四代 i7	Windows7/Intel Core 第四代 i7	Windows 7/Intel Core i3-2330E
内存	16 GB	16 GB	4 GB
硬盘驱动/内部存储	≥2 T >200 000 次扫描	≥2 T >200 000 次扫描	500 GB
显示器	集成 19 英寸彩色平板显示器	集成 19 英寸彩色平板显示器	集成 23 英寸彩色平板显示器
USB 端口数量/个	6	6	4

综上所述, PRIMUS 200 型 OCT 设备运用本文提出的 MMI 优化设计模型后, 其在成像、操作、功能等方面都获得了非常出色的表现, 更好地满足了用户需求, 证明此设计模型是正确可行的, 为高技术装备的产业化生产提供了一个优秀的实践案例。

#### 4.2 融合用户体验的产品反馈调查

如表 5 所示, 根据三款产品体验反馈的纵向比较, 运用本工作模型的 PRIMUS 200 型 OCT 设备在用户满意度上有连续性改善, 其中在 A、B 指标上有明显优势, 而在 F、S、V、E 指标上略有优势, 其他指标表现都基本相同, 表格中子分数以 10 为满分的评判标准。

具体来说, 根据调查结果可知:

A 美观度-外观和 B 识别性-品牌: PRIMUS 200 在外观设计和品牌知名度两个指标上的表现明显优于其他两款设备。优美的外观设计和优化后的界面设计使它更容易受到用户的青睐, 并且能够增强品牌识别度, 给人留下深刻的印象。

F 转化率-功能、S 易用性-服务、V 治疗效果-价值、E 医护效率-效率: PRIMUS 200 经过 MMI 优化后, 在这几个指标上略有优势。虽然与其他两款产品相比并没有明显的突出之处, 但 PRIMUS 200 在使用操作、成像效果、设备响应等方面都得到了不错的改善, 能够为用户提供更加便捷、舒适的使用体验。

P 数据安全-人本和 C 生命周期-成本: PRIMUS 200 在这两个指标上的表现与其他两款设备差不多,

优化后的设计能够保障数据安全和用户的使用体验, 并且拥有更低的维护成本, 使用户对成本效益方面的评价很高。

综上所述, PRIMUS 200 运用本文提出的 MMI 优化设计模型后, 在 A、B 指标上表现出明显优势, 而在 F、S、V、E 指标上略有优势, 但这些都足以表明其在产业化生产环境中的实际应用价值和市场竞争能力。

#### 4.3 迭代效能评价

根据新流程, 运用 MMI 优化设计模型, 对 12 个阶段中的迭代进行横向比较, 得到的迭代效能评价, 如表 6 所示。

具体来说, 在新流程下, 整个产品设计过程的时间明显缩短, 每个阶段的耗时平均减少了 30%~40%。例如在阶段 3 的三维呈现和深度展示环节, 应用新流程后, 设计时间从原来的 5 天缩短到 3 天, 使团队可以更快地迭代设计, 加速该产品的推进。

人力: 应用新流程后, 整个产品设计过程中的人力投入也得到了优化。在阶段 5 的工程转化和结构调整环节中, 虽然需要的人力资源相同, 但是在新流程下, 团队工作效率得到了大幅提高。不仅为公司节省了成本, 而且减轻了员工负担, 让他们更专注于产品设计本身。

成本: 通过应用该设计模型, 迭代成本明显减少。在阶段 10 的模具开发和资源构建环节中, 成功控制了一些不必要的开销和浪费。在阶段 11 的初试生产

表5 不同型号 OTC 产品的体验反馈调查  
Tab.5 Experience feedback questionnaire for different models of OTC products

项目	权重/%	CIRRUS™ HD-OCT 500	CIRRUS™ HD-OCT 5000	PRIMUS 200
A 美观度-外观	15	6	6	8
B 识别性-品牌	5	5	5	9
F 转化率-功能	25	6	6	7
S 易用性-服务	20	6	6	7
V 治疗效果-价值	20	7	7	8
E 医护效率-效率	5	6	7	8
P 数据安全-人本	5	6	7	7
C 生命周期-成本	5	6	6	7

表 6 OTC 产品的迭代效能评价  
Tab.6 Iterative efficiency evaluation of OTC products

阶段	迭代周期 (周)	人员配置	成本 (万元)
1: 概念设计, 草图呈现	1	3 人: 设计总监 1 人、设计师 2 人	1
2: 探讨抉择, 草图深化	1	3 人: 设计总监 1 人、设计师 2 人	1
3: 三维呈现, 深度展示	2	3 人: 设计总监 1 人、设计师 2 人	2
4: 方案选定, 外观深化	2	1 人: 设计师	1
5: 工程转化, 结构调整	2	1 人: 设计师	1
6: 可视小样, 手板验证	3	1 人: 手板厂普工	2~3
7: 结构深化, 修改提升	6	2 人: 结构工程师	9
8: 结构手板, 后端开发	3	1 人: 结构工程师	3~4
9: 功能验证, 行业测试	8	4 人: 结构工程师 2 人、甲方人员 1 人、测试人员 1 人	10
10: 模具开发, 资源构建	8	6 人: 产品经理 2 人、设计师 2 人、工程师 2 人	200
11: 初试生产, 质量监控	6	模具厂生产人员	30
12: 最终调试, 批量生产	6	甲方人员	15

和质量监控环节中, 新的设计模型降低了故障概率和不良成本, 使产品优化更彻底, 在减少返工次数及费用方面具有显著效果。

MMI 体验反馈: 通过各阶段的 MMI 优化, 整个产品的体验、响应和操作性大大提升, 用户满意度明显提高。如在阶段 6 的可视小样和手板验证环节, MMI 优化设计模型提供了更准确的虚拟手感和更流畅的界面设计, 使用户可以更加轻松愉悦地操作设备。

结合上述数据的分析, 可以看到 PRIMUS 200 眼科仪的迭代效能评价比较优秀, 在时间和人力成本上都得到了优化, 而且每次迭代成本损耗也得到了有效控制。因此, 本文提出的 MMI 优化设计模型是有效的, 并有望在未来的产品开发中得到广泛应用。

## 5 结语

实验结果表明, 在该设计项目中, 新流程及 MMI 优化设计模型可以有效提高产品设计的效率和准确度。通过 12 个阶段的横向比较, 发现时间、人力、成本、耗材等方面有明显的优化, 同时产品性能和 MMI 体验反馈也得到了持续的改善。每次迭代成本损失明显降低, 充分证明了该方法的有效性和优越性。

本文的 MMI 优化设计及循环迭代的工作流程与成像仪设计实践、产品性能分析以及用户体验分析有着紧密的关联性。在成像仪设计实践中, 运用了新的工作流程, 通过对传统光学相干断层成像扫描系统的特点进行深入研究与分析, 结合用户调研和桌面研究, 确定了适用于中国市场的光学相干断层成像仪设计方案。

在用户体验分析过程中, 以人本设计和包容性设计原则为指导, 借助该工作流程的循环迭代方式, 持续不断地改进产品的设计方案, 并最终生成用户满意的产品。此外, 该工作流程还可以促进设备的智慧化改进, 增加产品的易用性和全面性, 让用户的使用更为便利, 提升了产品的可靠性和稳定性。

总的来说, 本文提出的 MMI 优化设计及循环迭代的工作流程在光学相干断层成像仪的设计与研发中扮演了重要的角色, 为该领域的用户体验设计提供了一种有效的方法。通过有机结合 MMI 优化设计模型的 6 个环节, 设计师可以从市场需求的洞察开始, 明确产品目标和功能要求, 在开发和设计过程中注重用户体验和外观设计, 通过迭代环节的循环优化解决存在的问题, 并将不同环节的成果进行整合, 最终推向市场。该工作流程模型在实践中已被证明有效, 能够适应产业化生产环境、提高生产效率和产品质量、推动产业创新和发展。

## 参考文献:

- [1] CHEN Y, LI J, WANG Y. User Interface Design for a Handheld Optical Coherence Tomography Device[C]. Proceedings of the 2020 12th International Conference on Computer Science and Information Technology. 2020: 1-5.
- [2] CHEN Y, LI J, WANG Y. Usability Evaluation of a Handheld Optical Coherence Tomography Device for Eye Examination[C]. Proceedings of the 2020 12th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology, 2020.
- [3] CHEN Y, LI J, WANG Y. A User-Centered Design Approach for Developing a Mobile OCT Device for Glaucoma Screening[J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2021, 68(4): 1329-1339.
- [4] MITCHELL C M. GT-MSOCC: A Domain for Research on Human-Computer Interaction and Decision Aiding in Supervisory Control Systems[J]. IEEE Transactions on Systems Man & Cybernetics, 1987, 17(4): 553-572.
- [5] OLIVEIRA, PAVARINI L. Virtual reality framework for medical training: implementation of a deformation class using Java[C]. Vrcia Acm International Conference on Virtual Reality Continuum & Its Applications. ACM,

- 2006.
- [6] PALUCH S. Customer expectations of remote maintenance services in the medical equipment industry[J]. Journal of Service Management, 2014, 25(5): 639-653.
- [7] CHEN B, CAO J, LIANG J, et al. Design of Multi-Mode UAV Human-Computer Interaction System[J]. Aircraft Design, 2018, 38(1): 28-33.
- [8] COOKE L. Improving usability through eye tracking research[C]. Professional Communication Conference, 2004. IPCC 2004. Proceedings. International. IEEE, 2004.
- [9] TONG Y, WANG Y, JING C, et al. A small Scene Assistant Maintenance System Based on Optical see-through Augmented Reality[C]. Acm Siggraph Conference on Virtual-reality Continuum & Its Applications in Industry. ACM, 2016.
- [10] SUN M, WU X, FAN Z, et al. Augmented Reality Based Educational Design for Children[J]. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 2019, 14(3): 51-60.
- [11] BORNIK A, BEICHEL R, KRUIJFF E, et al. A Hybrid User Interface for Manipulation of Volumetric Medical Data[C]. 3d User Interfaces. IEEE, 2006.
- [12] SHARPLES, S, Martin, et al. Medical device design in context: A model of user-device interaction and consequences[J]. DISPLAYS, 2012. 33(4-5): 221-232.
- [13] RAJKOMAR A, MAYER A, BLANDFORD A E. Understanding Safety-critical Interactions with a Home Medical Device through Distributed Cognition[J]. Journal of Biomedical Informatics, 2015.
- [14] ABDELMAGEED M G, EL-BAB A, ABOUELSOUD A A. Design and Simulation of Pulsatile Blood Flow Energy Harvester for Powering Medical Devices[J]. Microelectronics Journal, 2019, 86(APR.): 105-113.
- [15] LIU Y, OSVALDER A L, DAHLMAN S. Exploring user Background Settings in Cognitive Walkthrough Evaluation of Medical Prototype Interfaces: a Case Study[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2005, 35(4): 379-390.

责任编辑：马梦遥

(上接第 413 页)

- [8] 胡海燕, 刘晶, 逯海勇. 绿色包装的材料应用[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2010(3): 4.  
HU Hai-yan, LIU Jing, LU Hai-yong. The Application of Green Packaging Materials[J]. Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science Edition, 2010(3): 4.
- [9] 陈峰. 生态包装中体现的绿色设计理念[J]. 中国包装, 2009(3): 5.  
CHEN Feng. Green Design Concept Embodied in Ecological Packaging[J]. China Packaging, 2009(3): 5.
- [10] 许超, 彭惠. 论现代包装设计的自然生态观[J]. 中国包装工业, 2008(7): 3.  
XU Chao, PENG Hui. On the Natural Ecological Concept of Modern Packaging Design[J]. China Packaging Industry, 2008(7): 3.
- [11] 郑敏. 环保材料在包装设计中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2007, 17(9): 134-136.  
ZHENG Min. The Application of Environmental Protection Materials in Packaging Design[J]. Science and Technology Information Development and Economy, 2007, 17(9): 134-136.
- [12] 严爱林. 浅析环保理念在包装设计中的应用[J]. 重庆科技学院学报: 社会科学版, 2010(24): 2.  
YAN Ai-lin. Analysis on the Application of Environmental Protection Concepts in Packaging Design[J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology: Social Science Edition, 2010(24): 2.
- [13] 杨昕. 浅谈绿色设计理念在现代包装设计中的运用[J]. 明日风尚, 2018(22): 1.  
YANG Xin. Discussion on the Application of Green Design Concepts in Modern Packaging Design[J]. Tomorrow Fashion, 2018(22): 1.

责任编辑：陈作

(上接第 419 页)

- [10] 吴一凡, 倪丹菲. 可持续性视野下城市公共设施更新设计探索[J]. 建筑与文化, 2022(3): 105-107.  
WU Yi-fan, NI Dan-fei. Exploration on the Renewal Design of Urban Public Facilities from the Perspective of Sustainability[J]. Architecture and Culture, 2022(3): 105-107.
- [11] GB/T 21084-2007, 绿色饭店[S].  
GB/T 21084-2007, Green Hotel [S].
- [12] T/SRCA 001-2018, 绿色餐厅标准[S].  
T/SRCA 001-2018, Green Restaurant Standard[S].
- [13] 段晶晶. 城市公共设施存在的问题及原因分析[J]. 现代国企研究, 2017(12): 70.  
DUAN Jing-jing. Problems and Causes of Urban Public Facilities[J]. Modern State-owned Enterprise Research, 2017(12): 70.
- [14] 麦当劳的企业文化[J]. 石油政工研究, 2011(1): 78.  
McDonald's Corporate Culture [J]. Research on Petroleum Politics, 2011 (1): 78.

责任编辑：陈作