

基于基元识别理论探究抗血栓压力泵造型设计

池宁骏, 于童安

(西安科技大学, 西安 710054)

摘要: **目的** 为了解决设计师在传统产品造型设计过程中出现的诸多问题, 满足用户对医疗产品造型的真实需求, 将心理学的基元识别理论应用到医疗产品设计领域中, 形成一套规范化的设计流程, 开创新的产品造型设计思路。**方法** 以抗血栓压力泵为例, 基于基元识别理论的思想, 从平面几何离子和立体几何离子两个方面对现有产品进行分析。使用调查问卷和图形感性语义建立图形感性语义库, 并提取出用户所需的平面语义特征, 运用产品解构学和功能分析得出立体基础形, 并结合用户实际需求, 对产品造型可能性进行造型推导演绎。**结论** 将基元识别理论应用于抗血栓造型的设计与创新中, 可以帮助产品设计师改善设计流程, 提高用户满意度, 使得原本随意、感性的产品造型设计变得顺畅高效、有据可依, 更具科学性。

关键词: 基元识别理论; 几何离子; 产品设计; 语义; 基础形

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)12-0115-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.12.015

Exploring the Design and Innovation of Antithrombotic Pressure Pump Based on Primitive Recognition Theory

CHI Ning-jun, YU Tong-an

(Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

ABSTRACT: In order to solve many problems that designers have encountered in the process of traditional product shape design and meet users' real needs for medical product modeling, the primitive recognition theory of psychology is applied to the field of medical product design to form a set of standardized design processes and develop innovative product modeling design ideas. Taking the antithrombotic pressure pump as an example, based on the idea of the primitive recognition theory, the existing products are analyzed from two aspects of planar geons and solid geons. The questionnaire and graphic perceptual semantics are used to build a graphic perceptual semantic database, and the planar semantic features required by users are extracted. The three-dimensional basic shape is obtained by product deconstruction and function analysis. Combined with the actual needs of users, the possibility of product modeling is deduced. Primitive recognition theory is applied to the design and innovation of antithrombotic modeling, which can help product designers improve the design process, increase user satisfaction and make the original casual and sensuous product modeling design smooth and efficient, evidence-based, and more scientific.

KEY WORDS: primitiverecognitiontheory; geons; product design; semantics; basic shape

在《“健康中国 2030”规划纲要》和《“十三五”卫生与健康科技创新专项规划》等政策出台后, 我国的医疗产品得到迅猛发展。与此同时, 医疗产品的创新性、外观造型、宜人性愈来愈受到用户重视。因此, 在保证医疗产品功能性的前提下, 准确把握用户的心

理需求成为提高用户体验和价值机会的关键^[1]。基元识别理论与多种设计方法相结合的新流程为医疗产品的造型设计与创新提供了充足的理论依据, 也使设计更加系统与规范。

收稿日期: 2021-02-09

作者简介: 池宁骏(1978—), 男, 广东人, 西安科技大学副教授, 主要研究方向为产品造型设计与创新方法。

1 基元识别理论

1.1 基元识别理论的概念

南加州大学的欧文比德曼教授于 1987 年提出基元识别理论。该理论基于这样一种观点：人在观察物体时，会把复杂对象的结构拆分为简单部件形状来识别。这些简单部件形状由一些基本结构组成，称为几何离子^[2]。几何离子通过各种空间关系排布来形成多种组合，以此描述大多数物体。几何离子共有 43 种，包括方块、圆柱、球面、圆弧、楔子等 36 种立体几何离子和矩形、圆形、三角形等 7 种由立体几何离子衍生出的平面几何离子。

1.2 基元识别理论的创新应用

基元识别理论作为一种视觉研究方法，一般应用在心理学领域。依据“美第奇效应”理论：思想、观念和文化的交汇点上往往能爆发出灵感，把不同的学科、不同的文化汇集起来，可以找到它们之间的联系^[3]。这些联系就是产品设计的创新点。

抗血栓压力泵是一款可以在医疗机构和家庭中使用的康复矫正器械，主要用于治疗上、下肢体水肿，肢体血液循环不好等疾病^[4]。传统产品设计方法由于设计师与用户沟通差、用户需求模糊不清、设计流程混乱等原因往往费时费力、繁琐低效，因此尝试将基元识别理论的几何离子思想应用到抗血栓压力泵的产品造型设计上来。

基于基元识别理论的产品设计流程见图 1。使用平面几何离子和立体几何离子分别获得平面图形感性语义和立体产品基础形，再通过特征与基础形推导演绎，完成造型设计与创新。设计师可与用户互相反馈，在完成设计后加入用户满意度测试，检验设计的可行性。若用户对最终的产品造型提出新需求，则按照用户所需语义特征与功能来重新调整基础形及所需特征，再推导演绎设计。明确用户需求，确保设计师与用户无障碍沟通交流，规范设计流程，提高企业

产品设计效率，改进传统造型设计流程的不足。

2 平面几何离子

2.1 感性词域的建立

正所谓“器而载道”，产品形态语义深深地融入到产品的造型设计之中。为确定产品的形态语义，准确把握用户对抗血栓压力泵的感性意向，邀请 25 位用户参与本次实验。在这 25 人中，有 5 名工业设计专业研究生、6 名抗血栓方面的医生、14 名使用过类似医疗器械的患者，男女比例为 12:13。要求受访者在调查问卷中用恰当的词语描述他们对已有抗血栓压力泵造型的感受，然后研究人员从相关杂志、网站中补充其他合适的感性词汇，初步筛选出 70 个感性词汇。运用“卡片排序法”，让受访者从感性词汇中挑选卡片放置于空白的“感性词汇意向尺度分析图”中，综合比对 25 人的放置结果来获取感性词汇的意向分布情况，完成初步感性词汇意向尺度分布图。为便于分析后续图形语义^[5]，还需将分布图简化：将初步分布图的词汇依据 70 个感性词汇整理成的 10 个感性词域进行汇总整理，最终得到简化后的感性词域意向尺度分布图。感性词域划分情况见表 1，感性词域意向尺度分布图的简化过程见图 2。

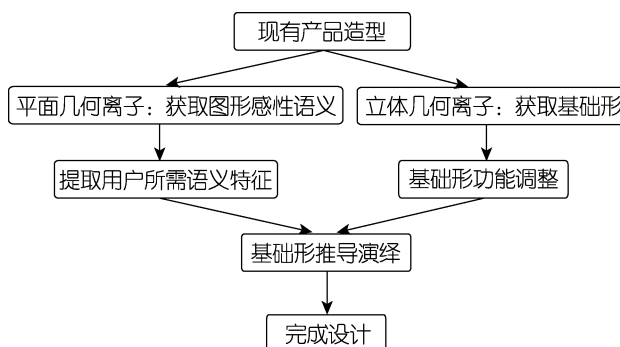


图 1 基于基元识别理论的产品设计流程
Fig.1 Product design process based on primitiverecognition theory

表 1 感性词域划分情况
Tab.1 Classification of Kansei word

编号	感性词域名称	感性词域中包含的感性词汇
1	温暖	温暖、亲切、温馨、体贴、和善、热情、可爱、乖巧
2	舒服	高兴、放松、宁静、方便、舒服、称心、满意、享受、舒畅
3	简约	简约、简单、简洁、休闲
4	商务	商务、优雅、高端、美观、奢侈、精美、讲究
5	纯真	纯真、天真、憨厚、质朴
6	成熟	沉稳、严谨、认真、严肃、稳当、可靠、传统、踏实、成熟
7	灵巧	灵巧、动感、精巧、生机、活泼、灵动、活力
8	震撼	不俗、刚强、强硬、震撼、冲击
9	现代	标致、先进、时尚、优秀、现代、冰冷、风行、精致
10	前卫	前卫、时髦、新颖、洋气、新奇、酷炫、新潮、别致、特别

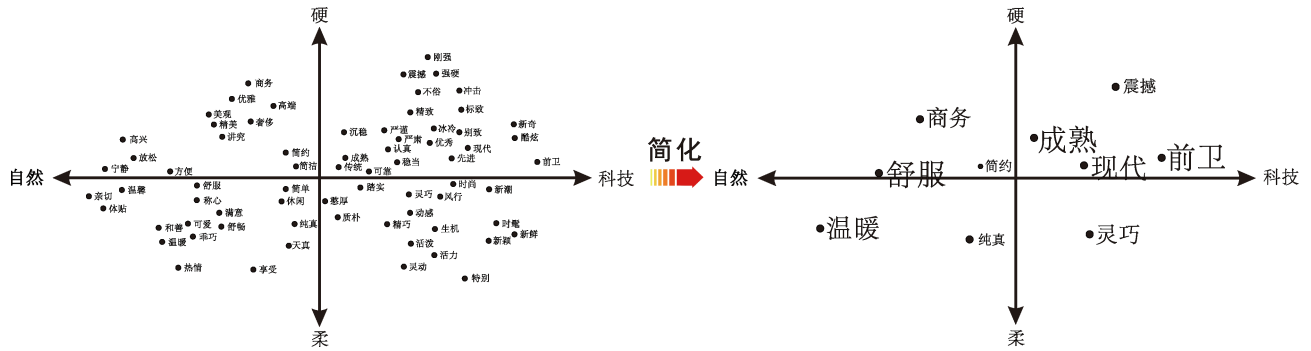


图 2 感性词域意向尺度分布图的简化过程

Fig.2 Simplified process of Kansei word intention scale distribution

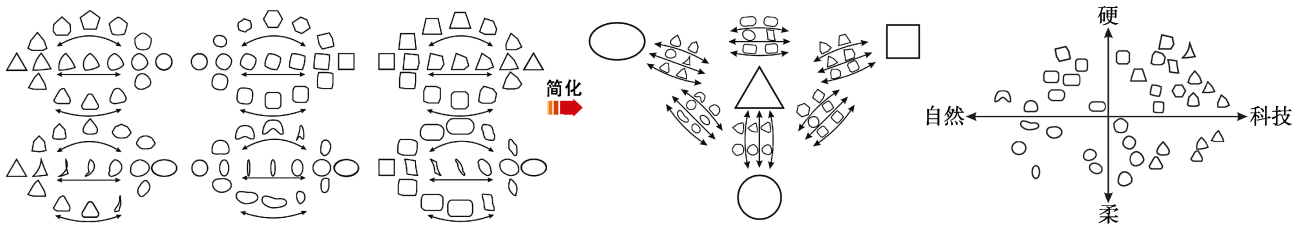


图 3 4 种几何离子转化关系图的简化过程及图形意向尺度分布图

Fig.3 Simplified process of four geoms transformation diagrams and graphical intention scale distribution

2.2 图形感性语义的建立

图形语义是具有指示性的，具备相应的因果性质^[6]。图形语义也是产品感性意向的基础，在很大程度上影响着产品的造型。得出感性词域后（如图 2），将感性词义与平面几何离子对应，用以“翻译”用户需求，对图形语义特征进行总结整理。

对 25 位受访者进行问卷统计，从 7 种平面几何离子中统计出：最能体现“科技性”的图形是三角形；最能体现“硬”的图形是矩形；最能体现“自然性”的图形是圆形；最能体现“柔”的是椭圆。使用调和工具将这 4 种图形之间的渐变过程展示出来，再请 25 名受访者投票剔除过于相近的图形，保留每条渐变路线中最有代表性的两个图形，得出筛选后的 36 个图形转化关系，4 种几何离子转化关系图的简化过程及图形意向尺度分布图见图 3。最后，受访者需要将处于转化过程中的 36 个图形与都置于空白的“感性词汇意向尺度分析图”中，综合 25 名受访者的放置结果，得到筛选后的图形意向尺度分布图。

比较筛选后的图形摆放位置（如图 3）与感性词域的位置（如图 2），获取 36 个图形所代表的感性意向，按照所属感性词域的不同划分成 10 个类型。按感性词汇划分筛选图形得到的汇总表，即为图形感性语义库，见表 2。

2.3 提取用户所需语义特征

继续邀请 25 名受访者投票。要求每名受访者从 10 个感性词域中挑选出 2 个词域作为他们所期望的抗血栓压力泵意象。投票结果统计见表 3，可以看出，受访者普遍希望自己看到抗血栓压力泵后能产生温

表 2 图形感性语义库

Tab.2 Graphical perceptual semantic library

编号	感性词域名称	感性词域中包含的图形
1	温暖	
2	舒服	
3	简约	
4	商务	
5	纯真	
6	成熟	
7	灵巧	
8	震撼	
9	现代	
10	前卫	

表3 投票结果统计
Tab.3 Statistics of voting results

词域	温暖	舒服	简约	商务	纯真
票数	19	9	5	3	2
词域	成熟	灵巧	震撼	现代	前卫
票数	3	2	0	16	1



图4 3款抗血栓压力泵
Fig.4 Three antithrombotic pressure pumps

暖 and 现代两种情感。因此面向这 25 名用户设计的抗血栓压力泵必须具备温暖和现代的语义特点。

再结合图形感性语义库(如表 2),分析温暖和现代的感性词域对应的图形特点。这两个图形的相同点是都是由几何线构成且线条较为对称、有规律,不同点是温暖感性词域中的线条有趋于圆的倾向,含蓄而包容,给人一种女性化的印象。而现代感性词域中的线条较为吸引人的注意力,理性而自制,给人一种男性化的印象。这些特征信息在平面几何离子转化为三维立体图形时,既能以圆角或倒角的形式出现在基础形的转折过渡处,也能作为单独的特征位于基础形的特定位置上。

3 立体几何离子的分析

3.1 产品挑选与设计要素解构

一个完整的抗血栓压力泵主要由主机、气囊和充气导管等组成。主机占据抗血栓压力泵的视觉主体,因此将其作为设计重点。首先从抗血栓压力泵的官网及淘宝、京东等平台广泛收集产品样品图片共 20 种。然后由工业设计专业研究生中的 3 名男生和 2 名女生,共计 5 人组成焦点小组,删除外形过于相似的产品。最终筛选出 3 款造型颇具代表性的抗血栓压力泵:DJO 抗血栓压力泵 VenaFlow Elite、Kendall SCD™ Express 感应抗血栓压力泵系统和 Kendall SCD™ 700 Series Controller,将它们依次编号为 A1、A2、A3,3 款抗血栓压力泵见图 4。

分析 3 款抗血栓压力泵的造型特点:这 3 款造型的整体性普遍较强;人机界面布局简单且较为合理;部件基本满足人体尺寸;外观造型都为对称式,视觉上秩序、和谐;造型过渡处有圆角,这既是出于医疗产品安全功能的考虑,又能消除病人对机器的恐惧感,使其身心得到平衡,提高医疗器械对人的亲和力^[7]。

依据设计心理学的理论,人脑以二维形式接收眼

表4 抗血栓压力泵设计要素解构
Tab.4 Deconstruction of antithrombotic pressure pump design elements

编号	产品主体	把手	上部壳体	下部壳体
A1				
A2				
A3				

表5 抗血栓压力泵功能指标差异
Tab.5 Table of functional indexes of antithrombotic pressure pumps

指标	A1	A2	A3
功率	大	中	小
场所适应性	强	中	差
界面显示性	差	中	好
单手操作性	好	中	差

睛观察到的信息,使用三维图形可能会减慢识别和理解的速度。同时,略微侧向俯视是人们想象物体的标准视角,人们从标准视角识别物体的速度总是最快的^[8]。因此,可以使用二维线条代替产品,在标准视角下,按照基元识别理论对产品结构进行设计要素解构^[9]。通过对这 3 款抗血栓压力泵设计要素进行解构,将占据视觉主体的把手、上部壳体和下部壳体从抗血栓压力泵主体中分解出来,保证造型在整体构成上的一致性。抗血栓压力泵设计要素解构见表 4。观察 3 款抗血栓压力泵主机的解构图,可将抗血栓压力泵的把手和上、下部壳体简化为弯曲圆柱体和棱台等立体几何离子。

3.2 产品功能需求分析

为保证抗血栓压力泵顺利实现其功能,主体造型需要围绕产品功能设计,存在以下限制:把手用来移动和挂放抗血栓压力泵,应满足用户提拿挂放的需求;上部壳体包含显示界面和操作界面,应满足用户俯视图查看示数与触碰按键的需求;下部壳体主要用于容纳内部电机,需将其内部的电机部分完全包裹,即要在内部结构固定的情况下套上一个“合适”的造型。再结合抗血栓压力泵的使用场景,提出以下 4 个功能指标:功率、场所适应性、界面显示性、单手操作性。参照竞品分析中使用的 Yes/No 法的思想,使用程度副词来凸显这 3 款抗血栓压力泵在比较中的区别,抗血栓压力泵功能指标差异见表 5。

通过比较可知：在整体体量感接近的情况下，下部壳体的造型过于突出，会导致内部无用的空间增多，能容纳的电机体积变小，实际功率变小；复杂的圆弧造型还会对其使用场所产生一定的限制，场所适应性降低；显示界面尺寸一般随产品上部壳体造型变化而变化，显示屏尺寸越小，界面显示性越差；产品的把手越大，视觉占比越突出，结构越复杂，单手操作性难度越大，使用场景中的可调节性越差。

结合经济性的设计原则，进一步确定功能上的设计要点：(1) 相同的体量感下，确保功率足够大；(2) 造型上应有可调整部件；(3) 显示界面应合理倾斜且屏幕应尽量增大；(4) 把手的设计应便于用户单手操作；(5) 造型简单，便于批量生产制造，降低维修成本。至此，从解构学和功能分析两个方面来确定抗血栓压力泵的基础形：把手为两端弯折的细长长方体；上部壳体为棱台，且倾角较小、有较大的倾斜面；下部壳体为减少不必要的空间浪费，使用大块的长方体。最终初步确定三维立体造型，基础形转化过程及最终设计方见图 5。

4 抗血栓压力泵的设计实践

依照平面几何离子分析确定的“温暖”和“现代”两种感性词域，对基础形进行图形感性语义特征调整，即第一次转化，共有 3 种设计方案。方案一、方案三是基于现代的感性词域设计的，简约理智，棱角分明；方案二是基于温暖的感性词域设计的，过渡处拥有大量的顶点圆角，圆润亲切。在提取用户所需的语义特征过程中（如表 3），25 名受访者对温暖的需求略高于对现代的需求。为实现受访者的这两种特征需求，在演绎过程中可以首先使第一次转化后的抗血栓压力泵的整体造型满足“温暖”的条件，然后在后续转化的过程中逐步补充“现代”的特征来完善基础形造型，因此挑选方案二继续推导。第二次转化过程需要将线条特征转化为立体结构：完善把手功能，

使其能够完成推动、拉出、挂放等动作；划分出大面积的显示界面区域，同时在正面较为平整的表面设计对称样式的圆角凸台，既增加温暖的造型特征，又便于企业在此放置标志；确定合理的分模线位置，便于批量生产并降低 ABS 注塑成本。

在第三次转化过程中加入现代的造型特征，即在空余的正面、侧面加入对称的直线连接线条，改变凸台高度等以增加相应的科技性。如继续补充更多温暖特征的细节，可在表面适当增加对称曲线和圆弧。通过不断按照温暖和现代的图形感性词义，逐步增加细节。经过形态调整和覆材渲染，最终设计方案及使用场景如图 5。

面向参与到本实验的 25 名受访者，使用李克特量表对最终设计方案进行满意度测试。受访者在问卷中需使用“十分同意、同意、中立、不同意、十分不同意”的选项回答：该抗血栓压力泵给人以温暖的感受；该抗血栓压力泵给人以现代的感受；您愿意尝试该产品等问题。共收到 25 份调查问卷。共收到 25 份调查问卷，有 92% 的受访者十分同意或同意该产品给人以温暖的感受；84% 的受访者十分同意或同意该产品给人以现代的感受；受访者普遍愿意尝试该产品。根据最终反馈的结果，可知用户的满意度较高，抗血栓压力泵的造型设计基本符合用户所需的设计需求^[10]。

5 结语

本文通过对基元识别理论的深入挖掘理解，将传统的心理学理论作为现代设计创新方法，应用于医疗产品造型领域中。从平面几何离子和立体几何离子两个方面对产品造型设计进行系统分析。平面几何离子的分析结合调查问卷和图形感性语义分析，最终提取出用户所需的语义特征，该特征将作为后续基础形感性层面的指导；立体几何离子的分析结合解构学和功能分析，得出符合的基础形。通过对基础形不断

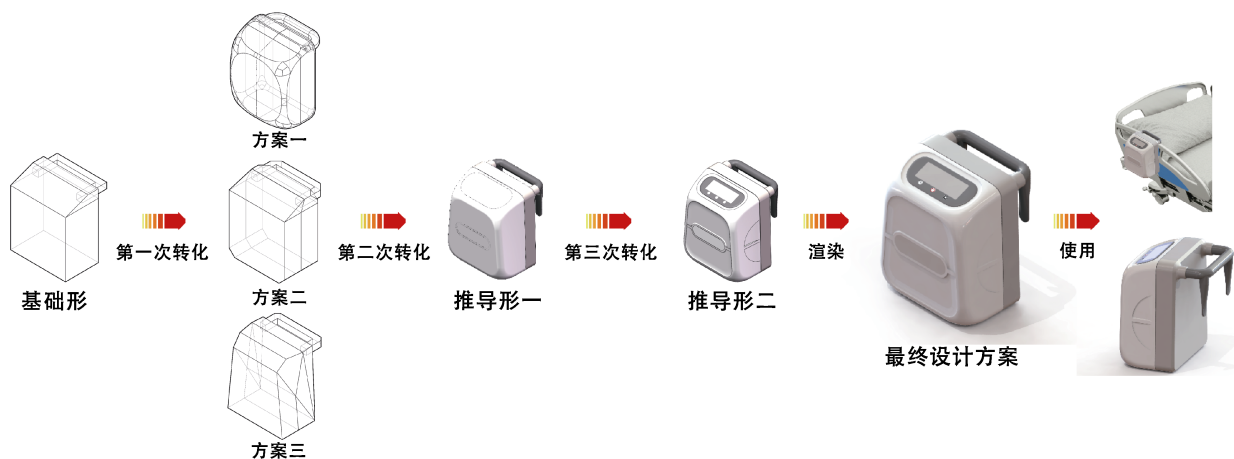


图 5 基础形转化过程及最终设计方案

Fig.5 Basic form transformation process and final design scheme

推导演绎, 最终完成抗血栓压力泵产品的创新设计。该理论分析过程具备高效、系统、可重复的优点, 跨学科、多方法相结合的理论对现代产品造型的设计具有积极的指导意义。

参考文献:

- [1] 刘鑫宇, 臧小影, 马建伟. 现代设计理念和设计方法在家用医疗产品设计中的运用[J]. 设计, 2018(12): 127-129.
LIU Xin-yu, ZANG Xiao-ying, MA Jian-wei. Application of Modern Design Concepts and Design Methods in the Design of Home Medical Products[J]. Design, 2018(12): 127-129.
- [2] Recognition-by-Components: A Theory of Human Image Understanding[J]. Psychological Review. 1987, 94(2): 115-147.
- [3] 尹惠斌. 研发团队知识冲突对企业突破性创新绩效的影响研究[D]. 长沙: 中南大学, 2014.
YIN Hui-bin. Research on the Impact of R & D Team Knowledge Conflicts on the Enterprise's Radical Innovation Performance[D]. Changsha: Central South University, 2014.
- [4] 宋明亮, 李金樱, 谢紫赟. 可穿戴医疗健康产品设计研究——抗血栓压力泵设计[J]. 美术大观, 2014(8): 126.
SONG Ming-liang, LI Jin-ying, XIE Zi-yun. Research on the Design of Wearable Medical and Health Products: Design of Antithrombotic Pressure Pump[J]. Art View, 2014(8): 126.
- [5] 李然, 支锦亦, 肖江浩, 等. 产品语义提取方法及流程研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 132-137.
LI Ran, ZHI Jin-yi, XIAO Jiang-hao, et al. Research on Product Semantic Extraction Method and Process[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 132-137.
- [6] 刘昕. 混合感性工学驱动的舱内人机设计与评价方法研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2016.
LIU Xin. Research on Hybrid Inductive Engineering-driven Cabin Man-machine Design and Evaluation Method[D]. Xi'an: Xi'an Northwestern Polytechnical University, 2016.
- [7] 田锐. 医疗器械的人类工效学研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
TIAN Rui. Research on Ergonomics of Medical Devices[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2008.
- [8] Garosi Ehsan, Mazloumi Adel, Kalantari Reza, et al. Design and Ergonomic Assessment of an Infusion Set Connector Tool Used in Nursing Work[J]. Applied Ergonomics, 2019(1): 75.
- [9] 汪群, 许世虎, 陈奕安, 等. 基于感性工学的威士忌酒瓶造型设计[J]. 包装工程, 2018, 39(8): 256-260.
WANG Qun, XU Shi-hu, CHEN Yi-an, et al. Styling Design of Whiskey Bottle Based on Perceptual Engineering[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(8): 256-260.
- [10] JAMES A S. Communication Through Design Sketches: Implications for Stakeholder Interpretation During Concept Design[J]. Design Studies, 2019(1): 63.
- (上接第 114 页)
- [21] 周金仙. “医护技”一体化服务模式在早期卒中病人康复护理中的临床应用[J]. 当代护士(下旬刊), 2016(8): 46-48.
ZHOU Jin-xian. Clinical Application of “Medical Nursing Technology” Integrated Service Model in Rehabilitation Nursing of Early Stroke Patients[J]. Contemporary Nurses (Late Issue), 2016(8): 46-48.
- [22] 彭晓娜, 张宇红. 移动医疗产品服务系统设计探究[J]. 包装工程, 2013, 34(20): 77-80.
PENG Xiao-na, ZHANG Yu-hong. Research on the Design of Mobile Medical Product Service System[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(20): 77-80.
- [23] 杨帆, 曾雪梅, 刘治君, 等. 成都市脑卒中患者康复治疗中的医保现状研究[J]. 卫生经济研究, 2014(6): 52-55.
YANG Fan, ZENG Xue-mei, LIU Zhi-jun, et al. Study on the Current Situation of Medical Insurance for Stroke Patients in Chengdu[J]. Research on Health Economy, 2014(6): 52-55.
- [24] 郑大喜, 梁允萍, 冯欣, 等. 医疗联合体内涵与外延的界定[J]. 中国医院管理, 2018, 38(8): 1-3.
ZHENG Da-xi, LIANG Yun-ping, FENG Xin, et al. The Definition of Connotation and Extension of Medical Complex[J]. Chinese Hospital Management, 2018, 38(8): 1-3.
- [25] 刘巧艳, 蒋青青, 陈帆, 等. 我国医疗联合体建设 SWOT 分析[J]. 解放军医院管理杂志, 2019, 26(7): 616-619.
LIU Qiao-yan, JIANG Qing-qing, CHEN Fan, et al. SWOT Analysis of the Construction of Medical Complex in China[J]. Journal of PLA Hospital Management, 2019, 26(7): 616-619.
- [26] 唐超兰, 程峰, 杨贤. 基于移动医疗产品的医生用户需求层次结构模型[J]. 包装工程, 2019, 40(22): 125-129.
TANG Chao-lan, CHENG Feng, YANG Xian. Hierarchical Model of Doctor User Requirements Based on Mobile Medical Products[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(22): 125-129.
- [27] 李俊平. IDEF1x 语义建模方法及其在数据库设计中的应用[J]. 微计算机应用, 2005(4): 455-458.
LI Jun-ping. IDEF1x Semantic Modeling Method and Its Application in Database Design[J]. Microcomputer Applications, 2005(4): 455-458.