

“艺工融合”理念下交互式磁流体科普产品设计

夏进军¹, 杨婧¹, 范正妍¹, 谢磊^{1,2}, 李赞¹, 孙远¹
(1.重庆大学, 重庆 400044; 2.重庆魅声科技有限公司, 重庆 401331)

摘要: 目的 遵循“艺工融合”理念下的跨学科实践教学与设计创新思路, 以磁流体科研成果为技术基础, 进行科普产品磁流体演示仪创新设计实践, 探索并验证“产学研创”一体化的跨学科创新设计方法。
方法 分析交互式磁流体科普产品的研究进展和发展趋势, 探索其设计创新路径。以需求与用户体验为导向构建创新设计方法, 开展产品功能创新与交互设计。通过控制磁流体的磁致相变效应, 完成对音乐旋律映射、语音交互映射和表情交互映射的互动演示设计, 开发实现交互的实时模拟技术, 形成全新的科普产品交互展示模式。
结论 挖掘了交互式磁流体科普产品创新设计要素与方法, 有效验证了“艺工融合”理念下设计创新实践思路, 实现理论学习、前沿设计一体化的教学模式。达到了综合性大学跨学科教学模式科学下科学与艺术的融合创新, 也为未来类似教学实践工作提供参考。

关键词: 艺工融合, 科普产品设计, 磁流体, 交互模式

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)14-0017-12

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.14.002

Design of Interactive Magnetic Fluid Science-popularisation Products Under the Concept of Integration of Art and Technology

XIA Jin-jun¹, YANG Jing¹, FAN Zheng-yan¹, XIE Lei^{1,2}, LI Yun¹, SUN Yuan¹

(1.Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2.Chongqing Meisheng Technology Co., Ltd., Chongqing 401331, China)

ABSTRACT: Following the innovative ideas of interdisciplinary practice teaching and design under the concept of "integration of art and technology", this paper aims to carry out the innovative design practice of magnetic fluid demonstration instrument for popular science products based on the scientific research achievements of magnetic fluid, and explore and verify the interdisciplinary innovative design method of "integration of industry, learning, research and innovation". The research progress and development trend of interactive magnetic fluid popular science products are analyzed, and the design innovation path is explored. On the basis of demand and user experience, innovative design methods are designed to carry out product function innovation and interaction design. By controlling magnetotropic phase change effect of magnetic fluid, interactive demonstration design of music melody mapping, voice interactive mapping and facial expression interactive mapping are completed, real-time simulation technology of interaction is developed and realized, and a new interactive display mode of popular science products is formed. The innovative design elements and methods of interactive magnetic fluid popular science products were excavated, which effectively verified the practical ideas of design innovation under the concept of "integration of art and technology", and realized the teaching mode of theoretical learning and frontier design integration. In conclusion, it has achieved the integration and innovation of science and art under the interdisciplinary teaching mode of comprehensive university, which can provide reference for

收稿日期: 2022-02-05

基金项目: 重庆市社科规划 (2018YBYS162); 教育部首批新文科研究与改革实践 (2021160052)

作者简介: 夏进军 (1978—), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向为工业设计与信息设计、用户体验与服务设计、跨学科产品设计。

通信作者: 范正妍 (1981—), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向为工业设计教育方法、跨学科产品设计、设计心理学与用户体验。

similar teaching practice in the future.

KEY WORDS: integration of art and technology; science-popularisation product design; magnetic fluid; interaction mode

以重庆大学跨学科创新设计团队获得的德国红点奖“最佳设计奖”(2021 Red Dot Award: Best of the Best)作品——磁流体演示仪为案例,论述“艺工融合”理念下跨学科教学模式与创新设计方法的形成和运用过程。

科学技术是第一生产力,是经济社会发展的重要推动力量。加强科普教育工作对提高公民科学素质具有重大意义。目前我国存在高科技投入、产出和低科技成果转化率之间的矛盾^[1]。高校实验室作为高水平学术研究的重要基地和推动科技成果转化实现科学普及的重要力量,根据自身特点和优势,提升科技成果转化,积极主动参与社会科普教育工作,具有重要意义^[2]。

跨学科创意团队秉承推动科技成果转化,实现科学普及的宗旨,对新型半固体智能材料——磁流体进行研究,改变以往以技术为导向的设计方法,从人的情感体验出发,将科学技术与艺术设计相结合,深入研究交互式磁流体科普产品的设计方法途径,指导了磁流体演示仪的设计实践,作品通过建立全新科普互动演示方式,从音乐旋律、语音交互和表情交互多个角度向公众普及前沿科学技术,提升科普产品的用户体验,推进科学成果走向大众。

1 交互式磁流体科普产品研究现状

1.1 国外交互式科普产品研究现状

国外对于科普产品的互动性理论研究较多。1993年,McLean将互动式展示定义为“在展览中观众可以执行操作、收集证据、选择选项、形成结论、检验技能,并且观众的操作行为能够影响展品展示的过程,观众发出指令或给定输入,展品就会执行操作和给出反馈”^[3];2009年,Potthast^[4]发表的“交互模型下科学——产业之间的关系”一文探讨了科学与产业的相互影响和科学的产业化、商业化等问题。

实践方面,国外对交互式科普展品的探索开始较早,1969年由Frank Oppenheimer建立的美国旧金山探索馆是第1代科技博物馆的先驱,推崇全方位的互动体验方法,创建了科技馆的全新模式,其中就已经有大量的互动展品,早期的互动展品大都通过“人力互动”和“机电互动”^[5];20世纪七八十年代以来,随着信息技术和媒体技术的高速发展,互动展示中开始大量引入计算机技术等多种媒体技术,出现了大量以媒体技术为支撑的互动展品,被称为“媒体互动”^[5]。

1.2 国内交互式科普产品研究现状

国内对交互式科普产品研究起步较晚,直到2000

年,钱学元^[6]提出了应当引入交互型与参与型科普作品的新概念;2005年,忻歌^[7]指出“科普互动展示”应以参观者为中心,研究要把握参观者的心理感受和精神体验,重视和强调各种单一和复合的人性化要素,是获得成功的展示效果的关键;2010年,齐繁荣^[8]以大量市场调研所获得的资料和网上公布数据为依据,对目前中国科普图书、科普玩具和科普旅游市场容量进行分析,构建中国科普图书、科普玩具和科普旅游市场容量预测模型;2018年,王圣洁^[9]对体验设计的观众要素、环境要素和技术要素进行深入剖析;2020年,王子瑜等^[10]针对科普场所的特点和受众的心理特点、学习能力,基于数字沙盘和AR技术,形成以叙事驱动的沉浸体验空间。

国内对交互式科普产品的实践研究主要包括:体验互动型、机械互动型、虚拟互动型3种互动方式。在实际应用中存在研发能力弱、创作水平不高,展陈和传播的内容同质化、单一化现象较为突出等问题,而且目前缺乏对科普产品展示方式的设计研究,产品设计存在交互体验差,用户留存性不足的问题。国内外对交互式科普的研究主要集中于计算机科学技术、工程、电信等相关领域,较少从艺术设计及用户体验领域出发进行研究,且研究内容多从理论出发,缺乏设计实践研究,见图1。其中,对交互式科普的用户体验研究尤其少,多数科普产品基于单一的交互模式展开设计实践,对用户吸引力不足。

因此,目前交互式科普产品创新及研究亟需从用户的角度切入,通过提升用户体验来探索如何增强产品用户的留存性,以区别于现有单一交互式科普产品,提升科普产品的创新水平,建立全新科普产品交互方式。

1.3 磁流体科普产品研究现状

磁流体及磁流变液属于半固体智能材料,既像液体一样流动、又受磁场控制变化。可以在磁场作用下瞬间(毫秒级)形成固化的“山状结构”(磁丘结构),这种相变物理效应的科学原理是纳米软磁性颗粒在磁场下的磁化机制。受益于磁流体的可控、可逆、响应迅速等特性,其在航空航天、生物医药、建筑、汽车、军事工业等领域具有广泛应用价值,是交互式磁流体科普产品展示的关键。

基于磁场产生方式及控制磁场形式的不同,磁流体磁场交互装置可以分为永磁铁类和电磁铁类两种类型,其中以电磁铁类为主流。

永磁铁类磁流体磁场交互装置利用永磁铁在空间位置上的不同,实现磁流体与磁场的交互变化。根据控制永磁铁在空间位置形式的不同,这类装置可以分为电控磁流体磁场交互装置和手控磁流体磁场交互装置^[11],见表1。

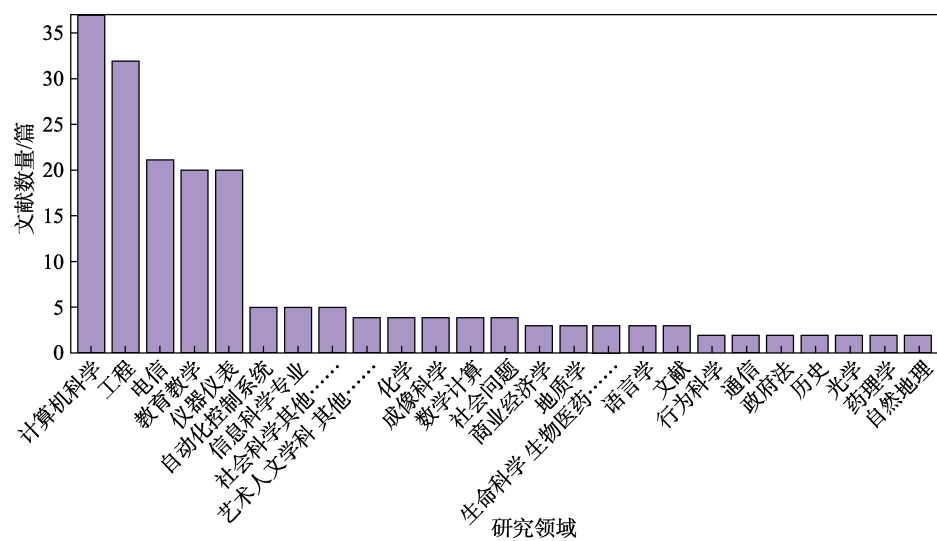


图 1 国内交互式科普研究领域
Fig.1 Research fields of interactive science popularization

电磁铁类磁流体磁场交互装置通过调节电磁铁电压，实现磁流体与磁场的交互变化。根据调节电磁铁电压形式的不同，这类装置可以分为手控、声控和传感器控制^[12]等 3 种磁流体磁场交互装置，见表 1。

表 1 磁流体磁场交互装置
Tab.1 Magnetofluid magnetic field interaction device

类型	交互装置	图像
永磁铁	电控磁流体磁场交互装置	
永磁铁	手控磁流体磁场交互装置	
电磁铁	声控磁流体磁场交互装置	

国内对磁流体的科普产品研究尚在起步阶段，缺乏从用户吸引力、体验等角度的考量。因此应该进一步关注磁流体科普产品设计的用户体验研究，使磁流体磁场交互装置更具观赏性与艺术性。能创造性地运用磁流体可控、可逆、响应迅速等特性，提升产品交互的形式与体验，通过新颖有趣、形式多样的互动模式，来吸引用户更能有效了解、学习有关磁流体科学知识。达到良好的科普效果。

综上所述，对于交互式磁流体科普产品的研究现状说明：科普产品单一化现象突出，用户留存性不足；基于设计领域的交互式科普产品的相关研究较少，研究内容多从设计要素等理论出发，缺乏设计方法及设计实践的研究；磁流体具有广泛的应用与科普价值，但国内对增强科普产品的用户体验设计研究及产品开发尚在起步阶段，相关产品还未完全走进大众的认知。因此，从用户需求及用户体验方向切入交互式科普产品创新设计研究，并有效整合交互式磁流体科普产品的相关设计要素，结合磁流体磁致相变效应技术探索行之有效的设计理念来指导科普产品创新设计实践，并形成有效的设计方法具有研究价值，设计成果能让用户获取更高的用户体验，使磁流体知识更好地走进大众社会认知。

2 “艺工融合”理念下交互式磁流体科普产品设计创新实践

交互式磁流体科普产品设计创新是重庆大学开展的跨学科创新实践项目，在项目前期开展的过程中，凸显 2 个问题。

- 1) 在理念上，以往以工科为优势的综合性院校产品创新开发常以技术为核心来开展，大多数跨学科实践项目以工科技术创新及工科制造与生产为引领。但是在新工科背景下，以技术制造为导向的实践项目忽略了产品创新的客观规律，使产品前期创新不足。没有认识到产品开发应该从人的需求与体验出发，产品应凸显价值导向，技术只是实现的手段。
- 2) 在跨学科知识体系打造上，跨学科团队成员多来自不同学院的师生，尚缺乏全局观与整体性思维，在实际项目研究过程中暴露出学科视野窄、学科间资源共享度低、知识结构及教学手段相对单一等问题，尤其学生在跨学科资源获取及学科融合方面能力

不足,不能适应以人为本的跨学科项目对复合型人才综合素质的要求。基于此现状,项目积极引入“艺工融合”的理念进行产品创新实践获得良好效果。

2.1 “艺工融合”理念在设计创新实践中的应用

1923 年德国包豪斯学校校长格罗佩斯提出“艺术和技术相统一”的设计教学理念。形成艺术教育与手工制作相结合的新型教育制度,向社会培养出优秀的复合型工业设计人才。该方法可以看作是现代工业设计专业“艺工融合”教学模式的雏形^[13]。国内从 80 年代开始探索工业设计专业的“艺工融合”教学模式。伴随着 2019 年教育部实施“六卓越一拔尖”

计划 2.0,全面推进新工科、新文科建设,优化学科专业结构,“艺工融合”理念在全国得到了广泛推广。

重庆大学作为一所以工科为优势学科的综合性大学具有科技优势,科研成果亟需转化应用,结合跨学科教学模式的探索,重庆大学进一步发展了“艺工融合”理论,实施并推进“艺工融合、价值塑造”的跨学科设计创新模式,构建了跨学科联合教学模式,见图 2。通过重构跨学科课程体系,构建艺术设计教学“产学研创”一体化教学模式,使设计与产业结合,培养复合型人才,体现艺术设计在跨学科培养模式中的引领价值,促进学科间项目协作、科技成果转化落地,形成更高效的产学研创新模式。

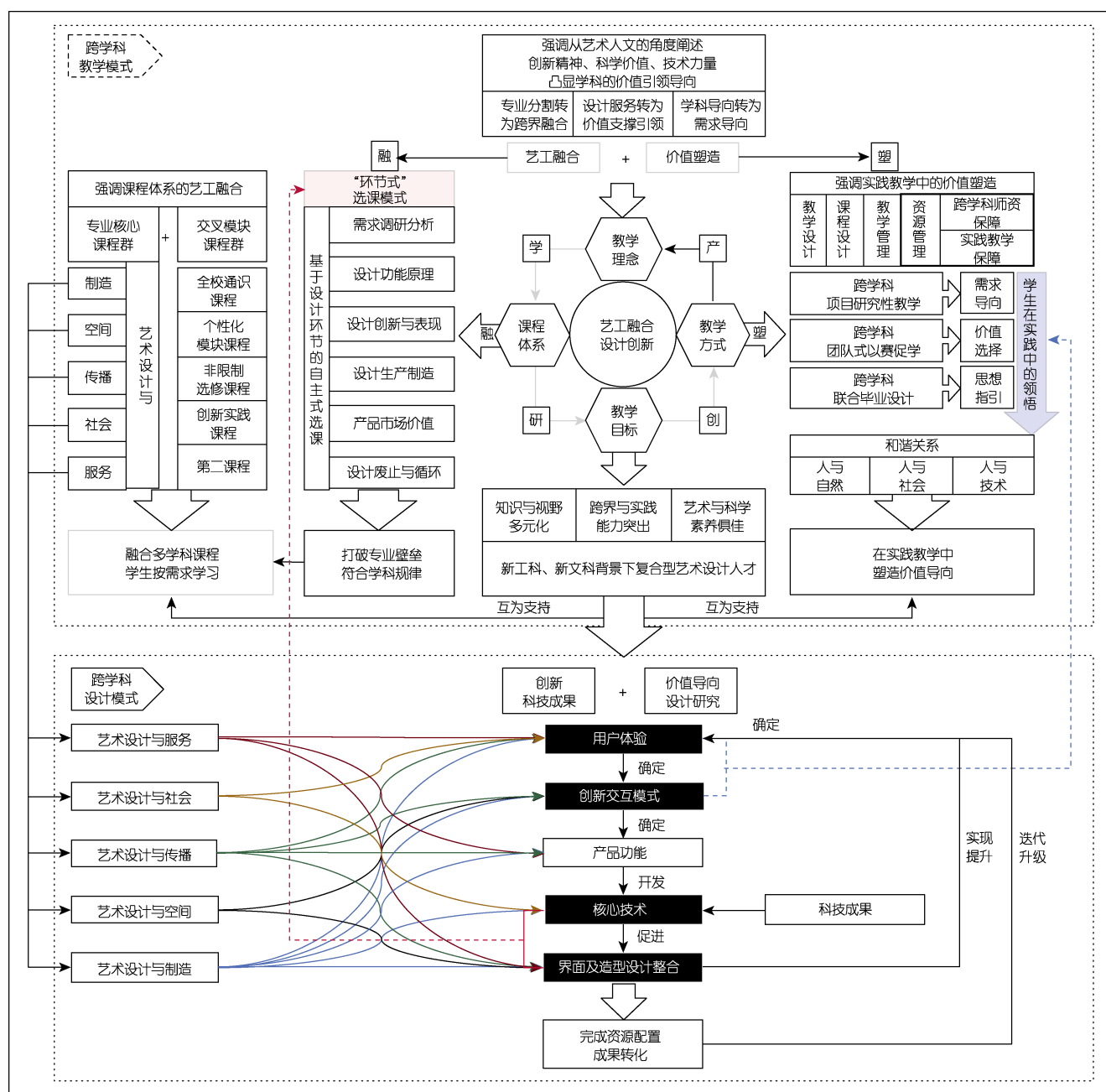


图 2 “艺工融合、价值塑造”设计创新思路

Fig.2 "Art-Industrial Integration, Shaping value" design innovation thinking diagram

2.1.1 重构“融合式”课程体系与“环节式”选课模式,打造复合型知识体系

“艺工融合”理念下的教学实践及创新设计,改变了传统的教学模式与设计创新思路,打破原有课程构成及专业壁垒,重构“融合式”课程体系与“环节式”选课模式,拓展延伸教学内容边界,解决跨学科团队知识融合的问题。

1) 在实践中通过搭建科研与教学一体化的项目实践平台,促成艺术学院与光电工程学院共同组建跨学科创意团队,打破专业壁垒,按照艺术设计程序的新型“环节式”选课模式,团队成员遵循设计客观规律,通过“需求调研分析”“设计功能原理”“设计创新与表现”“设计生产制造”“产品市场价值”“设计废止与再循环”6个设计程序环节进行跨学科、跨专业选课,让多领域知识选择及摄取的过程符合设计创新客观规律,见图2(左上部分)。

2) 在跨学科知识体系构建方面,将专业核心课程与全校通识课程、个性化模块课程、非限制选修课程、创新实践课程按专业规律进行自由组合,形成“核心课程+交叉模块课程”的组合选课模式,实现真正意义上的“融合式”选课,全面掌握实践所需相关知识。解决了设计创新过程中工科、艺术学科学学生思维不统一、知识不全面的问题,促进跨学科合作产出,以及“艺工融合”教学模式下的设计创新发展。

基于以上方法,在交互式磁流体科普产品设计创新过程中,跨学科团队来自艺术设计及光电相关学科的成员较好地建立起复合型知识体系,为项目的完成打下基础。如团队中的工科成员学习界面及造型设计相关课程,艺术设计学科成员学习磁流体核心技术相关课程,使团队成员达到思维统一,所学知识全面完整,进行以人的需求为引领的交互式磁流体科普产品设计。

2.1.2 通过“艺工融合”三阶段实践教学,实施以需求与体验为引领的设计创新思路

在实践中形成艺术设计与工科技术相结合的产品设计流程,改变以往以技术为导向的开发思路,以人的需求与用户体验为引领,注重创新中人与自然、人与社会、人与技术的和谐关系,强调创新中的价值引领作用,将现有实验室研究成果通过“产学研创”一体化实现产品落地,见图2(右上部分)。

1) 在实践教学通过“跨学科项目研究性教学”“跨学科团队式以赛促学”和“跨学科联合毕业设计”三阶段实践教学方式,结合已建立起来的融合式课程体系,重构了教学形式与内容。

2) 让学生在实践教学中领悟设计需求导向、价值选择及思路指引,凸显艺术设计在产品创新中的引领价值,体会造物过程中人与自然、社会、技术的和谐关系,洞察设计服务于社会、服务于人的价值体现。

通过执行以上措施,跨学科团队在实践中,首先根据用户情感体验需求确定了交互式磁流体科普产品的创新交互模式和主要产品功能,通过界面及造型细节设计完成产品整体;其次,将人脸表情、人类语音、音乐旋律等满足人情感交互需求的元素分别与磁流体的磁致相变效应建立联系,与磁流体产生多样性交互,展示了磁流体的“液-固相变”原理;最后根据用户情感体验需求进行了5次迭代,确定产品状态形成了以人的需求为导向、技术为手段的设计。实践作品展现科学之真、人文之善、艺术之美。交互式磁流体科普产品于2021年获得产品设计红点奖最佳设计奖(Red Dot: Best of the Best),验证了“艺工融合”培养模式与课程体系建设的可行性及效果,见图3。

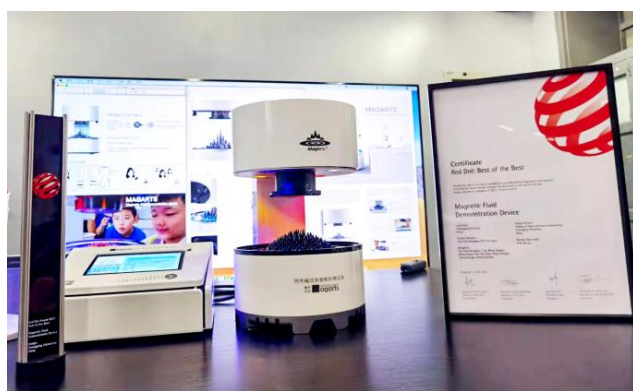


图3 磁流体演示仪实物照片

Fig.3 Physical photo of magnetic fluid demonstrator

2.2 “艺工融合”理念下交互式磁流体科普产品设计要素分析及设计实践细节

团队通过“艺工融合、价值塑造”理念指导设计,在设计过程中遵循前文思路,以人的需求及交互体验为切入点,进行创新交互模式的设计,确定产品功能,由此形成磁流体三维展示界面,再引入科学原理,针对界面进行核心技术的开发,最后完成界面及造型的设计,整合产出产品,见图2(下图部分):

1) 如图2中蓝色箭头所示,在实践教学通过“跨学科项目研究性教学”“跨学科团队式以赛促学”和“跨学科联合毕业设计”三阶段教学方式,让团队真正改变以往以工科技术为导向的创新模式,关注人的认知特点与需求,注重用户情感体验,创新交互式磁流体科普产品交互模式,构建了磁流体演示仪创新4个设计要素中的前2个,即“用户情感体验”“创新交互模式”。

2) 如图2中红色箭头所示,针对产品功能实现的需要及技术要求,跨学科团队成员通过“融合式”课程体系与“环节式”选课模式,有效通过教学获取了需掌握的相关专业知识,如团队中的工科成员学习了界面及造型设计相关课程,艺术设计学科成员学习了磁流体核心技术相关课程,解决了跨学科团队知识

融合的问题,跨学科团队通过完善核心技术研发,把核心技术作为设计实现手段,整合各要素完成产品界面及造型设计,以构建四个设计要素中的后两个,即“核心技术及科学原理”“界面及造型设计”。

2.2.1 用户情感体验

情感体验是指个体对自己情感状态的意识,通过功能体验、视觉体验、内容体验、交互体验等各种体验的不同表现方式而带给用户的情绪感受。让用户具备更佳的情感体验是提升用户满意度的最佳方式。

随着社会经济的发展,公众对科普产品的要求从可用性强的设计转变为可互动、具有交流感的设计^[14]。交互式磁流体科普产品遵循设计创新规律,分析用户情感体验需求,基于不同人群对功能体验、视觉体验、交互体验等形式的不同感受,进行目标导向设计(GDD)。^[15]从人的需求出发,实现价值导向设计,把人的交互方式与交互体验感受进行整合,实现了用户体验设想。

该设计深度挖掘至少5种科学原理及4种核心技术来完成交互展示,考虑人机之间新的交互模式产生的愉悦性,可以通过用户话语、耳熟能详的音乐、不同的表情与磁流体建立联系,让磁流体实时反馈的变换形态,使用户对科普的兴趣随着磁流体的起伏被调动。形成音乐演示模式、乐器互动模式、麦克风语音互动模式、作品故事浏览模式等展示功能。

2.2.2 创新交互模式

根据用户情感体验诉求、团队改变技术导向的设计模式,通过创新交互模式提升用户使用科普产品的情感体验^[16]。

视觉作为人获取信息最主要的方式,在科普工作中是信息交互的主要媒介。对产品感知同样重要的感官还有听觉,听觉由声波作用于听觉器官产生,听觉器官通过感受细胞兴奋并引起听神经的冲动发放传

入信息,再经各级听觉中枢分析后人们成功接收信息。结合多感官交互模式,磁流体演示仪的音乐可视化可以引发人们对科学的好奇,勾起人们对科普的求知欲,形成人与科普展品之间的交互性,提升公众的科普体验,促进科学知识的普及^[17]。

磁流体演示仪作为跨学科创意团队研制的科教产品,打破了传统科普传播的单向灌输模式。在科普产品的设计中结合多感官交互模式,实现多种模式、多种形态交织连接的多模态用户体验,满足用户情感需要,使受众从单一的信息被动接受者转变为信息主动求索者和信息传播者。通过增加其互动性、交互性和趣味性,展现全新科普互动演示方式。

1) 将人脸表情与磁流体的磁致相变效应建立联系。结合人的“喜、怒、哀”等面部表情,建立一种与表情相对应的视觉心理映射,使用户在娱乐的同时也了解到磁致相变效应的知识,从而达到科普的效果。

2) 将人类语音与磁流体的磁致相变效应建立联系。利用语音强弱与磁丘参数建立直接的对应关系,使磁流体直观地随着检测声音的强弱而高低起伏,实现了生动形象的“音流学”实时互动演示效果。

3) 将音乐旋律与磁流体的磁致相变效应建立联系。提取音乐信号的主旋律强度值,赋予每段周期对应的励磁电流时长,从而让磁液跟随主旋律发生起伏律动,实现音乐可视化,见图4。

2.2.3 科学原理及核心技术开发

基于提升用户情感体验的需求及前序创新交互模式的搭建,交互式磁流体科普产品以价值导向为主,舍弃直接展现技术的方式,利用磁流体的“液-固相变”特性与音乐艺术、人脸识别、语音互动等相结合,根据展示需要完善核心技术,展现其运用到的科学原理,让用户获得愉悦的体验,具有向青少年和公众普及前沿科学技术的科普意义,亦可作为音乐器材高端消费人群的娱乐项目,实现了技术与艺术设计的结合。



图4 磁流体演示仪设计效果
Fig.4 Design effect drawing of magnetic fluid demonstrator

交互式磁流体科普产品中运用到的主要科学原理如下。

1) 磁致相变效应。与一般物质的温度相变现象(如水相变为冰)不同,磁流体发生磁场相变,这是罕见的物理现象。

2) 磁场“可视化”,磁场肉眼不可见,是中学物理教学的难点,而磁丘的形态使磁场可视化了,让科技变得生动、形象。

3) 音流学(音乐可视化),音流学使声音形象化、可视化,本产品的音乐/语音/乐器演示模式,生动有趣地展示了音流学现象。

4) 电磁学,磁流体相变的本质为磁场导致,而磁场又由电流产生,通过探针检测电流产生的磁场,可作为电磁学教学实验设备。

5) 计算机视觉人工智能,人脸表情识别是人工智能的研究热点,本产品将磁流体与人脸表情建立映射,形成生动的科普展示方式。

交互式磁流体科普产品中运用到的主要核心技术有以下几点。

1) 磁液相变形态的控制。为了让观众明确感受到磁液相变形态与音乐旋律间的联系性,磁液相变的形态参数(主要包括高度、直径、“山状结构”数量)与音乐旋律之间有着明确的映射关系。因此,“山状结构”越高、直径越大、数量越多,就越对应音乐的高潮节奏,反之亦然。由于演示区高度一定,“山状结构”的最大起伏高度由此确定,而在研究中发现上述 3 个参数实际上具有一致性,可以把高度作为控制参数即可。通过电流强度(控制磁场强度)能控制“山状结构”的高度,可以实现“山状结构”起伏高度与音乐节奏强弱之间的映射关系。

2) 音乐主旋律的提取。一首音乐中引起人类心理反应的关键信息是它的主旋律,主旋律在时域上的变化一般是缓慢的。因此,无需让磁液响应音频中不同乐器的快速变化信息,而只需要映射主旋律节奏。该展品采取创新的控制方法即提取音乐信号的主旋

律强度值,通过对解码音乐信号的短时能量和短时平均幅度进行分析,从而让磁液随着主旋律的起伏产生对应的律动。

3) 强磁场的产生。为了实现较大的展示空间,本展品演示区高度达到 10 cm。由于磁场在空气中衰减迅速,欲在 10 cm 高度空间内产生足够强的梯度磁场,以使磁流体发生有效的相变响应。磁路结构是该展品设计的一项核心技术。团队通过 ANSYS 仿真分析后,确定了磁路参数,在励磁线圈施加激励电流,在磁液池与铁芯之间形成磁场。

4) 将人类表情与磁流体磁致相变效应建立联系。将人脸表情与磁流体的磁致相变效应建立联系,是一种新颖的、有趣的科普互动演示方式,且在具体实现方法上巧妙利用了表情情绪与磁流体相变形态的视觉心理映射关系。人类的“喜、怒、哀、惧”等面部表情可通过某种动作的快慢或特殊形态来反映,比如“喜”表情可对应“活蹦乱跳”,而“哀”表情可对应某种缓慢的动作。因此,通过控制磁流体的相变形态来建立一种与各表情相对应的视觉心理映射,具体为控制磁流体特殊的相变形态和起伏频率,并设置外区磁丘配合主区磁丘来实现多样化动作的控制形式,通过营造灯光氛围来模拟人类的“喜、怒、哀、惧、平静”等面部表情,见图 5。

2.2.4 界面及造型设计

团队进行以人的需求及体验为切入的设计研究,确定了人对交互式磁流体科普产品的情感体验需要,形成创新交互模式,并由此完善了相关核心技术。为实现产品以上的功能性与体验感,团队在产品造型的整合上充分考虑磁流体展示需要,注重控制台交互界面设计,及交互式磁流体科普产品结构^[18]设计,采用理性设计法中的限量性结构变异法,设定产品交互过程中的所需功能,并在产品所欲达到的功能基础上,做结构上的变化,以寻找产品可能的造型,使外观尽可能简洁、紧凑,让用户将注意力始终集中于与磁流体的交互上,更好地感受其中科技的魅力,见图 6。



图 5 磁流体演示仪设计效果与实物

Fig.5 Magnetic fluid demonstration instrument design effect picture and physical photos

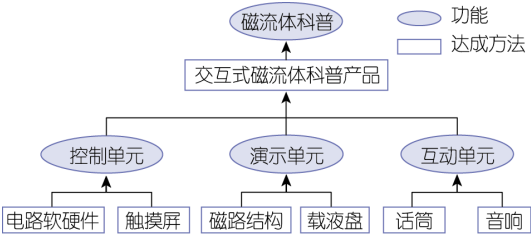


图 6 交互式磁流体科普产品功能
Fig.6 Interactive magnetic fluid popular science product function diagram

在产品的界面及造型设计中，团队用已限量的次要功能所组成的基本结构进行界面及造型设计，在确保造型多样化的同时，考虑产品的原定功能，实现交互所需功能，最后选择了最佳可行方案，见图 7。

控制台由电路软硬件和触摸屏构成，见图 8。

控制台接口从左至右分别是开机按钮、电压电流数码管显示、USB 接口、电流输出接口、电压调节按钮、三线电源连接口与电源开关，以及音响接口和话筒接口，见图 9。



图 7 磁流体演示仪与 APP 界面设计
Fig.7 Design of magnetic fluid demonstration instrument and APP interface



图 8 控制台实物
Fig.8 Physical drawing of console



图 9 控制台接口
Fig.9 Console interface

触摸屏提供用户互动的交互界面，集成了该作品的所有互动操作功能，见图 10—11。即音乐演示模式（音乐演示模式选择界面、音乐播放界面、SD 卡/USB/AUX 接口选择界面、蓝牙连接界面等，其中音乐播放界面包含播放、上一曲、下一曲等常用功能），乐器互动模式（逼真钢琴弹奏效果界面），麦克风语

音互动模式、作品故事浏览模式（磁流体图文/动画介绍、磁力线图文展示、音流学图文展示知识、作品演示视频、作品设计故事、开发团队介绍、作品其他信息等）。

演示台是本作品中用户欣赏磁流体相变效应的部分，即展示磁流体三维界面的演示区，演示区与控制台之间通过可插拔电缆连接，见图 12。演示台中还包含了产生磁场的结构。

外接设备是本作品的音频输入、输出端，包括话筒和音响，目的是让用户在观赏磁流体相变演示的同时获取声音信息，实现用户意识中两者同步的心理映射，达到磁之韵律的可视化效果。

秉承艺术设计创新规律，团队以人的需求为价值引领导向，不断完善交互式磁流体科普产品的设计，共进行了五次迭代，让用户近距离感受科技的魅力，见表 2。



图 10 主界面、音乐演示模式选择界面
Fig.10 Main interface and music presentation mode selection interface

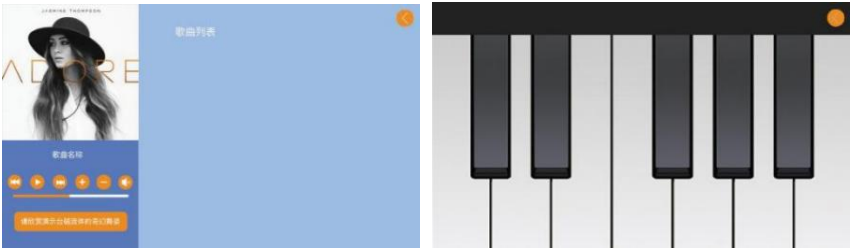


图 11 音乐播放界面、乐器互动界面
Fig.11 Music player interface and instrument interactive interface

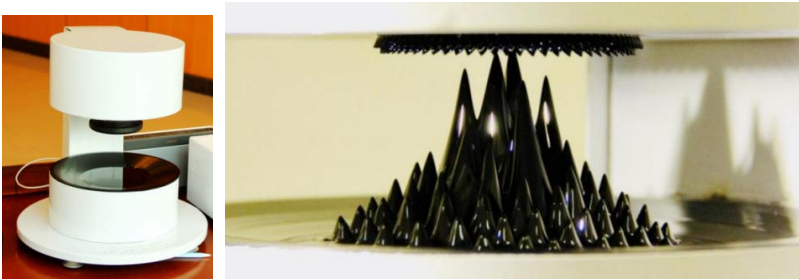


图 12 演示台实物与演示仪演示效果
Fig.12 Demo table physical picture and demo effect photo

表 2 产品迭代过程
Tab.2 Product iteration process

名称	迭代效果	设计说明
技术研究成果		在国家对科技成果转化的政策支持背景下，团队师生注意到技术科普的重要性，关注到磁流体较强的科普价值。于是对磁流体科普工作进行了初步探索 以展示科学原理为主，进行了相关技术研究，初步绘制了样机效果图，但由于设计创新与经验不足等问题未实现实验成果落地
成立跨学科项目团队		为通过设计创新实现科技成果转化，重庆大学艺术学院与光电工程学院共同成立跨学科项目团队，践行“艺工融合”理念，进行跨学科创新项目研究 以光电工程学院的技术研究成果为基础，从人的情感体验出发，进行科普工作的可行方案探讨
第 1 代样机		团队通过文献调研与专家访谈推动项目发展，增加了控制台和外接设备的设计，确定了第 1 代样机的基本功能预想。包括磁液相变形态的控制、强磁场的产生展示
第 2 代样机		团队针对性地增强知识储备。钻研用户青睐的情感交互途径，打造全新互动演示方式，展现音乐主旋律、人类语音与磁流体的磁致相变效应间的联系 造型方面，将演示台底座设计得更轻薄，让磁流液体的演示更清晰，提升用户与产品的交互性

续表 2

名称	迭代效果	设计说明
第 3 代样机		团队更迭了控制台的设计，将传统机械按钮更换为全触屏操作界面，增加显示屏大小。使设计符合当代人的审美需求同时，更加直观、易懂
第 4 代样机		通过“艺工融合”的跨学科创新设计模式，反复考究产品交互模式，增添人脸表情与磁流体间的关系演示，完善核心技术
第 5 代样机		团队整合用户对交互式磁流体科普产品的情感需要，增加灯光交互设计，丰富人脸表情与磁流体相变形态映射关系的展示 造型方面，丰富了演示仪配色，将控制台操作面进行了倾斜，满足用户操作习惯

3 “艺工融合”理念下交互式磁流体科普产品设计方法构建

通过对磁流体科普演示仪进行五次迭代改良，在设计实践中有效认知到产品开发中不仅要注重技术功能的升级，还要注重用户体验的升级，且科普工作不应只展示技术本身，还需要注重用户的情感化体

验，以人为本地考究科技与用户的交互关系，注重增强公众接受科普的动力和能力。

因此，结合前文分析，跨学科创意团队遵循新的创新思路，通过“用户情感体验”“创新交互模式”“核心技术及科学原理”“界面及造型设计”4个设计要素的逻辑关联，构建了“艺工融合”教学理念指导下的交互式磁流体科普产品设计方法模型，见图 13。

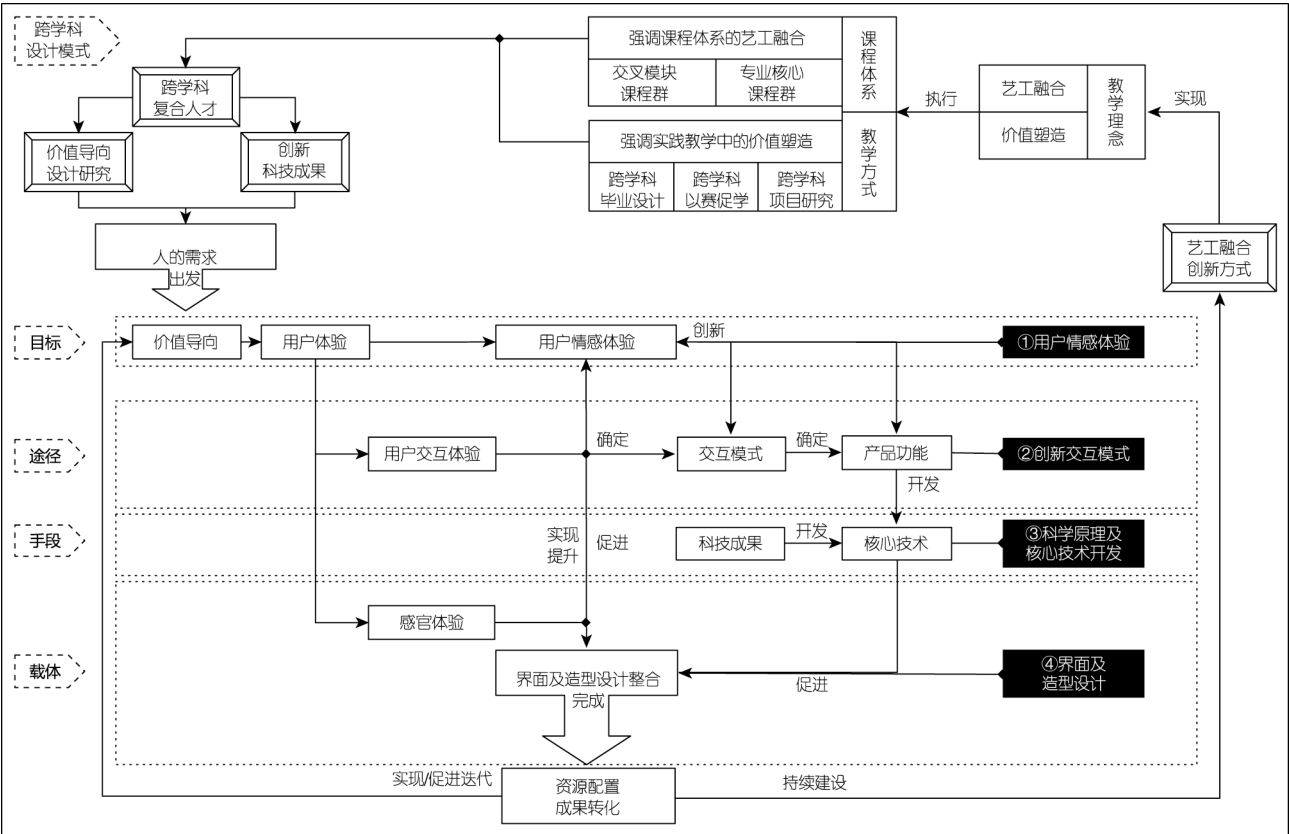


图 13 “艺工融合”理念下的创新设计方法模型

Fig.13 Innovative design method model under the concept of "Integration of Art-Industrial Integration"

磁流体演示仪设计创新研究的意义。从应用价值的角度来说,交互式磁流体科普产品设计做到了内容创新。其一,打破传统科普产品的单一交互模式,通过音乐旋律、语音交互和表情交互多种方式,可以映射人的“喜怒哀乐”,提升用户直接的操纵感,使用户通过多感官交互达到了音乐可视化的效果,增强了科普产品的愉悦感、趣味性。起到促进磁流体在更多领域的开发与应用,更好促进科技创新的作用,使科技的普及更深入人心。其二,做到了造型创新,团队运用理性设计法对科普产品造型进行设计,摒弃了干扰科普主题的花哨元素,根据产品结构简洁、现代感的造型,通过灯光交互设计,使用户能够由控制台交互界面最大程度观赏磁流体三维界面,同时通过表情情绪变化灯光颜色、音乐可视化等丰富交互方式,形成不同的造型变化。促进用户对磁流体科学原理的了解。其三,为未来类似的设计实践工作提供了参考。团队作品通过参加比赛和会展,获得了设计奖项及社会认可,促使产品走向了市场,同时验证了“艺工融合”理念指导设计的可行性。

从理论价值来说,在工程技术方面,跨学科创意团队申请了4个技术专利。其一,实现磁液相变的“山状结构”与音乐旋律之间的心理对应,进行磁液智能材料磁致相变效应的展示。其二,提取音乐信号的旋律,从而让磁液跟随旋律发生起伏律动。其三,通过磁路结构设计,在磁液池与铁芯之间形成磁场。其四,利用了表情情绪与磁流体相变形态的视觉心理映射关系,感受计算机视觉人工智能,紧跟人工智能中人脸表情识别的研究热点,丰富了磁流体的相关技术理论。在艺术设计方面,将跨学科实际项目融入教学体系中,重构了跨学科设计方法。根据用户情感需求,开展以价值为导向的设计,创新交互模式及产品功能,实现了艺术设计由概念设计转变为面向产业前沿的实践设计。使综合性大学工科专业实验室研究成果通过跨学科项目形成成果转化,促成产品落地,促进科技成果转化率和成功率的提升,为以工业设计为主导的跨学科联合实践项目教学模式改革及方法构建提供理论依据。

4 结语

钱学森先生曾说,根据历史经验及个人体会,大学教育需要实现科学与艺术的结合。重庆大学通过跨学科创新项目的开展,打破专业壁垒实现跨学科教学模式与设计模式的相辅相成,真正意义上达到理论结合实践的目标,将“艺工融合”理念有效运用到了教学中。交互式磁流体科普演示仪实践项目不仅创新了跨学科实践的设计方法,实现了磁流体科技成果转化,还为后续相关领域设计提供了较好的案例说明。

综上所述,重庆大学在实践创新与教学中通过教学与实践的相辅相成,形成了“产学研创”一体化的

跨学科教学模式及设计方法。磁流体演示仪的设计与产品化过程验证了重庆大学“艺工融合”跨学科教学模式的高效、创新、实用。有效将跨学科教学中以学科为导向转变为以需求为导向,将设计从服务的角色转为支撑引领,为综合性大学面向产业前沿的跨学科实践“产学研创”协同发展的良性循环,提供了行之有效的方法支持。

参考文献:

- [1] 沈健, 王国强, 钟卫. 科技成果转化的指标测度和跨国比较研究[J]. 自然辩证法研究, 2021, 37(7): 58-64.
SHEN Jian, WANG Guo-qiang, ZHONG Wei. Index Measurement and Cross-Country Comparative Research on the Technology Transfer[J]. Studies in Dialectics of Nature, 2021, 37(7): 58-64.
- [2] 袁传思, 贾晓, 袁俪欣. 高校科技成果转化实施模式与路径的探索研究[J]. 科技管理研究, 2020, 40(3): 84-89.
YUAN Chuan-si, JIA Xiao, YUAN Li-xin. Exploration and Research on Implementation Mode and Path of Transformation of Scientific and Technological Achievements in Universities[J]. Science and Technology Management Research, 2020, 40(3): 84-89.
- [3] 任福君. 科普产业研究综述[J]. 科普研究, 2018, 13(6): 39-48.
REN Fu-jun. A Review of Research on Science Popularization Industry[J]. Studies on Science Popularization, 2018, 13(6): 39-48.
- [4] POTTHAST J. Re-thinking Science-Industry Relations along the Interactive Model[J]. Discussion Papers, Research Group Science Policy Studies, 2009 (603):3-57.
- [5] 郭真. 展望 21 世纪自然科学博物馆——简介《21 世纪自然科学博物馆文集》[J]. 大自然, 1999(1): 23.
GUO Zhen. Looking Forward to the 21st Century Museum of Natural Science—A Brief Introduction to the Collection of 21st Century Museum of Natural Science[J]. China Nature, 1999(1): 23.
- [6] 钱学元. 交互型和参与型——科普方法新概念[J]. 科协论坛, 2000, 15(10): 31.
QIAN Xue-yuan. Interaction and Participation—a New Concept of Popular Science Method[J]. Science & Technology Association Forum, 2000, 15(10): 31.
- [7] 忻歌. 科普互动展示的人性化探讨[C]//中国科协 2005 年学术年会论文集——西部科普场馆建设与发展. 北京: 中国科学技术出版社, 2005: 130-136.
XIN Ge. Discussion on Humanization of Interactive Display of Popular Science[C]// Proceedings of 2005 Academic Annual Meeting of China Association for Science and Technology—Construction and Development of Popular Science Venues in Western China. Beijing: 2005:130-136.

- [8] 齐繁荣. 中国科普图书、科普玩具和科普旅游市场容量分析和预测[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2010.
QI Fan-rong. The Analysis and Forecasting on Market Capacity of China's Popular Science Books, Popular Science Toys and Popular Science Tourism[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2010.
- [9] 王圣洁. 虚拟现实技术在博物馆展示设计中的应用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2018.
WANG Sheng-jie. Research on the Application of Virtual Reality in Museum Display Design[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2018.
- [10] 王子瑜, 高山, 晁越峰. 基于数字沙盘技术与 AR 技术的结合在科普领域进行沉浸式教学的产品开发与实现[J]. 教育现代化, 2020, 7(14): 39-42.
WANG Zi-yu, GAO Shan, ZE Yue-feng. Product Development and Implementation of Immersion Teaching in Popular Science Field Based on the Combination of Digital Sand Table Technology and AR Technology[J]. Education Modernization, 2020, 7(14): 39-42.
- [11] Michael Flynn. Fun Exhibits Hands-on Science Exhibit and Education[EB/OL]. (2009-12-30)[2021-11-02]. <https://www.funexhibits.com/%20magnetoscope.html>.
- [12] 黄运米, 曹书蕾, 吕方怡, 等. 基于单片机的磁流体显示设计——以数字时钟为例[J]. 大学物理实验, 2021, 34(1): 31-34.
HUANG Yun-mi, CAO Shu-lei, LU Fang-yi, et al. Design of Magnetic Fluid Display Based on Single Chip Micocomputer—Take the Digital Clock as an Example [J]. Physical Experiment of College, 2021, 34(1): 31-34.
- [13] 林筱董. 从包豪斯来看中国设计教育[J]. 商情, 2012, 4(35): 112-113.
LIN Xiao-dong. Chinese Design Education from the Perspective of Bauhaus[J]. Business Situation, 2012, 4(35): 112-113.
- [14] 牟峰. 基于用户目标体验的产品设计研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2006.
MU Feng. The Research on User-Target Experience Based Industry Design[D]. Changsha: Hunan University, 2006.
- [15] 彭定洪, 黄子航, 彭勃. 用户需求导向的产品设计方案质量评价模型[J]. 小型微型计算机系统, 2021, 42(1): 218-224.
PENG Ding-hong, HUANG Zi-hang, PENG Bo. User Demand-Oriented Product Design Quality Evaluation Model[J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2021, 42(1): 218-224.
- [16] 辛向阳. 交互设计: 从物理逻辑到行为逻辑[J]. 装饰, 2015(1): 58-62.
XIN Xiang-yang. Interaction Design: From Logic of Things to Logic of Behaviors[J]. Zhuangshi, 2015(1): 58-62.
- [17] 王熙元. 交互设计中的信息传达研究[J]. 包装工程, 2010, 31(12): 12-14.
WANG Xi-yuan. Research on Information Transmission in Interaction Design[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(12): 12-14.
- [18] 罗家莉. 产品结构设计的重要性及影响因素探析[J]. 包装工程, 2009, 30(6): 127-129.
LUO Jia-li. Analysis of Importance of Structural Design and Its Influencing Factors[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(6): 127-129.

责任编辑: 陈作