专题序言

学科交叉研究是当今科学研究与设计创新的发展方向，也是未来设计学发展的必然趋势。学科交叉与设计创新在自然人机交互、工业设计、信息艺术设计等领域都有着广泛的理论意义和重要的应用价值。随着交叉学科领域研究与创新的飞速发展，设计思维、计算思维、工程思维不断得到深度融合，这不仅对当今的设计发展具有重要的意义，也对设计的未来提出了新的思考和挑战。

本期发表的首批4篇文章分别从不同的视角探讨学科交叉的设计创新，其中：鲁艺、张印帅等的“基于智慧课堂的STEM教育产品设计”，通过对智慧课堂STEM课程的需求提取，设计开发了一套基于实体交互的模块化、情感化智能机器人产品“AMIGO”；马晓娜“以受众思维和媒介观念强化创作”，提出互动媒体驱动艺术的创作内容、艺术形式发生变革，由此引发新的观众接受方式；张引的“2020东京奥运会竞技项目动态图标设计创新探析”，介绍了相关动态图标设计将平面设计语言与动画设计理念进行学科交叉创新，提出要在新媒体时代背景下探索视觉传达新范式；谢克生、王韫的“开源公益社区自组织协同创新模式研究”，以“武汉2020”开源社区为例，基于杨氏基金会社会创新理论框架，研究分析了该社区在线上自组织演化过程、弱中心化的分布式协作模式和工具等。

本专题旨在为学科交叉与设计创新研究提供一个学术讨论的平台，邀请国内相关领域的学者和研究生发表他们的见解，期望对相关领域的学科交叉与学术交流起到促进作用。

专题主编：徐迎庆

徐迎庆

专题主编简介

清华大学长聘教授，博士，清华大学未来实验室主任。兼任清华大学-阿里巴巴自然交互体验联合实验室主任、清华大学终身学习实验室主任。徐迎庆教授在自然用户体验研究、计算机图形学、触觉认知与交互、文化遗产的数字化等领域开展教学和科研。

徐迎庆教授近年来在国际会议和学术期刊上发表近百篇学术论文并申请数十项专利，设计作品也多次在国内外参展。他曾承担多项国家级科研课题，例如国家重点研发计划、国家重点基础研究发展计划、国家自然科学基金等，并与多家企业开展合作。他是中国计算机学会会士、中国美术家协会会员、美国计算机学会(ACM)会员、国际电气与电子工程师学会(IEEE)高级会员。

他在用户体验设计、未来教育、沉浸感知与交互设计、触觉认知与交互设计、文化遗产的数字化，以及自然用户界面设计等研究领域开展教学和科研。曾获得清华大学先进工作者、清华教书育人先进个人等称号，多次获得清华大学以及清华大学美术学院的优秀硕士、博士论文指导教师。他在国际会议和学术期刊上发表近百篇学术论文，并申请了数十项专利；有多项研究成果被应用于实际产品之中。他曾负责或参加了包括国家重点基础研究发展计划、国家重点研发计划、国家 863 计划课题、国家自然科学基金等在内的多项国家科研课题。还参与了多项文化创意产业领域的研究和设计工作。他努力探索基于学科交叉的设计创新理论与方法，并做出了积极的努力。

[基于学科交叉的设计创新]

基于智慧课堂的STEM教育产品设计

鲁艺[1],刘键[1],张印帅[2],王晓烨[1]
1. 北京工业大学,北京 100124;2. 联想集团有限公司,北京 100085

摘要:为响应国家颁布的《新一代人工智能发展规划》中提出的发展智慧教育的政策,加速中小学STEM教育的普及与发展,围绕STEM教育教学发展目标,检索分析国内外相关文献,探索发展现状。运用案例分析、使用场景、问卷分析等方法,分析STEM教育产品的功能形态特征,总结在智慧课堂中的相关用户需求与数据。通过对智慧课堂STEM课程的需求提取,最终设计开发一套基于实体交互的模块化、情感化智能机器人产品“AMIGO”,该智能机器人产品由十余种传感器、电子元件和主板组成,同时结合了在线编程课程内容中的多人竞赛与合作功能。

关键词:STEM教育;玩具设计;交互设计;智慧课堂
中图分类号:J524 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-6946(2021)01-0019-07
DOI:10.19798/j.cnki.2096-6946.2021.01.003

Design of STEM Education Product Based on Smart Classroom

LU Yi[1], LIU Jian[1], ZHANG Yinshuai[2], WANG Xiaoye[1]
1. Beijing University of Technology, Beijing 100124, China; 2. Lenovo Group Co., Ltd., Beijing 100085, China

Abstract: In response to the policy of developing smart education proposed in *New Generation Artificial Intelligence Development Plan* published by the state, the work aims to accelerate the popularization and development of STEM education in primary and secondary schools, search and analyze relevant domestic and foreign documents and explore the development status by focusing on the development goals of STEM education and teaching. Case analysis, usage scenarios, questionnaire analysis and other methods are applied to analyze the functional form characteristics of STEM education products, and summarize relevant user needs and data in the smart classroom. By extracting the needs of the smart classroom STEM course, a set of modular and emotional intelligent robot product “AMIGO” based on physical interaction is designed and developed. It is composed of more than ten kinds of sensors, electronic components and motherboards. It integrates multiplayer competitions and cooperation of online programming courses.
Key words: STEM education; toy design; interaction design; smart classroom

STEM教育源于美国科学委员会发布的教育报告[1],跨学科及对不同学科的整合是STEM教育的核心思想,项目式学习则是STEM教育的独特课程组织方式。在发展早期,STEM教育比较偏重如物理、工程、计算机等工程类知识的跨学科学习方式。随着艺术教育的不断加强,STEM在实际教学中得到了越来越广泛的应用,更多的人文学科融合到了STEM教育领域中,美国学者Georgette Yakman还在教育论坛上提出STEAM概念[2],倡导以新加入的“A”代表艺术(Art),同时还涵盖美(Fine)、人文(Liberal)、形体(Physical)、艺术(Art)等更丰富的意义。

STEM教育中的四门学科是以整合的方式培养儿

收稿日期:2020-11-22
基金项目:19年国家社科基金后期资助项目(19FYSB041)
作者简介:鲁艺(1983—),女,湖南人,硕士,北京工业大学副教授,主要研究方向为交互设计。
通信作者:刘键(1987—),男,山东人,博士,北京工业大学副教授,主要研究方向为工业设计及理论等。

童学习理论的能力、掌握实践知识的能力，以及灵活运用所学习的知识来解决实际遇到的问题的能力，并不进行固定模式的教育，而是依托儿童平时生活所遇到的问题来进行教育，让儿童真正产生浓厚兴趣，培养自身向日常生活迁移的科学意识和能力。目前Scratch是全球用户量最多的STEM教育工具，它所面向的是七岁以上无年龄上限的用户，这种定位野心勃勃，但在实际使用时年长用户会认为界面过于幼稚，而对于低龄用户而言工具的使用方法又不易理解。因此，在用户年龄层的选择上，本课题更倾向于与Scratch JR保持一致，即面向用户为6~10岁的学龄儿童。考虑到他们自身的逻辑思考能力和文字的识别数量等，这一年龄层的产品也更能体现设计驱动的价值。对于该年龄段儿童，最关键的部分就是趣味性，因此STEM课程内容的设计一定要把知识与兴趣结合，启发儿童潜在的学习动机。游戏是儿童的天性，STEM教育中教师往往把活动内容游戏化，让儿童快乐地学习抽象的科学内容。同时STEM教育强调团队协作，开展群体性的知识构建，让儿童共同活动或分组活动，一起搜集和整理资料来分析问题，通过会话分享自己的看法，提高沟通能力。

一、国内外STEM教育研究现状

STEM教育在20世纪发源于美国，21世纪在全球范围内盛行，而我国大多数关于STEM教育的信息源直接来自于美国，因此在国际比较上，本研究主要对中美两国的STEM教育进行论述。

（一）国外STEM教育研究现状

1986年，美国国家科学委员会发表了有关本科院校的科学、语言和工程专业教育报告。2006年，美国时任总统布什在“美国市场竞争力新计划”中提出了系统培养具有STEM人文素质的技术人才是教育的长期目标之一，并将其称为提高全球整体竞争力的关键点。2009年，美国国家科学委员会代表美国国家科学基金会发布了《改善所有美国学生的科学、技术、工程和数学教育》，明确指出大学前的STEM文化教育是成功帮助美国建立强大领导力的基础，并且应该是美国最重要的任务之一。2016年，美国研究所与美国教育部综合研讨会联合发布《教育中的创新愿景》，提出在实践社区、活动设计、教育经验、学习空间、学习测量、社会文化环境等方面促进STEM教育发展，以确保各年龄阶段以及各类型学习者都能享有优质的STEM学习体验，解决STEM教育公平问题。因此，美国一直在加大对STEM学校教育的投入，积极鼓励部分学生辅修科学方法、各种技术、工程建设、数学和物理，系统地培养他们的智力水平和文化素养。

（二）国内STEM教育研究现状

尽管中国在STEM文化和教育浪潮中起步较晚，但其快速发展趋势不可低估。2008年，陈超和其他学术领域的学者对美国高中建设的STEM进行了梳理，并进一步扩大分析范围，提出了美国STEM教育策略。自2013年以来，中国STEM学校教育相关研究进入了全面快速发展的早期阶段，2016年呈现爆炸性增长。在实践层面，江苏省同步启动了第一个学校STEM教育项目，并于2016年宣布成立第一批二十六所STEM和教育工程学校。2017年江苏省教育厅进一步推进和扩大试点工作范围，从幼儿园、小学到初中，共选择了二百四十三所试点学校。在政策方面，2016年6月教育部发布的《学校教育网络化“十三五”发展规划》明确提出，在新兴阶段完成中国教育任务的两个方面之一，即积极探索其他信息技术及其在教育中的应用。STEM教育的重点是增强学生和教师的创新思维观念、不断创新的技术能力和促进部分学生全面持续发展。2017年2月，新发布的《义务教育小学科学课程标准》首次从官方的角度提出了STEM的标准。我国目前对STEM教育的理论探索、学校教育的具体实践和有关教育政策均有明显发展。

但是实际上，我国的STEM教育还处于理论体系的早期探索、共识形成和实践初期。与美国等发达国家相比，中国及其他有关国家战略思想的具体规划资源非常有限，因此难以系统地形成健康、安全和有秩序的基本保障体系。中国目前课程学习新体系相对较小，学科文化和教育历史悠久，STEM教育相比学校教育仍处于边缘地位。另外，在教学资源、师资力量、评价标准等方面，我国STEM教育仍然面临着诸多问题和挑战。为了更好地保障我国STEM教育有效开展，通过选取CNKI和Web of Science数据库作为来源，运用内容分析法对比分析2008到2017年间的国内外STEM教育相关文献，从发文时间与载文量、研究对象、研究主题等方面梳理相关文献，比较了国内外STEM教育的相似之处，为我国STEM教育的研究成果和具体实践提供了完整的启示和有力的建议。

二、市场调研与产品功能

（一）现有STEM产品的功能形态与特点

随着国内外STEM教育的兴起，各大品牌争先推

出了相关产品，笔者针对一众热门STEM产品进行了市场调研分析，总结见表1。

由表1数据可以看出，多数STEM教育类套件都是以模块化结构为主的产品，具有丰富的色彩以及较多样的拓展性，可以为使用者提供强大的拓展创新功能。

（二）现有STEM产品的玩法

现有STEM教育产品的玩法大致分为以下三类。

1）积木拼搭型，见图1（图片来源于Koov及LEGO EV3官网），需要大量简单的零件进行预先设定或自由组合，搭建形式多样化，配色十分丰富，能够让儿童充分发挥想象力、创造力，但难度在STEM产品中也是相对较高的。用户在搭建时可以运用到很多编程、结构、电子知识。

2）硬纸板等特殊材料为核心模块型，用于扩展现有的小型玩具，做成以较低成本来实现更多功能的模型。此外，进行模块安装的时候还可以增加儿童的乐趣。同时纸板材料还可以制作个性化小型玩具。以特殊材料为核心模块型见图2（图片来源于Nintendo LABO及Makeblock Neuron官网）。

3）机器人独立玩具型，见图3（图片来源于Matatalab及Cubeto官网）。这种类型玩具虽然不能在一定程度上完全改变它的基本形态和功能，但可以学习用各种方式来设计竞技游戏，以达到娱乐和学习的目的。此外，还有一种物理编程方法，即通过许多替代编程语句来代替小玩具模块的模式拼接。

目前，各种品类的STEM教育产品都具有很强的趣味性，以用户体验为中心，注重提升儿童的学习兴趣，引导STEM课堂教学课程的顺利开展，确保课程内容符合用户群的学习认知特征。

表1　市场竞品分析

品牌	特点	结构	教学内容	外观
LEGO	多种模块，强化机械结构多种传动，多种传感器	较为稳固，正确拼搭后不会意外解体	空间造型，机械结构，编程	造型多变，风格更容易让低龄儿童接受
Nintendo LABO	Switch游戏主机的外置套件，将视频游戏部分实体化，增加乐趣	纸质结构为主，牢固度不太强	动手能力	色彩丰富，略带复古，儿童和青少年都能接受
Makeblock Neuron	编程套件，可结合金属件和纸板件玩具作为扩展	金属套件，结构牢固	编程，动手能力	外观硬朗，偏理性，色彩较为单调，适合青少年
Cubetto	K12岁编程教学，通过传感器模块编程，控制机器人活动	塑料简约套件，强度适中	编程	外观简约，适合3~6岁儿童
Matatalab	4~9岁儿童机器人，通过“实体模块+视觉识别”实现简化编程，控制小机器人移动，播放音乐，在图版平面上进行游戏等	一体化结构，比较结实，不易解体	编程，亲子互动，提升认知能力	外观多彩，造型圆润，视觉符号化的设计更适合儿童辨别不同模块的功能

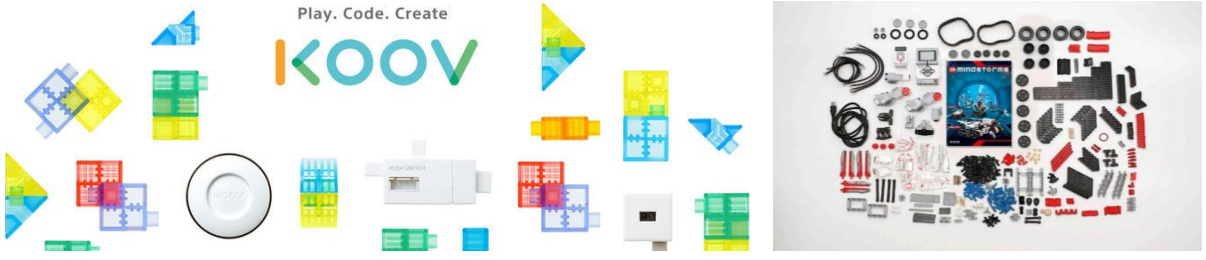

图1　积木拼搭型

图2　特殊材料为核心模块型

图3 机器人独立玩具型

（三）现有STEM产品存在的问题

针对现有玩具主要的三类玩法以及用户的体验反馈建议，总结出STEM产品主要存在以下问题。

如在LEGO拼接的过程中，产生碰撞后外部干扰之间的实际关系会发生变化，儿童经常被困在这里。要搭建一辆稳固的车并不容易，这是因为LEGO模块是用圆锥形螺栓固定的，车后的重物至少要用两点固定，但儿童无法理解这点，需要老师的帮助引导。此外，一些对于拼插没有兴趣的儿童表示，他们认为拼插是一种时间上的浪费。

无论是前面提到的自由拼搭，还是瓦楞纸等低成本材料所构建的配件，对于想法天马行空的儿童而言似乎都是不够的。儿童不喜欢按部就班地照着说明书搭建模型，他们喜欢加入一些自己的想法和元素，如果搭建方式有太多限制，可能会影响他们的创造力。

机器人独立玩具型不再引入拼搭，而是要求儿童与某个预先设定好功能的智能终端进行互动。在使用中会发现，例如Cubeto等终端显然由于其过于简约或功能化的外观，使得儿童无法与其构建起情感联系，难以体验实体互动的乐趣。

三、用户需求分析

课题目标用户群定位在6~10岁的K12儿童群体。这个年龄段的儿童对科学实验等相关活动非常感兴趣，校内外课堂经常开展一些创造性的科技活动，STEM教育的融入可以将各学科知识串联起来，加强学科知识在实际情境中的运用。该年龄段儿童已经具备精细动作能力，可以对大量较复杂的零部件进行操作，按步骤搭建或根据自己的喜好创造新玩法。同时，该年龄段用户也比较喜欢游戏竞技、合作与分享，在课程设计中加入竞技、对抗的玩法会增加STEM教育的乐趣，促使STEM课堂教学顺利展开。

笔者通过对四十名6~10岁儿童进行在线问卷调查，了解该年龄段儿童的色彩偏好、外观偏好与功能偏好，结果分析见图4—6。总体分析，该年龄段儿童对

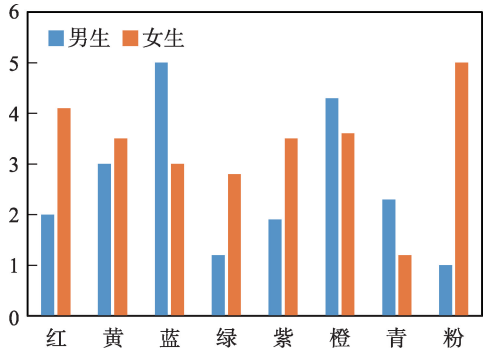

图4 颜色偏好分析

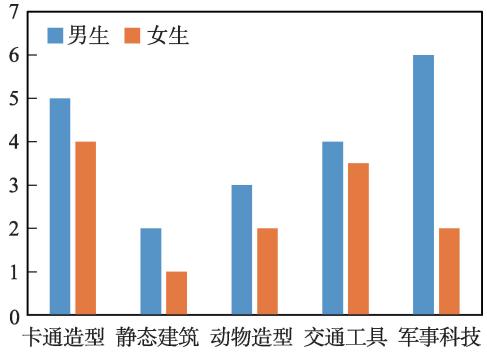

图5 外观偏好分析

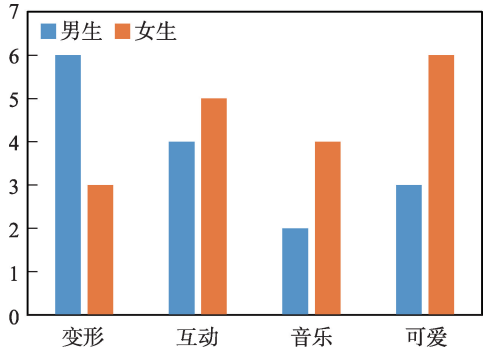

图6 功能偏好分析

颜色的喜好从数据看都偏爱蓝色、橙色，尤其是蓝色较符合STEM教育的科技特性；而对于外观偏好，作为6~10岁的用户群体，较抽象的卡通造型更受他们喜爱，而军事类和交通工具的造型在男孩中较受欢迎，设计中可以考虑加入适量的相关元素；从功能偏好来看，可

变性和互动性的需求占比较大，同时女孩希望其拥有可爱的个性，因此在产品设计上会酌情考虑以上因素。

四、STEM教育产品设计过程

（一）设计定位

以6~10岁儿童为主要用户，设计一套基于智慧课堂的STEM教育产品，以模块化的智能硬件产品结合图形化编程应用软件为原型。一方面，通过一系列动手与动脑结合的操控能力和逻辑思维能力训练，提升儿童的创新思维和技术水平。另一方面，产品区别于当前同质化的教育产品，以创新的体验、炫酷的造型、科幻的特征等设计语言来吸引儿童。

（二）产品构思

根据前面的产品定位，进行深化和模型制作，见图7。主要的设计流程如下：(1)确定产品的基本使用方式，明确功能定位；(2)将涉及到的功能模块进行匹配设计；(3)设计配套转换模块(机器人变成小车)；(4)设计模块的具体形态和细节。

笔者尝试用Arduino套件搭建模型框架，测试其交互可行性，经过多次调试后进行外观造型和内部结构的方案建模，并且将部分配件3D打印后进行实物测试，确保元器件和外型结构能够完美搭配，草模原型搭建见图8。

（三）最终方案

本体包括核心、外甲和四肢。而核心内置一块基于Arduino的编程主板，具有四个电机接口、四个改良的4pin接口、一个Micro USB接口，内部结构与四肢结构见图9。

拓展模块包括三十六块LEGO型积木，四台模块化电机，可以搭建成小车状态。将主体的核心部分插入，可以组合成具有竞速、避障、巡线等不同玩法的小车形态。同时可以购买更多LEGO系配件来搭建个性化的STEM玩具，与好友分享创造的喜悦，拓展模块及主体部分效果见图10—11。

（四）产品可用性测试

产品测试阶段中，通过对承德市滦平县火斗山镇一百多名学生使用STEM教育产品的情况进行观察记

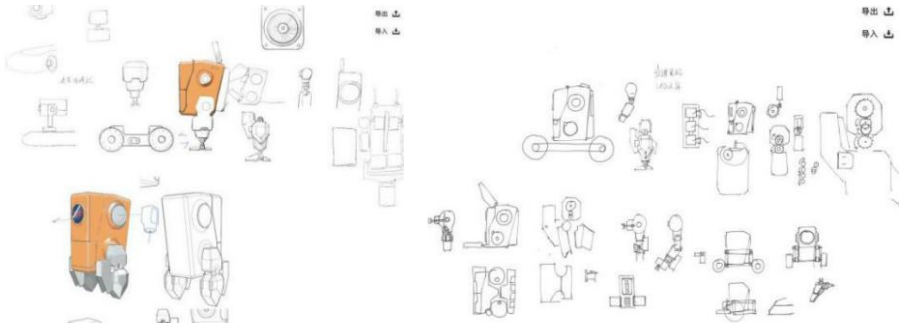

图7　设计创意草图

图8　草模原型搭建

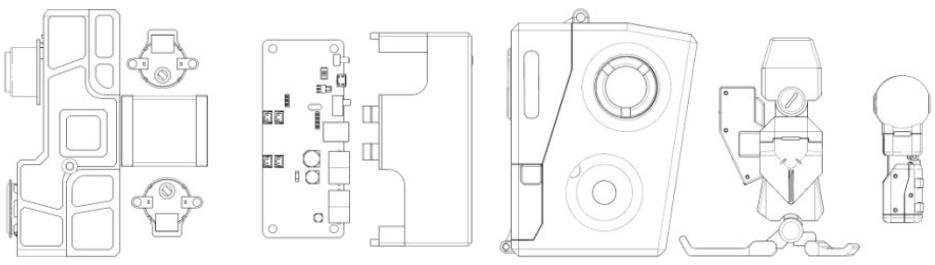

图9　内部结构与四肢结构

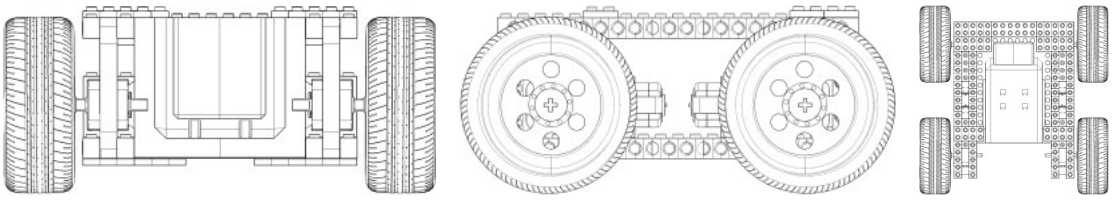

图10 拓展模块三视图

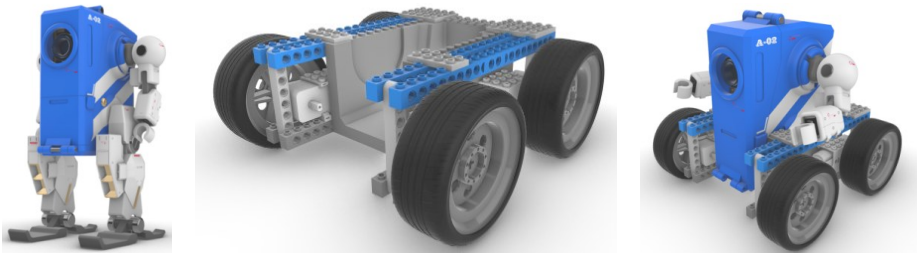

图11 主体部分效果

图12 学生使用产品测试

录，来验证学生对STEM教育产品的使用兴趣情况，见图12（图片来源于联想研究院）。首先利用观察法，邀请四位引导老师和21位学生，利用课堂的2 h，观察引导老师和学生的互动以及学生在完成的过程中遇到的问题；其次还有问卷和访谈法，即邀请21位同学，利用课后的15 min时间，分组引导学生填写体验问卷；在活动结束后，邀请一位副校长，进行时长40 min的访谈，一对一深度了解学校目前的教学情况以及他对STEM教学的态度。同时邀请3位培训讲师（云计算工程师两位、AI Lab工程师一位，两男一女），进行时长60 min的经验分享，讲述培训内容及在课上引导过程中的体验感受、问题及建议。在本次测试中，老师、同学、企业培训师对STEM LEGO编程的形式和内容，普遍持认可态度，认为该内容有助于培养学生的动手能力及逻辑思维能力，但也发现了产品设计中存在的问题：（1）产品不适合常态化学习，目前的内容与学习的关联性不强，无法与常规教学内容结合；（2）准备环节耗时长，学生注意力无法集中，由于课堂时间有限，应该让学生将注意力集中在拼搭环节；（3）安装及原理指导说明不详实，部分操作无法理解，指导说明需要更详细的资料，如操作步骤拆解展示、安装位置明确标识、部件及组装的工作原理等；（4）编程界面及交互方式待改善，例如界面找功能不便利、无法快速找到相关功能入口，拖拽交互时必须要对准凹槽，操作方式不友好等；（5）界面视觉设计需优化，尤其是可视化图形编程部分；（6）不适宜零基础学习，产品内容需扩展，建议通过内置多种模板式程序，实现直接连接操控，可修改参数提升学习速度。具体的学生体验满意度测试结果见图13（图片来源于联想研究院）。

（五）品牌设计

该STEM教育产品命名为“AMIGO”，中文译为“朋友”，代表着一方面设计者希望用户能与好友一起分享

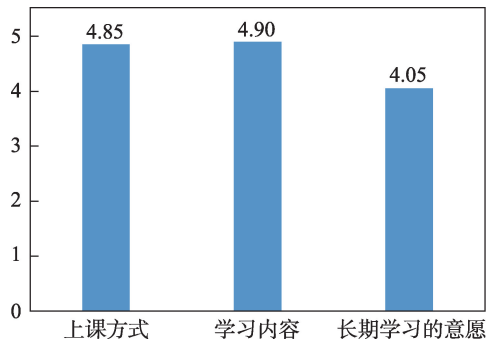

图13 学生体验感受满意度

图14　标志品牌设计

搭建智能玩具的喜悦，另一方面设计者希望“AMIGO”能像朋友一样陪伴儿童成长，同时设计者也希望儿童能将“AMIGO”当作自己的朋友。标志采用蓝色为主题色，一条红线贯穿标志，将“朋友”连在一起。同时，标志底色和字体配色可随使用场景进行变化，象征着“AMIGO”不断发展，STEM教育与时俱进的内涵，标志品牌设计见图14（笔者自绘）。

五、结语

本课题分析了基于智慧课堂STEM教育的儿童需求及产品设计应用。通过对智慧课堂STEM课程的需求提取，最终设计开发一套基于实体交互的模块化、情感化智能机器人产品“AMIGO”。产品创新之处一方面在于构成方式上的创新，通过“主体模块+扩展套件”的方式来尽可能拓展STEM教育产品的多种模式；另一方面，在使用方式上既可以进行单人游戏模式，例如避障、寻线、讲故事等，也支持多人合作与对抗游戏模式，例如搬运货物、竞速比赛、格斗等，同时未来还可以扩展更多模块，例如无人机模式等。在未来的工作中，笔者将继续对产品教学内容的创新性互动方式进行探索，同时将进一步完善用户研究实证实验，针对儿童在体验中的实际问题优化产品的迭代设计。

参考文献

[1] 董宏建. 我国STEM教育的研究分析及未来展望[J]. 现代教育技术，2017(9)：114-120.
DONG Hongjian. Research Analysis and Future Prospect of STEM Education in China[J]. Modern Educational Technology，2017(9)：114-120.

[2] 杨晓哲，任友群. 数字化时代的STEM教育和创客教育[J]. 开放教育研究，2015(5)：35-40.
YANG Xiaozhe，REN Youqun. STEM Education and Maker Education in the Digital Age[J]. Research on Open Education，2015(5)：35-40.

[3] 蔡海云. STEM教学模式的设计和研究[D]. 上海：华东师范大学，2017.
CAI Haiyun. Design and Research of STEM Teaching Mode[D]. Shanghai：East China Normal University，2017.

[4] 石寅霞. 基于内容分析视角的国内STEM教育研究概况综述[J]. 中国教育技术装备，2016(16)：16-19.
SHI Yanxia. Overview of STEM Education Research in China from the Perspective of Content Analysis[J]. Educational Technology Equipment in China，2016(16)：16-19.

[5] 殷朝晖，王鑫. 论美国K12阶段STEM教育对我国中小学创客教育的启示[J]. 外国中小学教育，2017(1)：31-36.
YIN Chaohui，WANG Xin. Enlightenment of STEM Education in K12 Stage on Maker Education in Primary and Secondary Schools in China[J]. Foreign Primary and Secondary Education，2017(1)：31-36.

[6] RADLOFF J，GUZEY S. Investigating Changes in Preservice Teachers' Conceptions of STEM Education Following Video Analysis and Reflection[J]. School Science and Mathematics，2017，117：3-4.

[7] 许锋华，大卫·威廉姆森·谢弗. 美国科学教育测评系统ENA评介[J]. 电化教育研究，2015(9)：104-111.
XU Fenghua，SCHAEFER D W. A Review of the American Science Education Evaluation System ENA[J]. Research on Audio Visual Education，2015(9)：104-111.

[8] 李慧，王全喜，张民选. 美国STEM教育的探析及启示[J]. 上海师范大学学报（哲学社会科学版），2016，45(5)：144-152.
LI Hui，WANG Quanxi，ZHANG Minxuan. Analysis and Enlightenment of STEM Education in America[J]. Journal of Shanghai Normal University（Philosophy and Social Sciences Edition），2016，45(5)：144-152.

[9] 冯华. STEM教育视野下的综合课程建设[J]. 中小学管理，2016(5)：14-16.
FENG Hua. The Construction of Comprehensive Curriculum from the Perspective of STEM Education[J]. Management of Primary and Secondary Schools，2016(5)：14-16.

[10] 何克抗. 论创客教育与创新教育[J]. 教育研究，2016(4)：12-22.
HE Kekang. Maker Education and Innovation Education[J]. Education Research，2016(4)：12-22.

（下转第31页）

参考文献

[1] 韦艳丽，赵韩. 新媒体交互艺术情感美学的内涵与营建[J]. 江淮论坛，2017(2)：175-179.
WEI Yanli，ZHAO Han. Connotation and Construction of Emotional Aesthetics of New Media Interactive Art[J]. Jianghuai Tribune，2017(2)：175-179.

[2] 陈旭光. 艺术的本体与维度[M]. 北京：北京大学出版社，2017.
CHEN Xuguang. The Noumenon and Dimension of Art [M]. Beijing：Peking University Press，2017.

[3] 科林伍德. 艺术原理[M]. 北京：中国社会科学出版社，1985.
COLLINGWOOD R G. Art Theory[M]. Beijing：China Social Sciences Press，1985.

[4] 罗伊·阿斯科特. 未来就是现在：艺术、技术和意识[M]. 北京：金城出版社，2012.
ASCOTT R. The Future is Now：Art，Technology and Consciousness[M]. Beijing：Gold Wall Press，2012.

[5] 米哈依尔·米哈依洛维奇·巴赫金. 文艺学中的形式方法[M]. 北京：中国文联出版公司，1992.
BAHKIN M M. The Formal Method in Literature and Art [M]. Beijing：China Federation of Literary and art Circles Publishing Corporation，1992.

[6] 让·保罗·萨特. 萨特文集(第七卷)[M]. 北京：人民文学出版社，2000.
SARTRE J P. Collected Works of Sartre (Volume 7)[M]. Beijing：People's Literature Publishing House，2000.

[7] 方维规. 文学解释学是一门复杂的艺术——接受美学原理及其来龙去脉[J]. 社会科学研究，2012(2)：111.
FANG Weigui. Literary Hermeneutics is a Complicated Art：Principles of Reception Aesthetics[J]. Social Science Research，2012(2)：111.

[8] 汉斯·罗伯特·姚斯，罗伯特·C·霍拉勃. 接受美学与接受理论[M]. 沈阳：辽宁人民出版社，1987.
JAUSS H R，HOLUB R C. Reception Aesthetics and Reception Theory[M]. Shenyang：Liaoning People's Publishing House，1987.

[9] ISER W G. The Act of Reading：A Theory of Aesthetic Response[M]. Baltimore：The Johns Hopkins University Press，1980.

[10] ANG L. Traditional and Digital Media，in Principles of Integrated Marketing Communications[M]. Cambridge：Cambridge University Press，2014.

(上接第25页)

[11] RAPHAEL A，MARGOT B. Co-design AI Futures：Integrating AI Ethics，Social Computing and Design[C]. New York：Association for Computing Machinery，2019.

[12] CHAEHYUN B，CHOI J，HAN J，et al. Application of Intelligent Product Design on STEAM Education[C]. Seoul：Association for Computing Machinery，2015.

[13] EKATERINA，CHRISTINA G，FATEMEH T. Developing Children's Cultural Awareness and Empathy Through Games and Fairy Tales[C]. New York：Association for Computing Machinery，2016.

[14] EUN Y P，LINKKI. A Planar Linkage-based Kinetic Toy as A Tool for Education and Design[C]. New York：ACM Press，2016.

[15] 鲁艺，汤宏伟. 学龄前儿童益智游戏中的情感化设计研究[J]. 包装工程，2018，39(10)：106.
LU Yi，TANG Hongwei. The Emotion Experience of Preschool Children in Educational Games[J]. Packaging Engineering，2018，39(10)：106.