

触觉体验引导下的儿童智能玩具交互设计

吴智艳, 吴祐昕, 杜雅婷, 段延君

(江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘要: **目的** 探究触觉体验引导下的儿童智能玩具交互设计, 提升儿童玩具的交互体验。**方法** 首先, 总结市场上儿童智能玩具的功能和交互方式。其次, 对触觉体验及儿童触觉体验的相关研究进行整理, 研究触觉对儿童成长的重要影响, 分析玩具材质的触觉隐性特征、感知积累和行为暗示。**结果** 提出 5 个儿童智能玩具交互设计策略: 及时清晰的反馈响应、成长式的交互模式设计、隐喻行为的合理引导、触觉载体的技术性优化、全感知式的交互场景搭建。将设计策略应用于具体设计, 从实践上挖掘触觉体验在智能玩具上的应用特点。**结论** 触觉体验是儿童认识和理解世界的重要形式。触觉体验视角下的交互设计策略提高了儿童智能玩具的用户体验, 为未来儿童智能玩具交互设计提供了新的思路。

关键词: 触觉体验; 儿童认知; 智能玩具; 交互设计; 行为

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)12-0290-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.12.035

Interactive Design of Children's Intelligent Toys Guided by Tactile Experience

WU Zhi-yan, WU You-xin, DU Ya-ting, DUAN Yan-jun

(Jiangnan University, Jiangsu Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: The paper intends to explore the interactive design of children's intelligent toys under the guidance of tactile experience, so as to improve the interactive experience of children's toys. Firstly, the functions and interaction modes of children's intelligent toys on the market are summarized and sorted out. Secondly, the tactile experience and related researches on children's tactile experience are sorted out to gain insight into the important impact of tactile sense on children's growth, and to analyze the tactile implicit characteristics, perceptual accumulation and behavioral implication of toy materials. Five interaction design strategies of children's intelligent toys are proposed: Timely and clear feedback; Growing interaction mode design; Reasonable guidance of metaphorical behavior; Technical optimization of tactile carrier; Full-perception interaction scene construction. These design strategies are applied to the specific design, and the application characteristics of tactile experience in intelligent toys are explored in practice. Tactile experience is an important form for children to know and understand the world. The interaction design strategy from the perspective of tactile experience improves the user experience of children's intelligent toys, and provides a new idea for the interaction design of children's intelligent toys in the future.

KEY WORDS: tactile experience; children's cognition; intelligent toys; interactive design; behavior

玩具是儿童认识、感知、理解世界较为直接、有效的载体。传统玩具通过造型、功能、结构来帮助儿童进行视触觉训练, 锻炼儿童身体的操作能力和协调能力。传统玩具的功能相对单一, 单位价值量低。随着科学技术的迅速发展, 儿童玩具的操作逐渐由实体

交互向界面交互过渡。近几年, 随着人机工程学的进步和交互设计的发展, 越来越多的儿童玩具设计开始注重人机交互理念, 人机交互界面的不断优化, 使儿童与玩具之间的交互更加符合儿童的生理和心理需求^[1]。玩具也从单功能产品变成了若干功能的集成

收稿日期: 2022-01-11

作者简介: 吴智艳 (1996—), 女, 硕士生, 主攻设计学。

通信作者: 吴祐昕 (1973—), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为设计学。

体,通过按键和屏幕,儿童可以操作并得到多种功能反馈。虽然屏幕成为了绝大多数智能玩具交互的媒介,但也正是屏幕,约束了交互的形式,限制了儿童探索世界的方式。玩具的同质化现象是儿童短期内对玩具失去兴趣的重要原因,造型、颜色、材质等外部特征的相似性,以及功能操作和交互模式的趋同设计,使儿童所接收到的产品刺激越来越相似,儿童的反馈和行为也受到越来越多的限制^[2]。通过分析触觉体验、材质隐喻以及材质所带来的行为暗示,关注儿童群体的触觉行为,从而提出儿童智能玩具的交互设计策略。

1 儿童智能玩具概述

随着我国国民生活水平的提高,玩具市场发展迅速,根据 Euromonitor 的调研显示,我国在 2019 年的玩具零售规模已经达到 837 亿元。传统玩具的一般定义为提供给 14 岁以下儿童玩耍或使用的工具,智能玩具是电子技术与传统玩具相整合的新型玩具。儿童智能玩具已经不再是单纯的娱乐工具,而是集娱乐性、教育性、科技性于一体的综合辅助型工具,可以帮助儿童开发大脑智力、提高德育素质、培养社会品德,儿童智能玩具改变了儿童的生活、娱乐、教育方式,给儿童带来了更加新奇、快乐的体验^[3]。纵观国内的儿童智能玩具市场,虚拟界面、简单交互技术与卡通造型相结合的儿童智能玩具占据了市场的主流,其学习和游戏内容主要源自技术后台建立的数据库。可复制的数据库、较低的技术壁垒和开发门槛使产品同质化严重,儿童的创造力越来越得不到激发,针对儿童群体的玩具设计亟待进一步的发展创新^[4]。

根据市场调研,现有的儿童智能玩具分为三大类:益智教育类、娱乐类和陪伴类。其中,益智教育类玩具的种类和数量都相对更多,功能形式也更加丰富,陪伴类儿童智能玩具对技术要求更高,市场占比相对较小。从锻炼儿童的感官出发,儿童智能玩具的视觉训练在色彩和形式上都较为丰富;听觉训练主要为不同类型的音乐输出和简单的语音对话,音乐类型可以满足大部分儿童的听觉需求;触觉训练相比传统玩具反而越来越单一,以屏幕为载体的交互操作主要包括点击、滑动、转动等,不以屏幕为载体的智能玩具缺乏优质的触觉体验。儿童智能玩具的交互形式主要包含 5 种:触屏交互、语音交互、按键交互、实物拼接交互和手势交互。其中,触屏交互和语音交互是儿童智能玩具交互形式中使用最多的,由于手势交互的识别技术还不成熟、操作具有不确定性,使用相对较少。基于实物交互的拼接方式,多为形状结构的拼接。触屏、按键、实物拼接是主要的实体交互形式,用于基本功能的实现,语音、手势交互是提升儿童体验沉浸感、真实感、舒适度的虚拟交互形式。实体交

互强调物质与人的肢体进行直接的交流互动,是一种在感官体验上更深刻、准确的交互形式。虚拟交互可以突破时间和空间的束缚,改变实体交互的单一性,虚拟交互通过虚拟现实技术,可以实现沉浸式、多感官仿真式的交流体验。随着技术的不断完善和玩具形式的多样化发展,在未来的智能玩具设计时,需要更加重视儿童本质上的成长特征,平衡虚拟交互与实体交互的关系,满足儿童用户凭借身体探索世界的需求。

2 触觉体验设计

2.1 触觉体验设计概念

触觉是皮肤上的感受器接触到机械性的刺激所产生的感觉,这种刺激包括外界的温度、压力、震动、湿度等,触觉是一种复合型的感受^[5],包括对比性感觉(冷热、硬软、干湿等)、程度性感觉(痛觉、压觉等),以及催生出的惊喜、恐惧、愉悦等感觉^[6]。触觉不同于其他感官,触觉是主体认知者与客体对象之间的物理性接触,也是人类五大感官中唯一的直接性、零距离的接触形式。触觉上的感知体验可以映射到人的其他感官上,如触味相通、触听相通、触嗅相通、触视相通^[7]。触觉体验设计指利用触觉反馈来传递信息,使用户产生相应的触觉感官刺激,帮助用户在整体的感官体验中获得更加良好的感知和感受,带来愉悦和完整的体验。

2.2 儿童的触觉体验设计

触摸是儿童认知世界的重要手段^[8]。芬兰神经心理学家 Matti Bergstrom 曾说:“人体的指尖末梢神经密度很大,像我们的眼睛拥有的那么多,如果人类在童年或是青少年的时候不常使用手指,他们的指尖神经密度就会大幅度降低,也就意味着大脑受损,会严重阻碍个体的发展。”低龄儿童的教育往往从物品的接触开始,儿童通过双手触摸来感知物体的粗糙、软硬等特点,通过肢体移动了解身体与周围环境的方位变化。身体与玩具之间的直接接触会给儿童带来丰富的触觉感受,儿童会根据触觉感知以及触觉所带来的通感效应,产生心理和生理上的刺激,并进行相应的反馈,在这个不断接触的过程中丰富自己对世界的认识和事物的认知。下一次的触觉体验将结合已有的记忆共同影响反馈,随着触觉记忆的积累和意象间联系的不断完善,形成了更加准确的触觉感知体验,见图 1。可以说,没有触觉感官带来的一系列体验,儿童就无法拥有感官上的完整体验。

2.3 儿童的材质感知分析

儿童通过双手触摸来感知外在世界,材料是产生不同触觉的常见载体。21 世纪以来,设计师开始关注触觉体验中的材质美学以及材质的隐形特征,

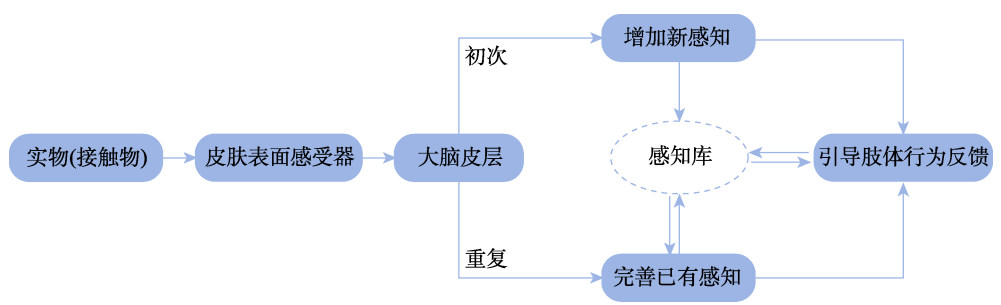


图 1 儿童感知反馈机制
Fig.1 Children's perception and feedback mechanism

Nagai 等^[9]在此基础上,提出了“感知特性”是材料“隐性特征”最基本的属性。通过问卷调查和用户观察,了解材质在种类、形状等方面对儿童认知和身体行为的影响,从材质种类、质感印象、感知积累、可暗示行为等方面整理分析儿童玩具在触觉上的联系,见表 1。儿童玩具的材质主要有四大类:木质、塑料、布绒、硅胶。木头较为耐摔,不易破损,是一种天然的功能材质。木质玩具类型包括儿童积木、棋类玩具、拼图玩具、益智玩具等。木材的种类繁多,玩具中常见的种类包括:桦木、荷木、椴木、松木、桦木。每个种类在物理属性和经济属性上均有不同,玩具的设计会根据它们的特征进行合理的选材、加工。对触觉感知来说,这些木材拥有不同的纹路、色彩,经过不同的表面加工技术,会呈现出不同的质感,给人一种自然、温润、安全、信任的情感联想。根据用户观察结果,儿童更喜欢圆润光滑的木质玩具。木块之间撞击产生的声音清脆且较为温和,儿童能够被木块之间产生的声音所吸引,从而引导儿童对木块进行拼接和搭建。目前常使用的玩具制造塑料为:ABS、PA、PC、PE、PP、PVC。塑料也是智能玩具中最为常见的材料,塑料容易成型,可以通过特殊的工艺,形成自由多样的造型。塑料表面也可以通过注塑、吹塑、滚塑、

搪塑、电镀等工艺,形成不同的表面纹理和色彩。塑料的语义印象取决于它的表面处理工艺、理化性能以及造型特征^[10]。塑料色彩的丰富性影响了儿童对塑料玩具的态度,颜色鲜艳的玩具更能吸引儿童的注意,分析鲜艳塑料玩具和非鲜艳塑料玩具对儿童的影响,可以发现,儿童对鲜艳玩具的行为更加丰富,例如拍打、扔掷、滚动等。布绒材质的玩具种类主要有玩偶、形象抱枕等。常用的材质有短平绒、玫瑰绒、棉、麻等,这类材质的触感给人一种舒适、温暖、幸福的情感联想。通过对家长的访谈和交流发现,布绒玩具可以在儿童的生活日常中起到保护、安抚的作用,分析儿童的行为特点发现,抚摸、轻拍是 2 个主要的行为,布绒智能玩具的主要交互方式也是轻拍触发和语音交互。硅胶由天然橡胶提炼而成,具有耐高温、耐寒等特点。硅胶的安全性和优越的触感,可以在安全要求下满足儿童的抓握、拉扯、啃咬等行为需求,这类材质给人一种安全、柔软、坚韧的印象。由于硅胶可以扭曲并恢复原状,所以儿童喜欢用双手对硅胶玩具进行形态上的改变。玩具材质对儿童的行为暗示各有不同,但形状的影响却是相似的,儿童喜欢具有可拼接性的玩具,通过搭建更多的模块,从而形成创造性的拼接体验。

表 1 玩具材质分析
Tab.1 Analysis of toy material

	材质	隐性特征	感知积累	可暗示行为
木质	桦木、荷木、椴木、松木、桦木	自然、温润、安全、信任	木纹的细腻;温润柔和;来自大自然的材质、木质的清香、自然温和	敲击、拼接、滚动、光滑抚摸
塑料	ABS、PVC、PP、PE、EVA、PU	技术、温暖、轻巧、干净、亲切、安全	光滑的表面;可轻巧地摆放、置换;可包含多种功能	扔掷、滚动、弹性拍打
布绒	短平绒、玫瑰绒、棉、麻	舒适、温暖、幸福	温暖柔顺;想要拥抱;陪伴的感觉	抚摸、轻拍、包裹、捏
硅胶	食用级硅胶	安全、柔软、性能	柔软可变形;可以随意揉捏;非常安全;不尖锐	抓握、拉扯、啃咬、扭曲

3 触觉体验引导下的儿童智能玩具交互设计策略

儿童与玩具进行交流互动的过程,主要分成 3 个

阶段:开始、进行、结束。结合触觉体验的重要性分析、玩具材质的隐性特征、感知积累和行为暗示,提出相应的设计策略,主要通过提高玩具的材质丰富性和交互性来提升玩具的体验和价值:预热交互,激发儿童对世界的真实感知,完善他们的认知,通过产生

的情感想象引发接下来的交互行为；强化交互，采用实体交互与虚拟交互相结合的形式，以触觉体验为基础，在触觉体验中引导交互的产生，在交互中感受触觉体验；延长交互，引发情感，体验丰富的物理世界所带来的丰富多样的情感想象，增强儿童在玩具游戏中的情感能量，见图 2。

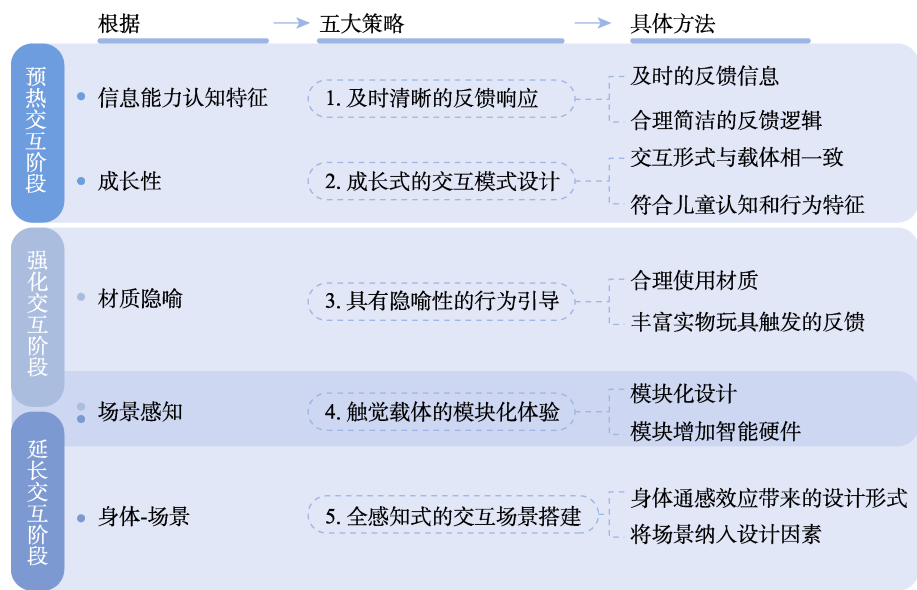


图 2 智能玩具交互设计策略系统
Fig.2 Strategy system of intelligent toy interactive design

3.1 及时清晰的反馈响应

Giles Colborne 在《简约至上——交互设计四策略》中认为，在交互设计中应重视反馈这一概念，交互是存在于主体与客体间的交流互动，交互过程中的信息交换是双向的。需要将交互看作是一个简单的基本单元：首先有了动作，然后根据动作产生一个反馈^[1]。

儿童对玩具的特定区域进行操作时，玩具要有及时的反馈。行为与反馈之间往往会存在时间延迟的情况，加上儿童感知和处理突发情况的能力较弱，因此，反馈及时性应具有容错性、过程性和同步性等特点。儿童的理解能力和感知能力较弱，认知和行为之间往往存在一定的偏差，因此，智能玩具在接收儿童信息的过程中要与数据库中的模型进行比对，得到相对准确的行为结果，反馈的形式也要更加简洁，便于儿童理解。在接收到错误的信息后，需要及时进行语音引导，或者通过强震动来提示儿童行为的不正确。在反馈的设计中，需要注意行为与反馈之间的因果逻辑关系，结合材质的隐喻特征，针对不同的触觉感知行为设计对应的反馈效果。以培养社会责任感、关爱小动物为目的的智能玩具，可以在小动物形象上附加柔软的材质，对以抚摸为动作元所产生的反馈和以拍打为动作元所产生的反馈进行区别设计。例如，当玩具中的传感器接收到大力的撞击或拍打等信息时，会发出相应的提示。

3.2 成长式的交互模式设计

在智能交互上，交互形式和反馈形式应该基于儿

童认知发展呈现出渐进式的变化特点。儿童相比成人，其认知变化较大。根据皮亚杰^[12]的认知理论可知，儿童群体的认知行为可以分为 4 个阶段，每个阶段的行为特征和心理需求都有较大的不同。选择合适的玩具载体进行造型、颜色、功能、材质等设计时，交互形式要与实物载体相互适应。针对低龄儿童，简单的触觉感知行为就可以产生相应的反馈，例如同步语音交流模式、色彩明晰的图文跳动。针对已经具备推理计算能力的儿童，交互的形式可以更加复杂，可以结合拼接、转动等行为产生对和错的不同反馈。智能玩具的虚拟交互包括虚拟手柄实现的触觉交互、视觉捕捉、语音识别、动作捕捉、对象追踪以及多维传感器交互等。成长式的交互模式要依据不同年龄段的认知和行为特征，来平衡虚拟交互和实体交互的比重：依据玩具功能属性合理选择虚拟交互技术；将虚拟交互的传统载体转移至玩具本身，以弱化虚拟交互的存在感；语音交互是智能玩具重要的虚拟交互形式，随着儿童年龄的增加，语音交流功能与引导功能的比重应适当增加。

3.3 具有隐喻性的行为引导

与常规的屏幕点击、滑动、长按等交互方式不同，基于触觉体验的交互方式会结合实体的行为逻辑，以及实体所带来的隐性特征。以材质属性为例，不同材质的特征具有较大的触觉差异，不同的软硬、冷暖、纹理特征，会让人产生不同的情感想象和行为联想。柔软的短平绒会激发儿童拥抱、抚摸、揉捏等行为，使其产生沉浸式的舒适、幸福、放松等心理。交互反

馈可以结合生活场景中的物体和材质特征,基于这些典型材质的隐喻进行设计,对不合理的行为进行适当的引导,让儿童产生正确的认知。人的行为是丰富多样的,提高用户的体验就要关注用户体验中的行为,儿童的行为相比成年人更加简单、典型,在设计智能玩具时,可以在现有的儿童交互形式上完善补充新的行为模式,提高儿童在使用玩具中的行为能力,丰富其感知和体验。除了常见的拍打、移动、点击等交互行为之外,还可以增加能锻炼精细化动作的交互设计,例如手指的旋转操作、手掌不同力度的抓握等设计。

3.4 触觉载体的模块化体验

儿童的触觉体验主要来自其与多材质实物的接触感知,在日常的感知教育中,家长会选择购买一些木质玩具、硅胶玩具、毛绒玩具,多样化的材质感知可以刺激儿童的脑神经,促进其感官发育。为了使儿童在玩耍过程中接触到更多的材质,设计师可以选择模块化的设计方式,模块化具有一定的复用性、延展性和互换性^[13],可实现多材质的共存,常通过拼接以及安装智能感受器的形式来完成交互的连接。通过模块化和拼接可以呈现出不同的材质和样式,对儿童的创造力会有较大的提升。根据儿童在不同年龄阶段的操作能力水平,设计不同大小、不同数量以及不同材质的模块,可以提升智能玩具的可玩性。

3.5 全感知式的交互场景搭建

触觉是感知的通道之一,提升儿童对智能玩具的使用体验,需要从触觉体验延伸至身体的其他感官因素,并从身体研究扩大到环境的感知研究。

人有五感,除了触觉还有视觉、听觉、嗅觉、味觉,多感官之间具有通感的效应^[14]。以儿童触觉为基本感官,合理地增加其他感官的体验设计,可以提高儿童在使用玩具过程中的综合体验,锻炼儿童的五感。现有的儿童玩具中,已有材质+色彩形式的立体书籍,颜色与材质的联系会让儿童更加准确地感知物体对象;材质+气味形式的花盆生长玩具,更加完整地表达了植物生长的特征,有助于儿童感受植物的生

长变化、了解大自然。“感知”是生物特有的能力,“产品”具有感知的能力,意味着其不再是纯粹的功能输出的载体,而是可以与人类用户进行更深一步交流的对象。灵活运用场景中的虚拟感知技术,通过多维度的感知技术,产品可以获取人、环境、行为3个维度下的相关信息。以环境为例,感知玩具的地点(家/公园/商场)、温度、气候等信息,通过玩具的振动、语音向儿童传递环境信息,可以促进情感化的交流。例如,在冬季玩具感知到气温下降时,将引导儿童围绕气候、保暖、健康等话题进行交流。

4 触觉体验引导下的儿童智能玩具交互设计实践

4.1 设计定位

此设计的主要目的是为2~10岁的儿童提供一个美学教育玩具,通过多感官的模块设计,结合智能交互方式,构成智能拼接玩具,增强儿童对美的感知,培养他们的创造力。该设计以一个圆润可爱的玩偶为基础形象,将玩偶的服饰进行分割和拼接,并增加不规则的饰品,最终形成玩偶的形象。每个模块置入一定数量的传感器,模块化的形式设计也有利于智能硬件的置入和设定,较为明显的边界线有利于提升低龄儿童区分行为与反馈的边界感,从而实现多效果的交互体验。儿童在拼接过程中,玩具会根据儿童的拼接方式进行提示和鼓励,最终不同的拼接效果会产生不同的美学效果和智能效果,例如播放音乐、语音对话、双臂转动、摇头点头等。儿童通过不断触摸多类型的模块,体验并创造玩偶形象。该设计主要采用上述策略来指导美学教育智能玩具的设计,亦可推广至其他类型的儿童智能玩具设计中。

4.2 设计表现

1) 每个模块置入相对应的智能硬件,感知并触发相应的反馈,这种反馈会更加及时,儿童在完成某一模块的拼接后,得到的反馈也会更加明确,儿童会清晰地知道该反馈是否由该模块的操作所引起,见图3。当衣服未形成时,玩偶会通过语音提醒和遗落位



图3 玩具模块结构及拼接形式
Fig.3 Toy module structure and combining form

置亮灯等形式来提示儿童。拼接布绒材质模块也会触发一定的交互反馈,例如“今天这么热,快给我换一件衣服吧。”用户在选择多样化的模块时,玩偶可以根据传感器感知模块进行鼓励和提示,例如“我喜欢在春天穿这样绿色的衣服”等。

2) 儿童的成长是快速的,因此,该玩具针对不同年龄段的儿童,设计了不同的玩偶大小及模块类型,低龄儿童的玩偶模块更大、更少,其材质更加安全。对于7岁以上的儿童,会提高玩具的美学要求,在色彩和模块的搭配上更加丰富,见图4。3种不同年龄阶段的玩偶在交互形式上也会有不同,对于低龄儿童,以简单的语音和震动作为主要的反馈形式,同时增加视觉捕捉功能,提高对用户行为预判的准确性,丰富和完善语音提示。对心理和生理相对成熟的儿童用户来说,引入美学知识,加强语音交流功能,适当弱化语音引导功能。在玩偶的手臂结构上增加虚拟手柄功能,可以使用户在玩偶的肢体上进行功能操作,从而增强玩偶的拟人形象。

3) 配合玩偶的服饰,推出不同的场景模式,形成更加完善的创作体验,提高玩具的场景感,见图5。多维传感器可以感知场景中的温度、湿度、光线等信



图4 不同年龄阶段的玩具模块设计
Fig.4 Toy module design for different ages

息,并根据场景信息鼓励和提示儿童进行服装设计。场景中部件的设计也融入了多感官理念,如植物的清香、白云的柔软、太阳的温度等。这种结合玩具触觉体验和交互体验的美学玩具设计,可以帮助儿童进行创造化和个性化的表达。2018年,Storyball团队推出了一款玩具,其利用了硅胶的可塑性、可弯曲性和安全性,以智能故事球为基础元素,套上了不同的硅胶外套,赋予了智能球不同的角色定位和故事情节,丰富了玩具的可玩性和场景性。^[15]



图5 多场景应用
Fig.5 Multi-scene application

5 结语

我国儿童智能玩具的发展十分迅速,为了满足儿童多方面的发展需求,需要设计以新的角度介入指导。文中着重分析了儿童的触觉体验、玩具材质、感知反馈,旨在帮助儿童在使用智能玩具的过程中,获得更好的锻炼和更丰富的体验。智能玩具的未来不仅仅是屏幕的创新和发展,还要以用户为中心,考虑儿童的行为需求和心理需求,并提升其触觉体验,帮助儿童真正地在对的时间感知丰富的世界。通过对设计实践的评估,文中研究的交互策略,在反馈形式、材质感知与行为暗示之间的科学性方面还有待完善,在后续的研究中,需要通过数据实验进行验证和总结,希望在未来可以进一步深入研究和分析。

参考文献:

[1] 申璐. 人机交互在儿童智能玩具中的应用研究[J]. 计

算机光盘软件与应用, 2013, 16(18): 113-115.

SHEN Lu. Application of Human Computer Interaction in Children's Intelligent Toys[J]. Computer CD Software and Application, 2013, 16(18): 113-115.

[2] 曾栋, 周砖, 程海峰, 等. 产品设计中的触觉体验研究[J]. 包装工程, 2020, 41(2): 134-141.

ZENG Dong, ZHOU Zhuan, CHENG Hai-feng, et al. Research on Tactile Experience in Product Design[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(2): 134-141.

[3] 展延蕊, 张昆. 儿童智能玩具的交互模型研究[J]. 机电产品开发与创新, 2018, 31(1): 19-22.

ZHAN Yan-rui, ZHANG Kun. Research on Interactive Model of Children's Intelligent Toys[J]. Electromechanical Product Development and Innovation, 2018, 31(1): 19-22.

[4] 王秀丽, 蒋晓, 赵丹琳, 等. 基于具身认知的儿童智能玩具交互设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(16): 165-170.

WANG Xiu-li, JIANG Xiao, ZHAO Dan-lin, et al. In-

- teractive Design of Children's Intelligent Toys Based on Embodied Cognition[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(16): 165-170.
- [5] 王维, 安文亚. 关注触觉的产品设计[J]. 艺术与设计(理论), 2007(2): 113-115.
WANG Wei, AN Wen-ya. Product Design Focusing on Touch[J]. Art and Design (Theory), 2007 (2): 113-115.
- [6] 王妍, 吴斯一. 触觉传感: 从触觉意象到虚拟触觉[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2011, 13(5): 93-98.
WANG Yan, WU Si-yi. Tactile Sensing: from Tactile Image to Virtual Touch[J]. Journal of Harbin Institute of Technology (Social Science Edition), 2011, 13(5): 93-98.
- [7] 胡俊. 触觉通感隐喻的类型及其建构条件[J]. 石家庄铁道大学学报(社会科学版), 2015, 9(1): 73-76.
HU Jun. Types and Construction Conditions of Tactile Synesthesia Metaphor[J]. Journal of Shijiazhuang Railway University (Social Science Edition), 2015, 9(1): 73-76.
- [8] 曹佳南, 王涵乙. 儿童益智玩具交互设计探讨[J]. 工业设计, 2019(6): 146-147.
CAO Jia-nan, WANG Han-yi. Discussion on Interactive Design of Children's Puzzle Toys[J]. Industrial Design, 2019(6): 146-147.
- [9] NAGAI Y, GEORGIEV G V. The Role of Impressions on Users' Tactile Interaction with Product Materials: An Analysis of Associative Concept Networks[J]. Materials & Design, 2011, 32(1): 291-302.
- [10] 陆宇澄. 塑料的革命——塑料设计中的语义特征[J]. 文艺争鸣, 2010(12): 55-57.
LU Yu-cheng. The Revolution of Plastics: Semantic Features in Plastic Design[J]. Contention of Literature and Art, 2010(12): 55-57.
- [11] GILES C. 简约至上——交互设计四策略[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011.
GILES C. Simplicity First: Four Strategies for Interactive Design[M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2011.
- [12] 皮亚杰. 教育科学与儿童心理学[M]. 北京: 教育科学出版社, 2018: 65-72.
PIAGET. Educational Science and Child Psychology[M]. Beijing: Education Science Press, 2018: 65-72.
- [13] 杜雯. 基于模块化理念的家具设计研究[J]. 传媒论坛, 2020, 3(22): 134-135.
DU Wen. Research on Furniture Design Based on Modular Concept[J]. Media Forum, 2020, 3(22): 134-135.
- [14] 洪晓燕. 通感理念在学龄前混龄儿童玩具设计中的应用[J]. 工业设计, 2020(6): 85-86.
HONG Xiao-yan. Application of the General Concept in the Design of Toys for Preschool Children' Toys. Industrial Design, 2020(6): 85-86.
- [15] 国外玩具新品[J]. 中外玩具制造, 2018(9): 42-45.
New Foreign Toy Products. Chinese and Foreign Toy Manufacturing, 2018(9): 42-45.

责任编辑: 马梦瑶