

【特别策划】

国内外智能玩具研究及其在游戏化 学习支架中的应用综述

梁玲琳, 耿靖淳*

(浙江理工大学 艺术与设计学院, 杭州 310018)

摘要: **目的** 对国内外智能玩具研究现状、智能玩具在游戏化学习支架的研究异同进行比较分析。**方法** 梳理总结智能玩具的研究脉络、定义与特点。以 2000—2023 年, 国内外智能玩具文献(中文 257 篇, 英文 235 篇)为研究对象, 采用文献计量法结合 CiteSpace 软件, 对智能玩具研究进行可视化对比分析, 明晰国内外智能玩具的研究现状和热点趋势。运用内容分析法分析归类研究案例, 探讨国内外在研究智能玩具作为学习支架工具时研究重点、研究方法等方面的异同。**结论** 国外智能玩具研究相比国内更集中, 但两者都没有形成核心作者群。国内外关注的研究方向存在相似性但具体的研究侧重点有较大差异, 国内研究关注儿童玩具智能化的交互形式和体验, 国外则更重视技术创新在有形玩具载体中的多元应用。在智能玩具应用于支架式学习的研究中, 国内外的项目研究也呈现出较大差别, 国外注重智能玩具与实际教学场景的整合应用, 关注技术创新、特殊群体需求, 以及对学习成效的定量评估。国内研究则更强调智能玩具在非正式场景下对学龄前儿童的学习促进和发展、智能玩具与儿童交互的方式和策略, 以及对本土文化的融入。

关键词: 智能玩具; 教育支持; 游戏化学习; 学习支架

中图分类号: TB472 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2024)04-0001-15

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.04.001

Chinese and International Researches on Smart Toys and Their Application in Scaffolding of Playful Learning

LIANG Linglin, GENG Jingchun*

(College of Art and Design, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

ABSTRACT: The work aims to conduct a comparative analysis on the current status of research on smart toys in China and abroad, and the similarities and differences in the research on smart toys in the scaffolding of playful learning. The research lineage, definition and characteristics of smart toys were summarized and sorted out. Taking the Chinese and international smart toys literature (257 articles in Chinese and 235 articles in English) from 2000 to 2023 as the research object, the bibliometric method was combined with CiteSpace software to conduct visual comparative analysis on smart toys research, so as to clarify the current status of Chinese and international research on smart toys and the hot trends. The content analysis method was adopted to analyze and categorize the research cases, and explore the similarities and differences in the research focus, research methodology and other aspects of the research of smart toys as a learning scaffolding tool. The research on smart toys abroad is more concentrated than that in China, but neither of them has formed a core group of authors. The research directions of Chinese and foreign concerns are similar but obviously different in the specific research focuses. Chinese research focuses on the interactive forms and experiences of children's toys, while foreign research pays more attention to the multifaceted applications of technological innovations in the carriers of tangible toys. In the research of smart toys applied to scaffolding learning, Chinese and foreign project researches also show a big difference. Foreign research pays more attention to the integration of smart toy technological innovation in the actual teach-

ing scene, the quantitative assessment of learning effectiveness, and the experience of special groups of children, while the Chinese research emphasizes more on the smart toys in the informal scene of the preschool children's learning to promote and develop, the way and strategy of the interaction between the smart toys and children and adaptation to local culture.

KEY WORDS: smart toys; educational support; playful learning; learning scaffolding

智能玩具,作为一种新兴的玩具产品,以独特的方式结合了传统玩具与现代信息技术,重新定义了儿童的游戏和学习体验。随着中国居民收入水平和消费能力的提升,家长对孩子教育和娱乐的投入也在增加。根据《2021—2026 年中国智能玩具市场调查研究及行业投资潜力预测报告》显示,2020 年全球智能玩具市场规模已经达到 323 亿美元,中国市场规模为 120.4 亿元,同比增长 82%。这一增长反映出智能玩具凭借其互动性、科技化等方面的优势,正逐渐受到消费者的青睐。

游戏对儿童的全面发展至关重要,不仅有利于其身体和神经的发育^[1],也是认知、社交和情感技能发展的关键^[2]。皮亚杰在建构主义学习理论中强调,儿童通过操纵和探索环境来建构知识,参与不同类型的游戏有助于鼓励儿童进行实验和探索,从而发展和调整他们对世界的理解^[3]。而智能玩具作为儿童日常游戏行为的一个重要组成部分,在娱乐基础上提供了一个丰富的、互动性强的环境,激发儿童的想象力和学习动机,并在此过程中支持认知和运动技能的发展^[4]。当代智能玩具通过积极的方式构建起游戏和学习的桥梁,在提升教学质量,以及促进非正式教学场景下儿童的高阶思维技能方面具有巨大潜力。本文通过智能玩具的概念、特征,以及教育应用等方面进行详细的探讨,旨在深入研究智能玩具在游戏化学习中的具体作用和潜在影响,特别是它们如何作为学习脚手架,支持儿童的成长和发展。

1 智能玩具概述

1.1 智能玩具背景与发展

智能玩具基于数字化的技术开发,可以为儿童带来更加丰富、智能化的游戏环境,其雏形可以追溯到上世纪末。早期的智能玩具主要利用基础电子技术,通过声音、灯光等物理形式为儿童提供相对新颖的交互娱乐方式^[5]。随着数字信息技术的飞速发展,智能玩具开始融入更复杂的技术,如单片机和各种传感设备,同时进一步丰富实体交互的操作内容,如图像交互、触摸反馈、语音识别控制等。这使得玩具能够全面地感知和响应儿童的行为,在交互的过程中更加注重“以儿童为中心”,强调儿童生理及心理的发展特征,为互动提供更为丰富的可能性^[6]。近年来物联网技术的出现,将各种信息设备系统连接,极大地提升了信息流转和数据传递的效率,彻底改变了人们与周

围世界交流互动的方式。具有物联网功能的玩具能够与其他设备或云端服务连接,实现内容的实时更新和联动^[7],为儿童提供更多样化的互动环境,提升儿童游戏的教育价值^[8]。当下,通过语音情感分析、面部表情识别、机器深度学习等人工智能技术手段,智能玩具能够更加自然地识别和响应儿童的情感表达^[9],与儿童实现更深层次的互动,提供更具参与感和沉浸感的娱乐体验。个性化、精确的互动体验已经逐渐成为可能。

1.2 智能玩具定义与特征

智能玩具的研究在国内外已经经历了较为长期的发展,但由于相关的技术领域演进迅速并且智能玩具本身包含的种类复杂多样,因此在学界尚且没有统一明确的术语定义,大多将其在广义上视为通过技术能力增强的玩具。尽管如此,国内外研究人员仍然能够就其基本属性和目标达成一致,并对智能玩具的定义和特征进行归纳总结。

最早针对智能玩具的定义给出较为系统的、全面的解释是土耳其的中东技术大学研究员 Cagiltay 等^[10],他们将智能玩具定义为具有有形实体和电子元件的新型玩具形式,认为智能玩具在与儿童进行双向交互的过程中执行目的明确的任务。这些任务主要包括游戏过程中的行为和认知相关的教学任务,因此可以根据要求的任务类型将智能玩具分为行为任务导向的玩具和认知任务导向的玩具。此外,也可以根据其交互特点分为能与计算机交互的玩具和独立玩具。该研究重点强调智能玩具的交互特点,并且讨论了智能玩具与教育目标之间的联系。

Komis 等^[11]在此基础上深入分析了 50 例智能玩具研究案例后提出,智能玩具是指在传统玩具上添加了数字功能(如软件)或数字材料(如传感器),并以此为儿童提供具有互动性和创造性环境的玩具。根据智能玩具的技术特性可以将其分为有形界面智能玩具、增强现实型智能玩具、装备传感器的智能玩具与物联网(IoT)玩具。智能玩具还可以根据其教育特性分类成有组织的教育活动、非正式的自由游戏活动及二者的组合。而具体学习目标可以涉及特定的认知对象(编程、物理、抽象数学等)和各类横向能力(问题解决、交流协作、情感思维、创造力等)。该研究从技术形式和教育支持的角度出发综述了智能玩具的分类和特点。

近年来国内也有诸多学者在对智能玩具的分类

与特征进行研究后提出观点,刘益群^[12]从工程角度出发,认为智能玩具是由高技术赋予的、复杂的、智能的、动态的、活泼的特性构成的机电一体化系统展现。胡静^[13]提出智能玩具是借助计算机技术,能够连接电脑和其他智能玩具,内含先进的传感器和芯片,能与人产生互动,关注儿童生理和心理发展的玩具。李青等^[14]在 Cagiltay 等^[10]的分类基础上进行情感类教育目标的扩展,将智能玩具的教育应用分为认知、动作技能和态度情感三类,并且总结出智能玩具的主要特征包括:兼具物理实体和智能芯片组件、可提供丰富的交互方式、提供开放的游戏方式、可预设游戏任务并和外部场景相结合。黄群等^[15]搜罗案例对近年来国内市场上出现的智能玩具进行分类,按照功能上的区分将智能玩具分为“教育+娱乐”型、娱乐型和陪伴型三类。

综合国内外学者对智能玩具的定义和分类可以总结出智能玩具的共性特征如下。

1) 通过技术增强提供创造性环境的有形玩具:通过信息技术集成,智能玩具应为儿童提供更开放自由的环境,通过有形操作激发儿童进行探索创造。

2) 能够与儿童进行双向交互:智能玩具不仅应当能够响应儿童的动作或指令,还应能适当引导儿童进行特定的活动或反应。

3) 适应性和动态化:智能玩具不是静态的游戏工具,应能够根据儿童的行为偏好、成长阶段等实现个性化的适应和支持。

4) 具有明确的任务目的:智能玩具与一般电子玩具最大的区别在于是否有实际意义的用途目的。成熟的智能玩具应具有特定的任务活动,这些任务通常通过游戏化的方式呈现,以提高儿童的参与度和活动效果。

结合以上研究内容总结出具有一定普适性的智能玩具定义,即智能玩具是一种针对儿童需求整合数字技术的有形玩具,通过动态化的交互体验支持以引导儿童娱乐,为儿童提供明确的任务目标和创造性的活动环境,增强学习动机。后续的研究将在此定义的

认知基础上展开。

2 国内外智能玩具研究

2.1 研究对象

在综合考察国内外各文献数据库中的收录情况后,国内文献数据选择以 2000—2023 年 CNKI 中收录的全部期刊、硕博学位论文为数据库来源,检索策略采用主题检索,分别以主题=(“智能”&“玩具”)和主题=(“数字技术”&“玩具”)进行检索。国外文献数据以 Web of Science 的核心合集为数据库来源,时间检索范围与国内相同,检索策略和方式与国内相似,分别以主题=(“Smart Toy”)和主题=(“Digital Technology”&“Toy”),语言=(English),文献类型选择论文(Article)与综述(Review Article)进行检索。为确保研究样本的准确性,人工筛选并剔除报道文章及部分实际内容与主题不相关的文献,分别对中英文各自检索的两份文献数据进行合并除重,最终以符合条件有效国内文献 257 篇(期刊论文 165 篇,学位论文 92 篇),国外文献 235 篇作为研究对象。

2.2 研究方法

本研究利用 CiteSpace 6.2 R4 软件对文献进行可视化和文本分析。将筛选搜集的研究样本以 Refworks 格式导出,运用 CiteSpace 软件对文献样本的关键词数据进行可视化图谱的绘制与量化分析,得出自 2000—2023 年,智能玩具相关研究的发文情况、作者共现图,以及关键词共现图。研究者据此进行文本分析,归纳总结国内外智能玩具研究领域的研究现状和热点,并进行对比分析。

3 研究结果与比较分析

3.1 国内外发文量分析

对相关文献的发文量以年度划分进行统计(如图 1 所示),可直观了解到该研究主题在不同年代的学

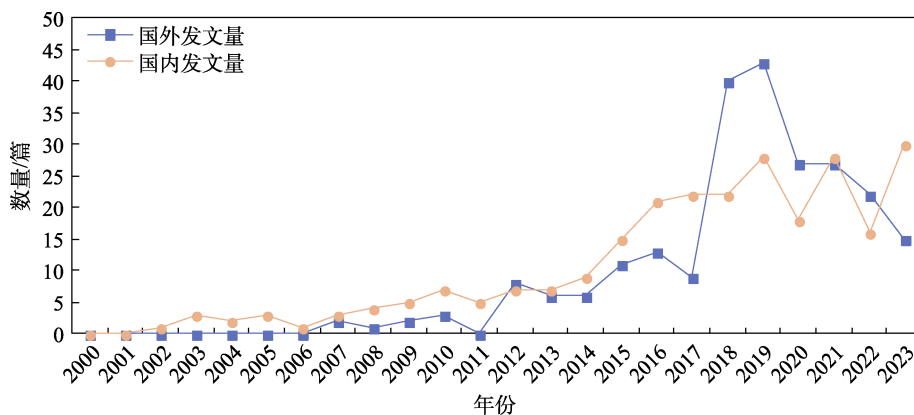


图 1 国内外发文量时间分布图
Fig.1 Map of Chinese and international publications

术进展与研究热度趋势。本研究对智能玩具文献进行统计发现,国内外在智能玩具研究初期的发展趋势相近,从 2000—2014 年,都是缓慢增长的零散研究。国内相关研究从 2014—2015 年出现明显增长并在此后基本维持波动性稳定,数量为每年 25 篇左右。国外相关研究数量在 2017—2018 年出现井喷式增长,在 2018 年和 2019 年达到峰值,年均均在 40 篇以上,但随后论文数量呈现断崖式下跌。结合背景情况判断这个时期的增长可能主要是受到人工智能技术和物联网技术迅速发展普及的推动。这些技术的进步为相关领域的研究带来巨大的技术突破,引发了领域内更多的研究兴趣。随后的下跌可能是由社会市场与研究主题的饱和所引起,预测以后会趋于稳定。而国内智能玩具的研究趋势从整体发展进程来看仍是曲折向上,未来智能玩具的研究热度会继续呈现上升趋势。

3.2 国内外发文作者分析

本文从核心作者和作者之间的合作两方面对国内外智能研究的作者分布情况进行分析。核心作者主要指研究领域内影响力较大的科研人员,其研究方向一般代表该领域的重点和未来的研究趋势,这些核心研究者的工作往往是评估研究质量的关键参考。因此,对核心作者进行分析有助把握研究的主流内容。同时,科学研究通常是团队合作的成果,多数学术文章都是通过不同作者之间的合作完成的。合作研究使得研究者能够互补优势,提升研究成果的质量。因此,利用作者合作图谱展现该领域核心作者及作者的合作关系,对理解智能玩具研究领域的发展具有重要意义。作者合作图谱中的节点数表示作者数量,合作连线表示作者与作者之间存在的合作,节点越大代表作者发文量越多,合作连线越粗则合作关系越紧密。

3.2.1 国外作者分析

通过表 1 对发文量较多的外文作者进行统计分析,其中排名第一的作者是 Hung,共发文 15 篇。根据普赖斯定律,核心作者的认证公式见式(1)。

$$M \approx 0.749 \sqrt{N_{\max}} \tag{1}$$

式中: $N_{\max}$ 为发文最多的作者; M 为核心作者的最低文献数^[16]。经计算 $M \approx 2.9$, 因此判断发文数不少于 3 篇的作者为核心作者。经过统计核心作者共 19 位(排名前 10 位的核心作者见表 1), 共发表论文 88 篇, 占论文总量的 37.4%, 小于论文总数 50%, 因此可认为目前国外智能玩具研究领域还未形成稳定的核心作者群。

将 CiteSpace 中时间设置为 2000—2023 年, 时间切片设置为 1 年, 对国外文献样本进行分析, 得到的作者合作图谱如图 2 所示。图谱中共有 262 个节点和 335 条连线, 网络密度为 0.009 8。可以看出 Hung、Fantinato 与 Yankson 等形成了较为集中的研究群体, 主要研究方向包括: 儿童利用数字设备的学习行为^[17]、物联网技术服务与隐私保护^[18-19]、智能机器人的情感感知与表达^[20]等。群体中节点间的连线较紧密, 说明该群体内作者有较强的合作研究关系。整体来看目前国外智能玩具研究共形成了 24 组研究群, 研究内容比较广泛, 然而核心作者集中的研究组仅有 6 组, 且这些核心作者主要在同一组内合作, 群组间的交流相对较少。因此, 虽然尚未形成核心作者群, 但整体上国外智能玩具研究的作者分布相对集中, 而不同研究群体间的互动和合作还有待加强。

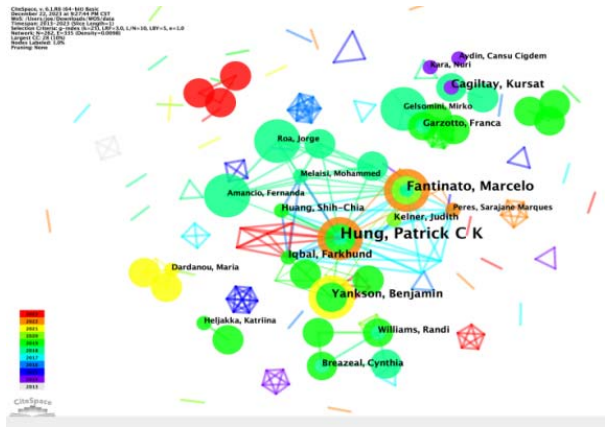


图 2 国外作者合作分布情况
Fig.2 Map of cooperation among foreign authors

表 1 外文核心作者分布情况
Tab.1 List of foreign core authors

排序	作者	发文量/篇
1	Patrick CK Hung	15
2	Marcelo Fantinato	9
3	Benjamin Yankson	6
4	Kursat Cagiltay	6
5	Farkhund Iqbal	5
6	Cynthia Breazeal	4
7	Judith Kelner	4
8	Franca Garzotto	4
9	Shih-Chia Huang	4
10	Randi Williams	4

3.2.2 国内作者分析

根据 Citespace 生成的共现图谱(如图 3 所示)对中文作者进行统计分析, 发文量最多的作者是周艳, 共计 3 篇文献。研究领域没有核心作者, 仅有王冠云和孙凌云等形成一组合作网络, 且合作关系为同门合作, 没有实现跨单位突破。总体而言, 图 3 中节点之间连线较少, 说明我国大部分学者目前仍是独立研究, 缺乏跨学科、跨领域的研究合作。未来, 随着智能玩具研究的深入和发展, 研究者们有望开始更积极地协作, 形成紧密的学术网络。

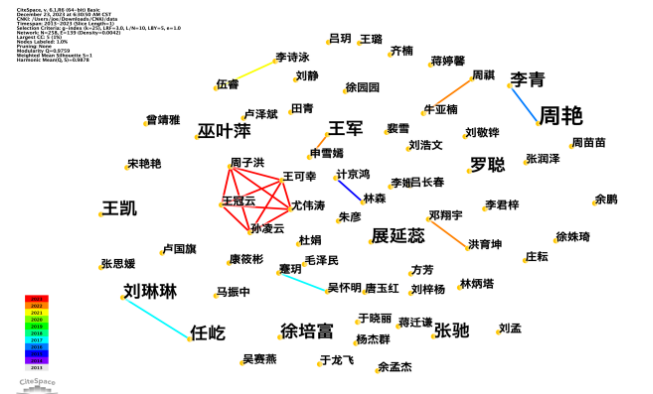


图 3 国内作者合作分布情况
Fig.3 Map of cooperation among Chinese authors

3.3 国内外研究热点分析

关键词是文献思想与内容的精准概括，其频率、中心性、聚类是关键词分析的重要指标。关键词频次越高表示关注度越高，中心性越大表示越重要，聚类可以探讨该领域研究的主要方向。CiteSpace 通过对关键词进行词频统计来确定某领域的研究热点，关键词出现的频次越多，越能反映出论文的主题内容。

3.3.1 国外研究热点

时间分区为 2000 年 1 月至 2023 年 12 月，时间切片选择 1 年，节点类型选择“Keyword”，其余参数不变，选择 WOS 数据库文献项目，生成国外智能玩具关键词共现图谱，见图 4。

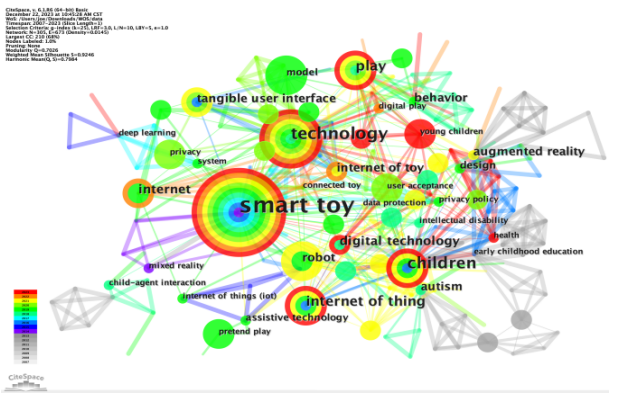


图 4 国外智能玩具关键词共现图谱
Fig.4 Map of foreign key word co-occurrence for smart toy

通过图 4 的内容信息可知，图谱中共有 305 个节点和 673 条连线，网络密度为 0.014 5。图 4 中圆形代表关键词节点，其形状大小与关键词出现频次呈正相关，圆内的层级颜色代表该关键词被提及的不同年份。节点之间的连线代表着关键词之间的相互联系，发散的线条越多，越说明以该关键词为中心形成了系统关系网络。观察图 4 发现关键词共现的节点分布在不同区域呈现聚集性网络的特点，密度较高且结构紧密。结合国外高频关键词列表（如表 2 所示），排除“Smart Toy”“Digital Technology”两项搜索主题词及合并部分内容意义相近、重叠度高的关键词后，归纳分析排名前 20 的高频词，得出国外的智能玩具研究热点主要涵盖的以下四大方面。

表 2 国外智能玩具高频关键词列表
Tab.2 List of foreign high frequency key words for smart toys

序号	关键词	频次	中心性	序号	关键词	频次	中心性
1	Smart toy	56	0.63	11	Behavior	6	0.02
2	Technology	17	0.13	12	Internet of toy	6	0.02
3	Children	16	0.17	13	Tangible user interface	6	0.02
4	Play	10	0.08	14	Privacy	6	0.00
5	Internet of thing	10	0.02	15	Design	5	0.03
6	Digital technology	7	0.04	16	Assistive technology	4	0.03
7	Internet	7	0.01	17	model	4	0.02
8	Autism	6	0.09	18	Child-agent interaction	3	0.08
9	Augmented reality	6	0.06	19	Early childhood education	3	0.05
10	Robot	6	0.05	20	Deep learning	3	0.03

1) 应用技术。包括了技术（Technology）、物联网（Internet of Thing）、增强现实（Augmented Reality）、辅助技术（Assistive Technology）、深度学习（Deep Learning）等关键词。这与智能玩具的技术形成阶段有密切的联系，可以发现物联网、增强现实、人工智能一直是国外智能玩具开发研究的重要技术基础，使得玩具更加互动化和智能化。

2) 用户群体与应用。包括了儿童（Children）、

孤独症（Autism）、亲子互动（Child-agent Interaction）、幼儿早教（Early Childhood Education）。表明研究智能玩具在儿童早期教育中的应用是研究重点，智能玩具帮助儿童在玩耍中学习新技能、发展社交互动能力，并通过亲子互动加强家庭联系，在研究普遍性儿童群体的应用时，也应关注特殊儿童群体的辅导、康复治疗等需求，体现智能玩具得包容性和多元化支持。

3) 互动与安全性。包含了机器人（Robot）、有

形用户界面 (Tangible User Interface)、模型 (Model)、设计 (Design)、玩耍 (Play) 和隐私 (Privacy) 六个关键词。说明国外智能玩具研究重点考虑将技术手段应用于各种有形互动载体的方式。此外数字时代下儿童用户数据和隐私暴露的风险逐渐增加,符合安全和伦理标准的设计也是智能玩具重要的研究方向。这些研究热点展示了国外智能玩具研究领域在追求技术创新的同时,对满足用户需求和确保安全伦理的双重关注。

3.3.2 国内研究热点

对国内智能玩具的高频关键词共现网络情况进行分析,将 refworks 格式的文件进行 CNKI 格式转换并输出,其他与国外研究相同,绘制的国内智能玩具关键词共现网络图谱见图 5。

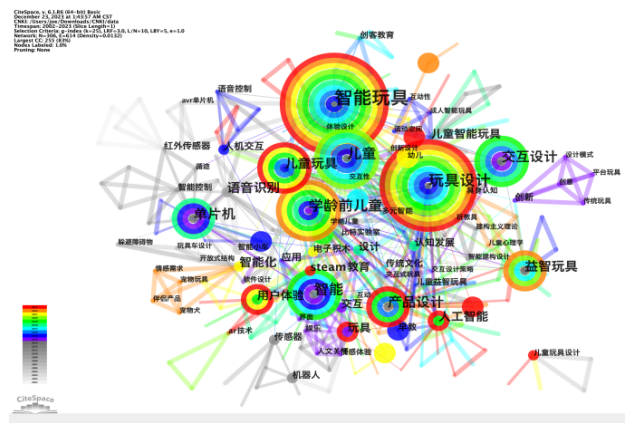


图 5 国外智能玩具关键词共现图谱
Fig.5 Map of foreign key word co-occurrence for smart toy

结合表 3 和图 5 并进行分析发现,国内智能玩具的研究热点与国外研究从整体方向上看具有一定的相似性,但具体到关键词仍存在一定研究差异,国内

研究方向分别包括如下三类。

1) 应用技术。包括单片机、人工智能、语音识别、传感器四个关键词,说明国内在具体技术应用上与国外存在较大差别。

2) 用户群体与应用。包括学龄前儿童、益智玩具、Steam 教育三个关键词,从中可以看出国内研究在细分的儿童群体和应用目的上存在区分度。

3) 交互体验。包含交互设计、产品设计、设计、用户体验、智能化、人机交互六个关键词。从这些关键词中可以看出国内对智能玩具的研究主要是从设计的学科领域出发,尤其重视提升用户体验、实现智能化等人机交互上的优化。

与国外研究热点进行分析比较,二者都可以从技术、人群、应用、交互等纬度进行归类,但研究内容却体现出多样性和差异化。从应用技术上看国外研究集中在较新的技术趋势上,如物联网 (IoT)、增强现实 (AR) 和深度学习。这反映了国外在智能玩具领域对信息技术的快速适应转化。相比之下,国内的智能玩具研究更注重现有技术的应用和优化,如单片机和传感器的使用,这可能是因为国内研究注重对成本效益和技术可靠性的考虑。从人群角度对比,相比于国内研究关注倾向于特定的学龄前儿童,国外研究涵盖了更广泛的儿童年龄段,以及特殊儿童群体权利和隐私安全问题。而在应用上,两者都强调了智能玩具在儿童早教中的应用,但国内对益智、Steam 等关键词的关注,表现出国内对儿童综合性能力更加重视。国外则更注重智能玩具在儿童早期教育中的情感和认知能力培养。从交互层面看,国内研究强调儿童在游戏过程中的用户体验,重视设计方法与交互策略的应用。而国外研究则更侧重于智能玩具和儿童进行有形交互的行为过程和互动载体。

表 3 国内智能玩具高频关键词列表
Tab.3 List of Chinese high frequency key words for smart toys

序号	关键词	频次	中心性	序号	关键词	频次	中心性
1	智能玩具	46	0.7	11	人工智能	12	0.08
2	玩具设计	25	0.17	12	语音识别	8	0.1
3	学龄前儿童	20	0.14	13	玩具	7	0.03
4	交互设计	20	0.09	14	用户体验	7	0.06
5	儿童	17	0.15	15	儿童智能玩具	7	0.06
6	产品设计	15	0.15	16	steam 教育	6	0.07
7	儿童玩具	15	0.12	17	传感器	5	0.04
8	智能	15	0.15	18	设计	5	0.03
9	单片机	15	0.18	19	智能化	5	0.07
10	益智玩具	12	0.09	20	人机交互	4	0.03

4 智能玩具的学习支架应用

尽管诸多研究已证明游戏化为儿童的非正式学

习环境提供具有挑战性和创造性的体验^[21],对幼龄儿童的学习参与、技能习得和情绪培养等方面创造了积极价值^[22-23]。但不可否认的是,游戏化教学仍然存在

某些弊端。例如, 儿童在游戏化学习的过程中过于依赖外在动机, 缺乏长期的兴趣激励^[24]。此外, 游戏化的学习过程因过分注重娱乐性可能导致对知识深度理解的忽视^[25], 进而使教育内涵浅层化, 儿童在没有明确指导的情况下容易感到迷茫困惑。当下, 缺乏有效的工具支持是游戏化学习面临的一项重大挑战^[26]。因此, 在游戏化学习过程中引入学习支架具有重要意义。适当的学习支架工具能为儿童提供必要的结构化指导, 帮助学生明确学习目标和路径^[27], 提供个性化学习支持, 让儿童在游戏活动中构建深刻的理解、长期的记忆, 从而强化教育价值。

学习支架 (Learning Scaffolding) 也译作“学习脚手架”, 原指建筑施工过程的辅助登高工具, 在教育领域则指一种支持学习的方法。脚手架的灵感来自维果茨基的“近端发展区理论”, 本质是通过提供支持的形式 (如教学材料、实践活动和其他课程元素等), 帮助学习者超越在没有帮助时的水平^[28]。脚手架的研究发展历程较长, 诸多学者从不同角度出发对教育脚手架的支持形式进行分类。例如, 最早提出脚手架教学的 Wood 等^[29]按照脚手架的引导内容, 将其分具体为指导性脚手架和引导性脚手架。Saye 等^[30]根据支持的交互方式将其分为软性脚手架和硬性脚手架。Hadwin 等^[31]根据支架的适应性进一步区分出了隐性支架和显性支架。其中, Hannafin 等^[32]于 1999 年根据开放学习环境提出了更加具体通用的分类方式, 即: 元认知脚手架、战略脚手架、概念脚手架和程序脚手架。该分类适用多种学习环境和教育框架。

根据 Cagiltay 等^[10]的研究观点, 智能玩具结合了先进的技术和教育理念, 为儿童提供了一个互动性强且具有支持性的自由学习环境, 能够有效地帮助儿童构建自我学习, 因此可以作为支持儿童认知学习的重要支架工具。智能玩具作为学习支架资源具有以下优点。

1) 提高参与度, 强化儿童学习动机。智能玩具通过游戏化的方式提供学习内容, 能够吸引儿童的注意力并增强他们参与游戏学习的积极性, 以有趣和引人入胜的方式增强儿童的学习动机^[8]。

2) 促进非正式教学场景中的自主性学习探索。在家庭、活动中心等非正式教学场景中, 儿童更倾向自由选择学习内容, 智能玩具提供创造性的游戏学习环境, 能够有效激起儿童的好奇心和探索欲, 促进主动学习活动的发展。

3) 提供适应性和个性化的学习体验。好的支架工具应当根据学习者的反应和进步调整支持的水平和形式^[33]。而智能玩具可以根据儿童的能力表现动态地调整难度和内容, 提供个性化的学习体验以满足不同发展阶段儿童的需求^[34]。

4) 促进多维技能全面发展。智能玩具不仅可以支持学科技能的增长, 还可以促进各项横向技能的发展^[11]。

通过以上研究论述不难发现, 智能玩具作为优质的学习支架资源能够有效地辅助儿童游戏化学习活动的开展。结合 Hannafin 等^[32]对学习支架的分类特征和智能玩具在应用中的教育价值归属, 笔者可以从教育支持的角度出发将类智能玩具的支架应用归为以下四类。

4.1 元认知学习支架 (Meta-cognitive Learning Scaffolding)

元认知作为一个心理学概念, 指的是“对自己的认知过程的认识”, 是对自己认知活动的了解和调节^[35]。而元认知学习支架是一种支持学习者进行自我监控和自我调节的教育策略, 通过引导学习者的思考和反思, 帮助学习者意识到自己的学习进程, 理解自己的学习方式。元认知学习支架鼓励学习者计划、回顾和评估自己的学习过程并在其中发现自己的学习优势与不足。判断智能玩具是否适合作为元认知学习支架时, 应当从其功能特点角度出发进行判断。

CogniToys Dino (如图 6 所示) 是一款基于云服务的教育智能玩具。通过语音识别技术和人工智能算法提供互动学习体验, 理解并回答儿童问题, 为儿童提供了情感化、自然化的陪伴交流环境。丰富庞大的信息库能够支持各种个性化、趣味性的学习体验, 适应儿童的学习速度和兴趣, 提供适合其能力水平的内容帮助儿童调节自己的学习进程。通过与 Dino 的互动, 儿童可以从 Dino 的反馈和回答中思考评估自己的理解和知识, 协助儿童更好地开展自主学习活动。



图 6 CogniToys Dino
Fig.6 Image of cogniToys Dino

4.2 概念性学习支架 (Conceptual Learning Scaffolding)

概念性学习支架帮助学生确定在学习过程中对某种知识概念的理解, 其目的是帮助学习者理解、组织和加工复杂的概念或理论^[32]。这种类型的脚手架着重于提升学习者对概念的理解且应用实现方式也比较多样化, 可以通过视听辅助来帮助儿童进行多感官体验的理解, 也可以通过示例、类比等形式建立从初级到高级认知的图示转化过程, 还可以通过挑战、提

问、竞争等刺激性活动，激励儿童从不同角度深入思考从而建构并强化知识框架。在判断智能玩具是否适合作为概念性学习支架时通常根据主题焦点和教育目的出发。

Merge Cube（如图 7 所示）是一款基于增强现实技术开发的教育玩具，利用智能手机或平板电脑的摄像头，将虚拟对象与现实世界融合，创造互动学习环境。在呈现形式上 Merge Cube 利用 AR 将抽象概念如行星、地貌、细胞等以虚拟模型呈现，使学生能够直观地理解通常难以把握的概念。与传统的被动学习相比，Merge Cube 通过有趣的互动模式激发学生主动探索、发现新概念的兴趣，并通过丰富的操作和支架资源帮助儿童通过多角度、多形式的方式理解复杂概念，有助于儿童对学科知识的深度思考。



图 7 Merge Cube AR 魔方
Fig.7 Merge Cube AR

4.3 程序性学习支架（Procedural Learning Scaffolding）

程序性学习支架相比于知识性的内容更关注如何指导学习者完成学习任务，侧重于学习过程而不是最终的结果。因此程序性学习支架通常需要提供给学习者一系列操作步骤、策略或提示，通过分步指导或反馈的形式协助儿童理解完成任务所需要的复杂过程，以帮助他们更有效地达成特定的学习任务和学习目标。因此清晰的、结构化的步骤指引和拆解简化的任务形式是程序脚手架的核心特征。在判断智能玩具是否适合作为程序性学习支架的学习资源时可以从智能玩具的游玩交互过程出发。

Codey Rocky（如图 8 所示）是 Makeblock 推出的一款面向儿童编程的智能教育机器人，它结合了实体玩具与软件编程，以激发孩子们的兴趣并教授基础的编程和逻辑思维技能。Codey Rocky 提供了一个结构化的编程学习环境和明确的任务目标，通过图形化编程软件简化了编程过程，提供分步骤的操作指导以协助儿童逐步实现从简单命令到复杂程序的过渡。儿童在编程中 Codey Rocky 会收到即时的声光提示和运动反馈，帮助儿童互动调整，最终掌握编程的技巧。



图 8 Codey Rocky 智能机器人
Fig.8 Codey Rocky smart robot

4.4 策略性学习支架（Strategic Learning Scaffolding）

策略性学习支架强调在学习中获得所需的信息和可以利用的资源，在当前知识与新知识和经验之间建立关系，进而探索如何使用不同的策略和方法应对特定的挑战。策略性学习支架的目的在于引导学习者思考“如何解决问题”并帮助学习者发展解决问题的技能，包括识别问题、寻找解决方案的路径和实施解决策略等。这要求智能玩具在作为策略性学习支架使用时能够一定程度上提高学习者解决问题的策略和技巧，如分析、推理、批判性思维等，帮助儿童成为更加独立自主、更具有创造性思维的学习主体。因此，在分类过程中可以从游戏形式和目标等层面判断智能玩具是否适合作为策略性学习支架。

MINDSTORMS EV3（如图 9 所示）是乐高公司于 2013 年推出的第三代可编程、组合的智能机器人玩具，其将乐高元素的智能积木与编程软件应用相结合。MINDSTORMS EV3 提供了众多构建组件和传感器，支持创造乐高生物、人形生物、蛇形等各种形态的机器人，鼓励孩子们自主探索和实验不同的可能性。它的挑战性项目要求孩子们进行逻辑推理和策略思考，在构建过程中解决机器人的运动结构、编程逻辑等问题。反复试验和调整机器人设计和编程帮助儿童学会反思自己的策略，进行创造性设计。



图 9 乐高 MINDSTORMS EV3
Fig.9 LEGO MINDSTORMS EV3

需要强调的是, 研究中提出对智能玩具的学习支架分类并非二元对立、非此即彼的关系。当前市场上的部分智能玩具展现出了多样化的功能特征, 这些特征不仅仅局限于符合单一类别的学习支架要求。有些玩具可能同时具备强教育互动、多感官刺激、促进元认知发展等多方面的功能, 归类依据的纬度是多元综合的。因此, 为了更准确地理解和评估这些智能玩具的教育效用和价值, 研究中将依据玩具最核心的功能特征进行归纳和分析, 以帮助研究者更全面地理解智能玩具如何以不同支架形式支持儿童的学习和发展。

5 国内外智能玩具支架学习的研究对比

5.1 研究方法

智能玩具作为学习支架工具的有效性取决于它们在设计层面的特点及其在学习过程中的使用方式。因此结合智能玩具的属性和支架工具的应用性从应用人群、应用技术、应用场景、学习目标、支架资源、效果评估六个维度划分并进行总结分析。前三个维度主要针对智能玩具本身属性, 后三个维度则是从研究角度出发探讨具体应用。以知网中的期刊论文和学位论文, 以及国外 WOS、ACM、SpringerLink 等数据库的科学期刊和国际会议论文集集中的论文为检索来源, 使用“智能玩具”“技术教育玩具”等关键词进行综合检索。回顾近 10 年国内外发表的关于儿童教育中智能玩具的相关研究性论文, 比较国内外将智能玩具应用于支架式学习的研究案例。

筛选要求包括: (1) 2013—2023 年发表的研究; (2) 需要有完成度达到原型及以上的实物产品且符合前文研究的智能玩具定义; (3) 有关于智能玩具在教育过程(正式或非正式)中的可能应用的描述; (4) 以非商业化的研究性项目案例为主。最终, 研究选取了 44 篇研究论文提到的 45 项案例项目(国外 30 例, 国内 15 例), 具体研究情况和类别归纳如图 10 所示^[36-78,13]。再次强调, 研究案例中部分智能玩具具有多种功能特点, 可能不仅符合单一类别的学习支架标准, 分类依据其主要功能特征判断。

5.2 研究结论

从应用人群角度看, 研究项目案例的目标年龄组范围不统一, 且有些玩具没有提到有关目标年龄组的数据, 因此依据皮亚杰、埃里克森等人对儿童发展阶段的划分和案例的实际调研情况, 在统计时将研究中对应用人群的年龄描述分类为: 未指定儿童年龄; 1~3 岁幼儿儿童; 4~6 岁学龄前儿童; 7-14 岁学龄儿童; 全年龄群体(包括学龄前儿童、学龄儿童和其他人群)。观察图 11 可以发现, 国内 15 项研究超过一半

都集中于学龄前儿童群体, 这表明在国内智能玩具的教育支持研究中, 研究者对学龄前儿童的发展和认知过程赋予了更多关注。这种倾向性可能源于国内人口变化和经济发展导致的对儿童早期教育的重视。30 项国外的研究案例中对学龄前儿童、学龄儿童和全年龄群体的研究占比相同, 均占总量 30%, 这表明相比较国内对学龄前儿童群体的关注, 国外研究在关注智能玩具如何促进不同年龄段儿童的认知和发展方面具有较高的均衡性。值得注意的是, 有四项国外研究案例并非侧重儿童的年龄阶段, 而是从孤独症、神经发展障碍等群体特殊性的角度展开教育性研究。这表明在国际研究范围内对于特殊儿童教育需求关注正逐渐增加, 智能玩具在特殊儿童的教育、康复等领域也具有支持意义。

在研究智能玩具项目的应用环境时, 存在环境纬度多元化和环境跨度综合化的问题, 容易导致区分特征不明显。因此将研究环境按照主要应用场景性质分为: 家庭、幼儿园等儿童活动环境; 学校、活动机构等儿童教育场景; 其他场景, 如博物馆、游乐园、康复环境等。根据图 12 研究显示的数据, 国内对儿童活动场景下的智能玩具应用研究呈现高度集中状态, 这种研究倾向显示了国内学者对利用智能玩具在非正式教育中促进儿童学习和发展的重视。相比之下, 国外研究在探索智能玩具的教育应用时会涉足更广泛的环境, 其中主要聚焦于学校和活动机构等正式化教学场景。这说明智能玩具存在应用于正式教学活动的价值潜力。当智能玩具不仅局限于儿童的辅助性游戏学习活动时, 研究人员需要进一步思考如何将智能玩具的支架资源整合并应用到实际教学场景中, 为智能玩具扩展更多的可能性。这也在一定程度上预示了国内智能玩具在未来儿童教育应用中的趋势方向。

技术分类上参考智能玩具的发展阶段和国外对智能玩具技术支持的归类分为: 传感器集成技术、物联网技术、虚拟现实技术和人工智能技术四类。根据研究案例的主要应用技术进行统计归纳, 结果如图 13 所示。通过对比图例, 可以发现二者在研究中的技术应用层面偏差并不大, 整体占比相近, 都以物联网技术为重要基础构建互动, 同时传感器集成技术、虚拟现实技术和人工智能技术也在智能玩具的开发中扮演重要角色。说明当前智能玩具在实现设备互联、数据收集和远程控制方面需要依赖物联网技术, 以提供更丰富的教育和娱乐体验。相比之下, 国内研究中物联网技术和人工智能技术应用的特征性更强。这反映了国内在智能玩具领域对实现玩具相互之间、玩具与儿童之间自然且高效的互动更为重视, 实际的论文研究也可以发现国内对智能玩具的交互方式和交互策略研究相比于其他方面要更加丰富。

研究内容 支架分类	项目名称	应用人群	应用场景	应用技术	学习目标	资源来源	成效评估
元认知学习支架	Maya	3~6岁学龄前儿童	家庭、幼儿园等幼儿活动环境	人工智能技术；图像处理与人脸识别；语音识别；RFID技术	基础认知类目标	触摸屏幕；讲解视频；歌曲；故事	教师与用户评估访谈
	PlanPal	8~14岁大龄儿童	家庭、研讨会或教育课程	micro:bit硬件与传感器；蓝牙传输；语音和手势识别	艺术表达类目标	DIY背包模板；制作工具；在线研讨会和游戏会话	工作坊观察并采集数据
	PlanMe	3~6岁患有自闭症谱系障碍儿童	早期儿童治疗环境	触摸传感器；LED灯带；扬声器	精神情感类目标	个性化定制化的视觉、听觉和触觉反馈，对话和讨论	试点测试；用户评估
	Hello Barbie	3~10岁学龄儿童	家庭或教育中心	语音识别技术；云服务；无线连接	学科知识类目标	角色扮演；多感官互动；语音反馈	
	Omro Genia KIT Tangram	3~6岁学龄前儿童		计算机视觉系统；拼图识别算法；声光电路系统	思维能力类目标	教学手册；提示信息；任务与成就；交互反馈	
	Dash Robot	6+学龄儿童	家庭、学校等幼儿教育环境	无线蓝牙传输；传感器集成；模块化扩展附件	学科知识类目标	任务活动；配套课程；可视化编程语言；LED指示；个性录音和回放；实时语音	对幼儿教师的态度调研
	FingAR	3~7岁学龄前儿童	游乐园	增强现实技术；RFID射频识别	生活能力类目标	符号替代；AR虚拟数字工具；协作交流	参与式观察；抽样测量分析
	Teddy bear	全年龄		嵌入式系统；计算机视觉系统	精神情感类目标	交流；音乐反馈；评价；游戏活动	对照比较实验
	智能玩偶故事机	1~3岁幼儿儿童	家庭、幼儿园等幼儿活动环境	重力传感器；智能声音模拟	精神情感类目标	活动任务；视觉灯光反馈；按键交互；家长终端引导	
	触觉引导智能拼装玩具	2~10岁儿童	家庭、幼儿园等幼儿活动环境	传感器集成；虚拟现实技术；数据库系统	精神情感类目标	语音提示、对话；适配年龄的模块内容；触屏、按键、实体拼接交互；玩偶肢体与场景模型	
	手部穿戴音乐智能玩具	4~8岁学龄儿童		传感器集成；语音播放模块；蓝牙通信技术	艺术表达类目标	音频资料；灯光指示；软件曲库信息、乐谱；分享平台	任务测试、系统可用性测试、非参与式观察
	《虎女，用用》睡眠游戏机	3~6岁学龄前儿童	家庭环境	近场通信（NFC）技术	生活能力类目标	音频资料；点读笔；角色卡；心愿卡；磁贴板封装	儿童与家长观察测试
	幻学玩具	3~6岁学龄前儿童	家庭、幼儿园等幼儿活动环境	虚拟现实技术；手势图像识别技术；环境识别技术；数据分析技术；传感器集成	学科知识类目标	课程；游戏；故事；虚拟场景中的物体、图案和文字；线上平台；VR眼镜	调查测试问卷量表
	距离认知智能玩具	3~6岁学龄前儿童		人工智能支持的自然语言处理技术；计算机视觉技术；语音识别技术	思维能力类目标	语音对话；协作挑战；个性化建议；视听触反馈；交互式地图	
概念性学习支架	StoryTech	3~6岁学龄前儿童	家庭、幼儿园等幼儿活动环境	RFID射频识别与读写器	艺术表达类目标	Flash动画材料；RFID标签识别交互虚拟故事内容	用户测试观察
	Hikao-Tsumiki	家庭、幼儿园等幼儿活动环境	混合光纤；无线电接入；传感器集成	基础认知类目标	交互灯光艺术教育资源；模型示例	对比实验评估	
	CRISPEE	4~9岁学龄儿童	儿童博物馆	有形物理基因编码块	基础认知类目标	组织活动；无屏幕视觉界面反馈；协作学习；LED指示灯	活动观察编码测试
	Hiduo	8~11岁大龄儿童	学校、兴趣班等正式教育环境	增强现实技术	学科知识类目标	AR标签；教学卡；视觉反馈；任务引导	对照实验测试
	Hobit	大学生	学校、兴趣班等正式教育环境	增强现实技术	学科知识类目标	物理模型；道具；交互操作；混合学习环境；心理图像	
	EMT	5~6岁学龄前儿童	家庭、幼儿园等幼儿活动环境	增强现实技术	基础认知类目标	拼图；闪存卡；比赛卡；视觉信息提示	活动观察测试
	TOK	3~6岁学龄前儿童	家庭、幼儿园等幼儿活动环境	有形界面；数字操作系统；电子平台	学科知识类目标	同伴协作；预演交流；挑战；物理块；图片贴纸	长期追踪对比实验；半结构访谈
	AIBLE	8~11岁大龄儿童	学校、兴趣班等正式教育环境	增强现实技术	学科知识类目标	视觉指引；教师辅助指引；有形标记辅助；活动任务	活动观察测试
	Smart dolphin "SAM"	神经发育障碍儿童（NDD）	治疗中心家庭环境	传感器集成；RFID射频识别技术	精神情感类目标	多感官互动信息反馈；带有RFID标签的食物卡	活动观察测试
	Keynote	自闭症谱系障碍儿童（ASD）	治疗中心家庭环境	传感器集成；3D打印；开源电子平台	生活能力类目标	视觉、听觉、触觉提示；协作互动；纠正反馈	
	Prim	6~12岁大龄儿童	家庭环境	视觉识别技术；音频信号处理技术	思维能力类目标	色彩绘画工具；音乐反馈	用户观察测试；访谈
	小诗箱	3~6岁学龄前儿童	家庭幼儿园等环境	AR增强现实技术；语音识别合成	精神情感类目标	AR小卡片；语音讲解介绍；诗词游戏活动	
	棒彩知识智能玩具	3~6岁学龄前儿童	家庭或学校等环境	RFID射频识别技术；二维码扫描识别	思维能力类目标	动画展示；语音；互动场景；模块积木块；指令信号	
	过程性脚手架	Magibricks	祖父母和孙子女	家庭环境	Arduino Uno Rev3控制器；触摸模块检测元件；投影仪和智能基板；Raspberry Pi	精神情感类目标	实时反馈；设备图像投影；同伴支持
Compo		8+大龄儿童	家庭环境	计算机视觉系统；机器学习深度学习；陀螺仪、触摸传感器等	学科知识类目标	任务引导；预编程的教育活动；教程和指南；互动提示	家庭访谈
zBot		5~12岁学龄儿童	学校、兴趣班等正式教育环境	语音识别技术；自然语言处理	学科知识类目标	教育组件工具；指令；界面提示；线上社区平台；编程语音	计算思维评估问卷；长期追踪前后测对比
3D Figurine		8~12岁大龄儿童		3D打印；近场通信（NFC）技术；数据库系统；蓝牙传输	艺术表达类目标	在线创作工具；数据库；图像示例；卡片程序	专家评估分析
Futacocbe		7~8岁学龄前儿童	学校、兴趣班等正式教育环境	三轴加速器；无线信息传输；数据分析	运动技能类目标	游戏活动；评估性需求；比赛任务	交叉组合对比实验
MagicBraz		4~6岁儿童&10-12岁儿童		编程和嵌入式系统技术；传感器技术	运动技能类目标	辅助文档；示例；程序模型；感官反馈；互动交流	活动观察测试
Code Bitz		5~12岁学龄前儿童	学校、兴趣班等正式教育环境	Unity3D；Qualcomm Vuforia SDK；Android SDK	学科知识类目标	有形模块；动画板；应用程序	
KIDO		4~7岁学龄前儿童	学校、兴趣班等正式教育环境	嵌入式扫描；电机；传感器；输出组件	学科知识类目标	有形编程模块；项目平台；动态模型演示	
TangScene		2~5岁学龄前儿童	学校、兴趣班等正式教育环境	RFID射频识别技术；	生活能力类目标	RFID 标签；教师指导；活动任务；视觉、触觉和音频反馈	对比实验观察；开放性问题态度和量表
SOMA		学校、兴趣班等正式教育环境	传感器集成；近场通信(NFC)技术	学科知识类目标	提示与反馈；游戏；图文信息		
智能小火车		2~5岁学龄前儿童	家庭、学校、幼儿园等儿童活动场所	重力传感器；语音系统；蓝牙技术	生活能力类目标	语音提示、灯光反馈和手机APP中教程、教程、时间记录图标	行为测试观察
蒙思		3~6岁学龄前儿童	家庭场景	单片机；蓝牙通信；电机驱动；自动避障；语音识别控制	思维能力类目标	地图；编程块；活动任务；亲子合作	
智能亲子玩具		3~6岁学龄前儿童	家庭场景	情绪分析识别技术	精神情感类目标	磁性积木片；任务奖励；语音播报；父母协作；微信小程序	用户评价；问卷调查
Babytalk		3~12岁学龄儿童	家庭、学校、幼儿园等儿童活动场所	语音智能对话技术；远场传输技术；云服务技术	艺术表达类目标	产品说明书；同伴协作；儿歌故事等媒体内容；视听触交互	行为测试观察；用户评价；问卷调查
策略性脚手架	Out that chrono	运动能力缺失的7~9岁儿童	学校场景	传感器集成；Light Blue Beam微控制器	运动技能类目标	触觉的视觉反馈；适应性难度分级；情境主题；数据收集分析	运动技能能力评估；用户测试观察
	TuoProRobot 2.0	6~8岁学龄前儿童	学校场景	Arduino Mega 2560逻辑模块；TCS3200颜色传感器；嵌入式传感器识别	学科知识类目标	有形编程块；任务卡片；视听反馈；操作工具包	用户测试观察；问卷调查和访谈
	红色文化模块化棋盘	6~10岁学龄儿童	家庭或多人互动环境	近场通信（NFC）技术	精神情感类目标	智能故事卡；收纳手册；活动任务；比赛竞争红色文化拓展场景	用户测试观察；家长和孩子结构访谈
	消灭蛀牙	7~11岁学龄儿童	家庭、学校、幼儿园等儿童活动场所	大数据处理技术；儿童状态检测技术	思维能力类目标	控制板；颜色提示；关卡任务；游戏道具；语音反馈	

图 10 2013—2023 年国内外智能玩具研究项目案例调研
Fig.10 Case study of 2013-2023 Chinese and foreign smart toy research projects

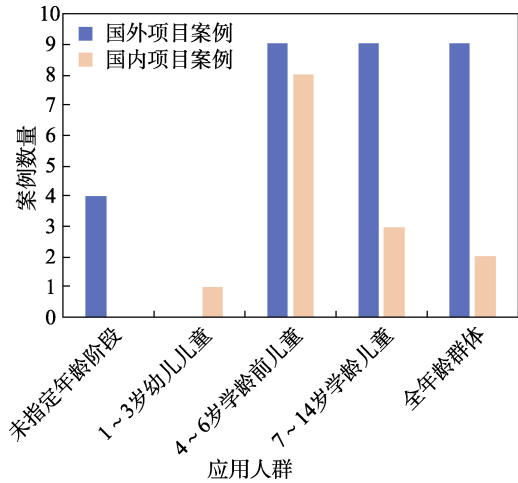


图 11 国内外智能玩具项目案例应用人群对比
Fig.11 Comparison of Chinese and international smart toy project application groups

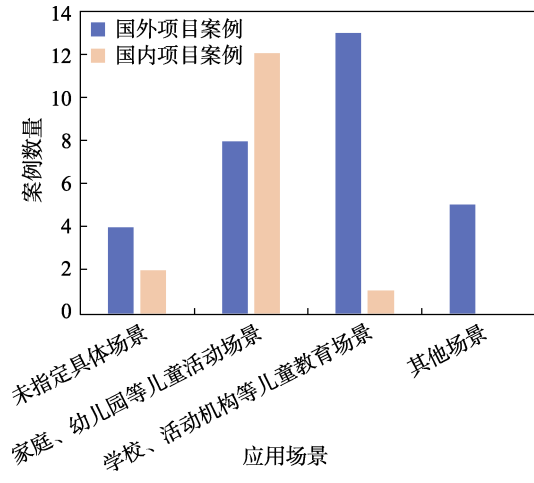


图 12 国内外智能玩具项目案例应用场景对比
Fig.12 Comparison of application scenarios of Chinese and international smart toy projects

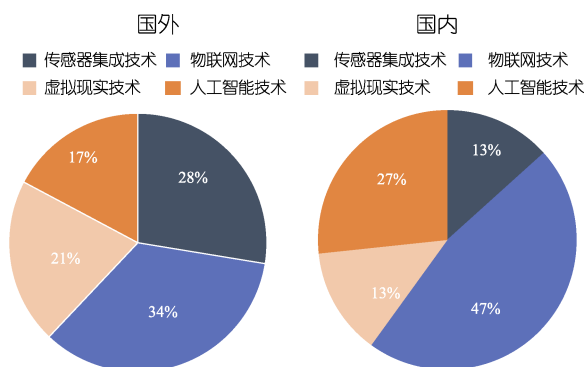


图 13 国内外智能玩具项目案例应用技术对比
Fig.13 Comparison of Chinese and international smart toy project application technologies

对项目案例中智能玩具的教育学习目标进行转译和归纳整理,可以将智能玩具的学习目的分为以下七类,具体研究情况如图 14 所示。

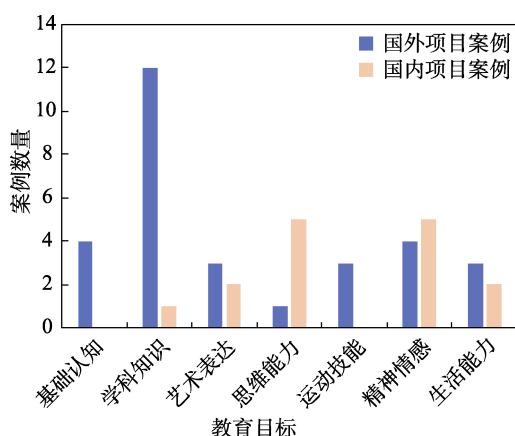


图 14 国内外智能玩具项目案例教育目标对比
Fig.14 Comparison of Chinese and international smart toy project education target

- 1) 基础认知: 声光电、数字、形状等。
- 2) 学科知识: 编程、数学、生物等。
- 3) 艺术表达: 故事讲述、音乐创作等。
- 4) 思维能力: 空间认知、逻辑思维、批判性思维等。
- 5) 运动技能: 主要是精细运动的锻炼。
- 6) 精神情感: 传承文化、强化情感联系等。
- 7) 生活能力: 如协作、沟通交流、自我管理等。

可以发现,国外因对智能玩具的学习应用研究起步较早,其学习目标涵盖更为广泛。国外的研究过程注重系统化、结构化的教学融入。因此学习目标以学科知识为核心,研究占比达到 40%。国内则由于较为重视学龄前儿童的益智培养,因此关于思维能力和精神情感等方面的研究主题占比相对较大。特别是在精神情感类学习目标中,国内智能玩具的教育应用融入了本土文化元素,如红色精神、诗词文化等。这表现出研究过程对中国特有文化背景的重视和适应。这种文化适应性的教育目标有助于培养儿童的文化认同

感,也有效促进了文化的传承。

智能玩具在游戏化学习过程中所能提供的支架资源主要由智能玩具本身的技术实现和功能交互方式决定,因此不具有对比分析的显著价值。但综合整体项目案例进行总结,可以获得智能玩具作为学习工具时提供支架资源的一般规律如下。

1) 用作元认知支架的智能玩具需要在交流中帮助儿童反思学习过程,因此除了评价类资源工具外,还需要提供有效的交流和协作互动。

2) 用作程序性支架的智能玩具能够简化或拆解任务,帮助儿童更好地达成学习目标,因此任务引导和指南说明等资源都必不可少,提示卡、标签、辅助文档等工具也能帮助儿童开展有序、有逻辑的结构化游戏学习活动。

3) 用作概念性支架的智能玩具以诠释内容目标为核心,这要求智能玩具具有多元化或多感官层级的反馈资源,利用模型和样本向儿童展示理想的操作或概念,也是协助儿童深刻理解内容的理想支架资源。

4) 用作策略性支架的智能玩具要求儿童批判性、创造性地思考解决方案。在这个过程中,挑战任务目标是引导儿童深入思考分析的重要资源,设计模拟游戏或情景主题,则能让儿童更投入地进行实践并应用策略。

统计项目案例中对玩具产品的效果评估状况制图(如图 15 所示),可以发现国内有实证评估环节的论文不多,基本只有学位论文有对学习效果的实验评估环节,大多期刊论文普遍缺少有效性验证。国外的实验评估环节完备程度远超国内研究,达到 77%,大部分的研究论文都通过定性与定量结合的方式对实验对象进行了效果验证。分析文献列表可以发现在研究方法上,国内主要以用户观察测试和结构化访谈为主,也有少数采取用户评价和满意度问卷量表的研究方式。国外则更倾向采用随机对照实验或前后测等方式在一定时间阶段内评估儿童的行为技能是否受智能玩具影响。此外,向儿童和教师家长等指导者发放问卷也是常见的研究方法。相较国内,国外在整体上对智能玩具作为支架工具的学习成效有更全面严谨的评估性研究。

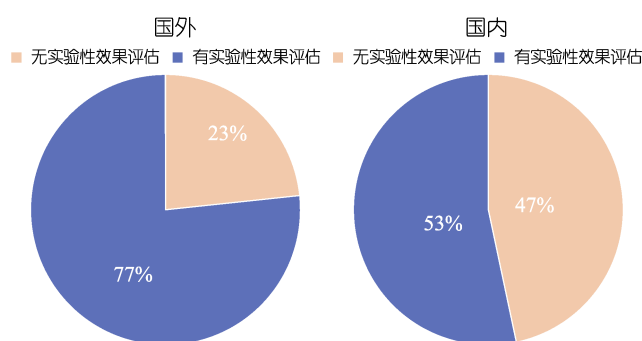


图 15 国内外智能玩具项目案例效果评估对比
Fig.15 Comparison of Chinese and international smart toy project effect evaluation

6 结语

智能玩具作为信息时代下一种新型教育娱乐资源,已在全球范围内展现出超乎想象的潜力,不仅为儿童提供了丰富的互动和游戏化学习体验,也进一步促进了教学模式的革新。本研究对智能玩具的定义和特点进行阐述,通过 CiteSpace 数据分析和项目案例整理,分析比较国内外智能玩具研究的发展脉络、研究主题,以及在学习支架中的应用研究。研究发现目前我国在智能玩具的研究深度上还存在一定不足。作为一项综合交叉性的研究,智能玩具的发展将持续辐射设计、教育、数字技术等各方面并发挥关键作用。未来的研究工作中有必要结合国际视野细化针对性研究内容,扩展研究者之间的合作模式以实现跨领域的结合,坚持探索如何更好地利用智能玩具的工具资源以促进儿童的全面发展。

参考文献:

- [1] GOLDSTEIN J. Play in Children's Development, Health and Well-being[M]. Brussels: Toy Industries of Europe, 2012.
- [2] BERK L E, MANN T D, OGAN A T. Make-Believe Play: Wellspring for Development of Self-Regulation[M]// Play=Learning: How Play Motivates and Enhances Children's Cognitive and Social-emotional Growth. New York: Oxford University Press, 2006: 74.
- [3] PIAGET J. Play, Dreams and Imitation in Childhood[M]. London: Routledge, 1999.
- [4] HALL L, PARACHA S, FLINT T, et al. Still Looking for New Ways to Play and Learn... Expert Perspectives and Expectations for Interactive Toys[J]. International Journal of Child-computer Interaction, 2022, 31: 100361.
- [5] D'HOOGHE H, DALTON L, SHWE H, et al. Smart Toys: Brave New World?[C]// CHI'00 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. New York: Association for Computing Machinery, 2000: 247-248.
- [6] HINSKE S, LANGHEINRICH M, LAMPE M. Towards Guidelines for Designing Augmented Toy Environments[C]// Proceedings of the 7th ACM Conference on Designing Interactive Systems. New York: Association for Computing Machinery, 2008: 78-87.
- [7] 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 L. Application of Human Computer Interaction in Children's Intelligent Toys[J]. Computer CD Software and Application, 2013, 16(18): 113-115.
- [8] DUJIĆ RODIĆ L, STANČIĆ I, ČOKO D, et al. Towards a Machine Learning Smart Toy Design for Early Childhood Geometry Education: Usability and Performance[J]. Electronics, 2023, 12(8): 1951.
- [9] 孙明阳, 郭聪聪. 人工智能在玩具设计中的应用现状与发展[J]. 工业设计, 2020(9): 30-31.
SUN M Y, GUO C C. Application Status and Development of Artificial Intelligence in Toy Design[J]. Industrial Design, 2020(9): 30-31.
- [10] CAGILTAY K, KARA N, AYDIN C C. Handbook of Research on Educational Communications and Technology[M]. Berlin: Springer, 2014: 703-711.
- [11] KOMIS V, KARACHRISTOS C, MOURTA D, et al. Smart Toys in Early Childhood and Primary Education: A Systematic Review of Technological and Educational Affordances[J]. Applied Sciences, 2021, 11(18): 8653.
- [12] 刘益群. 智能玩具与技术[J]. 机电一体化, 2008(4): 7.
LIU Y Q. Intelligent Toys and Technology [J]. Mechatronics, 2008(4): 7.
- [13] 胡静. 学前儿童智能玩具交互设计研究[D]. 北京: 清华大学, 2018.
HU J. Research on Interaction Design of Intelligent Toys for Preschool Children [D]. Beijing: Tsinghua University, 2018.
- [14] 李青, 周艳. 智能玩具:助推教育创新的新技术[J]. 远程教育杂志, 2016, 34(1): 46-52.
LI Q, ZHOU Y. Intelligent Toys: A New Technology to Boost Educational Innovation[J]. Journal of Distance Education, 2016, 34(1): 46-52.
- [15] 黄群, 李君梓. 信息时代下的儿童智能玩具设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(10): 150-156.
HUANG Q, LI J Z. Research on the Design of Children's Intelligent Toys in the Information Age[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 150-156.
- [16] 宗淑萍. 基于普赖斯定律和综合指数法的核心著者测评——以《中国科技期刊研究》为例[J]. 中国科技期刊研究, 2016, 27(12): 1310-1314.
ZONG S P. Core Author Measurement Based on Price's Law and Composite Index Method: Taking Research on Chinese Science and Technology Journals as an Example[J]. China Science and Technology Journal Research, 2016, 27(12): 1310-1314.
- [17] CHEN C C, HUNG P C K, EGRIÖGLU E, et al. Guest Editorial: Contemporary Learning Behaviors on Mobile Devices and Social Media[J]. Library Hi-tech, 2023, 41(5): 1265-1274.
- [18] AMÂNCIO F M P, SOUZA A P, FANTINATO M, et al. Parental Perception of Children's Privacy in Smart Toys in Countries of Different Economic Levels[J]. Technology in Society, 2023, 72: 102180.
- [19] DE PAULA ALBUQUERQUE O, FANTINATO M, HUNG P C K, et al. Recommendations for a Smart Toy

- Parental Control Tool[J]. *The Journal of Supercomputing*, 2022, 78(8): 11156-11194.
- [20] IQBAL F, KHALID Z, MARRINGTON A, et al. Forensic Investigation of Google Meet for Memory and Browser Artifacts[J]. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 2022, 43: 301448.
- [21] ASLAM M W, CHUDHARY G, AQEEL M, et al. Early Childhood Education through Gamification[J]. *Innovative Computing Review*, 2022, 2(1): 54-72.
- [22] LEE H M, LOO P A. Gamification of Learning in Early Age Education[J]. *Journal La Edusci*, 2021, 2(2): 44-50.
- [23] GARCÍA S G, NICOLÁS A H, CANO M G, et al. Gamification in the Childhood Education Classroom[J]. *South Florida Journal of Development*, 2021, 2(1): 623-632.
- [24] BOULET G. Gamification is Simply Bells and Whistles[J]. *ELearn*, 2016, 11:98-112..
- [25] FURDU I, TOMOZEI C, KOSE U. Pros and Cons Gamification and Gaming in Classroom[J]. *Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 2017, 8(2): 56-62.
- [26] YOUSOF A K. Benefits and Disadvantages of Utilizing Gamified Learning in Higher Education: A Systematic Analysis[M]// *Handbook of Research on Adult Learning in Higher Education*. Pennsylvania: IGI Global, 2020: 549-569.
- [27] MELERO J, HERNÁNDEZ-LEO D, BLAT J. A Review of Scaffolding Approaches in Game-Based Learning Environments[C]// *European Conference on Games Based Learning*. Paris: Academic Conferences International Limited, 2011: 717.
- [28] KIM N. Critical Thinking in Wikibook Creation with Enhanced and Minimal Scaffolds[J]. *Educational Technology Research and Development*, 2015, 63: 5-33.
- [29] WOOD D, BRUNER J S, ROSS G. The Role of Tutoring in Problem Solving[J]. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 1976, 17(2): 89-100.
- [30] SAYE J W, BRUSH T. Scaffolding Critical Reasoning about History and Social Issues in Multimedia-Supported Learning Environments[J]. *Educational Technology Research and Development*, 2002, 50(3): 77-96.
- [31] HADWIN, ALLYSON F, PHILIP H. CoNoteS2: A Software Tool for Promoting Self-regulation[J]. *Educational Research and Evaluation*, 2001, 7(2-3): 313-334.
- [32] HANNAFIN M, LAND S, OLIVER K. Open Learning Environments: Foundations, Methods, and Models[M]// *Instructional-design Theories and Models*. London: Routledge, 2013: 115-140.
- [33] BELLAND B R. Instructional Scaffolding in STEM Education: Strategies and Efficacy Evidence[M]. Switzerland: Springer, 2017: 17-53.
- [34] PEA R D. The Social and Technological Dimensions of Scaffolding and Related Theoretical Concepts for Learning, Education, and Human Activity[J]. *The Journal of the Learning Sciences*, 2004, 13(3): 423-451.
- [35] FLAVELL, JOHN H. Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive - Developmental Inquiry[J]. *American Psychologist*, 1979, 34(10): 906.
- [36] AKDENIZ M, ÖZDİNÇ F. MAYA: An Artificial Intelligence Based Smart Toy for Pre-School Children[J]. *International Journal of Child-computer Interaction*, 2021, 29: 100347.
- [37] TSENG T, MURAI Y, FREED N, et al. PlushPal: Storytelling with Interactive Plush Toys and Machine Learning[C]// *Interaction Design and Children*. New York: Association for Computing Machinery, 2021: 236-245.
- [38] OZCAN B, SPERATI V, GIOCONDO F, et al. Interactive Soft Toys to Support Social Engagement Through Sensory-Motor Plays in Early Intervention of Kids with Special Needs[C]// *Interaction Design and Children*. New York: Association for Computing Machinery, 2022: 625-628.
- [39] MERTALA P. How Connectivity Affects Otherwise Traditional Toys? A Functional Analysis of Hello Barbie[J]. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 2020, 25: 100186.
- [40] CHAN K K. Using Tangible Objects in Early Childhood Classrooms: A Study of Macau Pre-Service Teachers[J]. *Early Childhood Education Journal*, 2020, 48(4): 441-450.
- [41] IHAMÄKI P, HELJAKKA K. Smart Toys for Game-based and Toy-based Learning: A Study of Toy Marketers', Preschool Teachers' and Parents' Perspectives on Play[C]// *The Eleventh International Conference on Advances in Human-Oriented and Personalized Mechanisms, Technologies and Services*, Berlin: IEEE, 2018: 14-18.
- [42] HONG J, KO D, LEE W. Investigating the Effect of Digitally Augmented Toys on Young Children's Social Pretend Play[J]. *Digital Creativity*, 2019, 30(3): 161-176.
- [43] GOULA-DIMITRIOU M, DASYGENIS M. Teddy Bear Upgraded with an Embedded System to React on Feelings[C]// *2016 5th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies*. Piscataway: IEEE, 2016: 1-4.
- [44] 王毅, 王笑颜, 牛晶, 等. 幼儿感统体验下的智能玩偶交互设计研究[J]. *设计*, 2021, 34(19): 76-79.
- WANG Y, WANG X Y, NIU J et al. Research on the Interaction Design of Smart Dolls under Young Children's Sensory Experience[J]. *Design*, 2021, 34(19): 76-79.

- [45] 吴智艳, 吴祐昕, 杜雅婷, 等. 触觉体验引导下的儿童智能玩具交互设计[J]. 包装工程, 2022, 43(12): 290-296.
- WU Z Y, WU Y X, DU Y T, et al. Interaction Design of Children's Smart Toys Guided by Tactile Experience[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(12): 290-296.
- [46] 周晔星. 基于有形用户界面的儿童音乐智能玩具设计研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2018.
- ZHOU Y X. Research on the Design of Children's Musical Smart Toys Based on Tangible User Interface[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2018.
- [47] 邵琪雪. 基于睡眠科普的育儿交互设计应用研究[D]. 北京: 北京服装学院, 2023.
- SHAO Q X. Research on the Application of Parenting Interaction Design Based on Sleep Science[D]. Beijing: Beijing Institute of Fashion Technology, 2023.
- [48] 陈睿. 虚拟与现实互动型的玩具设计研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2022.
- CHEN R. Research on the Design of Toys with Virtual and Reality Interactive Type[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2022.
- [49] 张思媛. 基于人工智能技术的儿童距离认知玩具设计研究[J]. 鞋类工艺与设计, 2023, 3(19): 150-152.
- ZHANG S Y. Research on Children's Distance Cognition Toy Design Based on Artificial Intelligence Technology[J]. Footwear Craft and Design, 2023, 3(19): 150-152.
- [50] KARA N, CAGILTAY K. Smart Toys for Preschool Children: A Design and Development Research[J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2020, 39: 100909.
- [51] KAWAGUCHI I, YAMANAKA T, HIKARI-TSUMIKI. Modular Toy that Visualizes Information Flow by Light Emission[C]// International Conference on Human-computer Interaction. Switzerland: Springer, 2022: 101-112.
- [52] STRAWHACKER A, VERISH C, SHAER O, et al. Designing with Genes in Early Childhood: An Exploratory User Study of the Tangible CRISPEE technology[J]. International Journal of Child-computer Interaction, 2020, 26: 100212.
- [53] FLECK S, HACHET M. Making Tangible the Intangible: Hybridization of the Real and the Virtual to Enhance Learning of Abstract Phenomena[J]. Frontiers in ICT, 2016, 3: 30.
- [54] YILMAZ R M. Educational Magic Toys Developed with Augmented Reality Technology for Early Childhood Education[J]. Computers in Human Behavior, 2016, 54: 240-248.
- [55] SYLLA C, COUTINHO C, BRANCO P, et al. Investigating the Use of Digital Manipulatives for Storytelling in Pre-School[J]. International Journal of Child-computer Interaction, 2015, 6: 39-48.
- [56] FLECK S, SIMON G, BASTIEN C J M. AIBLE: An Inquiry-Based Augmented Reality Environment for Teaching Astronomical Phenomena[C]// 13th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality-ISMAR. Berlin: IEEE, 2014.
- [57] CROVARI P, GIANOTTI M, RICCARDI F, et al. Designing a Smart Toy: Guidelines from the Experience with Smart Dolphin" SAM"[C]// Proceedings of the 13th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter: Designing the Next Interaction. New York: Association for Computing Machinery, 2019: 1-10.
- [58] CAÑETE R, LÓPEZ S, PERALTA M E. KEYME: Multifunctional Smart Toy for Children with Autism Spectrum Disorder[J]. Sustainability, 2021, 13(7): 4010.
- [59] 程宽. 基于视听联觉教育的智能玩具设计研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- CHENG K. Research on the Design of Smart Toys Based on Audio-Visual Associative Education[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.
- [60] 余洁, 胡光忠. 诗词文化在儿童玩具设计中的应用研究[J]. 设计, 2021, 34(5): 19-21.
- YU J, HU G Z. Research on the Application of Poetry Culture in Children's Toy Design[J]. Design, 2021, 34(5): 19-21.
- [61] 张昌军, 王祺, 刘新有. 榫卯结构在儿童玩具设计中的智能化交互应用[J]. 设计, 2022, 35(21): 126-128.
- ZHANG C J, WANG Q, LIU X Y. Intelligent Interactive Application of Mortise and Tenon Structure in Children's Toy Design[J]. Design, 2022, 35(21): 126-128.
- [62] STEFANIDI E, DOMINIAK J, BENTVELZEN M, et al. MagiBricks: Fostering Intergenerational Connectedness in Distributed Play with Smart Toy Bricks[C]// Proceedings of the 22nd Annual ACM Interaction Design and Children Conference. New York: Association for Computing Machinery, 2023: 239-252.
- [63] KAY L, BRANDSEN S, JACQUES C, et al. Children's Digital and Non-digital Play Practices with Cozmo, the Toy Robot[J]. M/C Journal, 2023, 26(2):47-58.
- [64] LIN S Y, CHIEN S Y, HSIAO C L, et al. Enhancing Computational Thinking Capability of Preschool Children by Game-Based Smart Toys[J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2020, 44: 101011.
- [65] ZAMAN B, VAN MECHELEN M, BLEUMERS L. When Toys Come to Life: Considering the Internet of Toys from an Animistic Design Perspective[C]// Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children. New York: Association for Com-

- puting Machinery, 2018: 170-180.
- [66] SANDER J, DE SCHIPPER A, BRONS A, et al. Detecting Delays in Motor Skill Development of Children through Data Analysis of a Smart Play Device[C]// Proceedings of the 11th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare. New York: Association for Computing Machinery, 2017: 88-91.
- [67] VAN HUYSDUYNEN H H, DE VALK L, BEKKER T. Tangible Play Objects: Influence of Different Combinations of Feedback Modalities[C]// Proceedings of the TEI'16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction. New York: Association for Computing Machinery, 2016: 262-270.
- [68] GOYAL S, VIJAY R S, MONGA C, et al. Code Bits: An Inexpensive Tangible Computational Thinking Toolkit for K-12 Curriculum[C]// Proceedings of the TEI'16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction. New York: Association for Computing Machinery, 2016: 441-447.
- [69] SULLIVAN A, ELKIN M, BERS M U. KIBO Robot Demo: Engaging Young Children in Programming and Engineering[C]// Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children. New York: Association for Computing Machinery, 2015: 418-421.
- [70] KUBICKI S, WOLFF M, LEPREUX S, et al. RFID Interactive Tabletop Application with Tangible Objects: Exploratory Study to Observe Young Children's Behaviors[J]. *Personal and Ubiquitous Computing*, 2015, 19: 1259-1274.
- [71] CHEN C C, SUNG G N, KUO C T, et al. Intelligent SOMA Interactive Gaming System[C]// 2019 IEEE 9th International Conference on Consumer Electronics. Berlin: ICCE, 2019: 261-266.
- [72] 许亚松. 玩具智能收纳箱对儿童的收纳行为影响研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2023.
- XU Y S. Research on the Effect of Toy Smart Storage Box on Children's Storage Behavior[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2023.
- [73] 高美宁. 人工智能背景下学龄前儿童玩具设计研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2023.
- GAO M N. Research on Toy Design for Preschool Children in the Context of Artificial Intelligence[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2023.
- [74] 周苗苗. 针对学龄前儿童的智能亲子玩具设计研究[J]. *设计*, 2021, 34(20): 120-123.
- ZHOU M M. Research on the Design of Intelligent Parent-Child Toys for Preschool Children[J]. *Design*, 2021, 34 (20): 120-123.
- [75] MIRONCIKA S, DE SCHIPPER A, BRONS A, et al. Smart Toys Design Opportunities for Measuring Children's Fine Motor Skills Development[C]// Proceedings of the Twelfth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction. New York: Association for Computing Machinery, 2018: 349-356.
- [76] WANG D, ZHANG L, XU C, et al. A Tangible Embedded Programming System to Convey Event-Handling Concept[C]// Proceedings of the TEI'16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction. New York: Association for Computing Machinery, 2016: 133-140.
- [77] 赵思行. 江西红色文化视域下的模块化智能儿童玩具设计[D]. 南昌: 南昌大学, 2023.
- Zhao S X. Modularized Intelligent Children's Toy Design under the Perspective of Jiangxi Red Culture[D]. Nanchang: Nanchang University, 2023.
- [78] 吴剑锋, 上官培军. 基于认知特征的儿童益智玩具设计研究[J]. *设计*, 2018(9): 9-11.
- WU J F, SHANGGUAN P J. Research on the Design of Children's Educational Toys Based on Cognitive Characteristics[J]. *Design*, 2018(9): 9-11.