



北京师范大学智慧学习研究院
Smart Learning Institute of Beijing Normal University

CIT 互联网教育智能技术及应用
国家工程实验室



2019

全球教育机器人 发展白皮书

北京师范大学智慧学习研究院
互联网教育智能技术及应用国家工程实验室
二〇一九年八月

第一章

初衷——教育机器人全景展现

1.1 背景

近年来，在世界各国纷纷颁布机器人和人工智能战略部署的背景下，将人工智能技术和机器人运用于教育领域的实践探索越来越多。2018年，中国发布的《教育信息化 2.0 行动计划》强调“智慧教育创新发展行动”要加强智能教学助手、教育机器人、智能学伴、语言文字信息化等关键技术研究与应用。教育机器人作为机器人应用于教育领域的代表，将成为智慧学习环境的重要组成部分。

本白皮书将所有协助进行教学或学习活动的“机器人教育”，以及具有教育服务智能的“教育服务机器人”，统称为教育机器人，如图 1-1 所示。

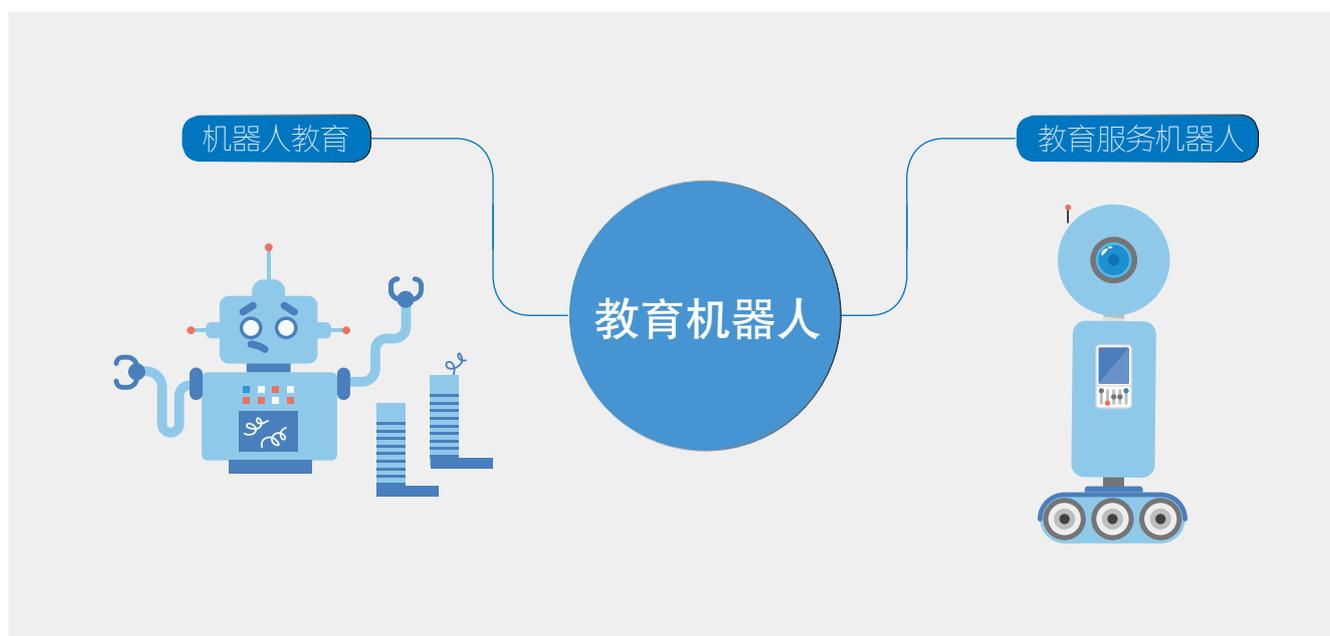


图 1-1 白皮书的教育机器人定义

机器人教育 (Educational Robotics) 是一系列的活动、教学课程、实体平台、教育资源或教育哲学，一般来说，模块化机器人和机器人套件是机器人教育中常见的辅助产品。

教育服务机器人 (Educational Service Robots) 是具有教与学智能的服务机器人，通常被用于进行 STEAM 教育、语言学习、特殊人群学习等主题的辅助与管理教学中。区别于机器人教育中常见的产品，教育服务机器人具有固定的结构，一般不支持用户自行拆装。

1.2 文献

近五年，国内外有诸多关于机器人的白皮书发布，从不同角度阐述了机器人行业的现状，对市场上现有的产品也进行了梳理。

表 1-1 近五年机器人白皮书示例

名称	内容摘要
《2016 全球教育机器人发展白皮书》，北京师范大学智慧学习研究院，2016	此白皮书通过深入探讨教育机器人发展的相关资料，全面梳理了全球教育机器人发展现状与趋势。从教育机器人的全球重要研究机构、市场产品评测、需求调研、产业链分析及未来市场发展预测，进行全方位阐述。
《GIT 5G 和云化机器人白皮书》，Softbank, 华为、中国移动联合发布，2017	此白皮书以“5G 网络和云化机器人”为核心主题，针对云化机器人概念、技术市场趋势、产业链和商业模式等进行阐述。提出云化机器人 = 机器人物理 + 连接 + 人工智能；深刻地分析云化架构下三大关键技术：机器人物理本体技术、AI 技术和无线通信技术，以及相关的功能和架构要求。
《中国机器人标准化白皮书（2017）》，中国科学院沈阳自动化研究所，2017	此白皮书介绍国内外机器人的发展历程、现状和趋势，以及国内外机器人标准化工作的现状，全面梳理了国内外机器人相关技术标准，提出我国机器人标准化工作的推进措施。
《Urban Robotics and Automation》，Urban Institute，2017	此白皮书详细分析机器人技术和自主系统技术在支持英国城市发展中的应用。讨论机器人在城市生活各个方面的应用潜力，探索运输和社会经济影响，并着眼于如何解决机器人应用当前和未来的挑战。
《Artificial Intelligence and Robotics》，UK-RAS Network，2017	此白皮书指出人工智能将改变我们社会的未来、生活和经济。解释了 AI 的起源和过去 60 年历史演变，以及相关的子领域，包括机器学习，计算机视觉和深度学习。

1.3 目的

本白皮书通过各类资料的收集、汇总、分析及比较，为学术界、教育界、产业界提供全面了解教育机器人学术研究成果、产业现状及趋势、教育应用情况的报告。探讨教育机器人的创新应用途径，以及如何设计开发能满足各类教育服务对象需求的功能，为未来的教育机器人发展指明可能的趋势，为一线教师、教育政策制定者以及教育机器人相关企业提供相对应的参考信息。

1.4 章节框架

本白皮书以教育机器人为主要探讨目标，章节架构如图 1-2 所示。



图 1-2 白皮书章节框架图

第二章

现状——学术研究与产业发展“两足”并行

2.1 全球教育机器人主要研究机构

在 WoS 核心合集中，1993 年至 2018 年间，与教育机器人有关的学术文献共计检索到了 3060 篇，最早的研究始于 1966 年，由 R. E. WHALLON 发表在《Phi Delta Kappan》的《ROBOTS IN CLASSROOM, A LOOK AT AMERICAN EDUCATIONAL FACTORY-BERGEN》。其中 2014 年至 2018 年间，与教育机器人有关的研究成果共 1404 篇，相比于 2012 年至 2016 年的文献总量，近 5 年有关教育机器人的研究数量开始急速增多，2017 年文献数量和被引频次达到峰值，2018 年有所回落，如图 2-1 所示。

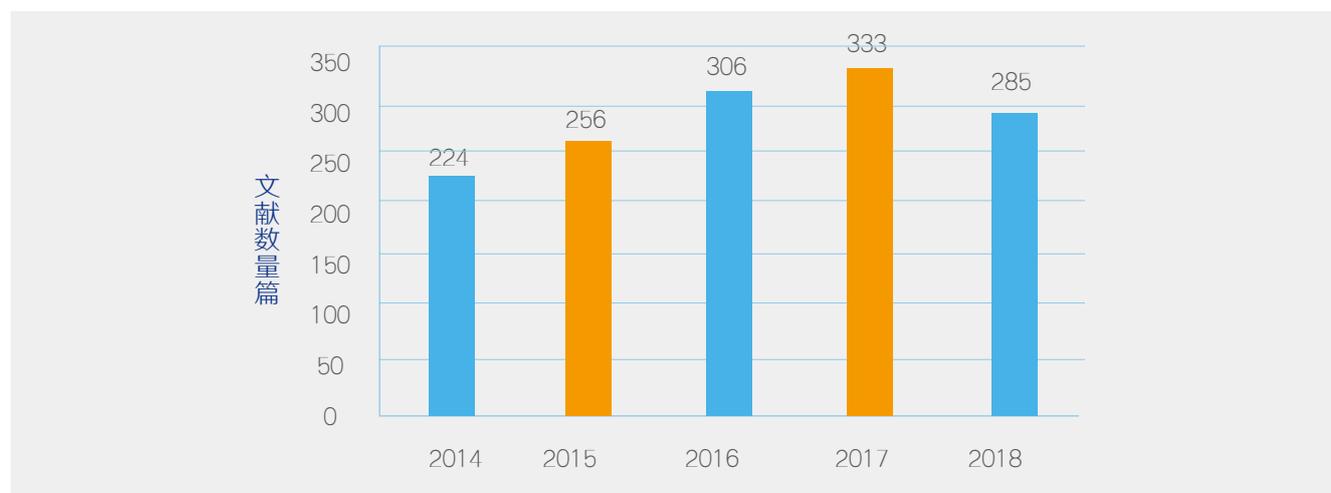


图 2-1 2014-2018 年教育机器人研究数量变化趋势

本白皮书通过调研近五年与教育机器人相关的文献资料，依据各种研究机构的文献数量排名，排列出全球重要的教育机器人研究机构，如表 2-1 所示。

表 2-1 全球教育机器人主要研究机构表

<p>美国 塔夫茨大学 Tufts University</p>	<p>塔夫茨大学的工程教育和外展中心 (Center for Engineering Education and Outreach) 是支持将工程学融入 K-12 教育的代表国家级研究水平的机构，包含了拓展、产品、研究和工作坊四大部门。目前，其主要的项目有社区工程、乐高工程、互动学习和协作环境、教育创造者空间、学生教师外展指导计划等。</p>
<p>英国 赫特福德大学 University of Hertfordshire</p>	<p>赫特福德大学自适应系统研究群 (Adaptive Systems Research Group, ASRG) 于 2000 年创立。主要目的在于研究自闭症儿童与机器人的沟通互动是否有助于自闭症儿童与其他人的沟通交流。</p>
<p>法国 Côte d'Azur 大学 Universite Cote d'Azur</p>	<p>法国国家信息与自动化研究所在阿基坦地区设立“Poppy Education”项目，将机器人作为学习和创造力的有力工具。该项目以“Poppy”跨学科平台的全球教育转移和传播为基础，由初学者、专家、科学家、教育工作者、开发人员以及艺术家组成。</p>

法国
法国国家科学研究中心
CNRS

国家科学研究中心是法国国内最大的科技性政府研究机构，欧洲最大的基础科学研究机构，该中心下设七个学部，其主要任务是从事对科学进步和国家经济、社会、文化发展有益的各项研究工作，促进研究成果的推广和应用，分析国内外科技发展形势，参与制订科技政策。

法国
索邦大学
Sorbonne Universite

索邦大学是一所位于巴黎的公立研究型大学，由巴黎第六大学（皮埃尔和玛丽居里大学）与巴黎第四大学（巴黎索邦大学）于 2018 年 1 月 1 日合并而成。机器人与系统研究所（ISIR）是由索邦大学的三个团队联合成立的多学科研究实验室，汇集了机械、自动化、信号处理和计算机科学等领域的研究人员和研究教授。

美国
佐治亚理工学院
Georgia Institute of
Technology

佐治亚理工学院是 University System of Georgia (USG) 系统中机器人方面研究极为出色的，主要以 Gary V. McMurray 所带领的 Institute for Robotics and Intelligent Machines 为主，研究深度和广度突破了学科界限，允许从理论过渡到具有下一代机器人的强大部署系统的变革性研究。

意大利
意大利国家研究委员会
CNR

国家研究委员会是意大利最大的公共研究机构，其使命是开展研究项目，促进国家产业体系的创新和竞争力、国家研究体系的国际化，以及为公共和私营部门的新兴需求提供技术和解决方案。

塞尔维亚
贝尔格莱德大学
University of Belgrade

贝尔格莱德大学位于塞尔维亚共和国首都贝尔格莱德，它在高等教育和科学研究领域的主要活动是公共利益活动。其中 Mihajlo Pupin 研究所广泛的领域而闻名，设有机器人实验室。在科学界，它以人形机器人的早期工作而闻名。

奥地利
格拉茨技术大学
Graz University of
Technology

格拉茨技术大学位于奥地利第二大城市格拉茨的中心，共设有 95 所研究所。工作涉及通过学校讲习班普及机器人 / 人工智能 (AI)、为儿童和青少年学生提供机器人俱乐部、组织机器人 / AI 研究营、组织机器人挑战赛、建立并实施机器人和人工智能教师培训计划、社区建设 (OCG 工作组) 以及与学校和其他教育机构 (Kinderbüro) 合作。

意大利
意大利技术研究院
IIT

意大利技术研究院 (Italian Institute of Technology, IIT) 是意大利政府成立的科学技术研究中心，目前 IIT 的机器人研究群分成四个研究平台 iCub、HyQ、Walkman and Coman 与 Plantoid，与教育机器人相关的是 iCub。

2.2 教育机器人主要研究热点

根据关键词聚类分析的结果，将教育机器人划分为 5 个类团，如表 2-2 所示。

表 2-2 教育机器人主题分类

类团名	关键词
教育机器人本体研究	Artificial intelligence; Education; Robot
机器人教学角色及影响研究	LEGO Robot; Humanoid Robot; Computational thinking; Educational Robot; Creativity
机器人教学实践研究	Social Robot; Engagement; Child-robot interaction; STEM; Teaching; Learning; School
教育机器人设计研究	Mobile robots; Service robots; Autonomous robots; Robot design; Teleoperation; Programming
教育机器人应用情境研究	Imitation; Children; Autism; Human-Robot Interaction

教育机器人本体研究

这类研究侧重对教育机器人领域的核心组成部分的阐述，如“教育”的本质和目标、“人工智能”技术、“机器人学”。这类研究主要集中在教育机器人的概念、特征、分类与相关的理论解析等方面。

机器人教学角色及影响研究

机器人教学角色及影响研究涉及的关键词有两类，一类是以“人形机器人”、“乐高机器人”为代表的机器人类型和角色研究，在这类研究中，有的研究者指出教育机器人通常扮演导师、同学和工具三种角色，也有的研究者认为机器人在教学中主要扮演学习对象、工具和同伴三种角色。

教育机器人设计研究

这类研究主要涉及“移动机器人”、“服务机器人”、“机器人设计”、“远程操控”、“编程”等关键词，这类研究侧重机器人类型、设计理念。一方面，依托特定的机器人，通过一定的程序设定或设计改造，使之能实现既定的教学目标或教学功能。另一方面，研究者致力于研发和提高机器人实现教学功能的技术设计。

机器人教学实践研究

这类研究的主要研究对象为儿童，研究内容涉及机器人课程设计、教育技术支持、机器人教学、机器人课程实践效果、机器人教学实践场景分析等。

教育机器人应用情境研究

机器人的应用情境包括两个方面，一是机器人的教学应用场域研究，排名前三的场域是一般教室、专业场域和个人场域。二是机器人的适用对象研究，K-12 教育主要涉及幼儿、小学生和中学生三类人群；特殊群体适用于各种需要医疗健康帮助的患者，如自闭症儿童；高等教育主要涉及本科生和研究生两类人群。

2.3 教育机器人市场产品图谱

从教育服务的对象及可能的应用场域出发，本白皮书提出两大分析框架——产品分析框架和市场分析框架，可作为相关单位对未来中长期发展的策略评估依据。依据两大分析框架，本白皮书整合出全球 12 种教育机器人产品类型。

产品分析框架

为评估和比较教育机器人产品的教育服务能力，了解教育机器人产品的发展状况，本白皮书提出 4 个维度的产品分析框架，如表 2-3 所示。从硬件角度的“表情动作”、“感知输入”，软件角度的“机器人智能”、“社会互动”进行分析。按照功能“由弱到强”分为 5 个层级，5 代表最高水平，1 代表最低水平。

表 2-3 产品分析框架表

层级 / 维度	表情动作	感知输入	机器人智能	社会互动
5	真实表情动作	仿生感知	真人智能	文化互动
4	拟人表情动作	多重知觉	自主学习智能	多群互动
3	拟真表情动作	单一知觉	被动学习智能	多人互动
2	自主表情动作	基本信号感知	预置规则	双人互动
1	无自主表情动作	无感知	无智能	无互动

市场分析框架

为了解目前市场产品发展的分布状态，本白皮书提出“适用对象”与“应用场域”两个维度，从产品与用户关系的角度划分“市场分析框架”，说明市场发展现状。此市场分析框架，可作为新产品市场定位与发展策略的重要参考，如图 2-2 所示。

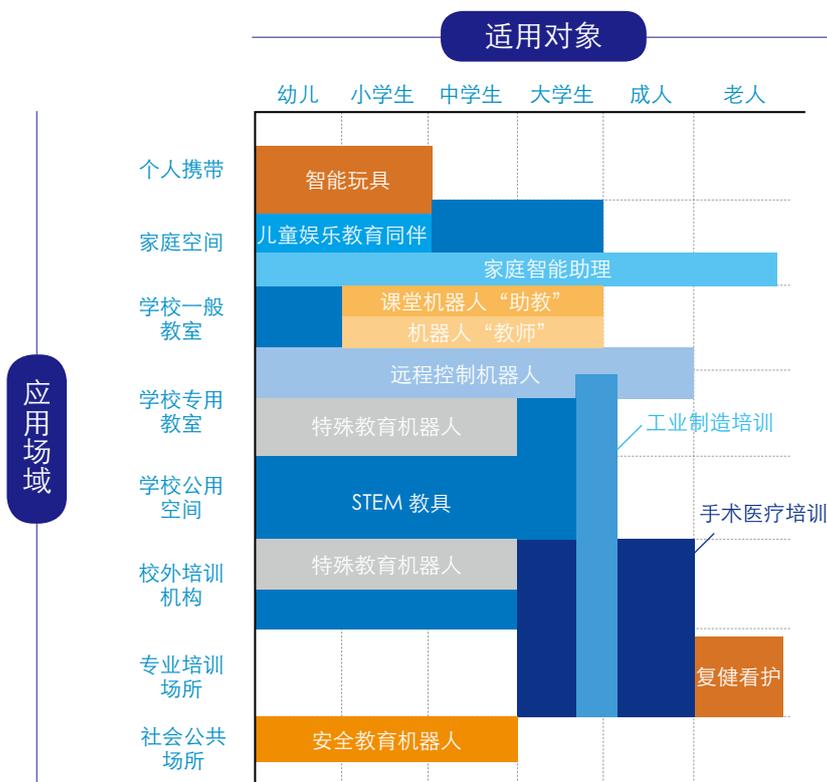


图 2-2 十二类教育机器人产品应用情境

从市场发展现状来看，首先，教育机器人产品主要集中在家庭和学校场域中使用，如家庭中的智能玩具、儿童娱乐教育同伴、家庭智能助理；学校一般教室与专用教室的远程控制机器人、STEM 教具；专用教室或培训机构的自闭症特殊教育机器人。其次，部分产品仍处于概念性阶段，如课堂机器人助教、机器人“教师”，这类产品的功能设计仍需要市场的验证。再次，公共场所的教育机器人产品主要涉及安全教育功能。最后，专业培训上的教育机器人发展显示教育机器人应用在各领域的潜力，如工业制造培训、手术医疗培训、复健看护等。

本白皮书以市场分析框架为基础，分析来自全球市场的 40 个产品，并依据产品的使用场域及扮演角色，整合出目前全球市场上 12 类产品应用情境，如表 2-4 所示。

表 2-4 十二种产品类型应用情况

编号	产品类型	说明	产品案例
1	课堂助教机器人	课堂助教机器人主要用于协助教师完成课堂辅助性或重复性的工作，协助教师完成演示实验等任务。	“未来教师”教育机器人
2	特殊教育机器人	特殊教育机器人是针对有特殊教育需求的使用者设计的，可以有效改善他们的社交与行为能力。	Milo QTrobot ASKNAO
3	医疗手术培训机器人	医疗手术培训机器人本质上是适用于某些外科手术机器人，也可用于外科医生的培训。	智医助理 达芬奇

4	复健机器人	复健机器人用于康复护理、假肢和康复治疗等，助力患者恢复身体机能，功能包括辅助老年人锻炼、看护等。	Care-O-bot3 Care-O-bot4
5	安全教育机器人	安全教育机器人是帮助低龄儿童认识安全问题，并形成安全理念的教育机器人。	Robotronics
6	儿童娱乐教育同伴	儿童娱乐教育同伴是伴随 0 ~ 12 岁儿童成长的机器人，在与儿童玩乐与学习的过程中，达到寓教于乐的效果。	阿尔法超能蛋 小墨智能机器人 小忆机器人
7	智能玩具	智能玩具是一种可随身携带的电子零件，且拥有智能的玩具。主要在满足玩乐需求的基础上加入教学设计，“寓教于乐”地学习到生活、语言、社交等知识。	LOBOT ChiP Sphero BB-8 Cozmo Dash&Dot
8	家庭智能助理	家庭智能助理机器人既能按一定的业务处理流程完成特定功能任务，又能根据人机交互的语义结果执行相关功能任务。	悟空机器人 小优机器人 BUDDY
9	机器人“教师”	机器人“教师”能根据不同的教学情境，独立完成一门课程的教学，以达到教学效果。	NAO 索菲亚 Pepper
10	远程控制机器人	远程控制机器人由于可以提供较好的临场感，可被应用于教育、医疗、商业领域的各种交互性的活动之中。	Double Robotics PadBot OboMing
11	STEAM 教具	STEAM 教育是融合科学、技术、工程、艺术、数学多学科的教育理念。STEAM 教具是根据 STEAM 教育理念所设计的教学工具。	AELOS 小哈机器人 CellRobot
12	工业制造培训	工业制造培训类机器人本质是工业机器人，但并不用于生产线，而是用于培训能设计、安装、维护机器人，或能与协同机器人工作的各类专业人员。	YuMi U 系列机器人 CR-35iA

根据市场情况的分析，可以得出以下结论：第一，以教育资源为基础，发展有针对性的教育服务功能，是智能机器人占领教育服务市场的致胜法宝。第二，综合应用科学、技术、工程、艺术与数学知识的新型机器人，将会成为更受欢迎的 STEAM 教具。第三，恰当的本体和外观形态是教育机器人获得使用者信赖的基础，也是教育机器人能够胜任日常教育服务活动的基础。第四，机器人的可操作性，影响着其被用户接受的程度。相关单位应充分挖掘、定位各个领域的真实需求，让使用者于所在的场域获得有效的教育服务。

第三章

需求——丰富的角色与广阔的应用

3.1 教育机器人需求分析的来源与框架

为了解教育机器人未来应用情境，获得不同群体的典型需求与需求实现时程，本白皮书通过网络问卷的形式对学生、家长、教师进行了调研，同时也结合了文献分析的方法，力图从不同的角度了解教育机器人的不同用户群体的需求情况，进而分析未来教育机器人的应用情境。依照受调查对象的身份特征，获取了 7 类视角下 9 类人群对教育机器人的需求，如图 3-1 所示。

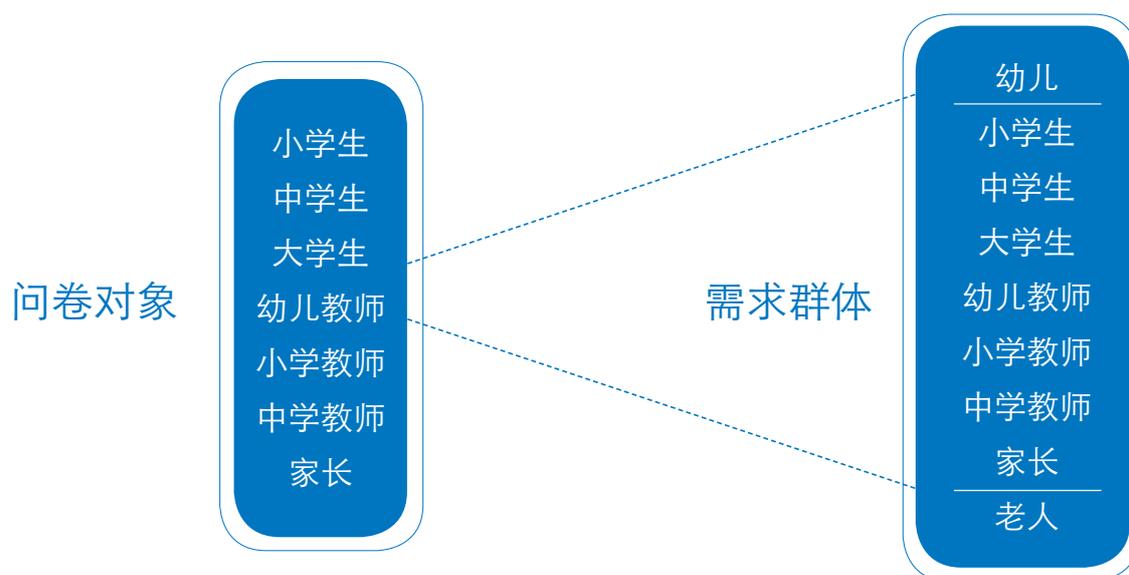


图 3-1 问卷对象 - 需求群体图

分析结果包含需求群体、需求意愿、需求实现时程三个维度。实现时程根据技术面的成熟度分为短期、中期、长期 3 个阶段。短期指近 5 年内可能实现的需求；中期指 5 ~ 10 年间可能实现的需求；长期指 10 年以上可能实现的需求。综合上述两种数据源，总结出各个群体的典型需求与需求实现时程，如图 3-2 所示。

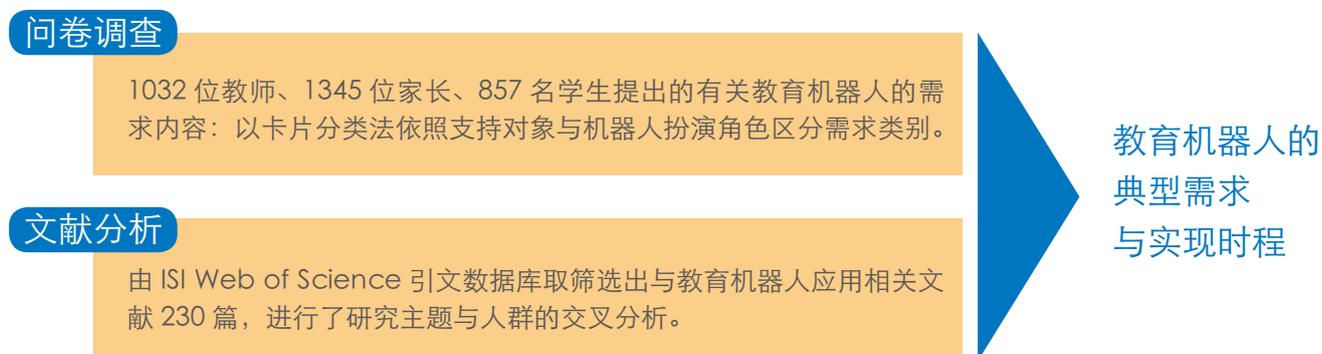


图 3-2 教育机器人需求分析方法



3.2 教育机器人的需求内容与实现时程

统计问卷调研结果，汇总不同用户群体提出的教育机器人需求内容 233 项，归纳出教育机器人可扮演的 17 种角色：机器人“保姆”、机器人生活伙伴、机器人生活“助理”、机器人健康“助理”、机器人学习“助理”、机器人学习伙伴、机器人学习顾问、机器人教具（玩具）、机器人“教师”、机器人助教、机器人“助理”、老人陪伴员、机器人监护员、机器人安全教育员、机器人社会服务人员、智能家庭管控、智能教室管控。由此可见，教育机器人可深度融入以家庭和学校为主的各种教育场域，为各类用户提供丰富的教育服务。

从需求内容来看，绝大部分集中在学生日常生活和学习中的陪伴与协助，此外，还包括特殊儿童的辅助、幼儿的看护、老人的陪伴、教师和家长的辅助等。以人机交互技术、机器人视觉技术、情境感知技术在内的 3 个关键技术的成熟度作为需求时程定义的准则，可确定各种角色功能中的短期需求、中期需求以及长期需求，如表 3-1 所示。

表 3-1 各类用户群体教育机器人需求

用户群体	短期需求	中期需求	长期需求
幼儿	游戏玩伴 常识教育	自然对话 知识问答	机器人“教师” 情绪与心理引导 幼儿照护
小学生	生活助手 语言教育 机器人教育 环境与媒体管理 学习时间规划	游戏玩伴 学习助手	学习助手 学科知识教学
中学生	生活助手 学习助手 语言教育 环境与媒体管理	学习资源辅助 学习时间规划 日常陪伴	情绪与心理引导 学科知识教学
大学生	生活助手 移动学习助手 语言教育 环境与媒体管理 机器人教育	学习助手 日常陪伴 学生状态识别	学科知识教学 智能导学
幼儿教师	日常辅助提醒	教学资源辅助 学生状态识别	机器人助教

小学教师	日常教学事务性工作辅助 环境与媒体管理 教学环境营造	批改作业 学生状态识别	情绪与心理引导 教学过程辅助 教学准备辅助
中学教师	教学过程辅助 环境与媒体管理 教学环境营造 日常教学事物性工作辅助	辅助教师答疑 批改作业 学生状态识别	教学过程辅助
家长	生活助手 环境与媒体管理 健康助理	习惯养成辅助 个人工作生活助手 生活助手 学科知识辅导	学生健康个性引导 情绪与心理引导 自主学习辅助
老人	生活助手 健康养生辅导 保健运动教练	安全辅导 生活助手 老人陪伴	健康辅助与应急助手

3.3 教育机器人的需求分析结论

人们对教育机器人的需求意愿较高

85% 的学生和 90% 的教师希望拥有一台教育机器人。学生、教师与家长都清晰地表达了对教育机器人的需求，并对教育机器人使用持积极态度。

英语教育与机器人教育是各学段学生都适用的需求

从现在机器人的发展现状看，利用教育机器人辅助学生学习英语，确实有利于发挥教育机器人功能，又能满足部分学生学习英语的需求。伴随人工智能、编程教育、STEAM 教育的兴起，绝大部分的教师和学生都希望掌握与机器人相关的知识，因而多个群体都提出了机器人教育的需求。

适用家庭的需求明显多于适用学校的需求

在教育机器人扮演的 17 种角色中，除了机器人社会服务人员只是适用于社会公共场所外，其他角色几乎都具备部分适用家庭场域的特性，也就是说单纯只是适用于学校场域的角色类型非常少，只有机器人助教和智能教室管控两种角色。

与学生进行对话和情感交流的需求较为突出

多个群体都清晰地表达了希望机器人能够成为学生知心伙伴的需求，其中使用了诸如聊天、说心里话、疏解心理压力、进行心情陪伴、与学生情感交流、对学生进行心理健康辅导、调控情绪、做学生的心灵导师等陈述。

对教育机器人按教学规律实施教学的需求较为突出

辅助学生的学习或教师的教学在所有需求中占据绝对重要位置。在这些需求中，不仅提出教育机器人需要具备强大的知识储备、能对学生进行答疑解惑、实施部分课程的教学等，还对机器人应掌握教学规律提出了要求。

人们的需求是教育机器人未来的发展方向

整体上看，学生、教师和家长提出了较多的需求，其中的少数需求内容已经在部分教育机器人产品上有所体现，而大部分需求还未能有效实现。学生、教师和家长提出的教育机器人需求，代表了未来教育机器人的发展方向。

第四章

设计——开启专用教育机器人探索之路

4.1 教育机器人的关键技术

通过文献分析、专家访谈、企业实地走访等方式，本白皮书汇总得出了教育机器人未来发展的三项关键技术：人机交互、机器视觉、情境感知。

人机交互

人机交互（Human-Robot Interaction）主要是研究人和机器人之间的信息交互或对话，是与认知心理学、人机工程学、语言学、社会学、计算机科学等密切相关的综合交叉学科。人机交互是智能服务机器人时代的前沿性、关键性技术，教育机器人作为智能服务机器人在教育领域的典型应用，其教育服务功能的设计与开发同样离不开人机交互技术。

机器视觉

机器视觉（Machine Vision）是利用机器代替人眼来进行各种测量和判断的技术。发展机器视觉技术可以为机器人建造视觉系统，如同人类视觉系统的作用一样，使机器人能以智能和灵活的方式对其周围的环境作出反应。在教育领域中，如何识别教学场景，开发更具教育适应性的机器人，应成为教育机器人厂商重点关注的问题。

情境感知

情境感知（Context Awareness）是指在进行决策时，使用当时的各种补充信息对决策进行改进，以确保做出能够支持动态变化的商业和IT环境的正确决策。在某些研究领域，情境感知被作为分享、反思、协作的方式。从教育角度出发，机器人需要在动态、未知、非结构化的复杂教育环境完成不同类型的教育服务，这就对教育机器人的情境感知技术提出了更高的要求。

4.2 教育机器人设计的结论与建议

结论

教育机器人本体设计与研发还处在初级阶段

教育机器人的本体还未形成系统化的设计方案，在架构、总线、通讯、接口、标准等方面都还没有形成规范；此外，教育机器人的本体设计还未形成与计算机、手机等类似的规模效应；再者，属于基础性研究的内容还只是零星地出现在相对独立的技术环节中，不足以支撑起整个行业的突破性发展。

应用场景分析是教育机器人设计的起点

教育机器人的设计与研究有两种发展取向：一种是以科学研究为导向，一种是产品生产为导向。无论是哪种取向的设计与研究，要想教育机器人能进入教育服务的应用实践中，都需要先进行应用场景的分析，根据应用场景中存在的需求，进而确定该场景下需要实现的功能，以及可能的实现方法。

智能化是教育机器人设计的着力点

未来 10 年，人工智能将成为最具颠覆性的技术，提升智能类技术的服务体验将是教育机器人设计的着力点。教育机器人的智能化表现为在人机交互、机器视觉、情境感知等技术的支持下，应该具有能动地满足不同人群各种教育需求的属性。

模块化设计是教育机器人本体设计的趋势

与计算机、手机等电子设备相比，机器人的本体结构还没有形成规范，更主要的特点是，机构件、硬件的设计需要匹配机器人的外形。采用模块化的方法将教育机器人设计成多个有机的模块，利用必要的通讯协议、接口进行信息和控制命令的传递，比较适用于教育机器人的本体设计。

教育机器人智能设计中通常采用堆叠的方法

一方面，教育机器人的智能本质是人工智能的应用，其中又包含了多种智能成分，而各种智能成分之间还没有形成体系化，堆叠智能是目前来讲比较有效的方法。另一方面，机器人的智能在一定程度上等同于机器人的运算能力，而教育机器人实现智能的运算中包含了太多的运算要求，提升机器人智能的一种途径就是为机器人设计各具 AI 功能的模块，将运算力要求分散到各个模块中，以降低对于主 CPU 运算能力的压力。从一定角度讲，利用分布式多 CPU 的模块化结构，增强机器人运算力的方法，也是一种堆叠智能的方法。

教育机器人有待发展更多的教育适用性智能

虽然教育机器人不会代替教师的教学功能，但是若使教育机器人更胜任教育服务，一方面是提升教学效率，另一方面需要在功能上进行突破。在这个过程中，教育机器人需要在教室、家庭这两个最能体现教育服务特性的场景中具备更强更多的功能，展现其可能的应用价值。

建议

从通用教育机器人向专用教育机器人发展

从教育机器人的设计看，各厂商集中于教育机器人的通用功能，尤其是适用于家庭中的教育机器人，普遍开发了语音交互、日程提醒、语音查询、讲故事等功能，市场上已经出现教育机器人严重同质化的问题。而那些注重特定教育服务对象，或能满足特定教育服务需求的机器人，取得了不俗的发展。建议在优化通用性功能的基础上，教育机器人的设计可转向专用教育机器人的发展。

教育机器人的设计需要教育领域专业研究人员的参与

在教育机器人的设计中，可从服务质量与服务类型两个方面提升教育机器人的适用性。来自企业的设计人员更了解技术方案，其基本的设计理念是尽快拿出好的产品，并保证一定的成本与质量控制；而来自教育领域的研究人员更了解教育服务对象，更关注如何取得更好的教育服务效果。若想教育机器人具备更完善的教育服务功能，未来更需要教育领域专业研究人员从安全、伦理、学科、目标、理念、内容、策略、适用性等方面给出的建议。

第五章

产业——齐头并进的七层链条

5.1 教育机器人产业链框架

本白皮书通过调研教育机器人产业相关的厂商现状，针对教育机器人产业的未来发展趋势，以成熟发展的平板电脑产业链为参考，提出了教育机器人的7层产业链框架图，如图5-1所示。



图 5-1 教育机器人产业链框架图

教育机器人与工业机器人相比，在形态、构成和功能上更加复杂，加之发展时间较短，仍然处于早期的创业探索阶段，教育机器人的7层产业链中的企业并非严格的上下游关系，部分企业同时具备多种角色。

在教育机器人的7层产业链框架中，“AI 芯片制造商”提供机器人所需的人工智能芯片，这是实现机器人智能的基础；“硬件制造商”提供组成机器人的主板、控制板、舵机、传感器、通讯模块、底盘移动机构、电源等各种零部件的制造、组装及测试；“系统平台开发商”开发与管软硬件资源的系统平台，提供人机互动最重要的自然用户接口（Natural User Interface，简称 NUI）；“应用服务提供商”基于系统平台，开发包括教与学课程在内的各种教育服务功能软件，并由“内容供应商”提供教与学过程中所需的内容；“系统集成商”负责将市场需求与软、硬件功能整合成一个最终产品；“渠道商”通过各式实体与虚拟销售渠道，将产品传递到最终消费者或使用者。

5.2 教育机器人产业链的发展

随着市场需求具体化、技术发展逐渐成熟、生产成本降低，市场会自发形成多样的竞争与合作关系，以满足多变、多样的市场需求，进而也会引发产业链的变化，未来将有可能发展许多产业关系。

依据产业链的发展现状及相似产业的发展历程，由上游至下游可整理出以下 6 项未来产业发展趋势。

🔧 教育机器人产业链形成专业分工

教育机器人仍处于初始发展阶段，目前多数教育机器人的厂商几乎涉及研发、设计、生产、销售等各产业链环节，如法国的 Aldebaran 推出 NAO。而家庭情绪智能机器人 Pepper，由 Aldebaran 厂商研发设计、鸿海富士康科技生产制造、软银销售宣传，形成产业链逐渐专业分工的趋势。随着服务型机器人市场的逐渐成熟，未来教育机器人的产业链将向专业分工的方向发展。

🔧 服务机器人制造技术成熟，加速教育机器人发展

中国享有世界工厂的盛名，全球超过 70% 的玩具、50% 的手机，皆来自于中国制造。政策上，“中国制造 2025”规划中，更是将机器人列为十大重点发展领域，规划十年期制造发展的目标。未来，随着硬件制造商在伺服舵机、减速器等关键零组件的技术成熟，硬件制造的技术与成本将降低，这意味着，除与形态密切相关的机构件外，机器人的硬件产品差异化将越来越小，深入各领域应用成为发展重心，将加速机器人各种教育应用的发展。

🔧 自然人机交互将成为产业关键技术

教育机器人相较于应用其他智能设备进行教与学的活动，优势在于自然的人机互动方式，例如肢体动作、语音、图像识别等；以及赋予机器人具有如人类思考的智慧能力。让机器人与机器人或机器人之间，可以如人类般自然地感知交互，以降低学习中的使用障碍，在教育领域中有着特殊的重要作用，使自然人机交互成为教育机器人的产业关键技术。

🔧 教育专属应用服务程序与内容凸显市场产品价值

教育机器人的优势在于自然人机交互的设计，在形成机器人的生态体系后，第三方软件开发商将可运用自然人机互动接口，以机器人的表情动作、感知输入的功能，开发丰富的教与学情境的应用程序服务与内容。未来，无论教育机器人是单独使用还是配合其他移动设备的使用，在服务机器人的市场逐渐普及方面，将吸引更多的第三方开发者加入，而专属于教育机器人的应用服务与内容的供货商将形成庞大的商机。

🔧 专业教育机器人成为系统集成商的蓝海市场

系统集成商除了探索机器人替代劳力工作的应用外，更有机会研发如师徒制般将传统技艺保留、专业技术培训等专业领域的教学应用。甚至机器人可以融入个人的生活，在生活中以做中学、学中做的方式学习各种生活技能。现今快速变动的市场，系统集成商投入专业场域的教育机器人研发，将有机会成为蓝海市场。

🔧 产业链生态系统的竞争

现今在机器人制造、系统平台、第三方应用程序、教育内容趋向成熟发展的同时，唯有通过紧密的合作、结盟，形成完整产业链的生态体系，才能足以建立产业链庞大的竞争优势。因此，对于各产业链的成员而言，除专注于领域中技术、市场的发展，更可参考生态系统的概念发展。

第六章

未来——千帆竞发的生态系

综合市场产品、产业链与市场规模的分析与预测，本白皮书总结提出教育机器人未来市场发展预测图，如图 6-1 所示，为教育机器人市场相关者提供参考建议。



图 6-1 教育机器人的未来市场发展预测

6.1 市场规模

依据全球教育机器人的相关市场调查报告及相似产品的发展历程，本白皮书提出包括终端消费、教育机构、教育套件与 STEAM 玩具套件市场模型 4 个方面关于教育机器人的市场模型预测。其中，终端消费、教育机构市场模型用以预估教育服务机器人的市场模型；教育套件与 STEAM 玩具套件市场模型用以预估机器人教育的产品市场规模。2019~2023 年 4 个模型的市场规模详细预估，如表 6-1 所示。

表 6-1 2019~2023 年教育机器人市场规模预估（单位：亿美元）

项目 / 年度	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
终端消费市场	45.45	136.36	363.64	1090.91	3272.72
教育机构市场	17.60	19	20.50	22.20	24
教育套件市场	20.46	22.83	25.47	28.42	31.71
STEAM 玩具套件	30.66	31.94	33.27	34.65	36.10
市场规模总额预估	28.54	52.53	110.72	294.05	841.14

🔧 终端消费市场规模预估——至 2023 年将达到 3272 亿美元

教育服务机器人方面，产品类似于个人移动计算机及平板计算机的系统结构。参考以上两个产品的发展历程，可以发现：一项新产品从消费市场进入教育市场，平均需要 3 年时间。在平均价格下降到 500 美元的水平下，进入教育市场的前 3 年出货量可累计达到约 600 万台。

🔧 教育机构市场规模预估——至 2023 年将达到 24 亿美元

参考美国 2010 年劳动力生产总额报告，服务劳动力从事教育的比率为 17%，课题组预估服务机器人能取代约 8% 的教育劳动力生产总额。据市场调研机构 Markets and Markets 统计，2016 年至 2022 年全球服务机器人将以 15.18% 的年复合增长率增长，服务机器人将形成一个新的劳动力市场。

🔧 教育套件市场规模预估——至 2023 年将达到 31 亿美元

从机器人教育方面而言，可编程机器人作为教育套件，市场规模依据 Markets and Markets 报告统计，2018 年可编程机器人市值 18.34 亿美元，Redfield Report 报告指出可编程机器人将以 11.57% 的复和增长率增长。

🔧 STEAM 玩具套件市场规模预估——至 2023 年将达到 36 亿美元

越来越多的智能玩具以 STEAM 教育作为设计理念，根据 Infiniti Research (2014) 报告显示，全球玩具市场未来将以年复合增长率 4.17% 速度增长。Toy Industry Association 的报告显示，拥有 STEAM 教育作用的产品约占所有玩具 3% 的营收。

基于全球教育机器人的相关市场调查报告及相似产品的发展历程，预估至 2023 年教育机器人市场规模将达到 841 亿美元。其中教育服务机器人相较于机器人教育市场拥有更大的营收额，至 2022 年预估将进一步大幅度增长。此外，根据 Markets and Markets (2016) 的预测，预估教育服务机器人市场的服务与内容营收，将占整体市场 78%。

6.2 未来市场竞争与合作分析

根据教育服务机器人产品的核心价值，可区分为通用型及专用型两类。例如：儿童娱乐教育同伴、家庭智能助理、智能玩具的产品类型，机器人产品满足教育、娱乐、看护、游戏等多功能服务的核心价值，形成通用型的教育服务机器人。另一方面，课堂助教机器人、特殊教育机器人、医疗手术培训机器人、机器人“教师”、工业制造培训等产品类型，机器人产品针对教育情境提供专属设计的核心价值，形成专用型的教育服务机器人。

通用型教育服务机器人的市场竞争，吸引足够的第三方应用程序开发商加入。一方面，开发供给平台服务应用程序的价值。另一方面，创造更多市场上使用者的需求。当使用者的人数达到一定基数时，平台逐渐形成产业标准，并发展特有的应用程序商店，带动产业链上、下游厂商的发展。此生态系的竞争，类似于笔记本电脑、智能型手机、平板计算机的发展历程。通用型教育服务机器人市场关系发展如图 6-2 所示。

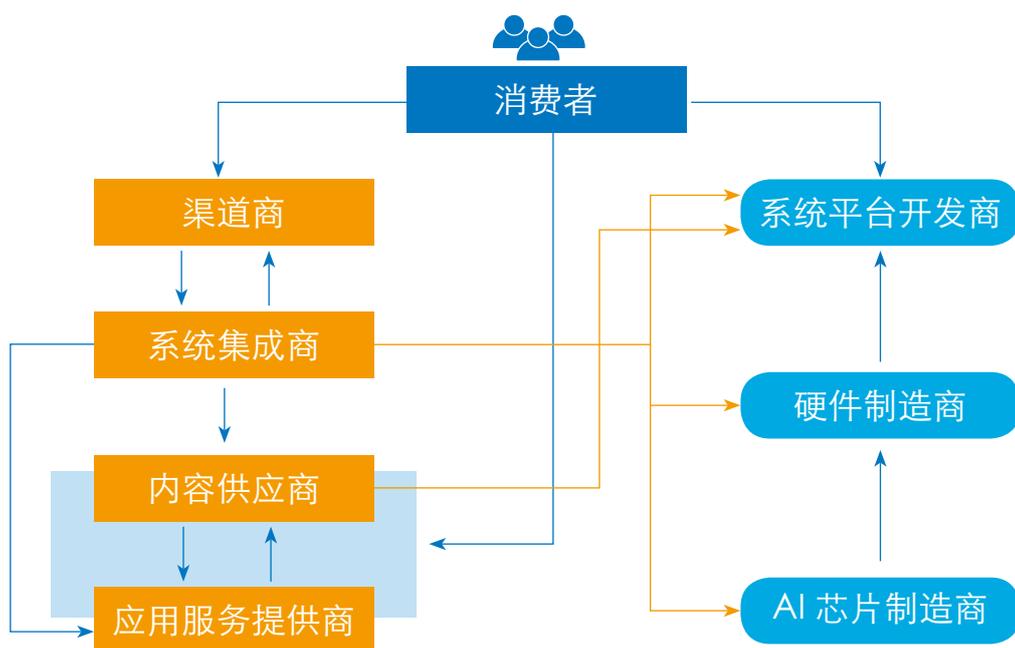


图 6-2 通用型教育服务机器人市场关系发展

专用型教育服务机器人市场，将由渠道商与系统集成商扮演重要角色。系统集成商打造独有品牌价值的机器人系列产品，通过渠道商推广，成为市场上消费者的重要选择。由教与学的需求，推动整个产业链内容供应商、应用服务提供商、系统平台开发商、硬件制造商及 AI 芯片制造商等的发展。这个生态系如同教育用平板、电子互动白板、智能教室等教育科技产品的发展，系统集成商将扮演解决方案提供商的角色，满足各式教育机器人品牌商的价值需求。专用型教育服务机器人市场关系发展如图 6-3 所示。

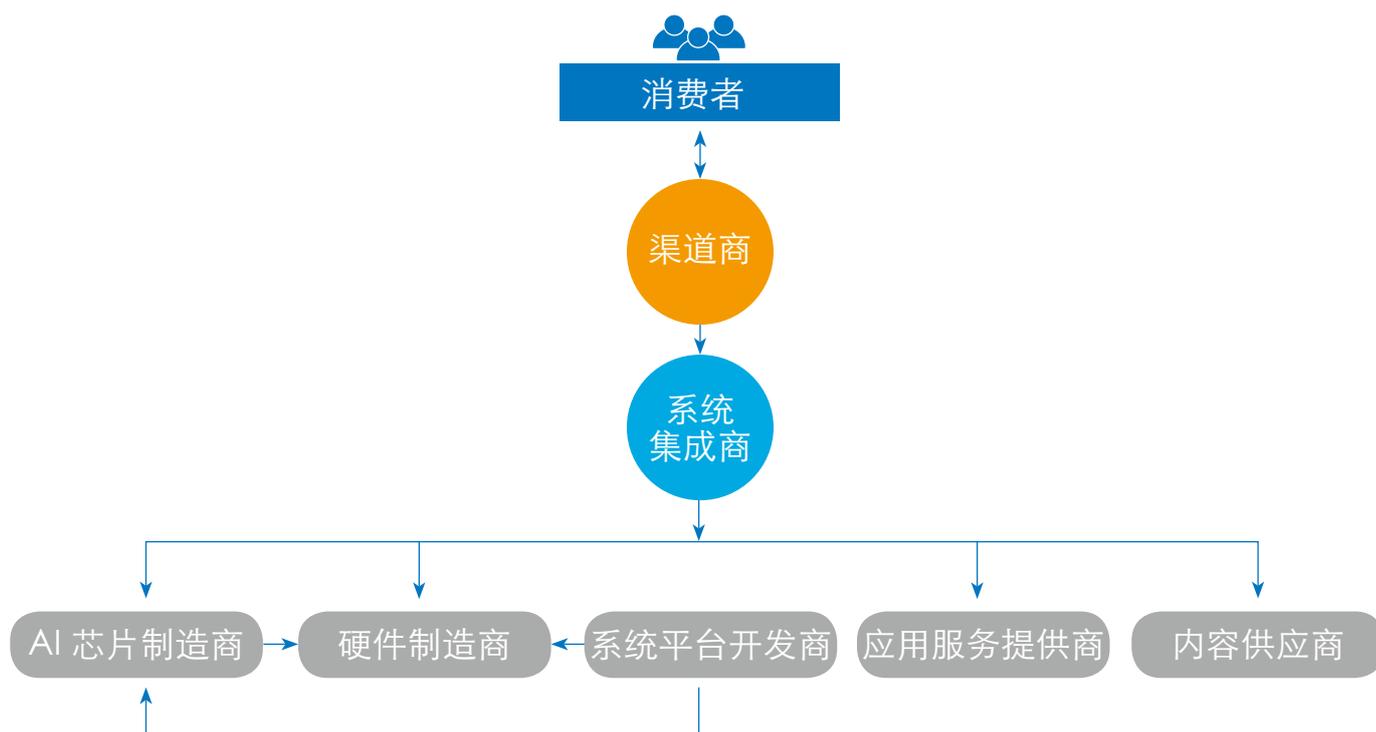


图 6-3 专用型教育服务机器人市场关系发展

6.3 未来市场发展与建议

根据对市场产品、产业链与市场规模进行分析，本白皮书提出关于教育机器人市场未来发展的六个建议，为教育机器人研究机构与厂商的发展提供借鉴。

🔧 教育服务机器人迎来快速发展期，厂商应抓住机遇，投入品牌策略

至 2023 年，乐观预测教育机器人市场将超过 3308 亿美元，其中，教育服务机器人市场占比较大，其服务与内容营收占整个市场的 77.5% 以上。教育服务机器人这块新兴的蓝海市场，值得厂商攻关技术瓶颈，投入发展。

🔧 专注于细分领域，聚焦于专用型产品有望成为突围教育机器人市场的机会

教育机器人未来将面向通用型与专用型两类产品发展，并各自发展出独有的产业链生态模式。随着市场专注于细分领域的产品需求挖掘，在统筹布局下，企业可以将视野投向更细分的、更专用型的教育机器人产品市场上，以此进军教育机器人的蓝海市场。

🔧 智能系统开发有助于提高教育机器人产品的核心竞争力

消费者不再满足于教育机器人机械功能实现，对教育机器人的智能性提出了更高的要求。多条产业链需要围绕智能技术攻坚和智能战略部署。企业融合人工智能和先进制造技术，开发自主智能系统、融合增强智能系统，提高产品核心竞争力。

🔧 教育机器人即服务（ERaS）的产业生态系竞争发展

教育机器人将形成服务的生态系统竞争。以特有的机器人操作系统、应用程序商店、应用程序与内容，与产业链的厂商结盟，形成完整的服务体验，以满足各式市场需求。

🔧 自然人机交互体验是决定产品成败的关键

教育机器人与智能型手机、平板计算机、VR/AR 等创新产品的差异，体现在自然人机交互能力，可与真人教师或是学生实际互动。是否存在使用障碍的自然交互体验，将成为检验产品投放市场后成败的关键。

🔧 以用户为中心，规范产品标准，处理好教育机器人的社会伦理问题

产品功能与市场需求的适配情况，决定使用者对教育机器人的服务体验与购买行为。相关机构应以用户需求为中心，制定规范产品制造标准，设计教育机器人产品应用情境，既满足用户的主观需求，强化自然人机交互体验，又能基于社会伦理对用户需求保持理性判断。

第七章

总结——实践困境与有效路径

7.1 教育机器人的发展

本白皮书从市场产品、教育需求、产品设计、产业结构与市场规模来描述教育机器人的发展现状，总结如表 7-1 所示。

表 7-1 教育机器人的发展现状整理表

面向	框架与内容	研究发现与小结
市场产品	提出了产品与分析两大框架，可以作为厂商未来中、长期市场发展或产品研发的策略评估工具，加速教育机器人市场的发展。据此框架，将教育机器人产品整合成十二种类型。	教育机器人的应用情境涉及人群和场域两个方面，前者全面覆盖从学龄前到老人的整个人生阶段；后者包括个人、家庭、学校、培训机构和公共场所。 不同人群、场域的应用诉求与技术的发展成熟度，将决定教育机器人产品的发展方向。
教育需求	以网络问卷和文献调研两个数据源探查幼儿、小学生、中学生、大学生、成人、老人群体的需求。力图从不同的角度了解教育机器人的各种用户群体的需求情况，进而分析未来教育机器人的应用情境。并依据技术成熟度，将其区分为 5 年内的短期需求、5-10 年的中期需求以及 10 年以上的长期需求。	教育用户的多样性决定了其对教育机器人的需求广泛且不同。与学生进行对话和情感交流的需求和对教育机器人按教学规律实施教学的需求较为突出。 教育机器在教学中主要扮演教师助手、教学工具、学习伙伴三种角色，作为教师助手提供教学资源、支持学习过程、协助教育管理等；作为教学工具辅助学生掌握学科知识，增强学习体验等；作为学习伙伴参与学习互动、协助时间和任务管理等。
产品设计	通过文献调研、专家访谈、实地走访等方法，得出了教育机器人未来发展的三项关键技术。并从教育机器人的形态、硬件、软件等角度描绘教育机器人的本体设计；从智能架构、感知与交互、教育适应性三个角度来分析教育机器人的智能设计。	教育机器人本体设计与研发还处在初级阶段。应用场景分析是教育机器人设计的起点。模块化设计是教育机器人本体设计的趋势。 人机交互、机器视觉、情境感知是教育机器人研究中需大力发展的三大关键技术。 教育机器人本机智能与云端智能设计的结合将为提升感知与交互能力提供新思路。
产业结构	提出教育机器人产业框架，由上游至下游七层的产业框架，包括 AI 芯片制造商、硬件制造商、系统平台开发商、应用服务开发商、内容供货商、系统集成商和渠道商。	目前教育机器人产业发展大致分为通用型和专用型两种取向，前者由系统平台开发商带动，后者则由系统集成商和渠道商驱动。 服务机器人制造技术成熟，将加速教育机器人发展，自然人机交互将成为产业关键技术。 未来提供专属于教育机器人的应用服务与内容将形成巨大的商机。
市场规模	以四个模型来推估教育机器人整体市场的规模，包括：终端消费市场、教育机构市场、教育套件市场与 STEAM 玩具套件市场。	教育机器人的终端消费市场在迅速扩展，教育机器人产业将迎来快速发展期。至 2023 年，预测整个市场将达到 841 亿美元。 专用型产品研发和推广的思路逐步形成，将成为系统集成商的蓝海市场。细分领域有望成为未来教育机器人市场的主要发展方向。

7.2 教育机器人的实践与展望

🔧 教育机器人在实践上的困境

目前，将教育机器人导入实际的教育体制仍有许多困难与障碍，如图 7-1 所示。

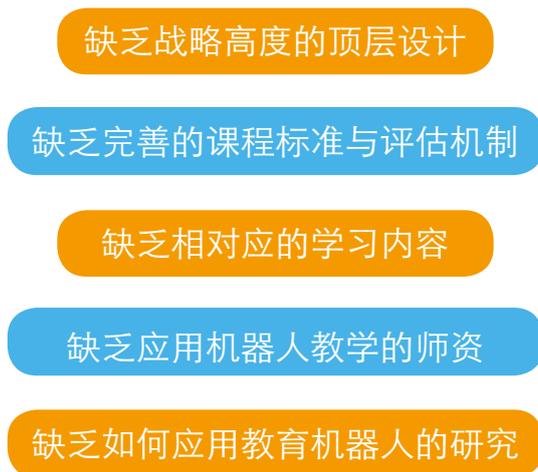


图 7-1 教育机器人的实践困境

🔧 教育机器人的展望

以下将从需求面、社会面、产品与技术面 3 个方面提出教育机器人的发展建议。

需求面

- 广泛纳入其他国家与地区的需求，如东南亚、欧美等地区，除了可以了解跨地区需求差异以外，也可以更贴切地规划适用于全球的教育机器人与应用。
- 目前白皮书已明确指出多项可能的应用情境，例如应用于语言学习、身心障碍治疗等。具体设计实际的应用情境则是持续努力的方向。
- 充分发掘需求的多样性和相应的市场，相较于面向儿童的教育机器人，市场仍然较为缺乏面向成人与老人的教育机器人产品，面向这些群体发展教育机器人，需要在垂直细分领域做更多的研究和探索。
- 根据不同人群需求，开发教育专属应用服务程序与内容。无论教育机器人是单独使用还是需配合其他移动设备使用，专属于教育机器人的应用服务与内容的供货商将形成庞大的商机。

社会面

- 增强宏观引导：一是建设资源整合和师资培养平台；二是大力推进标准及体系建设；三是打造一体化机器人教育创新生态系统。

- 教育政策必须要从整体考虑需要培养哪些师资、如何培养或帮助现在的老师去接受使用机器人，以及如何补足不同教育阶段的师资匮乏等问题。
- 制定明确的教育目标并设计相对应的课程内容，教育机器人的推动必须有明确的教育目标，明确定义教育所要培养的核心能力，同时教育机器人课程的设计要围绕核心素养进行，幼儿至大学的课程必须达到贯穿与衔接的效果。
- 思考目前政府有哪些新的产业政策，以及如何将机器人应用到这些产业。将产业与教育合并思考，以培养出符合产业需求的人才，提升我国教育机器人产业的竞争力。
- 教育机器人的研发需要教育领域专业研究人员的参与，若想教育机器人具备更完善的教育服务功能，未来更需要教育领域专业研究人员从安全、伦理、学科、适用性等方面给出的建议。

产品与技术面

- 标准问题：未来教育机器人的设计，应当在通讯、接口、安全等方面有一定的标准。此外，在内容的规范性、教育目标的实现、学生年龄阶段的适用性、服务类型的规范等方面，满足教育服务的特殊要求。
- 关键技术：教育机器人相较于应用其他智能设备进行教与学的活动，优势在于自然的人机互动方式。让机器人与机器人或机器人之间，可以如人类般自然地感知交互，是决定产品成败的关键。
- 发展专用教育机器人：从教育机器人的设计看，语音交互、日程提醒、讲故事等功能不仅在教育场域中适用，在其他场域中也普遍适用，市场上已经出现同质化严重的问题。教育机器人的设计可向专用教育机器人转变。
- 增强教育机器人的教育适用性：需要深入研究课堂教学过程，把教育机器人在教学过程中真正能实现的服务功能分解出来，使教育机器人更胜任教育服务。



北京师范大学
智慧学习研究院



互联网教育智能技术及应用
国家工程实验室

六大核心观点

1

统计发现，美国、欧洲（英、法、意）是教育机器人学术研究的主要地区，研究聚焦于教育机器人的本体、教学角色及影响、教学实践、设计及应用情境五个方面，机器人对STEAM、语言教育、身心障碍治疗的价值和对学生能力的培养受到学界更多关注。

教育用户的多样性决定了其对教育机器人的需求广泛且不同。从应用场域来看，适用于家庭的需求明显多于适用于学校的需求；从功能效用来看，辅助于语言教育和机器人教育的需求占比较大；从适用对象来看，面向于学生的需求高于面向其他群体的需求。

2

3

教育机器人的设计应以需求分析为基础，以智能化为着力点，既要满足用户的主观需求，强化自然人机交互体验，又要基于社会伦理对用户需求保持理性判断。

人机交互、机器视觉、情境感知是教育机器人研究中需大力发展的三大关键技术；教育机器人本机智能与云端智能设计的结合将为提升感知与交互能力提供新思路。此外，教育机器人还应发展更多的教育适用性，提高教育服务的胜任力。

4

5

教育机器人的终端消费市场在迅速扩展，教育机器人产业将迎来快速发展期。专用型产品研发和推广的思路逐步形成，将成为系统集成商的蓝海市场；细分领域有望成为未来教育机器人市场的主要发展方向。

教育机器人市场将形成服务型生态系统圈。与智能手机发展历程相似，以教育机器人操作系统和开放的SDK或API服务吸引软件开发商的加入，形成从硬件集成到软件开发再到各种教学服务的一整套服务体系。

6

文档引用
信息

刘德建、黄荣怀、李艳燕、肖广德、李京津、王君秀、张香玲、高博俊等. (2019). 全球教育机器人发展白皮书.北京: 北京师范大学智慧学习研究院.