

# 2018 中小学机器人教育调研报告

中国电子学会普及工作委员会  
全国青少年电子信息科普创新联盟

[www.kpcb.org.cn](http://www.kpcb.org.cn)

2018 年 10 月

**编写组：**

杨晋、乔凤天、尚晶、苏晓静、高凯、张中华、武利、邢宁宁、占强、那倩、朱巍巍、李能

# 第一篇 概论篇

# 第一章 机器人概述

## 1.1 机器人概述

### 1.1.1 机器人的定义

机器人现在虽然已被广泛应用，且越来越受到人们的重视，而机器人这一名词却还没有一个统一、严格、准确的定义。不同国家、不同研究领域的学者给出的定义不尽相同，虽然定义的基本原则大体一致，但仍有较大区别。欧美国家的定义限定多一些，日本给出的定义宽松一些，这样就使得机器人的定义范围大小不同，以至在统计机器人的数量时，由于定义限定的差异，各种统计数字会有很大出入，故经常要给予特殊说明。

目前部分国家倾向于美国机器人协会所给出的定义：机器人是一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置，通过可编程序动作来执行种种任务并具有编程能力的多功能机械手。这个定义实际上指的是工业机器人。一般地说，可以定义机器人是由程序制的，具有人或生物的某些功能，可以代替人进行工作的机器。应该说国际标准化组织(ISO)给出的机器人定义较为全面和准确，其定义涵盖如下内容：

- (1) 机器人的动作机构具有类似于人或其他生物体某些器官（肢体、感官等）的功能。
- (2) 机器人具有通用性，工作种类多样，动作程序灵活易变。
- (3) 机器人具有不同程度的智能性，如记忆、感知、推理、

决策、学习等。

(4) 机器人具有独立性，完整的机器人系统中可以不必依赖于人的干预。

### 1.1.2 机器人的组成

作为一个系统机器人。一般由三部分、六个子系统组成，这三部分是机械部分、传感部分、控制部分；六个子系统是驱动系统、机械系统、感知系统、人机交互系统、机器人-环境交互系统、控制系统等，如图 1-1。

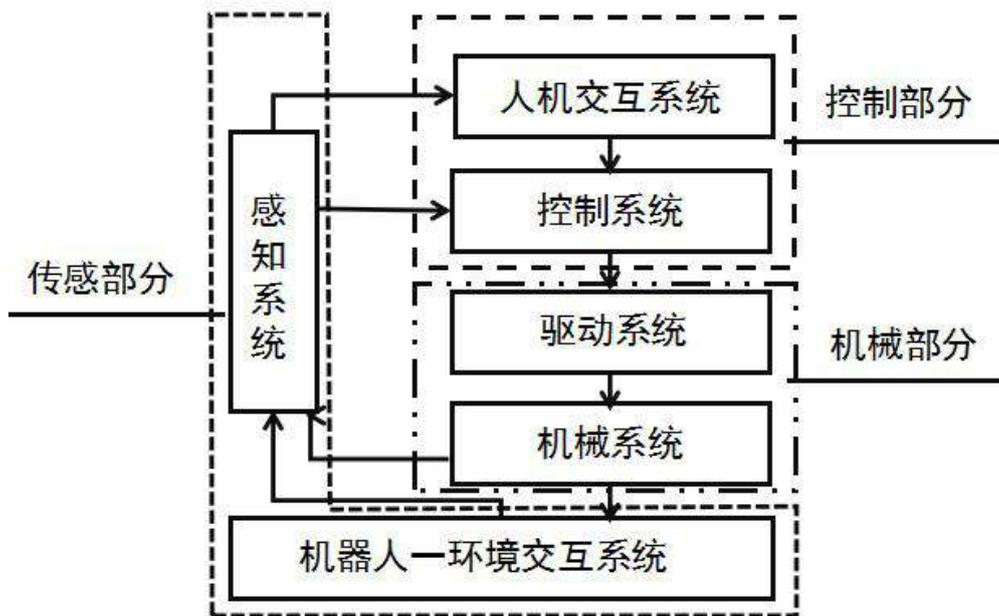


图 1-1 机器人的基本组成

#### (1) 驱动系统

驱动系统主要指驱动机械系统的驱动装置。根据驱动源的不同，驱动系统可分为电动、液压、气动三种以及把它们结合起来应用的综合系统。驱动系统可以与机械系统直接相连，也可以通过同步带、

链条、齿轮、谐波传动装置等与机械系统间接相连。

## (2) 机械系统

机械系统又称操作机或执行机构系统，它由一系列连杆、关节或其他形式的运动副所组成。机械系统通常包括机座、立柱、腰关节、臂关节、腕关节和手爪等，构成一个多自由度的机械系统。工业机器人的机械结构系统由机身、手臂、末端执行器三大件组成。每一大件都有若干自由度，构成一个多自由度的机械系统。若机身具备行走机构便构成行走机器人；若机身不具备行走及腰转机构，则构成单机器人臂（single robot arm）。手臂一般由上臂、下臂和手腕组成。末端执行器是直接装在水腕上的一个重要部件，它可以是两手指或多手指的手爪，也可以是喷漆枪、焊枪等作业工具。

## (3) 感知系统

感知系统由内部传感器模块和外部传感器模块组成，获取内部和外部环境状态中有意义的信息。智能传感器的使用提高了机器人的机动性、适应性和智能化水平。人类的感知系统对感知外部世界的信息是极其灵巧的，然而对于一些特殊的信息，传感器比人类的感知系统更有效。

## (4) 控制系统

控制系统的任务是根据机器人的作业指令程序以及从传感器反馈回来的信号支配机器人的执行机构完成规定的运动和功能。假如工业机器人不具各信息反馈特征，则为开环控制系统；若具各信息反馈特征，则为闭环控制系统。控制系统根据控制原理可分为程序控制

系统、适应性控制系统和人工智能制系统：根据控制运动的形式可分为点位控制和轨迹控制。

#### (5) 机器人-环境交互系统

工业机器人-环境交互系统是实现机器人与外部环境中的设备相互联系和协调的系统。工业机器人可与外部设备集成为一个功能单元，如加工制造单元、焊接单元、装配单元等。当然，也可以是多台机器人、多台机床或设备及多个零件存储装置等集成为一个执行复杂任务的功能单元。

#### (6) 人机交互系统

人机交互系统是使操作人员参与机器人控制并与机器人进行联系的装置，例如，计算机的标准终端、指令控制台、信息显示板及危险信号报警器等。归纳起来人机交互系统可分为两大类：指令给定装置和信息显示装置。

### 1.1.3 机器人的分类

应用于不同领域的机器人可按照不同的功能、目的、用途、规模、结构，坐标、驱动方式等分成很多类型，目前国内外尚无统一的分类标准。参考国内外有关资料，假如按机器人的开发内容与应用分类机器人分为工业机器人、操纵型机器人、智能机器人三大类，具体如下：

#### (1) 工业机器人(Industrial robot)

工业机器人是在工业生产中使用的机器人的总称，主要用于完

成工业生产中的某些作业。依据具体应用目的的不同，又常常以其主要用途命名。

焊接机器人是到现在为止应用最多的工业机器人，包括点焊和弧焊机器人，用于实现自动化焊接作业；装配机器人比较多地用于电子部件或电器的装配；喷涂机器人代替人进行各种喷涂作业；搬运、上料、下料及码垛机器人的功能都是根据工况要求的速度和精度，将物品从一处运到另一处；还有很多其他用途的机器人，如将金属溶液浇到压铸机中的浇注机器人等。应该说，并不是只有机器人可以完成这些工作，很多工作都可以用专门的机器完成。

工业机器人的优点在于它可以通过更改程序，方便迅速地改变工作内容或方式，以满足生产要求的变化，例如改变焊缝轨迹及喷涂位置，变更装配部件或位置等。随着对工业生产线越来越高的柔性要求，对各种工业机器人的需求也越来越广泛。

## (2) 操纵型机器人 (Teleoperator robot)

操纵型机器人主要用于非工业生产的各种作业，又可分为服务机器人与特种作业机器人等。

服务机器人通常是可移动的，在多数情况下，可由一个移动平台构成，平台上装有一只或几只手臂，代替或协助人完成为人类提供服务和安全保障的各种工作，如清洁、护理、娱乐和执勤等。

除以上服务机器人外，还有一些其他种类的特种作业机器人。如水下机器人，又称水下无人深潜器，代替人在水下危险的环境中作业。人类借助潜水器具潜入到大海之中探秘已有很长的历史，人类已

可以利用深海潜水器具潜入深海.然而,由于危险很大,而且费用极高,所以人类积极寻找可以代替人类进行危险作业的技术,水下机器人变成了十分受关注的发展方向。

还有一些特种作业机器人,如墙壁清洗机器人,爬缆索机器人以及管内移动机器人等。这些机器人都是根据某种特殊目的设计的特种作业机器人,为帮助人类完成一些高强度、高危险或无法完成的工作提供了很大方便。

### (3) 智能机器人(Intelligent robot)

智能机器人具多种由内、外部传感器组成的感觉系统,不仅可以感知内部关节的运行度、力的大小等参数,还可以通过外部传感器(如视觉传感器、触觉传感器等),对外环境息进行感知,提取、处理并做适当的决策,在结构或半结构化环境中自主完成某项任务。目前,智能机器人尚处研究和发展阶段。

智能机器人的发展方向大致有两种,一种是类人型智能机器人,这是人类梦想的机器人;另一种外形并不像人,但具有机器智能。

以按机器人移动性进行分类,可分为移动机器人、轮式的机器人。

#### (1) 移动机器人

##### ① 单足式移动机器人

单足式移动机器人一般为弹跳式,1980年世界上最早的弹跳机器人在麻省理工学院机器人实验室研制成功,该机器人采用连续跳跃机构,可实现连续弹跳。1986年美国麻省理工学院腿型机器人实

实验室的 Raibert 教授设计了世界上第一个以跳跃方式运动的单腿机器人。另一种较早的弹跳机器人机构模型为 Acrobatic Robot，也称 Acrobot。它的结构类似于倒转的双钟摆。

弹跳机器人的研究灵感来源于动物。比如青蛙的跳跃运动就是一个很好的模仿对象。青蛙的前脚比后脚短而细，因此它们不怎么走动或爬行，经常通过跳跃来移动。青蛙在起跳之前都是通过前脚的移动来调整姿态，跳跃的能量主要来自肌肉发达的后腿。

## ② 双足式移动机器人

双足步行机器人是一种有着良好的自由度，并且灵活、稳定，能够适合各种不同的环境，集机械、电子、信息、光检测为一体的具有“两条腿”可以类人直立行走的机器人。

双足机器人的研究历史已有近 40 年，早在 1968 年，美国通用公司试制了一台名为“Rig”的操纵型双足机器人，揭开了双足机器人研究的序幕。双足步行机器人因其对非结构性的复杂地面具有良好的适应性、自动化程度高，并且能耗较少、移动盲区小等优点，使其成为了机器人领域的一个重要发展方向。双足式移动机器人其应用领域广泛，也不断研发出了适合不同工作环境的“专用”机器人，如在服务行业两足机器人可以担当导游、服务员、提供咨询等，在海洋开发方面两足机器人可以深入海底进行深海探索等。相对其它移动机器人双足步行机器人也有着一定的缺点使其应用受限，比如行进速度较低，且由于重心原因容易侧翻，不稳定等。

## ③ 多足步行机器人

多足步行机器人是一种具有冗余驱动、多支链、时变拓扑运动机构足式机器人，多足步行机器人具有较强的机动性和更好适应不平地面的能力，能完成多种机器人工作。常见多足式移动机器人包括四足步行机器人、六足步行机器人、八足步行机器人等。

总的来说，多足步行机器人主要具有以下优点，其一、多足步行机器人的运动轨迹是一系列离散的足印，运动时只需要离散的点接触地面，对环境的破坏程度也较小，可以在可能到达的地面上选择最优的支撑点以适应崎岖地形。其二、多足步行机器人的腿部具有多个自由度，使运动灵活性大大增强。它可以通过调节腿的长度保持身体平衡，也可以通过调节腿的伸展程度调整重心位置，稳定性高，不易翻倒。其三、多足步行机器人的身体与地面是分离的，这样可以使运动系统具有隔振能力，机器人的身体可以平稳地运动而不用考虑地面的粗糙程度和腿的放置位置。其四、多足步行机器人在不平路面和松软路面上的运动速度较高，能耗少。当然，多足步行机器人也存在一些不足之处，当今多足步行机器人仍然面临很多亟待解决的问题：其一、有些多足步行机器人的体积和重量很大。其二、大多数多足步行机器人研究平台的承载能力不强，从而导致它们没有能力承载视觉设备。其三、步行敏捷性方面。多足步行机器人有很好的地面适应能力，但在某些地貌，其行走效率很低，而且在机器人动步态步行方面的研究比较缺乏。随着计算机和智能化的不断进步和实现，使多足步行机器人具备更加广阔的应用前景，多足步行机器人将在更多场合和更加特殊环境中使用。纵览当前多足步行机器人的发展，多足步行机

机器人有以下几个值得关注的趋势，其一，多足步行机器人群体协作，多个多足步行机器人协调合作共同完成某项任务。其二、多足步行机器人的智能化。其三、多足步行机器人的模块化和可重组，自重构机器人是多足步行机器人的发展方向之一。

## （2）轮式的机器人

轮式移动机器人是一种采用轮子为移动方式，集环境感知、行为决策与规划、运动控制与执行等功能为一体的综合系统。它通过传感器了解自身变化与外部环境的变化，并将系统任务分解、分配与规划，通过控制执行机构的动作，从而改变外部环境与机器人自身的关系。轮式移动机器人虽然具有运动稳定性与路面的路况有很大关系、在复杂地形如何实现精确的轨迹控制等问题，但是由于其具有自重轻、承载大、机构简单、驱动和控制相对方便、行走速度快、机动灵活、工作效率高等优点，而被大量应用于工业、农业、反恐防爆、家庭、空间探测等领域。

轮式移动机器人种类繁多，根据 WMR 的车轮数不同，包括单轮、两轮、三轮、四轮、复合式等，根据控制方式的不同，可分为遥控操纵式、程序数值控制式、示教再现式、自主控制式等，轮式移动机器人系统主要包括：机械结构、直流伺服电机、电源、测速元件、CCD 摄像头、微控制器、功率驱动模块等。

此外，仿生学与机器人领域应用需求产生了仿生机器人。仿生学是研究生物系统的结构、性状、原理、行为以及相互作用，从而为

工程技术提供新的设计思想、工作原理和系统构成的技术科学，是一门生命科学、物质科学、数学与力学、信息科学、工程技术以及系统科学等学科的交叉学科。从机器人的角度来看，仿生机器人则是机器人发展的高级阶段。生物特性为机器人的设计提供了许多有益的参考，使得机器人可以从生物体上学习如自适应性、鲁棒性、运动多样性和灵活性等一系列良好的性能。

仿生机器人按照其工作环境可分为陆面仿生机器人、空中仿生机器人和水下仿生机器人三种。

#### (1) 陆面仿生机器人

在自然界中，陆面生物的运动方式多种多样，有双足运动方式，如人类；有多足爬行方式，如狗、壁虎等；有无足移动方式，如蛇类；有跳跃方式，如袋鼠、青蛙、蝗虫等。研究人员从这些生物的组织结构、运行方式等方面得到启发，进行了陆面仿生机器人的研究。主要有仿人机器人、仿生多足移动机器人、仿生蛇形机器人和仿生跳跃机器人等。

仿人机器人是指一定程度具有人的特征，并具有一定程度移动、感知、操作、学习、联想记忆、情感交流等功能的智能机器人，可以适应人类的生活和工作环境。日本早稻田大学首先展开了该方面的研究工作，其研制的 WAP、WL 以及 WABOT 系列机器人能实现基本行走功能。本田公司于 2000 年研发的仿人形机器人“ASMI02000”不仅具有人的外观，还可以事先预测下一个动作并提前改变重心，因此转弯时的步行动作连续流畅，行走自如，是第一个具有世界影响力

的仿人形机器人。目前仿人机器人研究已在诸如关键机械单元、整体运动、动态视觉等多方面取得了突破，但是与人运动的灵巧性和控制的自主性相比还相差很远。

仿生多足移动机器人的灵感来源于自然界的爬行生物。研究人员从狗、壁虎、螃蟹、蟑螂等爬行生物上获得灵感，进行结构模仿设计。因其具有良好的地形适应能力，近 20 年来一直是一个非常活跃的研究领域，受到世界各研究机构的关注。经过几十年的探索，仿生多足移动机器人的机构与控制均得到较大发展，从单一模仿生物移动发展到具有智能控制和良好的环境感知能力，更接近生物原型的移动机器人。20 世纪 60 年代中期，通用电器公司研制了四腿式步行机器人“Mosher”，采用了由人控制的方法模拟四腿生物行走，是仿生多足移动机器人技术发展史上的一个里程碑。美国卡内基梅隆大学等机构在美国国防高级研究计划局(DARPA)的资助下，研制了“RHex”系列腿式机器人，拥有六条半弧的“弹力腿”，能够轻松实现快速行驶、跳跃、腾空翻转和攀爬等动作。

当前，仿生多足移动机器人已经能够在非结构化环境下实现稳定行走，但还远未达到多足生物那样的步行机动性和灵活性，存在步行速度低，效率低等问题。进一步深入研究仿生多足移动机器人的结构、驱动方式以及控制算法，提高机器人的速度和灵活性，同时融合信息感知与智能控制技术，提高机器人的自主性，将是今后的研究重点之一。

仿蛇形机器人由于其细长的形体结构以及独特的运动方式，能

够跨越窄沟和进入空洞，具有很日本东京工业大学最早开始蛇形机器人的研制，于 1972 年研制了第一台仿蛇形机器人，其后研制的“ACM”系列蛇形机器人不仅能完成平面蜿蜒运动，还能够完成侧向滚动、螺旋运动、近 S 曲线等各种空间运动，其最新研制的“ACM-R5”蛇形机器人(图 )，具有三维运动能力和水陆两栖功能。其每个关节具有俯仰和偏航两个自由度，由人控制遥控操纵杆生成机器人的陆地侧向翻滚、侧向蜿蜒动作以及水下运动。当前蛇形机器人仍面临着移动速度较慢，在复杂环境下自动作业能力较弱等问题，导致仿蛇形机器人仍处于试验阶段，实际应用较少。因此，提高仿蛇形机器人的自主控制能力、避障越障能力，复杂环境的适应能力，将是该研究领域的一个发展趋势。

仿生跳跃机器人因其高效的弹跳越障性在星际探测、军事侦察及生命救援等领域具有广阔的应用前景和重要的战略意义。在跳跃机器人研究中，模仿如青蛙、袋鼠、跳蚤、蝗虫等具有跳跃能力生物的形体结构和运动机理，设计与生物相似的跳跃机器人成为新的研究，并不断得到发展和丰富。

## (2) 空中仿生机器人

飞鸟、昆虫以及哺乳动物中的蝙蝠等在上亿年进化历史中，经过不断适应环境和优化选择，其在形态、运动方式、能量利用等方面，达到了几乎完美的程度，是非常善于飞行的生物，这为空中仿生机器人的设计提供了借鉴和参照。由于空中仿生机器人具有体积小、运动灵活等特点，在军事和民用方面具有极大的应用前景，受到各国研究

机构的重视。近年来，美国、加拿大、德国等国家的科学家通过对飞行生物的模仿，研制了各式仿生扑翼飞行器。随着新式材料，新式驱动方式的应用以及控制理论的突破和计算机技术的进步，空中仿生机器人从最初的简单模仿昆虫鸟类的运动阶段发展到当前无论是结构材料还是运动方式都与飞行生物更接近的材料结构一体化阶段。

空中仿生机器人最早是从模仿生物外形及运动开始的，从最初的人力驱动发展到依靠电机进行驱动。加利福尼亚工学院和 AeroVironment 公司 1998 年共同研制的“MicroBat”扑翼微型飞行器，机翼结构形状模仿蝙蝠翅膀，并利用 MEMS 技术加工制作而成，是最早的仿生物飞行方式的电动扑翼飞行器，该样机最长飞行时间为 42 s。此后，各国致力于提高空中仿生机器人的能量利用率，延长飞行时间、提高飞行速度以及增强抗干扰能力。

### (3) 水下仿生机器人

水下仿生机器人作为一个水下高技术仪器设备的集成体，在军事、民用、科研等领域体现出广阔的应用前景和巨大的潜在价值。水下仿生机器人是从模仿鱼类游动开始的，从最初利用电机驱动机械系统模仿鱼类尾部的摆动实现推进，发展到现阶段采用新型仿生材料和新型仿生驱动方式实现推进。推进模式从身体/尾鳍推进 (Body/caudal fin propulsion, BCF) 发展到中鳍/对鳍推进 (Media/paired fin propulsion, MPF)，提高了仿生机器人的推进效率和运动机动性。目前正向着材料与结构一体化的柔性驱动方向发展。1994 年美国麻省理工学院 (MIT) 仿金枪鱼结构成功研制了世界上

第一条真正意义上的机械鱼“Robotuna”，开启了水下仿生机器人研制的先河。随着研究的深入，人们发现 BCF 推进模式在高速巡游时效率较高，但是稳定性，机动性差，转弯半径相对较大。于是，有研究人员从蝠鲮等采用胸鳍摆动进行推进得到启发，进行 MPF 推进模式的水下机器人研制。

在体系结构方面，仿生式体系结构共有四个行为控制层组成，即本能式行为控制层、反射式行为控制层、慎思式行为控制层和社会式行为控制层，它们并行接收来自感知层的外部 and 内部信息，各自作出逻辑判断和反应，发出控制信息到末端执行层，通过竞争和协调来调节自身并适应外部环境，从而按照目标完成工作任务。

#### 1.1.4 人工智能与机器人

人工智能是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统的科学。迄今为止，出现了机器定理证明、机器翻译、专家系统、机器学习、机器人与智能控制等一系列研究成果。随着人工智能理论和技术的日益成熟，应用范围不断扩大，既包括城市发展、生态保护、经济管理、金融风险等宏观层面，也包括工业生产、医疗卫生、交通出行、能源利用等具体领域。专门从事人工智能产品研发、生产及服务的企业迅速成长，真正意义上的人工智能产业正在逐步形成、不断丰富，相应的商业模式也在持续演进和多元化。

通过梳理从研发到应用所涉及的产业链各个环节，我们进一步将新一代人工智能在当前的核心产业分为基础层、技术层和应用层。

基础层主要包括智能传感器、智能芯片、算法模型，其中，智能传感器和智能芯片属于基础硬件，算法模型属于核心软件。

技术层主要包括语音识别、图像视频识别、文本识别等产业，其中语音识别已经延展到了语义识别层面，图像视频识别包括了人脸识别、手势识别、指纹识别等领域，文本识别主要是针对印刷、手写及图像拍摄等各种字符进行辨识。

应用层主要包括智能机器人、智能金融、智能医疗、智能安防、智能驾驶、智能搜索、智能教育、智能制造系统及智能人居等产业。其中，智能机器人产业规模及增速相对突出，智能机器人将会应用到越来越多的特定场景之中，实力雄厚的机器人公司或将首先开发出适用于多个商业领域的通用型机器人，轻松适应不同环境。

同时，在人工智能教育应用方面，利用智能技术加快推动人才培养模式、教学方法改革，构建包含智能学习、交互式学习的新型教育体系。开展智能校园建设，推动人工智能在教学、管理、资源建设等全流程应用。建立以学习者为中心的教育环境，提供精准推送的教育服务，实现日常教育和终身教育定制化，推进学校现代化建设。

## 1.2 机器人与国家发展

机器人既是先进制造业的关键支撑装备，也是改善人类生活方式的重要载体。无论是在制造环境下应用的工业机器人，还是在非制

造环境下应用的服务机器人，其研发及产业化应用是衡量一个国家科技创新、高端制造发展水平的重要标志。世界各国高度重视本国机器人教育，为迎接制造业变革，储备人才。然而，我国机器人相关行业人才缺口极大，严重制约中国制造“2025”重点领域“高档数控机床和机器人”的发展，加大中小学中机器人教育投入，做好人才储备，完善从基础教育至高等教育的机器人人才梯队建设势在必行。

### 1.2.1 机器人成为各国国家战略

#### 1. 美国机器人发展战略

2010年，美国总统科技顾问委员会提出“确保先进制造业的领导地位”的报告，阐述了美国制造业面临的不利形势，指出美国要促进经济增长、拉动就业和提供竞争力，就必须大力发展先进制造业。随即，时任美国总统奥巴马发布《先进制造业伙伴计划》(Advanced Manufacturing Partnership)明确提出要通过发展工业机器人重振制造业，凭借信息网络技术的优势，开发新一代智能机器人。

2016年10月，美国150多名研究专家共同完成《2016美国机器人发展路线图—从互联网到机器人》(From Internet to Robotics 2016)。该路线图由国家科学基金会，加州大学圣地亚哥分校，俄勒冈州立大学和佐治亚理工学院部分赞助，共包括十个部分，分别介绍了制造业和供应链转型，新一代消费者和专业服务，医疗保健，提高公共安全，地球及地球之外，劳动力开发，基础设施共享，法律、伦理和经济问题等等。以确保美国将在机器人领域继续领先，无论是在

研究创新，技术和政策方面，确保研究工作能真正解决现实生活中的问题并能投入实践。

## **2. 英国机器人发展战略**

2012年，英国政府将机器人和自主系统（RAS）确定为八项关键技术之一，以支持英国产业战略重塑经济、就业和增长之间平衡的努力。

2013年，英国建立了机器人和自主系统特指导小组（RAS-SIG）。该小组的使命是了解英国RAS的现状和机会，将分散的研究员、实业家和公务员团体连接起来，制定国家战略以协调各方努力，指导政府未来的资源和机构配置。

2014年7月，英国政府发布首个官方机器人战略RAS2020（RAS 2020 UK Strategy），并提供财政支持，确保其机器人产业能够和全球领先的国家竞争。

## **3. 德国机器人发展战略**

2011年1月，德国工业科学研究联盟正式发起动议，将“工业4.0”作为德国政府2020年高科技战略行动计划中10大未来项目之一。

2013年，德国信息技术、电信和新媒体协会，德国机械设备制造业联合会和德国电子行业协会联合成立了德国“工业4.0平台”，推进德国“工业4.0”项目。机器人产业是智能制造装备产业的重要组成部分，是德国“工业4.0”的重要一环。

## **4. 法国机器人发展战略**

2001年，法国国家科学研究院启动“ROBEA计划”，先后投资320万欧元进行机器人研发；2003年，法国实验室与日本AIST研究机构合作建立了“机器人研究联合实验室”（JRL），共同开发了HRP2研究平台；2006年，又有25个项目获得法国政府提供的总数在1500万欧元左右的资助；2011年，法国启动“投资未来”项目，计划在未来几年内投资200万欧元，资助15个实验室的机器人研究开发工作。

2013年，法国政府推出了《法国机器人发展计划》，旨在创造有利条件，推动机器人产业持续发展，并实现“到2020年成为世界机器人领域前五强”的目标。

## 5. 日本机器人发展战略

2004年5月，日本政府在“新产业发展战略”中指出的7大产业领域，机器人既是其中之一。同时，在进一步实施“新产业发展战略”的“新经济成长战略”报告中也把机器人放在使日本成为“世界技术创新中心”的支柱地位上。

2015年1月23日，日本政府公布了《机器人新战略》。提出三大核心目标，即：“世界机器人创新基地”、“世界第一的机器人应用国家”、“迈向世界领先的机器人新时代”为实现这三大核心目标，该战略制定了五年计划，旨在确保日本机器人领域的世界领先地位。

### 1.2.2 我国制定机器人国家战略

2015年，国务院印发《中国制造2025》的通知，指出将“高档数控机床和机器人”作为大力推动的重点领域之一，提出机器人产业的发展要“围绕汽车、机械、电子、危险品制造、国防军工、化工、轻工等工业机器人应用以及医疗健康、家庭服务、教育娱乐等服务机器人应用的需求，积极研发新产品，促进机器人标准化、模块化发展，扩大市场应用。突破机器人本体，减速器、伺服电机、控制器、传感器与驱动器等关键零部件及系统集成设计制造技术等技术瓶颈。”并在重点领域技术创新路线图中明确了我国未来十年机器人产业的发展重点主要为两个方向：一是开发工业机器人本体和关键零部件系列化产品，推动工业机器人产业化及应用，满足我国制造业转型升级迫切需求；二是突破智能机器人关键技术，开发一批智能机器人，积极应对新一轮科技革命和产业变革的挑战。

2016年3月，工业和信息化部、发展改革委、财政部印发《机器人产业发展规划（2016—2020年）》的通知，指出2020年实现产业规模持续增长、技术水平显著提升、关键零部件取得重大突破、集成应用取得显著成效。

2017年7月，国务院印发《新一代人工智能发展规划》，其中明确指出人工智能成为国际竞争的新焦点，应逐步开展全民人工智能教育项目。随着新一代人工智能发展，促进机器人教育向高阶发展，机器人教学与人工智能结合的越发紧密。

2018年4月，教育部印发《高等学校人工智能创新行动计划》

（以下简称《计划》）的通知。《计划》要求，引导高校瞄准世界科技前沿，强化基础研究，实现前瞻性基础研究和引领性原创成果的重大突破，进一步提升高校人工智能领域科技创新、人才培养和服务国家需求的能力。

大力发展机器人产业，对于打造中国制造新优势，推动工业转型升级，加快制造强国建设，改善人民生活水平具有重要意义。

### 1.2.3 人才缺口成为制约我国机器人发展的重要因素

2016年12月，教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部印发《制造业人才发展规划指南》指出，到2020年，制造业从业人员平均受教育年限达到11年以上，制造业从业人员中受过高等教育的比例达到22%，高技能人才占技能劳动者的比例达到28%左右，研发人员占从业人员比例达到6%以上。

制造业需要高素质人才的同时，更面临人才的大量缺口。《制造业十大重点领域人才需求预测》显示，2015年，高档数控机床和机器人人才总量450万人（图1-2）；2020年人才总量预测750万人、人才缺口预测300万人；2025年人才总量预测900、人才缺口预测450万人。仅以工业机器人应用人才为例，目前我国缺口10万人，而根据工信部发展规划，到2020年，全国工业机器人装机量将达到100万台，相应工业机器人操作维护、系统安装调试、系统集成等工业机器人应用人才需求量将达到20万左右。

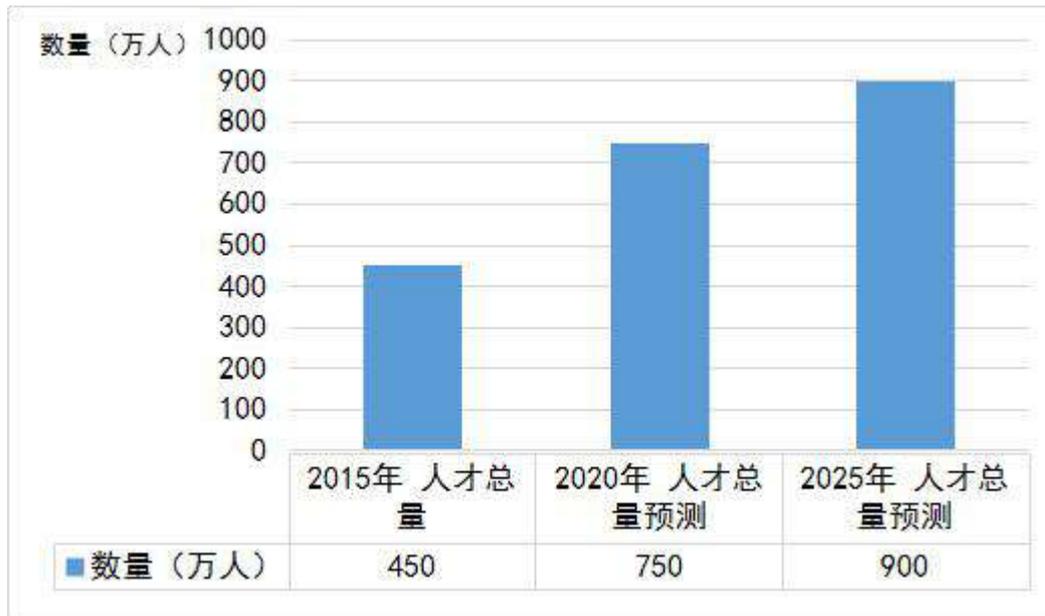


图 1-2 高档数控机床和机器人人才需求预测

我国制造业人才队伍建设虽然取得了显著成绩，制造业人才培养规模位居世界前列，但面对“中国制造 2025”所需的机器人人才仍然缺口巨大。

据统计，2015 年，我国高等学校本科工科类专业点数约 1.6 万个，工科类专业本科在校生 525 万人、研究生在校生 69 万人；高等职业学校制造类专业点数约 6000 个，在校生 136 万人；中等职业学校加工制造类专业点数约 1.1 万个，在校生 186 万人。（图 1-3）

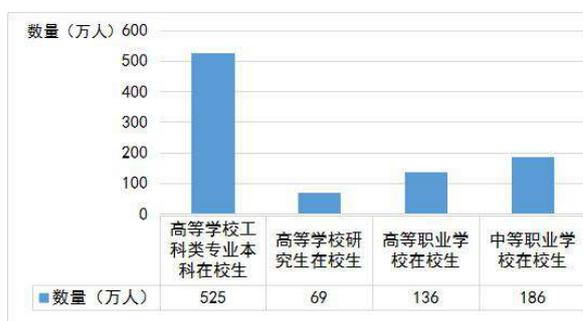


图 1-3 我国高等学校在校生分布

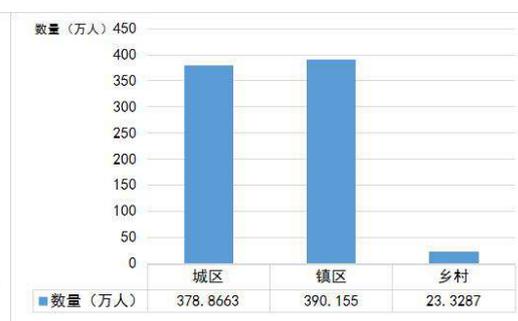


图 1-4 我国普通高中毕业生城乡分布

据统计，2016 年，我国普通高中毕业生总人数 792.35 万人，城区 378.8663 万人；镇区 390.155 万人；乡村 23.3287 万人。十二年

一贯制学校毕业生 23.5057 万人；完全中学毕业生 244.0700 人。（图 1-4）

“中国制造 2025”巨大的人才需求，影响着我国教育发展战略，发展中小学机器人教育，为我国制造业发展培养未来合格人才，成为我国基础教育界的重大课题。

## 第二章 国外中小学机器人教育

### 2.1 中小学机器人教育研究数量递增，研究角度多样化

在 ACM Digital Library 中以“Robot education”为关键词进行检索（图 2-1），时间从 2011 年 1 月到 2017 年 1 月，共得到 19056 条相关记录，研究数量从 2011 年 2600 篇，逐年增加，直到 2016 年的 3680 篇。

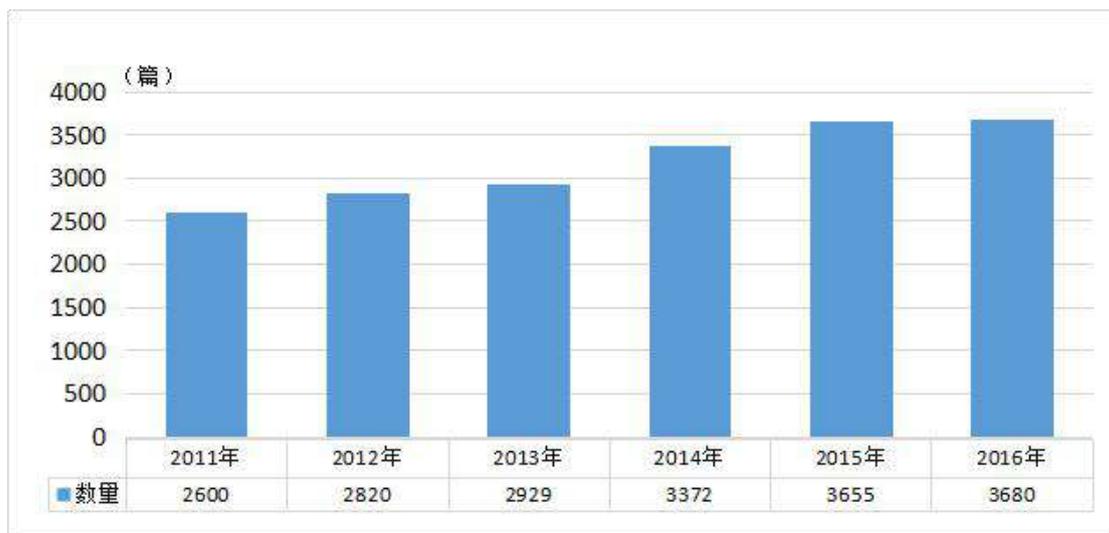


图 2-1 ACM Digital Library 中“Robot education”研究数量变化

在 ProQuest Research Library、ACM Digital Library 中，

中小学机器人教育研究论文涉及心理学、工程教育、技术教育、教育评价、艺术、设计、编程等内容，研究角度呈现多样化。例如，Cardeira，JSD Costa 在《A low cost mobile robot for engineering education》中提出了一种低成本的移动机器人开展工程教育，机器人通过使用普通笔记本电脑来引导自己穿过轨道。A Sullivan，MU Bers 《Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade》通过使用 KIWI 机器人工具包和图形化编程语言，在幼儿园到二年级完成了为期 8 周的机器人课程。并在完成课程后，对基础机器人和程序设计概念的了解进行了评估。结果表明，在幼儿园阶段孩子们能够掌握基本的机器人和编程技能，而小学生能够在相同的时间内，使用相同的机器人掌握越来越复杂的概念。

## 2.2 高等院校是中小学机器人教育重要推动力量。

卡内基梅隆大学、麻省理工学院、大阪大学、东京大学、南洋理工大学、慕尼黑大学、巴黎第六大学等国外知名高等院校均开展面向中小学的机器人教育研究。

早在 1994 年，麻省理工学院设立了“设计和建造乐高机器人”课程，目的是提高工程设计专业学生的设计和创新能力，尝试机器人教育与理科实验的整合。麻省理工学院媒体实验室“终身幼儿园”项目小组与机器人公司合作，针对儿童学习群体研制出各种教学工具，开发出 Mindstorms 可编程机器人套件，让儿

童在学习过程中灵活设计活动。麻省理工学院个人机器人小组研发的 DragonBot 机器人，具有语音合成能力的同时，还能协助儿童学习计算思维。

卡耐基梅隆大学机器人学院（Robotics Academy）以 ROBOTC 平台为基础，已发布近 20 门教育机器人相关课程，构成了一个覆盖 K12 到大学阶段的机器人课程体系。

## 2.3 中小学机器人教育多元化，课程设计更系统

中小学机器人教育多元化，不仅包括机器人技术学科课程、机器人主题活动，还涉及机器人辅助教学。作为机器人学科课程，其设计上更为系统。

1. 机器人技术学科课程。以美国为例，该类型课程从国家层面到各州均有明确的机器人课程要求。例如，美国 STEM 教育国家项目“项目引路”计划（PLTW），机器人教育是其重要组成部分，其初中阶段的专业化课程中开设自动化与机器人课程，高中阶段开设计算机集成制造（CIM）、人工智能（AI）等课程。各州依据各自不同的情况制定具体的机器人教育内容，例如，美国犹他州 K-12 核心课程分成两部分：常规课程以及职业技术教育，其中的职业技术教育中技术及工程课程标准（6-8 年级）要求对机器人技术有所了解。南卡罗莱纳州在技术教育中，要求学生了解自动化技术与机器人技术。同时，机器人课程设计呈现系统化，例如，美国加利福尼亚州高中工程与技术联盟在为高中生

开设的工程与技术选修课程中，提供了 ROBOTICS 课程，主要介绍机器人技术历史，基础，术语，微控制，传感器，程序控制等方面的知识。再如，卡耐基梅隆大学设计的中小学机器人课程(表 2-1) 涵盖 K12 各个学段，课程难度随着学段的变化，逐步加深。

表 2-1 Robotics Academy 机器人课程

课程名	课程目标及内容概要	软/硬	学习者
机器人科学	围绕速度、热量、声音等主题，对基本科学原理进行教学，主要使用图形化编程环境	NXT-G NXT	小学 初中
ROBOTC 中级课程	通过项目挑战，引导学习者掌握机器人运动、传感、编程技术领域的知识和技能，以团队形式解决真实世界中若干机器人技术问题	ROBOTC EV3/VEX IQ	初中 高中
VEX 机器人课程	以解决工程设计问题为主线，解决机器人工程实践问题。知识内容涉及机械、电子、信息系统、程序设计等多学科领域	ROBOTC VEX	高中 大学
STEM CAD 建模课程	使用 SnapCAD 或 MLCAD 软件对 VEX IQ 或 LEGO 机器人中的各种机械结构件进行建模，通过 3D 打印技术应用于工程实践	SnapCAD MLCAD	高中 大学
电子学课程	指导学习者将 Arduino UNO 与 BOE Shield-Bot、VEX 或 LEGO MINDSTORMS 结合使用，内容涉及电路电子及控制领域知识	ROBOTC Arduino	高中 大学

2. 机器人主题活动。以机器人为主题的活动，多为课外活动、夏令营等。例如，英国技术夏令营(Tech Summer Camps)，面向 9-17 岁的学生，并在英国顶尖高校聘请专业导师指导学生。英国技术夏令营设计多个机器项目，如机械臂课程，指导学生通过学习开源硬件、机械制造、C 语言等知识，创建机械臂。高等院校是机器人主题活动的主要提供者，例如，斯坦福大学的 Digital Media Academy 的机器人课程按年龄分为三个段：6- 12 岁，12-18 岁，以及 14 岁+，在过去两年中，他们开始把积累的课程体系线上化，录制成视频，无时间和地域地限制提供机器人教育培训。Carnegie Mellon 大学提供的 ROBOCAMP 暑期机器人计划，

通过 8 星期的课程，使学生懂得一些基本的与机器人有关的电子，机械和计算机科学知识。该课程主要针对高中生，但是需要一定的入门技能。由于参与人数有限，报名者通常需经过筛选才能参加；印地安那州的 Purdue 大学与 LAFAYETTE 学校合作，在 5 至 8 年级学生课外活动中开展的 ROBOTICS 项目。

3. 机器人辅助教学。机器人辅助教学主要利用机器人技术作为辅助性工具来辅助其他学科教学，或者作为研究性学习的工具。激发学生学习积极性，培养学生探究问题、解决问题的能力。例如，麻省理工学院个人机器人小组研发的 Tega 是具有脸部表情的机器人，主要应用在第二外语的语言学习。宫城大学小岛研究室研发的毛绒玩偶造型的 Keepon，协助自闭症儿童“让孩子愿意自发性与人沟通”。

#### 2.4 机器人教育装备多样化，实体与虚拟兼顾

国外机器人教育教学装备通常有两种，一种是实体器材（表 2），例如，MOSS 是模块化机器人，Hummingbird Robotics Kit 教学生如何运用基础工程原理制作他们自己的机器人。Fischertechnik 是技术含量很高的工程技术类拼装套件、NAO 人型机器人、VEX 机器人套件用于专业比赛。另一种是虚拟（仿真）机器人平台，虚拟机器人是指一种特定的虚拟软件，又称软件机器人，能让学生在计算机上搭建机器人，并根据实际任务编程序产生的机器人源文件，最后将机器人的活动过程在仿真环境下

运行形成虚拟仿真功能。虚拟（仿真）机器人平台通常包含二维和三维两种，二维虚拟机器人选择一个物体作为机器人的形体，典型的有 AI-TANK、TeamBots 等；三维虚拟机器人用户可以通过提供的各种机器人配件来完成机器人从零部件到整机的搭建，典型的有纳英特机器人 Simbad、Microsoft Robotics Studio、USARSim 等。

## 2.5 赛事促进中小学机器人教育发展

开展各种机器人展示和竞赛活动是普及机器人教育的一个重要途径，机器人竞赛项目的内容、规则及评分办法等的创意设计都极富创造性和挑战性，可以激发广大青少年对机器人学习的兴趣。例如：由国际机器人足球联盟 FIRA 举办，全球每年举行一次机器人世界杯比赛(FIRA Cup)，同时举办法学会议(FIRA Congress)，供参赛者交流他们在机器人足球研究方面的经验和技能。VEX 机器人大赛又称 VEX 机器人世界锦标赛（VEX Robotics Competition），是一项旨在通过推广教育型机器人，拓展中学生和大学生对科学、技术、工程和数学领域兴趣，提高并促进青少年的团队合作精神、领导才能和解决问题的能力的世界级大赛。机器人足球世界杯赛 RoboCup。目前 RobotCup 包括小型机器人、中型机器人、四腿机器人、人形机器人等比赛项目，在比赛的同时还开展其它相关活动。FLL 机器人世界锦标赛，是一个针对 9-16 岁孩子的国际比赛项目，每年 9 月份，FIRST LEGO League 向全球参赛队伍公布年度挑战项目，这个项目鼓励孩子们用科学的方式去调查研究以及自己动手设计机器人。

## 第三章 中国中小学机器人教育

### 3.1 我国中小学机器人教育政策举措

国务院于 2016 年 2 月发布了《全民科学素质行动计划纲要实施方案（2016—2020 年）》，以下简称规划，其中强调了充分发挥现代信息技术在科技教育和科普活动方面的积极作用，促进学校科技教育和校外科普活动有效衔接，机器人教育形式的多样化，有利于创新教育的开展。2017 年 7 月印发了《新一代人工智能发展规划》，其中明确指出：“广泛开展人工智能科普活动。支持开展形式多样的人工智能科普活动，鼓励广大科技工作者投身人工智能的科普与推广，全面提高全社会对人工智能的整体认知和应用水平。实施全民智能教育项目，在中小学阶段设置人工智能相关课程，逐步推广编程教育，鼓励社会力量参与寓教于乐的编程教学软件、游戏的开发和推广。”将人工智能科普活动纳入到国务院发展规划中，学校、社会、国家不同层面共同推进创新教育，只有从中小学开始打下基础，才能在将来为我国的科技发展带来源源不断的高科技人才。

2015 年 9 月，教育部对未来五年教育提出了新的规划，在《关于“十三五”期间全面深入推进教育信息化工作的指导意见（征求意见稿）》中明确提到，要求“探索 STEAM 教育、创客教育等新教育模式”。2017 年 2 月 15 日最新《义务教育小学科学课程标准》由教育部下发，规定自 2017 年秋季起，小学科学课程起始年级调整为一年级，其中包含技术与工程模块的学习，重在培养学生对科学的兴趣、

正确的思维方式和学习习惯。2017年9月,教育部印发《中小学综合实践活动课程指导纲要》中将机器人设计与制作作为学生选修模块,以机器人为载体,体验并初步学会通过程序设计解决问题的基本过程,强化了新型课程形态的建构,尊重学生的自主选择与创造,真正让学生“活”起来,“做”出来。2018年4月,教育部印发《教育信息化2.0行动计划》将学生信息素养纳入学生综合素质评价,强调完善课程方案和课程标准,充实适应信息时代、智能时代发展需要的人工智能课程内容。创新教育逐渐被重视,机器人教育则是一项与其高度契合的教育模式。

## **3.2 我国中小学机器人教育研究现状**

### **3.2.1 机器人教育研究总量呈增长趋势**

在中国知网中以“机器人教育”为主题进行检索,时间从2001年1月到2017年7月,共得到1399条“机器人教育”相关期刊论文记录;时间从2003年1月到2017年1月,共得到336条博硕士学位论文相关记录。机器人教育相关研究数量在中国呈逐年增长趋势。(图3-1)

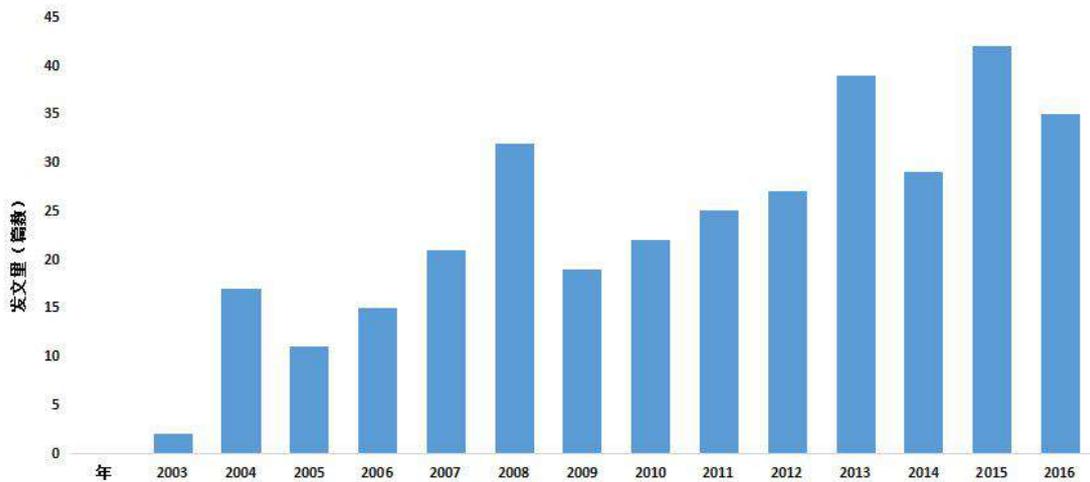


图 3-1 中国机器人教育博士、硕士论文数量变化图

### 3.2.2 中小学机器人教育研究角度呈现多样化

在中国知网中以“中小学、机器人”为主题进行检索,时间从2002年1月至2017年8月,共得到1399条“机器人教育”相关文献总数221条。关键词分布涉及机器人教育、机器人、机器人教学、中小学、智能机器人、创客、信息技术、人工智能、机器人竞赛、创新能力等。(图3-2)

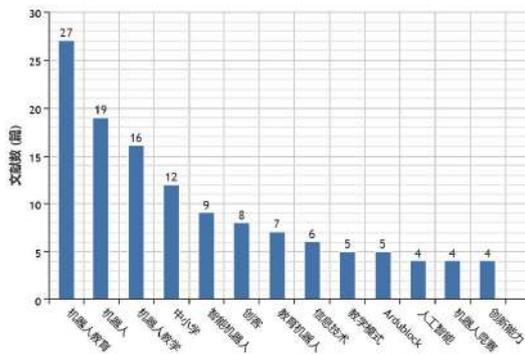


图 3-2 中小学机器人教育涉及的关键词分布图

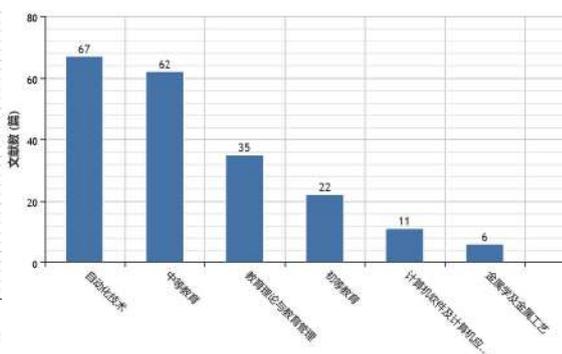


图 3-3 中小学机器人教育涉及的学科分布图

在相关的研究文献中,涉及的学科有自动化技术、中等教育、教育理论与教育管理、初等教育、计算机软件及计算机应用、金属学及金属工艺、机械工业等,(图3-3)。

结合热点图谱和中心性统计数据，列出词频大于 2 的关键术语，将中心性大于 0.1 的归纳为研究热点，如表 3-1 所示。数据显示机器人教育、机器人、教育机器人与智能机器人、信息技术、中小学机器人教育、创新能力与信息素养、教学模式、arduino、机器人竞赛、人工智能、STS 教育、机器人技术、课程开发等是热点研究领域。

表 3—1 关键术语频次及中心性统计表

(数据来源: 本研究部分样本的 Cite Space 可视化分析结果)

频次	中心性	年份	关键术语	频次	中心性	年份	关键术语
85	0.33	2000	机器人教育	8	0.24	2002	人工智能
27	0.35	2005	机器人	7	0.21	2008	虚拟机器人
22	0.15	2007	机器人教学	6	0.11	2006	课程开发
17	0.47	2004	教育机器人	6	0.2	2006	机器人竞赛
13	0.29	2004	中小学	5	0.11	2013	教学改革
12	0.28	2005	信息技术	5	0.17	2000	机器人技术
12	0.45	2004	智能机器人	3	0.24	2005	信息素养
10	0.68	2005	创新能力	3	0.26	2012	创意之星
10	0.11	2007	教学模式	3	0.13	2007	sts 教育
9	0.12	2012	arduino	1	0.13	2006	推进策略

经 cite space 软件分析后的该可视化图形共显示出 23 个集群。经过统计，主要大集群标注如表 3-2 所示。由表 3-2 可以看出当下关于机器人教育的研究热点主要集中于以下四个方面：一是对机器人教学的研究，主要以教学载体（乐高机器人、慧鱼创意组合模型、VEX 机器人）、教学策略、学习环境等方向的研究，其中教学模式的研究的文献居多，以项目式学习、探究式学习、合作学习和协作学习的机器人课程的教学模式的研究，其次还有对创客教育、STEM 教育、STS

教育等创新教育模式的研究；二是对教育机器人本体的探讨，具体体现在对“机器人技术”，即仿人机器人、智能机器人、虚拟机器人的研究和用户体验的研究；三是对课程开发与跨学科教学的相关研究，以机器人教育的实施途径展开深入研究，校内的学科课程、以 STEM 为首的跨学科教育、科普教育、机器人竞赛等；四是对机器人教育的教学价值和课程目标的研究，具体内容集中在机器人对于学生的创新思维和创新能力、工程思维以及问题解决意识的培养等方面的研究。

表 3—2 较大集群标注统计表

Cluster ID	size	Terms	year
#0	35	机器人教育	2011
#1	33	信息技术/教学模式	2012
#2	33	教育机器人	2010
#3	32	arduino	2013
#4	30	创新能力/创新教育	2011
#5	24	人工智能/中小学机器人教育	2011
#6	23	创客教育/stem 教育	2012
#7	22	教学效果	2012
#8	22	机器人竞赛	2010
#9	22	教学改革/课程建设	2013
#10	16	教学策略/合作学习	2010
#11	14	课程开发/跨学科学习	2013
#12	9	中小学机器人教育	2015

由以上两个表格以及机器人教育相关文献的研究热点图谱，总结出机器人教育的研究趋势主要有以下几个方面：教学层面、技术层面、竞赛层面、课程建设层面和教师教育层面等。

(1) 教学层面。机器人教学在 2007 年已经成为热点话题，其中心性达 0.15，成为关键节点。该类研究主要体现在一线教学教师

具有较好研究条件，形成较丰富文献成果。研究中小学机器人教育的人员更多来自一线的中小学教师，高校大学生和研究生、社会科研机构、国家信息化教育中心科研人员等也在致力于机器人教育教学的研究，机器人教学研究形成大学研究为主体，中小学机器人教学研究紧随其后的格局。创客教育、STEM教育、STS教育等创新教育模式下的机器人教学成为教学改革的中心与方向。创新能力（中心性为0.68）与信息素养（中心性为0.24）都是从教学评价层面对于机器人教学的研究，机器人教育强调的是情感和价值观的培养，让学生通过学习技术和动手实践，进而激发学生学习新技术的兴趣，培养创新能力、工程思维和技术意识等。但是这种教育的教学效果往往是隐性的，短时间内很难看到成效，利用目前的评价体系难以进行量化，很难得到合适的教学反馈，这也是目前机器人教育难以推广的原因之一，如何进行可行有效的评价，亟待深入研究和探讨。

（2）技术层面。智能机器人、虚拟机器人、机器人技术以及机器人教具属于技术层面，是机器人教育的技术基础。进一步统计结果表明，技术类文献多来自大学和科研部门，倾向研发性质。基础教育领域则着重课堂教学应用，其中小学机器人课程偏重实验验证，中学阶段重视教学。该领域成为热点说明机器人技术研究受到较多关注，积极促进了机器人教育的发展，未来机器人教育载体朝着兼容性、智能化的方向发展。

（3）竞赛层面。机器人竞赛作为研究热点，虽然在中介中心性并未显现出来，但是在关键术语的集群中比重比较大，第八集群，

机器人竞赛相关主题文献有 22 篇，约占总样本的 10%，数据表明机器人竞赛依然是当前机器人教育的教育教学和教育评价的重要方式，而机器人教育的考核和教育评价主要是以竞赛为标准的这一现象，说明该领域的常规课程开始程度不够发达，仍需加强机器人课程普及推广工作。以赛促学教学模式的实施促进了机器人竞赛在高校工科教育与基础教育阶段机器人教育的开展。

(4) 课程建设层面。信息技术、通用技术在中学课程中均涉及机器人选修模块，特别是信息技术中心性达 0.28，信息技术主题下的文献为 33 篇，属于第二大集群，说明该课程受到机器人教学引领作用，成为重要学习平台。教育部颁发的 2017 高中通用技术课程标准中技术与工程模块设置了机器人设计与制作的课程，信息技术课程标准将人工智能初步以及开源硬件项目设计作为选择性必修模块，这说明机器人教学由课外活动，社团学习模式，逐步向技术类课程融合，成为学科课程的一部分。教育部《关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见》的文件中，在着力推进关键领域和主要环节改革章节中明确指出：要在发挥各学科独特育人功能的基础上，充分发挥学科间综合育人功能，开展跨学科主题教育教学活动，将相关学科的教育内容有机整合，提高学生综合分析问题、解决问题能力。可以说，在当前一轮的课改实践中，伴随着美国 STEM 教育理念的舶来，跨学科一词的火爆程度仅次于核心素养。其次机器人教育在我国的基础教育课程中依然处于初级发展阶段，并没有形成相对规范的课程体系，教学内容很大程度上处于机器人产品的说明书教材的水平，因此开发

合适的机器人教育的教材是适应教育改革的必然潮流，机器人教育相关的校本课程以及立体化教材成为今后一段时期研究的重点，跨学科的机器人教育模式的研究以及整合机器人技术成为技术类学科内容的重要扩展形式。

(5) 教师教育层面。一大批中小学正在筹划设机器人课程，普及机器人教育，必然需要一批能够胜任机器人教学的优秀教师。机器人本身是高科技的产物，所涉及学科的相关知识和技能较为复杂，涵盖了自动化技术、计算机科学技术、人工智能技术、智能控制技术、机电一体化技术、仿真技术等多种学科，对机器人教学和指导教师的要求相对较高。目前机器人教育师资队伍比较薄弱，大多数机器人教师没有接受过正规的机器人教育，专业的机器人教师匮乏，一定程度上制约着机器人教育的发展。机器人教师的培养将成为今后一段时期研究的重点，其中主要包括师范院校以及高校工科院校如何培养合格的机器人教师、如何对现任机器人教师进行培训值得研究者关注。师范院校机器人教师培养的课程体系、模式、目标的制定，教师培训的方式、模式、实施过程的研究将成为热点。

### **3.2.3 高等师范院校是中小学机器人教育研究的重要力量**

在中国知网中以“中小学、机器人”为主题进行检索,时间从2002年1月至2017年8月,对所检索文献进行可视化分析得出,浙江师范大学、首都师范大学、南京师范大学、西北师范大学、陕

西师范大学、华东师范大学等高等师范院校是中小学机器人教育研究的重要力量。（图 3-4）

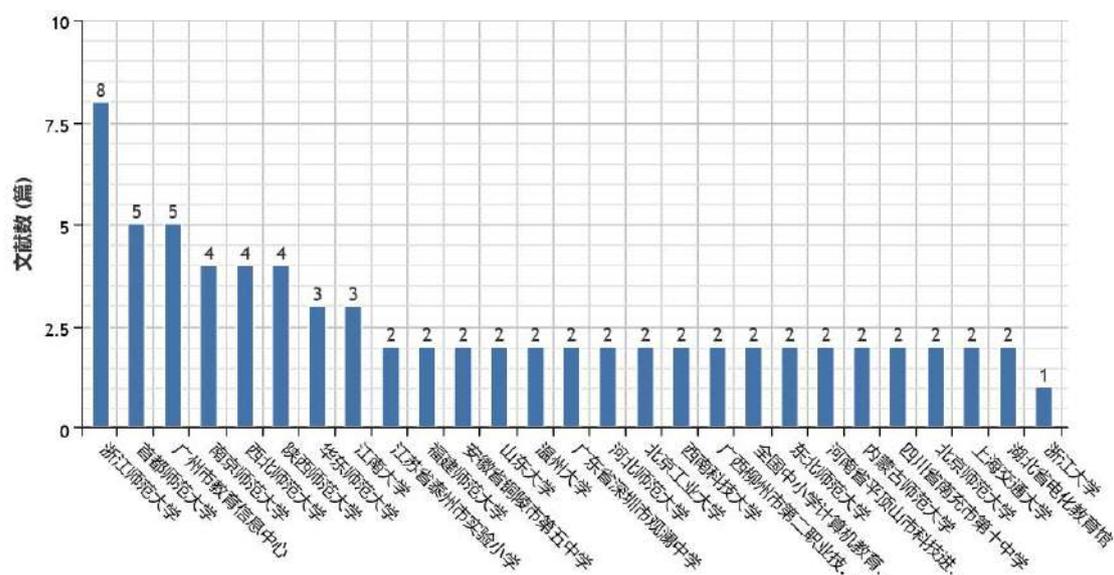


图 3-4 中小学机器人教育研究机构分布图

例如，浙江师范大学教育学院，张剑平、王益《机器人教育：现状、问题与推进策略》。华东师范大学，王海芳、李锋、任友群《关于中小学机器人教育的思考与分析》。陕西师范大学新闻与传播学院，葛文双、傅钢、善史婷《我国中小学机器人教育发展中的问题分析》。

### 3.2.5. 美国机器人教育的重要参考

美国是我国中小学机器人教育研究的重要参考。例如，王益《美国机器人教育的特点及其启示》分别对美国基础教育与高等教育中的机器人教育现状进行分析，在基础教育领域，从实施类型出发，介绍和分析了若干典型案例及其特色。以及张丽芳《基于 STEM 的 Arduino 机器人教学项目设计研究》，王娟《国外整合 STEM 的教育机器人课程》等。

### 3.3 我国中小学机器人教师现状

我国中小学机器人教师队伍建设有待加强。以中小学机器人教育重要支持课程信息技术课程为例，根据 2009 年北京市教育科学研究所的调查表明，小学信息技术教师中第一学历为信息技术相关专业的教师仅占 12%，第二学历与信息技术相关的也只占到 33%，而初中信息技术教师约为 71%。中小学机器人师资问题是中小学机器人教育的首要问题。根据对一线中小学机器人教师进行调研，调研对象为参与 2017 年中国电子学会举办的第一届、第二届“全国青少年机器人创客师资培训”的全国中小学教师、教育机构培训讲师，主要来自河北、北京、天津、湖北、山东、江苏、浙江等地，重点对 60 位中小学教师进行调研。60 位中小学教师中本科占 81.52%、硕士占 16.76%、博士占 1.72%。教师专业背景显示，仅有 15.72%的中小学机器人教师具有计算机科学、物理学、工程与技术科学、机械工程专业背景，大多数教师没有机器人专业学习经历。

# 第二篇 资源篇

## 第四章 机器人教育装备

## 4.1 学习环境建设

学习环境是影响学习者学习的外部环境，是促进学习者主动建构知识意义和促进能力生成的外部条件。

中小学机器人教室主要有两种形态，其一，利用通用技术、劳动技术、信息技术、小学科学教室开展机器人教学。例如，景山学校的机器人空间采用一室多用的形式，该空间既是机器人教室也是科技教室（图4-1）。



图 4-1 景山学校机器人教室



图 4-2 人大附中机器人空间 1



图 4-3 人大附中机器人空间 2

其二，根据机器人教学的特点，建设的专用教室，并满足中小学机器人所需的教学环境。例如，人大附中机器人教育空间，如图4-2, 图4-3，人大附中机器人教育空间的建设理念，由老师和学生提出，硬件设计由人大附中毕业学生提供，机器人作品完全由学生自主设计。同时学生可以在机器人空间里共享资源和知识，来实现他们的想法。人大附中机器人教育空间在空间布局上，分割成如下几个区域，分别是机加工区、数控加工区、实操区、电子加工区、讨论区、创意展示区、常用元件区等。其中，机加工区完成机器人的零件加工，配有钻铣床；数控加工区配有数控

钻铣床，完成一些数控零件的加工；实操区配有传统工具、操作台，完成机器人的组装和调试；电子加工区配有电烙铁、焊接相关器材、电路板制备设备，可以完成机器人电子电路的设计与组装工作；讨论区配有白板、电脑、桌子、椅子、投影，可以满足学生讨论方案、讲解知识、展示与交流等活动；创意展示区配有展示柜可以展示部分创意作品或机器人成品等；常用元件区配有创客活动常用的器件，从发光二极管、电阻、芯片到传感器等五十多种元件，表4-1。

表4-1 人大附中机器人教育空间常用元件区配置表

常用元件区配置表			
装备名称	单位	配备数量	配备要求
元件柜	台	1	必配
小型台钳	台	5	选配
焊接工具	套	10	必配
剪刀	把	20	必配
胶带	个	15	必配
胶枪	把	5	必配

再如，易方智能机器人创客实验室（图4-4.4-5），将实验室划分为七个区域，分别为授课区（A）、学生操作区（B）、工具区（C）、大型加工制作设备区（D）、激光切割区（E）、场景区（F/G）、展示区（H）。其中学生操作区（B）：该区域放有多个实验操作台，操作台上配备有电脑。学生以组为单位围坐在实验操作台四周进行机器人制作，当教师进行授课时，大家只需坐在原位，面向老师即可。工具区（C）：该区域主要摆放小型操作工具和教具。大型加工制作设备区（D）：该区有设备操作平台，平台上摆放各种

大型加工制作设备。激光切割区(E)：激光切割需要会产生烟雾，所以激光切割需要独立的区域，该区域应该为封闭的隔间形式。场景区(F/G)：F区为较大的智能交通场景，G区包含四个小场景，分别为智能家居场景、迷宫场景、足球场景和探月场景。

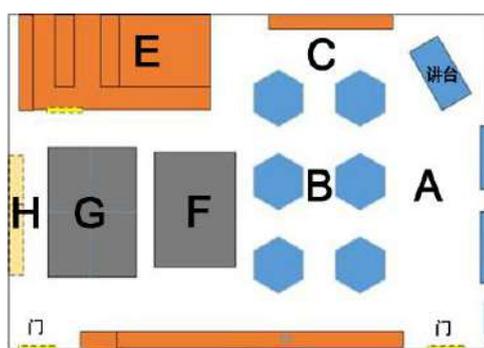


图 4-4 易方智能机器人创客实验室布局图



图 4-5 易方智能机器人创客实验室效果图

乐智机器人实验室，（图 4-6. 图 4-7）在整体设计上包含作品展示区、设备操作区、授课讨论区、竞赛活动区、器材收纳区、深海技术区、学习阅读区。

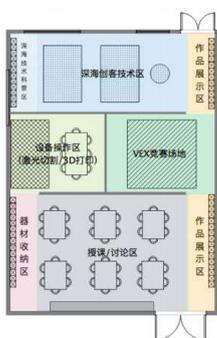


图 4-6 乐智机器人实验室整体布局图



图 4-7 乐智机器人实验室效果图

乐智竞赛活动区的设计，（图 4-8. 图 4-9）主要设置有比赛的场地，学生可以在此进行参赛产品的调试，比赛的练习。以及水下机器人实验区及深水技术探究区，为水下特种机器人学习，提供教学空间支持。



图 4-8 乐智创客（机器人）实验室竞赛活动区



图 4-9 乐智深水技术探究区

慧鱼创客（机器人）实验室，（图 4-10）针对海量零件管理这一用户使用痛点，设计了国内首创的零件管理信息系统。（图 4-11）该系统是一个数据库平台，可以单机部署也可以局域网部署。系统将每一次活动的内容录入数据库，并将其与活动所需零件建立关联，老师、学生可以通过扫描二维码的方式在移动端获得本次活动所需零件的清单，并获知零件的存放位置，从而“照方抓药”拿到活动用器材，开展机器人课程教学活动。课后再将零件按照原有的存储规划做归还，用信息技术手段，从机制上解决了散件管理的痛点。

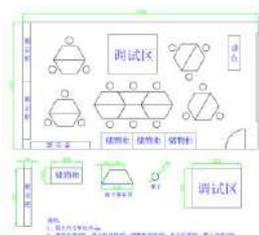


图 4-10 慧鱼创客（机器人）实验室布局图



图 4-11 慧鱼零件管理信息系统

TAMI 机器人创客实验室，（图 4-12）则在学校传统电教室的基础上，配置国内首创的小 V1-E 和小 V3-E 机器人教学和考勤系统，（图 4-13）将机器人科技真正融入到日常学习生活中，提升学生积极性。



图 4-12 TAMI 机器人创客实验室



图 4-13 TAMI 机器人教学和考勤系统



## 4.2 教学装备器材

中小学机器人教学装备主要有如下四种，用于简易机器人制作器材、单片机或开源硬件、机器人套件、及虚拟教学平台。国外器材如，MOSS 是模块化机器人，Hummingbird Robotics Kit 教学生如何运用基础工程原理制作他们自己的机器人。Lego、Fischertechnik、K`NEX 等拼装套件、NAO 人型机器人、VEX 机器人套件用于专业比赛。（表 4-2）

表 4-2 国外常用机器人套件举例

编号	产品名称	公司名称	简要介绍	国家
1	Lego Mindstorms EV3	LEGO	现实系列如城市、街景、交通工具、建筑等，非现实系列，如加勒比海盗电影、星球大战系列等。通过自主创新，乐高积木可以有无限多成品形式，可以极大的促进儿童想象力的开发。	丹麦
2	Origin Kit ROBOTERRA	ROBOTERRA	起源™套件 (Origin Kit) 是精致轻量的模块化机器人智能硬件套件，由 5 个不同的配件盒子组成，它们是智能核心组件 THINK、智能感应器组件 SENSE、驱动器组件 ACT、机械结构件组件 BUILD、机械零配件组件 CONNECT。	美国
3	Fischertechnik	Fischertechnik	是技术含量很高的工程技术类教育模型，是展示科学原理和技术过程的理想教具，也是体现世界最先进机械工程、机器人教育理念的学具，为创新教育和创新实验提供了最佳的载体。	德国
4	Hummingbird Robotics Kit	BirdBrain Technologies	教学生如何运用基础工程原理制作他们自己的机器人。利用这套组件，孩子们可以轻而易举地做出各式各样的简易机器人。	美国
5	Finch Robot	BirdBrain Technologies	Finch 面向中小學生已经支持超过十几种编程语言，培养学生的编程能力。	美国

		s		
6	Kamigami Robots	Dash Robotics	兼容于开源硬件 Arduino，自己动手将零件拆分组装，将配套的感应器、微型处理器和直流电机等安装上，通过蓝牙与手机、ipad 等终端设备相连接，在终端下载安装好相应程序（支持 ios 和 Android 系统）进行控制。	美国
7	VEX	VEX	VEX 机器人的核心教育理念是透过机器人为平台，利用机器人竞赛为依托，使学生学到科学理念（S）、科技应用（T）、工程结构（E）和数学算法（M）。	美国
8	K`NEX	K`NEX	采用独特的半圆形塑料辐条和连接杆，可以完成从桥梁到摩天轮再到机器人的各种各样的模型制作。套件中包含电动机，可以创造出移动式机器人。	美国
9	Quirkbot	Quirkbot	Quirkbot”机器人是一系列十岁以上儿童能够控制的玩具。经过 Kids Hack Day 的网站进行编程之后，这些机器人由塑料吸管、LED 等以及 Hobby 电机组成	美国
10	Linkbot	Barobo	linkbot 是一个模块化机器人，可通过智能手机驱动。	美国
11	Meccanoid	Spin Master	Meccanoid 具有耐用的塑料件。可使用图形化编程，载有超过 3000 个预编程的短语。	美国
12	MOSS	Modular Robotics	MOSS 是一种模块化机器人，通过非常有趣的游戏体验，让学生直观地了解复杂的系统和设计思维。	美国
13	NAO	Aldebaran	NAO 机器人拥有 25 个自由度，动作灵活。拥有开放式编程架构，使分布式软件模块可以在一起协调运行，并可以从声音识别、图处理像、动作规划、步态控制等方面进行实验研究，可以让学生从控制运动的各个方面进行更为深入的理解和学习。	法国
14	Ozobot	EVOLLVE	Ozobot 是一个只有 25 毫米高的机器人，底部带有感应器，通过识别不同的线点组合，做出闪光、前进、后退、停顿等等移动的动作。	美国
15	KOOV™	索尼	通过模块的拼搭把玩（Play）来使儿童循序渐进的提高综合能力，在通过编程使机器人发动的过程中培养探索精神（Code）和创意能力（Create）。适合 8 岁以上儿童使用。	日本

#### 4.2.1 简易机器人制作器材

简易机器人（图 4-14）教学器材通常由主体材料、动力、工具和防护四部分组成。（图 4-15）主体材料具体为，pvc 板、pvc 管（图 4-16）、abs 管、pvc 环、铁丝、胶圈等；动力包括，TT 电机、8520 空心杯电机 7 号电池、3.7V 锂电池、充电器、电源线等；工具包括，剪刀、刻刀、钩刀、镊子、黑色记号笔、直

角三角尺、直尺、电烙铁、热熔胶枪、台钳、大锉刀、手锯、斜口钳、垫板等；防护包括，护目镜、安全手套、3M 口罩等。



图 4-14 简易机器人



图 4-15 易方科技的简易机器人器材分类



图 4-16 pvc 管

### 4.2.2 单片机或开源硬件

常用的有 MCS-51（图 4-17）、AT89C—2051、DP-811 等单片机实验器。例如“DP-811 单片机实验器”（图 4-18），是由北京市单片机协会专为青少年学习单片机而开发，它将编程与执行功能集成在一起，不需要单独配备计算机，因而不需昂贵的开发装置就能编程、运行和调试。并且它的成本低，性能稳定可靠，硬件开元性强，能够在电子市场上买到的各类数字传感器、输出模块都可以直接使用，极大丰富了插接配件，扫除了器材制造难题，又创造了深入了解器件连接的环境。

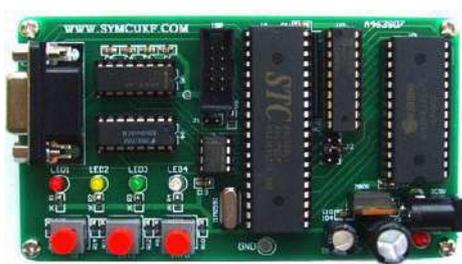


图 4-15 MCS-51 单片机实验器

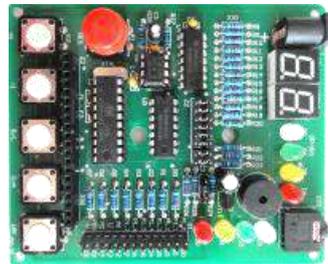


图 4-16 DP-811 单片机实验器



图 4-174 永泰小学单片机教学器材

开源硬件包括 Arduino、mCookie（图 4-18）等。以 Arduino 为代表的机器人教学器材，通常有 Arduino Uno Rev. 3（图 4-19），

“i 创学院” Arduino 扩展板，（图 4-20）USB 线，LED 灯模块，按键模块，电位器模块，温度传感器模块，蜂鸣器模块，LED 交通灯模块，语音模块（内置常用语音），马达控制模块，光敏电阻模块，循迹传感模块，避障传感模块，超声波传感模块，红外遥控器和接收模块，舵机，小马达，车轮和减速马达等。



图 4-18 mCookie



图 4-19 Arduino-uno-rev3

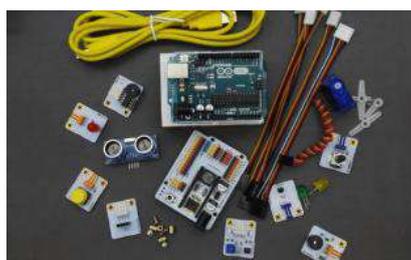


图 4-20 Arduino 智能硬件

机器人教育企业往往基于 Arduino 等开源硬件进行二次研发，例如中启创客的 XTW-B 套装（图 4-21），基于开源软件 Scratch、BlocklyDuino、Arduino，开源微控制器和各类开源传感器，传感器均为 GROOVE 接口。基础套装包括云教授物联网终端，内置相关编程软件，基本传感器及相关线材。以及基于 mCookie 的美科科技的智能乐高机器人（图 4-22）。



图 4-21 中启创客的 XTW-B 套装



图 4-22 美科科技的智能乐高机器人

### 4.2.3 机器人教学套件

机器人教学套件通常有两类。一类是，国外机器人教学套

件，如乐高、Fischertechnik 慧鱼（图 4-23）、VEX、NAO 机器人（图 4-24）、希望艾拉套件 (Erra™ Kit)、起源套件 (Origin™ Kit) 等（图 4-25）。



图 4-23Fischertechnik 慧鱼



图 4-24 NAO 机器人

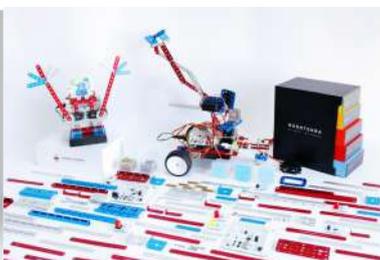


图 4-25 萝卜太辣机器人智能硬件套件

另一类是，国产机器人教学套件，如 Kenblock 套件（图 4-26）、e-bot 套装（图 4-27）、KADAPAPA 奥妙套件（图 4-28）、瓦力工厂机器人套件（图 4-29）、IDEA-X 机械零件、ICBrick 套装、能力风暴、格物斯坦、Makeblock、寓乐湾机器人基础套装及竞赛套装等。



图 4-26Kenblock 套件



图 4-27e-bot 搬运机器人

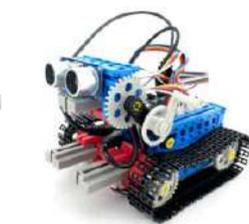


图 4-28KADAPAPA 奥妙套件



图 4-29 瓦力工厂机器人套装

此外，高等院校也开发适合中小学机器人教学的器材。例如，北京大学工学院谢广明团队，研发了仿生尾鳍与螺旋桨混合推进水下机器人等系列水下机器人（图 4-30. 图 4-31）。并和北京大学国家软件工程中心共同发起，以水中机器人和多机器人协作成果为基础，贯通中小学、大学、产业的一贯式的竞赛平台“国际水中机器人大赛”（图 4-32），大赛包含全局视觉组、自主视觉组、2D 仿真组、工程项目组、创新创意组。



图 4-30 仿生尾鳍与螺旋桨混合推进水下机器人



图 4-31 仿生机器鱼



图 4-32 国际水中机器人大赛

北京交通大学机构创新与机器人学实验室以姚燕安教授为带头人的科研团队提出与传统机器人设计思想迥异的新概念“几何机器人”（图 4-33. 图 4-34. 图 4-35）：具有多边形、多面体、回转体等几何形状的机构基础上，通过安装动力装置实现了机器人的折叠、缩放变形以及运动等功能。它将学生在数学课上所学到的抽象的几何形体实体化，并赋予了机器人所具有的运动等功能特征。



图 4-33 步行三角形机器人



图 4-34 双三角锥机器人



图 4-35 几何机器人课堂

#### 4.2.4 虚拟教学平台

虚拟教学平台是中小学机器人教学起到了辅助作用，通常有面向对象的学习平台和机器人辅助教学平台。面向对象的学习平台如 Kenrobot 在线学习平台（图 4-36）以及添喜 LUBOT 编程软件（图 4-37）等。此类平台才用一种面向对象的图形化方式，非常适合进行初学者学习。Kenrobot 在线学习平台，提供智能硬件及编程学习的云服务，通过简单拖拽流程图编程就可以完成

一个完整的智能硬件开发案例。



图 4-36 Kenrobot 在线学习平台

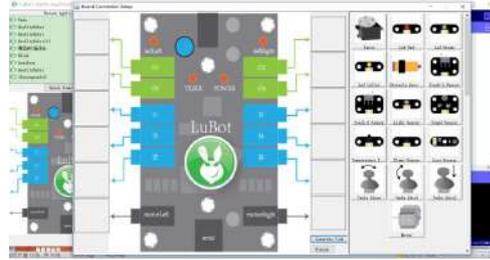


图 4-37 乐喜 LUBOT 编程软件

机器人辅助教学平台，例如乐喜机器人 3D 数字化教学平台、CastleRock™云学习平台等。

乐喜机器人 3D 数字化教学平台包含（图 4-38. 图 4-39）：  
3D 动态模拟建模、电子教材、教案、微课等多个核心功能。将移动编程、3D 数字建模模拟、难点视频讲解、数字教材全部整合。在老师的讲解过程中，配合 3D 模拟建模，让学生清楚、深入的观察、学习每一个机械装置的制作流程与方法，提高学生的学习效率；视频难点讲解则是老师授课的最佳辅助工具，就如同为每一位学生配备了一名专业的助教，大大降低了老师的教学难度和备课强度。

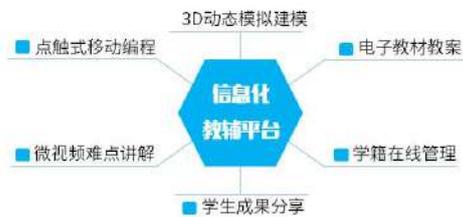


图 4-38 乐喜数媒教辅平台核心功能



图 4-39 乐喜 3D 动态模拟建模

CastleRock™云学习平台（图 4-40. 图 4-41），与 ROBOTERRA 机器人教育课程相衔接，软件环境包含了代码编程及图形化编程两种选择方式，中英双语切换，包含项目学习模式、关卡挑战任

务、3D 搭建辅助、虚拟机器人与事件监视器、学习报告反馈等模块。



图 4-40 CaslteRock™ 云学习平台操作界面



图 4-41 CaslteRock™ 云学习平台图形化编程界面

## 第五章 机器人课程建设

### 5.1 机器人课程设计

我国机器人课程设计主要有围绕机器人教育理念；依托特定器材或机器人赛事；借鉴大学机器人教育经验。

#### 5.1.1 围绕机器人教育理念

随着创客、STEM 教育在全世界范围内的发展，机器人教育也越发的重视对学生的创新能力及跨学科学习能力的培养，以及如何使用机器人技术解决所遇到的问题。例如，北京景山学校于 2016 年，将机器人教育正式纳入学校必修课程（图 5-1. 图 5-2. 图 5-3），在全七年级开设课程。景山学校的机器人课程，除本校信息技术教师外，还专门外聘了专业教师为学生授课，并且采取每周两课时连排、小班化教学的形式开展，以保证学生们在课上的学习效果。



图 5-1 景山学校机器人必修课 图 5-2 景山学校机器人课堂 图 5-3 景山学校机器人课堂

北京永泰小学将机器人与创客教育相结合，将机器人课程作为必修课，机器人必修课程涵盖了 2-5 四个年级，每周一节。在科技必修课程的基础上，学校又开设了科技选修课，包括机器人、单片机、程序设计等，涵盖了 3-6 年级的学生。形成机器人课程金字塔，（图 5-4）即 2、3 年级的乐高机器人必修课程为学生学习物理、机械结构、传动方式打下了基础，4、5 年级的单片机必修课程为学生学习智能控制打下了基础，3-6 年级的选修课程进一步提升，为后面实施创客教育打下了坚实的基础。（图 5-5、图 5-6）



图 5-4 永泰小学课程结构 图 5-5 永泰小学机器人课堂 图 5-6 永泰小学学生作品扫地机器人

徐州市绿地小学机器人课程，强调让孩子在游戏中自然学习，以动手的方式去构建科学知识，培养孩子创新思考及问题解决能力。以动物、交通工具、建造结构为搭建主题，通过设问方式，激发孩子的好奇心，引导孩子进行思考和探究，认知自然界的奥秘，在搭建的过程中，让孩子寻找规律、掌握零件连接方

法，同时鼓励孩子主动发现搭建过程中遇到的问题，并在此基础上发展孩子空间结构感和简单创新能力，图 5-7、图 5-8。



图 5-7 徐州市绿地小学机器人课程图



图 5-8 徐州市绿地小学学生作品

陕师大实验小学机器人 VEX-IQ 课程总共分为两个阶段，分别为 VGL(VEX-iq Graphics Language)和 VMP(VEX-iq Mechanical Principle)，即图形化语言编程的学习以及机械原理、机器人结构的学习，图 5-9、图 5-10。

VEX-IQ 课程在第一阶段主要是通过学习图形化语句编程，锻炼孩子的逻辑思维和抽象能力。用各种各样的语句逻辑来控制机器人完成相应的运动挑战，从而激发孩子的学习兴趣。

在第二阶段主要是学习机器人相关的基础理论、科学基础，并通过搭建、编程、运行这样的过程，来认识相应的机械原理和机器人结构。培养孩子的科学思维，锻炼孩子的综合能力。



图 5-9 陕师大实验小学机器人课程

图 5-10 陕师大实验小学机器人成果展示区

中国人民大学附属中学自九十年代开始开展机器人选修课和竞赛活动，已有二十几年的历史。目前开设机器人创新设计、FLL、FTC、FRC、机器人工程挑战赛、VEX 机器人等机器人选修课程，同时开设了机器人、机器人与人工智能、工业机器人等研究性学习课程。同时开展了相应的机器人比赛，表 5-1。

表 5-1 中国人民大学附属中学课程表

名称	性质	年级
机器人	必修	初二
简易机器人制作	必修	高二
FLL	选修	初中
FTC	选修	初高中
FRC	选修	初高中
VEX	选修	初高中
工程挑战赛	选修	初中
机器人创新设计	选修	高中
机器人	研究性学习	高二
机器人与人工智能	研究性学习	高二
工业机器人	研究性学习	高二

各地教育部门积极探索适合于当地情况的中小学机器人课程，例如，秦皇岛市青少年科技教育协会为了在三四线城市推广普及机器人教育，让更多的家长和孩子认知到机器人教育的重要性，提出“趣味体验式”机器人普及课程体系（图 5-11）。小而精的主题式课程设置，包括机器人主题日（周末一天）和机器人体验周（每天放学后一小时）两种形式，分别设有太空，航海，学习伙伴等孩子们感兴趣的主体，内容涵盖简单机械原理和初步编程概念。



图 5-11 “趣味体验式”机器人普及课 图 5-12 青岛市中小學生创客实践基地机器人课程

再如，青岛市中小學生创客实践基地，该基地采取线上和线下模式，线上通过构建 1+X 课程体系开设创客网上课程，线下实地开展创客实践体验（图 5-12）。目前基地设有航天航空、水下、教育、物联、人形智能、体育运动等系列机器人实践工坊，结合青岛基础教育与职业教育体系，和院校\企业\科研等单位密切合作，已经完成各类课程研发并深入学校开展机器人社团和青岛本土特色课程，组织学生参加国际\国内等机器人比赛和交流。

### 5.1.2 依托特定器材或机器人赛事

依托特定器材或机器人赛事进行课程设计是中小学机器人课程重要类型，机器人教育机构开发的课程多采取此类方式。

例如，北京朝元时代科技的 NAO 机器人课程及教材均依托 NAO 机器人开展相关课程设计，包含 Choregraphe、Python，NAO 机器人编程与控制能。

北京交通大学机构创新与机器人学实验室，依托几何机器人设计了中小学几何机器人系列课程包括，几何机器人基础课程、几何机器人中级课程和几何机器人高级课程。（表 5-2）

表 5-2 几何机器人基础课程节选

课程名称	课程内容
几何机器人高级课程	1. 机器人的理论基础知识进一步学习，数学、几何、电子、计算机等课程关联知识的学习和理解；

	2. 较复杂几何机器人的拆装，深化相关知识的理解，提升学生的创新意识和实践动手能力； 3. 进一步学习绘图软件和 Arduino 程序设计，进一步体验机器人的设计的全过程；进一步培养学生的学习和创新能力；
--	---

享渔基于 Arduino 开源硬件设计机器人课程，（表 5-3）在掌握 Arduino 开源硬件的基础上，引入机器人、自动控制、和算法设计，进一步提高学生们分析、解决复杂问题的能力，对人工智能有一个初步的了解。

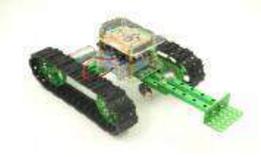
表 5-3 享渔智能硬件创新课程内容节选

课程名称	课程目标	建议课时
迎宾机器人	1. 了解和实践机器人的三大功能：动、感知、发声 2. 通过项目 1 学习舵机的使用，让机器人动起来 3. 学习使用类库这一强大工具 4. 通过项目 2 学习语音模块的使用，让机器人说话 5. 通过项目 3 学习超声波模块的使用，让机器人感知物体距离	5
自律型自动跟随小车	1. 引入机器人：了解机器人、自律型移动机器人、自动控制系统等概念 2. 使用超声波传感器设计自动跟随小车 3. 通过常见问题及其解决方法，引导学生思考如何改良算法	2

爱创家基于 ITRON 智控板和自主研发的机器人套件，形成爱创家三级课程，（表 5-4）一级课程主要是编程的入门与初始传感器、电机、舵机等器件，二三级是学习编程控制，掌握多种传感器的综合使用及机械结构的复杂搭建，深入学习机械及电子电路知识。

表 5-4 爱创家课程体系节选

阶段	教学目标	知识点	示例图
机械结构与电路基础	1、了解中控板的作用，中控板类似人类的大脑 2、学习中控板的使用方法，体验用 1、2 号电机控制车辆 3、激发学习动机，培养探究能力	1、什么是 CPU 2、生活中的 CPU	

机器人	1、认识机器人，了解机器人现状 2、让学生主动发挥创造力，积极动手实践，激发兴趣，发挥联想以机器人结合生活应用，参与讨论表达 3、开拓视野，激发对科技的兴趣，热爱生活	1、认识什么是机器人以及机器人的种类 2、机器人对人类的作用 3、设计和实现一个运输机器人并用编程控制它的运行	
	1、了解相扑运动 2、利用套件搭建相扑机器人的基本结构，让学生自由发挥 3、体验动手创作的乐趣，并能用STEM的思维看待各种STEM作品	1、相扑机器人的制作方法 2、用程序控制机器人进行相扑比赛	

达内童程童美基于 WeDo、EV3、ARM 研发机器人课程体系，(表 5-5)覆盖中小学各个学段，并形成机器人正课、特色课及校企合作课程。

表 5-5 达内童程童美机器人课程节选

课程名称	年龄段	教具	内容
WeDo 编程	一年级	WeDo2.0 机器人	搭建简单的机械结构，例如：齿轮传动、皮带传动、连杆结构，同时学习使用程序控制电机、传感器，掌握常用的编程模块，以生动有趣的情景故事带领孩子探究科学的奥秘。
EV3 进阶	三年级	EV3 核心套装	搭建更加复杂的机械结构，并能在基础结构上进行自我创意搭建，学习复杂的 EV3 编程，包括触碰、颜色、超声波、陀螺仪等传感器的应用，以及对程序流程控制、变量等高级模块应用。
EV3 高阶	五、六年级	EV3 核心套装 + 备件库	搭建复杂的机械结构，学习使用 ROBOTC 语言进行编程，涉及到变量、运算符、数据类型、顺序结构、循环结构、选择结构、自定义方法、字符串操作、蓝牙传输。同时学习 3D 打印建模，将 3D 模型与乐高机器人结合起来，玩转机器人。
ARM 人工智能	初中生	ARM 核智能硬件开发套件	基于 ARM Cortex-M4 核智能硬件开发套件平台，结合乐高、3D 打印技术完成多个项目开发，使用 C 语言编程。
嵌入式开发	高中生	ARM 核智能硬件开发套件	与英国 ARM 公司合作开发的嵌入式课程，学习 Linux 操作系统、Linux 系统编程、QT、C、C++，贯穿项目采用智能家居整体方案。

玛酷机器人根据乐高教育器材研发出一整套从学前到学龄的完整体系，包括工程探索、机械奥秘、智能医院、智能仿生等十大主题。（图 5-13）

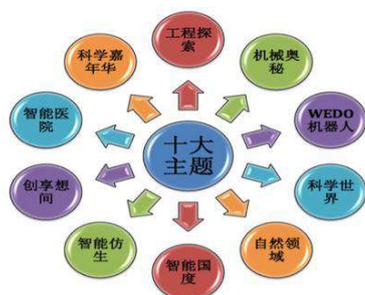


图 5-13 玛酷机器人十大主题课程

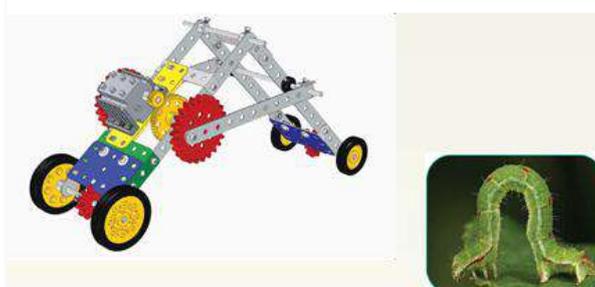


图 5-14 沃喜机器人课程“尺蠖”

沃喜机器人课程体系则围绕仿生类机器人和工程机械类机器人设计课程体系，（图 5-14）其课程体系旨在让学生们掌握制作模型的基本顺序和原理，了解并灵活应用各种机械零件，完成具有基本功能的创意模型；搭建过程中将学习发动机工作原理、各种动力传递装置及相关物理知识，培养孩子超常的工程思维与创新思维。

飞航创客以无人机为主要载体设计课程体系，其课程模块分别有组装与飞行、电子电路、机械结构、图形编程。（图 5-15. 图 5-16）



图 5-15 飞航创客无人机



图 5-16 飞航创客无人机课堂



图 5-17XDL 机器人课堂

XDL 机器人课程所用的高级教具采用高度封装的全自动机械电路，XDL 机器人课程从机械、电子、编程三个方面培养学员

的动手、科技创新及逻辑编程等能力。（图 5-17）其中，机械部分包括，创意结构搭建、玩具级拼插、工业级标准件、竞赛级 DIY；电子部分包括，Pingo、乐高电子件、ARDUINO、单片机；编程部分包括：硬件逻辑编程训练、命令引导式编程、纯图形化编程、半图形化编程、语言级编程。

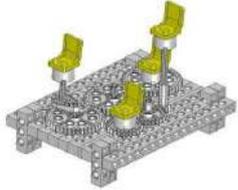


图 5-18 瓦力工厂赛事课程 图 5-19 乐博士 CHINA ROBOTC VEX 机器人冬（夏）令营

此外，乐博士中国、瓦力工厂（图 5-18、图 5-19）、XDL 机器人教育、寓乐湾、搭搭乐乐等机构围绕不同类型的机器人竞赛设计相关的机器人课程。例如，乐博士中国 CHINA ROBOTC VEX 机器人冬令营、夏令营，（图 25）采用美国卡耐基梅隆大学机器人学院课程，课程学习达到合格水平即获得 ROBOTC 编程证书，并对接 VEX 机器人国际竞赛，成绩优秀者可晋级 VEX 世锦赛。以寓乐湾为例，（表 5-6）围绕“APAR 亚太青少年科技创新大赛”设计了系列机器人竞赛课程，寓乐湾机器人课程涉及从学龄儿童至中小学，包含机器人基础课程、机器人编程课程、机器人游戏课程、机器人竞赛课程四个模块

表 5-6 寓乐湾机器人基础课程、编程课程、游戏课程、竞赛课程节选

活动项目	任务	任务作品图示	学习目标
------	----	--------	------

机器人基础课程	机械小马		<ol style="list-style-type: none"> <li>1、了解马的运动原理</li> <li>2、研究动物行走的特点和方式</li> <li>3、掌握足式的基本机械方法</li> </ol>
机器人编程课程	晕眩转椅		<ol style="list-style-type: none"> <li>1、知道什么是偏心轮；</li> <li>2、学会通过独立思考解决问题。</li> </ol>
机器人游戏课程	有趣的陀螺		使用身边的机器人器材打造属于自己的最强陀螺，看看谁的陀螺旋转时间最长！
机器人竞赛课程	避开障碍		通过自己设计的机器人来完成避开障碍的任务。

大疆科技 ROBOMASTER 中学机器人课程方案，借鉴在工科人才培养领域的成功经验，凭借 RoboMaster 在大学生机器人赛事、高校产学研合作、高中生夏令营等教育领域的积累，结合中学生知识能力水平和 STEM 教育理念，研发推出的适合于中学生学习的机器人课程。（表 5-7）

《RoboMaster 机器人》课程大纲							
课时	章节名称	类型	具体内容	课时	章节名称	类型	具体内容
第一课	机器人概述及工程应用基础-C语言入门	理论	机器人产生和发展	第六课	执行器	理论	执行器概述
			机器人的种类				舵机与电机概述
		实践	机器人的组成部分				有刷直流电机与无刷直流电机
			RoboMaster 机器人比赛视频赏析				电子调速器概述
第二课	控制器(一)	理论	开发软件使用方法(Keil)	第七课	工程应用基础-控制技术	理论	舵机角度精准控制实验
			C语言入门基础				单个电机控制实验
		实践	控制器概述				控制技术概述
			微控制器(MCU)				开环控制与闭环控制
第三课	控制器(二)	理论	外部设备	第八课	工程应用-底盘(一)	理论	闭环控制-PID控制算法
			MCU芯片资源-GPIO输入与输出				单个电机PID精准控制
		实践	GPIO输入输出实验(LED灯与按键)				机器人的移动方式
			MCU芯片资源-定时器				轮式结构学习
第四课	控制器(三)	理论	MCU芯片资源-PWM控制	第九课	工程应用-底盘(二)	理论	遥控器原理介绍
			TIM定时器实验(LED灯)				PID控制底盘的移动
		实践	PWM控制实验(LED灯)				麦克纳姆轮的速度解算
			控制器通讯概述				控制底盘的全向移动
第五课	传感器	理论	MCU芯片资源-UART通讯	第十课	工程应用-云台技术	理论	云台的原理及应用
			MCU芯片资源-CAN通讯				无线图像传输技术介绍
		实践	UART通讯与CAN通讯实验(点亮LED灯)				云台电机的控制
			传感器概述				公布竞赛项目《未来城市与无人车》
第六课	传感器	理论	光电传感器介绍	第十一课	项目实践(一)	实践	提交机器人设计方案及工作计划
			光电编码器介绍				制作机器人及验证方案
		实践	霍尔传感器介绍				提交进度报告
			陀螺仪介绍				制作机器人及验证方案
第七课	传感器	理论	光电传感器实验	第十二课	项目实践(二)	实践	提交进度报告
			板载陀螺仪实验				制作机器人及验证方案
		实践	霍尔传感器实验				提交进度报告
			场地布置与人员安排				无人车项目最终竞赛
第八课	传感器	理论	霍尔传感器实验	第十三课	项目实践(三)	实践	项目答辩及总结
			陀螺仪实验				提交进度报告
		实践	陀螺仪实验				提交进度报告
			陀螺仪实验				提交进度报告

表 5-7 大疆科技 ROBOMASTER 中学机器人课程方案

### 5.1.3 借鉴大学机器人教育经验

大学机器人教育是中小学机器人课程设计的重要参照,中小学校在机器人课程设计过程中,积极对接开设机器人课程的高等院校,共同研发适用于中小学校的机器人课程。机器人教育机构更将大学机器人研究成果直接进行教育转化。

例如,中国工信出版传媒集团有限责任公司联合北京大学工学院研发的“RoboCom 青少年机器人创客教育课程体系”将北京大学机器人教学成果进行中小学机器人教育转化。该课程体系(图 5-20)包含知识、能力、通识、工具四个层面,知识层面:包括机械、电子、编程、数学等知识并且融入数学、物理等学科知识,不再是为了机器人而机器人;能力层面:艺术设计、观察能力、图表能力、绘画能力、表达能力等;通识层面:每学期一

个主题，通过主题拓展了解各种生活常识；工具层面：融入 3D 打印、激光切割和开源硬件等设备的应用。



图 5-20 RoboCom 青少年机器人创客教育课程体系

再如，易方科技模块化组装机器人课程（表 5-8）既借鉴了哈佛大学、麻省理工大学、清华大学、北京航空航天大学等国内外顶级工科大学的多年智能控制教育成果，通过设计简易智能机器人，系统地培养中小学生学习机器人专业知识、逻辑思维和探究能力。

表 5-8 易方科技模块化组装机器人课程节选

学习阶段	课程标题	知识内容	课时
认识机器人	机器人简介	机器人定义、发展史、组成、分类；智能移动机器人介绍	2
基本技能学习	LED 控制实验	主要讲解数字输入/输出，模拟输入/输出，面包板的使用方法，按键、电位计的工作原理以及单片机图形化编程的流程步骤	3
	电机驱动实验	主要讲解电机工作原理及运动控制、e-bot 五种运动状态的控制编程方法	3
	超声波避障实验	主要讲解超声传感器的工作原理、控制程序以及避障机器人的原理及开发方法	3
	红外探路实验	主要讲解红外传感器的工作原理、控制程序以及红外探路机器人的原理及开发方法	3

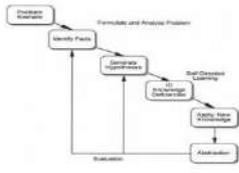
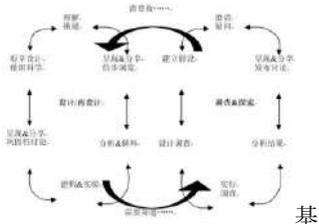
	光源跟踪实验	主要讲解光敏传感器的工作原理、控制程序以及逐光机器人的原理及开发方法	3
	声音控制实验	主要讲解声音传感器的工作原理、控制程序以及简易声控机器人的原理及开发方法	3
项目训练	巡线机器人制作	巡线机器人机械结构搭建、电路连接、编程控制	4
	搬运机器人制作	搬运机器人机械结构搭建、电路连接、编程控制	4
	足球机器人制作	足球机器人机械结构搭建、电路连接、编程控制	4
合计			32

## 5.2 机器人教学设计

经 ERIC 检索，有关机器人教学方法的文献有 45 篇，约占研究总样本的 30%，说明机器人教育的实证研究比较丰富，形成一定理论成果。国外中小学机器人教学过程强调学生自主发挥，由于多数机器人课程都是以团队作为活动单位，比如参加一些机器人竞赛项目，在整个设计制作过程中，学生都是自行组成团队，自己操作、编程、参加比赛，教师只做最简单的指导和协助。机器人教学过程是一种以学生为中心的，以具体情境为激发点，以问题为导向，以项目为载体，同时以培养学生创新能力和问题解决能力等高阶能力为目标，让学生在“做中学”的开放性的环境。国外中小学机器人教学多借鉴 STEM 课堂教学策略主要有 5E 教学模式（探究式教学）、基于问题的学习（Problem-based Learning）、基于项目的学习（Project-based Learning）、基于设计的学习（Design-based Learning）。不同教学模式的详细内容如表 5-9 所示。

表 5-9 基于 STEM 的机器人课堂教学策略

教学模式	实施步骤	实践案例
5E 教学模式	引入（Engage） 探究（Explore） 解释（Explain）	70 分钟的课程，与科学和工程实践、横切概念和“下一代科学标准”中的学科核心思想相一致，由朗读参与、以学生为中心的物理

(探究式教学)	加工 (Elaborate) 评估 (Evaluate)	调查、工程人员组成[20]。
基于问题的学习 (Problem-based Learning)	 <p>Fig. 1. Problem-Based Learning (PBL) cycle</p> <p>Problem-Based Learning Cycle model[21]</p>	儿童使用机器人工程，科学，技术和数学 (CREST-M)是一个正在进行的课程创建和评估项目开发数学为重点的科学，技术，工程和数学 (STEM) 课程单元，结合数学故事和设计[22]。Ceker 等人从问题式学习的特征进行实证研究，主要是医疗和化学学科的教育实践[23]。
基于项目的学习 (Project-based Learning)	 <p>Project-based Learning Cycle model[24]</p>	利用视频制作设备模仿电视节目的制作，六年级的学生就读于特许学校，邀请大学生分享他们关于身体活动和保持健康生活方式的故事。本文分享的经验反映了体育课如何在结合数字媒体的同时使用 PBL[25]。
基于设计的学习 (Design-based Learning)	 <p>基于设计的科学探究模型[26]</p>	机器人课程将高级的本科生暴露于主要的机器人学概念，并通过建立机器人 C 来将 IEEE Realth-5 年度机器人竞赛(本科生充当机器人竞赛的导师)与开放式设计挑战结合起来，增强了混合学习环境下的学生学习经验[27]。

我国众多研究者开展机器人教学研究。例如，通过讲授重要内容解决学生普遍存在的问题，结合微课资源解决学生的个性化问题也是很好的教学方式[3-4]。进一步阅读高频文献发现教学方法包含了项目教学法（李蓝波，2016）、任务驱动法（李立玉等，2008；曲凌，2014）、工程对象教学法（蒋华平，2013；黄朝阳，2014；谭永丽，2016）、PBL（基于问题的）教学法（孙伟英等，2012）、体验教学法、创新者教学法、六步法教学（林祖盛，2017）、乐高 4C 教育理念、探讨式教学法（战强，2016），K5 示教法（曲芳，2016）等。机器人教学模式相关的文献数量相对比较丰富，基于项目教学的模式是大家

认可度较高的，这也与教学方法的统计数据相吻合，具体具有代表性的机器人教学模式如表 5-10 所示。

表 5-10 机器人教学模式

机器人教育模式	代表人物	具体观点
机器人 4I 教学模式	钟 柏 昌[1]	机器人教学模式的两个分类维度：知识内容维度物化成果维度，经由两个分类维度的交叉，可以区分出实验模拟型教学、趣味交互型教学、科学探究型教学和发明创造型教学
五类教学模式	谢达[2]	智能机器人在培养学生信息素养方面的作用,提出了在智能机器人教学中可采用的五种教学模式:导入课模式、实验引导模式、任务驱动模式、自主学习模式、团队合作模式
创客理念与机器人教育想融合的教育模式	王小根 , 张爽[3-4]	将创客教育与机器人教育相融合,基于学习流程,构建出集“知识学习过程”、“模仿过程”、“创造过程”、“分享过程”于一体的教学模型
“微课导学”教学模式	王同聚[5]	通过对“翻转课堂”“研学后教”等教学模式进行研究和分析,结合机器人教学实操性强的特点,构建了以“微课”和“研学案”为教学载体的“微课导学”教学模式,
合作模式	秦健,刘超, 吴忠旭[6]	以“机器人技术应用”赛项为例,介绍了单片机课程实施“以赛促学”教学模式的具体设计、实施办法,最后提出了相应的保障条件
配对学习模式	钟柏昌 王艳霞[7]	软硬配对学习模式在机器人教育中具有重要意义,可以促进制作更优秀的作品
“以赛促教”模式	朱乐[8]	机器人竞赛成为学生展现自我的平台,通过比赛的形式促进教学效果

## 第三篇 评价建议篇

## 第六章 机器人教育评价

### 6.1 机器人教育评价

美国学者泰勒在《史密斯-泰勒报告》中，首次提出并正式使用“教育评价”这一概念，他认为教育评价是“检验教育思想和计划的过程”。1981年，美国教育评价标准联合委员会对教育评价进行了综合的界定，他们认为“教育评价是对教育目标和它的优缺点与价值判断的系统调查，为教育决策提供依据的过程”。

目前，各类机器人竞赛活动成为机器人教育的主要评测手段，但弊端在很多方面已经显露。需构建评价体系，既能评测学生对机器人基本概念、构造、功能、设计等专业知识的掌握情况，又能评价学生逻辑思维能力、分析问题和解决问题能力、综合实践能力、创新能力、团队合作能力和求真务实的精神等。基于系统性、常态性、发展性、普及性的评价体系，以检验机器人教育理念及课程教学过程。

### 6.2 机器人等级考试

机器人技术与产业应用已经成为中国迈向未来工业和服务业创新发展的关键技术领域；机器人技术是融合机械、电子、计算机、智能控制、互联网、通信、人工智能等诸多技术的生态综合体，对未来学科启蒙意义重大。

国家教育体制改革，中小学通用技术课程及综合实践课程比重日益加大，中小学开设以机器人为载体的新一代信息技术课程的愿景更加丰富和明确；目前在高考过程中，高校与考生双方存在对现代电子信息专业认知的误区，在双向选择中，缺乏公正权威的第三方科技评价体系来辅助供需双方合理评估考生的专业水平、兴趣爱好、技术特长，间接影响青少年的学业和发展；在高考功利化趋势下，社会培训以补课为主，科技活动欠缺，培养体系不系统，急待完善；

全国青少年机器人技术等级考试是由中国电子学会于 2015 年启动的面向青少年机器人技术能力水平的社会化评价项目。全国青少年机器人技术等级考试面向青少年群体的年龄为 8-18 周岁，学级为小学 1 年级至高中 3 年级，等级设置为 1-8 级，其中一二级对应工业革命之后的机械时代，三四级对应电子时代，五六级对应信息时代，七八级对应智能时代。八级及以上与中国电子学会全国电子信息专业技术人员水平评价（QCEIT）体系衔接，进入电子信息专业人才序列。

认证形式为以考代评，实行考试与培训分离的模式；科目设置为，每个级别两科，一科理论，一科实操；报名方式上，机构统一报名与线上个人报名相结合；考试模式上，理论部分实行全国统考，实操部分实行全国统考与机构独立组织相结合；考试方式上，理论部分通过在线网络考试形式，实操部分通过现场制作+现场考评形式；晋级方式上，逐级递进与跨级选考相结合形式，跨级选考考题须涵盖低级别考核重点内容。

## 第七章 机器人教育发展建议

### **（一）建立中小学各学段机器人教育连贯性**

机器人教育是系统的、长期的教育工程，需要根据中国制造2025 发展总体规划，根据各学段学生特点，结合机器人教育规律，搭建从小学直至高中，乃至大学的连贯性的机器人课程构架。

### **（二）加强中小学机器人教师队伍建设**

中小学机器人教育对于教师有较高的要求，尤其落后地区机器人教师能力亟待提升。充分结合教育部、人社部、中国科协等政府部门发布的相关教师人才培养的政策通知，发挥各地教育部门、科协部门及中国电子学会等专业技术社团作用，共同推动机器人教师队伍建设。

### **（三）积极开展中小学机器人相关等级评定工作**

中小学机器人教育需基于系统性、常态性、发展性、普及性的评价体系，评测学生对机器人基本概念、构造、功能、设计等专业知识的掌握情况，又能评价学生逻辑思维能力、分析问题和解决问题能力、综合实践能力、创新能力、团队合作能力和求真务实的精神等，以检验机器人教育理念及课程教学过程。

### **（四）整合多方资源构建机器人教育生态**

中小学机器人教育教学的深度和广度均远远的超出中小学校自身能力范围，产学研结合才能实现教育生态的可持续发展。

充分发挥中国电子学会等社会组织的桥梁纽带作用，整合国内外机器人领域的高等院校、研究机构、企业等社会资源，搭建起中小学机器人教育生态系统。

#### 参考文献：

- [1] 崔世钢, 王金城, 魏长增, 李丽霞, 郑桐. 机器人与教育改革[J]. 机器人技术与应用, 2000(04):16-17.
- [2] 国务院办公厅关于印发全民科学素质行动计划纲要实施方案(2016—2020年)的通知[EB/OL]. 国办发[2016]10号. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-03/14/content\\_5053247.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-03/14/content_5053247.htm)
- [3] 教育部办公厅关于印发《2017年教育信息化工作要点》的通知[EB/OL]. 教技厅, [2017]2号. [http://www.gov.cn/xinwen/2017-02/21/content\\_5169817.htm/](http://www.gov.cn/xinwen/2017-02/21/content_5169817.htm/)
- [4] 李龙. 面向教育机器人的物理仿真系统的设计与实现[D]. 电子科技大学, 2013.
- [5] 方利伟, 张剑平. 基于实时专家系统的智能机器人的设计与实现[J]. 中国教育信息化, 2007(16):69-70.
- [6] 王新亮. 教育机器人控制系统快速原型实验装置的研究与开发[D]. 东北大学, 2009
- [7] 赵加兴. Moodle 网络平台支持下的中小学机器人教学模式研究[D]. 西北师范大学, 2010.
- [8] 张凡超. 基于 Internet 的机器人教育软件平台设计与实现[D]. 山东大学, 2008.
- [9] 葛艳红. 基于物联网的教育机器人关键技术研究[D]. 武汉理工大学, 2013.
- [10] 王改霞, 朴姬顺. 国内机器人教育研究发展综述[J]. 中国教育信息化, 2012(12):14-17.
- [11] 雷黎颖, 梁铭. 国内机器人教学研究的可视化分析[J]. 软件导刊(教

育技术), 2016(8):75-77.

[12] 刘涵,刘京旋.面向机器人竞赛的文献分析与主题词提取[J].情报工程,2017(3):81-86.

[13]马卫民,张玉芹.机器人教育文献内容分析[J].中国教育信息化,2018(07):12-17.

[14]张振堂.中学智能机器人教育的校本课程建设研究[D].西北师范大学硕士学位论文.2006.

[15]王珂.机器人教育的发展趋势及未来把握[J].机器人产业,2016(3):48-52.

[16]卢晓琦,秦健.我国机器人教育研究热点分析——基于词频分析和社会网络分析[J].中国教育信息化,2018(03):27-30+34.

[17] 新华社.刘延东:深化国际创新合作让更多人共享机器人发展成果[DB/OL].

[http://www.gov.cn/guowuyuan/2017-08/23/content\\_5219933.htm/](http://www.gov.cn/guowuyuan/2017-08/23/content_5219933.htm/)

[18] 彭绍东.论机器人教育(上)[J].电化教育研究,2002,(6):3-7.

[19] 钟柏昌,张禄.我国中小学机器人教育的现状调查与分析[J].中国电化教育,2015(7):101-107.

[20] 王小根,张爽.面向创客教育的中小学机器人教学研究[J].现代教育技术,2016(8):116-121.

[21]钟柏昌.中小学机器人教育的核心理论研究——机器人教学模式的新分类[J].电化教育研究,2016,37(12):87-92.

[22] 谢达.智能机器人在培养学生信息素养中的教学模式研究[J].中国教育信息化,2008(12):16-18.

[23] 王小根,张爽.面向创客教育的中小学机器人教学研究[J].现代教育技术,2016(8):116-121.

[24]张爽,王小根,赵康健.创客教育视域下中小学机器人教学模式构建[J].中国教育信息化,2016(12):19-22.

[25] 王同聚.“微课导学”教学模式构建与实践——以中小学机器人教学为例[J].中国电化教育,2015(2):112-117.

[26] 秦健,刘超,吴忠旭.基于师范院校与中学合作的机器人教育模式探究

[J]. 广西广播电视大学学报, 2016, 27(02):27-30.

[27] 钟柏昌, 王艳霞. 配对学习模式在机器人教育中的有效性[J]. 现代远程教育研究, 2018(03):66-74.

[28] 朱乐. “以赛促教”模式下的机器人教学探索与思考[J]. 中国现代教育装备, 2018(08):59-60.

[29] 王荣良. 机器人教育与工程思维关系之研究[J]. 中国教育信息化, 2008(24):27-29.

[30] 王丽娟. 机器人教育对中学生自主学习能力培养的研究[D]. 河北师范大学, 2015.

[31] 廖伯琴, 张大昌. 《普通高中物理课程标准(实验)》解读[M]. 湖北:湖北教育出版社, 2004: 273.

[32] 李艺, 谢作如. 机器人教育何以进入中小学课堂[J]. 中国信息技术教育, 2015(10):4-9.

[33] 张振堂. 中学智能机器人教育的校本课程建设研究[D]. 西北师范大学硕士学位论文, 2006.

[34] 胡兵华, 何少莎, 王小根. 中小学机器人教育的校本课程开发探讨[J]. 中国教育信息化, 2009(02):15-17.

[35] 王小根, 胡兵华, 何少莎. 基于“任务驱动”的小学机器人教育校本课程开发[J]. 电化教育研究, 2010(06):100-102+106.

[36] 潘瑞娟, 秦健. 初中机器人教育校本课程教学内容开发的研究设计——以乐高 EV3 为例[J]. 科学大众(科学教育), 2018(01):26.

[37] 张元立. 面向师范生的“机器人教育”课程设计与资源开发研究[D]. 重庆师范大学, 2017.

[38] 戴玉梅, 王健潼, 彭青青, 孟佳, 董焕. 基于核心素养的小学机器人创客课程实践研究[J]. 中国教育信息化, 2018(01):5-11.

[39] 孙媛媛. 中小学机器人课程的研究与开发[D]. 首都师范大学, 2006.

[40] 余显志. STEM 教育理念下的慧鱼机器人课程教学设计研究[D]. 广西师范大学, 2017.

[41] 黄俊军、葛世荣、曹为. 多足步行机器人研究状况及展望[J] 机床与液压 2008(5) 187-191

- [42]张国民. 虚拟机器人在中学教育中的应用研究[D]. 浙江: 浙江师范大学, 2009.
- [43]北京教育科学研究院基础教育教学研究中心. 北京市信息技术学科五年级教师调查报告[R]. 北京. 北京教育科学研究院基础教育教学研究中心. 2009
- [44]王国彪 陈殿生 陈科位 张自强 仿生机器人研究现状与发展趋势[J] 机械工程学报 , 2015 , 51 (13) :27-44
- [45]吉爱红 , 戴振东 , 周来水 仿生机器人的研究进展[J] 《机器人》 , 2005 , 27 (3) :284-288
- [46]李开生 , 张慧慧 , 费仁元 , 宗光华 国外服务机器人的发展动态和前景[J] 制造业自动化 , 2000 , 22 (6) :1-4
- [47]宋章军 服务机器人的研究现状与发展趋势[J]集成技术 , 2012 , 1 (3) :1-9
- [48]肖雄军 , 蔡自兴 服务机器人的发展[J] 自动化博览 , 2004 , 21 (6) :10-13
- [49]许宏岩 , 付宜利 , 王树国 , 刘建国 仿生机器人的研究[J]机器人 , 2004 , 26 (3) :283-288
- [50]徐国华 , 谭民 移动机器人的发展现状及其趋势[J]机器人技术与应用 , 2001 (3) :7-
- [51]谭民 , 王硕 机器人技术研究进展[J]自动化学报 , 2013 , 39 (7) :963-972
- [52]Matthew Lynch, (2017). FIVE REASONS TO TEACH ROBOTICS IN SCHOOLS[DB/OL]. The Edvocate. <http://www.edvocate.go.nmc.org/robofive> [http://www.researchandmarkets.com/research/sx5cc3/robotics\\_market](http://www.researchandmarkets.com/research/sx5cc3/robotics_market)
- [53]Druin, A., & Hendler, J. (2000). Robots for kids: exploring new technologies for learning. [M]. Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- [54]Jeff O'Heir. CRAFTY ROBOTS TEACH KIDS DESIGN[J]. Mechanical Engineering, 2016, 138(6).
- [55]Bers, M. U., Seddighin, S., & Sullivan, A. (2013). Ready for robotics: bringing together the t and e of stem in early childhood teacher education. Journal of Technology & Teacher Education, 21, 355-377.

[56]American Association for the Advancement of Science. (1993). Benchmarks for science literacy. New York, NY: Oxford University Press.

[57]Shanahan, T. (2015). Common core state standards. Elementary School Journal, 115(4), 464-479.

[58]Next Generation Science Standards (NGSS). (2015). Next Generation Science Standards. Retrieved from next gen science. Org.

[59]Karim, M. E., Lemaignan, S., & Mondada, F. (2015). A review: Can robots reshape K-12 STEM education?. IEEE International Workshop on Advanced Robotics and ITS Social Impacts (pp.1-8). IEEE.

[60]Rockland, R., Bloom, D. S., Carpinelli, J., Burralexander, L., Hirsch, L. S., & Kimmel, H. (2010). Advancing the "e" in k-12 stem education. Journal of Technology Studies

本报告遵循共创共享协议 4.0，可以自由复制、拷贝、分发、传播或改编，在做出以上处理时请标明出处，文献引用为：

杨晋. 乔凤天等. 2018 中小学机器人教育调研报告[R]. 北京: 中国电子学会普及工作委员会, 2018. 09