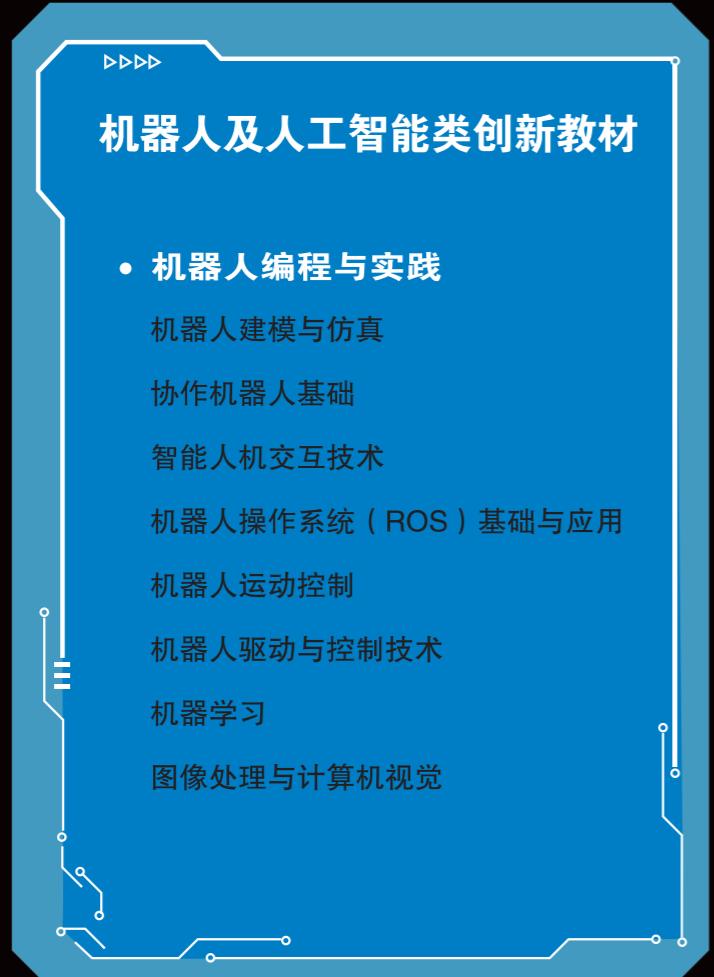




策划编辑 李艳文 范业婷  
责任编辑 徐 昕  
封面设计 屈 佳  
艳|文|工|作|室  
HITPYWGZ@163.COM



机器人编程与实践

主编 梁璐 曹雨 遥海卿

哈尔滨工业大学出版社



# 机器人 编程与实践

主编 梁璐 曹雨 遥海卿  
副主编 潘丽 邱韬 李清扬 党丽峰

哈尔滨工业大学出版社



机器人及人工智能类创新教材



# 机器人大编程与实践

主编 梁璐 曹雨 逯海卿  
副主编 潘丽 邱韬 李清扬  
编委 薛建斌 李永涛 赵莹 党丽峰

哈尔滨工业大学出版社

## 内 容 简 介

本书是一本特色鲜明、易学易练的机器人编程入门教材。全书使用图形化语言编程,通过众多实例,由浅入深,循序渐进地介绍了基于 Aelos Pro 智能人形机器人的基本知识、基本操作方法和编程应用开发技术,内容包括机器人结构认知,编程软件操作,机器人动作设计,人体红外、触摸、地磁、光敏、气敏、温度、湿度传感器的编程使用,语音识别、颜色识别、视觉模块的原理与应用,并基于上述知识完成足球机器人、迷宫机器人、垃圾分拣、智能家庭、智慧管家、人脸识别、送餐机器人等有趣的任务。本书为了读者学习方便,所有实例都给出了完整的程序,并就实例涉及的相关知识,也给出了介绍、解释和说明,便于读者掌握机器人图形化编程方面的有关知识内容。

本书可作为大中专院校电子信息、人工智能、机器人、自动控制等专业的教材,也可作为智能机器人学习爱好者的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

机器人编程与实践/梁璐,曹雨,逯海卿主编. —  
哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2023.1(2026.2 重印)

机器人及人工智能类创新教材

ISBN 978-7-5767-0368-9

I . ①机… II . ①梁… ②曹… ③逯… III . ①机器人  
-程序设计-教材 IV . ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 245472 号



HITPYWGZS@163.COM

艳文|工作室 13936171227

JIQIREN BIANCHENG YU SHIJIAN

策划编辑 李艳文 范业婷

责任编辑 徐 昕

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 河北龙大印务有限公司

开 本 787 毫米×1 092 毫米 1/16 印张 15.25 字数 313 千字

版 次 2023 年 1 月第 1 版 2026 年 2 月第 4 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5767-0368-9

定 价 68.00 元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

# 主编简介

## 丛书主编/总主编：

冷晓琨,中共党员,山东省高密市人,乐聚机器人创始人,哈尔滨工业大学博士,教授。主要研究领域为双足人形机器人与人工智能,研发制造的机器人助阵平昌冬奥会“北京8分钟”、2022年北京冬奥会,先后参与和主持科技部“科技冬奥”国家重点专项课题、深圳科技创新委技术攻关等项目。曾获中国青少年科技创新奖、中国青年创业奖等荣誉。

## 本书主编：

梁璐,中共党员,陕西省兴平市人,兰州职业技术学院电子信息工程系副主任,副教授。曾获得甘肃省“园丁奖”优秀教师,兰州市优秀共产党员,首届“兰州青年五四奖章”,兰州市首批“青年专家”,兰州市优秀科技工作者。2022年“梁璐智能硬件技艺技能传承创新工作室”获评甘肃省职业教育技艺技能传承创新工作室。

曹雨,中共党员,黑龙江省哈尔滨市人,乐聚(深圳)机器人技术有限公司职业教育部副总监,哈尔滨工业大学计算机科学与技术专业硕士。曾获全国机器人锦标赛一等奖。

逯海卿,中共党员,山东省安丘市人,潍坊学院机械与自动化学院机制教研室主任,机械工程专业博士,美国科罗拉多大学访问学者。主要研究方向为智能制造技术和复杂曲面数控加工及检测。



# 前　　言

创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。在以创新为主题的当今世界,只有先声夺人,出奇制胜,不断创造新的体制、新的产品、新的市场和新的形势,才能在日趋激烈的竞争中立于不败之地。机器人是多学科、交叉学科的综合体,对于工科领域的机械工程、电子信息、自动控制、传感器与测试技术、计算机硬件及软件、人工智能等学科均是最佳的教学研究平台。

本书围绕乐聚(深圳)机器人技术有限公司研发的高端智能人形机器人 Aelos Pro,展开对智能机器人编程及开发的介绍,从硬件调试,到图形化编程,由浅入深地引导读者逐步掌握机器人的编程方法,最终达到让读者基于该机器人平台可以独立完成机器人控制和二次开发的目的。

本书第 1~3 章由主编梁璐编写,第 4 章由主编曹雨、逯海卿编写,第 5~6 章由副主编潘丽编写,第 7 章由副主编邸韬编写。书中所有操作实例由李永涛验证,并录制操作视频。

本书受到兰州职业技术学院科研项目(课题编号:2021XY-21)、中国高校产学研创新基金——新一代信息技术创新项目(课题编号:2021ITA05015)、2021 年甘肃省职业教育教学改革研究项目(课题 1 编号:2021gszyjy-128;课题 2 编号:2021gszyjy-82)、2022 年度甘肃省高等学校创新基金项目(课题编号:2022B-444)、2022 年甘肃省高等学校创新创业教育改革项目(课题:基于“X+CDIO”实践教学模式的物联网专业小生态链创新研究)、2023 年高校教师创新基金项目(课题编号:2023B-451)资助。本书撰写过程中得到了乐聚(深圳)机器人技术有限公司领导、工程师的全力支持,课程相关资源制作得到了乐聚(深圳)机器人技术有限公司梁佳,兰州职业技术学院薛建斌、朱勇伟、董亚莉的帮助,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限加之时间仓促,书中难免出现疏漏和不足,望广大读者批评指正。

编　者  
2022 年 10 月



# 目 录

第1章 智能机器人概述 .....	1
1.1 人工智能与智能机器人 .....	1
1.2 机器人结构初识——专多能的 Aelos Pro 机器人 .....	7
1.3 机器人的灵魂——Aelos Pro 编程软件 .....	14
第2章 灵巧动作“悟”控制 .....	21
2.1 大显身手——机器人手爪 .....	21
2.2 手脚并用来接力 .....	33
2.3 机器人打保龄球 .....	36
2.4 手舞足蹈——机器人舞蹈 .....	43
第3章 感知万物“巧”编程 .....	54
3.1 传感器 .....	54
3.2 初识 Aelos Pro 机器人传感器 .....	61
3.3 人体红外传感器 .....	66
3.4 触摸传感器 .....	73
3.5 地磁传感器 .....	79
3.6 光敏传感器 .....	86
3.7 气敏传感器 .....	91
3.8 温度传感器和湿度传感器 .....	97
第4章 声情并茂“现”智能 .....	106
4.1 语音识别技术 .....	106
4.2 语音识别模块及程序 .....	111
4.3 智能家庭及智慧管家 .....	116
4.4 语音控制的智能家居 .....	123
第5章 脑聪目明“识”缤纷 .....	126
5.1 机器人的头部结构 .....	126
5.2 机器人的视觉功能 .....	131
5.3 监控机器人 .....	135
5.4 机器人颜色识别系统 .....	139

5.5	颜色分辨程序编程实践 .....	144
5.6	位置信息读取 .....	148
5.7	定位抓取案例实践 .....	152
5.8	HSV 颜色模式 .....	158
<b>第 6 章</b>	<b>多样任务“趣”完成 .....</b>	<b>166</b>
6.1	函数模块程序分析及编程实践 .....	166
6.2	机器人足球程序分析及编程实践 .....	175
6.3	机器人垃圾分拣程序分析及编程实践 .....	182
6.4	颜色避障程序分析及编程实践 .....	195
6.5	机器人走迷宫程序分析及编程实践 .....	206
6.6	人脸识别算法程序分析及编程实践 .....	213
<b>第 7 章</b>	<b>智能送餐“利”生活 .....</b>	<b>224</b>
7.1	服务机器人与送餐机器人 .....	224
7.2	送餐机器人编程实践 .....	228
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>235</b>

# 第1章 智能机器人概述

## 本章知识点

1. 了解人工智能技术及其应用领域；
2. 掌握智能机器人的三要素；
3. 了解人形机器人的结构；
4. 熟悉 Aelos Pro 机器人的结构和零点的调试；
5. 了解 Aelos Pro 机器人的编程软件。



## 1.1 人工智能与智能机器人

### 1.1.1 什么是人工智能

#### 1. 人工智能的基本定义

人工智能(Artificial Intelligence),英文缩写为AI。它是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新兴的学科,属于计算机科学的一个分支。人工智能的意义在于研究出一种能模仿人类,甚至超越人类思考能力的智能反应机器,即研究如何让计算机去完成以往需要人的智力才能胜任的工作,也就是研究如何应用计算机的软硬件来模拟人类某些智能行为。

简而言之,人工智能就是让机器具有人类的智能。关于什么是“智能”并没有一个很明确的定义,但一般认为智能(或特指人类智能)是知识和智力的总和。比如“智能手机”中的“智能”一般是指由计算机控制并具有某种智能行为的意思。这里的“计算机控制”+“智能行为”隐含了对人工智能的简单定义。

#### 2. 人工智能与机器学习、深度学习

机器学习是指从有限的观测数据中学习或猜测出具有一般性的规律,并利用这些规律对未知数据进行预测的方法。通俗来讲,机器学习就是让计算机从数据中进行自动学习,得到某种知识或规律。

深度学习是学习样本数据的内在规律和表示层次,这些学习过程中获得的信息对诸



如文字、图像和声音等数据的解释有很大的帮助。它的最终目标是让机器能够像人一样具有分析学习能力,能够识别文字、图像和声音等数据。

深度学习是机器学习领域中的一个研究方向,它被引入机器学习使其更接近于最初的目标——人工智能。

### 1.1.2 人工智能的发展及应用

#### 1. 人工智能的基本技术

人工智能尽管是一个正在探索和发展中的学科,截至目前尚未形成较为完整的体系结构,但是就其目前各个分支领域的研究内容来看,人工智能的基本技术至少应包括以下内容。

##### (1) 推理技术。

推理技术是人工智能的基本技术之一。需要指出的是,对推理的研究往往涉及对逻辑的研究。逻辑是人脑思维的规律,因而也是推理的理论基础。机器推理或人工智能用到的逻辑,主要包括经典逻辑中的谓词逻辑和由它经某种扩充、发展而来的各种逻辑。后者通常称为非经典或非标准逻辑。

##### (2) 搜索技术。

搜索技术就是对推理进行引导和控制的技术,它也是人工智能的基本技术之一。事实上,许多智能活动的过程,甚至所有智能活动的过程,都可看作或抽象为一个“问题求解”过程。而所谓“问题求解”过程,实质上就是在显式的或隐式的问题空间中进行搜索的过程,即在某一状态图,或者与或图,或者某种逻辑网络上进行搜索的过程。

##### (3) 知识表示与知识库技术。

知识表示是指知识在计算机中的表示方法和表示形式,它涉及知识的逻辑结构和物理结构。知识库类似于数据库,所以知识库技术包括知识的组织、管理、维护、优化等技术。对知识库的操作要靠知识库管理系统的支持。显然,知识库与知识表示密切相关。需说明的是,知识表示实际也隐含着知识的运用,知识表示和知识库是知识运用的基础,同时也与知识的获取密切相关。

##### (4) 归纳技术。

归纳技术是指机器自动提取概念、抽取知识、寻找规律的技术。显然,归纳技术与知识获取及机器学习密切相关,因此,它也是人工智能的重要基本技术。归纳可分为基于符号处理的归纳和基于神经网络的归纳,这两种途径目前都有很大发展。

##### (5) 联想技术。

联想是最基本、最基础的思维活动,它几乎与所有 AI 技术息息相关。因此,联想技术也是人工智能的一个基本技术。联想的前提是联想记忆或联想存储,这也是一个富有挑战性的技术领域。



## 2. 人工智能的发展

人工智能的发展主要经历了以下五个阶段。

### (1) 萌芽期。

20世纪50年代,以香农为首的科学家共同研究了机器模拟的相关问题,人工智能正式诞生。

### (2) 第一发展期。

20世纪60年代是人工智能的第一个发展黄金阶段,该阶段的人工智能主要以语言翻译、证明等研究为主。

### (3) 瓶颈期。

20世纪70年代,经过科学家深入的研究,发现机器模仿人类思维是一个十分庞大的系统工程,难以用现有的理论成果构建模型。

### (4) 第二发展期。

已有人工智能研究成果逐步应用于各个领域,人工智能技术在商业领域取得了巨大的成果。

### (5) 平稳期。

20世纪90年代以来,随着互联网技术的逐渐普及,人工智能已经逐步发展成为分布式主体,为人工智能的发展提供了新的方向。

2019年3月4日,在十三届全国人大二次会议上,大会发言人张业遂表示,全国人大常委会已将一些与人工智能密切相关的立法项目,如数字安全法、个人信息保护法和修改科学技术进步法等,列入本届五年的立法规划。

## 3. 人工智能与机器人

人工智能与机器人的结合日益变得成熟,已成为当今前沿的研究领域。人工智能的发展改变了人类的学习、生活等认知方式,而培养高智能的机器人是机器人产业的发展方向。因此,人工智能与机器人的发展是相互促进的,它们结合的重要意义在于研制出可以模仿人类行为和思维的机器人。

在科学技术迅速发展的今天,虽然当前的智能机器人没有达到像科幻小说中诠释的那么生动形象,但人工智能机器人已不再是遥远的话题。Alpha-Go在围棋博弈中与人类进行了一次次的较量,战胜世界冠军,这也是AI与机器人结合的一个产物与缩影,预示着未来人工智能机器人将产生不可估量的价值。

就目前而言,智能机器人从工业机器人到家庭、公共服务机器人,以及医疗手术机器人、康复辅助机器人等,已有重大突破。而工业制造、生活服务、医疗技术是人类工作、学习、生活的基础保障。



### (1) 工业制造。

工业机器人作为产业先驱,随着基础工业、制造工艺的进步,以及与传感技术、智能技术、虚拟现实技术、网络技术等的深度融合,工业机器人将朝着精度、速度、效率更高,智能、灵巧作业、人际交互能力更强的方向发展。因此,用机器人代替重复作业、精细作业、危险作业的未来指日可待。而且应用领域也将越来越广泛,例如汽车工业、电子装配制造、物流搬运与仓储、食品加工、机械加工、化工建材等。

### (2) 生活服务。

当代社会由于生活节奏的加快和劳动力减少,越来越多的年轻人为了看护老人、小孩,打理家庭卫生等问题所困扰。在这种情况下,人们越来越渴望拥有一个能把这些事情处理得井井有条的智能机器人。如果所有家务活都由智能机器人帮忙处理和解决,那么人们可以更专注于自己的工作、学习,更全力去打拼,这可以极大程度地促进社会进步。另外,如果智能机器人能够看家护院、监管社会治安,那么会更有助于打造和实现安全、和谐的社会环境。

当然,智能机器人不仅为家庭生活服务提供便利,未来在公共服务领域也将逐渐地发挥它的优势和作用。例如,智能服务生将穿梭于各大餐饮商店,为人类提供各种便捷服务;智能交通、无人驾驶或将成为未来汽车发展的主流,这将大大提高交通系统的效率和安全性;智能治安,未来有了智能机器人辅助治安管理,将大大提升可靠性、降低管理成本。

### (3) 医疗技术。

医疗机器人服务于民生科技与健康。健康是人类永恒的主题,未来医疗机器人的发展空间巨大。在平时就医过程中,如果有专门的人工智能机器人负责维护队伍秩序,那么看病难的现象可能会有极大改善。或者利用智能机器人的高超记忆本领对个体情况进行记录管理,提醒人们及时体检就医,将为人们提供很多便利。另外,人工智能机器人还可以利用红外线技术为人类进行诊断,不需要通过X光线、磁共振、心电图等设备,不需要二次诊断,大大节省就医时间及成本。所以,期待未来有一款会看病的人工智能机器人,通过自身多功能程序,能够快速地为病人诊病、缩短病人就诊时间,避免过程的冗长复杂。当然,除了医疗,在康复上,未来也会有医疗智能机器人的帮助。

人工智能与机器人的结合并非偶然,而是符合时代需求的产物。机器人是人工智能的载体,它使得人工智能能够具象化地应用于社会实践;而人工智能是机器人的大脑,它迅速地推动了机器人应用的普及,提升了生产效率,降低了操作风险。因此,二者的结合将会给人类的生产生活带来不可言喻的意义。

## 1.1.3 什么是智能机器人

智能机器人之所以智能,是因为它有相当发达的“大脑”。在作为“脑”的计算机中



起作用的是中央处理器,这种计算机与操作它的人有直接的联系。最主要的是,这样的计算机可以进行按目的安排的动作。从广泛意义上理解,可以说智能机器人是一个独特的进行自我控制的“活物”。智能机器人具备形形色色的内部信息传感器和外部信息传感器,如视觉、听觉、触觉、嗅觉等。除了具有感受器外,它还有效应器,主要作用于周围环境。Aelos Pro 机器人就是一个这样的智能机器人。

#### 1.1.4 智能机器人的三要素

机器人可分为一般机器人和智能机器人。一般机器人是指不具有智能,只具有一般编程能力和操作功能的机器人。在世界范围内还没有一个统一的智能机器人定义。大多数专家认为智能机器人至少要具备以下三个要素。

一是感觉要素,用来认识周围环境状态,就像 Aelos Pro 机器人身上的传感器,有能感知空间、方向、距离等的非接触型传感器和能感知力、压觉、触觉等的接触型传感器。这些要素实质上就相当于人的眼、鼻、耳等五官。

二是运动要素,对外界做出反应性动作。可以根据环境感应的不同做出不同的动作。智能机器人需要有一个无轨道型的移动机构,以适应诸如平地、台阶、墙壁、楼梯、坡道等不同的地理环境,它们的功能可以借助轮子、履带、支脚、吸盘、气垫等移动机构来完成。

三是思考要素,根据感觉要素所得到的信息,思考出采用什么样的动作,也是人们要赋予机器人必备的要素。Aelos Pro 机器人可以接受语音指令。思考要素包括判断、逻辑分析、理解等方面智力活动。这些智力活动实质上是一个信息处理过程,而计算机则是完成这个处理过程的主要手段。



#### 练一练

1. 什么是人工智能,人工智能与机器人之间有什么联系?
2. 智能机器人需要具备的三要素是什么?
3. 人工智能与机器学习、深度学习之间有什么关系?
4. 智能机器人研究过程中涉及的关键技术有哪些?



#### 知识链接

##### 人工智能的研究与应用领域

###### (1) 模式识别。

“模式”一词的本意是指完整无缺地供模仿的标本或标识。模式识别就是识别出给定物体所模仿的标本或标识。计算机模式识别系统使一个计算机系统具有模拟人类通过感官接收外界信息、识别和理解周围环境的感知能力。模式识别是一个不断发展的学



科分支,它的理论基础和研究范围也在不断发展。在二维的文字、图形和图像的识别方面,已取得许多成果。三维景物和活动目标的识别和分析是目前研究的热点。语音的识别和合成技术也有很大的发展。基于人工神经网络的模式识别技术在手写字符的识别、汽车牌照的识别、指纹识别、语音识别等方面已经有许多成功的应用。

#### (2) 专家系统。

一般来说,专家系统是一个具有大量专门知识与经验的程序系统。专家系统存储有某个专门领域中经过事先总结、分析并按某种模式表示的专家知识(组成知识库),以及拥有类似于领域专家解决实际问题的推理机制(构成推理机)。系统能对输入信息进行处理,并运用知识进行推理,做出决策和判断,其解决问题的水平达到或接近专家的水平,因此能起到专家或专家助手的作用。专家系统的开发和研究是人工智能中一个最活跃的应用研究领域,涉及社会各个方面,可以说,需要有专家工作的场合,就可以开发专家系统。

#### (3) 机器学习。

学习是人类智能的主要标志和获得知识的基本手段,学习能力无疑是人工智能研究的一个最重要的方面。学习是一个有特定目的的知识获取过程,其内部表现为新知识的不断建立和知识的更新,而外部表现为系统的性能得到改善。一个学习过程本质上是学习系统把导师或专家提供的学习实例或信息,转换成能被学习系统理解并应用的形式存储在系统中。

#### (4) 自然语言理解。

自然语言是人类之间信息交流的主要媒介,由于人类有很强的理解自然语言的能力,因此,人们相互间的信息交流轻松自如。但是,目前计算机系统和人类之间的交互几乎还只能使用严格限制的各种非自然语言,因此,解决计算机系统能理解自然语言的问题是人工智能研究的一个十分重要的课题。

#### (5) 智能检索。

数据库系统是存储某学科大量事实的计算机系统,随着应用的发展,存储的信息量越来越庞大,研究智能信息检索系统具有重要的实际意义。智能信息检索系统应具有以下功能。

- ① 能理解自然语言,允许用户使用自然语言提出检索要求和询问。
- ② 具有推理能力,能根据数据库存储的事实,推理产生用户要求和询问的答案。
- ③ 系统拥有一定的常识性知识,以补充数据库中学科范围的专业知识。系统根据这些常识性知识和专业知识能演绎推理出专业知识中没有包含的答案。例如,某单位的人事档案数据库中有下列事实:“张强是采购部工作人员”“李明是采购部经理”。如果系统具有“部门经理是该部门工作人员的领导”这一常识性知识,就可以对询问“谁是张强的领导”演绎推理出答案是“李明”。



### (6) 机器视觉。

机器视觉可分为低层视觉和高层视觉两个层次。低层视觉主要是对视觉图像执行预处理,例如,边缘检测、运动目标检测、纹理分析等,另外还有立体造型、曲面色彩等,其目的是使看见的对象更突现出来,这时还谈不上对它的理解。高层视觉主要是理解对象,显然,实现高层视觉需要掌握与对象相关的知识。机器视觉的前沿研究课题包括:实时图像的并行处理,实时图像的压缩、传输与复原,三维景物的建模识别,动态和时变视觉等。

### (7) 博弈。

到目前为止,人工智能对博弈的研究多以下棋为对象,但其目的并不是为了让计算机与人下棋,而主要是为了给人工智能研究提供一个试验场地,对人工智能的有关技术进行检验,从而也促进这些技术的发展。博弈研究的一个代表性成果是 IBM 公司研制的 IBM 超级计算机“深蓝”。“深蓝”被称为世界上第一台超级国际象棋计算机,该机有 32 个独立运算器,其中每一个运算器的运算速度都在每秒 200 万次以上,机内还装了一个包含有 200 万个棋局的国际象棋程序。“深蓝”于 1997 年 5 月 3 日至 5 月 11 日在美国纽约曼哈顿同当时的国际象棋世界冠军苏联人卡斯帕罗夫对弈 6 局,结果“深蓝”获胜。

### (8) 人工神经网路。

人工神经网络在模仿生物神经计算方面有一定优势,它具有自学习、内组织、自适应、联想、模糊推理等方面的能力。其研究和应用已渗透到许多领域。如机器学习、专家系统、智能控制、模式识别、计算机视觉、信息处理、非线性系统辨识及非线性系统组合优化等。

## 1.2 机器人结构初识———专多能的 Aelos Pro 机器人



### 谈一谈

简述智能机器人所具备的三要素。

#### 1.2.1 机器人按结构分类

2021 年 6 月 1 日实施的《机器人分类》(GB/T 39405—2020)是我国最新的关于机器人分类的国家标准,它规定了机器人的分类原则、分类方法和分类汇总,该标准适用于机器人的分类。为了便于读者尽快进入对于机器人的编程学习,这里仅介绍按照形态划分的两类机器人。

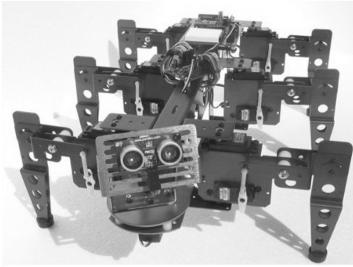


## 1. 拟物智能机器人

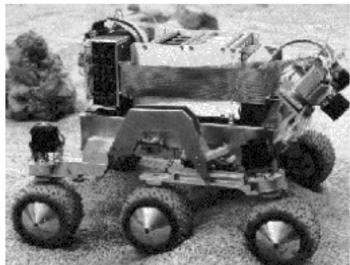
拟物智能机器人(见图 1.1)包括仿照各种各样的生物、日常使用物品、建筑物、交通工具等做出的机器人,采用非智能或智能的系统来方便人类生活的机器人等。如机器狗、六脚机器昆虫、轮式机器人、履带式机器人。



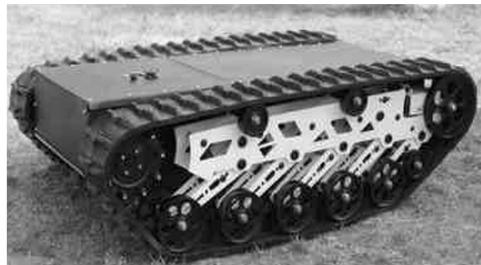
(a) 机器狗



(b) 六脚机器昆虫



(c) 轮式机器人



(d) 履带式机器人

图 1.1 拟物智能机器人

## 2. 人形智能机器人

人形智能机器人是模仿人的形态和行为而设计制造,形态上模仿人的四肢和头部,通过传感器和控制器实现机器人的智能化。人形智能机器人研究集机械、电子、计算机、材料、传感器、控制技术等多门科学于一体,代表着一个国家的高科技发展水平。

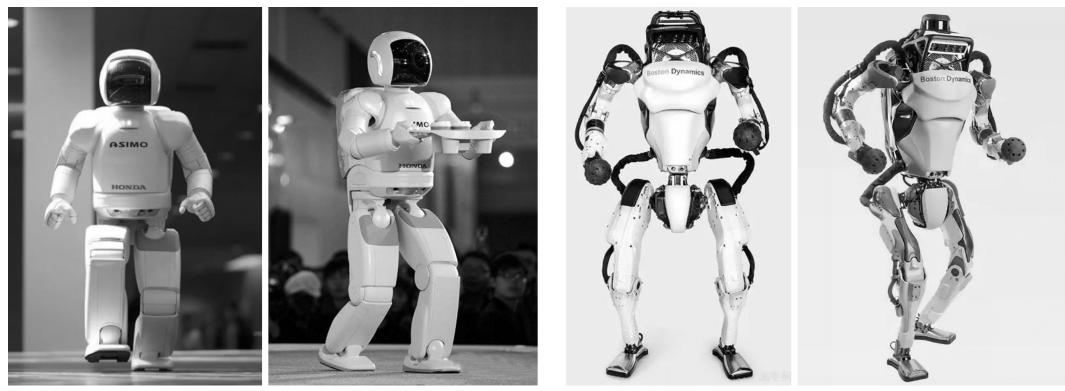
当今世界比较知名的人形智能机器人有本田公司的 ASIMO 和波士顿动力公司的 Atlas,如图 1.2 所示。ASIMO 是日本本田开发的产品,并于 2000 年 10 月推出第一代。ASIMO 像是一位助手,它可识别面孔、姿势、动作和检测多个实体的移动,继而完成众多任务。本田一直在更新迭代 ASIMO,而其最终目标也是服务人类。

Atlas 是由波士顿动力公司为美军开发的机器人,可以说是目前公认的最先进的人形智能机器人,不但可以行走、跳跃、空翻、提取物品,关键是能在户外恶劣的地形下作业。感兴趣的读者可以查阅 Atlas 跑酷和舞蹈的视频。

人形智能机器人的臂部一般采用空间开链连杆机构,其中的运动副(转动副或移动副)常称为关节,关节个数通常即为机器人的自由度数。根据关节配置形式和运动坐标形式的不同,机器人执行机构可分为直角坐标式、圆柱坐标式、极坐标式和关节坐标式等



类型。出于拟人化的考虑,常将机器人本体的有关部位分别称为头部、身躯、左手臂、右手臂、左腿、右腿等,如图 1.3 所示。



(a) ASIMO

(b) Atlas

图 1.2 人形智能机器人

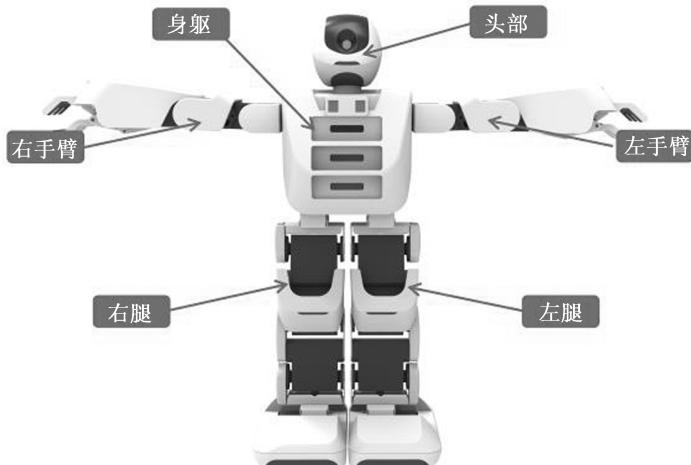


图 1.3 人形智能机器人的结构

### 1.2.2 智能机器人涉及的关键技术

智能机器人作为人工智能和机器人技术的有机结合,其功能和价值在人形智能机器人上得到了最佳呈现。前文所述的 ASIMO 和 Atlas,都是当今世界人形智能机器人的顶尖产品。除了了解它们的类人的外形结构,学习机器人编程还要掌握内在核心的技术。

#### 1. 传感器信息融合技术

传感器是用来给机器人提供类似于人的视觉、听觉、嗅觉和触觉等感官的电子元件,其作用是将来自外界的各种信号转换成电信号供机器人对所处环境做出相应的判断。多传感器信息融合则是综合来自多个传感器的感知数据,以产生更可靠、更准确、更全面



的信息。经过融合的多传感器系统能够更加完善、精确地反映检测对象的特性,消除信息的不确定性,提高信息的可靠性。

## 2. 定位导航技术

定位导航技术是实现机器人智能行走的第一步,本质上就是帮助机器人实现自主定位、建图、路径规划及避障等功能。这里就要用到机器人的视觉感知能力,需要借助眼睛(如激光雷达)来帮助机器人完成周围环境的扫描,配合相应的算法,构建有效的地图数据,完成运算,实现机器人的自主定位导航。

## 3. 路径规划技术

最优路径规划就是依据某个或某些优化准则(如工作代价最小、行走路线最短、行走时间最短等),结合算法,通过编程来指引机器人在工作空间中找到一条从起始状态到目标状态、可以避开障碍物的最优路径。

## 4. 机器人视觉技术

视觉系统是自主机器人的重要组成部分,一般由摄像机、图像采集卡和计算机组成。机器人视觉系统的工作包括图像的获取、图像的处理和分析、输出和显示,核心任务是特征提取、图像分割和图像辨识。

## 5. 智能控制技术

智能控制技术是控制理论发展的新阶段,主要用来解决那些用传统方法难以解决的复杂系统的控制问题,运用智能控制方法可以提高机器人的速度及精度。通过后面的学习,读者可以掌握机器人特性,并利用编程方法来实现对机器人的智能化控制。

## 6. 人机接口技术

人机接口技术是研究人与计算机如何方便自然地交流。一是要求机器人控制器有一个友好、灵活、方便的人机界面;二是要求计算机能够看懂文字、听懂语言、说话表达,甚至能够进行不同语言之间的翻译。目前人机接口技术在文字识别、语音合成与识别、图像识别与处理等方面都取得了重大成就。本书涉及的人机接口技术将在下一节详细讲述。

### 1.2.3 什么是 Aelos Pro 机器人

Aelos Pro 机器人是由乐聚(深圳)机器人技术有限公司研发的高端智能人形机器人,主要应用于科学研究、机器人比赛和舞台表演等。

(1) Aelos Pro 机器人硬件的组成(见图 1.4)。



机器人控制系统——主控板 机器人动力系统——电池 机器人传动系统——舵机



图 1.4 Aelos Pro 机器人硬件的组成

## (2) Aelos Pro 机器人的结构。

Aelos Pro 机器人有 19 个舵机, 相当于人的 19 个关节, 运动非常灵活, 如图 1.5 所示。配有内置传感器和外置传感器等 14 个拓展模块, 胸前有三个磁吸端口, 自上至下分别为 1 号、2 号、3 号端口, 可以外搭传感器, 像火焰传感器、触摸传感器、触碰传感器等 10 个外置模块, 同时还有 4 个内置的传感器, 如摄像头、地磁传感器、红外距离传感器和六轴传感器, 这些传感器之间可以进行相互搭配使用。另外, Aelos Pro 机器人的视觉有四大功能: 人脸识别、颜色分辨、定位追踪和视频回传。机器人可以把自己看到的场景通过视频回传功能上传计算机, 进而进行数据的分析。

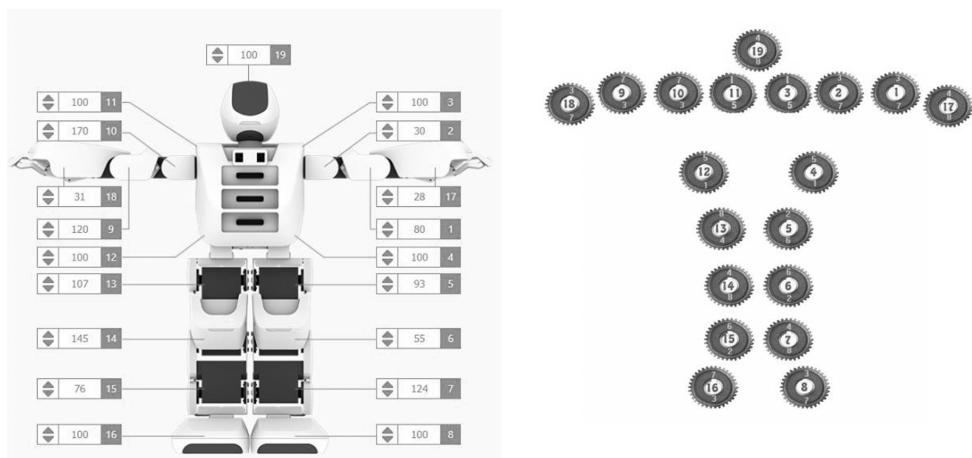


图 1.5 Aelos Pro 机器人的结构



### 1.2.4 机器人的零点调试

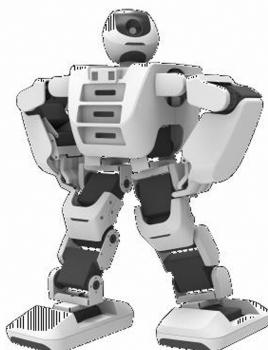
#### 1. 机器人为何要调试零点？

机器人在每次开机运行过程中，都需要从最初始的状态开始工作，并以此作为各工作轴的基准进行控制，从而确保每个部件的工作在可控的计算范围内，机器人的这个初始状态就是零点。只有机器人得到充分和正确标定零点时，它的运行效果才会最好，机器人才能达到它最高的点精度和轨迹精度或者完全能够以编程设定的动作运动。完整的零点标定过程包括为每一个轴标定零点。

#### 2. Aelos Pro 机器人的零点调试

##### (1) 硬件准备。

准备的硬件有 Aelos Pro 机器人、操作手柄、USB 数据线和计算机上位机，如图 1.6 所示。



(a) Aelos Pro 机器人



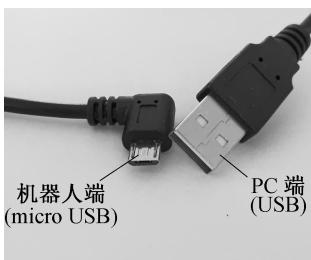
(b) 操作手柄



(c) USB 数据线

图 1.6 Aelos Pro 机器人硬件准备

准备好硬件设备后，如图 1.7 所示将机器人与上位机连接，注意保持机器人电量充足。



(a) 连接线实物



(b) 机器人接口



(c) 机器人与上位机连接

图 1.7 机器人与上位机连接示意图



## (2) 软件调零。

Aelos Pro 机器人的零点调试需要联机后用编程软件来完成。点击安装好的编程软件图标，运行软件后，点击菜单栏中的 ，弹出如图 1.8 所示界面，选择机器人型号 Aelos Pro，点击【确定】，完成设置。

使用专用 USB 数据线连接机器人和计算机，若连接正常，点击软件右上方【串口】，可看到机器人连接计算机的串口编号，如图 1.9 所示选择 COM15（读者请以计算机实际连接识别端口号为准），即建立起正常连接。



图 1.8 选择机器人型号



图 1.9 选择机器人与计算机连接端口

点击菜单栏中的 ，打开设置对话框，如图 1.10 所示，点击最下方【零点调试】，可设置零点。  
零点调试：每个舵机设定一个固定值，显示的数值是与设定数值的偏差，在一定范围内的偏差属正常，二十多代表一度，所以舵机实际数值与固定值偏差几度。调试好后，“设置零点”，可以按“站立”或“下蹲”。



图 1.10 “语言设置”对话框

Aelos Pro 机器人零点到标准状态准则如下，零点调试状态如图 1.11 所示。

- (1) 1 号线是机器人获取零点后，从侧面看从上到下在一条直线上。
  - (2) 2 号线是机器人获取零点后，从侧面看膝盖面在一个平面成一条直线。
  - (3) 4 号线是机器人获取零点后，从正面看两条腿，大腿与躯干连接线在一条水平直线上。
  - (4) 5 号、6 号线是机器人获取零点后，站立状态，手指到腿部距离为两个手指左右且匀称。
  - (5) 3 号、7 号线是机器人获取零点后，站立状态，脚底板下部分边缘在一条直线上。
- 当完成了零点调试后，就可以放心进行机器人的后续调试和操作了。

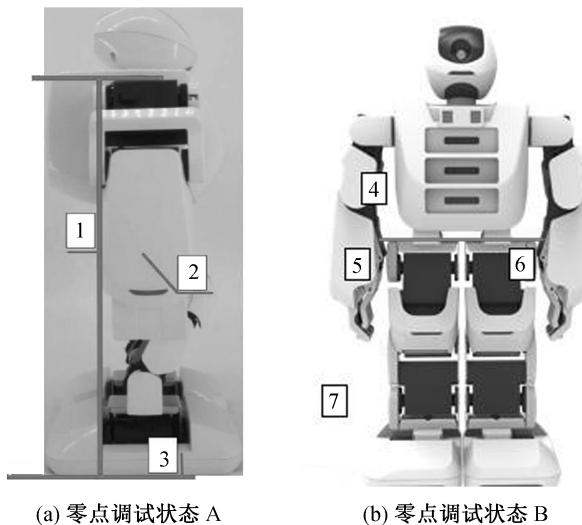


图 1.11 零点调试状态



## 练一练

1. 人形机器人的结构是怎样的?
2. Aelos Pro 机器人有哪些功能?
3. 搜集 Aelos Pro 机器人的图片或相关视频(1~2个)。

## 1.3 机器人的灵魂——Aelos Pro 编程软件

### 1.3.1 机器人的灵魂——程序

机器人核心价值主要决定于机器人软件。机器人软件是运行于机器人控制器上的程序,从传感器获取环境信息及机器人自身状态,使用相应算法进行数据分析和处理,操作机器人执行器或机械结构,从而实现机器人的任务。简而言之,机器人运行的程序,就是机器人的“灵魂”,操控着传感器、执行器、机械结构等组成的机器人“身体”。

程序的编程一般有指令式编程和图形化编程。

指令式编程是一种描述计算机所需做出的行为的编程典范。几乎所有计算机的硬件工作都是指令式的,即程序都是使用指令式的风格来编写的,如图 1.12 所示。



```

void main(void)
{
    halBoardInit(); //模块相关资源的初始化
    ConfigRf_Init(); //无线收发参数的配置初始化
    Timer4_Init(); //定时器初始化
    Timer4_On(); //打开定时器

    while(1)
    {
        APP_SEND_DATA_FLAG = GetSendDataFlag();
        if(APP_SEND_DATA_FLAG == 1) //定时时间到
        {
            /*【传感器采集、处理】开始*/
            uint16 FireAdc;
            FireAdc = get_adc(); //取红外光(火焰)数据
#ifdef CC2530_DEBUG
            //把采集数据转化成字符串，以便于在串口上显示观察
            uart_printf("火焰传感器,红外线(火焰)数字量: %dmV\r\n", FireAdc*10);
#endif /*CC2530_DEBUG*/
            memset(pTxData, '\0', MAX_SEND_BUF_LEN);
            pTxData[0]=START_HEAD;//帧头
            pTxData[1]=CMD_READ;//命令
            pTxData[2]=7;//长度
            pTxData[3]=1;//1组传感数据
            pTxData[4]=SENSOR_FIRE;//传感类型
            pTxData[5]=(uint8)((FireAdc*10)>>8); //单位: %
            pTxData[6]=(uint8)((FireAdc*10)); //单位: %
            pTxData[7]=CheckSum((uint8 *)pTxData, pTxData[2]);
            //产生一个随机延时，减少信道冲突
            srandl(FireAdc);
            halMcuWaitMs(randr(0, 3000));
            //把数据通过zigbee发送出去
            basicRfSendPacket((unsigned short)SEND_ADDR, (unsigned char *)pTxData, pTxData[2]+1);
            FlashLed(1,100); //无无线发送指示，LED亮100ms
            Timer4_On(); //打开定时器
        } /*【传感器采集、处理】结束*/
    }
}

```

图 1.12 指令式编程实例

图形化编程则是通过二次开发,将程序运行时常用到的指令式编程的函数、变量等关键要素用直观和容易理解的图形来替代。使用图形化编程降低初学者程序编写的难度,将繁复、晦涩的命令和语句变成简单的图形模块,使编程环境与用户的界面更加友好,让初学者更加注重控制逻辑性和可实现性。

### 1.3.2 Aelos Pro 编程软件介绍

#### 1. 软件的下载与安装

- (1) 在浏览器地址栏中输入乐聚官方网站的地址:WWW.LEJUROBOT.COM。
- (2) 在网站的导航栏中,点击“服务与支持”→“下载支持”→“Aelos 机器人 PC 端教育版安装程序”→“下载支持”,即可进行下载。
- (3) 根据提示信息安装软件,安装完后桌面会出现“aelos\_edu”图标
- (4) 双击“aelos\_edu”图标即可运行软件,软件界面如图 1.13 所示。

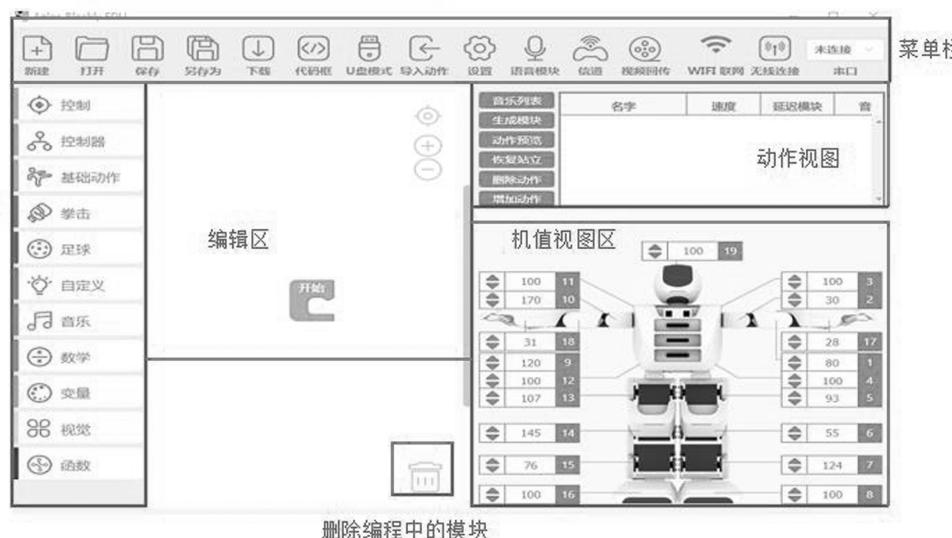


图 1.13 图形化编程软件界面

## 2. 编程软件界面介绍

Aelos Pro 机器人编程软件使用该公司开发的 aelos\_edu 图形化编程套件,其特点是结构简洁,图示清晰,使用方便灵活。编程软件界面上包括菜单栏、指令栏(控制指令和动作指令)、编辑区(指令的添加、删除,程序的整合)、动作视图(舵机角度值、速度、刚度以及搭配的音乐等)和机值视图(显示各个舵机的旋转数值的区域)。通过拖动指令栏的指令模块,可以实现对机器人控制程序的编制。

## 3. 动作设计方法

动作设计方法包括手工扭转法和舵值调整法。手工扭转法就是通过点击舵机 ID,对舵机进行解锁,徒手扭动机器人关节处的舵机,旋转舵机角度进行机器人形态的变化,舵机加锁后软件会读取舵机当前角度值,最终形成既定的动作。舵值调整法就是通过改变舵机角度值来改变机器人的形态。

## 4. 常用菜单功能介绍

(1) 下载:将软件中编写好的程序通过数据线下载到机器人。

(2) 代码框:负责代码视图的调出和隐藏,用于显示动作对应命令。

(3) U 盘模式:U 盘模式可以进入 Aelos 体内的存储单元,可以在计算机中查看存储单元中的内容,也可以对其中的内容进行修改和添加。

(4) 导入动作:主要将外部已编辑好的动作添加到自定义模块中。

(5) 视频回传:将机器人看到的影像回传到计算机,可以在计算机上实时看到,视频不可以保存。



(6) WIFI 联网: 将机器人与网络连接。

## 5. 指令栏

程序指令库中包括控制指令和动作指令两种指令,都是程序员已经编写封装好的内容,可以供读者在编程时选择使用,图形化的形式方便读者更快捷地进行程序编写,如图 1.14 所示。



图 1.14 指令栏中的指令示意图

## 6. 编辑区

编辑区是编写程序的主要阵地,指令的添加、删除,程序的整体设计都在编辑区中进行,可以在这里直观地看到当前程序的整体情况,如图 1.15 所示。

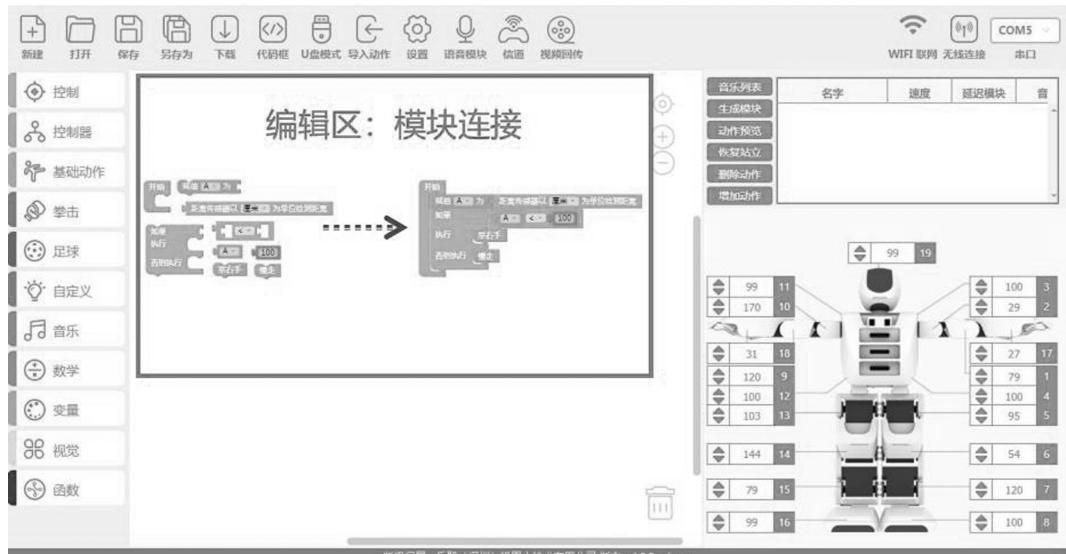


图 1.15 编辑区

## 7. 机值视图的功能

Aelos Pro 机器人身上装有 19 个舵机,每一个舵机(除去 17、18 号舵机)都有  $10^{\circ}$  ~  $190^{\circ}$  的旋转范围,通过合理设置这些舵机的旋转角度,可以让 Aelos Pro 机器人摆出各种不同姿势。也正因如此,Aelos Pro 机器人才可以完成多种多样的动作。机值视图就是显示当前机器人身上各个舵机的旋转数值的区域,如图 1.16 所示。在机值视图中,可以看到机器人身体的各个关节处都标有舵机的编号,每个标号下方所显示的就是该舵机的数值。

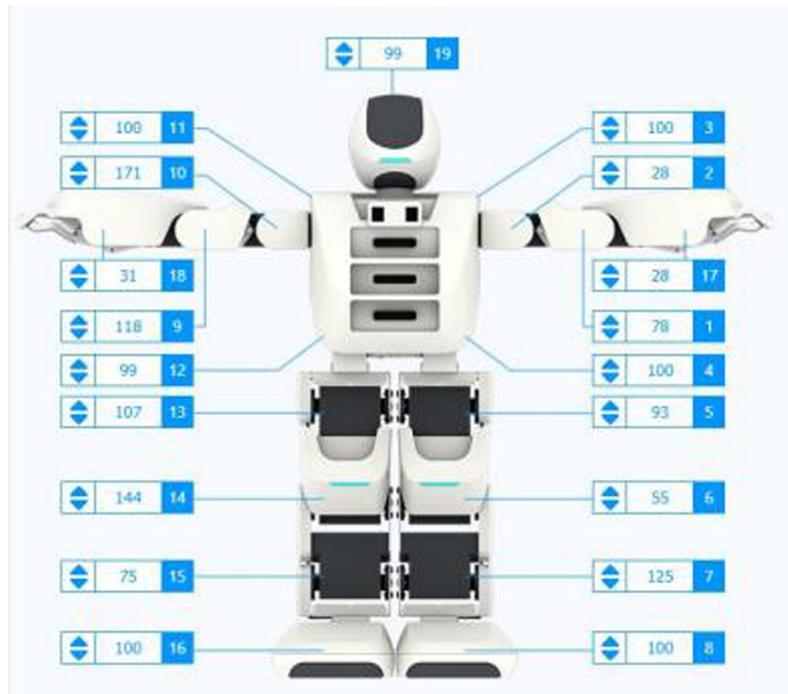


图 1.16 机值视图

## 8. 动作视图

动作视图可以显示每个动作的详细信息,例如,各舵机角度值、速度、刚度,以及搭配的音乐等,如图 1.17 所示。这些信息以条状记录进行显示,可以显示单一动作,也可以显示一个动作指令里的一组动作。当然,动作视图中也可以对所显示的动作进行预览、修改、删除,或者将整组动作打包成一个新的模块等。

	名字	速度	延迟模块	舵机1	舵机2
1	僵度帧	30	0	40	
2		30	0	79	

图 1.17 动作视图

### 1.3.3 实例

为了帮助读者体会机器人编程的乐趣,本章电子资源中附有 Aelos Pro 机器人动作实例,可以在零点调试后,通过 USB 数据线直接下载运行。

(1) 使用 USB 数据线连接计算机与 Aelos Pro 机器人,方法参考图 1.7,然后打开机器



人电源。

(2) 打开上位机软件 aelos \_edu, 界面如图 1.13 所示, 点击菜单栏中的 , 选择机器人型号, 然后点击软件右上角, 选择机器人与计算机连接端口。

(3) 点击菜单栏中的 , 选择已下载的动作源程序. abe 文件, 如图 1.18 所示, 打开动作源程序后, 编程软件界面如图 1.19 所示。点击菜单栏中的 , 将程序下载到 Aelos Pro 机器人, 此时软件将显示下载进度, 下载完成界面如图 1.20 所示。

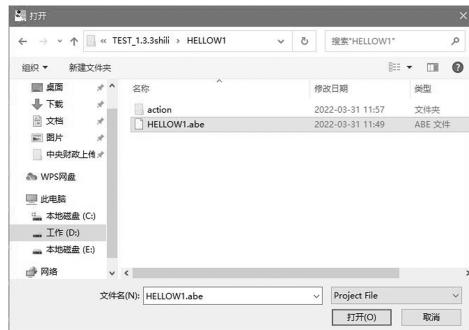


图 1.18 选择动作源程序界面

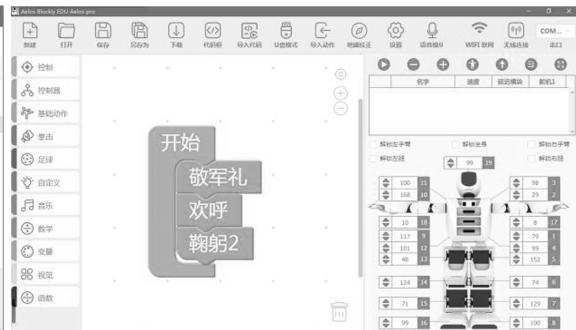


图 1.19 编程软件界面

(4) 将机器人复位。按 RESET 按键, 待机器人发出“主人你好”问候语后 10 s, 即可看到机器人按照程序设计做出动作。



## 练一练

1. Aelos Pro 机器人编程软件的特点有哪些?
2. 简述 Aelos Pro 机器人编程软件各功能区标识的作用。
3. 安装编程软件, 并参考样例下载一个编程实例。

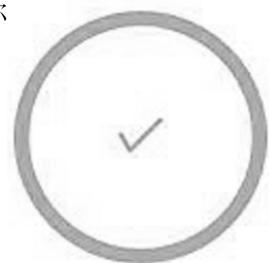


图 1.20 程序下载完成界面

## 本 章 小 结

本章主要介绍了人工智能技术与机器人技术的结合, 以及智能机器人技术, 并围绕智能机器人的相关技术分析和讲解了智能机器人需要具备的三要素。通过对乐聚(深圳)机器人技术有限公司研发的 Aelos Pro 机器人的结构和编程环境的介绍, 让读者初步认识人形机器人的组成结构和图形化编程的基本流程, 期待在后续章节的学习中, 能够让读者掌握更多关于智能机器人的编程技巧。



### 想一想

1. 完成 aelos \_edu 软件下载程序后,机器人为何需要重启?
2. 机器人重启后为什么要等待 7 s 才能运行动作?