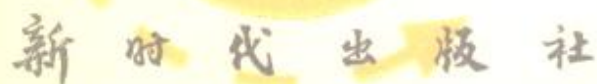




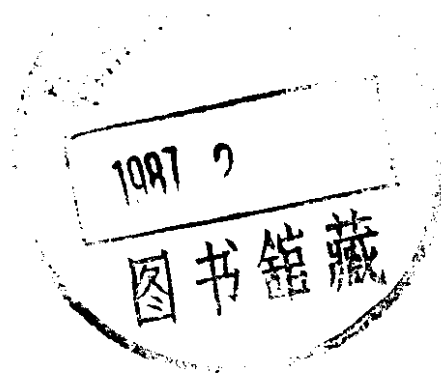
刘兴良 编著



73.82
255

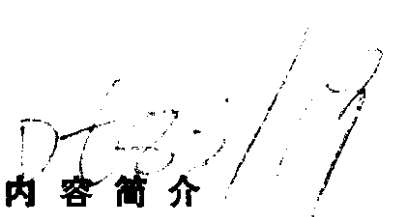
机器人基础知识

刘兴良 编著



新时代出版社

8710063



内 容 简 介

本书利用典型材料,借助适量插图以通俗的语言深入浅出地介绍了机器人的概念、功能、工作原理,着重讲述了机器人的执行机构、传动装置、感觉装置、控制装置和控制系统,并介绍了几种典型的机器人。

本书可供具有中等文化水平以上的干部、技术人员、中等专科学学生、低年级大学生自学机器人技术知识使用。本书对于机械工程及自动化专业有关的科研、教学人员也有一定参考价值。

机器人基础知识

刘 兴 良 编著

新时代出版社出版 新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 5.75印张 124千字

1986年8月第1版 1986年8月北京第1次印刷

印数: 0001—5000册

统一书号: 15241·78 定价: 1.05元

前 言

机器人问世虽然只有二十多年，但其发展特别快，应用非常广，收益很大，受到了人们极大的重视。

目前，国外不仅是工业发达国家，而且有许多经济正在发展中的国家都在大力发展机器人，积极研究推广机器人技术。预计在未来的不长时间内，机器人的台数将会成倍地增加，工业机器人将会更加普及，某些种类智能机器人达到实用化水平，机器人技术将会有更大的发展。

为迎接新技术革命的挑战，为加速我国“四化”建设，我们也必须大力发展机器人技术。发展机器人，不仅可以提高生产率，而且可以把人从单调重复、危险、恶劣的劳动条件下解放出来，提高生产安全性和生产文明水平；发展机器人，不但可以代替人完成某些体力和脑力劳动，而且可以完成一些人本身直接难以完成的工作；发展机器人可以减少人们体力劳动的时间，增加学习、智力开发、娱乐和休息时间，使人类的生活方式发生变化，甚至使社会结构产生变化。

编写本书的目的是向从事或关心机器人技术的工程技术人员、大、中专学生介绍一些机器人入门知识，为更深入学习和研究机器人技术打下基础。

感谢李永新、袁修干、袁洪璋、张英吉、丁守一、阎滨等同志，他们对本书有关章节作了审阅并提出了许多宝贵意见。感谢曹祥康、蒋爱珠等同志的帮助和支持。

由于个人水平有限，再加时间仓促，书中不妥和错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 机器人概述	1
1. 什么是机器人	1
2. 机器人的特性和功能	5
3. 机器人的应用	9
4. 机器人技术现状	11
5. 机器人发展简史	15
第二章 机器人的工作原理	18
1. 机器人的分类	18
2. 程序控制机器人的工作原理	21
3. 适应性控制机器人和智能机器人	24
4. 遥控机器人	27
第三章 机器人的手和脚	31
1. 机器人的运动自由度和坐标形式	32
2. 机器人的手部	41
3. 机器人的脚	51
第四章 机器人的“肌肉”	55
1. 对传动装置的要求	55
2. 传动装置的类型	59
3. 液压传动装置	62
4. 电动传动装置	71
第五章 机器人的感觉装置和语言	76
1. 机器人的感觉装置	76
2. 触觉装置	82

3. 视觉装置	88
4. 机器人的听觉与语言	93
第六章 机器人的电脑	100
1. 人的大脑	100
2. 电子计算机	104
3. 计算机软件	110
第七章 控制系统	114
1. 概述	114
2. 程序控制系统	119
3. 计算机控制机器人	126
4. 双向作用伺服系统	134
第八章 典型机器人举例	143
1. 川崎 Unimate	143
2. Versatran 工业机器人	146
3. Mr. AROS 焊接机器人	149
4. TRALLFA 喷漆机器人	153
5. ИЭС-690 工业机器人	158
6. Selenia Mascost 遥控机器人	161
第九章 机器人发展趋势	165
参考文献	173

第一章 机器人概述

1. 什么是机器人

一提到机器人，许多人会想到电视中看到的机器人“阿童木”，或者是电影“未来世界”中假充女记者的机器人，这是人们想像的未来机器人的形象。现在，机器人已不再是虚构的东西了，它已成为延伸人的脑体劳动的一种有效工具，一种造福于人类的新兴科学技术，其发展前途是非常广阔的。

机器人以人为模型 图 1-1 所示的是一种机器人及其手

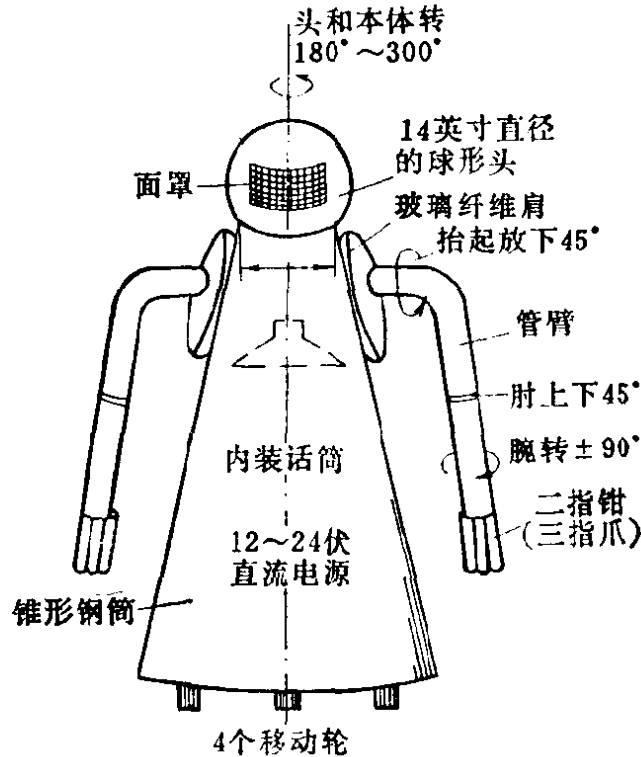


图1-1 机器人

8710063

和脚。虽然机器人发展很快，从事研究机器人的人员和机构很多，但至今机器人仍无统一的定义。机器人这个词含义太广泛了，但是却很直观。本来，科幻小说家笔下的机器人基本上和人相像的，而现在有些专家和学者以仿生学原理为基础去研究和制造机器人，他们认为外形与人相似乃是机器人的必备特征之一，不仅如此，他们还认为机器人应当具有人类的某些智能。有的人则把研究的重点放在实际应用上，他们认为机器人只不过是一种通用的、灵活的自动机（工业机器人就属于这一类）。实际上，现有的机器人中在 外形上只有极少一部分象人，而其中的大部分并不象人，并且也不具有智能。不过，机器人的结构原理的形成以及这个原理的实现，都是以人为模型的。

举例说，人搬运某一物体的运动过程可用图 1-2 (a) 所示的方块图来说明。首先，人听到外界命令（或用眼睛看到外界指令），并由眼睛看出（测量出）测量者与物体之间的距离。感受到的这两种信息都经过感受神经而送到大脑中去。大脑经过估计（分析计算），然后通过运动神经发出指令，由臂膀的肌肉的作用使手部（指手掌加上手指）以最好的方式伸向物体，并将物体抓住。手上的皮肤有感觉神经，感觉出物体已被抓牢了，立即向大脑传送信息。大脑又通过运动神经命令手将物体抓起来，并指令脚移动到所要求的地点，然后再将物体放下。

人脑既能产生“决策”，对人体的各器官进行控制，又能存贮信息。这就是记忆。人的手和脚都是执行机构，而动作是通过肌肉来完成的。眼、耳及皮肤等的触觉神经都是感觉器官。人的躯干是用来支撑和连接各个器官的，而内脏则是吸收和存储能量的。人和外界的联系主要是通过口，而

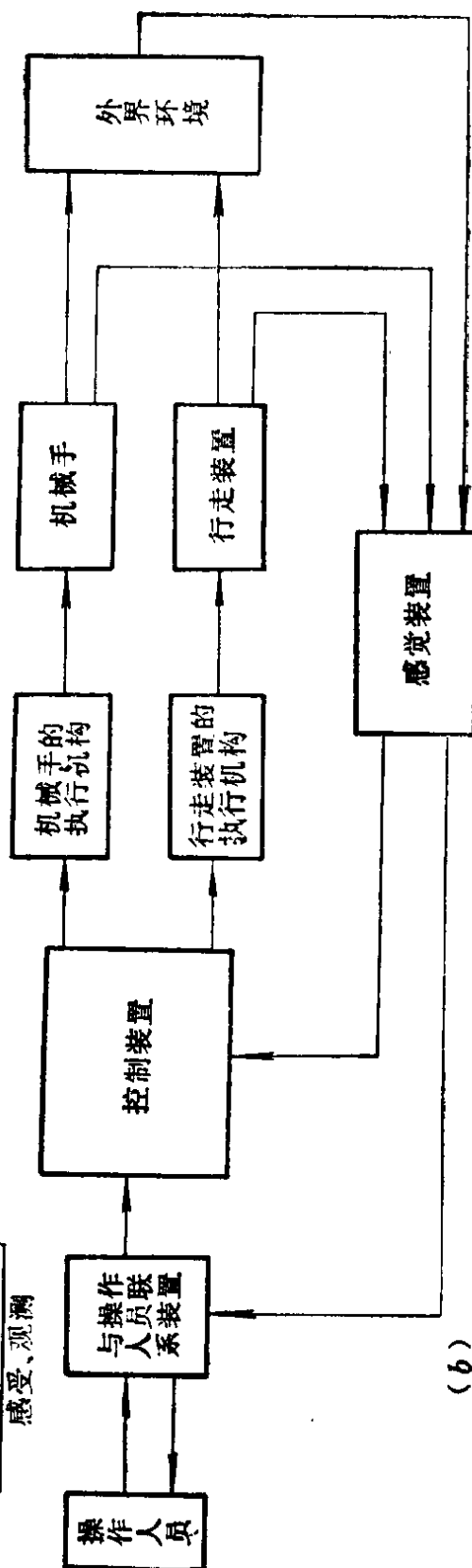
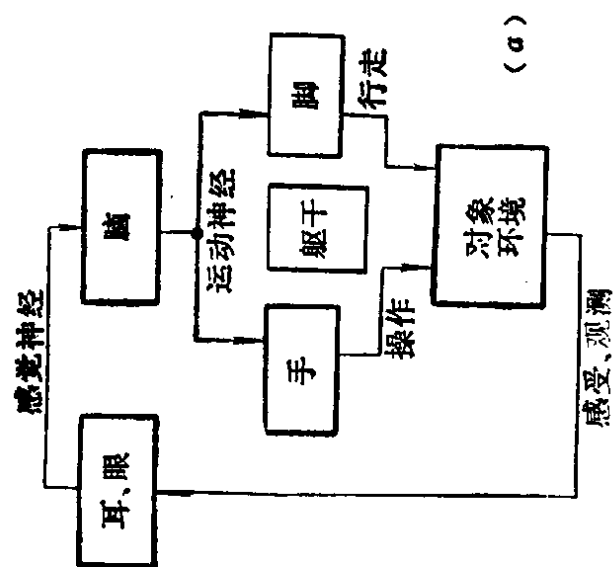


图1-2 机器人与人的组成相似

眼、耳、鼻以及皮肤上的感觉神经也起着与外界联系的作用。

机器人的组成与人相似，它一般包括以下部分：控制中枢（相当于人的脑），操作装置（相当人的手）以及行走装置（相当于人的脚）。有感觉的机器人还必须有感觉装置以及与外界环境联系的装置（相当于人的口、耳、眼、鼻以及皮肤上的感觉神经）。上述各器官既可以由基体装配成与人的形体相似的机器人，也可以将各部分分散配置成与人的形体不相似的机器人。机器人的能源目前多设置于机器人的基体之外，当然也有的是设置于其基体之内的。机器人的各个组成部分分开配置于一定的部位上，必要时可将它们重新组合而形成一个新的机器人。机器人主要组成部分见图 1-2 (b)。

机器人的定义 怎样给机器人下定义呢？有人把有“手”、“脚”并具有记忆和计算装置的自动机统称为机器人，就是说凡是有“手”有“头脑”的机器都叫机器人。有人则强调机器人具有识别图象能力，可以进行推理、判断、决策，并具有能大量存储信息的控制中枢（多数为电子计算机），至于它的手和脚只不过是因为有这样的控制装置才可能有象人一样的灵活的、通用的操作和运动。还有许多其他定义法。

我们认为，机器人是一种在结构上和功能方面都与人相象的灵活而又通用的自动机。

需要说明的是，目前的机器人绝大多数还是比较简单，多数是用于工业和科学研究等的工业机器人和遥控机器人。工业机器人（国内也称为通用机械手）就是一种程序可变的，能够完成各种操作的自动机，通过控制它的主要执行机

构来完成预定的操作。目前国内外对工业机器人和机械手及操作机没有很严格区别划分。机械手（国内也称为专用机械手）一般是指附属于主机的，具有固定程序的（或有较简单的可变程序）自动化抓取装置（日本将这种装置也称为机器人）；而操作机一般是指由人操作的抓取、搬运装置。由主从伺服操作机为主体，再加上一些其他辅助装置（行走装置、观测系统等），可以完成各种操作，它和机器人的功能相似，这类机器人中的很大一部分采用远程控制方式，我们称之为遥控机器人。当然，这种机器人的外形及组成与人相差很远。这种机器人在国外其名称不胜其多。不过，对各种机器人定义和称呼进行严格区别并不是这本小册子的重点所在，我们认为重要的是，尽管工业机器人和遥控机器人仍然是自动化机器，但其控制程序已不是固定不变的，其作用已不单单是放在架子上的简单机器，而是具有高度灵活性和通用性的自动化机械了。

2. 机器人的特性和功能

机器人和生物有相似的功能 生物的功能可用生物空间坐标表示，就是用物理能度、机械能度和智能度来表示。其中物理能度是指力、速度、运动能力、可靠性和寿命等。机械能度是指变通性和空间占有性等。智能度是指感觉、记忆、运算逻辑、学习和综合判断等。从图 1-3 可以看出，机器人是一种机械，它具有机械装置的功能，即具有物理能度和机械能度。但是机器人不单是一种简单机械，而是一种高级自动机，它还具有智能度。机器人和一般程序自动控制机区别在于，在外界环境变化时，或者在要求的操作有变化时，由于它有智能度，所以它可以感觉出外界环境和对象状

态的变化或者指令的变化，对这些信息加以处理（甚至存贮起来以备后用），制定出合适的控制方案，而形成控制，使机器人很快改变动作程序，完成新条件（或指令）所要求的运动和操作。因此可以说，机器人是具有生物空间坐标的三元机械。

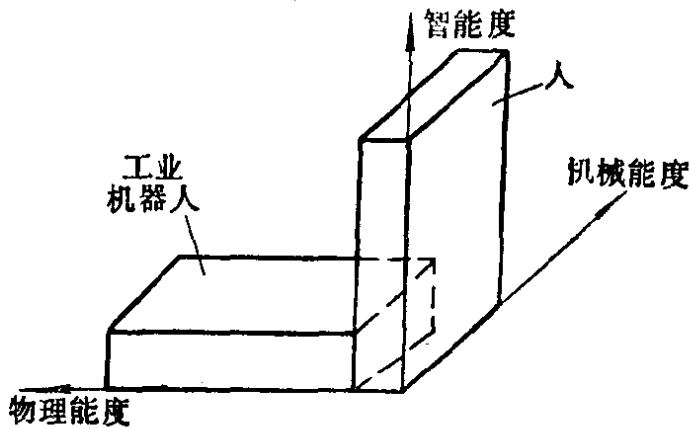


图1-3 机器人与人功能比较

从图 1-3 还可以看出，机器人在物理能度方面可以大大地超过人的物理能度，它可以产生比人大得多的力、速度等等，在体力劳动方面它可以代替人干很多人力所不及的工作，或者代替人干那些不喜欢干的工作。机器人最大的特点之一就是具有生物的灵活性。而机器人这一名词本身就包含有“人”或广泛的“有生之物”的含义。当然，目前机器人的运动自由度（参看第三章）还比人的运动自由度少得多，而且，要想使机器人的感觉装置和控制装置达到人的耳、眼和脑那样的复杂程度，完成相似的功能，至少在目前还办不到。机器人的智能和人比起来，不仅目前还相差很远，而且可以肯定，它是永远也无法赶上人类的。实际上也并不要求机器人的功能（运动和操作）完全和人一样，而只是要求机器人能代替人完成某些操作，也就是只要求机器人的控制传

递函数（表示动作结果和输入的控制作用之间关系的数学表示式）能与所代替的人之水平相接近罢了。

机器人的基本功能 机器人著名学者斯灵提出，机器人起码应具备下列条件：

- （1）具有一只手一只臂；
- （2）能自动推进，自动转向；
- （3）具有完成前两项要求的操作所需的动力系统和控制系统；
- （4）具有计算装置和存储装置；
- （5）具有各种传感器，包括触觉、听觉、嗅觉、感受粗糙度、硬度、位置、重量、热导率、温度、接近、形状、大小、距离和手脚位置等的传感器。

完善的机器人应具有上述五种基本功能，但是目前的机器人，特别是已大量被应用的工业机器人，有的还只具备这五种功能中的两种或三种。例如有的工业机器人是不可移动式的，而且控制也不一定都是具有计算机的，而是采用可编的程序控制。图 1-4 表示了机器人的五种功能及其相互关系，其中带箭头的线表示它们之间接收和发出的信息，而图中的五种功能分别对应于机器人的五个分系统。

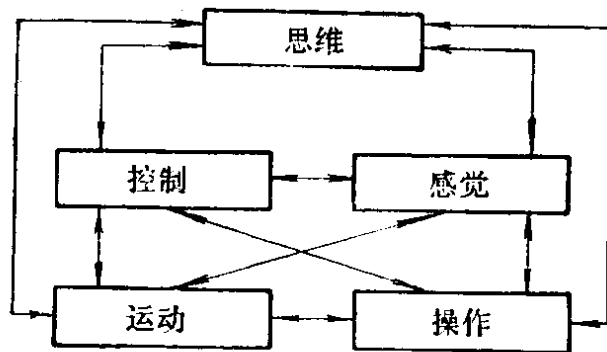


图1-4 机器人的功能

感觉是通过感觉装置（传感器）来实现收集机器人内部信息和外部环境信息。思维就是对来自感觉装置的信息进行处理，规划任务，作出决策，产生控制作用等。控制是通过控制系统来实现的，控制系统是机器人最主要的组成部分。操作是机器人的主要功能之一。为能进行灵活的操作，机器人的手必须具有若干环节和自由度。还要求机器人具有通用性，也就是说，当它的操作对象或操作内容改变后仍能完成所要求的操作。运动是机器人从一个地点移动到另外一个地点的动作。这种动作是由机器人的另一种执行机构，即行走装置来完成的。

为完成操作和运动，要先由控制中枢或控制装置产生控制作用，再由机器人的手和脚的执行机构（称为传动装置，相当于人的肌肉）来完成必要的动作。和人的手、脚的每一个独立运动都是由一块肌肉来完成一样，机器人每个独立运动都靠对应的传动装置来完成。但是，机器人的手和脚可以由一个控制中枢进行协调控制，甚至用一台计算机控制多台机器人。

应该说明一点，除与机器人上述五种功能对应的装置外，还有一种用于机器人与外界进行联系的装置。虽然机器人在自动完成动作过程中完全不靠人，即没有人参与的情况下完成运动与操作，但是，工业机器人在示教过程中或编制程序时以及机器人和外界进行联系的过程中，是完全不能脱离人的干预的。根据人参与机器人的控制的程度不同，各种机器人之间差异是很大的。

人与机器人的联系装置用来实现人与机器人之间的交互作用（其中就包括人参与控制机器人），这种装置的特点是 人可以获得机器人的动作信息，或将人的指令传递给机器

人，引进人的智能以提高控制水平。这种联系可以是视觉信息（如用显示器等），也可以是用语言进行联系，如用有声的自然语言和无声语言进行联系，这就要求机器人有理解自然语言的能力。现在已有用来进行有声语言联系的专用设备，还有可以听懂 200 句话的专用语言综合装置，甚至更先进些。

3. 机器人的应用

应用很广 机器人的发展时间虽然不长，但其发展很快，其应用范围在迅速扩大，已涉及工业、农业、运输、医学和科学研究等各个方面，其中尤以工业应用最广，如用机器人进行热处理、焊接、喷漆、锻造、装配、检验和搬运等。日本于 1981 年 10 月 8～12 日在东京晴海码头（日本最先引进的机器人就是在这个码头上工作的）展览广场上举行的“产业机器人展览会上的机器人大显身手，吸引了 33 万观众。在工业中有感觉的机器人装配零件，清理铸件，对曲线型焊件进行焊接。能行走的机器人可以用来在纺织厂进行巡回接头，在工段内部、工段之间以及车间之间进行装卸和搬运工件或在仓库里代替搬运工人。机器人在糖厂中代替人包装糖果。在农业中机器人可以挤牛奶，根据田地实际情况进行灌溉。在交通管理中机器人可以代替指挥人员。在邮政部门机器人能处理包裹信件。在医院里机器人可代替医务人员进行例行监护，机器人为盲人引路以及帮残废人料理生活。在家庭中可以用机器人带领儿童散步，在照相馆里由机器人为顾客照相，在海下用机器人探矿、勘查。机器人还能救火，在有辐射条件下代替人操作。美苏都采用过机器人在月球或星球上探测。美国用机器人成功地打捞掉在海底的氢弹头，在美国、西德还用机器人防盗除暴，等等，机器人的

实际应用越来越广泛。

采用机器人代替人进行操作，形成单机自动化或组成自动生产线，有些经济发达国家甚至组成自动化车间和工厂，组成柔性生产线。在那些高温高湿度、噪音大、污染严重（如粉尘多、有毒）及有危险的工作地方乃是机器人最有用武之地的场所，如原子反应堆用机器人进行操作，就是一个例子。另外，采用机器人还可以把人们从简单而又单调的劳动中解放出来，如用机器人代替人进行检验。为了把人们从繁重的劳动中解放出来，机器人甚至用来完成人们力所不及的操作，如用机械手在宇宙航行中取放空间飞行物等。

机器人作用 机器人能适应现代化生产的需要。新技术革命的到来迫使生产手段现代化，工业、农业和社会结构的现代化。广泛应用机器人实现机器人化是生产现代化标志之一。现代化生产的特点是生产产品批量小，品种多，产品换代周期短等，这非常需要机器人。

采用机器人可提高产品质量（提高产品精度和保证均一性），降低成本，缩短生产周期，提高劳动生产率（可提高几倍甚至几十倍）。

采用机器人能代替人完成繁琐的或简单重复性劳动（如检验、上下料、医务护理等），代替人在恶劣环境中工作（如喷漆、焊接、铸造、高湿热作业等），改善了劳动条件，确保劳动安全。采用机器人可以扩大人类活动范围（如宇航探索、海洋开发）以及节省、开发能源。

如何用机器人 据资料报道，在机械制造厂内，材料加工成形时间占从定货到交货时间的 12.25%，其余大量时间是在地上睡大觉或在转运中。现在工厂中采用搬运检验机器人就可缩短这种休闲时间。

根据生产类型结构和操作项目, 计算自动化程度, 再根据已有的机器人性能选择机器人形式, 计算预期经济效果和机器人的作用, 确定是购买现成的机器人还是研制新型机器人。采用机器人应从具体情况出发, 不但要考虑选择其种类, 还要考虑把它放到什么地方最为合适以及如何使用机器人才会取得最好的效果。

国外某研究部门经过专门调查后认为, 机器人是一种特殊的自动化装置, 最适宜于充当所谓的操作工。所以在有些地方, 如果作业生产的性质及环境允许, 则应尽力采用自由度少的简单机器人或专用机器人, 这样有利于减少费用。而在另外一些地方, 就应尽力采用通用的高级机器人, 以一台机器人完成多种工作, 代替多台专用机器人。总之, 在应用机器人时要考虑到维护费用, 产品质量和生产线变更时的适应能力等因素。在使用无感觉的机器人时, 要直接抓取任意放置的且具有各种形状的物体是有困难的, 在这种情况下, 实际可行的办法是先对工件进行整列工作, 然后再使用机器人进行操作。另外, 对于无感觉机器人还应附加有监视装置, 以便在一个操作完成后产生信息, 由人工给出指令, 再进行下一个操作, 这样可以使较为低级机器人充分发挥其作用。除此之外, 在应用已有的机器人时, 常常要由使用者自己设计专用的手爪以及传感器等装置。在设计产品时还要考虑应便于机器人操作, 这也是很重要的。

4. 机器人技术现状

目前在世界上大约有十多万台机器人(1982年底估计数), 其中主要是工业机器人, 生产厂有200家以上, 而生产的品种超过300种。美国是机器人的发源地, 日本是机器