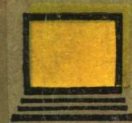


WEIXING JISUANJI KONGZHI DE JIQIREN RUMEN

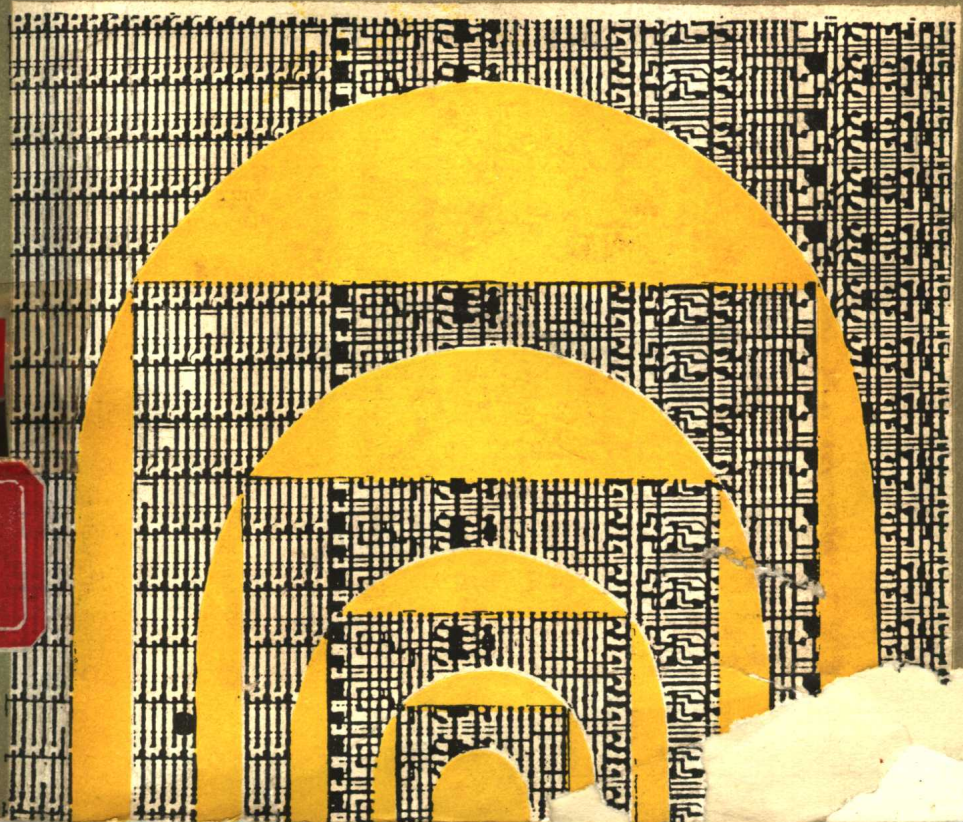


微型计算机控制的 机器人入门

【日】前川禎男 大野栄一 编著

徐崇庶 胡玉雁 译

高等教育出版社



微型计算机控制的 机器人入门

前川禎男 大野栄一 编著

徐崇庶 胡玉雁 译

高等教育出版社

本书简单地介绍了机器人技术的现状，同时也从微型计算机的角度来研究机器人的控制。全书共分六章：第一、二章对机器人的现状和发展方向、机器人的结构及各部分的作用作了简单的介绍；第三章讲述了微型计算机的基础；第四章介绍了机器人的微型计算机控制；第五、六章讲述了实用机器人的情况及微型计算机控制的机器人的实际应用。通过阅读本书，读者可从微型计算机的角度来了解机器人，为今后开发更高级的机器人打下充实的基础。

本书可作为高等学校理工科计算机、自动控制等有关专业的教材，亦可作为从事机器人工作的广大科技工作者的参考书，或可作为科普读物。

责任编辑 姚玉洁

マイコン制御ロボット入門

工学博士前川禎男／工学博士 大野栄一
オーム社，1983年

微型计算机控制的机器人入门

前川禎男 大野栄一 编著

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 5.5 字数 142 000

1988年9月第1版 1989年6月第1次印刷

印数 0 001—2 240

ISBN 7-04-000881-7 / FN·54

定价 1.75 元

译者的话

“机器人”这个神话中“人物”，现在已经变成了现实。目前许多工业发达的国家中，机器人已被广泛地应用在生产和生活的各个领域之中，它已成为今天的自动化时代的标志。

目前应用最多的是工业机器人，它具有通用性。它可以象人们的手臂一样运动，并进行工作，通过操作人员的示教，它可以作重复的运动和操作。但目前的工业机器人形体和智能水平，还远不能和人类相比，相信随着计算机技术的发展，今后会开发出具有更高级功能的机器人。

本书不仅对机器人本身作较详细的解释，而主要是从控制机器人的微型计算机角度来研究机器人，为今后开发更高级的智能机器人指出了前进的方向。

我国的机器人研究工作虽然起步较晚，但由于党和国家的重视，广大科技工作者的努力，已取得很大成就，“七五”期间，机器人的研究又是国家的重点项目之一，相信不久的将来，机器人的应用也会渗透到各个领域之中。

我们翻译本书希望能对广大想了解机器人工作的人们有所帮助。本书的序言、第三、四、六章由徐崇庶翻译，第一、二、五章由胡玉雁翻译。由冯正和同志审校了部分书稿，在此表示衷心的感谢。由于我们水平有限，疏漏和欠妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

译者

一九八六年十二月

序 言

“机器人”自诞生以来已经过了若干年，虽然这个曾显赫一时的话题稍稍有些冷落，但是工业机器人已经在工业界牢牢地扎了根。此外，从工业品到电子游戏等各个领域，使用机器人也成了很平常的事。如今在世界上，机器人已成为自动化时代的象征。

被人们瞠目而视的机器人的发展，是集机械、电工等许多领域技术发展之大成，特别是以微型计算机为代表的微电子技术的发展更起了重要的作用，如果没有这些，就不会有今天的机器人时代。而且，今后应用计算机技术，将能开发出象智能机器人这样具有高级功能的机器人。

本书不但对机器人技术的现状作了简明易懂的解释，同时也深入到机器人内部，从控制机器人的微型计算机的角度来研究机器人。

因此，也用了一定的篇幅，介绍微型计算机的基础知识。这些基础知识不仅对从事机器人工作的人们，而且对应用微型计算机从事各种机械的自动化和检测等工作的人们也是有所帮助的。微型计算机由于机型不同，构造上也有所差别，所以要具体说明就必须限定机型。本书是入门书，不对机型作特殊限定，而是尽可能照顾一般的通用性，为了能更好地理解将要碰到的各种机型，重点说明了基本原理和术语。对于特定的各种机型的微型计算机，已经分别出版了许多使用手册，必要时可参考相应的手册。有关机器人的书籍虽然已有不少，但本书的特点是从微型计算机的角度加以说明。

希望本书对从事机器人的使用和开发的人们及为了提高科学

技术素质而想了解机器人知识的人们能有所帮助。

最后，对本书所引用的各参考文献的作者，及为本书的出版而付出巨大劳动的欧姆社的诸位表示衷心的感谢。

编者代表 前川稔男

1983年11月

目 录

第一章 机器人的概述	1
1.1 当前采用机器人的原因	1
1.2 机器人的发展	2
1.3 机器人的分类	6
1.4 微型计算机与机器人的关系	11
第二章 机器人的结构和作用	14
2.1 生物的动作和机器人	14
2.2 机器人系统的构成	17
2.3 机器人的臂	19
2.4 机器人的手和指	23
2.5 机器人的脚	25
2.6 机器人的嘴	26
2.7 机器人的耳	27
2.8 机器人的眼睛	29
2.9 机器人的脑	34
第三章 微型计算机基础	39
3.1 微型计算机概述	39
3.2 信息及其表示	48
3.3 数字电路	58
3.4 微型计算机的组成及工作原理	64
3.5 微型计算机的软件	73
第四章 机器人的微型计算机控制	80
4.1 机械的微型计算机控制	80
4.2 接口技术	84
4.3 机器人的控制	92
4.4 机器人的微型计算机控制	96

第五章 实用机器人的概要	106
5.1 机器人和机器人技术的分类	106
5.2 工业机器人	108
5.3 福利机器人	120
5.4 教育、电子游戏机器人	124
第六章 微型计算机控制的机器人的实际应用	133
6.1 微型机器人及其控制系统	133
6.2 工业机器人及其控制系统	138
6.3 机器人的视觉系统	152

第一章 机器人的概述

1.1 当前采用机器人的原因

现在是自动化的时代,也可以说是高度自动化的时代。自动化就是人们所希望的用机器来代替人进行工作。从最初的仅仅是机械的发明开始,到现在已实现了大型系统,甚至整个工厂无人运行也是可能实现的。另外,作为一般机关部门的自动化,正在实现**办公室自动化**(Office Automation: OA)。把**工厂自动化**(Factory Automation: FA)和办公室自动化作为两个极端,其它社会系统的自动化(Social Automation: SA)、家庭的自动化(Home Automation: HA)等也成了人们感兴趣的题目。总之是全部都自动化、省力化和省人化。

机器人的确是自动化时代存在的象征。现在机器人的形态不一定都象人的上肢,例如,象气象观测机器人和声音机器人等,是作为自动化象征的命名而存在。因而,在各个领域自动化的发展阶段,不能无视机器人的存在。尤其是现在,只专门考虑工厂自动化(FA)方面的问题,而今后在其它领域的自动化,例如办公室和家庭自动化方面,使用机器人的时代也许会到来。

现在,最主要的是为了提高工厂的生产率和节省人力,为此在非常积极地采取措施引入**工业机器人**。日本在工业方面生产系统机器人的使用已完全定型,同时,在工业界、大学和研究单位也在积极地进行着机器人的制造、开发和研究工作。目前,日本所有的工业机器人台数占世界第一位,以致享有机器人王国的称号。

下面对主要的工业机器人加以说明。最初,引入工业机器人

的目的是：① 节约人力；② 简单工作的机械化；③ 恶劣环境工作的机械化；④ 熟练工人不够时的措施；⑤ 提高生产率，降低成本；⑥ 使质量稳定，並提高质量；⑦ 无人运行；⑧ 技术兴趣；⑨ 适应产品的变化等。实际上更多的是为了节省人力，提高生产率，降低成本等。不过这些作用随时代的发展将有不同的侧重。

1.2 机器人的发展

追寻机器人设想的原型，可以上溯到公元前。在公元前八世纪，被认为是现在世界上最古老的文学作品的荷马的《伊利亚特》中写到：作为锻造工场神仙的助手，按人们的理想制造的黄金少女问世。这就是现在称为工业机器人的最早的理想原型。从这以后到现在，作为人们理想象征的机器人在文学作品和科学幻想小说（SF）中出现的情况不胜枚举。其中，特别值得注意的是卡来罗·加培古写的戏剧《Rossum's Universal Robots (R. U. R, 罗沙姆的宇宙机器人)（罗沙姆万能机器人制造公司）》（1920年），作为“机器人”术语的原始根据而有名。下面的词就是由此而来的，如意思为捷克语的奴隶劳动的Robota，另外工人是由Robotnik来的。

作为实际的机器人的原型是自动人，即人形的自动装置。自动人于十六世纪末在欧洲问世，在十八世纪迎来了最盛时期。另外，人形自动装置于十八世纪在日本制造出来。至今象这样机械结构的自动人，虽然在材料和动力源方面和以前不同，但还是一脉相承，继续在制造。

1954年美国乔治·得波罗取得了工业机器人的专利。这就是现在所说的一个自由度的再现型机器人，这个设想在五年以后得以实现。

1953年香农和明斯基提出了用计算机控制操纵装置的设计，到1961年麻省理工学院（MIT）的爱伦斯多利用控制计算机实现

了对操作放射性物质用的操纵装置的控制。这可以认为是现代机器人的原型〔2〕。

回顾工业机器人的历史，一般认为从1940年前后到1960年前后是遥控操作时代。所谓**遥控操作**，就是由在其它地方的人来操纵在远方设置的操纵装置。

1947年在法国国立研究所，开发了用于拿取放射性物质的操纵装置系统（又称**机械手**）。这个系统就是现在机器人硬件设备的原型。一般称其为主从型操纵装置，从动装置侧相当于进入到放射能、海洋、宇宙空间等恶劣环境中的人的腕和手指，即操纵装置。主动侧用墙壁或空间与从动侧隔离，通过主动侧的操纵装置来控制从动侧。

乔治·得波罗的工业机器人是有磁头的一个自由度的再现型机器人，可以连续重复地进行拿起和拆卸零件的工作。1959年发表了这个实物原型。此后，由于电子学所支持的计算机技术的发展，根据香农的考虑准备用计算机来控制操纵装置，到1961年麻省理工学院的爱伦斯多制造了操作放射性物质的操纵装置和控制计算机组成的MH-1系统，这在前面已叙述。

60年代的后半时期，根据人工感觉和物体辨识的研究，麻省理工学院和斯坦福大学、斯坦福研究所（SRT）开始了现代智能机器人的研究工作。在这些研究中，以所谓的**斯坦福臂**（图1.1）和爬行机器人最有名。

另一方面，在工业界成立了尤尼梅乔公司，生产了实用的工业机器人（1962年）。最初在这里生产的机器人“**通用机械手**”在销售方面几乎处于独占的地位。

此外，在1962年，美国的AMF公司制造了工业机器人“**帕沙多兰**”。通用机械手和“帕沙多兰”工业机械手作为实用的工业机器人的代表而有名。图1.2所示为其外形和系统。1967年美国的“帕沙多兰”工业机械手在日本初步公开，以后日本各公司的工业机器人也相继问世。

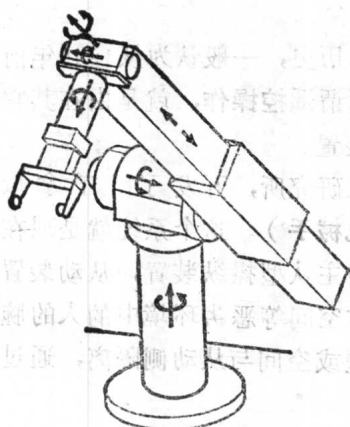
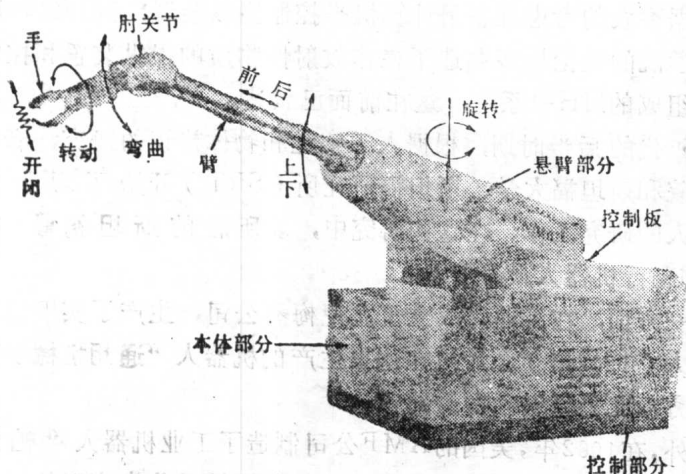
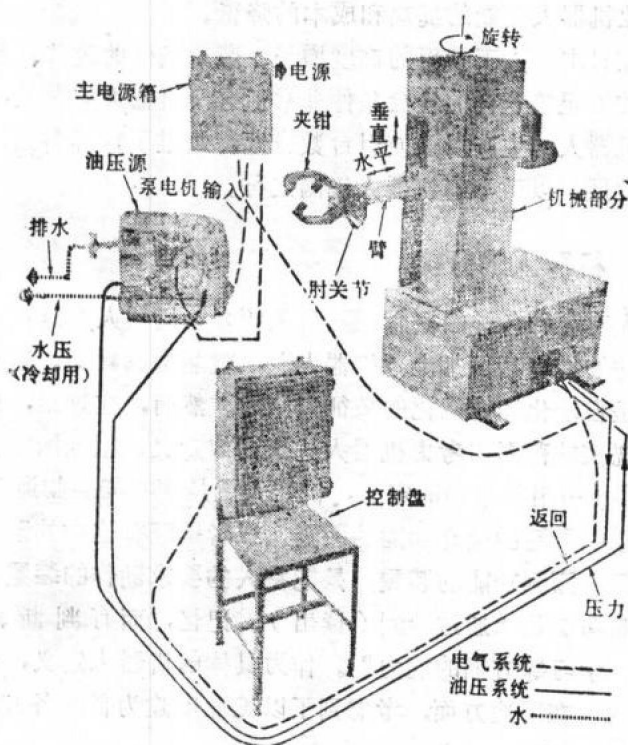


图1.1 斯坦福臂



(a) 通用机械手的外形



(b) 帕沙多兰工业机械手系统

图1.2

1967年瑞典的多兰路普公司的焊接机器人问世。

在初期，工业机器人的控制多数为插接板顺序方式和程序控制。也有采用小型计算机的情况，可是因其价格高，不能普及。然而1971年末问世的微型计算机实现了计算功能的革命——小型化和降低价格，这就成为提高机器人控制功能、可靠性及降低其价格的可靠保证，巩固了现代机器人技术的地位。

以后，由于大规模集成电路（LSI）技术的飞跃发展，存储器的大容量化、低成本化，新的微处理机相继出现，软件技术的不断发展，微型计算机技术得到更进一步地发展，这些直接

影响到工业机器人性能的提高和成本的降低。

另外在日本，人工费用的高度增长、劳动条件的改善、熟练技术工人的不足等这样的社会条件非常适合于机器人的普及，因而在工业机器人的生产以及使用台数方面都超过了世界各国，得到惊人的发展，以致享有机器人王国之称。

1.3 机器人的分类

机器人有各种各样的概念。最近，象“××机器人”这样，在不论什么样的措词后面加上“机器人”，就能构成新词。这是根据机器人是自动化和智能化的象征来定的。然而，在这里，更进一步在稍现实的范围内考虑机器人这个词的意义，根据国际特许分类（IPC）引用其术语的定义，机器人就是“有与生物运动部分功能相似的灵活的动作功能的装置，或者是既有这样的动作功能，同时还有预测功能的装置，是能按人的要求动作的装置”。此处的预测功能是“通过检测（读出）、记忆，而有判断、辨识、适应、学习等方面的能力”。作为具体的机器人定义，这是比较合适的。在用途方面，考虑到了以工业用途为首的各方面的应用（见表1.1）。

表1.1 机器人按用途不同分类

种 类	用 途
工业机器人	电弧焊用，点焊用，喷漆用，组装用，搬运用，密封用等
医疗、福利用机器人	护理用，帮助残疾人用
教育、电子游戏机器人	教育用，研究用，电子游戏用
特殊工作用机器人	搬窗用，建筑工作用，宇宙开发用，海洋开发用，原子能电站的维护检修用等
其它	家务用，办公用等

关于工业机器人的定义和分类，此处稍作限制，见日本通产省工业技术院委托日本工业机器人工业会所写的“关于机器人标准化的调查研究”报告书所示（1975年3月），工业机器人的主

表1.2 按输入信息、示教分类

名 称	定 义
手控机械手	人来操纵的机械手*
固定顺序机器人	是根据预先给定的顺序和条件以及位置,连续地逐次进行各阶段动作的机械手,给定的信息不容易改变
可变顺序机器人	是根据预先给定的顺序和条件以及位置,连续地逐次进行各阶段动作的机械手,容易变更给定信息
再现机器人	按照人预先开动机械手进行的示教,记忆下工作的顺序、位置及其它信息,根据读出的所必需的相应信息,重复进行工作的机械手
数字控制机器人	按照给出的顺序、位置及其它信息,以数字指令的形式进行工作的机械手
智能机器人	是根据感觉功能和辨识功能决定行动的机器人

* 机械手是有类似人的上肢的功能,而且能在空间移动物体的装置。

要分类如表1.2所示(按输入信息、示教分类)。

由表可明确知道,工业机器人具有人的上肢功能是其必要条件。

首先按动作形态分类如下:

(1) **手控机械手**: 具有类似人上肢的功能,人来操纵,依靠人的视觉进行工作。因而严格地说,它不能算是机器人。

(2) **固定顺序机器人**: 是按照预先给定的顺序和条件,连续地逐次进行各阶段动作的机械手,不容易改变给定的信息。多作为机械装置的自动化部件,组装到机器中。

(3) **可变顺序机器人**: 与固定顺序机器人相反,很容易改变给定信息,在多品种产品的生产方面,具有较大的适应能力。严格地说,这种比较高级的装置才能称为机器人。

(4) **再现机器人**: 在实际工作之前是示教阶段,记忆下人教给机器人的工作顺序的动作;在实际工作阶段,机器人逐次读出记忆的动作,并将其转变为工作的动作。这就是所谓的再现。示教的方法可以是人用手握着机械手动作的方法,或者是使用称为示教盒的装置,用其按钮和开关操纵机械手的方法。

(5) 数字控制机器人：预先用数值给定需要的工作内容，脱机或者直接作出程序，通过记忆这个程序来记忆机器人的动作。在工作时，读出此程序并转变为动作。这种机器人多兼有再现机器人的功能。

(6) 智能机器人：智能机器人不仅是重复预先记忆的动作，还具有按照环境的变化，修正、改变动作等自律功能。因此，智能机器人为了能感觉环境的状态，需要有各种感觉器官（传感器），经常把外界的信息送入机器人内，为了进行高度的信息处理，必须有硬件（计算机）和软件（算法）。

下面是按动作形态对机器人的分类，如表 1.3、图 1.3 所示。

表 1.3 按动作形态的分类

名 称	定 义
直角坐标机器人	动作主要是直角坐标形式的机械手
圆柱坐标机器人	动作主要是圆柱坐标形式的机械手
极坐标机器人	动作主要是极坐标形式的机械手
多关节机器人	动作主要是用多关节构成的机械手

下面，按机器人动作的顺序信息分类。

(1) 手控机械手：人来操纵的机械手。

(2) 简单功能的机器人：是在构造中有固定记忆功能的机械手，由于控制装置的不同，它不能代替下述的重复型机器人。

(3) 重复型机器人：有如下分类：

{ 单一重复机器人... { 固定程序形式
 可变程序形式 1
 可变程序形式 2
 { 多样重复机器人... 可变程序

这里固定程序形式是指工作循环的程序不容易改变，例如用凸轮、继电器电路等所定的程序；可变程序形式 1，其工作循环的程序容易改变，并且根据此程序按固定顺序进行控制，控制顺

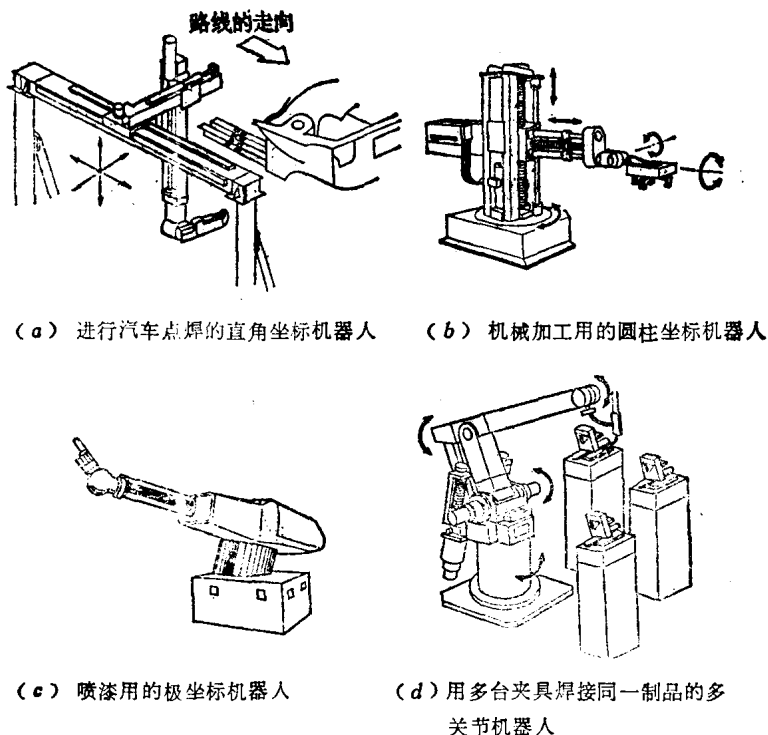


图1.3 机器人按动作形态的分类

序可用如插接板、磁带和卡片来记忆；可变程序形式2，其程序容易改变，控制顺序是使用通用顺序装置等实现，根据工作循环中的条件，还可能分支功能。

多样重复机器人是可变程序形式的，具有多种工作循环，可以通过指令程序来选择循环程序。在这种型式中，可用小型计算机、微型计算机和通用顺序装置等编制程序。

(4) 智能机器人：是有感觉功能和辨识功能，并按其决定动作的机器人。

除此之外，按使用形态分类的机器人如下：

- (1) 焊接机器人：（点焊机器人，电弧焊机器人）
- (2) 喷漆机器人：