

工业机械人的 结构与应用

〔日〕高井宏幸等编著

机械工业出版社

工业机械人的结构与应用

〔日〕高井宏幸
加藤一郎
辻三郎 编著
大鸟羽幸太郎
菊池 瑛

第一机械工业部技术情报所编译



机械工业出版社

“工业机器人”是近十几年来国外出现的一种程序可变的自动搬运和上下料机械。在我国，这种机械的名称和定义还不统一，一般地称为“通用机械手”。

本书是近年来日本大量出版的介绍“工业机器人”的书籍中，技术内容比较具体的一种。书中介绍了机器的结构概貌、使用方法、应用实例，并结合对日本制造厂家和用户的调查，分析了技术发展方向；第四章还对美、日最主要的三种型号“工业机器人”的使用方法做了较详细的说明；其他部分，如硬设备、控制方式、应用实例等章节，对于设计和使用部门也有一定的参考价值。

本书可供从事设计、使用“工业机器人”的技术人员、工人及教学工作参考。

産業ロボット導入ガイドブック

高井宏幸等编著

オーム社 1971

* * *

工业机械人的结构与应用

〔日〕高井宏幸等编著

第一机械工业部技术情报所编译

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可証出字第 117 号）

民族印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $9 \frac{5}{8}$ · 字数 211 千字
1977 年 9 月北京第一版 · 1979 年 4 月北京第二次印刷

印数 29,001—73,000 · 定价 0.77 元

*

统一书号：15033 · 4388

出版说明

在毛主席革命路线指引下，在根据毛主席指示，周总理在四届人大宣布的四个现代化宏伟目标鼓舞下，我国机械工业战线抓革命、促生产的形势大好，技术改造的群众运动正在蓬勃发展。为了配合这个运动，我们翻译出版了这本书，供从事机械化自动化工作的工人和技术人员参考。

“工业机械人”是近十几年来国外出现的一种程序可变的自动搬运和上下料机械。最早研制这种机械的是美国，以后发展到日本和欧洲各国，目前以日本的拥有量和品种数为最多。

在我国，这种机械的名称和定义还不统一，有的称为“工业机器人”、“工业机械人”，有的称为“通用机械手”。在国外文献中，“工业机械人”一词已经通行，而且在叙述机器的各种功能部件时也以人的各种器官相比拟，在翻译中，为了保持译文的前后连贯，本书仍保留“工业机械人”一词。由美国最先采用的“工业机械人”这个词，带有一定的商业广告气息，但在技术上也有一定的用意，就是将这种新型的程序可变的自动搬运机械与原有的机械手和操作机区别开来。大体看来，这三者的区别如下：

操作机 (Manipulator) 一般指由人操纵的主从式操作装置，机械手爪的动作靠人遥动控制，如处理放射性材料、装配火工品的主从式操作机，锻造操作机等。

机械手 (Mechanical Hand) 一般指附属于主机的、程序固定的装卸工件或工具的装置，如自动机床、自动线装卸工件用的机械手，加工中心自动换刀用的机械手等。

工业机器人 (Industrial Robot) 一般指程序可变的、独立的、自动化的抓取搬运装置。

本书是日本近年来大量出版的介绍“工业机器人”的书籍中, 技术内容比较具体的一种。书中介绍了机器的结构概貌、使用方法、应用实例, 并结合对日本制造厂家和用户的调查, 分析了技术发展方向; 在第四章, 还对美、日最主要的三种型号, 即 Unimate、Versatran 和 Transer 的使用方法做了较详细的说明; 其他部分, 如硬设备、控制方式、应用实例等章节, 对于设计和使用部门也有一定的参考价值。

原书中还有一些章节, 论述日本采用“工业机器人”的社会经济背景等。这些内容不属于科学技术范围, 在译文中已经删除。此外, 在描述机器特性的有些章节, 使用了“思考机械人”、“意识”、“生物空间”之类的词。毛主席说: “思想等等是主观的东西, 做或行动是主观见之于客观的东西, 都是人类特殊的能动性。”从辩证唯物主义的观点看, 机器不可能具有“思想”、“意识”等属于主观能动性的东西。凡此种种, 请读者注意分析批判。

本书由第一机械工业部技术情报所李永新同志编译, 经北京机床研究所张书诠、遇立基两同志审校, 在此一并致谢!

由于我们的政治思想水平和业务工作水平低, 书中一定会有不当之处, 恳请读者批评指正。

机械工业出版社

目 录

出版说明

第一章 “机械人”名称的来源和定义.....	1
一、“机械人”一词的来源和历史	1
二、“机械人”的定义	2
第二章 采用机械人的基本方法.....	6
一、采用机械人的系统工程	6
二、机械人能够代替人从事的工作	10
第三章 工业机械人的功能.....	13
一、抓取机构	13
二、臂机构	14
三、能力	15
四、动作控制	17
五、控制方式	18
六、主要元件的种类和特点	24
第四章 工业机械人的使用方法.....	26
一、Unimate 的使用方法	26
二、Versatran 的使用方法	35
三、Transer 的使用方法	49
第五章 硬设备.....	58
一、引言	58
二、手和脚	58
三、传感器	75
四、传动机构	103
五、未来展望	137

第六章 控制方式	139
一、引言	139
二、工业机械人的定义和分类	140
三、重复型机械人	141
四、重复型机械人的计算机控制	182
五、智能机械人	187
六、操纵型机械人	193
七、结语	201
第七章 应用实例	203
一、压铸	203
二、装配(汽车工业)	206
三、机床	210
四、冲压	212
五、热加工	219
六、搬运	227
七、纺纱工程的自动接头机	230
八、其他应用实例	234
九、美国第一届工业机械人会议文献中刊载的应用实例	237
第八章 用户与生产厂家动向	239
一、引言	239
二、生产厂家调查	239
三、用户调查	265
四、结语	280
第九章 机械人的未来	283
一、工业机械人存在的问题	283
二、机械人的新技术动向	284
三、智能机械人的研究	286
四、机械人的机群控制	299

第一章“机械人”名称的来源和定义

一、“机械人”一词的来源和历史

听到“机械人”这样一个词，在我们脑海里立刻浮现出一种形象。但是，如果认真问一问：“机械人到底是什么？”回答可能是一人一样。而且，“机械人”这个词并不象一般人含糊想象的那样是由来已久的一个词。

大约五十年前的1920年，捷克斯洛伐克作家卡雷尔·查培克写了一个剧本，名叫“罗莎姆万能机械人公司 R. U. R.”。这就是“机械人 (Robot)”这个词的第一次问世。这个剧本以人制造的为人当奴仆的人造人世界为主题。“Robot”这个字是从捷克语代表“农奴的赋役”的 robota 一词衍生出来的。在日语中，除了“人造人”的叫法之外，还有“机械人”、“人工人”等叫法。不论哪种叫法，都带有浓厚的“能劳动不能思考的人”的意味。

查培克以后，在科学幻想小说里机械人成了主角，这是大家所熟知的，在我们的日常生活中“机械人”一词也获得了广泛使用。它包括从“木偶人”到“被遥控的人”等种种喻意。

用机械代替人从事一向由人进行的工作，是“自动化 (Automation)”的核心，已经获得大普及，这是众所周知的。通常这种机械称为自动机械而不称“机械人”。这是因为一向所说的自动机械大多是单能的，无论是机能还是形态都与人相差很远。

十几年以前，美国机械与铸造公司（AMF）以“工业机器人（Industrial Robot）”为商品广告将通用多能自动机械“Versatran”投入市场。这就是今天工业机械人的雏型。到现在为止，查培克创作的机械人已经发生了很大的变化。从空想到现实是第一个变化。第二个变化是，形状并不象人。因此，要从工作机能方面重新给“机械人”下定义。

二、“机械人”的定义

卡雷尔·查培克给“机械人”的定义是：“有劳动能力、没有思考能力、形状象人的东西。”从这个定义开始，以后，不但在科学幻想小说领域，而且在工业机器人、智能机械人等属于科学技术的领域里，提出了若干种定义。现先将这些定义列举如下：

高桥秀俊（东京大学）：

通过输入输出系统由计算机赋予能动性的装置。人用脚走路、用头颈回转环顾四周、用手拿东西，同时用眼睛看、鼻子嗅。由计算机赋予这些特性的装置就定义为机械人。

渡边 茂（东京大学）：

必需具备下列五个条件：

- ① 整体运动；
- ② 能够识别图象；
- ③ 自由度多；
- ④ 有反馈；
- ⑤ 有前馈（有存贮或记忆）。

森 政弘（东京工业大学）：

具有移动性、独立个体性、智能性、通用性、半机半人性、自动性、使役性的装置。如图 1-1 所示，自动性、运动

和移动性、独立个体性是机械人的基本特性，尤其移动性是不可缺少的条件。

M. W. Thring (伦敦大学)：

能够自由转动、具有自行控制的能力、能行动的移动物，具备下列特点：

- ① 计算机：具有记忆与适应能力；
- ② 感觉器：有触觉，视觉等，用于认识事物；
- ③ 抓取对象用的手爪；
- ④ 行走装置。

加藤一郎 (早稻田大学)：

由工作用的手、移动用的脚和有意识的头脑集成一个个体，具有非接触传感器 (相当于耳、目)、接触传感器 (相当于皮肤)、固有感、平衡感等感觉器官和能力。参见图 1-2。

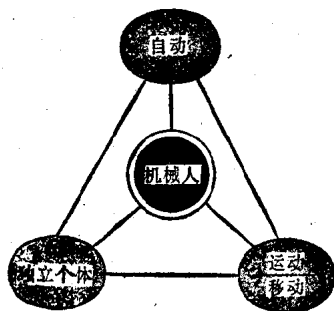


图1-1 机械人的三特性

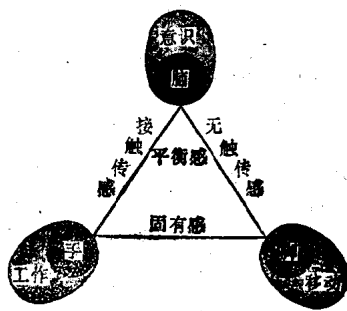


图1-2 机械人的三要素

石原藤夫 (通讯技术研究所)：

一种自动机械，其外观令人一见便联想到人，至少能做与人类似的动作，其智力在某些方面与人相等，甚或胜过人。

如果勉强地分分类，这些定义可以分为三类。第一类，强调用计算机识别图象，高桥、渡边等人属于这种观点。第二类，森、Thring 和加藤等人重点强调手脚。一方认为，机械人先有手脚，然后头脑才有意义；另一方认为相反，手脚有了头脑的支持才能实现其功能；其实这两种定义恐怕只是出发点不同。图 1-3 表示这两种定义在机械人范围内的特殊性，第一类相当于思考型机械人，第二类相当于操作型机械人。第三类，石原的定义，其特点是规定形态也要象人的自动机械才叫机械人。

但在当前，撇开形态问题不谈，对机械人的能力的评价标准与对生物能力的评价标准一样，即智能、机能和物理能三个方面。图 1-4 为以智能度、机能度和物理能度三座标表示的“生物空间”。这里，机能的意思是变通性或通用性、空间占有性等；物理能包括力、速度、连续运行能力、均一性、可靠性、联用性、寿命等；智能则指感觉、知觉等。记忆、运算逻辑、学习、鉴定、综合判断等都包括在智能之内。把这

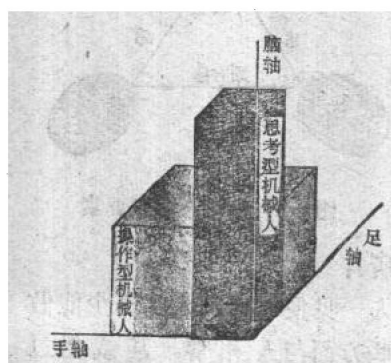


图1-3 机械人范围

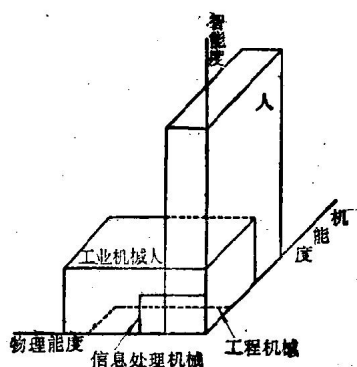


图1-4 生物空间

些概括起来可以说：“机械人是具有生物空间三座标的三元机械。”

作为本书主题的工业机械人是一种除具备普通机械的物理能之外，还具有通用性机能、记忆智能的三元机械，即机械人。顺便提一提，某种工程机械有移动性，占有空间不固定，因而是二元机械。计算机等信息处理机械除物理能之外，还有若干智能，因而也属于二元机械。而一般机械都只有物理能，所以都是一元机械。

第二章 采用机械人的基本方法

一、采用机械人的系统工程

要想通过采用工业机械人达到节约劳动力的目的，必需掌握充分发挥机械人能力的方法。下一章还要详细说明。现在的工业机械人都是结构简单的自动抓放机械，如果我们不能在工作条件 and 环境方面充分做好准备，就不能发挥应有的作用。也就是说，机械人是节约劳力系统中的一个要素，明确它在整个生产线中所占的地位是一件很重要的事情。

换一种说法，在采用机械人时可以把生产线看作是一个系统，针对节约劳力的目标，采用系统工程学的决策方法是有效的。既然称为系统，一般是指由专门的系统分析学家利用系统工程理论，通过大型计算机设计出来的东西。但是，如果能够充分掌握具体车间作业内容的特点，极简单的手工计算也同样能得到很大的效果。用简单明了的话说，就是在采用机械人时，要从作业内容的整体着眼，确定：把机械人摆在什么地点，怎么使用，才能使整体取得最好的平衡。

从整个系统考虑的设计方法，显然是最有效果的。例如，某个工序减轻体力劳动有困难，而且占用人手很多。假若能改进产品制造工艺，把这道工序取消，当然是一种解决办法。在不能取消的情况下，现在各工厂常常是以已有机械为基础，用容易实现自动化的工序来代替这种工序，采用机械人就属于这条思路中的一个极重要的方面。

在这里，我们就根据前面讲的系统工程学方法讲一讲，

一条已有的生产线采用数台机械实现节约劳力需要经过怎样的过程。如图 2-1 所示，到系统建成为止，要划分为若干阶段，即：

① 系统分析阶段：确定节约劳力的目标，决定为了达到规定的目标应在什么地点采用机械人。

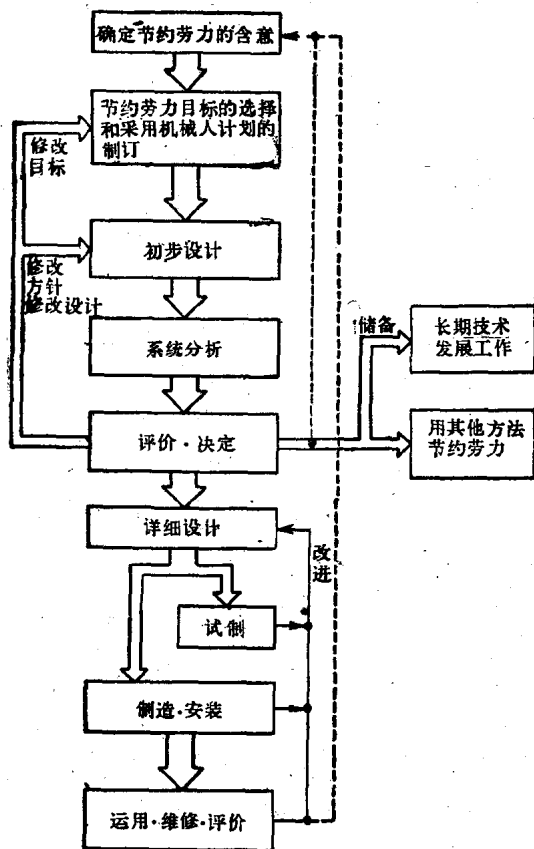


图2-1 采用机械人的流程图

② 系统设计阶段：针对规定的目标，考虑若干种机械人的利用方法，选其中最好的一种进行实际设计。

③ 制造阶段：制造机械人及关联设备，培训人员。

④ 运用阶段：运行、维修，同时对系统进行评价和部分改进。

下面稍为详细地讲一下到系统设计为止的各个部分。

〔1〕 系统分析

系统工程学的内容就是，针对某个目标，系统地考虑其实现方法。显然，明确目标是必不可少的。在系统分析中要有组织地进行这项工作。此外，为了采用机械人，设计者必须对机械人具有基础知识，要掌握本书中所讲的内容。

（a）节约劳力问题的含意

要节约劳力，首先要找出存在的问题，并对有关条件进行定量的分析。也就是要明确作为节约劳力对象的工序内容、工作速度、工作变更频度等。我们必须注意到，从前由人进行的工序中含有实质上不必需的动作，不能原样照搬。

节约劳力的目标为节省劳力的人员数、系统运行所需要的人员数，以及他们的技能，技术改造的经费、运行经费、工程日期、生产率、设备利用率等。

（b）机械人系统的工作环境

如前所述，机械人是生产线的一个要素。机械人与已有设备和人的兼容性是一个重要问题。

为了安装机械人，生产线不可避免地要有某种程度的变动。这里，占地，电、液、气等能源，与其他设备同步用的信号源，以及运行维修人员的方便安全等都很重要。机械人的真正用武之地是高温、空气污浊等恶劣环境，因此为了提高机械人的利用率，最好能配备机械人用的防护装具。

(c) 机械人的采用计划

在考虑前述条件的基础上确定采用机械人的工序。市场上出售的工业机械人，不一定拿来就具备所需要的性能，在很多情况下需要考虑研制专用的手爪，光学、压力、温度等传感器，以及所用的控制装置等。要根据这些新技术的可能性、实现的日期、人员、经费等，对该工序采用机械人问题做出决定。

〔2〕 系统设计

在通过系统分析做出决定的条件之下，可以由机械人的制造厂和用户合作，做出若干个机械人系统的初步设计，并对它们进行评价。这里要从技术可能性和经济性两方面进行探讨。要注意：

① 通过对工艺本身以及机械人所处环境的深入分析，要尽可能采用自由度少的、控制系统简单的机械人，以便节约费用。

② 应尽力采用高级机械人，使一台机械人做多种工作。

在确定机械人的型号时，除上述直接费用之外，还必须考虑由于采用该种型号之后维修费用的削减、产品质量的提高、两次工作内容变更之间的时间、对将来生产线变动的适应性等。

最后，作为系统工程设计方法的特点，这里想强调一下它的反馈方式。如图 2-1 所示，为了达到某个目标，设计要反复进行，逐次修正设计与目标之间的差距。随着设计工作的进行，由于更基本的目标——节约劳力方面的需要，以及技术经济方面的原因，各个单项目标本身也可能会发生变动。

二、机械人能够代替人从事的工作

象化工厂那种情况，所处理的材料是流体和粉料，比较容易用泵、管道、阀、以及带式运输机和斗式运输机等实现材料的自动运输。

但是，机械厂以加工和装配为主，所处理的材料是形状一定的固体，其运输问题比化工过程中的运输问题要复杂、麻烦得多。

从仓库装卸开始，解捆、搬运、整列、装车、卸车、包装、运送等，都属于运输作业，除此之外，加工、铸造、物理化学处理、检验等，它们本身虽然不属于运输，但在其具体进行中，多半伴有运输过程。

然而，生产线上的运输方法并不一样，因此，工业机械人决不可能对于所有的运输工作都能适应。

现将有代表性的运输工作逐项缕述如下：

① 搬运与装卸：目前使用的有车辆、叉车、桥式起重机、堆垛起重机等，对于这类用途，可以采用操纵型机械人。

② 运送：一向使用的有高架运输带、托辊运输带、链式运输带、滑槽、自动线、旋转自动线等。对于这类装置的装载、转载、卸载等，可以采用比较简单的重复型机械人。

③ 上下料：对于压力机、热处理设备、机床等的上下料，可以采用重复型机械人。现在，机械人在这些方面用得最多。

④ 掌握工具：在点焊、喷漆、拧螺丝等操作中，可以在机械人的手上安装专用工具，或用手抓住工具来进行操作。