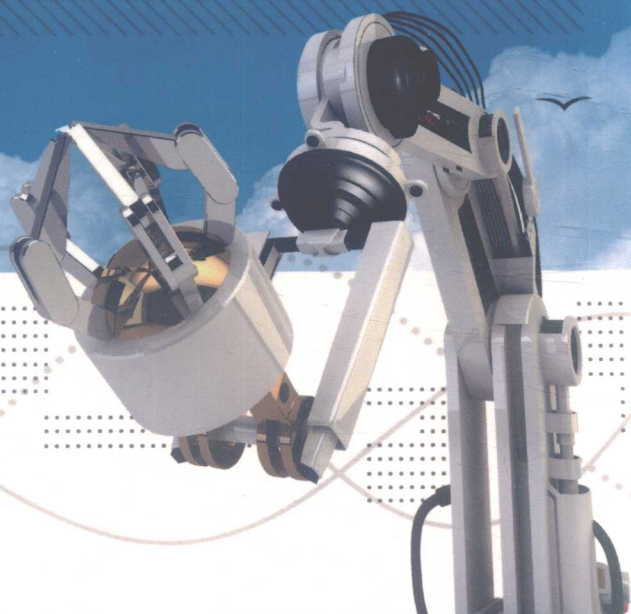


工业机器人技术应用系列
KEBA工业机器人应用工程师（L1）考证用书

KEBA机器人 控制系统基础操作 与编程应用

◎ 钟 健 鲍清岩 主 编
◎ 王 鑫 房 磊 雷旭昌 赖周艺 副主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

工业机器人技术应用系列

KEBA 工业机器人应用工程师（L1）考证用书

KEBA 机器人控制系统基础 操作与编程应用

钟 健 鲍清岩 主 编

王 鑫 房 磊 雷旭昌 赖周艺 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

KEBA 机器人控制系统是自动化方案提供商 KEBA 工业自动化公司开发的开放式、标准化机器人控制系统,因其代表了当前工业机器人控制器的主要发展方向,得到了众多工业机器人本体生产厂家的青睐。为应对众多企业对开放式、模块化、标准化机器人控制器人才急剧增长的需求,KEBA 工业自动化公司基于其机器人控制系统开发了“KEBA 工业机器人应用工程师”国际认证标准。为便于中国用户顺利通过 KEBA 国际化认证,科控工业自动化设备(上海)有限公司(KEBA 中国公司)、深圳市华兴鼎盛科技有限公司和深圳职业技术学院等单位共同合作编写了本书。

本书是面向 KEBA 工业机器人应用工程师(L1 等级)的培训教材,主要介绍 KEBA 工业机器人控制系统的安装、调试和编程操作初级技术基础,并匹配相应的数字化教学资源。

本书可作为从事工业机器人应用工程技术人员,特别是初级工业机器人技术调试人员的参考用书,也可作为职业院校和本科院校机电一体化、工业机器人技术应用及电气自动化专业的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

KEBA 机器人控制系统基础操作与编程应用 / 钟健, 鲍清岩主编. —北京: 电子工业出版社, 2019.6
ISBN 978-7-121-36889-9

I. ①K… II. ①钟… ②鲍… III. ①机器人控制—控制系统—高等学校—教材 IV. ①TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 123391 号

策划编辑: 朱怀永

责任编辑: 朱怀永

印 刷: 北京虎彩文化传播有限公司

装 订: 北京虎彩文化传播有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 13 字数: 332.8 千字

版 次: 2019 年 6 月第 1 版

印 次: 2019 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 41.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254608, zhy@phei.com.cn。

前言

PREFACE



工业机器人控制器作为工业机器人四大核心部件之一，是工业机器人的大脑和灵魂。尽管主流工业机器人如 ABB、KUKA、FANUC 是目前世界上最通用的，也是起步最早的工业机器人，但是这些工业机器人生产厂家只向企业用户提供完整的工业机器人装备，不提供机器人的控制系统。由于这些专用的机器人控制系统构造封闭、开放性差、软件独立性和扩展性差，导致用户在开发智能制造装备时，利用这一类工业机器人控制器进行二次开发的难度增大，已经不能满足现代自动化装备的智能化和柔性化要求，所以模块化、标准化和各个层次对用户开放成为现代机器人控制器的一个发展方向。

而 KEBA 工业自动化公司作为国际知名的自动化方案供应商，为注塑机和机器人控制系统提供完美的解决方案，特别是针对客户的不同需求为机器人控制系统提供快速有效的、模块化的解决方案。因此，KEBA 机器人控制器正是一个开放式、模块化、标准化机器人控制器，它引领了机器人控制器的发展方向。国内外大多数研发机器人控制器产品的厂家也以此为样板开展研发工作，同样也使国内外众多工业机器人厂商将 KEBA 机器人控制器作为首选。

近些年来，国产工业机器人在国内的市场份额从不足 5% 发展到占据国内工业机器人的半壁江山，也使具备 KEBA 工业机器人控制系统的编程、调试、二次开发、维护等相关技术的人才成为国内工业机器人领域最为紧缺的人才之一。为应对国内外企业对开放式、模块化、标准化机器人控制器人才急剧增长的需求，KEBA 工业自动化公司基于其机器人控制系统开发了“KEBA 工业机器人应用工程师”国际认证标准。针对中国用户，科控工业自动化设备（上海）有限公司（KEBA 中国公司）联合深圳市华兴鼎盛科技有限公司、深圳职业技术学院、深圳信息职业技术学院、深圳市技师学院等单位共同合作编写了本书。

本书基于源于工程、高于工程、回归工程的目标，在编写过程中吸收和借鉴了职业标准制定及教材编写方面的经验，体现了产业和行业的特点。本书的出版，为院校培养应用技术人员奠定了良好的技术基础，也为智能制造相关企业科学选人、用人及培训机构定向人才培养，提供技术能力标准和培训内容支持。

通过校企合作编写教材的同时，也共同建立了完善的课程体系、应用实训方法、师资培养模式、考核认证、产业人才输送等一体化校企联培机制，可以使学员循序渐进地掌握机器人应用技术的开发流程、应用技术、操作维护技能等，

在机器人产业的生产、应用开发和服务等工作中能够更高效地解决问题，并进一步促进机器人应用技术创新，最终获得行业领军企业的技能鉴定和培训认证，真正提升学员的技能水平和企业认可度。

本书是面向 **KEBA** 工业机器人应用工程师 **L1** 等级的培训教材，主要内容包括认识工业机器人、**KEBA** 机器人控制系统常用硬件及连接、示教器基本操作、直线及相关运动编程、圆弧及相关运动编程、设定工具坐标系、设定参考坐标系、简单码垛编程八个单元，以工学结合的项目化方式进行内容组织，由简单到复杂循序渐进入，逐步让学员掌握对应的实用技能。本书已在学校和企业进行了大量的实践性实验，取得了良好的效果和丰富的经验，并对内容和结构进行了优化处理，更能满足不同读者的需求。

在本书编写过程中，除编者付出辛勤的汗水，还得到深圳技师学院王金平等老师的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者
2019 年 5 月

目 录

CONTENTS



单元 1 认识工业机器人	1
一、任务描述	1
二、学习目标	1
三、知识储备	1
(一) 工业机器人的定义和分类	1
(二) 工业机器人系统的组成	5
(三) 工业机器人的外围设备	7
(四) 工业机器人的自由度	9
(五) 工业机器人的参考坐标系	10
(六) 工业机器人的插补运动	12
单元 2 KEBA 机器人控制系统常用硬件及连接	14
一、任务描述	14
二、学习目标	14
三、知识储备	14
四、任务实施	21
(一) 接线	21
(二) 软件配置	27
(三) 控制器的基本操作	31
单元 3 示教器基本操作	35
一、任务描述	35
二、学习目标	35
三、知识储备	35
(一) 示教器硬件	35
(二) 示教器界面及其功能	36
四、任务实施	39
(一) 配置管理操作	39
(二) 变量管理操作	43
(三) 项目管理操作	45
(四) 程序管理操作	47
(五) 坐标显示操作	49
(六) 信息报告管理操作	54

单元 4 直线及相关运动编程	56
一、任务描述	56
二、学习目标	56
三、知识储备	56
四、任务实施	65
(一) 工程下载到控制器	65
(二) 连接系统仿真	65
(三) 直线运动编程	68
单元 5 圆弧及相关运动编程	73
一、任务描述	73
二、学习目标	73
三、知识储备	74
(一) 运动指令组	74
(二) 设置指令组	75
(三) 系统功能指令组	82
(四) 系统指令组	84
四、任务实施	86
(一) 连接系统仿真	86
(二) 圆弧运动编程	86
单元 6 设定工具坐标系	92
一、任务描述	92
二、学习目标	92
三、知识储备	93
四、任务实施	97
(一) 配置机器人 I/O 信号	97
(二) 下载工程到控制器	99
(三) 连接系统仿真	100
(四) 创建工具坐标系	101
(五) 编写模拟 TCP 标定程序	113
单元 7 设定参考坐标系	119
一、任务描述	119
二、学习目标	119
三、知识储备	120
(一) 参考坐标系的原理和作用	120
(二) 设置指令组	121
(三) 信号指令组	121
四、任务实施	127
(一) 创建参考坐标系	127

(二) 示教参考坐标系	129
(三) 程序实例	138
单元 8 简单码垛编程	141
一、任务描述	141
二、学习目标	141
三、知识储备	142
(一) 码垛的概念和应用	142
(二) 码垛结构	144
(三) 码垛系统的功能	146
(四) 码垛用户向导	150
(五) 码垛指令编程	154
四、任务实施	158
(一) 连接系统仿真	158
(二) 新建项目及程序	158
(三) 编写码垛程序	159
附录 A KeMotion 软件安装	191
附录 B KeMotion 文档介绍	193
附录 C KeMotion 控制系统组成	199

单元 1

认识工业机器人

一、任务描述

本单元主要介绍工业机器人的定义和分类、工业机器人的系统组成等知识，从基础开始认识工业机器人。

二、学习目标

知识目标：

1. 了解工业机器人的定义和分类；
2. 了解工业机器人的自由度；

技能目标：

1. 掌握工业机器人的系统组成；
2. 掌握工业机器人的外围设备；
3. 掌握工业机器人的插补运动。

三、知识储备

（一）工业机器人的定义和分类

1. 工业机器人的定义

国际标准化组织（ISO）对工业机器人的定义是：工业机器人是一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能操作机，这种操作机具有几个轴，能够借助可编程操作来处理各种材料、零件、工具和专用装置，以执行各种任务。

机器人典型应用领域是工件搬运和工件处理（如喷涂、焊接）。

2. 工业机器人的分类

根据工业机器人关节的连接方式，工业机器人可以分为串联机器人和并联机器人。

1) 串联机器人

串联机器人由一系列连杆通过转动关节或移动关节串联连接，是一种以串联方式驱动的开环机器人。串联机器人每一个关节都由一个驱动器驱动，关节的相对运动导致连杆的运动，使机器人末端执行器到达一定的位置和姿态。串联运动链如图 1.1 所示。

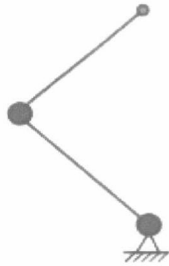


图 1.1 串联运动链

(1) 关节机器人

关节机器人（见图 1.2）仿照人的手臂来组合六个旋转关节，有时也被称为拟人机器人手臂。关节机器人由 2 个肩关节和 1 个肘关节进行定位，由 2 个或 3 个腕关节进行定向。其中，第一个肩关节绕铅直轴旋转，第二个肩关节实现俯仰，这两个肩关节轴线正交，肘关节平行于第二个肩关节轴线。关节机器人应用领域：复杂工件处理和复杂注塑。

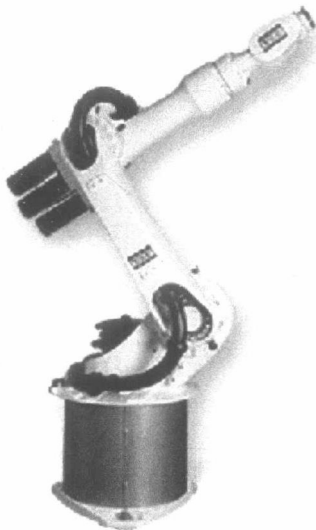


图 1.2 关节机器人

(2) SCARA 机器人（平面关节型机器人）

SCARA 机器人（见图 1.3）的特点是具有水平安装的肘关节，它有 3 个旋转关节，其轴线相互平行，在平面内进行定位和定向；还有一个关节是移动关节，用于完成末端件垂直于平面的运动。SCARA 机器人结构轻便、响应快，运动速度比一般关节机器人快数倍，它在 X、Y 方向上具有顺从性，而在 Z 轴方向具有良好的刚性，这些特性特别适用于平面定位、在垂直方向进行装配作业。例如，利用 SCARA 机器人将一个圆头针插入一个圆孔。SCARA 机器人大量用于装配印制电路板和电子零部件。

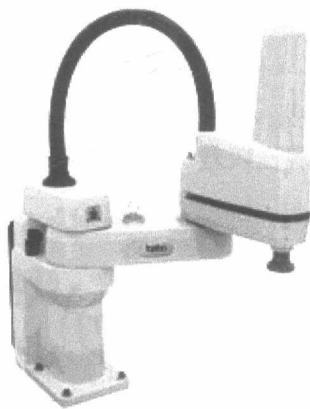


图 1.3 SCARA 机器人

(3) 直角坐标机器人

直角坐标机器人(见图 1.4)由 X 、 Y 、 Z 三个方向的直线运动关节组成,其末端执行器能够沿着 X 、 Y 、 Z 轴做线性运动。应用领域:简单搬运任务,例如分拣和放置。

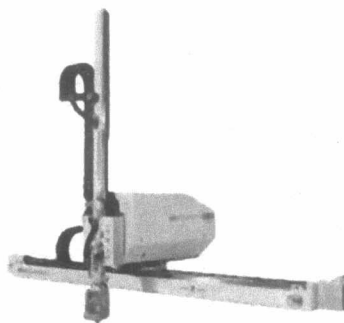


图 1.4 直角坐标机器人

(4) 圆柱坐标机器人

圆柱坐标机器人(见图 1.5)由两个移动关节和一个转动关节组成,作业范围为圆柱状。其特点是位置精度高、运动直观、控制简单、结构简单、占地面积小、价廉,因此应用广泛。但,圆柱坐标机器人不能抓取靠近立柱或放置于地面上的工件,与其他工业机器人协调工作比较困难。

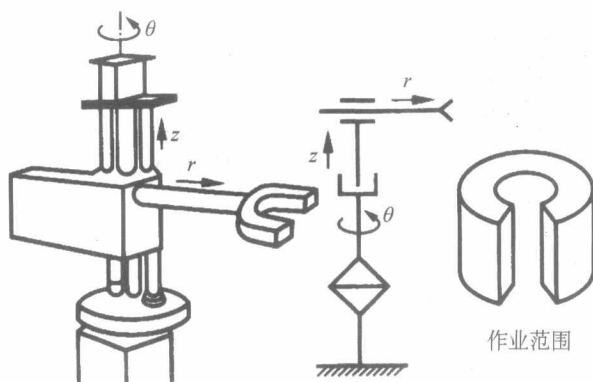


图 1.5 圆柱坐标机器人

(5) 球坐标机器人

球坐标机器人（见图 1.6）由一个移动关节和两个转动关节组成，作业范围为空心球体状。其特点是结构紧凑、动作灵活、占地面积小，能上下俯仰地抓取地面上或较低位置处的工件；但其结构复杂，运动直观性较差，定位精度尚可，位置误差与臂长成正比；能与其他工业机器人协调工作。

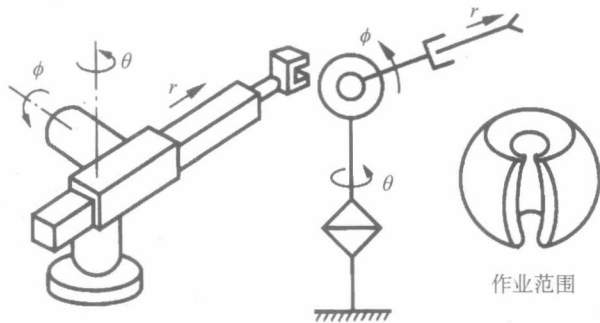


图 1.6 球坐标机器人

2) 并联机器人

并联机器人的运动平台和固定基座间通过至少两个独立的运动链并联连接，是一种以并联方式驱动的闭环机器人。并联机器人只在基座关节上使用驱动器。并联运动链如图 1.7 所示。

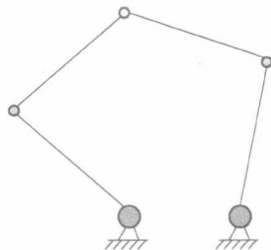


图 1.7 并联运动链

并联机器人常见的是 Delta 机器人（见图 1.8）。Delta 机器人有 3 个旋转运动关节安装在基座上，运动平台通过并联机构与关节连接，并联机构中的双杆连接保证了运动平台只能平移，不能旋转。

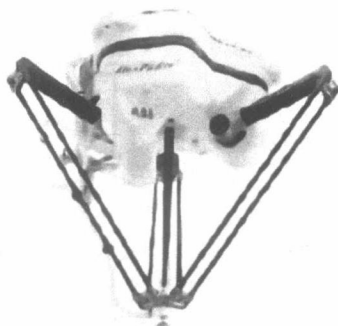


图 1.8 Delta 机器人

(二) 工业机器人系统的组成

工业机器人系统由机器人本体、控制器、示教器以及各部分的连接线组成，如图 1.9 所示。

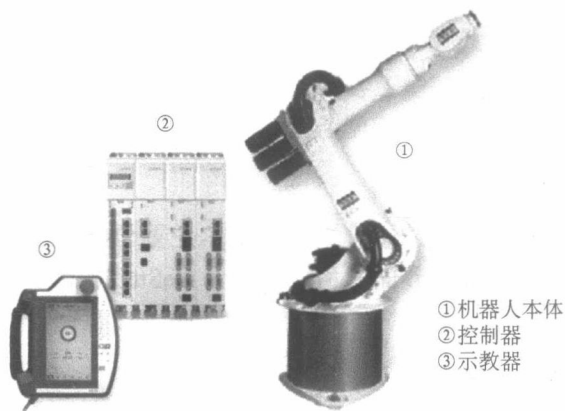


图 1.9 工业机器人系统

1. 机器人本体

对于 6 关节机器人的本体，J1（肩部）、J2（大臂）、J3（小臂）的运动主要是改变机器人的位置，称为 base joints（基本关节）；J4、J5、J6（腕部）的运动主要是改变机器人的方向姿态，称为 wrist joints（腕关节），如图 1.10 所示。

机器人腕部主要用于调整方向姿态。为此，根据所需的自由度，最多需要 3 个腕关节。腕关节最普遍的结构是一个球形手，所有关节轴在一个点上相交，如图 1.11 所示。

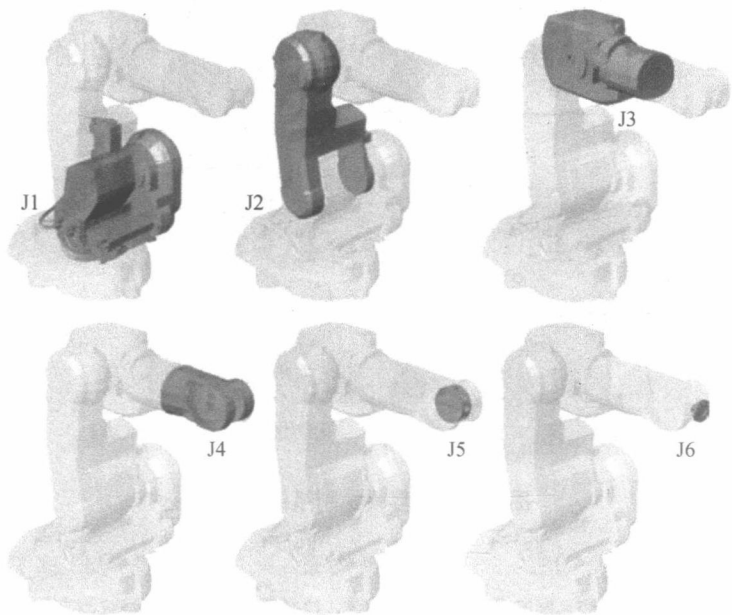


图 1.10 6 关节机器人的本体

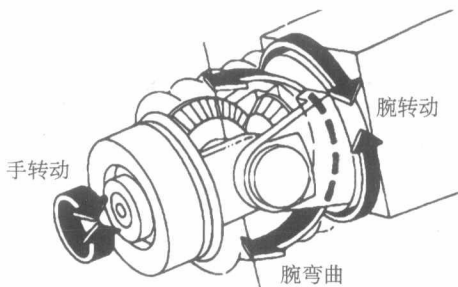


图 1.11 腕关节

2. 机器人控制系统

KeMotion 是 KEBA 公司提供的机器人控制系统,主要包括硬件部分 KeDrive for Motion (控制器和驱动器)、KeTop (人机界面) 和软件部分 KeStudio (配置、诊断、编程环境), 如图 1.12 所示。

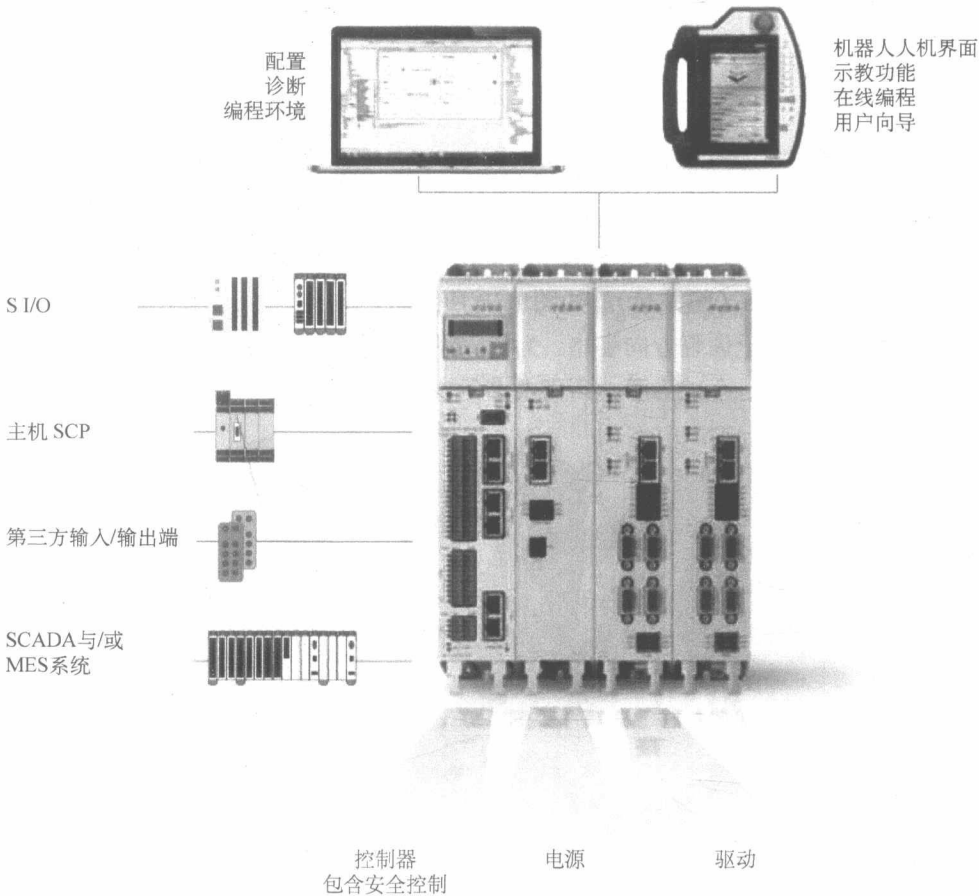


图 1.12 机器人控制系统 KeMotion^①

① SCP 是一种用于本地机器和远端机器之间的通信协议, 控制器可通过 SCP 协议与上位 (主) 机通信; SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) 即数据采集与监视控制系统, 涉及组态软件、数据传输链路; MES (Manufacturing Execution System) 即制造企业生产过程执行系统, 是一套面向制造企业车间执行层的生产信息化管理系统。

（三）工业机器人的外围设备

所有不包括在工业机器人系统内的设备都被称为外围设备。常用的外围设备有机器人行走轴、变位机、机器人工具、保护装置输送带、传感器、机器等。

1. 机器人行走轴

机器人行走轴也叫机器人第七轴（见图 1.13），即机器人本体轴数之外的一轴。它既是机器人基座，机器人安装在定制的安装板上，同时还能够让机器人在指定的路线上进行移动，从而扩大机器人的作业半径，扩展机器人使用范围，提高了机器人的使用效率。

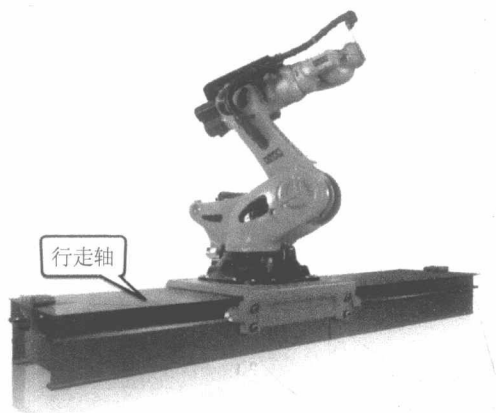


图 1.13 机器人行走轴

2. 变位机

变位机（见图 1.14）的主要功能是将工件翻转、倾斜、回转变位，以得到理想的加工位置和速度。例如，某些工件的焊缝要求不间断 360° 焊接，只使用焊接机器人焊接较难实现，与变位机配套使用便可以得到最佳的焊缝位置和焊接速度。

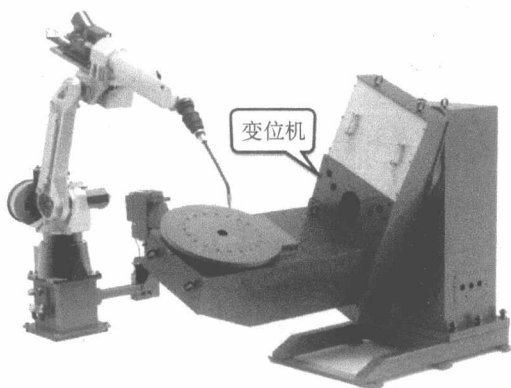


图 1.14 变位机

3. 机器人工具

机器人工具是机器人直接用于抓取和握紧（或吸附）工件或夹持专用工具（如喷枪、扳手、焊接工具）进行操作的部件，它具有模仿人手动作的功能，并安装于机器人手臂的

末端，也称为机器人末端执行器。

1) 夹爪式工具

夹爪式工具如图 1.15 所示。

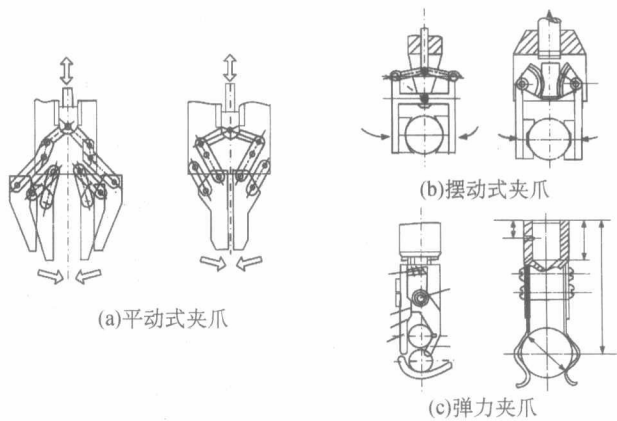


图 1.15 夹爪式工具

2) 吸附式工具

(1) 气吸附式工具

气吸附式工具（见图 1.16）是利用吸盘内的真空度吸取工件的，可分为真空吸附、气流负压气吸附、挤压排气负压气吸附等几种。

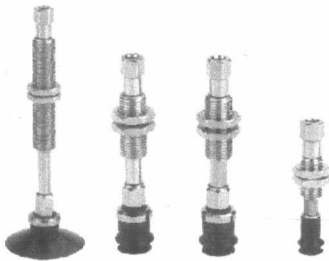


图 1.16 气吸附式工具

(2) 磁吸附式工具

磁吸附式工具（见图 1.17）是利用电磁铁通电后产生的电磁吸力吸取工件，因此只能对铁磁物体起作用。

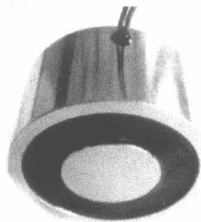


图 1.17 磁吸附式工具

3) 专用工具

专用工具如图 1.18 所示。

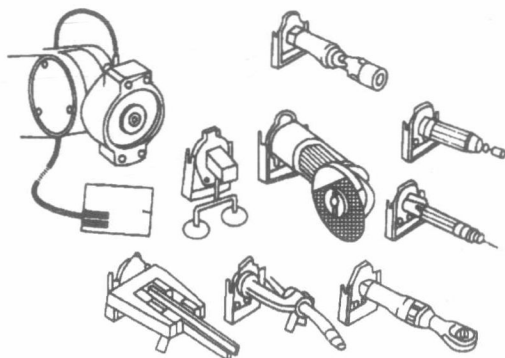


图 1.18 专用工具

4) 快换工具

快换工具（见图 1.19）可以让机器人快速换接不同工具，提高了机器人的柔性生产能力和生产效率。

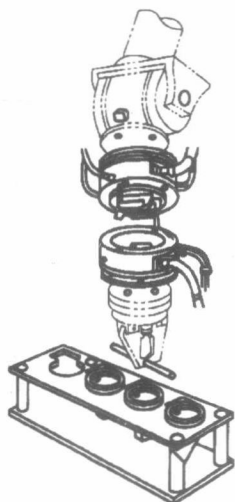


图 1.19 快换工具

（四）工业机器人的自由度

自由度英文名称为 Degree of freedom，缩写为 DOF。对于一个可运动物体来说，一个物体的运动自由度就是平移和旋转的独立方向的数目。空间中一个自由物体有 6 个自由度：3 个对应 X、Y、Z 方向的移动，3 个对应 X、Y、Z 方向的旋转，如图 1.20 所示。

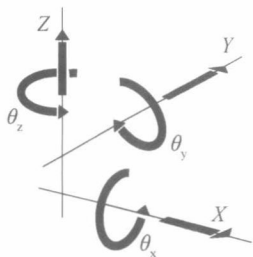


图 1.20 自由度