



工业机器人 工装设计

主 编◎周正军 张志明

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



工业机器人工装设计

主 编 周正军 张志明
副主编 董绵绵 褚新建 许怡赦
赵虹宇 吴宏新

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

工业机器人工装设计/周正军, 张志明主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 7

ISBN 978 - 7 - 5682 - 4552 - 4

I. ①工… II. ①周… ②张… III. ①工业机器人 - 设计 - 教材 IV. ①TP242. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 190665 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 9.5

字 数 / 225 千字

版 次 / 2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 42.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

前言

Preface

工装就是工艺装备的简称，工艺装备就是将零件加工至设计图样要求所必备的基本的条件和手段，工艺装备包括加工设备、夹具模具、量具、刀具和工具等。

设计和使用工装夹具，能够使零件迅速而准确地安装于夹具中的确定位置，从而保证零件的加工质量满足要求，减少废品率，提高生产效率，改善劳动者的劳动条件，这就是夹具在生产中得到广泛应用的原因。工装夹具一般用于工件的加工或焊接过程中。

工装主要用于生产，因此我们在设计的过程中要理论结合实际，充分地考虑到问题的方方面面，不能只考虑局部的某一部分，因为不整体的考虑可能会影响到其他的地方，造成干涉或者其他的问题。同时在设计时也要充分考虑到工装夹具的实用性、经济性、可靠性、艺术性等。

现代工业机器人工作生产中，需要设计不同样式的工装来满足生产的需要。本书共六个项目任务，主要讲解了：

- 吸附式上下料机器人工作站工装设计
- 夹取式搬运机器人工作站工装设计
- 抛光打磨机器人工作站工装设计
- 装配机器人流水线（或工作站）工装设计
- 工业机器人输送线
- 焊接机器人工作站工装设计

这六个项目任务，基本包含了工业机器人在生产领域中常用的一些生产工艺。在工艺的要求下进行工装设计，全是生产线上实践的项目，适合从事工业机器人工装设计、工业机器人集成生产线的人员及本科院校的人员进行学习。

书中内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂，并配合有湖南科瑞迪教育发展公司提供的MOOC平台在线教学视频（www.moocdo.com），适合从事工业机器人操作者阅读参考，同时也适合作为各普通高校的主导教材。

本书由周正军、张志明任主编，董绵绵、褚新建、许怡赦、赵虹宇和吴宏新任副主编。谭立新教授作为整套工业机器人系列丛书的总主编，对整套图书的大纲进行了多次审定、修改，使其在符合实际工作需要的同时，便于教师授课使用。

在丛书的策划、编写过程中，湖南省电子学会提供了宝贵的意见和建议，在此表示诚挚的感谢。同时感谢为本书中实践操作及视频录制提供大力支持的湖南科瑞特科技股份有限公司。

尽管编者主观上想努力使读者满意，但在书中不可避免尚有不足之处，欢迎读者提出宝贵建议。

目 录

Contents

►项目一 吸附式上下料机器人工作站工装设计	1
1.1 项目描述	1
1.2 教学目的	1
1.3 知识准备	2
1.3.1 认识搬运机器人工作站	2
1.3.2 KUKA-KR 10 R1100 sixx 型工业机器人介绍	14
1.3.3 工件的六点定位原理	17
1.3.4 夹具设计基本步骤	18
1.4 任务实现	19
1.4.1 任务介绍	19
任务1 吸附式上下料机器人末端执行器设计	19
任务2 吸附式上下料机器人底座设计	23
任务3 吸附式上下料机器人预定位装置设计	23
任务4 吸附式上下料机器人气动系统设计	24
任务5 吸附式上下料机器人工作站布局	24
任务6 应用案例鉴赏	26
1.5 考核评价	28
考核任务1 熟悉搬运机器人工作站	28
考核任务2 基本掌握吸附式上下料机器人工作站的设计	28
►项目二 夹取式搬运机器人工作站工装设计	29
2.1 项目描述	29
2.2 教学目的	29
2.3 知识准备	30
2.3.1 机器人码垛生产线	30
2.3.2 ABB IRB 1410 工业机器人介绍	36
2.3.3 ABBA BRH15B 直线导轨介绍	39
2.3.4 CHELIC JD25 × 10-B-SE2 气缸介绍	41
2.4 任务实现	44
2.4.1 任务介绍	44
任务1 夹取式搬运机器人末端执行器设计	45
任务2 夹取式搬运机器人底座设计	51

任务3 夹取式搬运机器人预定位装置设计	52
2.4.2 夹取式搬运机器人工作站布局与实现	52
2.5 考核评价	53
考核任务1 熟悉机器人码垛生产线	53
考核任务2 掌握直线导轨和常用气缸的选型	53
考核任务3 基本掌握码垛机器人工作站的设计	53
►项目三 抛光打磨机器人工作站工装设计	54
3.1 项目描述	54
3.2 教学目的	55
3.3 知识准备	55
3.3.1 抛光打磨机器人工作场景	55
3.3.2 抛光打磨工业机器人的分类	56
3.3.3 机器人打磨动力头	57
3.3.4 砂轮机、砂带机	57
3.3.5 工作站总体组成	57
3.3.6 安全措施	58
3.4 任务实现	59
任务1 工件的确定	59
任务2 打磨工具的确定	59
任务3 机器人法兰连接设计	59
任务4 工具安装设计	62
任务5 工作台设计	64
3.5 考核评价	65
考核任务1 熟练掌握抛光打磨机器人工作站的组成	65
考核任务2 熟练掌握抛光打磨机器人工装夹具设计	65
►项目四 装配机器人流水线（或工作站）工装设计	66
4.1 项目描述	66
4.2 教学目的	66
4.3 知识准备	67
4.3.1 装配机器人的工作场景	67
4.3.2 装配机器人的布局	68
4.3.3 装配机器人的关键技术	68
4.3.4 气缸气爪	69
4.3.5 流水线总体组成	70
4.3.6 安全措施	71
4.4 任务实现	71

任务 1	装配产品和装配方式的确定	71
任务 2	装配工具的确定	73
任务 3	流水线装配机器人布局	82
任务 4	机器人工具安装设计	85
任务 5	工作台上面的工装设计	89
任务 6	流水线设计工作完成	93
4.5	考核评价	93
考核任务 1	熟练掌握装配机器人流水线（或工作站）的组成	93
考核任务 2	熟练掌握产品装配的方法和装配流程	94
考核任务 3	熟练掌握装配机器人的工装设计	94
考核任务 4	熟练掌握工作台的工装设计	94
考核任务 5	熟练掌握气动工具的选型和使用	94
►项目五	工业机器人输送线	95
5.1	项目描述	95
5.2	教学目的	95
5.3	知识准备	96
5.3.1	常见皮带（滚筒）输送线及与机器人的配套使用	96
5.4	任务实现	97
任务 1	皮带输送线结构原理与设计应用	97
任务 2	滚筒输送线结构原理及设计应用	116
5.5	考核评价	121
考核任务 1	掌握皮带输送线的设计与使用维护事项	121
考核任务 2	掌握滚筒输送线的选型注意事项和常用辊筒结构	121
►项目六	焊接机器人工作站工装设计	122
6.1	项目描述	122
6.2	教学目的	123
6.3	知识准备	123
6.3.1	焊接机器人的工作场景	123
6.3.2	了解焊接	123
6.3.3	焊接机器人系统组成	126
6.3.4	焊接机器人工作站总体组成	129
6.3.5	安全措施	130
6.4	任务实现	130
任务 1	送丝机组件设计	130
任务 2	焊枪组件设计	131
任务 3	工作台工装设计	135

任务 4 变位机组件设计	135
6.5 考核评价	140
考核任务 1 熟练掌握焊接理论知识	140
考核任务 2 熟练掌握焊接机器人工作站的组成	140
考核任务 3 熟练掌握焊接机器人的工装夹具设计	141

项目一

吸附式上下料机器人工作站工装设计

1.1 项目描述

本项目的主要内容为吸附式上下料机器人工作站工装设计，包括：末端执行器的设计、机器人底座设计、预定位装置设计、气压传动系统设计和机器人工作站布局。

1.2 教学目的

通过本项目的学习与实践，学生应：

1. 了解搬运机器人工作站的定义、特点和基本组成部分；
2. 了解 KUKA-KR 10 R1100 sixx 机器人的工作范围和相关参数；
3. 掌握工件六点定位原理；
4. 熟悉夹具设计的基本步骤；
5. 能够对多类型吸附式上下料机器人末端执行器进行工装设计；
6. 能够对机器人底座进行设计；
7. 能够设计工件预定位装置；
8. 能够对末端执行器进行气动设计；
9. 能够对吸附式上下料机器人工作站进行合理布局。

1.3 知识准备

1.3.1 认识搬运机器人工作站

1.3.1.1 搬运机器人工作站的定义

搬运机器人 (transfer robot) 是可以进行自动化搬运作业的工业机器人。最早的搬运机器人出现在美国, 1960 年 Versatran 和 Unimate 两种机器人首次用于搬运作业。

搬运作业是指用一种设备握持工件, 从一个加工位置移到另一个加工位置的过程。如果采用工业机器人来完成这个任务, 整个搬运系统则构成了工业机器人搬运工作站。给搬运机器人安装不同类型的末端执行器, 可以完成不同形态和状态的工件搬运工作。

目前世界上使用的搬运机器人逾 10 万台, 被广泛应用于机床上下料、冲压机自动化生产线、自动装配流水线、码垛搬运集装箱等的自动搬运。部分发达国家已制定出人工搬运的最大限度, 超过限度的必须由搬运机器人来完成。

1.3.1.2 搬运机器人工作站的特点

- (1) 应有物品的传送装置, 其形式要根据物品的特点选用或设计;
- (2) 可使物品准确地定位, 以便于机器人抓取;
- (3) 多数情况下设有物品托板, 或机动或自动地交换托板;
- (4) 有些物品在传送过程中还要经过整型, 以保证码垛质量;
- (5) 要根据被搬运物品设计专用末端执行器;
- (6) 应选用适合于搬运作业的机器人。

1.3.1.3 搬运机器人工作站的组成

工业机器人搬运工作站是一种集成化的系统, 由工业机器人系统、PLC 控制柜、机器人安装底座、输送线系统、平面仓库、操作按钮盒等组成, 并与生产控制系统相连接, 以形成一个完整的集成化的搬运系统。整体布置如图 1-1 所示。

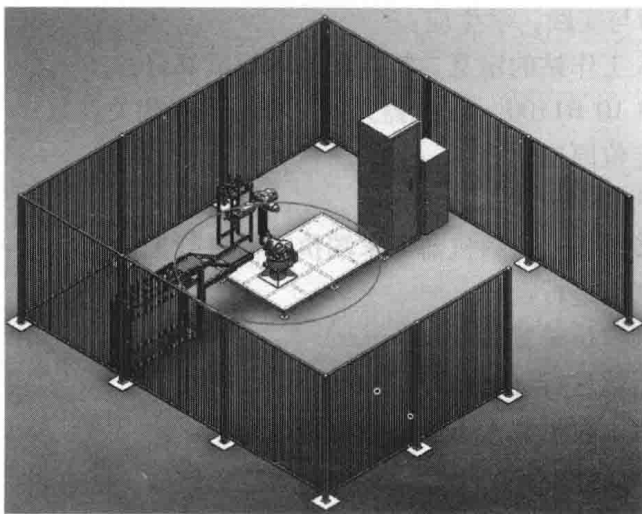


图 1-1 搬运机器人工作站组成

1. 搬运机器人及控制柜

如图 1-2 所示安川 MH6 机器人是通用型工业机器人，既可以用于弧焊又可以用于搬运。搬运工作站选用安川 MH6 机器人，完成工件的搬运工作。

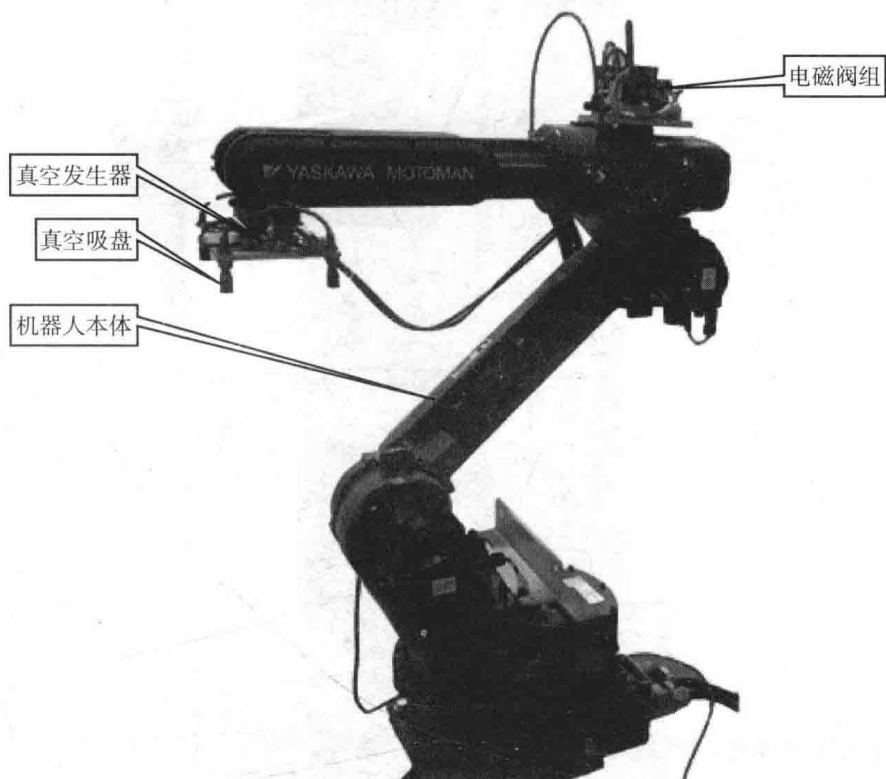


图 1-2 安川 MH6 机器人本体

MH6 机器人系统包括 MH6 机器人本体、DX100 控制柜以及示教编程器。DX100 控制柜通过供电电缆和编码器电缆与机器人连接。

如图 1-3 所示为安川 DX100 控制柜，该控制柜集成了机器人的控制系统，是整个机器人系统的神经中枢。它由计算机硬件、软件和一些专用电路构成，其软件包括控制器系统软件、机器人专用语言、机器人运动学及动力学软件、机器人控制软件、机器人自诊断及保护软件等。控制器负责处理机器人工作过程中的全部信息和控制其全部动作。

机器人示教编程器是操作者与机器人间的主要交流界面。操作者通过示教编程器对机器人进行各种操作、示教、编制程序，并可直接移动机器人。机器人的各种信息、状态通过示教编程器显示给操作者。此外，还可通过示教编程器对机器人进行各种设置。

由于搬运的工件是平板材，所以可以采用真空吸盘来夹持工件。故在安川 MH6 机器人本体上安装了电磁阀组、真空发生器、真空吸盘等装置。

2. 输送线系统

输送线系统的主要功能是把上料位置处的工件传送到输送线的末端落料台上，以便于机器人搬运。

上料位置处装有光电传感器，用于检测是否有工件，若有工件，将启动输送线，输送工件。输送线的末端落料台也装有光电传感器，用于检测落料台上是否有工件，若有工件，将启动机器人来搬运。

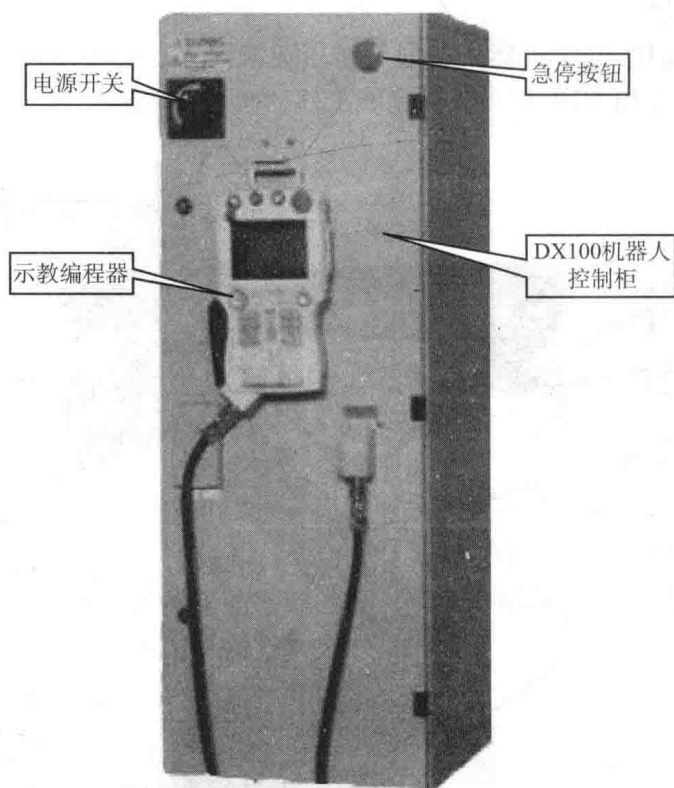


图 1-3 安川 DX100 控制柜

输送线由三相交流电动机拖动，变频器调速控制。示例图如图 1-4 所示。

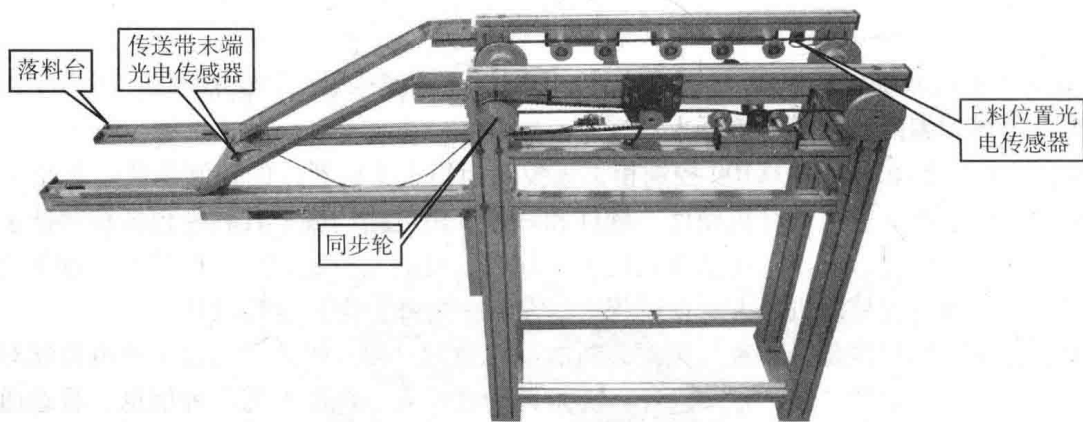


图 1-4 输送线系统

3. 平面仓库

平面仓库用于存储工件。平面仓库有一个反射式光纤传感器用于检测仓库是否已满，若仓库已满将不允许机器人向仓库中搬运工件。示例图如图 1-5 所示。

4. PLC 控制柜

PLC 控制柜用来安装断路器、PLC、变频器、中间继电器、变压器等元器件，其中 PLC 是机器人搬运工作站的控制核心。搬运机器人的启动与停止、输送线的运行等，均由 PLC 实现，如图 1-6 所示。

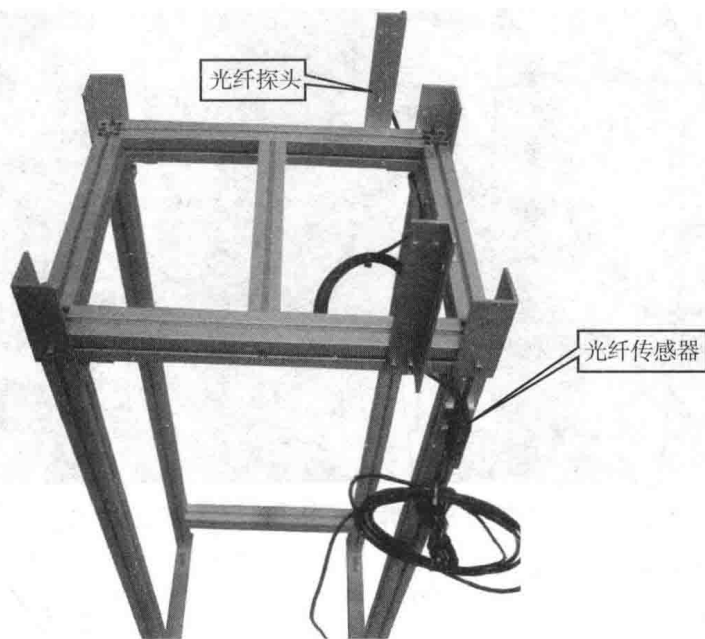


图 1-5 平面仓库

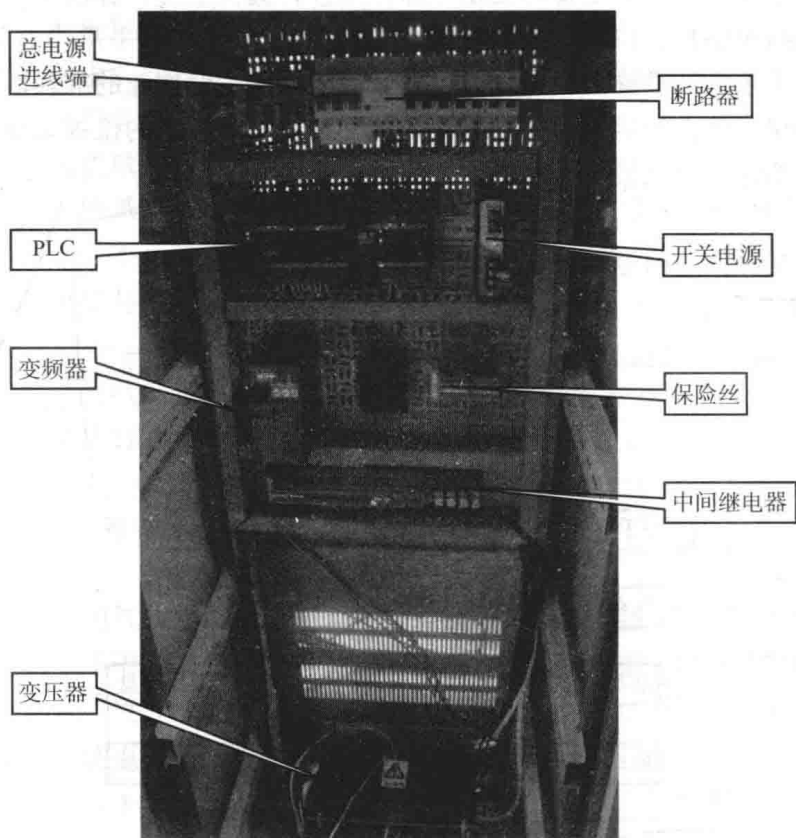


图 1-6 PLC 控制柜

5. 机器人末端执行器

如图 1-7 所示为工业机器人的末端执行器，也叫作机器人手爪，它是装在工业机器人手腕上直接抓握工件或执行作业的部件。

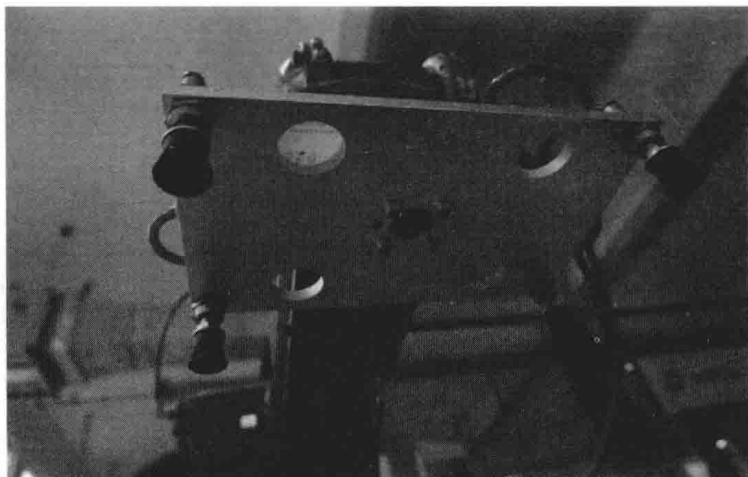


图 1-7 机器人末端执行器

1) 末端执行器的分类。

(1) 按用途分类。

①手爪。

具有一定的通用性，它的主要功能是：抓住工件，握持工件，释放工件。

抓住——在给定的目标位置和期望姿态上抓住工件，工件在手爪内必须具有可靠的定位，保持工件与手爪之间准确的相对位置，以保证机器人后续作业的准确性。

握持——确保工件在搬运过程中或零件在装配过程中定义了的位置和姿态的准确性。

释放——在指定点上除去手爪和工件之间的约束关系。

②工具

工具是进行某种作业的专用工具，如喷漆枪、焊具等。

(2) 按夹持原理分类。

如图 1-8 所示，为机械类、磁力类和真空类三种手爪的分类。

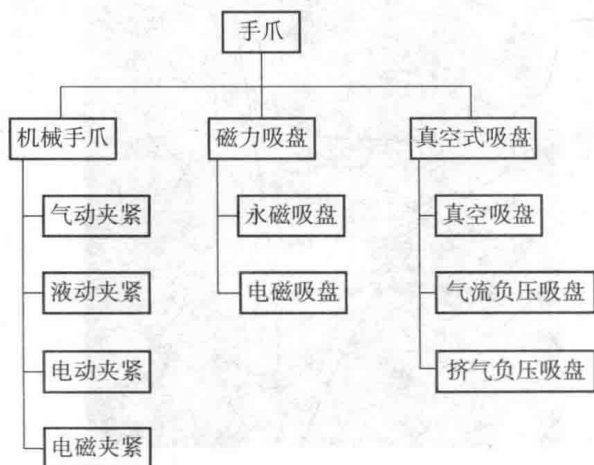


图 1-8 手爪类型

机械类手爪包括靠摩擦力夹持和吊钩承重两类，前者是有指手爪，后者是无指手爪。产生夹紧力的驱动源可以有气动、液动、电动、电磁。磁力类手爪主要是磁力吸盘，有电磁吸

盘和永磁吸盘两种。真空类手爪是真空式吸盘，根据形成真空的原理可分为真空吸盘、气流负压吸盘、挤气负压吸盘三种。磁力类手爪及真空类手爪是无指手爪。

(3) 按手指或吸盘数目分类。

机械手爪可分为：二指手爪、多指手爪。

机械手爪按手指关节分为：单关节手指手爪、多关节手指手爪。

吸盘式手爪按吸盘数目分为：单吸盘式手爪、多吸盘式手爪。

(4) 按智能化分类。

①普通式手爪：手爪不具备传感器。

②智能化手爪：手爪具备一种或多种传感器，如力传感器、触觉传感器、滑觉传感器等，手爪与传感器集成为智能化手爪。

2) 末端执行器设计和选用的要求

手爪设计和选用最主要的是满足功能上的要求，具体来说要在下面几个方面进行考虑。

(1) 被抓握的对象。

手爪设计和选用首先要考虑的是什么样的工件要被抓握。因此，必须充分了解工件的几何形状、机械特性。

(2) 物料的馈送器或存储装置。

与机器人配合工作的零件馈送器或储存装置对手爪必需的最小和最大爪钳之间的距离以及必需的夹紧力都有要求，同时，还应了解其他可能的不确定因素对手爪工作的影响。

(3) 手爪和机器人匹配。

手爪一般用法兰式机械接口与手腕相连接，手爪自重也增加了机械臂的载荷，这两个问题必须给予仔细考虑。手爪是可以更换的，手爪形式可以不同，但是与手腕的机械接口必须相同，这就是接口匹配。手爪自重不能太大，机器人能抓取工件的重量是机器人承载能力减去手爪重量。手爪自重要与机器人承载能力匹配。

(4) 环境条件。

在作业区域内的环境状况很重要，比如高温、水、油等环境会影响手爪工作。一个锻压机械手要从高温炉内取出红热的锻件坯必须保证手爪的开合、驱动在高温环境中均能正常工作。

3) 不同末端执行器的应用场合

(1) 机械式手爪。

机械式手爪通常采用气动、液动、电动和电磁来驱动手指的开合。气动手爪目前得到广泛的应用，因为气动手爪有许多突出的优点：结构简单、成本低、容易维修，而且开合迅速，重量轻。其缺点是空气介质的可压缩性，使爪钳位置控制比较复杂。液压驱动手爪成本稍高一些。电动手爪的优点是手指开合电动机的控制与机器人控制可以共用一个系统，但是夹紧力比气动手爪、液压手爪小、开合时间比它们长。电磁力手爪控制信号简单，但是夹紧的电磁力与爪钳行程有关，因此，只用在开合距离小的场合。

(2) 磁力吸盘。

磁力吸盘有电磁吸盘和永磁吸盘两种。磁力吸盘是在手部装上电磁铁，通过磁场吸力把工件吸住。电磁吸盘只能吸住铁磁材料制成的工件（如钢铁件），吸不住有色金属和非金属材料的工件。磁力吸盘的缺点是被吸取工件有剩磁，吸盘上常会吸附一些铁屑，致使不能可

靠地吸住工件，而且只适用于工件要求不高或有剩磁也无妨的场合。对于不准有剩磁的工件，如钟表零件及仪表零件，不能选用磁力吸盘，可用真空吸盘。另外钢、铁等磁性物质在温度为 $723\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时磁性就会消失，故高温条件下不宜使用磁力吸盘。磁力吸盘要求工件表面清洁、平整、干燥，以保证可靠地吸附。

(3) 真空式吸盘。

真空式吸盘主要用在搬运体积大、重量轻的如冰箱壳体、汽车壳体等零件，也广泛用于需要小心搬运的如显像管、平板玻璃等物件。真空式吸盘对工件表面要求平整光滑、干燥清洁。

根据真空产生的原理，真空式吸盘可分为：

①真空吸盘。

如图 1-9 所示为产生负压的真空吸盘控制系统。吸盘吸力在理论上决定于吸盘与工件表面的接触面积和吸盘内外压差，实际上与工件表面状态有十分密切的关系，它影响负压的泄漏。真空泵的采用，能保证吸盘内持续产生负压，所以这种吸盘比其他形式吸盘吸力大。

②气流负压吸盘。

气流负压吸盘的工作原理如图 1-10 所示，压缩空气进入喷嘴后利用伯努利效应使橡胶皮碗内产生负压。在工厂一般都有空压机站或空压机，空压机气源比较容易解决，不需专为机器人配置真空泵，所以气流负压吸盘在工厂使用方便。

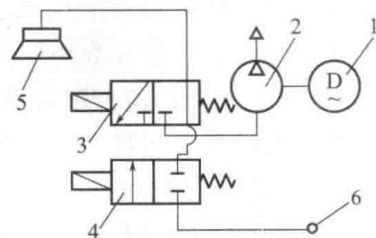


图 1-9 真空吸盘

1—电动机；2—真空泵；3、4—电磁阀；
5—吸盘；6—通大气

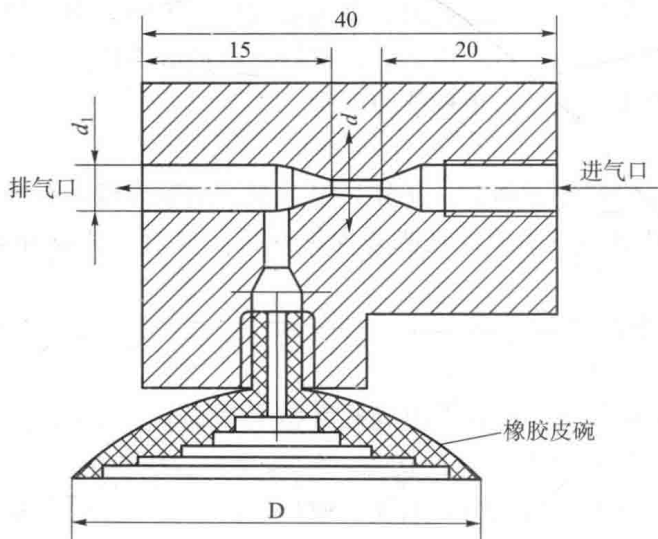


图 1-10 气流负压吸盘

③挤气负压吸盘。

如图 1-11 所示为挤气负压吸盘的结构。当吸盘压向工件表面时，将吸盘内空气挤出；松开时，去除压力，吸盘恢复弹性变形使吸盘内腔形成负压，将工件牢牢吸住，机械手即可进行工件搬运，到达目标位置后，用碰撞力 p 或用电磁力使压盖 2 动作，破坏吸盘腔内的负压，释放工件。此种挤气负压吸盘既不需真空泵系统也不需压缩空气气源，是比较经济方便

的，但可靠性比真空吸盘和气流负压吸盘差。

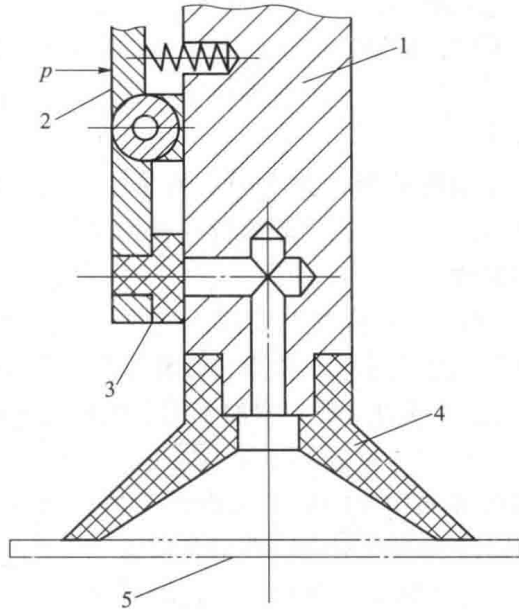


图 1-11 挤气负压吸盘

1—吸盘架；2—压盖；3—密封垫；4—吸盘；5—工件

目前有两种真空吸盘的新设计。

① 自适应性吸盘。

如图 1-12 所示，该吸盘具有一个球关节，使吸盘能倾斜自如，适应工件表面倾角的变化，这种自适应性吸盘在实际应用上获得良好的效果。

② 异形吸盘。

如图 1-13 所示，是异形吸盘中的一种。通常吸盘只能吸附一般平整工件，而该异形吸盘可用来吸附鸡蛋、锥颈瓶等这样的物件，扩大了真空吸盘在工业机器人上的应用范围。

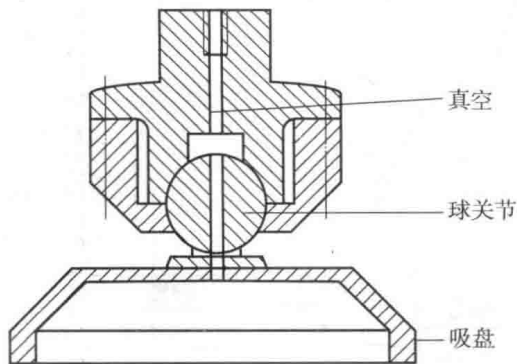


图 1-12 自适应性吸盘

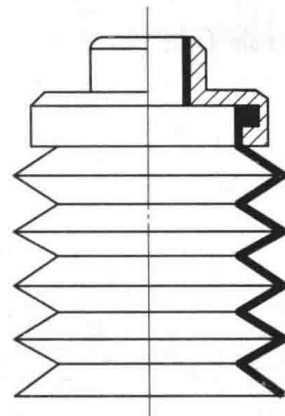


图 1-13 异形吸盘

4) 末端执行器的特点

(1) 手部与手腕相连处可拆卸。

手部与手腕有机械接口，也可能有电、气、液接头，当工业机器人作业对象不同时，可