

西南交通大学“323 实验室工程”系列教材
机械基础实验教学示范中心系列实验教材

制造技术实验教程

主编 杨坤怡 徐笑梅

主审 西南交通大学实验室及设备管理处

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书是西南交通大学全面实施“323 实验室工程”中，四川省机械基础实验教学示范中心的系列实验教材之一。

本书可作为高等工科院校机械制造与自动化专业制造技术方面的基础课实验教材，也可作为车辆工程、材料类、管理类、工业造型和热能机械等专业的基础课实验教材。

图书在版编目 (C I P) 数据

制造技术实验教程 / 杨坤怡, 徐笑梅主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2006.9
西南交通大学“323 实验室工程”系列教材
机械基础实验教学示范中心系列实验教材
ISBN 7-81104-396-3

I. 制... II. ①杨...②徐... III. 机械制造工艺—
实验—高等学校—教材 IV.TH16—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 081555 号

西南交通大学“323 实验室工程”系列教材
机械基础实验教学示范中心系列实验教材

制造技术实验教程

主编 杨坤怡 徐笑梅

*

责任编辑 李晓辉

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 7.375 插页: 1

字数: 184 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-81104-396-3

定价: 11.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

制造业在我国正处于飞速发展的新阶段。各种新的制造工艺和技术是企业赢得市场的制胜法宝，因此这些企业纷纷在人才市场抢夺制造技术的专门人才；国有企业也日益感觉到掌握关键技术的人才关系国有企业改革成败的关键性因素之一。

制造技术是应用最为广泛的各类机电产品的主要加工技术。随着材料科学、计算机科学、机器人技术、气动与液压技术、传感器技术、PLC 控制等技术的发展，特别是近 20 年来，数控技术得以广泛应用，传统的制造模式向柔性化、自动化、数字化的方向发展，制造技术出现了许多新的特点，从学科发展的角度来看，制造技术已成为一门综合技术。本书的主要目标是使读者面对现代化企业生产环境，通过实验了解和掌握切削加工的关键技术和所涉及的诸多知识及技能。经过几年教学改革实践，本书将教授、专家们的改革意见与经验融入其中，既注重制造的基础知识，又强调对新技术、新工艺及新设备的综合运用，使之有益于学生创新能力的培养。

本教材的特色主要有以下几个方面：

- ▶ 通过现代 MPS 模块化生产系统感知实验使学生全面了解自动化生产系统的组成、原理及控制技术，进而更深入地理解柔性化和自动化生产系统的概念和先进生产组织方式的意义。

- ▶ 通过尺寸精度、形位精度与表面粗糙度实验，使学生从生产实际的角度理解和掌握几何精度标准及测量方法等关系机器质量的内容。

- ▶ 增加机器人运行、控制及应用实验，引导学生学习和运用机器人技术，并能利用机器人解决危险、污染及狭小现场的生产问题。

- ▶ 新增气动及电气控制回路综合设计与创新实验，以培养学生综合运用知识的能力。

本教材的编写教师及负责编写的工作如下：杨坤怡编写第一章、第四章、第五章；徐笑梅编写第二章、第三章（第一、二、四节）、附录；李琳编写第三章（第三、五节）；江磊编写第六章与附录。

在教材的编写过程中，吴鹿鸣教授对本书编写提出了宝贵意见，研究生陈鹏也参加了有关机器人资料的收集及编辑工作，在此一并表示衷心的感谢。

由于内容的广泛性和编者自身的局限性，本书难免有不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 8 月

目 录

实验须知	1
第一章 现代 MPS 模块化生产系统感知实验	3
第一节 进料单元	4
第二节 检测单元及传送带单元	6
第三节 加工单元及机械手单元	10
第四节 操作手单元及存储单元	12
第二章 车刀几何角度测量实验	15
第三章 尺寸精度、形位精度及表面粗糙度测量实验	24
第一节 通用量具及量块的使用	24
第二节 用立式光学比较仪测量圆柱体直径	28
第三节 光切显微镜测量表面粗糙度实验	31
第四节 直线度误差的测量实验	34
第五节 位置误差的测量实验	39
第四章 数控加工工艺比较实验	42
第一节 数控实验介绍	42
第二节 编程及加工示例	55
第五章 FESTO 模块化生产系统机械手模块实验	61
第六章 气动及电气控制回路综合设计与创新实验	67
第一节 FESTO 实验介绍	67
第二节 气动系统的组成及应用	69

第三节 电、气动系统的组成及应用	71
第四节 电、气动系统在工业上的应用	73
第五节 机电流体综合控制	76
附录 实验报告	81
参考资料	112

实验须知

一、实验的基本要求

- (1) 了解有关技术测量的基本知识;
- (2) 基本掌握典型零件的测量方法;
- (3) 具有操作一般常用量具和仪器的能力,并了解量具量仪的选择原则;
- (4) 对于常用精密测量仪器的作用原理及使用方法有所了解和熟悉;
- (5) 能简单地处理测量记录数据,并熟悉公差表格的查阅。

二、实验规则

- (1) 进入实验室前应将衣帽上的灰尘除净,换拖鞋和工作服,除了必要的书籍报告外,其他物品一律不得携入室内。实验结束后,将拖鞋、工作服整齐地放回原处。
- (2) 实验前必须仔细阅读实验指导书和教科书,待了解仪器及量具的操作方法后,方能进行调整,如有疑难应向指导人员质疑。
- (3) 学生要爱护仪器,实验前应检查所有仪器,如有损坏则应立即报告指导教师。不许擅自拆卸仪器和量具。实验结束后,应将所用仪器擦净、涂油,整理好放回原处,并请指导老师指导后方可离开。
- (4) 实验室内仪器都很贵重,凡与本次实验无关的仪器,一律不得动手。
- (5) 室内严禁大声喧哗和打闹。保持室内清洁,不准随地吐痰和吸烟。
- (6) 按规定时间进行实验,不缺课、不迟到,除因特殊情况并经实验室负责人同意外,一律不补做实验。无故不做实验者,不能获得本门课程学分。
- (7) 凡不遵守实验规则者,指导人员有权停止其实验;使国家财产造成损失者应负赔偿责任。
- (8) 节约使用实验所用消耗材料。
- (9) 测量的数据和实验报告应按格式填好,实验结束后,立即交指导教师签批。全部实验报告应保存好,以备参考。

三、仪器的维护保养条例

- (1) 测量前,对量具、量仪等的精密金属表面(如量块、仪器工作台、顶针尖等)及被测试件,要先用汽油擦洗干净后再使用。测量结束后要再次清洁这些表面,并均匀地涂上防锈油后按规定位置放好。
- (2) 手潮湿或不干净时,不得使用仪器和量具。光学镜头严禁用手或一般布料触及,更

不能近对光学镜头和仪器表面呵气或咳嗽。

(3) 放置工件时应小心，不得使仪器碰撞；仪器和量具放置应稳妥，以防损伤。

四、测量过程中应注意事项

(1) 测量前应先校对一下仪器或量具的零位。如果测量后才发现零位有偏差，应调整后重新测量，或记下偏转零位的读数并在测量结果中除去。

(2) 在测量过程中要仔细、耐心，姿势要端正，以保证测量的准确性。

(3) 学生在测量过程中应注意培养自己的视觉和手的触觉，因为视觉和触觉不准是造成测量误差的重要原因之一。

(4) 实验全过程应以学生独立操作为原则，可适当进行讨论和研究。

第一章 现代 MPS 模块化生产系统感知实验

一、实验目的

- (1) 了解现代 MPS (Modularize Process System) 模块化生产系统 (见图 1-1) 的组成及控制原理。
- (2) 掌握各单元的基本构造及操作步骤。
- (3) 会连接各单元, 实现预先设定的一系列控制动作。

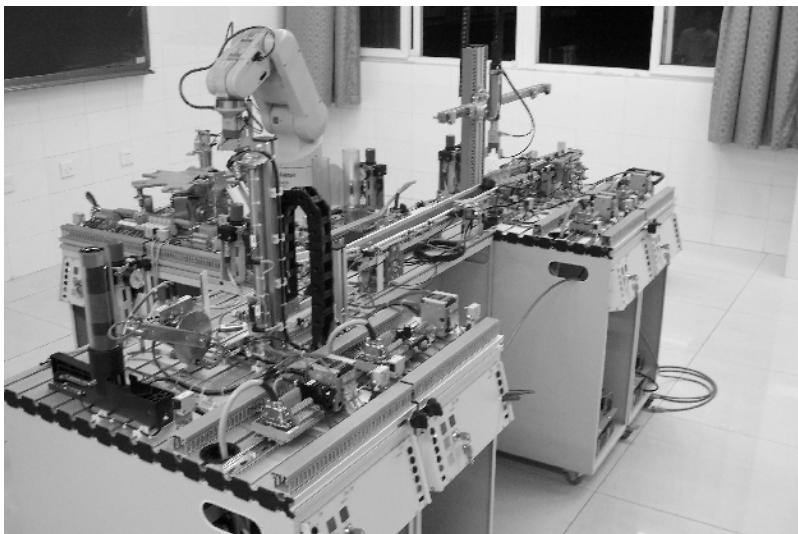


图 1-1 现代 MPS 模块化生产系统

二、原理与实验方法

现代 MPS 模块化生产系统属综合设计型实验系统, 由进料单元、检测单元、传送带单元、加工单元、机械手单元、操作手单元、存储单元和静音空压机组组成。该系统由静音空压机 (见图 1-2) 提供主要动力。除传送单元外, 各单元之间均通过对射式传感器 (见图 1-3) 进行通讯。

工作单元的加工工件能否向下一个工作单元传输, 取决于下一个工作单元是否已经准备就绪。在 MPS 工作单元之间, 这个“OK”的信号由光电对射式传感器接收, 工作单元之间以此来完成简单的通讯。



图 1-2 静音空压机

对射式传感器的光纤电缆由一束玻璃纤维或由一条（或几条）合成纤维组成。光纤能将光信号从一处传导到另一处，甚至绕过拐角。工作原理简单地说就是通过其内部的反射介质传递光线。通过具有高折射率的光纤材料和低折射率护套内表面，光线在光纤里传递，再由接收器接收发射器传来的信号。

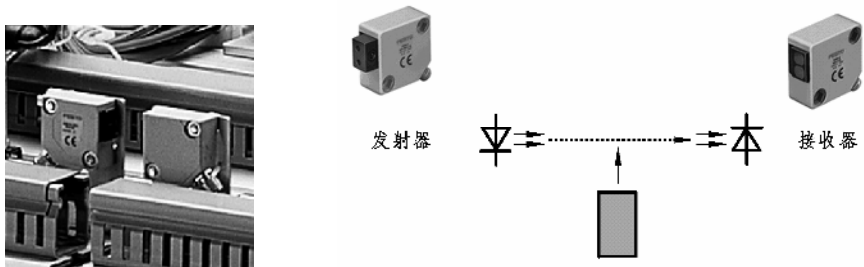


图 1-3 对射式传感器

第一节 进料单元

进料单元（见图 1-4）作为系统的进料部分，不同的材料由这里进入系统，并进行进料模块中料仓的检测及各执行部件的状态检测。供料过程中，双作用气缸从料仓中逐一推出工件后，转换模块上的真空吸盘将工件吸起，转换模块的转臂在摆动气缸的驱动下将工件移动至下一个工作站的传输位置。

本工作单元实验的主要组成部分及元件如下：

1. 控制面板（见图 1-5）

控制面板上包括控制面板组件、通讯面板组件、备用面板和 SYSLINK 接口支架。

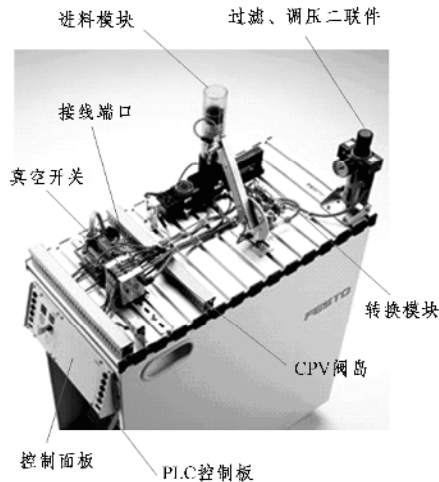


图 1-4 进料单元

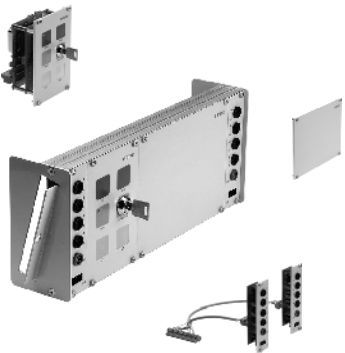


图 1-5 控制面板

2. 过滤、调压组件（二联件）

如图 1-6 所示，二联件由过滤器、压力表、截止阀和快插接口组成，安装在可旋转的支

架上。旋转元件上端的旋钮，可调节进气的压力。压缩空气从左下方的快插接口进入。旋转右下方的红色旋钮，可通过截止阀关闭本单元的进气。

3. 双作用气缸

如图 1-7 所示，双作用气缸是供料模块中的执行元件，一般由缸筒、前后缸盖、活塞、活塞杆、密封件、磁环和紧固件等零件组成。上方的螺纹孔分别可作为进气口或排气口。



图 1-6 过滤、调压组件



图 1-7 双作用气缸

4. 叶片式摆动气缸

如图 1-8 所示，在定子上有两条气路，左路进气，右路排气。压缩空气作用在叶片上带动转子逆时针转动，反之，作顺时针转动。

5. CPV 阀岛

阀岛具有阀体薄，流量大的特点（见表 1-1，普通阀为 500 L/min）。如图 1-9 所示，CPV 阀岛上集成了 11 个控制阀（见表 1-2），它采用气控先导式控制方式，进气口可设在左端板或右端板。

表 1-1 阀宽与流量

阀宽(mm)	额定流量(L/min)
10	400
14	800
18	1600-1850

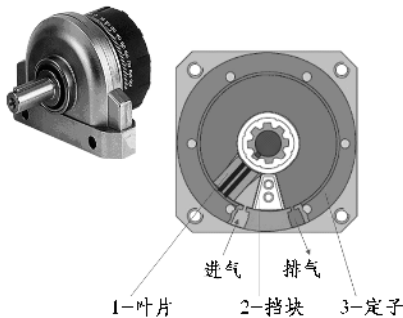


图 1-8 叶片时摆动缸

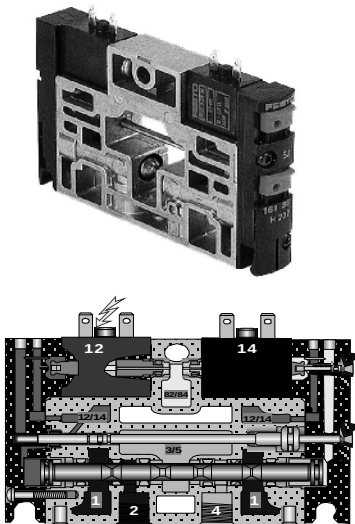


图 1-9 CPV 阀岛

表 1-2 阀岛的控制阀

代 码	名 称	型 号
M	二位五通单电控电磁阀	CPV10-M1H-5LS-M7
J	二位五通双电控电磁阀	CPV10-M1H-5JS-M7
N	2X3/2 电磁阀, 常开	CPV10-M1H-2x3OLS-M7
C	2X3/2 电磁阀, 常闭	CPV10-M1H-2x3GLS-M7
H	2X3/2 电磁阀, 1X 常闭, 1X 常开	CPV10-M1H-3OLS-3GLS-M7
G	5/3 电磁阀, 中位关断	CPV10-M1H-5/3G-M7
D	2X2/2 电磁阀, 常闭	CPV10-M1H-2x2GLS-M7
I	2X2/2 电磁阀, 1X 常闭, 1X 常开	CPV10-M1H-2OLS-2GLS-M7
A	真空发生器	CPV10-M1H-V70-M7
E	真空发生器, 带喷射器	CPV10-M1H-VI70-2GLS-M7
F	5/2 单电控高速阀	CPV10-M11H-5-LS-M7

6. 真空吸盘

如图 1-10 所示, 利用转换模块摆臂下的真空吸盘吸紧加工工件, 由 CP 阀岛的真空板产生真空, 并由压力开关进行检测。压力开关的转换点可调。

7. SYSLINK 接口

如图 1-11 所示, 将 8 个输入端及 8 个输出端接至接头, 每个输入、输出接线端上装有 LED 接口, 可用来显示回路状态和系统纠错, 也是 PLC 与输入、输出设备连结的桥梁。

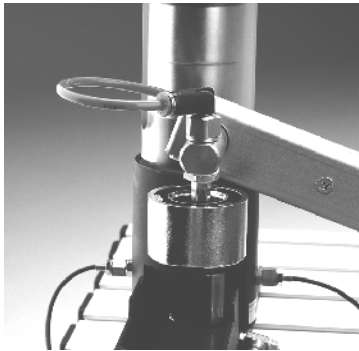


图 1-10 真空吸盘正在吸起工件

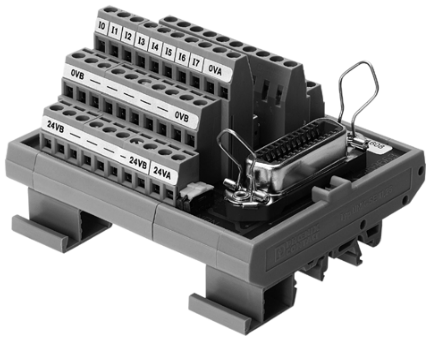


图 1-11 SYSLINK 接口

第二节 检测单元及传送带单元

一、检测单元

检测单元如图 1-12 所示, 它将进料单元传入的材料进行检测, 通过传感器进行材料识别与分类, 为后期的加工进行数据准备。它用光电式及电容式传感器完成区分工件的材质, 在

加工工件被无活塞杆缸提升至检测位置之前,先由反射式光电传感器检测该位置是否安全;模拟量传感器检测工件高度。无活塞杆缸将合格的工件传送至气动滑槽的上层,将不合格的工件检出,传至气动滑槽的下层。

本工作单元主要应用的传感器及元件如下。

1. 磁性无活塞杆气缸

如图 1-13 所示,在活塞上安装了一组高磁性的稀土永久磁环,磁力线通过薄壁缸筒与套在外面的另一组磁环相互作用(两组磁环极性相反,具有很强的吸力)。

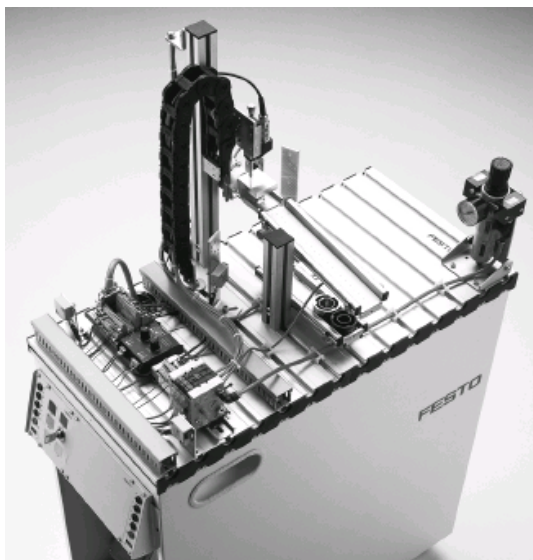


图 1-12 检测单元

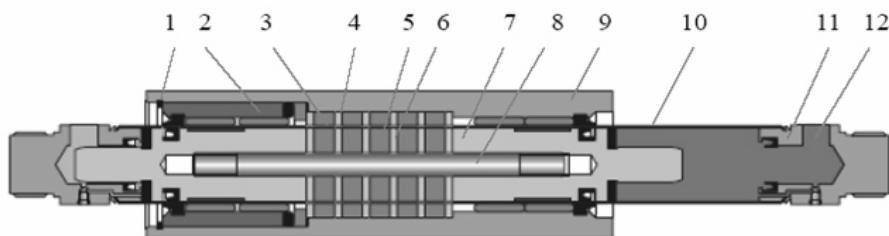


图 1-13 磁性无活塞杆气缸

- 1—卡环; 2—压盖; 3—外磁环(永久磁铁); 4—外磁导板; 5—内磁环(永久磁铁); 6—内磁导板;
7—活塞; 8—活塞轴; 9—套筒(移动支架); 10—气缸筒;
11—端盖; 12—进排气口;

2. 测量模块(见图 1-14)

该模块通过滑动变阻器检测工件高度,首先该模块将电阻值转换成电压值,然后将电压值输出给比较器,对工件的高度进行判断。

3. 比较器(见图 1-15)

它将读入值与设定值进行比较,比较后输出二进制码,来决定工件高度是否合格。



图 1-14 测量模块



图 1-15 比较器

4. 反射式传感器

如图 1-16 所示，发射器发出一束可见的偏振红外光，光线被附加的反射板反射，并由接收器接收。当光线被检测物体遮断时，传感器便有电信号输出。传感器的检测距离同样受附加的反射板表面反射率影响。

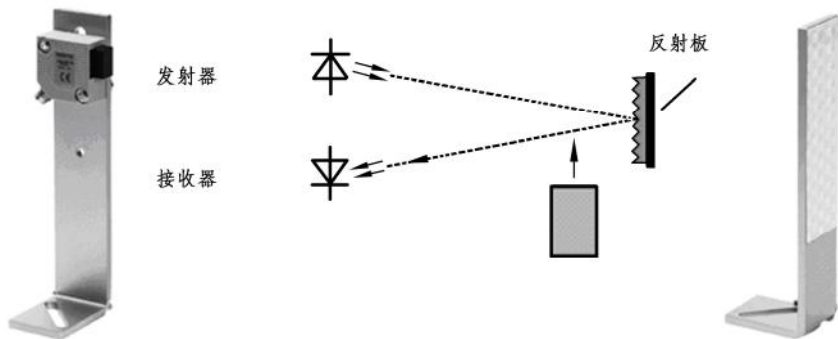


图 1-16 反射式传感器

5. 电容式传感器

如图 1-17 所示，电容式传感器的感应面由两个同轴金属电极构成，很像“打开的”电容器电极。这两个电极构成一个电容，串接在 RC 振荡电路内。电源接通时，RC 振荡器不振荡；当一个目标朝着电容器的电极靠近时，电容器的容量增加，使振荡器开始振荡。通过后级电路的处理，停振和振荡两种信号转换成开关信号，从而起到了检测有无物体存在的目的。该传感器能检测金属物体，也能检测非金属物体，对金属物体可以获得最大的动作距离，对非金属物体的动作距离决定于材料的介电常数 ϵ ，材料的介电常数越大，可获得的动作距离越大。

6. 光电式传感器

如图 1-18 所示，光电式传感器可通过光电二极管的感光作用测出回路中线圈两端的电压变化信号，从而分辨出金属色和红色工件。

7. 气动滑槽

如图 1-19 所示，气动滑槽固定在铝合金支架上，通过调整气垫来调整滑槽的性能。滑槽上的一排小孔用来将工件顺利吹入下一单元。

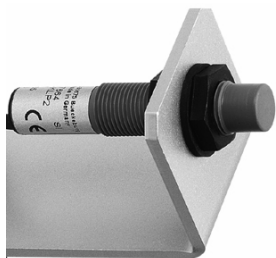


图 1-17 电容式传感器



图 1-18 光电式传感器



图 1-19 气动滑槽

二、传送带单元

如图 1-20 所示，传送带单元在 MPS 工作单元之间起着承前启后的作用。当传送带前端的传感器检测到工件后，传送带开始工作；当传送带中端传感器检测到工件后，挡块工作，它会挡住工件不继续往下传，直到传送带后端没有工件。传送带单元通过控制面板上的通讯接口及导线与下一单元通讯。

本工作单元的主要组成部分及元件如下。

1. LOGO 模块

如图 1-21 所示的小型通用逻辑控制模块，用于取代传统的（继电）控制，可在面板和计算机软件中编程。LOGO 具有如下主要特点：



图 1-20 传送带单元



图 1-21 LOGO 模块

- ◎ 取代传统的（继电）控制
- ◎ 占据空间小
- ◎ 需要的维护很少
- ◎ 标准 DIN35mm 导轨安装

- ◎ 用户友好的配置
- ◎ 最简单的接线
- ◎ 可在面板和计算机软件中编程
- ◎ 自动夏时制切换

2. 启动电流限制器（见图 1-22）

它由一个继电器和电子启动电流限制回路组成。该限制器可固定在 DIN 导轨上，使用接线端子紧固螺丝完成电器连接。

3. 直流电机

如图 1-23 所示直流电机带动皮带运动的动力源。

4. 分支/分隔模块

如图 1-24 所示，它安装在传送带上使用，由 1 个旋转气缸、2 个终端位置检测传感器及安装附件组成。



图 1-22 启动电流限制器

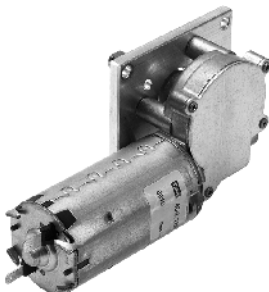


图 1-23 直流电机图



1-24 分支/分隔模块

第三节 加工单元及机械手单元

一、加工单元（见图 1-25）

加工单元通过具有多工位的加工旋转平台进行加工模拟，进行加工质量的检测。本工作单元需要对两个平行的加工工序进行编辑：钻孔及孔的测试。

在加工单元，电容式传感器检测到有工件后，便通过旋转平台带动工件旋转，完成检测及钻孔工作。本单元是唯一一个只使用电气驱动器的工作单元。

加工单元的主要组成部分如下。

1. 旋转平台（见图 1-26）

旋转平台共有 6 个工件位置，由直流电机驱动。



图 1-25 加工单元



图 1-26 旋转平台

2. 检测模块及夹紧模块（见图 1-27、图 1-28）

检测模块由带有一个检测用电感式传感器的电磁驱动装置构成。其主要作用是检测加工工件，它可完成简单的钻孔检测、高度检测和工件位置检测。夹紧模块配合旋转平台上的工作位置起夹紧工件的作用。

3. 钻孔模块（见图 1-29）

它是由直流电机驱动，带有钻头的线性传动装置。终端位置的检测由微型开关完成。



图 1-27 检测模块



图 1-28 夹紧模块



图 1-29 钻孔模块

二、机械手单元（见图 1-30）

该单元的主要部分是一个有 6 个关节的机械手，它可以完成一般的抓取和传输动作。机械手工作单元将通过滑槽传送至此的工件放在组装平台上。气抓手上的传感器根据颜色（黑色/非黑色）区分工件。组装平台上的传感器监测工件的方位。根据不同组合，机械手可以将工件放入料仓或直接放到下一个工作站。

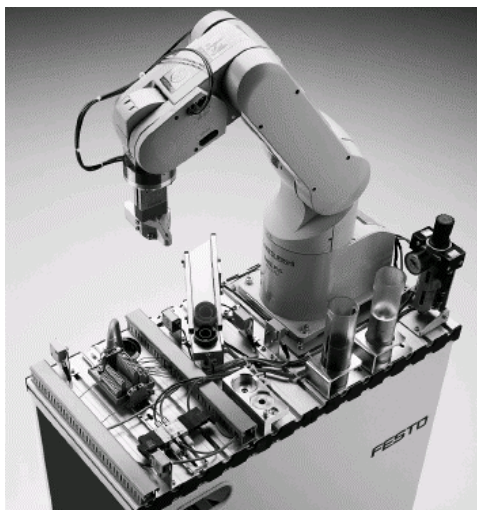


图 1-30 机械手单元

第四节 操作手单元及存储单元

一、操作手单元

操作手单元配置了柔性 2 自由度操作装置。提取装置上的气抓手将工件从该位置提起，气抓手上装有光电式传感器用于区分“黑色”及“非黑色”工件，并将工件根据检测结果堆放（或者工件也可以被直接传输到下一个工作单元）。

该操作手由不同的气动执行部件组成，通过伸缩、抓取、平移传输及分类放置等动作，将加工平台上的工件传入指定位置或下一执行单元。操作手工作单元使用工业操作元件，气动线性轴具有柔性终端，可调节缓冲，从而确保终端位置及中间位置的快速定位；平板无杆气缸带有终端位置检测，作为 Z 轴的提升气缸使用。在提升气缸上装有光电式传感器，用于工件的重组。

本工作单元的主要组成部分及元件如下。

1. 无杆气缸（见图 1-32）

它在单元中起驱动气抓手横向移动的作用。气缸活塞上装有永久磁环，可以用来触发行程开关。

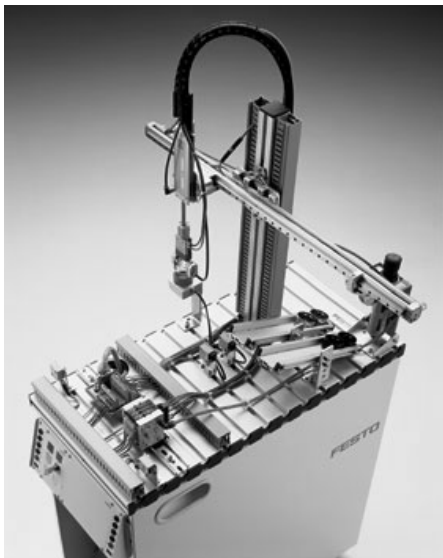


图 1-31 操作手单元

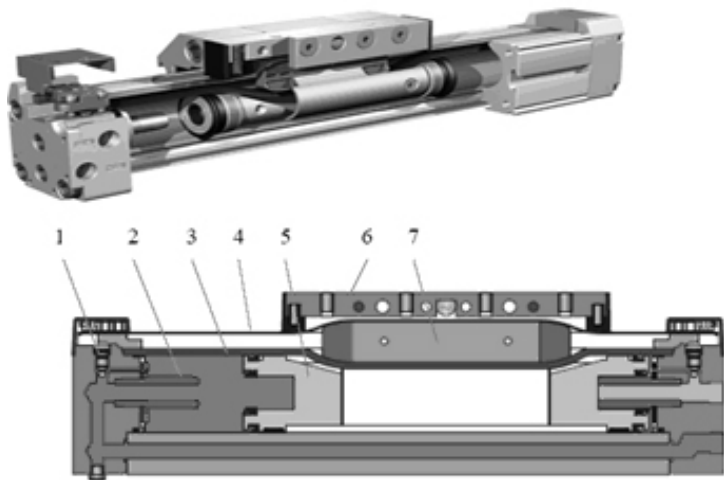


图 1-32 无杆气缸示意图

1—节流阀；2—缓冲阀；3—密封带；4—防尘不锈钢带；
5—活塞；6—滑块；7—管状体