



高职高专“十二五”规划教材

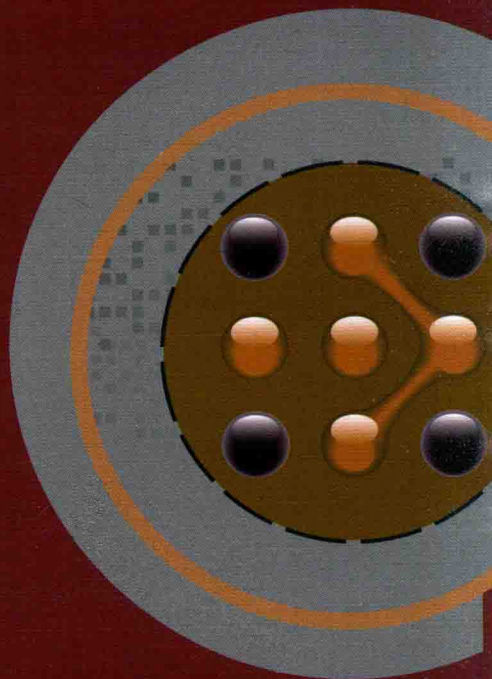
自动生产线

安装、调试与维护

郝红娟 解晓飞 主编
王锁庭 主审



ZIDONG SHENGCHANXIAN
ANZHUANG TIAOSHI YU WEIHU



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

自动生产线安装、 调试与维护

郝红娟	解晓飞	主 编
	赵建辉	副主编
	王锁庭	主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书包括三篇 8 个教学项目：基础篇包括自动生产线实训设备基础知识，实训篇包括供料单元控制系统安装与调试、加工单元控制系统安装与调试、装配单元控制系统安装与调试、分拣单元控制系统安装与调试和搬运单元控制系统安装与调试，拓展篇包括人机界面组态和生产线的安装、检查与维护。

本书可作为高职院校生产过程自动化、机电一体化、电气自动化专业教材，也可供相关初学人员参考学习。

图书在版编目 (CIP) 数据

自动生产线安装、调试与维护/郝红娟，解晓飞主编．
北京：化学工业出版社，2015.9
ISBN 978-7-122-24896-1

I. ①自… II. ①郝…②解… III. ①自动生产线-安装-
高等职业教育-教材②自动生产线-调试方法-高等职业教育-
教材③自动生产线-维修-高等职业教育-教材 IV. ①TP278

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 185646 号

责任编辑：廉 静
责任校对：蒋 宇

装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 411 千字 2015 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：35.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

我国高等职业教育的根本任务是培养适合我国现代化建设和经济发展的高素质技能型人才,所以,高等职业教育在对电气自动化技术、生产过程自动化技术、机电一体化技术等相关专业人才的培养过程中,应使学生掌握自动生产线安装、调试与维护的基本知识和基本操作技能。在今后的生产实践中为了解决实际问题打下良好的理论和实践基础,自动生产线安装、调试与维护成为教学中的必修课之一。

本书内容包括三篇8个教学项目:基础篇包括自动生产线实训设备基础知识;实训篇包括供料单元控制系统安装与调试、加工单元控制系统安装与调试、装配单元控制系统安装与调试、分拣单元控制系统安装与调试和搬运单元控制系统安装与调试;拓展篇包括人机界面组态和设备的安装、检查与维护。

本书具有以下特色:

① 本书编写采用项目导向、任务驱动的方法,讲述深入浅出,将知识点与能力点紧密结合,注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力;

② 采取校企合作方式组建编写团队,基于校企合作、工学结合的模式,结合工业生产实际以及对自动生产线操作的实际人才需求进行教材编写;

③ 保证基础,加强应用,突出能力,突出实际、实用、实践的原则,贯彻重概念、重结论的指导思想,注重内容的典型性、针对性,加强理论联系实际;

④ 从应用的角度出发,介绍自动生产线的实用技术,使教材具有实用性,符合高职高专学生毕业后的工作需求。

本教材按80~100课时编写,各学校根据不同的教学课时可以选择重点的章节进行讲解。

本书由天津石油职业技术学院郝红娟、解晓飞担任主编并统稿,天津康拓科技有限公司赵建辉担任副主编。参加编写的人员有:郝红娟(项目一、四、五)、解晓飞(项目六、七),赵建辉(项目二、八),华北油田公司水电厂于伟霞(项目三)。天津石油职业技术学院王锁庭副教授在百忙中仔细、认真地审阅了全书,提出了许多宝贵意见。在编写过程中,编者参阅了许多同行、专家们的论著和文献,特别是得到了华北油田公司水电厂、天津康拓科技有限公司、天津石油职业技术学院教务处和科研处以及电子信息系的大力支持和帮助,在此一并真诚致谢。

限于编者的学术水平和实践经验,书中的不足之处,恳请有关专家和广大读者批评指正。

编者

2015年7月

基 础 篇

项目 1 自动生产线实训设备基础知识	1
任务 1 气压传动控制技术初步知识	1
子任务 1 气压传动概述	1
子任务 2 气动元件	3
任务 2 自动生产线实训设备中的气动元件	11
子任务 1 气泵的认知	13
子任务 2 气动执行元件的认知	13
子任务 3 气动控制元件的认知	15
子任务 4 连接气动控制回路	17
任务 3 传感器技术基础	17
子任务 1 传感技术概述	17
子任务 2 磁性开关及应用	19
子任务 3 光电式接近开关及应用	21
子任务 4 光纤式光电接近开关及应用	24
子任务 5 电感式接近开关及应用	27
子任务 6 电容式接近开关	28
子任务 7 接近传感器的应用	28
任务 4 电机及控制	29
子任务 1 交流异步电动机的使用	29
子任务 2 步进电动机的使用	30
子任务 3 伺服电动机的使用	34
任务 5 S7-200PLC 基础知识	37
子任务 1 S7-200 系列 PLC 的型号	37
子任务 2 基本单元、扩展单元及系统组成	37
子任务 3 S7-200 系列 PLC 结构与工作原理	40
子任务 4 S7-200 PLC 内部继电器	43
子任务 5 建立 PLC 与计算机的连接	47
子任务 6 指令系统与程序结构	48
任务 6 PLC 网络控制方案	61
子任务 1 S7-200 之间的 PPI 通信	61
子任务 2 使用 Instruction Wizard (指令向导)	62
子任务 3 举例	66

实 训 篇

项目 2 供料单元控制系统安装与调试	73
任务 1 供料单元控制系统安装技能训练	73
子任务 1 设备 1 供料单元安装技能训练	73
子任务 2 设备 2 供料单元安装技能训练	79
任务 2 供料单元控制系统设计	86
子任务 1 设备 1 供料单元程序设计	86
子任务 2 设备 2 供料单元程序设计	91
项目 3 加工单元控制系统安装与调试	96
任务 1 加工单元控制系统安装技能训练	96
子任务 1 设备 1 加工单元安装技能训练	96
子任务 2 设备 2 加工单元安装技能训练	101
任务 2 加工单元控制系统设计	107
子任务 1 设备 1 程序设计	107
子任务 2 设备 2 程序设计	117
项目 4 装配单元控制系统安装与调试	121
任务 1 装配单元控制系统安装技能训练	121
子任务 1 设备 1 安装技能训练	121
子任务 2 设备 2 安装技能训练	126
任务 2 装配单元 PLC 控制系统设计	134
子任务 1 设备 1 程序设计	134
子任务 2 设备 2 程序设计	140
项目 5 分拣单元控制系统安装与调试	145
任务 1 分拣单元控制系统安装技能训练	145
子任务 1 设备 1 分拣单元安装技能训练	145
子任务 2 设备 2 分拣单元技能训练	150
任务 2 变频器安装及参数设置	155
任务 3 分拣单元 PLC 控制系统设计	164
子任务 1 设备 1 分拣单元 PLC 控制系统设计	164
子任务 2 设备 2 分拣单元控制系统程序设计	168
项目 6 搬运单元控制系统安装与调试	177
任务 1 搬运（输送）单元控制系统安装技能训练	177
子任务 1 设备 1 搬运单元安装技能训练	177
子任务 2 设备 2 输送单元安装技能训练	181
任务 2 搬运（输送）单元控制系统程序设计	187
子任务 1 设备 1 程序设计	187
子任务 2 设备 2 控制程序设计	201

拓展篇

项目 7 人机界面组态	218
任务 1 工程分析和创建	218
任务 2 欢迎画面组态	218
任务 3 主画面组态	221
项目 8 设备的安装、检查和维护	226
任务 1 可编程序控制器的安装	226
任务 2 可编程序控制器故障的检查与处理	229
任务 3 可编程序控制器的检修与维护	232
任务 4 S7-200 可编程序控制器的故障处理指南	233
任务 5 自动生产线的总体拆装和调试过程说明	234
任务 6 气动系统故障及维护	237

参考文献

基础篇

项目1 自动生产线实训设备基础知识

学习目标

- ① 掌握气动技术的相关知识
- ② 掌握传感器技术的相关知识
- ③ 掌握可编程控制器的基础知识
- ④ 了解电机的原理

能力目标

- ① 掌握气缸的调试方法
- ② 掌握传感器的调试方法
- ③ 掌握可编程控制器的编程方法
- ④ 掌握网络通信指令向导的设置步骤

任务 1 气压传动控制技术初步知识

子任务 1 气压传动概述

1. 气压传动及其组成

气压传动简称气动，是以压缩空气为工作介质来传递和控制信号的，控制和驱动各种机械设备，以实现生产过程机械化、自动化。

一个完整的气动自动化系统由气源装置、控制元件、执行元件、辅助元件、检测元件及控制器组成。如图 1-1 所示。

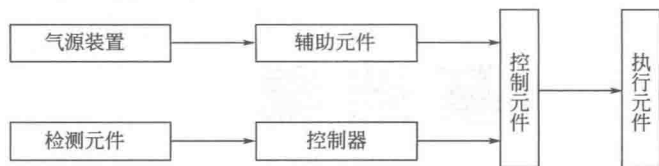


图 1-1 气动自动化系统组成框图

① 气源装置：主要作用是提供清洁、干燥的压缩空气。

② 控制元件：其作用是调节和控制压缩控制的压力、流量和流动方向，以使执行元件能按要求的程序和性能进行工作。控制元件分为压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀等。

③ 执行元件：是将气体的压力能转换为机械能的一种能量转换装置。它包括实现直线往复运动的气缸和实现连续回转运动或摆动的气动马达或摆动马达。

④ 辅助元件：其作用是辅助气动系统正常工作。主要由净化压缩空气的净化器、过滤器、干燥器等组成，另外还包括供给系统润滑的油雾器、消除噪声的消声器、提供给系统冷却的冷却器等。

⑤ 检测元件：其作用是检测气缸的运动位置，判断工件有无及工件性质等。

⑥ 控制器：其作用是对检测元件提供的信号进行逻辑运算，向执行元件提供输出信号，控制系统按照预定的要求有序工作。

2. 气压传动的优缺点

气压传动具有以下优点。

① 以空气为工作介质，取之不尽，来源方便，且无污染、环保。

② 工作环境适应性好，可工作在易燃、易爆、多尘埃、强辐射等环境。

③ 空气黏度小，流动阻力小，管路损失小。

④ 气动控制动作迅速，反应快。

⑤ 气动元件结构简单，易于制造，成本低，且使用寿命长、可靠性高。

⑥ 气动系统维护简单，管道不易堵塞。

当然，气压传动也有其缺点，主要如下。

① 由于空气可压缩性大，气缸的动作速度易随负载的变化而变化，稳定性较差，控制精度不高。

② 气动系统压力一般比较低（小于 0.8MPa），造成总的输出力不够大。

③ 工作介质（空气）没有润滑性，系统使用中有时需要润滑。

④ 工作时噪声大，在快速排气时，需要安装消声器。

3. 气压传动在工业中的应用

① 物料运输装置：夹紧、传送、定位、定向和物料流分配。

② 一般应用：包装、填充、测量、锁紧、轴的驱动、物料输送、零件转向及翻转、零件分拣、元件堆垛、元件冲压或模压标记和门控制。

③ 物料加工：钻削、车削、锯削、磨削和光整。

4. 气动技术的发展趋势

(1) 模块化和集成化

气动系统的最大优点之一是单独元件的组合能力，无论是不同大小的控制器还是不同功率的控制元件，在一定应用条件下，都具有随意组合性。随着气动技术的发展，元件正在从单元功能性向多功能系统、通用化模块方向发展，并将具有向上或向下的兼容性。

(2) 功能增强及体积缩小

小型化气动元件，如气缸及各种阀，广泛应用于工业领域。微型气动元件不但用于精密

机械加工及电子制造业，还用于制药、医疗、包装等行业。在这些领域中，已经出现了活塞直径小于 2.5mm 的气缸、宽度小于 10mm 的气阀及相关的辅助元件，并正在向微型化和系列化方向发展。

(3) 智能气动

智能气动是指具有集成微处理器，并具有处理指令和程序控制功能的元件或单元。最典型的智能气动是内置可编程控制器的阀岛，以阀岛和现场总线技术的结合实现气电一体化是目前气动技术的一个发展方向。

子任务 2 气动元件

1. 气源装置

气源装置为气动设备提供满足要求的压缩空气。气源装置一般由气压发生装置、压缩空气的净化处理装置和传输管路系统组成。典型的气源及空气净化处理系统如图 1-2 所示。

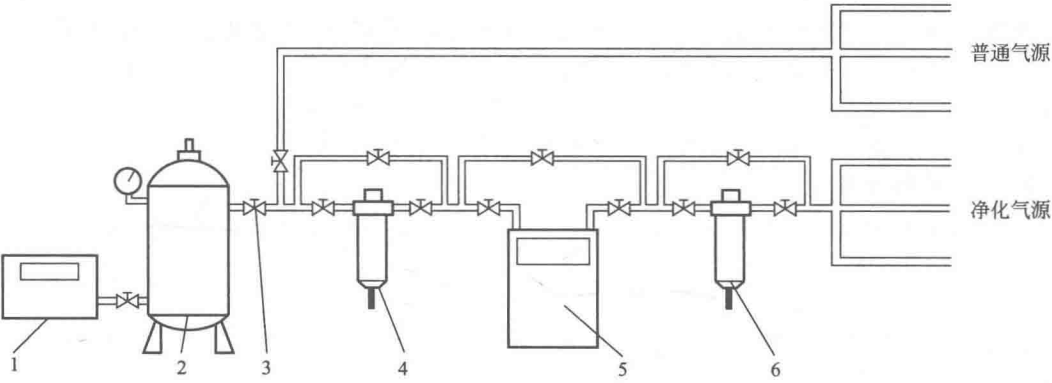


图 1-2 典型的气源及空气净化处理系统

1—空压机；2—储气罐；3—阀门；4—主管过滤器（I）；5—干燥器；6—主管过滤器（II）

(1) 空气压缩机

简称空压机，是气压发生装置。空压机将电机或内燃机的机械能转化为压缩空气的压力能。

按工作原理分类，空压机可分为容积式空压机和速度式空压机。容积式空压机的工作原理是使单位体积内空气分子的密度增加以提高压缩空气的压力；速度式空压机的工作原理是提高气体分子的运动速度以此增加气体的动能，然后将气体分子的动能转化为压力能以提高压缩空气的压力。

空压机在使用时应注意以下事项。

- ① 空压机的安装位置—空压机的安装地点必须清洁，应无粉尘、通风好、湿度小、温度低，且要留有维护保养的空间，所以一般要安装在专用机房内。
- ② 噪声—因为空压机一运转就产生噪声，所以必须考虑噪声的防治，如设置隔声罩、消声器，选择消声较低的空压机等。一般而言，螺杆式空压机的噪声较小。
- ③ 润滑—使用专用润滑油并定期更换，启动前应检查润滑油位，并用手拉动传动带使机轴转动几圈，以保证启动时的润滑。启动前和停车后都应及时排除空压机气罐中的水分。

(2) 储气罐

储气罐有如下作用。

- ① 使压缩空气供气平稳, 减少压力脉动。
- ② 作为压缩空气瞬间消耗需要的存储补充。
- ③ 存储一定量的压缩空气, 停电时可使系统继续维持一定时间。
- ④ 可降低空压机的启动、停止频率, 其功能相当于增大了空压机的功率。
- ⑤ 利用储气罐的大表面积散热, 使压缩空气中的一部分水蒸气凝结为水。

储气罐的尺寸大小由空压机的输出功率来决定。储气罐的容积愈大, 压缩机运行时间间隔就愈长。储气罐一般为圆筒状焊接结构, 有立式和卧式两种, 以立式居多。

使用储气罐应注意以下事项。

① 储气罐属于压力容器, 应遵守压力容器的有关规定, 必须有产品耐压合格证书。

② 储气罐上必须安装如下元件。

- 安全阀: 当储气罐内的压力超过允许限度时, 可将压缩空气排出。
- 压力表: 显示储气罐内的压力。
- 压力开关: 用储气罐内的压力来控制电动机, 它设置一个最高压力, 达到这个压力后就停止。
- 电动机: 它设置一个最低压力, 储气罐内压力低到这个压力就重新启动电动机。
- 单向阀: 让压缩空气从压缩机进入气罐, 当压缩机关闭时, 阻止压缩空气反方向流动。
- 排水阀: 设置在系统最低处, 用于排掉凝结在储气罐内的水。

2. 气动执行元件

气动执行元件包括产生直线往复运动的气缸, 在一定角度范围内摆动的摆动气缸、气爪以及产生连续转动的气动马达等。

(1) 气缸

普通气缸是指在缸筒内只有一个活塞和一根活塞杆的气缸, 有单作用气缸和双作用气缸两种。

① 单杆双作用普通气缸 其基本结构和符号如图 1-3 所示, 一般由缸筒、前缸盖、后缸盖、活塞、活塞杆、密封件和紧固件等零件组成。缸筒与前后缸盖之间由 4 根螺杆将其紧固锁定。缸内有与活塞杆相连的活塞, 活塞上装有活塞密封圈。这种双作用气缸被活塞分成两个腔室, 有活塞杆的腔室称为有杆腔, 无活塞杆的腔室称为无杆腔。

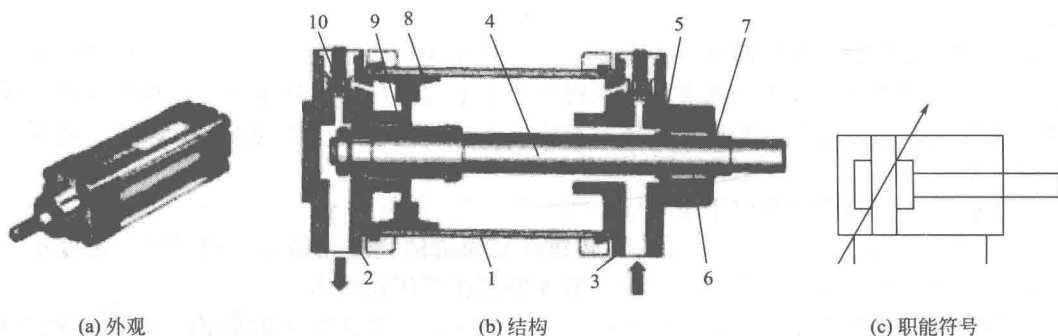


图 1-3 普通型单杆双作用气缸结构及符号

1—缸筒; 2—后缸盖; 3—前缸盖; 4—活塞杆; 5—防尘密封圈; 6—导向套; 7—密封圈; 8—活塞; 9—缓冲柱塞; 10—缓冲节流阀

单杆双作用普通气缸的工作原理是: 从无杆腔端的气口输入压缩空气时, 若气压作用在活塞左端面上的力克服了运动摩擦力、负载等各种反作用力, 则当活塞前进时, 有杆腔内的

空气经该端气口排出，使活塞杆伸出。同样，当从有杆腔端气口输入压缩空气时，活塞杆缩回至初始位置。通过无杆腔和有杆腔交替进气和排气，活塞杆伸出和缩回，气缸实现往复直线运动。

② 单杆单作用普通气缸 是指压缩空气仅在气缸的一端进气，推动活塞运动，而活塞的返回是借助于弹簧力、膜片张力及重力等。其结构与外观如图 1-4 所示。单作用气缸只在动作方向上需要压缩空气，故可节约一半压缩空气。主要用在夹紧、退料、阻挡、压入、举起和进给等操作上。

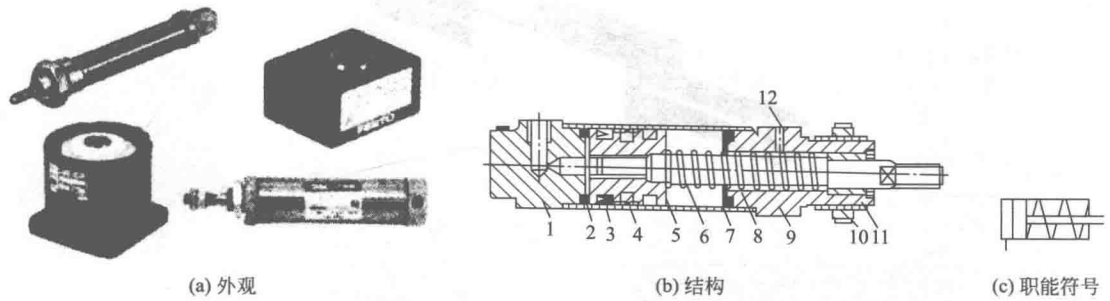


图 1-4 普通型单杆单作用气缸结构及符号

1—后缸盖；2—橡胶缓冲垫；3—活塞密封圈；4—导向环；5—活塞；6—弹簧；
7—缸筒；8—活塞杆；9—前缸盖；10—螺母；11—导向套；12—呼吸孔

根据复位弹簧位置将单作用气缸分为预缩型气缸和预伸型气缸。当弹簧在有杆腔内时，由于弹簧的作用力而使气缸活塞杆初始位置处于缩回位置，将这种气缸称为预缩型单作用气缸；当弹簧装在无杆腔内，气缸活塞杆初始位置为伸出位置的称为预伸型气缸。

③ 无杆气缸 它没有普通气缸的刚性活塞杆，利用活塞直接或间接地实现往复运动。这种气缸的最大优点是节省了安装空间，特别适用于小缸径、长行程的场合。无杆气缸现已广泛应用于数控机床、注塑机等 的开门装置上及多功能坐标机械手的位置和自动输送线上工件的传送等。无杆气缸主要分机械接触式和磁性耦合式两种。磁性耦合无杆气缸也称为磁性气缸。

图 1-5 所示为机械接触式无杆气缸。在拉制而成的不等壁厚的铝制缸筒上开有管状沟槽缝，为保证开槽处的密封，设有内外侧密封带。内侧密封带靠气压力将其压在缸筒内壁上，起密封作用。外侧密封带起防尘作用。活塞靴穿过长开槽，把活塞和滑块连成一体。活塞靴又将内、外侧密封带分开，内侧密封带穿过活塞靴，外侧密封带穿过活塞靴与滑块之间，但内、外侧密封带未被活塞靴分开处，相互夹持在缸筒开槽上，以保持槽被密封。内、外侧密封带两端都固定在气缸缸盖上。与普通气缸相同，两端缸盖上带有气缓冲装置。

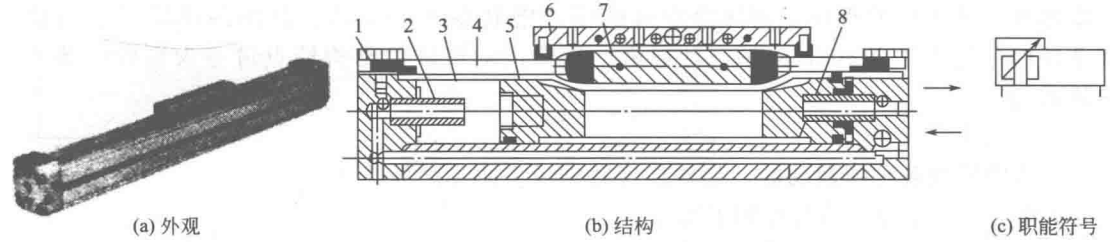


图 1-5 机械接触式无杆气缸组成结构及符号

1—节流阀；2—缓冲柱塞；3—内侧密封带；4—外侧密封带；5—活塞；6—滑块；7—活塞靴；8—缸筒

在压缩空气作用下，活塞-滑块机械组合装置可以往复运动。这种无杆气缸通过活塞-滑块机械组合装置传递气缸输出力，缸体上管状沟槽可以防止其扭转。

图 1-6 为一种磁性耦合的无杆气缸。它是在活塞上安装了一组高磁性的永久磁环，磁力线通过薄壁缸筒（不锈钢或铝合金非导磁材料）与套在外面的另一组磁环作用。由于两组磁环极性相反，因此它们之间有很强的吸力。若活塞在一侧输入气压作用下移动，则在磁耦合力作用下带动套筒与负载一起移动。在气缸行程两端设有空气缓冲装置。

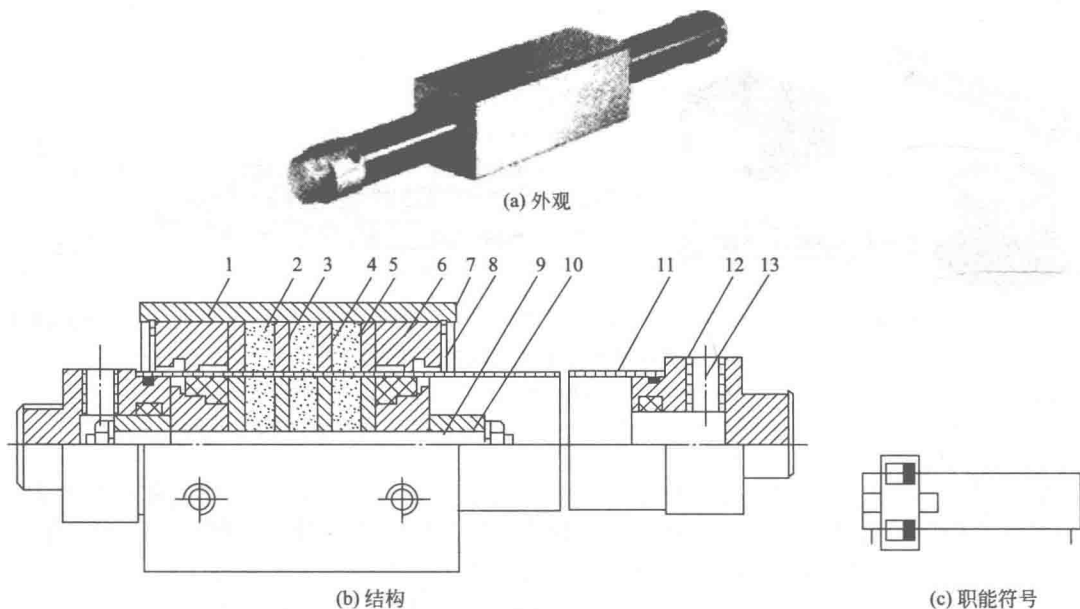


图 1-6 磁性无杆气缸组成结构及符号

- 1—套筒（移动支架）；2—外磁环（永久磁铁）；3—外磁导板；4—内磁环（永久磁铁）；5—内导磁板；6—压盖；7—卡环；8—活塞；9—活塞轴；10—缓冲柱塞；11—气缸筒；12—端盖；13—进排气口

磁性气缸的特点是体积小，重量轻，无外部空气泄漏，维修保养方便等。当速度快、负载大时，内外磁环易脱开，即负载大小受速度影响，且磁性耦合的无杆气缸中间不能增加支撑点，最大行程受到限制。

(2) 摆动气缸

摆动气缸是出力轴被限制在某个角度内做往复摆动的一种气缸，又称为旋转气缸。摆动气缸目前在工业上应用广泛，多用于安装位置受到限制或转动角度小于 360° 的回转工作部件。其工作原理也是将压缩空气的压力能转变为机械能。常用的摆动气缸的最大摆动角度分为 90° ， 180° ， 270° 三种规格。按照摆动气缸的结构特点可分为齿轮齿条式和叶片式两类。

(3) 气爪

气爪能实现各种抓起功能，是现代气动机械手的关键部件。

如图 1-7 所示的气爪具有如下特点。

- ① 所有的结构都是双作用的，能实现双向抓取，可自动对中，重复精度高。
- ② 抓取力矩恒定。
- ③ 在气缸两侧可安装非接触式检测开关。
- ④ 有多种安装、连接方式。

图 1-7(a) 所示为平行气爪, 平行气爪通过两个活塞工作, 两个气爪对中心移动。这种气爪可以输出很大的抓取力, 既可用于内抓取, 也可用于外抓取。

图 1-7(b) 所示为摆动气爪, 内、外抓取 40° 摆角, 抓取力大, 并确保抓取力矩恒定。

图 1-7(c) 所示为旋转气爪, 其动作和齿轮齿条的啮合原理相似。两个气爪可同时移动并自动对中, 其齿轮齿条原理确保了抓取力矩始终恒定。

图 1-7(d) 所示为三点气爪, 三个气爪同时开闭, 适合夹持圆柱体工件及工件的压入工作。

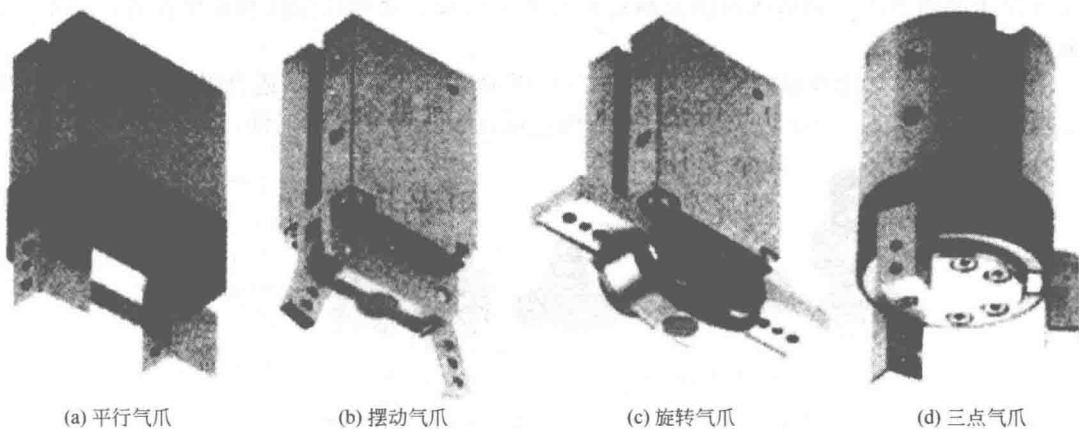


图 1-7 气爪

(4) 气动马达

气动马达是一种作连续旋转运动的气动执行元件, 其作用是把压缩空气的压力能转换成回转机械能的能量转换装置, 相当于电动机或液压马达, 它输出转矩, 驱动执行机构做旋转运动。在气压传动中使用广泛的有叶片式、活塞式和齿轮式气动马达。

气动马达的工作适应性较强, 可用于无级调速、启动频繁、经常换向、高温潮湿、易燃易爆、负载启动、不便人工操纵及有过载可能的场合。目前, 气动马达主要应用于矿山机械、专业性的机械制造、油田、化工、造纸、炼钢、船舶、航空、工程机械等行业, 许多气动工具如风钻、风扳手和风砂轮等均装有气动马达。

(5) 真空发生器及真空吸盘

典型的真空发生器的工作原理如图 1-8 所示, 它由先收缩后扩张的拉伐尔喷管、负压腔、接收管和消声器等组成。真空发生器是根据文丘里原理产生真空的。当压缩空气从供气

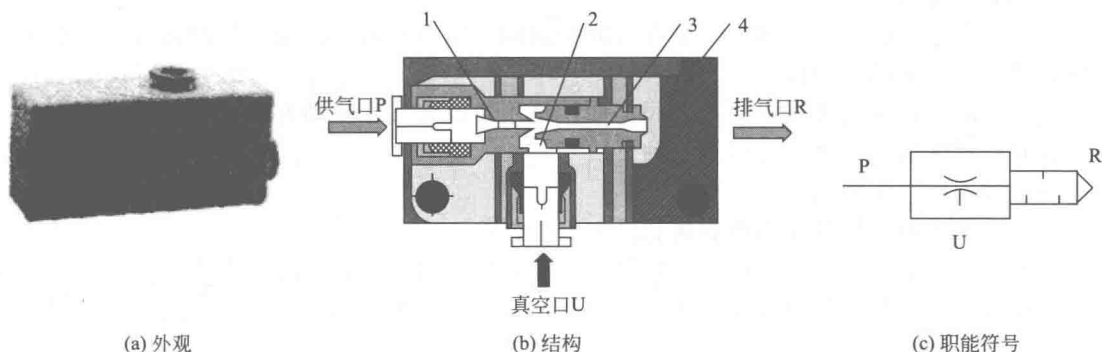


图 1-8 真空发生器结构及符号

1—拉伐尔喷管; 2—负压腔; 3—接收管; 4—消声器

口 P 流向排气口 R 时,在真空口 U 上就会产生真空。吸盘与真空口 U 连接,靠真空压力便可吸起物体。如果切断供气口 P 的压缩空气,则抽空过程就会停止。

用真空发生器产生真空有如下几个特点。

- ① 结构简单、体积小、使用寿命长。
- ② 产生的真空度(负压力)可达 88kPa,吸入流量不大,但可控、可调、稳定、可靠。
- ③ 瞬时开关特性好,无残余负压。

真空吸盘是直接吸吊物体的元件,是真空系统中的执行元件。吸盘通常是由橡胶材料和金属骨架压制而成的。制造吸盘的材料通常有丁腈橡胶、聚氨酯橡胶和硅橡胶等,其中硅橡胶适用于食品行业。

图 1-9 所示为常用吸盘的类型。图 1-9(a)所示为圆形平吸盘,适合吸表面平整的工件;图 1-9(b)所示为波纹吸盘,采用风箱型结构,适合吸表面突出的工件。

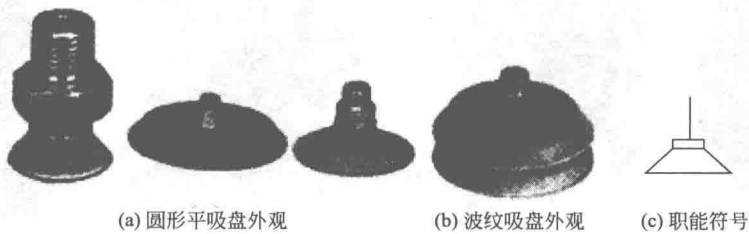


图 1-9 真空吸盘

真空吸盘的安装是靠吸盘上的螺纹直接与真空发生器或者真空安全阀、空心活塞杆气缸相连,如图 1-10 所示。

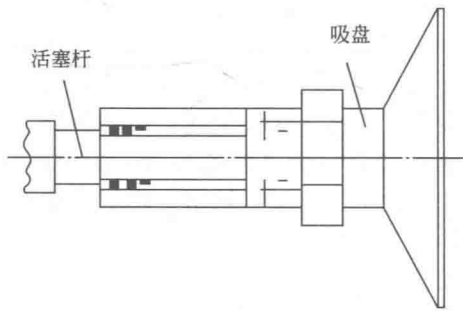


图 1-10 真空吸盘的连接

3. 气动控制元件

气动控制元件的种类很多,主要有方向控制阀、压力控制阀、流量控制阀等。这里主要介绍方向控制阀中的电磁阀。

气动方向控制阀与液压方向控制阀类似,是用来改变气流流动方向或通断的控制阀。方向控制阀的分类方式有以下几种。

(1) 按阀内气流的流通方向分类

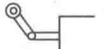
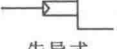
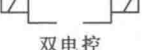
气动控制阀可分为单向型控制阀和换向型控制阀。

只允许气流沿一个方向流动的控制阀称为单向型控制阀,如单向阀、梭阀、双压阀和快速排气阀等。可以改变气流流动方向的控制阀称为换向型控制阀,如电磁换向阀和气控换向阀等。

(2) 按控制方式分类

表 1-1 所示为气动控制阀按控制方式分成的几种方式的职能符号。

表 1-1 气动控制阀的几种控制方式的职能符号

人力控制	 一般手动操作	 按钮式
	 手柄式、带定法	 脚踏式
机械控制	 控制轴	 滚轮杠杆式
	 单向滚轮式	 弹簧复位
气压控制	 直动式	 先导式
电磁控制	 单电控	 双电控
	 先导式双电控,带手动	

① 电磁控制：利用电磁线圈通电后，静铁芯对动铁芯产生电磁吸力使阀切换，以改变气流方向的阀，称为电磁控制换向阀，简称电磁阀。这种阀易于实现电、气联合控制，能实现远距离操作，故得到广泛应用。

② 气压控制：利用气体压力来使主阀切换从而改变气流方向的阀，称为气压控制换向阀，简称气控阀。这种阀常用在易燃、易爆、潮湿、粉尘大的工作环境中，工作安全可靠。按控制方式不同可分为加压控制、卸压控制、差压控制和延时控制等。

加压控制是指输入的控制气压是逐渐上升的，当压力上升到某一值时，阀就被切换。

差压控制是利用阀芯两端受气压作用的有效面积不等，在气压的作用下产生的作用力之差来使阀切换。

延时控制是利用气流经过小孔或缝隙节流来向气室内充气的。当气室里的压力升至一定值时，阀被切换，从而达到信号延时输出的目的。

③ 人力控制：依靠人力使阀切换的换向阀，称为手动控制换向阀，简称人力阀。它可分为手动阀和脚踏阀两类。

人控阀与其他控制方式相比，具有可按人的意志进行操作，使用频率较低，动作较慢，操作力不大，通径较小，操作灵活等特点。人控阀在手动气动系统中，一般用来直接操纵气动执行机构。在半自动和全自动系统中，多作为信号阀使用。

④ 机械控制：用凸轮、撞块或其他机械外力使之切换的阀称为机械控制换向阀，简称机械阀。这种阀常用作信号阀使用。它可用于湿度大、粉尘多、油分多的场合，不宜用于电气行程开关的场合，但宜用于复杂的控制装置中。

(3) 按阀的切换通口数目分类

阀的通口数目包括输入口、输出口和排气口。按切换通口的数目分，有二通阀、三通阀、四通阀和五通阀等。表 1-2 为换向阀的通口数和职能符号。

表 1-2 换向阀的通口数和职能符号

名 称	二通阀		三通阀		四通阀	五通阀
	常断	常通	常断	常通		
职能符号						

二通阀有 2 个口，即 1 个输入口（用 P 表示）和一个输出口（用 A 表示）。

三通阀有 3 个口，除 P 口、A 口外，增加 1 个排气口（用 R 或 O 表示）。三通阀既可以是 2 个输入口（用 P1、P2 表示）和一个输出口，作为选择阀（选择两个不同大小的压力值）来使用；也可以是 1 个输入口和 2 个输出口，作为分配阀来使用。

二通阀、三通阀有常通型和常断型之分。常通型是指阀的控制口未加控制信号（即零位）时，P 口和 A 口相通。反之，常断型在零位时，P 口和 A 口是断开的。

四通阀有 4 个口，除 P、A、R 外，还有 1 个输出口（用 B 表示），通路为 P-B、B-R 或 P-B、A-R。

五通阀有 5 个口，除 P、A、B 外，有 2 个排气口（用 R、S 或 O1、O2 表示）。通路为 P-A、B-S 或 P-B、A-R。五通阀也可以变成选择式四通阀，即 2 个输入口（P1 和 P2）、2 个输出口（A 和 B）和 1 个排气口 R。2 个输入口供给压力不同的压缩空气。

（4）按阀芯工作的位置数分类

阀芯的切换工作位置简称“位”，阀芯有几个切换位置就称为几位阀。

有 2 个通口的二位阀称为二位二通阀（常表示为 2/2 阀，前一位数字表示通口数，后一位数字表示工作位置数），它可以实现气路的通或断。有 3 个通口的二位阀，称为二位三通阀（常表示为 3/2 阀），在不同的工作位置，可实现 P、A 相通，或 A、R 相通。常用的还有二位五通阀（常表示为 5/2 阀），它可以用在推动双作用气缸的回路中。

阀芯具有三个工作位置的阀称为三位阀。当阀芯处于中间位置时，各通口呈关断状态，则称为中间封闭式；若输出口全部与排气口接通，则称为中间卸压式；若输出口都与输入口接通，则称为中间加压式。

换向阀处于不用工作位置时，各通口之间的通断状态是不同的。阀处于各切换位置时，各通口之间的通断状态分别表示在一个长方形的方块上，就构成了换向阀的图形符号。

电磁阀是气动控制元件中最主要的元件，其品种繁多，结构各异，按操作方式可分为直动式和先导式两类。

直动式电磁阀是利用电磁力直接驱动阀芯换向的。如图 1-11 所示的直动式电磁阀，属于小尺寸阀，故电磁力可直接吸引柱塞，从而使阀芯换向。图 1-11(b) 所示为电磁铁尚未通电状态，弹簧将柱塞压下，使 1 口和 2 口断开，2 口和 3 口接通，阀处于排气状态。如图 1-11(c) 所示，当电磁铁通电后，电磁力大于弹簧力，柱塞被提上升，1 口和 2 口接通，2 口和 3 口断开，阀处于进气状态。

直动式电磁阀只适用于小型阀。如果要利用直动式电磁阀控制大流量空气，阀的体积必须大，电磁铁也要加大才能吸引柱塞，而体积和电耗都增大会带来不经济的问题，为克服这些缺点，应采用先导式结构。

先导式电磁阀是由小型直动式电磁阀和大型气控换向阀组合构成的。它是利用直动式电磁阀输出先导气压的，此先导气压再推动主阀芯换向，该阀的电控部分又称为电磁先导阀。

图 1-12 所示为先导式单电控 3/2 换向阀的工作原理。图 1-12(a) 所示为电磁线圈未通电状态，主阀的供气路 1 有一小孔通路（图中未示出）到先导阀的阀座，弹簧力使柱塞压向先导