

高等学校理工科规划教材

机电一体化实验教程

气动技术实验

大连理工大学工程训练中心 组编

梁延德 主编



大连理工大学出版社

高等学校理工科规划教材

机电一体化实验教程 气动技术实验

大连理工大学工程训练中心 组编

梁延德 主编

大连理工大学出版社

© 梁延德 2005

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化实验教程·气动技术实验/梁延德主编. — 大连:大连理工大学出版社, 2005. 10

ISBN 7-5611-3075-9

I. 机… II. 梁… III. 气动技术—实验—教材 IV. TH138-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 139293 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:4.5 字数:101 千字

印数:1~1 500

2005 年 10 月第 1 版

2005 年 10 月第 1 次印刷

责任编辑:范业婷

责任校对:杨帆

封面设计:季强

定 价:8.00 元

前 言

大连理工大学工程训练中心是面向全校各专业的、实施工业基础教育和工程创新素质教育的实践性教学基地,也是校内最大的教学基地。

工程训练是高等学校工科各专业必修的基础工程教育实践课程。

根据教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神,以实施现代工程教育理念下的工程训练为宗旨,以“学习工艺知识,提高工程素质,培养创新精神”为教学目标,在近几年实践教学研究和教学改革成果的基础上,工程训练中心组织编写了本系列教材。

本书可作为机械制造及其自动化专业的本科生在机电一体化方向课程的初级阶段的气动实验教材。本书的主要内容是以引进德国生产的 MTS 气动、电气动教学实验系统为基本实验平台,其中所涉及的元器件、器材等均为当前工业生产中的实用型产品,体现了“与现代工业气动技术紧密衔接”的原则。全书共设 10 个实验项目,整体内容的编排系统、循序渐进,且每个实验具有相对完整性和独立性,以满足不同教学需要。其中大部分实验项目

具有设计性实验的特点,以加强对学生创新意识的培养。每个实验项目的内容和操作过程都具有较强的透明度,便于师生进行相互观摩、交流与讨论,有利于学生实验成绩的客观评定。全部实验建议安排20~24学时,其中前6个为基本实验,建议安排12~16学时。

全书由大连理工大学梁延德教授主编,郝刚参加了部分编写工作。陆军伟、汪林同学为本书的编写做了大量的工作,在此一并表示感谢!

由于作者水平有限,书中错误、不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 10 月

目 录

气动实验要求 / 1

绪论 / 3

第 1 篇 实验指导

实验 1 气动、电气动实验元器件的认识

- 1.1 实验目的 / 6
- 1.2 实验仪器和设备 / 6
- 1.3 实验原理 / 10
- 1.4 实验步骤 / 11
- 1.5 思考与讨论 / 12

实验 2 单气缸实验

- 2.1 实验目的 / 13
- 2.2 实验仪器和设备 / 13
- 2.3 实验原理 / 13
- 2.4 实验步骤 / 14
- 2.5 思考与讨论 / 15

实验 3 气动逻辑元件简单实验

- 3.1 实验目的 / 16
- 3.2 实验仪器和设备 / 16
- 3.3 实验原理 / 16
- 3.4 实验步骤 / 18
- 3.5 思考与讨论 / 19

实验 4 双气缸联动实验

- 4.1 实验目的 / 20
- 4.2 实验仪器和设备 / 20
- 4.3 实验原理 / 20
- 4.4 实验步骤 / 21
- 4.5 思考与讨论 / 22

实验 5 压力顺序阀实验

- 5.1 实验目的 / 23
- 5.2 实验仪器和设备 / 23

5.3 实验原理 / 23

5.4 实验步骤 / 24

5.5 思考与讨论 / 24

实验 6 气动延时阀实验

- 6.1 实验目的 / 25
- 6.2 实验仪器和设备 / 25
- 6.3 实验原理 / 25
- 6.4 实验步骤 / 26
- 6.5 思考与讨论 / 26

实验 7 多气缸联动实验

- 7.1 实验目的 / 27
- 7.2 实验仪器和设备 / 27
- 7.3 实验原理 / 27
- 7.4 实验步骤 / 29
- 7.5 思考与讨论 / 30

实验 8 电气动实验(1)

- 8.1 实验目的 / 31
- 8.2 实验仪器和设备 / 31
- 8.3 实验原理 / 31
- 8.4 实验步骤 / 33
- 8.5 思考与讨论 / 33

实验 9 电气动实验(2)

- 9.1 实验目的 / 34
- 9.2 实验仪器和设备 / 34
- 9.3 实验原理 / 34
- 9.4 实验步骤 / 34
- 9.5 思考与讨论 / 35

实验 10 快速步进器的使用

- 10.1 实验目的 / 36
- 10.2 实验仪器和设备 / 36
- 10.3 实验原理 / 36
- 10.4 实验步骤 / 38

- 10.5 思考与讨论 / 38

附 录

- 附录 1 气动实验主要元器件 / 39
- 附录 2 气源系统基础知识 / 42
- 附录 3 实验安全守则及意外事故处理 / 44

第 2 篇 实验报告

- 1. 气动、电气动实验元器件的认识实验报告 / 45
- 2. 单气缸实验报告 / 48
- 3. 气动、逻辑元件简单实验报告 / 50
- 4. 双气缸联动实验报告 / 52
- 5. 压力顺序阀实验报告 / 54
- 6. 气动延时阀实验报告 / 56
- 7. 多气缸联动实验报告 / 58
- 8. 电气动实验报告(1) / 60
- 9. 电气动实验报告(2) / 62
- 10. 快速步进器的使用实验报告 / 64

气动实验要求

实验是实践教学中非常重要的一环,属于基本的科学活动之一。所以实验需要严谨的科学态度和一丝不苟的治学精神,因此,对气动实验提出以下要求:

1. 实验前应认真预习,明确实验的目的和要求,了解实验的基本原理,熟悉实验的主要内容和实验方法,认真完成预习报告。

2. 实验台共有 6 组。实验前,由班长或者学习委员,将全班分成 6 组,然后各组学生按要求到指定实验台进行实验。

3. 实验过程中要正确操作,仔细观察,深入思考,认真记录、比较实验结果。操作过程中要遵守实验室规定,注意安全,爱护仪器设备,保持实验室的整洁和安静。

4. 实验后,先关闭气源,然后整理好实验仪器,经指导老师的检查和允许,方可离开实验室。

5. 根据实验目的和要求,联系理论知识,认真完成实验报告,按时交给老师。实验报告要求过程完整具体,书写清晰,文字简练。不符合要求者退回重写。

•
•
•

^

绪 论

气动技术(pneumatic technique)是“气压传动与控制技术”的简称。气动技术是以空气压缩机为动力源,以压缩空气为工作介质,进行能量或信号传递的工程技术,是实现各种生产控制、自动控制的重要手段之一。

1. 气动技术的发展历程

气动技术的工业应用,最早可以从 18 世纪蒸汽机发明的过程中见到其雏形。20 世纪 30 年代初,气动技术开始成功地应用于自动门的开启和关闭及各种机械设备的辅助动作上。进入 20 世纪 70 年代后,随着工业机械化和自动化的发展,气动技术才开始广泛应用于生产自动化的各个领域,逐渐形成现代气动技术。

最近 40 年,气动技术得到了快速发展。气动技术与电子技术的结合,得以自成体系地构成工业控制系统。尤其是在集成化、微型化方面的进展,形成了以气动技术为特征的新的机电一体化技术,使其在工业自动控制领域得到广泛的推广应用。

2. 气动技术的优缺点

气动技术为各个工业部门所接受并广泛应用,是由于其具有以下优点:

(1) 气动技术以空气为工作介质,空气随处可取,且黏性小,在管内流动阻力小,便于集中供应和远距离输送。因此,大多数工厂有方便的压缩空气气源。作为工作介质的压缩空气的物理性质,使气动技术在广泛的各种应用中具有安全、方便和费用低的优点。压缩空气没有产生火花的危险。因此,它适于有易燃或者潜在爆炸危险的工程。

(2) 气动元件结构简单,价格低廉,用过的空气可向大气排放,处理方便,不必使用回收管道。

(3) 气动系统清洁,即使有泄漏,也不会像液压系统那样污染产品 and 环境。气动系统不受电磁干扰,电子系统则受电磁干扰。

(4) 气动系统维护不复杂,也不需要特殊的培训和实验设备。

(5) 适应性强,现有的机器可方便地改为气动传动,气缸可以直接安装在要求出力的地方。

(6) 便于进行能量存储,可以进行应急或系统需要用。

(7) 气压传动本身有过载保护性能。气动执行元件能长期在满负荷状态下工作,过载时会自动停止。

(8) 气动元件运动速度高。普通气缸的运动速度一般为 $0.05 \sim 0.7 \text{ m/s}$,有的高达 17 m/s 。

当然,气动技术也有其缺点,简述如下:

(1) 生产压缩空气的费用高。

(2) 空气的可压缩性大,使得工作部件运动速度稳定性差,要获得精确的运动给进比较困难。

(3) 由于气压传动的工作压力远低于液压传动的工作压力,气动执行元件输出的力小。

(4) 气动工作介质无润滑性能。气体排放时噪声大,需加消声器。

(5) 气动信号的传输速度远比电信号低,而且有较大的延迟和失真,因而气动控制技术不

宜用于高速传递和处理信息的复杂系统,而且气动信号的传送距离也受到限制。

3. 气动技术的应用

据调查资料表明,目前气动控制装置在控制装置中占有很重要的地位。现将其应用概述为以下几个方面:

(1) 具有管道生产流程的领域往往采用气动控制。例如:石油加工、化工、肥料、有色金属冶炼烧结,特别是在食品工业,由于采用气动不会污染而得到广泛的应用。

(2) 在我国气动控制装置已广泛用于纺织机械、自行车、手表、缝纫机等行业中。在交通运输中,列车的制动阀、货物的包装与装卸、仓库管理、车辆门窗的开启和关闭等也采用气动控制装置。

(3) 在航空工业中,气动控制装置也得到广泛的应用。20世纪50年代以前为减轻飞机的重量几乎全部用电子控制代替了气动装置,但随着喷气技术的发展,严重的问题不是“音障”(音速障碍)而是热障。当在 $300\sim 500^{\circ}\text{C}$ 高温下工作时,电子控制装置已不能承受,必须用气动装置。同样,在火箭和导弹的自动控制装置中,由于火箭和导弹的飞行速度不断提高,温度也越来越高,所以气动控制装置在这些领域也逐渐被广泛采用。气动控制装置除了能承受高温外还能承受很大的加速度。

(4) 鱼雷的自动控制装置大多是气动的,因为以压缩空气作为动力能源,体积小,重量轻。

(5) 气动控制装置在机械工业领域中也得到广泛应用。例如:机床的程序控制、组合机床、轴承加工、汽车制造、农机生产等。

在机械加工的铸造、锻压、冲压等工艺设备中,气动控制装置也得到普遍应用。

气动测量技术和各种风动工具等也是气动技术应用领域的一个重要方面。

用射流元件组装的计算机虽然运算速度有一定的局限性,但在特定条件下还是有它独到的优势。

气动技术和电子技术、液压技术一样,都成为自动化生产过程的有效技术之一,在国民经济建设中起着越来越大的作用。在许多工业部门,微电子和气动技术的结合应用水平被视为评价行业自动化和现代化程度的一项重要指标。在国外,气动被称为“廉价的自动化技术”。据统计:在工业发达国家中,全部自动化流程中约有30%装有气动系统。90%的包装机、70%的铸造和焊接设备、50%的自动操作机、40%的锻压设备和洗衣设备、30%的采煤机械、20%的纺织机械、制鞋业、木材加工、食品机械、43%的工业机器人有气压系统。美、日、德等国的气动元件销售平均每年增长超过10%~15%。许多工业发达国家的气动元件产值已接近液压元件的产值,且仍以较大的速度发展。

重复精度小于 0.01 mm 的模块化气动机械手, 5 mm/s 低速平稳运行及 17 m/s 高速运行的气缸相继问世,在与计算机、传感、通讯以及电气等技术相结合的基础上产生了智能气动这一概念(气动比例与伺服、智能化阀岛、模块化机械手)。气动伺服定位技术可使气缸在高速运行 3 m/s 情况下实现任意点自动定位,智能化阀岛器件理想地解决了整个自动化生产线的分散与集中控制问题。

现代气动技术的发展趋势是微型化、集成化、模块化、智能化。

由于采用了新材料及寿命高的配件(密封、弹簧等),新型气动元件的寿命大幅度增长,如电磁换向阀寿命在实现低功耗以后,普遍可达到 $1000\sim 2000$ 万次,气缸行程寿命为 $2000\sim 3000\text{ km}$,均较过去提高了5~10倍。

作为气动技术的配套,气源技术也提高得很快。出现了高精度过滤器、除油器、冷冻式和再生式空气干燥器、聚合物为介质的干燥过滤器等先进仪器。高精度的压缩空气对于气动系统具有重要意义,不仅使气动系统可靠性提高,寿命延长,故障减少,而且可防止污染,提高了系统工作的稳定性和重复定位精度。

各种自动化控制方式的比较见表 0-1。

表 0-1

各种自动化控制方式的比较

项目	机械式	电气式	电子式	液压式	气动式
输出力	中等	中等	很小	很大	大
动作速度	低	很高	很高	稍高	高
信号响应	中等	很快	很快	快	慢
位置控制	很好	很好	很好	好	好
遥 控	不好	很好	很好	很好	很好
安装的限制	很大	小	小	小	小
速度控制	不好	很好	很好	很好	好
无级变速	不好	好	很好	很好	好
元件结构	普通	稍复杂	复杂	稍复杂	简单
动力源中断时	无法动作	无法动作	无法动作	附蓄能器时可动作	可动作
管 线	(无)	比较简单	复杂	复杂	稍复杂
保养需求	高	中等	中等	中等	低
保养技术	简单	需要	特别需要	简单	简单
危险性	几乎没有	注意漏电	几乎没有	注意引火性	几乎没有
体 积	大	中等	小	小	小
环境温度	普通	高时要注意	高时要注意	普通(<70℃)	普通(<100℃)
环境湿度	普通	高时要注意	高时要注意	普通	注意凝结水
腐蚀性	普通	大时要注意	大时要注意	普通	注意氧化
震 动	普通	大时要注意	特大时要注意	不必担心	不必担心
构 造	普通	稍复杂	复杂	稍复杂	简单

第1篇 实验指导

实验1 气动、电气动实验元器件的认识

1.1 实验目的

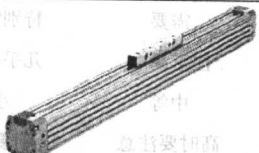
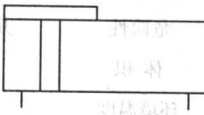
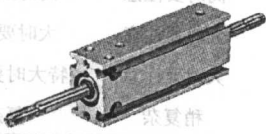
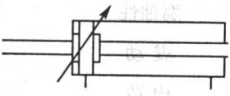
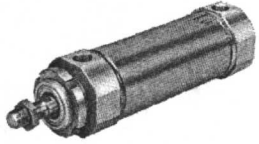
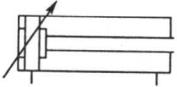
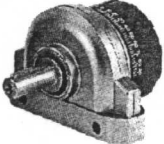
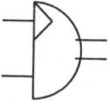
- (1) 了解气动和电气动有关知识及其在工业上的应用和发展。
- (2) 熟悉气动、电气动实验元器件,熟悉各元器件的功能原理和结构。
- (3) 掌握基本元件的用法,能根据所学知识,设计简单的气动回路。

1.2 实验仪器和设备

1. 执行元器件(表 1-1)

表 1-1

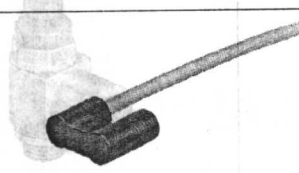
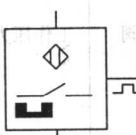
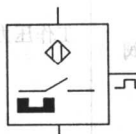
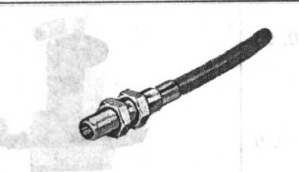
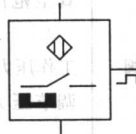
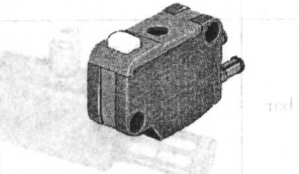
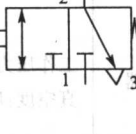
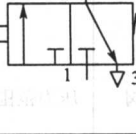
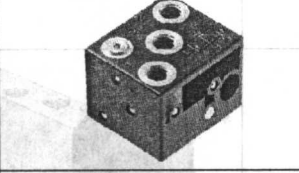
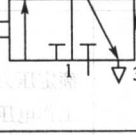
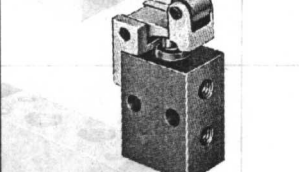
执行元器件

名称	规格	实物图	示意图
双作用无杆气缸(机械耦合式)	行程: 200 mm 工作压力: 2~8 bar 代号: DGP-18-200-PPV-A		
双作用气缸(中空式双向活塞杆带吸盘)	行程: 50 mm 最大工作压力: 10 bar 代号: DMM-20-50-PA-S20		
双作用气缸(方形活塞杆)	行程: 50 mm 最大工作压力: 10 bar 代号: SNUL-20-5-PPV-A		
双作用摆动气缸	摆动角: 0~184° 最大工作压力: 8 bar 代号: DSR-25-180-9		

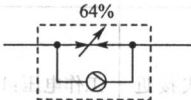
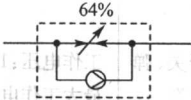
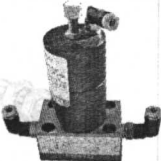
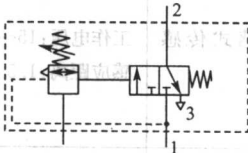
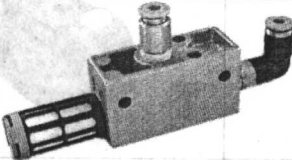
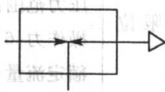
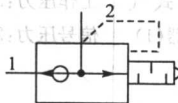
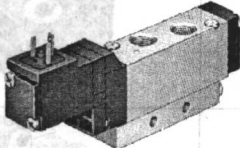
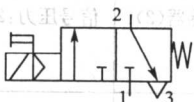
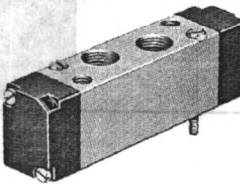
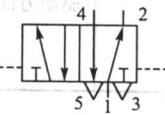
2 控制元器件(表 1-2)

表 1-2

控制元器件

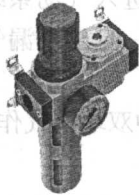
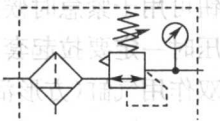
名称	规格	实物图	示意图
磁-电式接近开关	工作电压:10~30 V DC 最大工作电流:20 mA		
接近开关、弹簧片开关	工作电压:10~30 V DC 最大工作电流:20 mA		
电感式传感器	工作电压:15~34 V DC 感应距离:1.5 mm		
气信号限位开关	压力范围:—0.95~8 bar 操作力:6 N 额定流量:60 L/min		
磁感应式气控传感器(1)	工作压力:2~8 bar 信号压力:2~8 bar		
磁感应式气控传感器(2)	工作压力:2~8 bar 信号压力:2~8 bar		
滚轮开关	工作压力:—0.95~8 bar 驱动力:(6 bar)12.5 N		

(2-1-5) 气动元件 (续表)

名称	规格	实物图	示意图
单向节流阀	工作压力: 2~8 bar		
单向节流阀	工作压力: 2~8 bar		
真空开关阀	真空范围: -0.2~-0.95 bar 工作压力: 8 bar 调节压力: -0.25~-0.6 bar		
真空发生器	工作压力范围: 1.5~10 bar 真空度: Min 0.85 bar		
快速排气阀	压力范围: 0.5~10 bar		
电磁阀组	额定压力: Max 8 bar 工作电压: 24 V DC 额定流量: 500 L/min		
气控阀组	额定压力: Max 8 bar 额定流量: 500 L/min		

3. 气源组合单元(表 1-3)

表 1-3 气源组合单元

名称	规格	实物图	示意图
空气压缩机单元	压缩机:230 V/50 Hz 输出压力:Max 8 bar 储气罐容量:1.5 L	由空气压缩机和储气罐等组成,见实物单元箱	
气源调理单元(气源三联件)	输出压力:Max 6 bar 过滤精度:Max 4 μm		
电源供给单元	输出电压:24V DC 输出电流:5 A	见实物单元箱	
气信号输入单元(1)	压力范围:−0.98~8 bar 额定流量:≤100 L/min	见实物单元箱	
气信号处理单元(2)	压力范围:0~8 bar 额定流量:≤100L/min	见实物单元箱	
电信号输入单元(1)	最大额定电压:220 V 最大额定电流:4 A	见实物单元箱	
电信号处理单元(2)	最大额定电压:240 V AC	见实物单元箱	

4. 其他附件(表 1-4)

表 1-4 其他附件

名称	规格	名称	规格
气管	PUN 4×0.75 外径 4 mm 内径 2.5 mm 最大操作压力 7~10 bar	机械连接/铝型材	20 mm×20 mm×长度 20 mm×40 mm×长度 40 mm×40 mm×长度 最长 3000 mm
铝合金实验板	270 mm×400 mm 540 mm×400 mm 1000 mm×400 mm 最长 3000 mm	端盖	
		连接件	
		工具	固定扳手:8~21 mm 内六角螺丝刀:1.5~5 mm

1.3 实验原理

1. 实验用元器件的功能原理

实验用的空气过滤器和调压器组合在一起,如图 1-1 所示。调压器的调压过程如下:把套圈向上拉起,然后旋转,直到压力表显示的数值达到所需数值为止。排放装置后面接有一个红色的旋钮,这是一个控制压缩空气进入气动系统的开关。旋钮垂直时,开关打开;反之关闭。此旋钮可用于紧急时候的急停旋钮,一旦出现漏气或其他危险情况,可用此旋钮关闭气流。注意调压时一定要拉起套圈。

双作用气缸(方形活塞杆)是一种双端充气作用的气缸,如图 1-2 所示。

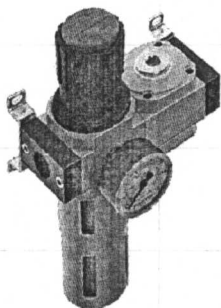


图 1-1 气源三联件

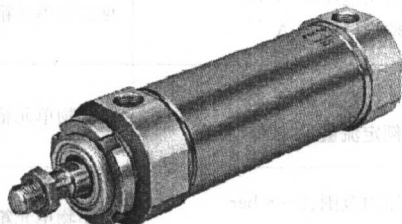


图 1-2 双作用气缸

当右端有气信号(即进气)而左端无气信号时,方形活塞杆在气压的作用下伸出;反之活塞杆缩回。实验所用的双作用气缸活塞杆的尾端有环形磁铁,在气缸行程的两端,气缸外部有两个磁感应传感器。这两个磁感应传感器均是常闭型二位三通阀,由气缸活塞杆尾部的磁铁控制其开关。

其他气缸的原理同双作用气缸一样。在气控回路中,无杆气缸有一对滚轮开关;双端双作用气缸(带吸盘)有一对磁感应传感器;摆动气缸有一对气信号限位开关;都是常闭型二位三通阀。在电气控制回路中,双作用气缸(方形活塞杆)有一对磁-电式接近开关;无杆气缸和双端双作用气缸(带吸盘)有一对接近开关、弹簧片开关;摆动气缸有一对电感式传感器;当开关打开,输出高电压。

负压发生器的作用是产生真空负压,以便吸盘吸取物品。如图 1-3(a)所示。当 1 口有信号时,即有压缩空气进入,2 口产生真空负压。真空开关阀是靠负压作用控制的开关,如图 1-3(b)所示。1 口接气源,3 口接负压发生器。当负压发生器作用时,开关打开。其负压值可以通过螺栓调节。

电磁阀组由二位三通单电控电磁阀、二位五通单(双)电控电磁阀组成。每个电控端有两个接口,一个接高电压,另一个接低电压。当电控端有电信号时,阀门打开。

气控阀组由二位三通单气控阀、二位五通单(双)气控阀组成。

单向节流阀的作用是控制气流的速度大小,其调节是通过旋转螺栓来调节的。

2. 部分元器件的结构

方形活塞杆双作用气缸的结构简图如图 1-4 所示。接口 1、2 是两个通气口,当接口 1 进