

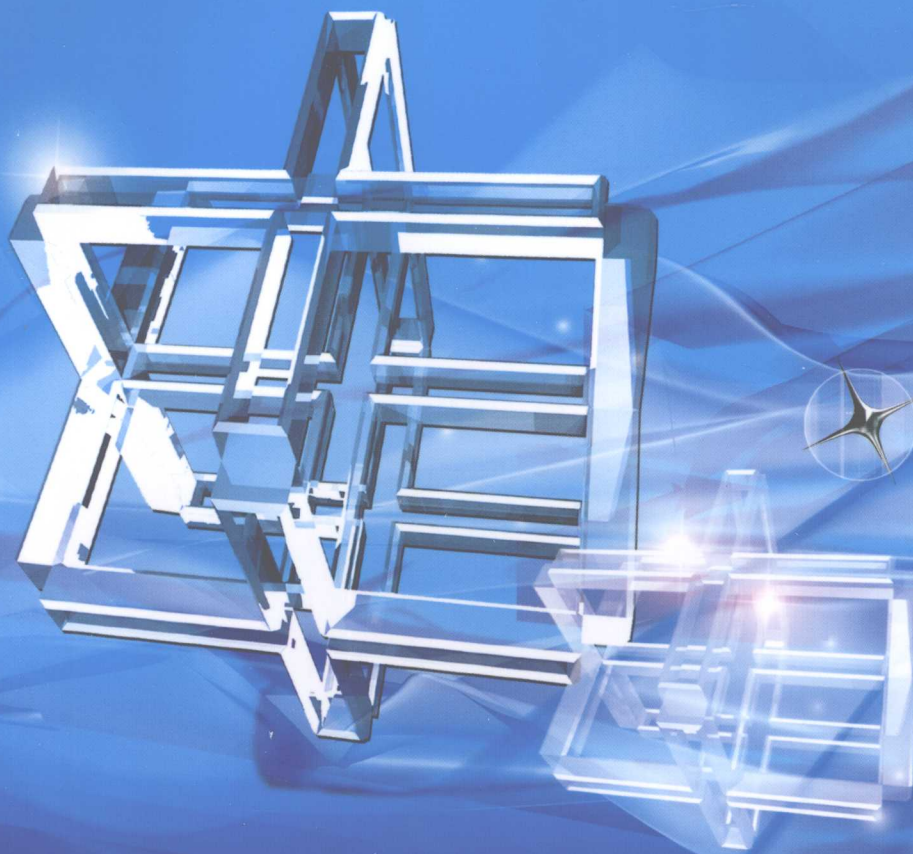


教育部中等职业教育示范专业规划教材（机械加工技术专业）

气压传动控制技术

（项目式教学）

徐益清 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

教育部中等职业教育示范专业规划教材

(机械加工技术专业)

气压传动控制技术

(项目式教学)

主 编 徐益清

副主编 许为民 范次猛

参 编 孙晓东

主 审 顾建达

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书是教育部中等职业教育示范专业规划教材之一。本书的主要内容有气压传动控制技术初步知识、换向控制、压力和力控制、速度控制、位置控制、行程程序控制、真空吸附、安全保护回路及应用软件简介等。本书以任务驱动的项目教学形式,围绕生产现场的实例从简到繁、由浅入深地展开,以提高学生动手能力为主线,注重于基本操作和实际应用的训练,充分体现了职业教育的特点,着眼于为生产一线培养技术应用型人才的目标。

学生易学、教师好教、入门快、实用性强是本书的特点。每完成一个项目的学习,不仅较系统地学习了相应的理论知识外,而且能掌握在生产中的实际技能。

在本书的编写过程中,收集了一些学生在学习过程中遇到的典型问题,并在书中提出了有针对性的解决方案。学生在学习过程中,只要一个气动控制实验室加上本教材,在不提问或是很少提问的情况下,就能系统掌握气动与电气控制方面的基础知识,并能进行简单的实用性操作与设计。

本书的编写充分考虑到教学周期,通常一个简单项目安排一周(6节/周),稍复杂的项目安排两周。每个项目后安排适当的习题与思考题,并给出了参考答案。

本书可作为成人高校、高职高专、中等职业技术学校机械类各专业教材,同时也可作为岗前培训教材及有关工程技术人员自学和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

气压传动控制技术:项目式教学/徐益清主编. —北京:机械工业出版社, 2008. 2

教育部中等职业教育示范专业规划教材. 机械加工技术专业
ISBN 978-7-111-23460-9

I. 气… II. 徐… III. 气压传动—专业学校—教材 IV. TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第017974号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:崔占军 责任校对:李秋荣

封面设计:王奕文 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(兴文装订厂装订)

2008年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9.5印张·231千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-23460-9

定价:16.50元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379182

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是参照教育部颁发的中等职业学校机电技术应用专业《设备控制基础教学基本要求》，结合目前气动技术在工业生产各领域迅速拓展应用的现状而编写の中职教材。

本书针对中等职业教育的特点，力求通俗易懂，以项目式教学展开，以实例引入，以应用为主，突出气压传动与电气控制的有机结合，着眼于学生在应用能力方面的培养。在编写中力求学以致用，注意新元件、新技术、新工艺的引进，融入到各个项目之中，以拓宽学生的知识面，力求跟上科技发展的潮流。

建议本书的学时为 80 学时（包含实验 14 学时）。各章的参考教学时数如下。

教材内容	学 时 数
项目 1 气压传动控制技术初步知识	6
项目 2 大型运输带的张力控制——换向控制	12
项目 3 两段压力控制——压力与力控制	12
项目 4 全自动包装机中压装装置的控制——速度控制	12
项目 5 水闸排水量控制——位置控制	12
项目 6 流水线上检测装置的控制——行程程序控制	12
项目 7 工件拾放——真空吸附回路	6
项目 8 气动系统安全起动装置——安全保护回路和其它回路	6
附录 FluidSIM-P 应用软件介绍	2

参与本书编写的有徐益清、许为民、范次猛、孙晓东。本书由徐益清老师任主编并定稿，顾建达老师任主审。孙晓东老师制作了全书的电子教案。本书是编写组全体同志的集体劳动成果，同时得到江苏省惠山职业教育中心校机电专业部很多老师的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，项目式教学没有成熟经验借鉴，也没有现成模式套用，书中难免存在错误和缺点，请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

项目 1 气压传动控制技术初步知识	1
1.1 任务的引入	1
1.2 任务的实现	1
1.2.1 气压传动及其组成	2
1.2.2 气压传动的优缺点	2
1.2.3 气压传动技术的应用和发展	3
1.2.3.1 气压传动技术的应用	3
1.2.3.2 气压传动技术发展趋势	4
1.2.4 空气压力的表示方法	4
1.2.5 控制电器的基本知识	5
1.2.5.1 控制电器的分类	6
1.2.5.2 低压电器的结构及基本特点	7
1.2.6 安全用电知识	9
1.2.6.1 安全电压	9
1.2.6.2 防止触电的措施	10
1.2.6.3 接地与接零	10
习题与思考题	11
习题与思考题参考答案	11
项目 2 大型运输带的张力控制—— 换向控制	13
2.1 任务的引入	13
2.2 任务的实现	13
2.2.1 换向控制回路基础知识	14
2.2.1.1 气动元件结构与原理	15
2.2.1.2 电气控制元件结构与原理	23
2.2.1.3 换向控制回路原理分析	25
2.2.2 换向控制的实例分析	28
2.2.2.1 张力控制系统元件介绍	28
2.2.2.2 张力控制系统过程分析	30
2.2.3 实验操作训练——双作用气缸的 换向回路控制实验	31
习题与思考题	33
习题与思考题参考答案	33
项目 3 两段压力控制——压力与 力控制	35
3.1 任务的引入	35

3.2 任务的实现	35
3.2.1 压力与力控制回路基础知识	35
3.2.1.1 气动元件结构与原理	36
3.2.1.2 电气控制元件结构与原理	41
3.2.1.3 压力控制回路原理分析	44
3.2.1.4 力控制回路原理分析	46
3.2.2 压力与力控制实例分析	48
3.2.2.1 压力与力控制系统元件 介绍	48
3.2.2.2 控制程序分析	51
3.2.3 实验操作训练——碎料压实控制 实验	51
习题与思考题	53
习题与思考题参考答案	53
项目 4 全自动包装机中压装装置的控制 ——速度控制	54
4.1 任务的引入	54
4.2 任务的实现	55
4.2.1 速度与时间控制回路基础知识	55
4.2.1.1 气动元件结构与原理	55
4.2.1.2 进气节流与排气节流	60
4.2.1.3 速度控制回路	61
4.2.1.4 电气控制元件结构与原理	63
4.2.2 压装装置的实例分析	67
4.2.2.1 元器件的编号方法	67
4.2.2.2 自锁控制的方法	68
4.2.2.3 压装装置时间-位移-步骤图	68
4.2.2.4 系统回路图的原理分析	69
4.2.3 实验操作训练——速度回路 控制实验	71
习题与思考题	73
习题与思考题参考答案	74
项目 5 水闸排水量控制——位置 控制	76
5.1 任务的引入	76
5.2 任务的实现	76
5.2.1 位置控制基础知识	76

5.2.1.1 气动元件结构与原理	77	7.2.1.3 真空吸附回路使用注意 事项	112
5.2.1.2 位置控制回路分析	80	7.2.2 真空吸附回路的实例分析	112
5.2.2 位置控制的实例分析	89	7.2.2.1 工件拾放系统主要元件 介绍	112
5.2.2.1 控制系统元件介绍	89	7.2.2.2 控制程序分析	115
5.2.2.2 控制系统分析	91	7.2.3 实验操作训练——真空控制 回路实验	115
5.2.3 实验操作训练——双作用气缸的 行程控制实验	91	习题与思考题	117
习题与思考题	93	习题与思考题参考答案	117
习题与思考题参考答案	93	项目 8 气动系统安全起动装置—— 安全保护回路和其它回路	119
项目 6 流水线上检测装置的控制—— 行程程序控制	94	8.1 任务的引入	119
6.1 任务的引入	94	8.2 任务的实现	119
6.2 任务的实现	95	8.2.1 气动元件的结构与原理	119
6.2.1 行程程序控制回路基础知识	95	8.2.2 常用的安全保护回路	121
6.2.1.1 气动程序控制系统	95	8.2.3 其它常用回路	125
6.2.1.2 常用位置传感器	99	8.2.4 气动系统安全起动装置分析	126
6.2.2 检测装置的实例分析	101	8.2.4.1 AV 系列稳定起动电磁阀 介绍	126
6.2.2.1 检测装置的位移-步骤图	101	8.2.4.2 AV 系列稳定起动电磁阀 工作原理分析	127
6.2.2.2 控制回路图的原理分析	102	8.2.5 实验操作训练——木条切断 实验	127
6.2.3 实验操作训练——行程程序 控制实验	102	习题与思考题	129
习题与思考题	105	习题与思考题参考答案	130
习题与思考题参考答案	105	附录 FluidSIM-P 应用软件介绍	132
项目 7 工件拾放——真空吸附回路 ...	107	参考文献	145
7.1 任务的引入	107		
7.2 任务的实现	107		
7.2.1 真空吸附回路基础知识	107		
7.2.1.1 真空元件	108		
7.2.1.2 真空吸附回路原理分析	111		

项目1 气压传动控制技术初步知识

【教学提示】 本项目介绍气动技术、电气控制技术的基本知识。在教学中，对于气动装置元件、电器元件的介绍可结合实物或在实验、实习现场展开教学；对于安全用电知识可结合气动控制技术举例说明。

【学习目标】 通过本项目的学习，熟悉气压传动及其组成、气压传动应用、控制电器结构原理等基本知识；教学中通过实物展示，加深对元器件的感性认识。

1.1 任务的引入

近几年气动技术作为动力传递与控制的一种手段获得了越来越广泛的应用，特别是与电气控制、PLC控制相结合，可以方便地实现复杂的自动工作过程的控制和远程控制，同时还可以简化控制系统，获得更高的响应速度。因此，气动技术在工业机械的各个领域中得到广泛应用。图1-1所示为气动技术在工业控制中的应用实例。图1-1a所示为通过气缸活塞杆伸缩改变工件在输送带上的运动方向；图1-1b所示为利用气动机器人实现水平运动、竖直运动及摆动运动。

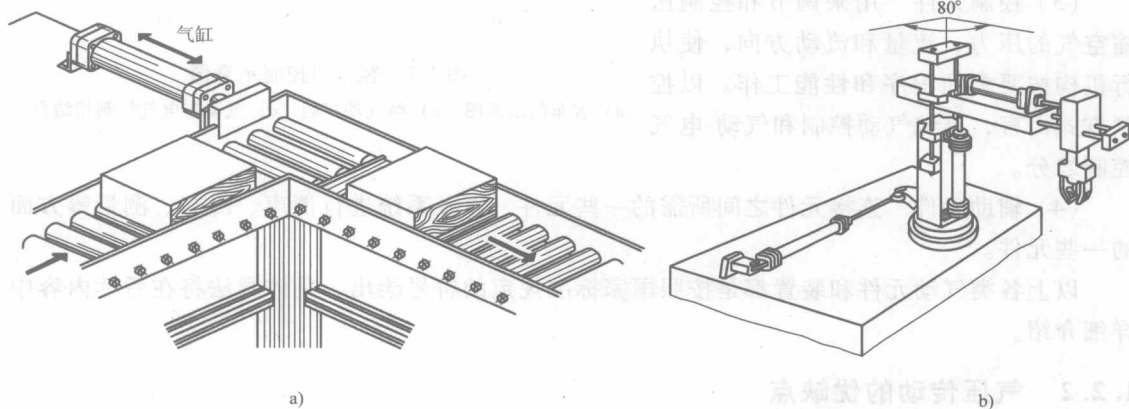


图 1-1 气动技术的应用
a) 工件转运 b) 气动机器人

1.2 任务的实现

为了较全面地了解气压传动及自动化控制过程，首先对气压传动的组成、特点、应用和常用的控制电器结构原理进行初步介绍。

1.2.1 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动力和控制信号,控制和驱动各种机械设备,以实现生产过程机械化、自动化的一门技术。

图 1-2 所示为客车门控制的示意图。它是利用压缩空气来驱动气缸从而带动门的开关,当气缸活塞杆伸出,门就关上;气缸活塞杆收缩,门就打开。图 1-2b 是纯气动控制方式;图 1-2c 是气动与电气控制相结合的一种控制方法。从这两种控制方式可以把气压传动系统的基本组成归纳如下。

(1) 气源装置 主要是提供洁净、干燥的压缩空气。

(2) 执行元件 是将气体的压力能转换成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马达或摆动马达等。

(3) 控制元件 用来调节和控制压缩空气的压力、流量和流动方向,使执行机构按要求的程序和性能工作。以控制方式而言,有纯气动控制和气动-电气控制之分。

(4) 辅助元件 连接元件之间所需的一些元件,以及系统进行消声、冷却、测量等方面的一些元件。

以上各类气动元件和装置都是按照国家标准规定的符号绘出,具体画法将在后续内容中详细介绍。

1.2.2 气压传动的优缺点

气压传动具有以下独特的优点:

- 1) 空气作为气压传动的工作介质,取之不尽,来源方便,用过以后直接排入大气,不会污染环境,且可少设置或不设置回气管道。
- 2) 工作环境适应性好。无论在易燃、易爆、多尘埃、辐射、强磁、振动、冲击等恶劣的环境中,气压传动系统工作都是安全可靠的。对于要求高净化、无污染场合,如食品加工、印刷、精密检测等更具有独特的适应能力,优于液压控制。
- 3) 空气粘度小,只有油的万分之一,流动阻力小,管路损失仅为油路损失的千分之一,便于介质集中供应和远距离输送。
- 4) 气动控制动作迅速,反应快,可在较短的时间内达到所需的压力和速度。在一定的

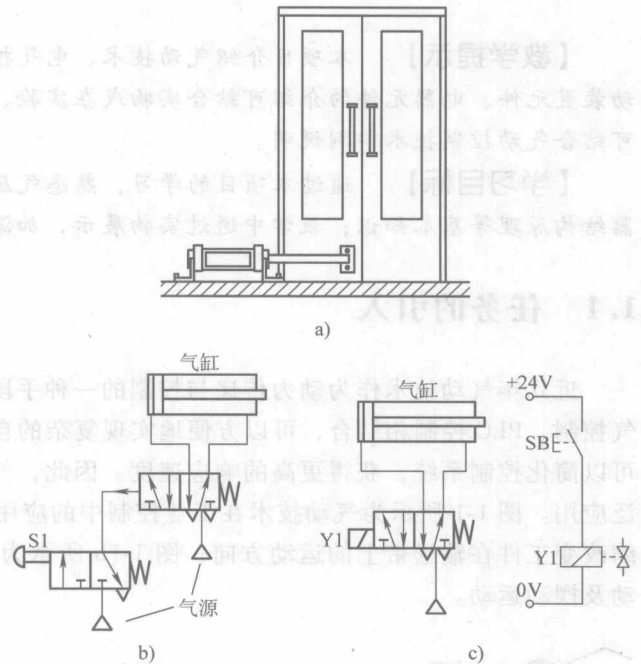


图 1-2 客车门控制示意图

a) 客车门示意图 b) 纯气动控制 c) 气动与电气控制相结合

超载运行下也能保证系统安全工作,并且不易发生过热现象。

5) 气动元件结构简单,易于加工制造,使用寿命长,可靠性高,易于实现标准化、系列化、通用化。

6) 维护简单,管道不易堵塞,不存在介质变质、补充和更换等问题。

当然,由于气压传动以空气作为工作介质,也就必然存在一些缺点,归纳如下:

1) 由于空气压缩性大,气缸的动作速度易随负载的变化而变化,稳定性较差,给位置控制和速度控制精度带来较大影响。

2) 目前气动系统的压力级(一般小于0.8MPa)不高,总的输出力不太大。

3) 工作介质(空气)没有润滑性,系统中必须采取措施进行给油润滑。

4) 噪声大,尤其在超声速排气时,需要加装消声器。

总而言之,气压传动的优点是突出的,随着科学技术的进步,以及与电子技术和其它传动方式相结合,气压传动的应用会越来越广泛。

1.2.3 气压传动技术的应用和发展

1.2.3.1 气压传动技术的应用

随着工业机械化和自动化的发展,气动技术越来越广泛地应用于各个领域。

1. 汽车制造行业

现代汽车制造工厂的生产线,尤其是主要工艺的焊接生产线,几乎无一例外地采用了气动技术。例如,车身外壳被真空吸盘吸起和放下,在指定工位的夹紧和定位;定位焊机(俗称点焊机)焊头的快速接近、减速软着陆后的变压控制定位焊(俗称点焊),都采用了各种特殊功能的气缸及相应的气动控制系统。另外,搬运装置中使用的高速气缸(最大速度达3m/s)、复合控制阀的气动比例控制技术的应用也很有代表性。

2. 电子、半导体制造行业

在彩电、冰箱等家用电器产品的装配生产线上,在半导体芯片、印制电路等各种电子产品的装配线上,不仅可以看到各种大小不一、形状不同的气缸、气爪,还可以看到许多灵巧的真空吸盘将一般气爪很难抓起的显像管、纸箱等物品吸住,运送到指定位置上。携带式电话性能试验装置采用小型气缸和控制阀,可以随意地改变按键频率和按键力度。

3. 生产自动化的实现

在工业生产的各个领域,为了保证产品质量的一致性,减轻体力劳动,提高生产效率,降低成本,都广泛使用气动技术。例如,在机床、自行车、手表、洗衣机等行业的零件加工和组装线上,工件的搬运、转位、定位、夹紧、进给、装卸、装配等许多工序都使用气动技术。

4. 包装自动化的实现

气压传动还广泛应用于化肥、化工、粮食、食品、药品等行业,实现粉状、粒状、块状物料的自动计量包装。烟草工业的自动卷烟和自动包装以及对液体(如油漆、油墨、化妆品、牙膏等)和气体(如煤气)的自动计量灌装等均采用了气动技术。

5. 机器人技术

机器人是现代高科技发展的结晶,在装配机器人、喷漆机器人、搬运机器人以及爬墙、焊接机器人等都广泛采用气动技术。

6. 其它领域

例如,在车辆制动装置、车门开闭装置、鱼雷和导弹的自动控制装置以及各种气动工具等方面都有重要的应用。

1.2.3.2 气压传动技术发展趋势

近 20 年来,随着与电子技术的结合,气动技术的应用领域迅速拓宽,尤其是在各种自动化生产线上得到广泛应用。可编程控制技术与气动技术相结合,使整个系统自动化程度更高,控制方式更灵活,性能更加可靠;气动机械手、柔性自动生产线的迅速发展,对气动技术提出了更多更高的要求;微电子技术的引入,促进了电气-气动比例伺服技术的发展,使气动技术从开关控制进入闭环比例伺服控制,控制精度不断提高;由于气动脉宽调制技术具有结构简单、抗污染能力强和成本低廉等特点,国内外都在大力开发研究。气动技术已成为实现现代传动与控制的关键技术之一。

从各国的行业统计资料来看,在工业技术发达的欧美、日本等国家,液压与气动元件的产值比已达到 6:4,甚至接近 5:5。我国的气动行业起步较晚,但发展较快。从 20 世纪 80 年代中期开始,气动元件产值的年递增率达 20% 以上,高于我国机械工业产值平均年递增率。一些气动元件的新产品陆续开发研制出来,如冷冻式干燥器、精密过滤器、不供油润滑气缸和气阀、小型气缸、低功率电磁阀、伺服气缸、滑片式气泵等。产品质量和可靠性不断提高,如气缸耐久性由 300km 提高到 800km;电磁阀耐久性由 300 万次提高到 500 万次。

纵观世界气动行业的发展趋势,气动技术的发展动向可归纳为:

1) 机电一体化。由 PLC—传感器—气动元件组成的控制系统仍然是自动化技术的重要方面;发展与电子技术相结合的自适应控制气动元件,使气动技术从“开关控制”进入到高精度的“反馈控制”;省配线的复合集成化系统,不仅减少配线、配管和元件,而且拆装简单,大大提高系统的可靠性。

2) 小型、轻量化和低功率元件的超薄、超小型化制造采用铝合金及塑料等新型材料,并进行等强度设计,质量大为减轻,如已出现 10g 重的低功率电磁阀,其功率只有 0.5~1W。

3) 高质量、高精度、高速度。电磁阀的寿命达 300 万次以上,气缸寿命达 2000~6000km;定位精度达 0.5~0.1mm,小型电磁阀的工作频率达数十赫兹,气缸速度达 3m/s 以上。

4) 无给油化。为适应食品、医药、生物工程、电子、纺织、精密仪器等行业的无污染要求,不加润滑脂的不供油润滑元件已经问世。构造特殊、用自润滑材料制造的无润滑元件,不仅节省大量润滑油,不污染环境,而且系统简单、性能稳定、成本低、寿命长。

1.2.4 空气压力的表示方法

1. 压力

压力是由于气体分子热运动而互相碰撞,在容器的单位面积上产生的力的统计平均值,用 p 表示。ISO 规定的压力单位为帕斯卡,简称为帕,符号为 Pa, $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ 。由于这个单位很小,工程上使用不方便,因此常采用兆帕,符号为 MPa, $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$ 。目前,压力单位巴(不是标准单位)也很常用,它的符号是 bar, $1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$ 。

2. 绝对压力、相对压力和真空度

绝对压力:以绝对真空(零压力)为基准所计的压力。

相对压力：高出当地大气压的压力值。由于大多数测压仪表所测得的压力都是相对压力，故相对压力也称为表压力（表压）。

真空度：低于当地大气压力的压力值。

绝对压力、相对压力和真空度的关系如图 1-3 所示。



图 1-3 绝对压力、表压力和真空度关系示意图

绝对压力 = 大气压力 + 相对压力 ($p > p_a$)

真空度 = 大气压力 - 绝对压力 ($p < p_a$)

1.2.5 控制电器的基本知识

随着科技的不断发展，气动系统的可靠运行，越来越离不开电气系统的自动化控制，而构成电气系统的基本元件正是各类具有不同控制功能的电器。电器是用于接通、断开电路或调节、控制、保护电路与设备的电工器具和装置的简称。

凡是根据外界特定的信号和要求，能自动或手动接通和断开电路，断续或连续地改变电路参数，实现对电路或非电现象的切除、控制、保护、检测和调节作用的电器设备均称电器。

电器在输配电系统、电力拖动和自动控制系统中，均起着极其重要的作用。它广泛应用于电能的生产、电力的输送与分配、电气网络和电气设备的控制和保护、电路参数的检测和调节以及非电现象的转换等方面。

电器的用途广泛，功能多样，构造各异，种类繁多。

本节主要介绍电力拖动系统和自动控制系统中常用的几种低压电器的结构、工作原理、主要技术参数、使用场合及选用方法。

1.2.5.1 控制电器的分类

1. 按工作电压等级分类

(1) 高压电器 指用于交流电压 1200V 以上, 或直流额定电压 1500V 以上电路中的电器。高压电器常用于高压供电系统中, 实现对电路的控制和保护等, 如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2) 低压电器 指用于交流电压 1200V 以下, 或直流额定电压 1500V 以下电路中的电器。低压电器常用于低压配电系统和机电设备自动控制系统中, 实现对电路的控制、保护、检测和转换等, 如各种刀开关、指令电器、继电器、接触器等。

2. 按触点动力来源分类

(1) 自动电器 指不需要人工操作, 依靠外界信号的作用或本身参数的变化, 自动完成指令任务的电器, 如继电器、接触器、热继电器等。

(2) 手动电器 指需要人工操作才能完成指令任务的电器, 如刀开关、转换开关、按钮等。

3. 按用途分类

(1) 控制电器 指主要用于各种控制电路和生产设备自动控制系统中的电器, 如接触器、控制继电器、主令电器、电磁阀等。

(2) 配电电器 指主要用于供电系统中实现对电能的输送、分配和保护, 如断路器、熔断器、开关和保护继电器等。

4. 按执行功能分类

(1) 有触点电器 有可分离的动触点和静触点, 利用触点的接触和分离来实现电路的接通或断开, 如继电器、接触器等。

(2) 无触点电器 没有触点, 主要是利用电子器件的开关效应来实现电路的接通或断开, 如接近开关。

常用低压电器的主要用途见表 1-1。

表 1-1 常用低压电器的用途

分类	名称	主要品种	用途
电 保 护 电 器	断路器	万能或空气断路器 塑料外壳式断路器 直流快速断路器 更磁断路器 漏电保护断路器	用于交直流电路的过载、短路、欠电压、保护、 不频繁操作的通断电路 用于发电机励磁保护 用于漏电保护
	熔断器	半封闭插入式、有填料螺旋式、 有填料快速管式、有填料封闭管式、 无填料封闭管式、自复式熔断器	主要用于交直流电路和电气设备的短路和严重过 载保护
	刀开关	负荷开关、大电流刀开关、熔断 器式刀开关	用于隔离电源和在规定条件下接通、分断电路
	转换开关	组合开关、换向开关	主要用于两种及以上电源或负载的转换或线路功 能切换, 不频繁接通和分断的小容量电路

(续)

分类	名称	主要品种	用途
控制 电 器	接触器	交流接触器、直流接触器	用于远距离频繁地接通或断开的交直流主电路和大容量控制电路
	控制继电器	电流继电器、电压继电器、时间继电器、中间继电器、热继电器、速度继电器	用于控制系统中作控制或保护
	起动器	手动起动器、电磁起动器 自耦变压器起动器、Y- Δ 起动器	用于大容量交流电动机起动
	主令电器	按钮、行程开关、万能转换开关、主令控制器	用于接通或分断控制电路，以发布命令或用程序控制
	电阻器	铁或铁合金电阻器	用于改变电路参数或变电能为热能
	变阻器	励磁变阻器、起动变阻器、频敏变阻器	用于发电机调压及电动机起动和调速
	电磁铁	起重电磁铁、牵引电磁制动电磁铁	用于起重操作或牵引机械装置、制动电动机

1.2.5.2 低压电器的结构及基本特点

低压电器广泛应用于工厂供电系统和生产设备电气控制系统中，其中电磁式电器在低压电器中占十分重要的地位，应用最为普遍。从结构上看，低压电器的种类繁多，而且没有统一的固定结构形式，但从低压电器各组成部分的作用上去理解，电磁式电器主要由电磁机构、执行机构和灭弧装置三部分组成。

1. 电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量，将电磁机构中吸引线圈流过的电流转换为电磁力，通过框架机构，带动触头动作，实现通断电路的控制作用。

电磁机构由铁心、衔铁、电磁线圈和释放弹簧等几部分组成。其作用原理为：当线圈中有工作电流通过时，电磁吸力克服弹簧的反作用力，使得衔铁与铁心闭合，由连接机构带动触头动作，实现电路的接通与断开。常用电磁机构如图1-4所示。图1-4a所示为衔铁沿棱角转动的拍合式，其铁心材料由电工软铁制成，广泛用于直流电器中。图1-4b所示为衔铁沿轴转动的拍合式，衔铁形状有E形和U形两种，其铁心材料由硅钢片叠成，多用于触头容量较大的交流电器中。图1-4c所示为衔铁直线运动的双E形直动式铁心，它也是由硅钢片叠制而成的，多用于触头为中小容量的交流接触器和继电器中。电磁线圈由漆包线绕制而成，作用是将电能转换成磁场能量，它是电磁机构动力的能源。电磁线圈也分交、直流两大类，通入直流电的为直流线圈，通入交流电的为交流线圈。当线圈通过工作电流时产生足够的磁动势，从而在磁路中形成磁通，使铁心与衔铁间获得足够的电磁力，克服弹簧的反作用力而吸合。

2. 执行机构

在有触点的电器中，执行机构即为电器的触点系统，起接通和断开电路的作用。触点可

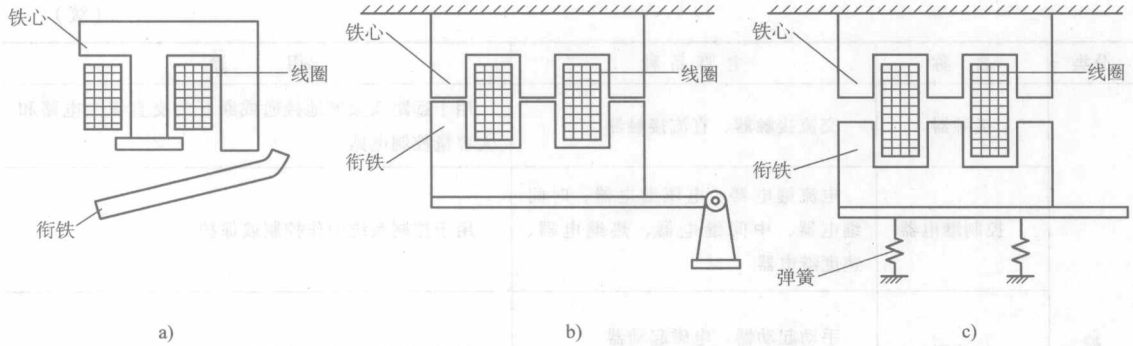


图 1-4 常用的电磁系统结构

分为常开触点和常闭触点两种。所谓“常开”，是指线圈未通电时触点是处于断开状态，线圈通电后触点就闭合，故又称为动合触点。所谓“常闭”，是指线圈未通电时触点处于闭合状态，线圈通电后触点就断开，故又称为动断触点。

触点的作用是接通或分断电路，因此要求触点具有良好的接触性能。电流容量较小的电器（如接触器、继电器等）常采用银质材料作触头，以减小接触电阻，保证工作性能相对稳定，这是因为银的氧化膜电阻率与纯银相近，可以避免触点表面氧化膜电阻率高而造成接触不良。

触点的结构有桥式和指式两类。桥式触点又分为点接触式和面接触式。图 1-5a 所示为点接触式结构，适用于电流不大，触点压力较小的场合。图 1-5b 所示为面接触式结构，适用于电流较大的场合。图 1-5c 所示为指形触点，其接触区域为一长形截面，触点在接通与分断时产生滚、滑动摩擦过程，可以去掉氧化膜，减小接触电阻，其触点可以用纯铜制造，特别适合于触点分合次数多、电流大的场合。

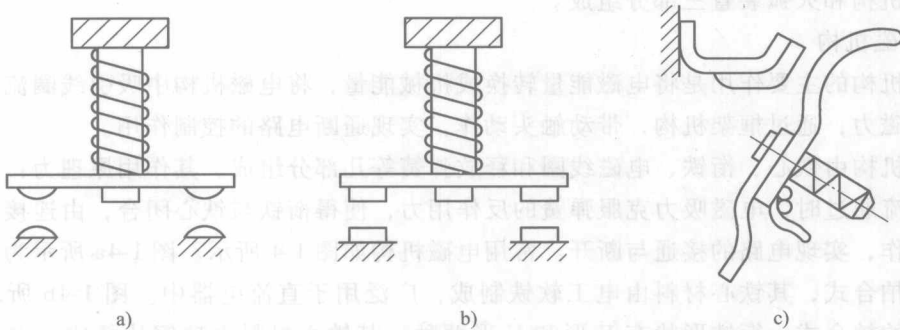


图 1-5 触点的结构形式

a) 点接触式触点 b) 面接触式触点 c) 指形触点

3. 灭弧装置

触点在分断电路瞬间，在触点间的气隙中会产生电弧，其温度很高，会使触点烧坏，并延迟电路的切断时间，还可能造成其它事故。因此，应采用适当措施迅速熄灭电弧。

要使电弧迅速熄灭所采用的主要措施有：

1) 迅速增加电弧长度（拉长电弧），使得单位长度内维持电弧燃烧的电场强度不足而使电弧熄灭。

2) 使电弧与流体介质或固体介质接触, 加强冷却和去游离作用, 使电弧加快熄灭。

电弧有直流电弧和交流电弧两类。交流电流有自然过零点, 故其电弧较易熄灭。

在低压控制电器中常用的灭弧方法有以下几种:

① 机械灭弧。通过机械装置将电弧迅速拉长。这种方法多用于开关电器中。

② 电动力灭弧。当触点断开时, 触点之间产生电弧, 电弧电流在电弧之间产生磁场, 如图 1-6 所示, 根据左手定则, 电弧电流将受到一个指向外侧的电动力 F 的作用, 使电弧向外运动并拉长, 使它迅速冷却并熄灭。

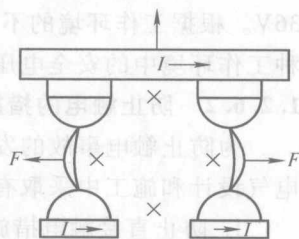


图 1-6 电动力灭弧

③ 磁吹灭弧。在一个与触点串联的磁吹线圈产生的磁场作用下, 电弧将受到电磁力的作用而拉长, 被吹入有固体介质构成的灭弧罩内, 与固体介质相接触, 电弧一方面被拉长, 另一方面被迅速冷却, 故电弧能很快熄灭。

④ 窄缝灭弧。在电弧所形成的磁场电动力的作用下, 可使电弧拉长并进入灭弧罩的窄缝中, 窄缝可将电弧直径压缩, 使电弧与缝壁紧密接触, 加快冷却; 几条窄缝可以将电弧分割成若干段直径较小的电弧, 使电弧迅速熄灭。这种结构多用于交流接触器上。

⑤ 栅片灭弧。图 1-7 所示为栅片灭弧装置示意图。栅片灭弧装置由多片镀铜薄钢片 (栅片) 和绝缘夹板等组成。当触点断开时, 电弧在吹弧电动力的作用下被推向栅片, 分割成若干段, 栅片间是彼此绝缘的。电弧进入栅片后, 每一栅片相当于一个电极, 其作用可以导出电弧的热量, 使电弧迅速冷却。此外, 每两栅片可以看成是一对电极, 而每对电极间都有 150~250V 的绝缘强度 (近阴极作用), 从而使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强, 使每个栅片间电压不足以达到电弧燃烧的电压, 使电弧无法维持而熄灭。由于栅片灭弧效应在交流时要比直流时强得多, 所以交流电器中常用灭弧栅片。

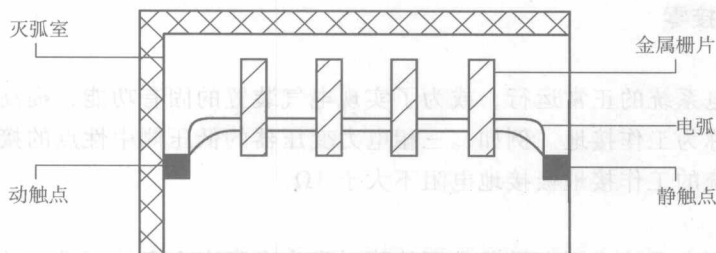


图 1-7 金属栅片灭弧示意图

1.2.6 安全用电知识

1.2.6.1 安全电压

安全用电是指用电过程中的人身安全和电气设备的安全运行。

为了防止触电事故的发生, 有必要根据用电场所的不同环境规定安全电压。对于 50~60Hz 的交流电, 人能感到的触电电流约为 1mA, 能够自行摆脱电源的触电电流约为 10mA, 触电电流达到 50mA 以上, 将引起心室颤动, 因此, 国际电工委员会 IEC 标准规定的安全电流 (摆脱电流) 为 10mA。

人体的电阻主要集中在厚度为 0.05~0.2mm 的角质层, 当皮肤干燥、洁净且无损伤,

人体电阻在 $4\text{k}\Omega$ 以上。但环境发生变化, 人体电阻也会随之而发生变化, 如当角质脱落或损伤或者皮肤处于潮湿状态时, 人体电阻将下降到 $800 \sim 1200\Omega$ 。

若取人体电阻为 1200Ω , 则安全电压 $U = IR = 0.01\text{A} \times 1200\Omega = 12\text{V}$ 。在较好的工作环境中, 安全电压可取 24V 和 36V 。因此, 我国建筑业规定的安全电压有 3 个等级: 12V 、 24V 、 36V 。根据工作环境的不同确定具体电压值。应该注意, 安全电压是一个相对的概念, 某一种工作环境中的安全电压, 在另一种工作环境中可能不再是安全的。

1.2.6.2 防止触电的措施

为防止触电事故的发生, 确保用电安全, 除了必须建立完善的安全管理制度, 还需要在电气设计和施工中采取有效的防护措施, 这些措施包括:

1. 防止直接接触措施

1) 根据工作环境的不同, 采取超低压供电。一般要求相间电压小于或等于 50V , 对于特殊需要的场所使用的手持式电动工具, 采用 50V 以下的电源供电; 在矿井或多粉尘场所使用的行灯, 采用 36V 电源; 对使用中有可能偶然接触裸露带电体的设备, 采用 24V 电源; 用于水下或金属炉膛内的电动工具及照明设备, 则采用 12V 电源; 一般气动控制的电气回路采用 24V 电源。

2) 加强电气隔离与绝缘的措施。

2. 保护接地与保护接零系统

采取适当的接地或接零保护措施, 防止各种故障情况下出现的人身伤亡或设备损坏事故的发生。

3. 设置漏电保护装置

选择适当型号和参数的漏电保护器与低压配电系统的接地或接零保护配合使用, 将使得低压配电系统更加安全可靠地运行。

1.2.6.3 接地与接零

1. 工作接地

为了保证配电系统的正常运行, 或为了实现电气装置的固有功能, 提高系统工作可靠性而进行的接地, 称为工作接地。例如, 三相电力变压器的低压侧中性点的接地即属于工作接地。低压配电系统的工作接地极接地电阻不大于 4Ω 。

2. 保护接地

为了防止在配电系统或用电设备出现故障时发生人身安全事故而进行的接地, 称为保护接地。例如, 用电设备在正常情况下其金属外壳不带电, 由于内部绝缘损坏则可能带电, 从而对人身安全构成威胁, 因此, 需将用电设备的金属外壳进行接地; 为防止出现过电压而对用电设备和人身安全带来的危险, 需对用电设备和配电线路进行防雷接地; 为消除生产过程中产生的静电对安全生产带来的危险而进行的防静电接地等等, 都属于保护接地。低压用电设备的接地电阻不大于 4Ω 。

3. 接零

为防止触电, 保证安全, 将电气设备正常运行时不带电的金属外壳与零线相连接, 称为接零或保护接零。

4. 重复接地

在中性点直接接地的低压系统中, 当采用保护接零时, 为了确保接零保护系统的安全可

靠,除在电源中性点进行工作接地外,还必须在零线的其它地点再进行必要的接地,称为重复接地。

习题与思考题

1. 气压传动有何优缺点?
2. 简述气压传动系统的基本组成。
3. 绝对压力、相对压力、真空度的含义分别是什么?三者之间如何转换?
4. 灭弧方法有几种?简述磁吹灭弧的工作原理。
5. 什么是低压电器?按其用途可分为哪几类?
6. 防止触电的措施有哪些?
7. 工作接地与保护接地有什么区别?接地与接零的区别是什么?

习题与思考题参考答案

1. 气压传动优点

1) 空气作为工作介质,取之不尽,来源方便,用过以后直接排入大气,不会污染环境,且可少设置或不设置回气管道。

2) 工作环境适应性好。

3) 空气粘度小,只有油的万分之一,流动阻力小,管路损失仅为油路损失的千分之一,便于介质集中供应和远距离输送。

4) 气动控制动作迅速,反应快,可在较短的时间内达到所需的压力和速度。在一定的超载运行下也能保证系统安全工作,并且不易发生过热现象。

5) 气动元件结构简单,易于加工制造,使用寿命长,可靠性高,易于实现标准化、系列化、通用化。

6) 维护简单,管道不易堵塞,不存在介质变质、补充和更换等问题。

气压传动缺点:

1) 空气的可压缩性大,不易实现准确定位和速度控制。

2) 目前气动系统的压力级(一般小于0.8MPa)不高,总的输出力不太大。

3) 工作介质(空气)没有润滑性,系统中必须采取措施进行给油润滑。

4) 噪声大,尤其在超声速排气时,需要加装消声器。

2. 气压传动系统的基本组成

(1) 气源装置 主要是提供洁净、干燥的压缩空气。

(2) 执行元件 是将气体的压力能转换成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马达或摆动马达等。

(3) 控制元件 用来调节和控制压缩空气的压力、流量和流动方向,使执行机构按要求的程序和性能工作。从控制信号来说,有气动控制和电气信号控制。

(4) 辅助元件 连接元件之间所需的一些元件,以及系统进行消声、冷却、测量等方面的一些元件。

3. 绝对压力:以绝对真空为基准所计的压力。

相对压力(表压):高出当地大气压的压力值。