

普通高等教育“十二五”规划教材

MODENG JIAOYU SHIERWU GUIHUA JIAOCAI

液压与气动技术项目教程

YEYA YU QIDONGJISHU XIANGMUJIAOCHENG

杨贵新 李新生 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

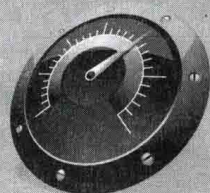
通高等教育“十二五”规划教材

TONG GAODENG JIAOYU SHIERWU GUIHUA JIAOCAI

液压与气动技术项目教程

YEYA YU QIDONGJISHU XIANGMUJIAOCHENG

主 编 杨贵新 李新生
副主编 程晓峰 崔娟芸
主 审 芦丹 王 芸
 方镇佳



常州大学图书馆
藏书章



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动技术项目教程 / 杨贵新, 李新生等编著. —北京: 北京航空航天大学出版社, 2014. 1

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1468 - 6

I. ①液… II. ①杨… ②李… III. ①液压传动—高等职业教育—教材 ②气压传动—高等职业教育—教材 IV. ①TH137 ②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 021867 号

版权所有, 侵权必究。

液压与气动技术项目教程

杨贵新 李新生等编著

责任编辑 宋丽霞

责任校对 杨晓红

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话: (010) 82317024 传真: (010) 82328026

读者信箱: bhpress@263.net 邮购电话: (010) 82316936

北京市彩虹印刷有限责任公司印装 各地书店经销

*

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 14.5 字数: 371 千字

2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1468 - 6 定价: 33.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题, 请与本社发行部联系调换。联系电话: (010) 82317024

前 言

根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》中的“职业教育教材是全面实施素质教育,按照德育为先、能力为重、全面发展、系统培养的要求,培养学生职业道德、职业技能、就业创业和继续学习能力的重要载体”的重要指示精神,本书从培养技能型人才的目标出发,按照“淡化理论、适度够用、培养技能、重在应用”的原则编写而成。

本书相比现阶段出版的各种《液压与气动技术》教材而言,有以下几方面的创新:

一、本书采用项目式编写,每一个项目又分成若干子项目(任务),每一个子项目按照“任务导入”“知识目标(知识与技能目标)”“知识链接”“实训操作”“巩固训练”等几个方面来设置,符合一体化教学的要求,且便于老师指导和学生学习。

二、本书中所介绍的液压和气动元件的结构以目前企业普遍采用的液压或气动元件为主,如控制阀,在本书中着重介绍叠加阀。这样,更能培养学生的职业技能,使教学与企业的实际需要对接。

三、由于气动装置安装要求低、便于学生动手,且气动原理与液压原理基本相似,故本书改变以往教材编写的一般顺序,将气动部分先介绍;后介绍液压部分。这也是基于“由易到难,逐层递进”的职业发展规律来设置的。

全书分为五个模块。模块一主要介绍液压与气动的基本附件,以及管道切割、弯曲、连接及油箱清洗等基本技能。模块二分三个项目,主要介绍气动元件、气动基本回路的基本结构和工作原理,气动元件的装拆、气动回路的组装与调试及气动回路的性能试验训练等。模块三分为六个项目,主要介绍液压元件、液压基本回路的基本结构和工作原理;液压元件的装拆、液压回路的组装与调试及液压回路的性能试验训练等。模块四主要介绍液压与气动系统的使用与维护的相关知识。模块五主要介绍液压或气动回路设计的一般方法和步骤。本书在编写过程中,尽量减少复杂的理论计算,对液压与气动元件的结构通过实物图片与标准图形符号对照介绍,对液压与气动元件在实际中的应用作了较详细的介绍。

本书是黄石职业技术学院杨贵新等老师集体智慧的结晶,执笔分工如下:杨贵新编写模块一、模块四、模块五,李新生编写模块二中的项目一、项目二,程晓峰编写绪论、模块二中项目三,崔娟编写模块三中项目一、二,芦丹编写模块三中项目三、四,王芸编写模块三中项目五、六。黄石东贝集团的方镇佳老师负责本书的稿件审定工作,对本书的编排、内容的取舍提出了很多有益的建议,在此谨表示感谢。

本书可作为高等职业技术学院、技师学院机电类专业教学用书。由于作者水平有限,加之编写时间仓促,书中疏漏和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

绪 论	1
实训操作:液压传动与气压传动系统认知实训	7
◆模块一 管道与辅助元件	
任务一 油管及管接头的连接	12
实训操作:油管连接	20
任务二 油箱清洗、滤油器及压力表的安装	22
实训操作:滤油器、液压油箱清洗	27
◆模块二 气压传动系统	
项目一 气压源	30
任 务 气压源的安装与调试	30
实训操作:气压源拆装	38
项目二 方向控制阀与方向控制回路	39
任务一 方向控制阀	39
任务二 方向控制回路	50
实训操作:双作用气缸换向回路组建	55
项目三 介绍气动执行元件	56
任务一 气马达简介	56
任务二 气缸的结构分析与拆装	60
实训操作:气缸的拆解与组装	71
任务三 常用密封件的种类与选用	72
◆模块三 液压传动系统	
项目一 液压动力元件	84
任务一 液压泵概述	84
任务二 齿轮泵的拆装与结构分析	88
实训操作:齿轮泵拆装	91
任务三 叶片泵的拆装与结构分析	93
实训操作:拆装 YB1 型双作用叶片泵	96
任务四 柱塞泵结构分析	97
项目二 压力控制阀与压力控制回路	100
任务一 压力控制阀的工作原理及结构分析	100
任务二 压力控制回路分析	107
任务三 阀的拆装及系统压力调节	114
实训操作:拆装溢流阀、减压阀及液压系统压力调节	115

项目三 方向控制阀与方向控制回路	118
任务一 方向控制阀	118
任务二 方向控制回路	130
实训操作:采用液控单向阀的锁紧回路连接	133
项目四 流量控制阀及速度控制回路	135
任务一 流量控制阀	135
任务二 速度控制回路	140
实训操作:节流调速性能实验	151
项目五 液压多缸工作控制回路	158
任务一 顺序动作回路分析	158
* 任务二 同步回路分析	162
* 任务三 互不干涉回路	164
项目六 伺服控制系统	166
任务一 液压伺服系统简介	166
任务二 液压伺服阀工作原理分析	169
任务三 液压伺服系统实例分析	172
◆模块四 液压与气动系统的使用与维护	
项目一 液压油的选用	178
任务一 介绍液压油	178
任务二 液压油的选用	181
项目二 典型液压系统安装与维护	184
任务一 组合机床动力滑台液压系统图分析	184
任务二 组合机床动力滑台液压系统组装与维护	193
◆模块五 液压传动系统设计	
任务一 液压传动系统设计概述	198
任务二 液压系统设计	201
任务三 液压缸设计	218
实训操作:钻孔组合机床动力滑台液压系统设计	224

一、液压传动与气压传动技术发展状况

近代液压传动是由 19 世纪崛起并蓬勃发展的石油工业推动起来的。液压传动技术最早成功应用于舰艇上的炮塔转位器,第二次世界大战期间,在一些兵器上用上了功率大、反应快、动作准的液压传动和控制装置,大大提高了兵器的性能,也大大促进了液压传动技术的发展。战后,液压传动技术迅速转向民用,并随着各种标准的不断制定和完善以及各类元器件的标准化、规格化、系列化,在机械制造、工程机械、农业机械、汽车制造等行业中迅速推广开来。20 世纪 60 年代后,原子能技术、空间技术、电子技术等的发展再次将液压传动技术向前推进,使它在国民经济的各方面都得到广泛的应用。

我国的液压工业开始于 20 世纪 50 年代,其产品最初只用于机床和锻压设备,后来用到拖拉机和工程机械上。自从 20 世纪 60 年代从国外引进一些液压元件生产技术,同时进行自行设计液压产品以来,我国的液压元件生产已从低压到高压形成系列,并在各种机械设备上得到了广泛使用。我国从 20 世纪 80 年代起加快了对国外先进液压产品和技术开展有计划地引进、消化、吸收和国产化工作,以确保我国的液压技术能在产品质量、经济效益、研究开发等各个方面全方位地赶上世界水平。

近年来,液压传动由于应用了计算机技术、信息技术、自动控制技术、摩擦磨损技术以及采用了新工艺、新材料等技术后取得了新的发展,液压传动系统和元件正向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、低能耗、经久耐用和高度集成化方向发展,在完善比例控制、伺服控制、数字控制等技术上取得新成果。此外,液压元件和液压传动系统在计算机辅助设计、计算机仿真和优化以及微机控制等方面,也取得显著的成果。

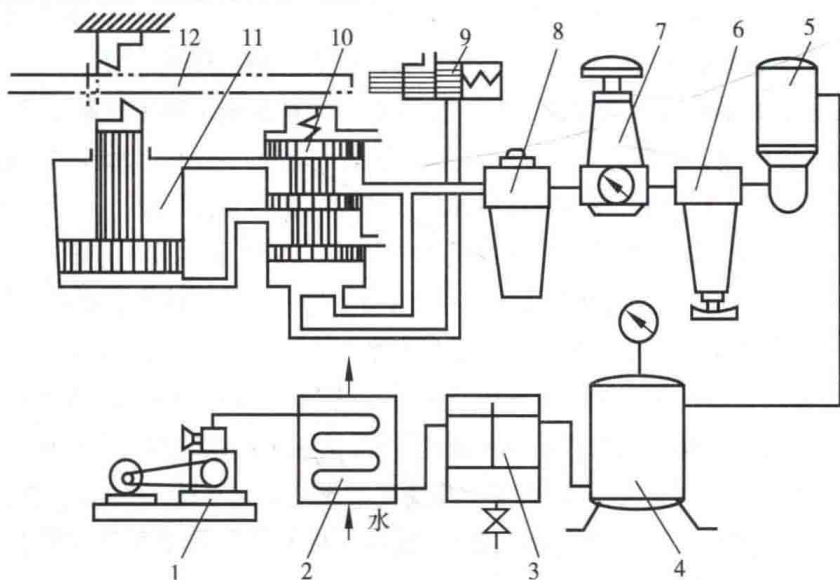
与液压技术的发展相比较,以空气为介质做功的机器发明得很早。1869 年美国威斯汀豪斯发明了火车气动刹车,1871 年人们利用风镐采矿。20 世纪 30 年代初,气压传动技术成功地应用于自动门的开闭及各种机械的辅助动作上。进入 20 世纪 60 年代尤其是 70 年代初,随着工业机械化和自动化的发展,气压传动技术才广泛应用于生产自动化的各个领域,形成现代气压传动技术。

据各国行业资料统计,20 世纪 70 年代,液压元件与气压传动元件的产值比约为 9:1,如今,在工业技术发达的欧美、日本等国家,该比例已达 6:4,甚至接近 5:5。从 20 世纪 70 年代起,我国开始重视气压传动技术的开发,特别是改革开放以来,气压传动行业发展很快,气压传动元件产值的年递增高于其他机械工业。但我国气压传动行业与世界先进工业国家还有较大的差距,相信在不久的将来,气压传动行业的技术将会达到世界先进水平。

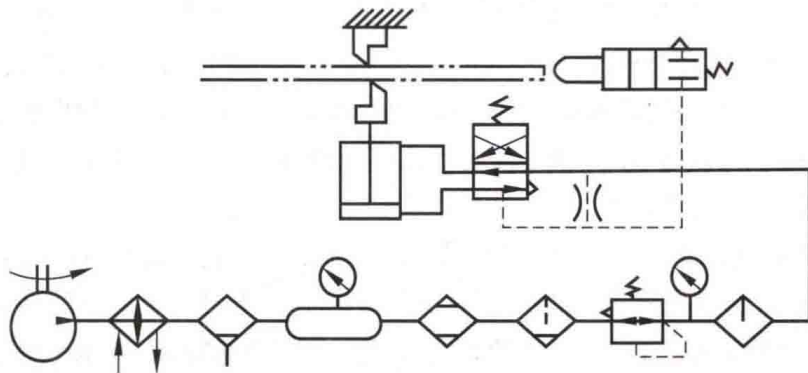
二、气压及液压传动系统的工作原理分析

(一) 气压传动系统的工作原理

图 0-1(a) 所示为气动剪切机的工作过程的结构原理简图(图示位置为工料被剪前的情况),工料 12 由上料装置(图中未画出)送入剪切机并到达规定位置时,机动阀 9 的顶杆受压而使阀内通路打开,气控换向阀 10 的控制腔便与大气相通,阀芯受弹簧力作用而下移。由空气压缩机 1 产生并经过初次净化处理后储藏在气罐 4 中的压缩空气,经空气干燥器 5、空气过滤器 6、减压阀 7 和油雾器 8 及气控换向阀 10,进入气缸 11 的下腔;气缸上腔的压缩空气通过阀 10 排入大气。此时,气缸活塞向上运动,带动剪刀将工料切断。工料剪下后,即与机动阀脱开,机动阀 9 复位,所在的排气通道被封死,气控换向阀 10 的控制腔气压升高,迫使阀芯上移,气路换向,气缸活塞带动剪刀复位,准备下一次工作循环。由此可以看出,剪切机构克服阻力切断工料的机械能是由压缩空气的压力能转换后得到的。同时,由于换向阀的控制作用使压缩空气的通路不断改变,气缸活塞带动剪切机构频繁地实现剪切与复位的交替动作。



(a) 结构原理图



(b) 职能图形符号

1—空气压缩机;2—冷却器;3—分水排水器;4—气罐;5—空气干燥器;6—空气过滤器;
7—减压阀;8—油雾器;9—机动阀;10—气控换向阀;11—气缸;12—工料

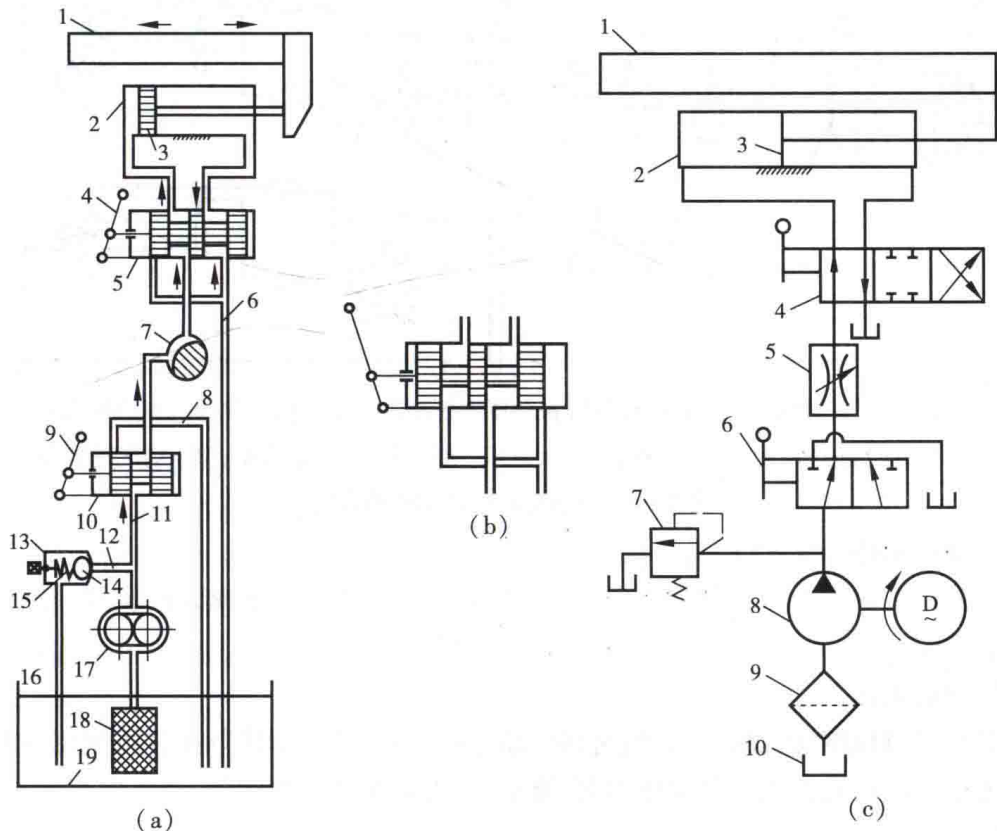
图 0-1 气动剪切机的气压传动原理图

由以上分析可知,气压传动的工作原理是利用空气压缩机(简称空压机)产生压缩空气的压力能,在控制元件(阀)的控制下,将气体压力能传输给执行元件(气缸或气马达)转化为机械能,完成直线运动或旋转运动。

(二) 液压传动系统的工作原理

图 0-2(a) 为机床工作台液压控制系统工作原理图。它由油箱、滤油器、液压泵、溢流阀、开停阀、节流阀、换向阀、液压缸以及连接这些元件的油管、接头组成。其工作原理如下:液压泵由电动机驱动后,从油箱中吸油。油液经滤油器进入液压泵,油液在泵腔中从入口低压到泵出口高压,在图 0-2(a) 所示状态下,通过开停阀、节流阀、换向阀进入液压缸左腔,推动活塞使工作台向右移动。这时,液压缸右腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。如果将换向阀手柄转换成图 0-2(b) 所示状态,则压力管中的油将经过开停阀、节流阀和换向阀进入液压缸右腔,推动活塞使工作台向左移动,并使液压缸左腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开大时,进入液压缸的油量增多,工作台的移动速度增大;当节流阀关小时,进入液压缸的油量减少,工作台的移动速度减小。为了克服移动工作台时所受到的各种阻力,液压缸必须产生一个足够大的推力,这个推力是由液压缸中的油液压力所产生的。要克服的阻力越大,液压缸中的油液压力越高;反之油液压力就越低。



1—工作台;2—液压缸;3—活塞;4—换向手柄;5—换向阀;6、8、16—回油管;
7—节流阀;9—开停手柄;10—开停阀;11—压力管;12—压力支管;13—溢流阀;
14—钢球;15—弹簧;17—液压泵;18—滤油器;19—油箱

图 0-2 机床工作台液压控制系统工作原理图

可见,液压传动系统是依靠液体在密封容积变化时产生的压力能来实现运动和动力传递的。

综上所述,无论是气压传动系统还是液压传动系统从本质上讲均为一种能量转换装置,先将机械能转换为压力能,再将压力能转换为机械能做功。

气压传动与液压传动系统的主要区别是工作介质分别为气体和液体,但它们的基本工作原理是一致的。

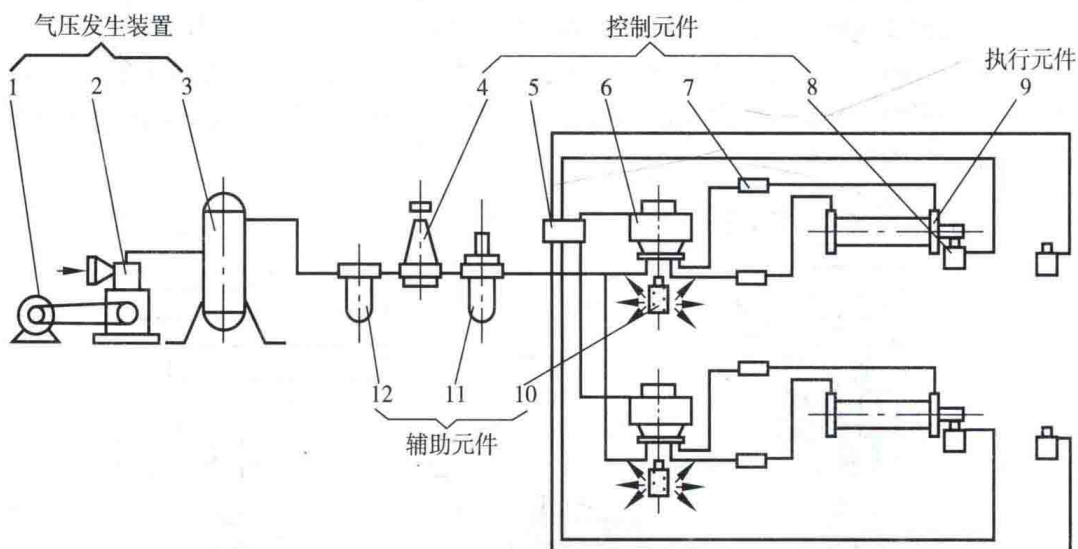
三、气压及液压传动系统的组成

(一) 气压传动系统的组成

气压传动系统的基本构成如图 0-3 所示。气动元件按功能可分成以下几类。

◆ 1. 气压发生装置(气源装置)

将原动机供给的机械能转换成气体的压力能,作为传动与控制的动力源。气压发生装置主要包括空气压缩机、后冷却器、储气罐、空气过滤器、干燥器和自动排水器等。



1—电动机;2—空气压缩机;3—储气罐;4—压力控制器;5—逻辑元件;6—方向控制阀;
7—流量控制阀;8—机动控制阀;9—气缸;10—消声器;11—油雾器;12—空气过滤器

图 0-3 气压传动系统组成示意图

◆ 2. 执行元件

把压缩空气的压力能转化为机械能,以驱动执行元件做往复或旋转运动。执行元件主要包括气缸、摆动气缸、气马达、气爪和复合气缸等。

◆ 3. 控制元件

控制和调节压缩空气的压力、流速和流动方向,以保证气动执行元件按预定的程序正常工作。控制元件主要包括压力阀、流量阀、方向阀和比例阀等。

◆ 4. 辅助元件

元件内部润滑、消除噪声、元件间的连接以及信号转换、显示、放大、检测等所需要的各种气动元件。辅助元件主要包括油雾器、消声器、压力开关、管接头及连接管、气液转换器、气动显示器、气动传感器等。

◆5. 工作介质

即空气。用来传递运动和动力。

(二) 液压传动系统的组成

综合前述图例 0-2 的分析知,一个完整的液压传动系统主要由以下几部分组成。

◆1. 动力元件

动力元件一般就是液压泵。液压泵是将原动机所输出的机械能转换成液体压力能的元件,其作用是向液压传动系统提供压力油,液压泵是液压传动系统的“心脏”。

◆2. 执行元件

执行元件把液体压力能转换成机械能以驱动工作机构的元件,执行元件包括液压缸和液压马达两种。

◆3. 控制元件

控制元件包括压力、方向、流量控制阀,是对系统中液体压力、方向、流量进行控制和调节的元件。

◆4. 辅助元件

辅助元件是指上述三个组成部分以外的其他元件,如蓄能器、油箱、滤油器、管道、管接头等。

◆5. 工作介质

指各种类型的液压油。用来传递运动和动力,同时还起到润滑,冷却液压元件及间隙密封的作用。

四、气压及液压传动技术的特点

(一) 液压传动技术的特点

◆1. 液压传动的优点

液压传动与机械传动、电气传动相比有以下主要优点:

(1) 在同等功率的情况下,液压执行元件体积小、质量轻、结构紧凑。例如,同功率液压马达的质量只有电动机的 $1/6$ 左右。

(2) 液压传动的各种元件可根据需要方便、灵活地布置。

(3) 液压装置工作平稳,换向冲击小,易于实现快速启动、制动和频繁的换向(直线速度为 $1\,000\text{ m/min}$,回转转速为 500 r/min)。

(4) 操纵控制方便,可实现大范围的无级调速(调速范围达 $2\,000:1$),而且它可以在运行过程中进行调速。

(5) 一般采用矿物油为工作介质,相对运动面可自行润滑,使用寿命长。

(6) 既易实现自动化,又能实现过载保护,当采用电液联合控制甚至计算机控制后,可实现大负载、高精度、复杂运动的自动控制。

(7) 液压元件实现了标准化、系列化、通用化,便于设计、制造和推广使用。

◆2. 液压传动的缺点

液压传动也有一些不足之处,列举如下:

(1) 液压传动能量损失(摩擦损失、泄漏损失等)较大,传动效率比机械、电力传动要低。

(2) 液压传动不能保证严格的传动比,这主要是由液压油泄漏等造成的。

(3) 工作性能易受温度变化的影响,不宜在高温或很低的温度条件下工作。

(4) 液压传动系统(有时简称液压系统)出现故障不易诊断。

(二) 气压传动技术的特点

综合前述图例 0-2 的分析知,气压传动的控制元件参与方式和实现设备自动化的方法与液压传动大体相同。它们的元件名称、结构、规格等方面有很多类似之处,容易引起用相同方法处理的错觉。由于介质不同,元件的结构及系统的构成方法都不完全相同。下面通过气压传动系统优缺点的分析可以进一步看到这一点。

◆ 1. 气压传动的优点

气压传动的主要优点如下:

(1) 气压传动系统的工作介质是空气,而空气又是取之不尽用之不竭的。因此,目前在工厂内压缩空气输送管路像电气配线一样比比皆是。

(2) 使用快速接头可以非常简单地配管,因此系统的组装、维修以及元件的更换比较简单。

(3) 全气压传动控制装置具有防火、防爆、耐潮的能力。与液压传动方式相比,气压传动方式可在高温场合下使用。

(4) 由于空气的粘度只有油的万分之一,因此流动阻力小,管道中空气流动的沿程压力损失小,有利于介质集中供应和远距离输送。

(5) 做完功的空气可以直接排向大气中,不需要设置回程管道,即使系统中稍微泄漏也不至于造成环境污染。

(6) 气压传动比液压传动动作快,空气的压力波传递速度每秒达几百米,一般只需 $0.02 \sim 0.3\text{s}$ 就可达到所需的压力速度。气缸动作速度一般为 $50 \sim 500\text{ mm/s}$ 。

(7) 气压具有较高的自保持能力,即使压缩机停止运行,由于储气罐的储能,气压传动系统仍可维持一个稳定压力。

◆ 2. 气压传动的缺点及解决方法

气压传动的主要缺点及解决方法如下:

(1) 由于空气是可压缩的,因此气压传动系统的稳定性较差,给位置控制和速度控制精度带来较大的影响。若气缸运动速度小于 0.005 m/s 时,宜采用气液联合控制。

(2) 工作压力低(一般小于 0.8 MPa),因而气压传动系统输出力小,在相同输出力的情况下,气动装置比液压装置尺寸大。气缸输出力不宜超过 10 kN 。

(3) 噪声大,尤其在声速排气时,需要加装消声器。

(4) 工作介质空气本身没有润滑性,如不是采用无给油气动元件,则需要另加油雾器等装置进行给油润滑。

实训操作:液压传动与气压传动系统认知实训

一、任务实施目的

1. 通过实训使学生掌握液压与气压系统的基本组成,理解液压与气压传动的工作原理。
2. 熟悉液压与气压传动元件。
3. 进一步理解液压与气压传动系统的基本原理和组成。
4. 熟悉简单液压与气压传动系统的使用及维护知识。

二、任务实施要求

1. 能正确区分液压与气动系统的各组成部分。
2. 能说出液压与气动系统各部分的具体作用。
3. 能绘制液压与气动系统元件的图形符号。

三、实训内容

(一) 认识液压与气压传动元件

通过带领学生到实训室现场实地观摩多功能液压与气动控制实训台,让学生能够初步认知液压与气压传动系统组成元件,理解液压与气压传动的工作原理。液压与气动控制实训台采用“二合一”双面设计结构,即一套实训设备可供两组学生同时进行液压和气压实验。

该实训台的液压系统组成主要元件如图0-4、图0-5所示,有:齿轮油泵、油箱、油缸(带行程撞块)、弹簧回位油缸、增压油缸、单向阀、液控单向阀、溢流阀、先导式溢流阀、节流阀、调速阀、顺序阀、减压阀、二位二通电磁换向阀、二位四通电磁换向阀、三位四通电磁换向阀、行程开关(常开)、行程开关(常闭)、压力表、三通等。

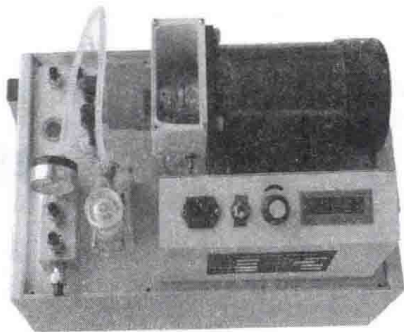


图0-4 实验专用齿轮泵站

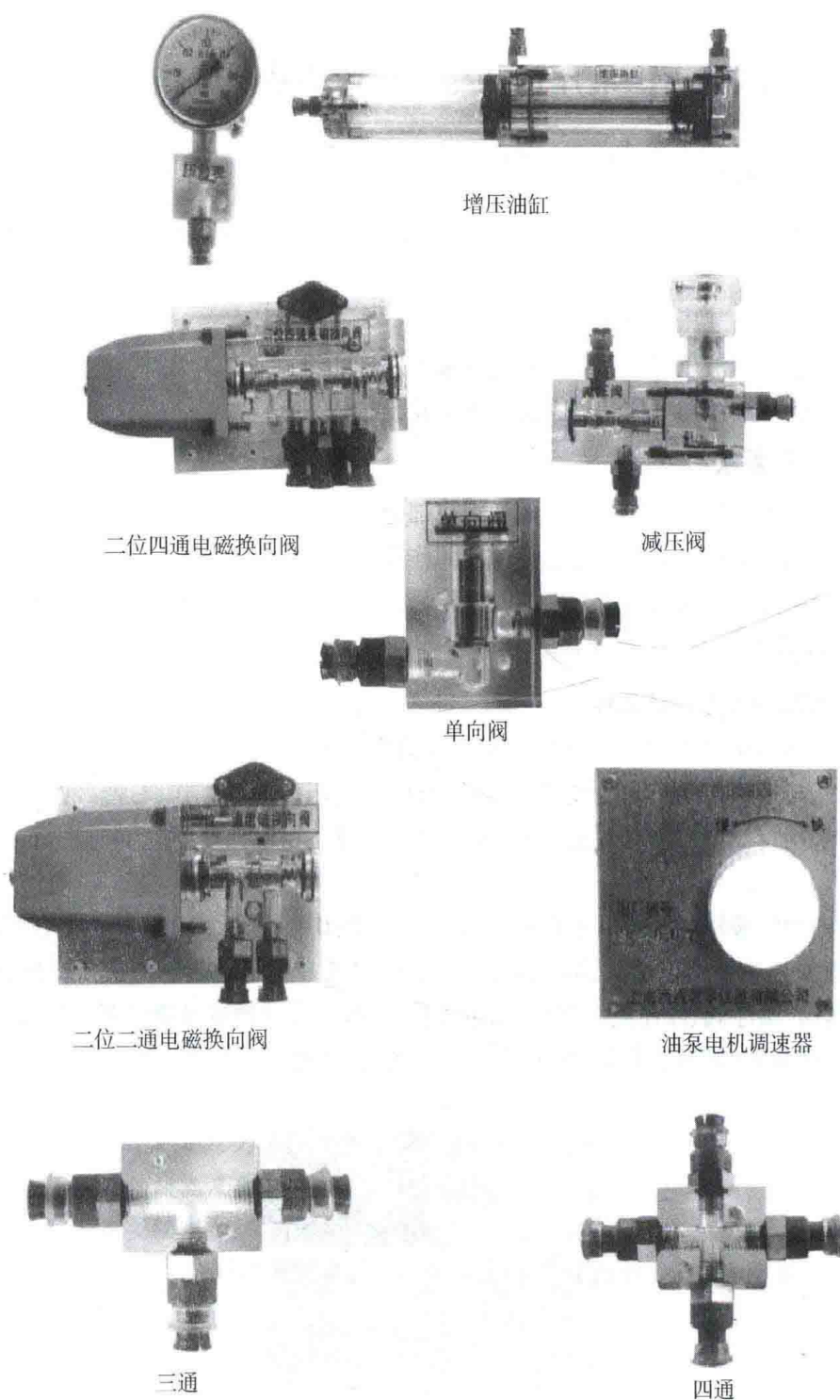


图 0-5 液压系统配置元器件

该实训台的气压系统元器件配备如图 0-6 所示,有:空气压缩机,空气过滤、减压、油雾器三联件,减压阀,手动换向阀,电磁换向阀,气控换向阀,行程阀,单向阀,节流阀,单向节流阀,快速排气阀,单作用气缸,双作用气缸,旋转气缸等。

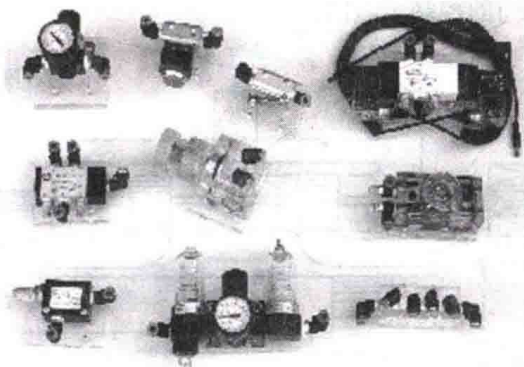


图 0-6 气压系统配置元器件

(二) 认识液压与气压传动系统

◆ 1. 液压千斤顶的使用与维护

立式液压千斤顶如图 0-7 所示。



图 0-7 立式液压千斤顶

(1) 训练目的

熟悉简单液压传动系统的使用及维护知识。

(2) 训练过程

步骤一：学生分组接受任务，组长组织实际调研，综合液压千斤顶有关信息并交流。

步骤二：学习实训安全操作规程。

步骤三：操作前准备（熟悉千斤顶的类型及性能使用要求、检查油箱内的油位、使用前排空腔内空气）。

步骤四：安全操作（注意活塞极限高度及负荷）。

步骤五：操作后按操作规程正确维护设备。

步骤六：整理观察记录，完成实训任务小结。

◆ 2. 公共汽车开关门系统分析

(1) 训练目的

分析简单气压传动系统的工作原理。

(2) 训练过程

公交车上的上下客门一般采用气动开关，由司机前面的电开关控制。通过控制压缩空气的进气或排气，由压缩空气推动活塞再由四连杆机构实现开门或关门。图 0-8 所

示是公交车开门或关门的控制示意图。

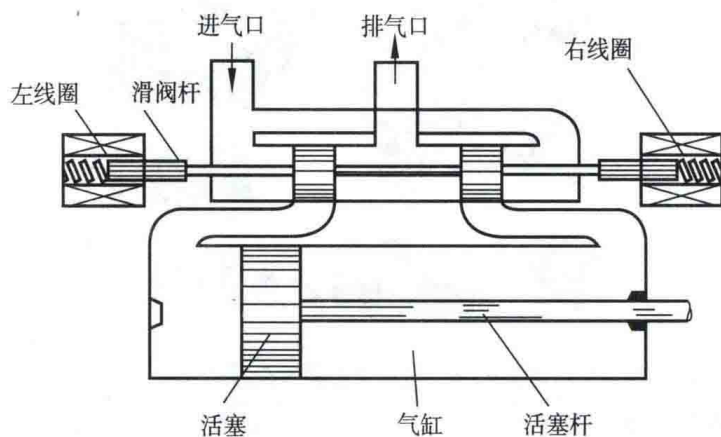


图 0-8 公交车开关门控制示意图

步骤一:学生分组接受任务,组长组织实际调研,综合气动开关门有关信息并交流。

步骤二:学生分组讨论分析。

步骤三:每组派一代表阐述本组分析结果,并进行互问。

步骤四:指导教师进行引导、归纳。

步骤五:整理观察记录,完成实训任务小结。

第五版天普普英音版 一 卷丑

模块一

管道与辅助元件