

21 世纪高等继续教育精品教材



液压与气压传动技术

Yeya yu qiya chuandong jishu



主 编◎张春阳

 中国人民大学出版社

21 世纪高等继续教育精品教材

液压与气压传动技术

主 编 张春阳

中国人民大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气压传动技术/张春阳主编. —北京: 中国人民大学出版社, 2012. 1
21 世纪高等继续教育精品教材
ISBN 978 - 7 - 300 - 14866 - 3

I. ①液… II. ①张… III. ①气压传动-成人高等教育-教材②液压传动-成人高等教育-教材
IV. ①TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 253484 号

21 世纪高等继续教育精品教材

液压与气压传动技术

主 编 张春阳

出版发行	中国人民大学出版社	邮政编码	100080
社 址	北京中关村大街 31 号		
电 话	010 - 62511242 (总编室)	010 - 62511398 (质管部)	
	010 - 82501766 (邮购部)	010 - 62514148 (门市部)	
	010 - 62515195 (发行公司)	010 - 62515275 (盗版举报)	
网 址	http://www.crup.com.cn http://www.ttrnet.com (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	中煤涿州制图印刷厂		
规 格	185mm×260mm 16 开本	版 次	2012 年 6 月第 1 版
印 张	16	印 次	2012 年 6 月第 1 次印刷
字 数	355 000	定 价	32.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

液压与气压传动是独立于机械传动、电气传动而存在的传动技术，是机械工程师和机械技师必须掌握的基本技术之一。它广泛应用于国防、冶金工业、装备制造、船舶、汽车、石油、航空航天等工业中，是未来最有发展前景的行业之一。随着电子信息技术技术、计算机技术的发展，液压与气传动技术也面临着新一轮的技术革新，在本书编写过程中注重吸取最新的技术成果和应用实例，力求使其能适应新时期学生对液压与气压传动知识的需要。

本书是专门针对成人教育、函授教育层次的学生而编写的应用性教材。适于作为成人教育、函授教育机械自动化、自动控制等专业的教材，也可供其他在职人员学习参考。

本书由南京交通职业技术学院继续教育学院院长张春阳副教授主编，主要分为两大部分，前一部分主要讲述液压传动的相关理论和案例知识；后一部分讲述气动相关的理论和案例知识。全书共分14章：

- 第1章 绪论；
- 第2章 流体力学基础；
- 第3章 液压动力元件；
- 第4章 液压执行元件；
- 第5章 液压阀；
- 第6章 液压辅助元件；
- 第7章 液压基本回路；
- 第8章 液压系统的使用维护与一般故障排除；
- 第9章 气压传动基础知识；
- 第10章 气源装置及气动辅助元件；
- 第11章 气动执行元件；
- 第12章 气动控制元件；
- 第13章 气动基础回路及气动系统实例；
- 第14章 气动回路的电气控制与PLC控制。

在本书编写过程中，参考了同行相关专家学者的著作和文章，在此表示感谢。同时，由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者
2012.3

第 1 章 绪论	1
1.1 液压传动的应用	2
1.2 液压传动基本原理	3
1.3 气动技术的发展应用	7
1.4 实验与实训	9
习题	9
第 2 章 流体力学基础	11
2.1 液压油的性质和选用原则	11
2.2 静止液体的力学特性	15
2.3 流动液体的力学特性	17
2.4 液体在管道中流动的压力和流量损失	21
2.5 孔口与缝隙流动	22
2.6 液压冲击与空穴现象	23
2.7 实验与实训	25
习题	25
第 3 章 液压动力元件	28
3.1 概述	29
3.2 齿轮泵	31
3.3 叶片泵	35
3.4 柱塞泵	38
3.5 实验与实训	42
习题	43
第 4 章 液压执行元件	46
4.1 概述	47
4.2 液压缸的结构和应用	54
4.3 液压马达的结构和应用	59
4.4 实验与实训	63
习题	63
第 5 章 液压阀	66
5.1 概述	67
5.2 方向控制阀	68

5.3	压力控制阀	78
5.4	流量控制阀	84
5.5	叠加阀和插装阀	86
5.6	电液比例控制阀	92
5.7	实验与实训	96
	习题	97
第6章	液压辅助元件	99
6.1	密封件	100
6.2	滤油器	102
6.3	油箱和热交换器	105
6.4	蓄能器	107
6.5	其他辅件	110
	习题	113
第7章	液压基本回路	114
7.1	概述	115
7.2	方向控制回路	115
7.3	压力控制回路	117
7.4	速度控制回路	123
7.5	其他回路	132
7.6	实验与实训	135
	习题	136
第8章	液压系统的使用维护与一般故障排除	141
8.1	概述	141
8.2	液压系统的使用与维护	144
8.3	液压系统的安装与调试	145
8.4	液压系统常见故障分析与排除方法	149
8.5	实验与实训	159
	习题	160
第9章	气压传动基础知识	161
9.1	空气的主要物理性质与基本状态参数	161
9.2	理想气体状态方程	163
9.3	气体流动规律	165
9.4	气压传动系统的组成与特点	167
9.5	实验与实训	168
	习题	169
第10章	气源装置及气动辅助元件	170
10.1	气源装置	170
10.2	气动辅助元件	178
10.3	实验与实训	181

习题	181
第 11 章 气动执行元件	183
11.1 气缸	183
11.2 气动马达	190
11.3 实验与实训	192
习题	192
第 12 章 气动控制元件	194
12.1 压力控制阀	194
12.2 流量控制阀	197
12.3 方向控制阀	198
12.4 气动逻辑元件简介	203
12.5 实验与实训	205
习题	206
第 13 章 气动基本回路及气动系统实例	207
13.1 气动基本回路	208
13.2 其他常用基本回路	212
13.3 气动系统实例	214
13.4 气动系统的安装、调试、使用及维护	219
13.5 实验与实训	222
习题	223
第 14 章 气动回路的电气控制与 PLC 控制	225
14.1 常用电气元件符号及说明	225
14.2 电气控制回路的基础知识	230
14.3 典型气动系统及其电气控制	232
14.4 可编程控制器在气动控制中的应用	238
习题	244
参考文献	245

第1章 绪论



教学目标

液压与气压传动技术是机械工程师和机械技师必须掌握的基本技术之一，在现代机械设备中应用非常普遍，它包括液压传动技术与气压传动技术两个部分。通过本章的学习，要求学员了解液压传动与气压传动技术的发展历史和发展前景；学习液压传动与气压传动的基本原理；液压传动系统与气压传动装置的主要组成部分；以生产中的应用实例说明液压传动与气压传动的优缺点。



教学重点和难点

- 液压传动与气压传动技术的发展历史和发展前景
- 液压传动与气压传动的基本原理
- 液压传动系统与气压传动装置的主要组成部分
- 液压传动与气压传动的应用



案例导入

在机械零件加工设备中，磨床工作台要求实现：直线运动、运动的变速、运动的换向和在任意位置的停留这四个动作。而磨床工作台的四个动作可以采用一套简单的液压传动装置来实现，如图 1.1 所示。通过分析，可以得出液压传动的基本工作原理及应用。

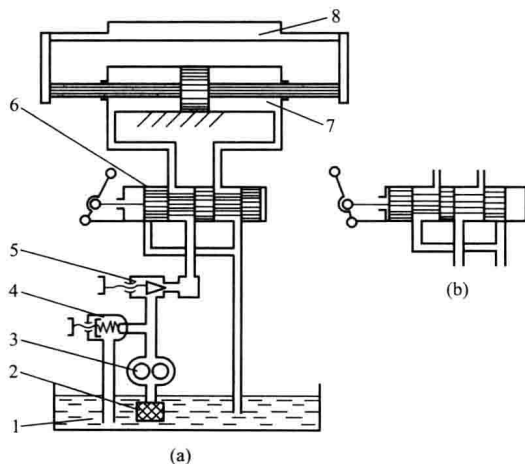


图 1.1 磨床工作台液压系统结构原理图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5—节流阀；6—换向阀；7—液压缸；8—工作台

1.1 液压传动的应用

任何一种机器都由三部分组成，即原动机、工作机构和传动机构。工作机构为了完成机器的任务，对力、速度等有一定的要求，而原动机往往难以满足这些要求，因此需要传动机构将原动机输出的能量传递给工作机构，并对其进行控制，以满足工作机构的要求。

常见的传动方式有：机械传动、电力传动和流体传动。其中流体传动又分为液压传动、液力传动和气压传动。液压传动就是以液体作为工作介质，在密闭的容器中利用液体的压力传递和控制能量的传动方式。

液压传动相对于机械传动来说，是一门新的技术。人类使用水力机械及液压技术虽然已有很长历史，但是液压技术在机械领域中得以应用并取得迅速发展则是在二十世纪，特别是在第二次世界大战之后。由于液压传动具有许多突出的优点，因而目前已广泛地应用在工农业机械、机床加工制造设备、交通运输设备、陆地行走设备、船舶控制技术、火炮控制技术、航空航天技术、机器人技术等各个方面。

1.1.1 液压传动的发展历史

从十七世纪中叶（1653年）著名的法国科学家帕斯卡奠定了液压传动的基本理论——帕斯卡原理之后，经历了将近一百五十年的时间（1795年），才由英国人制造出了世界上第一台水压机，并应用到毛织厂、榨油厂以及造船工业上，从而开创了液压传动发展的新的历史时期。到了十九世纪初，各种液压传动装置相继问世，并在工业生产中得到应用。在这一时期，首次把油液作为工作介质进行使用，对液压技术的发展起了推动作用。而在此之前，液压传动装置无论就其质量还是数量，都不令人满意。

第二次世界大战期间，参战各国迫切需要军事工业提供各种反应迅速、增力显著、动作灵敏、操纵轻便的传动装置和控制系统，以便用于装备各种武器，这在客观上大大促进了液压技术的飞速发展。战后随着工业的恢复，液压传动便在很短时间内在工业生产的各个领域得到了广泛的应用。随着现代科学技术和经济的迅速发展及大规模生产的需要，液压传动技术水平不断提高，使得液压元件的设计、制造水平和液压回路、液压控制技术达到了一个新的高度。目前，在工业发达国家，液压行业已成为机械工业中的一个重要组成部分。

1.1.2 液压传动的应用前景

随着科学技术的发展，液压传动装置正在向高效率、高精度、高性能方向迈进。要求液压元件单位功率的体积越来越小，运动可靠性和使用寿命越来越高，应用范围越来越广，因此液压元件的组合形式也发生了改变，大量采用组合阀、插装阀、逻辑阀、比例阀，以满足不同机器的性能控制要求。一种能够起到自动调节作用的液压随动系统的应用给工业自动化带来了很好的前景，现已在许多领域中获得了广泛的应用。此外，静压支承技术、液压伺服技术、电液比例控制技术正在开拓。

二十世纪六十年代以后，随着原子能技术、空间技术、计算机技术等迅速发展，液压技术也得到了很大发展，已经渗透到国民经济各个领域之中。在军工、冶金、工程机

械、农业机械、汽车、轻纺、船舶、石油、航空航天和机床工业中，液压技术都得到了普遍应用。

在国防工业中，陆、海、空各军兵种的很多武器装备都采用了液压传动与控制，如飞机、坦克、舰艇、雷达、火炮、导弹、火箭等。

在机床工业中，机床传动系统有85%采用液压传动与控制，如磨床、铣床、刨床、拉床、压力机、组合机床、数控机床、数控加工中心等。

在冶金工业中，电炉控制系统、轧钢机的控制系统、平炉装料、转炉控制、高炉控制、带材跑偏和恒张力装置等均采用了液压技术。

在工程机械中，普遍采用了液压技术，如挖掘机、装载机、推土机、起重机、平地机、自行式铲运机、振动式压路机、摊铺机、道路铣刨机、凿岩台车、隧道掘进机等。

在汽车工业中，越野车、高档轿车、自卸汽车、高空作业车、桥梁检测车、道路清障车、洒水车、高压清洗车和消防车等都采用了液压技术。

在轻纺工业和农业机械中，采用液压技术的有塑料注塑机、橡胶硫化机、造纸机、印刷机纺织机、拖拉机和联合收割机等。

在船舶工业中，应用液压技术很普遍，如全液压挖泥船、打捞船、打桩船、海上石油钻井平台、水翼船、气垫船和船舶辅机等。

近几年，在太阳跟踪系统、天文观测装置、海浪模拟装置、船舶驾驶模拟器、地震再现、大楼平移装置、船闸开闭装置、火箭助推发射装置、宇航环境模拟、高层建筑防震系统、机器人和精密机械制造等设备中，都采用了液压技术。

当前，液压技术正向高压、高速、高可靠性、大功率、低噪声、低能耗、数字化、高度集成化、机电液一体化等方向发展。同时，新型液压元件的应用，液压系统的计算机辅助设计、计算机仿真和优化、机器自动控制等工作，也取得显著的成果。

总之，一切工程领域，凡是有机械设备的场合，均可采用液压技术，其前景非常广阔。

1.2 液压传动基本原理

流体传动技术是以液体或气体为工作介质，实现能量的转换、传递、分配与运动控制的一种相对于机械传动、电气传动而独立存在的传动技术。流体传动很常见，也很古老。例如，水车、风车、船帆利用流水或风的动能驱动水碾、石磨工作和帆船航行，水力、风力发电机则将它们转换成电能。流体传动分为两种主要形式：一种形式以利用流体动能做功为主，称为液（风）力传动；另一种形式以流体压力能做功为主，称为液（气）压传动。

1.2.1 液压传动的工作原理

在汽车修理行业中，在机修车间里，液压千斤顶是修理工人经常使用的起重工具。虽然它体积小质量轻，却能顶起超过自身质量几百倍的重物。从传动原理上来分析，液压千斤顶就是一个最简单、最典型的液压传动装置。

液压千斤顶的基本原理如图1.2所示。液压千斤顶主要由大油缸、小油缸、单向阀、

放油阀、油箱、油路等组成。

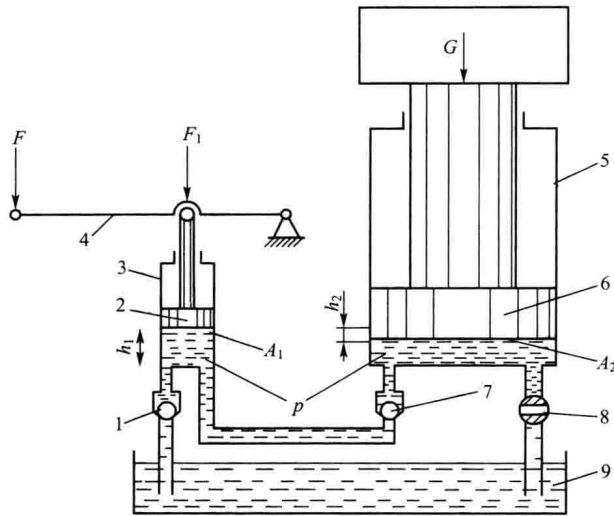


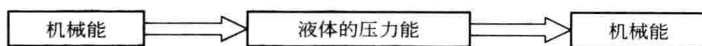
图 1.2 液压千斤顶工作原理图

- 1—吸油单向阀；2—小活塞；3—小油缸；4—手柄；5—大油缸；
6—大活塞；7—进油单向阀；8—放油阀；9—油箱

工作原理为：提起手柄 4，使小活塞 2 上升，小油缸下腔的容积增大，形成局部真空状态，油箱 9 内的油液在大气压力的作用下，顶开单向阀 1 的钢球，进入并充满小油缸的下腔，完成吸油动作。压下手柄 4，活塞 2 下移，压力油使单向阀 1 关闭，油液便不能通过此单向阀流回油池。但此时压力油却可以推开单向阀 7 中的钢球，小油缸下腔的压力油便经单向阀 7 进入大油缸的下腔，并推动活塞 6，将承载板上的重物顶起一段距离。反复提压手柄 4，就可以使重物不断上升，从而达到起重的目的。当重物需要下降时，只需转动放油阀 8，使大油缸的下腔与油箱连通，在重物作用下，活塞 6 便向下移动，大油缸中的油液流回油池。

通过分析液压千斤顶的工作过程，我们得出结论：一套液压传动装置若要正常地工作必须具备下列特点：

(1) 液压传动是以液体作为传递动力和运动的工作介质。传动过程必须经过两次能量转换。即



如果用一种示意图来表示这两次能量转换过程，则可用图 1.3 来表示。左边的液动机为液压泵（获得回转运动），右边的液动机则是液压缸（获得往复直线运动）。

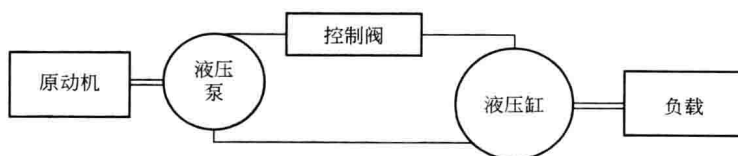


图 1.3 液压系统能量两次转换示意图

(2) 油液必须在密闭的容器内进行传递而且容积要发生变化。如果容器密封不好,就得不到所要求的油液压力;如果容积不能变化,则不能进行能量的转换。

从液压千斤顶的例子中,可以看出手柄4、小活塞2、小油缸3就是完成第一次能量转换的装置(它把修理工人上下摇动手柄的能量转换为油液的压力能);而大活塞6和大油缸5则是完成第二次能量转换的装置(它把油液的压力能转换为机械能,举升重物)。

总之,液压传动的工作原理就是利用液体的压力能来传递动力,利用密封容积的变化来传递运动。

1.2.2 液压传动系统的组成和图形符号

任何一个能够实现预定功能的液压传动装置都必然要用一些液压元件组成。

1. 液压传动系统的基本组成

在工业生产中实际应用的液压系统一般来说远比液压千斤顶复杂,所能完成的任务也更多。但液压千斤顶已基本包含了一个完整的液压系统的各大组成部分。一般情况下,一个液压系统除了工作介质(液压油)之外,还由以下四个部分组成。

(1) 动力元件。是将原动机输入的机械能转换成为油液的压力能的装置,其作用是向液压系统提供一定流量和压力的油液。如液压千斤顶中的小油缸、小活塞。它是液压系统的动力源。

(2) 执行元件。是将油液的压力能转换成机械能的装置,用以驱动工作部件,克服外负载。如液压千斤顶中的大油缸、大活塞。

(3) 控制调节元件。是控制与调节液压系统中油液的流量、压力和流动方向的装置。如液压千斤顶中的放油阀、单向阀。

(4) 辅助元件。是保证液压系统正常工作所必须的装置。如液压千斤顶中的油箱、管路、密封件等。

2. 液压系统的图形符号

图1.1是磨床工作台液压传动系统的结构原理图,这种图直观性强,容易理解。但是这种图难以绘制,特别是当系统中元件较多、系统比较复杂时,绘图是非常困难的。为简化液压原理图的绘制,我国制定了一套液压图形符号标准(GB/T 786.1—2009),将各种液压元件都用相应的符号表示。该标准规定,这些符号只表示相应元件的职能和连接系统的通路,不表示元件的具体结构和参数,并规定各符号所表示的都是相应元件的静止位置或零位置。因此称这种符号为职能符号(也称为图形符号)。如图1.4所示即为用职能符号绘制的磨床工作台液压系统工作原理图(职能符号图)。

由于这种绘图图面简洁,油路走向清楚,对液压系统的分析、设计都很方便,因此现在世界各国采用较多(具体表示方法大同小异)。图形符号具有一定的象形性,这能帮助人们理解对应液压元件的原理与作用,但作为一种通用的约定,构成图形符号的每一个

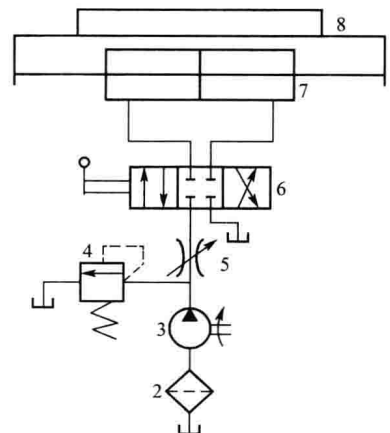


图 1.4 磨床工作台液压系统工作原理图

- 1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；
4—溢流阀；5—节流阀；6—换向阀；
7—液压缸；8—工作台

细节都是必备的和不可更改的，只有完全按照国家标准来绘制图形符号，才能保证所绘制的液压原理图的正确性。

1.2.3 液压传动的特点

液压传动与机械传动、电气传动相比，因其突出的特点而得到了广泛的应用。

1. 液压传动的优点

(1) 体积小、质量轻、功率大，即功率体积比大、功率质量比大。

也就是在同样体积时传递的功率大，或者说传递同样功率时的体积小。这是因为液压传动是依靠面积来做功的，虽然机械的接触强度比液压正常的油压力大一个数量级，但由于机械传动多为点或线接触传动，故液压传动传递的功率远大于机械传动。另外，虽然电气传动也是面积力做功，但电枢磁场中的磁力只有液压力的几十分之一，因而液压传动传递的功率也远大于电气传动。

在需要巨大作用力的场合，如注塑机、压力机、工程机械（液压挖掘机、装载机、推土机、振动式压路机、工程起重机等）中，以及大楼平移、大坝闸门开闭等场合大量应用液压传动装置，就是采用了液压传动功率体积比大、功率质量比大的特点。

(2) 能在大范围内实现无级调速，调节方便。

机械无级变速比较困难，只适用于小功率系统。电气无级变速相对比较容易，但低速时输出扭矩小，速度稳定性差。液压传动很容易实现无级变速，且输出功率大，特别是在极低速状态下能稳定工作，这是机械传动与电气传动所无法相比的。

在需要大范围大功率无级变速，如重型汽车的传动系统，尤其是极低速稳定变速的场合，如海洋石油钻井平台升降等场合，就是采用了液压传动能大范围无级变速的特点。

(3) 容易实现自动化。

液压传动系统对流量、方向和压力的控制有多种形式，其中较常用的是电磁操纵。因此液压系统是 PLC 等计算机控制系统的典型控制对象，很容易实现开关控制、顺序控制、比例控制、伺服控制。液压传动技术在很多场合下被称为液压传动与控制技术，正是基于此特性。

金属切削机床如磨床、刨床、铣床、镗床、仿型机床、数控加工中心等大量采用液压传动装置，就是应用了液压传动系统容易实现自动化的特点。

(4) 工作平稳，可实现无间隙传动。

液压传动以油液作为工作介质，油液流动过程中有一定的阻尼作用，因而运动平稳性、连续性好。

(5) 便于实现过载保护。

由于传动介质为油液，故液压元件具有自我润滑作用，使用寿命长。液压传动装置过载时，压力控制回路能及时溢流，释放能量，有效防止设备损坏。

(6) 液压元件布置灵活方便，易于实现快速启动、制动和频繁换向。

这是因为液压元件体积小、质量轻、运动惯性小、反应速度快。广泛应用于军事与民用领域的各种设备中。

(7) 液压元件实现了标准化、系列化、通用化，便于设计、制造和使用。

2. 液压传动的缺点

(1) 液压传动有较多的能量损失（泄漏损失、压力损失等），故传动效率不高。

液体流动过程中,存在泄漏,尤其是节流控制、溢流控制过程有一定的能量损失。客观地说,液压传动有以实现控制功能为主的液压控制系统和以动力传递为主的液压传动系统。前者系统传动效率较低,但总功率也较小,能量损失总量并不大。而后者总功率很大,同时传动效率也很高,能量损失并不大。

(2) 液压传动装置的成本比机械传动装置要高一些。

为了减少泄漏,液压元件的制造精度要求比较高,导致液压传动装置的成本比机械传动装置高。

(3) 液压传动不能保证严格的传动比。

由于液压油的可压缩性和泄漏,导致传动比不精确。然而,随着控制技术的不断发展,液压伺服系统同样能够保证满足传动精度要求的传动比。

(4) 液压传动容易造成环境污染。

液压元件制造或使用不当时,会出现液压油泄漏;废油的排放与处理不当,也会造成对环境的破坏。液压传动装置工作时的“液压冲击和空穴现象”会产生很大的振动和噪声,污染环境。

(5) 液压系统出现故障时,不易查找和排除。

1.3 气动技术的发展应用

气压传动是指以压缩空气为工作介质传递动力和控制信号的技术,包含传动技术和控制技术两方面的内容。本书结合现代工业的特点,主要介绍传动技术。

气压传动与液压传动一样,都是利用流体作为工作介质而传动,故在工作原理、系统组成、元件结构与图形符号等方面有很多相似之处,因此在学习气压传动部分内容时,应注意两者的差异。

1.3.1 气动系统的原理

气压传动系统是一种能量转换系统,其工作原理是将原动机输出的机械能转变为空气的压力能,利用管路、各种控制阀及辅助元件将压缩空气传送到执行元件,再转换成机械能,从而完成直线运动或回转运动并对外做功。气动系统的基本构成如图 1.5 所示。

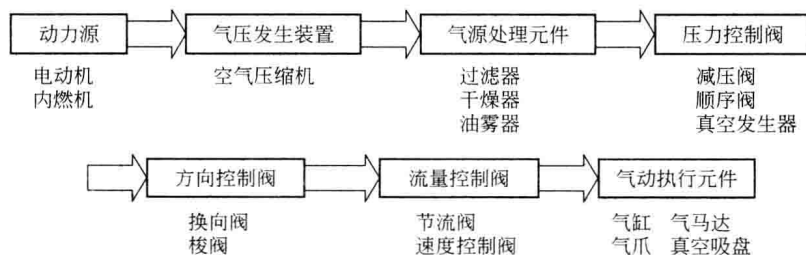


图 1.5 气动系统的基本构成

1.3.2 气动技术的应用

气动技术用于简单的机械操作中已有很长时间了,近几年来随着气动自动化技术的发

展，气动技术起到了重要的作用，其应用也越来越广。

气动自动化控制技术是利用压缩空气作为传递动力或信号的工作介质，配合气动控制系统的主要气动元件，与机械、液压、电气、电子（包括 PLC 控制器和计算机）等部分或全部综合构成的控制回路，使气动元件按工艺要求的工作状况，自动根据设定的顺序或条件动作的一种自动化技术。用气动自动化控制技术实现生产过程自动化，是工业自动化的一种重要技术手段，也是一种低成本自动化技术。

气动技术在现代工业生产中的应用如下：

物料输送装置：夹紧、传送、定位、定向和物料流分配。

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、零件分拣和堆垛、零件冲压或模压标记。

物料加工：钻削、车削、铣削、锯削、磨削和光整。

1.3.3 气压传动的特点

1. 气压传动的优点

(1) 工作介质为空气，获取经济方便，使用之后可直接排入大气，处理简单，不污染环境。

(2) 压缩空气容易存储和输送，可集中供气，远距离输送。

(3) 对工作环境的适应性好，安全可靠地应用于易燃易爆场所。因压力等级低，故使用安全。

(4) 气动装置结构简单、质量轻、安装维护方便。气动元件价格低，故使用成本低。

(5) 容易实现过载自动保护。因为空气具有可压缩性，气动工具和执行元件超载即停止不动，而无其他危害。

2. 气压传动的缺点

(1) 执行机构不易获得均匀恒定的运动速度。由于压缩空气的可压缩性，所以执行元件的动作速度受负载变化影响大。

(2) 工作压力较低（一般为 0.4~0.8MPa），输出功率较小。

(3) 排气噪声较大。但随着噪音吸收材料及消声器的发展，此问题已得到很大改善。

(4) 对压缩空气需进行良好处理，不能有灰尘及水分。

(5) 需对所有工作元件进行给油润滑。

1.3.4 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。无论是各种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，如气缸及阀类正应用于许多工业领域。微型气动元件不但用于精密机械加工及电子制造业，而且用于制药业、医疗技术、包装技术等。在这些领域中，已经出现活塞直径小于 2.5mm 的气缸、宽度为 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，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的气电一体化是目前气动技术的一个发展方向。

1.4 实验与实训

实验目的：

- (1) 了解液压技术在生产领域中的应用及特点。
- (2) 掌握液压传动的基本原理。
- (3) 掌握液压传动系统的组成。
- (4) 掌握气压传动系统的基本原理与组成。

实验内容：

实验1 液压千斤顶的拆装及工作过程分析。

要求：

- (1) 加深对液压传动基本原理的认识。
- (2) 掌握液压传动装置的基本组成。

实验2 参观磨床加工过程和液压起重机作业过程。通过对磨床工作台的运动分析和液压起重机回转运动的分析，加深对液压传动技术应用及特点的认识。

要求：

- (1) 了解液压技术在机械设备中的应用特点。
- (2) 加深理解液压传动系统各组成部分的功用。

实验3 参观汽车修理厂的气动系统。通过分析，掌握气压传动系统的基本原理与组成。

要求：

- (1) 了解气动技术在工业生产领域中的应用。
- (2) 掌握气压传动的基本原理。
- (3) 掌握气压传动系统的组成及各组成部分的功用。



习题

一、填空题

1. 液压系统由动力元件、_____、_____和_____组成。
2. 在密闭容器中，以油液作为传动介质，利用油液的_____来传递动力的传动方式称为液压传动。
3. 在密闭容器中，以压缩空气作为传动介质，利用被压缩气体的_____来传递动力的传动方式称为气压传动。

二、简答题

1. 液压传动与其他传动方式相比有哪些优缺点？

2. 试说明液压系统各组成部分的作用。
3. 液压系统工作时要经过两次能量转换，这种能量的转换过程必然会损失能量，那为什么还要使用液压传动？
4. 气压传动并不如液压传动那样在输出功率方面有明显的优势，为什么它仍能获得广泛应用？
5. 什么是液压传动原理图？
6. 液压元件、液压回路、液压系统分别是什么？