

应用型本科机电类专业规划教材

液压与气动 技术

(第二版)

李康举 王晓方 马春峰 赵艳红 编著

YEYA YU
QIDONG
JISHU

液压与气动技术

Hydraulic and Pneumatic Technology

(第二版)

李康举 王晓方 马春峰 赵艳红 编著



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气动技术/李康举等编著. —2 版. —北京: 中国轻工业出版社, 2016. 7

应用型本科机电类专业规划教材

ISBN 978-7-5184-0972-3

I. ①液… II. ①李… III. ①液压传动—高等学校—教材
②气压传动—高等学校—教材 IV. ①TH137 ②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 123643 号

责任编辑: 杨晓洁

策划编辑: 王 淳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2016 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

开 本: 870 × 1092 1/16 印张: 21

字 数: 487 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0972-3 定价: 38.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

160345J1X201ZBW

前 言

(第二版)

液压与气动技术是高等院校机电类专业学生必修的一门重要的技术基础课。尤其是在科学技术日益发展的今天,液压与气动技术已渗入到各个学科领域。随着教学改革的不深入,专业面的不断拓宽,课程内容和课程体系也必须做相应的改革,教学方法也需要进一步改变。针对创新型人才培养的需要,将液压与气动结合起来,引入模块化课程体系。采用任务引入方式,调动学生学习的积极性和主动性,体现以学生为主体,教师为主导的教学方法。同时,加强了教材的针对性和实用性,即要求教材易懂、实用,而且能反映当前最先进的技术和应用情况,更要有利于学生分析问题和解决问题能力的培养。本书突出“技术”二字正是体现了这方面的特点。

本书的作者都是长期工作在教学和科研第一线的教师和工程技术人员,这本书是他们多年教学经验与科研成果的结晶,具有如下主要特点:

(1) 体系新颖 在教材体系上进行了大胆、合理的整合,将液压与气动两部分内容融为一体。把它们相同的原理部分统一论述,统一定义在流体的大范畴内;不同的结构和特点部分对照论述。这样既减少了重复,又增强了对比性,力求用较少的授课学时,传授更多的知识。

(2) 结构新颖 引入模块化结构体系,将本书分成若干个模块,模块中设置项目,项目中设置任务。根据各模块的具体内容,提出明确的教学实施方案与培养目标;结合不同的教学任务,采用任务引入的方式,激发学生对问题的思考和探究,调动学生学习的积极性和主动性。

(3) 内容最新 本书以当前应用,并代表未来发展趋势的液压与气动新技术为背景,取材新颖、实用,对近年来新开发的液压、气压元器件做了重点介绍。同时,本书依据最新的国家标准编著,特别是液压与气动元件图形符号,全部采用了 GB/T 786.1—2009 (等效 ISO1219-1:2006) 新国标。真正体现了标准最新、内容最新。

(4) 实用性强 本书通篇贯彻实用原则,从典型液压与气动系统分析(模块8)、液压与气动传动系统设计(模块9),到液压与气压系统的安装调试与使用维护(模块10),连续3个模块体现实际应用。在思考与训练内容的安排上,注意培养学生分析问题和解决问题的能力。

(5) 内容适当 在内容取舍上做到基础理论知识以必需、够用为度,删去了大量的理论推导及纯理论的公式定理。对设计类问题也尽可能使其简化,更多的论述生产实际中实际应用问题,使学生易学、易懂。

本书内容包括:概论;液压与气压传动基础;液压泵与液压马达、空气压缩机与气压马达;动力缸;控制阀与气动逻辑元件;液压与气压辅助元件;液压与气压基本回路;典型液压与气压系统分析;液压与气压传动系统设计;液压与气压系统的安装调试与使用维护共10个模块。

参加本书编著的人员是:沈阳工学院李康举教授(模块2、3)和沈阳理工大学王晓方

教授（模块4、5、7）、马春峰副教授（模块8、9、10）、赵艳红教授（模块1、6）。本书由李康举教授和王晓方教授共同制定编著大纲并统稿审核。本书在编著过程中得到了沈阳工学院史安娜教授等的大力支持和帮助，在此表示诚挚的感谢。

本书可作为普通高等院校、高等职业技术学院、成人高等教育等层次的机电类各专业的教学用书，也可供从事生产、科研工作的工程技术人员参考。

由于作者水平所限，再加上新体系、新结构的体现，书中难免存在一些缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

本教材可提供教学课件，E-mail: wxfmed@sohu.com

作 者
2016年6月

目 录

模块 1 概 论	1
项目 1.1 液压与气压传动的工作原理及工作特点	1
项目 1.2 液压与气压传动系统的组成、分类及图形符号	4
项目 1.3 液压与气压技术的应用与发展	7
思考与训练	8
模块 2 液压与气压传动基础	10
项目 2.1 流体及物理性质	10
项目 2.2 液压油的性质及其选用	13
项目 2.3 流体静力学基础	18
项目 2.4 气体的性质及状态方程	20
项目 2.5 流体动力学基础	25
项目 2.6 流体在管路中流动时的特性	29
项目 2.7 流体流经孔口和缝隙的流量	34
项目 2.8 液压冲击与气穴现象	39
思考与训练	41
模块 3 液压泵与液压马达、空气压缩机与气压马达	44
项目 3.1 液压泵和液压马达的工作原理及性能参数	44
项目 3.2 齿轮泵和齿轮马达	48
项目 3.3 叶片泵和叶片马达	54
项目 3.4 柱塞泵和柱塞马达	65
项目 3.5 其他液压泵与液压马达及泵与马达的选用	73
项目 3.6 空气压缩机与气压马达及其选用	77
思考与训练	83
模块 4 动力缸	86
项目 4.1 液压缸	86
项目 4.2 气压缸	94
项目 4.3 动力缸的设计计算	99
思考与训练	106
模块 5 控制阀与气动逻辑元件	108
项目 5.1 控制阀的分类及特性	109
项目 5.2 方向控制液压阀	111
项目 5.3 压力控制液压阀	121

项目 5.4 流量控制液压阀及液压控制阀的选用	132
项目 5.5 常用气压控制阀及其选用	135
项目 5.6 自动控制阀和阀的集成化配置	144
项目 5.7 气动逻辑元件	156
思考与训练	162
模块 6 液压与气压辅助元件	169
项目 6.1 液压与气压密封元件	169
项目 6.2 液压系统主要辅助元件	178
项目 6.3 气压系统主要辅助元件	201
思考与训练	210
模块 7 液压与气压基本回路	212
项目 7.1 液压传动压力控制回路	213
项目 7.2 液压传动速度控制回路	222
项目 7.3 液压传动方向控制回路	237
项目 7.4 液压传动多缸控制回路	238
项目 7.5 液压逻辑回路	243
项目 7.6 气动基本回路	245
思考与训练	256
模块 8 典型液压与气动系统分析	263
项目 8.1 典型液压系统分析	263
项目 8.2 典型气动系统分析	273
思考与训练	277
模块 9 液压与气动传动系统设计	279
项目 9.1 液压传动系统设计	279
项目 9.2 气动传动系统设计	292
思考与训练	307
模块 10 液压与气压系统的安装调试与使用维护	309
项目 10.1 液压系统的安装调试与使用维护	309
项目 10.2 气压系统的安装调试与使用维护	321
思考与训练	328
部分思考与训练参考答案	328
主要参考文献	330

模块1 概 论

教学实施方案与培养目标

【教学实施方案】通过任务引入,结合千斤顶和机床工作台往复运动液压系统等生产中的实际应用,明确教学任务;采用设问、提问、分组讨论等教学方式,调动学生学习的主动性和自觉性;通过教师有重点的课堂讲授,采用多媒体教学、互动式教学和案例教学等教学方法,结合动画演示,加深学生对课程内容的理解,提高学习效率和教学效果。

- 【知识目标】**
1. 掌握液压与气压传动的工作原理;
 2. 了解液压与气压传动的工作特点;
 3. 掌握液压与气压传动系统的基本组成和图形符号;
 4. 了解液压与气压传动系统的分类、应用及发展。

- 【能力目标】**
1. 能识别液压与气压传动系统中各基本组成部分;
 2. 能指出各图形符号的元件名称。

- 【教学重点】**
1. 液压传动的工作原理;
 2. 液压传动系统的组成及图形符号。

【教学难点】液压与气压传动的工作原理及图形符号。

【考核与评价】主要考核学生理解和掌握液压与气压传动的工作原理、基本组成、图形符号等重点内容的程度。通过学生回答问题情况、分组讨论情况、教学互动情况、听课状态、完成思考与训练情况等综合评价学生的学习成绩。

【建议学时】1~2 学时。

项目 1.1 液压与气压传动的工作原理及工作特点

随着科学技术的不断发展,机、电、液一体化设备在工业生产中发挥了十分重要的作用,液压与气动技术也进入了一个崭新的发展阶段。

任务 1.1.1 液压传动的工作原理

任务引入:液压传动技术在机械加工装备上的应用非常普遍,如机械加工车间中的磨床工作台、大型加工中心的刀库及机械手、以及挖掘机等的运动,都应用了液压传动技术。那么,液压传动是如何控制机械部件的运动呢?液压传动的工作原理是什么?

任务分析:掌握液压传动的工作原理。

相关知识:液压传动技术是研究以液体作为工作介质来实现传动和控制的技术。图1-1是简化的千斤顶液压系统原理图。它是利用液体的压力能来传递动力的。

两个直径不同的液压缸2和4之间用管道3连通,缸内各有一个与内壁紧密配合的活塞1和5构成了密封容积,并都充满了液体。如果5上有重物 W ,则活塞1上施加的力 F 达到一定值时,就能防止重物 W 的下降。当活塞1在力 F 作用下向下运动时,重物 W 将随之向

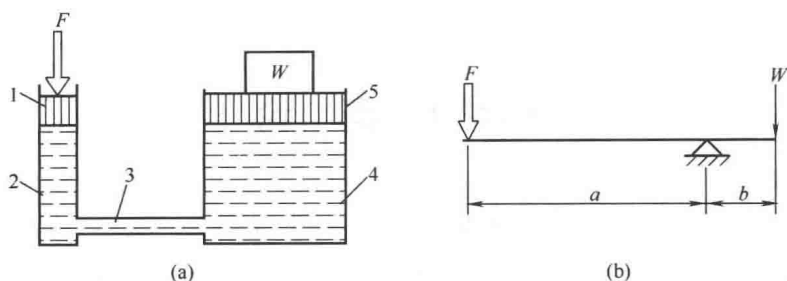


图 1-1 简化的液压系统原理图

1、5—活塞 2、4—液压缸 3—管道

上运动。也就是说，密封容积中的液体可以传递力和运动。在传动过程中密封容积的液体受到挤压，产生一定压力作用在活塞上。设活塞 1 和 5 的面积分别为 A_1 和 A_2 ，则活塞 1 单位面积上受到的压力为 $p_1 = F/A_1$ ，活塞 5 单位面积上受到的压力 $p_2 = W/A_2$ 。根据流体力学的帕斯卡原理（也称静压力传递原理）“在密闭容器内，施加于静止液体的压力可以等值地传递到液体各点”，则有：

$$p_1 = p_2 = \frac{F}{A_1} = \frac{W}{A_2} \quad (1-1)$$

或

$$\frac{W}{F} = \frac{A_2}{A_1} \quad (1-2)$$

用机械传动的杠杆比来分析，如图 1-1 (b) 所示有： $F \cdot a = b \cdot W$ ，即 $\frac{a}{b} = \frac{W}{F}$ ，于是 $\frac{A_2}{A_1} = \frac{a}{b}$ 。不考虑泄漏和液体可压缩性，液压传动与机械杠杆传动相当。根据式 (1-1)， $p = W/A_2$ 。外负载 W 的存在，活塞 1 才能施加作用力 F ，而有了负载作用力，才产生液体压力。所以就负载和液体压力二者来说，负载是第一性的，压力是第二性的。即有了负载，液体才会有压力，并且压力的大小决定于负载。于是得到一个重要概念：液压传动中液体压力决定于负载。今后在分析液压传动中元件和系统的工作原理时经常要用到这个概念。实际上液压传动中液体的压力相当于机械传动中构件的应力。机械构件的应力也是决定于负载的，但机械构件在传动时可以承受拉、压、弯、剪等各种应力，而液体传动中液体只承受压力，这是二者的重要区别。

任务 1.1.2 气压传动的工作原理

任务引入：近年来随着气动技术的发展，气压传动在工业生产中得到了更广泛的应用，如有些数控机床的换刀、气压夹具、公交车的车门等都是应用气压传动的实例。那么，气压传动与液压传动有何联系与区别呢？

任务分析：掌握气压传动与液压传动的联系与区别。

相关知识：气压传动是以压缩空气作为工作介质来传递动力的，气压传动系统的工作流程如图 1-2 所示。

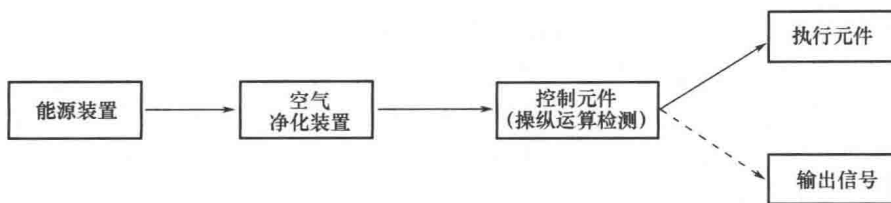


图 1-2 气压传动系统工作流程图

气压传动系统工作原理如图 1-3 所示。按下阀 m 接通气源使 F_A 阀换向，气流进入气缸 A 左腔推动活塞右行，到达行程终点时压下行程阀 a_1 ，气源又通过阀 a_1 使阀 F_A 换向，气流进入气缸 A 右腔使活塞杆退回。每按动一次启动阀 m 就可使气缸活塞往复一次，这就是气压传动的工作原理。由于液压传动与气压传动都是研究以流体作为工作介质实现传动与控制的技术，因此，它们的工作原理基本相同。但气压传动用空气作为工作介质，其性能、特点、系统所用元件与液压传动有所不同。

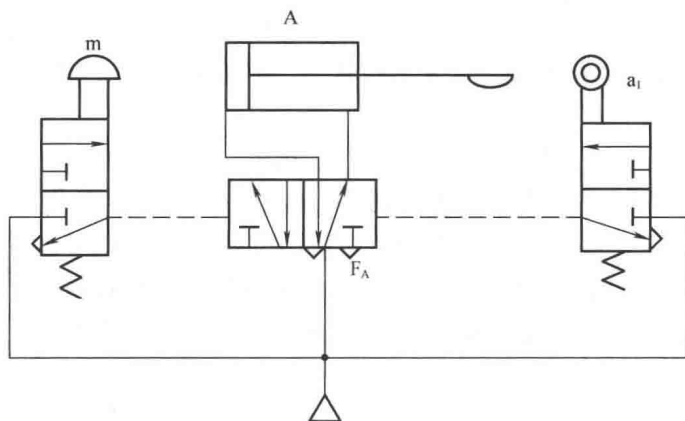


图 1-3 气缸做一次往复运动工作回路

m —按钮式换向阀 F_A —气动换向阀 a_1 —行程阀（机动换向阀） A —气缸

任务 1.1.3 液压与气压传动的工作特点

任务引入：在工业生产中，有些情况应用液压传动技术，有些情况应用气压传动技术，这是因为它们各自的特点。

任务分析：了解液压与气压传动的工作特点。

相关知识：

(1) 液压传动与机械传动、电器传动、气压传动相比较的主要特点

1) 液压传动各执行元件的动作和力（力矩）是靠液体来传递的，所以液体的质量和清洁度将直接关系到液压设备的运行状况。因此必须做到控制油液污染、控制泄漏和控制温升及吸入空气等。

2) 在相等功率条件下，液压传动设备比机械传动设备体积小、重量轻、运动惯性小、动态性能好，换向频率高。其往复回转运动可达每秒 500 次，往复直线运动可达每秒

1000 次。

3) 液压系统便于与电气控制系统联合使用, 自动化程度高。

4) 液压设备由标准化、通用化程度较高的液压元件组成, 便于设计制造和推广使用。

5) 液压传动设备具有自我润滑和自动防止过载的保护能力, 故使用起来安全可靠。

6) 由于液压传动的各执行机构所传递的力、速度、位移可无级调节 (调节范围可达 1:2000) 故能迅速适应被控制参数的变化。

7) 液压元件属于精密零件, 因此元件的修理较困难。

8) 液压设备的故障有隐蔽性和多变性, 因此故障原因的判断要比机械故障的判断难得多。

(2) 气压传动与其他传动形式相比较的主要特点

1) 气体流动时惯性小, 所以气动元件的动作快, 反应灵敏, 在系统中建立起一定压力和流速所需的时间较短。

2) 空气的黏性小, 因此在管道中流动时压力损失小, 便于集中供气和压缩空气的远距离输送。

3) 气动系统中回气可直接排入大气, 不需要设置回气管路, 系统比较简单。

4) 气动系统中的工作介质是空气, 因此不存在变质、补充和更换问题, 经济性好。

5) 气动系统的工作性能对温度变化不敏感, 几乎在 $0 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 范围均可工作, 并且在高温下不会发生燃烧或爆炸。

6) 由于空气的压缩性远大于液体的压缩性, 因此, 气动系统的使用压力较低, 一般限制在 $0.2 \sim 0.8\text{MPa}$ 范围之内, 它只能作为功率不大的动力系统。且气压传动的效率比液压传动低。但同时由于工作压力低, 可降低对气动元件的材料和制造精度的要求。

7) 空气的容积模量比液压油小得多, 所以气动系统的速度刚度比液压系统低, 低速稳定性差; 气动输出力不如液压传动大, 但气动的噪声却较大, 尤其在超声速排气时需加装消声器。

8) 空气没有润滑性能, 其中又含有水蒸气, 所以气动元件的工作条件比液压元件差。

9) 气压信号比电气信号传播速度慢, 所以气动系统的快速性和响应频率不如电气控制系统。与机械传动相比, 也不如机械传动准确可靠。

10) 气动系统对一定限度的外泄漏是允许的, 因为外漏的空气不会污染工作环境, 也不会影响气压传动的质量。但由于气动系统本身工作压力不高, 所以要尽可能地减少泄漏。

项目 1.2 液压与气压传动系统的组成、分类及图形符号

任务 1.2.1 液压传动系统的组成及图形符号

任务引入: 应用液压传动技术可以控制机械设备实现不同的运动, 完成不同的功能。要想实现这些运动和功能, 一般液压传动系统的基本组成有哪些呢? 表达这些基本组成的图形符号有哪些?

任务分析: 掌握液压传动系统的基本组成和图形符号。

相关知识: 图 1-4 是一个用于实现工作台往复运动的液压系统图。图 1-4 (a) 中, 液压泵 3 由电动机带动旋转, 从油箱 1 中吸油。油液经滤油器 2 过滤后被液压泵吸入并输出

给系统。液压泵输出的压力油经节流阀5和换向阀6进入液压缸7的左腔，推动活塞连同工作台8向右移动，这时液压缸右腔的油通过换向阀经回油管9排回油箱。如果将换向阀操纵手柄搬到左边位置，使换向阀处于图1-4(b)所示位置，则压力油经换向阀进入液压缸的右腔，推动活塞连同工作台向左移动，这时，液压缸左腔的油经换向阀和回油管排回油箱。

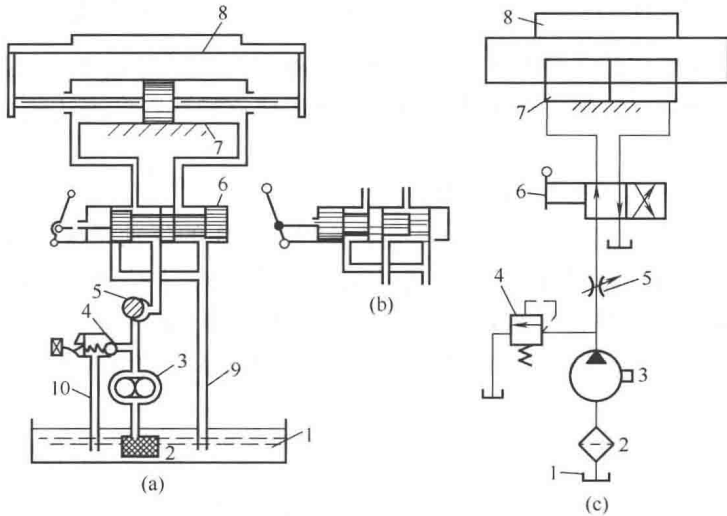


图1-4 机床工作台液压传动系统图
1—油箱 2—滤油器 3—液压泵 4—溢流阀 5—节流阀
6—换向阀 7—液压缸 8—工作台 9、10—回油管

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开口较大时，油液进入液压缸的流量较大，工作台的移动速度也较快；反之，当节流阀开口较小时，工作台的移动速度则较慢。工作台移动时，必须克服阻力，如克服切削力和相对运动表面的摩擦力等。为适应克服大小不同阻力的需要，泵输出油液的压力应当能够调整。另外，当工作台低速移动时，节流阀开口较小，泵输出的多余的油液亦需排回油箱。这是由溢流阀4来实现的，调节溢流阀弹簧的预压力，就能调整泵输出口的的油液压力，并让多余的油在相应压力下打开溢流阀经回油管10流回油箱。图示的液压传动系统具有代表性，它所用的元件类型比较齐全，从而可以得出结论，任何一个完整的液压系统总是由以下五个部分组成：

- 1) 动力元件 即液压泵，其功用是为液压系统提供压力油源，是将原动机的机械能转换为液压能的装置。
- 2) 执行元件 指液压缸和液压马达。它是将液压能转化为机械能的装置。液压缸输出往复运动的力和速度，而液压马达输出扭矩和转速。
- 3) 控制调节元件 指各种控制阀。如图1-4中的溢流阀、节流阀、换向阀等。是用来控制和调节液流压力、流量和方向的，以保证执行元件完成预定的动作。
- 4) 辅助元件 指油箱、油管、滤油器、蓄能器和压力表等，是构成液压系统的必不可少的元件。
- 5) 工作介质 即传动液体，通常采用液压油，它用于实现运动和动力传递的同时，也当润滑剂使用。

图 1-4 (a) 中组成液压系统的各元件是用半结构图形画的。它直观性强、容易理解，但难于绘制，系统元件数量多时更是如此。在工作实际中，除少数特殊情况外，一般都采用液压图形符号来绘制，如图 1-4 (c) 所示，图形符号只表示元件的功能，而不表示元件的具体结构和参数。使用图形符号既便于绘制，又可使液压系统简单明了。

任务 1.2.2 气压传动系统的组成及图形符号

任务引入：应用气压传动技术可以控制机械设备实现不同的运动，完成不同的功能。要想实现这些运动和功能，一般气压传动系统的基本组成有哪些呢？表达这些基本组成的图形符号有哪些？

任务分析：掌握气压传动系统的组成及图形符号。

相关知识：如图 1-5 是一个能自动完成某种程序动作的气动系统，其中的控制装置是由若干元件组成的气动逻辑回路。它可根据气缸活塞杆的始末位置，由传感器（包括行程开关及紊流放大器等）传回信号，做出逻辑判断，并指示气缸下一步动作，从而实现机器的自动化工作循环。与液压传动系统对应，一般气压传动系统的组成如下：

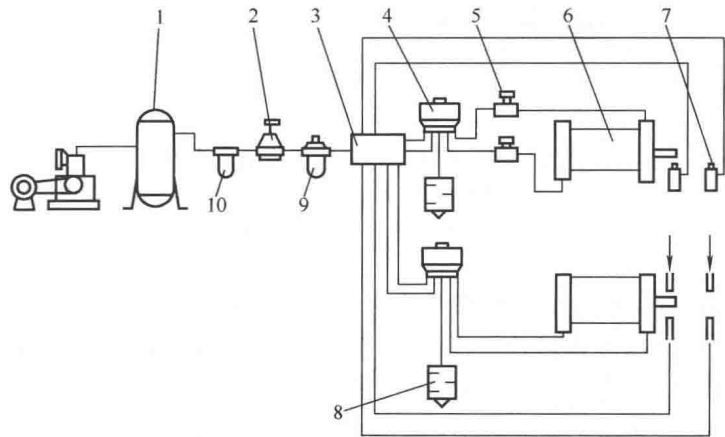


图 1-5 气动系统的组成

1—气压发生装置 2—压力控制阀 3—逻辑元件 4—方向控制阀
5—流量控制阀 6—执行元件 7—传感器 8—消声器 9—油雾器 10—过滤器

(1) 能源元件 能源元件是气动系统的动力源，它的功用是把机械能转换为气体能量，这种元件其实就是空气压缩机，一般分为两类：

1) 容积式压缩机 ①往复式：其中又可分为两种方式，一种是活塞式，有单缸、双缸和多缸等；另一种是膜片式。②回转式：可分为滑片式、螺杆式、转子式，这类方式应用较为广泛。

2) 速度式压缩机 可分为轴流式、离心式和混流式，它们比容积式压缩机应用的要少些。

(2) 执行元件 执行元件是把气体能量转换为机械能的一种装置。它可分为气缸（单作用、双作用、特殊气缸）和气马达（回转马达和摇摆马达）。

(3) 控制调节元件 控制调节元件是控制和调节压缩空气的压力、流量和流动方向的元件。

(4) 辅助元件 辅助元件包括以下各部分:

1) 空气净化设备 是滤掉空气中灰尘及水分的设备, 主要有过滤器、干燥器、分水滤气器、后冷却器。

2) 给油器 功用是供给气动运动部件摩擦副润滑油。有油雾器、油杯等。

3) 消声器 用于降低气动系统的噪声。

4) 各种转换器 包括气电转换器、气液转换器、放大器、显示器、延时器、程序器等。

5) 其他辅助元件 包括气罐、压力计、管接头、管路等。

(5) 工作介质 工作介质即传动气体, 可以是空气, 也可以是其他各种气体。

气压传动图形符号可参见书后附录和有关气压传动手册。

任务 1.2.3 液压与气压传动系统的分类

任务引入: 液压与气压传动技术在工业生产中应用十分普遍, 不同的生产现场要求应用不同的传动系统。一般液压与气压传动系统如何进行分类呢?

任务分析: 了解液压与气压传动系统的分类。

相关知识:

(1) 液压传动系统的分类

1) 压力变换为主的系统 如液压机等。

2) 速度变换为主的系统 ①直线运动, 又可分为断续直线运动(如组合机床液压系统)和连续直线运动(如磨床工作液压系统)。②回转运动, 指泵和马达组合的传动系统。

3) 多路复合系统 如挖掘机系统和同步系统等。

4) 开式回路系统 液压缸和液压马达回油口接油箱, 便于散热和过滤液压油。

5) 闭式回路系统 指液压缸和液压马达回油口接液压泵进油口形成闭合循环, 需装辅助泵, 用来补充液压系统的泄漏。

(2) 气压传动系统的分类

1) 开环控制 其输入量与输出量之间没有连续的比较, 该控制应用较为广泛。

2) 闭环控制 其输入量与输出量之间要连续地进行测量并随时进行比较。其输入信号与来自输出量的反馈信号之差称为误差信号。闭环系统又称为反馈系统, 它依靠误差信号来调节供应到系统的参量, 以使输出量向着减小误差信号的方向变化。

项目 1.3 液压与气压技术的应用与发展

任务 1.3.1 液压传动技术的应用与发展

任务引入: 液压传动技术在机械加工装备上得到了广泛的应用, 在其他行业又怎样呢? 未来的发展方向如何?

任务分析: 了解液压传动技术的应用及发展。

相关知识: 相对于机械传动来说, 液压传动是一门新技术。如果从 17 世纪帕斯卡原理的诞生, 继 1795 年世界上发明第一台水压机算起, 液压技术的发展已经历了三百年左右的历史。然而液压传动是在第二次世界大战后才普遍应用起来的, 特别是在 20 世纪 60 年代

后,随着原子能科学、空间技术、计算机技术的发展,液压技术本身也得到了很大的发展,并且渗透到了国民经济的各个领域,在工程机械、冶金、军工、汽车、船舶、石油、航空和机床行业中得到了广泛的应用。

当前,液压技术正向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、低耗能、经久耐用和高度集成化方向发展;同时新型元件的应用、计算机仿真和优化、微机控制等方面,也日益取得显著成果。

我国的液压工业在 20 世纪 50 年代开始起步,最初应用于机床和锻压设备,后来又用于拖拉机和工程机械。从 1964 年开始,我国从国外引进液压元件生产技术,同时自行设计液压产品。我国的液压件生产已形成完整系列,并在各种设备上推广使用。我国机械工业在认真消化、推广从国外引进的先进液压技术的同时,大力研制开发国产液压件新产品,如中高压齿轮泵、比例阀、叠加阀、数字阀及新系列中高压阀等。液压技术在我国的应用与发展已经进入了一个崭新的历史阶段。

任务 1.3.2 气压传动技术的应用与发展

任务引入:气压传动技术在机械加工装备上得到了广泛的应用,在其他行业又怎样呢?未来的发展方向如何?

任务分析:了解气压传动技术的应用及发展。

相关知识:以空气为介质做功的机器发明得很早。开始是利用自然风力推动风车,风车又带动水车来提水灌田,后来采用压缩空气在炼丹术中用风箱吹火等。近代用于采煤的风钻、火车的制动闸及汽车的刹车与车门开闭等都是气动技术的实际应用。

伴随着工业机械化和自动化的发展,欧美日等发达国家从 20 世纪 50 年代起就大力发展气动技术,用以实现对各种工业化生产的自动化控制。使得它在石油、化工、轻工、交通运输、国防等行业中得到了广泛的应用。至于在机械工程中如机床的程序控制、组合机床、轴承加工、汽车、农机等和机械加工工艺中的铸造、锻压、冲压等设备中的应用更为普遍。风动工具均采用气动技术。甚至在测量技术方面也用了气动技术。

国外的气动工业近年来发展迅速,水平也在日益提高,已发展成气电一体化。我国的气动工业起步较晚,与国际水平相比差距较大,在品种、性能、寿命、可靠性方面都有待提高。1967 年我国筹建了上海红光机械厂(上海气动元件厂),成为第一汽车制造厂生产配套气动元件的工厂。1975 年后我国又建立了威海、肇庆、阜新等气动元件厂。近年来,相继从国外引进了先进的生产技术,正在逐步改变目前国内气动工业的低水平、质量差、数量少的局面。

思考与训练

1. 填空题

- (1) 液压系统中的工作压力取决于()。
- (2) 在机械装备中,执行元件的运动速度取决于()。
- (3) 液压传动是以运动着液体的()传递动力的。
- (4) 液压传动装置中动力元件和()为能量转换装置。
- (5) 液压传动装置中液压泵和()为能量转换装置。
- (6) 液压传动的工作介质是()。

2. 选择题

(1) 在液压传动中人们利用 () 来传递力和运动。

- A. 固体 B. 液体 C. 气体 D. 绝缘体

(2) () 是液压传动中最重要的参数。

- A. 压力和流量 B. 压力和负载 C. 压力和速度 D. 流量和速度

(3) 与机械传动相比, 液压传动的优点之一是 ()。

- A. 效率高 B. 要求的加工精度低
C. 可以得到严格的定比传动 D. 运动平稳

(4) 可以在机构运行过程中实现大范围的无级调速的传动方式是 ()。

- A. 机械传动 B. 电器传动 C. 气压传动 D. 液压传动

(5) 在液压传动中, 工作液体不起 () 的作用。

- A. 升温 B. 传递动力 C. 传递速度 D. 润滑液压元件

3. 简答与计算题

(1) 两个水平放置的液压缸如图 1-6。活塞 5 用以推动一个工作台, 工作台上运动阻力为 F_R , 活塞 1 上施加作用力 F , 液压缸 2 的缸径为 20mm, 而液压缸 4 的缸径为 50mm, F_R 为 1960N, 在以下几种情况下, 计算密封容积中液体压力并分析两活塞的运动。①当活塞 1 上作用力 F 为 314N。②当 F 为 157N。③当 F 为 628N。(不考虑活塞与液压缸之间的摩擦力以及液体通过间隙的泄漏)。

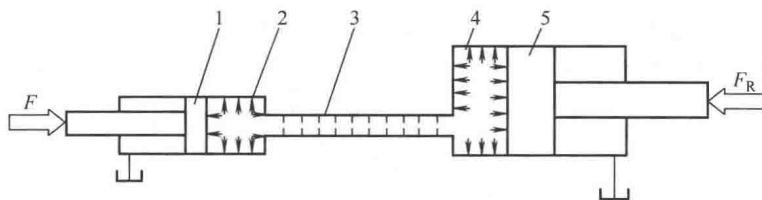


图 1-6 思考与训练 3 (1) 图

1、5—活塞 2、4—液压缸 3—连通器 F —外力 F_R —阻力

(2) 什么是液压和气压传动? 它们的工作原理有何相同点和不同点?

(3) 液压系统有哪些组成部分? 各部分的作用是什么? 气动系统的组成也相同吗?

(4) 试比较液压与气压传动的工作特点。

模块2 液压与气压传动基础

教学实施方案与培养目标

【教学实施方案】通过数控加工中心换刀机械手、磨床工作台、轧钢机等进行任务引入,结合生产中的实际应用,明确教学任务;采用设问、提问、分组讨论等教学方式,调动学生学习的主动性和自觉性;通过教师有重点的课堂讲授,采用多媒体教学、互动式教学和案例教学等教学方法,结合动画演示,加深学生对课程内容的理解,提高学习效率和教学效果。

- 【知识目标】**
1. 了解流体的性质、特点、密度、压缩性和膨胀性;
 2. 掌握流体黏度的定义、黏温特性和黏压特性;
 3. 了解液压油的种类及液压油调和的概念和方法;
 4. 掌握液压油的选用方法及控制液压油污染的途径;
 5. 掌握静压力的特性、压力的表达方法及单位;
 6. 了解理想气体的状态方程、气体状态的变化过程、空气的组成及特性;
 7. 了解流体动力学中常用的一些基本概念及压力损失概念;
 8. 了解液压冲击和气穴现象产生的原因及危害;
 9. 掌握解决液压冲击和预防气穴和气蚀现象应采取的措施。

- 【能力目标】**
1. 掌握静力学基本方程、静止液体对固体壁面作用力的计算方法;
 2. 了解自由空气变成压缩空气的流量计算方法;
 3. 掌握连续性方程、伯努利方程、动量方程的具体内容 and 应用;
 4. 掌握压力损失、流体流经小孔和缝隙的流量计算方法。

- 【教学重点】**
1. 黏度的定义、黏温特性和黏压特性;
 2. 静压力的特性、压力的表达方法及单位;
 3. 液压油的选用方法及控制液压油污染的途径;
 4. 静力学基本方程、连续性方程、伯努利方程的具体内容 and 应用;
 5. 压力损失、流体流经小孔和缝隙的流量计算方法。

【教学难点】伯努利方程、动量方程的应用。

【考核与评价】主要考核学生对黏度、静压力概念和特性的掌握,以及静力学基本方程、连续性方程、伯努利方程等具体应用程度。通过学生回答问题情况、分组讨论情况、教学互动情况、听课状态、完成思考与训练情况等综合评价学生的学习成绩。

【建议学时】6~8 学时。

项目 2.1 流体及物理性质

任务 2.1.1 流体的概念

任务引入:数控加工中心的换刀机械手是气压传动,一些机床的工作台是液压传动。这