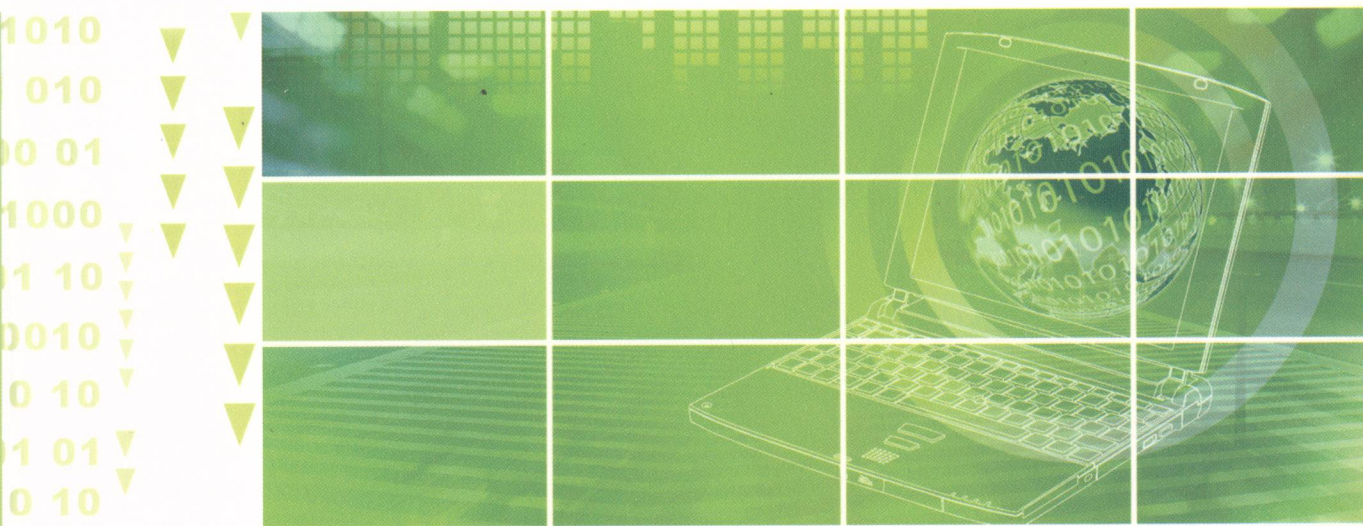




新世纪高职高专课程与实训系列教材



液压与气动技术

王宝敏 主 编
胡蕴海 王 稳 副主编

内容特色:

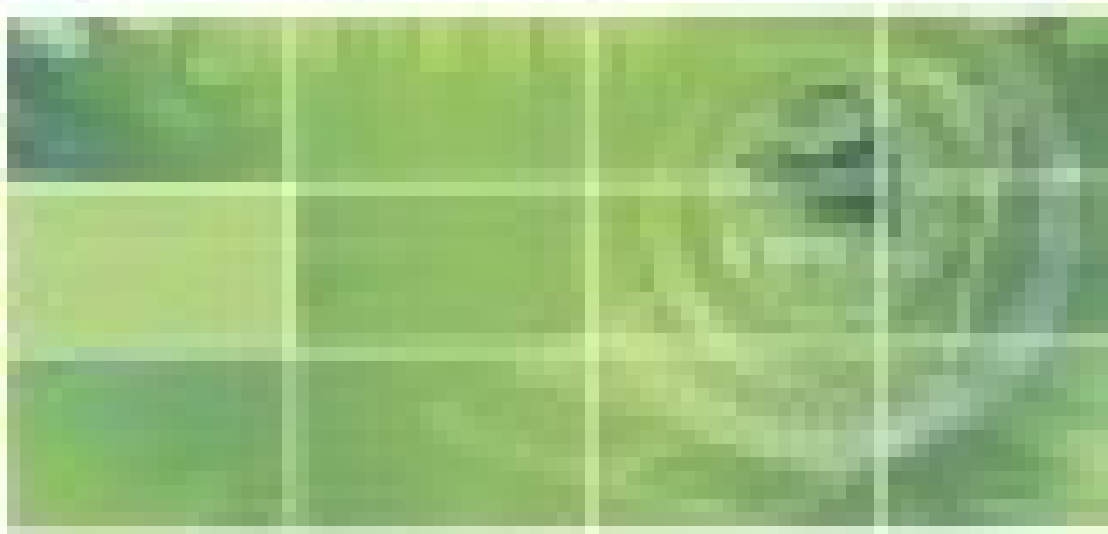
- 注重基础知识的学习与讲解
- 配有丰富的案例与上机实训题
- 指导步骤清晰, 参考源文件丰富
- 每本教材均有配套的电子教案

清华大学出版社





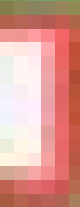
机械工业出版社“十二五”规划教材 机电类专业系列教材



液压与气动技术

第2版

机械工业出版社



新世纪高职高专课程与实训系列教材

液压与气动技术

王宝敏 主 编

胡蕴海 王 稳 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书采用高等职业教育的技术应用特色,着重以职业能力为本位,突出学生技术应用能力和创新能力的培养;采用将液压与气压传动技术融为一体的编写风格,采用液压与气压传动技术的真实应用案例实现理论教学与实践训练一体化。本书主要内容包括液压与气压传动技术的基础知识,液压与气压传动的动力源和执行元件,各种液压与气压传动元件的结构、拆装、调试与修理,典型液压与气压传动回路的应用与构建,典型液压(气压)传动系统的应用与分析等。

本书既可作为高职高专院校机电专业和机械类专业学生的教材,也可作为成人教育相关专业的教材,还可供技术培训人员使用或参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

197079
液压与气动技术/王宝敏主编;胡蕴海,王稳副主编.——北京:清华大学出版社,2011.8
(新世纪高职高专课程与实训系列教材)

ISBN 978-7-302-25914-5

I. ①液… II. ①王… ②胡… ③王… III. ①液压传动—高等教育—教材②气压传动—高等教育—教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 110149 号

责任编辑:章忆文 桑任松

封面设计:山鹰工作室

版式设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:16.75 字 数:396 千字

版 次:2011 年 8 月第 1 版 印 次:2011 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.80 元

产品编号:035535-01

前 言

本书根据高等职业学院培养企业生产一线的高素质技能型人才的培养目标,通过对机电一体化技术专业和机械制造专业的学生就业岗位需求和职业典型工作任务分析,侧重培养学生的基本技能,以提高学生的动手能力为主线,按工作过程的项目任务和课程的基本知识确定学习内容。本书从液压气动的应用实例由简到繁、由浅入深逐渐展开,注重基本操作和实际应用训练,充分体现了高等职业教育的特点。本书立足于高职高专人才培养目标,力求将岗位的核心知识融于专业技术能力的培养过程中,力求使教材突出实用性、指导性和可操作性。

本书共分为 8 章,每章也可以作为一个教学情境,主要内容包括液压与气压传动基础知识,液压与气压传动的动力装置、执行元件,方向控制阀与换向回路,压力控制阀与压力控制回路,流量控制阀与速度控制回路,新型控制阀与多缸控制等回路,液压与气压传动技术的典型应用与分析等。本书尝试将液压传动技术与气压传动技术融为一体编写,且不是按原来的液压传动技术理论体系、气压传动技术理论体系编写,有利于学生对照学习掌握两种技术。在章节安排上考虑更多的是学生毕业后在液压、气压传动回路的构建与维护上,突出培养学生构建液压、气压传动回路的技能,同时培养学生液压、气压传动系统维护的技能,理论知识够用即可。建议按 52~72 学时讲授。

本书由王宝敏担任主编,胡蕴海、王稳担任副主编。其中无锡商业职业技术学院王宝敏老师编写了第 1 章、第 3 章和第 4 章,江苏信息职业技术学院胡蕴海老师编写了第 2 章、第 5 章和第 8 章,江苏建湖职业技术学院王稳老师编写了第 6 章、第 7 章。另外无锡远山科技有限公司的袁树成经理提出了许多建设性的意见,在此,我们表示衷心的感谢。

由于我们的编写水平和经验有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 认知液压与气压传动技术	1
1.1 液压传动与气压传动技术概述	2
1.1.1 液压传动与气压传动技术发展状况	2
1.1.2 液压传动系统的工作原理	3
1.1.3 液压传动系统的组成	4
1.1.4 气压传动系统的组成	5
1.1.5 液压与气压传动技术的工程表示	6
1.1.6 液压与气压传动技术的特点	6
1.2 流体力学基础	7
1.2.1 流体静力学基本知识	7
1.2.2 流体动力学基础	11
1.2.3 管路中液体的能量损失	14
1.2.4 液体流经小孔和缝隙的流量	16
1.2.5 液压传动系统的异常现象	19
1.2.6 气压传动基本知识	20
1.3 液压油的选用	21
1.3.1 液压油的主要性质	21
1.3.2 液压工作介质的要求	23
1.3.3 液压工作介质的选择	24
1.3.4 液压油的污染与控制	25
1.4 工作实训营	26
1.4.1 训练实例一：液压千斤顶的使用与维护	27
1.4.2 训练实例二：公共汽车开关门系统分析	27
1.4.3 工作实践中常见问题解析	28
1.5 习题	29
第2章 动力源	30
2.1 液压泵	31
2.1.1 概述	31
2.1.2 齿轮泵	34
2.1.3 叶片泵	38
2.1.4 柱塞泵	45
2.1.5 液压泵的主要性能和选用	48
2.2 气源装置	49
2.2.1 概述	49
2.2.2 气源装置的组成	49
2.3 工作实训营	54
2.3.1 训练实例一：齿轮泵的拆装	54
2.3.2 训练实例二：叶片泵的拆装	55
2.3.3 工作实践中常见问题解析	57
2.4 习题	61
第3章 执行元件	62
3.1 液压缸	63
3.1.1 液压缸的类型	63
3.1.2 活塞式液压缸的工作性能	64
3.1.3 柱塞式液压缸的工作性能	66
3.1.4 摆动式液压缸的工作性能	66
3.1.5 其他液压缸的工作性能	67
3.1.6 液压缸的典型结构和组成	69
3.1.7 液压缸的结构设计	74
3.2 气缸	77
3.2.1 气缸的类型与结构	77
3.2.2 气缸的性能参数	82
3.3 液压马达与气动马达	83
3.3.1 液压马达	83
3.3.2 气动马达	91
3.4 工作实训营	95
3.4.1 训练实例一：液压缸的选用	95
3.4.2 训练实例二：液压马达的选用	96
3.4.3 训练实例三：气缸的选用与维护	98



3.4.4 训练实例四：液压缸的 拆装与维护.....	98	5.2.2 溢流阀.....	152
3.4.5 工作实践中常见问题解析.....	99	5.2.3 顺序阀.....	152
3.5 习题.....	101	5.3 液压压力控制回路.....	153
第4章 方向控制阀与换向回路.....	103	5.3.1 调压回路.....	153
4.1 液压换向元件.....	104	5.3.2 减压回路.....	154
4.1.1 概述.....	104	5.3.3 增压回路.....	155
4.1.2 单向阀.....	105	5.3.4 卸荷回路.....	156
4.1.3 液压换向阀.....	106	5.3.5 保压回路.....	157
4.2 气动换向元件.....	112	5.3.6 平衡回路.....	158
4.2.1 气动单向型控制阀.....	112	5.3.7 释压回路.....	159
4.2.2 气动换向控制阀.....	114	5.4 气动压力控制回路.....	160
4.3 辅助元件.....	116	5.5 工作实训营.....	162
4.3.1 液压辅助元件.....	116	5.5.1 训练实例一：溢流阀的 拆装与维护.....	162
4.3.2 气动辅助元件.....	131	5.5.2 训练实例二：构建液压压力 控制回路.....	164
4.4 换向回路.....	133	5.5.3 训练实例三：构建气动压力 控制回路.....	164
4.4.1 液压换向回路.....	133	5.5.4 工作实践中常见问题解析.....	164
4.4.2 气动换向回路.....	135	5.6 习题.....	166
4.5 工作实训营.....	136	第6章 流量控制阀与速度控制回路.....	168
4.5.1 训练实例一：换向阀的 拆装与维护.....	136	6.1 液压流量控制阀.....	169
4.5.2 训练实例二：构建液压 换向回路.....	138	6.1.1 概述.....	169
4.5.3 训练实例三：构建气动压传 换向回路.....	139	6.1.2 节流阀.....	169
4.5.4 工作实践中常见问题解析.....	139	6.1.3 调速阀.....	170
4.6 习题.....	140	6.2 气动换向元件.....	172
第5章 压力控制阀与压力控制回路.....	142	6.3 速度控制回路.....	173
5.1 液压压力控制阀.....	143	6.3.1 液压速度控制回路.....	173
5.1.1 溢流阀.....	143	6.3.2 气动速度控制回路.....	187
5.1.2 减压阀.....	146	6.4 工作实训营.....	190
5.1.3 顺序阀.....	147	6.4.1 训练实例一：流量控制阀的 拆装与维护.....	190
5.1.4 压力继电器.....	149	6.4.2 训练实例二：构建液压速度 控制回路.....	191
5.1.5 溢流阀、减压阀和顺序阀的 比较.....	150	6.4.3 训练实例三：构建气动节流 调速回路.....	191
5.2 气动压力控制阀.....	151	6.4.4 工作实践中常见问题解析.....	191
5.2.1 减压阀.....	151	6.5 习题.....	192

第7章 新型控制阀与控制回路193	
7.1 新型控制阀.....194	
7.1.1 插装阀.....194	
7.1.2 叠加阀.....198	
7.2 气动逻辑元件.....199	
7.2.1 概述.....199	
7.2.2 高压截止式逻辑元件.....199	
7.2.3 逻辑元件应用实例.....203	
7.3 电液比例控制阀.....204	
7.3.1 概述.....204	
7.3.2 比例压力阀.....205	
7.3.3 比例流量阀.....206	
7.3.4 比例方向阀.....207	
7.3.5 电液伺服阀.....207	
7.3.6 电液数字控制阀.....209	
7.4 多缸动作回路.....212	
7.4.1 液压多缸动作回路.....212	
7.4.2 气动连续往复动作回路.....215	
7.5 工作实训营.....218	
7.5.1 训练实例一：构建汽车 起重机液压系统.....218	
7.5.2 训练实例二：构建气动延时 回路.....219	
7.5.3 训练实例三：构建液压多缸 动作回路.....219	
7.5.4 工作实践中常见问题解析.....219	
7.6 习题.....220	
第8章 典型液压与气压传动系统223	
8.1 YT4543 型组合机床动力滑台液压 传动系统.....224	
8.1.1 滑台动作循环及对液压传动 系统的要求.....224	
8.1.2 滑台液压传动系统的 工作原理.....225	
8.1.3 滑台液压传动系统的特点.....227	
8.2 YB32-200 型四柱万能液压机 液压传动系统.....227	
8.2.1 液压机的工作循环.....227	
8.2.2 液压机液压传动系统的 工作原理.....228	
8.2.3 液压机液压传动系统的 特点.....231	
8.3 SZ-250A 型塑料注射成型机 液压传动系统.....231	
8.3.1 工作循环及对液压传动系统的 要求.....231	
8.3.2 液压传动系统的工作原理.....232	
8.3.3 液压传动系统的工作特点.....236	
8.4 数控车床液压传动系统.....237	
8.4.1 液压传动系统的工作原理.....238	
8.4.2 液压传动系统的特点.....240	
8.5 机械手气动系统.....240	
8.5.1 气动系统的工作过程.....240	
8.5.2 气动系统的工作原理.....241	
8.6 客车车门气动系统.....243	
8.6.1 气动系统的工作过程.....243	
8.6.2 气动系统的工作原理.....243	
8.7 工作实训营.....244	
8.7.1 训练实例一：MJ-50 型数控 车床液压传动系统的使用.....244	
8.7.2 训练实例二：构建客车车门 气压控制系统.....244	
8.7.3 工作实践中常见问题解析.....245	
8.8 习题.....246	
附录 常用液压与气压传动元件图形符号 (GB/T 786.1—1993 摘录)249	
参考文献255	

第1章 认知液压与气压传动技术

【教学目标】

- 理解液压传动与气压传动的原理。
- 熟悉液压传动系统与气压传动系统的组成。
- 了解液压传动与气压传动的特点。
- 掌握流体力学基础知识。
- 熟悉液压油的性能与类型。
- 学会识别液压传动系统。
- 学会识别气压传动系统。
- 学会正确选用液压油。

【工程应用导航一】

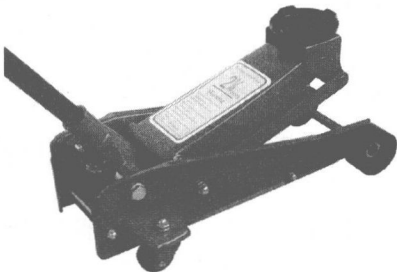
液压传动是以液体为工作介质，通过密闭容器里液体内部的压力传递运动和动力的一种传动方式。液压传动基于帕斯卡原理。液压油既是传递动力或运动的介质，又是润滑剂。流体在流动过程中遵循连续性原理，同时在流动过程中有压力损失。

液压传动技术是实现各类机械装备传动及控制的重要手段，广泛应用于工程机械(挖掘机、装载机、压路机等)、起重运输机械(汽车吊、港口龙门吊、装卸机械等)、汽车工业(自卸汽车、平板车、汽车中的转向器等)、矿山机械(凿岩机、开采机、破碎机、液压支架等)、建筑机械(打桩机、平地机、液压千斤顶等)、冶金机械(轧钢机、压力机等)、农业机械(联合收割机、拖拉机等)、轻工机械(打包机、注塑机、造纸机等)、智能机械(数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等)等行业。

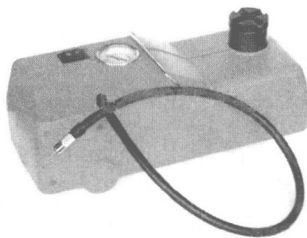
液压千斤顶是用刚性顶举件作为工作装置，通过顶部托座或底部托爪在小行程内顶升重物的设备。图 1-1 是液压千斤顶的实物图。液压千斤顶的结构简单、体积小、重量轻，可输出很大的推力且无冲击振动。它是行走机械、工程机械、机动车辆等工程作业和小型设备维修和养护的必备工具。



(a) 立式液压千斤顶



(b) 卧式液压千斤顶



(c) 车用电动液压千斤顶

图 1-1 液压千斤顶

【引导问题】

- (1) 你了解液压传动的哪些知识?
- (2) 你能看懂各液压系统符号的意义吗?
- (3) 你知道液压千斤顶的工作原理是什么吗?
- (4) 能否举出液压系统在工程上使用的实例?

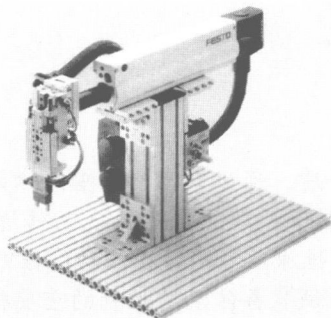
【工程应用导航二】

气压传动(有时简称气动)是以空气为工作介质,进行能量传递或信号传递及控制。气压传动的工作介质是压缩空气,且压缩空气必须保持清洁和干燥。

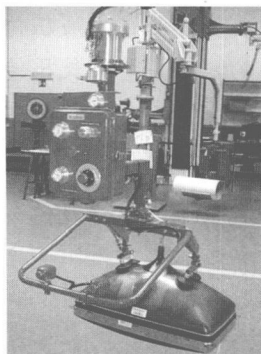
气压传动因空气用量不受限制,排气处理简单,不污染环境,且气动装置结构简单、轻便,安装维护简便,使气压传动系统在机械行业、冶金行业、轻纺行业、食品行业、化工行业、交通运输行业、航空航天等应用十分广泛。图 1-2 所示为气压传动的应用实例。



(a) 气动铆螺母枪



(b) 气动机械手



(c) 气动助力机械手

图 1-2 气压传动的应用实例

【引导问题】

- (1) 你了解气压传动的哪些知识?
- (2) 你能看懂各气压传动系统符号的意义吗?
- (3) 你能否举出气压传动技术在工程上使用的实例?

1.1 液压传动与气压传动技术概述

1.1.1 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订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的使用。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有计划地开展引进、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,使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。

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在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,我国得到迅速发展的气压传动行业将会达到世界先进水平。

1.1.2 液压传动系统的工作原理

图 1-3(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 1-3(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 1-3(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。

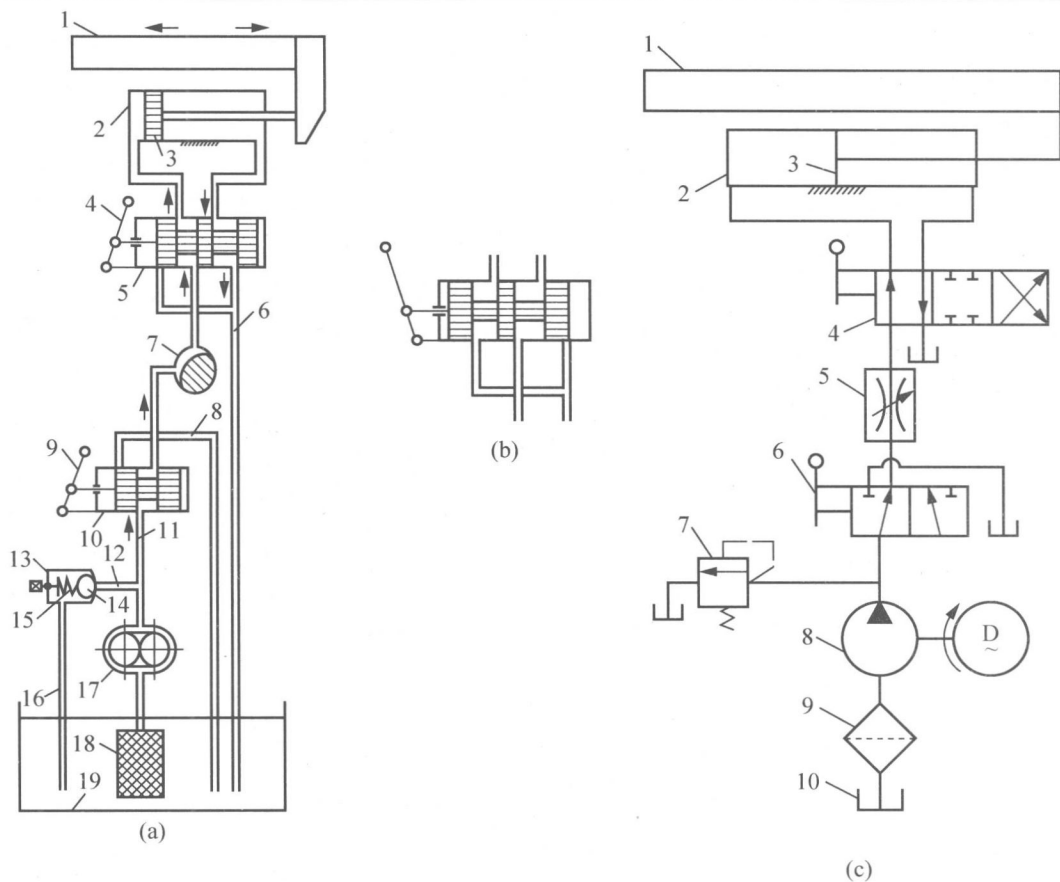


图 1-3 机床工作台液压控制系统工作原理图

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

1.1.3 液压传动系统的组成

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、管接头等为辅助元件。

1.1.4 气压传动系统的组成

气压传动系统的基本构成如图 1-4 所示。气动元件按功能可分成以下几类。

1. 气压发生装置

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。

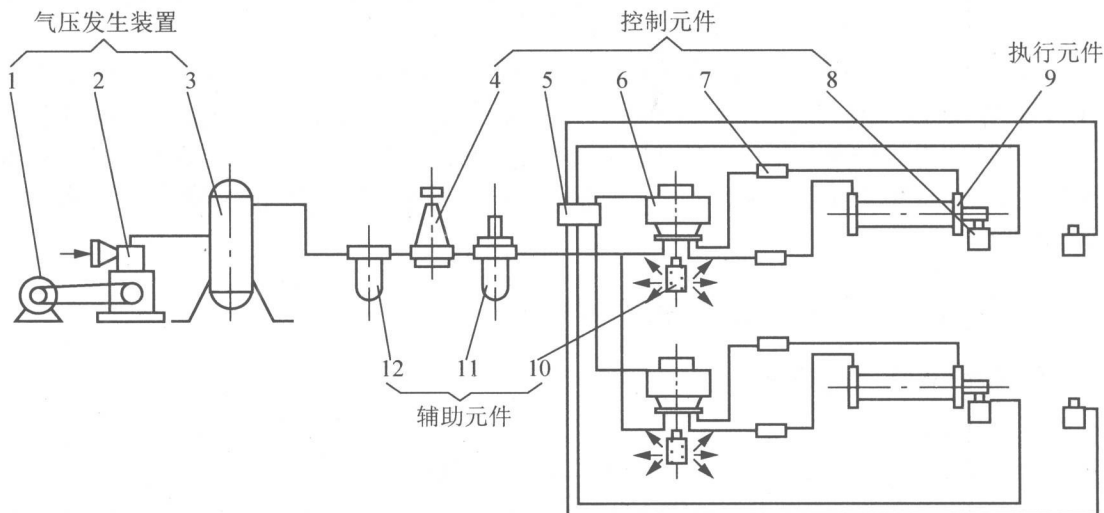


图 1-4 气压传动系统组成示意图

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

2. 执行元件

把压缩空气的压力能转化为机械能,以驱动执行元件作往复或旋转运动。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进行工作。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. 真空元件

利用压缩空气的流动形成一定真空来吸吊物体。辅助元件主要包括真空发生器、真空吸盘、真空压力开关和真空过滤器等。

1.1.5 液压与气压传动技术的工程表示

如图 1-3(a)所示的液压传动系统图是一种半结构式的工作原理图。它直观性强,容易理解,但难以绘制。在实际工作中,除少数特殊情况下,一般都采用国家标准 GB/T 786.1—2001 所规定的液压与气压传动元件的图形符号(参看附录)来绘制,如图 1-3(c)所示。

对于我国制订的液压与气压传动元件的图形符号,有以下几条基本规定。

(1) 符号只表示元件的职能,连接系统的通路,不表示元件的具体结构和参数,也不表示元件在机器中的实际安装位置。

(2) 元件符号内的油液流动方向用箭头表示,线段两端都有箭头的,表示流动方向可逆。

(3) 符号均以元件的静止位置或中间零位置表示,当系统的动作另有说明时,可作例外。

使用图形符号既便于绘制,又可使液压与气压传动系统简单明了。当有些元件无法用图形符号表达或国家标准中未列入时,可根据标准中规定的符号绘制规则和所给出的符号进行派生。

1.1.6 液压与气压传动技术的特点

1. 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、重量轻、结构紧凑。例如,同功率液压马达的重量只有电动机的 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 1000m/min,回转转速为 500r/min)。

(4) 操纵控制方便,可实现大范围的无级调速(调速范围达 2000:1),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。

2. 气压传动技术的特点

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) 由于空气的黏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 0.005m/s 时,宜采用气液联合控制。
- (2) 工作压力低(一般小于 0.8MPa),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 10kN 。
- (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。

1.2 流体力学基础

1.2.1 流体静力学基本知识

流体静力学是研究液体处于相对平衡状态下的力学规律及实际应用。相对平衡是指液体内部各质点间没有相对运动。

1. 压力的定义

液体在单位面积上所受的垂直力称为压力(在物理学中称为压强), 压力通常用 p 表示。压力的国际单位为 N/m^2 , 即 Pa , 但工程上常用 MPa 或 kgf/cm^2 , 两者换算关系为: $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}=10.2\text{kgf/cm}^2$ 。若在液体的面积 A 上受均匀分布的作用力 F , 则压力可表示为

$$p = \frac{F}{A} \quad (1-1)$$

式中: p ——压力, Pa ;

F ——作用力, N ;

A ——受力面积, m^2 。

2. 静压的传递原理

据帕斯卡原理可知, 在密闭容器中的静止液体, 由外力作用在液面的压力能等值地传到液体内部的所有各点。

如图 1-5 所示, A_1 、 A_2 分别为液压缸 1 和 2 的活塞面积, 两缸用管道连通。液压缸 2 内的活塞上有重力 W , 当给液压缸 1 的活塞上施加力 F_1 时, 液体中产生了 $p=F_1/A_1$ 的压力。当压力 $p=W/A_2$ 时, 液压缸 2 的活塞开始运动。

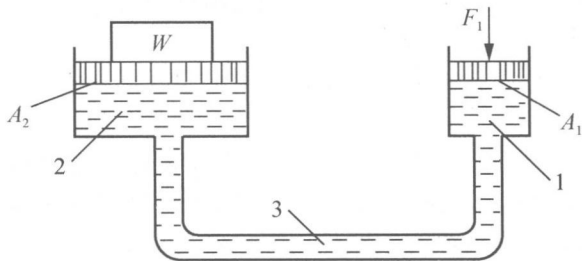


图 1-5 帕斯卡原理的应用

3. 静压力的特性

静压力传动有以下特点。

(1) 传动必须在密封容器内进行。

(2) 系统内压力大小取决于外负载的大小。也就是说, 液体的压力是由于受到各种形式的阻力而形成的, 当外负载 $W=0$ 时, 则 $p=0$ 。

(3) 液压传动可以将力放大, 力的放大倍数等于活塞面积之比, 即

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{W}{A_2} \quad (1-2)$$

或

$$\frac{W}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} \quad (1-3)$$

式中: F_1 ——施加于小活塞上的力, N ;

W ——大活塞所受重力, N ;

A_1 ——液压缸 1 的活塞面积, m^2 ;

A_2 ——液压缸 2 的活塞面积, m^2 。

4. 压力的表示方法

压力表示方法有绝对压力和相对压力两种。

以绝对真空($p=0$)为基准,测得的压力为绝对压力;以大气压力为基准,测得的压力为相对压力。

若绝对压力大于大气压力,则相对压力为正值,由于大多数测压仪表所测得的压力都是相对压力,所以相对压力也称为表压力;若绝对压力小于大气压力,则相对压力为负值,比大气压力小的那部分称为真空度。图 1-6 所示为绝对压力、相对压力和真空度三者之间的关系。

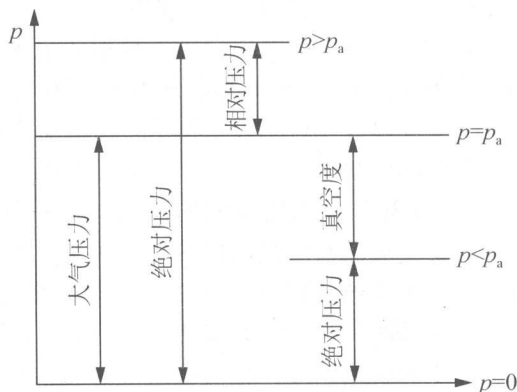


图 1-6 绝对压力、相对压力和真空度三者之间的关系

5. 液体作用在固体壁面上的力

液体流经管道和控制元件,并推动执行元件做功,在这期间都要和固体壁面接触。因此,需要计算液体对固体壁面的作用力。

当固体壁面为一平面时,液体对平面的作用力 F , 等于液体的压力 p 乘以该平面的面积 A , 即

$$F = pA \quad (1-4)$$

液体对曲面的作用力,如图 1-7 所示,曲面面积为 A , 曲面上作用的压力为 p , 则液体对固体壁面的作用力按以下方法计算。

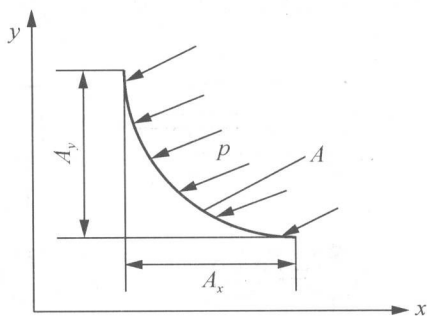


图 1-7 液体对曲面作用力