



国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

液压与气动技术 应用

主编 梁建和 况照祥

主审 黄相山



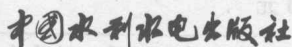
中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

主编 梁建和 况照祥

主审 黄相山



www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材是国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材之一。本教材采用任务驱动的教学设计,通过“做、学、教一体化”模式组织教学,显现出鲜明的高等职业教育特色。全书由11个项目和29个任务组成。项目1至项目11分别为:典型流体传动系统认识、液压传动方向控制、液压传动压力控制、液压传动速度控制、液压系统装调及使用维护、典型液压系统分析及故障诊断排除、液压传动系统现代化技术应用、压缩空气站及气动系统辅助元件拆检、气动基本回路装调、气动逻辑伺服控制与系统应用、液力变矩器拆装与检修。

本教材是针对机电类和近机类高等职业教育而编写的,可作为高职高专院校相关专业的教材,也可以作为各类业余大学、函授大学、电视大学及中等职业学校相关专业的教学参考书,并可供相关专业工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动技术应用 / 梁建和, 况照祥主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 8
国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材
ISBN 978-7-5170-2366-1

I. ①液… II. ①梁… ②况… 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. ①TH137②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第195070号

书 名	国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材 液压与气动技术应用
作 者	主编 梁建和 况照祥 主审 黄相山
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 15.75印张 373千字
版 次	2014年8月第1版 2014年8月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	36.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

编 委 会

主 任：刘延明

副主任：黄伟军 黄 波 皮至明 汪卫星

委 员：张忠海 吴汉生 凌卫宁 陆克芬

邓海鹰 梁建和 宁爱民 黄晓东

陈炳森 方 崇 陈光会 方渝黔

况照祥 叶继新 许 昕 欧少冠

梁喜红 刘振权 陈治坤 包才华

秘 书：饶亚娟

前言

本教材是国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材之一。

为了贯彻教育部 2006 年 16 号文的精神,适应职业教育发展的需要,本教材全面贯彻以工作过程为指导思想、以行动引导型教学法组织教材内容的原则,采用项目载体、任务驱动的方案通过“做、学、教一体化”模式组织教学,显现出鲜明的高等职业教育特色。全书由 11 个项目组成,每个项目由实践性较强的任务作引导,突出以能力为本位、以应用为目的,符合“用感性引导理性,从实践导入理论,从形象过渡到抽象”的认识规律,具备“寓基础于应用中,寓理论于实践中,寓枯燥于兴趣中”的特点。在教学内容的处理和安排上,主要是将流体力学基础、基本回路两部分的内容不再单独作为重点集中列出,用到即讲,不用即罢,体现了理论够用为度的原则;按照执行元件对外的出力、方向、速度等表现将元件和回路合在一起讲,突出了应用概念;鉴于液压传动技术与气压传动技术两者既有很多共同之处,也有不少相异点,故没有将液压和气动完全融为一体。照顾到汽车和工程机械类专业的需要,还简明扼要地介绍了液力变矩器和典型工程机械液压传动系统。以 DN2800 蝴蝶阀液压控制系统为例详细介绍了液压系统图的阅读方法;以液压起重机和水轮机调速器为例,介绍了典型液压系统故障分析处理的具体过程和方法;以组合机床液压动力滑台、液压压力机、液压注射机等三种典型机器的液压系统为例,由浅入深地介绍系统分析步骤和任务。对于现代控制在液压传动领域的应用,除介绍比例阀和数字阀外,还以车床液压仿形刀架为例,介绍液压伺服系统工作原理及其数控化改造技术;以挖掘机工作臂液压系统的数控化改造为例,全面介绍了液压系统数字执行元件的结构原理和计算机控制技术,为分析现代化液压系统或进行老液压系统的数控化改造打下基础。可以说,本书无论是在内容选择处理还是在教学方法的运用上,都符合高职院校机电类和近机类专业的教学需要和当前我国高等职业教育发展的方向。

参加本书编审的人员及具体分工如下:广西水利电力职业技术学院梁建和编写项目 1、项目 6,苏万清编写项目 9、项目 10,刘棣中编写项目 3,安顺

职业技术学院黄占石编写项目 2、项目 11；梧州职业学院梁荣汉编写项目 4、项目 5，黔西南民族职业技术学院况照祥编写项目 7、项目 8。本书由梁建和、况照祥担任主编，黄相山担任主审。全书由广西水利电力职业技术学院梁建和教授统稿；由南宁五菱桂花车辆有限公司总工程师黄相山担任主审，他对本教材提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请广大同行及读者批评指正。

编者

2014 年 5 月

目 录

前言

项目 1 典型流体传动系统认识	1
任务 1.1 液压千斤顶的使用与拆装	1
【相关知识】 液压与气动技术基础知识	2
1.1.1 液压与气动技术基本原理及系统图形符号	2
1.1.2 液压传动的主要优缺点	4
任务 1.2 检测液压油黏温特性	5
【相关知识】 流体传动的工作介质	6
1.2.1 液压油	6
1.2.2 空气	10
【拓展知识】 液压传动的力学基础	11
一、液体静力学基础	11
二、液体动力学基础	12
小结	16
复习思考题	17
项目 2 液压传动方向控制	18
任务 2.1 液压缸拆装	18
【相关知识】 液压缸	19
2.1.1 活塞式液压缸	19
2.1.2 柱塞式液压缸	22
2.1.3 摆动缸	22
2.1.4 其他液压缸	23
2.1.5 液压缸的典型结构	25
2.1.6 缓冲装置	29
2.1.7 液压缸的排气装置	30
任务 2.2 换向控制阀拆装及液压缸伸缩控制	31
【相关知识】 液压缸的方向控制	31
2.2.1 换向阀的类型、原理与结构	31
2.2.2 液压缸的伸缩控制	38
2.2.3 油管和管接头	39
任务 2.3 单向控制阀拆装与锁紧回路装调	42

【相关知识】 锁紧控制.....	44
2.3.1 单向阀的类型、原理与结构.....	44
2.3.2 用单向阀的锁紧回路.....	44
2.3.3 换向控制阀的选用.....	45
小结	45
复习思考题	45
项目3 液压传动压力控制	47
任务3.1 溢流阀拆装及卸荷回路分析	47
【相关知识】 溢流阀.....	48
3.1.1 溢流阀的类型、原理与结构.....	48
3.1.2 溢流阀的应用及调压回路.....	50
3.1.3 溢流阀的特性.....	52
任务3.2 顺序阀拆装与顺序回路装调	54
【相关知识】 顺序控制.....	54
3.2.1 顺序阀的类型、原理与结构.....	55
3.2.2 压力继电器.....	55
3.2.3 顺序动作回路.....	56
3.2.4 平衡回路.....	58
任务3.3 减压阀拆装与减压回路装调	60
【相关知识】 压力的减增保卸控制.....	60
3.3.1 减压阀类型、特点及应用.....	60
3.3.2 压力的减增保卸控制回路.....	61
【拓展知识】 蓄能器的类型、结构特点及应用.....	64
一、蓄能器的功用	64
二、蓄能器的类型和结构特点	65
三、蓄能器的安装及使用	66
小结	66
复习思考题	66
项目4 液压传动速度控制	68
任务4.1 拆装流量阀	68
【相关知识】 流量控制阀.....	69
4.1.1 流量控制原理及节流口形式.....	69
4.1.2 节流阀.....	70
4.1.3 调速阀.....	71
任务4.2 节流调速控制回路装调	72
【相关知识】 节流调速控制回路.....	73
4.2.1 采用节流阀的节流调速回路.....	73

4.2.2 采用调速阀的节流调速回路	74
任务 4.3 拆装定量泵	74
【相关知识】 液压动力元件	76
4.3.1 液压动力元件概述	76
4.3.2 液压泵的主要性能参数	76
4.3.3 定量泵	80
任务 4.4 拆装变量泵	82
【相关知识】 变量泵—定量执行元件的容积调速控制	85
4.4.1 变量叶片泵	85
4.4.2 轴向变量柱塞泵	87
4.4.3 变量泵—定量执行元件的容积调速回路	89
任务 4.5 液压马达拆装	91
【相关知识】 用液压马达作执行元件的容积调速控制	92
4.5.1 液压马达	92
4.5.2 定量泵—变量执行元件的容积调速回路	95
4.5.3 变量泵—变量执行元件的容积调速控制	95
任务 4.6 快速运动回路装调	96
【相关知识】 快速与速度换接控制	97
4.6.1 液压缸差动连接快速运动控制	97
4.6.2 用蓄能器的快速运动控制	98
4.6.3 增速缸快速运动控制	98
4.6.4 双泵供油快速运动控制	98
4.6.5 速度换接回路	99
【拓展知识】 容积节流调速控制与多缸速度同步回路	100
一、容积节流调速控制	100
二、多缸速度同步回路	102
小结	103
复习思考题	104
项目 5 液压系统装调及使用维护	108
任务 5.1 阅读液压系统图	108
【相关知识】 液压系统分类及系统图阅读	111
5.1.1 按液压传动系统的工况要求与特点分类	111
5.1.2 如何阅读液压系统图	112
5.1.3 阅读液压系统图的一般步骤	112
任务 5.2 装调液压系统	112
【相关知识】 液压系统的安装调试	113
5.2.1 油箱的用途与结构	113
5.2.2 滤油器的用途与结构类型	114

5.2.3 液压元件的安装	117
5.2.4 管道的安装	119
5.2.5 液压系统使用与维护基本知识	122
5.2.6 液压系统使用与维护注意事项	122
【拓展知识】 液压装置的噪音和振动	123
一、空穴现象	124
二、液压冲击	124
小结	125
复习思考题	125
项目 6 典型液压系统分析及故障诊断排除	126
任务 6.1 液压系统故障诊断及排除	126
【相关知识】 液压系统故障分析与排除	127
6.1.1 液压系统故障特点及检查分析的一般方法	127
6.1.2 液压系统及液压元件常见故障分析排除	128
任务 6.2 典型液压系统故障分析处理	139
【相关知识】 汽车起重机液压系统故障的分析处理	140
6.2.1 汽车起重机液压系统分析	140
6.2.2 汽车起重机整机全部动作故障	142
6.2.3 汽车起重机变幅液压系统故障的分析处理	142
6.2.4 汽车起重机支腿液压系统故障的分析处理	145
【拓展知识】 液压系统分析及常见故障处理实例	148
一、水轮机调速器液压系统常见故障分析处理	148
二、组合机床液动力滑台液压系统分析	157
三、液压压力机液压系统分析	160
四、注射机液压系统分析	163
小结	167
复习思考题	168
项目 7 液压传动系统现代化技术应用	169
任务 7.1 新型液压控制阀拆装	169
【相关知识】 电液比例阀	170
7.1.1 电液比例溢流阀	170
7.1.2 电液比例换向阀	171
7.1.3 电液比例流量阀	172
任务 7.2 数控化改造后的液压仿形车床拆装	173
【相关知识】 液压伺服系统工作原理及数控化改造	173
7.2.1 液压伺服系统工作原理	174
7.2.2 车床液压仿形伺服系统数控化改造	175

任务 7.3 液压挖掘机工作臂的数控化改造	176
【相关知识】 液压伺服系统的计算机控制技术	176
7.3.1 直线驱动液压伺服系统数控化改造	177
7.3.2 回转驱动液压伺服系统数控化改造	178
7.3.3 挖掘机工作臂液压系统的数控化改造	179
【拓展知识】 插装阀、叠加阀及电液数字控制阀	180
一、插装阀	180
二、叠加阀与电液数字控制阀	182
小结	184
复习思考题	184
项目 8 压缩空气站及气动系统辅助元件拆检	185
任务 8.1 气源元件结构拆装	185
【相关知识】 压缩空气站与气源净化装置	186
8.1.1 压缩空气站	186
8.1.2 气源净化装置	187
任务 8.2 气动系统辅助元件结构拆装	190
【相关知识】 气动系统辅助元件	191
8.2.1 油雾器	191
8.2.2 消声器	191
8.2.3 转换器	192
小结	193
复习思考题	193
项目 9 气动基本回路装调	194
任务 9.1 气动控制阀拆装	194
【相关知识】 方向控制阀及方向控制回路	194
9.1.1 方向控制阀的分类	195
9.1.2 方向控制回路	196
任务 9.2 气动基本回路装调	197
【相关知识】 压力控制阀及压力控制回路	197
9.2.1 压力控制阀分类	197
9.2.2 压力控制回路	200
9.2.3 流量控制阀	201
9.2.4 速度控制回路	202
【拓展知识】 气液联动及其他控制回路	203
一、气液联动回路	203
二、其他控制回路	205
小结	206

复习思考题	207
项目 10 气动逻辑伺服控制与系统应用	208
任务 10.1 拆装气动逻辑元件	208
【相关知识】 气动元件	208
10.1.1 高压截止式逻辑元件	209
10.1.2 高压膜片式逻辑元件	211
10.1.3 气动比例阀及气动伺服阀	212
任务 10.2 气动逻辑控制设计	214
【相关知识】 气动逻辑控制	215
10.2.1 气动机械手的工作程序图	215
10.2.2 X-D 线图	216
10.2.3 逻辑原理图	216
10.2.4 气动回路原理图	217
【拓展知识】 气动系统应用实例	217
一、门户开闭回路	217
二、气动工件夹紧系统	219
三、数控加工中心气动换刀系统	219
小结	220
复习思考题	220
项目 11 液力变矩器拆装与检修	221
任务 11.1 液力变矩器拆装	221
【拓展知识】 液力变矩器的基本结构与工作原理	221
一、液力变矩器的基本工作原理	222
二、液力变矩器的结构和液体流态	223
任务 11.2 液力变矩器检修	228
【拓展知识】 液力变矩器的检修	228
一、液力变矩器内部干涉的检查	228
二、液力变矩器维修时的注意事项	229
小结	230
复习思考题	230
附录 常用液压与气动元件图形符号	231
参考文献	238

项目 1 典型流体传动系统认识

教 学 准 备	
项目名称	典型流体传动系统认识
实训任务及 仪器准备	任务 1.1 液压千斤顶的使用与拆装 任务 1.2 检测液压油黏温特性 本项目要准备的实物材料和工具： (1) 实物：液压千斤顶 1 台，含温度计、秒表、恒温浴器的毛细管黏度计 1 套； (2) 工具：卡簧钳 1 把，内六角扳手 1 套，耐油橡胶板 1 块，油盘 1 个及常用机修钳工工具 1 套
知识内容	1. 液压与气动技术基础知识； 2. 流体传动的工作介质； 【拓展知识】液压传动的力学基础
知识目标	了解液压与气压传动系统的基本组成、工作原理和主要优缺点，全面了解液压与气动技术工作介质的用途、种类、主要性质、选择和使用要求
技能目标	掌握液压千斤顶的使用操作，在机械拆装方面获得初步的职业训练
学习重点 难点	重点：液压传动系统的基本组成、工作原理； 难点：液压与气动技术系统图形符号

任务 1.1 液压千斤顶的使用与拆装

1. 实训目的

了解千斤顶液压传动系统的基本组成、工作原理及重要零件的材料、工艺、技术要求，认识相关液压元件的结构和各个零件外形及安装部位，初步掌握液压千斤顶的使用操作，在机械拆装方面获得初步的职业训练。

2. 实训内容 与要求

对液压千斤顶进行常规使用，包括空载操作和带载操作，最后要对液压千斤顶实施拆装。

3. 实训指导

(1) 使用实训指导。

1) 空载操作。关闭卸荷阀，用操作杠杆反复泵油使液压缸活塞杆伸出一定长度；然后，打开卸荷阀，用外力将液压缸活塞杆压回位。

2) 带载操作。①关闭卸荷阀，操作杠杆反复提压泵油，使液压缸活塞杆伸出一定长度将负荷顶起或压迫变型；②打开卸荷阀，用外力将液压缸活塞杆压回位。

(2) 拆装实训指导。

1) 拆装前首先分析产品铭牌，了解型号和基本参数，根据结构特点制定出拆卸工艺



过程并且按此进行拆装。

- 2) 记录元件或零部件的拆卸顺序和方向。
 - 3) 拆卸下来的零部件按顺序分类放置,并要做到不落地、不划伤、不沾水。
 - 4) 拆装卡环等个别零件需要用卡环钳等专用工具;切忌用铁或钢棒直接敲打零件,需要敲打时应通过比待打零件软的铜棒或低碳钢棒进行。
 - 5) 卸下的零件用柴油清洗干净,并去除各工作面的毛刺。
 - 6) 元件装配按与拆卸相反的顺序进行,安装时要注意零件的安装位置、方向和对准定位槽孔。
 - 7) 最后检查现场有无漏装元件,确认安装无误后注入机油,手动检查运动部位,运动部位应能灵活动作。
 - 8) 在拆装中,要注意理论联系实际,重点分析元件的结构要素和工作特性。
- (3) 在实训报告中应重点明确以下问题:
- 1) 液压千斤顶的基本组成和工作原理是什么?系统的压力和活塞运动速度取决于什么?
 - 2) 采用什么样的液压泵和液压缸?其内部有哪些密封工作空间?这些密封工作空间的容积大小是如何变化的?采取哪些具体措施解决泄漏问题?
 - 3) 液压泵如何解决进出油配油?
 - 4) 液压缸活塞杆导向套的作用是什么?

【相关知识】 液压与气动技术基础知识

1.1.1 液压与气动技术基本原理及系统图形符号

液压与气动技术是一门研究以有压流体为传动介质来实现能量传递和控制的学科。由于流体这种工作介质具有独特的物理性能和低污染、低成本的特点,液压传动系统和气压传动系统在能量传递、系统构成及其控制等方面有诸多优势,液压与气动技术发展迅速,在国民经济的各个领域,如在工程机械、冶金、军工、农机、汽车、轻纺、船舶、石油、航空和自动化生产线中,得到了普遍的应用。

目前,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元件新产品,加强产品质量可靠性和新技术应用的研究,积极采用国际标准和执行新的国家标准,合理调整产品结构,对一些性能较差的不符合国家标准的液压件产品采取逐步淘汰的措施。

1. 液压与气动技术的基本原理

液压传动的工作原理如图 1.1 所示,图 1.1 (a) 为液压千斤顶的结构原理图。图中液压缸和液压泵分别装有活塞 8 和柱塞 1,活塞和缸体之间采用间隙配合、橡胶圈密封,柱塞与泵体之间的配合间隙较小,采用间隙密封,也有的加橡胶密封圈。图 1.1 (b) 为其工作原理图,当用手提起杠杆时柱塞 1 就被带动上行,使柱塞泵下腔的密封容积增大、腔内压力下降形成局部真空,在大气压力的作用下出油阀 5 关闭、油箱 10 的油液推开进



油阀3进入柱塞泵的下腔,完成一次吸油动作;接着压下杠杆,柱塞下移、柱塞泵下腔的密封容积减小,腔内压力升高,压力油关闭进油阀3、推出出油阀5挤入液压缸7的下腔,克服重力 W 推动活塞8将重物向上顶起一段距离。如此反复地提压杠杆,就可以使重物不断升起,达到起重的目的。若将控制阀11旋转 90° ,使液压缸下腔直接与油箱连通,在重物的自重作用下,缸内的油液流回油箱,活塞下降至最低位置。在这里推动液压缸运动需要有一定量的压力油,缸内压力的大小取决于作用于活塞杆上的外力 W (重物的重量),活塞的位移量和运动速度取决于进入液压缸的油量和速度;所述一定量的液压油是由柱塞泵产生的,进油阀3和出油阀5一起构成泵的配流装置;缸与油箱的通断由控制阀11控制;其余如管道、油箱等起辅助作用。可见,液压传动系统由工作介质(油)、动力元件(泵)、执行元件(液压缸)、控制元件(阀)和辅助元件(油管、油箱等)组成。

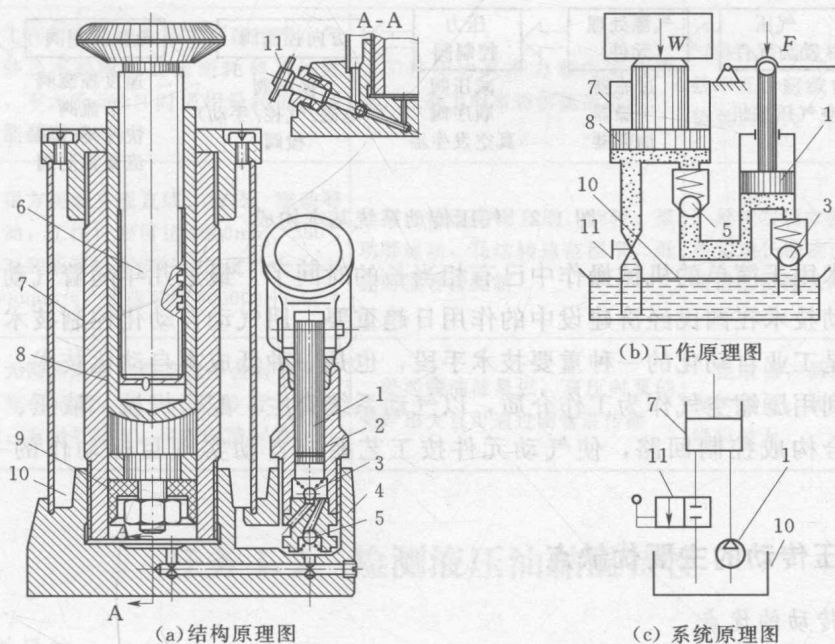


图 1.1 液压千斤顶

1—柱塞; 2—O形圈; 3—进油阀; 4—底座; 5—出油阀; 6—螺旋顶;
7—液压缸; 8—活塞; 9—密封圈; 10—油箱; 11—控制阀

通过分析液压千斤顶的工作过程,可知液压与气动技术有以下几个要点:

- 1) 液压与气动技术是以有压流体作为工作介质来传递动力和运动的。
- 2) 执行元件承载能力的大小与流体压力及其有效作用面积有关,而它的运动速度取决于单位时间内进入缸内流体容积的多少。

3) 液压或气压传动装置本质上是一种能量转换装置,泵先把机械能转换为便于输送的流体压力能,通过回路后,执行元件又将流体压力能转换为机械能输出做功。

2. 液压与气动系统的图形符号

液压与气动系统的图形符号有结构原理图和职能符号图两种。在图 1.1 (b) 中,组



成液压系统的各个元件是用半结构式图形画出来的,这种图形直观性强,较易理解,但较难绘制。在工程实际中,一般依据 GB 786.1—1993《液压气动图形符号》用简单的图形符号来绘制液压与气动系统原理图。例如将图 1.1 (b) 所示的液压系统采用职能符号绘制,则其系统原理图如图 1.1 (c) 所示。应该注意,图中的符号只表示元件的功能,不表示元件的结构和安装位置。使用这些图形符号可使系统图简单明了,绘制方便。常用的液压与气动元件的图形符号见附录。

气压传动简称气动,气压传动系统的基本构成如图 1.2 所示,与液压传动系统基本相同,不同的是气压传动系统的介质直接取于大气,需要处理后才可得到清洁的介质供传动使用,因此,增加了一套气源处理元件。由此可见,气压传动系统的组成也是五个部分:工作介质(气)、动力元件(气泵或称空气压缩机)、执行元件(缸)、控制元件(阀)和辅助元件。

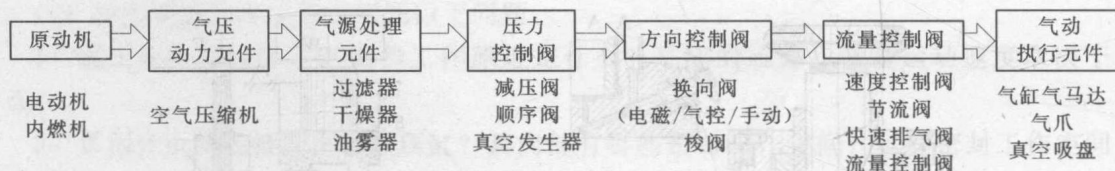


图 1.2 气压传动系统基本构成

气动技术用于简单的机械操作中已有相当长的时间了,最近几年随着气动自动化技术的发展,气动技术在国民经济建设中的作用日趋重要。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。气动自动化控制技术是利用压缩空气作为工作介质,以气动系统为主,配合机械、液压、电气、电子等元件,综合构成控制回路,使气动元件按工艺要求自动实现目标动作的一种自动化技术。

1.1.2 液压传动的主要优缺点

1. 液压传动的优点

与其他传动方式相比较,液压传动主要优点是:液压传动能方便地实现无级调速,调速范围大;工作平稳,反应速度快,冲击小,能高速启动、制动和换向;便于实现过载保护;操纵简单,便于实现自动化,特别是和电气控制联合使用时,易于实现复杂的自动工作循环;元件体积较小,重量较轻,能自润滑,使用寿命长,易于实现系列化、标准化和通用化。

2. 液压传动的缺点

由于泄漏使之无法保证严格的传动比,对油温变化的敏感使之工作温度范围受到限制,压力损失大不宜远距离输送动力,元件制造精度要求高、加工装配较困难且对油液的污染较敏感,发生故障不易检查。

总之,液压传动的优点是十分突出的,它的缺点将随着科学技术的发展而逐步克服。

3. 常用传动方式的应用比较

电气、液压、气动三种常用传动方式的特点及应用比较详见表 1.1。



表 1.1 常用传动方式的特点及应用比较

项目	气 动	液 压	电 气
能量产生	由电动机或内燃机驱动空气压缩机，用于压缩的空气取之不尽，成本最高	由电动机或内燃机驱动液压泵，小功率液压装置也可用手动操作，成本中等	主要是水力、火力和核能发电站，成本最低
能量存储	可较经济地存储大量能量，存储的能量可以传递（用于驱动气缸）	能量存储能力有限，仅在存储少量能量时比较经济	能量存储很困难、复杂，只宜存储很少量的能量（电池，蓄电池）
能量输送	较容易通过管道输送，输送距离可达 1000m（有压力损失）	可通过管道输送，输送距离可达 1000m（有压力损失）	很容易实现远距离的能量传送
泄漏	除能量损失外无其他害处。压缩空气可排放空气中	能量有损失，液压油泄漏会造成危险事故和环境污染	漏电时有能量损失、有致命危险
力量	工作压力低推力和力矩范围窄，气缸停止不动时无能量消耗和其他危害，不大于 50kN 时采用最经济空载时能量消耗大	工作压力高推力和力矩范围宽，保持力时有持续能量消耗	推力需通过机械机构来传递，效率低，超载能力差，空载时能量消耗大
运动	很方便地实现直线、旋转、摆动等运动，工作行程可达 2000mm、360°，加速和减速性能较好，速度约为 10~1500mm/s，转速可达 500000r/min	很方便地实现直线、旋转、摆动等运动，马达转速范围窄，低速时很容易控制	旋转实现方便；直线移动小，要实现长距离直线运动或摆动需借助机械机构
环境	无需隔离保护措施也不会有着火和爆炸的危险，气体中的冷凝水易结冰；有排气噪声，可安装消声器	外泄漏油液易燃，高压时泵的噪声很大且可通过硬管道传播	温敏低，易燃易爆区应附加保护措施；线圈和触点的激励噪声较大

任务 1.2 检测液压油黏温特性

1. 实训目的
- 了解液压油的用途和种类及主要物理性质，初步了解衡量油液黏温特性好坏的指标参数，掌握液压油黏度及黏温特性的检测方法。
2. 实训内容与要求
- 取 1~2 种典型液压油，分别检测其黏度随温度变化的情况，并绘制黏温特性图。
3. 实训指导
- 1) 在内径符合要求且清洁、干燥的毛细管黏度计内装入液压油试样，使试样液面稍高于计时开始标线，并且注意不要让毛细管和扩张部分的液体产生气泡。
- 2) 将装有试样的黏度计浸入事先准备妥当的恒温浴中，并用夹子将黏度计固定在支架上，并使毛细管黏度计的扩张部分浸入一半。
- 3) 将黏度计调整成为垂直状态，要利用铅垂线从两个相互垂直的方向去检查毛细管的垂直情况。