

现代机电技术系列教材

XIANDAI JIDIANJISHU XILIE JIAOCAI

液压与气压传动

● 主编 芮延年



◆ 苏州大学出版社

《现代机电技术系列教材》

液压与气压传动

主编 芮延年

主审 伍建国

编写 盛小明 邵金发
苏沛群 范 莉

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/芮延年主编. —苏州:苏州大学出版社, 2005. 3

(现代机电技术系列教材)

ISBN 7-81090-456-6

I. 液… II. 芮… III. ①液压传动-教材②气压传动-教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 015791 号

内容提要

编者以改革的精神,从理论与实际相结合的角度出发,以培养应用型人才为主导思想,编写该教材。教材由浅入深地介绍了液压与气动原理、结构及应用设计方法。内容包括:流体力学基础、动力元件(液压泵、空气压缩机、后冷却器和储气罐)、执行元件(液压马达、气马达、油缸和气缸)、控制元件(压力、流量、方向、比例、伺服和数字控制阀)、辅助元件(油箱、管路、蓄能器、过滤器、热交换器、密封件和真空元件)、基本回路(方向、压力、速度、位置、同步、顺序、安全和延时计数回路)、典型液压与气压传动系统、液压与气压传动系统的设计计算等。

本书适合作高等学校机械工程及其自动化、电气工程及其自动化专业的教材,也可供科研、设计单位及企业等的有关工程技术人员参考。

液压与气压传动

芮延年 主编

责任编辑 苏 秦

苏州大学出版社出版发行

(地址:苏州市干将东路 200 号 邮编:215021)

常熟高专印刷有限公司印装

(地址:常熟市元和路 98 号 邮编:215500)

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 15 字数 368 千

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 7-81090-456-6/TH·7(课) 定价:29.00 元

苏州大学版图书若有印装错误,本社负责调换

苏州大学出版社营销部 电话:0512-67258835

《现代机电技术系列教材》 编委会

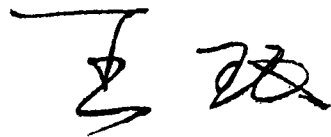
主任委员	芮延年	教授			
副主任委员	姜左华	教授		伍建国	教授
	葛友华	教授		顾豫	副教授
	郭旭红	副教授			
委	冯志华	教授		沈惠平	教授
员	宋天麟	副教授		陈洁	副教授
	时忠明	副教授		张红兵	副教授
	王金娥	副教授		任晓	副教授
	曹丰文	副教授		李艺	博士
	陈再良	副教授		盛小明	高级工程师
	范莉	高级工程师		马纲	讲师
	张健	讲师		邵金发	讲师
	苏沛群	讲师		刘和剑	讲师
	高育芳	讲师			

总 序

本世纪头 20 年,对我国来说,是一个必须紧紧抓住并且可以大有作为的重要战略机遇期。在世界科技进步日新月异、经济全球化深入发展、国际间生产要素重组和产业转移加快的新形势下,苏州作为全国经济发达地区之一,应利用有利的时机和条件加快发展。要实现更快更好的发展,就必须抓住新科技革命带来的又一次历史机遇,正确驾驭其发展趋势,全面实施科教兴市战略,大力推动科技进步,加强科技创新,加速科技成果向生产力的转化。尤为重要的是,要大力培养一支高素质的人才队伍,在更高的平台上实现科技和经济发展的新跨越。

部分相关高校从 21 世纪对科技创新和人才培养的新要求出发,认真贯彻落实教育部关于面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的指示精神,组织有关专家、学者、教授编写了《现代机电技术系列教材》,包括《机电一体化原理及应用》、《现代设计方法及其应用》、《产品创新设计》、《工程制图》、《工程力学》、《现代工程材料基础》、《计算机集成制造》、《现代制造技术》、《先进电子制造技术》、《模具设计》、《模具制造》、《液压与气压传动》、《传感器与检测技术》、《机电专业毕业设计指导》等,很有必要,颇有价值。我们相信,《现代机电技术系列教材》的出版,必将对苏州地区乃至全国机电人才的培养以及机电工业的发展产生积极的促进作用。

南京航空航天大学博士生导师



2004 年 7 月

前 言

随着社会的发展,科学技术的进步,液压与气压传动技术也有了很大的发展,在机械工程、汽车工程、物流工程、冶金工程、采矿工程、建材工程、航空航天工程、船舶及海洋工程等领域都有很好的应用。“液压与气压传动技术”是一门不断发展的科学与技术,为了更好地推动该技术的发展,将其新发展介绍给读者,编者立足于培养面向 21 世纪的人才,贯彻理论联系实际、学以致用思想原则,编写该教材。

本书是按照上述要求,结合作者多年的教学经验,在广泛收集资料的基础上编写而成的。在教学工作中,教师可针对不同的专业方向的需要,有所侧重地加以选择。教材中还编写了一些习题,有利于学生巩固所学的知识,加深对基本概念、原理的理解,以能更好地提高分析、解决实际问题的能力。

本书共分 10 章。

第 1 章 “绪论”,主要介绍液压与气压传动研究的范围、基本原理及发展应用前景。

第 2 章 “流体力学基础”,主要介绍液压与气压传动中所涉及到的流体力学方面的知识。

第 3 章 “动力元件”,主要介绍齿轮泵、叶片泵、柱塞泵、螺杆泵、空气压缩机、后冷却器、储气罐等原理及结构。

第 4 章 “执行元件”,主要介绍液压缸、气缸和液压马达、气动马达原理及结构。

第 5 章 “控制元件”,主要介绍压力、流量、方向、比例、伺服、数字等控制阀基本原理及结构。

第 6 章 “辅助元件”,主要介绍油箱、油管、管接头、蓄能器、过滤器、热交换器、密封件、气动辅助元件、真空元件等原理及结构。

第 7 章 “液压与气压传动基本回路”,主要介绍方向、压力、速度、位置、同步、顺序、安全保护及延时计数回路等。

第 8 章 “典型液压与气压传动系统”,主要通过几个典型液压与气压传动系统的介绍,使读者进一步了解液压与气压传动系统的构成与传动原理。

第 9 章 “液压传动系统设计计算”,通过液压传动系统综合应用实例的设计计算,使读者能够综合贯通地理解和运用液压传动技术。

第 10 章 “气压传动系统设计计算”,通过气压传动系统综合应用实例的设计计算,使读者能够综合贯通地理解和运用气压传动技术。

本书的第 1 章、第 2 章、第 9 章由苏州大学芮延年教授负责编写;第 3 章、第 4 章由苏州大学盛小明高级工程师负责编写;第 5 章、第 6 章由苏州农业技术学院邵金发老师负责编写;第 7 章、第 8 章、第 10 章由常州职业技术学院苏沛群老师和苏州大学应用技术学院范莉高级工程师负责编写。全书由江苏科技大学伍建国教授主审,芮延年教授汇编整理。

本书在编写过程中参阅了国内外同行的教材、参考书、手册和期刊文献,在此谨致谢意。董桂岩、马艳平、吴冬敏、易敏捷、夏威等研究生为本书的插图、整理做了大量工作,在此表示

衷心的感谢!

由于时间仓促,加上作者水平有限,错漏及不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 10 月

目 录

第 1 章 绪 论

1.1 液压与气压传动系统的基本原理和系统组成	(1)
1.2 液压与气压传动系统的特点、应用与发展	(5)
练习题 1	(7)

第 2 章 流体力学基础

2.1 液压与气压传动的工作介质	(8)
2.2 液体静力学	(14)
2.3 气体状态方程	(18)
2.4 流体动力学	(20)
2.5 液体流动时的压力损失	(26)
2.6 孔口及缝隙的压力流量特性	(29)
2.7 液压冲击与空穴现象	(32)
2.8 气体动力学	(34)
练习题 2	(39)

第 3 章 动力元件

3.1 液压泵的工作原理及其性能参数	(41)
3.2 齿轮泵	(44)
3.3 螺杆泵	(48)
3.4 叶片泵	(49)
3.5 柱塞泵	(53)
3.6 液压泵的选用	(56)
3.7 气源装置	(58)
3.8 压缩空气净化设备	(61)
练习题 3	(66)

第 4 章 执行元件

4.1 液压马达	(67)
4.2 液压缸	(70)
4.3 摆动液压缸	(80)
4.4 气动马达	(81)

4.5 气缸	(82)
练习题 4	(85)

第 5 章 控制元件

5.1 概述	(87)
5.2 方向控制阀	(89)
5.3 压力控制阀	(97)
5.4 流量控制阀	(108)
5.5 比例控制阀	(112)
5.6 电液数字控制阀	(118)
5.7 插装阀及叠加阀	(121)
练习题 5	(126)

第 6 章 辅助元件

6.1 油箱	(129)
6.2 蓄能器	(130)
6.3 过滤器	(132)
6.4 热交换器	(134)
6.5 管件、密封件与压力表	(136)
6.6 气动辅助元件	(141)
练习题 6	(147)

第 7 章 液压与气压传动基本回路

7.1 方向控制回路	(149)
7.2 压力控制回路	(151)
7.3 速度控制回路	(157)
7.4 顺序控制回路	(170)
7.5 同步运动回路	(172)
7.6 位置(角度)控制回路	(173)
7.7 安全保护回路	(175)
7.8 其他回路	(177)
练习题 7	(178)

第 8 章 典型液压与气压传动系统

8.1 组合机床动力滑台液压系统	(181)
8.2 塑料注塑成型机液压系统	(184)
8.3 数控车床液压系统	(187)
8.4 Q ₂ -8 型汽车起重机液压系统	(189)
8.5 气动机械手气压传动系统	(192)

练习题 8	(193)
第 9 章 液压传动系统设计计算	
9.1 液压系统设计基本方法与步骤	(197)
9.2 液压系统设计计算举例	(207)
练习题 9	(212)
第 10 章 气压传动系统设计计算	
10.1 气动系统设计基本方法与步骤	(214)
10.2 气动系统设计计算举例	(216)
练习题 10	(222)
附录 常用液压与气动元件图形符号	(223)
参考文献	(227)

第1章 绪论

本章是本书的总论,概括地介绍了液压与气压传动系统的基本原理和系统组成,并对液压与气压传动系统的特点、应用与发展进行了介绍,使读者对液压与气压传动系统首先有一个总体概括的了解。

1.1 液压与气压传动系统的基本原理和系统组成

一部完整的机器由原动机、传动部分、控制部分和工作机构等组成。传动部分是一个中间环节,它的作用是把原动机(电动机、内燃机等)的输出功率传送给工作机构。传动有多种类型,如机械传动、电气传动、流体传动以及它们的组合复合传动等。

流体传动又可分成液体传动和气压传动两种传动形式。

用液体作为工作介质进行能量传递的传动方式称为液体传动。按照其工作原理的不同,液体传动又可分为液压传动和液力传动两种形式。前者是以液体的压力能进行工作的,也称容积式液压传动,后者是利用液体的动能进行工作的,称之为液力传动。

用气体作为工作介质进行能量传递的传动方式称为气压传动。气压传动是利用压缩空气的压力能来实现能量传递的一种传动方式,其介质主要是空气,也包括燃气和蒸汽。本书主要介绍以液体为介质的液压传动技术和以压缩空气为介质的气压传动技术。

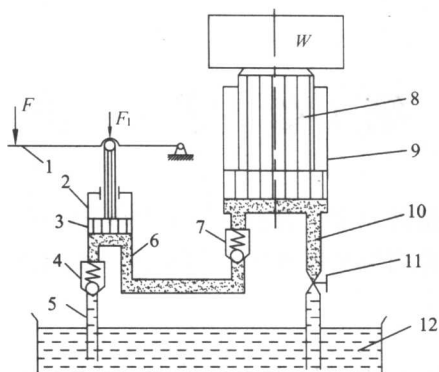
1.1.1 液压与气压传动系统的基本原理

1. 液压传动系统的基本工作原理

液压传动与控制是以液体作为介质来实现各种机械量的输出(力、位移或速度)的。其过程是利用各种元件组成的、具有各种功能的基本控制回路,再通过各种执行元件组成的传动系统来实现各种运动及控制功能。

液压传动的应用极为普遍,如一个体积很小的液压千斤顶能把几吨重的汽车顶起,万吨压力机能产生上万吨的力。其工作原理都是利用密闭容器中的油液压力来传递能量的。

现以液压千斤顶为例,简述液压传动的工作原理。图 1-1 所示为液压千斤顶的工作原理图,它由杠杆 1、泵体 2、活塞 3、单向阀 4 和 7 组成的手动液压泵和活塞 8、缸体 9 等组成的举升液压缸构成。其工作过程如下:提起杠杆 1,活塞 3 上升,泵体 2 下腔的工作容积增大,形成局部真空,于是油箱 12 中的油液在大气压力的作用下,推开单向阀 4 进入泵体 2 的下腔(此时单向阀 7 关闭);当压下杠杆 1 时,活塞 3 下降,泵体 2 下腔的容积缩小,油液的压力升高,打开单向阀 7(单向阀 4 关闭),泵体 2 下腔的油液进入缸体 9 的下腔(此时截止阀 11 关闭),使活塞 8 向上运动,把重物顶起。反复提压杠杆 1,就可以使重物不断上升,达到起重目的。当工作完毕,打开截止阀 11,使缸体 9 下腔的油液通过管路 10 直接流回油箱,活塞 8 在外力和自重的作用下实现回程。



1-杠杆 2-泵体 3-活塞 4、7-单向阀 5-吸油管 6、10-管路 8-活塞 9-缸体 11-截止阀 12-油箱

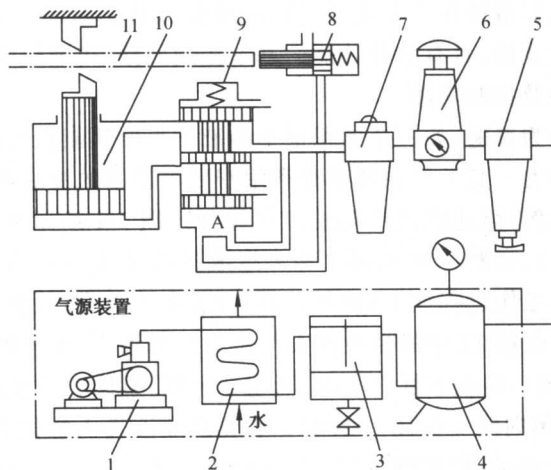
图 1-1 液压千斤顶工作原理图

由上例可见,液压传动以液体为传动介质,利用液体的压力能来实现运动和力的传递,它具有以下特点:

- ① 以液体为传动介质来传递运动和动力。
- ② 液压传动必须在密闭的容器内进行。
- ③ 依靠密封容积的变化传递运动。
- ④ 依靠液体的静压力传递动力。

2. 气压传动系统的基本工作原理

从原理上讲,将液压传动系统中的工作介质换为气体,液压传动系统则变为气压传动系统。但是由于这两种传动系统的工作介质及其特性有很大区别,所以,这两种系统的工作特性有较大不同,所应用的场合也不一样。尽管这两种系统所采用的元器件的结构原理相似,但很多元件不能互换,液压传动元件和气压传动元件是分别由不同的专业生产厂家加工制造的。现以气动剪料机(图 1-2)为例介绍气压传动基本工作原理。



1-空气压缩机 2-冷却器 3-油水分离器 4-储气罐 5-分水过滤器
6-减压阀 7-油雾器 8-行程阀 9-气控换向阀门 10-气缸 11-工料

图 1-2 气动剪料机工作原理图

在图 1-2 的气动剪料机系统中,当工料 11 送入剪料机并达到预定位置时,行程阀 8 的阀芯被向右推移,这样换向阀 9 的控制腔 A 就与大气接通,于是,在弹簧力作用下阀 9 下移。由空气压缩机 1 产生经净化贮存在贮气罐 4 中的压缩空气,经分水过滤器 5、减压阀 6、油雾器 7、换向阀 9 进入气缸 10 下腔,推动气缸和活塞向上运动并使气缸 10 上腔的气体经换向阀 9 排入大气,气缸活塞带动剪刀将工料 11 剪断并随之松开行程阀 8 的阀芯使之复位,将排气通道隔断,而进气通道接通。换向阀 9 控制腔内的气压,于是气压升高,阀芯被推向上移,主气路被切换,压缩空气进入气缸 10 上腔,气缸活塞向下运动并使气缸下腔排气。活塞的向下运动带动剪刀复位,准备第二次下料。

由上例可知,气动系统也是一种能量转换与传送系统。但和液压系统相比,由于所用的工作介质气体的可压缩性,使之在工作原理和装置构成上有别于前者。在工作原理方面,气缸活塞的速度并不只和进入气缸的压缩空气流量有关,还和其膨胀过程有关。活塞的速度也不如液压传动那样平稳。因此在考虑气缸工作过程中的压缩空气流量和压力的时候,往往运用平均的概念[平均压缩空气耗量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$,平均气缸工作压力 $p(\text{MPa})$]代替液压传动中的稳态值概念。气压传动严格说不是一种简单的静压传动。

1.1.2 液压与气压传动系统的组成和表示方法

1. 系统的组成

尽管液压传动系统和气压传动系统的各自特点不尽相同,但其组成形式类似,下面简述它们的组成。从上述的液压和气压传动系统的工作原理图可以看出,液压与气压传动系统大体上由五部分组成。

(1) 动力装置

动力装置是指将原动机的机械能转换成液体压力能或气体压力能的装置,它是液压与气压传动系统的动力源。对液压传动系统来说是液压泵,其作用是为液压传动系统提供压力油;对气压传动系统来说是气压发生装置,也称为气源装置,其作用是为气压传动系统提供压缩空气。

(2) 控制调节装置

它包括各种阀类元件,其作用是控制工作介质的流动方向、压力和流量,以保证执行元件和工作机构按要求工作。

(3) 执行元件

执行元件指油缸、气缸或马达,是将压力能转换为机械能的装置,其作用是在工作介质的作用下输出力和速度(或转矩和转速),以驱动工作机构做功。

(4) 辅助装置

除以上装置以外的其他元器件都称为辅助装置,如油箱、过滤器、蓄能器、冷却器、分水过滤器、油雾器、消声器、管件、管接头以及各种信号转换器等。它们是一些对完成主运动起辅助作用的元件,在系统中也是必不可少的,对保证系统正常工作有着重要的作用。

(5) 工作介质

工作介质指传动液体或传动气体,在液压传动系统中通常称为液压油液,在气压传动系统中通常指压缩空气。

液压与气压传动系统在工作过程中的能量转换和传递情况见图 1-3。

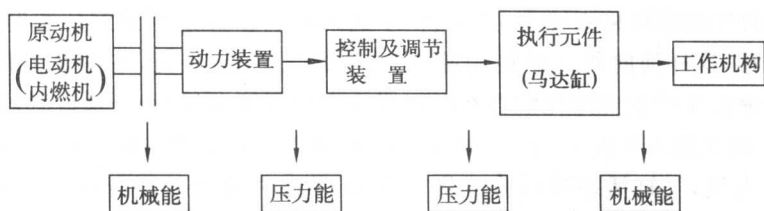
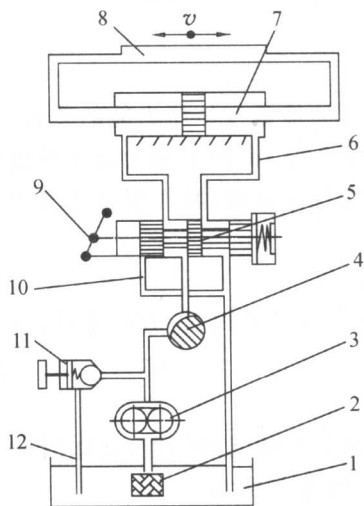


图 1-3 液压与气压传动系统能量转换和传递图

2. 系统的表示方法

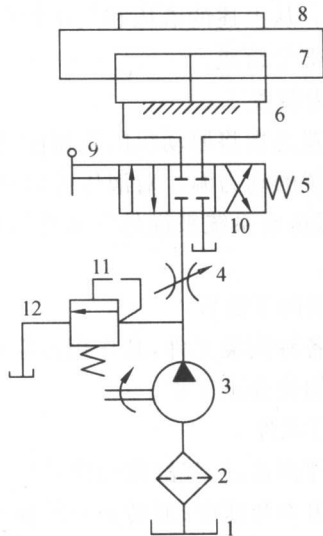
在图 1-1 所示的液压千斤顶和图 1-2 所示气动剪料机系统中,各个元件是用半结构式图形绘制出来的,用半结构式图形绘制原理图时直观性强,容易理解,但绘制起来比较麻烦,特别是在系统中的元件数量比较多时更是如此。所以,在工程实际中,除某些特殊情况外,一般都是用简单的图形符号来绘制液压与气压传动系统原理图。我国已制定了“液压与气动”图形符号标准 GB/786—93。标准中各元件的图形符号不表示其具体的结构及参数,只表示元件的职能、操作(控制)方法及外部连接。用标准图形符号绘制的液压系统图表明组成系统的元件、元件间的相互关系及整个系统的工作原理,并不表示其实际安装位置及布管。

图 1-4 为磨床工作台液压系统结构原理图;图 1-5 为按照国家标准 GB/786—93 规定绘制的磨床工作台液压系统原理图。



1-油箱 2-过滤器 3-液压泵 4-节流阀
5-手动换向阀 6-压力管 7-液压缸 8-工作台
9-换向阀手柄 11-溢流阀 10、12-回油管

图 1-4 半结构式磨床工作台液压系统结构图



1-油箱 2-过滤器 3-液压泵 4-节流阀
5-手动换向阀 6-压力管 7-液压缸
8-工作台 9-换向阀手柄 10、12-回油管

图 1-5 用图形符号表示的磨床工作台液压系统图

1.2 液压与气压传动系统的特点、应用与发展

1.2.1 液压与气压传动系统的特点

1. 液压传动系统的特点

液压传动系统主要有以下一些优点:

① 功率-重量比和转矩-惯性比大。液压动力系统工作压力高(可达 35MPa 甚至更高),因而,在一定体积下能传递很大的动力。在同等功率下,液压动力系统具有重量轻、体积小、反应灵敏等优点。例如,液压泵或液压马达的重量仅为同等功率电动机的 10%~20%,运动惯量不超过电动机的 10%。液压马达的起动时间大约为同等功率电动机的 5%~10%。

② 工作平稳,能在大范围内实现无级调速,还可以在运行过程中进行调速。

③ 易于实现自动化。当与电气或气压传动相配合使用时,更能实现远距离的操纵和自动控制。

④ 易于实现元件的通用化、标准化和系列化,便于设计、制造和推广使用。

但是,液压传动系统也存在某些缺点,主要有:

① 液压传动系统不能保证严格的传动比。这是由于液压介质的可压缩性和不可避免的泄漏等因素引起的。

② 系统工作时,对温度的变化较为敏感。液压介质的粘性随温度变化而变化,从而使液压系统不易保证在高温和低温下都具有良好的工作稳定性。

③ 在液压传动中,能量需经过两次变换,且液压能在传递过程中有流量和压力损失,所以系统能量损失较大,传输效率较低。

④ 对液体介质的清洁度管理和元件的制造精度要求较高,因此造价较高。

⑤ 出现故障时,比较难于查找和排除,对维修人员的技术水平要求较高。

2. 气压传动系统的特点

气压传动系统有以下一些主要优点:

① 以空气为介质容易取得,用后排到大气中,处理方便。它不必像液压系统那样需设置回收油箱和管道。如有外泄也不会污染环境。

② 因空气的粘度很小(约为液压油动力粘度的万分之几),故流动中损失小,便于集中供气(空压站)、远距离输送。

③ 启动动作迅速,工作介质与设备维护简单,成本低。如与液压传动相配合,可构成气液传动,则能发挥气动信号传递快、液压动力平稳的优点。

④ 工作环境适应性好,特别在易燃、易爆、多尘埃、强磁、辐射、振动等恶劣工作环境中,比液压、电气控制优越。

但是,气压动力系统也存在某些缺点,主要有:

① 由于空气压缩性大,气缸的动作速度易随负载的变化而变化,稳定性较差,给位置控制和速度控制精度带来较大影响。

② 目前气动系统的压力级(一般小于 0.8MPa)不高,总的输出力不太大。

- ③ 工作介质——空气没有润滑性,系统中必须采取措施进行给油润滑。
- ④ 噪声大,尤其在超声速排气时,需要加装消声器。
- ⑤ 气动信号传递速度比光电信号慢,故不宜用于高速传递信号的复杂回路。

1.2.2 液压与气压传动系统的应用与发展

1. 液压与气压传动系统的应用

液压、气压传动系统由于其明显、独特的优点,而在许多经济领域与工业部门均得到了广泛的应用。

在机械制造业中,很多设备如磨床、铣床、刨床、拉床、珩磨机床等金属切削机床,压力机、剪床、折弯机、滚板机等各类锻压机床,各类机械加工生产线、自动线等都采用或部分采用液压传动作为驱动和控制系统。

在汽车工业和工程交通运输工业中,有液压动力转向、气压制动、各类自卸汽车、消防车、越野车、气垫船等;工程机械包括有推土机、铲运机、挖掘机、平地机、隧道开掘机、活动桥梁启闭机、水坝闸门启闭机、轮渡引桥升降机、起重机、叉车等也采用液压传动作为驱动和控制系统。

气压传动的应用也相当普遍,许多机器设备中都装有气压传动系统,在工业各领域,如机械、电子、钢铁、运输车辆及制造、橡胶、纺织、化工、食品、包装、印刷和烟草等,气压传动技术已成为其基本组成部分。在尖端技术领域如核工业和宇航中,气压传动技术也占据着重要的地位。

2. 液压与气压传动的发展

目前,液压传动及控制技术不仅用于传统的机械操纵、助力装置,也用于机械的模拟加工、转速控制、发动机燃料进给控制,以及车辆动力转向、主动悬挂装置和制动系统,同时也扩展到航空航天和海洋作业等领域。自20世纪80年代以来,气压传动发展十分迅速,目前气压传动元件的发展速度已超过了液压元件,气压传动已成为一个独立的专门技术领域。当前液压与气压传动技术正在继续向以下几个方面发展:

① 近年来,由于世界能源的紧缺,各国都把液压与气压传动的节能问题作为研究发展的重要课题。20世纪70年代后期,德、美等国相继研制成功负载敏感泵及低功率电磁铁等。最近美国威克斯公司又研制成功用于功率匹配系统的CMX阀。

② 20世纪80年代以来,逐步完善和普及的计算机控制技术和集成传感技术为液压、气压传动与电子技术相结合创造了条件。随着微电子、计算机技术的发展,出现了各种数字阀和数字泵,并出现了把单片机直接装在液压与气压传动组件上的具有位置或力反馈的闭环控制液压元件及装置。

③ 由于优化设计、可靠性设计及有限元法在液压与气压元件设计中的应用,以及新材料、新工艺的发展等,使液压与气压元件的寿命得到提高。对飞机、船舶、冶金等一些重要液压系统采用余度设计、旁路净化回路及系统自动故障检测仪表等,使液压与气压元件和系统的可靠性逐年提高。

④ 集成块的应用以及把各种控制阀集成于液压泵及液压执行元件上形成组合元件,有些还把单片机等集成在其控制机构上,达到了集机、电、液于一体的高度集成化。

我国的液压、气动技术也经历着一个起始、成熟与发展的过程,但从总体上说还落后于

世界的先进水平,国产元件以至整机在性能、可靠性、使用寿命和制造技术等方面也存在着不少问题。这和我国的国民经济与科学技术的总体水平、生产管理水平以至人员的素质都有着密切的关系。因此,应加速对世界先进技术和产品的有计划引进和消化、吸收,加速人才素质的培养和整个科学事业的发展,规范日常的生产管理和技术监督,这样才能使我国的科学技术在上述领域赶上世界先进水平。

练习题 1

- 1-1 液体传动有哪两种形式?它们的主要区别是什么?
- 1-2 液压传动系统由哪几部分组成?各组成部分的作用是什么?
- 1-3 液压传动的主要优缺点是什么?
- 1-4 气压传动系统与液压传动系统相比有哪些优缺点?