

高等学校机械类学科“十二五”规划教材

流体传动与控制

莫秋云 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

014030787

TH137-43
87

高等学校机械类学科“十二五”规划教材

流体传动与控制

莫秋云 主编



西安电子科技大学出版社



北航

C1719522

TH137-43
87

787030310

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 内 容 简 介

本书主要介绍流体传动与控制工作原理与应用技术,共10章,主要包括流体力学基础、动力元件、执行元件、调节元件、辅助元件、流体传动与控制基本回路、流体传动与控制系统应用实例、流体传动系统的设计计算和现代流体传动的发展概述。

与同类教材相比,本书兼顾了液压与气动元件、回路的通用性和特殊性,同时融入了目前在流体传动和控制方面的一些新的研究成果,如平衡式外啮合余弦齿轮泵等;在阐述基本概念和工作原理的同时,突出其应用,强调传授知识与培养新能力并重的教学理念。

本书适合作为机械工程类专业本科生的教材,也可供各类成人高校、自学考试等机械工程类相关专业的学生学习使用,还可供从事液压、气动技术的各类工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

流体传动与控制/莫秋云主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2013.10

高等学校机械类学科“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3092-2

I. ①流… II. ①莫… III. ①液压传动—高等学校—教材 ②气压传动—高等学校—教材 IV. ①TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 222804 号

策划编辑 秦志峰

责任编辑 雷鸿俊 秦志峰

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2013年10月第1版 2013年10月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 17

字 数 399千字

印 数 1~3000册

定 价 31.00元

ISBN 978-7-5606-3092-2/TH

XDUP 3384001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

编者通过多年教学实践经验的积累深知,初涉专业领域的学习者在有限的时间内掌握流体传动与控制方面的知识有较大难度,其主要原因在于原流体传动教学中关于流体力学等部分存在交叉和重复现象,且流体元件的结构较为复杂,元件及回路的原理也较难理解。本书将液压传动和气压传动两部分融合贯穿于全书各章之中,既可避免内容的交叉重复现象,又可提高阅读者对复杂问题的理解和认识。

本书结合工科院校培养目标中“学生具有适应工程实践能力”的要求,以及当代国内大学教育更注重应用的教育观点,从目前教学改革特点出发,强调知识的应用与能力的培养;在内容的选取和安排上,使液压传动和气压传动知识有机地融汇贯通,注意处理理论与实践的关系,强调基础训练和分析,突出应用实例,培养工程应用、知识创新和解决实际问题的能力。

本书主要从以下方面进行了尝试:

(1) 对流体力学、液压传动和气动传动三部分内容进行了适当的融合与贯通,设置了一定数量的实用例题和习题,强化基本训练,以提高学生的工程应用能力。

(2) 在教材内容上更贴近当前高等教育教学改革的培养目标,注重技术应用能力的培养,突出理论与实际的结合应用,同时力求反映我国流体传动技术发展的最新动态,以拓宽学生的知识面,适应新时代人才培养的要求。

(3) 本书中的流体传动图形符号严格执行最新国家标准。

本书共 10 章,分别为绪论、流体力学基础、流体传动与控制动力元件、流体传动与控制执行元件、流体传动与控制调节元件、流体传动与控制系统辅助元件、流体传动与控制基本回路、流体传动与控制系统应用实例、流体传动系统的设计计算、现代流体传动发展概述。另外,在附录中列出了常用液压与气压传动图形符号。

本书由莫秋云教授主编。书中的大部分图和表由李荣敬辅助整理完成。在本书的编写过程中还得到了杨晓清、李荣敬和郑雪柯等的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

本书适合作为机电工程类专业本科生的教材,也可供各类成人高校、自学考试等机械工程类相关专业的学生学习使用,还可供从事液压、气动技术的各类工程技术人员参考。

尽管我们在突出本书的特点和实用性方面做出了很多的努力,但由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 流体传动的定义及发展	(1)
1.1.1 流体传动的定义	(1)
1.1.2 流体传动的发展	(1)
1.2 流体传动与控制系统的工作原理、组成及特点	(3)
1.2.1 系统的工作原理	(3)
1.2.2 系统的组成	(6)
1.2.3 系统的特点	(7)
1.2.4 应用	(9)
1.3 流体传动的工作介质	(10)
1.3.1 性质及分类	(10)
1.3.2 工作要求及选择	(15)
1.3.3 污染及控制	(16)
思考题与习题	(17)
第 2 章 流体力学基础	(19)
2.1 流体静力学	(19)
2.1.1 液体静力学	(19)
2.1.2 气体静力学	(21)
2.2 流体动力学	(22)
2.2.1 液体动力学	(22)
2.2.2 气体动力学	(26)
2.3 流体流动时的压力损失	(28)
2.3.1 液体的流动状态及压力损失	(28)
2.3.2 气体在管道中的流动特性	(32)
2.4 孔口和缝隙流量	(32)
2.4.1 孔口流量	(32)
2.4.2 缝隙流量	(34)
2.5 空穴现象和液压冲击	(36)
2.5.1 空穴现象	(36)
2.5.2 液压冲击	(37)
思考题与习题	(38)

第3章 流体传动与控制动力元件	(41)
3.1 概述	(41)
3.1.1 液压泵的工作原理	(41)
3.1.2 液压泵的性能参数	(42)
3.2 齿轮泵	(45)
3.2.1 齿轮泵的结构及工作原理	(45)
3.2.2 齿轮泵的流量和排量	(48)
3.2.3 平衡式外啮合余弦齿轮泵	(48)
3.2.4 齿轮泵的特点及应用	(50)
3.3 叶片泵	(50)
3.3.1 单作用式叶片泵	(51)
3.3.2 双作用式叶片泵	(52)
3.3.3 叶片泵的应用	(53)
3.4 柱塞泵	(53)
3.4.1 轴向柱塞泵	(53)
3.4.2 径向柱塞泵	(55)
3.4.3 柱塞泵的特点及应用	(55)
3.5 各类液压泵的性能比较及应用	(56)
3.5.1 液压泵的图形符号	(56)
3.5.2 液压泵的选择原则	(56)
3.5.3 电动机参数的选择	(57)
3.5.4 液压泵的性能比较	(57)
3.6 液压泵站组成及应用	(58)
3.7 气源装置	(58)
3.7.1 气源装置的组成和布置	(59)
3.7.2 空气压缩机	(60)
思考题与习题	(61)
第4章 流体传动与控制执行元件	(65)
4.1 缸的分类及特点	(65)
4.1.1 活塞缸	(66)
4.1.2 柱塞缸	(68)
4.1.3 摆动缸	(69)
4.1.4 其它形式的常用缸	(70)
4.2 缸的结构及设计计算	(75)
4.2.1 缸的结构	(75)
4.2.2 缸的设计计算	(76)
4.3 马达	(80)
4.3.1 液压马达的分类、特点及应用	(81)
4.3.2 气压马达的分类、特点及应用	(86)

思考题与习题	(88)
第 5 章 流体传动与控制调节元件	(92)
5.1 概述	(92)
5.1.1 控制阀的分类	(92)
5.1.2 控制阀的性能参数	(93)
5.2 液压方向控制阀	(93)
5.2.1 单向阀	(94)
5.2.2 换向阀	(98)
5.3 液压压力控制阀	(103)
5.3.1 溢流阀	(103)
5.3.2 减压阀	(110)
5.3.3 顺序阀	(113)
5.3.4 压力继电器	(117)
5.4 液压流量控制阀	(118)
5.4.1 节流阀	(118)
5.4.2 调速阀	(119)
5.4.3 同步阀	(121)
5.5 其它控制阀	(123)
5.5.1 限速切断阀	(123)
5.5.2 叠加阀	(124)
5.5.3 插装阀	(124)
5.5.4 电液比例阀	(128)
5.6 常用气动控制阀	(131)
5.6.1 气动控制阀的分类及特性	(132)
5.6.2 气动方向控制阀	(133)
5.6.3 气动压力控制阀	(138)
5.6.4 气动流量控制阀	(142)
5.7 新型调节控制元件	(144)
5.7.1 电液数字控制阀	(144)
5.7.2 智能电子数字液压控制的应用	(146)
思考题与习题	(147)
第 6 章 流体传动与控制系统辅助元件	(151)
6.1 油箱及附属装置	(151)
6.1.1 油箱	(151)
6.1.2 附属装置	(153)
6.2 管件	(156)
6.2.1 管道	(157)
6.2.2 管接头	(158)
6.2.3 管道系统	(160)

6.3 密封装置	(161)
6.3.1 对密封装置的要求	(162)
6.3.2 类型和特点	(162)
6.4 过滤器	(165)
6.4.1 类型和结构	(165)
6.4.2 选用及安装	(166)
6.5 蓄能器	(168)
6.5.1 功能	(168)
6.5.2 类型及应用	(169)
6.6 气动辅助元件	(170)
6.6.1 气源净化装置	(170)
6.6.2 其它辅助元件	(174)
思考题与习题	(176)
第7章 流体传动与控制基本回路	(177)
7.1 概述	(177)
7.2 方向控制回路	(177)
7.3 压力控制回路	(178)
7.3.1 调压回路	(179)
7.3.2 减压回路	(180)
7.3.3 增压回路	(180)
7.3.4 保压回路	(182)
7.3.5 卸荷回路	(183)
7.3.6 平衡回路	(184)
7.4 速度控制回路	(185)
7.4.1 概述	(185)
7.4.2 调速回路	(186)
7.4.3 快速回路	(198)
7.4.4 速度换接回路	(199)
7.5 多缸运动控制回路	(201)
7.5.1 同步运动回路	(201)
7.5.2 顺序运动回路	(204)
7.5.3 互不干扰回路	(206)
思考题与习题	(207)
第8章 流体传动与控制系统应用实例	(211)
8.1 概述	(211)
8.2 组合机床动力滑台液压系统	(212)
8.2.1 概述	(212)
8.2.2 滑台液压系统的工作原理	(212)
8.2.3 滑台液压系统的特点	(215)

8.3 万能外圆磨床液压系统	(215)
8.3.1 机床液压系统的功能	(215)
8.3.2 液压系统的工作原理	(216)
8.3.3 系统特点	(219)
8.4 气动机械手气压系统	(219)
8.4.1 气动系统的工作原理	(219)
8.4.2 气动系统的工作特点	(221)
8.5 气液动力滑台气压传动系统	(221)
8.6 八轴仿形铣加工机床气动控制系统	(222)
8.6.1 概述	(222)
8.6.2 气动控制系统的工作原理	(223)
8.6.3 系统特点	(225)
思考题与习题	(225)
第9章 流体传动系统的设计计算	(227)
9.1 概述	(227)
9.1.1 明确设计要求和工况分析	(227)
9.1.2 主要参数的确定	(231)
9.1.3 系统原理图的拟定	(232)
9.1.4 元件参数的计算和选择	(232)
9.1.5 估算系统性能计算	(236)
9.1.6 绘制工作图和编制技术文件	(238)
9.2 系统设计计算举例	(239)
思考题与习题	(244)
第10章 现代流体传动发展概述	(245)
10.1 水压传动技术的重新崛起	(245)
10.1.1 水压传动研究现状	(246)
10.1.2 水压传动的发展	(248)
10.2 人工智能在流体传动中的应用	(248)
10.2.1 研究进展	(248)
10.2.2 人工智能在流体传动中的工程应用	(249)
10.3 风力发电领域的流体传动技术	(250)
10.3.1 风力发电的发展	(250)
10.3.2 风电技术的发展	(250)
10.3.3 流体传动储能风电机的应用	(251)
思考题与习题	(254)
附录 常用液压与气压传动图形符号	(255)
参考文献	(262)

第1章 绪论

我们常说的机器主要是由原动机、传动机构、控制机构和工作机构等主要部分组成的。机器的传动机构是重要的中间环节，它把原动机(电动机、内燃机等)的输出功率传送给工作机构，实现运动与动力的输出，满足各种功能的要求。传动机构的传动类型有多种，主要有机械传动、电力传动、流体传动(液体传动(液压传动和液力传动)、气体传动)，以及它们的不同组合——复合传动等。

1.1 流体传动的定义及发展

1.1.1 流体传动的定义

人们通常把液体传动和气体传动统称为流体传动。它是工农业生产中广为应用的一门技术，是研究以流体为介质来实现各种机械的传动与控制的学科。

液体传动是以液体为工作介质进行能量传递的传动方式。按照工作原理的不同，液体传动又可分为液压传动和液力传动两种形式。

(1) 液压传动主要利用液体的静压力来传递能量，在实现液体传动的过程中液体的流动速度一般应小于 5 m/s ，此种情况下液体的动能在总能量中所占比例较小，而压力能起决定作用。

(2) 液力传动是以液体的动能来传递能量的，此种情况下液体的动能在总能量中所占比例较大，并起决定作用。

在工业中广泛应用的液体传动方式主要是液压传动。根据液压传动的工作特点，它又可称为容积式液压传动。目前，液体传动的主要工作介质是压力油，还有水等其它液体。

气压传动是以气体为工作介质，利用压缩气体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。气压传动是靠气体的压力传递动力或信息的流体传动。传递动力的系统是将压缩气体经由管道和控制阀输送给气动执行元件，把压缩气体的压力能转换为机械能而做功；传递信息的系统是利用气动逻辑元件或射流元件以实现逻辑运算等功能，亦称气动控制系统。

本书主要介绍以液压油为主要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。

1.1.2 流体传动的发展

1. 液压传动的发展

液压传动的发展大体上经历了走向标准化、走向优质化和走向智能化三个阶段。

从18世纪末第一台水压机问世到20世纪20年代,液压技术还处在萌芽状态,虽然这种技术在军舰炮塔、磨床上的使用已获得成功,但是许多液压元件都是专用的,没有共同的标准和公用术语,无法进行交流和系列化与通用化,因此限制了液压技术的发展。

第二次世界大战期间,在一些兵器上采用了功率大、反应快、精度高的液压传动和控制装置,大大促进了液压技术的发展。战后,液压技术迅速转向民用,并随着各种液压传动标准的不断制定和完善以及液压元件的标准化、系列化和通用化,液压技术在20世纪中叶得以蓬勃发展。此后,液压技术在高压化、高速化、大功率、小型化、集成化等方面又取得了很大进展,并开展了降噪、防漏、治污、节能等方面的研究,液压技术又开拓出航天空间技术、原子能技术等新的应用领域。

20世纪60年代,计算机技术、微电子技术的发展将液压技术推上了新的台阶,在比例控制、伺服控制、数字控制等方面取得了许多新的成就。计算机辅助设计、计算机仿真及微机控制等开发性工作也获得了显著成绩。液压技术已发展成为包括传动、控制、检测在内的一门完整的自动化技术,成为交叉性学科,它在国民经济的各个领域都得到了应用。液压技术的应用程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志。

2. 气动技术的发展

气动技术的起步滞后于液压技术,1829年出现的多级空气压缩机,为气压传动的发展创造了条件。1871年风镐开始用于采矿。1868年美国人威斯汀豪斯发明气动制动装置,并在1872年用于铁路车辆的制动。后来,随着兵器、机械、化工等工业的发展,气动机具和控制系统得到了广泛的应用。1930年出现了低压气动调节器。20世纪50年代研制成功用于导弹尾翼控制的高压气动伺服机构。

在20世纪60年代发明了射流和气动逻辑元件后,气压传动才迅速发展起来。60年代气动技术主要用于繁重的作业领域,如矿山、汽车制造等,作为辅助传动。70年代后期开始用于自动生产线、自动检测等作业领域。

20世纪80年代以来,随着与电子技术的结合,气动技术的应用领域得到了迅速拓展。电气可编程控制技术的发展,使气动技术更灵活,自动化程度更高。微电子技术、现代控制理论与气动技术结合,促进了电—气比例伺服技术的发展,使气动技术从开关控制进入闭环比例伺服控制,出现了微机控制的电气一体化系统。为适应电气一体化系统的要求,气动元件正向小型化、集成化、低功耗等方向发展。为适应食品、医药、生物工程、电子等行业无污染的要求,无油化气动元件已问世。此外,气动技术在高速度、高精度、高寿命、高输出力、高智能化等方面都有很大发展。气动技术被称为低成本的自动化技术,得到越来越广泛的应用。

3. 我国流体传动的发展

我国的液压传动技术始于20世纪50年代,气动技术始于70年代,目前正处于迅速发展提高的阶段。但与世界上的先进工业国家相比,我国的流体传动技术还相当落后,标准化工作还需继续完善,优质化工作仍然没有形成主流,智能化还有非常大的发展空间。因此,为了赶上发达国家的流体传动技术的水平和与最新技术的发展保持同步,我国的流体传动技术必须不断创新、提高和发展,以满足日益变化的市场需求。

图1-1所示为目前常用的液压元件实物图。

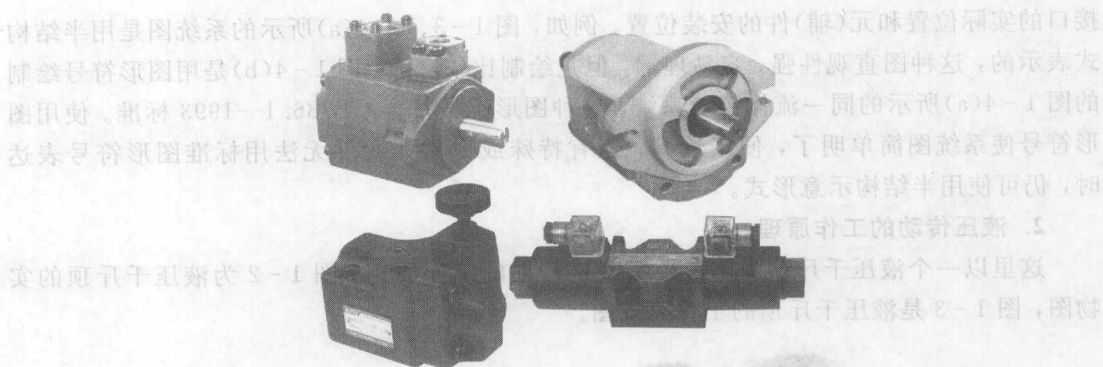


图 1-1 液压元件(泵、阀)

现阶段我国流体传动的持续发展体现出如下特征:

(1) 提高元件性能, 创制新型元件, 体积不断缩小。如高速气缸的速度可达 17 m/s , 低速气缸的最小速度可达 5 mm/s , 而且不产生爬行。高精度定位气缸的定位精度可达 0.01 mm 。微型活塞的直径小到 2.5 mm 的气缸, 10 mm 宽的气阀及相关辅助元件已成系列化产品。

(2) 高度的组合化、集成化和模块化。液压系统的叠加式的叠加阀、插装式的插装阀使连接通道越来越短。另外, 还有许多泵阀组合、阀缸组合的组合系统, 使结构更紧凑, 工作更可靠。在模块化发展方面, 通过完整的模块以及独立的功能单元, 用户只需简单地组装即可投入使用。

(3) 与微电子结合, 走向智能化。数字液压泵、数字阀、数字液压缸的出现, 使流体传动与控制系统的智能化水平向前推进了一大步。把编了程的芯片和阀门、执行元件或能源装置、检测反馈装置、集成电路等融汇成一体, 便组成了可实现智能化运动控制的流体传动工作系统。这种联结体收到微型计算机的信息, 就能实现预先设定的任务。

流体传动技术与与微电子技术紧密结合后, 将大大地拓宽它的应用领域, 使流体传动与控制技术发生飞跃式的发展。

1.2 流体传动与控制系统的的工作原理、组成及特点

1.2.1 系统的工作原理

简单地说, 传动就是传递能量和动力。对于一部完整的机器, 传动部分是它的一个中间环节, 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, 采用机械元件(机构)传递动力的称为机械传动, 通过电气元件传递动力的称为电气传动, 而用流体作为介质传递运动和动力的传动方式就称为流体传动。

1. 流体传动与控制系统的图形符号

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(也叫职能符号)来绘制液压与气动系统原理图。使用图形符号绘制系统原理图时, 图中的符号只表示元(辅)件的功能、操作(控制)方法及外部连接口, 不表示元(辅)件的具体结构和参数, 也不表示连

接口的实际位置和元(辅)件的安装位置。例如,图 1-3、1-4(a)所示的系统图是用半结构式表示的,这种图直观性强,容易理解,但是绘制比较麻烦。图 1-4(b)是用图形符号绘制的图 1-4(a)所示的同一流体传动系统。这种图形符号符合 GB786.1—1993 标准。使用图形符号使系统图简单明了,便于绘制。当有特殊或专用的元件无法用标准图形符号表达时,仍可使用半结构示意形式。

2. 液压传动的工作原理

这里以一个液压千斤顶为例来说明液压传动的工作原理。图 1-2 为液压千斤顶的实物图,图 1-3 是液压千斤顶的工作原理图。

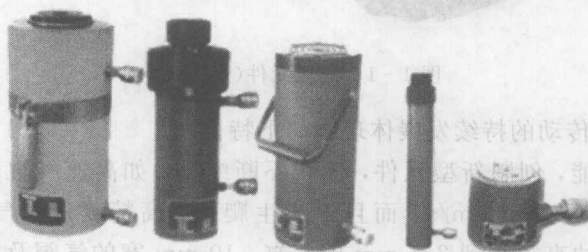


图 1-2 液压千斤顶实物图

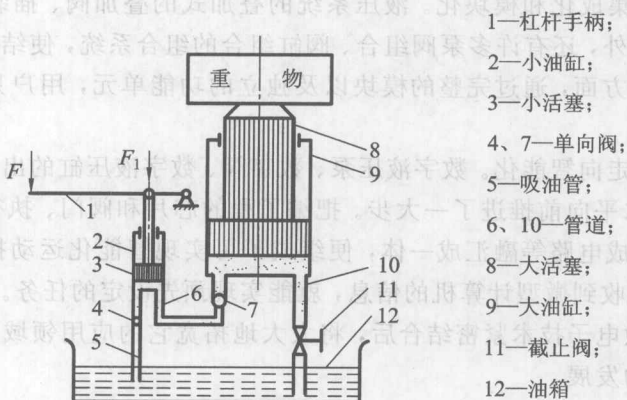
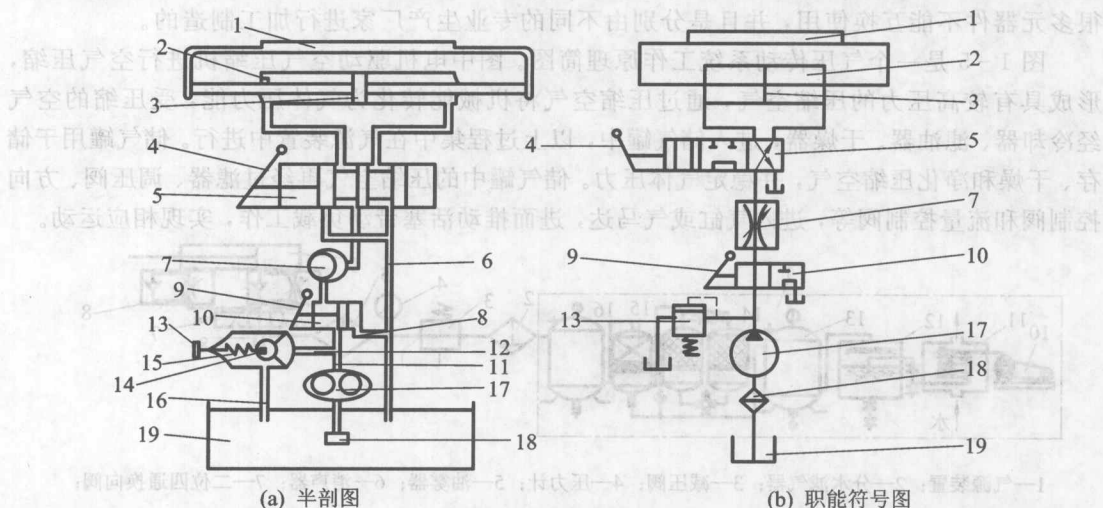


图 1-3 液压千斤顶工作原理图

由图 1-3 可以看出:大油缸 9 和大活塞 8 组成举升液压缸。液压千斤顶的工作过程分析:杠杆手柄 1、小油缸 2、小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞向上移动,小活塞下端油腔容积增大,形成局部真空,这时单向阀 4 打开,通过吸油管 5 从油箱 12 中吸油;当用力压下手柄时,小活塞下移,小活塞下腔压力升高,单向阀 4 关闭的同时单向阀 7 打开,下腔的油液经管道 6 输入举升油缸 9 的下腔,迫使大活塞 8 向上移动,顶起重物。再次提起手柄吸油时,单向阀 7 自动关闭,使油液不能倒流,从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手柄,就能不断地把油液压入举升缸下腔,使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11,举升缸下腔的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱,重物就向下移动。这就是液压千斤顶的工作原理。

通过对上面液压千斤顶工作过程的分析,可以初步了解到液压传动的基本工作原理。液压传动是利用有压力的油液作为传递动力的工作介质。压下杠杆时,小油缸 2 输出压力

油,此时是将机械能转换成油液的压力能。然后压力油经过管道6及单向阀7,推动大活塞8举起重物,此时是将油液的压力能转换成机械能。大活塞8举升的速度取决于单位时间内流入大油缸9中油容积的多少。由此可见,液压传动是一个不同能量的转换过程。图1-4是用结构半剖式图形和职能符号绘出的简单磨床的液压系统工作原理图。该系统可使磨床工作台作直线往复运动,克服各种阻力和调节磨床工作台的运动速度。



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

图1-4 简单磨床的液压系统工作原理图

简单磨床工作台液压传动系统的工作原理如下:在图1-4(a)中,液压泵17由电机驱动旋转,从油箱19中吸油。油液经滤油器18进入液压泵,当它从液压泵输出进入压力管11时,通过开停(换向)阀10、节流阀7、换向阀5进入液压缸2的左腔,推动活塞3和工作台1向右移动。这时,液压缸右腔的油液经换向阀5和回油管6排回油箱19。如果换向阀5的换向手柄处于图1-4(b)所示的状态,则压力管11中的油液经过开停(换向)阀10、节流阀7和换向阀5进入液压缸2的右腔,推动活塞和工作台向左移动,并使液压缸左腔的油液经换向阀5和回油管6排回油箱19。

磨床工作台的移动速度是由节流阀来调节的。当节流阀口开大时,进入液压缸的油液量增多,工作台的移动速度增大;当节流阀口关小时,进入液压缸的油液量减少,工作台的移动速度减小。

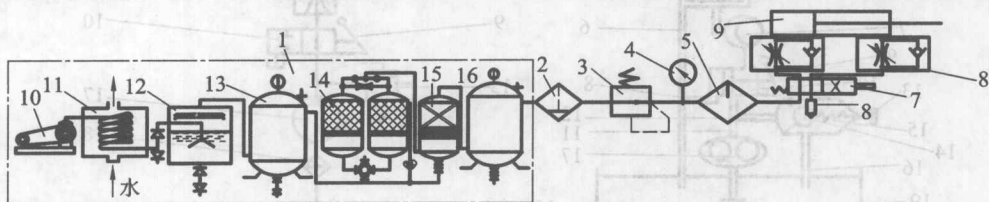
为了克服移动工作台所受到的各种阻力,液压缸必须产生一个足够大的推力,这个推力是由液压缸中的油液压力产生的。需要克服的阻力越大,液压缸中的油压越高;反之则压力越低。液压泵输出的多余油液经溢流阀13和回油管16排回油箱19,在图示的液压系统中液压泵出口处的油液压力是由溢流阀13决定的,它与液压缸中的压力大小不同。

如果将开停(换向)阀10的手柄9转换成向左打的状态,则压力管中的油液将经开停(换向)阀和回油管排回油箱,不输到液压缸中去,这时工作台不运动,而液压泵输出的油液直接流回油箱,使液压系统卸荷。

3. 气压传动系统的工作原理

气压传动系统的工作原理与液压传动系统的基本相似。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。但由于两种传动系统工作介质不同,而且两类介质的特性有很大差别,所以决定了液压系统和气压系统的工作特性有较大差异,应用的场合也各不相同。尽管两种系统所采用的元器件的结构原理很相似,但很多元器件不能互换使用,并且是分别由不同的专业生产厂家进行加工制造的。

图 1-5 是一个气压传动系统工作原理简图。图中电机驱动空气压缩机进行空气压缩,形成具有较高压力的压缩空气,通过压缩空气将机械能转化为气体压力能,受压缩的空气经冷却器、滤油器、干燥器,进入储气罐中,以上过程集中在气源装置中进行。储气罐用于储存、干燥和净化压缩空气,并稳定气体压力。储气罐中的压缩空气再经过滤器、调压阀、方向控制阀和流量控制阀等,进入气缸或气马达,进而推动活塞带动负载工作,实现相应运动。



1—气源装置; 2—分水滤气器; 3—减压阀; 4—压力计; 5—油雾器; 6—消声器; 7—二位四通换向阀;

8—单向节流阀; 9—气缸; 10—空压机; 11—冷却器; 12—油水分离器; 13、16—储气罐; 14—干燥器; 15—过滤器

图 1-5 气压传动系统工作原理简图

从上述液压传动系统和气压传动系统的例子可以看出两者存在如下相同点:

- (1) 液压传动与气压传动是分别以液体或气体作为工作介质进行能量传递和转换的。
- (2) 液压传动与气压传动是分别以液体或气体的压力能来传递动力和运动的。
- (3) 液压传动与气压传动中的工作介质是在受控制、受调节的状态下进行工作的。

1.2.2 系统的组成

在流体传动与控制系统中,虽然液压传动系统与气压传动系统的特点不尽相同,但它们的组成形式类似,都是由动力元件、控制调节元件、执行元件和辅助元件组成的,如图 1-5、图 1-6 所示。

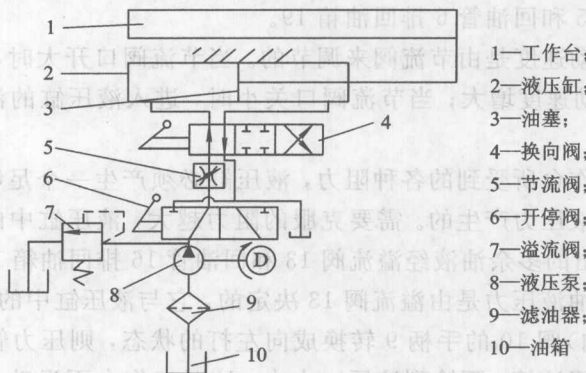


图 1-6 机床工作台液压系统的图形符号图

1. 动力元件

动力元件又可称为动力装置或能源装置,是指能将原动机的机械能转换成液压能或气压能的元件或装置,它是系统的能量来源。液压系统的动力元件是液压泵及其保护装置,其作用是向液压传动系统提供压力油;气压传动系统的动力元件是气源装置,是由空气压缩机、储气罐、空气净化装置、安全保护装置和调压装置组成的,其作用是向气压传动系统提供压缩空气。

2. 控制调节元件

控制调节元件是对系统中流体的压力、流量和方向进行控制和调节的元件或装置,其作用是保证执行元件和工作机构按要求工作。它包括各种液压控制阀和气动控制阀。

3. 执行元件

执行元件是把油液的液压能转换成机械能输出的元件或装置,包括作直线运动的液压缸或气缸和作回转运动的液压马达或气压马达,其作用是在工作介质的作用下输出力和速度(或转矩、转速),以驱动工作机构做功。

4. 辅助元件

除以上元件外的其它元器件都称为辅助元件,如油箱、过滤器、蓄能器、冷却器、分水滤气器、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。在气压传动系统中还有用来感受和传递各种信息的气动传感器。

1.2.3 系统的特点

1. 液压传动的特点

液压传动之所以能得到广泛的应用,是因为它具有以下主要优点:

(1) 与电机相比,在同等体积下,液压装置能产生更大的动力,即它具有更大的功率密度或力密度(指工作压力)。由于液压传动是油管连接,所以借助油管的连接可以方便灵活地布置传动机构,这是比机械传动优越的地方。例如,在井下抽取石油的泵可采用液压传动来驱动,以克服长驱动轴效率低的缺点。由于液压缸的推力很大,又加之极易布置,在挖掘机等重型工程机械上,已基本取代了老式的机械传动,不仅操作方便,而且外形美观大方。

(2) 液压传动装置的重量轻、结构紧凑、惯性小。例如,相同功率液压马达的体积为电动机的12%~13%。液压泵和液压马达单位功率的重量指标,目前是发电机和电动机的1/10,液压泵和液压马达可小至0.0025 N/W(牛/瓦),发电机和电动机则约为0.03 N/W。

(3) 可在大范围内实现无级调速。借助阀或变量泵、变量马达,可以实现无级调速,调速范围可达1:2000,并可在液压装置运行的过程中进行调速。

(4) 传递运动均匀平稳,负载变化时速度较稳定。液压传动系统工作平稳、换向冲击小,便于频繁换向。正因为此特点,金属切削机床中的磨床传动现在几乎都采用液压传动。

(5) 液压装置易于实现过载保护。借助于溢流阀等控制调节元件的设置调节状态,易于实现过载保护功能。同时液压元件可进行自润滑,因此使用寿命长。

(6) 易于实现自动化。液压传动借助于各种控制阀,特别是采用液压控制和电气控制结合使用,可很容易实现复杂的自动工作循环,而且可以实现远程控制或异地控制。

(7) 液压元件已实现标准化、系列化和通用化,便于设计、制造和推广使用。

液压传动也具有一定的缺点:

(1) 漏油问题不可忽略。液压系统中的漏油等现象明显影响运动的平稳性和准确性,使得液压传动不能保证严格的传动比。为了减少泄漏,以及为了满足某些性能上的要求,液压元件的配合件制造精度要求较高,加工工艺较复杂。

(2) 油温变化影响稳定性。液压传动对油温的变化比较敏感,温度变化时,液体黏性随之变化,亦引起运动特性的变化,使得传动系统工作的稳定性受到影响,所以它不宜在温度变化很大的环境条件下工作。

(3) 液压传动要有单独的能源,不如电源方便。

(4) 安装维修较复杂。液压系统管路及各部分组成元件较多、较复杂,当发生故障时不易检查和排除。

总之,液压传动的优点是主要的,随着设计制造和使用水平的不断提高,有些缺点正在逐步被克服。因此,液压传动具有广泛的应用和发展前景。

2. 气压传动的特点

气压传动因其所使用介质的特性和组成情况使气压传动系统工作时有其独特的优缺点。

气压传动具有如下主要优点:

(1) 工作介质是空气,与液压油相比可节约能源,且资源丰富,无污染,工作环境的适应性好,气体不易堵塞流动通道,用后可直接排放到大气中,对环境无污染。

(2) 空气的特性受温度影响小。在高温下能可靠地工作,不会发生燃烧或爆炸。而且温度变化时,对空气的黏度影响极小,故不会影响传动性能。

(3) 空气的黏度很小(约为液压油的 $1/10000$),流动阻力小,在管道中流动的压力损失较小,所以便于集中供应和远距离输送。

(4) 相对液压传动而言,气动动作迅速、反应快,一般只需 $0.02 \sim 0.3$ s 就可达到工作压力和速度。液压油在管路中的流动速度一般为 $1 \sim 5$ m/s,而气体的流速最小也大于 10 m/s,有时甚至可达到音速,排气时还可达到超音速。

(5) 气体压力具有较强的自保持能力,即使压缩机停机,关闭气阀,而装置中仍然可以维持一个稳定的压力。液压系统要保持压力,一般需要泵继续工作或添加辅助装置(如蓄能器),而气体通过自身的膨胀性来维持承载缸的压力不变。

(6) 气动元件可靠性高、寿命长。电气元件可运行百万次,而气动元件可运行 $2000 \sim 4000$ 万次。

(7) 工作环境适应性好,使用安全,尤其是在易燃、易爆、多尘埃、强磁、辐射、振动等恶劣环境中,无爆炸和电击危险,有过载保护能力,并不易发生过热现象,比液压、电子、电气传动和控制优越。

(8) 气动装置结构简单,成本低,维护方便,过载能自动保护。

气压传动具有如下缺点:

(1) 工作压力低,一般为 $0.3 \sim 0.8$ MPa,仅适用于小功率的场合。在结构尺寸相同的