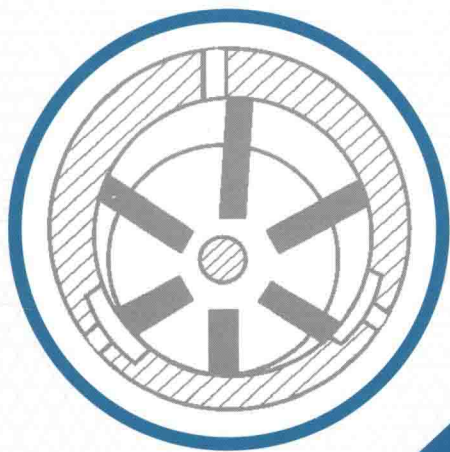




高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

顾问·张策 张福润 赵敖生

液压与气压 传动 (第二版)



主编◎李兵 黄方平



高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规

顾问·张策 张福润 赵敖生

液压与气压 传动 (第二版)

主 编 李 兵 黄方平

副主编 谢 明 马春峰 马爱兵 曾亮华
周邢银 吴德旺 徐云杰 孙 娜

主 审 黄宝山

YEYA YU QIYA CHUANDONG



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书系统地介绍了液压与气压传动的工作原理、结构特点、使用维护和一般故障处理。全书共分为10章:第1、2章为液压与气压传动的基础知识,即液压与气压传动的基本概念、应用和液压流体力学基础;第3章至第6章分别介绍了液压动力元件、执行元件、控制元件及辅助装置;第7章为液压基本回路;第8、9章为典型液压传动系统和液压传动系统的设计和计算;第10章为气压传动基础知识、气源装置与气动辅助元件、气动执行元件、气动控制元件、气动基本回路。每章前有内容提要,基本要求、重点和难点,每章后有思考题与习题。

本书可作为普通工科院校机械类、动力与车辆工程、自动化类各专业开设的“液压与气压传动”相关课程的教学用书,也适用于各类成人高校、自学考试等学生,同时可作为技师、高级工等技术人员学习液压与气压传动技术的培训教材,也可作为机械技术人员进行专业设计或应用的工具书和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/李兵,黄方平主编. —2版. —武汉:华中科技大学出版社,2015.11
高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材
ISBN 978-7-5680-1385-7

I. ①液… II. ①李… ②黄… 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(2015)第 272254 号

液压与气压传动(第二版)

Yeya yu Qiya Chuandong(Di-erban)

李 兵 黄方平 主编

策划编辑:俞道凯

责任编辑:吴 晗

封面设计:原色设计

责任校对:张会军

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:湖北恒泰印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.75

字 数:379千字

版 次:2012年6月第1版 2016年1月第2版第1次印刷

定 价:32.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

编审委员会

顾问： 张 策 天津大学仁爱学院
张福润 华中科技大学文华学院
赵敖生 三江学院

主任： 吴昌林 华中科技大学

副主任：（排名不分先后）

潘毓学 长春大学光华学院 李杞仪 华南理工大学广州学院
王宏甫 北京理工大学珠海学院 王龙山 浙江大学宁波理工学院
魏生民 西北工业大学明德学院



编委：（排名不分先后）

陈秉均	华南理工大学广州学院	邓 乐	河南理工大学万方科技学院
王进野	山东科技大学泰山科技学院	卢文雄	贵州大学明德学院
黄宝山	北京理工大学珠海学院	王连弟	华中科技大学出版社
孙立鹏	华中科技大学武昌分校	刘跃峰	桂林电子科技大学信息科技学院
宋小春	湖北工业大学工程技术学院药	孙树礼	浙江大学城市学院
齐从谦	上海师范大学天华学院	吴小平	南京理工大学紫金学院
沈萌红	浙江大学宁波理工学院	张胜利	湖北工业大学商贸学院
邹景超	黄河科技学院工学院	陈富林	南京航空航天大学金城学院
郑 文	温州大学瓯江学院	张景耀	沈阳理工大学应用技术学院
陆 爽	浙江师范大学行知学院	范孝良	华北电力大学科技学院
顾晓勤	电子科技大学中山学院	胡夏夏	浙江工业大学之江学院
黄华养	广东工业大学华立学院	孟文霞	烟台南山学院
诸文俊	西安交通大学城市学院	黄健求	东莞理工学院城市学院
刘丽梅	宁夏理工学院	曲尔光	运城学院
李雁三	四川大学锦城学院	范扬波	福州大学至诚学院
林育兹	厦门大学嘉庚学院	胡国军	绍兴文理学院元培学院
睦满仓	长江大学工程技术学院	容一鸣	武汉理工大学华夏学院
刘向阳	吉林大学珠海学院	宋继良	黑龙江东方学院
吕海霆	大连科技学院	李家伟	武昌工学院
于慧力	哈尔滨石油学院	张万奎	湖南理工学院南湖学院
殷劲松	南京理工大学泰州科技学院	李连进	北京交通大学海滨学院
胡义华	广西工学院鹿山学院	张洪兴	上海师范大学天华学院

秘 书 俞道凯 华中科技大学出版社

高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

总 序

胡锦涛同志在党的十七大上指出：教育是民族振兴、社会进步的基石，是提高国民素质、促进人的全面发展的根本途径。温家宝同志在 2010 年全国教育工作会议上的讲话中指出：民办教育是我国教育的重要组成部分，发展民办教育，是满足人民群众多样化教育需求、增强教育发展活力的必然要求。从 1998 年到 2010 年，我国民办高校从 21 所发展到了 676 所，在校生从 1.2 万人增长为 477 万人。《国家中长期教育改革和发展规划纲要》（2010—2020）颁布以来，我国高等教育发展正进入一个以注重质量、优化结构、深化改革为特征的新时期，独立学院和民办本科学校在拓展高等教育资源，扩大高校办学规模，尤其是在培养应用型人才等方面发挥了积极作用。

当前我国机械行业发展迅猛，急需大量的机械类应用型人才。全国应用型高校中设有机械专业的学校众多，但这些学校使用的教材中，既符合当前改革形势又适用于目前教学形式的优秀教材却很少。针对这种现状，急需推出一系列切合当前教育改革需要的高质量优秀专业教材，以推动应用型本科教育办学体制和运行机制的改革，提高教育的整体水平，加快改进应用型本科的办学模式、课程体系和教学方式，形成具有多元化特色的教育体系。现阶段，组织应用型本科教材的编写是独立学院和民办普通本科院校内涵提升的需要，是独立学院和民办普通本科院校教学建设的需要，也是市场的需要。

为了贯彻落实教育规划纲要，满足各高校的高素质应用型人才培养要求，2011 年 7 月，华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下，召开了高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材编写会议。本套教材以“符合人才培养需求，体现教育改革成果，确保教材质量，形式新颖创新”为指导思想，内容上体现思想性、科学性、先进性和实用性，把握行业岗位要求，突出应用型本科院校教育特色。在独立学院、民办普通本科院校教育改革逐步推进的大背景下，本套教材特色鲜明，教材编写参与面广泛，具有代表性，适合独立学院、民办普通本科院校等机械类专业教学的需要。

本套教材邀请有省级以上精品课程建设经验的教学团队引领教材的建设，邀请本专业领域内德高望重的教授张策、张福润、赵敖生等担任学术顾问，邀请国家级教学名师、教育部机械基础学科教学指导委员会副主任委员、华中科技大学机械学院博士生导师吴昌林教授担任总主编，并成立编审委员会对教材质量进行把关。

我们希望本套教材的出版，能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型机械工程建设人才，我们也相信本套教材能达到这个目标，从形式到内容都成为精品，真正成为高等院校机械类应用型本科教材中的全国性品牌。

高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

编审委员会

2012-5-1

前 言

本书是应用型本科机械制造、机电工程、车辆工程、数控、自动化等相关专业的教学用书,是作者结合现代工业自动化飞速发展的需求,经过多年的教学、科研及生产的实践,引用最新技术资料编写而成。

本书在内容上,简明全面地讲述了液压与气动元件的原理、结构及性能,液压与气动基本回路的工作原理,典型系统的原理和特点,以及液压与气动系统使用和维护的部分知识。本书在编排过程中,注重与生产实际紧密结合,选用较为典型的实例,使学生获得实用的技术知识。另外,为便于学生理解,大多数元件我们都配以图片,也让学生对实际液压元件有一个初步的认识。

在编写本书时,遵循的指导思想是:阐明工作原理,拓展专业知识,引入先进技术信息,注重理论联系实际,培养学生理解、分析、应用的综合能力。

本书不仅可以作为高等院校相关专业的试用教材或培训资料,还可以供教师、学生、企业技术人员课内外学习、拓展视野或进一步提高时参考。

本书的第3、9章由北京理工大学珠海学院李兵和湖州师范学院徐云杰编写,第1、10章由浙江大学宁波理工学院黄方平编写,第2章由东莞理工学院城市学院谢明编写,第4章由华北电力大学科技学院周邢银和湖北工业大学马爱兵编写,第5章由沈阳理工大学应用技术学院马春峰编写,第6章由北京理工大学珠海学院吴德旺编写,第7章由宁夏理工学院孙娜和北京理工大学珠海学院曾亮华编写,第8章1~3节由北京理工大学珠海学院曾亮华编写,4~5节由东莞理工学院城市学院谢明编写,第6节由北京理工大学珠海学院李兵编写。本书由李兵、黄方平任主编,全书由李兵负责统稿和定稿。本书由黄宝山主审。

限于编者的水平和经验,书中难免有欠妥甚至是错误之处,敬请广大读者批评指正,以便再版时修正和完善。

编 者

2015年10月

目 录

第 1 章 液压、气压传动概述	(1)
1.1 液压、气压传动的定义及工作原理	(1)
1.1.1 压力与负载的关系	(2)
1.1.2 速度与流量的关系	(2)
1.1.3 能量转换关系	(3)
1.2 液压和气压系统的组成及表示方法	(3)
1.2.1 液压和气压系统的组成	(3)
1.2.2 液压和气压系统的表示方法	(5)
1.3 液压传动和气压传动的优、缺点	(5)
1.3.1 液压传动的优、缺点	(5)
1.3.2 气压传动的优、缺点	(6)
1.4 液压与气压传动的应用	(7)
1.5 液压与气压传动的发展前景	(8)
第 2 章 液压与气压传动基本理论	(10)
2.1 液压油的主要物理性质	(10)
2.1.1 液压油的主要特性	(10)
2.1.2 液压油的选择和使用	(11)
2.2 液体静力学基础	(12)
2.2.1 液体静压力及其性质	(12)
2.2.2 液体静力学基本方程	(12)
2.2.3 压力的表示方法	(13)
2.2.4 静压传递原理	(13)
2.2.5 静压力对固体壁面的作用力	(14)
2.3 液体动力学基础	(14)
2.3.1 基本概念	(14)
2.3.2 连续性方程	(15)
2.3.3 伯努利方程	(15)
2.3.4 动量方程	(16)
2.4 液体流动时的压力损失和流量损失	(17)
2.4.1 流态、雷诺数	(17)
2.4.2 压力损失	(18)
2.4.3 流量损失	(20)
2.5 气体静力学基础	(22)

2.5.1	理想气体状态方程	(22)
2.5.2	气体状态变化过程	(22)
2.6	气体动力学基础	(23)
2.7	液压冲击和空穴现象	(24)
2.7.1	液压冲击	(24)
2.7.2	空穴现象	(25)
第3章	液压泵和液压马达	(28)
3.1	液压泵、液压马达概述	(28)
3.2	液压泵、液压马达的基本性能参数	(29)
3.3	齿轮泵	(31)
3.3.1	外啮合齿轮泵	(31)
3.3.2	内啮合齿轮泵	(34)
3.4	叶片泵	(34)
3.4.1	单作用叶片泵	(34)
3.4.2	双作用叶片泵	(38)
3.5	柱塞泵	(41)
3.6	液压泵的性能比较及选用	(44)
3.7	液压马达	(45)
3.8	液压泵及液压马达的工作特点	(46)
3.8.1	液压泵的工作特点	(46)
3.8.2	液压马达的工作特点	(46)
第4章	液压缸	(49)
4.1	液压缸的类型和特点	(49)
4.2	液压缸的典型结构和组成	(54)
4.2.1	液压缸典型结构及工作原理	(54)
4.2.2	液压缸的组成	(55)
4.3	液压缸的设计和计算	(58)
4.3.1	液压缸的设计内容和步骤	(59)
4.3.2	计算液压缸的结构尺寸	(59)
4.3.3	强度校核	(60)
4.3.4	液压杆稳定性校核	(61)
4.3.5	缓冲计算	(61)
4.3.6	液压缸设计中应注意的问题	(62)
第5章	液压控制元件	(65)
5.1	液压阀的概述	(65)
5.1.1	液压阀的基本结构与原理	(65)
5.1.2	液压阀的分类	(65)
5.1.3	液压阀的性能参数	(67)

5.1.4	对液压阀的基本要求	(67)
5.2	方向控制阀及应用	(68)
5.2.1	单向阀	(68)
5.2.2	换向阀	(69)
5.3	压力控制阀及应用	(77)
5.3.1	溢流阀	(77)
5.3.2	顺序阀	(80)
5.3.3	减压阀	(81)
5.3.4	压力继电器	(82)
5.3.5	压力控制阀经常出现的故障	(83)
5.4	流量控制阀及其应用	(84)
5.4.1	节流阀	(84)
5.4.2	调速阀	(85)
5.4.3	流量控制阀的常见故障及排除方法	(86)
5.5	比例阀、插装阀和叠加阀	(87)
5.5.1	比例阀	(87)
5.5.2	插装阀	(88)
5.5.3	叠加阀	(92)
5.6	液压控制阀的选用	(93)
第6章	辅助装置	(97)
6.1	蓄能器	(97)
6.1.1	功用和分类	(97)
6.1.2	容量计算	(98)
6.1.3	使用和安装	(99)
6.2	滤油器	(100)
6.2.1	功用和类型	(100)
6.2.2	滤油器的主要性能指标	(101)
6.2.3	选用和安装	(103)
6.3	油箱	(103)
6.3.1	功用和结构	(103)
6.3.2	设计时的注意事项	(104)
6.4	热交换器	(105)
6.4.1	冷却器	(105)
6.4.2	加热器	(106)
6.5	管件	(106)
6.5.1	油管	(106)
6.5.2	管接头	(107)
6.6	密封装置	(108)

6.6.1	对密封装置的要求	(108)
6.6.2	密封装置的类型和特点	(109)
第7章	液压基本回路	(112)
7.1	方向控制回路	(112)
7.1.1	换向回路	(112)
7.1.2	浮动与锁紧回路	(115)
7.2	压力控制回路	(117)
7.2.1	调压回路	(118)
7.2.2	增压回路	(119)
7.2.3	减压回路	(120)
7.2.4	平衡回路	(121)
7.2.5	卸荷回路	(122)
7.2.6	保压回路	(123)
7.3	调速回路	(124)
7.3.1	概述	(124)
7.3.2	调速回路的分类及基本要求	(125)
7.3.3	节流调速回路	(125)
7.3.4	容积调速回路	(132)
7.3.5	容积-节流调速回路	(136)
7.3.6	其他速度控制回路	(138)
7.4	多缸工作控制回路	(141)
7.4.1	同步运动回路	(141)
7.4.2	顺序运动回路	(143)
7.4.3	互不干扰回路	(145)
第8章	典型液压传动系统	(152)
8.1	液压系统的类型和分析方法	(152)
8.1.1	按油液循环方式分类	(152)
8.1.2	按执行元件类型分类	(154)
8.1.3	按系统回路的组合方式分类	(154)
8.1.4	分析液压系统的一般方法	(157)
8.2	组合机床动力滑台液压系统	(158)
8.2.1	概述	(158)
8.2.2	YT4543型动力滑台液压系统的工作原理	(158)
8.2.3	组合机床动力滑台液压系统的特点	(160)
8.3	M1432A型万能外圆磨床液压传动系统	(161)
8.3.1	概述	(161)
8.3.2	工作原理	(161)
8.3.3	M1432A型万能外圆磨床液压传动系统的主要特点	(164)

8.4	液压挖掘机液压系统	(164)
8.4.1	主要工作过程	(164)
8.4.2	双泵双回路单斗液压挖掘机液压系统工作原理	(165)
8.4.3	液压挖掘机液压系统的特点	(167)
8.5	汽车起重机液压系统	(167)
8.5.1	概述	(167)
8.5.2	Q2-8型汽车起重机液压系统工作原理	(167)
8.5.3	Q2-8型汽车起重机液压系统特点分析	(170)
8.6	加工中心液压系统	(170)
第9章	液压传动系统的设计与计算	(178)
9.1	明确设计要求,进行工况分析	(178)
9.1.1	运动分析	(178)
9.1.2	动力分析	(179)
9.2	确定液压系统的主要参数	(182)
9.2.1	液压缸的设计计算	(182)
9.2.2	液压马达的设计计算	(183)
9.3	计算和选择液压元件	(183)
9.3.1	液压泵的确定与所需功率的计算	(183)
9.3.2	阀类元件的选择	(185)
9.3.3	蓄能器的选择	(185)
9.3.4	管道的选择	(185)
9.3.5	油箱的设计	(186)
9.3.6	滤油器的选择	(186)
9.4	液压系统性能的验算	(187)
9.4.1	管路系统压力损失的验算	(187)
9.4.2	系统发热温升的验算	(188)
9.4.3	系统效率验算	(189)
9.5	绘制工作图和编写技术文件	(189)
9.6	液压系统的设计计算实例	(189)
9.6.1	液压缸的载荷组成与计算	(190)
9.6.2	绘制负载图和速度图	(190)
9.6.3	计算主要参数(液压缸主要结构尺寸)	(190)
9.6.4	液压系统方案的设计	(192)
9.6.5	选择液压元件	(193)
9.6.6	验算液压系统性能	(195)
第10章	气压传动	(196)
10.1	气压传动概述	(196)
10.1.1	气动技术的特点	(196)

10.1.2	气动系统的组成	(197)
10.1.3	气动技术的应用和发展	(198)
10.2	气源装置及辅助元件	(198)
10.2.1	气源装置	(198)
10.2.2	辅助元件	(201)
10.2.3	真空元件	(204)
10.2.4	管路系统设计	(205)
10.3	气动执行元件	(207)
10.3.1	汽缸	(207)
10.3.2	气动马达	(210)
10.4	气动控制元件	(211)
10.4.1	方向控制阀	(212)
10.4.2	压力控制阀	(216)
10.4.3	流量控制阀	(218)
10.4.4	气动逻辑元件	(219)
10.5	气动基本回路	(222)
10.5.1	换向控制回路	(222)
10.5.2	压力控制回路	(223)
10.5.3	速度控制回路	(224)
10.5.4	其他基本回路	(225)
10.6	气动系统实例	(227)
10.6.1	气液动力滑台气压系统	(227)
10.6.2	走纸张力气控系统	(228)
10.6.3	气动计量系统	(229)
附录 常用液压与气动元件图形符号(GB/T786.1—2009)		(232)
参考文献		(238)

第1章 液压、气压传动概述

内容提要

液压、气压传动是属于自动控制领域的一门重要学科,它是_以流体(液体或压缩空气)为工作介质,以液体或气体的压力能进行能量传递和控制的一种传动形式。本章主要讲述了液压、气压传动与控制的概念,揭示了液压或气压传动的基本原理,论述了压力与负载、速度与流量、液压功率与输出功率之间的关系,液压、气压传动系统的组成,液压、气压传动系统图的表示方法,液压、气压传动的优缺点,液压、气压传动的应用及发展前景。通过本章的学习,使学生对液压、气压传动与控制这门技术有一个初步的了解。

基本要求、重点和难点

基本要求:

- (1) 掌握液压、气压传动的定义,区分液压与气压传动和其他传动形式的不同,了解液压、气压传动的工作原理和传动实质;
- (2) 了解液压、气压传动系统的组成和系统图的表示方法;
- (3) 了解液压、气压传动系统的优缺点;
- (4) 了解液压、气压传动的应用情况及发展前景。

重点: 液压、气压传动的工作原理; 液压、气压传动系统图的表示方法。

难点: 液压、气压传动的工作原理。

1.1 液压、气压传动的定义及工作原理

液压、气压传动系统是由一些功能不同的液压和气压元件组成,在密闭的回路中依靠运动的液体和气体进行能量传递,通过对液体或气体的相关参数(压力、流量)进行调节和控制,来满足工作装置输出力、速度(或转矩、转速)的一种传动装置。液压和气压传动在元件工作原理、系统构成等方面极其相似,所不同的是:作为液压传动的液体几乎不可压缩,作为气压传动的空气有较大的压缩性。液压、气压传动系统的类型很多,应用范围也十分广泛,下面以图 1-1 所示的液压千斤顶为例说明其工作原理。

当向上提手柄 5 时,小缸 4 内的小活塞上移,小缸下部因容积增大形成真空,此时排油单向阀 3 关闭,油箱 1 内的液压油通过油管 and 吸油单向阀 2 被吸入到小缸下腔并充满。当向下压手柄 5 时,小活塞下移,液压油被挤出,压力升高,此时吸油单向阀 2 关闭,小缸 4 内的液压油顶开排油单向阀 3 进入大缸 7 下腔,迫使大活塞向上移动举起重物 6。经过反复提升和下压杠杆,就能将油箱的液压油不断吸入小缸,压入大缸,推动大活塞逐渐上移而将重物举起。为把重物从举高的位置顺利放下,系统设置了截止阀(放油螺塞)8。

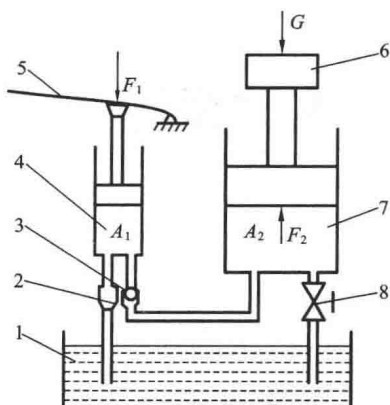


图 1-1 液压千斤顶的工作原理

1—油箱;2—吸油单向阀;3—排油单向阀;4—小缸;
5—手柄;6—重物(负载);7—大缸;8—截止阀

在图 1-1 中,如果两根通油箱的管道与大气相通,则变成了气动系统的原理图。这种情况下,上下按动手柄 5 一次,空气就通过阀 2 被吸入一次,经阀 3 输到大缸 7 的下腔一次。反复按动手柄 5,同样可以把重物提起。与液压系统不同的是,因气体有压缩性,不会一按手柄 5 重物立即相应上移,而是需按动手柄 5 多次,使进入大缸 7 下腔中的气体逐渐增多,压力逐渐升高,一直到气体压力达到使重物上升所需的压力值时,重物才开始上升。在重物上升的过程中,也不像液压系统那样,压力值基本保持不变(重物负载不变),因气体的压缩性较大,气压值会发生波动。

图 1-1 所示的系统不能对重物的上升速度进行调节,也没有防止压力过高的安全措施,是一个简单的液压或气压系统,但同样充分揭示了液压或气压传动的压力与负载、速度与流量、液压功率与输出功率之间的关系。

1.1.1 压力与负载的关系

在图 1-1 中,设大、小活塞(也称大、小液压缸)的面积分别为 A_2 和 A_1 ,作用在大活塞上的外负载为 G ,大活塞下端的受力为 F_2 ,施加于小活塞上的作用力为 F_1 ,则在大缸 7 中所产生的液体压力(压强)为(忽略活塞自重、摩擦力等) $p_2 = G/A_2 = F_2/A_2$,小缸 4 内的压力为 $p_1 = F_1/A_1$ 。根据帕斯卡原理:加在密封容器中的压力(压强)能够按照原来的大小向液体的各个方向传递,即 $p_1 = p_2 = p$ 。若忽略压力损失,则可以表示为

$$p = \frac{G}{A_2} = \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1} \quad (1-1)$$

或

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} \quad (1-2)$$

式(1-1)说明,当 A_1 、 A_2 一定时,负载 F_2 越大,系统中的压力 p 也越高,外界对系统的作用力 F_1 也越大,所以系统的压力 p 取决于外负载的大小。式(1-2)表明,当 $A_2/A_1 \gg 1$ 时,作用在小活塞上一个很小的力 F_1 ,便可以在大活塞上产生一个很大的力 F_2 ,以举起重物(负载)。

1.1.2 速度与流量的关系

在图 1-1 中,若不计液体的泄漏、可压缩性和系统的弹性变形等因素,则从小缸中排出的液体体积一定等于大缸中的液体体积,以供活塞上升。设大、小缸活塞的位移分别为 s_2 、 s_1 ,则有

$$s_1 A_1 = s_2 A_2 \quad (1-3)$$

或

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (1-4)$$

式(1-4)表明两活塞的位移与两活塞的面积成反比。将式(1-3)两边同除以活塞运动的时间 t , 得

$$q_1 = A_1 v_1 = A_2 v_2 = q_2 = q \quad (1-5)$$

式中: v_1 、 v_2 ——小活塞、大活塞的平均运动速度;

q_1 、 q_2 ——小缸输出的平均流量、大缸输入的平均流量。

从式(1-5)可以得到一般公式

$$v = \frac{q}{A} \quad (1-6)$$

式(1-6)是液压传动中速度调节的基本公式。说明通过调节进入液压缸的液体流量,即可调节活塞的运动速度,由此可见:液压传动系统中,执行机构的运动速度取决于输入流量的大小。

1.1.3 能量转换关系

由图 1-1 可知,大活塞工作时输出的瞬时功率为负载与速度的乘积,即

$$P = F_2 v_2 = F_2 \frac{q_2}{A_2} = \frac{F_2}{A_2} q_2 = p_2 q_2 \quad (1-7)$$

式中: P ——液压缸所输出的功率。

式(1-7)表明,液压传动的功率等于液体的压力 p 和流量 q 的乘积。所以压力和流量是液压传动中的两个重要的基本参数。它们相当于机械传动的直线运动中的力和速度,旋转运动中的转矩和转速。

1.2 液压和气压系统的组成及表示方法

1.2.1 液压和气压系统的组成

为了对液压和气压系统有一个更加清楚的了解,下面详细介绍工程实际中的液压和气压系统。图 1-2 是磨床液压传动系统工作原理图,该液压系统能实现磨床工作台的往复运动及运动过程中的换向、调速及进给力的控制。为了实现这些功能,需要在液压泵和液压缸之间设置一些装置。其工作原理如下:电动机驱动液压泵 3 旋转,从油箱 1 中经过滤器 2 吸油,向系统提供具有一定流量的压力油。当换向阀 5 的阀芯处于图示位置时,压力油经流量控制阀 4(节流阀)、阀 5 和管道 9 进入液压缸 7 的左腔,推动缸 7 的活塞向右运动。缸 7 右腔的油液经管道 6、阀 5 和管道 10 流回油箱。当改变阀 5 阀芯的工作位置,使其处于左端位置时,缸 7 的活塞将反向运动。换向阀 5 的作用是实现磨床工作台的换向运动。流量控制阀 4 的作用是用来调节磨床工作台的运动速度。溢流阀 11(压力控制阀)的作用是根据负载的不同来调节并稳定液压系统的工作压力,同时放掉液压泵 3 排出的多余压力油,对整个液压系统起过载保护作用。工作台的移动速度是由流量控制阀 4 来调节的,开大流量控制阀的开口,进入缸 7 的流量增多,工作台的移动速度增大;反

之,工作台的移动速度减慢。此时液压泵3排出的多余油液经溢流阀11和管道12流回油箱1。系统工作时,缸7工作压力的大小取决于磨削工件所需的进给力的大小。液压泵3的最高工作压力由溢流阀11调定。

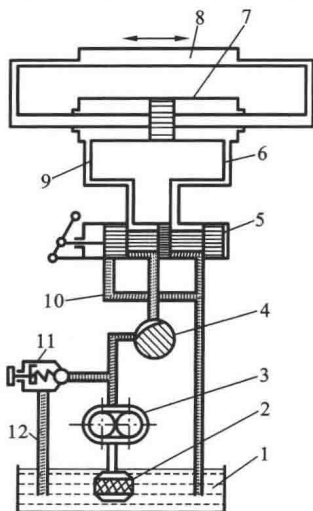


图 1-2 磨床液压传动系统工作原理

- 1—油箱;2—过滤器;3—液压泵;4—流量控制阀;
5—换向阀;6,9,10,12—管道;7—液压缸;
8—工作台;11—溢流阀

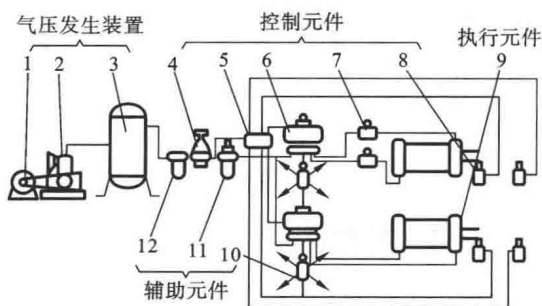


图 1-3 气压传动系统工作原理

- 1—电动机;2—空气压缩机;3—气罐;4—压力控制阀;
5—逻辑元件;6—方向控制阀;7—流量控制阀;8—行程阀;
9—汽缸;10—消声器;11—油雾器;12—分水过滤器

图 1-3 所示的气压传动系统,在气压发生装置和汽缸之间有控制压缩空气的压力、流量和方向的各种控制元件,逻辑运算、检测、自动控制等信号控制元件,以及使压缩空气净化、润滑、消声、传输所需要的一些装置。

从上面的例子可以看出,液压与气压传动系统主要由以下五部分组成。

(1) 动力元件 动力元件是一种能量转换装置,将机械能转换成压力能。包括液压泵、气压发生装置。

(2) 执行元件 执行元件也是一种能量转换装置,将流体的压力能转换成机械能输出。这种元件可以是做直线运动的液压缸、汽缸,也可以是做旋转运动的液压马达、气动马达,还可以是做往复摆动的液压或气压缸(马达)。

(3) 控制元件 控制元件是对液压或气压系统中流体的压力、流量及流动方向等参数进行控制和调节,或实现信号转换、逻辑运算和放大等功能的元件。这些元件对流体相关参数进行调节、控制、放大,不进行能量转换。

(4) 辅助元件 辅助元件是指除上述三种元件以外的其他元件,即保证系统正常工作所需的元件,如:液压系统中的油箱、蓄能器、过滤器等;气压系统中的分水滤气器、油雾器、消声器等;液压与气压系统中的管道、管接头、压力表等。辅助元件对液压与气压系统的正常工作是必不可少的。

(5) 工作介质 用来进行能量和信号的传递,它是液压或气压能的载体。液压系统以液压油液或高水基液体作为工作介质,气压系统以压缩空气作为工作介质。

1.2.2 液压和气压系统的表示方法

图 1-2、图 1-3 所示分别为半结构式的液压与气压系统工作原理图,该图直观性强,容易理解,读图方便,但绘制起来较为麻烦,元件多时几乎不可能绘制出来。为了简化液压、气压系统的表示方法,通常采用图形符号来绘制系统的原理图,如图 1-4 和图 1-5 所示。各类元件的图形符号完全脱离了其具体结构形式,只表示其职能,由它们组成的系统原理图能简明表达系统的工作原理及各元件在系统中的作用,为此国家专门制定了相关的液压与气压传动常用图形符号的标准 GB/T 17491—2011。图 1-4、图 1-5 所示分别为图 1-2、图 1-3 采用图形符号绘制的液压与气压传动系统工作原理图。

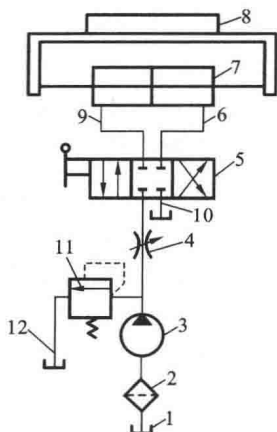


图 1-4 用图形符号表示的磨床液压传动系统工作原理

- 1—油箱;2—过滤器;3—液压泵;4—流量控制阀;
5—换向阀;6,9,10,12—管道;7—液压缸;
8—工作台;11—溢流阀

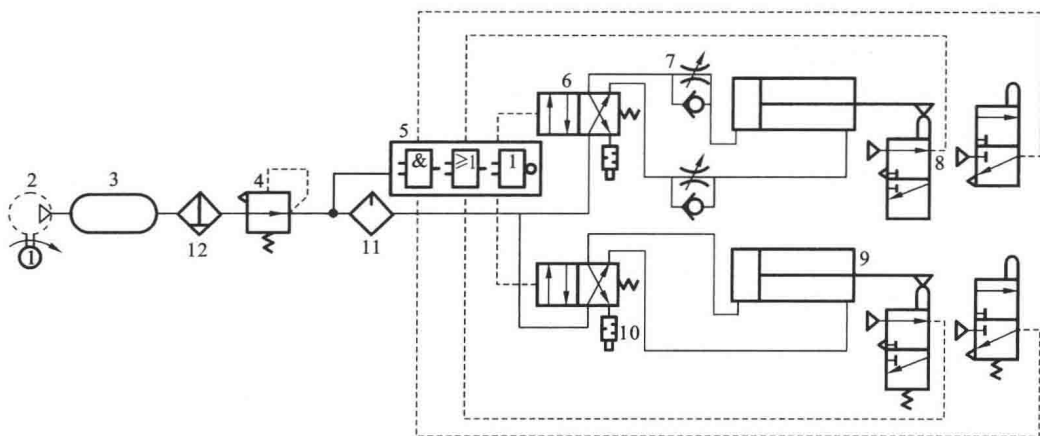


图 1-5 用图形符号表示的气压传动系统工作原理

- 1—电动机;2—空气压缩机;3—气罐;4—压力控制阀;5—逻辑元件;6—方向控制阀;
7—流量控制阀;8—行程阀;9—汽缸;10—消声器;11—油雾器;12—分水过滤器

1.3 液压传动和气压传动的优、缺点

1.3.1 液压传动的优、缺点

1. 液压传动的优点

(1) 易于实现无级调速。通过调节流量系统可在运行过程中方便地实现无级调速,调速范围可达 2000 : 1,容易获得极低的运动速度。

(2) 传递运动平稳。靠液压油的连续流动传递运动,液压油几乎不可压缩,且具有吸振