

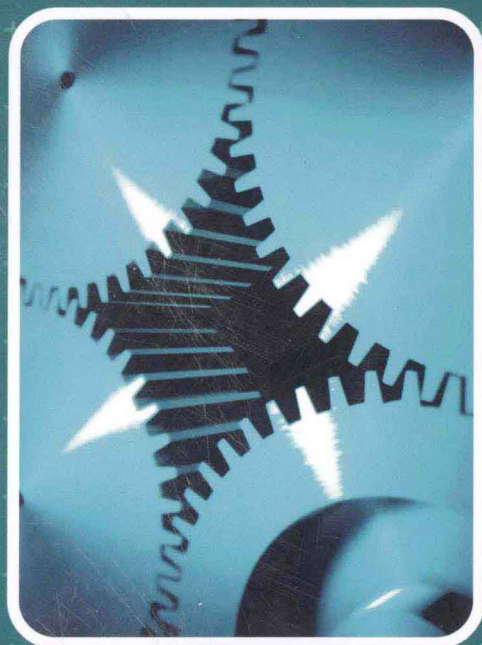


全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

丛书顾问 ➤ 李培根 林萍华

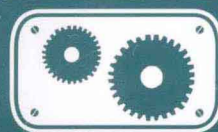
液压与气压传动

李岚 陈曼龙 ➤ 主编
凌智勇 ➤ 主审



Y E Y A Y U Q I Y A C H U A N D O N G

JX



JIXIELEI * SHIERWU



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

液压与气压传动

主 编	李 岚	陈曼龙		
副主编	冯志君	罗红旗	肖森鑫	
参 编	武金良	王 雷	颜景润	
	丁 伟	李 勇	李林升	
主 审	凌智勇			

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

本书是全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材,按照教育部“十二五”高等教育本科教材建设意见编写而成。本书由液压与气动基础、液压传动和气压传动三篇共 15 章组成。第一篇液压与气动基础主要介绍流体力学基础;第二篇液压传动主要介绍液压传动动力元件、液压传动执行元件、液压传动控制元件、液压传动辅助元件、液压基本回路、液压传动系统、液压系统的设计与计算;第三篇气压传动主要介绍气源装置、气动执行元件、气动控制元件、气动辅助元件、气动基本回路、气压传动系统、气动程序控制系统的设计。各篇内容既前后相互照应,又有一定的独立性。每章均附有小结和一定数量的习题。本书内容精简,突出工科教学特色,注重加强学生工程技术能力的训练。

本书可作为高等学校机械类专业本科学生教学用书和参考书,也可作为相关专业的学生以及工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/李 岚 陈曼龙 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.9
ISBN 978-7-5609-8880-1

I. 液… II. ①李… ②陈… 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(2013)第 081452 号

液压与气压传动

李 岚 陈曼龙 主编

策划编辑:万亚军

责任编辑:吴 晗

封面设计:范翠璇

责任校对:封春英

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)81321915

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉科利德印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:18

字 数:453 千字

版 次:2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:34.00 元

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

编审委员会

顾问: 李培根 华中科技大学

林萍华 华中科技大学

主任: 吴昌林 华中科技大学

副主任: (按姓氏笔画顺序排列)

王生武 邓效忠 轧 钢 庄哲峰 杨 萍 杨家军

吴 波 何岭松 陈 炜 竺志超 高中庸 谢 军

委员: (排名不分先后)

许良元 程荣龙 曹建国 郭克希 朱贤华 贾卫平

丁晓非 张生芳 董 欣 庄哲峰 蔡业彬 许泽银

许德璋 叶大鹏 李耀刚 耿 铁 邓效忠 宫爱红

成经平 刘 政 王连弟 张庐陵 张建国 郭润兰

张永贵 胡世军 汪建新 李 岚 杨术明 杨树川

李长河 马晓丽 刘小健 汤学华 孙恒五 聂秋根

赵 坚 马 光 梅顺齐 蔡安江 刘俊卿 龚曙光

吴凤和 李 忠 罗国富 张 鹏 张鬲君 柴保明

孙 未 何 庆 李 理 孙文磊 李文星 杨咸启

秘 书:

俞道凯 万亚军

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

序

“十二五”时期是全面建设小康社会的关键时期,是深化改革开放、加快转变经济发展方式的攻坚时期,也是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》的关键五年。教育改革与发展面临着前所未有的机遇和挑战。以加快转变经济发展方式为主线,推进经济结构战略性调整、建立现代产业体系,推进资源节约型、环境友好型社会建设,迫切需要进一步提高劳动者素质,调整人才培养结构,增加应用型、技能型、复合型人才的供给。同时,当今世界处在大发展、大调整、大变革时期,为了迎接日益加剧的全球人才、科技和教育竞争,迫切需要全面提高教育质量,加快拔尖创新人才的培养,提高高等学校的自主创新能力,推动“中国制造”向“中国创造”转变。

为此,近年来教育部先后印发了《教育部关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见》(教高〔2011〕1号)、《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》(教高〔2011〕5号)、《关于“十二五”期间实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的意见》(教高〔2011〕6号)、《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高〔2012〕4号)等指导性意见,对全国高校本科教学改革和发展方向提出了明确的要求。在上述大背景下,教育部高等学校机械学科教学指导委员会根据教育部高教司的统一部署,先后起草了《普通高等学校本科专业目录机械类专业教学规范》、《高等学校本科机械基础课程教学基本要求》,加强教学内容和课程体系改革的研究,对高校机械类专业和课程教学进行指导。

为了贯彻落实教育规划纲要和教育部文件精神,满足各高校高素质应用型高级专门人才培养要求,根据《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》文件精神,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,联合一批机械学科办学实力强的高等学校、部分机械特色专业突出的学校和教学指导委员会委员、国家级教学团队负责人、国家级教学名师组成编委会,邀请来自全国高校机械学科教学一线的教师组织编写全国普通高等学校机械

类“十二五”规划系列教材,将为提高高等教育本科教学质量和人才培养质量提供有力保障。

当前经济社会的发展,对高校的人才培养质量提出了更高的要求。该套教材在编写中,应着力构建满足机械工程师后备人才培养要求的教材体系,以机械工程知识和能力的培养为根本,与企业对机械工程师的能力目标紧密结合,力求满足学科、教学和社会三方面的需求;在结构上和内容上体现思想性、科学性、先进性,把握行业人才要求,突出工程教育特色。同时注意吸收教学指导委员会教学内容和课程体系改革的研究成果,根据教学指导委员会颁布的各课程教学专业规范要求编写,开发教材配套资源(习题、课程设计和实践教材及数字化学习资源),适应新时期教学需要。

教材建设是高校教学中的基础性工作,是一项长期的工作,需要不断吸取人才培养模式和教学改革成果,吸取学科和行业的新知识、新技术、新成果。本套教材的编写出版只是近年来各参与学校教学改革的初步总结,还需要各位专家、同行提出宝贵意见,以进一步修订、完善,不断提高教材质量。

谨为之序。

国家级教学名师

华中科技大学教授、博导

2012年8月



前 言

本书为全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材,在教材编写中,依据教育部相关教学指导委员会制定的最新专业规范和机械类课程的教学基本要求,本着少而精、学以致用原则,着重讲解基本原理和基本方法,把重点放在使读者在正确掌握液压与气压元件的工作原理和性能的基础上,合理、正确地应用液压与气压元件方面。注重了创新,考虑了液压与气动技术的传统体系和发展趋势,反映了液压与气压领域的新知识、新技术、新应用,特别注意传授知识与培养能力之关系的并重。力求满足学科、教学和社会三方面的需求。本书针对我国 21 世纪对应用型高等工程技术人才培养的需要,在体系和章节内容上作了精心的编排。本书所采用的图形符号符合国家最新标准,所采用的单位符号符合国际单位制。

本书由液压与气动基础、液压传动和气压传动三篇共 15 章组成。第一篇液压与气动基础,主要讲述绪论、流体力学基础;第二篇液压传动,主要讲述液压传动动力元件、液压传动执行元件、液压传动控制元件、液压传动辅助元件、液压基本回路、液压传动系统、液压系统的设计与计算;第三篇气压传动,主要讲述气源装置、气动执行元件、气动控制元件、气动辅助元件、气动基本回路、气压传动系统、气动程序控制系统的设计。各篇内容前后相互照应,又有一定的独立性。每章均附有小结和一定数量的习题。本书内容精简,突出工科教学特色,注重加强学生工程技术能力的训练。

本书可作为高等学校机械大类专业本科学生教学用书和参考书,也可作为相关专业的学生以及工程技术人员的参考用书。

本书由罗红旗编写绪论和第 1 章,冯志君编写第 2 章,武金良编写第 3 章,李岚、李林升编写第 4 章,李勇编写第 5 章,王雷编写第 6 章,陈曼龙编写第 7 章、第 14 章和第 15 章,丁伟编写第 8 章,颜景润编写第 9 章和第 10 章,肖淼鑫编写第 11 章、第 12 章和第 13 章。全书由李岚负责统稿工作,由李岚、陈曼龙担任主编,由冯志君、罗红旗、肖淼鑫担任副主编。

本书由江苏大学凌智勇教授主审,在此表示衷心感谢。

限于水平和时间,书中难免会出现不妥甚至错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 5 月

目 录

第1篇 液压与气动基础

绪论	(1)
0.1 液压、气压传动的工作原理	(1)
0.2 液压、气压传动系统的组成与图形符号	(3)
0.3 液压与气压传动的特点	(3)
0.4 液压、气压传动系统的应用与发展	(5)
思考题与习题	(5)
第1章 流体力学基础	(6)
1.1 工作介质的物理性质	(6)
1.2 空气及气体的状态变化	(12)
1.3 流体静力学基础	(15)
1.4 流体运动学和流体动力学基础	(17)
1.5 流体管道流动	(21)
1.6 流体孔口与缝隙流动	(24)
1.7 液压冲击与气穴现象	(28)
本章小结	(29)
思考题与习题	(29)

第2篇 液压传动

第2章 液压传动动力元件	(32)
2.1 液压泵概述	(32)
2.2 齿轮泵	(35)
2.3 叶片泵	(37)
2.4 柱塞泵	(42)
2.5 液压泵的气穴现象与噪声	(46)
2.6 液压泵的选用	(47)
本章小结	(49)
思考题与习题	(49)
第3章 液压传动执行元件	(50)
3.1 液压缸	(50)
3.2 液压马达	(61)
本章小结	(66)

思考题与习题	(67)
第4章 液压传动控制元件	(68)
4.1 液压传动控制元件概述	(68)
4.2 方向控制阀	(69)
4.3 压力控制阀	(78)
4.4 流量控制阀	(86)
4.5 其他控制元件	(92)
本章小结	(107)
思考题与习题	(107)
第5章 液压传动辅助元件	(110)
5.1 油箱	(110)
5.2 滤油器	(112)
5.3 蓄能器	(115)
5.4 热交换器	(118)
5.5 密封装置	(119)
5.6 管件	(122)
本章小结	(125)
思考题与习题	(125)
第6章 液压传动基本回路	(126)
6.1 方向控制回路	(126)
6.2 压力控制回路	(127)
6.3 速度控制回路	(132)
6.4 多执行元件控制回路	(142)
本章小结	(146)
思考题与习题	(146)
第7章 液压传动系统	(150)
7.1 组合机床液压系统	(150)
7.2 外圆磨床液压系统	(153)
7.3 液压机液压系统	(157)
7.4 汽车起重机液压系统	(161)
7.5 注塑机液压系统	(164)
本章小结	(169)
思考题与习题	(169)
第8章 液压系统的设计与计算	(170)
8.1 系统使用要求和负载特性分析	(170)
8.2 拟定系统原理图	(173)
8.3 确定系统的压力和流量	(175)
8.4 选择液压元件	(176)

8.5 系统的性能验算	(179)
8.6 液压系统设计计算举例	(180)
本章小结	(185)
思考题与习题	(185)

第3篇 气压传动

第9章 气源装置	(186)
9.1 气压传动系统对空气质量的要求	(186)
9.2 空气压缩机	(186)
9.3 储气罐	(188)
9.4 气源净化装置	(189)
9.5 压缩空气的调整装置	(191)
9.6 压缩空气的配管	(193)
本章小结	(194)
思考题与习题	(194)
第10章 气动执行元件	(195)
10.1 气缸	(195)
10.2 气压马达	(200)
本章小结	(203)
思考题与习题	(204)
第11章 气动控制元件	(205)
11.1 方向控制阀	(205)
11.2 压力控制阀	(213)
11.3 流量控制阀	(216)
11.4 气动逻辑单元	(219)
本章小结	(221)
思考题与习题	(221)
第12章 气动辅助元件	(222)
12.1 消声器	(222)
12.2 自动排水器	(223)
12.3 真空元件	(225)
本章小结	(227)
思考题与习题	(227)
第13章 气动基本回路	(228)
13.1 分析控制回路	(228)
13.2 压力控制回路	(229)
13.3 速度控制回路	(231)
13.4 同步控制回路	(234)

13.5 连续往复运动回路·····	(234)
本章小结·····	(236)
思考题与习题·····	(236)
第 14 章 气动系统 ·····	(237)
14.1 气动张力控制系统·····	(237)
14.2 自动打印机气动系统·····	(238)
14.3 震压造型机气动系统·····	(239)
14.4 自动机床夹紧气动系统·····	(241)
14.5 气动机械手·····	(242)
本章小结·····	(245)
思考题与习题·····	(245)
第 15 章 气动程序控制系统的设计 ·····	(246)
15.1 概述·····	(246)
15.2 气动程序控制系统设计的 X/D 线图法 ·····	(248)
15.3 气动程序控制系统设计的卡诺图法·····	(252)
15.4 气动系统设计举例·····	(255)
本章小结·····	(260)
思考题与习题·····	(260)
附录 A 部分习题参考答案 ·····	(261)
附录 B 常用液压与气动元件图形符号(GB/T 786.1—2009) ·····	(266)
参考文献 ·····	(272)

第 1 篇 液压与气动基础

绪 论

通常工农业生产所用到的传动形式有机械传动、电力传动、液体传动、气压传动和复合传动等。液体传动是用液体作为工作介质来进行能量传递的传动方式。按照其工作原理,液体传动可分为液压传动和液力传动等两类。液压传动主要利用液体的压力能来传递能量;根据液压传动的工作特点,它又称为容积式液压传动。液力传动主要利用液体的动能来传递能量。气压传动是用气体作为工作介质来进行能量传递的传动方式。气压传动利用压缩气体的压力能来实现能量的传递,其介质主要是空气,也可以是燃气和蒸汽。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。液压与气压传动在基本工作原理、元件的工作机理以及回路的构成等方面极为相似。

0.1 液压、气压传动的工作原理

图 0-1 所示的是液压千斤顶的示意图。向上抬起手柄 1 使小缸 2 内的小活塞 3 上移,小活塞下端油腔容积增大而产生真空,油箱 12 的油液通过单向阀 4 被吸入并充满小缸容积;当压下手柄 1 时,小活塞下移,小活塞下腔压力升高,则刚才被吸入的油液通过管道 6 与单向阀 7 输到大缸 9 的下腔,油液被压缩,压力立即升高。当油液的压力开始升高到能够克服作用在大活塞 8 的重物所需的压力值时,大活塞向上移动,顶起重物,此时单向阀 4 是关闭的。再次抬起手柄吸油时,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 1,就能不断地把油液压入大缸下腔,使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11,大缸下腔的油液通过管道 10 流回油箱,重物向下移动。

通过这个例子可以初步了解到液压传动的基本工作原理。在小缸 2 中,压下手柄 1 带动小活塞 3 所做的机械能变成了排出油液的压力能,小缸 2 与单向阀 4、7 一起完成吸油液和排油的功能,称为(手动)液压泵;而在大缸 9 中,进入大缸的油液压力能通过大活塞 8 转变成驱动重物上升所需的机械能,称为(举升)液压缸。大活塞举升的速度取决于单位时间内流入大缸中液压油容积的多少。由此可见,液压与气压传动均是利用有压力的流体作为传递动力的工作介质,来完成一个不同能量的转换过程的。

图 0-1 所示千斤顶中两根通油箱的管路若通大气,则图 0-1 所示液压原理图就变成气动系统的气压原理

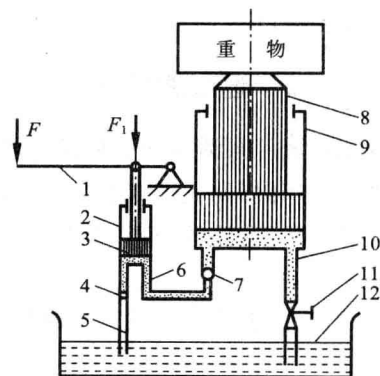


图 0-1 液压千斤顶示意图

- 1—手柄;2—小缸;3—小活塞;4,7—单向阀;
5—吸油管;6,10—管道;8—大活塞;9—大缸;
11—截止阀;12—油箱

图。这种情况下,向下按动手柄 1,空气就通过单向阀 4 被吸入,经过单向阀 7 输入到大缸 9 的下腔。因为气体具有压缩性,不像液压系统那样,一按手柄重物立即上移,而需要按压手柄多次,使进入大缸 9 下腔中的气体逐渐增多,压力逐渐升高,直到气体压力达到能够克服重物所需的压力值,才能将重物顶升。在重物上升过程中,因为气体可压缩性较大,气压值会发生波动。

0.1.1 力的传递

在图 0-1 所示的液压传动系统中,液压泵活塞上的力作用于密封液体上,液体受到压力,液体压力又作用于活塞底面。活塞底面单位面积上的压力(物理学中称为压强,液压技术中一般称为压力)为

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

液压缸活塞底面上压力为

$$p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

式中: A_1 、 A_2 ——液压泵、液压缸的活塞面积;

F_1 、 F_2 ——作用在液压泵活塞、液压缸活塞上的作用力。

根据流体力学中的帕斯卡原理,平衡液体内某一点的压力等值地传递到液体各点,因此有

$$p_1 = p_2 = p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (0-1)$$

上述液压千斤顶示意图中,只有大活塞上有了重物(负载),小活塞才能施加作用力 F_1 ,并且使液体受到压力 p 作用。所以就负载和液体压力二者来说,负载是第一性的,压力是第二性的。在 A_1 、 A_2 一定时,负载力 F_2 越大,系统中的压力 p 也越高,所需的作用力 F_1 也越大,即系统压力与外负载密切相关。这是液压与气压传动工作原理的第一个特征:液压与气压传动中工作压力决定于外负载。

与机械传动相比,液压传动中液体受到的压力对应于机械传动中机械构件所受到的应力,其大小都取决于负载。但是机械构件可以承受拉、压、弯、切等各种应力,而液压传动中的液体只能承受压(应)力。

0.1.2 速度的传递

如果液压泵活塞向下移动一段距离 s_1 ,则液压泵内被挤出的液体体积为 $A_1 s_1$ 。这部分液体进入液压缸,使大活塞上升 s_2 ,液压缸增加的体积为 $A_2 s_2$ 。如果不考虑泄漏和液体的可压缩性和缸体、管路的变形,则有

$$A_1 s_1 = A_2 s_2 \quad (0-2)$$

式(0-2)两边同除以运动时间 t ,得

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (0-3)$$

式中: v_1 、 v_2 ——液压泵活塞、液压缸活塞的平均运动速度。

这在流体力学中称为液流连续性原理,它反映了物理学中质量(当密度不变时,即为液体体积)守恒这一规律。或者说,液压传动传递运动时,其速比是依靠密封容积中液体体积守恒来保证的。

令式(0-3)中 $A_1 v_1 = q$, 其中 q 表示活塞以速度 v_1 运动时, 单位时间内从液压泵中排出液体的体积, 称为流量。流量 q 进入液压缸, 使大活塞以速度 v_2 运动, 有

$$v_2 = \frac{q}{A_2} \quad (0-4)$$

由上述可见, 调节进入液压缸的流量, 即可调节活塞的运动速度。这是液压与气压传动工作原理的第二个特征: 活塞的运动速度决定于输入流量的大小。

从工作原理上讲, 如果将上述液压传动系统中的工作介质换为压缩空气, 则液压传动系统变为气压传动系统。但由于两种传动系统的工作介质及其特性有很大区别, 所以它们的工作特性有较大不同, 所应用的场合也不一样。

0.2 液压、气压传动系统的组成与图形符号

工程实际中的液压传动系统, 除了液压泵和液压缸外, 还设置有控制液压缸的运动速度、运动方向等的装置。气压传动系统与液压传动系统相似, 在气压发生器与气缸之间有控制压缩空气、流量和流动方向的各种控制元件, 以及使压缩空气净化、润滑、消声和传输所需要的装置。一个完整的液压或气压系统主要由以下五部分组成。

(1) 能源装置 能源装置是指将机械能转换成流体压力能的装置。它供给液压与气压传动系统压力油或压缩空气, 常见的形式是液压泵或空气压缩机。

(2) 执行元件 执行元件是指将流体压力能转换成机械能以驱动工作机构的装置。其形式有作直线运动的液压缸或气缸, 有作回转运动的液压马达、气压马达、摆动缸等。

(3) 控制元件 控制元件是指对系统中流体的压力、流量及流动方向进行控制或调节的装置, 如溢流阀、节流阀、换向阀等。

(4) 辅助元件 辅助元件是指上述三部分之外的装置, 例如油箱、滤油器、油管等。它们对保证系统正常工作是必不可少的。

(5) 工作介质 工作介质是指传递能量和信号的流体, 即液压油液或压缩空气。

为了简化液压、气压系统的表示方法, 一般采用图形符号来绘制系统的原理图。各类元件的图形符号脱离了具体结构, 只表示它们的职能, 其组成的系统原理图表达了系统的工作原理及各元件在系统中的作用。当液压系统发生故障时, 根据原理图检查十分方便, 但图形比较复杂, 绘制比较麻烦。我国已经制定了一种用规定的图形符号来表示液压与气压原理图中的各元件和连接管路的国家标准 GB/T 786.1—2009。对于这些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) 元件符号内的流体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。

0.3 液压与气压传动的特点

1. 液压与气压传动的优点

与机械传动和电力拖动相比, 液压与气压传动具有以下优点。

(1) 液压与气压元件的布置不受严格的空間位置限制, 系统中各部分用管道连接、布局、

安装有很大的灵活性,能构成用其他方法难以组成的复杂系统。由于液压缸的推力很大,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,液压传动不仅操作方便,而且外形美观大方。

(2) 液压传动和液气联动工作平稳,负载变化时速度比较稳定。由于重量轻、惯性小、反应快,易于实现快速启动、制动和频繁的换向。

(3) 液压与气压传动可以在运行过程中实现大范围的无级调速。借助各种控制阀或变量泵、变量马达,可以实现无级调速,调速范围可达 2 000 : 1。

(4) 液压与气压传动系统可对流体压力、流量或流动方向进行调节或控制,易于实现自动化控制、过载保护等。与电气控制、电子控制相结合,整个传动装置能实现非常复杂的顺序动作,接受远程控制。

(5) 液压与气压传动元件已实现标准化、系列化和通用化,有利于缩短机器的设计、制造周期,降低制造成本等。

除此之外,在同等的体积下,液压装置能比电气装置产生出更多的动力。在同等的功率下,液压装置的体积小、重量轻、结构紧凑。气压传动突出的优点还有以空气做工作介质,与液压油相比可节约能源,而且取之不尽、用之不竭。气体不易堵塞流动通道,用后可将其随时排入大气中,不污染环境,即使管路有泄漏,除引起部分功率损失外,不致产生不利于工作的严重影响,也不会污染环境。

2. 液压与气压传动的缺点

液压与气压传动的缺点如下。

(1) 在传动过程中,能量需经两次转换,传动效率偏低。在工作过程中常有较多的能量损失(如摩擦损失、泄漏损失等),长距离传动时更是如此。

(2) 不能保证严格的定比传动,这是传动介质的可压缩性和泄漏等因素造成的。

(3) 为了减少泄漏,液压与气动元件在制造精度上的要求较高,加工工艺较复杂,因此造价较高,而且对油液的污染比较敏感,系统工作过程中发生故障不易诊断。

(4) 要求有单独的能源装置,不像电源那样使用方便。

另外,液压传动性能对油温变化比较敏感,其工作稳定性很易受到温度的影响,不宜在过高或过低的温度条件下工作,采用石油基液压油作传动介质时还需注意防火问题。在气压传动中,由于空气具有可压缩性,气动装置的动作稳定性较差,外负载变化时,对工作速度的影响较大;气压传动工作介质本身没有润滑性,需另加油雾器装置润滑等。

3. 液压、气压传动与其他传动的性能比较

液压、气压传动与其他传动的性能比较如表 0-1 所示。

表 0-1 液压、气压传动与其他传动的性能比较

类型	操作力	动作快慢	环境要求	构造	负载变化影响	操作距离	无级调速	工作寿命	维护	价格
气压传动	中等	较快	适应性好	简单	较大	中距离	较好	长	一般	低
液压传动	最大	较慢	不怕振动	复杂	有一些	短距离	良好	一般	要求高	稍高
电传动	电气	中等	快	要求高	稍复杂	几乎没有	远距离	良好	较短	要求较高
	电子	最小	最快	要求特高	最复杂	没有	远距离	良好	短	要求更高
机械传动	较大	一般	一般	一般	没有	短距离	较困难	一般	简单	一般

0.4 液压、气压传动系统的应用与发展

自 18 世纪末英国制成世界上第一台水压机算起,液压传动技术已有两三百年的历史,但是直到 20 世纪中期液压与气压传动技术才在工业上被广泛采用并得到迅猛发展。由于液压与气压传动具有很多优点,因此广泛用于机械制造、工程建设、石油化工等各类工程技术领域。

在第二次世界大战期间,由于战争需要,出现了由响应迅速、精度高的液压控制机构所装备的各种军事武器。第二次世界大战结束后,液压技术迅速转向民用工业,液压技术不断应用于各种自动机及自动生产线。20 世纪 60 年代以后,液压技术随着原子能、空间技术、计算机技术的发展而迅速发展。当前液压技术正向迅速、高压、大功率、高效、低噪声、经久耐用、高度集成化的方向发展。同时,新型液压元件和液压系统的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助测试(CAT)、计算机直接控制(CDC)、机电一体化技术、可靠性技术等方面也是当前液压传动及控制技术发展和研究的方向。目前,许多工程机械都已经实现了液压化。例如,挖掘机、推土机、装载机、压路机等各种工程机械的操纵部分或驱动部分,基本上都采用了液压技术。

随着工业机械化和自动化的发展,气动技术越来越广泛地应用于各个领域。因为空气做工作介质具有防火、防爆、防电磁干扰,抗振动、冲击、辐射等优点,近年来气动技术的应用领域已从汽车、采矿、钢铁,机械工业等重工业迅速扩展到化工、轻工、食品、军事工业等各行各业。现代汽车制造工厂的生产线,尤其是主要工艺的焊接生产线,基本上都采用了气动技术。在工业生产的各个领域,为了保证产品质量的均一性,减轻体力劳动,提高生产效率,降低成本,都广泛使用气动技术。如在机床、自行车、手表、洗衣机等行业的零件加工和组装线上,工件的搬运、转位、定位、夹紧、进给、装卸、装配等许多工序都使用了气动技术。

我国的液压技术最初应用于机床和锻压设备上,后来又用于拖拉机和工程机械。随着从国外引进一些液压元件、生产技术以及进行自行设计,我国的液压元件现已形成了系列,并在各种机械设备上得到了广泛的使用。气动技术在国内广泛应用于各工业部门,气动机械手、组合机床、加工中心、生产自动线、自动检测和实验装置等都采用了气动技术,它们在提高生产效率、自动化程度、产品质量、工作可靠性和实现特殊工艺等方面显示出极大的优越性。

思考题与习题

0-1 什么是液压传动和气压传动? 液压传动和气压传动系统基本组成部分有哪些,各部分的作用主要是什么?

0-2 简述液压传动与气压传动的异同点。

第 1 章 流体力学基础

液压与气压传动是以流体作为工作介质进行能量传递的,因此,了解流体的物理性质,并掌握流体在静止和运动过程中的基本力学规律,对于正确理解液压与气压传动的基本原理,合理设计和使用液压与气压传动系统都是非常重要的。

1.1 工作介质的物理性质

1.1.1 工作介质的基本概念

液压与气压传动是以流体(液压油液或压缩空气)作为工作介质对能量进行传递和控制的一种传动形式。工作介质在传动及控制中起传递能量和信号的作用。液压与气压传动在工作、性能特点上与机械、电气传动之间的差异主要取决于载体的不同,前者采用工作介质。工作介质的性能对液压与气压传统系统的工作状态有很大影响,合理选用工作介质非常重要。液压传动的工作介质主要是液压油液,气压传动的工作介质主要是压缩空气。

1.1.2 工作介质的基本物理性质

1. 密度和重度

1) 液体的密度

单位体积液体的质量称为该液体的密度,即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中: V ——液体的体积(m^3);

m ——液体的质量(kg);

ρ ——液体的密度(kg/m^3)。

密度是液体的一个重要物理参数。密度的大小随着液体的温度或压力的变化会产生一定的变化,但其变化量较小,一般可以忽略不计。一般液压油的密度约为 $900 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

2) 空气的密度

单位体积的空气质量称为空气的密度。在热力学温度为 273 K ,绝对压力为 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时空气的密度为 $1.293 \text{ kg}/\text{m}^3$ 左右。空气的密度随温度和压力的变化而变化,干空气的密度与温度和压力的关系式为

$$\rho_s = \rho_0 \frac{273}{273+t} \frac{p}{p_0} \quad (1-2)$$

式中: ρ_0 ——在热力学温度 273 K ,绝对压力 $p_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时的密度;

t ——摄氏温度;

p ——绝对压力。

湿空气的密度为