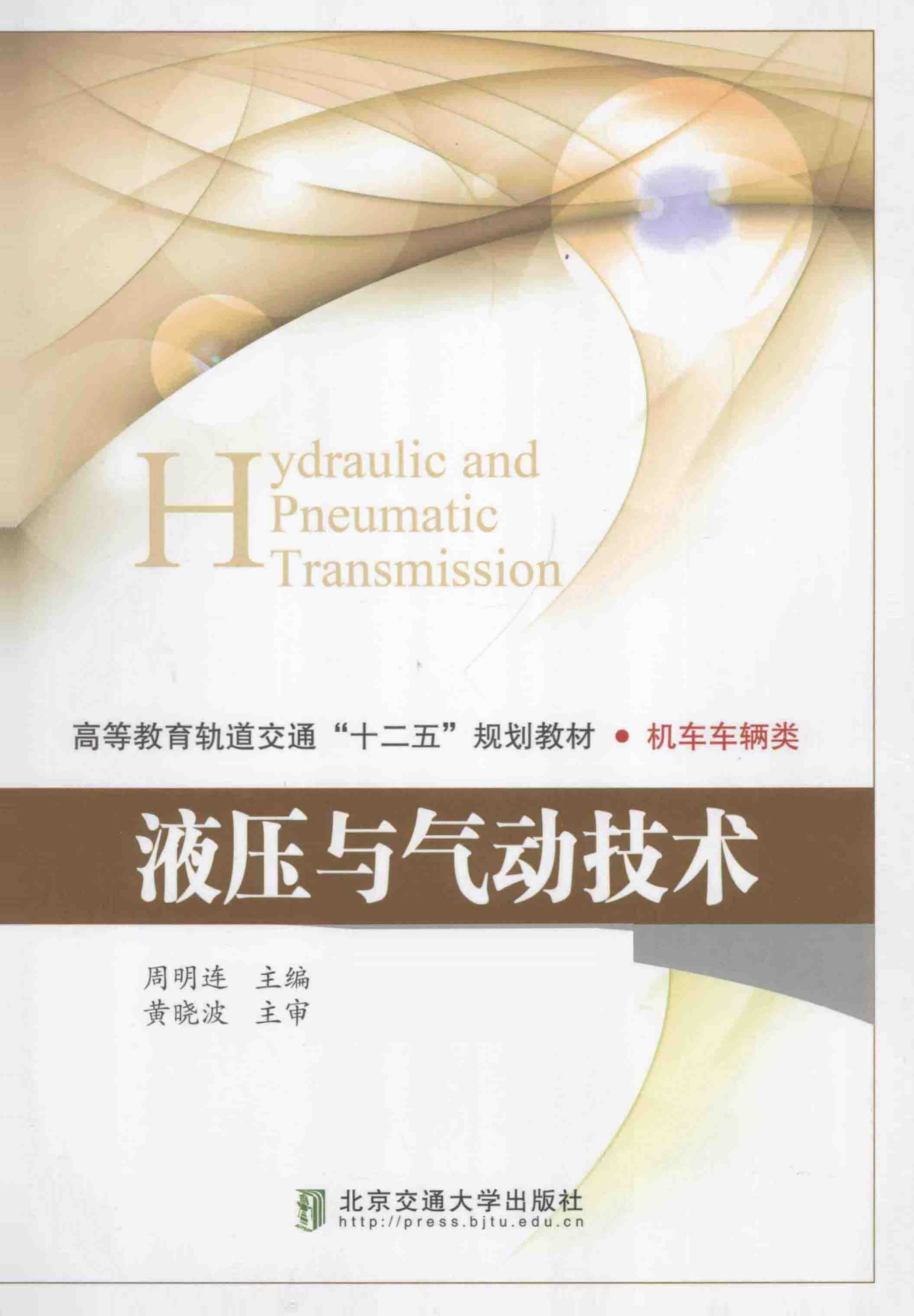




Hydraulic and Pneumatic Transmission

高等教育轨道交通“十二五”规划教材 • 机车车辆类

液压与气动技术

周明连 主编
黄晓波 主审



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

高等教育轨道交通“十二五”规划教材·机车车辆类

液压与气动技术

周明连 主编

黄晓波 主审

北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本教材是按照网络教育、职业教育的特点,结合最新技术发展而编写的。全书共 12 章,系统地介绍了液压与气压传动的工作原理,液压与气动元件的结构、特点及其图形符号,液压与气动基本回路,液压系统设计,伺服控制系统以及常用仿真软件等内容。为了便于学习和理解,在元件原理图、工程图的基础上配设了三维图或实物照片,使各种元件更直观;对主要元件及系统介绍了常见故障诊断与维修维护方法,增加了实用性;每一章都精选了部分思考题与习题,并且全部做了解答,非常便于自学。

本教材语言通俗易懂,内容精练,可作为网络教育、职业技术学院机械制造、机电一体化、车辆工程、模具、数控、自动化等专业 32~48 学时教材,也可作为相关专业人员的参考用书。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气动技术/周明连主编. —北京:北京交通大学出版社, 2012.6

(高等教育轨道交通“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5121-1049-6

I. ① 液… II. ① 周… III. ① 液压传动-高等学校-教材 ② 气压传动-高等学校-教材

IV. ① TH137 ② TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 128372 号

责任编辑:郭碧云

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

地 址:北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编:100044

印 刷 者:北京瑞达方舟印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:14 字数:349 千字

版 次:2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-1049-6/TH·40

印 数:1~3000 册 定价:32.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监局反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

高等教育轨道交通“十二五”规划教材·机车车辆类

编 委 会

顾 问：施仲衡

主 任：司银涛

副 主 任：李建勇 陈 庚

委 员：（按姓氏笔画排序）

王文静 史红梅 刘 伟

刘志明 齐红元 宋永增

宋雷鸣 张励忠 张欣欣

周明连

编委会办公室

主 任：赵晓波

副 主 任：孙秀翠

成 员：（按姓氏笔画排序）

吴嫦娥 郝建英 徐 琤

出版说明

为促进高等轨道交通专业机车车辆类教材体系的建设,满足目前轨道交通类专业人才培养的需要,北京交通大学机械与电子控制工程学院、远程与继续教育学院和北京交通大学出版社组织以北京交通大学从事轨道交通研究教学的一线教师为主体、联合其他交通院校教师,并在有关单位领导和专家的大力支持下,编写了本套“高等教育轨道交通‘十二五’规划教材·机车车辆类”。

本套教材的编写突出实用性。本着“理论部分通俗易懂,实操部分图文并茂”的原则,侧重实际工作岗位操作技能的培养。为方便读者,本系列教材采用“立体化”教学资源建设方式,配套有教学课件、习题库、自学指导书,并将陆续配备教学光盘。本系列教材可供相关专业的全日制或在职学习的本专科学生使用,也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

本系列教材得到从事轨道交通研究的众多专家、学者的帮助和具体指导,在此表示深深的敬意和感谢。

本系列教材从2012年1月起陆续推出,首批包括:《互换性与测量技术》、《可靠性工程基础》、《液压与气动技术》、《测试技术》、《单片机原理与接口技术》、《计算机辅助机械设计》、《控制理论基础》、《机械振动基础》、《动车组网络控制》、《动车组运行控制》、《机车车辆设计与装备》、《列车传动与控制》、《机车车辆运用与维修》。

希望本套教材的出版对轨道交通的发展、轨道交通专业人才的培养,特别是轨道交通机车车辆专业课程的课堂教学有所贡献。

编委会

2012年9月

总 序

我国是一个内陆深广、人口众多的国家。随着改革开放的进一步深化和经济产业结构的调整,大规模的人口流动和货物流通使交通行业承载着越来越大的压力,同时也给交通运输带来了巨大的发展机遇。作为运输行业历史最悠久、规模最大的龙头企业,铁路已成为国民经济的大动脉。铁路运输有成本低、运能高、节省能源、安全性好等优势,是最快捷、最可靠的运输方式,是发展国民经济不可或缺的运输工具。改革开放以来,中国铁路积极适应社会的改革和发展,狠抓制度改革,着力技术创新,抓住了历史发展机遇,铁路改革和发展取得了跨越式的发展。

国家对铁路的发展始终予以高度重视,根据国家《中长期铁路网规划》(2005—2020年):到2020年,中国铁路网规模达到12万千米以上。其中,时速200千米及以上的客运专线将达到18万千米。加上既有线提速,中国铁路快速客运网将达到5万千米以上,运输能力满足国民经济和社会发展需要,主要技术装备达到或接近国际先进水平。铁路是个远程重轨运输工具,但随着城市建设和经济的繁荣,城市人口大幅增加,近年来城市轨道交通也正处于高速发展时期。

城市的繁荣相应带来了交通拥挤、事故频发、大气污染等一系列问题。在一些大城市和一些经济发达的中等城市,仅仅靠路面车辆运输远远不能满足客运交通的需要。城市轨道交通节约空间、耗能低、污染小、便捷可靠,是解决城市交通的最好方式。未来我国城市将形成地铁、轻轨、市域铁路构成的城市轨道交通网络,轨道交通将在我国城市建设中起着举足轻重的作用。

但是,在我国轨道交通进入快速发展的同时,解决各种管理和技术人才匮乏的问题已迫在眉睫。随着高速铁路和城市轨道新线路的不断增加以及新技术的开发与引进,管理和技术人员的队伍需要不断壮大。企业不仅要对新员工进行培训,对原有的职工也要进行知识更新。企业急需培养出一支能符合企业要求、业务精通、综合素质高的队伍。

北京交通大学是一所以运输管理为特色的学校,拥有该学科一流的师资和科研队伍,为我国的铁路运输和高速铁路的建设作出了重大贡献。近年来,学校非常重视轨道交通的研究和发展,建有“轨道交通控制与安全”国家级重点实验室、“城市交通复杂系统理论与技术”教育部重点实验室,“基于通信的列车运行控制系统(CBTC)”取得了关键技术研究的突破,并用于亦庄城轨线。为解决轨道交通发展中人才需求问题,北京交通大学组织了学校有关院系的专家和教授编写了这套“高等教育轨道交通‘十二五’规划教材”,以供高等学校学生教学和企业技术与管理人员培训使用。

本套教材分为交通运输、机车车辆、电力牵引和土木工程四个系列,涵盖了交通规划、运营管理、信号与控制、机车与车辆制造、土木工程等领域,每本教材都是由该领域的专家执笔,教材覆盖面广,内容丰富实用。在教材的组织过程中,我们进行了充分

调研，精心策划和大量论证，并听取了教学一线的教师和学科专家们的意见，经过作者们的辛勤耕耘以及编辑人员的辛勤努力，这套丛书得以成功出版。在此，我们向他们表示衷心的感谢。

希望这套系列教材的出版能为我国轨道交通人才的培养贡献绵薄之力。由于轨道交通是一个快速发展的领域，知识和技术更新很快，教材中难免会有诸多的不足和欠缺，在此诚请各位同仁、专家不吝批评指正，同时也方便以后教材的修订工作。

编委会
2012年9月

前 言

以液压缸、气缸、液压马达、气马达为执行元件的自动化生产线、工业机器人、自动化组合机床、工程机械、采矿机械等机电液一体化产品正迅速发展并广泛应用。液压与气动技术已经成为电子技术和工业控制的桥梁。能够正确选择和使用液压气动元件，设计、分析现有液压、气动系统，对机械工程相关专业的读者是需要掌握的基本技能。

液压与气压传动是基于流体力学、机械设计和控制理论的一门技术课程，学习上有一定的理论难度，尤其是对于基于网络教学的读者或自学的读者。本书正是为解决这个问题而编写的，其特色是着眼应用，结合实践，简化理论，深入浅出。

对于大量的液压与气动元件和系统，详尽地介绍其结构、静动态特性对于研究者或许有些帮助，但是对基于网络学习、以自学为主要手段、以应用为目的的读者，这些理论过于深奥，也是不需要的。对于每一个技术要点，我们更着重沿着该技术发展的轨迹来解释，从提出工程中的问题，到分析问题、解决问题，用这种思路来介绍该技术的发展，并且对该技术领域正在研究和有待解决的问题都提出讨论。这样更易于理解，对培养读者分析问题、解决问题的能力有促进作用。

液压伺服技术已经广泛应用于工业产品中，新型工程机械都广泛采用了电子控制和二次调节技术，提高了操作的方便性，降低了能耗。气动机械手很多采用了人工气动肌肉，但由于涉及复杂的控制理论分析，增加了学习和理解的难度。为了便于读者理解和掌握最先进的技术，本书介绍了几种计算机辅助分析的专业软件，使读者在学习液压与气动以及控制技术时更加直观和易于理解。

在本教材的编写过程中，我们参考和引用了国内外的优秀同类教材，在此对所有参考书籍的作者表示衷心的感谢。本书由中铁重工有限公司总经理黄晓波主审，并结合铁路工程机械中液压技术的应用提出了修改意见，在此一并表示感谢。

编者

2012年9月

目 录

第 1 章 液压与气动技术概论.....	1	6.2 滤油器.....	78
1.1 传动技术及其发展	1	6.3 压力表及压力表开关.....	80
1.2 液压传动的原理、组成与特点	3	6.4 油管和管接头.....	82
1.3 气动技术及其特点	5	6.5 蓄能器.....	83
1.4 液压与气动技术的发展	5	习题	84
习题.....	6	第 7 章 液压基本回路	86
第 2 章 液压传动基础知识.....	8	7.1 方向控制回路.....	86
2.1 液压传动的工作介质	8	7.2 压力控制回路.....	88
2.2 流体静力学基础.....	11	7.3 速度控制回路.....	93
2.3 流体动力学基础.....	14	7.4 多缸动作控制回路.....	97
2.4 液压冲击和空穴现象.....	16	习题.....	101
习题	17	第 8 章 液压传动系统的分析.....	105
第 3 章 液压泵和液压马达	19	8.1 简单液压系统的分析	105
3.1 液压泵和液压马达概述.....	19	8.2 复杂液压系统的分析	107
3.2 齿轮泵.....	23	8.3 液压伺服系统	109
3.3 叶片泵.....	26	8.4 电液伺服系统	112
3.4 柱塞泵.....	29	习题.....	114
3.5 液压马达.....	34	第 9 章 液压系统的设计.....	116
习题	36	9.1 液压系统设计步骤	116
第 4 章 液压缸	38	9.2 设计要求	116
4.1 液压缸的类型和特点.....	38	9.3 负载分析	117
4.2 液压缸的结构.....	41	9.4 确定液压系统主要参数	118
4.3 液压缸的设计计算.....	45	9.5 拟定液压系统原理图	119
习题	46	9.6 计算和选择液压元件	121
第 5 章 液压控制阀	49	9.7 验算液压系统性能	122
5.1 方向控制阀.....	49	9.8 关于液压系统设计的讨论	123
5.2 压力控制阀.....	57	习题.....	123
5.3 流量控制阀.....	65	第 10 章 气源装置与气动元件	124
5.4 比例阀和叠加阀.....	70	10.1 气源系统.....	125
习题	74	10.2 气源处理系统.....	130
第 6 章 液压辅助元件	77	10.3 气缸.....	137
6.1 油箱.....	77	10.4 气动马达.....	146

10.5 气动控制阀.....	148	第 12 章 液压系统计算机辅助设计	
10.6 气动辅助元件.....	160	软件简介	196
10.7 管道系统.....	166	12.1 FluidSIM 流体传动仿真软件 ...	196
习题.....	168	12.2 AMESim 软件	198
第 11 章 气动回路	171	习题.....	199
11.1 方向控制回路.....	171	附录 A 常用液压图形符号	
11.2 压力控制回路.....	175	(GB/T 786.1—2009)	200
11.3 速度控制回路.....	179	附录 B 气动图形符号	
11.4 位置控制回路.....	184	(GB/T 786.1—2009)	205
11.5 同步控制回路.....	186	附录 C 模拟试题	207
11.6 安全保护回路.....	188	C1 模拟试题一	207
11.7 气动技术的新发展.....	190	C2 模拟试题二	209
习题.....	193	参考文献.....	211

第 1 章

液压与气动技术概论

【本章内容概要】

机器的组成，传动的的作用，各种传动方式，以及液压传动、气压传动的原理、特点和发展概况。

【本章学习重点与难点】

学习重点：液压传动、气压传动的原理和特点。

学习难点：液压传动、气压传动的原理。

1.1 传动技术及其发展

机器是执行机械运动的装置，它能够完成一定的功能，如变换或传递能量、变换和传递运动和力、传递物料与信息。机器一般由动力部分、传动和控制部分、执行部分组成。也就是说，任何机器都是由三部分组成的，如图 1-1 所示。

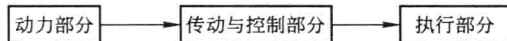
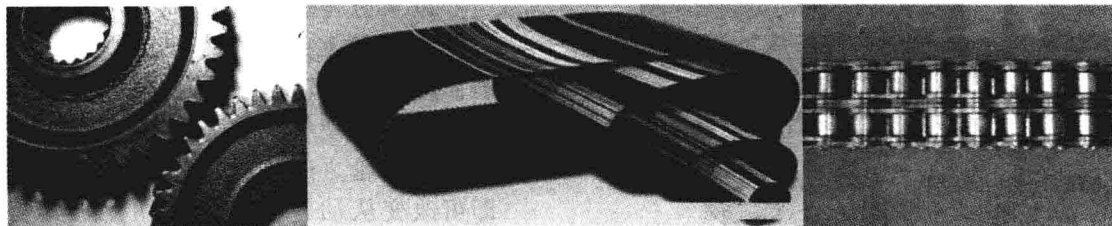


图 1-1 机器的组成

传动与控制是机械技术的重点，经历了多年的发展，目前在工业中广泛应用的传动方式有机械传动、电传动、流体传动，其中流体传动又分为液压传动、气压传动、液力传动、流体黏性传动等。

1. 机械传动

发展的历史最长，也是使用最广泛、最可靠的传动，主要类型有齿轮传动（图 1-2 (a)）、带传动（图 1-2 (b)）、链传动（图 1-2 (c)）等。



(a) 齿轮传动

(b) 带传动

(c) 链传动

图 1-2 机械传动

机械传动的优点是可靠性高,传动比稳定,技术成熟等;缺点是传动距离短,不能实现无级变速,动力分配难度大。

2. 电传动

电传动(图1-3)将原动机的动力首先用发电机转换成电力,再通过电缆连接到各个电动机进行驱动。通常从电网取电驱动电动机也是电传动的一种。由于信息与控制技术的发展,电动机的种类发展很多,如步进电动机,伺服电动机等。这些技术的发展使电传动技术应用广泛。尽管如此,电传动也有一些缺点,如实现直线运动的驱动还不方便,功率密度低等,但电传动仍是快速发展的一种传动方式。

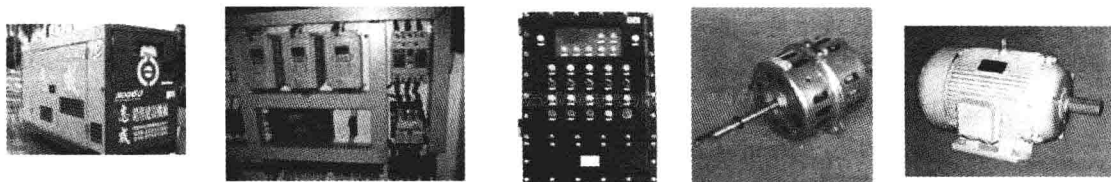


图1-3 电传动

3. 流体传动

流体传动是利用流体作为介质传递动力的。流体分为液体和气体,作为能量传递方式也可分为流体的压力能和动能,因此流体传动中采用液体压力实现传动的方式就是液压传动,而采用气体压力实现传动的方式就是气压传动。采用液体动能传递动力的称为液力传动,而近年才发展的采用液体黏性传递动力的方式称为黏性传动。这些传动方式都在不断发展中,新的传动方式也会不断出现。由于液压传动和气压传动有很多相似之处,放在一起便于学习,所以本书专门介绍液压和气压传动技术。而其他传动方式比较简单,在此只作简单说明。

1) 液力传动

将原动机的动力用泵轮转换成流体的动能,再用涡轮将流体的动能转换成机械能,这样解决了柔性传动问题。为了提高效率,将泵轮和涡轮设计在一个壳体内,如图1-4所示。所以液力传动很简单,其典型应用是汽车自动换挡变速箱。

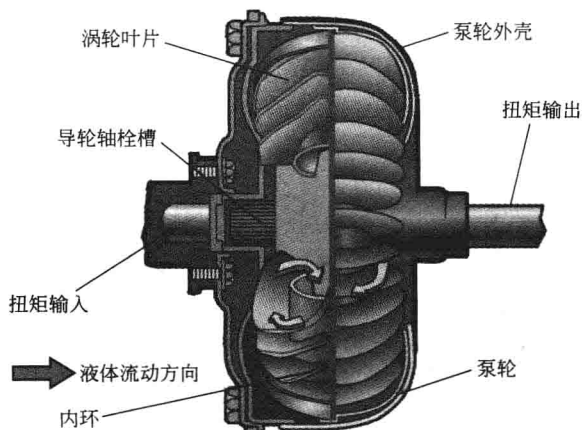


图1-4 液力传动原理

2) 黏性传动

这种传动方式是由摩擦离合器发展而来,主动轮和从动轮之间不接触,靠两轮之间液体的黏性传递动力。通过调节两轮之间的间隙或液体的黏性即可改变从动轮的转速和扭矩,其特征是响应快。黏性传动原理如图1-5所示。

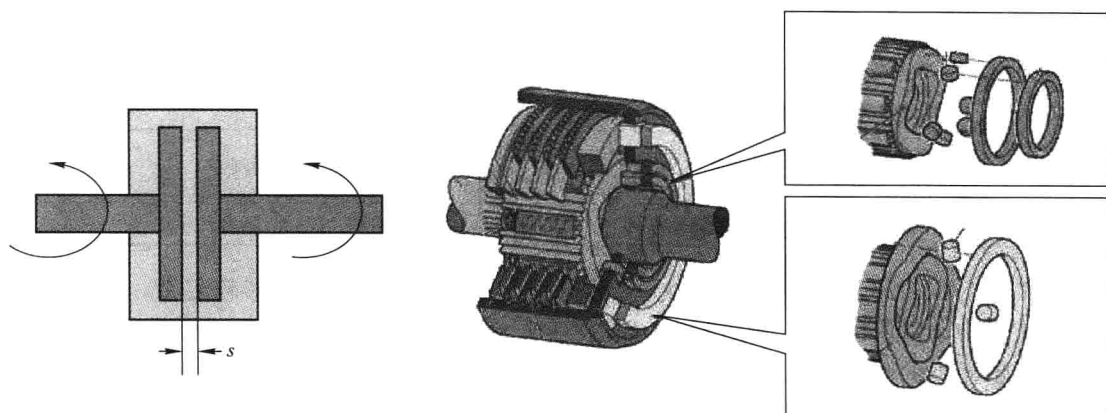


图 1-5 黏性传动原理

3) 液压传动与气压传动

液压传动是采用液体的压力实现动力的传递，气压传动是采用气体压力实现传动，这是本书研究的重点内容。

1.2 液压传动的原理、组成与特点

1. 液压传动的原理

液压传动是利用液体的静压力来传递动力的，其传动模型如图 1-6 所示。密封容器中盛满液体，当小活塞在作用力 F 足够大时即下压，小缸体内的液体流入大缸体内，依靠液体压力推动大活塞，将重物 W 举升。这种力和运动的传递是通过容器内的液体来实现的。

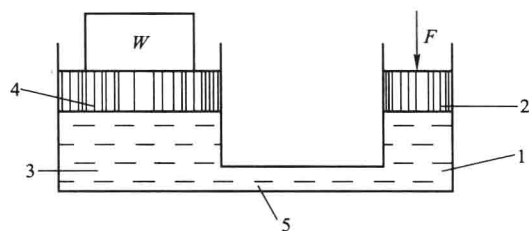


图 1-6 液压传动物理原理

1, 3—缸体；2, 4—活塞；5—连通管；
 W —重物重力； F —作用力

2. 液压传动的组成

如图 1-7 所示是磨床工作台液压传动系统工作原理图。油液由油箱 1 经滤油器 2 被吸入液压泵 3，由液压泵输出的压力油经过节流阀 5、换向阀 6 进入液压缸 7 的左腔（或右腔），液压缸的右腔（或左腔）的油液则经过换向阀后流回油箱，工作台 9 随液压缸中的活塞 8 实现向右（或向左）移动，当换向阀处于中位时，工作台停止运动。工作台实现往复运动时，其速度由节流阀 5 调节，克服负载所需的工作压力则由溢流阀 4 控制。

根据磨床工作台液压系统的工作原理可知，液压传动是以液体为工作介质的，一个完整的液压传动系统还必须由动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件几部分组成，见表 1-1。

表 1-1 液压传动系统组成

组成部分	功用	举例
动力元件	将机械能转换为液体的压力能	液压泵
执行元件	将液体的压力能转化为机械能	液压缸、液压马达
控制元件	控制流体的压力、流量和方向,保证执行元件完成预期的动作要求	方向阀、压力阀、流量阀等
辅助元件	起连接、贮油、过滤、测量等作用	油管、油箱、滤油器、压力表等

图 1-7 (a) 所示液压系统结构原理图较直观、容易理解,但图形较复杂,难以绘制。在实际工作中,常用图形符号来绘制,如图 1-7 (b) 所示。图形符号不表示元件的具体结构,只表示元件的功能,使系统图简化,原理简单明了,便于阅读、分析、设计和绘制,这些符号是国际通用的,常用符号见本书的附录,详见 GB/T 786.1—2009《流体传动系统及元件图形符号和回路图 第 1 部分:用于常规用途和数据处理的图形符号》以及国际标准 ISO 1219-2:2006。

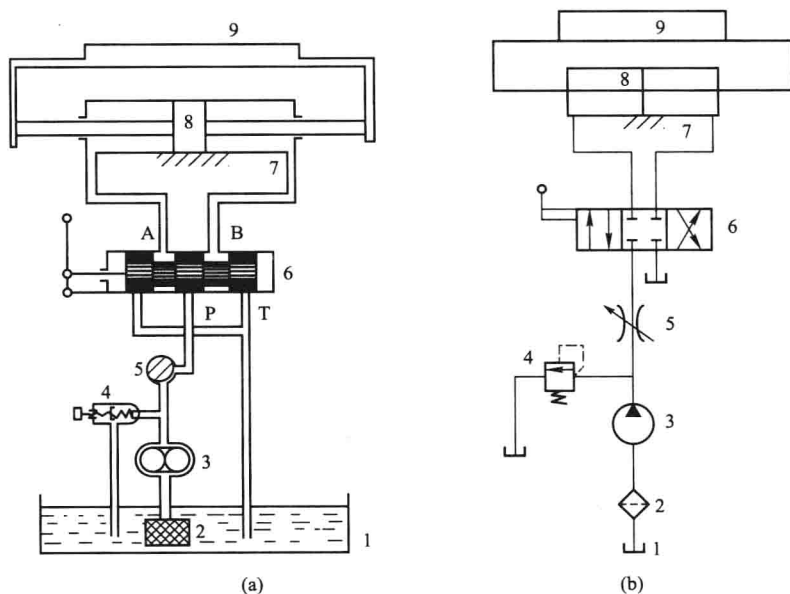


图 1-7 液压传动系统工作原理图

1—油箱; 2—滤油器; 3—液压泵; 4—溢流阀;
5—节流阀; 6—换向阀; 7—液压缸; 8—活塞; 9—工作台

3. 液压系统的特点

显然,每一种传动方式都有其优点和缺点,便于工程师在机器设计时选用。液压传动与机械传动、电气传动相比有以下主要优点。

① 液压传动的传递功率密度大,所以相同重量的机器能输出大的力或力矩,或在同等功率下,液压装置的体积小、重量轻、结构紧凑。

② 液压执行元件的速度可以实现无级调节,而且调速范围大。

③ 液压传动工作平稳,换向冲击小,便于实现频繁换向。

- ④ 液压装置易于实现过载保护, 能实现自润滑, 使用寿命长。
- ⑤ 液压装置易于实现自动化的工作循环。
- ⑥ 液压元件易于实现系列化、标准化和通用化, 便于设计、制造和推广使用。

液压传动也存在如下缺点。

- ① 由于液压传动中的泄漏和液体的可压缩性, 使传动无法保证严格的传动比。
- ② 液压传动能量损失大, 因此传动效率低。
- ③ 液压传动对油温的变化比较敏感, 不宜在很高或很低的环境温度下工作。

④ 液压传动出现故障时不易找出原因。因为高压液体都封闭在管道或元件中, 故障部件不像齿轮或传动带那样易于看出是否损坏。

1.3 气动技术及其特点

液压系统采用液体的压力传递动力, 为了方便机器零件的润滑, 这种液体通常需选用专用的润滑油。高压密封的液压油在管道接头以及元件连接处发生渗漏也是防不胜防的, 这种微小的渗漏对工程机械、采矿机械、汽车不会产生过大的影响。但是在某些行业, 比如食品、纺织、电子工业等设备工作要求环境洁净度高时, 这种泄漏是不能容忍的。因此人们采用压缩空气取代液压油, 这样即使产生渗漏也只是空气, 不会造成污染。这种采用气体压力来实现的动力传递就是气压传动, 简称气动。

由此可见, 气动和液压在技术上很相似, 但是介质的不同, 也带来了不同的特点。液压油显然需要循环使用, 即驱动液压缸后要通过管道回到油箱, 而压缩空气驱动气缸后即可直接排放到大气, 这样使气动装置更简单轻便; 同时由于空气的黏度小, 可压缩性强, 不适合用于很高的压力, 并且空气也不像液压油有燃烧的危险, 所以更安全, 因而在煤矿瓦斯环境很适合使用。当然, 由于气体可压缩, 所以设计计算上需用气体状态方程来求解, 这比帕斯卡原理要复杂得多。总结起来, 与液压传动相比, 气动技术具有以下特点。

● 气动技术的优点:

- ① 气动装置结构简单、轻便、安装维护简单;
- ② 压力等级低、使用安全;
- ③ 工作介质是空气, 没有成本;
- ④ 排气处理简单, 不污染环境, 成本低。

● 气动技术的缺点:

- ① 由于空气有压缩性, 气缸的动作速度易受负载变化的影响;
- ② 气缸在低速运动时, 由于摩擦力占推力的比例较大, 气缸的低速稳定性不如液压缸。

1.4 液压与气动技术的发展

液压传动开始应用于工业大约是在 20 世纪 20 年代, 第二次世界大战中, 由于火炮和舰船的巨大化, 操纵靠手工是无法完成的, 这对液压技术的发展促进很大。战后重建中对工程

机械的需求也使液压工业迅速发展,尤其是液压装置“力大无穷”的特性得到充分的应用。因此它的应用非常广泛,如一般工业用的塑料加工机械、压力机械、机床等,行走机械中的工程机械、建筑机械、农业机械、汽车等,钢铁工业用的冶金机械、提升装置、轧辊调整装置等,采矿机械中的液压支架、液压钻机、采掘机械等,土木水利工程用的防洪闸门及堤坝装置、河床升降装置、桥梁操纵机构等,发电厂涡轮机调速装置、核发电厂等,船舶用的甲板起重机械、船头门、舱壁阀、船尾推进器等,特殊技术用的巨型天线控制装置、测量浮标、升降旋转舞台等,军事工业用的火炮操纵装置、船舶减摇装置、飞行器仿真、飞机起落架的收放装置和方向舵控制装置等。

气动技术是随着轻工业的发展和电子技术及其自动化的发展后来居上的,气动元件的全球销售总额现在已经超过液压元件。

液压与气动技术的发展将随着微电子技术、信息技术以及新材料技术的发展进一步发展,液压元件在智能化、微型化方面将有更大的改进,在机器人及微型执行器方面会有更好的发展。尤其是新型材料(如陶瓷、聚合物或涂敷料)的使用,可使液压的发展产生新的飞跃。为了保护环境,人们研究采用生物降解迅速的的压力流体,如采用菜油基和合成脂基或者水及海水等介质替代矿物液压油。铸造工艺的发展,将促进液压元件性能提高,如铸造流道在阀体和集成块中的广泛使用,可优化液体在元件内部的流动,减少压力损失和降低噪声,实现元件小型化。

1880年,气缸第一次用作气动刹车装置,并成功地应用于火车的制动中。进入20世纪60年代,气动主要用于比较繁重的作业领域作为辅助传动,如用于矿山、钢铁、机床和汽车制造等行业。20世纪70年代后期,开始用于自动装配、包装、检测等轻巧的作业领域,以减轻繁重的体力劳动。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迅速拓宽,尤其是在各种自动化生产线上得到广泛的应用。电气可编程序控制系统的发展,使整个系统的自动化程度更高,控制方式更灵活,性能更加可靠。气动机械手、柔性自动生产线的迅速发展,对气动技术提出了更多、更高的要求。微电子技术、现代控制理论与气动技术相结合,促进了电-气比例伺服技术的发展,以不断提高控制精度。气动技术已成为实现现代化传动与控制的关键技术之一。

习 题

一、填空题

1. 机器主要由_____部分、_____部分和_____部分组成。
2. 传动方式主要有_____传动、_____传动和_____传动。
3. _____是液压传动中常用来传递运动和工作介质的工作介质。
4. 液压传动的工作原理是依靠_____来传递运动,依靠_____来传递动力。
5. 液压传动系统除油液外可分为_____,_____,_____,_____四个部分。
6. 液压传动具有传递功率_____,传动平稳性_____,能实现过载_____,易于实现自动化等优点。但是有泄漏,容易_____环境,传动比不_____。

二、判断题

1. 液压传动装置实质上是一种能量转换装置。 ()
2. 液压传动以流体为工作介质。 ()
3. 液压传动可实现过载保护。 ()

三、选择题

1. 液压系统的辅助元件是____。
A. 电动机 B. 液压泵 C. 液压缸或液压马达 D. 油箱
2. 换向阀属于____。
A. 动力元件 B. 执行元件 C. 控制元件 D. 辅助元件
3. 可以将液压能转化为机械能的元件是____。
A. 电动机 B. 液压泵 C. 液压缸或液压马达 D. 液压阀
4. 液压传动的特点是____。
A. 可与其他方式联用，但不易实现自动化
B. 不能实现过载保护与保压
C. 速度、扭矩、功率均可实现无级调节
D. 传动准确、效率高

四、问答题

1. 什么是传动？什么是液压传动？
2. 液压传动系统由哪几部分组成？各组成部分的主要作用是什么？
3. 绘制液压系统图时，为什么要采用图形符号？
4. 简述液压传动的主要优缺点。