



北京市高等教育精品教材立项项目

液压与气压传动

彭熙伟 编著

高等教育出版社



北京市高等教育精品教材立项项目

液压与气压传动

Yeya yu Qiya Chuandong

彭熙伟 编著

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是北京市高等教育精品教材建设立项项目。本书重点介绍液压与气压传动的基础知识,内容主要包括液压传动和气压传动两部分。全书共分10章,第1~2章分别介绍液压传动和液压流体力学的基础知识,第3~6章主要介绍液压元件的工作原理、性能、特点,第7章介绍了液压基本回路,第8章介绍液压系统设计计算与应用实例,第9~10章主要介绍气压传动的基础知识、气动元件、气动基本回路以及气压传动在工业自动化生产线的具体应用。

本书可作为高等院校本科类自动化、机械电子工程、机械设计制造及自动化等专业教材,也适用于其他各类成人高校、电大、自学考试等相关机电类专业,也可供从事液压与气压传动的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/彭熙伟编著.——北京:高等教育出版社,2016.9

ISBN 978-7-04-046142-8

I. ①液… II. ①彭… 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(2016)第 189129 号

策划编辑 段博原
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 沈志强
责任校对 胡美萍

封面设计 李小璐
责任印制 朱学忠

版式设计 王艳红

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 高教社(天津)印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 18
字 数 280千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2016年9月第1版
印 次 2016年9月第1次印刷
定 价 28.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 46142-00

前 言

本书是在彭熙伟主编的北京高等教育精品教材《流体传动与控制基础》的基础上,根据作者多年来的教学和工程实践经验以及当前工程教育专业建设和教育教学改革的需要编写而成。

本书以工程应用为主线,以加强基本概念、基本理论、基本方法以及理论与工程实践相结合为指导思想,在基本保持了原书体系和特点的基础上,对各章节的具体内容进行了适当的调整、增删与更新,扩充了习题,并把液压与气动学科、行业的新知识、新技术、新成果写入教材。此外,作者与派克汉尼汾上海有限公司(Parker Hannifin Management (Shanghai) CO. LTD)进行了合作,本教材中 99 幅图片引用了 Parker Hannifin Corporation 产品样本和相关技术资料,使教材在内容上体现了先进性、工程性、应用性和教学适用性。

本教材具有以下特点:

1) 本书为自动化、机械电子工程、机械设计制造及自动化等专业编写,重点介绍“液压与气压传动”工程应用的基础知识,以拓宽和加强学生的技术基础知识,增强适应能力,满足现代制造业对高素质专业人才的需要。

2) 主要阐述流体动力的基本概念、基本理论和基本方法,注重流体动力系统的工作过程和实际应用,深度和广度适合自动化等机电类专业培养目标的要求。

3) 对液压流体力学基础知识的阐述,力求物理概念准确、简练、清晰,而不拘泥于抽象的流体力学方程推导,为液压元件和液压系统的学习提供必要的基础知识。

4) 对液压泵、执行元件的阐述,突出不同类型元件的基本概念、原理、特点及基本特性的计算和应用,而不拘泥于机械结构、设计介绍和静动态特性的理论分析。

5) 对液压阀的阐述,突出各种常规阀的基本概念、原理、特点,并结合回路介绍具体应用。考虑到技术进步,增加了先进的比例阀、伺服阀和电液伺服控制技术的内容。

6) 对液压回路和系统的阐述,突出典型回路和系统的主要特征、特性及其分析方法,力求分析简练、清晰,适合自动化专业工程技术的应用要求。

7) 考虑到自动化专业学生有限的机械知识,力求大量采用直观的实物照片、实物剖视图和简洁的原理图,而不是同类教材所采用的复杂的机械结构剖视图,对流体动力元件、系统进行介绍,以增强直观的感性认识。

8) 对于气压传动,考虑到与液压传动的共性,侧重于气压传动基础知识和气动元件、气动回路的特点以及应用。

9) 本书力求以少而精为原则取材,图文并茂,深入浅出,并编排有例题和精选的习题,使学生更好地掌握流体传动与控制技术的基础知识。

10) 本书液压气动图形符号等采用最新国家标准 GB/T 786.1—2009。

本书由北京理工大学彭熙伟编著,郑成华参编第 2、6、8 章;王涛、陈金兵参编第 9、10 章;张百海参编第 2 章;王向周参编第 5 章。北京航空航天大学李运华教授审阅了本书液压传动部

分,南京理工大学李小宁教授审阅了本书气压传动部分。

为了更好地帮助读者学习,本书配套多媒体课件、动画、视频及其他辅助学习资料,读者可登录北京市精品课程流体传动与控制基础网站([http://elearning. bit. edu. cn/](http://elearning.bit.edu.cn/))了解相关信息。

本书在编写过程中,得到了派克汉尼汾上海有限公司(Parker Hannifin Management (Shanghai) CO. LTD)、SMC(中国)有限公司的大力支持;派克汉尼汾液压集团亚太副总裁侯奕飞先生、招聘经理张樟达女士、燕山大学姚成玉教授、中国船舶重工集团公司 707 所陈建萍研究员给予了很大的帮助,编者在此一并表示衷心感谢。

由于编写本教材的工作量大,时间短,加上编者水平有限,书中难免有不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

北京理工大学 彭熙伟

2016 年 5 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

目 录

第 1 章 液压传动概述	1	2.4.2 沿程压力损失	28
1.1 液压传动的定义及发展概况	1	2.4.3 局部压力损失	31
1.1.1 何谓液压传动	1	2.4.4 管路系统总压力损失	31
1.1.2 发展概况	3	2.5 液体流经孔口和缝隙的流量	33
1.1.3 液压传动的应用	4	2.5.1 液体流经孔口的流量	33
1.2 液压传动的基本原理、组成及特点	7	2.5.2 液体流经缝隙的流量	34
1.2.1 液压传动的原理	7	2.6 液压冲击及气穴现象	35
1.2.2 液压传动系统的组成	8	2.6.1 液压冲击	35
1.2.3 液压传动的特点	9	2.6.2 气穴现象	37
1.3 液压传动的工作介质	10	习题	37
1.3.1 工作介质的基本性能	10	第 3 章 液压动力元件	39
1.3.2 工作介质的种类	11	3.1 概述	39
1.3.3 液压油的选择和使用维护	14	3.1.1 基本工作原理与分类	39
习题	16	3.1.2 液压泵的基本参数	41
第 2 章 液压流体力学基础	17	3.2 齿轮泵	42
2.1 液体的主要物理性质	17	3.2.1 外啮合齿轮泵	42
2.1.1 液体的密度	17	3.2.2 内啮合齿轮泵	45
2.1.2 液体的黏性	17	3.2.3 螺杆泵	46
2.1.3 液体的可压缩性	19	3.2.4 齿轮泵的特点及应用	47
2.2 液体静力学基础	20	3.3 叶片泵	48
2.2.1 压力及其性质	20	3.3.1 单作用叶片泵	48
2.2.2 重力场中静止液体的压力分布	20	3.3.2 双作用叶片泵	50
2.2.3 帕斯卡原理	21	3.3.3 叶片泵的特点及应用	52
2.2.4 压力的表示方法及单位	21	3.4 柱塞泵	53
2.3 液体动力学方程	21	3.4.1 轴向柱塞泵	53
2.3.1 液体流动的基本概念	22	3.4.2 径向柱塞泵	58
2.3.2 连续性方程	22	3.4.3 柱塞式变量泵的控制方式	59
2.3.3 伯努利方程	24	3.4.4 柱塞泵的特点及应用	62
2.3.4 动量方程	26	3.5 液压泵的功率和效率	62
2.4 液体在管道中的流动状态和压力损失	27	3.5.1 液压泵的功率	62
2.4.1 液体的流动状态	27	3.5.2 液压泵的效率	62
		3.6 液压泵的性能比较及选用	65

3.6.1 各类液压泵性能比较	65	5.5.2 方向控制功能	122
3.6.2 液压泵的选用	66	5.5.3 压力控制功能	124
习题	67	5.5.4 流量控制功能	124
第4章 液压执行元件	69	5.6 电液比例阀	125
4.1 液压缸	69	5.6.1 比例阀的特点	126
4.1.1 单作用液压缸	69	5.6.2 比例压力控制阀	127
4.1.2 双作用液压缸	69	5.6.3 比例流量控制阀	128
4.1.3 液压缸的密封装置	75	5.6.4 比例方向控制阀	130
4.1.4 液压缸的缓冲装置	75	5.6.5 比例阀的主要性能指标	131
4.1.5 液压缸的安装方式	75	5.7 电液伺服阀	133
4.1.6 液压缸的选择和使用	76	5.7.1 电液伺服阀的工作原理	133
4.2 液压马达	77	5.7.2 电液伺服阀的基本特性	136
4.2.1 液压马达的分类	77	5.7.3 电液伺服控制系统	140
4.2.2 液压马达的基本参数	77	习题	144
4.2.3 高速液压马达	78	第6章 液压辅助元件	147
4.2.4 低速大扭矩液压马达	82	6.1 油箱及温控装置	147
4.2.5 液压马达的功率和效率	84	6.1.1 油箱	147
习题	86	6.1.2 温控装置	148
第5章 液压控制阀	88	6.2 过滤器	151
5.1 概述	88	6.2.1 工作油液的污染度等级	151
5.1.1 液压控制阀的分类	88	6.2.2 过滤器的滤材	153
5.1.2 液压控制阀的基本参数	89	6.2.3 过滤器的工作原理和结构	153
5.1.3 液压控制阀的流量特性	90	6.2.4 过滤器的分类、安装和选用	154
5.2 方向控制阀	90	6.3 蓄能器	156
5.2.1 单向阀	90	6.3.1 蓄能器的分类	156
5.2.2 换向阀	92	6.3.2 蓄能器的基本参数	156
5.2.3 电磁换向座阀	99	6.3.3 蓄能器的功用	159
5.2.4 电磁换向阀的性能	99	6.4 连接件	160
5.3 压力控制阀	101	6.4.1 油管	160
5.3.1 溢流阀	101	6.4.2 管接头	163
5.3.2 减压阀	107	6.4.3 集成油路块	165
5.3.3 顺序阀	110	6.5 密封装置	165
5.4 流量控制阀	113	6.5.1 间隙密封	166
5.4.1 节流阀	113	6.5.2 O形密封圈	166
5.4.2 调速阀	117	6.5.3 Y形密封圈	167
5.4.3 分流集流阀	118	6.5.4 V形密封圈	167
5.5 插装阀	120	6.5.5 组合密封圈	167
5.5.1 结构与工作原理	121	6.6 测量元件	168

6.6.1 压力测量元件	169	9.1.1 气压传动技术的发展	227
6.6.2 流量测量元件	170	9.1.2 气压传动技术的应用	228
6.6.3 温度测量元件	171	9.2 气压传动系统的组成及特点	228
6.6.4 液位测量元件	172	9.2.1 气压传动系统的组成	228
习题	173	9.2.2 气压传动系统的特点	229
第7章 液压基本回路	175	9.3 可压缩性流体力学基础	230
7.1 压力控制回路	175	9.3.1 空气的基本性质	230
7.1.1 调压回路	175	9.3.2 气体状态方程	232
7.1.2 卸荷回路	176	9.3.3 气体的流动特性	233
7.1.3 减压回路	177	9.3.4 充放气特性	236
7.1.4 平衡回路	177	习题	240
7.1.5 保压回路	178	第10章 气动元件及基本回路	241
7.2 调速回路	180	10.1 气源系统及气动辅件	241
7.2.1 节流调速回路	180	10.1.1 气源系统	241
7.2.2 容积调速回路	187	10.1.2 空气处理元件	243
7.2.3 容积节流调速回路	194	10.1.3 其他辅助元件	246
7.3 快速运动和速度换接回路	196	10.2 气动执行元件	247
7.3.1 快速运动回路	196	10.2.1 气缸的分类	248
7.3.2 速度换接回路	197	10.2.2 普通气缸	248
7.4 多缸动作控制回路	199	10.2.3 几种特殊气缸	250
7.4.1 同步回路	199	10.2.4 气缸的选用	252
7.4.2 顺序动作回路	200	10.2.5 气动马达	253
习题	202	10.3 气动控制元件	253
第8章 液压传动系统的设计计算与		10.3.1 压力控制阀	253
应用实例	207	10.3.2 流量控制阀	256
8.1 液压传动系统的设计计算	207	10.3.3 方向控制阀	257
8.1.1 明确液压系统设计要​​求	207	10.4 真空元件	262
8.1.2 制定液压传动系统设计方案	207	10.4.1 真空系统的组成	262
8.1.3 选择液压元件	210	10.4.2 真空发生器	263
8.2 液压系统应用实例	212	10.4.3 真空吸盘	263
8.2.1 四柱液压压力机液压系统	212	10.4.4 真空系统其他元件	264
8.2.2 叉车液压系统	215	10.5 气动基本回路	265
8.2.3 注塑机液压系统	218	10.5.1 压力控制回路	265
8.2.4 汽车起重机液压系统	221	10.5.2 速度控制回路	265
习题	224	10.5.3 位置控制回路	266
第9章 气压传动基础知识	227	10.5.4 换向回路	267
9.1 气压传动技术的发展及应用	227	10.5.5 真空回路	267

10.5.6 其他回路	268
10.6 气动系统在自动化装置中的应用	270
10.6.1 气动技术在平带纠偏中的应用	270
10.6.2 举升转向装置	272

10.6.3 气动夹抱提升装置	273
10.6.4 拾放装置	276
习题	277
参考文献	279

第 1 章 液压传动概述

1.1 液压传动的定义及发展概况

1.1.1 何谓液压传动

1. 何谓动力传动

在回答何谓液压传动之前,首先要说明什么是传动。顾名思义,传动就是传递动力之意,也就是传递能量,如图 1.1 所示。泛泛地说,采用机械元件(机构)传递动力的称为机械传动,采用电器元件传递动力的称为电气传动,采用液体作为工作介质利用其压力能传递动力的就称为液压传动,采用气体作为工作介质利用其压力能传递动力的就称为气压传动。传动除基本的能量传递功能外,还包括能量的分配和力及运动的变换等功能。

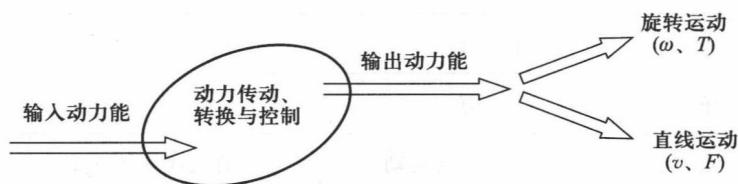


图 1.1 动力传动系统的功能

在工程应用中,动力的传动与控制有三种基本方式,即流体传动与控制、电气传动与控制、机械传动与控制,其中流体传动与控制又包括液压传动与控制、气压传动与控制、液力传动与控制。每种传动方式都是把输入的动力能进行传递、转换和控制后,通过工作装置做功而对外输出机械能。如图 1.2 所示是小汽车的动力传动系统,发动机燃烧产生热能(输入的动力能),高压高温气体作用于活塞,使活塞做往复直线运动并带动曲轴旋转,再通过主离合器、变速箱、传动轴、中央传动及差速器和轮边减速器来驱动车轮运动而输出动力。

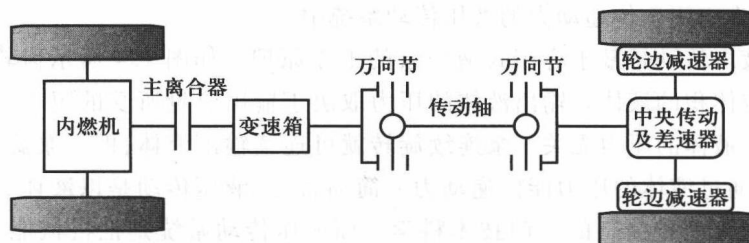


图 1.2 小汽车动力传动系统

各种传动方式都有其优、缺点,生产过程总是选用最适合的动力传动方式,有的也可能是几种传动方式的组合应用,表 1.1 是几种动力传动方式对比。

表 1.1 四种动力传动方式比较

系统性能	机械传动	电气传动	液压传动	气压传动
输入能源装置 (原动机)	内燃机、电动机	内燃机,水力、火力、风能或太阳能发电装置	电动机、内燃机	电动机、内燃机
能量传输元件	机械零件、杠杆、轴、齿轮	电缆、磁场	钢管、软管	钢管、软管
能量载体	刚性和弹性的物体	电子流	液压油	空气
功率重量比	差	一般	好	较好
扭矩/惯量	差	一般	好	较好
刚度	较好	一般	好	一般
动态响应	一般	较好	好	较好
抗污染能力	好	好	一般	一般
相对成本	好	好	一般	好
运动形式	旋转运动	旋转运动	直线或旋转运动	直线或旋转运动

2. 液压传动

液压传动以液压油为工作介质利用其压力能传递动力,与一般的液体输送系统不同。后者是基于离心机的工作原理,即流入泵体中的液体被高速旋转的叶轮甩出去而获得动能,从而使液体可以从一处输送到另一处,如图 1.3 所示。例如:自来水供水系统及一些化工原料的输送系统等。离心泵输出液体的压力大小取决于叶轮的旋转速度和输出时管路流动所受的阻力;由于在离心泵的进口和出口之间没有密封隔离带,当出口压力随着流动阻力的增大而增大时,泵的输出流量就将减少。实际上,有可能发生泵虽连续旋转而完全不输出流量的情况,正因为如此及其他的原因,离心泵很难应用于传递动力的液压传动系统中。

通常所说的液压传动是基于容积式液压泵的工作原理。如图 1.4 所示齿轮液压泵,即泵每转一周就输出一定体积的液体。输出液体的压力取决于输出流量所受的阻力,而输出流量除了泄漏损失外与输出液体的压力无关。泵连续旋转就可连续输出液体,即把泵旋转的机械能转换为液体的压力能,通过液体的压力能传递动力。简而言之,液压传动是以液体为工作介质,进行能量的转换、传递、分配和控制的一门技术科学。而液压传动系统是把机械能变成液体的压力能,借助受压液体在密闭工作容腔内传递能量并通过执行元件对外做功。

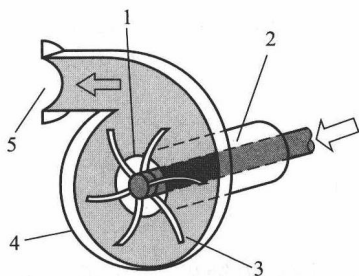


图 1.3 离心泵工作原理

1-进口;2-液体进入管路;3-叶轮;4-泵体;5-出口

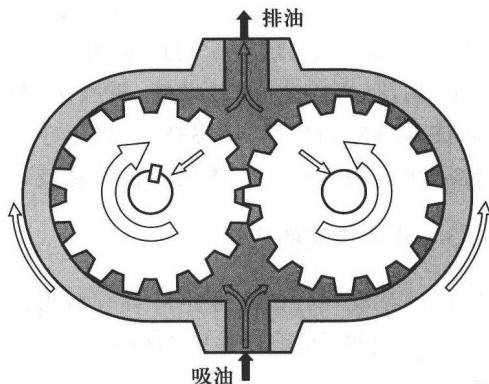


图 1.4 齿轮液压泵工作原理

1.1.2 发展概况

液体静压传动技术起源于著名的帕斯卡原理,该原理于 1650 年由法国科学家帕斯卡 (Pascal) 提出来,即“作用在封闭液体上的压力,可以无损失地传递到各个方向,并与作用面保持垂直”。该原理解释了为什么用锤子敲击充满了液体的玻璃瓶的瓶塞时,会使该玻璃瓶的瓶底破裂。由于液体基本上是不可压缩的,则作用在瓶塞上的力被传送到玻璃瓶内的各个部位,如图 1.5 所示;结果,在大面积上受到的力要比该瓶塞上受到的力大得多。例如,瓶塞的面积是 1 cm^2 ,瓶底的面积是 20 cm^2 ,则瓶塞上作用 100 N 的力所产生的压力就是 100 N/cm^2 ,这个压力无损失地传递到玻璃瓶的瓶底,作用在瓶底 20 cm^2 的面积上并产生 2000 N 的作用力;因此,在瓶塞上作用一个中等大小的力就有可能使瓶底破碎。帕斯卡原理描述了封闭的液体在传递动力、放大力和控制运动中的应用。

1750 年,意大利科学家伯努利 (Bernoulli) 在做了许多实验后,提出了流体流动时必定遵循能量守恒规律,即伯努利定律。帕斯卡原理和伯努利定律奠定了流体静压传动的理论基础。18 世纪末,英国工程师 Joseph Bramah 首次在伦敦用水作为工作介质,把流体静压传动应用于“水压机”。

而使用油作为传动介质,又解决了密封问题,对液压传动的发展具有划时代的意义。1906 年美国弗吉尼亚号军舰上火炮采用液压传动驱动代替电气传动,由此开拓了液压传动广泛应用于工业各个领域的先河。二战期间,军事装备对反应迅速、动作准确、输出功率大的液压传动和控制装置的需求促使液压技术迈上了新的台阶。如舰艇和飞机的操作系统以及声呐和雷达的驱动系统等。随着加工能力和材料

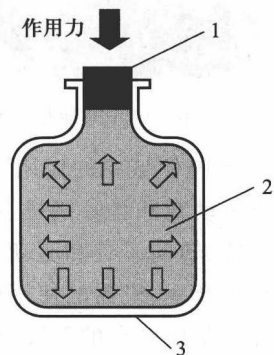


图 1.5 压力传递到封闭液体中的各处

1-瓶盖;2-充满不可压缩液体;3-瓶底

强度的不断提高,液压系统的压力也不断地提高,高功率质量比,又使其在工程机械、农业机械、冶金机械、船舶工业、交通运输和航空航天等领域得到青睐。到上世纪 70 年代,液压传动已成为“工业的肌肉”。

目前,液压传动已在现代工业各领域获得了广泛的应用。进入新世纪以来,随着电子技术、计算机技术、信息技术、自动控制技术及新工艺、新材料的发展和应用,促进了液压传动技术的进步,在高压、高速、大功率、高效节能、低噪声、延长使用寿命、高度集成化等方面取得了重大进展。液压传动技术与控制技术、传感技术、微电子技术、计算机技术密切结合,已发展成为包括传动、控制和检测在内的机电液一体化的自动化技术。

1.1.3 液压传动的应用

液压传动在现代化的工业生产各领域得到了广泛的应用。

1. 在工程机械、起重运输中的应用

工程机械包括挖掘机、自卸卡车、装载机、推土机、水泥搅拌车、摊铺机、盾构机、压路机、桩土机和凿岩机等,主要用于土方、石方、铺路等施工过程,可以大大降低劳动强度,提高工效和劳动生产率。如图 1.6 所示为履带式单斗液压挖掘机械,通过液压缸的直线往复运动完成挖掘机的铲土、卸土的控制,通过液压马达完成转台回转的位置控制。

起重运输机械也称物料搬运机械,主要用于生产过程中的物料搬运,可显著提高生产率、减轻体力劳动和降低生产成本。起重运输机械主要包括液压升降台、叉车、液压起重机和液压绞车等。如图 1.7 所示为液压汽车起重机,液压缸支腿用于起重作业时承受整车负载,使轮胎不接触地面;回转液压马达控制吊车平台的回转;伸缩液压缸控制吊臂的伸缩;吊臂液压缸控制吊臂仰角的高低;卷筒液压马达驱动卷筒旋转可完成重物的升降控制。

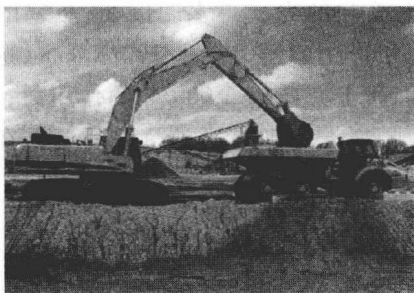


图 1.6 单斗液压挖掘机与自卸卡车

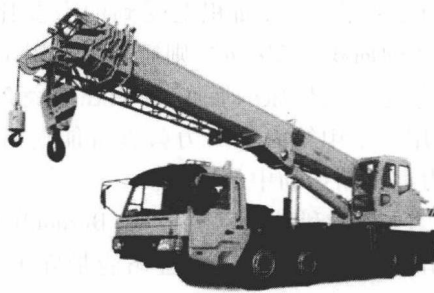


图 1.7 液压汽车起重机

2. 在农林领域中的应用

液压传动在联合收割机、拖拉机、大型农具和牧业机械等农业机械中的应用,主要用于农机操作系统、转向系统和驱动系统的控制等,它可使农业机械操作灵活,并实现自动控制,因而可提高劳动生产率、机器的使用性能和经济效益。如图 1.8 所示为谷物联合收割机,液压操作系统控制联合收割机割台的升降,拨禾轮的升降和水平调节,脱粒滚筒的无级变速等;液压转向系统控制转向机构实现机器转向;液压驱动系统可无级变速控制机器的行走。

此外,液压传动还在木材采运、木材加工、人造板机械和营林机械等林业机械中广泛应用。

3. 在塑料、橡胶和轻工机械中的应用

在某些以易燃易爆的溶剂、粉末等作为原材料或产品的化工厂中,在生产过程中可能会产生各种易燃、易爆的粉尘、蒸气或气体。在这类化工过程中电气设备产生的电弧、电火花和发热等,都有可能引起燃烧或爆炸事故。因此,在化工机械中采用液压传动与控制实现生产过程的机械

化、自动化更为安全和可靠。如注塑机、切胶机、压制机、硫化机和加压过滤机等。如图 1.9 所示为塑料注射成形机,用于热塑性塑料的成形加工。

此外,液压传动与控制还在其他轻工机械中广泛应用。如造纸工业中的纸张超级压光机、卷纸张力控制机、纸边纠偏控制,陶瓷坯料滚压成形机,氮肥厂的造气自动机,皮革削匀机,皮革液压剖层机,香皂研磨机;纺织机械中的整经机和浆纱机等。



图 1.8 谷物联合收割机

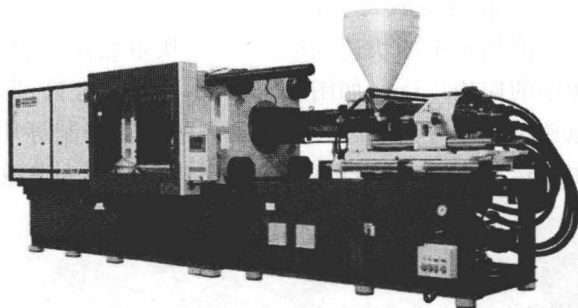


图 1.9 塑料注射成形机

4. 在运动模拟器中的应用

液压传动与控制具有控制精度高、响应速度快、加速能力强的性能特点,因而在要求达到多种运动控制的模拟器中获得了重要的应用。运动模拟器能产生或模拟与实际工况相一致的工作条件(环境),以此来测试产品的性能、进行疲劳试验和科学研究等,从而降低成本、节省时间和提高效率。如飞行模拟器、舰船运动模拟器、汽车道路模拟器和航天仿真设备等。如图 1.10 所示为飞行模拟器,可用于飞行员的培训和飞行仿真研究等。

5. 在重型机械中的应用

在重型机械生产过程中,要使用大量的机械和设备,这些机械和设备的特点是大型化、重型化,并能适应恶劣的工作环境,而且自动化程度高,液压传动与控制的特点正适合于这些工作性能要求。例如,冶金生产中的高炉炉顶加料装置,轧机的压下装置、轧棍的平衡和换辊装置,带钢卷取和跑偏控制装置等;金属加工中的高压造型机、压铸机和射压造型机等;锻压机械中的锻机、剪板机、液压机和对向成形机等。图 1.11 所示为热连轧,可用于带材钢板的轧制等。

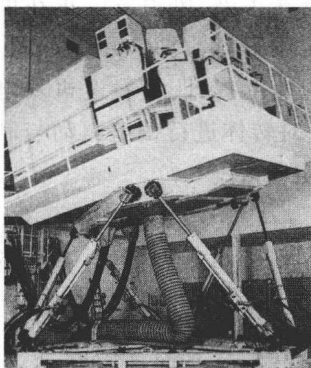


图 1.10 飞行模拟器

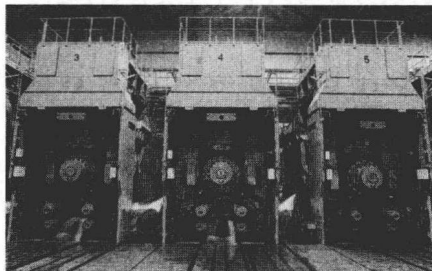


图 1.11 热连轧机

6. 在交通运输中的应用

如图 1.12 所示的运输船舶,控制船舶航向的舵机,减小船舶横摇的减摇装置,可调螺距推进器,甲板机械上的起货机、起锚机和舱口盖启闭装置等广泛采用了液压传动与控制技术。液压技术在其他交通运输中的应用还有道路与桥梁中的岩石掘进机、液压凿岩台车、喷浆机械手等,以及汽车工程中的汽车动力转向、制动系统、轿车自动变速系统等。

7. 在航空航天中的应用

液压技术的快速响应、功率与质量之比大、高精度和高加速能力的特点,使其在航空航天工业中的应用广泛。如图 1.13 所示的民用客机,发动机的转速与推力控制,起落架收放,发电机的恒速装置和方向舵、升降舵、副翼的偏转控制等均采用了液压技术。此外,液压技术在航天工程中的运载火箭、地面设备、航天飞机、导弹、人造卫星等也有广泛的应用。

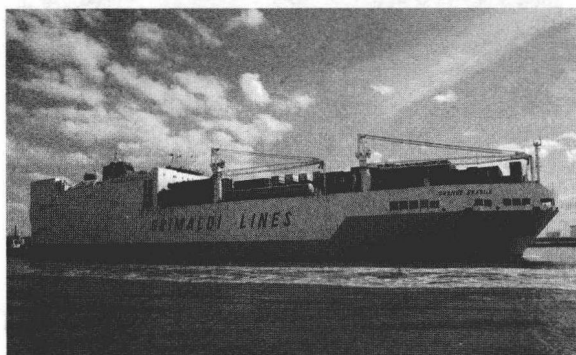


图 1.12 民用运输船舶



图 1.13 民用客机

8. 在发电设备中的应用

自汽轮发电机组进入实用阶段起就开始采用液压传动技术来控制它的转速。由于汽轮机的工作蒸汽压力高、流量大,相应地要求驱动蒸汽阀门执行机构的力也很大,而且要求阀门动作迅速,因此汽轮发电机组的控制系统都采用液压传动技术来调节汽阀的开度以保证机组的转速维持在规定范围内,从而保证供电频率的准确和机组自身的安全。水力发电设备中的水轮机也有类似阀门执行机构调节水流和导叶角度。

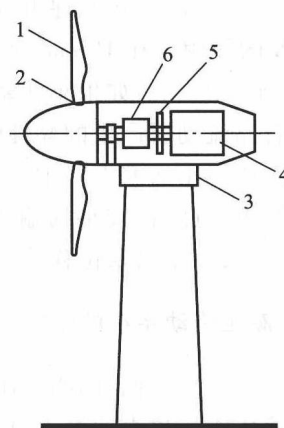
近年来,因风力发电没有燃料问题,也不会产生辐射或空气污染,风力发电正在世界上形成一股热潮。液压传动技术在大功率的风力发电机组控制系统中得到重要应用。如图 1.14 所示风力发电机,风力带动风车叶片旋转,再透过增速机将旋转的速度提升,使发电机发电。采用液压传动技术的环节有:对叶片进行变桨距控制可以调节功率,对转体进行偏航驱动与制动可以跟随风向的变化,对主传动制动及风轮锁定可以保证停机的安全等。

9. 其他领域的应用

液压传动在其他领域的应用还很多,如环卫设备、石油机械、煤炭采掘机械、水利水电工程中的液压启闭机、建筑材料机械、金属切削机床、机器人以及火炮、雷达等武器装备控制系统中的应用等。



(a) 风力发电机组



(b) 结构原理

图 1.14 风力发电机及结构原理

1-叶片;2-变桨距系统;3-偏航系统;4-发电机;5-刹车盘;6-增速机

1.2 液压传动的基本原理、组成及特点

1.2.1 液压传动的基本原理

液压传动系统的工作原理是帕斯卡原理,英国工程师 Joseph Bramah 于 1795 年最早把这一原理应用到水压机上,如图 1.15 所示。一个 500 N 的作用力施加在面积为 1 cm^2 的小活塞上,这样,密闭液体内部各处的压力均为 500 N/cm^2 ,即大活塞每平方厘米上也受到 500 N 的作用力,若大活塞面积为 10 cm^2 ,则大活塞可以撑起的重量或力为

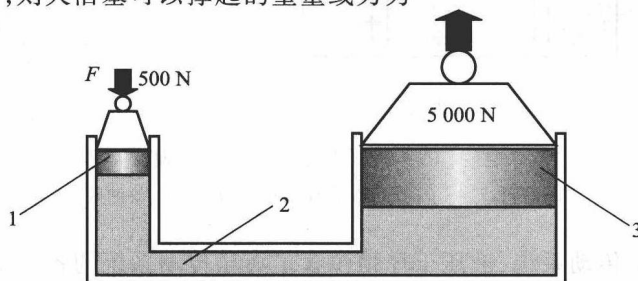


图 1.15 帕斯卡原理示意图

1-小活塞;2-封闭液体;3-大活塞

作用力 = 压力 × 面积

即

$$\frac{500 \text{ N}}{1 \text{ cm}^2} \times 10 \text{ cm}^2 = 5 000 \text{ N}$$

显然,若大活塞面积为 100 cm^2 ,则大活塞可以撑起 50 000 N 的重量。