

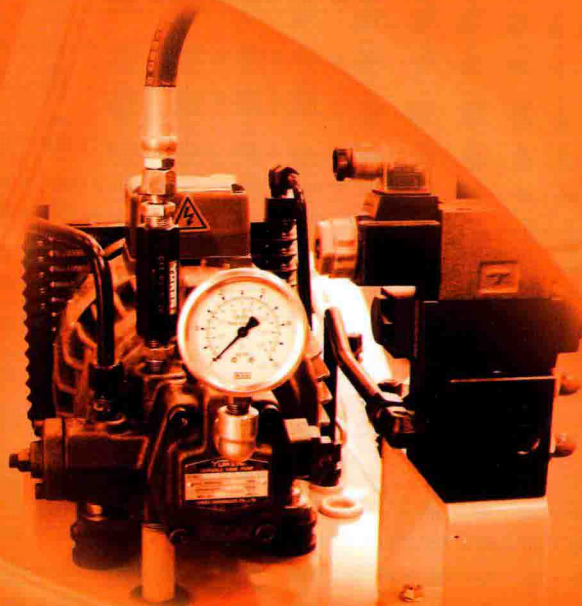


普通高校“十三五”规划教材

液压与气压传动

Hydraulics & Pneumatics

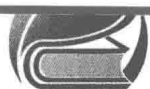
吴向东 李卫东 主编



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



配有课件



普通高校“十三五”规划教材

液压与气压传动

吴向东 李卫东 主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书为普通高等院校机械类专业“液压与气压传动”课程的统编教材,全书分液压传动和气压传动两部分内容。第1~7章为液压传动内容,主要包括:液压传动的理论基础(流体力学);各种液压元件的工作原理、性能特点和典型结构;常用基本回路的原理性能和应用;典型液压系统和系统设计的方法与步骤,并用实例加以说明;液压伺服系统的一般工作原理及其动态特性分析的基本方法与步骤。第8~11章为气压传动内容,主要包括:气压传动理论基础;气源装置和各种气压元件的工作原理、典型结构;气压传动常用基本回路的原理和应用。

本书可作为高等院校机械类制造相关专业“液压与气压传动”课程的教材或参考书,也可供工厂和研究单位技术人员学习、参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动 / 吴向东, 李卫东主编. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2018. 8
ISBN 978-7-5124-2663-4

I. ①液… II. ①吴… ②李… III. ①液压传动—高等学校—教材②气压传动—高等学校—教材 IV.
①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 185479 号

版权所有,侵权必究。

液压与气压传动

吴向东 李卫东 主编
责任编辑 张冀青 孙兴芳

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:19 字数:486 千字

2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-2663-4 定价:49.00 元

前 言

本书介绍了液压与气压传动的基本理论、基本概念,介绍了常用的液压元件、气压元件、典型液压回路、气压回路,以及液压传动在机床、压力机械、飞机等装备中的具体应用实例和液压系统的设计方法。通过本书的学习,读者可以掌握基本的液压与气压传动知识,熟悉常用液压与气压元件的功能特性,学会分析和设计液压与气压传动系统,熟悉从事液压和气压传动相关工作的技能。

为使读者更好地掌握相关知识,针对每章内容,设计了相应的例题和习题,使学生通过做题,更好地掌握流体力学、液压传动和气压传动知识。

本教材从2015年开始在“液压传动”课程中试用,同时使用的还有相配套的教学课件,课件采用网页形式,配以大量的动画、视频和照片,二者结合使用,教学效果更好。

本书由吴向东、李卫东担任主编,其中第1、7章由关世伟编写,第2章由李卫东、吴向东编写,第3章由王秀凤、李卫东编写,第4、5章由张建斌、吴向东编写,第6章由马俊功编写,第8~11章由张建斌编写。全书第1,2,4~11章由吴向东校阅,第3章由李卫东校阅。此外,万敏、李万国对本教材内容也提出了宝贵意见。本书的出版也得到了北京航空航天大学教务处、机械学院和北京航空航天大学出版社的大力支持,在此一并致谢。

由于时间仓促,书中如有疏漏及不妥之处,请读者批评指正。

编 者

2018年7月

本书配有配套教学课件。请扫描二维码,关注“北航理工图书”公众号,回复“2663”获取本书配套课件下载地址,如有疑问请发送邮件至 goodtextbook@126.com 或拨打 010-82317036 联系我们。



目 录

第1章 绪 论	1
1.1 流体力学和液压传动的基本概念	1
1.2 液压传动的工作原理及其特性	1
1.2.1 液压传动的工作原理	1
1.2.2 液压传动的工作特性	3
1.3 液压传动系统示例——液压千斤顶	3
1.4 液压传动系统组成	4
1.5 液压系统的图形符号	4
1.6 液压传动的优缺点	5
1.7 液压传动的应用和发展	6
习 题	8
第2章 流体力学基础	9
2.1 液压油的物理性质	9
2.1.1 流体的密度	9
2.1.2 流体的压缩性	10
2.1.3 流体的粘性	11
2.1.4 对液压油的要求和选用	13
2.2 静止液体力学	15
2.2.1 静压力(或称压力)及其性质	15
2.2.2 在重力作用下静止液体中的压力分布	16
2.2.3 压力的表示方法及单位	17
2.2.4 帕斯卡原理——静压传递原理	17
2.2.5 液体静压力作用在固体壁面上的力	18
2.3 流动液体力学	18
2.3.1 基本概念	18
2.3.2 流体的流动状态和雷诺数	20
2.3.3 连续方程	21
2.3.4 伯努利方程——流动液体的能量守恒定律	22
2.3.5 动量方程	26
2.4 流动液体的流量-压力特性	30
2.4.1 压力损失	30
2.4.2 流量公式	35
2.5 液压冲击和气穴现象	40
2.5.1 液压冲击	40

2.5.2 气穴(或空穴).....	43
习 题	44
第3章 液压元件	47
3.1 液压泵和液压马达.....	47
3.1.1 液压泵和液压马达的共性.....	47
3.1.2 常用液压泵和液压马达介绍.....	53
3.1.3 常用液压泵和液压马达的选用.....	71
3.2 液压往复执行元件.....	75
3.2.1 液压缸的类型和特点.....	75
3.2.2 液压缸的结构和组成.....	80
3.3 液压控制元件.....	85
3.3.1 方向控制阀.....	86
3.3.2 压力控制阀	103
3.3.3 流量控制阀	118
3.3.4 比例控制阀	124
3.3.5 逻辑阀	128
3.4 液压辅助元件	129
3.4.1 蓄能器	130
3.4.2 滤油器	133
3.4.3 油 箱	137
3.4.4 热交换器	138
3.4.5 其他元件	139
习 题.....	142
第4章 液压基本回路调速系统	148
4.1 压力控制回路	148
4.1.1 调压回路	148
4.1.2 卸荷回路	149
4.1.3 保压回路	152
4.1.4 减压回路	152
4.1.5 增压回路	153
4.1.6 平衡回路	155
4.2 方向控制回路	156
4.2.1 换向回路	156
4.2.2 锁紧回路	158
4.3 调速回路	159
4.3.1 节流调速回路	159
4.3.2 容积调速回路	164
4.3.3 容积节流调速回路	169
4.4 快速运动回路	171

4.5 速度换接回路	173
习 题	175
第 5 章 液压传动系统实例	180
5.1 Y32-500 型四柱双动液压机液压系统	180
5.1.1 概 述	180
5.1.2 液压机的工作原理	180
5.1.3 液压系统的工作原理	181
5.1.4 液压系统的特点	184
5.2 组合机床液压系统	185
5.2.1 概 述	185
5.2.2 液压系统及其工作原理	185
5.2.3 液压系统的特点	187
5.3 飞机液压系统	187
5.3.1 概 述	187
5.3.2 液压系统及其工作原理	188
5.3.3 液压系统的特点	190
习 题	191
第 6 章 液压伺服系统	192
6.1 液压伺服系统简介	192
6.1.1 液压伺服系统的工作原理	192
6.1.2 液压伺服系统的组成及分类	195
6.1.3 液压伺服控制的优缺点	196
6.2 机液伺服阀	197
6.2.1 阀的结构形式	197
6.2.2 滑 阀	199
6.2.3 射流管阀	207
6.2.4 喷嘴挡板阀	208
6.2.5 机液伺服阀的应用	208
6.3 电液伺服阀	209
6.3.1 电液伺服阀的组成、分类及结构	209
6.3.2 力矩马达	213
6.3.3 伺服阀的工作原理及特性	217
6.4 电液伺服系统举例	224
6.4.1 电液伺服系统的类型	224
6.4.2 钢带张力控制液压伺服系统	225
习 题	226
第 7 章 液压系统的设计与计算	227
7.1 液压系统的设计内容和步骤	227
7.2 液压系统的设计计算实例——蜂窝夹层板热压机液压系统	228

7.2.1	设计要求	228
7.2.2	主要参数的计算	229
7.2.3	液压元件的选择	231
第8章	气压传动概述	234
8.1	气压传动系统的工作原理和组成	234
8.2	气压传动的优缺点	235
8.3	气压传动技术的应用	235
8.4	气压传动技术的发展趋势	236
	习 题	237
第9章	气压传动基础知识	238
9.1	空气的物理性质	238
9.1.1	空气的组成	238
9.1.2	空气的基本状态参数	238
9.1.3	空气的其他物理性质	238
9.2	气体状态方程	240
9.2.1	理想气体的状态方程	240
9.2.2	气体的状态变化过程及规律	240
9.3	气体的流动特性	242
9.3.1	气体流动的基本方程	242
9.3.2	声速和马赫数	242
9.3.3	气体通过收缩喷嘴(小孔)的流动	243
9.3.4	气动元件和管道的流量	244
	习 题	245
第10章	气源装置与气动元件	246
10.1	气源装置	246
10.1.1	气压发生装置	246
10.1.2	空气净化处理装置	249
10.1.3	管路系统	251
10.2	气动执行元件	252
10.2.1	气 缸	252
10.2.2	气动马达	256
10.3	气动控制元件	256
10.3.1	方向控制阀	256
10.3.2	压力控制阀	263
10.3.3	流量控制阀	267
10.3.4	阀 岛	268
10.4	气动辅助元件	271
10.4.1	油雾器	271
10.4.2	转换器	272

10.4.3 消声器	273
10.5 真空发生器	275
10.5.1 真空发生器的工作原理	275
10.5.2 真空发生器的抽吸性能分析	275
习 题	277
第 11 章 气动基本回路	278
11.1 方向控制回路	278
11.1.1 单作用气缸的换向回路	278
11.1.2 双作用气缸的换向回路	278
11.2 压力控制回路	279
11.3 速度控制回路	280
11.3.1 单作用气缸的速度控制回路	281
11.3.2 双作用气缸的速度控制回路	281
11.3.3 气液联动的速度控制回路	282
11.3.4 位置控制回路	283
11.4 真空吸附回路	285
11.4.1 真空泵真空吸附回路	285
11.4.2 真空发生器真空吸附回路	285
11.5 其他常用回路	286
11.5.1 气液增压及调速回路	286
11.5.2 过载保护回路	286
11.5.3 延时回路	287
11.5.4 计数回路	287
习 题	288
附录 常用液压与气压系统及元件图形符号	289
参考文献	294

第 1 章 绪 论

1.1 流体力学和液压传动的基本概念

像固体力学一样,流体(气体和液体)力学也是力学的一个重要分支,它主要研究流体本身的静止状态和运动状态,以及流体和固体界壁间有相对运动时的相互作用和流动的规律。

液压传动是依靠液体的压力能,在受控的状态下实现能量传递和转换的技术。

流体力学属科学范畴,而液压传动则属技术范畴。流体力学是液压传动的基础,液压传动是流体力学的具体应用。因此,学习液压传动之前掌握一些流体力学的基本知识是十分必要的。

1.2 液压传动的工作原理及其特性

1.2.1 液压传动的工作原理

图 1-1 是一个液压传动试验装置,图 1-2 是这一试验装置的简化模型。在这个试验装置中,两个活塞(活塞 1 和活塞 2)分别置于两个油缸(油缸 1 和油缸 2)内部,两个油缸与活塞形成的封闭腔体内充满了油液并通过一根油管连通。假设活塞与油缸之间的摩擦力等于零,活塞与油缸之间的间隙不产生泄漏。利用这个试验装置完成两个试验就可以初步了解液压传动的工作原理。

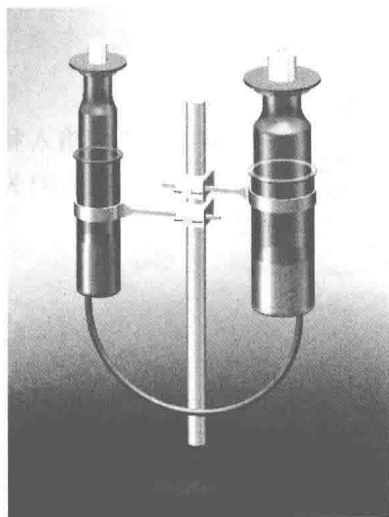


图 1-1 液压传动试验装置

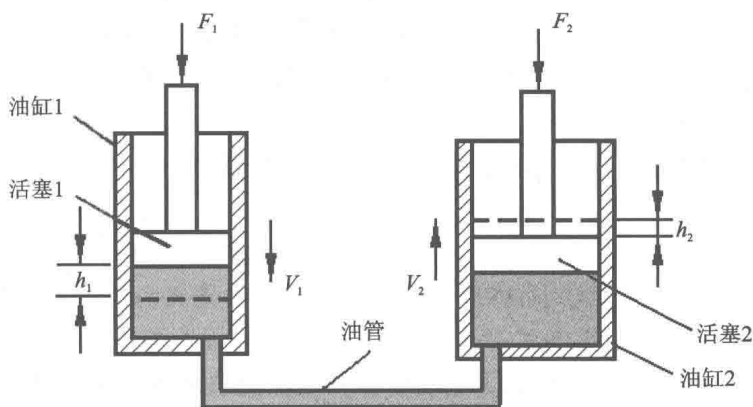


图 1-2 液压传动工作原理图

试验一 使活塞 1 匀速向下移动一段距离 h_1 , 测量活塞 2 的上升距离 h_2 。经过计算可以得到如下关系式:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (1-1)$$

式中: A_1 为活塞 1 的面积; A_2 为活塞 2 的面积。

式(1-1)说明活塞的位移与活塞的面积成反比。将式(1-1)等号左侧的分子和分母分别除以时间 t 可以得到另一个关系式, 即

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (1-2)$$

式中: v_1 为活塞 1 的运动速度; v_2 为活塞 2 的运动速度。

式(1-2)说明活塞的速度与活塞的面积也成反比。

从试验一可以看到: 从活塞 1 输入一个位移便可以从活塞 2 得到一个输出位移, 从活塞 1 输入一个速度也可以从活塞 2 得到一个输出速度, 输入和输出的关系可以通过式(1-1)和式(1-2)确定。换句话说, 通过液压油可以传递运动, 并且运动的关系是确定的。

将式(1-2)进行变换, 可以得到以下公式

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (1-3)$$

在流体力学中, 将单位时间内流过某截面液体的容积定义为流量 $Q = V/t = Ah/t = Av$ 。因此, 式(1-3)可以改写成

$$Q_1 = Q_2 \quad (1-4)$$

这说明油缸 1 的流量与油缸 2 的流量相等。事实上, 式(1-4)是一个具有普遍性的方程, 叫做连续性方程, 在本书流体力学部分还将进一步阐述。

试验二 在活塞 1 和活塞 2 上分别施加力 F_1 和 F_2 , 并使活塞保持平衡状态。经过计算可以得到如下关系式:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad (1-5)$$

式中: A_1 为活塞 1 的面积; A_2 为活塞 2 的面积。

式(1-5)说明在平衡状态下, 活塞的作用力与活塞的面积成正比。

从试验二可以看到: 从活塞 1 输入一个力 F_1 便可以从活塞 2 得到一个输出力 F_2 , 输入和输出的关系可以通过式(1-5)确定。换句话说, 通过液压油也可以进行力的传递, 并且力的关系是确定的。

将式(1-5)进行变换, 可以得到以下公式:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (1-6)$$

在流体力学中, 将单位面积上的作用力定义为压力 $p = F/A$ 。因此, 式(1-6)可以改写成

$$p_1 = p_2 \quad (1-7)$$

式(1-7)应理解为在密闭容器内施加于静止液体上的压力以等值传到液体各点, 即帕斯卡原理。

通过试验一和试验二可知, 液体既可以传递运动也可以传递力, 并且传递关系是确定的。将式(1-4)与式(1-7)相乘可以得到

$$p_1Q_1=p_2Q_2$$

(1-8)

在流体力学中, $pQ=(F/A)\times Av=Fv$ 即为液压功率。式(1-8)说明,通过液压油也可以进行能量的传递。功率的传递既包含了运动的传递也包含了力的传递,在没有能量损失的情况下,输入功率等于输出功率。因此液压传动被定义为依靠液体的压力能,在受控的状态下实现能量传递和转换的技术。

1.2.2 液压传动的工作特性

通过压力和流量的定义,可以得到液压传动的两条重要的工作特性:

- ① 液体压力只随负载的变化而变化,与流量无关;
- ② 负载的运动速度只随输入的流量而变化,与压力无关。

由此可见,调节 p 和 Q 可以满足工作机构中的力和速度的要求。 p 和 Q 是液压传动中两个最基本的参数,好比是固体力学中力 F 和速度 v ,电学中的电压 U 和电流 I 。

1.3 液压传动系统示例——液压千斤顶

千斤顶是一种起重高度小(小于 1 m)的最简单的起重设备。它有机械式和液压式两种,如图 1-3 所示。千斤顶主要用于厂矿、交通运输等部门作为车辆修理及其他起重、支撑等工作。其结构轻巧坚固、灵活可靠,一人即可携带和操作。千斤顶作为一种使用范围广泛的工具,采用优质的材料铸造,以保证千斤顶的质量和使用寿命。图 1-4 所示为液压千斤顶的工作原理图。

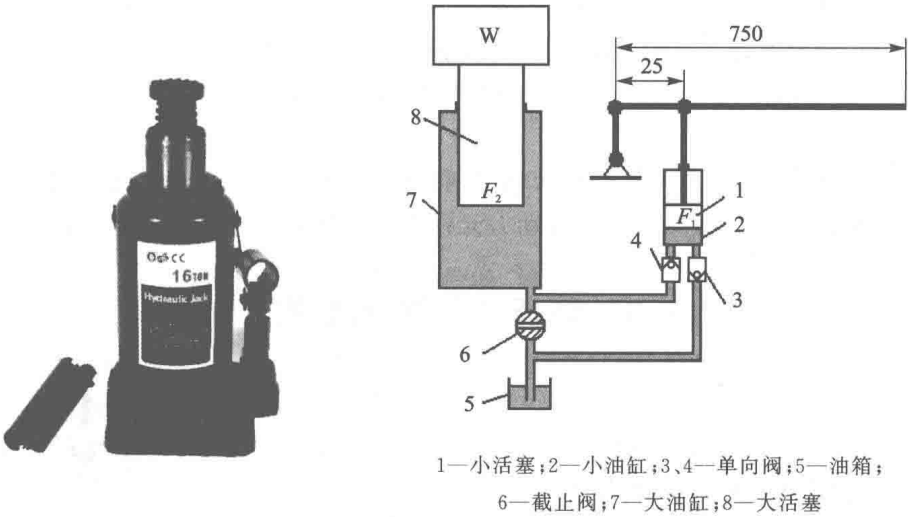


图 1-3 液压千斤顶

图 1-4 液压千斤顶原理图

图 1-4 中,大油缸 7 和大活塞 8 组成举升液压缸。杠杆手柄、小活塞 1、小油缸 2、单向阀 3 和 4 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 3 打开,通过吸油管从油箱 5 中吸油;用力压下手柄,小活塞下移,小活塞下腔压力升高,单向阀 3 关闭,单向阀 4 打开,下腔的油液经管道输入举升油缸 7 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 4 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 6,举升缸下腔的油液通过管道、截止阀 6 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,是将机械能转换成油液的压力能。压力油经过管道及单向阀 4,推动大活塞 8 举起重物,是将油液的压力能又转换成机械能。大活塞 8 举升的速度取决于单位时间内流入大油缸 7 之中的油液多少。由此可见,液压传动是一个不同能量的转换过程。

1.4 液压传动系统组成

液压系统是由液压元件组成的,根据液压元件的用途,可以将液压元件分成动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件和工作介质。

① 动力元件就是液压泵。液压泵向液压系统提供压力油,是动力的来源。从能量传递和转换的角度来看,动力元件是将机械能转换成液压能的装置。液压泵通常由电动机来驱动,个别情况下也有用人力驱动的。

② 执行元件包括液压缸和液压马达。在压力油的推动下,执行元件完成对外做功,驱动工作部件。从能量传递和转换的角度来看,执行元件是将液压能转换成机械能的装置。

③ 控制元件指的是各种阀。如溢流阀(压力阀)、节流阀(流量阀)、换向阀(方向阀)等,分别控制液压系统油液的压力、流量和液流方向,以满足执行元件对力、速度和方向的要求。

④ 辅助元件包括油箱、油管、管接头、滤油器、蓄能器和压力表等,分别起储油、输油、连接、储存压力能、过滤和测压等作用,在液压系统中起辅助作用。

⑤ 工作介质是液压油,可以看成是一种特殊的液压元件。工作介质在液压系统中起传递动力作用。

从系统的角度来看,动力元件是输入端,执行元件是输出端,而控制元件和辅助元件则主要分布在动力元件和执行元件之间。由动力元件输入的能量通过工作介质传递到执行元件。

1.5 液压系统的图形符号

图 1-5 是磨床的实物图。图 1-6(a)和(b)分别是液压传动系统工作原理的半结构图和职能符号图。观察图 1-6 可以看到,半结构图更加形象易读,而职能符号图则更加简洁。在工程设计中广泛采用的是职能符号图,在职能符号图难以表达清楚的场合也可以使用半结构图。半结构图多用于教学。在国家标准 GB/T 786.1—2009 中对液压元件图形符号做了详细的规定。

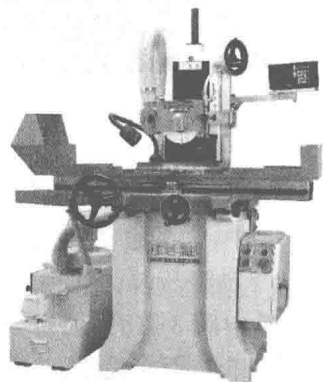
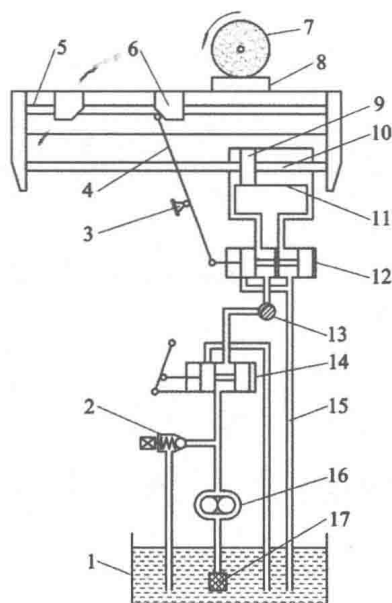
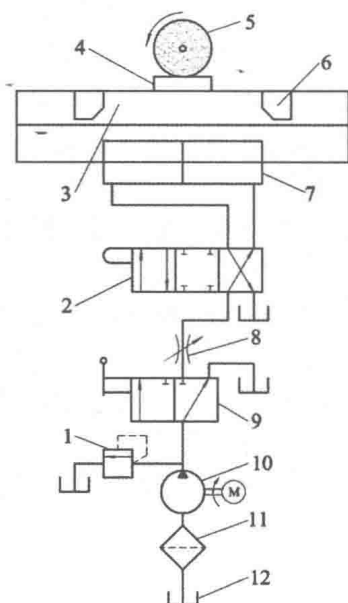


图 1-5 磨床



1—油箱；2—溢流阀；3—铰链；4—换向杆；5—工作台；
6—挡块；7—砂轮；8—工件；9—活塞；10—活塞杆；
11—液压缸；12—换向阀；13—节流阀；14—开停阀；
15—油管；16—液压泵；17—滤油器

(a)



1—溢流阀；2—换向阀；3—工作台；4—工件；
5—砂轮；6—挡块；7—液压缸；8—节流阀；
9—开停阀；10—液压泵；11—滤油器；12—油箱

(b)

图 1-6 磨床液压传动工作原理图

1.6 液压传动的优缺点

1. 优点

- ① 能方便地进行无级调速,调速范围大。
- ② 在相同输出功率前提下,其体积小、质量轻、惯性小、动作灵敏,在体积或质量相近的情况下,其输出功率大,能传递较大的扭矩或推力(如万吨水压力等)。
- ③ 控制和调节简单、方便、省力,易实现自动化控制和过载保护。
- ④ 可实现无间隙传动,运动平稳。
- ⑤ 因传动介质为油液,故液压元件有自我润滑作用,使用寿命长。
- ⑥ 液压元件实现了标准化、系列化、通用化,便于设计、制造和推广使用。
- ⑦ 可以采用大推力的液压缸和大扭矩的液压马达直接带动负载,从而省去了中间的减速装置,使传动简化。

2. 缺点

- ① 有泄漏,且液压油有一定的可压缩性,难以实现定比传动。
- ② 液压传动中的“液压冲击和空穴现象”会产生很大的振动和噪声。
- ③ 在能量转换和传递过程中,由于存在机械摩擦、压力损失、泄漏损失,因而易使油液发

热,总效率降低,故液压传动不宜用于远距离传动。

④ 液压油随温度的变化而变化,故不宜在高温及低温下工作。液压传动装置对油液的污染亦较敏感,故要求有良好的过滤设施。

⑤ 液压元件加工精度要求高,一般情况下又要求有独立的能源(如液压泵站),这些可使产品成本提高。

⑥ 液压系统出现故障时不易追查原因,不易迅速排除。

综上所述,液压传动由于其优点比较突出,故在工农业各个部门获得广泛应用。它的某些缺点随着生产技术的不断发展、提高,正在逐步得到克服。

1.7 液压传动的应用和发展

17 世纪,法国科学家帕斯卡(B. Pascal)提出静止液体中流体传动定律,奠定了液体静力学基础。英国科学家牛顿(I. Newton)针对粘性流体运动的内摩擦力提出了牛顿粘性定律。

18 世纪,瑞士科学家欧拉(L. Euler)提出了连续介质的概念,建立了无粘性流体运动的欧拉方程。同时,瑞士科学家伯努利(D. Bernoulli)从能量守恒定律出发,得到了流体定常运动下流速、压力、高度之间的关系——伯努利方程。这两个方程是流体动力学作为一个学科分支建立的标志。1795 年,英国工程师布拉默(J. Bramah)应用帕斯卡原理发明了水压机,用于打包、榨油等,如图 1-7 所示。

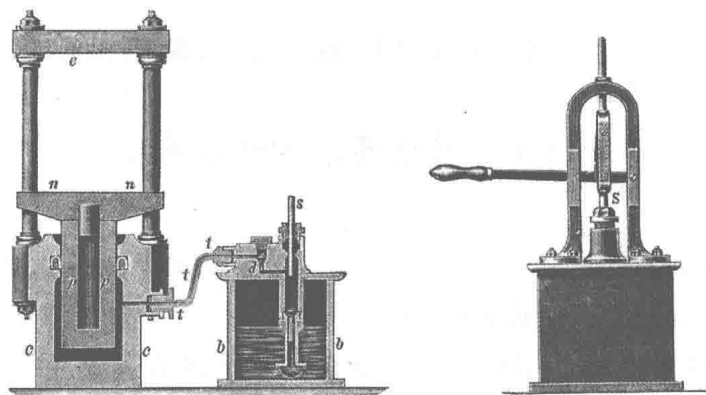


图 1-7 布拉默水压机

19 世纪,法国科学家纳维(C. L. M. Navier)建立了粘性流体运动的基本方程。英国科学家斯托克斯(G. G. Stokes)又以更合理的方式导出这组方程,即 N-S 方程。英国科学家雷诺(O. Reynolds)发现流体的层流和紊流两种状态,建立了湍流基本方程——雷诺方程。19 世纪中期,英国开始把水压机用于锻造,水压机遂逐渐取代了超大型蒸汽锻锤。这一时期水压机得到了广泛应用。图 1-8 是锻造水压机,图 1-9 是手动消防泵。

进入 20 世纪,由于石油工业的兴起,出现了粘度适中、润滑性好、耐蚀性好的各种矿物油,科学家们开始研究将矿物油取代水作为液压传动的工作介质。其中具有代表意义的是:1905 年,美国人詹尼(Janney)利用矿物油作为工作介质,设计制造了第一台液压柱塞泵及由其驱动的油压传动装置,并将其应用于军舰的炮塔装置上。1922 年,瑞士人托马(H. Thoma)发明了

径向柱塞泵,随后斜盘式轴向柱塞泵、径向液压马达、轴向变量马达等相继出现。1936年,威克斯(Vickers)提出了先导式溢流阀,使液压传动装置、液压控制元件的性能不断提高,结构日益丰富,应用范围也越来越广泛。

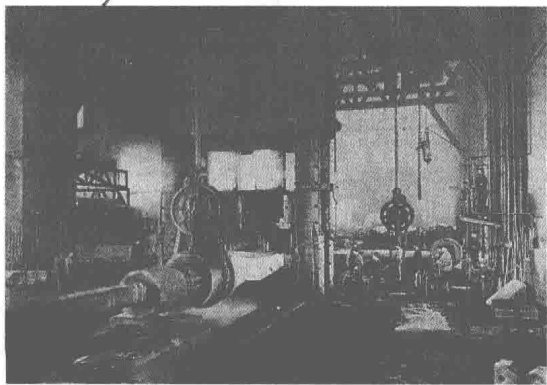


图 1-8 锻造水压机

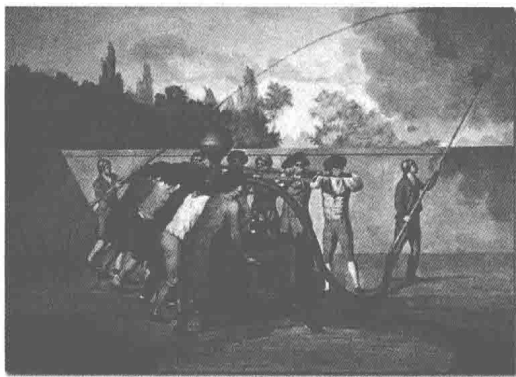


图 1-9 手动消防泵

20 世纪 40 年代电液伺服控制技术最早运用在飞机上,50—60 年代开始发展,60 年代以后各种新结构的伺服阀相继出现。

随着微电子技术、计算机、现代控制理论的发展,并与液压技术的紧密结合,使液压传动与控制发展成为十分成熟的技术,在各生产领域得到广泛应用。

21 世纪的今天,液压传动在工农业生产及军工等各部门的应用已经十分广泛。在机床设备上,主要是利用其可以实现无级变速、自动化程度高、能实现换向频繁的往复运动的优点,多用于进给传动装置、往复运动传动装置、辅助装夹装置等,如图 1-10 所示。在工程机械、压力机械上,多利用其结构简单、输出功率大的特点,如图 1-11~图 1-13 所示。在航空装置上,采用它的原因是液压设备自重轻、体积小。飞机的操纵系统和起落架的减震、收放装置都有液压传动的应用,如图 1-14、图 1-15 所示。

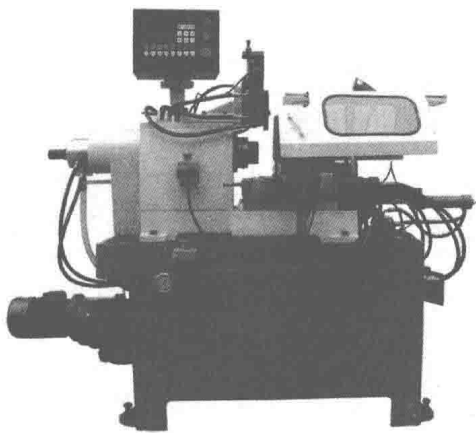


图 1-10 液压车床

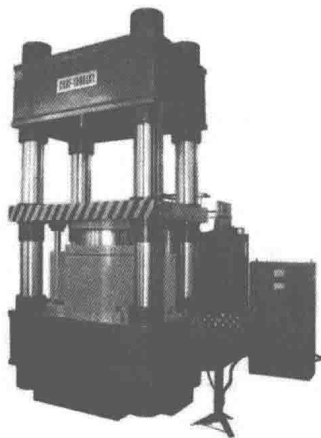


图 1-11 液压机



图 1-12 推土机



图 1-13 挖掘机

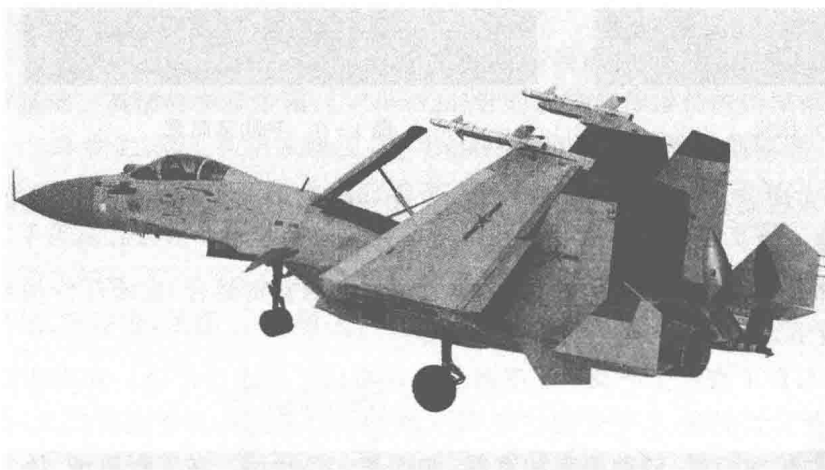


图 1-14 Su-33 舰载机

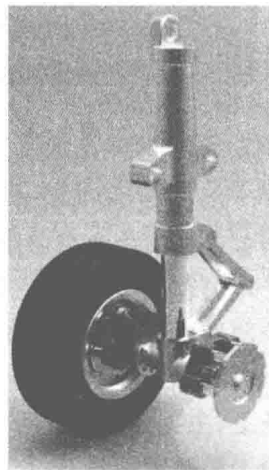


图 1-15 起落架

习 题

1. 什么是液压传动？液压传动的两个工作特性是什么？
2. 液压传动系统有哪些基本组成部分？举例说明各组成部分的作用。
3. 以液压千斤顶说明为什么两缸面积之比等于力之比，等于速度之反比？
4. 一液压千斤顶，柱塞直径 35 mm，活塞直径 12 mm，作用在活塞上的作用力 32 N，每压下一次，小活塞缸行程 22 mm。求：
 - (1) 最大起重力 w 是多少？
 - (2) 手柄每压下一次，重物升起多高？
 - (3) 当没有重物时，柱塞缸内部工作压力 p 是多少？
5. 液压传动与机械传动相比有哪些优缺点？