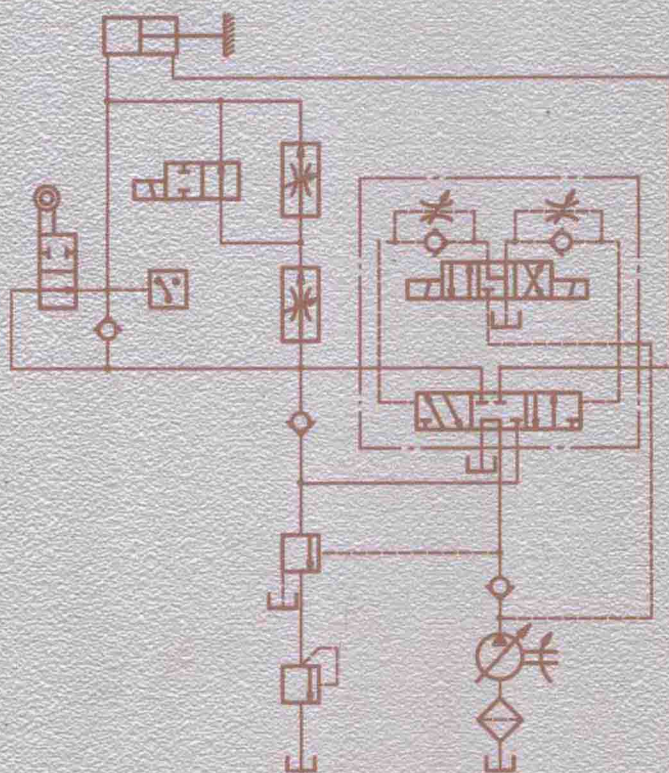


高等职业院校机电类“十二五”规划教材

液压传动技术

主 编 王永仁
副主编 陈璟娟
张 马

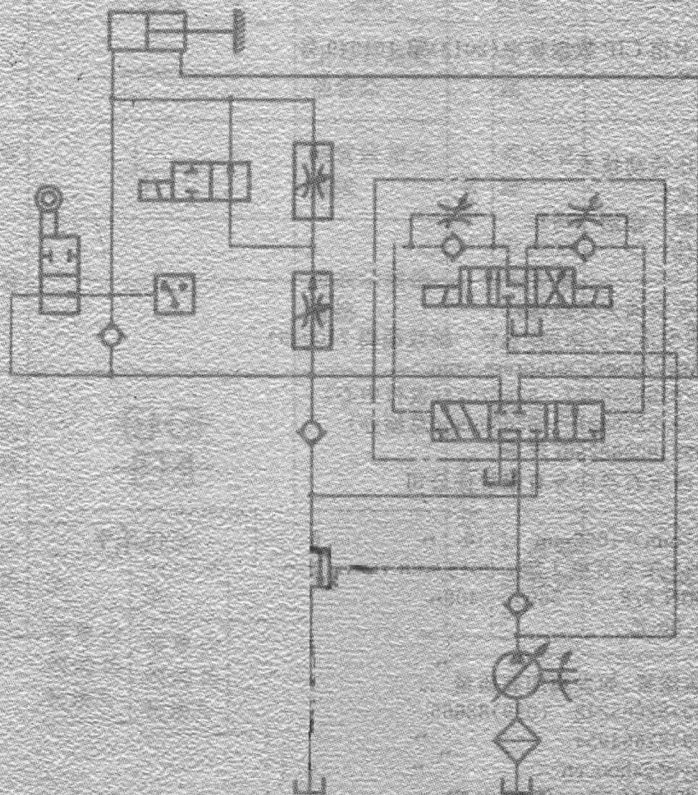


西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

高等职业院校机电类“十二五”规划教材

液压传动技术

主 编 王永仁
副主编 陈 璟
张 娟
马 军
主 审 胡宗政



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本教材以液压技术为主线,对液压传动理论进行了简明、准确的介绍,并对液压控制阀的结构及基本回路进行了重点讲述,并对主要的液压系统元件进行了章节拆装实验,明确实验目的,细化实验步骤,强化实验效果,使其与实际应用相结合。针对高职高专教学的特点,本书强调对基本技能加强训练,着重理论分析,增加了较多液压系统应用实例,并详细介绍了液压系统的安装、调试与维修等有关知识。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动技术/王永仁主编. —西安:西安交通大学出版社,2013.8
ISBN 978-7-5605-5409-9

I. ①液… II. ①王… III. ①液压传动-高等职业教育-教材 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 161949 号

书 名 液压传动技术
主 编 王永仁
副 主 编 陈璟 张娟 马军
责任编辑 李佳

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西宝石兰印务有限责任公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 10.625 字数 246 千字
版次印次 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-5409-9/TH·94
定 价 25.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。
订购热线:(029)82665248 (029)82665249
投稿热线:(029)82664954
读者信箱:jdlgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

序

发展高等职业技术教育,是实施科教兴国战略。认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》所确定的目标和任务的重要环节,也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

20 世纪 90 年代以来,党中央、国务院非常重视高职高专教育,在积极发展高等教育的同时,提出了大力发展高等职业教育的方针,并相继出台了一系列政策和措施,大大推动了我国高职高专教育的改革与发展。多年的改革实践形成了高职高专教育人才培养模式的共识,即“以培养高等技术应用性人才为根本任务;以适应社会需求为目标;以培养技术应用能力为主线”。根据这一形势和教育部的教改精神,课题组对目前国内外高职高专教育进行了广泛深入的调查研究。

新世纪高职教育的主要特点为:教育国际化、课程综合化和教育终身化。这些特点要求高职院校培养的学生应具有良好的综合素质。较全面的基础知识,必备的专业技能,面向市场的较强的竞争能力。新世纪是信息化的时代,以信息科学为代表的高新科技向机械行业的渗透,使得现代化的机械制造是传统机械制造技术与信息、自动化和现代管理科学的有机融合。

高职教育的教材面广而量大,品种甚多,是一项繁重而艰巨的工程,随着高职教育日趋面向职业和行业化发展,教材重点也会逐渐从理论向实践进行转变,这就需要我们不断的调整高职教育的人才培养模式和培养方向,更加注重理论教学和实践训练相结合。我们在这方面的改革和实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,我们还要结合各院校的实际情况和教学实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

编 者

2013 年 6 月

前 言

为了适应高等职业教育事业不断发展的需要,结合教育部新世纪课题《高职高专教育机械基础课程教学内容体系改革、建设的研究与实践》,本书是在综合参编院校的教学计划与教学大纲和多年教学经验的基础上,针对高职、高专机械类、机电类专业的人才培养目标和岗位技能需要而编写的。本书编写内容力求少而精,理论与实践相结合,注重应用能力和综合素质的培养,在较为全面的阐述液压传动内容的基础上,着重反映我国在液压传动技术上的新进展。

本书的特点是对液压传动基本理论与基本概念의阐述力求简明清晰,着重讲解其物理意义及在工程实践中的应用。全书以液压技术为主线,以液压传动系统的各组成元件为章节,采用"总、分、用"的构架,先总述液压传动的工作原理、然后分别对系统各组成部分进行详解,对各功能回路进行分解和研究,最后讲述液压系统的应用实例,重点突出、层次分明。除此之外,本书还针对高职高专教学的特点,注重基本技能训练,先理论分析,后实验操作,实现理实一体化教学模式,并增加了较多液压系统应用实例,并详细介绍了液压系统的安装、调试与维修等有关知识。

本书由王永仁担任主编,陈璟、张娟、马军担任副主编,参加编写的还有赵翔(第一章第三节、第八章第一节),李祥(第三章的第二节、第七章第一节)。全书由陈璟修改定稿。由兰州职业技术学院胡宗政教授主审,并对本教材提出了许多宝贵意见。

本书适合作为高职高专院校机械类、机电类专业的教材,也可作为各类业余大学、函授大学、电视大学及中等职业学校相关专业的教学参考书,并可供机械类工程技术人员和科技工作者参考使用。

由于编者水平有限,书中难免有不少缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2013年6月

目 录

第1章 液压传动技术概述	(1)
1.1 液压传动的工作原理	(1)
1.2 液压传动的组成及功能	(2)
1.3 液压系统的图形符号	(4)
1.4 液压传动的优缺点	(5)
1.4.1 液压传动系统的主要优点	(5)
1.4.2 液压传动系统的主要缺点	(5)
1.5 液压传动的应用与发展	(5)
习题 1	(6)
第2章 流体力学基础	(7)
2.1 液压传动的工作介质	(7)
2.1.1 液压油的主要性质	(7)
2.1.2 液压油液的使用要求	(9)
2.1.3 液压油液的分类和选用	(9)
2.1.4 液压油液污染的控制	(10)
2.2 液体静力学	(11)
2.3 液体动力学	(13)
2.3.1 基本概念	(13)
2.3.2 连续性方程	(16)
2.3.3 伯努利方程	(17)
2.3.4 动量方程	(18)
2.4 液体流动时的压力损失	(18)
2.4.1 沿程压力损失	(19)
2.4.2 局部压力损失	(19)
2.4.3 管路系统的总压力损失	(20)
2.5 小孔流量	(20)
2.6 气穴现象和液压冲击	(21)
2.6.1 气穴现象	(21)
2.6.2 液压冲击	(21)
习题 2	(22)
第3章 液压泵与液压马达	(23)
3.1 概述	(23)
3.1.1 液压泵和液压马达的作用及要求	(23)
3.1.2 液压泵的工作原理	(24)

3.1.3 液压泵与液压马达的性能参数·····	(24)
3.2 齿轮泵·····	(26)
3.2.1 齿轮泵的工作原理和结构·····	(26)
3.2.2 外啮合齿轮泵存在的几个问题·····	(28)
3.2.3 高压齿轮泵·····	(29)
3.2.4 内啮合齿轮泵·····	(30)
3.2.5 齿轮泵的常见故障及排除方法·····	(31)
3.3 叶片泵·····	(32)
3.3.1 双作用叶片泵的工作原理·····	(32)
3.3.2 YBl 型叶片泵的结构·····	(32)
3.3.3 高压叶片泵的结构·····	(33)
3.3.4 单作用叶片泵·····	(34)
3.3.5 叶片泵的常见故障及排除方法·····	(36)
3.4 柱塞泵·····	(37)
3.4.1 径向柱塞泵·····	(37)
3.4.2 轴向柱塞泵·····	(38)
3.4.3 柱塞泵的常见故障及排除方法·····	(39)
3.5 液压泵的选用·····	(41)
3.6 液压马达·····	(41)
3.6.1 液压马达的类型和图形符号·····	(41)
3.6.2 液压马达的特点·····	(44)
章节实训·····	(44)
习题 3·····	(46)
第4章 液压缸 ·····	(47)
4.1 液压缸的类型及特点·····	(47)
4.1.1 活塞式液压缸·····	(47)
4.1.2 柱塞式液压缸·····	(49)
4.1.3 组合式液压缸·····	(50)
4.2 液压缸的结构·····	(51)
4.2.1 双作用单杆活塞式液压缸·····	(52)
4.2.2 液压缸的组成·····	(52)
4.3 液压缸的安装、调整、常见故障和排除方法·····	(54)
4.3.1 液压缸的装配与安装·····	(54)
4.3.2 液压缸的调整·····	(55)
4.3.3 液压缸的常见故障及排除方法·····	(55)
章节实训·····	(56)
习题 4·····	(57)

第5章 液压辅助元件	(58)
5.1 蓄能器	(58)
5.1.1 蓄能器的用途	(58)
5.1.2 蓄能器的结构及工作原理	(59)
5.1.3 蓄能器的安装及使用	(60)
5.2 过滤器	(60)
5.2.1 对过滤器的基本要求	(60)
5.2.2 过滤器的类型及特点	(61)
5.2.3 过滤器在液压系统中的安装位置及使用与维护	(62)
5.3 油箱	(63)
5.3.1 油箱的用途及其容积的确定	(63)
5.3.2 液压油箱的结构	(63)
5.4 热交换器	(64)
5.4.1 冷却器	(65)
5.4.2 加热器	(65)
5.5 密封装置	(66)
5.5.1 O 密封圈	(66)
5.5.2 唇形密封圈	(67)
5.5.3 Y 形密封圈	(67)
5.5.4 V 形密封圈	(68)
5.5.5 油封	(68)
5.6 油管与管接头	(68)
5.6.1 油管	(68)
5.6.2 管接头	(69)
5.7 压力表及压力表开关	(70)
5.7.1 压力表	(71)
5.7.2 压力表开关	(72)
习题 5	(72)
第6章 液压控制元件	(73)
6.1 液压控制元件概述	(73)
6.1.1 液压阀的分类	(73)
6.1.2 液压阀的性能参数	(74)
6.1.3 对液压阀的基本要求	(74)
6.2 方向控制阀	(75)
6.2.1 单向阀	(75)
6.2.2 换向阀	(77)
6.3 压力控制阀	(85)

6.3.1	溢流阀	(85)
6.3.2	减压阀	(89)
6.3.3	顺序阀	(90)
6.3.4	压力继电器	(92)
6.3.5	各类压力控制阀常见故障和排除方法	(95)
6.4	流量控制阀	(98)
6.4.1	节流口形式及流量特性	(99)
6.4.2	节流阀	(100)
6.4.3	调速阀	(101)
6.5	插装阀与叠加阀	(103)
6.6	其它阀	(106)
6.6.1	电液比例阀	(106)
6.6.2	比例电磁铁	(107)
6.6.3	电液比例压力阀	(107)
6.6.4	电液比例方向阀	(108)
6.6.5	比例流量阀	(109)
6.6.6	电液数字控制阀	(110)
6.6.7	伺服控制阀	(110)
	章节实训	(112)
	习题 6	(114)
第7章	液压基本回路	(118)
7.1	方向控制回路	(118)
7.1.1	换向回路	(118)
7.1.2	锁紧回路	(119)
7.2	压力控制回路	(119)
7.2.1	调压回路	(120)
7.2.2	卸荷回路	(120)
7.2.3	平衡回路	(122)
7.2.4	减压回路	(122)
7.3	速度控制回路	(123)
7.3.1	调速回路	(123)
7.3.2	快速回路	(127)
7.3.3	速度换接回路	(128)
7.3.4	多缸工作控制回路	(129)
7.3.5	互不干扰回路	(132)
	习题 7	(133)

第8章 典型液压传动系统的原理及故障分析	(134)
8.1 组合机床动力滑台液压系统	(134)
8.1.1 概述	(135)
8.1.2 液压系统的工作原理	(135)
8.1.3 液压系统的特点	(137)
8.2 数控车床液压传动系统	(137)
8.2.1 概述	(137)
8.2.2 液压系统的工作原理	(138)
8.2.3 液压系统的特点	(139)
8.3 外圆磨床液压传动系统	(139)
8.3.1 概述	(139)
8.3.2 外圆磨床工作台换向回路	(140)
8.3.3 M1432A 型万能外圆磨床液压传动系统的工作原理	(141)
8.4 塑料注射成型机液压传动系统	(144)
8.4.1 概述	(144)
8.4.2 SZ-250A 型注塑机液压传压系统的工作原理	(145)
8.4.3 SZ-250A 型注塑机液压传动系统的特点	(148)
8.5 液压传动系统故障诊断方法	(148)
习题 8	(149)
常用液压图形符号	(151)
参考文献	(158)

第 1 章 液压传动技术概述

传统的三大传动方式分别为机械传动、电气传动和流体传动。液体和气体统称为流体。流体传动是以流体为工作介质进行能量转换、传递和控制的传动方式。由于流体这种工作介质具有独特的物理性质,在能量传递、系统控制、支撑和减小摩擦等方面发挥着十分重要的作用,所以液压与气动技术发展十分迅速,现已广泛应用于工业、农业、国防等各个部门。目前,液压技术正在向高压、高速、大功率、高效率、低噪声和高度集成化、数字化等方向发展;气压传动正向节能化、小型化、轻量化、位置控制的高精度化以及机、电、液相结合的综合控制技术方向发展。

液压传动是研究以有压液体为传动介质来实现各种机械传动和自动控制的学科。液压传动利用各种元件组成具有一定功能的基本控制回路,再将若干基本回路加以综合利用而构成能够完成特定任务的传动和控制系统,实现能量的转换、传递和控制。本章主要介绍液压传动的基本原理、工作特点及液压系统的组成及功能。

通过本章学习,要求掌握:

1. 液压传动是借助密封容积的变化,利用液体压力能和机械能之间的转换来传递能量。
2. 压力和流量是液压传动中的两个重要参数。其中压力取决于负载,流量决定执行元件运动速度。
3. 液压传动系统的基本组成及其功能。
4. 液压传动的特点。

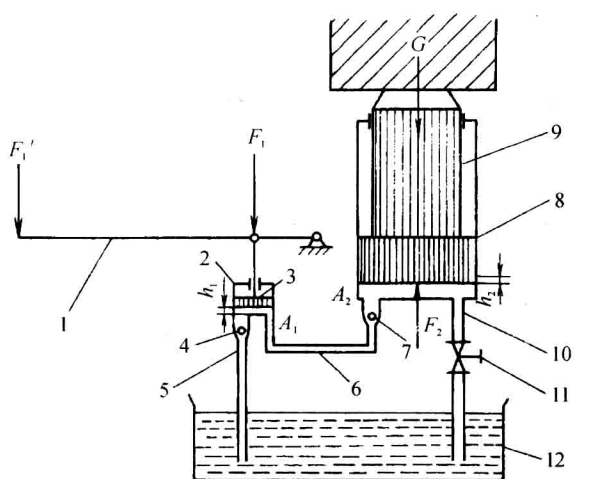
本章难点:

1. 液压传动的工作原理。
2. 独立分析磨床工作台液压系统的结构及工作过程控制。
3. 液压系统的特点。

1.1 液压传动的工作原理

液压系统以液体作为工作介质,而气动系统以气体作为工作介质。两种工作介质的不同在于:液体几乎不可压缩,气体却具有较大的可压缩性。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是极为相似的。下面以图 1-1 所示液压千斤顶的工作原理为例来加以介绍。

图 1-1 所示为液压千斤顶的工作原理图。液压缸 9 为举升缸(大缸),手柄 1 操纵的液压缸 2 为动力缸(液压泵,即小缸),两缸通过管道 6 连接构成密闭连通器。当操纵手柄 1 上下运动时,小活塞 3 在液压缸 2 内随之运动,液压缸 2 的容积是密闭的,当小活塞 3 运行时,液压缸 2 下腔的容积扩大而形成局部真空,油箱 12 中的液体在大气压力作用下,通过吸油管 5 推开吸油阀 4,流入小活塞的下腔。当小活塞下行时,液压缸 2 的下腔容积缩小,在小活塞作用下,受到挤压的液体通过管道 6 打开单向阀 7,进入液压缸 9 的下腔(此时吸油阀 4 关闭),迫使大活塞 8 向上移动。如果反复扳动手柄 1,液体就会不断地送入大活塞下腔,推动大活塞及负载



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

图 1-1 液压千斤顶的工作原理图

时的摩擦阻力,则有:

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

或

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

式中: F_1 是油液作用在大活塞上的作用力, $F_2 = G$ 。

式(1-1)说明,系统的压力 P 取决于作用负载的大小。

式(1-2)表明,当 $A_1/A_2 \gg 1$ 时,作用在小活塞上一个很小的力 F_1 就可在大活塞上产生一个很大的力 F_2 以举起负载(重物)。这就是液压千斤顶的工作原理。

另外,设大小活塞移动的速度为 v_1 和 v_2 ,则在不考虑泄漏情况下稳态工作时,有

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

或

$$v_2 = \frac{v_1 A_1}{A_2} = \frac{q_v}{A_2} \quad (1-4)$$

式中: q_v 为流量,定义为单位时间内输出(或输入)液体的体积。

式(1-4)表明,大缸活塞运动的速度(在缸的结构尺寸一定时),取决于输入的流量。

使大活塞上的负载上升所需的功率为

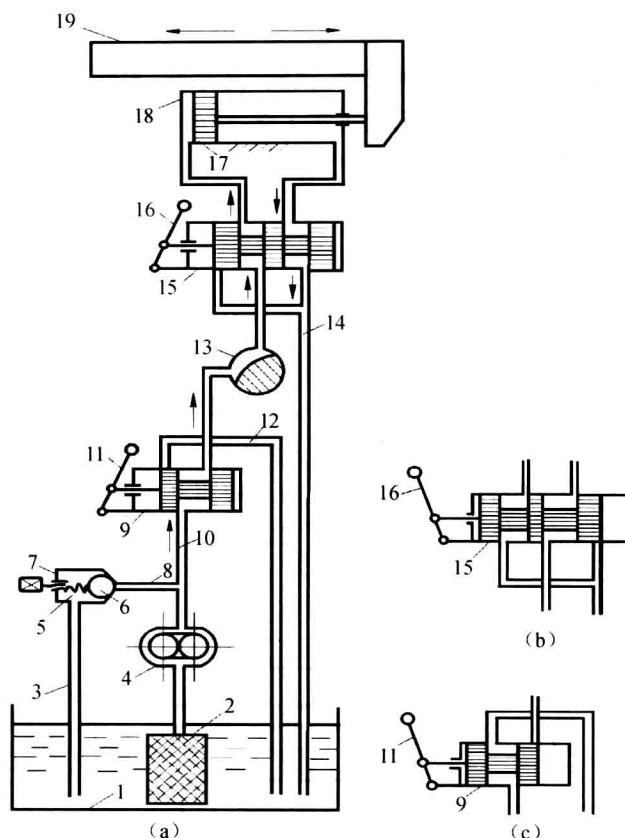
$$P = F_2 v_2 = \frac{P A_2 q_v}{A_2} = p q_v \quad (1-5)$$

式(1-5)中, p 的单位为 Pa, q 的单位为 m^3/s ,则 P 的单位为 W。由此可见,液压系统的压力和流量之积就是功率,称之为液压功率。

1.2 液压传动的组成及功能

图 1-2 为磨床工作台液压系统的工作原理图。对液压缸动作的基本要求是:工作台实现直线往复运动,运动能变速和换向,在任意位置能停留以及承受负载的大小可以调节等。基本

工作原理如下：



1—油箱；2—过滤器；3,12,14—回油管；4—液压泵；5—弹簧；6—钢球；7—溢流阀；8,10—压力油管；
9—手动换向阀；11,16—换向手柄；13—节流阀；15—换向阀；17—活塞；18—液压缸；19—工作台

图 1-2 磨床工作台液压传动系统工作原理

液压泵 4 在电动机的带动下旋转，油液由油箱 1 经过滤器 2 被吸入液压泵，由液压泵输入的压力油通过手动换向阀 9、节流阀 13、换向阀 15 进入液压缸 18 的左腔，推动活塞 17 和工作台 19 向右移动，液压缸 18 右腔的油液经换向阀 15 排回油箱。如果将换向阀 15 转换成如图 1-1(b)所示的状态，则压力油进入液压缸 18 的右腔，推动活塞 17 和工作台 19 向左移动，液压缸 18 左腔的油液经换向阀 15 排回油箱。工作台 19 的移动速度由节流阀 13 来调节。当节流阀开大时，进入液压缸 18 的油液增多，工作台的移动速度增大；当节流阀关小时，工作台的移动速度减小。液压泵 4 输出的压力油除了进入节流阀 13 以外，其余的打开溢流阀 7 流回油箱。如果将手动换向阀 9 转换成如图 1-1(c)所示的状态，液压泵输出的油液经手动换向阀 9 流回油箱，这时工作台停止运动，液压系统处卸荷状态。

从上述例子可以看出，液压传动是以液体作为工作介质来进行工作的，一个完整的液压传动系统由以下五部分组成：

(1) 动力元件 它是将原动机所输出的机械能转换成液体压力能的能量转换装置，其作用是向液压系统提供压力油，液压泵是液压系统的“心脏”。这类元件主要是各种液压泵。

(2) 执行元件 它是将液体压力能转换成机械能以驱动工作机构的能量转换装置。这类

元件主要包括各类液压缸和液压马达。

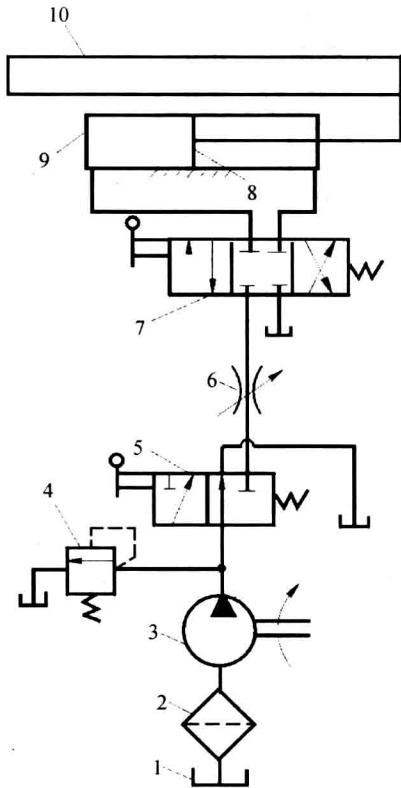
(3)控制元件 它是对液压传动系统中油液压力、流量、方向进行控制和调节的元件。这类元件主要包括各种控制阀。

(4)辅助元件 辅助元件包括各种管件、油箱、过滤器、蓄能器等。这些元件分别起连接、散热存油、过滤、蓄能等作用,以保证系统正常工作,是液压传动系统不可缺少的组成部分。

(5)工作介质 它在液压传动及控制中起传递运动、动力及信号的作用,包括液压油或其它合成液体。

1.3 液压系统的图形符号

图 1-2(a)所示的液压系统图是一种半结构式的工作原理图。它直观性强,容易理解,但难于绘制。在实际工作中,除少数特殊情况外,一般都采用国标 GB/T 786.1-93 所规定的液压与气动图形符号(参看附录)来绘制,如图 1-3 所示。图形符号表示元件的功能,而不表示元件的具体结构和参数;反映各元件在油路连接上的相互关系,不反映其空间安装位置;只反映静止位置或初始位置的工作状态,不反映其过渡过程。使用图形符号既便于绘制,又可使液压系统简单明了。



1—油箱;2—过滤器;3—液压泵;4—溢流阀;5—手动换向阀;6—节流阀;7—换向阀;8—活塞;9—液压缸

图 1-3 用图形符号表示的磨床工作台液压系统图

1.4 液压传动的优缺点

1.4.1 液压传动系统的主要优点

液压传动与机械传动、电气传动相比有以下主要优点:

(1)在同等功率情况下,液压执行元件体积小、重量轻、结构紧凑。例如同功率液压马达的重量约只有电动机的 $1/6$ 左右。

(2)液压装置工作比较平稳,由于重量轻、惯性小、反应快,液压装置易于实现快速启动、制动和频繁的换向。

(3)操纵控制方便,可实现大范围的无级调速(调速范围达 $2000:1$),它还可以在运行的过程中进行调速。

(4)既易实现机器的自动化,又易于实现过载保护,当采用电液联合控制甚至计算机控制后,可实现大负载、高精度、远程自动控制。

(5)一般采用矿物油为工作介质,相对运动面可自行润滑,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、制造和使用。

1.4.2 液压传动系统的主要缺点

(1)液压传动不能保证严格的传动比,这是由于液压油的可压缩性和泄漏造成的。

(2)工作性能易受温度变化的影响,因此不宜在很高或很低的温度条件下工作。

(3)由于流体流动的阻力损失和泄漏较大,所以效率较低,不宜用于远距离传动。如果泄漏处理不当,不仅污染场地,而且还可能引起火灾和爆炸事故。

(4)为了减少泄漏,液压元件在制造精度上要求较高,因此它的造价高,且对油液的污染比较敏感。

总的说来,液压传动的优点是突出的,它的一些缺点有的现已大为改善,有的将随着科学技术的发展而进一步得到解决。

1.5 液压传动的应用与发展

从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200多年的历史了,而液压传动技术应用于生产、生活中只是近几十年的事。正是由于液压传动技术具有前述独特优点,使其广泛应用于机床、汽车、航天、工程机械、起重运输机械、矿山机械、建筑机械、农业机械、冶金机械、轻工机械和各种智能机械上。

我国的液压传动技术是在新中国成立后发展起来的,最初只应用于锻压设备上。60多年来,我国的液压传动技术从无到有,发展很快,从最初的引进国外技术到现在进行产品自主设计,制成了一系列液压产品,并在性能、种类和规格上与国际先进新产品水平接近。

随着世界工业水平的不断提高,各类液压产品的标准化、系列化和通用化也使液压传动技术得到了迅速发展,液压传动技术开始向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、低能耗、高度集成化等方向发展。可以预见,液压传动技术将在现代化生产中发挥越来越重要的作用。



习题 1

1-1 液压传动的基本原理是什么？液压系统的基本组成部分有哪些？各部分的作用是什么？

1-2 液压传动有哪些特点？

第2章 流体力学基础

流体力学是研究流体平衡和运动规律的一门学科。本章除了简要地叙述液压油液的性质、液压油液的要求和选用等内容外,还着重阐述液体的静力学特性、静力学基本方程式和动力学的几个重要方程式。为以后分析、设计以至使用液压传动系统打下坚实的理论基础。

通过本章学习,要求掌握:

1. 液压油的主要性质。
2. 流体力学基础知识,即连续方程、伯努利方程。
3. 液压冲击及气穴现象。

本章难点:

1. 液体粘性的概念。
2. 伯努利方程的物理意义及其应用。

2.1 液压传动的工作介质

工作介质在传动及控制中起传递能量和信号的作用。液压传动及控制在工作、性能特点上和机械、电力传动之间的差异主要取决于载体不同,因此在掌握液压与气动技术之前,必须先对其工作介质有一清晰的了解。

2.1.1 液压油的主要性质

液压传动所用液压油一般为矿物油。它不仅在液压传动及控制中起到传递能量和信号的作用,而且还起到润滑、冷却和防锈的作用。

1. 液体的密度

单位体积液体的质量称为液体的密度。体积为 V 、质量为 m 的液体的密度 ρ 为

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

液压油的密度是一个重要的物理参数,密度随温度和压力而变化,但其变动值很小,可认为其为常数,一般矿物油系液压油在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时密度约为 $850\sim 900\text{ kg/m}^3$ 左右。

2. 液体的可压缩性

液体受压力作用而发生体积变化的性质称为液体的可压缩性。在常温下,一般可认为油液是不可压缩的,但当液压油中混有空气时,其抗压缩能力会显著降低,应力求减少油液中混入的气体及其它易挥发物质的含量,以减小对液压系统工作性能的不良影响。液体的压缩性可用体积压缩系数 k 或液体的体积弹性模量 K 表示,

$$K = \frac{1}{k}$$

封闭在容器内的液体在外力作用下的情况极像一个弹簧(称为液压弹簧):外力增大,体积