

高等职业技术教育教材

主 编 / 张忠狮
主 审 / 张春阳

液压与气压传动

学习与实验指导

GAODENG
ZHIYEJISHUJIAOYU
XIAOCAI

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

高等职业技术教育教材

液压与气压传动 学习与实验指导

主 编 张忠狮

主 审 张春阳

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动学习与实验指导/张忠狮主编. —南京:
江苏科学技术出版社, 2006. 8

五年制高等职业教育教材

ISBN 978 - 7 - 5345 - 4949 - 6

I. 液... II. 张... III. ①液压传动—高等学校: 技术
学校—教学参考资料 ②气压传动—高等学校: 技术学校—
教学参考资料 IV. TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 075432 号

高等职业技术教育教材

液压与气压传动学习与实验指导

主 编 张忠狮

责任编辑 汪立亮

责任校对 苏 科

责任监制 曹叶平

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

网 址 <http://www.pspress.cn>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号, 邮编: 210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京紫藤制版印务中心

印 刷 兴化市印刷有限责任公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 8.25

字 数 196 000

版 次 2007 年 2 月第 1 版

印 次 2007 年 2 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978 - 7 - 5345 - 4949 - 6

定 价 13.80 元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

前 言

《液压与气压传动学习与实验指导》是与张忠狮主编的《液压与气压传动》教材配套使用的辅助教材。

《液压与气压传动学习与实验指导》主要包括学习指导与练习、实验指导与实验报告、课程设计指导,并附有练习题参考答案和课程教学大纲。

练习题在编写过程中注重体现各章的重点教学内容和教学要求,其题型有填空题、选择题、解答题、作图题、计算题和读图题。在教学过程中,任课教师可根据进度指定部分练习题作为平时作业。

课程设计指导给出了两个参考选题及课程设计的一般步骤和一个设计实例,供参考。任课教师可结合当地实际情况另拟设计题目,并指导学生完成课程设计,达到综合训练的目的。

《液压与气压传动学习与实验指导》由内蒙古广播电视大学张忠狮主编,参加编写的有张忠狮(内蒙古电大)、张昱(北京理工大学)。

由于编者水平有限,书中有疏误和不妥之处,恳切希望读者提出批评指正。

编 者

2006 年 3 月

目 录

第一部分 学习指导与练习

上篇 液压传动

第一章 液压传动概述	(1)
第二章 液压传动的流体力学基础	(4)
第三章 液压泵与液压马达	(9)
第四章 液压缸	(12)
第五章 液压控制阀及辅助装置	(17)
第六章 液压系统基本回路及液压系统实例	(25)
第七章 液压传动系统设计计算基础	(34)
第八章 液压系统的使用维护与故障分析	(37)

下篇 气压传动

第九章 气压传动概论与气体力学基础	(40)
第十章 气源装置及气动辅助元件	(42)
第十一章 气动执行元件	(44)
第十二章 气动控制阀	(46)
第十三章 气动基本回路及气动系统实例	(48)
第十四章 气动系统的使用维护与故障分析	(50)
第十五章 计算机技术在液压与气压中应用简介	(51)

第二部分 实验指导

一、实验指导	(52)
实验一 液压泵的拆装	(52)
实验二 液压控制阀的拆装	(54)
实验三 液压传动节流调速性能实验	(54)
实验四 液压基本回路实验(选做)	(60)
实验五 液压系统调试演示实验	(61)

实验六 气压控制阀的拆装	(62)
实验七 气压系统调试演示实验(选做)	(63)
二、实验报告	(64)

第三部分 课程设计指导

一、课程设计的要求与步骤	(80)
二、课程设计举例	(83)

附录 I 练习题参考答案	(92)
--------------------	------

上篇 液压传动

第一章 液压传动概述	(92)
第二章 液压传动的流体力学基础	(92)
第三章 液压泵与液压马达	(95)
第四章 液压缸	(98)
第五章 液压控制阀及辅助装置	(100)
第六章 液压系统基本回路及液压系统实例	(102)
第七章 液压传动系统设计计算基础	(109)
第八章 液压系统的使用维护与故障分析	(113)

下篇 气压传动

第九章 气压传动概论与气体力学基础	(114)
第十章 气源装置及气动辅助元件	(115)
第十一章 气动执行元件	(115)
第十二章 气动控制阀	(115)
第十三章 气动基本回路及气动系统实例	(116)

附录 II 《液压与气压传动》课程教学大纲	(117)
-----------------------------	-------

第一部分 学习指导与练习

上篇 液压传动

第一章 液压传动概述

学习指导

一、学习目的和要求

本章主要介绍了液压传动工作原理及液压系统的组成,液压油的性质、选用,液压油的污染及其控制。通过本章学习要求掌握:

1. 通过液压千斤顶和车床上使用的液压刀架实例的学习,掌握液压系统的组成及各部分的功用。
2. 掌握液压油的密度、动力粘度、运动粘度和相对粘度的计算公式与物理意义。
3. 了解粘度与温度的关系,粘度与压力的关系。
4. 掌握液压油的选用原则和选用步骤。
5. 掌握液压油的污染途径及其危害性,了解控制液压油污染的措施。

二、学习方法指导

1. 要理论联系实际。除观看录像内容和认真学习文字教材外,还要多观察了解一些液压传动装置的工作情况,以获得必要的感性认识。
2. 对本章所必须掌握的基本概念要理解其本质,并学会正确使用。
3. 将本章两个液压传动实例进行对比学习,这样对液压系统的组成会有更加深刻的认识。

三、本章小结

1. 液压传动系统是由动力元件、执行元件、控制元件、辅助装置四部分组成。动力元件又称液压泵,液压泵将原动机的机械能转换为液压油的压力能。执行元件又称液压缸,液压缸将液压油的压力能转换为工作机构的机械能。控

制元件主要指各种阀,阀的作用是控制油液的压力、流动方向和流量的。

2. 液压传动常用的工作介质是液压油。液压油流动时才显粘性,粘性反映液体流动时存在摩擦力的特性,粘性大小用粘度表示。

常用粘度单位有动力粘度、运动粘度和相对粘度三种。我国采用的相对粘度单位是恩氏粘度。

温度对粘度的影响较大,粘度是影响液压传动工作性能的主要因素之一。选用液压油品种和牌号时,要同时考虑传动系统本身的性能要求和液压油性质两个方面。

3. 液压油的污染对液压系统的正常工作危害极大,是造成液压系统故障和使液压元件过早磨损的主要原因之一。因此,了解油液污染的途径和控制污染的措施,对于确保液压系统工作正常可靠和延长元件的使用寿命是非常必要的。

思考与练习

思考题

1. 简述液压传动的工作原理。
2. 液压系统由哪几部分组成?
3. 什么是液体的粘度? 写出粘度的三种表示方法。
4. 简述液压油的污染途径与控制措施。

练习题

填空题

1-1 液压传动是_____的简称。液压传动是采用_____作为工作介质,利用液体的_____实现机械设备的_____或_____传递的一种工程技术。

1-2 一个液压传动系统总是由_____部分组成。动力元件是指_____,执行元件是指_____或_____,控制元件包括_____,辅助元件包括_____、_____、_____等,工作介质常用_____。

1-3 油液分子之间的作用力称为_____,油液分子与管壁之间的作用力称为_____。油液流动时,内聚力和附着力对某个质点或流层形成_____或_____作用,这种作用力称为液体的_____,这种特性称为油液的_____。在工程技术领域,粘性大小用_____来度量。根据使用场合的不同或测量方法的不同,粘度可用_____、_____、_____等几种不同方法表示。我国相对粘度的单位称_____,用_____表示。

1-4 通常选用液压油时所考虑的因素是它的____、____
和____,同时也要考虑_____。

1-5 液压系统运行过程中由于密封不严或密封装置损坏而由系统外部侵入的污染物有____、____和____等。

1-6 油液中混入杂质会划伤相对运动件的____,使____增加,甚至造成元件_____。

1-7 油液中混入空气不仅使油液的可压缩性增加,还会引起____、____、____、____等,甚至在小口径管道中产生____、妨碍阀的____,油液中的空气还会加速油液的_____。

第二章 液压传动的流体力学基础

学习指导

一、学习目的和要求

本章是液压传动理论基础部分,通过本章学习要求掌握:

1. 掌握静压力、绝对压力、相对压力、真空度、理想液体和实际液体等概念。
2. 理解压力传递、运动传递、液压冲击和气穴现象。
3. 熟练掌握液体静压力基本方程、液流的连续性方程和伯努利方程、液体流经小孔及缝隙时的流量计算。
4. 掌握液体流态雷诺判别式、沿程压力损失、局部压力损失和管路系统总压力损失的计算公式。

二、学习方法指导

1. 在学习本章基本概念时,首先应会叙述他们的含义,同时理解他们的实质;其次应明确这些概念的使用范围。
2. 在学习本章定律、原理、方程和公式时,首先要弄清其物理意义和适用范围,其次是通过练习题学会灵活运用。

三、本章小结

流体力学是研究液体平衡和运动规律的一门学科。本章主要介绍与液压传动有关的流体力学规律,这些规律构成了液压传动的工作原理、流体动力分析及计算的理论根据。

1. 液体静力学是研究液体在静止状态下的压力分布及平衡的规律。重点掌握静压力基本方程 $p = p_0 + \rho gh$ 及对方程的三点说明。静压力基本方程的物理意义,说明了静止液体中任一质点的总能量保持不变,即能量守恒。

2. 压力和流量是液压传动中的两个重要参数,与压力和流量有关的两个重要概念是:液体压力决定于负载,液体流动速度决定于流量。

3. 连续性方程 $v_1 A_1 = v_2 A_2 = \text{常量}$,是根据质量守恒定律推导出来的。在液压传动中采用的液体一般认为是不可压缩的,方程反映了液体连续性的概念,是液压传动中的基本概念之一。根据液体连续性的概念,在液压系统中,当流量从总管流入各分管时有: $q = q_1 + q_2 + \cdots + q_n$;当从各分管流入总管时有: $q_1 + q_2 + \cdots + q_n = q$ 。

4. 伯努利方程也是根据能量守恒定律推导出来的,因此也称为能量方程。理想液体的伯努利方程为

$$\frac{p_1}{\rho g} + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + h_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

实际液体的伯努利方程为

$$\frac{p_1}{\rho g} + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_w$$

两方程相比,实际液体的伯努利方程多了一项能量损失 h_w 。这是因为实际液体有粘性,流动时产生摩擦阻力所引起的。流动液体的能量损失主要表现为压力损失,压力损失一定要加到流动液体所到的后一个截面上。

5. 液体在管道中流动时,存在着沿程压力损失和局部压力损失。其计算公式为

$$\Delta p_\lambda = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

$$\Delta p_\xi = \xi \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

沿程阻力系数 λ 与流动状态有关。层流还是紊流用雷诺数 R_e 判断

$$R_e = \frac{vd}{\nu}$$

局部阻力系数 ξ 由实验测定,计算时可查有关手册。

思考与练习

思考题

1. 静压力基本方程的物理意义是什么?
2. 简述连续性方程的意义。
3. 伯努利方程的物理意义是什么?
4. 管路系统压力损失有几种? 分别写出其计算公式。
5. 液体的流动状态有哪几种?

练习题

一、选择题

2-1 静压力是指液体处于静止状态时,其单位面积上所受的法向作用力。这个法向是指()方向。

- A. 水平面的垂直向下方向
- B. 与垂直面相垂直的水平方向

压力。

C. 大气压力

C. 负载的大小

C. 液压泵输出功率的多少

C. 稳定流动、理想流体和平均流速三个假设

C. 所取两个流通断面在同一标高,且直径相同时,即 $h_1 = h_2, v_1 = v_2$

C. 油液流速

C. 防止过高的压力损失和选取合适的元件尺寸

2-11 薄壁小孔、细长小孔是指()。

- A. $l/d \leq 0.5$ 的孔、 $l/d > 4$ 的孔
- B. 壁厚很薄的小孔、长度很长的小孔
- C. 孔直径很小的孔、长度尺寸很长的孔

二、计算题

2-1 如图 ZJ2-1 所示,液压千斤顶活塞 3 的直径为 10 mm,行程 20 mm,大活塞 8 的直径为 40 mm,重物 W 为 50 000 N,杠杆 l 为 25 mm, L 为 500 mm。求:

- (1) 杠杆端需施加多大力才能顶动重物 W ;
- (2) 此时密封容器中的液体压力是多少;
- (3) 杠杆摇动一次的重物上升量。

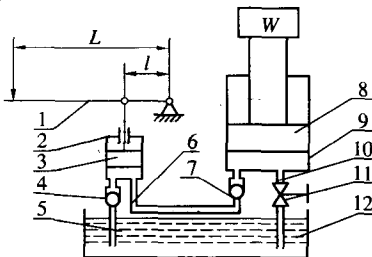


图 ZJ2-1

2-2 如图 ZJ2-2 所示,直径为 d ,重量为 G 的柱塞浸入充满液体的密闭容器中,在力 F 作用下,柱塞处于平衡状态。若浸入深度为 h ,液体密度为 ρ 。求液体在测压管中的上升高度 x 。

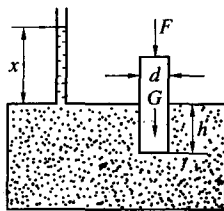


图 ZJ2-2

2-3 已知某油液的动力粘度 $\mu = 3.6 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}$,求它的运动粘度。

2-4 运动粘度 $\nu = 40 \text{ cSt}$ 的液压油以 2.6 L/s 的流量通过内径为 20 mm 的光滑金属圆管。试求雷诺数,并判别其流态。又若要使管中的液流呈层流状态,管径至少应为多少?

2-5 如图 ZJ2-5 所示,一流量 $q = 16 \text{ L/min}$ 的液压泵,安装在油面以下,

油液粘度 $\nu = 20 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $\rho = 0.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 其他尺寸如图所示, 仅考虑吸油管的沿程损失, 求液压泵入口处的绝对压力。

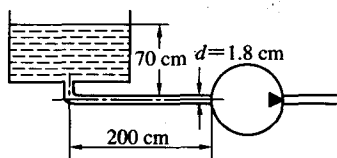


图 ZJ2-5

2-6 水平放置的光滑金属圆管由两段组成, 如图 ZJ2-6 所示, 直径分别为 $d_1 = 10 \text{ mm}$, $d_2 = 6 \text{ mm}$, 每段长度 $l = 3 \text{ m}$, 液体密度 $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$, 运动粘度 $\nu = 0.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, 通过流量 $q = 18 \text{ L/min}$, 管道突然缩小处的局部阻力系数 $\xi = 0.35$ 。试求总的压力损失。

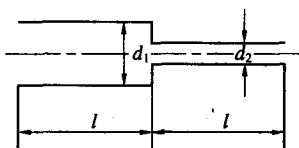


图 ZJ2-6

2-7 如图 ZJ2-7 所示的两种安全阀, 阀芯的形状分别为球形和圆锥形。阀座孔直径都为 $d = 10 \text{ mm}$, 钢球和锥阀的最大直径都为 $D = 15 \text{ mm}$ 。当压力油 $p_1 = 10 \text{ MPa}$ 时, 压力油能克服弹簧力顶开阀芯溢油。溢油腔有背压 $p_2 = 0.5 \text{ MPa}$, 试求两弹簧的预紧力是多少?

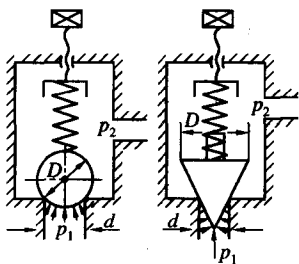


图 ZJ2-7

第三章 液压泵与液压马达

学习指导

一、学习目的和要求

液压泵和液压马达是组成液压传动系统的原动件和主要执行元件之一。学习这部分内容的主要目的是了解掌握各种液压泵的工作原理和工作性能,为正确设计液压传动系统和正确选择、使用液压泵及液压马达提供理论知识。

通过本章的学习,要求深入掌握常用的几种泵及液压马达的工作原理。了解结构方面的问题有助于深入理解其工作原理,并有助于深入掌握和理解泵的有关工作性能。熟悉各种泵的有关参数和性能以及各种泵的优缺点和适用范围。

重点掌握液压泵和液压马达的主要性能参数:排量 V 、理论流量 q_t 、实际流量 q 、额定流量 q_n 、泄漏量 Δq 、工作压力 p 、容积效率 η_v 、输入功率 P_i 、输出功率 P 、机械效率 η_m 和总效率 η ,能应用上述参数计算实际问题。

二、学习方法指导

本章内容理论性较强,但叙述比较简练,尤其是图形比较复杂,学起来有一定难度。

学习液压泵的工作原理时,紧紧抓住密封容积的组成和体积变化,以及配流装置的结构这两点,针对泵的不同结构形式,再加以具体的理解。

掌握泵的工作性能,应从压力和流量特性入手,去全面理解各项有关内容。

液压马达在教材中单列一节进行简述。主要是通过泵的泵的有关概念进行比较来掌握其基本知识。

三、本章小结

1. 在液压传动系统中,液压泵是将机械能转化为液压能的装置。液压马达是将液压能转换为机械能的装置。

2. 密封空间的形成:齿轮泵由一对互相啮合的齿轮副、泵体和端盖组成;叶片泵由叶片、转子外表面、定子内表面和配流盘组成;柱塞泵由圆柱形柱塞和柱塞孔形成。

3. 密封容积的变化由各种可能的驱动装置带动齿轮或叶片及其转子或柱

塞等运动得以实现。

4. 配流装置完成吸油及压油过程。配流盘是关键零件,在搞清楚配流盘结构的基础上,掌握油液配流流动情况。吸油是在大气压力作用下从油箱吸油的,压油是靠负载建立压力的。

5. 液压泵的主要性能参数是流量和压力。泵转一转排出的油液体积称排量,泵单位时间内排出的油液体积称流量。泵的流量有理论流量和实际流量之分,泵的实际流量与理论流量之比称为容积效率。泵的总效率等于泵的容积效率与机械效率的乘积。

6. 本章学习内容的重点和难点是外啮合齿轮泵的困油现象、限压式叶片泵特性曲线和双作用叶片泵双作用原理、斜盘式轴向柱塞泵的配流装置和压力补偿变量机构工作原理等几个问题。

思考与练习

思考题

1. 什么叫容积泵? 容积泵工作时必须具备什么条件?
2. 简述液压泵的基本工作原理。为什么油液表面的大气压力是容积式泵正常工作的外部条件? 怎样理解泵的排油压力决定于负载的说法?
3. 泵的排量和流量的定义是什么? 什么是泵的容积效率? 泵的容积效率随工作压力的变化发生怎样的变化?
4. 什么叫泵的额定压力? 它反映了泵的什么能力?
5. 什么是齿轮泵的困油现象? 困油现象对齿轮泵工作有什么影响?
6. YB1 型叶片泵的密封容积是怎样构成的? 其容积变化又是怎样发生的?
7. 限压式变量叶片泵是怎样通过压力的变化调节泵的输出流量的?
8. 表明液压马达的性能参数是什么? 它与液压泵的性能参数有什么对应关系?

练习题

一、填空题

3-1 靠_____的变化完成吸排油过程的液压泵称为_____式液压泵。要想获得连续的吸排油过程,需有分配液流作用的装置,这一装置称为_____装置。

3-2 额定流量是指在_____压力、_____转速下泵的实际输出流量,即_____上所标明的流量。多个负载串联时,泵的工作压力是这些_____ ;多个负载并联时,泵的工作压力决定于_____。

3-3 泵的容积效率反映泵的_____。泵的负载增加,泵的容积效率_____下降。驱动泵的电机功率 $P = pq/\eta_P$, 总效率 $\eta_P = \eta_{pm} \cdot \eta_{pv}$, 式中的 η_{pm} 称为_____效率, η_{pv} 称为_____效率。

3-4 外啮合齿轮泵的密封空间,是由_____、_____和_____等形成的。齿轮在啮合传动过程中,将密封空间分成了_____和_____两个区域,因此齿轮泵中无单独的_____装置。

3-5 有 8 个叶片的双作用叶片泵,其密封空间由_____、_____、_____和配流盘组成。密封容积由小变大的过程中产生_____,由大变小时将_____,转子转一周吸_____次油,排_____次油,所以这种泵称为_____叶片泵。

二、问答题

3-1 泵的理论流量、实际流量和额定流量有什么区别?为什么泵的使用压力较低时,泵的总效率很低?

3-2 什么是齿轮泵的困油现象?

3-3 简述限压式变量叶片泵工作时,工作压力能调节输出流量的工作原理?

3-4 轴向柱塞泵可以很方便地做成变量泵的原理是什么?

3-5 简述 SCY14-1B 型轴向柱塞泵变量机构工作原理。

3-6 简述应用液压伺服机构实现恒功率式变量泵的工作原理。

三、计算题

3-1 某泵排量 $V = 50 \text{ cm}^3/\text{r}$, 总泄漏量 $\Delta q = cp$, $c = 29 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{Pa} \cdot \text{min}$ 。泵以 1450 r/min 的转速转动,分别计算 p 为 2.5 MPa、10 MPa 时泵的实际流量和容积效率。如泵的摩擦损失转矩为 $2 \text{ N} \cdot \text{m}$, 且与压力无关,试计算上述几种压力下的总效率。当用电机带动时,电机功率应为多大?

3-2 某液压泵压力 $p_p = 200 \times 10^5 \text{ Pa}$, 转速 $n = 1500 \text{ r/min}$, 排量 $V = 100 \text{ mL/r}$, 已知该泵的容积效率 $\eta_{pv} = 0.95$, 总效率 $\eta_P = 0.9$, 试求:

(1) 该泵输出的液压功率?

(2) 驱动该泵的电机功率?

3-3 有一液压泵在某工况压力 $p = 4 \text{ MPa}$, 泵实际流量 $q = 50 \text{ L/min}$ 。试求:

(1) 当泵的输入功率 $P_i = 4 \text{ kW}$ 时,液压泵的总效率是多少?

(2) 已知泵压力为零时,泵的流量 $q = 54 \text{ L/min}$, 液压泵的容积效率和机械效率等于多少?