

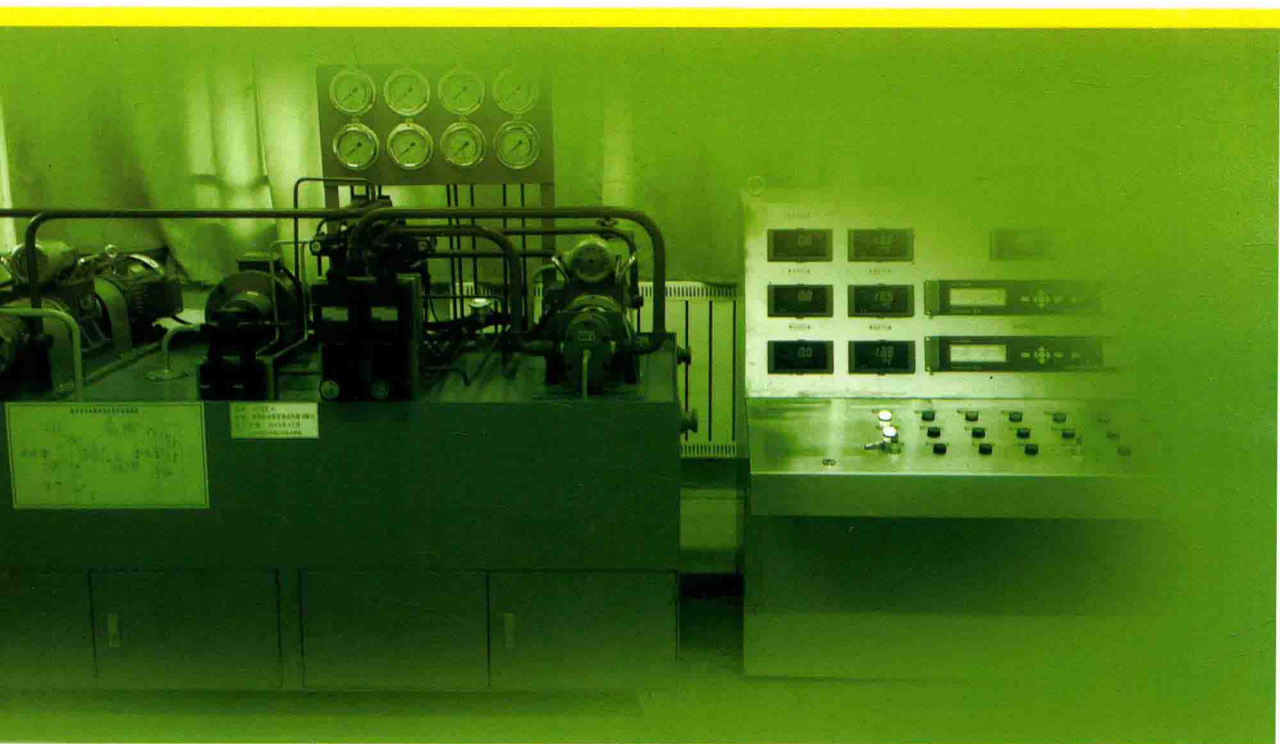


高等学校应用基础型人才培养规划教材

实验实训

液压传动与控制 实验教程

时连君 万殿茂 梁慧斌 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

高等学校应用基础型人才培养规划教材



实验实训

液压传动与控制 实验教程

编著 时连君 万殿茂 梁慧斌



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为高等学校应用基础型人才培养规划教材。本书包含三部分实验项目,共11个实验。第一部分主要是液压元件的原理、结构认识实验项目,涉及液压泵(齿轮泵、柱塞泵及叶片泵)、液压马达、液压缸、液压阀的结构及工作原理,这部分对相关内容做了简单的介绍,主要以思考题的形式出现,促使学生去探索;第二部分内容是液压元件、回路性能的测试实验,包括液压叶片泵性能测试实验、溢流阀性能测试、节流调速回路性能实验,并给出了详细的实验说明;第三部分是整体传动装置的稳态性能实验部分,这部分可以进行柱塞泵、柱塞马达的性能实验、三种容积调速回路性能实验、整体传动装置的效率测试等实验项目,对部分内容做了比较详细的分析。

本书可以作为高等学校机械设计制造及自动化、机械电子工程、车辆工程、材料成型工程等专业的液压实验教材,也可以供专业技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动与控制实验教程 / 时连君, 万殿茂, 梁慧斌
编著. —北京: 中国电力出版社, 2016.7

高等学校应用基础型人才培养规划教材. 实验实训
ISBN 978-7-5123-9157-4

I. ①液… II. ①时… ②万… ③梁… III. ①液压
传动—高等学校—教材②液压控制—高等学校—教材
IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 068053 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2016年7月第一版 2016年7月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 5印张 115千字

定价 10.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

编 委 会

主 任 孙 静

副主任 时连君

委 员 万殿茂 郭春芬 梁慧斌

陈庆光 李志敏 王京生

邓 昱 刘 梅 高 峰

前 言

液压传动与控制是一门实践性很强的课程,实践教学与理论教学相辅相成,共同担负着培养学生的学风与素质、实践工作能力、科学研究能力及创新能力的责任,旨在提高学生的培养水平,充分体现出“大众创业,万众创新”的理念。

本书是编者在多年教学与科研基础上,结合目前高校使用的液压教学实验台编写而成的,力求体现以下特点:

- (1) 编写内容的实用性,既考虑实验教程的适用对象,又兼顾目前使用的设备情况;
- (2) 编写内容的全面性,从液压泵、液压马达、液压阀的结构原理,到液压元件的性能测试、节流调速、容积调速回路及整个传动装置整体性能的测试,并在实验项目的最后增加思考题,有利于提高学生分析问题、解决问题的能力。

(3) 编写内容的先进性,结合目前使用最新的实验装置,这些装置都是采用集成块结构、国内先进的液压元件,以及目前比较先进的传感器、仪表进行测试,进而体现设备的领先技术,加强实教学环节,培养学生理论联系实际和应用创新的能力。

- (4) 液压泵、液压马达、整体传动装置等采用最新的国家标准。

学生在实验过程中应该把握以下几方面的内容:

- (1) 实验目的及实验研究的对象,如液压元件、液压回路及液压系统。
- (2) 实验条件,如实验温度的变化引起测试的压力、流量等参数的变化。
- (3) 实验设备,如实验台的结构原理、液压元件的连接、阀块上阀件的布局等,这些都有助于提高学生以后的设计水平。
- (4) 实验装置的实验数据,如何调定、测试、计算等。
- (5) 实验测试数据力求准确,在实验过程中,要尽量准确地测试出液压系统的各种参数。
- (6) 掌握实验方法,培养创新能力,提升综合素质。

本书实验项目包括三大部分,共11个实验项目。后面两部分包括实验目的、实验原理(方法)、实验步骤、实验表格、实验结果分析、实验思考题等,力求详细,注重提高学生的创新思维能力。

本书由山东科技大学时连君、万殿茂、梁慧斌编著。

鉴于编者水平所限,书中难免有错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编者
2016.3

实 验 须 知

(1) 实验教学是课程学习的重要环节之一,通过实验不但可以巩固课堂知识,理论联系实际,而且能够提高学生的实验技能和实际操作能力。

(2) 进实验室以前要对实验教程上的相关实验项目内容进行预习,掌握实验原理、方法,拟写出合理的实验步骤。

(3) 进实验室要签到,实验结束后经老师允许才可以签名离开,对于迟到、早退要扣实验成绩,代签名字的双方均没有实验成绩。

(4) 实验时要多动脑、勤动手,培养独立工作和分析能力。

(5) 爱护实验设备,正确使用各项仪器仪表及设备,注意人身、设备安全,设备损坏要赔偿。实验中遇有故障要及时向指导教师报告,妥善处理。

(6) 注意卫生,实验室内不准吸烟、不准吃零食、不准随地吐痰、不准乱扔纸屑,要保持良好的秩序,实验完毕要整理好实验设备,清扫现场,禁止穿拖鞋进入实验室。

(7) 认真完成实验报告,按时交给指导教师批阅、评分,实验报告要求如下:

1) 实验报告是实验成果的小结,必须以认真对待、实事求是的态度完成相关的报告内容。

2) 对实验所需铭牌参数应主动查询,对测试参数和现象要如实记录。

3) 实验报告中的思考题,要求认真回答,不得照抄,用坐标纸绘制实验曲线。

4) 要求学生独立完成报告,培养自己的分析问题与解决问题的能力。

目 录

前言	
实验须知	

第 I 部分 液压元件结构认识实验

实验 1 液压元件结构认识实验	1
实验 1.1 液压泵、马达的结构认识实验	1
实验 1.2 液压阀的结构认识实验	4

第 II 部分 液压元件性能及回路性能实验

实验 2 液压元件性能测试实验	12
实验 2.1 液压叶片泵的性能测试实验	12
实验 2.2 溢流阀性能测试实验	21
实验 3 节流调速回路性能实验	29

第 III 部分 整体传动装置稳态性能实验

实验 4 液压泵、马达性能测试实验	45
实验 5 容积调速回路静态特性实验	50
实验 5.1 变量泵-定量马达调速回路特性实验	50
实验 5.2 定量泵-变量马达调速回路特性实验	55
实验 5.3 变量泵-变量马达调速回路特性实验	59
实验 5.4 容积调速回路的机械特性实验	63
实验 6 整体传动装置实验	67
参考文献	71

第 I 部分 液压元件结构认识实验

液压传动系统的组成:

- (1) 动力元件: 把机械能转化成液压能的元件 (液压泵)。
- (2) 执行元件: 把液压能转化成机械能的元件 (液压马达、液压缸)。
- (3) 控制元件: 对执行元器件压力、流量、方向进行控制的元件。
- (4) 辅助元件: 以上三部分以外的元件, 如管道、接头、油箱、滤油器等。

实验 1 液压元件结构认识实验

1. 实验目的

- (1) 通过对液压元件实物的观察, 深入了解液压元件的结构与组成, 元件内部油路的通道、工作原理、性能, 从而进一步巩固课本讲述的内容。
- (2) 了解液压元件板式阀、管式阀的区别。
- (3) 培养学生分析问题、解决问题与动手实践的能力。

2. 实验注意事项

- (1) 实验中要认真观察液压元件实物结构, 并且结合课本上的知识, 做好每一个思考题, 不得照抄。
- (2) 实验中要爱护每一个液压元件, 对于需要拆开的元件要小心, 在分析清楚液压元件的结构原理后, 把拆开的元件依原样安装起来, 不得有损坏; 对于透明的有机玻璃元件、切掉四分之一的元件, 不得拆开。
- (3) 在实验过程中要注意自己的人身安全。

3. 实验内容

- (1) 液压动力元件: 液压泵 (齿轮泵、双作用叶片泵及柱塞泵)。
- (2) 液压执行元件: 液压缸、液压马达。
- (3) 液压控制元件: 液压控制阀。
 - 1) 压力控制阀: 直动式溢流阀、先导式溢流阀、减压阀及顺序阀。
 - 2) 方向控制阀: 单向阀、电磁换向阀、手动换向阀等。
 - 3) 流量控制阀: 节流阀、调速阀。
- (4) 液压辅助元件: 滤油器、密封装置、油管接头等。

实验 1.1 液压泵、马达的结构认识实验

1. 元件概述

液压泵与液压马达具有可逆性, 从理论上讲, 任何一种容积式泵都可以当作容积式液压

马达使用,不过为了提高液压泵的性能,对液压泵的结构采取一些措施,使其不具有可逆性。其结构上区别如下:

- (1) 液压泵吸油腔压力为真空,为了改善吸油性能和抗汽蚀能力,其吸油口比排油口大。
- (2) 液压马达需要正反转,所以其内部结构具有对称性。
- (3) 液压马达最低稳定转速要低。
- (4) 液压马达具有较大的启动转矩。
- (5) 液压泵必须具有自吸能力。

由于上述原因液压泵与马达不能通用。

液压泵工作的必要条件:

- (1) 吸油腔与排油腔要相互隔开,并且具有较好的密封性。
- (2) 吸油腔容积变大时,要吸入液体。
- (3) 吸油腔容积到最大时,先要跟吸油腔切断,然后容积缩小进行排油到排油腔。

通过教材的理论学习可知,容积式泵(齿轮泵、叶片泵、柱塞泵等)的共性是由密封的容积发生体积变化进行工作的,其主要参数有压力、流量、效率等。在认识这些元件时,要注意它是如何在结构上采取措施来解决泄漏、困油等问题的。

2. 思考题

(1) 找出齿轮泵、双作用叶片泵、柱塞泵的密封工作容积,密封工作容积如何变化,液压泵工作时液压油如何吸入和排除?

(2) 叶片泵能作为马达使用吗?为什么?

(3) 齿轮泵有哪几条内泄漏通道,怎么调高其容积效率?其困油现象是怎样产生的,在结构上如何改善?观察齿轮泵两个油口是否一样大,以及齿顶圆与壳体内孔间隙的大小,说明原因。

(4) 画图说明并叙述外啮合齿轮泵的工作原理。

(5) 双作用叶片泵的定子内表面是由几部分组成的？各部分起到什么作用？其叶片在槽中如何伸出和缩回，叶片根部压力油如何引入？影响叶片泵输出压力的因素是什么，提高输出压力应采取什么措施？试分析双作用叶片泵是否有困油现象，并画出双作用叶片泵的工作原理简图。

(6) 柱塞泵是如何变量的？气柱塞头部的中心孔起到什么作用？是否可以将小孔堵死？

(7) 画出轴向柱塞泵的工作原理简图，说明液压伺服调速机构的工作原理。

(8) 试分析柱塞泵的输出压力为什么比齿轮泵和叶片泵高。

(9) 从液压泵、液压控制阀、液压缸的实物中总结液压传动中密封装置的类型, 观察密封元件并分析其工作原理。

实验 1.2 液压阀的结构认识实验

1. 液压控制阀类概述

20 世纪 80 年代后液压技术飞速发展, 液压控制阀的种类特别多, 通常按照用途可分为三大类, 压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀, 其共性都是通过改变阀口通道的关系, 如改变阀口开度、阀口的通流面积等, 来达到控制压力、流量与方向的目的。

液压阀的结构主要由阀体、阀芯与控制机构三部分构成。

液压阀的连接方式主要有板式(集成块、插装阀)、管式连接。

(1) 压力控制阀。压力控制阀分为直动阀、先导式阀, 其共同特点是: 利用压力油对阀芯产生的推力与弹簧力平衡在不同的位置上, 来控制阀口开度而实现压力控制。这些阀件包括溢流阀、减压阀、顺序阀及压力继电器。

(2) 流量控制阀。这类阀主要有节流阀(具有压力控制、流量控制两种特性)、调速阀, 是通过改变通流面积的大小来达到调节流量的目的。

(3) 方向控制阀。这类阀有单向阀(液控单向阀)、换向阀, 其性能要求如下: 单向阀正向时阻力要小, 反向截止时, 密封性要好; 换向阀是利用阀芯与阀体相对位置不同, 来改变油液流动方向的, 其性能要求: 液流通过换向阀时压力损失要小, 液流在各关闭油口之间的缝隙泄漏要小, 换向可靠, 动作灵敏等。

2. 思考题

(1) 观察滑阀式方向控制阀画出工作原理简图、分析其换向原理、位置数、通路数及操纵方式。

(2) 观察单向阀的结构画出工作原理简图, 分析其工作原理, 说明其弹簧刚度小的原因。

(3) 结合实物画出直动式溢流阀简图并分析其工作原理。阀的弹簧腔为什么与出口相通？阀芯下端的小孔起什么作用？堵死是否可以？

(4) 观察先导式溢流阀结构组成画出简图并分析其工作原理。为什么主阀弹簧的刚度比先导阀小？其主阀芯中的阻尼孔起什么作用，是否可以将其去掉或变大？先导式溢流阀远程控制口有什么作用？

(5) 如果液压泵出口负载无穷大时，三个溢流阀的调定压力值如图 1-1 所示，请问泵的供油压力有几级？数值各多大？

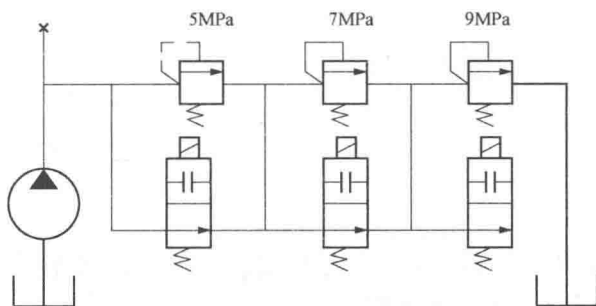


图 1-1 溢流阀串联液压原理图

(6) 为什么直动式溢流阀应用在低压液压系统中，而先导式溢流阀多用于中高压液压系统中？

(7) 节流阀流量稳定性主要受哪些因素的影响?

(8) 观察减压阀的结构, 画出结构件图并分析减压阀的工作原理, 减压阀的泄油路为什么不能和出口连接?

(9) 试比较溢流阀和减压阀的功能、内部油路和工作原理有什么不同。(从阀进、出口的启闭情况, 压力值的大小, 各种阀的作用进行比较)

(10) 试比较溢流阀和顺序阀的功能、内部油路和工作原理有什么不同。(从阀进、出口的启闭情况, 压力值的大小, 各种阀的作用进行比较)

(11) 观察节流阀结构与组成, 画出工作原理简图, 分析其工作原理。如果节流阀进、出口接反了, 是否能正常工作? 有什么影响?

(12) 现有两个压力阀，由于铭牌脱落，分不清哪个是溢流阀，哪个是减压阀，又不希望把阀拆开，如何根据其特点做出判断？

(13) 根据调速阀的实物画出其工作原理简图，搞清楚内部油路的通道，分析其工作原理，调速阀是否可以作为节流阀使用。如果能，如何改造？

(14) 如果调速阀的进、出油口接反了，是否能正常工作？为什么？

(15) 调速阀用在回油节流调速时，是否可以用普通的定值减压阀与节流阀串联来代替？

(16) 观察滤油器的内部结构, 分析其工作原理, 如果其进、出油口接反了, 是否可以正常工作, 为什么?

(17) 观察蓄能器的结构, 分析其工作原理。

(18) 液压系统对密封件的类型有哪些? 主要要求是什么?

第Ⅱ部分 液压元件性能及回路性能实验

1. 实验装置

SUST-1A 实验装置（见图 II-1）由液压操作台、电器控制台两部分组成。液压操作台主要由液压叶片泵、液压缸、溢流阀、流量计和节流阀构成的集成块等组成；电器控制台主要由电气控制元件、各种仪表组成。



图 II-1 SUST-1A 液压实验台

2. 实验项目

- (1) 液压叶片泵的性能实验。
- (2) 溢流阀的性能实验。
- (3) 节流调速回路的性能实验。

3. 实验设备

(1) 压力传感器。实验台采用 DG 系列标准型压力变送器，其中传感器的芯片选用国际著名公司生产的高精度、高稳定性的集成片，经过高可靠性的放大电路及精密温度补偿，将被测介质的压力信号转换成 4~20mA DC 的标准电信号，高质量的传感器、精湛的封装技术及完善的装配工艺确保了该产品的优异质量和最佳性能。该产品有多种接口形式和多种引线方式，能够最大限度地满足客户的需要，适用于各种测量控制设备的配套使用，具有以下特点：

- 1) 体积小、高性价比、高稳定性、高灵敏度。
- 2) 压力测试范围：0~10MPa。
- 3) 具有零点/满量程可调。
- 4) 准确度：0.25 级，包括非线性、重复性及迟滞在内的综合误差。
- 5) 防雷击、防射频干扰。
- 6) 过载压力 2 倍满量程。
- 7) 供电电压 9~36VDC（两线制），24±5VDC（三线制）。
- 8) 压力上升时间≤5ms 可达 90%FS。

9) 温度漂移不超过 $\pm 0.05\%FS/^{\circ}C$ 。

10) 电气连接：四芯屏蔽电缆（防护等级 IP65）航空插头 DIN 接头。

(2) 流量传感器的选择。单位时间内通过管道截面的体积数或质量数称为流体的瞬时流量。实验台按照国家标准要求需要测出其瞬时流量值的大小。根据目前国内生产的流量仪表的情况，选择上海光华仪表有限公司生产的椭圆齿轮流量计与脉冲发信装置配合，安装在回液口来测量流量值的大小。

LC 型椭圆齿轮流量计是计量流经管道内液体流量总量的容积式仪表，主要用于测量流体上的累计流量，可以对脉冲进行正或反转计数，计数准确，不丢脉冲，具有抗干扰能力强等优点，受液体黏度变化的影响较小。

流量传感器参数：

- 1) 精确度等级：0.5 级。
- 2) 公称压力：1.6、3.2、6.3MPa。

其结构原理图如图 II-2 所示。

为了便于测出流体的瞬时流量，流量计的变送器上安装了发信装置，在探头中安装了霍尔传感器及永久磁铁，如图 II-3 所示。当液体流经变送器使椭圆齿轮旋转时，装在变送器转轴上的转盘在霍尔传感器与永久磁铁之间旋转。霍尔传感器由于霍尔效应产生一个个脉冲。这样每发一个脉冲就表示一定的体积流量流经变送器，脉冲信号经过流量控制仪运算后，即可显示出瞬时流量的大小，变送器接线如图 II-4 所示。

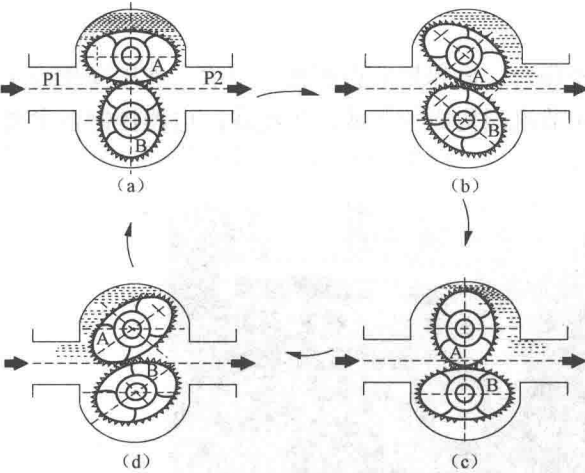


图 II-2 椭圆齿轮流量计工作原理图

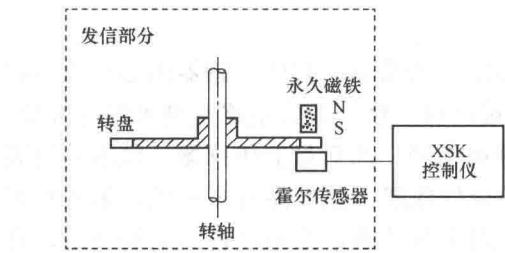


图 II-3 变送器发信装置部分

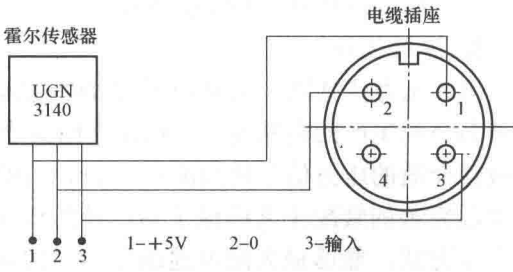


图 II-4 变送器接线图

(3) 转矩转速传感器。JC 型转矩转速传感器的基本原理是：通过弹性轴、两组磁电信号发生器，把被测转矩、转速转换成具有相位差的两组交流电信号，这两组交流电信号的频率相同且与轴的转速成正比，而其相位差的变化部分又与被测转矩成正比。

JC 型转矩转速传感器的工作原理如图 II-5 所示，在一根弹性轴的两端安装有两只信号齿轮，在两齿轮的上方各装有一组信号线圈，在信号线圈内均装有磁钢，与信号齿轮组成磁电信号发生器。当信号齿轮随弹性轴转动时，由于信号齿轮的齿顶及齿谷交替周期性地扫过磁钢的底部，使气隙磁导产生周期性的变化，线圈内部的磁通量也产生周期性变化，使线圈中