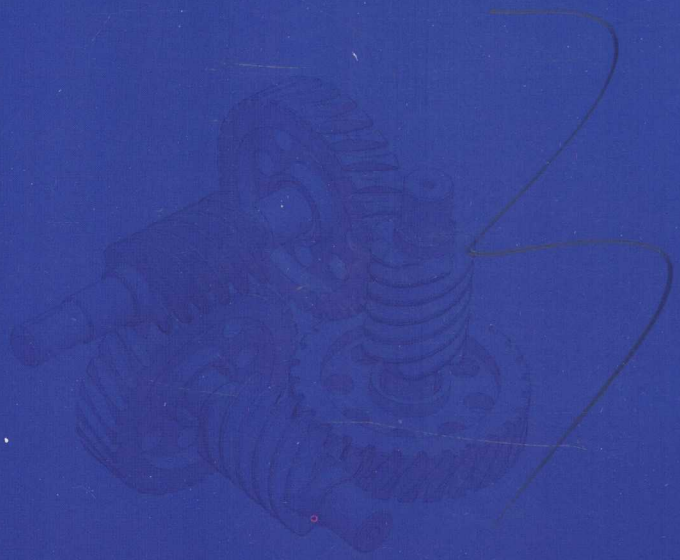


机床液压气动系统装接检测

● 主 编 张晓旭 李荣珍



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

机床液压气动系统 装接检测

主 编 张晓旭 李荣珍

副主编 何丽英 范 宁

李 楠 邵 娟

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机床液压气动系统装接检测/张晓旭, 李荣珍主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2016.8

ISBN 978-7-5682-3047-6

I. ①机… II. ①张…②李… III. ①机床—液压传动系统—安装
②机床—液压传动系统—检测 IV. ①TG502.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 209319 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 12.5

字 数 / 297 千字

版 次 / 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 43.00 元

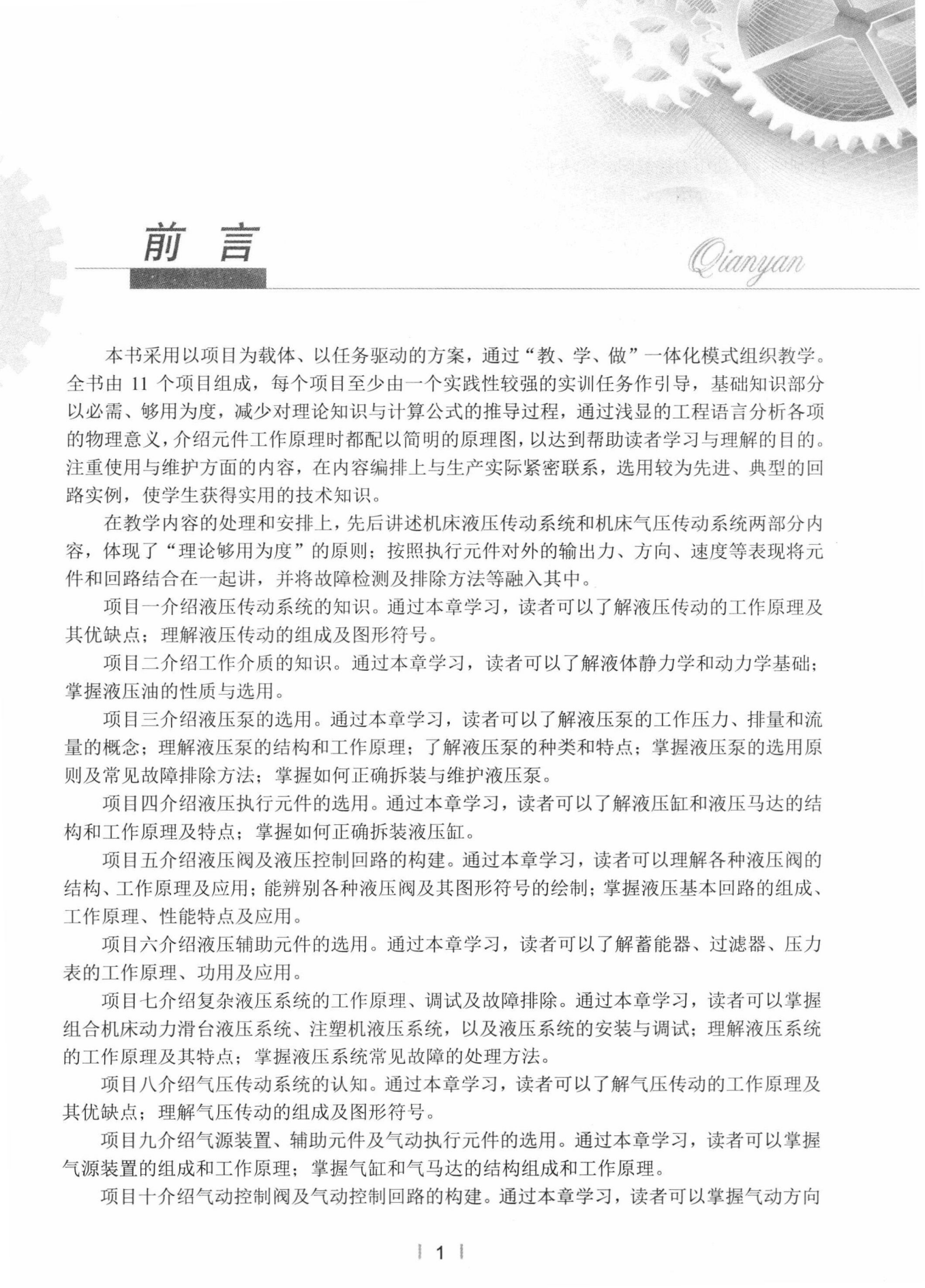
责任编辑 / 江 立

文案编辑 / 邢 琛

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前言

Qianyan

本书采用以项目为载体、以任务驱动的方案,通过“教、学、做”一体化模式组织教学。全书由 11 个项目组成,每个项目至少由一个实践性较强的实训任务作引导,基础知识部分以必需、够用为度,减少对理论知识与计算公式的推导过程,通过浅显的工程语言分析各项的物理意义,介绍元件工作原理时都配以简明的原理图,以达到帮助读者学习与理解的目的。注重使用与维护方面的内容,在内容编排上与生产实际紧密联系,选用较为先进、典型的回路实例,使学生获得实用的技术知识。

在教学内容的处理和安排上,先后讲述机床液压传动系统和机床气压传动系统两部分内容,体现了“理论够用为度”的原则;按照执行元件对外的输出力、方向、速度等表现将元件和回路结合在一起讲,并将故障检测及排除方法等融入其中。

项目一介绍液压传动系统的知识。通过本章学习,读者可以了解液压传动的工作原理及其优缺点;理解液压传动的组成及图形符号。

项目二介绍工作介质的知识。通过本章学习,读者可以了解液体静力学和动力学基础;掌握液压油的性质与选用。

项目三介绍液压泵的选用。通过本章学习,读者可以了解液压泵的工作压力、排量和流量的概念;理解液压泵的结构和工作原理;了解液压泵的种类和特点;掌握液压泵的选用原则及常见故障排除方法;掌握如何正确拆装与维护液压泵。

项目四介绍液压执行元件的选用。通过本章学习,读者可以了解液压缸和液压马达的结构和工作原理及特点;掌握如何正确拆装液压缸。

项目五介绍液压阀及液压控制回路的构建。通过本章学习,读者可以理解各种液压阀的结构、工作原理及应用;能辨别各种液压阀及其图形符号的绘制;掌握液压基本回路的组成、工作原理、性能特点及应用。

项目六介绍液压辅助元件的选用。通过本章学习,读者可以了解蓄能器、过滤器、压力表的工作原理、功用及应用。

项目七介绍复杂液压系统的工作原理、调试及故障排除。通过本章学习,读者可以掌握组合机床动力滑台液压系统、注塑机液压系统,以及液压系统的安装与调试;理解液压系统的工作原理及其特点;掌握液压系统常见故障的处理方法。

项目八介绍气压传动系统的认知。通过本章学习,读者可以了解气压传动的工作原理及其优缺点;理解气压传动的组成及图形符号。

项目九介绍气源装置、辅助元件及气动执行元件的选用。通过本章学习,读者可以掌握气源装置的组成和工作原理;掌握气缸和气马达的结构组成和工作原理。

项目十介绍气动控制阀及气动控制回路的构建。通过本章学习,读者可以掌握气动方向



控制阀、气动压力控制阀、气动流量控制阀的种类、结构、工作原理及其应用。

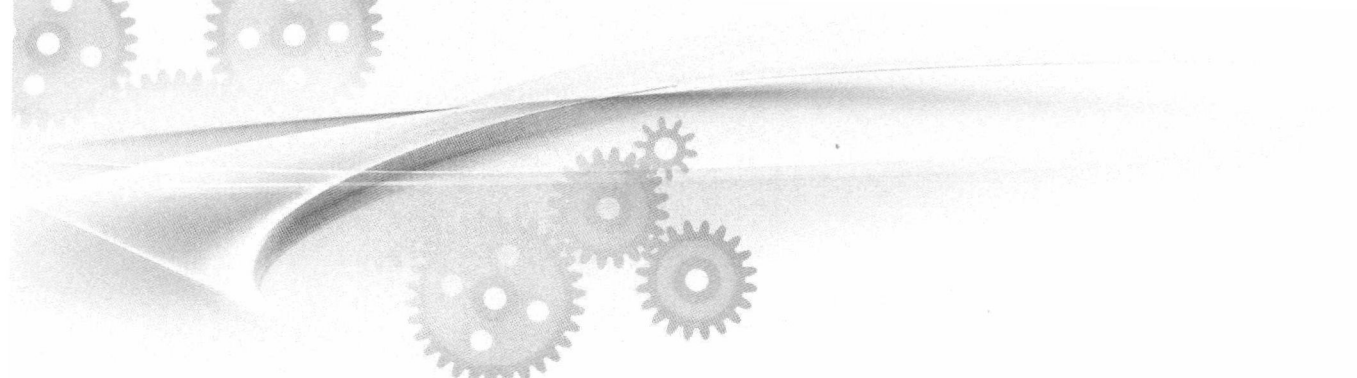
项目十一介绍气动系统的工作原理及故障检测。通过本章学习，读者可以掌握如何对气动系统进行维护；掌握气压系统常见故障及排除方法。

本书由张晓旭、李荣珍担任主编，何丽英、范宁、李楠、邵娟担任副主编。编写分工如下：张晓旭、李荣珍编写了项目一、项目二，何丽英编写了项目三、项目四、项目五，范宁编写了项目六、项目七，李楠编写了项目八、项目九、附录，邵娟编写了项目十、项目十一。另外在企业工作的张宇提出了许多建设性的意见，在此表示衷心感谢。

由于编者编写水平和经验有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

项目一 液压传动系统的认知	1
任务一 磨床工作台液压传动系统的认知	1
任务二 液压千斤顶液压传动系统的认知	7
项目二 工作介质的认知	11
任务一 液压传动的工作介质。	11
任务二 压力和流量的认知	16
项目三 液压泵的选用	25
任务一 液压泵	25
任务二 液压泵的选用与安装调试	36
项目四 液压执行元件的选用	42
任务一 液压缸的选用	42
任务二 液压马达的选用	51
项目五 液压阀及液压控制回路的构建	55
任务一 方向控制阀及方向控制回路的构建	55
任务二 压力控制阀及压力控制回路的构建	67
任务三 流量控制阀及速度控制回路的构建	81
任务四 多缸运动回路的构建	95
项目六 液压辅助元件的选用	104
项目七 液压系统的工作原理、调试及故障排除	114
任务一 组合机床动力滑台液压系统的工作原理及调试	114
任务二 注塑机液压系统的工作原理及故障排除	121



目 录

Contents

项目八 气压传动系统的认知	135
项目九 气源装置、辅助元件及气动执行元件的选用	140
任务一 气源装置及气动辅助元件的选用	140
任务二 气动执行元件的选用	148
项目十 气动控制阀及气动控制回路的构建	154
任务一 方向控制阀及方向控制回路的构建	154
任务二 压力控制阀及压力控制回路的构建	168
任务三 流量控制阀及速度控制回路的构建	171
项目十一 气动系统的工作原理及故障检测	177
附录	183
参考文献	191

项目一 液压传动系统的认知

教学目标

- 掌握液压传动的定义。
- 了解液压传动的工作原理和传动实质。
- 了解液压传动系统的组成和系统图的表示方法。
- 了解液压传动系统的优缺点。
- 了解液压传动的应用情况及以后发展前景。

教学重点

- 从实例出发，深入浅出地对液压传动进行定义；掌握液压传动的工作原理及液压系统的组成。
- 介绍液压传动的起源与发展过程。
- 简单介绍液压传动的优缺点、研究范围与应用领域。

教学难点

- 理解液压传动的概念和工作原理。
- 学习液压传动的意义。

任务一 磨床工作台液压传动系统的认知



任务介绍

一部完整的机器由原动机、传动部分和工作机构等组成。传动部分是一个中间环节。它的作用是把原动机（电动机、内燃机等）的输出功率传送给工作机构。传动有多种类型，如机械传动、电力传动、液体传动、气压传动，以及它们的组合——复合传动等。液压传动是自动控制领域的一门重要学科，它是以液体为工作介质，以液体的压力进行能量传递和控制的一种传动形式。



任务分析

本任务通过对磨床工作台的液压传动系统的介绍，磨床工作台如何控制其往复运动、调节其速度，了解液压系统的组成、常用元件的功能和图形符号。在对液压系统有初步认识的基础上进一步学习液压传动的工作原理。



相关知识

一、磨床工作台液压传动系统分析

(一) 磨床工作台液压传动系统的工作原理

其工作原理如下：液压泵由电动机驱动后，从油箱中吸油。油液经过滤器进入液压泵，油液在泵腔中从入口低压到泵出口高压，换向阀手柄 4 在图 1-1 (a) 所示状态下，通过开停阀 10、节流阀 7、换向阀 5 进入液压缸左腔，推动活塞使工作台向右移动。这时，液压缸右腔的油经换向阀 5 和回油管 6 排回油箱。

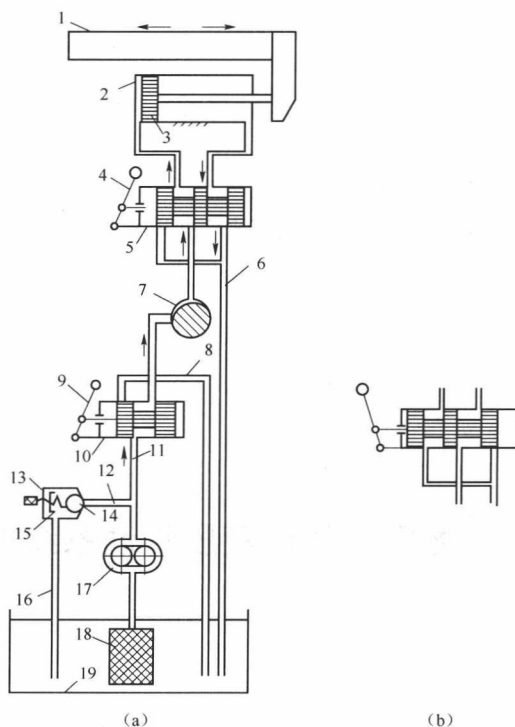


图 1-1 磨床工作台液压系统工作原理图

- 1—工作台；2—液压缸；3—活塞；4—换向阀手柄；5—换向阀；6、8、16—回油管；7—节流阀；
9—开停手柄；10—开停阀；11—压力管；12—压力支管；13—溢流阀；14—钢球；15—弹簧；
17—液压泵；18—过滤器；19—油箱



如果将换向阀手柄 4 转换成图 1-1 (b) 所示状态, 则压力管中的油将经过开停阀、节流阀和换向阀进入液压缸右腔, 推动活塞使工作台向左移动, 并使液压缸左腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开大时, 进入液压缸的油量增多, 工作台的移动速度增大; 当节流阀关小时, 进入液压缸的油量减小, 工作台的移动速度减小。为了克服移动工作台时所受到的各种阻力, 液压缸必须产生一个足够大的推力, 这个推力是由液压缸中的油液压力所产生的。要克服的阻力越大, 缸中的油液压力越高; 反之压力就越低。这种现象正说明了液压传动的一个基本原理——压力取决于负载。

(二) 液压传动系统图的图形符号

图 1-1 (a) 所示的液压系统图是一种半结构式的工作原理图, 它有直观性强、容易理解的优点。当液压系统发生故障时, 根据原理图检查十分方便, 但图形比较复杂, 绘制比较麻烦。实际绘制液压系统工作原理图时, 除少数特殊情况外, 一般都采用国家标准 GB/T 786.1—2009 所规定的液压与气动图形符号来绘制。

对于这些图形符号有以下几条基本规定:

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 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。

图 1-2 所示为用国标 GB/T 786.1—2009 绘制的工作原理图。使用图形符号既便于绘制, 又可使液压系统简单明了。

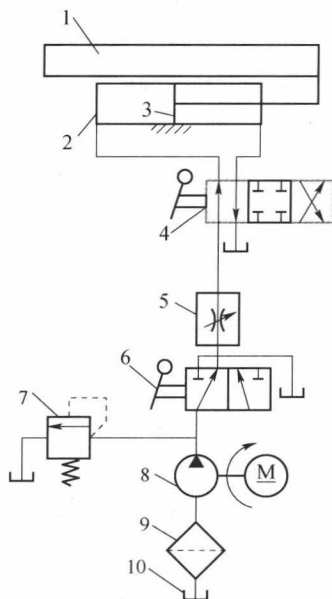


图 1-2 磨床工作台液压系统的图形符号图

- 1—工作台; 2—液压缸; 3—活塞; 4—换向阀; 5—节流阀; 6—开停阀;
7—溢流阀; 8—液压泵; 9—过滤器; 10—油箱



（三）液压传动系统的组成

从机床工作台液压系统的工作过程可以看出，一个完整的、能够正常工作的液压系统，应该由以下 5 个主要部分来组成：

（1）动力元件：供给液压系统压力油，把机械能转换成液压能的装置，如液压泵。

（2）执行元件：把液压能转换成机械能的装置，如做直线运动的液压缸、做回转运动的液压马达。

（3）控制调节元件：对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置。如溢流阀、节流阀、换向阀、开停阀等。

（4）辅助元件：上述三部分之外的其他装置，如油箱、滤油器、油管等。它们对保证系统正常工作是必不可少的。

（5）工作介质：传递能量的流体，如液压油等。

二、液压传动的优缺点

（一）液压传动系统的主要优点

液压传动之所以能得到广泛的应用，是由于它与机械传动、电气传动相比具有以下的主要优点：

（1）在同等功率的情况下，液压装置的体积小，质量小，结构紧凑。

（2）液压装置的换向频率高，直线往复运动时可达 1 000 次/min。

（3）操纵控制方便，可实现大范围的无级调速。

（4）可自动实现过载保护。

（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）很容易实现直线运动。

（7）容易实现机器的自动化。当采用电液联合控制后，不仅可实现更高程度的自动控制过程，而且可以实现遥控。

（二）液压传动系统的主要缺点

（1）由于流体流动的阻力损失和泄漏较大，因此效率较低。如果处理不当，泄漏不仅污染场地，而且还可能引起火灾和爆炸事故。

（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）液压元件的制造精度要求较高，因而价格较贵。

（4）由于液体介质的泄漏及可压缩性影响，不能得到严格的定比传动。

（5）液压传动出故障时不易找出原因，使用和维修要求有较高的技术水平。

（6）易造成油液污染。



三、液压传动系统的主要应用

由于液压传动有许多突出的优点,因此,它被广泛地应用于机械制造、工程建设、石油化工、交通运输、军事器械、矿山冶金、轻工、农机、渔业、林业等各方面。同时,也被应用到航天航空、海洋开发、核能工程和地震预测等各个工程技术领域。表 1-1 列举了液压传动在各类机械行业中的应用实例。

表 1-1 液压传动在各类机械行业中的应用实例

行业名称	应用场所举例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉炉顶及电极升降机、轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减振器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等



任务实施

观察磨床工作台的工作过程后,让学生说出工作台液压系统中各组成部分的名称及功用。

(1) 动力元件。如图 1-2 所示,液压泵在电动机带动下转动,输出高压油。它的功能是将电机输入的机械能转换为液体的压力能,为整个系统提供动力。重点观察液压泵的安装位置、工作噪声及输出油压的变化。

(2) 执行元件。如图 1-2 所示,液压缸在高压油的推动下移动,可以对外输出推力,通过它把压力能释放出来,转换成机械能,以驱动工作部件。重点观察工作台实现纵向往复直线运动的方式。

(3) 控制调节元件。图 1-2 中的换向阀可以控制液压系统中液体的流动方向,从而控制工作台的运动方向;节流阀可以控制液压系统中液体的流量,从而控制工作台的运动速度。

(4) 辅助元件。图 1-2 中的油箱用来储存油液,用油管 and 管接头连接;液压元件、压力表用来测量系统的油压,这些元件是液压系统中不可缺少的元件。

(5) 传动介质。即系统中的液压油,其作用是实现运动和动力的传送。



归纳总结

本任务主要阐述了磨床工作台液压传动系统的组成、工作原理、液压传动的优缺点及



其应用、发展前景。通过本任务的学习,学生应对液压传动与控制这门技术有一个初步的了解。



练

习



一、填空题

1. 液压传动是以_____能来传递和转换能量的。
2. 液压系统一般包括动力部分_____, _____、辅助部分和工作介质五部分。
3. 液压系统动力部分将_____转化为_____。
4. 液压传动的优点有_____, _____和_____等, 缺点有_____, _____和_____等。

二、选择题

1. 液压技术在工程机械领域应用最广的是()。
A. 推土机 B. 起重机 C. 挖掘机
2. 液压元件使用寿命长是因为()。
A. 易过载保护 B. 能自行润滑 C. 工作平稳
3. 液压传动的动力元件是()。
A. 电动机 B. 液压马达 C. 液压泵
4. 液压传动的特点有()
A. 可与其他传动方式联用, 但不易实现远距离操纵和自动控制
B. 可以在较大的速度范围内实现无级变速
C. 能迅速转向、变速, 传动准确
D. 体积小、质量小, 零部件能自润滑, 且维护、保养和排放方便

三、判断题

1. 液压传动的特点是输出功率大, 易无级调速, 工作平稳, 易自动化。 ()
2. 液压传动能保证严格的传动比, 但易泄漏, 维修技术要求高。 ()
3. 液压传动技术的发展方向是高效低噪声。 ()
4. 液压传动装置本质上是一种能量转换装置。 ()
5. 液压传动具有承载能力大, 可实现大范围内无级变速和获得恒定的传动比。 ()

四、简答题

1. 液压传动的优缺点?
2. 当前液压技术主要应用于哪些工业部门?



任务二 液压千斤顶液压传动系统的认知



任务介绍

液压千斤顶基于帕斯卡原理制成，在平衡的液压系统中，小活塞上施加的力比较小，而大活塞上施加的力也比较大，是力的放大机构。液压千斤顶结构紧凑，能平稳顶升重物，起重量最大达 1000t，行程 1m，传动效率较高，故应用较广；但易漏油，不宜长期支持重物。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。



任务分析

本任务主要阐述液压千斤顶的工作原理，使学生理解在力传递过程中，力的大小、能量的大小及大、小活塞移动的速度之间的关系。



相关知识

一、液压千斤顶的工作原理

如图 1-3 所示，当向上抬起杠杆时，手动小活塞向上运动，小液压缸 1 下腔容积增大形成局部真空，单向阀 2 关闭，油箱 4 的油液在大气压作用下经吸油管顶开单向阀 3 进入小液压缸下腔。当向下压杠杆时，小液压缸下腔容积减小，油液经排油管进入大液压缸 6 的下腔，推动大活塞上移顶起重物。如此不断上下扳动杠杆，则不断有油液进入大液压缸下腔，使重物逐渐举升。如杠杆停止动作，大液压缸下腔油液压力将使单向阀 2 关闭，大活塞连同重物一起被自锁不动，停止在举升位置。如打开截止阀 5，大液压缸下腔通油箱，大活塞将在自重作用下向下移，迅速回复到原始位置。

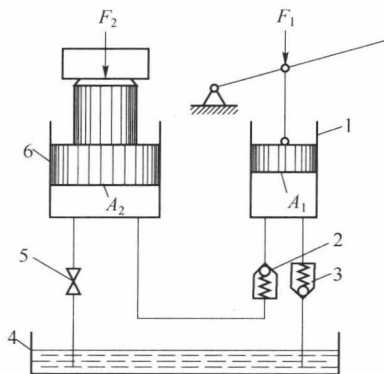


图 1-3 液压千斤顶工作原理图

1—小液压缸；2—排油单向阀；3—吸油单向阀；4—油箱；5—截止阀；6—大液压缸



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,小液压缸 1 输出压力油,将机械能转换成油液的压力能,压力油经过管道及单向阀 2,推动大活塞举起重物,将油液的压力能又转换成机械能。大活塞举升的速度取决于单位时间内流入大液压缸 6 中油容积的多少。由此可见,液压传动是一个不同能量的转换过程。

二、力的传递

如图 1-3 所示,设大缸活塞面积为 A_2 ,作用在活塞上的重物为 F_2 ,该力在液压缸中所产生的液体压力为 $p_2 = \frac{F_2}{A_2}$ 。根据帕斯卡原理(即静压传递原理)“在密闭容器内,施加于静止液体上的压力将等值传到液体各点”,小缸中所产生的液体压力为 p_1 ,则 $p_1 = p_2$,小缸活塞上的外力 $F_1 = p_1 A_1 = p_2 A_1 = \frac{A_1}{A_2} F_2$ 。

在 A_1 和 A_2 一定时,大缸负载 F_2 越大,系统中的压力也越高;大缸负载 F_2 越小,系统中的压力也越低;大缸负载去掉,系统中的压力为零。在液压传动中工作压力取决于负载,这是液压传动中的一个重要概念。

因为两个活塞面积之比 $\frac{A_1}{A_2} < 1$,所以 $F_1 < F_2$,也就是用一个小的外力就可以克服很大的负载。液压传动系统是力的放大机构。



任务实施

液压系统中工作压力形成的原理实验

液压传动中有两个重要的基本概念,即液压系统的压力取决于外负载,液压缸输出速度取决于进入液压缸的流量。

一、实验目的

- (1) 理解液压缸的工作压力取决于外负载。
- (2) 理解液压缸的输出速度取决于进入液压缸的流量。

二、实验设备

QCS002 型液压实验台。

三、实验内容

(1) 如图 1-4 所示,选液压缸 11 进行实验,在缸的挂钩上依次挂上 1 个砝码、2 个砝码、3 个砝码,操纵电磁换向阀 7 工作于下位,使缸的活塞上行。先观察清楚各压力表的变化情况,然后记下 p_1 、 p_{11} 的压力值,填入表 1-2 中。

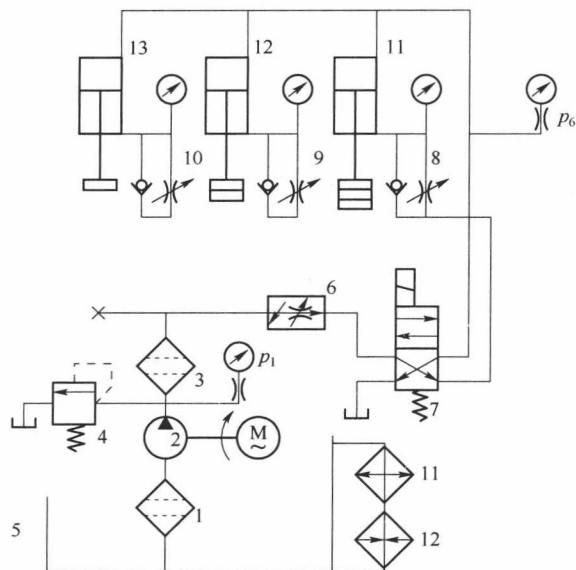


图 1-4 QCS002 型液压实验台工作原理图

1、3—过滤器；2—叶片泵；4—溢流阀；5—油箱；6—调速阀；7—电磁换向阀；
8、9、10—单向节流阀；11—冷却器；12—加热器

表 1-2 液压缸的外负载变化对液压缸工作压力的影响

序号	砝码	液压泵出口压力 p_1 (MPa)	液压缸工作压力 p_{11} (MPa)
	块数 (n)		
1			
2			
3			

提示：液压缸的外负载增加，液压缸工作压力也增加。

(2) 调整调速阀 6 的开度，用秒表测准活塞速度。记下调速阀 6 的刻度值，填入表 1-3 中。

提示：调速阀开口增大，活塞速度变快。

表 1-3 进入液压缸的流量变化对液压缸运动速度的影响

调速阀 6 开度	刻度	活塞升程时间 t (s)
小		
中		
大		



归纳总结

本任务主要阐述液压千斤顶的工作原理，论述了压力与负载之间的关系。



练

习



简答题

1. 液压传动中液体的压力是由什么决定的？
2. 液压传动系统的基本参数是什么？它们与哪些因素有关？
3. 如图 1-4 所示，写出组成液压系统的液压元件的名称。