



河南省“十二五”普通高等教育规划教材
经河南省普通高等教育教材建设指导委员会审定

液压与气动技术

郭 侠 薛培军 主编



化学工业出版社



河南省“十二五”普通高等教育规划教材

经河南省普通高等教育教材建设指导委员会审定

液压与气动技术

郭 侠 薛培军 主 编

吴耀宇 沈娣丽 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书共分十三个项目,内容以液压传动为主,气动为辅。每个项目分解为几项任务,任务包含任务要求、知识链接和任务实施,项目之后附有项目练习。本书主要内容包括液压与气压传动的基础知识及工作介质,液压和气压动力元件、执行元件、控制元件和辅助元件,液压系统的设计、安装、使用及故障排除等。最后配有液压与气压传动实训课题和附录。本书图形符号采用液压、气压传动最新国家标准 GB/T 786—2009 绘制。

本书可作为高职高专院校机电一体化、机械制造、模具、数控等专业的教学用书,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动技术/郭侠,薛培军主编. —北京:化学工业出版社, 2015. 9

河南省“十二五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-122-24758-2

I. ①液… II. ①郭…②薛… 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 (2015) 第 173502 号

责任编辑:王听讲 刘 哲

装帧设计:关 飞

责任校对:边 涛

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京市振南印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张18½ 字数524千字 2015年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书是河南省“十二五”普通高等教育规划教材——高职高专类教材。为了满足社会需求，以实践应用为目的，培养高素质技能型人才，本书按照内容项目化、任务驱动式编写，把知识点融入具体的项目任务中，有利于学生对知识的理解和技能的掌握。全书共分为十三个项目，每个项目分解成几项任务，任务包含有任务要求、知识链接和任务实施，在每项项目之后附有项目练习，以加深对知识的理解，巩固所学内容。

本书内容以液压传动为主，气动为辅。主要内容包括走进液压传动，液压传动原理，液压动力元件，液压执行元件，液压控制元件，液压辅助元件，液压控制回路，液压传动系统应用分析，液压传动系统设计，液压系统安装、使用及故障排除，走进气动技术，气压传动工作元件等，最后配有液压与气压传动实训课题和附录。

本书结合编者多年的企业工作实践和理论教学经验，充分考虑了职业教育的特点。在编写过程中，邀请企业有关专家参与方案的讨论、指导，融入了大量的生产实例，较多地采用了图文结合的表达形式。本书图形符号采用新的液压、气压传动国家标准 GB/T 786—2009 绘制，并突出知识的应用性，反映了先进的技术成果。

本书可作为高职高专院校机电一体化、机械设计与制造、模具设计与制造、数控技术和自动化控制等专业的教学用书，也可作为工程技术人员的参考用书，教学参考学时为 60~80 学时。

本书由郭侠、薛培军任主编，吴耀宇和沈娣丽任副主编，全书由郭侠统稿。具体编写分工如下：中州大学郭侠编写项目一、项目二、项目十三，中州大学刘继军编写项目三、项目四，河南职业技术学院胡世超编写项目五，中州大学刘冬敏编写项目六和附录的部分内容，中州大学薛培军编写项目七、项目十，中州大学沈娣丽编写项目八、项目九和附录的部分内容，中州大学吴耀宇编写项目十一、项目十二。在本书的编写过程中，得到了郑州煤矿机械集团股份有限公司液压电控有限公司王永强、铸锻有限公司付明伟同志的大力支持与帮助，他们还参与了项目三和项目五的部分内容的编写，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

项目一 走进液压传动	1
任务一 液压千斤顶原理认知	1
任务二 平面磨床工作台液压系统组成	3
任务三 平面磨床工作台液压系统的特点	6
项目练习	8
项目二 液压传动原理	9
任务一 液压油认知	9
任务二 液体静力学	16
任务三 液体动力学	20
任务四 液压管路压力损失的计算	27
任务五 孔口和缝隙流量的计算	31
任务六 液压冲击与气穴	36
项目练习	38
项目三 液压动力元件	40
任务一 液压泵的认知	40
任务二 齿轮泵	43
任务三 叶片泵	48
任务四 柱塞泵	54
任务五 螺杆泵	58
任务六 液压泵的选用	58
项目练习	59
项目四 液压执行元件	61
任务一 液压缸的类型和特点	61
任务二 液压缸的结构	69
任务三 液压缸的设计	76
任务四 液压马达	81

项目练习	85
项目五 液压控制元件	86
任务一 液压控制阀认知	86
任务二 方向控制阀	88
任务三 压力控制阀	96
任务四 流量控制阀	105
任务五 新型液压控制元件	108
任务六 液压控制元件的选用	113
项目练习	114
项目六 液压辅助元件	117
任务一 油箱的认知	117
任务二 过滤器的认知	122
任务三 蓄能器的认知	127
任务四 压力表及开关的认知	131
任务五 热交换器的认知	132
任务六 油管 and 管接头的认知	134
项目练习	139
项目七 液压控制回路	140
任务一 方向控制回路	140
任务二 压力控制回路	142
任务三 速度控制回路	151
任务四 多缸控制回路	163
项目练习	169
项目八 液压传动系统应用分析	171
任务一 组合机床动力滑台液压传动系统分析	171
任务二 机械手液压传动系统分析	175
任务三 四柱式万能液压机液压传动系统	179
任务四 注塑机液压传动系统分析	183
任务五 车床仿形刀架液压伺服系统分析	187
项目练习	191
项目九 液压传动系统设计	193

任 务 钻孔组合机床液压系统设计	193
项目练习	212
 项目十 液压系统安装、使用及故障排除	213
任务一 液压系统的安装与调试	213
任务二 液压系统使用与维护	215
任务三 液压系统常见故障及排除	217
项目练习	221
 项目十一 走进气动技术	222
任务一 气压传动系统认知	222
任务二 气动技术基础	226
项目练习	230
 项目十二 气压传动工作元件	231
任务一 气源装置	231
任务二 气动执行元件	238
任务三 气动控制元件	251
项目练习	264
 项目十三 实训课题	265
任务一 齿轮泵的结构拆装	265
任务二 溢流阀的结构拆装	267
任务三 节流阀的结构拆装	268
任务四 换向阀的结构拆装	269
任务五 差动增速回路的连接	270
任务六 调压回路的连接	272
任务七 节流调速回路的性能测试	273
任务八 回路创新设计	275
 附录 常用流体传动系统及元件图形符号 (摘自 GB/T 786.1—2009)	277
参考文献	289

项目一

走进液压传动

【项目目标】

掌握液压传动的工作原理、基本参数，了解液压传动系统的组成及图形符号的表示方法，熟悉液压传动的发展概况、系统特点及在实践中的应用。

任务一 液压千斤顶原理认知

【任务要求】

如今，在停车场或者加油站等场合，时常可以看到液压千斤顶装置，利用它使出一个孩子的力气就能将一辆汽车顶起来。根据液压千斤顶（如图 1.1 所示）这一简单的传动装置，了解液压传动是如何实现运动和动力传递，从而熟知液压传动的研究内容和工作原理。

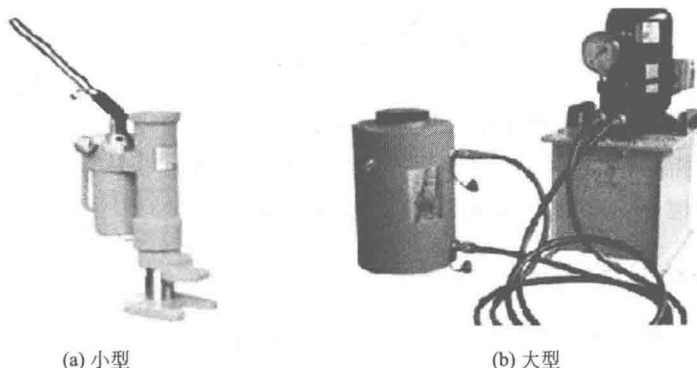


图 1.1 液压千斤顶

【知识链接】

一、液压传动概述

一部机器的工作程序是由原动机→传动装置→工作机，传动装置的传动方式包括有图 1.2 所示几种类型。

液压传动是以液体作为工作介质，在密封的回路里，以液体的压力能进行能量传递的传动方式。

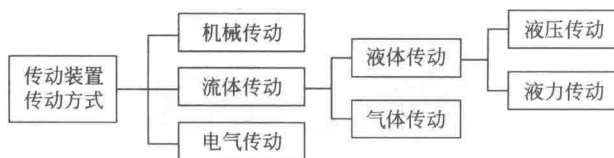


图 1.2 机器传动方式

液压传动中的两个重要参数：压力和流量。

(1) 压力 也是物理学中的压强，即液体单位面积上所受的垂直力。液压传动中的压力用字母 p 表示，如图 1.3 (a) 所示。当面积不变时，液体内部的压力取决于负载 F 。负载对液面产生的压力可以等值地传递到液体内部的每一个质点上，即帕斯卡原理。

根据帕斯卡原理，如图 1.3 (b) 所示，施加于较小活塞上的比较小的力，转换为液体内部的压力，此压力可以等值地传递到大活塞上，使大活塞上输出较大的顶举力。即活塞面积越小，其上输出的作用力越小；活塞面积越大，其上输出的作用力越大，作用力和作用面积成正比。

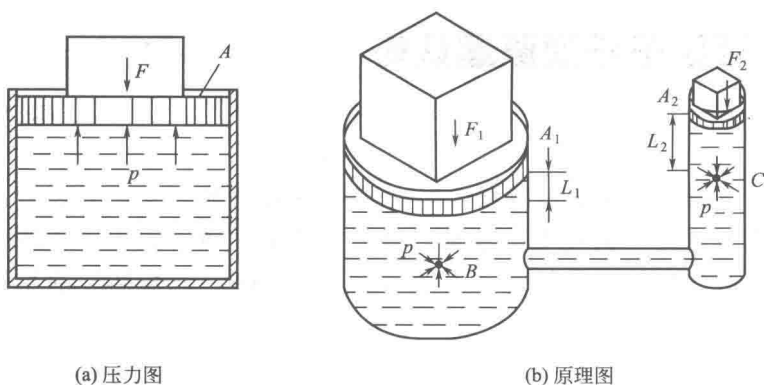


图 1.3 液压传动

由上图可知，力可以放大很多倍，但功不能放大，即省力不能省功。

(2) 流量 是指单位时间内，流过某一过流断面的液体体积，用字母 q_v 表示。当面积一定时，液体在管道中流动的平均速度取决于通过的流量。

二、 液压传动原理

图 1.4 所示是一种简单的液压传动过程，它也是能量转换的过程：机械能 $2\pi nT_i \rightarrow$ 压力能 $p q_v \rightarrow$ 机械能 F_v (或 $2\pi nT$)

液压传动装置是一种能量转换装置，所用的最基本的原理是帕斯卡原理，它是依靠液体在密封容积变化中的压力能来实现运动和动力传递的。传动时，它先将电机旋转运动产生的机械能，利用液压泵转换为便于输送的压力能，传递到液压缸（或液压马达）后又将压力能转换为直线（旋转）运动的机械能做功。

【任务实施】

液压千斤顶是一种结构紧凑、工作平稳、有自锁作用的简单的起重设备，所以，其使用比较广泛。它的工作原理如图 1.5 所示，结构中采用柱塞或活塞作为刚性顶举件的工作装置。

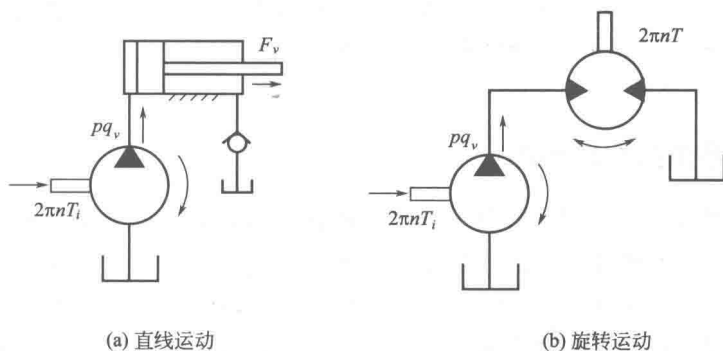


图 1.4 液压传动过程

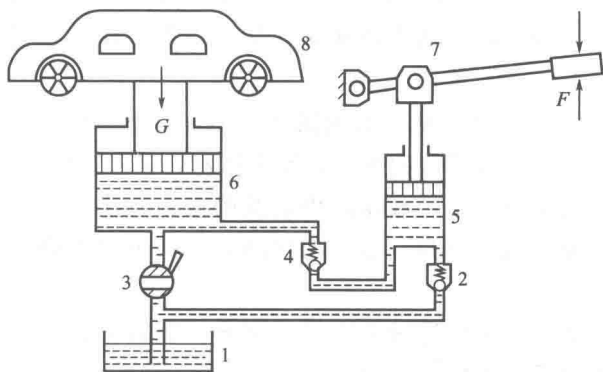


图 1.5 液压千斤顶原理

在图 1.5 中，杠杆 7、小缸 5、单向阀 2 和 4 组成手动液压泵，大缸 6 是顶举液压缸。用手向上抬起杠杆 7，小活塞上移，其下端油腔容积增大，形成局部真空，此时单向阀 2 自动打开，通过吸油管靠大气压的作用从油箱 1 中吸油。

手压杠杆 7 向下，小活塞下移，小活塞下腔压力升高，将油液的机械能转换成压力能，单向阀 2 关闭，单向阀 4 打开，下腔的油液经管道输入到顶举缸 6 的下腔，利用大的面积把力放大，迫使大活塞向上移动顶起汽车 8，此时，装置又将油液的压力能转换成机械能。

再次手抬杠杆时，单向阀 4 自动关闭，使油液不能倒流，从而保证了汽车不会自行下落。反复上、下抬压杠杆，就能不断地把油液压入顶举缸下腔，使汽车逐渐升起。升起的速度取决于单位时间内流入顶举缸 6 中油液的体积。

打开截止阀 3，顶举缸下腔的油液在重力作用下通过管道、截止阀 3 流回油箱，汽车下落回到地面。

任务二 平面磨床工作台液压系统组成

【任务要求】

图 1.6 (a) 所示为平面磨床的外观图。平面磨床属于精加工设备，其所需磨削力及变

化量不大，而对工作台往复运动速度要求较高。根据磨床工作台液压传动装置，了解液压系统的结构原理图、图形符号原理图和一般系统的组成。

【知识链接】

一、 液压系统结构原理图

图 1.6 (b) 所示为平面磨床结构原理图。电机带动齿轮泵从油箱中吸油，然后将油经管路输送到液压缸，推动磨床工作台做往复直线运动。

搬动换向阀使其处于图 1.6 (b) 中 (1) 的位置，液压泵 3 由电动机驱动后，从油箱 1 中吸油，油液经过滤器 2 过滤后进入液压泵 3，然后经节流阀 5、换向阀 6 进入液压缸 7 的左腔，推动活塞 8 带动工作台 9 向右作直线运动。此时，液压缸右腔的油液经换向阀和回油管排回油箱。

搬动换向阀使其处于图 1.6 (b) 中 (2) 的位置，液压泵从油箱中吸油，出油经节流阀、换向阀进入液压缸右腔，推动活塞和活塞杆带动工作台向左运动。此时，液压缸左腔的油液经换向阀和回油管排回油箱。

松开换向阀手柄，弹簧使其回复到系统图 1.6 (b) 中间位置时，换向阀处于中位，4 个油口均被封堵，液压缸因缺少动力的推动，使工作台处于停止状态。

克服负载所需的移动推力，是由液压缸中油液的压力产生。负载越大，缸中所需油液的压力越高，泵的輸出压力也就越高，即压力的高低取决于工作台负载的大小，但同时受溢流阀 4 的调控。

磨床工作台左、右运动的速度通过节流阀 5 调节。当节流阀开口增大时，进入液压缸的流量增多，工作台的移动速度增大；当节流阀开口关小时，进入液压缸的流量减小，工作台的移动速度变小。

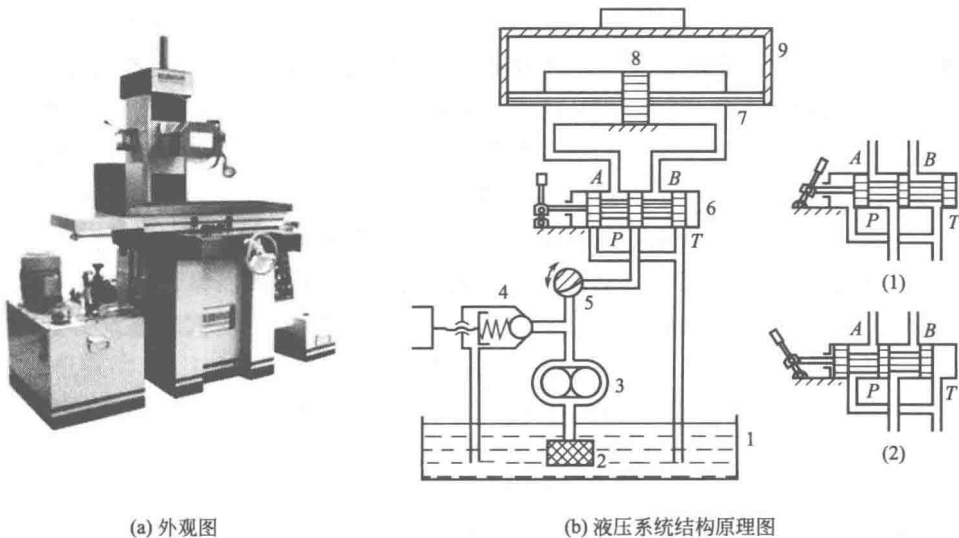


图 1.6 平面磨床

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

二、液压系统图形符号原理图

在液压系统结构原理图中,各个液压元件均是用简单的结构表达出来的图形,这种图形比较直观,容易理解,但结构较复杂,绘制较难。在实际工程应用中,一般是用国家标准规定的、简单的图形符号来绘制液压系统的工作原理图,如图 1.7 所示。这种图形便于分析、阅读、设计和绘制,原理图中的图形符号只表示液压元件的功能,不表示元件的具体结构和参数。系统图中所示的符号状态,表示的是液压元件的静止或零位置,元件可根据其在图中的具体位置画成水平或垂直方向。绘制图形符号时,大小应以图形清晰、美观和图纸幅面大小为原则,但图形符号本身的规定比例要保证。具体图形符号见 GB 786—2009 的标准规定(见本书附录)。

三、液压传动系统的组成

从平面磨床工作台的液压系统原理图可以看出,一个完整的、能够正常工作的液压系统,应该由五个部分组成,即动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件和工作介质。

(1) 动力元件 它供给液压系统所需的液压油,且把机械能转换成液体压力能的装置($2\pi nT_i \rightarrow pq_v$)。它属于能源装置,一般指液压泵。

(2) 执行元件 它是将液体的压力能转换为机械能的装置,其形式有液压缸和液压马达。液压缸能实现输出工作机构的直线运动($qp_v \rightarrow F_v$),液压马达能实现输出工作机构的旋转运动($pq_v \rightarrow 2\pi nT$)。

(3) 控制元件 它是对系统中工作液体的压力、流量和流动方向进行控制或调节的装置。一般是指压力控制阀、方向控制阀和流量控制阀三大控制元件,以保证执行元件获得所需的推力(转矩)、速度(转速)和移动(旋转)方向。

(4) 辅助元件 指贮油、过滤、连接、测量和密封等作用的装置,它是保证液压系统正常工作所必须的、不可缺少的元件。辅助元件包括油箱、过滤器、油管、压力表、蓄能器、管接头、密封圈和冷却器等。

(5) 工作介质 在液压系统中,工作介质主要用来传递动力和信号,还兼有润滑、散热和防锈等作用。主要有液压油和水,一般液压系统主要用各类液压油作为工作介质。

【任务实施】

平面磨床工作台的液压系统,主要有五大部分组成,它们分别是:

- ① 动力元件——液压泵 3;
- ② 执行元件——液压缸 7、活塞 8 和工作台 9;
- ③ 控制元件——溢流阀 4、节流阀 5 和换向阀 6;
- ④ 辅助元件——油箱 1、过滤器 2 和油管等;
- ⑤ 工作介质——液压油。

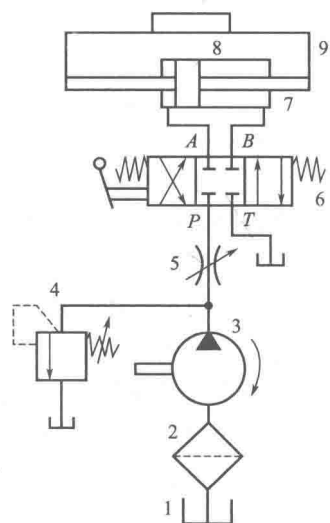


图 1.7 平面磨床工作台液压系统图形符号原理图

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

任务三 平面磨床工作台液压系统的特点

【任务要求】

平面磨床工作台液压传动系统要求调速范围广,能够实现无级变速,且要求换向灵敏迅速,冲击振动小,采用液压传动来操纵平面磨床的往复运动能够达到这些目的。根据平面磨床工作台液压传动装置,了解液压系统的优缺点、应用场合及发展前景。

【知识链接】

一、 液压传动的特点

1. 优点

液压传动之所以能得到广泛应用,是因为它与机械传动、电气传动相比具有不可比拟的优势,其优点如下。

- (1) 传动平稳 吸振能力强,起动、制动迅速,便于实现频繁换向;
- (2) 重量轻、体积小 功率相同下所需设备质量轻,动作灵敏,惯性小。有利于设备和控制系统的小型化和微型化;
- (3) 承载能力大 能传递大的功率,易于获得较大的力和力矩;
- (4) 易于实现无级变速 可在较大调速范围内进行无级调速;
- (5) 易于实现过载保护 因有安全阀的保护,其工作安全性好;
- (6) 能自润滑 因油液为工作介质,零件使用寿命长;
- (7) 易实现复杂的动作 如液压仿形刀架;
- (8) 简化机构 直线运动时远比机械传动简单;
- (9) 便于实现自动化 易于采用电气、液压联合控制;
- (10) 便于实现三化 液压元件已实现了标准化、系列化和通用化,液压系统的设计、制造和使用较为方便。

2. 缺点

任何事物都有其两面性,液压传动具有如下缺点。

- (1) 液压元件制造精度高 要求加工技术高,加工成本高,密封性能要求高,加工和安装都较困难;
- (2) 实现定比传动困难 油液的泄漏和可压缩性致使其传动比不能恒定,不适于要求严格传动比的地方;
- (3) 油液受温度影响较大 油液黏度对温度比较敏感,油温变化直接影响其工作性能,不宜在高温和低温下工作;
- (4) 不宜远距离输送 泄漏引起的能量损失是主要损失,加之油液在管中阻力和机械摩擦引起能量损失,致使其效率较低;
- (5) 油液中掺入空气影响性能 油液中混入空气是不可避免的,由此而产生噪声,引起振动和爬行,速度不平稳;
- (6) 油液易污染 因油液和大气相通,空气中灰尘的落入会影响其使用的可靠性;
- (7) 产生故障不易排除 因液压系统是密闭系统,维修保养比较困难,工作量较大。

二、 液压传动系统的应用

液压传动因其独特的优点和技术优势,使其应用领域比较广泛,几乎涵盖国民经济的各个行业。如图 1.8 所示为部分液压传动系统的应用设备。

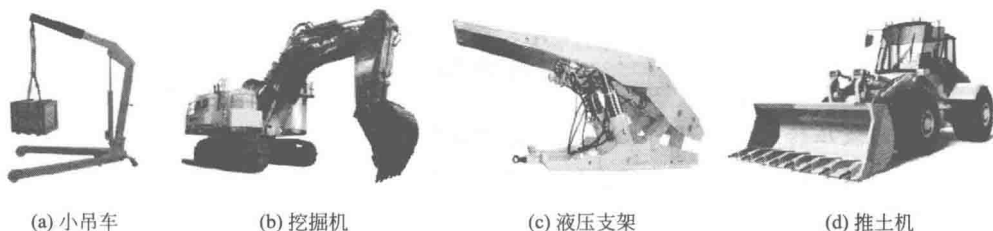


图 1.8 液压传动系统的应用

- ① 机械加工领域:组合机床和车、铣、刨床的进给系统,油压机等;
- ② 建筑工程领域:吊车、挖掘机、打桩机等;
- ③ 矿山机械领域:液压支架、破碎机、开采机等;
- ④ 汽车工业领域:平板车、自卸式汽车、高空作业车等;
- ⑤ 农业机械领域:拖拉机、联合收割机等;
- ⑥ 国防军事领域:坦克、雷达、导弹等;
- ⑦ 航天工业领域:飞机起落架、机翼控制等;
- ⑧ 冶金机械领域:电炉控制系统、轧钢机控制系统;
- ⑨ 轻工机械领域:注塑机、打包机、造纸机等;
- ⑩ 水利工程领域:防洪闸门、河床升降装置等。

三、 液压传动技术的发展

液压传动是根据 17 世纪帕斯卡提出的、根据液体静压力传动原理而发展起来的、在工农业生产中广为应用的一门技术。从 18 世纪末英国制成世界上第一台水压机算起,液压传动技术已有几百年的历史,但直到第二次世界大战期间,由于战争需要,液压传动机构出现在各种军事武器中,如坦克、雷达等装备。战争结束后,液压传动技术迅速转向民用工业的各种自动生产线,液压传动技术也在不断创新。液压传动技术已成为工业机械、工程建筑机械及国防尖端产品等不可缺少的重要技术。

如今,液压传动技术水平的高低已成为一个国家工业发展水平的重要标志。我国的液压技术最初应用于机床和锻压设备,后来又用于拖拉机和工程机械上。当前液压技术正向迅速、高压、大功率、高效、低噪声、经久耐用、高度集成化、小型化与轻量化、一体化和执行件柔性化等方向发展。由于与微电子技术密切配合,能在尽可能小的空间内传递尽可能大的功率并加以准确的控制,更使得它在各行各业中发挥出了巨大作用。近年来,世界科学技术不断迅速发展,各部门对液压传动提出了更高的要求。液压传动与电子技术配合在一起,广泛应用于智能机器人、海洋开发、宇宙航行、地震预测及各种电液伺服系统,使液压传动的应用提高到一个崭新的高度。

【任务实施】

平面磨床工作台采用了液压泵和双活塞杆液压缸组成的液压传动系统。工作台的纵向运动由安装在拖板上液压缸的活塞杆来回运动,牵引着工作台往复运动。平面磨床工作台

用液压传动的直线运动远比机械传动结构简单，且重量轻，体积小，运动惯性小，反应速度快，运动平稳，生产效率高，劳动强度低，零件使用寿命长，易于实现过载保护，便于实现自动化等；但其技术要求、加工成本和密封性能都要求较高，加工和安装比较困难，油液易污染，不宜远距离输送等。

项目练习

- (1) 什么是液压传动？液压传动的工作原理是什么？
- (2) 液压传动系统由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
- (3) 液压系统图如何绘制？
- (4) 液压传动有什么特点？
- (5) 压水井抽水的原理是什么？
- (6) 举例说明你所见到的液压传动的实际应用。

项目二

液压传动原理

【项目目标】

掌握工作介质的特性和选择、了解液压油液的污染及其控制。掌握静力学基本方程、压力的表示方法和单位，掌握帕斯卡原理、连续性方程、伯努利方程和动量方程的应用，熟悉液体流态及雷诺数、压力损失、孔口和缝隙液流的计算，理解气穴现象和液压冲击产生的原因、危害和防止措施。

任务一 液压油认知

【任务要求】

液压油是液压传动的常用工作介质，是液压系统中的“血液”，要求了解液压油的主要性质、选用方法、污染及控制措施。

【知识链接】

一、 液压油的作用

- (1) 传递运动和动力；
- (2) 冷却系统；
- (3) 防锈和润滑；
- (4) 冲洗带走污染物；
- (5) 黏性能防止泄漏。

二、 液压油应具有的性能

不同的工作机械、不同的使用情况对液压传动工作介质的要求有很大的不同。为了很好地传递运动和动力，液压传动工作介质应具备如下性能：

- (1) 合适的黏度，较好的黏温特性；
- (2) 润滑性能好；
- (3) 腐蚀性小，防锈性好；
- (4) 对金属和密封件有良好的相容性；
- (5) 对热、氧化、水解和剪切都有良好的稳定性；
- (6) 抗泡沫性好，抗乳化性好；
- (7) 质地纯净，杂质少；
- (8) 体积膨胀系数小，比热容大；

- (9) 凝固点低，闪点（可燃性液体表面上的蒸气和周围空气的混合物与火接触，初次出现蓝色闪光时的最低温度）和燃点高；
- (10) 无毒性，污染小，成本低。

三、 液压油的种类

一般液压系统对液压油的工作要求应满足以上要求中的几项，但不可能完全相符合。国际标准化组织（ISO），把液压油分为三大类：石油基液压油、含水液压油和合成液压油，具体如表 2.1 所列。目前，90％以上的液压设备采用的是石油基液压油。

表 2.1 液压油的种类

类别	代号	名称	组成	特性
石油基 液压油（矿物油型）	L-HH	无添加剂的石油基 液压油	L-润滑剂，H-液 压油，一种精制矿物油	比全损耗系统用油 L-AN(机械油)质量高， 但稳定性差，易起泡，使用寿命短，液压系统中 不再使用，主要用于机械润滑
	L-HL	普通液压油	HH+抗氧化剂、防 锈剂	能减少机件磨损，降低温升，延长油品使用 寿命，换油期比机械油长一倍以上，用于机 床等中、低压系统中
	L-HM	抗磨液压油	HL+抗磨剂	可满足中、高压液压系统油泵等部件的抗 磨性要求，适用于使用性能要求高的大型中、 高压液压设备
	L-HR	高黏度指数液压油	HL+增黏剂	改善黏温性的液压油，用于环境变化大的 中、低压系统，如数控机床液压系统
	L-HV	低温液压油	HM+增黏剂	有良好的低温特性，适用于-30℃以上， 环境温度变化较大的室外中、高压液压系统
	L-HG	液压导轨油	HM+防爬剂	在低速下防爬效果好，适用于机床液压与导 轨合用的润滑系统或机床液压系统
含水液 压油	L-HFA	水包油乳化液	H-液 压 油，F-防 火 含水量 90％左右，其 余为油和各种添加剂	抗燃液压油，黏度低，润滑性差，泄漏大，易 产生气穴，但冷却效果好，价格便宜，用于有抗 燃要求的低压系统
	L-HFB	油包水乳化液	油 占 60％左右，其 余为水和各种添加剂	性能与矿物油接近，难燃烧，价格便宜，适用 于有抗燃要求的中压系统
	L-HFC	水-乙二醇液	乙 二 醇 占 40％左 右，水 占 50％左右，增 黏剂占 10％左右	黏温特性好，有良好的抗燃性能，低温下黏 度较小，低温启动性好，可在-20℃直接启动 油泵而无需加热，适于中、低压系统
合成液 压油	L-HFDR	磷酸酯液	不含油，易水解	燃点高，抗燃性、润滑性好，能在-30～ 130℃温度范围内工作。但能溶解许多非金属 材料，价格较贵，有一定毒性，对环境有污染， 用于高温、高压液压系统中

如普通液压油 L-HL32，L 表示类别（润滑剂、工业用油和相关产品），HL 等表示介质的品种（具有抗氧化、防锈的精制矿油），数字表示黏度等级代号。

四、 液压油的性质

1. 液压油的密度

液压油的密度：单位体积液体所具有的质量。用公式表示为：

$$\rho = \frac{m}{V}$$

(2-1)

式中 ρ ——液压油的密度，kg/m³；