

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

YEQIYA
CHUANDONG

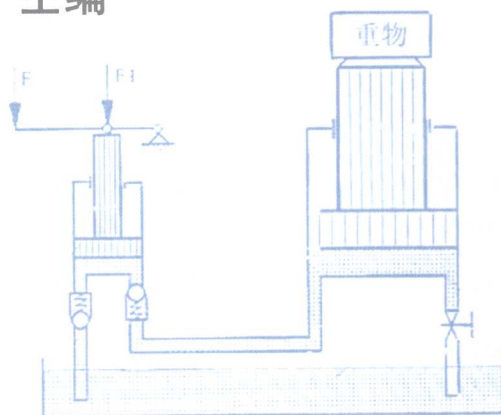
液气压传动

中国机械工业教育协会

组编

全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

戴宽强 主编



“工学结合”新理念
“校企合作”新模式
赠送电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

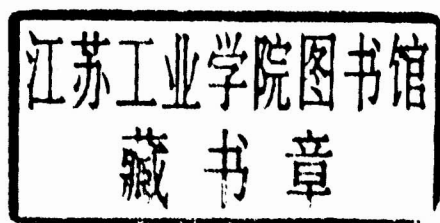
液 气 压 传 动

中国机械工业教育协会

全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会

组编

戴宽强 主编



机械工业出版社

本教材是为适应“工学结合、校企合作”培养模式的要求,根据中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织制定的中等职业教育教学计划教学大纲编写的。本教材主要内容包括:液压传动概述、液压泵和液压缸、液压控制阀和液压系统辅助装置、液压基本回路、典型液压传动系统分析及液压设备常见故障分析、气压传动概述、气压传动元件、气压传动基本回路、典型气压传动系统及常见故障排除等。

本教材配有教学计划教学大纲和电子教案(或课件)。

本教材可供中等职业技术学校、技工学校、职业高中使用。

图书在版编目(CIP)数据

液气压传动/戴宽强主编. —北京:机械工业出版社, 2008.6

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-111-24520-9

I. 液… II. 戴… III. ①液压传动—专业学校—教材②气压传动—专业学校—教材 IV. TH13

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第096269号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:荆宏智 邓振飞 责任编辑:邓振飞

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:马精明 责任印制:杨 曦

北京机工印刷厂印刷(北京樱花印刷厂装订)

2008年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9.25印张·222千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-24520-9

定价:15.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

读者信息反馈表

感谢您购买《液气压传动》一书。为了更好地为您服务，有针对性地为您提供图书信息，方便您选购合适图书，我们希望了解您的需求和对我们教材的意见和建议，愿这小小的表格为我们架起一座沟通的桥梁。

姓名			所在单位名称		
性别			所从事工作（或专业）		
通信地址				邮编	
办公电话			移动电话		
E-mail					
1. 您选择图书时主要考虑的因素：（在相应项前画√） （ ） 出版社 （ ） 内容 （ ） 价格 （ ） 封面设计 （ ） 其他 2. 您选择我们图书的途径（在相应项前画√） （ ） 书目 （ ） 书店 （ ） 网站 （ ） 朋友推介 （ ） 其他					
希望我们与您经常保持联系的方式： ☐ 电子邮件信息 ☐ 定期邮寄书目 ☐ 通过编辑联络 ☐ 定期电话咨询					
您关注（或需要）哪些类图书和教材：					
您对我社图书出版有哪些意见和建议（可从内容、质量、设计、需求等方面谈）：					
您今后是否准备出版相应的教材、图书或专著（请写出出版的专业方向、准备出版的时间、出版社的选择等）：					

非常感谢您能抽出宝贵的时间完成这张调查表的填写并回寄给我们，您的意见和建议一经采纳，我们将有礼品回赠。我们愿以真诚的服务回报您对机械工业出版社技能教育分社的关心和支持。

请联系我们——

地 址 北京市西城区百万庄大街 22 号 机械工业出版社技能教育分社

邮 编 100037

社长电话 (010) 88379080 88379083 68329397（带传真）

E-mail jnfs@mail.machineinfo.gov.cn

中等职业教育机电类专业“十一五”规划教材 编审委员会

主 任 郝广发 季连海

副主任 刘亚琴 周学奎 何阳春 林爱平 李长江 李晓庆
徐 彤 刘大力 张跃英 董桂桥

委 员 (按姓氏笔画排序)

于 平	王 军	王兆山	王沪均	王德意	方院生
付志达	许炳鑫	杜德胜	李 涛	杨柳青	(常务)
杨耀双	何秉戌	谷希成	张 莉	张正明	周庆礼
孟广斌	赵杰士	郝晶卉	荆宏智	(常务)	姜方辉
贾恒旦	奚 蒙	徐卫东	章振周	梁文侠	喻勋良
曾燕燕	蒙俊健	戴成增			

策划组 荆宏智 徐 彤 何月秋 王英杰

《液气压传动》编审人员

主 编 戴宽强

参 编 蔡微波 徐 琳 魏 倩 李超容

审 者 石 琳

序

为贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》精神，落实文件中提出的中等职业学校实行“工学结合、校企合作”的新教学模式，满足中等职业学校、技工学校和职业高中技能型人才培养的要求，更好地适应企业的需要，为振兴装备制造业提供服务，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会共同聘请有关行业专家制定了中等职业学校6个专业10个工种新的教学计划、大纲，并据此组织编写了这6个专业的“十一五”规划教材。

这套新模式的教材共近70个品种。为体现行业领先的策略，编出特色，扩大本套教材的影响，方便教师和学生使用，并逐步形成品牌效应，我们在进行了充分调研后，才会同行业专家制定了这6个专业的教学计划，提出了教材的编写思路和要求。共有22个省（市、自治区）的近40所学校的专家参加了教学计划大纲的制定和教材的编写工作。

本套教材的编写贯彻了“以学生为根本，以就业为导向，以标准为尺度，以技能为核心”的理念，以及“实用、够用、好用”的原则。本套教材具有以下特色：

1. 教学计划大纲、教材、电子教案（或课件）齐全，大部分教材还有配套的习题集和习题解答。

2. 从公共基础课、专业基础课，到专业课、技能课全面规划，配套进行编写。

3. 按“工学结合、校企合作”的新教学模式重新制定了教学计划大纲，在专业技能课教材的编写时也进行了充分考虑，还编写了第三学年使用的《企业生产实习指导》。

4. 为满足不同地区、不同模式的教学需求，本套教材的部分科目采用了“任务驱动”形式和传统编写方式分别进行编写，以方便大家选择使用；考虑到不同学校对软件的不同要求，对于《模具CAD/CAM》课程，我们选用三种常用软件各编写了一本教材，以供大家选择使用。

5. 贯彻了“实用、够用、好用”的原则，突出“实用”，满足“够用”，一切为了“好用”。教材每单元中均有教学目标、课题小结、复习思考题或技能练习题，对内容不做过高的难度要求，关键是使学生学到干活的真本领。

本套教材的编写工作得到了许多学校领导的重视和大力支持以及各位老师的热烈响应，许多学校对教学计划大纲提出了很多建设性的意见和建议，并主动推荐教学骨干承担教材的编写任务，为编好教材提供了良好的技术保证，在此对各个学校的支持表示感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免存在某些缺点或不足，敬请读者批评指正。

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

前 言

《液气压传动》是中等职业学校机电类专业的技术基础课程之一。根据社会对机电专业人才的需要,结合我们的教学实践经验,按照中等职业教育教学改革的形势和任务,以“素质教育为基础,能力为本位”的教学指导思想,本着“促职业教育改革,助技能人才培养”的宗旨,我们特编写了本教材。在教材的编写过程中,贯彻了“简明、实用、够用”的原则,反映了新知识、新技术、新工艺和新方法,体现了科学性、实用性、代表性和先进性,正确处理了理论知识与技能的关系。同时,通过对原有教材进行评价,针对其不足在编写过程中进行了改进,以充分反映学校的实际需要。新教材的价值在于兼顾了学生学习真本事与达到职业技能鉴定考试两种要求。本教材具有以下特色:

1. 在每章节内容的编写体系上,一切从学习培养目标出发,在每章开始前提出了“教学目标、教学重点、教学难点”,每章最后归纳出“本章小结”,并附有“复习思考题”,便于学生掌握重点知识。
2. 在教材内容的处理上,以注重实用为主,拓宽知识面,紧密结合生产实践,由浅入深,依次介绍,力求条理清晰,删除不必要的理论和推导,便于教师组织教学和学生自修。
3. 本书既可作为中等职业学校的教材,又可作为在职职工岗位培训和自学用书,也可作为各级各类学校机电类及相关专业教学的参考用书,兼顾不同学员和不同地区,有很好的适应性。

本书的具体编写分工如下:绪论、第一章由蔡微波编写,第二章、第四章由戴宽强编写,第三章由徐琳编写,第五章由魏倩编写,第六、七、八、九章由李超容编写。全书由戴宽强主编,石琳审稿。

由于时间仓促和编者水平有限,书中难免存在缺点或错误,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

序	
前言	
绪论	1

上篇 液压传动

第一章 液压传动概述	3
第一节 液压传动原理及其系统组成	3
第二节 液压油的物理性质及选用	6
第三节 液压传动系统的压力和流量	9
第四节 液压传动的压力、流量损失和功率计算	13
第五节 液压冲击和气穴现象	15
本章小结	16
复习思考题	16
第二章 液压泵和液压缸	18
第一节 液压泵	18
第二节 液压缸	27
本章小结	32
复习思考题	32
第三章 液压控制阀和液压系统辅助装置	34
第一节 方向控制阀	34
第二节 压力控制阀	40
第三节 流量控制阀	46
第四节 比例阀、插装阀和叠加阀	51
第五节 液压系统辅助装置简介	55
本章小结	62
复习思考题	62
第四章 液压系统基本回路	64
第一节 方向控制回路	64
第二节 压力控制回路	65
第三节 速度控制回路	68
第四节 多缸顺序动作控制回路	72
第五节 同步动作及多缸工作互不干扰回路	74
本章小结	76

复习思考题	77
第五章 典型液压传动系统分析及液压设备常见故障分析	79
第一节 组合机床动力滑台液压系统	79
第二节 液压机液压系统	83
第三节 数控机床液压系统	86
第四节 液压系统常见的故障及排除方法	88
本章小结	90
复习思考题	90

下篇 气压传动

第六章 气压传动概述	92
第一节 气压传动系统的工作原理及组成	92
第二节 气压传动技术的应用及特点	94
第三节 空气的主要性质	95
本章小结	96
复习思考题	97
第七章 气压传动元件	98
第一节 动力元件及气动辅助元件	98
第二节 执行元件	102
第三节 压力控制阀	104
第四节 方向控制阀	106
第五节 流量控制阀	110
第六节 逻辑元件	111
本章小结	113
复习思考题	113
第八章 气压传动基本回路	114
第一节 压力、换向、速度控制回路	114
第二节 其他常用气压传动回路	117
本章小结	119
复习思考题	119
第九章 典型气压传动系统及常见故障排除	120
第一节 气压传动系统图的识读	120
第二节 典型气压传动系统	120

第三节 气压传动系统及主要元件的常见
故障和排除方法 123

本章小结 126

复习思考题 126

附录 常用液压及气动元（辅）件图形
符号 128

参考文献 136

绪 论

液压与气压传动是以流体（如液压油或压缩空气）为工作介质，利用流体的压力能进行能量传递和控制的一种传动形式。液压传动所采用的工作介质为液压油或其他合成液体，气压传动所采用的工作介质为压缩空气。

液压传动相对于机械传动来说，它是一门新学科，从 17 世纪中叶帕斯卡提出静压传动原理，18 世纪末英国制成第一台水压机算起，液压传动已有二三百年的历史，由于早期技术水平和生产需求的不足，液压传动技术没有得到普遍的应用。随着科学技术的不断发展，对传动技术的要求越来越高，液压传动技术自身也在不断发展，液压与气压传动技术在工业生产的各个部门均得到了广泛应用。例如，工程机械（挖掘机）、矿山机械、压力机械（压力机）和航空工业中大量采用液压传动，机床上的传动系统也普遍采用液压传动；而在电子工业、包装机械、印染机械、食品机械等方面对气压传动的应用比较普遍。

近年来，随着机电一体化技术的不断发展，液压与气动技术开始向更广阔的领域渗透。它已成为实现工业自动化的一种重要手段，而且具有更为广阔的发展前景。液压技术正向高压、高速、大功率、高效、低噪声、高性能、高度集成化、模块化、智能化的方向发展。同时，新型液压元件和液压系统的计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助测试（CAT）、计算机直接控制（DDC）、计算机实时控制技术、机电一体化技术、计算机仿真和优化设计技术、可靠性技术，以及污染控制技术等方面也是当前液压传动及控制技术发展和研究的方向。气压传动技术在科技飞速发展的当今世界发展更加迅速，随着工业的发展，应用领域已从汽车、采矿、钢铁、机械工业等行业迅速扩展到化工、轻工、食品、军事工业等各行各业，已发展成包含传动、控制与检测在内的自动化技术。由于工业自动化技术的发展，气动控制技术以提高系统可靠性、降低总成本为目标，研究和开发系统控制技术和机、电、液、气综合技术。气动元件当前发展的特点和研究方向主要是节能化、小型化、轻量化、位置化控制的高精度化，以及与电子学相结合的综合控制技术。

对于从事机械加工、机械维修以及机械操作的技术工人来说，了解和掌握基本的液压与气压传动技术，具备一定的理论知识和操作技能，在工作中能对机械设备进行调试、维护和检修，就是我们学习这门课程的目的。

《液气压传动》是一门重要的技术基础课，本书的主要内容有：

（1）液压与气压传动的基本知识 主要讲述液压与气压传动的基本工作原理、系统的基本组成，流量、压力、功率的有关计算等基础知识，以及对液压油的要求及选用等。

（2）液压与气压传动元件 讲述常用液压与气压传动元件的功能、作用、特点以及使用场合。

（3）液压与气压传动系统的基本回路 通过对液压与气压传动系统中的基本回路进行分析，熟悉和掌握基本回路的结构组成、工作原理和功能，为设计和使用液压与气压传动系统和分析系统故障奠定必要的基础。

（4）液压与气压传动应用举例 通过实例分别介绍液压与气压系统的具体应用，加深理

解各种元件在系统中的功用和各种基本回路的合理组成，进而学会阅读和分析液压与气压系统的方法和步骤。

(5) 液压与气压设备常见故障分析 介绍液压与气压设备常见故障以及故障的分析和排除方法。

学习过程中，除了要掌握基本的概念、基础理论和基本计算方法，以及基本回路的分析外，还应注意理论与实践相结合，注重实习、实验等环节。通过到生产现场进行教学和实习，进一步加深对基本理论的理解，逐步培养学生灵活运用所学知识去分析和解决问题的能力。要求学习后掌握液压传动中常用液气压元件的原理与结构，液气压系统的基本构成、基本原理，液气压系统常见回路的分析方法；能读懂常见的液气压传动系统图，并能对故障进行分析。

上篇 液压传动

第一章 液压传动概述

- 教学目标**
1. 掌握液压传动的基本原理及液压系统的组成。
 2. 掌握静压传动原理和连续性原理。
 3. 了解液压油的种类和性质并能正确选择液压油。
 4. 了解压力损失和流量损失对液压系统的影响。
 5. 了解冲击现象和气穴原理以及它们的危害及防止措施。
- 教学重点**
1. 液压传动系统的工作原理。
 2. 静压传动原理和连续性原理。
 3. 压力、流量和流速的计算。
- 教学难点** 静压传动原理和连续性原理。

第一节 液压传动原理及其系统组成

液压传动是以液体（通常是油液）作为工作介质，利用液体压力来传递动力和进行控制的一种传动方式。它通过液压泵，将电动机的机械能转换为压力能，又通过管路、控制阀等元件，经执行元件（如液压缸或液压马达）将液体的压力能转换成机械能，以驱动负载。

一、液压传动原理

图 1-1 为液压千斤顶的工作原理图。液压千斤顶主要由手动柱塞液压泵（杠杆 1、泵体 2、活塞 3）和液压缸（活塞 11、缸体 12）两大部分构成。大、小活塞与缸体、泵体的接触面之间具有良好的配合，既能保证活塞顺利移动，又能形成可靠的密封。液压千斤顶的工作过程如下：

工作时，关闭放油阀 8，作用力 F 向上提起杠杆 1，活塞 3 被带动上移，见图 1-1b，泵体油腔 4 的工作容积逐渐增大，由于单向阀 7 受油腔 10 中油液的作用力而关闭，油腔 4 形成真空，油箱 6 中的油液在大气压力的作用下，推开单向阀 5 的钢球，进入并充满油腔 4。作用力向下压杠杆 1，活塞 3 被带动下移，见图 1-1c，泵体油腔 4 的工作容积减小，其内的油液在外力的挤压作用下压力增大，迫使单向阀 5 关闭，而单向阀 7 的钢球被推开，油液经油管 9 进入缸体油腔 10，缸体油腔的工作容积增大，推动活塞 11 连同重物 G 一起上升。反复提、压杠杆，就能不断从油箱吸入油液并压入缸体油腔 10，使活塞 11 和重物不断上升，从而达到起重的作用。提、压杠杆的速度越快，单位时间内压入缸体油腔 10 的油液越多，

重物上升的速度越快；重物越重，下压杠杆所需的力就越大。停止提、压杠杆，单向阀 7 被关闭，缸体油腔中的油液被封闭，此时，重物保持在某一位置不动。

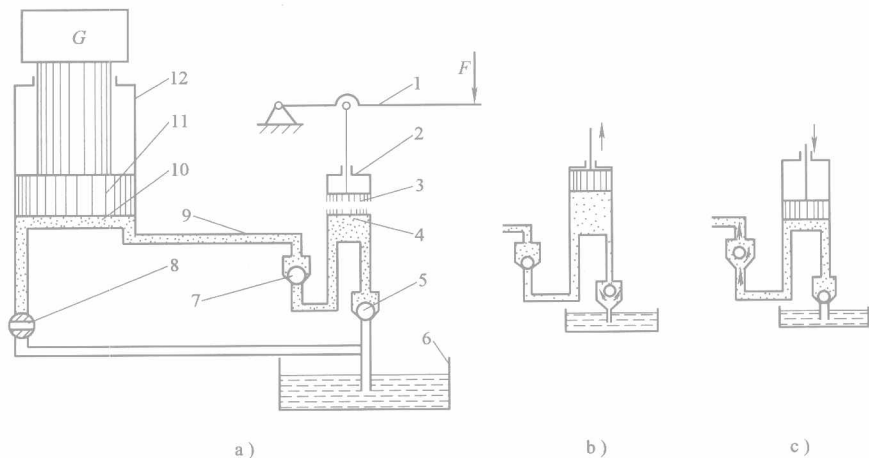


图 1-1 液压千斤顶的工作原理

a) 工作原理图 b) 泵的吸油过程 c) 泵的压油过程
1—杠杆 2—泵体 3、11—活塞 4、10—油腔 5、7—单向阀
6—油箱 8—放油阀 9—油管 12—缸体

如果将放油阀 8 旋转 90° ，缸体油腔直接连通油箱，油腔 10 中的油液在重物的作用下流回油箱，活塞 11 下降并回复到原位。

从上面这个简单的例子中可以看出，液压传动的工作原理是：液压传动是以液体作为工作介质，通过密封容积的变化来传递运动；通过液体的内部压力能来传递动力。

二、液压传动系统的组成

液压传动系统除工作介质油液外，一般由以下四个部分组成：

(1) 动力部分 将机械能转换为油液压力能（液压能）的装置。能量转换元件为液压泵，在液压千斤顶中为手动柱塞泵。

(2) 执行部分 将油液的液压能转换成机械能的装置。执行元件有液压缸和液压马达，在液压千斤顶中为液压缸。

(3) 控制部分 用来控制和调节油液的压力、流量和流动方向。控制元件有各种压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀等，在液压千斤顶中为放油阀、单向阀。

(4) 辅助部分 将前面三部分连接在一起，组成一个系统，起储油、过滤、测量和密封等作用，保证系统正常地工作。辅助元件有管路和接头、油箱、过滤器、蓄能器、密封件和控制仪表等，在液压千斤顶中为油管、油箱。

图 1-2a 所示为一简化了的机床工作台液压传动系统。其动力部分为液压泵 3；执行部分为双活塞杆液压缸 6；控制部分有人力控制（手动）三位四通换向阀 7、节流阀 8、溢流阀 9；辅助部分包括油箱 1、过滤器 2、压力计 4 和管路等。

液压泵由电动机驱动进行工作，油箱中的油液经过过滤器被吸入液压泵，并经液压泵向系统输出。油液经节流阀、换向阀的 P—A 通道（换向阀的阀芯在图 1-2a 的左边位置）进入液压缸的右腔，推动活塞连同工作台 5 向左运动，液压缸左腔的油液则经换向阀的 B—T

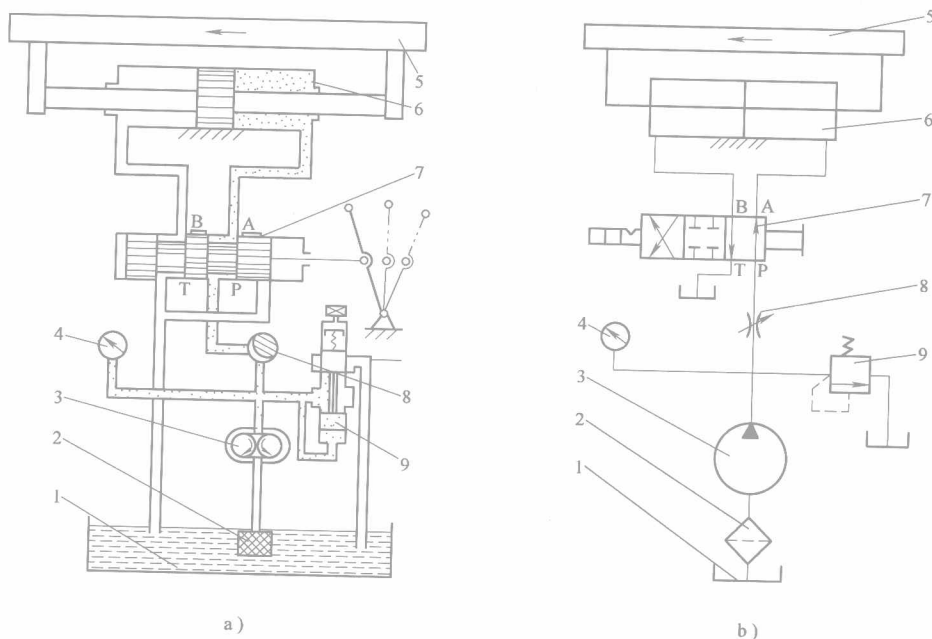


图 1-2 往复运动工作台液压传动系统

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

通道流回油箱。改变节流阀开口的大小以调节油液的流量，从而调节液压缸连同工作台的运动速度。由于节流阀开口较小，在开口前后油液存在压力差，当系统压力达到某一数值时，溢流阀被打开，使系统中多余的油液经溢流阀开口流回油箱。当换向阀的阀芯移至右边位置时，来自液压泵的液压油经换向阀的 P—B 通道进入液压缸的左腔，推动活塞连同工作台向右运动，液压缸右腔的油液则经换向阀的 A—T 通道流回油箱。

当换向阀的阀芯处于中间位置时，换向阀的进、回油口全被堵死，使液压缸两液腔既不进油也不回油，活塞停止运动。此时，液压泵输出的压力油液全部经过溢流阀流回油箱，即在液压泵继续工作的情况下，也可以使工作台停止在任意位置。

三、液压元件的图形符号

图 1-1 和图 1-2a 所示的液压千斤顶和机床工作台液压系统结构原理图具有直观性强，容易理解的特点，但绘制较复杂，特别是系统中元件较多时，绘制更为困难。如果采用图形符号来代表各液压元件，绘制液压系统原理图更方便且清晰。图 1-2b 就是用图形符号绘制的机床工作台液压系统图。图中的图形符号只表示元件的功能、操作（控制）方法及外部连接口，不表示元件的具体结构和参数以及连接口的实际位置和元件的安装位置。GB/T 786.1—1993《液压气动图形符号》对液压及气动元（辅）件的图形符号作了具体规定。常用液压元件及液压系统其他有关装置或元件的图形符号见附录。

四、液压传动的优缺点

1) 与机械传动、电气传动相比，液压传动具有以下优点：

- ① 液压传动的各种元件可根据需要方便、灵活地来布置。
- ② 重量轻、体积小、运动惯性小、反应速度快。

- ③ 液压元件操纵控制方便, 可实现大范围的无级调速 (调速范围达 2000:1)。
- ④ 出现故障时, 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, 设备使用寿命长。
- ⑥ 很容易实现直线运动。
- ⑦ 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。

2) 液压传动的主要缺点:

- ① 由于液体流动的阻力损失和泄漏较大, 所以效率较低。泄漏不仅污染场地, 而且还可能引起火灾事故。
- ② 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, 因而价格较高。
- ④ 受液体介质的泄漏及可压缩性的影响, 不能得到严格的定比传动。液压传动出现故障时不易找出原因; 使用和维修时要求技术人员具有较高的技术水平。

五、液压传动在机械工业中的应用

机械工业各部门使用液压传动的所取各不相同, 有的是利用它在传递动力上的长处, 如工程机械、压力机械和航空工业采用液压传动的主要原因是取其结构简单、体积小、重量轻、输出功率大; 有的是利用它在操纵控制上的优点, 如机床上采用液压传动是取其能在工作过程中实现无级变速、易于实现频繁的换向、易于实现自动化等。此外, 不同精度要求的机床也会选用不同控制形式的液压传动装置。通常机床上常用于:

(1) 主运动和进给运动传动装置 磨床砂轮架和工作台的进给运动大部分采用液压传动; 车床、转塔车床、自动车床的刀架或转塔刀架, 铣床、刨床、组合机床的工作台等的进给运动也都有可以采用液压传动, 可实现快、慢速移动、间歇移动和无级调速。

(2) 仿形装置 车床、铣床、刨床上的仿形加工可以采用液压伺服系统来完成, 其精度可达 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 。

(3) 辅助装置 机床上的辅助装置包括夹紧装置、齿轮箱变速操纵装置、丝杠螺母间隙消除装置、垂直移动部件平衡装置、分度装置、工件和刀具装卸装置、工件输送装置等, 这些装置采用液压传动后, 有利于简化机床结构, 提高机床自动化程度。

(4) 静压支承 重型机床、高速机床、高精度机床的轴承、导轨、丝杠螺母机构等处采用液压静压支承后, 可以提高工作平稳性和运动精度。

第二节 液压油的物理性质及选用

液压传动系统的工作介质是液体, 最常用的是液压油。在液压技术不断发展、各种系统对液压介质的要求越来越多的情况下, 了解液压介质的性质, 如何正确选用液压油就显得尤为重要。

一、液压油的物理性质

(1) 可压缩性 液体受压力作用而发生体积减小的性质称为液体的可压缩性。一般情况下, 油液的可压缩性可以忽略不计, 但在精确计算时, 尤其在考虑系统的动态过程时, 油液的可压缩性是一个很重要的影响因素。液压传动用油的可压缩性比钢的可压缩性约大 $100 \sim$

150 倍。当油液中混入空气时，其可压缩性将显著增加，使液压系统产生噪声，降低系统的传动刚性和工作可靠性。

(2) 粘度 液体在外力作用下流动时，液体分子间的内聚力要阻止分子相对运动而产生一种内摩擦力，这种现象叫做液体的粘性。表示粘性大小程度的物理量称为粘度。

液体的粘度随液体的压力和温度而变，对液压油液来说，压力增大时，粘度也会增大，但在一般液压系统使用的压力范围内，增大的数值很小，可以忽略不计。液压油粘度对温度的变化十分敏感，温度升高，粘度会下降。

液压传动工作介质除具有可压缩和粘性外，还具有其他性质，如稳定性（热稳定性、氧化稳定性、水解稳定性、剪切稳定性等）、抗泡沫性、抗乳化性、防锈性、润滑性以及相容性（对所接触的金属、密封材料、涂料等作用程度）等，它们对工作介质的选择和使用都有一定的影响。这些性质需要在精炼的矿物油中加入各种添加剂来获得。

二、液压油液的选择和使用

1. 对液压传动工作介质的要求

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；为了保证有效地传递运动和动力，液压传动工作介质应具备如下性能：

- 1) 合适的粘度，较好的粘温特性。
- 2) 润滑性能良好。
- 3) 质地纯净，杂质少。
- 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，腐蚀性小，防锈性好。
- 7) 体膨胀系数小，比热容大。
- 8) 流动点和凝固点低，闪点（明火能使油面上油蒸气闪燃，但油本身不燃烧时的温度）和燃点高。
- 9) 对人体无害，成本低。

对轧钢机、压铸机、挤压机和飞机等液压系统来说，液压传动工作介质还应满足耐高温、热稳定性强、无腐蚀性、无毒、不挥发等要求。

2. 工作介质的分类和选择

(1) 分类 液压系统的工作介质种类很多，主要有矿油型、合成型、乳化型三类。矿油型液压油是以全损耗系统用油为原料，精炼后按需要加入适当添加剂而成。这类液压油润滑性能和防锈性能好，粘度等级范围宽。目前有 90% 以上的液压系统采用矿油型液压油作为工作介质，但其抗燃性较差。

在一些高温、易燃、易爆的工作场合，为了安全起见，应该在系统中使用合成型和乳化型工作介质。其中，合成型液压油主要有水-乙二醇液、磷酸酯液和硅油等；乳化型液压油分为水包油乳化液（L-HFA）和油包水乳化液（L-HFB）两大类。液压系统工作介质的品种以其代号和后面的数字组成，代号为 L 是石油产品的总分类号，H 表示液压系统用的工作介质，数字表示该工作介质的粘度等级。

(2) 工作介质的选用原则 选择液压系统的工作介质一般需考虑以下几点：

- 1) 液压系统的工作条件。

- 2) 液压系统的工作环境。
- 3) 综合经济分析。

表 1-1 为液压油的主要品种及其特性和用途。

表 1-1 液压油的主要品种及其特性和用途

分类	名称	ISO 代号	主 要 用 途
矿 油 型	普通液压油	L-HL	适用与 7 ~ 14MPa 的液压系统及精密机床液压系统（环境温度为 0℃ 以上）
	抗磨液压油	L-HM	适用于低、中、高压系统，特别适用于有防磨要求并带叶片泵的液压系统
	低温液压油	L-HV	适用于 - 25℃ 以上的高压、高速工程机械、农业机械和车辆的液压系统（加降凝剂等，可在 - 20 ~ - 40℃ 下工作）
	高粘度指数液压油	L-HR	用于数控精密机床的液压系统和伺服系统
	液压导轨油	L-HG	适用于导轨和液压系统共用一种油品的机床，对导轨有良好的润滑性和防爬性
	全损耗系统用油	L-HH	浅度精制矿油，抗氧化性、抗泡沫性较差。主要用于机械润滑，可做液压代用油，用于要求不高的低压系统
	汽轮机油	L-TSA	浅度精制矿油加添加剂，改善抗氧化、抗泡沫等性能。为汽轮机专用油，可做液压代用油，用于要求不高的低压系统
	其他液压油	—	加入多种添加剂，用于高品质的液压系统
乳 化 型	水包油乳化液	L-HFA	又称高水基液，特点是难燃、温度特性好，有一定的防锈能力，润滑性差，易泄漏，适用于有抗燃要求、油液用量大且泄漏严重的系统
	油包水乳化液	L-HFB	既具有矿油型液压油的抗磨、防锈性能，又具有抗燃性，适用于有抗燃要求的中低压系统
合 成 型	水-乙二醇液	L-HFC	难燃、粘温特性和抗蚀性好，能在 - 30 ~ - 60℃ 温度下使用，适用于有抗燃要求的中低压系统
	磷酸酯液	L-HFDR	难燃，润滑抗磨性能和抗氧化性能良好，能在 - 54 ~ 135℃ 温度范围内使用；缺点是有毒，适用于有抗燃要求的高压精密液压系统

3. 液压系统的污染控制

工作介质被污染是液压系统发生故障的主要原因。它严重影响液压系统的可靠性及液压元件的寿命，因此工作介质的正确使用、管理以及污染控制，是提高液压系统的可靠性及延长液压元件使用寿命的重要手段。

- 1) 污染的根源：进入工作介质的固体污染物有四个根源：已被污染的新油、残留污染、侵入污染和内部生成污染。
- 2) 污染的危害：液压系统的故障 75% 以上是由工作介质污染物造成的。
- 3) 污染的测定：污染度测定方法有测重法和颗粒计数法两种。
- 4) 污染度的等级：我国制定的国家标准 GB/T 14039—2002 《液压传动 油液固体颗粒污染等级代号》和目前仍被采用的美国 NAS1638 油液污染度等级。

4. 工作介质的污染控制

工作介质污染的原因很复杂，工作介质自身又在不断产生污染物，因此要彻底解决工作介质的污染问题是很困难的。为了延长液压元件的寿命，保证液压系统能够可靠地工作，将