

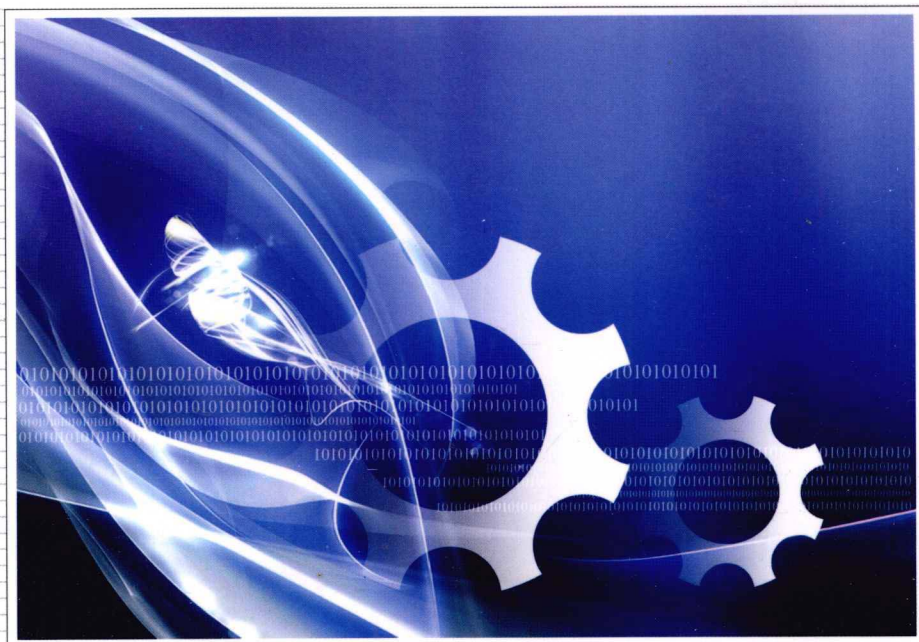


中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

液压与气压传动

yeya yu qiya chuandong

■ 主编 李 军



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

21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

液压与气压传动

主 编 李 军

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

内 容 提 要

本书以液压传动为主,气压传动为辅。主要讲述了液压传动与气压传动的基本原理、特点、使用;液压元件、气动元件、液压辅件、气动辅件的工作原理、特点、基本结构、使用和维护、常见故障及排除;气动系统基本回路及其在典型设备中的应用,以及液压系统及气动系统的基本设计方法。全书共分九章,主要内容包括:液压传动概述、液压控制阀和液压系统辅助装置、液压传动能源元件、液压传动执行元件、液压传动系统基本回路、典型液压传动系统分析和气压传动。书中穿插介绍了一些小锦囊,提高了阅读趣味性,同时扩展了读者的知识面。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/李军主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2581 - 6

I. 液… II. 李… III. ①液压传动 - 专业学校 - 教材
②气压传动 - 专业学校 - 教材 IV. TH137 TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 137378 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 9.25

字 数 / 237 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 15.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

中等职业教育是以培养具有较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育,是职业技术教育的初级阶段。目前,中等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于要求发展中等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,北京理工大学出版社组织编写了《21 世纪中等职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材是中等职业教育课程改革项目研究成果。坚持以能力为本位,以就业为导向,以服务学生职业生涯发展目标的指导思想。主要从以下三个角度切入:

1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚,致力于中等职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成,充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性,使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把就业岗位所需要的知识和实践能力的培养融于一炉。

2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有的中等职业教育教材内容上的“重理论轻实践”、“重原理轻案例”,教学方法上的“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”,考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向,力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学和能力的培养,使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合中等职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式,注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学,吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时,为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的实际,注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入,在培养学生创造能力和自我学习能力的培养基础上,力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想,在本系列教材的内容编写上,我们坚持以下一些原则:

1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上,根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结

构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性,以相关行业和区域经济状况为依托,特别强调面向岗位群体的指向性,淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势,保证学生的岗位适应能力得到训练,使其有较强的择业能力,从而使教材有活力、有质量。

2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时,注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容,但随着社会发展和科技进步,及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”,“人有我精”或“众有我新”,科学预测人才需求远景和人才培养的周期性,以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向,参考发达地区的发展历程,力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快,科技迅猛发展引起技术手段不断更新,用人机制的改革使人才转岗频繁,由此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽,当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力,挖掘了其潜力。

4. 稳定性和灵活性原则

中职职业教育的专业课程都有其内核的稳定性,这种内核主要是体现在其基本理论,基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点,但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式,设置与生产实践相切合的项目,推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则,教材的编写者都是既有一定的教学经验、懂得教学规律,又有较强实践技能的专家,他们分别是:相关学科领域的专家;中等职业教育科研带头人;教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写,将理论性与实践性高度统一,打造精品教材。另外,还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件,以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之,该系列教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果,希望本系列教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

北京理工大学出版社

前 言



“**液**压与气压传动”是机械类及其自动化专业的技术基础课程。通常来讲，一般的机械设备是由动力装置、传动装置、工作执行装置和控制操纵装置组成。传动装置有机械传动、电力传动、液压传动、气压传动和它们的组合等形式。液压传动是与机械传动、电力和气压传动等相并列的一种传动形式，是机械设备设计、使用和维护所必须掌握的技术和知识。让学生掌握液压与气压传动的基础知识，掌握各种液压和气动元件的工作原理、特点、应用和选用方法，熟悉各类液压与气动基本回路的功用、组成和应用场合，了解国内外先进技术成果在机械设备中的应用。

液压传动有许多突出的优点，因此它的应用非常广泛，如一般工业用的塑料加工机械、压力机械、机床等；行走机械中的工程机械、建筑机械、农业机械、汽车等；钢铁工业用的冶金机械、提升装置、轧辊调整装置等；土木水利工程用的防洪闸门及堤坝装置、河床升降装置、桥梁操纵机构等；发电厂涡轮机调速装置、核发电厂等国；船舶用的甲板起重机械（绞车）、船头门、舱壁阀、船尾推进器等；特殊技术用的巨型天线控制装置、测量浮标、升降旋转舞台等；军事工业用的火炮操纵装置、船舶减摇装置、飞行器仿真、飞机起落架的收放装置和方向舵控制装置等。

本书以液压传动为主，气压传动为辅。主要讲述了液压传动与气压传动的基本原理、特点、使用；液压元件、气动元件、液压辅件、气动辅件的工作原理、特点、基本结构、使用和维护、常见故障及排除；气动系统基本回路及其在典型设备中的应用，以及液压系统及气动系统的基本设计方法。全书共分九章，主要内容包括：液压传动概述、液压控制阀和液压系统辅助装置、液压传动能源元件、液压传动执行元件、液压传动系统基本回路、典型液压传动系统分析和气压传动。书中穿插介绍了一些小锦囊，提高阅读趣味性，同时扩展了读者的知识面。

本书面向初学者，循序渐进地教学，理论与实践紧密结合，并突出工程案例和解决工程实际问题。本书注重培养创新精神和开发创造思维，在基本理论的基础上引出新概念、新技术和新成果；力求以完整的元件结构图佐证工作原理，强化元件图形符号的贯彻和熟练掌握；传播高效传动技术；推进机、电、液（机、电、气）一体化技术、液压集成块及集成回路的教学与应用。

编 者

目 录

第一章 液压传动概述.....	1
第一节 液压传动原理及其系统组成.....	1
第二节 液压油的分类及选用.....	4
第三节 液压传动系统的压力和流量.....	6
第四节 液压冲击和气穴现象	12
第二章 液压传动能源元件	14
第一节 液压泵概述	14
第二节 齿轮式液压泵	16
第三节 叶片式液压泵	20
第四节 柱塞式液压泵	25
第五节 液压能源元件的选用	27
第三章 液压传动执行元件	29
第一节 液压电动机	29
第二节 液压缸	33
第四章 液压传动调节与控制元件	41
第一节 方向控制阀	41
第二节 压力控制阀	47
第三节 流量控制阀	53
第四节 比例阀、插装阀和叠加阀	56

第五节 液压系统辅助装置	59
第五章 液压传动系统的基本回路	65
第一节 方向控制回路	65
第二节 压力控制回路	67
第三节 速度控制回路	72
第四节 多执行元件控制回路	81
第六章 典型液压传动系统分析	86
第一节 组合机床液压传动系统分析	86
第二节 液压机液压传动系统分析	89
第三节 人造板热压机液压系统分析	91
第七章 气压传动概述	94
第一节 概 述	94
第二节 气压传动基础知识	95
第八章 气压传动元件	102
第一节 气压传动能源元件和辅助元件	102
第二节 气压传动执行元件	108
第三节 气压传动调节与控制元件	112
第九章 气压传动基本回路	126
第一节 方向控制回路	126
第二节 压力控制回路	127
第三节 速度控制回路	128
第四节 多缸工作回路	129
附 录	131

液压传动概述



本章概述

本章主要介绍了液压传动的基本原理、液压系统的组成,液压油的性质和正确选择方法,静压传动原理和连续性原理、液压系统中压力和流量损失对系统的影响以及液压冲击和气穴现象及危害等内容。通过对液压传动基本原理的分析,了解液压系统中压力的形成和油液流动的规律,掌握液压传动系统中的静压传动原理和连续性原理,了解压力和流量损失、液压冲击和气穴现象的产生原因,以及对液压系统的影响,为随后学习液压元件、液压回路和液压系统打好基础。



教学目标

1. 了解液压油的种类和性质并能正确选择液压油。
2. 了解压力损失和流量损失对液压系统的影响。
3. 了解冲击现象和气穴原理以及它们的危害及防止措施。
4. 掌握液压传动的基本原理及液压系统的组成。
5. 掌握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

液压传动是用液体作为工作介质来传递能量和进行控制的传动方式。它是根据 17 世纪帕斯卡提出的液体静压力传动原理而发展起来的一门技术,在工农业生产中广为应用。如今,流体传动技术水平的高低已成为衡量一个国家工业发展水平的重要标志。

一、液压传动原理

液压传动的基本原理:液压系统利用液压泵将原动机的机械能转换为液体的压力能,通过液体压力能的变化来传递能量,经过各种控制阀和管路的传递,借助于液压执行元件(液压缸或电动机)把液体压力能转换为机械能,从而驱动工作机构,实现直线往复运动和回转运动。其中的液体称为工作介质,一般为矿物油,它的作用和机械传动中的皮带、链条和齿轮等传动

元件相类似。

二、液压传动系统的组成

液压系统主要由:动力元件(油泵)、执行元件(油缸或液压电动机)、控制元件(各种阀)、辅助元件和工作介质等五部分组成。

1. 动力元件(油泵)

它的作用是把液体利用原动机的机械能转换成液压力能;是液压传动中的动力部分。

2. 执行元件(油缸、液压电动机)

它是将液体的液压能转换成机械能。其中,油缸做直线运动,电动机做旋转运动。

3. 控制元件

包括压力阀、流量阀和方向阀等,它们的作用是根据需要无级调节液动机的速度,并对液压系统中工作液体的压力、流量和流向进行调节控制。

4. 辅助元件

除上述三部分以外的其他元件,包括压力表、滤油器、蓄能装置、冷却器、管件各种管接头(扩口式、焊接式、卡套式)、高压球阀、快换接头、软管总成、测压接头、管夹等及油箱等。

5. 工作介质

工作介质是指各类液压传动中的液压油或乳化液,它经过油泵和液动机实现能量转换。



液压元件的符号

GB/T786.1—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。

三、液压传动的优缺点

1. 液压传动的优点

- 质量轻、体积小、运动惯性小、反应速度快;
- 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2 000:1);
- 很容易实现直线运动;
- 液压传动的各种元件可根据需要方便、灵活地来布置;
- 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;
- 出现故障时,可自动实现过载保护;
- 易实现机器的自动化。当采用电液联合控制后,不仅可实现更高层次的自动控制过程,而且可以实现遥控。

2. 液压传动的缺点

- 使用液压传动对维护的要求高,工作油要始终保持清洁;
- 对液压元件制造精度要求高,工艺复杂,成本较高;
- 液压元件维修较复杂,且需有较高的技术水平;
- 液压传动对油温变化较敏感,这会影晌它的工作稳定性,因此液压传动不宜在很高或很低的温度下工作,一般工作温度在 $-15^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 范围内较合适;
- 液压传动在能量转化的过程中,特别是在节流调速系统中,其压力大,流量损失大,故系

统效率较低。

四、液压传动的典型应用

1. 液压千斤顶的工作过程

如图 1-1(a)所示,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 1-1(b),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

1-1(c),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。

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。

2. 机床工作台液压传动系统

图 1-2 所示为简化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 1-2 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 通道流回油箱。改

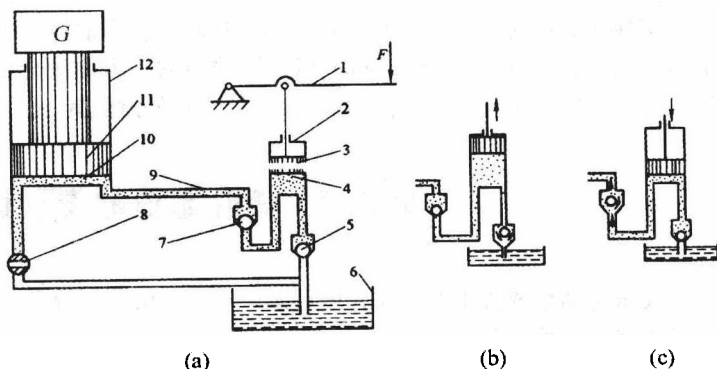


图 1-1 液压千斤顶的工作原理

(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

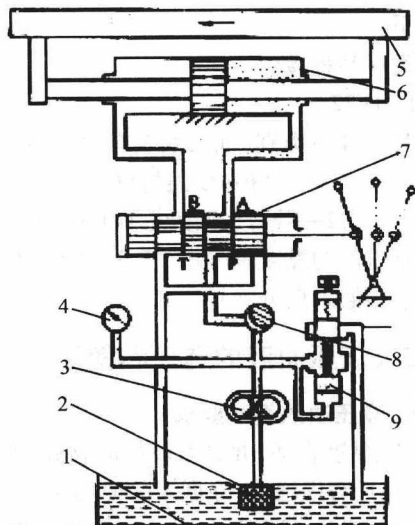


图 1-2 往复运动工作台液压传动系统

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

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。

第二节 液压油的分类及选用

液压传动系统常用的工作介质是液压油。了解液压介质的性质,正确选用液压油对于液压系统来讲至关重要。

一、液压油的分类

液压油的种类繁多,分类方法各异,长期以来,习惯以用途进行分类,也有根据油品类型、化学组分或可燃性分类的。这些分类方法只反映了油品的标注,但缺乏系统性,也难以了解油品间的相互关系和发展。

1982 年 ISO 提出了《润滑剂、工业润滑油和有关产品—第四部分 H 组》分类,即 ISO 6743/4—1982,该系统分类较全面地反映了液压油间的相互关系及其发展。

GB 7631.2—1987 等效采用 ISO 6743/4 的规定。液压油采用统一的命名方式,其一般形式如下:

类—品种 数字

L HV22

其中:L—类别(润滑剂及有关产品,GB7631.1)

HV—品种(低温抗磨)

22—牌号(黏度级,GB3141)

液压油的黏度牌号由 GB 3141 做出了规定,等效采用 ISO 的黏度分类法,以 40℃ 运动黏度的中心值来划分牌号。

二、液压油液的选择和使用

1. 液压油的基本要求

(1) 黏度合适,并具有较好的黏温特性 若液压油黏度太大,则系统的压力损失大,效率降低,并且磨损增加,降低泵的使用寿命。如果液压油的黏度太小,则系统易泄漏,系统的效率也降低。因此,液压油的黏度要选择合理,不要偏大也不要偏小。液压油的黏度会随温度的变化而变化,温度升高时,液压油的黏度下降。

(2) 在工作温度和压力下,具有良好的润滑性、剪切稳定性和一定的油膜强度 液压系统工作时元器件总是要产生摩擦和磨损的,机器停止、启动时,摩擦力较大,启动时摩擦力为最大,易引起磨损。因此,液压油要具有良好的润滑性,对运动部件起到润滑作用,达到减少磨

损、延长使用寿命的目的。在高温、高压、高速的条件下工作的液压系统,更要求液压油要具有良好润滑性,也就是有高的油膜强度,即耐磨性要好。

(3)具有较好的抗氧化性 液压系统工作时具有较高的压力和温度,需要液压油在此条件下不变质老化,不析出沥青、焦油等胶质沉淀,因此液压油要有较好的抗氧化性。

(4)要具有良好的抗泡性 液压油中混有气泡是很有害的,在系统工作时会产生空穴作用,形成冲击波,若这种冲击力和冲击波作用于固体壁面上,就会产生气蚀作用,使元器件损坏。另外,气泡受压会迅速压缩,产生局部高温(据计算,可达几百度以上),将加快油液的热分解、蒸发和氧化,使油液变质、变黑。

2. 液压油的选择

一般说,首先根据泵的种类,确定适用的黏度范围,再具体确定液压油的牌号型号。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
全油型	普通液压油	L-HL	适用于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、高液压系统,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)
	高黏度指数 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、黏温特性和抗蚀性好,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压 系统

3. 液压油的使用

污染程度的测定有条件的情况下,可用各种仪器测试液压油的污染程度;但在生产现场,

往往没有专门的仪器来测试液压油受污染的程度,大多用眼看、鼻闻的方法直接观察液压油的污染程度。一般人的眼睛的能见度为 $40\mu\text{m}$,所以,看上去很脏的油实际上已经污染较为严重了。下表为液压油污染的目测项目及判断、处理措施。

表 1-2 液压油使用

外观颜色	气味	污染情况	处理措施
颜色透明	正常	良好	继续使用
透明	但已变淡	正常	混入别种油液 检查黏度,如符合要求,继续使用
变成乳白色	正常	混入空气和水分	分离水分,部分换油或全部换油
变成黑褐色	有臭味	氧化变质	全部换油
透明有小黑点	正常	混入杂质	过滤后使用或换油
透明而闪光	正常	混入金属粉末	过滤或换油,并检查原因



液压油的抗剪切稳定性

液压油在通过一些阀口、缝隙小孔时,要经受强烈的剪切作用,在此情况下,较大的分子会断裂,变成较小的分子、造成油液的黏度降低,当降低到一定程度时,液压油就不能再用,因此,液压油应具有较好的抗剪切稳定性。

第三节 液压传动系统的压力和流量

一、液压系统中的压力

1. 压力的概念

油液的压力是由油液的自重和油液受到外力作用所产生的。在液压传动中,与油液受到的外力相比,油液的自重一般很小,可忽略不计。以后所说的油液压力主要是指因油液表面受外力(不计入大气压力)作用所产生的压力,即相对压力或表压力。

如图 1-3(a)所示,油液充满于密闭的液压缸左腔,当活塞受到向左的外力 F 作用时,液压缸左腔内的油液(被视为不可压缩)受活塞的作用,处于被挤压状态,同时,油液对活塞有一个反作用力 F_p 而使活塞处于平衡状态。不考虑活塞的自重,则活塞平衡时的受力情形如图 1-3(b)所示。作用于活塞的力有两个,一是外力 F ,另一是油液作用于活塞的力 F_p 。两力大小相等,方向相反,如果活塞的有效作用面积为 A ,油液作用在活塞单位面积上的压力则为 F_p/A ,活塞作用在油液单位面积上的压力为 F/A 。油液单位面积上承受的作用力称为压强,在工程上习惯称为压力,用符号 p 表示,即

$$p = \frac{F}{A} \quad (1-1)$$

式中 p ——油液的压力(Pa);
 F ——作用在油液表面的外力(N);
 A ——油液表面的承压面积,即活塞的有效作用面积(m^2)。

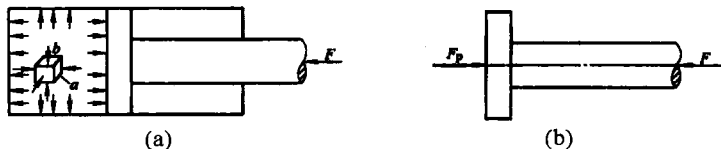


图 1-3 油液压力的形成

压力的国际计量单位是 Pa(帕, N/m^2), 还有非国际计量单位, 各种压力单位之间的换算关系如下:

$$1\text{Pa}(\text{帕}) = 1\text{N}/\text{m}^2$$

$$1\text{at}(\text{工程大气压}) = 1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 9.8 \times 10^4 \text{N}/\text{m}^2$$

$$1\text{mH}_2\text{O}(\text{米水柱}) = 9.8 \times 10^3 \text{N}/\text{m}^2$$

$$1\text{mmHg}(\text{毫米汞柱}) = 1.33 \times 10^2 \text{N}/\text{m}^2$$

液压传动的压力分级见表 1-3。

表 1-3 液压传动的压力分级

MPa

压力分级	低压	中压	中高压	高压	超高压
压力范围	≤ 2.5	$> 2.5 \sim 8.0$	$> 8.0 \sim 16.0$	$> 16.0 \sim 32.0$	> 32.0

2. 静压传递原理

静压传递原理, 又称为帕斯卡原理, 它是指在密闭容器中的静止液体, 当一处受到压力作用时, 这个压力将通过液体传到连通器的任一点上, 而且其压力值处处相等。液压千斤顶就是利用这个原理工作的。

如图 1-4 所示, 当柱塞泵活塞 1 受到外力 F_1 作用(液压千斤顶压油)时, 柱塞泵油腔 5 中油液产生的压力为

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

此压力通过油液传递到液压缸油腔 3, 即油腔 3 中的油液以 p_2 ($p_2 = p_1$) 垂直作用于液压缸活塞 2, 活塞 2 上受到作用力 F_2 , 且有

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (1-2)$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad (1-3)$$

式中 F_1 ——作用在活塞 1 上的力(N);

F_2 ——作用在活塞 2 上的力(N);

A_1 、 A_2 ——活塞 1、2 的有效作用面积(m^2)。

上式表明, 活塞 2 上所受液压作用力 F_2 与活塞 2 的有效作用面积 A_2 成正比。如果 A_2 远

大于 A_1 , 则只要在柱塞泵活塞 1 上作用一个很小的力 F_1 , 便能获得很大的力 F_2 , 用以推动重物。这就是液压千斤顶在人力作用下能顶起很重物体的道理。

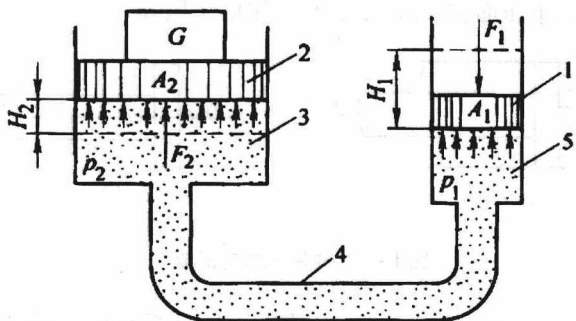


图 1-4 液压千斤顶的压油过程

1—柱塞泵活塞;2—液压缸活塞;3—液压缸油腔
4—管路;5—柱塞泵油腔

例 1-1 如图 1-4 所示, 已知柱塞泵活塞 1 的面积 $A_1 = 1.13 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, 液压缸活塞 2 的面积 $A_2 = 9.6 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, 作用在活塞 1 上的力 $F_1 = 5.78 \times 10^3 \text{ N}$ 。试问柱塞泵油腔 5 内的油液压力 p_1 为多大? 液压缸能顶起多重的重物?

解: (1) 油腔 5 内油液的压力

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{5.78 \times 10^3}{1.13 \times 10^{-4}} \text{ Pa} = 5.115 \times 10^7 \text{ Pa} = 51.15 \text{ MPa}$$

(2) 活塞 2 向上的推力即作用在活塞 2 上的液压作用力

$$F_2 = p_1 A_2 = 5.115 \times 10^7 \times 9.62 \times 10^{-4} \text{ N} = 4.92 \times 10^4 \text{ N}$$

(3) 能顶起重物的质量

$$G = F_2 = 4.92 \times 10^4 \text{ N}$$

3. 液压传动的压力损失

由于油液具有黏性, 在油液流动时, 油液的分子之间、油液与管壁之间的摩擦和碰撞会产生阻力, 这种阻碍油液流动的阻力称为液阻。液压传动系统存在着液阻, 油液流动时会引起能量损失, 主要表现为压力损失。如图 1-5 所示, 油液从 A 处流到 B 处, 中间经过较长的直管路、弯曲管路、各种阀孔和管路截面的突变等, 由于液阻的影响致使油液在 A 处的压力 p_A 与在 B 处的压力 p_B 不相等, 显然 $p_A > p_B$, 引起的压力差为 Δp , 即 $\Delta p = p_A - p_B$ 。 Δp 就称为这段管路中的压力损失。