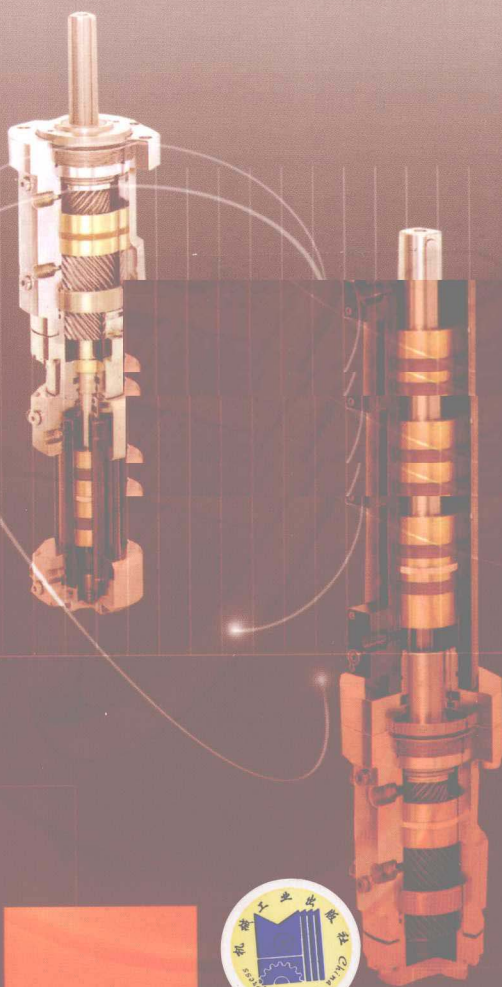


中等职业教育“十一五”规划教材

液压设备使用与维护

马玉林 许金渤 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是编者多年实际工程经验的总结,实训内容丰富,贴近工程实际,以培养操作能力为目标,形式活泼,图文并茂。

本书包括7个单元25个课题,重点讲述了液压传动与液力传动基础、常用液压元件、液压辅助元件、液压传动系统、液压传动系统故障诊断基本方法、常用液压元件的故障诊断与排除、液压传动系统的故障诊断与排除等内容。各单元还包括单元概述、小结和复习思考题等内容,使读者更加接近实际操作,更易于理解和掌握。

本书可作为中等职业学校机械及其相关专业液压课程的教材使用,也可供相关技术人员作为参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

液压设备使用与维护/马玉林,许金渤主编. —北京:机械工业出版社,2009.12

中等职业教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-111-28949-4

I. 液… II. ①马…②许… III. ①液压装置—使用—专业学校—教材
②液压装置—维修—专业学校—教材 IV. TH137

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第206303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:崔占军 责任编辑:王佳玮 版式设计:霍永明

封面设计:陈沛 责任校对:申春香 责任印制:洪汉军

北京四季青印刷厂印刷(三河市杨庄镇环伟装订厂装订)

2010年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9.5印张·232千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-28949-4

定价:17.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国经济及科学技术的快速发展,交通、城市建设、机械加工等行业也进入了高速发展的轨道,系统化、机械化作业与新施工工艺的广泛应用,需要大量现代的机械设备,因此,作为现代机械设备传动与控制的关键技术,液压传动技术得到了广泛应用和普及。经过两年多的调查研究,在为生产施工单位培养了大批掌握一定的液压设备使用与维护技术的工程技术人员之后,我校与吉林省金力试验技术有限公司进行了密切的校企合作,得到了生产一线的液压技术专家的鼎力相助,编写了本书。

本书内容主要包括:液压传动与液力传动基础、常用液压元件、液压辅助元件、液压传动系统、液压传动系统故障诊断基本方法、常用液压元件的故障诊断与排除、液压传动系统的故障诊断与排除等7个单元,基本涵盖了生产施工单位工作人员所应掌握的液压设备调试、故障诊断及排除的主要知识点与实践内容。

本书本着“易懂、实用、够用”的原则,由基本原理入手,先介绍常用液压元件、液压辅助元件及液压传动系统,再举出其故障诊断与排除的方法和工程当中常见的实例,结合大量实际结构原理图,使教材内容浅显易懂,非常适合机械类、建筑类中职学校中与机械加工或机械使用相关的专业课教学,以及生产施工单位的工程技术人员培训和学习参考之用。

本书由辽宁省城市建设学校高级讲师马玉林、高级工程师许金渤主编,吉林省金力试验技术有限公司总经理李长森主审。此外,辽宁省城市建设学校的魏诚、王英林、李梅、杨晶、李忠坤参加了编写工作。

本书得到了吉林省金力试验技术有限公司的大力支持,在编著过程中,还参阅了有关书籍、文献和技术资料,在此向有关作者和单位表示诚挚的感谢。

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

前言

单元 1 液压传动与液力传动基础	1
1.1 液压传动概述	1
1.1.1 传动概述	1
1.1.2 液压传动的工作原理和系统的组成	2
1.1.3 液压传动的特点和应用	3
1.1.4 液压传动在工程机械中的应用	4
1.2 液压油	5
1.2.1 液压油的分类	5
1.2.2 液压油的选用	5
1.3 液力传动概述	8
单元小结	11
复习思考题	11
单元 2 常用液压元件	12
2.1 液压泵和液压马达	12
2.1.1 概述	12
2.1.2 齿轮泵和齿轮马达	14
2.1.3 叶片泵和叶片马达	19
2.1.4 柱塞泵和柱塞马达	22
2.2 液压缸的主要类型及特点	28
2.3 液压控制阀	31
2.3.1 概述	31
2.3.2 方向控制阀	32
2.3.3 压力控制阀	34
2.3.4 流量控制阀	39
2.3.5 多路换向阀	40
2.3.6 插装阀	41
2.3.7 伺服阀	41
2.3.8 电液比例阀	44
2.3.9 高速开关阀	45
2.3.10 液压控制阀的选型	46
单元小结	48
复习思考题	48
单元 3 液压辅助元件	49
3.1 密封元件	49
3.2 油管和管接头	55

3.3 过滤器	62
3.4 蓄能器	64
3.5 油箱及冷却器	67
3.6 压力计开关和压力继电器	68
单元小结	70
复习思考题	70
单元 4 液压传动系统	71
4.1 液压传动系统的组成及要求	71
4.2 液压传动系统的基本类型	72
单元小结	78
复习思考题	78
单元 5 液压传动系统故障诊断基本方法	79
5.1 液压传动系统故障诊断的一般步骤	79
5.2 直观检查法	80
5.3 操作调整检查法	81
5.4 对比替换检查法	81
5.5 仪表测量检查法	82
单元小结	82
复习思考题	83
单元 6 常用液压元件的故障诊断与排除	84
6.1 液压泵的故障诊断与排除	84
6.1.1 齿轮泵的故障诊断与排除	84
6.1.2 叶片泵的故障诊断与排除	87
6.1.3 柱塞泵的故障诊断与排除	89
6.2 工程机械用液压马达的故障诊断与排除	91
6.3 工程机械用液压缸的故障诊断与排除	92
6.3.1 柱塞缸的故障诊断与排除	93
6.3.2 活塞缸的故障诊断与排除	93
6.4 液压阀的故障诊断与排除	97
6.4.1 液压阀的失效原因及几种典型的液压现象	97
6.4.2 溢流阀的故障诊断与排除	99
6.4.3 单向阀的故障诊断与排除	102

6.4.4 换向阀的故障诊断与排除	104	7.2.3 混凝土泵车泵送无力的故障诊断 与排除	129
6.4.5 减压阀的故障诊断与排除	106	7.2.4 混凝土泵车的常见故障与排除 ...	130
6.4.6 平衡阀的故障诊断与排除	107	7.3 QTZ25 型自升塔式起重机顶升液压 系统的故障诊断与排除	132
6.4.7 顺序阀的故障诊断与排除	107	7.4 压路机液压传动系统的故障诊断与 排除	134
6.4.8 伺服阀的故障诊断与排除	109	7.4.1 压路机行走机构液压系统的故障 诊断与排除	134
6.4.9 电液比例阀的故障诊断与排除 ...	110	7.4.2 BW214D 压路机行走液压系统的 故障诊断与排除	136
单元小结	110	7.4.3 CA25D 型振动压路机行走无力和 振动间断的故障诊断与排除	138
复习思考题	110	单元小结	139
单元 7 液压传动系统的故障诊断与 排除	111	复习思考题	140
7.1 液压式万能试验机的故障诊断与 排除	111	附录	141
7.1.1 液压式万能试验机的结构原理 ...	111	附录 A 常用液压传动图形符号 (摘自 GB/T 786.1—2009)	141
7.1.2 液压泵与液压阀	117	附录 B 常用量及其符号、单位和换算	145
7.1.3 精度校验方法及故障排除	121	参考文献	146
7.2 混凝土泵车液压系统的故障诊断与 排除	125		
7.2.1 混凝土泵车液压系统故障诊断 两例	125		
7.2.2 IPF—85B 混凝土泵车主液压系统 故障诊断	127		

单元1 液压传动与液力传动基础

单元概述

本单元介绍了液压与液力传动的组成、基本原理及其在工程中的应用。

学习目标

通过本单元的学习，应掌握液压传动的组成、图形符号和系统图，掌握液力传动的有关术语和工作原理；了解液压传动概念、工作原理，液压传动的优点与缺点，液压传动在工程机械中的应用，液压油的分类与选用，液力传动的概念。

1.1 液压传动概述

1.1.1 传动概述

通常一台完整的机器都是由原动机、传动装置和工作机构三大部分组成的。原动机是机器的动力源，包括电动机、内燃机等；工作机构是指完成该机器之工作任务的直接工作部分。由于原动机的功率和转速变化范围有限，为了满足工作机构对工作力及工作速度变化范围，以及控制性能等的要求，故在原动机和工作机构之间设置了传动装置，而传动装置的作用就是传递能量和进行控制。

在机械中，传动是指能量或动力由发动机向工作装置的传递，通过不同的传动方式使发动机的转动变为工作装置的各种不同的运动形式，如推土机推土板的升降、起重机转台的回转、挖掘机铲斗的挖掘工作等。

目前，根据传递能量的工作介质的不同，可将传动分为机械传动、电气传动、气体传动和液体传动。液体传动是指以液体为工作介质传递能量和进行控制的一种传动方式，按其工作原理的不同，又分为液压传动和液力传动。液压传动是利用液体的压力能来传递能量的一种液体传动；液力传动则是利用液体的动能来传递能量的一种液体传动。

液压传动相对于机械传动而言还是一门新学科，但从17世纪中叶帕斯卡提出静压传动原理，18世纪末英国制造出世界第一台水压机算起，液压传动也已有了近三百年的历史。这期间，随着科学技术的不断发展，液压传动技术本身也在不断发展，特别是在第二次世界大战期间及战后，由于军事及建设需求的刺激，液压传动技术得到了迅猛发展。近二十几年来，由于航空航天技术、控制技术、微电子技术、材料科学技术等学科的发展，使得液压技术已发展成为集传动、控制和检测于一体的一门完整的自动化技术，在国民经济的各个部门得到了广泛应用，如建筑机械、机械制造业、航空航天、石油化工等。

1.1.2 液压传动的工作原理和系统的组成

1. 液压传动的工作原理

图 1-1 所示为机械上常见的一种举升机构（如液压起重机的变幅机构、液压挖掘机动臂的升降机构等）的液压系统结构式原理图，其工作原理如下：

当换向阀处于如图 1-1a 所示位置时，原动机带动液压泵 8 从油箱 10 经单向阀 1 吸油，并将有压力的油经单向阀 2 排至管路，压力油沿管路经过节流阀 4 和换向阀 5 进入液压缸 7。此时，压力油经过换向阀 5 阀芯左边的环槽，经管路进入液压缸 7 的下腔。由于液压缸 7 的缸体被铰接在机座上，所以在压力油的推动下，活塞向上运动，通过活塞杆带动工作机构 6 产生举升运动。同时，液压缸 7 上腔中的油液被排出，经管路、换向阀 5 阀芯右边的环槽和管路流回油箱。

如果扳动换向阀 5 的手柄使其阀芯移到左边位置，如图 1-1b 所示，此时压力油经过阀芯右边的环槽，经管路进入液压缸 7 的上腔，使举升机构降落。同时，从液压缸 7 下腔排出的油液，经阀芯左边的环槽流回油箱。

从图中可以看出，液压泵输出的压力油流经单向阀 2 后分为两路：一路通向溢流阀 3，另一路通向节流阀 4。改变节流阀 4 的开口大小，就能改变通过节流阀的油液流量，以控制举升速度，而从定量液压泵输出的油液除进到液压缸外，其余部分通过溢流阀 3 返回油箱。

这里溢流阀 3 起着过载安全保护和配合节流阀 4 改变流入液压缸的油液流量的双重作用。当溢流阀 3 中的钢球在弹簧力的作用下将阀口堵住时，压力油不能通过溢流阀 3。如果油液的压力增高到使作用在钢球上的液体压力能够克服弹簧的作用力而将钢球顶开时，压力油就通过溢流阀 3 和管路直接流回油箱，油液的压力就不会继续升高。因此，只要调定溢流阀 3 中弹簧压紧力的大小，就可改变压力油顶开溢流阀钢球时压力的大小，这样也就控制了液压泵输出的油液的最高压力，使系统具有过载安全保护作用。通过改变节流阀 4 的开口大小而改变通过节流阀的油液流量，同时改变通过溢流阀 3 的分流油液流量，就可调节举升机构的运动速度。

此系统中的换向阀 5 用来控制运动的方向，使举升机构既能举升又能降落；节流阀 4 控制举升的速度；由溢流阀 3 来控制液压泵的输出压力。9 为网式过滤器，液压泵从油箱吸入的油液先经过过滤器，以滤清油液、保护系统。

2. 液压传动系统的组成

经过上述分析可知，一个完整的液压系统要能正常工作，一般要包括五个组成部分：

(1) 动力元件 即液压泵，其作用是将原动机输出的机械能转换成液压能，并向液压

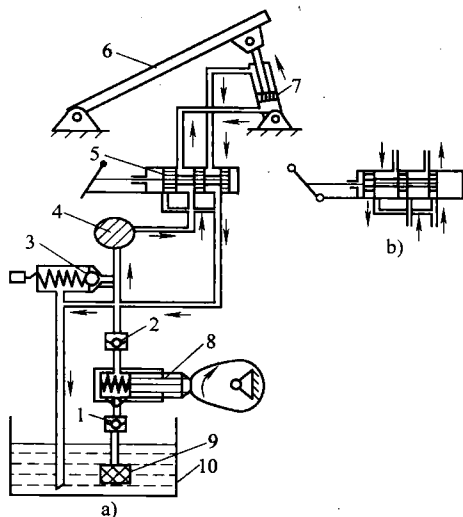


图 1-1 举升机构的液压系统结构式原理图

a) 系统图 b) 换向阀

- 1、2—单向阀 3—溢流阀 4—节流阀
5—换向阀 6—工作机构 7—液压缸
8—液压泵 9—过滤器 10—油箱

系统供给液压油。

(2) 执行元件 包括液压缸和液压马达,前者可实现往复运动,后者可实现旋转运动,其作用是将液压能转化成机械能,输出到工作机构上。

(3) 控制元件 包括压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀等,其作用是控制液压系统的压力、流量和液流方向,以保证执行元件能够得到所要求的力(或转矩)、速度(或转速)和运动方向(或旋转方向)。

(4) 辅助元件 包括油箱、油管、管接头、过滤器及各种仪表等,这些元件也是液压系统所必不可少的。

(5) 工作介质 即液压油,用以传递能量,同时还起到散热和润滑作用。

3. 图形符号和液压系统图

如图1-1所示的结构式原理图近似于实物的剖面图,直观性强,比较容易理解。当液压系统出现故障时,根据此原理图进行检查、分析也比较方便,但是,它反映不出元件的职能作用,必须根据元件的结构进行分析才能了解其作用,而且其图形比较复杂,特别是当系统中元件较多时,绘制很不方便,为了简化液压系统原理图的绘制,特别规定了一种图形符号式液压系统原理图。在这种原理图中,各液压元件都用符号表示,这些符号只表示元件的职能和连接系统的通路,并不表示元件的具体结构,这对专利元件更具有保密性。我国制定的液压系统图形符号标准(GB/T 786.1—1993)就是采用职能式符号,其中规定,符号都以元件的静止位置或零位置表示。所以如图1-1所示的结构式原理图用职能式符号表示就如图1-2所示。

如图1-2所示,换向阀5处于中间位置,其压力油口、通液压缸的两个油口及回油口,均被阀芯堵住,这时液压泵输出的油液全部通过溢流阀3流回油箱,工作机构6不动。如操纵手柄将换向阀5阀芯向右推,油路连通情况就如图1-2b所示,这时液压缸7下腔通压力油,上腔通油箱,液压缸活塞带动工作机构向上举升。如将换向阀5阀芯向左推,油路就如图1-2c所示,工作机构向下降落。溢流阀3上的虚线代表控制油路,控制油路中油液的压力即为液压泵的出口油压,当该压力油的作用力能够克服弹簧力时,下压溢流阀的阀芯使液压泵出口与回油管构成通路,产生溢流作用。

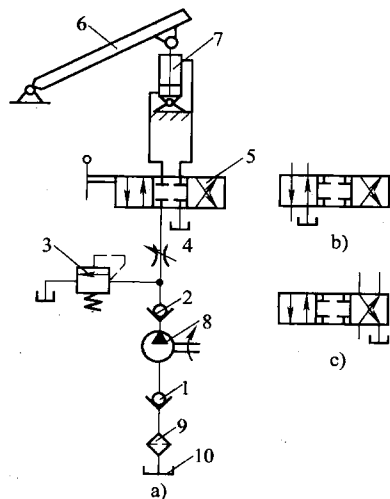


图1-2 用职能符号表示的液压系统原理图

a) 系统原理图 b)、c) 换向阀

1、2—单向阀 3—溢流阀 4—节流阀

5—换向阀 6—工作机构 7—液压缸

8—液压泵 9—过滤器 10—油箱

1.1.3 液压传动的特点和应用

1. 液压传动的优点

与其他传动相比,液压传动有以下主要优点:

1) 单位质量输出功率大,容易获得较大的力和力矩。如轴向柱塞泵的质量仅是同功率直流发电机质量的10%~20%,前者尺寸是后者的12%~13%,对于建筑机械,这一优点尤为突出。

2) 由于体积小、质量轻, 液压传动设备惯性小, 起动、制动迅速, 运动平稳。

3) 可以简便地与电控部分结合, 组成电液结合成一体的传动和控制器件, 实现各种自动控制。这种电液控制既具有液压传动输出功率适应范围大的特点, 又具有电子控制方便灵活的特点。现代建筑机械已普遍采用此种方法。

4) 工作安全性好, 易于实现过载保护。

5) 操作控制方便, 易于实现无级调速, 而且调速范围大, 可达 100:1 至 2000:1。

6) 易于实现标准化、系列化和通用化, 便于设计、制造和推广使用。

2. 液压传动的缺点

液压传动有以下主要缺点:

1) 液压传动的传动效率低。因受泄漏和流动阻力的影响, 其传动效率一般为 75% ~ 85%。

2) 工作性能易受温度影响。温度的变化引起液压油粘度的变化, 并影响其工作性能。

3) 液压元件的制造和维护要求较高, 价格也较贵。

1.1.4 液压传动在工程机械中的应用

随着国民经济的迅速发展, 作为主要施工设备的工程机械在国家经济建设中发挥着越来越重要的作用。由于液压传动装置具有功率密度高、易于实现直线运动、速度刚度大、便于冷却和散热、动作实现容易等突出优点, 因而在工程机械中得到了广泛的应用。目前 95% 以上的工程机械都采用了液压技术, 工程机械液压产品在整个液压工业销售总额中占 40% 以上。

工程机械最初采用液压传动技术是为了解决车辆转向阻力的问题。为减轻驾驶员的劳动强度, 在转向系中使用了液压助力器。由于液压助力器在应用过程中显示出的突出优点及人们对液压元件和液压系统研究的深入, 液压传动装置及技术很快在工程机械领域中推广应用, 其发展经历了以下几个阶段。

1. 应用初期

20 世纪 40 至 50 年代是工程机械中液压传动技术应用的初期阶段, 人们摸索着将简单的液压元件和液压系统应用到工程机械上, 来解决用其他方式难以实现的问题 (如执行器的直线运动等)。其系统工作压力一般很低, 大约在 2 ~ 7MPa。

2. 高速发展阶段

工程机械液压传动技术的应用在 20 世纪 60 至 70 年代发展迅速, 其液压传动系统向着高速、高压化发展, 系统压力的提高使得液压传动功率密度大幅度增加、液压元件的重量明显下降。液压传动技术的应用逐渐由工程机械工作装置扩展到转向系统、行走系统、传动系统和制动系统, 人们研制出了全液压挖掘机和全液压叉车等工程机械。

3. 增强可靠性阶段

大多数工程机械都在野外作业, 工作环境恶劣, 其液压系统经常受到尘埃、振动、高温、低寒、风雨雪的影响; 同时, 由于液压元件 (如泵) 在高速、高压运转时所产生的噪声、振动的原因, 工程机械的液压传动系统常常出现故障, 因此在 20 世纪 80 年代, 降低工程机械液压系统的污染, 提高设备可靠性便成为这一时期的应用主题。

4. 电液控制技术应用阶段

随着微电子和计算机技术的迅猛发展,现代控制理论在工程机械液压传动装置中的应用成为现实。计算机控制的变量泵系统、采用高速开关阀和步进电动机驱动的数字阀大大提高了液压系统的效率;出现了智能型液压挖掘机、凿岩隧道机器人、混凝土泵车等工程机械机型,大大提高了设备的作业精度和发动机的功率利用率;以计算机技术为核心的机电液一体化技术在液压系统中的应用标志着现代工程机械液压传动与控制的最高水平。目前几乎所有工程机械的工作装置都采用了液压传动控制,即使以前很少采用液压技术的塔式起重机,现在也开始用低速大转矩液压马达驱动起重机的提升、变幅、回转等机构,出现了全液压塔式起重机,大大提高了起重机的操作性能和调速性能。装载机采用了转向液压缸来实现整机转向控制,全液压挖掘机则通过对内、外侧车轮的驱动液压马达转速的控制实现滑移转向,甚至原地转向,大大提高了整机的机动性和灵活性。由于静液传动具有满载工况下起动平稳、功率损耗小、易于实现前进和倒退的转换、可实现无级调速、传递功率大等优点,而广泛应用于工程机械行走系统中。

工程机械的变速箱大都采用了液压操作的动力换挡装置,大大减轻了驾驶员的劳动强度,提高了传动系换挡性能。此外,由于液压制动器动作响应快、制动平稳可靠,因而在工程机械制动系统中得到了普及应用。

总之,液压传动与控制技术几乎渗透到工程机械的每个部分,达到了“无液不成机”的程度。

1.2 液压油

1.2.1 液压油的分类

在 GB 498—1987 中,“润滑剂和有关产品”规定为 L 类产品。在 GB/T 7631.1—2008 中,又将 L 类产品按应用场合分为 19 个组, H 组用于液压传动系统(表 1-1)。GB/T 3141—1994 将工业液体润滑剂按 40℃ 时的运动粘度的中心值分为 20 个粘度等级(表 1-2)。

1.2.2 液压油的选用

1. 对液压油的要求

机械液压系统常用液压油为抗磨液压油、低温液压油、高粘度指数液压油和全损耗系统用油。为了很好地传递运动和动力,机械液压系统使用的液压油应具备如下性能:

- 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) 抗泡沫性好和抗乳化性好,腐蚀性小,防锈性好。
- 7) 体积膨胀系数低,比热容高。
- 8) 流动点和凝固点低,闪点和燃点高。
- 9) 对人体无害,成本低。

表 1-1 液压油的分类

组别 符号	应用 范围	特殊 应用	更具体 应用	组成和特性	产品符号 ISO-L	典型应用	备 注
H	液压系统	流体静压系统		无抑制剂的精制矿油	HH		
				精制矿油,并改善其防锈和抗氧化性	HL		
				HL 油,并改善其抗磨性	HM	有高负荷部件的一般液压系统	
				HL 油,并改善其粘温性	HR		
				HM 油,并改善其粘温性	HV	建筑和船舶设备	
				无特定难燃性的合成液	HS		特殊性能
		流体静压系统	用于要求使用环境可接受液压液的场合	甘油三酸酯	HETG	一般液压系统(可移动式)	每个品种的基础液的最小含量应不少于70%(质量分数)
				聚乙二醇	HEPG		
				合成酯	HEES		
				聚 α 烯烃和相关烃类产品	HEPR		
			液压导轨系统	HM 油,并具有抗粘-滑性	HG	液压和滑动轴承导轨润滑系统合用的机床在低速下使振动或间断滑动(粘-滑)减为最小	这种液体具有多种用途,但并非在所有液压应用中皆有效
			用于使用难燃液压液的场合	水包油型乳化液	HFAE		通常含水量大于80%(质量分数)
				化学水溶液	HFAS		通常含水量大于80%(质量分数)
				油包水乳化液	HFB		
				含聚合物水溶液 ^①	HFC		通常含水量大于35%(质量分数)
				磷酸酯无水合成液 ^①	HFDR		
				其他成分的无水合成液 ^①	HFDU		
		液体动力系统	自动传动系统		HA		与这些应用有关的分类尚未进行详细地研究,以后可以增加
			耦合器和变矩器		HN		

① 这类液体也可以满足 HE 品种规定的生物降解性和毒性要求。

2. 液压油的选择

一般来说,选用液压油时最先考虑的是它的粘度,因为液压油粘度对液压装置的性能影响最大。粘度太大,则流动压力损失就会加大,油液发热,会使系统效率降低;粘度太小,则泄漏过多,使容积效率降低。因此在实际使用条件下,应选用使液压系统能正常、高效和长期运转的液压油粘度。

在机械液压系统中,液压油的选择通常按下述三个步骤进行:

1) 列出液压系统对液压油性能的变化范围要求,如粘度、密度、温度、压力、抗燃性、润滑性、空气溶解率、可压缩性和毒性等。

表 1-2 工业液体润滑剂粘度等级与旧牌号的对照

粘度等级 (GB/T 3141—1994)	中间点运动粘度(40℃) /(mm ² /s)	运动粘度范围(40℃) /(mm ² /s)	按 50℃ 运动粘度 划分的旧牌号	按 100℃ 运动粘度 划分的旧牌号
2	2.2	1.98 ~ 2.42	2 [#]	
3	3.2	2.88 ~ 3.52		
5	4.6	4.14 ~ 5.06	4 [#] 、5 [#]	
7	6.8	6.12 ~ 7.48	5 [#] 、6 [#]	
10	10	9.00 ~ 11.0	7 [#] 、10 [#]	
15	15	13.5 ~ 16.5	10 [#]	
22	22	19.8 ~ 24.2		
32	32	28.8 ~ 35.2	20 [#]	5 [#] 、6 [#]
46	46	41.4 ~ 50.6	30 [#]	
68	68	61.2 ~ 74.8	40 [#] 、50 [#]	9 [#]
100	100	90.0 ~ 110	60 [#] 、70 [#]	13 [#]
150	150	135 ~ 165	80 [#] 、90 [#]	19 [#]
220	220	198 ~ 242	100 [#] 、150 [#]	19 [#]
320	320	288 ~ 352	200 [#]	24 [#]
460	460	414 ~ 506	250 [#] 、300 [#]	24 [#]
680	680	612 ~ 748	400 [#]	38 [#]
1000	1000	900 ~ 1100	500 [#]	52 [#]
1500	1500	1350 ~ 1650	600 [#] 、700 [#]	65 [#]
2200	2200	1980 ~ 2420		
3200	3200	2880 ~ 3522		

2) 尽可能选出符合或接近上述要求的工作介质品种。从液压件的生产厂及产品样本中获得对工作介质的推荐资料。

3) 最终综合、权衡、调整各方面的要求, 决定采用合适的油液。

在具体选择时可按照以下两种方法进行: 一种方法是考虑系统压力、工作温度、运动速度及经济性等因素来选用合适粘度, 使液压泵和控制阀在最佳粘度范围内工作, 其具体步骤为:

1) 考虑液压系统的工作压力。当液压系统工作压力较高时, 宜选用粘度较高的油, 以免泄漏过多、效率过低; 当工作压力较低时宜采用粘度较低的油, 以减少压力损失。

2) 考虑液压系统的环境温度。液压油的粘度随着温度的变化较大, 为保证工作温度下有适宜的粘度, 就必须考虑周围环境的温度, 环境温度高时宜采用粘度较高的液压油, 环境温度低时宜采用粘度较低的液压油。

3) 考虑液压系统中的运动速度。当液压系统中工作部件的运动速度较高时, 油液的流速也高, 压力损失增大, 漏油率减小, 因此宜采用粘度较低的液压油; 当工作部件运动速度较低时, 每分钟所需流量很小, 漏油率增大, 对系统的运动速度影响较大, 所以宜采用粘度较高的液压油。

另一种方法是按照液压泵的类型及要求来确定液压油的粘度及型号, 见表 1-3。

表 1-3 液压泵用油的粘度范围及型号

名 称	运动粘度范围 $L(10^{-6} \text{m}^2/\text{s})$		工作压力 /MPa	工作温度 /℃	推 荐 用 油
	允许	最佳			
叶片泵 1200r/min 叶片泵 1800r/min	16 ~ 220	26 ~ 54	< 7	5 ~ 40	L-HH32、L-HH46、全损耗系统用油
				40 ~ 80	L-HH46、L-HH68、全损耗系统用油
	22 ~ 220	25 ~ 54	≥ 14	5 ~ 40	L-HL32、L-HL46
				40 ~ 80	L-HL46、L-HL68
齿轮泵	4 ~ 220	25 ~ 54	≤ 12.5	5 ~ 40	L-HL32、L-HL46
				40 ~ 80	L-HL46、L-HL68
			10 ~ 20	5 ~ 40	L-HL32、L-HL46
				40 ~ 80	L-HM46、L-HM68
			16 ~ 32	5 ~ 40	L-HM32、L-HM46
齿轮泵	4 ~ 220	25 ~ 54	16 ~ 32	40 ~ 80	L-HM46、L-HM68
径向柱塞泵	10 ~ 65	16 ~ 48	14 ~ 36	5 ~ 40	L-HM32、L-HM46
				40 ~ 80	L-HM46、L-HM68、L-HM100
轴向柱塞泵	4 ~ 76	16 ~ 47	≥ 35	5 ~ 40	L-HM46、L-HM68
				40 ~ 80	L-HM68、L-HM100、HM150
螺杆泵	19 ~ 49		≥ 10.5	5 ~ 40	L-HL32、L-HL46
				40 ~ 80	L-HL46、L-HL68

1.3 液力传动概述

1. 液力传动的概念

机械的作业对象及运行环境极其复杂, 使其工作载荷变化很大, 而机械中常用的内燃机的动力性能往往不能满足工作机构的要求, 因此, 如果在传动系统中加入液力传动, 将会大大改善工作机构的工作性能, 所以, 在很多机械, 尤其是建筑机械中广泛地采用了液力传动。

液力传动是液体传动的另一分支, 它是由几个叶轮组成的一种非刚性连接的传动装置。这种装置起着把机械能转换为液体的动能, 再将液体的动能转换成机械能的能量转换作用。

首台液力传动装置是 19 世纪初由德国的费丁格尔教授研制出来并应用于大吨位船舶上的。图 1-3 所示是液力传动原理图。

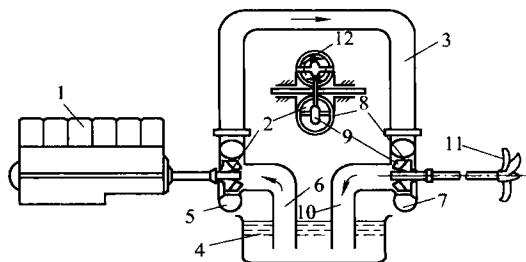


图 1-3 液力传动原理图

1—发动机 2—离心泵叶轮 3—导管 4—水槽 5—泵的螺壳 6—吸水管 7—涡轮螺壳 8—导轮 9—涡轮叶轮 10—排水管 11—螺旋桨 12—液力变矩器模型

离心泵叶轮 2 在发动机 1 的驱动下,使工作液体的速度和压力增加,并借助于导管 3 经导轮 8 冲击涡轮叶轮 9,此时液体释放能量给涡轮,涡轮带动螺旋桨转动,实现能量传递,这就是液力变矩器。它可使输入力矩和输出力矩不等,如果无导轮,就成为液力耦合器。图示方式的液力传动,由于导管较长等原因,能量损失大,实际上所使用的液力变矩器是将各元件综合在一起而创制的一种全新的结构形式,如图 1-4 所示。

目前,液力传动元件主要有液力元件和液力机械元件两大类。液力元件有液力耦合器和液力变矩器;液力机械元件是液力元件与机械传动元件组合而成的。

(1) 液力耦合器 如图 1-4a 所示,它是由泵轮 B 和涡轮 T 组成的。泵轮与主动轴相连,涡轮与从动轴相接。如果不计机械损失,则液力耦合器的输入力矩与输出力矩相等,而输入与输出轴转速不相等。因工作介质是液体,所以 B、T 之间属非刚性连接。

(2) 液力变矩器 图 1-4b 所示是液力变矩器结构简图。它由泵轮 B、涡轮 T 及导轮 D 等主要件构成。B 与主动轴连接, T 与从动轴相连接,导轮则与壳体固定在一起不能转动。当液力变矩器工作时,因导轮 D 对液体的作用,而使液力变矩器输入力矩与输出力矩不相等。当传动比小时,输出力矩大,输出转速低;反之,输出力矩小而转速高。它可以随着负载的变化自动增大或减小输出力矩与转速,因此,液力变矩器是一个无级力矩变换器。

有关液力机械元件,参见后述单元。

泵轮、涡轮、导轮常用 B、T、D 分别表示,而且相关参数角标也用这些符号标注。

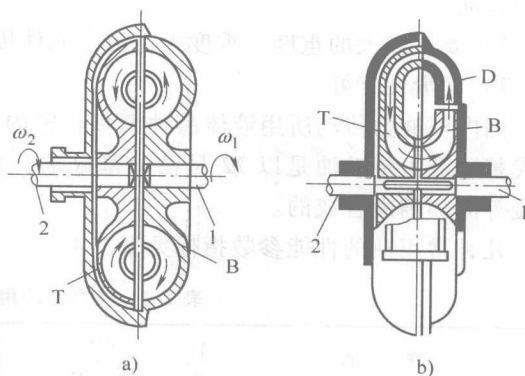


图 1-4 液力耦合器与液力变矩器

a) 液力耦合器 b) 液力变矩器

1—主动轮 2—从动轮 T—涡轮 B—泵轮 D—导轮

2. 液力传动有关术语

(1) 轴面 液力元件过旋转轴线的剖切面,也称为轴截面或子午面,如图 1-5 所示。

(2) 循环圆 液力元件中液体循环流动工作腔的轴面称为循环圆,如图 1-5 所示。它有一定的几何形状,能表示出各工作轮排列顺序、位置及液体循环流动的方向。

(3) 有效直径 循环圆(工作腔)的最大直径称为液力元件的有效直径,用 D 表示。

(4) 平均流线 工作轮中的一条假想流线,该流线上液流的动力学效果与整个叶轮中的所有液流产生的动力学效果一样,该假想流线就是平均流线。

(5) 工作轮进、出口半径 工作轮叶片进出口边与平均流线的交点到轴线的距离。

(6) 外环和内环 限定循环圆流道的工作轮外

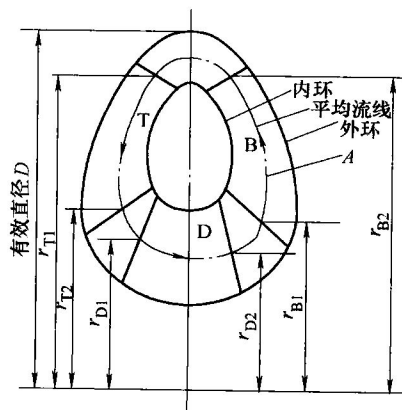


图 1-5 液力元件循环圆

侧壁面及内侧壁面分别为外环及内环。

3. 液力传动的工作液体

液力传动用的工作液体应满足如下要求：

- 1) 适宜的粘度。为减少摩擦损失，液体的粘度应小，但这会使润滑性能、密封性能降低。所以粘度要适当，一般用油在 100°C 时，绝对粘度 $5 \sim 8 \text{m}^2/\text{s}$ 为宜。
- 2) 粘温性好，即要求液体粘度受温度的影响要小。
- 3) 不易产生泡沫、老化和沉淀。
- 4) 酸值要低、抗氧化性高。
- 5) 具有较高的闪点和较低的凝固点。液力元件工作时，油温常在 $80 \sim 100^{\circ}\text{C}$ ，甚至可达 160°C ，因此要求闪点不低于 180°C ；凝固点要低于 -20°C ，以利于在低温环境时液力元件的起动。
- 6) 要有较大的重度。重度大，液力元件传动的力矩才大。
- 7) 润滑性能好。

国内外液力传动所用液体品种繁多，国内多采用 6 号、8 号液力传动油，也常用 22 号油代替。液力传动油是以 22 号油为基础油，再加入抗磨、抗氧化、增粘、防锈、抗泡沫、降凝等添加剂而合成的。

几种常用油的性能参数指标见表 1-4。

表 1-4 液力传动用油的性能参数指标

性 能	22 号 透平油	8 号 液力传动油	6 号 液力传动油	20 号 液力传动油
重度/ (kN/m^3) (20°C)	8.86	8.434	8.551	8.581
粘度/ (m^2/s)	$(20 \sim 23) \times 10^{-6}$ (50°C)	$(7.5 \sim 9) \times 10^{-6}$ (100°C)	$(22 \sim 26) \times 10^{-6}$ (50°C)	
运动粘度比 ^①		≤ 3.6	≤ 4.2	≤ 4
粘度指数	> 90			
闪点(开口)/ $^{\circ}\text{C}$	≥ 180	≥ 150	≥ 180	> 190
凝点/ $^{\circ}\text{C}$ ^②	≤ -15	≤ -50 ≤ -25	≤ -25	≤ -23
氧化后酸值/ (mgKOH/g)	0.02			
铜片腐蚀/(100°C , 3h)		合格	合格	
抗泡沫性/mL		50/0 (93°C)	55/0 (120°C)	180/0 (120°C)
		25/0 (24°C)	10/0 (80°C)	20/0 (80°C)
抗乳化度时间/min	≤ 8			
临界荷载/kN		≤ 784.5	≤ 823.8	≤ 784.5
颜色	无色透明	红色透明	浅黄色透明	浅黄色透明

① 指 50°C 时运动粘度与 100°C 时运动粘度之比。

② -50°C 适用于长城以北地区， -25°C 适用于长城以南地区。

4. 液力传动的特点

液力传动主要有以下特点：

- (1) 自动适应性 液力变矩器的输出力矩能够随着外负载的增大或减小而自动地变大

或变小, 转速能自动地相应降低或增高, 在较大范围内能实现无级调速, 这就是它的自动适应性。自动适应性可使车辆的变速器减少挡位数, 简化操作, 防止内燃机熄火, 改善车辆的通用性能。

液力耦合器具有自动变速的特点, 但不能自动变矩。

(2) 防振、隔振性能 因为各叶轮间的工作介质是液体, 它们之间的连接是非刚性的, 所以可吸收来自发动机和外界负载的冲击和振动, 使机器起动平稳、加速均匀、延长零件寿命。

(3) 透穿性能 透穿性能是指泵轮转速不变的情况下, 当负载变化时引起输入轴(即泵轮或发动机轴)力矩变化的程度。由于液力元件类型的不同, 其透穿性也不同, 可根据工作机械的不同要求与发动机合理匹配, 借以提高机械的动力和经济性能。

另外, 液力传动还具有过载保护、自动协调、分配负载的功能。但是, 液力传动效率较低, 高效范围较窄, 需要增设冷却补偿系统, 使结构复杂、成本高。

单元小结

1. 液压传动概论。
2. 液压传动的工作原理、组成、图形符号和系统图。
3. 液压传动的特点与缺点。
4. 液压传动在工程机械中的应用。
5. 液压油的分类与选用。
6. 液力传动的概念、有关术语、工作液体。

复习思考题

1. 什么是液体传动、液压传动和液力传动?
2. 液压系统由几部分组成?
3. 液压传动有哪些优缺点?
4. 简单叙述温度、压力对液压油粘度的影响。

单元2 常用液压元件

单元概述

本单元主要介绍液压泵和液压马达、液压缸及液压控制阀的类型、结构、原理及特点。

学习目标

通过本单元的学习，应认识齿轮泵和齿轮马达、叶片泵和叶片马达、柱塞泵和柱塞马达，活塞式、柱塞式、伸缩式套筒和摆动式液压缸，方向控制阀、压力控制阀、流量控制阀、多路换向阀、插装阀、伺服阀、电液比例阀、高速开关阀等元件的类型；了解常用液压元件的用途，掌握其型号的选用。

2.1 液压泵和液压马达

2.1.1 概述

1. 液压泵和液压马达的作用、工作原理

液压泵和液压马达是液压系统中的能量转换元件。

液压传动中，液压泵和液压马达都是靠密闭工作空间的容积变化进行工作的，所以又称为容积式液压泵和液压马达。

液压泵将原动机（电动机、柴油机）的机械能转换成油液的压力能，再以压力、流量的形式输送到系统中去。按其职能来说，属于液压能源元件，又称为动力元件。

图2-1所示为单柱塞泵的工作原理图。当偏心轮1被带动旋转时，柱塞2在偏心轮和弹簧4的作用下，在泵体3的柱塞孔内作上、下往复运动。柱塞向下运动时，泵体的柱塞孔和柱塞上端构成的密闭工作油腔A的容积增大，形成真空，此时排油阀5封住出油口，油箱7中的液压油便在大气压力的作用下通过吸油阀6进入工作油腔，这一过程为柱塞泵吸油过程；当柱塞向上运动时，密闭工作油腔的容积减小、压力增高，此时吸油阀6封住进油口，压力油便打开排油阀进入系统，这一过程为柱塞泵压油过程。若偏心轮连续不断地转动，柱塞泵就能不断地吸油和压油。

由上述可知，构成容积式液压泵所必须具备

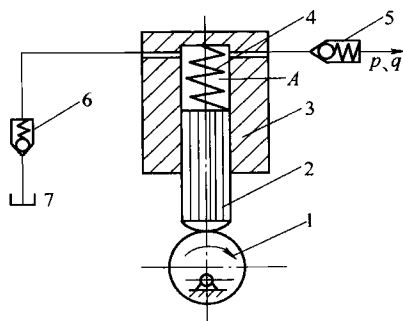


图2-1 单柱塞泵工作原理图

1—偏心轮 2—柱塞 3—泵体 4—弹簧
5—排油阀 6—吸油阀 7—油箱