

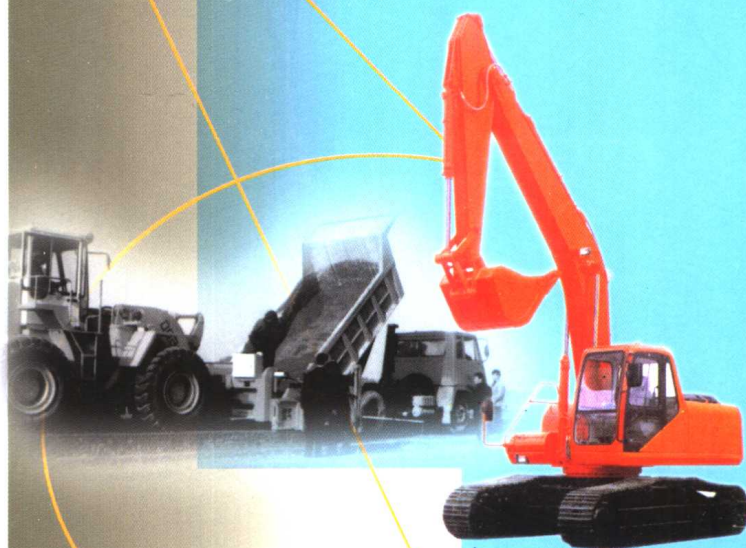
交通 **高职** 院校统编教材

工程机械液压 与液力技术

(工程机械运用与维修、公路机械化施工专业用)

唐银启 主编

张怀州 主审



● 人民交通出版社

711.47
7257

交通高职高专院校统编教材

Gongcheng Jixie Yeya YU YeLi Jishu

工程机械液压与液力技术

(工程机械运用与维修、公路机械化施工专业用)

唐银启 主编

张怀洲 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共 10 章,主要包括:液压流体力学基础知识、液压元件与液力元件的工作原理和结构,液压基本回路和工程机械的典型液压系统,液压伺服转向机构,液压元件和液压系统的使用维护,液压系统常见故障的诊断及排除,液力元件的使用维护。

本书为交通高职高专院校工程机械运用与维修、公路机械化施工专业统编教材,亦可供有关技术人员学习参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

工程机械液压与液力技术/唐银启主编. —北京: 人民交通出版社, 2003. 5
ISBN 7-114-04660-X

I. 工… II. 唐… III. 液压传动 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 028269 号

交通高职高专院校统编教材

工程机械液压与液力技术

(工程机械运用与维修、公路机械化施工专业用)

唐银启 主编

张怀洲 主审

正文设计: 彭小秋 责任校对: 张莹 责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15.5 字数: 384 千

2003 年 8 月 第 1 版

2003 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—3000 册 定价: 28.00 元

ISBN 7-114-04660-X

前 言

交通职业教育教学指导委员会交通工程机械学科委员会自 1992 年成立以来,对本学科两个专业方向(港口机械、筑路机械)的教材编写工作一直十分重视,把教材建设工作作为学科委员会工作的重中之重,在“八五”和“九五”期间,先后组织人员编写了十多种专业急需教材,供港口机械和筑路机械两个专业内部使用,解决了各学校专业教材短缺的困难。

随着港口和公路建设事业的发展,港口机械和公路施工机械的更新换代速度加快,各种新工艺、新技术、新设备不断出现,对本学科的人才培养提出了更高的要求。另外,根据目前职业教育的发展形势,部分重点中专学校已改制为高等职业技术学院(校),多数中专学校同时招收中专和高职学生,本学科教材使用对象的主体已经发生了变化,为适应这一形势,交通工程机械学科委员会于 2000 年 5 月在云南交通学校召开了二届二次会议,制定了“十五”教材编写出版规划,并确定了“十五”教材编写的原则为:

1.教材的使用范围:本套教材主要面向高职,兼顾中专,也可用于相关专业的职业资格培训,亦可供有关技术人员参考。

2.教材内容难易适度,改变了以往教材偏多、偏深、偏难的现象,注重理论联系实际,便于学生自学。

3.在教材内容的取舍和主次的选择方面,照顾广度,控制深度,力求针对专业,服务专业,对与本专业密切相关的内容予以足够的重视。

4.教材编写立足于国内工程机械使用的实际情况,结合典型机型,系统介绍工程机械设备的基本结构和工作原理,同时有选择地介绍一些国外的新技术、新设备,以便拓宽学生的视野,为学生进一步深造打下基础。

“十五”期间公开出版的筑路机械专业教材共 6 种,包括《发动机构造与维修》、《工程机械底盘构造与维修》、《公路施工机械》、《工程机械电气设备》、《工程机械管理》、《工程机械液压与液力技术》。

《工程机械液压与液力技术》是交通高职高专院校统编教材之一,内容包括液压流体力学基础知识,液压元件与液力元件的工作原理和结构,液压基本回路和工程机械的典型液压系统,液压伺机转向机构,液压元件和液压系统的使用维护,液压系统常见故障的诊断及排除,液力元件的使用维护。全书共 10 章。

参加本书编写工作的有:内蒙古大学职业技术学院唐银启(编写第一、二、三、五、八、九、十章)、王儒(编写第四、六、七章)。全书由唐银启主编,重庆交通学院职业技术学院张怀洲主审,云南交通职业技术学院沈松云担任责任编委。

本教材在编写过程中得到交通系统各院(校)领导和教师的大力支持,在此表示感谢!

编写高职教材,我们尚缺少经验,书中不妥和疏漏之处,敬请读者指正。

交通职业教育教学指导委员会

交通工程机械学科委员会

2001 年 7 月

目 录

第一章 液压传动概述	1
第一节 液压传动的基本概念	1
第二节 液压传动的特点及应用	3
复习题	5
第二章 液压流体力学基本知识	6
第一节 液压传动的工作介质——液压油	6
第二节 静止液体的力学性质	14
第三节 流动液体的力学性质	17
第四节 液体流动中的压力损失	23
第五节 油液在缝隙和小孔中的流动	29
第六节 液压冲击与气穴现象	33
复习题	35
习题	36
第三章 液压泵和液压马达	37
第一节 液压泵和液压马达的基本概念	37
第二节 齿轮泵和齿轮马达	41
第三节 叶片泵和叶片马达	51
第四节 轴向柱塞泵和轴向柱塞马达	55
第五节 径向柱塞泵和径向柱塞马达	64
第六节 液压泵和液压马达的选用与维护	69
复习题	75
第四章 液压缸	76
第一节 液压缸的工作原理与结构	76
第二节 液压缸的设计计算	82
第三节 液压缸性能试验、使用与维护	86
复习题	89
第五章 液压控制阀	90
第一节 压力控制阀	90
第二节 流量控制阀	97
第三节 方向控制阀	99
第四节 多路阀	105
第五节 电液比例阀	110
第六节 阀类的使用维护	113
复习题	117

第六章 液压辅件	119
第一节 密封件	119
第二节 油箱和热交换器	122
第三节 油管 and 管接头	124
第四节 滤油器	127
第五节 蓄能器	129
复习题	131
第七章 液压基本回路	132
第一节 压力控制回路	132
第二节 速度控制回路	135
第三节 方向控制回路	143
复习题	146
第八章 工程机械液压系统	147
第一节 液压系统的形式和液压系统图的阅读	147
第二节 典型液压系统分析	149
第三节 液压系统的安装使用与维护	166
第四节 液压系统的故障诊断与排除	174
第五节 液压系统设计基础	185
复习题	191
第九章 液压伺服系统	193
第一节 液压伺服系统简介	193
第二节 液压伺服转向机构	195
复习题	201
第十章 液力传动	202
第一节 液力传动概述	202
第二节 液力传动中的流体力学基本知识	204
第三节 液力耦合器	209
第四节 液力变矩器	212
第五节 综合式液力变矩器	218
第六节 液力变矩器的类型、结构	220
第七节 液力机械变矩器简介	224
第八节 液力变矩器的使用和维护	227
复习题	229
附录 常用液压传动图形符号	230
参考文献	240

第一章 液压传动概述

液压传动是在流体力学、工程力学和机械制造技术的基础上发展起来的一门应用技术。

液压传动的应用始于 18 世纪末,从 1795 年英国制成第一台水压机起至今已有 200 年的历史。19 世纪末,德国制造了液压龙门刨床,美国制造了液压六角车床及液压磨床。但当时尚无成熟的液压元件,液压技术未能得到普遍应用。

随着生产力的发展,20 世纪 30 年代,一些国家生产了较稳定的液压元件,并开始在机床上应用。第二次世界大战期间液压技术主要应用在军事装置(飞机、坦克、军舰和大炮)上。二战后由于控制理论的发展和油液、元件性能的完善,使液压传动效率及可靠性等性能指标大大提高,因而液压传动与液压控制得到了飞速发展,液压技术进入了工程机械、交通运输等行业。特别是自 20 世纪 60 年代以来,随着原子能、空间技术、电子技术的发展,液压技术已向更广泛的领域发展。如今,液压工业作为一个行业已成为机械工业中的重要组成部分。

目前,我国的液压技术处于普及和发展阶段,从事液压元件、液压机械生产和研究的单位不断增加;最常用的液压元件品种已基本完备,新型的液压机械大量涌现。液压传动的优越性能和机、电、液一体化的发展趋势使液压传动的发展蓬勃日上。

第一节 液压传动的基本概念

一台机器一般都是由动力机构、传动机构和工作机构等三部分组成。而根据其传动形式的不同,传动机构可分为机械传动、电力传动、气体传动和液体传动。

液体传动可分为液压传动和液力传动两类,其中液压传动应用尤为广泛。

一、液压传动的基本原理

液压传动的基本原理可用油压千斤顶的工作过程来说明。

图 1-1 是油压千斤顶的工作原理图。油压千斤顶的小油缸 1、大油缸 2、油箱 6 以及它们之间的连接通道构成一个密闭的容器,里面充满液压油。在阀门 5 关闭的情况下,提起杠杆时小油缸 1 的柱塞上移,其密封容积增大形成部分真空,于是油箱 6 里的油液在大气压的作用下经过吸油管及单向阀 4 进入小油缸,即吸油;压下杠杆,小油缸的柱塞下移促使小油缸的密封容积减少,油液压力升高,单向阀 4 自动关闭,压力油通过单向阀 3 流入大油缸 2 内,即输油,推动大柱塞将重物顶起。再次提起杠杆时,大油缸内的压力油力图倒流入小油缸,此时单向阀 3 自动关闭,使油液不能倒流,保证了重物不致自动落下。这样,当杠杆被反复提起和压下时,小油缸不断交替进行着吸油和输油过程;压力油不断进入大油缸,将重物不断顶起,从而达到起重的目的。将阀门 5 旋转 90°,在重物的重力作用下,大油缸的油液排回油箱。

通过对油压千斤顶工作过程的分析,可见其工作需要有两个条件:一是处于密封容器内的液体由于大小油缸工作容积的变化而能够流动;二是这些液体具有压力。能够流动并具有一定压力的液体能对外作功,我们说它具有压力能。油压千斤顶就是利用油液的压力能将作用

在杠杆上的力和杠杆的移动转变为顶起重物的力和重物在此力作用下的升起。压下杠杆小油缸输出压力油,将机械能转换成油液的压力能,压力油进入大油缸推动柱塞顶起重物,将油液的压力能又转换成机械能。由此可见,液压传动是以液体为工作介质,利用液体的压力,通过密封容积的变化实现动力传递的。

二、液压传动系统的组成

现以图 1-2 所示推土机的液压系统来说明液压传动系统的组成。该系统主要由液压泵 2、换向阀 4、液压缸 7、安全阀 9 及油箱、油管等组成。发动机带动液压泵 2 从油箱 10 内吸油,并将油液输入工作系统管路。这样,液压泵就将发动机的机械能转换成油液的压力能,成为推动铲刀升降液压缸的动力来源。

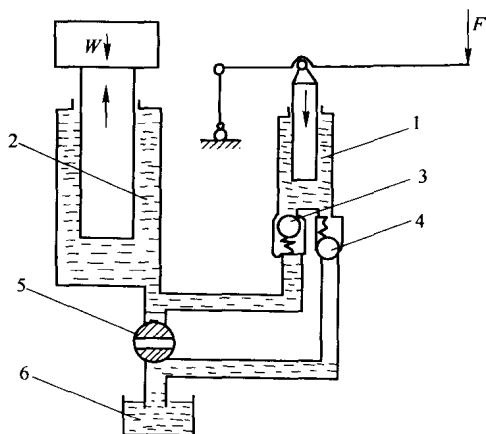


图 1-1 油压千斤顶工作原理图

1-小油缸;2-大油缸;3-单向阀;5-阀门;6-油箱

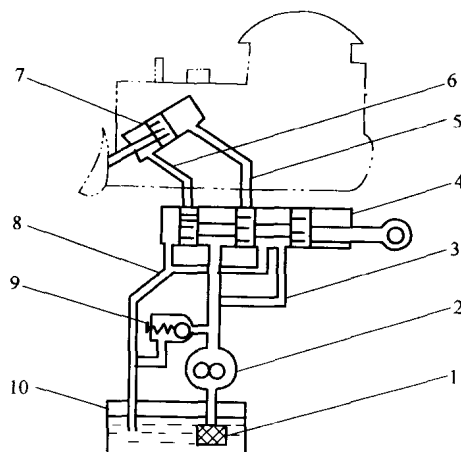


图 1-2 推土机液压系统简化结构式原理图

1-滤油器;2-液压泵;3、5、6、8-油管;4-换向阀;7-液压缸;9-安全阀;10-油箱

液压泵输出的油液首先经过油管进入换向阀 4 内。图示位置时油液进入换向阀后又经过油管 8 流回油箱,换向阀通液压缸两腔的油口被封闭,液压缸活塞保持在一定位置,铲刀高度不变。

当操纵换向阀右移一个工位时,液压泵输出的油液经换向阀 4、油管 5 进入液压缸的无杆腔推动活塞杆外伸,铲刀下降;液压缸有杆腔的油液经油管 6、换向阀及油管 8 流回油箱。

当操纵换向阀向左移至左端后,液压泵输出的油液经换向阀、油管 6 进入液压缸有杆腔推动活塞杆缩回,铲刀上升;液压缸无杆腔的油液经油管 5、换向阀及油管 8 流回油箱。由此可见,换向阀在液压系统中的作用就是控制油液的流动方向,从而使铲刀处于不同的工作状态。

为了限制系统最高压力,防止液压系统过载,装设了安全阀 9。当活塞杆受到的外载荷过大而使系统压力超过所允许的设计值时,安全阀开启,液压泵输出的油液便可经安全阀排回油箱,使系统油压不超过规定值。否则将因油压不断增加,引起系统中各零部件损坏。滤油器 1 用以滤去油液中的杂质,减少各液压元件的磨损;油箱除贮存油液外还起散热作用。

从上可知,液压系统是为了完成某种工作任务而由各具特定功能的液压元件组成的整体。任何一个液压系统总是由以下四部分组成:

动力元件——液压泵。它将原动机的机械能转换为油液的压力能,作为系统的能源。

执行元件——液压缸、液压马达(又称液动机)。它们将油液的压力能转换为机械能;液压缸带动负荷作往复运动,液压马达带动负荷作回转运动。

控制元件——各种液压阀类。它们用来控制油液的流动方向、流量和压力,以满足液压系统的工作要求。

辅助元件——油箱、滤油器、管类和密封件等。这些元件用以贮存、输送、净化和密封工作液体,并有散热作用。

三、液压系统图形符号

图 1-2 所示的液压系统原理图中各元件的图形基本上表示了它的结构原理,这种图称为结构式原理图。它直观性强、易理解,但图形复杂,绘制困难。为简化液压系统图的绘制,每一个元件都用一种符号来表示,这种表示元件的符号称为职能符号,用职能符号绘制出来的图称为职能符号式原理图。我国已制定了此种图形符号的国家标准,即 GB 786.1—93《液压系统图图形符号》,详见附录。图 1-3 所示是用职能符号表示的推土机液压系统原理图。图中各元件的编号与图 1-2 所示相同,可作对照。

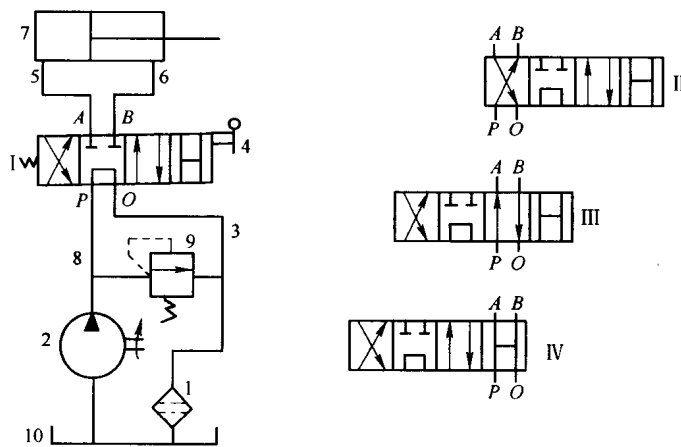


图 1-3 用职能符号表示的推土机液压系统原理图

应说明的是,液压系统图的图形符号只表示元件的职能、连接系统的通路,不表示元件的具体结构和参数,也不表示系统管路的具体位置及元件的安装位置;符号通常均以元件的静止位置或零位置表示;符号在系统中的布置除有方向性的元件(油箱、仪表)外,根据具体情况可水平或垂直绘制;当需要标明元件的名称、型号和参数时,一般在系统图的零件表中说明,必要时可标注在元件符号旁边。

液压系统原理图都应按照国标制定的图形符号标准绘制。对于标准中没有规定的图形符号或需特殊说明时,允许局部采用结构简图表示。

第二节 液压传动的特点及应用

一、液压传动的特点

液压传动与其他传动形式相比有如下主要优点:

1)易获得很大的输出力或力矩;易于实现大范围的无级调速。

2)易于实现直线往复运动以直接驱动工作装置;各液压元件间用管道连接,便于机械的总体布置,也便于用一台原动机驱动多个工作机构。

3)易于实现小型大功率传递,即较小重量和尺寸的液压件可传递较大的功率。例如,液压马达与同功率的电机相比其外形尺寸仅为后者的12%~13%,重量为后者的10%~20%。

上述三点可使整机重量大为减轻。如起重量为5t的液压起重机,每台可比机械传动式起重机减轻自重约3~5t。

4)液压油有一定的吸振能力,故液压传动工作平稳,易于实现快速起动、制动,快速换向和变速;液压油可使元件自行润滑,磨损小,寿命长。

5)操作简便省力,与电、气动操纵配合易于实现远控和自动控制,便于实现自动化。

6)液压元件易于实现标准化、系列化、通用化,便于设计、制造和推广。

液压传动与其他传动相比尚存在下述缺点:

1)油液泄漏及压力损失使效率降低,不能用于高精度的定比传动,不适于远距离传动。

2)液压元件配合精度要求高,加工工艺较难,制造成本高,维修也较困难。

3)在低温及高温条件下不宜采用液压传动。

二、液压传动在工程机械上的应用

液压传动的突出优点使其在工程机械上得到广泛应用。从现有的工程机械来看,液压技术主要应用在以下几个方面:

1)液压举升吊装、倾斜翻转及水平回转。用液压传动来推动工作装置完成各种简单或复杂的动作已是越来越普遍采用的方法。例如推土机铲刀的提升和下降,装载机铲斗的翻转举升,自卸汽车的倾斜,汽车起重机的吊装回转等均是利用液压缸、液压马达推动的。在挖掘机上利用多个液压缸和液压马达的协调动作可使铲斗完成挖土、升降、回转、卸土等各种复杂的工序。

2)液压驱动。所谓液压驱动就是利用高压液体驱动液压马达直接带动行走机械或其他旋转工作部件作旋转运动。如在挖掘机、沥青混凝土摊铺机和铲土运输机械上采用液压传动代替机械传动,就可以把离合器、变速器、传动轴、差速器等部件都省去,从而便于在总体设计上实现最佳选择安排。目前,大部分液压挖掘机、摊铺机的行走部分都采用了液压驱动,使底盘结构大大简化,重量大大减轻,易于改型和发展新品种。

3)液压转向和液压助力。在一些大功率的行走式工程机械上,普遍采用全液压转向机或液压助力器来实现转向,使操纵机械大大简化,操纵轻巧、灵便;加之采用液压换档变速,使各类机械的操作手柄大为减少,减轻了驾驶员的劳动强度,有利于提高作业效率。

4)液压支承。起重机、挖掘机等固定作业位置的机械采用液压支腿,从而大大缩短了作业准备时间;同时液压支腿采用液压锁锁紧,提高了机械作业时的稳定性。

5)液压传动用于压实机械。压路机采用液压传动可以实现工作速度无级调节,从而减少工作部件的载荷和冲击力,避免机械传动的压路机在起动、制动、方向变换时因惯性冲击力造成的不良影响,以提高工作效率和表面压实质量,并改善了驾驶员的劳动条件。

6)液压传动用于凿岩机。凿岩机采用液压传动可以自动调节参数,凿岩速度高,动力消耗低,易损件消耗量减少。

液压技术的采用大大促进了工程机械的发展,既表现在产品结构的改进、性能的提高上,

也表现在产品的规格、品种和数量的增加即工程机械的发展速度上。发展一种新型的工程机械,一般来讲采用液压传动比采用机械传动所用的研制过程要短得多。原因是液压元件易于实现“三化”,在整机上布置灵活,并使整机的结构简单。我国和世界各国工程机械近年来发展迅速,液压技术的采用起到了至关重要的作用。

复 习 题

1. 什么是液压传动? 说明油压千斤顶的工作原理。
2. 液压传动系统由哪几部分组成? 简要说明各组成部分的作用。
3. 什么是职能符号式液压系统原理图?
4. 液压传动的特点有哪些?
5. 举例说明液压技术在工程机械上的应用。

第二章 液压流体力学基本知识

本章主要研究液压油、液体与液压元件(包括管道)间的相互作用规律及其在技术上的应用,学习液压流体力学基础知识,熟悉油液的基本性质,明确基本概念,正确理解液压传动的基本原理和规律,为更好地使用和维护液压机械打下基础。

第一节 液压传动的工作介质——液压油

一、油液的物理性质

(一)油液的密度

单位体积液体的质量称为液体的密度,以 ρ 表示。如果体积为 V 的液体,它的质量为 m ,则

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2-1)$$

我国采用油温为 20°C 时的液压油密度为液压油的标准密度,以 ρ_{20} 表示。工程机械常用液压油密度为 $\rho_{20} = 880\text{kg/m}^3$ 左右,在实用中可认为不受温度和压力的影响。

(二)压缩性和热膨胀性

液体的压缩性是指液体受压力作用后体积减小的性质。在一般液压传动中,油液的压缩性可以忽略不计。但是在压力变化很大和传动要求较高的高压系统中,因为液体的压缩性使液体由高压到低压突然转换的瞬间,压缩后的液体会突然膨胀而造成冲击,所以这种场合必须考虑液体的压缩性。

液体的热膨胀性是指液体因温度升高而体积增大的性质。液体的热膨胀性也是很微小的,再加之液压传动系统的温升不能超过允许值,所以在一般情况下可忽略不计。

(三)液体的粘性

液体流动时流层之间产生内摩擦力的性质,称为液体的粘性。

液体在外力作用下运动时,液体各处的运动速度是不同的(如平缓的小河,河心流速高,而河心至两岸流速逐渐降低),这是由于液体与固体壁间的附着力和液体分子间的内聚力造成的。如图 2-1 所示,在两平行板之间充满了液体,下平板不动,上平板以速度 v 平行于下平板运动。由于液体的附着力和内聚力的作用,两平板间的液体也随之运动。可以把液体流动看成许多无限薄的液体流层,粘附于上平板的流层速度为 v ,粘附于下平板的流层速度为零,而中间层的速度按图 2-1 所示直线规律分布。

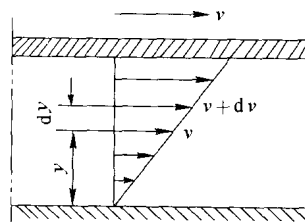


图 2-1 液体流动时的速度分布

由于液体各层的运动速度不相等,运动较快的液层带动较慢的液层;或者说,运动较慢的液层阻滞运动较快的液层。这

样,运动较快的液层在运动较慢的液层上流过时,类似于固体表面之间相对滑动过程,相邻液层之间必然产生内摩擦力。内摩擦力的方向总是与相对运动趋势相反。

通过大量的实验和理论研究,1686年牛顿首先揭示了液体的内摩擦规律:液体流动时相邻液层单位面积上的内摩擦力(或切应力) τ 与液体运动时的速度梯度成正比,并与液体的性质有关,即

$$\tau = \mu \left| \frac{dv}{dy} \right| \quad (2-2)$$

式中: μ ——液体内摩擦系数,称为动力粘度系数;

$\frac{dv}{dy}$ ——速度梯度,垂直于流动方向上单位长度内的速度变化(dv 为相邻液层之间的相对滑动速度, dy 为相邻液层之间的间隔距离)。

液体粘性的大小用粘度来度量,粘度通常有如下三种表示方法:

1. 动力粘度(μ)

用动力粘度系数 μ 表示液体粘性的大小,称为动力粘度。

由式(2-2)可得动力粘度

$$\mu = \left| \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} \right| \quad (2-3)$$

由上式可知,液体的动力粘度是指液体在单位速度梯度($\left| \frac{dv}{dy} \right| = 1$)下流动时,相邻液层单位面积上的内摩擦力。

动力粘度的单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

2. 运动粘度

在同一温度下液体的动力粘度 μ 与它的密度 ρ 之比称为运动粘度,以 ν 表示,即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2-4)$$

运动粘度的单位为 m^2/s ,常用的数学单位为 mm^2/s ,称为厘斯(cSt)。

$$1\text{m}^2/\text{s} = 10^6\text{mm}^2/\text{s} = 10^6\text{cSt}$$

在液压传动计算中和液压油的牌号上(润滑油牌号),一般不用动力粘度,而用运动粘度。

液压油的牌号就是以厘斯(cSt)为单位在温度为 40°C 时运动粘度的平均值。如L-HV32号液压油就表示在标准温度(40°C)时平均运动粘度为32cSt。

动力粘度和运动粘度为绝对粘度,不易直接测量,一般用于理论计算。

3. 相对粘度(又称条件粘度)

相对粘度是以液体的粘度与水的粘度比较的相对值表示的粘度。因测定方法的不同,各国采用的相对粘度各有不同。我国、前苏联和德国采用的是恩氏粘度(用 $^\circ\text{E}$ 表示),英国用雷氏粘度(R_1S),美国用赛氏粘度(SUS),法国用巴氏粘度($^\circ\text{B}$)。

恩氏粘度用恩氏粘度计来测定。它表示被测定的液体在某一温度下,从恩氏粘度计的 $\varphi 2.8\text{mm}$ 小孔流出200mL所需的时间 t_1 ,与蒸馏水在 20°C 时从同一小孔流出200mL所需时间 t_2 的比值,即

$$^\circ\text{E} = \frac{t_1}{t_2} \quad (2-5)$$

式中: t_1 ——200mL被测液体流过小孔所需的时间,s;

t_2 ——200mL蒸馏水在20℃时流过恩氏粘度计小孔所需的时间,s,其平均值一般为51s。
工业上一般多以 50℃作为测定恩氏粘度的标准温度。

运动粘度与恩氏粘度的换算公式为:

$$\nu(\text{cSt}) = 8.0^\circ\text{E} - 8.64/^\circ\text{E} \quad (1.35 < ^\circ\text{E} < 3.2) \quad (2-6)$$

$$\nu(\text{cSt}) = 7.6^\circ\text{E} - 4.0/^\circ\text{E} \quad (^\circ\text{E} > 3.2) \quad (2-7)$$

油液的粘度随压力和温度的变化有所不同。随着压力的增大,油液的粘度增大,一般液压油的压力在 20MPa 以下时,粘度增大的数值很小,可忽略不计。随着油温的升高,油液的粘度会显著变小,油液粘度随温度变化的性质叫粘温特性。油液粘度的变化直接影响液压系统的工作性能和泄漏。各种油液粘度随温度的变化关系曲线可由有关手册中的粘温图查得。

(四)油液的其他性质

1. 闪点

闪点是油液由加热到蒸发的油气与空气混合后,接触明火能发生闪光时油液的最低温度。

闪点测量方法有开环和闭环两种,液压油多用开环法(GB 267—77)测量。

闪点是油液防火性能的重要指标。闪点高,表明低沸点馏分少,油液在高温下的安全性好。闪点低就不宜在高温下使用。

2. 凝点

凝点是油液在试验条件下,冷却到失去流动性时的最高温度。液压油凝点测定按 GB 510—83 进行。

液压油的低温流动性与凝点有关。一般认为,在凝点以上 10℃时液压油的流动性是较好的。

3. 化学稳定性和热稳定性

化学稳定性是指油液抵抗与含氧物质特别是与空气起化学反应的能力。油液与空气或其他氧化剂接触会发生氧化反应生成酸性物质,使油质变坏。此外,油液还可能与其他物质发生反应。例如,溶解于橡胶密封圈中的某些增塑剂使橡胶膨胀失去弹性,使密封失效;或与油漆作用产生悬浮物堵塞液压元件小孔,影响系统正常工作;如果油与混入的水起反应,则可能生成油水浮浊液,使油的润滑性能降低,并加速金属表面生锈和其他腐蚀过程。

热稳定性是指油液在高温时抵抗化学反应的能力。温度升高时,油液的化学反应将加快,油分子裂化,并且可能产生沥青焦油等树脂状物质。这些杂质粘附在油路各处,堵塞液压元件小孔并卡住阀芯,影响系统正常工作。

4. 酸值

酸值是中和 1g 液压油中的全部酸性物质所需氢氧化钾的毫克数,以 KOH/g 的 mg 数表示。酸值用石油产品酸值测定法(GB 264—77)测定。

酸值是控制液压油使用性能的重要指标之一。酸值大的油液容易造成机件腐蚀,并加快油液变质,增加机械磨损。因此,根据设备的使用条件,规定了可用的最高酸值。

5. 腐蚀

腐蚀是液压油在规定条件下对规定金属试片的腐蚀作用。腐蚀试验一般按 SY 2620—77 润滑油腐蚀试验法进行。对所选液压油要求腐蚀试验合格。

二、常用液压油及其选用

(一)对液压油的性能要求

液压油在工作中既是传递能量的介质,又是液压元件的润滑剂,还是液压系统的冷却剂。为保证液压系统正常工作,液压油必须满足必要的性能要求。这些性能包括:

- 1) 具有适当的粘度和良好的粘温特性。一般液压油粘度多在 $(11.5 \sim 60) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 的范围内;
- 2) 具有对热、氧化、剪切的良好稳定性,以保持较长的寿命,避免产生树脂状沥青等胶状物。一般工作油温不宜超过 65°C ;
- 3) 具有良好的润滑性能及对密封件的适应性,以减少金属零件的磨损和对橡胶密封件的溶解;
- 4) 具有较高的闪点和较低的凝固点,以保证一年四季及不同环境下的使用;
- 5) 含杂质少,不易溶入空气且能快速消除产生的泡沫;
- 6) 不含水溶性酸、碱,防腐性能好。

(二) 液压油的添加剂

单一成分的液压油的自身性能往往很难满足液压系统对油的各种具体要求,因此需要在基础油液中加入少量的添加剂,以改善油液的性能。现代液压设备使用的液压油几乎都含有各种用途的添加剂,其含量为基础油量的 $0.01\% \sim 2\%$ 。

增粘剂:增粘剂加入低粘度的基础油中能使其粘度增高,同时能改善油液的粘温特性。常用的增粘剂有聚甲基丙烯酸酯、聚异丁烯(T601、T603)。

抗泡剂:抗泡剂能使混入油中的微小气泡破裂、合并,并迅速浮出油面而消除。常用的消泡剂有二甲基硅油、非硅抗泡剂。

抗氧化剂:抗氧化剂用来抑制油液的氧化过程,使油液的使用寿命延长。常用的抗氧化剂有 2,6-二叔丁基对甲酚(T501)。

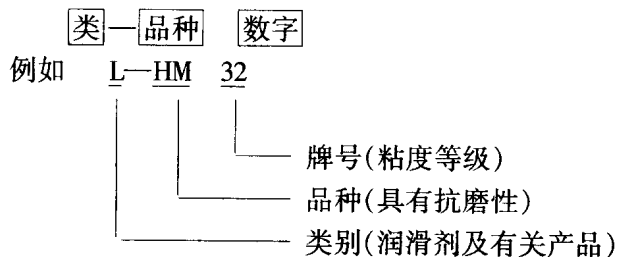
防锈剂:防锈剂能吸附于金属表面形成一牢固的吸附层,使金属不与水和酸接触,从而达到防锈的目的。常用的防锈剂有石油磺酸钡、十二烷基丁二酸盐(T701、T703)。

抗磨剂:抗磨剂大都是一些表面活性物质,在摩擦面上形成二次化合物保护膜,以增加润滑性能,减少磨损。常用的抗磨剂有二烷基二硫化磷酸锌(T202)。

(三) 常用液压油

一般在液压系统中常用的工作介质有液压油和液压液。液压液难燃,分为乳化型和合成型。

按国标规定,液压油属于石油类产品 L 类(润滑剂和有关产品)中的 H 组(液压系统用油)。其一般形式是:



工程机械液压系统常用的液压油有 L-HL 液压油, L-HM 液压油, L-HV 液压油和拖拉机传动、液压两用油。

1. L-HL 液压油

L-HL 液压油为普通液压油,有 L-HL15、L-HL22、L-HL32、L-HL46、L-HL68 和 L-

HL100 等六个品种。它是精制矿油并添加有抗氧化剂、防锈剂和抗泡剂等,粘温性能较好,抗氧化安定性好。它适用于环境温度 0℃ 以上的中高压系统。常用 L - HL32、L - HL46、L - HL68。

2. L - HM 液压油

L - HM 液压油为抗磨液压油,有 L - HM15、L - HM22、L - HM32、L - HM46、L - HM68、L - HM100、L - HM150 等七个品种。它具有良好的抗氧化、防锈和抗磨性能,适用于中压、高压工程机械,港口机械和车辆的液压系统。常用的有 L - HM32、L - HM46、L - HM68。

3. L - HV 液压油

L - HV 液压油为低温液压油,有 L - HV15、L - HV22、L - HV32、L - HV46、L - HV68、L - HV100 等六个品种。它具有良好的粘温性能(粘度指数不小于 160)和较低的凝点(不高于 - 35℃),以及良好的抗氧、抗泡、抗磨、防锈和一定的抗剪切性能,适用于寒区或温度变化范围较大的野外作业工程机械引进设备和车辆的中压、高压液压系统。常用的有 L - HV32、L - HV46、L - HV68。

4. 拖拉机传动、液压两油

此油是由精制的中性油加多种添加剂调制而成,按 40℃ 运动粘度分为 68、100 和 100D 三个牌号。其具有适宜的粘度,良好的粘温性能,较好的抗磨性,较高的油膜强度和较好的抗氧化、抗泡、抗乳化和防腐性能。主要用于传动与液压系统同用一个油箱的大、中型拖拉机和工程机械,也可用于引进的同类机械设备(如美国约翰·迪尔 4440 拖拉机,D6D 工程机械等)。

(四)液压油的选择

选择合适的工作油液是液压系统设计和使用时应考虑的重要内容之一,选用液压油可从以下两方面考虑:

1. 油液的类型

根据使用要求和运转条件(防火、防锈、防蚀、消泡、抗氧化要求及工作环境温度),使用压力界限(低压、中压、高压),油液的使用寿命、品质和价格等选定液压油类型(如是选难燃性工作液还是选石油基液压油;若为石油基液压油,是选纯矿物油还是其他类型带添加剂的或精制专用液压油等)。

2. 合适的油液粘度

选择液压油时,粘度是一个重要指标,并以此决定液压油的规格或品种。有关粘度的确定一般可作如下考虑:

1) 液压系统工作压力的高低。压力高时宜选用粘度较高的油液,因为高压时的泄漏问题比克服粘性阻力问题更为突出;压力低时则宜选用粘度较低油液。一般当工作压力小于 7MPa 时,可选用 ν 为 $(32 \sim 68) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 的油液;当压力为 7 ~ 20MPa 时,可选用 ν 为 $90 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 的油液。

2) 液压系统工作环境温度的高低。环境温度高时选用粘度较高的油液;反之,应选用粘度较低油液。例如对低压系统,盛夏时使用 N46 机械油,而在严冬时使用 N15 机械油。

3) 液压系统运动速度的高低。当工作装置的运动速度很高时,油流速度也很高,能量损失也随之增大,而漏油率相对减少,因此宜选用粘度较低油液;反之流速低,相对漏油率较大,将对工作装置的运动速度产生影响,故宜选用粘度较高的油液。

在一般情况下,可按液压机械及泵、阀类元件产品说明书指定的液压油品种选用,还可按液压泵类型来选用。各种液压泵的合适粘度范围及推荐用油见表 2-1。

液压泵的粘度范围及推荐用油

表 2-1

名 称	粘度范围(cSt)		工作压力 (MPa)	工作温度 (℃)	推 荐 用 油
	允 许	最 佳			
叶片泵 1 800r/min	20 ~ 220	25 ~ 54	14 以上	5 ~ 40	L - HL32、L - HL46 液压油
				40 ~ 80	L - HL46、L - HL68 液压油
齿轮泵	4 ~ 220	25 ~ 54	12.5 以上	5 ~ 40	L - HL32、L - HL46 液压油
				40 ~ 80	L - HL46、L - HL68 液压油
			10 ~ 20	5 ~ 40	L - HL46、L - HL68 液压油
				40 ~ 80	L - HM46、L - HM68 抗磨液压油
			16 ~ 32	5 ~ 40	L - HM32、L - HM46 抗磨液压油
				40 ~ 80	L - HM46、L - HM68 抗磨液压油
径向柱塞泵	10 ~ 65	16 ~ 48	14 ~ 35	5 ~ 40	L - HM32、L - HM46 抗磨液压油
				40 ~ 80	L - HM46、L - HM68 抗磨液压油
轴向柱塞泵	4 ~ 76	16 ~ 47	35 以上	5 ~ 40	L - HM32、L - HM46 抗磨液压油
				40 ~ 80	L - HM46、L - HM68 抗磨液压油

三、液压油的合理使用

合理使用液压油是保证液压系统正常工作的前提条件。液压系统出现的种种故障多数与液压油使用不当、污染变质有关。

根据实践经验,使用液压油应注意以下几个方面:

(一)防止污染

1)加强油液库存及现场管理,建立严格的油料管理制度和化验制度。油料要按牌号专桶贮存,严禁乱放,切勿露天日晒雨淋或靠近火源,保存温度一般以 20 ~ 30℃ 为宜。机械加油时注意清洁,加油用具必须保证洁净,加油前必须过滤油液。

2)保持液压元件清洁,特别是油箱周围的清洁。油箱通气孔要装滤清器以防止灰尘落入油箱内,在室外或低温作业处应防止油箱外露处的凝结水进入油箱。

3)经常清洗滤网、滤芯,换油时要将箱内及主要管道内的回油放净,并要清洗油箱和滤油器。

4)油液要定期检查更换。

对油液定期取样化验,以便确定现用液压油的污染度等级是否低于要求值,是否已到换油期限。工程机械用液压油主要性能指标变化及使用界限如表 2-2 所示。

工程机械液压油主要性能指标的使用界限

表 2-2

指 标	粘度变化量	闪点变化量	凝点变化量	水 分 含 量	酸值变化量 (mgKOH/g)
使用界限	± 10% ~ 15%	- 15%	15%	< 0.1%	25%

目前现场维护多凭经验目测判断油液污染程度,它是靠油液颜色是否混浊及气味是否难闻等状态来判断。由于人眼的能见度下限为 40μm,所以看上去脏的油已是严重污染了。但对于要求不高的液压系统,这种检验方法还是比较有效的。除此之外,还可将油液滴一滴于赤热的铁板上,如有“哧哧”声,说明油液含有水分。对于工程机械液压系统,希望能每月从油箱中抽取油样做目测检查。外观判定的污染程度及处理措施可参考表 2-3。