



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

机电一体化技术专业及专业群教材

矿山机械 液压系统的构建

(第2版)

KUANGSHAN JIXIE
YEYA XITONG DE GOUJIAN

主 编 彭伦天 王一刚



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

矿山机械液压系统 的构建

(第2版)

主 编 彭伦天 王一刚

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书在内容设置上借鉴了德国、澳大利亚等国际职业教育的先进教学理念,基于工作过程设计教学活动,全书由易到难设置了4个学习情境。主要介绍了构成矿山机械液压系统的各种液压元件的结构、工作原理、性能特点、选择和应用,矿山机械的典型液压传动系统的分析及组建等。

本书是高职高专教育三年制矿山机电类专业教材,也适合作为成人高校、中等职业学校机电类专业的教材,同时可供矿山企业工程技术人员参考或作为自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

矿山机械液压系统的构建 / 彭伦天, 王一刚主编.
—2版. —重庆: 重庆大学出版社, 2015. 1
机电一体化技术专业及专业群教材
ISBN 978-7-5624-5208-9

I. 矿… II. ①彭… ②王… III. 矿山机械—液
压系统—高等学校—教材 IV. TD403

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 010923 号

矿山机械液压系统的构建

(第2版)

主 编 彭伦天 王一刚
责任编辑:周 立 版式设计:周 立
责任校对:邬小梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行
出版人:邓晓益
社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号
邮编:401331
电话:(023) 88617190 88617185(中小学)
传真:(023) 88617186 88617166
网址:<http://www.cqup.com.cn>
邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)
全国新华书店经销
重庆川渝彩色印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12 字数:300千
2015年1月第2版 2015年1月第2次印刷
印数:3 001—6 000
ISBN 978-7-5624-5208-9 定价:25.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

第2版 前言

本教材自2010年出版以来,随着现代工业技术的发展,液压技术在矿山机械中得到了进一步的应用。与此同时,在三年多的教学实践,也发现了原书的一些缺陷和不足之处。为此,本教材再版时各学习情境删改了部分不适宜内容,增加了新鲜的内容。本教材在修订过程中依然体现了第一版的以下特点:

1. 根据工矿企业职业岗位的需要以及工矿应用型技术人才应具备机电设备液压部分操作维护能力,确定教材的知识结构、技能结构,努力使学生的职业技能能够满足职业岗位的需要。

2. 以国家职业技能等级标准为依据,使教材内容涵盖液压设备操作维护等相关技能等级标准要求,便于“双证书制”在教学中的贯彻落实。

3. 根据围绕生产过程进行教学的宗旨,以技能训练为主线,理论知识为支撑的编写思路,教材加强了技能训练的内容,并给出了评定标准,较好地处理了理论教学与技能训练的关系,有利于帮助学生掌握知识、形成技能、增强动手能力。

4. 将行业、企业专家所积累的经验以及企业现行的新技术、新设备融入教材相关内容中,使学生的知识水平能跟上现代化的发展。

本教材由彭伦天主持修订,参加本教材修订工作的有:重庆工程职业技术学院王一刚;重庆工程职业技术学院卢建波;重庆永荣矿业有限责任公司黄元祥。

尽管收集了大量的最新资料,由于个人能力有限,还是有一些想收集而收集不到的资料,这给部分内容的修订带来了一定的困难。另外,因时间紧迫,错误和疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者
2015年1月

前言

为了满足高等职业技术学院培养工矿应用型技术人才的需要,根据国家示范性高等职业技术学院教育教学改革的精神,我们在充分调研的基础上,结合工矿企业生产过程以及对应用型技术人才的要求,对新教材的内容定位、结构体系、知识点进行了较大的改变,努力使新教材具有以下特点:

一、根据工矿企业职业岗位的需要以及工矿应用型技术人才应具备机电设备液压部分操作维护能力,确定教材的知识结构、技能结构,努力使学生的职业技能能够满足职业岗位的需要。

二、以国家职业技能等级标准为依据,使教材内容涵盖液压设备操作维护等相关技能等级标准要求,便于“双证书制”在教学中的贯彻落实。

三、根据围绕生产过程进行教学的宗旨,以技能训练为主线,理论知识为支撑的编写思路,教材加强了技能训练的内容,并给出了评定标准,较好地处理了理论教学与技能训练的关系,有利于帮助学生掌握知识、形成技能、增强动手能力。

四、将行业、企业专家所积累的经验以及企业现行的新技术、新设备融入教材相关内容中,使学生的知识水平能跟上现代化的发展。

五、按照教学规律和学生的认知规律,合理编排教材内容,尽量采用图文并茂的编写风格,并配有图片、动画、视频等辅助资料,从而达到易教、易学的目的。

参加本书编写工作的有:王一刚(情境1)、卢建波(情境2:任务1、任务2),黄元祥(情境2:任务3、任务4),黄文建(情境3:任务1、任务2),彭伦天(情境3:任务3、任务4,情境4)。全书由彭伦天、王一刚担任主编。

在教材编写过程中,得到了许多工矿企业的大力帮助和支持,参与编写的专家倾注了大量心血,将他们多年的实践经验和教学体会奉献给读者,参与审稿的专家也提出了宝贵的意见和建议。在此,我们表示衷心的感谢!同时恳请广大读者,特别是工矿企业的读者,对教材的不足之处提出宝贵意见,以便修正。

编 者
2009 年 10 月

目 录

学习情境 1 液压千斤顶液压系统的构建	1
任务 1 液压千斤顶液压系统分析	1
任务 2 液压油选用	8
任务 3 静止液体的力学分析	18
任务 4 流动液体的力学分析	26
任务 5 液压千斤顶液压系统的组建	38
习题与实践操作	42
学习情境 2 采煤机滚筒调高液压系统的构建	43
任务 1 调高系统液压泵的选用	43
任务 2 液压缸的选用	68
任务 3 方向控制阀的选用	82
任务 4 采煤机调高液压系统的组建	98
习题与实践操作	105
学习情境 3 全液压钻机液压系统的构建	107
任务 1 全液压钻机液压马达的选用	107
任务 2 压力控制阀的选用	117
任务 3 流量控制阀的选用	127
任务 4 全液压钻机液压系统的组建	134
习题与实践操作	138
学习情境 4 液压牵引采煤机液压系统的构建	139
任务 1 液压辅助元件的选用	139
任务 2 液压牵引采煤机液压系统的分析	151
任务 3 液压牵引采煤机液压系统的组建	172
习题与实践操作	176
附 录 常用液压图形符号	177
参考文献	182

学习情境 1

液压千斤顶液压系统的构建

车辆行驶中突然爆胎,需要更换轮胎,用什么工具呢?可以借助一种叫做千斤顶的大力士。千斤顶有机械式和液压式的两种,现在应用得较多的是液压千斤顶,那么液压千斤顶是怎样工作的呢?

任务 1 液压千斤顶液压系统分析

知识目标:★掌握液压传动的工作原理

★掌握液压传动的系统组成

能力目标:★绘制液压千斤顶的液压系统图



任务导入

液压千斤顶是常用的举升设备,如图 1-1 所示。它利用了液压传动系统来完成对重物的举升操作,那么,什么是液压传动?液压传动是如何工作的呢?



图 1-1 液压千斤顶



任务分析

液压千斤顶就是靠液压传动系统带动完成工作的。要全面了解液压传动系统,就要掌握系统的工作原理、熟悉组成系统的各类液压元件的结构以及由这些元件组成的各种控制回路的特点及应用、传动介质的基本特性等。下面来分析液压传动系统。



相关知识

一、液压传动的概念

一部完整的机器由原动机部分、传动机构及控制部分、工作机部分(含辅助装置)组成。原动机包括电动机、内燃机等。工作机即完成该机器之工作任务的直接工作部分,如剪床的剪刀、车床的刀架等。由于原动机的功率和转速变化范围有限,为了适应工作机的工作力和工作速度变化范围变化较宽,以及性能的要求,在原动机和工作机之间设置了传动机构,其作用是把原动机输出功率经过变换后传递给工作机。一切机械都有其相应的传动机构借助于它达到对动力的传递和控制的目的。

传动机构通常分为机械传动、电气传动、流体传动和复合传动。

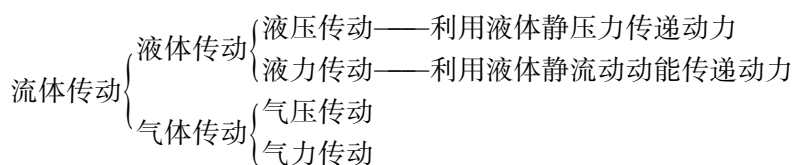
机械传动是通过齿轮、齿条、蜗轮、蜗杆等机件直接把动力传送到执行机构的传递方式。

电气传动是利用电力设备,通过调节电参数来传递或控制动力的传动方式。

流体传动是以流体为工作介质进行能量转换、传递和控制的传动。它包括液压传动、液力传动和气压传动。

复合传动任意两种以上的传动方式的组合。

液压传动和液力传动均是以液体作为工作介质进行能量传递的传动方式。液压传动主要是利用液体的压力能来传递能量;而液力传动则主要是利用液体的动能来传递能量。



二、液压传动的工作原理及系统组成

(一) 液压传动系统的工作原理

液压传动的工作原理,可以用液压千斤顶的工作原理来说明。

图 1-2 是液压千斤顶的工作原理图。大油缸 9 和大活塞 8 组成举升液压缸。杠杆手柄 1、小油缸 2、小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞向上移动,小活塞下端油腔容积增大,形成局部真空,这时单向阀 4 打开,通过吸油管 5 从油箱 12 中吸油;用力压下手柄,小活塞下移,小活塞下腔压力升高,单向阀 4 关闭,单向阀 7 打开,下腔的油液经管道 6 输入举升油缸 9 的下腔,迫使大活塞 8 向上移动,顶起重物。再次提起手柄吸油时,单向阀 7 自动关闭,使油液不能倒流,从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手柄,就能不断

地把油液压入举升缸下腔,使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11,举升缸下腔的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱,重物就向下移动。这就是液压千斤顶的工作原理。

通过对上面液压千斤顶工作过程的分析,可以初步了解到液压传动的基本工作原理。液压传动是利用有压力的油液作为传递动力的工作介质。压下杠杆时,小油缸 2 输出压力油,是将机械能转换成油液的压力能,压力油经过管道 6 及单向阀 7,推动大活塞 8 举起重物,是将油液的压力能又转换成机械能。大活塞 8 举升的速度取决于单位时间内流入大油缸 9 中油容积的多少。由此可见,液压传动是一个不同能量的转换过程。

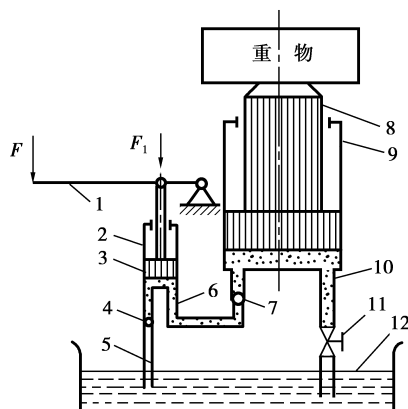


图 1-2 液压千斤顶工作原理图

- 1—杠杆手柄;2—小油缸;3—小活塞;
4,7—单向阀;5—吸油管;6、10—管道;
8—大活塞;9—大油缸;11—截止阀;12—油箱

液压千斤顶是一种简单的液压传动装置。下面分析一种驱动工作台的液压传动系统。如图 1-3 所示,它由油箱、滤油器、液压泵、溢流阀、开停阀、节流阀、换向阀、液压缸以及连接这些元件的油管、接头组成。其工作原理如下:液压泵由电动机驱动后,从油箱中吸油。油液经滤油器进入液压泵,油液在泵腔中从入口低压到泵出口高压,在图 1-2(a) 所示状态下,通过开停阀、节流阀、换向阀进入液压缸左腔,推动活塞使工作台向右移动。这时,液压缸右腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。

如果将换向阀手柄转换成图 1-3(b) 所示状态,则压力管中的油将经过开停阀、节流阀和换向阀进入液压缸右腔、推动活塞使工作台向左移动,并使液压缸左腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开大时,进入液压缸的油量增多,工作台的移动速度增大;当节流阀关小时,进入液压缸的油量减小,工作台的移动速度减小。这种现象正说明了液压传动一个重要的基本概念——液压缸的运动速度取决于进入液压缸的流量,而与流体压力大小无关。

为了克服移动工作台时所受到的各种阻力,液压缸必须产生一个足够大的推力,这个推力是由液压缸中的油液压力所产生的。要克服的阻力越大,缸中的油液压力越高;反之压力就越低。这种现象正说明了液压传动的一个基本原理——压力决定于负载。

(二) 液压传动系统的组成

从机床工作台液压系统的工作过程可以看出,一个完整的、能够正常工作的液压系统,应该由以下五个主要部分组成:

(1) 动力元件:它是供给液压系统压力油,把机械能转换成液压能的装置。最常见的形式是液压泵。

(2) 执行元件:它是把液压能转换成机械能以驱动工作机构的装置。其形式有作直线运动的液压缸,有作回转运动的液压马达,它们又称为液压系统的执行元件。

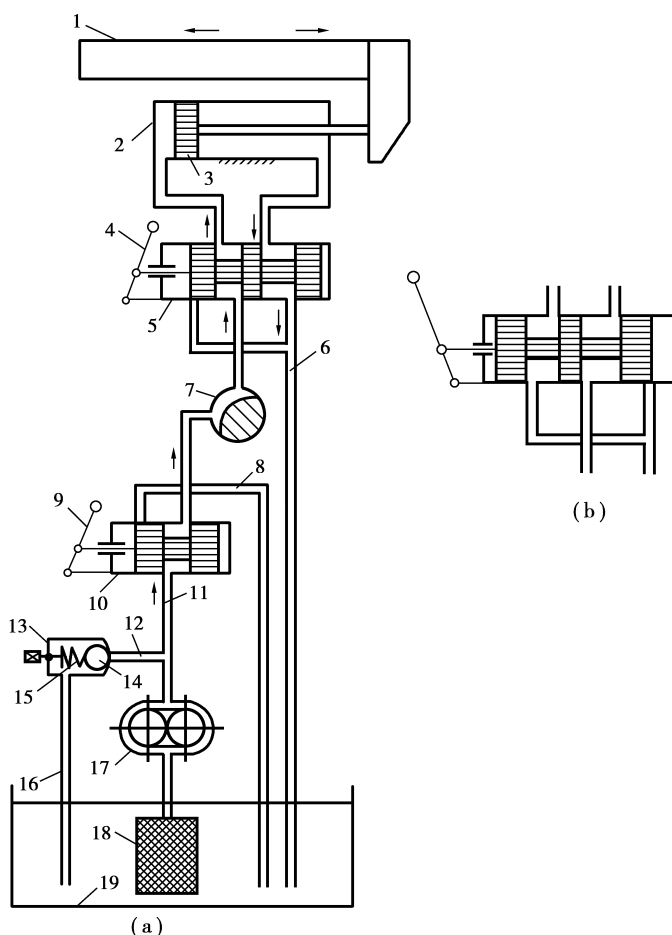


图 1-3 机床工作台液压系统工作原理图

1—工作台;2—液压缸;3—活塞;4—换向手柄;5—换向阀;
6,8,16—回油管;7—节流阀;9—开停手柄;10—开停阀;
11—压力管;12—压力支管;13—溢流阀;14—钢球;15—弹簧;
17—液压泵;18—滤油器;19—油箱

(3)控制元件:它是对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置。控制元件包括压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀,这些元件的不同组合组成了不同功能的液压系统。

(4)辅助元件:上述三部分之外的其他装置,例如油箱、滤油器、油管等。它们对保证系统正常工作是必不可少的。

(5)工作介质:传递能量的流体,常用的是液压油等。

(三) 液压传动系统图的图形符号

图 1-3 所示的液压系统是一种半结构式的工作原理图它有直观性强、容易理解的优点,当液压系统发生故障时,根据原理图检查十分方便,但图形比较复杂,绘制比较麻烦。我国已经制订了一种用规定的图形符号来表示液压原理图中的各元件和连接管路的国家标准,即液压系统图图形符号(GB/T 786—1993)。我国制订的液压系统图图形符号中,对于这些图形符号有以下几条基本规定。

(1)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,也不表示元件在机器中的实际安装位置。

(2)元件符号内的油液流动方向用箭头表示,线段两端都有箭头的,表示流动方向可逆。

(3)符号均以元件的静止位置或中间零位置表示,当系统的动作另有说明时,可作例外。

图 1-4 所示为图 1-3(a) 系统用国标 GB/T 786—1993 绘制的工作原理图。使用这些图形符号可使液压系统图简单明了,且便于绘图。

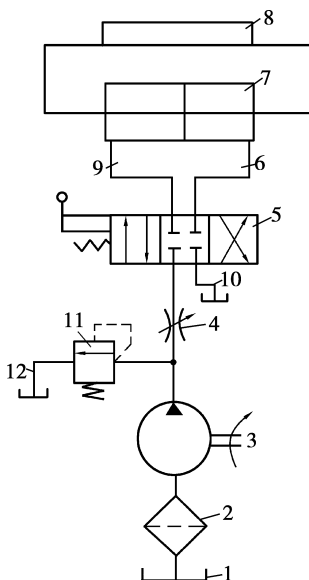


图 1-4 机床工作台液压系统的图形符号图

1—油箱;2—滤油器;3—液压泵;4—节流阀;5—换向阀;
6、9、10、12—油管;7—液压缸;8—工作台;11—溢流阀



任务实施

一、分析液压千斤顶的结构组成

二、绘制液压千斤顶的液压系统图

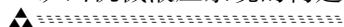
依据我国制定的液压图形符号标准 GB/T 786—1993 绘图液压千斤顶的液压系统图,在绘制液压系统图时,注意以下规定:

(1)标准规定的液压元件图形符号,主要用于绘制以液压油为工作介质的液压系统原理图。

(2)液压元件的图形符号应以元件的静态或零位来表示。当组成系统的动作另有说明时,可作例外。

(3)在液压传动系统中,液压元件若无法采用图形符号表达时,可以采用结构简图表示。

(4)元件符号只表示元件的职能和连接系统的通路,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和元件的安装位置。

(5) 元件的图形符号在传动系统中的布置,除有方向性的元件符号(油箱和仪表等)外,可根据具体情况水平或垂直绘制。

(6) 元件的名称、型号和参数(如压力、流量、功率和管径)等,一般应在系统图的元件表中表明,必要时可标注在元件符号旁边。

(7) 标准中未规定的图形符号,可根据本标准的原则和所列图例的规律性进行派生。当无法直接引用和派生时,或有必要特别说明系统中某一重要元件的结构及动作原理时,均允许局部采用结构简图表示。

(8) 元件符号的大小以清晰、美观为原则,根据图样幅面的大小斟酌处理,但要保证图形符号本身的比例。



知识拓展

液压传动的特点及发展应用

液压传动之所以能得到广泛的应用,是由于它与机械传动、电气传动相比具有以下的主要优点:

(1) 由于液压传动是油管连接,所以借助油管的连接可以方便灵活地布置传动机构,这是比机械传动优越的地方。例如,在井下抽取石油的泵可采用液压传动来驱动,以克服长驱动轴效率低的缺点。由于液压缸的推力很大,又加之极易布置,在挖掘机等重型工程机械上,已基本取代了老式的机械传动,不仅操作方便,而且外形美观大方。

(2) 液压传动装置的重量轻、结构紧凑、惯性小。例如,相同功率液压马达的体积为电动机的 12% ~ 13%。液压泵和液压马达单位功率的重量指标,目前是发电机和电动机的十分之一,液压泵和液压马达可小至 0.002 5 N/W(牛/瓦),发电机和电动机则约为 0.03 N/W。

(3) 可在大范围内实现无级调速。借助阀或变量泵、变量马达,可以实现无级调速,调速范围可达 1:2 000,并可在液压装置运行的过程中进行调速。

(4) 传递运动均匀平稳,负载变化时速度较稳定。正因为此特点,金属切削机床中的磨床传动现在几乎都采用液压传动。

(5) 液压装置易于实现过载保护——借助于设置溢流阀等,同时液压件能自行润滑,因此使用寿命长。

(6) 液压传动容易实现自动化——借助于各种控制阀,特别是采用液压控制和电气控制结合使用时,能很容易地实现复杂的自动工作循环,而且可以实现遥控。

(7) 液压元件已实现了标准化、系列化和通用化,便于设计、制造和推广使用。

液压传动系统的主要缺点

(1) 液压系统中的漏油等因素,影响运动的平稳性和正确性,使得液压传动不能保证严格的传动比。

(2) 液压传动对油温的变化比较敏感,温度变化时,液体黏性变化,引起运动特性的变化,使得工作的稳定性受到影响,所以它不宜在温度变化很大的环境条件下工作。

(3) 为了减少泄漏,以及为了满足某些性能上的要求,液压元件的配合件制造精度要求较高,加工工艺较复杂。

(4) 液压传动要求有单独的能源,不像电源那样使用方便。

(5) 液压系统发生故障不易检查和排除。

总之,液压传动的优点是主要的,随着设计制造和使用水平的不断提高,有些缺点正在逐步加以克服。液压传动有着广泛的发展前景。

自18世纪末英国制成世界上第一台水压机以来,液压传动技术已有二三百年的历史。直到20世纪30年代它才较普遍地用于起重机、机床及工程机械。在第二次世界大战期间,由于战争需要,出现了由响应迅速、精度高的液压控制机构所装备的各种军事武器。第二次世界大战结束后,战后液压技术迅速转向民用工业,液压技术不断应用于各种自动机及自动生产线。

本世纪60年代以后,液压技术随着原子能、空间技术、计算机技术的发展而迅速发展。因此,液压传动真正的发展也只是近三四十年的事。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(CDC)、机电一体化技术、可靠性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。

当前液压技术正在继续向以下几方面发展。

(1) 节能。近年来,由于世界能源的紧缺,各国都把液压传动的节能问题作为液压技术发展的重要课题。上个世纪70年代后期,德、美等国相继研制成负载敏感泵及低功率电磁铁等。德国汉堡军事学院研究成功回收重物下降能量的开式液压节能系统。最近美国威克斯公司又研制成用于功率匹配系统的CMX阀。

(2) 液压与微电子、计算机技术相结合。随着微电子、计算机技术的发展,出现了各种数字阀和数字泵,并出现了把单片机直接装在液压元件上的具有位置或力反馈的闭环控制液压元件及装置。有些装置只用一条通信线就能控制16个执行机构。计算机辅助设计、辅助绘图、辅助工艺及辅助制造等技术,在国内液压工业中也开始进入实用阶段。

(3) 提高液压传动的可靠性。由于有限元法在液压元件设计中的应用,可靠性试验、研究工作的广泛开展以及新材料、新工艺的发展等,使液压元件的寿命逐年得到提高。由于对飞机船舶、冶金等一些重要液压系统采用多裕度设计,并在系统中设置旁路净化回路及具有初级智能的自动故障检测仪表等,以加强油液的污染度控制。上述领域内的一些重要成果,使液压系统的可靠性逐年得到提高。

(4) 高度集成化。叠加阀、集成块、插装阀以及把各种控制阀集成于液压泵及液压执行器上的组合元件的出现,有些还把单片机集成在其控制机构上,达到了集机、电、液于一体的高度集成化。

此外,高压、高转速、低噪声元件的研究,高效滤材的研究,环保型工作介质及其相应高压液压元件的研究等也是值得注意的动向。

我国的液压技术最初应用于机床和锻压设备上,后来又用于拖拉机和工程机械。现在,我国的液压元件随着从国外引进一些液压元件、生产技术以及进行自行设计,现已形成了系列,并在各种机械设备上得到了广泛的使用。

近几十年液压传动发展相当快,广泛应用在机械制造、工程建设、石油化工、交通运输、军事器械、矿山、冶金、航空、航海、轻工、农机、渔业、林业等各个方面,也被应用在宇宙航行、海洋开发、核能建设、地震预测等新的技术领域中。

液压传动在机械工业中的应用情况见表 1-1 所示。

表 1-1 液压传动在各行业中的应用实例

行业名称	应用场所举例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉炉顶及电极升降机、轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减振器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等

任务 2 液压油选用

知识目标:★掌握流体的基本物理性质

★掌握液压油的品种与分类

能力目标:★正确选用液压油



任务导入

液压油是液压传动系统中的传动介质,而且还对液压装置的机构、零件起着润滑、冷却和防锈作用。液压介质的性能对液压系统的工作状态有很大影响,液压传动系统的压力、温度和流速在很大的范围内变化,因此液压油的质量优劣直接影响液压系统的工作性能。故此,合理地选用液压油也是很重要的。



任务分析

不同的液压系统由于工作环境和使用条件的不同,对所使用的液压油的要求也就不一样。那么,液压系统对液压油有哪些要求? 液压油有哪些品种? 在选用液压油时又需要考虑哪些

因素? 下面我们一起来了解液压油的相关知识。



相关知识

一、液压油的物理特性

1. 密度 ρ

单位体积的流体所具有的质量(均质流体)。

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg/m}^3]$$

密度是液体的一个重要物理参数,当液体温度或压力发生变化时,其密度也会发生变化,但其变化量一般很小,所以常取密度为定值。

一般矿物油的密度为 $850 \sim 950 \text{ kg/m}^3$ 。

2. 重度 γ

单位体积的流体所具有的重量(均质流体)。

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad [\text{N/m}^3]$$

一般矿物油的重度为 $8\,400 \sim 9\,500 \text{ N/m}^3$ 。

$$\text{因 } G = m g \quad \text{所以 } \gamma = \frac{G}{V} = \rho g$$

3. 液体的可压缩性

当液体受压力作用而体积减小的特性称为液体的可压缩性。液体的压缩性可用体积压缩系数或体积弹性模量表示。

$$\text{体积压缩系数 } \beta_p = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dp}$$

式中 β_p ——压缩系数, $1/\text{Pa}$;

dV ——液体的体积增量, m^3 ;

dp ——液体的压力增量, Pa 。

由于 dp 为正值, dV 必为负值,故上式右端加负号,使之成为正值。

$$\text{体积弹性模量 } K = \frac{1}{\beta_p}$$

式中 k ——体积弹性模量, Pa 。

体积弹性模量 k ,表示了液体反抗压缩变形的能力, k 越大表示液体越难压缩。

4. 液体的膨胀性

如果压力不变,液体的体积随温度的提高而增大的性质称为液体的膨胀性。膨胀性的大小一般用膨胀系数来度量。

压力不变时,温度的变化引起的体积相对变化量称为膨胀系数,用 β_t 来表示,即

$$\beta_t = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dt}$$

式中 β_t ——膨胀系数, $1/\text{K}$;

dt ——液体的温度增量, K。

其他符号意义同前。

5. 流体的黏性

液体在外力作用下流动时,由于液体分子间的内聚力而产生一种阻碍液体分子之间进行相对运动的内摩擦力,液体的这种产生内摩擦力的性质称为液体的黏性。由于液体具有黏性,当流体发生剪切变形时,流体内就产生阻滞变形的内摩擦力,由此可见,黏性表征了流体抵抗剪切变形的能力。处于相对静止状态的流体中不存在剪切变形,因而也不存在变形的抵抗,只有当运动流体流层间发生相对运动时,流体对剪切变形的抵抗,也就是黏性才表现出来。黏性所起的作用为阻滞流体内部的相互滑动,在任何情况下它都只能延缓滑动的过程而不能消除这种滑动。

黏性的大小可用黏度来衡量,黏度是选择液压用流体的主要指标,是影响流动流体的重要物理性质。

当液体流动时,由于液体与固体壁面的附着力及流体本身的黏性使流体内各处的速度大小不等,以流体沿平行平板间的流动情况为例,如图 1-5 所示,设上平板以速度 u_0 向右运动,下平板固定不动。紧贴于上平板上的流体粘附于上平板上,其速度与上平板相同。紧贴于下平板上的流体粘附于下平板图 1-5 液体的黏性示意图上,其速度为零。中间流体的速度按线性分布。我们把这种流动看成是许多无限薄的流体层在运动,当运动较快的流体层在运动较慢的流体层上滑过时,两层间由于黏性就产生内摩擦力的作用。根据实际测定的数据所知,流体层间的内摩擦力 F 与流体层的接触面积 A 及流体层的相对流速 du 成正比,而与此二流体层间的距离 dy 成反比,即:

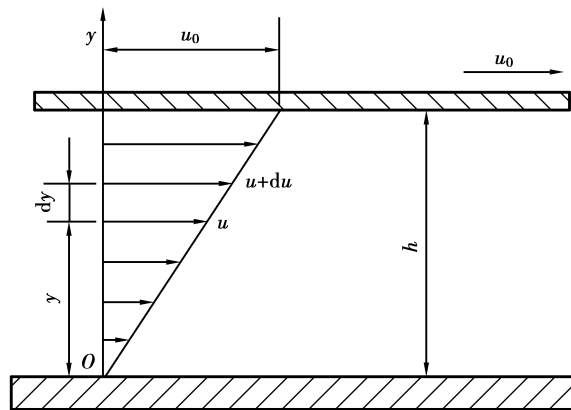


图 1-5 液体的黏性示意图

$$F = \mu A du / dy$$

以 $\tau = F/A$ 表示切应力,则有:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1-1)$$

式中 μ ——衡量流体黏性的比例系数,称为绝对黏度或动力黏度;

$\frac{du}{dy}$ ——流体层间速度差异的程度,称为速度梯度。

上式是液体内摩擦定律的数学表达式。当速度梯度变化时, μ 为不变常数的流体称为牛