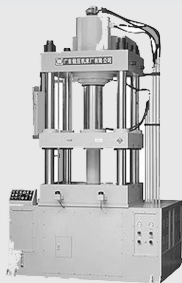




机器由原动部分、传动部分、执行部分、控制部分四部分组成。原动部分有电动机、内燃机、燃气轮机和其他形式(风力、人力)等动力装置;传动部分分为机械部分、电气部分和流体部分三种形式;控制部分包括自动检测部分和自动控制部分,其作用是显示和反映机器的运行位置和状态,控制机器的正常运行和工作。

液压传动自 17 世纪帕斯卡提出静压传递原理、1795 年世界上第一台水压机诞生,已有 200 多年的历史。目前,液压传动技术正在向着高压、高速、高效率、大流量、大功率、微型化、低噪声、低能耗、经久耐用、高度集成化方向发展,向着用计算机控制的机电一体化方向发展。



(a) 压力机



(b) 飞机起落架



(c) 注塑机



(d) 挖掘机



(e) 联合收割机—液压式割台升降



(f) 磨床工作台

▲图 1-1 液压传动在各领域的应用

图 1-1 为液压传动在各领域的应用,要想掌握液压传动技术,必须先了解液压传动的理论知识,认识和掌握液压实训设备的使用。

任务一 液压传动基础知识

任务描述

根据图 1-6 机床工作台液压系统的图形符号原理图搭建液压系统并进行调试,仔细观察实训过程中发生的现象,记录相关数据并作适当分析。

任务目标

1. 了解液压传动的基本概念。
2. 掌握液压传动的工作原理。
3. 了解液压传动的优缺点及应用。

知识储备

一、液压传动原理

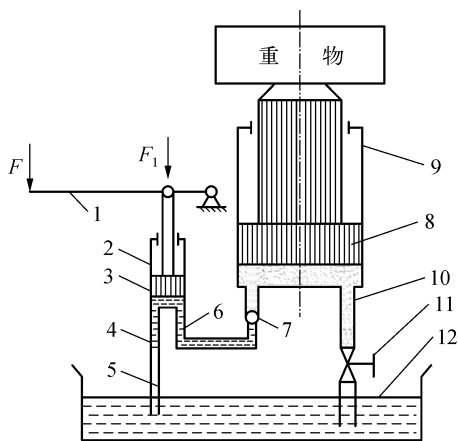
液压传动是用液体作为工作介质来传递能量和进行控制的传动方式。液压传动和气压传动称为流体传动,是根据 17 世纪帕斯卡提出的液体静压力传动原理而发展起来的一门新兴技术,是工农业生产中广为应用的一门技术。如今,流体传动技术水平的高低已成为一个国家工业发展水平的重要标志。

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(液压缸或马达)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。

液压传动的工作原理,可以通过一个液压千斤顶的工作原理来说明(图 1-2、1-3)。

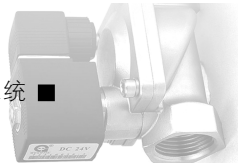


▲图 1-2 立式液压千斤顶实物



▲图 1-3 液压千斤顶工作原理图

1—杠杆 2—泵体 3—小活塞 4、7—单向阀 5—吸油管
6、10—管道 8—大活塞 9—缸体 11—放油阀 12—油箱



1. 组成

液压千斤顶由手动柱塞液压泵(杠杆、泵体、小活塞)和液压缸(大活塞、缸体)组成。

2. 泵吸油过程

向上提起杠杆,小活塞带动上行,泵体中工作容积增多,形成了部分真空,在大气压的作用下,油箱中的油液经油管打开单向阀并流入泵体中。

3. 泵压油和重物举升过程

压下杠杆,带动小活塞下移,泵体中工作容积减小,便把其中的油液挤出,推开单向阀,油液经油管进入液压缸。液压缸也是一个密封的工作容积,进入的油液因受挤压而产生的作用力就会推动大活塞上升,并将重物顶起做功。

4. 重物落下过程

需要大活塞下移时,将放油阀开启,在重物自重的作用下,液压缸的油液流回油箱,大活塞下降到原位。

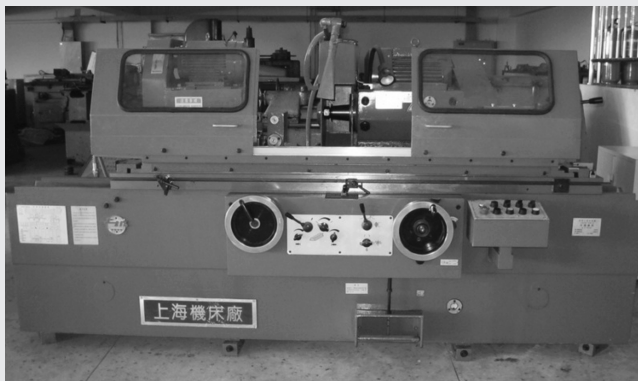
5. 工作原理

以油液作为工作介质,通过密封容积的变化来传递运动,通过油液内部的压力来传递动力。

二、液压传动系统的组成

查阅资料

M1432A 型磨床(图 1-4)的面板提供了哪些功能? 请通过查阅参考资料、动手实践,了解它们的作用及使用注意事项。



▲图 1-4 M1432A 型磨床

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 1-5 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。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,在泵腔中从入口低压到泵出口高压,在图 1-5(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,液压缸右腔的油液经换向阀和回油管 6 排回油箱。

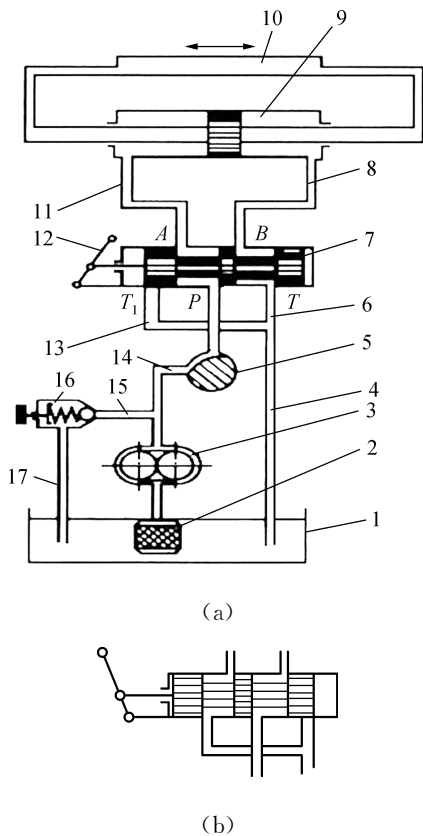
如果将换向阀手柄转换成图 1-5(b)所示状态,则压力管中的油液将经过开停阀、节流阀

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液经换向阀和回油管 6 排回油箱。

当换向阀的阀芯处于中间位置时,换向阀的进、出油口全被堵死,使液压缸两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,也可以使工作台在任意位置停止。

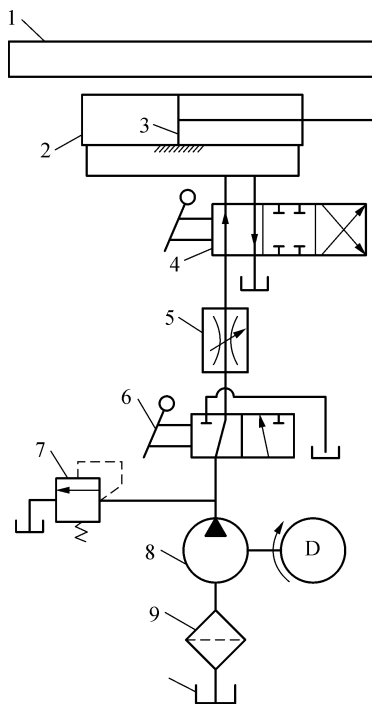
从上面例子可以看出液压传动系统主要由五部分组成:

- (1) 动力部分:将原动机的机械能转换为油液的压力能(液压能)。如:液压泵。
- (2) 执行部分:将液压泵输入的压力能转换为带动工作机构的机械能。如: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。如:放油阀、单向阀等。
- (4) 辅助部分:将前面三部分连接在一起,组成一个系统,起贮油、过滤、测量和密封等作用,保证系统正常工作。如:油管、油箱等。
- (5) 传动介质:系统中传递能量的流体。如:油液。



▲图 1-5 机床工作台液压系统工作原理图

1—油箱 2—滤油器 3—液压泵 4、6、8、11—管路
5—流量控制阀 7—换向阀 9—液压缸
10—工作台 12—换向手柄 16—溢流阀

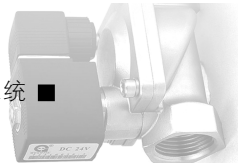


▲图 1-6 机床工作台液压系统的图形符号

1—工作台 2—液压缸 3—油塞 4—换向阀
5—节流阀 6—开停阀 7—溢流阀
8—液压泵 9—滤油器 10—油箱

三、液压元件的图形符号

图 1-5 所示的是一种半结构式液压系统的工作原理图,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



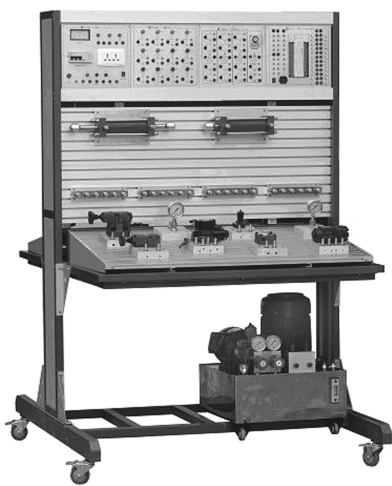
经制定了一种用规定的图形符号来表示液压原理图中的各元件和连接管路的国家标准,即《液压气动图形符号》(GB/T 786.1—1993)。

采用图形符号来代表各液压元件,绘制液压系统原理图既方便又清晰(图 1-6)。

常用液压元件及液压系统其他有关装置或器件的图形符号见附录。

四、液压装置概述

如图 1-7 所示,本实训装置是在亚龙 YL-381C 型 PLC 控制的液压气动实训装置的基础上,采用双台合并的设计方式,将两个单面实训台合并在一起,由一面液压和一面气动组成,采用敞开式结构的操作板,用带有快速接头的连接管连接元件,提高了设备空间的利用率。液压实训装置,由液压元件部分、电气控制部分及实训台架等组成,电气部分主要由 PLC 模块、继电器模块、电源模块、按钮模块等部分组成。实训台主体框架采用铝木结构组装完成,台架重量较轻且安装了万向轮,可方便实训台的移动。台架分上下两层结构,上面可放置电气模块,下面是实训屏,实训屏采用带槽铝合金结构,方便各气动元件的安装和拆卸,可以根据实验需要在实训屏上任意搭建液压回路,组成具有一定功能的气液系统。实训台采用模块式结构,便于组合与扩展,提高了设备空间的利用率。



▲图 1-7 亚龙 YL-381C 型液压气动实训装置

可利用本系统进行常规的液压基本控制回路实验,还可以进行模拟液压控制技术应用实验、液压技术课程设计等。该装置配置了电气控制部分,连接方便简单,再配上可编程控制器的控制,组成具有一定功能的液压与气动系统,具有很强的实操性,本设备实验台还可以同时完成液压和气动实验。

1. 液压传动系统

液压传动系统的工作原理是利用液压泵将电动机、内燃机或其他原动机输出的机械能转变为油液的压力能,然后在控制元件的控制及辅助元件的配合下,利用执行元件把油液的压力能转变为机械能,从而完成直线或回转运动并对外做功。液压实训系统是专门为大中专院校流体传动及控制、机电一体化、机械制造等专业教学设计的,是集科研一体的综合型、开放型、实用型的多功能液压实训系统。具体功能为:

(1) 液压元件的性能测试。该系统可以对目前市场上的方向、压力、流量及逻辑四大类液压元件进行综合静态测试。主要测试参数为:压力 P (MPa)、流量 Q (L/min)、时间 T (sec)。该系统所测试的液压元件如下:

① 向阀:单向阀、二位三通电磁换向阀(常开)、二位三通电磁换向阀(常闭)、二位五通电磁换向阀、二位四通手动换向阀、三位四通手动换向阀、三位四通电磁换向阀、行程阀。

② 压力阀:溢流阀、顺序阀、减压阀等。

③ 流量阀:节流阀、调速阀、单向节流阀等。

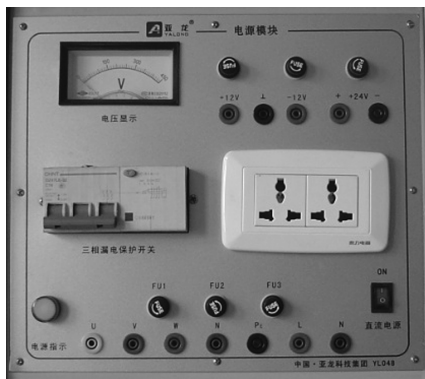
(2) 典型基本回路的性能试验。该系统可以对几十种基本回路进行综合性能的试验。

利用所提供的系统配置可以分别组合成:换向、双压、往复运动、双手操作、闭锁、速度控制、顺序动作等典型回路的拆分与组合。元件安装采用快速上下的接插板,元件间采用快速接头可插拔式连接,连接快速,密封效果好,拆分方便,组合灵活,非常适用实际动手能力的训练和培养。

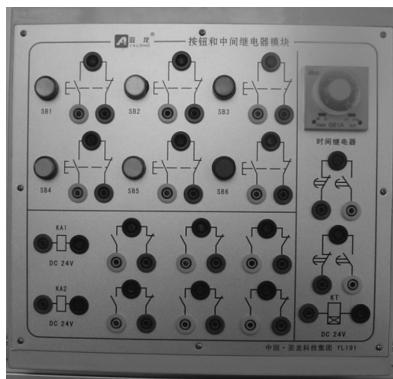
2. 电气控制系统

图 1-7 所示实训台的电气控制部分包括:电源模块、泵站模块、PLC 模块、按钮模块和继电器模块。每个模块彼此独立,可以单独使用其中一个模块,也可以几个模块组合使用。可以实现按钮控制、继电器控制,也可以按钮、继电器组合搭建较复杂的控制回路。

(1) 电源模块(图 1-8)。电源模块中包含一只 DC 24 V、带短路保护的开关电源和 15 A 的保险丝,为 PLC 提供 AC 220 V 工作电源,为其他模块和电磁铁提供 DC 24 V 电源。“电源”按钮为电气控制系统的总电源开关,PLC 按钮为 PLC 的电源开关。“24 V”点和“0 V”点,分别是 24 V 稳压电源输出的正负极通过配套电缆线的连接,可以方便地将电源从外部连接到后面的各个模块(各模块内部相互独立,互不影响)。



▲图 1-8 电源模块



▲图 1-9 按钮和继电器模块

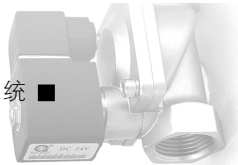
(2) 按钮和继电器模块(图 1-9)。本模块提供 6 个复合按钮,每个按钮提供常开常闭触点。按钮的触点插孔接入 DC 24 V,可以根据需要,灵活地运用按钮搭建回路,也可以结合继电器、PLC 模块,搭建复杂的控制回路。

本模块提供两组独立的中间继电器和一组时间继电器。中间继电器的接线柱全部引出,常开、常闭触点、继电器线圈按照实际继电器分布,而且继电器接线柱的编号也完全与实际继电器一样。继电器可以与按钮组合起来搭建各种控制回路,如起停电路、正反电路、延时电路等。时间继电器提供一对延时触点和一对瞬时触点,线圈为 DC 24 V,时间继电器下面为触点和线圈的引出端子,可以方便地接到回路中,来指示回路中某一路的通断或某一线圈的得电、失电情况。

任务实施

一、训练内容

在实训教师的指导下,仔细观察实训设备,认识和了解各部分结构组成;做好设备使用前的准备工作;使用设备;设备使用后正确维护保养。



二、训练设备

YL-381C 型液压气动实训装置 1 台/组。

三、训练步骤

Step 1 开机前准备。

- (1) 本设备动力源装置为液压泵站。
- (2) 接入电源,本试验台:强电 AC 220 V;弱电 DC 24 V。
- (3) 本试验台接口很多,开机前必须观察有无开放接口存在;若有,必须用快速接头与防尘帽旋紧。

Step 2 操作顺序。

(1) 接好回路,打开电源,启动液压泵站。通过溢流阀缓慢将压力调至 0.3 MPa。之后操作根据试验的实际需要分别调至所需压力。

(2) 组合试验回路。在组合不同试验回路时必须注意与分油块连接的接口。

注意:未接管的接口要用快速接头与防尘帽盖上,以免开机后油乱喷。

Step 3 试验结束。

- (1) 切断电源,收回所组合回路的油管。
- (2) 擦拭工作台面,并将工件表面擦干净。

Step 4 电气操作。

首先将系统的电源插头接到交流 380 V 三相电源上,给系统供电。此时系统得电,处于待机状态。等实训的回路接好并检查完毕后,启动泵站,根据实际回路,调节溢流阀,将系统的压力调节到额定压力,然后按下红色“直流电源”按钮,根据液压回路的动作顺序和所搭建的电气控制回路的控制原理,按下控制按钮。

实训完毕后,先将溢流阀调为零,再按下红色“电源”按钮,系统停机,最后将系统电源线和气泵电源线从电源插座上拔下,切除电源。

四、注意事项

- (1) 电源模块的工作电压是 220 V,在做实验的过程中,请务必注意人身安全。
- (2) 该实验系列练习使用的液压缸元件以及电气装置,均采用超低电压 DC 24 V,在做系列练习时,不允许操作人员在较高电压的装置上工作,更不允许带电操作。行程开关的工作电压也是直流 24 V,其棕色一头接正极,蓝色一头接负极。
- (3) 在通常情况下,使用液压元件做实验时不会有特殊的危险,尽管如此所有的布管工作不可以带压操作,要求关闭泵站再操作。
- (4) 限位元件不应放在动作杆的对面,而应使其侧面与杆接触。
- (5) 在确保元件和快速接头锁定的情况下才可使用,有压力油时不可从快速接头把油管脱掉,小心高压油打伤眼睛。
- (6) 当接通泵站时,油缸有可能会出自主的运动,不要接触任何运动的部件(活塞杆、换向凸轮)。小心手指在限位开关和换向凸轮之间夹伤。
- (7) 不得使用超过限制的工作压力。
- (8) 要按要求接好回路,检查无误后才能启动电力。
- (9) 实验完成后拔快速接头时要一手按住元件卡环,一手紧紧握住油管末端,然后拔掉油管。

(10) 要严格遵守各项安全操作规程。

五、观摩教学

1. 实验台元件了解

了解实验台上元件和模拟机床工作台液压系统实验所需的元件。

2. 实验台原理了解

(1) 压力的建立和调压。泵的工作压力是初学液压气动课程的同学难以建立起来的一个概念。通过认识溢流阀和泵,建立调压回路。首先将压力调为零,然后慢慢地调高压力,通过压力表显示压力的变化值。

(2) 缸的运动方向的控制与换向。首先要了解缸是如何运动起来的。没有压力油,缸是不运动的;有压力油,如果油路不通,缸也是不运动的。只有进油路都是通畅的,压力油进入到缸的一腔,缸的工作压力能克服外负载,缸才能够运动起来。换向动作是通过换向阀来实现的。

3. 机床工作台模拟液压系统动作

按照液压系统工作原理图,将所需元件布置在实验台面板上,用油管连接。检查无误后,调松溢流阀,打开电源开关。

启动液压泵,调溢流阀、操作换向阀,改变液压缸的方向;改变节流阀,控制液压缸的运动速度。

任务评价

本次任务实施完成后,对所做任务内容进行评价。检测评价内容和评分标准见表1-1。

表 1-1 评价表

项目	项目 配分	评分点	配分	扣分说明	得分	项目 得分
任务 准备	20	理论知识的预习	15	教师对小组成员抽检,1人次不合格扣除全组5分		
		工具等是否准备	5	工具缺少1项扣除2分		
使用 液动 部分	30	能否正确使用设备	20	使用错误或使用不完整各扣除2分		
		使用顺序是否正确	10	使用顺序错误每次扣除2分		
使用 电气 部分	30	能否正确使用设备	20	使用错误或使用不完整各扣除2分		
		使用顺序是否正确	10	使用顺序错误每次扣除2分		
任务 结束	20	整理工具	10	工具缺失1件扣除5分		
		将元件放回原处	7			
		整理工作台	3			

说明:本次任务完成时间为45 min。



任务拓展

液压传动的特点

1. 液压传动的优点

- (1) 液压传动可在运行过程中进行无级调速,调速方便且调速范围大。
- (2) 在相同功率的情况下,液压传动装置的体积小、重量轻、结构紧凑。
- (3) 液压传动工作比较平稳、反应快、换向冲击小,能快速启动、制动和频繁换向。
- (4) 液压传动的控制调节简单,操作方便、省力,易实现自动化。当其与电气控制结合,更易实现各种复杂的自动工作循环。
- (5) 液压传动易实现过载保护,液压元件能够自行润滑,故使用寿命较长。
- (6) 液压元件已实现了系列化、标准化和通用化,故制造、使用和维修都比较方便。

2. 液压传动的缺点

- (1) 液体的泄漏和可压缩性使液压传动难以保证严格的传动比。
- (2) 液压传动在工作过程中能量损失较大,不宜做远距离传动。
- (3) 液压传动对油温变化比较敏感,不宜在很高和很低的温度下工作。
- (4) 液压传动出现故障时,不易查找出原因。
- (5) 使用液压传动对维护的要求高,工作油要始终保持清洁。
- (6) 对液压元件制造精度要求高,工艺复杂,成本较高。

总的说来,液压传动的优点十分突出,其缺点将随着科学技术的发展逐渐得到克服。

3. 液压传动的发展史

液压传动和气压传动统称为流体传动,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新兴技术,1795 年英国约瑟夫·布拉曼(Joseph Braman,1749—1814)在伦敦用水作为工作介质,以水压机的形式将其应用于产业上,诞生了世界上第一台水压机。1905 年将工作介质水改为油,又进一步得到改善。

第一次世界大战(1914—1918)后液压传动得到广泛应用,特别是 1920 年以后,发展更为迅速。液压元件大约在 19 世纪末 20 世纪初的 20 年间,才开始进入正规的产业出产阶段。1925 年维克斯(F. Vikers)发明了压力平衡式叶片泵,为近代液压元件产业或液压传动的逐步建立奠定了基础。20 世纪初康斯坦丁·尼斯克(G. Constantimsko)对能量波动传递所进行的理论及实际研究;1910 年对液力传动(液力联轴节、液力变矩器等)方面的贡献,使这两个领域得到了发展。

第二次世界大战(1941—1945)期间,在美国机床中有 30%应用了液压传动。应该指出,日本液压传动的发展虽然较欧美等国家晚了近 20 多年,但在 1955 年前后,日本迅速发展液压传动,1956 年成立了“液压工业会”。近 20~30 年间,日本液压传动发展之快,居世界领先地位。

液压传动有很多突出的优点,因此它的应用非常广泛,如一般产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;钢铁产业用的冶金机械、晋升装置、轧辊调速装置等;土木水利工程用的防洪闸门及堤坝装置、河床升降装置、桥梁操作机构等;发电厂涡轮机调速装置、核发电厂等;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

用的火炮操作装置、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。

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。

我国液压与气动技术从 20 世纪 60 年代开始发展较快,新产品研制开发和先进国家不相上下,但其发展速度远远落后于同期发展的日本,主要由于制造工艺水平跟不上,制造比较困难,材料性能不能满足设计需要,影响了我国流体传动技术的发展。

4. 液压传动在各类机械行业中的应用实例(表 1-2)

表 1-2 液压传动在各类机械行业中的应用实例

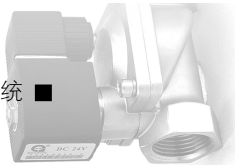
行业名称	应用场所举例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉炉顶及电极升降机、轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减震器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等

5. 液压系统的三大“顽疾”

(1) 发热。由于传力介质(液压油)在流动过程中存在各部位流速的不同,导致液体内部存在一定的内摩擦,同时液体和管路内壁之间也存在摩擦,这些都是导致液压油温度升高的原因。温度升高将导致内外泄漏增大,降低其机械效率。同时由于较高的温度,液压油会发生膨胀,导致压缩性增大,使控制动作无法很好地传递。解决办法:发热是液压系统的固有特征,无法根除只能尽量减轻,例如使用质量好的液压油,液压管路的布置中尽量避免弯头的出现,使用高质量的管路以及管接头、液压阀等。

(2) 震动。液压系统的震动也是其“顽疾”之一。由于液压油在管路中的高速流动而产生的冲击以及控制阀打开关闭过程中产生的冲击都是系统发生震动的原因。强的震动会导致系统控制动作发生错误,也会使系统中一些较为精密的仪器发生错误,导致系统故障。解决办法:液压管路应尽量固定,避免出现急弯。避免频繁改变液流方向,无法避免时应做好减震措施。整个液压系统应有良好的减震措施,同时还要避免外来震源对系统的影响。

(3) 泄漏。液压系统的泄漏分为内泄漏和外泄漏。内泄漏是指泄漏过程发生在系统内部,例如液压缸活塞两边的泄漏、控制阀阀芯与阀体之间的泄漏等。内泄漏虽然不会产生液压油的损失,但是由于发生泄漏,既定的控制动作可能会受到影响,直至引起系统故障。外泄漏是指发生在系统和外部环境之间的泄漏。液压油直接泄漏到环境中,除了会影响系统的工作环境外,还会导致系统压力不够引发故障。泄漏到环境中的液压油还有发生火灾的危险。解决办法:采用质量较好的密封件,提高设备的加工精度。



任务二 液压油的识别与选用

任务描述

识别液压油的规格和性能,仔细观察亚龙 YL-381C 型泵站,认识和了解各部分结构组成并对设备进行正确换油和维护保养。

任务目标

1. 能正确选择液压油的牌号。
2. 能正确合理使用液压油。
3. 学会液压设备的换油和维护保养。

知识储备

液压传动是以液压油(通常为矿物油)作为工作介质来传递动力和信号的。因此液压油质量(物理、化学性能)的优劣,尤其是力学性能对液压系统工作的压力很大。所以,在研究液压系统之前,必须对所用的液压油及其性能进行较深入的了解,以便进一步理解液压传动的基本原理。

一、液压油的基本性能

(一) 液压油密度

单位体积液体的质量称为液体的密度。体积为 V 、质量为 m 的液体的密度 ρ 为:

$$\rho = m/V \quad (1-1)$$

矿物型液压油的密度是随温度和压力变化而变化的,但其变动值很小,可认为其为常数,一般矿物油系液压油在 20°C 时密度为 $850\sim 900\text{ kg/m}^3$ 左右。

(二) 液压油可压缩性

液体受压力作用而发生体积变化的性质称为液体的可压缩性。液体的可压缩性可用体积压缩系数 κ 表示。

液体体积压缩系数的倒数,称为液体的体积弹性模量,以 K 表示:

$$\text{即} \quad K = 1/\kappa \quad (1-2)$$

液压油的体积弹性模量和温度、压力以及含在油液中的空气有关。一般在分析时取 $K = (1.4\sim 2) \times 10^3\text{ MPa}$ 。

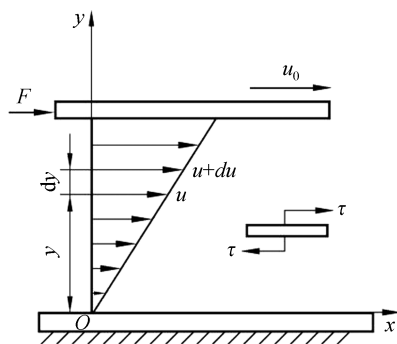
封闭在容器内的液体在外力作用下的情况极像一个弹簧(称为液压弹簧):外力增大,体积减小;外力减小,体积增大。液体的可压缩性很小,当系统中的温度和压力变化不大,亦即是液压系统基本上处于静态(或恒稳定态)时,液压油的压缩性完全可以不予考虑。但如果混入 4% 的空气, K 减小 75%, 在高压下或受压体积较大以及对液压系统进行动态分析时,就需要考虑液体可压缩性的影响。

(三) 液压油黏性

1. 黏性的概念

液体在外力作用流动(或有流动趋势)时,分子间的内聚力要阻止分子间的相对运动而产生一种内摩擦力,这种现象叫做液体的黏性。

液体只有在流动(或有流动趋势)时才会呈现出黏性,静止液体是不呈现黏性的(图 1-10)。



▲图 1-10 坐标图

μ 为比例常数,有时称为黏性系数或黏度。以 τ 表示切应力,即单位面积上的内摩擦力,则:

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} \quad (1-3)$$

这就是牛顿的液体内摩擦定律。

2. 黏度

液体的黏性大小可用黏度来表示。黏度的表示方法有动力黏度 μ 、运动黏度 ν 、相对黏度。

(1) 动力黏度 μ :

$$\mu = \frac{F}{S} \frac{dy}{du} = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}} \quad (1-4)$$

式中 μ 为由液体种类和温度决定的比例系数,它是表征液体黏性的内摩擦系数。

如果用它来表示液体黏度的大小,就称为动力黏度,或称绝对黏度。

动力黏度 μ 的物理意义是:液体在单位速度梯度下流动时单位面积上产生的内摩擦力。

动力黏度的单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒, $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$)。

在 CGS 中, μ 的单位为 P(泊, $\text{dyne} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$)。单位换算关系为:

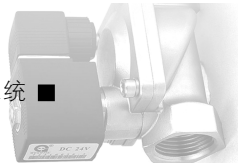
$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ P(泊)} = 1000 \text{ cP(厘泊)}$$

(2) 运动黏度 ν : 液体的动力黏度 μ 与其密度 ρ 的比值,称为液体的运动黏度 ν ,即:

$$\nu = \mu / \rho \quad (1-5)$$

在 SI 中,运动黏度的单位为 m^2/s 。在 CGS 中,单位为 St(斯)。单位换算关系为:

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St(斯)} = 10^6 \text{ cSt(厘斯)}$$



就物理意义来说, ν 不是一个黏度的量,但习惯上常用它来标志液体黏度,液压油液的黏度等级是以 40°C 时运动黏度(以 mm^2/s 计)的中心值来划分的。

运动黏度并不是一个黏度的量,但习惯上用它来标志液体的黏度:温度 40°C 时,用运动黏度平均值的厘斯值规定。

如:20号油指 40°C 时, $\nu=20$ cSt。

国家新牌号:L-HM32指 40°C 时, $\nu=32$ cSt。

(3) 相对黏度:又称条件黏度,它是按一定的测量条件制订的。根据测量的方法不同,可分为恩氏黏度 E 、赛氏黏度 SSU 、雷氏黏度 Re 等。我国和德国等国家采用恩氏黏度。

恩氏黏度是在某一特定温度下,将 200 cm^3 被测油液在自重作用下流经 $\phi 2.8\text{ mm}$ 的小孔所需的时间 t_1 ,与 20°C 时同体积蒸馏水流出该小孔所需时间 t_2 之比:

$$\text{恩氏黏度 } E = \frac{t_1}{t_2} = \frac{t_1}{51} \quad (1-6)$$

t_1 : 200 mL 油在温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时通过 $\phi 2.8\text{ mm}$ 小孔的时间。

t_2 : 200 mL 水在温度 20°C 时流过小孔的时间。

恩氏黏度与运动黏度(mm^2/s)的换算:

$$\nu = 7.31 \cdot E - \frac{6.31}{E} \text{ (cSt)} \quad (1-7)$$

随着温度的升高,黏度减小;随着压力的增大,黏度增大。

3. 黏度的影响因素

液体的黏度随液体的压力和温度而变。

对液压油来说,压力增大时,黏度增大,但影响很小,通常忽略不计。

液压油的黏度对温度变化十分敏感。温度升高时,黏度下降。在液压技术中,希望工作液体的黏度随温度变化越小越好。

黏度随温度变化特性,可以用黏度—温度曲线表示。

(四) 其他性能

1. 物理性质

比热容(单位质量的物质作单位温度变化时所需要的热量)、导热系数、流动点(比凝固点低 2.5°C 的温度叫做流动点)与凝固点、闪点(明火能使油面上油蒸气闪燃,但油本身不燃烧的温度)与燃点(使油液能自行燃烧的温度)、润滑性(在金属摩擦表面形成牢固油膜的能力)等。

2. 化学性质

热稳定性、氧化稳定性、水解稳定性、相容性(对密封材料、涂料等非金属材料的化学作用程度,如不起作用或很少起作用则相容性好)和毒性等。

二、对液压油液的要求

(1) 合适的黏度和良好的黏度—温度特性,一般液压系统所选用的液压油,其运动黏度大多为 40°C 下 $13\sim 68$ cSt 或 $2\sim 5.8$ cSt。

(2) 良好的化学稳定性。油液不易氧化,不易变质。

(3) 良好的润滑性能,以减小元件中相对运动表面的磨损。

(4) 质地纯净,不含或含有极少量的杂质、水分和水溶性酸碱等。

- (5) 对金属和密封件有良好的相容性。
- (6) 抗泡沫性好,抗乳化性好,腐蚀性小,抗锈性好。
- (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。

三、液压油液的分类和选用

1. 分类

目前,我国各种液压设备所采用的液压油液,按抗燃烧特性可分为两大类:一类为矿物油系;一类为不燃或难燃油系。大多数设备的液压系统采用的是矿物油系。

不燃或难燃油系可分为水基液压油和合成液压油两种。液压技术中广泛采用石油基液压油作为工作液体,特殊情况下可采用抗燃液压油。

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之间的相互关系及其发展。

GB 7631.2—87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 HV 22

其中:L——类别(润滑剂及有关产品,GB 7631.1);

HV——品种(低温抗磨);

22——牌号(黏度级,GB 3141)。

液压油的黏度牌号由GB 3141作出了规定,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。

2. 液压油的规格、性能及应用

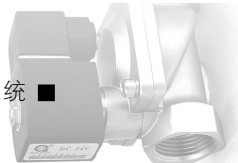
以下分别介绍其规格、性能及其应用:

(1) 液压油(液)的品种:我国液压油(液)L类的主要品种、黏度等级、组成和特性见表1-3。

表 1-3 我国液压油(液)的主要品种

油名(品种)	黏度等级	组成和特性
L-HL	15,22,32,46,68,100,150	精制矿油、R&O
L-HM	15,22,32,46,68,100,150	精制矿油、R&O、AW
L-HV	15,22,32,46,68,100	精制矿油、R&O、AW、HVI、LPP
L-HS	10,15,22,32,46	合成液(合成烃油)、R&O、AW、HVI、LPP
L-HG	32,46,68	精制矿油、R&O、AW、ASS
L-HFC	15,22,32,46,68,100	含聚合物水溶液、LS、HVI、LPP
L-HFDR	15,22,32,46,68,100	磷酸酯无水合成液、LS、AW
L-HFAE	7,10,15,22,32	水包油乳化液、LS
L-HFB	22,32,46,68,100	油包水乳化液、LS

注:R&O—抗氧防锈,AW—抗磨,HVI—高黏度指数,LPP—低倾点,ASS—防爬,LS—难燃



(2) 液压油(液)品种的选择:通常可参考表 1-4,根据液压传动系统的工作环境、工况条件和液压泵的类型等选择液压油(液)的品种。一般而言,齿轮泵对液压油(液)的抗磨性要求比叶片泵和柱塞泵低,因此齿轮泵可选用 L-HL 或 L-HM 油,而叶片泵和柱塞泵一般则选用 L-HM 油。

表 1-4 液压油(液)品种的选择

环境、工况	压力:7.0 MPa 以下 温度:50℃ 以下	压力:7.0~14.0 MPa 温度:50℃ 以下	压力:7.0 MPa 以上 温度:50~100℃
室内、固定液压设备	L-HL	L-HL、L-HM	L-HM
露天寒冷和严寒区	L-HV	L-HV、L-HS	L-HV、L-HS
高温热源或明火附近	L-HFAE	L-HFB、L-HFC	L-HFDR

(3) 液压油(液)黏度等级的选择:在液压油(液)品种选定后,还必须确定其黏度等级。在选择黏度等级时应注意以下几方面情况:

- ① 工作压力:工作压力较高的液压传动系统宜选用黏度等级较高的液压油(液)。
- ② 环境温度:环境温度较高时,宜选用黏度等级较高的液压油(液)。
- ③ 运动速度:当运动部件的速度较高时,宜选用黏度等级较低的液压油(液)。

所有液压元件中,以液压泵对液压油(液)的性能最为敏感(泵内零件运动速度最高,承受压力最大,且承压时间长,温升高)。因此,可参考表 1-5 根据液压泵类型及其工况选择液压油(液)的黏度等级。

表 1-5 液压油(液)黏度等级选择

泵型,环境温度	5~40℃	40~80℃
叶片泵(压力:7.0 MPa 以下)	32,46	46,68
叶片泵(压力:7.0 MPa 以上)	46,68	68
螺杆泵	32,46	46,68
齿轮泵	32,46,68	68,100,150
柱塞泵	46,68	68,100,150

为了延长换油周期,延长液压元件的使用寿命,提高系统效率和可靠性,降低系统维护费用,应尽可能采用高质量液压油(液)。

(4) 液压油液的选用原则:选择液压油时,首先应考虑其黏度是否满足要求,同时兼顾其他方面。选择时应考虑如下因素:

- ① 液压泵的类型。
- ② 液压系统的工作压力。
- ③ 运动速度。
- ④ 环境温度。
- ⑤ 防污染的要求。
- ⑥ 综合经济性。

总之,选择液压油时,一是要考虑液压油的品种,二是要考虑液压油的黏度。

任务实施

一、训练内容

在实训教师的指导下,仔细观察亚龙 YL-381C 型泵站,认识和了解各部分结构组成;做好设备使用前的准备工作;使用设备;对设备进行正确换油和维护保养。

二、训练设备

亚龙 YL-381C 型泵站。

三、训练步骤

Step 1 确定换油周期。

液压油在高温、高压下使用一定的时间后,会逐渐老化变质,出现下列状况:

(1) 液压油的状态发生变化。这是指液压油的颜色、气味、外观变化等油品老化现象,表现出发臭、颜色慢慢变深黑、浑浊或有沉淀等。

(2) 闪点降低。

(3) 酸值显著变化。

(4) 机械杂质增加。

(5) 抗乳化性和抗泡沫性变差。

(6) 稳定性变坏。

变质的液压油不能满足液压传动系统的要求,必须更换。目前,换油的周期有经验法、固定周期法和油质换油法三种。

经验法是凭借操作者和现场技术人员的经验,通过“看、嗅、摸、摇”等简易方法,规定当液压油变黑、变脏、变浑浊到某一程度就必须换油。现场鉴定液压油变质项目见表 1-6。

表 1-6 现场鉴定液压油变质项目

试验项目	检查项目	鉴定内容
外观	颜色、雾状、透明度、杂质	气泡、水分、其他油脂、尘埃、油变质老化
气味	与新油比较气味	油变质有恶臭
酸性度	pH 试纸或硝酸侵蚀试验用指示剂	油变质程序
硝酸侵蚀试验	滴油 1 滴于滤纸上,放置 0.2~2 h, 观察油浸润的情况	油浸润的中心部分若出现透明的圆点即是灰尘或磨损颗粒,证明液压油已变质,必须更换
裂化试验	在热钢板上滴油是否有爆裂声音	声音大、响声长证明水分多

固定周期法是根据不同的设备和油品,规定半年、一年或运转 1 000~2 000 h 后换油。

上述两种方法应用较广泛,但都不太科学,不太经济。第三种方法是油质换油法,它是通过定期取油样进行化验,测定必要的项目,以便连续监测油液变质情况,根据液压油的物理化学性质指标变化的实际情况确定何时换油,这种方法较科学,但需要一套理化检验仪器。

Step 2 确定换油指标。

液压油的更换指标,各国虽不尽相同,但控制项目大同小异,我国制定的 L-HI 和 L-HM 型液压油的换油指标见表 1-7。

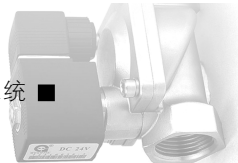


表 1-7 L-HI 和 L-HM 型液压油换油指标

检查项目	L-HI 型液压油	L-HM 型液压油
外观	目测:不透明或浑浊	
色度(GB/T 6540)	不透明或浑浊比新油的变化大于 3 号色度板	不透明或浑浊比新油的变化大于 2 号色度板
40℃运动黏度(GB/T 265)变化率	超过±10%	
酸值 KOH(GB/T 264)增加量	>0.3 mg/g	>0.4 mg/g
水分(GB/T 260)含量	>0.1%	>0.1%
铜板腐蚀	铜板颜色发暗,有黄褐色斑点	
机械杂质(GB/T 511)质量	>0.1%	
正戊烷不溶物(GB/T 89261)		>0.1%

Step 3 换油步骤。

- (1) 换油前先要将液压传动系统中剩余的液压油放净。
- (2) 认清液压油的种类和牌号,确认种类和牌号与要求一致。存放过久的液压油还必须进行化验,确认它是否可以使用。
- (3) 从取油到注油的全过程都应保持桶口、罐口、漏斗等容器的清洁。
- (4) 注油时应当进行过滤。
- (5) 加油时应采用专用的加油小推车,通过带加油滤油器的加油口加至规定高度。
- (6) 加油后盖好密封盖。

任务评价

本次任务实施完成后,对所做任务内容进行检测评价。检测评价内容和评分标准见表 1-8。

表 1-8 评价表

项目	项目配分	评分点	配分	扣分说明	得分	项目得分
任务准备	30	理论知识的预习	15	教师对小组成员抽检,1 人次不合格扣除全组 5 分		
		工具等是否准备	5	工具缺少 1 项扣除 2 分		
使用液压	50	能否正确使用设备	20	使用错误或使用不完整各扣除 2 分		
		使用顺序是否正确	10	使用顺序错误每次扣除 2 分		
任务结束	20	整理工具	10	工具缺失 1 件扣除 5 分		
		将元件放回原处	7			
		整理工作台	3			

说明:本次任务完成时间为 25 min。

任务三 认识分离式液压千斤顶

任务描述

分析图 1-11 手动分离式液压千斤顶的组成,并进行设备的拆装和维护保养。

任务目标

1. 认识液压千斤顶的组成。
2. 学会使用手动分离式液压千斤顶。
3. 学会液压千斤顶的拆装。

知识储备

随着我国汽车工业的快速发展,汽车随车千斤顶的要求也越来越高;同时随着市场竞争的加剧,用户要求的不断变化,将要求千斤顶的设计质量不断提高,以适应用户的需求。用户喜欢的、市场需要的千斤顶将不仅要求重量轻,携带方便,外形美观,使用可靠,还会对千斤顶的进一步自动化,甚至智能化都有所要求。如何充分利用经济、情报、技术、生产等各类原理知识,使千斤顶的设计工作真正优化?如何在设计过程中充分发挥设计人员的创造性劳动和集体智慧,提高产品的使用价值及企业、社会的经济效益?如何在知识经济时代充分利用各种有利因素,对资源进行有效整合等等,都将是 we 面临着又必须解决的重要问题。千斤顶与我们的生活密切相关,在建筑、铁路、汽车维修等行业均得到广泛的应用,因此千斤顶技术的发展将直接或间接影响到这些行业的正常运转。

一、手动分离式液压千斤顶用途

分离式液压千斤顶是一种新型多用途工具,它由油泵和液压缸组成,能进行起道、顶举、调直、弯曲、压力试验等工作,具有结构紧凑、操作简单、使用方便、安全、装卸快速等特点,对于工厂、油田、船舶、码头、仓库、铁路建筑、科研等均适用。

二、手动分离式液压千斤顶特点

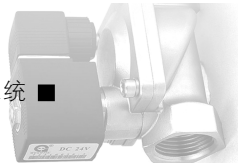
- (1) 配上各种附件,具有起、顶、铲、劈等多种功能,利用快速接头能快速安装。
- (2) 使用安全,超载时油泵能自动卸荷。
- (3) 工具轻巧,使用、携带均方便。
- (4) 油泵采用复合结构,空载时流量大、行速快,重载时流量小、行速慢。

查阅资料

请通过查阅参考资料,动手实践,了解分离式双作用千斤顶及其技术参数。

三、使用方法

- (1) 将油泵上高压胶管的接头与千斤顶液压缸上的接头配合,再分别旋紧油泵千斤顶上



的放油螺钉,即可使用。工作完后,将上述螺钉旋松,使其恢复原状。

(2) 油泵若需加油时,可卸下油泵尾部的螺钉,即可加油,油液应保持清洁。

四、注意事项

(1) 油泵如有吸空现象,应补充油液。

(2) 如有较长时间卸荷,需装上保压阀,然后旋松油泵上的放油螺钉。拔出高压管上的接头,其余不动,就可以实现不下降的目的。

(3) 连接高压管时要在无压力的基础上连接。

五、千斤顶故障排除及保养方法(表 1-9)

表 1-9 千斤顶故障排除及保养方法

故障	主要原因	排除方法
活塞不上升	(1) 油泵站没有供油; (2) 油缸上下腔或液控单向阀左右腔密封损坏而相通	(1) 检修油泵; (2) 调换 O 形密封圈、挡圈
压力升高而活塞未见上升	快速接头或软管中有垃圾或损坏将管路堵死	应立即关闭电动机检查清洁接头或调换零件,用压缩空气吹净软管等通道
顶起重物下降	(1) 液控单向阀密封垫损坏; (2) 密封元件磨损,产生泄漏	(1) 调换密封垫; (2) 调换密封元件
活塞起重降不下	(1) 超载或偏载过大,活塞发生永久变形; (2) 管路堵死; (3) 单向阀阀杆未将钢球推开	(1) 检修或调换活塞; (2) 应立即关闭电动机检查清洁接头或调换零件,用压缩空气吹净软管等通道; (3) 调换阀杆

任务实施

一、训练内容

在实训教师的指导下,仔细观察手动分离式液压千斤顶,认识和了解各部分结构组成;做好设备使用前的准备工作;使用设备;设备使用后正确维护保养。

二、训练设备

DJ-RRH 双作用空心柱塞油缸和 DJ-P-300-手动液压油泵 1 台/组。

三、训练步骤

(一) 安装与拆卸

分离式液压千斤顶的泵与液压缸是分离的,中间用高压软管相连。具有轻便灵活、携带方便、顶力大的特点。

Step 1 查看液压千斤顶的技术参数、液压油的品种和黏度等级。

Step 2 将油泵上的高压胶管的接头与千斤顶上的接头配合,再分别旋紧油泵千斤顶上的放油螺钉,如图 1-11 所示。注意连接高压管时要在无压力的基础上连接。



▲图 1-11 手动分离式液压千斤顶

Step 3 泵体的油量若不足,需加油。卸下油泵尾部的螺钉,即可加入经充分过滤后的液压油。

Step 4 千斤顶工作完成后,将各螺钉旋松,各部分归放在工具箱指定位置。

(二) 使用方法

Step 1 使用时应严格遵守主要参数中的规定,切记超高超载,否则当起重高度或起重吨位超过规定时,油缸顶部会发生严重漏油。

Step 2 合理选择千斤顶的着力点,底面垫平,同时考虑到地面软硬条件,是否要衬垫坚韧的木材,以免负重下陷。

Step 3 重物的中心要选择适中,以免负重倾斜。

Step 4 使用时如出现空打现象,可先放松泵体上的放油螺钉,将泵体垂直起来头向下空打几下,然后旋紧放油螺钉,即可继续使用。

Step 5 千斤顶将重物顶升后,应及时用支撑物将重物支撑牢固,禁止将千斤顶作为支撑物使用。如确实需要长时间支撑重物则选用自锁式千斤顶。

Step 6 新的或久置的油压千斤顶,因油缸内存有较多空气,开始使用时,活塞杆可能出现微小的突跳现象,可将油压千斤顶空载往复运动 2~3 次,以排除腔内的空气。

Step 7 用户要根据使用情况定期检查和保养。长期闲置的千斤顶,会因为密封件长期不工作而造成密封件硬化,从而影响油压千斤顶的使用寿命。所以油压千斤顶在不用时,每月要将油压千斤顶空载往复运动 2~3 次。

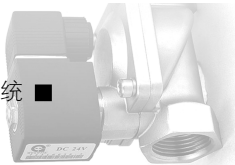
任务评价

本次任务实施完成后,对所做任务内容进行检测评价。检测评价内容和评分标准见表 1-10。

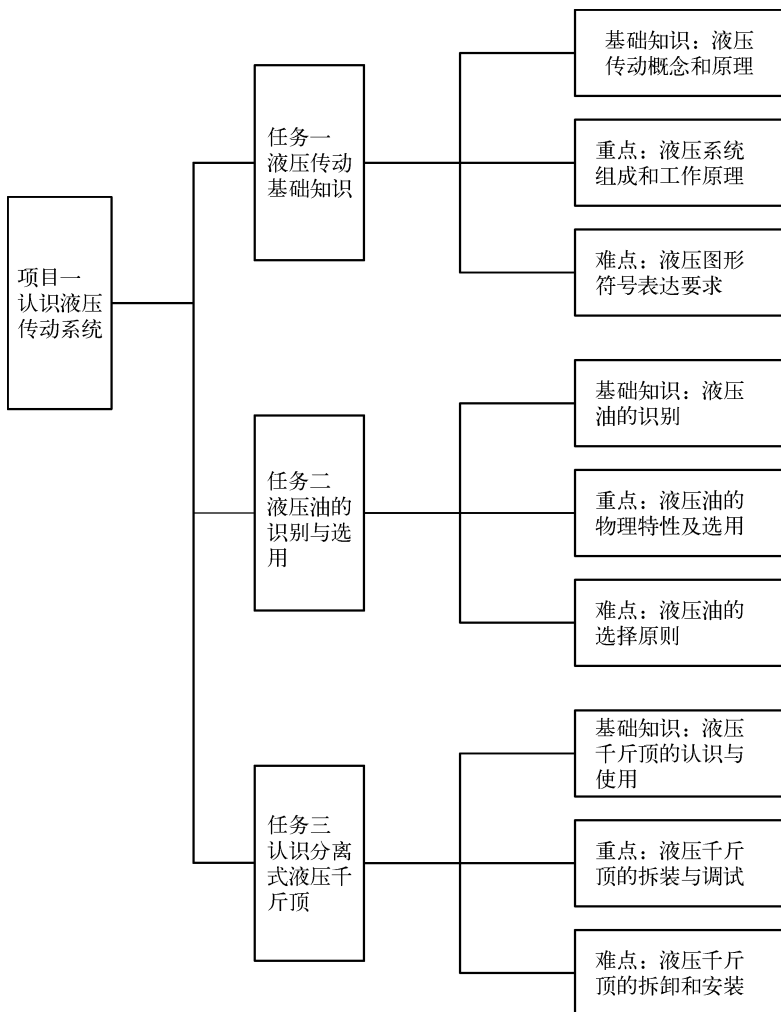
表 1-10 评价表

项目	项目配分	评分点	配分	扣分说明	得分	项目得分
任务准备	30	理论知识的预习	15	教师对小组成员抽检,1 人次不合格扣除全组 5 分		
		工具等是否准备	5	工具缺少 1 项扣除 2 分		
使用液压	50	能否正确使用设备	20	使用错误或使用不完整各扣除 2 分		
		使用顺序是否正确	10	使用顺序错误每次扣除 2 分		
任务结束	20	整理工具	10	工具缺失 1 件扣除 5 分		
		将元件放回原处	7			
		整理工作台	3			

说明:本次任务完成时间为 25 min。



项目小结



项目测评

一、判断题

1. 通常把既无黏性又不可压缩的液体称为理想液体。 ()
2. 真空度是以绝对真空为基准来测量的液体压力。 ()
3. 连续性方程表明恒定流动中,液体的平均流速与流通圆管的直径大小成反比。 ()
4. 流经薄壁小孔的流量与液体的密度和黏度有关。 ()
5. 重力作用下的静止液体的等压面是水平面。 ()
6. 用在活塞上的推力越大,活塞的运动速度就越快。 ()
7. 油液流经无分支管道时,横截面积较大的截面通过的流量就越大。 ()
8. 液压系统某处有几个负载并联时,则压力的大小取决于克服负载的各个压力值中的最大值。 ()

9. 液压缸活塞运动速度只取决于输入流量的大小,与压力无关。 ()

10. 液体流动时,其流量连续性方程是能量守恒定律在流体力学中的一种表达形式。 ()

11. 雷诺数是判断层流和紊流的依据。 ()

12. 薄壁小孔因其通流量与油液的黏度无关,即对油温的变化不敏感,因此,常用作调节流量的节流器。 ()

13. 流经缝隙的流量随缝隙值的增加而成倍增加。 ()

二、选择题

1. 油液特性的错误提法是_____。 ()

- A. 在液压传动中,油液可近似看作不可压缩
- B. 油液的黏度与温度变化有关,油温升高,黏度变大
- C. 黏性是油液流动时,内部产生摩擦力的性质
- D. 低压液压传动中,压力的大小对油液的流动性影响不大,一般不予考虑

2. 活塞有效作用面积一定时,活塞的运动速度取决于_____。 ()

- A. 液压缸中油液的压力
- B. 负载阻力的大小
- C. 进入液压缸的流量
- D. 液压泵的输出流量

3. 静止油液中_____。 ()

- A. 任何一点所受各个方向的压力都不相等
- B. 油液压力的方向不总是垂直于受压表面
- C. 当一处受到压力作用时,将通过油液传递到连通器的任意点上,而且其压力值处处相等
- D. 内部压力不能传递动力

4. 雷诺数 $Re = \rho v L / \mu$ 值比较大时说明惯性力起主导作用,这样的液体呈_____。 ()

- A. 层流状态
- B. 紊流状态

三、填空题

1. 液压系统中的压力,即常说的表压力,指的是_____压力。

2. 液体在管道中流动由于存在液阻,就必须多消耗一部分能量克服前进道路上的阻力,这种能量消耗称为_____损失;液流在等断面直管中流动时,由于具有黏性,各质点间的运动速度不同,液体分子间及液体与管壁之间产生摩擦力,为了克服这些阻力,产生的损失称之为_____损失。液体在流动中,由于遇到局部障碍而产生的阻力损失称为_____损失。

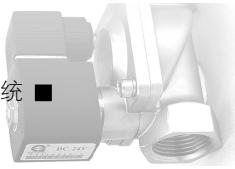
3. 液体质点没有横向脉动,互不干扰作定向而不混杂的有层次的运动,称为_____流运动;在液体流速大于某一数值后,液体除交错而易混乱地沿某一方向运动外,还有一个脉动的横向速度,这种运动称之为_____流运动。

4. 液压系统正常工作时,压力取决于_____,速度取决于_____。

5. 液体在直管中流动时,主要产生_____压力损失;在变直径管、弯管中流动时,主要产生_____压力损失。

6. 静止液体不能承受_____和_____,而只能承受_____,其方向总是沿着_____方向,作用于承受_____的面上。

7. 节流阀通常采用薄壁小孔,其原因是通过它的流量与_____无关,使流量受_____



的变化较小。

8. 某一元件的工作状态突变引起油压急剧上升,一瞬间突然产生很高的压力峰值,同时发生急剧的压力升降交替的阻尼波动过程称为_____。

四、简答题

1. 什么是动力黏度、运动黏度和相对黏度?
2. 试述静止油液的压力具备的两个特性。
3. 什么是大气压力、相对压力、绝对压力和真空度? 它们之间有什么关系?