

液压与气压 传动应用

YEYA YU QIYA
CHUANDONG YINGYONG

主 编 梁新平



重庆大学出版社

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

液压与气压传动应用

主编 梁新平



重庆大学出版社

内容提要

本书是高职高专制造大类专业的教学用书,是基于行动导向教学、服务于液压与气压传动精品课的纸介、精品课网站于一体的立体化教材。

本书遵循以应用能力和综合素质培养为主线的指导思想,主要包括液压传动系统的安装与调试、液压系统的维护、气压传动系统的安装与调试、气动系统的维护4个教学情境,共17个教学任务,每个教学任务都按照资讯、计划、决策、实施、检查和评价6个教学步骤进行设计,本书适用于采用行动导向教学的引导文教学法。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动应用/梁新平主编. —重庆:重庆大学出版社,2012.9
高职高专机电一体化专业系列教材
ISBN 978-7-5624-6798-4

I. ①液… II. ①梁… III. ①液压传动—高等职业教育—教材 ②气压传动—高等职业教育—教材 IV.
①TH137 ②CH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 125830 号

液压与气压传动应用

主编 梁新平

策划编辑:周立

责任编辑:文鹏 夏婕 版式设计:周立

责任校对:刘雯娜 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)88617183 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

自贡兴华印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:11.25 字数:281千

2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-6798-4 定价:22.00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

前言

本书遵循以应用能力和综合素质培养为主线的指导思想,以任务为引导,精选真实任务作为学习项目,吸收了多所高职院校教学改革的成果,对教学内容进行了重组和整合。本教材的内容来源于实践,经过归纳、分析,得出系统化理论后,又应用于实践,指导实践。

本书是以基于行动导向教学范式进行编写的,配合精品课网站(<http://www.xatzzy.cn>)的引导文和课件采用引导文教学法。引导文教学法是指借助引导文,通过学习者对学习性工作过程的自行控制,引导学生独立进行学习性工作的教学方法。它有助于学生关键能力的培养,是项目教学法中最常见的方法。引导文教学法的实施包括6个步骤,也称为六步法。此种模式把一个教学内容用具体的学习性任务来体现,学生通过完成任务获得知识、提高能力和素质。这种模式把完成任务的过程分为资讯(获取信息)、计划(确定计划)、决策(作出决定)、实施(实施计划)、检查(检查计划)和评价(评价成果)。学生要完成任务必须通过各种媒体获得相关的知识,此为资讯阶段;学生通过小组内部讨论确定完成任务的方式和具体方案,此为计划决策阶段;学生把具体方案在实训设备或演练场地做出来,此阶段为实施阶段;学生整个工作过程中由本小组、其他组和教师进行全程的检查和评价,此阶段为检查评价阶段。学生独立的学习与工作引导文教学过程中的一大亮点。这种教学方法很好地调动了学生的学习积极性。

本书包括“液压传动系统的安装与调试”“液压系统的维护”“气压传动系统的安装与调试”“气动系统的维护”4个教学情境,共17个教学任务。教材的编写始终贯彻实用性原则,理论知识以“必需”“够用”为度,不片面追求学科的系统性和完整性,力求做到理论与实践的统一。

本书由梁新平主编,姚娇凤、顾天胜、牛晓玲、高小鹏参编,具体分工如下:梁新平编写学习情境一和学习情境三中的任务2和任务5;姚娇凤编写学习情境三中的任务3和学习情境四;顾天胜编写学习情境二和学习情境三中的任务1;牛晓玲编写学习情境三中的任务4;高小鹏编写学习情境一中的任务1。

本书在编写过程中得到了西北机器股份有限公司、中铁一局新运公司的大力帮助,在此深表谢意。同时,本书的编写还参阅了一些相关的文献资料,在此向文献资料的作者表示诚挚的感谢。

由于高职教育教学改革还处于探索阶段,行动导向教学经验还需不断积累,加之编写时间仓促及编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者指正。

编者
2012年6

目 录

学习情境一 液压传动系统的安装与调试	1
任务 1 挖掘机液压传动系统的认知	2
任务 2 液压机动力元件的拆装	14
任务 3 压力机执行元件的拆装与检修	27
任务 4 平面磨床工作台液压换向回路的安装与调试	37
任务 5 液压吊车支腿伸缩缸锁紧回路安装与调试	46
任务 6 压锻机调压回路的安装与调试	56
任务 7 液压钻床液压回路安装与调试	64
任务 8 液压吊速度控制回路安装与调试	73
任务 9 半自动车床进给速度控制回路安装与调试	82
任务 10 YT4543 液压动力滑台液压系统工作原理图的识读	87
情境小结	94
学习情境二 液压传动系统的维护	95
任务 CK6140 数控车床液压系统的维护	95
情境小结	101
学习情境三 气压传动系统的安装与调试	102
任务 1 剪切机气动系统的认知	102
任务 2 生产线送料装置气动系统安装与调试	112
任务 3 折弯机气动系统工作原理图的识读	135
任务 4 生产线供料单元气压传动系统的安装与调试	144
任务 5 钻床气动系统的安装与调试	155
情境小结	159
学习情境四 气压传动系统的维护	161
任务 压印机装置控制系统维护	161
情境小结	170
参考文献	171

学习情境一 液压传动系统的安装与调试

情境描述

机器中传动部分的作用是传递运动和动力。传动方式有:机械传动、电气传动和流体传动。流体传动又分为液体传动(液压传动、液力传动)和气体传动(气压传动、气力传动)。本书主要介绍液压与气压传动技术。本情境通过完成10个具体的学习性工作任务,学习液压传动的工作原理和组成,液压系统各组成部分的功用和工作原理,基本液压回路和液压系统的安装、调试。图1-1所示为液压机。

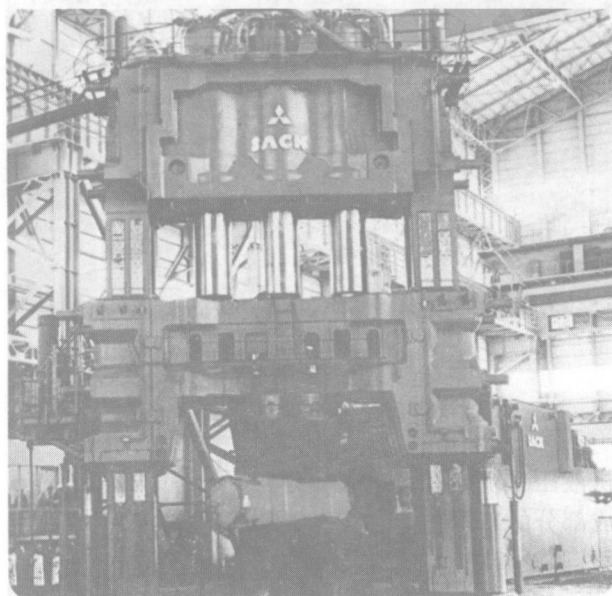


图 1-1 液压机

知识目标

- 掌握各类液压元件的功用、结构特点、工作原理和应用特点;
- 掌握各类基本液压回路的作用、组成、工作原理及应用;
- 熟悉各类液压元件的图形符号画法及应用;
- 掌握液压系统工作原理图的识读方法。

能力目标

- 能够分析液压回路的工作原理,能画出各类液压元件的图形符号;
- 能根据要求画出各类基本回路;
- 能根据工作要求选择合适的液压元件;
- 能熟练地连接回路、操作各液压元件进行回路的安装和调试。



任务1 挖掘机液压传动系统的认知

◎ 任务说明

观察挖掘机的工作过程,重点观察其大臂、小臂实现伸缩往复运动的方式。在实训室操作挖掘机模型,操作控制手柄,控制大臂、小臂的伸缩,挖斗的收放,整体的旋转,调节其速度,了解系统的工作原理、组成及各部分的作用。图 1-2 所示为液压挖掘机。



图 1-2 液压挖掘机

◎ 任务要求

- 能区分挖掘机液压系统的几个组成部分。
- 能描述各组成部分的基本功能和液压传动的工作原理。
- 会启动液压泵,调整系统的工作压力。

◎ 资讯

用液体作为工作介质来实现能量传递的传动方式称为液体传动。主要利用非封闭状态下液体的动能来进行工作的传动方式称为液力传动,主要利用密闭系统中的受压液体来传递运动和动力的传动方式称为液压传动。

一、液压传动的工作原理

图 1-3 所示为液压千斤顶的液压系统工作原理图。液压千斤顶由手动柱塞泵和举升缸两部分构成。手动柱塞泵由杠杆 1、小活塞 2、小缸体 3、单向阀 4 和 5 等组成;举升缸由大活塞 7、大缸体 6、泄油阀 9 组成;另外还有油箱 10 和重物 8。

工作时,先提起杠杆 1,小活塞 2 被带动上升,小缸体 3 下腔的密闭容积增大,腔内压力降低,形成部分真空,单向阀 5 将所在油路关闭,而油箱 10 中的油液则在大气压力的作用下推开单向阀 4 的钢球,沿吸油孔道进入并充满小缸体 3 的下腔,完成一次吸油动作。接着压下杠杆 1,小活塞 2 下移,小缸体 3 下腔的密闭容积减小,缸体内压力升高,使单向阀 4 关闭,阻

断了油液流回油箱的通路,并使单向阀 5 的钢球受到一个向上的作用力,当这个作用力大于缸体 6 下腔对它的作用力时,钢球被推开,油液便进入大缸体的下腔,推动大活塞 7 向上移动,将重物 8 顶起一段距离。反复提压杠杆 1,就可以使大活塞 7 推举重物 8 不断上升,达到起重的目的。将泄油阀 9 转动 90°,大缸体 6 下腔与油箱连通,大活塞 7 在重物 8 推动下移动,下腔的油液通过泄油阀 9 排回油箱 10。

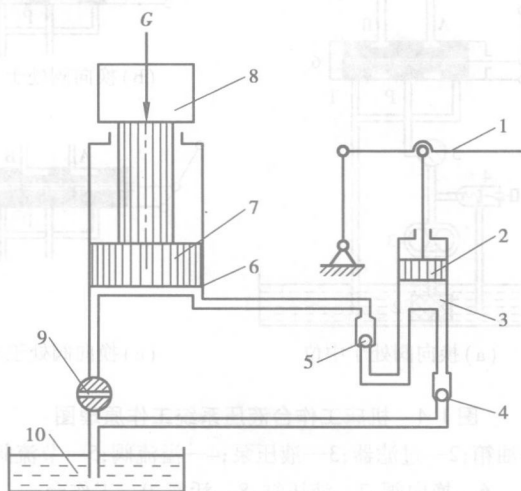


图 1-3 液压千斤顶的工作原理图

1—杠杆;2—小活塞;3—小缸体;4,5—单向阀;
6—大缸体;7—大活塞;8—重物;9—泄油阀;10—油箱

从液压千斤顶的工作过程可以归纳出液压传动的基本原理如下:

- ①液压传动以液体作为传递运动和动力的工作介质;
- ②液压传动中经过两次能量转换,先把机械能转换为便于输送的液体的压力能,然后把液体的压力能转换为机械能对外做功;
- ③液压传动是依靠密闭的容器内密封容积的变化来传递能量的。

二、液压传动系统的组成

图 1-4(a)所示为一台简化了的机床工作台液压系统原理图,通过它可以进一步了解一般液压传动系统应具备的基本性能和组成情况。

在图 1-4(a)中,液压缸 7 固定在床身上,活塞 8 连同活塞杆带动工作台 9 做往复运动。液压泵 3 由电动机驱动,通过滤油器 2 从油箱 1 中吸油并送入密闭的系统内。

若将换向阀 6 的手柄向右推,使阀芯处于如图 1-4(b)所示位置,则来自液压泵的压力油经节流阀 5 到换向阀 6 并进入液压缸 7 左腔,推动活塞连同工作台 9 向右移动。液压缸 7 右腔的油液经换向阀 6 流回油箱。

若将换向阀 6 的手柄向左推,使阀芯处于如图 1-4(c)所示位置,则来自液压泵的压力油经节流阀 5 到换向阀 6 并进入液压缸 7 右腔,推动活塞连同工作台 9 向左移动。液压缸 7 左腔的油液经换向阀 6 流回油箱。

若换向阀阀芯处于如图 1-4(a)所示中间位置,液压缸两腔被封闭,活塞停止不动。

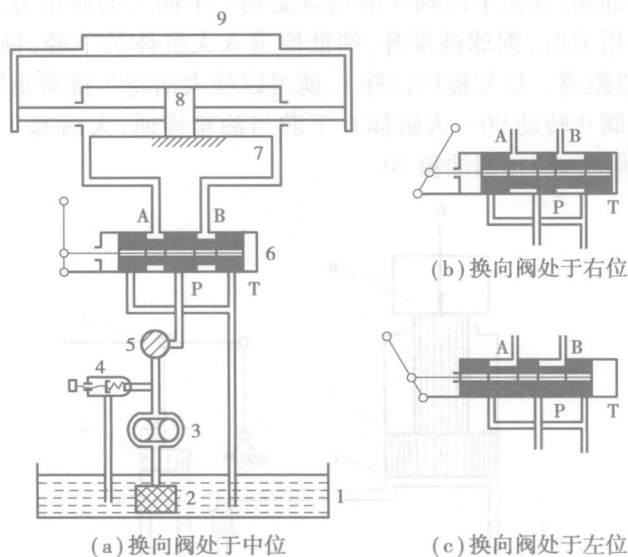


图 1-4 机床工作台液压系统工作原理图

1—油箱;2—过滤器;3—液压泵;4—溢流阀;5—节流阀;
6—换向阀;7—液压缸;8—活塞;9—工作台

工作台移动的速度通过节流阀 5 调节。当节流阀的阀口增大时,经由液压缸的油液流量增大,工作台的移动速度加快;关小节流阀,则工作台的移动速度将减小。

转动溢流阀 4 的调节螺钉,可调节弹簧的预紧力。弹簧的预紧力越大,密闭系统中的油压就越高,工作台移动时,能克服的最大负载就越大;预紧力越小,其能得到的最大工作油压力就越小,能克服的最大负载就越小。另外,一般情况下,泵输给系统的油量多于液压缸所需要的油量,多余的油液需通过溢流阀及时地排回油箱。因此,溢流阀 4 在该系统中起调压、溢流作用。

从此例可以看出,液压传动系统若能正常工作,必须由以下 5 部分组成:

①动力元件。将机械能转换成液体压力能的装置。常见的是液压泵,为系统提供压力油液。如图 1-3 中的小缸体 3,图 1-4 中的液压泵 3。

②执行元件。将流体的压力能转换成机械能输出的装置。其主要作用是在压力油的推动下输出力和速度或力矩和转矩。它可以是作直线运动的液压缸,也可以是作回转运动的液压马达、摆动缸,如图 1-3 中的大缸体 6,图 1-4 中的液压缸 7。

③控制元件。对系统中流体的压力、流量及流动方向进行控制和调节的装置,以及进行信号转换、逻辑运算和放大等功能的信号控制元件,这些元件的不同组合形成了不同功能的液压传动系统。如图 1-4 中的溢流阀 4、节流阀 5、换向阀 6。

④辅助元件。辅助元件是指油箱、蓄能器、油管、管接头、滤油器、压力表以及流量计等。这些元件分别起散热、蓄能、输油、连接、过滤、测量压力和测量流量等作用,以保证系统正常工作,是液压传动系统不可缺少的组成部分。如图 1-4 中的过滤器 2、油箱 1、管件。

⑤工作介质。用它进行能量和信号的传递。液压系统以液压油液作为工作介质。

三、液压传动的图形符号

图 1-3、图 1-4 所示的液压传动系统图是一种半结构式的工作原理图,具有主观性强、容易理解的特点,但绘制困难。为了便于阅读、分析、设计和绘制液压系统,在工程实际中,国内外都采用液压元件的图形符号来表示。按照规定,这些符号只表示元件的功能、操作方法及外部连接口,不表示元件的具体结构及参数、连接口的实际位置和元件的安装位置。《液压气动图形符号》(GB/T 786.1—1993)对液压气动元件的图形符号作了具体规定。图 1-5 即为用图形符号表达的图 1-4 的机床往复运动工作台的液压传动系统工作原理图。

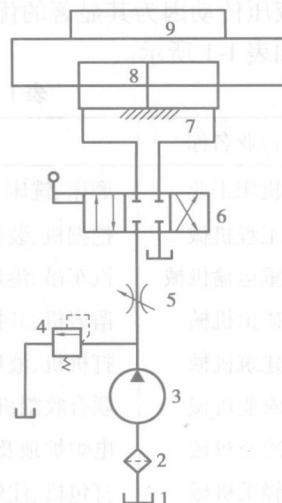


图 1-5 使用图形符号表示的机床工作台液压系统原理图

1—油箱;2—过滤器;3—液压泵;
4—溢流阀;5—节流阀;6—换向阀;
7—液压缸;8—活塞;9—工作台

四、液压传动的特点

1. 液压传动的优点

与机械传动、电气传动相比液压传动有以下主要优点:

①液压传动传递的功率大,能输出大的力或力矩。在传递同等功率的情况下,液压传动装置的体积小、重量轻、结构紧凑。据统计,液压马达的质量只有同功率电动机质量的 10%~20%。至于尺寸,相差更大,前者为后者的 12%~13%。

②液压装置由于质量最轻、惯性小、工作平稳、换向冲击小,所以易实现快速启动、制动和高频率换向。对于回转运动每分钟可达 500 次,直线往复运动每分钟可达 400~1 000 次,这是其他传动方式无法比拟的。

③液压传动装置能在运动过程中实现无级调速,调速范围大(调速比可达 1:2 000),速度调整容易,而且调速性能好。

④液压传动装置易实现过载保护,能实现自润滑,故使用寿命较长。

⑤液压传动装置调节简单,操纵方便,易于实现自动化,如与电气控制相配合,可方便地实现顺序动作和远程控制。

⑥液压元件已实现标准化、系列化和通用化,便于设计、制造和推广使用。

⑦液压装置比机械装置更容易实现直线运动。

2. 液压传动的缺点

①油液的泄漏和可压缩性使传动无法保证严格的传动比。

②液压传动能量损失大(机械摩擦损失、压力损失和泄漏损失等),因此传动效率低。

③液压传动对油温的变化比较敏感,油的黏度发生变化时,流量也会跟着改变,造成速度不稳定,因此不宜在温度变化较大的环境中工作。

④为了减少泄漏,液压元件在制造精度上的要求比较高,因此其造价较高。

⑤液压传动故障的原因较复杂,因此查找困难。

五、液压传动的应用

液压传动因为其显著的优点而得到了普遍的应用。液压传动在机械工业各部门的应用情况如表 1-1 所示。

表 1-1 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
机床工业	磨床、铣床、刨床、拉床、压力机、自动机床、组合机床、数控机床、加工中心等
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
船舶港口机械	起货机、锚机、舵机等
铸造机械	砂型压实机、加料机、压铸机等
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

◎ 计划、决策

- ①分成 3~5 人一组。
- ②操作液压挖掘机模型,完成大臂、小臂的伸缩,挖斗的收放动作,整体的旋转动作。
- ③观察各个部分的运动情况。
- ④分清各个不同的组成部分。
- ⑤描述各组成部分的功用。
- ⑥叙述液压传动的工作原理。

◎ 实施

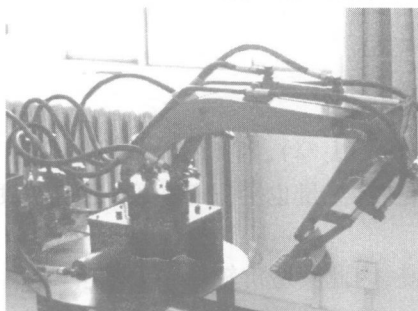


图 1-6 挖掘机模型

操作液压挖掘机模型,指出图 1-6 中各组成部分的名称及功用。

①液压泵:液压泵在电动机的带动下转动,输出压力油。把电动机输出的机械能转换成液体的压力能,为系统提供动力,是动力元件。

②执行元件:液压缸在高压油的推动下移动,可以对外输出推力,通过它把高压油的压力能释放出来,转换成机械能,是执行元件。

③控制元件:由换向阀、溢流阀和节流阀组成的操

作阀组,控制大臂、小臂、挖斗和挖掘机整体的运动方向、输出力和运动速度,是控制元件。

④辅助元件:用来储存液压油的油箱和连接各元件的油管,是液压系统中不可缺少的元件,是液压系统的辅助元件。

◎ 检查、评价

表 1-2 任务 1 检查评价表

考核内容		自 评	组长评价	教师评价
		达到标准画√,没达到标准画×		
作业完成	1. 按时完成任务	☐	☐	☐
	2. 内容正确	☐	☐	☐
	3. 字迹工整,整洁美观	☐	☐	☐
操作过程	1. 启动液压泵	☐	☐	☐
	2. 调整系统的工作压力范围	☐	☐	☐
	3. 操作液压挖掘机模型	☐	☐	☐
	4. 区分各组成部分	☐	☐	☐
	5. 描述各组成部分的功用	☐	☐	☐
	6. 描述液压传动的工作原理	☐	☐	☐
工作态度	1. 不旷课	☐	☐	☐
	2. 不迟到,不早退	☐	☐	☐
	3. 学习积极性高	☐	☐	☐
	4. 学习认真,虚心好学	☐	☐	☐
职业操守	1. 安全、文明工作	☐	☐	☐
	2. 具有良好的职业操守	☐	☐	☐
团队合作	1. 服从组长的工作安排	☐	☐	☐
	2. 按时完成组长分配的任务	☐	☐	☐
	3. 热心帮助小组其他成员	☐	☐	☐
项目完成	1. 操作完成正确	☐	☐	☐
	2. 液压系统组成、工作原理叙述正确	☐	☐	☐
项目报告	1. 报告书规范、排版好	☐	☐	☐
	2. 结构完整,内容翔实	☐	☐	☐
	3. 能将任务的设计过程及结果完整展现	☐	☐	☐
评价等级				
项目最终评价(自评 20%,组评 30%,师评 50%)				

◎ 知识拓展

一、液压油

液压油是液压系统借以传递能量的工作介质。液压油的主要功用是传递能量,此外还兼有润滑、密封、冷却、防锈等功能,负担这些功能的液压油必须稳定,不能因使用条件的改变而改变性质。油液的性能会直接影响液压传动的性能,如工作的可靠性、灵敏性、工况的稳定性、系统的效率及零件的寿命等。因此,必须对工作介质有一定的基本认知。

1. 液压油的性质

(1) 密度

单位体积液体所具有的质量即为该液体的密度。液体的密度会随着压力或温度的变化而发生变化:压力越大,密度就越大;温度越高,密度就越小。但因液体的密度随压力、温度的变化量很小,所以,一般在工程计算中忽略不计,可将其视为常量。在进行液压系统的相关计算时,通常取液压油的密度为 900 kg/m^3 。

(2) 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。一般中、低压液压系统中,液体的可压缩性很小,可以认为液体是不可压缩的。而在压力变化很大的高压系统中,就需要考虑液体可压缩性的影响。当液体中混入空气时,可压缩性将显著增加,并将严重影响液压系统的工作性能,因而在液压系统中应使油液中的空气含量减少到最低限度。

(3) 黏性

液体在外力作用下流动时,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,这一特性称为液体的黏性。液体只在流动时才呈现黏性,而静止液体不呈现黏性。液压油的黏性对减少间隙的泄漏,保证液压元件的密封性能都起着重要作用。

液体黏性的大小用黏度来表示。黏度是选择工作介质的首要因素。黏度过高,各部件运动阻力增加,温升快,泵的自吸能力下降,同时,管道压力降和功率损失增大。反之,黏度过低会增加系统的泄漏,并使液压油膜支承能力下降,从而导致摩擦副间产生摩擦。所以工作介质要有合适的黏度范围,同时在温度、压力变化下和剪切力作用下,油的黏度变化要小。

液压油黏度常用运动黏度,国际单位制的单位为 m^2/s ,工程单位制中使用的单位为斯(St),斯的单位太大,应用不便,常用斯的1%,即厘斯(cSt)来表示,故

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

国际标准化组织 ISO 规定统一采用运动黏度表示油液的黏度等级。我国的液压油以 40°C 时运动黏度的平均值(单位为 mm^2/s)为黏度等级符号,即牌号。例如,牌号为 L-HL22 的普通液压油,表示这种液压油在 40°C 时运动黏度的平均值为 $22 \text{ mm}^2/\text{s}$ (前 L 表示润滑剂类别, H 表示液压油,后 L 表示防锈抗氧化型)。

液压油黏度对温度的变化十分敏感,当温度升高时,其分子之间的内聚力减小,黏度就随之降低。油液黏度随温度变化而变化的特性称为油液的黏温特性,它直接影响液压系统的性能和泄漏量,因此油液的黏度随温度的变化越小越好。当液体所受的压力增加时,其分子间的距离将减小,于是内摩擦力将增加,即黏度也将随之增大,但由于一般在中、低压液压系统中压力变化很小,因而通常压力对黏度的影响可忽略不计。

除了上述主要性质以外,液压油还有一些其他的物理化学性质,如抗燃性、抗氧化性、抗泡沫性、抗乳化性、防锈性、润滑性、抗凝性以及相容性(对所接触的金属、密封材料、添加料等的作用程度)等,都对它的选择和使用有重要影响。这些性质需要在精炼的矿物油中加入各种添加剂来获得。

2. 对液压油的要求

液压油一般应满足的要求有:

- ①合适的黏度和良好的黏温特性;
- ②良好的润滑性;
- ③化学稳定性好;
- ④质地纯净,抗泡沫性好;
- ⑤闪点要高(130 ~ 150 ℃),凝固点要低(- 10 ~ - 15 ℃);
- ⑥对人体无害,对环境污染小,成本低,价格便宜。

3. 液压油的种类

液压油的主要品种及其特性和用途见表 1-3。液压油牌号以其代号和后面的数字表示,代号中 L 表示润滑剂类别, H 表示液压系统用的工作介质,数字表示液压油的黏度等级。

表 1-3 液压油的主要品种及其特性和用途(GB 11118. 1—1994)

分 类	名 称	ISO 代号	组成、特性和用途
矿 油 型	高黏度指数 液压油	L-HR	HL 油加添加剂,改善其黏温特性,黏温特性优于 L-HV 油,适用于数控机床液压系统和伺服系统
	液压导轨油	L-HG	HM 油加添加剂,改善其黏滑特性;适用于液压及导轨为一个油路系统的精密机床,可使机床在低速下将振动或间断滑动(黏滑)减为最小
	其他液压油	—	加入多种添加剂;用于高品质的专用液压系统
乳 化 型	水包油乳化液	L-HFA	又称高水基液,特点是难燃、黏温特性好,使用温度为 5 ~ 50 ℃,有一定的防锈能力,黏度低,润滑性差,易泄漏,系统压力不宜高于 7 MPa。适用于有抗燃要求、用量特别大、泄漏严重的液压系统
	油包水乳化液	L-HFB	其性能接近液压油,既具有矿油型液压的抗磨、防锈性能,又具有抗燃性,使用油温不得高于 65 ℃,适用于有抗燃要求的中压系统
合 成 型	水-乙二醇液	L-HFC	难燃,黏温特性和抗蚀性好,润滑性较差,能在 - 18 ~ 65 ℃ 温度下使用,适用于有抗燃要求的中压系统
	磷酸酯传动液	L-HFDR	难燃,自燃点高,挥发性低,润滑抗磨性能和抗氧化性能良好,能在 - 20 ~ 100 ℃ 温度范围内使用;缺点是有微毒。适用于有抗燃要求的高温、高压精密液压系统

目前 90% 以上的液压设备采用矿物型液压油,其基油为精制的石油润滑油馏分。为了改善液压油液的性能,以满足液压设备的不同要求,往往在基油中加入各种添加剂。添加剂有两类:一类是改善油液化学性能的,如抗氧化剂、防腐剂、防锈剂等;另一类是改善油液物理性

能的,如增黏剂、抗磨剂、防爬剂等。

二、液体静力学

液体静力学是研究液体处于相对平衡状态下的力学规律和对这些规律的实际应用。这里所说的相对平衡是指液体内部质点与质点之间没有相对位移。至于液体整体,可以是处于静止状态;也可以如刚体似的随同容器做各种运动。在相对平衡的状态下,外力作用于静止液体内的力是法向的压应力,称为静压力。

(1) 压力的概念

静止液体在单位面积上所受的垂直力称为静压力。静压力在液体传动中简称压力,在物理学中称为压强,压力通常用 p 表示。

若在液体的面积 A 上受均匀分布的作用力 F ,则压力可表示为

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

压力的国际单位为 N/m^2 ,即 Pa(帕);工程上常用 MPa(兆帕)、bar(巴)、 kgf/cm^2 ,它们的换算关系为

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} = 10 \text{ bar} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$$

静压力具有下述两个重要特征:

- ①液体静压力垂直于作用面,其方向与该面的内法线方向一致。
- ②静止液体中,任何一点所受到的各方向的静压力都相等。

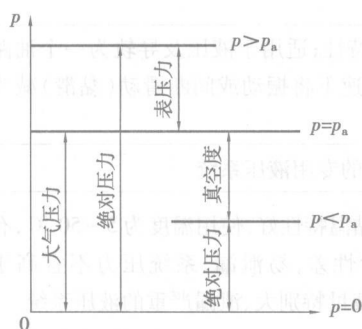


图 1-7 绝对压力、相对压力和真空度的关系

(2) 压力的表示方法

根据度量标准的不同,液体压力分绝对压力和相对压力。若以绝对真空为基准来度量的液体压力,称为绝对压力,若绝对压力小于大气压力,则相对压力为负值,比大气压力小的那部分称为真空度。若以大气压力为基准来度量的液体压力,称为相对压力,相对压力也称表压力。它们与大气压力的关系为

$$\text{绝对压力} = \text{相对压力} + \text{大气压力}$$

图 1-7 清楚地给出了绝对压力、相对压力和真空度三者之间的关系。

三、液体动力学

1. 液体动力学基本概念

(1) 理想液体

液体具有黏性,并在流动时表现出来,因此研究流体动液体时就要考虑其黏性,而液体的黏性阻力是一个很复杂的问题,这就使对流动液体的研究变得复杂,因此引入理想液体的概念。理想液体就是指没有黏性、不可压缩的液体。我们首先对理想液体进行研究,然后再通过实验验证的方法对所得的结论进行补充和修正,这样,不仅使问题简单化,而且得到的结论在实际应用中仍具有足够的精确性。

(2) 恒定流动

液体流动时,如液体中任何一点的压力、速度和密度都不随时间而变化,便称液体是在作恒定流动;反之,只要压力、速度或密度中有一个参数随时间变化,则称液体的流动为非恒定流动。一般在研究液压系统静态性能时,认为液体作恒定流动。

(3) 流速与流量

油液在管道中流动时,与其流动方向垂直的截面称为过流断面(或通流截面)。液压传动是靠流动着的有压油液来传递动力,油液在油管或液压缸内流动的快慢称为流速。因为液体有黏度,流动的液体在油管或液压缸截面上的每一点的速度并不完全相等,因此通常说的流速都是平均值。流速用 v 表示,其单位为 m/s 。

单位时间内流过某通流截面的液体的体积称为流量,用 q 表示,其单位为 m^3/s 。

2. 连续性方程

质量守恒是自然界的客观规律,不可压缩液体的流动过程也遵守质量守恒定律。液体的连续性方程是这个规律在流体力学中的数学表达形式。如图 1-8 所示,理想液体在管道中作恒定流动,任取 1,2 两个通流截面,其通流面积分别为 A_1 和 A_2 ,两截面的平均流速分别为 v_1 和 v_2 ,液体的密度分别为 ρ_1 和 ρ_2 ,

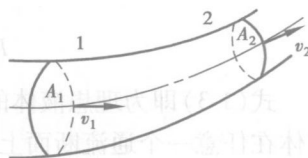


图 1-8 液体的连续性原理

根据质量守恒定律,在单位时间内流过两个截面的液体质量相等,即

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$$

对于理想液体, $\rho_1 = \rho_2$, 则

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

因两截面是任选的,故上式可写成

$$q = vA = \text{常数} \quad (1-2)$$

液流连续性方程表明,液体在管道中流动时,流过各个截面的流量是相等的,因而流速和通流截面的面积成反比。

3. 伯努利方程

伯努利方程也称能量方程,它是能量守恒定律在流体力学中的表达形式。为了理论研究的方便,把液体看做理想液体,然后再对实际液体进行修正,得出实际液体的能量方程。

(1) 理想液体的伯努利方程

如图 1-9 所示,设液体质量为 m , 体积为 V , 密度为 ρ 。按流体力学和物理学可知,在截面 1,2 处的能量分别如下:

①截面 1 处体积为 V 的液体的压力能为 $p_1 V$, 动能为 $\frac{1}{2}mv_1^2$, 位能为 mgh_1 ;

②截面 2 处体积为 V 的液体的压力能为 $p_2 V$, 动能为 $\frac{1}{2}mv_2^2$, 位能为 mgh_2 。

根据能量守恒定律,液体在截面 1 处的能量总和等于在截面 2 处的能量总和,即

$$p_1 V + \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = p_2 V + \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

则单位体积的液体所具有的能量为

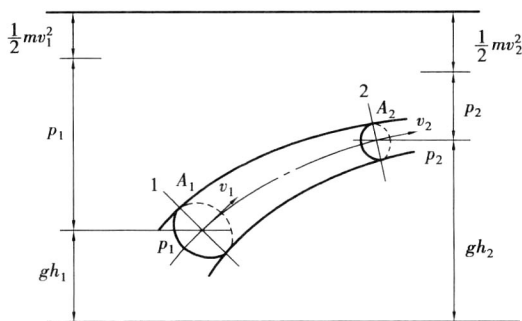


图 1-9 伯努利方程示意图

1,2—通流截面; A_1, A_2 —截面面积; v_1, v_2 —液体平均流速; p_1, p_2 —液体压力

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 \quad (1-3)$$

式(1-3)即为理想液体的伯努利方程,它的物理意义为:在密封管道内做定常流动的理想液体在任意一个通流断面上具有3种形成的能量,即压力能、势能和动能。3种能量的总和是一个恒定的常量,而且3种能量之间是可以相互转换的,即在不同的通流断面上,同一种能量的值会是不同的,但各断面上的总能量值都是相同的。

(2) 实际液体流动时的伯努利方程

实际液体因为有黏性,其在管道内流动时会产生内摩擦力,消耗能量。同时管道形状和尺寸有变化也会使液体产生扰动,造成能量损失。因此,实际液体流动时有能量损失存在,实际液体在流动时的伯努利方程式就为

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 + \Delta p \quad (1-4)$$

式中 Δp ——从通流截面1流到截面2过程中的压力损失。

在液压系统中,油管的高度 h 一般不超过10 m,管内油液的平均流速也较低(一般不超过7 m/s),因此油液的位能和动能相对于压力能来说是微不足道的。

4. 动量方程

动量方程是动量定理在流体力学中的具体应用。在液压传动中,经常需要计算液流作用在固体壁面上的力,这个问题用动量定律来解决比较方便。动量定理指出:作用在物体上的合外力的大小等于物体在力的作用方向上的动量的变化率,即

$$\sum F = \frac{d(mu)}{dt} \quad (1-5)$$

将此定律应用于图1-8所示作恒定流动的液体,得

$$\sum F = \rho q(\beta_2 v_2 - \beta_1 v_1) \quad (1-6)$$

式中 ρ ——流动液体的密度;

q ——液体的流量;

v_1, v_2 ——液流流经截面1和截面2的平均流速;

β_1, β_2 ——相应截面的动量修正系数,对圆管来说,工程上常取 $\beta = 1.00 \sim 1.33$,层流(液体质点互不干扰,液体的流动呈线性或层状,且平行于管道轴线,这种状