



高等职业教育“十二五”规划教材
全国高等职业教育制造类专业系列规划教材

液压传动与气动技术

李永杰 主编



科学出版社

高等职业教育“十二五”规划教材
全国高等职业教育制造类专业系列规划教材

液压传动与气动技术

李永杰 主 编
王利群 高 军 张学芳 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书主要内容包括：液压传动的认知、液压动力元件的认知与使用、液压执行元件的认知与使用、液压辅助元件的认知与使用、方向控制阀的使用与方向控制回路的组建、压力控制阀的使用与压力控制回路的组建、流量控制阀的使用与速度控制回路的组建、液压传动系统的分析与设计、液压传动系统现代化技术的认知、气压传动系统的认知与使用。共计 10 个项目。

本书紧密结合目前高职高专教育特点，内容充实，通俗易懂，层次分明，条理清晰，结构合理，重点突出，概念清晰、准确，立体丰富、讲解详细。

本书可作为高等职业院校、专科学校、本科院校的二级职业技术学院、民办高校的机电类专业及工科其他专业的教材，也可供从事液压传动与气动技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动与气动技术/李永杰主编. —北京：科学出版社，2012

(高等职业教育“十二五”规划教材·全国高等职业教育制造类专业系列规划教材)

ISBN 978-7-03-034457-1

I. ①液… II. ①李… III. ①液压传动-高等教育-教材②气压传动-高等教育-教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 107856 号

责任编辑：王新文 艾冬冬/责任校对：马英菊

责任印制：吕春珉/封面设计：耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

骏主印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 8 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2012 年 8 月第一次印刷 印张：18

字数：430 000

定价：32.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62138978-8212

版权所有，侵权必究

举报电话：010-64030229；010-64034315；13501151303

前 言

本书是根据高等职业教育人才培养目标的要求,结合基于行动导向的教学改革理念,在总结近几年教学改革经验的基础上编写的。本书体现了以职业活动分析为基础,以职业行动为依据,横向综合各有关知识点和技能,根据教学目标分类要求,形成以培养职业能力为目标的新课程结构。

本书对液压传动与气动技术知识进行了较为详尽的阐述,全书共分 10 个项目,主要论述了液压传动的基础知识、液压元件的认知与使用、液压基本回路的组建与分析、液压传动系统的分析与设计、气动系统的认知与使用等。

本书体现了工作过程导向的职业教育模式,探索以工作过程为导向的教材开发。每项目设有“任务目标与描述”、“相关理论知识”、“任务实施”、“思考与练习”四部分内容。学生带着任务,学习运用知识与技能来解决工程实际问题,使整个过程在职业行动及多样性的思维操作中完成,体现在“做中教”;同时,根据工作任务设计生产性实训项目,将课堂教学和校内生产性实训有机结合;学生在实训中不但完成技能训练,还按照要求,完成一定的学习任务,实现在“做中学”,充分体现了职业教育的特色。

本书根据高职教育层次特点设计了生产性实训项目,实现了专业理论教学与生产工作任务的有机结合,突破了传统的校内实训以验证性实验为主的现状,有利于培养以实践技能为主的职业行动能力,符合工学结合的职业教育思想,实现了高职校内实训教学的创新。

本书为“液压传动与气动技术”自治区级精品课程的配套教材,精品课程的链接网址为 <http://www.whvtc.net/jpkc.asp>。配套教材和网络资源满足了学习者个性化、自主性和实践性的要求,为教学提供整体解决方案,促进优秀教学资源的有机整合与合理运用。

本书由乌海职业技术学院李永杰担任主编,乌海职业技术学院王利群、张学芳,安徽电子信息职业技术学院高军担任副主编,邯郸职业技术学院吴立波参编。同时,本书得到了乌海职业技术学院学术著作出版基金资助,对乌海职业技术学院的大力支持表示感谢。

本书的编写是一次教学改革的实践与探索,力求适应高职高专课程体系和教学内容的改革发展,但限于编者水平,书中难免存在不足之处,恳请各位同仁及读者批评指正。

编 者

目 录

前言

项目 1 液压传动的认知	1
任务 1 液压传动的认知	2
相关理论知识：液压传动与液压传动系数	2
任务实施：搭接一个简单液压系统	5
任务 2 工作介质的选用	6
相关理论知识：液压油的一般特性与液压传动工作介质的选用	6
任务实施：矿山机械液压油的选用	13
任务 3 液压系统理论分析与计算	14
相关理论知识：液压系统基本知识	14
任务实施：液压系统输出力的确定	25
项目 2 液压动力元件的认知与使用	27
任务 1 液压泵的认知	28
相关理论知识：液压泵的基本知识	28
任务实施：液压泵铭牌参数的识别	31
任务 2 齿轮泵的使用与维护	32
相关理论知识：齿轮泵的基础知识	32
任务实施：齿轮泵的拆装	37
任务 3 叶片泵的使用与维护	39
相关理论知识：叶片泵的基本知识	39
任务实施：叶片泵的拆装	47
任务 4 柱塞泵的使用与维护	48
相关理论知识：柱塞泵的基本知识	48
任务实施：柱塞泵的拆装	55
任务 5 液压泵的选用	58
相关理论知识：液压泵的基本知识	58
任务实施：液压泵的计算选用	60
项目 3 液压执行元件的认知与使用	62
任务 1 液压缸的认知与使用	63
相关理论知识：液压缸的基本知识	63
任务 2 液压缸设计计算	77
相关理论知识：液压缸结构设计的基本知识	78
任务实施：液压缸的设计计算	79
任务 3 液压马达的认知与使用	80



相关理论知识：液压马达的基本知识	81
任务实施：液压马达的拆装	86
项目 4 液压辅助元件的认知与使用	88
任务 1 油管和管接头的认知	89
相关理论知识：油管与管接头的认知	89
任务实施：管路的连接与计算	91
任务 2 油箱的使用与设计	92
相关理论知识：油箱的结构与安装	92
任务实施：油箱的拆装	95
任务 3 过滤器的选用与使用	95
相关理论知识：过滤器的基本知识	95
任务实施：过滤器的识别	99
任务 4 蓄能器的认知与使用	99
相关理论知识：蓄能器的基本知识	99
任务实施：蓄能器的拆装	103
任务 5 密封装置的认知与使用	103
相关理论知识：密封装置的基本知识	104
任务实施：密封装置的识别	108
项目 5 方向控制阀的使用与方向控制回路的组建	109
任务 1 液压控制阀的认知	110
相关理论知识：液压控制阀的基本知识	110
任务实施：液压控制阀铭牌参数的识别	111
任务 2 方向控制阀的认知与使用	111
相关理论知识：方向控制阀的基本知识	111
任务实施：方向控制阀的拆装	126
任务 3 方向控制基本回路的分析与组建	127
相关理论知识：方向控制基本回路的基本知识	127
任务实施：方向控制基本回路的组建	131
项目 6 压力控制阀的使用与压力控制回路的组建	134
任务 1 压力控制阀的认知与使用	135
相关理论知识：压力控制阀的基本知识	135
任务实施：先导式溢流阀的拆装	152
任务 2 压力控制基本回路的分析与组建	153
相关理论知识：压力控制基本回路的基本知识	153
任务实施：压力控制基本回路的组建	160
项目 7 流量控制阀的使用与速度控制回路的组建	162
任务 1 流量控制阀的认知与使用	163
相关理论知识：流量控制阀的基本知识	163
任务实施：普通节流阀的拆装	170



任务 2 速度控制基本回路的分析与组建	171
相关理论知识：速度控制基本回路的基本知识	172
任务实施：速度控制回路的组建	185
项目 8 液压传动系统的分析与设计	187
任务 1 典型液压传动系统的分析	188
相关理论知识：典型液压传动系数的基本知识	188
任务实施：采煤机牵引部液压系统分析	194
任务 2 液压传动系统的设计与计算	198
相关理论知识：液压传动系统设计计算的步骤和流程	198
任务实施：卧式钻镗组合机床动力滑台液压系统的设计	207
项目 9 液压传动系统现代化技术的认知	208
任务 1 新型液压控制阀的认知	209
相关理论知识：新型液压控制阀的基本知识	209
任务实施：新型液压控制阀与插装阀集成液压系统图的认识	220
任务 2 多缸控制回路的分析与组建	223
相关理论知识：多缸控制回路的基本知识	223
任务实施：多缸控制回路的组建与自动装配机液压控制回路的设计	227
项目 10 气压传动系统的认知与使用	230
任务 1 气压传动系统的认知	231
相关理论知识：气压传动系统的基本知识	231
任务实施：矿山空压电站工作过程分析	235
任务 2 气源装置及辅助元件的认知与使用	235
相关理论知识：气源装置及辅助元件的基本知识	235
任务实施：气源装置组成的认识	246
任务 3 气动执行元件的认知与选用	247
相关理论知识：气动执行元件的基本知识	247
任务实施：机床气动夹紧机构执行元件的选用	253
任务 4 气动控制阀的认知与气动回路的组建	254
相关理论知识：气动控制阀和气动回路的基本知识	254
任务实施：送料装置的控制系统设计	264
任务 5 典型气压传动系统分析	265
相关理论知识：典型气压系统的基本知识	266
任务实施：客车车门气压传动系统分析	269
附录 常用液压与气动图形符号	271
参考文献	276



液压传动的认知

项目学习目标

知识目标

1. 掌握液压传动的工作过程、系统组成及应用。
2. 熟悉液压传动系统图形符号。
3. 掌握工作介质的性能参数。
4. 掌握确定液压传动工作介质的方法和步骤。
5. 掌握压力、流量两个重要参数。
6. 了解压力损失、孔口及缝隙的流量特性。
7. 了解液压冲击和气穴现象。

技能目标

1. 学会动手搭建简单液压传动系统。
2. 学会应用相关手册及标准选用工作介质。
3. 学会确定液压系统输出力。



任务1 液压传动的认知

任务目标:

1. 能够描述液压传动的工作过程、系统组成及应用;
2. 能够识别液压传动系统图形符号;
3. 能够描述液压传动技术的发展现状;
4. 能够动手搭建简单液压传动系统, 并说明操作的过程。

任务描述:

搭建一个简单液压传动系统。

相关理论知识: 液压传动与液压传动系数

液压传动与气动技术是自动控制领域的一门重要学科。它的发展已有二三百年的历史, 随着机电一体化技术的发展, 液压传动与气动技术已经成为一门包括传动、控制和检测在内的完整的自动控制技术。

液压传动 (hydrostatic transmission) 是机械设备中被广泛采用的传动方式之一, 是以液压油为工作介质来实现各种机械的传动和自动控制的传动形式, 利用各种元件组成所需要的各种控制回路, 再由若干回路有机组合成能完成一定控制功能的传动系统来进行能量的传递、转换与控制。

1 液压传动的工作过程分析

液压千斤顶是一种简单而完整的液压传动装置。分析它的工作过程, 可以清楚地了解液压传动的工作原理。

图 1-1 所示为液压千斤顶原理图。由图可知, 该系统由手动液压泵和举升液压缸两部分构成: 手柄 1、泵缸 2、小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵; 工作缸 8、大活塞 9、卸油阀 11 组成举升液压缸; 5、6、10—管道; 12—油箱。

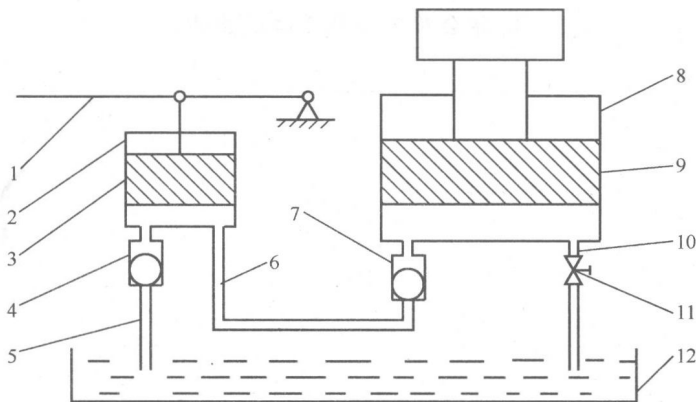


图 1-1 液压千斤顶原理图

- 1—手柄 2—泵缸 3—小活塞 4、7—单向阀 5、6、10—管道
8—工作缸 9—大活塞 11—卸油阀 12—油箱



单向阀 7 和卸油阀 11 组成举升液压缸。由小活塞 3 和泵缸 2、工作缸 8 和大活塞 9 构成两个密封而又可以变化的容积。

提起手柄 1，带动小活塞 3 向上移动，泵缸 2 中的密封容积扩大，内部压力减小而形成负压，也就是所谓“真空”。这时，油箱 12 内的工作液体在大气压力作用下，推开单向阀 4 流入泵缸 2。单向阀 7 这时是关闭的。用力压下手柄 1，小活塞 3 下移，泵缸 2 中的密封容积缩小，内部压力增大，关闭单向阀 4。由于卸油阀 11 处于关闭状态，于是工作液体就推开单向阀 7 流向工作缸 8 的密封容积中，并将大活塞 9 向上推起，升起重物 W 。不停地摇动手柄 1，可将工作液体源源不断地从油箱吸入泵缸，又压向工作缸内，使大活塞带动重物上升到所需的高度。当要将重物下降时，只要打开卸油阀 11，工作缸内液体在重物 W 和大活塞 9 的推动下流回油箱。这就是液压千斤顶的工作过程，也是简单液压系统的工作原理。

通过上面对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：

① 液压传动系统实质上是一种能量转换装置，它由液压泵将原动机的机械能转换为油液的压力能，再通过液压缸将油液压力能转换成机械能，以驱动工作机构完成所要求的各种动作。

② 液压传动是以液压油（有压力的油液）作为传递运动和动力的工作介质。

③ 液压传动是依靠密封容器或密闭系统中密封容积的变化来实现能量的转换与传递，故又称为容积式液压传动。

2 液压传动系统组成及图形符号的认识

图 1-2 所示为一驱动机床工作台的液压传动系统图。这个系统可使工作机构做直线往复运动、克服各种阻力和调节工作机构的运动速度。

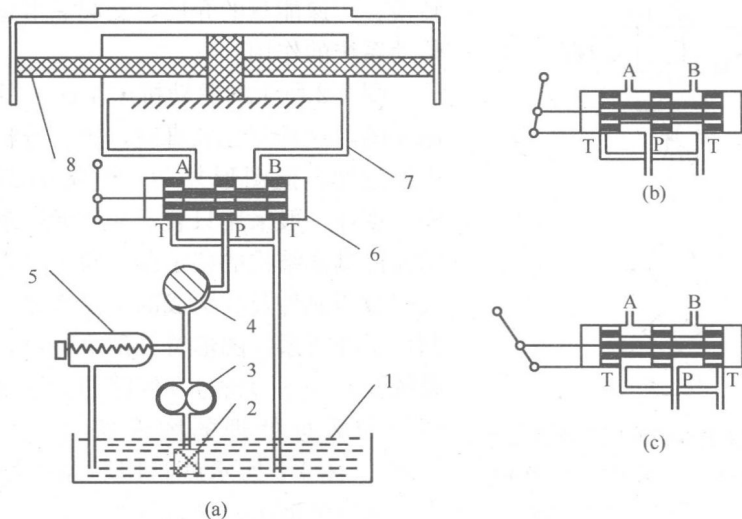


图 1-2 驱动机床工作台的液压传动系统图

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

该系统的工作过程是：液压泵 3 由电动机驱动旋转，从油箱 1 经过滤器 2 吸油。操作换向阀 6 手柄转换成如图 1-2 (b) 所示状态，油液经节流阀 4、换向阀 6，压送至液压缸 7



的左腔,推动活塞和工作台8向右运动。这时液压缸7右腔的油液经换向阀6排回油箱。如将换向阀6转换成如图1-2(c)所示状态,推动活塞和工作台8向左运动。因而换向阀就是控制活塞及工作台的运动方向。若换向阀6处于如图1-2(a)所示状态,油液将经溢流阀5排回油箱,不输出到液压缸中去,这时工作台就停止工作。

工作台的运动速度是通过节流阀4来调节的,当节流阀的开口大时,进入液压缸的油液流量就大,工作台运动速度就快;反之,工作台运动速度将变慢。因而节流阀就是通过控制流入液压缸的流量,从而调节控制活塞的运动速度,也就是工作台的运动速度。

从上面的实例分析可以看出,一个完整的液压传动系统主要由以下五部分组成:

① 动力源元件,把原动机机械能转换成液体压力能的装置。它是液压系统的动力源,对液压系统来说,称为液压泵。其作用是给液压传动系统提供液压油。

② 执行元件,把液体压力能转换成机械能的装置。一般指做直线运动的液压缸、做回转运动的液压马达等。其作用是在工作介质的作用下,输出力和速度(或转矩和转速),以驱动工作机构对外做功。

③ 控制元件,对液体的压力、流量、流动方向进行控制和调节的装置。例如溢流阀(压力控制阀)、节流阀(流量控制阀)、换向阀(方向控制阀)等各种阀类元件。其作用是改变执行元件的作用力、运动速度和方向,保证执行元件和工作机构按要求工作。

④ 辅助元件,除以上装置外的其他元件都称为辅助装置,如油箱、过滤器、蓄能器、冷却器、压力表、管接头及各种信号转换器等。它们是一些对完成主运动起辅助作用的元件,从原理上看可有可无,但在系统中却是必不可少的。辅助元件在液压系统中十分重要,许多故障往往出在这些元件上,因此不应忽视。

⑤ 工作介质,指传动介质,即液压油。既是转换、传递能量的介质,又起润滑运动零件和冷却传动系统的作用。

图1-2所示的驱动机床工作台的液压传动系统原理图,这种图比较直观,便于分析元件和系统的工作过程。但图形复杂,绘制困难。为了简化操作,现在一般采用只表示液压元件基本功能、不表示元件具体结构的特定图形符号,即职能符号,来代表液压元件及其构成的液压系统。目前,我国已制订了液压系统图形符号国家标准,即《流体传动系统及元件图形符号和回路图第1部分:用于常规用途和数据处理的数据符号》(GB/T 786.1—2009)。图1-3所示就是用职能符号表示的驱动机床工作台的液压传动系统图。

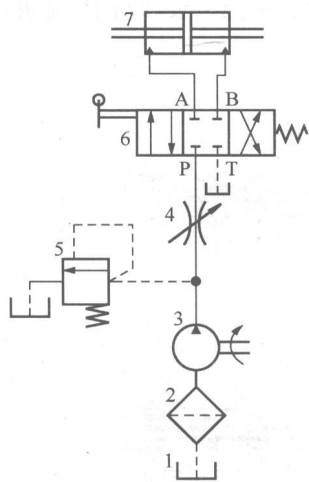


图 1-3 图形符号表示的液压传动系统图

1—油箱 2—过滤器 3—液压泵 4—节流阀
5—溢流阀 6—换向阀 7—液压缸

3 液压传动特点的分析

液压传动具有以下优点:

① 从结构上看,传递功率大,在相同输出功率条件下,质量轻,体积小。借助油管连接可灵活布局,便于和其他传动方式联用。易实现远距离传动和操纵以及自动控制。



② 从工作性能上看,速度、转矩和功率均可无级调节,易于改变运动方向和变速,调速范围宽。

③ 从使用维护上看,液压元件自行润滑性好,易于实现系统的过载保护和保压。元件已标准化、系列化和通用化。

液压传动同时也存在着以下缺点:

① 在传动过程中,能量需经过两次转换,会产生损耗,传动效率低。

② 由于传动介质的可压缩性和泄漏等因素影响,其传动比不能保证严格准确。

③ 液压传动的工作介质对温度变化的影响比较敏感,其工作稳定性易受温度变化的影响。

④ 液压元件制造精度高,使用和维护要求较高。液体污染对工作性能影响大,故障不易诊断。

4 液压传动技术的应用与发展

液压传动技术渗透到很多领域,不断在民用工业、在机床、工程机械、冶金机械、塑料机械、农林机械、汽车、船舶等行业得到大幅度的应用和发展,而且发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术。现今,采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。例如,发达国家生产的95%的工程机械、90%的数控加工中心、95%以上的自动线都采用了液压传动技术。

近年来,由于液压技术广泛应用了高技术成果,如自动控制技术、计算机技术、微电子技术、摩擦磨损技术、可靠性技术及新工艺和新材料,使传统技术有了新的发展,也使液压系统和元件的质量、水平有一定的提高。尽管如此,走向21世纪的液压技术不可能有惊人的技术突破,应当主要靠现有技术的改进和扩展,不断扩大其应用领域以满足未来的要求。综合国内外专家的意见,其主要的发展趋势将集中在以下几个方面:

① 减少能耗,提高能量转换过程的效率,充分利用能量。

② 实现主动维护,提前故障预测,加强液压系统故障诊断方法的研究,开发液压系统自补偿系统。

③ 电子技术和液压传动技术相结合,实现液压系统柔性化、智能化。

④ 液压元件向适应环保要求方向发展,积极采用新工艺、新材料和电子、传感等高新技术。

任务实施: 搭建一个简单液压系统

① 按图1-4所示选取所需液压元件,固定并连接各液压元件。

② 起动液压泵电动机。

③ 将溢流阀调整到一个合适的状态。

④ 改变换向阀的位置,观察液压缸运动方向,说明油液流动路线。

⑤ 调节节流阀开口大小,观察液压缸运动速度。

⑥ 调节溢流阀压力,观察压力计变化情况,听液压泵的声音,摸管路的振动。

⑦ 完成项目工单,清理现场。



注意事项：第一次实践训练，必须在老师的指导下进行。

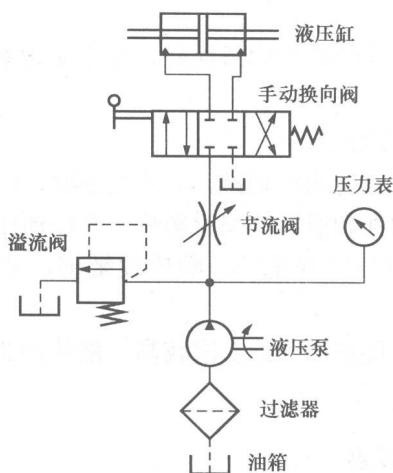


图 1-4 简单液压系统回路图

思考与练习

1. 简述液压传动的工作过程。
2. 举例说明液压传动技术在生产生活中的应用。

任务2 工作介质的选用

任务目标：

1. 能够说明工作介质的性能参数；
2. 能够说明选用液压传动工作介质的方法和步骤；
3. 能够正确查手册及标准选用工作介质。

任务描述：

选用矿山机械液压油。

相关理论知识：液压油的一般特性与液压传动工作介质的选用

液体是液压传动的工作介质。在液压传动系统中，工作介质用来传递动力和信号，还起到润滑、冷却和防锈等作用。液压系统运转的可靠性、准确性和灵活性依赖于所用的工作介质是否合适。液体的压力、流速和温度往往变化很大，其质量的优劣又直接影响系统的工作性能。所以，正确选用工作介质是相当重要的。

1 液压油的一般特性分析

(1) 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 的液体的密度为



$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中： V ——液压油的体积， m^3 ；

m ——体积为 V 的液压油质量， kg 。

矿物油型液压油的密度随温度的上升而有所减小，随压力的增大而稍有增加，但变化量很小，可以认为是常值。我国采用 20°C 时的密度作为液压油的标准密度，以 ρ_{20} 表示。常用液压油和传动液的密度如表 1-1 所示。

表 1-1 常用工作介质的密度

单位： kg/m^3

种 类	ρ_{20}	种 类	ρ_{20}
石油基液压油	850~900	增黏高水基液	1003
水包油乳化液	998	水-乙二醇液	1060
油包水乳化液	932	磷酸酯液	1150

(2) 黏性及其表示方法

当液体在外力作用下流动或有流动趋势时，因液体内部分子间的内聚力（液体内部分子之间引力的作用效果）而产生一种阻碍液体分子之间进行相对运动的内摩擦力，这种现象称为液体的黏性。黏性是液体重要的物理特性，是选择液压油的重要依据之一。

液体流动时，液体的黏性以及液体和固体壁面间的附着力，会使液体内部各液层间的流动速度大小不等。如图 1-5 所示，设两平行平板间充满液体，下平板不动，上平板以速度 u_0 向右平移。由于液体的黏性作用，紧贴下平板液体层的速度为零，紧贴上平板液体层的速度为 u_0 ，而中间各液层的速度则视其距下平板距离的大小按线性规律或曲线规律变化。

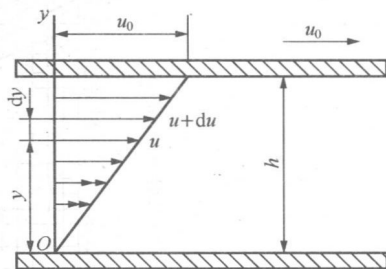


图 1-5 液体黏性示意图

液体黏性的大小用黏度来表示。常用的液体黏度表示方法有三种，即动力黏度、运动黏度和相对黏度。

1) 动力黏度 μ 。

动力黏度又称为绝对黏度，是表征液体黏性的内摩擦力因数。液体动力黏度的物理意义是液体在单位速度梯度（ $du/dy=1$ ）下流动或有流动趋势时，相接触的液层间单位面积上产生的内摩擦力。动力黏度的国际计量单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ （帕·秒）， $1\text{Pa} \cdot \text{s}=1\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 。

2) 运动黏度 ν 。

液体的运动黏度是指在同一温度下该液体动力黏度 μ 与其密度 ρ 的比值，即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-2)$$

液体的运动黏度没有明确的物理意义，但它在工程实际中经常用到。因为它的单位只有长度和时间的量纲，类似于运动学的量，所以被称为运动黏度。它的国际计量单位为 m^2/s 。

运动黏度是划分液压油牌号的依据，我国国家标准《工业液体润滑剂 ISO 黏度分类》（GB/T 3141—1994）规定，液压油的牌号就是用该液压油在温度为 40°C 时的运动黏度平均值来表示的。例如 L-HL22 号液压油，就是指这种油在 40°C 时的运动黏度平均值为



$22\text{m}^2/\text{s}$ 。

3) 相对黏度。

动力黏度和运动黏度是理论分析和计算时经常使用到的黏度，但它们都难以直接测量。因此，在工程上常常使用相对黏度。相对黏度是以相对于蒸馏水黏性的大小表示液体的黏性，又称为条件黏度。相对黏度是采用特定的黏度计在规定的条件下测量出来的黏度，使用时根据相应的关系式换算出运动黏度或动力黏度。各国采用的相对黏度单位有所不同，我国采用恩氏黏度，恩氏黏度用符号 $^{\circ}\text{E}$ 表示。

4) 黏度与压力、温度的关系。

液体的黏度随液体的压力和温度而变。对液压传动工作介质来说，压力增大时，黏度增大。在一般液压系统使用的压力范围内，增大的数值很小，可以忽略不计。

液压传动工作介质的黏度对温度的变化十分敏感，温度升高，黏度显著下降，这个变化率的大小直接影响液压传动工作介质的使用。液压油的黏度随温度变化的特性称为液压油的黏温特性。黏温特性常用黏度指数(VI)表示，VI越大，则油液的黏温特性曲线的斜率就越小，即表明油液黏度随着温度变化而变化的程度就越小。因此黏度指数大的液压油的黏温特性好。几种常见液压传动介质的黏温特性如图1-6所示。

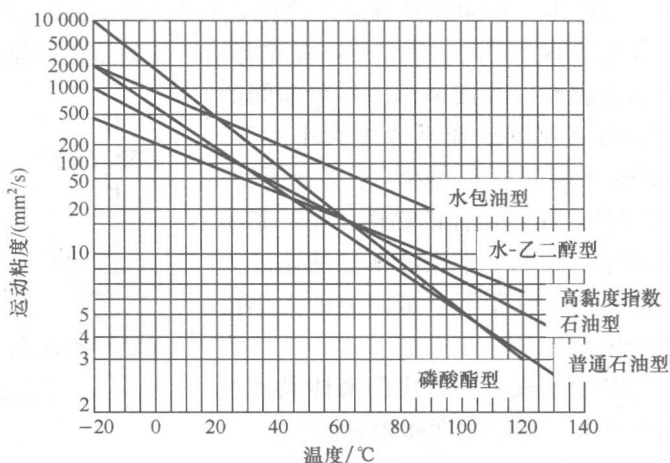


图1-6 液压油黏度和温度的关系图

(3) 压缩性和膨胀性

液体受压力的作用而使体积发生变化的性质称为液压的可压缩性。液体受温度的影响使体积发生变化的性质称为膨胀性。液体的压缩性和膨胀性很小，当压力和温度变化不大时，可以认为液体的体积不发生变化，既不可压缩又不可膨胀。但是在一些特殊情况（如水击现象）下，就必须考虑其影响，否则液体的压缩性和膨胀性引起的影响，将会造成很大的误差。

(4) 闪点

将规定容量的油液加热到它蒸发的油气与空气混合后，在与规定的火焰接触时能发出闪光的油样最低温度称为该油液的闪点。根据闪点可知油液中产生低沸点可燃成分的程度。闪点高，表明油液所产生的低沸点可燃成分少，在高温下的安全性好。闪点低，就不宜在高温下工作。



(5) 倾点

倾点是油液在规定的试验条件下,冷却到能够流动的最低温度。倾点对在低温条件下工作的液压油十分重要。一般而言,当油液温度降低到倾点以上 10°C 时,油液的低温流动性就不好了,液压泵的起动将会困难。因此,对低温环境下工作的液压设备,要采用低温流动性好的液压油,其倾点比环境最低温度还要低 10°C 以上。

(6) 中和值与腐蚀性

油液如果精制得不好,仍然会含有少量活性的含硫化合物和水溶性低分子有机酸。此外,油液受氧化后会产生氧化物,这些物质对金属都有腐蚀性。中和值是控制液压油使用性能的重要指标之一。中和值大的油液容易造成液压元件和系统的腐蚀,而且还会促进油液变质,增加磨损。但有的油液中加入酸性添加剂,使油液的中和值增加,但是它们不能溶于水,基本上没有腐蚀作用,这在使用中应注意区分。

2 液压传动工作介质的选用

(1) 液压传动系统对工作介质的要求

不同的液压传动系统、不同的使用条件对液压工作介质的要求也不相同,为了更好地传递动力和运动,液压传动系统所使用的工作介质有以下的要求:

① 适宜的黏度和良好的黏温特性。黏度是工作液体的重要性质,黏度越大,液体流动阻力越大,压力损失也越大,严重时会造成液压泵吸油困难;黏度过小,容易造成液体泄漏,降低系统的容积效率,所以必须具有适宜的黏度。

在液压系统工作时,希望黏度随温度的变化尽量小,黏温特性好,以保证传动性能的稳定,一般要求黏度指数 $VI \geq 90$ 。当前一些专用液压油的黏度指数已超过 100。

② 良好的润滑性能。润滑性好,表明油膜对运动表面有牢固的附着能力,并且保证摩擦因数很小,从而增加元件的寿命。

③ 良好的化学稳定性。良好的化学稳定性主要体现在对氧化和热都有良好的抵抗能力。当工作液体受热和氧化变质后,其性质要起变化,颜色逐渐变深,杂质增多,黏度增大,酸性值升高产生腐蚀,影响液压系统正常工作。液压设备规定定期换油,就是考虑工作液体变质的影响。为了减缓变质速度,液压系统的工作温度应限制在 $15 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 范围内,短时不超过 70°C ,比较理想的是 $30 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 。

④ 良好的抗乳化性。抗乳化性是指液压油抵抗遇水乳化变质的能力。水能引起金属锈蚀,降低润滑性和使用寿命,所以尽可能防止水混入油中(乳化液例外)。

⑤ 抗泡沫性。抗泡沫性是指混入气体时,液体不易生成微小气泡和泡沫,即使生成也会迅速分离升出液面自行破灭。游离在液体中的气泡将增加液体的压缩性,恶化系统动态特性,又会促使气穴现象发生。

⑥ 闪点要高、倾点要低、腐蚀性要小、质地纯净。

(2) 工作介质的选用

各种液压油都有其特性,都有一定的适用范围。正确而合理地选用液压油,可提高液压传动系统工作的可靠性,延长液压元件的使用寿命。

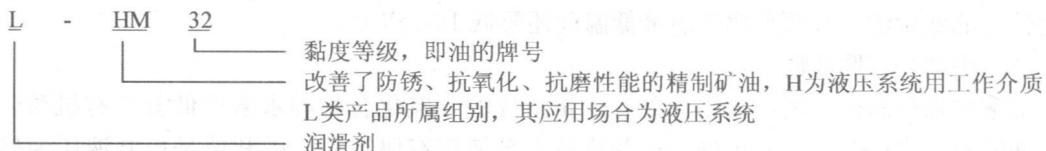
1) 液压油品种的选择。

液压系统工作介质的品种在国家标准《润滑剂、工业用油和相关产品(L类)的分类



第2部分：H组（液压系统）》（GB/T 7631.2—2003）中规定了产品符号和适用场合。产品符号以代号和后面的数字组成，代号中L是石油产品中的润滑剂和有关产品，H表示液压系统用工作介质，数字表示该工作介质的黏度等级。

GB/T 7631.2—2003规定的产品符号举例，如L-HM32：



液压油品种很多，主要可分为矿油型、乳化型和合成型。液压油的主要品种及其特性和用途如表1-2所示。

表1-2 液压油的主要品种及其特性和用途

类型	名称	代号	特性和用途
矿油型	精制矿物油	L-HH	无抗氧化剂，主要用于机械润滑，用于要求不高的低压系统
	普通液压油	L-HL	L-HH加添加剂，提高抗氧化和防锈性能，适用一般液压系统
	抗磨型液压油	L-HM	L-HL加添加剂，改善抗磨性能，适用于工程机械液压系统
	低温液压油	L-HV	L-HM加添加剂，改善黏温特性，可用于环境温度在-40~-20℃的高压系统
	高黏度指数液压油	L-HR	L-HL加添加剂，改善黏温特性，黏温特性优于L-HV，用于对黏温特性有特殊要求的低压系统，如数控机床液压系统
	液压导轨油	L-HG	L-HM加添加剂，改善黏-滑性能，适用于机床中液压和导轨润滑合用系统
乳化型	水包油乳化液	L-HFAE	适用于有抗燃要求的系统
	油包水乳化液	L-HFB	
合成型	水-乙二醇液	L-HFC	
	磷酸酯液	L-HFDR	

除依据液压油特性和用途选择液压油外，具体还应根据液压传动系统所处的工况条件，主要是温度、压力和液压泵类型等来确定。

① 工作温度：工作温度主要对液压油的黏温特性和热稳定性提出要求，选用时可参照表1-3。

表1-3 按工作温度选择液压油的品种

液压油工作温度/℃	<-10	-10~+80	>80
液压油品种	HR、HV	HH、HL、HM	优等HM、HV

② 工作压力：工作压力主要对液压油的润滑性（抗磨性）提出要求，选用时可参照表1-4。

③ 液压泵类型：液压泵类型较多，常见的有齿轮泵、叶片泵和柱塞泵。一般而言，齿轮泵对液压油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液压油，而叶片泵和柱塞泵一般选择L-HM液压油。