

· 高职高专“十二五”规划教材 ·



液压技术

YEYA JISHU

主 编 刘敏丽



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高职高专“十二五”规划教材

液 压 技 术

主 编 刘敏丽

副主编 张庭祥 高桂云

北 京
冶金工业出版社
2010

内 容 提 要

本书以“任务驱动”组织安排内容。全书共分五个学习情境:液压技术认知、液压元件使用与维护、液压基本回路识读、液压传动系统分析、液压系统使用与维护,每个学习情境又分解成若干个具体任务,通过任务完成的过程,使学生掌握液压基本知识和技能。

本书内容力求少而精,紧密结合生产实际,既考虑了知识的系统性,又考虑了学生对技能知识的需求,重点突出冶金行业的特点,有很强的针对性。为便于读者加深理解和学用结合,各学习情境均配有复习思考题。

本书为高职高专教材,也可作为职业教育培训教材,还可以供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压技术 / 刘敏丽主编. —北京: 冶金工业出版社,
2010. 11

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5378-7

I. ①液… II. ①刘… III. ①液压技术—高等学校:
技术学校—教材 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 198322 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcs@cnmip.com.cn

责任编辑 陈慰萍 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 刘 倩 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5378-7

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2010 年 11 月第 1 版, 2010 年 11 月第 1 次印刷

787 mm × 1092 mm 1/16; 12.75 印张; 304 千字; 195 页

26.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前言

本书是编者根据教育部高职高专人才培养目标和学生应具备的知识、能力和素质等方面的要求,在总结近年教学改革和课程建设的经验及征求相关企业工程技术人员意见的基础上编写而成的。

本书坚持以学生为主体,把提高学生的技术应用能力放在首位,同时兼顾了现场技术人员的使用。在本书编写过程中,编者以“任务驱动”原则组织内容,以若干个具体任务为中心,通过任务完成的过程,讲解液压基本知识和技能,使学生理解和掌握液压传动常用的基本概念和参数,液压泵、液压阀、液压缸、液压马达及液压辅助元件的工作原理和基本结构以及维护与修理,培养识读液压系统图以及液压系统的安装、调试与运转维护的有关技能。此外,通过任务完成的过程,还可以培养学生提出问题、分析问题、解决问题的综合能力。

本书内容遵循“精简、综合、够用”的原则,打破以知识传授为主要特征的传统教学模式,形式上以模块、项目和任务取代传统的章、节,按照工作任务组织课程内容,让学生在完成具体任务的过程中学习相关知识,训练职业技能。在理论知识选取上主要依据工作任务完成的需要,并考虑可持续发展,通过整合、更新教学内容,体现“实际、使用、实践”的原则,使理论与实践紧密联系,提高学生的实际运用能力。力求使本教材适应高职高专教育的需要,较好地体现高职高专教育的特点与特色。

书中学习情境1和学习情境2由内蒙古机电职业技术学院刘敏丽编写;学习情境3由内蒙古机电职业技术学院高桂云编写;学习情境4由山西工程职业学院张庭祥编写;学习情境5由邢台职业技术学院黄丽颖编写;附录由济源职业技术学院牛海云编写。本书由内蒙古机电职业技术学院刘敏丽任主编,张庭祥、高桂云任副主编。

河北工业职业技术学院袁建路教授、包头钢铁集团公司李海滨高级工程师对本书初稿进行了细致的审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中谬误和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编者

2010年8月

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
冶金机械安装与维护(本科教材)	谷士强	24.00
液压传动与气压传动(本科教材)	朱新才	39.00
液压与气压传动实验教程(本科教材)	韩学军	25.00
电液比例伺服阀(本科教材)	杨征瑞	36.00
机械设备维修基础(高职教材)	闫嘉琪	28.00
液压传动(高职教材)	孟延军	25.00
工厂电气控制设备(高职教材)	赵秉衡	20.00
机械维修与安装(高职教材)	周师圣	29.00
采掘机械(高职教材)	苑忠国	38.00
采掘机械和运输(第2版)(中职教材)	朱嘉安	49.00
轧钢车间机械设备(中职教材)	潘慧勤	32.00
机械安装与维护(职教教材)	张树海	22.00
通用机械设备(职教教材)	张庭祥	25.00
热工仪表及其维护(职业教育培训教材)	张惠荣	26.00
冶炼设备维护与检修(职业教育培训教材)	时彦林	49.00
电气设备故障检测与维护(职业教育培训教材)	王国贞	28.00
轧钢设备维护与检修(职业教育培训教材)	袁建路	28.00
炼焦设备检修与维护(职业教育培训教材)	魏松波	32.00
干熄焦生产操作与设备维护(职业教育培训教材)	罗时政	70.00
液压可靠性与故障诊断(第2版)	湛从昌	49.00
液力偶合器使用与维护 500 问	刘应诚	49.00
液力偶合器选型匹配 500 问	刘应诚	49.00
加热炉基础知识与操作	戚翠芬	29.00
冶金液压设备及其维护	任占海	35.00
液压传动技术	肖 龙	20.00
冶金通用机械与冶炼设备	王庆春	45.00
机械制造装备设计	王启义	35.00
矿山工程设备技术	王荣祥	79.00

目 录

学习情境 1 液压技术认知	1
单元 1 液压传动工作工程分析	1
单元 2 液压油的性质及选用	6
单元 3 液压传动的工作特性分析	11
复习思考题	16
学习情境 2 液压元件使用与维护	17
单元 1 液压泵使用与维护	17
单元 2 液压控制阀使用与维护	40
单元 3 液压缸使用与维护	75
单元 4 液压马达的使用	86
单元 5 辅助元件的使用	89
复习思考题	96
学习情境 3 液压基本回路识读	100
单元 1 识读方向控制回路	100
单元 2 识读压力控制回路	103
单元 3 识读速度控制回路	108
单元 4 识读多执行元件动作回路	114
复习思考题	118
学习情境 4 液压传动系统分析	120
单元 1 高炉炉顶加料装置液压系统分析	120
单元 2 高炉泥炮液压系统分析	123
单元 3 炼钢电弧炉液压系统分析	125
单元 4 炼钢炉前操作机械手液压系统分析	128
单元 5 钢坯提升机称重装置液压系统分析	131
单元 6 板带热连轧机支撑辊拆装机液压系统分析	133
单元 7 400 轧管机组液压系统分析	135
单元 8 轧机自动辊缝控制液压系统分析	138
单元 9 加热炉炉门液压升降系统分析	141
单元 10 热轧板推钢机的液压系统分析	144

单元 11 全液压盘钢翻转装置系统分析	147
单元 12 高速线材打捆机液压系统分析	149
单元 13 线材卷取机的液压系统分析	155
单元 14 型材翻面机液压系统分析	157
复习思考题	159
学习情境 5 液压系统使用与维护	161
单元 1 液压系统的安装与调试	161
单元 2 液压系统的使用与维护	169
单元 3 液压系统常见故障分析与排除	172
复习思考题	177
附录	178
附录 1 液压图形符号	178
附录 2 液压元件型号说明	190
参考文献	195

学习情境 1

液压技术认知

学习目标

- (1) 学习掌握液压传动的工作原理、组成及特点。
- (2) 了解液压油的性质并会正确选用。
- (3) 熟知液压传动的工作特性。

单元 1 液压传动工作工程分析

【工作任务】

- (1) 识读图 1-1,说明液压千斤顶液压传动的工作原理。
- (2) 识读图 1-2,说明液压举升机构液压传动系统的组成及其作用。

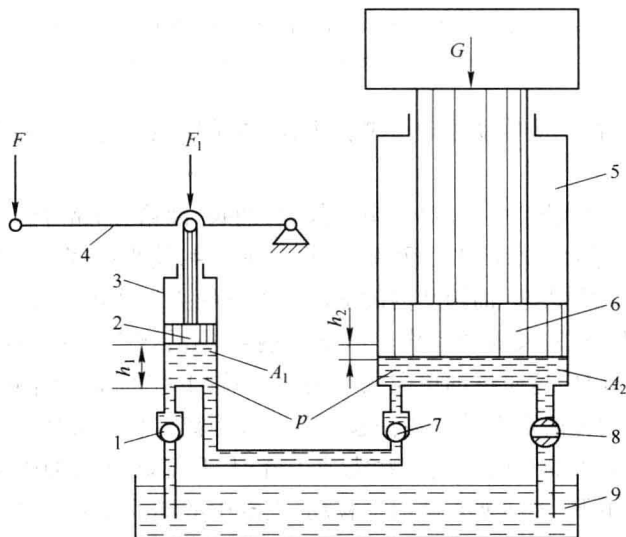


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

1—进油单向阀;2—小活塞;3—小缸体;4—手动杠杆;5—大缸体;
6—大活塞;7—排油单向阀;8—截止阀;9—油箱

【任务解析 1——液压千斤顶】

液压千斤顶是机修车间维修工人经常使用的起重工具,别看它体小身轻,却能顶起超过

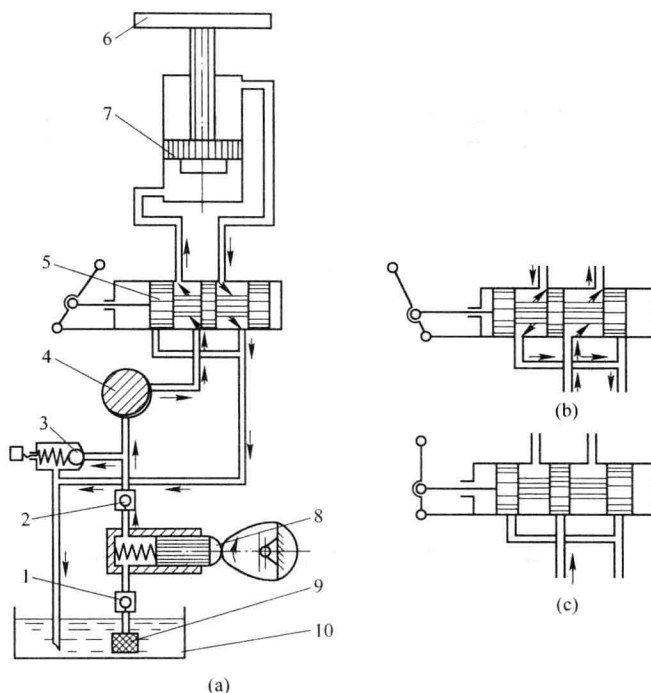


图 1-2 液压举升机构结构原理图

(a) 系统原理图; (b), (c) 换向阀

1, 2—单向阀; 3—溢流阀; 4—节流阀; 5—换向阀; 6—工作机构;
7—液压缸; 8—液压泵; 9—滤油器; 10—油箱

自身重量几百倍的重物。从传动原理上来分析, 液压千斤顶就是一个最简单、最典型的液压传动装置。

液压千斤顶主要由大缸体、小缸体、单向阀、放油阀、油箱、油路等组成。大、小两个缸体 5 和 3 的内部分别装有大活塞 6 和小活塞 2。提起手柄 4, 使小活塞 2 上升, 小缸体 3 下腔的容积增大, 形成局部真空状态, 油箱 9 内的油液在大气压力的作用下, 顶开单向阀 1 的钢球, 进入并充满小缸的下腔, 完成吸油动作。压下手柄 4, 小活塞 2 下移, 小缸体 3 下腔的密封容积减小, 腔内压力升高, 这时进油单向阀 1 关闭, 小缸下腔的压力油顶开排油单向阀 7 进入大缸体的下腔, 推动大活塞带动重物一起上升一段距离。反复提压手柄 4, 就可以使重物不断上升, 从而达到起重目的。当重物需要下降时, 只需转动放油阀 8, 使大缸的下腔与油箱连通, 在重物作用下, 大活塞 6 便向下移动, 大缸中的油液流回油箱。

分析液压千斤顶的工作过程可知, 液压传动是依靠液体在密封容积变化中的压力能来实现运动和动力传递的。

【知识学习 1——液压传动的工作原理】

液压传动是以液体作为工作介质, 依靠运动液体的压力能来传递动力的。对于不同的液压装置和设备, 它们的液压传动系统虽然不同, 但液压传动的基本工作原理是相同的。

一套液压传动装置若要正常地工作必须具备下列特点。

(1) 液压传动是以液体作为传递动力和运动的工作介质。传动过程必须经过两次能量转换,转换过程可用图 1-3 来表示。

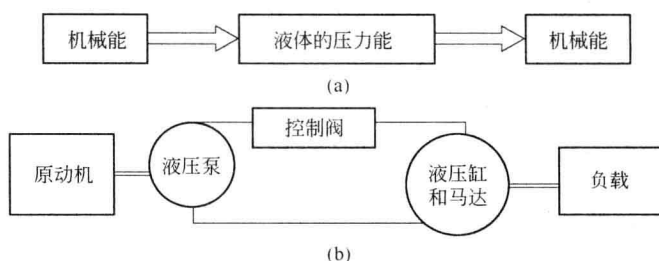


图 1-3 液压系统能量两次转换示意图

(2) 油液必须在密闭的容器内进行传递而且容积会发生变化。如果容器密封不好,就无法得到所要求的油液压力;如果容积不能变化,则不能进行能量的转换。

总之,液压传动的工作原理就是利用液体的压力能来传递动力,利用密封容积的变化来传递运动的。

【任务解析 2——液压举升机构】

举升机构是起重机、挖掘机、推土机和装载机等机械所必须的工作机构。高炉炉顶的大、小料钟的开关装置及电炉炉体的倾动装置也和举升机构类似。

图 1-2 是液压举升机构液压系统结构式原理图。它由液压泵、换向阀、溢流阀、节流阀、液压缸、油箱以及连接管道等组成。

原动机带动液压泵 8 从油箱 10 经单向阀 1 吸油,并将有压力的油液经单向阀 2 输往系统。由液压泵输出的压力油是驱动举升机构升降的动力。

要使举升机构按照要求进行工作,必须设置相应的液压阀对实现举升动作的液压缸 7 的运动方向、运动速度和出力大小进行控制。

液压缸的运动方向由换向阀 5 来控制。当换向阀处于图 1-2(a) 所示位置时,从液压泵输出的压力油沿管路经节流阀 4 和换向阀阀芯左边环槽进入液压缸 7 的下腔,推动工作机构实现举升动作。此时,液压缸上腔排出的油液经换向阀阀芯右边的环槽和管路流回油箱。如果扳动换向阀手柄使其阀芯移到左边位置,如图 1-2(b) 所示,压力油就通过阀芯右边的环槽进入液压缸的上腔,液压缸下腔排出的油液经阀芯左边的环槽流回油箱。此时,在重力和压力油的作用下,工作机构实现降落动作。如果扳动换向阀手柄使其阀芯处于中间位置,如图 1-2(c) 所示,则换向阀各油口都被堵死,液压缸既不进油,也没有回油,举升机构停止动作。显而易见,控制换向阀阀芯与阀体的三个相对位置就控制了工作机构的举升、降落和停止三个动作。

液压缸的运动速度由节流阀 4 来控制。液压泵输出的压力油流经单向阀 2 后分为两路,一路经节流阀通向液压缸,另一路经溢流阀 3 流回油箱。节流阀像水龙头,拧动阀芯,改变其开口大小,就可改变通过节流阀进入液压缸的油液流量,从而控制举升速度。

液压缸的出力大小由溢流阀来控制。调节溢流阀中弹簧的压紧力,就可控制液压泵输出油液的最高压力。最高压力决定着工作机构的承载能力。当举升的外负载超过溢流阀调

定的承载能力时,油液压力达到液压泵的最高压力。此时作用在钢球上的液压作用力将钢球顶开,压力油就通过溢流阀3和回油管直接流回油箱,油液压力不会继续升高。所以,溢流阀在这里同时起着使系统具有过载安全保护的作用。

图1-2中的9为滤油器。液压泵从油箱吸入的油液先经过滤油器过滤,清除杂质污物以保护系统中各阀门不被堵塞。

【知识学习2——液压系统的组成及图形符号】

A 液压传动系统的基本组成

任何一个能够实现预定功能的液压传动装置都必然要用一些液压元件组成。一般情况下,液压传动系统由以下5个部分组成:

(1) 动力元件,即液压泵。它是将原动机输入的机械能转换为液压能的装置,其作用是液压系统提供压力油,是系统的动力源。

(2) 执行元件,包括液压缸和液压马达,两者统称为液动机。它是将液压能转换为机械能的装置,其功用是在压力油的作用下实现直线运动或旋转运动。

(3) 控制元件,如溢流阀、节流阀、换向阀等各种液压控制阀,其功用是控制液压系统中油液的压力、流量和流动方向,以保证执行元件能完成预定的工作。

(4) 辅助元件,如油箱、油管、滤油器、蓄能器等,在液压系统中起储油、连接、过滤、储存压力能等作用,以保证液压系统可靠稳定地工作。

(5) 工作介质,即液压传动液体,液压系统就是以液体作为工作介质来实现运动和动力的传递。

B 液压系统的图形符号

在图1-2所示的液压系统原理图中,组成系统的各个液压元件的图形基本上表示了它们的结构原理,这种图称为结构式原理图。结构式原理图直观性强,容易理解,但是难以绘制,特别当系统中元件较多、系统比较复杂时更是如此。为了简化液压系统原理图的绘制,使分析问题更方便,我国制定了一套液压图形符号标准(GB/T 786.1—1993),将各种液压元件都用相应的符号表示。

该标准规定,这些符号只表示相应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,并规定各符号所表示的都是相应元件的静止位置或零位置。这种符号称为职能符号(也称为图形符号)。图1-4所示即为用职能符号绘制的举升机

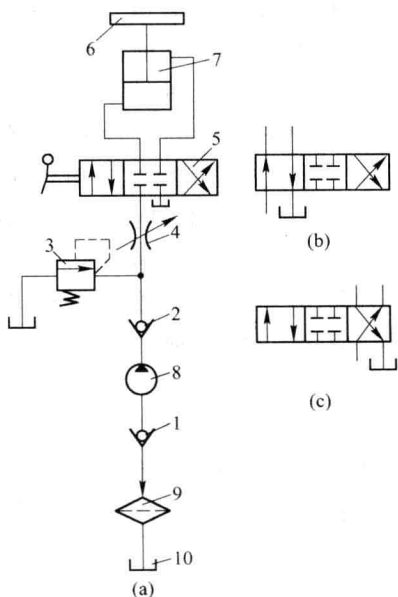


图1-4 用图形符号表示的液压系统原理图

(a) 系统原理图; (b), (c) 换向阀

1, 2—单向阀; 3—溢流阀; 4—节流阀; 5—换向阀; 6—工作机构; 7—液压缸; 8—液压泵; 9—滤油器; 10—油箱

构的液压系统工作原理图,称职能符号图。

由于职能符号图图面简洁,油路走向清楚,对液压系统的分析、设计都很方便,因此现在世界各国采用较多(具体表示方法大同小异)。液压系统的图形符号是液压传动的工程语言,是设计和分析液压系统的工具。在后面的章节中研究每一种液压元(辅)件时,必须在弄清它们的结构及工作原理的基础上,熟练掌握其图形符号的意义。本书附录1中介绍了常用液压图形符号,供读者参考。

【知识学习3——液压传动的特点】

与机械传动、电气传动相比,液压传动因其突出的特点而得到了广泛的应用。

A 液压传动的优点

(1) 体积小、质量轻、功率大,即功率质量比大。如在相同功率情况下,液压马达的外形尺寸和重量为电动机的12%左右。在中、大功率以及实现直线往复运动时,这一优点尤为突出。

(2) 能在大范围内实现无级调速,而且调节方便。机械传动无级变速比较困难,只适用于小功率系统。电气传动无级变速相对比较容易,但低速时输出扭矩小,速度稳定性差。液压传动很容易实现无级变速,且输出功率大,特别是在极低速状态下仍能稳定工作。这是机械传动与电气传动无法相比的。

(3) 工作平稳,由于重量轻、惯性小、反应快,液压装置易于实现快速启动、制动和频繁地换向。

(4) 操作方便且省力。液压传动与电气或气压传动相配合易于实现自动控制和远距离控制。

(5) 液压传动的各种元件,可根据工作需要方便、灵活地布置。由于是通过管道传递动力,执行机构及控制机构在空间位置上便于安排,易于合理布局及统一操纵。对于工程机械、运输机械、冶金机械等体积大、工作机构多且分散的机械设备,可以把液压缸、液压马达安置在远离原动机的任意方便的位置,不需中间的机械传动环节。这是机械传动难以实现的。

(6) 易于实现过载保护。当动力源发生故障时,液压系统可借助蓄能器实现应急动作。

(7) 液压传动的传动介质为油液,故液压元件能自行润滑,工作寿命长。

(8) 液压元件已实现系列化、标准化、通用化,便于设计、制造和使用,维修也较方便。

B 液压传动的缺点

(1) 液压传动有较多的能量损失(泄漏损失、摩擦损失等),故传动效率不高,不宜做远距离传动。

(2) 各液压元件的相对运动表面不可避免地产生泄漏,同时油液也不是绝对不可压缩,加上管道的弹性变形,液压传动难以得到严格的传动比,不宜用于定比传动。

(3) 液压传动性能对温度变化比较敏感,因此不宜在很高或很低的温度条件下工作。同时,液压传动装置对油液的污染也比较敏感,故要求有良好的过滤设施。

(4) 液压传动装置的成本比机械传动装置要高一些。为了减少泄漏,液压元件在制造

精度上要求较高,一般情况下要求有独立的能源(如液压泵站),这些都使产品成本提高。

(5) 液压系统出现故障时,不易检查和排除,要求检修人员有较高的技术水平。

总的说来,液压传动由于其优点比较突出,它的某些缺点随着生产技术的不断发展、提高,逐步得到克服,故在工农业各个部门获得广泛应用。

单元2 液压油的性质及选用

【工作任务】

- (1) 评价液压油。
- (2) 选用液压油。

【知识学习——液压油的性质】

在液压传动中,液压油是传递能量的载体,其性质的好坏、品质的高低,直接影响到液压传动的效率甚至成败。在液压传动技术中所关注的工作介质的性质,主要包括液体的密度、黏性、可压缩性、空气分离压、饱和蒸气压、抗泡沫性、稳定性(热解、水解、剪切)、抗乳化性、防锈性、润滑性以及相容性等,其中最重要的是黏性和可压缩性。

A 液体的密度

液体单位体积内的质量称为密度,通常用符号“ ρ ”来表示。

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

式中 m ——液体的质量,kg;

V ——液体的体积, m^3 。

密度是液体的一个重要的物理参数。液压油的密度随压力的增大而加大,随温度的升高而减小,但其变化量较小,一般可忽略不计。

B 液体的黏性

a 液体黏性的意义

当液体在外力作用下流动时,由于液体本身分子间的内聚力以及与固体壁面的附着力的存在,液体内部各处的速度产生差异。如图1-5所示,液体在管路中流动时速度并不相等,紧贴管壁的速度为零,管路中心处的速度最大。可将管中液体的流动看成是许多无限薄的同心圆筒形的液体层的运动。运动较慢的液体层阻滞运动较快的液体层,而运动较快的液体层又带动运动较慢的液体层。这种液体层之间相互的作用类似于固体之间的摩擦过程,因而在液体之间产生摩擦力。由于这种摩擦力是发生在液体内部,所以称为内摩擦力。液体的这种性质称为液体的黏性。液体只有流动时,才

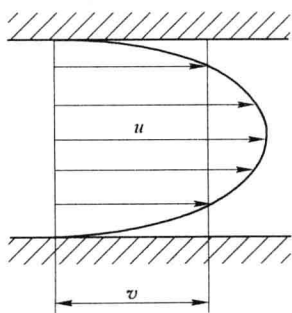


图1-5 液体在管路内的速度分布

会呈现黏性,而静止的液体不呈现黏性。黏性是液体一个非常重要的特征,是选择液压油的主要依据。

b 液体的黏度

液体黏性的大小用黏度来度量。黏度大,液层间内摩擦力就大,油液就“稠”;反之,油液就“稀”。液压传动中常用的油液黏度有动力黏度、运动黏度和相对黏度。

(1) 动力黏度。动力黏度也称绝对黏度,用 μ 表示。

如图 1-6 所示两平行平板之间充满液体,上平板以速度 u_0 向右动,下平板固定不动。紧贴上平板的液体在吸附力作用下跟随上平板以速度 u 向右运动,紧贴下平板的液体在黏性作用下保持静止,中间液体的速度由上至下逐渐减小。

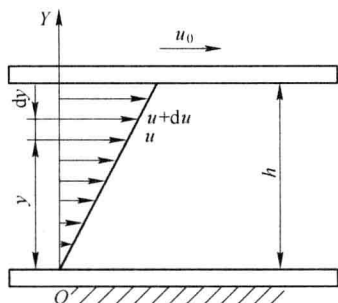


图 1-6 液体黏性示意图

实验表明,液体流动时相邻层间的内摩擦力 F 与液层间接触面积 A 、液层间相对速度 du 成正比,而与液层间的距离 dy 成反比。这就是牛顿内摩擦定律,可用式(1-2)表示。

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (1-2)$$

若用单位面积上的摩擦力,即切应力 τ 来表示液体黏性,则式(1-2)可改成

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

式中, μ 为比例系数,称为动力黏度,其单位是 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒); du/dy 为速度梯度,即液层相对运动速度对液层间距离的变化率。

由式(1-2)可知,液体动力黏度 μ 的物理意义是:当速度梯度等于 1 时,流动液体内接触液体层间单位面积上产生的内摩擦力即为液体动力黏度。

(2) 运动黏度。动力黏度 μ 和液体密度 ρ 的比值,就称为运动黏度,用 ν 表示,即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

运动黏度的单位是 m^2/s ,工程单位制使用的单位还有 cm^2/s ,通常称为 St(斯),通常用 cSt(厘斯)来表示, $1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。运动黏度 ν 虽没有明确的物理意义,但习惯上常用它来标志液体的黏度。在工程中,采用 40°C 时运动黏度的平均值(cSt 或 mm^2/s)作为液压油的产品名称的主要内容。例如,L-HM32 抗磨液压油就表示该油在 40°C 运动黏度的平均值为 $32 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

(3) 相对黏度。它是采用特定的黏度计在规定的条件下测量出来的液体黏度。由于测量条件不同,各国所用的相对黏度也不同。中国、德国和俄罗斯等一些国家采用恩氏黏度($^\circ\text{E}$),美国采用赛氏黏度(SSU),英国采用雷氏黏度(R)。

恩氏黏度用恩氏黏度计测定,即将 200 mL 被测液体装入恩氏黏度计的容器中,在某一特定温度 $t(^\circ\text{C})$ 下,测出液体经其下部直径为 2.8 mm 小孔流尽所需的时间 t_1 ,与同体积的蒸馏水在 20°C 时流过同一小孔所需的时间 t_2 的比值,便是被测液体在这一温度时的恩氏黏度

$$^{\circ}E_1 = \frac{t_1}{t_2}$$

工业上常用 20℃、50℃、100℃ 作为测定恩氏黏度的标准温度,其恩氏黏度分别以相应符号 $^{\circ}E_{20}$ 、 $^{\circ}E_{50}$ 、 $^{\circ}E_{100}$ 表示。

恩氏黏度与运动黏度之间,可用经验公式(1-4)换算。

$$\begin{aligned} \nu &= 8^{\circ}E - \frac{8.64}{^{\circ}E} \quad (1.35 < ^{\circ}E \leq 3.2) \\ \nu &= 7.6^{\circ}E - \frac{4}{^{\circ}E} \quad (^{\circ}E > 3.2) \end{aligned} \quad (1-4)$$

恩氏黏度与运动黏度的对应数值还可从有关图表直接查出。

(4) 黏度与压力、温度的关系。液体的黏度会随压力和温度的变化而变化。

当液体所受压力增大时,其内部分子的间距会缩小,内聚力增大,黏度也随之增大。但实际上,液压系统的压力不高(一般小于 10 MPa)时,压力对黏度的影响很小,通常可忽略不计。压力高于 10 MPa,如新型建材机械的液压系统或压力变化较大时,则应考虑压力对黏度的影响。

液压油的黏度对温度变化比较敏感。温度升高,将使液压油的黏度明显下降,反之则黏度增大。液压油的黏度随温度变化的性质称为黏温特性。不同种类的液压油具有不同的黏温特性。液压油的黏温特性常用其黏温变化程度与标准油相比较的相对数值(即黏度指数 VI)来表示,VI 值越大,表示其黏度随温度的变化越小,黏温特性越好。

C 液体的可压缩性

液体受压力作用而体积减小的性质称为液体的可压缩性。液压油具有可压缩性,即受压后其体积会发生变化。压力为 p 时体积为 V 的液体,当压力增大 Δp 时,由于液体的可压缩性,体积要减小 ΔV 。液压油可压缩性的大小用压缩系数 β 来表示,其表达式为:

$$\beta = -\frac{1}{\Delta p} \cdot \frac{\Delta V}{V} \quad (1-5)$$

式中 Δp ——液压油所受压力的变化量,Pa;

ΔV ——压力变化时液压油体积变化量, m^3 ;

V ——压力变化前液压油的体积, m^3 。

压力增大时液压油体积减小,反之增大。为保持压缩系数 β 为正值,式(1-5)中加一负号。常用液压油的压缩系数 β 值为 $(5 \sim 7) \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$ 。压缩系数 β 的倒数为液压油的体积弹性模量 K ,即

$$K = \frac{1}{\beta} \quad (1-6)$$

对于不混入空气的石油型液压油的体积弹性模量 $K = (1.4 \sim 2) \times 10^3 \text{ MPa}$,显然,其刚性比空气大得多,即压缩系数很小。为此,在工程上可认为液压油是不可压缩的。液压设备的执行机构工作时之所以工作速度平稳且噪声很小,就是因为其压缩系数极小,有很大刚性。

若在液压油内部溶解有 3% ~ 10% 的空气,当油液流经节流口等狭窄缝隙或泵的吸入口等真空地带时,由于流速突然变大或供油不足使油液的压力迅速降低,已溶解在油中的空

气会析出而形成气泡。另外,液压系统中总会混入一定的空气,由于空气的可压缩性很大,内部存在空气的油液的体积弹性模量 K 将会显著减小。这将引起液压系统中的执行机构出现爬行或颤抖的现象,影响执行机构的运动平稳性。为此,应保证液压系统良好的密封性能,并在液压缸的最上端位置设置排气装置及时排除空气,以避免油液中混入大量空气,影响液压系统的性能。

【任务解析 1——液压油的性能评价】

在液压传动中,液压油既是传动介质,又兼起润滑作用,故对液压油的性能提出如下要求:

(1) 具有适宜的黏度和良好的黏温特性,一般要求液压油的运动黏度为 $(14 \sim 68) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (40°C)。黏度的变化将会直接影响液压系统的工作性能和泄漏量,为此,最好采用黏度受温度变化影响较小(或称黏温特性较好)的油液。有时在油箱内设置温度控制装置(如加热器或冷却器),也正是为了控制和调节油温,以减小液压油的黏度变化。

(2) 具有良好的热安定性和氧化安定性。

(3) 具有良好的抗泡沫性和空气释放性,即要求油液在工作中产生的气泡少且气泡能很快破灭,而且要求混溶于油液中的微小气泡容易释放出来。

(4) 在高温环境下具有较高的闪点,起防火作用;在低温的环境下具有较低的凝点。

(5) 具有良好的防腐性、抗磨性和防锈性。

(6) 具有良好的抗乳化性,液压油乳化会降低其润滑性,使酸性增加,使用寿命缩短。

(7) 质量要纯净,不含或含有极少量的杂质、水分和水溶性酸碱等。

【任务解析 2——液压油的选用】

液压油的选择,首先是油液品种的选择。

A 液压油品种的选择

液压油的品种较多,大致分为矿物油型液压油和难燃型液压油,另外还有一些专用液压油(航空用、舰船用等)。由于制造容易、来源多、价格较低,故在液压设备中几乎 90% 以上是使用矿物油型液压油。矿物油型液压油一般为了满足液压装置的特殊要求而在基油中配合添加剂来改善特性,液压油的添加剂有抗氧化剂、防锈剂、增黏剂、消泡剂、抗磨剂等。

我国液压油的主要品种、组成和特性见表 1-1。

表 1-1 我国液压油的主要品种、组成和特性

分 类	名 称	代 号	组成和特性	应 用
石油型	精制矿物油	L-HH	无抗氧化剂	循环润滑油、低压液压系统
	普通液压油	L-HL	HH 油,改善其防锈和抗氧化性	一般液压系统
	抗磨液压油	L-HM	HL 油,改善其抗磨性	低、中、高压系统,特别适合于有防磨要求带叶片泵的液压系统
	低温液压油	L-HV	HM 油,改善其黏温特性	能在 $-40 \sim -20^\circ\text{C}$ 的低温环境中工作,用于户外工作的工程机械和船用设备的液压系统

续表 1-1

分 类	名 称	代 号	组成和特性	应 用
石油型	高黏度指数液压油	L-HR	HL 油,改善其黏温特性	黏温特性优于 L-HV 油,用于数控机床液压系统和伺服系统
	液压导轨油	L-HG	HL 油,改善其黏温特性	适用于导轨和液压系统共用一种油品的机床,对导轨有良好的润滑性和防爬性
	其他液压油		加入多种添加剂	
乳化合 成型	水包油乳化液	L-HFAE	需要难燃液的情况	
	油包水乳化液	L-HFB		
	水-乙二醇液	L-HFC		
	磷酸酯液	L-HFDR		

液压油品种的选择应根据设备中液压系统的特点、工作环境和液压泵的类型等来选择。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,因此齿轮泵选用 L-HL 或 L-HM 油,而叶片泵和柱塞泵一般选用 L-HM 油。表 1-2 可供选择液压油时参考。

表 1-2 各类液压泵推荐用的液压油

泵 型	压 力	运动黏度/ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$		适用品种和黏度等级
		5 ~ 40℃	40 ~ 80℃	
叶片泵	7 MPa 以下	30 ~ 40	40 ~ 75	HM 油,32,46,68
	7 MPa 以上	50 ~ 70	55 ~ 90	HM 油,46,68,100
螺杆泵		30 ~ 50	40 ~ 80	HL 油,32,46,68
齿轮泵		30 ~ 70	95 ~ 165	HL 油(中、高压用 HM),32,46,68
径向柱塞泵		30 ~ 50	65 ~ 40	HL 油(高压用 HM),32,46,68
轴向柱塞泵		40	70 ~ 150	HL 油(高压用 HM),32,46,68

注:5 ~ 40℃,40 ~ 80℃均系液压系统工作温度;HL、HM 分别为改善了抗磨性、黏温性的精制矿物油。

B 液压油牌号的选择

液压油的品种确定之后,接着就是选择油的黏度等级。黏度等级的选择是十分重要的,因为黏度对液压系统工作的稳定性、可靠性、效率、温升以及磨损都有显著的影响。如果黏度太低,就会使泄漏增加,从而降低效率,降低润滑性,增加磨损;如果液压油的黏度太高,液体流动的阻力就会增加,磨损增大,液压泵的吸油阻力增大,易产生吸空现象(也称空穴现象,即油液中产生气泡的现象)和噪声。因此要合理选择液压油的黏度,在选择黏度时应注意液压系统在以下几方面的情况:

- (1) 工作环境温度。当液压系统工作环境温度较高时,应采用较高黏度的液压油,反之则用较低黏度的液压油。
- (2) 工作压力。当液压系统工作压力较高时,应采用较高黏度的液压油,以减少泄漏。反之用较低黏度的液压油。
- (3) 运动速度。当液压系统的工作部件运动速度较高时,为了减少功率损失,应采用黏度较低的液压油,以减轻液流的摩擦损失;反之采用较高黏度的液压油。