



21世纪高等职业教育精品规划教材

液压与气动技术

© 主编 文红民 欧阳毅文 敖春根



21 世纪高等职业教育精品规划教材

液压与气动技术

主 编 文红民 欧阳毅文 敖春根
副主编 徐俏斌 付荣利 曾 虎

内容提要

本书共十二章,以液压为主,气动为辅。主要包括液压和气压传动基础知识,液压和气压动力元件、执行元件、控制元件,液压和气压基本回路,液压和气压系统的安装、使用,典型液压和气压系统的工作原理及调试,液压系统设计等。每章均附有学习指导和课后练习题。

本书为机电类专业教材,适合高等职业院校、高等专科学校和成人高等学校机械类专业及近机类专业使用,也可作为中专机械类专业教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

25501

液压与气动技术/文红民等主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2010.2
ISBN 978-7-81133-647-4

I. ①液… II. ①文… III. ①液压传动
②气压传动 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 022614 号

出版发行: 哈尔滨工程大学出版社

社 址: 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮 编: 150001

发行电话: 0451-82519328

传 真: 0451-82519699

经 销: 新华书店

印 刷: 北京市通州京华印刷制版厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 14.5 印张

字 数: 326 千字

版 次: 2010 年 2 月第 1 版

印 次: 2010 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 29.00 元

http: //press. hrbeu. edu. cn

E-mail: heupress@hrbeu. edu. cn

网上书店: www. kejibook. com

对本书内容有任何疑问及建议, 请与本书责编联系。邮箱: jixie_book@sina. com

出版说明

近年来,我国的高等职业教育事业实现了跨越式发展,为社会主义现代化建设事业培养了大批急需的各类人才,在提高劳动者的素质、建设社会主义精神文明、促进社会进步和经济发展方面发挥了重要的作用。

随着我国科技的发展和经济的腾飞,高技能人才的缺乏逐渐成为影响社会快速、健康发展的瓶颈。高等职业院校作为培养各类高素质人才的重要基地,必然要对教育教学制度进行改革,以转变教育思想和教育观念为先导,以促进就业为目标,实行多样、灵活、开放的人才培养模式,把教育教学与生产实践、社会服务、技术推广结合起来,逐步形成适应我国社会主义现代化建设需要的高等职业教育思想和教育理念。

要加快高等职业教育改革和发展的步伐,就必须对课程体系和教学模式等问题进行探索。在这个过程中,教材的建设与改革无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的保证。高等职业教育教材作为知识的载体和教学的基本工具,直接关系到高等职业教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。

为推动高等职业教育教材的建设,加快高等职业教育改革和发展的步伐,我们精心组织了一批具有丰富教学和科研经验的教师,针对高等职业院校的教学特点,编写了《21世纪高等职业教育精品规划教材》,旨在使学生在具有必备的基础理论知识和专业知识的基础上,重点掌握从事本专业领域实际工作的基本能力和基本技能,致力于培养基础理论知识适度、技术应用能力强、知识面宽、素质高的应用型人才。

本系列教材非常注重培养学生的实践技能,力避传统教材“全而深”的教学模式,将“教、学、做”有机地融为一体,在教给学生知识的同时,强化对学生实际操作能力的培养。在编写过程中,教材力求从实际应用的需要出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论灌输,充分体现出“以行业为导向,以能力为本位,以学生为中心”的特色,更具有实用性和前瞻性,与就业市场结合更为紧密。

本系列教材的编写力求突破陈旧的教育理念,采用了“以案例导入教学”的编写模式。在对某一理论进行讲解的同时,紧密结合实际,援引大量鲜明、实用的案例进行分析说明,以达到编写高质量教材的目标。这些精心设计的案例不但可以方便教师授课,同时又可以启发学生思考,加快对学生实践能力的培养,改革人才的培养模式。

本系列教材可供高等职业院校、成人高校及各类培训学校相关专业使用。在编写过程中,得到了许多教师的大力支持,在此特向他们致以衷心的感谢,同时也对所有参与本系列教材出版工作的人员表示感谢!

哈尔滨工程大学出版社

即将出版

前言

本书共十二章，主要内容包括液压和气压传动基础知识，液压和气压动力元件、执行元件、控制元件，液压和气压基本回路，液压和气压系统的安装、使用，典型液压和气压系统的工作原理及调试，液压系统设计等。

本书结合编者多年教学经验，充分考虑职业教育的特色，从分析职业岗位技能要求入手，以实际应用为主线，力求理论联系实际，着重基本概念和原理的阐述，突出理论知识的针对性和实用性。在讲清液压传动与气压传动基础知识的前提下，着重分析了各类元件的工作原理，对其回路组合、应用进行了详细的阐述。以典型的组合机床、数控机床、工程机械等机电设备为实例，着重反映液压技术在现代工业技术上的应用。为便于读者加深理解和巩固所学的内容，每章均附有学习指导和课后练习题，其中习题包括填空、选择、问答和分析计算题等。

本书由文红民、欧阳毅文、敖春根任主编，徐俏斌、付荣利、曾虎任副主编。具体编写分工如下：文红民编写第1、2、3章，欧阳毅文编写第5、6、8章，徐俏斌编写第4、11章及附录，敖春根编写第7、9章，付荣利编写第12章，曾虎编写第10章及部分习题。本书为机电类专业教材，适合高等职业院校、高等专科学校和成人高等学校机械类专业及机电专业使用，也可作为中专机械类专业教学用书。教学参考课时为60~80学时，考虑到各个学校课程设置的不同，可以根据具体教学需要进行调整。

高等职业教育正处于改革之中，限于编者水平，教材中难免存在一些不足之处，敬请读者批评指正，以便下次修订时改进。

编者

编者

编者

编者

编者

编者

编者

编者

目 录

第1章 液压传动基础	1
1.1 液压传动的工作原理	1
1.2 液压系统的组成	3
1.3 液压系统的图形符号	4
1.4 液压传动的特点及应用	5
1.5 液压油	6
1.6 液体静力学基础	12
1.7 液体动力学基础	15
第2章 液压动力元件	23
2.1 液压泵的结构	23
2.2 液压泵的工作原理	30
2.3 液压泵的主要性能和参数	31
2.4 液压泵与电动机参数的选用	33
第3章 液压执行元件	37
3.1 液压缸	37
3.2 液压马达	45
第4章 液压辅助元件	50
4.1 油箱	50
4.2 滤油器	52
4.3 空气滤清器	54
4.4 油冷却器	54
4.5 蓄能器	55
4.6 油管与管接头	56
第5章 液压控制阀和液压基本回路	59
5.1 液压控制阀和液压基本回路概述	60
5.2 方向控制阀和方向控制回路	61
5.3 压力控制阀和压力控制回路	72

5.4 流量控制阀和节流调速回路	82
5.5 其他速度控制回路	88
5.6 其他控制回路	95
第6章 液压传动系统实例分析	112
6.1 数控车床液压系统	113
6.2 汽车起重机液压系统	115
6.3 动力滑台液压系统	118
6.4 液压机液压系统	123
6.5 塑料注射成型机液压系统	128
第7章 液压传动系统的设计与计算	137
7.1 液压系统的设计步骤	137
7.2 工况分析	138
7.3 拟定液压系统原理图	141
7.4 选择液压元件并确定安装连接方式	142
7.5 液压系统主要性能的验算	144
7.6 绘制工作图和编制技术文件	146
7.7 液压系统设计计算举例	147
第8章 液压系统的使用、维护与故障处理	159
8.1 液压系统的安装	159
8.2 液压系统的调试	161
8.3 液压系统的使用和维护	162
8.4 液压系统故障诊断方法	164
8.5 液压系统常见故障及排除	167
第9章 气压传动基础	173
9.1 气压传动的特点和工作原理	173
9.2 气压传动系统的组成	175
9.3 压缩空气的性质	176
9.4 供气管线	178
第10章 气动元件	181
10.1 气源装置与辅助元件	181
10.2 气动执行元件	187
10.3 气动控制元件	189

第 11 章 气动基本回路	196
11.1 换向回路	196
11.2 压力控制回路	197
11.3 速度控制回路	198
11.4 位置控制回路	200
11.5 往复及程序动作控制回路	201
11.6 延时回路	201
第 12 章 气动系统实例分析	203
12.1 数控加工中心的气压传动系统	203
12.2 VMC750E 型立式加工中心刀库气压传动系统	204
12.3 数控加工中心气动换刀系统	205
12.4 门户开闭装置	207
12.5 气动夹紧系统	208
12.6 气动系统的使用与维护	209
附录 I 常用液压与气动元件图形符号	213
附录 II 《液压与气动技术》模拟试卷	220
参考文献	224

第1章

液压传动基础

【本章提要】

1. 液压传动的工作原理；
2. 液压系统的组成及液压传动的特点；
3. 液压系统原理的表示方法——图形符号；
4. 液压传动的基本理论——帕斯卡原理、静力学方程、连续定理、伯努利方程；
5. 液体流动的冲击与空穴现象、流动中的损失计算；
6. 液压传动介质——液压油的基本知识。

【学习要求】

1. 掌握液压传动的基本概念；
2. 熟悉液压传动系统的工作原理、组成和特点，初步熟悉液压系统原理的图形符号表示法；
3. 了解静力学、动力学的基础知识；
4. 了解液压油的使用知识。

液压传动与气压传动统称为流体传动，都是利用密闭系统中的有压流体（液体或气体）作为工作介质来传递运动、动力或控制信号的一种传动方式。相对于机械传动，它出现较晚，但由于其优良的特性，在现代化生产中应用越来越广，是现代机、电、液技术的重要组成部分。液压传动技术是工业技术人员必须掌握的知识。

1.1 液压传动的工作原理

液压传动的工作原理，可以用一个液压千斤顶的工作原理来说明。

图 1-1 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，压力下降形成局部真空，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，小活塞下腔变小，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的下腔，使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11，举升缸下腔中的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱，重物就向下移动。大活塞 8 举升的速度取决于单位时间内流入大油缸 9 中油量的多少。这就是液压千斤顶的工作原理。

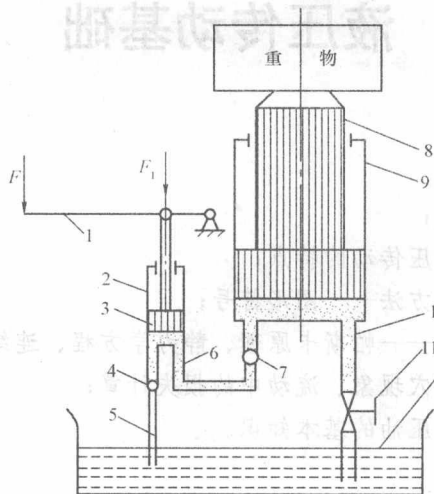


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 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

通过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：液压传动是利用压力油液作为介质传递运动和动力的一种传动方式。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。由此可见，液压传动是一个不同能量的转换过程。

图 1-2 (a) 所示为一驱动机床工作台的液压传动系统，它由油箱 19、滤油器 18、液压泵 17、溢流阀 13、换向阀 5、节流阀 7、开停阀 10、液压缸 2 以及连接这些元件的油管、管接头等组成。

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，油液在泵的带动下，从泵腔入口的低压到泵腔出口变为高压。在图 1-2 (a) 所示状态下，开停阀扳到右位，油液通过开停阀 10、节流阀 7、换向阀 5、液压缸 2 左油管进入液压缸左腔，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 5 和回油管 6 排回油箱。在图 1-2 (b) 所示状态下，开停阀扳到左位，油液通过开停阀 10、节流阀 7、换向阀 5、液压缸 2 右油管进入液压缸右腔，推动活塞使工作台向左移动。这时，液压缸左腔的油还是经换向阀 5 和回油管 6 排回油箱。

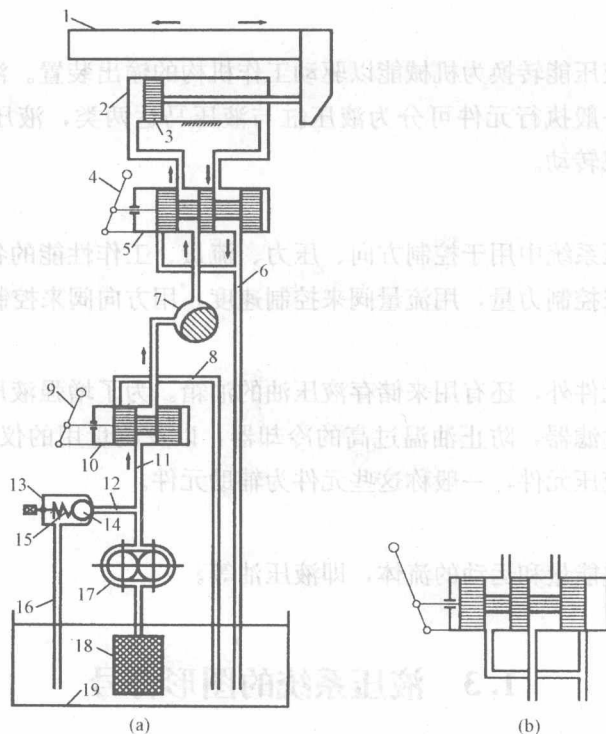


图 1-2 机床工作台液压系统工作原理图

- 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—开停阀手柄；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

工作台的移动速度是通过节流阀 7 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。工作台速度减小和停止时，液压泵输出的多余液压油克服溢流阀 13 中弹簧 15 的阻力，顶起钢球 14，经回油管 16 流回油箱。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性质——负载决定压力。

1.2 液压系统的组成

液压系统一般由液压泵、执行元件、控制元件和一些辅助元件及工作介质组成。

1. 动力元件

动力元件最常见的形式是液压泵。它由电动机带动，供给系统压力油，是将机械能转换成液体压力能的装置。

2. 执行元件

执行元件是把液压能转换为机械能以驱动工作机构的输出装置。液压系统最终目的是要推动负载运动，一般执行元件可分为液压缸与液压马达两类，液压缸使负载作直线运动，液压马达使负载转动。

3. 控制元件

控制元件是液压系统中用于控制方向、压力、流量、工作性能的各种液压阀。在液压系统中，用压力阀来控制力量，用流量阀来控制速度，用方向阀来控制运动方向。

4. 辅助元件

除了以上几种元件外，还有用来储存液压油的油箱。为了增强液压系统的功能，尚需有去除油内杂质的过滤器，防止油温过高的冷却器，以及测量用的仪表、连接用的油管、密封用的密封件等液压元件，一般称这些元件为辅助元件。

5. 工作介质

工作介质是传递能量和运动的流体，即液压油等。

1.3 液压系统的图形符号

图 1-2 所示的是液压系统半结构原理图，它比较直观、容易理解，但图形较复杂，绘制困难，系统元件多时更加麻烦。而在实际工作中，常用简单示意的图形符号来绘制，如图 1-3 所示。图形符号不表示元件的具体结构，只表示元件的功能，它使系统图简化，表达原理简单明了，便于阅读、分析、设计和绘制。

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《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图形符号》(GB/T 786.1—2009) (常用元件的图形符号参见本书附录)。在此国家标准中，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，但有时箭头只表示联通，不一定指定流动方向。

(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 1-3 为图 1-2 所示系统按国家标准《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图形符号》(GB/T 786.1—2009) 绘制的工作原理图。通过对比图 1-3 和图 1-2 可以看到，使用这些图形符号可使液压系统图简单明了，且便于绘制。

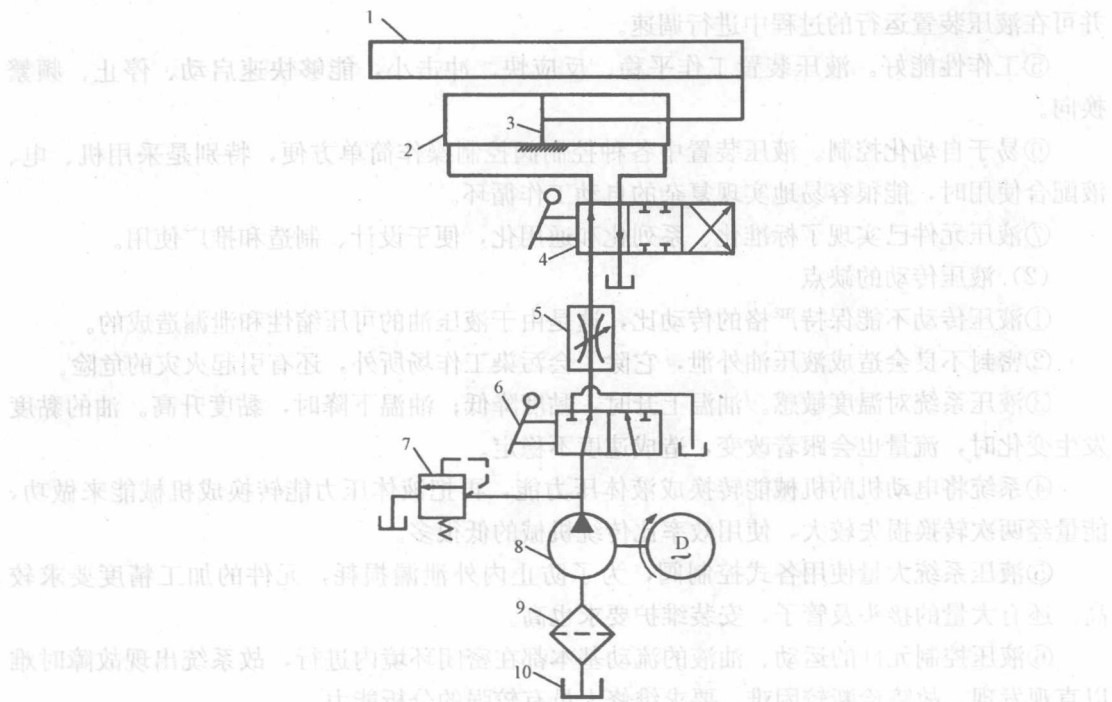


图 1-3 机床工作台液压系统的图形符号图

- 1—工作台；2—液压缸；3—活塞；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

1.4 液压传动的特点及应用

1. 液压传动的特点

(1) 液压传动的优点

①安装方便灵活。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，液压元件的布置也有较大的灵活性，这是比机械传动优越的地方。

②体积小，输出力大。在同等功率情况下，液压传动装置体积小、质量轻、结构紧凑。例如，同样功率的液压马达质量只有电动机的10%。液压系统一般使用压力都有几兆帕到十几兆帕，甚至高达50MPa以上。

③过载的危险小。借助于设置溢流阀，当系统压力超过设定压力时，溢流阀阀芯打开，液压油经溢流阀流回油箱，故系统压力无法超过设定压力。同时，各种元件的运动都是在油液中进行的，能够自润滑，故元件使用寿命长。

④输出力调整容易。只要调整压力控制阀即可轻易调整液压装置输出力。速度调整也很容易，借助阀或变量泵、变量马达，可以实现无级调速，调速范围大，可达1:2000，

并可在液压装置运行的过程中进行调速。

⑤工作性能好。液压装置工作平稳、反应快、冲击小，能够快速启动、停止、频繁换向。

⑥易于自动化控制。液压装置中各种控制阀控制操作简单方便，特别是采用机、电、液配合使用时，能很容易地实现复杂的自动工作循环。

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。

(2) 液压传动的缺点

①液压传动不能保持严格的传动比，这是由于液压油的可压缩性和泄漏造成的。

②密封不良会造成液压油外泄，它除了会污染工作场所外，还有引起火灾的危险。

③液压系统对温度敏感。油温上升时，黏度降低；油温下降时，黏度升高。油的黏度发生变化时，流量也会跟着改变，造成速度不稳定。

④系统将电动机的机械能转换成液体压力能，再把液体压力能转换成机械能来做功，能量经两次转换损失较大，使用效率比传统机械的低很多。

⑤液压系统大量使用各式控制阀，为了防止内外泄漏损耗，元件的加工精度要求较高。还有大量的接头及管子，安装维护要求也高。

⑥液压控制元件的运动、油液的流动基本都在密闭环境内进行，故系统出现故障时难以直观发现，故障诊断较困难，要求维修人员有较强的分析能力。

2. 液压传动技术的应用

液压传动有着广泛的发展前景。随着设计制造和使用水平的不断提高，液压传动的优点在不断发展，有些缺点正被逐步克服。

液压传动相对于机械传动来说，是一门新兴的技术。若从 17 世纪中叶帕斯卡提出静压传递原理、18 世纪末英国制成第一台水压机开始算起，液压传动已有两三百年的历史，但只是在第二次世界大战期间和之后的 60 多年间这项技术才得到真正的发展。随着现代科学技术的迅速发展和制造工艺水平的提高，各种液压元件的性能日益完善，液压技术迅速转向民用工业，在机床、工程机械、农业机械、运输机械、冶金机械等许多机械装置特别是重型机械设备中得到非常广泛的应用，并渗透到工业的其他各个领域，成为工业领域中一门非常重要的控制和传动技术。特别是在出现了高精度、响应速度快的伺服阀后，液压技术的应用更是飞速发展。从 20 世纪 70 年代末至 80 年代末，由于电子计算机的迅速发展，促使液压技术进入了数控液压伺服技术的时期。目前普遍认为，电子技术和液压技术相结合是液压系统实现自动控制的发展方向。

1.5 液 压 油

1. 液压油的用途

液压油有以下几种作用：

(1) 传递运动与动力 液压油是液压系统的工作介质，泵将机械能转换成液体压力

能, 液压油将压力能传至各处。由于油本身具有黏性, 因此, 在传递过程中会产生一定的能量损失。

(2) 润滑 液压元件内各移动部件都可受到液压油充分润滑, 从而降低元件磨损, 提高使用寿命。

(3) 密封 液压油本身的黏性对细小的间隙有密封的作用。

(4) 冷却 系统损失的能量会变成热量, 被液压油带出。

2. 液压油的种类

液压油主要有矿物油型、乳化型、合成型三大类。

(1) 矿物油型液压油 矿物油型液压油主要由石油炼制而成, 再加上抗氧化剂和防锈剂等添加剂, 是用途最广的一种, 其缺点是耐火性差。

(2) 乳化型液压油 乳化型液压油抗燃性好, 主要用于有起火危险的场合及大容量系统, 有水包油型和油包水型两种。水包油型的价格便宜, 但润滑性差, 会侵蚀油封和金属; 油包水型抗磨防锈性好, 又具有抗燃性, 但稳定性较差。

(3) 合成型液压油 它是一种化学合成溶剂, 性能良好, 具有以上两种类型液压油的优点。

3. 液压油的性质

(1) 密度 液体单位体积的质量称为密度, 密度随着温度或压力的变化而变化, 但变化不大, 通常可以忽略。工业液压油系矿物油, 密度约 $0.85 \sim 0.95 \text{ g/cm}^3$, 油包水型含油较多, 密度约 $0.92 \sim 0.94 \text{ g/cm}^3$, 水包油型含水较多, 密度约 $1.05 \sim 1.1 \text{ g/cm}^3$ 。

一般计算取液压油系矿物油密度 $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ 。

(2) 黏性 液体在外力作用下流动时, 由于液体分子间的内聚吸引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, 液体的这种流动时产生内摩擦力的性质称为液体的黏性。液压油黏性对机械效率、磨耗、压力损失、容积效率、漏油及泵的吸入性影响很大。

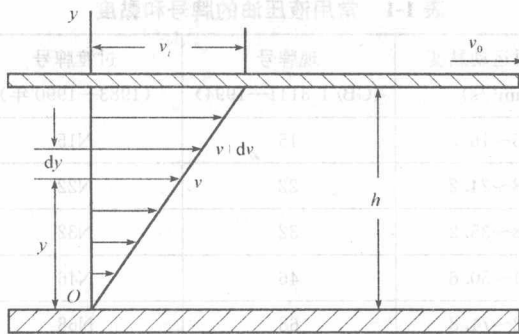


图 1-4 液体的黏性示意图

我们用黏度表示黏性的大小。黏度可分为动力黏度和运动黏度两种。动力黏度表示如图1-4所示。在图1-4所示液体的黏性示意图上, 以平行平板间的流动情况为例, 设上平板以速度 v_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 dv 成正比，而与此两流体层间的距离 dy 成反比，即

$$F = \mu A \frac{dv}{dy} \tag{1-1}$$

以 $\tau = F/A$ 表示剪应力，则有

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \tag{1-2}$$

式中 τ ——剪应力；

μ ——动力黏度 [$\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒)]；

$\frac{dv}{dy}$ ——速度梯度，表示流体层间速度差异的程度。

显然液体流动时，黏度、速度越大，摩擦阻力越大，静止液体中是没有摩擦阻力的。运动黏度表示为

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \tag{1-3}$$

式中 ν ——运动黏度，一般用 St (斯)、cSt (厘斯) 来表示， $1\text{cSt} = 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ ；
 ρ ——密度 (kg/m^3)。

黏度是液压油的主要性能指标。习惯上使用运动黏度标志液体的黏度，例如机械油牌号的数值就是用其在 40°C 时的平均运动黏度 cSt (厘斯) 的数值。

液压油牌号的编制方法和详细意义可查阅有关的液压手册。

表 1-1 是常用液压油的新、旧黏度等级牌号的对照，旧标准是以 50°C 的黏度值作为液压油的黏度值。

表 1-1 常用液压油的牌号和黏度

ISO 3448—92 黏度等级	40℃时运动黏度 (mm^2/s)	现牌号 (GB/T 3141—1994)	过渡牌号 (1983—1990 年)	旧牌号 (1982 年以前)
ISO VG15	13.5~16.5	15	N15	10
ISO VG22	19.8~24.2	22	N22	15
ISO VG32	28.8~35.2	32	N32	20
ISO VG46	41.4~50.6	46	N46	30
ISO VG68	61.2~74.8	68	N68	40
ISO VG100	90~110	100	N100	60

油的黏性会随温度变化，温度上升，黏度降低，造成泄漏增加、磨损增加、效率降低等问题；温度下降，黏度增大，造成流动困难及泵转动不易等问题。如工作时液压油温度超过 60°C ，就必须加装冷却器，因油温在 60°C 以上，每超过 10°C ，油的劣化速度就会加

倍。我们希望液压油的黏温特性好,即黏度随温度的变化越小越好。图 1-5 所示是几种常用国产液压油的黏度—温度曲线。

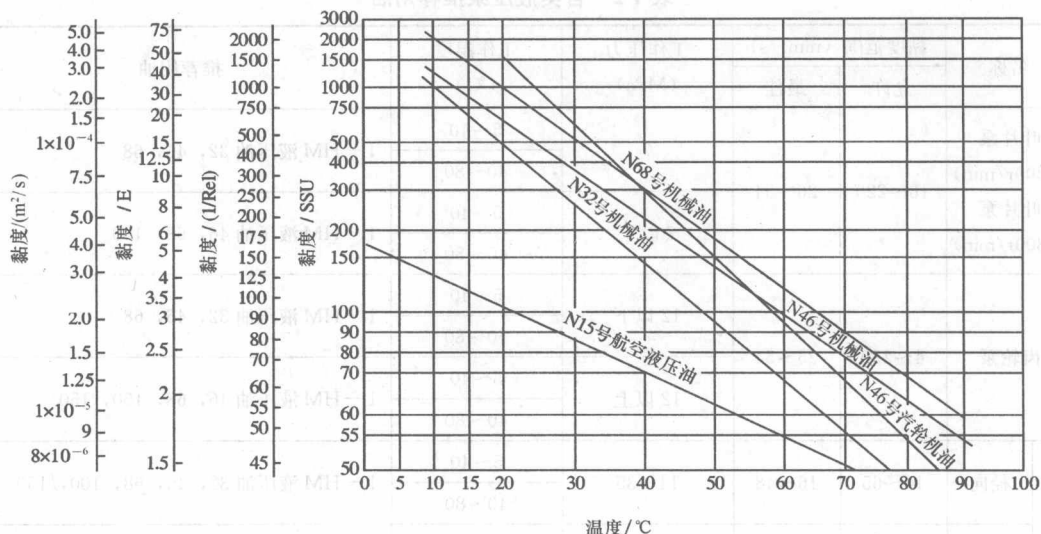


图 1-5 几种国产液压油的黏度—温度曲线

(3) 压缩性 液压油在低、中压时可视为非压缩性液体,但在高压时压缩性就不可忽略了,液压油的可压缩性是钢的 100~150 倍,即相当于木材的压缩性。压缩性会降低运动的精度,增大压力损失而使油温上升,压力信号传递时,会有时间延迟,响应不良的现象。

液压油还有其他一些性质,如稳定性、抗泡沫性、抗乳化性、抗燃性、防锈性、润滑性以及相容性等,是通过在液压油中加入各种添加剂来实现的。

4. 液压油的选用

液压油有很多品种,可根据不同的使用场合选用合适的品种,在品种确定的情况下,最主要考虑的是选用油液的黏度,主要考虑如下因素。

(1) 液压系统的工作压力 选择液压油时,应根据液压系统工作压力的大小选用。通常,当工作压力较高时,宜选用黏度较高的油,以免系统泄漏过多,效率过低;工作压力较低时,可以用黏度较低的油,这样可以减少压力损失。例如,当压力 $p=7\sim 20\text{MPa}$ 时,可选用 46~100 号的液压油;当压力 $p<7\text{MPa}$ 时,可选用 32~68 号的液压油。

凡在中、高压系统中使用的液压油还应具有良好的抗磨性。

(2) 运动速度 执行机构运动速度较高时,为了减小液体流动的功率损失,宜选用黏度较低的液压油。反之选用较高黏度的液压油。

(3) 液压泵的类型 液压泵是液压系统的重要元件,在系统中它的运动速度、压力和温升都较高,工作时间又长,因而对黏度要求较严格,所以选择黏度时应首先考虑到液压泵。否则,泵磨损快,容积效率降低,甚至可能破坏泵的吸油条件。在一般情况下,可将液压泵要求液压油的黏度作为选择液压油的基准。液压泵所用金属材料对液压油的抗氧化