

YEYA JISHU PEIXUN DUBEN

液压技术 培训读本

YEYA JISHU PEIXUN DUBEN

张利平 编



NLIC2970500108



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

液压技术培训读本

张利平 编

目 录

第一章 绪论

1.1 液压传动的特点

1.2 液压传动的组成

1.3 液压传动的应用

1.4 液压传动的优缺点

1.5 液压传动的分类

1.6 液压传动的符号

1.7 液压传动的术语

1.8 液压传动的单位

1.9 液压传动的安全

1.10 液压传动的环保

1.11 液压传动的节能

1.12 液压传动的智能化

1.13 液压传动的绿色化

1.14 液压传动的数字化

1.15 液压传动的网络化

1.16 液压传动的集成化

1.17 液压传动的模块化

1.18 液压传动的标准化

1.19 液压传动的国际化

1.20 液压传动的未来



机械工业出版社
地址：北京机械工业出版社
邮编：100045
电话：(010) 88379030
网址：http://www.cmpbook.com

本书内容包括：液压技术概述，液压传动基础知识，液压泵，液压缸与液压马达，液压控制阀及液压基本回路，液压辅助元件，典型液压系统举例，液压系统的安装调试、运转维护与故障排除 8 章，每章都配有相应内容的复习题，便于读者思考和练习，巩固所学知识。附录中摘录了常用液压气动元件图形符号（摘自 GB/T 786.1—1993），便于在阅读液压系统图时查阅对照。全书紧密结合实际，注重实用，便于培养动手能力。本书的叙述和表达深入浅出、图文并茂、直观易懂，使读者触类旁通。

本书可作为各行业液压元件及液压系统的加工制造、安装调试和使用维护部门的一线工作人员，以及中职和高职、高专学生的短期培训、上岗培训教材或自学读本，也可供初学液压技术人员及液压技术爱好者学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压技术培训读本/张利平编. —北京：机械工业出版社，2009.9
ISBN 978-7-111-28389-8

I. 液… II. 张… III. 液压传动-技术培训-教材 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 172692 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：朱 华 责任编辑：邓振飞 版式设计：张世琴

封面设计：马精明 责任校对：申春香 责任印制：乔 宇

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13 印张·315 千字

0 001—4 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-28389-8

定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

读者服务部：(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

近年来, 液压技术在快速发展的同时, 其应用领域也几乎遍及包括工业、农业、国防和科学技术在内的国民经济各个部门, 已成为机械制造、材料冶金、能源化工、工程机械、农林机械、航空航天、交通水运及公共设施等各行业现代传动与控制的主要技术手段。随之, 大量的从业人员陆续进入这些行业, 成为其液压元件和液压系统的加工制造、安装调试、使用维护及液压机械设备的一线技术工人或操作者。对这些从业人员进行短期或岗前培训, 使其系统了解和掌握液压技术的基本原理、特点和基础知识, 掌握液压系统主要组成元件的结构原理、安装使用及维护要点, 掌握读识液压系统图的基本方法, 掌握液压元件及系统的安装调试、运转维护及常见故障的排除方法, 对于提高这些人员的业务素质和技术水平, 提升企业的竞争力具有重要意义。

众所周知, 目前市场上液压技术图书已较多, 但是适合专门用于短期培训的教材却较少。从而使得很多企业在对员工进行液压技术培训时, 不得不借用一些高校、高职的教材作为培训应急之用。由于这些教材的读者对象并非一线操作者, 故费时费力, 难于达到预期的培训效果。对此, 作者在长期为各类型企业举办的各层次液压技术、流体力学培训班担任主讲, 以及为不同类型工矿企业、各类国内外机电设备的液压气动机械进行调试与故障诊断及技术咨询中, 体会和感触颇深。《液压技术培训读本》一书, 正是为了改变上述状况, 提升我国各行业液压技术短期培训的质量和水平而编写的。

本书主要内容包括: 液压技术概述, 液压传动基础知识, 液压泵, 液压缸与液压马达, 液压控制阀及液压基本回路, 液压辅助元件, 典型液压系统举例, 液压系统的安装调试、运转维护与故障排除 8 章。各章都配有相应内容的复习题, 便于读者思考和练习, 巩固所学知识。书末的附录摘录了现行常用液压气动元件图形符号(摘自 GB/T 786.1—1993), 以便读者在读识液压系统图时查阅对照。

本书具有以下特点:

- 1) 从满足各行业液压元件及液压系统的加工制造、安装调试和使用维护部门的一线工作人员及中职和高职高专学生的短期培训或上岗需要并从突出体现实用性角度出发编写。
- 2) 在体系结构上, 按照“基础知识→液压元件及回路→液压系统→使用维护”的线索进行介绍和叙述。
- 3) 对各种常用液压元件在简要介绍其结构原理基础上, 重点介绍了其使用中的常见故障及其拆装维修方法, 以提高读者的动手能力。
- 4) 按照元件特别是液压控制阀和回路的从属关系, 将元件和回路紧密结合起来, 以克服内容脱节与重复现象, 使之更加符合认知规律。
- 5) 在选材上, 突出基本内容, 贯彻少而精又兼顾行业的多样性和代表性, 例如列举了机械制造、金属材料、工程机械、冶金工程、塑料化工等行业的典型液压系统实例分析, 并注意反映我国液压技术的新成果。
- 6) 本书尽量避开一些繁杂高深的数学理论, 力求使读者容易理解和掌握所介绍的

内容。

7) 作为一线工作人员的培训读本, 全书力求紧密结合实际, 注重实用, 体现培训教材的特点。在叙述和表达方式上, 努力做到深入浅出, 图文并茂, 直观易懂, 以使读者触类旁通。

本书可作为液压气动、机械制造、矿山冶金、工程施工、农林牧渔、建筑建材、煤炭电力、石油化工、轻工家电、航空航海及军用装备等多种行业液压元件及液压系统的加工制造、安装调试和使用维护部门的一线工作人员及中职和高职高专学生的短期培训、上岗培训教材或自学读本, 也可供初学液压技术人员及液压技术爱好者学习参考。

本书由河北科技大学张利平编写。张津、山峻和张秀敏参与了本书的前期策划及部分插图的绘制及文稿的录入校对和整理工作, 张淑任、李丽琳、李珊参与了本书标准资料的搜集整理工作, 参与本书相关工作的还有黄涛、刘文学、史玉芳、周兰午、吴宗哲、刘青社等。

本书在编写过程中得到了国内外许多厂家(公司)的热心支持与帮助, 作者参阅了国内外同行的部分参考文献及多家生产厂互联网站中的电子样本及产品图片, 特此感谢。

对于本书存在的不当之处, 欢迎液压界专家同行及广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第1章 液压技术概述 1

1.1 液压传动的概念 1

1.2 液压传动的工作原理 1

1.3 液压系统的组成部分 2

1.4 液压系统原理图及图形符号 3

1.5 液压系统的分类和特点 4

1.5.1 按油液循环方式分类 4

1.5.2 按用途分类 5

1.5.3 按执行元件速度的调节控制方式
分类 5

1.6 液压技术的优点和缺点 5

1.6.1 液压技术的优点 5

1.6.2 液压技术的缺点 6

1.7 液压技术的用途与发展 6

复习题 7

第2章 液压传动基础知识 8

2.1 液压油及其性质 8

2.1.1 密度 8

2.1.2 粘性 8

2.1.3 可压缩性 9

2.1.4 液压油的选用和污染控制 9

2.2 液压传动中的压力 10

2.2.1 作用力及其单位 10

2.2.2 压力 10

2.3 液压传动中的流量 12

2.3.1 流速 12

2.3.2 流量与液压缸的速度 12

2.4 液压传动中的功率 13

2.5 液压系统中的压力损失 14

2.5.1 沿程压力损失 14

2.5.2 局部压力损失 14

2.5.3 管路系统的总压力损失 15

2.6 液压系统中的流量损失 15

2.6.1 泄漏形式 15

2.6.2 泄漏流量 16

2.7 管路系统的功率损失和效率 17

复习题 17

第3章 液压泵 18

3.1 液压泵概述 18

3.1.1 作用 18

3.1.2 基本工作原理 18

3.1.3 构成条件 18

3.1.4 类型及图形符号 19

3.2 主要性能参数 19

3.2.1 工作压力和额定压力 19

3.2.2 排量和流量 19

3.2.3 容积效率、机械效率和总效率 19

3.2.4 驱动电动机功率 20

3.3 齿轮泵 20

3.3.1 工作原理 20

3.3.2 结构要点 21

3.3.3 典型结构 22

3.3.4 性能特点 23

3.3.5 常用产品 23

3.3.6 安装与使用 24

3.3.7 故障排除 24

3.3.8 检修与装配 26

3.4 叶片泵 27

3.4.1 双作用叶片泵 27

3.4.2 单作用叶片泵 29

3.4.3 叶片泵的性能特点 31

3.4.4 常用产品 32

3.4.5 叶片泵的安装与使用 33

3.4.6 叶片泵的故障排除 33

3.4.7 叶片泵的检修与装配 35

3.5 斜盘式轴向柱塞泵 36

3.5.1 工作原理 36

3.5.2 结构要点	37	5.2.1 单向阀及锁紧回路和保压回路 ...	74
3.5.3 典型结构	38	5.2.2 滑阀式换向阀及换向回路	77
3.5.4 性能特点	39	5.3 压力控制阀及压力控制回路	88
3.5.5 常用产品	40	5.3.1 溢流阀及调压回路	88
3.5.6 安装与使用	41	5.3.2 减压阀及减压回路	95
3.5.7 故障排除	43	5.3.3 顺序阀及多缸顺序动作控制回路	99
3.5.8 检修与装配	45	5.3.4 压力继电器及用压力继电器的顺序动作回路、换向回路和限压回路	104
复习题	47	5.4 流量控制阀及节流调速回路	107
第4章 液压缸及液压马达	49	5.4.1 节流阀及节流调速回路	107
4.1 液压缸	49	5.4.2 调速阀及其调速回路	110
4.1.1 作用及分类	49	5.5 其他常用液压基本回路	114
4.1.2 结构原理	49	5.5.1 卸荷回路	114
4.1.3 简单计算	50	5.5.2 平衡回路	115
4.1.4 典型结构和一般构成	51	5.5.3 容积调速回路	116
4.1.5 性能特点	54	5.5.4 容积节流调速回路	116
4.1.6 常用产品	54	5.5.5 快速运动回路	117
4.1.7 安装与使用	54	5.5.6 速度换接回路	118
4.1.8 故障排除	55	5.5.7 同步动作回路	119
4.1.9 检修与装配	59	5.6 特殊液阀	120
4.2 液压马达	61	5.6.1 叠加阀	120
4.2.1 液压马达的作用及其与液压泵的区别	61	5.6.2 二通插装阀	120
4.2.2 类型及图形符号	61	5.6.3 电液伺服阀	122
4.2.3 主要性能参数	62	5.6.4 电液比例阀	124
4.2.4 原理与结构	62	5.7 常用液阀的性能比较	126
4.2.5 性能特点	65	复习题	126
4.2.6 常用产品	66	第6章 液压辅助元件	128
4.2.7 安装、使用与维护	67	6.1 液压油箱	128
4.2.8 故障排除	68	6.1.1 作用与分类	128
4.3 摆动液压马达(摆动液压缸)	69	6.1.2 开式油箱及其结构	128
4.3.1 作用与类型	69	6.1.3 开式油箱容量的确定	129
4.3.2 叶片式摆动液压马达的工作原理与典型结构	70	6.1.4 开式油箱的加工和安装	129
复习题	71	6.1.5 故障排除	130
第5章 液压控制阀及液压基本回路	72	6.2 蓄能器	131
5.1 液阀及液压基本回路概述	72	6.2.1 作用与种类	131
5.1.1 液阀概述	72	6.2.2 囊式蓄能器的结构原理	131
5.1.2 液压基本回路及其分类	73	6.2.3 蓄能器的应用	131
5.2 方向控制阀及方向控制回路	73		

6.2.4 安装与使用	132	7.4 Q2-8 型汽车起重机液压传动系统	154
6.2.5 故障排除	133	7.4.1 汽车起重机的用途与结构	154
6.3 过滤器	134	7.4.2 液压系统组成元件及作用	154
6.3.1 作用及过滤精度	134	7.4.3 液压系统工作原理	155
6.3.2 结构类型	134	7.4.4 液压系统的特点	156
6.3.3 安装与使用	136	7.5 JFK-15 型非开挖导向钻机液压系统	157
6.3.4 故障排除	137	7.5.1 钻机用途与结构	157
6.4 热交换器	137	7.5.2 液压系统组成元件及作用	158
6.4.1 冷却器	137	7.5.3 液压系统工作原理	159
6.4.2 加热器	138	7.5.4 液压系统的特点	160
6.5 油管 and 管接头	139	7.6 四辊轧机液压压下装置的电液伺服 系统	160
6.5.1 油管	139	7.6.1 四辊轧机的用途与结构	160
6.5.2 管接头	139	7.6.2 电液伺服控制系统工作原理	161
6.5.3 油管、管接头和油路块的故障 排除	141	7.6.3 电液伺服控制系统特点	162
6.6 压力表及压力表开关	141	7.7 XS-ZY-250A 型塑料注射成型机电液 比例控制系统	162
6.6.1 压力表	141	7.7.1 塑料注射成型机的用途和 结构	162
6.6.2 压力表开关及其故障排除	142	7.7.2 液压系统工作原理	163
6.7 密封装置	143	7.7.3 液压系统的特点	164
6.7.1 作用及类型	143	复习题	164
6.7.2 安装与更换	145	第 8 章 液压系统的安装调试、运转 维护与故障排除	165
6.7.3 故障排除	145	8.1 液压系统的安装和调试	165
复习题	146	8.1.1 安装	165
第 7 章 典型液压系统举例	147	8.1.2 调试	178
7.1 液压系统分析步骤及注意事项	147	8.2 液压系统的运转与维护	182
7.1.1 液压系统的分析步骤	147	8.2.1 运转与维护的一般注意事项	182
7.1.2 分析液压系统时的注意事项	147	8.2.2 液压系统的检查	183
7.2 YT4543 型组合机床动力滑台液压 传动系统	147	8.2.3 液压系统的检修及其 注意事项	184
7.2.1 滑台用途与结构	147	8.3 液压系统的故障排除	185
7.2.2 液压系统组成元件及作用	148	8.3.1 故障排除的注意事项	185
7.2.3 液压系统工作原理	149	8.3.2 常见故障及其排除方法	185
7.2.4 液压系统的特点	150	复习题	189
7.3 YA32-200 型四柱万能液压机液压 传动系统	150	附录 常用液压气动元件图形符号 (摘自 GB/T 786.1—1993)	190
7.3.1 液压机用途与结构	150	参考文献	196
7.3.2 液压系统组成元件及作用	150		
7.3.3 液压系统工作原理	152		
7.3.4 液压系统的特点	154		

第1章 液压技术概述

1.1 液压传动的概念

一部完整的机器都是由原动机、传动装置和工作机三部分组成的。其中，原动机(包括电动机或内燃机)是整个机器的动力来源；工作机是完成机器工作任务的直接工作部分(如车床的车刀、压力机的压头、挖掘机的铲斗等)；由于原动机的功率和转速范围的限制，通常需在原动机和工作机之间设置传动装置。传动就是动力(或能量)的传递，传动装置用来实现机器动力的传递、转换与控制，以满足工作机对操作力、工作速度和位置的不同要求。

按照传动件(或工作介质)的不同，目前有机械传动、电气传动、液压传动和气压传动等传动类型。其中，液压传动是以液体(油或油水混合物)作为工作介质，靠密封容器内的液体压力能来进行动力的传递、转换与控制的一种传动方式。

1.2 液压传动的工作原理

图 1-1a、b 所示为液压传动的简易挤压机及其等效简化原理图。小液压缸 10 与单向阀 3、4 一起组成手动液压泵，实现吸油与排油功能。当向上抬起杠杆时，小活塞 1 向上运动，

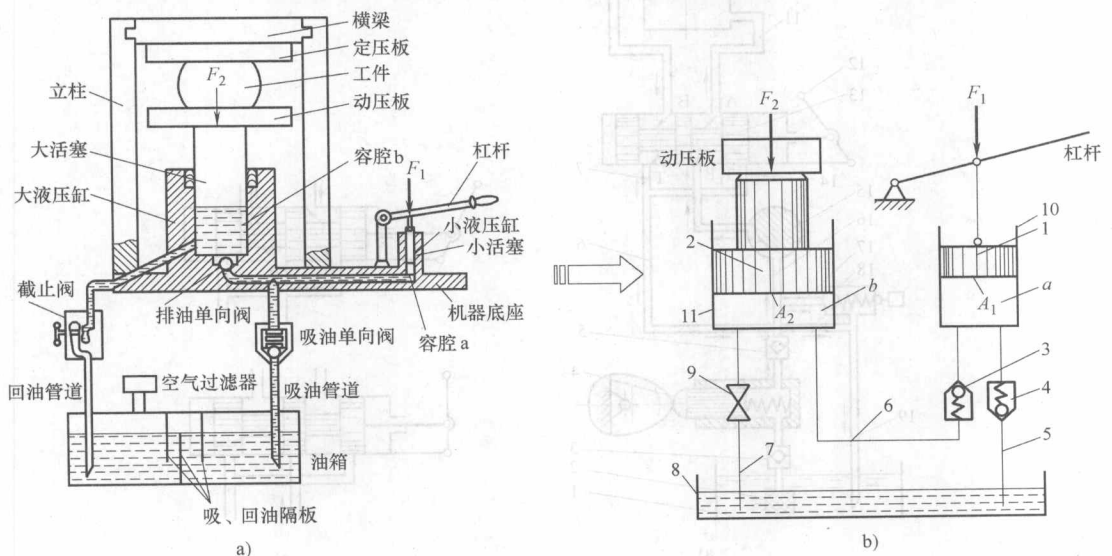


图 1-1 挤压机液压传动工作原理图

a) 挤压机 b) 简化原理图

- 1—小活塞 2—大活塞 3—排油单向阀 4—吸油单向阀 5—吸油管道 6—排油管道
7—回油管道 8—油箱 9—截止阀 10—小液压缸 11—大液压缸

小活塞的下部容腔 a 的容积增大, 形成局部真空, 使排油单向阀 3 关闭, 油箱 8 中的油液经吸油管道 5 顶开吸油单向阀 4 进入 a 腔。当小活塞 1 在力 F_1 作用下向下运动时, a 腔的容积减小, 油液因受挤压, 所以压力升高, 于是, 被挤出的液体将吸油单向阀 4 关闭, 而将排油单向阀 3 顶开, 经油管 6 进入大液压缸 11 的容腔 b, 推动大活塞 2 上移挤压工件(负载 F_2)。手摇泵的小活塞 1 不断上下往复运动, 工件逐渐被挤扁。当工件挤压到所需形状后, 停止小活塞 1 的运动, 则大液压缸 11 的 b 腔内油液压力将使排油单向阀 3 关闭, b 腔内的液体被封死, 大活塞 2 连同工件一起被闭锁不动。此时, 截止阀 9 关闭。如打开截止阀 9, 则大液压缸 11 的 b 腔内液体便经回油管道 7 排回油箱 8, 于是大活塞 2 将在自重作用下下移回到原位。

1.3 液压系统的组成部分

先来看一个例子。图 1-2a 所示为一挤压机的液压系统结构原理示意图, 当液压泵 4 由原动机驱动旋转时, 从油箱 1 经过滤器 2 和单向阀 3 吸油。当换向阀 13(有 P、T(T_1)、A、B 四个油口和三个工作位置)的阀芯处于图示工作位置时, 液压油经单向阀 5、管路 16、阀 13 (P→A) 和管路 11 进入液压缸 10 的下腔, 推动活塞(杆)及挤压头 9 向上运动。液压缸 10 上

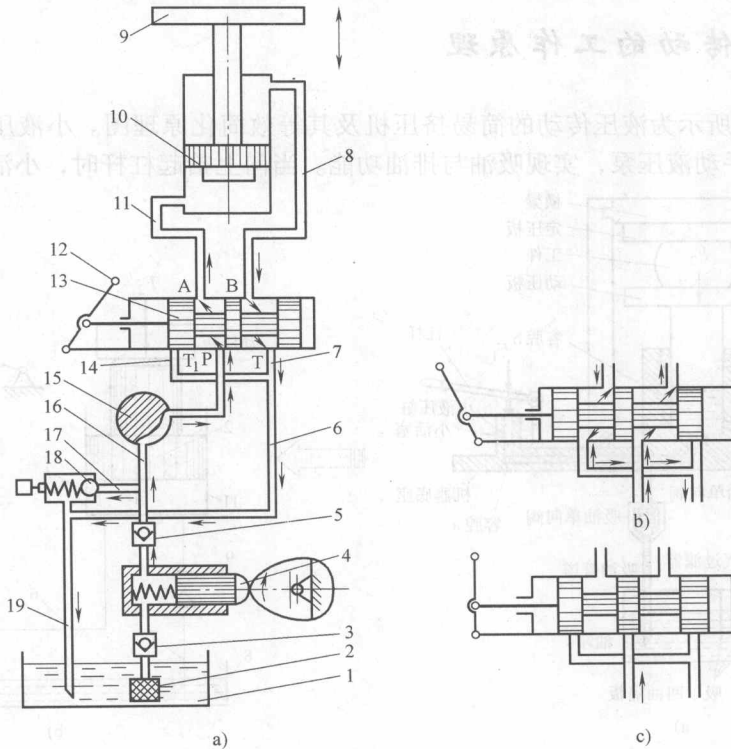


图 1-2 挤压机液压系统结构原理示意图

- a) 系统原理结构示意图 b) 换向阀芯处于左端位置 c) 换向阀芯处于中间位置
 1—油箱 2—过滤器 3、5—单向阀 4—液压泵 6、7、8、11、14、16、17、19—管路
 9—挤压头 10—液压缸 12—换向手柄 13—换向阀 15—节流阀 18—溢流阀

腔的油液经管路8、管路7(B→T)和管路6、19排回油箱。如果扳动换向手柄12使阀13的阀芯处于左端工作位置(图1-2b),则液压缸活塞向下运动。如果使阀13的阀芯处于中间位置时(图1-2c),则液压缸在任意位置停止运动。调节和改变节流阀15的开口大小,可以调节进入液压缸10的流量,从而控制液压缸活塞及压头的运动速度。阀15的开口越大,压头运动速度越快;反之,阀15的开口越小,压头运动速度越慢。在满足压头运动速度要求之后,液压泵4排出的多余油液经管路17、溢流阀18和管路19流回油箱。溢流阀18用来调节液压泵4的压力。因为要使压头运动,必须克服挤压力、摩擦力和回油背压力等阻力(统称负载),而且这些阻力是变化的,所以,调节压力应根据最大负载来调整。这样,当系统压力低于这一调节压力时,溢流阀18关闭;当负载大,压力升高到调节压力时,溢流阀打开,对系统起到超载保护作用。如将图1-2中的液压缸10水平安装,用于驱动机床工作台,即可实现水平往复运动控制;如将液压缸换为液压马达,即可实现回转运动的控制。

上面所举例子表明,液压传动使用具有连续流动性的油液作为工作介质,通过液压泵将驱动泵的原动机的机械能转换成液体的压力能,然后经过封闭管路及液压控制阀,进入液压缸,转换为机械能去推动工作机构实现所需的运动。工作机构运动速度的快慢取决于在一定时间内进入液压缸内的油液体积的多少;液压缸的推力的大小取决于油液的压力高低和液压缸活塞面积的大小。

由图1-2看出,液压系统是由各种功能的液压元件有机地组合而成的。不论一个液压系统如何简单,一般都是由能源元件、执行元件、控制调节元件和辅助元件四个部分组成,各部分的作用见表1-1。一般来讲,能够实现某种功能的液压元件的组合,称为液压回路;为了实现对某一液压机械的工作要求,将若干特定的基本功能回路按一定方式连接或复合而成的总体称为液压系统。

表1-1 液压与气动系统的组成部分及作用

组 成 部 分		作 用
能源元件	液压泵及其原动机	将原动机(电动机或内燃机)供给的机械能转变为流体的压力能,输出具有一定压力的油液
执行元件	液压缸、液压马达和摆动液压马达	将工作介质(液体)的压力能转变为机械能,用以驱动工作机构的负载做功,实现往复直线运动、连续回转运动或摆动
控制调节元件	各种压力、流量、方向控制阀及其他控制元件	控制调节系统中从动力源到执行元件的液体压力、流量和方向,从而控制执行元件输出的力、速度和方向,以保证执行元件驱动的主机工作机构完成预定的运动
辅助元件	油箱、过滤器、管件、热交换器、蓄能器及指示仪表等	用来存放、提供和回收工作介质(油液);滤除介质中的杂质,保持系统正常工作所需的介质清洁度;实现元件之间的连接及传输载能介质;显示系统压力、温度等

1.4 液压系统原理图及图形符号

描述液压系统的基本组成、工作原理、功能、工作循环及控制方式的说明性原理图称为

液压系统原理图。系统原理图有多种表示方法。为了便于画图和进行交流,一般采用标准图形符号绘制系统原理图,而不采用图1-2所示的半结构图绘制。由于图形符号只表示液压元件的功能、操作(控制)方法及外部接口,并不表示液压元件的具体结构、参数、连接口的实际位置及元件的安装位置,所以,用来表示系统中各种元件的作用和整个系统的组成、油路联系和原理,简单明了,便于画图 and 看图。

我国目前执行的液压图形符号标准是 GB/T 786.1—1993《液压气动图形符号》,它规定了液压元件标准图形符号和绘制方法。本书附录列出了常用液压元件的标准图形符号备查。图1-3即为按 GB/T 786.1—1993 绘制的图1-2所示的液压系统原理图。

按 GB/T 786.1—1993 绘制液压系统原理图时的注意事项为:

- 1) 元件图形符号的大小可根据图纸幅面大小按适当比例增大或缩小绘制,以清晰美观为原则。
- 2) 元件一般以静态或零位(例如电磁换向阀应为断电后的工作位置)画出。
- 3) 元件的方向可视具体情况进行水平、垂直或反转 180° 绘制,但液压油箱必须水平绘制且开口向上。

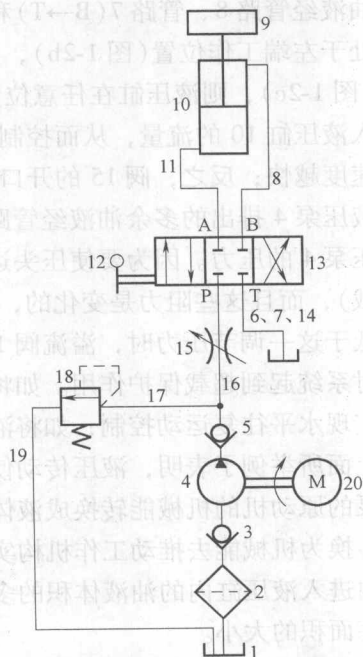


图1-3 用图形符号绘制的挤压机
液压系统原理图

- 1—油箱 2—过滤器 3、5—单向阀
4—液压泵 6、7、8、11、14、16、17、19—管路
9—挤压头 10—液压缸 12—换向手柄
13—换向阀 15—节流阀 18—溢流阀 20—电动机

1.5 液压系统的分类和特点

1.5.1 按油液循环方式分类

(1) 开式系统。开式系统中,液压泵从油箱吸油,执行元件回油返回油箱。这种系统应用最为普遍,系统的油箱较大。图1-3所示就是一个开式系统,液压泵4经过滤器2和单向阀3从油箱1吸油,经单向阀5、节流阀15、换向阀13进入液压缸10(也可以是液压马达或摆动液压马达),液压缸或液压马达的回油经阀13排回油箱,工作液在油箱中冷却及沉淀后再进行工作循环。

(2) 闭式系统。闭式系统中,执行元件排出的油液返回到泵的进口。系统效率较高,需用补油装置补油,并用冲洗阀换油进行热交换。此类系统多用于车辆、起重运输机械、船舶绞车、造纸和纺织等机械设备中。闭式液压系统例子如图1-4所示,双向变量液压泵5的吸油管路直接与双向定量液压马达11的回油管路相连通,形成一个闭合回路,单向定量液压泵3经单向阀9或10向低压侧补油,以补偿系统中各液压元件的泄漏损失。双向定量液压马达11是通过改变液流方向与流量实现换向和调速的,故闭式系统常采用双向变量泵。

1.5.2 按用途分类

(1) 固定设备用系统。这类液压系统多为开式系统,包括用于各类工业设备,如机床(工件夹紧、工作台进给、换向、主轴驱动)、压力机(压制、压边、换向、工件顶出)、压铸机及注塑机(合模、脱模、预塑、注射机构),甚至公共设施,如医疗器械、垃圾压榨机等机械设备和工作装置中。

(2) 行走设备用系统。此类液压系统既有开式系统也有闭式系统,包括用于车辆行驶(行走驱动、转向、制动及其工作装置),物料传送、装卸、搬运设备(传递机构、转位机构)以及航空、航天、航海工程中的各种系统。

1.5.3 按执行元件速度的调节控制方式分类

(1) 阀控制系统。这类系统通过改变阀的节流口的开口大小来控制系统流量,从而控制执行元件的速度。此类系统由于存在节流和溢流损失,故通常效率较低。阀控系统几乎用于各种机械设备。阀控系统示例如图 1-3 所示,通过改变节流阀 15 的节流口开口面积大小可以控制系统流量,从而控制液压缸 10 的速度。

(2) 泵排量控制系统。此类系统通过改变变量泵的排量进行速度无级控制或通过多台定量泵组合供液来控制系统流量,进行有级速度控制。此类系统由于没有节流和溢流损失,所以效率较高。主要用于压力加工机械、橡胶塑料机械等大功率液压设备。图 1-4 所示为采用变量泵的泵控系统,通过改变双向变量液压泵 5 的排量来控制流量,从而控制双向定量液压马达 11 的转速。

(3) 泵转速控制系统(变频调速泵控制系统)。这类系统通过改变驱动泵的原动机的转速改变泵的输出流量,实现对系统的流量调节和对执行元件的速度控制。此类系统可以减小油箱容量和介质消耗,能量损失小,运行成本低,是一种极具发展前景的控制方式。

除上述分类方式外,液压系统按工作特征不同,可以分成传动系统和控制系统;按使用的泵的数量多少可分为单泵及多泵系统;按主换向阀在中位时液压泵的工作状态不同可分成中开式系统和中闭式系统,等等。上述各类系统的特点及应用场合将在后面的有关章节进行介绍。

1.6 液压技术的优点和缺点

1.6.1 液压技术的优点

- 1) 能以较轻的重量获得很大的输出力和转矩。重量轻、体积小和出力大是液压技术的突出优点,特别有利于机械设备的小型化和大功率作业。
- 2) 液压元件的布置不受严格的位置限制,容易按照机器的需要通过管道实现系统中各部分的连接,布局安装灵活方便。
- 3) 通过液压控制阀,可以在运行过程中实现液压执行元件的无级调速,调速范围宽。
- 4) 工作平稳、动作灵敏,便于实现频繁的换向。

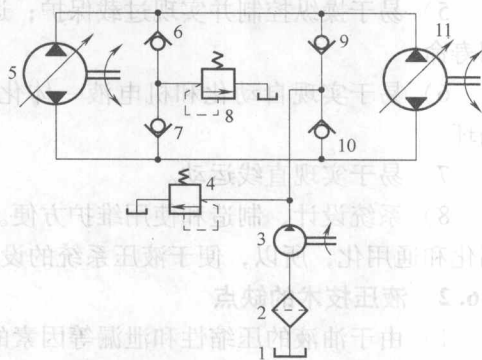


图 1-4 闭式液压系统示例

1—油箱 2—过滤器 3—单向定量液压泵

4、8—溢流阀 5—双向变量液压泵

6、7、9、10—单向阀 11—双向定量液压马达

5) 易于操纵控制并实现过载保护;运转时可利用油液自行润滑,有利于散热和延长使用寿命。

6) 易于实现自动化和机电液一体化,组成机电液一体化的复合系统,实现自动工作循环。

7) 易于实现直线运动。

8) 系统设计、制造和使用维护方便。液压元件属于工业基础件,已实现了标准化、系列化和通用化,所以,便于液压系统的设计、制造和使用维护,制造和维护成本较低。

1.6.2 液压技术的缺点

1) 由于油液的压缩性和泄漏等因素的影响,液压技术不宜用于有严格传动比的场合。

2) 传动过程中,需经两次能量转换,常有较多的能量损失,因此传动效率偏低。

3) 液压系统的工作稳定性不强,对温度较为敏感,不宜在过高或过低温度下工作,还应注意防火问题。

4) 为防止和减少泄漏,液压元件的制造精度常要求较高,所以造价较高。

5) 液压元件与系统容易因液压油液污染、泄漏等原因造成系统故障,且故障原因不易寻找,分析故障的原因需要丰富的经验。

1.7 液压技术的用途与发展

由于液压技术所具有的多种显著优点,使其在人们的日常生活和工农业生产、军事装备及科学技术的发展中获得了广泛应用,发挥着不可替代的巨大作用。表 1-2 按应用场合列举了液压技术的一些典型用途。

表 1-2 液压技术的用途

应用场合	采用液压技术的机器设备和装置
机械制造	离心铸造机、液压机、焊接机、淬火机、金属切削机床及数控加工中心、机械手及机器人等
能源与冶金工业	电站锅炉、煤矿液压支架及钻机、海洋石油钻井平台及石油钻机、高炉液压泥炮、轧机及板坯连铸机等、铝型材连续挤压生产线等
铁路和公路交通	铺轨机、隧道工程衬砌台车、汽车维修举升机、架桥机等
建材、建筑、工程机械及农林牧机械	陶瓷高压注浆成型机、钢筋弯箍机及校直切断机、混凝土泵、液压锤、碎石器、打桩机、越野起重机、各类挖掘机械、联合收割机、球果采集机器人、饲草打包机及压块机等
家用电器与五金制造	显像管玻壳剪切机、电冰箱压缩机、电机转子叠片机、冰箱箱体折弯机、电冰箱内胆热成形机、制冷热交换器管元件成型机、制钉机、门锁成形压机等
轻工、纺织及化工	表壳热冲压成形机、皮革熨平机、人造板热压机、木家具多向压机、纸张复卷机、骨肉分割机、纺丝机、印花机、卷染机、轧光机、注塑机、吹塑机、橡胶硫化机、乳化炸药装药机等
航空航天工程、河海工程及武器装备	大型客机、飞机场地面设备、卫星发射等航空航天设备、河流穿越设备、舵机、水下机器人及钻孔机、波浪补偿起重机、炮塔仰俯装置、地空导弹发射装置等

(续)

应用场合	采用液压技术的机器设备和装置
计量质检、装置、特种设备、公共设施及抢险救灾设备	万能试验机、电梯、纯水灭火器、客运索道、剧院升降舞台、游艺机、捆钞机、医用牵引床、垃圾破碎机和压榨机、污泥自卸车、万吨高层建筑物的整体平移工程、破碎剪(锤)等

公元前,希腊人发明的螺旋提水工具和中国的水轮等,可以说是液压技术最古老的应用。1648年法国人帕斯卡提出的液体静压力传递定律为20世纪液压技术的发展提供了理论基础。1795年英国人约瑟夫·布瑞玛登记了第一台液压机的英国专利。第二次世界大战期间,由于军事上的需要,出现了以电液伺服系统为代表的液压元件和控制系统,液压技术得到了迅猛发展。战后液压技术很快转人民用工业,在机械制造、起重运输机械及各类施工机械、船舶、航空等领域得到了广泛地发展和应用。20世纪60年代以来,随着原子能、航空航天技术、微电子技术的发展,液压技术在更深更广阔的领域得到了发展。近年来,与微电子、计算机技术相结合,液压技术进入了一个崭新的发展时期。尽管目前液压技术面临着来自电气传动及控制技术的新竞争和绿色环保的新挑战,但是由于其独特的技术优势,使其能在国民经济发展中,继续发挥无可替代的重大作用。

我国的液压技术是随着新中国的建立、发展而发展起来的。从1952年试制出我国第一只液压齿轮泵至今,经过半个多世纪的发展,我国液压行业已形成了一个门类比较齐全,并且具有一定生产能力和技术水平的工业体系,现有数以百计的各类液压元件厂(公司),形成了国内自行开发、引进技术制造、合资生产的多元化格局。目前,我国的液压元件制造业已能为国民经济多种部门提供较为齐全的液压元件产品,已基本能适应各类主机产品的一般需要。但也应指出,我国的液压工业尚与主机发展需求及和世界先进水平存在不少差距,亟待开发研制技术含量高且质量稳定的高档产品,以满足国民经济发展及各类主机行业的需求。

复 习 题

1. 什么叫液压传动?
2. 试分析图1-2所示的挤压机液压系统工作原理,说明换向阀芯处于图a、b、c三种不同状态下的油液流动路线(走向)。
3. 液压系统通常由哪几部分组成?各组成部分的作用是什么?
4. 液压技术有哪些优点和缺点?

第2章 液压传动基础知识

2.1 液压油及其性质

液压油是液压系统中的工作介质，除了用来传递动力和信号外，还起着液压元器件的润滑、冷却和排污作用：油液可防止元件锈蚀，系统工作中产生的热量大部分要靠流动的油液带走，工作中产生的磨粒和其他污染物可由油液冲洗带走。同时液压油的粘度对减少运动零件间隙处的泄漏、保证元件的密封有着重要作用。

常用的液压油有矿物型、乳化型与合成型三大类。矿物型油液属于易燃介质，而乳化型与合成型油液则属于难燃型介质。

2.1.1 密度

油液单位体积内的质量称为密度，通常用 ρ 表示

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

式中 ρ ——液体的密度(kg/m^3)；

m ——液体的质量(kg)；

V ——液体的体积(m^3)。

液压油的密度会随着温度的增加而减小，随着压力的增加而增大，但变化幅度很小。在常用温度和压力范围内，可近似认为其数值不变，通常取矿物型液压油的密度为 $\rho = 900\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2.1.2 粘性

液体在外力作用下流动时，液体分子间内聚力会阻碍分子相对运动而产生一种内摩擦力，这种流动液体内部产生摩擦力的性质叫做液体的粘性。静止液体不呈现粘性。

液体粘性的大小用粘度来衡量。粘度大，液层间的内摩擦力就大，油液就“稠”；反过来，粘度小，液层间的内摩擦力就小，油液就“稀”。液压技术中常用的粘度有动力粘度、运动粘度和相对粘度三种。

一般用运动粘度 ν 来表示粘度。运动粘度 ν 的法定计量单位是 m^2/s (米²/秒)。而在工程中，习惯用 cm^2/s 及 St(斯)的百分之一来表示，称为 cSt(厘斯)。1St(斯) = $1\text{mm}^2/\text{s}$ 。

在液压工程中，常用 40℃ 时的运动粘度的平均值(cSt)来标志液压油的牌号。例如 L-HM 32 液压油就是指抗磨液压油在 40℃ 时的运动粘度的平均值为 $32\text{mm}^2/\text{s}$ 。

通常，压力不高(一般小于 10MPa)时，压力对粘度的影响很小，而高压时液体粘度会随压力增大而增大，但增大数值很小，可以忽略不计。温度对液体粘度的影响很大，温度升高，粘度降低，液体的流动性增高。液压油液粘度的变化会直接影响液压系统的工作性能和泄漏量，因此应尽量采用粘度受温度变化影响较小的油液，或者通过设置油温控制装置(冷却器或加热器)调节油温，减小油液的粘度变化。

2.1.3 可压缩性

在温度不变的情况下,液体受压力(压强)作用而自身体积减小的性质,叫做液体的可压缩性。可压缩性的大小用体积压缩系数 k 或 k 的倒数 K (体积模量)表示,即

$$k = -\frac{1}{\Delta p} \frac{\Delta V}{V} \quad (1/\text{Pa}) \quad (2-2)$$

$$K = \frac{1}{k} \quad (2-3)$$

式中 k ——体积压缩系数;

Δp ——压力变化量(Pa);

V ——压力变化前的油液体积(m^3);

ΔV ——油液体积的变化量(m^3)。

由于压力增大时液体体积会减小,为保持 k 为正值,式(2-2)要加一负号。

k 值越小,即 K 值越大,则液体的可压缩性越小。液压油的体积模量为 $K = (1.2 \sim 2.0) \times 10^3 \text{ MPa}$,数值很大,因此对于一般液压系统,可以认为液体不可压缩。液压执行机构工作时之所以运行平稳而噪声很小,就是因为其压缩系数极小,有很大刚性。

但若在液体中混入一定的空气,则油液的体积模量将显著减小,便会引起执行机构的爬行或颤抖现象。为此,液压系统应具有良好的密封性能,以防空气的侵入。此外,在液压执行元件的上端应设置排气装置。

2.1.4 液压油的选用和污染控制

液压油的特性对液压系统的工作质量和功能有很大影响。选择油液要考虑的因素有工作环境(易燃、毒性和气味等)、工作条件(粘度、系统的压力、温度、速度等)、油液质量(物理化学指标、防锈性等)和价格及寿命等。上述因素中,最重要的是液压油的粘度。一般各种液压元件产品都指定了应使用的液压油品种和粘度,但由于液压泵是整个系统中工作条件最严峻的元件,所以通常可根据液压泵的要求来确定油液的粘度及品种(见表2-1),按照泵选择的油液一般来讲对液压阀及其他元件也适用。

表2-1 根据液压泵选用液压油的品种和粘度

液压泵类型	压力/MPa	40℃时的运动粘度 ν /(mm^2/s)		适用品种和粘度等级
		5~40℃	40~80℃	
叶片泵	<7	30~50	40~75	HM油, 32、46、68
	>7	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、100、150
径向柱塞泵		30~50	65~240	HL油, (高压用HM), 32、46、68、100、150
轴向柱塞泵		40	70~150	HL油, (高压用HM), 32、46、68、100、150

大量工程实践表明,液压系统的故障大约有70%来源于液压油的污染。所以,在液压油的使用中,要注意工作条件的变化对它的性能影响,更要特别注意防止油液被尘土、切屑等固体颗粒及水、空气等物质所污染。

一定要改变新油没有污染的观念,因为新油也往往含有许多污染物颗粒,比高性能的液