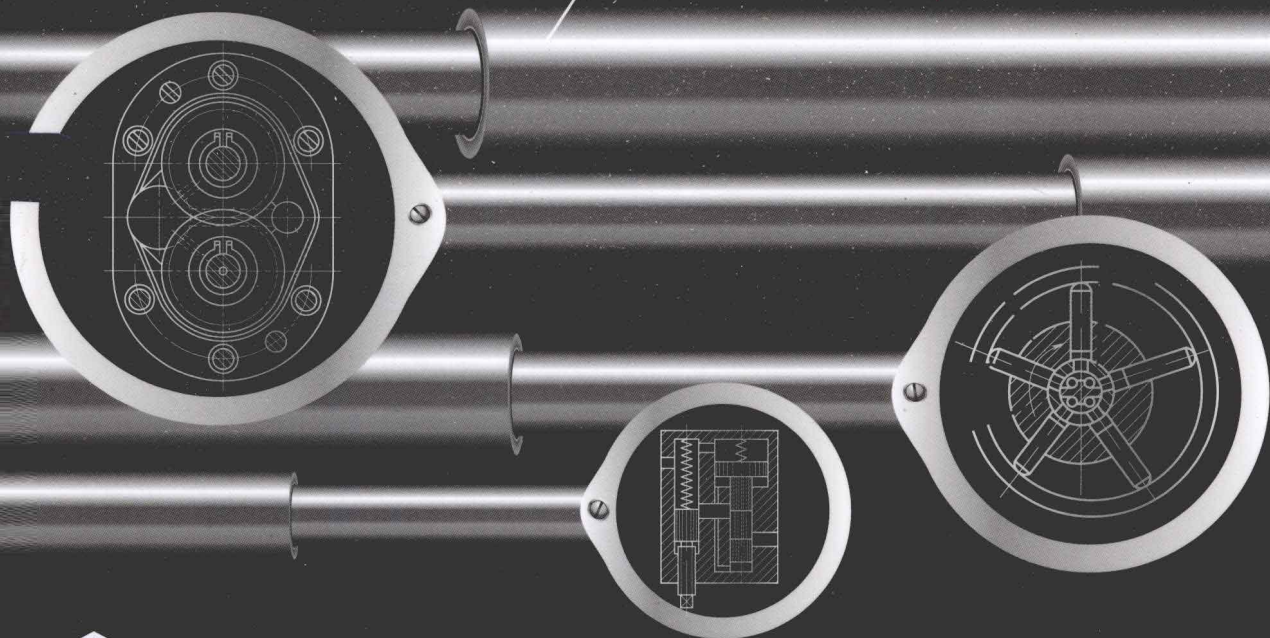
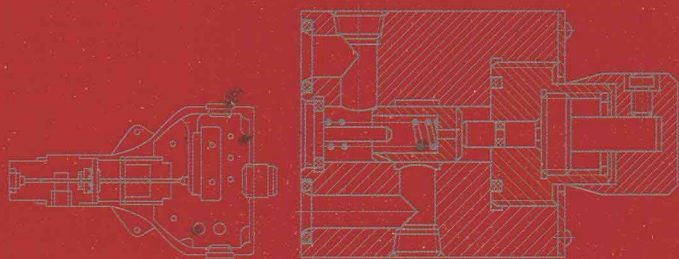


李丽霞 杨宗强 何敏禄 主编

图解

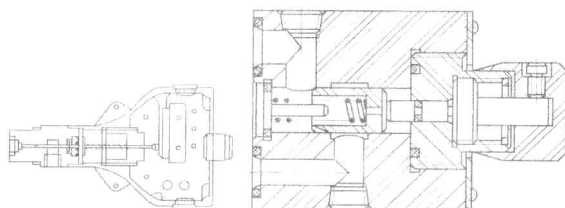
TUJIE
YEYA JISHU JICHU

液压技术基础



化学工业出版社

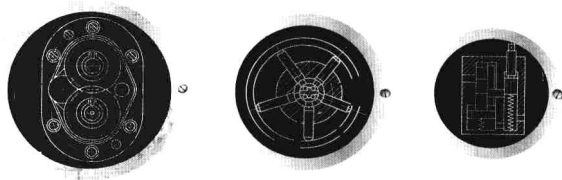
李丽霞 杨宗强 何敏祿 主編



图解

TUJIE
YEYA JISHU JICHU

液压技术基础



化学工业出版社

·北京·

本书采用图解的形式、用生动的语言由浅入深地介绍液压知识，介绍了液压元件的外观、工作原理和内部结构等液压技术基础知识以及液压元件、液压回路以及液压系统的故障分析和排除、典型回路设计禁忌等。

本书可作为普通大中专院校机电一体化、自动化、机械制造等专业师生的教材或参考用书，也可作为成人高校、自学考试等有关机械类学生参考用书，还可作为企业初、中级工程技术人员入门读物和工作参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

图解液压技术基础/李丽霞, 杨宗强, 何敏禄主编.
北京: 化学工业出版社, 2013. 2
ISBN 978-7-122-16250-2

I. ①图… II. ①李…②杨…③何… III. ①液压技术-图解 IV. ①TH137-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 002793 号

责任编辑: 黄 澄
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 张绪瑞
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 372 千字 2013 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

前言

液压与气压技术是机电一体化人才所应具备的控制与伺服驱动技术的组成部分。液压技术学习的任务是使专业技术人员掌握液压传动的基础知识,掌握各种液压元件的工作原理、特点、应用和选用方法,熟悉各类液压基本回路的功用、组成和应用场合,了解国内外先进技术成果在机械设备中的应用。

本书采用图解的形式、用生动的语言由浅入深地介绍了液压维修技能,介绍了液压元件的外观、工作原理和内部结构等液压技术基础知识及其液压元件、液压回路以及液压系统的故障分析和排除、典型回路设计禁忌等。

本书编写过程中,旨在以最通俗、最直接有效的方式帮助广大读者理解和掌握液压技术及其应用方面的知识,力求贯彻少而精和理论联系实际的原则,针对从事液压维修工作的需要和各类机械电子工程专业的读者。通过本书的学习能够达到:

(1) 液压基础知识 用实际应用中的典型实例引出液压系统的组成和基本概念,使初学者能读懂、理解和建立起液压系统的概念。

(2) 元件 主要介绍常用元件工作原理、常见故障诊断与维修,能使读者很快地掌握液压维修基本知识和操作技能。

(3) 回路 主要分类介绍典型回路的组成、工作原理以及回路设计禁忌,使读者能够逐步把液压技术知识和技能有机结合,学会回路设计技巧。

(4) 系统 主要介绍工程应用中典型液压系统的分析及读图方法,学会液压系统分析方法并掌握复杂液压系统设计、调试和维修技能。

(5) 典型实例训练 重在实际应用实例分析与液压专用设备操作技巧,使液压维修技术人员具备液压系统设计能力,具备系统组接、调试、排查故障等能力及基本操作安全知识,并能正确运用,安全工作。

书中的元件图形符号、典型回路及液压系统原理图采用中华人民共和国标准 GB/T 786.1—1993 绘制。

全书包括 7 章,由李丽霞、杨宗强、何敏禄主编并统稿。参加本书编写的有:李丽霞(第 1、2、7 章),杨宗强、王猛(第 6 章),何敏禄、毛向阳(第 4 章、第 5 章),苗宏宇、王勤峰、张燕、陈庆华(第 3 章)。唐春霞、王玉芳、杨全利、张建、肖利克、张璠等也参加了编写工作。

本书可作为普通大中专院校机电一体化、自动化、机械制造等专业师生的教材或参考用书,也可作为成人高校、自学考试等有关机械类学生参考用书,还可作为企业初、中级工程技术人员入门读物和工作参考书。

限于编者水平,书中难免存在缺点和不足,恳请广大读者批评指正。

编者

第 1 章 液压技术基础

1

1.1 概述	2
1.1.1 液压技术应用领域与发展趋势	2
1.1.2 传动机构与液压传动的概念	2
1.2 液压传动系统的组成及作用	3
1.3 液压传动工作原理的特征	4
1.3.1 液压传动工作原理	4
1.3.2 液压传动工作原理特征	5
1.4 液压传动系统的特点	6
1.5 液压系统压力的单位及表示方法	7
1.6 液压传动在机械中的应用	7

第 2 章 液压油

9

2.1 液压油的分类	10
2.2 液压油的几项质量指标	10
2.3 液压油的性质	11
2.4 对液压油使用性能的要求	12
2.4.1 液压油的使用性能	12
2.4.2 对液压油的要求	13
2.5 油品名称	13
2.6 各油品的黏度等级	13
2.7 液压油的选择	13
2.7.1 油液黏度等级的选择	14
2.7.2 根据环境及工况条件选择	14
2.8 液压油的污染与防污	15
2.8.1 液压油的污染	15
2.8.2 液压油的防污措施	15

第 3 章 液压元件

16

3.1 常用液压元件图形符号及表示的意义	17
3.1.1 名词术语	17
3.1.2 符号构成	17
3.1.3 管路、管路接口和接头符号	19
3.1.4 液压泵和液压马达符号	19
3.1.5 控制机构和控制方法符号	19
3.1.6 液压缸和特殊能量转换器符号	20

3.1.7	检测元件及其他元件符号	21
3.1.8	油箱及流体调节元件符号	21
3.1.9	能量储存器及动力源符号	22
3.1.10	常用控制阀符号	22
3.2	液压动力元件(泵)	24
3.2.1	液压泵的概述	24
3.2.2	齿轮泵的工作原理及结构特点	26
3.2.3	叶片泵工作原理及结构特点	29
3.2.4	柱塞泵工作原理及结构特点	32
3.2.5	常用动力元件故障检修与排除方法	35
3.3	液压控制元件	40
3.3.1	液压控制元件概述	40
3.3.2	方向控制阀	43
3.3.3	压力控制阀	51
3.3.4	流量控制阀	58
3.3.5	常用液压控制元件故障检修及排除方法	62
3.4	执行元件	66
3.4.1	液压马达概述	66
3.4.2	液压马达结构特点及工作原理	67
3.4.3	液压缸的概述	68
3.4.4	液压缸结构及工作原理	74
3.4.5	常用液压执行元件的故障检修及排除方法	77
3.5	辅助元件	80
3.5.1	辅助元件概述	80
3.5.2	油箱	80
3.5.3	热交换器	81
3.5.4	密封装置	82
3.5.5	管件	84
3.5.6	辅助元件常见故障检测与维修	86
3.6	液压元件应用典型实例	89
3.6.1	液压技术应用仿真软件及训练设备	89
3.6.2	拉伸压力机典型实例——液压元件压力损失测试	105
3.6.3	自动车床典型实例——液压泵性能测试	108
3.6.4	提升装置典型实例——溢流阀性能测试	110
3.6.5	钻床典型实例——减压阀应用	113
3.6.6	液压马达性能测试	115

第4章 方向控制典型回路设计

116

4.1	方向控制基本回路概述	117
4.1.1	方向控制基本回路的组成	117
4.1.2	方向控制典型回路的类型及功用	118
4.2	换向回路	118

4.2.1	基于 FLuidSIM 仿真软件符号原理图	118
4.2.2	换向回路中主要元件结构、原理及主要功用	122
4.2.3	典型回路工作原理	126
4.2.4	回路设计禁忌注意事项	127
4.3	锁紧回路	128
4.3.1	基于 FLuidSIM-H 仿真软件符号原理图	128
4.3.2	锁紧回路主要元件结构原理及主要功用	129
4.3.3	典型回路工作原理	131
4.3.4	回路应用、设计禁忌及注意事项	131
4.4	制动回路	133
4.4.1	典型回路符号原理图	134
4.4.2	元件结构、原理及主要功用	134
4.4.3	典型回路工作原理	135
4.4.4	回路应用场合、设计禁忌及注意事项	135
4.5	方向控制回路设计使用禁忌	136
4.5.1	换向阀使用禁忌	136
4.5.2	液控换向阀的方向控制回路设计和设计禁忌	137
4.6	方向控制回路液压技术应用	138
4.6.1	纸张压辊设备典型实例——换向回路液压技术应用	138
4.6.2	传送带方向校正典型实例——锁紧回路液压技术应用	139
4.6.3	集装箱吊具定位典型实例——分析锁紧回路液压技术应用	141

第 5 章 流量控制典型回路设计基础

142

5.1	调速回路	143
5.1.1	基于 FLuidSIM 软件典型回路符号原理图	143
5.1.2	元件结构、原理及主要功用	147
5.1.3	典型回路工作原理	148
5.1.4	回路应用场合、设计禁忌及注意事项	149
5.1.5	调速回路使用禁忌	150
5.2	快速回路	150
5.2.1	快速运动典型回路符号原理图	151
5.2.2	元件结构、原理及主要功用	153
5.2.3	典型回路工作原理	153
5.2.4	回路应用场合、设计禁忌及注意事项	154
5.3	速度换接回路	154
5.3.1	速度换接典型回路符号原理图	154
5.3.2	元件结构、原理及主要功用	155
5.3.3	典型回路工作原理	157
5.3.4	回路应用场合、设计禁忌及注意事项	157
5.4	流量控制液压技术应用	158
5.4.1	圆周自动进给机床典型实例——节流调速液压技术应用	158
5.4.2	轧花机典型实例——节流调速液压技术应用	159
5.4.3	砂轮切割机典型实例——节流调速液压技术应用	161

第6章 压力控制典型回路设计基础

164

6.1 调压回路	165
6.1.1 基于 FluidSIM-H 仿真软件调压回路符号原理图	165
6.1.2 元件结构、原理及主要功用	165
6.1.3 典型回路工作原理	166
6.1.4 回路应用场合、设计禁忌及注意事项	167
6.2 减压回路	168
6.2.1 基于 FluidSIM 仿真软件典型回路符号原理图	168
6.2.2 元件结构、原理及主要功用	169
6.2.3 典型回路工作原理	170
6.2.4 减压回路应用场合、设计禁忌及注意事项	170
6.3 卸载回路	171
6.3.1 基于 FluidSIM 仿真软件卸载回路符号原理图	171
6.3.2 元件结构、原理及主要功用	172
6.3.3 典型回路工作原理	172
6.3.4 卸载回路应用场合、设计禁忌及注意事项	173
6.4 保压回路	174
6.4.1 基于 FluidSIM 仿真软件保压典型回路符号原理图	174
6.4.2 元件结构、原理及主要功用	174
6.4.3 典型回路工作原理	175
6.4.4 回路应用场合、设计禁忌及注意事项	176
6.5 平衡回路	177
6.5.1 基于 FluidSIM 仿真软件典型回路符号原理图	177
6.5.2 元件结构、原理及主要功用	178
6.5.3 典型回路工作原理	179
6.5.4 回路应用场合、设计禁忌及注意事项	180
6.6 增压回路	182
6.6.1 基于 FluidSIM 仿真软件增压回路符号原理图	182
6.6.2 元件结构、原理及主要功用	182
6.6.3 典型回路工作原理	183
6.6.4 回路应用场合、设计禁忌及注意事项	183
6.7 泄压回路	186
6.7.1 泄压回路典型回路符号原理图	186
6.7.2 典型回路工作原理	186
6.7.3 元件结构、原理及主要功用	186
6.7.4 回路应用场合、设计禁忌及注意事项	187
6.8 多执行元件顺序动作回路	188
6.8.1 典型回路工作原理	189
6.8.2 元件结构、原理及主要功用	191
6.8.3 回路应用场合、设计禁忌及注意事项	192
6.9 压力控制回路中控制阀的使用禁忌	193

6.10	压力控制回路液压技术应用	193
6.10.1	压力粘接机典型实例——压力控制回路液压技术应用	193
6.10.2	装配设备典型实例——多缸动作顺序控制液压技术应用	194

第7章 液压系统分析及设计禁忌

196

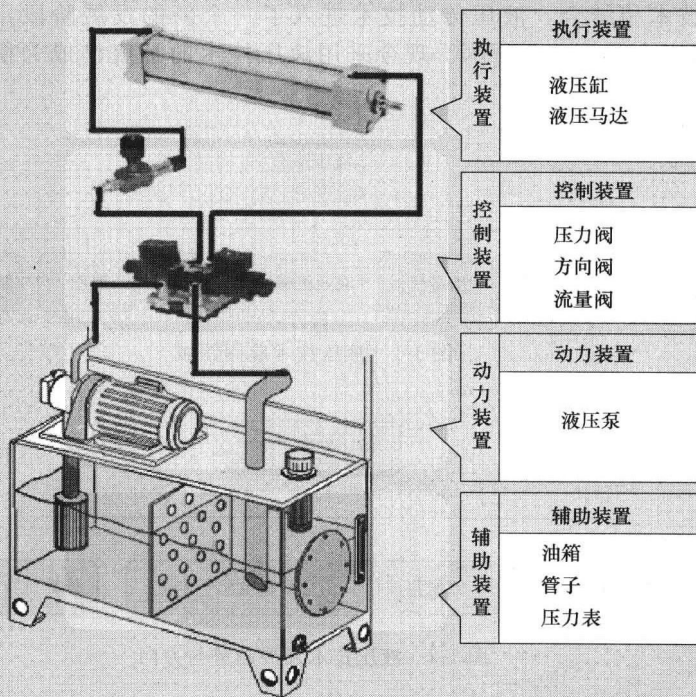
7.1	典型液压系统分析	197
7.1.1	液压系统工作原理图阅读与分析	197
7.1.2	组合机床动力滑台典型液压系统实例	198
7.1.3	YB32-200型压力机液压系统实例	199
7.1.4	180t钣金冲床液压系统实例	201
7.1.5	多轴钻床液压系统	203
7.2	液压系统图设计及禁忌	205
7.2.1	液压传动系统的形式和设计步骤	205
7.2.2	初步确定液压传动系统图禁忌	206
7.2.3	正式的液压系统图及装配图禁忌	210
7.3	液压传动系统的安装、使用和维护	210
7.3.1	配管	210
7.3.2	液压元件安装	213
7.3.3	试压	214
7.3.4	液压传动系统的一般使用和维护	214

参考文献

216

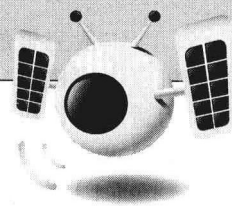
第1章

液压技术基础



本章重点内容

- 用液压千斤顶实例，理解液压传动工作原理及特征
- 掌握液压系统的组成及各部分的典型元件名称
- 了解液压系统应用领域
- 熟悉液压系统的特点



1.1 概述

1.1.1 液压技术应用领域与发展趋势

液压传动又称液压技术，相对于机械传动来说是一门新兴技术，是机械设备中发展速度最快的技术之一。虽然从17世纪中叶帕斯卡提出的静压原理、18世纪末英国制造出世界第一台水压机算起已有几百年的历史，但液压技术在工业上被广泛采用和有较大幅度的发展却是20世纪中期以后的事情，特别是近年来随着机电一体化技术的发展，与微电子、计算机技术相结合，液压传动技术进入了一个新的发展阶段，所涉及的领域如图1-1所示，发展方向如图1-2所示。现今采用液压技术的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。

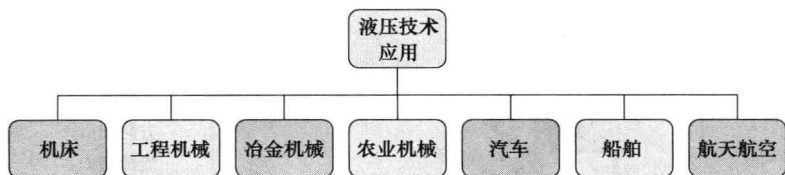


图 1-1 液压技术应用领域

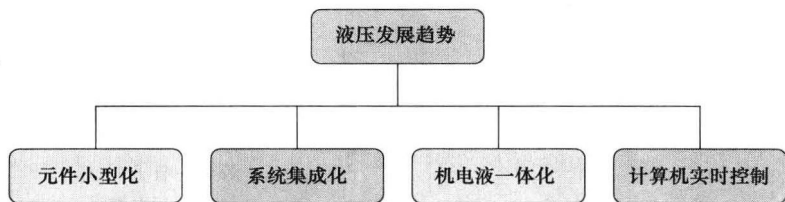


图 1-2 液压技术发展趋势与方向

1.1.2 传动机构与液压传动的概念

一般完整的机器主要由三部分组成，即原动机、传动机构和工作机。原动机包括电动机、内燃机等。工作机是完成该机器工作任务是直接部分，如车床的刀架、车刀、卡盘等。为适应工作机工作力和工作速度变化反应较宽的要求以及其他操作性能（如停止、换向等）的要求，在原动机和工作机之间设置了传动装置（或称传动机构）。

（1）传动机构分类

传动机构通常分为机械传动、电气传动和流体传动，其特点如表 1-1 所示。

表 1-1 传动机构的分类

机械传动	电气传动	流体传动
通过齿轮、齿条、蜗轮、蜗杆等机件直接把动力传送到执行机构的传递方式	利用电力设备，通过调节电参数来传递或控制动力的传动方式	以流体为工作介质进行能量的转换、传递和控制的传动方式

（2）流体传动分类

流体传动的分类如图 1-3 所示。

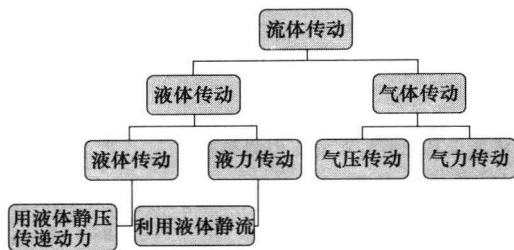


图 1-3 流体传动的分类

1.2 液压传动系统的组成及作用

(1) 液压系统的组成

液压系统的组成如图 1-4 所示。

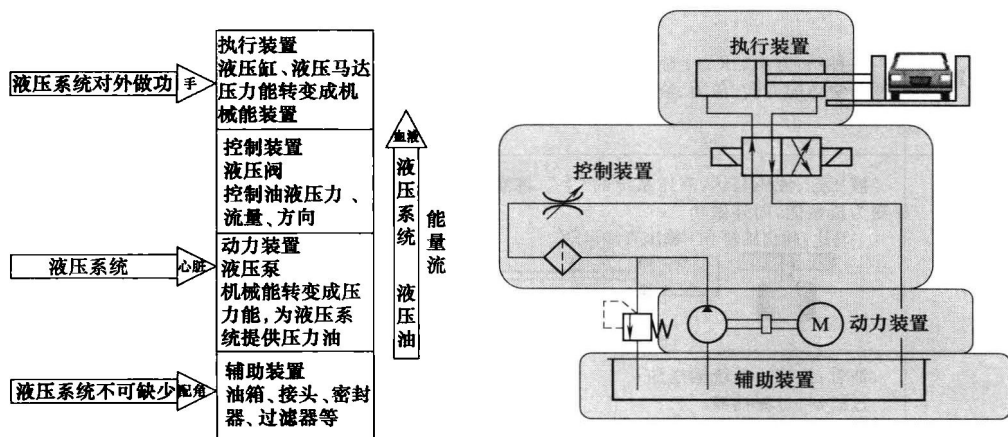


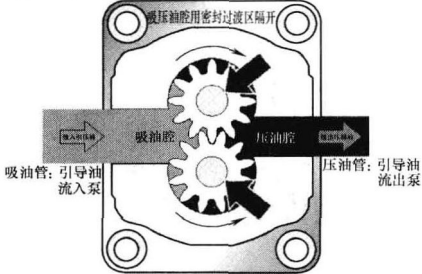
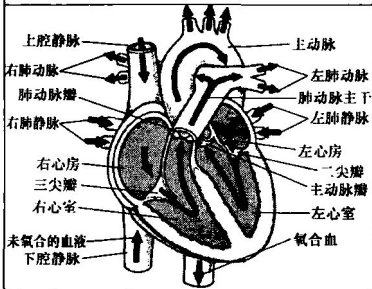
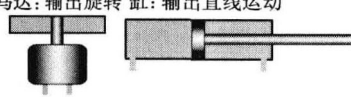

图 1-4 液压系统组成及元件符号图

(2) 液压系统与人体血液循环比较

可以把液压系统与人体血液循环系统做一比较，见表 1-2 所示内容，能够清楚了解液压系统的组成及工作过程。

表 1-2 液压系统与人体血液循环系统比较

项目	液压系统	人体血液循环系统
组成		
能量来源	电能 → 电机 → 泵 → 供应液压系统压力能	食物 → 消化系统 → 供给全身营养

项目	液压系统	人体血液循环系统
动力装置	<p>泵的作用是将液压系统所需要的压力能和流量输送到系统的各部分</p> 	<p>心脏: 是由肌肉组成的中空“泵”</p> <p>主要由心肌构成, 有左心房、左心室、右心房、右心室四个, 左右心房之间和左右心室之间均由间隔隔开, 故互不相通。心房与心室之间有瓣膜, 使血液只能由心房流入心室, 而不能倒流</p>  <p>作用: 推动血液流动, 向器官组织提供充足的血流量, 以供应氧和各种营养, 并带走代谢的终产物, 使细胞维持正常的代谢和功能</p>
控制装置	<p>各种阀: 方向、压力、流量控制阀, 分别控制或调节液体的方向、压力、流量</p>	<p>心肌收缩时, 血液从心房流向心室, 又由心室流入动脉; 心肌舒张时, 心室和心房扩张, 静脉的血液进入心房, 此时动脉瓣关闭, 进入动脉的血液不会流回心脏</p> <p>心肌、动脉瓣等是控制血液流动的控制元件</p>
执行装置	<p>液压缸: 液压马达: 液压系统的“手”, 将液压能变为机械能, 向外做功</p> <p>马达: 输出旋转 缸: 输出直线运动</p> 	<p>手、脚、肩膀: 人体向外进行各种操作的部分, 例如肩挑手提等</p> 
辅助装置	<p>油管: 为液压系统输送油</p> <p>过滤器: 过滤油液</p> <p>蓄能器: 储蓄油液</p> <p>调温器: 调节油液温度</p> <p>油箱: 储存系统所需油液</p>	<p>血管: 为人体输送血液</p> <p>肾脏: 过滤血液</p> <p>肝脏: 储存营养、清除血液中的废物和有毒物质</p> <p>皮肤: 是人体最大感觉器官, 是人体的天然屏障, 还能散热</p>

1.3 液压传动工作原理的特征

1.3.1 液压传动工作原理

(1) 液压千斤顶的工作过程

液压传动技术是以高压流体(压力油)为工作介质进行能量传递、转换和控制的传动形式。液压泵密封空间增大, 完成吸油过程; 液压泵密封空间缩小, 完成压油过程。图 1-5 所示是液压千斤顶的传动原理图。

(2) 液压千斤顶的工作状态

液压千斤顶的工作状态描述如图 1-6、图 1-7 所示。通过液压千斤顶工作过程分析, 可以初步了解到液压传动工作原理: 利用有压力的油液作为传递动力的工作介质, 是一个先将机械能转换成压力能, 又将压力能转换为机械能的不同能量的转换过程。

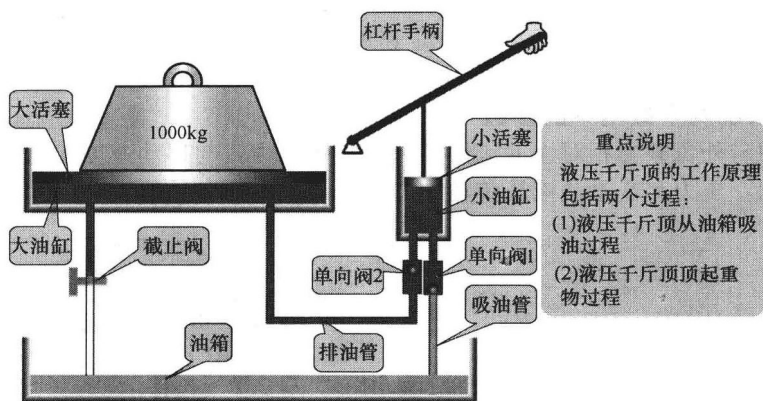


图 1-5 液压千斤顶传动原理图

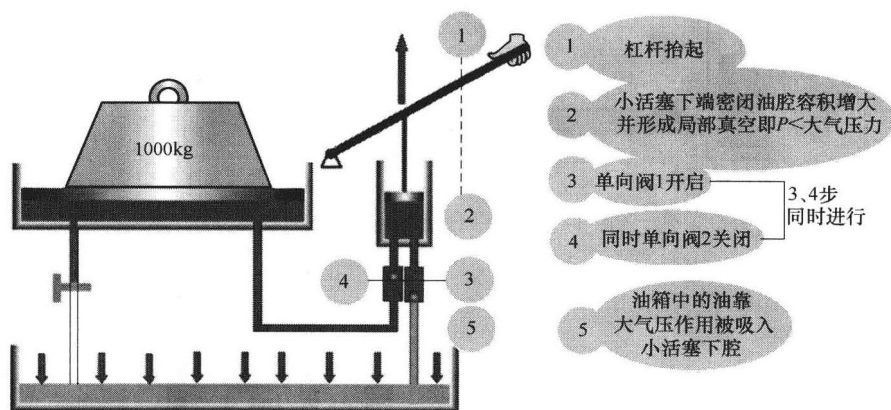


图 1-6 千斤顶工作吸油过程和状态

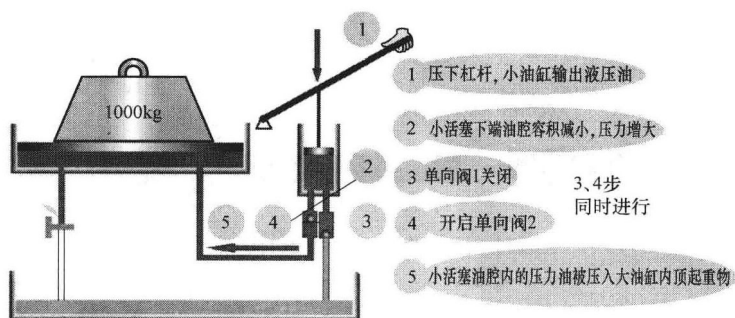


图 1-7 小油缸排油至大油缸顶起重物工作状态

1.3.2 液压传动工作原理特征

(1) 液压传动工作原理特征

在液压传动系统中，力的传递遵循帕斯卡原理——等压特性，运动的传递遵循容积变化相等的原则——等体积特性原则。

① 液压传动工作原理特征一：液压系统的工作压力取决于外负载，即动力装置提供给

系统的工作压力取决于外负载，如图 1-8 所示。

② 液压传动工作原理特征二：流量决定速度，即执行装置的运动速度只取决于输入它的流量，与负载无关，如图 1-9 所示。

(2) 液压系统两个最基本的参数

液压系统中与外负载力相对应的流体参数是流体压力，与运动速度相对应的立体参数是流体流量。因此，压力和流量是液压传动中的两个最基本的参数。

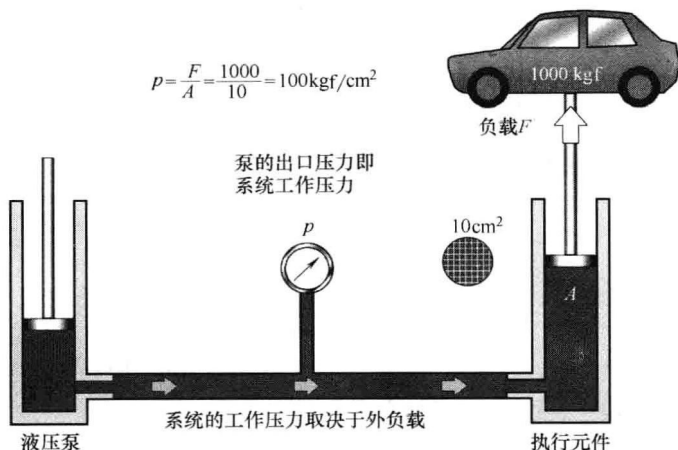


图 1-8 工作原理特征一示意图

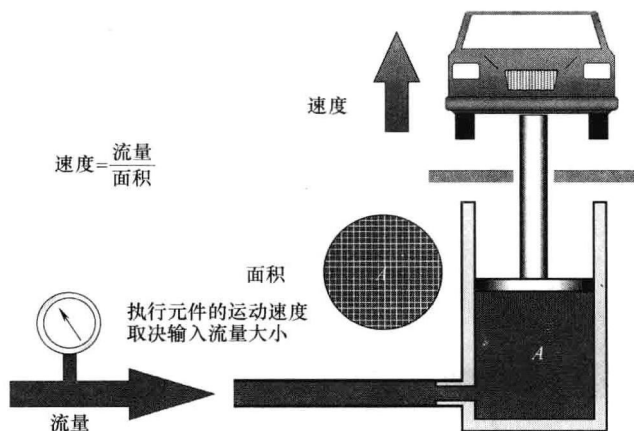


图 1-9 工作原理特征二示意图

1.4 液压传动系统的特点

从液压千斤顶的工作原理可以看出，液压传动是利用具有一定压力的液体来传递运动和动力的；液压传动装置本质上是一种能量转换装置，它首先将机械能转化为液压能，然后将液压能转换为机械能做功；液压传动必须在密封容器内进行，并且容积要能发生交替变化。

液压系统的优点、缺点见表 1-3 所示。

表 1-3 液压传动系统的特点

优点	①体积小,单位质量的输出功率大,输出力调整容易 ②操作控制方便,易于实现自动控制、中远距离控制和过载保护,不会有过载的危险 ③可实现无级调速,调速范围可达 2000:1,易于调速 ④传动平稳,易于实现快速启动、制动和频繁换向,易于自动化 ⑤标准化、系列化、通用化程度高,有利于缩短设计周期、制造周期和降低成本
缺点	①传动效率不高 ②接管不良造成液压油外泄,易污染,易引起火灾 ③油的黏度对温度较敏感 ④液压系统大量使用各式控制阀、接头及管子,为了防止泄漏损耗,元件的加工精度要求较高,维护要求较高

1.5 液压系统压力的单位及表示方法

(1) 压力的单位

压力 $p = \frac{F}{A}$ 和流量 $Q = vA$ 是液压系统的两个重要概念。压力单位是帕 Pa (N/m^2)。1at (工程大气压) = $1\text{kgf}/\text{cm}^2 \approx 0.1\text{MPa}$; $1\text{bar} = 0.1\text{MPa}$, 如图 1-10 所示。

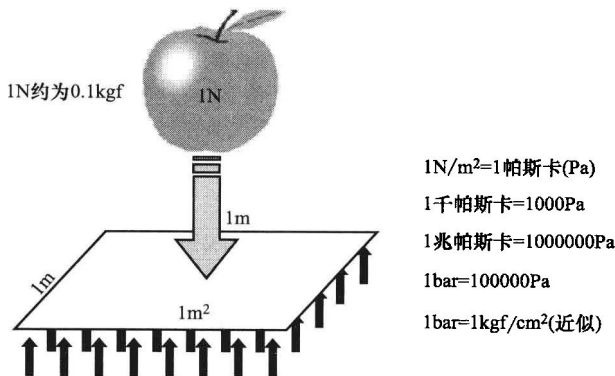


图 1-10 压力单位表示图

(2) 压力的表示方法

压力的几种表述如图 1-11 所示。

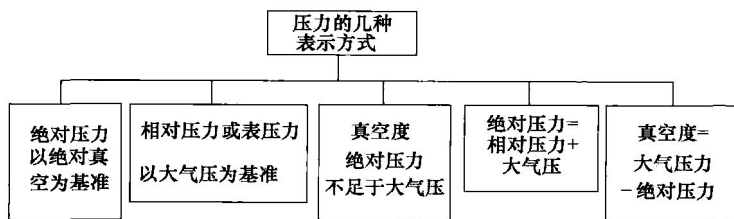


图 1-11 压力的表示方法

1.6 液压传动在机械中的应用

液压技术对现代社会中人们的日常生活、工农业生产、科学研究活动正起着越来越重要

的作用,已成为现代机械设备和装置中的基本技术构成、现代控制工程的基本技术要素和工业及国防自动化的重要手段,并在国民经济各行业以及几乎所有技术领域中日益广泛应用,应用领域及特点见表 1-4 所示。

由于液压传动及控制技术具有独特的优点,因此从民用到国防,从一般传动系统到精度很高的控制系统,都得到了广泛的应用,近 30 年尤其如此。

表 1-4 液压传动在机械中的应用实例

应用领域	应用范围示例
航空机械	航空机械着陆、行走机构的收放、发动机自动调速装置等就是用的液压传动,例如 B707 的行走机构消耗的功率是 150kW, B757 消耗的功率为 370kW。重量轻、操作安全性好、反应灵敏
土木、建设机械	土木、建设机械是液压传动应用最广的领域,约占液压机械中的 1/4~1/3,构造简单,在恶劣环境下能保持良好的工作状态。如打桩机、液压千斤顶、平地机、挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
车辆工程	如自卸式汽车,平板车,高空作业车,汽车中的转向器、减震器,港口龙吊,叉车,装卸机械,汽车吊车等
锻压机械	锻压机械是液压传动应用领域中的典型,在油压力作用下进行金属加工、粉末成型、加热成型等
冶金机械	熔融金属电炉自动控制系统、轧钢机的控制系统、平炉装料装置、转炉和高炉控制系统,带材跑偏及恒张力装置等都采用了液压技术
船舶工业	在船舶工业中,液压技术的应用也很普遍,如液压挖泥船、水翼船、气垫船和船舶辅助装置等
轻纺机械	在轻纺化工和食品行业,如纺织机、印刷机、塑料注射机、食品包装机和瓶装机等也采用了液压技术
机床机械	机床工业是应用液压技术最早的行业,目前机床传动系统有 85% 都采用了液压传动及控制技术,如磨床、刨床、铣床、插床、车床、剪床、组合机床和压力机等
军事机械	除飞机外,坦克的稳定系统、火炮随动系统、雷达无线扫描系统、军舰炮塔瞄准系统、稳定装置、导弹和火箭的发射控制系统等
矿山机械	在矿山工程机械中,普遍采用了液压技术,如采矿机械、掘进机、转载机、支护机械、履带推土机、自行铲运机等
农业机械	在拖拉机、联合收割机、农具悬挂系统等中普遍采用液压传动技术
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

近几年来,在太阳能跟踪系统、海浪模拟装置、船舶驾驶模拟系统、地震模拟装置、宇航环境模拟系统、核电站防震系统等高技术领域也采用了液压技术。

总之,一切工程领域,凡是有机械设备的场合,均可采用液压技术。在大功率和自动控制的场合,尤其需要采用液压技术,所以液压技术的应用前景十分光明。