

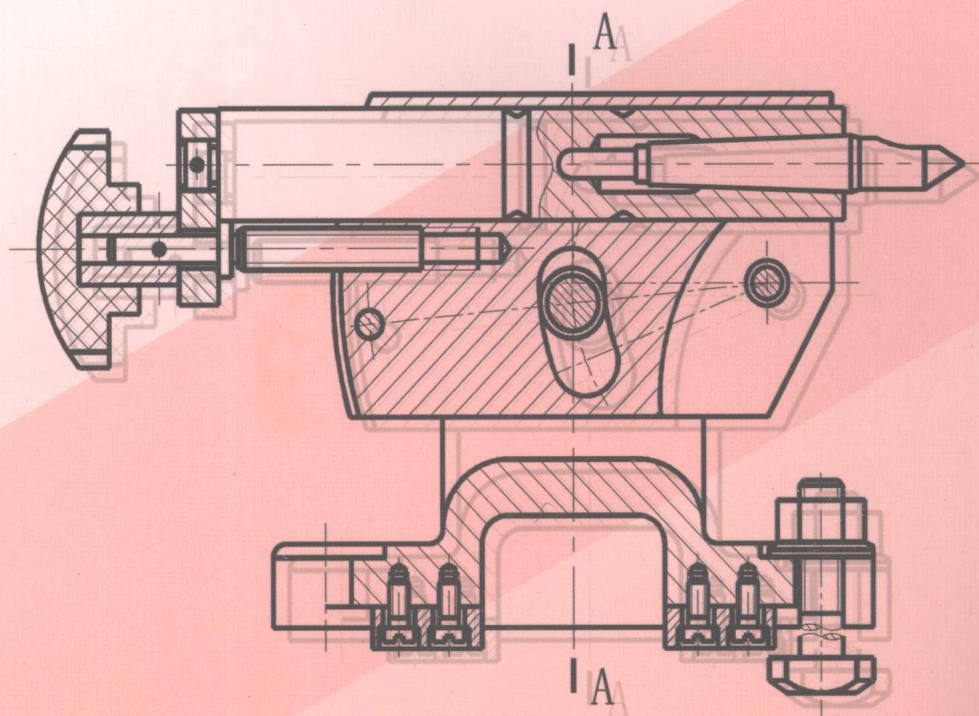


21世纪普通高等职业教育机械电子系列规划教材

21 SHI JI PU TONG GAO DENG ZHI YE JIAO YU JI XIE DIAN ZI XI LIE GUI HUA JIAO CAI

# 液压与气压传动技术

主编 董霞 孙振强



489



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

通高等职业教育机械电子系列规划教材

# 液压与气压传动技术

主 编 董 霞 孙振强  
副主编 王宜君 王宏元 黄仕彪  
编 委 卜祥安 王宏元 王宜君  
孙振强 李艳菲 胡才万  
黄仕彪 董 霞  
(编委排名以姓氏笔画为序)

苏工业学院图书馆  
藏书章



同济大学出版社

TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本书是按照我国高等职业技术学院机电类专业的教学需要而编写的,包括液压传动和气压传动两部分。全书共13章,主要内容包括:液压传动概论、液压流体力学基础、液压动力元件、液压执行元件、液压控制元件、液压辅助元件、液压基本回路、典型液压传动系统、气压传动基础、气动元件、气动基本回路、气动系统等。

本书注重基本概念与原理的讲解,强调理论知识的实际应用,突出应用能力和创新能力的培养。本书可作为高职高专机电类和近机电类专业的教学用书以及职工大学、函授学院、成人教育学院等机电类专业的教学用书,也可作为教师及企业相关工程技术人员参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动技术/董霞,孙振强主编. —上海:同济大学出版社,2009.5

ISBN 978-7-5608-3978-3

I. 液… II. ①董…②孙… III. ①液压传动—高等学校:技术学校—教材 ②气压传动—高等学校:技术学校—教材 IV. TH137 TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 038955 号

---

## 液压与气压传动技术

主 编 董 霞 孙振强

责任编辑 郁 峰 责任校对 徐春莲 封面设计 晨 宇 潘向葵

---

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)  
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)  
经 销 全国各地新华书店  
印 刷 同济大学印刷厂  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 13.25  
印 数 1—5100  
字 数 330 000  
版 次 2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5608-3978-3

---

定 价 20.00 元

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

# 21 世纪普通高等职业教育机械电子系列规划教材 编审委员会(第一批)

## 暨“普通高等职业教育机电专业 课程改革研究专家委员会”

### 总策划

张平官 宋 谨

### 总顾问/编委会主任

程大章(教育部高等学校高职高专机电设备技术类专业教学指导委员会委员)

### 编委会副主任(姓氏笔画为序)

马 彪 陈健巍 刘 骋 许立太 郭庆梁 艾小玲 耿海珍 康 力  
张琳琳 张国庆 何克祥 万文龙 邵永录 董 霞 孙振强

### 编委会委员(姓氏笔画为序)

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王文魁 | 牛 鑫 | 王 华 | 葛东霞 | 纪利琴 | 周 华 | 李代席 | 董 勇 |
| 马红奎 | 余佑财 | 张智芳 | 葛广军 | 汤银忠 | 刁统山 | 李虹飞 | 王晓华 |
| 孙玉峰 | 卜祥安 | 孙玉芹 | 梁 健 | 薛颖操 | 贾 磊 | 姜 凌 | 江 华 |
| 张爱华 | 金 莹 | 郭佳俊 | 李景龙 | 窦 涛 | 石 玉 | 尚庆宝 | 江桂荣 |
| 吉 庆 | 许西惠 | 吴承恩 | 滕旭东 | 姜 芳 | 童宏永 | 项 东 | 李汉平 |
| 葛乐清 | 孙春霞 | 姚 群 | 王宜君 | 王宏元 | 黄仕彪 | 胡才万 | 李艳菲 |

## 21 世纪普通高等职业教育机械电子系列规划教材 参编院校名录(第一批)

武汉职业技术学院(国家示范性高职院校)  
兰州石化职业技术学院(国家示范性高职院校)  
吉林工业职业技术学院(国家示范性高职院校)  
大庆职业学院(国家示范性高职院校)  
徐州建筑职业技术学院(国家示范性高职院校)  
永州职业技术学院(国家示范性高职院校)  
河南职业技术学院(国家示范性高职院校)  
陕西工业职业技术学院(国家示范性高职院校)  
常州机电职业技术学院(中国机械工业教育协会高职中专分会理事单位)  
南京铁道职业技术学院(中国职教学会轨道交通专委会高职教育研究会理事单位)

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| 台州职业技术学院        | 济南职业学院         |
| 辽宁信息职业技术学院      | 江西工程职业学院       |
| 德州科技职业学院        | 盐城纺织职业技术学院     |
| 贵州电子信息职业技术学院    | 济源职业技术学院       |
| 山东胜利职业学院        | 咸宁职业技术学院       |
| 广州现代信息工程职业技术学院  | 贵州航天职业技术学院     |
| 济南工程职业技术学院      | 青岛滨海学院         |
| 抚顺职业技术学院        | 辽宁石油化工大学职业技术学院 |
| 连云港职业技术学院       | 商丘科技职业学院       |
| 咸阳职业技术学院        | 浙江工商职业技术学院     |
| 重庆城市职业学院        | 郑州工业安全职业学院     |
| 安徽新华学院          | 黑龙江工商职业技术学院    |
| 河南城建学院(原平顶山工学院) | 永城职业学院         |
| 重庆交通科技职业学院      |                |

# 前 言

高等职业技术教育培养的专业人才应具有工程实践能力,所用教材要着重于学生技术能力的培养。因此,从工程应用的角度出发,编写一本易懂、实用、有利于培养学生应用技能的教材,是本书作者的初衷。

全书包括液压传动和气压传动两部分共 13 章内容。本教材具有以下特点:

1. 内容适度,易懂。在内容取舍方面,一是把握了基础理论以必需和够用为度;二是力求在理论分析时,简化理论推导,注重分析方法、结论及其应用。

2. 注重实用性。为培养学生的动手能力和加强职业训练,本教材在相关章节增加了实训内容。通过实习、实训,一方面,使学生搞清楚结构图上难以表达的复杂结构和空间油路,加深对液压元件结构和工作原理的理解;另一方面,使学生感性认识零件的材料、外形尺寸、零部件拆装方法等知识。此外,考虑到高职、高专学生毕业后主要从事技术应用工作,所以,本教材删除了传统教材中的“液压系统设计”的内容。

3. 各章均编写了小结和习题,以指导学生学习 and 巩固所学知识,培养学生分析问题和解决问题的能力。

4. 本书配有配套电子课件。该课件内容丰富,里面有大量图片、动画。使复杂内容变得形象生动,有利于教师教学和学生自学。

本书主要适合于高职、高专学生使用,也可作为工程技术人员参考用书。

本书主编为董霞、孙振强。参加编写的还有卜祥安、胡才万、黄仕彪、李艳菲、王宏元、王宜君等人。

由于编者水平有限,书中难免存在不足和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 4 月

## Contents

# 目 录

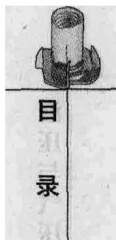
### 前言

|          |                       |          |
|----------|-----------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>液压传动概述 .....</b>   | <b>1</b> |
| 1.1      | 液压传动组成 / 1            |          |
| 1.1.1    | 液压传动的工作原理 / 1         |          |
| 1.1.2    | 液压传动系统的组成 / 2         |          |
| 1.1.3    | 液压传动系统图的图形符号 / 3      |          |
| 1.2      | 液压传动的优缺点 / 3          |          |
| 1.3      | 液压传动的应用 / 4           |          |
| <b>2</b> | <b>液压传动基础知识 .....</b> | <b>6</b> |
| 2.1      | 液压传动工作介质 / 6          |          |
| 2.1.1    | 液压油的主要性质 / 6          |          |
| 2.1.2    | 液压油的选用 / 8            |          |
| 2.2      | 液体静力学基础 / 10          |          |
| 2.2.1    | 液体的压力 / 10            |          |
| 2.2.2    | 压力决定于负载原理 / 11        |          |
| 2.2.3    | 液体对固体壁面的作用力 / 12      |          |
| 2.3      | 液体动力学 / 12            |          |
| 2.3.1    | 基本概念 / 12             |          |
| 2.3.2    | 流量连续性方程 / 15          |          |
| 2.3.3    | 伯努利方程 / 15            |          |
| 2.3.4    | 动量方程 / 17             |          |
| 2.4      | 液体流动时的压力损失 / 18       |          |
| 2.4.1    | 沿程压力损失 / 18           |          |



|          |                      |           |
|----------|----------------------|-----------|
| 2.4.2    | 局部压力损失 / 19          |           |
| 2.4.3    | 管路系统的总压力损失 / 19      |           |
| 2.5      | 小孔和缝隙流量 / 19         |           |
| 2.5.1    | 小孔流量 / 20            |           |
| 2.5.2    | 缝隙流量 / 20            |           |
| 2.6      | 液压冲击和气穴现象 / 22       |           |
| 2.6.1    | 液压冲击 / 22            |           |
| 2.6.2    | 气穴现象 / 23            |           |
| <b>3</b> | <b>液压动力元件 .....</b>  | <b>25</b> |
| 3.1      | 液压泵基本概念 / 25         |           |
| 3.1.1    | 容积式液压泵的工作原理 / 25     |           |
| 3.1.2    | 液压泵的主要性能参数 / 26      |           |
| 3.2      | 齿轮泵 / 29             |           |
| 3.2.1    | 外啮合齿轮泵的工作原理 / 29     |           |
| 3.2.2    | 齿轮泵的结构 / 30          |           |
| 3.2.3    | 齿轮泵的排量 and 流量计算 / 31 |           |
| 3.2.4    | 齿轮泵存在的问题 / 31        |           |
| 3.2.5    | 内啮合齿轮泵 / 33          |           |
| 3.3      | 叶片泵 / 34             |           |
| 3.3.1    | 单作用叶片泵 / 34          |           |
| 3.3.2    | 双作用叶片泵 / 35          |           |
| 3.3.3    | 限压式变量叶片泵 / 38        |           |
| 3.4      | 柱塞泵 / 39             |           |
| 3.4.1    | 径向柱塞泵 / 40           |           |
| 3.4.2    | 轴向柱塞泵 / 41           |           |
| 3.5      | 液压泵的选用 / 42          |           |
| 3.6      | 液压泵拆装实训 / 43         |           |
| <b>4</b> | <b>液压执行元件 .....</b>  | <b>46</b> |
| 4.1      | 液压马达 / 46            |           |
| 4.1.1    | 液压马达的分类及特点 / 46      |           |
| 4.1.2    | 液压马达的性能参数 / 47       |           |
| 4.1.3    | 液压马达的工作原理 / 49       |           |





- 4.2 液压缸 / 50
  - 4.2.1 液压缸的类型和特点 / 51
  - 4.2.2 液压缸的典型结构和组成 / 55
- 4.3 液压马达和液压缸拆装实训 / 60
  - 4.3.1 液压马达的拆装实训 / 60
  - 4.3.2 液压缸的拆装实验 / 61

## 5 液压控制阀 ..... 63

- 5.1 液压控制阀概述 / 63
  - 5.1.1 液压控制阀的基本结构与原理 / 63
  - 5.1.2 液压控制阀的分类 / 63
  - 5.1.3 液压阀的性能参数 / 65
  - 5.1.4 对液压阀的基本要求 / 65
- 5.2 方向控制阀 / 65
  - 5.2.1 单向阀 / 65
  - 5.2.2 换向阀 / 66
- 5.3 压力控制阀 / 71
  - 5.3.1 溢流阀 / 71
  - 5.3.2 减压阀 / 74
  - 5.3.3 顺序阀 / 75
  - 5.3.4 压力继电器 / 77
- 5.4 流量控制阀 / 78
  - 5.4.1 流量控制阀的节流特性 / 78
  - 5.4.2 节流阀 / 80
  - 5.4.3 调速阀 / 80
- 5.5 新型控制阀 / 81
  - 5.5.1 电液比例阀 / 81
  - 5.5.2 插装阀 / 83
- 5.6 叠加阀 / 85

## 6 液压辅助元件 ..... 87

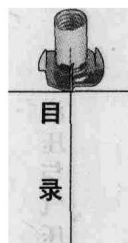
- 6.1 蓄能器 / 87
  - 6.1.1 蓄能器的类型和结构 / 87
  - 6.1.2 蓄能器的功用 / 88



- 6.1.3 蓄能器的使用和安装 / 89
- 6.2 滤油器 / 89
  - 6.2.1 滤油器的功用和基本要求 / 89
  - 6.2.2 滤油器的类型和结构 / 89
  - 6.2.3 滤油器的选用和安装 / 91
- 6.3 油箱 / 92
  - 6.3.1 油箱的功用和结构 / 92
  - 6.3.2 设计时的注意事项 / 92
- 6.4 油管 and 接头 / 93
  - 6.4.1 油管 / 93
  - 6.4.2 接头 / 94
- 6.5 密封装置 / 96
  - 6.5.1 对密封装置的要求 / 96
  - 6.5.2 密封装置的类型和特点 / 96

## 7 液压基本回路 ..... 100

- 7.1 方向控制回路 / 100
  - 7.1.1 换向回路 / 100
  - 7.1.2 锁紧回路 / 101
- 7.2 压力控制回路 / 101
  - 7.2.1 调压回路 / 102
  - 7.2.2 减压回路 / 103
  - 7.2.3 增压回路 / 103
  - 7.2.4 卸荷回路 / 104
  - 7.2.5 保压回路 / 105
  - 7.2.6 平衡回路 / 106
- 7.3 速度控制回路 / 107
  - 7.3.1 调速原理及分类 / 107
  - 7.3.2 快速运动回路 / 114
  - 7.3.3 速度换接回路 / 115
- 7.4 多缸工作控制回路 / 116
  - 7.4.1 顺序动作回路 / 116
  - 7.4.2 同步回路 / 118
  - 7.4.3 多缸快慢速互不干扰回路 / 120



- 7.5 液压回路实验 / 120
  - 7.5.1 液控单向阀的双向锁紧回路 / 120
  - 7.5.2 二级压力控制回路 / 122
  - 7.5.3 回油节流调速回路 / 123

## 8 典型液压系统..... 128

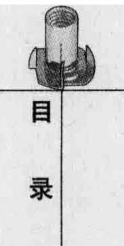
- 8.1 组合机床动力滑台液压系统 / 129
  - 8.1.1 概述 / 129
  - 8.1.2 YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理 / 130
  - 8.1.3 YT4543 动力滑台液压系统的特点 / 131
- 8.2 M1432A 型万能外圆磨床液压系统 / 132
  - 8.2.1 M1432A 型万能外圆磨床液压系统的功能 / 132
  - 8.2.2 M1432A 型万能外圆磨床液压系统的工作原理 / 132
  - 8.2.3 M1432A 型万能外圆磨床液压系统的特点 / 135
- 8.3 压力机液压系统 / 136
  - 8.3.1 概述 / 136
  - 8.3.2 3 150 kN 通用压力机液压系统工作原理 / 136
  - 8.3.3 3 150 kN 通用压力机液压系统的特点 / 139
- 8.4 汽车起重机液压系统 / 140
  - 8.4.1 概述 / 140
  - 8.4.2 汽车起重机液压系统工作原理 / 140
  - 8.4.3 汽车起重机液压系统的特点 / 144

## 9 气压传动基础知识..... 147

- 9.1 气压传动系统的组成及工作原理 / 147
- 9.2 气压传动的特点及应用 / 148
  - 9.2.1 气压传动的特点 / 148
  - 9.2.2 气动技术的应用和发展 / 149
- 9.3 空气的基本性质 / 150
  - 9.3.1 空气的组成和性质 / 150
  - 9.3.2 理想气体的状态方程 / 151



|           |                        |            |
|-----------|------------------------|------------|
| <b>10</b> | <b>气源装置及辅助装置 .....</b> | <b>153</b> |
| 10.1      | 气源装置 / 153             |            |
| 10.1.1    | 气压发生装置 / 154           |            |
| 10.1.2    | 压缩空气的净化装置和设备 / 155     |            |
| 10.1.3    | 管道系统 / 156             |            |
| 10.1.4    | 气动三大件 / 156            |            |
| 10.2      | 气动辅件 / 157             |            |
| 10.2.1    | 消声器 / 157              |            |
| 10.2.2    | 管道连接件 / 158            |            |
| <br>      |                        |            |
| <b>11</b> | <b>气缸与气马达 .....</b>    | <b>159</b> |
| 11.1      | 气缸 / 159               |            |
| 11.1.1    | 气缸的分类 / 159            |            |
| 11.1.2    | 普通气缸 / 159             |            |
| 11.1.3    | 特殊气缸 / 161             |            |
| 11.1.4    | 气缸的选用 / 163            |            |
| 11.2      | 气马达 / 164              |            |
| <br>      |                        |            |
| <b>12</b> | <b>气动控制元件 .....</b>    | <b>167</b> |
| 12.1      | 压力控制阀 / 167            |            |
| 12.1.1    | 减压阀 / 167              |            |
| 12.1.2    | 溢流阀 / 169              |            |
| 12.1.3    | 顺序阀 / 170              |            |
| 12.2      | 流量控制阀 / 172            |            |
| 12.2.1    | 节流阀 / 172              |            |
| 12.2.2    | 单向节流阀 / 172            |            |
| 12.2.3    | 排气节流阀 / 173            |            |
| 12.2.4    | 流量控制阀的选用 / 173         |            |
| 12.3      | 方向控制阀 / 174            |            |
| 12.3.1    | 换向型方向控制阀 / 174         |            |
| 12.3.2    | 单向型方向控制阀 / 176         |            |
| 12.4      | 气动逻辑元件 / 177           |            |
| 12.4.1    | 气动逻辑元件的分类及特点 / 178     |            |



- 12.4.2 高压截止式逻辑元件 / 178
- 12.4.3 气动逻辑元件的应用举例 / 180

|           |                               |            |
|-----------|-------------------------------|------------|
| <b>13</b> | <b>气动基本回路 with 气动系统 .....</b> | <b>182</b> |
| 13.1      | 压力控制回路 / 182                  |            |
| 13.2      | 方向控制回路 / 183                  |            |
| 13.3      | 速度控制回路 / 184                  |            |
| 13.4      | 其他控制回路 / 185                  |            |
| 13.5      | 气动系统实例 / 187                  |            |
| <b>附录</b> | <b>.....</b>                  | <b>190</b> |



# 液压传动概述

液压传动是利用受压液体作为介质来传递运动和动力的一种传动方式。与机械传动相比,液压传动具有许多优点,所以得到了广泛应用。近年来,液压传动与微电子技术、计算机技术密切结合,使液压传动技术的发展进入了一个新的阶段,成为发展速度最快的技术之一。

## 【本章学习目标】

1. 掌握液压传动的工作原理;
2. 掌握液压传动的组成;
3. 了解液压传动的优缺点及应用。

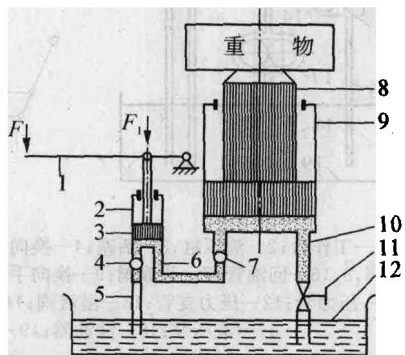
## 1.1 液压传动组成

液压传动,是以液压油液为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式。它通过各种元件组成不同功能的基本回路,再由若干基本回路有机地组合成具有一定控制功能的传动系统。

### 1.1.1 液压传动的工作原理

液压传动的工作原理,我们可以用一个液压千斤顶的工作原理来进行说明。

图 1-1-1 所示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,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 输入举升大油缸 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



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

图 1-1-1 液压千斤顶工作原理图



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下腔,使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11,举升缸下腔的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱,重物就向下移动。这就是液压千斤顶的工作原理。

通过对上面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。液压传动是利用有压力的油液作为传递动力的工作介质。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。大活塞 8 举升的速度取决于单位时间内流入大油缸 9 中油容积的多少。由此可见,液压传动是一个不同能量的转换过程。

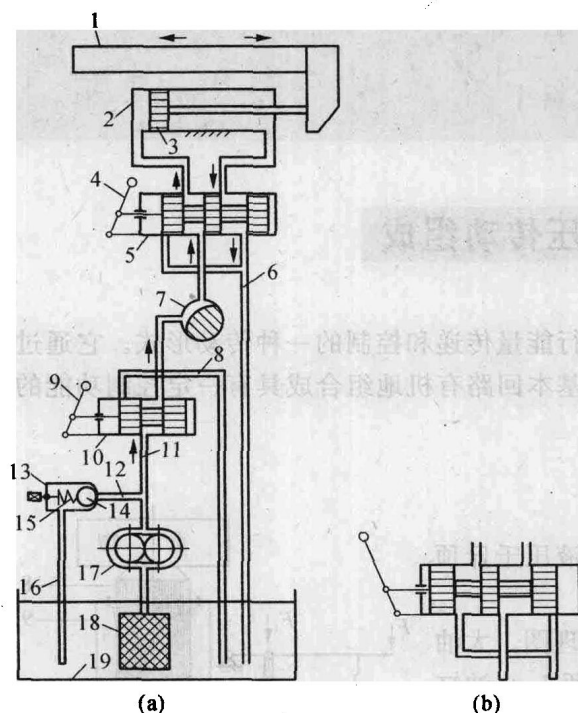
### 1.1.2 液压传动系统的组成

液压千斤顶是一种简单的液压传动装置。下面分析一种驱动工作台的液压传动系统。如图 1-1-2 所示,它由油箱 19、滤油器 18、液压泵 17、溢流阀 13、换向阀 10、节流阀 7、换向阀 5、液压缸 2 以及连接这些元件的油管 6、8、11、12、16 和接头组成。其工作原理如下:液压泵 17 由电动机驱动后,从油箱 19 中吸油。油液经滤油器 18 进入液压泵 17,油液在泵腔中从入口低压到泵出口高压,在图 1-1-2(a)所示状态下,通过换向阀 10、节流阀 7、换向阀 5 进入液压缸 2 左腔,推动

活塞 3 使工作台 1 向右移动。这时,液压缸 2 右腔的油经换向阀 5 和回油管 6 排回油箱 19。

如果将换向阀 5 的手柄转换成图 1-1-2(b)所示状态,则压力管中的油将经过换向阀 10、节流阀 7 和换向阀 10 进入液压缸 2 右腔,推动活塞 3 使工作台 1 向左移动,并使液压缸 2 左腔的油经换向阀 10 和回油管 6 排回油箱。

工作台 1 的移动速度是通过节流阀 7 来调节的。当节流阀 7 开大时,进入液压缸 2 的油量增多,工作台 1 的移动速度增大;当节流阀 7 关小时,进入液压缸 2 的油量减小,工作台 1 的移动速度减小。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原理——压力决定于负载。



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—换向手柄;10—换向阀;  
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

图 1-1-2 机床工作台液压系统工作原理图

从机床工作台液压系统的工作过程可以看出,一个完整的、能够正常工作的液压系统,应该由以下五个主要部分来组成:



(1) 能源装置 它是供给液压系统压力油、把机械能转换成液压能的装置。最常见的形式是液压泵。如图 1-1-2 中所示液压泵 17。

(2) 执行装置 它是把液压能转换成机械能的装置。其形式有作直线运动的液压缸,有作回转运动的液压马达,它们又称为液压系统的执行元件。如图 1-1-2 中所示液压缸 2。

(3) 控制调节装置 它是对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置。如图 1-1-2 中所示溢流阀 13、节流阀 7、换向阀 5 和 10 等。

(4) 辅助装置 上述三部分之外的其他装置,如图 1-1-2 中所示油箱 19、滤油器 18、油管 6、8、11、12、16 等。它们对保证系统正常工作是必不可少的。

(5) 工作介质 传递能量的流体。液压系统以液压油作为工作介质。

### 1.1.3 液压传动系统图的图形符号

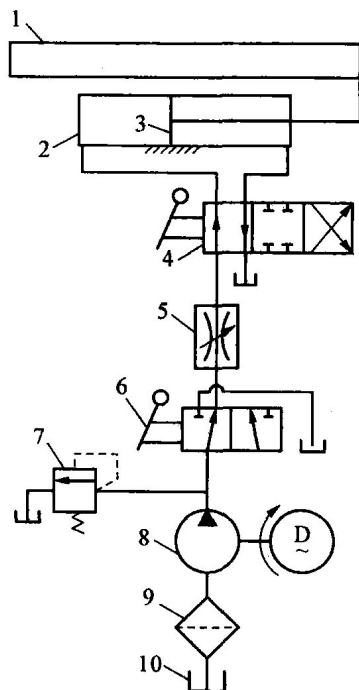
图 1-1-2 所示液压系统是一种半结构式的工作原理图,它有直观性强、容易理解的优点,当液压系统发生故障时,根据原理图检查十分方便,但图形比较复杂,绘制比较麻烦。我国已经制定了一种用规定的图形符号来表示液压原理图中的各元件和连接管路的国家标准,即 GB/T786.1—93《液压系统图图形符号》。我国制订的液压系统图图形符号中,对于这些图形符号有以下几条基本规定:

(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。

(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 1-1-3 所示为图 1-1-2(a) 所示系统用国标 GB/T786.1—93《液压系统图图形符号》绘制的工作原理图。使用这些图形符号,可使液压系统图简单明了,且便于绘制。国标 GB/T786.1—93《液压系统图图形符号》见本书附录。



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

图 1-1-3 机床工作台液压系统的图形符号图

## 1.2 液压传动的优缺点

1. 液压传动之所以能得到广泛的应用,是由于它具有以下优点:

(1) 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,这是比机械传动优越的地方。

(2) 液压传动装置的重量轻、结构紧凑、惯性小。





(3) 可在大范围内实现无级调速。借助阀或变量泵、变量马达,可以实现无级调速,调速范围可达 $1:2\,000$ ,并可在液压装置运行的过程中进行调速。

(4) 传递运动均匀平稳,负载变化时,速度较稳定。

(5) 液压装置借助于设置溢流阀等易于实现过载保护,同时,液压件能自行润滑,因此,使用寿命长。

(6) 液压传动借助于各种控制阀容易实现自动化,特别是采用液压控制和电气控制结合使用时,能很容易地实现复杂的自动工作循环,而且可以实现遥控。

(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. 液压传动的缺点如下:

(1) 由于液压系统中的漏油等因素,影响了运动的平稳性和正确性,使得液压传动不能保证严格的传动比。

(2) 液压传动对油温的变化比较敏感,温度变化时,液体粘性变化,引起运动特性的变化,使得工作的稳定性受到影响,所以,它不宜在温度变化很大的环境条件下工作。

(3) 为了减少泄漏,以及为了满足某些性能上的要求,液压元件的配合件制造精度要求较高,加工工艺较复杂。

(4) 液压传动要求有单独的能源,不如电源那样使用方便。

(5) 液压系统发生故障不易检查和排除。

(6) 不宜远距离输送动力。

总的说来,液压传动的优点是十分突出的,它的缺点将随着技术水平的发展而逐渐得到克服。例如,可以将液压与气压传动、电力传动、机械传动合理地联合使用,构成气液、电液、机液等联合传动,以进一步发挥各自的优点,相互补充,弥补某些不足之处。

## 1.3 液压传动的应用

液压传动在机械设备中的应用非常广泛。有的设备是利用其能传递大的动力,且结构简单,体积小、重量轻的优点,如工程机械、矿山机械、冶金机械等;有的设备是利用它操纵控制方便、能较容易地实现较复杂工作循环的优点,如各类金属切削机床、轻工机械、运输机械、军工机械、各类装载机等。液压传动在其他机械工业部门的应用情况见表1-3-1。

表1-3-1

液压传动在各类机械行业中的应用实例

| 行业名称   | 应用场所举例                          |
|--------|---------------------------------|
| 工程机械   | 挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等            |
| 机床工业   | 磨床、铣床、刨床、拉床、自动和半自动车床、组合机床、数控机床等 |
| 起重运输机械 | 汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等        |
| 矿山机械   | 凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等       |
| 建筑机械   | 打桩机、液压千斤顶、平地机等                  |