

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

机 械 基 础 系 列

21

# 液压与气压传动 技术基础

刘惠鑫 王晓方 主编

清华大学出版社

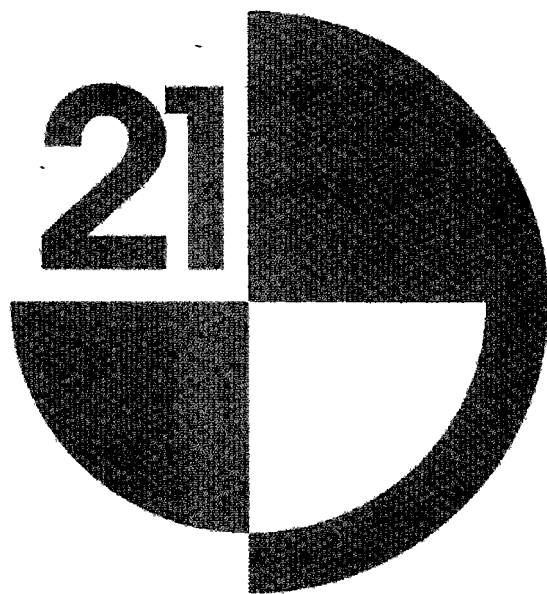


21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

机 械 基 础 系 列

# 液压与气压传动 技术基础

刘惠鑫 王晓方 主编



清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书内容共分为9章,系统地讲述了液压传动与气压传动技术的基本理论及其应用,其内容包括:液压与气压传动的工作介质、工作原理、系统组成、分类及特性,液压泵与液压马达、空气压缩机与气压马达的原理、性能及其选用,液压缸与气压缸的结构、特性和设计计算,液压控制阀和气压控制阀的分类、特性及其选用,液压与气压基本回路,典型液压与气压系统分析,液压与气压传动系统设计,液压与气压系统的安装调试与使用维护等内容。

本书是21世纪高职高专规划教材机械基础系列,既可作为高职高专院校机电类专业的教材,又可作为应用型本科、成人高等教育等有关专业的教学用书,还可以供工程技术人员学习、参考之用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动技术基础/刘惠鑫,王晓方主编. —北京:清华大学出版社,2009.7

21世纪高职高专规划教材.机械基础系列

ISBN 978-7-302-19988-5

I. 液… II. ①刘… ②王… 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059694号

责任编辑:朱怀永

责任校对:刘 静

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.75 字 数:428千字

版 次:2009年7月第1版 印 次:2009年7月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.00元

---

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:025186-01

# 出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版了“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立了“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来自教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件和政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者由具有丰富的教学经验和多年实践经历的教师共同组成,建立“双师型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

#### • 公共基础课

公共基础课系列

#### • 计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

#### • 电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

#### • 机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

#### • 经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

国际商务系列

#### • 服务类

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail: gzgz@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量的教材。

高职高专教育教材编审委员会

# 前言

## 液压与气压传动技术基础

液压与气压传动技术在当今的机电类行业中应用非常广泛,是高等院校机电类专业学生必修的一门重要的技术基础课程,随着技术的进步和发展,课程的相应内容也必须进行同步地调整和整合。为此,本教材把液压和气压结合起来,把传动和控制结合起来进行介绍,尽可能反映当今实际的技术应用情况,加强教材的实用性和针对性,使之更加适应高职高专教学的实际需要,更有利于培养学生分析问题和解决问题的能力。

本教材内容共分9章,第1章主要介绍了液压与气压传动的原理、组成与特点、液压油和流体力学应用知识、空气的性质与气动计算;第2~5章重点介绍了常用液压泵与液压马达、空气压缩机与气压马达、动力缸、控制阀、液压与气压辅助元件的结构、工作原理及其选用;第6章介绍了液压与气压基本回路;第7章介绍了典型液压与气压系统的分析;第8章介绍了液压与气压传动系统设计;第9章介绍了液压与气压系统的安装调试与使用维护。

本教材在编写过程中,充分考虑应用本科和高等职业教育注重能力培养的特点,突出内容的实用性和应用性;并以当前实际应用的新技术为背景,取材尽可能新颖、实用;此外,在内容安排上贯彻“够用为度”的原则,删去了大量的纯理论讲述和公式推导,并尽可能简化系统设计环节的内容,而更多地论述生产实际中的一些应用问题,使学生易学易懂。

本教材由沈阳理工大学应用技术学院刘惠鑫、王晓方主编,广东机电职业技术学院施振金担任副主编。各章的编写情况是:第1章、第6章由刘惠鑫编写;第2~5章由王晓方编写;第7、8章由施振金编写;第9章由广东机电职业技术学院王浩编写。全书由刘惠鑫最后统稿审核。本教材在编写过程中得到了洪英发副教授(沈阳理工大学)、赵艳红副教授(沈阳理工大学应用技术学院)、武丹老师(沈阳理工大学应用技术学院)的大力支持和帮助,在此表示衷心地感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2009年1月

# 目 录

## 液压与气压传动技术基础

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 液压与气压传动概论及传动基础</b>      | <b>1</b>  |
| 1.1 液压与气压传动的工作原理及工作特点            | 1         |
| 1.2 液压与气压传动系统的组成、分类及图形符号         | 4         |
| 1.3 液压与气压传动技术的应用与发展              | 7         |
| 1.4 流体及物理性质                      | 8         |
| 1.4.1 流体的概念                      | 8         |
| 1.4.2 流体的物理性质                    | 8         |
| 1.5 液压油的性质及选用                    | 10        |
| 1.6 流体静力学基础                      | 14        |
| 1.7 气体的性质及状态方程                   | 17        |
| 1.8 流体动力学基础                      | 19        |
| 1.9 流体在管路中流动时的特性                 | 23        |
| 1.9.1 液体在管路中的流动特性                | 23        |
| 1.9.2 气体在管路中的流动特性                | 26        |
| 1.10 流体流经孔口和缝隙的流量                | 29        |
| 1.11 液压冲击和气穴现象                   | 34        |
| 思考与练习 1                          | 36        |
| <b>第 2 章 液压泵与液压马达、空气压缩机与气压马达</b> | <b>38</b> |
| 2.1 液压泵和液压马达的工作原理                | 38        |
| 2.2 液压泵与液压马达的性能参数                | 39        |
| 2.3 常用液压泵与液压马达及其选用               | 42        |
| 2.3.1 齿轮泵和齿轮马达                   | 42        |
| 2.3.2 叶片泵和叶片马达                   | 49        |
| 2.3.3 柱塞泵和柱塞马达                   | 58        |
| 2.3.4 其他液压泵和液压马达                 | 64        |
| 2.3.5 液压泵和液压马达的选用                | 66        |
| 2.4 空气压缩机与气压马达及其选用               | 68        |
| 2.4.1 空气压缩机                      | 68        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 2.4.2 气压马达 .....             | 71         |
| 思考与练习 2 .....                | 74         |
| <b>第 3 章 动力缸 .....</b>       | <b>76</b>  |
| 3.1 液压缸 .....                | 76         |
| 3.2 气压缸 .....                | 83         |
| 3.3 动力缸的设计计算 .....           | 87         |
| 3.3.1 液压缸的设计计算 .....         | 87         |
| 3.3.2 气压缸的设计计算 .....         | 93         |
| 思考与练习 3 .....                | 94         |
| <b>第 4 章 控制阀 .....</b>       | <b>96</b>  |
| 4.1 控制阀的分类及特性 .....          | 96         |
| 4.2 常用液压控制阀及其选用 .....        | 99         |
| 4.2.1 方向控制阀 .....            | 99         |
| 4.2.2 压力控制阀 .....            | 109        |
| 4.2.3 流量控制阀 .....            | 119        |
| 4.2.4 液压控制阀的选用 .....         | 122        |
| 4.3 常用气压控制阀及其选用 .....        | 123        |
| 4.3.1 压力控制阀 .....            | 123        |
| 4.3.2 流量控制阀 .....            | 128        |
| 4.3.3 方向控制阀 .....            | 129        |
| 4.4 自动控制阀和阀的集成化配置 .....      | 130        |
| 4.4.1 电液比例控制阀 .....          | 131        |
| 4.4.2 电液数字控制阀 .....          | 133        |
| 4.4.3 插装阀 .....              | 133        |
| 4.4.4 叠加阀 .....              | 137        |
| 思考与练习 4 .....                | 142        |
| <b>第 5 章 液压与气压辅助元件 .....</b> | <b>146</b> |
| 5.1 密封元件 .....               | 146        |
| 5.1.1 密封的分类及基本原理 .....       | 146        |
| 5.1.2 几种常见的密封元件 .....        | 147        |
| 5.1.3 其他密封元件 .....           | 150        |
| 5.1.4 密封元件的选择 .....          | 152        |
| 5.2 液压系统主要辅助元件 .....         | 153        |
| 5.2.1 滤油器 .....              | 153        |
| 5.2.2 油箱 .....               | 159        |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 5.2.3 蓄能器                | 161        |
| 5.2.4 热交换器               | 165        |
| 5.2.5 油管和管接头             | 167        |
| 5.3 气压系统主要辅助元件           | 172        |
| 5.3.1 气源装置的组成和工作原理       | 172        |
| 5.3.2 其他辅助元件             | 175        |
| 思考与练习 5                  | 179        |
| <b>第 6 章 液压与气压基本回路</b>   | <b>181</b> |
| 6.1 液压传动压力控制回路           | 181        |
| 6.2 液压传动速度控制回路           | 188        |
| 6.2.1 调速回路               | 188        |
| 6.2.2 增速回路               | 197        |
| 6.2.3 速度换接回路             | 199        |
| 6.3 液压传动方向控制回路           | 201        |
| 6.4 液压传动多缸控制回路           | 202        |
| 6.4.1 顺序动作回路             | 202        |
| 6.4.2 同步动作回路             | 203        |
| 6.5 液压逻辑回路               | 206        |
| 6.6 气动基本回路               | 207        |
| 思考与练习 6                  | 215        |
| <b>第 7 章 典型液压与气压系统分析</b> | <b>220</b> |
| 7.1 组合机床动力滑台液压系统         | 220        |
| 7.2 Q2-8 型汽车起重机液压系统      | 223        |
| 7.3 SZ-250A 型塑料注射成形机液压系统 | 226        |
| 7.4 射芯机气动系统              | 230        |
| 7.5 气动机械手的气动系统           | 232        |
| 思考与练习 7                  | 233        |
| <b>第 8 章 液压与气压传动系统设计</b> | <b>235</b> |
| 8.1 液压传动系统设计             | 235        |
| 8.1.1 设计原则和依据            | 235        |
| 8.1.2 主要参数的确定            | 236        |
| 8.1.3 拟定液压系统原理图,选择液压元件   | 239        |
| 8.1.4 液压系统的性能验算          | 242        |
| 8.1.5 绘制正式工作图、编写技术文件     | 244        |
| 8.1.6 典型液压系统设计计算实例       | 244        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 8.2 气动系统设计 .....                     | 248        |
| 8.2.1 气动系统设计的主要内容及步骤 .....           | 248        |
| 8.2.2 行程程序回路设计概述 .....               | 251        |
| 8.2.3 多缸单往复行程程序回路设计 .....            | 253        |
| 8.2.4 多缸多往复行程程序回路设计 .....            | 259        |
| 8.2.5 气压系统设计应注意的问题 .....             | 261        |
| 思考与练习 8 .....                        | 262        |
| <b>第 9 章 液压与气压系统的安装调试与使用维护 .....</b> | <b>263</b> |
| 9.1 液压系统的安装与调试 .....                 | 263        |
| 9.1.1 系统的安装与清洗 .....                 | 263        |
| 9.1.2 系统的调试 .....                    | 265        |
| 9.2 液压系统的使用与维护 .....                 | 266        |
| 9.3 液压系统及其元件常见故障的排除方法 .....          | 267        |
| 9.4 气压系统的安装调试与使用维护 .....             | 275        |
| 9.5 气压系统主要元件的常见故障及其排除方法 .....        | 277        |
| 思考与练习 9 .....                        | 281        |
| <b>附录 液压传动与气压传动常用图形符号 .....</b>      | <b>282</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                    | <b>287</b> |

# 液压与气压传动概论及传动基础

## 1.1 液压与气压传动的工作原理及工作特点

液压与气压传动技术是研究以流体作为工作介质来实现传动和控制的技术。它们的工作原理基本相同,这里以综合对比的方法来论述。

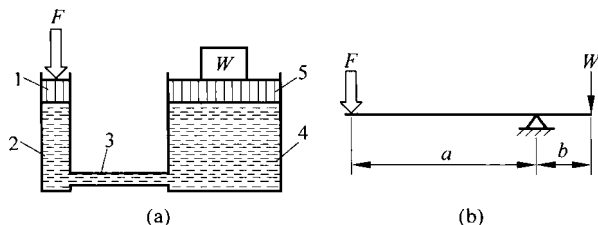
### 1. 液压传动的工作原理

图 1-1(a)是简化的液压系统原理图。它是利用液体的压力来传递动力的。两个直径不同的液压缸 2 和 4 之间用管道 3 连通,缸内各有一个与内壁紧密配合的活塞 1 和 5 构成了密封容积,并都充满了液体。如果活塞 5 上有重量为  $W$  的重物,则活塞 1 上施加的力  $F$  达到一定值时,就能防止重物的下降。当活塞 1 在力  $F$  作用下向下运动时,重物  $W$  将随之向上运动。也就是说,密封容积中的液体可以传递力和运动。在传动过程中密封容积的液体受到挤压,产生一定压力,作用在活塞上,设活塞 1 和活塞 5 的面积分别为  $A_1$  和  $A_2$ ,则活塞 1 单位面积上受到的压力为  $p_1 = F/A_1$ ,活塞 5 单位面积上受到的压力  $p_2 = W/A_2$ 。根据流体力学的帕斯卡定律“平衡液体内某一点的压力值能等值的传递到密闭液体各点”,则有

$$p_1 = p_2 = \frac{F}{A_1} = \frac{W}{A_2} \quad (1-1)$$

或

$$\frac{W}{F} = \frac{A_2}{A_1} \quad (1-2)$$



1、5—活塞；2、4—液压缸；3—管道

图 1-1 简化的液压系统原理图

用机械传动的杠杆原理来分析,如图 1-1(b)所示有

$$F \cdot a = b \cdot W$$

即  $\frac{a}{b} = \frac{W}{F}$ , 于是  $\frac{A_2}{A_1} = \frac{a}{b}$ 。不考虑泄漏和液体可压缩性,液压传动与机械杠杆传动相当。

根据式(1-1),  $p = W/A_2$ , 由于外负载  $W$  的存在,活塞 1 才能施加作用力  $F$ ; 而有了负载作用力,才产生液体压力。所以就负载和液体压力两者来说,负载是第一性的,压力是第二性的。即有了负载,液体才会有压力,并且压力的大小决定于负载。于是得到一个重要概念: 液压传动中液体压力决定于负载。今后在分析液压传动中元件和系统的工作原理时经常要用到这个概念。实际上,液压传动中液体的压力相当于机械传动中构件的应力。机械构件的应力也是决定于负载的,但机械构件在传动时可以承受拉、压、弯、剪等各种应力,而液体传动中液体只承受压力,这是两者的重要区别。

## 2. 气压传动的工作原理

气压传动是以压缩空气为介质来传递动力的,空气介质在气动系统中的流程如图 1-2 所示。

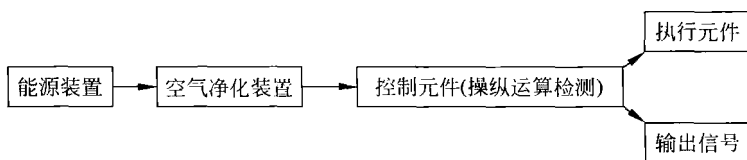


图 1-2 气压传动流程图

一般的气动系统按图 1-3 所示运动回路工作,按下启动阀  $m$  接通气源使  $F_A$  阀换向,气流进入汽缸  $A$  左腔推动活塞右行,到达行程的终点时压下行程阀  $a_1$ ,气源又通过阀  $a_1$  使阀  $F_A$  换向,气流进入汽缸  $A$  右腔使活塞杆退回。每按动一次启动阀  $m$  就可使汽缸活塞往复一次,这就是气压传动的简化工作原理。因为用空气作介质,其性能与液压传动有所不同。

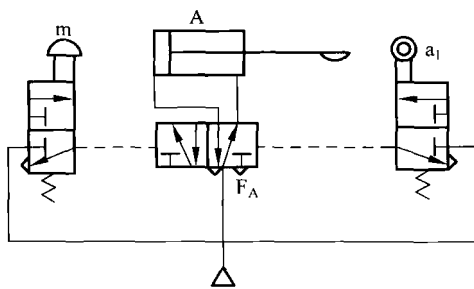


图 1-3 汽缸作一次往复运动回路

## 3. 液压传动与气压传动的工作特点

(1) 液压传动与机械传动、电动传动、气压传动相比较的主要特点

① 液压传动各执行元件的动作和力(力矩)是靠液体来传递的,所以液体的质量和清

洁度将直接关系到液压设备的运行状况。因此,必须做到控制油液污染、控制泄漏和控制温升及吸入空气等。

② 在相同功率条件下,液压传动设备比机械传动设备体积小、重量轻、运动惯性小、动态性能好、换向频率高。其往复回转运动可达每秒 500 次,往复直线运动可达每秒 1000 次。

③ 液压系统便于与电气控制系统联合使用,自动化程度高。

④ 液压设备由标准化、通用化程度较高的液压元件组成,便于设计制造和推广使用。

⑤ 液压传动设备具有自我润滑和自动防止过载的保护能力,故使用起来安全可靠。

⑥ 由于液压传动的各执行机构所传递的力、速度、位移可无级调节(调节范围可达 1:2000),故能迅速适应被控制参数的变化。

⑦ 液压元件属于精密零件,因此元件的修理较困难。

⑧ 液压设备的故障有隐蔽性和多变性,因此故障原因的判断要比机械故障的判断困难得多。

(2) 气压传动与其他传动形式相比较的主要特点

① 气体流动时惯性小,所以气动元件的动作快、反应灵敏,在系统中建立起一定压力和流速所需的时间较短。

② 空气的黏性小,因此在管道中流动时压力损失小,便于集中供气和压缩空气的远距离输送。

③ 气动系统中回气可直接排入大气,不需要设置回气管路,系统比较简单。

④ 气动系统中的工作介质是空气,因此不存在变质、补充和更换的问题,经济性好。

⑤ 气动系统的工作性能对温度变化不敏感,几乎在  $0\sim 200^{\circ}\text{C}$  范围均可工作,并且在高温下不会发生燃烧或爆炸。

⑥ 由于空气的压缩性远大于液体的压缩性,因此,气动系统的使用压力较低,一般限制在  $0.2\sim 0.8\text{MPa}$  范围之内,它只能作为功率不大的动力系统。气压传动的效率比液压传动低。但同时由于工作压力低,可降低对气动元件的材料和制造精度的要求。

⑦ 空气的容积模量比液压油小得多,所以气动系统的速度刚度比液压系统低,低速稳定性差;气动出力不如液压传动大,但气动的噪声却较大,尤其在超声速排气时需加装消声器。

⑧ 空气没有润滑性能,其中又含有水蒸气,所以气动元件的工作条件比液压元件差。

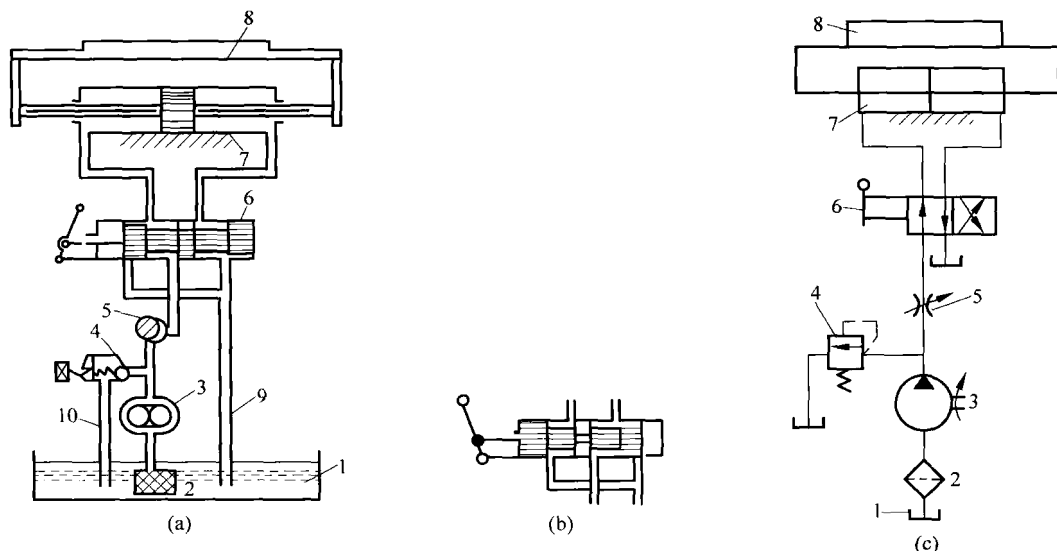
⑨ 气压信号比电气信号传播速度慢,所以气动系统的快速性和响应频率不如电气控制系统。与机械传动相比,也不如机械传动准确可靠。

⑩ 气动系统对一定限度的外泄漏是允许的,因为外漏的空气不会污染工作环境,也不会影响气压传动的质量。但由于气动系统本身工作压力不高,所以要尽可能地减少泄漏。

## 1.2 液压与气压传动系统的组成、分类及图形符号

### 1. 液压传动系统的组成及图形符号

图 1-4 是一个用于实现工作台往复运动的液压系统图。图 1-4(a) 中, 液压泵 3 由电动机带动旋转, 从油箱 1 中吸油。油液经滤油器 2 过滤后被液压泵吸入并输出给系统。液压泵输出的压力油经节流阀 5 和换向阀 6 进入液压缸 7 的左腔, 推动活塞连同工作台 8 向右移动, 这时液压缸右腔的油通过换向阀经回油管 9 排回油箱。如果将换向阀操纵手柄搬到左边位置, 使换向阀处于图 1-4(b) 所示位置, 则压力油经换向阀进入液压缸的右腔, 推动活塞连同工作台向左移动, 这时, 液压缸左腔的油经换向阀和回油管排回油箱。



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

图 1-4 机床工作台液压传动系统图

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开口较大时, 油液进入液压缸的流量较大, 工作台的移动速度也较快; 反之, 当节流阀开口较小时, 工作台的移动速度则较慢。工作台移动时, 必须克服阻力, 如克服切削力和相对运动表面的摩擦力等。为适应克服大小不同阻力的需要, 泵输出油液的压力应当能够调整。另外, 当工作台低速移动时, 节流阀开口较小, 液压泵输出的多余的油液亦需排回油箱。这是由溢流阀 4 来实现的, 调节溢流阀弹簧的预压力, 就能调整液压泵输出口的油液压力, 并让多余的油液在相应压力下打开溢流阀经回油管 10 流回油箱。图示的液压系统具有代表性, 它所用元件的类型较齐全, 从而可以得出结论, 任何一个完整的液压系统总是由以下 5 个部分组成。

#### (1) 动力元件

动力元件即液压泵, 其功用是为液压系统提供压力油源, 是将原动机的机械能转换为液压能的装置。

## (2) 执行元件

执行元件是指液压缸或液压马达。它是将液压能转化为机械能的装置。液压缸输出往复运动的力和速度,而液压马达输出扭矩和转速。

## (3) 控制调节元件

控制调节元件是指各种控制阀。如图 1-4 中的溢流阀、节流阀、换向阀等,是用来控制和调节液流压力、流量和方向的,以保证执行元件完成预定的动作。

## (4) 辅助元件

辅助元件是指油箱、油管、滤油器、蓄能器和压力表等,是构成液压系统的必不可少的元件。

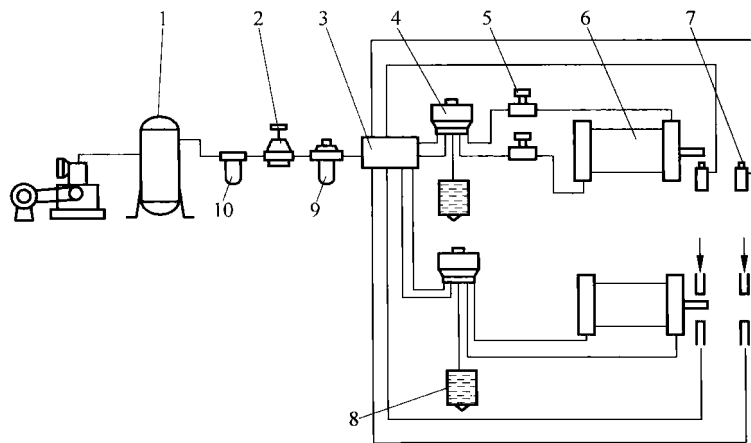
## (5) 工作介质

工作介质即传动液体,通常采用液压油,它用于实现运动和动力传递的同时,也当做润滑剂使用。

图 1-4(a)中组成液压系统的各元件,是用半结构图形画的。它直观性强、容易理解,但难以绘制,系统元件数量多时更是如此。在实际工作中,除少数特殊情况外,一般都采用液压图形符号来绘制,如图 1-4(c)所示,图形符号只表示元件的功能,而不表示元件的具体结构和参数。使用图形符号既便于绘制,又可使液压系统简单明了,液压图形符号可参见书后附录和有关液压气动手册。

## 2. 气压传动系统的组成及图形符号

如图 1-5 所示是一个能自动完成某种程序动作的气压传动系统,其中的控制装置是由若干元件组成的气动逻辑回路。它可根据汽缸活塞杆的始末位置,由传感器(包括行程开关及节流放大器)传回信号,作出逻辑判断,并指示汽缸下一步动作,从而实现机器的自动化。气动系统的组成(与液压系统对应)如下。



1—气压发生装置; 2—压力控制阀; 3—逻辑元件; 4—方向控制阀; 5—流量控制阀;  
6—执行元件; 7—传感器; 8—消声器; 9—油雾器; 10—过滤器

图 1-5 气压传动系统的组成

## (1) 能源元件

能源元件是气动系统的动力源,它的功用是把机械能转换为气体能量,这种元件其实

就是空气压缩机,一般分为两类。

① 容积式压缩机,可分为往复式、回转式。

- 往复式,其中又可分为两种方式,一种是活塞式,有单缸、双缸和多缸等;另一种是膜片式。
- 回转式,可分为滑片式、螺杆式、转子式,这类方式应用较为广泛。

② 速度式压缩机,可分为轴流式、离心式和混流式,它们比容积式压缩机应用得要少些。

(2) 控制元件

控制元件是控制和调节压缩空气的压力、流量和流动方向的元件。

(3) 执行元件

执行元件是把气体能量转换为机械能的一种装置,它可分为汽缸(单作用、双作用、特殊汽缸)和气马达(回转马达和摇摆马达)。

(4) 辅助元件

辅助元件包括以下各部分:

① 空气净化设备。它是滤掉空气中灰尘及水分的设备,主要有过滤器、干燥器、分水滤气器、后冷却器。

② 给油器。其功用是供给气压传动运动部件摩擦副润滑油,有油雾器、油杯等。

③ 消声器。消声器用于降低气压传动系统的噪声。

④ 各种转换器。各种转换器包括气电转换器、气液转换器、放大器、显示器、延时器、程序器等。

⑤ 其他辅助元件。其他辅助元件包括气罐、压力计、管接头、管路等。

### 3. 液压与气压传动系统的分类

(1) 液压系统分类

① 压力变换为主的系统,如液压机等。

② 速度变换为主的系统,包括直线运动系统、回转运动系统。

- 直线运动系统,又可分为断续直线运动系统(如组合机床液压系统)和连续直线运动系统(如磨床工作液压系统)。
- 回转运动系统,指泵和马达组合的传动系统。

③ 多路复合系统,如挖掘机系统和同步系统等。

④ 开式回路系统,如液压缸和液压马达回油口接油箱,便于散热和过滤液压油。

⑤ 闭式回路系统,指液压缸和液压马达回油接液压泵进油口形成闭合循环,需安装辅助泵,用来补充液压系统的泄漏。

(2) 气压传动系统分类

气压传动系统按控制回路,可分为开环控制系统和闭环控制系统两大类。

① 开环控制系统。其输入量与输出量之间没有连续的比较,该控制系统应用较为广泛。

② 闭环控制系统。其输入量与输出量之间要连续地进行测量并随时进行比较。其输入信号与来自输出量的反馈信号之差称为误差信号,故闭环系统又称为反馈系统,它依

靠误差信号来调节供应到系统的参量,以使输出量向着减小误差信号的方向变化。

## 1.3 液压与气压传动技术的应用与发展

### 1. 液压技术的应用与发展

相对于机械传动技术来说,液压传动是一门新技术。如果从17世纪帕斯卡发现了静液压传递原理,1795年世界上发明第一台水压机算起,液压技术的发展已经历了三百多年的历史。然而液压传动是在第二次世界大战后才普遍应用起来的,特别是在20世纪60年代后,随着原子能科学、空间技术、计算机技术的发展,液压技术本身也得到了很大的发展,并且渗透到了国民经济的各个领域,在工程机械、冶金、军工、汽车、船舶、石油、航空和机床行业中得到了广泛的应用。

当前,液压技术正向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、低耗能、耐用和高度集成化方向发展;同时新型元件、计算机仿真和优化、微机控制等方面在液压技术中的应用和研究也日益取得显著成果。

我国的液压工业于20世纪50年代开始起步,最初应用于机床和锻压设备,后来又用于拖拉机和工程机械。从1964年开始,我国从国外引进液压元件生产技术,同时自行设计液压产品。我国的液压件生产已形成完整系列,并在各种设备上推广使用。我国机械工业在认真消化、推广从国外引进的先进液压技术的同时,大力研制开发国产液压件新产品,如中高压齿轮泵、比例阀、叠加阀、数字阀及新系列中高压阀等。液压技术在我国的应用与发展已经进入了一个崭新的历史阶段。

### 2. 气压传动技术的应用与发展

以空气为介质做功的机器发明得很早。开始是利用自然风力推动风车,风车又带动水车来提水灌田,后来采用压缩空气在炼丹术中用风箱吹火等。近代用于采煤的风钻、火车的制动闸及汽车的刹车与车门开闭等都是气压传动技术的实际应用。

伴随着工业机械化和自动化的发展,欧美日等发达国家从20世纪50年代起就大力发展气压传动技术,用以实现对各种工业化生产的自动化控制,使得它在石油、化工、轻工、交通运输、国防等领域中得到了广泛的应用。至于在机械工程中,如机床的程序控制、组合机床、轴承加工、汽车、农机等和机械加工工艺中的铸造、锻压、冲压等设备中的应用更为普遍。风动工具均采用气压传动技术,甚至在测量技术方面也用了气压传动技术。

国外的气压传动工业近年来发展迅速,水平也在日益提高,已发展成气电一体化。我国的气压传动工业起步较晚,与国际水平相比差距较大,在品种、性能、寿命、可靠性方面都有待提高。1967年我国筹建了上海红光机械厂(上海气动元件厂),成为第一汽车制造厂生产配套气压传动元件的工厂。1975年后我国又建设了威海、肇庆、阜新等气动元件厂。近年来,相继从国外引进了先进的生产技术,正在逐步改变目前国内气动工业的低水平、质量差、数量少的局面。