

河南省高等职业教育规划教材

# 液压与 气压传动

主编 吴 锐

河南大学出版社

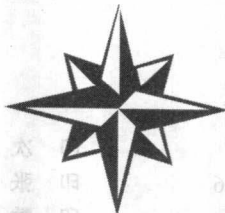
TH137  
W853

河南省高等职业教育规划教材

# 液压与气压传动

主 编 吴 锐

2014/3/24



河南大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

液压与气压传动/吴锐主编. —开封:河南大学出版社, 2003. 8

河南省高等职业教育规划教材

ISBN 7-81091-110-4

I. 液… II. 吴… 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. ①TH137 ②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 073658 号

书 名 液压与气压传动  
主 编 吴 锐

---

策 划 朱建伟 史锡平  
责任编辑 杨道富  
责任校对 陈国剑 单冬敏  
责任印制 苗 卉  
封面设计 张 伟  
版式设计 苗 卉

---

出 版 河南大学出版社

地址:河南省开封市明伦街 85 号 邮编:475001  
电话:0378-2864669(事业部) 0378-2825001(营销部)  
网址:WWW.hupress.com E-mail:bangong@hupress.com

经 销 河南省新华书店

排 版 黄河水利委员会印刷厂

印 刷 黄河水利委员会印刷厂

版 次 2003 年 8 月第 1 版

印 次 2003 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.75

字 数 410 千字

印 数 1—2 000 册

---

ISBN 7-81091-110-4/T·55

定 价:25.40 元

---

(本书如有印装质量问题请与河南大学出版社营销部联系调换)

## 河南省高等职业教育规划教材编写委员会

主任：赵金昭

副主任：习 谏 拜五四 王志勤 苏万益

委员：吴少珉 李兴亚 王伟民 薛培军

李 光 孙保平 孙五继 董奇志

时庆云 张新艳 陈 军 菅国坤

杜建根 吴勇军 陶 昆 陈家友

王朝庄 张衍昶 李玉成 董浩平

庞进生

### 《液压与气压传动》作者名单

主 编：吴 锐

副主编：王胜利 陈 波

参编人员：(以姓氏笔画为序)

王长昕 王胜利 王保良 吉春和

陈 波 吴 锐 郑胜利 游煌煌

## 内容简介

本书是按照高职高专《液压与气压传动》课程教学大纲的要求编写的。全书包含液压传动和气压传动两部分内容,共 14 章。主要论述了液压与气压传动的流体力学基础知识,液压、气动元件的工作原理和结构特点,液压、气动基本回路和典型系统的组成与分析,液压、气动系统的安装、调试和维护要点以及常见故障的分析与排除方法。

本书内容着重基本概念和原理的阐述,突出理论联系实际,加强针对性和实用性,注意引入新的技术内容,扩大适用面,目的在于培养学生对液压与气动技术的全面了解和实际应用能力。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学、成人教育学院等专科层次的机械类和机电类专业的教学用书,也可供其他有关专科学校学生、工程技术人员参考。

第一章 绪论 (1)

第一节 绪论 (1)

一、液压与气压传动的定义 (1)

二、液压与气压传动的组成 (1)

三、液压与气压传动的特点 (1)

四、液压与气压传动的应用 (1)



## 序

经河南省教育厅批准，由河南省高等职业教育研究会组织编写的河南省高等职业教育规划教材，就要付梓出版了。这是我省高教事业改革发展的一项重要成果，确实值得庆贺。

大力发展教育和科学事业，培养和造就数以亿计的高素质劳动者、数以千万计的专门人才和一大批拔尖创新人才，是党的十六大明确提出的新时期教育的任务。高等职业教育，作为高等教育的一种类型，其培养的是拥护党的基本路线，适应生产、建设、管理、服务第一线需要，德、智、体、美等方面全面发展的高等技术应用性专门人才。因而，是我国全面建设小康社会的一支重要力量。就其本质属性来说，高等职业教育具有鲜明的职业特征，这就要求我们在人才培养工作中，不能沿袭学科型教材，而是编写、出版和使用技术型教材，即要研究和改革高等职业教育的课程教学内容和教学方法，编写和出版体现高等职业教育规律和特点的优质教材，力求体现全面建设小康社会对高等技术应用性人才培养提出的新要求。从这个意义上来讲，河南省高等职业教育规划教材的编写出版，不仅非常必要，而且十分及时，它顺应了我国政治、经济、文化、科技发展的新形势，适应了高等教育尤其是高职高专教育改革发展的新趋势，对我省高职高专教育水平的提高将产生深远而积极的影响。

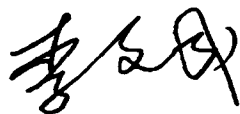
河南省高等职业教育研究会，作为省一级教育学会，在以赵金昭同志为会长的学会班子的组织和带领下，自2000年始，一直致力于高等职业教育理论与实践的研究工作，以专业建设为龙头，以教材建设为核心，以人才培养模式的建构为出发点，与时俱进，开拓创新，组织全省高职高专院校高水平的专家，研究并取得了一大批源自实践、富于特色、十分鲜活的教改成果。高等职业教育规划教材的编写、出版，正是这些研究成果的积淀和升华。

与全国其他同类教材相比，首批推出的计算机应用与维护、秘书、机电一体化等专业规划教材，有3个方面的显著特色：其一，适用性。教材编写人员，均是从事高职高专教育教学第一线的专家，全国知名的教授不乏其人。因此，规划教材体现了高职教育的特色，从而使教材的针对性和适应性得到完美的统一。其二，应用性。首批推出的高等职业教育规划教材有一个最显著的特色，就是强化和突出了应用性特征，每个专业的核心课程均配套编写了实训教材，如计算机应用与维护专业的《C语言程序设计实训》、秘书专业的《秘书实训》，机电一体化专业的《计算机工程制图实训》等，均将学生的实践能力培养纳入了教材建设体系。其三，新颖性。规划教材在内容的取舍上，遵循“基础理论必需、够用为度”的原则，适当精简验证性的原理阐述，大量充实新技术、新内容，及时反映本学科领域的最新科技成果，广泛吸收先进的教学经验，积极整合优秀教学成果，给人耳目一新的感觉。此外，在编写体例上，重视图表的运用，并在每章之后安排了思考题、实训题等供学习者练习，体现出编著者以人为本、注重技术应用能

力培养的教育思想。

高等职业教育教材建设是一项十分重要的工作。因为，教材的基本作用，就是集人类先进的科学文化成果，传递给下一代，培养后继创新人才。优质的特色教材，在本质上是学校水平的体现。我们在肯定已编写的高等职业教育教材所取得成绩的同时，还要认识到我们在这方面改革探索的实践还不很充分，还需要继续进行广泛、扎实、深入的研究。并随着教育教学改革的深化，对出版的教材进行必要的充实、修改，使之日臻完善。

我相信，经过3~5年的努力，随着规划教材的陆续问世，随着系列统编教材在教育教学中的广泛使用，我们一定会迎来高等职业教育事业发展繁荣的新局面。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '李向' (Li Xiang), written in a cursive style.

2003年8月20日

## 前 言

本书是在河南省教育厅及河南省高等职业技术教育研究会指导下组织编写的适用于高等职业技术和高等专科院校机电、机械类专业液压与气压传动课程的教学用书。

本书总结了高职高专教学改革的经验,注重体现高职高专教育的特点,基础知识部分以必需、够用为度,专业部分加强针对性和实用性,注意理论教学与实训教学的密切结合,注重学生在应用技术方面的能力培养。在内容取舍上贯彻少而精、理论联系实际的原则,并在一定程度上反映了国内外液压与气动比较成熟的新技术和新成果。为便于学生阅读和理解,介绍元件工作原理多配以简化的原理图,典型结构示例配以常用新型的结构图;各章均附有复习思考题;液压气动图形符号全部采用新的国家标准。

本书内容包含液压传动和气压传动两部分,共14章。第1~9章为液压传动部分,主要论述液压传动中用到的流体力学基础知识,液压元件的工作原理和结构特点,液压基本回路的组成和典型系统分析,液压系统的设计简介和安装、调试、维护保养要点等内容;第10~14章为气压传动部分,主要论述气压传动的基础知识,气源装置和气动元件的工作原理以及结构特点,气动基本回路和气动系统分析,气动系统的安装、调试和维护保养要点。书中对液压与气压传动系统可能出现的常见故障与排除方法作了适当的介绍。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人教育学院、职工大学等大专层次的机电、机械类专业的教学用书。也可供其他有关专科学校学生、工程技术人员参考。本书中液压传动和气压传动两部分内容既有联系,又相互独立,教学过程中可根据需要选用。

本书由吴锐主编,王胜利、陈波为副主编。参加编写工作的有:洛阳大学吴锐(第1、12、13章、附录),平顶山职业技术学院王胜利(第5章),洛阳大学陈波(第11、14章),中州大学游煌煌(第3、4章),洛阳大学王长昕(第8、9章),平原大学郑胜利(第6、7章),焦作大学吉春和(第2章),洛阳工业高等专科学校王保良(第10章)。全书由吴锐统稿。

清华大学王先逵教授,焦作工学院赵俊伟教授、武良臣教授对本书的全稿进行了细致详尽的审阅,提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢!在编写过程中得到了河南省高等职业技术教育研究会和焦作大学的大力支持,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在缺点和不妥之处,恳切希望同仁和广大读者批评指正。

编 者  
2003年7月



## 目 录

<b>第1章 绪论</b> .....	(1)
1.1 液压与气压传动的研究对象.....	(1)
1.2 液压与气压传动的工作原理.....	(1)
1.3 液压与气压传动系统的组成及类型.....	(3)
1.4 液压与气压传动的优缺点.....	(5)
1.5 液压与气动技术的发展及应用.....	(6)
复习思考题.....	(7)
<b>第2章 液压传动基础知识</b> .....	(8)
2.1 液体的物理性质.....	(8)
2.2 液体静力学基础.....	(12)
2.3 液体动力学基础.....	(15)
2.4 管道内的压力损失.....	(20)
2.5 液体流经小孔和间隙的流.....	(27)
2.6 液压冲击和空穴现象.....	(29)
复习思考题.....	(31)
<b>第3章 液压动力元件</b> .....	(34)
3.1 液压泵概述.....	(34)
3.2 齿轮泵.....	(36)
3.3 叶片泵.....	(39)
3.4 柱塞泵.....	(44)
3.5 液压泵的性能、选用和维修.....	(49)
复习思考题.....	(52)
<b>第4章 液压执行元件</b> .....	(54)
4.1 液压马达概述.....	(54)
4.2 高速马达.....	(56)
4.3 低速马达.....	(58)
4.4 液压缸.....	(60)
复习思考题.....	(71)
<b>第5章 液压控制元件</b> .....	(72)
5.1 液压控制阀概述.....	(72)
5.2 方向控制阀.....	(76)
5.3 压力控制阀.....	(86)
5.4 流量控制阀.....	(92)

5.5	插装阀和叠加阀	(95)
5.6	电液比例控制阀	(98)
5.7	液压控制阀的选择、安装及常见故障的处理	(103)
	复习思考题	(107)
<b>第6章</b>	<b>液压辅助元件</b>	<b>(110)</b>
6.1	蓄能器	(110)
6.2	过滤器	(112)
6.3	油箱	(117)
6.4	管件	(118)
6.5	密封件	(120)
	复习思考题	(123)
<b>第7章</b>	<b>液压基本回路</b>	<b>(124)</b>
7.1	压力控制回路	(124)
7.2	速度控制回路	(127)
7.3	方向控制回路	(136)
7.4	多执行元件动作控制回路	(137)
	复习思考题	(142)
<b>第8章</b>	<b>液压传动系统</b>	<b>(144)</b>
8.1	压力机液压系统	(144)
8.2	组合机床动力滑台液压系统	(147)
8.3	万能外圆磨床液压系统	(150)
8.4	塑料注射机液压系统	(155)
8.5	液压传动系统的设计简介	(159)
	复习思考题	(168)
<b>第9章</b>	<b>液压伺服控制系统</b>	<b>(170)</b>
9.1	液压伺服控制系统的工作原理	(170)
9.2	液压伺服阀的基本类型	(171)
9.3	液压伺服系统举例	(174)
	复习思考题	(177)
<b>第10章</b>	<b>气压传动基础知识</b>	<b>(178)</b>
10.1	空气的性质	(178)
10.2	气体状态方程	(181)
10.3	气体流动规律	(183)
	复习思考题	(189)
<b>第11章</b>	<b>气源装置和气动辅助元件</b>	<b>(191)</b>
11.1	气源装置	(191)
11.2	其它附件	(197)
	复习思考题	(206)

---

<b>第 12 章 气动执行元件</b> .....	(207)
12.1 气缸 .....	(207)
12.2 气马达 .....	(212)
复习思考题 .....	(215)
<b>第 13 章 气动控制元件</b> .....	(216)
13.1 压力控制阀 .....	(216)
13.2 流量控制阀 .....	(221)
13.3 方向控制阀 .....	(224)
13.4 气动逻辑元件 .....	(233)
复习思考题 .....	(238)
<b>第 14 章 气动基本回路和气动系统</b> .....	(239)
14.1 气动基本回路 .....	(239)
14.2 气动行程程序控制回路 .....	(246)
14.3 气压传动系统举例 .....	(253)
14.4 气动系统的安装、调试、使用与维修 .....	(255)
复习思考题 .....	(262)
<b>附录 常用液压与气动图形符号</b> .....	(263)



# 第1章 绪论

## 1.1 液压与气压传动的研究对象

液压与气压传动是研究以有压流体（液体和气体）为传动介质来实现各种机械的传动和控制的学科。液压与气压传动都是根据流体力学的基本原理，利用流体的压力能进行能量的传递和控制各种机械零部件运动。它们实现传动和控制的方法基本相同，都是利用各种元件组成具有所需功能的基本回路，再由若干基本回路有机组合成传动和控制系統，从而实现能量的转换、传递和控制。因此，了解传动介质的基本物理性质及其力学特性，研究各类元件的结构、工作原理和性能以及各种基本回路的性能和特点，并在此基础上形成对传动及控制系统的分析、设计和使用，是本学科研究的内容。

液压传动所用的介质是液体（主要是矿物油），气压传动所用的介质是空气。由于这两种流体的性质不同，所以液压传动与气压传动有各自的特点。由于液体工作压力高（一般可达32MPa，个别场合更高），液压传动可传递的动力大，且运动平稳，但液体粘性较大，流动过程中阻力损失大，因而不宜作远距离的传动和控制；气压传动由于空气的可压缩性大，工作压力低（通常在1MPa以下），故传递动力较小，运动也不够平稳，但空气粘性小，流动过程中阻力小、速度快、反应灵敏，因而能用于较远距离的传动和控制，且组成系统的成本较低。实际中根据工作需要选择使用液压传动或气压传动，也可以综合利用两者的优势，采用以气压为动力的气液联合传动，以获得既经济又平稳的传动效果。

## 1.2 液压与气压传动的工作原理

液压与气压传动的工作原理基本相似，下面以手动液压千斤顶为例，说明它们的工作原理。

如图1-1所示，由大缸体5和大活塞6组成举升液压缸，由手动杠杆4、小缸体3、小活塞2、进油单向阀1和排油单向阀7组成手动液压泵。当手动杠杆4受到力 $F$ 作用摆动时，小活塞2作上下往复运动。小活塞上移，泵腔内的容积扩大而形成真空，油箱9中的油液在大气压力的作用下，经进油单向阀1进入泵腔内；小活塞下移，泵腔内的油液顶开排油单向阀7进入液压缸内使大活塞带动重物一起上升。反复上下扳动杠杆，不断地补充液压油进入液压缸，重物就会慢慢升起。手动泵停止工作，大活塞停止运动；打开截止阀8，油液在重力的作用下排回油箱，大活塞落回原位。下面以图1-1所示为例，分析两活塞之间的力关系、运动关系和功率关系，说明液压传动的基本特征。

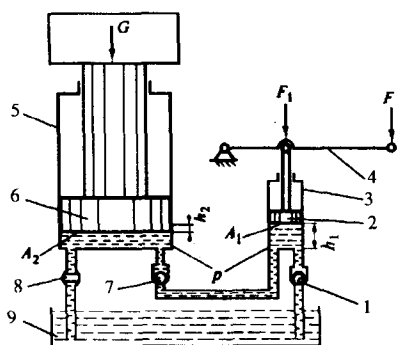


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—进油单向阀；2—小活塞；3—小缸体；  
4—手动杠杆；5—大缸体；6—大活塞；  
7—排油单向阀；8—截止阀；9—油箱

### (1) 力的关系

当大活塞上有重物负载  $G$  时，其下腔的油液将产生一定的液体压力  $p$ ，即

$$p = \frac{G}{A_2} \quad (1-1)$$

在千斤顶工作过程中，从小活塞到大活塞之间形成了密封的工作容积，依帕斯卡原理“在密闭容器内，施加于静止液体上的压力将以等值同时传到液体各点”，因此要顶起重物，在小活塞下腔就必须产生一个等值的压力  $p$ ，即小活塞上施加的力为

$$F_1 = pA_1 = \frac{A_1}{A_2}G \quad (1-2)$$

式中， $A_1$  为小活塞的横截面面积， $A_2$  为大活塞的横截面面积。可见，在活塞面积  $A_1$ 、 $A_2$  一定的情况下，液体压力  $p$  取决于举升的重物负载  $G$ ，而手动泵上的作用力  $F_1$  则取决于压力  $p$ 。所以，被举升的重物负载越大，液体压力  $p$  越大，手动泵上所需的作用力  $F_1$  也就越大；反之，如果空载工作，且不计摩擦力，则液体压力和手动泵上的作用力  $F_1$  都为零。液压传动的这一特征，可以简略表述为“压力取决于负载”。

### (2) 运动关系

由于小活塞到大活塞之间为密封工作容积，小活塞向下压出油液的体积必然等于大活塞向上升起缸体内扩大的体积，即  $A_1 h_1 = A_2 h_2$  上式两端同除以活塞移动时间  $t$  得

$$u_1 A_1 = u_2 A_2, \quad (1-3)$$

或

$$u_2 = \frac{A_1}{A_2} u_1 = \frac{q}{A_2} \quad (1-4)$$

式中， $u_1$ 、 $u_2$  分别为小活塞、大活塞的移动速度； $q$  表示单位时间内液体流过某截面的体积，也即进入液压缸的流量。由于活塞面积  $A_1$ 、 $A_2$  已定，所以大活塞的移动速度  $u_2$  只取决于进入液压缸的流量  $q$ 。这样，进入液压缸的流量越大，大活塞的移动速度  $u_2$  也就越高。液压传动的这一特征，可以简略表述为“速度取决于流量”。

这里需要着重指出，以上两个特征是独立存在的，互不影响。不管液压千斤顶的负载如何变化，只要供给的流量一定，活塞推动负载上升的运动速度就一定；同样，不管液压缸的活塞移动速度怎样，只要负载一定，推动负载所需的液体压力则确定不变。

### (3) 功率关系

若不考虑各种能量损失，手动泵的输入功率等于液压缸的输出功率，即

$$F_1 u_1 = G u_2 = P,$$

或



$$P = pA_1u_1 = pA_2u_2 = pq. \quad (1-5)$$

可见，液压传动的功率  $P$  可以用液体压力  $p$  和流量  $q$  的乘积来表示。压力  $p$  和流量  $q$  是液压传动中最基本、最重要的两个参数。上述千斤顶的工作过程，就是将手动机械能转换为液体压力能，又将液体压力能转换为机械能输出的过程。

综上所述，可归纳出液压传动的基本特征：以液体为工作介质，依靠处于密封工作容积内的液体压力能来传递能量；压力的高低取决于负载；负载速度的传递是按容积变化相等的原则进行的，速度的大小取决于流量；压力和流量是液压传动中最基本、最重要的两个参数。

### 1.3 液压与气压传动系统的组成及类型

图 1-2 所示为一机床工作台的液压传动系统，它由液压泵、溢流阀、节流阀、换向阀、液压缸、油箱以及连接管道等组成。其工作原理是：液压泵 3 由电动机带动旋转，从油箱 1 经过滤器 2 吸油，液压泵排出的压力油先经节流阀 4 再经换向阀 6（设换向阀手柄向右扳动，阀芯处于右端位置）进入液压缸 7 的左腔，推动活塞和工作台 8 向右运动。液压缸右腔的油液经换向阀 6 和回油管道返回油箱。若换向阀阀芯处于左端位置（手柄向左扳动）时，活塞及工作台反向运动。改变节流阀 4 的开口大小，可以改变进入液压缸的液压油流量实现工作台运动速度的调节，多余的液压油流量经溢流阀 5 和溢流管道排回油箱。液压缸的工作压力由活塞运动所克服的负载决定。液压泵的工作压力由溢流阀调定，其值略高于液压缸的工作压力。由于系统的最高工作压力不会超过溢流阀的调定值，所以溢流阀还对系统起到过载保护的作用。

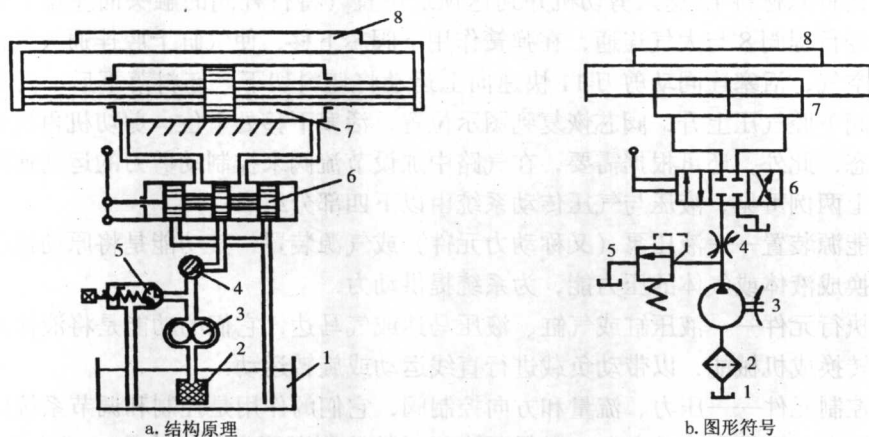


图 1-2 机床工作台液压系统的工作原理图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—节流阀；5—溢流阀；6—换向阀；7—液压缸；8—工作台

图 1-2a 所示的液压系统工作原理图是半结构式的，其直观性强，易于理解，但绘制起来比较繁杂。图 1-2b 所示是用液压图形符号绘制成的工作原理图，其简单明了，



便于绘制，图中的符号可参见书末附录《常用液压与气动图形符号（GB/T786.1—1993）》。

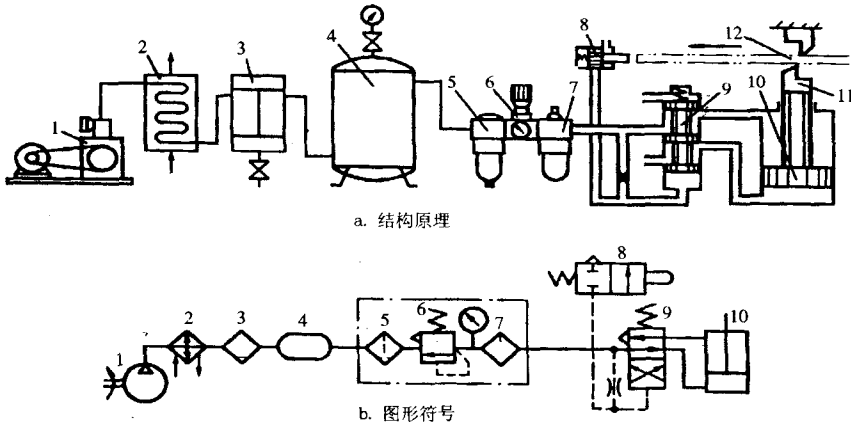


图 1-3 气动剪切机系统的工作原理图

1—空气压缩机；2—冷却器；3—油水分离器；4—储气罐；5—分水滤气器；6—减压阀；  
7—油雾器；8—行程阀；9—换向阀；10—汽缸；11—动剪刀；12—原材料

图 1-3 所示为气动剪切机的系统工作原理图。空气压缩机 1 由电动机驱动，产生的压缩空气经冷却器 2、油水分离器 3 进行降温及初步净化后送入贮气罐 4 备用，再经气动三联件（分水滤气器 5、减压阀 6 和油雾器 7）、换向阀 9（阀芯在压缩空气作用下处于图示位置）到达气缸 10，活塞处下位。剪切机此时剪口张开，处于预备工作状态。当送料机构将原材料 12 送入剪切机并到达预定位置（将行程阀的触头向左推）时，换向阀下腔经行程阀 8 与大气连通，在弹簧作用下阀芯下移，使气缸上腔连通大气而下腔进入压缩空气，活塞连同动剪刀 11 快速向上运动将坯料切下。坯料落下后，行程阀复位，换向阀下腔气压上升，阀芯恢复到图示位置，活塞下移处下位，剪切机再次处于预备工作状态。此外，还可根据需要，在气路中加设节流阀来控制动剪刀的运动速度。

由以上两例可见，液压与气压传动系统由以下四部分组成：

(1) 能源装置——液压泵（又称动力元件）或气源装置，其功能是将原动机输出的机械能转换成液体或气体的压力能，为系统提供动力。

(2) 执行元件——液压缸或气缸、液压马达或气马达，它们的功能是将液体或气体的压力能转换成机械能，以带动负载进行直线运动或旋转运动。

(3) 控制元件——压力、流量和方向控制阀，它们的作用是控制和调节系统中液体或气体的压力、流量和流动方向，以保证执行元件达到所要求的输出力（或力矩）、运动速度和运动方向。

(4) 辅助元件——保证系统正常工作所需要的辅助装置，包括管道、管接头、油箱或贮气罐、过滤器和指示仪表等。

## 1.4 液压与气压传动的优缺点

### 1.4.1 液压传动的优缺点

#### 一、液压传动的主要优点

(1) 体积小、重量轻, 单位重量输出的功率大. 这是由于液压传动可以采用很高的压力 (一般已达 32MPa, 个别场合更高), 因此具有体积小、重量轻的特点. 例如, 在同等功率下, 液压马达的外形尺寸和重量为电动机的 12% 左右. 在中、大功率以及实现直线往复运动时, 这一优点尤为突出.

(2) 可在大范围内实现无级调速, 且调节方便. 调速范围一般为 100:1, 最高可达 2000:1.

(3) 操纵控制方便, 与电子技术结合更易于实现各种自动控制和远距离操纵.

(4) 由于体积小、重量轻, 因而惯性小, 响应速度快, 起动、制动和换向迅速. 如一个中等功率的电动机起动需要几秒钟, 而液压马达只需 0.1s.

(5) 因执行元件的多样性 (如液压缸、液压马达等) 和各元件之间仅靠管路连接, 使得机器的结构简化, 布置灵活方便.

(6) 易于实现过载保护, 安全性好; 采用矿物油作工作介质, 自润滑性好.

#### 二、液压传动的主要缺点

(1) 液压传动系统中存在的泄漏和油液的压缩性, 影响了传动的准确性, 不易实现定比传动.

(2) 由于油液粘度随温度变化, 容易引起工作性能的变化, 所以液压传动不宜在温度变化范围较大的场合工作.

(3) 由于受液体流动阻力和泄漏的影响, 液压传动的效率还不高.

(4) 液压传动系统对油液的污染比较敏感, 必须有良好的防护和过滤措施.

### 1.4.2 气压传动的优缺点

#### 一、气压传动的主要优点

(1) 以空气为传动介质, 取之不尽, 用之不竭, 无介质费用, 成本低; 用过的空气直接排到大气中, 处理方便, 不污染环境.

(2) 空气的粘度很小, 因而流动时阻力损失小, 便于集中供气、远距离传输和控制.

(3) 工作环境适应性好, 特别是在易燃、易爆、多尘埃、强磁、辐射及振动等恶劣环境中工作, 比液压、电子、电气控制优越.

(4) 维护简单, 使用安全可靠, 过载能自动保护.

## 二、气压传动的主要缺点

(1) 由于空气的可压缩性大, 因而气压传动工作速度的稳定性较液压传动差, 但采用气液联合可得到较满意的效果。

(2) 因工作压力低 ( $\leq 1\text{MPa}$ ), 且结构尺寸不宜过大, 气缸的输出力一般不大于  $50\text{kN}$ 。

(3) 排气噪声较大, 在高速排气时要加消声器。

液压与气压传动的优点是主要的, 液压与气动元件已标准化、系列化和通用化, 便于系统的设计、制造和推广应用。因此液压与气压传动在现代化的生产中有着广阔的发展前途和应用前景。

## 1.5 液压与气动技术的发展及应用

### 1.5.1 液压技术的发展及应用

液压技术, 从 1795 年英国制成世界上第一台水压机算起, 已有二百多年的历史了, 然而在工业上的真正推广使用却是 20 世纪中叶的事。第二次世界大战期间, 在一些武器装备上用上了功率大、反应快、动作准的液压传动和控制装置, 大大提高了武器装备的性能, 也大大促进了液压技术本身的发展。战后, 液压技术迅速由军事转入民用, 在机械制造、工程机械、锻压机械、冶金机械、汽车、船舶等行业中得到了广泛的应用和发展。20 世纪 60 年代以后, 原子能技术、空间技术、电子技术等的迅速发展, 再次将液压技术向前推进, 使其在各个工业领域得到了更加广泛的应用。

现代液压技术与微电子技术、计算机技术、传感技术的紧密结合已形成并发展成为一种包括传动、控制、检测在内的自动化技术。当前, 液压技术在实现高压、高速、大功率、经久耐用、高度集成化等各项要求方面都取得了重大的进展, 在完善发展比例控制和伺服控制、开发数字控制技术上也有许多新成果。同时, 液压元件和液压系统的计算机辅助设计 (CAD) 和测试 (CAT)、微机控制、机电液一体化 (Hydromechatronics)、液电一体化 (Fluitronics)、可靠性、污染控制、能耗控制、小型微型化等方面也是液压技术发展和研究的方向。继续扩大应用服务领域, 采用更先进的设计和制造技术, 将使液压技术发展成为内涵更加丰富完整的综合自动化技术。目前, 液压技术已广泛应用于各个工业领域的技术装备上, 例如机械制造、工程、建筑、矿山、冶金、军用、船舶、石化、农林等机械, 上至航空、航天工业, 下至地矿、海洋开发工程, 几乎无处不见液压技术的踪迹。液压技术的应用领域大致上可归纳为以下几个主要方面:

(1) 各种举升、搬运作业。尤其在行走机械和较大驱动功率的场合, 液压传动已经成为一种主要方式。例如, 从起重、装载等工程机械到消防、维修、搬运等特种车辆, 船舶的起货机、起锚机, 高炉、炼钢炉设备, 船闸、舱门的启闭装置, 剧场的升降乐池和升降舞台, 各种自动输送线等。

(2) 各种需要作用力大的推、挤、压、剪、切、挖掘等作业装置。在这些场合, 液