




全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等院校规划教材·精品与示范系列

气动与液压技术

◎ 陈 宽 主编

- ✓ 以培养学生岗位技能为主线
- ✓ 以工业应用案例作为项目学习载体
- ✓ 通过任务驱动培养学生解决问题的能力
- ✓ 配有电子教学课件、习题参考答案等



 中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等院校规划教材·精品与示范系列

气动与液压技术

陈宽 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



内 容 简 介

本教材是按照教育部“十二五”职业教育国家规划教材编写要求,以行业企业气动/液压技术相关岗位的知识能力需求为目标,结合编者多年来从事气动与液压技术课程教学实践经验和德国先进的职教理念和方法,以及国家示范专业建设和课程改革成果,编写的一本以项目驱动、任务导向、理实一体化教材。

全书共分气压传动、电气气动、液压传动、电气液压4个模块,包含26个工作项目;每个项目下由一到三个任务组成,系统认知主要介绍任务与任务相关的基础知识,系统设计和实践练习可以使学生掌握气动/液压系统和电气气动/电气液压系统设计、系统安装、功能调试,以及系统故障诊断和排除等技能。

全书以工业应用案例作为项目学习载体,培养学生分析和解决实际问题的能力,以及气、液、电综合应用能力和拓展创新能力。内容紧跟气动/液压行业技术的发展,引入国际标准,侧重培养气动/液压技术的应用能力。

本教材为高等职业本专科院校气动与液压技术课程的教材,也可作为开放大学、成人教育、自学考试、中等职业学校和技能培训班的教材,以及企业工程技术人员的参考书。

本教材配有免费的电子教学课件、练习题参考答案和精品课网站,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

气动与液压技术/陈宽主编. —北京:电子工业出版社,2016.8

全国高等院校规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-27266-0

I. ①气… II. ①陈… III. ①气压传动—高等学校—教材②液压传动—高等学校—教材

IV. ①TH138②TH137

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第227452号

策划编辑:陈健德(E-mail: chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:李蕊

印 刷:三河市良远印务有限公司

装 订:三河市良远印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:12.5 字数:320千字

版 次:2016年8月第1版

印 次:2016年8月第1次印刷

定 价:35.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: chenjd@phei.com.cn。

前 言



气动与液压技术是一种以流体（气体、液体）为传动介质进行能量传递和控制的技术。它被广泛地应用于机械制造、航空、航天、冶金、交通运输、建筑工程、水利、化工、纺织、生物制药、能源技术等领域中。随着时代的发展，气动与液压技术也逐步成为一种集机、电、传感、信息等技术为一体的综合技术。伴随着“中国制造 2025 发展纲要”的实施，气动与液压技术凭借着其独有的特性必将会在智能制造等诸多领域中扮演更加重要的角色。为了使高职教育教学能够更加符合企业需求，我们吸纳了国外在高层次人才培养上先进的经验和理念，并结合我国高职教育的特点精心组织编写了本教材。

本教材以培养学生气动与液压技术应用能力为教学设计主线，以工业应用案例作为项目学习载体，通过任务驱动来培养学生分析和解决实际问题的能力，以及气、液、电综合应用能力和拓展创新能力。在每个项目中，首先，提出具体的工作任务，使学生明确目标，产生学习兴趣；然后，结合具体工业案例，以必需、够用为原则，通俗易懂地讲解完成任务所需要的相关知识，使学生的认识由感性上升到理性；在任务实践环节，详细介绍完成任务的步骤和注意事项，使学生能够顺利完成任务，并且验证所学习的理论知识，增强学生的成就感；每个实践练习的最后都配有实验结论，便于学生理解该项目练习的核心知识点和难点。

本教材包含 26 个工作项目，课程参考学时共计 100 学时，工作项目的选取和授课学时也可根据各校的专业教学计划和培养目标做适当调整。

本教材由天津中德职业技术学院陈宽副教授主编，邹炳燕高级工程师、杨健教授、李颖教授参编。具体分工如下：气压传动技术模块、电气气动技术模块、液压传动技术模块项目 1、电气液压技术模块项目 2 由陈宽编写，液压传动技术模块项目 2、电气液压技术模块项目 1 由邹炳燕编写，液压传动技术模块项目 3、电气液压技术模块项目 3 由杨建编写，电气液压技术模块项目 4、附录由李颖编写。全书由陈宽统稿和定稿，由天津中德职业技术学院杨中力副教授、左维副教授主审。在编写过程中参考了多位同行作者的教材内容，在此表示由衷的感谢。

限于编者水平，书中难免有不妥和疏漏之处，敬请广大读者提出宝贵的意见和建议。

为了方便教师教学，本书还配有免费的电子教学课件、练习题参考答案，请有需要的教师登录华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>) 免费注册后再进行下载，如有问题，请在网站留言或与电子工业出版社联系 (E-mail: hxedu@phei.com.cn)。读者也可通过该精品课网站 (<http://www.xjnzy.edu.cn/jpkc/jjmy/qygl/>) 浏览和参考更多的教学资源。

编者



目 录



| | |
|---|----|
| 模块 1 气压传动技术 | 1 |
| 模块内容构成 | 1 |
| 项目 1 气压传动技术的认知 | 2 |
| 任务 1.1 了解气压传动技术 | 2 |
| 任务介绍 | 2 |
| 相关知识: 气动技术定义、气动技术的典型应用、气动技术的优缺点、理论基础 | 2 |
| 任务 1.2 气动钻床分析 | 6 |
| 任务介绍 | 6 |
| 相关知识: 气动系统的组成、气源装置、空气调节处理元件、控制元件、执行元件、辅助元件、传动介质 | 6 |
| 思考题 1 | 12 |
| 项目 2 机床夹具气动系统的认知与实践 | 12 |
| 任务 2.1 机床夹具气动系统的认知 | 13 |
| 任务介绍 | 13 |
| 相关知识: 单作用气缸、(3/2)二位三通换向阀、气动三联件的结构和工作原理 | 13 |
| 任务 2.2 机床夹具气动系统的实践练习 | 16 |
| 项目 3 工件冲压成型装置气动系统的认知与实践 | 17 |
| 任务 3.1 工件冲压成型装置系统的认知 | 18 |
| 任务介绍 | 18 |
| 相关知识: 双作用气缸、(5/2)二位五通换向阀的结构和工作原理 | 18 |
| 任务 3.2 工件冲压成型装置气动系统的实践练习 | 19 |
| 项目 4 沙发使用寿命测试装置气动系统的认知与实践 | 21 |
| 任务 4.1 沙发使用寿命测试装置气动系统的认知 | 21 |
| 任务介绍 | 21 |
| 相关知识: 双气控(5/2)二位五通换向阀、行程开关式换向阀的结构和工作原理及换向阀小结 | 22 |
| 任务 4.2 沙发使用寿命测试装置气动系统的实践练习 | 25 |
| 项目 5 皮带压花装置气动系统的认知与实践 | 27 |
| 任务 5.1 皮带压花装置气动系统的认知 | 28 |
| 任务介绍 | 28 |
| 相关知识: 单向节流阀、消声器、快速排气阀的结构和工作原理及应用举例 | 28 |
| 任务 5.2 皮带压花装置气动系统的实践练习 | 30 |
| 项目 6 落料传送装置气动系统的认知与实践 | 32 |
| 任务 6.1 落料传送装置气动系统的认知 | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 任务介绍 | 33 |
| 相关知识: 梭阀、双压阀的结构和工作原理及应用举例, 多个信号的“与”逻辑关系 | 33 |
| 任务 6.2 落料传送装置气动系统的实践练习 | 35 |
| 项目 7 填充/灌装装置气动系统的认知与实践 | 38 |
| 任务 7.1 填充/灌装装置气动系统的认知 | 38 |
| 任务介绍 | 38 |
| 相关知识: 气动时间控制元件简介、延时阀(延时接通、延时断开)的结构和工作原理及应用举例 | 39 |
| 任务 7.2 填充/灌装装置气动系统的实践练习 | 40 |
| 项目 8 通气天窗气动系统的认知与实践 | 43 |
| 任务 8.1 通气天窗气动系统的认知 | 43 |
| 任务介绍 | 43 |
| 相关知识: 中位带截止机能的(5/3)三位五通换向阀的结构和工作原理 | 44 |
| 任务 8.2 通气天窗气动系统的实践练习 | 45 |
| 项目 9 工件传送线气动系统的认知与实践 | 47 |
| 任务 9.1 工件传送线气动系统的认知 | 48 |
| 任务介绍 | 48 |
| 相关知识: 顺序动作控制的设计方法、运动过程的表达、位移-步进图和位移-时间图、功能图 | 48 |
| 任务 9.2 工件传送线气动系统的实践练习 | 51 |
| 项目 10 钻孔和钻孔夹具气动系统的认知与实践 | 54 |
| 任务 10.1 钻孔和钻孔夹具气动系统的认知 | 54 |
| 任务 10.2 钻孔和钻孔夹具气动系统的实践练习 | 55 |
| 模块 2 电气气动技术 | 58 |
| 模块内容构成 | 58 |
| 项目 1 相关电气元件的认知 | 59 |
| 任务 1.1 了解相关电气元件 | 59 |
| 任务介绍 | 59 |
| 相关知识: 开关、行程开关、簧片式开关、传感器、继电器和接触器 | 59 |
| 项目 2 推料装置电气气动系统的认知与实践 | 66 |
| 任务 2.1 推料装置电气气动系统的认知 | 66 |
| 任务介绍 | 66 |
| 相关知识: 电磁线圈、单电控(5/2)二位五通电磁换向阀的结构和工作原理及应用举例 | 67 |
| 任务 2.2 推料装置电气气动系统的实践练习 | 69 |
| 项目 3 沙发使用寿命测试装置电气气动系统的认知与实践 | 72 |
| 任务 3.1 沙发使用寿命测试装置电气气动系统的认知 | 72 |
| 任务介绍 | 72 |
| 相关知识: 双电控(5/2)二位五通电磁换向阀、带磁性活塞环的气缸、簧片式气缸开关的结构和工作原理 | 72 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 任务 3.2 | 沙发使用寿命测试装置电气气动系统的实践练习 | 74 |
| 项目 4 | 天窗开启装置电气气动系统的认知与实践 | 77 |
| 任务 4.1 | 天窗开启装置电气气动系统的认知 | 77 |
| 任务介绍 | | 77 |
| 相关知识 | 先导式双电控(5/3)三位五通电磁换向阀的结构和工作原理 | 78 |
| 任务 4.2 | 天窗开启装置电气气动系统的实践 | 78 |
| 项目 5 | 浸漆装置电气气动系统的认知与实践 | 81 |
| 任务 5.1 | 浸漆装置电气气动系统的认知 | 81 |
| 任务介绍 | | 81 |
| 相关知识 | 时间继电器(通电延时、断电延时) | 82 |
| 任务 5.2 | 浸漆装置电气气动系统的实践练习 | 83 |
| 项目 6 | 压弯机电气气动系统的认知与实践 | 86 |
| 任务 6.1 | 压弯机电气气动系统的认知 | 86 |
| 任务介绍 | | 86 |
| 相关知识 | 气/电转换器(气/电压力开关)的结构和工作原理及应用举例 | 86 |
| 任务 6.2 | 压弯机电气气动系统的实践练习 | 88 |
| 项目 7 | 抓料和送料装置电气气动系统的认知与实践 | 91 |
| 任务 7.1 | 抓料和送料装置电气气动系统的认知 | 92 |
| 任务介绍 | | 92 |
| 任务 7.2 | 抓料和送料装置电气气动系统的实践练习 | 92 |
| 项目 8 | 压销钉装置电气气动系统的认知与实践 | 96 |
| 任务 8.1 | 压销钉装置电气气动系统的认知 | 96 |
| 任务介绍 | | 96 |
| 任务 8.2 | 压销钉装置电气气动系统的实践练习 | 96 |
| 项目 9 | 气动系统的故障诊断与排除 | 100 |
| 任务 9.1 | 气动冲压系统的故障诊断与排除 | 100 |
| 任务介绍 | | 100 |
| 相关知识 | 故障种类、气动系统故障分析诊断方法 | 101 |
| 任务 9.2 | 气动冲压系统故障诊断与排除的实践练习 | 106 |
| 拓展练习 1 | | 107 |
| 模块 3 | 液压传动技术 | 109 |
| 模块内容构成 | | 109 |
| 项目 1 | 液压传动技术的认知 | 110 |
| 任务 1.1 | 了解液压传动技术 | 110 |
| 任务介绍 | | 110 |
| 相关知识 | 液压传动的发展概况及应用、液压传动系统的工作原理、液压系统的组成、 基础知识 | 111 |
| 任务 1.2 | 液压千斤顶液压系统的认知与实践 | 115 |
| 任务介绍 | | 115 |

| | |
|---|-----|
| 相关知识: 力的传递、液压千斤顶的工作原理 | 115 |
| 拓展练习 2 | 117 |
| 项目 2 液压泵的认知与实践 | 117 |
| 任务 2.1 齿轮泵的认知与实践 | 117 |
| 任务介绍 | 117 |
| 相关知识: 容积式液压泵的特征与工作原理、外啮合齿轮泵的结构和工作原理及拆装 实践练习 | 118 |
| 任务 2.2 叶片泵的认知与实践 | 122 |
| 任务介绍 | 122 |
| 相关知识: 叶片泵的分类、限压式单作用叶片泵的结构和工作原理及拆装实践练习、双作用叶片 泵的结构和工作原理 | 122 |
| 任务 2.3 柱塞泵的认知与实践 | 126 |
| 任务介绍 | 126 |
| 相关知识: 柱塞泵的特点及分类、斜盘式轴向柱塞泵的结构和工作原理及拆装实践练习、径向 柱塞泵的结构和工作原理 | 126 |
| 拓展练习 3 | 130 |
| 项目 3 卷扬机液压系统的认知与实践 | 130 |
| 任务 3.1 卷扬机液压系统的认知 | 131 |
| 任务介绍 | 131 |
| 相关知识: 液压电动机、单向阀、(4/3)三位四通手动换向阀、单向节流阀、直动式溢流阀的结 构和工作原理 | 131 |
| 任务 3.2 卷扬机液压系统的实践练习 | 134 |
| 模块 4 电气液压技术 | 137 |
| 模块内容构成 | 137 |
| 项目 1 压力机电气液压系统的认知与实践 | 138 |
| 任务 1.1 压力机电气液压系统的认知 | 138 |
| 任务介绍 | 138 |
| 相关知识: 双作用液压缸、(4/2)二位四通单电控电磁换向阀、压力继电器的结构和 工作原理 | 138 |
| 任务 1.2 压力机电气液压系统的实践练习 | 141 |
| 拓展练习 4 | 144 |
| 思考题 2 | 145 |
| 项目 2 闸门启闭装置电气液压系统的认知与实践 | 146 |
| 任务 2.1 闸门启闭装置电气液压系统的认知 | 146 |
| 任务介绍 | 146 |
| 相关知识: (4/3)三位四通电磁换向阀的结构和工作原理 | 146 |
| 任务 2.2 闸门启闭装置电气液压系统的实践练习 | 147 |
| 拓展练习 5 | 149 |
| 思考题 3 | 151 |

| | |
|---|-----|
| 项目 3 仓库升降平台电气液压系统的认知与实践 | 152 |
| 任务 3.1 仓库升降平台电气液压系统的认知 | 152 |
| 任务介绍 | 152 |
| 相关知识: 液控单向阀、双向液压锁的结构和工作原理及应用、换向阀的中位机能及其特点 | 153 |
| 任务 3.2 仓库升降平台电气液压系统的实践练习 | 156 |
| 思考题 4 | 159 |
| 拓展练习 6 | 160 |
| 思考题 5 | 162 |
| 项目 4 组合机床动力滑台电气液压系统的认知与实践 | 162 |
| 任务 4.1 组合机床动力滑台电气液压系统的认知 | 163 |
| 任务介绍 | 163 |
| 相关知识: 调速阀的结构和工作原理、特性、应用场合, 节流调速方法, 速度切换回路 | 163 |
| 任务 4.2 组合机床动力滑台电气液压系统的实践练习 | 168 |
| 思考题 6 | 171 |
| 拓展练习 7 | 171 |
| 思考题 7 | 174 |
| 附录 A 气动实践练习安全注意事项及规程 | 175 |
| 附录 B 电气气动实践练习安全注意事项及规程 | 176 |
| 附录 C 液压实践练习安全注意事项及规程 | 177 |
| 附录 D 电气液压实践练习安全注意事项及规程 | 178 |
| 附录 E 常见气动元件符号 (ISO1219) | 179 |
| 附录 F 常见液压元件符号 (ISO1219) | 182 |
| 附录 G 实践练习报告 (学生用模板) | 186 |
| 附录 H 实践练习评价表 (教师用模板) | 187 |

模块 1

气压传动技术

模块内容构成

| 内 容 | 建议学时 |
|----------------------------|------|
| 项目 1: 气压传动技术的认知 | 4 |
| 项目 2: 机床夹具气动系统的认知与实践 | 2 |
| 项目 3: 工件冲压成型装置气动系统的认知与实践 | 2 |
| 项目 4: 沙发使用寿命测试装置气动系统的认知与实践 | 4 |
| 项目 5: 皮带压花装置气动系统的认知与实践 | 2 |
| 项目 6: 落料传送装置气动系统的认知与实践 | 4 |
| 项目 7: 填充/灌装装置气动系统的认知与实践 | 2 |
| 项目 8: 通气天窗气动系统的认知与实践 | 2 |
| 项目 9: 工件传送线气动系统的认知与实践 | 4 |
| 项目 10: 钻孔和钻孔夹具气动系统的认知与实践 | 4 |
| 学时小计 | 30 |



项目 1 气压传动技术的认知

教学导航

| | |
|--------|---|
| 知识重点 | 气压传动技术的概念及典型应用；气压传动技术的优、缺点；气压传动技术的理论基础；气动系统的组成、功效 |
| 知识难点 | 基础知识 |
| 技能重点 | 识别气动系统回路图中的气动元件；结合系统图解读元件的作用 |
| 技能难点 | 能结合系统图解读元件的作用 |
| 推荐教学方式 | 从两个工作任务入手，通过对第一个任务的分析，了解气压传动技术的概念及特点；通过第二个任务的学习，了解气动系统的组成及相关元件在系统中所起的作用 |
| 推荐学习方法 | 通过工业应用实例来认识气压传动技术 |
| 建议学时 | 4 学时 |

任务 1.1 了解气压传动技术

任务介绍

了解气压传动技术及其在工业中的应用，此种传动形式的优、缺点及该技术的理论基础。

相关知识

1. 什么叫气压传动技术

气压传动技术是以压缩空气作为传动介质进行能量传递和信号传递的工程技术，简称为气动技术。

气动技术不仅是一种驱动技术，而且还可以实现对驱动系统的控制。由于空气是洁净和污染小的工作介质，在高度重视环保的当今社会，气动技术的应用在工业化国家中将会变得越来越重要。

2. 气动技术的典型应用

气动技术是一种低成本的自动化技术，广泛应用于各种生产设备和机器上，涉及行业众多。以下仅结合气动技术的发展列举几个典型的应用实例。

1) 气动技术在饮料灌装行业（食品制造业）的应用

灌装方法是借助气动装置控制活塞的往复运动和旋转运动，将液体从储料箱中吸入活塞缸内，然后再强制压入待灌容器中，这种方法既适用于黏度较大的液体，同时也适用于黏度较小的液体。如图 1-1-1

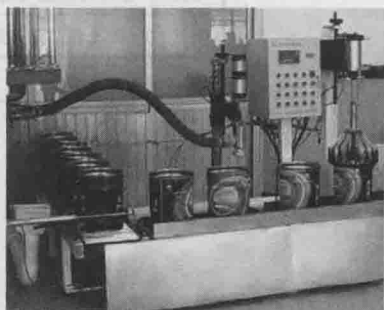


图 1-1-1 液体灌装机



所示的液体灌装机主要适用于黏稠物料的灌装，如食品中的番茄沙司、肉糜、炼乳、糖水、果汁等；日用品中的冷霜、牙膏、香脂、发乳、鞋油等；医药中的软膏等。

2) 气动技术在汽车制造行业的应用

现代汽车制造工厂的生产线，尤其是车架焊接生产线，几乎都采用了气动技术。例如，车身在工位间的移动；车身外壳被真空吸盘吸起和放下，在指定工位被夹紧和定位；点焊机焊头的快速移动和减速软着陆后的变压控制点焊，都采用了各种特殊功能的气动元件和控制系统。

3) 气动技术在电子、半导体制造业的应用

在印制电路板、半导体及芯片等各种电子产品制作、装配生产过程中，即便最细小的尘埃都有可能引起电子元件的短路，鉴于气动技术无污染，从而防止将任何污物带入生产区域，同时气动系统动作速度快，因此电路板上电子元件的插装都是由气动系统驱动的，如图 1-1-2 所示。

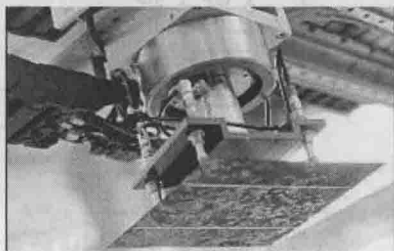


图 1-1-2 印制电路板制作机械

4) 气动技术在化工产品制造业的应用

在化工厂有很多管道和阀门，通常这些管道管径较大，控制流体的阀门也较大，驱动其开启及关闭较费力，为了实现阀门控制自动化并节省人力，通常采用气动执行元件来驱动，即可容易地实现自动化，又使操作简单，如图 1-1-3 所示。

5) 气动技术在包装行业的应用

气动技术广泛用于粮食、食品、药品、化工、化肥等许多行业的产品生产包装机械中，实现对颗粒、粉状、块状等物料的自动计量和包装，如图 1-1-4 所示。例如，烟草工业中的自动卷烟和自动包装等许多工序都采用气动技术实现自动化生产。

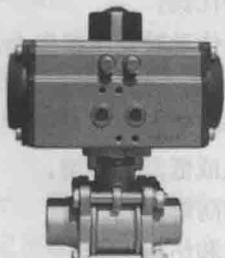


图 1-1-3 阀门气动驱动系统

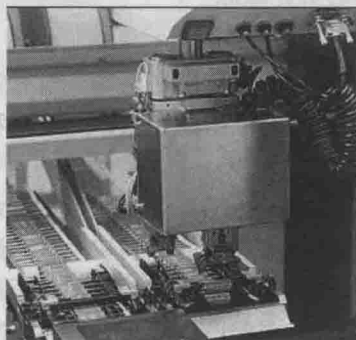


图 1-1-4 食品包装生产线

6) 气动技术在木材加工生产设备上的应用

由于压缩空气比较干净，在加工过程中不会对产品产生污染，因此在木材加工设备中大量采用气动技术作为驱动技术，如图 1-1-5 所示。

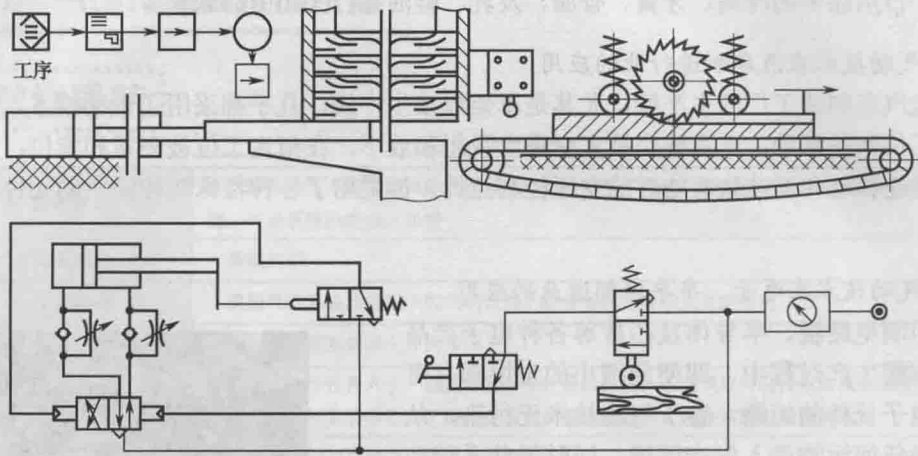


图 1-1-5 木材加工设备

7) 气动技术在医学领域的应用

气动技术已在医学领域广泛应用，如气动人工手指、气动行走机可以灵活地抓取和助人行走，帮助残疾人；气动人工心脏起搏器为心脏病带来生的希望；各种制药自动化生产设备。

8) 气动技术在交通运输领域的应用

公共汽车门的驱动系统，有“飞行气垫”美誉的直升机螺旋桨端部的空气喷嘴和吸收发动机噪声的气动消声器都是气动技术在汽车及飞机制造业上的应用。

以上仅列举了 8 个应用领域，事实上气动技术在机械加工、自动生产线、印刷机械、纺织、测量、卡通模型制作等众多领域都有广泛的应用。

3. 气动技术的优、缺点

1) 气动技术的优点

- (1) 传动介质取之不尽，用之不竭，没有资源枯竭的忧虑。
- (2) 空气的黏度远远低于油和水，因此在利用其进行传动时能量损失小，可进行远距离输送。
- (3) 由于气体具有可压缩性，因此可将多余气体进行压缩并存储起来。
- (4) 压缩空气受温度波动的影响较小，可适用于高温或低温的环境。
- (5) 由于空气不具有爆炸的危险，因此不需要昂贵的防爆设施。
- (6) 空气较清洁，因此广泛应用于食品、制药、木材和纺织工业。
- (7) 由于气动系统压力较低，因此其结构简单、价格便宜、维修方便、寿命长，并易于标准化、系列化和通用化。
- (8) 气流在管道中流速较快，系统运行速度快，并可实现无级调速、没有过载危险。
- (9) 压缩空气可适用于潮湿、强磁场、粉尘大等各种恶劣的工作环境，因此对各种工作环境有良好的适应性。



(10) 在气动系统中, 也可直接利用气压信号实现系统的自动控制。

2) 气动技术的缺点

(1) 尽管压缩空气很干净, 但由于存在杂质、水等, 在使用时必须进行处理, 不得含有灰尘和水分。

(2) 正是由于空气具有可压缩性, 所以在运动过程中其控制精度会受影响。

(3) 由于气动系统常规工作气压在 6~7 bar 以下, 输出力受到限制, 所以气动技术只适用于要求输出力不大的场合。

(4) 使用后的压缩空气要排到大气中, 因此会产生噪声。

4. 理论基础

压力: 压力有绝对压力和相对压力, 其含义和表示方法如图 1-1-6 所示, 常用压力单位见表 1-1-1。

(1) 绝对压力: 以绝对零点为起点所测量的压力叫绝对压力, 用 $P_{\text{绝}}$ 表示。

(2) 相对压力: 以当地大气压力为起点所测量的压力叫相对压力, 用 $P_{\text{相}}$ 表示。

(3) 真空度: 绝对压力减去大气压力的绝对值, 用 $P_{\text{真}}$ 表示, 即 $P_{\text{真}} = |P_{\text{绝}} - P_{\text{相}}|$ 。

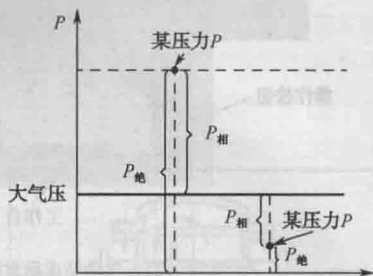


图 1-1-6 压力表示方法

表 1-1-1 压力单位

| 单位名称 | 帕 | 兆帕 | 巴 | 公斤力/平方厘米 | 磅/平方英寸 |
|--------|---|-----|-----|---------------------|--------|
| 单位表示符号 | Pa | MPa | bar | kgf/cm ² | psi |
| 换算关系 | 1 MPa = 10 ⁶ Pa = 10 ⁵ bar 1 bar = 1.02 kgf/cm ² ≈ 14.5 psi | | | | |

(4) 绝对湿度: 在一定温度和压力下, 单位体积的湿空气中所含有的水蒸气的质量, 用 ρ_{vb} 表示。

(5) 饱和绝对湿度: 在一定的温度和压力下, 单位体积湿空气中最大限度含有的水蒸气质量, 用 ρ_b 表示。

(6) 相对湿度: 在每立方米湿空气中, 水蒸气的实际含量 (即未饱和空气的水蒸气密度 ρ_{vb}) 与同温度下最大可能的水蒸气含量 (即饱和水蒸气密度 ρ_b) 之比, 用 φ 表示。

$$\varphi = \rho_{\text{vb}} / \rho_b \times 100\%$$

(7) 稳定流动: 若流体中任何一点的压力、流速和密度都不随时间的变化而变化, 则这种流动就称为稳定流动。

(8) 质量守恒定律: 当气体流动速度 v 小于 70 m/s 时, 密度的变化小于 2%, 工程上常将密度变化小于 2% 忽略不计, 则在管路中任意截面的面积和流速之间存在如下关系:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



任务 1.2 气动钻床分析

任务介绍

如图 1-1-7 所示, 其中 (a) 为气动钻床示意图, (b) 为气动钻床的气动回路图, 试分析驱动系统的组成及各组成部分的功效。

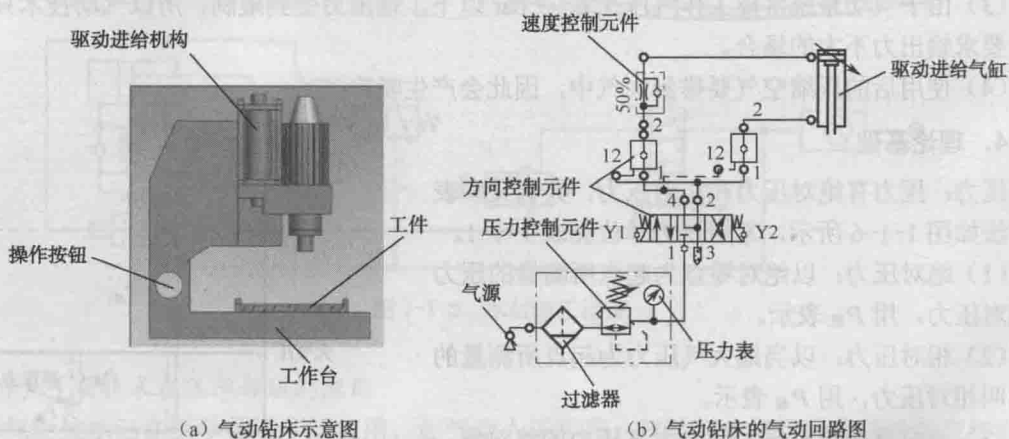


图 1-1-7 气动钻床

相关知识

1. 气动系统的组成

分析图 1-1-7 (b) 可知, 要想利用气体传递动力和运动, 气动系统必须具备气源装置、控制元件 (压力控制元件、流量控制元件、方向控制元件)、执行元件 (驱动进给气缸等)、空气调节处理元件、辅助元件 (过滤器、压力表等) 和传动介质, 因此这几部分构成了一个完整的气动系统。

气源装置: 包括空气压缩机、后冷却器、油水分离器、储气罐、干燥器等元件。通过气源向气动系统提供低温、干净、干燥、具有一定压力和流量的压缩空气。

控制元件: 包括压力控制元件、流量控制元件和方向控制元件。通过控制气动系统压力、流量和流动方向的元件, 从而达到控制执行元件输出力、执行元件速度和执行元件运动方向的目的。

执行元件: 包括气缸、摆动气缸、气动电动机。通过执行元件将气动系统的压力能转化成机械能。

空气调节处理元件: 包括分水过滤器、减压阀等元件。通过分水过滤器、减压阀、油雾器对压缩空气质量进行进一步处理并维持调定压力稳定。

辅助元件: 包括压力表、消声器、管接头、管路等元件。通过辅助元件可将系统中各元件连接起来, 使系统形成封闭回路, 并通过压力表进行压力显示, 通过消声器对排气时产生的噪声进行控制, 因此气动辅助元件是系统不可缺少的元件。

2. 气源装置

气源装置的作用及组成: 在电动机的带动下, 通过空气压缩机的运动将自然界 1 个大气

压的空气压缩到原体积的 1/7 左右, 再通过后冷却器、油水分离器、储气罐、干燥器等元件的处理, 最终向气动系统提供低温、干净、干燥、具有一定压力和流量的压缩空气。图 1-1-8 为气源装置, 其中的主要装置见表 1-1-2。

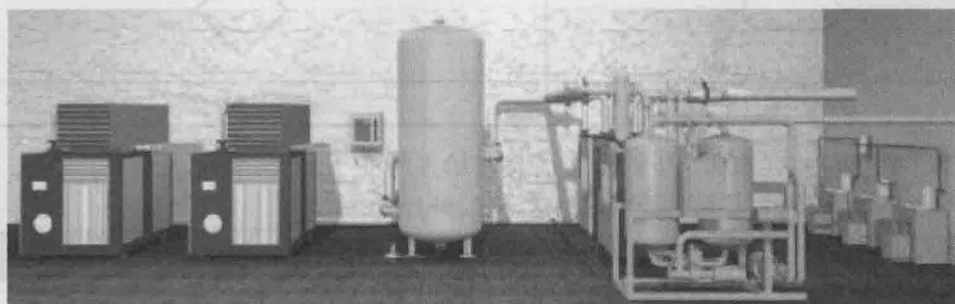


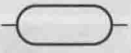
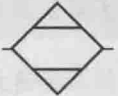
图 1-1-8 气源装置

表 1-1-2 气源中使用的主要装置

| | | |
|------------------|-----------------|------------------|
| | | |
| <p>空气压缩机</p> | <p>后冷却器</p> | <p>油水分离器</p> |
| | | |
| <p>空气压缩机机能符号</p> | <p>后冷却器机能符号</p> | <p>油水分离器机能符号</p> |
| | | |



续表

| | |
|---|---|
| 储气罐 | 干燥器 |
|  |  |
| 储气罐机能符号 | 干燥器机能符号 |

(1) 空气压缩机 (简称空压机): 将原动机输入的机械能转化成压力能。根据机械结构可分为活塞式、叶片式、螺杆式等。以图 1-1-9 叶片式空气压缩机为例, 其工作原理为在电动机的带动下, 回转轴旋转, 离心力使得转子上的叶片与定子内壁相接触, 两个相邻叶片、定子内表面和转子的外表面之间形成的空间, 会随着转子的转动有规律的变化, 空间变大, 实现吸气; 空间变小, 实现压缩和排气。

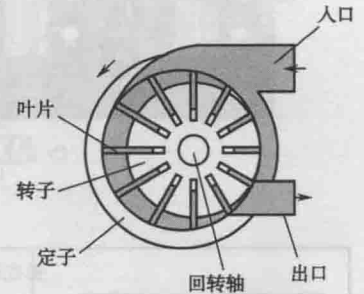


图 1-1-9 叶片式空气压缩机

(2) 后冷却器: 通过风冷或水冷的方法将压缩空气的温度降低, 以便在后续过程中将压缩空气中的水、油分离出来。图 1-1-10 为水冷式后冷却器, 其工作原理为利用循环冷却水降温, 冷却水在管中流动, 热空气在管外流动, 使其中大部分水蒸气和油雾凝聚成液态的水滴和油滴, 即利用热交换原理。

(3) 油水分离器: 利用此元件将液态的水、油与气态的压缩空气分离出来。图 1-1-11 为油水分离器, 其工作原理为压缩空气先经过左边水浴清洗, 除掉较难除掉的油滴等杂质, 再沿切向进入右边旋转离心分离器中, 利用离心力的作用除去水滴。

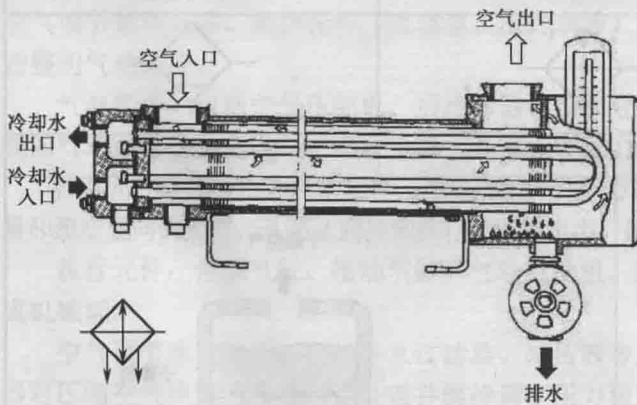


图 1-1-10 水冷式后冷却器

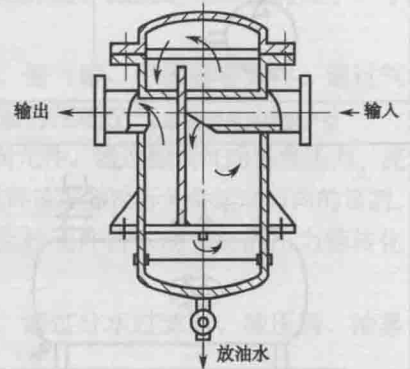


图 1-1-11 油水分离器

(4) 储气罐: 如图 1-1-12 所示, 通过空压机生产出的压缩空气利用储气罐可消除压力脉动, 保证输出气流的连续性; 做应急能源, 存储一定数量的压缩空气, 以备应急使用; 冷却净化压缩空气, 利用储气罐的大面积散热使压缩空气的一部分水蒸气凝结为水, 以便通过排水阀排出系统。工作原理是利用了气体的可压缩性。