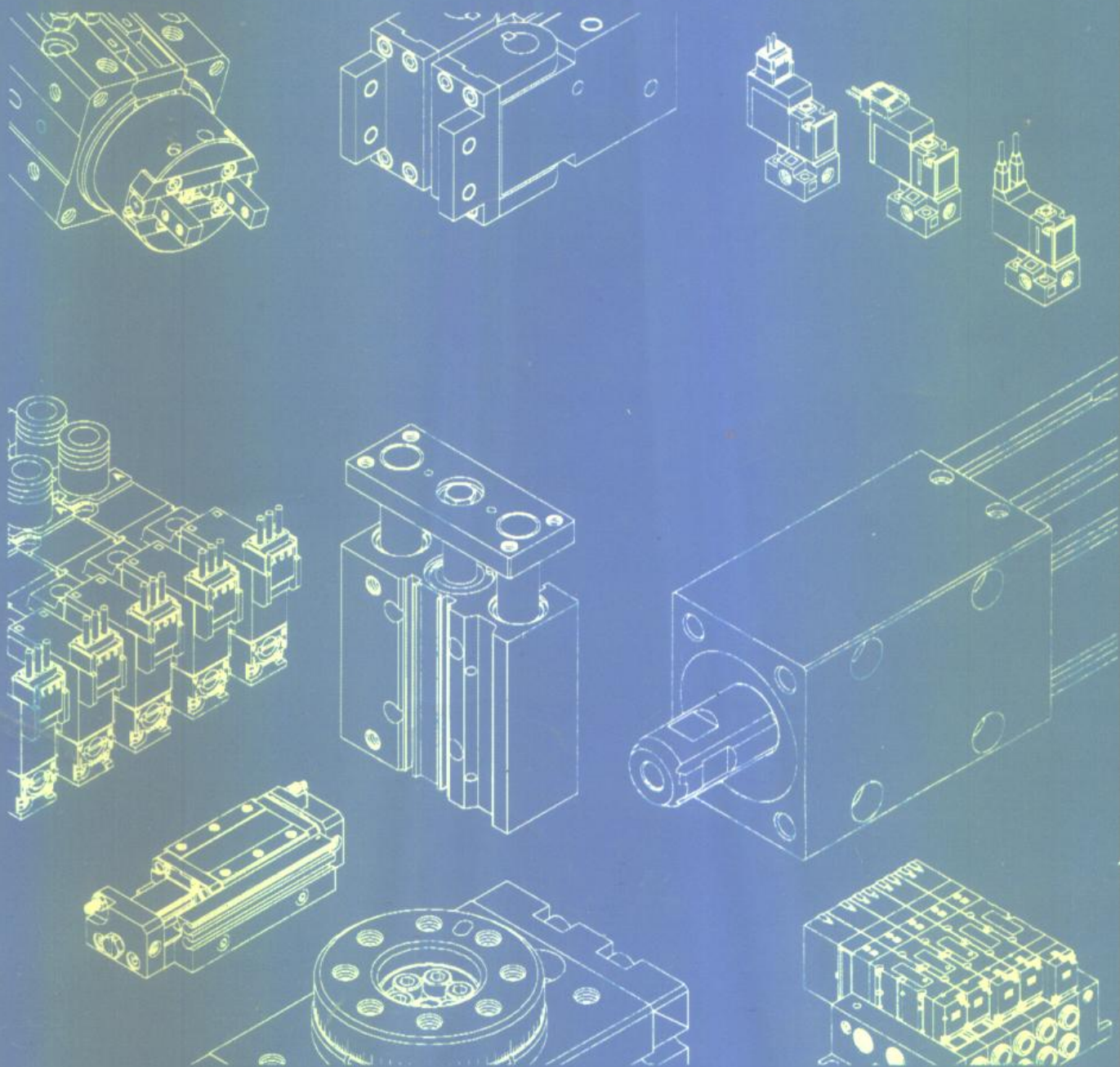


 SMC 培训教材

# 现代实用气动技术

SMC(中国)有限公司 编



机械工业出版社

SMC 培训教材

# 现代实用气动技术

SMC (中国) 有限公司 编

机械工业出版社

日本 SMC 公司是世界上最大的气动元件制造、销售公司,其产品代表了当今世界先进水平。本书介绍了该公司主要气动元件的结构原理、特点、选用方法和使用注意事项,常用基本回路及可编程序控制器的基本常识,气动元件和系统的维护、故障分析方法和对策等。

本书可供气动设备的设计、生产、管理和维护人员参考,也可供高等学校、中等专科学校机械工程和自动化专业的师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

现代实用气动技术/SMC (中国) 有限公司编. —北京:  
机械工业出版社, 1998. 3

SMC 培训教材

ISBN 7-111-05967-0

I. 现… I. S… II. 气动技术 N. TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 20283 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 盛君豪 版式设计: 冉晓华 责任校对: 刘志文

封面设计: 姚毅 责任印制: 卢子祥

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·25.75 印张·632 千字

0 001—5 500 册

定价: 40.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

## 前 言

如果说 80 年代是现代化企业全球化的年代,那么 90 年代则是一个产品流通全球化的时代。应该看到:激烈的国际性竞争促进了工业自动化的飞速发展,而气动技术则是实现工业自动化的重要手段。

气压传动的动力传递介质是来自于自然界取之不尽的空气,环境污染小,工程实现容易,所以气压传动是一种易于推广普及的实现工业自动化的应用技术。近年来,气动技术在机械、化工、电子、电气、纺织、食品、包装、印刷、轻工、汽车等各个制造行业,尤其在各种自动化生产装备和生产线中得到了广泛的应用,极大地提高了制造业的生产效率和产品质量。作为重要机械基础件的气动元件及气动系统的应用,引起了世界各国产业界的普遍重视,气动行业已成为工业国家发展速度最快的行业之一。

70 年代以来,尤其是进入 80 年代后,随着加工技术的不断提高,材料和密封技术的发展、新工艺的出现以及与电子技术的有效结合,气动元件向小型化、低消耗、集成化、高速化(高频度)、机电一体化发展。例如:0.5W~1W 低功耗电磁阀,以及利用计算机或可编程控制器信号的分时处理,在两条导线上直接驱动大量低功耗电磁阀的串送信号技术、各种新型的气动比例阀、实用的增压阀、高速气缸及控制技术、超低速气缸、平滑移动的低加速度气缸、与位移传感器一体化的行程可读出气缸以及可在三坐标空间运动的曲线气缸、……,新型气动元件与技术的发展提高了气动技术的应用水平。另一方面,市场的需求和高速发展的自动化技术也促进了气动技术的不断发展。

本书是为我公司内部技术人员及广大用户教学培训需要编写的。其内容特点是从气动技术基础知识入手,以 SMC 诸多新型气动元件为例,着重介绍了当今气动技术的发展现状。本书的另一个特点是:各篇相对独立,适用于不同读者的需要,在强调作为气动技术分析所需要的理论基础的同时,着重于现场应用。我希望本书能对各行各业有关技术人员在进行气动元件与回路方面的设计时有所帮助,也衷心地希望它能从实用的角度,为中专、大学本科及相关专业研究生提供一本反映气动技术最新发展动向的参考书。

最后利用这个机会,对全书的编写、整理、审阅付出艰辛劳动的北方工业大学的徐文灿教授,北京理工大学 SMC 气动技术中心的彭光正副教授及其他老师、研究生的协助表示衷心的感谢。

SMC 株式会社

代表取缔役 社长:高田 芳行

1997 年 7 月

# 总 目 录

第 I 篇 概论篇

第 II 篇 基础篇

第 III 篇 元件篇

第 IV 篇 回路篇

第 V 篇 维护和故障处理篇

# 第 I 篇 概 论 篇

## 目 录

|     |                    |      |
|-----|--------------------|------|
| 第一节 | 气动技术的应用现状 .....    | I -1 |
| 第二节 | 气动技术的特点 .....      | I -2 |
| 第三节 | 广阔的气动市场 .....      | I -3 |
| 第四节 | 气动元件与系统的基本构成 ..... | I -4 |
| 第五节 | 编写本教材的目的 .....     | I -6 |

# 第 II 篇 基础篇

## 目 录

|                                 |      |                              |      |
|---------------------------------|------|------------------------------|------|
| 第一章 空气的物理性质 .....               | I-1  | 一、流量和连续性方程 .....             | I-20 |
| 第二章 空气的热力学性质 .....              | I-4  | 二、伯努利方程 .....                | I-21 |
| 第一节 基本概念 .....                  | I-4  | 三、压力损失 .....                 | I-22 |
| 一、热力系统、闭口系统、开口系<br>统、绝热系统 ..... | I-4  | 第二节 可压缩流动 .....              | I-25 |
| 二、状态参数、热力过程、准平衡<br>过程 .....     | I-4  | 一、声速 $c$ 和马赫数 $M$ .....      | I-25 |
| 三、完全气体及其状态方程 .....              | I-5  | 二、基本方程组 .....                | I-26 |
| 四、热量、功 .....                    | I-5  | 三、一元定常等熵流动的特性<br>分析 .....    | I-27 |
| 五、热力学能、焓、熵 .....                | I-6  | 四、滞止状态、总参数与静参<br>数的关系 .....  | I-28 |
| 六、可逆过程和不可逆过程 .....              | I-7  | 五、临界状态、壅塞现象 .....            | I-29 |
| 第二节 热力学第一定律 .....               | I-8  | 六、质量流量 .....                 | I-29 |
| 一、闭口系统的能量方程 .....               | I-8  | 第五章 气动元件及回路的流量<br>特性 .....   | I-34 |
| 二、开口系统的能量方程 .....               | I-8  | 第一节 气动元件的流量特性 .....          | I-34 |
| 三、质量热容 .....                    | I-10 | 第二节 气动回路的流量特性 .....          | I-40 |
| 第三节 热力学过程 .....                 | I-11 | 第六章 充放气特性 .....              | I-44 |
| 第三章 湿空气 .....                   | I-15 | 第一节 充放气现象的基本<br>方程 .....     | I-44 |
| 第一节 绝对湿度、相对湿度、<br>露点 .....      | I-15 | 第二节 固定容器的充气特性和<br>放气特性 ..... | I-47 |
| 第二节 压缩空气的相对湿度、<br>压力露点 .....    | I-16 | 第三节 气缸的充放气<br>特性 .....       | I-53 |
| 第四章 气体的一元定常流动 .....             | I-19 |                              |      |
| 第一节 不可压缩流动 .....                | I-20 |                              |      |

# 第Ⅱ篇 元 件 篇

## 目 录

|                                  |      |   |       |
|----------------------------------|------|---|-------|
| <b>第一章 气源设备</b> .....            | Ⅰ-1  | 二、气缸的基本构造 .....                                 | Ⅰ-47  |
| 第一节 空气压缩机 .....                  | Ⅰ-1  | 三、标准气缸 (CJ2、CM2、CG1、MB、<br>CA1 和 CS1 等系列) ..... | Ⅰ-50  |
| 第二节 后冷却器 (HAA 和 HAW<br>系列) ..... | Ⅰ-4  | (一) 单 (向) 作用气缸 .....                            | Ⅰ-50  |
| 第三节 气罐 (AT 系列) .....             | Ⅰ-7  | (二) 双 (向) 作用气缸 .....                            | Ⅰ-51  |
| 第四节 管路系统 .....                   | Ⅰ-8  | (三) 气缓冲气缸 .....                                 | Ⅰ-51  |
| <b>第二章 气源处理元件</b> .....          | Ⅰ-13 | (四) 带磁性开关的气缸 .....                              | Ⅰ-52  |
| 第一节 概述 .....                     | Ⅰ-13 | 四、省空间气缸 .....                                   | Ⅰ-56  |
| 第二节 自动排水器 .....                  | Ⅰ-16 | (一) 薄型气缸 (CQ2 系列) .....                         | Ⅰ-56  |
| 一、气动自动排水器 (AD 系列) .....          | Ⅰ-16 | (二) 自由安装型气缸 (CU 系列) .....                       | Ⅰ-56  |
| 二、电动自动排水器 (ADM<br>系列) .....      | Ⅰ-20 | (三) 椭圆形活塞气缸 (MU<br>系列) .....                    | Ⅰ-57  |
| 第三节 过滤器 .....                    | Ⅰ-21 | 五、气缸的性能 .....                                   | Ⅰ-57  |
| 一、主管路过滤器 (AFF 系列) .....          | Ⅰ-21 | 六、气缸的选用 .....                                   | Ⅰ-62  |
| 二、空气过滤器 (AF 系列) .....            | Ⅰ-22 | 七、气缸的使用注意事项 .....                               | Ⅰ-76  |
| 三、油雾分离器 (AM 和 AFM<br>系列) .....   | Ⅰ-25 | 八、高位置精度气缸 .....                                 | Ⅰ-77  |
| 四、微雾分离器 (AMD 和 AFD<br>系列) .....  | Ⅰ-26 | (一) 滑动装置气缸 (CX 系列) .....                        | Ⅰ-77  |
| 五、超微油雾分离器 (AME<br>系列) .....      | Ⅰ-27 | (二) 双出杆气缸 (CXS 系列) .....                        | Ⅰ-81  |
| 六、除臭过滤器 (AMF 系列) .....           | Ⅰ-27 | (三) 带导杆气缸 (MG□系列) .....                         | Ⅰ-83  |
| 七、水分分离器 (AMG 系列) .....           | Ⅰ-29 | 九、无杆气缸 .....                                    | Ⅰ-87  |
| 第四节 干燥器 .....                    | Ⅰ-29 | (一) 机械接触式无杆气缸 (MY<br>系列) .....                  | Ⅰ-87  |
| 一、冷冻式干燥器 (IDF 和 IDU<br>系列) ..... | Ⅰ-29 | (二) 磁性偶合式无杆气缸 (CY1<br>系列) .....                 | Ⅰ-92  |
| 二、吸附式干燥器 (ID 系列) .....           | Ⅰ-33 | 十、制动气缸 (CL 系列) 和端锁气缸<br>(CB 系列) .....           | Ⅰ-98  |
| 三、高分子隔膜式干燥器 (IDG<br>系列) .....    | Ⅰ-35 | 十一、带阀气缸 (CV 系列) .....                           | Ⅰ-109 |
| 第五节 空气组合元件 (AC<br>系列) .....      | Ⅰ-36 | 十二、常见变种气缸 .....                                 | Ⅰ-113 |
| <b>第三章 气动执行元件</b> .....          | Ⅰ-40 | 十三、其它气缸 .....                                   | Ⅰ-116 |
| 第一节 气缸 .....                     | Ⅰ-40 | (一) 止动气缸 (RS 系列) .....                          | Ⅰ-116 |
| 一、分类和特点 .....                    | Ⅰ-40 | (二) 行程可读出气缸 (CE1<br>系列) .....                   | Ⅰ-119 |
|                                  |      | (三) 气爪 (MH 系列) .....                            | Ⅰ-120 |
|                                  |      | 十四、特殊订货的气缸 .....                                | Ⅰ-121 |
|                                  |      | 十五、气缸配套件 .....                                  | Ⅰ-124 |



|                            |       |                           |       |
|----------------------------|-------|---------------------------|-------|
| 第二节 摆动气缸(CR 系列) .....      | ■-126 | (一) 主要技术参数 .....          | ■-197 |
| 一、齿轮齿条式摆动气缸 .....          | ■-126 | (二) 选型 .....              | ■-205 |
| 二、叶片式摆动气缸 .....            | ■-127 | 八、使用注意事项 .....            | ■-209 |
| 三、摆动气缸的选用 .....            | ■-128 | <b>第五章 气动辅助元件</b> .....   | ■-211 |
| <b>第四章 气动控制元件</b> .....    | ■-134 | 第一节 润滑元件 .....            | ■-211 |
| 第一节 压力控制阀 .....            | ■-134 | 一、油雾器 .....               | ■-211 |
| 一、减压阀 .....                | ■-134 | (一) 普通型油雾器 (AL 系列) .....  | ■-211 |
| (一) 直动式减压阀 (AR 系列) .....   | ■-134 | (二) 自动补油型油雾器 (ALF         |       |
| (二) 先导式减压阀 (AR□□5 和        |       | 系列) .....                 | ■-214 |
| IR□□□系列) .....             | ■-137 | 二、集中润滑元件 (ALD 系列) .....   | ■-216 |
| (三) 大功率减压阀 (VEX1 系列) ..... | ■-139 | 第二节 消声器和排气洁净              |       |
| (四) 复合功能减压阀 .....          | ■-141 | 器 .....                   | ■-218 |
| (五) 选用 .....               | ■-145 | 一、消声器 (AN 系列) .....       | ■-218 |
| (六) 使用注意事项 .....           | ■-146 | 二、排气洁净器 (AMC 系列) .....    | ■-221 |
| 二、增压阀 (VBA 系列) .....       | ■-146 | 第三节 磁性开关 (D—□             |       |
| 第二节 流量控制阀 .....            | ■-149 | 系列) .....                 | ■-222 |
| 一、单向节流阀 (速度控制阀)            |       | 一、有触点式磁性开关 .....          | ■-222 |
| (AS 系列) .....              | ■-149 | 二、无触点式磁性开关 .....          | ■-225 |
| 二、带消声器的排气节流阀 (ASN2         |       | 三、磁性开关的选用 .....           | ■-228 |
| 系列) .....                  | ■-153 | 第四节 压力开关 .....            | ■-230 |
| 三、具有调压机能或快排机能的速            |       | 一、无触点式压力开关 (ISE           |       |
| 度控制阀 (PFC 或 QFC 系列) .....  | ■-154 | 系列) .....                 | ■-230 |
| 四、具有固定节流孔和急速供气机            |       | 二、有触点式压力开关 (IS1000        |       |
| 能的速度控制阀 (SSC 系列) .....     | ■-156 | 系列) .....                 | ■-234 |
| 第三节 方向控制阀 .....            | ■-158 | 三、通用压力开关 (ISG 系列) .....   | ■-235 |
| 一、分类 .....                 | ■-158 | 四、气动压力开关 (IS300 和 IS3000  |       |
| 二、电磁换向阀 .....              | ■-164 | 系列) .....                 | ■-235 |
| (一) 电磁铁 .....              | ■-164 | 五、气电转换器 (VR3200 系列) ..... | ■-236 |
| (二) 直动式电磁换向阀 .....         | ■-167 | 第五节 管道及管接头 .....          | ■-236 |
| (三) 先导式电磁换向阀 .....         | ■-170 | 一、管道 .....                | ■-236 |
| (四) 电磁阀的配管、配线及附件 .....     | ■-184 | 二、管接头 .....               | ■-238 |
| 三、气控换向阀 .....              | ■-188 | 三、使用注意事项 .....            | ■-242 |
| 四、机械控制换向阀 (VM 系列) .....    | ■-190 | 第六节 气液转换器 (CC             |       |
| 五、人力控制换向阀 (VM、VH           |       | 系列) .....                 | ■-243 |
| 系列) .....                  | ■-193 | 第七节 液压缓冲器 (RB             |       |
| 六、单向型方向阀 .....             | ■-195 | 系列) .....                 | ■-247 |
| (一) 单向阀 (AK 系列) .....      | ■-195 | 第八节 其它元件 .....            | ■-251 |
| (二) 梭阀 (VR12□0 系列) .....   | ■-195 | 一、气动显示器 (VR 系列) .....     | ■-251 |
| (三) 双压阀 (XT92-59) .....    | ■-196 | 二、压力表、真空压力表和              |       |
| (四) 快速排气阀 (AQ 系列) .....    | ■-196 | 差压表 .....                 | ■-252 |
| 七、方向阀的主要技术参数和              |       | <b>第六章 真空元件</b> .....     | ■-254 |
| 选用 .....                   | ■-197 |                           |       |

|     |                         |       |     |                                 |       |
|-----|-------------------------|-------|-----|---------------------------------|-------|
| 第一节 | 概述 .....                | ■-254 | 第六节 | 真空过滤器 (ZF<br>系列) .....          | ■-265 |
| 第二节 | 真空吸盘 (ZP 系列) .....      | ■-256 | 第七节 | 真空组件 (ZM、ZX、ZR、<br>ZL 系列) ..... | ■-266 |
| 第三节 | 真空发生器 (ZH<br>系列) .....  | ■-258 | 第八节 | 其它真空用元件 .....                   | ■-272 |
| 第四节 | 真空用气阀 .....             | ■-259 | 第九节 | 真空用元件的选定 .....                  | ■-273 |
| 第五节 | 真空压力开关 (ZS<br>系列) ..... | ■-263 | 第十节 | 使用注意事项 .....                    | ■-276 |

# 第IV篇 回路篇

## 目 录

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| <b>第一章 气动回路</b> .....               | N-1  |
| 第一节 换向控制回路 .....                    | N-1  |
| 第二节 压力（力）控制回路 .....                 | N-3  |
| 第三节 位置（角度）控制回路 .....                | N-6  |
| 第四节 速度控制回路 .....                    | N-7  |
| 第五节 同步控制回路 .....                    | N-9  |
| 第六节 其它控制回路 .....                    | N-12 |
| <b>第二章 气动顺序控制系统与可编程控制器的应用</b> ..... | N-15 |
| 第一节 气动顺序控制系统 .....                  | N-15 |
| 第二节 继电器控制系统 .....                   | N-16 |
| 第三节 可编程控制器的应用 .....                 | N-24 |

# 第 V 篇 维护和故障处理篇

## 目 录

|                          |      |
|--------------------------|------|
| <b>第一章 维护保养</b> .....    | V-1  |
| 第一节 经常性的维护工作 .....       | V-1  |
| 第二节 定期的维护工作 .....        | V-1  |
| <b>第二章 故障诊断与对策</b> ..... | V-4  |
| 第一节 故障种类 .....           | V-4  |
| 第二节 故障诊断方法 .....         | V-4  |
| 第三节 常见故障及其对策 .....       | V-9  |
| <b>第三章 维修工作</b> .....    | V-19 |

# 第 I 篇 概 论 篇

气动 (PNEUMATIC) 是“气动技术”或“气压传动与控制”的简称。气动技术是以空气压缩机为动力源,以压缩空气为工作介质,进行能量传递或信号传递的工程技术,是实现各种生产控制、自动控制的重要手段之一。

## 第一节 气动技术的应用现状

人们利用空气的能量完成各种工作的历史可以追溯到远古,但作为气动技术应用的雏形,大约开始于 1776 年 John Wilkinson 发明能产生 1 个大气压左右压力的空气压缩机。1880 年,人们第一次利用气缸做成气动刹车装置,将它成功地用到火车的制动上。本世纪 30 年代初,气动技术成功地应用于自动门的开闭及各种机械的辅助动作上。进入到 60 年代尤其是 70 年代初,随着工业机械化和自动化的发展,气动技术才广泛应用在生产自动化的各个领域,形成现代气动技术。

下面简要介绍生产技术领域应用气动技术的一些例子。

### 1. 汽车制造行业

现代汽车制造工厂的生产线,尤其是主要工艺的焊接生产线,几乎无一例外地采用了气动技术。如:车身在每个工序的移动;车身外壳被真空吸盘吸起和放下,在指定工位的夹紧和定位;点焊机焊头的快速接近、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缸及相应的气动控制系统。高频率的点焊、力控的准确性及完成整个工序过程的高度自动化,堪称是最有代表性的气动技术应用之一。另外,搬运装置中使用的高速气缸(最大速度达 3m/s)、复合控制阀的比例控制技术都代表了当今气动技术的新发展。

### 2. 电子、半导体制造行业

在彩电、冰箱等家用电器产品的装配生产线上,在半导体芯片、印刷电路等各种电子产品的装配流水线上,不仅可以看到各种大小不一、形状不同的气缸、气爪,还可以看到许多灵巧的真空吸盘将一般气爪很难抓起的显象管、纸箱等物品轻轻地吸住,运送到指定位置上。对加速度限制十分严格的芯片搬运系统,采用了平稳加速的 SIN 气缸。这种气缸具有特殊的加减速机构,可以平稳地将盛满水的水杯从 A 点送到 B 点,并保证水不溢出。为了提高试验效率和追求准确的试验结果,摩托罗拉采用了由 SMC 小型气缸和控制阀构成的携带式电话的性能寿命试验装置,不仅可以随意地改变按键频度,还可以根据需要,随时改变按键的力度。对环境洁净度要求高的场所,可以选用洁净系列的气动元件,这种系列的气缸、气阀及其它元件有特殊的密封措施。

### 3. 生产自动化的实现

60 年代,气动技术主要用于比较繁重的作业领域作为辅助传动。现在,在工业生产的各个领域,为了保证产品质量的均一性,为了能减轻单调或繁重的体力劳动、提高生产效率,为了降低成本,都已广泛使用了气动技术。在缝纫机、自行车、手表、洗衣机、自动和半自动

机床等许多行业的零件加工和组装生产线上,工件的搬运、转位、定位、夹紧、进给、装卸、装配、清洗、检测等许多工序中都使用气动技术。气动木工机械可完成挂胶、压合、切割、刨光、开槽、打榫、组装等许多作业。自动喷气织布机、自动清洗机、冶金机械、印刷机械、建筑机械、农业机械、制鞋机械、塑料制品生产线、人造革生产线、玻璃制品加工线等许多场合,都大量使用了气动技术。

#### 4. 包装自动化的实现

气动技术还广泛应用于化肥、化工、粮食、食品、药品等许多行业,实现粉状、粒状、块状物料的自动计量包装。用于烟草工业的自动卷烟和自动包装等许多工序。用于对粘稠液体(如油漆、油墨、化妆品、牙膏等)和有毒气体(如煤气等)的自动计量灌装。

由上面所举例子可见,气动技术在各行各业已得到广泛的应用。

## 第二节 气动技术的特点

80年代以来,自动化、省力化得到迅速发展。自动化、省力化的主要方式有:机械方式、电气方式、电子方式、液压方式和气动方式等。这些方式都有各自的优缺点及其最适合的使用范围。表 I-1 给出了各种动力传动和控制方式的比较。任何一种方式都不是万能的,在实现生产设备、生产线的自动化、省力化时,必须对各种技术进行比较,扬长避短,选出最适合方式或几种方式的恰当组合,以使装备做到更可靠、更经济、更安全、更简单。

表 I-1 各种传动与控制方式的比较

|          | 机械方式   | 电气方式  | 电子方式   | 液压方式          | 气动方式        |
|----------|--------|-------|--------|---------------|-------------|
| 驱动力      | 不太大    | 不太大   | 小      | 大(可达数百 kN 以上) | 稍大(可达数十 kN) |
| 驱动速度     | 小      | 大     | 大      | 小             | 大           |
| 响应速度     | 中      | 大     | 大      | 大             | 稍大          |
| 特性受负载的影响 | 几乎没有   | 几乎没有  | 几乎没有   | 较小            | 大           |
| 构造       | 普通     | 稍复杂   | 复杂     | 稍复杂           | 简单          |
| 配线,配管    | 无      | 较简单   | 复杂     | 复杂            | 稍复杂         |
| 温度影响     | 普通     | 大     | 大      | 小于 70℃ 普通     | 小于 100℃ 普通  |
| 防潮性      | 普通     | 差     | 差      | 普通            | 注意排放冷凝水     |
| 防腐蚀性     | 普通     | 差     | 差      | 普通            | 普通          |
| 防振性      | 普通     | 差     | 特差     | 普通            | 普通          |
| 定位精度     | 良好     | 良好    | 良好     | 稍良好           | 稍不良         |
| 维护       | 简单     | 有技术要求 | 技术要求高  | 简单            | 简单          |
| 危险性      | 没有特别问题 | 注意漏电  | 没有特别问题 | 注意防火          | 几乎没有问题      |
| 信号转换     | 难      | 易     | 易      | 难             | 较难          |
| 远程操作     | 难      | 很好    | 很好     | 较良好           | 良好          |
| 动力源出现故障时 | 不动作    | 不动作   | 不动作    | 若有蓄能器,能短时间应付  | 有一定应付能力     |
| 安装自由度    | 小      | 有     | 有      | 有             | 有           |

(续)

|      | 机械方式  | 电气方式   | 电子方式           | 液压方式                             | 气动方式                            |
|------|---|--|----------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 无级变速 | 稍困难   | 稍困难  | 良好             | 良好                               | 稍良好                             |
| 速度调整 | 稍困难   | 容易   | 容易             | 容易                               | 稍困难                             |
| 价格   | 普通  | 稍高   | 高              | 稍高                               | 普通                              |
| 备 注  | 由凸轮、螺钉、杠杆、连杆、齿轮、棘轮、棘爪和传动轴等机件组成的驱动系统。主要动力源为电动机 | 驱动系统作为动力源和别的电磁离合器、制动器机械方式并用<br>控制系统是由限位开关、继电器、延时器等组成 | 由半导体元件等组成的控制方式 | 驱动系统是由液压缸等组成<br>控制系统是由各种液压控制阀等组成 | 驱动系统是由气缸等组成<br>控制系统是由各种气动控制阀等组成 |

气动技术与其它的传动和控制方式相比，其主要优缺点如下。

优点：

- 1) 气动装置结构简单、轻便、安装维护简单。压力等级低，故使用安全。
- 2) 工作介质是取之不尽、用之不竭的空气，空气本身不花钱。排气处理简单，不污染环境，成本低。
- 3) 输出力及工作速度的调节非常容易。气缸动作速度一般为 (50~500) mm/s，比液压和电气方式的动作速度快。
- 4) 可靠性高，使用寿命长。电器元件的有效动作次数约为数百万次，而 SMC 的一般电磁阀的寿命大于 3000 万次，小型阀超过 1 亿次。
- 5) 利用空气的可压缩性，可贮存能量，实现集中供气。可短时间释放能量，以获得间歇运动中的高速响应。可实现缓冲。对冲击负载和过负载有较强的适应能力。在一定条件下，可使气动装置有自保持能力。
- 6) 全气动控制具有防火、防爆、耐潮的能力。与液压方式相比，气动方式可在高温场合使用。
- 7) 由于空气流动损失小，压缩空气可集中供应，远距离输送。

缺点：

- 1) 由于空气有压缩性，气缸的动作速度易受负载的变化而变化。采用气液联动方式可以克服这一缺陷。
- 2) 气缸在低速运动时，由于摩擦力占推力的比例较大，气缸的低速稳定性不如液压缸。
- 3) 虽然在许多应用场合，气缸的输出力能满足工作要求，但其输出力比液压缸小。

### 第三节 广阔的气动市场

从各国的行业统计资料来看，近 20 多年来，气动行业发展很快。70 年代，液压与气动元件的产值比约为 9 : 1，20 多年后的今天，在工业技术发达的欧美、日本等国家，该比例已达

6:4, 甚至接近 5:5。由于气动元件的单价比液压元件便宜, 在相同产值的情况下, 气动元件的使用量及使用范围已远远超过了液压行业。目前, 世界气动元件的产值约在 90 亿美元左右。从地区划分, 可以说美洲 (以美国为中心)、欧洲 (欧洲各工业发达国家) 和亚太地区 (以日本为中心) 三分天下。作为气动行业的知名企业, 有日本的 SMC、德国的 FESTO、英国的 NORGREN 和美国的 PARKER 等。SMC 公司在世界 30 个国家建有海外子公司和海外生产工厂。1996 年, 在日本国内的市场占有率已超过 60%, 在世界上的市场占有率已达 16%。气动元件的基本生产品种达 6400 种及 400000 种不同的规格。在筑波技术中心有 500 多名技术人员研制开发气动新产品, 是世界上最大的气动企业之一。

中国改革开放以来, 气动行业发展很快。1986 年至 1993 年间, 气动元件产值的年递增率达 24.2%, 高于中国机械工业产值平均年递增率 10.5% 的水平。1996 年全国气动行业的产值约在 6000 万美元左右。虽然中国的基础工业离世界先进工业国家还有一定的差距, 但在气动行业同行的努力下, 中国的气动技术一定会很快得到发展和提高。

纵观世界气动行业的发展趋势, 气动元件的发展动向可归纳为:

**高质量** 电磁阀的寿命可达 3000 万次以上, 气缸的寿命可达 (2000~5000) km。

**高精度** 定位精度达 (0.5~0.1) mm, 过滤精度可达 0.01 $\mu$ m, 除油率可达 1m<sup>3</sup> 标准大气中的油雾在 0.1mg 以下。

**高速度** 小型电磁阀的换向频率可达数十 Hz, 气缸最大速度可达 3m/s。

**低功耗** 电磁阀的功耗可降至 (1~0.5) W。

**小型化** 元件制成超薄、超短、超小形。如: 宽 8.6mm 的单电控先导式二位五通电磁阀; 缸径 2.5mm 的单作用气缸; 缸径 6mm 的双作用气缸, M3 的管接头和内径 2mm 的连接管等。

**轻量化** 元件采用铝合金及塑料等新型材料制造, 零件进行等强度设计。如已出现 10g 重的低功率电磁阀。

**无给油化** 不供油润滑元件组成的系统不污染环境, 系统简单, 维护也简单, 节省润滑油, 且摩擦性能稳定, 成本低、寿命长, 适合食品、医药、电子、纺织、精密仪器、生物工程等行业的需要。

**复合集成化** 减少配线、配管和元件, 节省空间, 简化拆装, 提高工作效率。

**机电气一体化** 典型的是“可编程序控制器+传感器+气动元件”组成的控制系统。

## 第四节 气动元件与系统的基本构成

### 1. 气动系统的基本构成

气动系统的基本构成如图 I-1 所示。

组成的气动回路是为了驱动用于各种不同目的的机械装置, 其最重要的三个控制内容是: 力的大小、运动方向和运动速度。与生产装置相连接的各种类型的气缸, 靠压力控制阀、方向控制阀和流量控制阀分别实现对三个内容的控制, 即

**压力控制阀** ——→ 控制气缸输出力的大小

**方向控制阀** ——→ 控制气缸的运动方向

**速度控制阀** ——→ 控制气缸的运动速度



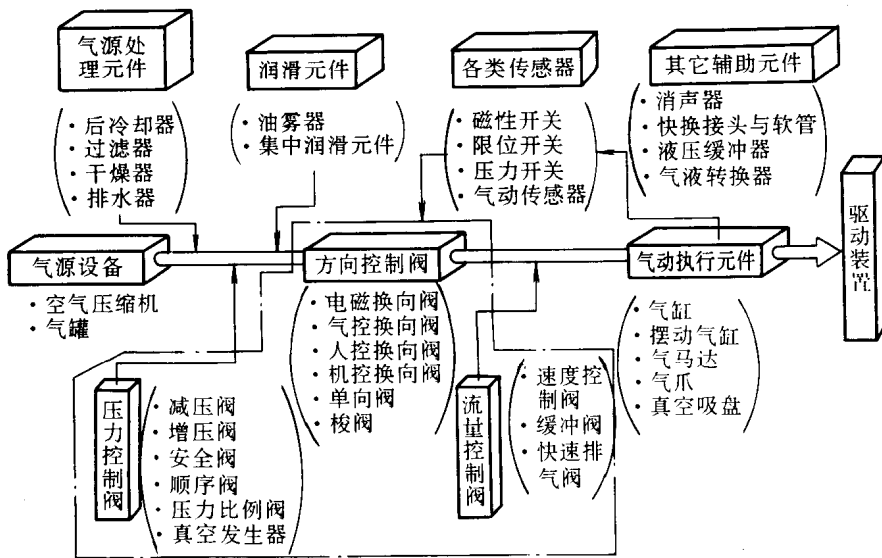


图 I-1 气动系统的基本构成

2. 气动元件的基本品种

表 I-2 所列为气动元件的基本品种，可以把这些品种再划分成几大类别。如从不同的角度来划分，同一品种可能归入不同的类别。譬如，后冷却器作为空气压缩机的附属设备，则应归入气源设备类；若作为独立元件，按其功能，应属于气源处理元件。再譬如，从功能讲，快速排气阀应属于流量控制阀，但也可把它归入单向型方向控制阀内。

表 I-2 气动元件的基本品种

| 类别     | 品种    | 说明  |
|--------|-------|---|
| 气源设备   | 空气压缩机 | 作为气压传动与控制的动力源，常使用 1.0MPa 压力等级   |
|        | 后冷却器  | 清除压缩空气中的水分、油污和杂质  |
|        | 气罐    | 稳压和蓄能   |
| 气源处理元件 | 过滤器   | 清除压缩空气中的水分、油污和灰尘等，以获得洁净干燥的压缩空气，提高气动元件的使用寿命和气动系统的可靠性<br>根据不同的使用目的，可选择过滤精度不同的品种 |
|        | 干燥器   | 进一步清除压缩空气中的水分   |
|        | 自动排水器 | 自动排除冷凝水   |
| 气动执行元件 | 气缸    | 推动工件作直线运动   |
|        | 摆动气缸  | 推动工件在一定角度范围内作摆动   |
|        | 气马达   | 推动工件作连续旋转运动   |
|        | 气爪    | 抓起工件  |
|        | 复合气缸  | 实现各种复合运动，如直线运动加摆动的伸摆气缸  |