

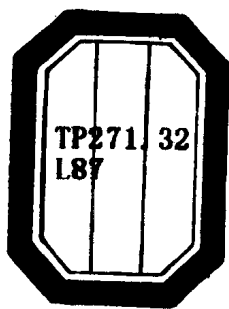
TP271.32

L87

460923

气动自动化系统的优化设计

陆鑫盛 周 洪 编著



上海科学技术文献出版社

内 容 提 要

本书介绍了组成气动自动化系统的气源系统及空气净化处理装置,各种气动元件(包括采用总线技术的阀岛、比例伺服元件)、辅助元件(包括气动传感器、转换元件)的结构、工作原理、性能及选用方法,真空元件及真空计算尺的应用,讨论了气动机构设计中的几个问题,模块式气动工业机械手的组合方式与设计计算,PLC控制器的应用,气动程序控制的设计方法,气动伺服定位系统及气动应用,日常使用与维护等。本书在系统地介绍气动元件、气动控制工程的同时,侧重于元件及系统的优化选择及设计。

本书可供高校及中专学校流体传动与控制专业及相关专业的师生参考,特别适合于从事气动自动化系统及气动设备设计、生产和维护单位的工程技术人员和操作人员参考。

DVV 20/28 14

前言

气动技术由风动技术及液压技术演变、发展而成为独立的技术门类不到 50 年,却已经充分显示出它在自动化领域中强大的生命力,成为二十世纪应用最广,发展最快,也最易被接受及重视的技术之一。工业如机械、电子、钢铁、运行车辆及其制造、橡胶、纺织、轻工、化工、食品、包装、印刷、烟草等领域中,气动技术已成为不可缺少的基本部分。不可忽视的是,如同电气、电子由工业应用发展到广泛的家用一样,气动不仅在尖端技术领域如核工业或宇航中取得地位,而且也开始进入农林、园艺、楼宇自动化等范畴。完全可以想象,类同“家用电器”,将来会出现“家用气动”这样的名词,为人们熟知。

气动技术有几个主要的历史发展阶段。至 50 年代初,大多数元件从液压元件改造或演变过来,体积很大。60 年代,开始构成工业控制系统,自成体系,不再与风动技术相提并论。在 70 年代,由于与电子技术的结合应用,在自动化控制领域得到广泛的推广。80 年代则是集成化、微型化的时代。我们现在处于 90 年代末,世纪转换的时期,气动技术突破了传统的死区,经历着飞跃性的发展。1997 年制造的换向阀与 1961 年相比较,在相同流量及功能的前提下,体积仅为前者的 7%。10mm 宽的阀(功耗 0.5~1W)已被普遍采用。人们克服了阀的物理尺寸局限,制造了第一个无壁厚的电磁换向阀(FESTO 公司 CP 阀岛)。真空技术日趋完美,一个真空阀体中集成了过滤、真空产生、真空释放、真空保持、压力开关等功能,可取代过去由真空泵、真空阀、压力继电器所组成的庞大回路。重复精度小于 0.01mm 的模块化气动机械手,5mm/s 低速平稳运行及 17m/s 高速运动的不同气缸相继问世。在与计算机、电气、传感、通讯等技术相结合的基础上产生了智能气动这一概念(气动比例与伺服、智能阀岛、模块化机械手)。气动伺服定位技术可使气缸在高速运动 3m/s 情况下实现任意点自动定位。智能阀岛十分理想地解决了整个自动生产线的分散与集中控制问题。现代气动的发展趋势是微型化、集成化、模块化、智能化。

在这种情况下,对设计人员提出的要求,远远超出传统机械设计的范畴。今天的技术人员,要求能够巧妙地将机、电、气、液结合起来,发挥和利用各门技术的长处。同时,一个系统要具有竞争力,不仅要满足功能上的要求,还必须满足可靠性、环境兼容、安全、效率、空间、速度、标准化、经济性、智能化、工业外型设计、操作便利、保养及维修方便、抗干扰、防爆、能耗、系统兼容性和可拓展性等多方面的要求。优化的概念早已不再是数据纸上一、两条特性曲线的改良。值得欣慰的是,改革开放以来,众多学府培养的技术人才在实际应用能力方面已经取得长足进步。

本书在系统地介绍气动元件、气动控制工程的同时,侧重于元件及系统的优化选择及设计。

值得重视的是,气动元件的优化也体现在标准化程度上。标准化问题涉及到元件制造厂商提供的产品是否符合国际上已普遍采用和认可的标准,如 ISO、VDMA,直接影响到元件的更换和系统兼容性、可拓展性等具有长远意义的问题。

总而言之,进行元件选择和系统设计时,在保证功能和可靠性的前提下,必须提高其综

合性指标,兼顾前面提及的各种要求。选择适当规格的元件很重要。为此,FESTO 公司提供了一套人-机对话式仿真软件,附在本书后,支持设计人员利用经济合理的优化方案来设计系统和选择缸、阀、管道、接头、节流阀等元件。

未来的气动技术将朝着一个更加理性、智能化、成套化的方向发展。我们相信随着自动化领域的不断开拓和需求,随着技术、材料和工艺的新发展,将有更多、更新的气动元件补充到本书中,提供给各位设计人员。

祝我们的读者成功!

费斯托(中国)有限公司
总经理: **袁华徕**(工学博士)
1999 年 5 月

目 录

绪 言

0.1 气动自动化控制技术	1
一、采用气动自动化的经济效果	1
二、气动的持续发展必须体现的特点	2
三、气动自动化系统的发展趋势	2
1. 功能不断增强,体积不断缩小	2
2. 模块化和集成化	3
3. 智能气动	4
4. 整套供应	4
0.2 本书的主要内容	4

第一章 气源系统及空气净化处理装置

1.1 压缩空气	5
一、干空气与湿空气	5
1. 干空气与湿空气	5
2. 相对湿度	6
3. 含湿量	6
4. 露点	6
5. 压缩空气的相对湿度和露点	6
二、压缩空气的污染	8
1. 污染源	8
2. 污染的影响	8
三、空气的质量等级	9
四、空气的净化处理	9
1.2 空气压缩站	11
一、空气压缩站的组成	11
1. 空压机	11
2. 贮气罐	14
3. 后冷却器	15
二、空压站机组的选择	16
1. 输出流量	16
2. 输出压力	17

3. 噪声	17
三、空压站机组的控制	17
1.3 空气净化处理装置	18
一、干燥器	18
1. 冷冻式空气干燥器	18
2. 吸附式空气干燥器	19
3. 膜式空气干燥器	20
二、过滤器	21
1. 分水过滤器	21
2. 凝聚式过滤器	23
三、油雾器	23
1. 普通型油雾器	23
2. 微雾型油雾器	25
四、自动排水器	27
1.4 管道网路	28
一、管道设计	28
1. 管道直径计算	28
2. 压力降校核	28
3. 管道中流阻元件的影响	30
二、管道布置的基本原则	31
1. 从供气压力要求来考虑	31
2. 从供气净化质量要求来考虑	32
3. 从供气的可靠性和经济性要求来考虑	32

第二章 气动执行元件

2.1 概述	34
2.2 气缸	34
一、分类	34
1. 按结构分类	34
2. 按缸径分类	35
3. 按安装形式分类	35
4. 按缓冲形式分类	36
5. 按驱动方式分类	36
6. 按润滑方式分类	36
二、普通气缸	36
1. 动作原理	36
2. 结构	38
3. 密封	39

4. 规格	41
5. 工作特性	43
三、普通气缸的设计计算	44
1. 气缸的输出力	44
2. 负载率 β	47
3. 缸径计算	47
4. 活塞杆的弯曲强度和挠度	48
5. 缓冲性能	51
6. 耗气量	53
四、标准气缸	54
1. 结构特点	55
2. 派生及特殊设计	55
3. 活塞杆承载能力	56
五、变型气缸	58
1. 多位气缸	58
2. 串联气缸	59
3. 短行程气缸	59
4. 阻挡气缸	60
5. 双活塞杆气缸	62
6. 微型气缸	63
六、无杆气缸	63
1. 结构和特点	64
2. 使用时的注意事项	64
七、磁性气缸	68
1. 结构和原理	68
2. 安装使用	68
八、开关气缸	69
1. 磁性开关	69
2. 开关性能	70
3. SME-8/SMT-8 磁性开关	71
4. 使用时的注意事项	71
九、制动气缸	72
1. 结构和原理	72
2. 气动控制回路	73
3. 选用	74
十、摆动气缸	75
1. 结构和原理	75
2. 性能	76
3. 应用举例	77

十一、滑台气缸	78
1. 导向气缸	78
2. 精密导向气缸	79
3. 长行程精密导向气缸	80
4. 滑块气缸	82
十二、坐标气缸	85
1. 结构和原理	85
2. 主要性能	86
3. 安装方式	88
十三、异形气缸	88
1. 扁平气缸	88
2. 矩形气缸	91
3. 螺纹气缸	91
4. 多面安装气缸	91
十四、手指气缸	92
1. 平行手指气缸	92
2. 摆动手指气缸	97
3. 旋转手指气缸	97
4. 三点手指气缸	104
十五、膜片气缸	104
1. 结构和原理	104
2. 膜片式夹紧气缸	106
3. 气囊式气缸	107
2.3 摆动马达	108
一、概述	108
二、叶片式摆动马达	108
1. 结构	109
2. 工作原理	109
3. 主要性能	110
4. 选用	110
三、齿轮齿条式摆动马达	111
1. 结构	111
2. 工作原理	111
3. 主要性能	112
4. 连接方式	113
四、使用时的注意事项	113
1. 载荷方式	113
2. 速度控制	113
2.4 气马达	114

一、概述	114
二、结构和原理	115
三、特性	115
1. 基本特性	115
2. 工作特性与工作压力的关系	116
2.5 气缸的选择与使用	117
一、气缸的选择	117
1. 缸径	117
2. 行程	118
3. 工作压力	118
4. 活塞杆的连接	118
5. 气缸安装方式	119
二、在特殊环境下工作的气缸选择	120
三、安全规范	120
四、工作环境	120
1. 环境温度	120
2. 润滑	121
3. 接管	121
五、安装操作注意事项	121
1. 活塞杆径向载荷	121
2. 活塞的运动速度	121
3. 速度调整	121
六、维护保养	121

第三章 气动控制元件

3.1 概述	122
一、分类	122
二、和液压阀的比较	122
1. 使用的能源	122
2. 对泄漏的要求	122
3. 润滑要求	123
4. 压力范围	123
5. 使用特点	123
三、阀的结构特性	123
1. 截止式	123
2. 滑柱式	125
3. 同轴截止式	127
3.2 压力控制阀	128
一、减压阀	128

1. 基本工作原理	129
2. 结构	130
3. 受力分析	131
4. 特性	133
5. 常用减压阀	134
6. 选用	135
二、溢流阀(安全阀)	138
1. 工作原理	138
2. 特性分析	139
3. 结构	140
4. 使用原则	141
5. 溢流阀的使用	141
三、顺序阀	141
1. 工作原理	141
2. 应用举例	143
3.3 流量控制阀	143
一、流量控制原理	143
二、节流阀	143
1. 常用节流阀结构	144
2. 针阀的基本性能	145
三、单向节流阀	146
四、先导式速度控制阀	147
五、行程节流阀	147
六、排气节流阀	148
七、选择与使用	148
3.4 方向控制阀	149
一、分类	149
1. 按阀内气流的作用方向分类	149
2. 按控制方式分类	149
3. 按阀的通口数目分类	150
4. 按切换状态数分类	150
5. 按阀芯结构分类	152
6. 按连接方式分类	152
7. 按公称通径分类	155
二、电磁阀	155
1. 基本结构	155
2. 电气结构	158
3. 电气性能	161
4. 非接触式电磁阀操作器	163

5. 防爆电磁阀	164
三、气控阀	167
1. 基本结构	167
2. 差压控制	168
3. 延时控制	168
四、ISO 阀	170
五、人控阀	172
六、机控阀	174
七、单向型控制阀	176
1. 单向阀、气控单向阀	176
2. 梭阀	178
3. 双压阀	178
4. 快排阀	178
八、换向阀的主要性能参数	180
1. 工作压力范围	180
2. 控制压力	180
3. 介质温度和环境温度	180
4. 响应时间	181
5. 最高换向频率	181
6. 流量特性	182
7. 泄漏量	184
8. 耐久性	184
9. 电气性能	184
10. 环境适应性	184
九、方向控制阀的选用方法	184
1. 选用原则	184
2. 使用注意事项	185
3.5 阀岛	186
一、阀岛的技术背景	186
二、第一代阀岛:带多针接口的阀岛	187
三、第二代阀岛:带现场总线的阀岛	188
四、阀岛技术的进一步发展	190
1. 可编程阀岛	190
2. 模块式阀岛	190
3. 紧凑型阀岛(CP 阀岛)	192
4. ASI 接口与阀岛的结合	193
五、阀岛技术的应用	194
1. 带现场总线阀岛用于电机零件生产的自动线	194
2. 模块式 ISO 阀岛在汽车工业中的应用	194

3. 可编程阀岛用于模块式生产线	195
4. 带 ASI 接口的 CP 阀岛用于医疗器件的包装自动线	196

第四章 气动辅助元件

4.1 传感器	197
一、气动位置传感器	197
1. 背压式传感器	197
2. 反射式传感器	200
3. 遮断式传感器	201
4. 对冲式传感器	202
二、电感式传感器	203
1. 结构和原理	203
2. 特点	203
3. 一般特性	204
三、光电式传感器	205
四、光纤式传感器	207
1. 光导纤维的结构和传输原理	207
2. 光纤电缆	208
3. 光纤式传感器	208
4.2 转换器	208
一、气-电转换器	208
1. 8 通道气-电转换器	208
2. 膜片式气-电转换器	209
二、压力开关	211
1. 高低压控制器	211
2. 可调压力开关	212
3. 多用途压力开关	212
4.3 气-液元件	213
一、气-液转换器	213
1. 结构和原理	213
2. 使用	213
二、气-液阻尼缸	214
1. 工作原理	214
2. 应用	215
三、气-液增压缸	216
1. 结构和原理	216
2. 用途	217
4.4 缓冲器	219

一、液压缓冲器	220
1. 自调式液压缓冲器	220
2. 可调式液压缓冲器	220
二、计算与应用	221
1. 缓冲器能量计算	221
2. 使用时的注意事项	223
4.5 消声器	223
一、对消声器的基本要求	223
二、阀用消声器	223
4.6 管件	224
一、管道	224
1. 螺纹连接	225
2. 焊接连接	226
二、接头	226
1. 管路接头	226
2. 扩口式管接头	226
3. 卡套式管接头	226
三、软管	227
1. 橡胶管	227
2. 尼龙管	227
3. 聚胺酯管	227
4. 聚乙烯管	227
5. 螺旋管	227
四、软管接头	227
1. 快插式管接头	228
2. 快换式管接头	228
3. 快拧式管接头	228
4. 倒钩式管接头	228

第五章 真 空 元 件

5.1 概述	230
一、真空度	230
二、真空系统的组成	230
5.2 真空发生器	231
一、工作原理	231
二、结构	232
1. 普通真空发生器	232
2. 带喷射开关的真空发生器	232

3. 组合真空发生器	233
三、主要性能	233
1. 耗气量	233
2. 真空度	234
3. 抽吸时间	234
5.3 真空吸盘	234
一、结构	234
二、性能	236
5.4 其它真空元件	236
一、真空电磁阀	236
二、真空安全阀	237
三、真空顺序阀	238
四、气-电信号转换器	238
5.5 真空元件造型计算尺	239

第六章 气动机器人及机械手

6.1 概述	243
一、气动机器人与气动机械手的定义	243
二、近代气动机器人(气动机械手)的发展	244
6.2 气动机器人(气动机械手)的模块化和集成化	248
一、智能阀岛	248
1. 气动阀门模块	248
2. 控制模块	249
3. 电信号输入/输出模块	249
4. 总线转换和扩展模块	250
5. 智能阀岛的分散与集中控制	250
二、气动伺服定位系统的成套化	251
三、气动机械手的模块化拼装	252
1. 特点	252
2. 性能对比	253
6.3 典型模块	253
6.4 常用模块化气动机械手	256
一、立柱型气动机械手	256
二、门架型气动机械手	258
三、滑块型气动机械手	258
四、模块化连接方式	258
6.5 气动机械手手指及真空吸盘	264
一、手指气缸	264

二、真空吸盘	265
三、其它抓取方式	266
四、手指气缸及真空吸盘的计算	266
1. 抓手气缸的计算	266
2. 真空吸盘的计算	268

第七章 气 动 机 构

7.1 常用气动机构	272
一、气动扩力机构	272
二、行程扩大机构	273
三、多级行程的运动机构	273
四、断续输送机构	274
五、阻挡机构	275
六、水平运动机构	277
七、直线运动机构	278
7.2 气动进给装置	278
一、结构	278
二、动作原理	279
1. 二位八通组合阀	279
2. 气动回路	280
三、主要性能	281
7.3 气动分度盘	281
一、结构	282
二、动作原理	283
三、主要性能	284
7.4 气动机构设计中的几个问题	285
一、气缸的缓冲	285
1. 高缓冲气缸	286
2. 外部缓冲器	286
3. 采用缓冲回路	287
二、气缸的导向	287
三、气缸的速度	292

第八章 气动程序控制系统

8.1 引言	294
8.2 气动常用回路	294
一、操作回路	294
1. 安全启动回路	294

2. 启动及停车回路	295
3. 手动/自动操作回路	295
4. 急停回路	295
5. 清零信号回路	297
二、安全保护回路	297
1. 过载保护回路	297
2. 气压降低保护回路	297
3. 双手操作回路	297
4. 互锁回路	298
三、速度控制回路	298
1. 单作用气缸的速度控制回路	298
2. 双作用气缸的速度控制回路	299
3. 缓冲回路	299
4. 变速回路	300
5. 气-液联动速度控制回路	300
四、位置控制回路	301
1. 三位阀位置控制回路	302
2. 气-液联动位置控制回路	302
3. 多位缸位置控制回路	302
4. 手动阀位置控制回路	303
五、同步动作回路	303
1. 刚性连接的同步回路	303
2. 气-液转换的同步回路	303
3. 气-液阻尼缸的同步回路	303
8.3 气动逻辑控制回路	304
一、概述	304
二、逻辑回路	304
1. “是”回路	304
2. “非”回路	305
3. “与”回路	305
4. “或”回路	305
5. “或非”回路	306
6. “与非”回路	306
7. “禁”回路	306
8. “蕴含”回路	307
9. “同或”回路	307
10. “异或”回路	307
11. 记忆回路	307
三、延时回路	308

8.4 程序控制	308
一、行程程序控制	308
二、时间程序控制	309
三、混合程序控制	309
8.5 程序设计方法	310
一、基本单元	310
二、程序表示方法	310
三、障碍信号	312
1. I 型障碍信号	313
2. II 型障碍信号	313
3. 滞消障碍信号	313
四、障碍信号的判别	314
1. X/D 线图法	314
2. 区间直观法	316
五、障碍信号的排除方法	317
1. 脉冲信号排障法	318
2. 逻辑回路法	320
8.6 单往复程序回路的设计	325
一、绘制逻辑控制原理图	325
1. 行程发信装置	325
2. 逻辑回路	325
3. 主控阀	325
二、气动控制回路图	327
1. 气动控制回路图的内容	327
2. 绘制气动控制回路图的注意事项	327
3. 完整的气控回路图包括的其它内容	327
4. 国际标准 ISO1219—2:1995	327
三、单气控换向阀的控制回路	329
1. 单气控执行信号的特点	329
2. 单气控执行信号	329
3. 逻辑控制原理图	329
四、等效置换与回路简化	329
1. 主控阀合并于行程阀	331
2. 排障用的中间记忆元件合并于行程阀	332
8.7 多缸多往复行程程序回路的设计	333
一、程序动作的特点	333
二、X/D 线图的画法	334
三、障碍信号排除方法	334