

气动元件的使用及维修

〔日〕久津見舜一 日冲清弘 著

机械工业出版社

本书较通俗地介绍了气动技术的基础知识、气动基本元件、气动回路的设计和正确使用方法。书中用大量实例，介绍了气动元件及系统的故障发生原因和使用维护方法。

本书可供从事气动设备的设计、使用及维修工作的技术人员参考。

空気圧機器の使い方と故障対策

久津見舜一 著
日 沖 清 弘

発行 日本プラントエンジニア協会

発売 日本能率協会

1 9 7 6

* * *

气动元件的使用及维修

〔日〕 久津見舜一 著
日 沖 清 弘

王琦祥 王炜 张国权 译

万良才 等校

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

河北省南官县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张10·字数216千字

1984年3月北京第一版·1984年8月北京第一次印刷

印数 00,001—9,800·定价1.25元

*

统一书号：15033·5557

前 言

一提起气压传动、气动控制和气动元件，人们往往产生气动元件价格便宜，但故障多，难操作等偏见。本书以现场操作气动元件及担任设备设计的技术人员为对象，剖析产生上述偏见的原因。同时，对气动元件作了简要说明，并通过大量实例，介绍了其使用、维护、保养、检修等方法。另外，本书也简单介绍了一些气动基础知识，供希望学习气动技术的技术人员参考。

人们经常称赞做了好事没人知道的人为“无名英雄”，气动元件就经常起着这样的作用。二十多年来，我一直热衷于气动技术，并在很多领域的各种装置上进行实现自动化、合理化的研究。然而，每当看到那些设备顺利动作的时候，有些技术人员却往往忘记了控制这些设备动作的气动元件，对此我内心却感到一种神秘的满足感，这也许就是匠人在完成一件作品后的心情吧。只满足于装置能良好地工作，而不研究其可能出现的故障，一旦出现了某些故障又束手无策，这种情况是一种对气动技术不了解的表现。我希望本书能对还不了解气动元件、气动技术的一般技术人员有些帮助。

虽然气动元件在使用它的设备的总费用中所占的比例很小，但它在装置中的作用却很大。本书也将提醒人们不要只从设备的价格来判断其优劣。

总之，本书若能对提高人们的基础技术知识起到一点作用，我将感到非常荣幸。

Ⅳ

本书如有没有说透和其它不妥之处，望读者批评指正，
以便将来作进一步充实、提高。

最后，对给予指导及协助出版的各位先生深表感谢。

1976年2月

久津見舜一

目 次

第一章 气动基础知识	1
1. 气动、液压、电气、电子控制的比较	2
2. 有关气动的 JIS 标准和规定	3
3. 空气的性质	4
3-1 基准状态和标准状态	4
3-2 湿空气	4
3-3 气体的状态方程	6
3-4 等容变化	6
3-5 等压变化	6
3-6 等温变化	7
3-7 绝热变化	7
4. 空气流	7
4-1 连续性方程	7
4-2 伯努利方程	8
4-3 从节流孔流出的流量	9
4-4 压力降	12
5. 有效截面积和 C_v 值	14
5-1 有效截面积	14
5-2 C_v 值	15
6. 执行元件的空气消耗量	16
6-1 气动缸工作所需的流量	16
6-2 气动马达的空气消耗量	16
第二章 气动控制系统的基础知识	17
1. 顺序控制和反馈控制	17
2. 逻辑回路	18

VI

2-1 基本回路	18
2-2 电气、电子、气动逻辑元件、射流之间的比较	22
2-3 组合回路	22
3. 气动控制系统的设计	24
3-1 方案的制定	24
3-2 编写说明书	26
3-3 基本回路	27
3-4 设计顺序	28
3-5 应用举例	28
第三章 管道的故障和排除方法	34
1. 冷凝水	34
2. 空气的压力、流量	39
2-1 压力降的理论意义	39
2-2 压力损失、流量不足引起的故障	41
2-3 管道、接头产生的阻力	41
2-4 配管时对压力降、流量不足应采取的措施	43
2-5 异常压力	45
3. 管道连接	45
3-1 配管注意事项	45
3-2 配管举例	47
4. 管路系统的管理	48
4-1 空气压缩机的管理	48
4-2 压力管理	48
4-3 冷凝水的管理	49
4-4 阀的管理	50
第四章 压缩空气的性质	51
1. 压缩空气的净化	51
1-1 压缩空气中含有的杂质	51
1-2 由空气质量引起的故障	51

1-3 气动装置(元件)和清洁度	52
1-4 压缩空气的净化方法	52
2. 空气滤清器(分水滤清器)	54
2-1 离心式空气滤清器的功能	55
2-2 空气滤清器的选择	55
2-3 安装位置	57
2-4 自动排水	58
2-5 故障和排除措施	58
2-6 离心式空气滤清器与其它功能元件的组合	58
3. 除油滤清器	59
4. 干燥器	61
4-1 使用潮解干燥剂的干燥器	61
4-2 使用再生式干燥剂的干燥器	61
4-3 冷冻式干燥器	63
4-4 组合式干燥器	64
4-5 干燥器的选择	64
4-6 干燥器的安装和使用	66
第五章 气动元件的润滑	67
1. 气动元件润滑的基本问题	67
1-1 润滑的必要性	67
1-2 润滑不良和故障	68
1-3 不便供油的场所	68
1-4 润滑方法	69
2. 润滑油	71
2-1 润滑油的粘度	71
2-2 润滑油对密封材料的影响	72
2-3 湿雾和干雾	73
2-4 向气动元件供油	74
3. 油雾器	75

3-1 油雾器的种类	75
3-2 油雾器的选择	80
3-3 油雾器的一般安装位置	82
3-4 故障及排除	83
4. 各种条件下的润滑举例	83
第六章 压力控制元件	87
1. 压力控制和故障	87
2. 压力控制元件的种类	88
2-1 气动调压阀和溢流阀	88
2-2 按性能分类	88
2-3 按调压范围分类	89
3. 气动调压阀	90
3-1 一般气动调压阀的结构	90
3-2 一般调压阀的工作原理	90
3-3 流量特性和调压特性	92
3-4 故障及排除方法	93
3-5 调压阀的种类	94
4. 溢流阀	97
4-1 溢流阀的工作原理	97
4-2 故障及排除方法	98
4-3 溢流阀的种类	99
5. 压力控制阀的使用举例	101
5-1 需要在使用调压阀的回路中逆向流过空气时	101
5-2 需要在使用溢流阀的回路中逆向流过空气时	101
5-3 在危险处、高处, 调压阀、溢流阀的压力调整困难时	101
5-4 在量仪等利用流量变化的装置中进行精密 压力调整	101
5-5 高低压转换回路	102
5-6 背压增加时要保持恒压	102

5-7 向大容器作恒压充气	103
5-8 极低压力下 (50~500mmAq) 恒流量空气流动时的 压力控制	104
第七章 换向阀	106
1. 换向阀的分类	106
2. 换向阀	108
2-1 阀的操纵方式	108
2-2 阀芯部分	109
2-3 特性	114
2-4 换向阀的故障及排除方法	121
3. 电磁阀	121
3-1 电磁铁部分	123
3-2 二通电磁阀	126
3-3 三通电磁阀	130
3-4 四通(五通)电磁阀	133
3-5 自锁式电磁阀	135
3-6 三位电磁阀	136
3-7 其他电磁阀	140
3-8 电磁阀的故障检查	142
4. 其它换向阀	144
4-1 机械操纵阀	144
4-2 人力操纵阀	146
4-3 气动操纵阀	148
5. 辅助元件	149
5-1 消声器	149
5-2 换向阀的指示器	150
5-3 检验开关	150
5-4 按钮	150
5-5 接线盒	151

第八章 其它控制元件	152
1. 单向阀	152
2. 梭阀	155
3. 速度控制阀	157
4. 快速排气阀	161
5. 压力继电器	163
6. 压力表	165
第九章 执行元件	168
1. 执行元件的分类	168
2. 气缸	169
2-1 构造	169
2-2 安装	176
2-3 气缸的运动	178
2-4 气缸的效率	189
2-5 故障及其处理	190
2-6 其它类型的气缸	190
3. 回转式和摆动式气动马达	193
3-1 回转式气动马达	193
3-2 摆动式气动马达	194
第十章 气动回路	195
1. 基本回路	195
2. 气动控制回路的构成	199
3. 回路设计的顺序	206
4. 回路设计的注意事项	213
4-1 电气回路变换为气动回路的注意事项	213
4-2 空气性质对气动回路的影响	214
4-3 阀的结构和特性对回路的影响	218
4-4 不稳定回路	220
5. 保护及辅助回路	227

5-1 联锁回路	227
5-2 停电时的备用回路	229
5-3 可以在两个不同位置进行控制的回路	230
5-4 双手操纵回路	231
5-5 优先回路	231
5-6 顺序操作回路	231
5-7 多重选择回路	232
5-8 气缸在运动途中过载时的保护回路	233
6. 如何画气动回路图及回路设计的注意点	233
第十一章 射流元件	236
1. 与气动逻辑元件的比较	236
2. 原理	239
2-1 层流-紊流元件	240
2-2 涡流型元件	240
2-3 对冲型元件	241
2-4 偏向型元件	241
2-5 附壁型逻辑元件	242
3. 特性	244
4. 射流控制系统	247
5. 射流元件及无触点检测器的种类	249
5-1 射流元件	249
5-2 无触点检测器(传感器)	257
6. 辅件	261
7. 回路设计	265
7-1 液面控制举例	265
7-2 顺序回路举例	267
8. 传感器的使用方法	269
8-1 背压型检测法	269
8-2 反射型检测法	274

XI

8-3 对置型检测法	274
9. 使用注意事项	277
第十二章 气动系统的保养、检查及维修	288
1. 应用气动技术的现状	288
1-1 元件的更换周期	289
1-2 气动的缺点和制造者迫切需要解决的问题	290
2. 保养和检修	295
2-1 保养和检修的必要性	295
2-2 维修、检查的部位和异常现象的早期发现	296
2-3 安全和卫生	301
3. 维修	304
3-1 发生故障的时间与故障内容	304
3-2 维修步骤	306
参考文献	308

第一章 气动基础知识

目前气动技术正处于一个转折点。由于陆续对气动缸、电磁阀、压力控制阀等元件制订了有关的日本工业标准(JIS),使气动技术能更广泛地得到应用。

气动技术现在已不是一种特殊的技术,对技术人员,特别是从事控制技术的人员来说,已成为众所周知的技术。以滚动轴承为例,使用轴承的技术至少对机械技术人员来说是人人皆知的,其基本的技术资料在普通的技术书籍及产品样本中都有介绍。那么气动技术的情况怎样呢?最近,有关气动技术的文献、资料也逐渐多起来了,这的确是可喜的现象,可是在内容方面还缺乏连贯性。目前,从事气动技术的工厂及技术人员,都在为新技术的开发、应用及新产品的研制而努力工作着。与此同时,还必须对从事基础理论研究和应用这些研究成果的技术人员作些具体指导。因为如果没有这种指导,要想使已普及起来的气动技术得到更进一步发展,并取得人们期望的效果是不可能的。

基于上述考虑,本书介绍了有关气动系统故障分析的各种问题,阐述了故障产生的原因及排除方法。希望能对在应用气动技术时遇到问题的人们有所帮助。

使用压缩空气进行自动控制时,引起故障发生的原因大致有以下几类:

- (1) 压缩空气的性质;
- (2) 气动元件的性能;
- (3) 对气动元件及相关设备缺乏认识;

(4) 系统、回路设计错误;

(5) 对压缩空气及气动元件维护、管理不善等。

有些故障并不是出现在装置运转的初始阶段,而是出现在运转了几个月之后,这些故障有些是由于使用不当而产生的,必须努力改进。

1. 气动、液压、电气、电子控制的比较

为了更有效地进行控制,需要最大限度地发挥和利用各种控制方式的优点。设计不合理是导致以后发生故障的原因。

最近,因各种控制方式正向联合控制的方向发展,各种控制方式之间的信号和能量的转换也比较简单了。因此,可以说自动控制是一种综合技术,必须加以充分研究,使所采用的方法符合装置的要求。表 1-1 所列为各种控制方式的比较。

表1-1 各种控制方式的比较

	气 动	液 压	电 气	电 子	机 械
输出力	中	大	中	小	中
动作速度	快	中	快	快	慢
响应性	小	大	大	大	中
控制装置构成	简单	较难	普通	难	普通
速度调节	较难	容易	容易	容易	难
装置大小	较小	普通	普通	小	大
管理维修	容易	较难	较难	难	容易
对环境温度适应性	较强	较强	普通	弱	强
对湿度适应性	强	强	较弱	弱	强
抗粉尘性	强	强	较弱	弱	强
危险性	因压缩而爆炸	工作油会着火	漏电会着火 使瓦斯着火	安全	安全
能否进行复杂控制	普通	较优	较优	优	难
能否贮存能量	可使用储气罐	可使用蓄能器	直流可使用蓄電池	可使用电容器	不能

2. 有关气动的 JIS 标准和规定

使用气动元件时应熟悉其一般标准和有关规定。表 1-2 列出了目前已有的有关气动的 JIS 标准和规定。

在实际使用前应按有关规定呈报主管部门，这一点在使用气动元件时必须注意。

(1) 高压气体管理法 通产省 (根据通商产业法)

表1-2 JIS 标准和规定

气动术语	JIS 标准代号 B-0120
液压、气动图形符号	B-0125
小型空气压缩机	B-8321
气动用分水过滤器	B-8371
气动用减压阀	B-8372
气动用二通电磁阀	B-8373
气动用调速阀	B-8376
气动缸	B-8377
焊接机用电磁阀	C-9312
高压气体容器	B-8241
冷式压力容器的构造	B-8243
高压气体管理法	通产省
压力容器构造标准	劳动省
锅炉及压力容器安全法	劳动省

在这项法律中，所谓“高压气体”是指在常温下压力 (指表压) 超过 10kgf/cm^2 ，或者温度在 35°C 时，压力超过 10kgf/cm^2 的压缩气体。对于使用压缩气体量每日超过 30m^3 的设备，任何高压气体制造者都必须达到通产省法令所规定的标准，取得有关政府部门的批准。

(2) 锅炉及压力容器安全法 劳动省 (根据劳动安全卫生法)

下列内装表压 2 kgf/cm^2 以上的气体的容器属于第二类压力容器，制造和拥有第二类压力容器的，必须呈报所属的劳动基准监督署备案。

① 容积为 0.04m^3 以上的容器；

② 圆筒内径为 200mm 以上、长度为 1000mm 以上的容器。

3. 空气的性质

3-1 基准状态和标准状态

空气这一名称，使用起来其意义往往含糊。因此在 JIS B 0120 气动术语中，将温度为 0°C 、绝对压力为 760mmHg 的干燥气体规定为基准状态；将温度为 20°C 、绝对压力为 760mmHg 、相对湿度为 65% 的空气规定为标准状态。

3-2 湿空气

空气中含有的水分，可用湿度表示其含水分的程度。一般是以相对湿度来表示的。

相对湿度 (ϕ)

$$= \frac{\text{水蒸气分压}(P_w)}{\text{在该温度下的饱和压力}(P_s)} \times 100 \quad (1-1)$$

饱和压力随温度而变化，温度一下降，饱和压力就降低，最后达到饱和状态的露点。

压缩空气的湿度和水分含量可用下式求出：

$$\phi' = \phi \times \frac{P_s \times P'}{P'_s \times P} \quad (1-2)$$

$$\gamma'_d = \gamma'_s \times \phi' \times 0.01 \quad (1-3)$$

式中 ϕ' ——压缩空气的湿度 (%)；

- γ_d ——压缩空气中的水分量 (g);
- ϕ ——压缩前的湿度 (%);
- P_s ——压缩前的饱和压力 (大气压);
- P ——压缩前大气的绝对压力 (kgf/cm² 绝对压);
- P' ——压缩后的空气的绝对压力 (kgf/cm² 绝对压);
- P'_s ——压缩后在该温度下的饱和压力 (大气压);
- γ'_s ——温度变化后的饱和蒸气量 (g/m³)。

在压力或温度变化的情况下，都可使用上式进行计算。
大约多少温度开始析出水滴呢？

假定 $\phi' = 100$ ，由 (1-2) 式，得

$$P'_s = P_s \times \frac{\phi}{100} \times \frac{P'}{P}$$

(1-4)

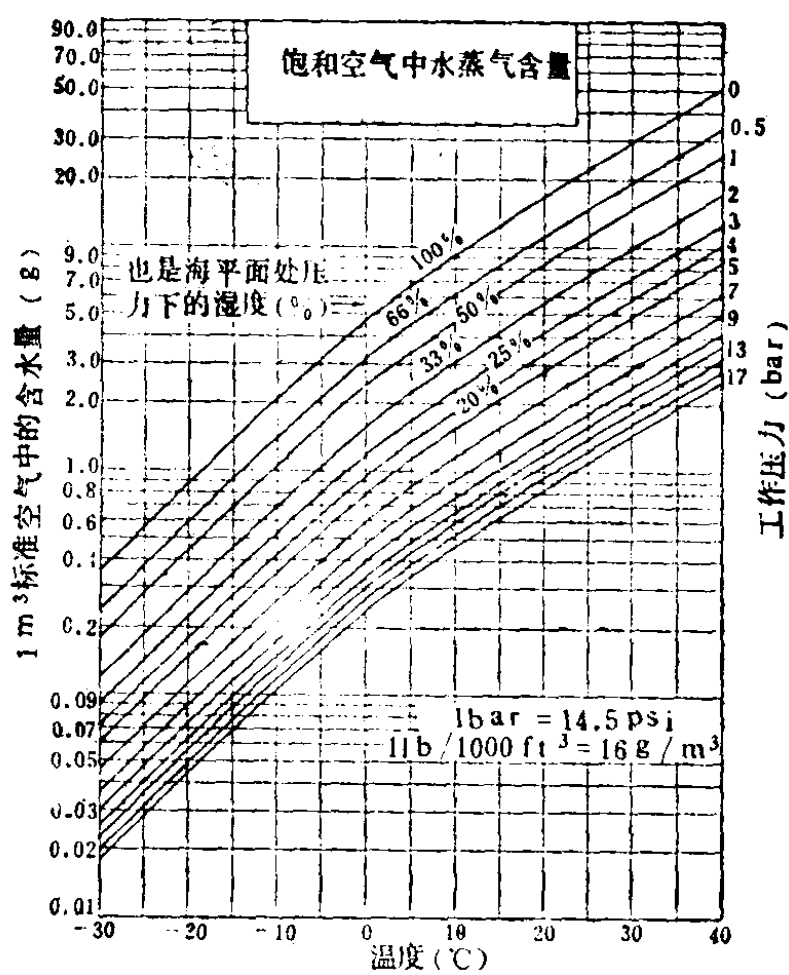


图1-1 饱和压缩空气中残留的水分