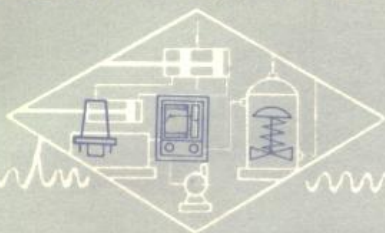


工业自动化仪表丛书

16



气动执行器

余善富编

机械工业出版社

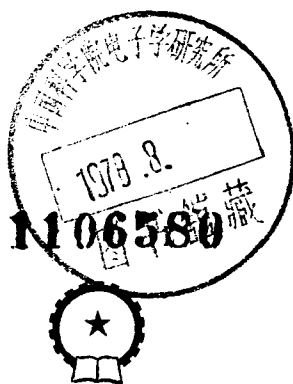


79.87
2.87

工业自动化仪表丛书

气 动 执 行 器

余善富 编



机械工业出版社

本书系《工业自动化仪表丛书》之一。它较全面地介绍了气动执行器的结构和工作原理；气动执行器的特性与选择；气动执行器的计算；气动执行器的性能测试、安装与维修。此外，对气动执行器的主要附件阀门定位器和减压器也作了较详细的论述。

本书可供从事工业自动化仪表工作的工人、技术人员阅读，也可供有关学校师生参考。

1450/15

气 动 执 行 器

余 善 富 编

*

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登记证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

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 $9\frac{3}{8}$ · 字数 204 千字
1978年6月北京第一版·1978年6月北京第一次印刷

印数 00,001—30,000 定价 0.75 元

*

统一书号：15033·4431

前 言

工业自动化仪表是实现工业生产过程自动化的一种重要装置。通过工业自动化仪表来了解生产过程中的物质变化状态，并将生产过程控制在预定的条件之下，确保生产的优质、高效和安全。

随着我国社会主义建设的飞速发展，工业自动化仪表已日益广泛地应用于冶金、电力、化工、石油、轻纺、机械等工业部门，其发展前途是十分广阔的。

在党的“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”总路线的鼓舞下，特别是经过无产阶级文化大革命，我国仪表制造工业正在飞跃发展。为了适应工业自动化仪表迅速发展的需要，进一步做好技术交流与推广工作，我们组织编写了这套《工业自动化仪表丛书》。

本丛书预定为二十册，分别为：《工业自动化仪表》、《温度测量仪表》、《压力测量仪表》、《流量测量仪表》、《物位测量仪表》、《机械量测量仪表》、《核辐射式测量仪表》、《自动平衡显示仪表》、《动圈指示调节仪表》、《自动调节仪表》、《电动单元组合仪表》、《气动单元组合仪表》、《射流技术及其应用》、《工业控制计算机》、《电动执行器》、《气动执行器》、《工业程序控制装置》、《工业仪表防护》、《工业仪表应用》和《工业仪表维修》等。将陆续分册出版。

本丛书力求以深入浅出、通俗易懂的文字，辅以图表的形式，简要介绍各类工业自动化仪表的结构原理、性能特点、安装使用以及维修等知识，供同志们参考。但由于我们政治

IV

思想水平不高，业务水平有限，因而书中一定存在不少缺点，甚至错误，欢迎同志们批评指正。

本丛书在编写过程中，曾得到有关工厂、大专院校、科研单位的大力支持，在此谨致谢意。

《工业自动化仪表丛书》编写组

目 录

前 言

第一章 绪论

- 一、气动执行器在自动调节系统中的重要性 1
- 二、气动执行器的特点与组成 3
- 三、我国气动执行器发展概况 4

第二章 气动执行机构

- 一、薄膜执行机构 6
 - (一) 正作用式薄膜执行机构 6
 - (二) 反作用式薄膜执行机构 10
 - (三) 手轮机构 12
- 二、活塞执行机构 13
 - (一) 二位动作活塞执行机构 14
 - (二) 比例动作活塞执行机构 15
 - (三) 手轮机构 20
- 三、长行程执行机构 22
 - (一) 气动长行程执行机构 22
 - (二) 电信号气动长行程执行机构 36

第三章 调节阀

- 一、调节阀的工作原理 42
 - (一) 伯努利方程式 42
 - (二) 调节阀的流量方程式 44
- 二、调节阀的结构型式 46
 - (一) 阀芯和阀杆的连接型式 47
 - (二) 调节阀的上阀盖型式 47

(三) 调节阀的填料型式	49
(四) 调节阀的阀芯型式	52
三、调节阀的品种	54
(一) 直通双座调节阀	54
(二) 直通单座调节阀	55
(三) 低温调节阀	56
(四) 波纹管密封调节阀	58
(五) 三通调节阀	60
(六) 角型调节阀	63
(七) 高压调节阀	64
(八) 隔膜调节阀	68
(九) 阀体分离调节阀	73
(十) 小流量调节阀	75
(十一) 蝶阀	76
(十二) 偏心旋转调节阀	82
(十三) 套筒型调节阀	90
(十四) 球阀	95
(十五) 低噪音阀	97
第四章 气动执行器的特性与选择	
一、气动执行机构的位移特性	102
(一) 静态特性	102
(二) 动态特性	102
二、调节阀的流量特性	104
(一) 调节阀的可调比	104
(二) 流量特性的定义	109
(三) 理想流量特性	110
(四) 工作流量特性	118
(五) 分程控制的流量特性	125
三、气动执行器的选择	129

(一) 执行机构和调节阀结构型式的选择	129
(二) 气开、气关的选择	131
(三) 调节阀流量特性的选择	135
第五章 气动执行器的计算	
一、气动执行机构输出力和输出力矩的计算	147
(一) 薄膜执行机构的输出力	147
(二) 活塞执行机构的输出力	151
(三) 长行程执行机构的输出力矩	155
二、调节阀不平衡力和不平衡力矩的计算	158
(一) 直通单座调节阀的不平衡力	159
(二) 直通双座调节阀的不平衡力	162
(三) 三通调节阀的不平衡力	165
(四) 隔膜调节阀的不平衡力	167
(五) 蝶阀的不平衡力矩	168
(六) 偏心旋转调节阀的不平衡力矩	169
(七) 球阀的不平衡力矩	170
三、调节阀允许压差的计算	171
(一) 直通单座调节阀的允许压差	172
(二) 直通双座调节阀的允许压差	174
(三) 三通调节阀的允许压差	177
(四) 隔膜调节阀的允许压差	180
(五) 蝶阀的允许压差	181
四、执行机构刚度计算和调节阀稳定性分析	184
(一) 执行机构刚度的计算	184
(二) 调节阀稳定性的分析	185
五、调节阀流通能力的计算	188
(一) 流通能力的定义	188
(二) 液体的C值计算	190
(三) 气体的C值计算	192

(四) 蒸汽的 C 值计算	195
(五) 特殊情况下的 C 值计算	197
六、调节阀口径的计算	200
(一) 调节阀口径计算中的几个问题	200
(二) 调节阀口径计算步骤	204
七、阀芯设计计算	206
第六章 气动执行器的性能测试、安装与维修	
一、气动执行器的性能测试	214
(一) 气动执行器的技术性能	214
(二) 气动执行器性能的测试方法	214
二、气动执行器的安装	224
(一) 气动执行器安装前的检查项目	224
(二) 气动执行器的安装位置	225
(三) 气动执行器的旁路	227
三、气动执行器的维修	229
(一) 气动执行器重点检查部位	229
(二) 气动执行器常见故障及消除方法	230
第七章 阀门定位器和减压器	
一、阀门定位器和阀位传送器	232
(一) 阀门定位器的用途	232
(二) 配薄膜执行机构的气动阀门定位器	237
(三) 配薄膜执行机构的电-气阀门定位器	257
(四) 配活塞执行机构的气动阀门定位器	268
(五) 配活塞执行机构的电-气阀门定位器	274
(六) 阀位传送器	279
二、过滤器和减压器	283
(一) 过滤器	283
(二) 空气过滤减压器	285
(三) 气动减压器	289

第一章 绪 论

一、气动执行器在自动调节系统中的重要性

气动执行器（通称气动调节阀）是以压缩空气为动力能源的一种自动执行器。它接受调节仪表送来的压力信号直接改变被调介质（如液体、气体、蒸汽等）的流量，使生产过程按预定的要求正常进行，实现生产过程自动化。

现举一个例子来说明，如图 1-1 所示，它是一个恒温反应器的自动调节系统的示意图，反应物连续不断地进入反应器中进行化学反应，得到的生成物则连续不断地从反应器中取出，反应器的温度是用蒸汽通过加热盘管而保持的。

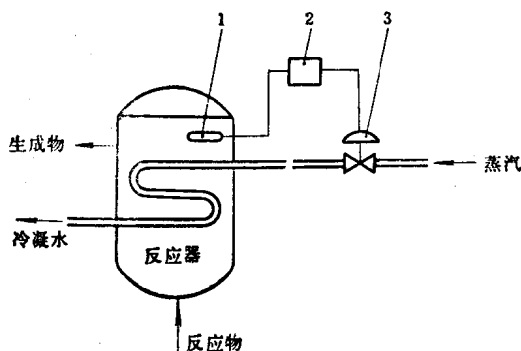


图1-1 恒温反应器自动调节系统的示意图

1—气动温度变送器 2—气动调节器 3—气动执行器

假设反应器的控制温度为 100°C ，如果没有外界干扰，反应器中温度经气动温度变送器检测和气动调节器调节后，使

气动执行器的阀门开度为 50%，通过阀门的蒸汽流量为 1 公斤/时，此时，反应器中检测温度与给定值相同，系统达到平衡状态，如图 1-2 中实线所示。

如果反应物的流量或温度变化，蒸汽压力改变等，将引起反应器的温度偏离给定值。假设进入反应器的反应物温度升高了，必然使反应器温度升高，如从 100°C 升高到 110°C ，此时，反应器中检测温度与给定值不相同，即产生偏差，为了消除这个偏差，气动执行器的阀门开度应从 50% 减小到 40%，使通过阀门的蒸汽流量从 1 公斤/时减少到 0.9 公斤/时，如图 1-2 中虚线所示。

同样道理，假使外界干扰使反应器温度从 100°C 下降到 90°C ，此时，阀门开度应从 50% 增大到 60%，使通过阀门的蒸汽流量从 1 公斤/时增加到 1.1 公斤/时，如图 1-2 中虚线所示。

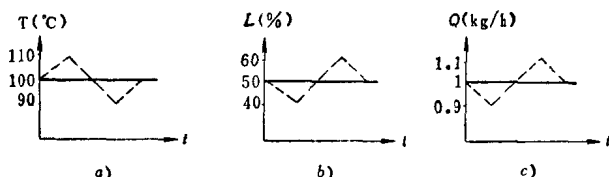


图1-2 反应器温度与阀门开度、流量的关系曲线

T —反应器温度 L —阀门开度 Q —蒸汽流量 t —时间

从这个例子中，我们可以看到气动执行器在自动调节系统中是一个非常重要的环节，同时，由于气动执行器是直接安装在工艺管道上，使用条件比较恶劣，如高压、高温、深度冷冻、极毒、易燃、易爆、易渗透、易结晶、强腐蚀和高粘度等，它的好坏将直接影响自动调节系统的质量，因此人

们往往把气动执行器比喻为生产过程自动化的“手脚”。

二、气动执行器的特点与组成

自动执行器按能源形式来分有气动执行器、电动执行器和液动执行器三大类。由于气动执行器具有结构简单、动作可靠、性能稳定、价格低廉、维修方便、防火防爆等特点，它不仅能与气动调节仪表、气动单元组合仪表配用，而且通过电-气转换器或电-气阀门定位器还能与电动调节仪表、电动单元组合仪表配用，因此气动执行器广泛用于化工、石油、冶金、电站等工业部门中。

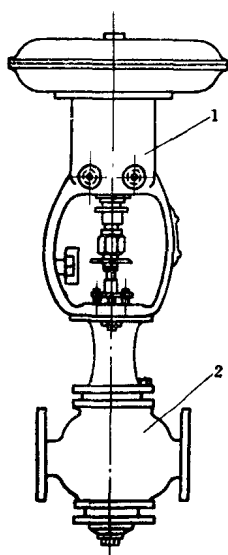


图1-3 气动薄膜调节阀外形图

- 1—气动执行机构
2—调节阀

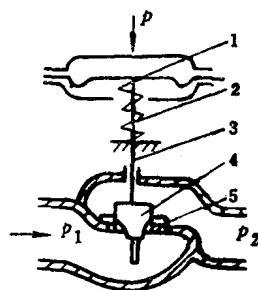


图1-4 气动薄膜调节阀结构示意图

- 1—膜片 2—弹簧 3—推杆
4—阀芯 5—阀座

气动执行器由气动执行机构和调节阀两部分组成。现以气动执行器中最典型的产品（气动薄膜调节阀）为例来说明，它的外形如图 1-3 所示，上面部分叫做气动执行机构，下面部

分叫做调节阀。它的结构如图 1-4 所示，主要由膜片、弹簧、推杆、阀芯、阀座等零部件组成。

气动执行机构是气动执行器的推动装置，它按信号压力的大小产生相应的输出力，并使执行机构的推杆产生相应的位移，从而带动调节阀的阀芯动作。

调节阀是气动执行器的调节部分，它的内腔与被调介质直接接触，在气动执行机构输出力的作用下，执行机构推杆位移带动阀芯移动，改变阀芯与阀座间的流通面积，达到调节流量的目的。

三、我国气动执行器发展概况

解放前，我国气动执行器行业几乎是空白。解放后，在毛主席革命路线指引下，得到了迅速的发展，特别是伟大的无产阶级文化大革命以来，遵照毛主席关于“独立自主、自力更生”的教导，气动执行器行业组织了以工人为主体的生产、使用、科研单位三结合小组，开展了统一设计和联合设计工作，决心走自己工业发展道路，贯彻以少胜多的原则和三化（标准化、系列化、通用化）的精神，自行设计和生产了直通单座调节阀、直通双座调节阀、三通调节阀、高压调节阀、蝶阀、长行程执行机构和阀门定位器等许多产品，现在已经初步建立了我国自行设计的气动执行器体系，彻底改变了我国气动执行器的落后面貌。

近几年来，随着自动化水平的日益提高，生产规模的不断扩大，工业自动化装置正向大型、高温、高压方面发展。例如：黑色冶炼和有色冶炼的烟道控制中，介质温度高达 850°C ；合成氨装置中，介质压力高达 320公斤力/厘米^2 。为了适应这些被调参数的特殊需要，目前调节阀产品已发展有高温蝶阀、

高压蝶阀、高压调节阀等。在结构方面，调节阀也有了一些新的发展，并具有一定的特点。例如：偏心旋转调节阀综合了直通单、双座阀，蝶阀和球阀的特点，既可起调节作用也可起密封作用；套筒型调节阀具有稳定性好、通用性强的特点；V型球阀具有流通能力大、可调比大的特点；多级阀芯的高压调节阀能起到逐级降压作用，改善高压差对阀芯、阀座的汽蚀现象；低转矩阀板的蝶阀能减少介质对阀板的不平衡力矩，提高使用压差；低噪音调节阀能降低噪音，减少噪音而引起的公害。

革命在发展，时代在前进，战斗在气动执行器行业的广大工人和革命科技人员，决心再接再厉，继续前进，为赶超世界先进水平而努力奋斗，为在本世纪内把我国建设成为社会主义的现代化强国而贡献力量。

1106580

第二章 气动执行机构

一、薄膜执行机构

薄膜执行机构是一种最常用的气动执行机构，它通常接受 $0.2 \sim 1$ 公斤力/厘米² 的标准信号压力，具有结构简单、动作可靠、维修方便和价格便宜等优点。

薄膜执行机构按动作方式可分为：正作用式和反作用式两种。

(一) 正作用式薄膜执行机构

1. 动作原理

当信号压力增大时，执行机构的推杆向下动作的叫做正作用式执行机构，其位移特性如图 2-1 所示，当信号压力从 0.2 公斤力/厘米² 增加到 1 公斤力/厘米² 时，推杆就从零走到全行程的位置。

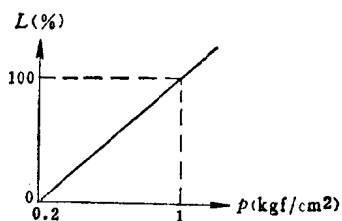


图2-1 正作用式薄膜执行机构的信号压力与推杆位移特性

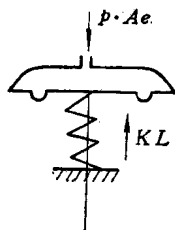


图2-2 正作用式薄膜执行机构的动作原理图

正作用式薄膜执行机构的动作原理，如图 2-2 所示，当信号压力通入到薄膜气室时，在膜片上产生一个推力，并使

推杆部件移动，将弹簧压缩，直到弹簧的反作用力与信号压力在膜片上产生的推力相平衡。

薄膜执行机构的平衡方程式可用下式表示：

$$p \cdot A_e = K L$$

式中 p —— 通入薄膜室的信号压力；

A_e —— 波纹膜片有效面积；

K —— 弹簧刚度；

L —— 执行机构的推杆位移。

$$\therefore L = \frac{A_e}{K} \cdot p \quad (2-1)$$

从 (2-1) 式可知，当执行机构的规格确定后，即波纹膜片有效面积 A_e 和弹簧刚度 K 为一个常数，因此，执行机构的推杆位移与信号压力成比例关系。信号压力越大，推杆位移也越大；信号压力越小，推杆位移也越小。图 2-3 所示表示了信号压力分别为 0.2、0.6 和 1 公斤力/厘米² 时推杆的相应位移。当信号压力为 0.2 公斤力/厘米² 时，推杆不动，处于初始状态；当信号压力为 0.6 公斤力/厘米² 时，推杆走 50% 位移，处于中间状态；当信号压力为 1 公斤力/厘米² 时，推杆走 100% 位移，处于终止状态。

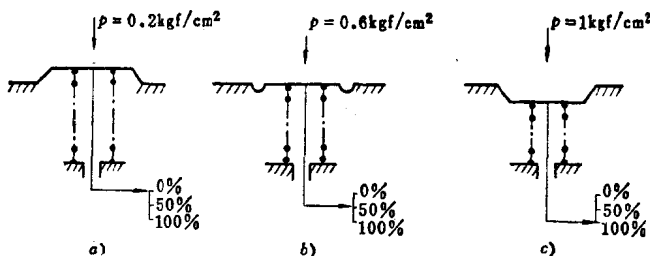


图2-3 薄膜执行机构动作示意图

a) 初始状态 b) 中间状态 c) 终止状态

2. 结构

正作用式薄膜执行机构的结构,如图 2-4 所示,它由上膜盖、波纹膜片、下膜盖、推杆、支架、压缩弹簧、弹簧座、调节件和行程标尺等零部件组成。

现对主要零部件作一简介:

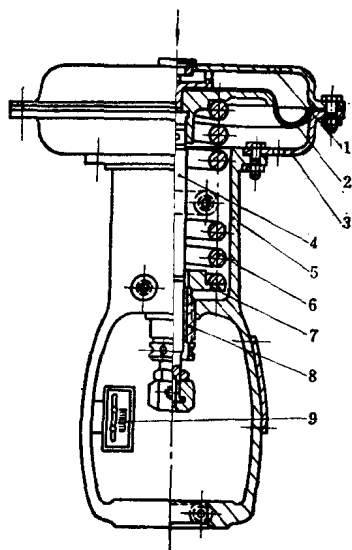


图2-4 正作用式薄膜
执行机构结构图

- 1—上膜盖
- 2—波纹膜片
- 3—下膜盖
- 4—推杆
- 5—支架
- 6—压缩弹簧
- 7—弹簧座
- 8—调节件
- 9—行程标尺

(1) 波纹膜片

它是薄膜执行机构中的关键零件,膜片做成波纹形状,而不采用平膜片,可使膜片有效面积基本上保持不变,这样可提高薄膜执行机构的线性度,如图 2-5 所示。膜片材料采用具有较好的耐油及耐高、低温性能的丁腈橡胶-26,中间夹以锦纶-6 的 32 支丝织物制成。膜片的有效面积有 200、280、400、600、630、1000 和 1600 厘米² 六种规格。膜片的有效面积越大,执行机构的推杆位移和推力也越大,以适应各种调

海