

自动化丛书



# 热工过程自动调节用 气动装置

〔苏联〕B. C. 普魯森科著 郑 俠 張鈞惠譯

上海科学技术出版社

73.86  
595

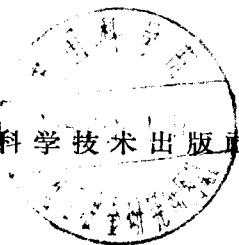
自动化丛书

32

# 热工过程自动调节用 气动装置

〔苏联〕B. C. 普鲁森科 著  
郑 俠 張鈞惠 译 汪时雍 校

上海科学技术出版社



## 內 容 提 要

本书是“自动化丛书”之一。丛书内容包括自动学及远动学的理論,自动装置、元件和仪器的結構及应用等。丛书选题主要取自苏联及其他国家的有关資料,也包括国内編写的专题編著。本丛书由“自动化丛书編輯委员会”主編。

本书介紹用于各工业部門热工过程自动調节的气动仪表及装置中有关变送器、二次測量仪表、調节器和調节装置、执行机构、气源設備、輔助装置和其它气动自动装置元件的知識。可供自动化工程技術人員及大专学生参考。

### ЭЛЕМЕНТЫ ПНЕВМОАВТОМАТИКИ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

В. С. Прусенко

Госэнергиздат • 1961

自动化丛书(32)

热工过程自动調节用气动装置

郑 俠 張鈞惠 譯 汪时雍 校

自动化丛书編輯委员会主編

---

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)  
上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

---

上海市印刷三厂印刷 新华书店上海发行所发行

---

开本 787×1092 1/32 印張 8 插頁 1 排版字数 174,000  
1964 年 3 月第 1 版 1964 年 3 月第 1 次印刷 印数 1—7,000

統一书号 15119.93 定价(十二) 0.96 元

## 前 言

近年来,几乎在所有工业部門都发生了一些重大的质的变化,从而使得自动化的作用大大提高。在各主要工业部門中,自动化的发展尤为迅速,以致許多工艺过程沒有全盘自动化便不可能进行。因此,就促使新的高效自动化系統的出现。用于热工过程自动調节的气动自动装置就是其中之一。

过去的情况是,气动自动装置在数量上落后于蓬勃发展的电子自动装置。然而,它並沒有停滯不前,相反地质量却得到了提高。气动自动装置对于調节有着火和爆炸危險以及进行比較緩慢的工艺过程,具有重大的意义。

现代气动自动装置的发展方向,不只在于独立地解决各种技术問題,还应与自动装置中的电子系統和液动系統的一些元件进行合理的組合。这是一条基本原則,原因是:按照現有測量技术,許多一次訊号只能用电的方法得到;同时,在很多情况下,只能采用气动或液动执行机构;而用气动元件作为中間元件往往比較合适。

因此,气动自动装置在綜合性自动調节系統中也起着重要作用。

苏联工业使用并生产着大量的仪表型(測量和調节装置装在一个壳体内)气动自动仪表和装置,以及气动单元組合仪表系統(AYC)(它的各个元件都是独立的单元)。

在苏联技术文献中,無論是对前一种或是对后一种仪表,都只有零星的远不完备的介紹。

本书則系統地介紹有关資料,并按气动仪表和装置的基本类型进行了比較分析。这些气动自动装置,有些已在成批

生产和使用,有些則是即将成批生产的新型仪表。

热工过程自动控制中采用的气动装置有:变送器、二次测量仪表、調節器和函数装置、仪表型調節器<sup>①</sup>、执行机构、調節机构、压缩空气源和各种輔助装置。由于书中涉及問題面广,内容比較丰富,故将全书分为七章。

第1章介紹变送器的主要类型。这些变送器,有些已經成批生产,有些則是即将开始成批生产的試驗样机。

在第1章中討論到的这些变送器远不能满足工业上对变送器的要求。目前还没有測定各种物质成分和性能的变送器,因此无法解决这样一个自动化的基本問題,即按生产产品质量自动控制工艺过程。现在,許多科学研究和設計机构正在努力解决这个問題。

第2章介紹成批生产的二次測量仪表。

由于綜合自动化的任务,对带有巡回檢測装置和数字記錄的气动仪表也提出了实际需要。

在第3和第4章中介紹气动单元組合系統(AYC)<sup>②</sup>的調節器和函数单元以及仪表型調節器。

这些仪表今后的发展,一方面是改进和制造能够实现任意复杂自动調節系統的AYC的新单元,其中包括自整定单元和邏輯作用单元,組成它們的控制元件,結構极其簡單,工作基于气流相互作用原理;另一方面,还应改进和設計用于控制比較簡單对象的仪表型調節器。

在第5章中介紹执行机构和調節(节流)机构。其发展趋

---

① 即基地式調節仪表。——譯注

② AYC 是单元組合化的自动調節仪表系統的縮写代号,在苏联有时专指热工仪表研究所参加設計的气动单元組合系統。为使譯文簡洁及醒目起见,在后文将适当保留此代号。——校注

勢是在工作压力、工作温度和内外介质方面扩大其使用范围。

第6章介绍压缩空气设备。这里讨论的压缩空气装置大多数尚处于设计试验样机阶段。有鉴于保证以优质的压缩空气供给仪表和调节器是气动自动系统正常工作的条件之一，因此，组织一般工业用供气装置的成批生产，目前就显得特别迫切。

第7章介绍在气动自动系统中应用很广的几种常见的辅助装置。

不同的系统各单元的输入和输出信号不一致，是气动自动装置的突出缺点。这是过去在设计中的“各自为政”造成的。不过，由于要建立仪表的全国体系，即将对统一的变送器的输出信号、二次仪表、调节器和函数单元的输入和输出信号以及执行机构的输入信号颁布国家标准，上面指出的缺点不久即将克服。

# 目 录

## 前 言

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| <b>第 1 章 变送器</b>                      | 1   |
| 1. 带气动远传装置的压力計和真空計                    | 1   |
| 2. 带气动远传装置的差压計                        | 14  |
| 3. 带气动远传装置的 PИД 指示型轉子流量計              | 29  |
| 4. ДУ-332 型带气动远传装置的无标尺补偿式浮子液位計        | 36  |
| 5. 压力式溫度計                             | 36  |
| 6. 电气轉換器                              | 48  |
| 7. 检测物质性质和成分的变送器                      | 56  |
| <b>第 2 章 二次測量仪表</b>                   | 63  |
| 8. 气动单元組合系統 (AYC) 的二次仪表               | 63  |
| 9. 波紋管压力計式二次仪表                        | 82  |
| <b>第 3 章 气动单元組合系統 (AYC) 的調节器与函数装置</b> | 86  |
| 10. 調节器                               | 86  |
| 11. 定值器                               | 101 |
| 12. 微分器                               | 105 |
| 13. 函数单元                              | 111 |
| <b>第 4 章 仪表型調节器</b>                   | 126 |
| 14. 带 04 型調节装置的仪表                     | 126 |
| 15. 带 14 型和 24 型調节装置的仪表               | 137 |
| 16. 带 44 型調节装置的仪表                     | 142 |
| 17. РД 型压力調节器                         | 146 |
| 18. 浮子式液位調节器                          | 150 |
| 19. ДТДП 型膨胀式溫度調节器                    | 159 |
| <b>第 5 章 执行机构与調节机构</b>                | 162 |
| 20. ПСП-1 型气动随动活塞式傳动装置                | 162 |

|                                                            |            |
|------------------------------------------------------------|------------|
| 21. МПП-16、МПП-20 和 МПП-25 型气动膜片式传动装置 .....                | 165        |
| 22. 带气动膜片式传动装置的调节閥 .....                                   | 168        |
| 23. ЯЗП、СЗП、ЧЗП、ЯЗ2П、СЗ2П 和 ЧЗ2П 型带气动膜片式传动装置的转动式调节挡板 ..... | 193        |
| 24. 调节(节流)閥的计算 .....                                       | 203        |
| <b>第 6 章 压缩空气源 .....</b>                                   | <b>206</b> |
| 25. 概述 .....                                               | 206        |
| 26. 自动气源装置 .....                                           | 210        |
| <b>第 7 章 辅助装置 .....</b>                                    | <b>223</b> |
| 27. ПР-14М 型中间继电器 .....                                    | 223        |
| 28. 切换装置 .....                                             | 225        |
| 29. 远控仪器 .....                                             | 234        |
| 30. 空气减压閥 .....                                            | 238        |
| 31. 空气过滤器 .....                                            | 240        |
| <b>参考文献 .....</b>                                          | <b>242</b> |

# 第 1 章

## 变 送 器

### 1. 带气动远傳裝置的压力計和真空計

#### МПД 型无标尺压力計和真空計

МПД 型带气动远傳裝置的无标尺压力計和真空計,用于測量当环境温度为  $-30^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$  时,对鋼及銅合金无侵蝕作用的气体或液体的表压与負压。在需要測量侵蝕性的、混浊的、凝聚的、高粘度的以及处于高温状态下的气体或液体时,应采用防护措施,諸如吹以中性气体,用隔离液等等;防护方式視具体情况而定。

МПД 型仪表是带有气动远傳裝置的无标尺变送器,与 АYC 二次仪表或調節器配套使用,将被測压力或負压轉換为标准的空气压力訊号輸出。当被测压力或負压从零变至仪表測量上限时,空气压力相应地从 0.2 变至 1 公斤力/厘米<sup>2</sup>。被测压力值在二次仪表度盘上示出。变送器本身壳体上亦可装上指示压力表,作二次仪表之用。

МПД 型仪表成批生产下列型号:

2320 型      真空計      測量范围 0~760 毫米汞柱;

压力真空計      測量范围 760 毫米汞柱至 1、1.6、2.5、4、  
6、10、16、25 公斤力/厘米<sup>2</sup>;

压力計(低压) 測量範圍 0 至 1、1.6、2.5、4、6、10、  
16、25、40、60、100 公斤力/厘米<sup>2</sup>;  
2319 型 压力計(高压) 測量範圍 0 至 100、160、250、400、  
600、1000、1600 公斤力/厘米<sup>2</sup>。

仪表的原理图和外形如图 1 所示。

仪表由两个基本部分组成：弹簧管测压部分和应用位移补偿原理工作的气动远传机构。被测压力或负压作用在测压弹簧管 1 上，在压力或负压作用下，弹簧管自由端可产生几个毫米的位移，通过顶端杠杆 2 和螺钉 3，改变着挡板 4 和喷嘴 5 的相对位置，同时有专用弹簧（弹簧在图上未示出）将挡板 4 压向喷嘴 5。喷嘴 5 与挡板 4 之间的间隙改变，使得从供气管路经过恒节流孔 6 进入到喷嘴 5 去的空气压力发生变化。因为节流孔 6 的流通截面积只有喷嘴 5 的流通截面积的四分之一，所以挡板很小的位移（几个微米）就可引起喷嘴前空气管路中压力很大的变化。挡板的位移引起二次气动放大器波纹管组件 8 和 9 的罩壳内压力改变，在这个压力作用下，波纹管 8 和 9 将产生位移，同时，挡板 10 和杆 11 下端亦改变着供给空气经由喷嘴 12 进入气室 13 并通过输出喷嘴 14 逸入大气的通路，从而小波纹管 9 内的压力也改变。结果波纹管 8 和 9 停在这样的位置，这时小波纹管 9 内压力与罩壳 7 下压力的比值和大、小波纹管的有效面积比值相等。在这种情况下，波纹管内外的作用力相等。这样，当挡板 4 相对喷嘴 5 移动时所产生的压力，由二次气动放大器加以放大，其数值与波纹管 8 和 9 的有效面积成正比。但是，因为挡板 4 甚至几个微米的位移就引起喷嘴前管路中压力从零改变至最大值，而挡板 4 和测压弹簧管 1 末端的行程却达几个毫米，故为了得到挡板 4 位移与仪表输出压力间的线性关系，采用了刚性反馈。二次气动放大器放大后的压力也就是仪表的输出讯

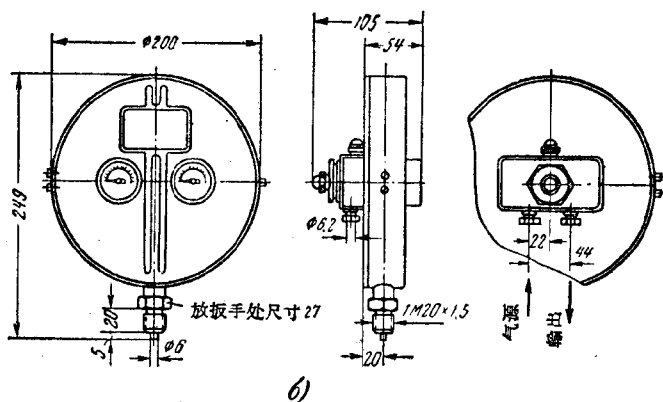
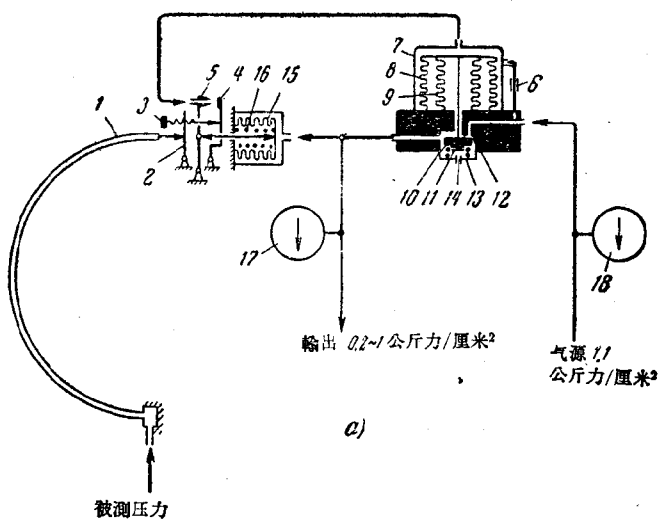


图1 MIID 型带气动远传装置无标尺压力计和真空计

a—原理图；b—外形

号,同时进入到刚性反馈组件中去,作用在波纹管 15 上通过杆 16 使喷嘴 5 追随挡板 4 而移动。这样一来,喷嘴 5 再走到靠近挡板 4 的新位置,但仍和它保持一定的间隙,以便在波纹管 15 上有着能保证喷嘴在新的位置所必须的压力值。由于仪表输出端的空气压力随着测压弹簧管 1 的末端位移成比例地改变,因而与被测介质的压力成比例地改变。

仪表输出端的空气压力值由压力表 17 来检查,并沿着冲量管路 ① 传送至二次检测仪表或调节单元。

气源压力应恒定在 1.1 公斤力/厘米<sup>2</sup>,由压力表 18 来检查。

上述 MII 型仪表的气动远传机构是根据所谓位移补偿原理工作的。

这种原理的特点就是当气动远传机构的零件制造精度不高时,仍具有高灵敏度和高测量精度。

这种气动远传机构的第二个特点是气动讯号的两级放大。有了两级放大,喷嘴 5 内空气压力可不超过 0.25 公斤力/厘米<sup>2</sup>,从而使作用在挡板 4 上的空气射流可减小到实际上不影响 MII 型仪表测量精度的程度。

МІІ 型仪表外壳为圆形,直径 200 毫米。可安装在各种结构上和检测仪表板上。

МІІ 型仪表内由于没有电源,它们可以随意安装在有着火和爆炸危险的场所。

仪表的允许基本误差,就输出空气压力而言,不超过量程的  $\pm 1\%$ 。

气动远传管路最大长度不应超过 250 米,管子内径为 4~6 毫米。

① 即传送空气压力讯号的管路,简称压力讯号管路。——校注

## CBII 型无标尺超高压压力计

CBII 型带气动远传装置的无标尺超高压压力计, 用于测量当环境温度为  $5 \sim 35^{\circ}\text{C}$  时, 对钢及铜合金无侵蚀性的气体或液体的表压力。

CBII 型仪表增大压力测量范围至下列界限:

| 测量上限(公斤力/厘米 <sup>2</sup> ) | 允许的常用压力范围(公斤力/厘米 <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|---------------------------------|
| 2500                       | 1600                            |
| 4000                       | 2500                            |
| 6000                       | 4000                            |
| 10000                      | 6000                            |

CBII 型仪表与 MII 型仪表在结构上类似, 只是它们的测压弹簧管、接管及外形尺寸不同。

CBII 型仪表的气动远传装置的作用原理、结构和技术特性与前述之 MII 型仪表的气动远传装置的作用原理、结构和技术特性完全一样。

CBII 型仪表外形如图 2 所示。

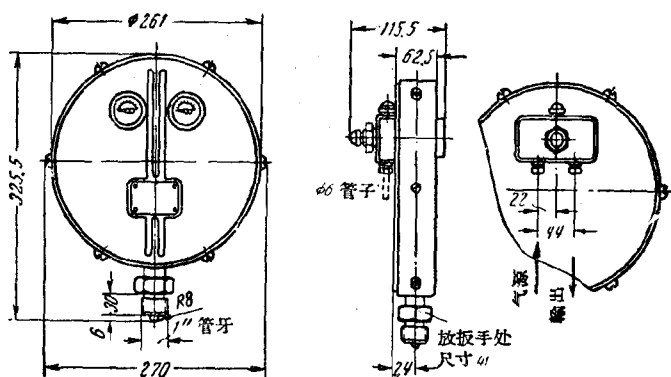


图 2 CBII 型带气动远传装置的无标尺超高压压力计

仪表的允許基本誤差就輸出空气压力而言，不超过测量上限的  $\pm 1.5\%$ 。

### ДМ-333 型无标尺波紋管式压力計

ДМ-333 型带气动远傳裝置的无标尺波紋管式压力計是和中央自动裝置實驗室設計的气动单元組合系統 (AYC-II,IA) ① 气动测量仪表和調节裝置配套使用的。但也可以和其它具有統一輸入訊号 (空气压力变化范围从  $0.2 \sim 1$  公斤力/厘米<sup>2</sup>) 的测量仪表及調节裝置配套使用。

ДМ-333 型压力計用于測量非侵蝕性气体和液体的表压力，总測量范围为  $0 \sim 25$  公斤力/厘米<sup>2</sup>。各个仪表可以在从零到  $25$  公斤力/厘米<sup>2</sup> 全部范围内任意調整至  $6 \sim 0.5$  公斤力/厘米<sup>2</sup> 的量程；这样一来，ДМ-333 型压力計就变为窄量程的无零点仪表，从而能够保証測量精度高。

仪表的原理图和外形如图 3 所示。

仪表由 3 个基本部分組成：波紋管測量組件、应用力补偿原理工作的气动远傳机构以及确定測量下限的彈簧組件。

被测压力在波紋管 1 上产生的力，通过杆 2 作用到杠杆 3 下端。同时在相反方向，彈簧 4 的压力也作用到杠杆 3 下端。借助于螺釘 5 增大或减小彈簧 4 的压力时，能相应地增大或减小压力計的压力測量下限。在杠杆 3 下端的合力通过杆 6 傳遞至膜片 7 并引起膜片弯曲，膜片 7 弯曲时改变噴嘴 8 和挡板 9 之間間隙，从而引起气室 T 中空气压力改变。清除去灰尘、油质和水分的壓縮空气經供气管路通过恒节流孔

① AYC-II,IA 是苏联中央自动裝置實驗室 (ИЛИА) 所研究設計的气动单元組合系統的縮写代号。为使譯文簡洁及醒目起见，在后文中将直接沿用原代号。

——校注

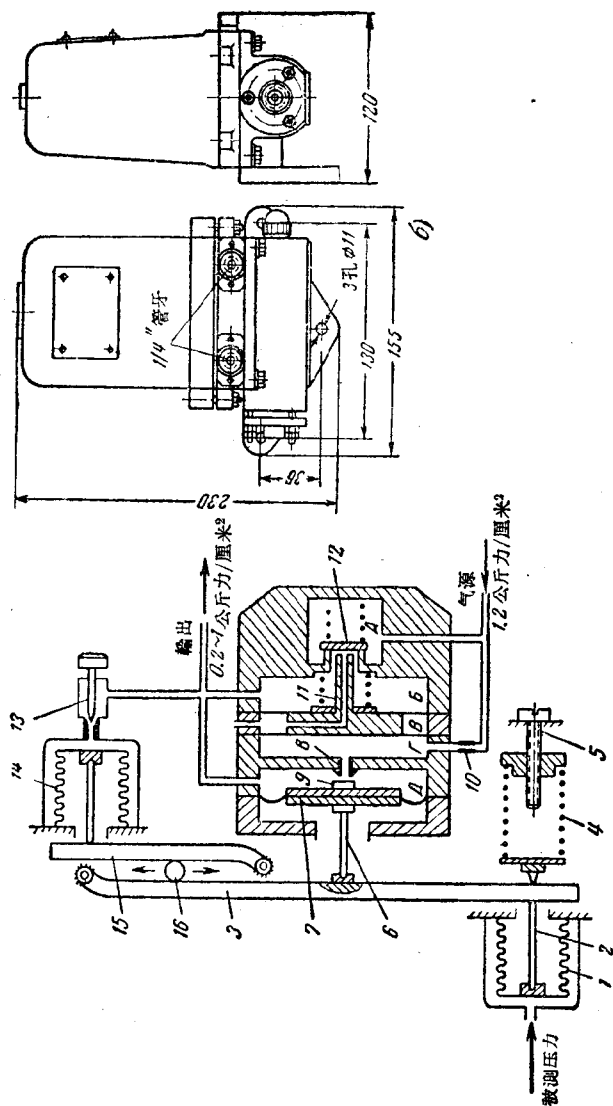


图 3 DM-333 型带气动远传装置的无标尺波纹管式压力计  
a—原理图; b—外形

10 进入  $\Gamma$  室,利用减压閥将供气管路中的空气压力保持恒定,压力值为 1.2 公斤力/厘米<sup>2</sup>。

$\Gamma$  室中压力变化引起分隔气室  $B$ 、 $B$  和  $\Gamma$  的膜片弯曲,并通过空心杆 11,使碟形閥 12 动作。

$\Gamma$  室中压力增高所引起的碟形閥 12 的动作,是使压缩空气由供气管路經  $A$  室进入  $B$  室,进而通至变送器輸出端及主要負反饋室  $A$ ,并且經可調节流閥 13 通至輔助負反饋波紋管 14。此时,变送器的輸出气压繼續增大至主要負反饋与輔助負反饋之反饋力轉化至杆 6 上的合力与測量压力及定值彈簧 4 压力轉化至杆 6 上的合力相等时为止。

$\Gamma$  室中压力减少引起碟形閥的动作,是使压缩空气从  $A$  室到  $B$  室的通路被切断。这时  $B$  室通过空心杆 11 与大气相通,其結果使变送器輸出压力降低直到轉化至杆 6 上各力达到平衡时为止。

DM-333 型压力計的气动远傳机构采用所謂力补偿原理,其特点是机械位移很小。挡板 9 相对噴嘴 8 仅移动 20 微米时,輸出空气压力即可在 0.2~1 公斤力/厘米<sup>2</sup> 范围内变化。这样,被测压力轉换为輸出空气压力过程中,在傳送机构內并未产生明显的机械位移,仅依靠測量装置中和剛性反饋装置中所产生的力的补偿。因而 DM-333 型仪表測量的基本允許誤差不超过量程的  $\pm 1\%$ 。

这种气动远傳机构还依靠噴嘴 8 处保持恒压降,提高了輸出訊号(指令空气压力<sup>①</sup>)的工作精确度。从原理图看出, $A$  室与  $B$  室中的空气压力均与輸出压力相等。 $\Gamma$  室中的空气压力等于  $B$  室中压力与作用在分隔气室  $B$ 、 $B$  及  $\Gamma$  的膜片上的彈簧附加力之和。这样一来, $\Gamma$  室中压力始終比  $A$  室中压力大

① 即輸出空气压力。——譯注

一常数値，該值取決於彈簧力的大小並決定着噴嘴 8 處的恒壓降。噴嘴 8 處的恒壓降使通過該噴嘴的空氣流量保持恒定，从而使  $P$  室中壓力變化與擋板 9 相對噴嘴 8 之位移保持線性關係。最後使輸出訊號的工作精確度得到提高。由於噴嘴 8 處的壓降值不大，噴嘴孔直徑可以取得足夠大，以便保證噴嘴製造的工藝性。

這種氣動遠傳裝置將被測壓力轉換為輸出空氣壓力並將輸出訊號進行功率放大是分兩級進行的。第一級是包括噴嘴 8 和擋板 9 在內的轉換級，將被測壓力轉換為輸出空氣壓力。第二級是包括碟形閥 12 在內的功率放大級，保證必要的輸出空氣流量，以便當壓力訊號管路內徑等於 6 毫米時可使輸出訊號傳送距離達 300 米，同時具有很小的滯後。

測量波紋管 1、膜片 7 和反饋波紋管 14 是可更換的，有幾種不同的有效面積。此外，波紋管 14 通過杠杆 15、3 和可動支承 16 傳遞到杆 6 的力同樣是可以改變的。這樣，適當選取波紋管 1、膜片 7 和波紋管 14 的有效面積並改變支點 16 的位置，就能够在全部  $0 \sim 25$  公斤力/厘米<sup>2</sup> 範圍內把儀表調整至任意  $6 \sim 0.5$  公斤力/厘米<sup>2</sup> 的量程。

如原理圖所示，通到輔助反饋波紋管 14 的空氣輸送管路中裝有變截面節流閥 13。它延緩負反饋的作用，這時與預調裝置作用等效。因為有了節流閥 13，輸出訊號得到與被測壓力的變化速度和節流閥 13 的開度成比例的附加值。如果根據測量情況不宜加入預調作用，即將節流閥 13 全部打開。

這種遠傳機構是 АYC-II.1A 變送器通用的氣動轉換器。

### 指示型壓力計和真空計

除 MII 型和 CBII 型帶氣動遠傳裝置的無標尺壓力計