

# 有关气动计算装置的若干问题<sup>1)</sup>

刘 豹

## 摘 要

本文讨论了构成气动数据处理装置及气动模拟计算装置中几种器件的可能方案。属于前者的是以气动逻辑元件组成的顺序接通100个信号的气动选择线路,以及在气动行程指示仪的基础上构成的气动模拟-数字转换器;属于后者的是气动乘法元件和以长导管构成的近似纯滞后元件。

## 前 言

近年来,气动自动学的发展非常迅速。气动单元组合仪表的实现<sup>[1,2]</sup>,在气动自动学领域内为以各种典型单元构成的复杂系统提供了良好的开端。各种计算元件,例如积分元件、乘除元件、开方元件的出现<sup>[3,4]</sup>,充实了气动自动装置的基本内容,并建立了气动计算技术装置的基础。气动逻辑元件的出现<sup>[5]</sup>,使气动自动学扩展到了具有现代化先进水平的断续控制及数字计算技术的领域。各种型号的气动模拟计算机的制成<sup>[3,6,7]</sup>,将会使气动计算技术在工程中和实验室中的应用得到推广。在近代气动自动学的各种成就上,拟制气动数据处理装置乃是气动自动学发展的必然结果之一。

## 一、有关气动数据处理装置的若干问题

现代生产过程自动化的发展,需要及时检测为数众多的各种生产过程参数,并清晰地将它们记录贮存下来,以便随时了解生产过程的进行情况和预测其后的发展趋势。生产过程自动化是以各种经济指标作为控制的准则,因此,在自动化系统中一个迫切需要解决的技术问题是迅速计算各种经济指标,并从而控制生产过程。在现代科学研究中,及时处理大量实验数据,选取最必要的数据,并以适当形式贮存或记录下来,这是解决研究工作中计算问题的关键之一。这些问题都促进了数据处理装置的研究及实现。

气动数据处理装置,在目前阶段的研究工作是针对工业系统中集中检测、鉴别参数的偏差值,并以数字形式记录下来的自动检测系统提出的。在这一基础上,引用必要的计算线路和装置,按生产过程的经济指标来控制生产,实现更高形式的自动化是完全有可能的。

气动数据处理装置由两个主要部分构成<sup>2)</sup>: (1) 自动巡回检测部分; (2) 误差信号指示部分。自动巡回检测部分由下列五部分组成(图1): I. 选择线路,它接受程序机构的信号,按一定程序选择被测参数,将被测值送入模拟-数字转换器中; II. 气动模拟-数字转换

1) 本文曾在1961年11月中国自动化学会学术报告会上宣读。

2) 这是对目前阶段的气动数据处理装置而言的,实际上它是带误差信号部分的多点数字式二次仪表。

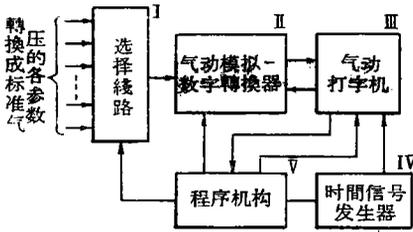


图 1.

器, 它将气动連續量转换为气动断續量。气动断續量是具有一定功率的固定值(例如 1 公斤/厘米<sup>2</sup>), 可直接作为气动打字机的动力源; III. 气动打字机, 它将数字信号打印在一定形式的记录表格中, 同时标明时间, 以不同印色标明起限值; IV. 时间信号发生器, 它向打字机发出测定某一参数的时间信号, 并以一定形式打印在记录纸上; V. 程序机构, 它接受打印完毕的信号, 接着向选择线路发出脉冲, 使选择线路接收新的参数, 在一定间隔以后, 再向打字机发出另一脉冲, 打下该参数, 同时, 在发出一定量脉冲后, 向时间信号发生器发出一脉冲, 使打字机在记录纸每行之始打下时间信号。

误差信号指示部分由下列七部分组成(图 2), 其中选择线路、气动打字机、程序机构这三部分和自动巡回检测部分共用。其余部分和其作用如下: VI. 给定装置, 它给定被测参数的上下限值; VII. 限值选择器, 它和选择线路同步, 受程序机构的信号控制; VIII. 比较元件, 它比较某一参数的测得值和给定值, 当测得参数正常时, 它无输出信号, 反之, 当测得参数超出给定限值时, 它向打字机及信号指示器发出信号, 使打字机更换色带和使信号指示器发出误差信号; IX. 信号指示器, 它是装在中央控制板上的声光信号器。

在气动数据处理装置中备有手动控制机构、启动设备、标尺单位装置等等。下面将重点介绍选择线路和模拟-数字转换器。

### 1. 选择线路

方阵式标准方案是采用气动逻辑元件的方阵排列(图 3)。在自动巡回检测 100 个点的选择线路中, 程序机构的输出脉冲推动计数喷管 1 及 2。喷管以 1 公斤/厘米<sup>2</sup> 气压供气。1 和 2 两计数喷管通过计数器机构相连, 程序机构来一次脉冲, 即使管 1 跳过一档, 当管 1 从 0 跳过 9 返回 0 时, 十进制计数喷管 2 就从 00 跳过一档而达 01 位置。100 个被测参数信号(图中以 00, 01, 02, ……99 等标明) 分别通入以 10 次方阵排列的 100 个逻辑元件的端气室。当各逻辑元件气室中有气压信号(1 公斤/厘米<sup>2</sup>) 输入时, 该元件就让参数信号通过; 反之, 当各逻辑元件气室中无信号输入时, 通信道和被测参数被切断。个位数喷管 1 的 10 个输出分别控制方阵中的 10 行逻辑元件。十位数喷管 2 通过方阵下的 10 个逻辑元件分别控制 10 列逻辑元件的总输出。由此可见, 方阵的输出信号 A 只和方阵中同时受两个计数喷管作用的行和列的交点逻辑元件上的被测参数相通。如图 3 所示, A 和被测参数 00 相通。

为了准确地自动巡回检测各参数值, 在每次检测一个新参数值之前, 要清除掉方阵逻辑元件通信道内的剩余信号。串联在选择线路输出端的元件 B 和 C 可担当这一任务。当程序机构来一次脉冲信号将计数喷管推动一位时, 也使 B, C 作用, 即放空通信道, 清除

器, 它将气动連續量转换为气动断續量。气动断續量是具有一定功率的固定值(例如 1 公斤/厘米<sup>2</sup>), 可直接作为气动打字机的动力源; III. 气动打字机, 它将数字信号打印在一定形式的记录表格中, 同时标明时间, 以不同印色标明起限值; IV. 时间信号发生器, 它向打字机发出测定某一参数的时间信号, 并以一定形式打印在记录纸上; V. 程序机构, 它接受打印完毕的信号, 接着向选择线路发出脉冲, 使选择线路接收新的参数, 在一定间隔以后, 再向打字机发出另一脉冲, 打下该参数, 同时, 在发出一定量脉冲后, 向时间信号发生器发出一脉冲, 使打字机在记录纸每行之始打下时间信号。

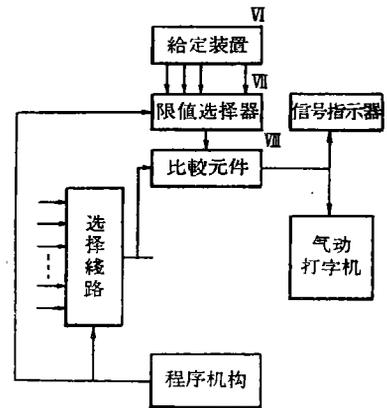


图 2.

剩余气压。

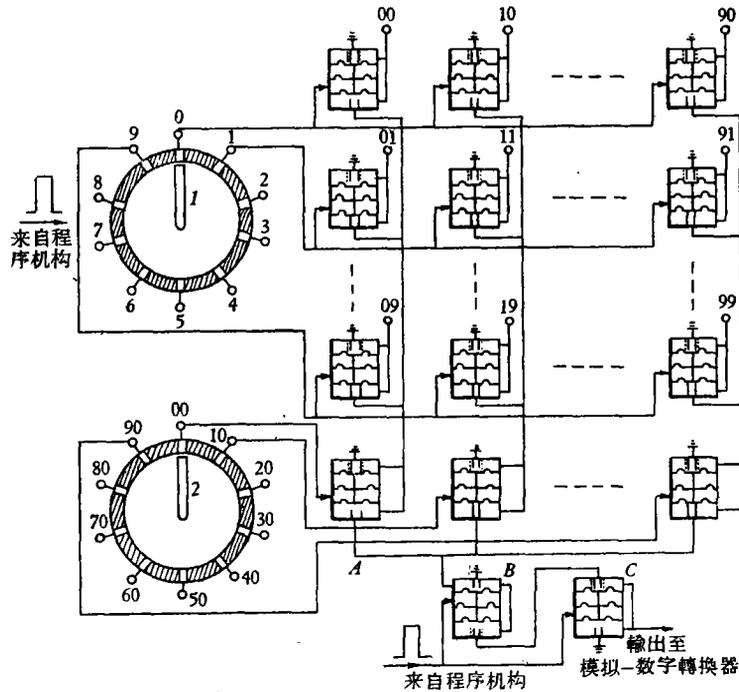


图 3.

### 2. 气动模拟-数字转换器

气动模拟-数字转换器以气动行程指示仪<sup>[5]</sup>为基础构成,基本方案之一见图 4. 参数的标准压力范围为 0—1 公斤/厘米<sup>2</sup>(表压). 转换器的输出为两位数字,从 00,01,……到 99, 分别表示等分值为 0.01 公斤/厘米<sup>2</sup> 的压力信号. 转换器和打字机间只有 10 个通道,每一参数值被打字机打印两次,先打十位数,后打个位数.

选择线路接通某参数信号后,程序机构向开关  $k_7$  和  $k_8$  即发出一脉冲;接通转换器的输入线路,被测参数信号便通过开关  $k_6$ 、 $k_7$  和  $k_8$ . 当该脉冲消失后,被测参数信号即被封閉在转换器的输入线路后段,被测参数该时如有波动,也不会影响转换器的工作.  $k_7$  后的信号直接输入十进位行程指示仪中,后者将相应的十位数字值送入打字机. 打字机受程序机构的控制,打出十位数字后,立即发出一个十位数打完脉冲,输入转换器中各标明“十位”的逻辑元件中去. 在行程指示仪输出十位数时,它也使由 9 个开关构成的十位数比较值选择器作用,而将相应的十位数送入开关  $k_{17}$ , 并通过功率放大器  $H1$  送入开关  $k_{14}$ . 转换器接受十位数打完脉冲后,信号清除开关  $k_{25}$ 、 $k_{25}$  便分别将十位数比较值选择器输出线路及行程指示仪输入管路中的原信号清除,同时,  $k_{17}$  关上,  $k_{14}$  打开,挑选出的十位数比较值进入加法器的负室中. 被测参数信号的另一路由  $k_8$  经功率放大器  $H2$  进入开关  $k_{13}$ . 这时,  $k_{13}$  打开,信号进入加法器的正室中. 加法器相加结果,即得原信号的个位数值. 经过 10 倍放大器及单向开关  $k_{22}$ , 个位值就进入行程指示仪的输入线路. 最后,打字机进行二次打印,记下个位值,并回发一个打完个位数的脉冲输入转换器中各标明

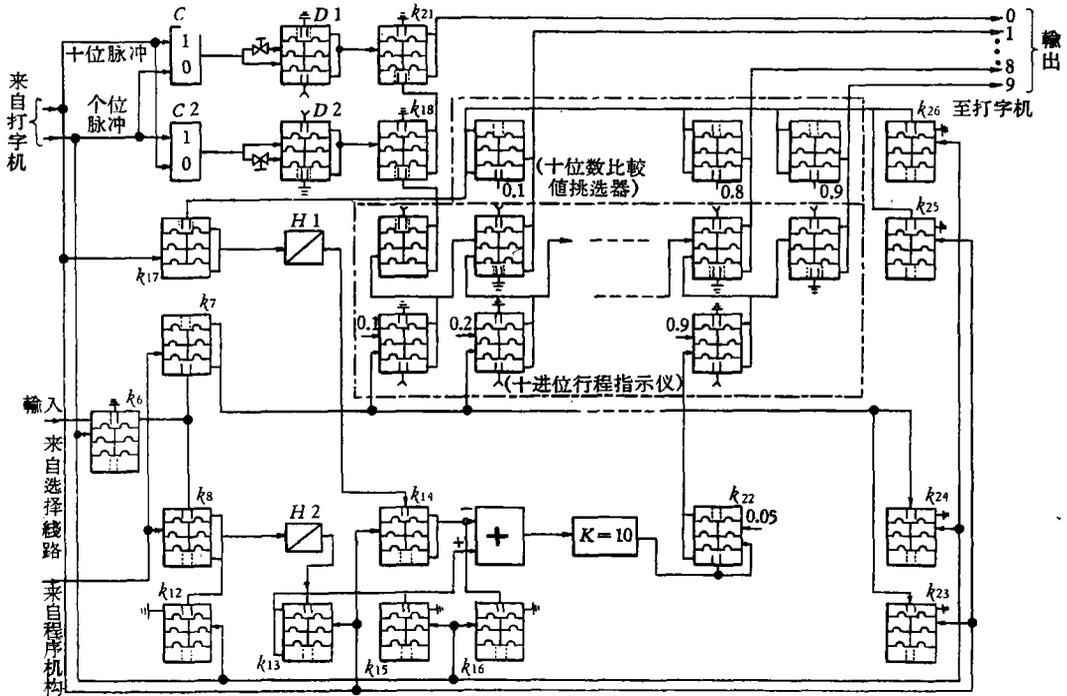


图 4.

“个位”的逻辑元件中去。 \$k\_{26}、k\_{24}\$ 分别清除相应管线中的剩余信号， \$k\_{15}、k\_{16}\$ 分别清除加法器前的信号， \$k\_{12}\$ 清除功率放大器 \$H2\$ 前的信号， \$k\_6\$ 清除输入管线前部的信号，转换器准备接受新的被测参数。

在行程指示仪上，当信号值等于或大于 0.001 而小于 0.01 时，其输出都为 0，这是真 0；但当输入线中信号被清除时，行程指示仪的输出还是 0，这是假 0。所以，行程指示仪的 0 值输出应当受到特殊控制。在转换时，即“个位”打完一定时刻后，由触发器 \$C2\$ 的“1”信号所引起的 \$D2\$ 的脉冲消失，开关 \$k\_{18}\$ 接通行程指示仪和打字机的零线，准备接受真 0 信号。十位数打印完毕后，打字机回发出“十位”数脉冲，于是触发器 \$C1\$ 使 \$D1\$ 作用，开关 \$k\_{21}\$ 将零线切断，防止假 0 输入打字机。在一定时间后，\$D1\$ 的脉冲消失，又将零线接通，以便转换器在转换个位数时真 0 输入打字机中。打字机打完个位数回示“个位”脉冲后，触发器 \$C2\$ 又作用，并通过 \$D2\$ 及 \$k\_{18}\$ 切断零线。

## 二、有关气动模拟计算机的若干问题

在自动化系统及自动装置的研究、设计和教学工作中，模拟计算机是一种极重要的技术工具。目前已有多种类型的气动模拟计算机<sup>[3,6,7]</sup>。我们制成的 60-1 型气动模拟计算机是一种具有多种解算线路的通用计算机，它除了具有一般气动模拟计算机中常用的加法器、积分元件、非周期元件外，还包含有气动函数发生器、乘除元件和逻辑元件。我们在 1961 年继续研究了气动纯滞后元件，它除了可模拟一般自动化系统和解算一般常系数线性微分方程外，还可解算变系数常微分方程、非线性微分方程和代数方程，以及模拟具有非

线性环节的自动化系统。下面扼要介绍 60-1 型气动模拟机的乘除元件结构及其应用线路, 以及气动纯滞后元件。

**1. 气动乘除元件的结构及其应用线路**

现有的乘除元件具有多种结构<sup>[4,8,10]</sup>。在 60-1 型模拟计算机中, 我们采用了苏联的 IAT 方案。但由于试制及应用条件不同, 曾对原方案进行了若干改变, 其中之一是可以进行连乘的(见图 5)。图 5 中的输入为  $p_1, p_3, p_{21}, p_{22} \dots$ , 输出为  $p_{41}, p_{42}, \dots$ , 它们之间具有下列关系:

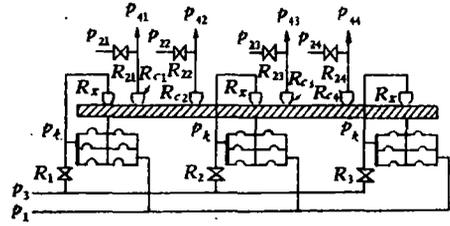


图 5.

$$p_{41} = \frac{p_1}{p_3} p_{21}, \quad p_{42} = \frac{p_1}{p_3} p_{22}, \quad \dots$$

如令  $p_{22} = p_{41}, p_{23} = p_{42}, \dots$ , 则

$$p_{4n} = \left( \frac{p_1}{p_3} \right)^n p_{21}. \tag{1}$$

这有利于处理多阶乘方与开方问题。

在气动积分线路中, 是用 0.5 公斤/厘米<sup>2</sup> 表压作零点以获得正负值<sup>[3]</sup>, 在乘除元件中也要考虑零点问题。由于乘除元件在气动模拟计算机中要和加法器通用, 故也以 0.5 公斤/厘米<sup>2</sup> 作零点, 这时模拟值  $x, y, z$  和实际气压值  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  有如下关系(都以公斤/厘米<sup>2</sup> 为单位表示)。

$$x + 0.5 = \bar{x}, \quad y + 0.5 = \bar{y}, \quad z + 0.5 = \bar{z}. \tag{2}$$

如计算式为  $x = yz$ , 则实际气压值为

$$x = (\bar{x} - 0.5) = (\bar{y} - 0.5)(\bar{z} - 0.5) = \bar{y}\bar{z} - 0.5(\bar{y} + \bar{z}) + 0.25,$$

亦即

$$\bar{x} = \bar{y}\bar{z} - 0.5(\bar{y} + \bar{z}) + 0.75. \tag{3}$$

如为自乘, 则

$$\bar{x} = \bar{y}^2 - \bar{y} + 0.75. \tag{4}$$

用图 6 的线路可实现式(3)和式(4)。

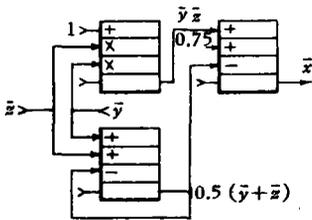


图 6.

**2. 气动纯滞后元件**

在生产过程自动化系统中, 纯滞后特性是经常存在的。要比较精确地模拟对象及其系统的特性就需在模拟计算机中加入纯滞后元件。用气动方法实现纯滞后的问题已有人提出<sup>[7,11]</sup>, 但这些方法的缺点是需用大量加法器及逻辑元件或马达等活动部件, 这在结构上不易实现, 使用也不可靠。我们利用气体在长导管中的传递滞后特性<sup>[9]</sup>构成了滞后元件。

它的传递函数可近似地写成

$$W(p) = \frac{1}{Tp + 1} e^{-\tau p}. \tag{5}$$

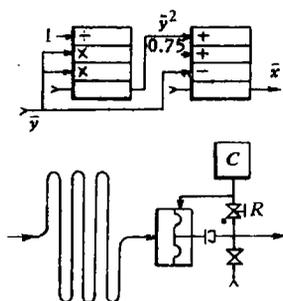


图 7.

如在长导管一端串联一个微分元件(图7),则其传递函数为

$$W(p) = \frac{T_1 p + 1}{(T p + 1)(T_0 p + 1)} e^{-\tau p}, \quad (6)$$

式中  $T_1 = RC$  是可調時間常数,  $T_0$  是微分元件固有的時間常数, 其值很小. 使  $T_1 = T$ , 則可得比較純的純滯后. 但是, 在自动化系統中, 对象特性往往可用式(5)或式(6)来逼近, 这种純滯后元件用在模拟計算机中是特別适宜的.

### 参 考 文 献

- [1] Н. Н. 米哈依洛夫, 苏联热工仪表科学研究所設計的新型气动自动装置, 李淦譯, 仪器与自动化快报, 1958年, 第5期, 3—5.
- [2] 刘 豹, 气动单元組合調节器的研究方向, 仪器与实验技术, 1958年, 第5期, 1—3.
- [3] Ланин, Н. Д., Пневматическая вычислительная машина непрерывного действия, *Приборостроение*, 1959, № 7, 3—6.
- [4] Ивличев, Ю. И., Наджафов, Э. М., Универсальное пневматическое множительно-делительное устройство и устройство для извлечения квадратного корня, *Автоматика и телемеханика*, 1958, № 11, 997—1009.
- [5] Берендс, Т. К., Таль, А. А., Пневматические релейные схемы, технические средства автоматки, Труды 1 международного конгресса международной федерации по автоматическому управлению, Изд. АН СССР, 1961, 431—448.
- [6] 馮錫嘉, 民主德国低压气动模拟计算机的分析研究, 自动化, 1960年, 第2期, 44—54.
- [7] Ланин, Н. Д., Малогабаритная пневматическая вычислительная машина непрерывного действия и блок запаздывания, Вопросы пневмо- и гидроавтоматики, Издательство АН СССР, 1960, 138—147.
- [8] Hahn, G., Das Telepneu-Multipliziergerät, *Fienwerktechnik*, 1960, No. 10, 343—346.
- [9] Финкельштейн, С. М., Характеристики импульсного трубопровода как элемента системы автоматического регулирования, Автоматизация производственных процессов, Изд. АН СССР, 1960, 57—68.
- [10] Прусенко, В. С., Элементы пневмоавтоматики для регулирования тепловых процессов, Госэнергоиздат, 1961, 144—148.
- [11] Дмитриев, В. Н., Чернышев, В. И., Пневматические вычислительные приборы непрерывного действия, Госэнергоиздат, 1962, 70—71.

## SOME PROBLEMS OF PNEUMATIC COMPUTING DEVICES

LIU PAO

In this paper possible schemes for constructing several devices used in pneumatic data-processing equipments and pneumatic analog computing equipments are discussed. For the former, a selecting circuit using pneumatic relays for connecting 100 signals in sequence and a pneumatic analog-to-digital converter based on the so-called pneumatic interval indicator are presented. For the latter, a pneumatic multiplier and an approximate dead-time element using long tubes are presented.