

# 电子计算机

---

А. И. 基多夫 著  
Н. А. 科里尼茨基

科学出版社

# 电子计算机

A. И. 基多夫

Н. А. 科里尼茨基 著

张 伟 译

科学出版社

1961

А. И. Китов, Н. А. Крицкий  
ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Издательство АН СССР, 1958

內 容 簡 介

本书向讀者介紹电子数字計算机的设备及作用原理,叙述了电子計算机的运用,特別是在解数学和邏輯問題以及对自动控制方面的应用。

电 子 計 算 机

А. И. 基 多 夫 著

Н. А. 科里尼茨基

张 伟 譯

\*

科学出版社出版 (北京朝阳門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

\*

1961 年 3 月第 一 版

书号: 2312 字数: 84,000

1961 年 3 月第一次印刷

开本: 850×1168 1/32

(京) 0,001—10,000

印张: 2 9/16 插頁: 11

定 价: 0.53 元

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第一章 控制論的概述          | 1  |
| 控制論的出現              | 1  |
| 信息及信号               | 3  |
| 信息数量的权              | 5  |
| 运用信息論的几个例子          | 9  |
| 信息的变换               | 12 |
| 自控系統                | 15 |
| 簡短的結論               | 19 |
| 第二章 电子程序控制计算机設备的原理  | 21 |
| 计算机的主要类型            | 21 |
| 連續式电子计算机            | 23 |
| 电子数字程序控制计算机         | 30 |
| 数在机器中的表示法           | 30 |
| 电子程序控制计算机的作用原理      | 34 |
| 制造电子数字计算机的技术原理      | 41 |
| 第三章 程序設計基础          | 59 |
| 在机器上解題的次序           | 59 |
| 計算正确性的检查            | 60 |
| 程序設計                | 62 |
| 可变程序。程序分支。循环程序      | 76 |
| 第四章 数字程序控制计算机的应用    | 86 |
| 解数学問題               | 86 |
| 解邏輯問題               | 88 |
| 自动程序設計              | 89 |
| 机器翻譯——从一种語言翻譯成另一种語言 | 92 |
| 计算机作各种遊戲            | 93 |
| 其它邏輯問題              | 96 |
| 电子数字计算机在自动控制方面的应用   | 97 |

# 第一章

## 控制論的概述

### 控制論的出現

現代科學發展的特點有兩個過程。

其中的一種過程可以稱為分解(分裂)。這一過程的實質在於,從前包括現象範圍很廣的科學分成了許多獨立的、研究現象的範圍更加窄的科學。科學的分解是由於本身的不斷發展所引起的。在科學發展過程中,探索出更加深奧的研究方法,它們暴露出了在原有粗略研究方法時曾屬於同一種學科的現象或過程之間的根本區別。科學分解的第二個原因,在於被研究對象的數量的急劇增加,以及所積累的科學知識的範圍不斷擴大。

讓我們用下例來說明上述情況。

在牛頓和歐拉時代,數學曾是一個統一的學科。目前數學是許多學科的整個綜合,例如:數學分析、實變函數論、復變函數論、高等代數、矢量分析、張量分析、高等幾何、拓撲學、列綫圖解法、數論等等。

但是,與分解的同時也進行着另一過程。按其性質來講,此過程與分解是相對立的。這一過程可以稱為聯合,即若干種學科結合為新的科學領域。聯合的實質是,由於科學方法的深入,更主要的是由於各種科學所提供的結果的對比。對於從前認為是彼此之間毫無共同之處的現象有了新的看法。這使之有可能在研究這些現象時建立共同觀點,和採用共同方法。振盪理論的產生便是聯合的範例,振盪理論從共同觀點研究下列現象:機械振盪、聲振盪(聲音)、地質振盪、電磁振盪(光、無線電波),以及許多其它振盪。

等。

目前我們所見到的，被称为控制論的新科学領域的产生也是科学联合的实例。

从統一的及一般的观点出发，控制論研究着从前在許多不同学科中所討論的各个系統的控制及联系問題，如数学、邏輯学、生物学、心理学、生理学、語言学、通訊理論、自动調節理論、电子数字程序控制机理論等。

“控制論”这个詞按希腊文的原譯是舵手之意。还在 1843 年伟大的法国学者 A. M. 安培试图对科学进行新的科学分类，并为当时未曾存在的学科起名爲“控制論”。安培认为，应当有研究国家管理的科学，并把这种科学称之为控制論。

但是，只經過了一百年，在二十世紀 40 年代里，控制論就做为知識的領域出現了。新的計算工具——电子程序控制机的出現和急剧的完善使控制論的发展有了跃进。

1948 年出版了第一本直接闡述控制論問題的书——“控制論或生物和机器中的控制与联系”。这本书是由美国哥伦比亚大学的教授，数学家諾貝特·維納著作的。

維納定义控制論是关于机器及动物机构中的“联系”、“控制”和“檢驗”的科学。一些情况，即由集体或某些人利用机器所实现的“联系”、“控制”和“檢驗”的情况也包括在討論之中。

这样一来，按着維納的看法，控制論的内容是不同于 A. M. 安培对此所提出的内容的。

在研究电子程序控制机时，发现了机器的作用及人的大脑的机能之間所存在的某些类似的地方。例如，机器具有存儲及保存数的特点，这与人的大脑的記憶机能是相似的。在电子程序控制机上解数学問題也是根据人在計算时所采用的邏輯規則实现的。

对这种类似情况的进一步研究，証明了在电子程序控制机的作用及人的大脑机能之間相似之处是实际存在的。两者类似的基础是，电子程序控制机与人的大脑同是一种自控系統，其工作实质在于，它們的某些部分之間的信息的交換和信息的变化。

当然,按其物理性能,物理过程的性质,以及按其工作的可靠性及可能性来讲,程序控制机与大脑是截然不同的。但是机器和大脑同是接收,变换,保存和传送信息的系统。人们的某些集体也可以被看做是接收,变换,保存和传送信息的系统。

## 信 息 及 信 号

如上所述,控制论是关于动物机构、机器以及人们的某些集体中的联系、控制及检验的科学。

这个定义要求作进一步的交待。如果只是从接收一定“信息”,在“记忆器”中存储信息,变换信息及按“通信线”传送信息的特点来看时,则控制论是研究动物机构及机器的。

在控制论中,信息的概念是十分广泛的。

例如,在读书时,读者可接收到信息。

报纸上刊登的和无线电广播的消息,以及某一个人另一些人交谈时所得到的消息都是信息。

人或动物的大脑从感觉器官所接收到的有关外界及其变化的“消息”也是信息。

人体肌肉系统从大脑所接收的,关于应进行何种动作的“指示”也是一种信息。

应当求解的问题的原始数据,也就是输入到电子程序控制机中的数据,以及解题的中间结果及最终结果都不是别的,也正是信息。

产生信息的器官及仪器,按其作用以信号形式传送信息。用来传送信号的介质称为通信线。例如,在发电报时,电流脉冲便是信号,而金属导线及必要的设备就是通信线。在通过说话来传送信息时,声振动就是信号,而空气就是通信线。

我们刚才所讲到的信号是在称为通信线的介质中所进行的物理过程,同时这些过程的特点是,它们是沿通信线传播或移动的。

信息传送过程可能是很复杂的。例如,在无线电广播时,首先由站在送话器前面的广播员以声信号的形式发送信息。在送话器

中声信号变成电信号。在无线电发射机中电信号变换成电磁振荡——无线电波。后者再由收音机变换成电信号，然后电信号再由扬声器或受话器变为声信号，只有这样我们才能收听到声音。

其信息内容不改变的信号变换称为信息的编码。

在传送信息的同时，时常需要观察及存储信息。人的大脑具有记忆信息的能力。报告人的讲话可以记录在磁带上。为了记忆，我们已习惯了把自己的想法及迫不及待的事情写在记录本上。

用来存储信息的器官及部件称为存储器或者简称记忆器。

在记忆器中信息以信号的形式存储。在存储信息的整个期间，这些信号不超出记忆器的容量。

常常，为“存储”信息所采用的信号是构成存储器介质的比较稳定的变化。例如，在用磁带做存储器时，磁带磁化域的组便是信号。人的大脑所以能记忆信息，是由于一定的神经细胞或某些细胞产生稳定变化的结果。

应当指出，有时信息的传送是通过保存信息的存储器的传输方法来实现的。这时，通信线是用于实现传输的设备综合体。邮电通讯可以做为这种传送的例子。

也有这样的存储情况，即信息是沿某一通信线多次地从一端传送到另一端的方法来存储的（或者信号在闭合通信线内循环）。这种通信线与接收及反送（“反射”）信号的设备在一起，便是一种存储器。由汞延迟线组成的存储器便是这种动态存储器的一个范例，这种存储器已用在某些电子计算机中。

汞延迟线是一个灌满水银的管子。在水银管的一端上所激励的并逐渐传播到另一端的声振动便是信息的信号。当信号循环时，振动经过放大并再次送到第一端，此后水银重新传播振动。

从上述情况看出，信号即可以处于传送状态（沿通信线传送），又可以处于存储状态（在记忆器中）。此外，信息也可以被变换（下面我们将要谈到这点）。

需要着重指出，信息的传送及接收只是对象之间的一种通信形式。第一，并不是在所有对象之间都要进行通信，即传送信息。



第二,并不是对象之間的所有通信都是信息交換。

我們知道,世界上的所有現象及对象都有相互联系。这种联系是多种多样的。只是研究一种联系(通信)形式——信息交換——的控制論,并不能強求它以致将永不能強求它成为关于整个通信的科学。

### 信息数量的权

称为信息論的控制論部分是从量的方面研究信息的。这点所以成为有可能,是由于提出了信息数量的概念的结果。

現在我們来討論事件組  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , 这个組的特点是, 从这組的事件中能发生一个事件, 而且只能发生一个事件。假定  $p_1, p_2, \dots, p_n$  是相当于发生事件  $A_1, A_2, \dots, A_n$  (显然,  $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$ ) 的概率。按其概率的总体形式所討論的事件組  $A_1, A_2, \dots, A_n$  称为有限概型。有限概型由下列符号标志:

$$\begin{pmatrix} A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{pmatrix}. \quad (1.1)$$

所有有限概型都包含某些不定性。可能事件表示是已知的, 每一个事件的概率是已知的, 但是在实际中产生哪一个事件——这是未知的。

关于有限概型試驗結果的消息可消除这种不定性。因而可以认为, 在关于有限概型試驗結果的消息中所包含的信息数量等于該有限概型中所包含的不定性的量。假定, 用量

$$m = -(p_1 \log_a p_1 + p_2 \log_a p_2 + \dots + p_n \log_a p_n) \quad (1.2)$$

来測量这种不定性。

式中  $a$ ——大于 1 的某一正数。下面将証明, 数  $a$  的选择相当于測量单位的选择。

此外, 假定, 如果  $p = 0$ , 則

$$p \log_a p = 0. \quad (1.3)$$

公式 (1.2) 右边部分所以取負号, 是因为并不是所有的加数  $p \log_a p$  都是正数 (如果概率  $p$  不等于 0, 則它是小于 1 的正数, 即

$\log_a p$  将是負数或 0, 因此乘积  $p \log_a p$  也将是負数或 0)。这样一来, 負号可使公式(1.2)的右边部分成为正的。

现在詳細討論一下公式(1.2), 并且来証实我們已採納的信息量的测量方法的合理性。

假定, 事件  $A_1, A_2, \dots, A_n$  之中的一件是必然事件。例如, 事件  $A_1$ 。这时它的概率等于 1, 而其余的每个事件的概率将等于 0。有限概型将有形式:

$$\begin{pmatrix} A_1 & A_2 \cdots A_n \\ 1 & 0 \cdots 0 \end{pmatrix}. \quad (1.4)$$

显然, 这种有限概型不包含任何不定性, 并且关于概型試驗結果的消息也将不包含任何信息。

公式(1.2)正是給出了这个結果:

$$m = -(1 \log_a 1 + 0 + \cdots + 0) = 0.$$

显然, 其全部事件为等概率的有限概型有着最大不定性。在这种有限概型的情况下, 在試驗之前, 最难做出关于試驗結果的任何有基础的假定。

当通过研究变数  $p_1, p_2, \dots, p_n$  的函数的方法 (这些計算不在这里进行) 来用最小量研究  $m$  时, 很容易得到, 当  $p_1 = p_2 = \cdots = p_n = \frac{1}{n}$ , 即在組成有限概型的事件的概率相等的情况下,  $m$  可达到最大值。这时, 有限概型的形式为:

$$\begin{pmatrix} A_1 & A_2 \cdots A_n \\ \frac{1}{n} & \frac{1}{n} \cdots \frac{1}{n} \end{pmatrix}. \quad (1.5)$$

关于它的試驗的消息中所包含的信息量等于:

$$\begin{aligned} m &= -\left(\frac{1}{n} \log_a \frac{1}{n} + \frac{1}{n} \log_a \frac{1}{n} + \cdots + \frac{1}{n} \log_a \frac{1}{n}\right) \\ &= \log_a n. \end{aligned} \quad (1.6)$$

应特別注意, 有限概型(1.5)的最简单的个别情况, 即  $n=2$  的情况。这时概型包含两个事件:  $A_1$  和  $A_2$ 。当采用数理邏輯的标

記时,事件  $A_2$  可以写成符号  $\bar{A}_1$  (这表示: 非  $A_1$ )。有限概型有如下形式:

$$\begin{pmatrix} A_1 & \bar{A}_1 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix}. \quad (1.7)$$

关于試驗結果的消息所包含的信息量等于数:

$$m^* = \log_a 2.$$

如果我們令  $a=2$  (在最后一个公式中,以及所有上述公式中) 时,則有:

$$m^* = \log_2 2 = 1.$$

我們以此条件选择信息量的测量单位。

这样一来,在关于由两个等概率事件組成的有限概型的試驗消息所包含的信息量,可做为信息量的单位。这个单位称为“二进制位”。

我們所选择的信息量的权还具有这样一个特点,即在利用这种权統計包含在关于試驗两个彼此无关的有限概型的消息中的信息量时,所得到的数等于包含在关于每一个有限概型分別試驗的消息中的信息量的和,也就是,照一般說法,信息量的权具有可加性特点。

现在通过最簡單的情况,即每一个有限概型只包括两个事件的情况来証明上述事实。在一般情况下,証明是与列举的情况完全相同的。

这样,我們来討論两个有限概型:

$$\begin{pmatrix} A_1 & A_2 \\ p_1 & p_2 \end{pmatrix}; p_1 + p_2 = 1 \quad (1.8)$$

$$\begin{pmatrix} B_1 & B_2 \\ q_1 & q_2 \end{pmatrix}; q_1 + q_2 = 1. \quad (1.9)$$

关于这些有限概型試驗結果的消息分別包含如下信息量:

$$m_1 = -(p_1 \log_2 p_1 + p_2 \log_2 p_2). \quad (1.10)$$

$$m_2 = -(q_1 \log_2 q_1 + q_2 \log_2 q_2). \quad (1.11)$$

显然,两个有限概型(1.8)和(1.9)的試驗等于新有限概型的試驗。

$$\begin{pmatrix} A_1 \text{ 和 } B_1 & A_1 \text{ 和 } B_2 & A_2 \text{ 和 } B_1 & A_2 \text{ 和 } B_2 \\ p_1 q_1 & p_1 q_2 & p_2 q_1 & p_2 q_2 \end{pmatrix}. \quad (1.12)$$

有限概型(1.12)的每个事件都是有限概型(1.8)中的一个事件与有限概型(1.9)中的一个事件的組合。大家知道,产生这种組合事件的概率等于組合中的各个事件产生的概率的积。

現在統計关于有限概型(1.12)試驗的消息中所包含的信息量:

$$m = - [p_1 q_1 \log_2 (p_1 q_1) + p_1 q_2 \log_2 (p_1 q_2) + p_2 q_1 \log_2 (p_2 q_1) + p_2 q_2 \log_2 (p_2 q_2)]. \quad (1.13)$$

在这个表达式中将乘积的每个对数表示成因子对数之和的形式,并且在此之后作一下不十分复杂的代数变换,則得:

$$\begin{aligned} m &= - [p_1 q_1 \log_2 p_1 + p_1 q_1 \log_2 q_1 + p_1 q_2 \log_2 p_1 + \\ &\quad + p_1 q_2 \log_2 q_2 + p_2 q_1 \log_2 p_2 + p_2 q_1 \log_2 q_1 + \\ &\quad + p_2 q_2 \log_2 p_2 + p_2 q_2 \log_2 q_2] = \\ &= - (q_1 + q_2)(p_1 \log_2 p_1 + p_2 \log_2 p_2) - \\ &\quad - (p_1 + p_2)(q_1 \log_2 q_1 + q_2 \log_2 q_2). \end{aligned}$$

当考虑到条件

$$p_1 + p_2 = 1,$$

$$q_1 + q_2 = 1,$$

以及考虑到公式(1.10)和(1.11)时,得到:

$$m = m_1 + m_2, \quad (1.14)$$

这就是所需要証明的。

上述一切使我們确信,我們所选择的信息量的测量方法是合理的。

最后举两个例子。

在作許多种游戏时,投擲标有数字 1, 2, 3, 4, 5, 6 的立方体骰子常是一个主要环节。

假設,有限概型由六个事件組成。在投骰子时每个事件都相

当于抛出其中一个数。如果骰子是由一种材料做成的，并且制造的准确度很高，则所有的事件都可看做是等概率的。有限概型的形式为：

$$\begin{pmatrix} A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 & A_6 \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & \frac{1}{6} \end{pmatrix}.$$

关于投掷骰子结果的消息包含下列信息量：

$$m = \log_2 6 \approx 2.585 \text{ 二进制位}.$$

或者假定，骰子仍是立方体形并且投掷骰子的情况与上述相同，但是在骰子的一面上写数字 1，而其余 5 面上写数字 2。这时有限概型由两个事件组成： $A_1$ （抛出数字 1，其概率为  $1/6$ ）和  $A_2$ （抛出数字 2，其概率为  $5/6$ ）：

$$\begin{pmatrix} A_1 & A_2 \\ \frac{1}{6} & \frac{5}{6} \end{pmatrix}.$$

关于投掷骰子结果的消息中所包含的信息少于第一个例，即：

$$\begin{aligned} m &= - \left( \frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6} + \frac{5}{6} \log_2 \frac{5}{6} \right) \\ &= \log_2 6 - \frac{5}{6} \log_2 5 \approx 0.650 \text{ 二进制位}. \end{aligned}$$

### 运用信息论的几个例子

通过信息论方法所取得的许多结果有着直接的实际应用。现在简短地论述其中几种。

在单位时间内按某一通信线传送的信息数量称为信息的传送速度。上面曾提到，信息是沿通信线用传送信号的方法传送的。信号是在通信线中所进行的某些过程。但是，通信线不能完全与外界影响隔绝。这些影响可能在通信线中引起与信号同样性质的过程，这些过程与信号是互不相容的，并且能引起信号变形。在通信线中所发生的和使信号变形的副作用称为噪音或干扰。

这样，信息的传送是在会引起有效信号变形的干扰情况下进行的。时常，信号的干扰达到这种程度，以致于使包含在信号中的信息产生畸变，噪音也可能相当强，以致于接收机不能区别信号及噪音。

无畸变信息的接收概率称为传送的可靠性。在信息论中所证明的定理是十分有兴趣的：随着信息传送速度的提高，可靠性将降低，或者相反，靠降低传送速度以提高传送可靠性。现在用简单的例子来说明这个结果。

假定，伊万诺夫在从莫斯科去列宁格勒之前与彼得洛夫谈定了这样一件事：在到列宁格勒时，伊万诺夫可能从他的私人图书馆中需要用到一本书。如果需要的话，伊万诺夫将给彼得洛夫打电报，指出所需要的书名，而彼得洛夫在伊万诺夫的房间里找到所需要的书，并通过邮局寄给伊万诺夫。经过一段时间，彼得洛夫接到了伊万诺夫的电报，电文是：“阿列甫谢·托尔斯泰，第六卷，苦难的历程”。

电报中有畸变（“阿列克谢”错打为“阿列甫谢”），但是电报的内容完全清楚。这是因为在发这封电报时，在单位时间内所发送的信息数量比较少。

但是，如果伊万诺夫和彼得洛夫预先商量好的话，也可以这样做：事先写一份伊万诺夫的书名单并且用某一个字母来代表每一本书的书名。这时，伊万诺夫可以不必发出象方才那样长的电报，而向彼得洛夫发一封只含有一个字母的电报（例如，如果用字母 K 代表上一本书的话，则电报文中只有 K 字）。在发这封电报时，信息传送速度可以比前一种情况提高很多倍，但是可靠性却大大降低了。电报中的畸变（假定 K 错打成 П）会完全改变被传送的信息的内容。因而彼得洛夫很可能不寄托尔斯泰文集的第六卷，而把烹调书寄给伊万诺夫。

但是，在利用后一种编码方法时，伊万诺夫也可以大大提高信息传送的准确度。为此，他只要打一封只包含一种字母 K，但不是个 K，而是 100 个 K 的电报就可以了。这种电报的个别字母

的畸变并不会使彼得洛夫誤解电报内容。当然，必須使彼得洛夫事先了解伊万諾夫所采用的信息的传送方法。

这个例子一方面說明了上述定理，另一方面使我們有可能作出这样的結論，为了“懂得”传送的信息，接收机应当預先具有一定的消息，“了解”由哪些事件組成了有限概型，以及試驗結果的消息是如何編碼的。实际上，若是沒有書名单以及不用一定的字母代表書单中的書名的話，則在采用第二種編碼方法时，彼得洛夫就不能理解伊万諾夫的电报内容。甚至于在第一种信息編碼情况下，如果彼得洛夫一点不知道作家伊里夫和彼得洛夫的作品时，彼得洛夫也可能不能明白电报的内容：“給我寄来依里夫和彼得洛夫的十二把椅子”。很可能，他沒有給伊万諾夫寄去所需要的書，反而却往列宁格勒寄去一打椅子。

保存在“記憶器”中的信号也可能受到干扰的影响，并产生畸变，因而在許多情况下，由这些信号所表示的信息也可能产生畸变。例如，在記事本上所記載的材料可能被抹擦，因而模糊不清。

在个别单字完全被擦掉的情况下，所記錄的内容可能改变。訊問見証人的法官及檢察官清楚地知道，見証人所記住的东西与他在实际中所看到的東西有着很大的差別。这就是說，人的記憶也受干扰的影响。

在信息論中所証明的下一个定理也是有很大兴趣的：信息按通信綫的传送速度可能达到最快，并且在达到最快时，無論用什么方法也不可能再提高速度了。

信息按通信綫传送的最大速度称为通信綫的傳輸能力，因为它是在单位時間內按通信綫传送的最大信息数量。

在設計大城市的電話綫时，需要考虑到这个定理。

在人学习各种科学时，信息可能按各种不同通信綫从外部传送到大脑中。在听課时，听觉神經是通信綫；在讀書，看科学影片或在試驗室观察試驗时，视觉神經便是通信綫。在試驗室或生产中进行实习时，也可能其它神經是传送信息的通信綫（触觉神經、嗅觉神經等）。在正确地学习时，需要同时运用其中几种通信綫。

有趣地指出,正如試驗証明,听觉神經具有最大的傳輸能力。

長輩的讀者或許還記得所謂的試驗室学习方法,这方法在于,學生們只是通过讀書的形式研究科学。最后証明这种方法的效果是不好的。課堂学习方法优越于試驗室学习方法,因为在很大程度上听觉神經,即通信綫的傳輸能力远远大于视觉神經的傳輸能力。

## 信息的变换

信息的变换是通过改变載信息和存儲信息的信号的方法来实现的。

我們已經知道,有这样一种信号变换方法,即它不改变由信号所表示的信息的内容(信息的編碼)。但是也有这样的信号变换形式,它有規律地改变相应于信号的信息。信号和信息的这种变换称为内容变换。邏輯变换就是内容变换的一种形式。在解数学及邏輯問題时所进行的信息变换便是信息邏輯变换的例子。

假設,已給定信息:

有一人买了 5 米呢料和 3 米假緞子,共花了 530 卢布。另一人买了 4 米呢料和 12 米假緞子,共花了 520 卢布。

用  $x$  代表 1 米呢料的价格,而  $y$  代表 1 米假緞子的价格时,可写成:

$$5x + 3y = 530.$$

$$4x + 12y = 520.$$

这两个方程都包含上述問題中所提到的那些信息。由文字轉化到代数公式的过程是編碼过程,而不是变换过程。

第一方程乘以 4,并从中減去第二方程,得

$$16x = 1600.$$

用 16 除方程的两边,得:

$$x = 100.$$

将  $x$  的值代入其中的一个原始方程,則可求出:

$$y = 10.$$



由于我們对方程(对信号)进行了上述变换的结果,得

$$x = 100, y = 10.$$

这些信号标志着信息: 1 米呢料的价格为 100 卢布, 而 1 米假緞子为 10 卢布。

我們看到, 原始信息被变换了。为了变换信息, 代数中必須蘊藏有消息, 也就是, 为了完成信息的邏輯轉換, 必須有預先蘊藏的一定的信息。

这里讲的信息变换是由人的大脑按邏輯規律完成的。从邏輯观点出发, 所有問題的未知解 (如果这个問題可以解的話) 都包含在問題的條件中, 也就是, 包含在問題條件中的信息数量大于所取得的答案中的信息数量。解題的實質在于, 解題的人遵照可導致于所求答案的邏輯規律进行許多推論。这时, 为了变换包含在問題條件中的信息, 必須加入关于变换規則的補助信息。变换結果完全取决于原始信息和邏輯規律。从而出现了信息的邏輯变换的这个名称。

但是, 上述一切并不是表示, 在解算装置中, 这种結果只能通过人的大脑所进行的那些变换才能得到。

信息的内容变换不仅可以按邏輯規律完成, 而且也可以按其它規律来完成。时常变换規律可以按着包含原始信息的信号与符合于被变换信息的信号之間的关系表的形式給出。这时信息的变换相当于, 根据送进的原始数据从表中选取結果。在个别情况下, 这种表可以在实验过程中編制, 例如, 按着飞机飞行速度相对空气的信息和大气压的信息, 編制空气对飞机运行阻力的信息表。信息的必要变换也可以按专门选择的以及能代替表格的公式进行計算的方法来实现。在控制系統中, 通常按其功用, 按其在系統中所起的作用来区分信息。由感觉器官(装置)送来的信息称为通知信息, 由控制器官(装置)送到被控制器官(装置)上的信息称为控制信息。这时, 常常說, 在控制器官中将通知信息变换为控制信息。

这样, 在外部作用的影响下, 人的感觉器官产生通知信息, 它以信号的形式按着向心神經送到中枢神經系統。例如, 如果人偶