

张 钦 楠 甘 朝 亢 编 译

硅 酸 盐 工 业 电 子 计 算 机 应 用

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

硅 酸 盐 工 业

电 子 计 算 机 应 用

张钦楠 甘朝亢 编译

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

本书共分六章，第一、二章简要地介绍电子计算机控制的发展历史和基本原理；第三、四、五章着重介绍国外近十年来在水泥、玻璃、陶瓷、砖瓦、耐火材料等工业中应用电子计算机的综合动态及一些典型实例，其中有单一生产过程或单机的控制、全厂性的中央集中控制及分级控制系统；第六章着重介绍电子计算机在生产管理(包括计划编制、质量检验、统计分析等)及在工厂设计(方案优选)中的应用。这些资料对促进我国硅酸盐材料工业的现代化有参考价值。

本书可供硅酸盐材料工业生产、科研、设计的技术人员、管理人员和大专院校师生阅读。

硅 酸 盐 工 业
电 子 计 算 机 应 用
张钦楠 甘朝亢 编译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：7 $\frac{1}{2}$ 字数：202 千字

1982年1月第一版 1982年1月第一次印刷

印数：1—2,500册 定价：0.73元

统一书号：15040·4092

前 言

用数字电子计算机进行生产过程的自动控制，在国外是从五十年代中期开始的，迄今仅有十余年的历史，但已取得了迅猛的发展，日益成为许多工业中不可缺少的生产环节，在硅酸盐材料工业，特别在水泥工业中，也已取得了巩固的地位。许多大型新建的水泥厂、玻璃厂，设计时就考虑了电子计算机控制。

电子计算机控制已从初期的对单机或单一生产过程的控制发展到全厂性的综合控制。控制的内容，不限于生产过程的顺序及参数，还包括生产计划、产品检验、统计分析、财务管理、市场分析等经营管理领域。为了实现全厂性的综合控制，已经形成了由微型计算机、小型计算机及大、中型中央计算机组成的分级管理的控制系统，来代替单一的电子计算机控制。

除了在生产及管理领域之外，电子计算机在工厂设计（特别是方案优选）方面也得到了成功的应用。

人们往往容易把电子计算机控制的作用理解为单纯地替代或节约劳动力，这是一种片面的认识。电子计算机控制的主要效果是提高产品质量、降低能源及原材料的消耗，从而增加产量、降低成本、提高劳动生产率。

本书编译了国外硅酸盐材料工业中应用电子计算机的一些综合情况及有代表性的实例。所选的资料主要取自七十年代的技术文献，供我国硅酸盐工业的生产、设计、科研技术及管理人员参考。

发展电子计算机控制技术，需要各工业部门的专业人员与电子计算机专业人员的共同努力。专业人员应当掌握有关控制工程学、运筹数学以及电子计算机等方面的基本知识。本书第一、二章简要介绍工业控制的一些基本原理。

本书由张钦楠、甘朝亢负责编译，崔家勤、杨丰荣（第一、二、六章）、杨有成、邱林章（第三章）、甘朝亢（第四、五章）分别进行技术校审。

编 译 者

1980年6月

目 录

前 言

第一章 电子计算机控制的发展简史	1
第二章 电子计算机控制的基本原理	5
第一节 生产过程控制的基本原理	5
一、过程控制系统	5
二、开环及闭环控制	7
三、几种控制方式	10
第二节 电子计算机控制的基本原理	14
一、直接控制及监督控制	14
二、直接数字控制 (DDC)	15
三、监督控制	18
四、管理情报控制系统	26
第三节 控制用电子计算机简介	28
一、控制用电子计算机及系统	28
二、小型计算机及其系统	41
三、微型计算机及分级控制系统	45
第三章 电子计算机在水泥工业中的应用	50
第一节 综合介绍	50
一、简史	50
二、应用范围	51
三、结论	55
第二节 应用实例	56
一、矿山开采	56
二、原料堆放中的预混合	57
三、生料配料	61
四、回转窑及冷却机	76
五、水泥磨机	102
六、全厂性计算机控制系统	111

七、计算机软件系统	136
第四章 电子计算机在玻璃工业中的应用	142
第一节 一般介绍	142
第二节 应用实例	144
一、原料配料控制	144
二、熔窑及前炉控制	148
三、成型过程控制	156
四、产品缺陷检查的控制	157
五、玻璃纤维生产过程的控制	158
第五章 电子计算机在陶瓷、砖瓦及耐火材料	
工业中的应用	163
第一节 综合介绍	163
第二节 应用实例	163
一、原料的配料及加工	163
二、干燥过程	173
三、热工窑炉的控制	184
四、施釉过程	195
五、全厂性控制系统	208
第六章 电子计算机在其它方面的应用	221
第一节 生产管理	221
第二节 工厂设计	229

第一章 电子计算机控制的 发展简史

自有人类以来，就有了反馈控制。原始人就具备了五种感觉机能：味觉、触觉、视觉、嗅觉及听觉，他的调节器是大脑，执行元件是手、臂、腿。但是，只是在瓦特1775年发明了第一台蒸气机，从而开始了工业革命时，才首先使用了机械反馈控制。瓦特的蒸气机中利用了一个飞球控制器来控制转速，这是反馈控制系统的第一项已知的应用实例。

在瓦特以后，至1900年前后，反馈控制原理没有能应用在工业过程上，直到本世纪三十年代后期，才开始出现较一般的应用。在第二次世界大战期间，仪表化及控制技术开始得到普遍的应用。这以后，仪表化以日益加快的速度被组合到工业生产过程中去。

近二十年来，计算机控制技术的发展是惊人的。可以说，五、六十年代是模拟控制器盛行的时代，在这些年中，气动及电子式的模拟控制系统得到了完善。开始时，主要由于电子式控制器中的真空管不够可靠，气动装置得以领先。后来，半导体及随后的集成电路的出现，使电子装置具备了以前无法设想的可靠性。在这段时间内，一次测试仪表也不断得到改进，提高了控制系统的有效性。新的传感元件，如X射线分析仪、 γ 射线仪、颗粒分析仪、放射性监视器、 SO_2 、 O_2 分析仪等，在1950年前是闻所未闻的。

对现代控制系统发展的另一个推动力是数字计算机。人类在公元前三千年就发明了算盘，至今还在使用。1642年，一个法国数学家制造了第一台加法机。1800年，另一个法国人——约夸特，制造了第一台用穿孔卡片控制的机器。它用于织布工业，卡片穿

孔代表了艺术家的花样设计。在1833年，英国的查理士·巴贝奇构思了现代计算机的前身。这台机器可以存储信息，并能在一定程度上进行程序操作。可是，第一台自动化的计算机在1939年才制造出来。第一台商品化的计算机，Univac I，是1951年交货的，这就是所谓第一代的计算机。它使用了几千个真空管，可靠性较差。

第二代计算机采用半导体元件及磁芯存储装置，在五十年代后期问世。一台计算机要用到5万个半导体元件，比起真空管来，其可靠性大为提高，发热量大为降低。第二代计算机的出现为工业控制用计算机创造了条件。用计算机进行生产过程的控制是在五十年代中期开始实现的。

第三代计算机是近十年前出现的，它用集成电路代替了半导体分立元件，可以连续运行几个月而不发生故障。它在过程控制中广为应用。

各种类型的计算机存在着很大差异，尤其是在下面两大领域中，各自要求用不同的硬件（指计算设备等）及软件（指程序等）。这两大领域是：（1）数据处理；（2）过程控制。当然，主要用于过程控制的计算机也具有一定程度的数据处理能力，反之亦然。但总的说来，它们在应用和系统上的差异是很大的。

数据处理：

它涉及商业及统计部门数据的处理及加工。数据通常经键盘输入计算机。这类计算机的存储能力大，并配有高速输出打印机。多数数据处理装置是间歇（分批）作业的，也就是说，程序设计者把自己编制的程序提供给计算机，等轮到他的时候，计算机就执行他的程序。大型设施往往用电话线联到终端装置，这叫做“遥送作业输入”（RJE）。有的数据处理机有“分时”或“交互”能力，即一个程序设计者可以坐在遥远的终端装置处把自己的程序输入，计算机接受他的输入后，很快就向他提供答案。反应速度取决于用户数及其优先次序。

过程（或称工控）计算机^①：

当前，计算机的另一重要用途是在自动化及过程控制方面。典型的应用实例包括数据记录、过程监视、实验室自动化及生产过程的控制等。这些计算机具有存取方便、有优先中断能力、可靠性高、存储能力小、纸带输出量少、体型小、速度高等特点。事实上，多数过程计算机被称为“小型计算机”^②。

计算机在正确使用时是很有价值的工具，但使用不当也可成为沉重的累赘。目前，一台小型计算机硬件的价格在三千美元以下。计算机是否值得使用，还要看它的经常费用。任何计算机装置包括两项费用，一是硬件的一次投资，二是软件费用，即为计算机编制程序的费用。软件费用往往和硬件费用相近，有的是硬件费用的二倍左右。

国外的过程计算机系统有两种供货方式。一种是由仪表制造商提供成套的“交钥匙”的货包，即为用户提供全套的软、硬件设备。另一种，小型计算机制造商提供一台计算机，加上实时操作系统，而把应用程序的编制工作留给用户去做。前一种方式一次费用高，仅适用于新建厂，它主要是为本身技术力量较弱的用户服务；后一种方式一次费用低，但用户需要配备较强的技术力量，并需要提供为发展应用程序所必需的费用，但它能更好地满足用户本身的要求。

集成电路的出现，导致过程控制器领域中另外两项发展。一项是专用控制器，采用了所谓“硬线路逻辑”，就是通过若干种集成电路的联接，使电路能完成专门要求的逻辑功能。由于只使用为完成特定的控制功能所必需的逻辑元件，使生产费用能降到最低程度，但是它的研制费用却相当高。这种控制器在某些条件

① 用于工业生产过程控制的计算机在各文献中称呼不一，有的称“过程计算机”（Process Computer）或“过程控制计算机”（Process Control Computer）的，也有称“工业控制计算机”或“工控计算机”。

② “小型计算机”（Minicomputer）是一种专门类型的计算机，详见第二章第三节之二。为区别起见，对一般小型号的通用计算机，用“小计算机”（Small Computer）之称。

下是很有用的,例如在逻辑要求较简单、廉价、高速或在电气干扰下允许误差较大等情况。

另一项发展可能是最令人兴备的,它应用了最新的大规模集成电路。现在已有可能把一台小计算机的全部逻辑系统放在一、二个半导体晶片上。这种逻辑单元称为微处理机。很有理由把它视为第四代计算机的前驱。运用在过程控制器中,这些微处理机具有小型计算机的多数优点,而价格又很低。微处理机的工作与其它任何计算机相同,它按照存入的程序操作。所不同的是,它只用于一个特定的目的,它的程序可用一个“只读存储器”(ROM)提供。这种ROM是廉价的,不受电气干扰的影响。由于它能容易地复制,就可以把同一程序配备在许多控制器上。微处理机控制器不仅便宜,而且又非常灵活。一个ROM可以方便地由包含另一程序的ROM替换,从而完全改变控制器的功能。这样就可以使一种控制器能完成一系列不同的控制功能,而其费用只限于重新改变一下ROM程序。这种设施的利用目前还刚刚开始,可以预言,在今后几年内,它们能在几乎所有的控制领域中被采用。

参 考 资 料

- [1] G. Reed Marchant, Computer Control in Process Metallurgy, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, 1976
- [2] J. H. Edgington, Controls in the Glass Industry and Future Automation, Journal of Non Crystalline Solids, 1977, 26

第二章 电子计算机控制的 基本原理

第一节 生产过程控制的基本原理

一、过程控制系统

一个过程控制系统是一些元件（如放大器、转换器及操作人员等）以一定方式排列和组合，使其能保持或影响生产过程（它形成整个系统的一部分）的某些物理量或工作条件。有时，把整个系统中的生产过程部分和非生产过程部分加以区分，前者称为过程，后者称为控制系统或“控制设备”。

过程中受到控制的物理量或条件称为受控量或受控条件。在过程控制系统中有命令信号，或称设定值，它告诉系统应当把受控量维持在哪个数值上，或者规定受控量应如何变化。

一般地说，一个过程控制系统可以视为有一个输入和一个输出，它们分别是：设定值和受控量，见图2-1-1。

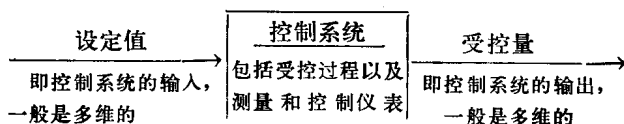


图 2-1-1 简化的过程控制系统

实际上，在单一过程中一般有几个独立的控制系统在工作，其中每个系统控制一个过程条件，并有自己的设定值。也可以把这种情况理解为一个单一而又复杂的控制系统，其中所有的设定值的组合可视为一个单一的、多维的设定值，而它的几个输出信号可视为一个单一的、多维的输出信号，其维数相当于受控量的维数。

在直接控制中，控制系统所作用的控制点是可以明确确定的。在化工过程中，这个控制点往往是调节流量的阀，通过它的调节使受控量最终出现变化。这里，受控量就是流量，而阀就是执行单元，它包括电机和校正元件（或称执行元件），后者是执行单元中实际影响受控量的部分。

执行元件的动作可以是连续的，或是非连续的。以各种不同类型的流量调节阀为例，若一个阀可调整在全闭及全开之间的任何位置上，则通过阀的流量可以连续而渐进地从零变到最大值，这就是连续性操作。而另一种阀则只能在两种状态上工作，即全开或全闭，这种阀属于两级非连续性操作。也还有一种阀，它可以有几个预定的位置，例如：全闭、 $1/4$ 、 $1/2$ 、 $3/4$ 及全开，这叫做多级操作。

执行元件是对过程的受控量进行有目的变动的手段。另外，还不可避免地存在有其它影响受控量的因素。这些影响因素被称为干扰、干扰条件或干扰影响。这种干扰不是有目的的。

例如，在一个带蒸汽加热外套的容器中，供汽阀是执行元件，容器中物料温度是受控量。该温度在很大程度上取决于蒸汽阀的开启度，但也依赖于蒸汽压力、外界温度、冷却排风、容器内放热及吸热反应、向容器内投入的反应剂、容器内物料及其热工性能、搅拌强度、蒸汽阀的损坏状况等因素。所有这些都构成了潜在的干扰条件，根据具体环境，能对受控量发生或大或小的影响。

对控制系统的最低要求是，尽管有这些干扰条件存在，它还是应当能把受控量维持在设定值上。

在这里，校正信号及干扰影响都是输入量，或称强制函数，而过程条件的测量值则是输出，或称响应。输入与输出之间的关系由过程特性决定。为了对过程进行有效的控制，必须掌握了解这种关系。它不仅要表达出在某一特定的输入值下输出的最终值，还要提供在过程条件变化后输出如何达到该最终值的方式。这种动态性能与时滞是密切相关的。

时滞的意思就是过程的输出不能对输入的变化立即做出响应。一个电加热器在切断电源后其输出的时滞是人所熟知的。同样地，改变燃料输入量以改变锅炉蒸汽压力也需要时间。时滞有时可短至一秒以下，有时可能要几小时乃至几天。除了时间外，响应的形式也可能变化，见图2-1-2。

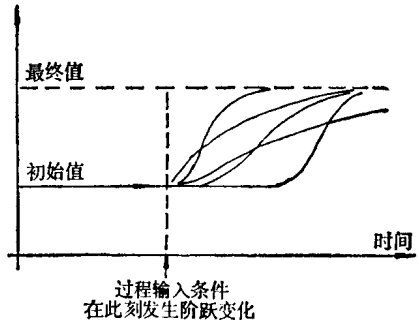


图 2-1-2 在输入条件的阶跃变化下，不同过程的不同响应的时滞

二、开环及闭环控制

1. 开环控制

例：某一简单过程，受控量是液体流量，执行元件是泵，如图 2-1-3 所示。计量泵由一电机拖动，后者根据调节器上的设定值大致保持恒速运转。可以根据泵的流量在转速调节器上做出流量刻度。在这一系统中，可以认为，设定值使受控量（流量）很接近于要求值。图2-1-4为这种控制系统的方框图。

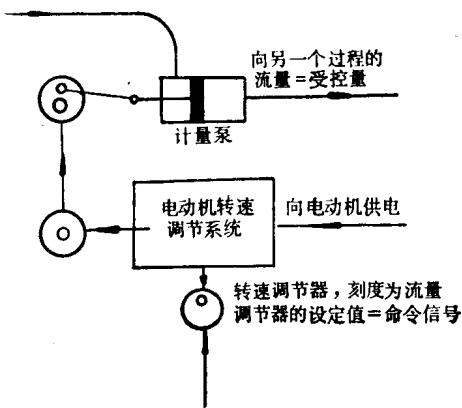


图 2-1-3 用计量泵的流量控制过程：开环控制一例

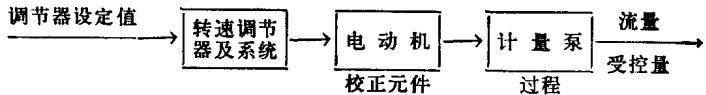


图 2-1-4 图2-1-3系统的方框图

从图中可清楚地看到开环系统的特点：它具有一连串的动作，从设定值直至受控量，始终保持一个方向。

虽然这种开环系统是可靠的，但系统本身不能检验流量是否正确地得到了控制。有可能发生许多干扰影响系统特性，例如：供电电压、电机或调节器的性能等均可能变化，电机与泵之间的传动可能发生滑移，泵阀可能堵塞或渗漏，泵前后管道中的压力超出或降低等，没有什么办法可以知道以上这些变化是否发生，因而也无法采取校正措施以缩小或消除受控量的干扰。

2. 闭环控制

例：图 2-1-5 为上例的另一种控制系统。离心泵以额定速度运转，过程流量按手动阀的启闭程度调整。操作者用眼睛看着流量表，当他看到测量值与预定值不等时，就用脑估计偏差值的大小及方向，即测量值与设定值之差。知道了偏差值之后，操作者经过估算对阀进行适当的调整。用这种方法，也可能是经过若干次调整之后，能把偏差值降到很小的程度。这种例子属于手动闭环控制。

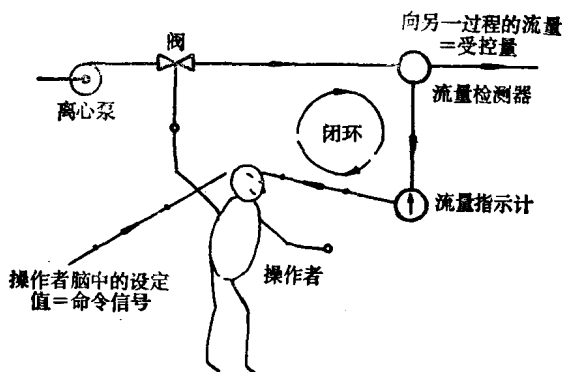


图 2-1-5 作为手动控制闭环系统一部分的流动过程

不难以某种适当的机构来代替上例中的操作者，其系统见图 2-1-6。

在这里，调节器算出偏差值，然后对偏差值进行适当的加工及放大，形成一个控制信号，送往控制阀的电机。

图2-1-7表示了闭环系统的一般形式（不论是自动或手动），它由各功能元件及单元组成。一个单元往往是由几个元件组成

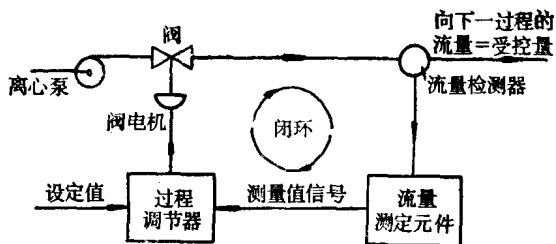


图 2-1-6 作为自动控制闭环系统一部分的流动过程

的。例如，自动调节器一般是比较元件（确定偏差值）、调节元件（确定偏差值与校正信号的关系）以及放大元件（向电机元件提供控制量）等的组合。前例中的操作者不仅完成上述三种元件的功能，还代替了电机元件。

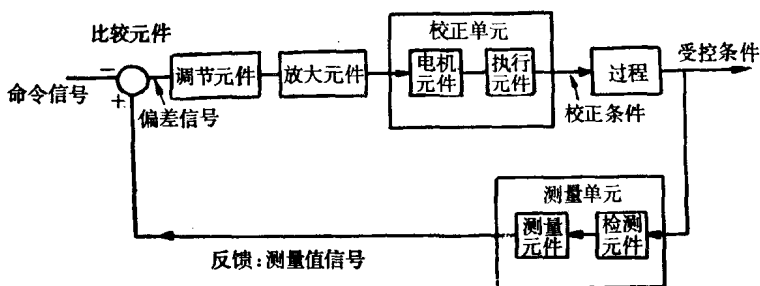


图 2-1-7 闭环控制系统的一般形式

在闭环控制中，测量单元是很重要的（它包括一次检测元件及二次测量元件，如热电偶及电位计、文丘里管及差压计等），因为闭环控制的实质就是使测量值等于或近似等于设定值，显然控制的精度不可能超越测量的精度。俗语说：“你如果测量不了，也就控制不了”。数字计算机比常规控制器能提供更好的控制，但如果测量的质量不高，这种潜在能力也成为无价值的了。

在实践中，干扰有各种来源，有各种不同特点，并且往往是同时及连贯地发生的。闭环控制的作用就是大大地缩小干扰对设定值及受控量之间关系的不良影响。在这方面，闭环控制系统一般比开环系统要优越得多，后者在同一过程中，不可能对于干扰起

校正作用。但是，闭环控制也不可能完全消除干扰影响，因为任何校正都是以偏差为前提的。在最好的情况下，闭环控制可以完全消除某种类型的干扰，但这只是在很小的、短期的干扰之后才有可能。

过程中的时滞是无法避免的。就控制而言，它既有好处也有坏处。在开环及闭环控制中，它限制了受控量对设定值变化的响应速度，并且限制了减小干扰影响的速度与程度。另一方面，时滞也限制了干扰对过程的破坏速度，在某些情况下，时滞的存在使某些闭环控制成为可能和有效。

对一个存在时滞的系统进行手控的过程中，冒失的操作者有可能对偏差进行过度的校正，这样就产生了一个与初始偏差的方向相反的更大偏差，继续下去就会使过程失去控制。这种称为不稳定现象，有时在自控系统中也存在，它是由设计不良或调整不当所造成的。

三、几种控制方式

连续控制与非连续控制：连续控制指的是控制系统内每个信号从一级到另一级的变化是连续的，而非连续控制则是指控制系统在两个值之间是跃变的。非连续控制中的元件可能只有两个输出状态（即开—关控制）或是多级控制（输出状态数量大于2）。级数越多，每一级的跃变越小，它与连续控制之间的差异也越不显著。在没有数字计算机的情况下，连续控制是普遍的；但数字计算机的特性决定了它的输出必然是非连续性的，往往达到1000级以至更多，这时控制实际上成为连续的了。

采样控制：指的是信号本身在时间上是非连续性的，它以一定的间隔改变其有效值的大小，而在采样时间内该值保持不变。一般地说，手动控制属于这一类型。当采样周期与系统其它部分的时滞相比很小时，采样控制就变成连续的了。计算机和操作者一样，对几个控制只能按一定顺序处理，即进行巡回检测（或称扫描）。它的输出不论在大小和时间上严格地说也不可能是连续的。