

微处理器控制仪表

陈远宏 主编

重庆大学出版社

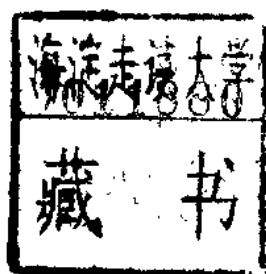
36

4/1

7176
CYH/1

微处理机控制仪表

昆明工学院 陈远宏
云南天然气化工厂 樊县圃 陈昌荣 等编



重庆大学出版社

7 5 4 8 4 3 2 3

1592/15

微处理机控制仪表

陈远宏 主编

责任编辑 王孝祥

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆大学出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 10.5 字数: 262 千

1988年2月 第1版 1988年2月 第1次印刷

印数: 1—7000

标准书号: ISBN 7-5624-0040-7 统一书号: 15408·28

TP·1

定 价: 1.80元

编者说明

本书是为了适应当前生产过程控制的需要，在化工部化肥司机动处及云南省石油化学工业厅支持下编写的。

本书从实用的角度出发，介绍了微处理机控制仪表的结构、工作原理及控制功能，并详细地分析了Digitronik line KMM可编程序调节器及KMS固定程序调节器原理、功能及其编程方法，并有各种运算式的应用分析，以及KMM可编程序调节器在生产过程控制中的应用实例。本书可供高等院校生产过程自动化专业师生及有关工厂、设计单位的工程技术人员参考。

本书由昆明工学院陈远宏主编并负责编写第一～第五章、第八章和附表。云南天然气化工厂樊县圃编写第十章，陈昌荣编写第六、九章，张天贵、林文枢合写第七章。书稿由云南省石油化学工业厅王树中高级工程师主审。在编写过程中，得到化工部化肥司机动处康石永同志、云南天然气化工厂殷世琪同志、昆明工学院杨宁同志的大力支持，在此一并致以谢意。

陈远宏

一九八七年一月

前 言

欲实现生产过程自动化, 必须有自动化的工具才行, 没有自动化工具, 也就没有自动化。“工欲善其事, 必先利其器”。自动控制仪表是生产过程自动化的重要工具之一, 也可以说, 自动控制仪表是工业生产过程自动化系统的核心, 它的功能的强弱及质量的好坏, 直接影响调节品质与生产效率。过去的年代, 工业生产过程自动化主要采用模拟式控制仪表, 随着化学和石油工业的发展, 生产过程向连续化, 生产规模则向大型化方向发展, 使生产过程得到强化。这样, 过程参数间的关联性大大增加, 前后工序希望最佳综合平衡等, 这就要求自动控制仪表具有丰富的控制功能, 能灵活地构成复杂的控制系统, 对生产过程进行最佳控制。在控制精度与可靠性方面要求尽可能提高。显然, 采用模拟式控制仪表是难以满足这些要求的, 而必须采用数字式调节仪表。

自1945年第一台电子数字计算机问世以来, 控制工程师就对其进行了大量的探索性研究, 1952年开始使用计算机进行自动检测和数据处理, 1957年实现了计算机闭环监督控制 (Supervisory Computer Control 缩写SCC), 1958年以后出现了用数字计算机代替常规的调节器进行直接数字控制 (Direct Digital Control缩写DDC)。到了七十年代初期, 计算机集中控制有了较快的发展, 但出现了许多问题, 如随着集中程度的提高, 现场信息费用不断增加, 由于系统庞大和复杂化, 使可靠性降低, 系统扩展性差, 系统设计配线复杂, 维护也较为麻烦。就在这个时候, 美国Intel公司研制成世界上第一枚四位的微处理器芯片, 以及随后的爆炸性的发展速度, 使计算机集中控制绝处逢生, 促成了模拟仪表向微处理机控制仪表方向发展。¹

从1975年开始, 在世界上各主要仪表制造厂陆续研制成功了新一代的计算机控制系统, 如日本横河-北辰公司的“CENTUM”系统, 美国Honeywell公司的“TDC-2000”系统, 美国Foxboro公司的“SPECTRUM”系统等, 称为分布型控制系统 (Distributed Control System)。日本横河公司于1978年发表了分散度降低为每台微处理机控制8个回路的中小型分散控制系统YEWPACK。接着又于1980年发表了分散度降为一台微处理机只控制一个调节回路的YEW SERIES—80单回路计算机控制系统。日本山武-Honeywell公司于1981年发表了Digitronik line单回路计算机控制系统。日本各主要厂家的DDC系统发表情况见表1。

分布型控制系统解决了集中型计算机控制系统存在的问题, 其特点是, 信息/资源共享, 设计维护单纯化, 同时处理能力强, 响应特性改善, 系统扩展方便, 危险分散, 并与模拟仪表可以共用, 从事仪表自动化的技术人员比较容易适应, 因此, 对老厂改造也有实际意义。

目前, 分布型控制系统在国内化工、石油化工、冶金、电力等各个行业得到越来越多的应用, 并显示了其优越性。

微处理器的出现只不过十几年的事, 可是这短短的十几年, 微型计算机对科学技术乃至人类社会所造成的影响远远超出人们的预料。当今世界出现的“第四次工业革命”, 其主要特征之一就是微处理机或微型计算机的出现而引起的信息革命。而作为信息革命的一个主要方面的智能仪表, 在这次席卷全球的浪潮中, 成为重要角色是当之无愧的。而在未来的工

业过程控制技术中，硬件功能式仪表将被微处理机控制仪表所取代已是不可逆转的形势。

本书的出版，希望对正在或准备使用分布型控制系统的单位有所帮助，亦可供有关大专院校、设计单位、企业技术人员参考。

康 石 永

一九八七年一月于北京

表 1 日本各工厂分散型 DDC 发表情况

年 份 厂 家	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
山武-霍尼 威尔	TDCS-2000 (8)				SBC (8)	OFC (2)	Digitronik line (1)
横河-北辰	CENTUM (32)	990TX (64)		YEWPACK (8)		YEW SERIES -80(1) HOMAC 700/500 300 (16)/(8)(1)	
岛 津					单回路 (1)	MS 80 (1)	
日 立	Σ 系列 (32)		Σ 系列 (8)			调节器M (1)	
富 士	MICREX (16)				小型F (1)		
三 菱					MACTUS 700(32) 810(8) 200(1)		
东 芝	TOSDIC (8)				TOSDIC (1)		

目 录

前言

第一章 微处理机控制仪表的结构及工作原理	1
第一节 概述	1
第二节 微处理机控制仪表的结构	3
第三节 微处理机控制仪表的工作原理	5
第四节 信号采样和数字滤波	6
第五节 计算机直接数字控制的基本算式和参数整定	10
第二章 微处理机控制仪表的功能	21
第一节 微处理机控制仪表的功能模块的组成	21
第二节 微处理机控制仪表的典型算法	22
第三节 微处理机控制仪表的监控程序	25
第四节 微处理机控制仪表的编程语言	27
第三章 Digitronik系列微处理机控制仪表	29
第一节 Digitronik 系列/Uni-box的系统结构	29
第二节 Digitronik系列仪表的特点及软件制作	31
第四章 Digitronik 系列KMM可编程序调节器/KMP可编程序运算器	33
第一节 概述	33
第二节 KMM可编程序调节器的功能	38
一、模拟输入处理功能	38
二、运算处理功能	41
三、输出处理功能	43
四、KMM自动平衡功能	43
五、自诊断功能	45
六、KMM通讯功能	47
第三节 KMM可编程序调节器的控制类型	48
第四节 KMM可编程序调节器的辅助开关	51
第五章 KMM可编程序调节器的编程	53
第一节 编制用户程序的准备工作	53
第二节 程序装入器的结构及功能	53
第三节 用户PRO M的制作	59
第六章 KMM可编程序调节器的运算式及其应用	68
第一节 KMM可编程序调节器的运算式	68
第二节 KMM可编程序调节器运算式的应用	80
第七章 KMS固定程序调节器	94
第一节 型号规格、调节功能及控制类型	94
第二节 KMS辅助开关的功能	97

第八章 KMM和KMS的各种操作方式	102
第一节 KMM和KMS的正面板各部件的功能及操作方式	102
第二节 数据设定器及其操作方式	103
第三节 KMM和KMS的运行状态	110
第四节 “M” “A” “C” 状态与 “COMP” 状态的相互切换	112
第九章 KMM型可编程序调节器的系统组态分析	114
第一节 前馈—反馈、采样控制系统	114
第二节 变参数、程序、时间比例控制系统	117
第三节 自动偏置、选择性、纯滞后时间补偿控制系统	122
第十章 KMM可编程序调节器在生产过程控制中的应用	127
第一节 PH的自动控制	127
第二节 燃烧控制系统	134
第三节 蒸汽压力智能控制系统	139
附表1 运算式结构一览表	144
附表2 内部信号一览表	152
附表3 KMM/KMP数据表	155

第一章 微处理机控制仪表的结构及工作原理

第一节 概 述

自动控制仪表是生产过程自动化的重要工具。从它的发展历程来看,开始是对生产过程的个别设备或个别环节进行自动控制,采用基地式气动仪表。随着电子元件的发展,出现了电子管式、晶体管式、集成电路式仪表,到目前为止,已发展到智能式仪表。工业自动化仪表作为一门学科,其发展史只不过三十多年,但它是一门发展十分迅速的新兴学科。

五十年代和六十年代是气动技术的盛行时期,尤其是在苏联、美国和西欧,气动系列产品不断更新,发展较快。战后日本利用外资,使仪表工业蓬勃发展起来。随着电子元件的发展,晶体管取代了电子管,构成电动单元组合仪表。60年代初,随着石油和化学工业的发展,生产过程向连续化,生产工艺设备朝大型化方向发展,生产规模愈来愈大,因此,要求控制回路增多,需要处理的信息量大,相关信息也多,对生产过程的控制提出了更高的要求,要求对生产过程进行集中监视和最优控制,从而促进了计算机控制技术的发展,实现了计算机的DDC控制。与此同时,随着集成电路的发展,集成电路代替了晶体管,出现了如象日本横河的I系列仪表或国内称作电动Ⅲ型的单元组合仪表。70年代初期,计算机集中控制有了较快的发展,但是,随着控制功能向计算机高度集中,事故发生的危险性也高度集中。在运行中,一旦计算机发生故障,所有控制回路将同时瘫痪,这是一个关键的问题。自1971年美国Intel公司研制成四位微处理器后不久,在过程控制中出现了分布式集中控制系统(装置)。它是以过程控制仪表思想为基础而设计的分布式DDC系统,并由上位机进行集中监视、操作及管理。但这种系统只有上百个回路的大系统才呈现出明显的优越性,而且,即使是最先进的工业发达国家也碰到了新老设备更新、投资与效益等问题,一时难于推广应用。于是1978年又出现了8~32个回路中、小规模分布式系统,加之相继出现的能源危机问题,最后导致了单回路调节器(或称作可编程调节器)的出现。

所谓单回路数字调节器,是一种内藏微处理机的运算控制仪表,为了能进行高级的控制,一般可以接受几路输入信号,但输出只能控制一个执行器,这也是“单回路”的含义所在。由于单回路调节器的硬件本身是一个微型计算机系统,我们将它称为微处理机控制仪表。

单回路调节器的模拟输入输出信号和模拟仪表一样,采用国际统一标准,电流信号采用4~20mA、DC,电压信号采用1~5VDC。其外形结构也和单元组合式模拟调节器一样,采用单体箱式结构。正面操作面板的设置也和模拟仪表相似,设有两个动圈仪表,一个指示给定值和测量值,另一个指示输出值,自动、手动切换开关及输出手动操作方式和模拟仪表大致相同。故这种调节器可以和模拟仪表混合使用,给老厂的技术改造带来很大方便。当需要时,即可在控制屏上直接替换模拟仪表。

这种外形上的相似和功能上的兼容,并不说明它们之间完全相同,这两类调节器有着本质的区别。

单回路调节器作为计算机控制系统的一部分,是近代自动控制技术、计算机技术、通讯技术(合称三C,即Control, Computer, Communication)高度结合的产物。它的运算控制功能极其丰富,而且还具有通讯功能。通过通讯总线,可和集中监视操作站及上位计算机交换信息,组成计算机多级控制系统,实现各种高级的控制和现代化管理。

归纳起来,单回路调节器具有以下特点:

1. 调节器的功能主要由软件来完成。通过编制不同的软件,以实现各种不同的功能。为了方便用户,制造厂都在调节器中备有必要的子程序库,用户只要使用十分简单的语言,就可以调用这些子程序。这些软件,都固化在ROM中,供用户选择。用户程序的编制使用了专用的POL语言(面向过程的语言)或FIF语言(组态语言或空栏语言)。只要稍加训练即可编制程序。系统的建立(或称编程方法),一般都采用编程器,写入EPROM中,然后插入可编程调节器ROM的专用插座。

2. 数字与模拟显示混合使用。面板设计尽可能沿袭模拟调节器的人机对话形式,极易实现操作者的技术上过渡。

3. 具备通讯功能。使可编程调节器与上位计算机进行信息交换,并组成设定值控制或DDC控制,从而实现中、大规模的集中监视操作系统。

4. 在仪表硬件及软件开发上采用了可靠性技术措施。单回路调节器采用了如下一些措施来提高RAS技术指标(Reliability Availability Serviceability即可靠性(R),有效利用率(A)和维修率(S)等意义的综合)。

硬件方面尽可能减少元件的数量。目前情况,单回路调节器较模拟调节器使用的元件减少约50%。一般单回路调节器耗电量都极低,仅为模拟仪表的 $1/6 \sim 1/2$ 。采用后备电源以保护RAM中的信息,且有后备电源耗尽报警(一般均可维持五年)等多方面的可靠性措施。硬件方面最重要的一点,是在设计大规模集成电路本身时,就考虑了可靠性因素。RAS技术是离不开软件的,以单回路调节器为例,在可靠性上,软件大体上完成了如下工作:监视A/D及D/A转换部分、各数据寄存器、ROM状态、RAM中的数据保护、后备电源、CPU自身异常等,统称为在线诊断,能随时报警并指出故障部位。

5. 仪表具有自诊断功能,这是可靠性技术在软件上的具体措施。在每个采样周期,能进行各回路的功能检查,当出现异常时,就显示诊断代码。

单回路调节器于1980年前后问世,在世界许多国家,虽有一些厂家生产多个系列,但尚在发展探索中,其发展趋势大致有如下几个方面:

编程方面有系列化、统一化的趋势,特别是“无软件”化表现得更为明显。POL语言及FIF语言便是向“无软件”化发展中的一种表现。

引入现代化控制理论的成果,使仪表的功能进一步扩大,突破了常规PID控制的垄断地位。

由于CRT的普及和标准化,在显示技术方面将向“无仪表盘”化趋势发展。即是以RAM中存储的信息构成假想的仪表盘在CRT上显示。

半导体厂家及仪表厂家在知识和技术上的合作,生产预定性能的IC芯片,将会使智能化仪表进入更高级的领域,甚至有人预测,由于声音应答式IC的出现,将使智能仪表以类似人类的语言来进行系统的建立。

总之,自1971年世界上第一枚微处理器芯片问世以来,由于它的飞速发展,将有力地冲击着各个领域,许多学科之间的关系将发生变化,同时加速了仪器仪表的更新换代。智能仪表是模拟仪表引入微电脑以后而兴起的,由于智能仪表的发展,使得仪表与微型计算机间的界限变得十分模糊了。在我国,也正在研究和推广应用单回路调节器,可以预料,仪表智能化也将在我国蓬勃兴起。

目前世界上各仪表厂家开发的微处理机控制仪表虽是各式各样的,但它们构成的最基本原理都是相同的,本书从理论上分析“微处理机控制仪表”的构成原理及控制功能,并在此基础上,详细地介绍了Digitronik系列KMM可编程序调节器和KMS固定程序调节器,其他可编程调节器本书不拟叙述。

第二节 微处理机控制仪表的结构

微处理机控制仪表(或称单回路调节器)是一种可编程调节器,虽然世界各厂家的产品各有自己的结构特点,但其工作原理却是基本上是一样的。单回路调节器本身是一个较小的微型计算机系统。

所谓微型计算机(Microcomputer简称 μc)就是以微处理器(Microprocessor简称 μp)为核心,再配以随机存取存储器RAM(Random Access Memory),只读存储器ROM(Read Only Memory),输入/输出控制接口电路和相应的支援电路而构成的设备。若微型计算机再配备小型或微型的外部设备、电源、面板以及相应的软件,就构成了微型计算机系统(Microcomputer System)。

微处理机控制仪表的总体构成方案如图1-1所示。图中各部分作用如下:

CPU:是中央处理单元的简称,它是微处理机控制仪表的核心。它有完成信息的运算、传送和控制三种功能。其主要的实现方法是从存储器中取出指令并执行指令所要求的操作。它通过内部总线与其它各部件相连,构成微型计算机系统。日本的山武——Honeywell公司发表的Digitronik系列中KMM可编程序调节器的CPU采用8085A,时钟6.144MHz 8位芯片。

ROM(1):系统ROM,系统软件的存储区,用来管理用户程序、通讯、子程序库、人机接口等程序或文件的。由仪表制造厂家编制,用户无法更改。

ROM(2):用户ROM,用户程序区,用于存放用户编写的面对过程的程序。

RAM:随机存取存储器,用于存放显示数据、运算时的中间数据、以及通讯数据等。

日本Digitronik系列KMM调节器的输入输出采用8255A可编程外设接口芯片,8255A为与Intel公司的微处理器(如8085A)配套的通用可编程I/O器件,该器件有24条可编程I/O引脚,这些引脚可分成两组(每组12条),可分别进行编程,且可采用三种主要的工作方式(方式0,方式1,方式2)。还采用8279可编程键盘/显示器接口。8279是一种为Intel公司的微处理机设计的通用可编程键盘和显示器的I/O接口器件。

A/D/A转换:在CPU的监视管理下,A/D转换器把输入的模拟信号转换成相应的数字信号,D/A转换器则把处理后的数字信号转换成相应的模拟信号,经过保持器得到连续的控制信号。

W·D·T:(WATCH DOG TIMER)监视时钟,由软件设置,是自诊断的一项重要措施。它随时监视CPU的工作状况,当出现异常时,便使调节器转入手动操作状态。

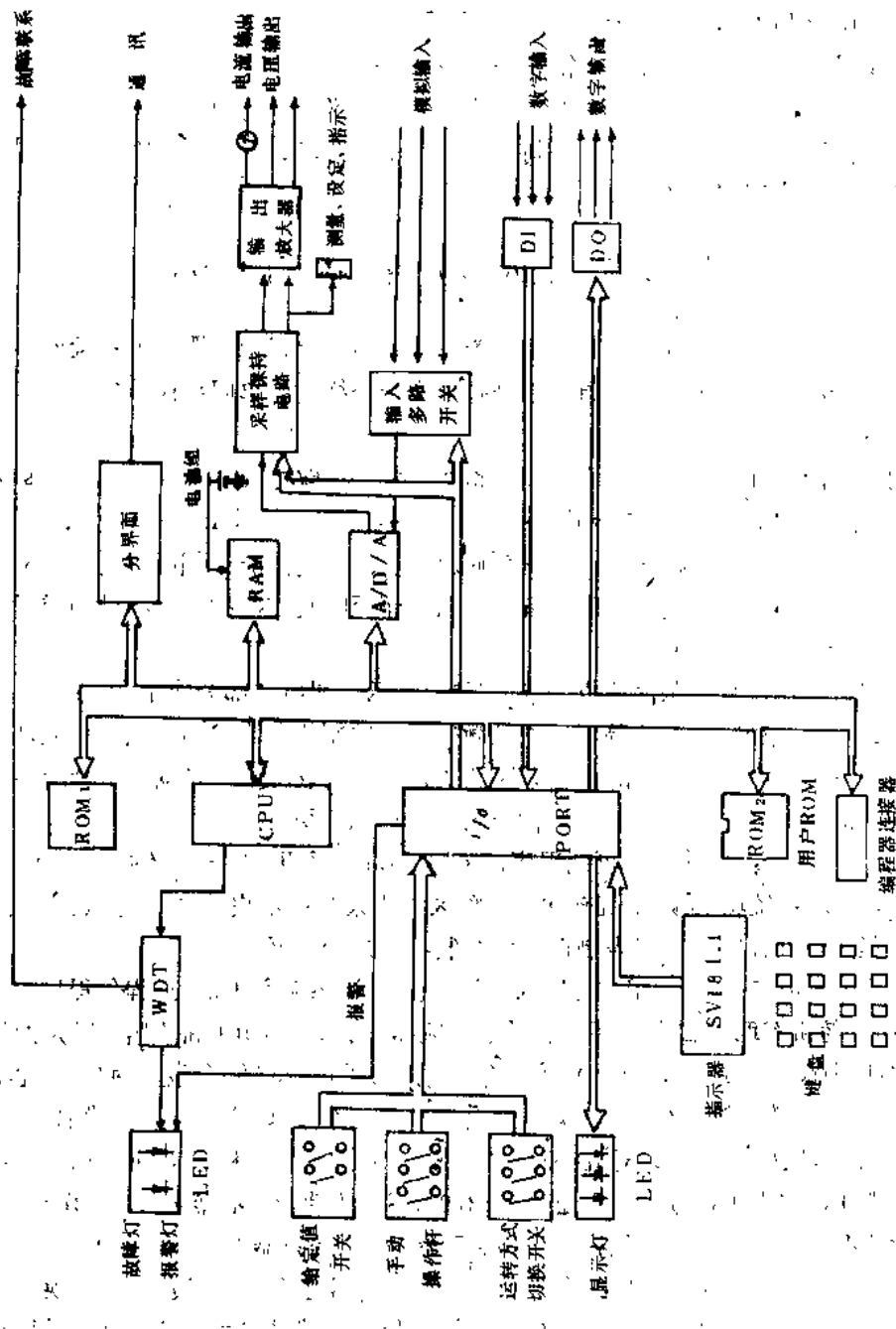


图1-1 微处理机控制仪表的总体构成方案

第三节 微处理机控制仪表的工作原理

我们知道，在计算机的 DDC 控制系统中，计算机起着控制器的作用。如图 1—2 所示。

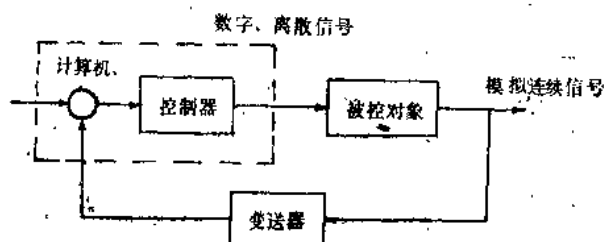


图 1-2 控制系统框图

一个原来在时间上是连续的，数量上是模拟的信号，经过采样器和 A/D 转换器后，就变成 CPU 可以接受的数字信号，在时间上它是离散的信号。

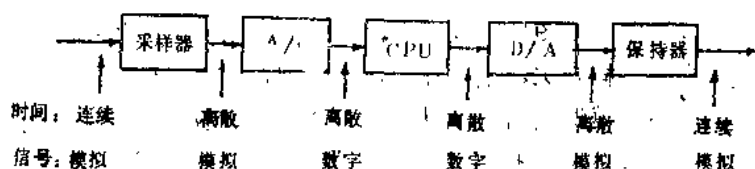


图 1-3 计算机 CPU 前后信息转换图

CPU 的输出在时间上是离散的，数量上是数字的信号，经过 D/A 转换和保持器后，就变成可以被控制对象接受的，时间上是连续的，数量上是模拟的控制作用了。

微处理机控制仪表要处理两种基本信号，即数字信号和模拟信号。数字信号是一种不连续的信号，即以有限个数位来表示一个连续变化的物理量的信号。而模拟信号是用幅度的连续变化来表示信息的信号，模拟信号要经过 A/D 转换成数字量之后，计算机才能接受、才能进行运算、处理等。若计算机的控制对象要求模拟量输入，则微型计算机输出的数字信号也要经 D/A 转换成模拟量之后，才能送至控制对象。

具体的操作过程是这样的，先是把控制对象（过程）的有关参数（如温度、压力、流量、转速、转角等）经过缓冲器以消除干扰，然后进行采样，并通过输入通道，把模拟量变为数字量（也可以是直接数字输入），送入计算机的 RAM 中。计算机的 CPU 根据用户 ROM

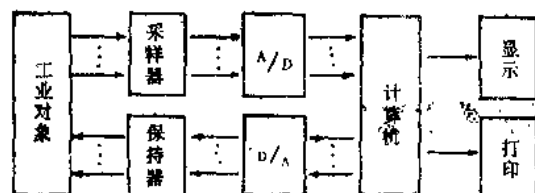


图 1-4 计算机闭环控制示意图

中的程序指令，从系统 ROM 中调出所需执行的操作指令，按照操作指令，从 RAM 中取出所需的数据，并加以运算处理和逻辑判断，把运算结果送到 RAM 中，（即计算机根据这些数字信息，按照预先规定好的控制规律即数学模型进行计算）。并通过输出通道，把计算结果转换成相应的模拟量，去控制被控对象，使

被控量达到预期的指标。

RAM 中的数据经数据总线，与人机接口相连，以便进行人机对话，从而达到操作人员

能随时监视和处理的目的。

其闭环控制示意图如图1-4所示。

一、模拟量输入

图1-5表示模拟量输入的结构图。

生产过程中的被调参数(温度、压力、流量等)都是随时间变化的物理量,通过安装在

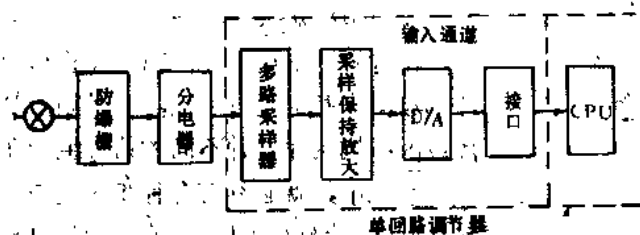


图1-5 模拟量输入结构图

生产现场的各种检测元件及变送单元,被转换成统一的直流电流或电压信号,然后经防爆栅、分电器,传给调节器的模拟输入端子,在计算机控制中称为输入过程通道。然后经过采样开关,把时间上连续的信号变成时间上离散的模拟信号,放大后,经

D/A转换器把它变为离散的数字信号,再通过接口送入CPU。

从以上分析知道,一个最基本的模拟量输入通道应包括以下几个部分:

- (1) 滤波电路(图中未画出),一般常用二阶RC网络滤去干扰。
- (2) 多路采样开关,主要作用是把模拟信号在时间上进行离散化处理;其次,通过多路采样开关使多路模拟量输入可以共用一个A/D转换器,这样,对每一路模拟量都是分时输入。
- (3) A/D转换器,把离散后的模拟量转换为数字量。
- (4) 采样保持电路及信号放大器。采样保持器在模拟量输入通道中是必不可少的一个部件,它的作用是把时间上离散的模拟量在A/D转换期间维持一个定值,以提高转换精度。放大器在输入为低电平时,起信号放大作用,而在输入为高电平时,则起阻抗匹配的作用。

二、数字量输入

生产过程中常用的开关和按钮的断与合、电平高低等,通常视为开关量,即为二进制数“0”和“1”两个状态,这些信号一般是可以被计算机接收的。在必要的时候,计算机可以读取这种状态,并进行判断,再配合其他条件,做出控制决策。开关量是不需要转换的,只需把现场各式开关量的电平转换为适合计算机运算的电平信号即可。

三、模拟量输出

在石油、化工、冶金等连续的工业生产过程中,执行机构的输入量一般都是连续的电压或电流,因此,计算机输出的数字量还必须经过数/模转换,将数字量变成模拟电压或电流,以控制执行机构的动作。若为气动执行器,需将电信号转换成相应的气信号,以推动气动执行器动作。在输出通道中常设有输出保持器,使执行机构得到连续的控制信号。

第四节 信号采样和数字滤波

众所周知,所谓DDC控制,就是用计算机取代一般模拟调节器直接对生产进行控制。一般这种控制用于多回路,它相当于一台多回路数字调节装置,它不仅能实现PID调节规律,而且也能灵活而有效地实现各种新的调节规律,如前馈调节、大滞后系统等。在PID调节中还能自动选择PID参数,并能同时实现顺序控制等功能,使其控制效果比一般模拟调节器大

为改善。如山武——Honeywell开发的Digitronik line 100系列数字化仪表，就是典型的DDC控制。它用一台调节器代替多台仪表，减少了复杂的联线，提高了系统可靠性，使系统更加紧凑灵活。

DDC系统本质上是采样控制系统。因此，除了控制回路的 K_P 、 T_I 、 T_D 等参数需要整定以外，采样周期 T_s 的选择也是一个重要问题。

一、采样周期 T_s 的选择

采样控制系统的输入与输出都是以脉冲形式进行的，为了使系统能很好地运行，在信息传递过程中应尽可能地保持其真实性。两次采样之间的时间间隔称为采样周期，从信号的复现性来考虑，采样周期不宜过长，或者说采样频率 ω_s 不能过低，根据香农采样定理，它必须大于或等于原信号（被测参数的测量信号）所含的最高频率 ω_{max} 的两倍，即 $\omega_s \geq 2\omega_{max}$ 。满足这一条件，采样器输出的函数能不失真地复现其输入的连续函数，即是说，只有当 $\omega_s \geq 2\omega_{max}$ 时，才能实现原信号的复现。从控制性能来考虑，采样周期越短越好，但受机器速度和容量的限制，采样周期不能太短，因为机器的工作时间和工作量将随采样时间的减少而增加。

因此，在工程整定的过程中，在选取采样周期 T_s 时，应考虑有关的一些因素，如对象的纯滞后 τ_0 和时间常数 T ，这些是表征对象动态特性的主要参数，采样周期一般选为纯滞后时间 τ_0 的十分之一左右。但当对象的纯滞后起主导作用时，采样周期可选为大致和纯滞后时间 τ_0 相等。当对象具有纯滞后和容量滞后时，选择采样周期接近对象的时间常数 T ，这样比较好。若扰动信号频率越高，则选择采样周期 T_s 应该越短，即采样频率 ω_s 应该越高。在使用PID算式时，要注意积分时间和微分时间与采样周期 T_s 的关系，一般积分作用和微分作用就直接与采样周期 T_s 的选择有关。

表1-1 采样周期的选择

输入物理量	采样周期 T_s (秒)	说 明
流量	1~5	一般选用 1~2 秒
压力	3~10	一般选用 6~8 秒
液位	6~8	
温度	15~20	对于串级系统，也可选取纯滞后时间为采样周期 T_s 。 副环 $T_s = \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5}\right)$ 主环 T_s
成分	15~20	

通常，对于模拟量的采样，可参照表1-1的经验数据来选择。在实际工作中，通过试验加以调整，最后确定合适的采样周期 T_s 。从表1-1可以看出，参数反应快的调节对象，采样周期应选择比较短，如流量参数。反之，当对象反应慢时，应选取较长的采样周期 T_s 。

二、数字滤波

计算机控制系统为了提高信噪比，利用计算机自身能进行运算与判断的特点，采用数字滤波方法，减少或排除RC模拟滤波器难于滤去的各种干扰信号，以提高有用信号的真实性，这对DDC系统的安全、可靠运行，也具有重要的意义。

RC模拟滤波器能很好地抑制高频干扰分量，但对低频干扰分量的滤波效果则很差。而

用数字滤波消除低频干扰分量却是一种有效的办法。

数字滤波就是利用数字的运算,对输入的信号(数据)进行处理的一种滤波方法。实质上,它是一种程序滤波,即通过计算机软件(编制相应的滤波计算程序)来提高信号的真实性和,同时还可以对信号进行平滑加工,以保证控制系统的可靠运行。这种滤波方法不需要增加硬设备,只需要在程序上加以考虑,对不同的干扰信号(甚至频率很低的信号)进行滤波,以弥补RC滤波器的不足。近来数字滤波发展十分迅速。

一般常用的数字滤波有如下几种:

(1) 算术平均值滤波

算术平均值滤波又常称为递推平均滤波,对周期性等幅振荡的干扰有较明显的滤波效果。

其公式为:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j$$

式中 $\bar{Y}_i$ 为 n 次采样的平均值,即滤波器的输出。

X_i 为第 i 次的采样值,即滤波器的输入。

n 为采样次数。

这种滤波的具体做法是,以第 i 次采样时刻为基准,向前递推 n 个周期,计算机存贮这 n 个周期的采样输入值,并累计采样次数,根据数学模型,对 n 次采样值累加运算并求其平均值,以此作为第 i 次的真实采样值,送入计算机进行运算。 n 值的选择应十分注意,选择不当会直接影响采样平均值的平滑程度,或影响反应灵敏度。当 n 取得过大,则平均后的输出平滑,滤波效果好,但参数变化得不到及时反应,滞后严重,使得控制作用不及时,反之, n 取得小的话,反应及时,但滤波效果差。到底 n 应选多大才适合,要视生产实际而定。目前工程中,流量取十二项的平均值,压力取四项的平均值,温度若没有显著的噪声,可以不加平均。

算术平均值滤波程序框图如图1-6所示。(见下图)

(2) 程序判断滤波

在计算机控制系统中,由于现场采样,现场中大的随机干扰或由于变送器可靠性差所造成的信号失真,将引起输入信号的大幅度跳码,会使计算机控制系统产生误动作。对于这类干扰,通常采用编制判断程序的方法去伪存真,以实现程序判断滤波。其判断程序式为:

当 $|X_i - X_{i-1}| \leq B$ 时,则 X_i 为输入计算机的采样值。

当 $|X_i - X_{i-1}| > B$ 时,应将 X_{i-1} 采样值作为第 i 次采样值输入计算机。

其中 X_{i-1} 为上次采样值, X_i 为本次采样值。上述不等式表明第 i 次采样值有干扰,故用上次采样值代替本次采样值输入计算机,这样便从程序上滤掉了误信号。在应用这种方法时,关键在于 B 值的选择。而 B 值的选择主要决定于对象的被测参数的变化速度。例如一个加热炉温度的变化速度总比一般的压力或流量参数变化缓慢,因此,可以按照参数在两次采样的时间间隔内可能的最大变化范围作为 B 值,假如两次相邻的采样值之差的绝对值大于 B ,说明采样失真,就采用上一次采样值。

(3) 中位值法。

所谓中位值法就是某个被测参数在要轮到它采样的时刻,将连续采样三次以上的值,从

中选择大小居中的那个值作为有效的测量信号，即作为计算机的计算式或模型的输入信号，对某些变化速度不是太快的参数，为了去掉干扰脉冲，常采用这种方法进行滤波。

设三次采样的输入为 X_1 、 X_2 、 X_3 且 $X_1 < X_2 < X_3$ ，则 $Y_i = X_2$ 为第一次采样值。

其程序流程图如图1-7所示。

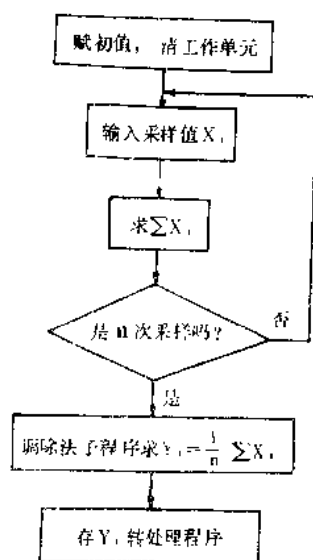


图1-6 算术平均值滤波程序框图

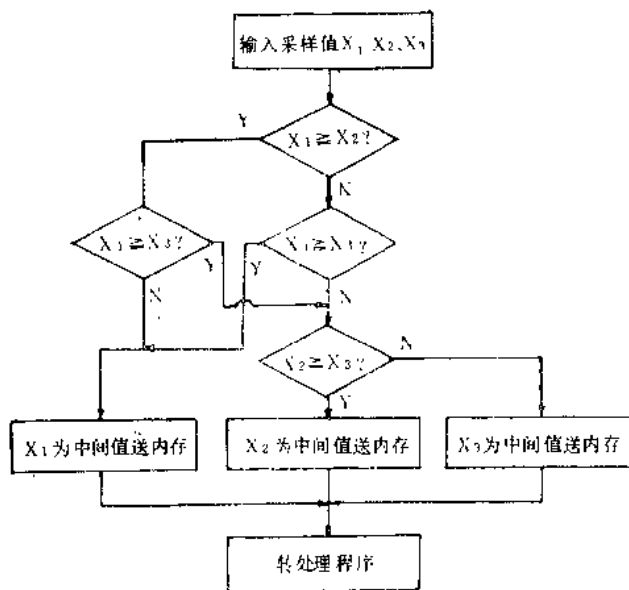


图1-7 中位值法程序流程图

(4) 一阶惯性滤波

一阶惯性数字滤波，实质上是通过计算机的算式来实现动态的RC滤波。其滤波算式表示如下，惯性（非周期）环节的传递函数为：

$$\frac{Y(S)}{X(S)} = \frac{1}{T_f S + 1}$$

$Y(S)$ ——滤波器输出的拉氏变换

$X(S)$ ——滤波器输入的拉氏变化

T_f ——滤波器的时间常数

写成微分方程式为：

$$T_f \frac{dy(t)}{dt} + Y(t) = X(t)$$

将上式写成差分方程为：

$$T_f \frac{Y(K+1) - Y(K)}{T_s} + Y(K) = X(K)$$

式中 T_s ——采样周期

$$\therefore Y(K+1) = \left(1 - \frac{T_s}{T_f}\right) Y(K) + \frac{T_s}{T_f} X(K)$$

令 $\beta = \frac{T_s}{T_f}$ ——称为滤波器系数，由试验决定，使记录出的被测信号不出现明显的纹波即可。