

计称机控制技术

前 言

《计算机控制技术》为适应我院机械制造工艺、设备与自动化专业本科生教学需要而编写，主要围绕机械加工自动化所需要的新的知识和技术手段来选取素材。较之其他计算机控制方面的教材，本书更侧重于实用知识和技术。它适用于机械制造工艺、设备与自动化专业的教学，也适合机电结合的专业如机械制造控制与检测等专业的教学，同时也可以作为从事机械加工自动化方面工作的技术人员的参考书。

本书主要内容分为六章。第一章概述了机械加工自动化的发展与现状。第二章在讲述了微型计算机工作原理的基础上，着重介绍了微处理器R6502的结构、寻址方式、指令系统和以R6502汇编语言为基础的程序设计方法。同时，也对照地介绍了微处理器8080A及Z80的寻址方式和指令系统。第三章为微型计算机的输入/输出接口，包括数据传输的方式，通用接口芯片，可编程输入/输出芯片PIO、VIO等，以及R6502和键盘、电传机、七段LED显示器的连接。第四章作为微型计算机程序设计方法和接口技术的具体运用，介绍了线切割机微型机控制系统。第五章的内容是车床的计算机控制概述。通过一个具体例子介绍计算机应用于机械加工设备所面临的一般任务和问题。第六章为计算机在过程工业中的应用。主要介绍输入、输出通道，DDC系统的原理、方法和例子。

本书由张思洲同志审稿，在编写过程中得到路建萍等同志的帮助，仅表示衷心的感谢。

此书仅为教学急需而编，由于编者水平有限，错误缺点在所难免，敬请读者批评指正。

编者

1984年4月

目 录

第一章 概论	1
§ 1—1 工业控制计算机的发展过程	1
一、过程工业自动控制	1
二、机械加工工业的自动化	2
§ 1—2 工业控制机的特点和基本组成	4
一、工业控制机的特点	4
二、工业控制计算机的基本组成	4
§ 1—3 工业控制计算机的分类	5
第二章 微型计算机工作原理	9
§ 2—1 电子数字计算机的工作过程和组成	9
一、电子计算机的工作过程	9
二、电子计算机的基本组成	11
§ 2—2 电子计算机中的数制和码制	16
一、二进制计数制	16
二、二进制数和十进制数的转换	18
三、二进制的算术运算	21
四、码制	22
五、小数点问题	27
§ 2—3 微型计算机的结构及其指令系统	28
一、微处理器与微型计算机的定义	28
二、微处理器的基本结构	30
1. 几个基本概念	30
2. 微处理器的基本结构	36
3. R6502微处理器	40
三、微型计算机的指令系统	45
3.1 计算机指令的基本格式	45
3.2 微处理器指令寻址方式	47
3.3 微处理器指令种类	52
3.4 R6502的指令系统	58

3.5	8080A 微处理器简介	72
3.6	Z—80 微处理器简介	75
§ 2—4	微型计算机程序设计	85
一、	程序设计的一般概念	85
二、	汇编程序及R6502 汇编语言	90
三、	汇编语言程序设计	96
§ 2—5	存贮器	107
一、	磁芯存贮器	108
二、	半导体存贮器	113
1.	随机存取存贮器 (RAM)	114
2.	RAM的结构	117
3.	RAM与CPU的连接	120
4.	只读存贮器 (ROM)	125
第三章	微型计算机的输入/输出接口	133
§ 3—1	输入/输出传送方式	133
一、	程序控制输入/输出	133
二、	中断方式	135
三、	直接存贮器存取方式 (DMA)	141
§ 3—2	通用接口芯片	142
一、	8205高速“8选1”译码器	142
二、	8位输入/输出接口芯片8212	144
三、	可编程序输入/输出芯片8255	147
§ 3—3	Z—80 计数器定时器电路	151
§ 3—4	Z—80 并行入/出接口电路	163
§ 3—5	多用接口适配器 (VIA) — R6522	175
一、	R6500系列输入/输出芯片简介	
二、	R6522多用接口适配器 (VIA)	
§ 3—6	微处理器R6502与外围设备的配接	193
一、	微处理器R6502与简单输入/输出设备	193
二、	微处理器R6502与键盘	195
三、	电传机接口	200
四、	微处理器R6502与七段LED显示器	205
第四章	线切割机的微机控制	209
§ 4—1	插补原理	209
一、	逐点比较法的工作原理	209

二、圆弧插补过程·····	210
三、逐点比较法直线插补过程·····	214
§ 4—2 线切割机微型机控制方案·····	217
§ 4—3 程序设计·····	217
一、数的表示及运算·····	217
二、加工指令格式·····	218
三、内存区域的划分·····	219
四、加工指令的执行过程·····	222
五、SR ₁ 插补运算符程序·····	228
六、终点判别子程序·····	230
七、计算准备子程序·····	232
八、实现运算公式子程序·····	232
九、显示准备子程序·····	234
十、进给予程序·····	235
第五章 车床的计算机控制 ·····	236
§ 5—1 计算机控制车床的基本概念·····	236
一、计算机数控的发展·····	236
二、计算机数控的基本类型·····	240
§ 5—2 车床计算机控制的指令内容和机能·····	244
一、纸带规格·····	244
二、车床计算机控制的指令内容和机能·····	244
§ 5—3 系统程序概述·····	248
一、系统机能的实现·····	248
二、引导程序·····	250
三、编译程序·····	253
四、加工程序·····	260
§ 5—4 计算机的选择·····	262
第六章 计算机在过程工业中的应用 ·····	264
§ 6—1 过程控制计算机的任务·····	264
一、过程控制系统的构成·····	264
二、过程控制计算机的任务·····	265
§ 6—2 模拟量输入通道·····	265
一、过程参数的采样原理·····	266
二、模/数转换器·····	270
§ 6—3 模拟量输出通道·····	278

§ 6—4 开关量输入通道.....	283
§ 6—5 开关量输出通道.....	284
§ 6—6 巡回检测和定时制表.....	286
§ 6—7 直接数字控系统.....	287
附录	308
附录 1 8080A 指令系统.....	308
附录 2 Z—80 指令系统.....	314

第一章 概 论

自从1946年第一台电子数字计算机(简称电子计算机或计算机)问世以来,计算机得到了迅猛发展。电子计算机已成为现代科学技术的四项主要内容(原子能,电子计算机,航天技术和遗传工程)之一。电子计算机的研制与应用已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。早期的计算机体积大、成本高、运算速度慢。但在短短的三十多年时间内,计算机已经历了第一代的电子管计算机,第二代的晶体管计算机、第三代的集成电路计算机、第四代的大规模集成电路计算机,现在正向第五代的超大规模集成电路计算机发展。计算速度从最初的每秒几千次,发展到现在的每秒上亿次。计算机的体积在不断缩小,可靠性不断提高,价格也不断下降。

计算机能得到迅速发展,重要原因是其优越的性能,使得生产和社会活动的很多领域都需要广泛应用它,从而促使人们投入大量的人力、物力来不断的发展和完善它。目前计算机已广泛用于科学计算,工业生产过程的自动控制,宇宙航行、各种新型设备的辅助设计,文学翻译以及各种各样的数据处理;企业行政管理、银行金融管理、仓库管理、情报的收集与检索等等。

就工业生产自动控制来说,它已有较久的历史。但计算机控制技术的应用,使其面貌一新。计算机技术有力地推动着工业生产使其朝着大型化、复杂化和成套化的方向迅速发展。而且可以肯定随着工业自动化向现代化发展,计算机控制技术会得到更普遍的应用。

§ 1—1 工业控制计算机的发展过程

所谓工业控制计算机,就是用于控制工业生产的电子计算机。它是人们提高劳动生产率,减轻劳动强度,实现综合自动化和生产过程最佳控制的有力工具。如果把自动化按控制对象的形态划分,可大致分成三个方面。

- (1) 以过程工业为对象的过程工业自动化;
- (2) 以机械加工工业为对象的机械加工工业自动化;
- (3) 以事物管理为对象的事物工业自动化。

在这三个领域中计算机控制技术都得到日益广泛的应用。

一、过程工业自动化

1952年左右,化学工业首次使用了计算机作数据处理和自动测量的独立系统,它累计并打印管理有用的生产过程参数。1954年开始利用计算机构成开环系统,操作人员根据计算的

分析结果正确地调节控制参数。1957年采用计算机构成的闭环系统开始应用于石油蒸馏过程的调节。1958年试验性的采用直接数字计算机控制(Direct Digital Control, 简称D·D·C), 先后在一个电站和一个炼油厂实现了闭环定值控制, 这就是说, 实现了电子计算机在线过程控制。1960年在合成氨和丙烯酸生产的过程中实现了计算机监督控制(Supervisory Computer Control 简称 SCC)。1966年以来, 计算机开始侧重于过程最优控制(Optimal Control)并向分级控制、网络控制方向发展。

早期的工业控制大都应用于巡回检测, 它有利于集中监视。而当用于控制时, 其功能上主要模拟常规调节仪表, 但由于仍采用比例、微分、积分等常规调节规律, 只是控制形式由连续转为离散, 故调节效果不易获得明显的改善。由于当时的计算机造价很高, 推广使用者为使它能与常规仪表相竞争, 一再企图用一台机组来控制尽可能多的调节回路, 以使计算机控制的每个调节回路的使用成本降低。但是, 在高度集中控制时, 若控制机发生故障, 则将对全厂或整个装置带来严重的影响。国外对工业控制的运转率提出99.95%的指标, 要求控制机在一年时间中停机不超过4小时。尽管随着计算机科学和工程的发展, 计算机的可靠性与早期相比提高了好几个数量级, 要依靠一台计算机来达到99.95%的运转率仍然是一大困难。虽然采用多机并用的方案, 可以提高集中控制的可靠性, 但因其必然使自动化部分投资过大, 而得不到用户的满意。这样就出现了将计算机分散到生产装置中去, 实现小范围的局部控制(例如对某车间或某一装置实现某些特殊的控制规律, 物料与能量的平衡控制, 在一定条件下实现最优化等)。并已取得较好的效果。这种计算机控制, 通称为“分散型计算机控制”。

现代工业自动化的高度发展, 要求自控系统有完善的控制功能, 理想的人——机接口, 对可靠性和可维修性, 可扩展性, 灵活性都有较高的要求, 近几年由于以微处理机为核心部件的计算机的迅速发展, 从而组成了集——散型的计算机系数, 即分级系统。这种分级系统是在综合了微处理机技术, CRT图象显示技术, 数据通讯技术和现代控制理论等的基础上发展起来的。实践证明, 分级系统有强大的生命力, 是计算机控制发展的重要方向。

二、机械加工工业的自动化

计算机在机械工业的各个领域中有着广泛的应用, 现代化的机械工业在机械产品的计算, 产品的机械加工以及生产管理等各方面都大量采用了计算机技术。

在机械工业中的计算机控制, 通常称之为数控(简称NC)。数控机床已有30多年的历史, 早期的数控机床是每台机床上装有专用的数控装置。因为数控装置造价昂贵, 控制设备复杂, 因此使数控机床发展缓慢。但随着微处理机的出现, 使数控有了很大的发展, 从现在的发展趋势看, 除了发展一般数控机床而外, 各国都在发展以下几种系统:

1. 自动换刀数控机床

自动换刀数控机床, 俗称“加工中心”, 它的最大特点是机床上有储存各种刀具的刀具库和自动换刀装置。并且能自动转换工件的位置, 机床在微型计算机的控制下, 可以使工件在一次装卡情况下完成钻、镗、铰孔、攻丝、车端面 and 铣平面等工作。

2. 计算机化控制系统

计算机化控制系统又分成计算机控制系统（简称CNC）和直接数控系统（简称DNC）。在CNC系统中是用一台微型机控制一台机床，这台计算机还保留有常规数控系统的控制特点，但它有更高的灵活性和可扩展性，在DNC系统中是用一台中央处理机集中地多路控制几台机床。计算机的作用是指挥每一台机床的操作，向他们提供必要的数控数据，因此这种一台机器控制多台机床工作的控制又称“群控”。

进入七十年代后，微处理机在机械部门得到广泛应用：自动化机械，工业机器人，数据传输控制，自动检测，货物装卸控制，自动仓库等。七十年代计算机的另一重大发展是计算机网络的普遍使用。所谓计算机网络就是将多台计算机与多个终端设备通过数字通信线路连接起来组成一个能统一指挥的系统。采用计算机网络后使信息的收集与交换以及集中处理都很方便，对于地理位置分散或过于庞大的工厂，企业可以通过计算机网建立有效的分级管理控制系统。即这个系统内设置多台计算机分别执行各自的任務，而对各台计算机共享的数据信息则通过数字通讯线路进行传递。

由于计算机硬件技术的发展及软件的日趋完善，近几年来计算机在机械领域的应用更为深入，主要表现在：

（1）计算机辅助设计（CAD）系统在机械产品设计方面得到了极为广泛的应用。

计算机辅助设计系统是设计人员的一个强有力的设计工具，它将大量的设计数据予以计算和存贮，并给予数据信息交换的手段；同时还提供了设计数据的绘图功能，使人工绘图被计算机所代替；针对设计工作的特点，该系统还提供了设计修改的功能，它包括控制设计修改的手段，修改数据的计算与存贮，设计制图，并给出所需的若干信息以供设计人员决策使用。

（2）在机械制造方面则发展了计算机辅助制造（CAM）系统。该系统就是将企业内的数控机床，生产自动线等自动化程度不同的设备和系统集中起来统一控制，组成一个统一的自动化生产过程。计算机辅助制造系统处理企业内部所有设备、材料、工件和工具等多方面的信息，实现工艺过程自动化以求得最佳的组织制造活动。在计算机辅助制造系统内计算机呈现多级结构：大型中心计算机——中型控制机——小型计算机，在这种多级计算机结构下对企业工艺流程进行全面的管埋。

（3）在企业管理方面则发展了管理信息系统（MIS）。管理信息系统的主要特点在于它不仅只是代替了人们简单手工劳动，如生产统计，工资计算，成本核算等工作，而且还采用了一系列数学判定法，如线性规划、运筹学、统计学等等，所以管理信息系统具有更强的功能，它提供了一系列重要信息供企业管理人员决策，如市场预测，库存优化，设备利用和生产计划，质量控制以及产品调配等，从而使企业管理水平得到极大的提高，在管理领域发生了根本性的变化。

（4）实现整个企业最优化生产的集成制造系统（IMS）和柔性制造系统（FMS）。

这样的计算机系统将更加完善。“集成”的意思就是把各种现代技术手段集中起来，实现整体的综合自动化。集成生产系统的实质就是在计算机控制下实现信息流自动化，物料流自动化及加工过程的自动化，逐步向无人化工厂过渡。

从加工设备的适应能力和灵活性来说，集成制造系统也可以叫做柔性制造系统。柔性制

造系统是由控制系统的输送系统连接起来的一系列加工设备，不仅能进行自动化生产，还能在一定范围内完成不同工件的加工任务，即柔性制造系统没有固定加工顺序和节拍，在加工某工件一定批量后能在不停机调整的条件下自动向另一种工件转换，或者同时进行多种工件混合加工的制造系统。可以认为，集成制造系统的主要特点是具有“柔性”。

据不完全统计，世界各国已投入运行和正在调试的柔性制造系统约有190个以上。在柔性制造系统的研制方面，美国、日本和西德具有领先地位。可以预见，到本世纪末，计算机集成系统将被广泛应用，并成为国家工业状况的决定性因素。

§ 1—2 工业控制机的特点和基本组成

一、工业控制计算机的特点

工业控制计算机与通用的电子计算机比较，具有如下几个特点。

1. 可靠性要求高。许多生产过程是昼夜连续的，过程控制中的装置几个月甚至一、二年才允许大修一次，机械加工控制要实现在线控制生产，都要求控制生产的工业控制计算机有很高的可靠性，故障率低（一般允许几千小时出一次故障），平均故障时间短（一次故障时间不超过几分钟）。

2. 相对而言，对计算机的精度、速度和存贮器容量要求较低。一般字长可较短（以8—24位居多）；速度可较慢（每秒10~100万次），内存贮器容量可较小（4~32千字）。但是这些都不是绝对不变的，随着工业自动化水平的提高，对工业控制计算机的规模、速度、精度的要求也在不断地提高，而且要求工业控制计算机能实现多功能，既能做实时控制，也能进行数据处理，必要时还可以进行一些小型的科学计算。

3. 要求有比较完善的中断系统。工业控制计算机因为控制工业生产，就必须能自动快速地响应生产过程和计算机内部发出的各种中断请求。

4. 有较丰富的指令系统，尤其是逻辑判断指令和外围设备控制指令。

5. 要求有较完善的外围设备。工业控制计算机为了对生产过程进行控制，它就象人控制生产一样需要眼睛和手。眼睛就是检测仪，过程输入通道等。手就是数——模转换器，常规调节仪表等。

对于高级的计算机控制系统还能够：

6. 寻找生产过程的最佳工况，实现数学模型的最优化控制；实现生产过程的全盘控制；发料、物料平衡、消耗定额及工况计算、生产调度等。

工业控制计算机通常还应具备越限报警，选点显示等功能。

二、工业控制计算机的基本组成

工业控制计算机的基本组成力框图如图1—1所示。它由电子计算机和外围设备两大部

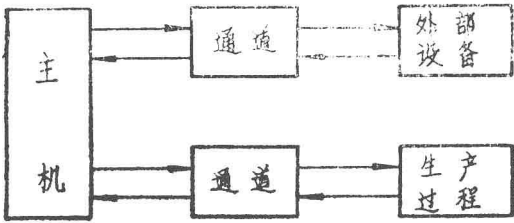


图1—1 工业控制机的基本组成框图

分组成。

主机：由运算器、控制器、内存贮器等组成。主机根据外部设备发送来的工业对象的生产工况参数，按照人们预先建立的数学模型和管理人员通过外部设备送来的控制信息，自动地分析、计算、作出判断，发出相应的命令控制工业对象的生产，并且与管理人员进行联系。

外部设备：有光电输入机、宽行打印机、电传打字机、萤光屏显示器等，以现实人一机联系。

通道：主要是外部设备通道和生产过程通道。前者用来与外部设备打交道，而后者则与生产过程打交道。

§ 1—3 工业控制计算机的分类

工业控制计算机的分类与它所控制的生产过程的复杂程度密切相关。不同的控制对象应有不同的控制方案，因此也应该使用不同类型的工业控制计算机。

1. 生产过程的巡回检测和数据处理

巡回检测是最早应用于生产过程的一种形式。它通过各类一次仪表，信号转换，A/D转换等，将大量过程参数统一变换成数字信息，然后集中到计算机，计算机再做必要的计算和处理，按现场要求定时制表或操作人员的要求而随机打印，选点显示等。框图如图 1—2 所示。系统不直接对现场起控制作用。

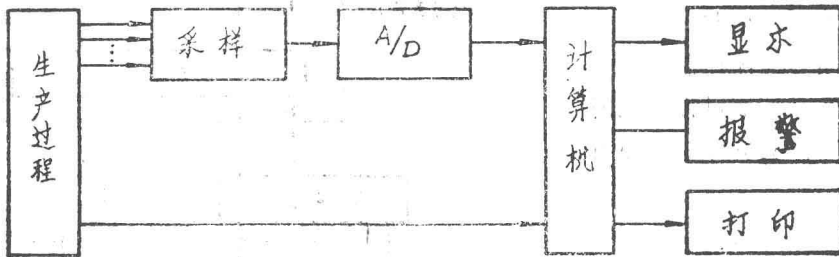


图 1—2 巡回检测系统

2. 数字程序控制计算机

这类控制计算机的特点是控制规律简单，速度要求不高，专用性较强。它们已广泛应用于各个工业领域，如数字程序控制线切割机，数字程序控制绣花机等。一般无需复杂的运算器、控制器，往往用光电纸带输入机把纸带上外存的控制程序逐条读取到控制计算机中，控制计算机仅完成简单的运算或插补，就能控制执行机构的操作。

3. 直接数字控制计算机 (DDC)

这种系统经输入通道把过程参数采入计算机，计算机根据工艺要求进行分析计算，然后对工业若干回路的参数进行比例、积分、微分 (PID) 调节控制，使工业对象的各项控制参数保持给定值。

DDC的主要问题是不能运行在最佳状态，所以DDC系统的经济效果一般不甚显著。在现代的计算机控制中仅把DDC做为执行级，而由另一台计算机按数学模型进行运算，按最优工况的要求，去修改DDC的给定值，这就是所谓的监控系统。

4. 监督控制系统 (SCC)

SCC又分为开环最优控制和闭环最优控制两种形式：

(1) 开环最优控制。如图1—3所示。

此系统是预先将生产过程的数学模型及最优化方案编制成程序存放在内存，然后将生产过程中所测得的参数定时地送入计算机中，计算机根据预先编好的程序计算出当时应取的最优工况，将结果输出，告诉操作人员去进行操作，控制仪表使生产处于最优状态之下。因计算机的命令是由人来执行的，整个控制回路没有闭合，故称“开环”最优控制。

(2) 闭环最优控制

闭环系统是控制过程形成闭合回路，无需操作人员介入。如图1—4所示。

计算机将计算结果输给DDC，修改DDC的设定值，然后由DDC去控制生产。在这种系统中大部分是由两台计算机分别担任DDC和SCC，但也有用一台计算机来完成的。

5. 分级控制系统

分级控制系统又称为集——散型控制系统，如图1—5所示。

其中除了工厂管理级是用大型（或中型）电子计算机外，其他各级均用微型计算机构成。分散控制系统与其他系统相比，有如下几个特点：

(1) 采用微型计算机，控制数据存贮功能分散，危险性也相应分散了，因而提高了整个系统的可靠性；

(2) 采用CRT图象显示技术，图象显示集中，改善了人机联系，节省人力，便于管

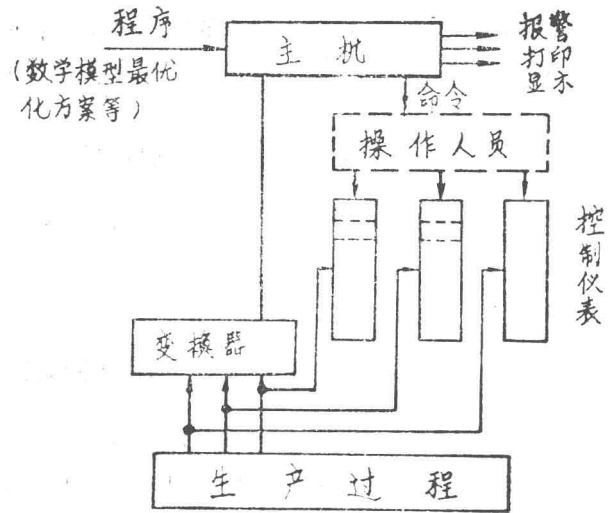


图1—3 开环最优控制

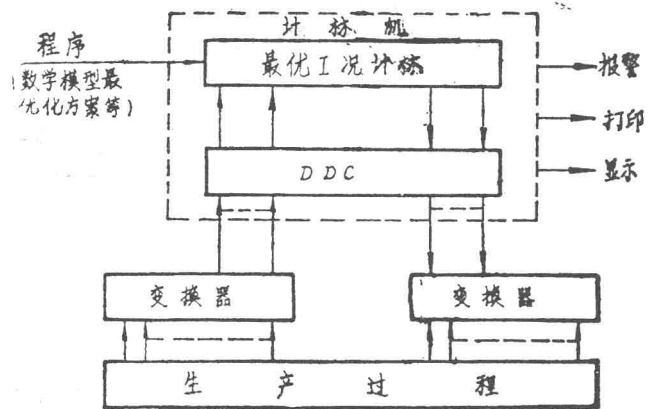


图1—4 闭环最优控制

理, 改进了操作;

(3) 采用了自诊断, 维修卡和冗余技术, 有多种备用设备, 提高了系统可维护性;

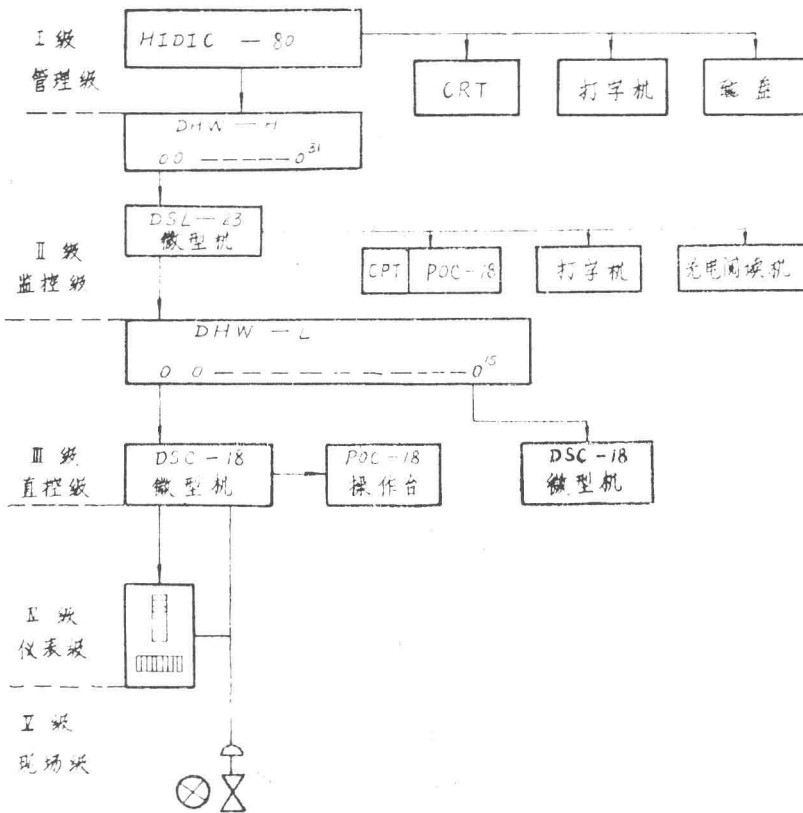


图 1—5 分级控制系统

(4) 采用数据高速通道, 系统靠软件支撑, 加强了系统中各设备之间的联系, 抗干扰性能好;

(5) 能与上级计算机乃至计算机网络相联系, 便于实现最优化和科学管理。

(6) 采用多级控制结构、系统具有多样性, 可扩展性, 从而适用于大、中、小型企业。

6. 柔性制造系统

柔性制造系统的组成如图 1—6 所示。它的基本组成有三部分。

(1) 多工位的数控加工系统;

(2) 自动化的物质输送系统;

(3) 计算机控制的信息系统。

在图中, 纵向是信息流, 用空心箭头表示; 横向是物质流, 以实线箭头表示; 虚线以内表示柔性制造系统的范围。柔性制造系统的信息流和物质流都是自动化的, 它的可变性是以技术密集为基础的。

FMS是综合了很多独立的概念和工艺技术而形成的。它包括了数控 (NC) 机床,CNC、DNC、成组工艺 (GT), 机床之间的材料 (工件、刀具……) 的传输, 等等。简单地 说, FMS是由电子计算机控制, 自动地完成一组零件的机械加工, 材料存贮和运输, 全流 程 和信息控制, 具有一整套的自动化加工设备。

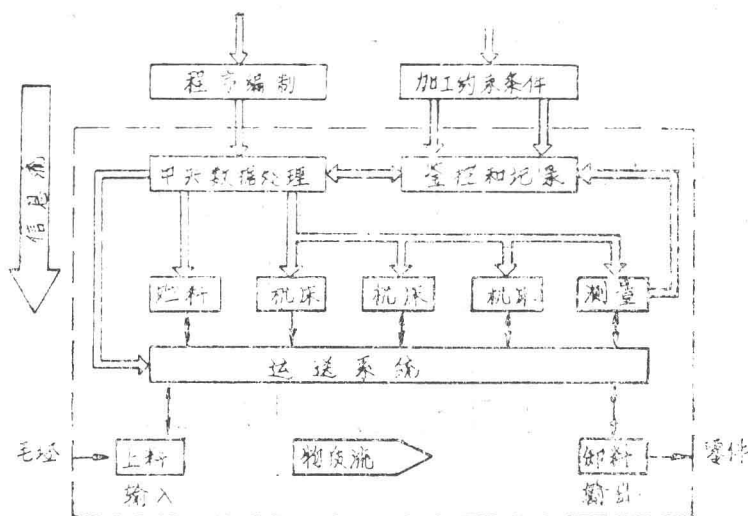


图 1—6 柔性制造系统的组成框图

这种生产系统的优点是：

(1) 对于中小批量多品种生产来说, 便于解决几种待加工零件要求提高生产率 (即减少调整加工设备的时间) 和由于灵活性而造成产量降低之间的矛盾。计算机根据输入的加工数据进行适当处理, 送出关于优先选择加工顺序, 设备负荷及批量安排的信息, 使这些因素取得协调和达到最佳状态。因此发展新品种和扩大变型产品都很方便。

(2) 集中控制, 灵活性好。在加工过程中, 更换刀具及工件运输等方面都可以实现高度自动化, 人的介入可以减到最小。

此外, 由于各个生产单元是独立的, 可以分期安装, 边使用边扩大, 逐步投资有利于资金周转。

(3) 缩短生产周期。由于减少了工件在各工序之间等候加工的时间及在更换零件生产时所需的调整时间, 改善了生产的连续性。

(4) 实现联机检测, 保证产品质量。通过计算机的数据处理, 在加工过程中采用自动检测装置, 可以及时发现机床精度, 刀具磨损及加工质量等方面存在的问题, 便于采取有效措施。

(5) 减少贮存库料, 缩小生产面积, FMS能使工厂生产面积缩小一半。

(6) 降低加工费用。

第二章 微型计算机工作原理

什么是微型计算机呢？微型计算机就是以大规模及超大规模集成电路组件为主要部件组成的数字式电子计算机，其体积微型化，而其性能却相当于或稍低于小型计算机。这就是说微型计算机的基本组成和工作原理与通常讲的电子数字计算机是相同的，因此，我们有必要首先了解电子计算机的工作原理。

§ 2—1 电子数字计算机的工作过程和组成

一、电子计算机的工作过程

要了解计算机是如何进行工作的可以形象化地从打算盘说起。假如给了一个算盘、一只笔、一张带有横格的纸，要求我们计算如图 2—1 所算的面积 S 。

从积分学中可知，面积 S 的计算公式为：

$$\begin{aligned} S &= \int_0^{10} x^2 \cdot dx \\ &= \left. \frac{x^3}{3} \right|_0^{10} \\ &= \frac{10^3}{3} = 333.3 \end{aligned}$$

但是我们知道算盘只能做加、减、乘、除的运算，而不会做积分运算，怎么办呢？我们可以借助于计算方法，把任何描述实际问题的各种数学问题（例如积分计算，微分方程求解，解代数方程组、计算初

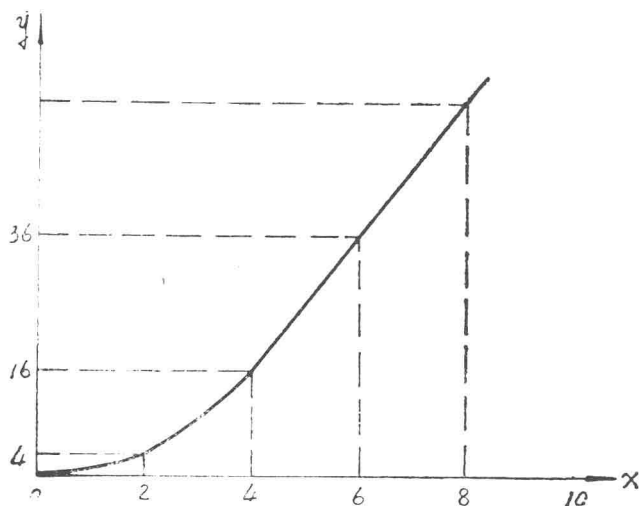


图 2—1 面积 S 的图形

等函数值和开方程等）变换成有限项的代数运算，当然计算所得的结果是实际值的近似值。但是只要近似值和实际值的误差足够小，这在工程计算上是允许的。

用计算方法求面积 S 的过程大致如下：

首先，在图 2—1 中把区间 $[0, 10]$ 十等分（即 $\Delta x = 1$ ），这样可以得到

$x_i = i \cdot \frac{\bar{x}}{10} = i \times 1 (i = 0, 1, 2, \dots, 10)$ 各个点，然后对区间 $[0, 10]$ 中每个点

$x_i (i = 0, 1, 2, \dots, 10)$ 作 x 轴的垂直线，并使各垂直线分别与曲线 $y = x^2$ 相交，如图 2—2 所示。这样，我们可以用十个小矩形的面积之和来近似地表示图形 S 的面积，即

$$S = \int_0^{10} x^2 \cdot dx$$

$$\approx \sum_{i=1}^{10} x_i^2 \cdot \Delta x$$

$$= (1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + 10^2) \times 1$$

对这样一个代数运算，我们分以下步骤求解。

首先把横格纸编上号，每行占一个序号，其次把给的十个数 $1, 2, 3, \dots, 10$ 和 y 分别写在横格纸的第 100, 101, $\dots$, 111 行上，每行只写一个数，见表 (2—1)。

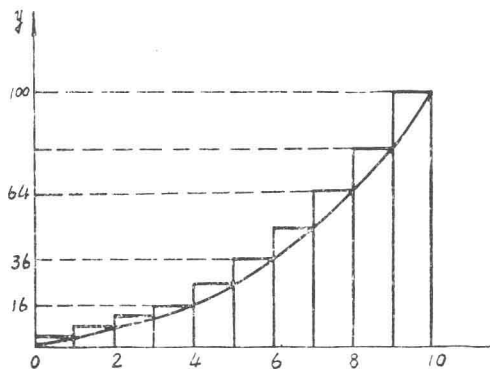


图 2—2 区间十等分面积 S 的图形

表 2—1

行数	解 题 步 骤 和 数 据	行 数	数 据
0	取数: (101) → 算盘; (100) 表示 100 行的数	100	1
1	乘法: (101) → 算盘; 完成 2^3	101	2
2	存数: 算盘 → 112; 2^2 写入 112 行	102	3
3	取数: (102) → 算盘	103	4
4	乘法: (102) → 算盘; 完成 3^2	:	:
5	存数: 算盘 → 113; 3^2 写入 113 行	111	y
:	:	112	2^2
27	取数: (100) → 算盘	113	3^2
28	加法: (112) → 算盘; 完成 $1^2 + 2^2$	:	:
29	加法: (113) → 算盘; 完成 $1^2 + 2^2 + 3^2$	120	10^2
:	:	121	
36	加法: (120) → 算盘; 完成 $y = 1^2 + 2^2 + \dots + 110^2$		
37	存数: y → 121; 最后结果写在 121 行		
38	输出: 把最后结果指示给人看		
39	停止: 运算完毕		

利用算盘，并根据记在表（2—1）上的解题步骤，我们就可以一步一步进行计算，最后得出所要求的结果。

在完成 $y = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \cdots + 10^2$ 的计算过程中，我们用到了些什么呢？

首先，用到了纸，我们把原始的数据，中间结果及解题步骤记录在纸上，即纸“记忆”了算题的原始信息；其次用到了算盘，进行具体的“运算”；再次，用到了笔，把原始数据和解题步骤写在纸上，还可把计算结果写出来告诉人。最后，用到了我们人本身，这主要是人的脑和手，在人的“控制”下，按照解题步骤一步一步进行操作，直到完成运算。

电子数字计算机进行算题的进程和人用算盘解题的情况是极为相似的。电子数字计算机本身只能识别“0”和“1”两个数，计算机的运算器只能做简单的算术运算（例如加法、乘法）和某些逻辑运算，因此任何复杂的数学问题，也必须借助于计算方法变为有限项的代数运算。在电子计算机里，相当算盘功能的部件我们称为运算器，相当于纸那样具有“记忆”功能的部件，我们称为存贮器；相当于笔那样把原始解题的信息送到计算机或把运算结果显示出来的设备，我们称为输入、输出设备；而相当于我们人的大脑，能够自动控制整个运算过程的部件，我们称为控制器，和打算盘不同的是，上述解题过程在计算机里是由电子线路和其他设备自动进行的。

二、电子计算机的基本组成

了解了电子计算机的工作过程后，我们就知道电子计算机由五个主要部分组成如图2—3所示。实线表示数据代码传送线，虚线表示控制线。

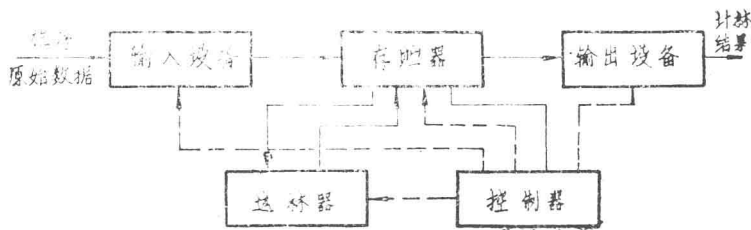


图 2—3 电子计算机框图

1. 运算器：

运算器就好象一个电子线路构成的算盘，它的主要功能是进行加法、减法、乘法、除法等四则运算，除此以外还可以进行一些所谓的逻辑运算。

人们通常习惯于十进制运算，但在计算机中真正用十进制运算很不容易实现。所以电子计算机通常采用二进制，二进制的数是以2为基数来计算，也就是逢二进一，在二进制数中，只有1和0两个数，1和0可以用电压的高低，脉冲的有无来表示，这种电压的高低、脉冲的有无，在电子回路中比较容易实现，同时二进制运算规律最简单，最省设备。因此在电子计算机里广泛地采用二进制数。

2. 存贮器