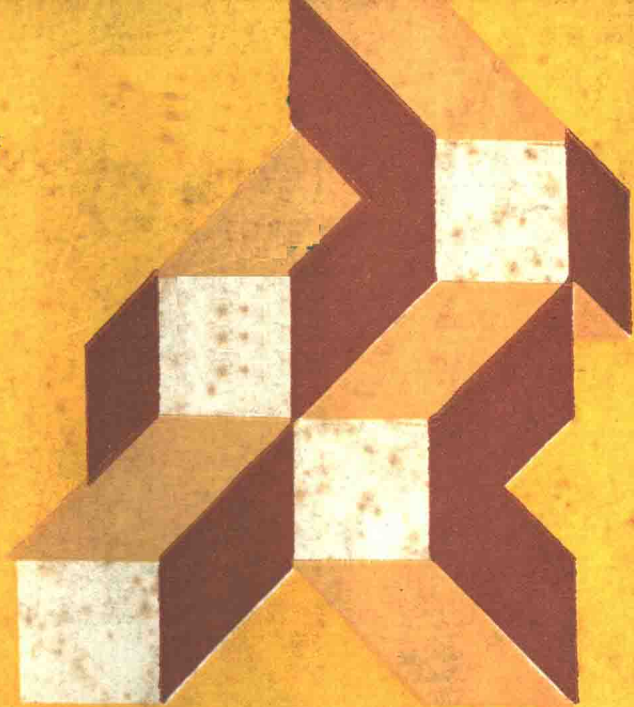
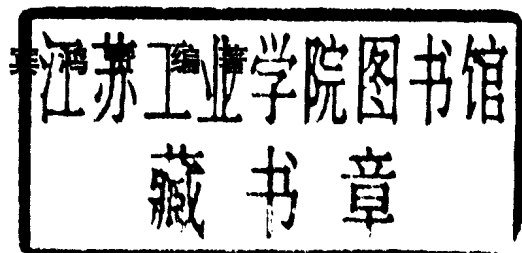


宾 鸿 赞 编 著



机械制造过程的 计 算 机 控 制

机械制造过程的 计算机控制



机械制造过程的计算机控制

宾鸿赞 编著

责任编辑 李世锐

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 8.875 字数: 196,000

1987年9月第1版 1988年7月第2次印刷

印数: 1001-6000

ISBN 7-5609-0054-2/TH·10

定价: 1.48元

内 容 简 介

本书共分七章,由三部分组成:过程的计算机控制原理及控制系统的组成,过程计算机控制的硬件与软件,机械制造过程计算机控制的应用实例。

本书将现代控制理论与机械制造过程实际紧密结合,易于为机械制造专业的工程技术人员所接受。其特点是:(1)以机械制造过程中的有关物理现象(如力、振动、误差等)为控制对象,是与制造工艺系统有关的过程控制;(2)离散控制,并用后移算子 B 简化了繁杂的数学公式;(3)通过应用实例以促进推广应用。

本书可作为高等学校机械制造专业(包括研究生)的教材,亦可作为机械制造工程技术人员(包括高等学校教师)及其他有关人员的自学用书或参考书。

目 录

前言.....	(1)
第一章 过程计算机控制概述.....	(3)
§1-1 机械制造过程计算机控制的发展简介.....	(3)
§1-2 机械制造过程的数据特征.....	(5)
§1-3 计算机控制的分类.....	(6)
§1-4 计算机控制系统的构成及优缺点.....	(11)
§1-5 过程计算机控制的若干实例简介.....	(14)
§1-6 小结.....	(20)
习题	(21)
第二章 离散建模与分析.....	(22)
§2-1 引言.....	(22)
§2-2 过程的离散建模.....	(22)
§2-3 计算机控制算法的离散形式.....	(32)
§2-4 离散传递函数与控制系统的方框图.....	(36)
§2-5 稳定性分析.....	(43)
§2-6 复杂过程的时间序列建模.....	(46)
习题	(53)

第三章 系统响应的分析..... (55)

§3-1 引言..... (55)

§3-2 系统的输入..... (55)

§3-3 系统的响应求法..... (61)

§3-4 终值定理及稳定性类型..... (67)

§3-5 系统响应的分析计算实例..... (71)

§3-6 机械系统响应序列的图解分析法..... (78)

§3-7 计算机控制方案与计算方法的比较..... (87)

习题 (96)

第四章 离散控制器的设计..... (98)

§4-1 引言..... (98)

§4-2 满足闭环响应要求的控制器设计..... (99)

§4-3 离散控制器的可行性、稳定性及设计要求的处理..... (112)

§4-4 前馈控制器的设计..... (119)

§4-5 串级控制器的设计..... (124)

§4-6 关联系统的解耦控制器的设计..... (130)

习题 (134)

第五章 过程计算机控制的硬件与软件..... (137)

§5-1 引言..... (137)

§5-2	计算机及其外部设备.....	(137)
§5-3	微型计算机.....	(143)
§5-4	计算机-过程接口	(144)
§5-5	接口硬件原理.....	(146)
§5-6	计算机控制的编程.....	(156)
§5-7	控制算法的实现.....	(161)
§5-8	浮点运算功能.....	(173)
§5-9	在 CAM 中计算机控制的层次.....	(177)
习题		(179)
第六章	采样频率的选择.....	(181)
§6-1	引言.....	(181)
§6-2	频混.....	(182)
§6-3	数字滤波器.....	(186)
§6-4	前置滤波.....	(194)
§6-5	时间响应与采样频率.....	(198)
§6-6	由采样引起的控制粗糙度.....	(200)
§6-7	响应的真实度与采样频率.....	(202)
§6-8	采样频率的实际选用法.....	(204)
习题		(205)

第七章 机械制造过程计算机控制的应用实例	(207)
§7-1 引言	(207)
§7-2 机械制造误差的微机控制原理与方法	(207)
§7-3 应用数字滤波原理补偿控制精密丝杆的 加工误差	(224)
§7-4 丝杆运动误差的预报补偿与控制	(236)
§7-5 提高 NC 机床成形精度的微机控制方法	(251)
§7-6 切削过程颤振的控制	(271)
§7-7 刀具磨损的计算机监视	(272)
习题	(275)
参考文献	(276)

前 言

本书是根据作者在美国威斯康辛大学 (University of Wisconsin-Madison) 进修的体会以及近年来在华中工学院机制专业本科生和研究生中讲授本课程的讲稿编写而成的。试图将计算机控制技术与机械制造过程结合起来, 以便为工程技术人员应用计算机控制技术来解决过程控制问题提供基本知识。

本书力图从实用观点出发, 避免控制论中繁复的数学公式, 而以后移算子 B (或称 B 变换) 的代数表达式来说明有关的理论问题。这样, 即使不具备控制论理论基础的读者, 也能学习本书的内容, 而且易于为工程技术人员所接受。此外, 视过程为一系统, 着重介绍从过程本身的特点和控制要求出发来研究它的控制问题。书中收集了一些应用实例, 试图给读者介绍如何从过程本身的分析入手, 如何选择合适的计算机控制算法, 以达到控制要求等方面的一些方法, 便于推广应用时参考。因此, 本书作为机械制造过程的计算机控制的教材是适宜的, 对于其他过程采用计算机控制也有其实用价值。

本书编写过程中得到我院李德焕同志、机械工程编辑部蔡玉麟主编的积极支持与鼓励, 作者对他们及其他同志的支持与帮助, 表示诚挚的感谢。

限于水平，书中错误与不当之处在所难免，欢迎读者指正。

宾 鸿 赞

1986 年 8 月于华中工学院

第一章 过程计算机控制概述

§1-1 机械制造过程计算机

控制的发展简介

本世纪五十年代中期,出现了NC机床,它具有很好的柔性,智能化程度也较高,且加工效率与加工精度都大为提高。六十年代以来,电子技术的应用有了很大发展,特别是微型电子计算机的出现,使其在几乎所有制造工业,包括金属加工、塑料加工、化学工业、造纸与纺织工业都有了广泛应用。数字计算机已成为复杂的数据采集系统、通讯系统、控制系统的核心。在“智能传感器”内,也有一台能为基础的检测和计算作出判断的微型计算机。

值得指出的是,国外许多早期的计算机控制系统并没有很好地达到预期目的,并且也不易商品化。其原因是多方面的,除当时的技术水平、离散控制理论水平和接口的性能、可靠性等方面尚不够理想外,还因早期的计算机控制系统多用于收集数据或用作监测系统,而不是用来实现在线控制,故难以很快回收计算机控制系统的投资,使用户失去使用计算机控制的信心;或者是对被控对象的静态特性认识不足,也不能使计算机控制达到预期效果。总结国外的这一教训,对我国刚刚起步的计算机控制领域的研究方向有重大意义。现在,尽管计算机及其接口在性能、可靠程度上均已能胜任绝大多数工作,但在选择控制对象、控制功能方面,要认真分析研究前人的经验与教训。

在机床的数字控制方面，经历了如下几个发展阶段，即 NC（数控机床）——CNC（计算机控制机床）——DNC（群控机床）——MC（加工中心机床）——FMC（柔性制造单元）——FMS（柔性制造系统）——CAD/CAM（计算机辅助设计、制造一体化）——CIAF（无人化工厂）。它向人们预示，当今的机械制造技术的进步，与微电子技术的发展有着多么密切的关系。

微型计算机自 1971 年在美国出现以来，由于其成本低廉、性能不断提高，其应用种类已达 4000 种左右。八十年代在我国微型计算机也被广泛应用，1984 年调查，我国微型机应用领域的比例如下：过程控制占 14.35%；仪器仪表智能化占 13.72%；事务处理与企业管理占 11.93%；教学与实验占 11.78%；数据处理占 11.65%；科学研究用占 11.16%；科技计算占 8.65%；图形处理占 1.51%；软硬件研制占 1.21%；汉字处理占 0.04%；其它方面占 13.9%。之所以能获得如此广泛的应用，是因为微型机有一系列优点：①可以部分地代替人们去完成一些重复繁琐的脑力劳动；②可以大大地提高工作效率与工作质量；③可以完成某些单靠人力无法完成的工作；④采用微型计算机控制生产，可以提高产品性能、降低产品成本。据 CIRP（国际生产工程研究组织）预报，在制造系统中，将有四个主要领域对微型计算机有兴趣，即：制造系统的自适应控制；制造系统的数字控制；集成制造系统的控制；在检验与质量控制中的应用等。

根据 1984 年 5 月召开的全国微型机应用工作会议的建议，认为微型机应用重点为：要把产品更新换代放在第一位，并以过程控制、企事业和机关事务管理作为重点；关于软件：要组织典型开发、成批推广。应用软件的开发力求事务管理通用化，过程控制专业化，产品设计规范化。因此，作为机械制造

行业的工程技术人员,要面对机械制造过程的计算机控制,使控制软件专业化,迅速提高机械制造的技术水平.本书的目的,即为实现上述要求而架设桥梁,试图将机械制造过程与计算机(特别是微型机)控制有机地结合起来。

§1-2 机械制造过程的数据特征

机械制造过程中有许多几何量和物理量可以被控制,但从数据或被控制参数的数学特征来说,则有以下三大类(如图1-1所示):

1. 连续模拟数据

这类数据的数值是时间的连续函数,在一定范围内,它可取任一数值.以一台数控机床为例,属于这类数据的有切削力、切削力矩、切削温度、进给速度,主轴转速(假定为连续变速时)、刀具磨损、加工误差等等。

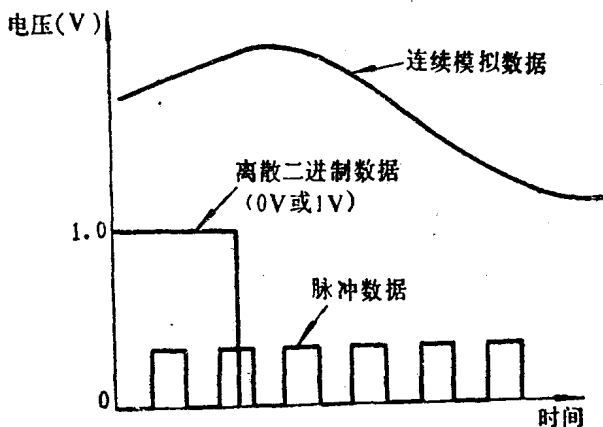


图 1-1

2. 离散二进制数据

这类数据在时间上是离散的，在数值上只能取两个可能的值，即 1 与 0，如开、关、闭合、断开等等。在 NC 机床上，例如：工件是否在夹具中，切削液开、关，加工尺寸是否超差（正品或废品），机床是手动或自动，机床是加工还是停车等等状态，均可用离散二进制数据来表示。

3. 脉冲数据或离散数据

这类数据在时间上是离散的，其值不只局限于取 1 与 0 两个可能值。如驱动步进马达的数据串，零件个数的累计等等。在 NC 机床上，例如：驱动作 x 轴、 y 轴方向运动的步进电机脉冲串，在操作台屏幕上显示出的主轴转速的转换离散数据，每班的产量等等。由数字传感器所得的数据，也属于此类数据。

通过相应的接口，计算机可以接收这三类数据，因而可实现对这三类数据的控制。本书第五章将介绍相应的接口技术。

既然机械制造过程的数据可抽象为上述三类，而只有通过接口使之变成离散数据，计算机才能处理，因此，将从离散数据的控制入手。

§1-3 计算机控制的分类

在有关控制技术的英文文献中，被控制对象常用下面三个术语：过程 (Process)、装置 (Plant) 和机器 (Machine)，三者可以交替采用，而且是等价的。本书中采用术语“过程”。

按计算机在控制系统的作用与功能，计算机控制方式可分为三大类，即：

- (1) 过程的计算机监测 (Computer Process Monitoring);

(2) 计算机直接控制, DDC(Direct Digital Control);

(3) 计算机监控 (Supervisory Computer Control).

现对其构成与特点分述如下。

1. 过程的计算机监测系统

顾名思义, 在这种系统中, 计算机只对过程进行监测, 而不对过程进行控制。其构成如图 1-2 所示。计算机主要用来收集过程的数据并起一个计算器的作用, 而操作人员根据计算机处理得出的某些信息, 进行分析并作出决策, 对过程控制器采取控制作用。如机械加工中刀具突然断裂时, 计算机只监视出结果, 通知操作人员, 至于采取措施如换一新刀具等等, 则均由操作人员完成。

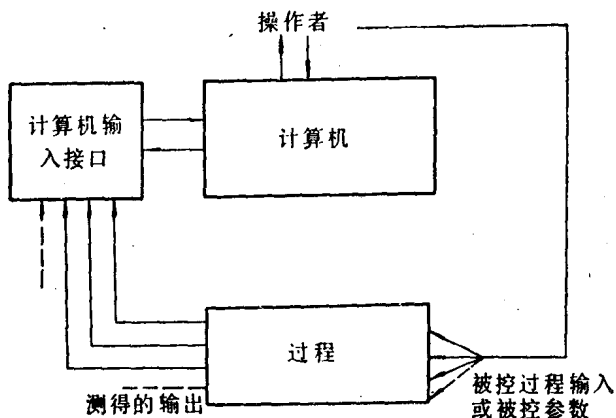


图 1-2

这是一种最简单的计算机控制形式, 早期的计算机控制系统多为此种形式。

2. 计算机直接控制系统 (DDC)

在这种控制系统中, 计算机用来调节过程的控制参数, 对

被控制过程产生控制作用。

在 DDC 中,最简单的形式是开环控制系统,如图 1-3 所示。计算机用来对程序和数据进行在线处理。如在机床控制中,步进电机或电—液步进电机的控制为开环控制。

为了实现自动化控制,可采用闭环反馈控制系统,如图 1-4 所示。计算机在其中的作用为:接收操作人员的参考数据与传感器来的操作数据,封闭控制回路,产生控制指令,引起过程输出的某些特定的改变。

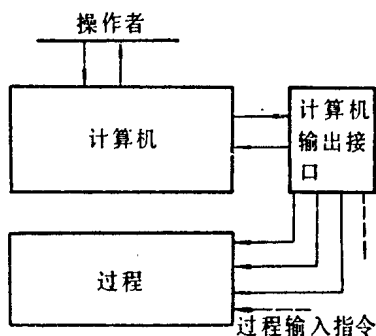


图 1-3

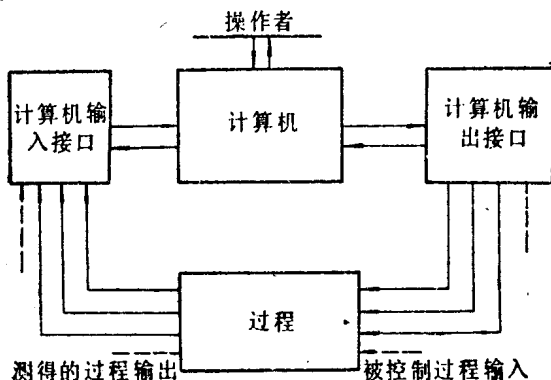


图 1-4

在计算机内部,完成两种不同的操作(如图 1-5 所示),即:

1) 求出操作运行值与设定值之差, 即误差, 以式表示为
 误差 = 参考输入 - 实际输出。

2) 确定校正值, 计算机求解一个方程或一组方程, 以确定校正量。这些方程即为控制算法或控制律。

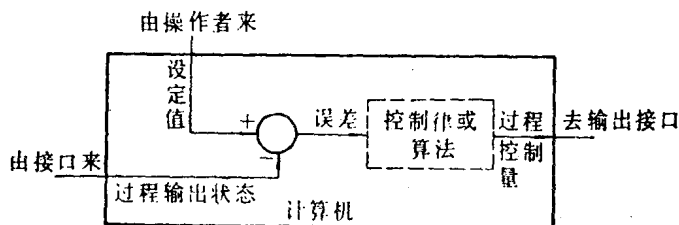


图 1-5

3. 计算机监控系统

用计算机来封闭过程控制回路, 可有两种不同形式, 即 DDC 和计算机监控。在 DDC 中, 计算机用来调节过程控制参数, 即控制过程的输入以实现对过程的控制; 而在计算机监控中, 计算机用来调节反馈控制器的输入指令, 以达到优化过程的某些性能的目的。这是一种较高水平的计算机控制方式, 如图 1-6 所示。

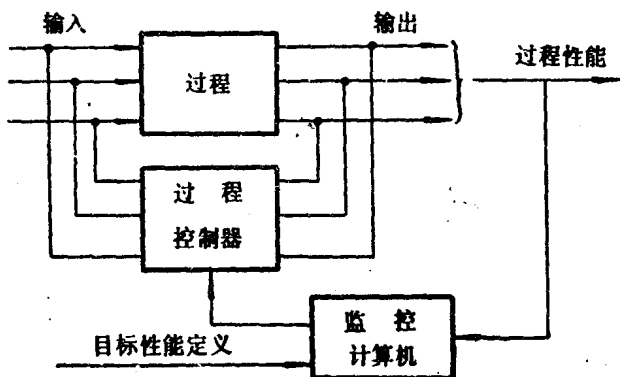


图 1-6