

高等

计算机控制系统

冶金工业出版社

高等学校教学用书

计 算 机 控 制 系 统

中南工业大学 张泰山 编

冶金工业出版社

前 言

《计算机控制系统》是工业自动化专业的一门专业课。通过本课程的学习,能够使读者建立计算机控制的基本概念,了解计算机控制系统的组成原理,熟悉计算机控制系统的动态分析方法,掌握计算机控制系统的综合设计方法,并具有研制一个计算机控制系统的初步能力,为从事计算机控制打下基础。

由于本课程为专业课,在学习本课程之前,读者已具备概率论、线性代数、系统辨识、自动控制理论、自动控制系统、微型机原理以及汇编语言程序设计等基础知识,考虑到课程学时不多和教材篇幅的限制,本教材不再为读者详细介绍有关的基础知识,仅在引用有关的概念和公式时作必要的说明。另外,为了便于读者自学,在书末给出几个附录,扼要地介绍若干基础知识,供读者阅读本书时参考。

考虑到学习的渐近性和数字控制的特点,本教材从应用的角度出发,按照由浅入深,从理论到实践,先分析后综合的原则,把全书的内容划分为七章。第一章介绍计算机控制系统的基本概念,组成特点和基本类型,并指出数字计算机在生产过程控制中的各种作用;第二章介绍过程输入输出通道的概念,过程参数的采样原理,数字滤波的方法,模拟量输入输出通道,开关量输入输出通道,脉冲输出电路,以及过程通道中的抗干扰问题,本章的目的,是为从事计算机控制打下必要的硬件基础;第三章介绍计算机控制系统的动态分析方法,本章先介绍离散系统动态分析的理论基础,然后讨论计算机控制系统的稳定性,性能准则,以及 T 、 K 对系统稳定性的影响;第四章介绍计算机控制系统两种基本的综合设计方法之一——模拟化设计方法,本章比较详细地讲述直接数字控制系统,自动位置控制系统,大滞后补偿控制系统,多变量解耦控制系统,以及多变量前馈控制系统的控制原理和实现方法;第五章介绍计算机控制系统两种基本的综合设计方法之二——直接数字设计方法,这一章着重讨论几种典型的确定性最优控制系统和自校正调节器的设计问题,介绍这样几个系统:最少拍无纹波随动系统,最小均方误差系统,最小能量控制系统,按二次型性能指标设计的系统,采用大林算法的大滞后系统,以及自校正调节系统;第六章和第七章比较详细地介绍两个典型的应用实例,即直流数字调速系统和温度自校正调节系统,这两章是作为两种基本的综合设计方法的应用实例而安排的,希望通过这两章的学习,使读者掌握计算机控制系统的研制步骤和实现方法,为从事计算机控制打下软件基础。

本书可作为高等院校工业自动化专业的教材,亦可作为自动控制有关专业的教学参考书。讲授全书内容约需60学时。若学时数少于60,书中带*号的章节可以少讲或者不讲。

在1985年6月冶金部教材编辑室召开的教材评审会上,有关学校的老师对本书初稿进行了认真审阅,并提出许多宝贵的修改意见。在此,谨向这些老师表示深切的感谢!

本书在修改过程中,承蒙我校王鸿贵、饶立昌和张明达同志对本书有关章节进行了审阅。在此,谨向这几位同志致以衷心的感谢!

本教材的初稿虽已在教学中使用多年,并逐年修订和补充,但由于编者水平的限制,错漏之处在所难免,恳切地希望读者批评指正。

编 者

1985年8月

目 录

第一章 计算机控制系统概述	1
第一节 计算机控制系统的发展概况	1
第二节 计算机控制系统的组成及特点	1
第三节 计算机控制系统的基本类型	3
习题与思考题	9
第二章 计算机控制系统的过程通道	10
第一节 过程通道概述	10
第二节 过程参数的采样原理	11
第三节 数字滤波	15
第四节 模拟量输入输出通道	18
第五节 开关量输入输出通道	21
第六节 脉冲输出电路	24
第七节 过程通道中的抗干扰问题	24
习题与思考题	28
第三章 计算机控制系统的动态分析	30
第一节 线性离散系统动态分析基础	30
一、差分方程	30
二、 Z 变换	32
三、脉冲传递函数	39
四、 (Z) 平面与 (S) 平面的映射关系	43
五、线性离散系统稳定的充要条件	47
六、劳斯稳定判据	47
七、 (Z) 平面上零极点分布与瞬态质量的关系	49
八、 T 、 K 对离散系统稳定性的影响	54
九、改进 Z 变换	55
十、离散系统的状态空间表达式	60
第二节 单变量多回路不同采样周期的离散系统的稳定性分析	75
* 第三节 多变量多回路离散系统的稳定性分析	79
第四节 离散系统的性能准则	82
习题	89
第四章 计算机控制系统的综合 (一) —— 模拟化设计方法	91
第一节 概述	91
第二节 直接数字控制系统	93
一、直接数字控制系统的基本概念	93
二、直接数字控制系统的组成特点	94
三、直接数字控制系统的控制功能和应用场合	96
四、直接数字控制系统与模拟控制系统的比较	98

五、控制用计算机的特点	98
六、直接数字控制系统的控制方程和参数整定	99
七、DDC串级控制系统	110
第三节 自动位置控制系统 (APC)	114
一、系统的组成和工作原理	114
二、APC的控制方案	117
• 三、APC系统的控制特性	118
四、APC系统的控制算法	124
五、在实际应用中需要处理的一些问题	126
六、S-APC系统控制程序框图	128
第四节 大纯滞后补偿控制系统	131
一、大纯滞后补偿控制原理	131
二、大纯滞后补偿的DDC系统	134
三、Smith预估器应用实例	138
第五节 多变量解耦控制系统	138
一、解耦的条件	140
二、解耦的综合方法	142
第六节 多变量前馈控制系统	147
一、前馈控制的概念	147
二、多变量前馈-反馈控制系统	150
• 三、多输入-多输出的多变量前馈控制系统	152
习题与思考题	155
第五章 计算机控制系统的综合 (二) ——直接数字设计方法	156
第一节 最少拍无纹波随动系统的设计	156
一、最少拍的设计原则	156
二、零、极点分布的影响	159
三、消除输出纹波的方法	161
• 第二节 多变量系统的最少拍无纹波设计	166
第三节 最小均方误差系统的设计	171
• 第四节 最小能量控制系统的设计	177
• 第五节 按二次型性能指标的设计方法	182
第六节 对象具有纯滞后的计算机控制系统的设计	186
一、大林算法	186
二、振铃现象及消除方法	188
三、大林算法与PID算法之间的关系	190
第七节 自校正调节器的设计	193
习 题	198
第六章 计算机直流可逆调速系统	200
第一节 系统的组成和工作原理	200
一、同步信号的获得	201
二、信号的检测	202
三、速度调节器和电流调节器	203

四、数字触发器	203
五、脉冲输出电路	208
第二节 应用程序	208
一、程序结构	208
二、通道和接口的安排	209
三、程序框图	211
四、程序说明	211
五、系统调试	215
习题与思考题	216
第七章 电阻炉温度自适应控制系统	217
第一节 系统的组成和工作原理	217
一、信号的检测	218
二、对象参数的估计	219
三、控制量的计算	220
四、数字触发器	220
五、脉冲输出电路	221
第二节 应用程序	221
一、程序结构	221
二、通道和接口的安排	224
三、程序框图	232
四、程序说明	232
五、系统调试	233
习题与思考题	235
附录一 拉普拉斯变换和Z变换表	236
附录二 矩阵及其运算	244
附录三 矩阵指数 e^{At} 的计算方法	253
附录四 广义逆矩阵理论	258
参考文献	262

第一章 计算机控制系统概述

第一节 计算机控制系统的发展概况

世界上第一台电子数字计算机（以下简称计算机）是1946年出现的。在这以后的十多年时间里，由于计算机仅仅用于科学计算和数据处理，还不能对生产过程进行实时控制，因而计算机本身的发展也不快。后来，由于“中断”技术的发明和近代控制论的发展，使得计算机有可能应用于生产过程的实时控制，从而促进了计算机本身的迅速发展。经过短短的三十多年时间，计算机已经发展到第五代。七十年代微型计算机的推广应用，标志着计算机进入新的发展阶段，并向智能化方向发展。

早在1952年，计算机就开始应用于化工生产过程的自动检测 and 数据处理，并打印出生产管理用的过程参数。1954年，开始利用计算机构成开环控制系统，操作人员根据计算机的计算结果来及时准确地调节生产过程的控制参数。1957年，开始利用计算机构成闭环控制系统，对石油蒸馏过程进行自动控制。1958年，开始试验性地采用直接数字控制系统（DDC），进行闭环定值控制，从而实现了计算机“在线”控制。1960年，开始在生产过程中实现计算机监督控制（SCC）。1966年以后，计算机开始侧重于生产过程的最优控制，并向分级控制和网络控制方向发展。

在六十年代初，人们认为计算机是万能的，加上当时计算机价格昂贵，总是希望用一台大型计算机来承担各种任务，既用来进行生产管理，又用来进行生产过程控制。这就构成了所谓集中控制计算机系统。后来发现，这种集中控制系统存在着一些明显的缺点。例如，由于生产规模的扩大，生产管理和过程控制的信息量大量增加，要求计算机的功能很强，这就使得计算机本身的结构更加庞杂，价格也高；在整个系统中只有一台计算机，一旦出故障就会全盘停产，因而系统的可靠性很差；为了提高系统的可靠性，就得增加一台同样的计算机，这就很不合算。由于这样一些原因，后来又出现了所谓分级控制计算机系统。所谓分级控制，就是生产管理和过程控制分别由两级计算机进行控制，生产管理计算机指挥过程控制计算机。

可以肯定，随着元器件的革新，特别是大规模集成电路技术的进一步发展，以及价格的大大下降和可靠性的显著提高，计算机必将成为可信赖的控制硬件。随着控制理论、工艺机理，应用软件的发展，随着微型计算机和分级控制的推广应用，计算机控制技术的水平将会越来越高，成为生产过程控制的主要手段。

第二节 计算机控制系统的组成及特点

顾名思义，计算机控制系统就是利用计算机来实现生产过程控制的系统。它应包括两个部分，即工业控制机和工业生产设备。其组成框图如图1-1所示。

“外围”设备是计算机控制系统的过程输入输出通道，它在计算机与生产过程之间起联系桥梁的作用。具体地说，“外围”设备应完成以下两个基本功能：

- 1) 把生产过程的各种参数和执行机构的运行状态，转换成计算机能够接受和识别的

代码，并输入给计算机，以便计算机进行运算处理；

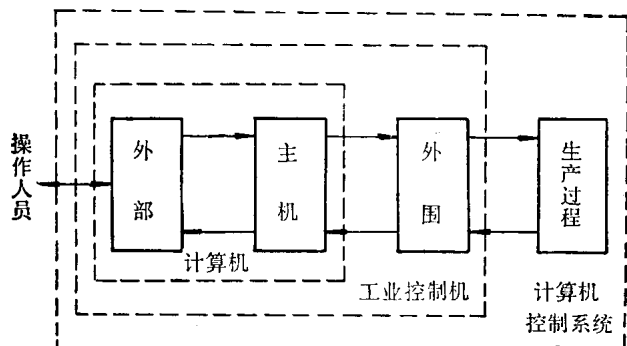


图 1-1 计算机控制系统的组成

2) 把计算机根据算术逻辑运算的结果发出的各种控制命令，转换成操作执行机构的控制信号，以便通过执行机构去控制生产过程。

可见，“外围”是计算机控制系统中非常重要的一部分。没有“外围”设备，就不可能实现计算机对生产过程的实时控制。

“外围”由两大部分组成，即生产过程输入输出通道和“接口”。输入通道包括模拟量输入通道，数字量输入通道，开关量输入通道和脉冲量输入通道；输出通道包括模拟量输出通道，开关量输出通道，显示通道，报警通道和时钟通道。

“外部”设备是计算机专用的输入输出设备。例如，控制台打字机，纸带穿孔机，卡片阅读器，光电输入机，宽行打印机，视频显示器，外存贮器（磁带，磁盘）等。

“外部”设备起人-机联系作用。通过它，才能实现对生产过程控制的人工干预，例如启停操作，查询结果，修改程序等。

“主机”是计算机控制系统的核心，是整个系统的指挥控制中心。其主要任务是：根据“外围”设备送来的生产过程工况参数和操作人员通过“外部”设备送来的控制信息，按照预先确定的数学模型和控制算法，进行分析、计算和判断；然后，根据数字运算和逻辑判断的结果，向“外围”设备发出控制命令，向“外部”设备发出系统信息，以便控制工业对象的生产过程，并与操作人员通讯联系。

主机、外部、外围和工业自动化仪表，是计算机控制系统的硬件部分，是组成计算机控制系统的物质基础。

除了上述硬件部分之外，计算机控制系统还必须配备较完善的软件。所谓“软件”，就是计算机的程序系统及有关信息的集合。

计算机控制系统的软件可分为系统软件和应用软件两个部分。系统软件包括计算机本身的操作系统和监控程序等系统程序，它带有一定的通用性，由计算机生产厂家提供。应用软件就是实现生产过程控制的应用程序（用户程序），它具有专用性，由用户根据需要研制。

软件系统是计算机控制系统的灵魂，是实现生产过程控制的关键。自动控制工作者必须熟悉应用软件的研制步骤和方法，掌握软件研制技术，不断提高研制水平，才能胜任计算机控制的工作。

由常规调节仪表构成的模拟控制系统（连续控制系统），虽具有可靠性高、成本低、易于维护操作等优点，并在大、中、小工业企业中得到广泛应用，解决了不少自动化问题。但是，随着生产向连续化、大型化发展，对自动化的要求越来越高，模拟控制系统越来越表现出它有很大的局限性。例如，它难以实现多变量控制，复杂控制规律的控制，最优控制，自适应控制，以及时变控制等；模拟控制屏越来越长，难以实现集中控制；各分系统之间不便进行通讯联系，难以实现多级控制；控制方案的修改比较麻烦。采用以计算机作为自动化工具的过程控制系统，就能很好地解决模拟控制系统的上述问题。

计算机控制系统不仅能完成模拟控制系统的控制功能，而且还具有以下一些独特的优点：

1) 从速度和精度来看，模拟控制系统达不到的控制质量，计算机控制系统比较容易达到；

2) 由于计算机具有分时操作功能，一台计算机可代替许多台常规控制装置；

3) 计算机具有很强的记忆功能和逻辑判断功能，能够综合生产过程各方面的情况，在环境或生产工艺参数变化时及时地作出判断，选择最优控制决策，这是模拟控制装置所没有的；

4) 有些生产过程，例如具有大滞后的对象，各参数相互关联比较密切的对象，以及被控参数需经计算的间接指标对象，采用常规控制装置往往得不到满意的控制效果，而采用计算机控制就能达到所需的性能指标。

总之，计算机控制系统的特点是容易实现任意的控制算法，只要按照控制要求修改控制算法，就能达到所需的控制效果。随着生产技术的进一步发展和工业自动化水平的进一步提高，计算机控制系统的优越性将越来越显示出来，它的应用必将日益广泛。

第三节 计算机控制系统的基本类型

计算机参与生产过程控制有各种不同的控制方案，分类的方法也不尽相同。在此，我们仅从应用特点和控制目的出发，把计算机控制系统的控制方案归纳为以下几种。

一、生产过程的巡回检测和数据处理系统

巡回检测系统是计算机应用于生产过程控制的最早形式之一。图1-2为巡回检测系统的原理图。

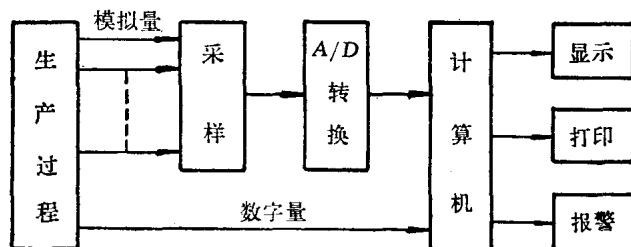


图 1-2 巡回检测系统

这种计算机控制系统的工作情况大致如下：通过一次仪表检测生产过程参数，再经信号变换和模/数转换，将过程参数转换为相应的数字量，并送入计算机；然后，由计算机进行必要的计算处理，例如数字滤波，仪表误差修正，量纲变换和越限比较等；计算机根

据计算处理的结果，定时显示和打印，或应操作人员的要求随机打印，选点显示，并在有异常情况发生时发出声光报警信号。

这种计算机控制系统利用计算机的快速运算功能，帮助操作人员及时了解生产现场的情况，并系统地提供生产过程的运行资料。

应当指出，在工业生产过程中，利用计算机进行检测处理，通常与生产过程关系密切，有较强的实时性，这是与企业管理用的大型数据处理系统不同的。

随着计算机控制技术的发展，为充分利用计算机资源，单纯的“巡检”装置已逐渐减少。现在，通常是在“巡检”的基础上，增加数据处理，直接数字控制，以及监督控制等功能。

二、操作指导控制系统

这种系统是在“巡检”的基础上发展起来的，其原理如图1-3所示。

在这种系统中，计算机不仅提供现场的工况资料，进行异常情况报警，而且，根据“巡检”所得的生产过程参数，按照预先建立的数学模型和控制算法，进行运算和比较判断，并向操作台输出最优设定值；与此同时，进行显示，打印，记录，存入“外存”。操作人员根据计算机送来的最优设定值和生产现场的实际工况，改变生产过程的有关设定值，对生产过程进行管理和控制。可见，这种操作指导控制系统起着积极的参谋作用。

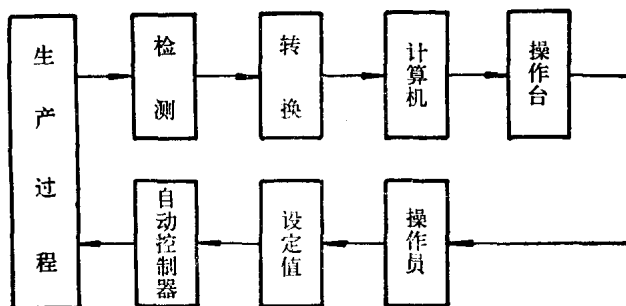


图 1-3 操作指导控制系统

显然，这种操作指导控制系统是一种开环结构，计算机的输出并不直接作用于生产过程，而仅仅作为操作人员指导生产过程的参考，控制生产过程的各种命令还得由操作人员给出。

操作指导控制系统的优点是比较灵活、安全。它给出的操作指导，只有经操作人员认可才能起作用。因此，这种控制系统特别适合于控制规律尚不甚清楚的生产过程。

三、监督控制系统 (SCC)

这种监督控制系统是操作指导控制系统的进一步发展。在数据输入和控制计算方面，它与操作指导控制系统没有多大差别。但是，在系统结构上，它们是有本质区别的。操作指导控制系统是一种开环结构，计算机不直接作用于生产过程；而过程监控系统却是一种闭环结构，计算机的输出经输出通道以一定方式直接作用于生产过程，其工作原理如图1-4所示。

过程监控系统的主要功能是：计算最优设定值；在线修改数学模型；生产过程监督控制。其工作过程如下：根据“外围”和“外部”送来的各种检测参数、过程状态及控制信

息，按照预先编好并已存入内存的数学模型和最优化设定计算程序，快速地计算出在当时工艺条件下的最优设定值，并及时地送给下一级的直接数字控制计算机（*DDC*）或模拟调节器，以便后者对生产过程进行控制。

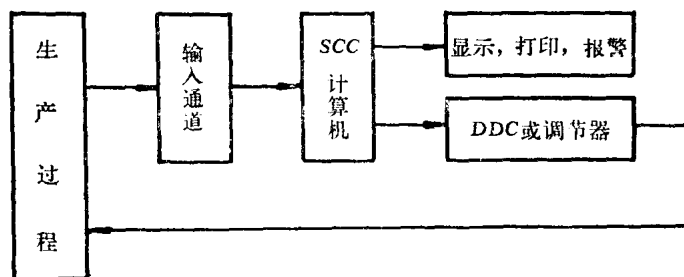


图 1-4 监督控制系统

四、直接数字控制系统（*DDC*）

直接数字控制系统是在巡回检测和数据处理的基础上发展起来的，其工作原理如图1-5所示。

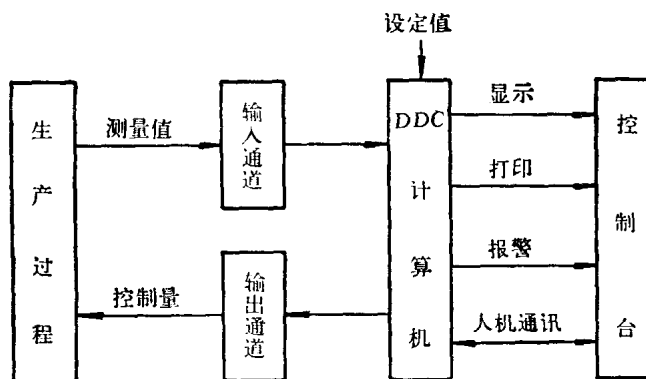


图 1-5 直接数字控制系统

早期的直接数字控制系统主要是利用计算机来代替常规的模拟调节器，实现集中控制，以获得更好的经济效果。由于它用数字式的算式代替模拟信息的组合，用断续形式的计算机输出去控制执行机构，计算机直接作用于生产过程，故称之为“直接数字控制”，简称“*DDC*”。相应的控制系统就称为“直接数字控制系统”。

随着人们认识的深化，计算机功能的完善，特别是微型计算机的问世，*DDC* 的概念亦发生了深刻的变化。现在的 *DDC* 系统，不但能实现多个回路的反馈控制，而且能够实现前馈控制，串级控制，选择性控制等新型的控制规律；在传统的 *PID* 控制中，可自动优选 *PID* 参数；此外，还可增加自动启停，自动故障处理，顺序控制和联锁控制等自动化操作功能。

下面，我们讨论实现反馈控制的 *DDC* 系统的工作原理。

这种直接数字控制系统的基本原理是“按偏差计算控制量”，以完成“执行设定”的任务。具体地说，它是按如下方式工作的：*DDC* 计算机根据 *SCC* 计算机（或控制台）送

来的被控参数的设定值和输入通道送来的被控参数的实际值（反馈量）计算偏差；然后，按给定的控制算法，由偏差计算控制量；再通过专门的输出通道，把 DDC 计算机输出的控制量转换为生产过程执行机构的控制信号，以便控制生产过程，使被控参数调节在设定值上，从而完成“执行设定”的任务。

五、多级计算机控制系统

所谓多级控制，就是企业经营管理和生产过程控制分别由几级计算机进行控制，各级之间既有分工又有密切的联系。正如第一节所指出的，多级控制可以使工业控制机小型化，系统成本降低，可靠性提高。

图 1-6 为多级计算机控制系统简图。这是一个三级系统，即经营管理级（MIS），监督控制级（SCC）和直接数字控制级（DDC）。其中，经营管理级又可分为公司管理级、工厂管理级和车间管理级。这样，整个系统实际上由五级组成。

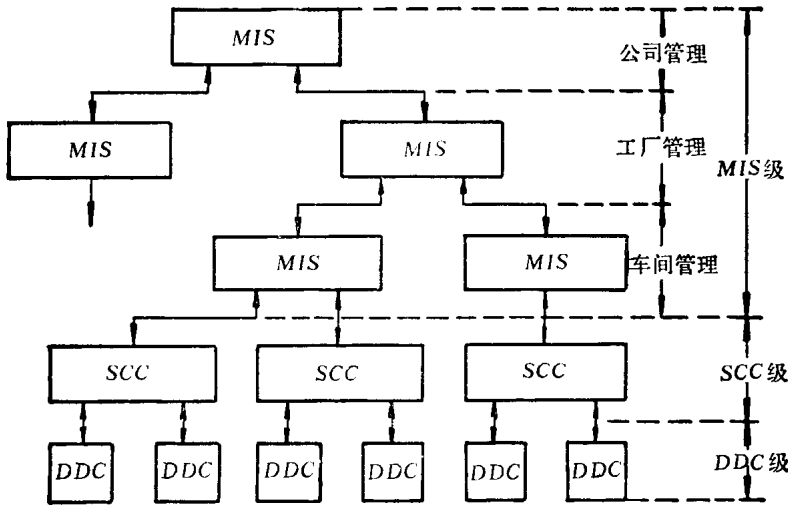


图 1-6 多级计算机控制系统

经营管理级主要进行计划管理和生产调度，以及其它一些生产管理。

多级计算机控制系统要实现各计算机之间的联系，必须有数据通讯的支持。由于各计算机和终端设备分布在广阔的地区内，通讯系统要尽可能经济、合理，可靠性要高。

多级综合性过程控制系统目前已作为一门系统工程学科进行研究。由于多级控制系统在过程参数的检测，数学模型的建立，以及控制软件的研制方面还存在一系列有待解决的问题，因此，目前多级控制的水平还不很高，大多限于两级控制（SCC + DDC）。下面，我们以某冷轧薄板厂五机架连轧的计算机控制系统为例，介绍两级控制的工作原理和实现方法。

五机架冷连轧的生产工艺比较复杂。计算机控制系统必须完成钢卷进出机架的一系列自动化操作，进行带钢张力调节和自动厚调，控制开卷机、卷取机和五个机架的主传动速度。计算机必须同时对几十个工艺参数进行控制，实测生产过程的各种状态和变化，适时迅速地变更各参数的整定值。此外，计算机控制系统还得对生产过程进行监督、制表和报警。对于这样一个工艺复杂的生产过程，即使采用一台高速大型计算机，也会由于各部分

的相互关联、大量信息的长距离传输以及存贮技术上的困难而无法胜任。因此,五机架计算机控制系统采用分级控制方法,即分为SCC和DDC两级,在DDC级还采用分区控制。这种分级分区的计算机群控方式,可避免各部分的相互牵连和互相影响,提高系统的可靠性;而且,由于在DDC级采用同一型号的计算机,插件单一化,因而维护方便,故障处理时间短。

SCC级有两台相同的SCC计算机,组成双机切换系统。当在线机出现故障时,就通过开关进行自动切换,使备用机进入在线控制,而原来的在线机转入备用状态,并进行检修。这种双机系统提高了系统的可靠性。

SCC级的主要功能是:1)生产过程的数据收集,包括原始数据和轧制过程数据;2)根据自适应修改后的数学模型,计算被控参数的预设定值;3)利用自适应计算程序,修改数学模型;4)带钢轧制过程跟踪;5)进行阶段带钢轧制。所谓阶段带钢轧制是指把一卷原始钢卷轧制成厚度分别为 h_1 和 h_2 的成品钢卷。

DDC级有13台计算机,对整个轧制过程进行分区(单功能)控制。其主要功能是:1)钢卷进出机架的一系列自动化操作,包括顺序控制和行程控制;2)开卷和卷取控制;3)数字张力控制;4)数字转速控制;5)自动制动控制;6)数字弯辊控制;7)换辊自动控制;8)轧制线水平调整;9)侧导板控制。

在SCC级和DDC级之间还设有包含两台计算机的主控台,作为两级之间的信息传输中枢,使人工干预成为可能。主控台的主要功能是:1)确认SCC级送来的参数预设定值。如果设定值合理,经操作人员认可后送DDC级,否则返回SCC级修改;2)手工设定计算;3)局部调整设定值;4)不同码制的转换;5)自动/手动切换。

在DDC级之后是模拟调节系统(SCR系统),由它最后完成对生产过程的闭环控制。

冷连轧五机架计算机控制系统的控制功能比较多,在此不可能一一介绍。下面,以五机架主传动速度控制系统为例,说明两级系统的控制过程。

轧制工艺对主传动速度控制系统的主要要求是:

1)在稳轧和变速过程中严格保持各机架之间速比关系不变,从而保证通过各机架的金属秒流量相等,不产生拉钢或堆钢现象,保证轧制过程正常进行,保证板型质量。根据金属秒流量相等的要求,在忽略展宽的情况下,各机架的速比关系应为

$$v_1 : v_2 : v_3 : v_4 : v_5 = \frac{1}{h_1} : \frac{1}{h_2} : \frac{1}{h_3} : \frac{1}{h_4} : \frac{1}{h_5}$$

式中 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 ——分别为各机架的出口速度;

h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 ——分别为各机架的出口厚度。

2)满足轧制工艺所规定的速度图,如图1-7所示。

3)满足对调速范围和精度的要求。调速范围为30,控制精度为1%。

根据上述工艺要求,五机架主传动速度控制系统采用如图1-8所示的控制方案。SCC机按修改后的最优模型,计算各机架的稳轧线速度的预设定值 v_r 和加速度 B 。由数字组件(GU)组成的单一给定值发生器,产生如图1-9所示的各机架单一给定值 v_0 的平滑过渡曲线。由一台DDC机实现而为五个机架所共有的引导给定值发生器,产生如图1-10所示的引导给定值 LS 的平滑曲线。给定值准备计算机(一台DDC机)根据单一给定值发生器送来的分别作用于各机架的单一给定值 v_0 ,引导给定值发生器送来的保证五个机架同步变速

的引导给定值 LS ，以及各机架的实际辊径 D ，按照下列公式计算各个机架的转速设定值（数字量） n_{si} ，即

$$n_{si} = \frac{LS \cdot v_{ai}}{D_i / D_M}$$

式中 LS ——引导给定值;

v_{ai} ——第 i 机架的单一给定值, $i = 1, 2, 3, 4, 5$;

D_i ——第 i 机架的实际辊径;

D_M ——标称辊径。

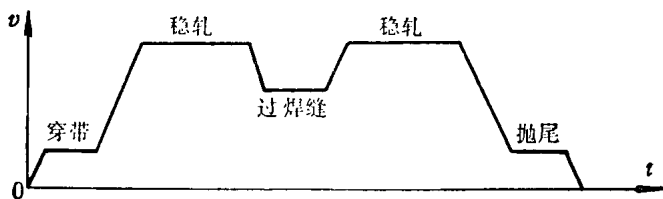


图 1-7 轧制过程速度图

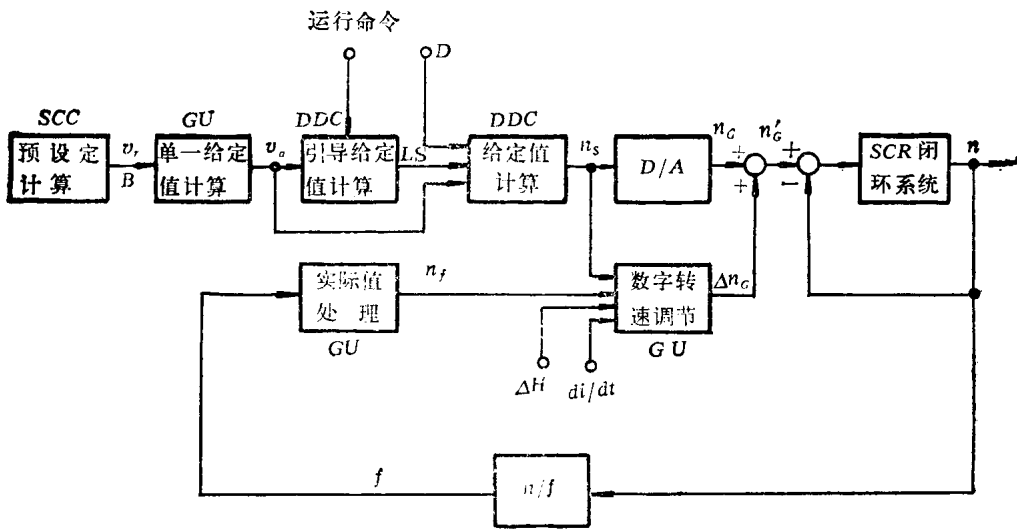


图 1-8 主传动速度控制系统

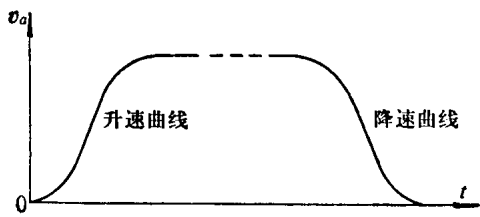


图 1-9 单一给定值曲线

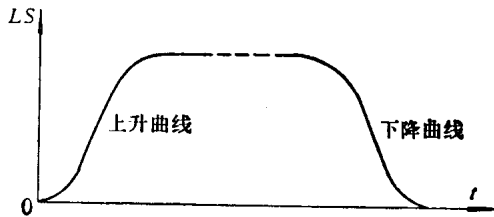


图 1-10 引导给定值曲线

转速设定值 n_s 经 D/A 转换,就得到未经校正的转速给定值(模拟量) n_c 。由数字组件(GU)组成的数字转速调节器,根据设定转速 n_s 与实际转速 n_f (由 n/f 信号计算得到)的偏差,带钢厚度信号 ΔH ,以及动态电流信号 di/dt ,计算数字转速调节量 Δn_c (模拟量)。这个转速调节量就作为转速给定值的修正量,与转速给定值 n_c 迭加,成为实际的转速给定值 $n'_c = n_c + \Delta n_c$,作用于 SCR 闭环系统。 SCR 系统按实际的转速给定值 n'_c 对各机架的速度进行闭环控制,以保证图1-7所示的速度图的实现和各机架速度同步。

以上就是五机架主传动速度两级控制系统的工作原理和控制过程。由于篇幅的限制,我们只能粗略地介绍五机架两级计算机控制系统的组成和工作原理,以说明多级控制的实现方法。显然,五机架计算机控制系统是一种设定控制系统,计算机的主要任务是进行设定值的计算,并进行数字校正,以保证设定规律的实现。这种设定控制方法应用比较广泛,我们应该熟悉这种控制方法。

习题与思考题

- 1-1 什么是计算机控制系统?它由哪几部分组成?各部分起什么作用?
- 1-2 按控制目的的不同,计算机控制系统可分为哪几类?试比较各控制方案的特点及优缺点。
- 1-3 数字计算机是一种数字运算工具,为什么可用来控制生产过程?试以反馈控制为例,说明计算机在生产过程控制中的各种作用。
- 1-4 什么是实时控制?为什么说,“中断”技术和近代控制论促进了计算机在生产过程控制中的应用?
- 1-5 设有一个温度检测系统,有5个测温点,只有一台温度变送器,如何实现多点检测?试拟定检测方案,并画出系统方框图。

第二章 计算机控制系统的过程通道

第一节 过程通道概述

工业控制机与一般的通用数字计算机不同,它要与生产过程打交道。在生产过程中,大量存在的是连续变化的物理量(转速,温度,流量,压力等),即“模拟量”;而数字计算机只能对数字量进行操作运算。为了解决这个矛盾,在数字计算机与生产过程之间就需要有一套起桥梁作用的硬件电路,这就是工业控制机所特有的过程通道,简称“外围”。

“外围”的主要作用是,在数字计算机与生产过程之间进行信息传递和信息变换,完成过程输入输出的任务。具体地说,它有这样两个方面的作用:

一方面,它把生产过程的各种参数和执行机构的运行状态,转换为计算机所能接受和识别的数字代码,输入给计算机,以便计算机进行运算处理;

另一方面,它把计算机的运算结果和控制命令,转换为生产过程执行机构所能接受的控制信号,传送给生产过程。

“外围”包括生产过程输入输出通道和接口这样两部分,其组成框图及其在计算机控制系统中的位置,如图2-1所示。

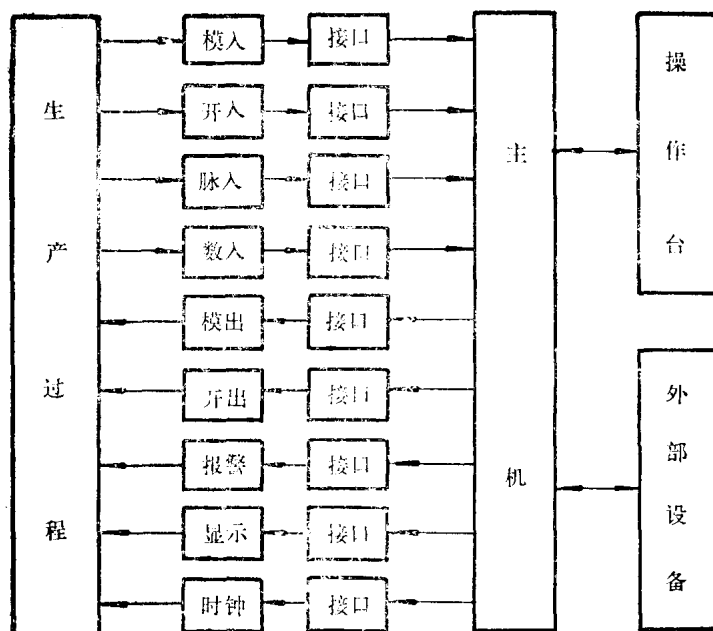


图 2-1 计算机控制系统的过程通道

模拟量输入输出通道,一般由专用的 ADA 板来完成模拟量的输入输出任务。例如,ADA-328是Z-80单板计算机上采用的一种模数板,可直接插在 Z-80 单板机的S-100总线

插座上,由主机在需要时调用。除此之外,转速还可以采用速度编码器,把转速转换为一定频率的脉冲序列,然后经CTC通道(可编程的计数器/定时器)输入计算机。模入电压还可以采用电压/频率转换器,把模拟电压转换为一定频率的脉冲序列,然后经CTC通道输入计算机。

开关量的输入输出,可以由可编程的并行口PIO和相应的输入输出电路来实现。报警和显示也可以由PIO口来完成。

如果计算机控制系统中可控硅(晶闸管)等开关器件的触发器是采用软件数字触发器,那么,在“外围”电路中还需要有同步脉冲电路和脉冲输出电路。

工业控制计算机是在工业现场运行的,各种干扰较多。为了去掉输入信号中的干扰成分,需要采取相应的滤波措施。除了阻容滤波之外,在计算机控制系统中还广泛地采用数字滤波的方法。因此,还得引入数字滤波这个概念。

计算机控制系统是一种采样控制系统,采用定期采样、阶段控制的方法。采样控制周期的长短,取决于控制对象的特性,控制精度的要求,控制程序的长短,以及计算机的运算速度。可见,合理地选择控制周期是很重要的。为此,我们还得讨论采样过程和采样定理。

以上涉及的这些内容都是本章要着重讲述的。下面,分几节逐一加以讨论。

第二节 过程参数的采样原理

由于生产过程的模拟量参数很多,不可能在同一时刻送入计算机,否则,就需要很多A/D转换设备;而且,各种模拟量参数也没有必要同时送入计算机,因为计算机在任何时刻都只能对一种模拟量参数进行计算处理;再者,模拟量参数的变化是连续的,只要在一定的时间间隔内对该参数进行检测,就能正确地反映它的变化规律,无需每时每刻对该参数进行检测。因此,就要求“模拟量输入”通道能进行多道工作,对生产过程的各种模拟量参数进行周期性“采样”,把连续变化的模拟信号转换为离散的脉冲序列。

下面讨论采样过程、采样定理和采样周期的选择问题。

一、采样过程

在某一时刻,把某一模拟量参数的测量值引入“模入”通道,而在另一时刻,把另一模拟量参数的测量值引入“模入”通道,这就是“采样过程”。

通过采样,就可以把在时间上连续变化的模拟量信号 $f(t)$,变换为在时间上断续的离散信号 $f^*(t)$ 。在采样过程中,各模拟量的采样时刻是不同的,这样,就能实现把各模拟量的采样信号“分时”地送入计算机。图2-2为采样过程的示意图。

采样过程是通过采样器实现的。采样器可等效为一个采样开关,如图2-3所示。图中, $f(t)$ 为被采样的连续函数, $f^*(t)$ 为采样器的输出, $\delta(t)$ 为采样开关的函数表达式(数学模型)。下面,我们来推导采样函数 $\delta(t)$ 和采样过程的数学表达式。

理想的采样开关应满足这样的要求:在采样时刻 $t=\tau$ 时,采样开关瞬时接通,阻抗为零;经过极短的时间 Δt ,采样开关又瞬时断开,阻抗为无穷大。根据这个要求,采样器的实际输出应为

$$f_s(t) = f(t) \{u(t-\tau) - u[t-(\tau+\Delta t)]\} \quad (2-1)$$

式中 $u(t-\tau)$ 和 $u[t-(\tau+\Delta t)]$ 均为单位阶跃函数,即