

计算机控制系统 理论与应用

主编 徐建军 闫丽梅



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TP273/472

2008

计算机控制系统理论与应用

主 编 徐建军 闫丽梅

参 编 陶国彬 霍凤财 尹淑欣

机械工业出版社

本书系统介绍了计算机控制系统的理论及应用,包括计算机控制系统的特点、组成及发展趋势;I/O接口技术与通道技术;顺序控制和数字程序控制;数字控制器的设计;计算机控制系统中数据处理技术、设计方法。尤其对网络控制系统进行了较为详细的讲解,并通过应用实例解释计算机控制的应用技巧。

本书不仅可作为电气工程及其自动化、自动化专业的本科教材或教学参考书使用,还可以作为计算机应用、机电一体化等相关专业教学用书,以及从事工业控制及相关领域研究生和工程技术人员的参考书和工具书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制系统理论与应用/徐建军,闫丽梅主编. —北京:机械工业出版社,2008.1

ISBN 978-7-111-22981-0

I. 计… II. ①徐…②闫… III. 计算机控制系统 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第188251号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:付承桂 版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军

中国农业出版社印刷厂印刷

2008年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15印张·365千字

0001-4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-22981-0

定价:27.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着现代工业生产过程复杂性与集成化程度的提高,计算机控制系统在工业生产中已成为不可或缺的部分,这就要求研究人员与工程技术人员在掌握自动控制理论和生产工艺流程原理的同时,必须掌握控制系统的有关硬件、软件、控制策略、数据通信、网络技术、数据库等诸多方面的专业知识与技术,这样才能设计并实施满足实际工业生产过程中需要的计算机控制系统。计算机控制系统理论与应用是我国高等院校电气工程及其自动化、自动化、计算机应用、机电一体化等专业的主干课程,本书依据电气工程及其自动化专业课程体系改革的需要,在吸取了其他兄弟院校相关教材的基础之上,又结合了作者多年的教学、科研工作经验,才使本书得以成形。本书不仅可作为电气工程及其自动化、自动化专业的本科教材或教学参考书使用,还可以作为计算机应用、机电一体化等相关专业教学用书,以及从事工业控制及相关领域工作人员的参考书和工具书。

全书共有9章,第1章介绍了计算机控制系统的特点、组成、分类、发展概况及其发展趋势;第2章讨论了I/O接口技术与通道技术;第3章详细阐述了顺序控制和数字程序控制;第4章重点介绍了数字控制器的设计,其中包括模拟化设计与离散化设计,以及设计与计算机实现;第5章详细讨论了在计算机控制系统中数据处理技术,包括数据预处理技术、查表技术以及抗干扰技术等;第6章主要介绍了网络控制系统知识,包括局域网的协议、DCS、FCS等;第7章介绍了计算机控制系统的设计方法;第8章详细讲述了几个计算机控制系统的应用实例;第9章专门分析了基于NCS的三元复合驱采出液先进控制过程,研究了多变量时滞状态反馈预测控制在油水分离过程中的应用,给出了基于状态反馈的三元复合驱油水分离系统的多变量适应式SFPC算法,更加注重工程上的应用。

针对以本科教学为主的工科院校培养应用型、复合型人才为主要目标,本书理论与实际并重,重点是让学生掌握计算机控制系统理论知识、工程应用技术及其系统设计方法,培养创新思维。其特点是知识结构合理,知识体系系统、完整,在编写思路突出由浅入深,提高学生运用所学知识分析、解决实际问题的能力。

全书由徐建军、闫丽梅担任主编,陶国彬、霍凤财、尹淑欣参加编写。其中,徐建军编写第5章和第9章,闫丽梅编写第1章和第3章,陶国彬编写第6章和第7章,霍凤财编写第4章和第8章,尹淑欣编写第2章。在编写过程中参考了兄弟院校的相关教材和相关文献,在此向这些书籍、文献的作者表示真诚的谢意。

由于计算机控制系统技术发展迅速及编者的水平所限,书中难免存在错误和不当之处,恳请广大读者及同行专家批评指正。

编 者

2007年9月

目 录

前言

第1章 计算机控制系统概述..... 1

1.1 计算机控制系统的特征与组成 1

1.1.1 计算机控制系统的特征与工作 原理 1

1.1.2 计算机控制系统的硬件组成 4

1.1.3 计算机控制系统的软件 6

1.2 计算机控制系统的分类 7

1.2.1 操作指导控制系统 7

1.2.2 直接数字控制系统 7

1.2.3 计算机监督控制系统 8

1.2.4 分布式控制系统 9

1.2.5 现场总线控制系统 9

1.2.6 嵌入式系统 10

1.2.7 计算机集成制造系统 12

1.2.8 网络控制系统 12

1.3 计算机控制系统的发展概况及 发展趋势..... 17

1.3.1 计算机控制系统的发展历史 17

1.3.2 计算机控制理论与新型控制 策略 18

1.3.3 计算机控制系统的发展趋势 21

第2章 计算机控制系统 I/O 接口与 通道技术 23

2.1 I/O 接口在计算机控制系统中的 应用 23

2.2 I/O 控制方式 25

2.2.1 程序控制方式 25

2.2.2 中断控制方式 29

2.2.3 存储器直接存取方式 30

2.2.4 通道控制方式 31

2.3 数字量输入输出通道 32

2.3.1 数字量输入输出接口技术 32

2.3.2 数字量输入通道 34

2.3.3 数字量输出通道 35

2.4 模拟量输入输出通道 36

2.4.1 模拟信号输入通道接口 36

2.4.2 模拟量输出通道接口 48

2.5 人机交互接口 52

2.5.1 键盘接口 52

2.5.2 显示器接口 54

2.5.3 打印机接口 61

2.5.4 其他人机接口 63

2.6 I/O 通道的抗干扰技术 66

2.6.1 干扰的分类 67

2.6.2 干扰的耦合方式 67

2.6.3 常见的抗干扰技术 68

第3章 顺序控制与数字程序控制 70

3.1 顺序控制技术 70

3.1.1 顺序控制概述 70

3.1.2 顺序控制系统的组成 72

3.1.3 顺序控制系统应用实例 73

3.2 数字程序控制技术 75

3.2.1 逐点比较插补法 75

3.2.2 数字积分器插补法 83

3.2.3 步进电动机控制技术 91

第4章 数字控制器的设计 96

4.1 概述 96

4.1.1 模拟化设计方法 96

4.1.2 离散化设计方法 97

4.1.3 两种方法的比较 97

4.2 模拟调节器的离散化方法 97

4.3 数字控制器的直接设计方法 102

4.3.1 最少拍随动系统的设计 102

4.3.2 最少拍无纹波随动系统的 设计 105

4.3.3 大林控制算法 108

4.4 数字 PID 控制器设计 112

4.4.1 数字 PID 基本算法	112	7.1.1 系统设计的原则	183
4.4.2 PID 数字算法的改进	113	7.1.2 工程项目的确定	185
4.4.3 PID 调节参数的整定	117	7.1.3 工程项目的的设计	186
4.5 数字控制器的计算机实现	119	7.1.4 项目仿真与调试	186
4.5.1 直接程序设计法	119	7.2 控制系统可靠性技术	187
4.5.2 串联程序设计法	120	7.2.1 工业控制机的可靠性措施	187
4.5.3 并行程序设计法	121	7.2.2 控制系统的抗干扰措施	189
第 5 章 控制系统的数据处理技术	123	7.2.3 软件设计的可靠性措施	193
5.1 程序设计技术	123	7.3 计算机控制系统的设计与实施	193
5.1.1 程序设计的步骤与方法	123	7.3.1 计算机控制系统的总体方案 设计	193
5.1.2 工业控制组态软件	125	7.3.2 硬件的工程设计与实现	195
5.1.3 可编程程序控制器	134	7.3.3 软件的工程设计与实现	196
5.2 数据预处理技术	146	7.3.4 控制系统的调试与投运	198
5.2.1 系统误差的自动校准	146	第 8 章 计算机控制系统应用实例	200
5.2.2 线性插值法	148	8.1 以工业控制计算机为核心的锅炉 控制系统	200
5.3 查表技术	149	8.1.1 锅炉工艺流程简介	200
5.3.1 顺序查表	149	8.1.2 锅炉控制的任务及实现	200
5.3.2 对分查表	150	8.2 储罐液位控制系统	205
5.3.3 直接查表	151	8.2.1 控制系统的总体描述	205
5.4 软件抗干扰技术	152	8.2.2 被控对象的数学模型	206
第 6 章 计算机控制系统中的网络 技术	154	8.2.3 数字控制器的设计	209
6.1 工业控制网络技术	154	8.2.4 控制系统的设计	212
6.1.1 工业控制网络概述	154	8.3 火力发电机组的集散控制系统	213
6.1.2 网络协议及其层次结构	158	8.3.1 火力发电的工作过程和原理	213
6.1.3 IEEE802 标准	160	8.3.2 HIACS-3000 集散控制系统在 火力发电厂控制中的实现	214
6.1.4 工业网络的性能评价和选型	161	8.3.3 关键控制技术	216
6.2 集散控制系统	162	8.3.4 控制效果	217
6.2.1 DCS 概述	163	第 9 章 基于 NCS 的三元复合驱采出液 先进控制过程分析	218
6.2.2 DCS 的分散过程控制级	167	9.1 概述	218
6.2.3 DCS 的集中操作监控级	169	9.2 油水分离的控制过程分析	218
6.2.4 DCS 的综合信息管理级	169	9.3 多变量时滞系统的独立稳定性	219
6.3 现场总线控制系统	170	9.4 多变量时滞系统的指数稳定性	221
6.3.1 IEC61158 现场总线标准简介	170	9.5 多变量适应式状态反馈预测控制	221
6.3.2 典型现场总线简介	173	9.6 系统状态反馈预测模型	222
6.3.3 工业生产过程对现场总线的 要求	180	9.6.1 基本假设	222
第 7 章 计算机控制系统设计	183		
7.1 控制系统工程设计方法	183		

9.6.2 模型输入输出参数的选取	222	9.8 实际模型	227
9.6.3 数学模型的建立	223	9.9 实际应用	228
9.6.4 模型简化及参数确定	224	9.10 小结	230
9.7 基于 NCS 的控制系统设计	226	参考文献	231

第 1 章 计算机控制系统概述

1.1 计算机控制系统的特征与组成

从模拟控制系统发展到计算机控制系统，控制器结构、控制器中的信号形式、系统的过程通道内容、控制量的产生方法、控制系统的组成观念均发生了重大变化。计算机控制系统在系统结构方面有自己独特的内容；在功能配置方面呈现出模拟控制系统无可比拟的优势；在工作过程与方式等方面存在其必须遵循的规则。

1.1.1 计算机控制系统的特征与工作原理

将模拟自动控制系统中的控制器的功能用计算机来实现，就组成了一个典型的计算机控制系统，如图 1-1 所示。

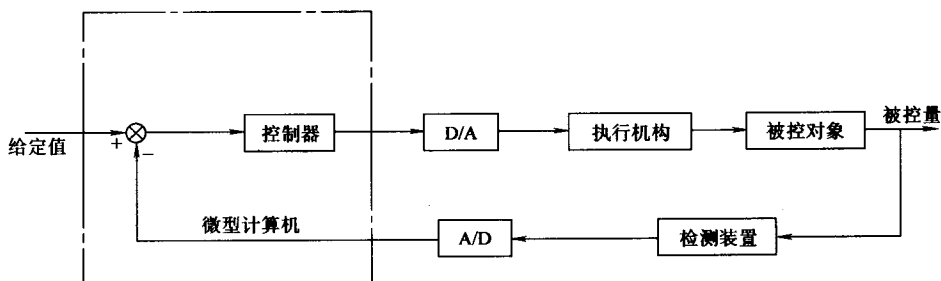
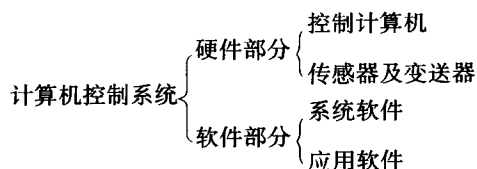


图 1-1 计算机控制系统基本框图

计算机控制系统由两个基本部分组成，即硬件和软件系统。硬件指计算机本身及其外部设备。软件是指管理计算机的程序及生产过程应用程序。只有软件和硬件有机地结合，计算机控制系统才能正常运行。计算机控制系统的构成可表示为



1. 结构特征

模拟连续控制系统中均采用模拟器件，而在计算机控制系统中除测量装置、执行机构等常用的模拟部件外，其执行控制功能的核心部件是计算机，所以计算机控制系统是模拟和数字部件的混合系统。

模拟控制系统的控制器由运算放大器等模拟器件构成，控制规律越复杂，所需要的硬件



也越多、越复杂,模拟硬件的成本和控制规律复杂程度近似成正比,并且若要修改控制规律,一般必须改变硬件结构;而在计算机控制系统中,控制规律是用软件实现的,修改一个控制规律,无论复杂还是简单,只需修改软件,一般不需对硬件结构进行变化,因此便于实现复杂的控制规律和对控制方案进行在线修改,使系统具有很大的灵活性和适应性。

在模拟控制系统中,一般是一个控制器控制一个回路;而计算机控制系统中,由于计算机具有高速的运算处理能力,可以采用分时控制的方式,同时控制多个回路。

计算机控制系统的抽象结构和作用在本质上与其他控制系统没有什么区别,因此同样存在计算机开环控制系统、计算机闭环控制系统等不同类型的控制系统。

2. 信号特征

模拟控制系统中各处的信号均为连续模拟信号,而计算机控制系统中除仍有连续模拟信号外,还有离散模拟、离散数字等多种信号形式,计算机控制系统的信号流程如图 1-2 所示。

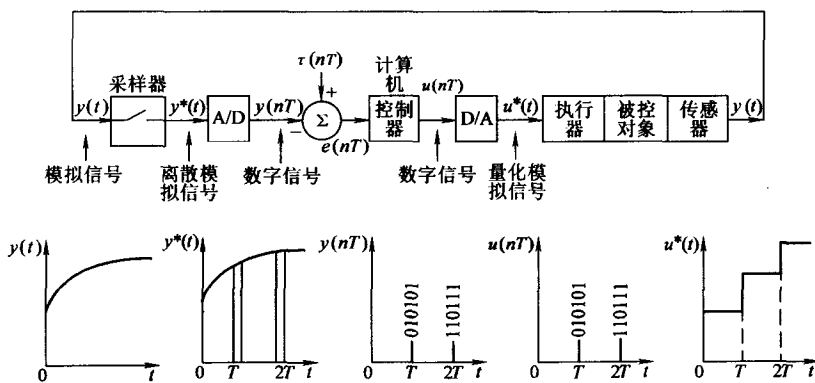


图 1-2 计算机控制系统的信号流程

在控制系统中引入计算机,利用计算机的运算、逻辑判断和记忆等功能完成多种控制任务。由于计算机只能处理数字信号,为了信号的匹配,在计算机的输入端和输出端必须配置 A/D (模/数) 转换器和 D/A (数/模) 转换器。反馈量经 A/D 转换器转换为数字量以后,才能输入至计算机。然后计算机根据偏差,按某种控制规律(如 PID 控制)进行运算,计算结果(数字信号)再经 D/A 转换器,将数字信号转换为模拟信号输出到执行机构,完成对被控对象的控制。

按照计算机控制系统中信号的传输方向,系统的信息通道由 3 部分组成:

- (1) 过程输出通道 包含由 D/A 转换器组成的模拟量输出通道和开关量输出通道。
- (2) 过程输入通道 包含由 A/D 转换器组成的模拟量输入通道和开关量输入通道。
- (3) 人-机交互通道 系统操作者通过人-机交互通道向计算机控制系统发布相关命令,提供操作参数,修改设置内容等,计算机则可通过人-机交互通道向系统操作者显示相关参数、系统工作状态、对象控制效果等。

计算机通过过程输出通道向被控对象或工业现场提供控制量,通过过程输入通道获取被控对象或工业现场的信息。当计算机控制系统没有反馈过程通道时,称之为计算机开环控制系统。在计算机开环控制系统中,计算机的输出只随给定值变化,不受被控参数影响,通过

调整给定值达到调整被控参数的目的。但当被控对象出现扰动时,计算机无法自动获得扰动信息,因此无法消除扰动,导致控制性能较差。当计算机控制系统仅有过程输入通道时,称之为计算机数据采集系统。在计算机数据采集系统中,计算机作用是对采集来的数据进行处理、归类、分析、存储、显示与打印等,而计算机的输出与系统输入通道参数的输出有关,但不影响或改变生产过程的参数,所以这样的系统可认为是开环系统,但不是开环控制系统。

3. 控制方法特征

由于计算机控制系统除了包含连续信号外,还包含有数字信号,从而使计算机控制系统与连续控制系统在本质上有许多不同,需采用专门的理论来分析和设计。常用的设计方法有两种,即模拟调节规律离散化设计法和直接设计法。

4. 功能特征

与模拟控制系统比较,计算机控制系统的重要功能特征表现为:

(1) 以软件代替硬件 以软件代替硬件的功能主要体现在两方面:一方面是当被控对象改变时,计算机及其相应的过程通道硬件只需作少量的变化,甚至不需作任何变化,而面向新对象重新设计一套新控制软件便可;另一方面是可以软件来替代逻辑部件的功能实现,从而降低系统成本,减小设备体积。

(2) 数据存储 计算机具备多种数据保持方式,如脱机保持方式有U盘、移动硬盘、光盘、纸质打印、纸质绘图等;联机保持方式有固定硬盘、EEPROM、RAM休眠等,工作特点是系统断电不会丢失数据。正是由于有了这些数据保护措施,使得人们在研究计算机控制系统时,可以从容对付突发问题;在分析解决问题时可以大量减少盲目性,从而提高了系统的研发效率,缩短了研发周期。

(3) 状态、数据显示 计算机具有强大的显示功能。显示设备类型有阴极射线管(CRT)显示器、发光二极管(LED)数码管、LED矩阵块、液晶显示器(LCD)、LCD模块、LCD数码管、各种类型打印机、各种类型绘图仪等;显示模式包括数字、字母、符号、图形、图像、虚拟设备面板等;显示方式有静态、动态、二维、三维等;显示内容涵盖给定值、当前值、历史值、修改值、系统工作波形、系统工作轨迹仿真图等。人们通过显示内容可以及时了解系统的工作状态、被控对象的变化情况、控制算法的控制效果等。

(4) 管理功能 计算机都具有串行通信或连网功能,利用这些功能可实现多套微机控制系统的连网管理,资源共享,优势互补;可构成分级分布的集散控制系统,以满足生产规模不断扩大、生产工艺日趋复杂、可靠性要求更高、灵活性希望更好、操作需更简易的大系统综合控制的要求;实现生产进行过程(状态)的最优化和生产规划、组织、决策、管理(静态)的最优化的有机结合。

5. 计算机控制系统的工作原理

根据图1-1的计算机控制系统基本框图,计算机控制过程可归结为如下4个步骤:

(1) 实时数据采集 对来自测量变送装置的被控量的瞬时值进行检测并输入。

(2) 实时控制决策 对采集到的被控量进行分析和处理,并按给定的控制规律,决定将要采取的控制行为。

(3) 实时控制输出 根据控制决策、适时地对执行机构发出控制信号,完成控制任务。

(4) 信息管理 随着网络技术和控制策略的发展,信息共享和管理也是计算机控制系统必须完成的功能。

上述过程不断重复,使整个系统按照一定的品质指标进行工作,并对控制量和设备本身的异常现象及时做出处理。

6. 计算机控制系统的工作方式

(1) 在线方式和离线方式 在计算机控制系统中,生产过程和计算机直接连接,并受计算机控制的方式称为在线方式或联机方式。生产过程不和计算机相连,且不受计算机控制,而是靠人进行联系并作相应操作的方式称为离线方式或脱机方式。

(2) 实时的含义 所谓实时,是指信号的输入、计算和输出都要在一定的时间内完成,亦即计算机对输入信息以足够快的速度进行控制,超出了这个时间,就失去了控制的时机,控制也就失去了意义。实时的概念不能脱离具体过程,一个在线的系统不一定是实时系统,但一个控制系统必定是在线系统。

1.1.2 计算机控制系统的硬件组成

一台基本的计算机控制系统的硬件主要包括:计算机主机、I/O接口、外围设备、检测变送单元、执行机构、操作台以及网络设备等。不同的系统可以选择不同的硬件,一般可以根据需要进行扩展。现在已经有许多厂家生产出具备各种功能的接口板,并用标准总线连接起来。用户可根据需要进行选择,使用非常方便,比如标准(STD)总线工业控制机、PC总线控制机等,都属于这类设备。

1. 计算机主机

计算机主机是整个控制系统的指挥部和神经中枢,相当于人的大脑,它接收过程输入通道发送的各种数据,实现被测参数的巡回检测,通过控制程序对数据进行处理、判断、比较、计算后,输出控制量,及时发出控制指令。主机是系统中重要的组成部分,设计人员根据控制对象的特点选择控制算法,计算出控制算式,用软件实现控制功能。主机的性能直接影响到系统的功能、性能指标以及接口电路的设计等,必须综合考虑成本、体积、速度、精度、可靠性等各个因素进行选择,常用的有 Intel 80x86、8051 及 8096 系列单片机,以及可编程序控制器(PLC)、数字信号处理器(DSP)等。

2. 常规的外围设备

常规的外围设备主要是为了扩大主机的功能而设置的,可以分为输入设备、输出设备、存储设备等,可根据控制系统的需要进行配置,用来输入程序,设定控制参数,显示、打印、存储或传送数据。

常用的输入设备有键盘、鼠标等;输出设备有 CRT 显示终端、电传打印机、纸带打孔机、记录仪等;存储设备有 U 盘、光盘。这些设备就像计算机的“五官”和“四肢”一样,大大扩充了主机的功能。

3. I/O 接口

I/O 接口是外围设备和计算机之间联系的桥梁,它们通过 I/O 接口交换数据。接口电路的功能包括地址译码、负载扩充、电平转换、中断申请、数据缓冲或锁存等。一般的连续化生产过程中被测参数大都为模拟量,而计算机只能接收和发送数字量。因此必须加入 A/D 转换器和 D/A 转换器,以实现模拟量和数字量之间的转换。目前绝大多数 I/O 接口电路都



是可编程的, 比如 8251 串行接口、8255 并行接口、8253 定时/计数器、8259 中断控制器等。

4. 操作台

操作台是计算机控制系统中人机对话的联系纽带, 操作人员通过操作台直接与 CPU 对话, 可以输入控制程序、修改数据、显示被测参数、指示系统的工作状态、发出各种控制指令等。

操作台应包括以下组成部分:

(1) 数字键 包括 0~9 以及小数点等数字键, 用来输入数字, 设定或修改控制参数。

(2) 功能键 通过功能键可向 CPU 提出中断服务请求, 控制系统执行相应的功能。常用的功能键有复位键、启动键、停止键、自动运行、手动方式、显示按键等。

(3) 作用开关 作用开关通过接口与主机相连, 操作人员可通过开关对系统进行启动、停止、地址跳线、设置初值、修改数据等操作。

(4) 屏幕或数字显示器 用来显示过程参数、工作状态、监控画面和报警信息等。常用的显示器有数码管显示器、LCD、CRT 显示器等。数码管只能显示数字和简单的字符; LCD 可显示汉字、菜单、英文字符以及简单的图形; CRT 显示器通常对系统进行监控, 通过组态软件, 可显示数据、流程图、数据的历史曲线和实时曲线、报警状态和现场的运行情况。通过控制界面, 操作人员可通过鼠标、键盘等修改数据和发出控制指令, 实现远程控制, 进行人机交互。

(5) 状态指示 通过发光二极管可以指示控制系统的运行状态。比如电源接通指示、系统正常运行指示、系统出错指示、系统报警指示等。通过不同的颜色, 指示不同的工作状态, 方便操作人员及时了解系统的运行情况。

(6) 保护措施 采取硬件和软件保护措施, 比如消除抖动、按键回读等, 保证键盘的误操作不致引起严重后果。

5. 检测变送单元

工业过程的过程参数一般是非电量, 必须经过传感器变换为等效的电信号, 比如用热电偶把温度转化为电压信号; 用压力变送器把压力变换成电信号等。这些信号经过变送器转换成统一的标准信号 (0~5V 或 4~20mA)。检测变送单元精度的高低直接影响微型计算机控制系统的精度, 是计算机控制系统设计人员必须掌握的技术之一。

6. 执行机构

执行机构往往与被控对象连为一体, 控制各个参数的变化过程。比如在电加热炉温度控制系统中, 根据温度误差计算出的控制量经过 D/A 转换后, 通过调节加热炉的通电时间来控制温度的变化。在水位控制系统中, D/A 转换后的控制量通过调节进入容器的水流量来控制水位的变化。执行机构有电动、气动、液压等方式, 常用的有步进电动机、直流电动机、晶闸管等。

7. 网络设备

在分级分布式计算机控制系统中, 网络是非常重要的组成部分, 各级控制器通过网络交换数据, 传送信息。计算机控制系统中的网络结构分为两大类: 对等 (Peer-to-Peer) 式网络结构和客户机/服务器 (Client/Server) 结构。

通过网络和系统监控软件,可对系统进行远程监控。远程监控是指通过本地 Modem (调制解调器)、公用电话网、远端 Modem 来监控远端设备。

假设有图 1-3 所示的一个分布式网络测控系统,其中有 3 个用于采集数据和控制现场设备的现场控制站、1 个用于保存数据和连接整个系统的服务器、3 台对整个系统进行监视和管理的管理计算机。现场控制站 3、服务器、3 台管理计算机用传输控制协议/网际

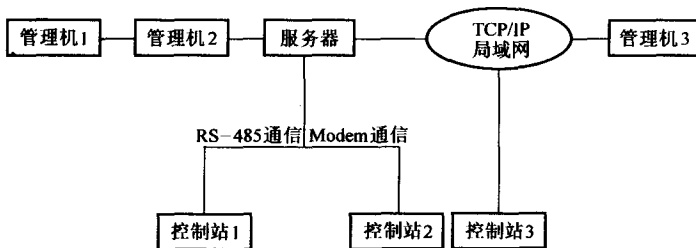


图 1-3 分布式网络测控系统结构

协议(TCP/IP)连接在一起,构成一个局域网,控制站 1 通过 RS-485 通信方式连接到服务器,控制站 2 通过 Modem 通信方式连接到服务器。

服务器、3 台管理计算机、控制站 3 都配置有网卡,通过集线器(Hub)把它们连接在一起。服务器上同时应配置 RS-485 通信转换卡和 Modem 通信卡,控制站 1 上配置 RS-485 通信转换卡,控制站 2 上配置 Modem 通信卡,分别通过通信电缆和电话线连接到服务器上。管理计算机上能实时显示所有检测点的数据和操作控制点的输出状态,所有要保存的数据都保存在服务器中。通过管理计算机可以查看历史数据和历史曲线,打印输出各种报表。

1.1.3 计算机控制系统的软件

计算机控制系统的硬件是完成控制任务的设备基础,软件是履行控制任务的关键,关系到计算机运行和控制效果的好坏以及硬件功能的发挥。所谓软件是指计算机的操作系统和各种应用程序的总和,比如操作、监控、管理、控制、计算、数据处理、数字滤波、自诊断等。软件分为系统软件和应用软件两大部分。

1. 系统软件

系统软件一般由计算机厂家提供,不需要用户自己设计。作为开发应用软件的工具,系统软件提供了计算机运行和管理的基本环境,包括以下内容:

(1) 监控程序或操作系统 监控程序是一种低级计算机的管理程序,主要功能是扫描键盘,实现人机对话,接收用户程序,并进行显示、调试、修改、故障诊断,显示和修改存储器的内容。系统通电后会进入监控程序,监控各种程序的运行。操作系统是计算机的一种高级的大型管理程序,是在监控程序的基础上进一步扩展许多控制程序形成的,主要功能是实现人机对话,管理计算机、操作台、显示器、存储器、打印机、磁盘驱动器、文件以及作业的进程等。比如 DOS、Windows、WindowsNT、UNIX 等。

(2) 汇编、解释和编译软件 汇编程序负责把汇编语言程序变为计算机可以识别的机器语言目标程序。解释程序可以把用某种语言编写的源程序,翻译成可执行的目标程序,翻译一句执行一句。编译程序把用高级语言编写的源程序,编译成某中间语言(比如汇编语言)或机器语言目标程序,比如 8051 汇编语言程序、C51、C96、PL/M、Turbo C、Borland C 等。



2. 应用软件

计算机控制系统的应用软件是面向生产过程的程序，一般由计算机控制系统的设计人员编写，包括数据采集、数据处理、数字滤波、标度变换、键盘显示、控制算法等。针对控制系统的控制功能，设计应用软件时应留有余地，便于扩充和修改。应用软件应采用模块化结构进行设计，一个模块就是一个子程序，通过子程序的调用实现控制功能。

不同的控制对象和不同的控制任务在软件组成上有很大的区别。在系统设计时，应该对系统的硬件和软件功能进行协调分配。确定了系统的硬件组成后，才能确定软件的配置。应用程序可以分为通用程序和专用程序两大类。

(1) 通用程序 通用程序在计算机控制系统中经常用到，主要包括数码转换程序，查表程序，函数运算程序，数据的巡回检测、数字滤波及标度变换程序，上下限检查及报警程序，数据处理程序等。

(2) 专用程序 专用程序是针对一个具体的控制系统和不同的控制规律编写的用户应用程序，主要有控制算法程序、输出控制程序、通信程序等。

计算机软件在传统工业控制领域中已经得到了广泛的应用，目前软件设计已成为计算机科学的一个独立分支，而且发展迅速，对计算机控制系统的发展也起到了促进作用。

1.2 计算机控制系统的分类

计算机控制系统与它所控制的生产过程的复杂程度密切相关，不同的控制对象和控制任务，对应着不同的控制系统。按照计算机参与控制的方式，从应用特点、控制目的以及采用的先进控制技术出发，计算机控制系统大致分为以下几种类型。

1.2.1 操作指导控制系统

操作指导控制系统指计算机的输出不直接用来控制生产对象，而只是对系统过程参数进行收集、加工处理，然后输出数据。操作人员根据这些数据进行必要的操作，其原理如图 1-4 所示。

操作指导控制系统的优点是结构简单，控制灵活安全，特别适用于未摸清控制规律的系

统，常常被用于计算机控制系统研制的初级阶段，或用于试验新的数学模型和调试新的控制程序等。由于需人工操作，故操作指导控制系统不适用于快速过程控制。

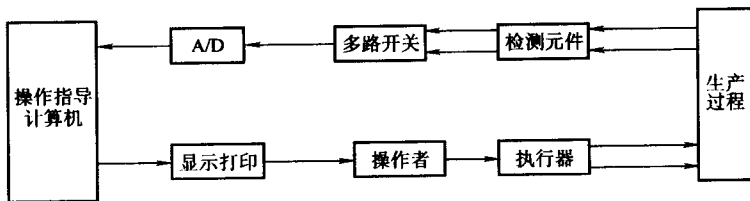


图 1-4 操作指导控制系统组成框图

1.2.2 直接数字控制系统

直接数字控制（Direct Digital Control, DDC）系统是计算机在工业控制领域中应用最为广泛的一种方式。由于计算机的运算速度比较快，而且不需要人工操作，所以一台计算机



可以巡回检测多个被控参数,按照控制规律计算出控制量后,分时控制各个执行机构,使被控参数稳定在设定值上,直接控制生产过程。其组成框图如图 1-5 所示。

直接数字控制系统的优点是灵活性大,可靠性高,用一台计算机可代替多个模拟调节器,成本较低,而且可以实现比较复杂的控制规律。其缺点是计算机直接承担所有的数据采集、处理、显示、报警、计算、控制等功能,对计算机的实时性、可靠性、稳定性要求较高,一旦计算机出现故障,整个系统就会瘫痪。

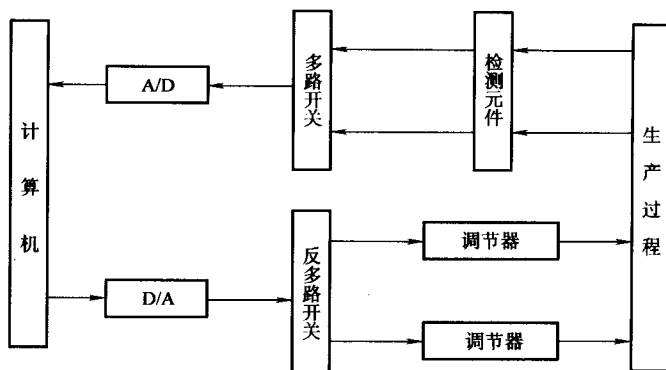


图 1-5 直接数字控制系统组成框图

1.2.3 计算机监督控制系统

在计算机监督控制 (Supervisory Computer Control, SCC) 系统中,计算机根据工艺参数和过程参量检测值,按照所设计的控制算法进行计算,计算出最佳设定值直接传给常规模拟调节器或者 DDC 计算机,最后由模拟调节器或 DDC 计算机控制生产过程。SCC 系统有两种类型,一种是 SCC 加上模拟调节器,另一种是 SCC 加上 DDC 的控制系统。计算机监督控制系统的组成框图如图 1-6 所示。

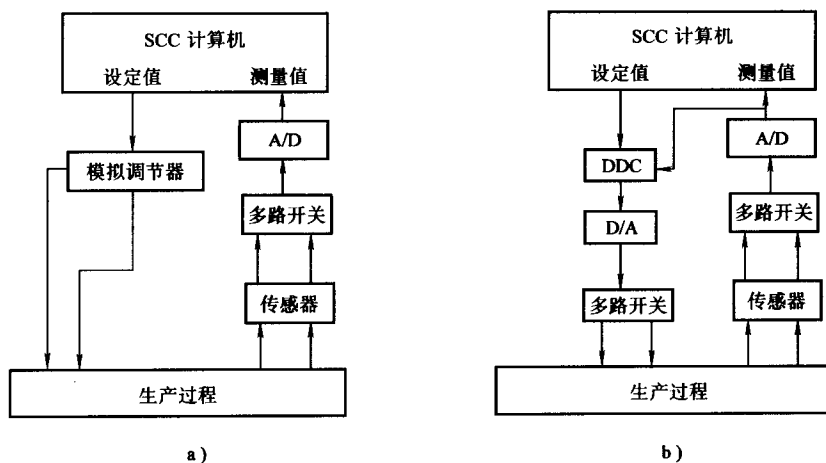


图 1-6 计算机监督控制系统组成框图

a) SCC+模拟调节器 b) SCC+DDC

1. SCC 加上模拟调节器的控制系统

这种类型的系统中,计算机对各过程参数进行巡回检测,并按一定的数学模型对生产工况进行分析、计算后得出被控对象各参数的最优设定值送给调节器,使工况保持在最优状



态。当 SCC 计算机发生故障时,可由模拟调节器独立执行控制任务。

2. SCC 加上 DDC 的控制系统

这是一种二级控制系统,SCC 可采用较高档的计算机,它与 DDC 之间通过接口进行信息交换。SCC 计算机完成工段、车间等高一级的最优化分析和计算,然后给出最优设定值,送给 DDC 计算机执行控制。

通常在 SCC 系统中,选用具有较强计算能力的计算机,其主要任务是输入采样和计算设定值。由于它不参与频繁的输出控制,有时间进行具有复杂规律的控制算式的计算。因此,SCC 系统能进行最优控制、自适应控制等,并能完成某些管理工作。SCC 系统的优点是不仅可进行复杂控制规律的控制,而且其工作可靠性较高,当 SCC 系统出现故障时,下级仍可继续执行控制任务。

1.2.4 分布式控制系统

分布式控制系统 (Distributed Control System, DCS),也称为集散控制系统 (Total Distributed Control System, TDCS),国内习惯简称 DCS,是相对于集中式控制系统而言的一种新型计算机控制系统。它采用分散控制、集中操作、分级管理、分而自治、综合协调的设计原则,利用新的控制方法、现场总线智能化仪表、专家系统、局域网等先进技术,把生产过程的自动控制与信息的自动化管理结合在一起,实现了管控一体化。分布式计算机控制系统采用分级分布式控制结构,用多台微处理器做下位机,分别控制生产过程中的多个控制回路;用工业控制计算机作为上位机,进行集中管理。因此在功能上把一个大型系统分割成许多小系统,每个小系统用独立的控制器进行控制,减小了计算机的控制范围,减轻了控制器的负担,使用更加灵活,提高了系统的可靠性。各个控制器之间通过网络交换信息,管理级计算机接收各个部门、车间发送的信息,并以此为依据,制定生产计划、销售计划、发展规划,发出各种命令,实现企业的集中管理。

1.2.5 现场总线控制系统

现场总线 (Field Bus) 是当今自动化领域发展的热点之一,它是一种应用于生产现场,在现场设备之间、现场设备和控制装置之间实行双向、串行、多节点数字通信的技术,被誉为自动化领域的计算机局域网。基于现场总线的分布式控制系统称之为现场总线控制系统 (FCS),是 DCS 之后的又一代计算机控制系统。

现场总线控制系统 (FCS) 与传统的分布式控制系统 (DCS) 相比,具有以下特点:

1. 开放的互连网络

现场总线控制系统采用开放式互连网络,既可与同层网络互连,还可实现网络数据库的共享,面向所有的产品制造商和用户。通过网络对现场设备和功能块统一组态,不同厂商的网络和设备融为一体,构成 FCS,用户可共享网络资源。

2. 分散的功能块

FCS 废除了 DCS 的输入/输出单元和控制站,把 DCS 控制站的功能块分散地分配到智能型现场仪表中,从而构成虚拟控制站。每个现场仪表作为一个智能节点,都带有 CPU 单元,可独立完成测量、变换、补偿、校正、调节、诊断以及数字通信等功能,通过网络协议把它们连接在一起统筹工作。由于功能块分散在多台现场仪表中,并可统一组态,用户可灵

活选择各功能块, 构成控制系统, 实现彻底的分散控制。任何一个节点出现故障, 只影响自身而不会威胁到其他节点的工作, 大大提高了系统的可靠性。

3. 设备的互操作性

现场设备或智能仪表种类繁多, 用户在设计系统时希望选择性价比高的产品, 对不同厂商的现场设备统一组态, 构成所需的控制回路, 形成统一的系统。FCS 中不同厂商的现场设备可互相操作, 突破了传统 DCS 产品互不兼容的缺点, 实现了“即接即用”, 用户可自由地集成 FCS。

4. 现场环境的适应性强

现场总线是针对现场工作环境而设计的, 可支持双绞线、光缆、射频、同轴电缆、红外线以及电力线等, 施工方便, 而且抗干扰能力比较强, 能采用两线制实现送电与通信, 并可满足安全防爆要求。

5. 功能强大, 节约资金

现场智能仪表能执行控制、报警、计算、测量、转换等多种功能, 因此不再需要单独的控制器、计算单元、变送器、信号调理、隔离等功能单元, 从而节省硬件投资。同时 FCS 的一对传输线可挂接多台仪表, 双向传输多个信号, 布线工程量比较小, 减少了设计、安装的工作量。与传统的 DCS 的主从结构相比, 仅布线工程一项即可节省 40% 的费用。

6. 设计简单, 容易维修

FCS 中的设备采用标准化、模块化结构, 不同厂商的产品可互相操作, 因此设计简单, 易于重构。现场的控制设备具备自诊断和简单故障的处理能力, 并且通过数字通信把相关信息送给控制室供用户查询, 以便即时分析产生故障的原因并快速排除, 缩短了维修时间。同时 FCS 结构简单, 连线较少, 减少了维修的工作量。

7. 系统的可靠性高

FCS 中的设备具备智能化、数字化的特点, 系统全部使用数字信号, 网络通信中采用了许多防止碰撞、检查纠错的技术措施, 提高了测量、通信的准确度, 减小了传送误差。同时连线减少, 结构简化, 分散控制, 减少了信号的往返传输, 提高了系统的可靠性。

国际电工委员会/国际标准化协会 (IEC/ISA) 从 1984 年开始着手现场总线的标准制定工作, 但是至今尚未形成统一的标准。由于技术和利益的原因, 世界上许多公司相继推出了自己的现场总线技术, 现场总线国际标准 IEC61158 中采用了 8 种协议标准以及其他一些现场总线。国际上存在的几十种现场总线标准中, 比较流行的有基金会现场总线 (Foundation Fieldbus, FF)、控制器局域网 (Controller Area Network, CAN)、DeviceNet、Lon-Works、Profibus 等。

现场总线技术是一项发展很快的新技术, 将带来工业控制的革命性飞跃。随着现场总线技术的不断完善, 能否出现全世界统一的现场总线标准成为自动控制领域关注的焦点问题。在不久的将来, 随着通信协议的逐步统一规范, 真正实现开放性和互操作性, FCS 必将得到广泛的应用。

1.2.6 嵌入式系统

嵌入式系统 (Embedded System) 诞生至今, 已有 30 多年的历史。依据英国电机工程师协会的定义, 嵌入式系统为控制、监视或辅助设备、机器或者工厂运作的装置, 它是一种