应用型本科 电气工程及自动化专业“十三五”规划教材

计算机控制系统基础

主　编　童东兵
副主编　陈巧玉

- 内容新颖：新知识、新技术、新工艺
- 特色鲜明：突出“应用、实践、创新”
- 定位准确：面向工程技术型人才培养
- 质量上乘：应用型本科专家全力打造

西安电子科技大学出版社
http://www.xduph.com

应用型本科 电气工程及自动化专业“十三五”规划教材

计算机控制系统基础

主　编　童东兵
副主编　陈巧玉

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共8章，内容分别为计算机控制系统概述、过程输入/输出通道、数字程序控制技术、计算机控制系统的数学模型、数字控制器的设计、抗干扰技术、计算机网络控制技术、计算机控制系统设计。

本书编写力求反映应用型本科的要求和工科专业的教学特点，内容由浅入深、循序渐进、通俗易懂，基本概念和基本知识的解释准确清晰，计算机控制技术的说明简明扼要、重点突出（重点包括计算机控制系统的组成、数学模型的建立及数字控制器的连续化和离散化设计），注重将计算机的硬件和软件设计有机地结合起来，并且特别注意以形象直观的形式来配合文字表述，以帮助读者掌握计算机控制技术的主要内容。

本书可供不同层次的读者选用，既可作为高等院校工科相关专业的本科教材，也可供各类工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制系统基础/童东兵主编. —西安：西安电子科技大学出版社，2019.3
ISBN 978-7-5606-5153-8

① 计… Ⅱ. ① 童… Ⅲ. ① 计算机控制系统 Ⅳ. ① TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 280663 号

策划编辑　马乐惠
责任编辑　文瑞英　马乐惠
出版发行　西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)
电　　话　(029)88242885　88201467　　邮　　编　710071
网　　址　www.xduph.com　　电子邮箱　xdupfxb001@163.com
经　　销　新华书店
印刷单位　咸阳华盛印务有限责任公司
版　　次　2019 年 3 月第 1 版　2019 年 3 月第 1 次印刷
开　　本　787 毫米×1092 毫米　1/16　印张 11.5
字　　数　268 千字
印　　数　1～3000 册
定　　价　27.00 元
ISBN 978-7-5606-5153-8/TP
XDUP　5455001-1

＊＊＊如有印装问题可调换＊＊＊
本社图书封面为激光防伪覆膜，谨防盗版。

前　言

随着现代生产过程复杂性与集成化程度的增加，计算机控制系统在生产中已成为不可或缺的部分。这要求从事自动控制的研究人员和工程技术人员在掌握生产工艺流程原理和自动控制原理的同时，也必须掌握计算机控制系统相关的硬件、软件、通信、网络技术等多方面的专门知识与技术。这样不但能分析和应用，也能设计并实施满足工业生产过程需要的计算机控制系统。

“计算机控制技术”是我国高校自动化、电气工程及自动化、计算机应用、机电一体化等专业的主干课程。计算机控制技术是研究自动控制理论和计算机技术如何应用于生产自动化过程的专业技术。计算机控制技术是一门综合技术，涉及控制理论、控制算法、计算机接口、计算机软件、电子技术等。作为应用型本科教材，本书略去了难度大、不实用的内容，增加了一些实用技术，体现出了应用特色。本书没有过多地涉及具体的软件编程和算法，着重于建立学生对计算机控制系统的整体概念，培养学生对计算机控制系统的设计能力。本书通过计算机控制系统的实例来加强对有关技术的理解，同时尽量做到重点突出、层次分明、条理清楚，便于教学和自学。

全书分为 8 章。第 1 章阐述了计算机控制系统的概念、组成、分类、控制规律以及工业控制计算机和 MATLAB 软件。第 2 章介绍了过程输入/输出通道，包括模拟量输入通道、模拟量输出通道、数字量输入通道和数字量输出通道。第 3 章介绍了数字程序控制技术，包括数字程序控制、步进电动机控制技术和伺服电机。第 4 章介绍了计算机控制系统的数学模型，包括数学模型的建立、计算机控制系统的状态空间模型、计算机控制系统的时域模型、计算机控制系统的频域模型和 MATLAB 实例仿真。第 5 章介绍了数字控制器的连续化和离散化设计，包括数字控制器的连续化设计步骤、数字 PID 控制器的设计、史密斯预估器的设计、数字控制器的离散化设计、最少拍随动系统的设计和最少拍无纹波随动系统的设计。第 6 章介绍了抗干扰技术，包括干扰的来源与传播途径、干扰的作用形式、硬件抗干扰措施和软件抗干扰措施。第 7 章介绍

目　录

第 1 章　计算机控制系统概述 …… 1

1.1　计算机控制系统的一般概念 …… 2

1.1.1　计算机控制系统的发展过程 …… 2

1.1.2　计算机控制系统的基本结构 …… 2

1.1.3　计算机控制系统的特点 …… 3

1.2　计算机控制系统的组成 …… 4

1.2.1　计算机控制系统的硬件 …… 4

1.2.2　计算机控制系统的软件 …… 5

1.2.3　计算机控制系统的通信网络 …… 5

1.3　计算机控制系统的分类 …… 7

1.3.1　操作指导控制系统 …… 7

1.3.2　直接数字控制系统 …… 8

1.3.3　监督计算机控制系统 …… 8

1.3.4　集散控制系统 …… 10

1.3.5　现场总线控制系统 …… 10

1.4　计算机控制系统的控制规律 …… 11

1.5　工业控制计算机 …… 12

1.5.1　控制计算机的主要类型 …… 12

1.5.2　工控机的组成与特点 …… 15

1.5.3　工控机的总线结构 …… 18

1.6　MATLAB 软件介绍 …… 24

1.6.1　编程环境 …… 24

1.6.2　Simulink 仿真模块 …… 25

小结 …… 28

习题 …… 28

第 2 章　过程输入/输出通道 …… 29

2.1　概述 …… 29

2.2　模拟量输入通道 …… 32

2.2.1　信号处理电路 …… 32

2.2.2　多路模拟开关 …… 33

2.2.3　前置放大器 …… 34

2.2.4 采样保持器 …… 35
2.2.5 A/D 转换器 …… 36
2.3 模拟量输出通道 …… 39
2.3.1 多路模拟量输出通道的结构形式 …… 39
2.3.2 D/A 转换器 …… 40
2.3.3 D/C 转换器输出方式 …… 43
2.3.4 D/A 转换通道的设计 …… 46
2.4 数字量输入通道 …… 47
2.5 数字量输出通道 …… 49
小结 …… 52
习题 …… 53
第 3 章 数字程序控制技术 …… 54
3.1 数字程序控制 …… 54
3.1.1 数字程序控制基础 …… 54
3.1.2 数字程序控制系统分类 …… 55
3.2 步进电动机控制技术 …… 56
3.2.1 步进电动机的工作原理 …… 56
3.2.2 步进电动机的工作方式 …… 59
3.3 伺服电机 …… 60
3.3.1 直流伺服电动机 …… 60
3.3.2 交流伺服电动机 …… 62
小结 …… 62
习题 …… 63
第 4 章 计算机控制系统的数学模型 …… 64
4.1 计算机控制系统数学模型的建立 …… 65
4.2 计算机控制系统的状态空间模型 …… 66
4.3 计算机控制系统的时域模型 …… 70
4.3.1 线性常系数微分方程 …… 70
4.3.2 线性常系数差分方程 …… 71
4.4 计算机控制系统的频域模型 …… 72
4.4.1 Z 变换法解差分方程 …… 72
4.4.2 连续时间系统的传递函数 …… 73
4.4.3 离散时间系统的传递函数 …… 73
4.5 MATLAB 实例仿真 …… 76
小结 …… 78
习题 …… 78
第 5 章 数字控制器的设计 …… 79
5.1 数字控制器的连续化设计步骤 …… 80

5.2 数字 PID 控制器的设计 …… 84
5.2.1 PID 控制规律的特点 …… 84
5.2.2 PID 控制规律的数字化实现算法 …… 87
5.2.3 MATLAB 仿真确认被控对象参数 …… 88
5.3 史密斯预估器的设计 …… 91
5.4 数字控制器的离散化设计 …… 94
5.5 最少拍随动系统的设计 …… 95
5.6 最少拍无纹波随动系统的设计 …… 100
小结 …… 104
习题 …… 104
第 6 章 抗干扰技术 …… 105
6.1 干扰的来源与传播途径 …… 106
6.1.1 干扰的来源 …… 106
6.1.2 干扰的传播途径 …… 107
6.2 干扰的作用形式 …… 108
6.2.1 串模干扰 …… 108
6.2.2 共模干扰 …… 109
6.3 硬件抗干扰措施 …… 109
6.3.1 串模干扰的抑制 …… 109
6.3.2 共模干扰的抑制 …… 111
6.3.3 长线传输干扰的抑制 …… 114
6.3.4 信号线的选择与敷设 …… 116
6.4 软件抗干扰措施 …… 117
6.4.1 软件出错对系统的危害 …… 117
6.4.2 数字滤波方法 …… 117
6.4.3 输入/输出软件抗干扰措施 …… 120
6.4.4 程序运行失常的软件抗干扰 …… 121
小结 …… 125
习题 …… 125
第 7 章 计算机网络控制技术 …… 126
7.1 计算机网络基础 …… 126
7.1.1 网络拓扑结构 …… 127
7.1.2 OSI 参考模型 …… 128
7.1.2 IEEE 802 标准 …… 130
7.2 集散控制系统 …… 131
7.2.1 集散控制系统的概念 …… 131
7.2.2 集散控制系统的特点 …… 133

7.3 现场总线控制系统 …… 133
7.3.1 现场总线控制系统的特点 …… 134
7.3.2 现场总线控制系统的组成 …… 135
7.4 以太网控制系统 …… 137
7.4.1 控制网络系统的概念 …… 137
7.4.2 以太网控制系统的组成 …… 139
小结 …… 140
习题 …… 141
第 8 章 计算机控制系统设计 …… 142
8.1 控制系统设计的原则与步骤 …… 143
8.1.1 设计原则 …… 143
8.1.2 系统设计的步骤 …… 143
8.2 系统的工程设计和实现 …… 145
8.2.1 系统总体方案设计 …… 145
8.2.2 硬件的工程设计和实现 …… 145
8.2.3 软件的工程设计和实现 …… 147
8.2.4 系统的调试与运行 …… 147
8.3 基于单片机的语音温度计 …… 148
8.3.1 工程概述 …… 148
8.3.2 系统总体方案设计 …… 148
8.3.3 硬件设计 …… 149
8.3.4 软件设计 …… 154
8.3.5 系统调试 …… 158
8.4 电阻炉温度控制系统 …… 159
8.4.1 系统总体描述 …… 159
8.4.2 硬件系统设计 …… 160
8.4.3 控制系统设计 …… 165
8.4.4 系统软件设计 …… 168
8.4.5 系统的实际控制效果 …… 169
小结 …… 171
习题 …… 171
附录 …… 172
Z 变换的性质 …… 172
拉普拉斯变换 …… 173
拉普拉斯变换的常用定理 …… 174
参考文献 …… 175

第 1 章　计算机控制系统概述

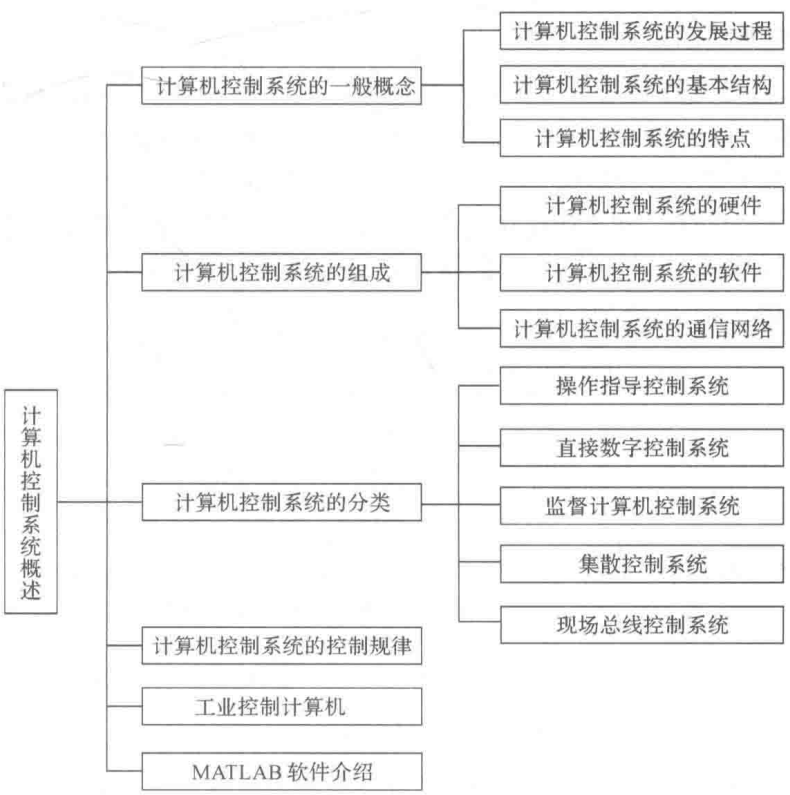
教学提示

随着计算机技术、自动控制理论、仪器传感器技术、微电子技术、通信网络等的不断发展，计算机控制技术在深度和广度两个方面得到了进一步的发展，其自动化程度越来越深入，大量的控制技术与算法被开发了出来。在深度方面，计算机控制技术向人工智能发展，深度学习作为一个越来越火热的概念被重视起来，成果丰硕。在广度方面，国民经济的各个领域都广泛采用计算机控制，其控制的对象也从单一的局部控制发展到对整个工厂的控制。特别是智能化，在家居、医疗、工控、建筑等方面从单一技术逐渐发展为一类技术的综合运用，其应用越来越广。

教学要求

通过本章学习，要求掌握计算机控制系统的基本概念，对计算机控制系统有初步的认识，能够对计算机控制规律和 MATLAB 有一定了解。

知识结构



本章主要讲解计算机控制系统的基本概念，包括其系统组成、工业控制计算机的组成结构、计算机控制系统的发展概况和趋势，使读者对本书的内容有一个基本的认识，为后续章节的学习奠定必要的基础。

1.1 计算机控制系统的一般概念

1.1.1 计算机控制系统的发展过程

计算机控制技术从20世纪60年代开始起步。起初计算机的作用是控制调节器的设定点，具体的操作由电子调节器完成，被称为计算机监控系统，这种系统既有计算机又有调节器，非常复杂。到了60年代的末期，出现了计算机集中控制系统。这种控制系统使用一台计算机对一个机组或者一个车间的生产进行控制。这种系统在兼顾操作处理的同时，通过PID等算法将被控量稳定在理想的工作状态上，也就是常说的直接数字控制系统。对于当时而言，这种规模小、自动化程度不高的系统在大量顺序控制和逻辑判断操作的情况下有良好的控制效果。

到了20世纪70年代，大规模集成电路的出现为集散控制系统的出现奠定了基础。1975年，美国的霍尼韦尔(Honeywell)提出了以微处理器为基础的总体分散控制系统，其特点为集中管理、分散控制，因此也叫集散控制系统。这种系统是从综合自动化的角度出发，按照集中协调、分散功能的原则开发的新型控制系统，具有高实时性、高可靠性的优点，在生产管理、数据采集和过程控制等方面得到了广泛应用。

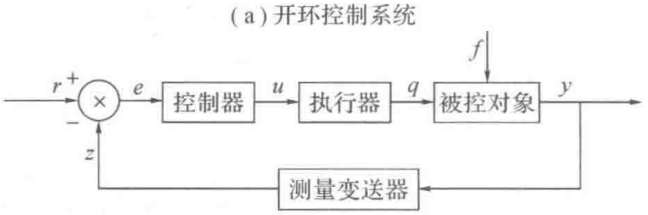
1.1.2 计算机控制系统的基本结构

1. 自动控制系统的定义和分类

通常来说，自动化控制是指不需要人亲手操作机器或者结构，利用畜力以外的能源来实现期望的功能。从狭义的方面来讲，自动化控制是相对于人工控制，以生化、计算机、水力、机械等知识为基础，设计机构来减轻或替代人力，简化操作流程的机制。控制器是为了达到系统要求所采用的装置，常采用机械机构或者电气方式。其控制对象可以是机器，也可以是压力、温度等外部环境。一个自动控制系统在结构上可以分为开环控制系统和闭环控制系统两种，其结构如图1-1所示。



(a)开环控制系统



(b)闭环控制系统

图1-1 自动控制系统结构

开环控制是指控制器根据给定程序驱动执行器控制被控对象，其信号传递为单向，不涉

及测量被控对象。举个例子：灯的亮起与熄灭，在开关按下的一瞬间，对灯的控制活动已经结束。灯是否亮起、亮度如何，对整个开关活动并无影响。可见，开环控制结构简单，但无法自动消除偏差，其控制性能较差。

闭环控制系统是指根据控制对象的输出反馈来进行矫正的控制方式。常见的闭环控制系统有正反馈和负反馈两种基本形式。从反馈实现方式来看，正反馈与负反馈属于算术意义上的“加减”反馈，即输出量反馈至输入端，与输入量进行加减整合之后形成新的输入量。通常来说，被控量可以是温度、压力等物理量，经过信号转换反馈到控制器之中形成新的输入，控制器将输入按照一定的控制规律产生相应的控制信号以控制执行器工作。执行器的操控使得被控对象产生了一定变化，如此循环往复，所以被称为闭环控制系统。

2. 计算机控制系统

计算机控制系统就是利用计算机来实现生产过程自动控制的系统。它主要由控制计算机(工控机)和生产过程两大部分组成。

图 1-1(b)中控制器的功能采用计算机来实现，被称为计算机闭环控制系统。由于计算机采用数字信号，仪表传递模拟信号，因此需要使用 A/D 转换器将模拟量转换为数字量输入。执行器多采用模拟信号，需要使用 D/A 转换器将控制器的数字控制信号转换为模拟信号并输入至执行器。计算机控制系统基本结构框图如图 1-2 所示。

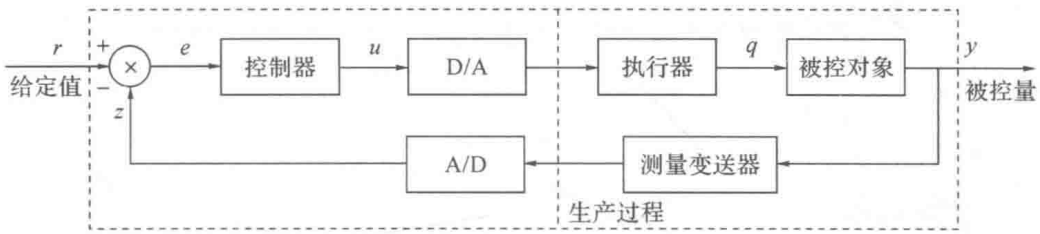


图 1-2　计算机控制系统基本结构框图

3. 计算机控制系统的执行控制

计算机控制系统的执行控制过程如下：

(1) 实时数据采集：采集来自测量变送器的被控量的瞬时值并且完成检测与输入，通常使用 A/D 转换器或者数字量输入(Digital Input，DI)通道完成。

(2) 实时数据处理：通常由数字控制器完成这一过程。通过对采集到的信号进行分析、比较和处理，按一定的控制规律进行运算，得出控制量，决定要采取的控制策略。

(3) 实时输出控制：根据上一步得出的控制策略，产生相应的控制信号，发送给执行器，从而实现控制任务，此处使用 D/A 转换器或者数字量输出(Digital Output，DO)通道完成。

不断重复上述过程，使整个系统按照一定的指标进行工作，并对被控量和设备本身的异常现象及时作出反应并处理。

1.1.3　计算机控制系统的特点

随着自动控制技术的不断发展，人们越来越多地使用计算机来实现控制功能。计算机控制简单来说就是计算机技术与自动化技术、通信网络技术的组合。因此，计算机控制可

以使用软件来实现复杂的控制运算，从而取代模拟控制；能够对系统的运行状态进行显示、存储；对于异常运行状态，能够监控并报警；能够实现多种控制规律，多计算机、多工作组之间能够实现组网，实现信息的相互流通。

1.2 计算机控制系统的组成

计算机控制系统可以分为计算机硬件、控制软件和通信网络三个组成部分。

1.2.1 计算机控制系统的硬件

以微型计算机为例，典型的计算机控制系统硬件组成如图 1-3 所示。

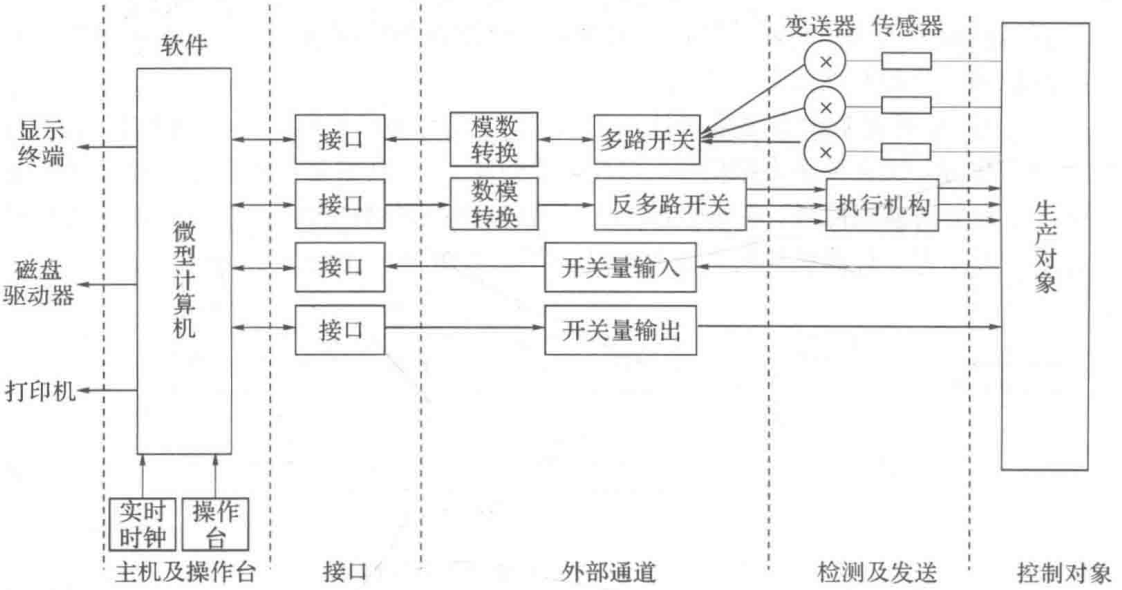


图 1-3 微型计算机控制系统的硬件组成框图

1. 主机及操作台

组成：中央处理器(CPU)、内部存储器(RAM 和 ROM)、显示器等。

作用：根据输入通道送来的被控对象的状态参数，进行信息处理、分析、计算，作出控制决策，通过输出通道发出控制命令，显示系统运行状态，便于操作人员输入或修改参数和发送指令。

2. I/O

I/O 接口电路由输入、输出通道，信号检测和相应的发送装置等组成，实现主机和控制对象的关键信息交换。

常见的输入、输出接口有并行接口、串行接口等。输入和输出通道包括模拟输入和输出通道以及数字输入和输出通道。检测装置将检测到的物理量转换成电信号，并将其转换成适合计算机输入的标准信号。

3. 外部设备

外部设备按功能可分成三类：输入设备、输出设备和外部存储器。

常用的输入设备有键盘、鼠标、画板等，用于实现指令与数据的输入。

常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。输出设备主要用来把各种信息和数据以曲线、字符、数字等形式显示出来，便于操作人员进行控制。

外部存储器有 U 盘、光盘、移动硬盘等，用于程序和数据的移动、存储。

1.2.2　计算机控制系统的软件

软件是计算机中使用的所有程序的总称。软件通常可分为系统软件和应用软件。

1. 系统软件

系统软件是供用户使用、维护和管理计算机的一类程序，它具有一定的通用性。

系统软件由操作系统、语言加工系统和诊断系统组成。

1）操作系统

操作系统是对计算机本身进行管理和控制的一种软件。计算机自身系统中的所有硬件和软件统称为资源。从功能上看，可把操作系统看作资源的管理系统，用来实现对处理器、内存、设备以及信息的管理，例如对上述资源的分配、控制、调度、回收等。

2）语言加工系统

语言加工系统用于将用户编写的源程序转换成计算机能够执行的机器代码(目的程序)。语言加工系统主要由编辑程序、编译程序、连接和装配程序、调试程序及子程序库组成。

3）诊断系统

诊断系统是用于维修计算机的软件。

2. 应用软件

应用软件是用户为了完成特定的任务而编写的各种程序的总称，包括控制程序、数据采集及处理程序、巡回检测程序、数据管理程序等。控制程序主要实现对系统的调节和控制，它依据各种控制算法和被控对象的具体情况来编写，并保证满足系统的性能指标。在数据采集及处理程序中，数据可靠性检查程序用来检查是可靠输入数据还是故障数据；数字滤波程序用来滤除干扰造成的错误数据或不宜使用的数据；线性化处理程序对检测元件或变送器的非线性特性用软件进行补偿。在巡回检测程序中，数据采集程序用于完成数据的采集和处理；越限报警程序用于在生产中某些量超过限定值时进行报警；事故预告程序用于根据限定值检查被控量的变化趋势，若被控量超过限定值，则发出事故预告信号；画面显示程序是用图、表在 CRT 上形象地反映生产状况的程序。数据管理程序用于生产管理，主要包括统计报表程序，产品销售、生产调度及库存管理程序，产值利润预测程序等。

1.2.3　计算机控制系统的通信网络

计算机控制系统通信网络即网络化的计算机控制，它已成为当今自动化领域技术发展的热点。

计算机控制系统通信网络的主要特点有：高实时性和良好的时间确定性；传送的信息多为短帧信息，且信息交换频繁；容错能力强，可靠性、安全性好；控制网络协议简单实用，工作效率高；结构具有高度分散性；具有控制设备的智能化和控制功能的自治性；与信

息网络之间有高效的通信，易于实现与信息网络的集成。

下面列举一些计算机控制系统常见的总线。

1. RS-232C 总线

RS-232 是一种串行外部接口标准，专门用于数据终端设备(Data Terminal Equipment，DTE)和数据通信设备(Data Communication Equipment，DCE)之间的串行通信，是 1969 年由美国电子工业协会(Electronic Industry Association，EIA)制定的串行数据通信标准。RS(Recommended Standard)是推荐标准，232 是标志号，C 代表 RS-232 第三次修改，之前还有 RS-232A、RS-232B 版。

目前 RS-232C 是计算机系统中最常用的串行接口标准，常被用于实现计算机与计算机之间、计算机与外设之间的同步通信或异步通信。采用 RS-232C 进行串行通信时，通信距离可达 12 m，传输数据的速率可任意调整，最高可达 20 kb/s。

现在的计算机一般至少有两个 RS-232 串行口(COM1 和 COM2)，通常 COM1 使用的是 9 针 D 形连接器，COM2 使用的是老式的 DB25 针连接器。RS-232C 既是协议标准，又是电气标准，它描述了在终端和通信设备之间信息交换的方式和功能。

然而，RS-232C 仍然存在一些不足：

① 数据传输速率局限于 20 kb/s；

② 传输距离较短；

③ 该标准没有规定连接器，因而设计方案不尽相同，且有时互不兼容；

④ 每个信号只有一根导线，两个传输方向共用一个信号地线；

⑤ 接口使用不平衡的发送器和接收器，可能在各信号成分间产生干扰。

2. RS-485 总线

RS-485(也叫 EIA-485)是隶属于 OSI 模型物理层的半双工、多点通信标准。与 RS-232不同，RS-485 采用缆线两端电压差来传递信号，采用双绞线高电压差分平衡传输。因此 RS-485 比 RS-232 具有更强的抗干扰能力和更长的传输距离。

RS-485/422 总线最大的通信距离约为 1219 m，最大传输速率为 10 Mb/s，传输速率与传输距离成反比。在 100 kb/s 的传输速率下，才可以达到最大的通信距离。RS-485 总线网络一般采用终端匹配的总线型结构，即采用一条总线将各个节点串接起来，不支持环型或星型网络。

3. MODBUS 总线

MODBUS 总线是 MODICON 公司为该公司生产的 PLC 设计的一种通信协议，从其功能上看，可以认为它是一种现场总线。它通过 24 种总线命令实现 PLC 与外界的信息交换，具有 MODBUS 接口的 PLC 可以很方便地进行组态。工控自动化的快速发展，使 MODBUS 总线得到了广泛应用。

MODBUS 总线的特点如下：

(1) 应用广泛：凡具有 RS-232/485 接口的 MODBUS 协议设备都可以使用它实现与现场总线 PROFIBUS 的互联。

(2) 应用简单：用户不必了解 PROFIBUS 和 MODBUS 的技术细节，只需参考产品使用手册提供的应用实例，根据要求完成配置，不需要复杂的编程，即可在短时间内实现连

接通信。

(3) 透明通信：用户可以依照 PROFIBUS 通信数据区和 MODBUS 通信数据区的映射关系，实现 PROFIBUS 到 MODBUS 之间的数据透明通信。

MODBUS 总线被广泛应用于仪器仪表、智能高低压电器、变送器、可编程控制器、人机界面、变频器、现场智能设备等诸多领域。

4. CAN 总线

CAN(Controller Area Network)总线由德国 BOSCH 公司开发，是经过 ISO 标准化后的串行通信协议，目前已经是汽车网络协议的国际标准，被应用在工业生产的各个方面。

CAN 协议最大的特点是不使用传统的站地址编码，取而代之的是对数据块进行改变。其优点是在理论上不存在节点个数的限制，不同的节点可以同时接受相同的数据，这一点尤其适用于分布式控制系统。

1.3　计算机控制系统的分类

工业用计算机控制系统与其所控制的生产过程的复杂程度密切相关，对于不同的控制对象和不同的控制要求，应该使用不同的控制方案。根据控制方式的不同，工业用计算机控制系统可分为开环控制和闭环控制；根据控制规律的不同，工业用计算机控制系统可分为程序和顺序控制、PID 控制、智能控制等。按照控制功能和控制目的，可将计算机控制系统分为以下几种类型。

1.3.1　操作指导控制系统

操作指导控制(Operational Guidance Control，OGC) 系统又称开环计算机监控系统，是一种基于数据采集系统的开环结构。操作指导控制系统可被看作是由仪表控制的手动与半自动工作状态。通过过程输入通道，检测量被输入到计算机，计算机根据相应的数学模型得出最优的操作条件。但是，输出不会直接作用于执行机构，而是通过显示或者打印的方式呈献给操作人员，操作人员据此去改变各个控制器的给定值或操作执行器，以达到操作指导的目的。操作指导控制系统的结构如图 1-4 所示。

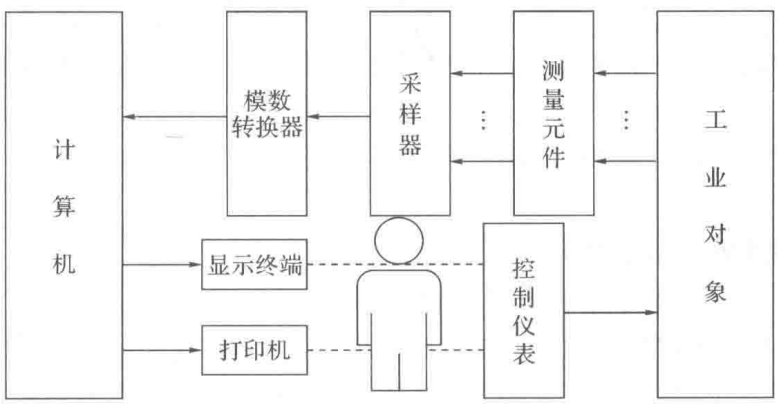


图 1-4　操作指导控制系统的结构

操作指导控制系统的优点是结构简单，控制灵活。一台计算机可代替大量常规显示和记录仪表，对整个生产过程进行集中监视，从而可得到更精确的结果，对指导生产过程十分有利。其缺点是要由人来操作，控制速度受到限制，不能同时控制多个回路。

1.3.2 直接数字控制系统

直接数字控制(Direct Digital Control，DDC)系统在工业过程中的应用最为广泛，它属于闭环控制结构。DDC 系统用一台计算机就能完成对被控参数的数据的巡回检测；先将检测结果与设定值进行比较，再根据一定的控制规律(如 PID 规律)完成实时决策，然后经过程输出通道发出控制信号，实现对生产的控制。DDC 系统结构图如图 1-5 所示。

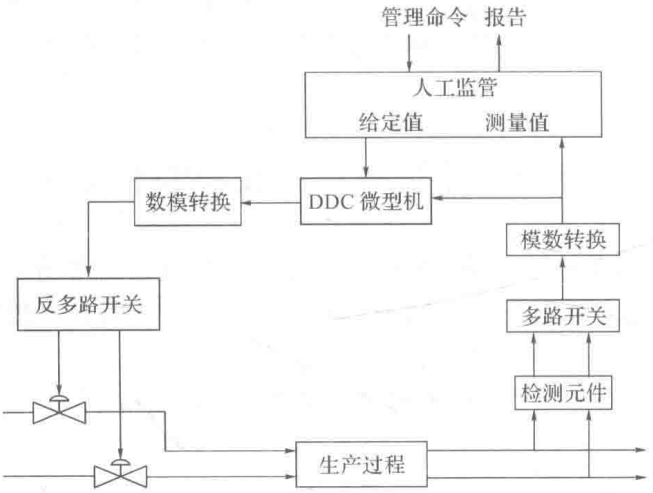


图 1-5 DDC 系统结构图

DDC 系统中的一台计算机不仅完全取代了多个模拟调节器，而且对于各个回路的控制方案，无需对硬件进行改变，只要改变程序就能有效地实现各种各样的复杂控制。直接数字控制系统是计算机用于工业过程控制最普遍的一种方式。

1.3.3 监督计算机控制系统

监督计算机控制(Supervisory Computer Control，SCC) 又称设定值控制(Set Point Control，SPC)。SCC 系统是将操作指导控制系统和直接数字控制系统结合起来的一种较为高级的控制系统。计算机根据原始工艺信息和其他参数，按照相应的数学模型与算法，得出适于生产过程的参数，并将其输入到生产控制器中，从而实现生产的自适应与最优化控制。

SCC 有两种不同的结构形式，一种是 SCC＋模拟调节器控制系统，另一种是 SCC＋DDC 控制系统。

1. SCC＋模拟调节器控制系统

图 1-6 是 SCC＋模拟调节器控制系统。这种结构通过对工业对象的各个物理量的巡回检测，使计算机按生产过程的数学模型进行计算，从而得出适应于生产的最佳参数，并反馈给模拟调节器。模拟调节器在分析计算后再将结果输出至执行机构，从而完成一次生产过程的控制。SCC＋模拟调节器控制系统也可以根据工作状态的变化，不断地修正给定值，从而实现自适应控制。

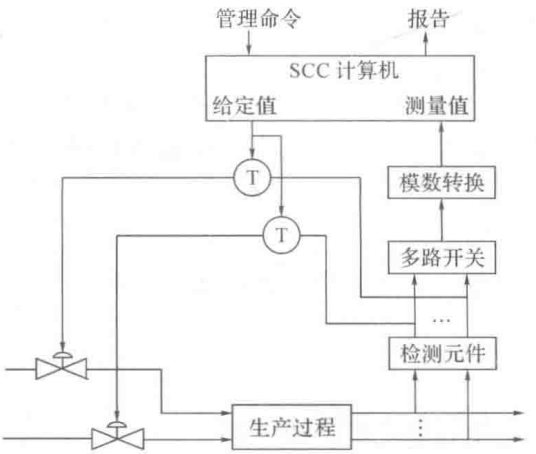


图 1－6　SCC＋模拟调节器控制系统

2. SCC＋DDC 控制系统

图 1－7 是 SCC＋DDC 控制系统。这种结构可被看成是一种二级控制系统，SCC 作为监督级实现参数的运算，通过接口直接将信息送给 DDC，从而直接控制生产过程。

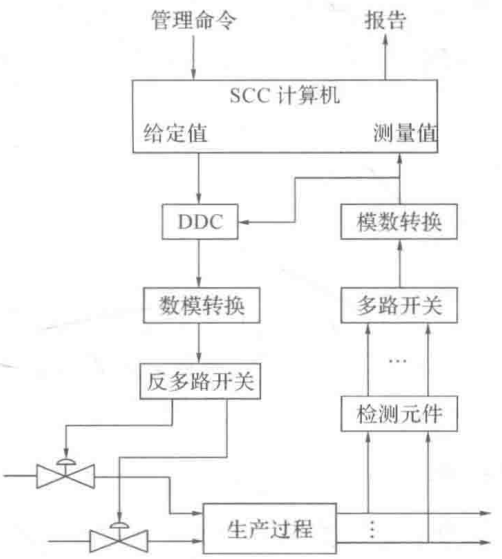


图 1－7　SCC＋DDC 控制系统

当 DDC 级计算出现故障时，可由 SCC 级计算代替，因而极大地提高了系统的可靠性。OGC、DDC、SCC 这三种控制系统的比较如表 1－1 所示。

表 1－1　OGC、DDC、SCC 比较

比较项 / 系统类别	结构特点	计算机功能	给定值	系统状态
OGC	输入通道	处理数据	人工操作	
DDC	输入/输出通道	直接参与控制	预先设定	不在最优工况
SCC	两极计算机	直接参与控制	在线修改	最优工况