

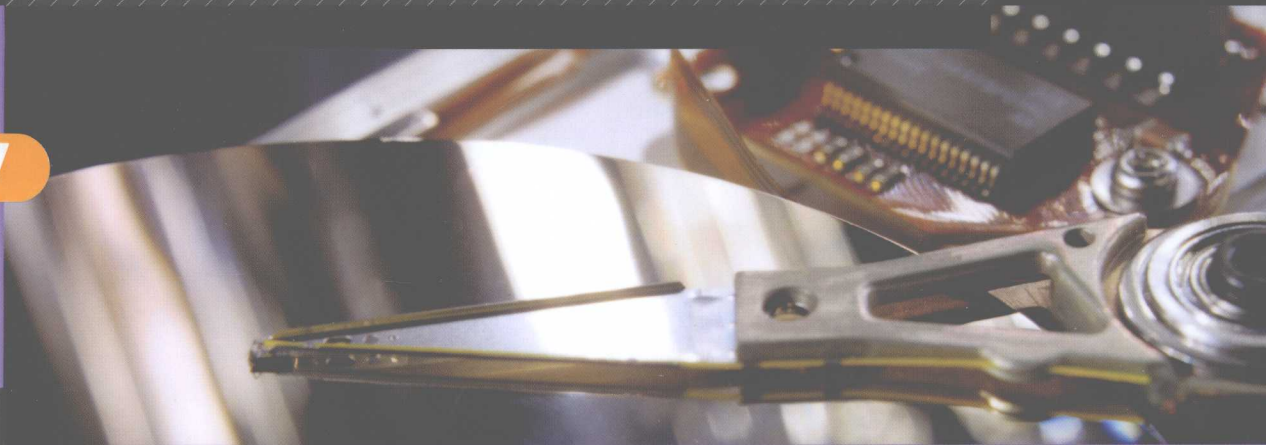


21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材
21 century institutions of higher learning materials of Electrical Engineering and Automation Planning

Computer Control Technology

计算机控制技术

曹佃国 王强德 史丽红 主编
武玉强 刘常春 主审



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

013044104



21 世纪高等院校电气工程与自动化规

21 century institutions of higher learning materials of Electrical Engineering and Autr

TP273-43

173

Computer Control Technology

计算机控制技术

曹佃国 王强德 史丽红 主编

武玉强 刘常春 主审



北航

C1647068

TP273-43

173

人民邮电出版社

北京

101330810

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机控制技术 / 曹佃国, 王强德, 史丽红主编

— 北京: 人民邮电出版社, 2013.5

21世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

ISBN 978-7-115-31160-3

I. ①计… II. ①曹… ②王… ③史… III. ①计算机控制—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第068995号

内 容 提 要

本书从工程实际应用的角度出发,注重基础性、系统性和实用性,较深入地介绍计算机控制系统的基础知识及分析和设计方法。作者在多年教学与科研实践经验的基础上,删除了内容高深而实际应用不多的控制技术,增加了大量的 MATLAB 仿真实例,并充实了计算机控制领域最新的技术理论和方法及作者的部分科研成果。全书共分 10 章,包括计算机控制系统的概述,工业控制计算机,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,数字控制器的连续化设计,数字控制器的离散化设计,计算机控制系统的应用软件,计算机控制系统设计,计算机控制网络技术等内容。

本书可作为高等院校自动化、电子与电气工程、测控技术与仪器、机电一体化、计算机应用等专业的教材,也可作为相关领域工程技术人员的参考书或培训教材。

21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

计算机控制技术

-
- ◆ 主 编 曹佃国 王强德 史丽红
 - 主 审 武玉强 刘常春
 - 责任编辑 李海涛
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17 2013 年 5 月第 1 版
字数: 421 千字 2013 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-31160-3

定价: 36.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

现代计算机技术、网络通信技术和自动控制理论技术的迅猛发展,使人类社会进入了信息化时代,使得工业自动化领域与其他科学技术领域一样,得到了蓬勃发展。目前,几乎所有的工业自动化系统都是计算机控制系统,在国民经济、工业生产、生活和国防建设等各个领域得到了广泛应用。

根据自动化相关专业课程体系改革的需要,本书作者在多年工程、教学、科研工作经验的基础上,对“计算机控制”课程结构进行了深入细致的研究,兼顾理论基础与实际应用,突出系统性和实践性,并充实了计算机控制领域最新的技术理论和方法;剔除原有教材里面与前序课程重复的内容(如单片机、PLC等),增加前序课程没有的内容(如工控机);删除内容高深、实际应用不多而且学生不易接受的模糊控制等控制技术,节省课时,降低课程难度;增加计算机控制系统的数学基础与建立数学模型一章,保证了本学科课程体系在知识结构上的连贯性;将“控制计算机”广义化,包括单片机、工控机、PLC、DSP、ARM等,第9章系统设计举例针对学生实际,采用了不同的“控制计算机”;紧密联系工程实际,尤其是大学生数学建模大赛和电子设计大赛;结合自动化相关专业实践性强的特点,在原理性内容介绍的基础上,给出了相应的MATLAB工具实现方法及具体工业设计实例分析,兼顾理论基础与实际应用;将计算机控制领域最新的OPC、DDE数据交换技术及控制网络技术,增加了内容的系统性、完整性和新颖性;针对目前物联网的发展趋势结合编者的工程实际,提出了物联网控制系统的概念,并预言物联网发展到一定程度后,基于物联网的无线控制系统必然将取代目前广泛应用的集散控制系统和现场总线控制系统,体现了教材与时俱进的前瞻性和先进性。

全书共分10章。第1章介绍计算机控制系统的基本概念、结构组成、系统分类、控制规律以及MATLAB工具软件。第2章重点介绍工控机的组成、特点和总线结构,并介绍其他类型的控制计算机和MODBUS总线协议在计算机控制系统中的应用。第3章详细阐述控制系统I/O接口和过程通道的组成及工作原理,包括模拟量输入通道、模拟量输出通道、数字量输入通道、数字量输出通道及硬件抗干扰技术等。第4章讨论数字程序控制技术,包括数字程序控制基础、逐点比较法插补原理和步进电机控制技术。第5章讨论计算机控制系统数学模型的建立,包括时域模型、频域模型和状态空间模型等。第6章讨论数字控制器的连续化设计方法,重点是PID控制器的设计及其参数整定。第7章讨论数字控制器的离散化设计方法,主要包括设计步骤、最少拍随动系统的设计、最少拍无纹波系统

的设计和大林算法。第8章介绍计算机控制系统的应用软件、数据处理技术以及软件抗干扰技术。第9章详细阐述计算机控制系统的设计原则、步骤、方法及其工程实现，并给出了具体的实例。第10章介绍计算机控制网络技术，包括网络概述、通信协议、DCS、FCS和物联网技术等。

本书是在经过广泛的调研及科学合理的策划，对教材内容及课程体系进行长期认真细致的研究和推敲的基础上，确定编写大纲，由曲阜师范大学电气信息与自动化学院曹佃国、王强德、史丽红具体组织编写工作并担任主编。第1章由牟志华编写，第5章由王强德编写，第2章由杨吉宏编写，第4章和第8章由史丽红编写，第3章、第6章、第7章、第9章、第10章由曹佃国编写，全书由曹佃国负责统稿。

本书的编写大纲由东南大学武玉强教授、山东大学刘常春教授审阅，编写工作得到了曲阜师范大学电气信息与自动化学院领导及有关同志的大力支持。在本书的编写过程中，学生齐飞、杨富、杨栋栋、陈威等协助做了部分插图绘制和书稿录入工作，在此一并向他们表示诚挚的感谢。

本书也汲取了许多兄弟院校计算机控制方面教材的长处，在此向有关作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有缺点和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2012年11月

读者意见反馈表

首先感谢您选用本书。

希望您在使用本书之后对教材内容、写法等提出自己的意见和建议，并及时反馈给我们，您的支持与帮助是我们继续努力做出更好教材的最大动力。

姓 名：_____ 性 别：____ 职 称：_____ 职 务：_____

办公电话：_____ 手 机：_____ 电子邮箱：_____

学 校：_____ 院 系：_____

通信地址：_____ 邮 编：_____

本书名称		本书作者	
用做教材情况	正在使用本书作为教材	使用数量：	
		优点：	
		不足：	
	计划使用本书作为教材	原因：	
	不会使用本书作为教材	原因：	
目前正在使用教材情况	目前使用教材名称		
	目前使用教材作者		
	目前使用教材出版社		
	目前使用教材数量		
	对目前使用教材的评价		
您所教授课程			
是否有出书计划	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		

注：本表为样表，该表的电子版请向该书的责任编辑李海涛索取，联系方式如下。

电话：010-67163151 Email: lihaitao@ptpress.com.cn QQ: 2589288250

地址：北京市东城区夕照寺街 14 号 A 座 502 邮编：100061

目 录

第 1 章 计算机控制系统概述	1	习题 2	36
1.1 计算机控制系统的一般概念	1	第 3 章 过程输入/输出通道	37
1.2 计算机控制系统的组成	3	3.1 概述	37
1.2.1 计算机控制系统硬件	3	3.2 模拟量输入通道	39
1.2.2 计算机控制系统软件	4	3.2.1 信号处理电路	40
1.2.3 计算机控制系统通信网络	5	3.2.2 多路模拟开关	40
1.3 计算机控制系统的分类	8	3.2.3 前置放大器	42
1.3.1 操作指导控制系统	8	3.2.4 采样保持器	44
1.3.2 直接数字控制系统	9	3.2.5 A/D 转换器	45
1.3.3 监督计算机控制系统	9	3.3 模拟量输出通道	57
1.3.4 集散控制系统	10	3.3.1 多路模拟量输出通道的结 构形式	57
1.3.5 现场总线控制系统	11	3.3.2 D/A 转换器	58
1.3.6 计算机集成制造系统	12	3.3.3 DAC 输出方式	66
1.3.7 物联网控制系统	12	3.3.4 D/A 转换通道的设计	69
1.4 计算机控制系统的控制规律	13	3.4 数字量输入通道	71
1.5 关于 MATLAB 工具软件	14	3.5 数字量输出通道	73
习题 1	17	3.6 抗干扰技术	76
第 2 章 工业控制计算机	18	3.6.1 干扰的来源与传播途径	76
2.1 控制计算机的主要类型	18	3.6.2 硬件抗干扰措施	79
2.2 IPC 工控机的组成与特点	21	习题 3	87
2.2.1 IPC 工控机的硬件组成	21	第 4 章 数字程序控制技术	88
2.2.2 IPC 工控机的软件组成	22	4.1 数字程序控制基础	88
2.2.3 IPC 工控机的特点	23	4.1.1 数字程序控制原理	88
2.2.4 IPC 工控机的发展方向	25	4.1.2 数字程序控制方式	89
2.3 IPC 总线结构	26	4.1.3 开环数字程序控制	89
2.3.1 总线概述	26	4.2 逐点比较法插补原理	90
2.3.2 内部总线	26	4.2.1 逐点比较法直线插补	90
2.3.3 外部总线	29	4.2.2 逐点比较法圆弧插补	93
2.4 MODBUS 通信协议	33	4.3 步进电动机控制技术	97
2.4.1 概述	33	4.3.1 步进电动机的工作原理	97
2.4.2 两种传输方式	34	4.3.2 步进电动机的工作方式	98
2.4.3 MODBUS 消息帧	34	4.3.3 步进电动机的脉冲分配程序	99
2.4.4 错误检测方法	34	4.3.4 步进电动机的速度控制程序	101
2.4.5 MODBUS 的编程方法	35		

习题 4	103	第 8 章 计算机控制系统的应用软件	168
第 5 章 计算机控制系统的数学模型	104	8.1 计算机控制系统软件概述	168
5.1 计算机控制系统数学模型的建立	104	8.1.1 软件的含义	168
5.2 计算机控制系统的时域模型	105	8.1.2 软件的特点	168
5.2.1 线性常系数微分方程	106	8.1.3 软件分类	169
5.2.2 线性常系数差分方程	107	8.1.4 软件设计的一般过程	169
5.3 计算机控制系统的频域模型	108	8.1.5 软件设计的一般方法	169
5.3.1 Z 变换理论	108	8.2 计算机控制系统的应用软件	171
5.3.2 连续时间系统的传递函数	111	8.2.1 控制系统的输入/输出软件	171
5.3.3 离散时间系统的传递函数	113	8.2.2 数字控制算法的计算机实现	172
5.4 计算机控制系统的状态空间模型	117	8.2.3 控制系统的监控组态软件	175
5.4.1 基本概念	117	8.3 计算机控制系统的数据处理技术	178
5.4.2 状态空间表达式	118	8.3.1 软件抗干扰技术	178
5.4.3 传递矩阵	120	8.3.2 系统误差的校正	186
习题 5	122	8.3.3 非线性处理	188
第 6 章 数字控制器的连续化设计	124	8.3.4 标度变换	190
6.1 数字控制器的连续化设计步骤	125	8.3.5 越限报警	193
6.2 数字 PID 控制器的设计	128	8.4 输入/输出数字量的软件抗干扰技术	194
6.2.1 PID 三量的控制作用	128	习题 8	194
6.2.2 PID 控制规律的数字化实现算法	131	第 9 章 计算机控制系统设计	195
6.2.3 MATLAB 仿真确认被控对象参数	132	9.1 控制系统设计的原则与步骤	195
6.2.4 数字 PID 控制算法的改进	134	9.1.1 设计原则	195
6.3 数字 PID 控制器参数整定	138	9.1.2 系统设计的步骤	195
习题 6	145	9.2 系统的工程设计和实现	198
第 7 章 数字控制器的离散化设计	146	9.2.1 系统总体方案设计	198
7.1 数字控制器的离散化设计步骤	146	9.2.2 硬件的工程设计和实现	198
7.2 最少拍随动系统的设计	147	9.2.3 软件的工程设计和实现	200
7.3 最少拍无纹波随动系统的设计	155	9.2.4 系统的调试与运行	201
7.4 大林算法	159	9.3 某新型建材厂全自动预加水控制系统设计	201
7.4.1 大林算法的基本形式	159	9.3.1 工程概述	201
7.4.2 振铃现象及其消除方法	160	9.3.2 系统总体方案设计	202
7.4.3 大林算法的设计步骤	162	9.3.3 硬件设计	203
7.4.4 用 MATLAB 仿真被控过程	163	9.3.4 软件设计	204
习题 7	167	9.3.5 运行调试	206
		9.4 基于单片机的智能车模型设计	207
		9.4.1 系统概述与总体方案的设计	207
		9.4.2 硬件设计	208

9.4.3 软件设计	210	10.3.2 分布式控制系统特点	233
9.4.4 系统调试	213	10.3.3 分布式控制系统的功能 层次结构	234
9.5 基于 DSP2812 的离网型智能 光伏逆变器	214	10.4 现场总线控制系统	236
9.5.1 工程概述	214	10.4.1 现场总线的特征	236
9.5.2 系统总体方案设计	215	10.4.2 OSI 参考模型与现场总线 通信模型	237
9.5.3 硬件设计	215	10.4.3 基金会现场总线	238
9.5.4 软件设计	218	10.4.4 局部操作网络	239
9.5.5 系统调试	220	10.4.5 过程现场总线	239
习题 9	221	10.4.6 控制器局域网络	242
第 10 章 计算机控制网络技术	222	10.4.7 可寻址远程传感器数据 通路	243
10.1 工业控制网络概述	223	10.5 物联网技术	243
10.1.1 网络拓扑结构	223	10.5.1 物联网定义	244
10.1.2 介质访问控制技术	225	10.5.2 物联网的总体架构、特点	244
10.1.3 差错控制	227	10.5.3 物联网的关键技术	246
10.2 网络通信协议	227	10.5.4 物联网智能家居系统的 设计	257
10.2.1 OSI 参考模型	228	习题 10	259
10.2.2 IEEE 802 标准	229	参考文献	260
10.2.3 工业以太网	231		
10.3 分布式控制系统	233		
10.3.1 概述	233		

随着计算机技术的飞速发展和应用领域的不断拓宽,计算机控制成为计算机应用中最有潜力和最为活跃的一个领域。尤其是近年来,计算机技术、自动控制技术、检测与传感器技术、CRT 显示技术、通信与网络技术和微电子技术的高速发展,给计算机控制技术带来了巨大的发展,使自动控制技术正向着深度和广度两个方向发展。在广度方面,国民经济的各个领域——从工业过程控制、农业生产和国防技术到家用电器已广泛使用计算机控制;控制对象也从单一对象的局部控制发展到对整个工厂、整个企业,甚至是所有智能物体等大规模复杂对象的控制。在深度方面则向智能化发展,出现了自适应、自学习等智能控制方法。

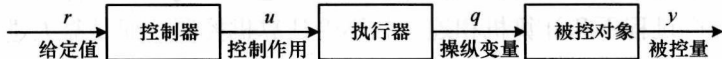
本章主要介绍计算机控制系统及其组成、工业控制计算机的组成结构及特点、计算机控制系统的发展概况和趋势,为后续章节的学习奠定必要的基础。

1.1 计算机控制系统的一般概念

自动控制就是在没有人直接参与的情况下,通过控制器自动地、有目的地控制或操纵控制对象,使生产过程自动地按照预定的规律运行。控制对象是被控制的机器、物体及其所处的外部环境等。控制器是为达到系统要求的性能所使用的控制装置,它可采用电气、机械或液压等技术来完成控制操作。自动控制系统在结构上可分为开环控制系统和闭环控制系统两种,分别如图 1-1 (a) 和图 1-1 (b) 所示。



(a) 闭环控制系统



(b) 开环控制系统

图 1-1 自动控制系统结构

1. 闭环控制系统——需要控制对象的反馈信号

在闭环控制系统中，测量变送器对被控对象进行检测，把被控量如温度、压力等物理量转换成电信号再反馈到控制器中，控制器将此测量值与给定值进行比较形成偏差输入，并按照一定的控制规律产生相应的控制信号驱动执行器工作，执行器产生的操纵变量使被控对象的被控量跟踪趋近给定值，从而实现自动控制稳定生产的目的。这种信号传递形成了闭合回路，所以称此为按偏差进行控制的闭环反馈控制系统。

2. 开环控制系统——结构简单，性能较差

开环控制系统不同于闭环系统，它不需要被控对象的测量反馈信号，控制器直接根据给定值驱动执行器去控制被控对象，所以这种信号的传递是单方向的。开环控制系统不能自动消除被控量与给定值之间的偏差，其控制性能不如闭环系统。

3. 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。

计算机闭环控制系统的原理组成——是把图 1-1 中的控制器用控制计算机代替，由于计算机采用的是数字信号传递，而一次仪表多采用模拟信号传递，因此需要有 A/D 转换器将模拟量转换为数字量作为其输入信号，以及 D/A 转换器将数字量转换为模拟量作为其输出信号。如图 1-2 所示，计算机控制系统由控制计算机（工控机）和生产过程两大部分组成。图 1-2 所示为一个典型的按偏差进行控制的计算机控制系统。

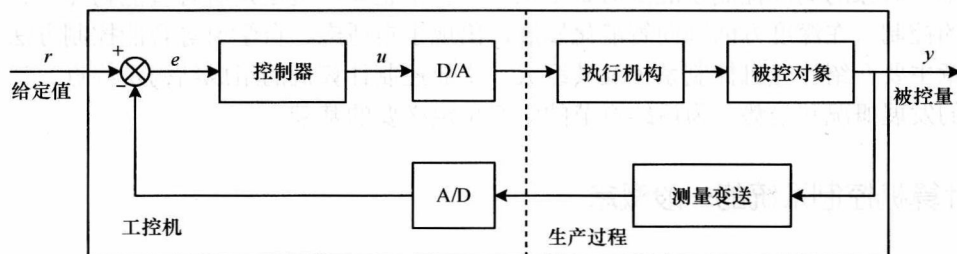


图 1-2 计算机控制系统基本框图

4. 计算机控制系统的执行控制

程序过程如下：

- ① 实时数据采集——对来自测量变送器的被控量的瞬时值进行采集和输入；
- ② 实时数据处理——对采集到的被控量进行分析、比较和处理，按一定的控制规律运算，进行控制决策；
- ③ 实时输出控制——根据控制决策，适时地对执行器发出控制信号，完成控制任务。

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，并对被控量和设备本身的异常现象及时做出处理。

实时——指信号的输入、计算和输出都要在一定的时间内完成，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。

在计算机控制系统中，生产过程和计算机直接相连，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。

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，但一个实时控制系统必定是在线系统。

1.2 计算机控制系统的组成

计算机控制系统包括计算机硬件设备、控制软件和计算机通信网络 3 个组成部分。

1.2.1 计算机控制系统硬件

典型的过程计算机控制系统如图 1-3 所示，以微型机为例，下面对各部分作简要说明。

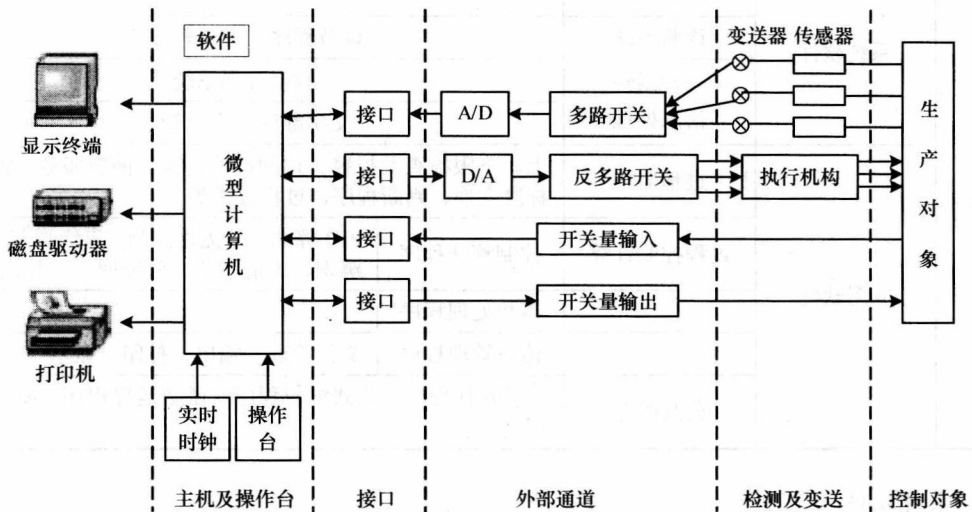


图 1-3 计算机控制系统硬件组成框图

1. 主机

组成：由中央处理器（CPU）和内存（RAM 和 ROM）组成。

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。

2. 接口电路

作用：主机与外部设备、输入/输出通道进行信息交换时，通过接口电路的协调工作，实现信息的传送。

3. 过程输入/输出通道

作用：主机和被控对象实现信息传送与交换的通道。输入/输出通道分为模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入通道、开关量输出通道。

4. 外部设备

外部设备按功能可分成 3 类：输入设备、输出设备和外存储器。

常用的输入设备有键盘、磁盘驱动器、纸带输入机等。输入设备主要用来输入程序和数据。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、数字等形式提供给操作人员，以便及时了解控制过程。

外存储器有磁盘、磁带等，主要用来存储程序和数据。

5. 操作台

一般操作台有 CRT 显示器或 LED 数码显示器，用以显示系统运行的状态；有功能键，

以便操作人员输入或修改控制参数和发送命令。

1.2.2 计算机控制系统软件

软件是指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，如表 1-1 所示。

表 1-1 软件分类表

软件	系统软件	操作系统	管理程序、磁盘操作系统程序		
		诊断系统	调节程序、诊断程序等		
		开发系统 信息处理	数据管理系统		
	文字翻译、企业管理				
	应用软件	过程监视	上、下限检查及报警、巡回检测、操作面板服务、滤波及标度变换、判断程序、过程分析等		
		过程控制计算	控制算法程序	PID 算法、最优化控制、串级调节、系统辨识、比值调节、前馈调节、其他	
			事故处理程序		
			信息管理程序	文件管理、输出、打印、显示	
	公共服务	数码转换程序、格式编辑程序、函数运算程序、基本运算程序			

1. 系统软件

系统软件是供用户使用、维护和管理计算机专门设计的一类程序，它具有一定的通用性。

组成：操作系统、语言加工系统、诊断系统。

(1) 操作系统

操作系统就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，可把操作系统看做资源的管理系统，实现对处理器、内存、设备以及信息的管理，如对上述资源的分配、控制、调度、回收等。

(2) 语言加工系统

语言加工系统就是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、装配程序、调试程序及子程序库组成。

① 编辑程序：建立源程序文件的过程就是由编辑程序完成的。该程序可对一个程序进行插入、增补、删除、修改、移动等编辑加工，并且在磁盘上建立源程序文件。

② 编译程序：将源程序“翻译”成机器代码。

③ 连接、装配程序：使用连接、装配程序可将不同语言编写的不同的程序模块的源程序连接起来，成为一个完整的可运行的绝对地址目标程序。

④ 调试程序：调试程序用来检查源程序是否符合程序设计者的设计意图。

⑤ 子程序库：为了用户编程方便，系统软件中都提供了子程序库。了解这些子程序的功能和调用条件之后，就可直接在程序中调用它们。

(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。

(1) 控制程序

控制程序主要实现对系统的调节和控制，依据各种控制算法和被控对象的具体情况来编写，满足系统的性能指标。

(2) 数据采集及处理程序

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；

A/D 转换及采样程序；

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。

(3) 巡回检测程序

数据采集程序——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报警；

事故预告程序——根据限定值，检查被控量的变化趋势，若有可能超过限定值，则发出事故预告信号；

画面显示程序——用图、表在 CRT 上形象地反映生产状况。

(4) 数据管理程序

这部分程序用于生产管理，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，已成为当今自动化领域技术发展中的热点。

计算机控制系统通信网络的主要特点如下：

- ① 有高实时性和良好的时间确定性；
- ② 传送的信息多为短帧信息，且信息交换频繁；
- ③ 容错能力强，可靠性、安全性好；
- ④ 控制网络协议简单实用，工作效率高；
- ⑤ 结构具有高度分散性；
- ⑥ 具有控制设备的智能化和控制功能的自治性；
- ⑦ 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。

下面介绍几种常用的总线。

1. RS-232C 总线

RS-232C 总线是一种串行外部总线，专门用于数据终端设备 (DTE) 和数据通信设备 (DCE) 之间的串行通信，是 1969 年由美国电子工业协会 (EIA) 从 CCITT 远程通信标准中导出的一个标准。

EIA RS-232C 串行总线是国际电子工业学会正式公布的串行总线标准，也是在计算机系

统中最常用的串行接口标准，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 作为串行通信时，通信距离可达 12m，传输数据的速率可任意调整，最大可达 20kbit/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，而 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 有一系列不足：①数据传输速率局限于 20kbit/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，这些方案有时互不兼容；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. RS485 总线

RS-485/422 总线最大的通信距离约为 1219m，最大传输速率为 10Mbit/s，传输速率与传输距离成反比。在 100kbit/s 的传输速率下，才可以达到最大的通信距离。RS-485 采用半双工工作方式，支持多点数据通信。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。

在许多工业过程控制中，往往要求用最少的信号线来完成通信任务。目前广泛应用的 RS-485 串行接口总线就是为适应这种需要应运而生的。RS-485 适合于多站互连（已经具备了现场总线的概念），一个发送驱动器最多可连接大于 32 个负载设备，负载设备可以是被动发送器、接收器或收发器。其电路结构是在平衡连接的电缆上挂接发送器、接收器或组合收发器，且在电缆两端各挂接一个终端电阻用于消除两线间的干扰。

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，MODBUS 总线也得到了广泛的应用。

MODBUS 总线的特点如下。

① 应用广泛：凡具有 RS232/485 接口的 MODBUS 协议设备都可以使用本产品实现与现场总线 PROFIBUS 的互连。例如，具有 MODBUS 协议接口的变频器、电动机启动保护装置、智能高低压电器、电量测量装置、各种变送器、智能现场测量设备及仪表等。

② 应用简单：用户不必了解 PROFIBUS 和 MODBUS 的技术细节，只需参考手册及提供的应用实例，根据要求完成配置，不需要复杂编程，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、人一机界面、变频器、现场智能设备等诸多领域。

4. IEEE 802

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 的中文译名是电气和电子工程师协会。IEEE 802 规范定义了网卡如何访问传输介质（如光缆、双绞线、无线等），以及如何在传输介质上传输数据的方法，还定义了传输信息的网络设备之间连接建立、维护和拆除的途径。遵循 IEEE 802 标准的产品包括网卡、桥接器、路由器以及其他一些用来建立局域网的组件。

IEEE 802 标准定义了 ISO/OSI 的物理层和数据链路层。

(1) 物理层

物理层包括物理介质、物理介质连接设备 (PMA)、连接单元 (AUI) 和物理收发信号格式 (PS)。物理层的主要功能是实现比特流的传输和接收, 为进行同步用的前同步码的产生和删除、信号的编码与译码, 规定了拓扑结构和传输速率。

(2) 数据链路层

数据链路层包括逻辑链路控制 LLC 子层和媒体访问控制 MAC 子层。逻辑链路控制 LLC 子层集中了与媒体接入无关的功能。具体讲, LLC 子层的主要功能是: 建立和释放数据链路层的逻辑连接; 提供与上层的接口 (即服务访问点); 给 LLC 帧加上序号; 差错控制。介质访问控制 MAC 子层负责解决与媒体接入有关的问题和在物理层的基础上进行无差错的通信。MAC 子层的主要功能是: 发送时将上层交下来的数据封装成帧进行发送, 接收时对帧进行拆卸, 将数据交给上层; 实现和维护 MAC 协议; 进行比特差错检查与寻址。

5. 各种现场总线

根据国际电工委员会 (IEC) 和美国仪表协会 (ISA) 的定义, 现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。它的关键标志是能支持双向、多节点、总线式的全数字通信, 主要解决工业现场的智能化仪器仪表、控制器、执行机构等现场设备间的数字通信以及这些现场控制设备和高级控制系统之间的信息传递问题, 主要用于制造业、流程工业、交通、楼宇、电力等方面的自动化系统中。自 20 世纪 80 年代末以来, 有几种现场总线技术已逐渐产生影响, 并在一些特定的应用领域显示了自己的优势和较强的生命力。目前, 较为流行的现场总线主要有以下 5 种。

- ① FF——基金会现场总线。
- ② LONWORKS——局部操作网。
- ③ PROFIBUS——过程现场总线。
- ④ CAN——控制器局域网。
- ⑤ HART——可寻址远程传感器数据通路。

现场总线的优点: 现场总线使自控设备与系统步入了信息网络的行列, 为其应用开拓了更为广阔的领域; 一对双绞线上可挂接多个控制设备, 便于节省安装费用; 节省维护开销; 提高了系统的可靠性; 为用户提供了更为灵活的系统集成主动权。

现场总线的缺点: 网络通信中数据包的传输延迟, 通信系统的瞬时错误和数据包丢失, 发送与到达次序的不一致等都会破坏传统控制系统原本具有的确定性, 使得控制系统的分析与综合变得更复杂, 使控制系统的性能受到负面影响。

6. 无线通信网络

无线通信 (wireless communication) 是利用电磁波信号可以在自由空间中传播的特性进行信息交换的一种通信方式。近些年在信息通信领域中, 发展最快、应用最广的就是无线通信技术。在移动中实现的无线通信又称为移动通信, 人们把二者合称为无线移动通信。

当前流行的无线技术有 Bluetooth、CDMA2000、GSM、GPRS、Infrared(IR)、ISM、RFID、UMTS/3GPPw/HSDPA、UWB、WiMAX Wi-Fi 和 ZigBee。下面主要介绍一下 ZigBee 技术和 GPRS 技术。

(1) ZigBee 技术

ZigBee 主要应用在短距离范围之内并且数据传输速率不高的各种电子设备之间。ZigBee

的名字来源于蜂群使用的赖以生存和发展的通信方式，蜜蜂通过跳 Zig Zag 形状的舞蹈来分享新发现的食物源的位置、距离和方向等信息。

ZigBee 可以说是蓝牙的同族兄弟，它使用 2.4GHz 波段，采用跳频技术。与蓝牙相比，ZigBee 更简单、速率更慢、功率及费用也更低。它的基本速率是 250kbit/s，当降低到 28kbit/s 时，传输范围可扩大到 134m，并获得更高的可靠性。另外，它可与 254 个节点联网，可以比蓝牙更好地支持游戏、消费电子、仪器和家庭自动化应用。

(2) GPRS 技术

GPRS (general packet radio service) 即通用无线分组业务，是一种基于 GSM 系统的无线分组交换技术，提供端到端的、广域的无线 IP 连接。通俗地讲，GPRS 是一项高速数据处理的技术，方法是以“分组”的形式传送资料到用户手上。虽然 GPRS 是作为现有 GSM 网络向第三代移动通信演变的过渡技术，但是它在如下方面都具有显著的优势。

① 实时在线：即用户随时与网络保持联系。例如，用户访问互联网时，手机就在无线信道上发送和接收数据，就算没有数据传送，手机还一直与网络保持连接，不但可以由用户侧发起数据传输，还可以从网络侧随时启动 push 类业务，不像普通拨号上网那样断线后还得重新拨号才能上网冲浪。

② 按量计费：用户可以一直在线，按照用户接收和发送数据包的数量来收取费用，没有数据流量的传递时，用户即使挂在网上，也是不收费的。

③ 快捷登录：GPRS 的用户一开机，就始终附着在 GPRS 网络上，每次使用时只需一个激活的过程，一般只需要 1~3s 的时间马上就能登录互联网。

④ 高速传输：GPRS 采用分组交换的技术，数据传输速率最高理论值能达 171.2kbit/s。电路交换数据业务，速率为 9.6kbit/s，因此电路交换数据业务（简称 CSD）与 GPRS 的关系就像是 9.6kbit/s Modem 和 33.6kbit/s、56kbit/s 的 Modem 的区别一样。

⑤ 自如切换：GPRS 还具有数据传输与语音传输可同时进行或切换进行的优势。也就是说用户在用移动电话上网冲浪的同时，可以接收语音电话，电话上网两不误。

1.3 计算机控制系统的分类

工业用计算机控制系统与所控制的生产过程的复杂程度密切相关，不同的控制对象和不同的控制要求，应该具有不同的控制方案。根据控制方式，可分为开环控制和闭环控制；根据控制规律，可分为程序和顺序控制、比例积分微分控制（PID 控制）、有限拍控制、复杂规律控制、智能控制等。根据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

操作指导控制系统 (operational guidance control system, OGC) ——是基于数据采集系统的一种开环结构，如图 1-4 所示。计算机根据采集到的数据以及工艺要求进行最优化计算，计算出的最优操作条件，并不直接输出控制被控对象，而是显示或打印出来，操作人员据此去改变各个控制器的给定值或操作执行器，以达到操作指导的作用。它相当于模拟仪表控制系统的手动与半自动工作状态。OGC 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，从而对整个生产过程进行集中监视，可得到更精确的结果，对指导生产过程有利。缺点是要由人工操作，速度受到限制，不能同时控制多个回路。