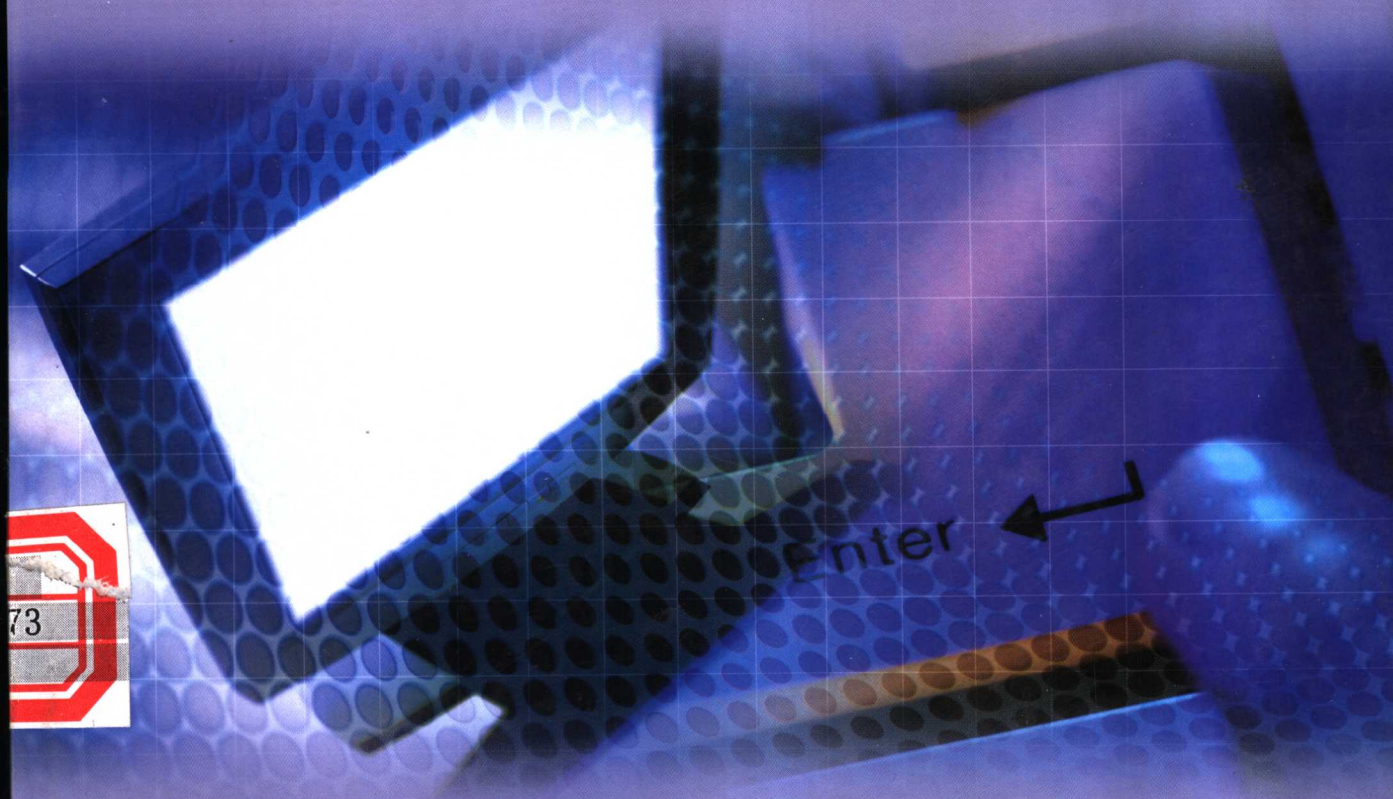


高等学校教材

微型计算机 控制技术的应用

徐大诚 邹丽新 丁建强



高等教育出版社

高等学校教材

微型计算机控制技术的应用

徐大诚 邹丽新 丁建强

高等教育出版社

内容提要

本书系统地介绍了微型计算机控制系统的基本概念、基本组成与应用技术,由浅入深地讲述了基本控制理论和常用控制方法,给出了当今工业控制系统中的新技术、新器件,并以 MCS-51 系列微处理器作为控制器来分析讨论。全书共 11 章,内容包括微型计算机控制系统的组成及分类、控制理论基础、数字 PID 控制技术、数字控制器的直接设计方法、模糊控制技术、微机控制系统中的微处理器、接口与总线、前向通道与数据采集、后向通道与执行机构、人机接口、可靠性与抗干扰技术,同时也给出了应用实例,包括程序设计方法和汇编源程序。

本书可作为高等院校电气、电子、自动化、机电一体化和计算机应用等专业的教材,亦可作为科研和生产单位工程技术人员的参考。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机控制技术及应用/徐大诚,邹丽新,丁建强. —北京:高等教育出版社,2003.5
ISBN 7-04-012308-8

I. 微... II. ①徐... ②邹... ③丁... III. 微型计算机—计算机控制 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 038048 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 中国青年出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 23
字 数 560 000

版 次 2003 年 5 月第 1 版
印 次 2003 年 5 月第 1 次印刷
定 价 29.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

计算机技术和自动控制技术的迅速发展,促进了微型计算机控制技术的广泛应用。可以说,微机控制技术的应用已渗透到国民经济的各个部门。对于电气、电子、自动化、机电一体化和计算机应用等专业的学生,计算机控制技术已成为必不可少的一门专业主干课程。

作者结合多年微机控制技术的教学和应用实践经验,在汲取同类教材优点的基础上,以突出系统性、新颖性、实用性和资料性为特点,编写了本书。基础理论部分由浅入深地介绍了基本概念和常用控制器设计方法;应用部分突出了模糊控制技术和现场总线技术的内容,并给出了应用实例。

全书共 11 章。第 1 章介绍了微型计算机控制系统体系结构、分类和发展;第 2 章深入浅出地介绍了计算机控制系统的数学模型和数字 PID 控制技术;第 3 章通过介绍控制器的数字设计技术,重点讨论了典型脉冲传递函数 $D(z)$ 的设计方法和软件实现技术;第 4 章介绍模糊控制的数学基础特点和实现方法,并给出了具体的设计实例;第 5 章重点介绍了 MCS-51 单片机硬件结构和指令系统,列出了常用系列单片机,并简介了工业控制机的特点和组成;第 6 章除介绍传统并行、串行接口外,重点讨论了新型串口和现场总线技术;第 7 章讲述了传感器和变送器输入信号的类型,介绍了具体的数字量和模拟量输入通道中的电路结构和程序设计技术,给出了数据采集系统的硬件构成和程序设计方法;第 8 章分析了输出通道的结构,介绍了常用控制电动机的驱动方法;第 9 章重点介绍了键盘、显示器和打印机接口技术;第 10 章以抗干扰和可靠性技术为基本点,介绍了多种实用的抗干扰技术及提高系统可靠性的新技术和新器件;第 11 章讨论了微机控制系统的设计步骤和要素,并给出了三个应用实例。

使用本书授课时,建议学时为 54 + 18 学时。根据讲授对象或学时情况,有关章节的内容可适当取舍。对已有自动控制理论、单片机与接口技术基础的读者,可简略介绍 2.1 节、2.2 节和第 5 章、第 9 章的内容。

全书由徐大诚统稿,邹丽新编写第 5 章、第 8 章、第 9 章;丁建强编写第 6 章、第 7 章、第 10 章;徐大诚编写第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 11 章等内容,并担任该书的主编。北京理工大学吴鹤龄教授和苏州大学赵鹤鸣教授担任本书的主审,他们对书稿进行了认真审阅,提出了许多十分宝贵的修改意见,在此表示衷心感谢。

由于编写时间比较仓促,加之作者水平有限,书中难免还有不足之处和错误,敬请广大读者批评指正。在编写过程中也参考引用了书后列出的大量文献资料,在此对诸位作者表示衷心的感谢!

编者

2003 年 2 月于苏州

目 录

第1章 绪论	(1)	3.2 最少拍随动系统的设计	(67)
1.1 微型计算机控制系统的体系结构	(1)	3.2.1 最少拍随动系统的脉冲传递函数	(68)
1.1.1 微型计算机控制系统的组成	(1)	3.2.2 最少拍随动系统数字控制器的分析	(68)
1.1.2 微型计算机控制系统的硬件结构	(2)	3.2.3 最少拍随动系统数字控制器的设计	(70)
1.1.3 微型计算机控制系统的软件	(4)	3.3 最少拍无纹波随动系统的设计	(72)
1.2 微型计算机控制系统的分类	(5)	3.3.1 单位阶跃输入最少拍无纹波随动系统的设计	(72)
1.2.1 自动控制系统的分类	(5)	3.3.2 单位速度输入最少拍无纹波随动系统的设计	(72)
1.2.2 微型计算机控制系统的类型	(6)	3.3.3 最少拍无纹波随动系统设计举例	(73)
1.3 计算机控制系统的发展	(12)	3.4 大林(Dahlin)算法	(75)
1.3.1 控制系统的发展阶段	(12)	3.4.1 大林算法中 $D(z)$ 的基本形式	(75)
1.3.2 微型计算机控制系统的发展趋势	(13)	3.4.2 一阶惯性环节大林算法的 $D(z)$ 基本形式	(75)
习题一	(15)	3.4.3 二阶惯性环节大林算法的 $D(z)$ 基本形式	(76)
第2章 数字控制理论基础与设计方法	(16)	3.4.4 振铃现象及其消除方法	(76)
2.1 微型计算机控制系统的数学模型	(18)	3.5 $D(z)$ 算法的软件实现	(79)
2.1.1 数学模型基础	(18)	3.5.1 直接程序设计法	(79)
2.1.2 控制系统的微分方程及其求解	(20)	3.5.2 串行程序设计法	(80)
2.1.3 拉代变换与控制系统的传递函数	(23)	3.5.3 并行程序设计法	(81)
2.2 离散系统的基本概念	(35)	3.5.4 数字控制器设计方法小结	(83)
2.2.1 Z 变换及其性质	(36)	习题三	(84)
2.2.2 Z 反变换	(39)	第4章 模糊控制技术	(85)
2.2.3 离散系统的数学模型	(41)	4.1 模糊控制的基本概念	(85)
2.3 微机数字 PID 控制及其算法	(47)	4.1.1 模糊控制的特点	(85)
2.3.1 时间连续的 PID 控制规律	(48)	4.1.2 模糊控制的数字基础	(86)
2.3.2 PID 控制的数字化实现	(49)	4.2 模糊控制的实现	(89)
2.3.3 PID 算法程序设计	(51)	4.2.1 模糊化接口	(89)
2.3.4 PID 控制算法中的几个实际问题	(52)	4.2.2 知识库	(90)
2.3.5 几种常用的数字 PID 及其算法	(56)	4.2.3 模糊推理机	(91)
2.3.6 PID 控制的脉冲传递函数	(60)	4.2.4 清晰化接口	(91)
2.3.7 PID 参数的整定	(61)		
习题二	(64)		
第3章 数字控制器的直接设计方法	(67)		
3.1 数字控制器的脉冲传递函数	(67)		

4.3 模糊控制器设计方法	(92)	6.2.2 STD 总线	(132)
4.3.1 结构设计	(92)	6.2.3 PC/104 与 Compact PCI 总线	(134)
4.3.2 模糊化	(93)	6.3 异步串行接口	(136)
4.3.3 模糊控制器论域及比例因子的 确定	(94)	6.3.1 串行传输的基本概念	(136)
4.3.4 模糊控制规则的建立	(94)	6.3.2 RS-232C 串行接口	(137)
4.3.5 清晰化	(94)	6.3.3 RS-499 与 RS-485 串行接口	(140)
4.4 气体流量模糊控制系统设计实例	(95)	6.3.4 20mA 电流环串行接口	(143)
4.4.1 系统结构	(95)	6.4 同步串行接口	(144)
4.4.2 流量检测和控制	(96)	6.4.1 I ² C 接口	(144)
4.4.3 模糊控制器的设计	(96)	6.4.2 SPI 接口	(153)
4.4.4 系统的软件设计及抗干扰措施	(98)	6.4.3 1-Wire 总线接口	(157)
习题四	(98)	6.5 现场总线技术	(161)
第 5 章 微机控制系统中的微处理器	(99)	6.5.1 现场总线与现场总线系统	(161)
5.1 MCS-51 系列单片机的硬件结构	(99)	6.5.2 现场总线技术特征	(162)
5.1.1 基本结构	(99)	6.5.3 典型的几种现场总线	(163)
5.1.2 存储器的配置和组织	(103)	习题六	(168)
5.1.3 振荡器、时钟电路和 CPU 时序	(107)	第 7 章 前向通道与数据采集	(169)
5.1.4 并行 I/O 端口	(108)	7.1 微机控制系统中的前向通道	(169)
5.1.5 定时器/计数器	(110)	7.1.1 前向通道组成和特点	(169)
5.1.6 串行接口	(111)	7.1.2 传感器与变送器	(170)
5.1.7 中断系统	(113)	7.2 数字量输入通道	(175)
5.2 MCS-51 单片机的指令系统	(115)	7.2.1 输入信号调理	(176)
5.2.1 指令和助记符	(115)	7.2.2 隔离技术	(176)
5.2.2 寻址方式	(116)	7.2.3 开关信号输入	(177)
5.2.3 指令系统	(117)	7.2.4 脉冲信号输入	(177)
5.3 常用单片微型计算机	(121)	7.2.5 数字编码信号输入	(182)
5.3.1 ATME1 89 系列单片机	(121)	7.3 模拟量输入通道	(183)
5.3.2 ATME1 90 系列单片机	(122)	7.3.1 模拟信号调理	(184)
5.3.3 MCS-251 系列单片机	(123)	7.3.2 A/D 转换器及其性能指标	(187)
5.3.4 80C51 单片微控制器	(123)	7.3.3 常用 A/D 转换器	(188)
5.3.5 Motorola 单片机	(124)	7.3.4 A/D 转换器及其接口	(190)
5.4 工业控制机	(126)	7.4 数据采集	(201)
习题五	(127)	7.4.1 采样定理与采样/保持	(202)
第 6 章 接口与总线	(128)	7.4.2 多路开关与数据选择	(204)
6.1 概述	(128)	7.4.3 数据采集程序	(208)
6.1.1 接口与总线的概念	(128)	习题七	(211)
6.1.2 接口与总线的分类	(131)	第 8 章 后向通道与执行机构	(212)
6.2 并行接口	(132)	8.1 输出通道的结构	(212)
6.2.1 Centronics 和 IEEE 1284 并行接口 标准	(132)	8.1.1 数字量输出通道	(212)
		8.1.2 模拟量输出通道	(212)
		8.2 开关量输出的常用器件与电路	(213)

8.2.1 功率开关接口技术	(213)	10.2.3 隔离与屏蔽技术	(289)
8.2.2 电磁式继电器的驱动	(215)	10.2.4 电源干扰的抑制与接地技术 ...	(294)
8.2.3 可控硅输出接口	(216)	10.2.5 停电保护和热插拔技术	(297)
8.2.4 固态继电器输出接口	(218)	10.2.6 Watchdog 技术	(300)
8.3 模拟量输出的方法及器件	(220)	10.2.7 印制板的抗干扰措施	(302)
8.3.1 D/A 转换接口技术及应用	(220)	10.3 软件的可靠性与抗干扰技术	(302)
8.3.2 F/V 转换接口技术	(231)	10.3.1 存储空间的分配和程序结构的	
8.3.3 线性功率驱动接口	(233)	设计	(302)
8.4 常用电动机及驱动方法	(235)	10.3.2 数字滤波技术	(304)
8.4.1 伺服电机控制接口	(235)	10.3.3 数据的检错和纠错	(308)
8.4.2 步进电机控制接口	(239)	10.3.4 开机自检与故障诊断	(309)
习题八	(242)	习题十	(311)
第 9 章 人一机接口	(243)	第 11 章 微机控制系统的设计实例	(312)
9.1 键盘接口技术	(243)	11.1 微机控制系统设计概述	(312)
9.1.1 独立式键盘和矩阵式键盘	(243)	11.1.1 微机控制系统的设计方法	(312)
9.1.2 键盘接口及程序设计	(245)	11.1.2 微机控制系统的设计要素	(316)
9.2 显示接口技术	(250)	11.2 温度控制系统的设计	(317)
9.2.1 LED 显示接口技术	(250)	11.2.1 测量电路方案选择	(318)
9.2.2 LCD 显示接口技术	(254)	11.2.2 总体流程	(318)
9.3 触摸屏技术	(267)	11.2.3 理论分析与计算	(319)
9.3.1 触摸屏的工作原理	(267)	11.2.4 测量过程总体分析	(320)
9.3.2 触摸屏的三个基本技术特性	(268)	11.2.5 抗干扰措施	(323)
9.4 微型打印机及接口	(269)	11.2.6 软件设计	(323)
9.4.1 打印接口	(270)	11.3 CAN 总线构成的智能自控系统	(328)
9.4.2 TP _μ P 系列微型打印机	(271)	11.3.1 系统总体方案的设计	(328)
9.4.3 打印机接口设计	(272)	11.3.2 节点硬件电路的设计	(329)
习题九	(274)	11.3.3 CAN 总线控制器 SJA1000 与	
第 10 章 微机控制系统的可靠性与抗干扰		接口	(331)
技术	(276)	11.3.4 软件设计	(337)
10.1 可靠性与抗干扰技术的基本概念 ...	(276)	11.4 热电厂锅炉集散控制系统	(339)
10.1.1 可靠性的概念	(276)	11.4.1 系统组成	(340)
10.1.2 电磁兼容性	(277)	11.4.2 控制方案	(344)
10.1.3 噪声的分类和耦合方式	(279)	11.4.3 组态软件	(346)
10.1.4 控制系统可靠性设计的基本		附录	(350)
途径	(284)	附录 A MCS-51 指令表	(350)
10.2 硬件的可靠性与抗干扰技术	(284)	附录 B 图形符号对照表	(355)
10.2.1 元器件与系统结构	(284)	参考文献	(357)
10.2.2 滤波与去耦电路	(286)		

第1章 绪 论

计算机控制系统是自动控制系统发展中的高级阶段,是目前自动控制系统中最重要的一个分支。计算机控制系统利用计算机的软、硬件来代替自动控制系统中的控制器,是随着自动控制系统和计算机技术的发展而逐步发展起来的,它综合了计算机、自动控制和生产过程等多方面的知识,但以自动控制理论和计算机技术为基础。自动控制技术对工业、农业、交通运输业及国防现代化,对有效地提高劳动生产率和产品质量,对改善人们的劳动条件都起着重要作用,因此,计算机控制技术受到愈来愈广泛的重视。

近六十年来,由于电子技术的发展,特别是计算机应用技术的迅速发展,自动控制理论及其应用取得了非凡的成就。当前,自动控制系统已成为许多大型自动化生产线不可缺少的重要组成部分。生产过程自动化的程度以及计算机在自动化中的应用程度已成为衡量工业企业现代化水平的一个重要标志。

自从 20 世纪 70 年代第一个微处理器 Intel 4004 问世以来,随着半导体技术的快速发展,微型计算机以惊人的速度发展。在短短的二十几年时间里,微型计算机已经历了从 4 位、8 位、16 位乃至 32 位机的发展阶段,目前 64 位机也已问世。除了 8088、8086、80286、80386、80486、Pentium、PentiumⅡ、PentiumⅢ和 Pentium 4 这样一些功能齐全、性能高的通用微型计算机相继问世以外,还出现了许多小巧的单片机,如 Intel 公司的 MCS-51 系列、Zilog 公司的 Z8 系列、Motorola 公司的 68HCXX 系列。特别是 8096 系列 16 位单片机及 80960 系列 32 位单片机的出现,更使微型机在工业控制领域锦上添花。在工业控制中,上世纪 80 年代使用 Z80 单板机;90 年代初使用单片机;近期使用的是从简单、可靠的 STD 总线工业控制机到功能强大的工业 PC 机,从单机控制到集散型多机的控制。微机控制系统呈现出百花齐放、欣欣向荣的局面。

由于单片机产品的结构、资源和功能各异,种类繁多,本书不可能面面俱到,而选择通用性强、软件和硬件资源丰富、运算速度快的 MCS-51 系列单片机作为核心,展开对微型计算机控制系统的讨论。

1.1 微型计算机控制系统的体系结构

1.1.1 微型计算机控制系统的组成

微型计算机控制系统的典型结构如图 1-1 所示。它由微型计算机系统和生产过程两部分组成。由于表征工业生产过程特性的参数大部分是模拟量,而计算机采用的都是数字量,因此,必须采用模数(A/D)转换器和数模(D/A)转换器,以实现两者之间的相互转换。尽管工业生产过程复杂,但对其实施控制的计算机来说,无论是大、中、小型机还是微型机或单片机,都是由硬件和软件两部分组成的,下面将分别予以介绍。

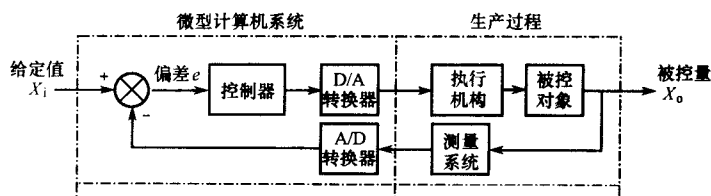


图 1-1 微型计算机控制系统的典型结构

1.1.2 微型计算机控制系统的硬件结构

微型计算机控制系统的硬件系统主要由微型计算机、外部存储器、键盘、显示器、接口电路、模拟量和开关量的输入/输出通道、传感器、变送器和执行机构、外部通用设备和工业生产对象等组成,如图 1-2 所示。

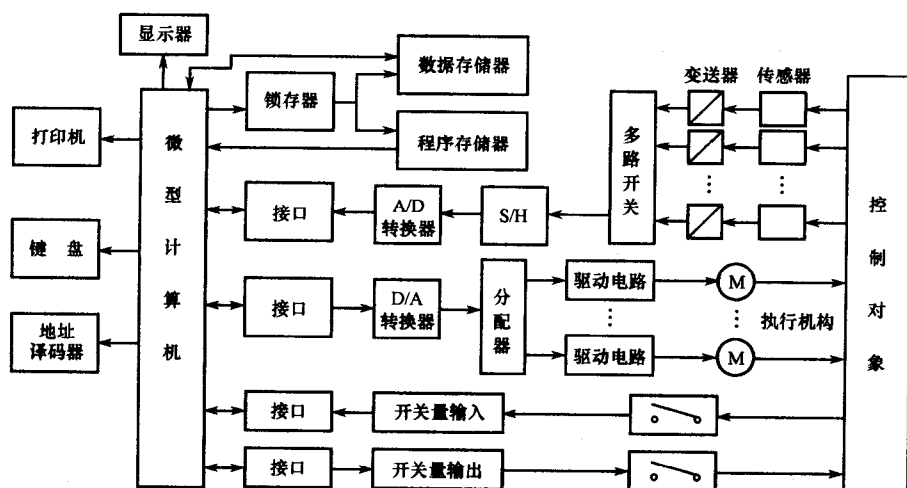


图 1-2 典型微型计算机控制系统硬件组成框图

在图 1-2 中,被测参数经过传感器、变送器,转换成统一的标准电信号,再经多路开关选送到采样/保持(S/H)和 A/D 转换器进行模数转换,转换后的数字量通过接口送入微型计算机。这是模拟量输入通道。微处理器对采集的数据进行处理和计算,然后将数据经接口送入 D/A 转换器进行数模转换,再经过分配器及驱动电路驱动执行机构实现对生产对象(被测参数)的控制,这是模拟量输出通道。

由于不同的控制系统其要求不同,因此组成微型计算机控制系统的硬件也不尽相同,一般可根据系统的需要进行扩展。图 1-2 是比较完善的一个系统框图,实际系统的硬件配置不一定与此相同,可根据系统的要求进行取舍。至于 STD 总线工业控制机、PC 工业控制机,可依据实际的需要选用具有所需功能的接口板,并采用标准总线连接来扩充系统,非常方便。下面对微型计算机控制系统的各部分硬件分别做介绍:

1. 主机

微型计算机控制系统的主机是整个控制系统的核心。它根据输入设备送来的反映生产过程工作状况的各种信号,以预定的控制算法自动地进行信息处理和运算,选定相应的控制策略,并通过输出设备向生产过程发送控制命令。对被测参数进行巡回检测、数据处理、控制计算、报警处理以及逻辑判断等是主机的几个主要职能。显然,主机是微型计算机控制系统最重要的组成部分,它的选用将直接影响到系统的功能及接口电路的设计。目前最常用的主机主控芯片有 Intel Pentium、MSC-51、MSC-96 系列等。在选用单片机作为主控芯片时,由于单片机种类繁多、功能各异,因此,接口电路的设计成为十分重要的课题。

2. I/O 接口与输入/输出通道

I/O 接口是主机与被控制对象或外设进行信息交换的桥梁。目前,微机和单片机的大部分 I/O 接口电路都是通用的可编程标准 I/O 接口,其工作方式可由程序进行控制。常用的可编程标准 I/O 接口有:并行接口 8155 或 8255、串行接口 8251、DMA 控制器 8237、中断控制器 8259、定时/计数器 8253 等。

由于计算机只能处理数字量,而一般的生产过程被测参数大都为模拟量。因此,为了实现计算机控制,还必须把模拟量转化成数字量,这由 A/D 转换即模拟量输入通道实现;同样,执行机构的不少亦为模拟量控制,所以计算机输出的数字量必须转换成模拟量,这由 D/A 转换即模拟量输出通道实现。

3. 通用外部设备

通用外部设备主要是为了扩充主机的功能,它们用来显示、打印、存储及传送数据。常用的外部设备按功能可分为三类:输入设备、输出设备和辅助存储设备(外存)。常用的输入设备是键盘、终端和扫描仪,用来输入程序、数据和操作命令。常用的输出设备是打印机、显示器、绘图机,它们以字符、曲线、表格和图形等不同方式显示和反映生产过程状况和控制信息。常用的辅助存储器是磁盘和磁带,可存储信息或读出信息,用来存放程序和数据,可作为主存储器的后备辅助存储设备。

4. 传感器及执行机构

为了对生产过程进行控制,首先必须对温度、压力、流量、液位等各种现场数据进行采集,并把非电参量转换成电参量,这个任务由检测元件(即传感器)完成。如利用热电偶把温度转换成毫伏级电压信号;用压力传感器把压力变成电信号。这些信号经变送器转换成统一的标准电信号(0~5 V 电压或 4~20 mA 电流)之后,再送入 A/D 通道进行模数转换后送入计算机。因此,检测元件精度的高低,直接影响控制系统的精度。

执行机构的作用是控制生产要素的输入量。例如,在温度控制系统中,控制进入加热炉的煤气(或油)量;在水位控制系统中控制进入容器的水的流量。执行机构有电动、气动、液压传动等形式。

5. 操作台

操作台是人—机对话的纽带。操作员通过它可以向计算机输入程序,修改内存的数据,显示被测参数以及发出各种操作命令等。操作台一般由以下 4 个部分组成:

① 控制开关 诸如电源开关、数据和地址选择开关以及操作方式选择开关(如自动/手动)等。作用开关通过接口与主机相连,通过这些开关,人们可以对主机进行启动、设置和修改数据以及修改控制方式等。

② 功能键 用以向主机申请中断服务。常用的有复位键、启动键、打印键、显示键、工作方式选择键(如连续/单步)等。

③ 数字键 用来送入数据或修改参数。

④ LED 数码管及 CRT 显示器 用来显示被测参数及操作人员感兴趣的其他内容。目前, CRT 显示器的应用越来越普遍,因为它不但可以显示数据表格、被控系统的流程总图、棒状指示图、开关状态图、时序图、变量变化趋势图、调节回路指示图,而且还可以报警、索引,功能比 LED 显示器强大得多。

1.1.3 微型计算机控制系统的软件

硬件为计算机控制系统提供了物质基础,但还必须编制必要的软件才能把各种控制算法和策略应用于对生产过程的控制。软件是各种程序的总称,它的优劣不仅关系到硬件功能的发挥,而且也关系到计算机对生产过程的控制品质和管理水平,因为整个系统的动作都是在软件指挥下进行协调工作的。按使用的语言来分,软件可分为机器语言软件、汇编语言软件和高级语言软件;就其功能来分,软件可分为系统软件、应用软件及数据库管理系统等。

1. 系统软件

所谓系统软件一般是由计算机或软件厂家提供的专门用来使用、管理和维护计算机运行的程序。系统软件包括操作系统、监控管理程序、故障诊断程序、数据库系统以及各种语言的汇编、解释和编译软件(如 C51、C96、PL/M、Turbo C、BORLAND C、Microsoft C 等)。系统软件是开发应用软件的工具,计算机控制系统设计人员必须比较深入地了解系统软件并能熟练应用,才能更好地编制控制应用软件。

2. 应用软件

应用软件是控制系统设计人员针对某个生产过程而编制的控制和管理程序,诸如过程输入程序、控制程序、过程输出程序、人机接口程序、打印显示程序和各种公共子程序等。其中控制程序是应用软件的核心,是经典或现代控制理论算法的具体实现(如 PID 程序,数字控制程序等)。过程输入、输出程序分别用于管理过程输入、输出通道,一方面为过程控制程序提供运算数据,另一方面执行控制命令,其中包括 A/D 转换、D/A 转换、数据采样、数字滤波、标度变换、键盘处理、显示等程序。应用软件大都由用户自己根据实际需要进行开发。目前已有一些专门用于控制的应用软件,如 LABTECH/CONTROL、ONSPEC 等。这些应用软件的特点是功能强、使用方便、组态灵活,可节省设计者的大量时间,因而越来越受到用户的欢迎。

3. 数据库管理系统

数据库管理系统是具有管理数据功能的工具软件,主要用于资料管理、存档和检索。它是建立、管理和操纵数据库的软件。近年来,数据库管理系统得到了迅速的发展,如微型机数据库管理软件 dBase、FoxBASE、FoxPro、Clipper、Paradox 等,大型数据库系统 Oracle、Sybase、Microsoft SQL Server 等的出现,使微型计算机控制系统向大型化方向发展成为可能。例如,一些大型计算机控

制系统采用 VB(Visual Basic)作开发平台和数据库管理,以 VC(Visual C++)作面向对象程序设计,并辅之以汇编语言作为 I/O 接口处理,这已成为目前最流行的设计方法之一。

1.2 微型计算机控制系统的分类

1.2.1 自动控制系统的分类

自动控制系统可以从不同的角度来进行分类,按其结构及控制方式,可将其分为三种:开环控制系统、闭环控制系统和混合控制系统。

1. 开环控制系统

若系统的输出量不被引回来(反馈),作用于系统的控制部分,这样的系统称为开环控制系统,如图 1-3 所示。

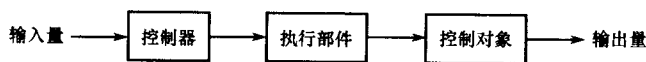


图 1-3 开环控制系统框图

例如,数控机床由预先设定的指令程序产生相应的控制脉冲,经脉冲放大器放大后驱动步进电机,通过精密传动机构再带动工作台对工件进行加工,这就是一个开环控制系统。家用电器中的洗衣机也是开环控制系统。

开环控制系统的优点是结构简单,系统稳定性好,成本低。缺点是受扰动因素的影响大,影响输出量的稳定。

若扰动因素已知,并能直接或间接地检测出,那么也可以利用扰动信号来产生一种补偿,以抵消扰动的影响。这种控制方式称为扰动控制。扰动控制原理如图 1-4 所示。

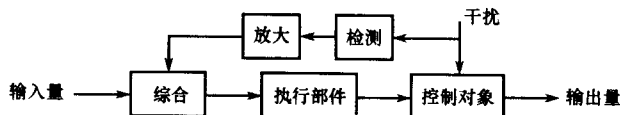


图 1-4 扰动控制系统框图

在这种系统中,输出量对系统的控制作用无影响,影响控制的是扰动量,因此仍属于开环控制系统。

2. 闭环控制系统

若系统的输出量通过反馈环节作用于控制部分,形成闭合环路,这样的控制系统称为闭环控制系统,又称反馈控制系统。

由晶闸管可控整流装置供电的直流电动机调速稳速系统如图 1-5 图示,其控制对象是电机 M、被控量是转速 n , U_g 是给定量。测速电机 TG 将输出量 n 转换成电压 U_m 反馈到输入端去,形成一个闭环。系统的调速稳速原理可用下列顺序表示:

$$n \downarrow \rightarrow U_m \downarrow \rightarrow (\Delta U = U_g - U_m) \uparrow \rightarrow \alpha \downarrow \rightarrow U_d \uparrow \rightarrow n \uparrow (\text{补偿了 } n \downarrow)$$

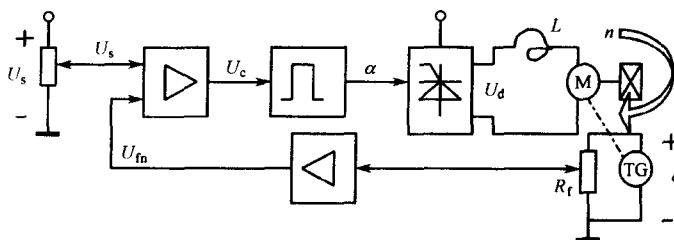


图 1-5 直流电动机调速稳速系统

这种系统的输出量参与控制,直接影响系统的控制过程,所以是闭环控制系统。

由于输出信号要返回输入端参与控制,所以信号传递有两个通道:主通道将控制信号送至被控对象;反馈通道将输出信号反馈到输入端。

闭环控制系统一般采用差值控制。差值所产生的控制作用是使系统向减少或消除偏差的方向变化,所以有利于克服惯性和干扰而维持给定的控制,因此也称这种控制为偏差控制。

反馈控制系统无论采取哪种量反馈,在反馈环内的各种干扰量所引起的输出量变化都能被减小或消除,使系统具有良好的动态和静态控制精度,所以获得了广泛应用。

3. 复合控制系统

将闭环控制系统和开环控制系统结合在一起,构成开环-闭环相结合的控制系统称为复合控制系统,也称为混合控制系统。例如,可以将扰动控制(开环)和偏差控制(闭环控制)相结合而形成复合控制系统。

复合控制系统兼有闭环和开环的优点,控制精度高,控制反应快,但结构复杂。

1.2.2 微型计算机控制系统的类型

微型计算机控制系统与其所控制的生产对象密切相关,控制对象不同,控制系统也不同。根据应用特点、控制方案、控制目标和系统构成,微型计算机控制系统大体上可分为以下几种类型:操作指导控制 OGC 系统、直接数字控制(DDC)系统、监督计算机控制(SCC)系统、分布式控制系统(DCS)、计算机集成制造系统(CIMS)和现场总线控制系统(FCS)。

1. 操作指导控制系统

操作指导控制系统如图 1-6 所示。所谓操作指导是指计算机只对系统过程参数进行收集、加工处理,然后输出数据,但输出的数据不直接用来控制生产对象,操作人员根据这些数据进行必要的操作。

在这种系统中,微处理器每隔一定的时间进行一次采样,经 A/D 转换后送入计算机进行加工处理。然后再进行显示、打印或报警。操作人员据此改变设定值或进行必要的操作。这种系统突出的特点是简单、安全可靠,对于控制规律不太确定的系统更为适用。它的缺点是仍要人工操作,所以响应速度不可能太快。它相当于模拟仪表控制系统的手动与半自动工作方式,主要用于计算机控制的初级阶段,或用于试验新的数学模型和调试新的控制程序等。

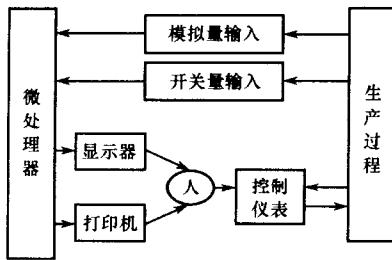


图 1-6 操作指导控制系统框图

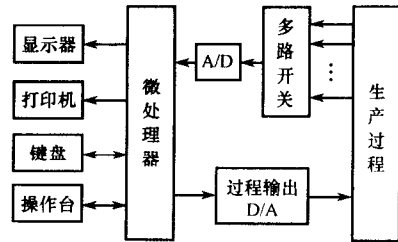


图 1-7 直接数字控制系统框图

2. 直接数字控制系统

直接数字控制(Direct Digital Control, DDC)系统是用一台微型机对一个或多个被控参数进行巡回检测,检测结果与给定值进行比较,再按 PID 规律等方法进行控制运算,然后把结果输出到执行机构,对生产过程进行控制,使被控参数稳定在给定值上,其系统构成如图 1-7 所示。由于微处理器的运算速度快,所以一个微处理器可代替多个模拟调节器,非常经济。这是 DDC 的一大优点。另一个优点是灵活性大,可靠性高。此外,计算机计算能力强,用它可以实现各种复杂的控制,例如串级控制、前馈控制、自动选择控制以及大滞后控制等。因此,DDC 得到了广泛的应用。

DDC 属于闭环控制,是当前工业生产中最普遍的一种控制形式。当然,由于 DDC 系统中的微处理器直接承担控制任务,所以要求微处理器的实时性好,可靠性高。

3. 监督计算机控制系统

监督计算机控制(Supervisory Computer Control, SCC)系统有两级控制,第一级用 DDC 计算机或模拟调节器,完成直接控制;第二级为 SCC 计算机,根据反映生产过程状况的数据和数学模型进行必要的计算,给 DDC 计算机或模拟调节器提供各种控制信息,如最佳给定值和最优控制量等。

在 DDC 系统中,用计算机代替模拟调节器进行控制。而在 SCC 系统中,则是由计算机按照描述生产过程的数学模型,计算出最佳给定值送给模拟调节器或者 DDC 计算机,然后由计算机控制生产过程,使其处于最优状况。它不仅可以进行给定值控制,还可以进行顺序控制、最优控制以及自适应控制等,因此是操作指导系统和 DDC 系统的综合与发展。SCC 系统就其结构来讲有两种,一种是 SCC + 模拟调节器,另一种是 SCC + DDC。一般 SCC 系统是指 SCC + DDC。

1) SCC + 模拟调节器控制

SCC + 模拟调节器控制系统的构成如图 1-8 所示。在该系统中,SCC 计算机的作用是收集检测信号及管理命令,然后按照一定的数学模型计算后,输出给定量到模拟调节器。给定值在模拟调节器中与检测值进行比较,其偏差量经调节器计算后输出到执行机构,调节生产过程。这样,系统可以根据生产状况的变化,不断地改变给定值,以达到实现最优控制的目的。而一般的模拟系统是不能自动改变给定值的。

2) SCC + DDC 控制

SCC + DDC 控制系统的构成如图 1-9 所示。这是一个两级计算机控制系统,一级为监督

SCC,其作用与上述 SCC + 模拟调节器中的 SCC 一样,用来计算最佳给定值,这个值送给第二级计算机,即直接数字控制(DDC)中的计算机,由它对给定值与测量值(数字量)进行比较,根据偏差进行数字控制计算,然后经 D/A 过程输出通道分别控制各个执行机构来调节控制对象的参数。与 SCC + 模拟调节器系统相比,其控制规律可以改变,用起来更加灵活,而且一台 DDC 可以控制多个回路,使系统比较简单。

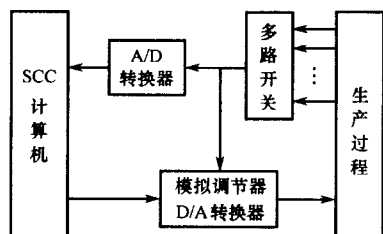


图 1-8 SCC + 模拟调节器控制系统框图

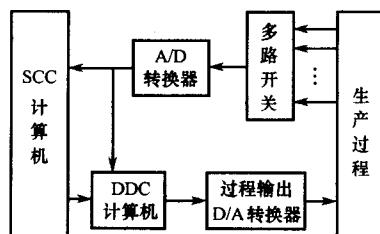


图 1-9 SCC + DDC 控制系统框图

SCC 系统与 DDC 系统相比有着更大的优越性。除了更接近于生产的实际情况外,当系统的模拟调节器或 DDC 控制器出了故障时,可用 SCC 系统代替进行调节,因此,大大地提高了系统的可靠性。系统中的 DDC 计算机直接承担生产过程的控制任务,因此要求可靠性高,抗干扰能力强,并能独立工作。一般选用单片机、PLC 或低档微机作的 DDC 计算机。SCC 计算机承担着高级控制和管理任务,信息存储量大,计算任务繁重。一般选用高档微机或中小型计算机。

由于生产过程的复杂性,其数学模型的建立比较困难,因此 SCC 系统实现起来比较困难。

4. 分布式控制系统(DCS)

分布式控制系统(Distributed Control System)也称集散控制系统,是随着计算机技术的发展、工业生产过程规模的扩大、综合控制与管理要求的提高而发展起来的以多台微型机为基础的系统。其设计原则是分散控制、集中操作、分级管理和综合协调。整个系统从上而下分为若干级,如过程控制级、控制管理级、生产管理级、经营管理级等(如图 1-10 所示)。由于现代生产过程的复杂性,如设备分布广,各工序、设备需同时并行地工作,而且基本上是互相独立的,这使中小型计算机的集中控制系统十分复杂。而采用微型机分布控制系统可以大大减少系统的复杂性。

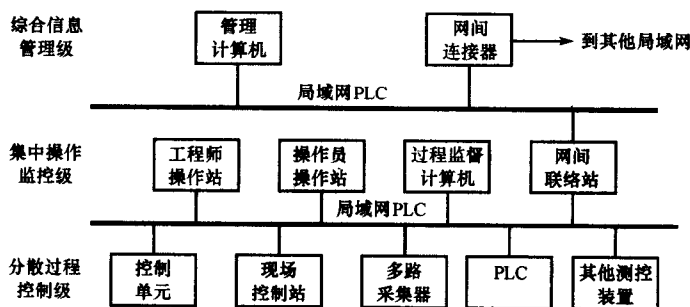


图 1-10 分布式控制系统框图

在这种系统中,只有必要的信息才传送到上一级计算机或中央控制室,绝大部分时间各个计算机都是并行就地工作,这样可以避免传输误差。这些都使分布式控制系统具有很大的优越性。其系统组成如图 1-10 所示。

分散过程控制级是 DCS 的基础,用于直接控制生产过程。它由若干工作站组成。各工作站接收监控级发送来的信息,完成数据采集、顺序控制,实现被控制量的闭环控制等。它所收集的数据供监控级调用。可见,分散过程控制级基本上属于 DDC 系统的形式,但它将 DDC 系统的职能分散给多个工作站完成,因此,局部的故障不会影响整个系统的工作,从而避免了集中控制系统“危险集中”的缺点。

监控级的任务是对生产过程进行监视与操纵。它根据生产管理级提出的技术要求,确定分散过程控制级的最优给定量。监控级由于接收了下级各工作站所采集的数据,因而能全面反映生产情况,为本级的操作人员提供充分的信息,据此直接干预运行。

管理级则是整个系统的中枢,它根据监控级提供的信息及生产任务的要求,编制出全面反映整个系统工作情况的报表,审核控制方案,选择数学模型,制定最优控制策略,并对下一级下达命令。

由此可见,分布式控制系统是利用计算机技术对生产过程进行集中的监视、操作、管理而实行分散式控制的一种新型控制技术。它综合利用了计算机技术、信号处理技术、测量控制技术、通信网络技术和人机接口技术;具有通用性强、系统组态灵活、控制功能完善、数据处理方便、显示操作集中、人机界面友好、安装简单规范化、调试方便、运行安全可靠的特点;能够适应工业生产过程的各种需要,提高生产自动化水平和管理水平,提高产品质量,降低能源消耗和原材料消耗,提高劳动生产率,保证生产安全,促进工业技术发展,创造最佳经济效益和社会效益。

5. 计算机集成制造系统(CIMS)

计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)是在信息技术、计算机技术、自动化技术、制造技术的基础上,利用计算机将工厂的全部生产经营活动,从市场预测、订货、计划、产品设计、加工制造、销售直到售后服务的全部设计、制造和管理环节进行统一控制、统一管理的综合性自动化制造系统。其目标是把局部优化转化成全厂甚至整个企业的总体优化,从而获得更高的整体效益(缩短产品开发与制造周期,提高产品质量,提高生产率,减少在制品,充分利用工厂的各种资源)及提高企业的应变能力,以便适应市场对产品不断更新、灵活多变的要求,使工厂企业在激烈的市场竞争中立于不败之地。CIMS 的出现是技术经济发展的结果,它具有很大的柔性,能对市场需求变化做出快速反应,是适合于多品种、中小批量生产的高效益、高柔性的智能制造系统。CIMS 体现了一种对企业生产过程与生产管理同时进行优化的新哲理,认为企业的计划、采购、生产、销售等各个环节是不可分割的。整个生产运作过程实际上是对各个有关环节信息的采集、传递、加工、协调、回控的过程,必须统一考虑以利于优化决策。这种哲理首先在 1973 年由美国 Joseph Harrington 博士提出。近 30 年过去了,虽然对 CIMS 至今仍无权威性的定义,但追溯近几十年来科技与生产力的发展不难看出,CIMS 是计算机技术、自动控制技术、制造技术、信息技术、管理技术、网络技术、系统工程技术等新技术发展的结果,这些新技术的发展,使原先几乎相互无关或关系不密切的技术学科终于联系在一起,从而形成一种新的综合技术 CIMS。

CIMS 是采用多任务分层体系结构,经过近 30 年的发展,现在已经形成多种方案,如美国国家标准局的先进制造研究所(AMRF)提出的五层递阶控制体系结构、面向集成平台的 CIMS 体系结构、连续型 CIMS 体系结构、局域网型 CIMS 体系结构等。但不管结构如何变化,其基本思想都是采用递阶控制。

所谓递阶控制(Hierarchical Control),是把所需完成的任务按层次分级的层状或树状的命令/反馈控制方式。高一级装置控制次一级的装置,次一级的功能更具体。由最后一级完成要求的最具体的最后一道任务。图 1-11 给出了 CIMS 各组成部分在企业中所处的层次。

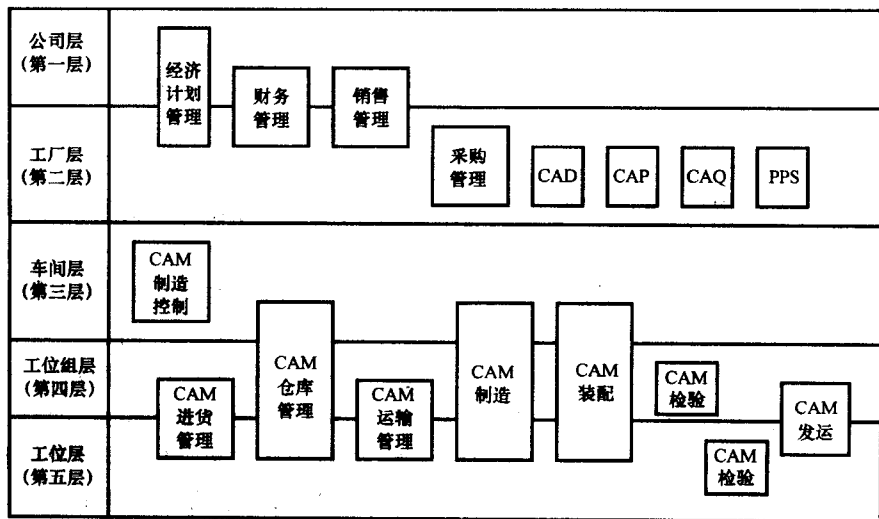


图 1-11 CIMS 各组成部分的层次结构

6. 现场总线控制系统

现场总线控制系统(Fieldbus Control System, FCS)是建立在网络基础上的高级分布式控制系统,并且已经成为工业生产过程自动化领域中的一个新热点。FCS 的出现,使传统的自动控制系统产生革命性的变革,改变了传统的信息交换方式、信号制式和系统结构,改变了传统的自动化仪表功能概念和结构形式,也改变了系统的设计和调试方法,开辟了控制领域的新纪元。

FCS 系统的核心是现场总线。现场总线技术是 20 世纪 90 年代兴起的一种先进的工业控制技术,它将当今网络通信与管理的观念引入工业控制领域。从本质上讲,它是一种数字通信协议,是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、全分散、双向传输、多分支结构的通信网络,是控制技术、仪表技术和计算机网络技术三者的结合,具有现场通信网络、现场设备互联、互操作性、功能块分散、开放式互联网络等技术特点,这些特点不仅保证了它完全可以适应目前工业界对数字通信和自动控制的需求,而且使它与 Internet 互联构成不同层次的复杂网络成为可能,代表了今后工业控制体系结构发展的一种方向。FCS 控制系统的层结构如图 1-12 所示。

现场总线的节点设备称为现场设备或现场仪表。具体节点设备的名称及功能因企业性质的不同而不同,基本设备有:

- ① 变送器 常用的变送器有温度、压力、流量、物流和分析五大类,每类又有多个品种。变