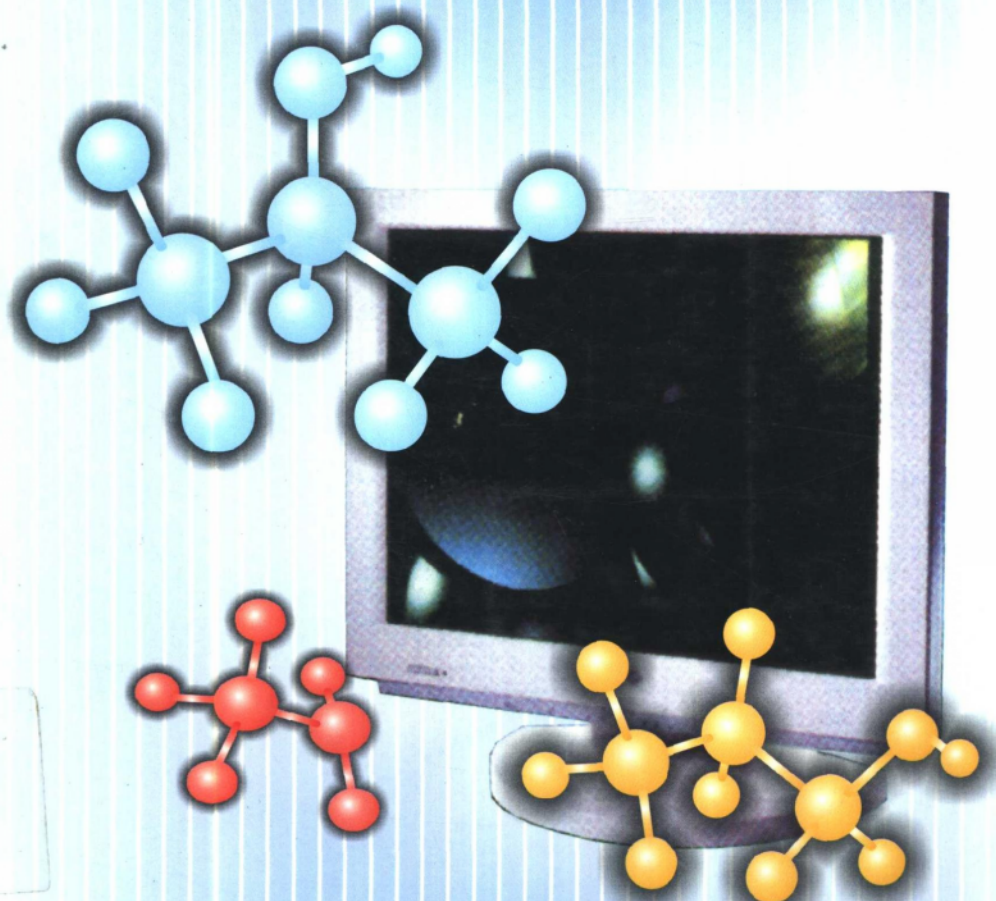


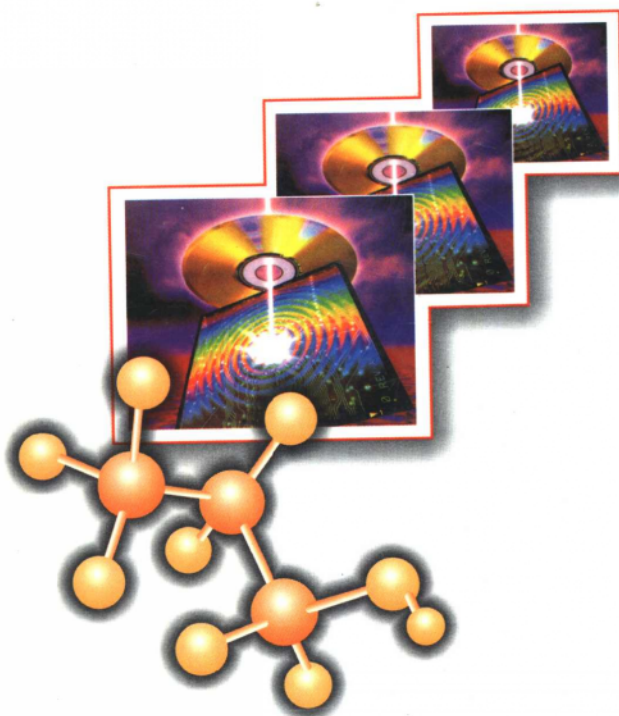
化学化工中的 计算机技术

姚绍龙 彭昌荣 编著



四川大学出版社

HUAXUE HUAGONG ZHONG DE JISUANJI JISHU



ISBN 7-5614-2075-7



9 787561 420751 >



ISBN 7-5614-2075-7 / TP · 106

定价: 28.00 元

化学化工中的 计 算 机 技 术

姚绍龙 彭昌荣 编著

四川大学出版社

2001·成都

责任编辑:宋 平
责任校对:孙康江
封面设计:罗 光
责任印制:石大明

图书在版编目(CIP)数据

化学化工中的计算机技术/姚绍龙,彭昌荣编著.
成都:四川大学出版社,2001.2

ISBN 7-5614-2075-7

I. 化... II. ①姚...②彭... III. 计算机应用-化学工业 IV. TQ015.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 04219 号

书名 化学化工中的计算机技术

作者 姚绍龙 彭昌荣 编著
出版 四川大学出版社
地址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
印刷 成都金龙印务有限责任公司
发行 新华书店经销
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 23.70
字数 560 千字
版次 2001 年 3 月第 1 版
印次 2001 年 3 月第 1 次印刷
印数 0 001—1 000 册
定价 28.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电话:5412526/5414115/
5412212 邮编:610064

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回印刷厂调换。

版权所有◆侵权必究

前 言

电子计算机是信息技术的主要媒体，它与生物工程、光通讯、新型结构材料、宇航技术和新型能源等一起，并称为现代科学技术的几大支柱。所以，计算机是现代化的重要标志之一。当前正处于世纪之交的重要时刻，尽管世界经济还在按照后工业时代所形成的轨迹做着惯性飞行，但信息技术经过三十多年特别是近十年来的快速发展，已在很大程度上直接影响着各国的科技水平和经济实力。作为知识经济的核心内涵的信息技术尤其是计算机技术，对包括尖端科技、工农业生产、教育教学，以及人们的日常工作和生活方式等各个方面的渗透，其全面性和深刻性都是前所未有的。

化学是自然科学中重要的基础学科之一，化学工程是国民经济和科学技术中的一个支柱领域。计算机技术在化学和化学工程中的应用非常广泛。既有数值计算方面的，又有非数值运算方面的；既涉及基础化学各分支学科领域，更涉及分析测试、化学工程领域；不仅包括化学化工科研、设计和生产过程控制，而且包括化学化工教育、教学。由于计算机及网络技术的不断发展，计算机技术与化学、化工之间的相互渗透已成为化学、化工和计算机科学工作者的研究热点。因而，作者力图反映国内外有关方面的新进展，力图将计算机软、硬件基础与化学、化工专业知识有机地结合，力图将整体内容的导论性和重点知识的基础性密切结合，从而使得本书在内容和写作上既简明扼要又重点突出。具体说来，有以下几个特点：

(1) 将有关计算机技术在化学与化工这两个本来就联系十分紧密的领域中的主要应用内容，包括实验数据处理中的误差分析、统计检验、插值和曲线拟合，基础化学各分支学科中的平衡浓度计算、有机组分的分析和有机物的合成设计，化学热力学和化学动力学方程的建立与计算，分析测试中平衡体系各型体浓度和副反应系数的计算、滴定曲线的计算和绘制、多组分混合物分析和谱图曲线拟合、谱峰面积计算、差谱技术、谱图解析、色谱数据工作站和专家系统、电化学分析的计算机化仪器，化学工程中作图法求理论级数、化工工艺和设备的设计计算、工程制图、工艺参数和生产过程的微机控制，化学、化工中计算机辅助教学以及数据库管理等进行综合归纳，成书后奉献给读者，以便对有关应用的基本态势有一个全貌性的了解。

(2) 详细地介绍了化学化工中数值计算的主要程序示例。这是全书的重点之一，因而对于涉及到的有关程序和示例，从算法分析开始，画出了 N-S 流程图，使用读者易学易用且有一定图形处理能力、在化学化工中应用广泛的 QBASIC 语言编写了结构化程序。这样一来，即使是对 QBASIC 语言不很熟悉的人，也能依据流程图用其他高级语言写出有关程序来，或者按照各程序语言的语法和特点直接完成它们之间的转化。

本书中所列举的众多程序示例，都来自于化学化工中的实际问题。所写的大多数程序有作者的劳动成果：设计了数量较多而内容详尽的 N-S 流程图，这对于阅读理解有关程序大有裨益；编写的各程序具有较好的易读性和通用性，便于理解和修改；所有程序都上机调试通过，可以直接引用，实用性强。

(3) 非数值运算的有关内容和应用示例是作者在本书中考虑的又一个重要方面。不仅对有关的知识做简要介绍，而且其中所列举的与化学化工实际联系紧密的示例为读者对有关内容的理解和应用提供了方便。

(4) 为了使读者对数值计算方法和微机控制系统原理等内容能较好地理解，特专章给以分别介绍。这是基础性的知识，对于阅读其后的各章节有重要作用。但是，第 2 章之后的各章节基本上是独立的，相互关联很少，读者可根据需要阅读有关内容。

(5) 有关计算程序和应用示例，按先后顺序索引列于书末附录中，便于查阅。

在书稿的写作中得到同事和同行的鼓励和支持，也参阅了国内外部分作者的有关著作，出版社编辑部宋平教授提出的宝贵意见和高度负责精神使本书得以高质量地出版。在此一并致以衷心感谢。

本书写作的分工是，姚绍龙：第 2 章，第 3 章，第 4 章，第 5 章，第 7 章，第 8 章；彭昌荣：第 1 章，第 6 章。最后由姚绍龙通读定稿。

由于本书有关内容涉及面较宽，再加上作者水平有限，手稿虽经认真仔细斟酌，但书中不妥之处在所难免，敬请同行批评指正。同时，有关内容的取舍和写作方式、方法，都只是作者的一种尝试，恰当与否还有待于广大读者来评说。

作 者

2000 年 11 月

内 容 简 介

本书全面而系统地论述了化学、化工这两个相关领域中多个方面的计算机技术的应用，既有数值计算的各种应用程序，又涉及非数值运算的众多应用示例。数值计算的内容包括实验数据处理、基础化学的分支学科知识、分析测试理论与仪器的计算机化和化工工艺、设备选型计算等，其有关程序示例全都详细分析了算法，画出了 N-S 流程图，用 QBASIC 语言编写的结构化程序全部上机调试通过，具有广泛的实用性。非数值运算的内容简要介绍了红外、质谱等谱图解析、差谱技术、模式识别，色谱分析的专家系统，化学工程中计算机辅助制图的 AutoCAD，工艺参数和生产过程的微机控制，化学化工中的计算机辅助教学以及数据库管理 FoxPro 等知识和示例。

主要读者是广大的化学化工科技工作者；也是环境监测、商品检验、医药卫生、食品轻工和地质冶金等部门的工程技术人员应用计算机技术以及计算机专业人员开扩视野、拓展应用的重要参考书；还适合高等学校各有关专业的教师和研究生或高年级学生阅读。

目 录

第 1 章 微机控制系统原理概述	1
1.1 微机控制系统基本概念	1
1.1.1 自动控制的几个基本概念	1
1.1.2 微机控制系统的分类和控制规律	2
1.2 微机系统的指令	5
1.2.1 微型机的基本结构	5
1.2.2 计算机的指令系统	7
1.3 微型机的接口技术	10
1.3.1 CPU 与外设通讯的特点	10
1.3.2 程序查询方式接口	10
1.3.3 中断方式接口	13
1.3.4 模拟量与数字量的转换接口	16
1.4 几种常用微机控制系统	22
1.4.1 顺序控制系统	22
1.4.2 数字程序控制系统	24
1.4.3 随动系统	27
参考文献	28
第 2 章 数值计算方法基础	29
2.1 概述	29
2.1.1 数值计算方法的选择	29
2.1.2 解题过程中的误差及其减免	29
2.1.3 两个应注意的问题	30
2.2 高次方程的数值解	30
2.2.1 根的初值和存在范围的求法	31
2.2.2 求高次方程的根的方法	32
2.3 线性方程组的数值解法	37
2.3.1 矩阵解法	38
2.3.2 顺序消去法	39
2.3.3 主元素消去法	40
2.3.4 全主元高斯-约当消去法	43
2.3.5 高斯-赛德尔迭代法	45
2.4 非线性方程组的数值解法	47
2.4.1 迭代法	47
2.4.2 牛顿-雷扶生法	48

2.5 插值法	50
2.5.1 线性插值	50
2.5.2 抛物线插值	50
2.5.3 拉格朗日一元全结点插值	52
2.5.4 三次样条插值	52
2.6 拟合法	57
2.6.1 最小二乘法	57
2.6.2 一元线性拟合	58
2.6.3 多元线性拟合	61
2.6.4 非线性拟合	65
2.6.5 多项式拟合	68
2.7 数值积分法	70
2.7.1 梯形积分法	70
2.7.2 辛普生积分法	71
2.8 微分方程的数值解法	73
2.8.1 尤拉法	73
2.8.2 龙格-库塔法	77
2.8.3 打靶法	78
2.8.4 有限元法	79
参考文献	82

第3章 实验数据的处理	83
3.1 标准偏差、精密度和置信区间	83
3.1.1 标准偏差的计算	83
3.1.2 平均值精密度的计算	85
3.1.3 平均值置信区间的计算	86
3.2 差异的统计检验	87
3.2.1 差异的统计假设与检验	87
3.2.2 差异的 t 检验	88
3.2.3 差异的 F 检验	90
3.2.4 可疑值的取舍	91
3.3 数据的频数分布	93
3.3.1 数据的排序	93
3.3.2 数据的频数分布	94
3.4 实验数据的插值处理	97
3.4.1 线性插值程序	97
3.4.2 抛物线插值的程序	98
3.4.3 自然样条函数插值	101
3.5 实验数据曲线拟合	106
3.5.1 一元线性拟合	106

3.5.2	多元线性拟合	112
3.5.3	数据的非线性拟合和多项式拟合	116
3.5.4	方差分析	125
3.6	实验数据的数值积分	130
3.6.1	梯形积分法的算法概述	130
3.6.2	程序示例	130
	参考文献	134
第4章	基础化学中的计算机应用	135
4.1	化学反应平衡浓度的计算	135
4.1.1	基本算法程序	135
4.1.2	程序示例	136
4.2	有机化合物的合成	141
4.2.1	有机混合物组分分析	141
4.2.2	有机合成	145
4.3	化学热力学的计算	150
4.3.1	实际气体状态方程计算	150
4.3.2	蒸气压—温度关系的计算	152
4.3.3	化学反应的热效应计算	154
4.3.4	气体混合物的粘度计算	158
4.4	化学动力学研究	162
4.4.1	气体反应动力学方程的建立	162
4.4.2	化学反应的动力学计算	167
4.5	放射性元素的衰变	171
4.5.1	尤拉法求微分方程组的数值解子程序	171
4.5.2	程序示例	173
	参考文献	175
第5章	分析测试中的计算机技术	176
5.1	副反应系数的计算	176
5.1.1	酸效应系数的计算	176
5.1.2	配位效应系数的计算	177
5.2	平衡体系中各型体的分布	179
5.2.1	酸碱平衡体系中各型体的分布	179
5.2.2	溶液中各级配合物的分布	185
5.3	滴定曲线的计算与绘制	186
5.3.1	酸碱滴定曲线	187
5.3.2	氧化还原滴定曲线	192
5.4	实验参数的优选	196
5.4.1	单纯形法的基本原理	196

5.4.2 实验参数优选的单纯形法的计算机算法	197
5.5 多组分混合物的定量分析和峰面积计算	199
5.5.1 单波长分光光度法	199
5.5.2 双波长分光光度法	202
5.5.3 峰面积计算	207
5.6 光学分析中的几项计算机技术	208
5.6.1 差谱技术和谱图平滑	208
5.6.2 谱图曲线拟合	216
5.6.3 计算机辅助分子结构解析原理	220
5.7 色谱分析中的计算机技术	226
5.7.1 色谱数据处理机的主要功能原理	226
5.7.2 色谱分析中的专家系统	228
5.8 电化学分析仪器的计算机化原理	231
5.8.1 电位分析中的计算机应用	232
5.8.2 极谱分析中的计算机应用	238
参考文献	243
 第 6 章 化学工程中的计算机技术	 244
6.1 计算机作图法求理论级数	244
6.1.1 算法分析	244
6.1.2 程序示例	246
6.2 化工设备选型设计计算	261
6.2.1 气流输送系统设计计算	261
6.2.2 喷雾干燥塔的设计计算	271
6.3 化工工艺设计计算	279
6.3.1 多效蒸发系统的工艺设计计算	279
6.3.2 精馏过程工艺设计计算	283
6.4 计算机辅助化工制图	292
6.4.1 计算机绘图简介	292
6.4.2 计算机绘制化工图的方法示例	299
6.5 化工生产过程的计算机自动控制	302
6.5.1 单片机控制化工过程参数	302
6.5.2 化工生产工艺的微机控制	308
参考文献	313
 第 7 章 计算机辅助教学	 314
7.1 概述	314
7.1.1 引入计算机辅助教学的必要性	314
7.1.2 化学化工 CAI 的发展概况	315
7.1.3 计算机多媒体在化学化工教学中的应用	316

7.2 理论课中的 CAI 课件概况	318
7.2.1 “元素化学” 课件	318
7.2.2 分析测试中的 CAI 课件	321
7.2.3 有机和高分子化学中的 CAI	325
7.2.4 结构化学课件及应用实效	327
7.2.5 生活化学课程中的 CAI	328
7.2.6 化工制图课中的 CAI	329
7.2.7 化工原理课程设计的 CAI 概述	333
7.3 实验课教学中的 CAI 概况	333
7.3.1 化学实验教学中的计算机接口与传感器技术	333
7.3.2 化学化工实验手段的微机化	336
7.3.3 分析测试实验中的 CAI 功能原理	337
7.3.4 计算机模拟蛋白质纯化实验	340
7.4 化学化工试题库	342
7.4.1 关于我国的高等化学试题库	342
7.4.2 工科无机、普化试题库	343
7.4.3 《全国普通高等学校分析化学试题库》简介	344
参考文献	344
 第 8 章 化学化工数据库管理技术	346
8.1 FOXPRO 数据库管理的基本功能	346
8.1.1 概述	346
8.1.2 数据库的建立、开关与显示	348
8.1.3 记录的追加、删除、修改和排序	350
8.1.4 记录的索引、查找和统计汇总	351
8.1.5 报表生成与输出	353
8.1.6 图片和声音的处理	354
8.2 化学化工数据库及其管理概述	354
8.2.1 化学化工数据库的基本内容	355
8.2.2 化学化工数据库的存储	355
8.2.3 化学化工数据库的检索	356
参考文献	357
 附 录	358
1. 相关系数临界值表	358
2. t 分布临界值表	359
3. F 分布临界值表	360
4. 主要程序索引	363
5. 非数值运算的主要应用示例索引	365

第 1 章 微机控制系统原理概述

1.1 微机控制系统基本概念

1.1.1 自动控制的几个基本概念

1. 自动控制系统

自动控制系统是一个能自动按要求控制一些设备的系统。该设备是由一些机器零件有机地组合在一起，以完成某种指定的动作，通常称为被控对象。一个自动控制系统一般由检测、输入、控制、输出和执行等五个部分组成，如图 1.1 所示。

检测部分通常包括检测机构和显示单元。检测机构将对象的必要情况（信号）报送给控制部分，显示单元则显示出对象的有关情况。

输入部分包括输入接口、输入通道和显示单元。通常的情况是，检测信号由于种种原因不宜直接送到控制部分，这就需要在检测部分和控制部分之间加入输入接口。还有一些信号需要放大和转换后才能送入控制部分，即要为这些信号送入控制部分提供通路，这就是输入通道的作用。显示单元亦是显示这些信号的。

控制部分包括一台或多台控制装置，它将输入部分送来的由检测部分测得的被控对象的实际信号与设定的最佳值信号进行算术和逻辑运算，产生差值控制信号输出去完成自动控制任务，反馈控制系统还要根据反馈的控制信号进行运算。

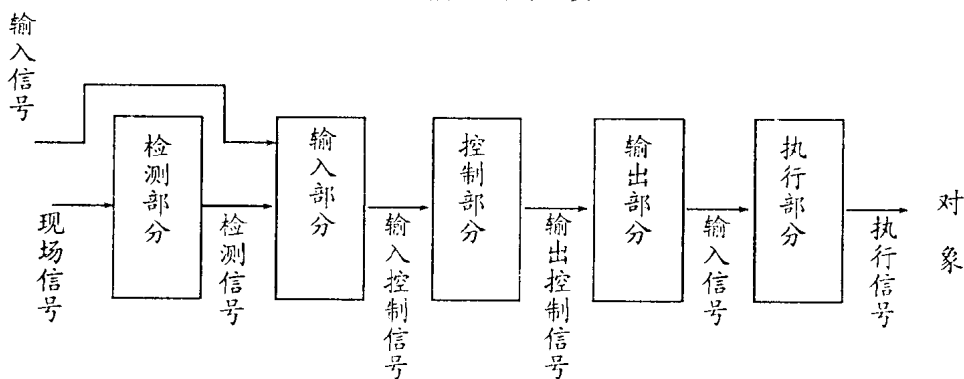


图 1.1 自动控制系统组成框图

输出部分与输入部分相对应，它包括输出接口、输出通道和显示单元。将控制信号输出到执行部分的转接部分就是输出接口。有一些输出的控制信号需要放大和转换，所通过的电路就是输出通道。显示单元也就是显示这些信号。

执行部分包括执行机构和显示。执行机构就是拖动对象的电气功率部件，例如拖动电梯或绘图仪的交直流电动机，电磁铁等。执行机构接受的输出信号大多数是电气信号（电压、电流等），执行机构输出的信号绝大部分是力矩或力（例如交直流电动机轴上的输出转矩、电磁铁的吸力等）。

2. 开环控制与闭环控制

如果自动控制系统的输出信号对自动控制没有影响，则称之为开环控制，它不需要将任何输出的信号送回（反馈）到系统的输入部分。因而，它又称为无反馈控制。图 1.1 所示就是一个开环控制系统。

在自动控制系统中，凡是将输出信号又取回来作为输入信号而影响控制作用的系统，就是反馈控制系统，也称为闭环控制系统，其组成如图 1.2 所示。正确提取反馈信号，就能改善控制作用，达到较好的控制效果。

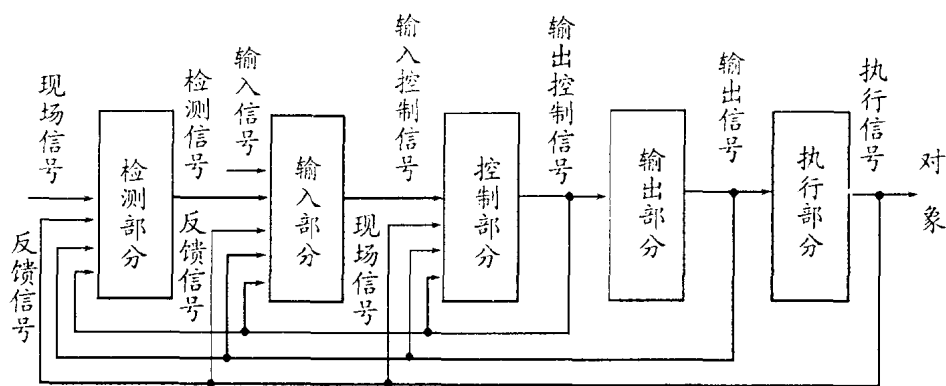


图 1.2 闭环控制系统组成框图

3. 模拟控制与数字控制

信号或数据可分为模拟量和数字量两类。模拟量是指电子模拟信号，可以看作是一种电压或电流信号，其电平可以连续或以无限小的阶跃改变，因而模拟量被认为是连续量。数字量是指数字信号，它只能按有限个不连续的阶跃或增量来改变，故数字量又被称为离散量。

自动控制的一位数字量是数字量的特例，一般不用来表示数值，而是用来表示事物的逻辑状态，大多用在开关电路中，故称为开关量。开关量只用整数 0 和 1 表示。

在自动控制系统中，控制部分是核心。当按其运算量是模拟量还是数字量来区分自动控制系统时，可分为三种类型。如果运算的量是模拟量，控制部分是模拟控制器，则称之为模拟控制系统。若运算的量是数字量，控制部分是数字控制器，则是数字控制系统。如果一个系统既有模拟量运算，又有数字量运算，其控制部分就是模拟控制器和数字控制器的混合体，则称为模拟和数字的混合控制系统。

4. 计算机控制系统

数字控制器较模拟控制器有很多优点。例如，数字控制器能以一定精度高速地完成复杂的计算任务，计算任务的复杂程度基本上不影响机器的造价；数字计算机具有很好的通用性，同一台计算机在用于不同的控制对象时，只要改变一下程序就可以了；数字计算机还可以分时使用，分级分布控制等等。这些都为合理地处理复杂的控制问题提供了方便，是模拟控制无法比拟的。因而，无论信号是模拟量还是数字量（包括开关量），发展的方向都是大量采用数字控制系统。数字控制系统的控制部分采用数字计算机时，则通常称为计算机控制系统。

1.1.2 微机控制系统的分类和控制规律

1. 微机控制系统的分类

按计算机参与控制系统的结构特点和功能来分类，微机控制系统通常可分为五类。

(1) 数据收集系统 (DAS)：这是计算机用于控制生产过程的最简单的系统，如图 1.3 (a) 所示。该系统的功能是巡回检测过程参数。这些参数包括模拟量和数字量，其中多数是模拟量，模拟量要经过模 / 数转换后才能进入计算机。在大多数系统中，这些数据都是由计算机用适当的公式换算成相应变量的工程单位表示的数值，然后加以必要的数据处理。最后由计算机输出计算结果，记录在输出媒介物（包括打印机、磁盘等）之上。数据收集系统工作的

目的是记录生产过程的有关资料，以研究生产过程，达到建立和改善生产过程的数学模型，进而改善生产过程的各项指标。有时数据收集系统还带有一些简单的操作功能，如显示、打印和报警等。

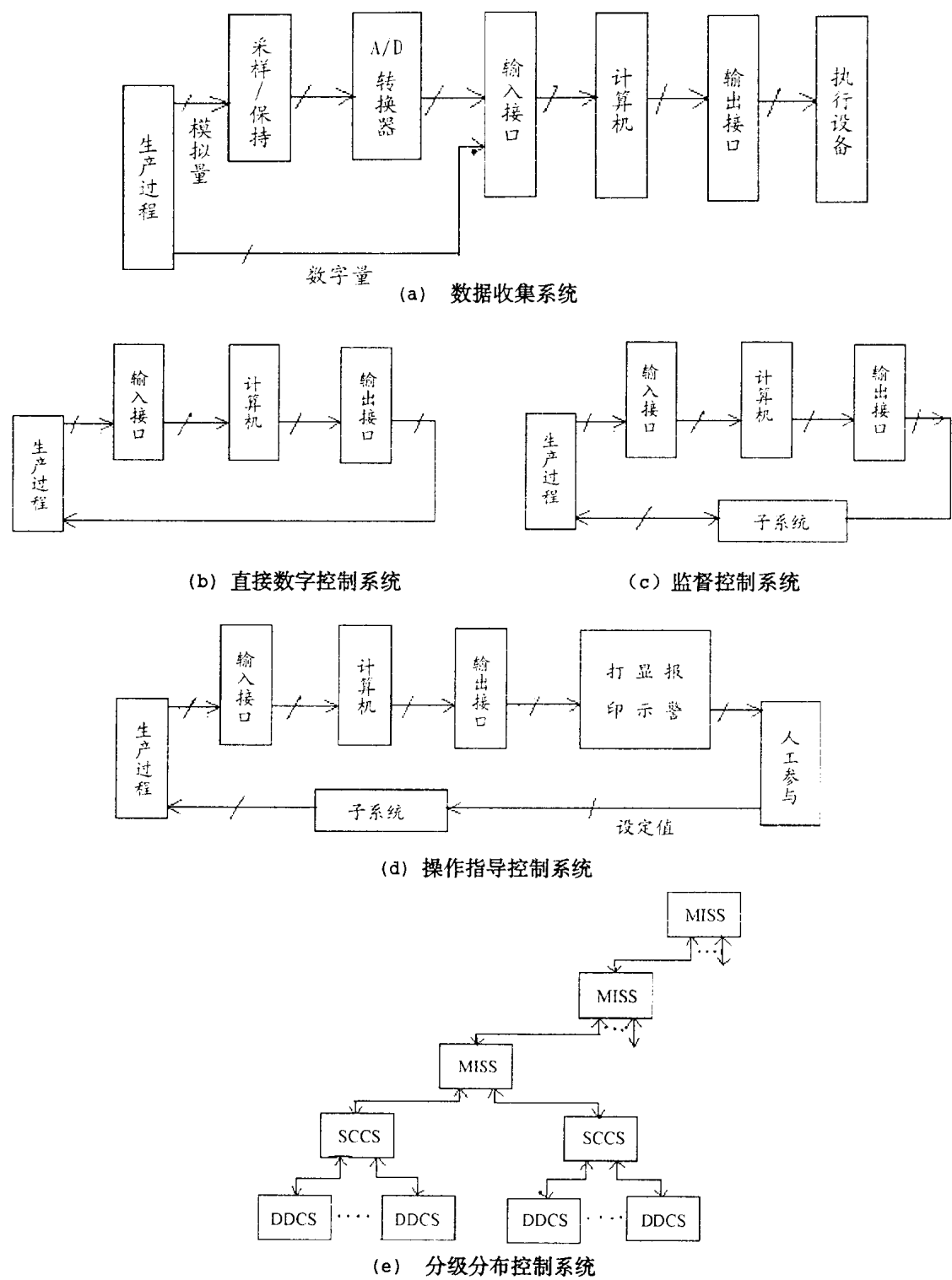


图 1.3 计算机控制系统的类型

(2) 直接数字控制系统 (DDCS)：这类系统比数据收集系统又进了一步，不仅收集数据，

还要处理数据，直接控制生产过程，如图 1.3 (b) 所示。它要根据在生产过程中收集的数据，按工艺流程的控制算法计算出控制量，再将其输出直接作用于执行机构，使被控量达到或保持在设定值。

在计算机控制系统中，DDCS 是量大面广的控制系统，它直接用于生产过程，所以要求计算机要具有较高的可靠性和较低的价格。

(3) 监督控制系统 (SCCS): 此类系统的框图见图 1.3 (c)。它与 DDCS 比较，在输入方面无多大区别。主要区别在输出方面，DDCS 输出信息的任务，是为了使生产过程的被控量达到和保持在设定值，并每隔一定时间按 DDC 算法改变一下输出信息，其变化十分频繁。而 SCCS 只是改变子系统的设定值，变化并不频繁，作用于生产过程的频繁输出则由子系统来完成。SCCS 的优点是，它能始终如一地使生产过程处于最优状态下工作，因而它要进行一些较为复杂的计算，这就要求该系统的计算机有较强的计算能力、较大的存储容量和丰富的软件。

(4) 操作指导控制系统: 这类控制系统的计算机输出只是打印、显示和报警，不直接控制生产过程，实际的操作是由人按输出数据来进行的，见图 1.3 (d)。这类控制系统的优点是较为灵活和保险。由于计算机输出的操作指导要经过操作人员检查后再执行，若操作人员认为不合适，可以不执行。因而它往往用于控制规律尚未彻底掌握的生产过程或调试新的控制程序。

操作指导控制系统与监督控制系统没有多大区别，不同之点是，后者中计算机的输出要直接调整子系统的设定值，而前者则由操作人员完成。

(5) 分级分布控制系统: 这是一个多级计算机控制系统，其原理框图见图 1.3 (e)。由于生产规模越来越大，即系统的输入和输出的来源和去向会越来越多，这对计算机管理和信息收集的及时性要求也越来越高，计算机不仅要完成生产过程控制，还要完成管理。如果使用一台计算机来进行这些工作，对大型企业来说不太合适，甚至不可能。因为计算机越大，可靠性相对较差，万一发生故障将使整个企业停产。因而一般采用功能分散的分级分布控制系统。该控制系统的最下级是直接数字控制系统 (DDCS)，用于直接控制生产过程，它的上级是监督控制系统 (SCCS)，指挥 DDCS 工作，它们的上级是生产管理系统 (MISS)，主要进行生产的计划和调度，并指挥 SCCS 工作，MISS 又可分为若干级，这需视企业规模和管理范围而定。

2. 微机控制系统的控制规律

在计算机控制系统中，常用的控制规律有顺序控制、程序控制、前馈控制、大滞后 Smith 控制、最优控制、自适应控制和自学习控制等。

(1) 顺序控制: 这类控制主要用于开关量系统 (即系统中的信息都是开关量) 的控制，它包括组合逻辑控制和时序控制。组合逻辑控制即它的控制信息的产生完全取决于当时输入信息的逻辑组合；时序控制所产生的控制信息，则不仅取决于当时的输入信息，还取决于系统过去的状态。

(2) 程序控制: 在生产过程中，为使被控量按予先规定好的某个时间函数发生变化，就必须使被控量的设定值也严格地按该规定的时间函数进行变化，此即程序控制。

(3) PID 反馈控制: 此即比例、积分、微分控制。这是过程控制中应用最广泛的一种控制，也是一种最基本的控制方式，如化工生产过程的温度控制和调速系统的速度控制等。为了提高静态精度和动态品质，往往也使用 PID 控制。

(4) 前馈控制: 这类控制的实质，是按扰动量进行校正的控制方式。前馈控制与反馈控制的区别是，前者按影响被控量的扰动量大小产生校正作用，去抵消扰动量的影响，而后者的前提是被控量必须偏离设定值，用偏差值去控制被控量。

(5) 大滞后 Smith 预估控制：当生产过程的被控对象有较大纯滞后时间的条件下，由于常规的 PID 控制使控制过程会严重超调，稳定性变差，此时它就不能满足要求，可采用大滞后 Smith 预估控制。例如，精馏塔借助控制再沸器的加热蒸汽量来保持其提馏段温度恒定的控制系统，由于再沸器的传热和精馏塔的传质过程，对象等效纯滞后时间很长，在系统中附加大滞后 Smith 预估控制，就可改善其性能。

(6) 最优控制：这是指控制系统在规定的限制条件下，使某些性能指标达到最优的控制。这里的“最优”是相对的，而且有针对性，即它是在某种特定限制条件下才能达到最优，一旦条件改变，就不再是最优了。

(7) 自适应控制：此即在限制条件变化时，能自动实现最优控制。例如水泥搅拌机，对不同的料的加水量和搅拌时间就要相应变化，才能达到最优。

(8) 自学习控制：随着运转条件的改变，系统能不断积累经验，从而自动地改变控制器本身的参数和结构，使控制效果越来越好，这就是自学习控制。

1.2 微机系统的指令

1.2.1 微型机的基本结构

1. 微型机的总体结构

目前正处于广泛应用的是所谓第四代计算机，即大规模集成电路计算机。在实际工作中使用的微型计算机系统是由硬件系统和软件系统组成的。硬件系统主要由输入设备、输出设备、运算器、存储器和控制器五个部分组成，见图 1.4。

微型机的五个组成部分中，通常把运算器和控制器合起来集成在一块芯片上，称为中央处理单元，简称 CPU。微型机硬件之间的 联接线可分为网络结构和总线结构。图 1.5 是目前较为常见的单总线结构示意图。

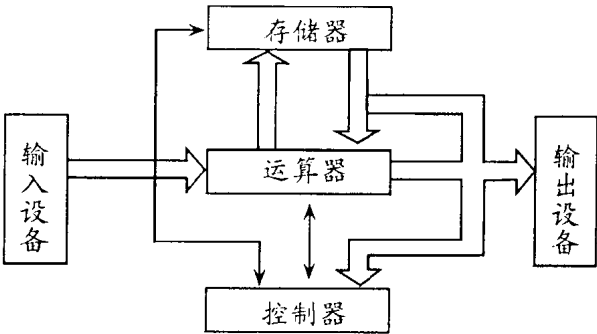


图 1.4 微型机的基本组成