

过程控制工程手册

周春晖 主编

化学工业出版社

73.85073  
357  
C.2

# 过程控制工程手册

周春晖 主编

3K50/15

化学工业出版社

(京)新登字 039 号

## 内 容 提 要

本手册分六篇概括了过程控制方面的基本内容。第一篇过程控制原理,包括经典控制理论和现代控制理论。第二篇过程检测仪表,包括压力、流量、物位、温度、成分等检测仪表以及显示仪表。第三篇过程控制仪表,包括模拟式控制仪表、单回路调节器、集散控制系统等。第四篇过程控制系统,包括基本控制系统、复杂控制系统,以及一些新型控制系统。第五篇工业控制计算机系统,包括系统的过程通道、操作系统、通讯网络、数据库、语言以及配置选型。第六篇生产单元的控制及工业控制计算机系统应用举例,包括化学反应器、精馏塔、传热设备、合成氨、乙烯生产装置等生产单元的控制系統。

本手册以实用为主,兼顾理论,供化工、石油、石油化工、轻工等部门工程技术人员以及大、中专过程控制和仪表专业的师生阅读和参考。

## 过程控制工程手册

周春晖 主编

责任编辑:陈逢阳 刘哲 李洪勋

封面设计:黄思宇

化学工业出版社 出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号)

北京朝阳区东华印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

新华书店北京发行所经销

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 89<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 插页 2 字数 2,862千字

1993年12月第1版 1993年12月北京第1次印刷

印 数 1—5,000

ISBN 7-5025-1134-2/IP·39

定 价 72.00 元

(京)工商广临字175号

## 编辑说明

《过程控制工程手册》(以下简称《手册》)是由浙江大学、化工部自控设计技术中心站和化学工业出版社共同组织编写的。周春晖先生任主编。参加手册编写和审稿工作的有高等院校、设计院、研究院、化工厂、仪表制造厂近五十名专家、学者。

编写一本以实用为主,兼顾理论,内容新颖,查阅方便的《过程控制工程手册》是广大自动控制工作者的一个愿望。早在70年代末,80年代初,就有这样的呼声:希望能吸取《美国控制工程师手册》的长处,结合我国的情况,编写一本《过程控制工程手册》。经过一段时间的酝酿和准备,于1986年开始组织编写班子,历时七年,终于和读者见面。《手册》的问世凝聚着编写人员的心血和汗水,是他们长期实践经验的总结,因此实用性很强。愿《手册》成为自动控制工程技术人员的良师益友是我们的初衷。

由于《手册》编写时间较长,而过程控制的发展是突飞猛进的,所以《手册》中的某些内容,特别是自动化仪表方面的新内容未能及时收入。在编写过程中,虽然力求做到名词术语统一,图例符号统一,但由于参加编写的人员较多,《手册》中仍有可能出现不一致或交叉、重复等问题,个别地方可能有不妥,甚至错误,欢迎读者提出宝贵意见,以便《手册》在修订时予以考虑,以使《手册》更臻完善。

参加《手册》编写的人员:

第一篇 第一章沈平,第二章涂蓁生,第三章张朝池,第四章李平、李克瑾,第五章王秀峰。

第二篇 第一、八章杜维,第二章赵宝珍,第三、五章乐嘉华,第四章余国贞,第六章赵宝珍、张宏建,第七章张宏建。

第三篇 第一、二、三、四章汤雪英、沈先明、安桂琴,第五章陆德民,第六章陆水钧、安桂琴、陈向楠,第七、八章邱宣振。

第四篇 第一章鲍伯良,第二章祝和云、冯瑶、朱学峰,第三、四章王慧、王庆国,第五章赵宏、李平,第六章张素贞,第七章王慧、李平,第八章王树青,第九章何声亮。

第五篇 第一、五章俞蒙槐,第二章曾繁友,第三、七章付雪桐,第四章刘磊,第六章陆洪其,第八章孙廷才。

第六篇 第一章尤勇、王晖,第二章龚剑平,第三章俞金寿,第四章徐炳华,第五章曾可令、朱学峰,第六章王慧、钱积新,第七章赵鹏程,第八章黄道,第九章周伯辛,第十章袁璞,第十一章龚建平。

# 目 录

## 第一篇 过程控制原理和方法

<b>第一章 经典控制理论</b> ..... 1	四、现代控制理论..... 43
<b>第一节 概述</b> ..... 1	<b>第二节 线性控制系统基本知识</b> ..... 44
一、自动控制系统的组成..... 1	一、线性系统..... 44
二、自动控制系统的分类..... 3	二、能控性与能观性..... 44
<b>第二节 动态特性的数学描述</b> ..... 4	三、标准型..... 47
一、微分方程描述..... 4	四、最小实现..... 48
二、拉氏变换、传递函数..... 5	五、稳定性的李雅普诺夫判别准则..... 50
三、频率特性..... 9	六、极点配置..... 51
四、单位阶跃响应..... 11	七、观测器的设计..... 53
<b>第三节 方块图和信号流图</b> ..... 18	八、动态补偿器的设计..... 54
一、方块图..... 18	九、调节器的设计..... 54
二、方块图变换..... 20	十、鲁棒调节器..... 56
三、信号流图..... 20	十一、解耦器的设计..... 57
四、梅逊公式..... 22	<b>第三章 最优化与最优控制</b> ..... 59
<b>第四节 控制系统的离散模型</b> ..... 24	<b>第一节 最优化问题</b> ..... 59
一、离散系统的特点..... 24	<b>第二节 线性规划</b> ..... 60
二、 $z$ 变换和脉冲传递函数..... 26	一、线性规划问题的一般形式..... 60
三、差分方程..... 30	二、线性规划问题的标准型..... 60
<b>第五节 系统的稳定性分析</b> ..... 30	三、基本概念和定理..... 60
一、稳定性的定义..... 30	四、问题的标准化..... 61
二、特征根和稳定性关系..... 30	五、单纯形法..... 61
三、劳斯稳定判据..... 31	六、大M法..... 62
四、奈魁斯特稳定判据..... 33	<b>第三节 非线性规划</b> ..... 62
五、奈魁斯特判据在对数频率特性图中 的应用..... 35	一、基本理论..... 62
六、稳定裕度..... 35	二、一维搜索..... 64
<b>第六节 控制系统的闭环响应</b> ..... 37	三、无约束极值问题的解法..... 66
一、性能指标..... 37	四、有约束极值问题的解法..... 68
二、特征根和性能指标关系..... 38	<b>第四节 动态规划(离散系统)</b> ..... 70
三、频域性能指标..... 38	一、最优性原理与基本方程..... 70
四、工业调节器的参数整定..... 39	二、动态规划方法..... 71
<b>第二章 现代控制理论基础</b> ..... 42	三、线性二次型最优控制问题..... 72
<b>第一节 概论</b> ..... 42	<b>第五节 大规模离散系统的递阶算法</b> ..... 72
一、系统..... 42	一、可分离问题的算法..... 72
二、数学模型..... 42	二、目标协调法(不可行分解法)..... 73
三、系统的分类..... 43	三、模型协调法(可行分解法)..... 74
	<b>第六节 最优控制问题</b> ..... 75

43024

第七节 变分法	76	五、由离散状态空间模型转化为差分方程模型	92
一、基本概念	76	第三节 机理建模	92
二、Euler方程	76	一、物料平衡	93
三、边界条件	77	二、能量平衡	94
四、多元泛函的极值问题	77	三、熵及其他平衡	97
五、有约束的泛函极值问题	78	四、简化机理模型方法	97
第八节 最大值原理	78	第四节 数学模型降阶	100
一、最大值原理	79	一、高阶模型低阶逼近的基本概念	100
二、说明和补充	79	二、时域降阶法	100
第九节 线性二次型最优控制问题	80	三、频域降阶法	107
一、给定 $t_f < +\infty$ 的情形	81	第五章 数学模型的辨识	113
二、定常系统, $t = +\infty$ 的情形	81	第一节 系统辨识的定义	113
三、具有指定稳定度的最优调节	81	第二节 测试信号	113
第十节 最优控制的数值计算	82	一、m序列的产生及其性质	113
一、梯度法	82	二、逆重复m序列及其性质	115
二、共轭梯度法	82	第三节 线性系统的传递函数	116
三、有约束条件的情形	83	一、传递函数的定义	116
第十一节 Riccati代数方程的数值解法	83	二、传递函数阵	116
一、微分方程法	83	第四节 脉冲响应函数	117
二、Davison法	83	一、脉冲响应函数的定义	117
三、Newton迭代法	84	二、脉冲响应函数的辨识	117
四、Lyapunov方程解法	84	第五节 由脉冲响应函数求系统的频率特性(响应)	119
第十二节 动态规划(连续系统)	85	一、脉冲响应函数与频率特性之间的关系	119
第十三节 大规模连续系统的递阶算法	85	二、求频率特性的算法	120
一、目标协调法	86	第六节 由频率特性求传递函数	121
二、关联预估法	87	一、由频率特性求传递函数的基本步骤	121
第四章 工业过程的数学模型机理建模及模型降阶	88	二、参数估计方法	121
第一节 概述	88	第七节 线性稳态(静态)模型的辨识	123
一、数学模型基本概念	88	一、一元线性回归模型的辨识	123
二、数学模型分类	88	二、多元线性回归模型的辨识	124
三、数学模型的作用	89	第八节 线性动态系统差分方程模型的辨识	130
四、建立数学模型的方法	89	一、线性定常系统的参数辨识	130
第二节 数学模型的等价转换	89	二、线性时变系统参数估计的适应算法	132
一、微分方程模型转化为状态空间模型	90	三、残差序列相关时的参数估计方法	133
二、状态空间模型转化为离散化状态空间模型	91	第九节 单变量线性系统阶的辨识	138
三、由离散状态空间模型转化为脉冲传递函数模型	92	一、目标函数直接检验法	138
四、由状态空间模型转化为传递函数模型	92		

二、F-检验法	139
三、AIC准则	139
四、阶的递推辨识算法	140
第十节 闭环系统的参数辨识	141
一、两步辨识法	141
二、更换调节器法	142

三、最小二乘法	142
第十一节 非线性系统的辨识	143
一、非线性模型的参数估计	143
二、结构未知的非线性系统辨识	146
参考文献	149

## 第二篇 过程检测仪表

第一章 过程检测的基本概念	151
第一节 检测仪表及系统	151
第二节 检测仪表的基本性能	152
第三节 误差	155
一、误差分类	155
二、误差分析和处理	155
三、系统精度	160
第四节 计量标准传递	160
一、温度计量标准的传递	160
二、压力计量标准的传递	162
三、质量计量标准的传递	165
第五节 仪表的抗干扰问题	165
一、干扰的产生	166
二、抗干扰措施	168
第六节 防爆问题	171
一、防爆仪表的品种和防爆系统	172
二、安全火花型防爆仪表的使用环境温度	172
三、仪表的防爆等级标志	173
第二章 压力检测	174
第一节 应用与选择	174
第二节 辅助设备	174
第三节 常用压力计	176
一、液柱式压力计	176
二、弹性压力计	181
三、活塞式压力计	182
四、浮球式压力计	183
第四节 电气式压力计	184
一、霍尔片式远传压力计	184
二、应变式远传压力计	185
三、电容式远传压力计	187
第五节 热电阻真空计	188
第六节 压力传感器	190
一、电阻式压力传感器	191
二、电感式压力传感器	192
三、压磁式压力传感器	193

四、压电式压力传感器	194
五、压阻式压力传感器	194
六、谐振式压力传感器	195
七、光导纤维压力传感器	197
第三章 物位检测	198
第一节 应用及选择	198
一、物位测量的意义和应用	198
二、物位测量的基本要求	198
三、物位仪表的选择	198
四、物位仪表性能比较	198
五、使用方法及安装	200
第二节 浮力式液位计	201
一、恒浮力式液位计	201
二、变浮力式液位计	202
三、浮力式液位计的特点及使用时应注意的问题	202
四、主要技术性能	203
第三节 静压式液位计	203
一、压力式液位计	203
二、差压式液位计	204
三、静压式液位计的特点	205
第四节 电容式物位计	205
一、工作原理	205
二、测量电路	206
三、应用实例——晶体管料位指示仪	207
四、电容物位计性能比较	208
第五节 超声波物位计	209
一、工作原理及性能	209
二、主要技术性能	210
三、超声波物位计的特点及注意问题	210
第六节 放射性物位计	211
一、工作原理	211
二、测量物位的方法	211
三、放射性物位计的特点	212

四、安装使用时应注意的问题	212	第十一节 光电温度计	248
第七节 固体料位计	212	第十二节 比色温度计	249
一、电阻式料位计	212	第十三节 适用于特殊条件下温度检测的 仪表和方法	252
二、回转翼轮式料位讯号器	213	一、光导纤维温度计	252
三、重锤探测式料位计	214	二、热象仪	254
四、吊篮式物位计	215	三、其他测温方法	255
五、吊锥式料位讯号器	215	<b>第五章 流量检测</b>	258
第八节 料位探测器	215	第一节 流量检测的特点及应用选择	258
一、原理及特点	215	一、流量检测的特点	258
二、测量电路	217	二、流量检测方法的分类	259
三、安装要求	218	三、流量检测方法及其性能比较	259
四、使用时应注意事项	218	四、流量检测仪表的选用	260
第九节 特殊介质物位计	219	第二节 节流元件	263
一、涡流式连铸结晶器液面计	219	一、检测原理	263
二、低沸点液位计	220	二、节流元件的型式和结构	264
三、光纤液面计	221	三、非标准节流元件和特殊差压流量的 测量装置	265
<b>第四章 温度检测</b>	223	四、差压计和差压变送器	268
第一节 概述	223	五、节流元件、连接管路及差压计的安 装	268
一、温度与温标	223	第三节 容积式流量计	271
二、温度检测仪表的分类	224	一、工作原理	271
第二节 双金属温度计	225	二、椭圆齿轮流量计	271
第三节 玻璃温度计	226	三、腰轮流量计	272
第四节 热电偶	227	四、刮板式流量计	272
一、工作原理	227	五、旋转活塞式流量计	273
二、中间导体定则和中间温度定则	228	六、湿式气体流量计	274
三、国内常用热电偶种类	228	七、其他型式的容积式流量计	274
四、热电偶的结构类型	229	八、容积式流量计的选择与安装	275
五、热电偶冷端温度的补偿	232	第四节 涡轮流量计	275
六、热电偶的实用测温线路	234	一、变送器的结构及原理	276
第五节 热电阻	235	二、流量指示积算仪工作原理	276
一、原理及材料	235	三、涡轮流量计的安装	277
二、热电阻的温度特性	235	第五节 转子流量计	277
三、常用热电阻的技术性能	236	一、测量原理	277
四、热电阻的结构类型	236	二、转子流量计的种类及结构	278
五、热电阻温度计的组成	238	三、转子流量计的使用特点	278
第六节 热敏电阻	238	第六节 电磁流量计	279
第七节 热辐射测温基本知识	239	一、电磁流量计的基本原理	279
一、热辐射	239	二、转换器的构成原理	280
二、辐射基本定律	239	三、电磁流量计的选用	281
三、发射率与实际物体的辐射特性	240	四、电磁流量计的安装	282
四、热辐射测温方法及其仪表特点	240		
第八节 光学高温计	242		
第九节 辐射温度计	243		
第十节 红外辐射温度计	245		



第七节 靶式流量计	282	三、气液两相流	307
一、工作原理	283	第六章 成分分析与物性检测	309
二、靶式流量计的使用	283	第一节 应用及选择	309
三、靶式流量计的安装	283	一、分析对象	309
第八节 热式流量计	284	二、分析仪器性能选择	309
一、热线风速仪	284	三、自动化程度和使用维护	312
二、托马斯流量计	285	四、其他	312
三、边界层流量计	285	第二节 过程分析仪器的取样及预处理系 统	312
第九节 笛形管(阿牛巴)流量计	286	一、取样系统的种类及结构	312
一、测量原理	286	二、试样预处理系统	315
二、笛形管流量计的使用特点	287	第三节 热导式分析仪	320
三、笛形管流量计的安装要求	287	一、测量原理	320
第十节 漩涡流量计	287	二、测量线路	322
一、旋进漩涡流量计	288	三、热导池结构	323
二、涡列流量计	289	四、热导式分析仪的应用及使用条件	324
第十一节 弯管流量计	289	五、热导式分析仪技术条件	325
第十二节 超声波流量计	290	第四节 红外线分析仪	325
一、基本原理	290	一、红外线分析仪测量原理	325
二、时差法、相差法和频差法测量流量	291	二、红外线分析仪结构	325
三、超声波流量计的安装	292	三、多组分红外分析仪	327
第十三节 质量流量检测	293	四、红外线分析仪的应用	327
一、直接式质量流量计	293	第五节 氧量分析仪	329
二、推导式质量流量计	295	一、磁式氧分析仪	329
第十四节 堰式、槽式、层流流量计	296	二、氧化锆分析仪	332
一、堰	296	三、极谱式氧分析仪	333
二、槽	296	四、原电池式氧分析仪	334
三、层流流量计	297	第六节 电导式分析仪	334
第十五节 新型流量计	297	一、电导式分析仪测量原理	335
一、互相关流量计	298	二、电导式分析仪的传感器	336
二、激光多普勒流速计	298	三、电磁浓度计	337
三、核磁共振流量计	299	第七节 气相色谱仪	338
四、离子流量计	300	一、测量原理	339
第十六节 计量泵	300	二、气相色谱仪的组成	339
第十七节 固体流量测量	301	第八节 液相色谱仪	341
一、冲量式流量计	301	第九节 质谱仪	341
二、电子秤	301	一、工作原理	341
第十八节 目视流量指示器	303	二、质谱仪的组成	342
一、X光摄影	304	三、质谱仪的特点	342
二、纹影技术	304	第十节 密度检测	342
第十九节 混相(多相)流的流量检测	305	一、液体密度计	343
一、液固两相流	305	二、气体密度计	345
二、气固两相流	306	第十一节 pH计	346

一、测量原理	346	一、测速发电机	360
二、参比电极	346	二、感应式速度传感器	360
三、工作电极	347	三、磁力型速度传感器	361
第十二节 浊度计	347	四、光电型速度传感器	361
一、浊度计的形式	348	五、气动式速度传感器	361
二、各种浊度计的性能比较	348	六、传感器的选择	361
第十三节 湿度测量	348	第四节 厚度检测	362
一、测量空气相对湿度的湿度计	348	一、接触式厚度测量仪	362
二、测量气体露点的湿度计	349	二、非接触式厚度测量仪	362
三、测量气体中微量水蒸汽的仪器	350	三、应用	363
第十四节 ORP检测器	351	第五节 火焰检测器	363
一、测量原理	351	一、热检测器	364
二、ORP检测器电极	351	二、电导式检测器	364
三、ORP控制	351	三、辐射式检测器	364
第十五节 热量计	351	四、各种火焰检测器的比较及应用	365
一、热量计	351	第六节 可燃气体检测	365
二、应用	352	一、加热催化燃烧技术	365
第十六节 紫外线分析仪	352	二、扩散式可燃气体分析器	366
一、仪器的结构	352	三、各种测量技术的比较及应用	366
二、光源	352	第七节 颗粒尺寸及其分布的测量	367
三、样品池和取样系统	353	一、光学显微镜	367
四、紫外线检测器	353	二、电子显微镜	367
五、应用	353	三、图象分析仪	367
第十七节 生物检测	353	四、库尔特技术	367
第十八节 工业粘度计	354	五、光电沉降法	368
一、毛细管式粘度计	354	六、筛分法	368
二、落塞式粘度计	354	七、超声波衰减法	368
三、旋转式粘度计	355	八、光散射法	368
四、振动式粘度计	355	第八节 固体湿度检测	368
五、浮标式粘度计	356	一、核湿度计	368
六、粘度计的选用	356	二、电容湿度计	369
<b>第七章 其他检测</b>	357	三、红外吸收湿度计	370
第一节 泄漏检测	357	四、电阻湿度计	370
一、加压法	357	五、非连续测量方法	371
二、气泡释放等一些简易方法	357	六、应用	371
三、分析器	357	<b>第八章 显示仪表</b>	372
四、热导泄漏检测器	357	第一节 概述	372
五、声波发射技术	358	第二节 动圈式显示仪表	372
六、温度记录法	358	一、组成及工作原理	373
七、质谱仪法	358	二、测量线路	374
第二节 噪声检测	358	三、改变量程	376
一、传声器原理	358	四、动圈仪表型号命名	376
二、传声器的应用	359	第三节 自动平衡式显示仪表	378
第三节 速度检测元件	360	一、自动平衡式电子电位差计	378

二、自动平衡电桥.....	383	附录2-4-1b 镍铬-镍硅(镍铬-镍铝)热 电偶分度表(GB2614—81 标准).....	419
三、自动平衡显示仪表的型号命名.....	387	附录2-4-1c 镍铬-铜镍(康铜)热电偶分 度表(GB4993—85标准) .....	422
四、系列、品种.....	387	附录2-4-1d 铂铑30-铂铑6热电偶分度表 .....	424
五、配套应用.....	393	附录2-4-1e 铜-铜镍(康铜)热电偶分度 表.....	425
第四节 色带显示仪表.....	397	附录2-4-1f 铁-铜镍(康铜)热电偶分度 表.....	425
第五节 数字显示仪表.....	397	附录2-4-2a WZP型铂热电阻分度表 (ZBY—85).....	426
一、概述.....	397	附录2-4-2b <sub>1</sub> WZC型铜热电阻分度表 (ZBY028—81).....	428
二、数字式显示仪表的组成.....	398	附录2-4-2b <sub>2</sub> WZC型铜热电阻分度表 (ZBY028—81).....	428
三、模拟-数字转换.....	399	参考文献.....	429
四、参数信号的标准化及标度变换.....	404		
五、非线性补偿.....	406		
第六节 图象显示器.....	408		
一、分类.....	408		
二、数字式图象显示器.....	409		
三、视频式图象显示器.....	411		
四、图象显示器的应用.....	415		
附录.....	416		
附录2-4-1a 铂铑10-铂热电偶分度表 (GB3772—83标准).....	416		

### 第三篇 过程控制仪表

<b>第一章 变送单元</b> .....	431	第三节 辅助单元.....	532
第一节 概述.....	431	一、信号分配器.....	532
第二节 差压(压力)变送器.....	432	二、操作器.....	537
一、电动差压变送器.....	432	三、比率设定器.....	539
二、气动差压(压力)变送器.....	443	<b>第三章 模拟式控制仪表</b> .....	543
第三节 温度变送器.....	451	第一节 概述.....	543
一、电动温度变送器.....	451	第二节 基地式电动调节仪表.....	545
二、气动温度变送器.....	469	一、XCT型动圈式调节仪表.....	545
第四节 其他变送器.....	475	二、TA系列简易式电子调节器.....	547
一、气动浮筒式液位变送器.....	475	第三节 电动单元组合式调节器.....	554
二、气动靶式流量变送器.....	476	一、DDZ-II型调节器.....	554
三、DELTA PI K 系列电感式变送器.....	477	二、DDZ-III型调节器.....	559
<b>第二章 计算及辅助单元</b> .....	501	第四节 气动调节器.....	566
第一节 电动计算单元.....	501	一、概述.....	566
一、加减器.....	501	二、基地式气动调节器.....	570
二、乘除器.....	504	三、单元组合式气动调节器.....	573
三、开方器.....	513	第五节 特种调节器.....	582
第二节 气动计算单元.....	518	一、自动选择调节器.....	582
一、加减器.....	518	二、前馈调节器.....	583
二、乘除器.....	524	三、克服大纯滞后的时间分割补偿式调 节器.....	585
三、气动比值器.....	527	<b>第四章 单回路调节器</b> .....	591
四、其他.....	528		

第一节 概述	591	二、NETWORK-90集散控制系统	744
第二节 SSC系列单回路调节器	592	三、TELEPERM M集散控制系统	746
一、KMM可编程单回路调节器	594	<b>第六章 程序控制装置</b>	749
二、KMP可编程运算器	609	第一节 概述	749
三、KMS固定程序调节器	614	一、什么是程序控制装置	749
四、KMK编程器	619	二、程序控制装置的种类	749
第三节 YS-80系列单回路调节器	624	三、可编程序控制器的特点和功能	750
一、SI.CD指示调节器	624	四、可编程序控制器的主要技术性能	751
二、SI.PC可编程调节器	629	.....	751
三、SPRG编程器	644	第二节 程序控制的基本知识	753
第四节 FC系列单回路调节器	650	一、程序控制中的数制	753
一、概述	650	二、逻辑代数及其在程控中的应用	755
二、PMK可编程序单回路调节器	651	三、基本逻辑电路	757
三、PMA功能固定型单回路调节器	658	第三节 简易程序控制器的基本工作原理	761
四、单回路调节器的应用举例	668	.....	761
第五节 984系列可编程序控制器	670	一、时序式简易程控器	761
一、概述	670	二、步进式简易程控器	763
二、984系列PLC基本系统配置	673	第四节 矩阵式程序控制器	766
三、编辑与支持软件	679	一、矩阵式程序控制器的类型和特点	766
四、IBM的兼容软件	679	.....	766
五、使用环境和电源要求	679	二、步进型程控器	767
<b>第五章 集散控制系统</b>	680	第五节 可编程序控制器	775
第一节 概述	680	一、系统结构和工作原理	775
第二节 TDC-3000集散控制系统	683	二、可编程序控制器的输入和输出控制	776
一、TDC-3000的系统结构	683	.....	776
二、TDC-3000基本控制系统	683	三、PC的软件及编程语言	784
三、TDC-3000 LCN局部控制网络系统	694	四、PC的编程	793
第三节 SPECTRUM集散控制系统	696	<b>第七章 控制辅助装置</b>	799
一、SPECTRUM集散控制系统的构成	696	第一节 仪表供气	799
.....	696	第二节 仪表供电	801
二、MICROSPEC单元控制装置	697	第三节 工业自动化仪表盘	803
三、过程接口单元	703	<b>第八章 执行器</b>	807
四、FOXNET通信子系统	705	第一节 概述	807
五、SPECTRUM的主站系统	709	第二节 调节阀的结构	807
六、其他	714	第三节 执行机构	808
第四节 CENTUM及YEWPACK MARK II集散控制系统	716	一、气动薄膜执行机构	808
一、CENTUM集散控制系统的构成	716	二、气动活塞执行机构	808
二、YEWPACK MARK II集散控制系统	733	三、长行程执行机构	808
三、通信系统	736	四、 $\Sigma F$ 倍数增益执行机构(侧装式执行机构)	808
第五节 其他集散控制系统	741	五、电动执行机构	808
一、PROVOX集散控制系统	741	六、伺服放大器	809
		第四节 阀的类型及性能特点	809
		一、直通单座阀	809

二、直通双座阀	810
三、套筒阀(笼式阀)	810
四、偏心旋轮阀(凸轮挠曲阀)	810
五、隔膜阀	810
六、球阀	810
七、角形阀	811
八、蝶阀	811
九、三通阀	813
十、自力式控制阀	813
十一、电磁阀	814
第五节 调节阀系数 $K_v$ 值计算和口径确定	815
一、流量系数 $K_v$ 的定义	815
二、 $K_v$ 计算公式的发展	815
三、压力恢复系数 $F_L$ (临界流量系数 $C_f$ )	815
四、 $K_v$ 值计算公式(具备压力恢复系数 $F_L$ 时)	816
五、 $K_v$ 值计算公式(不具备压力恢复系数 $F_L$ 时)	817
六、异径管的影响	820
七、闪蒸和空化现象的避免或减小	820
八、两相流	821
九、压缩性	821
十、 $K_v$ 计算值的放大和阀的口径确定	821

第六节 调节阀噪声及其预估公式	823
一、控制噪声预估公式	823
二、降低噪声的方法	824
三、低噪音阀和消声器	825
第七节 调节阀计算参数的决定	825
一、阀上压降的决定	825
二、流体密度的决定	826
三、计算流量的决定	826
第八节 调节阀的选型	826
一、流向选择	826
二、气开、气关的选择	826
三、流量特性选择	826
四、上阀盖形式选择	828
五、填料选择	829
六、阀的材质选择	829
第九节 调节阀附件	830
一、阀门定位器	830
二、继动器和增强器	831
三、保位器	831
四、阀位传送器	831
五、行程开关(阀位控制器)	831
六、手轮机构	831
七、空气过滤减压阀	831
第十节 调节阀的安装	831
参考文献	832

## 第四篇 过程控制系统

第一章 基本控制系统	835
第一节 PID控制	835
一、连续PID控制	835
二、离散PID控制	842
第二节 串级控制系统	846
一、串级控制系统的基本概念和方块图	846
二、串级控制系统的特点	847
三、串级控制系统的应用	848
四、串级控制系统的设计	849
五、串级控制系统的投运和参数整定	851
第三节 比值控制系统	852
一、比值控制概念和比值控制方案	852
二、比值控制系统的实施方案	854
三、比值控制中的若干问题	855
第四节 选择性控制系统	857

一、选择性控制的应用	857
二、选择性控制系统的设计	858
第五节 分程控制系统	860
一、分程控制的目的	861
二、分程控制系统的若干问题	862
第二章 复杂控制系统	863
第一节 前馈控制	863
一、基本概念和方块图	863
二、前馈控制系统的几种结构形式	864
三、前馈控制规律的实施	867
第二节 适应性控制	869
一、增益调度适应控制	869
二、带有自校正的PID控制器	871
第三节 用于大纯滞后过程的控制器	873
一、基本概念	873
二、Smith预估控制器	873

三、数字式预估控制器.....	375	二、什么是自适应控制系统.....	926
四、采样PI调节器.....	878	三、自适应控制的几种形式.....	927
五、调一调、等一等控制模式.....	878	第二节 模型参考自适应控制系统.....	929
第四节 优化控制.....	879	一、具有可调增益的系统.....	929
一、确定优化系统范围、目标函数、约束条件和独立变量.....	879	二、用参数最优化技术的设计方法(MIT方案).....	929
二、建立最优化模型.....	880	三、稳定模型参考自适应控制系统的设计.....	931
三、按最优化数学模型的类型, 决定最优化求解方法.....	882	四、一般线性系统的模型参考自适应控制设计.....	932
四、确定优化控制系统结构.....	882	第三节 自校正控制系统.....	935
第五节 按计算指标控制和推断控制.....	884	一、自校正调节器.....	935
一、按计算指标控制的控制系统.....	884	二、自校正控制器.....	939
二、反馈推断控制系统.....	886	三、极点配置自校正调节器.....	942
三、前馈形式的推断控制系统.....	886	第四节 鲁棒控制.....	943
第六节 非线性控制系统.....	889	一、鲁棒调节器定义.....	944
一、概述.....	889	二、鲁棒调节器的存在条件.....	944
二、描述函数及其分析方法.....	889	三、鲁棒调节器的结构和设计方法.....	944
三、非线性控制.....	892	四、离散化鲁棒调节器.....	945
第七节 关联与解耦.....	894	五、鲁棒调节器应用示例.....	946
一、相对增益.....	894	<b>第六章 随机控制系统</b> .....	949
二、关联的影响.....	897	第一节 随机系统模型.....	949
三、解耦控制.....	898	一、状态方程表达式.....	949
<b>第三章 状态反馈控制</b> .....	901	二、输入输出表达形式.....	951
第一节 状态反馈.....	901	三、被控随机系统分析.....	951
第二节 极点配置.....	902	第二节 卡尔曼滤波状态估计器.....	954
一、单变量系统的极点配置.....	902	一、最优线性估计.....	954
二、多变量系统的极点配置.....	904	二、卡尔曼滤波器.....	954
三、应用举例.....	905	三、连续卡尔曼滤波器.....	957
第三节 状态解耦.....	907	四、系统具有确定性输入.....	957
第四节 渐近调节.....	912	五、推广卡尔曼滤波器.....	957
一、镇定问题.....	912	六、有色噪声的卡尔曼滤波器.....	959
二、系统的分类.....	913	七、几点说明.....	960
三、渐近调节.....	913	第三节 随机最优控制.....	960
四、举例.....	914	一、状态的全知和不全知.....	961
<b>第四章 状态观测器</b> .....	916	二、状态全知的二次型随机最优控制.....	961
第一节 全维状态观测器.....	916	三、状态不全知的二次型随机最优控制.....	963
第二节 降维状态观测器.....	920	四、一般情况下的二次型随机最优控制.....	964
一、降维观测器的维数问题.....	920	五、最小方差控制问题.....	965
二、降维观测器的设计.....	920	六、关于随机自适应控制问题.....	967
第三节 带有状态观测器的闭环控制系统.....	923	第四节 应用实例.....	968
<b>第五章 自适应控制与鲁棒控制</b> .....	926		
第一节 自适应控制概况.....	926		
一、问题的提出.....	926		

一、建模	968	一、典型环节离散状态方程	1003
二、状态估计	970	二、典型的非线性环节仿真	1005
三、优化控制	971	第七节 数字控制系统仿真	1007
<b>第七章 模糊控制</b>	975	一、差分方程表示的系统仿真	1007
第一节 预备知识	975	二、 $z$ 反变换法的仿真计算	1008
第二节 概述	976	三、采样系统的仿真	1009
第三节 基本工作原理	977	四、离散状态变量图法仿真计算	1009
第四节 模糊控制器的设计	977	<b>第九章 过程控制工程设计</b>	1016
一、确定FC的结构	978	第一节 过程控制工程设计概述	1016
二、定义模糊子集, 建立模糊规则	978	一、过程控制工程设计的基本任务	1016
三、由基本论域转变为模糊集论域(量化)	978	二、过程控制工程设计的基本程序	1016
四、确定关系矩阵 $R$	979	第二节 信号联锁系统的设计	1016
五、由模糊推理合成规则求控制输出模糊子集	979	一、信号联锁系统设计的原则	1016
六、进行模糊判决, 即由模糊子集 $C$ 确定控制输出确切值 $u$	979	二、信号联锁系统的基本组成环节	1017
七、综述	980	三、信号联锁系统设计中的注意事项	1019
第五节 应用举例	980	四、信号系统实用线路	1019
第六节 自适应(自组织)控制	985	五、联锁保护系统实用线路	1026
第七节 模糊最优控制	987	六、常用定型产品	1029
第八节 对模糊控制理论的评述	989	第三节 过程控制系统的设计	1029
<b>第八章 过程控制系统仿真</b>	990	一、过程控制系统方案的确定	1029
第一节 仿真概述	990	二、过程控制系统设计中的注意事项	1030
一、什么是计算机仿真	990	三、单回路控制系统的设计原则	1031
二、计算机仿真过程	990	第四节 控制室的设计	1032
三、计算机仿真应用	990	一、控制室在总体布局中的位置	1032
第二节 过程控制系统数学模型及其转换	990	二、控制室的平面设计	1032
一、过程控制系统数学模型	990	三、仪表盘	1034
二、数学模型间的转换	992	四、仪表盘盘后配线、配管及配置	1036
第三节 常用数值算法	993	五、控制室内供电、供气、通讯联络和安全报警系统的设置	1038
一、求方程 $f(x)=0$ 的根	993	六、控制室的建筑要求	1038
二、微分方程的求解	994	七、控制室的采光、照明和采暖通风设施	1039
第四节 过程控制系统分析设计算法	995	第五节 过程控制工程设计中的常用材料及电气设备	1039
一、典型过程的算法	995	一、金属材料	1039
二、根轨迹的算法	995	二、非金属材料	1042
三、频率特性的计算	996	三、电气设备材料	1044
第五节 连续系统的仿真	999	第六节 过程控制工程设计中常用图例符号的表示方法及示例	1049
一、以传递函数表示的系统仿真	999	一、图形符号	1049
二、以方块图表示的系统结构图法仿真	1000	二、字母代号	1049
三、替换法与根匹配仿真计算	1002	三、仪表位号的表示方法	1053
第六节 连续系统离散化仿真	1003		

## 第五篇 工业控制计算机系统

<b>第一章 概论</b> .....1067	六、模拟输入通道举例.....1094
第一节 计算机控制的基本目的.....1067	第二节 模拟输出通道.....1094
第二节 计算机控制系统的一般结构.....1067	第三节 数字输入通道.....1097
一、控制计算机.....1067	一、开关量输入通道.....1097
二、过程输入输出设备 (PI/O) .....1067	二、计数量输入通道.....1098
三、人/机通信系统 .....1068	三、数字输入通道的接口界面.....1098
第三节 计算机控制系统的典型类型.....1068	第四节 数字输出通道.....1099
一、集中式计算机控制系统.....1068	第五节 多级控制中上级机和下级机之间
二、分散型计算机控制系统.....1069	的通讯举例.....1101
第四节 计算机控制系统的经济效益.....1070	一、IBM-PC和 Z-80机异步串行通讯的
一、有形的效益.....1070	硬件.....1101
二、无形的效益.....1071	二、IBM-PC和 Z-80机异步串行通讯的
第五节 工业控制计算机的基本原理和结	软件编制.....1102
构.....1071	<b>第三章 计算机的操作系统</b> .....1104
第六节 工业控制计算机的主要特征.....1072	第一节 操作系统的基本原理.....1104
第七节 内存贮器.....1072	第二节 实时操作系统.....1105
一、存贮器的主要指标.....1072	一、处理机管理.....1106
二、半导体存贮器的分类.....1072	二、作业管理.....1106
三、半导体存贮器与CPU的连接.....1073	三、存贮器管理.....1110
四、微机上常用的存贮器芯片.....1074	四、文件管理.....1115
五、存贮器组织.....1074	五、外部设备管理.....1119
第八节 外存贮器.....1075	第三节 分时操作系统.....1123
一、磁带机.....1076	一、处理机管理.....1123
二、软磁盘存贮器.....1077	二、存贮器管理.....1126
三、硬磁盘存贮器.....1079	三、文件系统的管理.....1128
四、数字磁记录设备的编码技术.....1080	四、设备管理.....1131
五、光盘存贮器.....1085	第四节 分布式操作系统.....1135
第九节 外部设备.....1085	第五节 一些常用的操作系统命令.....1138
一、外部设备的地址编码.....1085	一、APPLE II DOS常用命令 .....1138
二、CPU与外部设备数据交换的方式	二、CP/M操作系统常用命令 .....1139
.....1086	三、PC-DOS操作系统常用命令 .....1140
三、串行与并行接口.....1086	四、UNIX操作系统常用命令 (SHELL
<b>第二章 工业过程控制计算机的过程通道</b>	命令) .....1141
.....1087	五、VAX/VMS操作系统常用命令 .....1142
第一节 模拟输入通道.....1087	<b>第四章 工业控制计算机的语言</b> .....1145
一、模拟多路开关.....1087	第一节 过程控制语言的基本类型.....1145
二、数据放大器.....1089	一、语言的基本类型.....1145
三、采样保持器.....1091	二、高级语言程序加工过程的基本类型
四、模/数(A/D) 转换器及其与计算机	.....1145
的接口.....1092	三、高级过程控制语言的基本功能与内
五、输入通道的电隔离技术.....1093	容.....1146



第二节 高级语言的功能概述.....	1146	三、串行通讯中数据的传送方向.....	1181
一、数据类型.....	1146	第二节 工业控制中常用总线标准.....	1182
二、运算和比较功能.....	1147	一、片总线 (Chip Bus) .....	1182
三、程序结构.....	1147	二、内总线 (Internal Bus).....	1182
四、程序控制结构.....	1147	三、外总线 (External Bus) .....	1186
五、实时控制功能.....	1148	第三节 计算机综合控制系统中的数据通 讯及局域网络.....	1189
第三节 过程控制语言FPB.....	1148	一、高速数据通道.....	1191
一、语句和任务.....	1148	二、通讯系统的可靠性.....	1192
二、系统命令.....	1151	三、网络结构.....	1193
三、应用举例.....	1151	四、局部计算机网络.....	1195
第四节 实时 FORTRAN 语言.....	1152	<b>第七章 计算机系统的数据库</b> .....	1203
一、程序的构成.....	1152	第一节 数据库的基本原理.....	1203
二、实时FORTRAN命令 .....	1154	第二节 数据库系统的结构.....	1204
三、程序举例.....	1155	一、模式.....	1204
四、FORTRAN程序的编译、连接 (装 配) 和执行.....	1156	二、子模式.....	1204
第五节 PC/FORTH系统.....	1157	三、存贮模式.....	1205
一、关于 FORTH .....	1157	四、数据操作语言.....	1205
二、PC/FORTH中的常用词.....	1158	五、数据库管理系统.....	1205
三、PC/FORTH的后台任务.....	1162	六、数据字典.....	1205
第六节 其他专用控制语言.....	1163	第三节 关系数据库.....	1206
<b>第五章 工业控制计算机系统的人/机联系</b> .....	1165	一、关系数据库的模式.....	1206
第一节 人/机联系的重要性 .....	1165	二、关系数据库的子模式.....	1206
第二节 若干典型的人/机联系设备 .....	1165	三、关系数据库的存贮模式.....	1208
一、键盘输入装置.....	1165	四、数据完整性和安全性保护的一般措 施.....	1210
二、纸带输入机.....	1165	第四节 分布式数据库的实例——WDPF 系统.....	1211
三、打印机.....	1168	一、WDPF系统的简介 .....	1211
四、显示设备.....	1171	二、WDPF分布式数据库的建立 .....	1212
第三节 彩色CRT的图形显示方式.....	1173	第五节 常用数据库的操作语言的例子 .....	1215
一、参数的总貌显示.....	1173	一、INGRES数据库的 QUEL 语言 .....	1215
二、组显示.....	1174	二、dBASE II, III数据库的操作命令 .....	1218
三、细目显示.....	1175	<b>第八章 工业控制机系统的配置及选型</b> .....	1221
四、趋势显示和每小时平均值显示.....	1175	第一节 原则.....	1221
五、单点显示.....	1176	一、系统配置原则.....	1221
六、警报概要显示.....	1176	二、系统选择原则.....	1222
七、警报组显示.....	1177	第二节 基本模式.....	1223
八、单元流程图显示.....	1177	一、以单片机为主体构成的系统模式 .....	1223
第四节 报表输出方式.....	1178	二、以单板机为主体构成的系统模式 .....	1224
<b>第六章 工业控制计算机系统的数据通讯和   网络结构</b> .....	1180		
第一节 数据通讯的基本方式.....	1180		
一、并行通讯与串行通讯.....	1180		
二、串行通讯的两种基本方式.....	1180		