

工业控制与 企业信息化技术丛书

先进控制技术 应用实例

▶ 王树青 金晓明 等著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

工业控制与企业信息化技术丛书

先进控制技术应用实例

王树青 金晓明 等著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

先进控制技术应用实例/王树青,金晓明等著. —北京:化学工业出版社, 2005. 2

(工业控制与企业信息化技术丛书)

ISBN 7-5025-6638-4

I. 先… II. ①王…②金… III. 自动控制系统 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 007569 号

工业控制与企业信息化技术丛书

先进控制技术应用实例

王树青 金晓明 等著

责任编辑:刘哲 宋辉

责任校对:顾淑云

封面设计:于兵

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 491 千字

2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6638-4/TP·351

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书介绍了先进控制在炼油、石油化工、化工和医药化工等复杂工业生产过程中的应用实例，其中包括先进控制系统方案设计、变量选取、系统建模、控制器设计、模拟仿真、实时调试、现场考核等内容。

本书内容丰富，涉及知识面广，既是先进控制技术工程应用实践经验的总结，也是先进控制技术理论内容的补充，因此，不仅可供工业控制技术人员参考，也可作为高等院校研究生的辅助教材或参考书。

前 言

自 20 世纪 80 年代起, 先进控制技术就已在工业界中开始应用, 特别是多变量模型预测控制, 如今已广泛应用于复杂的炼油、石油化工、电力、冶金等实际工业生产过程, 并取得良好的控制效果。

PID 控制算法是人们经过长期实践总结出来的、行之有效的自动控制算法, 至今大量的单变量控制都采用这种算法。然而, 现代复杂的工业生产过程, 要求高效、低能耗、对环境污染少, 受各种扰动时整个生产过程都能平稳运行, 常规的单回路 PID 控制便不能很好满足现代化工业生产过程控制的要求, 因此迫切需要在常规 PID 控制回路基础上, 有一个能够全局稳定控制的算法, 这就是模型预测等先进控制算法。为了进一步介绍和推广先进控制技术, 本书将在已出版的《先进控制技术及应用》一书的基础上, 介绍先进控制技术在炼油、石油化工、化工和医药化工等复杂工业生产过程中的应用实例, 其中包括先进控制系统方案设计、变量选取、系统建模、控制器设计、模拟仿真、实时调试、现场考核等内容。

本书内容丰富, 涉及知识面广, 既是先进控制技术工程应用实践经验的总结, 也是先进控制技术理论内容的补充, 因此, 不仅可供工业控制技术人员参考, 也可作为高等院校研究生的辅助教材或参考书。

本书共分 15 章, 参加编写人员都是工作在工业生产过程第一线的科技工作者和工程技术人员, 他们是浙江大学的王树青、金晓明、张泉灵、古勇、李鸿亮, 福建炼化公司的刘齐忠, 辽宁石油化工大学的李平。其中第 1 章由王树青编写, 第 2 章由王树青、刘齐忠编写, 第 3 章由刘齐忠编写, 第 4 章至第 8 章由金晓明、王树青编写, 第 9 章至第 10 章由金晓明编写, 第 11 章由李平编写, 第 12 章由古勇编写, 第 13 章由李鸿亮编写, 第 14 章由王树青、张泉灵编写, 第 15 章由张泉灵编写。全书由王树青统稿。

每一项先进控制技术的成功实施都是由工艺、仪表、计算机、自动控制和企业管理部门等各方面人员共同合作努力的结果, 本书编写过程中, 也得到了各应用单位的全力支持, 在此作者十分感谢他们无私的支持和帮助。同时, 来国妹女士为全书的录入、编排等做了大量的工作, 在此也表示衷心的感谢。

由于作者水平有限, 书中不足之处, 恳请读者批评指正。

作者

2004 年 9 月

出版者的话

随着企业市场化程度、全球化程度的不断提高，企业，特别是工业企业，对信息化的要求也越来越高。企业作为国民经济的基本单元，其信息化程度是国家信息化建设的基础和关键，为此中央提出了“以信息化带动工业化”的战略方针。

企业信息化的实质是借助计算机、互联网等信息手段将企业的经营及管理流程数字化并加工成新的信息资源，提供给各层次的管理者及时掌握动态业务中的一切信息，以做出有利于生产要素组合优化的决策，使企业资源合理配置，从而使企业能够适应瞬息万变的市场经济竞争环境，求得最大的经济效益。

企业信息化正向普及化道路不断迈进。中国企业信息化进程调查结果表明，我国近50%的企业已经在实践中探索和应用信息化手段提升其管理和业务水平，还有30%的企业表示在未来一年内将启动自己的信息化项目。由此可以看出，信息化的工作已经在企业中广泛展开。在这个过程中，以信息化改造、提升传统产业是大多数工业企业的战略决策，为此企业自动化系统等基础建设是信息化改造的基本出发点。为了使更多的企业技术人员参与到信息化建设中来，我们编辑了一套《工业控制与企业信息化技术丛书》，以期能作为他们的有力参考。

本套丛书共6本，包括《现场总线控制系统应用实例》、《先进控制技术应用实例》、《ERP系统的需求量化分析及实现案例》、《紧急停车系统原理及应用实例》、《集散控制系统应用实例》、《综合布线系统实例》。本套丛书从信息化的基本工作，即生产装置的自动控制出发，主要介绍了控制系统、网络布线、信息管理及其在工业企业中的应用实例。本套丛书强调实用原则，作者都是有工程实施经验的技术人员，书中所列实例大都来自生产一线，是宝贵的参考资料。

由于企业信息化所包含的内容较多，我们希望以后能够不断完善该丛书，使之成为企业信息化建设的比较完整的参考资料，奉献给读者。

2005年1月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 迅速发展的先进控制技术	1
1.2 先进控制技术应用成功的关键	2
1.3 先进控制技术的现在与发展	3
参考文献.....	4
第 2 章 软测量技术在催化裂化装置中的应用	5
2.1 催化裂化装置的工艺介绍	5
2.1.1 催化裂化装置的工艺原理	5
2.1.2 催化裂化工艺流程介绍	7
2.1.3 装置生产控制指标和工艺分析指标.....	10
2.1.4 催化裂化装置的产品及其质量控制指标.....	11
2.2 软测量建模方法分析.....	12
2.2.1 软测量目的参数的选取.....	12
2.2.2 辅助参数的选择.....	12
2.2.3 数学建模方法分析.....	13
2.3 软测量模型的建立.....	15
2.3.1 反应再生系统的软测量模型.....	16
2.3.2 分馏系统软测量模型.....	21
2.4 软测量技术的实施.....	24
2.4.1 硬件环境.....	24
2.4.2 软件实施.....	25
2.5 软测量仪表应用.....	26
2.5.1 软测量仪表维护.....	26
2.5.2 在线应用.....	27
2.6 汽油饱和蒸汽压预测应用.....	30
2.6.1 机理分析.....	30
2.6.2 汽油饱和蒸汽压模型的推导.....	30
2.6.3 工业现场应用.....	32
参考文献	33
第 3 章 先进控制在常减压装置中的应用	35
3.1 常减压装置的工艺介绍.....	35
3.1.1 常减压装置的工艺原理和特点.....	35
3.1.2 常减压装置的工艺流程.....	37
3.1.3 生产方案及产品.....	39
3.2 常减压装置的控制方案.....	40

3.2.1	常规控制方案	40
3.2.2	先进控制方案	41
3.2.3	常减压装置的常规控制方案	41
3.3	先进控制的开发与实施	42
3.3.1	RMPCT 的基础知识	42
3.3.2	方案设计	44
3.3.3	RMPCT 的实施	45
3.3.4	模型的实施	48
3.4	操作与运行	53
3.4.1	控制器的操作	53
3.4.2	控制器的试投	54
3.4.3	控制器的运行情况	55
3.5	系统维护	56
3.5.1	软测量维护	56
3.5.2	控制器维护	59
	参考文献	60
第 4 章	重油催化裂化装置先进控制	61
4.1	概述	61
4.2	工艺流程	62
4.2.1	装置各部分工艺流程	63
4.2.2	基本控制回路分析	65
4.2.3	过程控制需求分析	66
4.2.4	需解决的关键问题	68
4.3	先进控制系统设计	68
4.3.1	反应再生部分的先进控制	69
4.3.2	主分馏塔部分的先进控制	71
4.3.3	吸收稳定部分的先进控制	72
4.3.4	复杂控制系统	73
4.3.5	软测量和工艺计算	74
4.4	先进控制系统实施	77
4.4.1	软、硬件配置	77
4.4.2	工程实施步骤	77
4.4.3	工程实施中应注意的问题	78
4.5	先进控制系统的应用效果	79
4.5.1	反应再生系统	79
4.5.2	主分馏塔系统	79
4.5.3	吸收稳定系统	81
	参考文献	83
第 5 章	催化重整装置先进控制	85
5.1	概述	85

5.2 催化重整工艺流程.....	86
5.2.1 催化重整反应机理.....	86
5.2.2 工艺流程.....	88
5.3 半再生式催化重整装置先进控制.....	92
5.3.1 预加氢蒸发脱水塔先进控制器.....	93
5.3.2 反应器部分先进控制器.....	96
5.3.3 稳定塔先进控制器.....	101
5.4 连续重整装置先进控制.....	104
5.4.1 工艺流程.....	104
5.4.2 先进控制的总体目标.....	105
5.4.3 先进控制器设计.....	106
5.4.4 DMC plus 的过程模型.....	107
5.4.5 先进控制器实施.....	108
5.4.6 先进控制应用效果.....	109
参考文献.....	110
第6章 气体分馏装置先进控制.....	111
6.1 概述.....	111
6.2 工艺流程描述.....	113
6.3 先进控制系统设计.....	114
6.3.1 脱乙烷塔.....	115
6.3.2 丙烯精馏塔.....	117
6.3.3 精丙烯纯度的软测量.....	121
6.4 先进控制系统实施效果.....	127
参考文献.....	129
第7章 芳烃抽提装置先进控制.....	131
7.1 概述.....	131
7.2 工艺流程概况.....	132
7.2.1 芳烃抽提单元工艺流程.....	132
7.2.2 芳烃精馏单元工艺流程.....	135
7.2.3 工艺过程特点和变量分析.....	138
7.3 芳烃抽提单元先进控制.....	139
7.3.1 需求分析.....	139
7.3.2 芳烃抽提单元的测试与建模.....	140
7.3.3 芳烃抽提单元 APC-Hiecon 控制器设计.....	141
7.3.4 APC-Hiecon 控制器与常规控制器的切换.....	141
7.3.5 先进控制系统的工程实施.....	142
7.3.6 先进控制系统的应用效果.....	142
7.4 芳烃精馏单元先进控制.....	145
7.4.1 需求分析.....	145
7.4.2 重沸炉 F801 先进控制.....	146

7.4.3	二甲苯塔 T804 先进控制方案	147
7.4.4	邻二甲苯塔 T805 先进控制方案	148
7.4.5	先进控制系统的工程实施	150
7.4.6	先进控制的实施结果	155
	参考文献	157
第 8 章	油品调合过程先进控制	158
8.1	油品调合机理与方法	158
8.2	汽油管道调合研究现状	159
8.3	汽油管道调合工艺流程	161
8.3.1	组分特性及产品指标	161
8.3.2	调合工艺及自动控制流程	161
8.4	汽油调合过程模型	162
8.5	汽油管道调合优化控制系统结构	165
8.6	汽油调合过程的先进控制	166
8.6.1	汽油管道调合配方的初始优化设定	166
8.6.2	汽油管道调合过程的实时控制	167
8.7	汽油管道调合先进控制软件	170
8.8	相关硬件设备	171
8.9	系统投用及效果	173
8.9.1	系统投用步骤	173
8.9.2	投用效果	174
	参考文献	177
第 9 章	烷基苯生产精馏过程先进控制	179
9.1	概述	179
9.2	工艺流程	181
9.2.1	氟化氢提馏塔 C-403	183
9.2.2	脱苯塔 C-404 塔	183
9.2.3	脱烷烃塔 C-405	184
9.2.4	烷基苯再蒸塔 C-406 塔	185
9.3	先进控制系统设计	187
9.3.1	多变量模型预测控制软件 APC-Hiecon	187
9.3.2	精馏塔系先进控制结构	189
9.3.3	精馏塔系的模型结构	190
9.3.4	精馏塔系的先进控制器设计	191
9.4	先进控制系统实施	193
9.5	先进控制系统的应用效果	193
9.5.1	控制效果及其分析	194
9.5.2	产品质量和损失分析	200
9.5.3	经济效益分析	200
	参考文献	201

第 10 章 分子筛脱蜡过程先进控制	202
10.1 概述	202
10.2 工艺流程	203
10.2.1 加氢装置汽提塔	203
10.2.2 分子筛脱蜡装置抽余液塔	205
10.2.3 分子筛脱蜡装置抽出液塔	206
10.2.4 分子筛脱蜡装置脱附剂分馏塔	207
10.2.5 分子筛脱蜡装置抽出液再蒸塔	207
10.3 先进控制系统设计	209
10.3.1 多变量预测控制软件 APC-Hiecon 简介	210
10.3.2 分馏系统的变量选择	210
10.3.3 分馏系统的模型结构	210
10.3.4 分馏系统的先进控制器设计	212
10.4 先进控制系统实施	214
10.4.1 先进控制实施平台总体结构	214
10.4.2 硬件结构	215
10.4.3 应用软件	215
10.4.4 先进控制系统的安全机制	216
10.5 先进控制系统的应用效果	216
参考文献	222
第 11 章 间歇式丙烯聚合反应过程先进控制	223
11.1 工艺流程及特点	223
11.2 丙烯聚合反应过程控制与管理系统的	225
11.2.1 聚合反应控制与管理系统的配置	225
11.2.2 YS-170 基本控制层功能	226
11.2.3 1# 工控机先进控制与操作功能	227
11.2.4 2# 工控机统计管理功能	228
11.3 软件设计	228
11.4 控制器设计	233
11.4.1 自适应零、极点配置控制规律	233
11.4.2 参数估计算法	234
11.4.3 控制结构	235
11.5 应用效果	235
参考文献	237
第 12 章 PTA 装置溶剂脱水塔先进控制	239
12.1 溶剂脱水塔工艺简介	239
12.1.1 工艺流程	239
12.1.2 工艺特点	239
12.1.3 存在问题	240
12.2 溶剂脱水塔基础回路整改	241

12.2.1	常规控制	241
12.2.2	常规控制回路改善	241
12.3	溶剂脱水塔先进控制策略	242
12.3.1	先进控制目标	242
12.3.2	工艺过程的机理分析	243
12.3.3	先进控制系统变量选择	245
12.3.4	先进控制策略比较	247
12.3.5	先进控制软件简介	248
12.4	溶剂脱水塔先进控制	249
12.4.1	特殊控制策略考虑	249
12.4.2	溶剂脱水塔先进控制实施	250
12.4.3	辨识建模	250
12.4.4	控制器设计和参数整定	251
12.4.5	软硬件配置	252
12.4.6	界面设计	253
12.5	溶剂脱水塔先进控制系统操作	255
12.6	溶剂脱水塔先进控制系统效果	255
12.6.1	运行曲线	255
12.6.2	质量指标	257
12.6.3	先进控制系统维护	257
	参考文献	258
第 13 章	氯化聚乙烯生产过程先进控制	259
13.1	概述	259
13.2	预测函数控制	260
13.2.1	概述	260
13.2.2	预测函数控制基本原理及算法	260
13.3	预测函数控制软件	266
13.3.1	概述	266
13.3.2	预测函数控制应用软件包 (APC-PFC)	267
13.4	预测函数控制算法及软件在氯化聚乙烯生产过程中的应用	269
13.4.1	工艺过程简介	269
13.4.2	预测函数控制方法 (PFC) 在氯化聚乙烯生产装置上的应用	270
13.4.3	实际运行效果	271
	参考文献	272
第 14 章	化学反应及喷雾干燥过程先进控制	273
14.1	工艺流程	273
14.1.1	化学反应过程的工艺流程	273
14.1.2	喷雾干燥过程的工艺流程	274
14.2	预测函数控制基本原理	276
14.2.1	模型输出	276

14.2.2	滚动优化	277
14.2.3	误差校正	277
14.3	先进控制方案的设计	277
14.3.1	化学反应过程先进控制的设计原则	277
14.3.2	先进控制算法的设计	278
14.3.3	一些工程问题及处理技术	280
14.3.4	预测函数控制方法的参数调节	281
14.3.5	计算机仿真	281
14.4	先进控制方案的实现	283
14.4.1	控制方案	283
14.4.2	无扰动切换	283
14.4.3	先进控制的实现	284
14.4.4	先进控制操作步骤	287
14.5	先进控制的结果	287
14.5.1	间歇化学反应过程的先进控制	287
14.5.2	喷雾干燥过程的先进控制	288
	参考文献	290
第 15 章	pH 值与 pH 中和过程先进控制	291
15.1	工艺流程	291
15.1.1	pH 的定义	291
15.1.2	pH 中和过程	291
15.2	pH 值及 pH 中和过程的先进控制方案设计	293
15.2.1	pH 值及 pH 中和过程的控制方案	293
15.2.2	基于 Hammerstein 模型的非线性预测函数控制	295
15.2.3	仿真研究	297
15.3	水解结晶过程 pH 先进控制	299
15.4	算法实施	300
15.5	水解结晶过程 pH 先进控制系统的配置	301
15.6	水解结晶过程 pH 先进控制模块	302
15.7	水解结晶过程 pH 先进控制系统说明	303
15.8	先进控制的结果	306
	参考文献	307

第 1 章

概 述

1.1 迅速发展的先进控制技术

自从 20 世纪 60 年代现代控制理论迅速发展并在航天工业中得到成功应用以后,这一理论在工业界受到极大关注和重视。但是,由于实际工业生产过程非常复杂,无法用数学模型精确描述,使得现代先进控制在工业上的应用迟后了十多年的时间。

70 年代中、后期,计算机技术持续发展所带来的强大计算能力使得求解许多过去难以完成的计算问题成为可能,并促进了计算机在工业控制中的广泛应用,出现了以集散控制系统和可编程控制器(PLC)为代表的新型控制系统平台。这一切都孕育着控制领域的新突破。1980 年前后,来自过程控制界的两位开拓者,法国的 Richalet 和美国的 Cutler 分别报道了各自有关解决有约束多变量系统实时控制问题的研究成果和工业应用情况,即著名的模型预测启发式控制(MPHC)和动态矩阵控制(DMC)。这表明现代流程工业已开始接受先进控制的概念。在 80 年代,出现了许多约束模型预测控制的工程化软件包。通过模型识别、优化算法、控制结构分析、参数整定、系统稳定性和鲁棒性等一系列研究工作,基于模型的控制理论体系和商品化软件已基本形成,并成为目前过程控制中应用最成功的先进控制技术。

就先进控制软件的发展而言,专业性的控制软件公司有如 Aspen Tech 公司、Adersa 公司和 Treiber 控制公司等,流程工业的大型跨国公司有如 Shell、Exxon 等,DCS 和 PLC 制造商有如 Honeywell 公司、Fisher-Rosemount 公司等,这三者的共同努力推动了先进控制技术和先进控制软件的更新换代。以预测控制为例,从第一次公开发表至今已发展到第三代。第一代以 Adersa 的 IDCOM 和 Shell Oil 的 DMC 为代表,算法主要针对无约束多变量过程。第二代以 Shell Oil 的 QDMC 为代表,处理约束多变量过程的控制问题。第三代的产品包括 Adersa 的 HIECOM 和 PFC、Aspen Tech 的 DMC plus 以及 Honeywell 的 RMPCT,其算法增加了摆脱不可行解的办法,并具有容错功能和多个目标函数。

近年来,先进控制软件及其产业出现了综合集成的发展趋势。许多 DCS 制造商,如 Honeywell 公司、Siemens 公司等通过收购从事先进控制、工艺模拟和计算机网络通信等专业技术的软件公司,纷纷推出集硬件和软件一体化的工厂综合自动化全面解决方案。另一方

面，控制软件业也通过收购、兼并形成大型软件工程公司，可以提供工厂综合自动化各层次成套应用软件和工程服务，其典型代表就是美国的 Aspen Tech 公司。值得注意的是，一些专业性的计算机公司，如 IBM 公司等也积极发挥其在信息集成领域的优势，推出工厂综合自动化的信息集成平台。这一切预示着今后在先进控制技术乃至整个综合自动化应用领域将出现激烈的市场竞争。

国内在工业过程先进控制的研究和应用方面虽起步较晚，但也引起了专家、学者、生产厂家和主管部门的高度重视。一方面，以中国石化集团公司为代表的一些行业已引进数十套各类先进控制软件。另一方面，国内的高校、科研机构和企业通过多年的合作攻关，开发出一批达到国际水平的先进控制研究成果。这些工作使我们积累了大量的先进控制工程应用经验，并形成了一批应用先进控制技术的技术力量。

1.2 先进控制技术应用成功的关键

先进控制技术的成功应用，是多学科技术人员紧密合作的结果，其中包括自动控制、工艺人员以及相应的管理与操作人员的共同参与和合作。

在实行先进控制系统时，首先要明确应用先进控制系统的目标。一般是为了提高企业或生产过程或生产装置的经济效益，但是不同的应用和不同的工业生产实际，又有不同的具体目标，例如，提高产品产率，提高产品质量，提高装置（或设备）的处理能力，降低能耗，降低原材料消耗，减轻劳动强度，提高企业的安全性等，或者是这些目标中几个方面的综合。先进控制系统目标的确定，是在深入、仔细分析企业、生产流程或生产装置的现实状况以后才确定的。

一旦有了目标，接下来的任务，也是成功实现先进控制技术的关键，就是对被控制过程特性的分析和了解。对被控过程了解的越多、越仔细、越深入，就越能够设计出实用的先进控制系统，那么如何对被控过程进行深入分析呢？首先将要达到的目标用控制变量（CV）或称被控变量来表示，然后找出能操纵控制变量的变量，叫操纵变量（MV），同时，要仔细分析那些会影响控制变量不稳定的变量，称之为扰动变量（DV）。若扰动变量（DV）可测量的话，就可以将该扰动变量作为前馈变量，系统可设计成带有前馈的多变量控制系统。当这些变量确定以后，就要进一步分析它们的静态特性和动态特性之间的关系，特别是纯滞后的大小，也就是说要研究、分析和测试这些变量之间的动态模型。具体如表 1-1 和表 1-2 所示。其中“X”表示变量之间的动态关系。简言之，这些关系就是我们通常说的“模型”，或叫数学模型。例如炼油工业中催化裂化反应再生系统的数学模型，如表 1-3 所示。

表 1-1 控制变量与操纵变量之间的关系

变 量	CV ₁	CV ₂	CV ₃	...	CV _n
MV ₁	X	X	X	...	X
MV ₂	X	X	X		X
MV ₃	X	X	X		X
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
MV _m	X	X	X	...	X

表 1-2 控制变量与扰动变量之间的关系

变 量	CV_1	CV_2	CV_3	...	CV_n
DV_1	X	X	X	...	X
DV_2	X	X	X		X
DV_3	X	X	X		X
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
DV_m	X	X	X	...	X

表 1-3 反应再生系统的数学模型

变 量	CV_1	CV_2	CV_3	CV_4
MV_1	$\frac{0.057e^{-27s}}{30.9s^2+7.8s+1}$	$\frac{0.349e^{-22s}}{13.7s^2+7.4s+1}$	$\frac{0.7286e^{-11s}}{15s^2+5s+1}$	$\frac{0.07(1+2s)e^{-13s}}{59.2s^2+8.3s+1}$
MV_2	$\frac{0.102(1+s)e^{-12s}}{59.2s^2+7.7s+1}$	$\frac{0.057e^{-27s}}{30.9s^2+7.8s+1}$	$\frac{-0.1025(1-15s)e^{-20s}}{100s^2+9s+1}$	$\frac{-0.048e^{-24s}}{30.9s^2+7.8s+1}$
MV_3	0	$\frac{-0.3714(1+7s)e^{-24s}}{30.9s^2+4.4s+1}$	$\frac{0.1887e^{-23s}}{69.4s^2+8.3s+1}$	$\frac{0.2764(1-15s)e^{-20s}}{156.3s^2+11.3s+1}$
MV_4	$\frac{-0.1668(1+2s)e^{-35s}}{25s^2+7s+1}$	0	$\frac{-0.0851(1+3s)e^{-34s}}{25s^2+6s+1}$	$\frac{-0.0356e^{-26s}}{20.7s^2+4.5s+1}$
MV_5	0	$\frac{-1.0714e^{-4s}}{1+4s}$	$\frac{0.18(1-10s)e^{-4s}}{59.17s^2+8s+1}$	$\frac{0.714e^{-2s}}{1+9s^2}$
MV_6	0	$\frac{0.1114(1+6s)e^{-27s}}{20.7s^2+2.9s+1}$	0	$\frac{-0.0152(1+3s)e^{-13s}}{11.1s^2+3.7s+1}$
MV_7	0	$\frac{0.3e^{-6s}}{1+7s}$	$\frac{-0.0829(1+3s)}{11.1s^2+4s+1}$	0
MV_8	$\frac{0.07e^{-2s}}{15.8s^2+7.9s+1}$	$\frac{-0.2273e^{-s}}{18.9s^2+9.1s+1}$	$\frac{-0.3571e^{-3s}}{14.8s^2+8.8s+1}$	$\frac{0.06167e^{-2s}}{15.8s^2+7.8s+1}$

系统建模一直是自动控制领域中的难点。特别是针对实际工业生产过程中的应用，建立准确、可靠、可长久使用的模型难度更大。所以非常需要工艺技术人员参与先进控制系统分析设计、投运及应用的工作。因为他们对实际的过程或装置的特性比较了解，其中包括工艺过程的原始设计数据、多变量之间的静态特性关系、定性或半定量的动态关系等，而自动控制工作者，往往根据某一工作点上的动态测试数据来建立系统的动态模型。因此，根据动态测试所得到的模型必须与工艺技术人员一起来讨论确定，否则，有时会出现所建模型与实际系统不符。为了确保所建模型准确、可靠、可用，最好的办法是将模型进行实时跟踪试验，模型的跟踪与实际相一致，则模型可用，否则需进行模型修正。

1.3 先进控制技术的现在与发展

最近十年，在国内外科技工作者大力推动和促进下，我国工业界大量开始应用先进控制技术，以提高企业的经济效益和生产技术水平。在这一技术的推广应用过程中，国外的 Aspen Tech、Honeywell 和 Adersa 等公司，国内的高等院校与自动化研究机构，如浙江大学、清华大学、华东理工大学、上海交通大学、中国科技大学和中科院自动化研究所等单位，都作出了很大的成绩。特别是中石化公司在推广应用先进控制技术上，作出了极大的贡献。我国

在炼油、钢铁、电力、石油化工、化工、造纸、精细化工和生物化工等领域开始应用先进控制技术，已有近百个成功应用实例。

本书的目的是通过介绍先进控制技术成功应用的实例，进一步推动和促进先进控制在我国的应用，用先进的控制技术改造传统产业，提升传统产业的生产技术水平和提高企业的经济效益。

全书将分 18 章，主要内容包括如下。

① 软测量技术实际应用（第 2 章），这一部分内容也将分别在其他各章中介绍。因为在先进控制系统中，许多要求被控制的指标是产品质量等无法在线实时测量的变量，只有通过可测量的变量和建立相关估计（预测）模型，才能推算出来。这种技术的关键是估计模型的建立。

② 炼油工业先进控制技术的应用，其中包括常压精馏过程、催化裂化过程、催化重整过程、芳烃抽提、气体分离和油品调合等过程。

③ 石油化工过程先进控制技术应用，其中包括乙烯裂解、聚丙烯、芳烃精制、PTA 醋酸脱水系统、烷基苯精馏过程等。

④ 先进控制在化工、精细化工和生物化工过程中的应用。其中包括聚氯乙烯单体精制过程、聚氯乙烯聚合过程、医药中间体异植物醇化学反应过程和医药工业的中和结晶分离过程等。

本书各章节的编写将首先介绍各种不同的工业生产过程，对工艺进行较详细介绍，在此基础上，分别描述自动控制系统的设计，系统建模，各种控制方案比较、系统实施、操作方法、实际运行结果、系统维护以及相关的参考文献。编写力求通俗易懂，便于广大工程专业技术人员 and 师生的阅读。

参 考 文 献

- 1 金晓明, 褚健, 王树青. 先进控制技术及其应用. 世界仪表与自动化, 2001, 5 (9): 10~15
- 2 孙德敏, 吴刚, 薛美盛等. 工业过程先进控制及优化软件产业, 自动化博览, 2003, 20 (2): 5~13
- 3 Hans Eder. 高级过程控制究竟意味着什么? Control Solutions International China, 2003
- 4 Hans Eder. 了解受控过程, 更好地进行控制. Control Solutions International China, 2003
- 5 王树青等编著. 先进控制技术及应用. 北京: 化学工业出版社, 2001
- 6 蒋慰孙, 蒋敏伟. 过程控制 21 世纪展望. 世界仪表与自动化, 1999, 3 (4): 10~14