

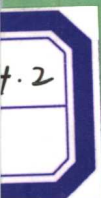
上海研究生教育用书

工业 过程 先进 控制

Advanced Control in Industrial Process

俞金寿 主编

中国石化出版社



上海研究生教育用书

工业过程先进控制

俞金寿 主编

(本教材得到上海市研究生教育专项经费和
华东理工大学研究生院教育基金资助)

中国石化出版社

内 容 提 要

本书针对工业过程控制中比较行之有效、且较成熟的先进控制系统的基本原理、系统设计及工业应用等问题进行了更深入的探讨。主要介绍了双重控制及采用阀位控制器的系统、纯滞后补偿控制系统、解耦控制系统、自适应控制系统和鲁棒控制、差拍控制系统、状态反馈控制、基于模型的预测控制、推断控制、软测量技术、故障检测诊断及容错控制、专家系统、模糊控制、神经网络控制等。本书理论联系实际,内容切合信息时代的需要,反映了当前最新科研成果,并力求深入浅出,着重物理概念。

本书可作为自动控制专业和相关专业研究生教材,亦可供从事过程控制的工程技术人员和高校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业过程先进控制/俞金寿主编.
—北京:中国石化出版社,2002
ISBN 7-80164-186-8

I. 工… II. 俞… III. 工业-过程控制 IV. TB114.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 003007 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84289972

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 31 印张 523 千字 印 1—2000

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

定价:62.00 元

前 言

在工业生产过程中, 一个好的控制系统不但要保证系统的稳定性和整个生产的安全, 满足一定的约束条件, 而且应该带来一定的经济效益和社会效益。然而设计这样的控制系统会遇到许多困难, 特别是复杂工业过程往往具有不确定性(环境结构和参数的未知性、时变性、随机性、突变性)、非线性、变量间的关联性以及信息的不完全性和大纯滞后性等, 要想获得精确的数学模型是十分困难的。因此, 对于过程控制系统的设计, 已不能采用单一基于定量的数学模型的传统控制理论和控制技术, 必须进一步开发高级的过程控制系统, 研究先进的过程控制规律, 以及将现有的控制理论和方法向过程控制领域移植和改造, 这些方面越来越受到控制界的关注。

目前在控制领域中, 虽然已逐步采用了电子计算机这个先进技术工具, 特别是石油化工企业普遍采用了分散控制系统(DCS)。但就其控制策略而言, 占统治地位的仍然是常规的 PID 控制。国外应用先进控制较广泛, 而我们尚处于试验、试点阶段, 与国外先进企业差距较大。DCS 提供了高级功能开发应用的优越环境, 该环境只有通过先进控制、优化控制等开发, 才能充分挖掘 DCS 设备的潜能, 提高过程控制水平, 给企业带来明显经济效益。

为了克服控制理论和实际工业应用之间的脱节现象, 尽快地将现代控制理论移植到过程控制领域, 充分发挥计算机的功能, 世界各国在加强建模理论、辨识技术、优化控制、最优控制、高级过程控制等方面进行研究, 推出了从实际工业过程特点出发, 寻求对模型要求不高, 在线计算方便, 对过程和环境的不确定性有一定适应能力的控制策略和方法。例如, 自适应控制系统、预测控制系统、鲁棒控制系统、智能控制系统(专家系统、模糊控制……)等先进控制系统。由于变量间的关联, 使系统不能正常平稳运行, 因而出现了各类解耦控制系统。解耦控制在工业生产中应用逐渐增加, 有从国外引进技术, 亦有国内自己开发的。对于大纯滞后系统自 1957 年史密斯提出 Smith 预估补偿器以来, 由于 Smith 预估补偿器对参数变化灵敏度极高, 又相继出现了各种改进 Smith

预估补偿方法。例如,观测补偿器控制方案、纯滞后对象采样控制等,但均尚未完全解决问题,人们还在继续努力想方设法寻求解决办法。针对信息不完全性出现了推断控制系统和软测量技术。利用容易可测变量,如用温度、压力、流量等来推断不可测变量,以解决信息的不完全性,目前已有不少工业应用实例。本书就双重控制及采用阀位控制器的系统、纯滞后补偿控制系统、解耦控制系统、自适应控制和鲁棒控制、差拍控制系统、状态反馈控制、基于模型的预测控制、推断控制、软测量技术、专家系统、模糊控制、神经网络控制、故障检测诊断及容错控制等等先进控制系统作一些介绍,以推动先进控制系统的应用。考虑到非自动化专业硕士研究生的学习,又增加了工业过程数学模型、常用复杂控制系统二章。

本书是在原新型控制系统基础上,总结国内外研究成果及大量工业应用实例,并参考有关著作编写而成的。本书由俞金寿教授主编,何衍庆教授编写了第四、八章并参加了第一、五章编写工作,刘爱伦副教授编写了第三章,李尔国博士编写了第十三章,刘士荣教授编写了第十四章,贾立博士编写了第十六章,其余由俞金寿教授编写。由于作者的水平有限,缺点和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

衷心感谢原新型控制系统作者夏圉世博士和为本书编写付出辛勤劳动的朱国强、俞洪、付勇涛等同志!

作 者
于上海华东理工大学
2001年10月

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 控制理论与工程的发展	(1)
1.2 工业过程常用控制装置和现场总线	(6)
1.2.1 工业过程常用控制装置	(6)
1.2.2 现场总线	(7)
1.3 控制系统的性能指标	(11)
1.3.1 静态与动态	(12)
1.3.2 控制系统的过渡过程	(13)
1.3.3 控制系统的性能指标	(14)
第二章 工业过程数学模型	(18)
2.1 工业过程稳态数学模型	(18)
2.1.1 机理建模	(18)
2.1.2 经验模型	(20)
2.1.3 机理与经验的组合建模	(22)
2.2 工业过程动态数学模型概论	(23)
2.2.1 动态数学模型的作用和要求	(23)
2.2.2 动态数学模型的类型	(25)
2.2.3 建立动态数学模型的途径	(26)
2.3 工业过程动态机理模型	(28)
2.3.1 动态数学模型的一般列写方法	(28)
2.3.2 机理模型建立的实例	(29)
2.4 过程辨识与参数估计	(31)
2.4.1 阶跃响应法	(31)
2.4.2 脉冲响应法	(33)
2.4.3 相关函数法	(33)
2.4.4 最小二乘参数估计法	(41)
第三章 常用复杂控制系统	(47)
3.1 串级控制系统	(47)

3.1.1	串级控制系统的基本原理和结构	(47)
3.1.2	串级控制系统的特点	(49)
3.1.3	串级控制系统的设计	(56)
3.1.4	串级控制系统控制器参数的整定	(57)
3.1.5	串级控制系统的应用实例	(57)
3.2	比值控制系统	(59)
3.2.1	基本原理和结构	(59)
3.2.2	比值系数的计算	(61)
3.2.3	比值控制系统应用实例	(62)
3.3	均匀控制系统	(64)
3.3.1	均匀控制系统的基本原理和结构	(64)
3.3.2	均匀控制系统的控制规律的选择及参数整定	(68)
3.4	前馈控制系统	(68)
3.4.1	基本原理	(68)
3.4.2	前馈控制的主要结构形式	(70)
3.4.3	前馈控制系统的设计及工程实施中若干问题	(71)
3.4.4	应用实例	(74)
3.5	选择性控制及分程控制系统	(78)
3.5.1	选择性控制系统基本原理和结构	(78)
3.5.2	选择性控制系统设计	(81)
3.5.3	选择性控制系统应用实例	(82)
3.5.4	分程控制系统	(83)
第四章	双重控制及采用阀位控制器的系统	(85)
4.1	双重控制系统	(85)
4.1.1	基本原理和结构	(85)
4.1.2	系统分析	(86)
4.1.3	系统设计与实施中的一些问题	(89)
4.2	浮动塔压控制系统	(90)
4.2.1	浮动塔压控制的基本原理	(90)
4.2.2	浮动塔压控制系统设计中的几个问题	(91)
4.3	采用阀位控制器的控制系统	(94)
第五章	纯滞后补偿控制系统	(97)
5.1	纯滞后对控制质量的影响	(97)
5.1.1	纯滞后出现在干扰通道	(97)

5.1.2	纯滞后出现在反馈通道	(98)
5.1.3	纯滞后出现在前向通道	(100)
5.1.4	纯滞后同时出现在各通道	(100)
5.2	史密斯预估补偿控制方案	(101)
5.2.1	基本原理和结构	(101)
5.2.2	史密斯预估补偿控制实施中的若干问题	(102)
5.2.3	应用实例	(104)
5.3	改进史密斯预估补偿控制	(106)
5.3.1	增益自适应补偿控制	(106)
5.3.2	大纯滞后过程的双控制器方案	(107)
5.4	观测补偿器控制方案	(110)
5.4.1	基本原理和结构	(110)
5.4.2	系统分析	(112)
5.4.3	实施中的几个问题	(118)
5.4.4	应用实例	(119)
5.5	纯滞后对象的采样控制	(119)
5.5.1	基本原理和结构	(119)
5.5.2	实施中的几个问题	(122)
5.6	内部模型控制(IMC)	(123)
5.6.1	内部模型控制的基本结构	(123)
5.6.2	内部模型控制器的设计	(124)
5.6.3	带滤波器的内模控制系统的设计	(126)
5.6.4	内部模型控制的一般结构	(127)
第六章	解耦控制系统	(129)
6.1	系统的关联分析	(129)
6.1.1	系统的关联	(129)
6.1.2	相对增益	(130)
6.2	减少与解除耦合途径	(133)
6.2.1	被控变量与操纵变量间正确匹配	(133)
6.2.2	控制器的参数整定	(135)
6.2.3	减少控制回路	(136)
6.2.4	串接的解耦控制	(136)
6.2.5	模式控制	(137)
6.3	串接解耦控制	(138)

6.3.1 对角线矩阵法	(139)
6.3.2 单位矩阵法	(139)
6.3.3 前馈补偿法	(139)
6.3.4 设计中的有关问题	(140)
6.4 工业应用实例	(141)
第七章 自适应控制和鲁棒控制	(146)
7.1 简单自适应控制系统	(146)
7.1.1 依据偏差自动调整控制算法	(146)
7.1.2 依据扰动自动调整控制算法	(147)
7.1.3 自整定调节器	(148)
7.2 模型参考型自适应控制系统	(151)
7.2.1 参数最优化方法	(152)
7.2.2 基于李雅普诺夫稳定性理论的方法	(154)
7.2.3 连续搅拌槽反应器的模型参考型自适应控制	(155)
7.3 自校正控制系统	(159)
7.3.1 自校正控制器	(159)
7.3.2 炼油厂蒸馏塔的自校正控制系统	(163)
7.4 鲁棒控制	(165)
7.4.1 鲁棒调节器设计方法	(166)
7.4.2 H^∞ 控制	(169)
第八章 差拍控制系统	(176)
8.1 差拍控制系统	(176)
8.1.1 差拍控制原理	(176)
8.1.2 示例	(178)
8.2 达林控制算法	(179)
8.2.1 参数 λ 的影响	(180)
8.2.2 定值控制算法	(181)
8.3 卡尔曼控制算法	(183)
8.4 V.E. 控制算法	(185)
第九章 状态反馈控制	(189)
9.1 状态空间分析基础	(189)
9.2 状态反馈和极点配置	(193)
9.2.1 状态反馈的概念	(193)
9.2.2 状态反馈控制的极点任意配置设计方法	(195)

9.3	PID 控制与状态反馈控制	(199)
9.4	状态反馈控制频率域设计方法	(201)
第十章	基于模型的预测控制	(207)
10.1	预测控制的发展	(207)
10.2	预测控制的基本原理	(208)
10.3	模型算法控制(MAC)	(211)
10.3.1	预测模型	(212)
10.3.2	反馈校正	(214)
10.3.3	设定值与参考轨迹	(214)
10.3.4	最优控制作用	(214)
10.3.5	MAC 在实施中应注意的若干问题	(215)
10.4	动态矩阵控制	(217)
10.4.1	预测模型	(217)
10.4.2	反馈校正	(219)
10.4.3	滚动优化	(220)
10.5	预测控制软件包	(221)
10.5.1	预测控制软件包的发展	(222)
10.5.2	IDCOM - M 控制器	(223)
10.5.3	多变量 DMC 控制器技术	(226)
10.5.4	先进控制软件 SMCA	(228)
10.5.5	DMCplus 控制软件包	(231)
10.5.6	鲁棒多变量预估控制技术	(232)
10.6	我国预测控制应用	(234)
10.6.1	近年来引进的部分多变量预测控制软件介绍	(234)
10.6.2	近年来国内自行开发的部分多变量 预测控制软件	(235)
10.7	工业应用实例	(236)
10.7.1	常压蒸馏塔多变量预估控制	(236)
10.7.2	FCCU 反再系统多变量预估控制	(243)
10.7.3	连续重整装置先进多变量预估控制	(246)
第十一章	推断控制	(250)
11.1	简单推断控制	(250)
11.1.1	内回流控制	(250)
11.1.2	热焓控制	(252)

11.1.3 流化床干燥器湿含量推断控制	(254)
11.2 推断控制系统	(256)
11.2.1 信号分离	(257)
11.2.2 估计器 $E(s)$	(257)
11.2.3 推断控制器 $G_1(s)$	(257)
11.3 推断反馈控制系统	(258)
11.4 输出可测条件下的推断控制	(260)
11.4.1 系统组成	(260)
11.4.2 模型误差对系统性能的影响	(260)
11.5 应用实例	(262)
11.5.1 脱丁烷塔的推断控制	(262)
11.5.2 丙烯精馏塔的非线性推断控制系统	(264)
第十二章 软测量技术	(267)
12.1 软测量技术概论	(267)
12.1.1 机理分析与辅助变量的选择	(267)
12.1.2 数据采集和处理	(268)
12.1.3 软测量模型的建立	(269)
12.1.4 软测量模型的在线校正	(270)
12.2 软测量建模方法—回归分析	(270)
12.2.1 多元线性和逐步回归	(270)
12.2.2 主元分析和主元回归(PCA、PCR)	(272)
12.2.3 部分最小二乘法(PLS)	(275)
12.3 软测量建模方法—人工神经网络	(277)
12.3.1 BP 网络	(278)
12.3.2 RBF 网络	(280)
12.4 软测量工程设计	(287)
12.4.1 软测量的设计步骤	(287)
12.4.2 过程数据预处理	(289)
12.4.3 数据校正	(291)
12.4.4 模型校正	(294)
12.5 工业应用实例	(295)
12.5.1 烃类转化反应器出口气体中 CH_4 的软测量	(295)
12.5.2 催化裂化分馏塔轻柴油凝固点和粗汽油干点的 软测量	(296)

12.5.3	加氢裂化分馏塔柴油倾点和航煤干点的软测量	(299)
12.5.4	常压一线干点和常三线 90% 点软测量	(304)
12.5.5	延迟焦化分馏塔粗汽油干点软测量	(305)
12.5.6	裂解炉出口乙烯和丙烯收率的软测量	(306)
12.5.7	氯化氢的软测量	(308)
12.5.8	聚丙烯腈粘度的软测量	(309)
12.5.9	乙烯精馏塔塔底乙烯浓度的软测量	(312)
第十三章	故障检测诊断和容错控制	(317)
13.1	故障检测和诊断基本概念	(317)
13.2	故障检测和诊断的主要方法	(319)
13.2.1	基于动态数学模型的方法	(320)
13.2.2	基于知识的方法	(323)
13.3	故障检测与诊断的应用	(332)
13.4	容错控制及应用	(335)
13.4.1	容错控制设计的主要方法	(335)
13.4.2	容错控制的应用	(342)
第十四章	模糊控制	(349)
14.1	模糊理论的基础知识	(349)
14.1.1	模糊集合	(350)
14.1.2	模糊集合中的基本定义和模糊运算	(353)
14.1.3	隶属度函数	(355)
14.1.4	关于模糊集合交和并的运算	(358)
14.1.5	扩张原理与模糊关系	(361)
14.1.6	语言变量、模糊蕴含与模糊推理	(364)
14.2	模糊控制的基本原理与设计方法	(366)
14.2.1	模糊控制器的基本结构	(366)
14.2.2	模糊控制器的设计原理	(368)
14.2.3	基本模糊控制器的设计方法	(375)
14.3	模糊 PID 控制器	(381)
14.3.1	模糊 PID 控制器	(381)
14.3.2	模糊自整定 PID 控制器	(384)
14.4	自适应模糊控制	(390)
14.4.1	基于性能反馈的直接自适应模糊控制	(390)
14.4.2	基于模糊模型求逆的间接自适应模糊控制	(396)

第十五章 专家系统	(408)
15.1 专家系统的基本结构	(409)
15.2 专家系统的类型	(410)
15.3 知识的表达形式	(413)
15.4 推理机制	(418)
15.4.1 推理方法	(418)
15.4.2 推理机的设计原则	(420)
15.5 乙烯精馏塔优化专家系统	(420)
15.6 DCS 故障诊断专家系统	(425)
15.7 专家系统在催化裂化装置的应用	(432)
15.7.1 过程监控和故障诊断	(432)
15.7.2 工况判别	(434)
15.7.3 反再系统先进控制专家系统	(435)
15.8 聚酯过程开停车专家系统	(439)
15.8.1 专家控制系统结构	(439)
15.8.2 知识基系统	(440)
15.8.3 系统实现	(440)
第十六章 神经网络控制	(442)
16.1 基本概念	(443)
16.2 人工神经网络	(443)
16.2.1 人工神经网络的拓扑结构	(443)
16.2.2 人工神经网络的学习方法	(448)
16.3 基于神经网络的系统建模与辨识	(451)
16.3.1 利用多层前向网络辨识的一般结构	(451)
16.3.2 基于 BP 网络的系统辨识	(454)
16.3.3 基于 Hopfield 网络的系统辨识	(458)
16.3.4 基于 Elman 动态递归网络的系统辨识	(459)
16.4 神经网络控制器设计	(460)
16.4.1 基于单个神经元的自适应控制	(463)
16.4.2 神经网络 PID 控制	(465)
16.4.3 神经网络预测控制	(468)
16.4.4 神经网络内模控制	(471)
16.4.5 应用实例	(475)

第一章 绪 论

1.1 控制理论与工程的发展

20 世纪 40 年代开始形成的控制理论被称为“20 世纪上半叶三大伟绩之一”，在人类社会的各个方面有着深远的影响。控制理论与其他任何学科一样，源于社会实践和科学实践。在自动化的发展中，有两个明显的特点：第一，任务的需要、理论的开拓与技术手段的进展三者相互推动，相互促进，显示了一幅交错复杂，但又轮廓分明的画卷，三者间表现出清晰的同步性；第二，自动化技术是一门综合性的技术，控制论更是一门广义的学科，在自动化的各个领域，移植和借鉴起了交流汇合的作用。

自动化技术的前驱，可以追溯到我国古代，如指南车的出现。至于工业上的应用，一般以瓦特的蒸汽机调速器作为正式起点。工业自动化的萌芽是与工业革命同时开始的，这时候的自动化装置是机械式的，而且是自力型的。随着电动、液动和气动这些动力源的应用，电动、液动和气动控制装置开创了新的控制手段。

到第二次世界大战前后，控制理论有了很大发展。电信事业的发展导致了 Nyquist (1932) 频率域分析技术和稳定判据的产生。Bode (1945) 的进一步研究开发了易于实际应用的 Bode 图。1948 年，Evans 提出了一种易于工程应用的求解闭环特征方程根的简单图解方法——根轨迹分析方法。至此，自动控制技术开始形成一套完整的，以传递函数为基础，在频率域对单输入单输出 (SISO) 控制系统进行分析与设计的理论，这就是今天所谓的经典控制理论。经典控制理论最辉煌的成果之一要首推 PID 控制规律。PID 控制原理简单，易于实现，对无时间延迟的单回路控制系统极为有效。直到目前为止，在工业过程控制中有 80% ~ 90% 的系统还使用 PID 控制规律。经典控制理论最主要的特点是：线性定常对象，单输入单输出，完成镇定任务。即便对这些极简单对象的描述及控制任务，理论上也尚不完整，从而促使现代控制理论的发展。

本世纪 60 年代，现代控制理论迅猛发展，这是以状态空间方法为基础，以极小值原理 (Pontryagin, 1962) 和动态规划方法 (Belman, 1963) 等最

优控制理论为特征的,而以采用 Kalman 滤波器的随机干扰下的线性二次型系统(LQG)(Kalman, 1960)宣告了时域方法的完成。现代控制理论在航天、航空、制导等领域取得了辉煌的成果。现代控制理论中首先得到透彻研究的是多输入多输出系统,其中特别重要的是对描述控制系统本质的基本理论的建立,如可控性、可观性、实现理论、典型型、分解理论等,使控制由一类工程设计方法提高成为一门新的科学。为了扩大现代控制理论的适用范围,相继产生和发展了系统辨识与参数估计、随机控制、自适应控制以及鲁棒控制等各种理论分支,使控制理论的内容愈来愈丰富。现代控制理论虽然在航天、航空、制导等领域取得了辉煌的成果,但对于复杂的工业过程却显得无能为力。

从 70 年代开始,为了解决大规模复杂系统的优化与控制问题,现代控制理论和系统理论相结合,逐步发展形成了大系统理论(Mohammad, 1983)。其核心思想是系统的分解与协调,多级递阶优化与控制(Mesarovic, 1970)正是应用大系统理论的典范。实际上,大系统理论仍未突破现代控制理论的基本思想与框架,除了高维线性系统之外,它对其他复杂系统仍然束手无策。对于含有大量不确定性和难于建模的复杂系统,基于知识的专家系统、模糊控制、人工神经网络控制、学习控制和基于信息论的智能控制等应运而生,它们在许多领域都得到了广泛的应用。

从控制系统结构来看,已经经历了四个阶段。50 年代是以基地式控制器等组成的控制系统,像自力式温度控制器、就地式液位控制器等,它们功能往往限于单回路控制,时至今日,这类控制系统仍没有淘汰,而且有了新的发展,但所占的比重大为减少。

60 年代出现单元组合仪表组成的控制系统,单元组合仪表有电动和气动两大类,已延续三十多年,目前国内还广泛应用。由单元组合仪表组成的控制系统,控制策略主要是 PID 控制和常用的复杂控制系统(如串级、均匀、比值、前馈、分程和选择性控制等)。

70 年代出现了计算机控制系统,最初是直接数字控制(DDC)实现集中控制,代替常规控制仪表。由于集中控制的固有缺陷,未能普及及推广就被集散控制系统(DCS)所替代。DCS 在硬件上将控制回路分散化,数据显示、实时监督等功能集中化,有利于安全平稳生产。就控制策略而言,DCS 仍以简单 PID 控制为主,再加上一些复杂控制算法,并没有充分发挥计算机的功能和控制水平。

80 年代以后出现二级优化控制,在 DCS 的基础上实现先进控制和

优化控制。在硬件上采用上位机和 DCS 或电动单元组合仪表相结合,构成二级计算机优化控制。随着计算机及网络技术的发展,DCS 出现了开放式系统,实现多层次计算机网络构成的管控一体化系统(CIPS)。同时,以现场总线为标准,实现以微处理器为基础的现场仪表与控制系统之间进行全数字化、双向和多站通讯的现场总线网络控制系统(FCS)。它将对控制系统结构带来革命性变革,开辟控制系统的新纪元。

当前过程控制系统发展的主要特点是:

(1) 生产装置实施先进控制成为发展主流

早期的简单控制由于受到经典控制理论和常规仪表的限制,难以处理工业过程中存在的耦合性、非线性和时变性等。尽管在 70 年代以后,许多生产装置采用了 DCS 系统,但由于当时的理论和技术原因,控制水平仍停留在单回路 PID 控制、联锁保护控制等。随着企业提出的高柔性、高效益的要求,上述控制方案已经不能适应,以多变量预测控制为代表的先进控制策略的提出和成功应用以后,先进控制受到了过程工业界的普遍关注。先进过程控制(advanced process control, APC)是指一类在动态环境中,基于模型、充分借助计算机能力,为工厂获得最大利润而实施的运行和技术策略。这种新的控制策略实施后,系统运行在最佳工况,实现所谓“卡边生产”。据资料报道,一个乙烯装置投资 163 万美元实施先进控制,完成后预期可获得效益 600 万美元/年。目前,国内许多大企业纷纷投资,在装置自动化系统中实施先进控制。国外许多控制软件公司和 DCS 生产商都在竞相开发先进控制和优化控制的商品化工程软件包,西方国家有一定规模的先进控制软件公司大约有 45 家,推出 APC 软件 312 种,全世界应用 APC 有数千项,APC 软件应用年增长率达到 30% 左右。先进控制策略主要有:双重控制及阀位控制、纯滞后补偿控制、解耦控制、自适应控制、差拍控制、状态反馈控制、多变量预测控制、推理控制及软测量技术、智能控制(专家控制、模糊控制和神经网络控制)等,尤其智能控制已成为开发和应用的热点。

(2) 过程优化受到普遍关注

在过程控制中,过程优化已受到了普遍关注。在连续过程工业中,往往上游装置的部分产品是下游装置的原料,整个生产过程存在装置间的物流分配,物料平衡和能量平衡等一系列的问题。借助优化可使得整个生产过程获得很大的经济效益和社会效益。在过程优化中,主要寻找最佳的工艺参数设定值以获得最大的经济效益,这称之为稳态优化。稳

态优化采用静态模型,进行离线或在线优化计算。离线优化是指利用各种建模优化方法在约束条件下,求解最优的工艺参数,提供操作指导。在线优化是周期性完成模型计算、模型修正和参数寻优,并将参数值直接送到控制器作为设定值。为获得稳态最优,要求系统工作在一种特定的、保守程度较小的工况之下,一旦偏离了这种工况,各项指标会明显变差,操作难度增加,有时会导致生产的不安全。随着稳态优化的深入研究,直接影响过程动态品质的最优动态控制也显示出其重要性。

生产过程的优化是在各种优化条件下,求取目标函数的最优值,通常是复杂的非线性优化问题。应用传统优化理论往往遇到困难。在过程优化中,由于系统的复杂性,求全局最优值十分困难,而且实际过程并不一定要求最优值,而只要求得“优化区域”或“满意解”就可满足要求。在过程优化中,有许多是受工艺的限制。最近有人提出把工艺设计与控制整体考虑,在工艺设计的同时考虑到控制的实施方案及效果,就可以在工艺设计阶段消除那些可能导致控制困难的因素,这种方法正在受到人们的关注。

(3) 传统的 DCS 在走向国际统一标准的开放式系统

自 1975 年第一套分布式工业控制计算机系统诞生以来,历经近 20 年,各家 DCS 生产厂家的产品大多不能兼容,随着综合自动化的潮流和计算机科学与技术的发展,一些主要的 DCS 生产商经过激烈地竞争,最后终于联手共同推出一种国际标准的现场总线(fieldbus)控制系统,它被公认为具有时代特点的新一代分布式计算机控制系统,它的主要特点为:①开放性 现场总线采用同一种国际标准的通讯协议,不同厂家的产品可方便地互联,可与局域网相连;②智能化现场仪表 除了一般现场控制,检测仪表功能以外,还具有诊断、自补偿、现场组态、现场校验功能;③现场仪表采用数字信号传输 提高传输可靠性,节约传输线的投资;④彻底的分散性 简单控制回路基本分散在现场实现,关键数字信号进中央控制室,中央控制室主要完成信息管理、先进控制和优化。

随着现场总线技术的出现和发展,各种现场总线的市场竞争日趋激烈,由于各大集团对于现有市场利益的追逐,使统一的现场总线国际标准迟迟不能出台。经过妥协,在 2000 年 1 月宣布有 8 种现场总线均列入国际标准,形成多种现场总线共同竞争的局面。

根据自动化研究顾问(ARC)的报告,目前领先的传感器总线技术是 AS-i,在设备总线技术中,Profibus-DP 处于欧洲领先的地位。在