

“十五”国家重点图书

工业过程 控制技术

应用篇

孙优贤 邵惠鹤 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

“十五”国家重点图书

工业过程控制技术

应 用 篇

孙优贤 邵惠鹤 编著



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

内 容 提 要

《工业过程控制技术》是“十五”国家重点图书,分为《方法篇》、《应用篇》及《仪表和系统篇》三册。

本书为《应用篇》,在《方法篇》的基础上,作者把控制理论和控制技术有机地结合起来,详细地介绍了控制理论在工业过程中的应用。内容包括传热设备的控制、工业窑炉的控制、工业锅炉的控制、聚合反应过程控制、化学反应过程控制等 12 种工业对象的控制案例。书中所举案例经典实用,语言简明易懂。

本书可作为工业自动化及相关领域工程技术人员、科研人员的参考书,也可作为自动化专业及相关专业本科生、研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工业过程控制技术 应用篇/孙优贤,邵惠鹤编著. —北京:
化学工业出版社, 2005. 10

ISBN 7-5025-7795-5

I. 工… II. ①孙…②邵… III. 工业-过程控制 IV. TB114. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 125708 号

工业过程控制技术

应 用 篇

孙优贤 邵惠鹤 编著

责任编辑: 刘 哲 陈逢阳 宋 辉

责任校对: 王素芹

封面设计: 尹琳琳

*

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)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<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 28 $\frac{1}{4}$ 字数 698 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7795-5

定 价: 65.00 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

编委会名单

顾问：胡启恒 周春晖 蒋慰孙 王骥程
涂序彦

主任委员：孙优贤

副主任委员：柴天佑 邵惠鹤 褚健 陈逢阳

委员（按汉语拼音顺序排列）：

柴天佑	陈逢阳	褚健	高福荣
桂卫华	金建祥	金以慧	李平
潘立登	钱积新	任德祥	邵惠鹤
孙优贤	涂奉生	王桂增	王伟
王树青	王文海	吴铁军	俞金寿
张宏建	周东华	朱学峰	

序

半个世纪以来,科学技术的进步日新月异,有力地推动着工业生产的快速发展。生产规模由小型到大型化,产品由粗加工到精细化,产地由分散到领域集中化,为社会创造出越来越多的财富,极大地丰富了人们的物质生活。

可持续发展和循环经济的提出,警示人们在加快发展的同时,要更加关注人与自然的和谐,在生活和生产活动中,要最大限度地节省资源、节约能源和保护环境,造福子孙后代。

为了实现上述目标,工业界和控制界人士正在积极探索。在工业过程中,自动控制不但要保证生产过程平稳、安全运行,还要在降低生产成本、提高产品质量、减少废物排放等方面发挥重要作用。自动控制技术已经经历了由检测到控制,从模拟控制到数字控制,从局部控制到综合自动化的发展。

随着4C技术(Control, Computer, Communication, CRT)的发展和网络技术的日趋成熟,控制、计算机、通信和网络一体化使自动控制的方法和技术不断取得新的突破,功能越来越多、可靠性越来越高、灵活性越来越强。科学技术之间交叉融合,改变了自动控制的模式,使把控制与优化、控制与管理集合在一起成为可能。过程自动化(PA)、工厂自动化(FA)、计算机集成过程控制(CIPS)、工厂综合自动化系统(FIAS)和企业资源综合规划(ERP)等,再也不是可望不可及的美好愿望,它们正在成为工业控制高效节能的重要手段。

中国工程院院士孙优贤教授是工业自动化专家,长期从事工业自动化研究与教学工作,在现代控制工程技术领域成就卓著,他提出了一套适合于复杂工业系统控制的新技术和新方法;领导建立了我国高等院校第一个国家工程研究中心;创造性地解决了集散控制系统和四条大型生产线计算机控制系统建设中的关键技术,是制浆造纸工业自动化工程技术领域的开拓者和奠基人。孙院士组织了一批长期工作在生产和科研一线的专家、教授编写这本《工业过程控制技术》,所有作者都具有丰富的工作经验、较高的理论水平,可以说本书是编写者自己宝贵实践经验的总结,这使本书成为一本优秀的、不可多得的工业过程控制类参考用书。

《工业过程控制技术》是国家“十五”规划重点图书,分方法篇、应用篇、仪表与系统篇三篇。方法篇对模型预测控制、自适应控制、模糊控制、神经控制、专家控制系统、非线性控制、时滞系统控制和软测量技术、数据校正、综

合自动化技术以及过程计算机控制系统等先进控制技术和方法进行了介绍；应用篇针对流程工业中典型的控制对象，以实例的形式逐一介绍控制方法，包括传热设备的控制、工业窑炉的控制、精馏过程控制和聚合反应过程控制等；仪表与系统篇详细介绍了传感器、变送器、执行器、控制器、分析仪等单元仪表，基于可编程顺序控制器的控制系统（PCS）、集散控制系统（DCS）、现场总线控制系统（FCS）、成套专用控制系统（SCS）以及全集成新一代主控系统（PAS）。力求控制理论和控制实践的完美结合，使读者在学习理论的同时能够深切感受工业实践。思路新颖，实例通俗易懂。

希望《工业过程控制技术》能为更多的技术工作者、高校的教师和学生提供实践和理论的指导和参考。

吴启迪

2005 年 8 月

前言

从工业过程控制出现至今,过程控制有了很大的发展。

在 20 世纪 80~90 年代,多变量控制特别是基于模型预测控制的多变量优化控制得到迅速的发展,近几年,已用于处理大规模的过程控制问题。

近十多年来,发展了许多控制方案:线性多变量耦合系统的控制器设计;控制器通过参数辨识来自动调节自身参数,从而适应实际过程不断变化所需要的自适应控制;体现控制系统鲁棒性能的鲁棒控制系统;作为一种提高产品质量的技术工具,从而减少系统偏差,降低消耗,最终提高产品质量,增加生产的统计过程控制(SPC);软测量和推断控制、在线质量控制;应用机理模型、ANN 模型或辨识模型开发的许多基于模型的非线性控制策略。集人工智能、自动化和计算机技术为一体,在控制系统设计时,能更有效顾及到系统的柔性、卡边控制等高层要求的人工智能控制、神经网络控制、专家控制系统和模糊控制系统等也获得蓬勃发展。

然而,这并不表明所有过程控制的问题都已解决了。最具挑战性的化工和材料加工、环境保护、生物制造等过程工业还需新的控制技术来解决问题。

(1) 流程工业包括化工、石化、炼油、制药、造纸、冶金、采矿、电力、食品加工等,是在 21 世纪的国民经济中占主导地位的行业。在全球 500 强企业中,流程工业企业有 70 余家,占 15%,其营业收入占总收入的 16.5%,我国流程企业年产值占全国企业年总产值的 66%,流程工业的发展状况直接影响国家的经济基础,因此,流程工业是国家的重要基础支柱产业。在美国化学工业每年的产值四千亿美元,提供一百多万个就业岗位,2000 年出口总值达 725 亿美元,占美国出口的 10%。

要保持流程工业的销售实力,就要保持更低的价格和更可靠的服务,必须不断将先进的信息技术和过程控制技术融合到生产过程中。

(2) 正在探索的大量新技术领域,如材料生物学的纳米技术、薄膜加工和微集成系统的设计、供应链管理和企业资源配置等也需要新的控制方法。

(3) 生产过程中使用反馈控制能提高产品的质量、降低材料和能源的消耗、减少对环境的影响、提高安全性、降低成本,从而,在全球经济中更具竞争力。

(4) 由于生物制造中的传感器技术的新发展和细胞内行为的数学描述的进展,过程控制在生物技术中的应用将会有迅速发展。

本书是国家“十五”规划重点图书《工业过程控制技术》的应用篇,在方法篇的基础上,作者把控制理论和控制技术有机地结合起来,详细地介绍了控制理论在工业过程中的应用。内容包括传热设备的控制、工业窑炉的控制、工业锅炉的控制、聚合反应过程控制、化学反应过程控制等 12 种工业对象的控制案例。

本书由孙优贤、邵惠鹤编著。全书共 13 章,第 1、9、11 章由吴铁军编写;第 2、14 章由俞金寿编写;第 3 章由黄道平编写;第 4、13 章由邵惠鹤编写;第 5 章由高福荣编写;第

6 章由肖迺编写；第 8 章由杨慧中编写；第 10 章由黄道编写。

限于编著者水平，书中不足之处，恳请读者赐教。

编著者

2005 年 8 月

目 录

第 1 章 工业生产过程基本物理量的控制	1
1.1 流量控制	1
1.2 液位控制	2
1.3 压力控制	3
1.4 温度控制	5
1.5 pH 值控制	8
1.6 转速控制	10
1.6.1 异步电动机的变频调速原理	10
1.6.2 采用变频器的自动控制系统	12
参考文献	13
第 2 章 传热设备的控制	14
2.1 传热设备的数学模型	14
2.1.1 传热设备的静态数学模型	14
2.1.2 传热设备的动态特性	19
2.2 一般传热设备的控制	26
2.2.1 调节载热体流量	27
2.2.2 调节载热体的汽化温度	28
2.2.3 将工艺介质分路	28
2.2.4 调节传热面积	29
2.3 传热设备的复杂控制系统	30
2.3.1 前馈-反馈控制方案	30
2.3.2 热焓与热量控制方案	33
2.3.3 选择性控制	34
2.3.4 双重控制	35
2.4 蒸发器的控制	36
2.4.1 蒸发器的特性	36
2.4.2 蒸发器的主控制回路	36
2.4.3 蒸发器的辅助控制回路	38
2.5 管式加热炉的控制	39
2.5.1 加热炉的简单控制	39
2.5.2 加热炉的串级控制系统	40
2.5.3 安全联锁保护系统	41
2.5.4 加热炉的热效率控制	42
参考文献	44

第3章 工业窑炉的控制	45
3.1 陶瓷等工业窑炉控制系统	45
3.1.1 陶瓷窑炉对温度、压力及气氛的要求	45
3.1.2 烧煤明焰隧道窑的自动控制	46
3.1.3 烧油隧道窑温度的自动控制	48
3.1.4 辊道窑自动控制系统	48
3.1.5 倒焰窑电瓷焙烧过程自动控制	53
3.1.6 陶瓷窑炉温度的变结构控制	55
3.2 玻璃窑的自动控制系统	56
3.2.1 玻璃进料配比控制系统	56
3.2.2 玻璃窑炉控制系统	60
3.2.3 可编程数字控制器实现的马蹄焰玻璃窑炉自动控制	67
3.2.4 玻璃窑炉燃烧系统的优化控制	70
3.3 水泥窑的自动控制系统	72
3.3.1 机械立窑的闭门操作技术	72
3.3.2 回转窑自动控制系统	74
3.3.3 水泥回转窑操作的实时专家系统	76
3.3.4 新型DCS系统在水泥回转窑生产过程控制中的应用	79
3.4 加热炉自动控制系统	83
3.4.1 燃煤粉加热炉的计算机控制	83
3.4.2 燃油加热炉温度的自动控制	87
3.4.3 常压加热炉出口温度的动态矩阵控制	90
3.4.4 电阻加热炉的预测函数控制	92
3.4.5 电阻加热炉的自适应模糊神经网络控制	95
3.4.6 加热炉的优化控制策略	98
参考文献	102
第4章 工业锅炉的控制	104
4.1 概述	104
4.1.1 工业锅炉的基本原理	104
4.1.2 工业锅炉的基本要求和主要控制任务	105
4.1.3 工业锅炉控制系统的特点	105
4.2 基本控制系统	106
4.2.1 锅炉汽包水位控制	106
4.2.2 过热蒸汽温度控制系统	110
4.2.3 锅炉燃烧控制系统	112
4.3 工业锅炉的稳态优化分析与设计	120
4.3.1 概述	120
4.3.2 过剩空气量的优化	121
4.3.3 烟气温度的优化	125

4.3.4	蒸汽压力最优化	126
4.3.5	锅炉吹洗的最优操作	127
4.3.6	负荷最优分配	127
4.4	工业锅炉多变量约束控制的设计	128
4.4.1	工业锅炉多变量约束控制的目标	128
4.4.2	工业锅炉多变量约束控制的结构与功能	128
4.4.3	变量分析与设计	129
4.4.4	多变量约束控制器的结构设计	129
参考文献		130
第5章 塑料成型过程控制		131
5.1	塑料成型过程基础理论	131
5.1.1	塑料的分类及基本特性	131
5.1.2	塑料的流变特性	131
5.1.3	塑料加工成型方法概论	133
5.2	注射成型过程及控制	133
5.2.1	注射成型设备及成型过程	133
5.2.2	熔体温度控制	137
5.2.3	模腔压力控制	145
5.2.4	注射速度控制	160
5.2.5	保压段喷嘴压力控制	170
5.3	注射成型制品质量控制	176
参考文献		179
第6章 化学反应过程控制		181
6.1	化学反应过程概述	181
6.1.1	化学反应及其特点	181
6.1.2	化学反应器的性能指标	182
6.1.3	化学反应器的种类	183
6.2	化学反应的基本规律	185
6.2.1	化学反应速度	185
6.2.2	转化率与停留时间的关系	188
6.2.3	典型化学反应	188
6.2.4	化学反应的热稳定性	192
6.3	化学反应器的动态特性	193
6.3.1	化学反应器的基本方程	194
6.3.2	连续搅拌槽式反应器的动态特性	195
6.4	化学反应器的控制方案	199
6.4.1	取出料的成分或反应的转化率作为被控变量	200
6.4.2	取反应过程的工艺状态参数作为被控变量	201
6.4.3	稳定外围的控制方案	204

6.4.4 开环不稳定反应器的控制	205
6.5 先进控制在化学反应器控制中的应用	206
6.5.1 软测量技术在化学反应器中的应用	206
6.5.2 先进控制在连续化学反应器中的应用	211
6.5.3 先进控制在间歇化学反应器中的应用	214
参考文献	220
第7章 生化过程的检测与控制	221
7.1 概述	221
7.1.1 生物反应器	222
7.1.2 生化过程的检测与控制技术的特点	223
7.2 生化过程的检测技术	224
7.2.1 pH值的测量技术	224
7.2.2 溶解氧(DO)的测量技术	226
7.2.3 工业流程分析仪	228
7.2.4 间接变量的检测	229
7.3 生化过程的软测量技术	230
7.3.1 人工神经网络状态估计器	230
7.3.2 青霉素发酵过程生物质浓度在线估计	231
7.4 生化过程控制	233
7.4.1 温度控制	233
7.4.2 pH值控制	235
7.4.3 溶解氧控制	236
7.4.4 补料控制	237
7.4.5 生化过程的优化控制	238
7.4.6 生化过程的智能控制	242
7.5 典型生化过程的计算机控制	246
参考文献	250
第8章 聚合反应过程控制	252
8.1 聚合反应过程简述	252
8.1.1 聚合反应的分类	253
8.1.2 聚合物特性指标	254
8.1.3 聚合反应器基本类型	256
8.1.4 连续流动反应器的停留时间分布	257
8.1.5 流动模型	258
8.1.6 停留时间分布与混合对化学反应的影响	259
8.1.7 聚合反应机理	261
8.2 聚合反应过程模型化	263
8.2.1 动力学模型的一般建模方法	264
8.2.2 间歇过程——苯乙烯聚合反应过程动态模型	269

8.2.3 连续过程——聚酯酯化反应过程的终缩聚神经网络软测量模型	271
8.2.4 混合模型——丙烯腈聚合过程质量指标混合模型	281
8.3 聚合反应过程控制	292
8.3.1 间歇聚合过程的控制	293
8.3.2 连续聚合过程的控制	296
8.4 总结和展望	309
参考文献	310
第9章 工业生产环保装置的控制与优化	312
9.1 概述	312
9.1.1 环境保护和三废的危害	312
9.1.2 三废治理存在的问题	313
9.1.3 自动化技术在三废治理中的作用	313
9.2 废水处理装置的控制	314
9.2.1 工业废水与城市废水	314
9.2.2 废水排放指标及其测量	315
9.2.3 废水处理装置的控制	317
9.2.4 废水处理过程的优化	320
9.3 废气处理装置的控制	320
9.3.1 工业废气与大气污染	320
9.3.2 工业废气排放标准及其测量	322
9.3.3 工业废气处理装置的控制	324
9.3.4 废气处理过程的优化	327
9.4 废渣处理装置的控制	327
9.4.1 工业废弃物与城市垃圾	327
9.4.2 固体废弃物的基本处理方法	328
9.4.3 城市垃圾焚烧装置的控制	330
9.4.4 工业废弃物处理装置的控制	331
参考文献	332
第10章 合成氨装置的计算机控制与优化	333
10.1 合成氨厂控制回路	333
10.1.1 转化系统水碳比的控制	334
10.1.2 合成系统氢氮比的控制	335
10.1.3 蒸汽系统的控制	337
10.1.4 尿素系统典型控制回路	341
10.2 合成氨厂的优化控制	342
10.2.1 数学模型的建立	343
10.2.2 过程优化方法	346
10.2.3 大系统优化方法	346
10.3 应用示例	348

参考文献	357
第 11 章 常减压装置的先进控制与优化	359
11.1 概述	359
11.2 常减压装置的先进控制系统结构	361
11.3 常压塔的多变量预测控制	364
11.3.1 控制问题的提出	364
11.3.2 多变量过程的约束预测控制	364
11.3.3 常压塔的多变量约束控制	368
11.4 产品质量的“软测量”与闭环操作优化	370
11.4.1 石脑油干点的软测量估计问题	370
11.4.2 软测量估计模型的建立	371
11.4.3 石脑油干点软测量仪的工业应用	374
参考文献	375
第 12 章 催化裂化装置的计算机控制与优化	377
12.1 概述	377
12.1.1 催化裂化装置的重要性与任务	377
12.1.2 催化裂化装置简介	378
12.1.3 催化裂化装置控制的概况及先进控制	380
12.2 催化裂化过程的数学模型	383
12.2.1 反应器动力学模型	383
12.2.2 再生器动力学模型	385
12.2.3 FCCU 反应再生系统多变量预测控制模型	386
12.3 重油催化裂化装置的生产总目标及产品方案	387
12.3.1 生产总目标	387
12.3.2 产品生产方案	388
12.4 反应再生装置的基本控制	389
12.4.1 催化裂化装置反应再生系统的控制要求	389
12.4.2 反应再生系统的工艺流程说明	390
12.4.3 反应再生系统的基础控制回路	390
12.5 催化裂化 (FCCU) 过程的模型预测控制实例仿真	390
12.5.1 催化裂化 (FCCU) 模型	390
12.5.2 一个 CV、两个 MV 系统设定变化的仿真	391
12.5.3 二个 CV、两个 MV 系统进料 (干扰) 由 2000+50 的仿真	391
12.5.4 两个 MV、三个 CV 系统对病态处理的仿真	393
12.6 反再系统多变量约束控制器 (MCC01) 的设计	394
12.6.1 FCCU 反应再生系统多变量约束控制器的控制目标	394
12.6.2 反再系统多变量约束控制器 (MCC01) 的变量选择	394
12.6.3 反再系统多变量约束控制器 (MCC01) 的设计	396
12.6.4 MCC01 控制系统结构及具体实现	396

12.6.5 反再系统动态阶跃模型的建立.....	397
12.6.6 MCC01 控制效果和经济效益分析	398
参考文献.....	400
第 13 章 乙烯装置的计算机控制	401
13.1 概述.....	401
13.1.1 乙烯装置的工艺流程.....	401
13.1.2 乙烯装置计算机控制国内外发展概况.....	403
13.2 裂解炉的控制.....	404
13.2.1 裂解炉的数学模型.....	404
13.2.2 乙烯装置裂解炉的控制.....	408
13.2.3 裂解炉的优化操作.....	418
13.3 分离过程控制.....	422
13.3.1 脱乙烷塔的控制.....	422
13.3.2 乙烯精馏塔控制.....	424
13.3.3 丙烯精馏塔的控制.....	428
13.3.4 乙炔加氢反应器控制.....	432
参考文献.....	434

第1章 工业生产过程基本物理量的控制

任何工业生产过程，不论其复杂与否，对它的控制要求总是围绕着流量、液位、压力、温度、pH值、转速等过程参数的控制而进行的。本章将按照各过程参数的特性，结合典型的操作单元，如泵、压缩机、换热器、精馏塔、反应器等，讨论上述基本物理量的控制系统的组成、特点和应用。

1.1 流量控制

流量控制是工业过程控制中常见的控制系统之一。工业生产过程中往往为了稳定生产负荷，保证过程的物料平衡与热量平衡，或化学反应条件及控制能耗等目的，需要对诸如进/出物料量、回流量、反应物流量、燃料及空气流量等进行自动控制。流量控制中，其操纵变量为流量控制阀开度，被控变量为管道中的流体流量，而控制通道即为控制阀开度变化对流体流量的影响，外部干扰为其他影响流体流量的因素。一般可认为流量对象的控制通道是没有滞后的，其响应速度很快，但实际上还是有滞后的，如果流体是气体，则由于气体通过阀门时压力要降低，气体膨胀而使管内容纳的气体随压力稍有变化，即流量响应产生滞后；当流体是液体时，则由于流动惯性而产生滞后。一般而言，由于流体惯性滞后并不大，故其时间常数很小，而且它是随着流量和压降的变化而变化的。在设计和分析流量控制方案时，就必须注意到上述特点，才能取得满意的控制效果。

由于流量对象的滞后一般较小，对于它的控制通常只需采用图1-1所示的单回路流量控制系统，可根据流量的变化，改变控制阀开度，即改变流动阻力（控制阀两端的压降）来实现流量控制。

流量控制方案虽然简单，但具体还应结合所用的流体输送机械，如泵和压缩机的特性来确定。例如对离心式泵和压缩机，由于它们的出口流量和压头间具有一定对应关系，其工作点（即工作流量和压头）是由泵和压缩机的特性及管路特性决定的。因此对这类泵和压缩机的流量控制可将控制阀安装在出口管路上通过直接节流控制，或将控制阀装在回流管上，通过改变回流量来控制；还可以通过改变它们拖动电机或汽轮机的转速来控制流量。但对容积式的泵和压缩机，如活塞泵、柱塞泵、齿轮泵，由于它们的流量和压头无直接关系，排量只与冲程的大小或转速有关，几乎与压头无关，因此不能在出口管路上用节流方法控制流量，否则出口阀一旦关死，会使泵压过高而造成泵损机毁。因此对这类泵和压缩机

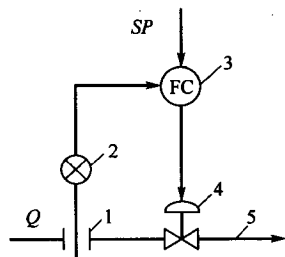


图 1-1 单回路流量控制系统

- 1—测量元件；2—流量变送器；
3—控制器；4—控制阀；
5—工艺管道

的流量控制则可通过改变回流量、拖动机械的转速或往复冲程来实现。

1.2 液位控制

工业生产过程中为了均衡进出的物料量，以保证过程的物料平衡要求，经常要对一些液体贮槽或设备内的液位高低进行控制。一般液体贮槽如进料罐、成品罐及中间缓冲容器等都具有单容量的特性，对它们的液位控制比较容易实现。通常只要采用单回路控制系统就可达到目的，其控制方案如图 1-2 所示。可根据液位变化，改变输入流量或输出流量来控制液位。由于实际操作中，人们常常是利用容器内的液位来控制流入过程其他设备的流量，或为了起到缓冲作用而控制液位的，所以对液位的控制要求不太高，因而液位控制器通常采用宽比例度的比例控制器或带弱积分作用的 PI 控制器。只有当容器用作计量槽使用时，才需要精确地控制液位，为了消除余差，控制器应选用比例积分作用。

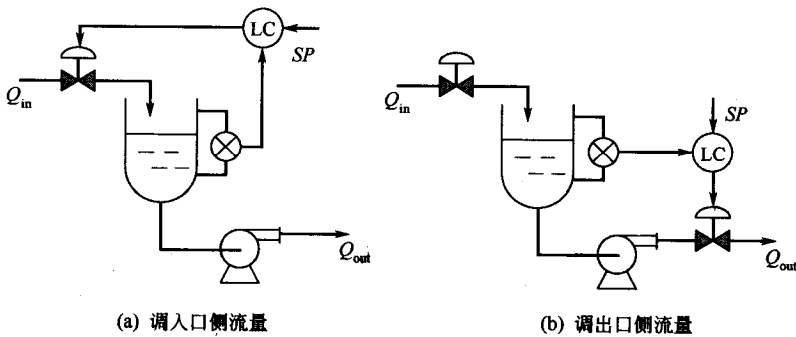


图 1-2 液位控制方案

需要指出的是，在工业生产过程中，由于操作的连续性，往往前一设备的出料就直接作为后一设备的进料。例如某炼油厂催化裂化装置的分馏塔，其顶部采出的粗汽油经冷凝后进入容器（容 201），其液相由离心泵抽出并直接进入后续的吸收稳定系统，其流程如图 1-3 所示。

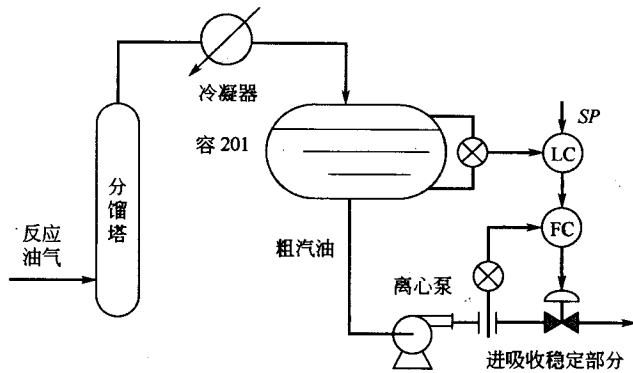


图 1-3 催化裂化分馏塔顶部流程及其液位控制方案

工艺要求容 201 的液面平稳，不仅要防止溢出和抽干，而且要求保持在中间位置，使油品在器内停留时间合适，以免影响油品质量。与此同时，为了稳定后续工段的操作，工艺上