

当代化工学术精品译库

Aspen模拟软件 在精馏设计和控制中的应用

(原著第二版)

DISTILLATION DESIGN AND CONTROL USING ASPENTM SIMULATION

(SECOND EDITION)

[美] William L. Luyben 著 马后炮化工网 译



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

当代化工学术精品译库

Aspen 模拟软件在精馏 设计和控制中的应用

(原著第二版)

Distillation Design and Control Using
Aspen™ Simulation (Second Edition)

[美] William L. Luyben 著

马后炮化工网 译



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

Aspen 模拟软件在精馏设计和控制中的应用(原著第二版) / (美)鲁平(Luyben, W. L.)著;马后炮化工网译. —上海:华东理工大学出版社, 2015. 6

(当代化工学术精品译库)

ISBN 978-7-5628-4274-3

I. ①A… II. ①鲁…②马… III. ①精馏—化工过程—应用软件
IV. ①TQ028.3-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 102876 号

Distillation Design and Control Using Aspen™ Simulation / William L. Luyben. -2nd ed.
原著 ISBN: 978-1-41143-8

Copyright © 2013 by John Wiley & Sons, Inc.

All Rights Reserved. This translation published under license.

著作权合同登记号:图字 09-2015-347 号。

Copies of this book sold without a Wiley sticker on the cover are unauthorized and illegal.

当代化工学术精品译库

Aspen 模拟软件在精馏设计和控制中的应用(原著第二版)

著 者 / [美]William L. Luyben

译 者 / 马后炮化工网

责任编辑 / 周 颖

责任校对 / 金慧娟 成 俊

出版发行 / 华东理工大学出版社有限公司

地 址: 上海市梅陇路 130 号, 200237

电 话: (021)64250306(营销部)

(021)64251837(编辑室)

传 真: (021)64252707

网 址: press.ecust.edu.cn

印 刷 / 上海中华商务联合印刷有限公司

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 25.75

字 数 / 524 千字

版 次 / 2015 年 6 月第 1 版

印 次 / 2015 年 6 月第 1 次

书 号 / ISBN 978-7-5628-4274-3

定 价 / 98.00 元

联系我们: 电子邮箱 press_wy@ecust.edu.cn

官方微博 e.weibo.com/ecustpress

天猫旗舰店 http://hdlgdxcbbs.tmall.com



目 录

第 1 章 汽-液相平衡(VLE)基础	1
1.1 蒸气压	1
1.2 二元体系 VLE 相图	2
1.3 物性方法	5
1.4 相对挥发度	6
1.5 泡点计算	7
1.6 三元相图	8
1.7 VLE 的非理想性	9
1.8 三元体系的剩余曲线	13
1.9 精馏边界	17
1.10 结论	20
第 2 章 精馏塔的分析	21
2.1 设计的“自由度”	21
2.2 二元体系 McCabe-Thiele 法	21
2.2.1 操作线	23
2.2.2 q 线	24
2.2.3 逐板法求塔板数	25
2.2.4 各参数的影响	25
2.2.5 限制条件	26
2.3 多元体系的近似方法	26
2.3.1 Fenske 方程求最少塔板数	27
2.3.2 Underwood 方程求最小回流比	27
2.4 结论	27
第 3 章 建立一个稳态精馏模拟	29
3.1 新建一个模拟例子	29
3.2 定义化学组分及物性方法	34
3.3 定义物流性质	38
3.4 定义设备参数	39
3.4.1 塔 C1	39

3.4.2 阀门和泵	41
3.5 运行模拟算例	43
3.6 使用“DESIGN SPEC/VARY”功能	44
3.7 寻找最佳进料位置以及最小操作条件	55
3.7.1 最佳进料位置	55
3.7.2 最小回流比	55
3.7.3 最少塔板数	55
3.8 精馏塔尺寸设计	56
3.8.1 塔高	56
3.8.2 塔径	56
3.9 概念设计	58
3.10 结论	61
第4章 精馏的经济优化	62
4.1 启发式优化法(Heuristic Optimization)	62
4.1.1 将总塔板数定为最少理论板数的两倍	62
4.1.2 将回流比定为最小回流比的 1.2 倍	63
4.2 经济核算依据	64
4.3 结果	65
4.4 操作优化	68
4.5 真空精馏塔压力的优化	73
4.6 结论	74
第5章 复杂体系的精馏模拟	75
5.1 萃取精馏	75
5.1.1 设计	77
5.1.2 模拟难点	79
5.2 乙醇脱水	81
5.2.1 VLLE 行为	83
5.2.2 工艺流程模拟	84
5.2.3 收敛流程	87
5.3 变压共沸精馏	89
5.4 双塔热耦合精馏	93
5.4.1 流程	93
5.4.2 净操作的收敛	94
5.5 结论	97

第 6 章 通过稳态计算选择控制结构	98
6.1 控制结构选择	98
6.1.1 双组分控制	98
6.1.2 单端控制	98
6.2 进料组成灵敏度分析(ZSA)	98
6.3 温度控制板的选择	100
6.3.1 方法总结	100
6.3.2 丙烷/异丁烷二元体系	101
6.3.3 苯/甲苯/二甲苯(BTX)三元体系	105
6.3.4 三元共沸体系	107
6.4 结论	111
第 7 章 由稳态模拟转换为动态模拟	112
7.1 设备定径	112
7.2 导入 Aspen Dynamics	114
7.3 在 Aspen Dynamics 中打开动态模拟	115
7.4 安装各基本控制器	117
7.4.1 回流	122
7.4.2 重点	123
7.5 添置温度和组分控制器	123
7.5.1 塔板温度控制	124
7.5.2 组分控制	129
7.5.3 组分-温度串级控制	130
7.6 性能评估	131
7.6.1 安装一个曲线图	131
7.6.2 将动态结果导入 Matlab 中	133
7.6.3 再沸器热量输入与进料流量比例	136
7.6.4 带有 CC-TC 串级控制的温度控制结构比较	137
7.7 结论	138
第 8 章 复杂精馏塔的控制	139
8.1 萃取精馏工艺	139
8.1.1 设计	139
8.1.2 控制结构	140
8.1.3 动态性能	142
8.2 部分冷凝的精馏塔	143
8.2.1 全汽相采出	143

8.2.2 汽/液相采出	159
8.3 热耦合精馏塔的控制	165
8.3.1 工艺研究	166
8.3.2 热耦合关系式	167
8.3.3 控制结构	168
8.3.4 动态性能	170
8.4 共沸精馏塔/倾析器体系的控制	173
8.4.1 转化为动态模拟和闭合循环回路	173
8.4.2 安装控制结构	175
8.4.3 动态性能	178
8.4.4 数值积分问题	181
8.5 非常规控制结构	182
8.5.1 工艺研究	183
8.5.2 稳态设计经济优化	185
8.5.3 选择控制结构	186
8.5.4 动态模拟结果	190
8.5.5 可替代的控制结构	191
8.5.6 小结	196
8.6 结论	196
第9章 反应精馏	197
9.1 引言	197
9.2 反应精馏体系的种类	198
9.2.1 单进料反应	198
9.2.2 重组分产物的不可逆反应	198
9.2.3 净操作与使用过量反应物的比较	199
9.3 TAME 流程基本点	201
9.3.1 预反应器	202
9.3.2 反应精馏塔 C1	202
9.4 TAME 反应动力学和 VLE	204
9.5 全厂控制结构	208
9.6 结论	211
第10章 侧线精馏塔的控制	212
10.1 液相侧线精馏塔	212
10.1.1 稳态设计	212
10.1.2 动态控制	213

10.2 汽相侧线塔	217
10.2.1 稳态设计	217
10.2.2 动态控制	217
10.3 带有汽提塔的液相侧线精馏塔	221
10.3.1 稳态设计	221
10.3.2 动态控制	222
10.4 带有整流器的汽相侧线精馏塔	226
10.4.1 稳态设计	226
10.4.2 动态控制	227
10.5 侧线吹洗塔	234
10.5.1 稳态设计	234
10.5.2 动态控制	235
10.6 结论	239
 第 11 章 石油分馏的控制	240
11.1 石油馏分	241
11.2 原油的表征	244
11.3 预蒸馏塔的稳态设计	250
11.4 预闪蒸塔的控制	255
11.5 大型蒸馏塔的稳态设计	260
11.5.1 稳态设计概述	260
11.5.2 在 Aspen Plus 中建立大型蒸馏塔	262
11.5.3 设计参数的影响	269
11.6 大型蒸馏塔的控制	271
11.7 结论	278
 第 12 章 隔壁塔(热偶精馏)	279
12.1 引言	279
12.2 稳态设计	281
12.2.1 MultiFrac 模型	281
12.2.2 RadFrac 模型	288
12.3 隔壁塔的控制	290
12.3.1 控制方案	290
12.3.2 Aspen Dynamics 模拟	293
12.3.3 动态模拟结果	295
12.4 常规精馏塔的控制	299
12.4.1 控制方案	299

12.4.2 动态结果与比较	300
12.5 结论和讨论	301
第 13 章 动态安全分析	303
13.1 引言	303
13.2 安全方案	303
13.3 过程研究	304
13.4 基本的严格精馏塔模块	304
13.4.1 恒定热负荷的模型	305
13.4.2 恒温模型	305
13.4.3 LMTD 模型	305
13.4.4 冷凝或蒸发介质模型	305
13.4.5 再沸器的动态模型	306
13.5 带有显示换热器的严格精馏塔动态模型	306
13.5.1 塔	307
13.5.2 冷凝器	307
13.5.3 回流罐	308
13.5.4 液体分离	308
13.5.5 再沸器	308
13.6 动态模拟	309
13.6.1 基础例子的控制结构	309
13.6.2 严格例子的控制结构	310
13.7 动态响应的比较	310
13.7.1 冷凝器的冷凝故障	310
13.7.2 输入热量增加	311
13.8 其他问题	313
13.9 结论	313
第 14 章 二氧化碳的捕集	314
14.1 低压空气燃烧火力发电厂的二氧化碳捕集	315
14.1.1 流程设计	315
14.1.2 模拟问题	316
14.1.3 全厂性的控制结构	318
14.1.4 动态行为	321
14.2 高压 IGCC 火力发电厂的二氧化碳捕集	324
14.2.1 设计	325
14.2.2 全厂性控制结构	327

14.2.3 动态行为	329
14.3 结论	331
第 15 章 精馏塔的降荷操作控制	332
15.1 引言	332
15.2 控制问题	333
15.2.1 双温度控制	333
15.2.2 阀位控制	335
15.2.3 循环控制	336
15.3 过程描述	337
15.4 斜坡干扰下的动态特性	339
15.4.1 双温度控制	339
15.4.2 阀位控制	340
15.4.3 循环控制	341
15.4.4 比较	341
15.5 阶跃干扰下的动态特性	343
15.5.1 双温度控制	343
15.5.2 VPC 控制	344
15.5.3 循环控制	344
15.6 其他控制结构	346
15.6.1 无温度控制	346
15.6.2 双重温度控制	347
15.7 结论	349
第 16 章 精馏塔中压力补偿的温度控制	350
16.1 简介	350
16.2 算例研究	351
16.3 传统控制结构的选择	352
16.4 温度、压力、组成之间的相互关系	355
16.5 Aspen Dynamics 的应用	356
16.6 动态结果对比	357
16.6.1 进料流量的影响	357
16.6.2 压力的扰动	358
16.7 结论	360
第 17 章 乙醇脱水	361
17.1 引言	361

17.2	酒精蒸馏釜(预浓缩器)的优化	362
17.3	共沸塔和回收塔的优化	364
17.3.1	优化进料位置	365
17.3.2	塔板数优化	365
17.4	整体工艺的优化	367
17.5	环己烷夹带剂	368
17.6	流程的循环收敛	369
17.7	结论	370
第 18 章	外部复位反馈防止积分饱和	371
18.1	简介	371
18.2	实现外部复位反馈电路	372
18.2.1	生成误差信号	372
18.2.2	控制器增益的放大	373
18.2.3	增加滞后输出	373
18.2.4	信号低选器	373
18.2.5	Lag 模块的设置	373
18.3	闪蒸罐案例	374
18.3.1	工艺流程和普通控制结构	374
18.3.2	没有外部复位反馈的超驰控制结构	375
18.3.3	有外部复位反馈的超驰控制结构	376
18.4	精馏案例	379
18.4.1	普通的控制结构	380
18.4.2	没有外部复位的普通和超驰控制器	381
18.4.3	有外部复位的普通和超驰控制器	383
18.5	结论	386
索引		387