

PRODUCT & PROCESS DESIGN PRINCIPLES

Synthesis, Analysis, and Evaluation(2e)

产品与过程设计原理

—— 合成、分析与评估

原 著

Warren D. Seider

J. D. Seader

Daniel R. Lewin

朱开宏 李伟 钱四海 译



华东理工大学出版社

EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS



WILEY

产品与过程设计原理

——合成、分析与评估

Product & Process Design Principles

——*Synthesis, Analysis, and Evaluation* (2e)

原著 Warren D. Seider J. D. Seader Daniel R. Lewin

朱开宏 李 伟 钱四海 译

 华东理工大学出版社

本书为 John Wiley & Sons, Inc. 授权出版的独家简体中文译本, 翻印必究。

图书在版编目(CIP)数据

产品与过程设计原理——合成、分析与评估 / Seider, W.D., Seader, J.D., Lewin, D.R. 著; 朱开宏, 李伟, 钱四海译. —上海: 华东理工大学出版社, 2006.5

书名原文: Product & Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation (2e)
ISBN 7-5628-1836-3

I. 产... II. ①Seider... ②Seader... ③Lewin... ④朱... ⑤李... ⑥钱... III. 化工过程—设计—高等学校—教材 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 156013 号

著作权合同登记号:“图字:09-2005-045 号”

All Rights Reserved. Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Inc.

产品与过程设计原理——合成、分析与评估

原著 Warren D. Seider J.D. Seader Daniel R. Lewin

翻 译 / 朱开宏 李伟 钱四海

责任编辑 / 钱四海

封面设计 / 赵 军

责任校对 / 张 波 金慧娟

出版发行 / 华东理工大学出版社

地 址: 上海市梅陇路 130 号, 200237

电 话: (021)64250306(营销部)

传 真: (021)64252707

网 址: www.hdlgpress.com.cn

印 刷 / 江苏省南通市印刷总厂有限公司

开 本 / 787×1092 1/16

印 张 / 63.5

字 数 / 1962 千字

版 次 / 2006 年 5 月第 1 版

印 次 / 2006 年 5 月第 1 次

印 数 / 1-3000 册

书 号 / ISBN 7-5628-1836-3/TQ·100

定 价 / 158.00 元(含 CD-ROM 光盘)

(本书如有印装质量问题, 请到出版社储运部调换)

内 容 提 要

本书及所附多媒体光盘阐述了以试探规则与计算机模拟分析相结合为特征的化工产品与过程设计的现代策略和方法。各种定态、动态和间歇过程模拟软件(ASPEN PLUS、HYSYS, Plant、PRO/II、CHEM-CAD、BATCH PLUS 和 SUPERPRO DESIGNER 等)的应用贯穿全书。

全书共分五篇。第一篇阐述设计新化工产品的概念产生阶段,如何寻找具有所需性质和性能的化学品;并概要介绍了当需要一个过程生产这些化学品时,过程设计的各个步骤。第二篇的重点是过程创建的步骤和基础案例设计的开发,包括完成候选流程方案合成树的方法,以及如何针对最有可行性的流程开发基础案例设计。第三篇讨论基础案例的详细设计阶段,在此阶段中确定各类设备尺寸,获得投资和操作费用估算,完成利润率分析和优化;并用几个工业产品和消费产品实例详细阐述了产品设计的步骤。第四篇阐述为达到更有赢利前景的设计,在过程设计中考虑全装置范围的可控性和缓冲性的重要意义,及进行可控性和缓冲性评价的方法。第五篇介绍撰写书面设计报告和进行口头陈述的方法。

本书可作为高校化工类专业高年级本科生和研究生的教材或教学参考书,也可供有关科研、设计和生产部门科技人员参考。

献给我的父母,及 Diane 和 Benjamin, Deborah, Gabriel, Joe

献给我的父母,及 Sylvia 和我的儿女们

献给我的父母,Harry 和 Rebeca Lewin 及 Ruti 和 Noa, Yonatan

献给计算机辅助模拟和优化的先驱者 Richard R. Hughes, 他和本书的两位作者共同开发了完成过程设计和进行过程设计教学的许多新观念

作者介绍

Warren D. Seider 是宾夕法尼亚大学化学工程教授。他在布鲁克林理工学院获得学士学位,在密歇根大学获得硕士和博士学位。Seider 长期致力于过程分析、模拟、设计和控制领域的研究。1974 年,他与人合著了 *FLOWTRAN Simulation — Introduction*,并花费 20 多年的时间从事宾州大学设计课程的建设,将费城地区许多从事实际工作的工程师提供的设计项目纳入该课程。他是 80 多篇期刊论文的作者或参写作者,并编写了六本著作。Seider 是 1992 年 AIChE(美国化学工程师学会)化学工程计算奖的获得者。1984 年到 1986 年他曾任 AIChE 主席,并一直担任 CAST 分部和出版委员会主席。1969 年他协助组织了 CACHE(计算机辅助化学工程教育)委员会,并曾担任该委员会的主席。Seider 是 *Computers and Chemical Engineering* 杂志编辑顾问委员会的成员。

J. D. Seader 是犹太大学化学工程教授。他在加州大学贝克莱分校获得学士和硕士学位,在威斯康辛大学获得博士学位。从 1952 年到 1959 年,他为雪佛龙研究公司设计过程,并指导第一代计算机辅助过程设计程序系统之一的开发。从 1959 年到 1965 年,他为从事各种搭乘登月宇航员的发动机开发的 Rocketdyne 公司进行火箭发动机研究。在 1966 年成为犹太大学的教师之前,他曾是爱达荷大学的教授。他是 109 篇技术论文和七本著作的作者或参编作者,并有四项专利。Seader 是第六版和第七版 *培莱氏化学工程师手册(Perry's Chemical Engineers' Handbook)* 精馏篇的参编作者。他是 1998 年出版的 *分离过程原理(Separation Process Principles)* 的参编作者。从 1987 年起,他曾担任 *Industrial and Engineering Chemistry Research* 杂志的副主编 12 年。他是 CACHE 的发起成员,并曾担任理事 33 年,从 1980 年到 1984 年为执行官。他曾将孟山都公司的 FLOWTRAN 过程模拟计算机程序分发到遍布全球的 190 个化工系并指导应用。1975 年到 1978 年,Seader 是犹太大学化学工程系主任,并且是 1983 年到 1985 年 AIChE 主席。1983 年,他做了 AIChE 的第 35 届年度学会讲演。1988 年,他接受了 AIChE 的 CAST 分部的化学工程计算奖。

Daniel R. Lewin 是位于 Technion 的以色列理工学院的化学工程教授和过程系统工程(PSE)研究组主任。他在爱丁堡大学获得学士学位,并在 Technion 获得博士学位。他的研究工作集中在过程设计与过程控制和操作的相互作用,并强调基于模型的方法。他是超过 90 篇过程系统工程领域的技术论文和本书第一版及所附多媒体光盘的作者或参写作者。因研究工作成绩卓著,Lewin 教授曾多次获奖,并曾因在 Technion 出色的教学工作获得公认而两次获得 Jacknow 奖。他曾担任 *Journal of Process Control* 的副主编,并是关于过程控制和优化控制的自动控制国际联盟(IFAC)委员会的成员。

译者的话

1989年至1991年及1994年至1996年我在加拿大工作期间,注意到我所在大学的化工系学生所做的习题和我国化工系学生有很大不同。国内的学生完成习题的主要计算工具是计算器,当然也有些习题是用图解法完成的。而加拿大学生有相当一部分习题是在计算机上完成的,或者需自己用 FORTRAN 或 MAPLE 编写一段程序,或者需利用商品化的流程模拟软件,如 Pro II, ASPEN PLUS。这类习题往往是具有开放式答案的(open-ended),对培养学生的独立思考能力和分析、解决实际问题的能力很有好处。我意识到这是我国高等化工教育与发达国家间的一个明显的差距。

大约在2000年,我看到了两本刚出版不久的美国原版教材。一本是密歇根大学 Fogler 教授的 *Elements of Chemical Reaction Engineering* (3rd edition),另一本就是本书的前身(第一版)即 *Process Design Principles — Synthesis, Analysis, and Evaluation*。前者包含大量用 POLYMATH 语言编写的程序求解的例题,并提供了许多需通过编写计算机程序才能求解的习题。后者则从试探规则和利用计算机进行分析相结合的角度阐述了化工过程设计的现代策略和方法,定态和动态流程模拟软件,如 ASPEN PLUS、HYSYS. Plant、PRO/II、CHEMCAD、FLOWTRAN、BATCH PLUS 和 SUPERPRO DESIGNER 等在化工过程设计中的应用贯穿全书。我意识到几年前我在加拿大看到的计算机向化工教学渗透的趋势,在发达国家已进入成熟阶段。

当时,我就有一种冲动,应该把这两本教材介绍到国内来。这对我们了解发达国家高等化工教育的现状,促进我国高等化工教育课程内容和教学方法的改革,肯定会有所助益。但当时因杂务缠身,终未能付诸实施。

一晃几年过去了。Fogler 教授的著作已由李术元、朱建华先生译出,由化学工业出版社于2004年出版。而 *Process Design Principles — Synthesis, Analysis, and Evaluation* 于2003年出了新版,并改名为 *Product & Process Design Principles — Synthesis, Analysis and Evaluation*。华东理工大学出版社引进了新版的版权,现在终于翻译出版了。我几年前的心愿也算了却了。

关于本书的特点,作者在序言中作了详尽的介绍,这里就不再赘言了。我想说的只有一点,我认为本书和 Fogler 教授的著作反映了高等化工教育教学平台由计算尺、计算器向计算机的转移,我国不少高校也在进行这方面的探索,但愿这种过程能够加速。

本书第1章到第4章由李伟翻译,第13章到第15章由钱四海翻译,其余各章由朱开宏翻译,然后由朱开宏对译稿作了统一。翻译家、“堂·吉柯德”的译者杨绛先生说过,“把西文字译成中文,至少也是一项极繁琐的工作。译者尽管认真仔细,也不免挂一漏万;译文里的谬误,好比猫狗身上的跳蚤,很难捉拿净尽。”杨绛先生也许是针对文学作品的翻译而发这

番感叹的,但我觉得对于科技著作的翻译,道理也是相通的。加上本书涉及的范围极其广泛,既有传统的化工领域,也有生化、环境、材料等高新技术领域,既有化工设计的工程技术问题,也有经济分析。虽然我们已竭尽全力,并请教了有关专家,但译文中不确切甚至错误之处恐仍难避免,恳请同行不吝指正。

朱开宏

2006 年 2 月于华理苑

序 言

目的

本教科书及所附光盘——这里称为课件——的主要目的是阐述化工产品和过程设计的现代策略。自 20 世纪 60 年代初以来,本科生教育的重点一直放在工程科学上。但近年来已经开发了更科学的产品和过程设计方法,向学生讲授这些方法的需求已获得广泛认同。因此,本课件就是为了帮助大学生和专业人员更好地运用这些现代方法而开发的;这些方法用于过程设计,还用于日益重要的化学工程师们对各种新产品的的设计;设计这些新产品时要求对适当的化学品或化学混合物作出选择,或涉及化学反应和/或化学混合物的分离。像热力学,动量、热量和质量传递,及化学反应动力学等领域的工作者一样,产品与过程设计人员将运用数学、化学、物理学和生物学原理。不过设计人员利用这些原理和由工程科学家创立的原理是为了创造能满足社会需求并获得利润回报的化工产品和过程。在这样做的时候,设计人员着重于面对各种不确定因素时的合成和优化方法,往往要利用与工程科学家合作取得的分析和实验结果。

在本课件中,讲述各种最新的设计策略,其中大多数随着计算机、计算数学规划方法和人工智能的出现,已取得显著的进步。因为在设计课程之前,大多数课程很少强调设计策略,所以本课件试图为被要求设计有创造性的新产品和过程的学生和工程师提供平稳的过渡。

本教科书的第一版集中于阐述商用化工过程的设计。虽然这方面的材料已被更新和扩充以包括最新发展,但第二版用了新的标题,将重点扩大到包括化工产品的设计。增加了按特定型式装配的工业产品和消费产品的产品设计策略。再有,还包括了许多以间歇加工而不是连续加工为基础的专用化学品过程设计的案例。此外,第二版还扩充包括了过程设备的设计、投资费用估算、利润率分析和优化。尤其值得注意的是增添了 100 多个估算各类化工设备购置费用的方程。

本课件是为高年级本科生和研究生编写的,他们中大多数人已解决过一些有开放性答案的习题,但还没有接受产品和过程设计的系统方法的训练。为指导这种训练,将本书内容分成五个部分(篇)讲述。如第 1 章中所讨论的,图 1.2 说明这些部分与整个设计过程的关系,及它们之间是如何相互联系的。所有这些部分均按高年级本科生的水平讲述。

在目前的第二版中,第一篇的范围被扩充到包括设计新化工产品的概念产生阶段,以及对具有所需性质和性能的化学品和化学品混合物的搜索。当需要用过程去生产这些化学品时,对过程设计的各个步骤作了讨论,其范围超出了第一版中的描述。当需要定型的工

业产品或消费产品时,不管是否涉及新的化工过程,在第三篇中都用许多实例说明了详细产品设计的各个步骤。因为许多专用化学品是小批量生产的,所以第二版增补了间歇过程的设计。

对于过程设计,内容与第一版相似,但增补了一些新方法和较多固相加工的内容。全书尤其是关于过程发明的第一篇和关于详细的过程合成的第二篇的重点是过程创建的步骤和基础案例设计的开发。对于前者,讨论了完成候选流程方案合成树的方法。然后,对最有可行性的流程,展开了基础案例设计,包括附有物料和能量衡算的详细工艺流程图。然后,基础案例设计进入详细设计阶段,如第三篇所讨论的,在此阶段中确定设备尺寸,获得费用估算,完成利润率分析,并进行优化。

在整个课件中,利用各种方法进行广泛的计算,并提供直观的图形结果,包括将计算机程序用于模拟和设计优化。采用这些程序是本课件的重要特征。我们相信我们的方法要优于介绍过程合成策略的另一种可供选择的方法,那种方法不利用计算机程序,而强调试探规则和封底(back-of-the-envelope)计算。我们倾向于将试探规则和利用计算机进行分析相结合。自 20 世纪 70 年代以来,许多教师着手利用模拟软件,如 ASPEN PLUS、HYSYS. Plant、PRO/II、CHEMCAD、FLOWTRAN、BATCH PLUS 和 SUPERPRO DESIGNER,对有可行性的流程进行分析,从而加强试探法。目前,大多数学校都运用一种这类模拟软件,但往往缺乏合适的教学材料。因此,在编写本课件时,对我们的挑战是寻找现代计算方法和简单的试探规则的适当的结合。

在有关大宗化学品过程设计的各章中,重点放在定态操作的过程的合成上,并讨论常见的控制问题。对这些过程,动态模拟软件,如 ASPEN DYNAMICS 和 HYSYS. Plant,对研究开车、停车、故障和各种候选控制系统的性能是有用的。动态分析往往会建议比较容易执行和控制的设计。为达到更经济的操作,随着过程集成程度的提高,过程对扰动和设定值变化的响应变得与设计集成更密切相关,因此,增加了评价过程可控性要求的重要性。为了介绍几种方法,第四篇是为已学过单输入、单输出(SISO)控制器的线性控制理论(通常在过程控制的初级课程中)的读者写的。重点放在评价设计在一个定态点操作的過程的可控性的方法上,只有在必要时才考虑依赖频率的方法。对最有希望的过程进行控制系统设计,并利用动态模拟评估过程排除典型扰动的能力。总而言之,第四篇是为了说明,为达到更有赢利前景的设计,在过程设计中考虑装置范围的控制是重要的。利用比较简单的多输入、多输出(MIMO)控制策略,可以先定性、然后再定量地实现这一目标。

课件的格式和多媒体光盘

本课件采取常规的教科书附加供读者在其设计研究的各方面应用的计算机程序的形式。在本课件展开过程中随着对设计策略进行阐述,在与所涉及的软件包有关的各章中只提供了少数详细说明。与此相反,开发的多媒体光盘则提供了许多模拟软件输入和输出的实例,并作了逐个画面的说明,还利用讲述的几个实例计算,对为加工设备提供的模型的性质作了讨论。多媒体光盘利用声音、视频和动画指导定态模拟软件的新用户了解 ASPEN PLUS 和 HYSYS. Plant 的细节。这些包括为课程中的若干习题解答提供指导的几段自学材料,这些课程包括物料和能量衡算、热力学、热量传递、分离和反应器设计。在许多情况

下,将向学生介绍这些课程中的过程模拟软件。还有,视频部分演示了运行中的石油化工联合企业的各组成部分,包括精馏塔、换热器、泵和压缩机及化学反应器。多媒体光盘包括 90 多个文件,这些文件包括利用 Aspen Engineering Suite(例如,ASPEN PLUS、Aspen IPE 和 BATCH PLUS)或 HYSYS. Plant 中的程序求解的许多例题的答案,以及利用优化软件包 GAMS 和第 21 章中的 MATLAB 命令求解的习题。在每个例题中可查阅这些文件,并可方便地用于改变参数和探索其他可供选择的解答。而且,一个网站地址 www.wiley.com/college/seider 一直保持着,该网站将在常规的基础上输入各种修改,尤其当它们与商业软件的新版本有关时。

如从本书的目录表中能看到的,第 8 章、第 9 章和 16.7 节及 17.8 节在多媒体光盘上作为 PDF(可移植文档格式)文件提供,在教科书中只提及了这些章节的阐述目的。而且,附录 II 提供了设计项目的清单,这些设计项目的详细描述在光盘上的 Design Problem Statements. pdf 文件中提供。这些设计项目涉及几个工业部门中的化工过程的设计。许多来源于石油化学工业,但强调了环境和安全方面的考虑,包括减少污染物和有害废物的来源,和物流向环境排放前的净化。几个设计项目来自生物化学工业,包括发酵生产药物、食品和化学品。其他设计项目涉及聚合物和电子材料的制备。每个设计问题都已由两个或三个宾州大学的学生组成的设计小组解答,他们的设计报告的副本可通过馆间借阅从该大学的 Towne 图书馆获得。^①

对学生和教师的建议

在应用本教科书和光盘时,建议学生和教师利用以下六项特色:

特色 1

本教科书围绕表 1.2 所示的产品和过程设计的关键步骤组织内容。这些步骤反映了当前的实际情况并提供了合理的讲授顺序,又有足够的灵活性允许学生和教师将重点放在他们更感兴趣的主题上。

学生可按顺序学习第一篇的各章。虽然这几章提供了许多例题和习题,但多媒体光盘可用于查阅过程模拟软件的细节。第二、第三和第四篇中的各章可根据需要学习。整本书中有许多交叉引用,尤其是在完成设计时所需要的参考材料。例如,学生可在第 3 章中学习热集成的试探规则,在第 10 章中学习算法,在第三篇(第 13 章和第 16 章)中学习换热器的设计策略和费用估算,在第四篇中学习考察换热器网络可控性的重要性。

教师可由第一篇开始,并按要求设计他们的课程覆盖其余各章。因为每个学生小组都会因他们先修课程涵盖的主题而导致其背景略有差别,本教科书在组织内容时在选择主题和讲授顺序方面向教师提供了足够的灵活性。而且设计教师在决定课程要涵盖的许多主题的子集时往往会面临困难。本书提供了足够广泛的内容允许教师在讲课和布置家庭作业时强调某些主题,而将其他主题留作参考材料,供学生完成其设计项目时应用。在通常情况下,当教授学生产生设计候选方案,选择基础案例设计和完成分析时,本教科书使教师能把

^① 译者注:第 8 章、第 9 章、16.7 节、17.8 节和附录 II 的全部内容已译出,并编入了本书。

重点放在下列一个或几个主题上:化学反应器网络的合成(第6章)、分离序列的合成(第7章)、能量效率(损失功分析和热功集成——第9章和第10章)、过程设备设计(例如,换热器——第13章)和可控性评价(第四篇)。

特色 2

本教科书用许多实例介绍产品设计的关键步骤。

学生可由1.1节和1.2节开始学习有关工业产品和消费产品的设计、概念产生阶段、产品设计中激励创新的方法和药品设计的特殊性。在第2章中,他们可学习寻找具有要求的性质和性能的化学品和化学品混合物;即完成分子结构设计。第3章说明如何合成制造组织血纤维蛋白溶酶原活化剂(tPA)的药物生产过程,而第4章介绍间歇过程模拟的方法。然后,他们可转到第12章学习如何优化设计和安排间歇过程的时间表。最后,第19章详细阐述产品设计的步骤,并说明在设计几种定型的工业产品和消费产品中如何运用这些步骤,这些产品包括血液透析装置、太阳能脱盐装置、暖手器、硅涂层薄片、汽车燃料电池和环境安全的制冷剂。

利用这些材料并参考前段提到的练习,教师可创设一门产品设计课程。第19章中的产品设计可被详细阐述和/或用作学生设计小组设计项目的基础。

特色 3

过程合成主要利用第一篇(第3章和第5章)中的试探规则作了介绍,至于第二篇则为化学反应器网络合成、分离序列合成、反应器-分离器-循环网络合成、热功集成、质量集成及优化设计和间歇过程排序提供了比较详细的算法。

这一特色使学生在学第一篇时能利用容易理解的经验规则开始完成过程设计。当掌握这些概念后,学生可学习能使他(她)产生更好的设计的算法。例如,第3章介绍了分离一种三组分混合物(在氯乙烯过程中)的两种可供选择的顺序,至于第7章则说明了如何产生和评估分离理想和非理想多组分混合物的多种可供选择的方案。

这种内容组织方式向教师提供了强调对他(她)的学生最有力的那些主题的灵活性。第一篇可以相当快地通过,为学生着手设计项目的工作提供足够的背景知识。在设计课程只安排一个学期的学校,这可能是重要的。然后,随着学生的设计项目的进展,教师可继续讲授能用于改进学生的设计的更系统的各种算法。在典型的情况下,在讲述第一篇时,教师不会讲述非理想分离,例如共沸精馏、萃取精馏或反应精馏。因此,大多数学生将创建一个包括反应器、后接分离序列的简单设计。在教师讲述了第7章的内容后,学生将开始利用更高级的设计。

特色 4

定态、动态和间歇过程模拟软件被用于全书(ASPEN PLUS、HYSYS. Plant、PRO/II、CHEMCAD、BATCH PLUS 和 SUPERPRO DESIGNER)。这允许访问庞大的物理性质、设备和费用数据库,以及考察许多化工过程的各个方面。重点被放在利用模拟软件获得数据和进行全流程的例行程序计算。

通过运用过程模拟软件,学生学会如何方便地获取数据和进行例行程序计算。他们将

学会通过模拟计算积累有关过程的知识的有效方法。多媒体光盘向学生提供了用于物性估算和设备模型化的方法的细节。他们将学会聪明地利用模拟软件和校核计算结果。例如,在第3章中,例题说明在计算热负荷、反应热和/或汽液平衡时,如何利用模拟软件装配一初步的数据库和进行例程序计算。然后,在第4章中,有两个例题说明如何利用模拟软件帮助进行甲苯加氢脱烷基过程和一氯苯分离过程的合成。事实上,余下的各章都有例题说明模拟软件及 Aspen IPE 和利润率分析电子表格的应用,以获得其他信息,包括设备尺寸、费用、利润率分析和控制系统的性能。

因为本书和多媒体光盘包含如此多的如何将模拟软件用于组合过程设计的例程序的实例,所以教师有时间强调过程设计的其他方面。通过这些实例和光盘上的重点为 ASPEN PLUS 和 HYSYS. Plant 的多媒体说明书,学生可以获得有效利用模拟软件所需要的细节,节省教师课堂教学的时间,和学生编制他们的设计时答复细节问题的时间。因此,学生对过程设计能获得更深入的理解,并接触到过程设计的更广阔的一系列概念。在典型的情况下,在创造基础案例设计时,学生利用本书中的实例和百科全书式的模块和多媒体光盘上的自学材料,可以学会如何获得物性估算、反应热、火焰温度和相分布。然后,学生可学会创造反应器工序,利用模拟软件完成例行的物料和能量衡算。接着,他们可以创造分离工序,并最终增添循环物流。由于在第一篇和多媒体光盘中都包括了过程模拟软件,教师只需要在课堂上复习要点。注意在许多大学里在化学工程核心课程之前,学生往往利用多媒体光盘接受了前期课程教学。

特色 5

第三篇包括为换热器、多级板式塔和填料塔,以及泵、压缩机和膨胀机的设计提供指导和实例的章节。此外,第16章提供了选择加工设备的指导原则和估算各类设备购置费用的方程。而且,16.7节说明了如何结合过程模拟软件利用 Aspen Icarus 过程估算软件(IPE)估算化工装置的购置费用和总不变投资。

在完成他们的设计项目时,学生可利用第三篇中的各章。在本书中,为学生提供了估算设备尺寸、购置费用和操作费用,以及完成利润率分析所需的大部分资料。

教师可利用关于设备设计的各章补充已包括在各门先行课程中的各主题,选择最适合他们的学生的专题。

特色 6

就我们所知,本书是第一本强调评价整个装置可控性的重要意义的的设计教科书。现代计算工具正在使从业人员和学生更加意识到仅根据定态经济学选择的过程往往表现不佳和赢利较少。

在学习第20章时,学生将明白在过程合成阶段可通过选择将要测量和调节的变量开始筛选过程,并开始构成控制回路,但不要进行详细的控制器设计。然后,在第21章中,已被确认的方法使学生能利用标准的线性近似对各候选过程进行筛选,但仍不要进行详细的控制器设计。也是在第21章中,对最有可行性的过程,进行控制器设计,并完成模拟证明线性分析是有效的。在整个第四篇(第20章和第21章)中,对换热器网络、热集成精馏塔、搅拌釜反应器设计、含有反应器、分离器和循环回路的过程的各种候选方案进行了比较,说明在

可控性和可靠性方面存在显著的差别。

从教师的观点看来,第20章提供了能以较少的努力和较少的控制背景知识进行教学的基础材料。第21章是比较高深的。虽然某些教师会全面讲授该章,其他教师可能宁愿从案例研究中进行选择向他们的学生讲授线性系统的可控性和可靠性分析的效用。然后,即使学生没有时间去调整控制器和进行动态模拟,第21章的案例研究仍可用于说明这种方法在过程设计中的效用。在通常的情况下,教师会利用换热器网络、热集成精馏塔、反应器序列和/或有循环回路的过程的各种候选方案,说明在过程设计中考虑可控性的重要意义。

一 学期或两学期的课程

在一学期的课程中,可把重点放在第一篇讲述的过程设计、第二和第三篇中的若干专题以及第20章。学生求解回家作业,并参加期中和期末考试,但不进行综合性的设计项目。后者留给第二学期的设计项目课程。作为另一种可供选择的方案,许多系在一门单独课程里讲授过程设计的概念,包括综合性的过程设计项目。对这种课程,讲授同样的内容,但详尽程度略低些,或讲授一组主题。后一种方案常被在其他课程里讲授与设计有关的专题的系采用。例如,许多系在学生选修过程设计课程前开设经济分析课程。另一些系则在传递现象和单元操作课程中讲授设备设计的细节。本教科书和多媒体光盘对这些课程都完全适用,因为它们提供了需要时能够补充的许多参考材料。

对在过程设计课程后接着上产品设计课程的系,本教科书为这两门课的教学提供了大部分相关专题。

致谢

在编写本课件过程中,几位研究生和博士后学生作出了重要贡献,包括宾州大学的 Charles W. White III、George J. Prokopakis、Joseph W. Kovach III、Tulio R. Colmenares、Miriam L. Cygnarowicz、Alden N. Provost、David D. Brengel、Soemantri Widagdo、Amy C. Sun、Roberto Irrizary-Rivera、Leighton B. Wilson、James R. Phimister 和 Pramit Sarma; 和以色列理工学院(位于 Technion)的 Oren Weize、Boris Solovyev 和 Eyal Dassau。Tulio 提出了作为第10章“热和功集成”的基础的讲稿和许多例题。Soemantri 合写了有关共沸精馏的综述,在其中提出了7.6节“共沸精馏塔的排序”中的许多概念^①。他还根据在3M公司的经验对产品设计提供了许多建议。James 是引入大量新概念的学期中的助教。随后,他写了关于GAMS应用的介绍材料,此材料现出现在多媒体光盘上的GAMS.pdf文件中。此外,获得宾州大学化学工程和商务双学士学位的 Holger Nickisch 创造了电子表格 Profitability Analysis(利润率分析)-1.0.xls,此表格将在17.8节中讨论,并在多媒体光盘上提供。我们的过程设计课程的成功是与这些学生的许多贡献密不可分的。非常感谢他们的帮助。

Technion 的学生 Eyal Dassau、Joshua Golbert、Garry Zaiats 和 Daniel Schweitzer 和宾州大学的学生 Murtaza Ali、Scott Winters、Diane M. Miller、Michael DiTillio、Christopher

^① 此处似有误,关于共沸精馏的内容在7.5节中——译者注。

S. Tanzi, Robert C. Chang, Daniel N. Goldberg, Matthew J. Fucci 和 Robyn B. Nathanson 完成了多媒体光盘,并在其他许多方面提供了帮助。对他们的努力也应表示感谢。在这方面,多媒体光盘最初开发的种子基金系由宾州大学 Gregory Farrington 院长提供,也应向他致以诚挚的谢意。

宾州大学的几位同事和来自费城地区工业界的几位工业顾问,尤其是 Arnold Kivnick、Leonard A. Fabiano, Scott L. Diamond, Robert M. Busche (生物工程师协会, Wilmington, DE)、F. Miles Julian, Robert F. Hoffman (Rowan 大学)、Robert Nedwick (宾州州立大学, 前 ARCO 化学品公司)、Robert A. Knudsen (Lyondell) 和 David Kolesar (Rohm & Haas) 也以进展材料提供了许多帮助。

四位同行, Michael E. Hanyak (Bucknell 大学)、Daniel W. Tedder (佐治亚理工)、Dale E. Briggs (密歇根大学) 和 Colin S. Howat (堪萨斯大学) 审阅了本书第一版的初稿。另外三位同事, John T. Baldwin (德克萨斯 A&M 大学)、William L. Luyben (Lehigh 大学) 和 Daniel A. Crowl (密歇根理工) 审阅了本书第二版的初稿。此外, Ka Ng 教授 (香港科技大学)、Soemantri Widagdo 博士 (3M 公司)、Costas Maranans 教授 (宾州州立大学) 和 Luke Achenie 教授 (康涅狄格大学) 也审阅了部分章节。他们的建议和批评都是极其有帮助的。还有, Lorenz T. Biegler (CMU) 对第 18 章“流程的优化”的初稿的组织提供了有益的建议。该章的部分材料取自 *FLOWTRAN Simulation — An Introduction* (Seader et al., 1987 年) 一书中 L. T. Biegler 撰写的第 13 章。

与 Aspen 技术公司的 Jila Mahalec、Vladimir Mahalec、Herbert I. Britt、Atilla Forouchi、Sanjay Patnaik、Lawrence Fry、Lorie Roth、Robert L. Steinberger、Siva Natarajan、Bahr- am Meyssami 和 Lawrence B. Evans 以及 Hyprotech 公司 (现为 Aspen 技术公司的一部分) 的 Bill Svrcek、Rich Thomas 和 James Holoboff 的合作始终是特别有价值的, 现致以深切的谢意。

特别值得一提的是在编写本书第一版的过程中, Christodoulos A. Floudas 教授 (普林斯顿大学) 和 William L. Luyben 教授 (Lehigh 大学) 向 W. D. Seider 提供了给他们的班级上课和利用尚在完善中的某些材料的机会。与他们的交流和他们的见解始终是非常有益的。这次合作和本项目中的某些工作部分获得了来自联合研究和课程发展计划的编号为 EEC-9527441 的 NSF 津贴。

在第一版和第二版及多媒体光盘的整个发展过程中, John Wiley & Sons 出版公司大学出版部的 A. Wayne Anderson 编辑一直提供极有价值的协助。对 Wayne 的极有价值的建议和指导谨表深切的谢意。

向由 John Linschied 以最有效的方式提供的秘书工作支持表示感谢也是重要的, 他的努力使第一版的编写成为可能。最后, W. D. Seider 于 1996 年和 2002 年春天在 Technion 两次接受了 Davis 女士客座教授的职位, D. R. Lewin 也曾于 1997 年夏天作为客座教授在宾州大学工作。与这些休假年有关的财政资助使他们得以完成手稿, 谨表深深的谢意。

W. D. Seider J. D. Seader D. R. Lewin

2003 年 5 月