

Chemical Engineering Design (FOURTH EDITION)

化工设计 (第4版)

【英】R. K. SINNOTT 主编 宋旭锋 译



中國石化出版社
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

化 工 设 计

(第4版)

Chemical Engineering Design (FOURTH EDITION)

【英】R. K. SINNOTT 主编

宋旭锋 译

中国石化出版社

内 容 提 要

本书倾向于实用性讲述,重点在于提供有用的化工设计方法和技术。虽然不可能在一本书中详细介绍在化工生产过程中所有设计需要的方法和技术,但本文所采取的方法已经为工艺和设备的初步设计给出足够的细节,其参考的专著和论文,都非常权威,对所讨论的问题提供了更全面的讨论和更详细的设计方法。

本书的章节分为三个部分。第1至9章及第14章主要涵盖化工工艺设计,并简要介绍了设计方法,包括物料平衡、能量衡算、工艺流程图(包括计算机辅助设计)、管道仪表、成本核算和工程评价、材料、信息和数据设计、安全与防损、工厂选址。第10、11和12章是设备选择与设计,主要包括分离塔(蒸馏、吸收和萃取)、换热设备。第13章主要讨论化工厂的机械设计。每章末尾都有相关习题,以便于初学者学习。

本书可作为化工类工程设计人员的参考书,也可作为大学化学工程专业的本科生及研究生的教材。

著作权合同登记 图字:01-2007-1398号

Chemical Engineering Design(Fourth Edition)/R. K. Sinnott

ISBN: 978-0-7506-6538-4

This fourth edition of Chemical Engineering Design by R. K. Sinnott is published by arrangement with ELSEVIER LTD, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1 GB

中文版权(2009)为中国石化出版社所有。版权所有,不得翻印。

图书在版编目(CIP)数据

化工设计:第4版/(英)辛诺特(Sinnott, R. K.)主编;宋旭锋译.
—北京:中国石化出版社,2008
ISBN 978-7-80229-638-1

I. 化… II. ①辛…②宋… III. 化工过程-设计 IV. TQ02

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第091162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)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

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

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京密云红光制版公司排版

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本48.75印张1182千字

2009年1月第1版 2009年1月第1次印刷

定价:150.00元

目 录

第1章 设计导论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 设计的性质	(1)
1.2.1 设计目标(需求)	(2)
1.2.2 数据采集	(2)
1.2.3 可能的设计解决方案的创立	(2)
1.2.4 选择	(3)
1.3 化工生产过程的剖析	(4)
1.4 化工设计工程的组织	(5)
1.5 工程文档	(7)
1.6 规范和标准	(8)
1.7 工厂安全(设计系数)	(9)
1.8 单位系统	(10)
1.9 自由度和设计变量 设计问题的机械表示法	(11)
1.9.1 信息流量和设计变量	(11)
1.9.2 设计变量的选择	(13)
1.9.3 信息流向和设计问题的结构	(14)
1.10 优化	(17)
1.10.1 通用步骤	(17)
1.10.2 简单模型	(18)
1.10.3 多变量问题	(19)
1.10.4 线性规划	(20)
1.10.5 动态规划	(20)
1.10.6 间歇式和连续式过程的优化	(20)
参考文献	(21)
术语	(22)
习题	(22)
第2章 物料平衡基础	(24)
2.1 概述	(24)
2.2 质能方程	(24)
2.3 质量守恒	(24)
2.4 用于表示组成的单位	(25)
2.5 化学计量学	(26)

2.6	系统边界的选择	(27)
2.7	计算基准的选择	(29)
2.8	独立组分数	(29)
2.9	流量和组成的约束条件	(30)
2.10	一般代数法	(31)
2.11	关联组分	(32)
2.12	过量试剂	(33)
2.13	转化率和产率	(34)
2.14	再循环过程	(36)
2.15	净化	(38)
2.16	分流	(39)
2.17	非稳态计算	(39)
2.18	物料平衡问题的一般步骤	(41)
	参考文献(扩展阅读)	(42)
	术语	(42)
	习题	(42)
第3章	能量衡算基础(和能量利用)	(45)
3.1	概述	(45)
3.2	能量守恒	(45)
3.3	能量的形式(每单位质量或物料)	(45)
3.3.1	势能	(45)
3.3.2	动能	(46)
3.3.3	内能	(46)
3.3.4	功	(46)
3.3.5	热量	(46)
3.3.6	电能	(46)
3.4	能量平衡	(46)
3.5	比焓的计算	(49)
3.6	平均比热容	(50)
3.7	压力对比热容的影响	(52)
3.8	混合物的焓	(53)
3.9	焓-浓图	(54)
3.10	反应热	(56)
3.11	标准生成热	(59)
3.12	燃烧热	(59)
3.13	气体压缩与膨胀	(60)
3.13.1	莫利尔图	(61)
3.13.2	多边压缩与膨胀	(62)

3.13.3	多级压缩机	(64)
3.13.4	电力驱动	(70)
3.14	能量平衡计算	(70)
3.15	非稳态能量平衡	(76)
3.16	能量回收	(77)
3.16.1	热交换	(78)
3.16.2	换热器网络	(78)
3.16.3	废热锅炉	(79)
3.16.4	高温反应器	(79)
3.16.5	低级燃料	(80)
3.16.6	高压过程物流	(82)
3.16.7	热泵	(83)
3.17	过程整合和夹点技术	(84)
3.17.1	夹点技术	(85)
3.17.2	题解表法	(87)
3.17.3	换热器网络	(89)
3.17.4	最低换热器数	(91)
3.17.5	阈值问题	(92)
3.17.6	多夹点和多动力设施	(93)
3.17.7	过程集成: 其他过程操作的集成	(93)
参考文献		(96)
术语		(97)
习题		(99)
第4章 工艺流程图		(102)
4.1	概述	(102)
4.2	流程图的表示法	(102)
4.2.1	方框图	(102)
4.2.2	图形表示法	(103)
4.2.3	物流流速的表示法	(103)
4.2.4	收录信息	(103)
4.2.5	设计规划图	(104)
4.2.6	数据精度	(108)
4.2.7	计算基础	(108)
4.2.8	间歇式过程	(108)
4.2.9	动力服务设施	(108)
4.2.10	设备标识	(108)
4.2.11	计算机辅助作图	(108)
4.3	手工流程图计算	(109)

4.3.1	流程图计算基础	(110)
4.3.2	单个单元的流程图计算	(110)
4.4	计算机辅助流程图	(129)
4.5	全稳态模拟程序	(129)
4.6	再循环物流的手工计算	(132)
4.6.1	分流分率概念	(132)
4.6.2	方法举例	(134)
4.6.3	估计分流分率系数的准则	(141)
参考文献		(143)
术语		(144)
习题		(144)
第5章	管道仪表	(149)
5.1	概述	(149)
5.2	管道仪表流程图	(149)
5.2.1	符号和规划图	(149)
5.2.2	基本符号	(150)
5.3	阀门选择	(151)
5.4	泵	(153)
5.4.1	泵的选择	(153)
5.4.2	管道的压降	(154)
5.4.3	泵吸液体的功率条件	(158)
5.4.4	离心泵特性曲线	(160)
5.4.5	系统曲线(工作曲线)	(160)
5.4.6	净正吸入压头(NPSH)	(161)
5.4.7	泵和其他杆轴的密封	(163)
5.5	管道系统的机械设计	(164)
5.5.1	壁厚:管道尺寸清单	(164)
5.5.2	管架	(165)
5.5.3	管道配件	(165)
5.5.4	管道应力	(165)
5.5.5	规划与设计	(166)
5.6	管道尺寸的选择	(166)
5.7	控制与仪表装置	(173)
5.7.1	仪表	(173)
5.7.2	仪表装置和控制目标	(173)
5.7.3	自动控制方案	(174)
5.8	典型的控制系统	(174)
5.8.1	液面控制	(174)

5.8.2	压力控制	(175)
5.8.3	流量控制	(175)
5.8.4	换热器	(175)
5.8.5	级联控制	(176)
5.8.6	比率控制	(177)
5.8.7	蒸馏塔控制	(177)
5.8.8	反应器控制	(178)
5.9	报警系统和安全释放机构及互锁装置	(179)
5.10	过程控制的计算机和微处理器	(181)
	参考文献	(181)
	术语	(182)
	习题	(184)
第6章	成本核算和工程评价	(186)
6.1	概述	(186)
6.2	投资成本核算的精度和目的	(186)
6.3	固定资本和营运资本	(187)
6.4	成本逐增(通货膨胀)	(187)
6.5	基建成本快速估算方法	(189)
6.5.1	实际成本	(189)
6.5.2	计步法	(190)
6.6	成本估算的因子加算法	(191)
6.6.1	Lang 因子	(191)
6.6.2	详细的因子加算法	(192)
6.7	设备进货成本估算	(193)
6.8	因子加算法的小结	(197)
6.9	营运成本	(198)
6.10	工程的经济评估	(206)
6.10.1	现金流量和现金流量图	(206)
6.10.2	税金与折旧	(207)
6.10.3	折现现金流量	(207)
6.10.4	回报率计算	(207)
6.10.5	折现现金流量回报率(DCFRR)	(208)
6.10.6	投资回收时间	(208)
6.10.7	通货膨胀的处理	(208)
6.10.8	敏感性分析	(208)
6.10.9	小结	(209)
6.11	成本核算和工程评估的计算机辅助方法	(212)
	参考文献	(212)

术语	(212)
习题	(213)
第7章 结构材料	(216)
7.1 概述	(216)
7.2 材料性能	(216)
7.3 机械性能	(217)
7.3.1 拉伸强度	(217)
7.3.2 刚性	(218)
7.3.3 韧性	(218)
7.3.4 硬度	(218)
7.3.5 疲劳	(218)
7.3.6 蠕变	(218)
7.3.7 温度对机械性能的影响	(218)
7.4 耐腐蚀性	(219)
7.4.1 均一腐蚀	(219)
7.4.2 电化学腐蚀	(220)
7.4.3 点蚀	(221)
7.4.4 晶间腐蚀	(221)
7.4.5 应力效应	(221)
7.4.6 磨蚀-腐蚀	(221)
7.4.7 高温氧化	(222)
7.4.8 氢脆性	(222)
7.5 耐腐蚀性的选择	(222)
7.6 材料成本	(223)
7.7 污染	(223)
7.8 常用的结构材料	(224)
7.8.1 钢铁	(224)
7.8.2 不锈钢	(225)
7.8.3 镍	(227)
7.8.4 蒙乃尔合金	(227)
7.8.5 铬镍铁合金	(227)
7.8.6 哈斯特洛依合金	(227)
7.8.7 铜和铜合金	(227)
7.8.8 铝及其合金	(227)
7.8.9 铅	(228)
7.8.10 钛	(228)
7.8.11 钽	(228)
7.8.12 锆	(228)

7.8.13	银	(228)
7.8.14	金	(228)
7.8.15	铂	(228)
7.9	化工厂的塑料结构材料	(228)
7.9.1	聚氯乙烯(PVC)	(229)
7.9.2	聚烯烃	(229)
7.9.3	聚四氟乙烯(PTFE)	(229)
7.9.4	聚偏氟乙烯(PVDF)	(230)
7.9.5	玻璃纤维强化塑料(GRP)	(230)
7.9.6	橡胶	(230)
7.10	陶瓷材料(硅酸盐材料)	(230)
7.10.1	玻璃	(231)
7.10.2	粗陶	(231)
7.10.3	耐酸砖和瓦片	(231)
7.10.4	耐火材料	(231)
7.11	碳	(231)
7.12	保护性涂层	(232)
7.13	耐腐蚀设计	(232)
	参考文献	(232)
	参考书目	(233)
	术语	(233)
	习题	(234)
第8章	信息和数据设计	(236)
8.1	概述	(236)
8.2	生产过程的信息源	(236)
8.3	物理性质的通用信息源	(238)
8.4	工程数据的精度	(239)
8.5	物理性质的预测	(239)
8.6	密度	(240)
8.6.1	液体	(240)
8.6.2	气体和蒸气密度(比容)	(241)
8.7	黏度	(242)
8.7.1	液体	(242)
8.7.2	气体	(244)
8.8	热导率	(245)
8.8.1	固体	(245)
8.8.2	液体	(245)
8.8.3	气体	(245)

8.8.4 混合物	(246)
8.9 比热容	(246)
8.9.1 固体和液体	(246)
8.9.2 气体	(248)
8.10 蒸发焓(潜热)	(251)
8.11 蒸气压	(253)
8.12 扩散系数(扩散率)	(253)
8.12.1 气体	(254)
8.12.2 液体	(255)
8.13 表面张力	(256)
8.14 临界常数	(258)
8.15 反应焓和生成焓	(260)
8.16 相平衡数据	(260)
8.16.1 实验数据	(260)
8.16.2 相平衡	(260)
8.16.3 状态方程	(261)
8.16.4 液相活度系数的相关性	(262)
8.16.5 气-液平衡的预测	(266)
8.16.6 烃类的 K 值	(267)
8.16.7 酸-水体系	(267)
8.16.8 高压下的气-液平衡	(267)
8.16.9 液-液平衡	(267)
8.16.10 设计计算的相平衡选择	(269)
8.16.11 气体溶解度	(270)
8.16.12 状态方程估算密度和比焓的用途	(270)
参考文献	(272)
参考书目: 物理性质的一般来源	(274)
术语	(275)
习题	(277)
第9章 安全与防损措施	(279)
9.1 概述	(279)
9.2 本质安全和非本质安全	(279)
9.3 危险因素	(280)
9.3.1 毒性	(280)
9.3.2 可燃性	(282)
9.3.3 爆炸	(283)
9.3.4 火源	(283)
9.3.5 离子化辐射	(284)

9.3.6	压力	(285)
9.3.7	温度偏移	(286)
9.3.8	噪声	(286)
9.4	道氏(Dow)火灾爆炸指数	(287)
9.4.1	道氏 F&EI 指数的计算	(287)
9.4.2	潜在损失	(290)
9.4.3	基本的预防保护措施	(292)
9.4.4	蒙得失火、爆炸以及毒性指数	(292)
9.4.5	小结	(293)
9.5	风险和可操作性研究	(295)
9.5.1	基本原理	(296)
9.5.2	引导词的解释	(296)
9.5.3	程序和步骤	(297)
9.6	风险分析	(300)
9.7	可接受风险和安全优先等级	(301)
9.8	安全检查列表	(302)
9.9	主要风险	(304)
	参考文献	(306)
	书目	(307)
	习题	(308)
第10章	设备的选择、规格与设计	(309)
10.1	概述	(309)
10.2	分离过程	(310)
10.3	固-固分离	(310)
10.3.1	筛分(筛选)法	(311)
10.3.2	液-固旋流	(312)
10.3.3	水力分离器和大小分拣器(分级器)	(312)
10.3.4	水簸机	(313)
10.3.5	摇床	(313)
10.3.6	分级离心机	(313)
10.3.7	重介质分离器(沉浮工艺)	(313)
10.3.8	浮选分离器	(313)
10.3.9	磁力分离器	(314)
10.3.10	静电分离器	(314)
10.4	液-固(固-液)分离器	(314)
10.4.1	增稠器和澄清器	(315)
10.4.2	过滤	(315)
10.4.3	离心	(318)

10.4.4	水力旋风分离器(液体旋风分离器)	(323)
10.4.5	加压(压榨)	(326)
10.4.6	固体干燥	(326)
10.5	溶解固体的分离	(332)
10.5.1	蒸发器	(332)
10.5.2	结晶	(334)
10.6	液-液分离	(336)
10.6.1	倾析器(沉降器)	(336)
10.6.2	板式分离器	(339)
10.6.3	聚结器	(339)
10.6.4	离心分离器	(340)
10.7	溶解液体的分离	(340)
10.8	气-固分离(气体净化)	(341)
10.8.1	重力沉降器(沉降室)	(342)
10.8.2	撞击式气-液分离器	(342)
10.8.3	离心分离器(旋风分离器)	(342)
10.8.4	过滤器	(347)
10.8.5	湿式洗涤器(冲洗)	(348)
10.8.6	静电沉淀器	(348)
10.9	气-液分离器	(349)
10.9.1	沉降速率	(349)
10.9.2	立式分离器	(349)
10.9.3	卧式分离器	(350)
10.10	压碎和碾磨(粉碎)设备	(352)
10.11	混合设备	(354)
10.11.1	气体混合	(354)
10.11.2	液体混合	(354)
10.11.3	固体和浆料	(358)
10.12	物料的传输和储藏	(359)
10.12.1	气体	(359)
10.12.2	液体	(361)
10.12.3	固体	(362)
10.13	反应器	(363)
10.13.1	反应器的主要类型	(363)
10.13.2	设计流程	(365)
	参考文献	(366)
	参考书目	(368)
	术语	(369)

习题	(371)
第 11 章 分离塔(蒸馏、吸收和萃取)	(373)
11.1 概述	(373)
11.2 连续蒸馏: 工艺描述	(373)
11.2.1 回流	(374)
11.2.2 进料定位	(375)
11.2.3 塔压的选择	(375)
11.3 连续蒸馏: 基本原则	(375)
11.3.1 塔板方程	(375)
11.3.2 露点和泡点	(376)
11.3.3 闪蒸平衡的计算	(376)
11.4 蒸馏设计变量	(378)
11.5 二元体系的设计方法	(380)
11.5.1 基本方程	(380)
11.5.2 McCabe - Thiele 法	(381)
11.5.3 低浓度产品	(383)
11.5.4 Smoker 方程	(386)
11.6 多组分蒸馏: 一般要素	(389)
11.6.1 关键组分	(390)
11.6.2 塔的数量和顺序	(390)
11.7 多组分蒸馏: 塔板简捷计算法和回流条件	(391)
11.7.1 假二元体系	(391)
11.7.2 Smith - Brinkley 方法	(394)
11.7.3 经验算法	(395)
11.7.4 非关键组分的分布(图表法)	(397)
11.8 多组分体系: 精确求解方法(计算机方法)	(408)
11.8.1 Lewis - Matheson 方法	(409)
11.8.2 Thiele - Geddes 方法	(410)
11.8.3 松弛法	(410)
11.8.4 线性代数法	(410)
11.9 其他蒸馏体系	(411)
11.9.1 间歇蒸馏	(411)
11.9.2 水蒸气蒸馏	(411)
11.9.3 反应蒸馏	(412)
11.10 塔板效率	(412)
11.10.1 板效率的预测	(413)
11.10.2 O'Connell's 关系	(414)
11.10.3 Van Winkle's 关系式	(415)

11.10.4	AICHe 方法	(416)
11.10.5	雾沫夹带	(418)
11.11	塔尺寸的近似	(419)
11.12	板式接触器	(419)
11.12.1	板型的选择	(420)
11.12.2	塔板构造	(421)
11.13	板液压设计	(423)
11.13.1	塔板设计步骤	(424)
11.13.2	塔板面积	(425)
11.13.3	塔径	(425)
11.13.4	液流排布	(426)
11.13.5	雾沫夹带	(426)
11.13.6	漏液点	(427)
11.13.7	堰顶液体的高度	(427)
11.13.8	堰的尺寸	(427)
11.13.9	孔的面积	(428)
11.13.10	孔径	(428)
11.13.11	孔间距	(429)
11.13.12	液压梯度	(429)
11.13.13	液体流程	(429)
11.13.14	塔板压降	(429)
11.13.15	降液管设计[储备]	(430)
11.14	填充塔	(438)
11.14.1	填料类型	(439)
11.14.2	填充床高度	(442)
11.14.3	传质单元高度(HTU)的预测	(445)
11.14.4	塔径(容量)	(448)
11.14.5	塔内部构造	(453)
11.14.6	润湿速率	(456)
11.15	塔辅助设备	(456)
11.16	溶剂萃取(液-液萃取)	(457)
11.16.1	萃取装置	(457)
11.16.2	萃取器的设计	(458)
11.16.3	萃取塔	(461)
11.16.4	超临界流体萃取	(461)
	参考文献	(461)
	术语	(464)
	习题	(469)

第12章 换热设备	(473)
12.1 概述	(473)
12.2 基本的设计过程和理论	(473)
12.3 总传热系数	(475)
12.4 结垢因素(污垢因素)	(477)
12.5 列管式换热器: 结构细节	(477)
12.5.1 换热器标准和法规	(480)
12.5.2 换热管	(480)
12.5.3 外壳	(482)
12.5.4 管板设计图(换热管的计数)	(482)
12.5.5 外壳类型(壳程)	(483)
12.5.6 壳、管设计	(484)
12.5.7 隔板	(484)
12.5.8 支撑板和固定杆	(485)
12.5.9 管板	(485)
12.5.10 外壳和联管喷嘴	(486)
12.5.11 流动诱导的管振动	(486)
12.6 平均温差(温度驱动力)	(486)
12.7 列管式换热器: 一般设计的注意事项	(490)
12.7.1 流体分配: 壳或管	(490)
12.7.2 壳体和管道流速	(491)
12.7.3 流体温度	(491)
12.7.4 压降	(491)
12.7.5 流体物理性质	(491)
12.8 管侧传热系数和压降(单相)	(492)
12.8.1 传热	(492)
12.8.2 管侧压降	(495)
12.9 壳侧传热和压降(单相)	(496)
12.9.1 流动模式	(496)
12.9.2 设计方法	(497)
12.9.3 Kern 法	(497)
12.9.4 Bell 法	(514)
12.9.5 外壳和管束结构	(521)
12.9.6 结垢对压降的影响	(523)
12.9.7 压降极限	(523)
12.10 冷凝器	(526)
12.10.1 传热的基本原理	(526)
12.10.2 水平换热管外的冷凝作用	(527)

12.10.3	立式换热管内外侧的冷凝作用	(528)
12.10.4	水平换热管内的冷凝作用	(531)
12.10.5	蒸气的冷凝过程	(531)
12.10.6	平均温差	(532)
12.10.7	脱过热和过冷	(532)
12.10.8	混合物的冷凝作用	(533)
12.10.9	冷凝器中的压降	(535)
12.11	再沸器和蒸发器	(539)
12.11.1	沸腾换热的理论基础	(541)
12.11.2	池沸腾	(542)
12.11.3	对流沸腾	(544)
12.11.4	强制循环再沸器的设计	(547)
12.11.5	热虹吸式再沸器	(547)
12.11.6	釜式再沸器设计	(554)
12.12	板式换热器	(558)
12.12.1	垫片板式换热器	(558)
12.12.2	焊接板换热器	(564)
12.12.3	板翅式换热器	(564)
12.12.4	螺旋式换热器	(564)
12.13	直接接触式换热器	(565)
12.14	翅管式换热器	(566)
12.15	套管换热器	(567)
12.16	空冷式换热器	(567)
12.17	明火加热器(熔炉和锅炉)	(567)
12.17.1	基本结构	(568)
12.17.2	设计	(569)
12.17.3	传热	(569)
12.17.4	压降	(570)
12.17.5	过程侧的传热和压降	(570)
12.17.6	烟道设计	(570)
12.17.7	热效率	(571)
12.18	容器的热传递	(571)
12.18.1	夹套容器	(571)
12.18.2	内部螺旋管	(573)
12.18.3	搅拌容器	(573)
	参考文献	(576)
	书目	(579)
	术语	(580)