



工业过程与设备丛书

FANYING

GUOCHENG YU SHEBEI

反应过程与设备

廖传华 任晓乾 王重庆 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

工业过程与设备丛书

反应过程与设备

廖传华 任晚乾 王重庆 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书在系统介绍化学反应基本理论的基础上,分别详细介绍了釜式反应器、管式反应器、固定床反应器、塔式反应器、鼓泡塔反应器、流化床反应器以及其他一些新式化学反应器的工作特性、设计原理、用途及评价。

本书系统科学,通俗易懂,是一本具有实用价值的教材及技术参考书,适用于石油、化工、生物、制药、食品、医药、机械等专业的大专院校教师、研究生及高年级本科生,同时对工程技术人员、研究设计人员也会有所帮助。

图书在版编目(CIP)数据

反应过程与设备/廖传华,任晓乾,王重庆主编.
—北京:中国石化出版社,2008
(工业过程与设备丛书)
ISBN 978-7-80229-518-6

I. 反… II. ①廖…②任…③王… III. ①化学反应工程
②化学反应工程-化工设备 IV. TQ03 TQ052

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 027946 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

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 21.5 印张 394 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

定价:48.00 元

序

过程工业(Process industry, 也称流程工业)是以流程性物料为处理对象, 经过一系列的化学过程, 通过改变物质的状态、结构和性质, 生产出工业产品的工业过程的总称。过程工业的涵盖面很广, 包括化学工业、石油炼制、石油化工、天然气加工、污水处理、能源工业、冶金工业、建材水泥、核能工业、生物技术工业以及医药工业等, 其产品的种类已逾上万, 它包含了每个国家的大部分重工业, 是一个国家发展生产和改善人民生活的基础。

过程工业的最大特点是原料在生产过程中经过了许多化学变化和物理变化, 因此这类生产过程又称为工业化学过程。工业化学产品的多样性导致了化学加工过程的广泛性、多样性和复杂性。虽然不同过程工业所生产产品的工艺过程各不相同, 但都具有其共性: 一般来说, 一个工业化学产品的生产或加工过程大都可以划分为原料预处理、化学反应和产品后加工三个基本环节。

原料的预处理是化学反应前的准备工作。当使用气体(或液体)原料时, 预处理包括原料气的制备、净化和配制, 要求制得的原料具有一定的组成、浓度和纯度, 尽量少含杂质(特别是有害杂质)。当使用矿物原料时, 预处理包括选矿、配矿、粉碎、筛分, 有时还需用干燥或煅烧。原料矿粉应具备一定的组成(或品位)及一定的细度, 以利于化学反应。

化学反应是工业化学过程的中心环节。为使反应进行得迅速、完全, 需要维持一定的温度、压力和流量等操作条件, 多数情况还要使用催化剂, 因此在化学反应过程中还要创造良好的传热、传质和流体流动条件, 以保证化学反应的顺利进行。

产品的后加工主要是指对产品的分离和提纯以及对未完全反应物的回收利用。最常见的分离方法有冷冻冷凝、精馏分离和结晶分离等。未完成反应物的回收利用常常采取循环作业。此外, 固体产品的造粒成型、干燥和包装也是产品后加工不可缺少的内容。

由此可以看出，按照工艺流程的要求，所有过程工业的生产过程均是“三传一反”不同形式的组合，都涉及到物料的输送、传热(加热或冷却)、热源的组织(燃烧)、反应、分离(或精制)等过程，因此，无论是从事学术研究还是生产过程与设备的操作管理等工作，都必须对相关过程有一个全面的认识。另一方面，由于科学技术日新月异的发展，新技术、新设备、新流程的不断引进，设备逐步向大型化、单系列、自动化、智能化发展，客观上要求对相关设备的工作原理及运行过程中可能出现的故障有一个全面的了解，并能及时提出相应的防范与解决措施，避免造成经济损失甚至人员伤亡。与此同时，现代过程工业的不断发展与进步，对提高人类生活质量起着十分巨大的作用，但由于人们对生产过程机理及设备运行规律的认识不够深入，因此也带来了许多人类难以解决的问题，如工业生产带来的污染，即使投入大量的人力、物力也常常难以得到很好的解决。

为满足这种需要，南京工业大学和山东省科学院等合作，联合编写了这套实践性很强的《工业过程与设备丛书》(包括《反应过程与设备》、《输送过程与设备》、《传热过程与设备》、《燃烧过程与设备》、《分离过程与设备》及《设备检修与维护》)。这套丛书涵盖了工艺过程与设备两个平台，除详细的理论阐述外，还列举了大量的工业应用实例，力求使读者对目前过程工业中涉及的相关过程及所应用的设备有一个较为全面的了解，能进一步做好自己所从事的工作。对于从事相关过程的工程设计、生产操作和企业管理人员，以及大专院校的师生，都将是十分有益的。

南京工业大学校长
中国工程院院士



前 言

化学反应器中进行的过程不仅有化学过程，同时还伴有许多物理过程。这些物理过程与化学过程的相互影响、相互渗透，必然影响过程的特性和反应的结果，使反应过程复杂化。反应过程与设备研究的主要目的在于使过程工业生产中的反应过程最优化，包括设计最优化与操作最优化。化学反应过程与设备是科学技术发展到一定阶段的必然产物，是一些基础学科诸如物理化学、传递工程、工程控制、化学工艺等相互渗透与交叉的边缘学科，重点侧重于工程实际应用的研究。

从反应设备设计的角度讲，由给定的生产任务确定反应器的型式和适宜的尺寸及其相应的操作条件。但是在反应器投产运行之后，还必须根据各种因素和条件的变化做相应的修正，以使它仍能处于最优的条件下操作，即还需要进行操作的最优化。为此，南京工业大学组织编写了这本《反应过程与设备》，除理论阐述外，还列举了许多工业应用实例，具有很强的实践性，力求使读者能通过本书的学习，对目前过程工业中涉及的反应过程及所应用反应设备有一个概括性的了解。

本书由南京工业大学廖传华、任晓乾、王重庆主编，全书由廖传华审定。本书的编写得到了南京工业大学朱跃钊副校长和南京工业大学机械与动力工程学院的大力支持，在此深表感谢。在编写过程中参考了大量的相关资料，但书中没有一一列出，在此谨对原文作者致以衷心的感谢。另外，周青云等同学做了大量的文字输入工作，中国石化出版社的白素萍为本书的顺利出版做了大量的工作，在此谨表衷心的感谢。

由于时间仓促，加之水平所限，书中的不妥和错误在所难免，恳请广大读者提出批评、建议和改进意见。

编者

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 过程工业与工业化学过程	(1)
1.1.1 过程工业	(1)
1.1.2 工业化学过程	(2)
1.2 化学反应过程的基本规律及其对反应设备的要求	(4)
1.3 反应过程与设备的研究内容	(7)
1.3.1 最优化的经济目标	(7)
1.3.2 最优化的技术目标	(8)
1.3.3 反应过程与设备和其他学科间的关系	(9)
1.4 化学反应与反应设备的分类	(9)
1.4.1 化学反应的分类	(10)
1.4.2 工业反应设备的类型	(11)
1.5 化学反应器的设计与放大	(15)
1.5.1 化学反应器的设计原则	(15)
1.5.2 工业反应器的放大	(16)
1.6 化学反应过程与设备的发展与前沿	(18)
第2章 化学反应过程基本知识	(18)
2.1 化工原料资源	(22)
2.1.1 煤的加工	(22)
2.1.2 石油加工	(23)
2.1.3 天然气的利用	(24)
2.1.4 农副产品加工	(24)
2.1.5 “三废”治理	(24)
2.2 化学反应动力学基础	(24)
2.2.1 化学反应速率	(24)
2.2.2 反应速率影响因素	(26)
2.2.3 复杂反应的动力学表达	(30)
2.3 反应器的操作方式	(32)
2.4 反应器计算基本方程式	(34)

2.4.1	反应动力学方程式	(34)
2.4.2	物料衡算式	(36)
2.4.3	热量衡算式	(36)
2.5	均相理想反应器	(37)
2.5.1	均相反应器的特点	(37)
2.5.2	釜式反应器的设计与操作	(39)
2.5.3	管式反应器的设计与操作	(46)
2.6	连续流动反应器停留时间分布	(48)
2.6.1	非理想流动	(48)
2.6.2	停留时间分布函数	(49)
2.6.3	停留时间分布函数的应用	(52)
2.7	非理想流动	(53)
2.7.1	非理想流动模型	(53)
2.7.2	非理想流动对反应结果的影响	(59)
第3章	釜式反应器及其工业应用实例	(61)
3.1	概述	(61)
3.1.1	釜式反应器的构型	(61)
3.1.2	釜式反应器的特点及其应用	(61)
3.2	间歇操作釜式反应器工艺计算	(62)
3.2.1	反应时间	(62)
3.2.2	反应器有效体积	(64)
3.3	连续操作釜式反应器工艺计算	(65)
3.3.1	单段连续釜式反应器	(66)
3.3.2	多段连续釜式反应器	(66)
3.4	搅拌器	(69)
3.4.1	搅拌的混合机理和液体流动特性	(70)
3.4.2	常用搅拌器的型式及性能特征	(74)
3.4.3	搅拌功率	(80)
3.5	搅拌釜式反应器的传热	(86)
3.5.1	反应釜的传热装置	(87)
3.5.2	高温热源的选择	(89)
3.6	搅拌反应釜给热系数的计算	(92)
3.7	立式搅拌反应釜的选用	(95)
3.7.1	搅拌器的选型	(95)

3.7.2	立式搅拌反应釜的结构型式	(101)
3.7.3	立式搅拌反应釜选型步骤	(101)
3.8	硝基苯生产过程及反应器	(103)
3.8.1	生产工艺	(103)
3.8.2	硝化剂	(105)
3.8.3	硝化反应器	(107)
3.8.4	硝化反应器放大设计	(108)
第4章	管式反应器及其工业应用实例	(111)
4.1	概述	(111)
4.1.1	管式反应器的构型	(111)
4.1.2	管式反应器的特点及应用	(112)
4.2	管式反应器的计算基础方程式	(113)
4.2.1	计算基础方程式	(113)
4.2.2	空间速度与空间时间	(114)
4.3	液相管式反应器设计计算	(114)
4.3.1	等温液相管式反应器	(114)
4.3.2	变温液相管式反应器	(115)
4.4	气相管式反应器设计计算	(119)
4.5	管式反应器的计算机模拟	(120)
4.5.1	管式反应器的数学模型	(120)
4.5.2	数学模型方程的求解	(121)
4.5.3	数学模型符号说明	(122)
4.6	反应器型式和操作方式评选	(122)
4.6.1	生产能力的比较	(123)
4.6.2	反应选择性比较	(125)
4.6.3	操作与计算最优化	(127)
4.7	环氧乙烷反应过程及反应器	(128)
4.7.1	乙烯氧化合成环氧乙烷的反应机理	(129)
4.7.2	影响反应过程的因素	(131)
4.7.3	氧化反应器的设计	(137)
4.7.4	氧化反应器的结构特点	(141)
4.8	聚乙烯与高压环管式反应器	(142)
4.8.1	聚乙烯分子结构及分类	(143)
4.8.2	聚乙烯生产技术	(144)

4.8.3	乙烯自由基聚合原理及动力学	(147)
4.8.4	聚乙烯生产工艺及高压管式反应器	(153)
第5章	固定床反应器及其工业应用实例	(157)
5.1	概述	(157)
5.1.1	固定床反应器的特点及应用	(157)
5.1.2	固定床反应器构型	(158)
5.2	固定床反应器内的流体流动	(160)
5.2.1	催化剂颗粒直径和形状系数	(160)
5.2.2	床层空隙率	(161)
5.2.3	流体在固定床中的流动特性	(162)
5.2.4	流体流过固定床层的压力降	(163)
5.3	固定床反应器内的传热	(164)
5.3.1	床层对壁总给热系数	(165)
5.3.2	床层有效导热系数和表观壁膜给热系数	(166)
5.3.3	流体与催化剂颗粒间的给热系数	(171)
5.4	固定床反应器内的传质	(172)
5.4.1	流体与催化剂颗粒外表面间的传质	(172)
5.4.2	催化剂颗粒内部的传质	(175)
5.4.3	床层内的混合扩散	(178)
5.5	总反应速率方程式	(178)
5.6	固定床反应器设计	(181)
5.6.1	经验法	(181)
5.6.2	数学模型法	(181)
5.7	固定床反应器在合成氨工业中的应用	(184)
5.7.1	一氧化碳变换的基本原理	(184)
5.7.2	工艺过程	(190)
5.7.3	变换反应器	(191)
5.7.4	CO 变换反应器的新发展	(194)
5.8	固定床反应器的日常运行与操作	(197)
5.8.1	温度调节	(197)
5.8.2	压力调节	(198)
5.8.3	氢油比控制	(198)
5.8.4	空速操作原则	(199)
5.8.5	催化剂器内再生操作	(199)

5.9	二甲醚反应器的设计与模拟	(199)
5.9.1	概述	(199)
5.9.2	二甲醚的合成技术	(201)
5.9.3	甲醇脱水工艺及反应器设计	(203)
第6章	塔式反应器及其工业应用实例	(211)
6.1	概述	(211)
6.1.1	塔式反应器的特点及应用	(211)
6.1.2	塔式反应器的一般构造	(212)
6.1.3	附属装置	(212)
6.1.4	塔设备的选择	(214)
6.2	填料塔	(215)
6.2.1	物理吸收	(216)
6.2.2	化学吸收	(217)
6.3	填料塔设计举例	(222)
6.3.1	填料塔工艺计算	(222)
6.3.2	填料塔结构设计	(225)
6.4	塔设备设计常见错误	(228)
6.4.1	化工设计与计算方面主要错误	(228)
6.4.2	结构设计与计算方面主要错误	(228)
6.4.3	强度设计与稳定性校核主要错误	(230)
6.4.4	有关附件设计主要错误	(230)
第7章	鼓泡塔反应器及其工业应用实例	(231)
7.1	鼓泡塔	(231)
7.1.1	鼓泡塔的操作状态	(231)
7.1.2	鼓泡塔的流体力学	(232)
7.1.3	鼓泡塔的轴向混合	(237)
7.1.4	鼓泡塔的传热特性	(237)
7.2	乙酸的生产工艺	(238)
7.3	乙醛氧化生产乙酸的基本原理	(240)
7.3.1	反应机理	(241)
7.3.2	宏观动力学方程式	(243)
7.4	乙醛氧化反应器	(246)
7.4.1	乙醛氧化反应器的选型	(246)
7.4.2	反应器的结构	(247)
7.4.3	反应器的设计	(248)

7.4.4	鼓泡塔的经验法计算	(250)
7.5	新型气液反应器	(250)
7.5.1	喷射反应器的研究现状及进展	(251)
7.5.2	喷射反应器的应用	(251)
第8章	流化床反应器及其工业应用实例	(256)
8.1	流态化基本概念	(256)
8.1.1	流态化	(257)
8.1.2	散式流化床和聚式流化床	(257)
8.1.3	流化床中的气泡及其行为	(258)
8.1.4	流化床中常见的异常现象及处理方法	(260)
8.1.5	流体床反应器中的传质	(261)
8.1.6	流化床反应器内的传热	(263)
8.2	流化床反应器的工艺计算	(265)
8.2.1	流化床反应器直径与高度的确定	(265)
8.2.2	流化床反应器压力降的计算	(267)
8.2.3	流化床反应器的数学模型简介	(270)
8.3	流化床反应器的日常运行与操作	(272)
8.3.1	颗粒粒度和组成的控制	(272)
8.3.2	压力的测量与控制	(273)
8.3.3	温度的测量与控制	(274)
8.3.4	流量控制	(274)
8.3.5	开停车及防止事故的发生	(275)
8.4	丙烯腈生产及流化床介绍	(276)
8.4.1	丙烯腈生产工艺	(276)
8.4.2	丙烯氨氧化反应器	(280)
8.5	苯胺及加氢流化床反应器设计	(284)
8.5.1	合成技术	(284)
8.5.2	加氢流化床反应器的设计	(286)
8.6	流化床的新发展	(293)
第9章	其他化学反应器	(296)
9.1	气液固三相反应器	(296)
9.2	涓流床反应器	(298)
9.2.1	概述	(298)
9.2.2	涓流床的流体力学	(299)

9.2.3	涓流床反应器中的传质	(299)
9.2.4	涓流床反应器中的传热	(302)
9.2.5	涓流床结构实例	(304)
9.2.6	涓流床模型及其设计放大	(305)
9.3	热管反应器	(307)
9.3.1	热管原理及工作过程	(307)
9.3.2	热管的结构	(308)
9.3.3	热管反应器的应用	(309)
9.4	膜反应器	(310)
9.4.1	金属膜反应器	(311)
9.4.2	多孔无机膜反应器	(311)
9.5	径向反应器	(313)
9.5.1	乙苯脱氢反应原理	(314)
9.5.2	乙苯催化脱氢生产过程	(315)
9.5.3	脱氢径向反应器	(316)
9.5.4	轴径向反应器的开发	(319)
9.6	生化反应器	(320)
9.7	电化学反应器	(321)
9.7.1	电化学反应器的类型	(322)
9.7.2	电化学反应器的主要构件	(322)
9.8	聚合反应器	(323)
9.8.1	聚合反应器的类型	(323)
9.8.2	常用聚合反应器	(324)
9.8.3	特殊型式聚合反应器	(325)
参考文献	(326)

第1章 绪 论

1.1 过程工业与工业化学过程

1.1.1 过程工业

在工业生产中，很多生产过程处理的物料为流性物料，如气体、液体、粉体等。在从原材料到最后产品的生产过程中要进行一系列的化学过程，以改变物质的状态、结构、性质。过程工业是以流性物料为主要处理对象、完成上述各种过程或其中某些过程的工业生产的总称。过程工业中进行的各种化学过程往往在密闭状态下连续进行，它遍及几乎所有现代工业生产领域。化学工业是最传统、最典型的过程工业，此外，化肥、石油化工、生物化工、制药、农药、染料、食品、炼油、轻工、热电、核工业、公用工程、湿法冶金、环境保护等生产过程大都处理流程性物料，处理过程中几乎都包含改变物质的状态、结构、性质的生产过程，这些工业都属于过程工业。在这些过程中都需要使用各种型的反应设备以完成生产过程中的各种化学反应。

石油化工的乙烯工厂以流性物料石油及其某些产品为原料，经过各种化学变化，生产出状态、结构、性质完全不同的聚乙烯、聚丙烯、乙二醇等产品，它是一种过程工业。随着工业的发展，工业生产产生的废气、废液、废渣越来越多，严重污染人类的生存环境。“三废”的治理已越来越引起人们的广泛重视，其中很多治理过程处理的物料也往往是流程性的，也要进行化学过程，也要用到各种反应设备，经过处理，物质的状态、结构、性质发生了变化，所以它们也是一种过程工业。

过程工业是我国国民经济的支柱产业，其生产涉及的化学反应多、工艺流程复杂，是高技术密集行业，与人民生活、工农业生产、文教卫生、国防事业等都有着密不可分的联系。其主要特点如下：

(1) 多品种。

(2) 化学反应复杂：一个品种的生产往往要经过一连串的化学反应，有些反应本身常常是复杂反应，如平行反应、串联反应、可逆反应、链反应等。一个反应有时生成多种异构物，伴随生成主产物的同时还有副产物生成。

(3) 反应物料相态多样化：在过程工业生产中，较少遇见均相物料体系，经

常是非均相物料体系。

(4) 反应介质腐蚀性强：在各种过程工业生产中，经常使用强腐蚀性介质，如硫酸、硝酸、盐酸、氯磺酸、有机酸和高温浓碱、湿氯化氢、二氧化硫、氯气等腐蚀性气体。

(5) 高技术密集度：首先，在实际应用中，过程工业产品是以商品的综合功能出现的，这就需要在化学合成中筛选不同的化学结构，在剂型生产中充分发挥其自身功能及与其他配合物质的协同作用，完成从剂型到商品化的复配过程。其次，技术开发成功率低、时间长、费用高。其结果必然导致技术垄断性强，销售利润高。

近年来过程工业发展迅猛，一方面代表先进生产技术的大型企业不断发展，另一方面，中小生产规模的精细化工行业迅速出现，并且在过程工业内部结构比重也在逐年上升。整个过程工业开始了由粗放型生产向集约型生产转变的新格局。低消耗，低污染，高产出，就是 21 世纪过程工业发展的潮流。在新企业、新产品不断涌现的同时，现有的过程工业企业正面临着前所未有的挑战与冲击。生产工艺、生产产品的更新换代，三废治理、自动控制技术的引进等已成为老企业迫在眉睫的任务。

1.1.2 工业化学过程

工业化学过程的特点是以化学反应为中心，用化学方法和化学 - 物理方法对原料进行加工处理，通过物理变化和化学反应来制得化学产品、化工原料或其他化学加工产品。

所谓化学方法，就是根据化学反应原理，创造适当的条件，使原材料物质发生化学反应，改变其分子结构，以制得新物质的方法。应用化学方法可以使价廉易得的物质转变为具有一定特性、价值较高的物质，为人类创造更多的财富，这就是化学方法在许多场合往往优越于其他方法的一个重要标志。

过程工业生产过程纷繁复杂，不同的产品制造有着不同的工艺过程，从原料到产品需要进行一系列的处理过程，例如：乙炔法制取聚氯乙烯的生产，如图 1-1 所示，原料乙炔、氯化氢经过净化提纯，然后在反应器中进行加成得到氯乙烯，然后进行进一步的精制，得到的单体在聚合反应器中聚合，得到的聚合物经过分离，脱水最后得到成品。在这个过程中有压缩、干燥等化工单元操作，也有加成、聚合反应这样的化学反应过程。再如硫酸的制造，原料硫磺经燃烧得到二氧化硫，再经过净化、转化成三氧化硫，最后用稀硫酸吸收得到浓硫酸，这个过程同样也包含物理过程和化学过程。

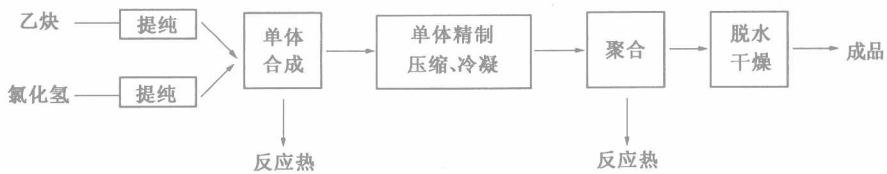


图 1-1 乙炔法制取聚氯乙烯示意图

工业化学过程涉及的化学反应种类多，而且附加价值高，技术密集度高，在国民经济和日常生活中发挥了重要的作用。其生产包括三个方面：①基本化工原料的生产；②化工中间体的生产；③化工终端产品的生产。其中基本化工原料是指从石油、煤、天然气或农副产品等天然资源经过一次或次数较多的化学加工而制得的化工产品。例如：乙烯、丙烯、乙炔、甲醇、乙醇和乙酸及苯、甲苯、二甲苯、萘和蒽等。化工中间体的生产是指将基本化工原料经过进一步的化学加工所制得的结构比较复杂，但还不具有特定用途的化工中间产物。例如：氯乙烷、氯乙酸、环氧乙烷、丙烯腈、硫酸二甲酯，以及异丙苯、苯酚、氯苯、硝基苯、苯胺、萘、蒽醌等。化工终端产品的生产是将化工中间体再经过化学加工而制得的具有特殊用途的产品。例如：染料、医药以及各种类型的塑料等。

化工中间体在现代过程工业生产中扮演了极其重要的角色。许多化工产品如合成染料、医药、农药和橡胶助剂等可以直接从化工中间体一步合成。这不仅增强了生产的灵活性，简化了复杂的生产工艺，而且产品利润很高，进一步刺激了过程工业的发展。

总之，化学工业生产过程从原料到产品都可以概括为下列三个组成部分：

(1) 原料的预处理，按照化学反应的要求将原料进行处理，例如提纯原料除去对反应有害的杂质；加热原料使达到反应要求温度；几种原料的配料混合以适应反应浓度要求等。这些预处理操作一般都属于物理过程。

(2) 化学反应，是整个生产过程的核心和关键所在，主要功能是将一种或几种物质转化为所需的物质或从一组混合物中脱除某一组分，如汽车尾气中脱除烃和氮的氧化物，使气体净化达到排放标准等，这些属于化学过程。

(3) 产物的分离，由于副反应的存在生成不希望的产物，又因反应不完全或某些反应物过量，致使反应产物需要进行分离获得符合规格的纯净产物。这一步主要也是物理过程，例如蒸馏、吸收、萃取、结晶、过滤等。

原料预处理和产物分离两步是化学反应的要求和结果。显然化学过程是化工生产过程的核心，物理过程的原理和设备是化工原理研究的内容。化学反应过程

的原理和反应进行的场所——反应器则是化学反应工程研究的内容。

但是，工业化学过程一般是比较复杂的，在工业上实现化学变化的条件往往又是比较苛刻的，所以用化学方法组织工业生产，要求较高的技术和装备。为了对工业化学过程所涉及的化学反应有一个整体认识，有必要了解工业化学过程所涉及的一系化学反应，对化工中间体以及怎样通过最初的原料资源来生产化工基本原料，从化工基本原料来生产化工中间体，最后生产出终端产品的原理及过程有一个充分而全面的认识。一般来说，化学反应过程要求的原料比较纯净，有一定的配料比，要在适当的温度、压力和流动条件下进行。许多时候化学反应本身的反应速率很低，须用催化剂加速，并且反应往往不完全，产品需分离、提纯，未反应物需要回收利用。这样一来，整个化学反应过程必然牵连着许多物理加工过程，整个工业化学过程变得十分复杂，实际上是采用一系列的化学、物理和化学——物理加工过程。这也是工业化学过程的一大特点。

在国民经济的各种部门中，工业化学过程得到了广泛应用，工业化学产品遍及工农业生产的各个部门和人民生活的各个领域。化学反应是工业化学过程的中心环节。为使反应进行得迅速、完全，需要维持一定的温度、压力和流量等操作条件，多数情况还要使用催化剂，因此在化学反应过程中还要创造良好的传热、传质和流动条件，以保证化学反应的顺利进行。

1.2 化学反应过程的基本规律及其对反应设备的要求

化学反应过程往往是一项化工生产流程中重要的甚至是决定的因素，任何化学反应过程的进行和结果除了由该反应本身的特征及规律控制外，还会受到物料混合传质和传热等物理因素的影响。因此一方面要认识判断各种化学反应的化学热力学和动力学规律，另一方面也要归纳各种物理传质因素的变化及其规律对化学反应过程的影响。这是化学反应工程的研究内容，具体来说就是研究生产规模下的化学反应过程和设备内的传递规律。它应用化学热力学和动力学知识，结合流体流动、传热、传质等传递现象，进行工业反应过程的分析、反应器的选择和设计及反应技术的开发，并研究最佳的反应操作条件，以实现反应过程的优化操作和控制。

工业反应器中不仅发生化学反应过程，同时还伴有许多物理过程。这些物理过程与化学过程的相互影响、相互渗透，必然影响过程的特性和反应的结果，使工业反应过程复杂化。而化学变化是这个过程的本质，是由分子与分子之间的接触碰撞而发生的。化学反应过程可以分为两类不同的情况加以考察。