

过程机械



刘志军 喻健良 李志义 编著

中国石化出版社

过程机械

刘志军 喻健良 李志义 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是为适应过程装备与控制工程专业改造和教学改革需要,将化工容器、化工机器和化工设备三门专业课进行整合后编写的一本综合性专业教材。

全书共三篇十五章。第一篇为容器,主要介绍压力容器的常规设计、压力容器的分析设计、高压容器设计及球形储罐设计等;第二篇为机器,主要介绍压缩机、风机、泵、制冷机、分离机等一些典型机器的原理、特性、选型及操作维护等;第三篇为设备,主要介绍塔、搅拌反应器及换热器等一些典型设备的结构、选型及设计要点等。

本书尽量避免窄、专、深、偏,顾及专业知识的系统化和全面化,注重专业基本方法与技能。按层次对过程设备区别对待:对标准化的通用设备,重点介绍选型;对非标准定型设备,重点介绍结构及设计要点;对非标准非定型设备,重点介绍设计方法。对力学问题,不强调推导过程,重视其结果及应用。本教材适用于高等院校过程装备与控制专业本科生选用和相关专业的工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

过程机械/刘志军,喻健良,李志义编著.
—北京:中国石化出版社,2002
ISBN 7-80164-026-8

I. 过… II. ①刘…②喻…③李… III. ①化工过程—化工机械—高等学校—教材②化工过程—化工设备—高等学校—教材 IV. TQ051

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 070025 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

<http://www.sinopecpress.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 28 25 印张 720 千字 印 1—3000

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

定价:39.00 元

前 言

20 世纪 90 年代末,我国高等学校纷纷开展教学内容和课程体系改革,以便培养能迎接 21 世纪挑战的高素质创新人才。改革的总体趋势是:加强基础,淡化专业。1998 年,教育部对高等学校本科专业进行了调整,将原“化工机械与设备”专业调整为“过程装备与控制工程”,从而增加了专业内容,拓宽了专业范围与应用领域。如何进行专业改造以适应专业调整?如何重组专业课以适应教学改革?这两个问题尖锐地摆在了全国近 50 所设置有该专业的高等学校面前。教学改革要求大幅度地压缩学时,而专业改造需要进一步扩充教学内容,这是一对矛盾。解决这一矛盾的途径之一,就是对专业课进行整合重组。大连理工大学从 1994 年开始,对该专业的培养目标、知识结构及课程配置等进行了较为系统的改革与实践,从而构筑了该专业的三大知识平台:以《工程力学》、《热力学》、《流体力学》和《粉体力学》为主体的理论基础平台;以“过程”、“机械”和“控制”为主线的技术基础平台;以“单元设备”、“成套装置”和“控制技术”为核心的专业知识平台。对“单元设备”进行了整合重组,将原来的《化工容器》、《化工机器》和《化工设备》三门专业课合成一门《过程机械》。这本教材就是在这些年来改革和实践的基础上编写而成的。

在编写本教材时,我们力图避免“窄”、“专”、“深”、“偏”,顾及专业知识的系统化和全面化,注重专业基本方法与技能,不搞“解剖麻雀”。将单元设备按层次分类,然后区别对待。对标准化通用设备,重点介绍选型;对非标准化定型设备,重点介绍结构及设计要点;对非标准化非定型设备,重点介绍设计方法。当涉及力学问题时,尽量采用实用的简化分析方法。对于一些复杂的力学问题,一般只介绍求解思路,不作详细推导,重点放在结果的讨论及应用上。同时给出相应的参考文献,供进一步深入和扩充。这样,使得本教材既适用于力学基础较扎实者使用,给他们留有扩展和深化知识的空间;也适用于力学基础较弱者(如化工类本科生)使用,使他们能顺利越过力学障碍。

本教材的绪论、第一章至第四章由李志义编写,第五章由张晓冬编写,第六章由刘学武编写,第七章至第十章由刘志军编写,第十一章由史启才编写,第十二章由刘凤霞编写,第十三章和第十四章由喻健良编写,第十五章由伊军编写。全书由李志义主编。王伟丽、魏勇等对本教材的文字加工做了许多工作,在此一并表示感谢。

许多本专业的优秀教材,如余国琮先生主编的《化工容器及设备》、王志文教授主编的《化工容器设计》、郑津洋教授等主编的《过程设备设计》、高慎琴教授主编的《化工机器》、姜培正教授主编的《流体机械》等,对本教材的编写启发颇深,本教材学习和吸收了其中许多精华。在此,对这些作者表示诚挚的谢意。大连理工大学化工机械系和大连理工大学教务处对本教材的编写和出版给予了大力支持,在此表示感谢。

由于水平有限,认识不足,本教材会有许多不尽如人意之处,请各位专家和学者不吝赐教。

编著者

2002 年 8 月

于大连理工大学

丁

目 录

绪论	(1)
第一节 过程工业与工艺过程	(1)
第二节 过程工业的技术特性	(1)
第三节 过程机械及其特征	(2)
第四节 过程机械的构成	(3)

第一篇 容 器

第一章 压力容器设计概述	(7)
第一节 压力容器及其分类	(7)
一、压力容器及其构成	(7)
二、压力容器的分类	(7)
第二节 压力容器的设计要求	(8)
第三节 压力容器材料及选择	(9)
一、压力容器用钢	(9)
二、对压力容器用钢的要求	(9)
三、压力容器用钢的选择	(11)
第四节 压力容器规范简介	(11)
一、国外压力容器规范	(12)
二、我国压力容器规范	(12)
参考文献	(13)
第二章 压力容器应力分析	(15)
第一节 中低压容器应力分析	(15)
一、压力容器的薄膜应力	(15)
二、压力容器的边缘应力	(20)
第二节 圆筒形高压容器应力分析	(23)
一、弹性应力分析	(23)
二、弹塑性应力分析	(25)
三、温差应力分析	(28)
四、机械应力与热应力的综合应力	(30)
第三节 圆形平盖封头应力分析	(30)
一、定解方程及求解	(31)
二、变形及应力分布特点	(34)
第四节 压力容器局部应力分析	(36)
一、局部应力及分析方法	(36)

二、平板开小孔的应力集中	(36)
三、压力容器开小孔的应力集中	(40)
四、压力容器开孔接管的应力集中	(41)
参考文献	(43)
第三章 压力容器常规设计	(44)
第一节 圆柱形筒体的强度设计	(44)
第二节 压力容器封头的强度设计	(46)
一、半球形封头	(46)
二、椭圆形封头	(47)
三、碟形封头	(48)
四、球冠形封头	(49)
五、锥形封头	(50)
六、平盖封头	(51)
第三节 法兰连接及密封设计	(53)
一、法兰密封及失效	(53)
二、法兰密封设计	(56)
三、法兰强度设计	(64)
第四节 开孔接管及补强设计	(66)
一、补强结构与设计规则	(67)
二、等面积补强设计	(68)
第五节 容器支座的结构与选型	(70)
一、悬挂式支座	(71)
二、支承式支座	(72)
三、鞍式支座	(73)
第六节 外压容器稳定性设计	(74)
一、圆环的稳定性分析	(74)
二、圆柱形筒体的稳定性分析	(76)
三、外压圆筒的设计计算	(78)
四、外压封头的设计计算	(82)
五、加强圈设计	(83)
第七节 设计参数及压力试验	(86)
一、设计参数	(86)
二、压力试验	(89)
参考文献	(91)
第四章 压力容器分析设计	(92)
第一节 分析设计概述	(92)
一、常规设计的局限性	(92)
二、分析设计的基本思想	(93)
三、分析设计与常规设计规范比较	(93)
第二节 应力特性	(94)

一、薄壁容器	(95)
二、厚壁容器	(95)
三、平盖封头	(97)
四、壳体不连续区	(97)
五、容器支座区	(99)
六、容器接管区	(99)
七、容器热应力	(100)
第三节 应力分类	(101)
一、一些相关术语	(101)
二、一次应力	(102)
三、二次应力	(102)
四、峰值应力	(103)
第四节 应力评定	(104)
一、应力强度	(104)
二、应力强度设计限制	(107)
三、极限载荷设计概念	(108)
四、结构安定性概念	(112)
五、疲劳分析设计准则	(113)
参考文献	(115)
第五章 高压容器设计	(116)
第一节 高压容器设计概述	(116)
一、高压容器结构特点	(116)
二、高压容器材料特点	(116)
三、高压容器筒体构造型式	(117)
第二节 高压圆筒的强度设计	(120)
一、高压圆筒强度设计准则	(120)
二、单层高压圆筒的强度计算	(122)
三、多层高压圆筒的强度计算	(124)
第三节 高压容器的密封结构	(124)
一、强制式密封	(125)
二、自紧式密封	(126)
三、高压管道密封	(128)
第四节 高压容器的自增强技术	(129)
一、自增强技术原理	(129)
二、自增强处理压力	(129)
三、自增强处理应力	(130)
四、自增强处理半径	(131)
五、自增强处理方法	(131)
参考文献	(132)
第六章 球形储罐设计	(133)

第一节 概述	(133)
一、球罐的特点	(133)
二、球罐的类型	(133)
三、球罐的设计内容	(134)
第二节 球壳设计	(135)
一、橘瓣式球壳的设计	(135)
二、足球瓣式和混合式球壳设计	(137)
三、球壳的强度设计	(138)
第三节 支座设计	(138)
一、赤道正切柱式支座设计	(139)
二、其他形式的支座结构	(141)
第四节 球罐的抗震结构设计	(145)
一、球罐抗震结构设计的一般要求	(145)
二、球罐抗震设计的方法与措施	(145)
参考文献	(148)

第二章 机 器

第七章 压缩机	(151)
第一节 压缩机的类型及应用	(151)
一、压缩机的分类及比较	(151)
二、压缩机的应用	(154)
第二节 往复活塞式压缩机	(155)
一、往复活塞式压缩机基本原理	(155)
二、往复活塞式压缩机的调节与控制	(167)
三、往复活塞式压缩机的典型结构及零部件	(170)
四、往复活塞式压缩机的选型	(177)
第三节 离心式压缩机	(180)
一、离心式压缩机基本原理	(180)
二、离心式压缩机的工作特性及调节	(190)
三、相似理论在离心式压缩机中的应用	(193)
四、离心式压缩机主要零部件	(195)
五、离心式压缩机的选型	(196)
第四节 其他压缩机	(199)
一、螺杆式压缩机	(199)
二、单螺杆式压缩机	(200)
三、滚动活塞式压缩机	(201)
四、滑片式压缩机	(201)
五、液环式压缩机	(201)
六、涡旋式压缩机	(202)

七、轴流式压缩机	(202)
八、轴流离心混合式压缩机	(203)
参考文献	(203)
第八章 风机	(204)
第一节 风机的类型及性能参数	(204)
一、风机的类型	(204)
二、风机的性能参数	(204)
第二节 离心式风机	(208)
一、离心式风机的工作原理	(208)
二、离心式风机的工作特性及调节	(209)
三、相似理论在离心式风机中的应用	(213)
四、离心式风机的主要零部件	(215)
五、离心式风机的选型	(216)
第三节 轴流式风机	(218)
一、轴流式风机的结构及工作原理	(218)
二、轴流式风机的特点及性能曲线	(220)
三、轴流式风机的调节	(221)
四、轴流式风机的选型	(221)
第四节 其他型式的风机	(222)
一、罗茨鼓风机与叶氏鼓风机	(222)
二、横流式通风机	(224)
三、筒形离心式风机	(224)
参考文献	(225)
第九章 制冷机	(226)
第一节 概述	(226)
一、制冷机的基本原理及分类	(226)
二、制冷剂和载冷剂	(226)
三、润滑油	(227)
第二节 活塞式制冷机	(228)
一、活塞式制冷机的压缩循环	(228)
二、活塞式制冷机制冷循环的工作参数	(230)
三、活塞式制冷压缩机的选型指南	(231)
四、活塞式制冷机的制冷热交换设备	(235)
五、活塞式制冷机的辅机系统	(235)
六、活塞式制冷机组	(241)
第三节 螺杆式制冷机	(242)
一、螺杆式制冷压缩机的性能参数及调节	(243)
二、螺杆式制冷机的形式及参数	(244)
三、螺杆式制冷机的选型指南	(246)
第四节 离心式制冷机	(248)

一、离心式制冷机的特点及应用	(248)
二、离心式制冷机的基本组成和制冷循环	(248)
三、离心式制冷机的选型指南	(250)
第五节 吸收式制冷机	(252)
一、溴化锂吸收式制冷机	(253)
二、氨-水吸收式制冷机	(257)
第六节 其他形式的低温制冷机	(258)
一、斯特林制冷机	(258)
二、维勒米尔制冷机	(258)
三、磁性制冷机	(259)
四、吸附制冷机	(259)
五、气波制冷机	(259)
参考文献	(260)
第十章 泵	(261)
第一节 泵的类型及应用	(261)
一、泵的类型	(261)
二、泵的应用	(262)
第二节 离心泵	(262)
一、离心泵的基本结构与工作原理	(262)
二、离心泵的操作与调节	(266)
三、相似理论在离心泵中的应用	(271)
四、离心泵的主要零部件	(276)
五、离心泵的选型	(277)
第三节 其他形式叶片式泵	(285)
一、轴流泵和混流泵	(285)
二、旋涡泵	(286)
第四节 容积式泵	(287)
一、概述	(287)
二、往复泵	(288)
三、转子泵	(290)
第五节 计量泵	(292)
第六节 真空泵	(293)
一、真空泵的性能指标	(293)
二、各类真空泵的工作范围及特征	(294)
三、真空泵的选型	(295)
参考文献	(295)
第十一章 离心机	(296)
第一节 离心分离的基本知识	(296)
一、离心力场的基本特性	(296)
二、离心机的分类	(299)

三、原料液的特性	(300)
四、原料液的预处理	(301)
第二节 过滤式离心机	(302)
一、各种过滤式离心机的特点及应用	(302)
二、过滤式离心机的生产能力	(305)
第三节 沉降式离心机	(306)
一、各种沉降式离心机的特点及应用	(306)
二、沉降式离心机的生产能力	(307)
第四节 分离机	(308)
一、各种分离机的特点及应用	(308)
二、分离机的生产能力	(312)
第五节 离心机功率的确定	(312)
第六节 离心机的主要零部件	(313)
一、转鼓	(313)
二、过滤式离心机滤网	(313)
三、主轴及支承	(314)
第七节 离心机的选型	(314)
一、离心机型号的编制	(314)
二、选型原则	(314)
三、选型指南	(316)
第八节 其他形式的分离机械	(319)
一、旋液分离器	(319)
二、重力过滤机	(320)
三、加压过滤机	(320)
四、真空过滤机	(320)
参考文献	(320)
第十二章 过程机器的安全可靠	(321)
第一节 高速转子轴的临界转速	(321)
一、转轴的临界转速	(321)
二、临界转速的计算	(321)
第二节 机器的振动及隔振	(322)
一、隔振的基本原理	(322)
二、隔振器及其布置	(323)
第三节 高速转盘和转鼓的强度	(325)
一、高速转盘的强度	(325)
二、高速转鼓的强度	(325)
第四节 机器的故障诊断	(326)
第五节 流体密封技术	(329)
一、往复运动式轴密封	(329)
二、旋转式轴密封	(329)

三、干气密封	(334)
四、浮环密封装置	(335)
参考文献	(336)

第三篇 设 备

第十三章 塔设备	(339)
第一节 概述	(339)
一、塔设备的作用和类型	(339)
二、塔型比较及选择	(339)
三、对塔设备的要求	(339)
第二节 板式塔	(340)
一、设计内容	(340)
二、总体结构及分类	(341)
三、塔盘结构	(341)
第三节 填料塔	(353)
一、设计内容	(353)
二、总体结构	(353)
三、填料类型及选用	(353)
四、液体的分布装置和液体再分布装置	(358)
五、填料的支承装置	(363)
六、填料压板和床层限制板	(364)
第四节 辅助装置及附件	(365)
一、裙座	(365)
二、除沫器	(366)
三、接管	(366)
四、吊柱	(371)
参考文献	(372)
第十四章 搅拌反应设备	(373)
第一节 概述	(373)
一、反应器类型	(373)
二、搅拌反应器应用实例	(374)
第二节 典型搅拌反应器	(374)
一、总体结构	(374)
二、设计内容及步骤	(375)
第三节 釜体与传热装置	(376)
一、釜体设计	(376)
二、传热装置设计	(377)
第四节 搅拌器及附件的设计	(383)
一、搅拌器的功能	(383)

二、典型搅拌器	(385)
三、搅拌器附件	(388)
四、搅拌器选型	(389)
五、搅拌器转速	(391)
六、搅拌器功率	(391)
七、搅拌器的强度计算	(395)
第五节 搅拌轴设计	(397)
一、按强度计算轴径	(397)
二、按扭转刚度计算轴径	(398)
三、按径向位移计算轴径	(398)
四、按临界转速计算轴径	(398)
第六节 传动装置	(401)
一、电机的基本特性及选用	(401)
二、减速机	(403)
三、联轴器	(403)
第七节 轴封装置	(407)
一、填料密封	(407)
二、机械密封	(410)
三、机械密封和填料密封的比较	(412)
参考文献	(413)
第十五章 换热器	(414)
第一节 概述	(414)
一、换热器的应用	(414)
二、换热器的类型	(414)
三、换热器的选型	(415)
第二节 管壳式换热器	(416)
一、基本类型	(416)
二、管壳式换热器的结构设计	(419)
第三节 膨胀节设计	(432)
一、膨胀节的结构及设计要求	(432)
二、膨胀节的选材及热处理	(433)
第四节 热管及热管换热器	(433)
一、热管简介	(433)
二、热管换热器	(435)
参考文献	(438)

绪 论

第一节 过程工业与工艺过程

过程工业(有时称流程工业)是指以改变材料的物理和化学性能为主要目标的加工业,它涵盖诸如化学、化工、石油化工、炼油、制药、食品、冶金等许多工业门类和行业部门。过程工业处理的物料主要是流程性材料。流程性材料是指其量和形状是由包容体(例如容器等)等给定的一类材料。气体、液体和粉粒体,是典型的三类流程性材料。

过程工业是通过一系列有机结合的工艺过程来实现的。这些工艺过程可分为物理过程和化学过程两大类。一些典型的工艺过程如下:

- 传质过程——基于传质学原理的质量传递过程
- 传热过程——基于传热学原理的热量传递过程
- 流动过程——基于流体力学原理的动量传递过程
- 反应过程——基于化学和反应动力学原理的化学过程
- 热力过程——基于热力学原理的能量转换过程
- 机械过程——基于粉体力学原理的粉体静力和动力过程

上述六大典型过程的前四种,即为传统化工过程的“三传一反”。我们所熟悉的化工单元操作过程,如流体输送、搅拌、沉降、过滤、热交换、蒸发、结晶、吸收、蒸馏、萃取、吸附、干燥等,均与传质、传热和流动(动量传递)三大过程有关。在过程工业生产中,粉体物料占很大比例(例如在化工行业占三分之一以上),甚至占绝对比例(例如在水泥、部分食品行业等),对这些粉体物料进行加工处理的单元操作过程,如储存、输送、粉碎、造粒、掺混、分离及流态化等,称为粉体的机械过程。热力学是工艺过程的最基本的理论基础之一,它可以给出这些过程的方向和限度,同时一些典型的热力过程(如冷冻过程等)和热力设备(如热机等),又是工艺过程和过程设备的重要组成部分。

显然,化学工业是过程工业的典型代表,化工过程全部包含了上述六大典型过程。

第二节 过程工业的技术特性

表 A-1 就技术进步、生产方式、生产规模、生产工艺、能量消耗和质量控制等六个主题,通过与机械工业的对比,来说明过程工业的技术特征。

技术与经济是不可分割的,由于过程工业的上述技术特征,决定了以下的经济特征:

- 产品和生产设备淘汰周期(寿命)较短,设备投资需在较短时间内回收;
- 为保持技术进步,需投入大量人力、物力,研制新产品,开发新工艺,开发费用较高;
- 生产必须在具有一定生产能力的成套装备中进行,设备投资较大;
- 过程能耗较大,操作费用所占比例较大;
- 原料与产品交流频繁,同行业间技术上、经济上联系密切,易形成联合企业,以取

得更好的经济效益，等等。

表 A-1 过程工业与机械工业技术特征比较

主题	过 程 工 业	机 械 工 业
技术进步	技术进步会导致新工艺、新产品的出现。新产品很快会使原产品失去价值，使原工艺被淘汰。对大多数过程工业(如化学工业)，技术进步很快，产品换代很快，工艺淘汰很快	技术进步会导致机械性能的改进、产品质量的提高和生产成本的降低。新产品出现后，原产品的用途和价值还会维持较长一段时间。产品比较稳定
生产方式	被加工物料为流程性材料，生产以过程为单元，物料可以连续、自动地从一个过程转入另一个过程，易实现连续化的大规模生产	基本上是对固体块料进行变形加工，生产以工序为单元，必须按规定工序一件一件地进行。不具备连续化生产的条件
生产规模	连续化的生产条件使大规模生产成为可能，而且有明显的规模效益。生产规模决定于生产设备的处理能力，一旦确定，很难改变	生产规模主要决定于各种机械的加工能力。一般情况下，通过增加和减少加工机械的数量，就可以扩大和压缩生产规模。规模效益往往不十分明显
生产工艺	某一产品的生产工艺并不唯一。生产工艺的选择直接影响产品质量和生产成本	产品的加工工艺基本上是确定的。产品的质量和生产成本主要取决于机械的性能
能量消耗	能量消耗较大。每一个工艺过程的进行需要大量的热能和机械能	能量消耗较小。主要是动力设备消耗的电能和热能
质量控制	过程介质为流程性材料，便于采用连续自动的检测手段(如在线检测)，进行质量控制	加工过程难以实现在线检测和自动化质量控制。工序间的质量检查繁琐，且难以预防不合格品的出现

第三节 过程机械及其特征

过程装备是实现过程工业生产的硬件设施。广义地讲，过程装备包括了过程装置(或称工艺装置)和辅助设施(如动力及其他公用工程辅助设施等)，但通常将它限定为过程装置。过程装置是由过程设备(或称工艺设备)组成的设备系统。过程设备既包括静设备，也包括动设备(或称机器)。过程机械是过程设备的统称。过程设备这一概念既可用于泛指，也可用于特指。泛指时，它与过程机械具有相同的含义；特指时，它是一台台具体的单体设备的代名词。过程装置由过程机械(即泛指的过程设备)和成套技术两部分组成，前者是系统的“硬件”，后者是系统的“软件”。图 A-1 表示了上述诸概念的层次关系。

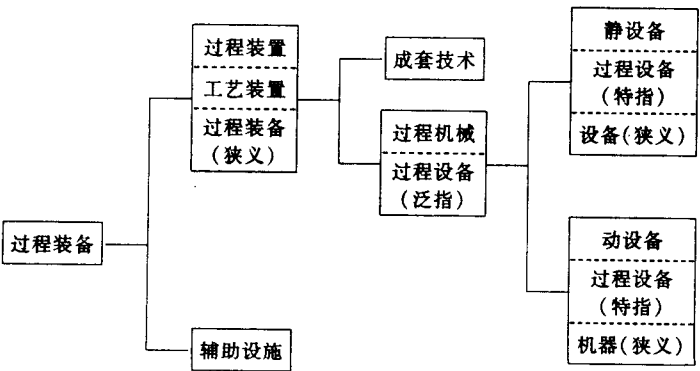


图 A-1 过程装备层次

过程工业生产在“硬件”上是通过过程装备实现的，在“软件”上是通过工艺过程来实现的，而每一个工艺过程又是通过一台台过程设备来实现的，这些关系可粗略地表达如下：

过程工业生产 $\longleftrightarrow$ Σ 工艺过程



过程装备 $\longleftrightarrow$ Σ 过程设备

对于化学工业有：

化工生产 $\longleftrightarrow$ Σ 化工过程



化工装备 $\longleftrightarrow$ Σ 化工设备

上面过程装备(化工装备)式中的“ Σ ”号，具有成套技术的含义。

过程工业的技术、经济特征，以及生产条件和生产方式等，决定了过程机械具有如下特征：

- 提供了被动加工条件 在机械工业中，被加工的工件必须适应机械设备的性能，这是主动加工。在过程工业中，为使物料发生物理、化学性能变化，必须具备一定的工艺条件(温度、压力等)，过程机械要适应这种条件，因而是被动加工。
- 容器类设备多 在过程工业中，为提供一种被动加工条件，物料必须被限定在密闭空间内，因此大多数设备具有密封的容器外壳，且这类容器的操作条件往往比较苛刻，例如高压(数百甚至上千兆帕)、高温(数百甚至上千摄氏度)和强腐蚀等。
- 非标准设备多 由于设备必须满足工艺要求，而工艺条件的多样化，使得过程设备难以实现标准化、系列化。
- 对安全性、可靠性要求高 大规模的连续生产方式，不允许因设备故障而中断生产。由于所处理的物料往往易燃、易爆或有毒，或者处于高温、高压状态，一旦设备泄漏或破裂，会造成严重后果。

第四节 过程机械的构成

前已述及，过程工业的工艺过程是在各种各样的过程设备中实现的。相应于不同的工艺过程，就有不同的过程设备。由各种各样的过程设备，就构成了过程装备的“硬件”部分——过程机械，见图 A-2。

图 A-2 所列举的过程设备中，流体设备中的动设备(亦称为流体机械，如泵、压缩机、离心机、风机等)，热力设备中的锅炉等动力设备，属通用机械，是完全标准化设备；非传质分离设备(如过滤机、旋风分离器等)，以及换热设备中的换热器、工业炉等，属于基本标准化设备；反应设备和传质设备等，属于非标准设备。严格地讲，通用机械不属于过程机械的范畴，鉴于它们在过程工业的重要地位和作用，往往将其与过程设备放在一起讨论。

应该指出，工艺过程与过程设备并不是一一对应的，图 A-2 给出的过程机械的构成，只是为了表述方便所采用的一种表达(分类)方式。实际上，一种工艺过程可能需要不止一种工艺设备才能完成。更常见的是，一种过程设备内可能进行多种工艺过程，这也是发展先进复合设备(例如反应分离设备等)的方向。

显然，过程机械种类繁多，内容丰富。本书不可能面面俱到，处处深入，只能就其中一

些比较重要的和比较典型的过程设备作一介绍。按习惯，将过程设备分作动设备(或称机器)和静设备(简称设备)两类分列两篇(第二篇和第三篇)进行介绍。考虑到容器作为一种特殊的静设备，在过程工业中使用非常普遍，且在设计、制造、使用和管理等方面具有特殊性，将单独列篇(第一篇)进行介绍。在内容的深度上，本书根据不同层次的设备区别对待。对标准化的通用设备(例如一些机器)，重点介绍选型；对非标准定型设备(例如一些典型设备)，重点介绍结构及设计要点；对非标准非定型设备(例如容器)，重点介绍设计方法。

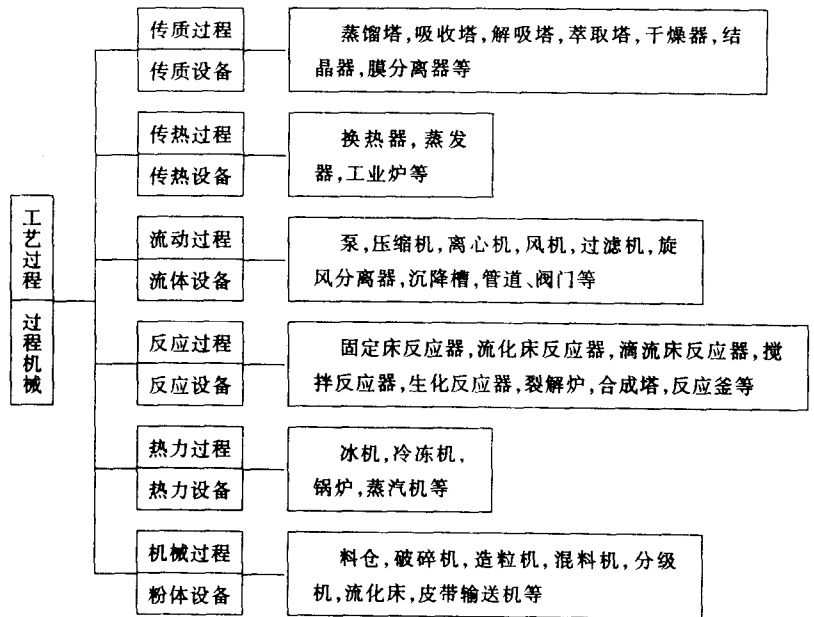


图 A-2 过程机械的构成