

华东理工大学
南昌大学
抚顺石油化工学院
江苏石油化工有限公司

联合编写

过程设备 机械设计 基础



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

过程设备机械设计基础

华东理工大学
南昌大学
抚顺石油化工学院
江苏石油化工大学

联合编写

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

过程设备机械设计基础/华东理工大学等编写. —北京: 化学工业出版社, 2001.3
高等学校教材
ISBN 7-5025-3097-5

I. 过… II. 华… III. 过程控制-控制设备-机械设计-高等学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 82294 号

过程设备机械设计基础

华东理工大学 南昌大学
抚顺石油化工学院 江苏石油化工大学 联合编写
责任编辑: 丁尚林 宋向雁
责任校对: 凌亚男
封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
<http://www.cip.com.cn>
发行电话: (010) 64982511

*

新华书店北京发行所经销
化学工业出版社印刷厂印刷
三河市东柳装订厂装订
开本 787×1092 毫米 1/16 印张 17½ 字数 430 千字
2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月北京第 1 次印刷
印数: 1—5000
ISBN 7-5025-3097-5/TH·87
定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

每一个工艺过程都必须由一种过程设备来实现，而过程设备往往由众多的机械知识所构成，因此作为从事工艺过程的工程技术人员掌握一定的机械知识是相当必要的。编者以为这些机械基础知识包括：工程力学、工程材料、机械传动、压力容器和压力管道等五大部分内容。为使读者正确理解过程与设备间的关系以及理解过程设备所应掌握的基础知识，本书专列绪论一章。通过工程力学部分的学习，读者可了解构件在承受不同的载荷时，构件截面中会产生不同类型的应力和产生不同形式的变形，由此引伸出强度、刚度和稳定性的概念，从而可正确理解一些工程实际现象，如梁的截面有时为矩形、有时为“工”字形、有时为“T”形。通过工程材料部分的学习，读者可掌握常见金属材料的种类、性能、代号及代号的含义，非金属材料的种类和性能，为正确选用符合工艺要求的材料打下基础。如在含氯离子介质中工作的材料不应选用不锈钢，对焊接设备不应选用中、高碳钢等等问题。通过机械传动内容部分的学习，读者可了解一些常见机械传动的形式及构成这些机械传动所需要的零部件，掌握这些基础知识有利于在工艺设计时选用正确的机械传动方法。通过对压力容器知识的学习，读者可正确认识保证压力容器安全使用的方法，正确理解为何压力容器在低压的情况下常为“矮胖”圆形，而在高压时为“细长”圆形。管道是设备间连接必不可少的一类部件，也是工艺设计时一项非常重要的内容，编者将其专列一个章节介绍，读者通过学习本章内容可了解管道的受力特点、管配件的种类、管道防腐和保温方法等知识，为正确设计管道和选择管配件打下基础。总之读者在掌握了这些基础知识后，在进行工艺设计时，就可正确提出用于设备机械设计的参数，加强工艺设计人员和设备设计人员间的沟通和理解，从而使设备能最大限度满足工艺要求。

本书在每章末均给出一定数量的思考题以帮助读者理解各章的基本内容，在此基础上，为加深理解可完成书后的习题。

参加本书编写的大多为从事过程设备及自动化专业教学和科研的教师，其中第1章、第9章由潘红良编写，第2章由陈珏编写，第3章~第5章由谢育均、王茂廷、王晓华编写，第6章由王小芳编写，第7章由谢林生、颜惠庚编写，第8章由胡兆吉编写，第10章、第11章由吴吁生编写，第12章由徐宏编写。全书由潘红良、吴吁生负责统稿。

在本书的编写过程中，得到了华东理工大学、南昌大学、抚顺石油学院、江苏石油化工大学的关心和帮助，华东理工大学、南昌大学还提供了资金上的资助。

由于该书所涉及的面很广，编者又来自不同的学校，且多为年轻的博士，书中难免有错误和遗漏之处，敬请读者提出宝贵意见。

编者

2000年12月

内 容 提 要

本书从简便和实用思路出发，介绍了从事过程设备工作人员所应掌握的基础知识，其内容包括工程力学、工程设备用材料、机械传动、压力容器及压力管道等五大部分内容，可作为高等院校工艺类学生学习机械课程的教材，也可作为相关专业技术人员学习机械知识所用。

目 录

1 绪论	1
1.1 工艺过程和过程设备	1
1.2 过程设备的分类	2
1.2.1 化学反应设备	2
1.2.2 物料输送设备	2
1.2.3 分离设备	3
1.2.4 传热设备	3
1.2.5 粉碎设备	4
1.2.6 容器	4
1.3 过程设备的基本要求	4
1.3.1 技术经济指标	4
1.3.2 结构上的要求	5
1.4 理解过程设备所应掌握的基础知识	5
1.4.1 工程力学	6
1.4.2 工程材料	6
1.4.3 机械传动	6
1.4.4 压力容器	7
1.4.5 压力管道	7
2 构件的受力分析	8
2.1 静力学的基本概念	8
2.1.1 力的基本概念	8
2.1.2 静力学公理	9
2.2 约束、约束反力与受力图	11
2.2.1 约束和约束反力	11
2.2.2 约束的基本类型	11
2.2.3 受力图	13
2.3 平面汇交力系的合成与平衡条件	15
2.3.1 平面汇交力系的合成	15
2.3.2 平面汇交力系的平衡条件	16
2.4 平面力偶系的合成与平衡条件	18
2.4.1 力矩与合力矩定理	18
2.4.2 力偶与力偶矩	19
2.4.3 力偶系合成与平衡条件	20
2.5 平面一般力系的合成与平衡条件	22
2.5.1 力线的平移定理	22

2.5.2	平面一般力系向已知点的简化	22
2.5.3	平面一般力系的平衡条件	23
	复习思考题	26
3	拉伸与压缩	27
3.1	材料力学的基本概念	27
3.1.1	材料力学的任务和研究对象	27
3.1.2	构件变形的基本形式	28
3.2	直杆拉伸或压缩时横截面上的内力和应力	29
3.2.1	内力	29
3.2.2	截面法	29
3.2.3	直杆受拉(压)时横截面上的应力	30
3.3	直杆拉伸或压缩时斜截面上的应力	32
3.4	直杆拉伸或压缩时的强度条件	32
3.5	直杆拉伸或压缩时的变形	34
3.5.1	纵向和横向的绝对变形和相对变形	34
3.5.2	虎克定律	35
3.6	材料拉伸和压缩时的机械性能及测试	36
3.6.1	低碳钢的拉伸试验和应力-应变图	37
3.6.2	其他金属材料拉伸时的机械性能	39
3.6.3	金属材料压缩时的机械性能	39
3.7	温度对材料机械性能的影响	40
3.7.1	短期静载下, 温度对材料机械性能的影响	40
3.7.2	高温长期静载荷下, 时间因素对材料机械性能的影响——材料的蠕变	41
3.8	材料的冲击韧性及其测试	41
3.9	材料的硬度及其测试	42
3.10	交变应力下的强度问题	43
	复习思考题	45
4	平面弯曲	46
4.1	平面弯曲的概念及实例	46
4.2	梁弯曲时横截面的内力——剪力和弯矩	48
4.3	剪力图和弯矩图	49
4.4	平面弯曲时梁的正应力	53
4.5	常用截面的惯性矩和抗弯截面模量计算	56
4.6	梁弯曲时正应力强度条件	59
4.7	提高梁弯曲强度的主要措施	61
4.8	平面弯曲梁的变形	63
4.8.1	梁的挠度和转角	63
4.8.2	挠曲线近似微分方程	64
4.9	求梁变形的方法及刚度条件	65
4.9.1	积分法求梁的变形	65

4.9.2	叠加法求梁的变形	68
4.9.3	梁的刚度条件及刚度校核	68
	复习思考题	69
5	剪切与扭转	70
5.1	剪切和挤压的实用计算	70
5.1.1	剪切的的概念	70
5.1.2	剪应力的计算及剪切强度条件	70
5.1.3	挤压的概念	71
5.1.4	挤压应力的计算及强度条件	71
5.2	扭转的概念和扭矩的计算	73
5.2.1	扭转的概念	73
5.2.2	扭矩和扭矩图	73
5.3	薄壁圆筒扭转	74
5.3.1	纯剪切	74
5.3.2	剪切虎克定律	75
5.4	圆轴扭转时的应力和变形	75
5.4.1	圆轴扭转变形特点	75
5.4.2	圆轴扭转的剪应力	76
5.4.3	圆轴扭转变形	77
5.5	圆轴扭转时的强度条件和刚度条件	78
5.5.1	圆轴扭转时的强度条件	78
5.5.2	圆轴扭转时的刚度条件	79
	复习思考题	80
6	压杆稳定	81
6.1	压杆失稳的概念	81
6.2	细长杆的临界压力与欧拉公式	82
6.3	欧拉公式的适用范围、中长杆和短粗杆的计算	84
6.3.1	临界应力和柔度	84
6.3.2	欧拉公式的适用范围	85
6.3.3	中长杆和短粗杆的计算	85
6.4	压杆的稳定性校核	88
6.4.1	安全系数法	88
6.4.2	折减系数法	88
6.5	提高压杆的稳定性措施	91
	复习思考题	93
7	过程设备常用材料	94
7.1	过程设备用材的基本要求和特点	94
7.1.1	过程设备用材的基本要求	94
7.1.2	过程设备用材的特点	94
7.2	过程设备常用材料	98

7.2.1	碳钢	98
7.2.2	合金结构钢	99
7.2.3	铸铁	101
7.2.4	有色金属及合金	101
7.2.5	非金属材料	103
7.3	钢材的热处理	104
7.3.1	金属热处理的作用	104
7.3.2	常用热处理的方法	105
7.4	金属材料的腐蚀与防护	107
7.4.1	金属材料的化学腐蚀与电化学腐蚀	107
7.4.2	影响腐蚀的因素	110
7.4.3	腐蚀评定和防护方法	111
7.5	过程设备材料的选择	115
	复习思考题	116
8	压力容器的设计与使用管理	117
8.1	容器的结构与分类	117
8.1.1	容器的结构	117
8.1.2	容器的分类	117
8.2	薄壁容器设计的理论基础	119
8.2.1	回转薄壁壳体的应力分析	119
8.2.2	典型薄壁壳体的应力分析	121
8.2.3	边缘应力及其处理	123
8.3	内压薄壁容器的设计计算	124
8.3.1	圆筒的设计计算公式	124
8.3.2	设计参数的确定	126
8.3.3	压力试验与气密性试验	128
8.4	外压薄壁容器的设计计算	131
8.4.1	外压容器的失稳与临界压力	131
8.4.2	外压圆筒的设计计算	133
8.4.3	加强圈的作用及设计方法	139
8.5	压力容器的安全使用与管理	142
8.5.1	压力容器的安全技术监察	142
8.5.2	压力容器的安全使用与管理	144
8.5.3	压力容器的定期检验	147
	复习思考题	149
9	过程设备通用零部件	150
9.1	概述	150
9.1.1	公称直径	150
9.1.2	公称压力	151
9.2	筒体与封头	151

9.2.1	筒体	151
9.2.2	封头	151
9.3	法兰联接	156
9.3.1	法兰联接的工作原理	156
9.3.2	法兰的密封性设计	157
9.3.3	压力容器法兰标准	160
9.3.4	管法兰标准	164
9.4	设备的支座	166
9.4.1	悬挂式支座	168
9.4.2	支腿式支座	169
9.4.3	支承式支座	170
9.4.4	裙式支座	171
9.4.5	鞍式支座	172
9.5	设备的开孔	173
9.6	安全附件	175
9.6.1	安全阀	175
9.6.2	爆破片	176
9.6.3	压力表、液面计和测温仪表	176
	复习思考题	177
10	机械传动	178
10.1	机械传动基本概念	178
10.1.1	机械传动的组成和作用	178
10.1.2	机械传动的的基本参数	178
10.2	V带传动	178
10.2.1	带传动的类型	178
10.2.2	带传动的特点及应用	179
10.2.3	V带传动中的几何参数、载荷参数和运动参数	179
10.3	齿轮传动	189
10.3.1	齿轮传动概述	189
10.3.2	齿廓啮合基本定律和渐开线齿廓的特点	189
10.3.3	渐开线齿廓的特点	191
10.3.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	193
10.3.5	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动和传动精度	195
10.3.6	齿轮的失效形式和材料选择	196
10.4	蜗杆传动	198
10.4.1	蜗杆传动概述	198
10.4.2	蜗杆传动的主要参数	198
10.4.3	蜗杆传动的几何尺寸计算和受力分析	200
10.4.4	蜗杆传动的失效, 蜗杆传动的材料与结构	203
10.5	轮系和减速机	204

10.5.1	概述	204
10.5.2	定轴轮系	205
10.5.3	动轴轮系	207
10.5.4	减速机	208
	复习思考题	209
11	轴系零部件	211
11.1	传动轴	211
11.1.1	轴的种类	211
11.1.2	传动轴的设计计算	211
11.1.3	轴的材料和结构	213
11.2	联轴器的类型与性能	214
11.2.1	固定式联轴器	214
11.2.2	可移式联轴器	216
11.2.3	联轴器的选择	217
11.3	轴承	218
11.3.1	轴承的分类和作用	218
11.3.2	滑动轴承的结构与材料	219
11.3.3	滑动轴承的润滑与验算	221
11.3.4	滚动轴承的结构、类型及代号	224
11.3.5	滚动轴承的选择和组合	227
	复习思考题	228
12	压力管道设计基础	230
12.1	压力管道设计条件	230
12.1.1	压力管道定义	230
12.1.2	管道设计条件	230
12.2	管线器材及其选择	231
12.2.1	管子	231
12.2.2	金属管件	233
12.3	阀门	235
12.3.1	阀门的分类与选用原则	236
12.3.2	常用阀门结构特征及其应用	236
12.4	管系的支承设计与管道支吊架	239
12.4.1	支吊架在管道中的作用	239
12.4.2	管系支承装置的分类及选用原则	239
12.4.3	常用管道支吊架的特性及应用	240
12.4.4	管道支吊架位置的确定	241
12.5	管系应力分析及热补偿	242
12.5.1	管系承受的载荷	242
12.5.2	管道热胀及其补偿	242
12.5.3	管道支吊架对管系应力的影响	243

12.6 管道的防腐、保温与标志.....	244
12.6.1 管道防腐.....	244
12.6.2 管道的保温与保冷.....	245
12.6.3 管道表面色和标志.....	247
复习思考题.....	248
习题.....	249
附录 I 型钢表.....	263
附录 II 钢板许用应力.....	265
参考文献.....	269

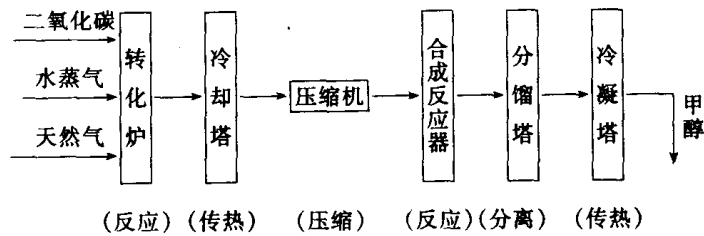
1 绪 论

1.1 工艺过程和过程设备

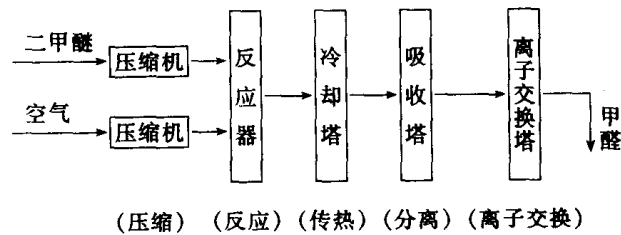
在化学工业中，工艺过程是指对原料经过一系列物理和化学的加工处理，以获得有用的产品的过程。化工过程已涉及到国民经济、国防建设、资源开发和人类衣食住行的各个方面，对解决人类社会所面临的人口、资源、能源和环境等领域的可持续发展等重大问题起着十分重要的作用。

化学工业是多行业多品种的工业部门，但每个行业、每种产品的生产过程都有其共同的特点。化工过程是围绕核心反应器组织的，其上游为原料（反应物）的前处理，以满足主要化学反应工艺条件为目标；下游为产品（生成物）的后处理，通过分离、纯化等手段，以达到产品标准为目标。除主要化学反应器外，化工过程主要由进行物理过程的单元操作（输送、加热、冷却、分离等）和进行化学过程的单元过程（化学法净化、氧化、加氢、硝化、磺化等）组成，有时将生化处理也引入化工过程，例如烟气脱硫或废水处理。将若干单元操作和反应过程互相串联组合则可构成一系列化工生产过程。以甲醇、甲醛、乙酸的生产为例，三种化工产品的生产工艺过程大致如下。

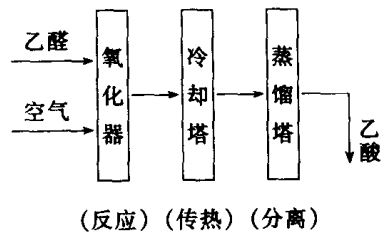
(1) 甲醇生产



(2) 甲醛生产



(3) 乙酸生产



由以上三个例子可看出：①每个生产过程分别由一系列基本的工序，即基本操作所组成；②不同生产过程之间有共同性的单元操作。例如三种生产中都有传热和反应的单元操

作；第（1）种和第（2）种产品的生产中都有压缩的单元操作；第（1）种和第（3）种产品生产中都有蒸馏的单元操作。由此，可将化工生产中的物理过程归纳成具有共同原理的单元操作。由于操作原理具有共性，所以，同一种单元操作所使用的设备结构也有许多共同的特点。因此化学工业所用的机器和设备，可以归纳成为数不多的几类设备，这些设备通称为化工过程设备。

1.2 过程设备的分类

实现工艺过程的重任由过程设备承担，某种过程设备往往均为满足某一单元操作的要求。在化学工业中，过程设备按其所能实现的单元操作能力可归纳为几大类通用的典型设备，这些设备大致可分为以下几种。

1.2.1 化学反应设备

化学反应设备是化工生产中的核心设备，其用途是实现化学反应过程。如硫酸工厂中的硫铁矿焙烧炉、二氧化硫转化器；合成氨工厂中的水煤气发生炉、一氧化碳变换炉、氨合成塔；硝酸工厂中的氨氧化器、硝酸吸收塔等。由于物料状态不同，反应的性质和条件的不同，化学反应设备的型式和结构十分繁复。常用的化学反应器有以下几种。

搅拌釜式反应器 这种反应器的适用性广，操作弹性大，在连续操作时温度、浓度容易控制，产品质量稳定，是一种使用范围十分广泛的反应器，这类反应器主要用于液相反应和液固相反应，且反应温度和操作压力不甚高的场合。它由壳体、换热装置、搅拌器和传动装置等构件组成。

管式反应器 这类反应器的特点是反应器容积较小，结构简单，物料返混少，比传热面积大，因此这类反应器常用于单相流体和高温、高压的场合，如石油化工中的石脑油裂解、管式法制高压聚乙烯。

固定床反应器 这是一种以气体通过静止状态的固体颗粒层发生化学反应的设备。大多数固定床反应器内使用的固体颗粒属于催化剂，它广泛用于合成氨、乙苯脱氢、乙烯法制醋酸乙烯等工业部门。这类反应器结构形式简单、制造成本低。它主要是由一容器，内装气体分布装置和热交换器组成。

流化床反应器 这类反应器是利用固体颗粒流态化技术的优点而进行气体与气体（催化反应）或者气体和固体反应的一种设备。它广泛应用于石油、化工、冶金、轻工、原子能、食品和农林等部门。它主要是由一容器，内装气体分布装置、旋风分离装置和热交换装置组成。

塔式反应器 塔式反应器种类繁多，根据塔的类型不同，这类反应器可适用于液相、气-液相和气-液-固相。它是由塔外壳和塔内构件组成。

1.2.2 物料输送设备

物体一般具有三种状态，即固态、液态和气态。由于液体和气体无固定的形状，能自由地流动，而且流动性质也都很相似，所以一般将液体和气体统称为流体。

固体物料运输工作量大，采用人力运输工具，不但劳动强度大、占用人力多，而且工作效率低。采用机械运输不但可以大大地提高效率，并且可以保证生产过程的连续性。典型的固体物料输送设备有皮带运输机、螺旋运输机、斗式提升机等等。

化学反应多数是在流体状态下进行，所处理的物料大多是流体。流体在进行化学反应时，一般均在一定的密封设备内进行，反应后必须自设备内流出，故在化工生产中，常需将

流体从低处输送至高处，或从低压处送至高压处，或沿管道送至较远的地方。为达到此目的，必须给流体一定的能量以克服流动过程中的阻力，这种给流体一定能量的设备称为流体输送设备。属于这一类的有送风机、鼓风机、压缩机（输送气体）及各类泵（输送液体）等。

1.2.3 分离设备

分离设备也是很重要的一类过程设备，它的重要作用是从混合物中分离出某一种需要的组分，或者除去某些有害的杂质。根据混合物的性质不同，分离设备有以下几种类型。

固-固分离设备 这类设备所要分离的混合物中各种组分都是固体，主要有筛选设备、浮选设备、浸取设备等。

液-液分离设备 这类设备所要分离的混合物中各组分都是液体，主要有蒸馏、精馏塔和萃取设备等。

气-气分离设备 这类设备所要分离的混合物各个组分都是气体，主要有吸收设备、吸附设备。

液-固分离设备 这类设备的功用是分离液体中含有悬浮的固体颗粒，主要有沉降槽、过滤机和离心机等。

气-固分离设备 这类设备也称为除尘设备，它的作用是分离气体中的悬浮颗粒，主要有：旋风分离器、气体过滤器、沉降除尘器、电除尘器和超声除尘器等。

气-液分离设备 这类设备也称为除雾设备，其作用是除去气体中悬浮着的液体颗粒，主要类型类似于气固分离。

1.2.4 传热设备

在化学工业中无论是纯粹的物理过程，还是化学反应过程都与加热、冷却和保温有关，这些过程通称为传热过程。传热过程必须通过传热设备来进行，而一般化工厂中传热设备的总质量约占全厂所有设备质量的40%，故传热设备在化学工业中占有及其重要的地位，是不可缺少的设备之一。由于加热和冷却过程主要通过两种温度不同的介质交换热量来实现，所以这类设备又称为换热设备。

为满足不同情况下的换热要求，换热器的种类繁多，如按作用原理或传热方式分，其类型有以下几种。

混合式换热器 它是利用两种换热流体的直接接触与混合的作用来进行热量的交换。混合式换热器操作的一个主要因素，就是要使两种流体的接触面积尽可能大，以促进它们之间的热量交换。

蓄热式换热器 它是让两种流体先后通过同一种填料的表面，从而达到换热的目的。由于这种换热器在工作时，不可避免地会使两种流体有少量的混合，且必然地需成对使用，即当一个通入热流体时，另一个则通入冷流体，并靠自动阀进行交替切换，使生产得以连续进行。

间壁式换热器 它是利用固体壁面将进行热交换的两种流体隔开，使流体分布通过器壁两侧进行传热的换热设备。这种形式的换热器使用最为广泛。通常按传热面的形状可将其分为管式换热器和板面式换热器。前者包括蛇管式、套管式和列管式等；后者有螺旋板、板式、伞板式、板翅式和板壳式等。

此外化学工业中常用的蒸发、结晶和干燥设备，它们与加热过程有密切的关系。虽然功用与换热器不同，但它们为达到目的所采用的手段，或设备主要部件的结构在某种程度上与

换热器近似，所以有时将其归入换热设备。

1.2.5 粉碎设备

粉碎是一种使大块物料变成小块物料的过程。这个过程是用外力施加于被粉碎的物料上，克服物料分子间的内聚力，使大块物料分裂成若干小块。人们通常把粉碎产品粒度大于3~5mm者称为破碎，所对应的设备为各种形式的破碎机；把颗粒粒度控制在60 μ m~3mm之间者称为磨碎，小于60 μ m者称为超细磨碎，常用球磨机来实现这一功能。

1.2.6 容器

容器是用途很广的一类过程设备，其主要用于贮存物料以及作各种设备的外壳，前者如煤斗（贮存固体物料）、液氨贮槽、槽车（贮存液体物料）以及气柜（贮存气体物料）等。后者如塔器、换热器、反应器的外壳。

为了使制造简单而且造价低，容器和壳体应选取最简单的外形。圆筒形、球形和锥形是最常用的，容器与大多数设备的壳体就是这些最简单形状的组合体。

化工过程设备种类繁多，以上这些仅为常规通用设备。在其他与化学化工相关的行业，除上述这些过程设备之外，还有反映行业特征的专用设备，如食品行业中的发酵设备；橡胶工业中的硫化和挤出设备等等。但它们均离不开过程设备的一些共有的特点。

1.3 过程设备的基本要求

工艺过程设备所应满足的基本要求大致可分为技术经济指标和结构要求两类，而这些要求归根到底就是要求设备在安全可靠工作的前提下使设备的运行成本为最低。

1.3.1 技术经济指标

类似于机械设备，工艺过程设备首先应满足的是技术经济指标，技术经济指标主要包括五项内容：单位生产能力、消耗系数、设备价格、管理费用和产品总成本。

(1) 单位生产能力 单位生产能力是指单位时间、单位设备容积处理物料的数量。过程设备不但要求处理量大而且要求效率高，而这两者常会发生矛盾，如处理量大的设备有时效率较低，或者效率很高的设备有时处理量却很低。单位生产能力实际上就是处理量与设备效率的综合指标。单位生产能力愈高愈好，设备的效率与内部的结构有关。

(2) 消耗系数 消耗系数是指生产每单位质量或单位体积产品所需消耗的原材料及能量，包括原料、燃料、蒸气、水电等。消耗系数不仅与所采用的工艺路线有关，而且与设备的设计有关。一般来说，消耗系数愈低愈好。

(3) 设备价格 设备价格影响到工厂投资的大小，因此采用价廉的设备是很必要的。但有时设备虽然复杂些，价格高一些，但却有较高的单位生产能力，能确保产品有较高的质量，并且操作控制现代化，因此在进行全面经济合理性的核算后，也可能采用这种昂贵的设备。

(4) 管理费用 管理费用包括劳动工资、维护和检修费用等。管理费用降低，产品成本也随之降低。

(5) 产品总成本 产品总成本是生产中一切经济效果的综合反映。一般要求产品总成本愈低愈好。但如一个工厂设备是中间产品，则为了使整个生产过程的最终产品的总成本为最低，此中间产品的总成本就不一定选择最低的指标，而应从整个生产系统的经济效果来确定。降低产品的总成本有利于提高产品在市场中的竞争力。

1.3.2 结构上的要求

设备的结构对设备安全可靠运行起着至关重要的作用。过程设备往往要求在一定的温度和一定的压力下工作，所处理的物料品种繁复，既有对设备材料有腐蚀性作用的物料，又会遇到具有燃烧、爆炸或有毒的介质，这些因素要求过程设备在材料和结构上必须满足以下要求。

强度 强度是指设备在载荷的作用下抵抗破坏的能力。过程设备所有部件都应有足够的强度，否则就不能保证生产和人民生命财产的安全。但为了保证强度而盲目地增加结构尺寸也是不合理的。这样会造成材料的很大浪费。一般设计时将各个部件做成等强度，这样最省材料。但有时故意使设备中的某一部件的强度特别低一些，当设备过载时这个部件首先破坏。

刚度 刚度是指构件在外力作用下保持原来形状的能力。有时设备构件的设计主要决定于刚度而不是决定于强度。如塔设备的塔板，其厚度通常是由刚度而不是由强度来决定，因为塔盘板的允许挠度很小，如塔板挠度过大，则塔盘上液层的深度就有较大的差别，使通过液层的气流不能均匀分布，会大大影响塔盘的效率。

耐久性 耐久性是根据所要求的使用年限来决定的，过程设备的使用年限一般为10~20年。过程设备的耐久性大多数情况决定于介质的腐蚀情况，在受反复载荷、高温操作或流体振动的情况下，过程设备的寿命还取决于设备的疲劳、蠕变及振动磨损等因素。在科学技术日新月异的今天，新的结构形式不断出现，对设备的使用年限要求太长是不合适的。

密封性 过程设备的密封性是一个十分重要的问题。这主要是由于过程设备内所处理的物料很多是易燃、易爆或有毒的，对正压操作的设备内的物料如果泄漏出来，不但在生产上会造成损失，更重要的是会污染操作环境，甚至引起爆炸事故；相反如空气漏入负压操作的设备，也会影响过程的进行以及可能引起爆炸事故。

节约材料和制造方便 过程设备的特殊要求往往选用贵重材料制造，因此在结构上应保证最少材料的消耗。同时，在考虑结构时应使其便于制造，能保证质量。在设计时应尽量采用标准设计和标准部件，因化工设备多数是单件生产的，故标准化是降低设备成本的一个重要方法。

运输与安装方便 设备制造完毕后，要从制造厂运至使用单位进行安装，还需要运输与安装方便。制造设备的工厂可能与使用设备的工厂相距很远，当由水路运输时，一般尺寸限制问题还不大，但由陆路运输时，就必须考虑到设备的直径、质量与长度是否符合铁路或公路运输的规定。

运转性能好 过程设备在使用操作中要求运转性能好，具体要求是：运转方便，操作简单，在运转时噪音和振动小；能连续运行、自动化程度高；装拆和检修方便；能进行试验和监控。

1.4 理解过程设备所应掌握的基础知识

随着化学工业、能源工业以及其他工业的发展，过程设备正朝单系列大型化方向发展，且工作条件愈来愈苛刻，操作压力从高度真空到数千大气压，工作温度从 -250°C 到 -2000°C 左右，工作介质从三酸两碱到尿液，有强烈的腐蚀性、毒性、易燃、易爆性，甚至中子辐射。面对这种工作条件苛刻、结构复杂，制造安装特殊的过程设备，设计者除掌握必要的应力分析和强度计算知识外，还必须学会从化工工艺过程、制造、安装、生产操作的要