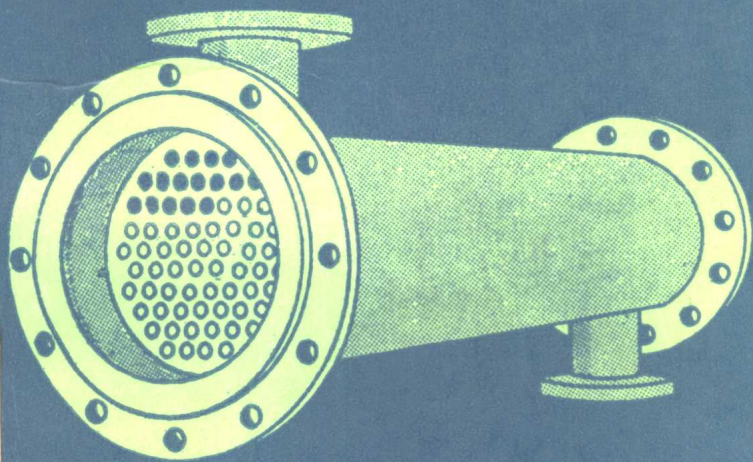


化 工 机 械

● 第二版

● 谢丰毅 等编



化学工业出版社

化 工 机 械

第 二 版

谢丰毅 等编

化 学 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书介绍了化学工业常用的典型机器和设备。包括流体输送机械、固体输送机械、固体粉碎机械、换热器、蒸发及结晶设备、干燥设备、除尘除雾设备、沉降过滤设备、塔设备、反应器、贮槽、高压容器等。每章主要介绍机器设备的作用原理、结构、用途以及优缺点比较。

本书主要供化学工业部门的管理干部阅读，也可供化工操作工、维修工，化工技工学校，中等专业学校师生参考。

化 工 机 械

第二版

谢丰毅 等 编

责任编辑 陈惠康

封面设计 任 辉

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

开本787×1092^{1/32}印张10字数227千字

1990年4月第1版 1990年4月北京第1次印刷

印 数 1—3,000

ISBN 7-5025-0493-1/TH·10

定 价 5.70 元



再 版 说 明

《化工机械》第一版是由卢焰、谢丰毅执笔编写的。自1963年至今,已达二十余年。在此期间科学技术的各领域都有了较大的发展,第一版所介绍的设备现已多属陈旧,再版中除基本原理外都重新作了改写,并增加了近年来在生产中所用的新设备、新方法。如离心式压缩机、板翅式换热器、热管以及强化传热的方法等。

本书再版编写过程中得到化工部化工机械研究院领导的大力支持,在此表示感谢。

参加本书(再版)编写的有谢丰毅(绪论、第三章、第四章、第五章、第六章、第九章), 卣德源(第一章), 满卓田(第七章、第八章), 陈洪生(第十章), 汪祖洪(第十一章), 全书由谢丰毅整理修改。

编 者

目 录

绪 论.....	1
第一章 流体输送机械.....	8
第一节 概说.....	8
液体输送机械.....	8
第二节 往复泵.....	9
第三节 离心泵.....	17
第四节 其它类型泵.....	27
第五节 各种泵的比较.....	32
气体输送机械.....	33
第六节 通风机.....	34
第七节 鼓风机.....	39
第八节 活塞式压缩机.....	43
第九节 离心式压缩机.....	61
第十节 其它型式压缩机.....	78
第十一节 真空泵.....	85
第二章 固体输送机械.....	89
第一节 概说.....	89
第二节 带式输送机.....	89
第三节 斗式提升机.....	92
第四节 螺旋输送机.....	94
第三章 固体粉碎机械.....	97
第一节 概说.....	97
第二节 颚式破碎机.....	100
第三节 圆锥破碎机.....	104
第四节 辊式破碎机.....	107

第五节 锤式破碎机.....	110
第六节 球磨机.....	112
第四章 换热器.....	114
第一节 概说.....	114
第二节 沉浸式换热器.....	116
第三节 喷淋式换热器.....	118
第四节 套管式换热器.....	120
第五节 列管式换热器.....	121
第六节 螺旋式换热器.....	125
第七节 平板式换热器.....	127
第八节 空气冷却器.....	130
第九节 交流式换热器.....	133
第十节 板翅式换热器.....	135
第十一节 冷却塔.....	136
第十二节 换热器的强化.....	137
第五章 蒸发及结晶设备.....	143
蒸发.....	143
第一节 中央循环管式蒸发器.....	143
第二节 悬筐式蒸发器.....	145
第三节 外加热式蒸发器.....	146
第四节 列文式蒸发器.....	147
第五节 膜式蒸发器.....	148
第六节 强制循环蒸发器.....	150
结晶.....	152
第七节 蒸发结晶器.....	153
第八节 长槽搅拌式连续结晶器.....	153
第九节 奥斯陆结晶器.....	154
第十节 DTB型结晶器.....	155
第六章 干燥设备.....	158

第一节	概说	158
第二节	厢式干燥器	158
第三节	转筒干燥器	160
第四节	气流干燥器	161
第五节	喷雾干燥器	162
第七章	除尘除雾设备	164
第一节	概说	164
第二节	重力分离器和动量分离器	165
第三节	旋风分离器	167
第四节	袋式过滤器	173
第五节	湿式涤气器	176
第六节	电除尘器	183
第七节	纤维过滤器	186
第八章	沉降及过滤设备	189
第一节	概说	189
第二节	沉降设备	189
第三节	过滤设备	192
第四节	离心机	207
第九章	塔设备	219
第一节	概说	219
第二节	板式塔	229
第三节	填料塔	237
第十章	化学反应设备	246
第一节	概说	246
第二节	搅拌式反应釜	252
第三节	管式炉反应器	257
第四节	固定床反应器	267
第五节	流化床反应器	277
第六节	其它型的反应器	293

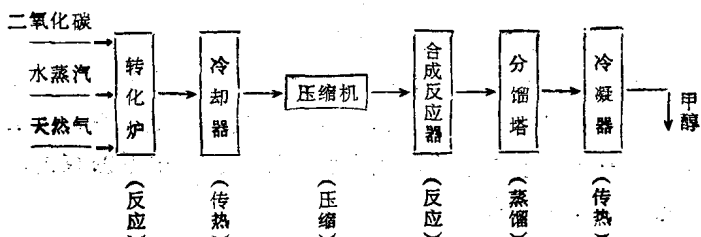
第十一章 容器	299
第一节 贮槽	299
第二节 高压容器	301
第三节 球形容 器	309

绪 论

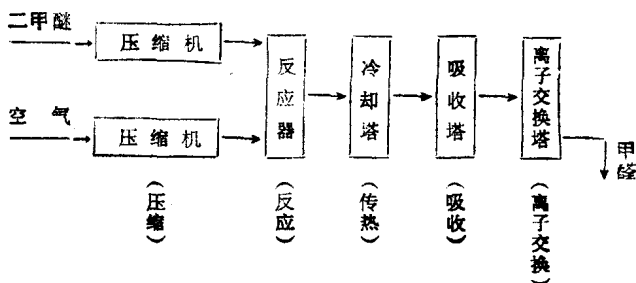
化学工业是多行业多品种的工业部门，但每个行业以至每种产品的生产过程都有其共同特点，即都是对原料进行化学的及物理过程加工，以获得有用的产品。显然，其核心是化学反应过程及其设备——反应器。但为使反应得以顺利的进行，必须具备适宜的条件，即过程进行所要求的压力、温度以及物料的组成等。因此，原料必须经过预先处理以除去杂质，使之达到化学反应所要求的纯度、温度和压力。化学反应后的产物同样也需要经过各种的后处理过程加以精制，才能获得合乎要求的产品。这些预处理和后处理的过程又可归纳为若干种基本的物理过程，通常称这些物理过程为单元操作，如流体的输送与压缩、沉降、过滤、传热、蒸发、结晶、干燥、蒸馏、吸收、萃取等等。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、醋酸的生产为例，三种化工产品的生产过程大致如下。

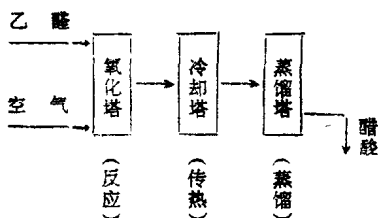
1. 甲醇生产



2. 甲醛生产



3. 醋酸生产



由以上三例中可看出：（1）每个生产过程分别由一系列基本的工序，即单元操作所组成；（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；第1、2种生产中都有压缩；第1、3种生产中都有蒸馏。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，这些设备统称为化工机械或化工设备。本书的目的就是介绍这些具有共性的化工机械。在各化工行业中具体产品的生产工艺流程和特殊设备，本书不拟叙述，读者可参阅有关专业书籍。

化工机械的种类

在前面，我们已指出化学工业生产用的机器设备，可以按其中所进行的操作也即按其功用，归纳成几大类通用的典型设备。现在分别介绍如下：

第一类 化学反应设备 这是化工厂主要设备之一，在其中原料发生化学反应而生成产物。如硫酸工厂的硫铁矿焙烧炉、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；盐酸工厂中的氯化氢合成炉；等等。由于物料状态的不同，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。

第二类 物料输送设备 在化学工厂中所碰到的物料基本上有三种状态：①固体物料，例如硫铁矿、煤、硫铵、硝铵等；②液体物料，例如水、硫酸、硝酸等；③气体物料，例如空气、氧气、二氧化硫、煤气等。液体与气体统称为流体。因此，我们可以把输送机械概括成二类：一类是输送固体物料的机械，简称固体输送机械，属于这一类的有皮带运输机、螺旋运输机、斗式提升机等等。另一类是输送液体和气体物料的机械，简称为流体输送机械，属于这一类的有送风机、鼓风机、压缩机（输送气体）及各种泵（输送液体）等。

第三类 分离设备 这一类也是化工厂中很重要的设备，它主要的作用是从混合物中分离出某一所需要的组份，或者除去其某些有害的杂质。根据混合物性质的不同，分离设备有以下几种：

①混合物中各个组份都是固体 分离固体混合物的设备（固-固分离设备）有筛选设备、浮选设备、浸取设备等。

②混合物中各个组份都是液体 这一类分离液体混合物的设备（液-液分离设备）有各种蒸馏、精馏塔、萃取设备等。

③混合物中各个组份都是气体 分离气体混合物的设备（气-气分离设备）有各种吸收设备、吸附设备。

第②、第③种分离设备常制成很高的柱状，类似塔形建筑，称为塔设备，是化工生产中很重要的设备之一。

④液体中有悬浮着的固体粒子 从液体中除去悬浮的固体粒子的设备（液-固分离设备）有沉降槽、过滤器、离心机等。

⑤气体中有悬浮着的固体微粒 从气体中除去悬浮的固体微粒的设备（气-固分离设备）称为除尘设备，包括旋风分离器、气体过滤器、沉降除尘器、电除尘器、超声除尘器等。

⑥气体中有悬浮着的液体微粒 这类分离设备（气-液分离设备）基本上与⑤相同，通称为除雾设备。

第四类 传热设备 这一类设备的用途主要是将各种物料加热和冷却。加热和冷却过程主要通过两种温度不同的介质（用一种传热的表面把它们隔离）交换热量来实现，所以这类设备又称为换热设备。换热器按其主要的用途，称为加热器或冷却器，主要用于加热目的；而换热器主要用于冷却目的，故称为冷却器。传热设备除了加热和冷却的目的之外，有时还同时具有利用废热的作用。

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，以下我们亦在传热设备这一篇中作介绍。

第五类 粉碎设备 这是一类通用性较大的机械，广泛地用于各工业部门。它的用途是把固体原料或成品破碎和研磨成

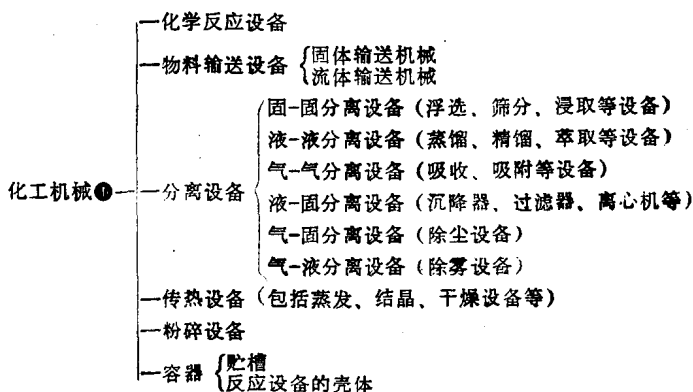
细颗粒。

第六类 容器 这类设备的用途是贮存原料、中间产品和成品，以及用作大型反应器的壳体。属于这一类的有料斗（固体物料贮槽）、液体贮槽、气柜以及各种高、低压反应设备的筒体等。

此外，在化工厂中还有其他一些设备，例如包装设备、检查测量仪表和调节器等自动控制设备、电动机等，这些不属于化工机械，所以本书不介绍。

橡胶塑料加工机械也是化学工业中重要的机械，由于它们是较专门的机械，这里也不叙述。

化学工业中应用的典型化工机械的种类可简示如下：



化工机械的特点

在机械制造工艺生产中，被加工的物料只是外形和物理性

●化学工业中还常用到一种搅拌设备，用以混合物料。其较重要的应用场合是搅拌反应原料，故本书将它附在化学反应设备一篇中叙述。

质发生变化；而在化学工艺生产中，使原料发生化学变化，即物质的组成或结构发生变化，成为一种新的物质。这就造成了化学工业生产过程的特点。例如物质的变化往往要求在一定温度一定压力下完成，因此化工生产便具有高温、高压和低温、真空的特点。其次，化工生产过程所处理的物料品种繁复，既有对设备和厂房有腐蚀作用的物料，又会遇到具有燃烧、爆炸危险或有毒的物质。这些又决定了化工机械在材料和结构上的特点。

温度、压力范围的广泛性（从 -150°C 到 $+2000^{\circ}\text{C}$ ，从 0.000001 大气压到 1500 大气压）以及腐蚀介质的多样性（酸、碱以及侵蚀性的盐、气体等），使得化工机械采用的材料，品种规格十分繁复，特别是要求大量采用高强度钢、高合金钢、有色金属和合金以及非金属材料，作为设备的结构材料或衬里。

其次，在高压或真空下操作、以及处理有毒的或侵蚀性的物质时，设备在启闭、接合或转轴通出壳体的地方，必须十分可靠地加以密封，以免流体渗出，造成“跑”、“冒”、“滴”、“漏”现象，影响正常运转，危害工作人员健康。例如高压压缩机、高压反应器的密封装置，都是这些设备的极重要部件。

在换热器等传热设备内进行的是传热，在塔设备内进行的是“传质”，而在这些设备内物料又都是处于流动状态。所以，化工设备的结构必须考虑这些“传递”过程及流体流动情况的特点和连续化的要求，力求“传递”的速度快，数量多，以便效率高。例如换热器内装许多细小的管子，或在管子外表面做成翅片，或采用波形的板片，并且在换热器内设置一块块的挡板，使流体曲折流动或使流体处于湍动状态。在塔设备内，放置一系列塔板、填料或喷洒装置，或同样也使流体处于湍动状态。所

有这些，都是为了改进传热、传质的状况，以达到强化操作的目的。

反应设备除此之外兼须考虑化学反应的规律，致使结构往往比较复杂。这些将在后面一一介绍。

第一章 流体输送机械

第一节 概 说

在常温常压条件下，物体一般具有三种状态，即固态（固体）、液态（液体）和气态（气体）。由于液体和气体都无一定形状，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。

各种化学反应多数是在流体状态下进行，所以化工过程中所处理的物料大多是流体。流体在进行化学反应时，一般均在一定的设备内进行，反应后又必须自设备内流出，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。这种为输送流体所提供能量的设备称为流体输送机械，如离心泵、鼓风机、压缩机、真空泵等。在化工生产中，常常是用电力或其它能源（如蒸汽）来拖动流体输送机械。本章主要介绍化工生产中应用较广泛的液体输送机械和气体输送机械。

液体输送机械

输送液体的主要机器称为泵。由于化工生产中所输送的液体种类繁多，性质差异很大如有粘性大的、腐蚀性强的、带有固体颗粒的、易挥发性的、有毒的、高温高压的，低温的等等。对于不同种类的物料必须选用不同类型的泵，因此在化工生产中所使用的泵也有很多种。

按泵的结构型式可分为：离心泵（包括径流离心泵、混流

离心泵、屏蔽泵、耐酸泵、管道泵等)、轴流泵、部分流泵(又称高速泵)、旋涡泵、往复泵(包括活塞泵、柱塞泵、隔膜泵、计量泵等)、回转泵(包括齿轮泵、螺杆泵、叶片泵、罗茨泵等)及其它类型泵(如喷射泵、蠕动泵、软管泵、酸蛋等)。

按流体性质分类有:耐腐蚀泵(包括耐酸泵、衬胶泵、陶瓷泵、塑料泵、玻璃钢泵等)、热液泵、低温或超低温泵、悬浮液泵、高粘度泵等。

按用途分类有:供料泵、计量泵、循环泵、回流泵、给水泵、酸泵、碱泵、贫液泵、液下泵、油泵、废液泵、浆液泵、成品泵等。

第二节 往 复 泵

1. 往复泵的作用原理及构造

往复泵俗称抽水唧筒。图1-1是往复泵的原理图。由图可

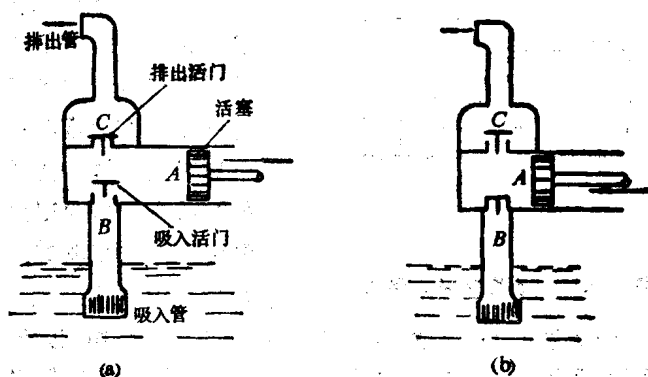


图 1-1 单动往复泵作用原理图

(a) 一吸入液体; (b) 一排出液体