

中等职业学校教材

化 · 工 · 机 · 器

张涵 主编



化学工业出版社
教材出版中心

中等职业学校教材

化 工 机 器

张涵 主编

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工机器/张涵主编. —北京: 化学工业出版社,
2001.6
中等职业学校教材
ISBN 7-5025-3292-7

I. 化… II. 张… III. 化工机械-专业学校-教
材 IV. TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 037947 号

中等职业学校教材

化工机器

张涵 主编

责任编辑: 高 钰

责任校对: 陈 静

封面设计: 田彦文

化学工业出版社
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话 (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市海波装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 25½ 字数 526 千字

2001 年 8 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-3292-7/G·857

定 价: 36.00 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

本教材是根据全国化工中专教学指导委员会审定的新的化工机械专业《化工机器》课程教学大纲要求编写的。

全书共分为绪论、离心泵、其他类型泵、离心机、过滤机、活塞式压缩机、离心式压缩机、风机及其他化工机器九部分。离心泵、离心机、活塞式压缩机和离心式压缩机为主要化工机器，是必学内容，其他内容可根据实际情况选学。

本书在总结近几年教学实践的基础上，结合我国的教育改革要求，在编写过程中力求文字通俗易懂，概念简单明了，并适度降低了理论知识的难度，简化或省略了公式推导和繁琐的理论阐述，加强了实践技能知识的应用。

本教材没有涉及实验内容，但实验和教材内容是相互联系的，在按照《专业综合实验教学大纲》进行实验时，要注意同教材进度相联系。

全书约 120 学时，重点内容 98 学时，课时弹性大，以便教师根据实际情况灵活施教。

本教材可作为中等职业学校和高等职业技术学院化工机械专业教材，也可供石油化工类其他专业师生及有关技术人员参考。

全书编写人员：绪论、第五、六章由陕西省石油化工学校张涵编写，第一、二、七章由上海市信息技术学校（原上海市化工学校）程学珍编写，第三、四、八章由南京化工学校魏龙编写。全书由陕西省石油化工学校张涵主编，常州化工学校张黎明主审。湖南化工学校王绍良、淮南工学院职业技术学院朱满超、扬州化工学校傅伟和沧州工业学校耿玉香等同志参审，他们对本书提出了许多宝贵意见，在此表示衷心地感谢。

由于编写时间仓促，编者水平有限，难免存在一些错误，热诚希望读者批评指正。

编者

2000 年 12 月

内 容 提 要

本书主要讲述了石油化学工业中常用的离心泵、其他类型泵、离心机、过滤机、活塞式压缩机、离心式压缩机等化工机器的工作原理、工作结构、运行特性及选择使用方法等基本知识。简单介绍了回转圆筒、粉碎机械和运输机械等化工机器的结构、工作原理及性能。

本书可作为中等职业学校和高等职业技术学院化工机械专业教材，也可供石油化工类其他专业师生及有关工程技术人员参考。

目 录

绪论	1	(一) 理论扬程和实际扬程的区别	13
一、化工机器的特点及其在石油化学工业中的作用	1	(二) 实际扬程的计算	13
二、化工机器的发展概况	1	第五节 离心泵的性能曲线	14
三、《化工机器》课程的性质、任务和内容	1	一、离心泵的能量损失及效率	14
四、《化工机器》课程的教学要求和学习方法	2	(一) 机械损失及效率	14
第一章 离心泵	3	(二) 容积损失及效率	15
第一节 概述	3	(三) 水力损失及效率	15
一、泵在石油化学工业中的应用	3	二、离心泵的性能曲线	16
二、泵的分类	3	(一) 理论性能曲线的形成	16
(一) 按工作原理分类	3	(二) 实际性能曲线的分析	17
(二) 按泵的用途分类	4	第六节 离心泵性能曲线的换算	19
三、泵的特点及应用范围	5	一、相似概念及相似定律	19
第二节 离心泵的装置及分类	5	(一) 相似概念	19
一、离心泵的装置及工作过程	5	(二) 相似定律	19
二、离心泵的分类	6	二、转速改变时性能曲线的换算	20
(一) 按叶轮吸入方式分类	6	(一) 比例定律	20
(二) 按级数分类	6	(二) 通用性能曲线	20
(三) 按扬程分类	7	三、叶轮切割时性能曲线的换算	21
(四) 按泵的用途和输送液体性质分类	7	(一) 切割定律	21
第三节 离心泵的基本性能参数	7	(二) 切割定律的应用	22
(一) 流量	7	四、粘度改变时性能曲线的换算	22
(二) 扬程	7	(一) 换算的必要性	22
(三) 转速	7	(二) 换算方法	22
(四) 功率和效率	8	第七节 离心泵的汽蚀	26
(五) 允许吸上真空高度及允许汽蚀余量	8	一、汽蚀现象及其危害	26
第四节 离心泵的基本原理	8	(一) 汽蚀现象	26
一、液体在叶轮进出口处的速度三角形	8	(二) 汽蚀的危害	26
(一) 液体在叶轮内的流动状态	8	二、允许汽蚀余量和允许吸上真空高度	27
(二) 进出口处的速度三角形	9	(一) 允许汽蚀余量	27
二、离心泵基本方程式	10	(二) 允许吸上真空高度	29
三、有限叶片叶轮的理論扬程	11	三、提高离心泵抗汽蚀能力的措施	30
四、叶片离角对理论扬程的影响	12	第八节 离心泵的运转	31
五、离心泵的实际扬程及其确定	13	一、离心泵在管路上的工作及流量调节	31
		(一) 管路特性曲线	31
		(二) 离心泵的工作点	32
		(三) 流量调节	33
		二、离心泵的串联与并联工作	34
		(一) 串联工作	34

(二) 并联工作	35	(二) 往复泵的分类	63
第九节 离心泵的选择	35	二、往复泵的流量	65
一、比转速	35	(一) 理论平均流量	65
二、离心泵的型号表示法	37	(二) 实际平均流量	65
三、离心泵的结构	38	(三) 流量曲线图	66
(一) 单级单吸离心式清水泵	38	三、往复泵的性能特点及其应用	67
(二) 单级双吸式离心水泵	39	四、往复泵的流量调节	68
(三) 多级离心泵	39	(一) 旁路回流法	68
四、离心泵的选择	41	(二) 改变活塞行程法	68
(一) 选择泵的原则	41	(三) 改变活塞往复次数法	68
(二) 选择泵的步骤与方法	43	五、往复泵的空气室装置	68
第十节 离心泵的主要零部件	44	六、结构示例	69
一、叶轮	44	第二节 计量泵	70
二、蜗壳与导轮	46	一、柱塞式计量泵	70
(一) 蜗壳	46	(一) 泵缸	70
(二) 导轮	46	(二) 传动机构	71
三、密封环	46	(三) 调节机构	71
四、轴向力及其平衡装置	47	二、隔膜泵	73
(一) 轴向力的产生及危害	47	第三节 转子泵	73
(二) 轴向力的平衡	47	一、齿轮泵	73
五、转轴密封装置	49	(一) 结构	73
(一) 填料密封	49	(二) 原理	73
(二) 机械密封	50	(三) 主要性能参数	74
第十一节 离心泵的操作及故障排除	52	(四) 结构示例	75
一、启动及停车	52	二、螺杆泵	75
(一) 启动	52	(一) 工作原理及特点	76
(二) 停车	53	(二) 典型结构介绍	77
二、运转时的维护	53	第四节 旋涡泵	78
三、常见故障及排除方法	54	一、旋涡泵的结构与工作原理	78
第十二节 石油化工特殊用离心泵	55	(一) 结构	78
一、耐腐蚀泵	55	(二) 工作原理	78
二、离心式油泵	56	二、旋涡泵性能参数	79
三、无泄漏离心泵	56	三、旋涡泵的特点及应用	80
(一) 液下泵	56	四、结构示例	80
(二) 屏蔽泵	57	第五节 真空泵	80
(三) 磁力传动泵	57	一、真空泵的用途及分类	80
四、低温泵	59	(一) 用途	80
五、高速部分流泵	59	(二) 分类	80
思考题	60	二、真空泵工作过程及性能参数	81
习题	60	(一) 工作过程	81
第二章 其他类型泵	63	(二) 性能参数	81
第一节 往复泵	63	三、往复式真空泵	81
一、往复泵的工作原理及分类	63	(一) 结构	81
(一) 往复泵的结构和工作原理	63	(二) 工作原理	81

(三) 性能参数	82	习题	129
(四) 结构示例	83	第四章 过滤机	130
四、其他真空泵的介绍	83	第一节 过滤机的应用和分类	130
(一) 液环泵结构和工作原理	83	一、过滤机在化工生产中的应用	130
(二) 纳氏泵结构和工作原理	84	二、过滤机的分类	130
第六节 各种类型泵的比较和选择	86	第二节 压滤机	131
思考题	87	一、压滤机的工作过程	131
第三章 离心机	88	(一) 分类	131
第一节 概述	88	(二) 工作过程	131
一、离心分离过程的特点及应范围	88	二、压滤机的结构	133
二、分离因素和离心力	89	(一) 滤板及移动装置	133
三、离心机的分类及型号表示法	90	(二) 滤布的悬吊和张开装置	135
(一) 离心机的分类	90	(三) 压紧装置	136
(二) 型号表示法	90	第三节 叶滤机	136
第二节 转子的临界转速与振动	92	一、叶滤机的结构	136
一、振动和临界转速的概念	92	(一) 垂直滤叶卧式加压叶滤机	136
二、单转子轴的临界转速	93	(二) 垂直滤叶立式加压叶滤机	137
三、刚性轴与挠性轴	96	(三) 水平滤叶加压叶滤机	137
四、影响临界转速的一些因素	97	二、滤叶的结构	139
(一) 回转效应的影响	97	第四节 转鼓真空过滤机	139
(二) 臂长的影响	98	一、转鼓真空过滤机的结构	139
(三) 轴承及弹性支承的影响	98	二、筒体及分配头	140
五、离心机的减振和隔振	98	第五节 过滤机的选型	142
(一) 减振	98	一、过滤机选型的基本原则	143
(二) 隔振	99	(一) 滤浆的过滤特性	143
(三) 减振元件	99	(二) 生产规模	143
第三节 离心机的结构及选择	100	(三) 操作条件	143
一、间歇式运转离心机	100	(四) 过滤目的	144
(一) 三足式离心机	100	(五) 结构材料	144
(二) 上悬式离心机	102	二、过滤机型式和使用范围	144
二、连续运转离心机	104	思考题	145
(一) 卧式刮刀卸料离心机	105	第五章 活塞式压缩机	146
(二) 卧式活塞推料离心机	110	第一节 概述	146
(三) 螺旋卸料离心机	115	一、压缩机的用途、种类及应用范围	146
三、高速离心机	119	(一) 压缩机的用途	146
(一) 管式高速离心机	119	(二) 压缩机的种类及应用范围	146
(二) 室式分离机	121	二、活塞式压缩机的基本构造和工作	
(三) 碟片式分离机	121	过程	148
四、离心机的选择	123	三、活塞式压缩机的分类、优缺点及	
第四节 离心机鼓壁应力分析	125	型号编制	149
一、转鼓质量引起的应力	125	(一) 活塞式压缩机可以按不同方法	
二、转鼓内物料引起的应力	126	分类	149
三、附件引起的应力	128	(二) 活塞式压缩机的优缺点	151
思考题	128	(三) 活塞式压缩机的型号编制	151

四、活塞式压缩机的历史及发展	152	五、活塞式压缩机转矩的平衡	206
第二节 活塞式压缩机的热力学基础	152	(一) 切向力图	207
一、气体的状态参数	152	(二) 作幅度面积矢量图	208
二、理想气体状态方程式	154	(三) 飞轮矩的确定	208
三、实际气体及状态方程式	155	第五节 活塞式压缩机的总体结构及选择	209
(一) 实际气体的状态方程式	155	一、压缩机主要参数和“三化”标准	209
(二) 气体的压缩性系数	156	(一) 主要参数	209
四、混合气体	157	(二) “三化”介绍	210
五、气体的热力学过程	161	二、结构方案的选择	211
第三节 活塞式压缩机的热力特性	163	(一) 压缩机的基本形式及特点	211
一、活塞式压缩机的工作循环	163	(二) 级在列中的排列	214
(一) 理论压缩循环	163	(三) 结构方案示例	215
(二) 实际压缩循环	167	三、压缩机的选用方法和步骤	217
(三) 实际气体的影响	168	(一) 基本工艺参数的确定	217
二、排气量及其影响因素	169	(二) 初选压缩机	217
(一) 压缩机的实际吸气量及其影响	169	(三) 排气量和能耗核算	218
因素	169	四、石油化工常用压缩机结构示例	219
(二) 压缩机的实际排气量及影响	173	(一) L3.3-17/320 氮氢气压缩机	219
因素	173	(二) 4M12-45/210 二氧化碳压缩机	221
(三) 排气量公式在实践中的应用	174	第六节 活塞式压缩机的主要零部件	223
三、压缩机的功率和效率	175	一、气缸	223
(一) 压缩机的功率	175	(一) 气缸的基本结构形式	223
(二) 压缩机的效率	179	(二) 气缸的工作表面	225
(三) 驱动机功率的确定	180	(三) 气阀在气缸上的布置形式	227
四、多级压缩	182	(四) 气缸的润滑与冷却	229
(一) 采用多级压缩的理由	182	(五) 气缸的密封与连接	230
(二) 级数的选择与压力比的分配	185	(六) 气缸、气缸套的材料	231
(三) 各级气缸行程容积的确定	186	二、活塞组件与填料函	232
(四) 最大活塞力	190	(一) 活塞	232
第四节 活塞式压缩机的动力学分析	190	(二) 活塞杆	234
一、曲柄连杆机构的运动关系	190	(三) 活塞环	236
(一) 活塞的位移	190	(四) 填料函	239
(二) 活塞的速度	191	三、气阀	242
(三) 活塞的加速度	191	(一) 气阀的组成及结构形式	242
二、惯性力分析	192	(二) 对气阀的要求	244
(一) 运动质量的转化	192	(三) 气阀的材料	245
(二) 惯性力的计算	195	四、传动机构	245
三、压缩机中的作用力	197	(一) 曲轴	245
(一) 总活塞力	197	(二) 连杆	247
(二) 活塞式压缩机主要零部件受力	199	(三) 十字头	248
分析	199	第七节 活塞式压缩机的辅助装置	251
四、活塞式压缩机惯性力的平衡	201	一、缓冲器	251
(一) 单列压缩机惯性力的平衡	202		
(二) 多列压缩机惯性力的平衡	203		

二、冷却器	252	(一) 离心式压缩机的串联工作	288
三、油水分离器	253	(二) 离心式压缩机的并联工作	289
四、安全阀	253	二、离心式压缩机的性能调节	290
第八节 活塞式压缩机的运转	255	(一) 压缩机的出口节流	290
一、压缩机排气量的调节	255	(二) 压缩机的进口节流调节	291
(一) 转速调节	255	(三) 采用可转动的进口导叶调节	
(二) 管路调节	255	(进气预旋调节)	292
(三) 顶开吸气阀调节	257	(四) 改变压缩机的转速调节	293
(四) 辅助容积法调节	258	(五) 采用可转动的扩压器叶片	295
二、压缩机的润滑	258	第四节 离心式压缩机的主要零部件	295
(一) 飞溅润滑	258	一、转动元件	295
(二) 压力润滑	259	(一) 主轴	295
(三) 润滑油的选择	260	(二) 叶轮	297
三、气流脉动及管路振动	262	(三) 紧圈和固定环	301
(一) 气柱共振与管路机械共振	262	(四) 转子的轴向力及其平衡	301
(二) 减小气流脉动的措施	263	(五) 推力盘	303
(三) 减小管路振动的措施	263	(六) 轴套	303
四、压缩机的操作及常见故障分析	263	二、固定元件	303
(一) 操作规程	263	(一) 吸气室	303
(二) 常见故障及分析和消除方法	267	(二) 扩压器	303
思考题	268	(三) 弯道和回流器	306
习题	269	(四) 蜗壳	306
第六章 离心式压缩机	271	三、轴承	307
第一节 概述	271	(一) 动压轴承的工作原理	308
一、离心式压缩机在石油及化工中的应用	271	(二) 轴承的油膜振荡	309
二、离心式压缩机的优缺点	271	(三) 影响油膜振荡的因素	309
三、离心式压缩机的发展概况	272	(四) 消除油膜振荡的方法	310
第二节 离心式压缩机总体结构及工作		(五) 轴承的结构	310
原理	272	四、密封装置	313
一、离心式压缩机的总体结构及工作		(一) 迷宫密封	314
过程	272	(二) 浮环密封	315
(一) 总体结构	272	(三) 抽气密封	316
(二) 工作过程	274	思考题	317
(三) 离心式压缩机的结构类型及型号		第七章 风机	318
编制	274	第一节 概述	318
(四) 主要性能参数	275	一、风机的分类	318
二、离心式压缩机的基本原理	275	二、型号表示法	318
(一) 叶片功	275	(一) 常用通风机型号	318
(二) 功率和效率	277	(二) 鼓风机型号	319
(三) 级中气体状态变化规律	280	三、应用	319
(四) 离心式压缩机的性能曲线	282	第二节 离心式风机的主要性能参数	319
第三节 离心式压缩机的调节	288	一、主要性能参数	319
一、离心式压缩机的串联与并联	288	(一) 总压头	319
		(二) 风压	320

(三) 风量	320	(四) 端头结构	344
(四) 功率	320	第二节 粉碎机械	346
二、性能曲线	320	一、粉碎方法及粉碎机械的分类	347
三、比转数的计算	321	(一) 粉碎方法	347
第三节 离心式风机的无因次性能曲线	323	(二) 粉碎机械的分类	347
一、流量系数 $\overline{Q}$	323	二、颚式破碎机	349
二、压力系数 $\overline{p}$	323	(一) 颚式破碎机的分类	349
三、功率系数 $\overline{N}$	324	(二) 结构及主要参数	350
第四节 离心式风机的构造与系列	324	三、辊式破碎机	353
一、风机的结构形式与主要零部件	324	(一) 工作原理	353
(一) 叶轮	324	(二) 构造	353
(二) 机壳	325	(三) 主要参数	354
(三) 进气箱和扩散器	326	四、球磨机	355
(四) 传动方式不同的结构型成	327	(一) 工作原理与分类	356
二、离心式风机的系列介绍	328	(二) 结构	357
三、风机的选择	328	(三) 主要参数	360
第五节 罗茨鼓风机	329	五、粉碎机械的选择	362
一、结构性能	329	第三节 运输机械	362
二、主要零部件	330	一、运输机械在化工生产中的应用及分类	362
(一) 转子	330		362
(二) 机壳	330	二、带式运输机	363
(三) 传动齿轮	330	(一) 构造	363
(四) 轴承及轴封装置	330	(二) 应用范围	367
思考题	331	(三) 选型	368
习题	331	三、斗式提升机	370
第八章 其他化工机器	332	(一) 结构及应用	370
第一节 回转圆筒	332	(二) 选型及计算	372
一、回转圆筒在化工生产中的应用及工作	332	四、螺旋运输机	374
过程	332	(一) 构造及应用	374
二、物料在转筒内的运动情况	333	(二) 选型及计算	375
(一) 物料颗粒在转筒内的运动	333	思考题	377
(二) 物料在转筒内停留时间	334	附录	379
三、转筒主要参数和工艺尺寸的确定	334	附录一 法定单位及换算	379
(一) 筒体直径	334	附录二 泵的型号和性能表	380
(二) 筒体长度	335	附录三 各种海拔高度的大气压	382
(三) 长径比	336	附录四 水的饱和蒸汽压	382
(四) 斜度和转速	336	附录五 离心机型号	383
四、回转圆筒的结构	336	附录六 过滤机型号	385
(一) 筒体结构	336	附录七 活塞式压缩机型号及动力计算用表	386
(二) 支承装置	338	参考书目	391
(三) 传动装置	341		

绪 论

一、化工机器的特点及其在石油化学工业中的作用

化工机器是为化工生产过程服务的，它是决定化工生产安全，产品质量、数量及产品成本的重要因素。

化工工艺过程种类繁多，各种过程进行的条件往往也各不相同，但大部分工艺过程都具有高温、高压、低温、低压、易腐蚀、有毒和易燃、易爆特性，生产过程大都是连续性生产，因而化工机器需与化工过程及化工企业特点相适应。

第一，化工机器要有较高的生产能力。近几十年来，化工生产采用大型生产装置是一个明显的趋势，生产装置的大型化必须要求化工机器与生产能力相适应。

第二，化工机器要具备较高的生产效率。

第三，在化工生产过程中，要求化工机器具有良好的安全性、密封性。

第四，化工生产用的机器需要长期连续运转，一旦停机将会造成严重的后果。因而必须采取各种措施保证机器能长周期，安全可靠稳定地运行。

化工机器广泛地应用于化工生产的各部门中，在化工生产中原料、半成品及成品大都是流体，将原料变成半成品或成品要经过复杂的工艺过程。在这些过程中流体的输送必须用泵和压缩机来完成，如合成氨生产中水洗工段的水泵、压缩工段的压缩机就是输送液体和压缩气体以达到工艺所要求的条件。所以化工机器不但是为化工生产服务的，而且是化工生产的重要条件。

二、化工机器的发展概况

化工机器是人类应用较早的机器之一，初期化工机器主要应用在农业、冶金、矿山等领域，随着生产的发展，科学技术的不断进步和提高，化工机器如离心泵，压缩机等在化工生产中得到广泛应用，并迅速发展。

在我国，化工机械制造行业的发展经历了从无到有，从小到大，从只能修配仿制到完全自己设计、制造的发展过程。解放前，我国化工机械设备的制造能力十分薄弱。新中国成立后，化工机械随着我国化学工业的发展而逐步壮大。20 世纪 50 年代，大连化工厂试制成功了压力为 19.6MPa，功率为 $1.76 \times 10^6 \text{W}$ 的氮气压缩机；20 世纪 60 年代，化工机械研究院，南京化学工业公司、上海电机厂共同协作，试制成功了内置式透平循环压缩机与 $6 \times 10^4 \text{t}$ 合成氨配套；20 世纪 70 年代，锦西化工机械厂和兰州化工机械厂，生产出年产 $4 \times 10^4 \text{t}$ 乙烯装置所用的裂解气、乙烯气、丙烯气压缩机。

随着化学工业的发展，对化工机器的品种要求越来越多，技术条件也越来越高。近年来国外化工机器正向大型化、高速化、特殊化和系列化方向发展，化工机器将进一步得到发展和应用。

三、《化工机器》课程的性质、任务和内容

《化工机器》是职业教育化工机械专业一门重要的专业课，是培养中等化工机械技术人才的重要组成部分。

通过对《化工机器》课程的学习，培养学生具有从事一般化工机器和设备的维修、安装

制造及管理工作能力，具有从事化工机器的使用、选型和技术改造的能力。

化工生产中所使用的化工机器种类很多，每种机器都有它们各自的特点。本课程所学内容不能面面俱到，只讲述比较典型的，具有普遍性的化工机器，如泵、离心机、压缩机等。学生通过对这些典型化工机器的工作原理、性能、结构特点、运转、维护和选型等方面技术知识的学习，不但为从事化工机械管理和技术改造工作打下基础，而且可触类旁通，对其他化工机器有所了解和认识。

四、《化工机器》课程的教学要求和学习方法

《化工机器》是一门理论性和实践性较强的课程，通过本课程的学习，需达到下列基本要求：

① 掌握主要化工机器如离心泵、离心机、活塞式压缩机、离心式压缩机、风机等机器的工作原理、性能、结构特点、运转及选用方法。具有正确使用、选型以及技术改造的能力，并能进行维护与故障分析；

② 了解其他化工机器如回转圆筒、粉碎机械、运输机械的工作原理、结构和类型、具有正确使用、维护和选型的基本知识；

③ 能查阅有关化工机器的资料、标准、图表、规范及手册等；

④ 了解当前化工机器的状况及今后发展动向。

为了能学好本课程，要求做到以下几点。

① 扎实学好有关课程。本课程与化工原理，工程力学、机械原理与机械零件、化工机械制造和安装修理等课程关系密切，学习时应该具有扎实的专业基础知识。

② 要有一定的化工知识。参加化工生产，对化工生产过程有一个感性认识，并了解和化工机器有关的工艺流程知识，这样才能更好的设计，选择和科学使用化工机器。

③ 理论联系实际。本门课程内容多，实践性强，因此在学习时特别要注意理论联系实际，将学到的知识在生产实践中不断进行深化。

第一章 离心泵

第一节 概 述

一、泵在石油化学工业中的应用

泵是用来输送液体并增加液体能量的一种机器。

泵在国民经济的各个部门中得到了广泛的应用。如：农业的灌溉和排涝；城市的给排水；机械工业中机器的润滑和冷却，热电厂的供水和灰渣的排除；原子能发电站中输送具有放射性的液体等。不论是重工业还是轻工业，不论是尖端科学技术还是日常生活到处都需要用泵。

在石油化工生产中，泵的使用更加广泛，如炼油厂用的各类油泵；化工厂用的各类酸泵，碱泵；氮肥厂的熔融尿素泵及各类给排水用的清水泵，污水泵等。石油化工生产中的原料，半成品和成品大多是液体，将原料制成产品时，需要经过复杂的工艺过程，泵起了提供压力及流量的作用。泵一旦出现故障，往往会影响整个系统的工作。如果把管路比作人体的血管，那么泵就好比是人的心脏。可见，泵在石油化工生产过程中占有极为重要的地位，是保证石油化工连续、安全生产的重要机器之一。

二、泵的分类

泵的用途极广，不同的工作场合对泵的要求也各不相同，所以泵的种类繁多，对它们的分类方法也各不相同。

(一) 按工作原理分类

1. 容积泵

容积泵是依靠泵内工作室（泵壳或缸）容积大小作周期性地变化来输送液体，为间歇排液过程。此类泵又可分为往复泵和转子泵。

2. 叶片泵

叶片泵是依靠泵内作高速旋转的叶轮把能量传递给液体，从而实现液体输送的机械。此种类型的泵又可按叶轮结构不同分为离心泵 [图 1-1 (a)]、混流泵 [图 1-1 (b)]、轴流泵 [图 1-1 (c)] 及旋涡泵（见第二章）等。

3. 其他类型泵

除叶片泵和容积泵以外的特殊泵。属于这一类型的泵主要有流体动力作用泵、电磁泵等。流体动力作用泵是依靠另一种流体（液、气或汽）的静压能或动能来输送液体的泵，如喷射泵（图 1-2）、酸蛋、水锤泵等。

每一类型泵中，根据泵的结构和动力来源的不同，又有许多不同命名：

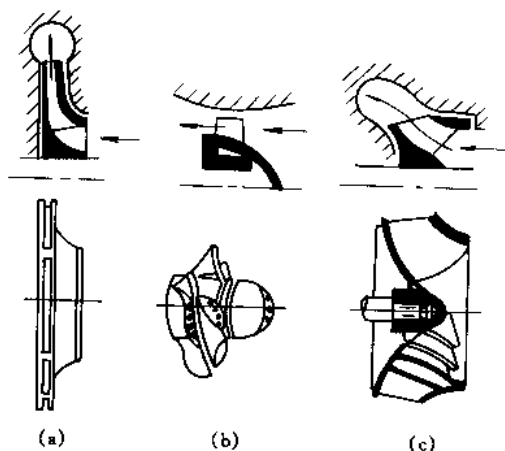


图 1-1 各种类型叶片泵

(a) 离心泵；(b) 混流泵；(c) 轴流泵

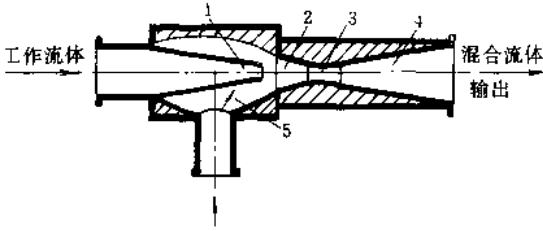
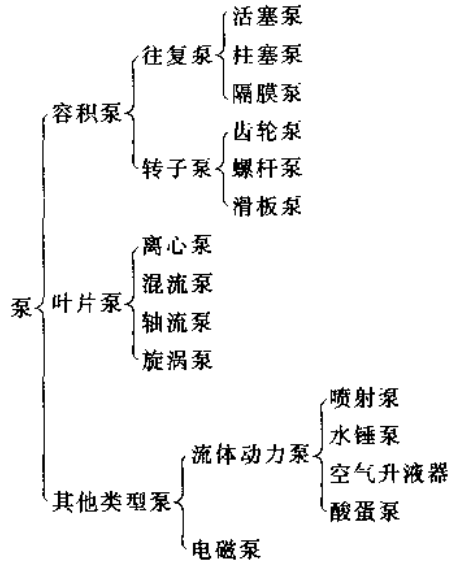


图 1-2 喷射泵结构示意图

1—喷嘴；2—混合室；3—喉管；
4—扩散室；5—真空室



（二）按泵的用途分类

（1）供料泵：将液态原料从贮池或其他装置中吸进，加压后送到工艺流程装置去的泵，又称增压泵。

（2）循环泵：在工艺流程中用于循环液增压的泵。此种泵使循环液补充压力的同时又能使设备（如蒸馏塔、解吸塔）各段之间保持热量平衡。

（3）成品泵：把装置中液态成品或半成品输送到贮池或其他装置用泵。

（4）高温和低温泵：输送 300℃ 以上高温液体和接近凝固点（或 5℃ 以下）低温液体用泵。

（5）废液泵：把装置中产生的废液连续排出的泵，如原油脱氢装置中的废水泵、脱硫装置中的污水泵等。

（6）特殊用途泵：如液压系统中的动力油泵、水泵等。

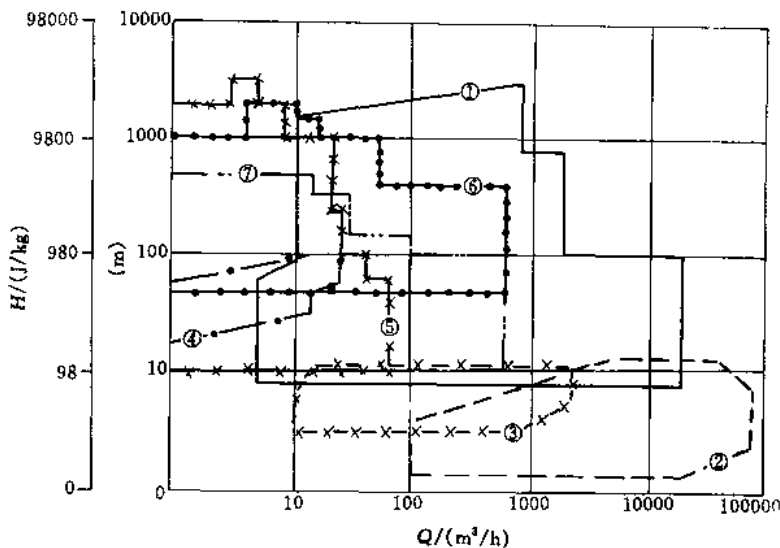


图 1-3 各种常用泵的使用范围

三、泵的特点及应用范围

图 1-3 大致表示各类泵的流量和能量头的适用范围。①表示离心泵；②表示轴流泵；③表示混流泵；④表示旋涡泵；⑤表示动力往复泵；⑥表示螺杆泵；⑦表示蒸汽往复泵。由图可以看出，离心泵主要适用于大、中流量和中等压力的场合；往复泵主要适用于小流量和高压力的场合；转子泵和旋涡泵则适用于小流量和高压力的场合。其中离心泵具有适用范围广、结构简单及运转可靠等优点，在石油化工及其他化工生产中得到了广泛的应用。容积泵只在特定场合下使用，其他类型泵则使用较少。

第二节 离心泵的装置及分类

一、离心泵的装置及工作过程

离心泵的种类虽然很多，但主要零部件却是相近的。图 1-4 所示为 IS 型单级单吸离心泵结构图，它主要由泵体、泵盖、轴、叶轮、轴承、密封部件和支座等构成。有些离心泵还装有导叶、诱导轮和平衡盘等。为防止液体从泵壳等处泄漏，在各密封点上分别装有密封环或轴封箱。轴承及轴承悬架支持着转轴，整台泵和电机安装在一个底座上。

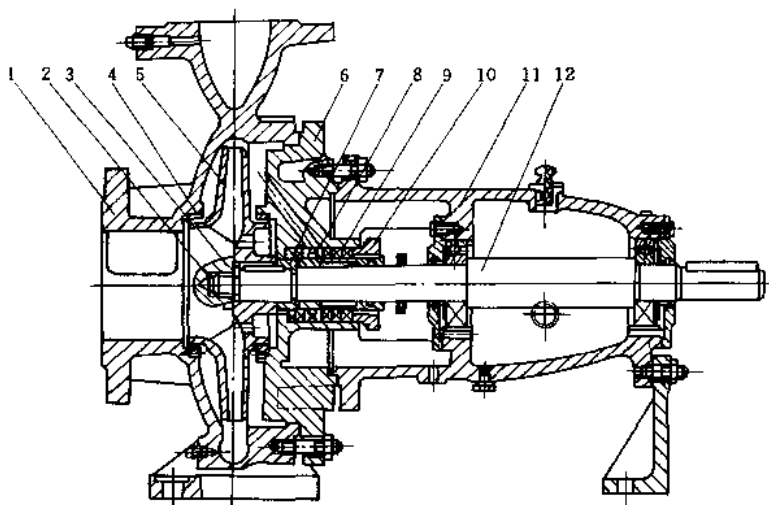


图 1-4 IS 型单级单吸离心泵结构图

- 1—泵体；2—叶轮螺母；3—制动垫片；4—密封环；5—叶轮；6—泵盖；
7—轴套；8—填料环；9—填料；10—填料压盖；11—轴承悬架；12—轴

为了使离心泵正常工作，离心泵必须配备一定的管路和管件，这种配备有一定管路系统的离心泵称为离心泵装置。图 1-5 所示是离心泵的一般装置示意图，主要有底阀、吸入管路、排出阀、排出管路等。

离心泵在启动之前，泵及吸入管路内应灌满液体，此过程称为灌泵。启动电机后，驱动机通过泵轴带动叶轮旋转，叶轮中的叶片驱使液体一起旋转，在离心力作用下，叶轮中的液体沿叶片流道被甩向叶轮出口，并流经蜗壳送到排出管。液体从叶轮上获得能量，并依靠此能量将液体输送到贮池或工作地点。

在叶轮中的液体被甩向叶轮出口的同时，叶轮入口中心处就形成了低压，在吸液池和叶轮中心处的液体之间就产生了压差，吸液池中的液体在该压力差作用下，便不断地经吸入管

路及泵的吸入室进入叶轮中。这样,叶轮在旋转过程中,一面不断地吸入液体,一面又不断地给予吸入的液体一定的能头,将液体排出。离心泵便如此连续不断地工作。

离心泵进出管路和管路附件,对泵的正常操作作用很大,底阀是一个止逆阀,启动前此阀关闭,保证泵体及吸入管路内能灌满液体,泵停止运转时此阀自动关闭,防止液体倒灌入泵造成事故,底阀装有滤网,防止杂物进入泵内堵塞流道。

离心泵在运转过程中,常发生“气缚”现象,即泵内进入空气,使泵不能正常工作。这是因为空气密度比液体小得多,在叶轮旋转时产生的离心作用很小,不能将空气压出,使吸液室不能形成足够的真空,离心泵便没有抽吸液体的能力。

对于大功率泵,为减小阻力采用真空泵抽气,然后启动而不装底阀的办法。

二、离心泵的分类

离心泵的分类方法很多,通常可按下列几种方法分类。

(一) 按叶轮吸入方式分类

1. 单吸式离心泵

如图 1-4 所示,叶轮只在一侧有吸入口。此类泵的叶轮制造方便,应用最为广泛,这种泵的流量为 $4.5 \sim 300 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 $8 \sim 150 \text{ m}$ 。

2. 双吸式离心泵

图 1-6 所示的叶轮两侧都有吸液口,液体从叶轮两侧同时进入叶轮。故泵的流量较大,目前我国生产的双吸泵最大流量为 $2000 \text{ m}^3/\text{h}$,甚至更大,扬程为 $10 \sim 110 \text{ m}$ 。

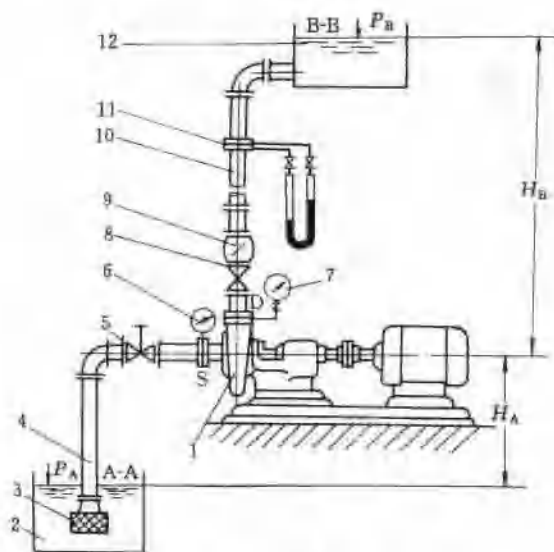


图 1-5 离心泵的一般装置示意图

1—泵；2—吸液罐；3—底阀；4—吸入管路；5—吸入管调节阀；6—真空表；7—压力表；8—排出管调节阀；9—单向阀；10—排出管路；11—流量计；12—排液罐

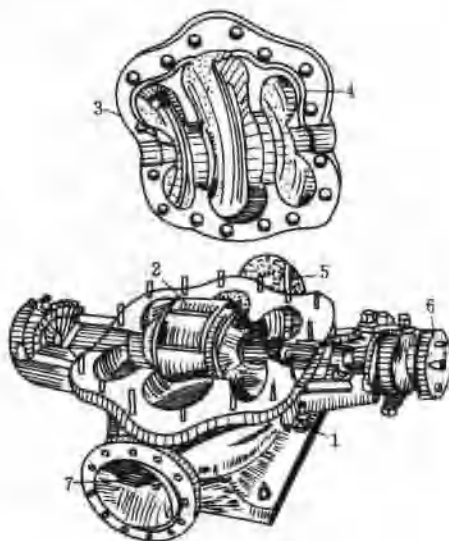


图 1-6 单级双吸离心泵

1—泵体；2—叶轮；3—泵盖；4—水封槽；5—出口；6—联轴器；7—进口

(二) 按级数分类

1. 单级离心泵

泵中只有一个叶轮,单级离心泵是一种应用最广泛的泵。由于液体在泵内只有一次增