

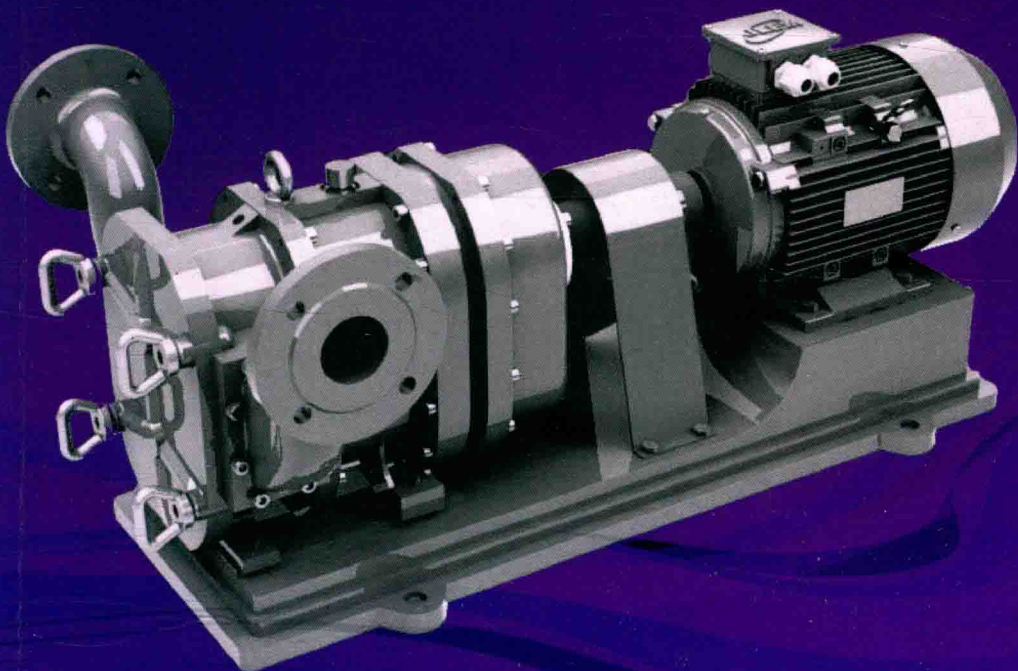


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

过程流体机械

第2版

康 勇 李桂水 主编



 化学工业出版社

普通高等教育“十一五” 国家级规划教材

过程流体机械

第2版

康 勇 李桂水 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书保留了第1版的基本特色,借鉴吸收了国内同类教材的优点以及近年来过程流体机械领域的新知识和新发展,对各章内容进行了重新规划、增删和完善。全书共分8章,系统介绍了叶片泵、容积泵、活塞式压缩机、螺杆式压缩机、离心式压缩机、风机和离心机,对各类过程流体机械的结构型式、工作原理、性能参数、选型与运行特点以及相关知识进行了系统阐述和分析。每章后留有思考与计算题,全书最后附有各章计算题答案,便于学生对所学知识的掌握和巩固。

本书可以作为高等院校过程装备与控制工程、石油与天然气储运工程、流体机械、石油工程以及化学工程与工艺等专业的本科生教材,也可供针对过程流体机械技术学习、研究、生产和应用等方面的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

过程流体机械/康勇,李桂水主编.—2版.—北京:化学工业出版社,2016.6
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-122-26850-1

I. ①过… II. ①康…②李… III. ①化工过程-机械
过程-高等学校-教材 IV. ①TQ021.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第082346号

责任编辑:程树珍
责任校对:边涛

装帧设计:张辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装订:三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张19 $\frac{3}{4}$ 字数538千字 2016年9月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网址:<http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:50.00元

版权所有 违者必究

前言

Foreword

本书第1版为普通高等教学“十一五”国家级规划教材，是全国普通高等院校过程装备与控制工程专业的核心课程教材，也可以作为高等院校石油与天然气储运工程、流体机械、石油工程以及化学工程与工艺等专业的本科生专业必修或选修教材，还可供针对过程流体机械技术学习、研究、生产和应用等方面的科技人员参考。

全书共分8章，基本涵盖了过程工业常用的工作类流体机械，例如，泵类涉及叶片泵和容积泵，其中叶片泵重点介绍了离心泵、轴流泵和旋涡泵；容积泵重点介绍了往复泵、螺杆泵、齿轮泵和液环泵。压缩机包括往复式、螺杆式和离心式三类，每一类压缩机都独立成章。风机介绍了常用的离心式、轴流式和罗茨风机；离心分离机涉及过滤式和沉降式两类，每种类型都做了各有侧重点的归纳。书中对各类过程流体机械的结构型式、工作原理、性能参数、选型与运行特点以及相关知识进行了系统阐述和分析，保留了第1版教材的基本特色，对各章内容进行了重新规划、增删修订和补充完善，借鉴吸收了国内同类教材的优点以及近年来过程流体机械领域的新知识和新发展，注重培养学生对过程流体机械理论知识的掌握和应用能力的提高。本教材每章均留有适量思考和计算题，并在全书最后附有各章计算题答案。

本版教材由康勇和李桂水修订，其中康勇负责第1~第4、第8章等内容的修订，李桂水负责第5~7章内容的修订，全书由康勇统稿完善。在具体修订过程中田雅婧、刘潇、任博平、李毅、王星天和张冰做了大量工作，在此表示感谢。

本书虽对第1版教材中存在的问题进行了认真修订，但由于编者水平和能力有限，书中仍会有不少遗漏之处，希望广大同仁及用书朋友多提宝贵意见和建议，以便本书在今后能更加完善、更能满足广大读者需求。

编者

2016年3月于天津大学

第1版前言

工业通常分为两类，一类是以天然资源为原料的过程工业，生产出初级产品；另一类是以过程工业生产出的初级产品作为原料的制造业（商品制造业），加工出人们生活所需的日常用品，如服装、汽车、电视机、冰箱等。产品是过程的结果，公认的产品类别分为四种：硬件、软件、服务和流程性材料。所谓流程性材料指的是经过各种转化制成的产品，以固体（粉粒）、液体、气体或其组合形态为主的材料，通常以散装形式如管道、桶、袋、箱、罐或卷的形式交付。

然而，无论是过程工业还是制造业，均需要把原动机产生的机械能转换成流体（气体、液体等）的动能、压力能和位能。过程流体机械是实现这类能量转化的重要装置之一，并广泛应用于石油化工、冶金、能源、航空航天、制冷、医疗卫生、电力工业及交通运输等部门，也是现代人们日常生活不可或缺的机械。

过程流体机械种类繁多，本书所指的过程流体机械仅限于流体机械中的工作机，而不包括原动机，重点是三机一泵（压缩机、鼓风机、通风机和泵），它们是流体机械的重要组成部分，用来将机械能转变为流体的压力能、动能和位能，是过程工业的心脏设备。选择、应用、管理好这些流体机械，对工厂的装备投资，生产产品的质量、产量、成本和效益等都具有十分重要的意义，因而它是过程装备与控制工程、流体机械、化学工程或其他过程工程专业的一门核心课程。

本教材较系统的阐述了过程流体机械的基本工作原理、结构形式、运行性能与调节控制以及选型的基本原则。由于教学对象、教学目的和学时所限，力求整个流体机械学科横向的覆盖，并在介绍不同类型流体机械的基本结构形式、工作原理、基本参数和应用领域时，努力把握各种流体机械在本质上的机理共同性和相互间的有机联系与差异。其目的是引导学生触类旁通，尽量拓宽知识面，使学生既掌握有关的基本知识，又有利于培养学生的跨学科发展和科技创新的能力。

本书第1~第4章由康勇编写，第5~第6章由李桂水编写，第7~第9章由张建伟编写，全书由康勇统稿。

本书由天津大学宗润宽教授主审，并且在成稿前后均付出了大量的心血和汗水，在此表示诚挚谢意。

由于编写人员的水平有限，书中难免有不妥之处，望广大读者不吝赐教、批评指正。

编者
2008. 3. 1

目录

Contents

1 概论	1
1.1 过程流体机械概念	1
1.1.1 过程及过程工业	1
1.1.2 过程装备与过程流体机械	1
1.2 过程流体机械的分类	2
1.2.1 按流体形态分类	2
1.2.2 按工作原理分类	3
1.2.3 按流体运动特点分类	4
1.3 过程流体机械的用途	4
思考与计算题	4
参考文献	5
2 叶片泵	6
2.1 离心泵	6
2.1.1 离心泵结构与工作原理	6
2.1.2 离心泵基本方程及应用	7
2.1.3 离心泵的性能曲线	15
2.1.4 流量调节	27
2.1.5 汽蚀现象及成因	30
2.1.6 离心泵的主要零部件	34
2.1.7 离心泵的轴向力及其平衡	41
2.1.8 离心泵的典型结构	45
2.1.9 离心泵的型号编制	49
2.1.10 离心泵的选择	50
2.2 轴流泵	51
2.2.1 轴流泵的原理和结构	51
2.2.2 轴流泵的基本方程	51
2.2.3 轴流泵的性能特点	52
2.2.4 轴流泵的型号编制	53
2.3 旋涡泵	53
2.3.1 旋涡泵的结构和工作原理	53

2.3.2	旋涡泵的基本方程式	55
2.3.3	旋涡泵的汽蚀和流量调节	55
2.3.4	旋涡泵的型号编制	56
	思考与计算题	56
	参考文献	58
3	容积泵	59
3.1	往复泵	59
3.1.1	往复泵的工作原理及分类	59
3.1.2	往复泵的主要性能参数	60
3.1.3	往复泵的液力端	69
3.1.4	往复泵的空气室	75
3.1.5	往复泵的类型	77
3.1.6	往复泵的型号编制	83
3.1.7	往复泵选择的基本方法	85
3.2	螺杆泵	85
3.2.1	单螺杆泵	86
3.2.2	双螺杆泵	92
3.2.3	三螺杆泵	96
3.2.4	螺杆泵的型号编制	102
3.3	齿轮泵	104
3.3.1	外啮合齿轮泵	105
3.3.2	内啮合齿轮泵	109
3.3.3	齿轮泵的型号编制	110
3.4	液环泵	111
3.4.1	液环泵的工作原理及性能参数	111
3.4.2	液环泵的分类、结构型式及型号编制	114
	思考与计算题	115
	参考文献	116
4	活塞式压缩机	117
4.1	活塞式压缩机的结构及分类	117
4.1.1	活塞式压缩机的基本结构	117
4.1.2	活塞式压缩机的种类及型号编制	118
4.2	活塞式压缩机的热力学基础	120
4.2.1	基本热力学状态参数	120
4.2.2	理想气体状态方程	120
4.2.3	活塞式压缩机的理论循环	121
4.2.4	活塞式压缩机工作过程的示功图分析	125

4.2.5	气缸的实际吸气量	127
4.2.6	压缩机的排气量	129
4.2.7	压缩机的功率和效率	131
4.2.8	多级压缩	134
4.3	活塞式压缩机的动力学	139
4.3.1	曲柄连杆机构的运动	139
4.3.2	曲柄连杆机构运动惯性力的分析	140
4.3.3	压缩机运转时的作用力	142
4.3.4	惯性力的平衡	145
4.3.5	切向力图	148
4.4	活塞式压缩机的总体结构	150
4.4.1	气缸	150
4.4.2	活塞组件	151
4.4.3	填料函	154
4.4.4	气阀	155
4.4.5	曲轴	158
4.5	活塞式压缩机的结构型式及性能	159
4.5.1	活塞式压缩机的结构型式	159
4.5.2	主要性能参数	161
4.5.3	活塞式压缩机的选型	162
4.6	活塞式压缩机的运转	163
4.6.1	输气量的调节	163
4.6.2	压缩机的润滑	164
4.6.3	活塞式压缩机的维护	165
	思考与计算题	165
	参考文献	167
5	螺杆式压缩机	168
5.1	概述	168
5.1.1	螺杆式压缩机结构与工作原理	168
5.1.2	螺杆式压缩机的分类及应用范围	169
5.1.3	螺杆式压缩机的特点	169
5.2	螺杆式压缩机的工作过程及主要热力参数	171
5.2.1	工作过程	171
5.2.2	实际工作过程	171
5.2.3	内压力比及压力分布图	173
5.2.4	螺杆式压缩机的排气量及容积效率	174
5.2.5	螺杆式压缩机的排气温度	176

5.3	螺杆式压缩机的性能曲线	178
5.4	单螺杆压缩机	179
5.5	螺杆式压缩机的排气量调节	180
	思考与计算题	181
	参考文献	182
6	离心式压缩机	183
6.1	概述	183
6.1.1	离心式压缩机的特点	183
6.1.2	离心式压缩机的应用	183
6.1.3	离心式压缩机的基本结构及工作原理	183
6.2	离心式压缩机热力过程分析	185
6.2.1	连续性方程	186
6.2.2	欧拉方程	186
6.2.3	功率和效率	188
6.2.4	级中气体状态的变化	191
6.2.5	离心式压缩机级的性能曲线	196
6.3	叶轮	199
6.3.1	叶轮的结构形式	199
6.3.2	叶轮的主要参数	201
6.4	其他零件	205
6.4.1	扩压器	205
6.4.2	回流器和蜗壳	208
6.5	离心式压缩机的密封	209
6.5.1	迷宫密封	210
6.5.2	浮环密封	212
6.5.3	干气密封	214
6.5.4	其他类型的密封	217
6.6	离心式压缩机的选型	217
6.6.1	离心式压缩机的型号编制	217
6.6.2	选型考虑的因素	218
6.6.3	选型步骤	220
	思考与计算题	221
	参考文献	222
7	风机	223
7.1	概述	223
7.1.1	风机的分类	223
7.1.2	风机的基本性能参数	224

7. 1. 3	风机的应用	225
7. 2	离心式风机	226
7. 2. 1	离心式风机的工作原理	226
7. 2. 2	离心式风机的型号编制	227
7. 2. 3	离心式风机的性能曲线	229
7. 2. 4	离心式风机的选型	231
7. 2. 5	离心式风机的调节与运行	234
7. 3	轴流式风机	238
7. 3. 1	轴流式风机的结构型式与工作原理	238
7. 3. 2	轴流式风机的型号编制及命名方法	239
7. 3. 3	轴流式风机的性能曲线	240
7. 3. 4	轴流式风机的运转与调节	241
7. 4	罗茨鼓风机	243
7. 4. 1	罗茨鼓风机的结构与工作原理	243
7. 4. 2	罗茨鼓风机的特点与应用	243
7. 4. 3	罗茨鼓风机选型及计算	245
	思考与计算题	250
	参考文献	251
8	离心机	252
8. 1	离心机及其分离原理	252
8. 1. 1	分离因数	252
8. 1. 2	离心分离原理	253
8. 2	过滤离心机	255
8. 2. 1	三足式过滤离心机	255
8. 2. 2	上悬式过滤离心机	259
8. 2. 3	卧式刮刀卸料过滤离心机	260
8. 2. 4	虹吸刮刀卸料过滤离心机	264
8. 2. 5	活塞推料过滤离心机	265
8. 2. 6	离心力卸料过滤离心机	268
8. 2. 7	螺旋卸料过滤离心机	271
8. 2. 8	振动卸料离心机	272
8. 2. 9	进动卸料过滤离心机	275
8. 3	沉降离心机	277
8. 3. 1	三足式沉降离心机	277
8. 3. 2	刮刀卸料沉降离心机	278
8. 3. 3	螺旋卸料沉降离心机	280
8. 3. 4	管式沉降离心机	284

8.3.5	室式沉降离心机	286
8.3.6	碟式沉降离心机	286
8.4	离心机的生产能力计算	288
8.4.1	过滤离心机的生产能力	288
8.4.2	沉降离心机的生产能力	290
8.5	离心机的功率计算	292
8.5.1	启动转动件所需功率	292
8.5.2	启动机器到工作转速所需功率	293
8.5.3	轴承摩擦消耗的功率	293
8.5.4	机械密封摩擦消耗的功率	294
8.5.5	转鼓及物料表面与空气摩擦消耗的功率	294
8.5.6	卸出滤渣(或沉渣)消耗的功率	294
8.5.7	高速沉降离心机用向心泵排液时功率	295
8.5.8	总功率计算	296
8.6	离心机选型	296
8.6.1	选型的依据	296
8.6.2	选型步骤	297
8.6.3	多种机型联用及综合选型	299
	思考与计算题	301
	参考文献	301
附录		303
附表 1	常用气体的主要物理常数	303
附表 2	$(\cos\alpha + \lambda\cos2\alpha)$ 的数值表	304
附表 3	$\frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos\beta}$ 的数值表	305
附表 4	各章计算题参考答案	305

1 概论

1.1 过程流体机械概念

1.1.1 过程及过程工业

过程是指事物状态变化在时间上的持续和空间上的延伸，它描述的是事物发生状态变化的经历。

根据生产方式、扩大生产的方法以及生产时物质（物料）所经受的主要变化，工业生产可以分为过程工业和产品（生产）工业两大类。

过程工业（process industry）是进行物质转化的所有工业过程的总称，包含了大部分重工业，诸如化工、石油加工、能源、冶金、建材、核能、生物技术和制药，是一个国家的基础工业，对于发展国民经济及增强国防力量起着关键作用。过程工业的特点是：工业生产使用的原料主要是自然资源；产品主要用作生产工业的原料；生产过程主要是连续生产；生产原料在生产过程中经过许多化学变化和物理变化；产量的增加主要靠扩大工业生产规模或者靠“放大生产规模”来实现；过程工业同时又是物质和能量流特别大的工业。

每一种工业均需从原理上研究如何提高生产率、降低投资费用及操作成本等，需从原理上改进设备，提高生产能力，并不断从创新的角度发展新的生产过程，使过程生产无污染，符合可持续发展的基本原则。

1.1.2 过程装备与过程流体机械

实现过程工业的硬件手段称为过程装备，如机械、设备、管道、工具和测量仪器仪表以及自动控制用的电脑、调节操作机构等。所以过程装备是实现产品生产的物质条件。过程装备的现代化、先进性在某种意义上讲，对过程工业所生产产品的质量会起着决定性的影响。过程流体机械是过程装备中的一大类型，是过程工业中广泛使用的一类流体机械。

广义地讲，流体机械是指在流体具有的机械能和机械所做的功之间进行能量转换的机械的总称。泵、风机、压缩机、水轮机和汽轮机等都属于流体机械，与人们的生活有着密不可分的关系。自来水和管道煤气需要用水泵和压缩机加压以便输送到千家万户；在汽车上用燃料泵来输送燃油，液力变矩器用于变速系统，散热器冷却泵和风机用于冷却系统；在发电厂中，流体机械更是必不可少的机械，如核电站中的冷却泵，火电厂中的泵、风机和汽轮机，水电站中的水轮机等；在日常生活用品和食品工业中，各种各样的流体机械被用于压送、干燥、冷却和除尘过程中。此外，在高新技术领域中也广泛地使用流体机械，如人工心脏泵和火箭液体燃料泵等。

流体机械按作用功能可以分为工作机械、动力机械和动力传动机械。

① 工作机械 包括叶片式和容积式的泵、风机、压缩机等，其特点是吸收原动机提供的机械能，输出高能量的流体（高压、高速流动的流体）。

② 动力机械 包括水轮机、液动或气动马达、涡轮动力机械以及风力发电的风车。其

特点是利用输入流体的机械能（位能、压力能或动能），通过机械的转换而输出机械能量（以转速和转矩形式输出）。

③ 动力传动机械 是一类特殊的流体机械，作为机械动力的传输、变换装置使用，包括液力传动机械、液压传动机械及气压传动机械三大类。这类机械的输入、输出主接口都是机械接口，没有流体接口，是一类隐态的流体机械。

根据以上分类，就可以明白无误地知道所谓的过程流体机械就是流体机械中的工作机械。

1.2 过程流体机械的分类

过程流体机械的分类一般遵循传统流体机械的分类方法，即按照不同的原则，过程流体机械可以有不同的分类。

1.2.1 按流体形态分类

按流体介质形态可分为液体介质和气体介质两类流体机械，如泵和离心机属于前者，压缩机和风机属于后者。这两类流体机械所针对的流体介质密度相差悬殊，因此在单位功率体积比上也相差很大，同时在流体介质的密封方法和密封件结构上也大有差别。

1.2.1.1 泵

将机械能转变为液体的能量，用来给液体增压与输送液体的流体机械称为泵。泵在过程流体机械中占有很大的比重，是一类应用广泛的通用流体机械。

根据工作原理，泵可分为叶片泵、容积泵以及不属于这两类的其他类型泵。

① 叶片泵 依靠泵内作高速旋转的叶轮把能量传给液体，进行液体输送并提高液体压力的流体机械，属于这种类型的泵有各种型式的离心泵、轴流泵、旋涡泵及混流泵等。

② 容积泵 利用工作室容积周期性变化来输送液体并提高液体的压力的流体机械，如活塞泵、柱塞泵、隔膜泵、螺杆泵、齿轮泵和滑板泵等。

③ 其他类型泵 利用流体静压力或流体动能来输送液体的流体动力泵，如射流泵和水锤泵等。

描述泵性能的基本技术参数有流量、扬程（压头）、转速、功率和效率。图 1-1 给出了常用泵的扬程和流量适用范围。

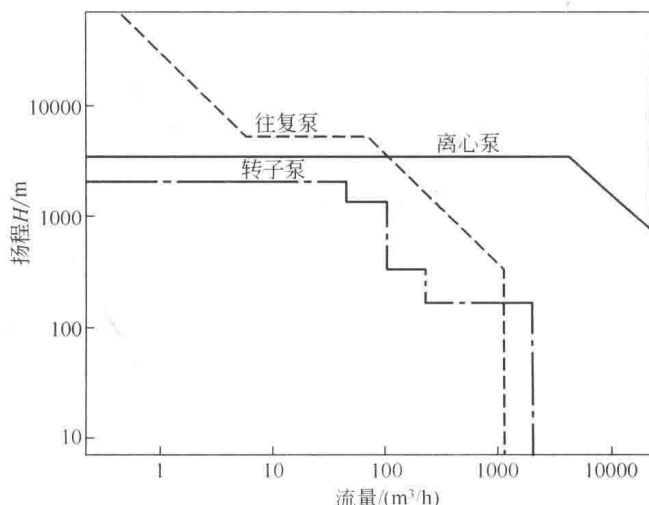


图 1-1 常用泵的扬程和流量适用范围

1.2.1.2 压缩机

将机械能转变为气体的能量,用来给气体增压与输送气体的流体机械称为压缩机。压缩机在工业生产中应用广泛,如在化工生产中,为了保证某些合成工艺在高压条件下进行,一般要通过压缩机把气体预先加压到所需的压力;在众多工业生产中,常采用压缩气体作为机械与风动工具、控制仪表与自动化装置的动力源;压缩机还用于气体制冷、气体分离以及气体的管道输送和装瓶等。

压缩机按照能量传递与转换方式的不同,一般可分为容积式和速度式两大类,具体分类如图 1-2 所示。

容积式压缩机的工作原理是依靠气缸容积的周期性变化来压缩气体,以达到提高气体压力的目的。按其运动特点不同,可分为以下两种。

① 往复式压缩机 即活塞式压缩机,通过气缸内活塞的往复运动来压缩气体。根据压缩机排气压力的高低,又有单级和多级之分。

② 回转式压缩机 依靠机器内转子回转时工作室容积的变化实现对气体的压缩。根据结构型式不同,这类压缩机又分为螺杆式、滑片式和涡旋式三种。

速度式压缩机的工作原理与容积式的截然不同,它是依靠机器内作高速旋转的叶轮将机械能传递给气体,从而提高气体的压力和速度,并通过扩压元件把气流的动能转换成压力能。根据机器内气流方向的不同,速度式压缩机又可分为离心式和轴流式两种,其中离心式压缩机为多级压缩,转速高、气量大、排气平稳,气体不受油污污染,在大型工业生产中应用广泛;轴流式压缩机由动叶片、静叶片、转鼓和机壳组成,通过转动叶片对气体做功实现

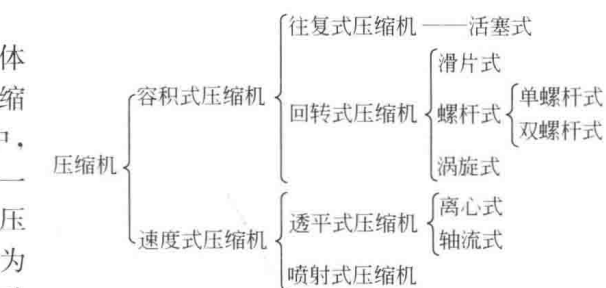


图 1-2 压缩机的分类

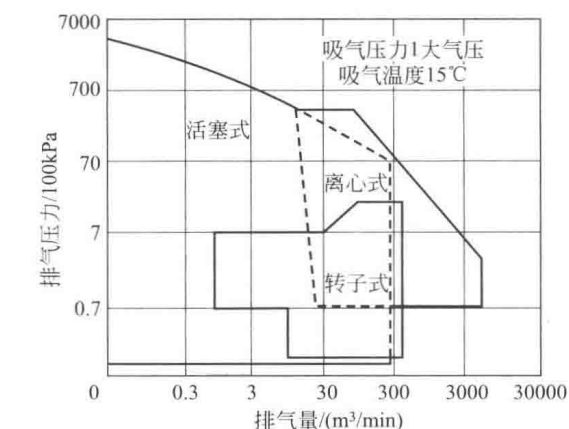


图 1-3 各类压缩机适用范围

气体压缩,气体阻力损失较小,效率较离心式高。

综上所述,由于各类压缩机的工作特点不同,它们的性能和所适用的范围也不完全一样,几种常用类型的压缩机的适用范围如图 1-3 所示。

1.2.1.3 风机

风机是一类用于输送气体的过程流体机械,属通用机械范畴。从能量观点来看,它是把原动机的机械能转变为气体能量的一种机械。风机按照工作原理可分为叶片式和容积式两类,按出风风压大小又可分为通风机、鼓风机和压气机三类。

1.2.1.4 分离机

利用机械能将多相混合介质分离开来的流体机械称为分离机,本书所介绍的分离机是指借助离心力将具有一定密度差的多相流体介质或以液体介质为主的多相体系分离开来的流体机械,即离心机。分离机一般分为过滤离心机和沉降离心机。

1.2.2 按工作原理分类

① 叶片式流体机械 包括离心泵、轴流泵等各种叶片式泵、压缩机和风机,基本特点是工作目的借助于叶轮的回转运动来实现。

② 容积式流体机械 包括各类液、气介质的往复式或转子式泵、压缩机和风机。它们的工作过程均通过“工作容积周期性变化”进行。

③ 其他作用机理流体机械 如射流泵、液环泵和旋涡泵等。

1.2.3 按流体运动特点分类

① 有压流动类 绝大多数流体机械在工作过程中流体是在封闭流道中运动的，相对压力一般不等于零，流动属有压流动。

② 无压流动类 此类流体机械工作时流体运动有一个相对压力为零的自由表面，因此称无压流动类流体机械，但液体内部各处相对压力一般不完全为零。

此外，按照不同的应用和结构特点，流体机械尤其是泵和风机类产品，还有很多工程上的习惯分类，如泥浆泵、污水泵、自吸式泵、无堵塞泵、杂质泵、潜水泵、磁力驱动泵、船用泵、矿用泵、核工程用泵、航天航空用泵、输送特殊气体的压缩机、耐高温的锅炉引风机等。它们在工作原理上并无新的本质性特点。

1.3 过程流体机械的用途

过程流体机械使用范围很广，其产品和技术广泛应用于石油化工、化工、电力、冶金、环保、石油和天然气开采及集中输送、城市基础设施建设、煤炭及矿产开采、水利、轻工、建材、纺织、医药、农业、食品、交通和国防等国民经济各领域。如果把奔流着千百种液体和气体物质的各类大小流体系统视为过程工业和社会生活的血管，那么流体机械就是它们的心脏。

以泵来说，这种通用流体机械随处可见。在工农业生产中，只要有流体流动的地方基本都有泵在工作，如农田排灌、石油化工、城市给排水系统、矿业、冶金、造船、制药、酿造等行业均离不开泵。如石油管道输送时需大量的离心泵给热化成液体的石油加压以克服管道输送中的阻力；采油工业中需要高扬程的离心泵向油田油层注水以保持油层压力。在采矿工业中需用大量的潜水电泵或深井泵来排除矿区的积水，选矿行业需使用大量的泥浆泵来输送矿浆。石化行业更离不开各种类型的泵来满足生产的需求。

再从行业的角度来看，以电力为例，不管是火电、水电或核电，流体机械都是该领域重要的机械设备。在高温高压工况下工作的锅炉给水泵是火电厂除锅炉、汽轮机、发电机外最重要的机械设备。锅炉鼓风机、引风机、输送灰渣的渣浆泵，各种循环泵、冷凝泵均是电力行业不可少的设备。在石油、化工行业，用于向地层注水的高压泵、注气的压缩机，用于集油和输油的泵和输气的压缩机以及化工流程中输送酸、碱、盐、原料、成品、半成品的耐腐蚀泵，可以避免泄漏的屏蔽泵，输送液态烃、氧、氢等低温液体的低温泵，合成氨、尿素、甲醇、乙烯、石油精炼工艺等所需泵和压缩机等，无一不是生产中的关键性设备。实际上，化工设备与机械中除了反应罐、塔等高压高温容器装置外，就是各种泵和压缩机，因为密如蛛网的各种管网输送的液态和气态物质，都需依靠它们作为液体或气体流动的动力源。

总之，过程流体机械的用途极为宽广，学习这门课程的主要目的是掌握这类流体机械的基本结构、工作原理和工作性能，并学会在工业生产中应用这些流体机械。

思考与计算题

1. 什么是过程和过程工业？
2. 什么是过程流体机械？如何分类？
3. 举例说明过程流体机械在工业生产领域的应用情况。

参 考 文 献

- [1] 李云, 姜培正. 过程流体机械. 第二版. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [2] 王福安, 任宝增. 绿色过程工程. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [3] 陈次昌. 流体机械基础. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [4] 陆肇达. 流体机械基础教程. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2003.
- [5] 吴玉林. 流体机械及工程. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [6] 张克危. 流体机械原理. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [7] 姜培正. 过程流体机械. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [8] 张湘亚, 陈泓. 石油化工流体机械. 北京: 石油大学出版社, 1996.

2 叶片泵

2.1 离心泵

2.1.1 离心泵结构与工作原理

图 2-1 为单级单吸式离心泵总体结构简图。从图中可以看出，离心泵包括蜗壳形的泵壳 8 和装于泵轴 7 上旋转的叶轮 3，蜗形泵壳的吸液口与吸液管 4 相连接，排液口通过阀门 2 与排液管 1 相连接。离心泵的叶轮一般是由两个圆形盖板组成，盖板之间有若干片弯曲的叶片，叶片之间的槽道为液体的流道，如图 2-2 所示。叶轮前盖板中心位置有一个圆孔，即叶轮的进液口，它装在泵壳的吸液口内，与离心泵吸液管相通。离心泵在启动之前，先用液体灌满泵壳和吸液管道，然后启动电机，使叶轮和液体作高速旋转运动，液体受到离心力作用被甩出叶轮，经蜗形泵壳中的流道而进入离心泵的出口管道，再排入管网中。与此同时，离心泵叶轮中心处由于液体被甩出而形成真空区，吸液池中的液体便在内外压差作用下，沿吸液管连续进入叶轮吸液口，又受到高速转动叶轮的作用，液体被甩出叶轮而汇入出口管道，如此循环，就实现了离心泵连续输送液体的目的。

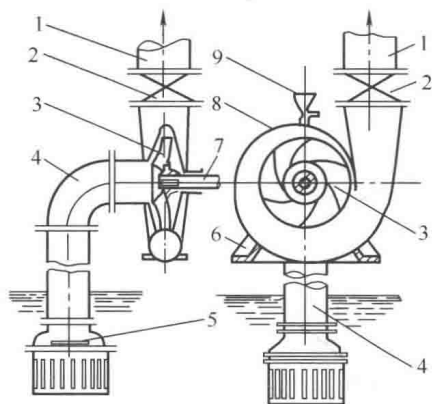


图 2-1 单级单吸式离心泵总体结构

1—排液管；2—阀门；3—叶轮；4—吸液管；5—吸液口；
6—泵座；7—泵轴；8—泵壳；9—灌液口

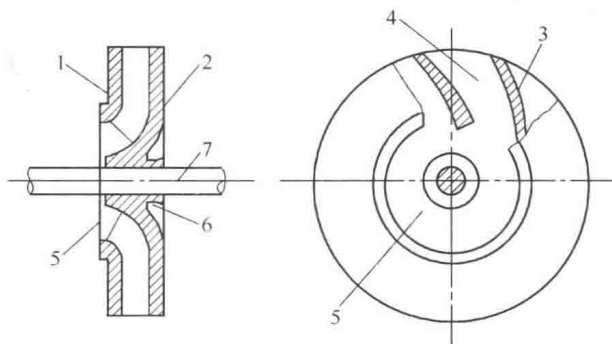


图 2-2 单吸闭式叶轮

1—前盖板；2—后盖板；3—叶片；4—流道；
5—泵轴；6—轮毂；7—吸液口

离心泵的工作过程实际上是一个能量传递和转化的过程，它把电动机高速旋转的机械能转化为被输送液体的动能、位能和压力能。在这个传递和转化过程中，伴随着许多能量损失，这种能量损失越大，离心泵的性能就越差，工作效率就越低。

离心泵的工作原理与后面讲到的容积泵完全不同。容积泵是靠工作容积由大变小将液体强行排挤出去，而离心泵是靠离心力将液体从叶轮中抛出去。离心泵的流量和扬程之间有相互对应的关系，因此可以用安装在泵出液管路上的阀门来调节流量。但是对于容积泵，一般是不允许用这种方法来调节流量，关小排液管路上的阀门，不仅起不到调节流量的作用，反