



“十三五”江苏省高等学校重点教材

过程流体机械

Process Fluid Machinery

主 编 高光藩 庞明军

副主编 彭 剑 邱水才

非外借



科学出版社



“十三五”江苏省高等学校重点教材(编号: 2017-2-091)

过程流体机械

主 编 高光藩 庞明军
副主编 彭 剑 邱水才



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是江苏省高等学校重点教材,介绍了过程工业中常用的流体机械,内容包括:过程流体机械的用途、分类及发展趋势,往复式压缩机,其他容积式压缩机,离心泵,其他泵,离心式压缩机,离心机,高速回件的强度以及高速转轴的临界转速。侧重于介绍流体机械的工作原理,涉及流体力学、热力学和动力学理论以及基本结构和典型实例等,并对重要知识点配有导学视频,读者可随时在线学习。

本书可作为过程装备与控制工程专业以及流体机械相关专业的本科教材,也可供涉及流体机械技术学习、研究、制造和应用等方面的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

过程流体机械/高光藩,庞明军主编. —北京:科学出版社,2018.9

“十三五”江苏省高等学校重点教材

ISBN 978-7-03-059302-3

I. ①过… II. ①高…②庞… III. ①化工过程—流体机械—高等学校—教材 IV. ①TQ021.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第251042号

责任编辑:李涪汁 曾佳佳/责任校对:彭涛

责任印制:张克忠/封面设计:许瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京画中画印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年9月第一版 开本:787×1092 1/16

2018年9月第一次印刷 印张:18 1/2

字数:438 000

定价:79.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

现代国民经济的支柱及重要产业中,不少与气体、液体等流程性物料密切相关,如石油和天然气、管道运输、医药、食品、化学、化纤、水利、电力、环保、热力、冶金等。当走进相关企业,可发现纵横交错的管道将各种类型的单元设备连接在一起,按照设定的工艺流程,不同压力及温度的气体和液体等流程性物料在管道及设备的内部有序地发生流动,给这些流体提供动力的机器即为“过程流体机械”。

过程流体机械种类繁多,就每一种机器而言,涉及原理、结构、流体理论、强度、材料、设计、工况调节、故障分析、运行维护等多方面的知识。本书系统地介绍了过程工业中常用的流体机械,内容主要包括:过程流体机械的用途、分类及发展趋势,往复活塞式压缩机,其他容积式压缩机,离心泵,其他泵,离心式压缩机,离心机等,以及和高速旋转机械密切相关的高速回转件的强度和高速转轴的临界转速。

本书凝聚了编者所在过程流体机械课程团队的多年教学和实践经验,以及历届学生对教材使用的反馈情况,吸取已有兄弟院校教材的长处,在体现知识体系完整性的同时,突出如下特色:

(1)加强基础知识,重点阐明基本结构、基本理论、基本概念与基本计算方法。

(2)偏重于三种代表性机器:活塞式压缩机(容积式气体压缩设备)、离心式压缩机(动力式气体压缩设备)、离心泵(动力式液体输送设备),兼顾其他类型机器,同时介绍现代过程流体机械的发展状况及趋势。

(3)重要的知识点录制了微视频,在教材中嵌入微视频二维码链接,以强化重点与难点,提升教材的整体质量。

(4)附有汉英过程流体机械主要技术词汇,便于检索国外相关技术文献。

本书第1~3章及附录由高光藩编写,其中1.6节由高光藩、庞明军、彭剑共同编写;第4、5章由庞明军编写;第6章由邱水才、张玲艳编写;第7、9章由彭剑编写;第8章由高光藩、彭剑编写。全书由高光藩统稿。

本书承蒙常州大学裴峻峰教授主审,提出了许多宝贵的修改意见,谨此致以诚挚的谢忱。同时感谢研究生费洋、陆敏杰、谢程程、牛瑞鹏和李凯尚等在图表编辑过程中给予的帮助。

本书为江苏高校品牌专业建设工程资助项目(项目号PPZY2015B124),在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏及不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2018年6月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 过程流体机械的作用	1
1.1.1 过程工业概述	1
1.1.2 过程设备与过程流体机械	1
1.2 过程流体机械的分类	1
1.2.1 按能量转换分类	1
1.2.2 按流体形态分类	2
1.2.3 按结构特征分类	2
1.3 气体性质与热力过程	3
1.3.1 气体种类及状态方程	3
1.3.2 气体热力过程	4
1.3.3 气体的物化性质及流动性质	6
1.4 压缩机概述	8
1.4.1 压缩机的应用及分类	8
1.4.2 各种压缩机的特点	11
1.4.3 压缩机的基本术语	11
1.5 泵概述	12
1.5.1 泵的应用及分类	12
1.5.2 各种泵的特点	13
1.5.3 泵的基本术语	14
1.6 过程流体机械技术进展	15
1.6.1 大型化与微型化	15
1.6.2 透平机械流体动力学研究	16
1.6.3 先进成型制造技术	17
1.6.4 故障诊断技术	17
1.6.5 其他技术进展	18
思考题	18
第2章 往复式活塞式压缩机	20
2.1 概述	20
2.1.1 活塞压缩机基本结构及工作原理	20
2.1.2 活塞压缩机的特点	21
2.1.3 活塞压缩机的分类	22

2.2	活塞式压缩机热力分析	22
2.2.1	活塞压缩机的理论循环	23
2.2.2	活塞压缩机的实际循环	27
2.2.3	活塞压缩机的排气量	28
2.2.4	活塞压缩机的功率和效率	31
2.2.5	多级压缩	36
2.3	活塞式压缩机动力分析	40
2.3.1	曲柄连杆机构运动分析	40
2.3.2	曲柄连杆机构惯性力分析	41
2.3.3	活塞压缩机中的作用力和力矩	44
2.3.4	活塞压缩机的动力平衡	48
2.3.5	切向力	52
2.4	活塞式压缩机总体结构	53
2.4.1	活塞压缩机的结构形式	53
2.4.2	设计原则	53
2.4.3	主要参数的选择	54
2.5	活塞式压缩机主要零部件结构	55
2.5.1	气缸	55
2.5.2	活塞组件	58
2.5.3	填料函	61
2.5.4	气阀	62
2.5.5	曲轴	64
2.5.6	连杆	66
2.6	活塞式压缩机的运转	67
2.6.1	排气量调节	67
2.6.2	润滑	68
2.6.3	冷却	70
2.6.4	常见故障及维护	71
	思考题	74
	分析应用题	75
第3章	其他容积式压缩机	77
3.1	螺杆压缩机	77
3.1.1	基本结构及工作原理	77
3.1.2	螺杆压缩机性能及应用范围	78
3.2	单螺杆压缩机	80
3.2.1	基本结构及工作原理	80
3.2.2	单螺杆压缩机性能及应用范围	81
3.3	滑片压缩机	82

3.3.1	基本结构及工作原理	82
3.3.2	滑片压缩机性能及应用范围	83
3.3.3	滑片压缩机与螺杆压缩机性能对比	83
	思考题	84
第4章	离心泵	85
4.1	离心泵基本结构与工作原理	85
4.1.1	离心泵基本结构	85
4.1.2	离心泵分类	90
4.1.3	离心泵的工作原理	90
4.1.4	离心泵的基本理论	91
4.2	泵相似理论	104
4.2.1	泵相似理论基础	104
4.2.2	泵相似定律	106
4.2.3	比例定律	107
4.2.4	切割定律	108
4.2.5	比转数	108
4.2.6	泵相似理论的应用	110
4.3	离心泵性能曲线	112
4.3.1	性能曲线概述	112
4.3.2	性能曲线形状分析	113
4.3.3	几何参数对泵性能曲线的影响	116
4.4	泵系统管路性能曲线	118
4.4.1	离心泵的工作点	120
4.4.2	离心泵的串联与并联	121
4.4.3	离心泵串并联工作性能比较	123
4.5	离心泵的流量调节	123
4.5.1	改变管路性能曲线	123
4.5.2	改变泵性能曲线	124
4.6	离心泵吸入特性和安装高度的确定	126
4.6.1	离心泵汽蚀及其危害	126
4.6.2	汽蚀余量	128
4.6.3	改善离心泵汽蚀性能的途径	130
4.6.4	离心泵安装高度的确定	132
4.7	离心泵轴向力平衡	135
4.7.1	轴向力计算	135
4.7.2	轴向力平衡	137
4.8	典型离心泵	141
4.8.1	单级单吸式离心泵	141

4.8.2	单级双吸式离心泵	141
4.8.3	分段式多级离心泵	142
4.9	离心泵的型号编制	143
4.10	离心泵的选型	143
4.10.1	选型原则	143
4.10.2	选型步骤	143
	思考题	146
	分析应用题	147
第5章	其他泵	149
5.1	轴流泵	149
5.1.1	轴流泵的原理和结构	149
5.1.2	轴流泵的基本方程	149
5.1.3	轴流泵的性能特点	150
5.2	旋涡泵	151
5.2.1	旋涡泵的结构和工作原理	151
5.2.2	旋涡泵的流量调节	152
5.3	往复活塞泵	152
5.3.1	典型结构与工作原理	152
5.3.2	工作特性	153
5.3.3	特点及应用场合	154
5.4	螺杆泵	154
5.4.1	螺杆泵典型结构	154
5.4.2	工作原理	156
5.4.3	特点及应用场合	156
5.5	滑片泵	156
5.5.1	典型结构与工作原理	156
5.5.2	特点及应用场合	156
5.6	齿轮泵	157
5.6.1	典型结构	157
5.6.2	工作原理	157
5.6.3	特点及应用场合	158
	思考题	158
第6章	离心式压缩机	159
6.1	概述	159
6.1.1	离心式压缩机的特点	159
6.1.2	离心式压缩机的基本结构及工作原理	160
6.2	离心式压缩机热力过程分析	163
6.2.1	离心式压缩机的基本方程及应用	163

6.2.2	功率和效率	167
6.2.3	级间温度、压力的计算	170
6.2.4	离心式压缩机级的性能曲线及工况	173
6.3	叶轮	177
6.3.1	叶轮的分类	177
6.3.2	叶轮的主要参数	182
6.4	离心式压缩机的其他元件	184
6.4.1	吸气室	185
6.4.2	扩压器	185
6.4.3	弯道及回流器	189
6.4.4	蜗壳	190
6.5	离心式压缩机的密封	192
6.5.1	迷宫密封	192
6.5.2	机械密封	195
6.5.3	浮环密封	195
6.5.4	干气密封	196
	思考题	197
	分析应用题	198
第7章	离心机	200
7.1	离心机的工作原理与基本参量	200
7.1.1	离心机的工作原理	200
7.1.2	分离因数	201
7.1.3	离心液压	202
7.1.4	离心过滤速率	204
7.1.5	颗粒沉降速度及沉降离心机的生产能力	205
7.2	离心机的典型结构	209
7.2.1	离心机的基本结构及分类	209
7.2.2	过滤离心机	210
7.2.3	沉降离心机	218
7.2.4	离心分离机	222
7.3	离心机的选型	230
7.3.1	选型依据	230
7.3.2	选型步骤	233
7.3.3	多机种联用、综合选型与离心机标准	235
	思考题	236
	分析应用题	237
第8章	高速回转件的强度	238
8.1	高速回转轮盘的强度	238

8.1.1	轮盘的力学分析	238
8.1.2	等厚度回转轮盘的应力分析	240
8.1.3	锥形回转轮盘的应力分析	243
8.1.4	实际回转轮盘的应力计算	243
8.2	高速转鼓壁的强度	245
8.2.1	鼓壁自身质量引起的应力	246
8.2.2	筛网质量引起的鼓壁应力	247
8.2.3	物料质量引起的鼓壁应力	248
8.2.4	转鼓壁的强度计算	249
	思考题	254
	分析应用题	255
第9章	高速转轴的临界转速	256
9.1	高速回转机械的振动与临界转速	256
9.2	临界转速的计算方法	258
9.2.1	特征值法	258
9.2.2	影响系数法	262
9.2.3	临界转速的近似法	267
9.3	影响临界转速的其他因素	271
9.3.1	回转力矩的影响	271
9.3.2	臂长的影响	272
9.3.3	约束支承影响	273
	思考题	275
	分析应用题	275
	参考文献	277
附录1	常用气体的主要物理性质	279
附录2	汉英过程流体机械主要技术词汇	280
附录3	导学微视频索引	284
附录4	主要符号表	285

第1章 绪 论



1.1 过程流体机械的作用

1.1.1 过程工业概述

过程工业是现代国民经济支柱产业之一，过程工业是指以流程性物料为主要生产对象，完成各种生产过程的工业。流程性物料一般是液体、气体或粉体。过程工业涉及石油化工、化学化工、冶金、矿业、轻工、机械、建筑、医药、电力、交通运输、食品、水利、农业、环保、航空航天、国防等行业。

过程工业生产在“软件”上是通过工艺过程实现的，在“硬件”上是通过成套过程装置实现的。

1.1.2 过程设备与过程流体机械

成套过程装置是由一系列的单元过程设备(静设备)和过程流体机械(动设备)，按照一定的流程方式用管道、阀门等连接起来的，再配以必要的控制仪器仪表，使流程性材料在装置内部经历必要的物理和化学过程，制造出所需产品。

单元过程设备主要包括储存设备、换热设备、反应设备、塔设备等静设备。过程流体机械主要包括泵(液体工作介质)、压缩机(气体工作介质)、离心机(气、液、固混合工作介质)等动设备。

过程流体机械指的是以流体为基本工作介质进行能量转换、处理、增压与输送的机械。过程流体机械应用场合多，发挥不同的作用，三个基本功用是：①给流体增压，或者为流体输送；②参与生产环节，满足生产工艺的需要；③提供动力气源或进行环境通风等。

如同人体的心脏与肺一样，过程流体机械是过程工业的动力和核心设备。其能量消耗约占总能量生产的 1/3。相对于静设备，过程流体机械具有一定的复杂性，原因在于高速运动件的存在以及流体与固体的相互作用。

1.2 过程流体机械的分类

1.2.1 按能量转换分类

按照能量转换方式的不同，过程流体机械分为原动机和工作机。原动机是将流体的能量转换为机械能，用来输出轴功率。汽轮机、水轮机、燃气轮机就属于原动机。工作机是将机械能转变为流体的能量，用来改变流体的状态与输送流体。像活塞式压缩机、离心泵、往复泵等属于工作机。原动机与工作机的理论基础、作用原理以及结构形式相

似。但是所进行的过程相反，所起的作用也相反，就像内燃机与活塞压缩机一样。本课程的内容只关注工作机。

1.2.2 按流体形态分类

按照流体介质的不同，过程流体机械分为压缩机、泵、分离机等。压缩机是将机械能转变为气体的能量，用来给气体增压或输送气体的机械。压缩机内的流体介质是气体，根据排气压力(表压)大小，又可细分为压缩机(排气压力 ≥ 0.2 MPa)、鼓风机(排气压力为 $0.015\sim 0.2$ MPa)、通风机(排气压力 < 0.015 MPa)。泵内的流体介质是液体，泵是将机械能转变为液体的能量，用来给液体增压或输送液体的机械。分离机是用机械能将混合介质分离开来的机械，有多种结构形式。

1.2.3 按结构特征分类

按照工作原理及结构特征的不同，过程流体机械主要有动力式和容积式两大类，不属于上述两类机型的所占比例较小，归为其他形式(表 1.1)。

表 1.1 过程流体机械按照结构特征的分类

分类	工作机示例	原动机示例	特点
动力式	叶片式 离心(泵、压缩机、风机)、轴流(泵、压缩机)、混流泵、旋涡泵、液环真空泵、水轮泵	汽轮机、燃气轮机、烟气轮机、风力机、透平膨胀机、水轮机、叶片式液压马达	压力与流量关系密切 性能与介质关系密切 热效率较低
	流体作用式 喷射器、射流泵	喷气发动机、喷水推进器、柱塞式液压马达、气波制冷机	结构相对简单
容积式	往复式 活塞压缩机、隔膜压缩机、活塞泵、柱塞泵、隔膜泵	柴油发动机、汽油发动机	压力与流量关系弱 性能与介质关系弱
	回转式 齿轮泵、螺杆(泵、压缩机)、罗茨(泵、鼓风机)、滑片压缩机	齿轮马达、螺杆马达	热效率较高 结构较复杂
其他形式	水锤泵、电磁泵、酸蛋泵		

动力式流体机械细分为叶片式和流体作用式。叶片式顾名思义以叶片为核心元件，有许多种具体的形式，如离心泵、旋涡泵、离心式压缩机、轴流压缩机等，在流体机械中占有重要的地位。流体作用式没有叶轮那样的做功元件，采用的是流体动力学原理，如蒸汽喷射器、水力射流泵等。

容积式流体机械的结构特征是可形成封闭的空间，其容积可以变化。具体有往复式和回转式两类。往复式的代表形式有活塞泵、活塞压缩机等，回转式的代表形式有齿轮泵、螺杆压缩机等。

1.3 气体性质与热力过程



1.3.1 气体种类及状态方程

流体机械内部被压缩与输送的介质主要是液体和气体。要学好过程流体机械,必须熟悉流体的行为。液体几乎不可压缩(压力不是很高时),研究起来相对简单。气体是可压缩介质,压强、比容、温度等可能随时变化,研究起来相对复杂,因此必须对气体有基本的认识。

1. 气体分类

《瓶装气体分类》(GB/T 16163-2012)将气体分为以下四类:

(1) 压缩气体(亦称永久气体)。临界温度 $\leq -50^{\circ}\text{C}$ 的气体,如空气、氩、氧、氮、一氧化碳、二氧化碳、甲烷等。

(2) 高压液化气体。 $-50^{\circ}\text{C} < \text{临界温度} \leq 65^{\circ}\text{C}$ 的气体,如二氧化碳、氯化氢、六氟化硫、乙烷、乙烯等。

(3) 低压液化气体。临界温度 $> 65^{\circ}\text{C}$ 的气体,如氯、二氧化硫、氨、硫化氢、丙烷、丙烯、液化石油气等。

(4) 溶解气体。如乙炔。

2. 理想气体与实际气体

(1) 理想气体。现实中并没有理想气体,是为了简化问题分析而假定的气体。假设分子是不占有体积的弹性质点;分子之间没有作用力;分子碰撞完全弹性,无动能损失。这样,状态参数的关系可用简单的表达式描述。

实际气体压力 $p \rightarrow 0$,比容 $v \rightarrow \infty$,温度 T 不太低时,即处于远离液态的稀薄状态时,可认为接近于理想气体。一些气体,在一定条件下,产生误差不大时可近似按理想气体处理。

(2) 实际气体。实际气体分子间有复杂的作用力,分子本身占有体积。分子间的作用力有范德瓦耳斯力、氢键、相斥力、偏心力等。热力性质复杂,状态参数的关系描述不再简单,工程计算中经常用图表来表示。

3. 气体的状态方程

1) 理想气体状态方程

理想气体在任一平衡状态时 p 、 v 、 T 之间关系的方程式即理想气体状态方程式,或称克拉佩龙(Clapcyron)方程。

$$pv = RT \quad (1.1)$$

式中, R 为气体常数,单位为 $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$,其数值取决于气体的种类,与气体状态无关,如干空气, $287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$;压强 p 的国际标准单位是 Pa ,即 N/m^2 ;比容 v 的单位是 m^3/kg ;

热力学温度 T 的单位是 K。

克拉佩龙方程可看作是描述 1kg 气体的状态方程。如果是 m kg, 气体的状态方程可表达为

$$pV = mRT \quad (1.2)$$

式中, V 表示气体的体积, 单位是 m^3 。

对于 1kmol 气体, 气体的状态方程可表达为

$$pV_M = MRT = R_M T \quad (1.3)$$

式中, V_M 为千摩尔体积, 单位是 m^3/kmol ; M 是摩尔质量, 单位为 g/mol , 即 kg/kmol ; $MR=R_M$, $R_M=8314 \text{ J}/(\text{kmol}\cdot\text{K})$, R_M 被称为通用气体常数(也叫摩尔气体常数), 由阿伏伽德罗(Avogadro)定律可知, 在同温、同压下不同气体的摩尔体积是相同的, 因此通用气体常数不仅与气体状态无关, 与气体的种类也无关。

如果是 n kmol, 气体的状态方程可表达为

$$pV = nR_M T \quad (1.4)$$

2) 实际气体状态方程

实际气体状态方程要比理想气体复杂, 有许多不同的表述方法。下面介绍最典型的两种方法。

一种方法是对理想气体的两个基本假定(分子不占有体积、除碰撞外分子间没有相互作用力)进行修正, 如范德瓦耳斯(van der Waals)方程, 引入物性常数 a 、 b , 分别修正压力项与体积项。

$$\left(p + \frac{a}{V_M^2}\right)(V_M - b) = R_M T \quad (1.5)$$

另外一种方法是采用总修正系数修正理想气体状态方程, 这种方法压缩机较多采用。

$$pv = ZRT \quad (1.6)$$

式中, Z 称为气体压缩因子(compressibility factor), 也叫做气体压缩性系数。

气体压缩因子 Z 基于对比参数通过通用气体压缩因子图(图 1.1)查取。通用气体压缩因子图的横坐标是对比压力 p_r , 即压力与临界压力的比值; 不同的对比温度 T_r 用曲线簇表示, 对比温度是温度与临界温度的比值。对比压力 p_r 与对比温度 T_r 的交点所落纵坐标即为压缩因子 Z 。

1.3.2 气体热力过程

依次了解理想气体的四个基本热力过程: 等容过程、等压过程、等温过程和等熵过程以及工程中较多出现的多变过程。

(1) 等容过程。等容过程即比容不变, 过程方程式:

$$v = \text{const}$$

由状态方程可导出状态参数关系式:

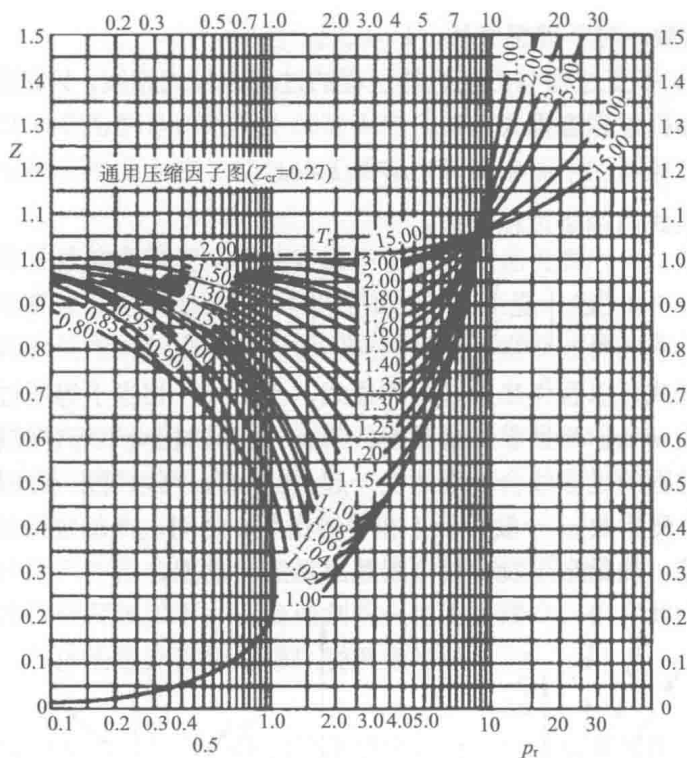


图 1.1 通用气体压缩因子图

$$v_1 = v_2; \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1}$$

(2) 等压过程。等压过程即压力不变，过程方程式：

$$p = \text{const}$$

由状态方程可导出状态参数关系式：

$$p_1 = p_2; \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

(3) 等温过程。等温过程即温度不变，也即 pv 值恒定，过程方程式：

$$T = \text{const}; \quad pv = \text{const}$$

由状态方程可导出状态参数关系式：

$$T_1 = T_2; \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

(4) 等熵过程。等熵过程即可逆绝热过程，过程方程式：

$$pv^k = \text{const}$$

由状态方程可导出状态参数关系式：

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1}$$

式中, k 为等熵指数, 对于理想气体, $k = c_p/c_v$ 。

(5) 多变过程。多变过程与可逆绝热过程的过程方程式相似, 只是指数值不同。多变过程的指数值是 m , 过程方程式:

$$pv^m = \text{const}$$

状态参数关系式与等熵过程类似:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^m; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{m-1}{m}}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{m-1}$$

多变过程方程式可以看作热力过程的通式, 当 $m=0$, 相当于等压过程; 当 $m=1$, 相当于等温过程; 当 $m=k$, 相当于等熵过程; 当 $m=\pm\infty$, 相当于等容过程。

将各种热力过程的过程线合并表达在一起(图 1.2), 可以看出不同热力过程的区别。压缩机应用中, 多变指数 m 一般介于 1 和等熵指数 k 之间。冷却效果越好, 离等温过程越近; 冷却效果差, 热量来不及转移, 就越靠近绝热过程。

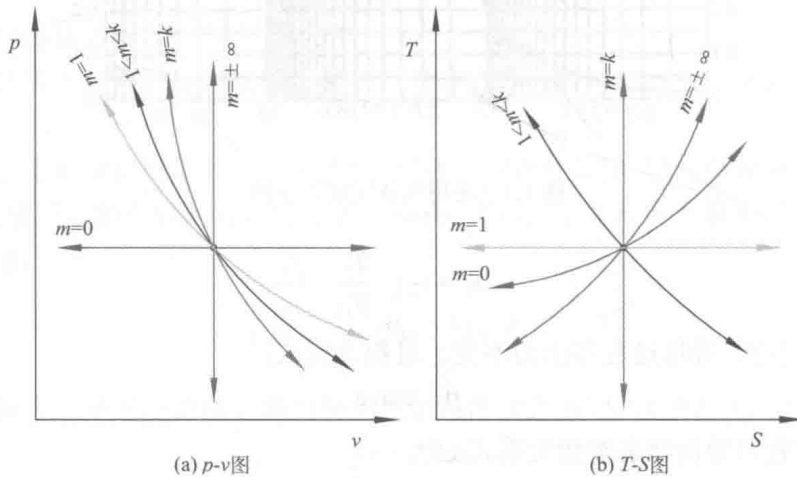


图 1.2 理想气体热力过程的 p - v 图和 T - S 图表示

1.3.3 气体的物化性质及流动性质

1. 气体的物化性质

气体的其他物理性质有黏度、热导率、溶解度等。气体的化学性质主要有可燃性、爆炸性、热稳定性、腐蚀性、毒性以及对环境的污染与破坏性等。

1) 黏度

黏度分为绝对黏度和相对黏度两大类。绝对黏度分为动力黏度和运动黏度两种。动力黏度定义为流体中任意点上单位面积的切应力与速度梯度的比值, 常用 μ 表示, 单位是 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。动力黏度与介质密度的比值为运动黏度, 即 $\mu/\rho=\nu$, 运动黏度的单位是 m^2/s 。

2) 热导率

热导率是物质导热能力的量度, 其定义为单位温度梯度在单位时间内经单位导热面所传递的热量。热导率的单位是 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。热导率与物质种类、温度及压力(高压时影

响较大)等有关。

3) 溶解度

气体的溶解度通常指的是该气体 1 标准大气压时在一定温度下溶解在单位体积溶剂里的体积数。压缩机应用中主要关注气体工质在水和润滑油中的溶解度。

4) 闪点

闪点是指可燃性液体在规定结构的容器中加热挥发出可燃气体,与液面附近的空气混合,达到一定浓度时可被外部火源点燃时的最低温度(压力为 101.3 kPa)。闪点是可燃性液体储存、运输和使用的一个安全指标,同时也是可燃性液体的挥发性指标。

5) 燃点

燃点是指将物质在空气中加热时,开始并继续燃烧的最低温度,火源移走后,仍能继续燃烧的最低温度,也叫着火点。

6) 爆炸性

可燃性气体在空气中混合达到一定浓度范围(称为爆炸极限)时,遇到火源能瞬时闪火发生爆炸。在此浓度范围以下,即使遇到明火也不会爆炸,但在此浓度范围以上时,遇到火源能燃烧。气体的爆炸性常用爆炸极限来描述。

7) 热稳定性

热稳定性主要指气体受热后自身起化学变化,会发生分解和爆炸。这些气体主要是一些不饱和的烃类,如乙烯、丙烯、乙炔、丙炔等。

8) 腐蚀性

腐蚀可分为化学腐蚀和电化学腐蚀。化学腐蚀是指单纯由化学作用而引起的腐蚀,如干燥气体(氧、硫化氢、氯等)与金属接触,在金属表面生成相应的化合物(氧化物、硫化物、氯化物等)。电化学腐蚀是指当金属与电解质溶液接触时,由于电化学作用而引起的腐蚀,如潮湿空气对钢铁的腐蚀属于电化学腐蚀。

9) 毒性

《职业性接触毒物危害程度分级》(GBZ 230—2010)以急性毒性、扩散性、蓄积性、致癌性、生殖毒性、致敏性、刺激与腐蚀性、实际危害后果与预后等指标为基础,将毒性分为轻微危害、轻度危害、中度危害、高度危害和极度危害五种危害程度。《压力容器化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类》(HG/T 20660—2017)可查出属于中度危害、高度危害和极度危害的具体介质。

10) 对环境的影响

气体对环境的影响除了毒性、腐蚀性、可燃性、爆炸性等外,对于地球环境的影响,主要是温室效应以及对臭氧层的破坏。温室气体有二氧化碳、氨、甲烷、氧化亚氮、六氟化硫等,破坏臭氧层的气体如氟利昂、二氧化硫、一氧化氮等。

2. 气体的流动性质

1) 雷诺数 Re

雷诺数是用以判别黏性流体(包括液体与气体)流动状态的一个无量纲参数,可判定流体状态是层流还是湍流(紊流),也可用来确定物体在流体中流动所受到的阻力。