



高等学校航海与海事类系列教材

轮机概论 (第2版)

主 编 张 本

主 审 王 克



 武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

高等学校航海与海事类系列教材

轮机概论

(第2版)

主 编 张 本
主 审 王 克

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书主要根据我国航海类航海技术专业的教学需要编写而成。全书分四大篇,共十四章,对现代船舶轮机设备组成、工作原理和基本作用做了比较完整的介绍,分别讲述:热工基本知识;船舶主推进动力装置,包括柴油机的基础知识及其操纵,柴油机的基本结构与辅助系统,LNG 燃料动力装置,船舶推进装置,船舶电力推进技术;船舶辅机,包括船用泵和油马达,甲板机械,船舶制冷和空气调节,船用辅助锅炉和废气锅炉,船舶防污染装置,船舶通用系统;船舶电气基础,包括船舶电气系统概述,船舶电气安全管理。本书除可作为航海技术、海事管理专业的教材外,亦可供航海类有关专业的师生及轮机工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

轮机概论/张本主编. —2 版. —武汉:武汉理工大学出版社,2015. 12
ISBN 978-7-5629-4741-7

I. 轮… II. ① 张… III. ① 轮机-概论 IV. U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 185284 号

项目负责人:陈军东

责任编辑:陈军东

责任校对:梁雪姣

装帧设计:许伶俐

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

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

印刷者:武汉兴和彩色印务有限公司

经销者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:14.25

字 数:380 千字

版 次:2016 年 1 月第 2 版

印 次:2016 年 1 月第 1 次印刷

定 价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

第2版前言

轮机概论是为航海技术专业学生了解现代船舶轮机系统和机舱设备而准备的一门课程。该课程教材第1版于2006年12月由武汉理工大学出版社出版,至今已有近10年的发行时间,在此期间广大航海类高等院校选用了本书作为相关课程的教材。在第1版的基础上编者重新编写了本教材第2版,吸纳了近10年来轮机工程生产实践及相关课程教学改革的新成果,采纳了广大读者提出的修改意见和建议。与第1版相比,第2版有以下特点:

(1)为体现知识的完整性和系统性,在第1版的基础上对部分章节的内容进行了调整。

(2)根据专业培养要求的改变,对原部分内容进行了相应的增减,同时增加了部分正在推广的新技术、新设备方面的应用内容。

(3)为了让学生对知识掌握得更牢靠,本教材结合现代船舶的实际情况,对每章的习题进行了修订。

为了更好地体现上述编写特点,在第2版编写过程中,具体修订的内容有:尽量精简对设备的结构及工作原理的理论知识介绍,相应地增加设备操纵与维护的知识;由于LNG燃料动力的大面积推广与应用,在第2版中也增加了相关的知识内容;船舶电气在轮机工程中的作用越来越大,第2版中也有专门的章节予以介绍。从该教材第1版出版至今的这近10年里,“STCW公约马尼拉修正案”已正式生效,同时《中华人民共和国海船船员适任考试和发证规则》(简称“11规则”)也开始实施,这标志着我国航海教育进入一个新阶段(即切实提高我国船员队伍的质量,使我国由航运大国正在转变为航运强国的阶段)。近10年间,理念的转变、科技的进步已使航运事业有了大发展,电力推进、绿色航运、智能运输以及大数据处理等新技术、新概念的出现,使保护海洋环境,促进经济发展一步步得以实现,然而如何让我国的船员尤其是年轻一代的航海专业学生能切实了解、掌握这些新思想、新技术,就成了航海教育者不可推卸的责任,这也是我们继续修订该教材的目的和动力。

该教材除作为航海技术专业的教材外,也可供相关专业的师生及轮机工程技术人员参考使用。本教材的绪论及第五、十一、十二、十三、十四章由张本编写;第一章由甘念重编写;第二、三章由成春祥编写;第四章由潘志翔编写;第六章由林治国编写;第七、八、九、十章由胡甫才编写。

全书由张本担任主编,由王克副教授主审。所有引用和参考的论著已在参考文献中列出,在此对原著作者一并表示衷心的感谢。

教材内容涉及面广,编者的学识水平、实践经历有限,难免会有不妥之处,欢迎读者给予批评指正。

编者

2015年8月

第 1 版前言

随着科学技术的发展,国际交往和合作越来越频繁,世界航运事业得到了快速发展。为了履行国际海事组织《1978 年海员培训、发证和值班标准国际公约》(1995 年修正)(简称《STCW 78/95 公约》),提高我国船员的安全技能,武汉理工大学能源与动力工程学院的教师特编写了此教材,并扩充了大量的新内容和技术。

本书除作为航海技术、海事管理专业的教材外,也可供相关专业的师生及轮机工程技术人员参考。本书由武汉理工大学李之义副教授主审。郭国平副教授、王当利副教授、杨帆副教授、赵在里教授参加了编写大纲的修订。向阳教授、胡国梁副教授、周宏基副教授、成凯夫副教授、李鹤鸣副教授、杨志勇副教授和戴忠讲师等对此教材提出了宝贵的编写意见,在此一并表示衷心的感谢。

本书由王克副教授主编定稿,绪论、第五、六、十一、十二章由王克编写;第一章由甘念重实验师编写;第二、三、四章由成春祥副教授编写;第七、八、九、十章由胡甫才讲师编写。本书内容涉及面广,编者的学识水平、实践经历有限,难免会有不妥之处,欢迎读者给予批评指正。

编 者

2005 年 9 月

目 录

绪论	(1)
----	-----

第一篇 热工基本知识

第一章 热工基础知识	(3)
第一节 工质的基本状态参数	(3)
一、温度	(3)
二、压力	(4)
三、比体积(质量体积)	(5)
四、理想气体及其状态方程	(6)
第二节 船舶动力装置中压力和温度的测量	(8)
一、测压仪表	(8)
二、测温仪表	(10)
第三节 功和热量	(12)
一、功	(12)
二、热量	(12)
三、热功当量	(13)
四、功热转换定律	(13)
五、功热转换装置及其效率	(13)
第四节 水蒸气与湿空气	(16)
一、水蒸气的形成和性质	(16)
二、湿空气	(18)
第五节 传热学基础	(20)
一、导热	(21)
二、对流换热	(21)
三、辐射换热	(21)
四、传热过程	(22)
复习思考题	(23)

第二篇 船舶主推进动力装置

第二章 柴油机的基础知识及其操纵	(24)
第一节 柴油机的基本概念	(24)

一、热机的概念·····	(24)
二、内燃机与外燃机·····	(24)
三、柴油机与汽油机·····	(24)
第二节 柴油机的工作原理·····	(25)
一、柴油机工作原理常用术语·····	(25)
二、四冲程柴油机工作原理·····	(26)
三、二冲程柴油机工作原理·····	(28)
四、增压柴油机工作原理·····	(30)
五、电子控制柴油机·····	(30)
第三节 柴油机的主要性能指标·····	(32)
一、动力性指标·····	(33)
二、经济性指标·····	(34)
三、排气污染指标·····	(35)
第四节 柴油机的启动、换向、调速及操纵·····	(35)
一、启动·····	(36)
二、换向·····	(38)
三、调速装置·····	(39)
四、柴油机的操纵系统·····	(40)
复习思考题·····	(44)
第三章 柴油机的基本结构与辅助系统·····	(45)
第一节 柴油机的基本结构·····	(45)
一、燃烧室部件·····	(46)
二、曲柄连杆机构·····	(48)
三、机架、机座和贯穿螺栓·····	(52)
四、喷油设备·····	(54)
五、换气机构·····	(57)
六、柴油机增压·····	(58)
第二节 柴油机辅助系统·····	(60)
一、燃油系统·····	(60)
二、润滑系统·····	(62)
三、分油机·····	(63)
四、冷却系统·····	(65)
五、压缩空气系统·····	(67)
复习思考题·····	(69)
第四章 LNG 燃料动力装置·····	(70)
第一节 概述·····	(70)

一、采用蒸汽轮机的动力系统	(70)
二、采用双燃料发动机的动力系统	(71)
三、不同动力形式的比较	(72)
第二节 船用 LNG 发动机简介	(73)
一、国外船用天然气发动机产品	(73)
二、国内船用天然气发动机产品	(75)
第三节 船用 LNG 动力装置操作管理	(78)
一、供气系统操作	(78)
二、混燃控制系统	(78)
三、监控系统	(78)
四、启/停阶段操作	(79)
五、运行阶段操作	(79)
六、紧急情况的操作	(79)
复习思考题	(80)
第五章 船舶推进装置	(81)
第一节 船舶推进装置的传动方式	(81)
一、直接传动	(81)
二、间接传动	(81)
三、Z 形传动	(81)
四、电力传动	(82)
第二节 传动轴系	(83)
一、传动轴系的组成、作用和工作条件	(83)
二、传动轴系的结构	(84)
三、传动轴系的管理	(89)
第三节 螺旋桨	(89)
一、螺旋桨的结构和几何参数	(89)
二、螺旋桨的工作原理	(90)
三、螺旋桨的特性	(91)
第四节 可调螺距螺旋桨	(93)
一、调距桨的工作特性	(93)
二、调距桨的优、缺点	(94)
三、调距桨装置的动作原理和组成	(95)
复习思考题	(96)
第六章 船舶电力推进技术	(97)
第一节 概述	(97)
第二节 电力推进的特点	(98)

第三节 适合电力推进船舶的推进器	(99)
一、方位推进器	(99)
二、吊舱推进器	(99)
三、其他推进器	(100)
复习思考题	(101)

第三篇 船舶辅机

第七章 泵和油马达	(102)
第一节 泵的概述	(102)
一、泵的功用及分类	(102)
二、泵的性能参数	(102)
第二节 船用泵	(105)
一、往复泵	(105)
二、回转泵	(107)
三、离心泵	(114)
四、喷射泵	(116)
第三节 液压泵	(117)
第四节 油马达	(122)
复习思考题	(124)
第八章 甲板机械	(125)
第一节 舵机	(125)
一、总述	(125)
二、液压舵机的基本组成和工作原理	(128)
三、转舵机构	(130)
四、液压舵机实例	(132)
第二节 锚机和绞缆机	(134)
一、概述	(134)
二、电动锚机	(137)
三、液压锚机	(139)
第三节 船舶起货机	(142)
一、概述	(142)
二、液压起货机的基本组成和工作原理	(142)
复习思考题	(143)
第九章 船舶制冷和空气调节	(144)
第一节 制冷概述	(144)
一、制冷技术在船舶上的应用	(144)

二、船舶冷藏食品的条件	(144)
三、制冷方法	(145)
第二节 蒸汽压缩式制冷	(145)
一、压缩制冷基本原理	(145)
二、压缩式制冷装置的基本组成和工作原理	(146)
三、理论制冷循环	(146)
第三节 制冷剂与载冷剂	(148)
一、制冷剂	(148)
二、载冷剂	(149)
第四节 活塞式制冷压缩机	(150)
一、活塞式制冷压缩机的工作原理	(150)
二、活塞式制冷压缩机的基本结构	(151)
第五节 船舶伙食冷库制冷装置及其自动化	(153)
一、制冷装置的组成部件	(153)
二、制冷装置的自动化元件	(155)
第六节 船舶空气调节	(158)
第七节 货舱干燥系统	(161)
复习思考题	(162)
第十章 船用辅助锅炉和废气锅炉	(163)
第一节 概述	(163)
第二节 船用辅助锅炉	(163)
一、火管锅炉	(164)
二、水管锅炉	(165)
三、火管锅炉与水管锅炉的性能比较	(166)
第三节 船用废气锅炉	(166)
第四节 燃料及其燃烧设备	(167)
一、燃料油及其特性	(167)
二、辅助锅炉的燃烧设备	(168)
第五节 船用锅炉装置的主要系统	(172)
一、燃油系统	(172)
二、汽-水系统	(174)
第六节 锅炉的自动调节	(175)
一、自动调节系统的组成	(176)
二、锅炉蒸汽压力和水位的自动调节	(176)
第七节 锅炉的运行和保养	(178)
一、锅炉的冷炉点火和升汽	(178)

二、运行中的管理	(179)
三、锅炉的留汽和熄火	(179)
四、锅炉停用时的保养	(179)
五、锅炉水垢的清洗	(180)
复习思考题	(180)
第十一章 船舶防污染装置	(181)
第一节 概述	(181)
一、船舶对航行水域的污染	(181)
二、防止船舶污染的措施	(182)
第二节 油水分离器	(183)
一、油水分离的基本方法	(183)
二、影响油水分离器性能的因素	(184)
三、油水分离器的结构和工作原理	(185)
第三节 船舶生活污水处理装置	(188)
一、船舶生活污水的处理方法	(188)
二、船舶典型的生活污水处理装置	(189)
第四节 船用焚烧炉	(191)
一、污油燃烧器	(191)
二、焚烧炉的结构	(192)
复习思考题	(193)
第十二章 船舶通用系统	(194)
第一节 船舱系统及其遥控	(194)
一、舱底水系统	(194)
二、压载系统	(195)
三、舱底、压载系统的遥控和自动化	(196)
第二节 卫生系统	(197)
第三节 消防系统	(199)
第四节 真空蒸发式造水装置	(200)
复习思考题	(202)

第四篇 船舶电气基础

第十三章 船舶电气系统概述	(203)
第一节 船舶电力系统组成	(203)
一、船舶电力系统的组成	(203)
二、船舶电力系统的基本参数	(204)
三、船舶电力系统的特点	(204)

第二节 船舶电网.....	(205)
第三节 配电装置.....	(206)
一、主配电板的构成及功能	(206)
二、分配电板	(207)
三、应急配电板	(207)
四、充放电板	(207)
五、蓄电池	(207)
六、岸电箱	(210)
复习思考题.....	(210)
第十四章 船舶电气安全管理.....	(211)
第一节 船舶照明系统的维护保养.....	(211)
一、照明系统的维护周期和要求	(211)
二、船舶照明系统维护保养注意事项	(211)
第二节 船舶电气火灾的预防.....	(211)
一、电气设备起火的原因	(211)
二、电气设备的防火要求	(212)
三、电气灭火器具	(212)
第三节 油船电气系统的安全管理.....	(212)
一、油船静电起火的预防	(212)
二、油船静电的预防	(213)
三、油船电气设备的管理要求	(213)
四、油船操作环节中的注意事项	(214)
复习思考题.....	(214)
参考文献.....	(215)

绪 论

船舶动力在其发展史上,经历了以人力和风力等自然力作为推进手段的漫长岁月,直到18世纪人们发明了蒸汽机并成功地在船舶上应用以后,才揭开了船舶机械化的新篇章。因此,从某种意义上来说,“轮机”也可认为就是船舶机械化的一种简称。然而,随着科学技术的进步以及船舶在功能上向着多样化、专业化和完善化的方向发展,一艘现代化船舶实际上已成了一个现代工业技术成就的集合体,并涉及机械、电气、电子等一系列技术设备的综合运用,甚至使人们很难为“轮机”一词下一个十分确切的定义。本书仅就船舶动力装置、甲板机械和船舶系统等内容,从一个船舶驾驶人员的角度出发,对现代船舶轮机的基本知识做一扼要的论述和介绍。

通常,船舶动力装置可分为主动力装置(主机)和辅助动力装置(辅机)两类。前者包括主机、轴系和推进器,以及为主机服务的各种泵和换热器等,它是推进船舶的动力,所以总称为推进装置,这是船舶上最主要的机械能源。后者是指为了保证船舶在正常情况和应急时的供电需要,在船上设有发电机组和配电屏等机电设备以构成船舶电站,作为船舶的供电能源。但是,在电力推进的船舶上,或是以主机来直接带动发电机的船舶,主、辅动力装置的概念又突破了原有的“界限”而有了新的含义。在有的船舶上,还用主机来带动高压油泵以建立一个集中式的液压能源,通过油马来驱动发电机、制冷机、货油泵、压载泵以及各种甲板机械,实现所谓的“全液化化”。

船舶锅炉是船舶上的汽源,它无论在蒸汽动力装置船舶或内燃动力装置船舶上都是一种不可缺少的动力设备。锅炉产生的蒸汽可以用来满足船舶在动力、油水等的加热、炊事以及消防等方面的需要。

甲板机械包括船舶舵机、起货机、起锚机、自动系缆机以及滚装船上的开门与跳板控制设备等。顾名思义,所有甲板机械对于船舶的营运性能和航行安全都有着十分重要的意义。像动力装置一样,甲板机械亦在朝着自动化的方向发展。

制冷设备是向船舶供冷的一种“冷源”,以便冷藏食品、运输冷藏货物和进行空气调节等。目前,除了一般船舶上所用的小型冷库和将部分舱室用来贮运冷藏货物外,还有专门用来运输冷藏货物的冷藏船。

船舶系统是指包括压载、舱底、消防、卫生、空调等为船舶的正常营运创造条件而与动力装置无关的各种专门化管网。

随着全球性对开展海洋环境保护工作的重视,船舶这一污染源不能不受到国际海协(IMCO)各种公约条款的约束,从而为防止船舶的污染提出了一系列新的课题,例如粪便处理、污水处理、船舶气体的排放等。于是像污水的生化处理等一些边缘科学也都开始介入了“轮机工程”的范畴。

按照惯例,我们通常都把推动船舶运动的机械称为“主机”,而相应地把其他的一些机械设备则定义为“辅机”。

船舶动力装置一般按主机的形式进行分类,包括蒸汽动力装置、内燃机动力装置、燃气轮

机动力装置和原子(核)能动力装置。

随着国际贸易的发展和造船技术的不断提高,以及机电设备和装卸机械的日渐改进,当前世界海上运输船舶正向大型化、专用化和自动化的方向发展。从 20 世纪 60 年代开始,各国相继发展了自动化船舶。至 70 年代初,船舶自动化的内容还只局限于机舱的自动化和舾装自动化。现在随着电子技术的发展和电子计算机在船上的应用,导航、机舱、舾装、装卸、报务甚至机器故障自动诊断等已开始了全面的自动化进程,即所谓的“超自动化”,并发展成为各部分的集中遥控。

第一篇 热工基本知识

第一章 热工基础知识

第一节 工质的基本状态参数

工质是指在热力设备中实现热能与机械能相互转换的媒介物质,在动力装置中用来做功的各种流动介质,如燃气、蒸汽、水、空气等,都可称之为“工质”。作为工质的物质必须具有良好的膨胀性和流动性,一般为气态物质。工质的状态参数很多,压力、温度及比体积(质量体积)是最常用的三个状态参数,称为基本状态参数。经验表明,这三个状态参数中,只要知道两个,就能确定气体工质处于什么状态。工质在动力装置中进行工作时,它的压力、温度是不断地发生变化的,通常在船舶动力装置中确定工质的状态是用温度和压力两个参数。

一、温度

1. 定义

描述物体冷热程度的物理量称为温度。物体越冷,温度越低;反之,物体越热,温度越高。

(1)从宏观角度来看,温度是一个描述热力系统平衡特性的状态参数。热力学第零定律指出:“无论多少个物体互相接触,都能达到热平衡。”它表明,达到热平衡的所有物体必定具有一个共同的宏观特性,表征这个宏观特性的物理量就是温度,即一切处于热平衡的物体必具有相同的温度。

(2)从微观角度来看,温度是物体内部分子、原子等微观粒子不规则热运动强度的量度。微观粒子热运动越剧烈,物体的温度就越高。

2. 温标

温度的数值表示方法称为温度标尺,简称温标。它是表示温度高低的尺度。常用的温标有以下三种:

(1)摄氏温标。规定在标准大气压下,纯水的冰点为 0 度,沸点为 100 度,其间 100 等份,每等份为摄氏 1 度,记作 1°C ;摄氏温标用符号 $t^{\circ}\text{C}$ 表示。

(2)华氏温标。规定在标准大气压下,纯水的冰点为 32 度,沸点为 212 度,其间 180 等份,每等份为华氏 1 度,记作 1°F ;华氏温标用符号 $t^{\circ}\text{F}$ 表示。

(3)开氏温标。规定纯水的三相点温度(即固、液、气三相平衡态的温度)为基本点,定义为 273.15 度,每度的间隔与摄氏温标相同,1 度记作 1K;开氏温标用符号 $T\text{K}$ 表示。

摄氏温标和华氏温标的标定都依赖于测温物质的物理特性,温度数值与测温物质有关,称为经验温标;而开氏温标则与测温物质的物理特性无关,是国际上规定的最基本温标,开氏温标又称热力学绝对温标,简称绝对温标。

公制系统采用摄氏温标,英制系统采用华氏温标,而国际单位制系统则采用开氏温标,因

此,必须掌握它们之间的换算。

摄氏温标与华氏温标的换算关系为:

$$t^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32^{\circ}\text{C}$$

摄氏温标与开氏温标的换算关系为:

$$\text{TK} = t^{\circ}\text{C} + 273.15^{\circ}\text{C}$$

在工程上采用下式计算已足够准确:

$$\text{TK} = t^{\circ}\text{C} + 273^{\circ}\text{C}$$

二、压力

1. 定义

热力系统内单位面积上所受到的工质的垂直作用力称为压力(在物理学中又称压强),用符号 p 表示,即:

$$p = \frac{F}{A}$$

式中 F ——工质对系统内壁的垂直作用力;

A ——系统内壁受力面积。

从分子运动论观点来看,气体压力是大量气体分子无规则热运动对容器壁面的平均撞击力,数值与单位体积内的分子数和分子的平均移动动能成正比。液体系统除传递压力外,在重力场中还有由于液体的重量而产生的静压力,静压力与液柱垂直高度有关。平衡态时热力系统中各处压力均匀一致。

2. 单位

根据力 F 和面积 A 选用单位的不同,压力的单位可分三类:

(1)国际制单位:帕斯卡(Pa), $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ 。工程上因 Pa 太小而常用巴(bar)和 MPa, $1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$, $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$ 。

(2)英制单位:磅/平方英寸(lbf/in²)或英寸水银柱(inHg)。

(3)公制单位:工程大气压(at)、毫米水银柱(mmHg)、米水柱(mH₂O)、标准大气压(atm)。

三类单位之间的换算归纳如下:

$$1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 10.33\text{mH}_2\text{O} = 1.01325\text{bar} = 1.01325 \times 10^5\text{Pa} = 1.033\text{at}$$

$$1\text{at} = 1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 735.6\text{mmHg} = 10\text{mH}_2\text{O} = 0.981\text{bar} = 9.81 \times 10^4\text{Pa} = 14.22\text{lbf}/\text{in}^2 = 29\text{inHg}$$

3. 大气压力(p_b)

大气压力是由地面上几百千米厚的空气层的重量所造成的,大小随纬度、高度和气候等条件而变化,可用气压表测定。通常所说的大气压均指当时当地大气压。在物理学中,把纬度 45°海平面上常年平均气压定义为标准大气压(atm)。

4. 表压力、真空度及绝对压力

工质的压力可用压力表测定,由于工程上测压仪表本身常处于大气压力作用下,因此,表上所指示的压力并非被测系统的真实压力,而是系统压力与当时当地大气压力的某种差值。

绝对压力就是指系统的真实压力,用符号 p 表示;表压力是指系统压力高于大气压力时,压力表的读数,用符号 p_g 表示;真空度则是指系统压力低于大气压力时,压力表的读数,用符号 p_v 表示。下面以 U 开管压力计测量风机吸入管与排出管的空气压力为例来说明绝对压力、表压力、真空度及大气压力之间的关系,如图 1-1 所示。

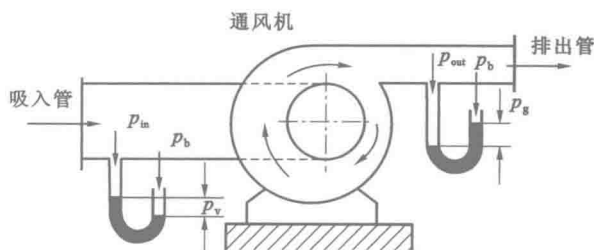


图 1-1 表压力与真空度

显然,在风机入口处有

$$p_{in} = p_b - p_v \quad (1-1a)$$

$$p_v = p_b - p_{in} \quad (1-1b)$$

即真空度等于大气压力减去绝对压力。

在风机出口处则有:

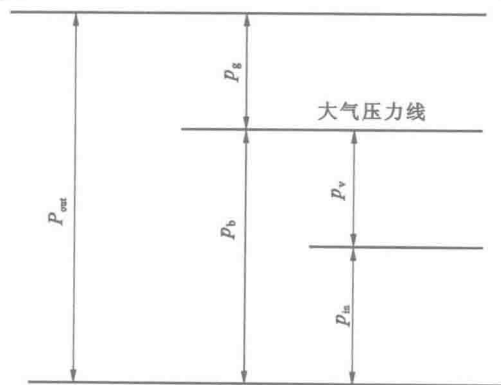
$$p_{out} = p_b + p_g \quad (1-2a)$$

$$p_g = p_{out} - p_b \quad (1-2b)$$

即表压力等于绝对压力减去大气压力。

图 1-2 绘出上述关系示意图。

注意,只有绝对压力 p 才是状态参数。在计算高压容器的绝对压力时,可将大气压力视为常数,近似取作 $p_b = 0.1 \text{ MPa}$ 或 1 at 。但当被测系统压力较小,其数值与大气压力相近时,则不能将大气压力视为常数,而应利用气压测定其具体数值。

图 1-2 $p(p_{in}, p_{out})$ 、 p_g 、 p_v 、 p_b 之间的关系

三、比体积(质量体积)

单位质量的工质所占的体积称为比体积,用符号 v 表示,单位为 m^3/kg 。其定义式为:

$$v = \frac{V}{m} \quad (1-3)$$

式中 m ——系统内工质质量, kg ;

V ——系统所占体积, m^3 。

单位体积的工质所具有的质量称为密度,用符号 ρ 表示,单位为 kg/m^3 。仍然用 m 表示工质质量,用 V 表示工质体积,则有

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-4)$$

显然,比体积和密度互为倒数,即:

$$\rho v = 1 \quad \text{或} \quad \rho = \frac{1}{v}$$