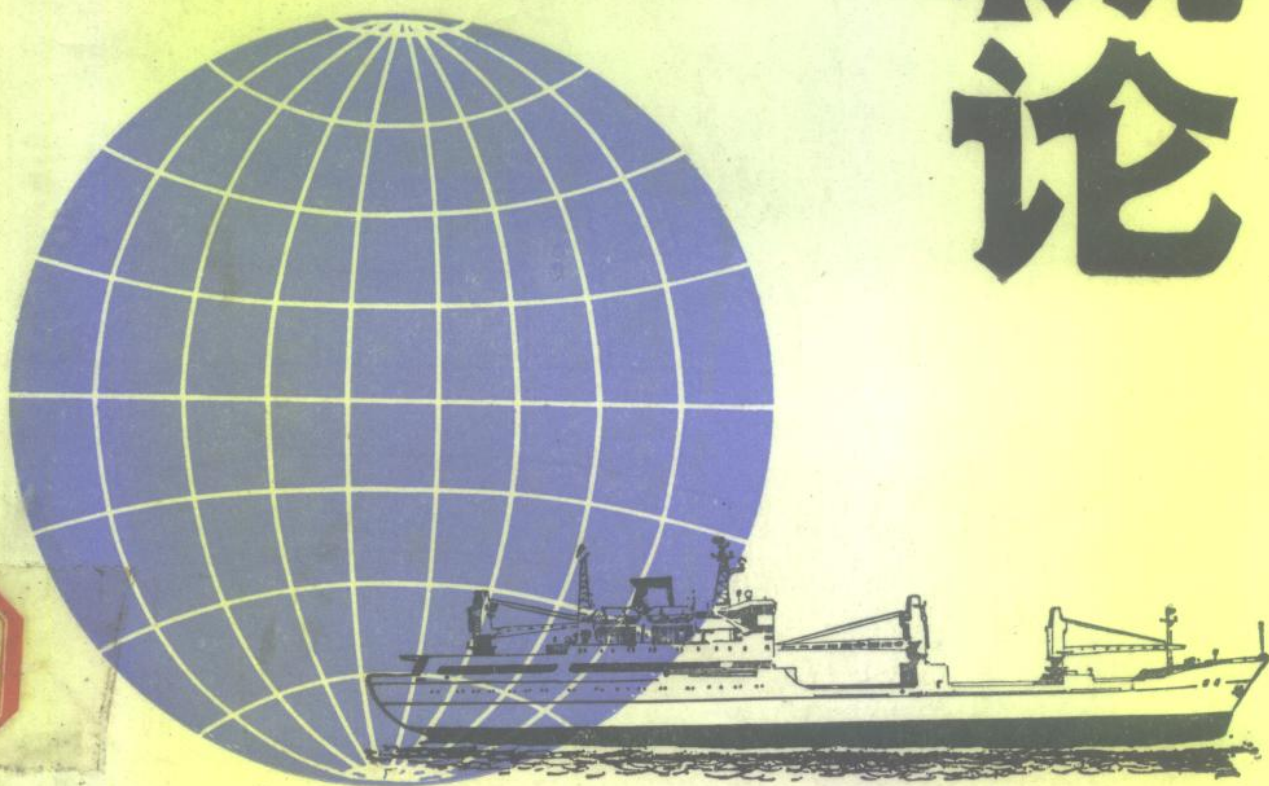


高等学校教材  
(船舶驾驶等专业用)  
大连海运学院  
汪育才 王建斌 吴晓光 编著

# 轮机概论

第三版



人民交通出版社

01271.1

W47

(3)

353010

高等学校教材

# 轮机概论

Lunji Gailun

第三版

(船舶驾驶等专业用)

大连海运学院  
汪育才 王建斌 吴晓光 编著

人民交通出版社

(京)新登字091号

高等学校教材  
**轮机概论**  
第三版  
(船舶驾驶等专业用)

大连海运学院

汪育才 王建斌 吴晓光 编著

插图设计: 陈竞 正文设计: 刘晓方 责任校对: 刘素燕

人民交通出版社出版

(100013北京和平里东街10号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京市顺义县印刷厂印刷

开本:  $787 \times 1092 \frac{1}{16}$  印张: 12 字数: 284千

1981年6月第1版

1991年12月第3版第5次印刷

印数: 21 601—29 600册 定价: 3.80元

ISBN 7-114-01169-5

U · 00770

## 内 容 提 要

本书主要根据我国海运院校船舶驾驶专业的教学需要编写而成。全书共分十二章，分别讲述：热工基本知识；船舶柴油机、船舶汽轮机装置；船舶锅炉；船舶轴系和推进器；甲板机械；船舶制冷和空气调节；船舶通用系统；轮机自动化；油船专用系统及设备；船舶电力系统。

该书根据系统工程的观点，以思维科学为指导，对于船舶机电设备，从“管理、使用、保养、维修”出发，围绕着安全、可靠、高效、节能等方面进行了综合的论述，以求使轮机技术的软科学化获得应有的开发。

本书可作为海洋船舶驾驶专业的教材，亦可供海船驾驶员和有关专业的师生及工程技术人员参考。

# 前 言

自从《轮机概论》初版发行以来，已经渡过了十余个春秋，历经多次再版与重印，发行二万余册。它的编写指导思想，曾经从以下三个方面进行了论述，即：一、着眼专业需要，突出重点内容；二、研究教学规律，注意详略得当；三、不断总结经验，重视知识更新。并以《我们是怎样编写〈轮机概论〉的》一文刊登在由原教育部组织出版的我国《高等学校理工农医教材编写经验汇编》上，受到了有关方面的重视。

《轮机概论》作为一本教材，无疑地，它必须充分认识到各种教育原则和教学规律的精神实质，但又必须联系教学实际，灵活而富于创造性地加以运用。它十分重视，教学内容与教学方法的密切结合，理论思维与实际技能的培养并重，在现代教育观念的指导下，充分利用各种现代化的教学手段，优化教学环境，针对专业培养目标，有的放矢地进行教学内容的组织工作。

根据我们多年来的教学实践，在教学法方面主要按照“四个观念，一个中心”的思路来进行。所谓“四个观念”就是指：是非观，难易观，虚实观，异同观。“一个中心”就是说，我们的一切教学活动，都要围绕着“由综合而创造”这一中心来展开。上述的四个概念，可分别以四句十六字诀来描述：

一、是非观：“非此即彼，亦此亦彼，由此及彼，永无止境。”例如在讲授“主机”时，我们不仅要指出主、辅（副）机之间的区别，或者是主机，或者不是主机。同时还应指出二者之间的“亦此亦彼”性，它既是“主机”又可能还是具有多种功能的其他机械，并以此“借题发挥”，以求举一反三。

二、难易观：“人所易言，我寡言之，人所难言，我易言之。”例如，在组织教学内容及进行各种教学活动时，都要恰如其分地把握住“难”点，讲到适当的“难”度，要不断提出高而可攀的要求，做到“既不太难，又不是不难”，这实际上是一种教学艺术。

三、虚实观：“虚者实之，实者虚之，虚实结合，辩证思维。”这里指的是，理论与实践，抽象与具体，归纳与演绎，一般与个别这样一些范畴，使深奥的理论力求讲得通俗易懂，深入浅出；从一些普通的现象和事实中，能指出其发展的规律性。从而使人们认识能力的提高，始终沿着科学思维的轨迹在前进。

四、异同观：“异中求同，同中求异，综观异同，其意无穷。”古往今来，一切有识之士都无不在“异同观”上大做文章。试比较“二冲程柴油机”和“四冲程柴油机”，“锚机”与“舵机”，“泵”与“制冷机”……等等这些二元的，以及三元的、多元的它们之间的异与同。不难设想，随着认识的深化，它将使人们的逻辑思维、形象思维、灵感思维都会获得质的飞跃。

众所周知，由综合而创造，这似乎并不能算是一个新的命题，但是在迎接21世纪即将到来之际，从船舶的“人工操纵”到“无人机舱”，从航海到航天，从自然科学到社会科学，从大量边缘科学和交叉科学的不断涌现中，它再一次雄辩地证明了这一论断的无比生命力。

《轮机概论》的教学实践表明，以简明扼要、喜闻乐见的形式对教学内容和教学思路加以引介可能是很有实用价值的。那就是：“主辅电，油水气，抓系统，功能析，思可靠，节

能计；工具书，切莫弃。”主辅电油水气是指本门课程的研究对象，有主机，辅（副）机电工程和电子设备，燃油、滑油、海水、淡水，压缩空气、水蒸汽，抓系统，功能析是指学习本门课程的着眼点问题，在研究各种机电设备时，要注意抓住典型系统的功能分析来进行，现代价值工程理论正是这一思路的理论基础；思可靠，节能计（设计与策略）是指可靠性与经济性（节能）乃是本门课程研究的核心；工具书切莫弃是指在教学中要注意培养学生阅读参考书、文献资料、工具书的习惯，不要死抱着“一本书”。要提倡比较宽广的视野，同时具有合理的、足够丰富的专业知识结构。

概言之，《轮机概论》乃是根据系统工程的观点，以思维科学为指导，对于船舶机电设备，从“管理、使用、保养、维修”出发，围绕着安全、可靠、高效、节能等方面进行了综合论述，以求使轮机技术的软科学化获得其应有的开发。

谨以此书奉献给有志于轮机技术的开拓者们，以期抛砖引玉。

本书由大连海运学院汪育才主编，吴恒主审。该书系汪育才、陈崇铨、方竹所编《轮机概论》第一版和第二版的修订本。在这次修订中，王建斌编写了第十章，吴晓光编写了第十二章，其余各章由汪育才进行修订。

由于编者水平所限，不当之处定所难免，恳请广大读者批评指正。

**编著者**

# 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来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之后,才揭开了船舶机械化的新篇章。由于明轮是早期船舶的一种显著标志,因此“轮机”可能就是这种“轮”船上的“机”器的简称。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,今天,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,并涉及到机械、电气、电子等等一系列技术设备的综合运用。

根据当代系统工程和管理科学的理论研究表明,我们不能仅把“轮机”理解成机械设备在机舱中的简单组合,而必须按照学科的基本理论和共性内容,以及机械设备之间的内涵联系起来认识。因此,“轮机”乃是一个动力机械类性质的系统工程,是机舱中乃至全船不少子系统的总称。例如机械动力系统、液压系统、热力系统、电力系统和电气系统等等。根据轮机系统工程的内涵,轮机学所研究的共性问题包括:动力系统可靠性,热力系统经济性,动力输配系统的稳态匹配性,以及由于外界环境变化而能及时接受指令进行应变的动态机动性(过渡特性)和机舱噪声、振动合理控制的环保性能等,它们都是广义系统工程基本属性(集合性、相关性、目的性和环境适应性)在轮机中的相应特性。兹结合本门课程的具体要求分述如下:

通常,船舶动力装置可分为主动力装置和辅助动力装置两类: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盘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,或在以主机直接带动发电机的船舶上,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制的液压能源,通过油马达来驱动发电机、制冷机、货油泵、压载泵以及各种甲板机械,实现所谓的全盘液动化。

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通常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十分重要的意义。象动力装置一样,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容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和液化气船。

船舶系统是指包括压载、舱底、消防、卫生、空调等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。

随着全球性的对开展环境保护工作的重视，船舶这一污染源不能不受到国际海事组织(IMO)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，例如油污处理、粪便处理、污水处理等等。于是象污水的生化处理等一些边缘科学也都开始介入了“轮机学”的范畴。

按照惯例，通常把推进船舶的机械称为“主机”，相应地把其他的一些机械设备定义为“辅机”。

船舶动力装置一般按主机的型式进行分类。

### 1. 蒸汽动力装置

利用锅炉所产生的蒸汽来工作的机器叫蒸汽机。蒸汽机分为往复蒸汽机和汽轮机两种。往复蒸汽机利用蒸汽的压力来推动活塞作往复运动，再通过连杆将活塞的往复运动变为曲轴的回转运动。汽轮机俗称透平机，它用蒸汽的能来转动叶轮从而使轴作回转运动。习惯上所说的蒸汽机是指往复蒸汽机而言。用往复蒸汽机作为主机的动力装置称为蒸汽机动力装置。现代船舶已不采用蒸汽机作为主机，因此这类动力装置本书不再介绍。用汽轮机作为主机的动力装置称为汽轮机动力装置。

### 2. 内燃机动力装置

利用燃料直接在机器内部燃烧所产生的燃气来工作的机器叫内燃机。根据所用燃料(如煤气、汽油、柴油等)的不同，内燃机分为煤气机、汽油机和柴油机等。采用柴油机作为主机的动力装置称为柴油机动力装置。

### 3. 燃气轮机动力装置

利用燃料燃烧所产生的燃气去推动叶轮回轉的机器称为燃气轮机。采用燃气轮机作为主机的动力装置称为燃气轮机动力装置。

### 4. 原子能动力装置

这类装置利用原子反应堆所发出的热产生蒸汽，供给汽轮机工作。若按主机型式分类，它也应属于汽轮机动力装置。但为了突出它是采用原子反应堆的装置，所以称之为原子能动力装置。

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60年代开始，各国相继发展了自动化船舶，出现了无人机舱。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舢装自动化，现在随着电子技术的发展和电子计算机在船上的应用，已开始了导航、机舱、舢装、装卸、报务甚至机器故障自动诊断等的全面自动化，即所谓的“超自动化”，并发展成为各部分的集中遥控。

根据预测，在船舶和航海技术发展的基础上，将来船员的体制将有可能发生实质性的变革。目前，一艘远洋船舶实行18个船员定编的已日渐增多，而且随着全球性的卫星通信技术的发展，今后船员的编制仍有可能进一步减少。虽然，在18人定编的船舶上，轮机部尚有5名船员(1名轮机长，3名轮机员，1名电机员)，3名轮机员实行按天轮班，但是机舱是“无人”的。在离靠码头时，1名轮机员在机舱，2名轮机员参加带缆，而轮机长则在驾驶室协助操船。显然，在这样的船上，轮机与驾驶的“合一”问题更加明显了，因此从发展趋势看，在驾驶室值班的人员应持有驾驶员和轮机员两种适任证书。众所周知，只有充分地认识管理对象，才能更好地发挥一个船舶驾驶人员的作用。为祖国的航海事业多作贡献。



### 复习思考题

1. 船舶在航行中，如何判断主机和舵机的工作是否正常？
2. 驾驶室可以通过哪些设备及其具体的技术手段与机舱值班人员或机械装置发生联系？
3. 驾驶人员了解一些轮机知识的必要性何在？
4. 轮机技术的主要内容和发展方向是什么？你对学习本课程有何设想？

# 目 录

绪 论	( 1 )
<b>第一章 热工基本知识</b>	( 1 )
第一节 工质的基本状态参数	( 1 )
第二节 船舶动力装置中压力和温度的测量	( 2 )
第三节 热与功	( 5 )
第四节 水蒸气与湿空气	( 7 )
第五节 传热的基本方式	( 7 )
复习思考题	( 10 )
<b>第二章 船舶柴油机装置</b>	( 11 )
第一节 活塞——连杆机构的工作原理	( 11 )
第二节 四冲程柴油机工作原理	( 12 )
第三节 二冲程柴油机工作原理	( 14 )
第四节 柴油机的增压	( 16 )
第五节 柴油机的功率和效率	( 17 )
第六节 柴油机的结构实例	( 19 )
第七节 柴油机的工作系统	( 20 )
第八节 柴油机的操纵系统	( 28 )
第九节 柴油机的运转特性	( 35 )
第十节 各种航行条件下主机的工况	( 38 )
第十一节 柴油机船的节能技术及其创收的综合途径	( 41 )
第十二节 柴油机的运行管理	( 44 )
复习思考题	( 46 )
<b>第三章 船舶蒸汽轮机装置</b>	( 47 )
第一节 汽轮机的工作原理	( 47 )
第二节 船舶汽轮机装置	( 49 )
第三节 汽轮机的功率调节	( 50 )
第四节 船舶汽轮机组的操作和保养	( 51 )
复习思考题	( 53 )
<b>第四章 船舶蒸汽锅炉</b>	( 54 )
第一节 概述	( 54 )
第二节 船用锅炉的主要型式和构造	( 54 )
第三节 燃料及其燃烧设备	( 57 )
第四节 船级社对锅炉检验的要求	( 60 )
第五节 锅炉的运行和保养	( 60 )

复习思考题.....	( 62 )
<b>第五章 船舶轴系和推进器</b> .....	( 63 )
第一节 轴系.....	( 63 )
第二节 螺旋桨的特性曲线.....	( 65 )
第三节 变螺距螺旋桨.....	( 67 )
复习思考题.....	( 72 )
<b>第六章 船用泵</b> .....	( 73 )
第一节 综述.....	( 73 )
第二节 往复泵.....	( 75 )
第三节 回转泵.....	( 80 )
第四节 离心泵.....	( 84 )
复习思考题.....	( 86 )
<b>第七章 甲板机械</b> .....	( 88 )
第一节 舵机.....	( 88 )
第二节 侧推装置.....	( 96 )
第三节 起锚机和绞缆机.....	( 99 )
第四节 起货设备.....	( 103 )
复习思考题.....	( 110 )
<b>第八章 船舶制冷和空气调节</b> .....	( 112 )
第一节 制冷的一般知识.....	( 112 )
第二节 压缩蒸发制冷装置.....	( 113 )
第三节 活塞式制冷压缩机.....	( 117 )
第四节 船舶食物冷库制冷装置及其自动化.....	( 118 )
第五节 船舶空气调节.....	( 123 )
第六节 货舱干燥系统.....	( 125 )
复习思考题.....	( 126 )
<b>第九章 船舶通用系统</b> .....	( 127 )
第一节 船舱系统及其遥控.....	( 127 )
第二节 消防系统.....	( 132 )
第三节 环保设备.....	( 133 )
第四节 真空蒸发式造水装置.....	( 138 )
复习思考题.....	( 139 )
<b>第十章 轮机自动化</b> .....	( 140 )
第一节 柴油机运行参数的自动控制.....	( 140 )
第二节 锅炉自动控制.....	( 141 )
第三节 主机遥控系统及无人机舱.....	( 143 )
复习思考题.....	( 152 )
<b>第十一章 油船专用系统及设备</b> .....	( 153 )
第一节 油船装卸系统.....	( 153 )

第二节 油船压载系统.....	( 158 )
第三节 油船惰性气体系统.....	( 159 )
第四节 原油洗舱系统.....	( 165 )
复习思考题.....	( 168 )
<b>第十二章 船舶电力系统.....</b>	<b>( 169 )</b>
第一节 概述.....	( 169 )
第二节 船舶电源.....	( 172 )
第三节 船舶配电装置.....	( 174 )
第四节 船舶电站的自动化.....	( 176 )
复习思考题.....	( 176 )
主要参考文献.....	( 177 )

# 第一章 热工基本知识

## 第一节 工质的基本状态参数

在动力装置中用来作功的各种流动介质,如燃气、蒸汽、水、空气等,统称之为“工质”。工质在动力装置中进行工作时,它的压力、温度都要不断地发生变化。一般说来,可以用压力和温度来说明工质的热力状态,所以压力和温度就是说明工质热力状态的参数或简称“状态参数”。

### 一、压 力

工质施加在容器壁面单位面积上的作用力,称为压力,通常用 $p$ 表示。绝对压力、表压力和真空压力的意义和关系可以用图1-1形象地加以说明。从图中可以看出,表压力和真空压力都是表示工质的绝对压力与当地大气压力的差值,都是压力表(真空压力表)的直接读数,所以在运行管理中都习惯用表压力或真空压力。但要表明工质的热力状态,就必须以绝对压力为基准。为此,在技术资料 and 热力计算中都用绝对压力(在技术资料中如标明的是表压力,则在其单位后均标明“表”字)。在精确的计算中,必须用大气压力计测出当地的大气压力,然后再与表压力相加(或以大气压力减去真空压力)而求出工质的绝对压力。如果不要求十分精确,则可认为大气压力为 $0.1\text{MPa}$ 而近似地求出绝对压力。

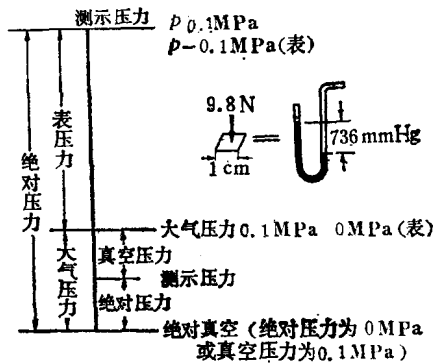


图1-1 绝对压力、表压力和真空压力的关系

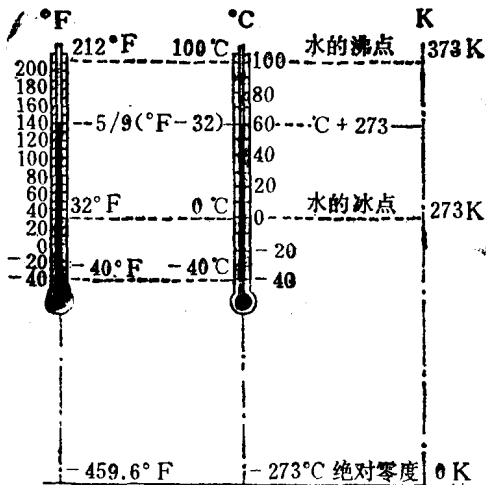


图1-2 摄氏温度、华氏温度和开氏温度间的关系

摄氏温度、华氏温度和开氏温度之间的换算可用图1-2形象地表示出来。

### 二、温 度

温度是表明工质冷热程度的状态参数,通常用符号 $t$ 表示。

常用的温度单位有摄氏和华氏两种。其换算关系如下:

$$\text{摄氏温度 } ^\circ\text{C} = \frac{5}{9} \times (\text{华氏温度 } ^\circ\text{F} - 32)$$

$$\text{华氏温度 } ^\circ\text{F} = \frac{9}{5} \times \text{摄氏温度 } ^\circ\text{C} + 32$$

在进行热工计算和确定工质的状态时,采用绝对温度。绝对温度 $\text{K} = \text{摄氏温度 } ^\circ\text{C} + 273.15$

### 三、比容和密度

工质占有的空间容积 $V$ 以立方米( $\text{m}^3$ )或升( $1000\text{cm}^3$ 或 $\text{L}$ )表示。每公斤工质的容积称为比容,用符号 $v$ 表示,它的单位是米<sup>3</sup>/公斤( $\text{m}^3/\text{kg}$ )或升/公斤( $\text{L}/\text{kg}$ )。相反,每立方米容积工质的质量称为密度,用符号 $\gamma$ 表示,它的单位是公斤/米<sup>3</sup>( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),即:

$$v = \frac{1}{\gamma}$$

### 四、压力、温度和比容的关系

压力、温度和比容都是表明工质状态的参数,它们之间存在着一定的关系。

我们知道,当固体物质在受热或冷却时,其体积会发生变化,产生热胀冷缩现象。液体也有类似的性质。例如水,当压力从 $1 \times 10^5 \text{Pa}$ 增加至 $1 \times 10^7 \text{Pa}$ 时,其体积只减小0.5% (即比容变化为0.5%);而当温度从 $0^\circ\text{C}$ 增至 $100^\circ\text{C}$ 时,其体积约增加4% (即比容变化为4%)。

气体的体积随压力和温度的变化比液体要显著得多。实验表明1kg气体,其状态变化前后的 $p_1$ 、 $T_1$ 、 $v_1$ 和 $p_2$ 、 $T_2$ 、 $v_2$ 之间存在以下关系:

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

即

$$\frac{pv}{T} = R \quad \text{或} \quad pv = RT$$

这一关系式称为气体状态方程。 $R$ 称为气体常数。不同气体的 $R$ 值不等,如空气为29.3,氧气为26.5,氮气为30.3,二氧化碳为19.3等。

当气体存放于一定的容器中时,其体积 $V$ 是固定不变的,这时压力和温度之间的变化将成为正比关系,即:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad \text{或} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

由此可知为什么充满氧气的氧气瓶不能在太阳下曝晒,更不能靠近火或高温,这是因为瓶内气体的压力将随温度的升高而升高,并有可能引起爆炸事故。

## 第二节 船舶动力装置中压力和温度的测量

动力装置中工质的状态可以用压力和温度来表示。所以在运行管理中各种机械设备的的工作是否正常,通常都可通过测量工质的压力和温度来进行判断。目前比较先进的船舶是将机舱主、辅机中的各种压力和温度用压力表和温度表集中反映在机舱的集中操纵室的仪表板上。因此,对压力和温度的测量是十分重要的。

### 一、测压仪表

#### 1. 弹簧管式压力表

如图1-3所示,一根扁圆形截面的管子,弯成圆弧形,管子 $B$ 端封闭而自 $A$ 端通入被测工质。如将 $A$ 端固定,当弹簧管内感受到被测工质的压力时,其自由端 $B$ 就会发生位移。当

被测工质的压力大于大气压时， $B$ 移到 $B'$ ；而当工质压力小于大气压力时， $B$ 移到 $B''$ 。管内受压与大气压力相差越大，位移量也就越大。如果通过一扇形齿轮式杠杆传动系统，就可将此位移转变成指针的转角。而在指针的盘面上标上适当的刻度，指针就可指出压力（或真空压力）的大小。图1-4为弹簧管式压力表的构造图。

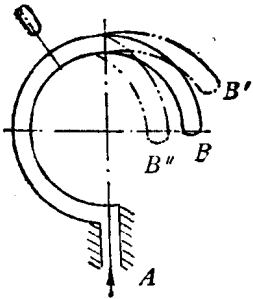


图1-3 弹簧管式压力表工作原理

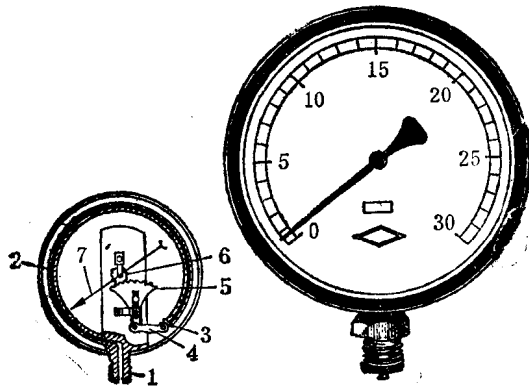


图1-4 弹簧管式压力表的构造

1-接被测工质的接头；2-扁圆形截面管；3-自由端；4-传动杆；5-扇形齿轮；6-小齿轮；7-指针

### 2. U形液柱式压力表

如图1-5所示，该表由U形玻璃管制成，管内装有液体（根据所测压力的高低而采用水银、油或水）。此液体可使处于不同压力下的工质间隔开来，同时可平衡被测压力，并以其液位差来表示被测压力的数值。如将被测工质与U形管一端接通，另一端通大气，两边管内的液位差即反映被测工质的压力与大气压力之差。在管间标以适当的刻度即可测出被测工质的表压力。

### 3. 电触点式压力表

它是在一个弹簧管式压力表上加装了高低限触点，见图1-6。当压力降至低限时，压力

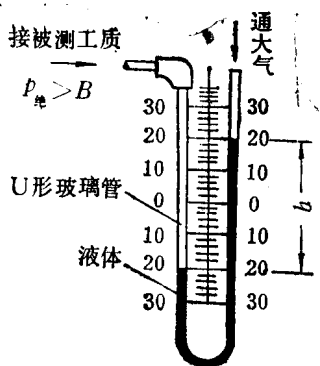


图1-5 U形液柱式压力表

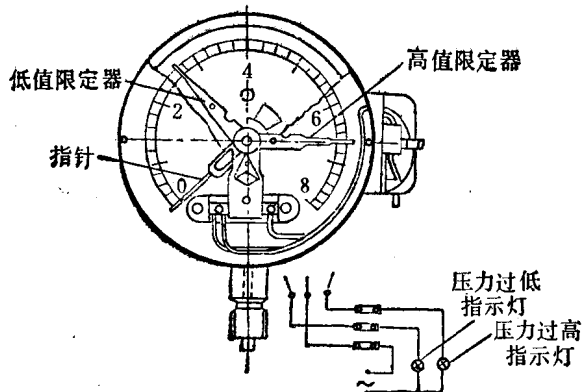


图1-6 电触点式压力表

表指针上所附的接触器就与低值限定器接触，当压力达到高限时，指针则与高值限定器接触，从而使相应的控制电路起作用，并通过指示灯显示或蜂鸣器报警。其限定值可根据需要进行调整。

## 二、测温仪表

### 1. 玻璃管液体温度计

玻璃管液体温度计是利用液体在玻璃管内热胀冷缩的原理制成的，其构造可从图1-2看出。在玻璃管下部有一小球与玻璃管相通，内部充入一定数量的液体。船上常用水银和酒精液体，称为水银温度计和酒精温度计。

水银温度计的适用量程是 $-30\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，而在 $0\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的区域内使用效果最好。酒精温度计的适用量程是 $-100\sim 75^{\circ}\text{C}$ ，所以用它来测量较低的温度。为了便于观察，酒精液体常染成红色或蓝色。

玻璃管液体温度计通常只能在被测工质处就地测示温度。

### 2. 压力表式温度计

压力表式温度计实际上就是由一只弹簧管式压力表和测温感受件（温包）所组成的温度计。它可以在一定的距离内测示温度。图1-7为其构造示意图。它具有一个专门的测温包，以毛细管和压力表接通而构成一密闭系统，在系统中充满液体（视所测温度范围而采用水银或二甲苯，也有充入惰性气体或饱和液体和气体的）。当温度升高时，测温包内的液体就发生膨胀。由于系统是密闭的，所以液体膨胀时就产生一定的压力，温度越高，其膨胀所产生的压力越大，只要将压力表盘面的刻度分成相应的温度等分，即可反映被测工质的温度值。

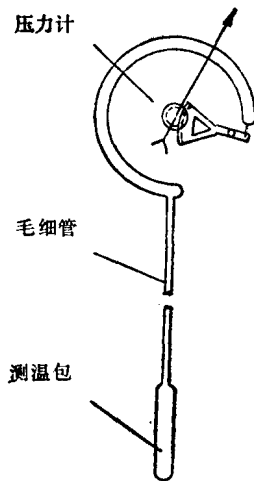


图1-7 压力表式温度计

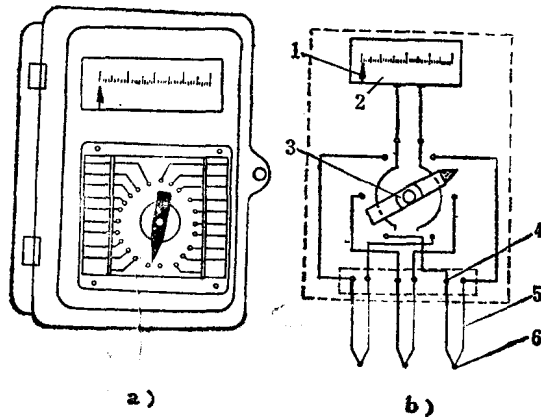


图1-8 热电偶温度计

a) 外形图, b) 原理图

1-温度指针; 2-表盘; 3-切换开关旋钮; 4-冷接点; 5-热电偶; 6-热接点

这类温度计，充水银的适用量程为 $-30\sim 550^{\circ}\text{C}$ ，充二甲苯的适用量程为 $-40\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。毛细管的最大长度为 $20\sim 22\text{m}$ 。根据仪表板到被测温度点的距离，出厂时毛细管有几种不同长



度的规格。

### 3. 热电偶温度计

这类温度计可以远距离遥测温度，在船上通常用来测量柴油机各缸的排气温度，并在操作台上设有切换开关，以便用一个表头可以读出每一缸的排气温度。

图1-8为这种温度计的原理图和外形图。它的测温感受件是用两种不同的金属丝（例如铜-康铜、镍铬-镍或铂铑-铂等）接成的热电偶。热电偶的二端用引线接到一个毫伏计上构成一个回路。当此回路处于相同的温度下，即各处都是环境温度时，回路中没有电流流通，毫伏计指针不动。当热接点感受的温度升高而冷接点仍为环境温度时，冷热接点处的电势就会不一样，因而电流就会从高电势流向低电势，毫伏计上的指针就会移动。冷热接点间的温差越大，电势差也就越大，电流就会越强。毫伏计上的刻度为温度刻度，这样就可测示温度值。

这类温度计由于测示的温度是冷热接点的温差，所以要精确地测示温度时，必须使冷点保持恒温（例如 $0^{\circ}\text{C}$ 或 $15^{\circ}\text{C}$ 等）。

### 4. 电阻温度计

这也是一种可以遥测温度的温度计，常被用在船舶的集中仪表板上。

金属的电阻值会随温度的变化而变化。当温度升高时，金属的电阻变大，电阻温度计的感受件就是一个由金属丝绕成的电阻。测量仪表是能反映电阻变化的特殊电工仪表，称为比率计。它的外形与毫伏计相仿，被测工质的温度可直接由比率计上读得。

工业用铂电阻温度计的感受件如图1-9所示。铂电阻温度计可以较为准确地测量 $100\sim 500^{\circ}\text{C}$ 的温度。低于 $100^{\circ}\text{C}$ 的温度可利用铜电阻温度计。

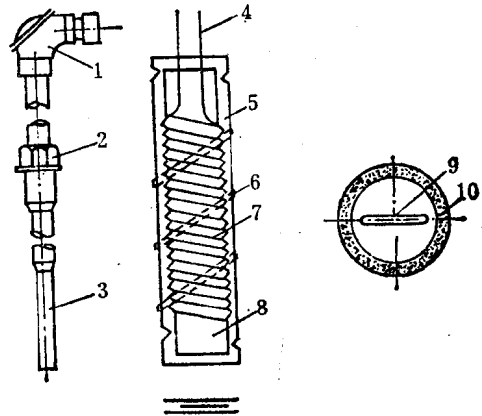


图1-9 铂电阻温度计

1-头部，2-螺丝接口，3-保护管，4-引出银线，5-保护用云母片，6-绑扎用银带，7-铂丝，8-云母片骨架，9-铂电阻线圈整体，10-保护管

## 第三节 热 与 功

### 一、热量的单位

在动力装置中，工质有时吸收热量，有时放出热量。为了衡量工质吸收或放出热量的多少，需要定出热量的单位。

在SI制中，热量单位采用焦耳（焦或J）。我国工程中以往常用的热量单位是卡（cal）和千卡（kcal）。在标准大气压下将1kg纯水升高 $1^{\circ}\text{C}$ 所需的热量为1000cal，称为1kcal。在采用英制的国家中，是用标准大气压下将1Lb水升高 $1^{\circ}\text{F}$ 所需的热量作为一个热量单位，称为英热单位（B.T.U.）。它们之间的换算关系为：

$$1\text{kcal} = 4186.8\text{J} = 3.968\text{B.T.U.}$$