

船舶动力装置

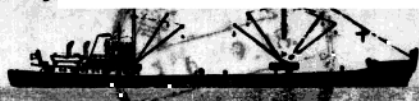
上册

高等学校試用教材

船舶动力装置

上册

上海海运学院
大连海运学院 合编
武汉水运工程学院



前 言

本书是作为交通部水运系統高等院校非船舶动力专业“船舶动力装置”課程的通用教材，适用于80~120学时。本书亦可供水运部門有关技术人員参考。

本书根据1961年3月交通部在大連召开的水运系統高等院校教材會議的精神，为进一步提高教学质量，解决当前教材的有无問題，由上海海运学院（主編）、大連海运学院和武汉水运工程学院会編而成的。由于本书属于通用性質，内容涉及面广，且要兼顧海河特点，在研究了“船舶制造”、“水运（海运）管理”、“船舶电气设备”及“船舶駕駛”四个专业的教学大綱的要求和教学时数之后，篇幅内容决定按共同的基本要求安排。至于各专业为結合本身的特点所要求的更深更广的内容，可由各专业在教学中自行补充。本书的編写除了以三个院校原有教材和教学經驗为基础外，还广泛参考了其它有关书籍和資料，而且部分内容摘自上海交通大学热工教研组編的《船舶动力装置》。在編写过程中，注意了貫徹党的教育方針，并力求达到精簡、加深和更新的要求。

本书分上下两册，上册包括工程热力学与傳热学、船用蒸汽鍋炉、船用蒸汽机、船用汽輪机四篇；下册包括船用內燃机、船用燃气輪机装置、船舶輔助机械和装置、原子能动力装置、船舶动力装置五篇，共計九篇。对于工程热力学与傳热学，因为它们們是各种热力发动机和換热設備的基础，所以論述比較詳尽；对于各种船用发动机以及鍋炉，則着重闡述基本工作原理、結構、性

能和一般操作保养知識；船舶輔助机械和装置部分，除对操舵机械由于其作用的重要性闡述較詳外，其他水力机械、制冷装置和制淡水装置等仅作一般性介紹。最后原子能动力装置和船舶动力装置二篇，是各院校以往讲义中所缺的，特予新編。船舶动力装置篇专就各种装置的性能、选择、布置以及推进装置的工作特性等作綜合性討論評价，使对动力装置的經濟性和合理性有概括的認識。原子能装置篇仅安排二个学时，只作簡單介紹。

由于編者水平有限，加之下册編写時間过于短促，本书不夠妥善甚至錯誤之处在所难免，恳切希望采用本书的各院师生和讀者提出批評和指正。

本书在着手編制大綱、收集資料、編写以及付印等工作过程中，得到上海交通大学（特别是热工教研室秦同沂等同志在內容上提供許多宝貴意見）、上海海运局船舶設計院等单位的大力帮助，在此一并表示感謝。

編 者

1962年6月

緒 論

人类在古代就創造了舟船这一极有深远意义的交通工具，它对社会生产力的发展、文化知識的交流、世界范围的扩大和了解，在历史上起了巨大促进作用，今后还将作出更大的贡献。现代船舶不但在作为国民經济的紐带的交通运输事业中負担着重大任务，而在国防上也是一支重要力量。

现代船舶动力装置乃是机动船舶以取得机械能、电能和热能的机械設備之綜合体，用以保証1)船舶在給定的生产量和速率下运动；2)船舶操縱、貨物装卸及船舶系統等的有效工作；3)全船以及旅客和船員正常生活上的需要。

船舶动力装置首要任务是供給船舶以推进力，因此推进装置——主机、軸系和推进器是船舶动力装置中的主要机組。构成船舶动力装置的还有鍋炉、发电机組、以及服务于主机、鍋炉和其他船舶設備的輔助机械等。

船舶动力装置一般按主机热力循环的工质性质分为蒸汽动力装置和燃气动力装置两大类。蒸汽动力装置是以蒸汽机或汽輪机作为主机，它們都用水蒸汽作为工质的，所以都有鍋炉設備。燃气动力装置是以內燃机或燃气輪机作为主机，它們一般都直接利用燃料燃燒的燃气作为工质，所以不需鍋炉設備。

图0—1示一最簡單的蒸汽动力装置綫图。由鍋炉1产生的蒸汽进入主机2，主机将蒸汽的热能轉变为轉动螺旋桨10的机械功，螺旋桨所产生的推力使令船舶运动。由主机排出的乏汽进入凝汽器3，在这里乏汽被循环水泵9打进的舷外水所冷却而凝結，

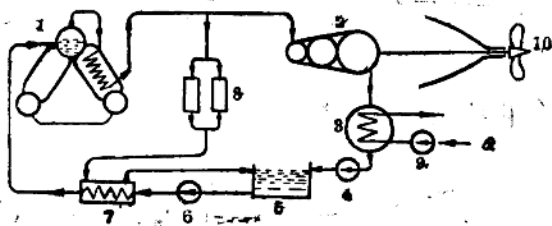


图0-1 蒸汽动力装置线图

凝結水由泵4抽去送入热水井5，然后再由給水泵6抽出經預热器7而回入鍋炉。

此外由鍋炉輸出部分蒸汽供給所有輔助机械，其乏汽則导入預热器7以加热送入鍋炉的給水，而乏汽本身也变为凝結水，流入热水井。

在图內未示出与推进装置无直接关联的机械。

船舶动力装置大大不同于陆地上的固定式动力装置，它必須具有适应船舶这种特殊建筑物的特点，这些特点主要是：

1. 服从推进器的工作規律 推进器的工作規律是它的功率和轉速成三次方之比，即 $N \propto n^3$ 。推进器是由主机带动的，所以主机必須按这个規律工作。当航速要求变化时，則用变化推进器的轉数来达到，这时主机的轉数須随着变化，而功率的变化則与轉数成三次方的关系。这是船舶动力装置的主要特点。

2. 重量和尺寸的限制 商船用于載貨和客运，而軍艦則用于作战。它們是有一定的排水量和容积的，动力装置的重量和尺寸不能太大，否則会影响运输能力和作战能力。此外，还要考虑到燃料、水和潤滑油料的儲备，它們也要佔去一部分排水量和容积。

3. 海洋的影响 船舶如航行在海上，就要考虑到海洋的影响。这一特点对船舶动力装置提出一些特殊的要求：

1) 考虑船舶的独立性 船在离岸之后就脱离了供应基地,因此对人员、装备、燃料及其他消耗物料的配备,应保证船舶在一定时期内一定程度的独立性。

2) 要求安全可靠 船航行在海洋上随时可以受到风浪的袭击,如果动力装置的某一部分损坏,就有可能使整个动力装置失效而导致船舶发生危险。所以对动力装置必须考虑到各种不利的情况,每一项机械设备必须能在最大的纵倾度和横倾度下正常地工作。在布置机械设备时要考虑到船体的平衡和重心的高低等等。

4. 有高度的操纵性能 船舶动力装置高度的操纵性能表现在起动迅速,操纵灵活,换向(倒顺车)快便,负荷变化范围大而适应性良好,并能在较低转速下稳定工作,等等。

以上所述,使我们对船舶动力装置有了一个基本概念和认识。现在且看其从最初采用蒸汽机起迄至现代采用燃气轮机和原子能动力装置的发展情况。

船舶动力装置中的主要机组既然是推进装置,通常就以推进装置的发展来标志船舶动力装置的发展的。

船的历史虽然很久,但起先一直是依赖人力和自然风力来行驶的。迄至十八世纪末,由于当时欧洲和美洲资本主义蓬勃发展,各资本主义国家之间在向外扩张势力、掠夺资源和倾销工业品方面的竞争,愈来愈激烈,因之纷纷寻求比风帆木壳船运输能力更大、航速更快、船体更坚固的船舰,力保海上运输和作战能力的优势。在这样的强烈要求之下,蒸汽机便首先被应用到船上作为推进动力。

最先试用蒸汽机成功的船,一致公认是1807年由英国人罗伯特·富尔登(Robert Fulton)在美国建造的“克勒蒙特”号(Clermont),它安装了一台大约20匹马力的蒸汽机来带动明轮推进器。这条船第一次在赫德逊河上试航时,在不兼用风帆的

情況下獲得每小時4.6浬的速度。“克勒蒙特”號的製造成功在船舶技術史上揭開了新的一頁。隨後幾年中明輪蒸汽機船續有建造（英國於1814年、俄國於1815年正式造成），但都保留風帆，在海上航行仍以風力為主，直至1835年才能單用蒸汽機的力量橫渡大西洋成功。

由於明輪推進器在海上航行有很大困難，於是試用螺旋槳推進器，至1843年左右，螺旋槳推進器開始得到廣泛採用，與此同時，船殼也都改用鐵制。從此以後，蒸汽機船便可不借助風帆而能遠渡重洋了。

在十九世紀的百年中，往復蒸汽機動力裝置是唯一的船舶動力裝置型式，雖然在技術上已發展到高度成就的程度，三脹式單機馬力可達15000匹之巨，但體積龐大（低壓缸直徑達3米，單機連同凝汽器等重1000噸），而效率仍然很低（不超過16%）。若再要提高馬力，在製造工藝上和機鍋倉布置上將遇到很大困難，於是轉向研究採用汽輪機（雖然汽輪機在工業上的應用也剛開始不久），因為大功率汽輪機效率較高，重量又輕，對船舶有利。1896年英國人派松氏（Charles Parsons）制成功了世界上第一艘汽輪機遊艇“透平尼亞”號（Turbinia）長30米，排水量44噸，裝有三台汽輪機，共發出軸馬力2000匹，航速達到34節。自此以後，在大功率的船舶上特別是在軍艦上，汽輪機逐漸取蒸汽機而代之。

最初所使用的汽輪機都是直接連于螺旋槳的，因此不得不做成低轉速的，葉輪很大，級數很多（達100~200級），體積笨重，效率不高，至1910年才開始採用齒輪減速裝置，從而鞏固了汽輪機裝置的地位。

隨着蒸汽機功率的提高和汽輪機的應用，火管鍋爐就不能適應高參數和大出力的要求，於是採用水管鍋爐，而水管鍋爐本身為不斷增加出力、提高效率以及減小尺寸和重量，又在不斷改

进，相继造出单侧、直立水管、强制循环和增压燃烧等各式锅炉来。

差不多与采用汽轮机的同时，在船上也开始应用内燃发动机（主要是柴油机）。1903年世界上第一艘内燃机船“万达尔”号（Вандал）在俄国建成。它装有三台120匹马力的柴油机，各带动一部发电机，发出电力驱动各自的电动机以带动螺旋桨，因此“万达尔”号又是世界上第一艘电力推进的船舶。由于柴油机动力装置的效率高（现代柴油机的效率可达46%），管理方便以及所占机舱容积小，船用柴油机自出现以来，即被广泛采用，在世界每年新造的商船总吨位中柴油机船所占比重逐年增加，目前达到80%以上。在某些类型船舶（例如快艇、潜水艇、水翼船）上，更由于柴油机具有特殊的适应性，柴油机装置已经成为唯一的或主要的动力装置型式。

迴轉式（透平）动力装置除了汽轮机外，近年已开始应用燃气轮机，它的主要特点是重量特轻，尺寸小，设备简单。1947年美国最先将燃烧式燃气轮机试用于军舰（MGB—2009）上，1955年法国第一个在船上应用自由活塞式燃气轮机。

原子能的发现和利用为船舶动力装置开辟了一个新的广阔前途。美国于1952年首先用于潜水艇“鹦鹉”号。苏联在1959年建成了世界上第一艘原子能破冰船“列宁”号，这是在船舶上和平利用原子能的先例。这艘原子能破冰船主发动机的功率为44000匹马力。到目前为止，除了美国继之建成一艘20000匹马力的原子能客货船，“萨万纳”号（Savannah）外，其他国家也都正在设计试造各种用途的原子能商船。

原子能装置的船舶最大的优点是，只需携带少量的原子燃料（如铀）而可以长期地在海上航行。象一艘6000匹马力的原子船，每小时消耗的铀不过1克左右。原子能动力装置如用于潜水艇更有其特殊有利之处，就是原子燃料根本不需要空气助燃，因此潜水

艇便可长期在水下航行，不必經常浮上水面补充空气。

在使用燃料种类方面，在十九世紀結束以前，煤可說是船舶蒸汽动力装置中唯一燃料。以煤作为燃料对大功率的推进装置是有許多不利之处的，这就要求用油作为燃料；以油作为燃料之后，就有可能制造出出力更大、参数更高和更經濟的水管鍋炉。由于炼油技术的进步，燃油品种的增加，这就促使造出适用于各种柴油和重油的各式各样的柴油机，从而推动了柴油机的发展。

以上所述是在世界範圍內船舶动力装置的发展情况。

我国在四千年前已有了舟船，三千多年前就发明了帆，至五世紀前便造成了航海帆船，隋唐时已能航至錫兰。至十五世紀初明朝永乐年間，有名航海家郑和奉派出使“西洋”（南洋群島和印度洋一带），所乘大船长达四十四丈，闊十八丈之巨。前后經過三十年（1405—1433），到过印度支那半島、馬来半島、印度、波斯和阿拉伯的許多地方，最远到达非洲东海岸。但自此以后，由于封建統治不重視科学技术，造船技术也停滯不前，得不到进一步发展。

我国之有現代造船工业，乃是在十九世紀中叶外国资本主义势力侵入之后才开始的。1865年清政府在上海成立了江南制造局（江南造船厂的前身），于1867年开始建造輪船，而我国第一艘蒸汽机船却在1866年由安庆制造局的徐青、华蘅芳等人造成，船長約20米，航速1.25节。1863年清政府又在福建馬尾成立了福州船政局。此后各地相繼办起了小型修造船厂。由于当时清政府以及后来的北洋政政和国民党反动政府的腐敗无能，再加上帝国主义的侵略压迫，我国造船工业长期处于以修配为主的落后状态。解放以前的近百年中，船舶总产量只有50余万吨，平均每年不到六千吨；造机方面只有造三、四千馬力以下的老式蒸汽机和小馬力的內燃机（以热球式为多）的能力，而主要材料均賴国外进口。1921—1922年間，江南造船厂曾为美国造过四艘万吨蒸汽机

远洋貨船，主机馬力为3430匹，这是旧中国所造的最大的船了。

解放以后十三年來，党和政府对新中国的船舶工业进行了規模巨大的基本建設工作，获得了輝煌成就：扩建和新建了造船厂，建造了船模試驗池，成立了船舶設計研究机构，創辦了造船机学校等。这些机构和造船厂先后为我国国民經济各个用船部門和国防建設，新造了沿海內河各式各型的大小船舶以及万吨远洋貨輪。

为配备这些各类型船舶的动力装置，我国自行設計和制造出了各式各样的发动机。在蒸汽机方面，主要的有2400馬力单脹单流式，500、1100馬力双联双脹半单流式，900、1200馬力臥式等蒸汽机。在柴油机方面，有5馬力至900馬力的各种机型，2000、3000馬力低速柴油机，而且試造成功8800馬力的重型柴油机。在透平方面，有5000馬力船用汽輪机，对于自由活塞式燃气輪机的試驗，也取得了成績。其他輔机和航行仪器方面亦能自制。

船用鍋炉的設計和制造，也与发展蒸汽动力装置的同时得到相应的发展。我国目前不仅能自行設計制造所需要的近代船用鍋炉，并且在試制試用机械加煤、燃燒的自动控制以及燃燒煤粉方面都取得了可貴的經驗。对于原子动力装置有关部門亦在积极研究中。

特別值得一提的是国家有关部門对船用发动机机型的統一化、系列化与部件的标准化工作曾作过不少的努力，已初步訂出了各型发动机系列准則，这对于加快造机速度、提高质量、降低成本和便于管理維護具有重大經济意义。

我国有着漫长的海岸綫，优良的港口和漁場，內地河川湖泊密布，航路四通八达。为了巩固国防，发展海、河交通运输事业和漁业，加速社会主义建設，需要大量的、多种多样的船舶。建造这等船舶，对动力装置将提出不同机型以及适应我国工业发展水平和国家燃料政策的許多要求。設計和建造的任务是十分艰巨

的，都必須付出辛勤的劳动，才能形成我們自己的船用动力装置完整的体系。

另一方面，对于新型的和大型的船用动力装置的有效应用和正确管理，我們也还缺乏經驗，这亦要求我們輪机人員以及駕駛、从事水运技术经济管理、和船舶制造等人員，都必須具有相应的知識和技术水平，并从实践中不断提高，使动力装置得以安全可靠地、經濟地运轉。

目 录

前 言..... (9)

緒 論..... (11)

第一篇 工程热力学与傳热学

第一章 工程热力学概述

1-1 工程热力学研究的对象及方法..... (1)

1-2 基本概念..... (2)

1-3 气体状态的基本参数..... (6)

第二章 理想气体的基本性質

1-4 理想气体的特性方程式..... (9)

1-5 理想混合气体..... (12)

1-6 理想气体的比热..... (16)

第三章 热力学第一定律

1-7 热力学第一定律及其数学式..... (23)

1-8 气体的膨脹功和压缩功..... (24)

1-9 內能、焓和熵..... (26)

第四章 理想气体的热力过程

1-10 定容过程..... (30)

1-11	定压过程	(32)
1-12	等温过程	(34)
1-13	绝热过程	(35)
1-14	多变过程	(38)
第五章 热力学第二定律		
1-15	热力学第二定律的内容	(43)
1-16	循环和卡诺循环	(46)
1-17	孤立系统中熵的变化	(50)
第六章 气体循环		
1-18	内燃机循环概述	(54)
1-19	内燃机理论循环	(57)
1-20	燃气轮机装置循环	(63)
1-21	压气机的工作过程	(65)
第七章 水蒸汽的热力性质		
1-22	水蒸汽的形成	(69)
1-23	水蒸汽状态参数的确定	(71)
1-24	水蒸表和水蒸汽线图	(75)
1-25	水蒸汽的状态变化过程	(77)
1-26	气体和蒸汽的流动	(80)
1-27	气体和蒸汽的节流	(89)
第八章 蒸汽循环		
1-28	朗肯循环	(92)
1-29	朗肯循环热效率与蒸汽参数的关系	(95)
1-30	回热循环	(97)

1-31	制冷装置循环	(100)
------	--------------	---------

第九章 傳热学

1-32	傳热的一般概念	(104)
1-33	导热	(105)
1-34	对流换热	(111)
1-35	热輻射	(115)
1-36	傳热和換热器	(121)

第二篇 船用鍋爐裝置

第一章 船用鍋爐概述

2-1	船用鍋爐的用途和分类	(132)
2-2	船用鍋爐主要特性	(135)
2-3	对船用鍋爐的要求	(137)
2-4	船用鍋爐发展概述	(138)

第二章 燃料和燃烧

2-5	燃料概述	(141)
2-6	燃料的属性和船用鍋爐对它的要求	(143)
2-7	燃料的貯存	(147)
2-8	燃料的燃燒	(149)
2-9	鍋爐的热平衡和热損失	(154)

第三章 爐膛設備

2-10	燃煤炉膛設備	(158)
2-11	燃油炉膛設備	(166)

第四章 船用鍋爐的主要型式及其构造

2-12	火管鍋爐	(172)
------	------------	---------

- 2-13 联箱式水管鍋炉 (176)
- 2-14 三鼓筒(双烟道)式水管鍋炉 (180)
- 2-15 二鼓简单侧(单烟道)式水管鍋炉 (181)
- 2-16 两种特殊型式的鍋炉 (185)
- 2-17 輔助鍋炉和廢气鍋炉 (190)
- 2-18 各型船用鍋炉的比較 (194)

第五章 鍋爐附加受熱面和附件

- 2-19 鍋炉附加受熱面 (197)
- 2-20 鍋炉附件 (203)

第六章 船用鍋爐裝置的主要系統和自动調节設備

- 2-21 燃料系統 (210)
- 2-22 給水系統 (212)
- 2-23 通风系統 (215)
- 2-24 鍋炉自动調节設備 (218)

第七章 船用鍋爐的运行

- 2-25 鍋炉的点火升汽、正常工作和熄火停炉 (226)
- 2-26 鍋炉的养护 (228)

第三篇 船用蒸汽机

第一章 蒸汽机概述

- 3-1 蒸汽机基本构造和动作原理 (231)
- 3-2 蒸汽机分类 (233)
- 3-3 船用蒸汽机的应用和发展 (236)

第二章 蒸汽机內的热力过程

- 3-4 蒸汽在汽缸內的理論工作过程 (239)

- 3-5 蒸汽机的实际示功图 (242)
- 3-6 蒸汽机的损失和效率 (245)
- 3-7 多脹式蒸汽机的工作过程 (249)

第三章 蒸汽机的配汽

- 3-8 配汽机构的功用和組成部分 (253)
- 3-9 滑閥配汽 (253)
- 3-10 提閥配汽 (260)
- 3-11 汽閥的傳动机构 (262)

第四章 船用蒸汽机的型式和構造

- 3-12 蒸汽机主要零件的構造 (266)
- 3-13 三脹式蒸汽机 (272)
- 3-14 成对无容汽器式蒸汽机 (273)
- 3-15 单脹单流式蒸汽机 (278)
- 3-16 臥式蒸汽机 (280)
- 3-17 輔机用高速蒸汽机 (283)
- 3-18 各型船用蒸汽机比較 (284)

第五章 船用蒸汽机的运行

- 3-19 蒸汽机的操作和保养 (288)

第四篇 船用汽轮机

第一章 汽轮机概述

- 4-1 汽轮机的一般概念及基本工作原理 (292)
- 4-2 冲动式汽轮机与反动式汽轮机 (293)
- 4-3 汽轮机的发展概况 (297)