

任文江 施润华 编



CHUANBO DONGLI ZHUANGZHI JIENENG CHUANBO DONGLI ZHUANGZHI JIENENG

船舶动力装置节能

上海交通大学出版社

U664.1

R47

355172

船舶动力装置节能

任文江 施润华 编



上海交通大学出版社

资源库
PDF

(沪)新登字205号

内 容 提 要

本书是中国船舶工业总公司全国高等学校船舶类专业教材。本书重点阐述船舶动力装置节能基本原理和各种节能技术及其系统的设计计算、分析与应用,并以柴油机动力装置的节能为主。本书不仅收集了国内外有关船舶节能的资料以及各类实船的节能措施,并且反映了编者多年来在船舶节能领域上的教学经验和科研成果。

全书共七章,主要内容有:能源概述,能源形势和节能的重要性,船舶节能的途径及节能技术经济分析方法;节能的热工理论基础;节能系统的主要热能回收设备;余热利用及其利用系统;节减船舶需求的推进功率;轮机营运管理及舱室辅机的节能技术;船舶动力装置节能动向及船舶能源展望。

本书可作为高等院校船舶动力机械和装置专业的教材,也可作为造船系统和航运系统的研究人员、工程技术人员和运行管理人员的参考用书。

1098/05



船舶动力装置节能

出版:上海交通大学出版社

(淮海中路1984弄19号)

发行:新华书店上海发行所

印刷:江苏太仓印刷厂

开本:787×1092(毫米) 1/16

印张:10.75

字数:258000

版次:1991年11月 第1版

印次:1991年12月 第1次

印数:1—1500

科目:259—297

ISBN7-313-00943-7/U·66

定价:2.80元

船舶动力装置节能

新
解
船
PDG

出 版 说 明

根据国务院国发[1978]23号文件批转试行的“关于高等学校教材编审出版若干问题的暂行规定”,中国船舶工业总公司承担了全国高等学校船舶类专业教材的编审、出版的组织工作。自1978年以来,完成了两轮教材的编审、出版任务,共出版船舶类专业教材116种,对解决教学急需,稳定教学秩序,提高教学质量起到了积极作用。

为了进一步做好这一工作,中国船舶工业总公司成立了“船舶工程”、“船舶动力”两个教材委员会和“船电自动化”、“惯性导航及仪器”、“水声电子工程”、“液压”四个教材小组。船舶类教材委员会(小组)是有关船舶类专业教材建设的研究、指导、规划和评审方面的业务指导机构,其任务是为作好高校船舶类教材的编审工作,并为提高教材质量而努力。

中国船舶工业总公司在总结前两轮教材编审出版工作的基础上,于1985年制订《1989年——1990年全国高等学校船舶类专业教材选题规划》。列入规划的教材、教学参考书等共166种。本规划在教材的种类和数量上有了很大增长,以适应多层次多规格办学形式的需要。在教材内容方面力求做到两个相适应:一是与教学改革相适应;二是与现代科学技术发展相适应。为此,教材编审除贯彻“打好基础,精选内容,逐步更新,利于教学”的原则以外,还注意了加强实践性教学环节,拓宽知识面,注重能力的培养,以适应社会主义现代化建设的需要。

这批教材由各有关院校推荐,同行专家评阅,教材委员会(小组)评议,完稿后又经主审人审阅,教材委员会(小组)复审。本规划所属教材分别由国防工业出版社、人民交通出版社以及各有关高等学校的出版社出版。

限于水平和经验,这批教材的编审出版工作还会有许多缺点和不足,希望使用教材的单位和大广师生积极提出宝贵意见,以便改进工作

中国船舶工业总公司教材编审室

1988年3月



前 言

本书是在“轮机节能原理及其技术”讲义的基础上,根据1986年12月全国高等学校船舶动力类专业教材委员会上制定的“船舶动力装置节能”大纲,进一步修改编写而成的。

能源是提高人民生活和进行社会主义现代化建设的重要物质基础。当前,能源短缺已成为世界上急待解决的重要课题。解决能源问题的根本途径:一是开源,二是节流。船舶动力装置节能在船舶节约能源和提高营运经济效益中起着重要的作用。在船舶动力装置设计、研究和使用管理中节能是贯穿在整个工作中的一项重要的研究和工作内容。近年来,国内外节能技术的研究有很大进展,新技术和新措施不断出现。作为船舶动力机械及装置未来的研究人员和工程师以及从事船舶节能的工程技术人员应对船舶动力装置节能技术具备系统的知识,掌握节能原理和措施,以适应当前造船事业和节能技术不断发展的需要。本书希望能起抛砖引玉的作用。

船舶动力装置的节能途径是多方面的,本书全面和系统地介绍了船舶动力装置节能原理、各种节能技术措施及其基本设计计算方法。全书共分七章,第一章“绪论”是介绍能源的基本知识及能源形势、节能的重要性及节能概念、船舶节能的各种途径,并介绍了节能技术经济分析评价方法;第二章是阐述节能技术的热工理论基础,运用热力学基本定律阐述能量平衡与能量的质量,并着重介绍焓的概念、焓的计算和焓分析法的应用;第三章是介绍船舶动力装置节能系统的主要热能回收设备,如余热锅炉、热管与热管换热器、吸收式热泵和吸收式制冷装置等的工作原理、结构及应用;第四章是论述余热的利用,着重分析了柴油机排气余热的利用及其利用系统型式、设计参数的选择和热计算等设计问题,并对柴油机冷却热的利用及燃气轮机装置的余热利用也作了一定的论述;第五章是介绍另一种节能技术措施,即通过提高推进系统性能,主机优选和机桨最佳匹配等技术达到减少船舶需求的推进功率,降低主机燃油耗量,从而减少船舶所耗能量;第六章是讨论船舶动力装置节能的又一个方面——轮机营运管理和舱室辅机的节能技术,主要是阐述泵和风机的节能原理和途径、主机轴带发电机的节能技术及存在的技术问题、使用廉价重油的合理性及其技术、采用减速航行和经济航速的节能技术等;第七章是叙述船舶动力装置节能动向及能源展望,主要叙述总能系统的发展、风帆助航在现代船舶中的应用、煤及其他代用燃料的使用、新能源展望等。

本书是在编者多年教学实践基础上参考国内外有关资料编写而成的,并融入了编者在该领域上科研成果。全书由任文江、施润华二人编写。任文江编写第一、第二和第四章;施润华编写第三、第五、第六和第七章。全书由海军工程学院罗云教授主审,谨在此致以衷心感谢。

由于我们的水平和时间所限,书中内容和论述不免会有欠妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

1990年12月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 能源概述	1
1.1.1 能源的概念及其分类	1
1.1.2 船舶能源使用概况	2
1.2 能源形势和节能概念	3
1.2.1 能源形势和节能的重要性	3
1.2.2 节能的基本概念	4
1.3 船舶节能的途径	5
1.4 节能技术经济分析	11
1.4.1 节能技术经济分析的目的和任务	11
1.4.2 节能技术经济分析的方法	11
1.4.3 计算实例	14
第二章 船舶动力装置节能的热工理论基础	16
2.1 热力学第一定律和能量平衡	16
2.1.1 热力学第一定律	16
2.1.2 能量平衡	17
2.2 热力学第二定律和能质概念	20
2.2.1 热力学第二定律	20
2.2.2 能量品质概念	22
2.3 焓和焓分析方法的应用	23
2.3.1 焓	23
2.3.2 焓分析方法的应用	30
第三章 船舶动力装置节能系统的主要热能回收设备	38
3.1 余热锅炉	38
3.1.1 余热锅炉装置的功用与组成	38
3.1.2 余热锅炉的结构型式	39
3.1.3 余热锅炉的选配设计	42
3.2 热管与热管换热器	44
3.2.1 热管的工作原理和基本结构	44
3.2.2 热管的分类和特点	45
3.2.3 热管换热器的应用	46
3.3 吸收式热泵技术	48
3.3.1 吸收式热泵的工作原理、分类及其特点	49
3.3.2 热泵节能的工作效益	51

3.3.3 吸收式热泵的应用	52
3.4 吸收式制冷装置	53
第四章 船舶动力装置的余热利用	57
4.1 热机能量平衡分析及余热的合理利用	57
4.1.1 热机能量平衡分析	57
4.1.2 余热的合理利用	58
4.2 柴油机动力装置排气余热利用系统	60
4.2.1 排气余热转换成加热热能的利用系统	61
4.2.2 排气余热转换成加热热能及电能的利用系统	62
4.2.3 排气余热转换成加热热能、电能和机械能的利用系统	67
4.2.4 几种典型的余热发电利用系统	68
4.2.5 各种设计参数对发电量的影响	73
4.2.6 余热发电系统的热平衡计算	75
4.2.7 余热发电装置的船舶电站组成形式	79
4.3 柴油机动力装置冷却热量及其利用系统	81
4.3.1 冷却热量及其利用	81
4.3.2 冷却热利用系统	83
4.4 燃气轮机动力装置的余热利用	91
4.4.1 燃气轮机余热利用的重要性及利用方法	91
4.4.2 燃气-蒸汽联合循环及其热力系统	91
第五章 减少船舶需求的推进功率,降低主机燃油耗量	97
5.1 提高船舶推进性能,降低主机的配置功率	97
5.1.1 改进船型与降低船舶阻力	97
5.1.2 采用低速大直径螺旋桨以提高推进效率	98
5.1.3 选配节能型螺旋桨	100
5.2 主机优选与机桨匹配节能	104
5.2.1 主机经济选型	104
5.2.2 机桨匹配节能	106
5.3 多工况船舶机桨匹配节能分析与计算	111
第六章 轮机营运管理及舱室辅机的节能技术	118
6.1 泵和风机的节能原理和途径	119
6.1.1 泵和风机的工作特性	119
6.1.2 泵和风机变速控制的节能原理和方法	122
6.1.3 泵和风机的更新换代和合理选型	124
6.2 主机轴带发电机节能	125
6.2.1 轴带发电机的采用与经济性	125
6.2.2 主机轴带发电机的传动和运行中问题	126
6.3 合理用油,降低燃料费用	128
6.3.1 使用廉价重油,降低燃料费用	128

6.3.2 柴油机燃用重油所引起的问题及其解决办法	129
6.4 减速航行与经济航速节能	134
6.4.1 降低航速节能原理	134
6.4.2 经济航速及其计算	134
6.4.3 减速航行的技术问题	138
第七章 船舶动力装置节能动向及船舶能源展望	140
7.1 船舶动力装置总能系统	140
7.1.1 船舶动力装置总能系统概念及船用热机的基本总能系统	141
7.1.2 船舶柴油机装置的典型总能系统	145
7.2 重新评价风力在船舶推进中的作用——风帆助航	147
7.2.1 风帆受力分析和推力功率计算	148
7.2.2 帆、机、桨、船的最佳匹配	149
7.2.3 风帆助航船年节油量概算及其经济效益	152
7.3 船舶代用燃料和能源展望	154
7.3.1 重新以煤作为船舶燃料的新方案	155
7.3.2 船舶代用燃料和新能源展望	157

第一章 绪 论

1.1 能源概述

1.1.1 能源的概念及其分类

能源问题已经成为经济发展中一个头等重要问题。经济建设的增长速度和发展规模与能源的生产数量和使用情况紧密相关。如果能源的供应赶不上经济发展的需要,就会出现能源危机,从而影响四个现代化的进展。所以我国国民经济今后能不能保持较快的增长速度,能不能出现一个新的发展局面,在很大程度上取决于能源问题能否得到恰当的解决。

那么,究竟什么是“能源”呢?科学技术百科全书是这样定义的:能源是可以从其获得热、光和动力之类能量的资源。因此,概括地说自然界中能够产生能量的资源称为能源。人们利用这些资源,可以获得各种形式的能量,如热能、电能、机械能和辐射能等。

世界上的能源种类很多,根据能源的形成、能源资源的再生性及被利用的程度,能源的分类如表 1.1 所示。

表 1.1 能源分类表

一 次 能 源	再生能源	常规能源	水能
		新 能 源	太阳能,生物质能,风能,地热能,潮汐能,等等
	非再生 能源	常规能源	煤炭,石油,天然气,油页岩,核裂变能
		新 能 源	核聚变能
二次 能源	焦炭,煤气,电力,沼气,蒸汽,热水,汽油,煤油,柴油,重汽,液化汽,余热 余能,等等		

在上述分类中:

一次能源——来自自然界,不需要加工或转换就可直接利用的能源。

二次能源——由一次能源经过加工转换而成的能源产品。一次能源无论经过转换几次所得到的另一种能源,都称作二次能源。

再生能源——在生态循环中能够不断再生的能源。

非再生能源——如煤炭、石油、天然气等,随着开发利用而逐渐耗尽的能源。

常规能源——已应用得成熟的、经济上合理的能源。对于核裂变能,国际上统计在常规能源之列。

新能源——属新近才开始利用的、技术上尚未成熟的,或者经济上还未过关的能源。如太

太阳能、潮汐能、地热能和核聚变能等。

各种能源都有其优缺点,对其品质的评价总的来说应从能流密度(是指在一定空间或面积内从某种能源实际所能得到的能量或功率)、开采费用和利用设备的价格、存储可能性和供能连续性、储藏量及再生可能性、运输费用与损耗、污染程度、转化的品位等方面来进行。例如,太阳能和风能不花成本就能得到,但它们的能流密度很小,如果考虑利用设备的价格,那么根据目前的技术水平,太阳能、风力、海洋能等发电设备的初投资太大,资金周转太慢,而烧石油和天然气的装置初投资比其少得多。烧煤的设备也比太阳能、风力便宜。同时,作为能源,要求它能按照需要的大小与快慢连续不断地供应能量。这方面,太阳能、风力等目前还不容易做到,而各种化石燃料和核燃料则比较容易实现。采用风力的船舶在没有风时如果继续航行就要用人力或机械动力来补充。但是,太阳能、风力、地热等是可再生的,化石燃料和核燃料则不能再生,而且它们的储藏量是有限的。总之,要根据我国资源的特点,技术水平和用能设备的要求等等,合理和有效地利用各种能源,使之用得其所。

人们实际用量最大的三种能量形式为热能、机械能和电能。目前,大多数一次能源都是首先经过热能的形式,或者直接使用,或者通过热机转化为机械能和电能再使用。在能量转化系统中,各种炉子和热机是非常重要的环节。炉子(包括反应堆)是将各种燃料的化学能(或原子能)转化为热能的设备。热能可以直接使用,以满足各种工艺流程和生活上的需要。热能也可以通过热机进一步转化为机械能、电能。燃料的化学能转化为热能是比较容易的。理论上燃烧效率可以接近百分之百,但把热能转化为机械能则困难得多。人们不仅需要热能,而且也需要机械能和电能。能量转换的好坏直接影响到能源的有效利用程度。为了更有效地使热能转化为机械能,提高能源利用率,深入掌握和研究能量的转化规律是非常重要的。

1.1.2 船舶能源使用概况

一切船舶都要靠能量来航行和进行其他活动。船舶从利用人力,风力,发展到利用机器动力,每一次转变都是能源利用的转变。采用机器动力不仅可以提供巨大的推进力,而且可以通过发电设备和其他装置提供电力和船上所需的其他能量,以保证船舶的正常航行和活动以及船上人员的生活和工作。

燃料是现代机器动力船舶的能源。船用燃料主要有煤和石油两种。天然气在船舶中使用目前所占的比例极小。核动力主要用于军用舰艇,而在民用船舶中,由于一系列技术上和政治经济上的原因,所以使用极微。本世纪 20 年代之前,煤是船舶的主要燃料,但演变至今,石油几乎是唯一的船用燃料。煤与石油相比,虽然资源丰富,但在开采、运输和利用方面有很多不利之处。煤的发热值低,能量利用率也低,在船上使用还要占用相当的舱容,降低了船舶的运输效益。另一方面,蒸汽动力装置虽然可用煤作燃料,但其能量转换效率比柴油机低,即使煤的价格比石油便宜,但从船舶的运输效益来说还是柴油机动力装置好。因此近二十多年来,在新建造的船舶中柴油机船占绝大多数。80 年代以来建造的蒸汽动力船舶为数更少,见表 1.2。柴油机至今只能使用石油燃料,甚至在为数很少的蒸汽轮机船舶中,除个别国家因从本国资源方面来考虑而有采用煤作燃料外,主要还是用石油作燃料。以上说明了为什么石油逐渐取代了煤几乎是目前唯一的船用燃料。

根据表 1.2 所表明的机型趋向,柴油机在今后相当长的时期内仍将是民用船舶主要的机型,因而石油燃料也仍将是船舶的主要能源。因此除了努力提高柴油机动力装置的热效率外,

研究柴油机的代用燃料也是一项重要的研究课题。同时,船舶动力装置节能的主要研究对象也应是柴油机动力装置。

表 1.2 1979/1984 年建造的 2000 吨级以上船舶主机统计

主机类型	船 数	台 数	功 率 (kW)	比例% (功率)
低速柴油机	432/659	441/665	4170136/5317953	63.14/75.97
中、高速柴油机	409/341	564/500	2033446/1514246	30.79/21.63
汽轮机	14/7	15/8	400995/167841	6.07/2.4
燃气轮机	0	0	0	0
总 计	855/1007	1020/1173	6504577/7000045	100

70 年代以来,由于国际上出现所谓“石油危机”,于是其他能源的研究和利用有了发展。例如某些煤矿资源丰富,供应又方便的国家已建成直接烧煤的蒸汽动力船舶。有的考虑以煤油混合燃料来代替纯燃油以减少燃油的消耗。煤油混合燃料又称 COM 燃料,是一种由煤粉和重油混合而成的浆状燃料,其储存、输送及燃烧都近似于液体燃料。在内燃机上已有燃烧这种浆状燃料的报导。另外,有些国家正在试验研究新型风帆来利用风能,并已建成以机为主以帆助航的可供实用的新型船舶。

在我国,煤矿资源相当丰富,因此有提出在一定航线的沿海运煤船上采用烧煤蒸汽动力装置的建议,并已开始这方面的可行性研究工作。

1.2 能源形势和节能概念

1.2.1 能源形势和节能的重要性

能源是发展经济与提高人民生活的物质基础,也是世界多数国家面临迫切需要解决的重大问题。

从全世界的能源形势来看,能源的生产速度很难与经济发展相适应。在 1979 年全世界消耗的能源总数为 98.6 亿吨标准煤。根据估算,如要每年保持一定的经济增长率,2000 年时的能源消费量就差不多要比 1979 年的消耗量翻一番。这从目前石油、煤、水力和核裂变能发展的情况看是很难满足的。另一方面,当前消耗较多的煤炭、石油、天然气等非再生能源的储藏量毕竟是有限的。以石油而言,世界平均石油消费量约占能源总消费的一半。根据 1980 年第十届石油会议估计,世界石油储量约为 3000 亿吨。到 1980 年底根据已探明的储量和累计的采出量计算,剩余可采储量约为 880 亿吨左右。按 1980 年世界石油产量 30 亿吨计算,也就是说可维持开采 30 年左右。当然,估计还有一半石油资源有待进一步探明,但是世界石油消费量也将逐年增加,而且新的石油资源的勘探和开采难度愈来愈大,费用将愈来愈高。由此可见,世

界性的石油危机是存在的,各国都在纷纷研究解决本国能源问题的对策。普遍认为,节能是近期解决能源供需矛盾的主要途径,并积极开展替代能源和可再生能源开发利用的研究。

我国的能源问题,是能源供应满足不了需要。虽然我国能源丰富,但是人口众多,平均到每个人的资源还是有限的。而且由于过去工作中对能源在国民经济中的重要性认识不足,经济规律没有很好掌握,对能源建设缺乏全面安排和长远规划,以致能源开发跟不上国民经济的发展。长期以来,燃料、动力严重不足,影响了我国社会主义现代化建设的发展速度。另一方面,我国的能源有效利用率低,单位产值能耗较高。世界几个工业发达国家 1978 年一千美元产值的能耗(吨标准煤)是:

国名	美	苏	日	西德
能耗	1.28	1.20	0.71	0.54

我国目前一千美元产值(我国产值包括的内容与国外不同,这里只是大致的比较)的能耗约为 1.7 吨标准煤,与工业发达国家相比,高出很多。产生这些差距的原因是技术落后,设备陈旧,燃料消费以煤为主,能源没有充分和合理利用,管理不善和浪费较大等等。随着工业的发展,技术水平的提高,单位产值的能耗总是不断下降的。根据估算,如果到本世纪末达到平均每人年产值一千美元,而且一千美元产值能耗降到 1.2 或 1.0 吨标准煤,那时人口估计是十二亿,则全国总的能耗是 14.4 或 12.0 亿吨标准煤,相应的产量年增长率是 4.5% 或 3.5%。根据目前我国能源的生产形势,初步估计到本世纪末不大可能达到这样高的产量指标。因此光靠开源的办法是很难解决四化建设中的能源问题的,还必须采取另一种办法,即节流。

由此可见,无论从世界能源形势看,还是从我国的情况看,都必须把节能放到重要地位。因此,我国的能源总方针指出:“开发与节能并重,近期把节能放在优先地位”。而且,节能不是权宜之计,而是长期的战略任务。另一方面,节能的过程也是提高经济效益,促进现代化建设的过程。以节能为中心的技术改造将贯穿于现代化建设的全过程,它既可以促进经济建设的发展,也可以推动科学技术水平和管理水平的不断提高。我国目前的单位产值能耗与先进工业国家相比高了很多,因此节能潜力很大,节能工作大有可为,任重道远。

从船舶来看,海上运输始终是以降低运输成本,增加盈利为努力目标。自 1973 年石油危机以来,由于燃油价格上涨,燃料费用在船舶运输费用中的比例已由 10% 以下上升到 40~50%。这就要求大力开展船舶节能技术的研究以降低运输成本。目前我国下达的船舶燃料指标要比先进工业国家高很多,可见我国船舶节能的潜力也是很大的。

1.2.2 节能的基本概念

1. 节能的含义

什么叫节能?从科学的定义来说,节能就是在满足相等需要或者达到相同目的条件下,使能源(能量)消耗量减少,其减少的数量就是节能的数量。概括地说,“节能的目标一般是为了降低单位国民生产总值所需要的能源总量”。这也就是人们常说的,以尽可能少的能源,创造出更多社会需要的产品和产值。世界能源组织的节能委员会把技术上可行,经济上合理,环境和社会可接受的一切能更有效地利用能源资源的措施叫节能。可见,节能的实质是充分而有效地发挥能源的作用,使同样数量的能源能提供更多的有用能,从而生产出更多、更好的产品,创造出更高的产值和利润。

对节能的这个科学概念必须弄清楚,它关系到节能在能源政策中的地位和作用,关系到节

能政策的制订,节能的措施和方向等。如果认为只要减少能源消耗就是节能,那么拉闸停电、停暖气等措施也能减少能源消耗,这看法是不够全面的。真正的节能应当是能够生产相等数量和质量的产品或者获得相等的经济收入的条件下使能源消耗量减少。也有人认为以重油代替轻油和以渣油代重油等都是节能,其实这也不够确切。虽然这些措施从运输部门来说降低了运输成本,但这种措施不仅没有减少能耗,而且增加了能耗,所以从国家的角度来说不能算节能。然而在实际工作中常把它作为节能措施来对待,在技术经济论证中有时把节省的燃料费用按价格折合成多少标准燃料量来比较,这也就是相当于节约多少燃料。

2. 狭义节能和广义节能

节能分两种:狭义节能和广义节能。狭义节能指一切直接减少燃料和动力消耗的措施。包括节约煤、油、汽、电等。广义节能指各工厂、企业在生产过程中,除了消耗燃料、动力之外,还必然要消耗原料、材料,并使机器设备和厂房等逐步耗损老化,而这些东西在各自的生产过程中,都毫无例外地要消耗能源。粗略地说,比如节约1吨钢材,就意味着节约2.5吨能源,减少一万吨公里汽车运输量就意味着节约一吨多能源。所以,在生产过程中节省这些东西或延长它们的使用寿命,都是一种间接地节省能耗,也就是在广义范围上实现了节能。

因此,在节能工作中,除了要重视节约直接消耗能源的狭义节能外,还要重视和提倡间接节省能耗的广义节能,而这正是被大家所忽视的巨大节能潜力之所在。

1.3 船舶节能的途径

根据节能的含义,船舶节能就是以最小的能量消耗取得最大的运输效益,或者说就是以最小的燃料费用取得最大的运输量。

燃料费用在运输成本中占有很大的比例,随着油价的上涨。这比例也愈来愈大。表1.3示出以柴油机为主机的100,000吨级散装货船1972年和1979年各项费用所占的比例。表1.4为1979年统计的几种类型船舶的燃料费用占船舶总营运费用(包括燃料费、滑油费、船员工资、维修费、给养费、保险费等)的百分比。由表1.4可知,根据船舶的航速、航行时间及载重量,对于柴油机船燃料费在船舶总营运费用中占33~60%,对于汽轮机船则占60~70%。

表1.3 100,000吨级散装货船各类费用的百分比(%)

年份	燃油费用	其他营运费用	初投资折旧费
1972	10	35	55
1979	42	28	30

由表可见,要降低运输成本主要应从减少燃料费用着手。构成运输船舶燃料经济性的诸因素为:完成的运输量、燃料消耗量和燃料价格。其文字表达式为:

$$\text{燃料费用营运指标} = \frac{\text{运输量(吨公里或吨海里)}}{\text{燃料消耗量(公斤)} \times \text{燃料价格(元/公斤)}}$$

上式的燃料费用营运指标是表示单位燃料费用所完成的运输量(吨公里或吨海里)。从上式可看出,船舶节能的努力方向是增大运输量,降低燃料消耗量和采用廉价燃料。提高船舶燃料

表 1.4 1979 年燃油费用在船舶总营运费用所占百分比

	载重量	航速(节)	年航行时间所占百分比(%)	燃油费所占百分比(%)
定期货船	17000吨	17	50	33
集装箱船	2800只(TEU)	21.5	80	70(蒸汽轮机) 57(柴油机)
	1300只(TEU)	19	55	47(柴油机)
油 轮	80000吨	16	70	51(柴油机)
	150000吨	16	70	52
	240000吨	16	70	60(蒸汽轮机)
散货—矿砂船	27000吨	15	53	35
	120000吨	15	84	60

经济性的途径有技术途径和管理途径两类。现根据船舶的具体特点分别从下面几个方面来讨论船舶的节能途径。

1. 机械设备与系统方面

任何船舶航行时必需的能量形式是推力、电能和热能。供应这些能量的装置是推进装置、发电装置和供汽装置,这三个装置都直接消耗燃料。以柴油机船为例,直接耗用燃料的设备是柴油主机、发电柴油机和辅助锅炉。其中,主机所耗能量占总输入能量的70~90%。柴油机每小时的燃料消耗量等于柴油机燃料消耗率与功率的乘积。因此要降低主机所耗能量,一方面是要从减少主机的能量转换损失,努力降低主机的燃料消耗率入手,另一方面是采用减少船舶所需的推进功率和营运功率等措施,诸如改进船型,减少船舶阻力,提高推进效率,采用经济航速,减速航行等等。理论和实践证明,这方面的措施能显著降低主机的燃料消耗量,提高船舶的营运效益。

众所周知,燃料在柴油机气缸中燃烧所发出的全部热量,只有一部分转变为机械功,其余部分则分别通过冷却介质、排气和散热而排入海水和大气中。除转变为有效功的热量外,其余热量都称为废热(或称余热)。表 1.5 列出两种型号的现代大型低速和中速柴油机的热平衡数据。从表中看出,柴油机中约有 50% 燃料热量作为余热而排掉。回收利用这部分余热是动力装置节能的重要途径。

柴油发电机和辅助锅炉所消耗的能量是不容忽视的,约占总输入能的 10~30%。为了减少柴油发电机和辅助锅炉的输入能,从而减少它们的燃料消耗,除了改善这些设备本身的能量转换效率外,从动力装置总体角度一方面设法减少船上电能和热能的消耗,同时应研究采用能量综合利用的办法将它们与主机结合起来,利用主机余热能量提供船舶所需的电能和热能。

表 1.5 二种型号柴油机的热平衡数据

项 目 \ 柴油机型号	L 80 MCE	14 PC 4 V
有效热量	51.2%	47%
排气损失	23.8%	31%
空冷器损失	10.4%	7.4%
冷却水损失	7.2%	9.5%
滑油损失	3.9%	4.0%
辐射损失	0.5%	1.1%

在研究船舶节能时,除了考虑上述三个直接消耗燃料的设备外,还要注意担负着不同任务而且为数众多的辅助机械设备和系统的节能。这些机械设备和系统在工作过程中都存在着能量损失。这些损失的存在必然相应地增加机械能、电能和热能的消耗,从而导致增加主机、发电机和辅助锅炉的输入能而使整个动力装置效率降低。所以设法降低各类设备的能量损失,提高它们的效率也是船舶节能的一个重要途径。

2. 船体方面

船舶是一个整体,船舶节能不应仅考虑动力装置的节能,船体方面对减少主机所需的功率,降低燃油耗量也起着重要作用。例如,根据国外资料介绍的 38000 吨和 45000 吨散货船经济论证结果,以耗油最小为目标,最优决定船舶主尺度及船型系数能够减少 13 和 19% 的主机功率,一年相应可节约燃油 1927 吨及 2114 吨,但是造价却相应增加了 800 及 700 万法郎,可见船体设计也与节能密切相关。又例如改进船体线型,采用球鼻首能减少船舶拖曳阻力,因而可得到减少功率的好处,约可节约燃油 6~8%。在螺旋桨外圆或者前面安装导流管,节能约 6~8%。又例如,采用优质船体涂料可以显著减少船体表面摩擦阻力,从而减少主机功率的消耗,据国外资料介绍约可节约油耗 10~15%。还有其他节能措施在这里不一一列举。总之,从船体方面采取节能措施,减少船体阻力,同样也可以取得节约燃油的效果。

3. 运行与管理方面

船舶的运行与机械设备的操作也与船舶节能有密切关系。采用减速航行和经济航速,可以节省推进所消耗的功率,从而节省燃料;在航行时利用风力和潮流,可以缩短航行时间和降低主机功率,达到节省燃料;根据具体情况确定合理的航线和航速,同样也可以节省燃料;提高轮机员的技术素质和操作能力,实行良好的维修工作制度,使机器保持良好的技术状态,杜绝“跑、冒、滴、漏”等现象也都能节约燃料。

良好的营运管理可以取得较大的货运量和较小的燃料消耗的节能效果。提高货运量不但与船舶的性能、尺度及动力装置的型式等有关,而且与良好的营运管理有密切关系。营运管理方面的措施有:① 提高货运经营效果。这方面的工作如根据货源的数量和流向进行船舶的

表 1.7



