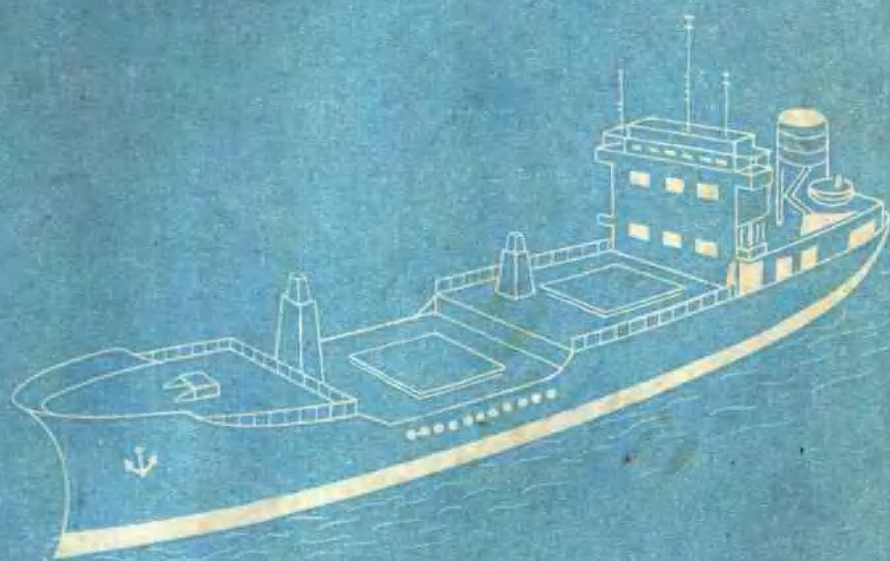
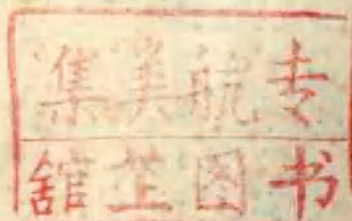


# 國外船舶節能技術



交通部能源管理领导小组办公室  
武 汉 航 海 学 会

8505758 0



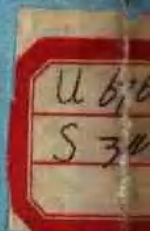
宋建生 曾勇新 编译

---

主 办：武汉航海学会  
编辑出版：武汉航海学部  
编辑委员会  
发 行：《内河航运》编辑部  
印 刷：武汉水运工程学院  
印 刷 厂

---

1985年2月



## 前 言

本书系取材于1980~1982年间国外有关船舶节能技术的动态、新技术、新成果等方面的资料（主要来自日本，也包括英、美），并结合有关原理编译而成的综合性科技书，可供国内从事船舶节能的专业人员参考使用。

交通部能源管理领导小组办公室、武汉航海学会、武汉航海学会《内河航运》编辑部、以及武汉河运专科学校孟宪法副教授、武汉水运工程学院胡明勳副教授、交通部能源管理领导小组办公室胡占国工程师、交通部船舶运输节能技术服务中心喻钟麟主任，给本书的出版予以热情的支持和帮助，作出了极大的努力，在此表示衷心的感谢。

书稿于1983年5月脱稿，主审者有：武汉水运工程学院船舶工程系李世谟教授、船舶动力工程系陆瑞松教授、胡明勳副教授，交通部船舶运输节能技术服务中心主任喻钟麟工程师，交通部能源管理领导小组办公室胡占国工程师、钮心宪副研究员、俞鸿翔工程师、张家龙工程师等专家、学者。他们认真对书稿进行了审查，提出了许多宝贵意见，对提高书稿质量付出了辛勤劳动，深表感谢。

本书第三篇第三章§3—3节中（三）新型水下除污装置部分是由交通部能源管理领导小组办公室胡占国同志提供资料；第二篇第六章热气机的研究概况是由武汉水运工程学院吴祉明讲师提供资料编写，并且经吴老师本人修改加工。本书所选资料，多系我们组织几位同志翻译，为北方水运科技情报网、浙江交通科研所船舶节能译文集所选用的编译文章，以及参考其它有关资料编写而成。对上述协助者，在此一并致谢。

限于编者水平，缺点错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1985.2.10

# 目 录

## 绪 论

|       |             |      |
|-------|-------------|------|
| § 0—1 | 世界能源形势与石油危机 | (1)  |
| § 0—2 | 国外船舶节能技术概况  | (2)  |
| § 0—3 | 日本节能船舶研究简况  | (4)  |
| § 0—4 | 船舶节能的潜力预测   | (10) |

## 第一篇 提高船舶快速性能

### 第一章 船体形状与快速性能的关系

|       |                  |      |
|-------|------------------|------|
| § 1—1 | 提高船舶快速性能的基本途径    | (12) |
| § 1—2 | 降低船舶阻力的一般方法      | (14) |
| § 1—3 | 近海中小型船舶提高推进性能的措施 | (19) |
| § 1—4 | 双桨双体船尾的节能效果      | (23) |

### 第二章 节能型螺旋桨

|       |                   |      |
|-------|-------------------|------|
| § 2—1 | 提高螺旋桨推进性能的一般概念    | (32) |
| § 2—2 | 低转速、大直径螺旋桨        | (33) |
| § 2—3 | 与螺旋桨低速化相适应的主机减速装置 | (36) |
| § 2—4 | 导管螺旋桨             | (41) |
| § 2—5 | 可调螺距螺旋桨           | (45) |
| § 2—6 | A型桨毂与大侧斜螺旋桨       | (48) |
| § 2—7 | 螺旋桨叶片自动外部电源防蚀装置   | (55) |

### 第三章 降低船舶摩擦阻力

|       |                  |      |
|-------|------------------|------|
| § 3—1 | 船体摩擦阻力与船舶消耗功率的关系 | (60) |
| § 3—2 | 节能型船用涂料          | (61) |
| § 3—3 | 带锈防锈新型涂料         | (66) |
| § 3—3 | 空气润滑减阻船舶概况       | (67) |

### 第四章 船舶操纵与航行管理节能

|       |                 |      |
|-------|-----------------|------|
| § 4—1 | 船舶自动操舵系统        | (71) |
| § 4—2 | K—7型舵           | (76) |
| § 4—3 | 船舶减速航行与节能       | (77) |
| § 4—4 | 最佳航速的确定         | (81) |
| § 4—5 | 压载状态下排水量与纵倾度的选择 | (87) |

## 第二篇 提高船舶动力装置的效能

### 第一章 提高船用发动机性能与降低燃油消耗

|       |                    |       |
|-------|--------------------|-------|
| § 1—1 | 船用发动机节能            | (89)  |
| § 1—2 | 从节能角度出发, 选择船用主机    | (95)  |
| § 1—3 | 中小型柴油机降低耗油率的措施     | (96)  |
| § 1—4 | 中速柴油机的节能效果         | (97)  |
| § 1—5 | B & W 低速柴油机低耗油率的措施 | (102) |
| § 1—6 | 柴油机增压技术的改进         | (107) |
| § 1—7 | 双排发动机节能系统          | (109) |

### 第二章 提高主机余热利用率

|       |                   |       |
|-------|-------------------|-------|
| § 2—1 | 船舶主机余热            | (112) |
| § 2—2 | 柴油主机余热的回收装置       | (113) |
| § 2—3 | 减少船内电力、加热蒸汽消耗量的措施 | (117) |

### 第三章 船舶辅机节能

|       |                  |       |
|-------|------------------|-------|
| § 3—1 | 船舶辅助系统的能量消耗及节能技术 | (118) |
| § 3—2 | 主机冷却变量泵系统及其节能效果  | (120) |

### 第四章 船舶电力系统的节能

|       |             |       |
|-------|-------------|-------|
| § 4—1 | 船舶节电技术的研究动向 | (126) |
| § 4—2 | 可控硅电子设备的应用  | (128) |
| § 4—3 | 主机轴带发电装置    | (130) |
| § 4—4 | 船用电机的节电技术   | (137) |

### 第五章 现有船用发动机如何适应劣质燃油

|       |                       |       |
|-------|-----------------------|-------|
| § 5—1 | 中速柴油机使用劣质燃油的实船试验      | (140) |
| § 5—2 | 中型柴油机的劣质燃油的燃烧试验       | (142) |
| § 5—3 | 劣质燃油燃烧性能的测定方法——差分热分解法 | (144) |
| § 5—4 | 柴油机使用劣质燃油的有关问题        | (148) |

### 第六章 热气机的研究概况

|       |                   |       |
|-------|-------------------|-------|
| § 6—1 | 研究能适用多种燃料的热机      | (153) |
| § 6—2 | 国外热气机研制概况         | (153) |
| § 6—3 | 热气机工作原理、典型结构与理论分析 | (157) |
| § 6—4 | 热气机作为船舶动力装置的适应性   | (160) |

## 第三篇 节能型船舶和船用能源的发展趋势

### 第一章 新型节能船舶发展概况

|       |                |       |
|-------|----------------|-------|
| § 1—1 | 全天候半潜水型船舶····· | (164) |
| § 1—2 | 超宽超浅吃水船舶·····  | (168) |
| § 1—3 | 节能型环境保护油轮····· | (170) |
| § 1—4 | 自动化远洋船舶·····   | (170) |

### 第二章 适应船用燃油的劣质化趋势

|       |                     |       |
|-------|---------------------|-------|
| § 2—1 | 船用燃油的劣质化趋势·····     | (171) |
| § 2—2 | 燃油劣质化对柴油机性能的影响····· | (173) |
| § 2—3 | 如何适应船用燃油的劣质化趋势····· | (176) |

### 第三章 重新评价风力在船舶推进中的作用

|       |                        |       |
|-------|------------------------|-------|
| § 3—1 | 船用风力推进装置概况与帆型评价·····   | (180) |
| § 3—2 | 现代风帆轮船的典范——“新爱德丸”····· | (184) |
| § 3—3 | 近年来日本采用的船体除污措施·····    | (192) |

### 第四章 船越代用燃料和新能源展望

|       |                     |       |
|-------|---------------------|-------|
| § 4—1 | 重新以煤作为船舶燃料的新方案····· | (198) |
| § 4—2 | 船舶代用燃料和新能源展望·····   | (202) |

# 绪 论

## § 0—1 世界能源形势与石油危机

能源在人类的生产活动和日常生活中一直起着巨大的作用。工业革命以后,能源大量地用于工业生产,发展非常迅速。近一百年以来,世界能源消耗量增长了二十倍;特别是二次大战以后的三十多年来,作为二次能源——电力的生产和消耗量以每年约7% (即十年翻一番) 的速度增长。世界一次能源的消耗量,1966年为58亿吨标准煤,1972年为72亿吨,1979年大约消耗90亿吨标准煤,1980年约为109亿吨,到2000年将达200~250亿吨标准煤。

随着工业程度的不断提高,能源的消耗以越来越快的速度增长。二十世纪以来,随着钻探技术、石化工业的发展和内燃机的广泛使用,石油和天然气的消耗量迅速增长,它们在世界能源消费构成中的比重,由1950年的39%,迅速增加到1960年的50%;至1973年,则增加到70%。从1950年到1973年的23年间,世界煤炭消费量只增加了0.6倍,而天然气和石油却分别增加了5倍和5.6倍。

然而,世界矿物能源的可开采储量并不令人乐观,据八十年代初的资料统计,世界煤炭的可采储量为6600亿吨标准煤 (每公斤发热量为7000千卡的煤称作标准煤),按每年开采35亿吨计,可以开采200年左右;天然气的探明储量为72万亿立方米,按年产1万6千亿立方米,可以开采45年;而石油剩余探明可采储量为879亿吨,按年产31亿吨计,仅可开采28年。

石油消费量迅速增长,而它的可采储量又相当有限,这两个严峻的事实构成了世界性石油危机的基础。1973年爆发的“中东战争”终于为全世界敲响了警钟,对石油的禁运以及随之而来的大幅度提价,使人们认识到石油再也不是一种“取之不尽,用之不竭”的廉价矿物燃料。现在,能源问题已经渗透到政治、经济、军事和科学技术的各个领域,成为各国在制定国民经济计划和社会发展战略时所必须考虑的重要因素。由于石油已构成世界工业发达国家经济体系的主要支柱,所以这些国家近年来都高度重视能源问题,动用了巨大的财力和人力来对付石油危机。

对于日本、美国、英国、西德和瑞典等海运比较发达的国家来说,船舶运输在其国民经济中占了很重要的地位,所以十分重视船舶节能技术的研究,其中尤为突出的是日本。因为日本是一个能源十分贫乏的国家,其能源供应的百分之九十依靠进口,其中石油消费量约占一次能源供应量的百分之七十五左右。据日本资源能源厅的统计,1979年日本共进口了233,171,000 (千公升) 石油,预计到1985年将进口274,600,000 (千公升) 石油。面对国内对能源需求量的迅猛增长和世界石油供应日趋紧张的现实,日本同许多工业发达国家一样,对节省石油和寻找代用能源是非常重视的。

日本造船界和航运界在船舶节能技术的研究方面投入了巨大的财力与人力,进行了大量

的工作,在研制与推广低油耗船用主机;螺旋桨大直径低转速化;将废气余热用于发电、空调;采用导管螺旋桨;主机利用劣质油;主机燃烧的管理以及SPC船底涂料的普及等方面都取得了不少成果。从1981年的平均水平来看,日本船舶燃油消耗率约比1971年降低了20~30%。因此,本书的基本内容将以介绍日本近年来的船舶节能技术为主。

## § 0—2 国外船舶节能技术概况

从近年来的资料报导来看,国外对船舶节能技术的研究,大致可以归纳为以下四个方面:

### 一、提高船用燃油的利用率

石油资源的储藏量是有限的,提高燃油利用率就相当于增加了石油供应量。同时,由于燃油单耗率的下降,降低了船舶营运成本,提高了船舶运输的经济性。因此,在石油资源枯竭以前,应将这方面的工作置于整个船舶节能工作的首要地位。提高燃油利用率的主要途径是:提高船舶推进性能;改善发动机性能;建立低消耗的船舶系统以及科学地管理船舶运行。

### 二、寻找和利用船舶辅助能源

自然界所存在的各种能源,根据其所含能量的集中程度及释放形式,大体上可分为“载能体能源”和“过程性能源”。前者,是指某些能量比较集中的含能体物质,这类能源易于储存和转运,一般来说通过燃烧即可释放其所含的能量。石油、煤炭、天然气和液氢等都属于这类能源。后者,是某些难以直接地大量储存的能源,如果要储存,一般必须把它们先转变成含能体能源。电能、风力、潮汐能和海水温差能等就属于这一类能源。根据现代船舶的特点,它虽然不可能完全以过程性能源为动力,但以载能体能源为主要动力;而以过程性能源为辅助动力是完全可能的。近年来出现的机主帆辅式的现代风帆轮船,就是以柴油机为主要动力而以风帆作为辅助动力的一种新型船舶。日本风帆油轮“新爱德丸”,由于采用了风帆等多种节能措施,综合节油率达到53%,大大降低了燃油单耗率。

寻找和利用船舶辅助能源与提高船用燃油利用率一样,对缓和燃油供应的紧缺状况具有重大的作用。

### 三、寻找和研究可以取代石油而在内燃机中使用的燃料

现有船舶中绝大多数是柴油机船。面对石油资源日趋紧张的局势,急需寻求和研究采用一种或几种资源丰富、经济,并且符合内燃机使用特性的代用能源。这是一项难度较大的研究课题,目前一些国家正在进行这方面的工作。对于按设计工况适合于燃烧轻质柴油和高品位重油的柴油机来说,现阶段已经出现的各种劣质渣油以及即将出现的超劣质渣油,将成为最直接的代用燃料。然而,由于这类劣质渣油仍然离不开石油资源,所以从发展眼光来看,各类劣质渣油不可能成为长久的船舶代用燃料。

鉴于煤炭的储量相当丰富,在近期和中期,煤炭无疑将成为船舶代用能源的主要支柱。采用煤炭作为船舶代用能源的途径主要有以下几种:

1. 采用直接烧煤的蒸汽动力船舶。
2. 用煤作原料炼制成燃油(液化煤)供船舶柴油机使用。
3. 将煤粉与柴油以一定的比例混合,并以超声波等物理方法进行处理,使之成为

表0-2-1 国外船舶节能技术的主要内容和发展趋势

| 提高船舶快速性能            |                                                                                                  |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 降低船舶阻力              | 降低摩擦阻力<br>降低兴波阻力<br>研制低阻力新船型                                                                     |
| 提高推进效率              | 提高螺旋桨效率<br>提高船体效率<br>提高减速机构效率<br>采用新的推进方式                                                        |
| 改善操纵适航性能<br>船舶的轻量化  | 采用新的轻量化发动机及辅机的轻量化                                                                                |
| 提高发动机性能             |                                                                                                  |
| 改善常规发动机的性能          | 提高发动机的效率<br>提高主机耐久性与可靠性<br>研究复式循环发动机<br>研究斯特林发动机                                                 |
| 研究新型发动机             | 船内废热的有效利用<br>加强蒸汽管道保温<br>船内电能的有效利用<br>重柴油二级加热燃烧技术<br>重柴油渗水乳化燃烧技术<br>利用现有劣质渣油<br>适应未来超天然气<br>利用液氨 |
| 提高船用能源利用率           | 提高船用燃油利用率                                                                                        |
| 采用双排发动机<br>采用轴带发电技术 | 采用双排发动机<br>采用轴带发电技术                                                                              |
| 建立低消耗船舶系统           |                                                                                                  |
| 船用能源的多样化            | 利用新能源<br>减速航行, 开经济车速<br>采用自动维修保养制度<br>科学调度船舶运行<br>选择最佳航速                                         |
| 科学管理船舶运行            | 利用氢能<br>利用原子能<br>利用风能<br>利用太阳能<br>利用波浪能<br>利用海水温差能                                               |

“煤油浆”供船舶柴油机使用。

除此之外，国外也正在利用液化天然气作为船舶柴油机燃料的尝试。

#### 四、研究和开发完全不同于内燃机的新型动力机

这类新型发动机必须具备以下的特点：

1. 应该比现阶段广泛采用的柴油机具有更高的热效率。
2. 可以安全而无障碍地使用多种燃料，以获得较大的能源代用效果。

复式循环发动机、斯特林发动机和氢能发动机等都属于新型动力机。

为了清楚起见，我们将现阶段国外船舶节能技术的主要内容及发展趋势用图表的方式加以表达。（参见表0—2—1）

### § 0—2 日本节能船舶研究简况

#### 一、日本研究节能船舶的必要性

世界第二次石油危机的出现，能源问题不仅限于石油价格的高涨，而且还存在对石油资源枯竭的担心和能源供应不稳定等问题。

在海运方面，占船用燃料主要部分的C重油价格提高到石油危机前的13倍。成本费用中燃料费所占的比例已经达到运输费用的41~65%。日本对于石油的依赖已达到全部能源消费的70%，并多是依靠中东进口，能源供应的基础极不稳固，与其他各国相比更是一个迫切的问题。

根据预测，日本的能源需要随着经济的发展，预计1990年以石油换算可达到8.22亿KI（1979年的能源消费为4.18亿KI），在产业与民用等各个领域，与现在相比即使节约15%，预计能源的需要也将达到7.0亿KI。因此，要在各个领域采取有效的节能措施，以节约能源。

船舶运输部门的能源消费量约是国内能源消费量的17%，若以石油制品的消费比例分析，则运输部门的能源消费量约占总消费量的29%，其中日本国内海运消费约占总量的7%，如加进渔船及日本船舶在国内供油，船舶每年所消费的石油则约是3000万吨左右。1981年7月日本运输政策审议会在答辩八十年代交通政策观点的“长期展望综合交通政策方向”中，表明了今后的运输政策基础是建立适应经济的稳步增长和产业结构变化及环境保护的综合交通体系。其中能源供给的控制是个重要课题，并且指出必须迅速向适合于节能型社会的交通体系发展。

为什么日本研究节能船舶显得十分迫切和十分重视呢？可以从以下几个方面分析。

##### （一）主要资源极大地依赖国外进口

日本是资源贫乏的岛国，其所需要的主要资源几乎全部依靠国外供给。1979年的主要资源进口率为：米0.0%，大麦84.4%，小麦93.8%，大豆95%，砂糖84.7%，煤73.8%，原油99.8%，石油13.2%，铁矿石99.5%，铜矿97.5%，磷矿石100%，铁矾土100%，废铁7.7%，棉花100%，羊毛100%，原皮76.4%，天然橡胶100%，木材52.8%，纸浆15.3%，盐85%。从上述进口率可以看出，除了废铁和大米，其它物资进口率都在50%以上。对于能源（原油99.8%，煤73.8%）、基础工业原料（铁矿石99.5%，铜矿石97.5%）、食品（小麦93.8%，

大豆95%)、纺织品原料(羊毛100%,棉花100%)等衣、食、住所有必须依靠国外供给的日本来说,保持稳定的海上运输能力和增加运输船舶是不可缺少的。

## (二) 主要依靠出口贸易

离开日本,在世界任何地方都可以看到日本的商品,而这主要依靠海运业的发展,主要商品几乎依靠船舶运输。日本的船舶产品出口率已达82.7%。这样,作为日本生存所必需的主要物资进口量,以同年度的统计是56750万吨,加工后的出口量是7300万吨,合计为64050万吨,其中大部分是依靠着船舶运输。

## (三) 世界海上货运量中日本的占有率

1980年的世界海上货运量是363200亿吨,而日本货物以重量计算,铁矿石、煤炭中日本的货物占40%,原油、谷物及其它货物中约占15%;在吨海里中则铁矿石约占60%,煤炭约占50%,谷物约占20%。1980年全世界货运量中18.8%,船舶需要量的22.9%为日本所需。总之,日本的生产经济活动受海上运输的影响很大,进出口物资几乎都是依赖于定期货船运输。

此外,根据日本能源长期需要预测,一般煤炭的进口将可从1979年的170万吨达到1985年的2200万吨,1990年的5350万吨,1995年的8050万吨。如果按日本海外煤炭问题恳谈会的专门委员会测算,日本运煤船的装载能力将从1980年的1000万载重吨增加到1985年的1400~1500万载重吨,1990年的1800~2000万载重吨。以6万载重吨型船舶换算,各需要160,240,320艘。总之,日本海运需要大量的船舶,为了经常提供具有竞争力的稳定物价,更新船舶或提高船舶质量,是可能实现节约能源、减少定员的安全运输的。所以,发展与推进建造质量好、可靠性高的船舶,对日本的国民经济发展具有重要作用。

## (四) 海运经营和燃料费用的增大

由于世界海运市场不稳定,日本各远洋海运公司面临着严峻的国际市场的竞争,为了谋求国民经济的稳定,采取了筹集资金、降低成本、努力经营和以船舶大型化、专用化为中心的技术革新相结合,一直保持着国际竞争能力。但是,在和配备的低工资的发展中国家船员的外国船之间,出现了以船员费用相差为主的成本费用的较大差异,明显地使日本船的国际竞争能力降低。这种船员费用的差异,不仅增大每个在册船员的费用,而且提高了成本,直接冲击了资本集约度低的中小型船。每个在册船员费用的增大,虽然可以采取大型化、专用化、自动化的措施,但是当这类船舶接近其饱和点以上时,日本的海运就有可能失去竞争能力。那么就需要继续进行更高度的合理化、自动化船的研究。

石油危机以来,船用燃油的价格明显上涨。例如,第一次石油危机每吨由15美元左右上涨到80美元;而第二次石油危机以来,每吨价格已达到200美元,结果船舶燃料费用占运输费用的10%,上升到50%,超过了船员费用。为了保持日本经济的国际竞争力,降低全国总的石油消费,船舶的节能是迫切需要解决的问题。

综合上述四个方面的原因,所以日本十分重视节能船舶的研究。日本运输技术审议会,提议研究氢气发动机、斯特林发动机及节能船型、余热的有效利用等节能技术课题。运输者正在综合地推进船舶节能技术及其成果,船舶的节能可以直接降低运输费用。例如,在动力装置方面通过采取定压增压方式、长冲程化等措施,与原有发动机相比,节能效果超过10%。目前正在研究使燃料消耗率下降到130克/马力小时或更低的机型,热效率接近50%。又如,发动机的进一步减速、降低螺旋桨的转速、增设导管提高推进效率、采用自研磨型涂

料降低船体粘性阻力等技术也已普及。在船舶基本设计方面,也在重新研究最佳船型、最佳航速,并通过船舶的大型化与设计航速的降低,和节能技术应用相结合,与原有船舶相比节能效果达到40~60%。

## 二、日本几种主要节能船舶介绍

对船舶总的效果影响最大的是船舶主尺度及航速的选定。最佳航速受燃油价格的影响较大。当决定船舶大小与航速后,节能主要课题可以说就是推进装置和发电设备的改进。减少推进装置能源消耗的措施是通过船型改进,特别是改进船尾的线型,减小船舶形状系数。此外,采用大直径低转速螺旋桨、燃用劣质燃油、经济型自动操舵装置、自研磨型涂料、利用主机余热等措施,以达到船舶节能的目的。

下面介绍日本几种主要节能船舶

### (一) 238400载重吨油轮 [石川岛播磨重工业(株)]

#### 1. 主要参数

总长 315.00m

总吨 138500t

垂线间长 301.00m

型 宽 54.50m

型 深 30.30m

满载吃水 19.70m

载货重量 238400t

货油舱容积 294500m<sup>3</sup>

专用压载舱容积 98000m<sup>3</sup>

主 机 IHI—PIELSTICK 89C<sub>4</sub>—2L 2台单轴

连续最大功率 24000PS×400/69.3rpm

常用功率 21600PS×386.2/66.9rpm

推进器 可变螺距 四叶 单桨

满载航速 14.1节

涡轮发电机 SSG—MARK II 1500KW 1台

柴油发电机 800KW 2台

应急发电机 260KW 1台

#### 2. 节能措施

(1) 船型: 本船为230型船,最佳航速为12.5节。采用了IHI—L·V船型,该船在低速时兴波阻力小,为了减少船体粘性阻力未设置球状船首,并制成具有良好流场的船尾,是一种能源损失小的船型。

(2) 主机: 采用IHI—SEMT—PIELSTICKPC<sub>4</sub>—2型发动机,它是低油耗型中速柴油机。

(3) 采用双主机带单轴减速推进装置。螺旋桨采用大直径低转速可变螺距螺旋桨。

(4) 采用高经济型直接发电系统(即: S.S.G—Super Economical Shaft Generator System)。该系统是由余热蒸汽涡轮发电机系统和轴驱动发电系统组成,

能够有效地利用主机的余热,节约燃油。

(5) 装备集中式液压驱动的甲板机械,油压泵全部设置在驾驶室内,按照甲板机械的工作性能,采用必要的油泵自动启闭方式,可以达到节约电力和减轻维修工作量。

(6) 船底外板涂刷自研磨型涂料。

(二) 节能型75000m<sup>3</sup>LPG船 [川崎重工业(株)]

#### 1. 主要参数

|       |                     |
|-------|---------------------|
| 总 长   | 215.00m             |
| 满载吃水  | 12.00m              |
| 垂线间长  | 204.00m             |
| 航行吃水  | 11.20m              |
| 型 宽   | 34.00m              |
| 型 深   | 23.00m              |
| 总 吨   | 45500t              |
| 载货重量  | 50500t              |
| 主 机   | 川崎MAN14V52/55A型 1 台 |
| 最大功率  | 14770PS×450rpm      |
| 常用功率  | 13290PS×434rpm      |
| 推进器   | 可变螺距螺旋桨             |
| 满载航速  | 15.6节               |
| 主轴发电机 | 2350KW 1 台          |
| 应急发电机 | 75KW 1 台            |

#### 2. 节能措施

(1) 船型:采用较肥大船型,亦即具有较大的方形系数,为了达到节能的目的,通过多种船型的设计比较,选用了合适的方形系数。

(2) 采用KSE—MARKⅢ型装置。该装置是由四冲程主机、轴带发电机和可变螺距螺旋桨相组合,用排气余热的能源驱动蒸汽轮机,通过减速器与推进轴系联接,用于驱动螺旋桨。

(3) 采用再液化装置大致分为串联式和直接压缩式两种。串联式是在较低的蒸汽压力下通过低温冷却媒介体进行再液化的系统;直接压缩式是在高压下通过海水进行再液化的系统。串联式再液化装置热效率较好。

(三) 57000载重吨原油/煤运输船 [住友重工业(株)]

本船是世界上最先安装大型低速4缸柴油发动机的货轮,节能效果较好。

#### 1. 主要参数

|       |         |
|-------|---------|
| 总 长   | 228.60m |
| 垂线间长  | 220.00m |
| 型 宽   | 32.24m  |
| 型 深   | 20.00m  |
| 载 重 吨 | 57618t  |

载货重量 81236t  
 螺旋桨 EPP 4 叶  
 设计吃水 11.58m  
 满载吃水 12.80m  
 发动机 苏尔寿 4 RLA90型  
 最大功率 14740PS×101rpm  
 常用功率 13260PS×97.5rpm  
 航 速 14.95节

## 2. 节能措施

(1) 采用大缸径少缸数 4 缸发动机, 其燃料消耗比采用小缸径多缸数发动机要小。因为在同一马力时, 大缸径少缸数发动机能够使螺旋桨的效率提高, 减少同一船速所需马力。同时, 少缸数发动机由于缸数少, 维修保养工作量也少, 还可以缩短机舱长度。

(2) 采用球形尾的船型。尾球体具有使伴流分布均匀的效果, 可以大幅度地减少螺旋桨所引起的振动。

### (四) 140000 载重吨型矿石兼散装船 [日本钢管 (株)]

本船采用了大直径可变螺距螺旋桨的节能措施

#### 1. 主要参数

主 机 NKK—Pielstick 14PCIV 1 台  
 连续最大功率 16700PS×64rpm  
 常用功率 15000PS×62rpm  
 L<sub>OA</sub> 273.0m  
 L<sub>PP</sub> 260.0m  
 D 23.8m  
 d 17.2m  
 DWT 141,900t  
 V<sub>s</sub> 13.8Kt  
 螺旋桨 可变螺距螺旋桨 四叶×9.0m  
 柴油发电机 640KW×2 台  
 涡轮发电机 800KW×1 台

#### 2. 节能措施

(1) 主机连续最大功率为名牌连续最大功率的 80%, 降低了燃料消耗。  
 (2) 采用低转速大直径可变螺距螺旋桨 SPC 发动机组合是本船节能推进装置的最大特点。

(3) 采用了主机余热的制淡水设备。

(4) 采用了大容量废气节能器, 尽量回收主机的排气余热。

(5) 利用主机冷却水的余热为生活舱室供暖, 节约了一般加热用的蒸汽。

(6) 利用主机增压空气的余热, 预热锅炉的给水。

### (五) 载重 13 万吨型矿石兼散货船 [日立造船 (株)]

## 1. 主要参数

总 长 271.00m  
垂线间长 260.00m  
型 宽 43.00m  
型 深 23.80m  
载货重量 132500t  
满载吃水 16.30m  
总 吨 75000t  
主 机 日立B&W 6 L90GBE发动机  
连续最大功率 17800PS×83rpm  
常用功率 16100PS×80rpm  
航 速 14.6节  
柴油发电机 680KW 二台  
涡轮发电机 680KW 一台  
应急发电机 140KW 一台

## 2. 节能措施

(1) 本船设计通过船池试验,选择了减少船体阻力的船型。

(2) 采用HZ导管,提高推进效率。

(3) 采用低转速螺旋桨。

(4) 利用主机余热加热给水。

(5) 采用了微型电子计算机、无线电定位装置、航海仪器、自动操舵装置等组合的自动驾驶系统,具有航海计算、船位测定、保持航向、自动驾驶、航海记录等性能,可以按照最佳航线准确地航行。与过去的方式相比,航程可以缩短约2.5%,有利于经济航行。

(六) 177000吨型矿石兼煤炭运输船 [三井造船(株)]

## 1. 主要参数

$L_{OA}$  298m  
 $L_{PP}$  285.0m  
B 47.5m  
D 24.1m  
d 17.7m  
D/W 177000t  
G/T 92000t  
CAPACITY 190000m<sup>3</sup>  
MAIN ENGINE MITSUBI-B&W 6 L90GBE×1  
MCO 23700×97  
CSO 18500×89  
航 速 14.0节

## 2. 节能措施

(1) 减少推进所需马力

主要是采用推进性能好的船型,采用MIDP(Mitsui InTegrated Duct Propeller),提高推进效率;采用SP(Self Polishing)型船底涂料,防止船体附着物的生长,减少船体阻力;采用新型自动操舵装置减少船速损失,达到节约能源的目的。

(2) 本船主机是最新式低油耗发动机,排气温度下降,招致余热蒸汽涡轮发电系统回收的热量减少和循环效率降低。因此,本船采用了三井ATG系统的高效能涡轮发电系统。它与过去的方式相比约增加15%的电力(约70KW)。

(3) 节约船内电力消耗。主冷却海水泵、冷凝器循环水泵、机舱通风等均采用2速式电动机,约可节省60KW的电力消耗。

注:本节内容是根据宋建生、张文锦编译的《日本节能船舶研究简况》一文,摘要整理而成。该文刊载在《内河航运》杂志1984年第2期。

### § 0—4 船舶节能的潜力预测\*

从表0—2—1可见,船舶节能技术所包含的内容是多方面的。为了使设计、制造和使用部门能根据自己的条件和实际需要来选择合适的节能措施,了解一下各种船舶节能措施所能达到的节能效果,从而对整个船舶节能工作的潜力有一个基本的概念,是完全必要的。

最近,国外在对各项船舶节能措施进行单项试验的基础上,对船舶节能的潜力问题进行了测算。其方法是通过试验测出目前几项主要的节能措施的实际效果,然后将各项节能措施的单项节油率累加在一起,从而算出总的节油效果。测算结果列于表0—4—1。

表0—4—1

十项船舶节能措施节油率估算表

| 序号 | 节能项目                         | 单项节油百分比 | 用百分比表示的船舶耗油率 | 节能措施的类别   |
|----|------------------------------|---------|--------------|-----------|
|    | 1975年间建造的船舶                  |         | 100          |           |
| 1  | 减低船舶航速15%                    | 24.4    | 75.6         | 提高操作运行技术  |
| 2  | 减轻船舶自重                       | 2       | 74.1         | 改进设计      |
| 3  | 设计理想的船体线型                    | 8       | 68.2         | 改进设计      |
| 4  | 改进船体水下部分的涂料                  | 6       | 64.1         | 船舶装置的技术改进 |
| 5  | 螺旋桨转速从100转/分降至60转/分          | 12      | 56.4         | 提高操作运行技术  |
| 9  | 合理设计舵和导流管                    | 5       | 53.6         | 改进设计      |
| 7  | 选用低油耗发电机,从210克/千瓦时降至175克/千瓦时 | 16      | 45.6         | 船舶装置的技术改进 |
| 8  | 主机轴带发电机                      | 2       | 44.1         | 船舶装置的技术改进 |
| 9  | 减少日用电能和热能的消耗                 | 1       | 43.7         | 提高操作运行技术  |
| 10 | 废热的合理利用                      | 2       | 42.8         | 船舶装置的技术改进 |

我们知道,除了表中所列的内容之外,还有另外一些具有明显节油效果的措施,如利用风帆助航,利用海流、潮流助航,自动操舵,采用先进的导航系统和恰当地调节船舶纵倾度等措施,通常也可以达到2%~15%的节油率。然而,仅仅根据表0—4—1所列的十项主要节能措施,其总节油率已达到57.2%,可见船舶节能的潜力是相当大的。当然,并不是说各种类型和各种吨位的船舶都可以同时采用所有的节能措施,表0—4—1所列的数字也只能作为一种定性的分析,但这种基本测算至少表明:在同一条船上尽可能多地同时采取多种节能措施是提高节能效果的有效途径。

从表0—4—1可以看出:在十项主要的船舶节能措施中,通过改进设计所获得的节油率达到10.2%;通过对船舶装置进行技术改进所获得的节油率达14.5%;而通过提高操作运行技术所获得的节油效果达32.5%。因此,现阶段船舶节能工作的重点应当放在提高操作运行技术和对船舶装置进行技术改进方面,尤其是应当放在提高操作运行技术方面。

上述测算方法应该还是比较可靠的,因为测算所涉及到的每一项节油率的数据都是通过实际试验获得的,因而也是实践中可以达到的指标。最近,日本综合了目前几种行之有效的节能措施,设计了一种综合节油率达50%的节能型船舶。该项设计所采用的主要节能措施有:合理地设计船体线型;选择最佳航行速度;采用低油耗、低转速的十字头发动机;采用低转速大直径螺旋桨;精细地分析与设计船体各部件强度以减轻船体自重;充分利用余热;改变上层建筑的线型与布局,使之具有最小的风阻力,等等。

节油百分之五十,意味着用同样多的燃油可以完成比原来多一倍的运输量;也意味着在偿还了节能投资以后,可以使船舶营运成本下降25~35%。船舶节能的综合效果是令人向往的。

• 本节内容参考长沙交通学院刘炳康同志所著“浅谈当前船舶节能技术及其特点”一文。外文原著见,

[1] “Designing Ships for fuel economy” 《Shipbuilding & Marine engineering (Inter.)》 Oct. 1981, p395.

[2] 《Shipbuilding & Marine engineering (Inter.)》 July/Aug. 1981.