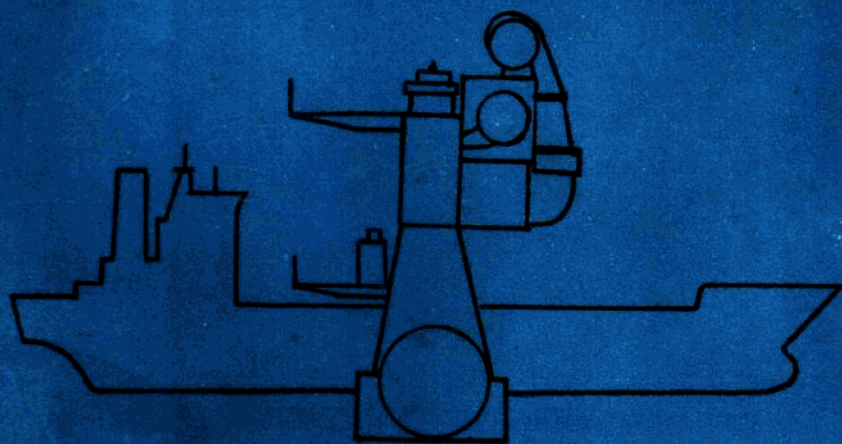


我国运输船舶动力发展方向

研究资料汇编

内部资料注意保存



交通部科学技术情报研究所

1984.6.

编 者 的 话

这本资料是1981~1983年间各有关单位的同志在研究我国运输船舶动力政策的过程中所撰写的论文汇编。内容大体上是国内外船用燃料和动力的演变、现状以及未来发展趋势的论述。为避免散失,使有用的素材和观点能在日常工作中得到利用,故汇编成册。

论文撰写者有交通部科技情报研究所、上海船舶运输科学研究所、大连海运学院、武汉水运工程学院、长江航运管理局、江苏省交通厅、湖南省航运管理局科学研究所、黑龙江省水运科学研究所、广东省航运科学研究所的同志。这些同志在调研过程中,得到水运系统各有关企业、单位的大力支持;此外,还得到中国船舶工业总公司、石油工业部、煤炭工业部等部门的大力帮助,值此汇编之际,一并代致谢意。

由于本汇编属内部资料,收集了大量的内部统计数字,请勿引用。

限于人力、时间和水平,编辑失当之处在所难免,衷心希望批评指正。

汇编经办人

交通部科技情报研究所

郭廷结 陈一昌

目 录

第一部分 总 论

一、关于我国运输船舶动力政策中几个问题的意见	1
二、我国船用柴油机制造能力分析	13
三、2000年前我国运输船舶仍应以油为燃料	31
四、关于我国运输船舶节能投资标准的探讨	49

第二部分 海洋船舶

五、我国海洋运输船舶动力技术政策研究报告	59
六、我国海洋运输船舶动力技术政策研究报告附件	
1. 我国海洋运输船舶动力装置发展趋向	77
2. 国外船舶动力装置发展概况	85
3. 我国海洋运输船舶推进主机的现状	109
4. 我国船舶动力工业现状	119
七、关于我国远洋及近海船队发展烧煤动力装置的合理性及其它问题的探讨	139

第三部分 长江干线船舶

八、长江船舶动力技术政策研究报告	157
九、长江船舶动力技术政策研究报告附件	
1. 对长江下游客班轮采用长冲程低速柴油机的可行性论证	181
2. 长江2640马力拖推轮采用不同传动方式的营运经济性论证	191
3. 长江下游推轮采用调距桨的经济性论证	201
4. 长江船舶主要耗能设备的能耗指标及节能投资的经济标准	214
5. 中速柴油机采用减速齿轮箱的经济效益分析	223
6. 小型船舶使用柴油煤气机的经济分析	229

第四部分 地方内河船舶

十、我国地方内河运输船舶动力技术政策研究报告	231
十一、江苏省内河运输船舶动力技术政策研究报告	257
十二、黑龙江水系运输船舶动力技术政策研究报告	273
十三、湖南省内河运输船舶动力技术政策研究报告	280
十四、广东省运输船舶动力技术政策研究报告	298
十五、广东省运输船舶动力技术政策研究报告附件	
1. 关于船、机、桨匹配问题	320

2. 关于经济航速和盈利航速问题.....	330
3. 关于节能投资标准问题.....	337
4. 关于船舶使用重柴油的几个问题.....	340
5. 关于油掺水的技术问题.....	341

关于运输船舶动力政策中 几个问题的意见

一、前 言

动力是船舶的“心脏”。它在很大程度上影响和决定着船舶技术的发展方向,并给船舶营运经济性以重大影响。

我国运输船舶动力结构实现以柴油机为主的变革,是从六十年代末期开始的,比国外落后20年左右。截至1981年底,我国水运部门保有各种机动运输船舶31,162艘,总功率为856.8万马力,年耗油340万吨,耗煤3.1万吨。其中柴油机船30,865艘(占总艘数的99.05%),功率828.5万马力(占总功率的96.75%);往复蒸汽机船290艘(占总艘数的0.93%),功率21.79万马力(占总功率的2.54%);汽轮机船7艘(占总艘数的0.02%),功率6.56万马力(占总功率的0.76%)。此外,还保有帆船37,380艘,净载重量46万吨。我国现有运输船舶动力结构的比例虽在逐步接近世界船队的现状,但由于机型陈旧、庞杂,技术状况差,因而在经济性、可靠性、耐久性、振动和噪音等主要性能指标上仍比国外落后15~20年。

为了逐步改变我国运输船舶动力技术性能的落后状态,提高船舶营运经济效益,节约能源,加速我国航运事业的发展和适应国民经济增长对航运业的要求,必须选择正确的技术方向,制订指导我国船舶动力发展的技术政策。为此,我们就运输船舶动力政策中的几个重要问题发表如下意见。

二、关于动力政策的意见

(一)船舶动力应以柴油机为主

船舶动力装置的形式一般是由主机种类而定的。确定主机类型的客观标准应该是:经济性好,安全可靠,重量轻,尺寸小,维修保养和操纵管理简便等。商船的重点应放在经济性上。

目前,柴油机在国内外不同航区的运输船舶中占有绝对压倒多数的地位,特别是中、小功率的运输船舶几乎全部以柴油机为动力。在本世纪内,这种局面还将延续,甚至有加强的可能。主要原因如下:

1. 柴油机具有比其他机型更优异的特性

① 热效率高,耗油率低。当代可供海船选择的动力主要是柴油机和汽轮机。在较大功率范围内柴油机的热效率在40%以上,耗油率则在150克以下。国外新研制成功的RTA和L—MC型系列,热效率已达到或突破50%,耗油率降到122克/马力·小时和119克/马力·小时。据上海和广州海运局对实船测试表明,在柴油机余热未得到很好利用的情况下,柴油机动装置的热效率要比柴油机的热效率低6%左右。

汽轮机装置的热效率一般则在30%以下,耗油率在210—230克/马力·小时之间,就是

最先进的汽轮机装置热效率也未超过35%，耗油率也在170克/马力·小时以上。在适应内河船舶需要的中、小功率机型中，当前有可能采用的只有柴油机和蒸汽机。在中、小功率范围内的中、高速柴油机，热效率一般在35%以上，耗油率在170克/马力·小时以下；内河船舶由于吨位小，机舱狭窄，常常不得不采用背压式蒸汽机，因此，热效率一般只有6~8%，即使是冷凝式蒸汽机热效率也在15%以下，因而油耗高，燃料费用大，无法与柴油机动力装置相竞争。目前除在我国的湖南、湖北、黑龙江等五省内河还保有极少数蒸汽机船外，在世界上已很难找到。

② 柴油机的功率复盖范围宽广，能适应各种运输船舶的需要。

柴油机的单机功率从几马力到五万多马力，是现有各种船用主机功率复盖范围最宽广的一种机型。按功率计，在我国海船中4,000~12,000马力的船舶约占总艘数的71%，尽管今后船队的吨位结构可能会发生某些变化，但功率范围在3,000—20,000马力之间的仍将占绝大多数，在这个范围内，汽轮机的经济性尚无法与柴油机相匹敌。我国长航所属各种机动运输船的单机功率平均为1,900马力；地方内河国营航运企业平均为146马力；集体企业平均为40马力。在这些功率范围内柴油机的统治地位更是其他机型所无法动摇的。

③ 柴油机还具有起动容易、迅速，操纵性能良好，单位马力体积小，油耗特性曲线平坦，变工况性能好等突出优点，而这些特性又特别适宜于船舶对动力的要求。

2. 国内船舶动力结构已经完成柴油化

柴油机船约占海船总功率的97.4%，占长航机动船总功率的87.3%，占地方机动船总功率的98.1%。这是短时期内改变不了的现实，也是我国航运业发展的基础。

3. 国内已初步形成庞大的柴油机生产和修理工业体系，并引进了一批船用柴油机的生产专利。

4. 已经建立起完备的燃油供应系统

任何企图改换世界范围的船用燃料供应系统，不仅需要巨额资金，而且需要各国有一段时间的共同努力，因此，决不是某一个国家所能实现的。即使是国内航线的燃料供应系统，也不是容易改换的。现以江苏省为例，如果把全省的一半运输船舶改成以煤为燃料的蒸汽机船，全年需耗煤60万吨。若煤炭采取整批到达分批供应到船的话，需新建4万平米的煤炭堆场，再加附属设施总计则需5万平米以上，即便分10个港区堆放，每港也需新增5千平米的堆场和供煤设施。如何处理灰渣是烧煤蒸汽动力的又一难题，江苏烧60万吨煤，将产生15万吨煤渣（按25%计），船上无法长期储存，沿江河抛撒必然又淤塞航道、污染环境和水域。

5. 国内已经培养了一批对使用柴油机具有丰富实践经验的轮机人员、科研设计人才和技术管理干部。

（二）柴油机选型应遵循的基本原则

主机选型主要应遵循如下原则：

1. 经济性。在保证安全可靠的前提下，经济性是商船主机选型时必须首先遵循的原则。主机选型对船舶经济性的影响主要体现在：①运输能力。通过重量、尺寸和燃料、淡水的贮量等影响船舶的载货吨位、载货舱容和连续甲板的载货面积。②运输成本。通过主机及装置的造价影响船舶的折旧费和保险费；通过燃、滑油的单耗指标影响燃、滑油费用；通过安全可靠性影响修理费等。因此，主机选型必须进行方案比较，综合考虑各种因素对船舶营运经济性的影响。

当前,从我国运输船队动力结构的现状看,机型陈旧、落后,技术状态差,极需进行以提高经济性为主要目的的更新改造。

机型选择对经济性有重大影响的另一个问题是:国产引进机和国产机的差价太大。引进的大功率低速机要比国产机高48%;中、高速机(如:MAN20/27等)的差价则更大。这既不利于造船部门进一步扩大引进机的产量,也直接影响航运部门的经济效益。对航运部门来说,造船应该立足国内;对造船部门来说,国内生产引进机的售价应该合理。高于国产机售价的那部分费用应能通过燃料费的节省在10年内得到补偿。随着产量的增加,造价还应该相应地下降。总之,造船(造机)和航运企业互利是定价时需要贯彻的一条重要原则。

2. 机配船。今后在机型选择中应充分重视和解决:①功率过大,航速偏高;②机、桨匹配不合理,贮备功率过大而不能发挥应有的作用,导致初投资和油耗量增加;③主机功率缺档和分档不合理,造成以船配机或无“机”可配的状况。

机配船原则的顺利贯彻有赖于我国船用柴油机系列型谱的建立,有赖于产品技术性能的提高和质量的改善。引进机不但要价格合理,而且要扩大适应性,以满足各类船舶对机型的要求;国产机应限期提高产品质量,100马力以下的功率分档应适当加密,以适应内河小功率船舶的需要。

3. 在其他条件许可的情况下优先选用转速尽可能低的机型。其好处在于:①可燃用重质、劣质油;②能与较低转速的螺旋桨相匹配或可选用速比较小的减速齿轮装置;转速较低的机型一般耗油率也比较低;④其他优点,如:滑油耗量较少,可靠耐用,管理水平要求较低等。

4. 优先选用国内有引进专利的机型和性能参数较先进的国产机。理由如下:①引进机的性能较国产机先进;②支持引进机扩大产量,促进先进的造船技术向国内转移;③推进国产机在竞争中改进性能;④有利于尽快改变目前国内机型复杂,品种繁多,技术状况落后的局面,逐步使机型集中到少数较先进的系列上来。

(三)必须尽快淘汰蒸汽机船

截至1981年底,在全国海洋和内河航运企业中,还保有蒸汽机船297艘(其中汽轮机船7艘,蒸汽机船290艘),年耗重油24.6万吨,煤3.1万吨。淘汰蒸汽机船是船舶动力现代化的重要标志,是改善船舶营运经济性、节约能源、提高运输效率和改变船舶技术状况的重大措施,应抓紧实施。如其他条件许可,则越快越好。主要理由如下:①蒸汽机船的经济性差。淘汰的根本目的是用经济效益更好的柴油机船取代经济效益很差、甚至亏损的蒸汽机船。我们通过对蒸汽机船的经济论证和同柴油机船的方案比较,说明蒸汽机船的各项经济指标都远不如柴油机船,而且多属亏损,反映在内部收益率上是负值,投资回收期则为无穷大。自1982年国家开始对重油征收特别税(70元/吨)后,蒸汽机船的亏损则更为严重。②能源浪费大。1981年上海海运局、广州海运局、长江航运管理局共保有蒸汽机货船104艘(包括58艘拖轮),年耗重油23万吨,占三个航运企业运输船舶总能耗的24.5%,但所完成的货运量却只占7.4%,按货物周转量计则不到5.1%。如果将这104艘全部更换成柴油机船,在完成同样数量货物周转量的前提下,按当年柴油机船的平均单耗(5.77公斤/千吨公里)推算则只要三万多吨油。1981年全国地方内河蒸汽机烧煤船的千吨公里煤耗平均为187.6公斤,柴油机船的平均油耗仅为11.7公斤,把两者都换算成标准煤,蒸汽机船的单耗是柴油机船的8.8倍。③技术性能差。上海海运局、广州海运局和长江航运管理局所保有的104艘蒸汽机货船中有77艘是五十年代以前建造的废钢船,其中有的甚至是一、二十年代的船舶,如:长江502

(1917年造)，战斗46号(1920年造)。由于技术状况不断恶化，不得不减载航行。因而主机每马力的载货吨位逐年下降，据上海海运局统计1981年比1967年下降了54.8%(详见下表)。

蒸汽机船每马力载货吨位的变化表

表 1

年 份	主 机 每 马 力 的 载 货 吨 位	下 降 率
1967	2.440	
1977	1.889	23.5%
1981	1.104	54.8%

1981年地方航运企业还保有168艘蒸汽机船，其中150艘仍以煤为燃料，采用古老的燃烧方式，不仅热效率极低，而且船员的劳动强度大、条件差，还严重污染环境和水域。另18艘虽已陆续改装成以重油为燃料，但由于船舶陈旧，技术状况也很差。此外，还由于现有的蒸汽机船船型落后，而严重地影响沿海煤炭运输能力的提高，例如以“战斗”号命名的蒸汽机船在上海港平均每卸一万吨煤的时间为76.65小时，而“州”字号则只需27.7小时。如果把由这类船舶承运到上海港的406.8万吨改由六艘“州”字号来运，可使上海港的卸煤能力增加315.5万吨。

在这里还应该指出，我国船用蒸汽机制造厂(或车间)从五十年代末开始到1963年已全部停产，经改造转向生产柴油机，这必然给配件供应和维修管理带来困难，也从根本上动摇了蒸汽机船继续存在下去的条件。

由上可见，淘汰蒸汽机船势在必行，是富国利民之举，急待解决。为此，国家在政策上必须明确，在资金上应给予适当的补助，在造船任务上应及早作出安排。

(四)关于采用汽轮机动力装置的政策界限问题

汽轮机作为船用动力有着悠久的历史。长期以来在大功率船舶中占有重要的地位。这是由汽轮机装置的独特优点所决定的：①对燃料的适应性强；②是一种高速回转的机械，所以运行平稳，振动和噪音小，滑油消耗少；③单机功率大，因而在大功率船舶中的地位显赫。但同时也必须看到，在石油危机之后，燃油价格上涨了十几倍，汽轮机装置耗油率比柴油机装置高的缺点就突出了，因此，不仅在近几年新建船舶中的地位急剧衰落，就是已投入营运的汽轮机船也大批被改装成柴油机船。此外，还应该注意，我国的汽轮机制造业虽然力量比较雄厚，但主要服务对象是陆用电站，三十年来民用汽轮机船国内仅制造过一艘“天津”号，所以船用汽轮机动力装置的实际设计和生产经验相当缺乏，可供选择的设计方案尚未形成。

为了适应世界政治、经济和能源形势可能出现的突变，保持人材培养和科学技术发展的延续性，汽轮机作为海上商船的一种动力形式保存下来是完全必要的，也是十分有益的。我们根据世界船舶动力的发展趋势及国内对汽轮机船的实际使用和生产情况，并通过对烧煤汽轮机船的经济论证，提出如下政策建议：汽轮机动力装置除在烧煤船上采用外，大型船舶上也应注意采用，以避免船舶动力形式的单一化。

(五)关于其他动力装置的发展前景问题

1. 风力帆船。在1966年以前，风力帆船曾是我国地方内河运输船舶的主力。由于五十年代中期开始在全国推行机动化，其吨位才以年平均7.5%的递减率急剧下降。但直至1981年底地方内河仍保有帆船净载重量38万吨，占地方内河运输船舶净载重量总和的9.3%。地方

沿海也还保有净载重量8万吨的风帆船。

世界石油危机爆发后,许多国家又积极开展现代化风力帆船的研究。1980年8月日本率先建成世界上第一艘商业化机帆船“新爱德丸”。实验性帆船则为数不少。目前,日、苏、美、西德、比利时等国正在积极计划建造一批大型远洋装帆商船,如果实船试用成功,可望得到进一步的发展。

近几年来,由于国内柴油供应紧张,特别是地方民间航运企业的柴油供应得不到保证,缺油严重(约缺油 1/3)。因而在湖南、湖北等省的部分地区又出现了风帆船增加(或机动船加帆)的趋势。全国许多省市和高等院校也先后开展了风力帆船的研究。

通过调研,我们认为,目前我国使用风帆的合理条件应该是:①风力资源丰富;②航道宽阔,弯少而缓,桥高而稀,流平而缓;③小型机动船和拖驳船队;④沿海短途航线。

为提倡在条件适宜的航线使用风帆,必须立即组织力量,协调关系,研究解决下述技术和经济问题:桅、帆的材质和尺寸;操纵简便的机构和方式;船体的结构和稳性;操纵人员的培训和节能奖励等。

2. 柴油煤气机。在五十年代末六十年代初柴油煤气机曾在我国内河船舶中大量使用,占有重要的地位,但随着大庆油田的开发,开始急剧衰落,现已绝迹。其优点是:热效率比较高,可用煤作主要燃料。对现有柴油机船只需略加改造即可使用等,因此,是值得重视的一种动力形式。我们建议组织一定的力量,通过研究在性能参数、劳动强度、维修管理等有所改进后,再在内河小型船舶上试用。

3. 其他动力装置。燃气轮机、斯特林发动机、联合循环装置和核动力装置等预计在本世纪末之前,国内外民用船舶不可能大量使用。虽然有的装置在技术上尚处于试验阶段,有的在经济上还无法与现行的柴油机装置相竞争,但从技术储备、人才培养及船用燃料和动力发展的未来前景看,应组织适当的力量开展持续的研究。

(六)关于船舶发电机组和电制问题

船舶电站是整个动力装置的重要组成部分。目前新建海船的发电机大多以柴油机为原动机。基于船舶安全可靠和维护管理简便的考虑,在台数上则以三台同系列的柴油发电机为多,二台次之,四台则属个别。

辅柴油机的机型较多,洋马、大发,MAN, B&W, Sulzer, MAK, Deutz, ... 等都有。

近年来,从船舶节能的角度出发,新建船舶不仅采用轴带发电机的越来越多,而且还在部分大功率船舶上利用主机排气余热产生低压蒸汽推动汽轮发电机组的装置也在不断增加。

根据国外的经验,结合我国的实际情况,目前可先在航线长,变工况少,航速较稳定,并由变距桨推进的海船上采用轴带发电机装置。采用废气涡轮发电装置的船舶则应满足如下条件:主机功率大于2万马力。

现代海船的电制是使用60赫、440伏,还是采用50赫、380伏?国际上曾争论过多次,但尚无定论,各国仍按自己的传统习惯在使用。影响电制选择的主要因素在于:可供选择的设备和航行港口的电制。

基于上述分析,我们建议:海船电站以柴油发电机为主,在有条件的船舶上尽可能采用轴带发电机和废气涡轮发电机。电制以三相交流440伏、60赫和380伏、50赫并用。长江干线和其他内河大、中型客、货船及推、拖船的电制以三相交流380伏、50赫为主。内河小型船

船以直流24伏轴带发电为主，如有动力设备的小船应再增设一台独立的柴油发电机组。

(七)关于机舱自动化问题

船舶自动化是船舶技术发展的必然趋向，从六十年代初开始出现至今已经发展了四代，在新建海船和较大型的内河船舶中已得到广泛的应用。近几年来，在我国海船中（特别是远洋船队）机舱自动化水平正在迅速提高；在内河船队的部分船舶中，也进行了机舱自动化的局部改造，并在少数船舶上试用。

我国远洋运输总公司保有自动化船舶的现状和实际使用情况如表2所示。

表 2

	中 远 总 公 司 自 营 船 舶 合 计	广 远	上 远	天 远	青 远	大 远
1983年3月底在册船舶艘数	432	143	137	93	41	17
各种自动化机舱船舶艘数	182	46	75	31	18	12
各种自动化机舱占在册船舶艘数%	42.1	32.2	54.7	33.3	43.9	70.6
其中：1人值班机舱船	81	17	38	10	10	6
无人机舱船	101	29	37	21	8	6
已实行无人机舱船的艘数	46	2	30	7	4	3
未实行无人机舱船的艘数	55	27	7	14	4	3
其中：因设备损坏而未实行者	33	10	7	12	4	
因其他原因而未实行者	22	17		2		3

从上表可知：1.自动化水平不低。各种自动化船已占总公司在册数的近一半（42.1%）；2.实际利用程度不高。在101艘无人机舱船中仅有46艘真正按无人机舱船在使用，其余一多半因种种原因而未得到实际使用。即使目前正在按无人机舱船使用的也随时有重新被废弃的可能。我们认为，与其花钱买了现代化设备不用（或不会用），不如不花；与其买了无人机舱船又不能按规定减少船员或加强设备的维修保养，不如暂时不买。

根据国外的发展趋势和国内劳动力丰富，文化水平和管理水平较低等具体情况，当前应该发展以提高安全可靠性和经济性和改善船员劳动条件为主要目的的机舱自动化装置。在步骤和自动化水平上应按航区和船型逐步实施。具体来说，应先远洋，后沿海，再内河；先集装箱船、大型散货船和油轮，后件、杂货船，再短途小型船舶。近期海洋新建船舶以集控机舱为主；长江干线船舶以主机驾驶台遥控和集控机舱为主；其他内河船舶以主机驾驶台直控为主。各类船舶都应逐步提高机舱自动化水平。

三、关于船用燃料政策的意见

(一)应以石油燃料为燃料

目前，在世界江、湖、河、海上航行的各类运输船舶几乎100%是以石油燃料为燃料的，这种局面将延续到本世纪末基本不变。其主要理由如下：

1. 石油燃料优先供船用是经济合理的

运输船舶具有流动分散、机动灵活和航区广泛、燃料储备有限等特点，这就对燃料的特

性提出了相应的要求：①能量密度大，燃烧效率高；②供应系统完善，价格低廉；③技术装备简单，安全可靠。石油燃料的优异特性和世界范围内完备的供应系统，无疑是符合船舶要求的理想燃料。

评价石油燃料利用是否合理的标准应该是经济效果。在全国未统一评价标准之前，我们建议从以下两个方面进行考察：①被取代燃料的数量。运输船舶使用每吨油所能取代的煤的数量为3~8吨，而电站锅炉每吨油则只能代替2.1吨煤，工业窑炉为2.5吨，工业锅炉为2.3吨。可见，运输船舶以油为燃料所能取代煤的数量最多。②燃料品种对设备运行经济性的影响。燃料品种不同，给耗能设备的经济性会产生多方面的影响。

船舶以煤为燃料，将给营运经济性带来如下影响：因需承载自耗煤，使载货舱容减少而造成运输能力大幅度下降；因需增设锅炉舱、燃料舱和煤炭传送系统等而使造价增加；因需在港装煤和卸渣而使船舶在港停泊时间延长。对其他陆用耗能设备运行经济性的影响，除了增加占地面积外，则无其他显著不利影响。

由上可知，石油燃料优先供运输船舶等各类移动式耗能设备使用既经济合理，又是节能的一种有效措施。

目前，我国运输船舶年耗油约340万吨，除一半由远洋船队消耗外，余下必须由国内供应的部分，在数量上不大，在质量上要求又不高，因此，国家在油品分配中完全有可能，也应该逐步压缩陆上电站等工业部门的烧油量（1980年全国烧油约3500万吨），优先满足船舶对石油燃料的需求。

此外，在可以预见的未来，无论对科学技术研究动向的预测，还是对工业生产水平提高的展望，认为在本世纪内出现新的，并在经济上能与石油燃料相匹敌而成为船舶主要燃料的可能性不大。

2. 造机工业和船舶动力结构的现状决定船用燃料必然仍以石油为基本燃料。

当前，世界有着强大的船用柴油机制造工业体系。著名机型的专利生产厂遍布世界各国，设计水平和制造工艺日趋完善，新机型不断涌现，热效率继续提高。美国、苏联等历来以生产汽轮机为主的国家，也在大力引进柴油机生产专利，改革船机工业结构，改变船机生产方向。

国内柴油机制造业经历了三个发展阶段，现在已有制造厂281家，职工31万人，年生产能力达117万台/4000万马力，其中仅仅是生产与船用柴油机有关的厂家，固定资产就达30亿元。自1978年以来，引进国外著名的柴油机生产专利十几项，仅入门费和图纸费已支出784万美元。据不完全统计，到1990年前还要支付最低提成费1324万美元。因此，我们不能设想离开国内现有的庞大的柴油机工业基础，把早已废弃的蒸汽机制造业重新恢复起来，或者把汽轮机装置作为我国运输船舶的主要动力形式，用以适应固体燃料——煤对动力机械的要求。

柴油机动力不仅在当代世界营运船舶中占绝对优势，而且其地位还在不断加强（详见表3）。

截至1981年底，我国水运部门保有各类运输船舶的总功率为856.8万马力（其中海船634.8万，长航72万，地方内河150万），柴油机船占总功率的96.75%。众所周知，柴油机船是以油为燃料的，船舶又是造价昂贵、使用年限较长的水上大型建筑物，不能轻易变动或废弃。因此，如改变当代运输船舶以油为燃料的动力结构至少要延续到下个世纪的某个年代。

3. 船舶以石油为燃料符合船用燃料演变的历史规律

船用燃料的发展是有规律、循序前进的。从世界上第一艘以煤为燃料的明轮船诞生到取

1975~1982年世界新船装机情况

表 3

年 份	机 型	柴油机的比例		汽轮机船的比例		燃气轮机船的比例	
		艘数 %	功率数 %	艘数 %	功率数 %	艘数 %	功率数 %
1975		86.9	68.6	12.9	31.2	0.19	0.16
1976		89	72.2	10.5	27.1	0.33	0.76
1977		94	83.6	4.9	14.9	0.50	1.50
1978		96.8	90.5	2.9	9.3	0.18	0.16
1979		98.4	93.9	1.6	6.1	0	0
1980		97.6	91.5	2.3	8.5	0	0
1981		98.6	96.0	1.4	4.0	0	0
1982		99.3	99.4	0.18	0.6	0	0

代风力帆船而成为运输船舶的主力，前后经历了一个世纪；从船舶开始使用石油燃料到成为船舶的主要燃料，历时半个世纪。即便假定，当今世界船用燃料已开始向第三个历史时期过渡。然而，从历史发展的规律来看，更迭只能是逐步和缓慢的。虽然演变的历史过程在缩短，但仍需经历一个较长的历史时期。因此，在2000年前，即使某些研究开始跨进实用化的大门，也总因其所占船队总吨位的比重甚微，而对船用燃料结构不会产生明显的影响。

当前影响和决定船用燃料更迭期长短和变换速度快慢的主要因素是：①石油资源枯竭的时间；②可供选择燃料的比价变化速度。从当前经济和技术角度考察，可供船舶选择的燃料只有油和煤。虽然石油的可采储量要比煤炭少得多，但无论从世界范围看，还是从国内远景储量分析，本世纪内船舶以石油为燃料在资源上是有保证的，枯竭将是下世纪的事。

根据国外有关组织和专家的预测，当前世界石油市场上出现供过于求的局面还将延续，油价在经历一个短时期的下跌后，仍将回升，但变化趋势会比较平稳。只要油/煤比价的变化速度不大，烧煤船大量建造的可能性也就不大。而船用燃料的更迭最短也必须超过一代船龄——20年左右。由上可见，本世纪内，船舶以油为基本燃料是符合客观规律的。

(二)船用燃料应逐步增加劣质油的比重

船用燃油劣质化是客观形势发展的必然趋势。因为：①原油质量重质化；②石油产品的需求结构轻质化；③炼油技术不断提高，原油加工向深度发展。

船舶使用劣质油也与航运企业降低运输成本，节省燃料费支出的主观要求相吻合。因为油质越差价格越低廉。按国内直供价计，0[#]轻柴油与20[#]重柴油每吨约差130元；20[#]重柴油与重油约差90元。国际市场上油品之间的差价虽比国内小，但常年使用劣质油所带来的经济效益也是十分可观的。

因此，我国各航区的运输船舶都应该努力增加燃用劣质油的比重，缩小与国外船舶的差距。

船舶使用劣质油不可避免地会带来下列问题：①各种杂质和沉积物增加；②粘度和比重增大；③滞燃期延长；④灰分和结炭增多；⑤磨损和腐蚀加剧。为此，必须在今后更新和改造船舶时采取相应的技术装备政策：①优先选用转速尽可能低、对劣质燃料适应性强的柴油机机型；②区别情况装设净油机、均质器、加热装置和滤器等燃油系统的设备；③在确定油

舱配置、管路铺设方法、设备容量选择、加热和保温方法时必须采取综合性措施；④添加助燃剂、采用简易燃料分析仪等辅助设备。

国内外的实践表明，船舶使用劣质油在经济上是合理的，技术上是可行的。因此，国内各航区的运输船舶都应该逐步增加劣质油的比重。供应部门则应努力满足航运部门对油品的需求。

(三)关于目前国内船舶燃料供应政策问题

燃料费是船舶运输成本的主要构成部分。国家对航运企业采取什么样的燃油供应政策，将给水运事业的发展以重大和直接的影响。目前，国家对航运企业的燃油供应政策存在着一系列问题。

远洋运输企业主要是在燃油价格上未能实行更大的优惠。苏联等国家为了扶植本国远洋船队的发展，提高揽货的竞争能力，在燃料供应上一直采取优惠政策——统一采用国内油价。我国远洋船队在国内加油与外轮相比，燃料油每吨只便宜40元，轻柴油便宜70元，但远高于国内直拔价。为了发展远洋运输事业，有必要在油价上给予更大的优惠。

三大直属航运企业（上海海运局、广州海运局和长江航运管理局）在燃油供应方面的问题，主要是油品不对路，特别是20[#]重柴油在数量上得不到满足。其次是燃油供应量不按当年所完成的货物周转量供应，并在固定不变的供应量中先供给15%的高价油。这种政策限制了企业的积极性。我们建议国家对直属航运企业在燃料供应政策中应贯彻：在尽量满足油品需求的同时，供应量以当年计划完成的货运周转量作为供应基数，年终结算，超耗不补。

地方内河航运企业在燃料供应政策上的问题尤为严重，亟待解决。归纳起来主要表现在：①渠道不畅；②数量不足；③价格太高；④品种不对。名义上国家分配给地方航运企业的燃油量为120万吨，然而，1981年的实际供应数则不足70万吨，且多属商业零售价，为数不少的集体航运企业为了生存，不得不通过各种途径购买高价油。零售价比直供价每吨油要高100元以上，高价油每吨竟达1500元。要振兴内河运输，在燃料供应政策上应该贯彻：①由交通部统一归口，戴帽下达到各省市，并为各航运企业设置专门户头，按计划如数供应；②在制定出合理的能耗指标前，各省市航运企业的供油量可暂以1980年每千吨公里的油耗为准，当年的计划货物周转量作为当年供油量的推算基数，即：当年的供油量=当年的计划货物周转量×1980年的单耗指标（扣除一定的节油量，但必须防止“鞭打快牛”），实行年终结算，节约归己，超耗不补。这样供应有利于促进企业多拉货，抓节能和陈旧船舶的更新改造；③在价格上应一视同仁，统一采用直供价；④满足各航运企业对20[#]重柴油的需求，并逐步增加供应比例。

(四)关于烧煤船的合理性问题

船舶以煤为燃料本已成为历史陈迹。今天之所以再度提出，完全是由于两次石油危机的冲击，油、煤比价发生剧变所引起的。

通过对烧煤船的经济论证，进一步证实了国外某些烧煤船可行性研究报告结论的正确性。采用新型烧煤船的合理范围是：①船舶吨位应大于5~6万而小于20万载重吨（10万吨左右为最佳）；②因煤价低于油价，所以烧煤船的最佳航速一般应比同类型的柴油机船高1~2节；③续航距离一般应大于4000~5000海里（最佳航距为1万海里左右）；④油/煤比价越大，烧煤船的经济性与柴油机船就越优越，但就一般来说，油/煤的比价应大于3~4，发展烧煤船才在经济上有合理性可言；⑤停泊港的燃料煤供应必须品种稳定，性能良好，装卸方便；⑥

货源充足稳定。上述六条是互相紧密联系的整体。

在我们国内的特定条件下,发展烧煤船确有许多有利因素:①煤炭资源丰富;②“北煤南运”数量较大,货源稳定,运煤船本身又是烧煤船的理想船型;③淘汰烧煤船在时序上比国外晚得多,因而在技术和管理上延续性较好;④劳动力丰富,工资低廉;⑤在国内海船成本构成中燃料费(如按国际市场价格计)比国外船要高,因此,烧煤船的经济效益更显著。

据上所述,我们建议积极组织力量进行在海洋船舶中发展烧煤船的可行性论证和关键性技术的研究,而后再着手方案设计和实船试验。

(五)关于其他能源作为船用燃料的可能性问题

这里主要是指煤、油混合燃料、煤的液化燃料、风能、核能和氢能等。

风能和核能虽在商船上已得到实际应用,但由于技术和经济上的种种局限,只能在特定条件或特种船舶上才有现实意义,所以在本世纪内对商船燃料结构不可能产生显著的影响。

煤油混合燃料、煤的液化燃料、氢能等至今还没有实用的先例。制取工艺、燃烧系统、储运供应、腐蚀磨损等技术问题尚处于研究探索阶段,因此要在船上应用为时还早。

总之,非油燃料在运输船舶上使用还处于探索和偿试阶段,进入大规模实用化尚需经历一段艰难的路程。但为使船用燃料顺利实现从“油”过渡到“非油”时期,现在就应组织适当的力量进行“非油”燃料(特别是煤基燃料)的研究,作好技术储备。

四、关于节能政策的意见

(一)关于运输船舶的节能方针问题

1973年以来,船舶节能之所以引起世界各航运企业的普遍重视,其主要原因是:①当代运输船舶几乎100%使用石油燃料。②船舶动力是耗能的重要设备,世界各类船舶每年约耗油1.5亿吨,我国运输船舶约耗油340万吨。③燃料费是运输船舶成本的主要构成部分。世界运输船舶的燃料费平均在40%以上,国内运输船舶虽因油价比国外低,而燃料费较省,但平均也在25%左右。

航运企业开展节能工作会带来以下好处:①降低运输成本,增加利润,扩大再生产;②促进企业经营管理的改善和技术管理水平的提高;③推动船舶技术的进步,加速耗能设备的更新改造;④有利于勤俭节约、艰苦奋斗作风的培养。

节能是航运企业自身发展的需要,同时也是客观能源形势的要求。因为从总体来看,在人类实现第三次能源变革之前的整个过渡时期,能源(特别是石油)供应紧张是总趋势,因而,节能必然是一项长期的战略任务。

节能的实质是充分而有效地利用能源,降低单位产品能耗。因此,降低运输船舶每千吨公里(海里)能耗的基本途径不外乎:①采用先进的节能技术,进行技术改造,提高能源利用效率;②实行科学管理,组织合理生产,使消耗同样数量的燃料,却生产出更多的千吨公里。要把航运企业的节能工作不断推向前进,就必须把两种途径很好地结合起来,但当前的工作重点应放在加强营运管理上。主要理由如下:①是由航运企业的特点所决定的。航运企业是船舶的使用和管理单位,所以节能工作不同于设计制造单位,依靠降低新产品的能耗指标和采用新技术新工艺来减少生产过程中的能耗来实现节能。航运企业的节能主要是通过加强对现有船舶的管理来实现的。因而,节能应该贯彻到营运的全过程。至于采用大规模的技

术改造(如:改造船体线型、更换主机、增添装置等)对绝大多数营运船舶是不现实的,即节能技术改造只能是有限和局部的。②节能工作还处于初始阶段。航运企业和全国一样,虽然节能工作发展不平衡,但就总体来说,都还处于初始阶段,即使节能工作取得较大成绩的企业,也只是从管理方面和为数不多的小改小革方面,扫了一些“浮财”。能源管理的基础工作还很薄弱,能源利用技术还比较落后,能源消耗高、浪费大的状况还没有得到根本的改善,因此,今后一段时间节能工作的重点还应该放在加强营运管理上。

加强营运管理不能只理解成抓表面的浪费、扫“浮财”一类粗放性的内容。节能应逐步走向较高水平的科学管理,从与船舶单耗有关的各个环节实行全面的科学管理。当前,抓好以下几方面的工作,将对船舶的单耗(每千吨公里能耗)产生显著影响:①通过加强调度,重视货源组织和研究船队的合理构成等措施来提高船舶的载重量利用率;②加强港口、航道建设既是调整水运业内部比例关系的基本建设,也是直接影响船舶能耗的基本因素;③通过加强维修保养和提高驾、机人员的技术水平等,使船舶耗能设备具有良好的性能;④通过加强测试手段和计量仪器仪表的配备工作等,使船舶能源消耗的计量、统计和奖励工作建立在科学的基础之上。

(二)关于节能项目的投资经济效益问题

随着科学技术的进步和节能工作的逐步深入,新的船舶节能技术必将不断涌现,层出不穷。因而,我们无法做到:①对国内外目前营运船舶所采用的各种节能技术改造项目一一加以介绍和评价;②对未来可能出现的具体节能项目难以预见。这就必然给制定一项较长时期(2000年前)有参考意义的政策带来困难。为了解决这个问题,应该努力寻求一项对现有和未来节能项目都能起制约作用的政策界限,用以评定节能措施的合理性和节能投资的使用方向。

为了避免节能投资的盲目性,提高经济效益,防止造成新的浪费,有必要确定一个评价节能投资经济效益的指标,努力使节能投资项目发挥出良好的节能效果和经济效益。我们参考国外的经验,结合我国当前节能投资的使用情况,利用内部收益率和投资回收期这两项经济指标,通过开源和节能投资经济效益的比较,先求出我国现阶段节约每吨标准煤投资的合理上限值,再考虑到运输船舶实际使用的是优质燃料——油,因而,节油的投资标准必须适当地定得高一些。我们通过当前国际市场动力煤与船用燃料油的比价换算,结合国内航运企业对节能投资的实际使用情况,提出我国远洋船舶近期节能项目的投资回收年限一般应控制在3年以内,国内船舶最长不超过5年。随着节能工作的不断深入,可适当延长年限。

至于具体到某个航运企业,则还应该根据节能工作的进度、与能源产地的距离、燃料的品种和价格上的差异等进行适当的修正。当然,在采用投资回收期作为节能项目的评价指标时,还应考虑船龄的影响。一般来说,船龄越短,节能项目的投资回收年限可适当延长。对于回收期与继续营运年限相近的老旧船舶就没有必要进行节能技术改造。

(三)关于新建船舶应优先选用节能型船舶的问题

油价上涨,造成船舶营运成本的构成发生显著变化,燃料费的比重大幅度上升,这强烈地影响船舶技术的发展方向和速度,也是当代船舶技术改进以节能为中心的推动力。

据外刊报导,目前新建的海洋省能型船舶,其燃料费只有1970~1975年期间建造的标准型船舶的42.8%(见表4所示)。从表4可知,船舶在技术上的节能潜力是非常大的。如:日本在1982年8月25日竣工的超省能船“新丰丸”,由于在设计中把全船作为一个整体,采取各种行之有效的节能措施,该船经实船营运证明,燃料消耗量只有1976年建造的普通散货船

表 4

项 目 名 称	节 约 率	燃 料 费 %
1. 1970—1975年造的标准定型船	基准	100
2. 降低航速15% (如: 从15节降到12.5节, 或从27节降到23节)	24.4	75.6
3. 减轻重量, 增加载重吨位或增加方型系数	2	74.1
4. 改进船舶线型和尺寸	8	68.2
5. 使用长效防腐漆	6	64.1
6. 采用低速螺旋桨 (如: 从110转降到60转)	12	56.4
7. 采用导流片	5	53.6
8. 改善主机性能, 降低耗油率 (从210克/千瓦·小时降到175克/千瓦·小时)	16	45.0
9. 采用轴带发电机	2	44.1
10. 节约电力和热能消耗	1	43.7
11. 废热利用	2	42.8

的1/3, 1981年新建的1/2。因而在新建船舶时, 我们必须逐步贯彻现代化的技术装备政策, 优先选用节能型船舶, 这是航运企业节能的根本途径和出路。

在一切条件适宜的内河航线应大力推广顶推运输方式。顶推运输与同吨位等马力的拖带运输相比, 据湖南省的资料, 航行阻力可减少10~25%, 航速能提高6~15%, 每千吨公里的能耗则下降20~35%。可见, 节能效果十分显著, 应在有条件的航线中大力推行。

(四) 积极推广各种行之有效的节能技术

在我国现有的1750万吨船队中, 多属六十年代以前建造的老旧船, 如包括七十年代中期以前建造的则占总吨位的80%以上。因此, 必然是机型陈旧、技术状态差、能耗高, 但同时又是我国当前水上运输的主力, 并在今后一个相当长的时期内, 还要用好、管好, 充分发挥它们的历史作用。为此对现有船舶进行确有成效的节能技术改造, 应作为船舶节能政策的重要内容。

当前应积极推广节能效果显著的项目, 主要有:

1. 对设计航速较高, 能耗大的船舶采用减速航行主机调整技术。
2. 在对主机进行热工调查的基础上调整主机的工况, 提高热效率。
3. 修整螺旋桨, 改善船、机、桨的匹配, 提高超负荷运行船舶的经济性和安全性。
4. 在内河船舶中积极采用向船底充入空气, 减少航行阻力, 提高航速, 降低能耗的气体润滑船底技术。
5. 在内河小功率的柴油机船上应积极采用油掺水技术。
6. 其他行之有效的余热利用技术。

此外, 各科研单位和航运企业应组织力量积极研究各种节能效果显著的新技术。

执笔人: 郭廷结

1983.5.

我国船用柴油机制造能力分析

交通部科技情报所“船舶动力技术政策”课题组

前 言

造机立足国内是我们制定船舶动力政策应该遵循的基本原则。然而,要使这个原则付诸实施,就必须在国内逐步形成与此相适应的独立的造机工业体系,以求船机产品在数量、品种、质量、价格、交货时间和售后服务等方面满足航运事业发展的需要。

在2000年前,我国运输船舶动力装置以柴油机为主的政策是否合理,又能否实现?这不仅取决于能源形势的变化,各种动力装置对船舶营运经济性的影响,科技发展水平和船员的使用习惯等,而且还必须考虑到国内船用柴油机的制造能力、技术水平和发展前景。本文就此作一粗略的剖析。

一、我国船用柴油机工业发展历史的回顾

1905年上海求新机器厂制造了我国第一台5马力煤气机。二十年代起广州、上海、常州等地相继开始生产柴油机,至1949年已能自行设计制造小型船用柴油机,但解放前柴油机生产累计功率仅20万马力。解放后,我国柴油机制造工业发展迅速,大致可分为三个阶段:

1. 仿制阶段。随着水运事业的发展,对船用柴油机的要求日益迫切,上海、大连、广州等地相继仿造了一批中小功率的船用柴油机,供渔船和小型运输船舶之急需,开始建立我国船用柴油机制造业。主要是仿制苏联和东欧国家的中速船用柴油机,产品有187、260、300等系列柴油机。

此外,还开始从苏联和东欧国家引进了3型高速船用柴油机和4型中速船用柴油机,同时新建了一批船用柴油机专业制造厂,并开始建立我国船用柴油机科研、设计和工艺的科技队伍,为我国自行设计和制造船用柴油机奠定了基础。

2. 自行设计和制造阶段。1958年以来,在仿制的基础上开始自行设计和制造了一些高、中、低速船用柴油机。主要产品有135系列的高速机,E150、180、200、250系列的中速机以及ESDZ43/82.75/160.76/160.58/100低速机等。随着我国石油资源的开发,柴油机生产能力的提高和规模的扩大,自1963年开始停止了蒸汽机生产,使运输船舶动力的供应结构发生了根本的变化,走上了内燃机化的历程。为了提高我国柴油机制造技术水平,1965年我国已着手从瑞士苏尔寿公司引进当时的先进机型RD型低速柴油机专利,后因文化大革命而中断,丧失了时间,使我国造机工业的落后面貌不仅没有改变,而且差距进一步拉大。

3. 大量引进和发展阶段。随着航运业的发展,特别是远洋船队和沿海运输船舶的迅速扩大,对船用柴油机的要求越来越高,但由于国产机品种不全、性能落后、可靠性差、使用范围有限而远不能适应航运业的发展。为了尽快改变我国造机工业的落后局面,适应航运业