

船舶节能技术及新节能船型文集

中国船舶工业总公司 民船船型开发指导组

1987年

前 言

为了更好地为用船部门服务,近年来,中国船舶工业总公司系统各单位积极开发新船型和研究船舶节能新技术,取得了较好的成绩。一九八五年中船总在上海组织了交流汇报会,各方面反映良好。会后,中船总民船开发指导组将会议上各单位提供的开发船型及有关资料编辑出版了《民用开发船型汇编》,供用船部门和船舶设计、生产单位参考,得到了大家的欢迎。

近两年,中船总进一步加强对船型开发和节能技术研究的领导,在各承担有关课题和项目单位的努力下,开发和研究工作有了新的进展。为了交流和检查,并向用船部门汇报和介绍,一九八七年五月下旬,中船总在广州召开了第二次“新船型开发和船舶节能新技术汇报会”。会议期间共有20余个单位提供了近200型开发船型的资料和20余项节能技术方面的资料。

由于依靠技术积累和技术进步,并努力做到为用船部门着想,因而所开发的船型大多具有较好的技术经济指标,其中有的船型以其先进水平,使船厂得以在国际造船市场剧烈的竞争中被选中标。所研究成功的多种节能技术,在推广应用方面也日见成效,受到用船部门好评。

为能把有关的开发船型和节能技术的资料在更广泛的范围内推荐、介绍和交流,以期扩大社会效益,经中船总技术部同意,民船开发指导组对有关资料作了选择、整理,并付印出版这本《民用开发船型汇编》(二)以及另一本《船舶节能技术及新节能船型文集》。

本《汇编》(二)中,共收入167个船型资料;凡上次出版的《民用开发船型汇编》中已收入的船型和非民用船型以及其他不宜入选的船型,未收集在本《汇编》(二)中。

本《汇编》(二)编排时采用如下方式:1.按单位集中各自提供的开发船型资料,以单位对外名称的英文词头字母依次排列;2.每个单位的船型按散货船、液货船、干货船(包括集装箱船、冷藏船、多用途船等)、客船(包括客货船、游艇、渡船、交通艇等)、渔船(包括渔业加工船等)、驳船、工程船(包括调查船、测量艇等)及其他船(包括气垫船、水翼艇等)排列;3.同一类船则按吨位大小的顺序排列。

同上次出版《民用开发船型汇编》一样,我们希望这本《汇编》(二)在交流、介绍船型开发工作和推荐开发船型等方面,对各有关单位有所裨益。各有关单位如需要进一步了解某一船型或需要更详细的资料,请直接与提供单位联系。

当前,中船总正根据国家关于编制2000年科技经济和社会发展规划的要求,编制

2000年水运装备(船舶部分)发展规划,在编制中积极贯彻利用船舶工业优势促进水运事业发展的指导思想。我们深信船型的开发和节能技术的研究,可以能动地为改革水运方式,扩大水运能力作出贡献。中船总要求各承担有关工作的单位,更加努力工作,加速开发工作,不断推出新船型和节能的技术,今后一定会有更多更好的成果供选编和奉献。

参加“民用开发船型汇编”和“民用开发船型汇编(二)”编选出版工作的有王应伟、程天柱、许学彦、唐云澜、张简、胡霜、鞠振明、许根湘等同志,对他们的支持表示感谢。

中国船舶工业总公司

民船船型开发指导组办公室

1987年7月

目 录

1. 二种实用的船尾附加水动力节能装置—补偿导管 及导流罩推力鳍	钱文豪 赵汉魂	1
2. 船型开发节能效果介绍	上海船舶设计研究院	12
3. 节能推进综合体可行性分析	金平仲 曾松祥	16
4. 万吨浅吃水货船风帆助航装置的研究设计	许学彦 华汉金 惠志奎 李志春	26
5. 一种节能推进装置—固定叶轮的研究	七〇二所	31
6. 尾端球降阻节能的试验研究	都绍裘	41
7. 水平首鳍降阻节能装置的介绍	李立人	50
8. 浅谈发展我国标准船型	张冬至	55
9. 长江开发船型探讨和技术经济分析	秦士元 程天柱	60
10. 长江下游客轮新船型研究	华中工学院长江船型研究组	72
11. 节能减振的非对称双尾鳍船型	叶立钦 陈昌运 陈霞萍	91
12. 肥大型节能新船型线型研究	华中工学院船舶和海洋工程系	111
13. 螺旋桨效率与转速的关系及主机的选用	章菊人 唐汉臣	131
14. 大连工学院在小水线面双体船性能方面 研究工作简介(1984 ~1987)	黄鼎良	139
15. 海上拖驳运输中新型装备—起锚绞缆组合机	北海船厂	144
16. 对开发我国外海远洋渔业和所需渔船船型的研究	张如虎	149
17. 江海自航驳线型和快速性初步探讨	七〇二所	157
18. 关于液化气体船船型问题	张克明	171

二种实用的船尾附加水动力节能装置

—补偿导管及导流罩推力鳍

七〇八所 钱文豪 赵汉魂

一、概述:

七十年代初,由于国际上油价上涨,造船业萧条,先进造船国家努力从各个环节改善船舶推进性能,提高设计指标,降低造价,在不利的形势下争取更多的订货,节能是其中最重要的措施之一。

从船尾入手加装水动力节能装置改善船舶推进性能有两种方式,一种是改善螺旋桨进流,提高相对旋转效率和船身效率;另一种是回收螺旋桨尾流中损失的旋转能量。

我所从1983年起开始选择两种节能效果明显、结构简单、易于施工、旧船也可以加装的水动力附加节能装置—补偿导管及导流罩推力鳍组合装置(亦称舵球鳍)进行开发研究,从1985年7月起至1986年11月止,已先后在十多条船模上证实加装补偿导管或导流罩推力鳍组合装置具有节能效果。补偿导管的节能效果视船舶方形系数和螺旋桨负荷大小可达5~11%,而导流罩推力鳍则为6.6~14%,我国第一艘加装补偿导管的24000吨油船“大庆44号”已于1986年8月20日出坞,我国第二艘加装补偿导管的江海直达1000吨沿海货船“闽海102”已于1986年10月22日在马尾船厂下水。我国第一艘加装导流罩推力鳍组合装置的500吨级沿海货船“浙海503”也已投入使用一年多。

本文介绍我所开发研究成功的两种已实用化的水动力附加装置的特点、作用原理、节能效果、应用范围和技术经济性能。

二、补偿导管和导流罩推力鳍的外形特点和作用原理:

1、补偿导管的外形特点和作用原理:

螺旋桨直径一定,如果设计的螺旋桨推动尽可能多的流体,而又使这部分流体加速很小,则其效率就会很高。

普通导管螺旋桨和同轴前置导管螺旋桨的导管能产生较大推力,改善螺旋桨的进流。但这两种导管本身阻力很大,所以只有重载情况下效果较好。

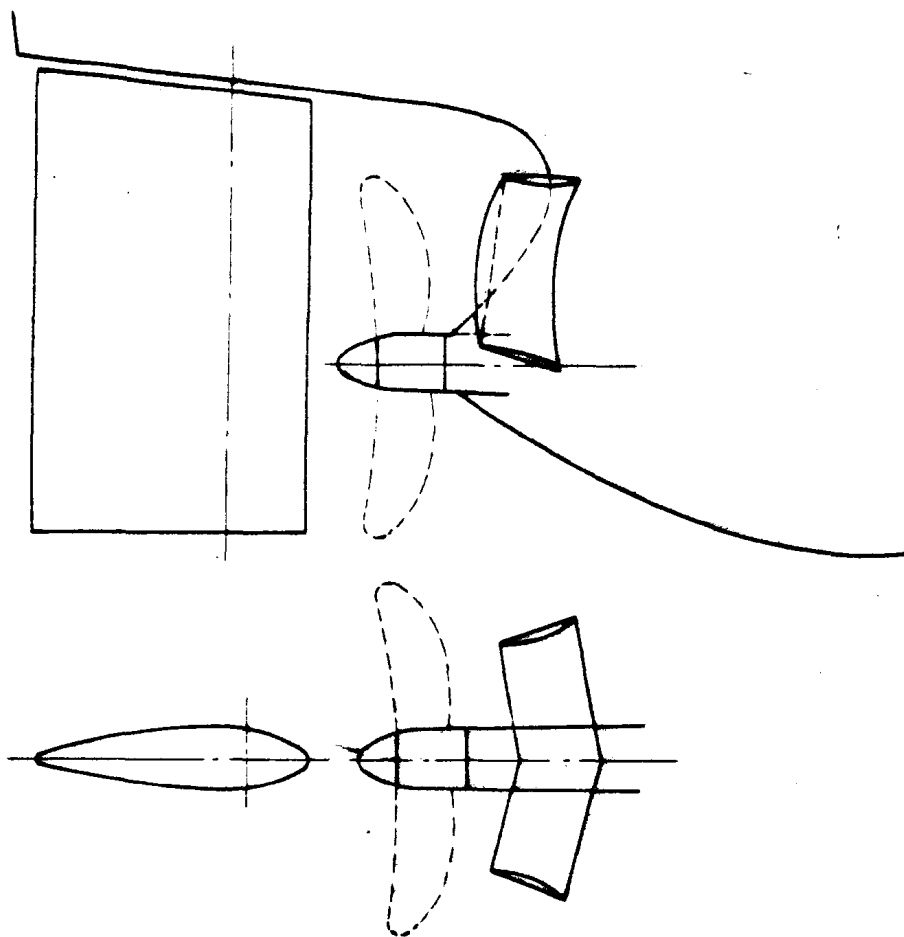


图1 补偿导管示意图

螺旋桨进流补偿导管(图1)装于船尾桨前纵中剖面附近两侧,偏置于桨轴上方,其中心线斜向后上方布置。这种布置是针对单桨船螺旋桨处流场的特点,专门加速螺旋桨上部的流速,使更多的水进入桨盘面,并使周围水速减慢,使螺旋桨进流均匀,从而提高推进效率。

补偿导管正好处在船尾的分离区,由于补偿导管的作用减少了尾部的分离现象,减少了形状阻力。

补偿导管还象普通导管一样,产生一个正推力,该推力比补偿导管的阻力大,对推力减额产生有利的影响。

补偿导管由左右两半环组成,两侧半环均有各自最佳的中心线方向,以分别调整螺旋桨进流的预旋程度,回收一部分螺旋桨尾流中损失的旋转能量。

2. 导流罩推力鳍的外形特点和作用原理:

螺旋桨运转时将旋转能传递给桨后的流体,螺旋桨桨毂和毂帽是不良的流线型物体,所以螺旋桨尾流中有两部分损失的能量可以回收:一是螺旋桨尾流中的旋转能量;二是桨毂毂帽后部的能量损失。导流罩推力鳍组合装置就是回收这两部能量损失的装置(图2)。

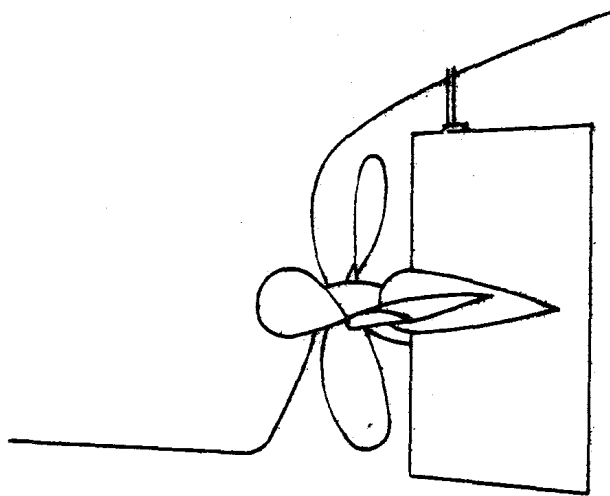


图2 导流罩推力鳍示意图

导流罩的作用原理及其节能效果早在50~60年代就已被充分研究。它填充了螺旋桨毂帽后部由于离心力引起的低压区,减少轴向涡流离心力的影响,对螺旋桨尾流整流,减少螺旋桨尾流收缩,减少或消除毂帽后部的分离,减少桨毂粘性阻力,改善船舶推进性能。

导流罩装于毂帽后部的舵上,其中心线与螺旋桨中心线重合;鳍装于导流罩两侧通过螺旋桨中心线的平面上,用以回收一部分螺旋桨尾流中的能量,转化为推功率。

推力鳍叶切面为机翼形,机翼切面的攻角如果偏离最佳攻角,无论是增加还是减少,均导致升力下降,阻力增加。船尾流场极其复杂,尤其是肥大型船尾部,目前用理论方法还难以确定;虽然可以用激光测速仪等设备测量出船模的尾流场,但它受尺度效应的影响较大,设计桨前节能装置时精确确定进流难度较高。桨后有了导流罩后,可以认为螺旋桨尾流不收缩,螺旋桨的诱导速度用理论方法可以比较精确地确定,推力鳍位于桨后受螺旋桨诱导速度的影响较大,所以鳍的安装角比较容易确定,受尺度效应的影响比桨前的节能装置(如反应鳍)小些。

三、船舶加装补偿导管或导流罩推力鳍组合装置的节能效果:

从1985年7月至1986年11月我所五室共在10多艘船模上加装了各种不同类型

的水动力附加装置及组合形式的装置探索它们的节能效果，共做了130次阻力试验和251次自航试验。其中导流罩推力鳍组合装置、螺旋桨进流补偿导管及其组合装置（均已申请专利）已进入实用化阶段。

模型试验表明，加装补偿导管对大多数船模略为减少些阻力。只有极少数船模加装后使阻力略增，对所有船模加装补偿导管后在满载状态时获5~11.7%的节能效果，船舶方形系数越大，效果越好。压载状态时节能效果3~8%。而加装导流罩推力鳍组合装置视不同船型和螺旋桨的负荷满载状态可获6.6%~14%的节能效果，压载状态略有节能效果，此种装置并不影响船舶阻力性能，有时还降低些船舶阻力。

今以27000吨散货船模型试验结果说明补偿导管的节能效果。表1为27000吨实船和模型的主要量度。

表1 27000吨散货船主要量度

	实 船	模 型
设计水线长 L_{wl} (米)	185.5	4.6375
型 宽 B (米)	23.0	0.575
吃 水 T (米)	9.5	0.2375
方形系数 C_B	0.835	0.835
排水体积 ∇ (米 ³)	33264.54	0.51976
螺旋桨直径 D (米)	6.26	0.15655
缩 尺 比 λ		40

总共设计了三个补偿导管：

1#导管以满载设计航速为设计条件；2#补偿导管是以50%压载常用航速为设计条件；在1*、2*导管试验的基础上，设计了3*补偿导管。

表2为27000吨船模加装补偿导管后减阻效果，表3为节能效果，即在相同航速时与不加装补偿导管相比，所需轴功率减小的百分数。

导流罩推力鳍组合装置的节能效果以500吨沿海货船为例加以说明。

表5为导流罩推力鳍组合装置的节能效果。

表2 . 27000 吨散货船补偿导管减阻效果

	1#	2#	3#
满载设计航速	0	5.1%	5.1%
压载常用航速	5.5%	2.0%	-

表3 . 27000 吨散货船补偿导管节能效果

	1#	2#	3#
满载设计航速	10%	4.3%	11.7%
压载常用航速	8.1%	9.4%	-

500 吨沿海货船的导流罩推力鳍组合装置是先装实船，后做模型试验的，所以实船上安装的装置经试验证实并非最佳，改进设计后的节能效果有所提高。

用船部门反映，500 吨沿海货船加装导流罩推力鳍组合装置使用一年表明，操纵性能与加装前一样良好，靠离泊位，慢车调头时，调头半径比未装前要小一些（好些）。航行使用表明该装置没有诱导额外的振动。多次经过渔区张网地段时，没有发生挂住渔

表4 . 500 吨沿海货船主要量度

	实 船	模 型
设计水线长 L_{WL} (米)	48.125	3.709
型 宽 B (米)	8.2	0.631
吃 水 T (米)	3.50	0.269
方形系数 C_B	0.674	0.674
螺旋桨直径 D (米)	1.576	0.12123
缩尺比 λ		13

表5 . 500 吨沿海货船采用导流罩推力鳍组合装置的节能效果

	满 载		压 载	备 注
	常用航速	设计航速	常用航速	
实船试航	6.6%	7.4%	有效果	实船加装状态 改进设计后 试验结果。
实船使用	3.9%	3.9%	3.5%	
模型试验	4.2%	4.7%	1.1%	
模型试验	7.8%	5.5%	3.5%	

网、渔具的现象。船舶装了导流罩推力鳍组合装置后，没有给船舶操纵和航行带来不安全因素和麻烦。

我国第一艘加装补偿导管的24000 吨油船从1986 年10 月运行至今亦表明补偿导管没有影响船舶的操纵性能和航行安全。

加装这两种附加装置的模型操纵性试验亦表明这两种装置对船舶操纵性能没有影响。

四、技术经济性能:

表6 为新船、旧船及某海运局采用补偿导管或导流罩推力鳍组合装置的节油量、初投资回收年限及节能收益。

今以27000 吨散货船为例说明图3、图4 和图5 的用法。从表3 可知该船加装1 号补偿导管后平均节能效果为9 %，相同航速时可减少所需轴功率 $6900 \times 0.09 = 621$ 马力，查图3 可知当油耗率为140 克/ 马力小时，每年航行200 天的条件下，每年节油417 吨，每吨油以200 元计，每年可节省人民币8.34 万元。据该船螺旋桨直径6.26 米，查图4，可知补偿导管的毛重约为4.5 吨，材料加工安装费约为1.35 万元。加上模型试验和节能装置设计费用初投资约为3.5 万元。不到半年即可通过节油回收。

船越丰满，装补偿导管的效果越好。这是因为肥大船伴流场极不均匀，又有严重的流动分离现象，采用补偿导管效果明显。而对于导流罩推力鳍组合装置而言，螺旋桨负荷越重，节能效果越好。

模型试验时水动力附加装置本身的阻力被过分夸大了，特别是方形系数小的船舶，服务航速相对更高些，这部分比例上就更大些，所以模型试验结果更偏于安全些。

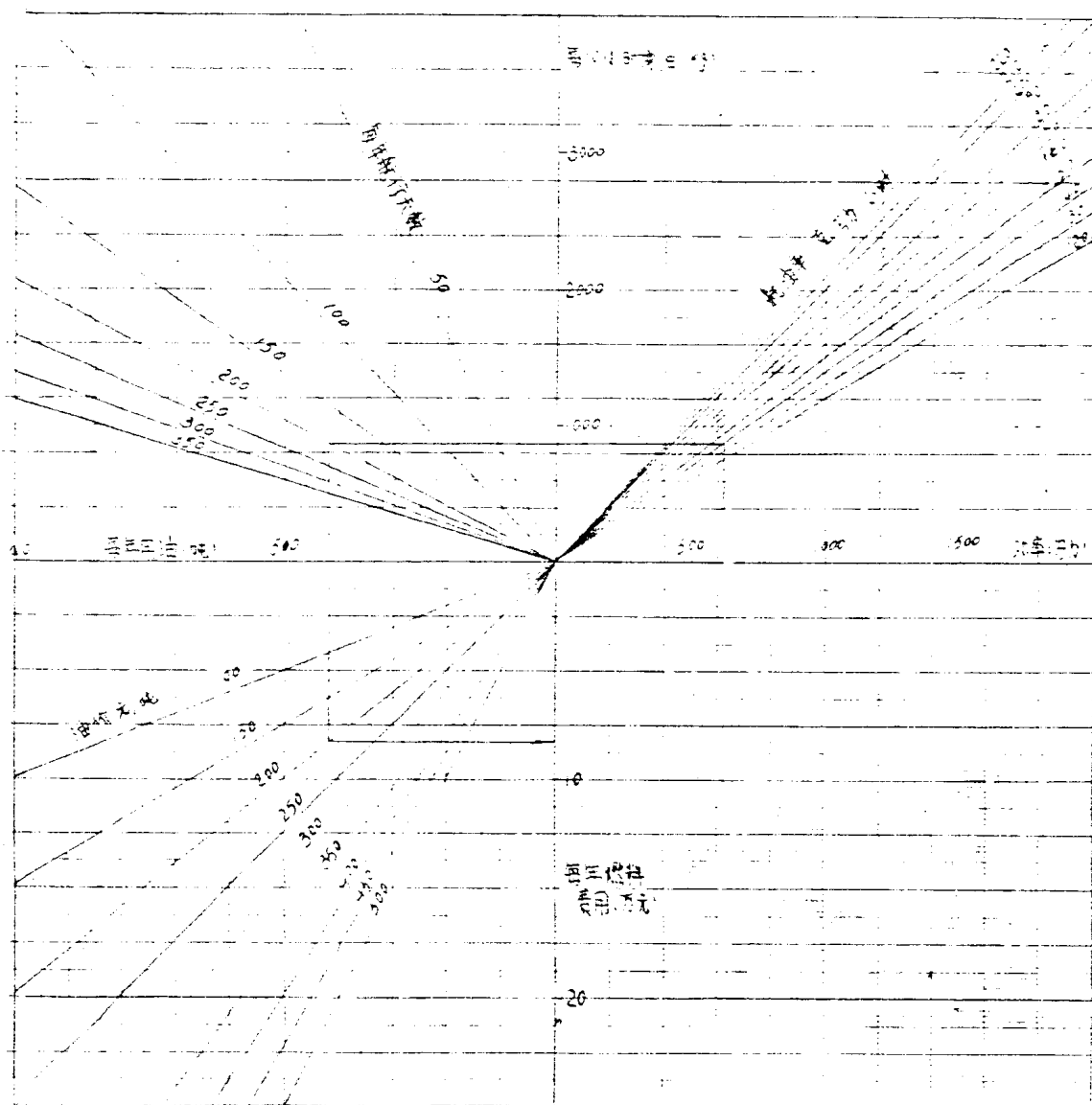


图3 功率油耗费用诺谟图

表6 表明, 这两种水动力装置在节省燃料和装置投资费用之间的关系上有特别的优越性。尤其是大吨位船舶和航行率高的船舶, 初投资回收快, 该船使用15 ~20 年后, 因节能装置而获得的纯收益可达几十万元。

新船装导流罩推力鳍或补偿导管如能使主机功率等级下降, 那么经济性就更好了。

五、补偿导管和导流罩推力鳍的优点和应用范围:

这两种水动力附加装置最主要的优点是节能效果比较明显。其他优点如下:

1、与大多数节能措施相比, 它们的尺度小得多。如补偿导管与普通导管相比, 它的安装要求低得多。普通导管桨盘圆周处的加强环亦可取消, 它与尾框结构、轴承座和舵布置完全无关。相同螺旋桨直径的情况下, 补偿导管的表面积仅为普通导管的12 %

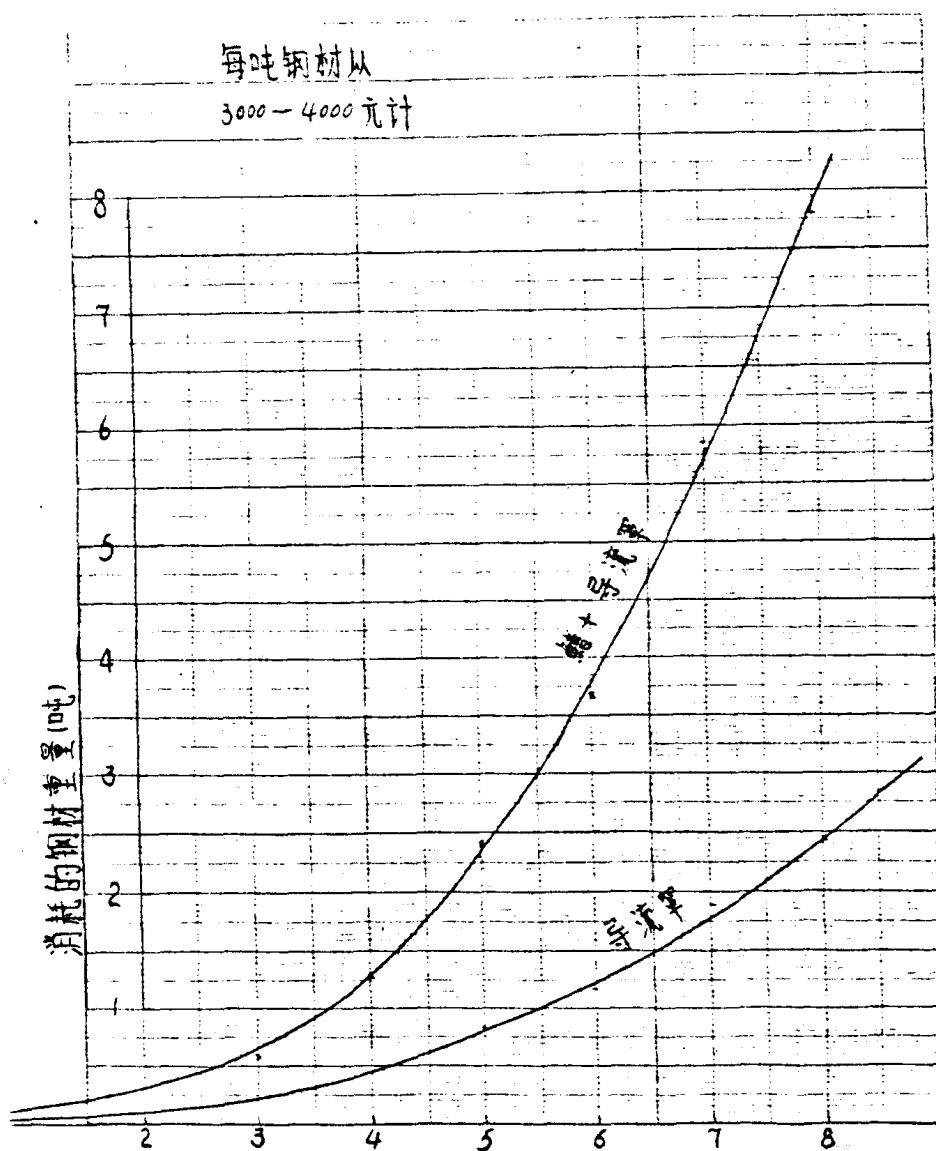
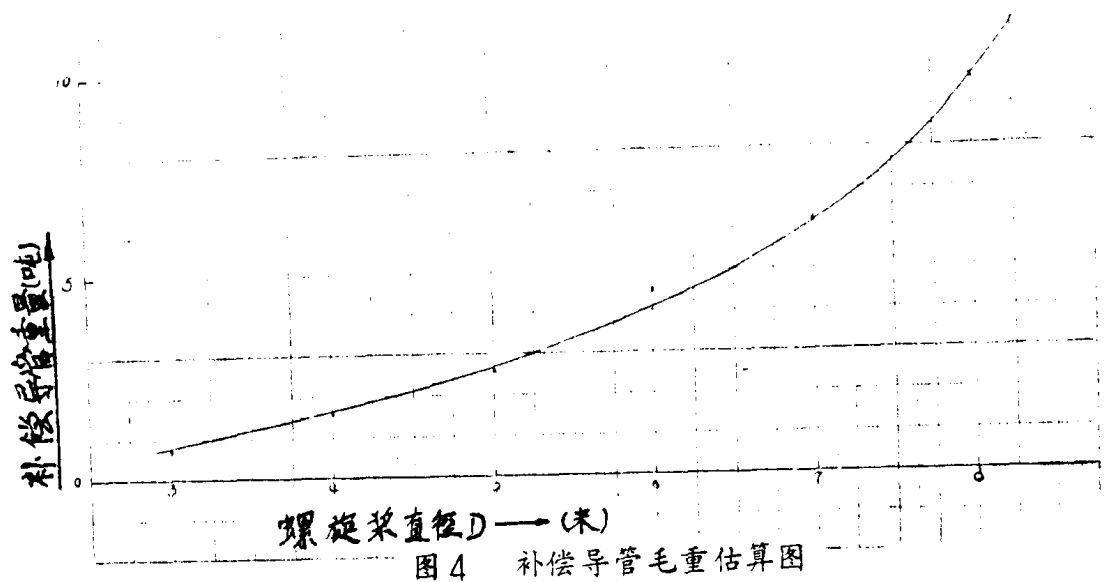


表6. 船舶采用水动力附加节能装置的经济性能

船型	平均效果	主机功率 (马力)	油耗率 克/马力·时	油价 元/吨	航行率 天/年	每年节省		总节省		初投资 万元	回收期 年	节油率 %	纯收益 万元
						节油 吨/年	省钱 万元/年	省油 吨	省钱 万元				
新船	27000吨散货船	6900	140	200	200	417	8.3	8340 / 20年	166 / 20年	3.5	半年以内	2.1 %	10.000
新船	7000吨杂货船	3834	130	200	120	86	1.72	1722 / 20年	34.4 / 20年	2.7	一年七个月	7.8 %	1.100
旧船	24000吨油船	8550 (常用5550)	164	200	200	240	4.8	3600 / 15年	72 / 15年	3.2	八个月	4.4 %	3.339
旧船	11000吨浅吃水散货船	3000 (常用2500)	164	400	200	127	5.1	2040 / 16年	81.8 / 16年	2.0	五个月	2.4 %	3.220
旧船	500吨沿海货船	400 (常用350)	164	400	120	10	0.4	150 / 15年	6.0 / 15年	0.5	一年三个月	8.3 %	10.000
某局	178艘 3000吨以上船舶	120万	年耗油 60万吨	200	—	3万	600	30万 / 10年	6000 / 10年	356	八个月	5.9 %	77900

结构体积只有4%。

导流罩推力鳍与桨后固定导叶、桨前反应鳍或(西德的)桨前整流鳍(船尾左右各4~5片鳍)相比鳍叶数少,安装方便。

2、普通导管螺旋桨的导管常受到螺旋桨空泡剥蚀,而补偿导管没有此种危险性。而且补偿导管处水流速度不到船速的一半,导管本身也无空泡危害。

3、对已营运的船舶加装相当方便,特别是对一些不值得化很多费用改进推进性能的旧船,可以考虑加装补偿导管或导流罩推力鳍组合装置。旧船往往阻力增加,机器陈旧,功率减小,桨、机船体配合不佳,加装以后可获一定程度的改进。

4、对于因螺旋桨激振力引起强烈振动的船舶,亦可加装补偿导管,使螺旋桨进流均匀,减少桨叶上的空泡,从而减少振动。补偿导管减少由螺旋桨叶梢在上半盘面引起的振动效果特别明显。对于限制直径的情况,它减少振动的效果亦很明显。而且考虑对船体表面激振力相同的条件时,螺旋桨直径可适当放大。所以非丰满船舶如果螺旋桨引起的振动严重时,加装补偿导管虽然功率收益不大,但可以减少振动,所以还是值得的。

5、V形剖面后体形状阻力性能优于U形剖面,而且建造费用和空间利用更有利,但推进性能上不如U形剖面后体形状,现为使螺旋桨进流均匀,减少振动常选球尾或极U形等复杂后体形状,采用V形后体剖面形状配补偿导管可以兼有两者的优点。

6、装补偿导管或导流罩推力鳍后舵的进流中斜流分量减少了,改善了船舶操纵性;补偿导管使螺旋桨流体运力作用点后移,改善了航向稳定性。

7、补偿导管对螺旋桨有一定的保护作用,如浮冰等。补偿导管或导流罩推力鳍的存在不妨碍螺旋桨或螺旋桨轴的修理和保养。

8、设计水动力附加装置一般以满载设计航速或满载常用航速为设计点,此时压载状态时的节能效果不如满载状态。对经常压载航行的船舶,亦可以压载条件为设计工况。

9、补偿导管在静水中和波浪冲击下受载荷很小,补偿导管尺寸小,又与船体连成整体,固定部位长,所以它的强度足够。推力鳍强度校核时只要满足舵带鳍入水受力这一条件,就能安全地使用了。所以不必担心水动力损坏补偿导管或导流罩推力鳍组合装置,它们使用普通船用钢。

10、补偿导管适用于方形系数大于0.6的速度不太高的单桨运输船,部分内河双桨船亦可加装补偿导管。

11、导流罩推力鳍则宜加装于舵位于螺旋桨正后方的各类船舶。对于加装于旧船情况,舵板及其框架结构有足够的强度承受鳍所产生的载荷,舵杆能承受鳍所产生的额外扭矩。绝大多数旧船均可满足这条。此外舵装了推力鳍后,两鳍之端部仍在舵处线半

宽之内，靠离码头不会碰坏，即舵处水线宽度足够遮住推力鳍。

六、结束语：

补偿导管和推力鳍是一种机翼形切面的简单附体。补偿导管装于螺旋桨前面桨轴之上，是具有机翼形切面的环形导流装置。它以本身微小的阻力为代价，加速螺旋桨上部进流，使盘面内进流均匀化，改善了推进效率，减少尾部流动分离。通过分开布置在船尾两侧的补偿导管半环使螺旋桨获得合理的预旋，从而减少了螺旋桨尾流的旋转损失，它产生的推力比它本身的阻力大。模型试验表明视方形系数大小，船尾形状，加装补偿导管节省功率量级为5 ~ 11 %。

导流罩装于螺旋桨后方舵上桨轴中心线位置处，推力鳍水平地装于导流罩两侧，减少螺旋桨鼓帽后部的粘性损失，回收螺旋桨尾流中一部分旋转能量，试验表明视不同船型和螺旋桨负荷的大小，加装导流罩推力鳍组合装置节省功率量级为6.6 ~ 14 %。

这两种水动力装置具有节能效果明显、结构简单、建造费用低，使用安全可靠等优点，新船、旧船均可采用，所以是很值得推广使用的节能装置。

船型开发节能效果介绍

上海船舶设计研究院

近年来由于引进了低油耗的低速柴油机，在运输船舶的油耗上发生了根本的变化，再加上船型的改进使海洋船舶的吨海浬油耗降低了50%。在这些节能船型的研制中，从主机的选型开始到主付机的废热利用，以及在船体水下部份和主机的轴系上增设各种附加装置以提高效果，我院各方面都做了不少工作，但其中比较显著的仍旧是船型上的改进，其效果主要反映在不增加太多的初投资而有较好的收益。现将这些节能船型的效果分述如下：

一、采用浅吃水肥大船型带来的节能效果：

上海港对大型散货船的尺度因吃水限制，散货船的载重量长期徘徊在2.5万吨以下，由于我院采用了浅吃水肥大船型，使进港散货船的载重吨超过3.5万吨，不仅经济效益明显，节能效果非常显著。下表列举了我国曾成批建造的25000t散货船与本院新设计的38000t浅吃水散货船的技术参数以资说明：

项 目	进港限制	25000t 散货船	38000t 浅吃水散货船
总长 L _{OA} (M)	≥ 185	185	185
型宽 B (M)	≥ 32	22	32
吃水 T (M)	≥ 9.5	9.8	9.5
结构吃水 T _s (M)			10
载重量 DWT (t)		24500	38180
主机功率 (HP)		12000	4980×2
日油耗 t/day		41.4	28.47
航速 V (kn)		15.5	14.3
每马力载重吨 DWT/CSR		2.04	3.83
吨海浬油耗 kg/t n mile		4.54×10^{-3}	2.03×10^{-3}

由上表可见，新船型的吨海里油耗仅是旧船型的44.7%。

二、16000t散货船改型带来的节能效果:

2万吨散货船是本院设计的优秀船型，曾成批建造26艘，后我院又在此基础上进行修改，重新设计了15000t散货船，使其尺度应限制在传统的小万吨船(<10000t)范围内，以适应中、小港口煤运需要，经改型以后经济效益及节能效果均有大幅度改进，下表列举其技术参数，以供比较。

项 目	16000t 散货船 (长字型)	15000t 散货船
船长 L_{OA} (M)	155	133
型宽 B (M)	22	22
型深 H (M)	13	12.2
设计吃水 T (M)	8.8	8.5
结构吃水 T_s (M)		
载重量 DWT (t)	16800	15280
主机马力 MCR(HP)	10800	4970
试航速度 V_T (Kn)	16.2	12.7
载重量利用系数 DWT/Δ	0.725	0.754
舱容利用系数 V_c/LBH	0.491	0.522
每马力载重量 DWT/MCR	.504	3.074
吨海里油耗 $\frac{0.9MCR \times b_e}{Dwt \times V_T}$	5.43×10^{-3}	3.09×10^{-3}

由上表可见改进后的新船型吨海里油耗似为旧船型的56.9%。

三、采用球尾线型的节能效果:

球尾线型可以提高船舶的快速性能及减少船体振动，故近年来一些国家在实船上采用球尾船型，作为一种节能措施。我院于1980年为广州远洋公司设计的15000吨经济干货船嫩江号等上首次采用球尾线型，取得良好效果。对于我国肥大型货船设计具有一定的指导意义。目前已推广应用到万吨级散货船设计。