

厦门水产学院	
渔业机械与器材研究所	
总 号	分 号
U-3	0057



船舶节能译文专辑

赠阅

黑龙江省水运科学研究所
哈尔滨市道外北七道街

北方水运科技情报网

一九八一年四月

1000

4.1
279

目 录

船舶营运与节能	(1)
节能船型的研究及其技术上的若干问题	(10)
节能型螺旋桨的研制及其技术上的若干问题	(18)
节能的船内辅助系统 (以柴油机动力装置为重点)	(26)
以节能为目的的船用涂料与涂装 (现状和展望)	(37)
航运公司节能具体措施的探讨	(44)
节能与船主经济效益	(55)
船舶节能技术	(62)
节能装置与中小型柴油机	(73)
UE 型发动机为适应燃油低质化所采取的措施	(81)
柴油机使用劣质油存在的问题	(97)
关于在中小型中速发动机使用船内 A、C 混合油的问题	(107)

船舶营运与节能

今井 涌三

前 言

1973年末，石油输出国组织将原油价格大幅度提高，造成石油危机，本来供应稳定、价格低廉的石油能源，突然变为有限的贵重的资源，因而应当加以重新评价。1978年伊朗革命所造成的第二次石油危机，使价格益趋上升，对世界经济有莫大影响。在此期间燃油价格上涨情况如用图表表示，则如图1所示，其重新猛涨的趋势十分惊人。

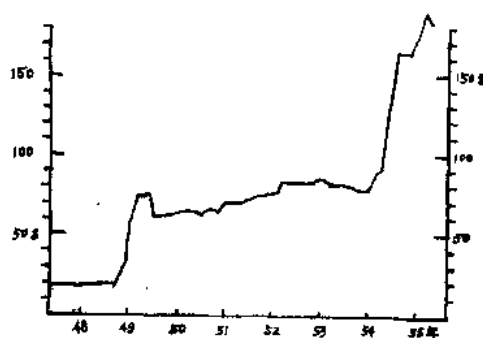


图1 №15燃油价格的变化(单位, 美元)

更甚的是，产油国由经济战略出发，限制产量和提高价格，因此，燃油价格一直持续地不断上涨，不知何处是止境。日本的现状是所需的石油几乎全部依靠输入，油价的上涨直接威胁着国民的生活，开发代用能源，实是众所瞩目的大事。

目前，日本在政府的指导下，对于代用能源：安全的原子能的再次开发，有效利用潮流、风力及地热，还有太阳能利用的设计等等，正在上下一致，全力以赴，以期早日实现。但是，实际情况是，其实现尚需时日 and 巨额费用。在寻找这些丰富、廉价和可无限供给的能源的同时，如何更有效地利用有限的石油资源，是我们当前的重要课题。

我们作为海运业的参加者，从图1可以看到，燃料费的上涨是一个最切身的问题。根据对九个大航运公司总经费中燃料费所占比例的调查(见表1)，各公司的燃料费比例都在大幅度增长。九家公司在1980年3月份的燃费总额达4512亿300万日元，比前一年同期的2272亿4200万日元，约增加到两倍。节省燃料的措施，对海运业来说，是可以左右今后经营的关键。

因此，各公司都组成了“燃料对策委员会”、“节能对策委员会”等，研究节约燃料的措施，并取得了某种程度的效果。

表 1、 (单位：百万日元)

	1979年 3 月	1980年 3 月	倍数
日本邮船	41,995	78,696	1.87
商船三井	36,638	72,447	1.92
川崎汽船	26,693	56,626	2.12
日 本	32,519	60,061	1.85
山下新日本	19,022	38,272	2.01
昭和海运	12,383	28,607	2.31
6 公司总计	169,250	334,711	1.98
三光汽船	36,640	70,556	1.92
新和海运	11,092	24,383	2.20
第一中央	10,260	21,553	2.10
9 公司总计	227,420	451,203	1.98

以下就各公司采取的节能措施，按项目分别予以探讨。

1、关于船舶摩擦阻力

对船令低的船舶，这还不是个问题。船令在 5 年以上的船舶，由于船体污损使船速降低，如欲保持原有航速，必须提高马力，以致浪费燃料，进而因发动机超转矩，则会引起发动机发生事故，这是不言而喻的。

因摩擦阻力增大使船速的降低量如为 ΔV 节，则

$$\Delta V_{\text{节}} = \Delta V_{\text{y 节}} + \Delta V_{\text{f 节}}。$$

式中： ΔV_{y} ——入坞时经水洗涂装不能恢复长年劣化造成的速度损失；

ΔV_{f} ——入坞时经水洗涂装能够恢复受海洋生物污损影响造成的速度损失。

下面就长年劣化的速度损失和海洋生物附着的速度损失作些探讨。

(1) 长年劣化（表面粗糙度增加）造成的摩擦阻力的增量 (ΔV_{y})

NSFI（挪威船舶研究协会）和BSRA（英国船舶研究协会）很早就对船底表面粗糙度进行了测试，并提出了涂料种类和表面粗糙度的关系以及船令与表面粗糙度的关系的报告。

根据这个报告可知，表面粗糙度的增长非常快。例如，使用一般涂料时为 110 微米/年，即使使用环氧系高级涂料也可达 50 微米/年；结果，在船舶航行 5—6 年之后，其表面粗糙度甚至可达到 400—700 微米。

经过我们的实船试验, 论文所列举的表面粗糙度之值, 可以确认是合乎实际情况的; 此外, 由节能的观点出发, 结合着船速降低量, 也进行了探讨。测试结果表明, 由于船种船型的不同, 其数值相差颇大, 可以看到一年间船速可降低0.1—0.13节。

因之, 欲保持船速就要燃烧多量的燃油, 格外发出多余的功率, 以致发动机发生故障, 已如前述。

为使船速得到恢复, 应在喷砂处理的基础上, 恢复船体的原来表面, 并涂装高级涂料(环氧系涂料等), 使其接近于新造时的状态, 是有效果的。对船令高的船舶, 经核算证明, 也是有利的。

(2)、因海洋生物附着的污损所造成的船速降低(ΔV_f)

生物的附着对船速有很大的不良影响。为了防止这一损失, 船舶每隔1—1.5年应周期地入坞清洗, 在进行清洗的同时, 应涂装新的防污涂料。

论文未列举出详细的数字, 根据我们的探讨, 出坞后经过一年, 如使用原来的油漆, 船速可降低0.5—1.2节

由于最近涂料技术的进步, 已经研制出经过长时期防污效果仍旧非常好的长效防污漆和自磨光型防污漆, 并可指望能防止船速降低, 长期无需入坞。这些新的防污漆, 与过去的漆型相比, 虽然价格相当高(2—3倍), 但由于提高了船舶营运效率和节约了燃料消耗量, 因此可以确认经济效果十分良好。最近几乎所有船舶都使用这类涂料。

2、关于最佳船速

航行中船舶最简便的和行之最有效的节约燃料消耗的措施, 是在营运计划中选定出本船的最佳航速。

在考虑怎样的船速可作为最佳航速时, 如果只考虑燃料消耗量少, 那么尽可能减速航行便可, 但是航运公司却无利可图, 因此应在最佳航速与收益相平衡下, 以最有效地使用燃料作为一个原则进行探讨。

船舶航行中的燃料消耗量与船速的三次方成正比, 这种概算法很早就已经使用。换言之, 减速10%, 可节约燃料30%, 这样可增加航行日数10%。于是, 运输能力要缩减, 航运公司的生产能力也要降低, 这也是很自然的事。因此, 在发生非生产性的等待泊位等情况下, 应提前取得情报, 降低船速, 按时间容许的情况航行, 这是最有效的方法。

当此燃油价格暴涨的时代, 营运效率高的最佳船速, 以前就一直在讨论, 现在可以

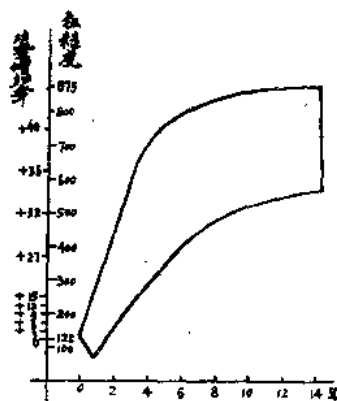


图2 挪威船舶研究协会的调查结果(因船令的增长表面粗糙度的增加和保持船速需要增加的功率)

考虑采用下面的理论计算公式。

(1)、经费最低的船速

航行中每天的费用 C_{jm} ，可用下式表示：

$$C_{jm} = f + KV^3$$

式中： f ——船费。船舶每天各种固定费用；

K ——系数；

V ——船速（节）。

航行 1 海里所需的费用 C_n ，为

$$C_n = \frac{C_{jm}}{24V} = \frac{1}{24} \left(\frac{f}{V} + KV^2 \right) \quad (1)$$

这项费用在下面的情况下最低，

$$V_e = \sqrt[3]{\frac{f}{2K}} \quad (2)$$

因之，每海里的最低费用，将 (1) 式的 V 替换成 V_e ，则为

$$\begin{aligned} C_n(m/n) &= \frac{1}{24} \left(\frac{f}{V} + KV^2 \right) = \frac{1}{24} \left(\frac{f + KV_e^3}{V_e} \right) \\ &= \frac{1}{24} \left(\frac{f + \frac{1}{2}f}{\sqrt[3]{\frac{f}{2K}}} \right) = \frac{1}{24} \times \frac{\frac{3}{2}f}{\sqrt[3]{\frac{f}{2K}}} \\ &= \frac{1}{16} \sqrt[3]{2Kf^2} \quad (3) \end{aligned}$$

另一方面，燃料消耗量如以 Q 吨/天来表示，每吨的燃料费为 P 时，则：

$$KV^3 = Q \cdot P$$

此时的船速为

$$f = 2Q \cdot P$$

(2)、收益最大的船速

航运公司并不是随便使自己的船舶按经济船速营运的，常常是按最大收益寻找收益船速。

现就理论上加以探讨。

航行中每天的收益率 γ 为：

$$\gamma = \frac{F - C_v}{N_{jv}} ,$$

式中: F ——纯运费收入 (由运费中扣除营运费用的所得。但不包括燃料费);

C_v ——航行费用;

N_{jv} ——航行日数。

其次, 航行日数是港内日数和海上日数之和, 所以

$$N_{jv} = N_{jp} + N_{jm},$$

式中: N_{jp} ——港内日数;

N_{jm} ——海上日数。

港内每天的费用 C_{jp} 与前述的 f 相等

$$C_{jp} = f$$

海上每天的费用 C_{jm} 为,

$$C_{jm} = f + KV^3,$$

因此, 航海费用 C_v 可用下式表示。

$$C_v = N_{jp} \times C_{jp} + N_{jm} \times C_{jm} \quad (4)$$

$$\text{或者} \quad C_v = N_{jv} \times f + N_{jm} \times KV^3 \quad (4')$$

再者, 海上日数 N_{jm} 是总航海距离 D (海里) 用 $24V$ 除所得之商。

但是, 不考虑潮流的影响, 而船速取航行中的平均船速时, 则

$$N_{jm} = \frac{D}{24V}.$$

因之, 将此值代入前式, 可得

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{F - C_v}{N_{jv}} = \frac{F - (N_{jp} \times f + N_{jm} \times KV^3)}{N_{jp} + N_{jm}} \\ &= \frac{F - \{ (N_{jp} + N_{jm})f + N_{jm} \times KV^3 \}}{N_{jp} + N_{jm}} \end{aligned}$$

将 $N_{jm} = \frac{D}{24V}$ 代入, 则

$$\begin{aligned} &= \frac{F - (N_{jp} + \frac{D}{24V})f - \frac{D}{24V}KV^3}{N_{jp} + \frac{D}{24V}} \\ &= \frac{24V \cdot F - (24V \cdot N_{jp} + D)f - D \cdot KV^3}{24V \cdot N_{jp} + D} \\ &= \frac{24 \frac{F}{D} V - (24 \frac{N_{jp}}{D} \cdot V + 1)f - KV^3}{1 + 24 \frac{N_{jp}}{D} \cdot V} \end{aligned}$$

$$= \frac{24 \frac{F}{D} V - K V^3}{1 + 24 \frac{N_{JP}}{D} \cdot V} - f \quad (5)$$

这里应该考虑到收支上的最大收益率 r 及收益船速 V_r ，它取决于每海里的纯运费收入 F/D 和在港日数与航行距离之比 N_{JP}/D 。

收益船速 V_r 与经济船速相反，与 f 无有关系。但是，最大收益性所受的影响却相当大。在式(5)中，用 V 微分 r ，收益率最大的船速 V 可用下面的三次方程式的根 V_r 来表示，

$$V_r^3 (1 + 16 \frac{N_{JP}}{D} \times V_r) = \frac{8F}{KD}$$

于是，
$$V = \sqrt{\frac{8F}{KD}}$$

这便是在港内停泊日数 $N_{JP} = 0$ 时的最大收益船速。

如上所述，即使是考虑经济船速，也有必要根据情况进行探讨，在燃料油供应发生剧烈变动时，更是一个非常重要的问题。在燃料油价格如此上涨的时期，充分掌握燃料消耗与船速的关系，比过去更细微地编制好配船时间表，并按最佳船速进行营运，是十分必要的。

3、最佳排水量和纵倾

油船和专用船的空载航行占一半。空载航行中排水量与纵倾，对燃料消耗量有很大影响，这是很久以来就为人们所熟知的事情。

一般说来，船尾吃水对于螺旋桨的推进效率、防止空蚀以及防止空转，自然是起着决定性作用的。与此相反，在船尾吃水一定时，船首吃水浅一般船速会有一些提高。但在装设球鼻型艏的低速肥大型船舶，考虑到球鼻效果、防止船首拍击和船首迎风等，船首吃水也会受到一些限制。

此外，关于纵倾，在水池中变换着纵倾进行阻力试验的例子还很少，就是从这个很少的结果来看，纵倾增加时，阻力增加的情况，以及相反，阻力减少的情况都有，未必有一定的倾向。因之，为了取得最佳纵倾，对每一艘船，都应该改变吃水和纵倾，进行船模试验，最好以此种试验，为每一艘船都找出最佳吃水和纵倾。

对营运中船舶，不能一一都作船模试验，所以对每艘船通过改变吃水和纵倾，找出最佳点，进行压载航行，这是节能所不可缺少的一个课题。

4、船型的改进

在建造新船时，改进船型是造船技术人员不能回避的责任，应不断加以努力。

这里所说的改进船型，是指改进那些航行效果不好的船舶而言，是为了提高船舶性能而施行的。

所谓效果的优劣，实际上是与其它船舶相对而论，没有绝对的。尽管主要尺度相同，但仍然有的效果不好，若航行状态有变化时便急剧恶化，所以应按实效加以判断。

前者除船型之外是指外板涂装的优劣而言，后者需要判断与他船相比性能恶化是否是人为了。所以除有些显著的特点之外，对船型的优劣问题，实在是很难判断的。此外，推进性能是船型、主机、螺旋桨的选择以及涂装状态等总合起来的结果，所以在准备船型改进时，对判断有无必要进行改进，实是很难的一件事。

判断船型优劣是一件难事，但在有姊妹船时就很容易了，可以根据营运的实际效果的差别来判断有无必要进行改进。但是，即使根据判断认为有必要进行改进时，但以何种方式进行，是改进一部分便可收到良好效果，还是必须进行大规模的船壳修整，也有各种各样的方法，也许后者在理论上是可以实行的，而在经济上有时几乎是不可行的。

因之，改进船型的探讨和实施是会受到限制的，从前面所述的问题便可瞭然，船型只限于极小部分的改进而已。

改进的方法有两种：装设球鼻艏和球鼻艉，改变船首尾形状（改变线型图），即部分地改变船体形状，以及装设螺旋桨导管和鳍板，即所谓的加装付体。（后者是为了提高螺旋桨效率而进行的，很难说纯粹是为了改良船型，而为了改进伴流提高螺旋桨效率，却是变更船尾形状的一种补充方法，不妨作为改进船型的一种方法加以考虑。）

5、最佳自动操舵问题

自动操舵问世已久，其性能由于制造厂和用户的努力正在日新月异，就是种类也是多种多样的。

我们作为船舶营运工作人员，很有必要对这些自动操舵进行充分的鉴别：那一种最有经济效果，可靠性也高。幸而作为一种比较方法，还有自动操舵的评价函数，可以作为参考。

1967年东京大学的小山教授曾经发表了题为“远洋航行船舶最佳自动操舵系统的研究”的论文，对自动操舵的目的和评价方法从理论上作了分析。文中指出：船舶按一定航线航行时，由于受到各式各样的外部干扰，使前进方向受到影响，因之在广义上可以说自动操舵的目的，是使受到的阻力达最小值。其评价方法，当然要注意舵角，并提出了如下的评价函数（ J ）。

$$J = \overline{\theta^2} + \lambda \overline{\delta^2},$$

式中： $\overline{\theta^2}$ ——航行中航向偏差平方的平均值；

$\overline{\delta^2}$ ——当时的舵角平方的平均值；

λ ——表示 $\overline{\theta^2}$ 和 $\overline{\delta^2}$ 重要程度的常数；

货船 $\lambda = 8$ ，

油船 $\lambda = 4-5$ 。

总之，自动操舵的损失，是航线延长（ $\overline{\theta^2}$ ）的损失与操舵损失（ $\lambda \overline{\delta^2}$ ）之和，此数字

是表示自动操舵优劣的数字。

我们根据这个评价方法，在选定机种时，如果判断无误并依靠正确的使用方法，便可取得更经济的营运效果。

6、最佳航线的选择

航线的选择，通常是考虑船舶（包括货物）的安全性和经济性，由船长作出决定。

从经济方面来看，是在大圈航法的基础上避免障碍，并考虑利用海况和气象等因素预先作出设定；但从安全方面来看，一定要预见到可能遭遇的天气条件。

通常的海况气象情报，可由日本的水路图志和美国海岸警备队的水路图志等得到，但在设定航线时，在它的基础上及时掌握情报是十分重要的。

根据埃克森和诺康(NORCON)公司节省燃料的报告，利用海流可以节省燃料0.5—1%。这项措施今后应该积极采用。

7、更换主机以节约燃料

船舶主机是选择汽轮机还是柴油机，在很大程度上取决于当时的经济背景。

不论是现在航行中的巨型油船还是大型集装箱船，都是在当时（距今大约十年前）燃料费低廉又满足供应的条件下的产物（如图1所示，当时船用燃料油是C重油№15，每吨价格为15美元左右，而现在大约是185美元，增长到10倍以上）。同时，单轴4万马力以上的柴油机的难度大，因而几乎全都采用汽轮机船。

如所周知，汽轮机和柴油机每马力的燃料消耗量，汽轮机要多30—40%。因之，4万马力的汽轮机船和柴油机船相比，汽轮机船每天要多消耗燃料55—65吨。

如按现在的价格计算（每吨185美元，1美元=220日元），两者燃料费的差为224万日元~265万日元/天。

一年间如航行280日，其差额为6亿2700万日元~7亿4200万日元。

在1977年，当时的造船工业协会会长石川岛播磨重工业公司的进藤社长曾经提出，为了适应节省燃料和造船业萧条的需要，大型油船的主机应由汽轮机更换为中速柴油机，而当时的油价不过是80美元左右，并且满足供应，所以未引起航运公司的重视。

在此之后，伊朗革命造成了第二次石油危机，油价上涨了一倍以上，更换主机问题已迫在眉睫。1978年秋，石油航运公司将巨型油船“NOBIL HAWK”号的主汽轮机，换成中速柴油机，收到了很好的效果，接着又推动了四艘巨型油船更换了主机。日本航运公司对巨型油船和大型集装箱船的更换主机问题进行了认真的研究，有两三个航运公司已正式决定更换主机，日本邮船公司的“春日丸”已经更换完结，进入营运。以后，在这两三年当中，主机更换工程起伏此起彼伏，连续不绝。在日本国内，换装主机的对象船，其船令达六年的巨型油船有45艘，船令达七年的通用船有两艘，大型集装箱船有8艘，共计55艘。

但是，更换主机所需的工期，长达3—4个月，特别是集装箱船要与水脚公会和船主配船协会等组织相互研究，协商施工期限和代替船等事宜，十分麻烦。

另一方面，与巨型油船的用户进行磋商，是更换主机最重要的关键问题。

长期使用中的油船，大部分是由货主供给燃料油的，货主对更换主机持积极态度，是绝对必要的。

8、提高发动机效率以实现节能

在提高发动机效率当中，包括提高每个装置本身的效率，以及提高整个推进机组的效率。

最近由于各发动机制造厂技术的提高，都在开展低燃料消耗的发动机的研制。现在各柴油机的性能已提高，燃油消耗率降到130克/马力小时，这已经是一般常识。今后，在进一步提高性能的同时，要考虑燃料油日趋劣质化问题，因此应不断进行努力。

另一方面，航行中船舶不能因装置的污损和磨损使效率和机能降低，应该通过适当的保养和维修，经常保持最佳工况，这是实现节能和提高营运效率的必要条件。

此外，为了提高整个推进机组的效率，过去曾将废气节能器和汽轮发电机配合使用等等，在废热利用方面已经取得了效果，今后还有必要更积极地继续研究低温废热回收系统。

再者，全体船员必须持有经济观点，对利用废油、防止漏油、漏水、漏汽、不轻易浪费电力和精心照料，且在日常的管理工作中应作到细致认真。

9、劣质油的利用

在节能问题上，应考虑劣质油的利用问题。目前，船舶主柴油机一般使用1500秒的燃料油。今后，由于燃油问题的逼迫以及油价的高昂，可以认为燃料油将要日益劣质化。我公司部分船舶现已采用2500—3500秒的燃油。

根据这种情况，燃油供应公司、发动机制造厂以及用户，必须共同为此采取措施：

- (1)、共同排除因使用劣质油在营运上所造成的障碍；
- (2)、使劣质油的性能稳定和规格化，
- (3)、保持劣质油的价格低廉，供应稳定。

必须作出努力，将这些内容通过协商制定出一个体制。

结 束 语

以上各项是略述船舶营运工作人员应采取的节能措施。今后的燃油价格也可能继续上涨，说不定会陷入供应困难的困境。总之，就身边力所能及的，那怕是微小的节能措施也要汇集起来，力争取得重大效果，实在是一件头等重要的大事。

(译自 日本航海学会志“航海”，1980，№66，12月号，P.1—6)

节能船型的研究及其技术上的若干问题

〔日本〕 矢崎 敦生

前 言

在船舶设计，特别是在船型设计时，当然要研究如何在留有一定的海上功率储备（Sea margin）的条件下以最小的功率来达到设计船速。从这个意义来说，船舶设计人员和船型设计人员对于给定船舶经常是竭力研究节能船型的，因此今天重新提出研究节能船型作为一个问题，似乎没有特别必要。

但是，众所周知，节能已成为在全世界范围内统一的用语；对此要强调的是，在研究目前世界能源，特别是在分析石油能源的供需动向时，应当在现有努力的基础上更进一步以节能作为目标。对于研究节能船型，情况也是同样的。特别是可以预料到，燃油价格会猛涨，此时研究和改进船型，例如功率仅能节省百分之几，也应努力争取。这不仅指今后对新造船舶的船型研究，而且对现有船舶也是同样重要的。

所谓节能船型，可以认为是针对设计要求船速研制出所需功率比以前的船型更小的船型。如从这样的观点来研究，所谓节能船型就是阻力与推进性能（把波浪中的能量损失也考虑在内）也比以前有所提高的良好船型。

有关船舶阻力与推进性能的因素，通常可列举如下：

- （1）、船体阻力；
- （2）、螺旋桨性能；
- （3）、推进性能；
- （4）、波浪中航行的问题等。

本文的宗旨不是一般地论述这些因素，因而拟从前述的研究节能船型的观点出发来阐述这些因素与船型的关系，同时也将谈到最近有关这方面的研究情况或问题。

船 体 阻 力

假定在某一船速 v 下的船体阻力为 R ，此时的推进效率为 η ，则应当传给螺旋桨的功率 P 可用下式表示：

$$P \propto \frac{R v}{\eta}$$

因此,如果主要取决于船体与螺旋桨相互关系的推进效率的值变化不大的话,则可以说船体阻力小的船型是节能的。船舶阻力可分为兴波阻力、船体与水的粘性阻力、空气阻力以及因在波浪中航行而引起的阻力增加等。

目前,已有以减少船舶阻力为目标将上述各项阻力分别地或者将它们综合起来而进行许多的理论和实验的研究。尤其是在日本有关兴波理论的发展及其实用,可列居世界的首位,作为其结果,则是已有许多优秀船型问世。

然而,最近的滚装船由于它具有船型宽吃水浅的特点,其船型的兴波阻力特性已超出以前的兴波阻力理论的范围,这表明不可能根据现有的兴波阻力理论设计出十分满意的船首形状。

在这种船型的船首波中,所谓船首冲击波,即A波和B波所占的成分比较大,这种冲击波的效果在船型宽吃水浅时尤为明显。因此,当设计这种滚装船,特别是在设计船首形状时,必须精通采用这种船首冲击波理论的新的设计方法。但是,这种理论尚未成熟,所以必须集中足够的力量进行基础研究,以便在船首形状的设计中实际应用。前些日子在日本造船研究协会调查部会议的第2分科会上已认识到这种理论实际应用的重要性;这表明各造船公司对此是十分关心的。

在船舶营运中,经常是单航次满载航行,单航次轻载航行。在判断这类船舶的航运经济性时,应当同时考虑这两个航次。轻载状态下的航行阻力,即使排水量大体上是一定的,有时也会随艏吃水差或船首吃水线位置的不同而发生很大的变化。对于船首球鼻型船舶,这种倾向是明显的。因此,新船设计时在选定船首形状方面的重要原则应当是,不会因为轻载状态下艏吃水差的变化而明显增加阻力。此外,不论是新造的船舶和营运中的船舶,经常给船舶驾驶员提供有关特定船舶最佳艏吃水差或阻力小的艏吃水差,或者提供有关船首吃水位置的情报,从节能的观点来看是十分重要的。根据一项调查说明,由于航行中适当地选择吃水而使全年燃油消耗量减少2—5%的船舶,为数是相当多的。

船尾吃水问题也特别重要,可采用低转速大直径螺旋桨的船型作为节能措施。不论在静水中和在波浪中保持螺旋桨具有足够的浸水深度,也是重要的。选择螺旋桨形状和艏吃水的原则,应当确保船舶在波浪中航行时不致发生空气被吸入螺旋桨区的现象,这点不仅从推进性能方面,而且从防止螺旋桨空蚀和振动以及确保轴系安全的角度也应予以注意。

关于粘性阻力可列举以下两个问题:选用粘性阻力小的船型或船体表面处理的问题,以及营运后使粘性阻力增加最少的问题。为了解决粘性阻力问题,重要的是发展有关粘性阻力方面的基础理论。近年来有关这方面的研究成果值得注意的是很多的,但还要求继续开展以查明流场为中心的边界层理论的基础研究。研究包括形状阻力在内的粘性

阻力小的船型，由于涉及到船体表面质量问题，所以在这方面大力开展研究十分重要。目前正在研究的利用气泡或高分子添加剂等来减少粘性阻力以及采用涡流发生器等控制边界层法来防止流动场剥离以减少粘性阻力等措施，虽有理论上的论证，但尚未进行试验研究。

研制船底涂料以确保减少船体表面状态因漆膜随时间推移的老化和生物污损等原因而恶化等，也是很早以来就强烈要求的节能措施，而且也是防止环境公害的措施，在这方面的研究成果，是可观的，这不能不说仍然是个古老而又新的重要问题。

如前所述，因粘性引起的阻力成分，占船体阻力的大部分，特别是流动场的特性不仅与阻力有关，而且同推进性能、空蚀、振动、噪声和操纵性能等均有密切关系；尽管如此，但近年来正在不断地取得有关这方面的理论研究成果，不过目前还不能说研究是足够的。因为在粘性阻力理论的基础应用的研究方面可以指望的成果是较多的，所以强烈要求有关人员提高认识并作出相应的努力。

对于上层建筑不怎么大的船舶，空气阻力的问题比较少。但是，对于滚装船和渡轮等，特别是在轻载状态下更不能忽视空气阻力的增加值。此时超过总阻力的3%的实例，不是绝对没有的。

螺旋桨性能

几年前就已开始试行采用低转速大直径螺旋桨来减少船舶所需的功率。

若降低转速提高效率，就要加大螺旋桨直径。但是，随着直径的增加，不论在船型方面和在螺旋桨本身都会产生一些新的问题。装用大直径螺旋桨，还要研究增大伴流有利因素的船尾形状以及吃水浅时吸入空气或有关反转困难等问题。从节省功率的观点来看，前者是重要的，尽管目前在日本造船研究协会SR174次研究分会上进行了研究，但船身效率却比装用普通螺旋桨的船型为低。因此由低转速化取得的螺旋桨效率的提高，有相当大的一部分被船身效率抵消掉了，这个难题尚未得到充分解决。

螺旋桨发生空蚀的程度严重时，不仅会导致损坏螺旋桨，而且也是螺旋桨效率降低和产生振动与噪声的原因。大侧倾式螺旋桨同普通螺旋桨相比，是桨叶侧倾角度比较大的螺旋桨，如在伴流分布不均匀性比较大时使用，暂且不论空蚀问题，激振力则比普通螺旋桨为小，最近业已在商船上开始实用。对于这种螺旋桨应当解决的问题还有许多，例如设计时直接有用的资料比较少，强度计算困难以及反转倒车性能差等；但可以说大侧倾式螺旋桨是值得注意的螺旋桨型式之一。

在日本过去曾使用AU型螺旋桨，它可作为普通螺旋桨的代表。对这种型式螺旋桨，最近认识到特别需要从空蚀方面加以改进，并且利用现代的螺旋桨理论去年已研制出KB型螺旋桨。这种型式螺旋桨在保持以前的AU型螺旋桨的良好效率的同时，改进

了空蚀性能，一般认为广泛用来作为商船用螺旋桨是适宜的。实际设计时所需的 KB 型螺旋桨的实用资料，最好早期予以备齐。

推 进 性 能

众所周知，假定推进效率为 η 时，可写出下式：

$$\eta = \frac{EHP}{DHP} = \frac{1-t}{1-w} \eta_0 \eta_R$$

式中， EHP ， DHP 分别为有效功率和主机传给螺旋桨的吸收功率， t 为推力减额系数， w 为伴流系数， η_0 为螺旋桨在敞水中的效率， η_R 为螺旋桨相对旋转效率。

只有增加推进效率，才有可能以较小的发动机功率推进船舶在给定船速下航行。为此，当然要提高前述的螺旋桨效率，但如何保持良好的船身效率 $[(1-t)/(1-w)]$ 也是十分重要的。

推进性能可以看作是表示船型与螺旋桨的相互作用的特性，为了改善推进性能，必然和改进船尾形状结合在一起。

为此，当采用和过去的推进器型式不同的推进器，例如采用低转速大直径螺旋桨、导管式螺旋桨和同轴对转式螺旋桨时，必须研究适合于各种推进器型式的船尾形状。例如，在前述的 SR174 次研究分会上也探讨了有关研制装用低转速大直径螺旋桨的船型问题，如根据其实验研究结果的一个实例来看，为增大最佳螺旋桨直径 30% 左右而使螺旋桨转速降低后的船型阻力，同装用原来的螺旋桨的船型相比，二者大体上相同，但在自航因素中，伴流系数值在两种船型之间相差很大，装有大直径螺旋桨的船型的伴流系数相当小，因而船体效率也是装有大直径螺旋桨的船型比较低。因此，从推进效率可见，通过降低螺旋桨转速好不容易提高的螺旋桨效率却因船身效率的降低而被抵消了大部分。根据这个实例的研究结果说明，当研制装用大直径螺旋桨的船型时，应当考虑如何增大伴流的有利因素，且改进船型不仅限于船尾形状，而且也必须探讨包括船体中 ~~系~~ 部分的整个线型。

此外，在上述试验实例中，装用大直径螺旋桨的船舶在轻载状态下和在高速时曾出现空气被吸入螺旋桨的现象。这点也是研制船型上的问题之一。

对于目前营运中的型线丰满的船舶，也有试图对螺旋流场作一定程度的改进，仍然使用原有的螺旋桨来提高推进效率的。例如，在型线丰满船舶的船尾部装设附加装置来提高螺旋流的整流效果等。此外，将减速航行中的船舶螺旋桨改装成适于减速运转的型式，也可期望节能的效果。例如，在此情况下也有如下的计算实例：15 万吨级的油船，如以减少 $\frac{1}{3}$ 功率来减速航行的话，那么改装螺旋桨后在降低的同一船速下，约可节省 10% 的功率；因此，如果预料到减速航行能长期化，则改装螺旋桨就能取得大幅度的节能效

果。

波浪中航行的问题

过去一直在想办法来减少在波浪中航行时阻力的增加以及改善耐波性能，因此在这里没有必要特地提出这个问题。

在装用低转速大直径螺旋桨的船舶，由于船舶在波浪中的摇摆，会发生空气被吸入螺旋桨的现象，在此基础上发生故障的可能性比较大，因此在选择船体运动特性和船尾形状时，必须予以充分的注意。

此外，在营运中的船舶和在减速航行中的船舶，在波浪中航行时船速降低得比较显著，有导致操纵性能恶化的实例，因此在操船方法上需要想些办法。

因为是节能船型，所以一般认为在波浪中航行不会发生特殊的问题。

新 型 式 船 型

以下就最近讨论的船型问题，作一概括介绍。

首先，在装用低转速大直径螺旋桨的船型，如前所述在SR174次研究分会上作为共同研究业已进行过探讨；此外，在几个造船公司也有建造装用70—80转/分左右低转速螺旋桨的中型型线丰满船舶的经验，根据建造经验和营运实际成果来看，在推进性能上没有特殊的问题。

但是，如果不怎么改变现有船尾形状和螺旋桨框穴就装用大直径螺旋桨，则伴流系数平均值便会减小，且会引起船身效率降低，而且因螺旋桨位置改变引起的伴流分布，不论是回转方向还是半径方向的变化比例均比较大，此外从螺旋桨的空蚀和激振力方面来说，也不如普通船型。对这个问题进行全面探讨的，乃是SR174的研究大纲。

为了提供参考，表1列出了SR174的研究大纲。在此表中列举了有关和以前不同的船型的研究计划。

这种所谓与过去不同的船型，是过去的船尾形状设计思想未予很大改变而设计的大直径螺旋桨船型；值得注意的是它的伴流有利因素也比较少，且伴流分布也未必是良好的，这种船型的有关船体周围的流线和涡流的性质是以现有知识为基础而设计的。到目前为止，已对下列三种船型进行了水池试验。

BV型：是一种强化艏部涡流的船型，为了强化普通型船尾形状的艏部涡流，将艏部作成有棱角的或使曲率半径大大地减小。采用这种船型的目的在于增加艏部涡流强度并扩大其范围，使涡流更多地卷入船侧边界层，流入螺旋桨区，以增大伴流。

P—T型：是一种带有隧道的垂直型船尾，在垂直型船尾为装进大直径螺旋桨而装设一个隧道。据推测，在垂直型船型的螺旋桨部分几乎设有艏部涡流等纵向涡流，可

表 1 SR 174 的研究大纲

