

舰船科研与设计

1

1974

中国人民解放军南字814部队



42802

U662-55
Z402

舰船科研与设计

第一期

(试刊)

内部刊物

注意保存

编辑出版：中国人民
解放军南字814部队

通讯地址：上海3053号信箱

目 录

5 0000吨级载油量远洋油轮主尺度的探讨

.....金柱肯 薛安国 叶于曦 (1)

球首船型

5

.....蒋祖林 (25)

柴油机的不平衡力矩对船舶振动的影响

.....虞铎辉执笔 (50)

TFH-400/10型船用交流同步发电机简介

.....屠经纬整理 (70)

我所标准化工作概况

..... (76)

出版消息

..... (77)

编者的话

..... (78)

50000吨级载油量远洋油轮主尺度的探讨

金柱青 薛安国 叶于曦

一、引言

解放以来,我国的造船工业有了很大的发展。随着我国的石油从不能自给到能够自给,从能够自给到部分出口,以及为了国际贸易平衡,有时也可能从国外产油国进口一些石油,这样,我国对油轮的需要量也就愈来愈大,且越来越迫切。

我国对油轮的设计研究及建造工作发展甚速。早在第一个五年计划期间,就开始设计建造4500吨沿海油轮,65年设计并成批建造了3000吨沿海油轮。58年大跃进中,完成了10000吨级柴油机近海油轮及18000吨级汽轮机远洋油轮的研究设计,59年完成了18000吨级柴油机远洋油轮的设计研究。65年完成了江海联运万吨级汽轮机油轮的设计研究。特别是文化大革命以来,在毛主席革命路线的光照耀下,随着我国经济建设和石油工业的飞速发展,油轮船队的建设也出现了一个崭新的局面。69年设计建成的15000吨级柴油机油轮已对我国的石油运输作出了贡献;24000吨级的油轮也已设计成功,为我国的油船型谱又增添了一种新的船型。

社会主义建设的发展,特别是石油工业以及对外贸易的发展,已对我国油轮的载重量吨位提出了更高的要求。为了适应我国港口建设、造船工业基本建设、冶金和机械制造等工业的发展,对于50000吨级以及更大吨位油轮船型的设计研究已成为当务之急。

本文的目的即在于对50000吨级油轮的主尺度作一初步探讨。

近二十年来,由于苏修美帝两个超级大国对于中东石油资源的疯狂掠夺,以及诸如日本等所谓经济大国在经济上畸形发展而引起对石油的大量需要,因而也导致了油轮的大量需要。与此同时,油轮的吨位有了很大的增加。五十年代中期,最大的油轮只有50000载重吨,73年2月份,日本已建造了载重量达483664吨的大油轮,法国也在建造540000载重吨的大油轮。最近,英国业主已向日本订货,预计在77年将建造载重量达707000吨的大油轮。国外所以积极地增大油轮的吨位,其主要原因是为了适应资本主义国家掠夺国外资源的需要以及油轮的造价和每吨货油的运输成本随吨位的增大而有较大的减少(图1)。

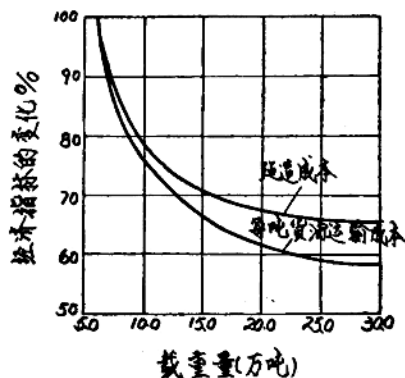


图1 油轮建造成本和每吨货油运输成本与载重量的关系

随着油轮吨位的大型化,近十多年来所造油船的尺度不仅在量的方面,而且在质的方面也有了显著的变化。图2—8中的点子为劳迦契夫所收集的近年油轮的数据[3]。现将四十年代及五十年代的有关资料(以点划线表示)与其对照相比,不难看出其变化的大致趋势。

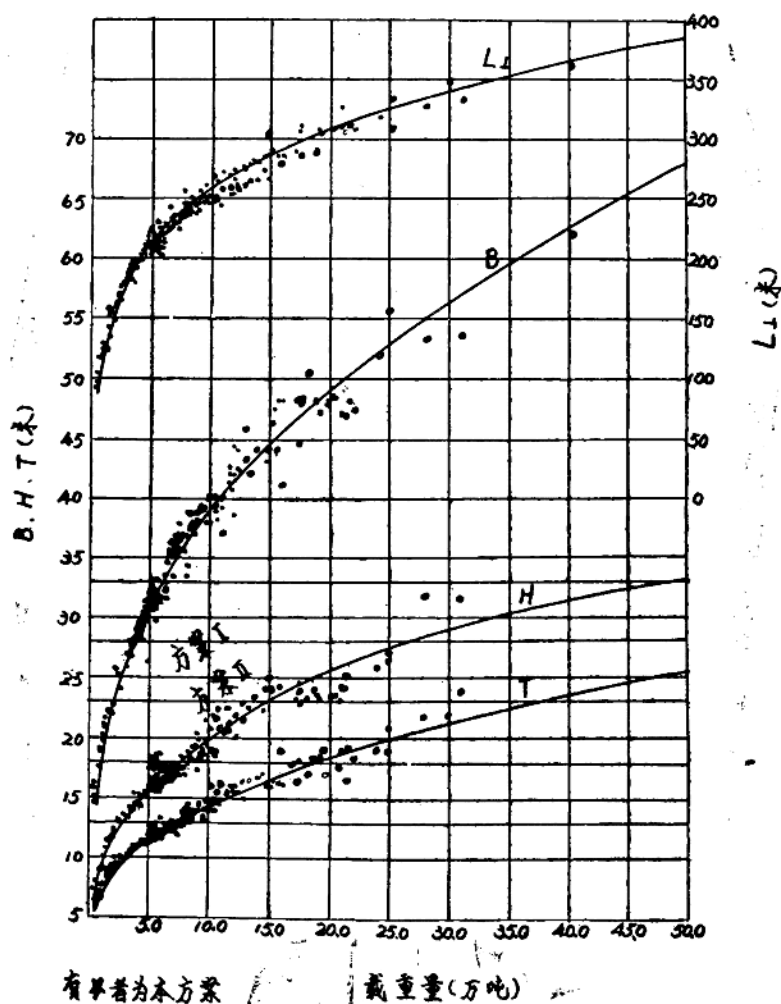


图2. 近代油轮主尺度与载重量的关系

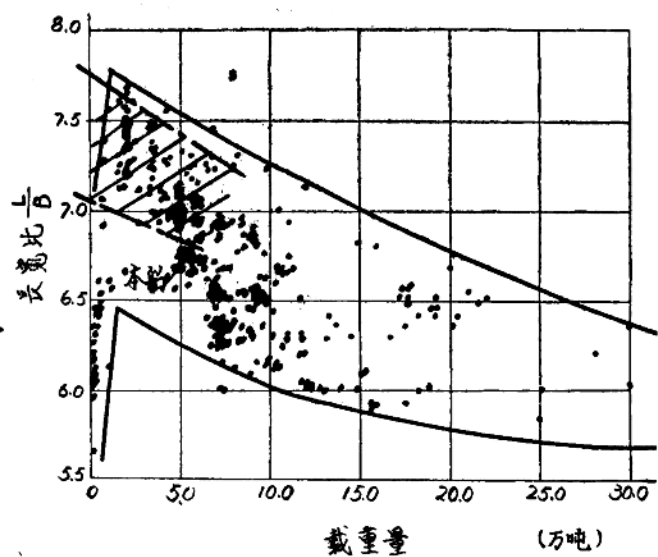


图3. L/B 与载重量的关系

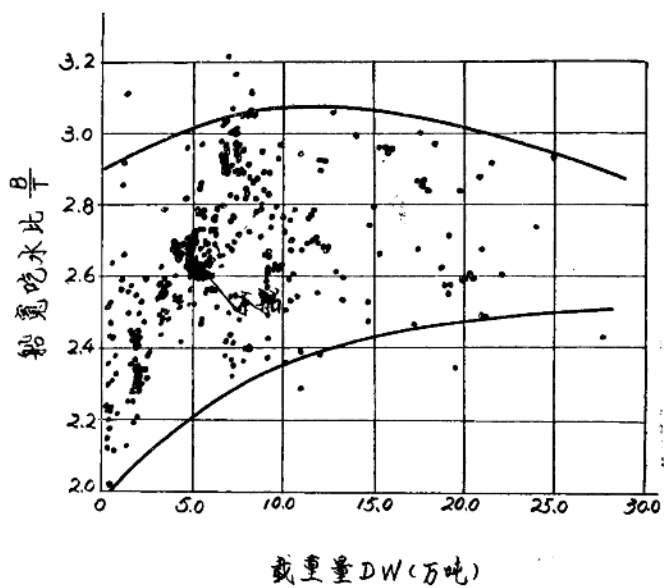


图4. B/T 与载重量的关系

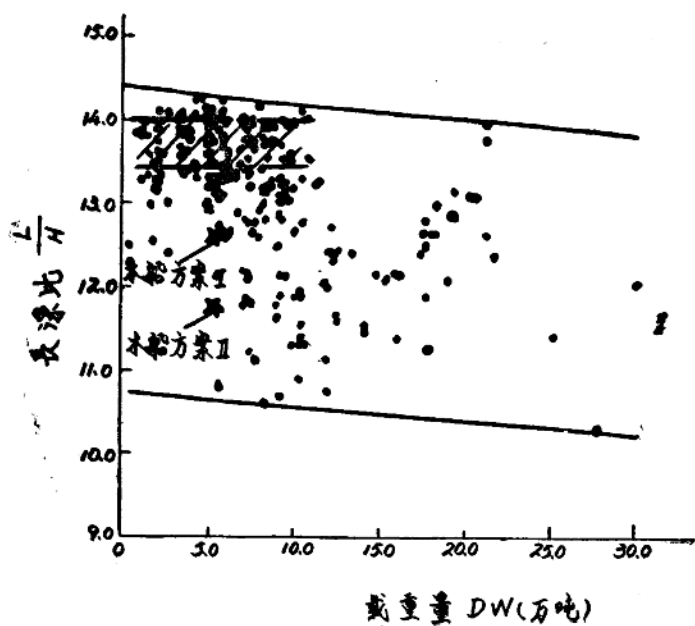


图5. H/δ 与载重量的关系

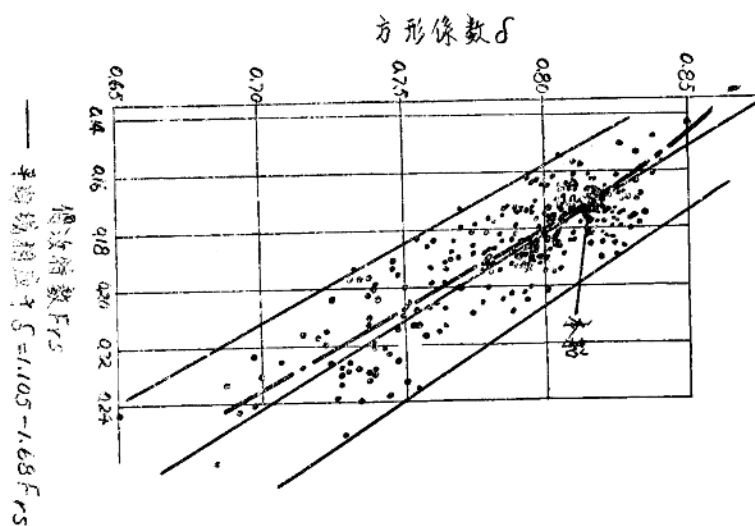
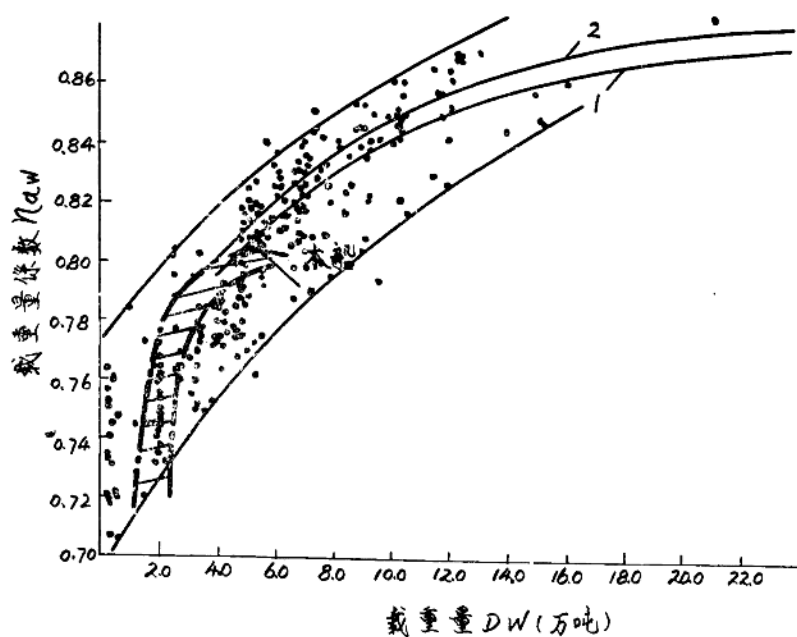


图6. 方形系数与傅汝特数的关系



- 1 已开曲线, 按1966年劳氏规范, $\frac{1}{B} = 6.5$
 2 同1, 但中板和底部构架用高强度钢

图7. η_{dw} 与载重量的关系

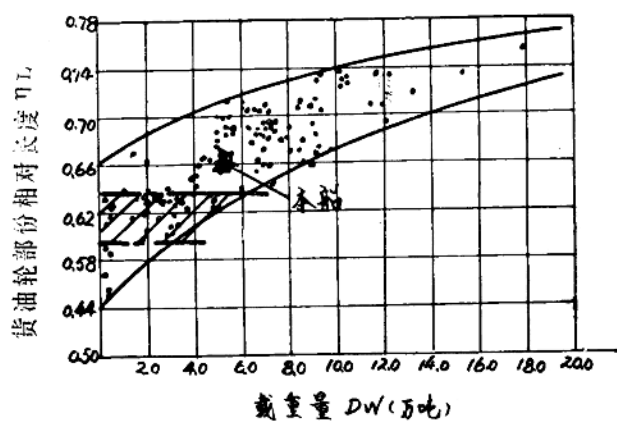


图8. η_l 与载重量的关系

自从1961年日本在47500吨型油轮“亚细亚丸”上第一次试用了真藤提出的所谓经济船型以后,大部份的大型油轮都采用了这种尺度比。“亚细亚丸”主要是在“刚帮丸”的基础上把吃水增大到最大限度,保持其宽度不变,缩短对船体钢料影响最大的船长,增大型深以补偿容积及减小 $\frac{L}{H}$,这样,就减少了船体钢料,降低了造价。方形系数稍为减小一点主要是考虑以此来补偿 $\frac{L}{B}$ 的增大对阻力的增加。“亚细亚丸”吃水从11.2米增大到最大许可深度11.7米,保持宽度不变,船长从213减小到205米,缩短8米(约为3.8%),这样,船体重量共减轻了650吨(6.2%),见表。占造价40%的船体钢料减少6.2%,船舶造价可降低2.5%。

以一分为二的观点看,所谓的“经济船型”,实际上是牺牲航速及适航性以求得较小的空船重量、造价及运输费用。

表1 日本47500吨型油轮要目

船型	船名	L(米)	B(米)	H(米)	T(米)	δ	Δ (吨)	DW (吨)	船体 钢料 (吨)	船体钢料 DW (吨/载重吨)	主机功率 (马力)
原型	刚帮丸	213	30.5	15.2	11.242	0.800	60090	47248	10400	0.220	17600(透)
经济型	亚细亚丸	205	30.5	15.8	11.72	0.790	59640	47500	9750	0.205	17600(透)
	日东商船	210	30.5	16.2	12.0	0.797	63050	50300	10200	0.203	17600(透)

随着六十年代初期球鼻船首理论与实践的发展,这种所谓的“经济船型”与球鼻船首的结合应用是一个很好的配合。

现代油轮的主要趋向大致可以归纳成如下四点:吨位大型化,船型经济化,航速一般化(服务航速一般在15—16节),操作自动化。当然,归根结蒂,是提高油轮的经济性,亦即降低造价和每吨货油的运输成本。这些趋向表现在主尺度方面的特点,那就是“短、高、深、胖”(与五十年代的油轮相比)。“短、高、深”就是船长相对较短,型深相对较高,吃水相对较深,日本今年建造的480000吨油轮“GLOBTIC TOKYO”,其L/B仅为5.80, L/H仅为10.00,其吃水达到28.2米,胖是指船的方形系数较大,例如73年日本建造的284000吨油轮“BERGE PRINCE”,其方形系数达0.850。

与大型油轮“短、高、深、胖”的特点相应,设置大容量的专用压载水仓是其在总布置方面的主要特点之一。特别是随着近年来国际对防污染问题的日益重视,污水处理已成为非解决不可的问题,所以,设置大容量专用压载水仓的问题就更显突出。为了解决防污染问题,在近年来建造的油轮上,除了设置专用压载水仓之外,也有同时设有油水分离仓的。设置大容量专用压载水仓的好处,除了解决海水污染问题外,还可提高油轮的营运率。例如,在开始装油之前,可不抽出压载水,抽压载水可与装油同时进行;同样,装压载水可与卸油同时进行。这样,就缩短了停港时间。由于压载水与货油仓分开,在船体防腐蚀方面,也较

容易解决。

国外许多专家的研究指出：增大型深取得剩余容积以设置大容量的专用压载水仓，只要压载水仓的容量和位置选择得当，船体钢料重量可以增加得很少或不增加。这主要是型深增加，减小了 L/H 。压载水仓的容量和位置选择得当，减小了静水弯矩，可使甲板和底板部分的结构减薄而减少重量。所以，虽然型深增加的部分增加了重量，但总的重量却增加很少或不增加。例如，陶林的研究〔6〕指出，若能合理地油轮中间部份设置专用压载水仓，则提高型深以取得剩余容积不会导致船体钢料的显著增加。最有效的剩余容积量为货油仓总容积的25—30%，专用压载水仓的长度为 $0.10-0.15L_1$ ，剩余容积的80%应布置在船舳区，剩下的20%布置在首部尖仓处以调节纵倾。诺吉德则认为最佳的压载水仓容量为货油仓总容积的25%，此压载水仓容积应靠增大型深来得到。这样处理后，船体钢料重量实际上保持不变。

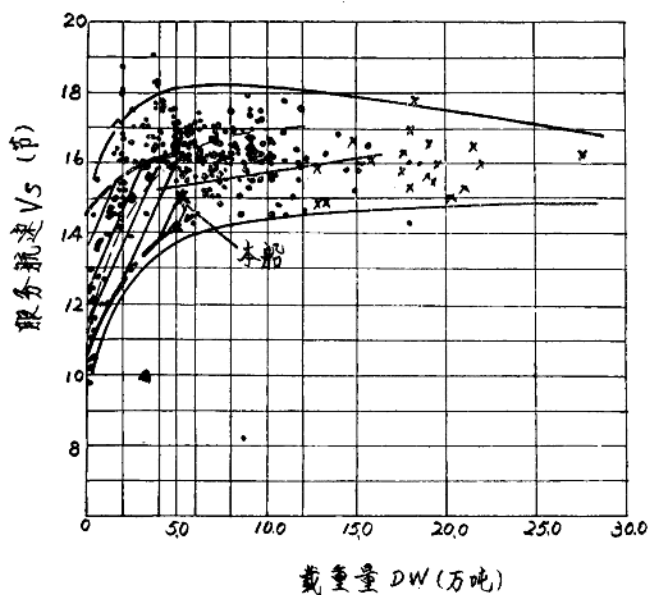
1963年，日本第一个建造了高型深油轮“利根丸”（TONEGAWA MARU），获得了大容量的专用压载水仓容积，为货油仓总容积的22%。1965年以后，其他国家也开始了高型深船舶的建造。例如，法国在1965年建造了载重量71000吨的油轮“FRANCHE CONTE”，专用压载水仓为29000米³，达货油仓总容积的33%。1966年西德按“杜克林系统”建造了载重量为54560吨的油轮“FORTUNA”〔8〕和“UNION”，其舷侧专用压载水仓总容积为25000米³，达货油仓总容积的38%。

二、设计前提

在着手对50000吨级油轮的主要尺度进行分析之前，首先需要对一些基本的技术要求作一些考虑，诸如续航力的分析、航速的论证、主机的选型、船体材料的选用以及防污染措施的研究等等。这些内容将分别另以专文进行讨论。在本文中仅作一些基本的假定，而不再予以研究。

1、航线及续航力：主要航行于中国——日本，中国——波斯湾。也可航行中国——阿尔巴尼亚、罗马尼亚。对于续航力，考虑航行中国——波斯湾时跑双程，而航行中国——阿尔巴尼亚、罗马尼亚时则跑单程较为合理，所以取为15000浬。

2、航速：近年来世界油轮航速与载重量的关系如图9所示，可见随着吨位的大型化，其航速并没有增加，甚至稍有下降。由图9可见，50000吨级油轮的服务航速约为15—17节。综合先进性、经济性及现实性各因素，一般说，我国的50000吨级油轮服务航速能达15节左右，试航速度不低于16节就可以了。为便于使用起见，此处收入了估算油轮航速和主机功率的彭福资料和曹逊、伦倍资料（图10，11），在使用图10时，若不知载重量，则可近似地在载货量上加6.5—10%（透平机船）或5—8%（柴油机船）。若为双桨，则应在图中查得的马匹上再加6—8%。若已知排水量时，则使用图11。



- — 已造船艙
- × — 正在建造和訂貨的船舶
- 拉斯克祿得的最佳航速
- 密勒祿得的最佳航速
- △—— 尼興勃萊胡馬金祿得的最佳航速

图9. 载重量与服务航速的关系

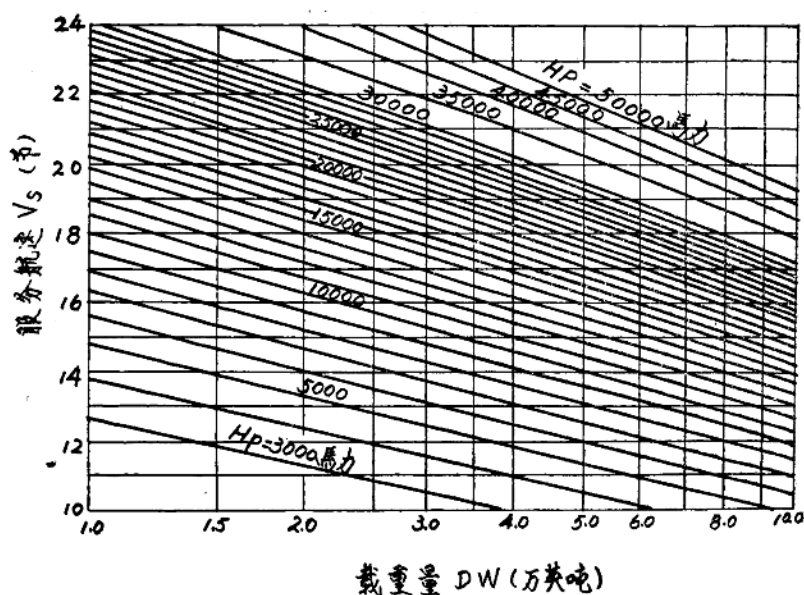


图10. 单柴油轮载重量、主机马力与航速的关系 (彭源资料)

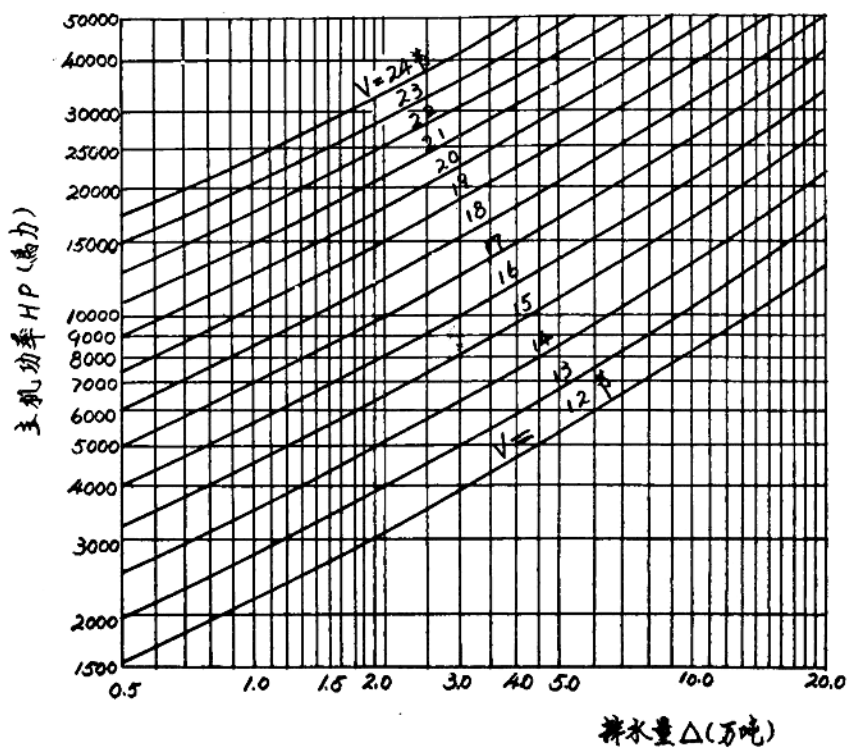


图11. 油轮主机功率、航速与排水量的关系 (曹逊、
伦蓓资料, 范克思莱复制成公制)

3、主机：根据我国的实际情况，选用17000马力左右的柴油机和汽轮机都是合适和现实的。至于汽轮机方案及其与柴油机方案的比较将另文专门叙述。本文只研究柴油机方案，并假定主机BHP为16800马力，转速为134转/分。对主机型号、功率大小等此处亦不再作研究。

4、载货油重量：约50000吨

原油比重：0.84吨/米³

热膨胀扣除率：4%

5、船体钢材：碳素钢（部份采用合金钢）

6、防污染措施：

（1）设置一个1000米³的油水分离仓及15%货油仓总容积的专用压载水仓。

$$\text{所需货油仓总容积} = \frac{50000}{0.84 \times 0.96} = 62000 \text{米}^3$$

所需油水分离仓容积=1000米³

所需专用压载水仓容积15%×62000=9300米³

所需容积总计 72300米³

（2）设置一个1000米³的油水分离仓及25%货油仓总容积的专用压载水仓。

所需货油仓总容积 = 62000米³

所需油水分离仓容积=1000米³

所需压载水仓容积25%×62000=15500米³

所需容积总计 78500米³

7、关于吃水的考虑：根据日本经济船型的经验，吃水应取得尽可能的大。一般方形系数在0.75—0.82的油轮，船舶湿表面积最小因而摩擦阻力最小的 B/T 在 2.2—2.5。但实际上由于水深的限制，吃水不能取得很大，因而只能放大船宽，所以B/T值的范围还是较广的（图4）。由表2、3可见，限制吃水将增加船舶的造价和降低船舶的营运性能。

表2 两艘载重量65000吨的油轮之比较

		吃 水 无 限 制	限 制 吃 水
L	(米)	218	232
B	(米)	33.8	35.8
T	(米)	13.4	12.2
B/T		2.52	2.94
L/B		6.50	6.50
航速 (节)		17.0	16.9
主机功率 (马力)		18400	20700
燃料消耗率 (吨/昼夜)		66.5	74.5

表3

两艘载重量85000吨的油轮之比较

	限制吃水	取最大吃水
L (米)	240.0	230.0
B (米)	40.0	33.0
T (米)	12.2	15.8
L/B	6.0	6.97
B/T	3.28	2.09
空船重量 (吨)	15410	12130
Δ ./LBH (公斤/米 ³)	88.0	73.5

表4

我国油港和苏伊士运河的水深情况

		秦皇岛油码头	大连寺儿沟油码头	大连鲆鱼湾油码头	湛江油码头	苏伊士运河 (2) (3)
现在情况	水深(米)	11(包括0.5米潮水)	11(包括2米潮水)		11.5(包括3米潮水)	
	允许船舶吃水(米)	10	10		10.5	11.9(67年)
	可停(过)船舶吨位 (载重吨)	20000	曾停过29000吨油轮		30000	55000
发展计划	水深(米)	13.5(包括0.5米潮水)		19	14(包括3米潮水)	
	允许船舶吃水(米)	12.5		18	13	14.63(48呎)
	可停(过)船舶吨位 (载重吨)	部分70000吨油轮		100000	50000-70000	80000

注: 1. 我国大连鲆鱼湾和秦皇岛油码头现已开工, 预计2~3年完成。

2. 苏伊士运河原订于1970年完成的拿先尔计划, 因以色列侵略埃及的战争而暂停。

日本和波斯湾国家的港口水深，对50000吨级的油轮来说是没有问题的。

我国油港和苏伊士运河的水深情况如表4所示。

虽然苏伊士运河原订于1970年实现的拿先尔计划因发生以色列侵略埃及的战争而暂停，但一旦苏伊士运河通航，估计是要实现的。我国的港口按发展计划现已开工，预计能在2—3年内完成。在这种情况下，船舶吃水暂取12米是可行的。但随着我国建港计划的逐步落实，以后50000吨级油轮的吃水可增大至12.3—12.5米，以充分提高船舶的经济性。

三、型船资料及分析

由于国际油轮吨位的急剧增大，近几年来所建造的油轮大部份是十几万吨到三十万吨级的，十万吨以下的油轮建造得极少。绝大部份的50000吨级油轮都是在六十年代建造的。现将一些具有代表性的型船列入表5。63年瑞典建造的我国46400载重吨油轮“金湖号”也列入表内，以资比较。

一般认为，“高峰山丸”、“德祥丸”和同型姐妹船“千曲川丸”、“大和川丸”是比较成功的经济船型。1966年西德建造的“FORTUNA”轮即为前已述及的大容量专用压载水仓船舶（见表5）。

由表5可见，对于载重量从49000—58000吨的油轮，其尺度比大致如下：

船长	L	208—220米
船宽	B	30.50—32.20米
型深	H	15.50—18.15米
吃水	T	11.50—12.50米
方形系数	δ	0.790—0.802
相对长度	l	5.15—5.40
相对宽度	b	0.75—0.79
相对吃水	t	0.29—0.30
L/B		6.60—7.00
B/T		2.50—2.80
H/T		1.30—1.57
L/H		12.0—14.0
η_{dw}		0.78—0.82
专用压载水仓容量		0—25000米 ³ （0—38%货油仓总容量）

由表5可见，尺度分布的范围是较广的，这是由于各船的吃水限制情况不同，所设专用压载水仓容量的大小不同以及其他因素的差异所致。当然，其中也包括了设计技巧的不同。

“高峰山丸”由于取用了大吃水（ $T=12.53$ 米），使其有可能缩短船长，相对长度 l 成为最小，只有5.15米。由于吃水大了，其 B/T 就并不大，只有2.55。由于增大了型深 H 以补偿容积，就使其 L/H 降低到12.6，这对强度较有利。至于 H/T 较小（1.35），那是因为大

吃水的关系。所以，此船的尺度是成功的。其 η_{dw} 达 0.823，为所列型船中最高的一个，其海军常数也达到了 472。

“千曲川丸”、“大和川丸”、“成和丸”和“德祥丸”，其吃水也是较大的，所以其 l 也较小，约为 5.2，结果也较成功， η_{dw} 达 0.82 左右，特别是“千曲川丸”、“大和川丸”的海军常数达到了 530，在快速性方面是颇为成功的。

“FORTUNA”轮作为大容量专用压载水仓的船舶，在营运上有其独到之处，其载重系数也达到了 0.815。可见大容量压载水仓并没有增大其空船重量。当然，因各船所用钢料情况不详（例如有的部份采用了合金钢等），主机机型，功率大小不同， η_{dw} 的大小只能供大致参考，还不能正确地反映出尺度组合的成功与否。同样，由于资料的可靠性不详，海军常数也仅能作大致的参考。

专用压载水仓的容积是差别最大的一个量，从 0—25000 米³，与货油仓总容积之比为 0—38%。这是由于大容量压载水仓船在六十年代正处于发展阶段，且那时对于防污染问题也还没有提到非解决不可的程度。如果七十年代建造的 50000 吨级油轮，就很少再有不设专用压载水仓的情况了。

“金湖”轮由于在 68 年 2 月份增加了 400 毫米吃水，增大了载重量，其 η_{dw} 也达到了 0.812。

四、主尺度估算

1、载重量、排水量初估

所采用的油水等项如下：

(1) 燃油（取油耗率 155 克/时·马力，辅机 15%）	2830 吨
(2) 滑油	130 吨
(3) 炉水	50 吨
(4) 淡水	293 吨
(5) 粮食	11 吨
(6) 船员及行李	7 吨
(7) 备品	100 吨
油水等项总计 Σ 1—7	3421 吨
初取载货油量	50000 吨
则载重量 DW 约为	53500 吨

根据〔1〕中的图 12

$$\eta_{dw} = 0.798$$

第一次近似排水量为

$$\Delta = \frac{DW}{\eta_{dw}} = \frac{53500}{0.798} = 67000 \text{ 吨}$$

2、主尺度估算公式的选取

估算船舶尺度，有很多基于统计资料的经验公式。但习用的公式中大部份是适用于干货

