

油·船 总体设计

宋德华

本文主要针对装载闪点 $<60^{\circ}\text{C}$ 的原油、成品油船舶总体设计中所需的有关知识、设计要点、技巧、方法、资料等问题进行编写。船型一般为单层连续甲板,对中小型油船设置首楼和尾楼或尾甲板室,对大型油船多数无首、尾楼。机舱、居住和工作舱室一般都设在尾部和尾甲板室,属尾机船型。在机舱与首尖舱之间布置货油舱区,具有双壳体或双底保护,在此区间布置货油舱、污水水舱及专用压载船等。机舱与货油舱之间采用货油泵舱或隔离舱进行隔离。对一些特殊型油船例如矿/油(O、B),油/散/矿(OBO)和兼用船等不能完全适用。

1 概 述

自60年代开始,石油及其制品的海运量迅速增长,促进油船向大型化发展,单船载重量最大达55.5万DWT。现代油船的特征是吨位大,肥大船型、货舱区为双壳体、高经济性、设备现代化、操作自动化、船员少,船舶安全技术已趋向国际统一标准。任何船舶都以安全第一,而对油船则更为重要。因装载大量易爆、易燃、易产生静电并具有毒性的货油,承受着装卸、贮存、运输过程中可能出现的各种危险,故要求船舶具有防火、防爆、能安全操作及海上运输所需的船舶浮性、稳性和抗风浪性能等一系列安全保障体系。国际海事组织(IMO)根据此类运输船舶海损事故所造成的生命财产巨大损失,及对海洋环境的污染,制订出系列的新规则和要求,这些要求是强制性的。这对油船的设计增加了难度,对新型油船的设计也不能如过去传统单壳油船设计那样简便和成熟。会出现稳性、抗沉性等性能难以满足等问题,这些在开始设计时就应充分估计,加以分析研究和统筹安排。

当今建造一艘新油船比过去增加更多的初投资,船主期望最佳经济性,其中包含降低初投资和经费成本,提高收益等以达到早日回收初投资。这些都取决于船舶的设计,即如何针对船所营运的航线选择主要技术要素,优化主尺度组合,应用高水准的流

体力学设计整体考虑的节能船型。精心布置达到最大的生产容积,最小的服务处所空间等基本要求。此外还应考虑油船的一些特殊要求:

(1) 综合选定满载与压载两个状态的航速

按常规为达到高推进效率,采用低转速大直径螺旋桨。但根据MARPOL要求压载航行时必须把螺旋桨浸没,导致压载水量增加,由此产生两种不利因素:一为占用部分生产容积,其次是压载状况的排水量增加多耗用了主机的功率。^[1]应同时考虑满载与压载两工况的协调以达到总油耗为最低的要求。

(2) 减少维修保养工作量和增加使用寿命

据统计,一艘经济效益高的VLCC,平均每月仅有2天时间依靠码头或港内,若因维修保养而停航一天,则将损失很大的收入。故不仅要选用可靠的机器设备而且要考虑整船,包括船体结构的维修保养工作量降低至最少的限度,特别是在专用压载舱的双壳体内,应尽量减少钢材表面积与电焊缝,改进现有传统的结构形式。^[2]对经常承受交变负荷的船体结构部位,应予特殊加强以达到避免材料疲劳后可能产生漆膜剥落与损坏,提高专用压载舱内防腐蚀功能等要求。

(3) 防止环境污染

从预防事故的产生为起点,如采用先进导航系统,提高船舶操纵性达到减少碰撞事故,限止每一货油舱的容量和在货油舱区间采用双壳体保护;设置有效的探测、报警和消防系统;对易爆的货油舱和专用压载舱予以惰性气体保护等要求。一旦发生事故后在紧急状态时能作出快速反应,能即刻防止火灾和爆炸的针对性操作,如关闭不重要进风口;消除所有的火源;防止易燃气体进入居住舱室;改变航向使油船位于浮油区的上风等,这些控制设施应设计达到有效和方便快速操作。管路系统的设计应达到在破损后能减少或控制随事故发生后的排放,在一至两舱受损时可达到船内的转驳等减少溢油污染海面。要具有整船系统考虑的设计。

除了上述措施外,还应注意油船是容积型船及其他特点。但现代油船的设计已与过去大不相同,将

受到各种条件的制约,牵涉面广,需运用各种知识和高水准的设计技巧予以完成。

2 国际公约、规则及法规等

有关油船设计所涉及的国际公约、规则、导则建议案等种类多,各国又有各自的要求,在设计时应明确船旗及满足那些公约、规范、规则等有关的要求。在设计过程中还经常遇到船旗的更改,此时应注意不同船旗国的不同的要求。因凡生效的公约是强制性的,所有国家都必须遵守,而规则是各国自愿采

用(或部分采用)作为其国家法规。一旦采用后对该国即具有法定性,必需遵照。特别在由方便旗改为某国旗的情况下,必须注意两者的差别,有时差距较大,这些差别主要出现在规则、导则、建议案和某些国家的法规中。此外对有关石油运输的国际性协会或商会等组织发表的建议案或导则等也应关注,在签订合同前应 与船东商定,避免交船时出现更改与返工。上述几点建议对环球航行油船是很重要的。

自 1990 年后有关油船的公约、修正案、规则等更改频繁、现对涉及油船部分的有关常用公约、修正案、规则、建议案等列于表 1。

表 1 油船常用的公约、规则、导则和建议案等
(截止到 1996 年 11 月 11 日)

名 称			生 效 日 期
修 正 案	通 过 决 议	修 正 内 容	
(1)1974 年国际海上人命安全公约(SOLAS 1974)			1980 年 5 月 25 日
(2)经修正的 1974 年国际海上人命安全公约 1978 年议定书(SOLAS PROT 1978)			1981 年 5 月 1 日
1981 年修正案	MSC. 2(XLV)	操舵装置	1984 年 9 月 1 日
1988 年修正案	外交大会决议	GMDSS	1992 年 2 月 1 日
1989 年修正案	MSC. 13(57)	分舱,消防,无线电通讯,航行	1992 年 2 月 1 日
1990 年修正案	MSC. 19(58)	货船分舱及破舱稳性	1992 年 2 月 1 日
1991 年修正案	MSC. 22(59)	消防,救生设备,航行,货物运输,危险品运输	1994 年 1 月 1 日
1992 年修正案	MSC. 27(61)	消防,救生设备,无线电通讯	1994 年 10 月 1 日
1994 年修正案	MSC. 31(63)	附则 1(船舶报告系统,油船应急拖曳装置)	1996 年 1 月 1 日
		附则 2(燃油管系统的保护,驾驶室的视程)	1998 年 7 月 1 日
1996 年修正案	MSC. 47(66)	构造,分舱与稳性,救生设备,(LSA Code),货物运输,认可组织的授权	1998 年 7 月 1 日
1996 年修正案	MSC. 49(66)	加强检验导则的修正案(A. 744(18)决议)	1998 年 7 月 1 日
1993 年决议案	A 749(18)	替代下列建议案 (1)IMO A 167 (ESN)完整稳性 (2)IMO A562(14)气象衡准	
(3)经修正的 1974 年国际海上人命安全公约 1988 年议定书(SOLAS PROT (HSSC) 1988)			尚未生效
(4)经修正的 1972 年国际海上避碰规则公约(COLREG 1972)			1977 年 7 月 15 日
1981 年修正案	A. 464(XII)	通则	1983 年 6 月 1 日
1987 年修正案	A. 626(15)	通则	1989 年 11 月 19 日
1989 年修正案	A. 678(16)	通则	1991 年 4 月 19 日
1993 年修正案	A. 736(18)	通则	1995 年 11 月 4 日
(5)经 1978 年议定书修正的 1973 年国际防止船舶造成污染公约(MARPOL 73/78)			1983 年 10 月 2 日
附则 I			1983 年 10 月 2 日
附则 II			1987 年 4 月 6 日
附则 III			1992 年 7 月 1 日

名 称			生 效 日 期
修 正 案	通 过 决 议	修 正 内 容	
附则 V			1988 年 12 月 31 日
1984 年(附则 I)修正案	MEPC. 14(20)	对已通过多年的附则 I 的大范围修正	1986 年 1 月 7 日
1985 年(附则 I)修正案	MEPC. 16(22)	为实施泵、管路、控制等作准备对附则 I 的大范围修正(IBC 和 BCH Code)	1987 年 4 月 6 日
1985 年(议定书 I)修正案	MEPC. 21(22)	报告议定书	1987 年 4 月 6 日
1987 年(附则 I)修正案	MEPC. 29(25)	指定亚丁湾为特殊区域	1989 年 4 月 1 日
1989 年(附则 V)修正案	MEPC. 36(28)	指定北海为特殊区域	1991 年 2 月 18 日
1990 年(附则 I 和 I)修正案	MEPC. 39(29)	检验与发证协调系统	尚未生效
1990 年(附则 I 和 V)修正案	MEPC. 42(30)	指定南极地区为特殊区域	1992 年 3 月 17 日
1991 年(附则 I)修正案	MEPC. 47(31)	新的第 26 条(船上油污应急计划)及其他修正条款	1993 年 4 月 4 日
1991 年(附则 V)修正案	MEPC. 48(31)	指定泛加勒比地区为特殊区域	1993 年 4 月 4 日
1992 年(附则 I)修正案	MEPC. 51(32)	排放规则	1993 年 7 月 6 日
1992 年(附则 I)修正案	MEPC. 52(32)	油船设计,双壳体等有关要求(13F)	1993 年 7 月 6 日
1995 年(附则 V)修正案	MEPC. 65(37)	垃圾管理计划导则	1997 年 7 月 1 日
1996 年(附则 I)修正案	MSC. 65	完整稳性(13F2)	1998 年 1 月 1 日
(6)1966 年国际载重线公约(LL 1966)			1963 年 7 月 21 日
1971 年修正案	A. 231(VI)	通则	尚未生效
1975 年修正案	A. 319(IX)	第 29 条	尚未生效
1979 年修正案	A. 411(XI)	季节性地区	尚未生效
1983 年修正案	A. 513(13)	季节性地区	尚未生效
1995 年修正案	A. 784(19)	季节性地区	尚未生效
(7)1966 年国际载重线公约 1988 年议定书(LL FPCT(HSSC)1988)			尚未生效
(8)1969 年国际船舶吨位丈量公约(TONNAGE 1969)			1982 年 7 月 18 日
1994 年修正案	A747(18)	油船专用压载舱可从总吨位中扣除作计费标准	1994 年 7 月 18 日
(9)1992 年决议	A703(17)	驾驶室可视性指南	1994 年 7 月 1 日
1993 年决议	A751(18)	船舶操纵性暂行标准	
(10)美国海岸警卫队对挂外国国旗在美国水域航行船舶的法规有关章节(USCG)			
33 CFR 156		石油和有害物质运输操作	1994 年 1 月 1 日 后交的船
33 CFR 157		船舶防污规则	
33 CFR 164		航行安全规则	
46 CFR 39		油蒸汽控制系统	1990 年 7 月
(11)石油公司国际海事论坛(OCIMF)建议案			出版日期
1. 油船集管站及其附属设备的建议			1991 年 8 月(第四版)
2. 系泊设备指南			1992 年(第一版)
3. 船对船输送(石油)准则			1997 年(第三版)
4. 单点系泊的船舶使用系泊设备的建议			1993 年(第三版)
5. 油船和码头的国际安全准则			1996 年(第四版)
6. 破损油船拖曳设备的建议			1981 年
(12)国际船运协会导则:直升机对船操作指南			1989 年 5 月(第三版)

确定油船主要要素除按货船设计的基本原理外,还应同船东明确与油货相关的要求,例如装载液

3 主要要素

货的种类和比重;同时装卸液货的品种数;特殊装载的要求;部分装载的工况;允许半舱装载的货舱数;允许采用高强度钢的部位和比例;油舱与专用压载舱的防腐蚀要求等。其次应明确船级符号和附加标志。油船经常采用的附加标志为:加强检验;水下检查;惰性气体保护系统;螺旋桨艉轴监控等标志。此外也应考虑即将生效公约的要求,可避免不必要的修改。考虑到上述要求后选定的主要要素是取得成功设计的保证。有关主尺度优化的方法、程序、经济论证等可参阅^{[8],[9]},但必需注意所采用数学模式的准确性。

3.1 载重量

油船的载重量定义和载重量常数与一般干货船相同。但在船体及管路中残存油水的重量——不包含在空船重量中的湿重,比一般干货船为多,此项重量包括在双壳体压载舱或其他舱柜中残存水或凝结水,水冷却艉轴管的冷却水、货油舱和管路中残存油等。残存油水的重量由舱的结构型式、外形、管系的长短、吸口的位置、泵的型式和数量、清舱管系的效能等决定。例如对采用布置在专用货油泵舱内的大排量货油泵来说,其管路相对较长,设置三台货油泵的船又比设两台货油泵的船为长,对能同时装卸多品种油种的船其残存油相对比装卸单品种油船多。对货油泵采用深井泵的油船,不设货油泵舱,其管系相对短,残存油较少。现代双壳体油船的残存油比单底油船大为减少,但残存的水却大为增加。因船底骨架多,双壳体内常易产生温差的凝结水,而由于使用的要求经常排放压载水,比部分压载水通常难以全部排出。

船体及管路中残存油水重量应根据所设计船的情况予以选定,也可采用近似的估算公式,下式为粗略的估算式。

$$W_d = (1.0 \sim 1.5) \frac{W}{1000} + (8 \sim 13) \frac{P_w}{1000} \times 1.36 \quad (1)$$

式中 W ——排水量 (t)

P_w ——主机功率 (M.C.P) (kW)

W_d ——船体及管路中残存油水重量 (t)

因此,油船中载重量是载油量、载重量常数和船体及管路中残存油水三项组成。载重量常数包含燃油、滑油、淡水、锅炉水、粮食及供应品、人员及行李和其他消耗品重量,在出港与到港情况下是不同的,而船体及管路中残存油水重量在出港与到港情况基本相近。而在满载货油情况时在货油舱区的管路中

不存在残存货油(仅残存压载水),而在全压载航行情况下,压载舱内不存在残存的压载水,仅存在残存货油的重量。

3.2 载重量系数

目前,已有许多载重量系数的统计公式,见^{[6],[7],[8],[9]}。但其中有些是基于过去的油船船型,现改为双壳体后,定有差别。此外,采用高强度钢的比例不同、船体结构规范的更改、浅吃水船型船体结构重量必有增加等其他因素对空船重量的影响,故选用载重量系数初估排水量时应根据所设计船实际情况加以修正。根据90年代后建造的双壳体油船实船数据,薛安国等统计的公式^{[7],[8]}相对比较逼近,详见如下:

1) 根据文献[7]

$$\eta_{D_w} = 0.7337k \left(\frac{D_w}{10000} \right)^{0.0551} \quad (2)$$

式中 k 值建议如下:

对 VLCC 船型采用高强度钢比例大于 50%:

0.98~1

按强度计算来优化结构设计而达到减轻结构重量的船:

1.01~1.03

浅吃水船型 ($B/d > 3.5$):

0.9~0.95

$D_w = 1 \sim 5$ 万 DWT (舢舨中心面上无纵舱壁):

1~1.02

2) 根据文献[8]载重量系数的计算式如下(适用于 12 万 DWT $\leq D_w < 22$ 万 DWT)

$$\eta_{D_w} = 1.49 \times 10^{-7} \times D_w + 0.834 \quad (3)$$

上式对 D_w 大于 22 万 DWT 级以上也有参考价值。根据经验公式估算所得值还应考虑主尺度比值、方型系数、货油舱分隔的型式、选用那一船级社的规范进行设计等的影响。

3.3 主尺度

主尺度对油船的技术指标与经济性有重大影响,选择主尺度与优化主尺度组合是设计工作开始时一个重要环节。在满足技术任务要求条件下应着重考虑以下要点:

* 能满足完整与破舱稳性的各种要求;

* 有利于降低阻力;

* 有利于减少空船重量,降低初投资;

* 尽可能避免船体总振和减小振动;

* 对浅吃水大 B/T 肥大型油船,应选取合适的主尺度比值,以改善在限制航道中的操纵性。

近年建造的油船为达到降低初投资多数采用较短的船长,其主尺度比值的范围是:L/B 为 5~6;

B/d 2.3~3.5; D/d 1.4~1.9; L/D 9~12。

鉴于油船改为双壳体后,在1990年前所发表的油船主尺度统计式已不很适用,现推荐根据双壳体油船回归的初步估算公式,供初步设计时使用。

对主尺度回归统计公式,是按不同吨位分别采用,而对受航道限制船型,船宽或吃水在一定吨级范围内基本不变,对这些船的B或d统计入回归公式无多大意义了。以下按不同的吨级,建议用不同回归统计公式或船宽、吃水数值(单位均为m)。

(1) DW<1万DWT

$$d=0.78 DW^{0.25} \quad (4a)$$

$$L_{pp}=5.7 \times DW^{1/3} \quad (4b)$$

$$B=0.91 \times DW^{1/3} \quad (4c)$$

$$D=1.29 \times DW^{0.25} - 2.5 \quad (4d)$$

(2) 1.5<DW<3.5万DWT

$$d=0.64 \times 10^{-6} \times DW + 8.4 \quad (5a)$$

$$L_{pp}=10.8 \times DW^{0.28} - 25 \quad (5b)$$

$$B=1.2 \times DW^{0.3} + 45 \quad (5c)$$

$$D=1.29 \times DW^{0.25} - 2.5 \quad (5d)$$

(3) DW 4~5万DWT级(HANDY MAX型)

该吨级船常称为灵便型船。

$$d=9.5 \sim 13m$$

较多船具有2个吃水,低值为设计吃水,高值为结构吃水。

$$L_{pp}=60.47 \times \ln DW - 470 \quad (6)$$

$$B=30 \sim 32.2m, \text{较多采用 } 32.2m$$

$D=14.5 \sim 19m$,由所载油量及其比重而定,因若装载比重小的成品油,与比重大的原油其差别较大。

(4) DW 6~8万DWT级(PANAMA. MAX)型

该吨级船极大多数为巴拿马型,当然也有不需通过巴拿马运河的油船则不受船宽的限止。

$$d\text{——设计吃水 } 12.04m$$

$$\text{结构吃水 } 12.04 \sim 14.62m$$

$$L_{pp}\text{——} 216 \sim 243m$$

$$L_{pp}=61 \times \ln DW - 456 \quad (7)$$

$$B\text{——} 32.2 \sim 32.3m$$

$$D\text{——} 18 \sim 21m$$

(5) DW 8~10万DWT (AFRAMAX)型

阿芙拉最大型船是吃水受限制型。

$$d\text{——设计吃水 } 12.2m$$

$$\text{结构吃水 } 12.2 \sim 15m$$

$$L_{pp}\text{——} 230 \sim 235m$$

$$B\text{——} 40 \sim 42m$$

$$D\text{——} 20 \sim 22m$$

此型船尺度变化范围相对较小,主要取决空船重量减轻(包括采用高强度钢的百分比率)来决定船长。结构吃水多数为14.2m(个别达15m),其相对应载重量约为9.6万DWT。

(6) 根据文献[8]

$$12 \text{ 万 DWT} < DW < 22 \text{ 万 DWT}$$

$$d=0.84+0.46 \times DW^{0.3} \quad (8a)$$

$$L_{pp}=9.55 \times 10^{-3} \times DW^{0.78} + 151.1 \quad (8b)$$

$$B=0.75 \times DW^{1/3} + 5.05 \quad (8c)$$

$$D=7.75 \times DW^{0.15} - 22.2 \quad (8d)$$

(7) 根据文献[7]

$$15 \text{ 万 DWT} < DW < 35 \text{ 万 DWT}$$

$$d=6.3592 \times \left(\frac{DW}{10000}\right)^{0.37} \quad (9a)$$

$$L_{pp}=149.23 \times \left(\frac{DW}{10000}\right)^{0.22005} \quad (9b)$$

$$B=24.35 \times \left(\frac{DW}{10000}\right)^{0.2555} \quad (9c)$$

$$D=10.14 \times \left(\frac{DW}{10000}\right)^{0.3764} \quad (9d)$$

(8)(9)的回归公式都可适用它们都回归的吨级范围,其中(9)收集新双壳体型船相对多一些(因时间较后),船宽与型深比值相对大一些。

对苏伊士型油船可采用(8)、(9)公式估算,虽然该型船航道尺度限制,但船宽与吃水是变值。即不同的船宽受限制的吃水也不相同,故可采用上两式进行估算。

对VLCC船型可采用(9)式估算,但必须注意采用高强度钢的百分比高、及货油舱数少等达到减轻空船重量对主尺度的影响。

油船的主尺度比值:

90年代建造的油船L/B相对减小,较多为5~

6;

$$B/d \text{ 为 } 2.3 \sim 2.5;$$

$$D/d \text{ 相对增大 } 1.4 \sim 1.9;$$

$$L/D \text{ 为 } 9 \sim 12.$$

3.4 船型系数及浮心纵向位置

3.4.1 方形系数 C_b

鉴于肥大船型的减阻成功, C_b 逐渐取大。但由于大方形系数的肥大船型,会产生艏流分离引起振动、操纵性恶化等一系列问题,故选取方形系数时,应予充分注意。但对双艏鳍船型可取相对较大 C_b ,例在[1]中提出对VLCC船型采用双艏鳍后 C_b 采用

0.874。故以下提供经验计算公式计算的 C_b ，可根据实情选取及作必要的修正。

(1) 热尼亚兹柯夫 (Желязков) 根据系列 60 船模试验资料分析得出下式^[4]，适用于 $F_n=0.15\sim 0.24$ 中小型油船。

$$C_b=0.65+3.2F_n-13.5F_n^2 \quad (10a)$$

适用于大吨位矿油船

$$C_b=0.65+3.2F_n-13.0F_n^2 \quad (10b)$$

适用于 $F_n=0.15\sim 0.18$

$$C_b=1.00-1.05F_n\pm 0.15 \quad (10c)$$

(2) 阿希克 (Ашук) 提出适用于 $F_n<0.16$ 的油船^[5]

$$C_b=1.05-1.4F_n \quad (11a)$$

$$C_b=(0.445\pm 0.01)F_n^{-1/3} \quad (11b)$$

$F_n=0.14\sim 0.26$

$$C_b=0.48+(0.28-F_n)^{0.5}\pm 0.11 \quad (11c)$$

$$\text{或 } C_b=1.09-1.68F_n\pm 0.12 \quad (11d)$$

(3) 楚思德提出：以试航速度 V_t 选取

$$C_b=1.14-1.97F_n \quad (12a)$$

以服务航速 V_s 选取 ($V_s\approx 0.95 V_t$)

$$C_b=1.14-2.085F_n \quad (12b)$$

(4) 根据文献[7]

$$C_b=0.927-0.667F_n \quad (13)$$

C_b 与 F_n 的统计图见图 1^[7]，根据经验公式计算所得 C_b ，可作参考，但对不同尺度、尺度比，应进行必要修正。例如对 L/B 较大，双艉鳍船型等， C_b 可适当加大。对 $B/d>3$ ，浅水航行的船， C_b 应适当减小。

3.4.2 舦部面系数

(1) 热尼亚兹柯夫 (Желязков) 式

$$C_m=0.08C_b+0.93 \quad (14)$$

(2) 阿希克 (Ашук) 式

$$C_m=1.014C_b^{1/2} \quad (15a)$$

$$\text{或 } C_m=0.926+0.085C_b \quad (15b)$$

(3) 根据文献[7]

$$C_m=0.975+0.025C_b \quad (16)$$

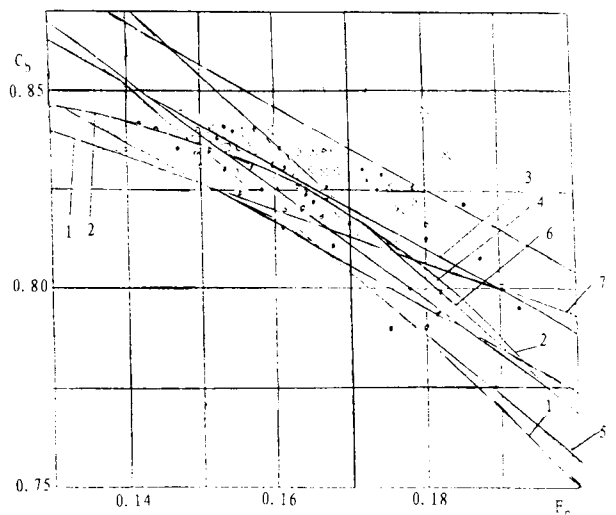
一般 C_m 在较大值时能减小棱形系数，达到降低静水阻力，但应注意舦部半径过小，容易产生舦涡，反而增加阻力。

C_m 与 C_b 的关系曲线见图 2。^[7]

3.4.3 水线面系数与方形系数已有许多统计关系式^{[5]、[7]}

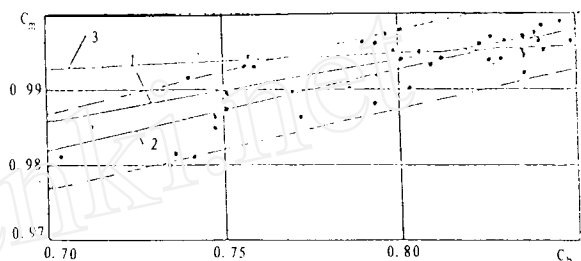
$$C_w=0.8C_b+0.246 \quad (17)$$

$$C_w=0.85C_b+0.205 \quad (18)$$



1—按 (10a) 式； 2—按 (10b) 式；3—按 (10c) 式；
4—按 (11a-b) 式；5—按 (11c) 式； 6—按
(12) 式；7—按 (13) 式

图 1 方形系数 C_b 与傅氏数 F_n 的关系



1—按 (14) 式；2—按 (15) 式；3—按 (16) 式

图 2 C_m 与 C_b 关系曲线

$$C_w=C_b+0.07 \quad (19)$$

$$C_w=C_b+0.08 \quad (20)$$

$$C_w=0.625C_b+0.375 \quad (21)$$

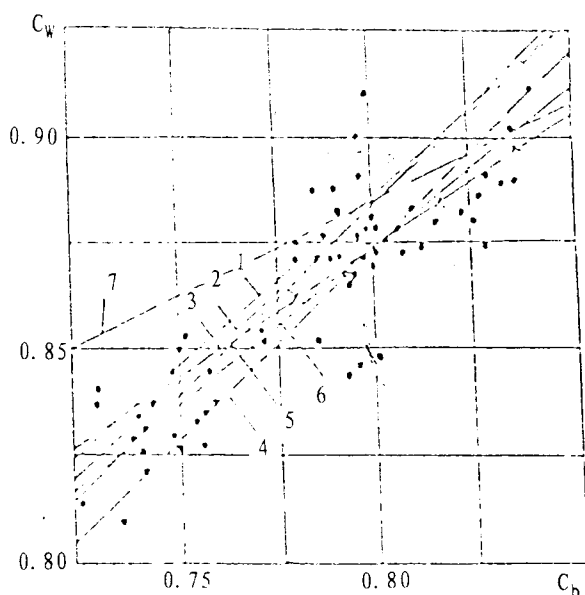
$$C_w=0.75C_b+0.275 \quad (22)$$

$$C_w=0.472C_b+0.5078 \quad (23)$$

选取 C_w 之依据之一是根据流体力学的概念，另一方面考虑稳性的需要。若稳性不富裕时，则适当取统计公式中大值。 C_w 与 C_b 的关系曲线见图 3。

3.4.4 浮心纵向位置 l_{cb}

油船装载液货，特别对舱容富裕的船在装载重质油时，不希望出现船倾现象，故要求不太增加阻力条件下，浮心的位置尽可能前移。日本发表的肥大型船浮心最佳纵向位置与 F_n 、 C_b 及 L/B 的关系曲线见图 4。^[14]



1—按(17)式； 2—按(18)式； 3—按(19)式
4—按(20)式； 5—按(21)式； 6—按(22)式；
7—按(23)式

图3 C_w 与 C_b 关系曲线

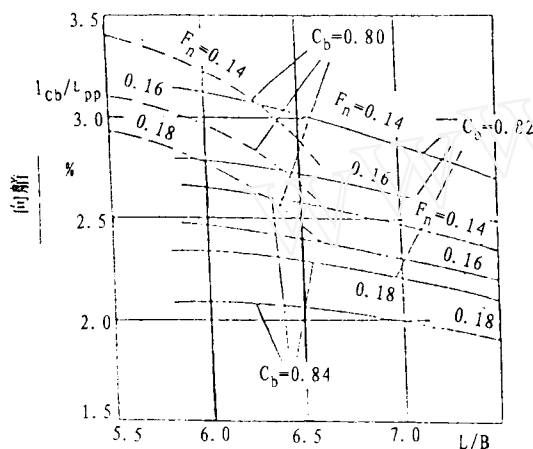


图4 l_{cb} 与 L/B 和 C_b 关系曲线

图中所示,当 C_b 增大,其最佳浮心位置相对后移,在实际设计中可采用加大球首的体积或球首在 F_n 站处的横剖面积及尽可能减小前肩予以解决。对 F_n 数较高的船,浮心偏离最佳位置向前时,阻力总会有所增加,但往往是无法避免的。图4可供在确定浮心位置时参考。

3.4.5 船尾肥大度系数

对 $C_b > 0.28$ 以上肥大船型,在艉部常易产生边界层剥离现象,此种剥离的流场使螺旋桨产生吸空现象,艉部不稳定流增加。这不但恶化推进性能而且

会产生激振,并导致操纵性差,航向不稳定和使舵性能降低,故在初步设计时,除考虑艉部去流段长度外,还应考虑船艉的肥大度。日本大阪大学教授笹岛秀雄提出船艉肥大度表达式:

$$\gamma = \frac{B/L}{1.3(1-C_b)+3.1l_{cb}} \quad (24)$$

式中 γ ——船尾肥大度

B ——船宽

L_{pp} ——垂线间长

l_{cb} ——浮心纵向位置(以 $0/0L_{pp}$ 计,舭前为正)

γ 值是不应大于 0.6,在 γ 为 0.6 附近的实船曾产生剧烈振动。故在初步设计定主尺度、系数时根据船尾的肥大系数,可以调整 C_b 、 l_{cb} 及 B/L 值,避免在设计开始时就产生先天不足的问题。

3.5 货油舱容积

油船为容积型船,货油舱的容积是主要技术指标之一。

3.5.1 货油舱所需的容积

对某些要求装载多品种油的船,应以装载概率最大的油种为准较为合理,但应在合同上定下决定货油舱容积的设计比重。

货油舱所需容积可用以下式计算

$$V_c = W_c / \gamma_c \times 0.98 \quad (25)$$

式中 W_c ——载油量 (t)

γ_c ——货油比重 (t/m^3)

0.98——膨胀系数

另应设污油水舱,其最小容积为 1.5~2% 的货油舱容积。对无原油洗舱的小型油船,其最小容积是 3% 的货油舱容积。

3.5.2 舱容的计算法

货油舱的容积可根据内壳的尺度准确计算所得,在方案设计阶段可采用下列估算式计算。^[8]

$$V_c = K_1 K_2 K_3 L_{pp} B D C_b \quad (26)$$

$$\text{式中 } K_1 = 3.84 \times 10^{-3} D_w + 0.728 \quad (26a)$$

$$(3 \text{ 万 DWT} \leq D_w \leq 12 \text{ 万 DWT})$$

$$K_1 = 0.784 + 3.686 D_w^{-3.5} \quad (26b)$$

$$(12 \text{ 万 DWT} < D_w < 22 \text{ 万 DWT})$$

K_2 ——型深以下的舭剖面积系数与方型系数的比值,或按下式

$$K_2 = 2.358 - 1.397 C_b \quad (26c)$$

K_3 ——考虑舷弧、艏、艉尖舱、压载舱的舱容等影响,在[8]中建议为 1.03~1.05,最好按母型船换算所得。

斯特劳勃——管道连接的伙伴

由瑞士斯特劳勃工业股份公司推出的新型斯特劳勃管道接头系列不同于传统的法兰连接,它具有通用性强、经济、可靠、耐久及结构紧凑、重量轻、便于安装等特点,在国外已被广泛用于核潜艇、航空母舰等众多军用舰船上,在民用领域其应用更为广泛。在船舶、海洋平台、航空、航天、石油化工等领域的管道连接中,斯特劳勃系列已被认可。

斯特劳勃系列接头既可用于相同金属的管道连接,也可用于不同材质管道的连接,对其被连接管子的管壁厚薄及连接面等均无过高要求。用这一产品连接的管道不易产生漏油、漏水、漏气等现象,具有安全可靠、使用方便的优点。由于该产品具有上述优点,曾获 ISO 9001 质量体系认证,并获世界上几大著名船级社认可。

瑞士斯特劳勃工业股份公司也积极投入中国市场,并在苏州新加坡工业园成立了苏州工业园区斯特劳勃管接头有限公司,从技术上、管理上把最新技术及产品投入市场。例如海军后勤学院最先选用了斯特劳勃接头,为油料工程、海军新型舰船提供了斯特劳勃接头。在民用方面,斯特劳勃接头已可代替铜套钢法兰,在 504 TEU、1 400 TEU 集装箱船以及化学工程、油运等部门已开始应用该类产品。

斯特劳勃——富有革新精神的管道接头今天是这样,明天更是这样。

苏州工业园区斯特劳勃管接头有限公司

在货油舱的总长度决定后可按下式估算

$$V_c = K_1 K_2 l_c BD \quad (27)$$

式中 l_c ——货油舱总长 (m)

K_1 ——0.94~0.99

若有母型船可根据下式换算所得

$$K_1 = (V_c + V_b) / l_c BD \quad (27a)$$

式中 V_b ——在货油舱区间长度范围内的专用压载舱容积 (m^3)

K_2 ——0.68~0.79

若有母型船可依据下式换算所得

$$K_2 = V_c / (V_c + V_b) \quad (27b)$$

在采用母型船求 K_1 、 K_2 值时应注意下列情况的修正:

(1) 双壳体边舱的宽度 b 与双底高 h ,是按

MARPOL 要求选定,故应注意 b/B 与 h/D 的比值,母型船与所设主船两者比值相同,则准确度高,否则应予以修正。

(2) l_c/L_{pp} 值,若相差较大则也应修正。

(3) C_b 值,若有差值也应修正。

(4) 双壳体的结构型式,若有差别也应修正。

其相对应的专用压载舱容积(不包括艏、艉尖舱)可按下式计算所得。

$$V_b = K_1 (1 - K_2) l_c BD \quad (28)$$

若所设计船与母型船的 b/B 、 h/D 、 l_c/L_{pp} 比值较接近,双壳体的布置型式相同,则按(27)、(28)式估算能得到较高的精确度。

(待续)