

沪东造船厂科学技术协会

第七届年会论文选辑

一九九三年十月

046 367923
7
第七届年会论文选辑

目 录

- 1、47500吨散货船D、C型总段建造技术……………汤瑞良 张德运 冯运檀 (1)
- 2、大型集装箱船最小CM值的分析……………龚文煌 (7)
- 3、南浦大桥主桥钢结构埋弧自动焊工艺研究……………董玉萍 郑永庆 (18)
- 4、□□型舰的计算机辅助设计……………胡安康 (28)
- 5、IBM大中型计算机与微机通信应用程序接口……………庄 敏 (33)
- 6、模块技术及其在七万吨级油船建造中的应用……………章炜梁 张德运 冯运檀 (39)
- 7、船舶工程经营决策管理……………俞幼山 (44)
- 8、企业建立“工业待销产值”指标的探讨……………唐汇泽 (57)
- 9、船厂造机开展目标成本管理工作的研究……………俞国强 黄锦庭 (60)
- 10、运用现代管理“控制技术”控制造机产品目标成本……………王春华 (65)
- 11、运用“量、本、利分析法”预测1992年度企业经济效益……………叶炳荣 (69)
- 12、备件管理发展的三个阶段及90年代备件工作展望……………郑学富 (73)
- 13、加强现场安全管理的做法与作用……………凌 泉 (78)
- 14、技能培训规范化工作的实践与思考……………胡建忠 何亚莉 (81)
- 15、大力开展岗位培训是缩短造船周期的基础……………薛雅琴 (84)
- 16、成功抢救大咯血一窒息一心跳聚停一例……………陈美娣 (91)
- 17、胆囊癌三例体会及讨论……………胡桂秋 (93)
- 18、对92年部分科技工作者问卷调查的分析报告……………黄龙宝 (95)

47500吨散货船的D.C型总段建造技术

汤瑞良 张德运 冯运檀

提 要

沪东造船厂在建造47500t级散货船中采用了多项新技术,创造了船台和码头周期各为三个月的新记录。本文据此介绍缩短船台周期的D.C型总段建造技术,其中包括总段设计、精度控制、总装方法及效益等,可供同行借鉴。

(一) 前 言

沪东造船厂为青岛远洋公司建造的47500t大型散货船“泰华海”号和“泰顺海”号分别于1991年4月15日和1991年7月28日下水,创造了50000t级同类船舶产品的最短船台建造周期的新记录。

该船共设五个散货舱,机舱位于尾部,上层建筑共有6层,机舱首尾部为横构架式,货舱区为纵横混合构架式,主机为B&W 6 L60MCF(D),主要船型参数如下:

船种	巴拿马型散货船
总长	189.94m
垂线间长	180.00m

型宽	32.2m
型深	16.6m
设计吃水	10.7m
结构吃水	11.7m
载重量	47500t
航速	15.25kn

47500t散货船属于大型万吨级船舶,如何缩短这类船舶的建造总周期是目前中国造船界普遍关心的问题,也是造船技术研究的重大课题。沪东造船厂在接受该船订单后,详细地分析了以往万吨级散货船的建造方法和效果,在吸收现代先进造船技术的基础上,为该船的建造周期提出了新的目标,船台周期定为90天。经过良好的生产技术准备,生产设计和现场作业管理工作的改善,已经达到了预定的目标。

本文介绍在47500t散货船建造中,为了有效地缩短船台周期而采取的D.C型总段建造技术(见图1)。

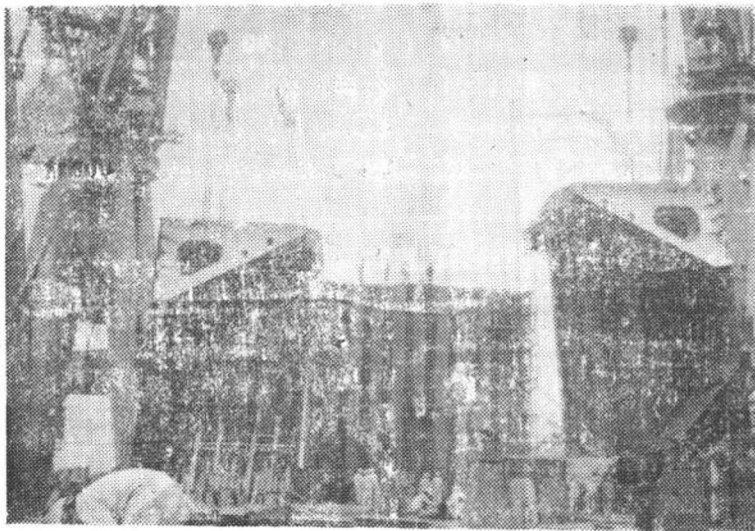


图1 D.C型总段船台总船图

(二) 船体建造总工艺的确立

散货船货舱区结构约占全船壳体工程量的60%，因此，研究该区域的建造方法，对于缩短船台周期具有重要的意义。70年代沪东厂建造10余艘25000t级散货船，货舱区船台总装采用底边水舱、舷侧结构和顶边水舱分离后进行船台总装，虽然建造上达到了质量要求，但是建造效益是不理想的。随着改革开放政策的实施，80年代沪东厂又建造了8艘30000~40000t级货船，货舱区的建造方法，在吸收了日本大阪船厂先进技术后，顶边水舱和舷侧结构组成了总段，进行船台总装，取得了明显的建造效益，已经为造船界普遍接受。但是船台建造周期和国际上先进的造船企业相比，还有一定的差距。47500t散货船的建造是沪东船厂90年代的产品，期望在掌握了2700箱TEU船建造技术的基础上对于散货船的建造技术创新继续有所突破。为此，在47500t散货船船体建造总工艺的制订过程中，确定了货舱区的主体结构采用D.C型总段建造技术，探索为缩短5万吨级散货船船壳制造周期的最佳途径。

D.C型总段的基本方法是除主甲板以外，将二舷顶边水舱、舷侧、横隔壁和底边水舱组成总段，带1/3横隔壁的总段，构成“D”字型(见图2)。不带横隔壁的总段，构

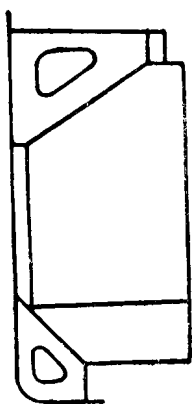


图2 D型总段

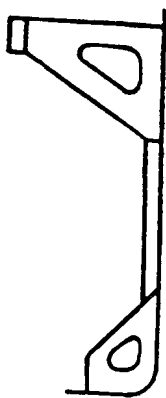


图3 C型总段

成“C”字型(见图3)，然后上船台总装。其分布范围是在尾部机舱区前壁到首部货舱平行中体和线型过渡区。通过D.C型总段建造法的采用，可以明显地降低船台作业量，充分压缩船台吊装周期。

(三) D.C型总段的划分方法

散货船货舱区的结构基本特点是上甲板左右两侧是顶边水舱，货舱前后是间断型甲板，通常取横骨架式，甲板中部有起货机支柱加强结构，因此分段的接缝应该设在甲板横梁和舱口纵桁肘板的连接结构处。

顶边水舱和舷侧结构分段接缝一般设在上下连接肘板区，肘板和肋骨取搭接型式。底边水舱和双层底的划分方法，大致上有三种：其一，双层底分段带一档半纵骨结构至底边水舱上，使D.C型总段在船台上取对接焊型式，在船台单面焊接工艺广泛应用的船厂，此法十分合理，作业效率高(见图4(a))；其二，底边水舱斜底板和双层底内底板相交处取折角板型式，总段接缝建议设在双层底边纵桁板的向舫一侧，船台接缝取对接型式而边纵桁板则带在底边水舱上，该型式宜在双层底取框架法组装，精度管理技术偏差得到控制的基础上加以应用(见图4(b))；其三，底边水舱斜底板和双层底内板相交处取角接型式，双层底边纵桁结构带在双层底分段内，总段与双层底内底板的大接缝除船底板外，均取角接结构装焊，施工方便，质量易于保证。47500t散装货船的D.C型总段大接缝就属于此类型的划分(见图4(c))。

散货船货舱区的横隔壁目前普遍采用的是上、下或上面一侧带有座墩的槽型舱壁，在D.C型总段制造中，槽型隔壁分段划分的合理性十分重要，它不仅关系到总段的结构刚度和辅助性加强工程量的增减，同时对船台总装时定位的稳定性，也有直接的影响。最合理的划分方法，应该将槽型舱壁在舱口围板的垂直线附近设置船台大接缝，将槽型

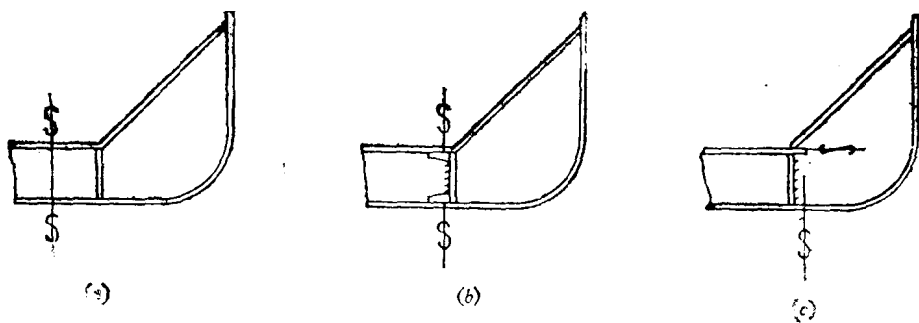


图4 底边水舱分段接缝布置

隔壁左右二侧的小分段带入二舷总段，从而名符其实地构成D型总段，而在船长方向不带槽型舱壁的总段组成C型总段。

船长方向总段取何种长度，这应根据工厂的起重能力而定。国产板长度宜取12m，47500t散货船系进口钢材，故总段长度取

14m。

D.C型总段的船长方向的分布应该从机舱向前至货舱区首部平行中体向船首线型过渡处，在防撞舱壁后，线型陡变处不宜设置。47500t散货船D.C型总段共设置7对14组，见表1，总段的布置见图5。

表1 总段主要参数表

总段号	组成分段	重量 (t)	总段重量 (t)	总段主要尺寸 (长×宽×高) (m)
CZ01	CW03PS CG12PS	42.4 115.8	158.2	13.1×16.6×8.6
CZ02	CW04PS CG13PS	45.24 92.07	137.31	14.47×16.6×8.6
CZ03	CW05PS CG14PS	47.59 121.2	168.79	14.27×16.6×8.6
HZ01	HW01PS HG11PS	47.07 92.48	139.55	14.32×16.6×8.6
HZ02	HW02PS HG12PS	45.01 115.1	160.11	13.52×16.6×8.6
HZ03	HW03PS HG13PS	44.39 82.73	127.12	13.77×16.6×8.6
HZ04	HW04PS HG14PS	49.79 116.83	166.62	13.8×16.6×8.6

(四)D.C型总段的组装和船台总装

D.C型总段建造法有显著的建造效益，但是其制造难度较大，主要是制造精度问题，在三维空间须进行18点定位偏差的控制。

如果重要节点失控，会造成船台总装难度的增加，造成质量问题而增加工时消耗。D.C型总段建造技术的关键有以下几个方面：

(1) 分段和总段统一确定安装、检测基准线和偏差检测点。47500t船D.C型总段在船首、船中、船尾各设置三组环形基准线，从拼板划线、分段组装到总段合拢，作为统一的测量依据。横剖面上结构交汇点9处，作为全过程精度控制点，用实尺测量和激光经纬仪测定。

(2) 总段的制造程序，底边水舱采用不带双层底边纵桁的分段，以斜内底板为基面，单独制造。斜内底板的分段边缘不放余量，仅加补偿值。顶边水舱分段为不带外板独立分段，以斜内底板为基面进行框架法组装，继而在甲板上翻身合拢。由此将上下底边水舱和隔壁分段平坦的舷侧分段上按统一的基准线进行总组装。为了减少总段涂装作业包括脚手架的搭拆工程量，顶边水舱的涂装工作应该在分段阶段完成。

D型总段总组型式见图6，C型总段总组型式见图7。

(3) 总段制作精度应该从部件精度控制开始，上下边水舱框架部件的精度控制是基础，通常是采用铁刨台线型拼装，而47500t散货船是采用了框架零件数控勘划基准线组装，从而提高部件成型精度。

分段制造精度主要是在构架焊接前检

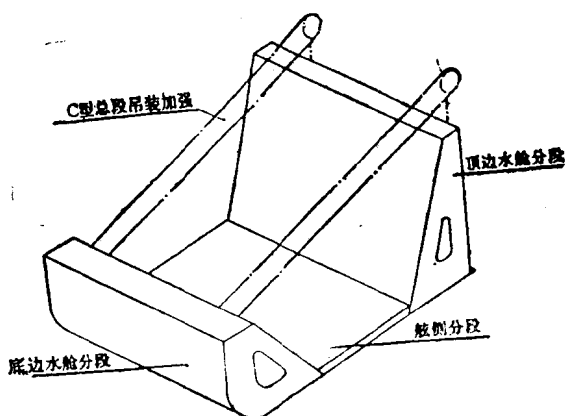


图7 C型总段总组

测，顶边水舱甲板和底边水舱斜仿板的分段制造，应该重点控制其平整度。由于槽型横隔壁是带有上下座墩的结构，因此在总段组合时，上端边缘的修正应重点关注水平基准线和舷侧分段基准线的偏差值，保证船台总装时三维安装作业面的对合精度。

D型总段由于中部有槽型横舱壁的支持，船台吊装有足够的刚度，但是C型总段刚性差，必须采取总段加强，才能保证吊装定位的型值精度。

47500t船建造了两艘，共制造28组D.C型总段，其制造偏差值完全处于精度管理中的可控状态。典型偏差值见表2。

D.C型总段船台吊装时如何保证总段的定位精度，提高定位的可靠性和方便性，是工艺设计的中心课题。D型总段由于中部有槽型横壁作为加强刚性好，而C型总段翻身吊装时，会产生弹性和塑性变形，因此总段

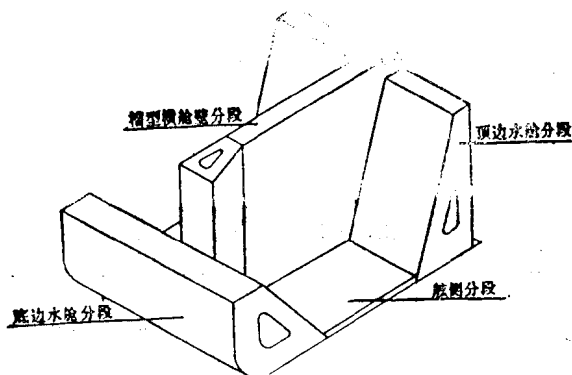
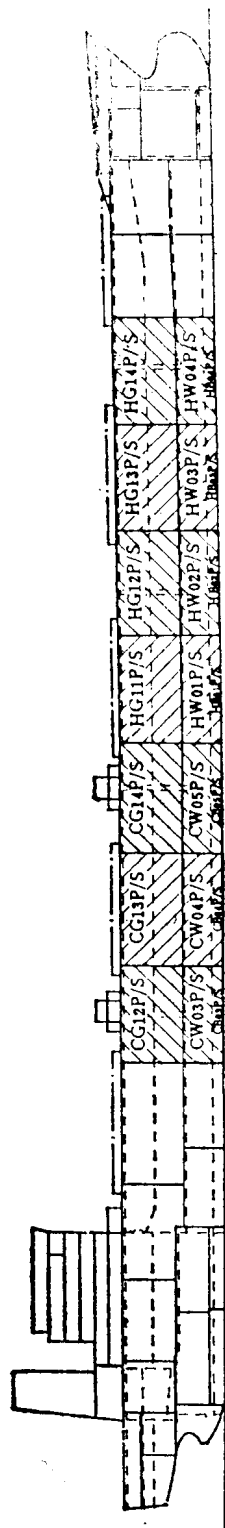


图6 D型总段总组

表2 偏差值

总段号	平均差值 (mm)	总段号	差平均值 (mm)
CZ01	5	CZ02P	5.0
CZ01S	4.8	CZ02S	6.04



□ D.C型总段区

四

上甲板

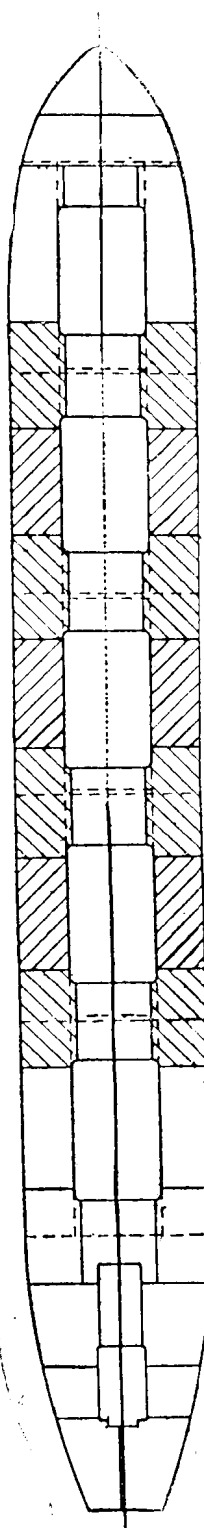


图5 D.C型总段布置图

加强是必需的,以总段首尾部方向设两根钢管加强为宜,两端和肘板分别固定于底边水舱斜底板和主甲板上,易于拆卸。在舷侧肋骨刚度较大时,选用单根大直径加强材固定于中部,更可以有效地减少加强材船台拆装工程量。

由于总段总组后重量基本上已达两台吊车联吊的额定负荷,总段翻身必须三台吊车联合作业,船台总段吊装只能每次吊一舷的一组总段。考虑到最大限度地发挥总段船台安装的技术优越性和建造效益,47500t散货船D.C型总段采用左右舷船台平行吊装作业。首先是右舷总段用三台100t高吊空中翻身后,再由两台吊车直接将总段吊上船台。同时左舷就由两台吊车采用落地翻身的方法,直接吊上船台。由于左右舷总段采用平行作业吊装方法,船台作业效率明显提高,D.C型总段的船台总装周期相应压缩50%,D.C型总段船台总装的最终最佳效益得到充分的体现。

(五)D.C型总段的建造优越性

散货船D.C型总段建造新工艺,通过两艘47500t船的建造实践,充分显示出具有很强的生命力,已经为工厂各部门、领导、技术人员和作业人员所接受。其优越性主要体现在以下诸方面:

降低船台吊装工程量。首先体现在船台吊装分段数量的减少。与沪东厂传统的方法相比,该区域船台总装从77吊转变为49吊,减少船台吊装工程量37%,从而导致船台建造周期的相应缩短(见图8)。

47500t船的船台周期和以往同类型船相比,从100多天,缩短至“泰顺海”号为86天,创造了工厂同类船舶的最短周期。其中采用D.C型总段制造技术就是一项重要的因素。

D.C型总段总组后,可以降低船台作业工时的消耗量,提高施工质量。由于舷侧和

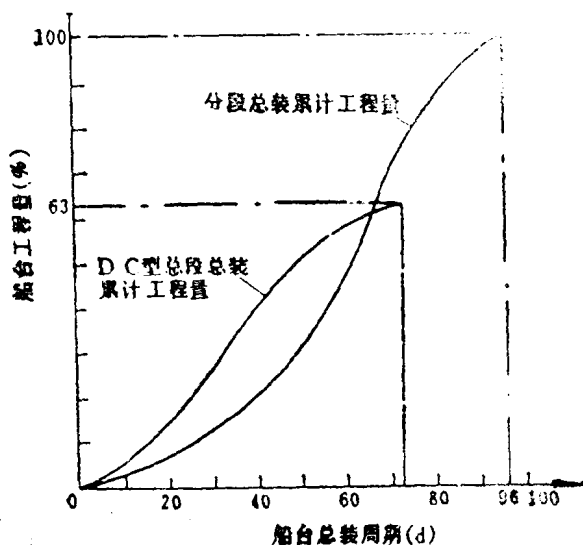


图8 货舱区船台总装累计工程量对比

底边舱的船台对接缝由高空安装变为平俯位安装,高空横焊缝变为平对接焊缝,以两艘船总计该焊缝为392m。节点处近2m高的舷部连接肘板共490块,由船台散装变为总段平位安装,焊接由立角焊变为平角焊。同时由于底部水舱顶角处不会因船台装焊肘板而烧损焦油环氧漆,导致进行船台第二次打磨涂装。可见D.C型总段建造在降低工耗、降低成本上的效果是非常明显的。

由于总组在平台上进行,装配、焊接质量也显著提高,综合效果处于最佳状态。

从吊装作业时间计算,以往吊一组顶边水舱舷侧总段上船台,高吊配合时间为12h,而现在吊装D型总段,起吊、安装、余量切割、定位、高吊松钩、仅2h,受到广大船台安装作业人员的欢迎。

采用了D.C型总段的吊装方法,使顶边舱和舷侧分段接缝的工作面从12m和5m高降低到双层底平面和船底高度位置,作业方便,提高了操作者的安全性,同时又减少了脚手架搭拆工作量。

底边水舱、顶边水舱、横隔壁和舷侧组合成一体后,整个舷侧结构的管系、防护

(下转第27页)

大型集装箱船最小GM值的分析

龚文煌

内 容 提 要

巴拿马型大型集装箱船,总须用压载水来维持其稳性,其装载特点是在满足稳性规范最低要求下,用最少的压载水,力求有最多的载货量,过大的稳性裕度,有损于它的经济性。本文结合《大型集装箱船船型设计研究》开发课题,从完整稳性,破仓稳性来分析满足稳性的最小GM值,以提高设计技术指标,并分析了满足破仓稳性的若干不利因素和设计上应采取的措施。

一、问 题 的 提 出

众所周知,巴拿马型大型集装箱船在装载上与其它货船(包括散装货船,油船)不同,不论出港或到港,都须用压载水来维持

其稳性,它是在满足稳性规范最低要求下,力求用最少的压载水数量来获得最多的载货量,即使在满载出港配载情况下,也有数以千吨计的压载水。这是其它货船所没有的。倘若初稳性指标太高,势必增加压载水的数量而减少货物重量,损害船的经济性,而其它货船,满载出港时一般是不加压载水的,初稳性指标虽比稳性规范的要求大得多,也不会损害其经济性;当然,也不能强调经济性而忽略了船的安全性,那么,究竟多大的最小初稳性(GM)值才是适宜的呢?

我们不妨先看一下国际上主要造船法规对集装箱船最小GM值的要求[1]请见表1由表1列举的GM值可以看出:个别船东的

表1集装箱船规定的最小GM值(m)

验船机构	中国ZC	德国SBG	苏联USSR	美国USCG	IMO,英法日 波兰,瑞典	个别船东
最小GM值	0.3	$L \leq 100, GM \geq 0.3$ $L \geq 120, GM \geq 0.4$	0.2	$L < 100$ $GM \geq 0.15$	0.15	0.6

要求,远远大于各国稳性规范的要求,这对设计指标和船的经济性有很大的影响,应该对最小GM值进行分析,看其是否有必要,这就是问题的由来。

二、从完整稳性的要求 来确定最小GM值

2.1 由横向定常风持续作用下,船的静倾角 θ 的要求来确定最小GM值。

集装箱船是大面积侧向受风的船,在横向定常风持续作用下,其横倾角 θ 的大小,与GM值有密切关系,也与船的安全性紧紧

连系在一起,不少验船机构对此都有明确的规定,兹分述如下:

2.1.1 中国ZC [4]: 集装箱船在横风作用下,从静稳性曲线(GZ)图上求得的静倾角 θ 应不大于上层连续甲板入水角之半,且不超过 12° 风压取阵风值之半。

由上述要求可列出下面等式:

$$(MS)_{12} + GM \sin 12^\circ = lf$$

式中: lf = 风压力臂(m), $(MS)_{12}$ = 横倾角 12° , $GM = 0$ 时的扶正力臂,某船不同吃水下所需的GM值计算见表2

表2

吃水 d (m)	$\Delta(t)$	$Z(m)$	$P(kg/m^2)$	$A(m^2)$	$Mf=0.001PAZ$	$lf=Mf/\Delta$	$(MS)_{12}$	$lf-(MS)_{12}$ $GM-\frac{S \ln 12}{S \ln 12}$
7	32613.7	12.512	69	5262.3	4543.1	0.1393	0.0025	0.658
9	43765.1	11.62	69	4800.3	3848.8	0.0879	0.048	0.192
10	49620.1	11.18	69	4567.3	3523.3	0.0710	0.032	0.1876
11	55764	10.76	69	4334.3	3217.9	0.0577	0.022	0.1717
12	62237.1	10.358	69	4102.1	2931.8	0.0471	0.016	0.1496

表2中: Z = 风压中心距水面的距离(m),

P = 风压 kg/m^2 。 A = 侧向受风面积

把上述计算结果绘在图1中。

2.1.2 德国SBG [2]: 横倾角 θ 不大于 18° 或 90% 上甲板入水角, 取小值, 风压力矩按下式计算。

$$Mf = 0.1A(Z + d/2)$$

即风压值取 $100kg/M^2 = 0.1t/M^2$, 倾侧力臂取 $Z + d/2$, 最小GM值的计算方法与表1相似, 计算结果示于图1中

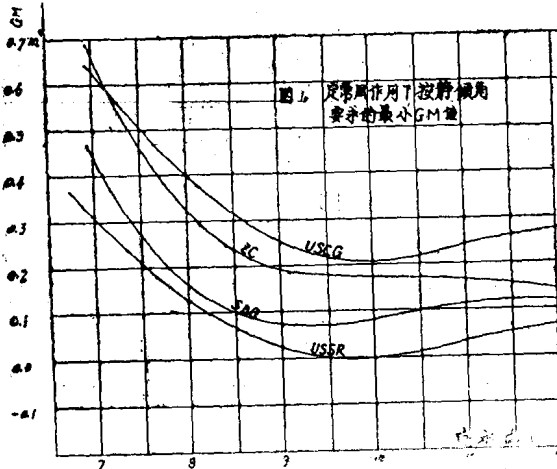


图1

2.1.3 苏联USSR: [1] 横倾角 θ 不大于 15° , 或上甲板入水角之半, 取小值, 计算风压倾侧力矩 Mf 与 ZC 公式同。 $Mf = 0.001PAZ$ 。

当 $Z \geq 7.0m$ 时, $P = 74.4kg/M^2$, θ 取

值为: $d < 10m$, $\theta = 15^\circ$; $d = 10m$, $\theta = 13.85^\circ$; $d = 11m$ 时, $\theta = 12.5^\circ$; $d = 12m$ 时, $\theta = 11.3^\circ$;

计算方法同表2, 计算结果示图1中。

2.1.4 美国USCG [1]: 横倾角不大于 14° , 或上甲板入水角之半, 取小值, 风压倾侧力矩按下式计算:

$$lf = P \cdot A \cdot H / \Delta$$

$$P = 0.055 + (L/1309)^2 = 0.0848t/m^2$$

H = 风压中心到水下侧面积中心的距离(m)

计算方法与表1相似, 计算结果示于图1中。

由图1可以看出: 除空船加压载(吃水约7m)和全部装空箱(吃水约8m)外, 在装载集装箱航行吃水都在10m以上时, GM最小值不超过0.3m, 而吃水在7~8m工况, 对船的经济性没有什么影响, 且此种工况, 实际 $GM > 2.0m$, 不会对安全构成威胁。

2.2 由横向阵风突袭, 并计及横摇角影响, 用动稳性要求来确定最小的 GM 值

2.2.1 中国ZC: 假定船处于正浮状态, 由于横浪的作用而横倾到 θ_1 角(即横摇角), 船将要向相反方向横摇时, 突然遭到阵风袭击, 而使船横摇到某一角度 θ 而达到动稳性平衡, 此 θ 必须小于开口进水角 θ_j , 或 lf 与 GZ 曲线第二交点角 θ_2 (见图2), 取较小者。

假定风压力臂 lf 不随横倾 θ 的改变而变

习惯上是用作图法从动稳性曲线图中求得复原力臂 l_q (见图3, $d=12\text{m}$ 求解GM值示例)。由 $\bar{x}=l_q$ 求出GM值, 例如图3中, 用插值法求得 $d=12\text{m}$ 时, 满足动稳要求的最小GM值为 0.168m , 各不同吃水下的最小GM值计算结果绘在图4中。

2.2.3 IMO A.562 [1]

[illegible]

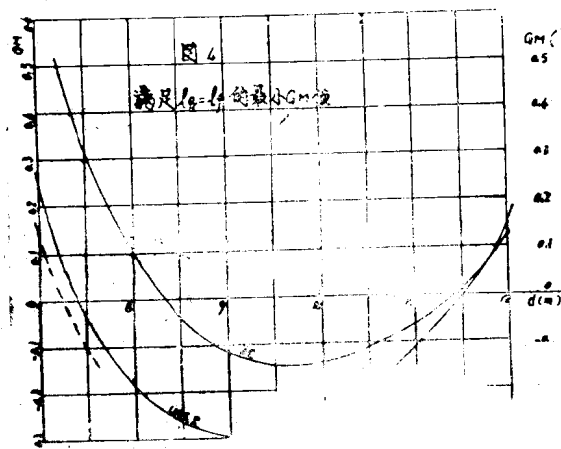
稳性规范的要求是相同的，它是假定船在定常风作用下，于 θ_0° 角处处于平衡状态，（见图5），当船遇到横浪而横摇到 θ_1 角，正

在船将要向相反的方向横摇时,突然遭到强度为1.5倍定常风的阵风袭击而横摇到某一角度 θ ,此 θ 必须小于开口进水角或If2与GZ曲线第二交点角 θ_2 ,取小值,要求静稳性曲线图中的面积b大于面积a。

显然, IMO A.562的要求比ZC或USSR要求为低, 因为它是以静倾角 θ 为平衡点而横摇, 而ZC和USSR是以正浮时 ($\theta=0$) 为平衡点而横摇。

IMO A.562动稳性的计算比较麻烦,没有全部吃水都算出来,图4中只绘出部份吃水所需的最小GM值。

看来: 不论 ZC, USSR 或 IMO A.562, 对动稳性的要求都容易满足, 这是因为大型



4

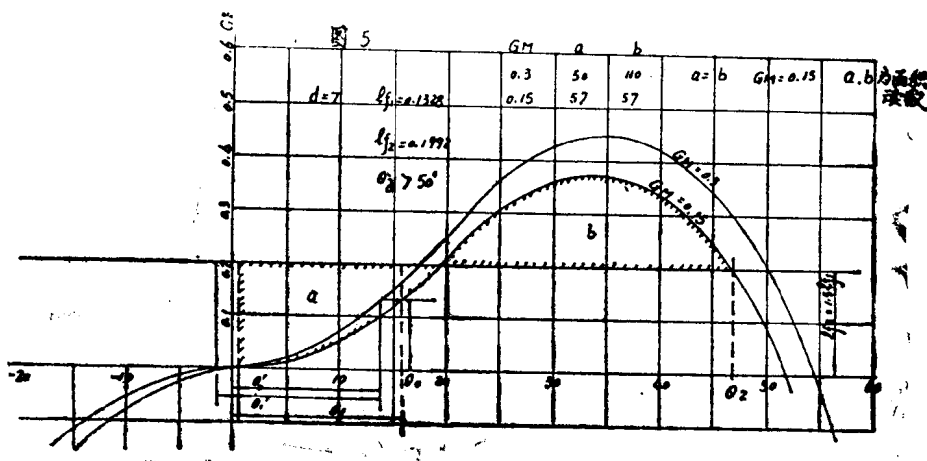


图 5

集装箱船GZ值在20°~50°范围内都很大,足以抵抗风压倾覆力臂,在经常航行吃水10~12m工况下,最小GM值不超过0.15m。
2.3 按稳性曲线的特殊要求来确定最小GM值

各主要验船机构和IMO A.167对静稳性曲线都提出若干特殊要求,例如ZC要求GZ最大值不小于0.2m,其对应的横倾角 θ 不小于30°,稳性曲线消失角不小于55°,IMO A.167还对静稳性曲线下的面积自0°到30°的A30,自0°到40°的A40和40°到30°之间的A43都有一定值的要求,对大型集装箱船来说,较难满足的是结构吃水附近消失角的要求,其余各项要求都易满足,此处仅对消失角要求作了分析。

2.3.1 ZC要求稳性曲线(GZ)消失角 $\theta_v \geq 55^\circ$

由: $GM \sin 55^\circ + (MS)_{55} = 0$

得: $GM = -(MS)_{55} / \sin 55^\circ$

式中: $(MS)_{55}$ 为GM=0, $\theta = 55^\circ$ 时的扶

表3

吃水	10.5	11.0	11.5	12.0
(MS) ₅₅	0.154	0.02	-0.138	-0.303
GM	-0.188	-0.0244	0.1685	0.37

正力臂值,计算见表3,单位为m,

计算结果绘在图6中的ZC曲线。

2.3.2 德国SBG [2]: 要求消失角 $\theta_v \geq 60^\circ$, $lg30 \geq 0.4$, 如 $50 \leq \theta_v \leq 60$, 则 $lg30$ 必须不小于按下式求得 的值。此处 $lg30$ 为 $\theta = 30^\circ$ 时所要求的GZ值。

$$lg30 \geq 0.4 + (60 - \theta_v) \times 0.01$$

计算见表4, 表中 $lg30$ 为 $\theta = 30^\circ$ 实际可得到的GZ值, 其值按下式求得

$$lg30 = (MS)_{30} + GM \times 0.5$$

$$GM = -(MS)_{\theta_v} / \sin \theta_v$$

用作图法可求得当 $lg30 = lg30$ 时所需的最小GM值, 作图法见图7中的示例, 图7系 $C = 12m$ 的例子, 其余从略。

把表4计算结果绘在图6中的SBG曲线。

2.3.3 瑞典, 英法, 日本等国验船机构要求 $\theta_v \geq 60^\circ$

计算方法同ZC, 计算见表5, 计算结果绘在图6中。

2.3.4 苏联USSR

要求 $\theta_v \leq 60^\circ$, 当 $B/D > 2$ 时可以减小, 但不得小于 50° 本船 $B/D < 2$, 不作修正

2.3.5 各验船机构对消失角 θ_v 要求的比较分析

对消失角要求所需的最小GM值示于图6中, 由图6可以看出: 在结构吃水12m

表4

吃水	(MS)30	$\theta_v = 50^\circ, lq30 = 0.5$			$\theta_v = 55^\circ, lq =$			$\theta_v = 60^\circ, lq30 = 0.4$			$lq = 130$
d(m)	(m)	(MS) θ_v	GM	130	(MS) θ_v	GM	130	(MS) θ_v	GM	130	GM
10.5	0.508	0.45	-0.5874	0.2143	0.154	-0.188	0.356	-0.211	0.2436	0.6298	-0.15
11.0	0.465	0.327	-0.4269	0.2516	0.020	-0.0244	0.4528	-0.350	0.4041	0.6671	-0.08
11.5	0.403	0.178	-0.2324	0.2868	-0.138	0.1685	0.4873	-0.512	0.5912	0.6989	0.1
12.0	0.342	0.019	-0.0248	0.3325	-0.303	0.3699	0.5270	-0.677	0.7817	0.7329	0.235

表5 (单位m)

吃水	10	10.5	11.0	11.5	12
(MS) 60	-0.094	-0.211	-0.350	-0.512	-0.677
GM	0.1085	0.2436	0.4041	0.5912	0.7817

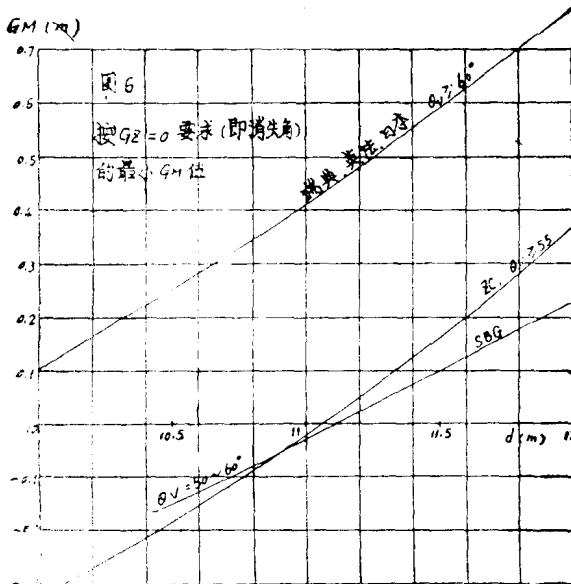


图 6

时, 对GM的要求是相当严峻的, 其中尤以

$\theta_v \geq 60^\circ$ 的要求最高, SBG的要求则较低。

但这不是说SBG要求不考虑船的安全, 我们认为它是根据船型的特点作了修正, 这个修正是合理的。

众所周知, $\theta_v \geq 60^\circ$ 是根据荷兰人 Rahola先生的建议提出的, [1] 他在30年代研究了波罗的海许多失事的小船, 特别是渔船之后提出建议: [1] [6] 稳性力臂 GZ最大值不应小于0.2m, 其对应的横倾角不小于30°, 稳性曲线消失角不小于60°。

现在造的大型船舶, 其船型特征完全不同于小渔船, 不应以Rahola的建议来衡量, 而应根据船型特征作修正, 实际上IMO也作了修正, 例如三用工作船, 船型特征是长首楼, 后部载货甲板干舷很低, 甲板边很早浸水, GZ曲线最大值所对应的横倾角无法满足大于30°的要求, 因此IMO另有修正决议, 专门适用于这种类型的船; GZ最大值所对应的横倾角不小于20°, 但GZ曲线下的面积须放大。

现在造的大型集装箱船的船型特征不同于渔船, 它的GZ曲线特征是: $\theta < 40^\circ$ 时, 有很大的GZ值, 远远大于IMO A167的要求, 但由于装载重心很高, 自 $\theta \geq 40^\circ$ 之后GZ曲线急剧下降, (参看图2) 特别是结构吃水时, 干舷减小, 尤为突出, 要满足消失角大于60°的要求是极其困难的。从动稳性角

度来分析, SBG对GZ曲线的修正要求是合理的, 这可从图8中得到证实。

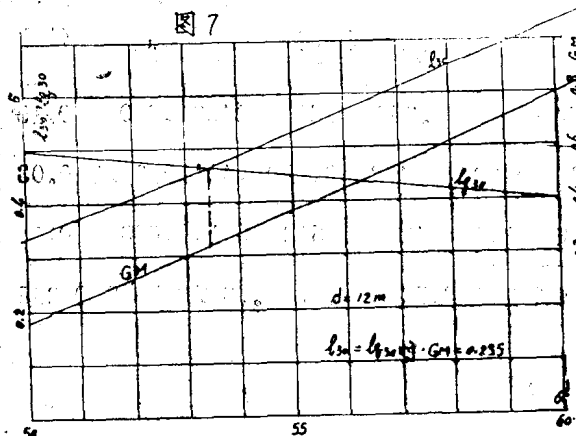


图7

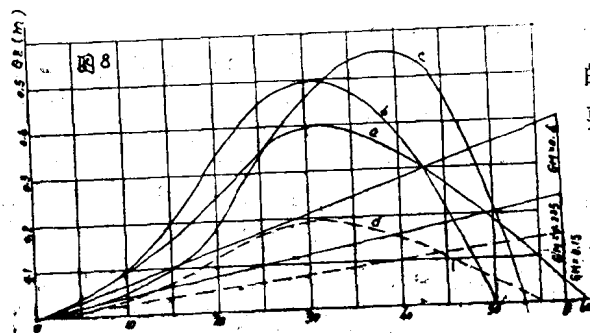


图8

在图8中, a.....SBG要求的标准的静稳性曲线, $\theta_v \geq 60^\circ$, $l_{30} = 0.4m$; b.....SBG修正过的等效稳性曲线, $\theta_v = 50^\circ$, $l_{30} = 0.5$;

c.....本船实际稳性曲线, $\theta_v = 53.4^\circ$, $l_{30} = 0.466m$ (由图7查得);

d.....ZC要求的静稳性曲线。

由图中可以看出: b曲线下面积, 不小于a曲线下面积, c曲线下面积远远大于a曲线和d曲线下面积, 尽管它的消失角 $\theta_v < 55^\circ$, 如果说, d曲线符合规范要求而认为是安全的, 那么我们有理由说, b和c曲线就更安全了, 因此认为SBG修正是合理的。

2.3.6 临界的GM曲线和船东的特殊要求

以上是按照完整稳性各点单独要求而作的分析, 现以各验船机构为单位, 综合各点要求而绘出临界GM曲线, 并把个别船东的特殊要求 $GM \geq 0.6m$ 也绘在图上, 见图9至图12。

由图中可以看到:

当压载航行浅吃水时, 以风压倾侧力臂要求的GM值较高, 在大部分航行状态中, 以特定要求的GM值较高, 在结构吃水附

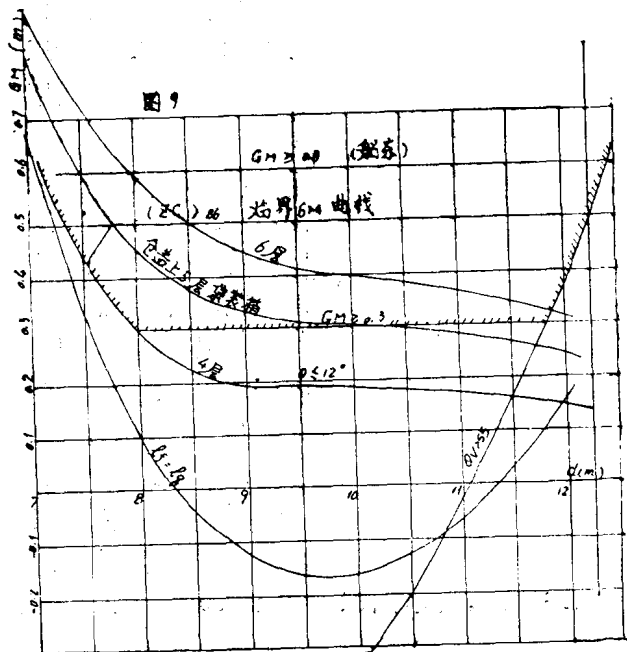


图9

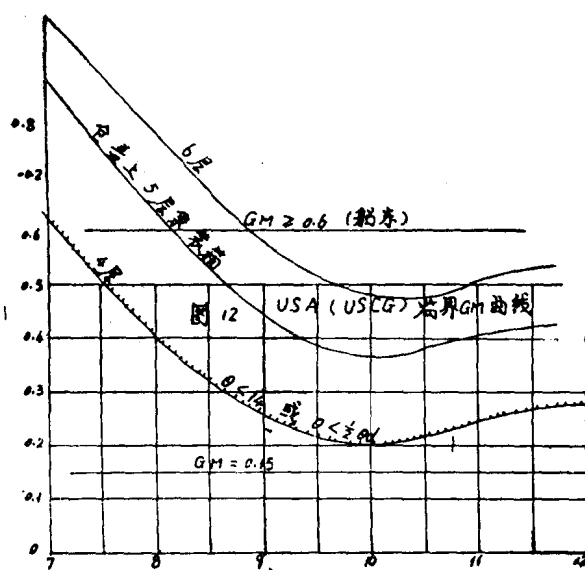


图 12

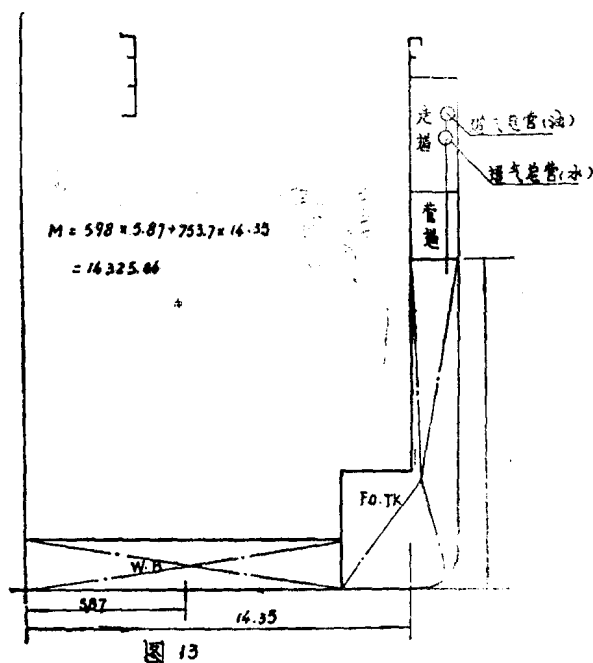


图 13

三、从破仓稳性要求来确定最小GM值

和其它船舶一样，不对称破仓稳性要求比完整稳性要求更为严峻，“货船的分舱和破仓稳性规则”现已生效，这会使集装箱船的油水仓布置较前有明显的改变，也给设计

上带来了许多棘手的问题，从船舶营运的经济来看，希望完整稳性所要求的最小GM值也能满足不对称破仓稳性的要求，至少不要相差太大。这就要求设计上要采取各种必要措施，方有希望达到这个目的。

3.1 大型集装箱船满足不对称破仓稳性要求有许多不利因素及其对策。

3.1.1 集装箱船在上甲板下走道内设有液体仓透气总管,(图13),一旦舷侧破损,总管断裂,海水会自总管流进其它未破的液仓内,这是规则上所不允许的。

解决的办法是把总管移到上甲板下最上方,与船体结构做在一起,把压载水舱(W.B)的透气管直接通至总管内最上方(图

14),这样,如果破损水线不淹没透气管口,则水不会流进其它液仓内,倘若在此透气管口处装有球阀而又能保持水密的话,则船的横侧角可大点,或把上甲板型深升高200mm,也有好处。

至于燃油仓(F.O)的透气管,可由仓顶管道横向穿过隔离隔仓之间,然后向上延伸在两块仓口盖之间伸到露天甲板(图14)

3.1.2 上甲板下两侧走道是纵向贯通的,一

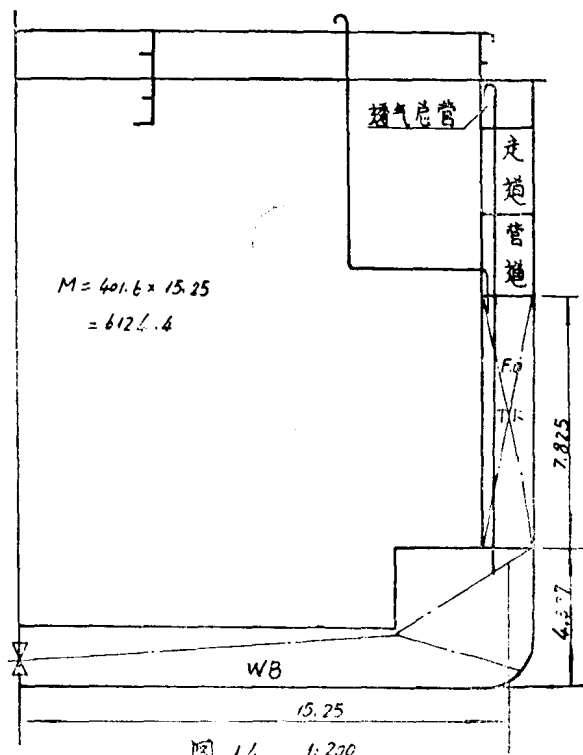


图 14

图 14

且舷侧破损,海水会流到全船走道内,导致横倾角有可能超过允许的角度。

解决的办法是在水密横隔壁处的走道上设置水密门,保持横隔壁的完整性,限制破损后海水流动范围。从防火角度来看,为防止火灾蔓延,也须有水密门或气密门把走道分隔。

3.1.3 有了边仓就有初始的不对称进水,将会导致更大的不对称横倾力矩,有可能使船的横倾角超过允许范围。解决的办法是油水

仓分隔时,尽可能使双层底内的压载水仓左右贯通,使其成为对称进水,航行中有自由液面存在的油仓,则分布在自由液面很小的边仓内。

试比较图13和图14,图13为双层底内压载水仓未充分考虑不对称进水影响的分隔。图14对此作了改进。改进后的初始不对称横倾力矩仅为原来42.75%,预计舷侧破损后的横倾角会大为减小。

3.1.4 集装箱船货仓长度较其它同等尺度货