

船 台
无 余 量 装 配

康汉元 编

人 民 交 通 出 版 社

U673.31

K23

132328

船台无余量装配

康汉元 编

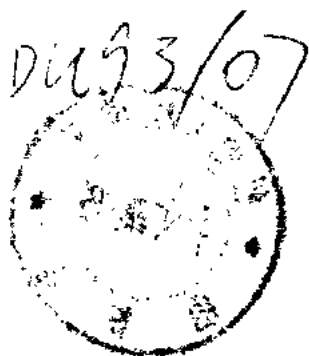


人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书重点介绍船体分段通过预修整达到船台无余量装配的工艺,以及激光经纬仪在倾斜船台上的特殊检测法——辅助标杆法的原理和方法,同时也简述了船台无余量装配的发展概况和意义及其对船舶设计工作的要求。

本书可供造船工人、技术人员及设计人员参考。



船台无余量装配

康汉元 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 毫米 印张: 3.875 插页: 1 字数: 84 千

1980 年 12 月 第 1 版

1980 年 12 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—1,750 册 定价: 0.43 元

目 录

第一章	概述	1
§1-1	船台无余量装配工艺的发展概况.....	1
§1-2	船台无余量装配的意义.....	8
第二章	船台无余量装配工艺对分段划分的特殊要求	
	求和分段余量布置船船装则.....	6
§2-1	分段划分的一般原则.....	6
§2-2	“一刀齐”工艺.....	7
§2-3	“水平企口”工艺.....	9
§2-4	分段余量布置的原则.....	10
第三章	分段无余量划线及船台无余量船装配检测	
	工具简介.....	14
§3-1	激光经纬仪.....	14
§3-2	段光准直仪及五棱镜装置.....	17
§3-3	YJS3 型段光水准仪.....	19
第四章	激光经纬仪在倾斜船台上的直装应用——	
	辅助标杆法.....	22
§4-1	引言.....	22
§4-2	辅助标杆法的原理.....	23
§4-3	辅助标杆法的应用.....	25
第五章	船台无余量装配与分段预修装	30
§5-1	船台及船台装配方式.....	30
§5-2	船台无余量装配的准备工作.....	32

§5-3	船台大合拢后的船体变形及船长缩短	37
§5-4	船台无余量装配的顺序	40
§5-5	船底分段的预修整及船台一次定位	41
§5-6	双层底“水平企口”线的划制	52
§5-7	横隔舱壁的预修整及船台激光定位	56
§5-8	甲板分段的预修整及船台激光定位	60
§5-9	榜板分段的预修整及船台激光定位	62
§5-10	船台上首、尾部无余量环缝的划制	66
§5-11	首、尾立体分段的预修整及船台激光定位	69
§5-12	船台上应用激光制量船长、型宽、绘制水 线及水尺	70
第六章	船台无余量装配对船舶设计的要求	76
第七章	浅谈公差造船	83
§7-1	公差造船的概念	83
§7-2	公差造船的内容	89
§7-3	公差造船与全面质量管理的关系	97
§7-4	怎样实施公差造船	100
附录 I	船体建造公差标准(上海船厂)	103
附录 II	微角度——对边换算表	120

第一章 概 述

§1-1 船台无余量装配工艺的发展概况

船台装配俗称“大合拢”，是船体结构整体装配的工艺阶段。在船体建造中，船台装配是一道技术性强、质量要求高的关键工序。长期以来，世界各国的一些船厂一直采用在分段一端放20~50毫米的余量，吊上船台两次定位、划线、切割、合拢的工艺。这是一道被广大造船工人视为费时最多、劳动强度最大、工作环境最差、严重影响船台周期和船体质量的“老大难”工序。

对于船台装配这道“老大难”工序，世界各船厂都提出了各自解决的办法。于是船台无余量装配（即分段无余量上船台合拢）工艺在各国造船业中发展起来。

在当代造船比较发达的日本，在控制分段的施工误差和施工变形方面取得了较好的进展，因而日本的一些船厂在建造大、中型船舶时，控制造船各道工序的施工误差，施放适量的工艺余量，实现了平行中体部位的分段的无余量制造和船台无余量装配（即分段无余量上船台合拢），而在型线复杂的首、尾部的分段仍采用在一端放20~30毫米余量两次定位的工艺。例如日本向岛船厂为我国建造的“大城号”、“大田号”（万吨级货轮），其主体结构（上甲板以下）共分154个分段，其中有97个分段通过分段无余量制造达到船台无余量装配，船台分段无余量合拢占主体结构分段的64%。

在西欧及苏联的一些船厂则是通过分段预修整（即分段制造完毕后，进行余量划线、切除其余量）的方法来达到船台无余量装配。西欧及苏联的一些船厂早在四十年代就开始搞分段预修整试验，在两段法造船中成功地应用了分段预修整的工艺。根据文献介绍，意大利阿普安尼亚船厂于1959年，在纵向倾斜船台上分别建造“维什瓦·乌莎”轮的两段船体时，曾首先采用了对两段船体进行预修整的工艺，并在坞内完成了大合拢作业。此后，这种预修整工艺，在苏联、日本、波兰及其他国家采用两段法造船时，也得到了广泛的应用。其中，苏联在建造“凯尔契”油轮，以及随后在对此种油轮进行批量生产时，都曾应用这一预修整工艺来合拢两段船体。

我国一些船厂，七十年代开始应用经纬仪或激光经纬仪这种比较精密的检测工具对分段实行预修整（即采用经纬仪或激光经纬仪在分段制造完工后划出分段余量线，并采用半自动割刀把余量割除），达到船台无余量装配，收到了较好的效果：大连造船厂在24,000吨级油轮建造中，平行中体部位的分段全部实现船台无余量装配；沪东船厂在25,000吨级货轮建造中，底部分段及舷侧分段实现了船台无余量装配；上海船厂在制造13,000吨级货轮“丹阳”和“绍兴”号中，广泛应用激光经纬仪划线进行分段预修整，并在倾斜船台上应用激光经纬仪使用辅助标杆法进行分段定位，因而使该两轮的主体结构分段的90%大接头实现分段无余量合拢（“丹阳”“绍兴”轮主体结构各分为72个分段，100个大接头，除9个大接头的一面留有余量外，其余91个大接头是无余量合拢。参见图1-1：“丹阳”轮的分段划分和无余量大合拢示意图）。其合拢速度之快、质量之高使得在该厂监造的外国代表也承认是达到了世界先进水平。这个船厂还在批量制造的900马力港作拖轮、三千吨级长江客货轮的建造中，主体结构分

段也都基本上实现船台无余量装配，还在 8 条五千吨级矿砂驳的建造中，所有的分段都实行了船台无余量装配，质量良好，表 1-1 是该船厂统计的四条矿砂驳船台无余量装配的修整情况。

矿砂驳船台无余量装配修整情况记录 表1-1

修整情况 船舶代号	大接头总 长度(米)	修整长度 (米)	垫板长 度①(米)	修整率 (%)	垫板率 (%)
501	639.3	3.0	8.2	0.47	1.285
502	639.3	1.5	3.8	0.235	0.595
504	639.3	0.0	0.0	0	0
506	639.3	28.0	0.0	4.4	0

① 间隙大于 4 毫米者，采用垫板电焊工艺。

表 1-2 是该厂统计的“丹阳”、“绍兴”、“高阳”轮船台无余量合拢的修整情况记录。

§1-2 船台无余量装配的意义

分段的预修整工艺对于两段法造船（无论在坞内合拢还是水上合拢）具有极大的意义，这是很明显的，这里不加详述。而船台无余量装配工艺比之于原来带余量合拢两次定位的工艺的优点也是很明显的。以沪东造船厂制造的二万吨级货轮的两个双层底分段上船台合拢为例，按带余量两次定位的工艺，16位工人师傅，要有两台 100 吨吊车配合，8 个多小时，反复运用大型松紧螺旋扣和油泵，在狭小低矮的双层底里仰而朝天，在焊花飞溅的条件下工作，这样四天左右才能完成。而采用激光经纬仪在胎架上划出分段余量线，并用自动割刀切割掉余量，并开出坡口，然后吊上船台合拢时，

表1-2

“丹阳”、“绍兴”、“高阳”轮船台无余量合拢修整情况记录

修整情况		大接头长度(米)		修整长度(米)		修整率(%)		飞板长度(米)		坐板率(%)	
分段名称		“丹阳”	“绍兴”	“丹阳”	“绍兴”	“丹阳”	“绍兴”	“丹阳”	“绍兴”	“丹阳”	“绍兴”
		780	780	37.6	10.3	27.0	7.4	3.5	9.6	0	0
双层底											
		780	780	37.6	10.3	27.0	7.4	3.5	9.6	0	0
横舱壁		118	118	8.0	3.0	0	0.8	4.2	0	0	0
下甲板		236	236	8.0	0	4.0	3.4	1.7	0	0	0
舷侧		865	865	36.0	20.0	50.0	4.2	2.3	9	0	0
上甲板		286	286	①	8.0	—	4.2	2.8	0	0	—
首、尾立体		160	160	220	4.0	0	2.6	0	0	0	0
总计		2445	2445	126.6	49.5	81.0	5.2	2.0	18.6	0	0

① “高阳”轮的上甲板是带余量合拢的，故不统计入内。

这两个长16米、宽32米、高5米、重270吨带有层底的底部分段，14个工人师傅只用一天半的时间就完成了合拢任务。上海船厂在采用船台无余量装配工艺前，船台合拢一条万吨轮，需要两个装配工段担任，在高峰期间还需要外单位来支援，而采用船台无余量装配工艺后，船台合拢在同等劳动力的情况下可同时担负一条万吨轮和一条大型班客轮的合拢任务，而且也不需外援，船台周期也不需延长。

从以上两个简单的例子，就充分说明船台无余量装配的意义，现将船台无余量装配的优点简要归纳如下：

- 1.使原来两次定位改为一次定位，减少吊装时间50%以上，减少船台装配工作量30%以上，这样就降低了船台装配的劳动强度，提高了生产效率和船台大吊车的利用率，并缩短了船台周期。

- 2.分段大接头处的余量由于是在胎架上(或平台上)用半自动割刀切割，并一次开出焊接坡口，劳动条件好，劳动强度低、质量好，有利于电焊质量的提高、有利于安全生产和文明生产。

如上所述，要达到船台无余量装配有两条途径：一是分段通过预修整达到船台无余量装配；二是通过分段无余量制造来达到船台无余量装配。通过分段无余量制造来达到船台无余量装配，对船体建造中的放样加工、装配等各道工序的精度都很严格，造船发达的日本目前也只能在平行中体部位实现，而且在船台装配时也存在一定的修正工作量，而在首、尾部位仍得采用带有余量的两次定位工艺。我国目前绝大多数船厂加工设备陈旧，数学放样尚未普遍推广使用，船舶建造公差贯彻尚不力，因此当前采用通过分段预修整的方法来达到船台无余量装配是因地制宜的。与此同时也应探索通过分段无余量制造达到船台无余量装配的经验，以便尽快地实

现公差造船。

通过预修整达到船台无余量装配的造船工艺在我国造船工业中采用的时间虽然不长，但发展非常迅速，为了推动这项工艺的进一步发展，多造船、造好船适应四个现代化的需要，特将这项工艺总结成文，以供各造船厂和船舶设计单位参考。

第二章 船台无余量装配工艺对分段划分的特殊要求和分段余量布置的原则

§2-1 分段划分的一般原则

在采用船台无余量装配工艺时，分段划分的原则基本上同于采用传统的工艺时的一般原则，其需要考虑的主要问题如下：

1. 船体结构的特点及其工艺性；
2. 分段应具有足够的刚性，以防分段在制造和吊运过程中产生较大变形；
3. 船厂的起重运输能力（主要是船台吊车及分段搬运车辆的能力）；
4. 分段应具有良好的施工条件，有利于单元舢装和分段舢装的最大限度的开展；
5. 分段应能最大限度减少和简化工艺装备。

在采用船台无余量装配工艺时，分段划分除了考虑以上一般原则外，还有两点需要特别引起注意：一是采用“一刀齐”工艺；二是采用“水平企口”。该两点分别于§2-2和§2-3详述。

§2-2 “一刀齐”工艺

所谓“一刀齐”工艺，即是在分段划分时，把分段大接头处的板和骨架的接缝安排在同一横剖面内，而不是象过去那样交错开的。这样安排的优点是：

- 1.使分段在进行预修整望光、划线时变得非常简便，同时又防止或减少划线差错，容易保证划线质量；

- 2.使船台分段吊装方便、迅速、容易到位，大幅度减少船台吊车使用时间，减少船台装配工的拉拢工作量，并有利于管理部门生产计划的灵活安排。

分段划分采用“一刀齐”工艺的理论根据是：

在采用分段建造时，每个分段的大接头虽然“一刀齐”但仍可使底部、舷侧、甲板分段的大接头相互交叉（即各分段的大接头不在同一横剖面内），与传统的分段划分原则大同小异，对总纵强度没有什么影响。

在采用总段建造法时，由于采用新型的优质结构钢、良好的焊接材料和先进的焊接方法，可使两段船体的底部、舷侧和甲板部分的大接头在同一横剖面上合拢成一个环形接缝。此种结构形式为分段无余量合拢提供了有利条件，可减轻两段船体在船台上合拢的工作量，至于船舶的总纵强度实践证明是能保证的。例如日本及西欧许多船厂在采用两段法造船时，其大接头就是采用“一刀齐”的形式。图2-1为“尼基福尔·罗果夫”油轮的船体接头剖面。

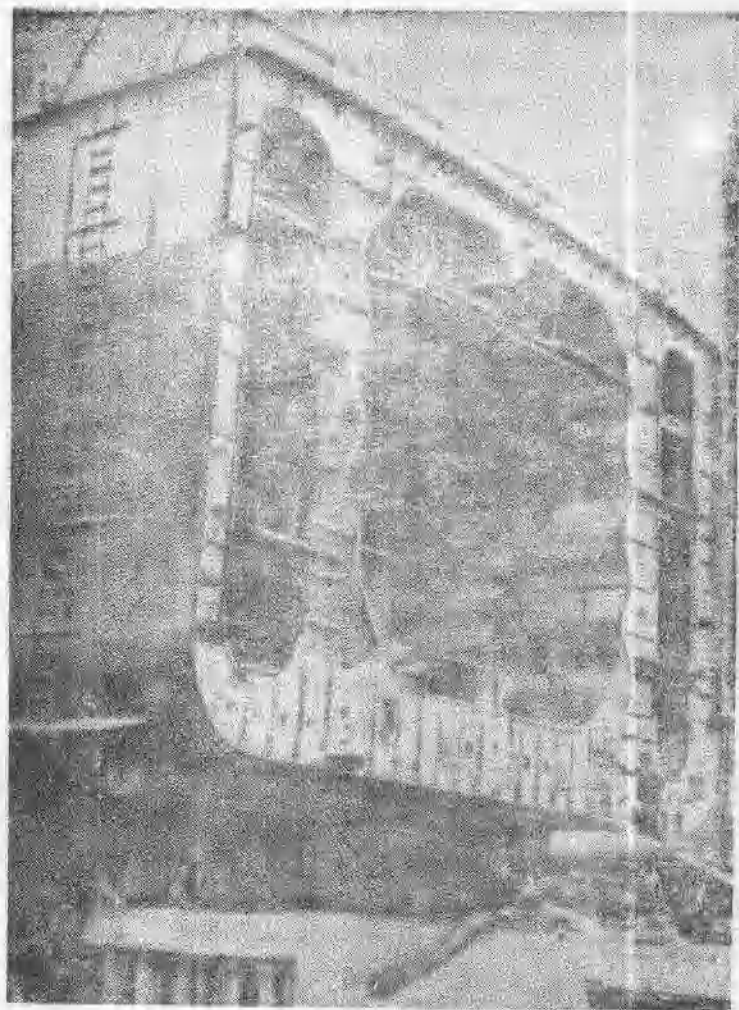


图2-1 “厄兹福尔·罗果夫”油轮的船体接头剖面

根据以上简要的分析可以得出以下结论：

1. 采用分段建造法的船厂，在分段划分时，采用“一刀

齐”工艺是适宜的，但注意在船中部位的大接头有意识地使船底、舷侧、甲板分段相互交叉（即各分段的大接头不在同一横剖面内），有利于保证船体总纵强度。

2. 采用总段建造法的船厂，在分段划分时采用“一刀齐”工艺的条件是：船体材料、焊接材料优良，焊接方法先进可靠。若船体材料、焊接材料不是优良的或船厂的焊接方法不十分可靠时，建议在船中部位的大接头尽量避免采用“一刀齐”工艺。

§2-3 “水平企口”工艺

昔日，按照传统的放样工艺，底部分段“企口”线（即底部分段与舷侧分段的接缝线）的形状一般是不规则的，这样在进行舷侧分段无余量划线时，很不方便，因为在舷侧分段划线时，舷侧分段（傍板）的每一肋位的实际高度必须到现场（船台上已合拢好的底部分段）进行实测，然后再把实测所得的数据划到已制造好的舷侧分段上去并用样条把若干点连接成光滑的曲线来，其手续相当繁复、板容易出差错。为简化操作起见，可把底部分段“企口”线安排成具有一定高度且与船底基线平行的“水平企口”。也可根据船舶首、尾高水建、机舱、低水舱的不同高度把“水平企口”分为首、尾高水舱、机舱、低水建等区域。这样在底部分段合拢后，只须根据图纸划出各区域的“水平企口”线，而不必再到现场测量“企口”的实际高度了；操作手续较为简单，更重要的是在划制“水平企口”线后可把底部分段合拢后的变形消除，而使舷侧分段合拢时不会因船底的施工变形而受到影响，从而使船台合拢的各道工序的施工误差不积累，这对保证船体船台装配质量具有重要意义。

一般说来,将底部分段“企口”排成“水平企口”会给排旁路增加一个约束条件(即该旁路要与基线平行),从而也会给排板带来一定的困难,但只要改变一些习惯作法,采用一些合理措施,就既可克服排板的困难,又不致浪费板材。例如:尽量用足板材的宽度,对旁路不放或少放余量,以增大板材的利用率;改造旁板旁路使其展开后成一根直线,以尽量用足板材。13,000吨级的远洋货轮(方形系数 $\delta=0.66$)“丹阳”号双层底“企口”安排成“水平企口”证实是可行的。

对于方形系数较大的船舶(例如万吨轮)底部分段的“企口”安排成“水平企口”是有条件的,方形系数较小的船舶(例如长江客货轮方形系数 $\delta=0.595$)底部分段的“企口”全部安排成“水平企口”是有困难的,但在船中区域安排成“水平企口”还是可能的,而首、尾型线比较复杂的区域可把底部分段“企口”安排成斜直线(即与基线面成一定的角度),这样在舷侧分段进行无余量划线时也可简便不少。

§2-4 分段余量布置的原则

自从1889年发明焊接技术后,船舶制造的工艺发生了根本的变革,由铆接演变为焊接,装配工艺由所谓“板板”装配发展到“块块”装配(即分段装配的建造方式),在分段装配的船舶建造方式中,由于焊接技术及水火弯板工艺的采用,带来了大量热量引起严重的船体变形和收缩;又由于造船生产中,每道工序(不管是手工操作还是机械自动作业)总是难免存在施工误差。因而施工变形和施工误差就成了造船生产中迫切要解决的问题,于是世界各国的造船业就在船舶生产中对零件、分段加放工艺余量和控制公差来对付船体的施

工变形和施工误差。

在造船中，工艺余量分为补偿余量和切割余量两种。大于造船尺寸基础数值所规定的余量并供随后生产工序加以补偿(包括累积偏差的补偿)而不切除的，称为补偿余量。例如许多船厂为了保证船舶长度，在放样时将每一肋距加放0.5~1毫米的余量，这种余量就是补偿余量。大于造船尺寸基础数值所规定的余量并在随后的生产工序中进行切除的，称为切割余量。例如分段为了进行预修整而在大接头处所放的余量就是切割余量。

为了进行分段预修整，实现船台无余量装配，必须对分段施放适当的工艺余量，其余量布置的原则如下：

1. 舷侧分段

分段外板的四周(即大接头处)放切割余量30~50毫米；分段外板的纵缝和横缝均不放余量(也可放1~2毫米的补偿余量)；分段的内结构(包括肋骨、旁龙骨、甲板边板等)在大接头处加放30~50毫米的切割余量。

2. 双层底分段(也包括单底分段)

(1) 平直区域的双层底分段

分段外壳板大接头处(包括横向接头和转圆板上口)放有30~50毫米的切割余量；外板内部的纵缝和横缝均不放余量(也可考虑放1~2毫米的补偿余量)，平直区域的外板还可采用拼板的方法；分段内结构(包括内底板、龙骨、付龙骨、内、外底纵骨)在大接头处均放30~50毫米的切割余量。

(2) 接近首、尾的双层底分段

分段外板除大接头处放30~50毫米切割余量外，还在满档板的一端边放20~50毫米。外板内部横缝的一面放10~30毫米的切割余量；外板内部的纵缝可不放余量(也可考虑放1~2毫米的补偿余量)。分段内结构在大接头处均放30~50

毫米的切割余量。

3. 首、尾立体分段

外板在大接头处，与首、尾柱相接之处、满档板及外板横缝的一面均放30~50毫米的切割余量；外板纵缝可不放余量（也可考虑放1~2毫米的补偿余量）；分段内结构（包括甲板、平台、龙骨、付龙骨、甲板纵骨、旁龙骨、内底板等）均在大接头处放30~50毫米的切割余量。

4. 舱壁分段

在直接与外板装焊处不放余量；在直接与双层底、甲板和平台装焊处放有30~50毫米的切割余量。

5. 甲板分段：

甲板板及倒挂龙骨、付龙骨、纵骨均在大接头处放30~50毫米的切割余量。

6. 上层建筑分段

分段的板及骨架在大接头处均放30~50毫米的切割余量；板及骨架的内部均不放余量。

从上述余量布置原则可以看出，各种分段的内结构均只在大接头处放30~50毫米的切割余量；而外板（包括舷侧分段、底部分段，首、尾立体分段）施放的切割余量布置颇为复杂，因此某些船厂为了避免生产中出差错，就编制了外板余量布置图。图2-2为上海船厂在制造万吨轮“丹阳”号时编制的外板余量布置图。它是利用外板展开图的二底图，并在其上进行分段划分和添划各种余量符号而成。分段划分是根据板材规格和厂内起重设备的起吊能力而定；余量符号则是采用船厂内工人熟悉的符号。外板的余量布置，是根据放样、切割、加工所能达到的精度和分段的制造工艺而定的，因此外板无余量的范围将会随着外板加工各工序精度的提高，分段制造工艺的改进而不断扩大。