

中国造船工程学会人才与教育学术委员会
教材建设学组 推荐

船舶工人培训丛书

CHUANBO GONGREN PEIXUN CONGSHU

中级船体装配工工艺学

金仲达 编著

船舶工业教材编审室 审

哈尔滨工程大学出版社

中级船体装配工工艺学

金仲达 编著

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是初、中、高级船体装配工工艺学配套教材中的中级本。全书共分七章,内容依次是:工艺基础及相关工种知识;船体放样;几何体及船体结构展开;复杂部件的装配;船体分段的装配;船体总装配;船体修理。

本书主要作为中级船体装配工专业培训教材。初、中级配套,也可用作技工学校船体装配专业的工艺学教材。本书编写力求通俗以兼顾船厂职工的自学需要。

图书在版编目(CIP)数据

中级船体装配工工艺学/金仲达编著. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007.4
ISBN 978-7-81073-452-3

I. 中… II. 金… III. 船体装配-工艺学-教材
IV. U671.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 050217 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 12
字 数 285 千字
版 次 2007 年 4 月第 1 版
印 次 2007 年 4 月第 1 次印刷
印 数 1—2 000 册
定 价 18.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

编者的话

本书是初、中、高级船体装配工工艺学配套教材中的中级本,主要供船厂中级船体装配工培训和自学使用。由于与初级本在内容上有合理的划分和较好的衔接,初、中级本配套,也可用作技工学校、职业技术学校船体装配专业工艺学教材。本书编写时特别关注以下几点。

1. 全书内容的确定和深度的把握仍以《船舶工人技术等级标准》及《职业技能鉴定规范》对中级船体装配工的要求为主要根据。

2. 船体放样的方法虽已由实尺放样改变到数学放样。但其主要任务都是为后续工序提供各种施工依据。船体装配中结构的定位、划线和测量都和放样信息密切相关。故技工学校通常都开设《船体装配》和《船体放样》两门专业课。本书第二、第三两章和放样相关内容相对应,也是《标准》和《规范》要求中级船体装配工必须掌握的专业知识。

3. 注意理论联系实际,尽量结合当前建造的船舶和船厂先进的工艺技术。由于船舶生产设计的不断深化,以及各地在施工图纸、结构编码等信息载体上存在的差异,本书虽已予以兼顾,但在使用本教材时仍应结合本地情况,在内容上可适当变通,以体现学用结合的原则。

4. 注意图文结合,充分发挥插图的作用,力求直观易懂,使插图主旨明确,重点突出,反映出装配操作的“动态”过程,使之更方便于工人自学。

5. 练习是学习的重要环节。本书各章都附有一定数量的练习题。习题类型和难度参照了《职业技能鉴定规范》同级装配工的试题样例。各章习题均应认真完成以保证学习效果。

限于编者水平,书中存在的缺点和错误,恳切希望广大读者和同行提出批评和指正,以便进一步修改和完善。

编 者

2007年2月

目 录

第一章 工艺基础及相关工种知识	1
第一节 船体装配中的较复杂测量	1
第二节 船体分段划分	6
第三节 船体结构代码	11
第四节 分段吊运与翻身	16
第五节 碳弧气刨	19
第六节 船舶涂装及二次除锈	21
练习题	24
第二章 船体放样	26
第一节 船体放样概述	26
第二节 理论型线放样	27
第三节 肋骨型线放样	38
第四节 结构线放样	44
第五节 放样提供的施工依据	49
练习题	55
第三章 几何体及船体结构展开	57
第一节 换面法的应用	57
第二节 求线段实长	61
第三节 求相贯线	64
第四节 几何体表面的展开	67
第五节 不可展曲面的近似展开	73
第六节 展开中板材厚度的处理	77
第七节 纵向构件的展开	81
第八节 内底板的展开	82
第九节 甲板及相关构件的展开	84
练习题	87
第四章 较复杂部件的装配	89
第一节 艏、艉柱的装配	89
第二节 立体框架的装配	93
第三节 甲板室围壁的装配	94
第四节 桅的装配	97
第五节 烟囱的装配	99
第六节 流线型舵的装配	101
练习题	104

第五章 船体分段的装配	105
第一节 分段装配概述	105
第二节 分段工作图及相关数据	109
第三节 胎架设计与基面切取	116
第四节 双层底分段的装配	118
第五节 舷侧分段的装配	121
第六节 边舱分段的装配	125
第七节 甲板半立体分段的装配	128
第八节 艏、艉分段的装配	129
第九节 提高分段制造质量的措施	137
练习题	142
第六章 船体总装配	143
第一节 船体总装概述	143
第二节 总装场所的工艺装备	146
第三节 总装前的准备工作	150
第四节 分段吊装程序	152
第五节 底部分段的合拢	156
第六节 舱壁分段的合拢	159
第七节 舷侧分段的合拢	161
第八节 甲板分段的合拢	163
第九节 艏艉分段的合拢	165
第十节 上层建筑分段的合拢	169
练习题	171
第七章 船体修理	172
第一节 船体修理概述	172
第二节 修船准备工作	174
第三节 常见的构件修理工艺	178
练习题	184
主要参考文献	185

第一章 工艺基础及相关工种知识

第一节 船体装配中的较复杂测量

一、激光经纬仪及其应用

1. 激光经纬仪的应用

激光经纬仪是船厂广泛使用的精密光学测量仪器。在船体建造过程中,它可以用来完成各种测量和画线工作:在船台、平台和分段上画基准线;画完工分段上的预修整余量线;作为准直线测量结构的直线度;形成(扫过)铅垂面测量结构垂直度、画垂直线和进行垂直方向的投影;形成(扫过)水平面测量结构水平度、画水平线和进行水平方向的投影;由卷尺配合进行船体及分段的长度、宽度和高度的线性测量;进行精度的测量和画垂直线(十字线)等。

2. 激光经纬仪的特点

激光经纬仪作为精密的光学仪器具有以下特点。

(1)激光是一种方向性极强,能量十分集中,发散角很小的光辐射。它不会像普通光那样发生严重的散射现象。当在望远镜物镜组前加上波带片后,能使经过望远镜发射的激光束在观测物上形成亮十字线、亮线或亮点。无论在白昼或夜间使用直观而方便。

(2)当仪器调整好后,也就是仪器整平对中后,应对准选定的基准点。当望远镜绕水平轴回转时,激光束扫过准确度极高的铅垂面。据此即可测量结构的铅垂度,画铅垂线和进行垂直方向的长度、宽度的测量和投影。当望远镜固定在水平位置而仪器绕垂直轴回转时,激光束扫过一个准确度极高的水平面。据此即可测量结构的水平度或坡度(结合计算)、画水平线和进行水平方向的高度的测量和投影。当望远镜被固定在一定的倾角位置时,静止的激光束即提供所需的准直线作为直线度和倾斜度测量的依据。当经纬仪的基面调到和船台有相同坡度时,还可直接在倾斜船台上方便地进行定位、画线和测量等工作。激光经纬仪的应用情况如图 1-1 所示。

3. 激光经纬仪的结构

激光经纬仪的组成见图 1-2(a)。它由激光电源、氦氖激光管、经纬仪及脚架四部分组成。图 1-2(b)为经纬仪的主要部件。现将其中主要部件的作用分述如下。

(1)望远镜 用于观察目标。激光束由其中心射出。常在其物镜前加波带片以形成清晰的光斑(点、线、十字线)。

(2)瞄准器 设在望远镜外,用于操作前粗略地瞄准目标。

(3)圆水准器 在放置脚架时,若圆气泡在水准器的中心,则表明仪器已大致放平。

(4)脚螺旋 用于将仪器基面准确地调整到水平状态。这个过程称为仪器的“整平”。通过脚螺旋也可将仪器基面调到一定坡度。

(5)光学对点器 该仪器的转动中心(即照准部的竖轴)与地面或结构上的基准点对准。

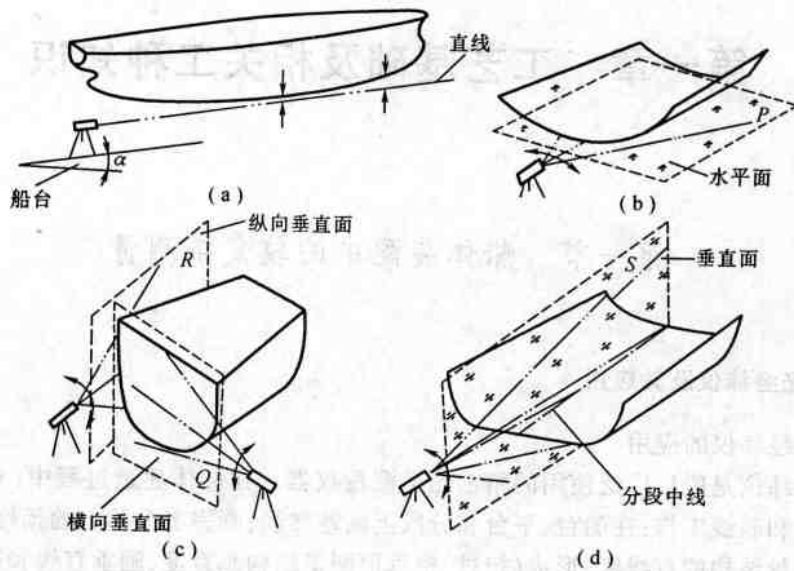


图 1-1 激光经纬仪的应用

(a)形成准直线;(b)形成水平基准面;(c)形成垂直基准面;(d)画基准线

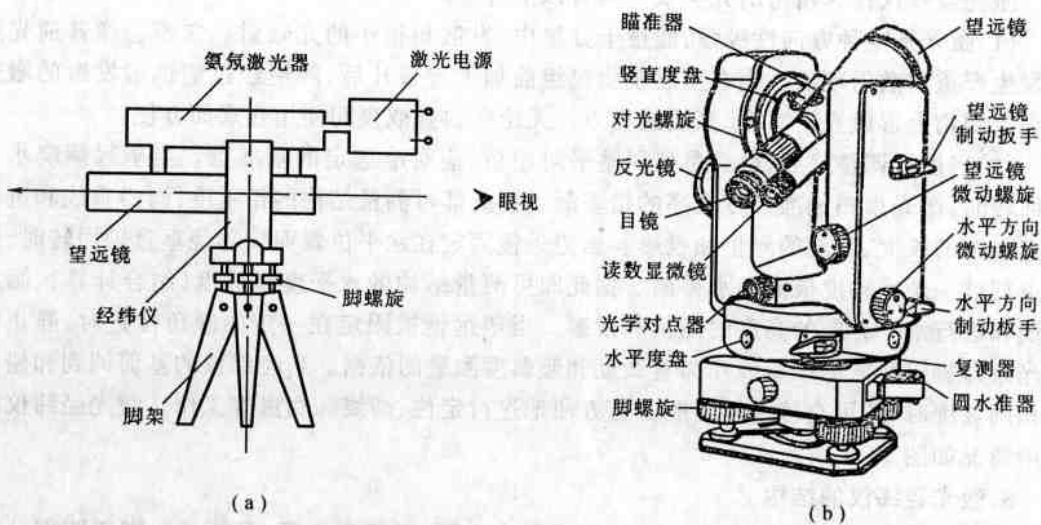


图 1-2 激光经纬仪

(a)激光经纬仪的组成;(b)经纬仪的主要部件

这个过程叫“对中”或“对点”。

(6)望远镜的目镜 调节目镜位置,使光斑处于最清晰状态。

(7)对光螺旋 转动对光螺旋,以使目标的影像最为清晰。

(8)水平和竖直度盘 用于测量和反映视准轴的水平角和竖直角。

(9)制动扳手和微动螺旋 用于固定仪器和望远镜或对其进行微调,控制其在水平和竖直面内的转动。

(10)反光镜和读数显微镜 反光镜能将光线反射进仪器内以照亮水平度盘。转动读数显微镜的目镜,以使刻线尽量清晰。

经纬仪是精密的光学仪器,为获得准确的测量结果,仪器各轴线必须保持正确的几何关系。在图 1-3 中, $C-C$ 为视准轴,即望远镜轴心线, $H-H$ 为横轴; $V-V$ 为竖轴, $L-L$ 为基准部的水准管轴。当通过脚螺旋将仪器整平以后, $L-L$ 轴在任何位置都为水平状态。此时,水准管轴垂直于竖轴,即 $L-L \perp V-V$ 。视准轴垂直于横轴,即 $C-C \perp H-H$ 。横轴垂直于竖轴,即 $H-H \perp V-V$ 。当固定竖轴而视准轴绕横轴转动时,激光扫过一个铅垂面。当视准轴固定在水平位置而仪器绕竖轴转动时,激光扫过一个水平面。这是经纬仪能用于测量、投影和画线的几何保证。

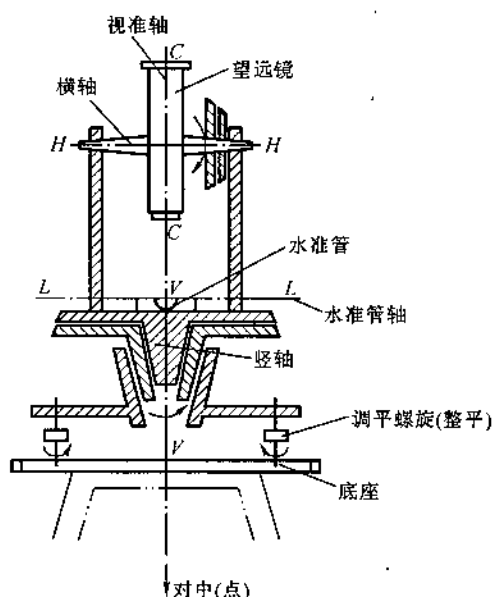


图 1-3 经纬仪的轴系

二、倾斜船台上的高度测量

在倾斜船台上用水平软管、线锤或激光经纬仪进行高度和长度测量时,要结合相应的计算。

1. 底部分段高度的测量

在斜船台上用激光经纬仪测量底部分段距基线高度的操作见图 1-4。将激光经纬仪放置在靠近分段尾端的船台上。在船台中心线处将仪器对中整平。向基线标杆发射激光

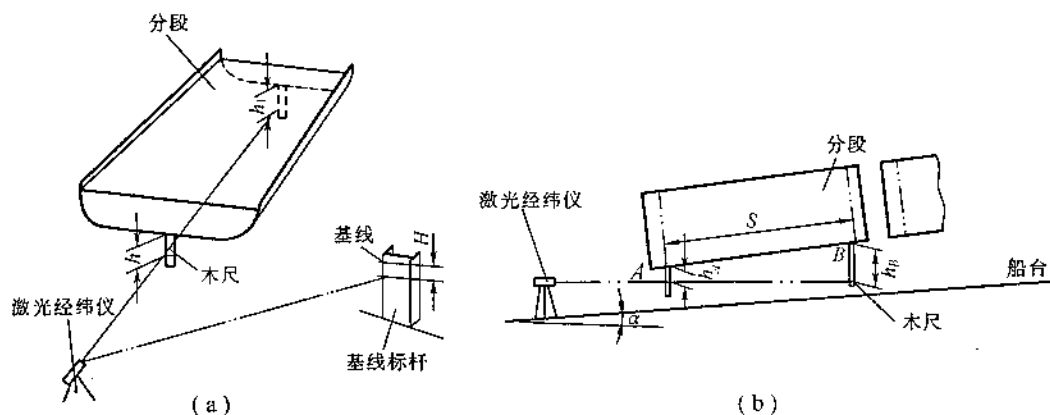


图 1-4 底部分段距基线高度的测量

(a) 在水平船台上; (b) 在倾斜船台上。

束。量得分段尾端肋位处的光束离基线的距离为 H 。然后将望远镜绕竖轴转动。分别测量光束距分段底部首尾两肋位中心线处的距离。设龙骨底板的厚度为 t , 则 A 点木尺上的距离为 $h_A = H - t$, B 点木尺上的距离 $h_B = (H - t) + S \tan \alpha$ 。两端的高度差为 $h = S \tan \alpha$ 。

如不符合要求,则对分段的高度进行调整,如图 1-4(b)所示。在水平船台上,这个测量更为简单,见图 1-4(a),即 $h = h_1 = H - t_0$ 。

2. 舷侧分段高度的测量

舷侧分段在船台上定位时,通常以分段首、尾肋骨线与甲板边线的交点作为测量点测量分段的高度。用线锤和卷尺在斜船台上测量舷侧分段高度的过程如图 1-5 所示,也就是检查甲板边线的高度值 AD 是否和理论值相符,图中 AC 为垂直于船台表面的分段肋位线,其中 $DC = h$,为船底基线至船台表面的高度。 AB 为从 A 点悬挂线锤至船台表面的铅直距离。设 A 点的理论高度为 AD_1 ,当 $AB \cos \alpha - h = AD = AD_1$ 时,舷侧分段测量点的高度正确。

若 $AB \cos \alpha - h = AD > AD_1$ 时,舷侧分段测量点偏高。

若 $AB \cos \alpha - h = AD < AD_1$ 时,舷侧分段测量点偏低。

舷侧分段的高度也可以用水平软管根据高度标杆进行测量。同样取首尾肋骨线与甲板边线的交点作为测量点。

当舷侧分段与底部分段的接缝有余量时,第一次定位应将舷侧分段提高适当距离再进行高度测量和画线。

3. 艏、艉端高度的测量

船体建造完工后,需对艏艉端点的实际高度进行测量。在斜船台上,这个测量过程如图 1-6 所示,现以艏端点的高度测量为例加以说明。所求的高度值即为图中 AC 线的长度。

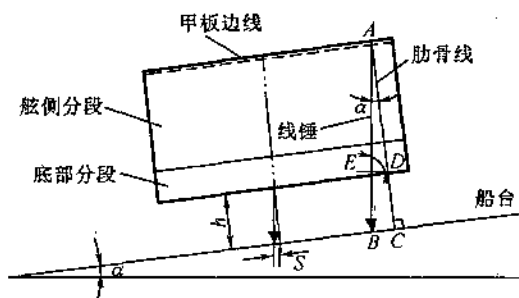


图 1-5 倾斜船台上舷侧分段高度的测量

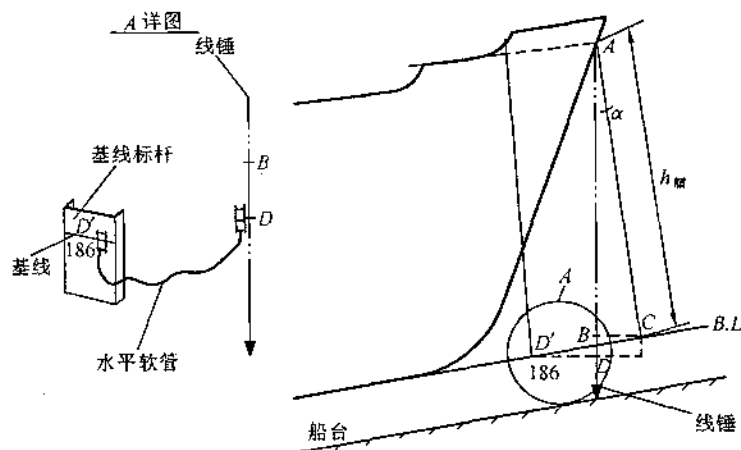


图 1-6 倾斜船台上测量艏端点高度

从艏端 A 点(通常为艏楼甲板线端点)荡下线锤。先将最靠近艏端点基线标杆上某号肋位

的基线高度(图中为 186 号肋位上的 D' 点),用水平软管过到锤线上,得图中的 D 点。算出从该肋位至艏端点的基线升高值,即 $CD' \tan \alpha$ 。在锤线上自 D 点向上量取升高值得 B 点。由图中可见: $AB/AC = \cos \alpha$, 所以 $AC = AB/\cos \alpha$ 。 AC 即为所求艏端点的实际高度,可和理论值作比较,确定实际偏差。

艏端点高度的测量和艏端点相似。只是从艏部某肋位至艏端点的基线高度差值应向下量取。

用激光经纬仪测量艏艉端点高度的操作比较复杂,一般都不采用。

三、倾斜船台上长度的测量

1. 底部分段长度方向的定位测量

底部分段吊上船台,分段中心线与船台中心线初步对准后,即可进行分段长度方向的定位。分段和船台上都已预先画好作为定位基准的肋骨检验线。从底部分段上中心线和肋骨检验线的交点,悬线锤至船台表面。用卷尺量得锤线至船台肋骨检验线的距离为 S , 参见图 1-5。锤线的高度为 h , 船台的倾角为 α 。

当 $S = h \tan \alpha$ 时,分段在长度方向位置正确。

$S > h \tan \alpha$ 时,分段位置偏向船尾。

$S < h \tan \alpha$ 时,分段位置偏向船首。

2. 完工船舶长度的测量

现以甲板间长为例,说明长度测量的方法。

(1) 在船坞中用激光经纬仪测量

如图 1-7 所示,在船坞中心线上,超出艏艉端上甲板一定距离,分别取点 O, O' 。通过 O, O' 两点各作中心线的垂直线,将激光经纬仪置于垂直线上,对点整平,发射激光束。使其与垂直线重合,然后回转望远镜,使激光束射在甲板处首尾端的定尺上,量得与外板的厚度分别为 t_1, t_2 , 则甲板两端点间的实际长度(水平距离)为

$$AB = OO' - (l_1 + l_2) - (t_1 + t_2)$$

(2) 在斜船台上测量甲板两端点长度如图 1-8 所示。由甲板艏艉端点 A, B 作基线的垂线,则 $CD(A'', B'')$ 即为所求的甲板间长度。当用线锤测量时,自艏艉端点悬线锤,在船台表面上得 A', B' 两点。 $A'B'$ 的长度可用卷尺量得。艏艉端点间的实际长度为

$$CD = A''B'' = A'B' + B'B'' - A'A''$$

而

$$A'A'' = (AC + h) \tan \alpha$$

$$B'B'' = (BD + h) \tan \alpha$$

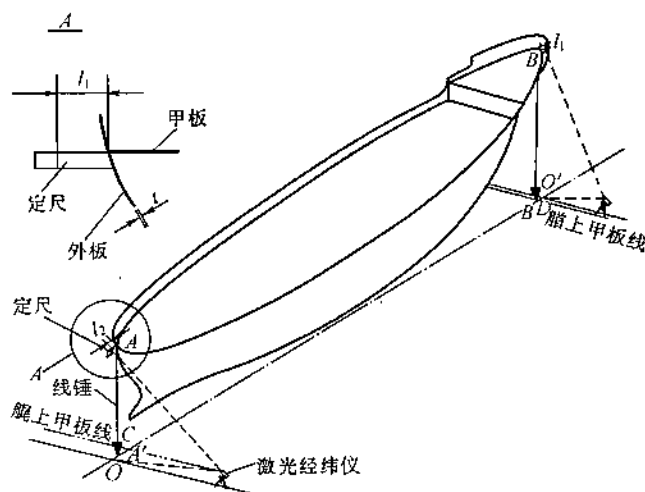


图 1-7 用激光经纬仪测量长度

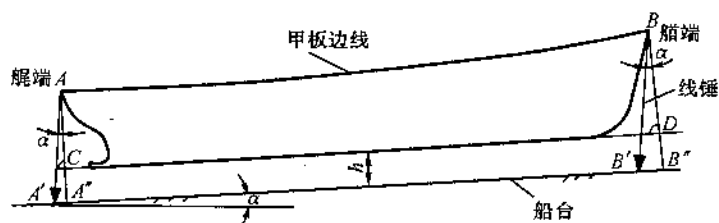


图 1-8 倾斜船台上船舶总长的测量

所以

$$A'B' = A'B' + (BD + h - AC - h)\tan\alpha = A'B' + (BD - AC)\tan\alpha$$

式中 h 为船体基线至船台表面间的垂直距离; BD, AC 为艏、艉端测量点的高度值。

第二节 船体分段划分

采用分段建造是现代造船的主要特征之一。在船体生产设计阶段,都以分段为结构单元提供分段工作图(组立图)等施工文件。中级装配工应当了解船体分段划分的基本原则,熟悉典型分段的结构特点。

对船体进行分段划分时,主要考虑以下几个方面的因素。

1. 限制分段的最大质量和尺寸

(1)分段的质量和尺寸划分得越大,分段数量就越少,船台合拢工作量也相应减少到最低程度。但分段的质量受到船厂起重运输能力的限制。包括分段自身、加强材料、舾装件和起重吊具在内的分段总质量应在吊车、运输车的安全负荷之内。大型分段虽减少了船台合拢工作量,却也加大了分段建造的周期。

(2)由于实行壳舾涂一体化造船,分段完工后要进行二次除锈和涂装,分段的尺度还应和除锈房、油漆房的门孔及内堂尺寸相适应。

2. 结构划分的合理性和连续性

(1)甲板与舷侧、舷侧与底部、舱壁与船壳,都是通过肘板相连接的,肘板部位成为分段的自然分界线。因此,常将主船体划分为底部分段、舷侧分段、甲板分段和舱壁分段,充分利用构件间的现成接缝。为控制分段的质量和尺寸,大型船舶的底部和甲板分段又常分左、右两段或左、中、右三段。舷侧分段则分为上、下两段。

(2)船体首、尾部分为横骨架式结构,并设有尖舱舱壁,因而常沿尖舱舱壁划分成艏艉总段。大型船舶则在平台或大肋板处将其再划分为若干个更小的分段。

(3)为避免划分时切断骨架,纵骨架式结构宜作纵向划分,横骨架式宜作横向划分,以保证结构的连续性。只在特殊情况下才将骨架人为切断。譬如机舱区域不以肘板作为分段的分界,而在舾装作业相对较少的舷侧中部切断骨架,从而将机舱划分为上、下两个半立体分段,以便于机舱的舾装作业,见图 1-9。

(4)分段接缝要避开结构突变、应力集中的部位,如甲板大开口角隅、主机座两端、上层建筑端部、单双底过渡部位,船长中点、肋位中点等,以保证船体结构的总强度。

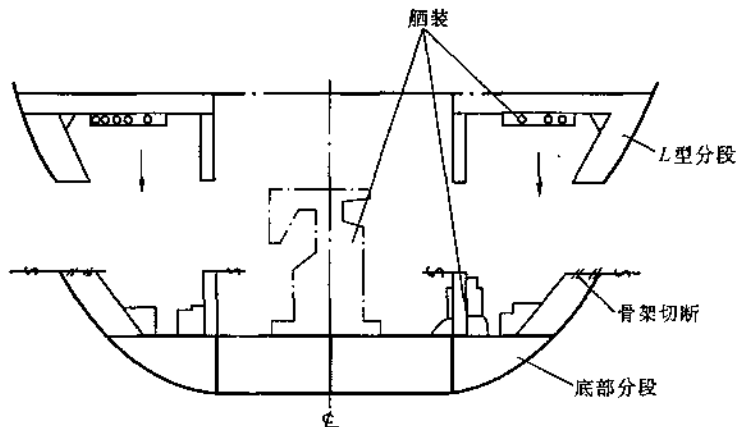


图 1-9 机舱区域分段的划分

(5)分段大接缝的壳板和骨架,应尽可能位于同一剖面内,以此简化装配工艺,并使焊接收缩变形趋于均匀。

3. 施工工艺合理性和经济性

(1)分段接头部位应有良好的施工条件,有利于保证装焊质量。尽量避免船台合拢作业在封闭狭小的空间进行。

(2)尽可能将船体的平直部分和弯曲部分分开,并划分出尺寸较大,数量较多的平面分段。充分利用分段制造流水线,使焊缝处于平俯位置。

(3)降低施工中分段的高度,减少登高作业,保证施工安全。

(4)减少专用工艺装备,使分段能在平台、活络胎架和简易胎架上建造。减少分段的临时加强和辅助材料的消耗。

(5)分段的尺度尽量和所用板材规格相适应,充分提高钢材的利用率。曲面分段的长度可作近似估算。

4. 有利于组织均衡生产

(1)所划分分段的尺度和数量,应和船台的工作量相适应,形成分段制造和船台合拢的均衡生产。

(2)有利于扩大预舾装。如机舱分段缝设于舷侧中部,艏部分段的划分有利于轴系、舵系的定位和设备的提前安装。

(3)将大型立体、半立体分段划分为片状结构的子分段。子分段组装法可有效缩短分段的制造周期。可由子分段制造的立体、半立体分段如图 1-10 所示。

(4)采用岛式建造时,应避免上层建筑跨越两岛坐落在嵌补分段上。这样便于提前吊装上层建筑并开展舱室舾装作业。

船体的分段划分情况反映在船体分段划分图中。图 1-11 为 42 000 吨散装货船的分段划分情况。货船的典型分段通常是:货舱底部分段、货舱舷侧分段、货舱甲板分段,机舱底部分段、机舱舷侧分段、机舱甲板半立体分段,舱壁分段,艏、艉立体半立体分段以及上层建筑分段。

图 1-12 为某多用途/集装箱船的分段划分情况。

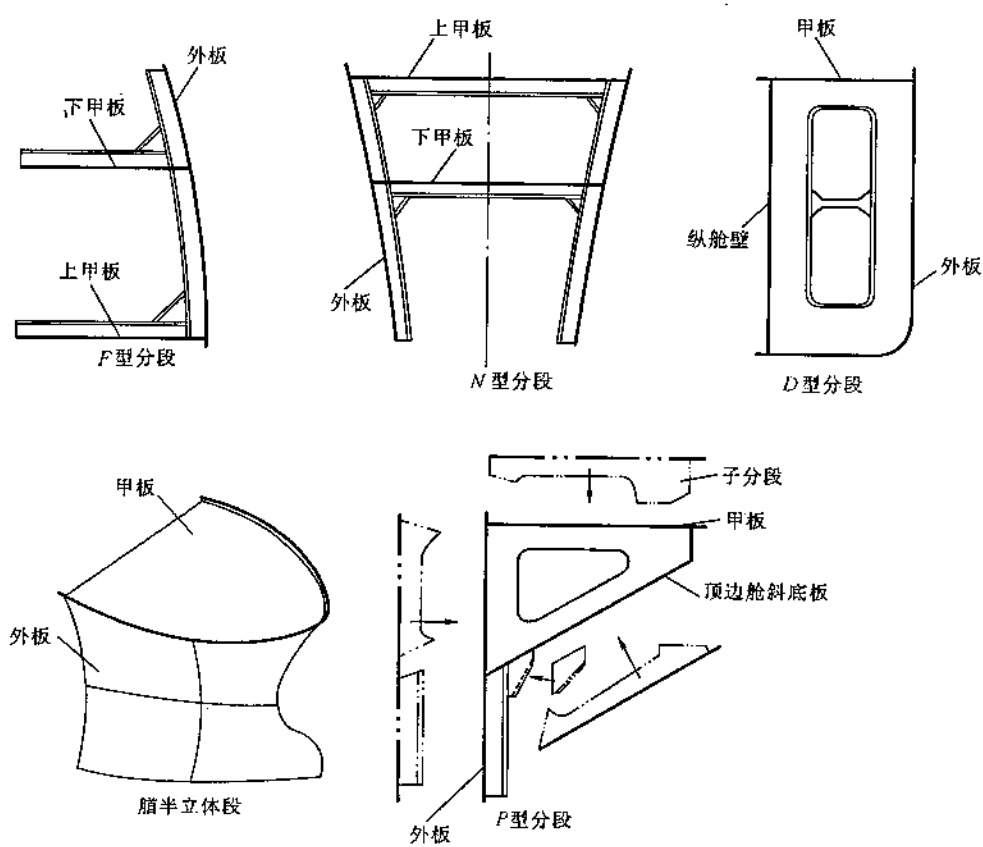


图 1~10 由子分段组装的立体、半立体分段

图1-12 某多用途集装箱船的分段划分及分段代码

第三节 船体结构代码

1. 编码与代码

编码化是船舶生产设计的重要特征之一。在船体建造过程中,施工图样、工艺文件和工件上,出现大量表示船体零件名称、属性、特征和工艺流程的符号。这类符号称船体结构代码。用编码系统规定的特定符号,以一定方式标注图表,不仅起到简化图面,提高设计效率和现场读图效率的作用,利用编码系统还有助于更加科学地组织造船生产,更好地推行壳舾涂一体化的造船模式。

船体结构代码又称代号或名称。譬如,分段代码也称分段号或分段名称。代码是信息编码的产物,是工程信息的一种载体。它是一个或一组具有确定意义的符号的有序排列。代码符号都由数字和英文字母组合而成,可以由人或计算机进行识别和处理。在船舶编码系统中,船体结构代码所表达的信息主要是:船体结构的类型,构件的名称,结构所处的部位,同类结构间前后、左右、上下相对位置,结构装配单元的划分以及结构装配的工艺流程。有的代码还反映出构件加工的方法和加工流程。

应当指出,目前由于编码尚不统一,且处于不断的演变改进中,各地各厂的代码往往互不认识,需经说明才能了解代码完整确切的含义。

2. 船体结构五级编码

船舶编码系统中与船体装配关系最为密切的是船体结构的五级编码,其形式如下:

船舶代码——分段代码——组合件代码——部件代码——零件代码

代码中的每一级都由数字或数字加英文字母组成,以串联形式排列,中间以横划线隔开,如:

T250 - 206 - 76TB - 17L4 - 1016

五级编码既反映了船体结构单元的属性、类型和特征,又反映出船体结构装配的工艺流程。

(1) 船体结构单元的定义

五级编码中自右向左依次是:零件、部件、组合件、分段和船舶。

①零件 船体结构的最基本单元,是指仅经号料、加工,而未经装配、焊接的已成形的钢板和型钢,如单张外板,单根肋骨。

②部件 通常指由2个以上零件经过一次装配焊接而成的结构单元,如各种焊接T型材、肋板、带加强筋和开孔加强扁钢的桁材、肋骨框架等。有时也将某些只经一次装配的简单部件称为先行部件。

③组合件 由若干个部件和零件经过两次或多次装配焊接,但未最后形成分段的结构单元。主要是各种包含钢板和型钢的片状结构、大型框架和平面或曲面子分段。

④分段 船体分段划分图所确定的结构单元,也是船体分段工作图(组立图)中的最后建造单元。它由若干组合件、部件和零件装配焊接而成。

分段按其结构特点可分为平面分段、曲面分段、半立体分段和立体分段。具有完整横剖面的环形封闭分段称为总段。由上下、前后或左右相邻两个同类分段合拢而成的更大分段称为大分段。