

交通系统技工学校试用教材

船 体 结 构

(船体装配专业用)

上海水运工业学校 林国庚 编

人 民 交 通 出 版 社

交通系统技工学校试用教材

船 体 结 构

(船体装配专业用)

上海水运工业学校 林国庚 编

人 民 交 通 出 版 社

交通系统技工学校试用教材

船 体 结 构

(船体装配专业用)

上海水运工业学校 林国庚 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: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 6.75 字数: 162 千

1980 年12月 第1版

1980 年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—3,500册 定价: 0.59元

内 容 提 要

本书内容包括钢质海船结构及其规范设计方法,着重介绍海洋干货船船体结构特点和构件布置原理与要求,对海洋干货船船体的规范设计附有计算实例。

本书为水运技工学校船体装配专业试用教材,也可供船厂在职职工技术培训使用和有关专业人员参考。

本书由上海水运工业学校林国庚编写,广州水运工业学校王本梁和伍洪祥、上海水运工业学校洪锡翹、新港船厂技校耿立海、澄西船厂技校徐敬甫参加审稿。

目 录

第一章 船体结构概述	1
第一节 船体结构的发展概况.....	1
第二节 船体的组成.....	2
第三节 船体的受力和变形.....	5
第四节 船体的总纵强度、横强度和局部强度.....	8
第五节 船体骨架的两种布置形式.....	9
第六节 《钢质海船建造规范》简介.....	11
第二章 舱壁结构	14
第一节 舱壁的作用、种类和受力情况.....	14
第二节 平面舱壁结构.....	16
第三节 槽形舱壁.....	18
第四节 舱壁构件尺寸的确定.....	19
第三章 舷侧结构	24
第一节 舷侧结构的作用和受力情况.....	24
第二节 舷侧外板结构.....	25
第三节 舷侧骨架.....	27
第四节 舷侧构件尺寸的确定.....	30
第四章 船底结构	35
第一节 船底结构的作用和受力情况.....	35
第二节 纵骨架式双层底结构.....	36
第三节 其他形式的船底结构.....	42
第四节 舳部结构.....	45
第五节 船底构件尺寸的确定.....	46
第五章 甲板结构	51
第一节 甲板结构的概貌 作用和受力情况.....	51
第二节 甲板板的结构.....	52
第三节 甲板骨架.....	56
第四节 舱口结构.....	60
第五节 甲板结构的连接节点.....	63
第六节 甲板构件尺寸的确定.....	66
第六章 首尾结构	75
第一节 船首结构及其受力特点.....	75
第二节 船首结构的加强.....	76
第三节 首柱结构.....	78

第四节 船尾结构及其加强.....	80
第五节 尾柱和轴支架结构.....	81
第七章 上层建筑结构.....	83
第一节 上层建筑的类型、作用和受力情况.....	83
第二节 上层建筑结构.....	84
第三节 上层建筑构件尺寸的确定.....	87
第八章 基座和其他结构.....	91
第一节 基座的受力特点和对基座的基本要求.....	91
第二节 主机、辅机和锅炉基座结构.....	92
第三节 其他结构.....	95
附表1 非对称球扁钢型材要素	97
附表2 不等边角钢型材要素	98

第一章 船体结构概述

第一节 船体结构的发展概况

船舶是能够在水上航行的工程建筑物，它不但是重要的交通运输工具之一，而且是在水上进行工程建设、科学研究和渔业生产的有力工具。船舶的结构随着人类历史的发展而由简单向复杂逐步发展改善。现代复杂的钢船结构是由几千年前简单的木船发展而来的。

在原始社会里，人类就利用树干经过粗糙的加工制成独木舟或编扎成木筏，这就是最原始、最简单的船了。木材的比重比水小，这样的独木舟或木筏能够浮于水面，可用来过河漂海，以及从事捕捞水产等生产活动。随着冶金、铸造技术的发展，斧、锯、凿、钉等工具材料相应产生，人们开始把木材加工制造成木板船，这样的木板船在同等重量的条件下能大大增加船的排水体积，提高载运能力，因而它比独木舟有了很大的进步。

从古代延续到十八世纪，木材一直是造船的最主要材料。即使在现代，木船在内河运输等方面还起着一定的作用。木船从原始社会发展到现在，经历了几千年的历史，在这样长的历史时期里，尽管造船材料没有多大的变化，但是随着生产的发展和军事方面等的需要，木船在结构上还是越来越复杂而且逐步趋于完善。

现代木船的外壳板是用木板沿船长方向布置的，在船底中心线上还有尺寸较大的、也是沿船长方向布置的龙骨，在外壳板以内，沿船宽船深方向，布置着由木材做成的骨架，如肋骨、肋板、横梁等，以支持外壳板。这种骨架式结构的优越性在于它增加了船舶抵抗外力作用的能力。因为骨架不但本身具有承受外力作用的能力，而且还具有传递外力的作用，所以这样的船舶尺度及载重量可以比较大。但是木船的外壳板与骨架的连接、板与板的连接，以及骨架组成部分之间的连接是用木销和铁钉、螺栓等，这种连接是不能保证船体坚固性的，也不能充分发挥材料的机械性能。因此壳板和骨架都很粗大笨重，经过一段时期的使用，接头处就要松动，使得结构更不牢靠，影响使用。同时木船在水中易受腐蚀和虫蛀，使用寿命也比较短。

用钢铁取代木材作为造船主要材料是造船史上的一大跃进，因为钢铁船舶的强度要大大高于木船，使船舶有条件向更大型的方向发展。虽然人类很早就学会了冶炼生铁，但是由于加工条件等不完备，使得钢铁在造船工业上迟迟得不到应有的地位。十八世纪欧洲发生了产业革命，各种加工机器相应产生，用钢铁来造船的条件才趋于成熟。从木船建造过渡到铁船建造的过程中，出现了铁木混合结构船舶。这种船的骨架是铁造的，而船底、船侧等均用木板建造。欧洲在1830年左右开始建造海洋铁船，铁船的尺度也逐渐增加，到了1853年船长已达到110米。初期的铁制船舶的结构形式沿袭了木船的结构形式，也是用肋骨、横梁等横向构件来加强船的外壳板，这种结构形式称为横骨架式。

横骨架式结构是对于纵骨架式结构而言的。随着船舶向大型化发展，人们发现横骨架式骨架不能提高船舶抵抗总纵弯曲的能力。如果把骨架的布置方向改变成沿船长方向，就能提高船舶的纵向强度，这种骨架形式称为纵骨架式。

早期的钢船是属于铆接结构的，钢板、型钢等都靠铆钉来连接的。这种连接方法十分可靠，没有木船连接上的那些缺点，船体各构件的作用能得到发挥。二十世纪三十年代以后，人们才开始用焊接结构来代替铆接结构。焊接结构的船舶具有工艺简单、建造速度快、水密性强、节省钢材、载运能力大等优点。因此这又是造船工业的一次飞跃。

纵骨架式结构的设想只有在采用了焊接工艺以后才能实现。这是因为纵骨架式结构建造工艺复杂，成本较高。随着生产实践和船舶结构理论的发展，可以根据不同船舶及船的不同部位选择不同的结构形式，使船舶的结构朝更加合理化方向发展。

船舶运输对促进国内物资交流和对外贸易、人员交往具有重大意义。我国有长江、黄河等世界闻名的江河以及无数的中小河流，还有漫长的海岸线和众多的沿海岛屿，这些都为发展我国的内河船舶运输和海洋船舶运输提供了有利的条件。发展造船工业、大量造船以满足我国船舶运输事业的发展需要，是我们广大造船工作者的光荣任务。我们每一个造船工作者都要为发展我国的造船工业而贡献力量。

第二节 船体的组成

船体的外形和内部结构都是比较复杂的，各种不同用途的船舶，其结构也不相同，但是除少数特殊用途的船舶外，大多数船舶的船体结构都由几种相类似的基本结构部分所组成。

首先，我们从外形来观察船体，图1-1 是一艘货船的外形简图，图1-2 是它的纵中剖面图。整个船体可以以上甲板为界限分为主船体部分（上甲板及其以下部分）和上层建筑部分（上甲板以上部分）。

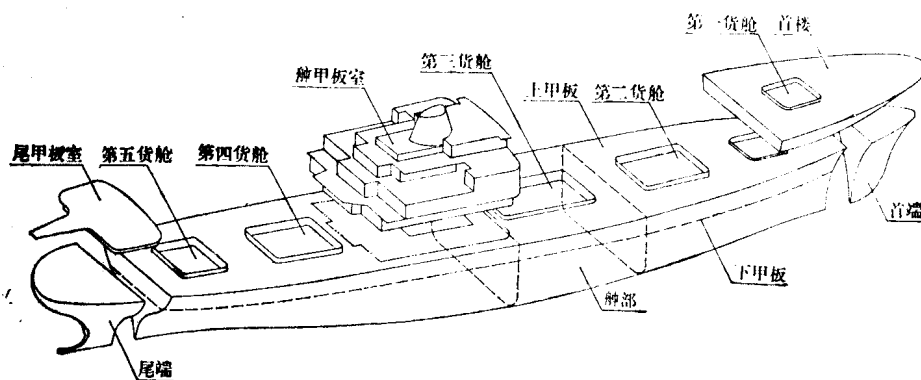


图1-1 货船的外形

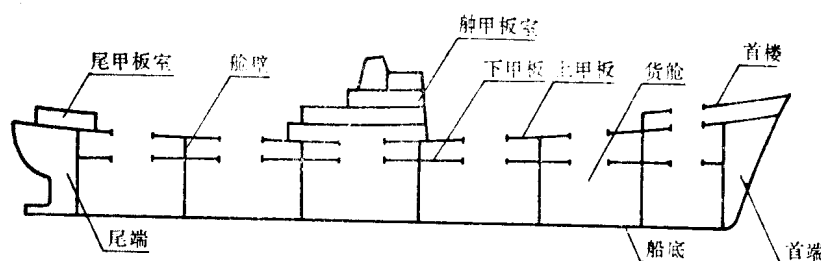


图1-2 货船纵中剖面

船体外壳按照结构特征可分为船底部分、甲板部分、舷侧部分和首尾部分。在船体内部还有舱壁部分。

船底部分位于船体的最下部，是整个船体的基础。它上面承载着整艘船的全部重量，下面受到水对船的全部浮力。因此船底的结构比较复杂。

主船体和上层建筑各有若干层水平方向布置的结构，象一座大楼里的楼板一样，将船体分成几层，这就是甲板。上甲板就是最上一层从首到尾的连续甲板。大中型船舶为了充分利用主船体内部空间，在主船体内一般还有一到两层下甲板。上甲板和下甲板之间的空间称为甲板间舱，下甲板到船底之间的空间称为船舱。上层建筑内的几层甲板也各有名称，其中最高一层甲板通常布置有罗经等导航仪器，一般就称为罗经甲板；驾驶室所在的一层甲板称为驾驶甲板；布置救生艇的一层甲板称为救生甲板；旅客和船员居住的甲板一般称为起居甲板或游步甲板。

船体的左右两个侧壁称为舷侧，它把甲板和船底连接成为一个整体，共同承受外力，而且与船底形成一个水密船壳，保证船舶的浮性。

为了合理安排和充分利用船体的内部空间，并改善船舶航海性能，船体内部不仅用甲板分成几层，而且在每一层里又用一些竖直方向布置的舱壁把每层空间分隔成若干舱室，如机舱、货舱、水舱、油舱和人员居住的舱室等。舱壁又分横舱壁和纵舱壁两种。处于船体横剖面上的称为横舱壁，处于船体纵剖面上的称为纵舱壁。

主船体部分的形状从上往下看呈流线型，中间宽、两端逐渐缩小。其中间由船长中点向前、后各 $0.2L$ 或 $0.25L$ （ L 为船长）的范围内通常称为舯部；最前面靠近船头的 $0.15L$ 范围内称为首部；最后面的 $0.15L$ 范围内称为尾部。首部与尾部的形状相比较，首部较瘦削，尾部较丰满；主体的外形从侧面看近似一个梯形，梯形的上底是上甲板，下底是船底。船长与船宽、船深相比较尺度要大得多。船体的形状是左右对称的，我们这样规定船体的左右面：假设一个人站在船上面对船头，则左手方向为船的左面，右手方向为船的右面。

上层建筑可根据其所在位置分为首楼、尾楼和桥楼（或首甲板室、尾甲板室或舯甲板室），它们有单层的，也有多层的。客船的上层建筑比较庞大。

船体各部分结构通常是由钢板和每隔一定距离装焊的型钢作成的骨架所组成。

船体结构要适应船舶的使用要求，同时要满足强度的要求，因此不同用途的船舶其船体结构也有所不同。如图1-3为一种客船的舯剖面图，为了多装载旅客，它有多层、发达的上层建筑。

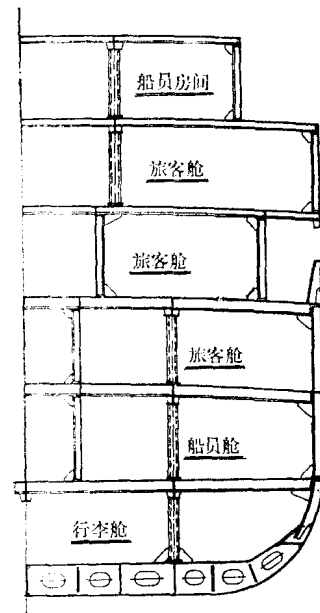


图1-3 客船舯剖面图

图1-4为一种小型货船的舯剖面图，它有宽敞的货舱、一层纵通的甲板和单层底。图1-5为一种大型干货船的舯剖面，它有更为宽敞的货舱和较大的货舱口，并具有双层底结构，为了充分利用货舱空间多装货物，它还有二到三层纵通的甲板。

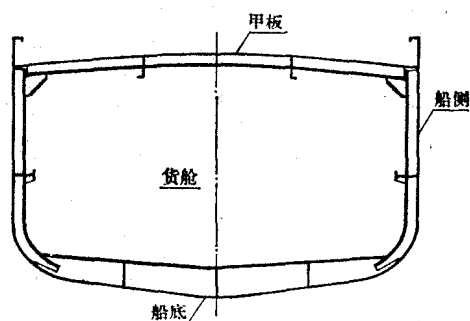


图1-4 小型货船舫剖面图

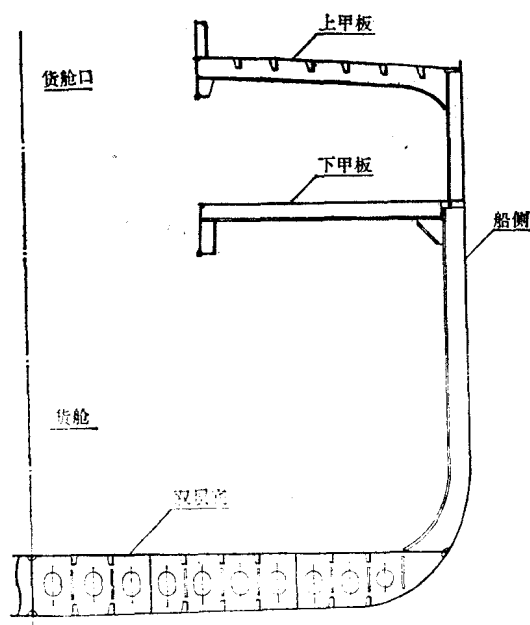


图1-5 大型干货船舫剖面图

图1-6为一种大型散装货船的舫剖面图，它专门装载未经包装的谷物、煤炭、矿砂等货物，只有一层纵通的甲板。由于散装货物装载时顶部成为圆锥形，货舱上部两侧很难得到利用，因此散装货船货舱上部，即舱口、甲板、舷侧之间设有全船纵通的边水舱。边水舱有利于货物的装卸，能防止货物在船体大幅度摇摆时产生过度的横移。在装载重货时，边水舱内压水，可防止船舶重心太低。

图1-7为一种矿砂船的舫剖面图。矿砂船虽然也是散装货船，但结构与一般的散装货船

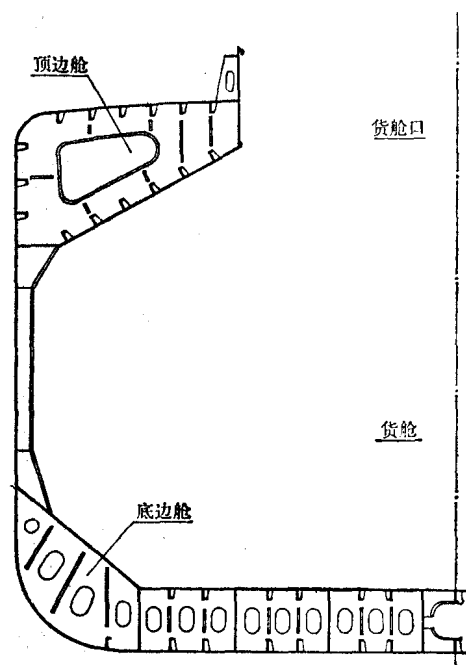


图1-6 大型散装货船舫剖面图

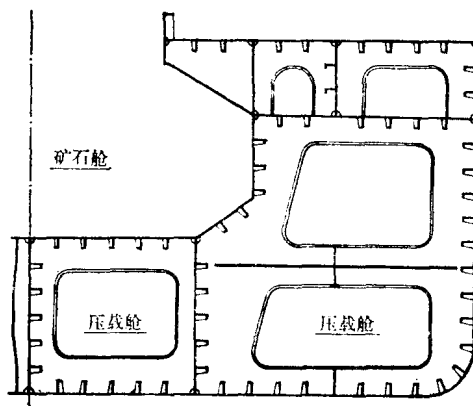


图1-7 矿砂船舫剖面图

有较大区别。矿砂的比重较大，不需要很大的货舱容积；在空载时要求有较多的压载水舱压水，因此矿砂船舱内有两道纵通的纵舱壁，中间为装载矿砂的货舱，两边为压载水舱，供空载时压载用。

为了避免船舶空放的损失，有的矿砂船的边舱被改建成装载石油的油舱，成为矿砂、石油两用船，它的结构形式与图1-7相似。

图1-8是集装箱船的舫剖面图。集装箱船装载一定尺度的集装箱，而货物装在集装箱内。集装箱船具有方正的货舱和宽大的舱口，货舱内做成格栅结构，但没有中间甲板，船侧是双层壳或很深的波形结构，其间装压载水。

图1-9为一种油船的舫剖面图。油船只有一层纵通的甲板，甲板上没有货舱口。船底是单层底。在船体内，它还有一至三道纵通的油密纵舱壁，把油舱分为左右几部分。

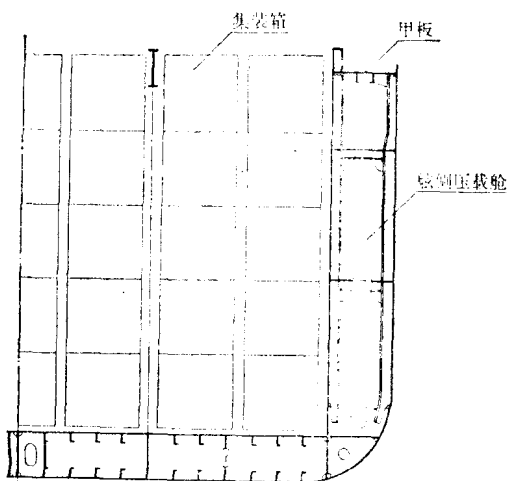


图1-8 集装箱船舫剖面图

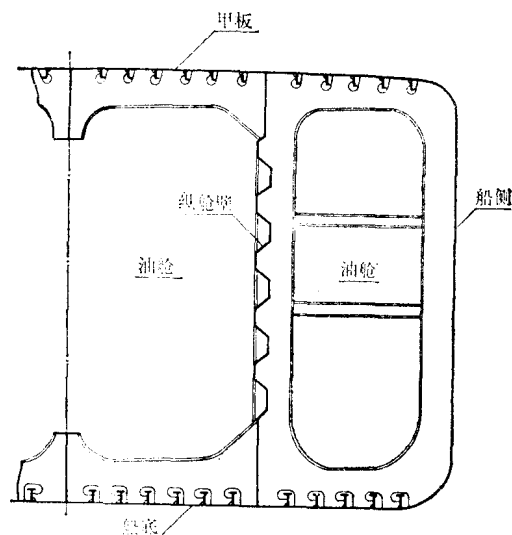


图1-9 油船舫剖面图

在以后的章节中，我们将把船体分解为甲板结构、船侧结构、船底结构、首尾结构、舱壁结构和上层建筑结构等部分分别加以详细分析。

第三节 船体的受力和变形

船舶在建造、停泊、航行和修理等各种过程中，都要受到各种外力的作用。研究船体结构的目的是，就是为了使船体在这些外力的作用下，能保证船体总的和局部的结构具有足够的强度和刚度，并使船体结构达到最小的重量，以提高船舶营运的安全性、经济性，降低建造成本。

一、作用在船体上的力

1. 重力

船体结构所承受的重力就是地球对船舶的吸引力。它的大小等于船舶本身的重量（如船壳、机器、设备的重量）与船舶的载重量（如货物、人员的重量）之和。重力的方向是垂直向下，其合力作用在船舶的重心上。在重力的作用下，船体将产生整体的和局部的变形。例

如装载货物的甲板和船底在货物重量的作用下将发生弯曲变形,如图1-10所示。

2. 水的压力

船舶在水中受到水对船体的压力。它作用于船体浸水部分的外表面,单位面积上水压力的方向垂直于水深成正比,水越深,单位面积上的水压力也越大。水压力的方向垂直于船体的外表面,因此水压力可分解为水平方向和垂直向上的两部分。在水平方向的水压力作用下,船体舷侧部分将产生横向的弯曲变形,如图1-11所示。垂直向上的水压力称为浮力,浮力的大小等于船体排开水的重量,它的合力作用在排水体积的重心上,这一重心又称为浮心。

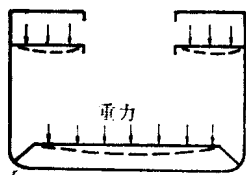


图1-10 重力引起的船体变形

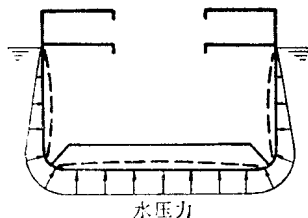


图1-11 水压力引起的船体变形

3. 其他作用力

船体结构除了受到重力和浮力的作用外,各部分还要受到各种局部的作用力,如船舶在航行时会受到波浪的冲击力,尤其是在海洋中航行时这种作用力可能产生相当严重的破坏性,这种力主要作用在首部两侧和上层建筑的前面部分;船舶在冰区航行时,还会受到冰块的压力和撞击力;船舶的尾部经常受到螺旋桨运转时的动水压力的作用;机舱区域要受到机器运转时产生的强烈震动力。此外,船舶在靠码头、触礁、搁浅、装卸货、下水、进坞坐墩时,都会受到各种外力的作用。

二、重力和浮力引起的总纵弯曲

1. 船舶在静水中的总纵弯曲

船舶在静水中,船体受到重力和浮力的作用。重力和浮力的大小相等,方向相反,作用在同一铅垂线上,它们是相互平衡的一对作用力。但是这种平衡只是对整个船体而言,就局部来说,这种平衡是不可能维持的。因为重力和浮力的大小沿船长方向分布情况不同,重力的分布取决于船舶的布置和装载情况,而浮力的分布则决定于船舶水下部分的形状。重力沿船长方向的分布是很不均匀的,同时随船舶使用过程中装载情况的变化而改变,而浮力的分布对于每一艘船来说是有一定规律的,一般说来船体水下部分的形状是中间肥、两头瘦,光滑过渡的,所以浮力的分布也是两头小,中间大。

我们假定船舶重力和浮力的分布如图1-12所示,则对局部来说,某些部位浮力大于重力,而某些部位重力大于浮力。如果设想将船体沿长度截成许多小段,各段之间可以上下自由浮动,那么各小段由于所受的重力和浮力不相等,将发生上浮或下沉现象,重力大于浮力的小段将下沉,重力小于浮力的小段将上浮,直至各段上的重力和浮力获得平衡为止,如图1-13所示。

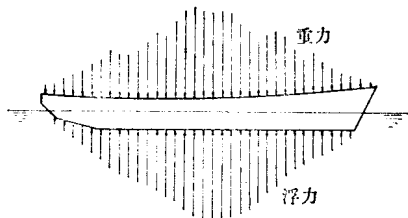


图1-12 重力与浮力的分布

但是实际上船体是一个整体,不允许各段上下自由移动,因此产生了整个船体在船长方

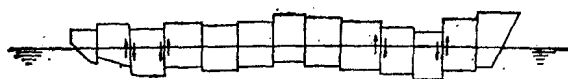


图1-13 船体各段的上浮与下沉

向上的弯曲变形。这种弯曲变形称为船体在静水中的总纵弯曲。我们把船舶舭部向下弯曲称为中垂，舭部向上弯曲称为中拱。中垂时上层甲板受压缩，船底被拉伸；中拱的情况相反，上层甲板被拉伸，而船底受压缩。但是在甲板与船底之间，沿水平方向有一层在船体总纵弯曲时既不被拉伸，也不被压缩，这一层被称为中性面。

舭机型船舶在空载时吃水较浅，机舱内机器的重量往往大于这一区域的浮力，产生中垂；而在满载时吃水加深，机舱区域受到的浮力常常大于机舱的重量，则产生中拱。尾机型船舶正好相反，空载时产生中拱，满载时产生中垂。这就是由于货物重量的变化引起重力分布曲线的变化而产生的现象。

船体各部分上的重力与浮力的差值就是作用在船体上的载荷。我们把船体看作是一根自由漂浮在水面上的变截面空心梁，它在这些载荷作用下产生弯曲变形，在船体内部产生内力，即剪切力和弯矩。图1-14就是把船体作为梁弯曲计算所得到的剪力曲线和弯矩曲线图。

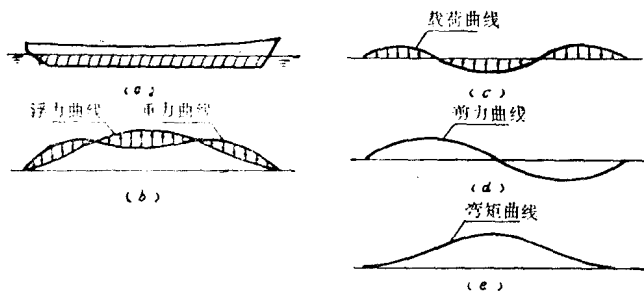


图1-14 船体载荷、剪力、弯矩曲线

船体的剪力曲线和弯矩曲线的特点是：船体两端的剪力与弯矩为零，这是因为船体两端是没有约束的，相当于完全自由端。

弯矩最大值在船体长度的中央部分，该处的剪力为零。

剪力最大值在船体长度方向距两端约 $0.25L$ 处。

2. 船舶在波浪中的总纵弯曲

船舶在波浪中航行时，船的重力分布不变，而浮力分布则发生了变化，因为船体浸水体积随着波浪不断发生变化。因此船体将受到一个因波浪引起的附加的总纵弯矩。如果波浪的波长等于船长，则船体将产生比静水中更严重的总纵弯曲。

当波浪的波谷位于船舭，而波峰在船的首尾时，舭部的浮力小，而首尾的浮力大，这时必然使整个船体产生舭部下垂首尾上浮的弯曲变形，也就是中垂变形。

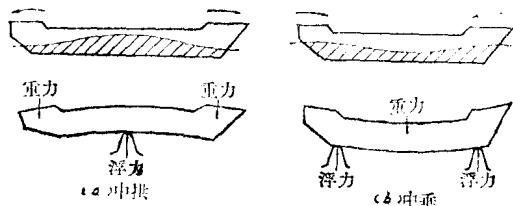


图1-15 波浪中的中拱与中垂弯曲

反之，当波浪的波峰位于船舭，而波谷位于首尾时，舭部的浮力大，而首尾的浮力小。这时必然使整个船体产生舭部上浮而首尾下垂的弯曲变形，即中拱变形。如图1-15所示。

实际上，船是在波浪中航行的，因此它的中垂变形和中拱变形是不断交替出现的。

如果船舶在静水中已经有中拱弯曲，则当它航行在两波谷之间时，中拱弯曲势必加剧；反之，如果船舶在静水中已经有了中垂弯曲，则当它航行在两波峰之间时，中垂弯曲也必然

加剧。这对于船舶的强度是非常不利的。所以为了尽量减少上述现象，必须妥善地调节船舶的重力分布以减少船在静水中的总纵弯曲。

第四节 船体的总纵强度、横强度和局部强度

作用在船体上的力是多种多样的，它们使船体产生变形，甚至造成船体的破坏。船体承受外力而不被外力所破坏的能力即称为船体的强度，它包括船体的总纵强度、横强度和局部强度。因此要保证船体有足够的坚固性，就必须满足这三方面的强度要求。

一、船体的总纵强度

船舶在下水，进坞和航行的过程中都会产生总纵弯曲。实践证明，船舶在波浪中产生的总纵弯曲往往较静水时为大，而且由于波浪的波峰与波谷的交替变动，船体的弯曲也是中拱和中垂交替地出现。交变的总纵弯曲可能使船体断裂或产生纵向永久变形。船体结构抵抗这种可能使船体断裂的纵向弯曲的能力称为船体的总纵强度。

通常可以将船体看作自由漂浮在水面上的变截面空心梁，称为船梁。由材料力学可知，梁的弯曲正应力公式为：

$$\sigma = -\frac{My}{I} \quad (1-1)$$

式中： σ ——总纵弯曲正应力；

M ——总纵弯曲力矩；

y ——构件离船体横剖面中和轴的距离；

I ——船体横剖面对中和轴的主惯性矩。

主船体的上甲板和船底离船体横剖面中和轴的距离最大，因此船体上最大的总纵弯曲正应力通常出现在上甲板和船底。

式1-1可写成：

$$\sigma = -\frac{M}{\frac{I}{y}} \quad (1-2)$$

令

$$W = \frac{I}{y}$$

则得

$$\sigma = -\frac{M}{W} \quad (1-3)$$

式中 W 称为剖面模数。式1-3说明船梁对总纵弯曲的抵抗能力是由其剖面模数决定的：当最大的总纵弯矩已决定时，只要最小的剖面模数 W 大于某一个数值，则总纵弯曲正应力 σ 就不会超过船体构件的许用应力，船体结构的总纵强度就有保证。

由式1-1我们还可以看到，当船体的横剖面形状和面积给定时，剖面模数仅随横剖面中的纵向连续构件的高度位置而变，而与构件的横向位置无关。

船体总纵弯曲的计算是与梁的弯曲理论一样，这种梁在船体结构上叫做等值梁。等值梁

在实质上是表示船体的纵向连续构件在剖面的高度上的分布情况。如图1-16所示。

船体结构参加总纵弯曲的构件主要有甲板、外壳板、连续的纵舱壁和组成连续纵向骨架的龙骨、纵桁、纵骨等。而组成横向骨架的肋板、肋骨、横梁不直接承受总纵弯曲，但是由于横向骨架支撑了纵向骨架并保证了船体的外形，从而它们也就间接地保证了船体的总纵强度。

等值梁的剪应力公式如下：

$$\tau = \frac{QS}{Ib} \quad (1-4)$$

式中： τ ——等值梁剖面上距中和轴 y 处纤维的剪应力；

Q ——该剖面的剪力；

S ——等值梁剖面距中和轴 y 以上的面积对中和轴的静矩；

I ——等值梁的剖面主惯性矩；

b ——等值梁剖面距中和轴 y 处的宽度。

最大的剪应力出现在船体中和轴处。空心等值梁的剪力主要由梁的腹板承受，因此船体结构里的剪应力主要作用在舷侧外板上。

二、横向强度和局部强度

重力和水压力的作用除了使船体产生总纵弯曲以外，还会使船体甲板、舷侧、底部等结构产生横向弯曲变形。横向强度一般是指整个船体横向构件抵抗横向弯曲的能力。船体保证横向强度的构件主要有横舱壁和由肋板、肋骨、横梁组成的横向框架。一般来说，当船体的总纵强度和局部强度都能满足时，横向强度也能满足。

船体的局部强度是指船体局部结构或个别构件对局部作用力的抵抗能力。有时船体的总纵强度虽能保证，但局部强度不一定能保证。如船首部在风浪中受波浪的严重冲击可能产生严重的永久变形甚至损坏，机舱区域的船底结构可能因主机运转时的强烈震动而出现裂缝等等，都是局部强度不足的例子。

船体的外壳板、甲板和纵向、横向骨架、横舱壁等分别保证各自所在区域的局部强度，对局部受力较大的地方应作局部的加强。

第五节 船体骨架的两种布置形式

一、骨架的作用

船体结构是由外板、甲板板、舱壁板以及用型钢、T形钢纵横交叉做成的骨架所组成。

为什么在外板、甲板板和舱壁板上要装焊骨架呢？因为这些板材如果没有骨架的支持是不能承受较大的外力作用的。一张钢板受到和这钢板平面相垂直的力的作用时，钢板就要产生很严重的弯曲变形；如果在钢板上平行地焊上几根型钢，这钢板沿着型钢的方向的弯曲将显著减小；如果在与型钢垂直的方向上再焊上几根T形钢，钢板的弯曲就更小了，如图1-17所示。

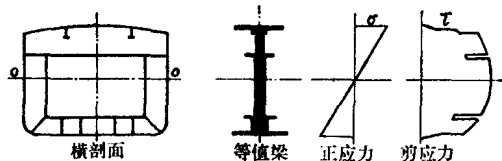


图1-16 船体等值梁及其应力分布

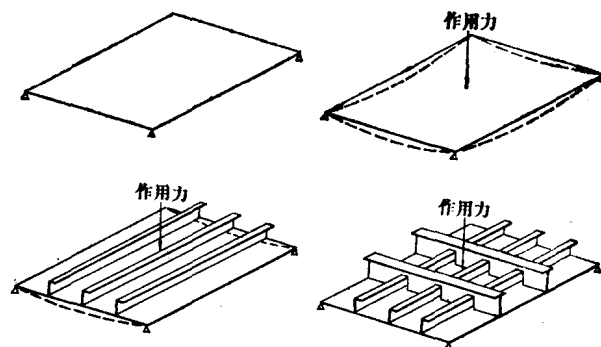


图1-17 板架的受力弯曲

如果沿着钢板平面的方向加一对压力，钢板也很容易失去稳定性而弯曲，如图1-18所示。如果沿着压力的方向也焊上几根型钢，钢板也就不容易被压弯了。船体上甲板和船底板在船体总纵弯曲时沿着纵向要受到很大的压力，如果没有纵向骨架的支持，它们将很容易失去稳定性而产生皱折，以至整个船体被破坏。因此钢板和骨架的组合能

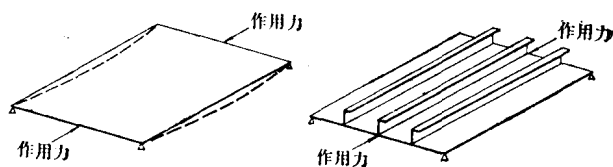


图1-18 板架的受力稳定性

大大提高结构承受外力的能力，船体结构必须由板和骨架共同组成。

船体的外板、甲板板和舱壁板形成了船体的水密外壳，并且承受外界的作用力。纵横交叉的构件装焊在板上，加强了板的坚固性，使板不易破损和变形。同时船体结构各部分也通过这些构件更紧密地连接起来，互相支持，并且相互传递外界的作用力。

二、船体骨架的两种布置形式

船体构件通常沿着船长方向和船宽方向布置，沿着船长方向布置的构件称为纵向构件；沿着船宽方向布置的构件称为横向构件。如果船体结构的某一部分（如船底、舷侧、甲板等）横向构件布置得密，间距小，而纵向构件布置得稀，间距大，则这一部分结构的布置方式就称为横骨架式。如果船体结构的某一部分纵向构件布置得密、间距小，而横向构件布置得稀、间距大，则这一部分结构的布置方式就称为纵骨架式。就整个船体来说也一样，如果船体各部分都是由横骨架式结构组成，就称为横骨架式船体。如果船体各部分都是由纵骨架式结构组成的，就称为纵骨架式船体。在有些船上，一部分结构采用横骨架式，另一部分结构采用纵骨架式，这样的结构形式就称为纵横混合骨架式结构。例如：上甲板和船底采用纵骨架式结构，舷侧和下甲板采用横骨架式结构，或者舢段采用纵骨架式结构，首尾部分采用横骨架式结构。

构件布置的方式主要是根据船体结构的强度和使用要求决定的。横骨架式是钢船结构最早采用的结构形式，它具有施工方便、船舱利用率高的优点，但它纵向构件少，总纵强度较差，目前广泛应用在中小型沿海船舶和各种内河船舶上。大型船舶由于其长度较大，对船体总纵强度的要求较高，如果还是采用横骨架式结构，就要增加外板的厚度和构件的尺寸来满足总纵强度的要求。这样船体重量就要增加，材料利用也很不经济。所以大型船舶常采用纵

骨架式结构。由于纵向构件布置得密,提高了船体抵抗总纵弯曲的能力,在强度要求相同的条件下,纵骨架式结构的重量比横骨架式要轻。但是纵向构件多,在船体建造中分段合拢时纵向接头就多,增加了装配、焊接的工作量。在船体线型变化较大的部位,纵向构件往往需要火工加工成形,增加了热加工的工作量。同时纵骨架式结构中,为了加强和支持纵向构件,横向构件的尺寸就比较大,这样就使两横向构件之间的空间得不到充分利用,减少了船舱的有效容积。

纵横混合骨架式可根据结构受力情况,在不同部位采用不同的骨架型式,以充分利用纵骨架式和横骨架式各自的优点,对保证船体强度和满足使用要求都是有利的。目前,纵横混合骨架式常应用在大中型船舶上。

第六节 《钢质海船建造规范》简介

一、关于规范的一般概念

在船舶结构力学未成为现时这样完整的系统之前,船体结构是模仿母型船的结构进行设计建造的,这种设计方法叫做母型船模仿法。当时在母型船结构的基础上进行改良而设计成为新船的结构。但这种设计主要是凭经验,在结构强度上没有经过计算和验证,所以在一定程度上带有技术上的冒险或保守成分。

随着结构力学和船体强度这两门学科的发展,开始有可能在参考母型船进行设计时,根据强度计算来校核新设计的船舶结构。但是在设计新船的结构时,采用母型船模仿法仍具有很大的现实意义。因为在很多情况下,对船体的外载荷的性质和载荷大小的研究还不是很有把握的,很多计算是近似的。此外,对结构的工作情况和构件的磨损和腐蚀等情况也没有十分精确的资料。所以母型船模仿法,在目前船舶结构设计中仍旧是不可缺少的一种方法。

按照规范来设计船体结构,也是母型船模仿法的一种,因为规范是在许多船舶的建造和营运经验总结的基础上编订出来的。此外,规范中也采用了船舶结构力学的基本原理。因此可以说,根据规范来设计船体结构是一种比较完善的母型船模仿法。

我国船舶检验局(代号Z·C)在1973年颁布了新的《钢质海船建造规范》,在1977年颁布了《钢质海船建造规范修改通报》,当前民用船舶结构构件尺寸,主要依据这本规范来计算决定。

我国的《钢质海船建造规范》既适用于国内航行的船舶,又符合对国际航行船舶所规定的标准。但它适用于以下主尺度范围的民用船舶:船长 $L=20\sim 230$ 米、船长型深比 $\frac{L}{D}\leq$

14、船宽型深比 $\frac{B}{D}\leq 2.5$ 的干货船及客船。对于油船、渔船、散装货船、拖船和矿石船等规范中另有补充规定(目前军舰结构设计时采用母型船及强度计算相结合的方法)。为了保证结构的可靠性,规范仅适用于一定型式的船体结构,因为只有在这种条件下,才能具体确定有关的计算公式。

尽管此规范在强度方面有它一定的可靠性,但是我们对它也应当进行具体分析,不可被它束缚手脚,而应按实际情况灵活运用。