

# 第一章 船舶

海上运输的工具是船舶，在茫茫大海，靠船舶将货、客运送到大洋的彼岸、地球的另一半球。因此，要了解航海，首先必须了解什么叫船舶，船舶有哪些设备，应具备哪些性能等等。本章将介绍船舶的种类、船舶的构成及各部分的名称、船舶的主要尺度、船舶的主要性能和主要设备等基础知识。

## 第一节 船舶基本知识

### 一、船舶种类

船舶是水上运输和工程作业的主要工具，其种类繁多、数目庞大。按用途分，有民用船和军用船；按船体材料分，有木船、钢船、水泥船和玻璃钢船等；按航行区域分，有远洋船、近洋船、沿海船和内河船等；按动力装置分，有蒸汽机船、内燃机船、汽轮机船、电动船和核动力船等；按推进方式分，有明轮船、螺旋桨船、平旋推进器船和风帆助航船等；按航行方式分，有自航船和非自航船；按航行状态分，有排水型船和非排水型船。民用船舶分类中通常是按用途进行划分，现分别简要介绍如下：

#### 1. 海洋运输船舶

海洋运输船舶的主要任务是从事旅客和货物的运输，它又可分为客船和货船两大类：

##### 1) 客船 (passenger vessel)

是指用于运送旅客及其携带行李的船舶。对兼运少量货物的客船也称客货船。由于客船多为定期定线航行，又称客班船。在《国际海上人命安全公约》(SOLAS 公约)中规定，凡载客超过 12 人的船舶应视为客船。

客船的外形如图 1-1 所示。其特点是具有良好的航海性能，安全设备与生活设施完善，上层建筑高大，船速较高，一般在 20kn(节，海里/小时)左右。有的短途客船采用水翼艇(hydrofoil craft)和气垫艇(hover craft)船速一般在 40kn 左右。

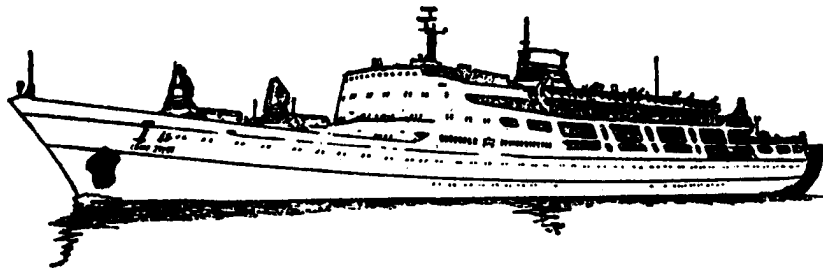


图 1-1 客船

##### 2) 货船 (cargo vessel)

是指以装运货物为主亦可搭乘不超过 12 名旅客的船舶。货船可分为杂货船、散装船、木材船、集装箱船、滚装船、载驳船和冷藏船等。

#### (1) 杂货船 (general cargo vessel)

又称普通货船或件杂货船，是最早出现的货船，主要装运各种成箱、成捆、成包和桶装的件杂货，由于集装箱运输的发展，件杂货运量逐渐减少，目前主要是从事短途件杂货运输，如图 1-2 所示。

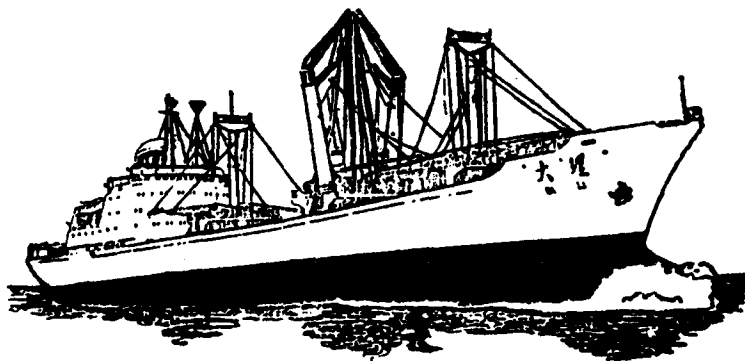


图 1-2 杂货船

#### (2) 散货船 (bulk carrier)

散货船按所运货物形态不同又可分为干散货船和液体散货船。

##### 干散货船 (dry bulk carrier)

是指专门运载谷物、矿砂、煤炭、化肥、水泥等大宗散货的船舶。这类船舶多为尾机型单甲板船 舱口也较大 如图 1-3 所示。

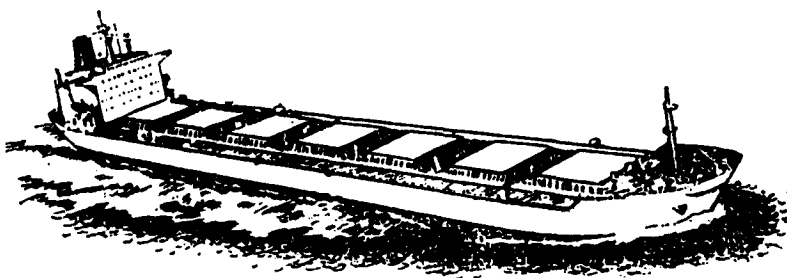


图 1-3 干散货船

根据所运货种和结构形式的不同，干散货船又可分为：

- 专运散装谷物的散粮船 (bulk grain carrier)；
- 专运煤炭的运煤船 (coal carrier)；
- 专运矿砂的矿砂船 (ore carrier)；
- 带自卸系统的自卸式散货船。

##### 液体散货船 (liquid bulk carrier)

是指专门运载石油等液体货物的船舶，包括有油轮、液体化学品船和液化气体船等。

##### 油船 (oil tanker)

是指专门运输原油或成品油的船舶。油船多为单甲板、尾机型船，其外形如图 1-4 所示。由于货油通过管路进行装卸，故甲板上无起货设备，也不设大的舱口，而布置有许多管系、阀

门，设置圆筒形油气膨胀舱口。为了确保船员通行安全，在首楼和尾楼之间架设人行步桥或在甲板下设内部纵向通道。

现在要求油船采用双层船壳，并设专用压载舱，以防止货油对水域的污染。

•液体化学品船 ( liquid chemical tanker)

是指专门运载散装液体化学品的船舶，其外型与内部结构同油轮相似。由于所装载的液体多数为有毒、易燃和强腐蚀性物质，而且品种很多，为了便于装载，防止泄漏，液货舱分隔得较小，且均设双层底。为了方便液货舱的清洗，增强液货舱的抗腐蚀能力，有的船舶部分或全部液货舱采用不锈钢制成。

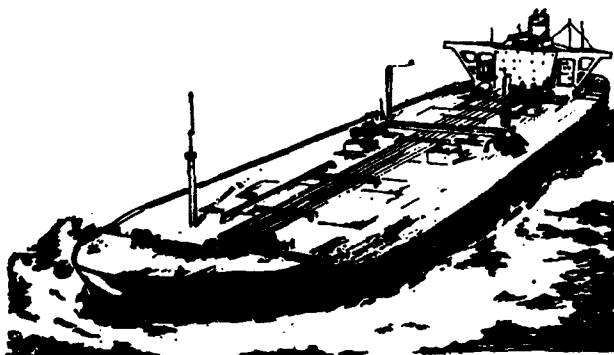


图 1-4 油轮

•液化气体船 ( liquid gas tanker)

是指专用于运载液化石油气 ( liquid petroleum gas, LPG)、液化天然气 ( liquid natural gas, LNG)和液化化学气 ( liquid chemical gas, LCG ) 的船舶，这三类液化气体在常温常压下为气体，它们是在低温和加压下成为液态后运载。液化气体船的外型如图 1-5 所示，船舶是双层壳结构，尾机型，货舱为球形或圆柱形耐压容器，货舱与其非载货舱室之间设有隔离舱。液化气船上除了各液货舱独立的泵、管系、消防系统外，还设有远距离操纵装置用以遥控各种管系的阀门、泵等，设有测量仪器及监测装置用以测定液货舱的液面高度、压力和温度并监测各种设备的运转情况等。

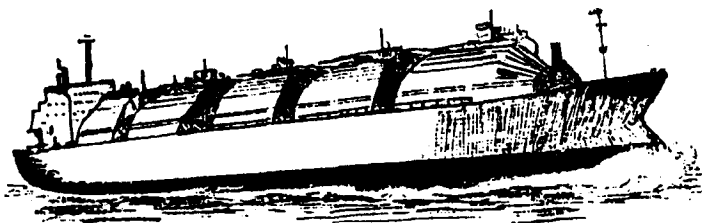


图 1-5 液化气体船

(3) 木材船 ( timber carrier)

是指专供运载木材的船舶，其船型与散货船相近。由于木材的密度小，体积大，有一部分要装在甲板上，因此在甲板两舷设有支柱以拦护木材，如图 1-6 所示。

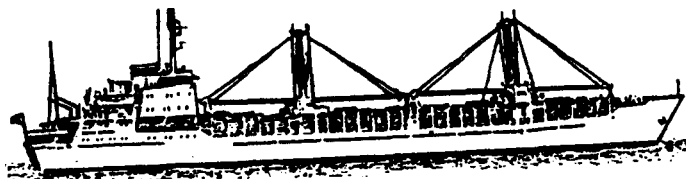


图 1-6 木材船

(4) 集装箱船 ( container ship)

是指以装运集装箱货物为主的船舶。事先将货物装入集装箱内，再把集装箱装上船。这种运输方式的优点是装卸效率高、降低劳动强度、减少货损货差和便于开展多式联运。目前，集装箱运输发展很快，已成为件杂货的主要运输方式。

集装箱船基本上可以分为全集装箱船和半集装箱船两大类。全集装箱船的货舱和甲板均能装载集装箱。货舱内设有格栅式货架，以利货箱的固定。其甲板和货舱盖是平直的，上面可以装 2~4 层集装箱 如图 1-7 所示。通常船上不设起货设备，而利用码头上的专用设备装卸。半集装箱船则在部分货舱装运集装箱，其他货舱装运杂货或散货。

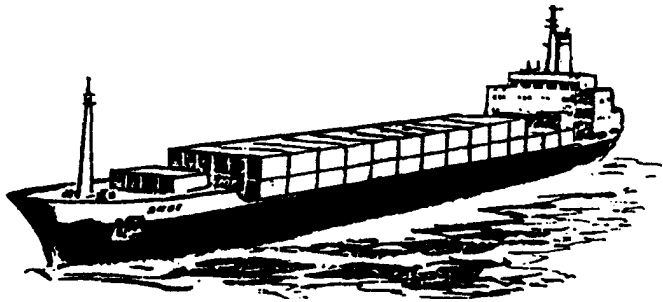


图 1-7 集装箱船

集装箱船的货舱舱口很大，为了保证船体强度，采用双层船壳。其不仅装卸效率高，船速也较快，多在 20kn 以上。目前，已建造第六代集装箱船 可装载 8000 个集装箱。

#### (5) 滚装舰 roll on/roll off ship, Ro/Ro)

是一种采用水平装卸方式的船舶。它装运的货物主要是汽车和集装箱。装卸时，在船的尾部、舷侧或首部 有跳板放到码头上 汽车或拖车通过跳板开上开下 实现货物的装卸。故滚装船又称开上开下船或滚上滚下船，如图 1-8 所示。

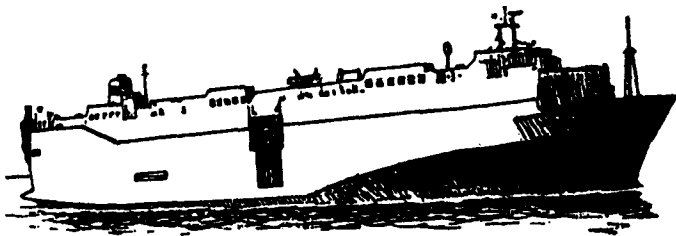


图 1-8 滚装船

滚装船的上层建筑高大，最上层的露天甲板平坦，无起货设备。货舱内设有 多层纵通甲板，汽车或拖车可以通过坡道或升降平台进入各层舱内。滚装船对码头要求低，装卸效率高，船速较快。但舱容利用率低，造价高。

#### (6) 载驳舰 barge carrier)

又称子母船 它先将货物装在规格相同的小驳船里，再将这些小驳船装到母船上一起运输，如图 1-9 所示。

载驳船的 优点是可以提高装卸效率，缩短船舶停港时间，加速船舶周转，而且不受港口、码头和装卸设备的限制，同时便于把海河联运有机地结合起来。缺点是载驳船的高度的组织管理较为复杂，目前发展缓慢。

#### (7) 冷藏舰 refrigerator ship)

是运送肉、鱼、蔬菜和水果等易腐货物的专用船舶，其船舶结构与杂货船相近，但货舱口较小，货舱具有良好的隔热功能，并配有 大能量的制冷装置。由于受货源批量

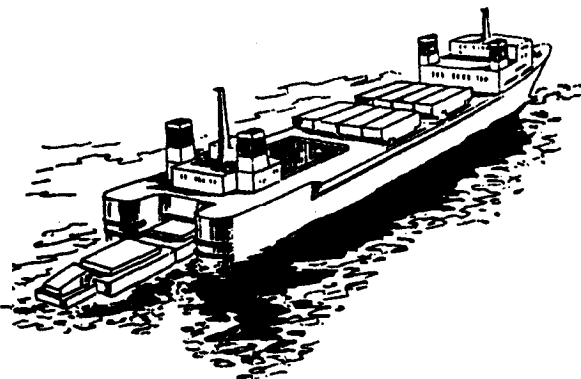


图 1-9 载驳船

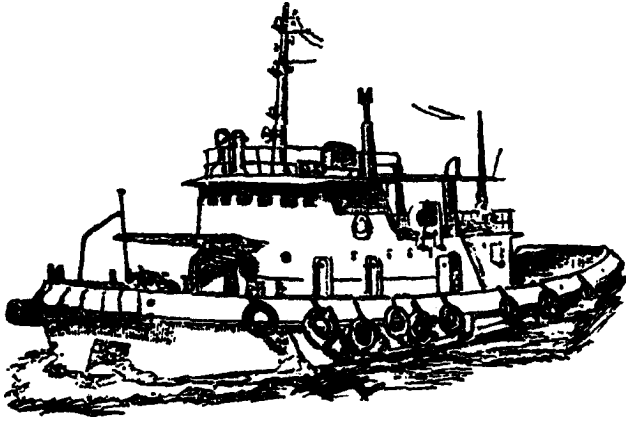


图 1-10 拖轮

示。大功率拖船还可用于海上拖带。

(2) 消防艇 (fire boat)

是指专用于扑救港内船舶火灾或扑救码头上临近建筑物火灾的工作船，如图 1-11 所示。船上设有三门消防炮，用以喷射泡沫或高压水柱，有的还设有升降台，用于扑救高处火灾。

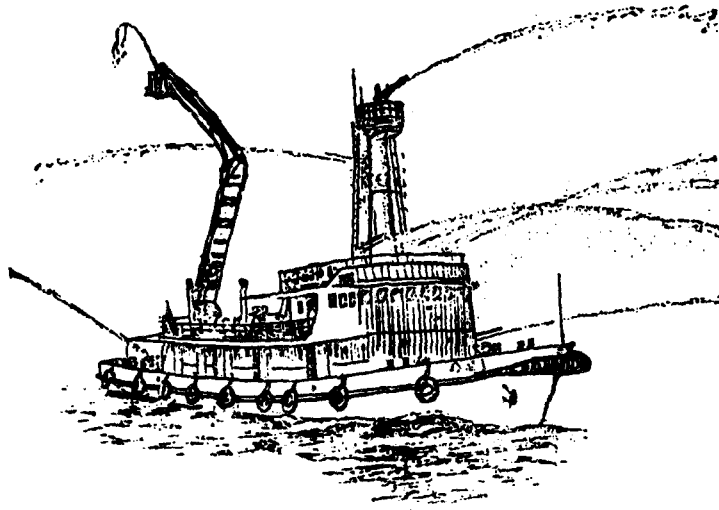


图 1-11 消防船

(3) 供应艇 (supply boat)

是指在港口用于向运输船供应淡水 (水船)、燃油 (油船) 和物料等的专用船舶，如图 1-12 所示。

(4) 引航艇 (pilot boat)

是专门用于接送引航员登船引航的船舶，其船体涂有明显颜色并有引航标志。

(5) 交通艇 (launch)

是用于接送船员、工作人员等

的限制，冷藏船的吨位一般在万吨以下。目前，用于装运冷藏货物的冷藏集装箱发展迅速，由于其运输方便，所以在某种程度上取代了冷藏船运输。

2. 特殊用途船舶

1) 港作船

包括有拖船、消防船、供应船、引航船和交通船等。

(1) 拖船 (tug boat)

拖船的尺寸较小，但其功率大、强度高、稳性好、操作灵活，主要用于协助他船进行港内操纵，其外形如图 1-10 所

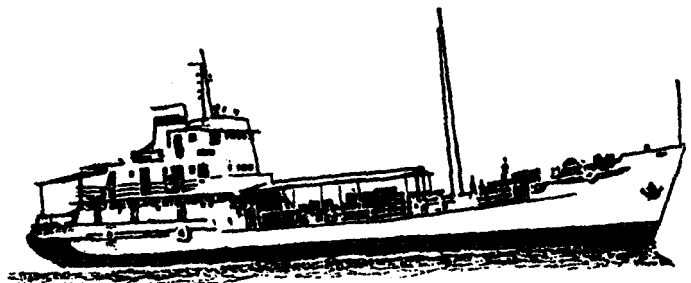


图 1-12 供油船

的小艇。

## 2) 工程船

包括有挖泥船、起重船、打捞船、海难救助船、破冰船和敷缆船等。

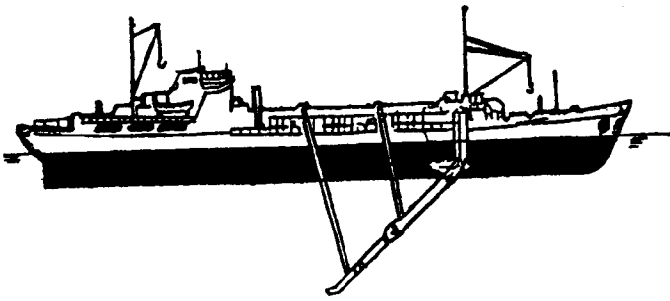


图 1-13 耙吸式挖泥船

(1) 挖泥船 dredger)  
是用于疏浚航道、加深泊位或开掘运河的工程船舶。按挖泥设备不同可分为耙吸式、绞吸式、抓斗式、链斗式等几种类型，如图 1-13 所示。

(2) 起重船 floating crane)  
是专用于起重的工程船，又叫浮吊 如图 1-14 所示。它大多为非自航式，由拖船拖带移动。浮吊的起重量

从几十吨到几百吨不等。大型浮吊的起重量可达数千吨。

### (3) 打捞船 salvage ship)

是用于打捞沉船或水底遗弃物的工程专用船舶。打捞船上装有起重机、绞车装置和空气压缩机，还有潜水、电焊、切割、修补和水下定位系统等设备。

### (4) 海难救助船 rescue ship)

是专用于救援遇难船舶的工作船。其外形与大型拖船相似，船体颜色一般为白色，船速较快，并配有各种救助设备。

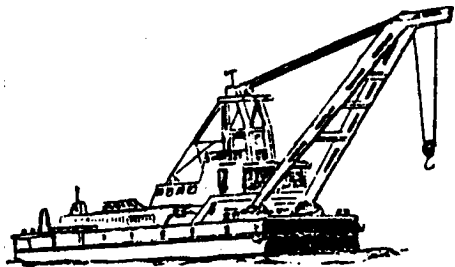


图 1-14 起重船

### (5) 破冰船 ice breaker)

是专门用于破开航道上冰层和救助冰困船舶的工作船。船首呈前倾状并予以特别加强。首尾的左右舷均设有大容量的压载舱。破冰时使船首冲上冰层，再将尾压载水打到首压载舱，靠重力或船身左右晃动将冰压碎，如图 1-15 所示。

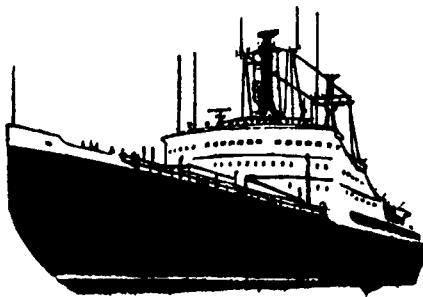


图 1-15 破冰船

### (6) 敷缆船 cable ship)

是敷设海底电缆的专用船，它可兼作电缆维修船，其首部形状较特殊，设有几个大直径的导缆滑轮。

### 3) 科学考察船 ( scientific research ship)

是用于海洋水文、气象、地质和生物等研究考察的船舶。这种船舶航海性能好、舱室生活设施完善、续航力强。

### 4) 渔船 fishing boat)

是指从事捕鱼和辅助捕鱼的船舶，按其作业方式分为拖网船、围网船、流网船、延绳钓船、捕鲸船和鱼类加工船等。

除了以上几种特殊用途船舶外，还有航标船、钻井船、浮油回收船、垃圾船和打桩船等专用船舶。

## 二、船舶部位划分与舱室名称

### 船舶部位名称

船舶各部位名称如图 1-16 所示。船的前端叫船首 (stem) 后端叫船尾 (stem) 船首两侧船壳板弯曲处叫首舷 (bow) ; 船尾两侧船壳板弯曲处叫尾舷 (quarter) ; 船两边叫船舷 (ships side) ; 船舷与船底交接的弯曲部叫舭部 (bilge)。

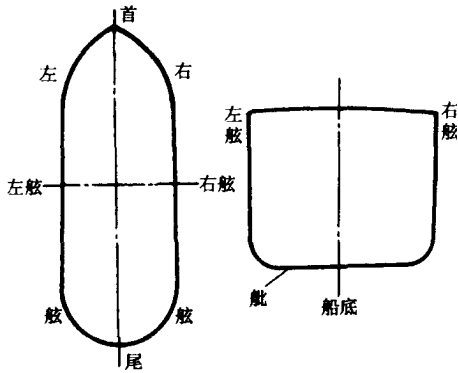


图 1-16 船舶部位名称

连接船首和船尾的直线叫首尾线 ( fore and aft line, centre line)。首尾线把船体分为左右两半, 从船尾向前看, 在首尾线右边的叫右舷 (starboard side) 在首尾线左边的叫左舷 (port side)。与首尾线中点相垂直的方向叫正横 (abeam), 在左舷的叫左正横; 在右舷的叫右正横。

## 2. 甲板名称

船体水平方向布置的钢板称为甲板, 船体被甲板分为上下若干层。最上一层船首尾的统长甲板称上甲板 (upper deck)。这层甲板如果所有开口都能封密并保证水密, 则这层甲板又可称主甲板 ( main deck) 在丈量

时又称为量吨甲板。

少数远洋船舶在主甲板上还有一层贯通船首尾的上甲板, 由于其开口不能保证水密, 所以只能叫遮蔽甲板 (shelter deck)。

主甲板把船分为上下两部分, 在主甲板以上的部分统称为上层建筑; 主甲板以下部分叫主船体。

在主甲板以下的各层统长甲板, 从上到下依次叫二层甲板、三层甲板等等。在主甲板以上均为短段甲板, 习惯上是按照该层甲板的舱室名称或用途来命名的。如驾驶室甲板 (bridge deck)、救生艇甲板 (life - boat deck) 等等 见图 1-17。

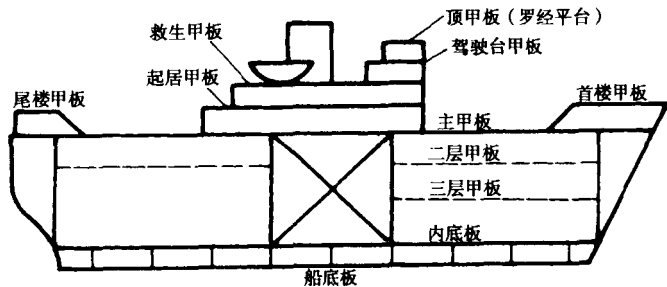


图 1-17 甲板名称

## 3. 舱室名称

### (1) 主船体舱室名称

在主船体内, 根据需要用横向舱壁分隔成很多大小不同的舱室, 这些舱室都按照各自的用途或所在部位而命名, 如图 1-18 所示 从首到尾分别叫首尖舱、锚链舱、货舱、机舱、尾尖舱和

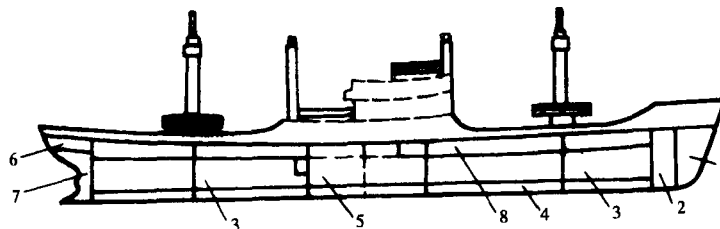


图 1-18 船舶舱室名称

1-首尖舱; 2-锚链舱; 3-货舱; 4-压载舱; 5-机舱; 6-舵机舱; 7-尾尖舱; 8-甲板间舱

压载舱等。在货舱中两层甲板之间所形成的舱间称甲板间舱 ( tween deck ) , 也叫二层舱或二层柜。

### (2) 上层建筑舱室名称

上层建筑分船楼和甲板室两大类型。所谓船楼是指两侧都延伸至船舷或很接近船舷的上层建筑；甲板室是指两侧不接近舷边的上层建筑。船楼又有首楼 ( forecastle )、尾楼 ( poop ) 和驾驶室 ( bridge ) 之分。上层建筑的各舱室一般按舱室用途而命名，如图 1-19 所示。

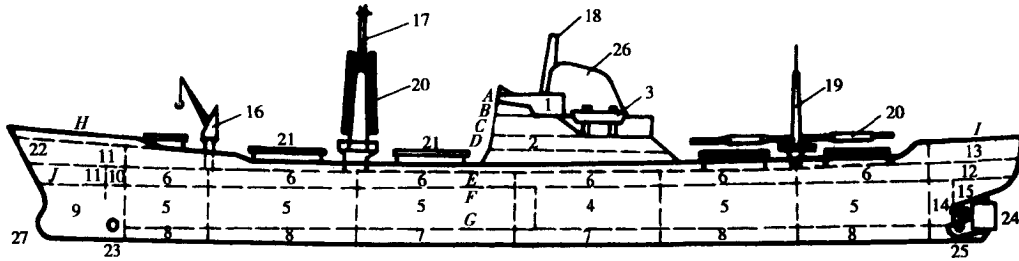


图 1-19 船舶各主要部位名和设备

A-罗经甲板 ;B-驾驶甲板 ;C-救生艇甲板 ;D-起居甲板 ;E-上甲板 ;F-第二层甲板 ;G-内底 ;H-首楼甲板 ;I-尾楼甲板 ;J-平台甲板 ;1-驾驶室 ;2-居住舱室 ;3-救生艇 ;4-机舱 ;5-货舱 ;6-甲板间舱 ;7-燃油舱 ;8-压载舱 ;9-首尖舱 ;10-锚链舱 ;11-贮藏室 ;12-绳索仓库 ;13-舵机舱 ;14-淡水舱 ;15-尾尖舱 ;16-起重机 ;17-重型吊杆 ;18-前桅 ;19-后桅 ;20-吊杆 ;21-舱口围板 ;22-首锚 ;23-侧推器 ;24-舵 ;25-螺旋桨 ;26-烟窗 ;27-球鼻首

## 三、船舶主尺度和主尺度比

### 1. 船舶主尺度

船舶主尺度是用以表示船舶大小和特征的几个典型尺度，包括有船长、船宽、船深（或船高）和吃水等。船舶主尺度按不同用途和丈量规则可分为最大尺度、登记尺度和船型尺度等三种，如图 1-20 所示。

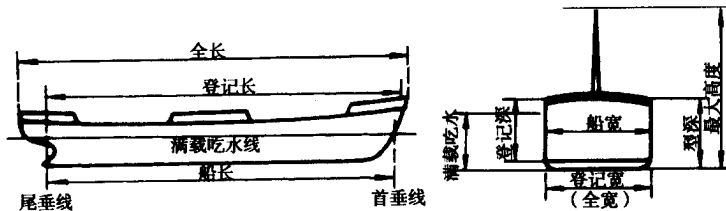


图 1-20 船舶尺度

#### (1) 最大尺度 (over dimension)

也称全部尺度或周界尺度。这种尺度在实际工作中有着重要的意义。它决定某一船舶能否停靠一定长度的码头、通过或进入一定长度和宽度的船闸或船坞，决定船舶在狭窄航道和港内的安全操纵和避让，以及能否顺利通过横跨航道上的桥梁和架空电缆等。

##### ① 船舶总长 (length overall)

是从船首最前端量到船尾最后端的水平距离。若船首最前端与船尾最后端两端外板上有永久性固定突出物（如顶推装置等）也应包括在内。

##### 最大宽度 (maximum breadth)

是指船体最宽部分处两舷的船壳板外缘间的水平距离。若有固定的舷边设备或护舷材也应包括在内。

最大高度 maximum height)

是指从龙骨下边到最高桅顶的垂直距离，也称连桅高度。它包括任何桅顶构件最高点的垂直距离。

由最大高度减去船舶实际吃水，即得船舶在水面上的高度 ( air draught)。船舶水面上高度决定船舶能否通过航道上的桥梁或架空电缆。

(2) 登记尺度 registered dimension)

它是丈量船舶、计算船舶吨位的尺度，该尺度登记在船舶丈量证书上，表明船舶大小。根据我国颁布的“1985年海船丈量规范”的规定，国际航行船舶与国内航行船舶其丈量方法不同。

对国际航行船舶：

登记长度 registered length)

指自龙骨板上缘的最小型深 85% 处水线长度的 96% ，或沿该水线从首柱前缘量至上舵杆中心的长度，取两者中较大者。

登记宽度 registered breadth)

在登记长度中点处两舷船壳板内缘间的水平距离。

登记深度 registered depth)

在登记长度中点舷侧处，自平板龙骨板上缘至甲板下的垂直距离。

对国内航行船舶：

登记长度

在量吨甲板上表面，从首柱前缘量至舵柱后缘的水平距离。没有舵柱的船舶量至舵杆中心。

② 登记宽度

在中剖面的最宽处两舷的壳板内缘间的水平距离。

登记深度

在登记长度中点处，自舷侧处甲板下缘至内底板上缘的垂直距离。无内底板船量至肋板上缘。

(3) 船型尺度 moulded dimension)

也叫理论尺度或计算尺度。船舶设计中主要是用船型尺度，它是计算船舶稳性、吃水差、干舷高度、船舶系数和水对船舶阻力时使用的尺度。

型长 length between perpendicular)

也叫船长。指在夏季载重线上自船首柱前缘至船尾柱后缘的水平距离（也叫两垂线间长）。没有尾柱的船舶量至舵杆中心。

② 型宽 moulded breadth)

在船体最宽处两舷壳板内缘之间的水平距离。

型深 moulded depth)

在船长中点处沿船舷由平板龙骨上缘至上甲板下缘的垂直距离。

2. 船舶主尺度比

船舶主尺度比是表示船体几何形状特征的重要参数，其大小与船舶航海性能有密切关系，常用的有：

(1) 长宽比  $L/B$ )

一般是指垂线间长与型宽的比值。该比值大，船体瘦长，船舶快速性和航向稳定性好，但回转性差。

(2) 型宽吃水比  $B/T$

一般是指型宽与型吃水的比值。该比值大，船体宽度大，船舶稳性好。但摇摆周期小，摇摆利害，航行阻力大。

(3) 型深吃水比  $D/T$

一般是指型深与型吃水的比值。该比值大，干舷高，抗沉性好。但由于船舱容积大，重心高故稳性差。

(4) 船长型深比  $L/D$

一般是指垂线间长与型深的比值。该比值大，船体纵向强度弱，稳性差。

(5) 船长吃水比  $L/T$

一般是指垂线间长与型吃水的比值。该比值大，船回转性差。

不同类型船舶的几种主尺度比值的大致范围如表 1-1 所示：

船舶主尺度比值范围表

表 1-1

船舶类型	$L/B$	$B/T$	$D/T$
客船、集装箱船等高速船	6.00 ~ 8.50	2.50 ~ 3.50	1.20 ~ 1.20
普通货船等中速船	5.50 ~ 7.00	2.20 ~ 2.70	1.30 ~ 1.60
散装船等低速船	6.00 ~ 7.00	2.30 ~ 2.85	1.20 ~ 1.50

#### 四、船舶吃水与水尺标志

##### 1. 吃水 (draft)

船舶吃水可以理解成水线面与船底基平面之间的垂直距离。根据量取的方法不同，吃水可以分成实际吃水和型吃水两种。

##### (1) 实际吃水 (real draft)

指水线面至船底龙骨板下缘的垂直距离。它是船舶进出港、过浅滩、系靠码头和装卸货物时应考虑的吃水。

##### (2) 型吃水 (moulded draft)

是指水线面至船底龙骨板上缘的垂直距离，与实际吃水相差一个龙骨板的厚度。它是船舶设计和进行性能计算时所考虑的吃水。

船舶吃水随着船舶的载重量和舷外水的密度的变化而不同，量得吃水后经过查阅有关船舶曲线图和计算，可以求得该船当时的排水量和载重量。

##### 2. 水尺标志 (draft mark)

由于装载的不均匀，船舶可能处于纵倾或横倾状态，船舶四周各处的吃水不尽相同。在实际工作中，通常是通过观测船舶的水尺标志而获得船舶的实际吃水。水尺标志绘制在船体首、中、尾部的左、右两舷，共有六处，是以数字（一般是罗马数字或阿拉伯数字）表示船舶实际吃水的一种标记。船舶水尺标志有英制和公制两种形式，如图 1-21 所示。公制水尺标

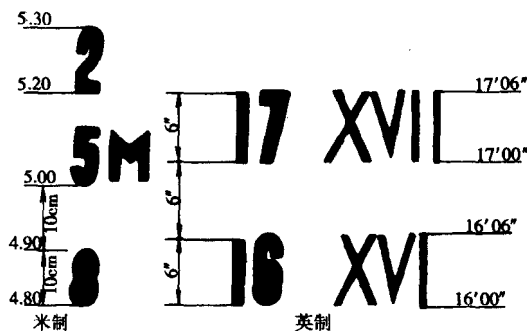


图 1-21 船舶水尺标志

志的字高为 10cm 英制水尺标志的字高为 6in。

水尺观测方法：水线达到水尺标志上某数字的下边缘，则表示该处的实际吃水为该数字所表示的数值；水线刚好淹没该数字，则表示该处的实际吃水为该数字所表示的数值加上相应的字高；水线位于字高的一半处时，则表示该处的实际吃水为该数字所表示的数值加上相应字高的一半。当水面有波动时，应根据若干次观测所得的平均值来确定实际水线的位置

## 第二节 船舶营运性能

船舶为完成客、货运输任务必须具备一定的载重性能、容积性能和速度性能等，这是船舶营运的最基本条件。

### 一、船舶载重性能

船舶作为运载货物的工具，其装载货物重量大小的能力，主要取决于船舶载重性能，通常用船舶排水量、载重量和载重线标志等方法表示。

#### 1. 排水量 (displacement, $D$ )

排水量是指船体在水中的部分所排开水的重量（单位：t）。按照船舶装载状态的不同，排水量可分为：

##### (1) 空船排水量 Light displacement, $D_L$ )

指船舶装备齐全但无载重时的排水量。空船排水量等于空船重量，按规定应包括船体、机器及设备、机器中的燃料及润料等重量的总和。新船的空船重量是一个定值，可在船舶资料中查得。

##### (2) 满载排水量 Full load displacement, $D_F$ )

指船舶的吃水达到规定的满载水线（通常指夏季载重线）时的排水量。满载排水量等于船舶满载时的总重量 应包括空船重量、货物、燃润料、淡水、压载水、船员及行李、粮食和供应品、船用备品等各类载荷重量的总和。

##### (3) 装载排水量 Loaded displacement, $D_L$ )

指船舶装载一定货物的排水量。其大小可根据船舶的装载状态确定。

#### 2. 载重量

在船舶运输生产中更为重要的是船舶的载重能力，即船舶的载重量。载重量分为总载重量和净载重量。

##### (1) 载重量 (Dead weight, $DW$ )

载重量是指船舶在某一吃水情况下所能装载的货物、燃润料、淡水、供应品及其他物品的总重量，该值等于装载排水量与空船排水量之差，即

$$DW = D_L - D_L \quad (1-1)$$

载重量是随排水量（或吃水）的变化而不同。作为船舶载重能力记入船舶资料中的总载重量 ( $DW$ ) 是指吃水达到夏季载重线时的载重量，也称为船舶最大载重量、满载载重量，它等于夏季满载排水量与空船排水量之差。

##### (2) 净载重量 (Net dead weight, $NDW$ )

净载重量是船舶具体航次所能装载货物的最大重量，等于载重量减去该航次总储备量（包括航次所需的燃润料、淡水、粮食、供应品、船员、行李等重量 及船舶常数 即

$$NDW = DW - \Sigma G - C \quad (1-2)$$

式中： $\Sigma G$ ——航次总储备量 (t)；  
 $C$ ——船舶常数 (t)。

船舶常数是指船舶经过一段时间营运后的空船排水量与新船出厂时的空船排水量之差。

### 3. 载重线标志 (load line mark)

载重线标志是勘绘在船中部两侧船壳板上作为在不同条件下船舶的载重量限制，保证船舶在不同条件下航行的安全，如图 1-22 所示。

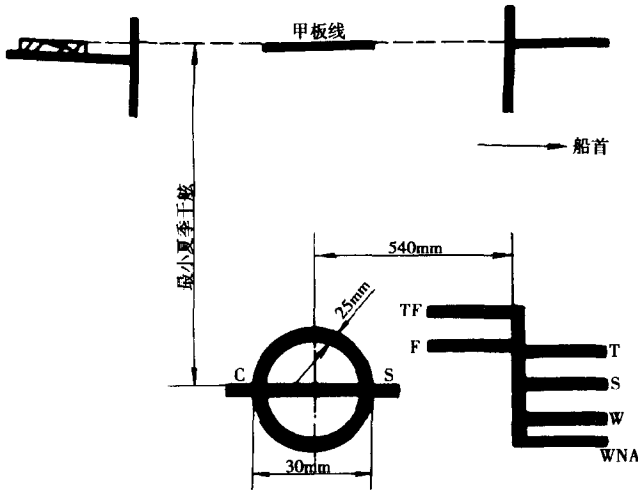


图 1-22 载重线标志

载重线标志包括一个圆环和与圆环相交的一条水平线，该水平线上缘通过圆环的中心，而圆环中心正处于船中处。在它正上方有一长水平线叫做甲板线，该甲板线上缘正通过干舷甲板的上表面，圆环中心至甲板线上缘的垂直距离为夏季干舷。在圆环两侧加绘的字母“C”和“S”表示勘定干舷的机构是“中华人民共和国船级社”。圆环向船首方向还绘有不同区域和不同季节的载重水线，它们是：

(1) 夏季载重线“X”(summer load-line, S)。该水线与圆盘中心线处于同一高度。

(2) 冬季载重线“D”(winter load-

line, W)。

(3) 北大西洋冬季载重线“BDD”(winter North Atlantic loadline, WNA)。船长大于 100m 的船舶可不绘此线。

(4) 热带载重线“R”(tropical loadline, T)。

(5) 夏季淡水载重线“Q”(summer fresh water loadline, F)。

(6) 热带淡水载重线“RQ”(tropical fresh water loadline, TF)。

载重线规定了船舶在不同区域和季节的干舷大小，船舶应严格遵守载重线海图中载重线的海区、季节规定。

我国沿海的季节期只有热带和夏季之分，故沿海航行船舶不需要勘绘冬季载重线，并且圆环下半圆为实心半圆。

对于甲板上运木材的船舶，干舷可以小些，因此在圆环船尾方向另绘有木材载重线，并在各载重线前面加一个“M”字如“MX”、“MD”等等。

## 二、船舶容积性能

船舶所具有的容纳各类货载体积的性能就是船舶的容积性能，通常由船舶的货舱容积、登记吨位和舱容系数来反映。

### 1. 货舱容积 (capacity of cargo hold)

船舶的货舱容积是指船舶货舱内实际能够装载货物的空间，一般分为散装容积与包装容

积两种

(1) 散装容积 grain capacity)

是指货舱内实际能够装载散装货物的空间。它是由两舷外板内侧、两横隔舱壁和舱底板所包围的理论容积，扣除肋骨、横梁、支柱等所占容积计算出来的。

(2) 包装容积 bale capacity)

是指舱内实际能够装载包装或成件货物的空间。它是由两舷肋骨护板内侧、两横隔舱壁、舱底板和横梁下端所包围的理论容积，扣除空间内的支柱等所占容积计算出来的，一般要比散装容积小 5% ~ 10%。

2. 登记吨位 (registered tonnage)

船舶的登记吨位，是指船舶为登记注册的需要，按照有关的丈量公约或规范所规定的丈量办法和计算公式确定的船舶容积吨位，一个“吨位”等于 2.83 m<sup>3</sup> 的丈量容积，又称 1 个容积吨。根据不同的用途分为总吨位、净吨位和运河吨位。

(1) 总吨位 gross tonnage, GT)

是指船舶所有围蔽处所的总容积，按丈量公约或规范规定的测算公式求出的船舶容积吨位。它是统计船舶吨位，表示船舶大小，区别船舶等级，计算船舶建造、买卖、租船费用，以及处理海事赔偿的依据等。

(2) 净吨位 net tonnage, NT)

是指船舶各载货处所的总容积，按丈量公约或规范规定的测算公式求出的船舶容积吨位。它是计算船舶各种港口使费，如引航费、灯塔费、停泊费等各项费用的依据。

(3) 运河吨位 canal tonnage)

是指苏伊士运河和巴拿马运河等运河管理当局按各自制订的丈量办法计算出来的船舶容积吨位。它是船舶通过这些运河时需交付运河费的计算依据。

3. 舱容系数 (coefficient of load)

舱容系数是指货舱总容积和船舶净载重量的比值，即每一吨净载重量所拥有的货舱容积。

$$\text{舱容系数}(\mu) = \frac{\text{货舱总容积 } V}{\text{净载重量 } NDW} \quad (\text{m}^3/\text{t}) \quad (1-3)$$

舱容系数可表示船舶适宜装载重货还是轻货。船舶资料中所列的舱容系数是指船舶在夏季满载水线下为保持最大续航能力而装足燃油、淡水、供应品等重量的这一条件下的数值。

### 三、船舶速度性能

船舶的速度是指在单位时间船舶相对于海底所航行的距离。它影响船舶宏观的运输能力、船舶客货在航时间、船舶周转速度、船舶营运成本以及航运竞争能力，也是运输船舶重要技术性能。为避免主机超负荷运行、方便操纵和保证船舶的航行安全，船舶在不同条件下，其速度是有不同的规定，所以船舶应具有各种速度性能。

1. 额定船速

额定船速又称交船船速，它是船舶的最高船速，是在船舶建造后，按一定标准验收后的主机额定功率下，无风流影响的静水实测速度。额定功率是可供船舶海上长期使用的功率。

2. 海上船速

为保证主机的安全，实际海上航行时主机是按海上常用输出功率运转的，一般为额定功率的 80% ~ 90%，相应的船速称为海上船速。海上船速分为满载和空载（压载）船速，随着主机

的磨损和船体的老旧，船速将会降低，所以，船舶主机、船体维修或经一段时间营运后，都应实船测定满载和空载的船速，这是预计营运时间和成本的船舶速度。

### 3. 平均航速

船舶航速是船舶航行时在受风、流、浪等的影响下的航行速度。航速是船舶实际营运中的速度，由于各航段航速不一样，所以通常取平均航速，如航次平均航速、单程平均航速等，它反映出船舶在营运过程中的实际周转速度，是制定航次计划的一个重要数据，通常平均航速又分为满载平均航速和空载平均航速。

### 4. 经济航速

在海上航行中，以节约燃料消耗和提高营运效益为目的，根据航线条件、运输合同等特点，调整主机功率，其对应的航速称经济航速，它一般低于海上船速。

## 第三节 船舶航行性能

为了确保船舶在各种条件下的安全和正常航行，要求船舶具有良好的航行性能，这些航行性能包括浮力、稳性、抗沉性、快速性、摇摆性和操作性。

### 一、浮性

船舶在一定装载情况下的漂浮能力叫做船舶浮性（buoyancy）。

船舶是浮体，决定船舶沉浮的力主要是重力和浮力。其漂浮条件是：重力和浮力大小相等方向相反，而且两力应作用在同一铅垂线上。

船舶重力即船舶的总重量。船舶浮力是指水对船体的上托力。根据阿基米德定理，船舶浮力大小等于船体所排开同体积水的重量。

船舶重力通常用  $W$  表示，它经过船舶重量的中心，也叫重心（ $G$ ）其方向垂直向下 船舶重心  $G$  的位置是随货物移动而改变；船舶浮力，通常用  $B$  表示，它经过船舶水下体积的几何中心，也叫浮心（ $C$ ）其方向垂直向上 船舶浮心  $C$  的位置是随水线下船体体积的变化而变化，如图 1-23 所示。船舶重力  $W$  和浮力（ $B$ ）大小相等、方向相反，且重力与浮力又是作用在同一铅垂线上，这时船舶就平衡漂浮在水面上。

如果增加载货，重力增大船舶就会下沉，使吃水增加，浮力也就增大，直到浮力和重力又相等，船舶就达到新的平衡位置 同样，若重力减少，船舶上浮，也会到达另一新的平衡点。

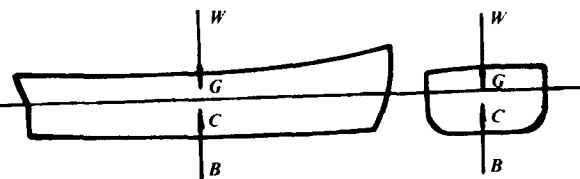


图 1-23 作用在船上的力

船舶的平衡漂浮状态，简称船舶浮态。

船舶浮态可分为四种。

#### 1. 正浮状态

是指船舶首、尾、中的左右吃水都相等的情况。

#### 2. 纵倾状态

是指左右吃水相等而首尾吃水不等的情况。船首吃水大于船尾吃水叫首倾；船尾吃水大于船首吃水叫尾倾。为保持螺旋桨一定的水深，提高螺旋桨效率，一般未满载的船舶都应有一定的尾倾。

### 3. 横倾状态

是指船首尾吃水相等而左右吃水不等的情况，航行中不允许出现横倾状态。

### 4. 任意状态

是指既有横倾又有纵倾的状态。

船舶在海上航行，经常会遇到海浪打上甲板，冬季还会结成很厚的冰，这就等于给船舶增加了重量。为了保障船舶安全，船舶必须留有一定的储备浮力（也叫保留浮力）。储备浮力是指船舶主甲板以下至水线之间水密空间产生的浮力，如图 1-24 所示。载货越少，船舶干舷越高，储备浮力越大，浮性越好，越有利于航行安全。所以，为了既保证船舶安全，又能充分利用船舶的载重能力，就必须根据不同季节和航区进行合理配载，使最大吃水不超过载重线标志上规定的满载吃水线。

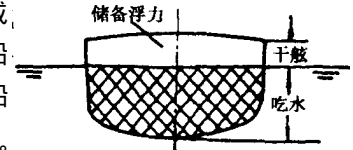


图 1-24 储备浮力

## 二、稳性

稳性 (stability) 是指船舶在外力矩（如风、浪等）的作用下发生倾斜，当外力矩消除后能自行恢复到原来平衡位置的能力。

船舶稳性，按倾斜方向可分为横稳性和纵稳性；按倾斜角度大小可分为初稳性（倾角  $10^\circ$  以下）和大倾角稳性；按外力矩性质可分为静稳性和动稳性。对于船舶来说，发生首尾方向倾覆的可能性极小，所以一般都着重讨论横稳性。

当船舶在平衡位置时，由于船舶构造上是左右对称的，船上重量分布也要求左右对称，所以重心 ( $G$ ) 是在船舶中线上。如前所述，重力 ( $W$ ) 是从重心 ( $G$ ) 垂直向下。船舶浮心 ( $C$ ) 是船舶水下体积的几何中心，当船舶正浮时，也在船舶中心线上，浮力 ( $B$ ) 是从浮心 ( $C$ ) 垂直向上，如图 1-25 所示。

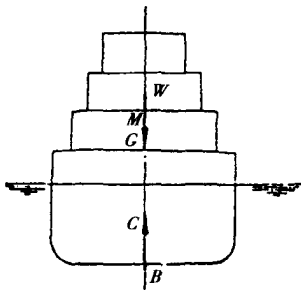


图 1-25 船舶正浮

当外力矩迫使船舶倾斜，若货物不移位，则重心位置不变。但由于水下体积形状发生变化，而浮心则由  $C$  点移到  $C_1$  点。此时重力和浮力组成一个反抗倾斜的力偶，如图 1-26 所示。当外力矩消失后，船舶在上述力偶所产生的力矩作用下恢复到初始位置。此力矩称为复原力矩。当船舶处于稳定平衡状态时，称船舶具有稳性。

如果船舶的重心过高，或船宽较窄，当船舶受外力矩作用横倾时，由于船宽较窄的船舶浮心横移的距离较小，因而重力和浮力组成的力偶所产生的力矩，反而使船舶继续倾斜，以至于倾覆，此力矩称为倾覆力矩 如图 1-26 所示。当船舶处于不稳定平衡状态时，称船舶

没有稳性。

从上述两种情况可以看出：在图 1-26 中， $M$  点（船舶倾斜后新的浮力作用线与船舶中心线的交点）是在重心  $G$  点之上，船舶具有稳性， $M$  点叫做稳心。在图 1-27 中， $M$  点是在  $G$  点之下，船舶不具有稳性。经分析研究，船舶是否具有稳性以及稳性好坏，决定于  $G$  点与  $M$  点的相对位置和  $C$  和  $M$  间距离的大小，即  $GM$  值是衡量船舶稳性好坏的标准，称  $GM$  值为初稳性高度。它与稳性的关系是：当  $M$  点在  $G$  点之上时， $GM > 0$ ，船舶具有稳性， $GM$  值越大，稳性越好，但船舶摇摆就会加剧；当  $M$  点在  $G$  点之下时， $GM < 0$ ，船舶不具有稳性，一旦受到外力矩作用很容易使船倾覆；当  $M$  点和  $G$  点重合一点时， $GM = 0$ ，船舶也不具有稳性，因为一旦受到外力矩作用，船舶处于随遇平衡状态，对船舶也极不安全。

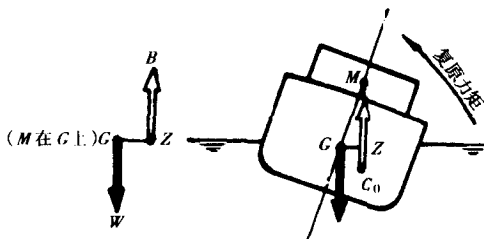


图 1-26 船舶具有稳性

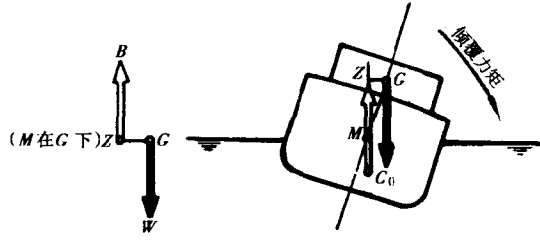


图 1-27 船舶不具有稳性

### 三、抗沉性

抗沉性 (insubmersibility) 是指船舶在一个舱或几个舱进水的情况下, 仍能保持不致于沉没和倾覆的能力。

为了保证抗沉性, 船舶除了具备足够的储备浮力外, 一般有效的措施是设置双层底和一定数量的水密舱壁。一旦发生碰撞或搁浅等致使某一舱进水而失去其浮力时, 水密舱壁可将进水尽量限制在较小的范围内, 阻止进水向其他舱室漫延, 而不致使浮力损失过多。这样, 就能以储备浮力来补偿进水所失去的浮力, 保证了船舶的不沉, 也为堵漏施救创造了有利条件。

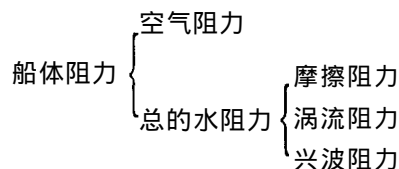
对于不同用途、不同大小和不同航区的船舶, 抗沉性的要求不同。它分“一舱制”船、“二舱制”船、“三舱制”船等。“一舱制”船是指该船上任何一舱破损进水而不致造成沉没的船舶。一般远洋货船属于“一舱制”船。“二舱制”船是指该船任何相邻的两个舱破损进水而不致造成沉没的船舶。“三舱制”船以此类推。一般化学品船和液体散装船属于“二舱制”船或“三舱制”船。对于“一舱制”船也不是在任何装载情况下一舱进水都不会沉没, 因为按抗沉性原理设计舱室时是按照舱室在平均渗透率下的进水量来计算的。所谓渗透率是指某舱的进水容积与该舱的舱容的比值。所以满载钢材的杂货船, 货舱进水时其进水量就会较大地超过储备浮力, 就不一定保证船舶不沉。

还应指出, 船舶在破损进水后是否会倾覆或沉没, 在一定程度上还与船上人员采取的抗沉性措施有关。船舶破损进水后的措施有很多, 如抽水、灌水、堵漏、加固、抛弃船上载荷、移动载荷或调驳压载水等。抽水、灌水、堵漏、加固、抛弃船上载荷是为了保证船舶浮力, 有时为了减少船舶倾斜、改善船舶浮态和稳性, 常常通过采用灌水或调驳到相应的舱室的办法来达到。

### 四、快速性

船舶在主机输出功率一定的条件下, 尽量提高船速的能力叫船舶快速性 (speedability)。快速性包含节能和速度两层意义, 所以提高船舶快速性也应从这两方面入手, 即尽量提高推进器的推力和减小船舶航行的阻力。

船舶阻力包括水阻力和空气阻力。由于水的密度比空气大 800 多倍, 所以船舶在海上航行时, 主要考虑船体水阻力。船体水阻力可分为摩擦阻力、涡流阻力 (形状阻力) 和兴波阻力三个部分。它们的总和就是船体的总的水阻力。即:



摩擦阻力是由水粘性引起的，船在水中运动时，总有一层水粘附在船体表面，并跟着船体一起运动。船舶运动带动水分子运动所消耗的能量，即为船舶克服摩擦阻力所消耗的能量。摩擦阻力的大小与船体浸水表面积、船体表面光滑度、航速高低有关。因此，船舶定期进坞清除污底，是减少摩擦阻力的重要措施。

船体运动时除产生摩擦阻力之外，还同时产生涡流阻力，当船体向前运动时，产生一相对水流，由于水具有粘性，靠近船体表面处的相对水流速度就小，到达船尾时，断面扩大，流速很快下降，可达到零或者倒流，就造成船尾部的涡流运动，使船尾压力下降，对船舶就形成一个压力差阻力，就叫涡流阻力，或叫形状阻力。在船体弯曲度较大部分就容易产生涡流，尾部横剖面作急剧收缩的船舶所引起的涡流阻力较为严重，而流线型船体就不产生涡流阻力或只产生极小的涡流阻力。因此，改善水下船体的线型，对船舶快速性影响很大。

兴波阻力是由于船舶航行中掀起的船行波，产生与船舶前进方向相反的阻力。船行波分船首波和船尾波，在船行波传播中，如果船首波与船尾波在船尾处互相迭加，兴波阻力就大；如果船首波和船尾波在船尾处互相抵消，兴波阻力就小。所以兴波阻力的大小，主要与航速和船长有关。航速越快，兴波阻力越大，在一定的设计航速下，适当选择船长，可以减少兴波阻力。远洋船多采用球鼻船首型，就是为了调整船长，以达到减少兴波阻力的目的。

至于提高推进器推力，由于目前海船的推进器主要是采用螺旋桨，在主机输出功率和转速一定的条件下，正确设计或选择螺旋桨的几何形状，对产生推力大小有很大关系。因此营运中的船舶应：可调螺距的螺旋桨适当地选择螺旋桨的螺距，调整合适的吃水和吃水差，航行中保持螺旋桨在水下有足够的深度。

## 五、摇摆性

船舶在外力的影响下，作周期性的横纵向摇摆和偏荡运动的性能叫船舶摇摆性（yawing）。这是一种有害的性能，剧烈的摇荡会降低航速，造成货损，损坏船体和机器，使旅客晕船，影响船员生活和工作等。

船舶的摇摆，可以分为横摇、纵摇、立摇和垂直升降四种运动形式。横摇是船舶环绕纵轴的摇摆运动；纵摇是船舶环绕横轴的摇摆运动；立摇是船舶环绕垂直轴偏荡运动；垂直升降是船舶随波作上下升降运动。船舶在海上遇到风浪时，往往是以上四种摇摆的复合运动。由于横摇比较明显，影响也较大，所以我们仅着重介绍横摇，了解其规律性。

船舶横摇的剧烈程度从外部条件来讲，与风浪大小有关，但从船舶本身条件来讲，又与稳性大小有关。

船舶在外力作用下，离开原来平衡位置向一侧横倾，当外力停止后，由于船舶具有稳性，会产生复原力矩使船向原来平衡位置方向运动。当船回到平衡位置时，由于惯性的作用使船继续向另一侧横倾，当惯性力被相应的复原力矩相互抵消时，船舶又在复原力矩作用下，向原来平衡位置运动。船舶就按照这样的运动规律，左右反复地摇摆，只有当船舶所受的外力全部为水阻力耗尽后，船舶才可能停止在原来的平衡位置上。在静水中这种摇摆运动叫“自由摇摆”。船舶从倾斜一侧，经过左右完整的一次摇摆的时间叫“船舶自由摇摆周期”。船舶摇摆程度和船舶自由摇摆周期有关，当船舶自由摇摆周期短时，船舶摇摆就剧烈；当船舶自由摇摆周期长时，船舶摇摆就缓慢。而自由摇摆周期的长短，与船舶的稳性高度  $GM$  值有关，如果船舶的  $GM$  值太大，复原力矩很强，回复速度很快，摇摆周期就短，形成剧烈的摇摆；反之，摇摆周期长，船舶摇摆缓慢。当船舶在波浪中航行时，还要加波浪引起的强迫摇摆。波浪的波峰移动一