

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

船舶系列丛书
CHUANBO XILIE CONGSHU

船体结构 (第二版)

魏莉洁 主编

船舶工业教材编审室 审



HEUP

哈尔滨工程大学出版社

船 体 结 构

(第二版)

主 编 魏莉洁

副主编 孙善乾

内 容 简 介

本书共分十一章。主要介绍的内容包括船舶类型,船体结构的一般知识,外板和甲板板,船底结构、舷侧结构、甲板结构、舱壁结构、艏艉端结构、上层建筑和机舱棚结构、典型船舶结构及海洋工程船结构特点。在船体各部分结构内容中主要介绍结构的受力、结构型式、构件组成、构件名称及作用等,第十章介绍了一些常见货船(如杂货船、散货船、集装箱船和油船等)、滚装船、液化气船和军船的结构特点,在本书最后介绍了海洋工程船的结构特点。此外,本书中的船体结构构件及相关的名称后面注有英文,使读者在掌握结构基本知识的同时,也了解其英文名称。

本书可作为造船企业工人技术培训教材,也可供有关造船工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

船体结构/魏莉洁主编. —2 版. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2014.4

ISBN 978 - 7 - 5661 - 0779 - 4

I. ①船… II. ①魏… III. ①船体结构 IV. ①U663

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 080699 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 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 9.5
字 数 237 千字
版 次 2014 年 7 月第 2 版
印 次 2014 年 7 月第 1 次印刷
定 价 21.00 元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

再版说明

本书以近年来国内建造的钢质海船为主,介绍船体各部分结构,并介绍常见船型结构特点。在原教材的基础上,本教材进行了修订,引入了一些新船型,如双壳油船、双壳散货船、滚装船、液化气船等结构。本书所介绍的船体结构内容,是按照中国船级社 2006 年《钢质海船入级及建造规范》为主要依据编写的。此外,由于近年来海洋工程船发展迅速,因此在本书最后新增了海洋工程船结构。

本教材由南通航运职业技术学院魏莉洁主编,并对全书进行了统稿,编写了第四~七章;南通航运职业技术学院孙善乾任副主编,编写了第二、三、九章;南通航运职业技术学院施利娟编写了第八、十章;上海江南造船工程有限公司原磊编写了第一章;南通中远船务有限公司孙翔编写了第十一章。

本书在编写过程中,参考或引用了国内一些专家学者的论著,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在错漏或不足,敬请读者给予批评指正,以便进一步修改、完善。

编 者

2013 年 6 月

目 录

第一章 船舶类型	1
第一节 船舶分类	1
第二节 船舶类型与特点	1
第二章 船体结构的一般知识	13
第一节 船体受力与船体强度	13
第二节 船体结构用钢材及连接方式	16
第三节 船体结构的型式	18
第三章 外板和甲板板	21
第一节 外板	21
第二节 甲板板	23
第四章 船底结构	27
第一节 单层底结构	27
第二节 双层底结构	29
第三节 散货船、油船和集装箱船船底结构特点	38
第五章 舷侧结构	43
第一节 横骨架式舷侧结构	43
第二节 纵骨架式舷侧结构	46
第三节 油船、散货船和集装箱船舷侧结构特点	47
第六章 甲板结构	53
第一节 横骨架式甲板结构	53
第二节 纵骨架式甲板结构	56
第三节 货舱口、舱口悬臂梁和支柱结构	58
第四节 油船和散货船甲板结构特点	61
第七章 舱壁结构	64
第一节 概述	64
第二节 平面舱壁	66
第三节 槽形舱壁和轻舱壁	69
第八章 艏艉端结构	73
第一节 船首结构及加强	73
第二节 船尾结构及加强	81
第九章 上层建筑和机舱棚结构	89
第一节 上层建筑概述	89
第二节 船楼结构及端部加强	90
第三节 甲板室结构	91
第四节 机舱棚结构	93

第十章 典型船舶结构特点	96
第一节 典型常规运输船的结构特点	96
第二节 滚装船结构特点	104
第三节 液化气船结构特点	107
第四节 水面战斗舰艇的结构特点	114
第五节 潜艇结构特点	116
第十一章 海洋工程船结构特点	120
第一节 海洋平台结构特点	120
第二节 自升式平台结构	122
第三节 半潜式平台结构	129
第四节 导管架平台结构	135
第五节 浮式生产储卸油船(FPSO)结构特点	143
参考文献	146

第一章 船舶类型

船舶是人们从事水上交通运输、海洋开发和水上作业的主要工具,随着人类社会的发展以及科学技术的进步,现在船舶的数目庞大,种类繁多。因此,其分类的方法也有很多。

第一节 船舶分类

船舶按航行区域可分为海船(沿海、近海、远洋)、港湾船和内河船;按航行状态可分为排水型船、潜艇、滑行艇、水翼艇、冲翼艇和气垫船;按航行方式可分为自航船和非自航船;按推进动力可分为蒸汽机船、内燃机船、燃气轮机船、电力推进船和核动力船;按推进器可分为螺旋桨船、喷水推进船、空气螺旋桨推进船、平旋推进器船、明轮船和风帆助航船;按船体材料可分为钢船、木船、水泥船、铝合金船和玻璃钢船等。

通常按船舶用途来分类,大致可分为如下几种:

运输船——包括客船、客货船、渡船、杂货船、集装箱船、滚装船、载驳船、驳船、冷藏船、运木船、散货船、油船、化学品船、液化气船等。

工程船——包括挖泥船、起重船、布设船、救捞船、破冰船、打桩船、浮船坞和海洋开发船、钻井船、钻井平台等。

渔业船——包括网渔船、钓渔船、渔业指导船和调查船、渔业加工船、捕鲸船等。

港务船——包括拖船、引航船、消防船、供应船、交通船和助航工作船等。

海洋调查船——包括海洋综合调查船、海洋专业(水文、地质、生物)调查船、深潜器等。

战斗舰艇——包括航空母舰、巡洋舰、驱逐舰、护卫舰、布雷舰、扫雷舰艇、登陆舰艇、潜艇、猎潜艇和各种快艇等。

辅助舰艇——包括补给舰、修理船、训练舰、消磁船、医院船等。

第二节 船舶类型与特点

船舶类型较多,本节仅就一些常见的运输船舶、工程船、海洋石油钻井平台等及主要的军船特点介绍如下。

一、运输船舶

1. 客船及客货船

客船(Passenger Ship)是专用于载运旅客及其携带的行李的船。兼运少量货物的客船又称客货船。客船的主要要求是安全可靠、快速及舒适。因此,客船必须具有足够的强度、良好的稳性、抗沉性和适航性。客船上房舱的布置应合理、舒适、美观,具有良好的通风、采光、空调、照明、卫生等设备。

客船的外形特征是甲板层数多,上层建筑丰满,艏艉大多呈阶梯形。大型客船从侧面看上去,好似一座陆地上的大楼。船的顶层两侧,停放着数量较多的救生艇和其他救生工具。客船分远洋、近海、沿海和内河客船。图 1-1 所示为可载客 1 000 人的沿海客货船。

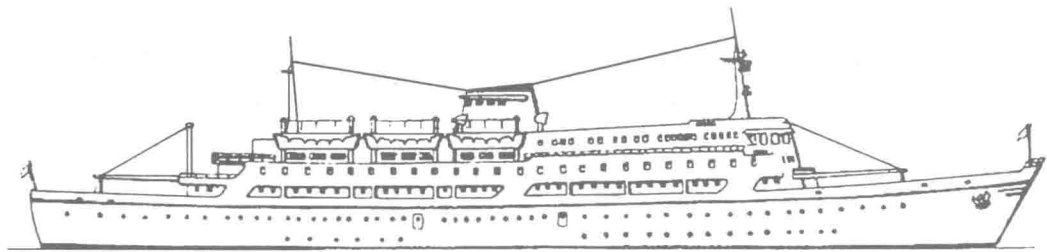


图 1-1 沿海客货船图

近年来,由于航空客运的发展,客船尤其是大型客船逐渐向旅游船方面过渡。其特点是客舱宾馆化,各种生活设施齐全,舒适性好,设大型公共活动场所,具有一流娱乐设施。图 1-2 所示为“海上航行者”号游轮。



图 1-2 “海上航行者”号游轮图

2. 杂货船

杂货船(General Cargo Ship)是用来载运包装、袋装、桶装和箱装的普通件杂货物的货船。杂货船由于装载货物种类的特点,大多数是不定期货船,远洋货船载货量通常在 1~2 万吨,沿海货船一般为几百吨至几千吨。

杂货船的外形特点是多为前倾型艏、方型艉,机舱布置形式有采用中机型、中后机型和艉机型。甲板上货舱口较大,货舱口之间配备了完善的起货设备。大型杂货船有 4~6 个货舱,货舱内有 2~3 层甲板。近年来,杂货船都设计成标准船型,进行成批生产,并趋向于建造多用途货船,多用途货船除了运输一般杂货、散货外,还兼运集装箱。图 1-3 所示为某杂货船。

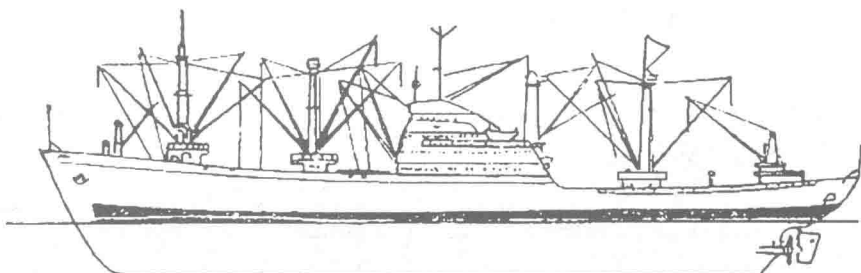


图 1-3 杂货船图

3. 散货船

散货船(Bulk Cargo Carrier)是专门用来运送煤炭、矿砂、谷物、化肥、水泥、钢铁、木材等散装货物的船舶。其特点是:散货船多采用球鼻艏,驾驶室和机舱都在艏部,具有单层甲板和双层底,货舱口比杂货船的要宽,货舱区带有顶边舱和底边舱。散货船装卸速度快,运输效率高。散货船种类有常规运木散货船(兼运其他散货)、矿砂船、矿砂-石油散货船、自卸散货船、浅吃水肥大型散货船。远洋运输的散货船平均载重量约为4万吨,目前散货船有大型化的趋势,最大的达27万吨。

图 1-4 所示为 25 万吨载重量的散货船,该船有 6 个货舱,是艏机型和球鼻艏船型。

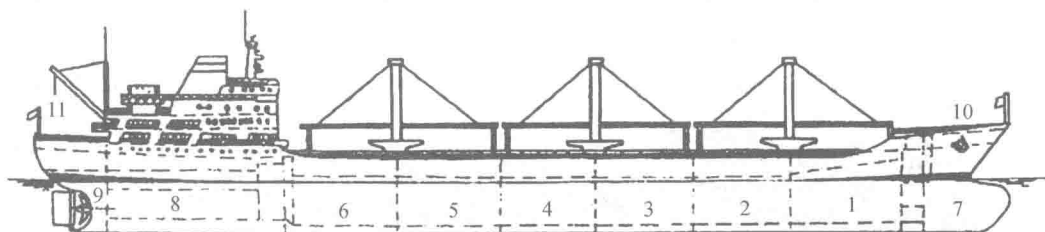


图 1-4 散货船图

1~6—货舱;7—艏尖舱;8—机舱;9—艏尖舱;10—艏楼;11—艏楼

4. 集装箱船

集装箱船(Container Ship)是装载规格统一的标准货箱(称为集装箱)的货船。集装箱船可缩短装卸货物时间,减小货损和货差,提高营运经济效益。集装箱是由金属或玻璃钢等材料制成的标准货箱,8英尺×8英尺×20英尺*的集装箱为一个T.E.U。自20世纪50年代以来,集装箱船已经从第一代发展到第八代,近年来集装箱运输占全球海上运输的很大部分。目前,大型集装箱已能装载超过1400个标准集装箱,国内建造的最大的是13000T.E.U集装箱船。

集装箱船的特点是货舱里和甲板上堆放规格统一的集装箱,舱口又宽又长,甲板较小,多为双壳结构,艏机型船,上层建筑较短。远洋集装箱船通常采用球鼻型艏、方型艏。大多

* 1英尺=0.3048米。

依靠港口专用的起货机装卸,少数也有自带起货设备的。图 1-5 所示为排水量为 7 800 t 的集装箱船,可装 6 m 长的标准集装箱 382 个,船上有可移动的龙门架起货机。

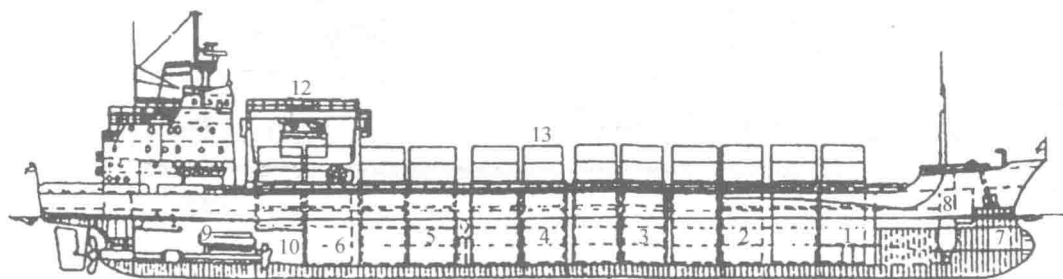


图 1-5 集装箱船图

1~6—货舱;7—艏尖舱;8—锚链舱;9—防摇水舱;10—机舱;11—艉尖舱;12—龙门架起货机;13—集装箱

5. 滚装船

滚装船(Roll On/Roll Off Ship)是将带有滚车底盘的集装箱或装在托盘上的其他货物作为一个货物单元,用拖车或叉车带动直接开进开出船舱的船。专门装运汽车的滚装船称为汽车滚装船。滚装船的特点是上层建筑高大,最上层的露天甲板平坦,无起货设备及货舱口。船上设置有艏门、艉门和舷门及活动的跳板,汽车或拖车通过跳板开上开下(滚上滚下)装卸货物。货舱内具有多层纵通甲板,汽车或拖车通过坡道或升降平台进入上、下层舱内。上层建筑可设置在船尾、船中或船首,机舱在船尾靠近两舷处,图 1-6 所示为滚装船。

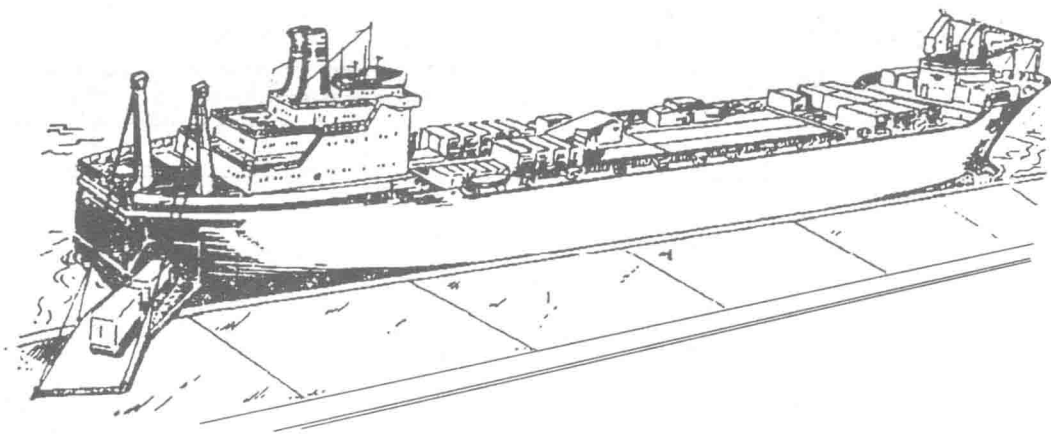


图 1-6 滚装船图

6. 油船

油船(Tanker)是指专门装运石油产品的液体货船。油船分成品油船和装载原油的船。油船的大小从几百吨至几十万吨,装载原油的船舶吨位较大,巨型油船(VLCC 船)吨位为 20~30 万吨,超大型油船(ULCC 船)吨位为 30 万吨以上。油船属于吨位最大的一种船舶,“海上巨人”号超大型油船,其载重量达 56.5 万吨。

油船的特点是防火防爆要求特别高,因此消防设备比较完善。为了减少太阳辐射,控制舱内温度,外壳常漆成浅色。船上设有夏季用的甲板淋水设备和冬季用的蒸汽暖油装

置。油船均为艏机型船,大型油船一般无艏、艉楼而设艏甲板室;油船一般为单层连续甲板,干舷较小,容易上浪,甲板上方通常布置有供船员行走的步桥。

油船甲板上无大的货舱口,只有圆形的油气膨胀舱口。过去油船多为单壳结构,随着人类对海洋污染的日益重视,要求油船为双壳体。图 1-7 所示为 24 000 t 近海油船。

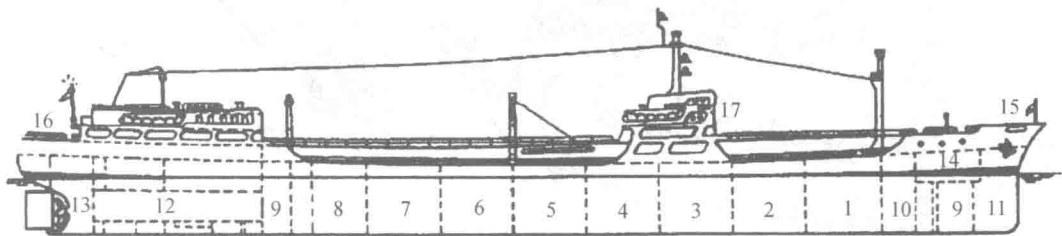


图 1-7 油船图

7. 液化气船

液化气船(Liquid Gas Carrier)是用来运载液化气的船舶。液化气种类有 30 多种,在海上运输中,最常见和运量最大的是液化天然气(LNG)和液化石油气(LPG)。此外乙烯、无水氨、丙烯和氯乙烯也是常见的液化货品。按所载运液化气种类的不同,常见的液化气船主要可以分为液化天然气(LNG, Liquefied Natural Gas)船、液化石油气(LPG, Liquefied Petroleum Gas)船和乙烯运输船三种。液化石油气的主要成分是丙烷、丁烷等,可以在常温下加压液化,也可在常压下冷冻液化。大型船一般采用冷冻方式,中小型船多采用加压方式,其货舱为球形或圆柱形耐压容器。液化天然气的主要成分是甲烷等,在常压下的液化温度约为 $-164\text{ }^{\circ}\text{C}$,因此货舱的结构、采用的材料和隔热装置必须满足极低温运输的要求,货舱的形状有球形、棱柱形等。运输乙烯的通常做法是将其加压液化,可在常温下进行装卸,乙烯运输船的货舱常为球形或圆柱形罐;也有采用半加压半冷冻使其液化的,货舱为圆柱形罐。

液化气船的特点是机舱和船员舱设在船的尾部,船首具有艏楼。货舱区结构及选材特殊,配套设备独特,制造工艺复杂,船舶造价昂贵。图 1-8 所示为液化天然气船。

8. 驳船

驳船(Barge)是泛指一切本身没有自航能力,而需拖船或顶推船带动的货船。驳船的特点是载货量大、吃水浅、设备简单,船上通常不设置装卸货物的起货设备。驳船一般为非机动船,本身设有推进装置(少数有推进器的驳船称为机动驳)。驳船与拖船或推船组成驳船船队,可以航行于狭窄水道和浅水航道,并可按运输货物的种类而随时编组,适应内河各港口货物运输的需要。图 1-9 所示为甲板驳船。

二、工程船及海上石油钻井装置

1. 挖泥船

挖泥船(Dredger)主要用于航道疏浚和港口建设,也可用于开挖水工建筑物(如码头、船坞、闸门等)基础,开挖运河、修筑堤坝、填海造陆等,是一种重要的工程船。挖泥船有机动和非机动之分,按施工特点又可分为耙吸式、绞吸式、抓斗式、铲斗式、链斗式等。图 1-10 所示为耙吸式挖泥船。

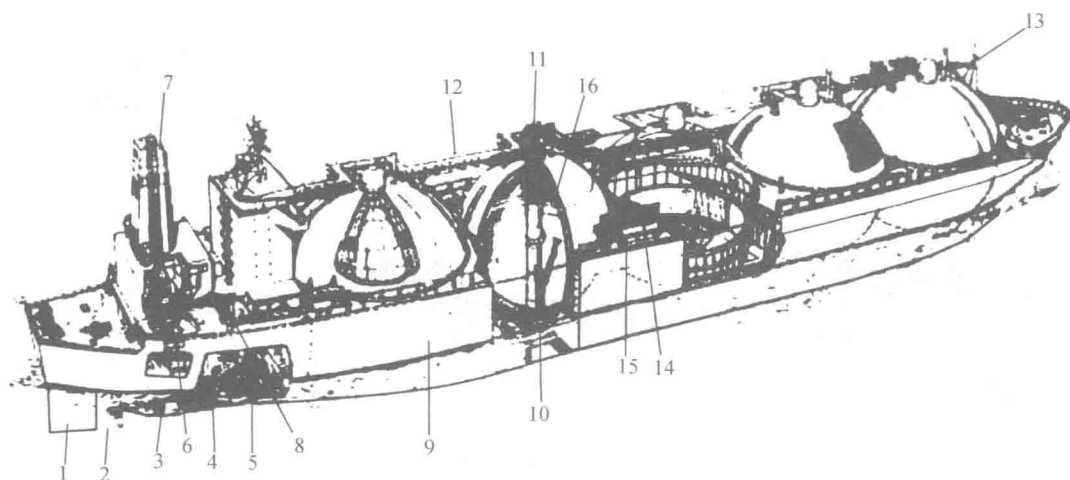


图 1-8 液化天然气船图

1—舵;2—螺旋桨;3—艉轴;4—主机;5—冷凝器;6—锅炉;7—烟囱;8—吊杆;9—高压液货舱;
10—中心柱和液货泵;11—货舱安全设备;12—步桥;13—艏部瞭望台;14—货油管;15—起重机;16—隔热绝缘层

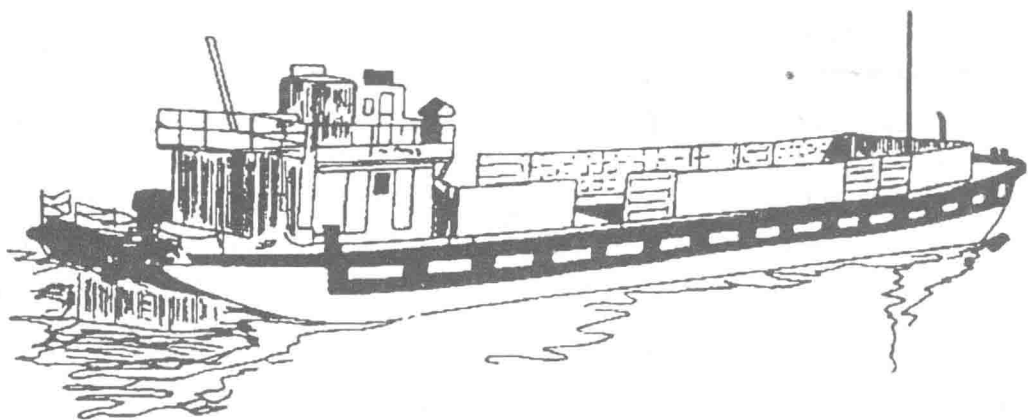


图 1-9 甲板驳船图

2. 起重船

起重船(Floating Crane)是专门用于起重的工程船,又叫浮吊,分固定式和旋转式两种型式。它大多为非自航式,由拖轮拖带移动。浮吊的起重量从几十吨至几百吨不等,我国已建成3 000吨起重量的全回转式起重船。图1-11所示为固定式起重船。

3. 浮船坞

浮船坞(Floating Dock)是能漂浮于水面用来修造船舶的大型水上工程建筑物,它是由左右两侧坞墙和底部箱形结构组成的凹形建筑。需要抬船时,可往底部水舱灌水,使船坞下沉至一定深度,然后将待修的船舶拖入坞内,定好船位,用坞内的强力水泵将水舱内的水排出,于是船坞渐渐浮起,使得待修船舶全部搁在墩木上,直至坞底出水为止。它可以根据工

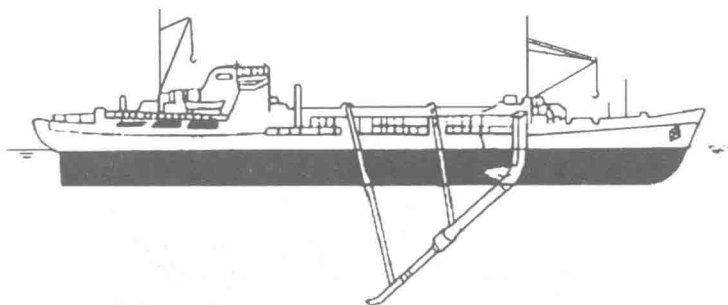


图 1-10 耙吸式挖泥船图

作需要用拖船搬移位置。

浮船坞除了修造船外,还可以兼打捞沉船,运送深水船舶通过浅水航道。浮船坞上设有系缆、锚泊、起重、动力和照明等设备和生活设施,如再配备金属加工和焊接等工场,就能成为一个独立的施工单位。目前浮船坞正向大型化方向发展。图 1-12 所示为浮船坞。

4. 破冰船

破冰船 (Ice Breaker) 是专门用于破冰航道上的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,艏艉的左右舷设有大的压载舱。破冰时使船首冲上冰层,再将艏压载水打入艏压载舱,靠重力或船身左右摇晃将冰层压碎。图 1-13 所示为破冰船。

5. 海洋石油平台

海洋石油平台是在海洋上进行石油钻探、开采、生产等的海上建筑物。按其在海上安装的方式可分为固定式和移动式两大类。前者用于开采工作,后者大都用于勘探。固定式钻井平台稳定性好,海面气象条件对钻井工作影响小,但缺点是不能移动和重复使用,其造价成本随水深增加而急剧增加。固定式钻井

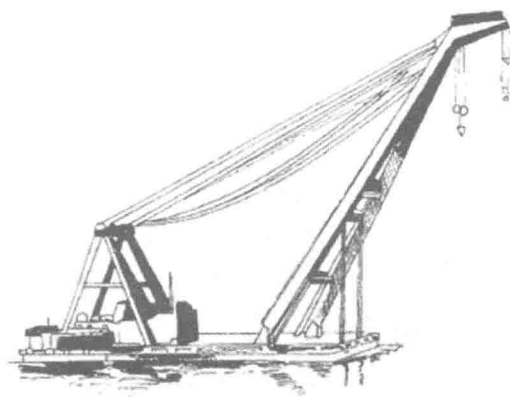


图 1-11 固定式起重船图

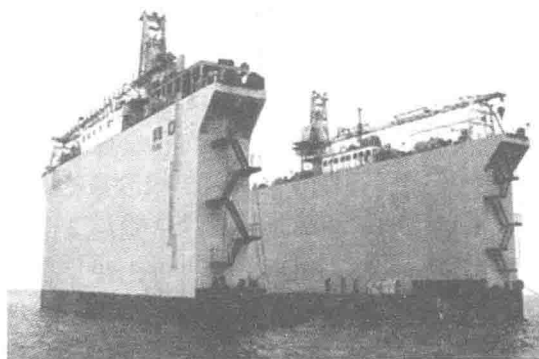


图 1-12 浮船坞图

平台有导管架式平台、重力式平台、牵索塔式平台及张力腿式平台。移动式钻井平台 (Drilling Platform) 有坐底式钻井平台、自升式钻井平台、半潜式钻井平台和钻井船 (Drilling Ship) 等。图 1-14、图 1-15 所示分别为常见的移动式和固定式钻井平台。

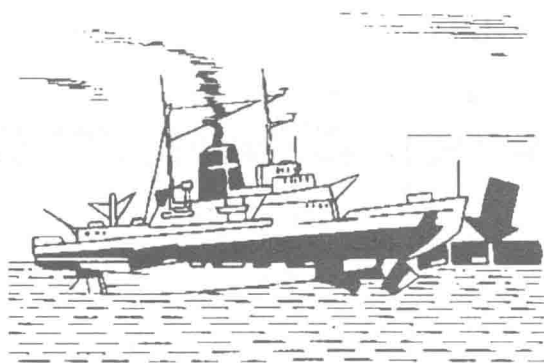


图 1-13 破冰船图

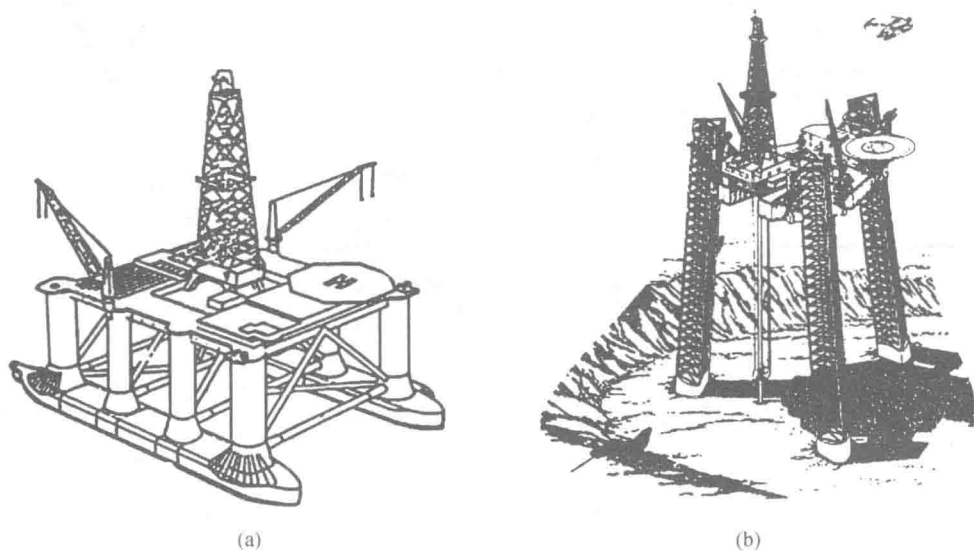


图 1-14 移动式钻井平台图

(a) 半潜式平台; (b) 自升式平台

6. 浮式生产储卸油装置(FPSO 船)

FPSO(Floating Production Storage and Offloading Vessel)海上浮式生产储油船又称为海上浮式生产储油卸油装置。它是 20 世纪 70 年代在欧洲的海洋石油开发中出现的,是一种采用储油船为基式,作为海上石油、天然气等能源开采、加工、储存和外运设施的主流形式,集人员居住和生产指挥系统为一体的海上大型石油生产基地。这种船兼有生产、储油和卸油的功能,长期系泊于固定海域,在海上与水下采油装置和穿梭油船组成一整套的生产系统。

7. 海上风电安装船

海洋风电安装船或称海洋风车安装船,是以常规船舶运输、自航与海洋平台的自升、起重船的起重等多船功能变为一船的一种新型船,主要用于海上风力发电设备的运输与吊

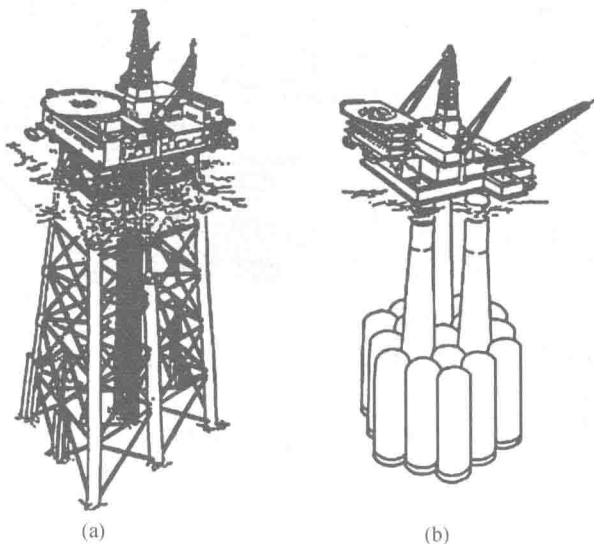


图 1-15 固定式钻井平台图
(a) 钢质导管架式平台; (b) 混凝土重力式平台



图 1-16 浮式生产储卸油装置(FPSO) 图

装。即用此船装载风力发电设备,航行至作业海域,完成精确定位,桩腿控制系统把船体抬升为海洋工作平台,用甲板上的两台吊车起重安装,该船也可用于海上风车的维修。图 1-17所示为海上风电安装船。

三、几种军用船舶

军用船舶是指执行战斗任务和军事辅助任务的各类船舶的总称。通常分为战斗舰艇和辅助舰船两大类。一般称排水量 500 t 以上的军用船舶为舰,500 t 以下的军用船舶为艇。

1. 航空母舰

航空母舰(Aircraft Carrier)是以舰载机为主要武器并作为其海上活动基地的大型军舰,为海军的水面战斗舰艇中的最大舰种。航空母舰主要用于攻击水面舰艇、潜艇和运输舰船,袭击海岸设施和陆上目标,夺取作战海区的控制权和制海权。航空母舰有大、中、小型之分,其排水量通常为万余吨至八万吨左右,最大的核动力航空母舰可达九万吨。航速 26

~35 kn。续航力大。大型航空母舰可携带飞机 100 余架。航空母舰按其承担的任务可分为攻击航空母舰、护卫航空母舰、反潜航空母舰和多用途航空母舰。按其动力装置不同有核动力航空母舰和常规动力航空母舰。

航空母舰有供飞机起落的飞机甲板,以及弹射器、阻拦装置和升降机等。机库设于飞行甲板下面,上层建筑设在中部右侧,形成岛形建筑。航空母舰一般以舰载机为主,还装备有导弹、火炮、反潜武器等武器以及十分完善的电子设备。图 1-18 所示为航空母舰。

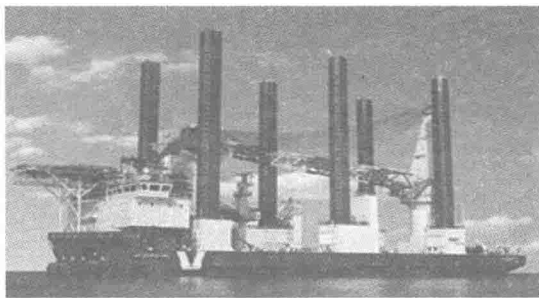


图 1-17 海上风电安装船图

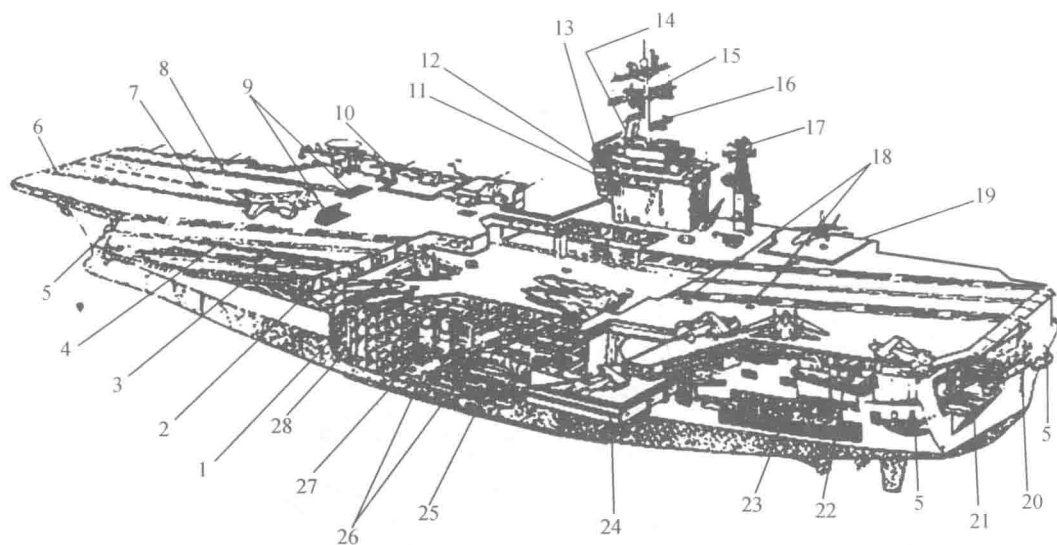


图 1-18 航空母舰图

1—水舱;2—飞行员待机室;3—4号弹射器;4—3号弹射器;5—近防炮;6—2号弹射器;7—弹射器控制室;8—1号弹射器;9—燃气导流板;10—1号升降机;11—司令舰桥;12—航海舰桥;13—起降管制所;14—三坐标雷达;15—对海搜索雷达;16—航空管制/搜索雷达;17—对空搜索雷达;18—拦阻索;19—3号升降机;20—着舰引航灯;21—喷气发动机试验台;22—“北约海麻雀”对空导弹;23—作业舱;24—4号升降机;25—主汽轮机;26—冷凝器;27—反应堆;28—航空燃油舱

2. 巡洋舰

巡洋舰(Cruiser)是一种强有力的、多用途的适于远洋作战的大型水面舰艇。它航速高,续航力大,耐波性好,具有相当强的战斗力和指挥功能。巡洋舰装备的武器众多,电子设备完善,同时装有对海、对空和反潜等武器系统,包括导弹、直升机、大炮、鱼雷和反潜火箭等。

巡洋舰的排水量通常在 7 000 t 以上,最大可达 30 000 t。航速 30~50 kn。巡洋舰按其装备的主要武器和推进方式可分为导弹巡洋舰、直升机巡洋舰、核动力巡洋舰和常规动力

巡洋舰。现代巡洋舰仅在舰桥和弹药库等重要部位设置装甲,用来保护这些重要部位,主要武器有直升机和导弹,如图 1-19 所示。



图 1-19 前苏联基洛夫级核动力巡洋舰图

3. 驱逐舰

驱逐舰(Destroyer)是以导弹、反潜武器和大炮为主要武器的中型水面战斗舰艇。它航速较高,耐波性好,战斗力强,并具有多种作战能力,用以攻击敌方潜艇和水面舰船,以及侦察、巡逻、护航、警戒、防空、布雷、袭击岸上目标等。

驱逐舰的排水量通常为 3 000 ~ 5 000 t,航速在 35 kn 左右,续航力 3 000 ~ 6 000 n mile。舰上配置导弹、火炮、鱼雷、水雷、反潜武器和直升机等,以导弹为主要武器的驱逐舰称为导弹驱逐舰。现代驱逐舰一般装有舰对舰、舰对空导弹武器、反潜导弹武器、反潜直升机、电子战系统以及设备完善的导航通信设备和电子设备。驱逐舰的船体瘦长,常采用全通甲板或长艙楼,直线前倾型艙柱和方艙船型,如图 1-20 所示。



图 1-20 驱逐舰图

护卫舰(Frigate)的性能和使用范围与驱逐舰相似,只是排水量、航速、续航力和火力比驱逐舰小些。

4. 潜艇

潜艇(Submarine)是一种能潜入水下活动和作战的舰艇,主要用于攻击敌水面舰船和潜