



第 1 章

基础篇

船或船舶，泛指任何利用水的浮力并依靠人力、风帆、发动机（如蒸汽机、燃气涡轮、柴油引擎、电动机、核动力）驱动螺旋桨以及高压喷嘴的反推力为动力，进行划、牵、拉、推，使其能在水面上移动的交通工具。本章主要就船舶的历史、分类、作用、地位、配套设施等基础性问题进行介绍。



→ 概述

船舶是指能航行或停泊于水域上进行运输或作业的交通工具，按不同的使用要求而具备不同的技术性能、装备和结构形式。

船舶从史前刳木为舟起，经历了独木舟和木板船时代，1879年世界上第一艘钢船问世后，又开始了以钢船为主的时代。船舶的动力也由古代依靠人力、畜力和风力（即撑篙、划桨、摇橹、拉纤和风帆）发展到如今使用机器驱动。

船舶的分类方法很多，可按用途、航行状态、船体数目、推进动力、推进器等进行分类。

船舶按用途分类，可分为军用和民用两大类。军用船舶通常被称为舰艇或军舰，其中有直接作战能力或海域防护能力的被称为战斗舰艇，如航空母舰、驱逐舰、护卫舰、导弹艇和潜艇；担负后勤保障的则被称为军用辅助舰艇。民用船舶又可分为运输船、工程船、渔船、港务船等。



“海洋绿洲”号游轮



印度“波涛”号风帆训练舰

船舶按航行状态分类，可分为排水型船舶、滑行艇、水翼艇和气垫船；按船体数目分类，可分为单体船和多体船，在多体船型中双体船较为多见；按推进动力分类，可分为机动船和非机动船，机动船按推进主机的类型又可分为蒸汽机船、汽轮机船、柴油机船、燃气轮机船、联合动力装置船、电力推进船、核动力船等；按推进器分类，可分为螺旋桨船、喷水推进船、喷气推进船、明轮船、平旋轮船等，空气螺旋桨只用于少数气垫船；按机舱的位置分类，可分为尾机型船（机舱在船的尾部）、中机型船（机舱在船的中部）和中尾机型船（机舱在船中部偏后）；按船体结构材料分类，可分为钢船、铝合金船、木船、钢丝网水泥船、玻璃钢艇、橡皮艇、混合结构船等；按国籍分类，可分为国轮（指在国内登记并悬挂国内国旗的船舶）与外轮（指在国外登记并悬挂外国国旗的船舶）；按航程远近分类，可分为近海轮与远洋轮，两者的续航能力是不同的。

→ 船级社的主要作用是什么

船级社是一个建立和维护船舶和离岸设施的建造与操作的相关技术标准的机构，也称验船协会，有时统称为验船机构。

船级社通常为民间组织，其主要业务是：对新造船舶进行技术检验，合格者授予相应证书；根据检验业务的需要，制定相应的技术规范 and 标准；受本国或他国政府委托，代表其参与海事活动。有的船级社也涵盖陆上工程设施的检验业务。

从法律意义上讲，船级社是出于保险或其他目的，针对船舶的状况对船舶进行检验和分类的组织。其主要作用是在船舶建造时和建造后对其进行定期检验，目的是设定和维持船舶及其设备的建造和维修标准。每个船级社都有一套规则规定检验要求，对船舶来说，要保持其级别就必须遵守这些规则。船舶分等级是船舶保险的必要条件之一，也是多数租船人和发货人的要求。因此，如果船舶没有分等级的话，在贸易上就会存在很多困难。船级社也有权批准和监督集装箱的建造。这个组织在多数海运国家中都存在。

船级社以专业的船舶技术知识在保障船舶航行安全方面起着独特的作用。船级社面对的客户具有多样性。例如，在船舶建造的不同阶段，船级社的服务对象是不同的：在船舶设计和建造阶段，船级社的服务对象是船厂；交船后，服务对象即转为船舶所有人或船舶管理人。船级社针对不同的客户服务的依据也是不同的。

国际船级社协会（IACS）正式会员表

中文名称	外文名称	简称
中国船级社	China Classification Society	CCS
英国劳埃德船级社	Lloyd's Register of Shipping	LR
美国船级社	American Bureau of Shipping	ABS
法国船级社	Bureau Veritas	BV
挪威船级社	Det Norske Veritas	DNV

续表

中文名称	外文名称	简称
德国船级社	Germanischer Lloyd	GL
韩国船级社	Korean Register of Shipping	KR
日本船级社	Nippon Kaiji Kyokai	NK
意大利船级社	Registro Italiano Navale	RINA
波兰船舶登记局	Polish Register of Shipping	PRS
俄罗斯船舶登记局	Russian Maritime Register of Shipping	RS
印度船级社	India Register of Shipping	IRS
克罗地亚船舶登记局	Croatian Register of Shipping	CRS
希腊船级社	Hellenic Register of Shipping	HRS
澳大利亚船舶登记局	The Australian Maritime Safety Authority	AMSA
印度尼西亚船级社	PT. Biro Klasifikasi Indonesia	BKI
保加利亚船舶登记局	Bulgaria Register of Shipping	BRS
埃及船舶登记局	Egyptian Register of Shipping	ERS
乌克兰船级社	Ukrainian Register of Shipping	URS
塞尔维亚船级社	Serbian Register of Shipping	SRS
菲律宾船级社	The Philippine Register of Shipping, Inc.	PRS
越南船级社	Vietnam Register	VR

小知识:

船级社的起源可以追溯到18世纪的英国。最早的船级社是由保险公司创立的,18世纪中叶,英国的海上保险公司开始意识到需要对船舶进行技术评估,以减少保险风险和损失。为了评估船舶的可靠性和安全性,保险公司开始聘用工程师和船舶专家进行船舶检查和评估。随着时间的推移,这些船舶检查和评估的活动逐渐形成了独立的机构,即船级社。



Lloyd's
Register

英国劳埃德船级社标志



ABS

美国船级社标志

→ 船舶悬挂国旗有何意义

船舶悬挂某一国家的国旗即具有该国国籍，这个国家即该船的船旗国。船旗国分为两类：一是在船舶所有者本国登记，悬挂本国的国旗，因此受该国法律的管辖和保护；二是在船舶所有者在所属国家之外的国家登记，取得登记国的国籍，悬挂该国国旗，受该国法律的管辖和保护。

船旗是表明船舶国籍的标志，因此各国政府对悬挂本国国旗航行的船舶，均有船舶登记程序和取得国籍所具备条件的规定。船舶在公海上只服从国际法和船旗国的法律。

《联合国海洋法公约》规定，每个国家，不论是沿海国还是内陆国，均有权在公海上行驶悬挂其旗帜的船舶。每个国家应确定对船舶给予国籍，船舶在其领土内登记并悬挂该国旗帜，国家和船舶之间必须有真正的联系。每个国家应向其给予悬挂该国旗帜权利的船舶颁发该权利的文件。船舶航行应仅悬挂一国的旗帜，而且除国际条约或本公约明文规定的例外情形外，在公海上应受该国的专属管辖。除所有权确实转移或变更登记的情形外，船舶在航程中或在停泊港内不得更换其旗帜。

国际社会对海上安全努力的成效主要取决于船旗国对公约义务的履行情况。国际社会已经达成了《联合国海洋法公约》和数十项国际海事公约，这些公约对船旗国和缔约国提出了明确的义务和要求。各国经济发展不平衡，法律制度和执法机制不一，海事管理人才和资源参差不齐，实际履约情形也往往千差万别。主要的督促措施是港口国监督，此外，船舶所有人的自律和相关民间机构的指导也是维护海上安全的重要因素。船旗国履约情况依各国理解而执行，国际上并无统一的、强制性

的标准及评估制度。不过，国际海事组织为此做了努力，专门成立了船旗国履约委员会，并于2000年提出了关于船旗国工作自我评估标准和评估指标。



悬挂瑞士国旗的商船

➔ 船台和船坞有何区别

船台是指具有修造船设备与建筑物的专用场地，通常为水平场地，建在船厂水域岸边。修造大船用的船台，要有足够的承载力，因此要铺设钢筋混凝土梁板式平台，或用桩基分担船体荷载。将地基较好的自然岸坡加以修整，就可用作修造小船用的船台。船台的台面上装有可拆卸移动的支墩，用以支撑船体和方便修造船作业，配有起重设备和动力管线等设备。船台要与船舶上下水的各种滑道相连接，有时也与垂直升船机相连接。在修造船工作量大的船台区内，常需设置横移区，以便船舶进出不同位置的船台。船体的主要结构修造完后，就可以从造船平台下水，然后开始进行船舶舾装工作，安装船内的机械电气、电子设备。

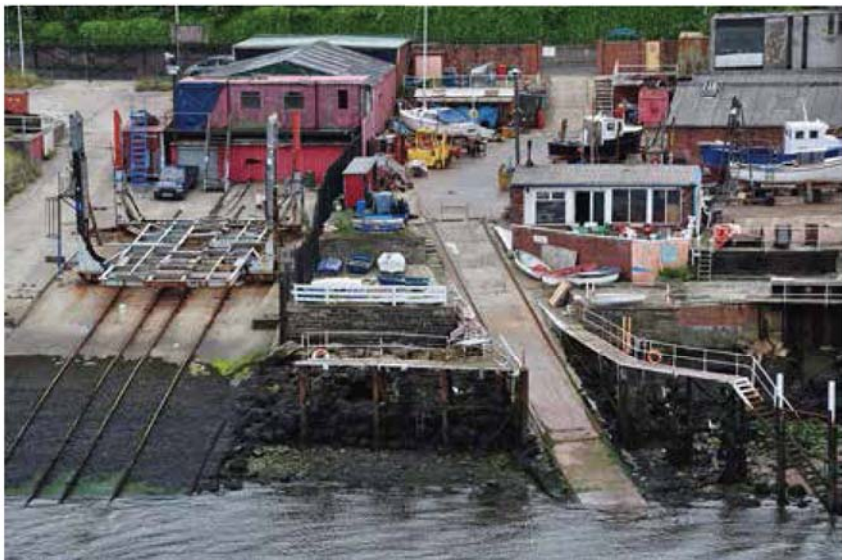
船台可分为露天船台、室内船台和开敞船台。露天船台便于运用各种起重运输设备，工作方便，但会受到气候条件的影响。室内船台则不受气候条件的影响，生产效率高，但基建投资大。开敞船台上有构架无屋盖，是一种折中方案，其优缺点介于上述两种之间。

船坞是指修造船用的坞式建筑物，灌水后可容船舶进出，排水后能在干底上修造船舶。船坞可分为干船坞、注水船坞和浮船坞三类。干船坞应用较多，一般所称的船坞即干船坞。船坞由最初的“船坑”发展演变而来，在涨潮海岸，人们利用水位的涨落来升降船舶，即在涨潮时将船舶引入一个三面围以土堤的“船坑”里，落潮时船舶即停留在预置的支墩上，然后用围埧封闭缺口以进行修理工作，船舶出坑时，再将围埧拆去，趁涨潮时出坑。后来逐渐将土堤改为坞墙，将围埧改为坞门，利用水泵控制坞内水位的涨落，最终演变发展成为如今的干船坞。

总体而言，船台简单方便，比较适合建造小船，但小船不适应当今国际货运趋势。随着船舶的大型化发展趋势，采用船台造船在船体装配和下水工艺方面都有很大的困难，并且大型船台的造价也十分昂贵。而船坞虽然挖坞时间较长，但建造时安全性较高，因此适合建造大船。



位于英国格洛斯特的小型干船坞



位于英国泰恩-威尔郡南希尔兹的露天船台

→ 船舶总装有哪些方式

船舶总装是在部件装焊、分段或总段装焊的基础上，最后完成船壳整体装配的工艺阶段，它对保证船体建造质量、缩短船舶建造周期有着重要作用。

建造单艘船时，常用的总装方式有以下四种。

(1) **水平建造法**。在船台上先将船底分段焊装完毕，再向上逐层焊装直至形成船体的造船方法。它由整体造船法演变而来，将零部件上船台散装改为以分段为单位上船台安装。这种建造方法船台周期较长、焊接变形较大，难以采用预舾装，可用于建造船台散装件较多的船。

(2) **塔式建造法**。在船台上以某一底部分段为基准分段，由此向前后左右，由下而上地进行装焊，在建造过程中始终保持下面宽、上面窄的宝塔形状。与水平建造法相比，其作业面较广，刚性也稍好，但焊接变形程度仍较大。

(3) **岛式建造法**。由两个或两个以上基准分段同时进行船体总装

的建造方法。它由塔式建造法发展而来。岛与岛之间用一个嵌补分段连接。这种方法有两个或三个建造中心，可分别称为二岛式建造法或三岛式建造法，它比塔式建造法作业面更广，焊接变形较小，适用于造大船，但嵌补分段的安装难度较大。



正在进行船壳整体装配的商船

(4) **总段建造法**。以总段作为船体总装单元的建造方法。由于总段较大、刚性好，并有较完整的空间，因此能减少船台工作量和焊接变形，提高总段内预舾装程度，但受船台起重能力的限制较大，一般只用于建造中小型船舶。

批量造船时，常用的总装方式有以下三种。

(1) **半串联建造法**。当第一艘船在船台末端建造时，第二艘船的尾部在船台前端同时施工，待第一艘船下水后，便将第二艘船的尾部移至船台末端，继续安装其他分段，形成整个船体。与此同时，可在船台前端开始第三艘船尾部的施工。

(2) **多工位建造法**。这是 20 世纪 70 年代建造的船厂所采用的一种建造方式。它以在坞中舾装为目的，将建造工程分为几个阶段，以使船体和舾装的作业量均衡，并在坞中进行主机安装和试车，出坞后可立即进行试航。

(3) **运河式船坞建造法**。这是利用特殊地理位置建造的一种船坞。两端坞门均可打开，中间还设有一道可移动的闸门，可在船舶建造的不同阶段，将坞隔成不同长度的两部分，以便采用串联法造船。即在长坞内建造第一艘船时，短坞内同时建造第二艘船的尾部，等第一艘船建成出坞之后，移动中间闸门，使第二艘船进入长坞之内，以便继续进行第二艘船中部和首部的建造，同时又可在短坞内开始建造第三艘船的尾部，如此不断循环。

→ 重力式下水方式为何应用广泛

船舶下水是在船舶建造工程大部分完工之后，将船舶从建造船台上移至水域的工艺建造过程，因此，这是船舶建造的一项重要组成部分。船舶下水过程是一个很复杂的动力问题，其要考虑到有关船舶的浮性、稳性、阻力、摇摆以及船舶强度等问题，这就牵涉船舶静力学与船舶动力学。船舶下水具有一定的危险性，稍有疏忽，就会造成重大的损失。长期以来，人们对船舶的下水作业十分重视，因此做了大量的研究工作，并摸索出了船舶下水的多种方法。最常用的方法就是重力式下水，即船舶在本身重力的作用下沿着船台倾斜滑道滑入水中。

重力式下水方式适合绝大多数船舶，可分为纵向涂油滑道下水、纵向钢珠滑道下水、横向涂油滑道下水。

1. 纵向涂油滑道下水

纵向涂油滑道是集船台和滑道于一体的下水设施，其历史悠久，经久耐用。下水操作时先将一定厚度的油脂浇涂在滑道上以减少摩擦力，这种油脂以前多使用牛油，现在多使用一定比例的石蜡、硬脂酸和松香调制而成的混合物。然后将龙骨墩、边墩和支撑全部拆除，使船舶重量移到滑道和滑板上，再松开止滑装置，船舶便和支架、滑板等一



纵向涂油滑道下水的船舶

起沿滑道滑入水中，同时依靠自身浮力漂浮在水面上，从而完成船舶下水。

这种下水方式适用于不同下水重量和船型的船舶，具有设备简单、建造费用少和维护管理方便的优点。不过它也存在较大的缺点：下水工艺复杂；浇注的油脂受环境温度影响较大，会污染水域；船舶尾浮时会产生很大的首端压力，一些装有球鼻艏和船艏声呐罩的船舶为此不得不加强球鼻艏或暂时不装（待下水后再入坞安装）；船舶在水中的冲程较长，一般要求水域宽度为待下水船舶总长的数倍，必要时还要在待下水船舶上设置锚装置或转向装置，利用拖锚或全浮后转向的方式来控制下水冲程。

2. 纵向钢珠滑道下水

纵向钢珠滑道下水是用一定直径的钢珠代替油脂充当减摩装置，使原来的滑动摩擦变为滚动摩擦，从而降低滑板和滑道之间的摩擦阻力。钢珠可以重复使用，故而该方法的经济性较高。

纵向钢珠滑道下水装置主要由高强度钢珠、保距器和轨板组成。保距器每平方米装有 12 个钢珠。木质的滑板和滑道上各有一层钢制轨板以防被钢珠压坏，在滑道末端设有钢珠网袋以承接落下的钢珠和保距器。这种下水方式使用时启动快，滑道坡度小，滑板和滑道的宽度也较小，钢珠可以回收重复使用，其下水装置的安装费用和使用费用都比油脂滑道低，而且不受气候影响，下水计算比较准确；但初始投资大，滑板比较笨重，震动大。

3. 横向涂油滑道下水

横向涂油滑道下水是指船舶下水是按船宽方向滑移的，不是船艏先进入水中，而是船舶的一舷先入水。这种方式分为两种操作方式。一种是滑道伸入水中，先将船舶牵引到楔形滑板上，再沿滑道滑移到水中；另一种是滑道末端在垂直岸壁中断，下水时船舶连同下水架、滑板一起坠入水中，再依靠船舶自身浮力和稳性趋于平衡全浮。船舶跌落高度为 1 ~ 3 米。这种方式由于同时使用的滑道多，容易造成下水滑移速度不一样，导致下水事故，而且坠落式下水船舶横摇剧烈，船舶受力大，所以对船舶横向强度和稳性要求较高。



横向涂油滑道下水的船舶

→ 超大型船舶为何要漂浮式下水

漂浮式下水是一种将水用水泵或自流方式注入建造船舶的大坑里，依靠船舶自身的浮力将船浮起的下水方式。该方式适用于超大型船舶。

漂浮式下水使用的船坞分为两种，即造船坞和修船坞，区别在于造船坞比较宽、比较浅，而修船坞比较深。

造船坞是指用来建造船舶和船舶下水的水工建筑物，有单门、双门和母子坞等多种形式，其基本结构是由坞底板、坞墙、坞门和泵房等组成。坞门本身具有压载水舱和进排水系统，安装到位后将水压入坞门水舱内，坞门就会下沉就位，然后在坞外海水的压力下紧紧压在坞门口，再将坞内的水抽干就可以在坞内造船了。船舶建造完成后，通过进排水系统将坞外水域的水引入坞内，船舶依靠浮力起浮，待坞内水面高度和坞外一致时，就可以排出坞门内的压载水起浮船坞门并脱开坞门，然后将船舶用拖船拖出船坞，坞门复位进入下一轮造船。

造船坞下水是一种简便易行的下水方式，其安全性高、工艺简单。这种下水方式可以有效地克服倾斜船台头部标高太大的缺点，降低吊机起吊高度，还不受重力式下水所要求的水域宽度的限制，可以引入机械化施工手段。

修船坞是指用于修理或改装船舶的干船坞，待修船舶的自重和吃水均比新造的船体要大，因此深度大于造船坞。修船坞下水与造船坞下水的过程基本相同。



采用漂浮式下水方式的船舶

→ 机械化下水方式有何利弊

机械化下水是指用某种机械设备将船舶从建造区域移到水中，主要适合中小型船舶。具体来说，机械化下水方式可分为以下八类。

1. 纵向船排滑道机械化下水

纵向船排滑道机械化下水是指船舶在带有滚轮的整体船排或分节船排上建造，下水时用绞车牵引船排沿着倾斜船台上的轨道将船舶送入水中，使船舶全浮的一种下水方式。

分节式船排每节长度是3~4米，宽度是船宽的80%，高度在0.4~0.8米。由于位于船艏的那节船排要承受较大的首端压力，因此要特别加强其结构。由于船排顶面与滑道平行，而且高度只有0.4~0.8米，所以其滑道水下部分较短，滑道末端水深较浅。采用挠性连接的分节船排时，由于船排可以在船舶起浮后在滑道末端靠拢，因此可以进一步降低滑道水下部分的长度和末端水深。这种滑道技术要求较低，土工施工较简单，投资也较小，而且下水操作平稳安全，主要适用于小型船厂。但由于船排高度小，船底作业很不方便，因此仅适用于小型船舶的下水作业。

为了提高船排滑道的利用率，可以设置横移坑、多船位水平船台和纵向倾斜滑道组合，这样可以大大提高纵向船台的利用率。

2. 两支点纵向滑道机械化下水

这种下水方式使用两辆分开的下水车支撑下水船舶，它可以直接将船舶从水平船台拖曳到倾斜滑道上，从而使船舶下水。这种滑道是用一段圆弧将水平船台和倾斜滑道连接起来，以便移船时可以平滑过渡。这种下水方式具有结构简单、施工方便、操作容易的优点。其缺点是由于只有两辆下水车支撑船舶艏、艉，所以对船舶纵向强度要求很高，在尾浮时会产生很大的首端压力，因此只适用于纵向强度很大的船舶。

3. 楔形下水车纵向机械化下水

这种滑道上的下水车架面是水平的或稍有坡度，船舶下水时是平浮起来的，不会产生首端压力，下水工艺简单可靠，适用于较大的船舶下水。将它用横移坑和多船位水平船台连接起来，可以有效地提高滑道使用效率，是一种比较理想的纵向机械化下水方式。其缺点是下水车尾端过高，要求滑道末端水深较大，因而导致水工施工量大，投资大，且滑道末端容易被淤泥覆盖，选用时要充分考虑水文条件。

4. 变坡度横移区纵向滑道机械化下水

这种下水方式的横移区由水平段和变坡段两部分组成。侧翼布置有多船位水平船台的横移区，因移船的需要使横移车轨道呈水平状态，故称水平段；变坡度的横移区其轨道只有一组仍为水平，其他各组均带有一定的坡度，这些轨道的坡度能使横移车在横移过程中逐步改变其纵向坡度，最后获得与纵向滑道相同的坡度，故称变坡段。同时，为使横移车在变坡段仍保持横向水平，带坡度轨道均采用高低两层轨道的设计。

由于横移区具有变坡功能，所以采用纵向倾斜滑道下水。同时，可以在下水滑道纵向轴线处建造一座纵向倾斜船台。通过横移车在水平段实现与水平船台的衔接；在变坡段末端实现与纵向倾斜船台、下水滑道的衔接，使一种下水设施可以供两种船台使用。而且这种滑道是用船台小车兼做下水滑车的，故滑道末端水深较小，滑道建设投资少。

这种下水方式和所有采用纵向下水工艺滑道一样，存在船舶尾浮时首端压力较大的问题，多用于码头岸线紧张而腹地广大的渔船修造厂和中小型船厂。修造船可以在内场水平船台进行，只设一条下水滑道，从而减少滑道水下部分的养护工作量。

这种下水方式在具体操作时可以人工控制载有待下水船舶的船台小车的速度，必要时可以停止下水；也可以用于船舶的上排修理。

5. 高低轨横向滑道机械化下水

高低轨横向滑道由滑道斜坡部分和横移区两部分组成。下水车在滑道斜坡部分移动时，邻水端和靠岸端的走轮各自行走在高低不同的两层轨道上，以保证下水车架面处于水平状态。因此，斜坡部分的高轨和横移区的相应轨道应该用相同半径的圆弧平滑地连接起来。高轨和低轨的高度差应保证邻水端和靠岸端的走轮轴处于同一水平面。过渡曲线上任何两点之间的水平距离应恒等于走轮轴距，这样才能使下水车在下滑的任何位置都能保证水平。

这种下水方式具有布置简单、架面较低、斜坡部分受力时不致出现深陷的凹槽等优点，同时可以在横移区侧翼布置多船位水平船台，机械化程度较高且操作简单可靠，对水域宽度和深度的要求都比纵向下水小得多，下水最大重量为 5000 吨。但这种下水方式的水工建筑复杂，铺轨精度高，造价也较高。



采用高低轨横向滑道机械化下水方式的船舶

6. 梳式滑道机械化下水

梳式滑道由斜坡滑道和水平横移区两部分组成，而且和横移区侧翼的多船位水平船台相互连接，而船台小车和下水车则分别单独使用。

在斜坡滑道部分铺设若干组轨道，每组轨道上都有一辆单层楔形下水车，每辆下水车都由单独的电动绞车控制。斜坡滑道部分和横移区的轨道交错排列，位于轨道错开地区处于同一水平处的连线被称为 O 轴线，水平轨道和斜坡滑道互相伸过 O 轴线一定长度，形成高低交错的梳齿，所以又被称为梳式滑道，其作用是将水平船台上的待下水船舶转载到楔形下水车上。

具体操作时，将船舶置于船台小车上，开动船台小车做纵向运动，待船舶移到横移区的纵向轨道和横向轨道交错处时，启动小车下部的液压提升装置提升船台小车的走轮，将车架旋转 90° 后落下走轮到横移轨道上，开动船台小车将船舶运动到 O 轴线处，然后再次启动船台小车上的提升装置，将船舶略微升高，此时用楔形下水车托住船舶，降下船台小车的提升装置并移开船台小车，船舶即停留在下水车上，最后开动下水车上的电动绞车将船舶送入水中完成下水作业。

船台小车和下水车各自有单独的电动绞车，从而免去穿换钢丝的麻烦，提高了作业的安全性和作业效率；下水车的轮压较低，对斜坡滑道的施工精度要求较低；各个区域的建设独立性较强，可以分期施工。但由于需要自备牵引设备，船台小车结构复杂，且维修烦琐，船台小车走轮转向和 O 轴线处换车作业麻烦，因此使用的船厂不多。

7. 升船机下水

升船机就是在岸壁处建造的一个承载船舶的大型平台，利用卷扬机做垂直升降的下水设施。根据平台和移船轨道的相对位置，可分为纵向和横向两种类型。

船舶下水时，首先驱动卷扬机将升船机平台与移船轨道对准，并用定位设备固定；船舶在移船小车的承载下移动到平台上就位，并带好各种缆索；然后解除定位设备，卷扬机将升船机平台连同下水船舶降入水中，船舶会在自身浮力的作用下自行起浮。升船机结构紧凑，占地面积小，适用于厂区狭小、岸壁陡立、水域受限的船厂，其具有作业平稳、效率高的

优点，适用于主导产品定型后的批量生产。但升船机对船舶尺寸的限制较为严格，因此只适用于中小型船厂。

8. 浮船坞下水

利用浮船坞进行下水作业，首先要使浮船坞就位，将坞底板上的轨道和岸上水平船台的轨道对准，用船台小车承载的船舶移入浮船坞，然后断开浮船坞与岸壁的连接。如果坞下水水深足够的情况下浮船坞就地下沉，船舶即可自浮出坞；如果坞下水深不足就要将浮船坞拖曳到专门建造的沉坞坑处下沉。

船舶入坞的方式可分为纵移式和横移式。纵移式的浮船坞中心线和水平船台移船轨道平行，可以采用双墙式浮船坞，船舶入坞按船长方向移动。横移式浮船坞多使用单墙式浮船坞，也可使用双墙式浮船坞，但后者的一侧坞墙可以拆除，使用时将浮船坞横靠在水平船台的岸壁，然后拆去靠岸一侧坞墙，将船舶拖入浮船坞，再将活动坞墙装好，最后进行下水作业。

浮船坞下水设施具有与多船位水平船台对接的能力，且造价较低，建造周期也短，下水作业平稳安全，但作业复杂，多数时候要配备深水沉坞坑。



双墙式浮船坞

→ 各类客船有何突出特点

客船是指载运旅客以及行李和邮件的运输船舶。客船一般兼运旅客的车辆和小批量货物。客船的基本特点是：上层建筑发达，用于布置旅客舱室；抗沉、防火、救生等方面的安全要求严格；减摇、避震、隔声等方面的舒适性要求高；航速较快；功率贮备较大。客船绝大多数是定期定线航行，这种客船又称班轮。随着远程航空运输的发展，客船逐渐转为短程运输和旅游服务。客船可分为以下六类。

1. 海洋客船

海洋客船有远洋客船和沿海客货船两种。19世纪40年代远洋运输船逐渐兴起，当时全是客货混装船，后来因客货流量增加，旅客运输和货物运输逐渐分离，纯粹运输旅客的大型远洋客船便由此诞生。远洋客船曾因多兼运邮件，故又被称为“邮船”。大型远洋客船的吨位一般大于10 000吨，航速在20节以上，有2~3个客舱等级，船上公共活动场所较多。20世纪50年代末远程喷气式客机出现后，逐渐夺走了海洋客船的客源。因大型高速客船建造及维护费用极大，航速又远低于飞机，不适合现代经济需要，使得这种船在此后10多年间走向没落，大型远洋客船的最后一条航线已于1977年10月完全消失。沿海客货船的吨位一般小于6000吨，航速为14~18节，客舱等级较多，载货量较大。



20世纪后期具有代表性的远洋定期客船——伊丽莎白女王II号

2. 旅游船

旅游船与大型远洋客船相近,吨位一般为20 000~40 000吨,可载客800~1400人,机舱位于船的中后方,航速为20~24节,它们多在风景秀丽的海域周游巡航或环球定线、定期航行,附带从事港际交通。旅游船既能满足旅游者的要求,同时也可使旅游者达到疗养、度假、文化娱乐、社会活动等目的。船上的卧室和公共场所也分等级,多采用垂向分隔。卧室布置在首部以保持安静,公共场所多种多样,都有广阔的视野。旅游船吃水较浅,续航力较大,有防摇装置以使航行尽量平稳和舒适。

3. 汽车客船

汽车客船是20世纪60年代初发展起来的一种沿海客船,以运输旅客及其携带的轿车为主,在港时间极短,效率高。现如今海上运输发达国家的重要中短程定期航线和列车渡船航线基本上都已采用汽车客船。汽车客船的吨位多在4000吨以下,可载客700~1000人,部分为卧舱和娱乐散座舱。车客比(汽车数与旅客数之比)为1:10~1:5,航速为16~18节。这种船吃水较浅,船较宽大,采用双桨单舵,设防摇鳍和侧推装置。主机为中速柴油机,机舱各出入口置于舷侧以利于上甲板下的车辆甲板(一层或二层)前后贯通。汽车多由船头和船艉的大舱门经过码头的活动桥上下船。近年来由于旅游业的发达,在欧洲国际航线上出现了吨位超过10 000吨、车客比达1:3、航速大于20节的高速大型汽车客船。

4. 滚装客货船

滚装客货船是20世纪70年代初在集装箱运输和汽车客船大型化的基础上发展起来的新型高效客货船,多用于沿海中程定期航线。船型与汽车客船相似,车辆甲板有时须多加一层并自带斜跳板,借高效率的滚装工艺缩短船舶在港时间,加快船舶的周转。在波罗的海,这种船以载运旅客、轿车和带轮滚装货为主。

5. 内河客船

内河客船一般是指航行于江河湖泊上的传统客船。其载客量大,停靠频繁,多在浮码头通过舷门装卸小量件杂货和邮件。其主体结构较单

薄，如果航段流速小于3米/秒，可不设双层底。内河客船一般有两层甲板，干舷较低，因航段应变方便，所以安全要求较海船要低。上层建筑多延及首尾并向舷外挑伸，以增大载客面积。内河客船多为双桨双舵或三舵。现如今浅水江河湖泊的大型船，其航速一般为12~16节。



内河客船

6. 小型高速客船

小型高速客船是20世纪60年代出现的速度很快的短程客船，多航行于海峡和岛屿间。船体和主机都较小、较轻。航速由早期的18节，逐渐增加到27节左右。水翼船和气垫船也属于小型高速客船，可航行于江河湖泊和海峡上。1980年日本制成小水线面双体客船，是将舱室甲板以小截面支柱支撑在两个潜没水中的浮体上，使船体脱离水面，从而减少了波浪对船体的扰动，改善了适航性并提高了航速。

→ 散货船如何分门别类

散货船是装运谷物、煤、矿砂、盐、水泥等大宗干散货物的船舶的统称，也称干散货船或散装货船。按船舶所装货物的种类，散货船可分为普通散货船、专用散货船、兼用散货船、特种散货船等。

1. 普通散货船

普通散货船一般为单甲板、尾机型，货舱截面呈八角形。由于所运货物种类单一，故对舱室的分隔要求不高，加之各种散货比重相差很大，因此，普通散货船的货舱容积较大，可以满足装载轻货的需要。如需要装载重货，则采用隔舱装载的办法。

普通散货船的船体结构坚固，以适应集中载荷的需要。在大吨位散货船停靠的港口码头上都有相应的装卸设备，所以 4 万吨以上的普通散货船，尤其是在特定的港口间进行专线运输的普通散货船，一般不设置起货设备。

2. 专用散货船

专用散货船是针对一些大宗、大批量的散货对海上运输技术的特殊要求而设计制造的散货船，主要有运煤船、散粮船、矿砂船以及散装水泥船等，它们各有各的特点。

运煤船的船型接近普通散货船，船上设有良好的通风设备，以防止煤发热自燃。

散粮船的舱容系数比普通散货船大，因为散装粮食的积载因数较大。散粮在船舶航行中会逐渐下沉，一般将散粮船的货舱口围壁加高，并缩小货舱口尺寸，将货物沉降后的底面积限制在舱口范围内。

矿砂船对货舱的容积要求不大，因为矿砂的积载因数较小。但其载荷较集中，为了提高货物重心，改善船舶性能，便于货物装卸，故而常将船舶双层底抬高。且货舱两侧设纵向水密隔舱，使货舱截面呈较小的矿斗形，其船体结构强度也较大。



散粮船

散装水泥船的甲板上不设置吊杆式的起货装置，但为了装卸水泥，故而设有气动式或机械式的水泥装卸设备。为防止散装水泥上扬、水湿结块，所以货舱口设计得较小，且船中部设有集尘室或在舱盖上装有空气过滤器，上甲板和货舱口严格水密。

3. 兼用散货船

兼用散货船是指针对某些特定的散货或大宗货对海上运输技术的特殊要求设计制造，并具有多种装运功能的船舶。它主要包括车辆散货船、矿散油兼用船。

车辆散货船装有若干层悬挂式或折叠式车辆甲板，配以轻便的舱盖，用于装载汽车。车辆甲板一般呈网格式花铁板结构，以减轻重量。当装载散货时，可将舱盖吊到甲板上，并将车辆甲板收起悬挂在主甲板下或折叠起来紧贴在横舱壁旁。

矿散油兼用船的吨位都比较大，舱容丰富：中间为矿砂或其他货舱，开有大舱口，能方便抓斗上下；两侧为油舱，能利用回程和矿砂、散货贸易的淡季装油，以提高船舶的营运经济效益。



车辆散货船

4. 特种散货船

特种散货船主要包括大舱口散货船、自卸散货船、浅吃水肥大型船。

大舱口散货船的货舱口宽度达船宽的 70% 以上，并装有起货设备，它既能装载散货，也能装载木材、钢材、橡胶、机械设备、新闻纸以及集装箱等，适应性很强。

自卸散货船是一种具有特殊货舱结构且自带一套自动卸货系统的运输船舶。自卸散货船采用自动化卸货设备，增加了船舶的造价和重量，因此，必须通过提高卸货效率来降低卸货费，加速船舶周转，以获得良好的经济效益。它适用于航程较短及卸货港设备较差的航线上。

浅吃水肥大型船是散货船向大型化发展过程中出现的一种新型船舶，与普通散货船相比，其在吃水不变的情况下增加船宽，采用较大的宽度吃水的办法提高载重量，从而大大提高了船舶运输的经济性。它主要适用于港口和航道水深受限制的水域，也是发展江海联运的首选船型。

→ 集装箱船有何优点

集装箱船又称货柜船、货箱船或箱装船，是装载规格统一的标准货箱（也称为集装箱）的货船。集装箱船的特点是货舱里和甲板上堆放着规格统一的集装箱，舱口又宽又长，甲板较小，常为双船壳，多为尾机型船，上层建筑较短。远洋集装箱船通常采用球鼻艏和方艏。大多数依靠港口专用的起货机装卸，少数也有自带起货设备的。

集装箱船可分为全集装箱船和半集装箱船两种，它的结构和形状与常规货船有明显不同。集装箱船装卸速度快，停港时间短，航速较快，通常为 20 ~ 23 节。近年来为了节能，一般采用 18 节左右的经济航速。沿海短途航行的集装箱船，航速仅为 10 节左右。据统计，美国、英国、日本等国进出口的杂货约有 70% ~ 90% 使用集装箱船运输。

与常规货船相比，集装箱船具有以下优点。

(1) 可以节约装卸劳动力，减少运输费用。一般货船采用单件或小型组合件形式装运，费力又费时。集装箱船采用国际统一规格的集装

箱运输货物，打破了一捆、一包单件装卸的传统形式，大大减轻了装卸工人的劳动强度，加快了装卸速度，减少了人工装卸费用。

(2) 利用集装箱船运输，可以减少货物的损耗和损失，保证运输质量。这是因为货物在生产工厂里就装进了密封的集装箱，中途经公路、铁路、水上运输，均不开箱，可把货物直接运到用户手中。这样可减少货物在运输途中的损耗和遗失，还可节约包装费用。

(3) 集装箱船装卸效率高。一艘集装箱船的货物装卸速度大约是相同吨位的普通货船的3倍左右，而大型高速集装箱船的装卸速度差不多是同吨位普通货船的4~5倍。这样，可减少船舶停靠码头的的时间，加快船舶周转，提高船舶、车辆及其他交通工具的利用率。

由于集装箱船进行集装箱运输具有上述优点，所以，集装箱船和集装箱运输得到了迅速发展。同时，集装箱船的出现，对港口、码头又提出了新的要求，因此便出现了传送带、货架搬运车、铲车及各种形式的装卸机，还出现了专门停靠集装箱船的码头。集装箱船码头又长又宽，可停靠各种类型的集装箱船，码头上还有相当宽敞的堆放集装箱的场地。



荷兰鹿特丹港中的集装箱船



正在进行集装箱装卸作业的集装箱船

→ 滚装船为何具有划时代意义

滚装船是在汽车轮渡的基础上发展演变而来的。二战后，英国曾用退役的登陆艇开辟了一条通往德国汉堡的定期航线，装载货物的车辆可直接登陆上岸。尽管采用登陆艇进行客货运输的经济性较差，没有推广价值，但它却是交通运输史上具有划时代意义的事件，由此在海洋运输方式中开创了新的形式——滚装运输。

20 世纪 50 年代后期，集装箱船诞生后，人们在使用集装箱船的过程中，发现装卸集装箱并不方便，要动用许多吊货装置和起重设备。人们设想将集装箱的装卸方式改为用运货车辆直接进出集装箱船，从而将货物装卸方式从吊上、吊下改为水平方向的作业。20 世纪 60 年代后期，在集装箱船基础上出现了一种新型船舶——滚装船。它可以省去许多装卸、起重设备，简化装卸程序，还可以使集装箱船能在一般码头停靠，不需要对港口码头进行大规模改造。

滚装船造型特殊，其船身高大，有多层甲板。船艏大多装有球鼻，中部线型平直，尾部采用方尾，设有大门或跳板。航行时，折叠式的尾跳板矗立在船艏，驾驶台等上层建筑设置在船艏或船艉。因为滚装船运载的车辆会排出有害气体，所以滚装船对通风的要求较高，在甲板上设有很多通风筒。

滚装船以装满集装箱或货物的车辆为运输单元，车辆通过船上的艏门、艏门或舷门的跳板开进、开出。装载时，汽车及由牵引车辆拖带的挂车通过跳板开进舱内。到达目的港后，放下跳板，然后专门装货的车辆（拖车或铲车）从船的各层甲板开上、开下，进行装卸作业。车辆可直接开往收货单位。

滚装船的装卸效率很高，每小时可达 1000 ~ 2000 吨，而且实现了从发货单位到收货单位的“门—门”直接运输，减少了运输过程中的货损和差错。此外，船与岸都不需要起重设备，即使港口设备条件很差，滚装船也能高效率地装卸。

滚装船具有更好的适应性，它除了能装载集装箱外，还能运载特种货物和各种大件货物，有专门装运钢管、钢板的钢铁滚装船，专门装运铁路车辆的机车车辆滚装船，专门装运钻探设备、农业机械设备的专用滚装船，还可以混装多种物资及用于军事运输。

滚装船的缺点是重心高，稳性较差。滚装船的甲板层数多，一般有 2 ~ 6 层。为使车辆在舱内通行无阻，货舱内不设横舱壁，舱内支柱也很少，因此，滚装船的结构强度和抗沉性较差。而且，横格舱壁少，影响抗沉性，甲板的强度也会受到影响。



开启艏门的滚装船



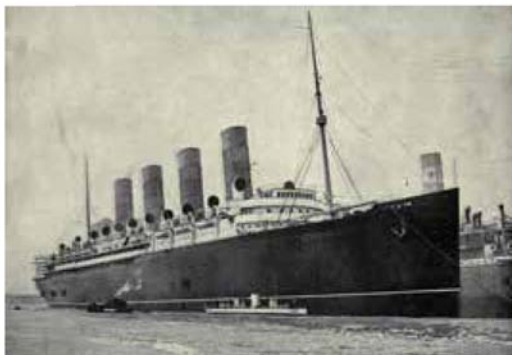
航行中的滚装船

→ 蓝飘带为何是邮轮最高荣誉

在邮轮问世的初期，各家轮船公司就出现了竞争现象，英国大西方轮船公司的“大西方”号、“大东方”号和库纳德邮轮公司的“天狼星”号等汽船都在争夺以最快速度横渡大西洋的桂冠。到了19世纪60年代，出现了一项约定俗成的惯例：以最快的平均速度横渡大西洋的船只，有权在主桅上升起一条长长的蓝飘带（这是源于赛马活动的习俗）。从此以后，赢得蓝飘带，特别是在处女航中赢得蓝飘带，成为欧洲各家邮轮公司和邮轮船长的最高荣誉，而且也能为公司招徕更多的乘客。由于受墨西哥湾暖流的影响，横渡大西洋的船只向东航行的船速快于向西航行，因此一艘船打破东航纪录时只是被视为“破纪录者”，只有同时也获得了西航速度的冠军时，才有权升起蓝飘带。

在1898年之前，蓝飘带荣誉一直保持在英国邮船的手里，但是德国北德意志—劳埃德航运公司的“威廉大帝”号在这一年夺走了蓝飘带，且此后十年间一直被德国独占。1907年，英国库纳德邮轮公司的邮

轮“卢西塔尼亚”号服役，这是世界上第一艘以蒸汽轮机为动力的客船，航速高达24节。其姐妹船“毛里塔尼亚”号在1909年再次刷新纪录，航速达到了26节，甚至高于当时几乎所有的军舰。这个纪录此后一直保持了20年之久。



1907年的“毛里塔尼亚”号邮船

总的来说，库纳德邮轮公司的轮船侧重于速度，它的三艘旗舰船只——“卢西塔尼亚”号、“毛里塔尼亚”号和“阿奎塔尼亚”号（都以古罗马省份命名）都是船艏尖锐如刀刃，船型细长如剑鱼。而英国白星航运公司的轮船更注重舒适性，它从1908年起陆续建造的“奥林匹克”号、“泰坦尼克”号和“不列颠尼克”号都以“世界最豪华的邮船”为追求目标，每艘船的总吨位都超过了4.6万吨，但最高航速只有23节。同一时期，在德皇威廉二世和德国政府的支持下，德国北德意志—劳埃德航运公司和汉堡—美洲航运公司也投入到邮船竞赛中，后者在一战爆发前夕建造了5.5万吨级的“祖国”号、“皇帝”号和“俾斯麦”号。

第一次世界大战结束后，随着世界经济的复苏以及工业技术的进步，远洋邮轮迎来了其黄金时代。1929年北德意志—劳埃德航运公司5.2万吨的豪华邮轮“不来梅”号在处女航中创造了27.5节的航速纪录，从英国人手中夺走了由“毛里塔尼亚”号独占22年的蓝飘带。这艘船是德国先进工业技术的结晶，安装了高功率蒸汽轮机和球鼻艏，船上还搭载了弹射器和水上飞机，名义上是为了更快地运送邮件，实际上是为了给德国海军培养舰载机飞行员。

1933年，海运大亨哈罗德·霍尔为蓝飘带奖捐赠了一座黄金奖杯，底座上面镌刻着获得过蓝飘带奖的四艘最有传奇色彩的邮船：“大西方”号——最早的大型快速邮船；“毛里塔尼亚”号——垄断蓝飘带

长达22年的英国邮船：“国王”号——当时技术最先进的意大利邮船；“诺曼底”号——世界上最大、最豪华的巨型法国邮船。在20世纪50年代之后，随着美国“合众国”号以36节航速纪录赢得蓝飘带，新的奖杯取消了“毛里塔尼亚”号和“国王”号的浮雕，换上了“合众国”号的浮雕。



保存在美国费城的“合众国”号邮船

20世纪60年代中期以后，随着大型喷气式客机陆续投入使用，横越大西洋的航线逐渐被空中航线取代，大型邮船纷纷退出了历史舞台。如今，那些以中低速度巡游于加勒比海、南太平洋、南极、阿拉斯加和地中海的巨型豪华游船取代了大型高速邮船。在横渡大西洋的客运航线上，目前只有英国“伊丽莎白女王”号仍在维持运营，但是在一年中也只有一半的时间从事客运，其他时间则进行加勒比海巡游和环球旅行。曾经象征荣耀与辉煌的蓝飘带奖逐渐式微。在大型邮船退出历史舞台之后，蓝飘带奖成为纯技术上的奖项，授予任何以最快速度横渡大西洋的客运船只。西班牙“加泰罗尼亚”号高速渡船、丹麦“海猫”号高速渡船都获得过蓝飘带奖。

→ 液化天然气运输船为何难以建造

液化天然气（liquefied natural gas, LNG）运输船是指将液化天然气从液化厂运往接收站的专用船舶，简称 LNG 运输船。这种运输船属于高技术、高附加值船舶，因此造价昂贵，被誉为世界造船业“皇冠上的明珠”。目前，只有中国、美国、日本、韩国和欧洲少数几个国家的十余家造船厂能够建造 LNG 运输船。

LNG 的主要成分是甲烷，为便于运输，通常采用在常压下极低温（ -163°C ）冷冻的方法使其液化。因此 LNG 运输船货舱的结构、采用的材料和隔热装置必须满足极低温运输的要求。其货舱的形状有球形、矩形、棱柱形、圆筒形等。液化气在运载时先通过加压或低温使其液化，然后把液化后的气体用高压泵打入特殊高压液舱内储存。



航行中的 LNG 运输船

LNG 运输船由船壳体、货物围护系统、动力推进系统、装卸货管路系统、蒸发气回收利用系统等组成。与常规的运输船不同，LNG 运输船所运货物为 -163°C 的低温液体。从第一艘 LNG 运输船“甲烷先锋”号（由美国康斯托克国际甲烷公司建造）开始，LNG 运输船的安全性一直是行业关注的焦点，维持船体货物围护系统的结构完整性更是关键问题。承载液体的货舱建造材料除了需要具备抵抗弯曲载荷和晃荡冲击的

高强度和高韧性外，必须具有可靠的耐低温性能和绝热性能，以及良好的加工工艺成型性和焊接性能。

LNG 运输船按液货舱的结构可分为独立贮罐式和膜式两种。早期的 LNG 运输船为独立贮罐式，即将柱形、筒形、球形等形状的贮罐置于船内。贮罐本身具有一定的强度和刚度，船体构件对贮罐仅起支持和固定作用。20 世纪 60 年代后期，出现了膜式 LNG 运输船。这种 LNG 运输船采用双壳结构，船体内壳就是液货舱的承载壳体。在液货舱里衬有一种由镍铁合金薄板制成的膜，它和低温液货直接接触，但仅起阻止液货泄漏的屏障作用，液货施于膜上的载荷均通过膜与船体内壳之间的绝热层直接传到主船体。与独立贮罐式结构相比，膜式结构的优点是容积利用率高，结构重量轻，因此近年来的 LNG 运输船，尤其是大型 LNG 运输船，多数采用膜式结构。这种结构对材料和工艺的要求较高。此外，日本还研发出一种结构介于两者之间的半膜式 LNG 运输船。

除了货物围护系统采用的低温绝热技术以外，液舱晃荡分析技术、建造安装平台技术、装卸货管路系统、动力推进系统、蒸发气回收技术等也都是建造 LNG 运输船所必须具备的关键技术。



LNG 运输船正在输送液化天然气