

第一章 绪论

第一节 概述

应用水力或机械的方法挖掘水下的土石方并进行输移处理的工程，称为疏浚工程。疏浚工程由来已久，古代疏浚工程是靠人力使用简易的手工工具进行的，后逐步为机械所替代。现在通常使用挖泥船，对硬质土也采用水下爆破方法。

数千年前，随着西方手工业的发展，世界上出现了第一艘泥铲或袋式挖泥船，该船仅由一条小船或木筏构成，船的中轴上装有一根或数根桩柱，每根桩柱末端是泥袋，利用这些容器在水中挖取泥土，然后桩柱将容器升起并摆动到船上，待泥土卸下后又下水挖泥，如此重复操作，直到装满泥土为止。

袋式挖泥船一直沿用到公元 1400 年，疏浚业产生了重大的变革，1435 年荷兰米德尔堡市制成水耙式挖泥船。在船尾下方装有耙或犁，靠风吹动船帆，靠潮流冲击水下翼板，趁退潮挖掘河道。

到 1600 年，荷兰又制成了“泥碾”式挖泥船，即链斗挖泥船的雏形，用于水下开挖。18 世纪末叶，英国瓦特发明了蒸汽机，引发了欧洲的工业革命，也引发了以蒸汽机为动力的机械式挖泥船的问世。当时主要是斗式及刮板式挖泥船，从此疏浚工程开始了从人力为主变为机械为主的新时代。

约在 1864 年，根据法国水力学家巴京提出的应用水力和离心泵输送泥土的原理，建造了世界上第一艘吸扬式挖泥船，这种船能在 8~12m 水深下挖泥，每年可挖泥 3000m³。1874 年，亚利克西斯·冯施莱特和他的同胞朱林思一起，设计出了世界上第一艘实用管路吸扬式挖泥船，该船为半圆形船头和矩形船尾，有三根钢桩，一根位于船中央，另两根置于船尾两角，绞刀架上装有吸管和绞刀。19 世纪末叶发明了柴油机，替代了蒸汽机的地位，这为大吨位、大功率、高效率的自航耙吸船、绞吸船的出现提供了动力条件。1884 年，毕·安吉尔建造了只有两根钢桩的绞吸挖泥船，该船已初步具备了现代挖泥船的雏形，有垂直摆动的绞刀架、吸泥管、旋转弯头及坐落在绞刀架上的绞刀发动机。

各种类型挖泥船在本世纪初已发展成型，尤其是 50 年代中期以后，大功率吸扬式挖泥船用于大量的航道疏浚，发展到本世纪 70 年代，世界上的挖泥船，数量愈来愈多，规模愈来愈大，一批适合在条件复杂的沿海施工，具备开挖深水航道、深水港区能力的大型挖泥船应运而生，改变了历来疏浚只能在内河、湖泊进行的地域限制，大大地扩大了疏浚工程的地域范围，也使挖泥与造地相结合或单纯为造地的吹填工程成为可能。

据不完全统计，拥有挖泥船数量最多的国家是美国、荷兰、英国、加拿大和日本，这五个国家的挖泥船总数占世界一半以上，而且都有较大的挖泥船造船厂。

我国航道疏浚工作，开始得很早，最早用人工疏浚方法开挖运河、疏通河道、沟通水系以发展航运，进行排洪、灌溉，春秋战国就开始了开挖运河的伟大工程。如四川灌县的都江堰

堰，广西的灵渠，京杭大运河等。特别是秦朝郡守李冰父子开挖建造的都江堰工程，从其设计思想、规模、作用及“深淘滩，低筑堰”的步修维护原则所显示的科学水平，不仅当时世界各国难望其项背，也是当今科学之魂宝，直到现在还对四川平原的农业灌溉起着重要作用。

以疏浚工具来说，早在宋代就发明了“浚川耙”、“铁扫帚”、“刮地龙”等进行扰动疏浚的维护工具。但漫长落后的封建社会，特别是近代半封建、半殖民地的社会从根本上阻碍了生产力的发展，我国疏浚工作开始落后于欧美国家，大约于 19 世纪末，我国开始使用机械挖泥船。1882 年，在洋务运动的高潮，清政府向英国购买了一艘“安定号”挖泥船疏浚上海黄浦江。1897 年在天津成立了海河工程委员会，以后改建为海河工程局。1904 年海河河口大沽沙航道上第一次使用“北河”号挖泥船疏浚航道。1906 年至 1912 年利用拉滚铁耙（俗称滚江龙）翻动河底泥沙借落潮流带走以加深航道。1914 年起使用自航耙吸挖泥船疏浚大沽沙航道并在海河航道上使用链斗挖泥船维护和改善其航行条件，使 3000t 海轮可以乘潮通过大沽沙航道直达天津市区。1939 年开始在天津塘沽沿海修建新港。与此同时，我国的广东、山东、黑龙江等地先后引进了一些挖泥船进行疏浚航道和开挖港池，实践中产生了中国第一代的挖泥船员和疏浚技术人员。

挖泥船进入中国疏浚界引起了中国造船业的重视，天津于 1909 年造出了我国自造的第一艘链斗挖泥船“金钟河”号，1932 年山东省为疏浚小清河，委托济南陆大工厂建造了两艘链斗挖泥船“石村”号和“黄台”号，这几艘船都是用内燃机作为动力的，可以直接将泥土排于两岸或船的后方。1949 年新中国成立后，在党的领导下，中国疏浚事业有了巨大的发展。以建于天津塘沽的新港为例，日本帝国主义从 1939 年挖到 1945 年，仍然是一片荒滩，抗战胜利后，国民党政府从 1946 年挖到天津解放，工作仍无进展，但新中国成立后只用三年时间，天津新港于 1952 年就正式向世界宣布开放。尤其是 1973 年周总理发出“三年改变港口面貌”的号召，我国的疏浚工作者接触到属于 70 年代中期水平的疏浚设备，由此找出与世界先进水平的差距并进一步研制、改进疏浚设备。1973 年起交通部下属的航道局在短短的几年中引进了一大批先进的挖泥船，特别是适合在河口、沿海地区作业的大型耙吸船、绞吸船，使疏浚工程规模迅速扩大，保证了沿海港口建设的顺利建成及投产。1975 年上海港长江口入海人工航槽胜利开通及其后成功的维护，标志着我国疏浚技术水平开始进入了提高的新时期

目前，我国已经能够自行设计制造各种类型的大、中、小型挖泥船。如舱容量为 4500m³ 的万吨级以及 1500m³、800m³ 的自航耙吸挖泥船、每小时效率为 500m³、80m³ 的链斗挖泥船、每小时效率为 400m³、350m³ 的绞吸挖泥船、斗容为 2m³ 以下的抓斗挖泥船等。此外，我国在疏浚工作中因地制宜地制造了各种先进简易挖泥船和防污染船，到目前为止，我国年疏浚能力已达到 3 亿立方米，仅交通部所属上海、天津、广州及长江四个航道局的疏浚能力已超过 1 亿立方米，我国的疏浚能力已跃居世界前列，居世界第六位。绞吸挖泥船最大产量为 2500m³/h。链斗挖泥船最大为 750m³/h，耙吸挖泥船最大的舱容为 6500m³ 抓斗挖泥船最大斗容为 13m³，铲斗挖泥船最大斗容为 4m³。1981 年后，我国又成功地进入国际疏浚市场，10 余年来，我国疏浚工作已取得了良好的信誉。

在挖泥船船型不断发展，性能不断改进的同时，疏浚技术也得到了快速发展，特别是二次世界大战后，各疏浚强国为在国际疏浚市场的激烈竞争中取胜，围绕提高挖泥效率，以最少的土方达到通航深度从而降低疏浚成本的目的出发，竞相利用当代科技最新成就，取得了突破性进展，主要有如下几个方面：

一、挖泥船操作及施工自动化

(一) 利用液压传动新技术, 实现了挖泥船设备的集中遥控;

(二) 利用微电脑、电子、传感新技术, 实现了疏浚过程自动化监控、数据自动化的处理。

另外, 疏浚设备操作自动化也取得了重大的进展。疏浚是水下作业, 以往对疏浚作业过程中的挖泥效果, 无法凭直觉及时得到, 限制了疏浚效率及工程质量的提高, 挖泥船操作施工自动化新技术的应用, 成功地解决了这一难题。

二、挖泥机具不断改进

各类挖泥船的挖掘设备也不断在材料、形式上得到改进, 以适应不同土质的高效率挖掘的需要。

目前挖深 20m 以上的绞吸和耙吸挖泥船, 普遍在桥架上或耙管上装有潜水泥泵, 其主要作用是补偿主泥泵吸入侧真空之不足, 使泥浆有效真空增加, 从而提高吸泥浓度及产量。

如在绞吸挖泥船上, 为了减少辅助作业时间, 普遍装有钢桩台车, 钢桩倾倒装置, 吊锚杆等设备, 为适应更换绞刀及船上机器修理起吊重物的需要, 装有全船行走吊车, 为适应开挖不同的土质需要, 绞刀及刀齿也在不断改进, 目前发展有尖齿、凿齿、平齿等绞刀, 还研制了新的材质以提高刀齿及泥泵等耐磨程度, 为开挖岩石发展了可换齿绞刀, 这样绞刀齿磨损后更换仅需要 2~3min, 为便于操作人员在绞刀上工作, 船上还普遍装有绞刀平台, 这些装置减少了挖泥船停工时间, 提高了工效。

如耙吸挖泥船的耙头也在不断改进, 为开挖紧密细砂, 在耙头上加装了冲水装置, 对硬土质还有在耙头上加齿或加刀, 为适应开挖重粘土的需要, 荷兰及日本发展了液压动力切削耙头。泥舱和溢流系统也在不断改进, 最近建造的耙吸挖泥船进入泥舱的溜泥槽采用半潜式, 其出口低于溢流高度, 使进入泥舱内泥沙易于沉淀而不被扰动。溢流口普遍采用液压控制的可调节高度的圆筒形溢流门, 口门为一圆盘, 以使水流均匀, 减少溢流损失。有的船还采用在主甲板上加围板的方法来增大泥舱体积, 以提高挖淤泥的装舱量。此外, 还采用计算机控制的低浓度泥浆向舷外排放装置, 当吸入的泥浆达不到设定的浓度时, 可自动将其排至舷外, 防止过多的水进入泥舱, 对开挖含有气体的淤泥, 耙吸挖泥船上还装有排气装置, 以提高挖淤泥的产量。

三、疏浚测量

疏浚测量是进行疏浚工程必不可少的, 疏浚测量贯穿于疏浚工程的始终。近 50 年来, 疏浚测量设备也得到了很快发展, 如回声测深仪不断更新换代, 浮泥层密度测量仪的问世。特别是定位设施 GPS 的使用, 解决了在开阔水域测量船测深及挖泥船施工定位的难题, 为挖泥船从内河走向河口及海洋进行施工提供了条件。

四、优化疏浚

疏浚的施工对象是河流、海湾水底的泥沙。如何达到“高效、有效、低耗”完成疏浚工程, 这是疏浚工程发展到今天所赋予疏浚工程队伍的光荣艰巨任务。

优化疏浚就是运用科学成果及自然规律用于疏浚工程, 以最少的土方, 最少的物耗达到同样的开挖水深或维护水深。如设置截砂坑, 将回淤集中疏浚, 将回淤浅区散开, 推迟维护

疏浚，以及防止和减少回淤，避免不必要的疏浚等，这些优化疏浚的措施对降低疏浚成本费用起了重大作用。

随着液压技术、电子技术被广泛应用，各种类型挖泥船船型及船舶性能不断更新与改进，挖泥船的使用范围和地区在不断扩大，特别是电子计算机和微处理机的应用，使挖泥船施工全过程处于最佳经济合理状态。

第二节 疏浚工程的任务与特点

疏浚工程的任务很多，归纳起来，在航道与港口工程中，疏浚工程的主要任务有：

1. 开辟新的航道、港池和运河；
2. 浚深、加宽现有航道和港池；
3. 开挖码头、船坞、船闸及其它水工建筑物的基槽；
4. 与开挖相结合的扩大港口、工业、农业及道路等用地的面积以及海滩养护等吹填工程；
5. 在港口建筑工程中，挖去不适宜支承基础的水下底基，并代之以适宜的物料（替换物料）；
6. 在水利工程中，获取混凝土或其它用途的骨料、砾石和砂子以及从海底、河底挖取砂石料，以修整岸坡，筑堤防洪和改良土壤。

疏浚就其挖掘的性质和用途来说，可分为基建性疏浚、维护性疏浚两种。

基建性疏浚工程主要是指为增加航道里程、增加港口生产能力，对原有港口航道、港池、泊位进行扩建或对新辟港口进行疏浚。如进行大规模的挖槽工作，切除河岸突嘴，填平港叉等。

维护性疏浚工程是指对现有航道或已交付使用的疏浚工程，保持其原有设计标准而进行的维护性疏浚。如清理基建性挖槽的回淤，工作量不大的扫除巨石和清槽工程等，维护性疏浚是以充分利用水力疏浚减少机械疏浚，以达到降低成本，提高效率为目的。

疏浚工程作为航道工程中一项不可缺少的工程措施，与整治工程、渠化工程、径流调节比较具有下列优点：

一、施工简单，施工期较短，收效快

疏浚工程只需将碍航的土石方挖除，并处理好废弃土石方便告完成，不需建造复杂的水工建筑物，故施工工序简单，施工期较短，且可以分段分期进行施工，航道一经开挖，航道尺度即可增加。

二、投资较少，不需耗大量工程材料

由于疏浚工程不需建造建筑物，施工时一般也无施工导流问题，不需大量的辅助设施，故耗费的人力和物力不多，基本上不需占用水泥钢筋、木材等建筑材料，投资少。

三、施工期间仍可维持通航

疏浚工程施工时一般不需使航道断航，可以采用半边航道施工另半边航道通航或每天定时断航的方式，这对现已通航的航道治理具有特别的重要意义。

四、适应性强，机动灵活

疏浚工程适用于各种不同土质和岩石的河床，开挖机具的功率有大有小，既可进行大面

积的疏浚，也可以进行小区域的疏浚，施工时间也可根据航运的情况灵活安排。

五、对河流形态、自然环境，生态平衡影响较少

在较大的平原河流下游和河口地区，由于河流尺度大，常采用其它工程措施，但工作量常常很大，还可能引起一系列的问题。此时，疏浚常有它的独特之处，特别是在河流的性能还未充分掌握之前，贸然采取整治等强制性的工程措施，弄得不好，反而可能造成不良后果。而疏浚就不会产生这些问题，疏浚中的主要问题是挖槽的回淤，由于挖槽尺度与河床的尺度相比常常很小，不会引起河床水流条件有很大变化，因而在淤积的季节施工，挖槽中必然产生大量回淤，局部挖槽每年定期都要进行维护性的疏浚。

第三节 疏浚工程课程的基本要求

疏浚工程还是一门新兴的学科，是正在发展的学科，由于本课程研究问题的复杂性，现阶段科学技术水平还不能完全从理论上加以解决。诸如，疏浚工程中的水下土问题，疏浚施工技术问题等等，这些问题的解决一方面取决于疏浚工作人员长期的实践摸索和积累，另一方面还取决于相关基础学科的发展。因此，学习疏浚课，必须掌握如下几点：

一、疏浚工程对自然学科的要求

疏浚工程的发展要求与疏浚工程有关的其它领域都要扩大研究范围与研究深度，增加新的研究内容。如对土力学的要求，疏浚工程不只要求研究各种土被挖泥设备破坏时所需力的大小，还要求研究克服土附着在挖掘工具上力的变化，研究各种土在水力输送中的力学现象和二相流、三相流的问题。水下浮泥层对航行船舶影响过去从没有研究过，但现在也希望能够弄清这种现象以便考虑底土是否应当疏浚的问题。此外，在吹填工程中要涉及土的输移、沉淀、固结、沉陷等一系列问题。而在选择疏浚时机上也要对天然输移的泥沙在落淤过程中的现象和变化加以深入考虑，自然，这又涉及到水力学、流体力学及河床演变学、泥沙运动力学等的研究内容了，对这些问题和学科的研究有利于疏浚工程的发展。疏浚工程更涉及到水文学，在施工前后还必须考虑气象因素、地理条件，以便合理地选择避风锚地及抛泥区。此外，疏浚工程对测量学也有一定要求，在传统的疏浚工程中，测量工作只在开工之前和竣工之后起作用，在施工中有一两次检查测量已经绰绰有余了，但近代疏浚工程因施工挖槽常常远离陆地，视觉的测量标志已不能起作用等其它因素，加之挖泥船的功率大，瞬时的疏忽就会造成漏挖、超挖甚至一些无法弥补的损失，因此疏浚工程在施工中时刻不能离开测量工作

随着近代仪表工业的发展，疏浚船舶实现了仪表化和自动化，挖泥船可以根据事先输入的施工范围自动挖泥，自动根据挖槽变化和机械运转情况进行调节，作出记录，把收到的信息自动传输给有关人员，每天可以自动计算挖泥土方量，并可以用计算机把资料储存备查，这就是疏浚工程对计算机等相关学科的要求。

二、疏浚工程对管理科学的要求

疏浚工程与管理科学是密切联系、互为统一的学科。现代疏浚工程的管理工作已经不是简单的船舶调遣与工作安排问题，在国外近代疏浚工程的发展形成了一股国营疏浚单位被疏浚工程承包公司取代的新潮流，在国内一般采取项目招投标制、工程监理制。工程管理单位

要选择最适宜的工程承包单位，工程承包单位要尽力满足众多的工程主办单位的需求，这就要求一般管理人员要用更大的精力来做好疏浚工程的管理工作，把近代的运筹统计学及决策学运用到疏浚管理上，以便更加系统地把疏浚工作搞好。近十年来，疏浚工作者在改进疏浚设备，研制防污染的工具等方面做了大量研究和实践，在疏浚土处理方面成功地完成了不少工程，疏浚工程已从一个可怕的污染源变成了有效的防污染措施，这就是近代疏浚工程对环境保护科学的要求。

三、疏浚工程对挖泥船水手作业的要求

挖泥船水手，是在大副、二副、水手长的领导下，负责甲板部工作，直接从事挖泥船施工作业。

在未调迁到新工地前，要熟悉施工图纸，了解泥层分布情况，与大副、二副、水手长一起研究和拟定最佳的挖泥方法。开工展布，要根据当地流速、流向、风向、定准船位，抛牢各种锚链。

施工期间，严格按照《内河避碰规则》要求，悬挂通航、禁航标志，加强声号联系，并随时作好应急措施，杜绝事故发生。

夜晚停工，船要靠好，所有锚链都要绞紧，船的四周水深摸清。考虑到枯潮水位不能搁浅，尤其陡坎要避免，防止涨潮被风刮上去，落潮搁浅倾覆而沉没。

挖泥时，要勤对标志，勤看水位，勤测水深。严格按前移距松关和进关，做到不漏挖、不超深、不超宽，达到质量标准，让废方率降到最低限度。

挖泥作业，很多工序需要同时交替衔接来完成，在班水手，必须按操作规程办事。听从指挥，密切配合，道道工序，都离不开绞锚机、钢缆、锚、锚链等。不用的锚，要放在指定地方系牢、卡死，防止被船碰撞掉水。绞用好了的钢丝绳，锚链条及时收回，顺序盘好，绕好。甲板部要整理得有条有理，时刻保持一个良好的工作环境。发现钢丝绳，锚链有破损之处，要立即接牢，对绞锚机、导缆钳及滑轮，做到勤检查、勤加油，保持运转自如。竣工后，主动协助技术员，大副（竣工长）搞好验收工作，收工集合工作。

在船上工作，不同于岸上工作，会遭到风浪的袭击，船舶碰撞的威胁，不安定的因素大，这就要求水手眼疾手快、脑子灵活，稍有麻痹，就有落水、手脚被钢丝绳绞断、打坏的危险。

四、疏浚工程课程的目的要求

疏浚工程是一门在水下进行土石方施工且实践性很强的学科。如疏浚工程施工对象是水下土，而水下土是一种不能直接用肉眼观察到的物质，这就要求疏浚工作者除了掌握必要的自然科学、管理科学的知识外，还必须亲临现场，掌握第一手资料，运用辩证唯物主义的观点和方法，对影响疏浚施工的各个方面进行全面了解，在这个基础上进行分析和运用数学公式推导，求得实用计算公式，如挖槽断面最佳角度、边坡等的计算式，然后再回到实践中去，根据实际资料验证公式的正确性，如此不断修正，不断完善提高，只有对河流、港口等作出了定性和定量的分析工作之后，才能更有效地疏浚河流，使之对人类服务。

第二章 挖泥船船舶常识

第一节 挖泥船船体组成

挖泥船属工程船舶，是疏浚工程中的重要生产工具，是主要的疏浚设备。现代挖泥船除有一般船舶必须具备的船体结构、动力设备、通信导航设备以及船员生活附属设备等各种设施以外，主要还装备有用于水下土层泥沙挖掘，输送和处理的疏浚机具以及其它施工辅助设备。本章仅对船舶的船体结构、动力设备、船舶性能、系泊设备及锚设备作简要介绍

船体

挖泥船船体结构与一般船舶船体结构类同，特别是自航耙吸式、自航抓斗挖泥船除泥舱部分外与一般船体结构基本一致，所以有必要了解船舶的船体常识。

(一) 船舶各部位名称

1. 船舶主要部位名称

船之前端叫船首，后端叫船尾，船舶的中部叫船中，船舶纵向中心线叫首尾线面向船首首尾线把船分为两半，左侧叫左舷，右侧叫右舷。船两侧与水面交接线叫水线，水线以上的船舷叫干舷。

2. 甲板名称

甲板首先分为统长甲板与短段甲板。统长甲板是自船头至船尾而不间断的甲板第一层统长甲板叫主甲板，其下的统长甲板叫第二层甲板，以此类推。所谓短段甲板，是指不连贯全船的甲板，例如驾驶室甲板、驾驶室顶甲板（罗经平台）、船首楼甲板，船尾楼甲板，起居甲板（舱室甲板）等。

3. 舱室名称

一般在主甲板以上的舱室有首楼、尾楼、驾驶室等，在主甲板以下有机舱（即装置主机及辅机的舱位）、泵舱（自航耙吸挖泥船）、货舱、泥舱、前后尖舱（即首尾处尖舱）、燃料舱、淡水舱及其它水密隔舱等。

(二) 船体结构

船体结构，一般由船壳和甲板组成水密的外壳，而在其内部则用纵向及横向的骨架以连接和加强。

船体结构按其作用可以分为：

(1) 保证船体纵向强度的构件，它沿船体长度方向是连续的，有龙骨、纵桁、纵梁、船底板、船侧外板、甲板等。

(2) 保证船体横向强度的构件，有肋骨、肋板、横梁、舱板、甲板等。

(3) 承受局部及临时荷载的构件，如船首柱、船尾柱以及机器和甲板设备（如锚机、带缆桩）下的支座等。

图 2-1 为船体主要结构剖析图，现将船体主要构件简明介绍如下：

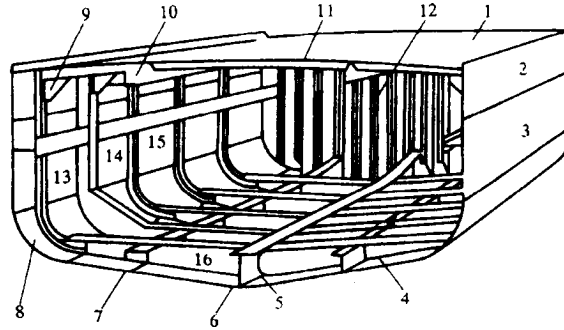


图 2-1 船体中部结构

1-甲板;2-舷顶列板;3-舷侧板;4-船底板;5-中内龙骨;6-平板龙骨;
7-旁内龙骨;8-艉列板;9-梁肘板;10-甲板纵桁;11-横梁;12-横舱壁
板;13-肋骨;14-强肋骨;15-舷侧纵桁 16-肋板

1. 龙骨

龙骨又可分为主龙骨、内龙骨和舭龙骨。主龙骨位于船体纵向中心线，前面和船首柱相连，后面和船尾柱相连，它和脊椎动物的脊骨一样，是船体一个非常重要的构件，是支持全船一切结构的基础，是船体中受力最大的构件。以往主龙骨多突出在船底以下，现代中型以上船舶多采用平板龙骨，它的优点是使纵向和横向的结构连成一体，龙骨板平坦不突出船底以下，在修理上很便利。

内龙骨和主龙骨一样，也是船体主要的纵向结构，按照其构造的形式和位置可分为：

(1) 中央内龙骨：它是在平板龙骨上面并互相垂直地从船头直通到船尾立起来的钢板，它的主要作用是抵抗船舶沿首尾线方向的上下弯曲，同时可以使平板龙骨和肋板更好地连接在一起。

(2) 侧内龙骨：现代船舶宽度较大，为增强纵向强度，在中央内龙骨的两侧，按一定距离安置几条与之相平行的钢板，称为侧内龙骨。

(3) 舭龙骨：为了补救平板龙骨没有突出船外，不能阻止船舶横向摇摆的缺陷，同时为了加强船舶舭部的强度，在舭部外板上各安装一球边钢板，长度约为船长的 1/2 称为舭龙骨。

2. 肋骨与横梁

肋骨是船舶横向骨架，抵抗船舶横向受力，肋骨的重要性仅次于龙骨。它是从船底龙骨处开始向两舷伸出，至船两侧后再垂直向上延伸到达甲板梁的两端，并与之相连接。整个船体有很多肋骨，垂直于中心线而成横向排列。两肋之间的距离叫肋距，通常在底部的肋骨也称为肋板。船上的肋骨都有编号，顺序总是从船尾到船首排列。

横梁也是船体横向构件之一，用以连续舷侧肋骨的顶端，并承受甲板上的荷重与压力。横梁与船体两侧肋骨的顶端不但要逐一接合，而且应于接合处加以肘板，使之更加牢固

3. 船壳板与甲板

船体的外板（包括舷侧板与底板）是抵抗水压与保持水密的外衣，由于船体各部分需要强度有差别，外板的厚薄也有各种不同的规定，一般要求船中 0.4 倍船长范围内的外板及甲板较厚。整个甲板不是水平的，从纵向来说是中间低两端高，从横向来说，甲板是中间高两边低，这样有利于排除积水。

船壳板与甲板及舱壁连接成为一个整体。

4. 船首船尾柱

(1) 船首柱(见图 2-2)是船首部突起的强力构件,用以克服骤加冲击荷载。同时尚能抵抗锚链的撞击,以及波浪向船首部撞击所产生的应力,也能承受搁浅、碰撞、触礁时的局部应力。它的主要结构形式是板桩,可用锻钢或铸钢制成,也可用较厚的钢板焊接而成,在整体上它成为第一道两侧安排得很紧的肋骨,在底部则与龙骨嵌接,而成为龙骨的延续部分。现代快速船舶为消除船首波浪阻力,做成球鼻船首(见图 2-3),它的结构较为复杂。

(2) 尾柱和船尾架,是船舶尾部的强力构件,用以支持推进器及舵,并能抵抗推进器的振动和操舵时受到的水压或波浪的冲击,其结构见图 2-4。双推进器船不设尾柱,但螺旋桨出口处需用轴包架或轴支架以支承推进器轴,见图 2-5 及图 2-6。

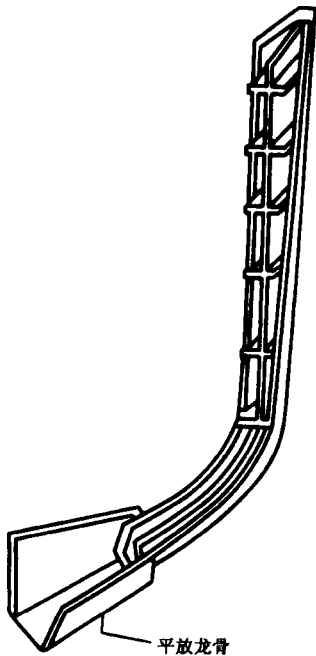


图 2-2 船首柱

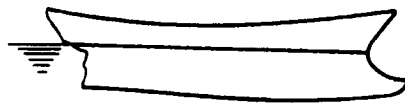


图2-3 球鼻船首

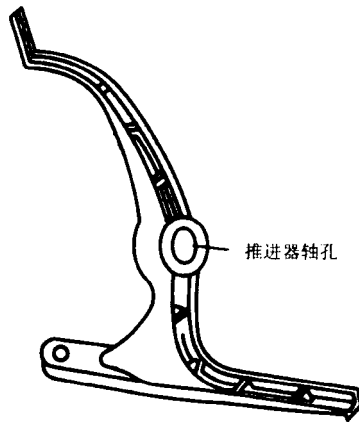


图 2-4 船尾柱

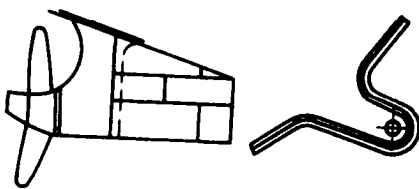


图 2-5 轴包架

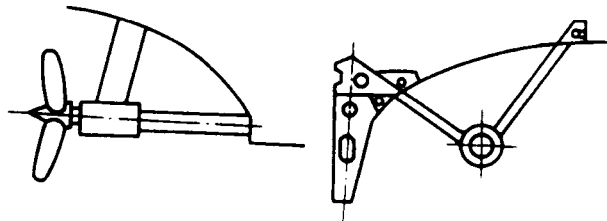


图 2-6 轴支架

二、挖泥船主船体结构

由于挖泥船易于磨损、损坏,碰到特殊荷载的可能性较大,构件强度设计均较一般运输船舶为大,甚至比规范规定的尺度要求还严格。

非自航式挖泥船的船体，一般为箱形结构，尾部船底向上倾斜，首尾两端板，与侧板连接处（首尾四角处）为圆弧形连接。其结构要求按规范规定与一般运输船舶有如下主要差异（以链斗挖泥船为例）：

- (1) 靠桥槽的船底列板厚度加厚 20%；
- (2) 如副龙骨端止于一隔壁，则必须以同等尺度延伸三挡肋骨距离；
- (3) 桥槽两侧板厚度与船舷侧板相同，并以大肘板形式在桥槽端板后延伸三挡肋骨距与船体相连；
- (4) 桥槽底列侧板厚度增加 20%；
- (5) 桥槽尾端处的横隔舵壁横贯船宽；
- (6) 桥槽两侧甲板，在系缆柱和甲板机械下应加设覆板；
- (7) 至少在 2/3 船长的两舷设护舷装置。

图 2-7 为链斗挖泥船船体中部剖面图，采用纵横混合结构形式，纵梁和横向构件及隔舱壁连接，连同船壳和甲板增强了船体纵向强度。为解决桥槽下部侧板与斗桥之间的磨损，在桥

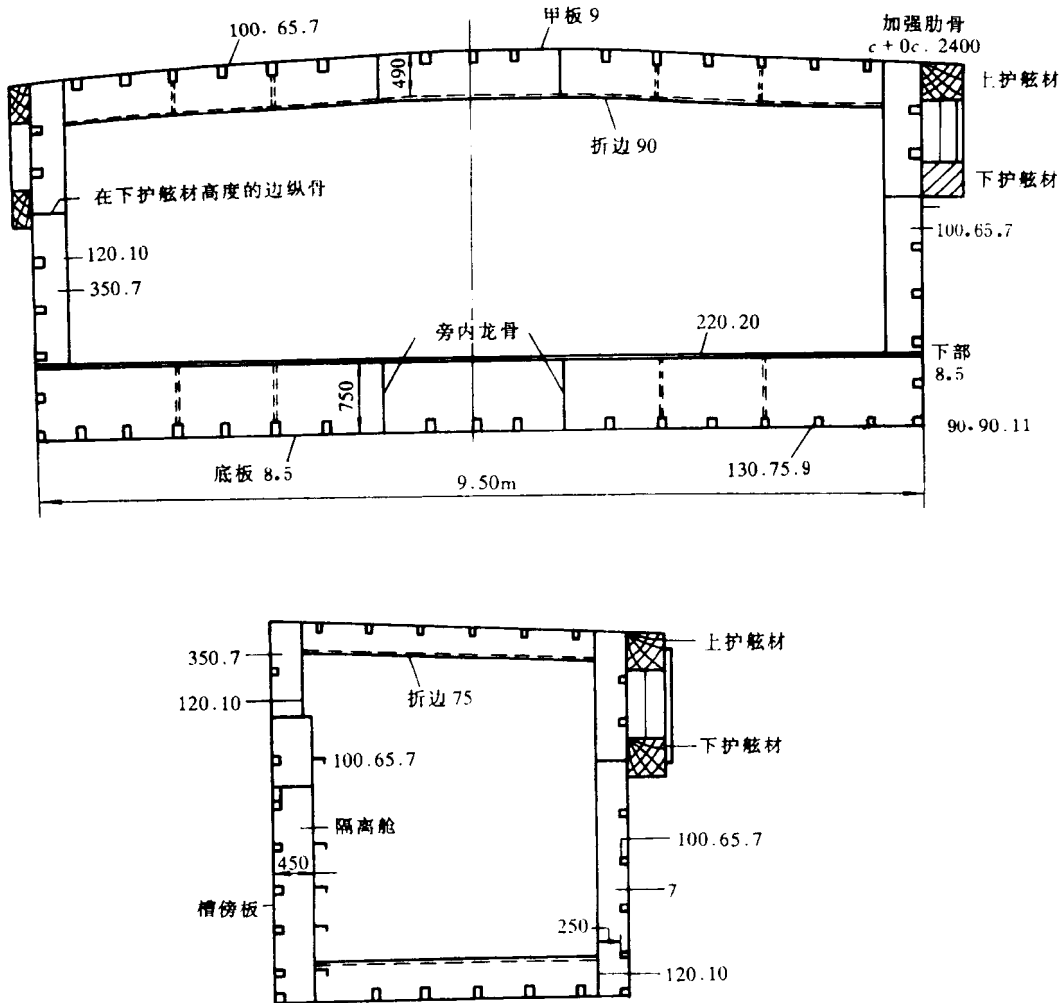


图 2-7 非自航链斗挖泥船船中剖面图
(焊接纵向结构，斗容 0.8m^3)

槽与斗桥侧板上安设导轨或摩擦护板（见图 2-8）；某些挖泥船在桥槽两侧船体内设置水密隔离舱，避免桥槽侧板或船底板损坏而导致的倾覆事故（见图 2-7）；沿桥槽的甲板上，敷设防摩条板。

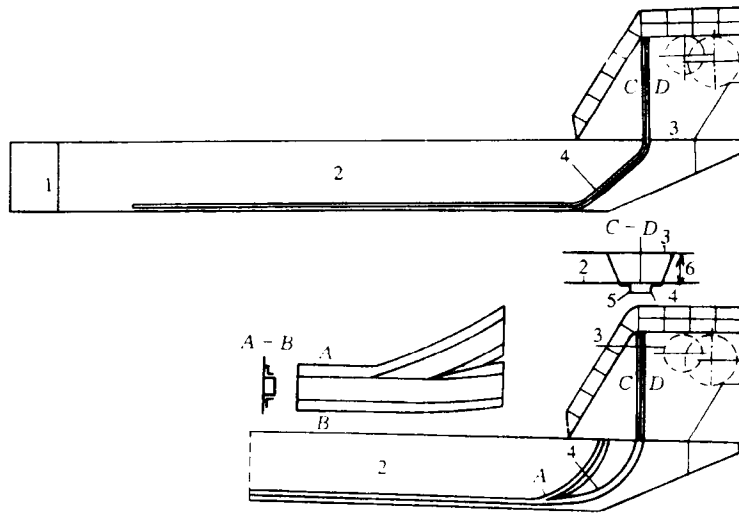


图 2-8 链斗挖泥船桥槽侧板上的斗桥导轨装置

- 1-桥槽的端隔壁舱；2-桥槽侧板；3-吊桥绞车塔架；4-桥槽侧板的斗桥导轨装置；
5-焊缝；6-吊桥绞车塔架侧板凹距

护舷装置对非自航式挖泥船是十分重要的，特别对经常靠离泥驳的挖泥船更是如此。舷墙结构比相同尺度的海船也较粗大，图 2-9 所示为类似的浪墙的舷墙，仅设于链斗挖泥船的船尾。

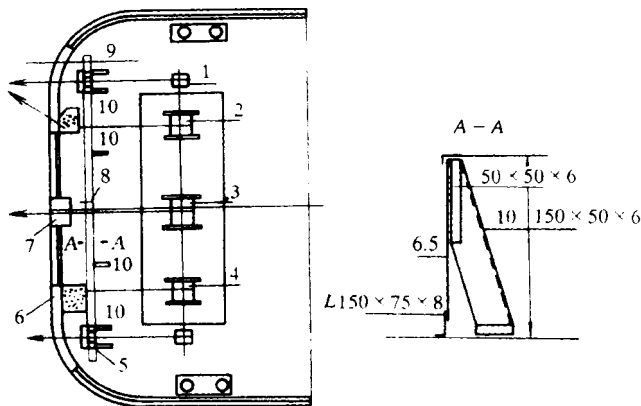


图 2-9 非自航链斗挖泥船尾舷墙和后甲板绞车等属具的布置

- 1-绞泥驳与抛锚用绞车滚筒；2-左舷边锚钢索鼓轮；3-尾锚钢索鼓轮；4-右舷边锚钢索鼓轮；5-设于舷墙上的导缆滚轮；6-防摩护铁；7-导缆钳；8-导缆孔；9-尾舷墙；10-折边舷墙支撑（详见 A-A 剖面）

其它类型非自航挖泥船的箱形船体结构与链斗挖泥船结构类似，但铲斗船体结构需要更加增强，因为施工时前桩升起船体承受倾斜压力，而且挖泥时船体承受的冲击荷载比其它类型挖泥船要大。

自航耙吸挖泥船的船首、船尾结构与同尺度海船完全类似，泥舱区域直至两端舱壁外四档肋距内的底板要加厚 20%，平板龙骨必须加强，泥舱纵壁与船壳板厚度相同，泥舱与两旁空舱内的肋骨、肘板均应按规范给予加强，泥舱中央纵壁向下直伸至空心龙骨。图 2-10 为自航耙吸挖泥船横剖面图。

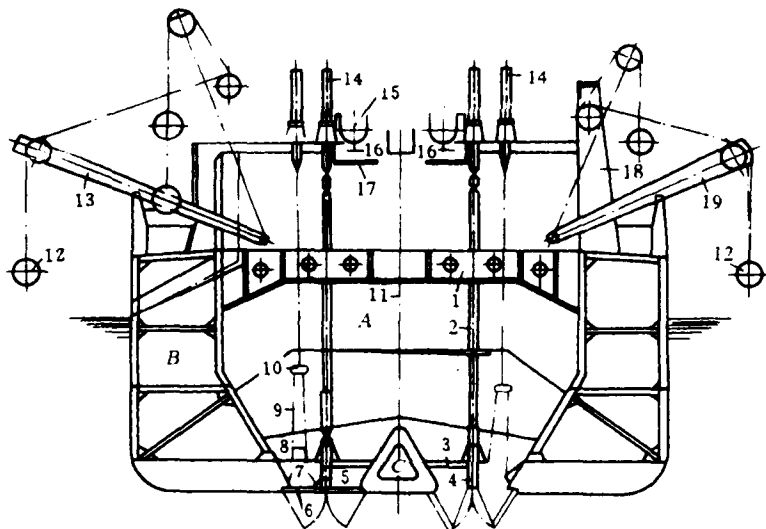


图 2-10 耙吸挖泥船横剖面图

A-泥舱；B-空气舱；C-空心内龙骨

1-泥舱上部横梁；2-泥门拉杆；3-泥舱下部横梁；4-泥门柱；5-固定的纵壁；6-底部泥门；
7-自排时用的通道；8-上部泥门；9-上部泥门链条；10-平衡梁；11-纵壁；12-吸管；13-
耙头吊臂；14-液压缸；15-排泥槽；16-吊门；17-格栅；18-吸管吊架；19-吸管吊臂

三、船舶动力设备

船舶动力设备是保证船舶正常航行、作业、停泊以及船员旅客正常工作和生活所需的动力装置，作为船舶航行或挖泥的动力设备是有其发展过程的，最初采用的是蒸汽机。

蒸汽机主要优点是构造比较简单；使用比较可靠，故障较少，易于检修，但是蒸汽机必须用锅炉。在船体结构上必须考虑锅炉舱，还要考虑锅炉给水舱和燃煤舱，这样势必增加船体尺度。近年来对有的船舶进行了技术改造，实现了以燃油锅炉代替燃煤锅炉，大大改善了劳动条件。但是，蒸汽机的功率比较低，在使用蒸汽机带动泥泵时，蒸汽机的转速显得过低，一般不超过 200r/min。近代船舶动力多数选用柴油机，也有选用汽轮机的。柴油机的主要优点是功率大，转速高，需要的辅助设备和燃料的重量和体积大为减少，劳动条件也得以改善，航行主机和挖泥主机都可以直接采用柴油机，或者使用主柴油机带动发电机，挖泥主机和各种辅机则采用电动机。

随着造船技术的发展，核动力装置直接或间接地导入推进装置以产生推进动力成为可能。它的主要优点是消耗极少量的核燃料能释放出巨大的能量并产生极大的功率，可获得足够高航速和续航力，其缺点是装置重量尺寸大，价格昂贵。

四、挖泥设备

挖泥船的主要挖泥设备有泥泵、绞刀、耙头、泥斗、抓斗、铲斗、吸排泥管及挖泥船机

具的附属设备等。关于各类挖泥船的主要挖泥装置设备在本书后几章将详细讲解。

第二节 船舶尺度、吨位和形状

一、船舶主要尺度

船舶是一个空间几何体，它在空间所占位置就如其它规则几何体一样，由它的某些尺度来表征，这些尺度称为船舶主要尺度。

船舶大小是用主尺度来度量的。船舶的主尺度有船长、型宽、型深（或舷高）及吃水，见图 2-11。

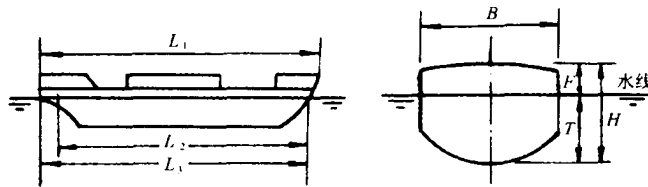


图 2-11 船舶的主要尺度

L_1 -全长； L_2 -垂线间长； L_3 -满载水线长； B -型宽； F -干舷； T -吃水； H -型深

按照不同的目的和用途，船舶的尺度可分为最大尺度，登记尺度和船型尺度三种，它们都是以米为单位。

（一）最大尺度

在船舶实际操作中使用。如靠泊、编队、通过航道等都要按最大尺度计算。

1. 最大船长：船舶首尾两端最远点的距离，又叫全长，用 L_1 表示。

链斗挖泥船最大船长要按斗桥提到最高位置时的前端到船尾护舷木的外缘计算，绞吸挖泥船应以绞刀尖端到钢桩卡箍的外缘计算。

2. 最大船宽：船体最宽部分船壳板外面的水平距离。包括伸出两舷的固定附属物处护舷木等。船舶过闸、入坞、编队都按最大船宽考虑。

3. 最大高度：从船底到船上最高点。如桅杆、吊架、钢桩顶等的垂直距离。航行通过桥梁时，须按最大高度计算能否通过。

4. 最大吃水：自满载水线量到船底龙骨下缘的最大距离。如果船的舵、推进器等伸出龙骨之下，则需测量到这些附属物的下缘。

（二）登记尺度

登记尺度是丈量船舶计算船舶吨位的尺度。

1. 登记长度：在上甲板上面从船首柱前缘到船尾柱后缘的水平距离。

2. 登记宽度：最大宽度处两舷壳板外面的距离。

3. 登记深度：在登记长度的中点，从内底板上边量到上甲板横梁上面的垂直距离。有舱底木铺板时，从木铺板上边量起。

（三）船型尺度

船型尺度是用来计算船舶航行性能所用的尺度。

1. 垂线间长：在满载水线处船首柱前缘到船尾柱后缘的距离。用 L_2 表示。

2. 水线间长：在满载水线处量得船体最前端到最后端的长度用 L_3 表示。
3. 型宽：沿满载水线在船长中点两舷船壳板内表面的水平距离，用 B 表示。
4. 型深：船长中点处，从主甲板边线到龙骨上缘垂直距离，用 H 表示。
5. 满载吃水：在船长中点处，满载水线至龙骨上面的垂直距离。如果船有纵倾（即首尾吃水不同），则船中处的吃水为平均吃水，用 T 表示。
6. 干舷：在船中横剖面上自满载水线到主甲板边缘的距离，用 F 来表示。

二、船舶吨位

船舶吨位是表示船舶大小的计量单位，通常有容积吨和重量吨两种算法。

容积吨是船舶登记的一种丈量单位，按每 2.83m^3 的容积为 1t 来计算，分为总吨和净吨两种。

重量吨是表示船舶载重能力的一种计量方法，以 1000kg 为 1t 来计算，分为排水量和载重量两种。

一般客船、客货船的吨位都以容积吨的总吨来表示，货船以载重吨表示，军舰的吨位以排水吨来表示，油船、天然气船的吨位也用容积吨，但以 1m^3 作为一吨计算。工程船舶的大小则须从容积吨、排水量和功率生产能力全面考虑。

（一）容积吨

容积吨分为总吨和净吨两种。

1. 总吨：

根据船舶丈量规范的规定，船舶丈量的总容积以吨来表示即为船舶的总吨。

总吨在丈量时，应包括量吨甲板（船舶有一层或二层全通甲板时以“上甲板”作为量吨甲板，如有三层或三层以上甲板时，以自下而上的第二层甲板作为量吨甲板）以下的吨位、量吨甲板与上甲板之间的吨位、上甲板以上的舱室吨位。

总吨位的用途：（1）表明船舶大小，作为国家统计局船舶之用；（2）作为计算净吨位的基础；（3）作为海事赔偿的基准。

2. 净吨：

净吨是指船舶作为营业（生产）使用的吨位。

净吨的计算方法是从总吨位的容积中扣除不能载客货的容积而折算的吨位。如机舱、燃料舱、船员住所、驾驶台、水舱、食物空间等。

净吨的用途是向港口交纳各种费用和税收的依据。如计算停泊费、引水费、拖带费等均以净吨为依据。

（二）重量吨

重量吨应包括排水量和载重量。

1. 排水量：船体在水中所排开水的重量，也就是当时船舶的重量。排水量（ t ）= 船舶排水的体积（ m^3 ） \times 水的密度；

排水量一般分为空船排水量和满载排水量。

2. 载重量：表示船舶在营运中能够使用的载重能力。

载重量主要包括总载重量和净载重量，其中：

总载重量 = 满载排水量 - 空船排水量；

净载重量 = 总载重量 - （燃料 + 淡水 + 储备品）。

一般运输船舶的吨位除特别指明外，都是指载重量吨，军事舰艇都是指排水量吨。为了便于比较，现将各类船舶的尺度及吨位列于表 2-1。

各类船舶的尺度及吨位表

表 2-1

船舶类别	吨 位 (t)					主 要 尺 度 (m)				吃 水 (m)	
	总 吨	载重量	满 载 排水量	空 载 排水量	空船自重	总长	型宽	型深	柱间长	满载	空载
远洋散货船	—	25000	32600	—	8120	185.5	23.2	14.2	—	9.8	5.02
边抛耙吸式	14328	—	26468	14212	11534	199.95	29	12	154	—	—
自航耙吸式	8590	—	14120	5339	5303	129.16	18.4	9.2	120	—	—
沿海油船	—	25000	—	—	5740	176.3	27.6	11.5	—	8.8	—
沿海货船	—	2000	7700	—	4388	138.16	17.6	10.9	—	6.0	3.06
长江货船	—	1300	—	—	—	88.0	13.5	4.3	—	4.2	2.70
3000kW 推船	—	—	—	—	—	49.6	10	3.7	—	—	—
1450m ³ 绞吸	—	—	653	520	—	48.95	13.4	2.85	32	2.03	2.03
8m ³ 抓斗	—	—	829	550	—	35.4	16	3	35	2.00	1.60
750m ³ 链斗	—	—	—	2014	—	74.10	14.00	5.1	69.9	3.20	2.86
1250m ³ 吸盘	—	—	—	1620	—	90.00	13.80	4.4	—	4.40	2.10
4m ³ 铲斗	—	—	—	—	—	43.8	15.00	3.6	37.0	2.62	1.97

三、船型和线型图

船舶进行设计之前，都要根据要求制造出船模型，在水槽中进行试验，然后按照模型测量数据，绘出船体曲线的形状，这些数据叫船舶的型值，而这些表示船体形状的曲线叫船舶的线型图。

船体的型值的测量是按一个假设的三维空间坐标进行的，这个坐标由三个互相垂直的平面组成。即满载水线面，中央纵剖面 and 船中横剖面，对此不作详细介绍。船舶的型值主要用其主要尺度比值和船型系数表示船舶的各项性能。如 L/B 是船的长宽比， L/B 越大，船越瘦长，船在水中航行的阻力就越小；再如 L/T 是船舶的船长吃水比，比值越小，操作越灵活； B/T 是船舶的型宽吃水比，比值越大，船舶的稳性越好。当然这些比值只能粗略地表示船体性能，有时相同比值的船在几何特征和性能上还有显著的区别，因此还需要用船型系数进一步说明。如水线面积系数表示水线面丰满的程度，主要影响船舶的稳性和快速性。

对于船舶线型图，按照一般习惯，钢质船的线型图是船壳板的内表面，木质船、水泥船的线型图是船壳板的外表面。

第三节 船舶航行性能

船舶不仅要能够浮在水上，而且应当具有能在各种环境中保证自己安全航行的性能，这就是我们通常所说的船舶的航行性能。船舶的航行性能主要包括浮性、稳性、抗沉性、快速性及方向性等。

一、浮性

任何物体在水中除受到重力作用外，还受到水对它的上托力，也就是浮力。根据阿基米德定律，浸在水中的物体所受到的浮力的大小等于被它排开水的重量，浮力的方向总是垂直向上的。浮力的作用点称为浮心，浮心就是物体排水体积的形状中心（形心）。

船舶在水中受到重力和浮力的作用，见图 2-12。如果重力和浮力大小相等，而且它们作用在同一铅垂线上时，那么船就得到了平衡而浮在水面上。

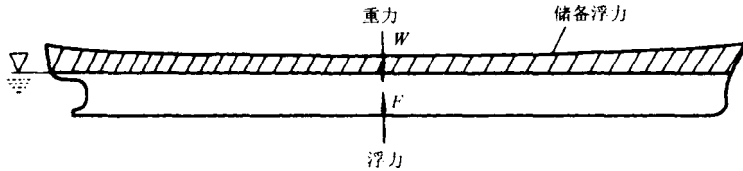


图 2-12 船舶的浮力与储备浮力

船舶的浮性就是指船舶一定装载情况下漂浮于水面一定平衡位置的能力。船舶在风浪中航行时，由于受到外界条件的影响，重力与浮力并不能保持绝对的平衡。也就是说，船舶航行时，实际上是始终处于不定的浮沉升降运动之中。为了确保航行安全，船舶除了在设计水线下有足够的排水体积来提供浮力外，还必须有一部分属于干舷的深度，这部分干舷深度可以因继续增加载重而沉没进入水中使浮力增加，所以把这一部分干舷范围内船体的体积叫储备浮力，又称保留浮力（见图 2-12）。储备浮力大小通常以干舷的高度表示，干舷愈高，储备浮力就愈大，因而船舶也就愈安全。

二、稳性

乘过船的人都会有这样的感觉，当船遇到风浪的时候，船就会发生倾斜，使船一舷的吃水减少，另一舷的吃水增加，人们往往会产生紧张的感觉。但瞬间船就会反向复原，同时，船在反向复原时，它却要继续向另一侧倾斜，到了一定程度时又会再反过来。如此循环往复，左右摆动，直到不受风浪的影响为止，这就需要船舶的稳性的概念来解答。

船舶受到外力（如风浪等）作用而产生倾斜，当外力去除后船舶仍能回到原来位置的能力称为船舶的稳性，稳性是船舶的一项重要性能。

决定稳性的因素有恢复力矩、稳心高度和摇摆周期三个因素，其中最主要的是稳心高度。

1. 恢复力矩：船舶倾斜后，水下面积一侧增加，另一侧减少，因此浮心离开船舶平衡时的中心线 B 点，而向水下面积增加的一侧移动到 B_1 点，见图 2-13 (a)。这样它和船舶的重力成为一双大小相等互相平行的一对力偶。

恢复力矩可用下式计算：

$$M_h = 9.8 \Delta \cdot G_o M \cdot \sin \theta \quad (2-1)$$

式中： M_h ——恢复力矩的大小（ $N \cdot m$ ）；

Δ ——排水量（ N ）；

θ ——倾斜角（ $^\circ$ ）；

$G_o M$ ——初稳高度（ m ）。

若 M 点在船舶的中心 G_o 的上方， $G_o M$ 之值为正，则力偶 M_h 可叫恢复力矩；反之， M 点在 G_o 的下方，力偶 M_h 为倾覆力矩。还有一种情况是重心 G_o 点和稳心 M 点相重合，这时船

也不具有复原能力，见图 2-13 (c)。

2. 稳心高度：图 2-13 中倾斜前后浮力作用线相交于 M 点，我们称之为稳心。在横倾角较小时，可以把它看成一个固定点。重心 G 点和稳心 M 点之间的距离 G_oM 称为稳心高度。

从图 2-13 中可以看出力偶 M_h 是恢复力矩还是倾覆力矩主要取决于 M 点的位置 同时，稳心 M 的位置也和倾斜角 θ 大小有关。实际上，当倾斜角 θ 值很小时 ($\theta < 15^\circ$) 上甲板边缘不进入水内， M 的位置变动不大，此时的稳心高度称为小倾角稳心高度。稳心高度必须是正数，稳心高度越大，恢复力矩就越大，稳心高度越小，恢复力矩就越小。

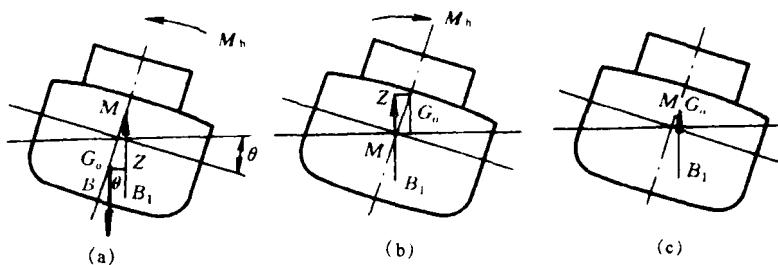


图 2-13 船舶的平衡位置

然而，稳心高度 G_oM 数值过大，对船的稳性来说，恢复力矩是增大了，但船在风浪中航行的时候，却会发生剧烈的摇摆，这对船员的工作条件以及船体结构，船上设备等都是不利的。所以在设计船舶时，要选取一个适当的 G_oM 数值，使之既能保证船舶的稳性，又能使船舶摇摆比较缓和。挖泥船的稳性要求与一般运输船舶有所不同，各种类型挖泥船的稳性也不尽相同，链斗挖泥船的稳性取决于风力，横移绞车拉力，溜泥槽内泥沙以及由泥斗侧边切泥所造成的倾斜力矩总和。日制 $750\text{m}^3/\text{h}$ 自航链斗挖泥船斗桥在最高位空载时稳心高度为 2.34m ，满载挖泥时，稳心高度为 1.56m ，绞吸挖泥船在挖泥作业时的稳性取决于风力，横倾绞车拉力以及定位桩插入和拔出时船的突然作用力引起的不平衡力等。耙吸挖泥船的工作稳性取决于风力，泥舱内自由液面及两舷装载或卸载时的不均匀力。 $500\text{m}^3/\text{h}$ 耙吸挖泥船的稳心高度在空船时为 4.72m ，离港（燃油、水满载、泥舱空）为 3.78m ，初次挖泥时（燃油、水满载）为 2.33m ，最后次挖泥时（燃油、水消耗 80% 泥舱满）为 2.29m ，返港时（燃油、水消耗 80% 泥舱空）为 3.85m ，抓斗挖泥船的作业稳性要求比一般的起重船要高一些，这是因为抓斗挖泥船在工作中，从船舶一舷转至另一舷的速度大，载荷变化剧烈，所以对横摇衰减的要求要快。

3. 摆动周期：船舶往复摆动一次所需的时间叫摆动周期。

摆动周期大，船的倾斜幅度大，恢复力矩就小；反之，摆动周期小，频率高，也影响安全。

三、抗沉性

船舶在一个舱或几个舱进水的情况下，仍能浮于水面并局部地保持本身的航行性能，称为船舶的抗沉性。

船舶的抗沉性主要依靠它留有足够的储备浮力和水密分舱来保证。

四、快速性

船舶的快速性就是指船舶能以较小的功率消耗而得到较高航速能力。