

疏浚工程

李青云 主编
凌毓浚 李文华 主审



人民交通出版社



L33

疏 浚 工 程

Shujun Gongcheng

李青云 主编

凌毓浚 李文华 主审



A0917904

人 民 交 通 出 版 社



内 容 提 要

《疏浚工程》是航道工程专业的的主要专业课程。全书共十七章，主要内容有：挖泥船船舶常识，各种类型挖泥船的结构、性能、施工方法与操作方法及维修保养、挖泥辅助船舶、泥泵、简易疏浚、爆破疏浚、疏浚工程施工组织、施工工艺及疏浚工程管理、吹填工程及疏浚工程相关知识等。

本书体系清晰，内容全面，适合于中等专业学校及技工学校航道工程专业的教学使用，也可供从事航道疏浚工作工人和技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

疏浚工程 / 李青云主编. - 北京: 人民交通出版社, 1999.9
ISBN 7-114-03526-8

I. 疏… II. 李… III. 航道疏浚-疏浚工程 IV. U616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 64188 号

疏 浚 工 程

李青云 主编

凌毓浚 李文华 主审

版式设计:刘晓方 责任校对:杨杰 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17 字数: 421千

2000年1月 第1版

2000年1月 第1版 第1次印刷

印数: 0001-2000册 定价: 34.00元

ISBN 7-114-03526-8

U·02533

前 言

本书是根据我国航道的特点及航道工程专业的教学大纲编写而成，为中专及技工学校航道工程专业的试用教材。

该教材本着全面培养航道疏浚技术工人的目的，从疏浚工程的挖泥工具挖泥船出发，重点介绍了各种类型挖泥船的工作原理、构造、性能、施工方法与操作方法及维修保养。考虑到我国疏浚船舶的更新换代的现状及各地区的实际施工情况，初步介绍了国内外的一些新的挖泥工具及简易疏浚设备，阐述了泥泵的构造、性能及应用，并简明扼要地介绍了疏浚工程施工组织，施工工艺及疏浚工程管理，同时介绍了爆破疏浚与吹填工程的有关知识等。全书力求内容全面，通俗易懂，图文并茂，便于自学。

作为航道工程专业中专和技校两用疏浚教材，中专和技校在教材内容上应有所区别，本此精神，凡属本书标有“*”号的章或节的，内容有一定的难度与深度，可根据教学需要作为选学内容。全书约需 150 学时讲授。

本书执笔者有：第一、二、七、十、十二、十三、十四、十五、十六、十七章由武汉航道学校李青云高级讲师执笔，第三、四、五、六、八、九、十一章由李海讲师执笔，全书由李青云主编统一修改定稿，长江航道局凌毓浚高级工程师和李文华高级工程师主审。参加本书会审的有长江航道局黄天桂副研究员、周凝禄高级工程师、曹仲云高级工程师、吴炳海高级工程师、李梦林经济师、长江航道局建设指挥部胡义龙工程师、宜昌航道局周谊科工程师、武汉航道学校江德敏讲师等。他们对本书提出了许多宝贵的修改意见，在此一并致谢。

限于编者的水平，书中难免有错误之处，恳请广大师生及本书读者批评指正，以便修改完善。

编 者

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，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技术水平，不仅当时世界各国难望其项背，也是当今科学之瑰宝，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的。

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，尤其陡坎要避开，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，使之为人服务。