

中国堤防工程施工丛书

ZHONGGUO
DIFANG GONGCHENG
SHIGONG
CONGSHU

8

吹填法

曹 星 陈元明 董建军 陈彦生 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中国堤防工程施工丛书

ZHONGGUO

DIFANG GONGCHENG

SHIGONG

CONGSHU

8

吹 填 法

曹 星 陈元明 董建军 陈彦生 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系《中国堤防工程施工丛书》之一,主要介绍了吹填法的定义、适用范围、工法原理、施工工艺及流程、施工质量控制及验收标准,并通过典型案例加以说明。书中还介绍了一些新的工艺技术以及我国目前吹填法的研究现状及发展趋势。

本书可为从事水资源堤防工程者直接应用,并为从事土木建筑、交通港航、铁道桥隧、围海造陆、地基处理以及环境保护等设计、科研、施工、监理、生产与管理方面的人员以及中职、中专和高等院校的师生提供有益借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

吹填法 / 曹星, 陈元明, 董建军等编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2005

(中国堤防工程施工丛书; 8)

ISBN 7-5084-3293-2

I. ①吹... II. ①曹... ②陈... ③董... III. 堤防—吹填造地 IV. TV871

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第109821号

书 名	中国堤防工程施工丛书. 8 吹填法
作 者	曹星 陈元明 董建军 陈彦生 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100011) 网址: www.waterpub.com.cn E mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	850mm×1168mm 32开本 5.125印张 138千字
版 次	2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷
印 数	0001~3000册
定 价	16.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编 著 者 的 话

沿江、河、湖、海的岸边修建的挡水建筑物称为堤；构建在河谷或河流中拦截水流的水工建筑物称为坝。“防水的堤坝”合称为“堤防”（《辞海》1999年版缩印本第668页）。

目前，中国堤防总长近30万km，其中江、河、湖堤长达27万余km，海堤1万余km；大、中、小型库坝8.5万座，总库容5184亿 m^3 ；蓄滞洪区近百处，总容积980亿 m^3 。这些数量均名列世界前茅。

1998年大水以后，在中央积极财政政策的支持下，堤防建设进度加快，长江、黄河、淮河、海河、松花江、辽河和珠江等七大流域以堤防为重点的防洪体系进一步完善，堤防建设标准普遍提高，抵御大洪水的能力增强。到2000年，新建与加固堤防已长达7400km，流域干、支流Ⅰ、Ⅱ级重要堤防达标1.02万km；海堤达标6000km；全国有236座城市达到国家防洪标准。所有这些成果的取得，离不开采用“新材料、新技术和新工艺”的历史性突破。《中国堤防工程施工丛书》正是“三新”应用的总结与理论的升华。

丛书分四篇十八册，即总论篇的《堤防工程施工工法概论》、《堤防工程探测、监测与检测》；护岸工程篇的《抛石法》、《沉排法》、《柴枕法》、《板桩法》、《模袋法》和《吹填法》；防渗工程篇的《深搅法》、《高喷法》、《注浆法》、《射水法》、《抓斗法》、《切槽法》、《振动沉模板法》和《土工合成材料法》；补强篇的《化灌法》、《抗碳化法》。

各册分别介绍了各工法的定义、适用范围、工法原理、施工

科技与设备、施工工艺及流程、施工质量控制与验收标准、工程应用典型案例。书前汇集了相应术语与符号；书末附有相关的施工用表、规范与设备细目。丛书内容简明扼要，通俗易懂，集知识性、实用性和可操作性于一体，实为当代堤防工程施工工法大全。

“科学有无止境的前沿”，“技术有不停滞的进步”。我们深信，编撰并出版《中国堤防工程施工丛书》，无疑有着十分重要的意义。分册的陆续问世，将有助于相关学科领域和企业单位获得更高、更深与更多的创新与发展。

2005年5月

前 言

水陆交界的江河湖海沿岸，是人类文明活动最活跃的地区。随着社会的进步与经济的发展，人们在防洪堤坝、交通港航、近海造陆、湖泊清淤以及环境保护诸领域，都离不开疏浚吹填技术。

自 1889 年在上海首次使用挖泥船进行疏浚吹填以来，我国现有 $80\text{m}^3/\text{h}$ 以上的各类挖泥船 600 余艘，年疏浚吹填能力 3 亿 m^3 ，位居世界第五。从事水资源堤防等勘察、设计、施工的水利水电单位 500 余个，从业人员 10 万余人，先后为长江、珠江、黑龙江等流域的土料吹填筑堤、土料吹填压渗平台以及相应内河航道疏浚做出了位居全国第二的业绩。

但是，在水利水电系统，疏浚吹填技术的普及与教育的提高仍处在落后于交通港航系统状态，即使是闻名遐迩的中国葛洲坝集团公司拥有的挖泥船，其最大舱容也只有 $1800\text{m}^3/\text{h}$ ，大多是斗容 $4\sim 8\text{m}^3$ 的铲斗与抓斗挖泥船；河海大学也只是在 1998 年大洪水后才开始在常州校区开设疏浚吹填专业；全系统年疏浚吹填能力只有交通系统的 $1/4$ 。

疏浚与吹填，是改造江河湖海的一个既传统又现代的施工技术。所谓传统是因为 100 多年来，无论是国内还是国外，均以相同的挖泥船一直沿传下来的作业方式，对人们的疏浚与吹填作业思维具有无形的影响与控制作用；所谓现代，是因为 20 世纪 80 年代以来，随着电子工业、无线电工业、计算机技术、自动控制等的发展为疏浚吹填技术提供了大功率、高效能、高精度的设备，使传统挖泥船朝着准确定位、均匀吹填、快速固结的方向迈

进，由机械式的 0.15m^3 斗容直至水力式的 $4.4\text{万 m}^3/\text{h}$ 的舱容革新，使自然固结 $2\sim 3$ 年时间缩短为真空预压只需 $2\sim 3$ 月就达到固结度 80% 以上；如果对吹填土掺入水泥、石灰等固化剂，更能缩短固结时间并增加固结强度与密实度。尤其是环保疏浚吹填技术的涉入与应用，已经在太湖、巢湖、昆明滇池草海等实践中彰显奇效。

采用疏浚吹填筑堤，北起松花江、黑龙江、南达珠江流域的北江，东至闽江，西抵新疆内河湖泊。中部长江、黄河、淮河、海河几乎全国七大江河的堤防均有案例。总结其分布之广，无外乎下列几点：

(1) 在缺乏土源的江河湖泊，用疏浚吹填泥浆筑堤具有独特的优势，从淤泥到卵石的绝大多数水下岩土，现代疏浚吹填设备均可适用。

(2) 与常规的碾压筑堤相比较，吹填筑堤除保证工程质量外，其单价降低一半。

(3) 疏浚吹填筑堤、压渗平台，最大的优势是既疏通了河道便于交通，又解决了废泥出路，是一项双赢技术。

(4) 目前世界上已有舱容达 $4.4\text{万 m}^3/\text{h}$ 的耙吸式挖泥船，我国也有几条 $1.0\text{万 m}^3/\text{h}$ 以上的耙吸式挖泥船，其效率显而易见，这是常规碾压法筑堤无法比拟的。

1998 年大洪水后，国家投入大量资金对长江、松花江以及淮河流域等堤防进行了培厚加固以及防渗墙建造等。疏浚河道、吹填筑堤、吹填压渗平台与上述工程措施相比较，其投资很少，工程量也不大。但随着经济的发展，人、水和谐理念正在逐步加深，尤其是大江大河与内地湖泊和近海污染的疏浚处理，吹填筑堤、吹填压渗平台、吹填造陆等的大量应用，将成为我国 21 世纪水资源堤防工程的主战场之一。

按照《中国堤防工程施工丛书》的统一布局及架构，《吹填法》一书采取集体讨论与分工合作的方式进行编撰。由曹星执笔编撰前言、绪论、工法原理及附录；陈元明执笔编撰施工材料与

设备、施工工艺及流程、施工质量控制及验收标准和典型应用案例；董建军、陈彦生进行了部分章节的编撰。全书由董建军策划，陈彦生统稿。

由于编著者水平有限，书中难免有贻误之处，敬请读者斧正。

编著者

2005年10月

..... 术 语 表

疏浚：指为改善航运、泄洪和引、排水条件用人工或机械方法进行的水下土、石方开挖过程。

泥浆：指土粒与水的混合物。

泥浆泵：指输送含有小粒度杂质的液体或泥浆的特种水泵。简称“泥泵”。

泥驳：指配合链斗式、抓斗式或铲斗式等挖泥船运送泥土的驳船。

挖泥船：指装有挖泥机械，将水底泥沙挖起至水上的船。亦称“疏浚船”。

链斗式挖泥船：指在链带上装有许多泥斗，下端伸入水底，通过链带转动，将水底泥沙挖起的船，并使泥沙从泥斗中卸于船旁的泥驳中。

抓斗式挖泥船：指在起重机上装有抓斗进行水底挖泥的船，并将抓斗挖起的泥沙卸至泥驳或自备的泥舱中。

铲斗式挖泥船：指利用长柄的铲斗深入水底铲泥的船。其铲柄装在船上的旋转平台的吊杆上，可以升降和摆动，适宜挖硬土或卵石，但挖泥的浓度低、速度慢。

冲吸式挖泥船：指利用水枪冲搅吸头将泥沙吸入泥泵送至管道压力排送的船。

吸扬式挖泥船：指利用离心泵和吸泥管连泥带水一起吸上的船，并经排泥管送至抛泥区或吹填筑堤。

绞吸式挖泥船：指在吸扬式挖泥船的吸口处装有绞刀以切削硬泥或石质的船。

耙吸式挖泥船：指在吸扬式挖泥船的吸口处装有耙头将泥耙松的船。

装舱法：指采用耙吸式挖泥船挖泥时，边航行边挖边将泥浆装入泥舱，满舱后溢流，使泥舱内的泥浆达到一定的浓度，然后运至抛泥区进行抛泥的工法。

旁通法：指采用耙吸式挖泥船挖泥时，边航行边挖泥而不把吸取的泥浆装入泥舱内，而是由旁通口直接排出船体的工法。

浓度：即“物质的量浓度”，又称“物质 B 的浓度”。指单位体积溶液中含有溶质 B 的物质的量。符号为 C_B ，单位为 mol/m^3 或 mol/L 。

泥浆浓度：指以泥浆中所含天然土方体积百分数计算式 $\rho = V_s / Q$ 获得的值（旁通法： t 为旁通持续时间， h ； Q 为旁通流量， m^3/h ； V_s 为旁通土方量， m^3 ）。或者以泥浆中固体颗粒所占体积的百分数；或者以泥浆中固体颗粒的重量百分数来表示的结果。

悬浮体：指固相颗粒（线性大小在 $0.1\mu m$ 以上）悬浮于液相中的一种多相分散系统。如浑浊的泥浆。有时也称“悬浮液”。

悬浮质：指悬浮在河道水流中，随水流一起运动的较细泥沙及胶质物等。

悬浮颗粒物：指悬浮于大气中的固态、液态颗粒物质的总称。其中对人体健康影响较大的主要是粒径小于 $5\mu m$ 的颗粒物。

自然还淤法：指通过冲吸式挖泥船将吸头沉入水中 $5\sim 7m$ ，在水底河床形成一个 $\phi 20m \times 46m$ 的漏斗坑，泥沙压力排送在条渠放水期的工法。

坐窝：指在停水期，条渠内“河床”裸露，冲吸挖泥船借助水枪冲搅破土“喝”出的一个作业坑。亦称啃滩法。

崩解：指土体颗粒不断胀缩而发生松散。即“物理风化”，也称“机械风化”。

沉淀：在化学上指从溶液中析出固体物质的过程。也指在沉淀过程中极出的固体物质。沉淀的产生是由于化学反应而生成溶解度较小的物质，或由于溶液的浓度大于该溶质的溶解度所引起。在物理上指重于水的颗粒从静置或缓慢流动的水中下沉而与水分离。

溶质：指溶解于溶剂中的物质。

溶解度：指在一定温度和压力下，物质在一定量溶剂中溶解的最高量。

固结：指松散土在外力作用下发生压缩、去水而逐渐密实的过程。

壅水：指水流受阻而产生的水位抬高。

围堰：指在原本有水的地基范围内施工时，围绕基坑修建的临时性挡水建筑物。通常用土、石、混凝土、木笼、竹笼或钢板桩、木板桩等材料建成，以能防渗及保持稳定为主要条件。围堰建成后，将基坑内的水抽干，可使工程在干涸的情况下进行。

吹填区围堰：指吹填筑堤、吹填压渗平台、吹填造陆过程中临时保护吹填土/砂不散失的构筑物。它区别于永久性的吹填堤防、平台或陆地。也区别于水利水电工程施工中的围堰。吹填区围堰不需要对围堰范围内进行抽水施工，而水工围堰是需要抽干水后方可进行大坝等后续工程施工。

符 号 表

V : 泥舱容积, m^3	ρ : 泥浆浓度, %
V_c : 每舱装载土方量, m^3	ρ_1 : 天然土的体积浓度, %
V_b : 旁通土方量, m^3	ρ_2 : 泥浆固体颗粒的体积浓度, %
Q : 流量, m^3/s 或 m^3/h	ρ_3 : 固体颗粒的重量浓度, %
H : 泥泵的总水头, mH_2O	n : 土壤的孔隙率
H_o : 吹填的泥场设计标高, m	g : 重力加速度, $9.8\text{m}/\text{s}^2$
H_v : 真空表读数, mmHg	λ : 泥浆在管路内流动的阻力系数
H_p : 压力表读数, Pa	λ_m : 光滑管输送清水时的阻力系数
H_B : 吸泥管水头损失, m	h_c : 进口损失, m
H_m : 排泥管水头损失, m	h' : 排泥泵局部水头损失, m
v : 排泥速度, m/s	h_{f1} : 吸泥管沿程摩擦水头损失, m
v_1 : 吸泥管内泥浆的流速, m/s	h_{f2} : 排泥管沿程摩擦水头损失, m
v_2 : 排泥管内泥浆的流速, m/s	h_{s1} : 吸泥管静扬程, m
γ_w : 水的比重	h_{s2} : 排泥管静扬程, m
γ_m : 泥浆的比重	h_{v1} : 吸泥管的吸入速度头, m
γ_s : 天然土的比重	h_{v2} : 排泥管的排出速度头, m
γ_s : 土壤固体颗粒的比重	

【 目 录 】

编著者的话

前言

术语表

符号表

1 绪论	1
1.1 定义	1
1.2 适用范围	2
1.3 发展简史	4
1.4 发展趋向	5
2 工法原理	12
2.1 作用原理	12
2.2 工作原理	19
3 施工材料与设备	25
3.1 疏浚吹填土料	25
3.2 设备	28
4 施工工艺及流程	50
4.1 概述	50
4.2 绞吸式挖泥船直接吹填施工	51
4.3 斗式挖泥船挖泥装泥驳、吹泥船吹填施工	57
4.4 耙吸式挖泥船自挖自吹施工	63
4.5 耙吸式挖泥船挖泥、运泥，倒入储泥坑，用绞吸式挖泥船 挖出吹填施工	65
4.6 环保疏浚吹填施工要点	67
5 施工质量控制及验收标准	70
5.1 吹填土质质量控制	70

5.2 吹填区围堤质量控制	73
5.3 泥沙颗粒分布质量控制	76
5.4 疏浚吹填工程质量检验评定标准	77
6 典型应用案例	80
6.1 工程应用	80
6.2 环保应用	106
附录	114
附录 A 疏浚吹填土分级表	114
附录 B 风力等级表	116
附录 C 波浪等级表	117
附录 D 雾能见度分级表	117
附录 E 雨雪等级表	117
附录 F 疏浚吹填施工常用表格	118
附录 G 土料吹填筑堤施工规定与质量控制要求	125
附录 H 土料吹填筑堤与压渗平台的质量要求与标准	127
附录 I 堤防工程吹填施工技术条件与招标规定	130
附录 J 挖泥船有关维修技术标准	141
附录 K 疏浚前后测量及河流的动态分析的 Aquaticsonar 水下三维测量自动成像系统	143
参考文献	145

绪 论

在中华人民共和国行业标准 SL260—98《堤防工程施工规范》中，列出并推荐“土料吹填筑堤”和“土料吹填压渗平台”施工方法，表明吹填法具有成熟的施工优势：

(1) 吹填法结合江河湖海疏浚开挖，可充分利用其弃土对堤身两侧的池塘洼地作充填进行堤基加固。质量好，吹填泥浆沉积泌水后固结密实，其干密度为 $1.48 \sim 1.58 \text{ t/m}^3$ 。

(2) 吹填法不受气候的影响，雨雪天和黑夜均能连续作业，施工效率高（比碾压法高 10 倍）。

(3) 在土质条件条例要求的前提下，吹填法可以用来堵口或修筑新堤，成本低（是碾压法的 $1/3 \sim 1/2$ ）。

但是，和其他工法一样，吹填法也有其缺点：

(1) 小容量的疏浚吹填设备对土质有一定的选择，这就限制了吹填法的应用范围。

(2) 吹填土的施工初期干密度较小，含水量较大，抗剪强度较低，对土体稳定不利。

(3) 与碾压填筑相比，吹填法筑堤的堤身断面需加大，堤坡需放缓。

1.1 定 义

吹填法有广义与狭义之分。

广义吹填法是指将疏浚泥土送往陆地或水下边滩进行填筑的

一门应用科学技术。

狭义吹填法是指将江河湖海中的泥土，借助挖泥船挖出并送往岸线进行填筑堤堰、平台等的一种施工方法。

在我国，吹填法涉及工程诸如水资源堤防、航运河道疏浚，以及海岸滩涂促淤围垦造陆等，主要有两类：

(1) 主体吹填工程。即以吹填为主，专门为某些建设项目服务的吹填工程。比如，土料吹填筑堤、土料吹填压渗平台等。

(2) 辅助吹填工程。即以挖泥为主，结合处理疏浚泥土的吹填工程。比如，围海吹填造陆等。

另外，还有一种类似工程的吹填法，即在多泥沙的黄河山东“悬河”段，结合减淤、疏浚、淤筑相对地下河等治理措施，采取吹填法来沉积黄河下流泥沙，这在世界上是特例。

如果从工法的施工工艺与流程来概括，吹填法是由挖泥→输泥→装泥→卸泥全过程的循环往复。

挖泥→输泥→装泥属于疏浚范畴；输泥→装泥→卸泥属于吹填范畴。疏浚在先，吹填其后，两者交叉了输泥与装泥两个程序，是因为有的挖泥船自备设施不同所致。

SL260—98《堤防工程施工规范》“条文说明”中明确指出：“吹填”一词过去有称“水力冲填”的，其工艺流程是采用机械挖土，以压力管道输送泥浆至作业面，完成作业面上土颗粒沉积淤填，称其为吹填施工。

1.2 适用范围

1.2.1 水资源堤防工程

- (1) 吹填筑堤身；
- (2) 吹填塘洼加固堤基；
- (3) 吹填压渗平台；
- (4) 吹填稳固堤岸；
- (5) 吹填稳固堤坡；

(6) 吹填堵口。

1.2.2 农田水利建设

- (1) 吹填造田；
- (2) 吹填扩塘；
- (3) 吹填平洼；
- (4) 吹填放淤。

1.2.3 水利水电建设

- (1) 吹填沉沙；
- (2) 大型围堰吹填固基；
- (3) 水库吹填固坡；
- (4) 库区吹填固岸；
- (5) 吹填砂筑土坝。

1.2.4 港航疏浚工程

- (1) 海岸港口疏浚吹填；
- (2) 内河港口疏浚吹填；
- (3) 近海航道疏浚吹填；
- (4) 内河航道疏浚吹填。

1.2.5 环境保护工程

- (1) 围海造陆吹填；
- (2) 清湖排污吹填；
- (3) 清塘排污吹填；
- (4) 清库排污吹填；
- (5) 清河排污吹填；
- (6) 水下生态保护吹填。

1.2.6 其他

- (1) 海滩养护疏浚吹填；
- (2) 人工岛建设吹填；
- (3) 海洋石油天然气管沟疏浚吹填；

- (4) 濒海新建海滩机场吹填；
- (5) 高速公路路基吹填；
- (6) 海底采矿疏浚吹填。

1.3 发展简史

吹填与疏浚相伴，疏浚吹填最先源于港航交通领域，次为水利水资源，近来拓展到了环境保护部门。

世界上最早开展疏浚吹填的国家是荷兰。1600年，荷兰在鹿特丹港首先使用链斗式挖泥船进行疏浚工作。

1869年，荷兰制造出世界第一艘吸扬式挖泥船，用于开挖苏伊士运河，并正式开创出吹填法。

到了1889年，中国首先在上海使用挖泥船及吹填技术。

1895年，荷兰IHC公司专门为中国制造了挖泥船。

1897年，在天津成立了我国第一个疏浚（吹填）机构——海河工程局。

1921年，上海造船厂首次在国内制造出“海震”号链斗式挖泥船。从此，我国在挖泥设备制造、疏浚吹填技术诸方面，为日后走向世界前沿打下了基础。

我国疏浚吹填技术，在港航交通部门应用最早，而且目前在国内市场占有率最高，整个交通系统拥有的年疏浚吹填能力约2.45亿 m^3 ，约占全国疏浚吹填工程总量的70%；次为水利水电部门，年疏浚吹填能力约9000万 m^3 ，约占全国疏浚吹填工程总量的27%；环保部门才刚刚涉及，并且多局限于对内陆湖泊诸如太湖、巢湖、昆明市郊的滇池草海等清淤工作，其市场份额不足3%。

新中国成立后，于20世纪50年代开始了内陆长江、珠江、黑龙江的航道疏浚和吹填筑堤，并为了适应内河、湖泊疏浚吹填的需要，改造了耙吸挖泥船耙头、耙臂、刀架、吸泥管；自行设计制造了可卸装的组合式绞吸挖泥船；在长江上游，为适应川江