

中国堤防工程施工丛书

ZHONGGUO
DIFANG GONGCHENG
SHIGONG
CONGSHU

13

抓斗法

吴德绪 何沛田 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

13

抓斗法

吴德绪 何沛田 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, 主要介绍了抓斗法的定义、适用范围、工法原理、施工材料与设备、质量控制及检验, 并通过典型案例来说明该工法的广泛应用。书中还介绍了一些新的工艺技术与今后发展趋势。

从事水资源堤防工程工作者直接应用, 并为土木建筑、公路交通、机场建设、冶金矿山、铁道桥隧、地基处理和工民建筑等领域设计、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参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

抓斗法 / 吴德绪等编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2006

(中国堤防工程施工丛书; 13)

ISBN 7-5084-3985-6

I. 抓... II. 吴... III. 堤防—防洪工程

IV. TV871

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 095789 号

书 名	中国堤防工程施工丛书·13 抓斗法
作 者	吴德绪 何沛田 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 100044) 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 6.875 印张 185 千字
版 次	2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	20.00 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 m³；蓄滞洪区近百处，总容积980亿 m³。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，抗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

材料与设备、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

人类根据鸟类脚的功能，设计发明了抓斗机。以抓斗进行水资源堤坝工程防渗墙/地下连续墙挖槽，在我国始于 20 世纪 70 年代。但真正发展是在 90 年代后。随着基建规模的扩大，尤其是 20 世纪末至 21 世纪初，长江、松花江等流域大规模堤防加固、防渗工程施工，涌现出一大批施工机具与工法，抓斗及其抓斗工法就是其中一种。

抓斗法之所以在成槽造墙中获得普遍采用并为人们所信赖，这主要是由抓斗的工艺特征所决定的。

(1) 可以用于所有粘性和非粘性土层，尤其是含有卵石、砂砾石的土层，更能显示其快速挖掘成槽的工效。

(2) 斗头的张合度可以自由调节，斗厚可以根据需要选择尺寸，因而适用于任何形式的套接墙和平接墙。

(3) 既可独立成墙，又可与重锤、冲击钻、回转工程钻机等机械配合使用。

(4) 属于直上直下、强制切土类型，因而槽孔的扩孔系数小，孔斜精度有保障，从而确保成槽质量。尤其是厚壁抓斗，在斗体上安装有测斜装置，能自动跟踪反应槽孔的偏斜情况，可以提示操作人员及时使用纠偏装置，槽孔精确率可达到 0.1%。

(5) 抓斗的高效性导致了成本的低廉性。相对于高喷工艺而言，成本水平接近，但工艺的可靠性更高。

(6) 设备自重、体积大，对路面和空间要求高。抓斗成套设备自重一般在 50~60t 以上，一般要求稳定的路面宽度不小于 7~10m（悬臂结构有一个最小回转半径要求），路面抗压强度在

1.5kg/cm² 以上。在空间上，顶部 25~27m 范围内不能有电网、高架等障碍物。

从某种意义上讲，抓斗法是抓斗机具整体工艺特征的理论概括与实践经验总结。重点则是以堤坝工程的薄型塑性混凝土防渗墙施工为主，兼具工民建基础、地铁以及水利水电工程领域的地下连续墙（简称地连墙）的应用施工。

《抓斗法》采取集体讨论与分工合作的方式进行编著。吴德绪执笔撰写前言、绪论、工法原理、施工质量控制与验收标准，以及工程应用典型案例；何沛田执笔撰写术语、符号表、施工材料与设备、施工工艺及流程、附录 A~D；时可越、董建军、陈彦生参加了部分章节的撰写。全书由董建军策划，陈彦生统稿。

鉴于编著者水平所限，书中难免有疏漏之处，敬希读者不吝指正为谢。

编著者

2006 年 3 月

术 语 表

抓斗：指一种依靠颚板的闭合和张开以自动装卸散料的特种取物器具。

作为修建在挡水建筑物基础透水地层中的地下连续墙/防渗墙，抓斗指的是建造墙体的开槽器具，连同组合机具则构成“抓斗式成槽机”。

抓斗在采矿工程中称“抓岩机”。

抓斗式成槽机：指在坚硬的土壤与砂砾石中，依靠双颚板或多颚板的闭合和张开，开挖出一定尺寸槽口的施工机械。

抓斗成槽建墙：指利用抓斗成槽后，在槽中填筑混凝土、塑性混凝土或其他材料建造的防渗墙/地下连续墙。

地下防渗墙：指修建在透水地基中一种以防渗为主的地下连续墙。

预制地下连续墙：指预先在工厂加工成高强度的钢筋混凝土预制板，然后吊放到用抓斗法等已经挖好的槽口中，并用自硬泥浆或固化灰浆加以固化而形成的连续墙。

后张预应力地下连续墙：指采用抓斗法等工法先挖出一定尺寸的槽口，把预应力锚索放入槽口内，然后浇筑混凝土，待其达到一定强度后再施加预应力而形成的地下连续墙。

自硬泥浆：又称自凝灰浆，或称“自硬性安定液”。指用膨润土、水泥、水和缓凝剂按一定比例配制而成的、介于普通泥浆和水泥浆之间的一种水基浆体。具有特殊的物理力学性质，一方面具有触变性能的胶体——悬浮液，可以起固着槽口孔壁等作用；另一方面又可自行硬（固）化具有足够的强度及抗渗透等性能，而作为防渗墙体材料。自硬泥浆中不含砂、石等骨料，其弹性模量远远低于粘土混凝土。用自硬泥浆建造的防渗墙适应变形的能力很强。

固化灰浆：指用水泥、砂和水玻璃等固化材料及掺和料，经搅拌使其固化所形成的防渗墙体材料。

固化灰浆与自硬泥浆的区别：固化灰浆实质上是一种由人工搅拌而加速现场固结的水泥——膨润土混合物，具有较高强度与抗渗能力，是一种良好的柔性墙体材料。

普通混凝土：指采用常规配合比，性能指标的一般混凝土。其中包括

掺粉煤灰混凝土和掺粘土不大于 20% 的混凝土。

塑性混凝土：指水泥用量较少、膨润土或粘土掺量较多、三轴弹性模量不大于 1000MPa 的特殊混凝土。

柔性混凝土：指在普通混凝土中掺加一定量（12%~40%）粘土的混凝土。通俗称其为粘土混凝土。

高强度低弹模混凝土：指抗压强度 $R_{28} \geq C35$ ，而弹性模量 $E \leq 2.5 \times 10^4$ MPa，弹强比 $\frac{E}{R} \leq 1000$ 的一种特殊混凝土。主要用于高水头的水坝和地基防渗墙/地连墙工程。

卡塞：指混凝土防渗墙进行混凝土开浇时，导管内部隔离泥浆与混凝土的球塞被卡住的现象。

堵管：指混凝土防渗墙的浇筑过程中导管被堵或其中异物堵塞使浇筑中断的现象。

筑管：指混凝土防渗墙浇筑时，因混凝土初凝导致导管不能提升的现象，又称埋管。

爆管：指混凝土防渗墙浇筑时，导管发生爆裂的现象。

掉管：指混凝土防渗墙浇筑中，导管掉入混凝土中的现象。

提脱：指混凝土防渗墙浇筑过程中，将导管提出混凝土面以上的现象。

串槽：指混凝土防渗墙浇筑过程中，混凝土从浇筑槽孔流入相邻非浇筑槽段的现象。

符 号 表

B :	抓斗开度, m
L :	基础单元长度, m
L_E :	成槽的槽长度, m
H :	成槽的槽深度, m
T_E :	成槽的槽宽度, m
T_C :	造墙的墙厚度, m
D :	成槽导孔直径, m
α_z :	抓斗的抓尖角, ($^{\circ}$)
P_x :	抓取岩土的阻力, N
σ_w :	岩土被抓挖时产生的单位移动阻 (应) 力, MPa
H_z :	抓斗完全闭合时抓片内腔的高度, m
S :	机械式抓斗活塞的全行程, m
X :	活塞的瞬时行程, m
M_t :	抓取岩土的阻力矩
n :	基础单元个数

【 目 录 】

编著者的话

前 言

术语表

符号表

1 绪论	1
1.1 工法定义	1
1.2 适用范围	2
1.3 发展简史	3
1.4 发展趋向	11
2 工法原理	17
2.1 作用原理	17
2.2 工作原理	19
2.3 直抓成槽法原理	21
2.4 两钻一抓成槽法原理	22
2.5 冲抓钻成槽造墙化引长度计算	23
2.6 泥浆固壁机理	26
3 施工材料与设备	29
3.1 材料	29
3.2 设备	34
4 施工工艺及流程	58
4.1 导墙施工	61
4.2 泥浆护壁	66
4.3 槽段开挖	70
4.4 槽段接头技术	74
4.5 接头管吊放	81

4.6	钢筋笼的制作与吊装	81
4.7	水下混凝土浇筑	82
4.8	常见事故处理	85
5	施工质量控制及验收标准	91
5.1	混凝土防渗墙/地连墙的施工质量控制	91
5.2	塑性混凝土薄型防渗墙的施工质量控制	98
5.3	质量检查、评定与验收标准	105
6	工程应用典型案例	116
6.1	堤防防渗案例	116
6.2	水库止水案例	128
6.3	围堰挡水案例	135
6.4	基础承重案例	150
	附录	163
	附录 A 地下连续墙液压抓斗工法	163
	附录 B 塑性混凝土防渗墙工程监理实施细则	176
	附录 C 土石围堰混凝土防渗墙监理实施细则	183
	附录 D 防渗墙施工有关表格	193
	附录 E 国内常用的抓斗成槽造墙机具	197
	附录 F 与抓斗法有关的英语专业词汇	201
	参考文献	203

绪 论

1.1 工 法 定 义

抓斗法是抓斗成槽造墙施工工法的简称。主要指在坚硬的土壤与砂砾石透水地基中,依靠双颚板或多颚板的闭合和张开,开挖出一定尺寸的槽口,并在槽中填筑塑性混凝土或其他材料的建造防渗墙的施工技术。

《抓斗法》所说的抓斗,通常指的是蚌(蛤)式抓斗。根据其结构特点与挖槽特征,抓斗法又分为钢丝绳抓斗法、液压抓斗法、导杆抓斗法和混合式抓斗法等。

1.1.1 钢丝绳抓斗法概念

钢丝绳抓斗法,是用钢丝绳借助斗体自重作用以启闭斗门来进行挖取土体或砂砾石成槽,并在槽中填筑塑性混凝土或其他材料来建造防渗墙的施工方法。

钢丝绳抓斗法在抓斗法中是使用最早的一种挖槽造墙工法。由于其结构简单、设备耐用、价格低廉,沿用至今不衰。尤其适宜在含有大量漂石与石块的地基中挖槽。

1.1.2 液压抓斗法概念

液压抓斗法,是指用高压胶管将约 30MPa 的液压传送到几十米深处的抓斗斗体,以完成抓斗的启闭达到成槽造墙的一种施工方法。

液压抓斗法因其抓斗的闭斗力大、挖槽能力强并设有纠偏装

置，故成槽效率高、槽口尺寸能得到保证。该工法是当前几种抓斗法中最常用的一种建造防渗墙的施工技术。

1.1.3 导杆抓斗法概念

导杆抓斗法，是指采用伸缩式方杆来传递动力，以完成抓斗的启闭功能，达到成槽造墙的一种抓斗施工方法。

采用导杆抓斗开挖时，噪音与振动很小，相应在施工中设备对周围地层与环境干扰影响也小，故它是在松散砂层、软粘土或开挖成槽时需严格控制剪切作用的灵敏性土中施工的理想设备。加之这类抓斗多装有测斜与纠偏装置，故成槽精度较高。在国内外的建筑工程与岩土工程防渗墙/地下连续墙施工中，导杆抓斗法应用较为普遍。

1.1.4 混合式抓斗法概念

所谓混合式抓斗法，指的是把钢丝绳、导杆与液压三种传递动力的结构方式结合起来而研发的一种新型抓斗进行挖槽造墙的施工方法。

混合式抓斗，有钢丝绳悬吊的导杆抓斗，也有半导杆抓斗之分。例如意大利土力（SOILMEC）公司的 BH—7/12 抓斗、迈特（MAIT）公司的 HR160 抓斗等属液压混合式抓斗；日本真砂 MHL80120 抓斗属液压绳索混合式抓斗；英国 BSP 公司的 S25 抓斗属液压导杆混合式抓斗等。这类抓斗结构简单，操作方便，比较适合我国当前的施工技术水平。

1.2 适用范围

抓斗法原则上可用于各种地质条件的防渗墙/地下连续墙施工。包括砂性土层、粒径在 50mm 以下的砂砾层地基。适用于建造建筑物的地下室、地下商场、停车场、地下油库、挡土墙；高层建筑的深基础；工业建筑的深池、坑；水资源堤坝工程的堤身与堤基截水防渗、围堰的临时挡水、防渗；地下工程的竖井；

逆作法施工围护结构；港口工程的码头、护岸的地下连续墙等（表 1.1）。

表 1.1 抓斗法适用范围一览表

功 能 应 用	挡水	截水	防渗	承重
水 利	围堰堰体地下连续墙	堤坝基础截水墙	堤身垂直防渗墙	挡土墙
交 通	港口码头地下连续墙	海港地基处理截水墙	码头垂直防渗墙	护岸挡土墙
建 筑	逆作法施工围护结构	深池、深坑截水墙	地下商场、停车场、地下油库、地下防渗墙	高层建筑深基础，地下室挡土承重
其 他	潮汐海浪挡水结构	地下工程竖井、截水地下连墙	垃圾填埋场地下防渗墙	掩避工程承重墙

1.3 发展简史

自我国于 1958 年在水资源堤坝工程中开始建造防渗墙以来，各类成槽造墙技术有了长足的发展。

20 世纪 70 年代，在长江干流葛洲坝水利枢纽工程中，较早地采用冲抓法以成槽造墙。90 年代，则采用纯抓斗式成槽造墙技术以修建 20~60cm 厚的薄壁混凝土/塑性混凝土地下防渗墙。

如果以抓斗法成槽造墙技术为主线来回顾其发展历程，大体沿着“工艺—冲抓”与“造墙—地下连续墙”两个途径与时俱进。

1.3.1 全套管钻机冲抓工艺发展

20 世纪 50 年代初，全套管钻机及其施工法在法国贝诺特（BENOTO）公司问世，因而得名“贝诺特”工法。1954 年，日本引进了法国 NO—6 型钻机，1955 年引进了 EDE—55 型钻机，

1958 年引进了超级 EDE 型钻机，形成了日本三菱、加腾两大具有代表性的全套管设备制造公司，以后又发展到横山、三和等公司。1966 年在日本已基本形成全套管钻机系列，并向东南亚、欧洲出口。80 年代，结合反循环工法与扩底钻，使该工法变得更加完善。但这一时期的套管钻机基本上以摆动自行式钻机为主，即塔架、搓管机、动力站与自行式底盘形成一体。由于设备比较庞大、笨重，加上结构尺寸上的限制，搓管角度比较小，灵活性差，成孔直径一般在 1100mm 以内，仍属于第一代产品。我国于 70 年代引进摇摆式全套管钻机并制成 MZ 型摇摆式全套管钻机，又称磨桩机。该机利用摇摆装置的摇动，使钢套管下沉到桩端受力层。挖掘完毕后，对桩端受力层进行确认，随后清渣，下放钢筋笼，放导管，灌注混凝土成桩。

在这种工法中所使用的抓斗是所谓“冲抓斗”。冲抓斗由冲抓瓣、冲抓斗体、配重、定位器等组成，冲抓瓣靠配重作用保持开启状态；靠钢绳、滑轮提升时关闭；靠定位器卸料。冲抓斗根据施工桩径和斗容量分为双瓣式和三瓣式。冲抓瓣由耐磨、高强度铸钢铸成，它是靠落差由重力冲击取土。冲抓斗按其抓片的张闭导向形式分为内导向和外导向两种。工作时，开动卷扬机，稍提升斗体，使冠帽卡爪在平衡重作用下倒缩，放松钢绳，使抓斗头部从冠帽中脱开，抓斗即可下落并冲抓土层，这时抓斗头部卡爪在抓斗头部重力和弹簧的作用下倒缩，钢绳塞块可自由通过抓斗头部的内孔，逐渐收紧钢绳，使配重上升，弹簧张拉，抓片合拢，提升抓斗。当冲抓斗被提升至冠帽处时，抓斗头部深入冠帽中，抬起平衡重，释放冠帽卡爪，卡住抓斗头部凸台，放松钢绳。由于抓斗头部被卡住不能下落，配重下落，弹簧恢复原位，抓瓣张开，将土从斗中卸出，卸土的同时，冲抓斗体将抓斗头部卡爪压开。当进行下一个工作循环时，先提升钢绳，塞块被抓斗头部卡爪卡住，再稍提斗体，抬起平衡重，即可使冠帽卡爪倒缩，释放冲抓斗。简单地说，冲抓成孔是冲抓钻头在孔内距孔底一定高度自由落体，使张开的扇形活瓣的锥角向下冲击进入孔底

土层或冲碎孔底岩石，然后用卷扬机收紧钢丝绳，使活瓣合拢抓取土石，再将冲抓钻头提升到孔口，把土石排出孔外，实现钻进成孔的目的。

全套管钻机工法主要步骤为：冲抓、跟管、下笼、灌注。其优点是：

(1) 干孔作业，孔内取土，含水量低、方便外运；

(2) 环保好，噪声小，振动小，无泥浆污染，有利于文明施工；

(3) 成孔质量高，不会塌孔，垂直度高，扩孔尺寸小，节约混凝土；

(4) 消除了泥浆护壁时的泥膜、沉渣对桩承载力的不利影响；

(5) 干孔灌注，混凝土质量可控，避免了缩颈、断桩及混凝土离析等质量问题；

(6) 配合各种抓斗可用于土层、岩层施工，当桩端需嵌岩时，可采用十字冲锤等进行冲击钻进。

图 1.1 为 MZ 钻机进行钻孔灌注桩施工的示意图。

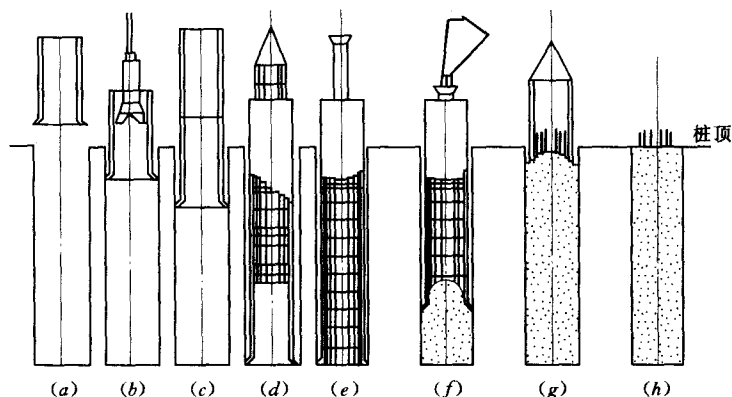


图 1.1 MZ 钻机钻孔灌注桩施工示意图

(a) 插入第一节套管；(b) 边挖掘，边压入；(c) 连接第二节套管；(d) 插入钢筋笼；
(e) 插入导管；(f) 灌注混凝土、拉拔导管、套管；(g) 拔出套管；(h) 施工结束