

中国堤防工程施工丛书

ZHONGGUO
DIFANG GONGCHENG
SHIGONG
CONGSU

14

切槽法

王凯南 邹从烈 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

14

切 槽 法

王凯南 邹从烈 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,主要介绍了切槽法的定义、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。

本书可为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

切槽法 / 王凯南等编著. —北京:中国水利水电出版社, 2006

(中国堤防工程施工丛书; 14)

ISBN 7-5084-4128-1

I. 切... II. 王... III. 堤防—防洪工程
IV. TV871

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 122725 号

书 名	中国堤防工程施工丛书·14 切槽法
作 者	王凯南 邹从烈 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 印张 161 千字
版 次	2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 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、施工质量控制与检查验收标准、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，实为当代水资源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

众所周知，在置换法建槽成墙施工中，切槽法（含锯槽法、拉槽法和振动切槽法等）是一种连续建槽、分段成墙的新型施工技术。它主要用切槽机具诸如锯槽机（液压往复式和链斗式）、拉槽机和振动切槽机连续建槽，然后根据设计要求的防渗墙或地下连续墙各自防渗止水或承重加固目的，在槽孔内浇筑塑性混凝土，或浇筑水泥混凝土或使用钢筋混凝土以成墙体；或开槽铺膜回填而成防渗帷幕。

切槽法的特点：一是墙体连续性好；二是施工速度快，一般工效为 $50 \sim 100 \text{m}^2/\text{台班}$ ；三是造价中等，其建槽成墙造价约 $140 \sim 200 \text{元}/\text{m}^2$ 。

作为切槽法的理论，它介于隧道工程中的机械预切槽法（Mechanical pre-cutting method）和现代爆破工程中的切槽爆破法（V-notched rock blasting method）。本书讲的切槽法，重点是立足于国内自主开发研制的近 20 种机具，对土层、砂层、小于 10cm 粒径的砂砾石层和卵石层等以锯槽形式、拉槽形式和振动切槽形式来建槽，然后在槽孔内按设计要求填筑水泥浆、水泥砂浆、水泥粘土砂浆、水泥膨润土砂浆、水泥土、塑性混凝土、水泥混凝土乃至钢筋混凝土以成防渗墙或地下连续墙。或者借助锯槽法类中的开槽机开槽并铺设土工膜回填重壤土等作防渗帷幕。所有这些建槽形式主要在土层内实施，只是墙体底端嵌入基岩 0.5~1m 深度。相对隧道预切槽和在岩体介质内作切槽爆破两者而言，被切的介质是柔性的土壤，而后者是相对刚性的岩石。

常言道，柔有柔的缠绵，刚有刚的果断。堤坝防渗工程中的切土，基岩开挖工程中的切石，是两种性质相悖的运动学实践。虽然它们同属于岩土工程，却在其工艺原理、方法措施、材料设备和质量控制诸方面均带来了不同路径的学科研讨，以及不同应用技术的开拓创新脉络。

《切槽法》一书是我国 20 世纪末至今，近 20 年的实践总结与理论的升华。

《切槽法》采取集体讨论和分工合作的方式进行编著。全书由王凯南、邹从烈、董建军、陈彦生和黄莉进行编撰。其中，王凯南编撰前言、术语表、符号表、绪论、工法原理、施工材料与设备、施工工艺与流程以及附录 A~附录 D；由邹从烈编撰施工质量控制与验收标准、工程应用典型案例与参考文献；董建军、陈彦生和黄莉参加了部分章节的编写工作。全书由董建军策划，陈彦生统稿。

鉴于编著者水平所限，书中难免有欠妥之处，恭请读者不吝指正为谢。

编著者

2006 年 8 月

术 语 表

塑性混凝土防渗墙：指由粘土、膨润土和普通硅酸盐水泥均匀拌和而成的一种柔性墙体。其性能为：

- (1) 拌和物的重度一般为 $2 \sim 2.2 \text{ g/cm}^3$ 。
- (2) 28 天的抗压强度一般在 $1 \sim 5 \text{ MPa}$ 之间。
- (3) 初始弹性模量小于 10000 MPa 。
- (4) 极限应变值在 $0.33\% \sim 0.70\%$ 之间。
- (5) 渗透系数在 $10^{-7} \sim 10^{-10} \text{ cm/s}$ 之间变化。
- (6) 允许水力坡降可达到 $J > 500$ 。

一次成槽：指一种既能钻孔又能同时切槽的组合式切头的建槽方式。

二次成槽：指先用普通凿岩（土）机凿出圆孔，然后再用切槽机进行施工切槽的方式。

符号表

B :槽宽, m

b : 隔离体宽度, cm

L :槽段长, m

C:不排水抗剪强度, MPa

H : 临界深度, m

h : 墙深, m

 γ : 重度, g/cm^3 $\gamma_{\pm}$:土的重度, g/cm^3 $\gamma_{\text{泥浆}}$: 泥浆的重度, g/cm^3 R_{28} : 28 天龄期的抗压强度, MPa K_{28} : 28 天龄期的渗透系数, cm/s E_{28} : 28 天龄期的弹性 (变形) 模量, MPa J_{28} : 28 天龄期的允许水力坡降

ω : 振动角速度, $\omega = 2\pi n/60$

n : 拐臂转速, γ/min

q : 隔离体材料横向抗拉强度, MPa

【 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	5
1.3 发展简史	8
1.4 发展趋势	11
2 工法原理	13
2.1 切槽机理	13
2.2 工法原理	23
2.3 切槽法的有关计算	29
3 施工材料与设备	33
3.1 施工材料	33
3.2 施工设备	41
4 施工工艺与流程	56
4.1 锯槽法建槽成墙施工工艺与流程	56
4.2 拉槽法建槽成墙施工工艺与流程	61
4.3 振动切槽法建槽注浆成墙施工工艺与流程	64
4.4 开(锯)槽铺膜施工工艺与流程	71
5 施工质量控制与验收标准	79
5.1 施工质量控制	79
5.2 施工质量检查验收	87
6 工程应用典型案例	92

6.1 锯槽法工程应用典型案例	92
6.2 拉槽法工程应用典型案例	123
6.3 振动切槽法工程应用典型案例	126
附录	134
附录 A 切槽法有关记录表格	134
附录 B 置换法建造塑性混凝土防渗墙施工	147
附录 C 振动切槽防渗墙工程监理实施细则	169
附录 D 与切槽法有关的英语专业词汇	175
参考文献	176

绪 论

在岩土工程领域，有三类切槽施工工法并行发展与广泛地应用着，这就是防渗墙/地下连续墙的切槽法、隧道开挖的预切槽法和现代爆破开挖的切槽爆破法。

隧道开挖的预切槽法，尤其是软土中的机械预切槽法是一种超前支护的技术，它在预筑拱的保护下可以安全高效地开挖隧道；切槽爆破法则是在传统凿眼爆破法的基础上，利用一些特殊手段诸如切槽等，来改变炮孔的断面形状、使圆形排孔沿直径的连线方向构成锥形开槽，然后再装药爆破的一种技术，它在花岗岩开采及其坝基、边坡和地下厂房开挖中，对控制爆裂面方向、提高爆裂面的平整度、减少爆裂面两侧岩体的损伤等都具有显著的效果。

本书叙述的切槽法，主要是用于防渗墙/地下连续墙的建槽技术，包括锯槽法（开槽铺膜法）、拉槽法和振动切槽法三个工法。

1.1 工 法 定 义

切槽法，指利用锯槽机（即开槽机）、拉槽机或振动切槽机对地层建槽后，并在槽中浇筑塑性混凝土、混凝土、钢筋混凝土，或灌注水泥砂浆、水泥粘土砂浆、水泥膨润土砂浆，或填筑水泥、铺土工膜（布）并回填土以成防渗墙/地下连续墙的一类新型施工工法。

按施工用的切槽机械划分，切槽法包括锯槽法（或开槽铺膜法）、拉槽法及振动切槽法（又叫振孔高喷法）。故切槽法是上述三个工法的统称。

1.1.1 锯槽法

锯槽法是通过锯槽机刀排的往复切削、拌以泥浆固壁、砂石泵反循环排除切削下的渣土而成槽孔，并用水下导管浇灌塑性混凝土等成墙的一种施工方法。

因锯槽机的机械性能不同，锯槽法又分为链斗式锯槽法、往复射流式锯槽法和液压锯槽法三个子工法。

(1) 链斗式锯槽法。链斗式锯槽法是利用抗拉伸、耐剪切的链条来带动挖斗，以先剪切后拉断堤坝土体的作用，并拌以泥浆固壁而建槽成墙的施工方法。

链斗式锯槽法建槽成墙工作原理如图 1.1 所示。

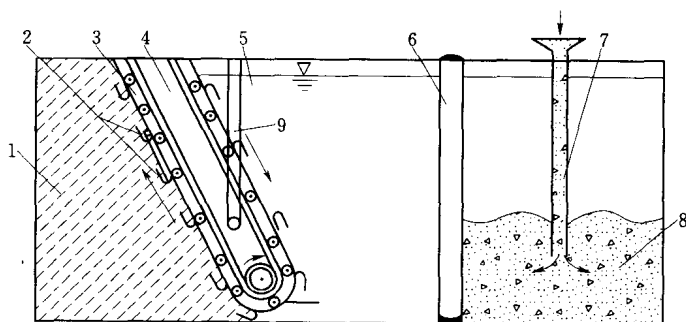


图 1.1 链斗式锯槽法建槽成墙工作原理图（引自参考文献 [37]）

1—堤防；2—挖斗；3—链条；4—大臂；5—注满浆液槽孔；

6—隔离体；7—漏斗导管；8—已浇混凝土；9—吊绳

(2) 往复射流式锯槽法。往复射流式锯槽法是基于锯的剪切切割和犁的挠曲翻土，并伴随高压水（泥浆）的动态冲击拉伸——剪切作用，使堤防的土体主要是壤土、砂壤土和粉细砂层断开脱离母体（原有堤防），由反循环抽沙泵及时快速地排出沉

渣而建槽并成墙的一种施工方法（见图 1.2）。

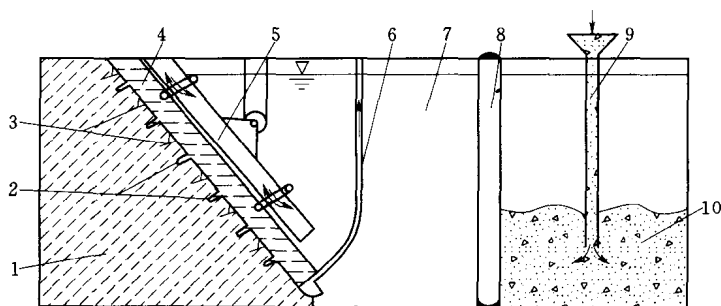


图 1.2 往复射流式锯槽法建槽成墙工作原理图（引自参考文献 [37]）

1—堤防；2—喷水嘴；3—刀齿；4—刀杆；5—大臂；6—反循环泥浆管；

7—注满泥浆槽孔；8—隔离体；9—漏斗导管；10—已浇混凝土

(3) 液压锯槽法。液压锯槽法系由近乎垂直的锯管在大功率的液压装置的驱动下，锯管设置的刀刃以剪切作用来切割堤防的土层、砂层或粒径小于 100mm 的砂砾石层并成墙的一种施工方法（图 1.3）。

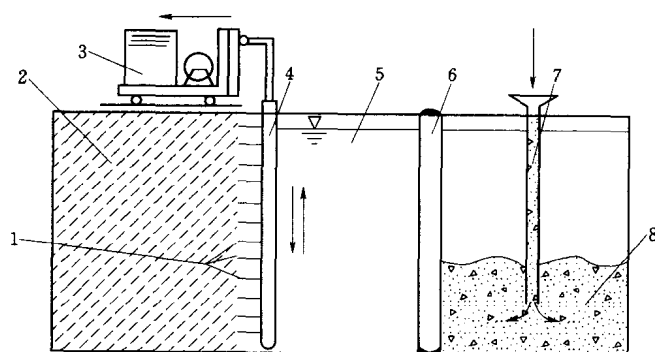


图 1.3 液压锯槽法建槽成墙原理图（引自参考文献 [37]）

1—锯齿型刀排；2—堤防；3—主机；4—刀杆；5—注满泥浆槽孔；

6—隔离体；7—漏斗导管；8—已浇混凝土

1.1.2 开槽铺膜法

开槽铺膜法是指用开槽机连续开槽、泥浆护壁、槽内连续铺土工膜（布）并用重壤土（或砂）回填成帷幕防渗的一种施工方法。

开槽铺膜法的特点是：

- （1）建槽连续稳定。
- （2）可在水下施工且无需排水。
- （3）开槽铺膜帷幕能抵御震动、抗变形能力强。

1.1.3 拉槽法

拉槽法是指用机械传动方式驱动工具，由摆线针轮减速器驱动曲柄滑块，使拉槽刀具在堤坝地基土体内作上下往复直线切削建槽成墙的一种施工工法。

拉槽法的特点是：

- （1）建槽连续、不分叉、槽形规则完整。
- （2）因拉槽机为全自动化控制，故建槽效果质量与工效高。
- （3）施工简便。

1.1.4 振动切槽法

振动切槽法是利用大功率高频振动设备将振管和切头（切刀）振动挤入地层一定深度，切头挤压地层形成一定的槽段，利用切头的导向体（副刀）在相邻已完成的槽段内导正，依次逐段切入而形成连续长槽，同时在高压水及风的综合作用下，槽段可保证连续完整。在挤入和提升切头的同时，使浆液（水泥浆或塑性混凝土等成墙材料）从其底部喷出，注入槽段，即形成了地下连续防渗板墙的一种新型施工方法。

振动切槽法的特点是：

- （1）施工工序简单，不需泥浆护壁；几乎不产生废浆废渣，对环境无污染。
- （2）对地层有挤密作用，对堤坝无水力破坏。
- （3）墙体质量好，板墙连续，厚度均匀。
- （4）耐久性好、强度高，可避免动物钻洞对墙体造成危害。

(5) 在不宜采用放淤固堤方法的情况下，与增大堤防断面相比，该工艺能更有效地消除堤防隐患。

1.2 适用范围

1.2.1 锯槽法建槽成墙适用范围

(1) 适用地层：

- 1) 砂土层。
- 2) 壤土层。
- 3) 粉土层。
- 4) 粒径小于 8cm 的砾石土层。

(2) 适用工程：

- 1) 堤坝防渗。
- 2) 建筑地基防渗。
- 3) 地基挡土墙。
- 4) 闸基防渗。
- 5) 深基坑防渗加固。
- 6) 海塘砂基防渗。
- 7) 垃圾填埋场地下污染防治扩散处治。
- 8) 港航码头水池防渗。
- 9) 病险水库加固。
- 10) 施工围堰防渗加固。

1.2.2 开槽铺膜适用范围

(1) 适用地层：

- 1) 各种松软土层，最适用于砂性土层。
- 2) 适用于岩石粒径小于槽宽的砂、砾及卵石地层。

(2) 适用工程：

- 1) 堤坝防渗。
- 2) 施工围堰防渗。
- 3) 海岸港池防渗。

- 4) 闸基防渗。
- 5) 防洪堤砂基垂直帷幕防渗。
- 6) 建筑物基坑防渗的围截措施 (取代通常的减压井)。
- 7) 地下铁道深基坑防渗。
- 8) 高速公路深基坑防渗。
- 9) 病险水库加固。
- 10) 堤防裂缝加固。
- 11) 坝基淤泥切割固结。
- 12) 闸基淤泥切割固结。
- 13) 软基加固。
- 14) 闸基防止液化处治。
- 15) 海滨地区防淡水盐化处治。
- 16) 河口入海地区耕地土壤防止盐碱化。
- 17) 地下水库截潜流处治。
- 18) 氧化塘、排污池防污染扩散。
- 19) 防止海水倒灌。
- 20) 垃圾填埋场防止污染扩散。

1.2.3 拉槽法建槽成墙适用范围

- (1) 适用地层:
 - 1) 各种土层。
 - 2) 各种砂层。
 - 3) 粒径不大于 20cm 的砂卵石层。
- (2) 适用工程:
 - 1) 堤防防渗。
 - 2) 地基防渗加固。
 - 3) 地基挡土墙。
 - 4) 建筑深基坑防渗加固。
 - 5) 施工围堰防渗加固。
 - 6) 污染物地下阻隔处治。