

岩土工程新技术及工程应用丛书

水泥土连续墙 新技术与实例

张凤祥 焦家训 张玉莉 编著

中国建筑工业出版社

岩土工程新技术及工程应用丛书

水泥土连续墙新技术与实例

张凤祥 焦家训 张玉莉 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水泥土连续墙新技术与实例/张凤祥, 焦家训, 张玉莉编著. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2008

(岩土工程新技术及工程应用丛书)

ISBN 978-7-112-10516-8

I. 水… II. ①张… ②焦… ③张… III. 水泥土-地下连续墙-技术
IV. TU476

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 179538 号

本书全面系统地阐述水泥土连续墙工法的技术原理、分类、适用条件及工程中的选择方法、设计、施工、设备、施工管理、注意事项、事故分析及措施, 并配有大量施工实例。重点强调近年来推出的新工法、新技术、新设备、新材料及新工艺。

本书可供广大水泥土地下连续墙的科研人员、设计人员、施工人员、监理人员及高校有关专业师生的阅读参考。

* * *

责任编辑: 武晓涛

责任设计: 董建平

责任校对: 安 东 陈晶晶

岩土工程新技术及工程应用丛书

水泥土连续墙新技术与实例

张凤祥 焦家训 张玉莉 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京市铁成印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 26 $\frac{3}{4}$ 字数: 668 千字

2009 年 3 月第一版 2009 年 3 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 56.00 元

ISBN 978-7-112-10516-8

(17441)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

水泥土地下连续墙是指在不同手段形成的水泥土中插入型钢构成的地下连续墙，对应的成墙工法简称为水泥土连续墙工法。该工法具有以下一些优点：①止水性好（渗水系数 $< 1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ ）；②对周围地层的影响小（沉降小）；③工序简单，成本低，工期短；④可大深度化（达 70m）；⑤产生弃土再利用率高（最大达 69%），排出弃泥少，属环保型工法；⑥用途多样化，可作各种工程的挡墙（挡土、止水）及产生污染物的隔离墙；⑦与 RC 墙工法相比，施工占地面积小；⑧施工振动小、噪声低。

该工法目前在深基坑开挖工程中作围护挡墙的应用已占绝对统治地位。目前该工法的主要用途是作地下坝、水库防渗墙、深大建筑物的基坑围护及主体结构、开挖隧道、竖井、地铁车站（必用工序）、城市共同沟工程、地下停车场、地下垃圾处理场的隔离墙、地下商业街、立体交叉地下道、地下变电站、地下蓄水池、各种地下泵站、放射性物质（核废料等）地下堆放场、沙漠绿化工程、都市保水工程、江河湖海护堤、船坞工程、水电围堰工程等领域。

该工法国内起步较晚，可以说目前国内只有最普通的 SMW 工法，在地铁车站、大厦建筑等领域作基坑围护的应用极多，积累了许多宝贵的经验，但亦存在以下不足：

① SMW 钻机机高过高，对周围环境具有一定的威胁。与其对应的矮机高钻机工法，尚属空白；成墙后挖基时会出现墙体坍塌、漏水等现象。其原因是水泥浆配比不合理及施工参数选择不合理，成墙的竖直精度低（缺乏高精度钻孔竖直度测量手段），墙体连续性差。

② SMW + RC 合成墙主体结构工法尚未开发。

另，CRM、ECW、GSS、FSW 等节能减排环保工法；TRD、RMW 等优质、高稳定等厚工法；苛刻条件下的矮机高工法（BH·W）等尚属空白。

上述空白课题均在提高工程质量、节能减排、利于环保、降低成本、克服环境限制等方面开辟了新的领域，解决了以往无法解决的技术难题。故急待开发。

随着国家建设事业的发展，必然遇到技术难度更大、节能减排、环保要求更高的水泥土连续墙工程，所以开发上述给出的工法课题乃是社会迫切需求。然而当前有关水泥土连续墙上述工法的技术资料、总结报告均零散地分布于国外的多种杂志上。另外，近年来水泥土连续墙的从业“新军”（单位、人员）的数量也迅猛增长。

总之，无论是赶上国际先进水平、缩短差距的需要，还是“新军”提高业务素质的需求，都表明广大从业人员迫切希望能有一本全面系统阐述水泥土地下连续墙技术原理、分类方法、优缺点对比、应用适用条件、设计（水泥土配比、芯材选择）、施工方法、施工设备、质量管理方法、施工监测系统及各式各样的施工实例的技术专著问世。为此，我们编写了本书。

本书的特点是：

① 全书选材侧重于工程实践的新工法、新技术、新设备、新材料，出发点侧重于实用价值，即提高工程质量，降低成本、缩短工期，利于环保、节能减排，解决以往无法解决的技术难题。

② 内容新颖、全面系统、言简意赅。

③ 书中给出大量的工程实例。这些典型实例中均给出了选择工法的理由、施工设备（性能、规格）、施工管理基准、监测方法、施工结果等等，完全可以借鉴或套用。

④ 书中对施工设备、器材及测量设备的选用原则、方法等细节问题叙述详细、透彻，系以往文献中所少见。

本书的出版对我国当前的地铁工程、城市共同沟工程、地下坝工程、水库防渗工程、大深度大型建筑基础工程、大都市邻近地下工程、地下停车场工程、地下变电站工程、地下蓄水池工程、地下商业街工程、地下垃圾处理场隔离工程、水利围堰工程、船坞工程等

的施工均有指导意义和促进作用。

限于作者水平，书中错误和不足在所难免，望读者批评指正。

作 者

2008年12月28日于上海

目 录

第 1 章 水泥土连续墙工法进展概况	1
1.1 水泥土连续墙工法进展综述	1
1.1.1 水泥土连续墙工法及分类	1
1.1.2 水泥土连续墙工法的优点及用途	3
1.1.3 水泥土连续墙工法的进展简况	3
1.1.4 水泥土连续墙工法现状	3
1.1.5 工法现状的特点	7
1.2 对我国发展水泥土连续墙工法的一些看法	8
1.2.1 国内技术现状	8
1.2.2 对我国发展水泥土连续墙工法的一些看法	8
第 2 章 水泥类固化材地层加固原理及改良土特性	10
2.1 水泥类固化材地层加固原理	10
2.1.1 水泥的种类和规格	10
2.1.2 水泥的组成和性能	13
2.1.3 水泥水化机理	15
2.1.4 普通水泥改良土	16
2.1.5 水泥类固化材土性改良原理	17
2.2 改良土的特性	19
2.2.1 湿密度	19
2.2.2 黏度	19
2.2.3 强度特性	20
2.2.4 其他特性	25
2.2.5 调查及试验	28
2.3 水泥类固化材、改良土和环境	29
2.3.1 微量元素	29
2.3.2 植物生长	32
2.3.3 pH 值	32
2.3.4 粉尘对策	34
第 3 章 挡墙设计基本事项	35
3.1 调查与计划	35
3.1.1 挖基挡墙计划的基本程序	35
3.1.2 调查	36

3.1.3 工法的种类和选择	39
3.2 侧压	40
3.2.1 侧压载荷	40
3.2.2 上载荷决定的侧压	43
3.2.3 其他载荷	43
3.2.4 设计侧压	44
3.2.5 温度应力载荷	45
3.3 材料允许应力强度	46
3.3.1 型钢	46
3.3.2 板桩	48
3.3.3 钢筋混凝土	49
3.3.4 螺栓	49
3.3.5 焊接部	49
3.3.6 水泥土	50
3.3.7 地锚杆	50
3.4 挡墙入土深度	51
3.4.1 侧压力平衡条件下的讨论	51
3.4.2 基坑底面稳定	52
3.4.3 截止地下水的讨论	52
3.4.4 挡墙持力的讨论	52
3.5 基底稳定	53
3.5.1 隆起	53
3.5.2 涌砂讨论	54
3.5.3 抬高讨论	54
3.6 挡墙设计	55
3.6.1 挡墙应力、变形的计算	55
3.6.2 挡墙断面的计算	60
3.7 挡墙支护设计	61
3.7.1 围檩	61
3.7.2 水平撑	63
3.7.3 角撑	64
3.7.4 水平撑支柱	65
3.7.5 地锚	68
3.8 坡面稳定	69
3.9 地下水处理	71
3.9.1 地下水调查	71
3.9.2 地下水的处理计划	71
3.9.3 地下水处理的设计	72

第4章 SMW 工法的设计、施工	77
4.1 SMW 工法概述	77
4.1.1 SMW 工法问世的必然性	77
4.1.2 优点	77
4.1.3 工法适用的土质及应用领域	79
4.2 材料	79
4.2.1 土质改良强度与水泥类浆液配比的试验研究	79
4.2.2 对注入水泥类浆液的要求	87
4.2.3 对芯材的要求	87
4.2.4 SMW 的材料特性	87
4.3 水泥土试验法	90
4.3.1 概述	90
4.3.2 室内试验	90
4.3.3 采样试验	94
4.3.4 现场取芯试验	95
4.4 设计	96
4.4.1 地下水讨论	96
4.4.2 隆起讨论	98
4.4.3 H 型钢芯材选择	98
4.4.4 设计侧压讨论	100
4.4.5 入土深度及间隙填充	101
4.4.6 允许强度	101
4.4.7 应力计算	102
4.4.8 断面计算法	112
4.4.9 污泥处理计划	113
4.5 施工	114
4.5.1 施工计划	114
4.5.2 现场调查及试验施工	114
4.5.3 施工顺序	115
4.5.4 施工机械	123
4.5.5 施工设备现场布置	133
4.5.6 造墙顺序	134
4.5.7 依据土质条件选定螺旋钻孔的程序	135
4.6 施工管理	137
4.6.1 关于水泥土配比的设计讨论	137
4.6.2 现场质量管理方法的讨论	141
4.7 钻孔精度测量管理系统	151
4.7.1 SMW 质量管理现状	151

4.7.2	插入式自动测斜计钻孔倾斜度的测定	152
4.7.3	内藏测斜系统倾斜度的测定	153
4.7.4	声波钻孔精度管理系统	155
4.7.5	声波钻孔精度管理实例	157
4.7.6	UD-HOMET 工法的开发	160
4.7.7	SMW 钻孔搅拌机的无线数据传送系统	164
4.8	SMW 挡土墙施工中出现事故的原因及应急措施	167
4.8.1	各施工阶段事故的主要原因和措施	167
4.8.2	挖基工程中事故的原因和措施	171
4.9	SMW 挡土墙芯材的引拔方法	173
4.9.1	粘贴泡沫材料引拔法	173
4.9.2	涂蜡引拔法	174
4.10	SMW + RC 合成墙主体结构工法	176
4.10.1	引言	176
4.10.2	工法概况	177
4.10.3	合成墙的变位	178
4.11	通水 SMW 工法	185
4.11.1	推出通水 SMW 工法的必要性	185
4.11.2	通水 SMW 工法	185
第 5 章	SMW 的施工实例	187
5.1	低重心 3 轴螺旋钻机及 SMW 的施工实例	187
5.1.1	低重心 3 轴螺旋钻机问世的必要性	187
5.1.2	STS 机的特点、规格	187
5.1.3	钻孔程序	190
5.1.4	噪声措施	192
5.1.5	工程实例 1	192
5.1.6	工程实例 2	194
5.2	邻近电车道的狭窄场地的 SMW 工程实例	197
5.2.1	工程概况	197
5.2.2	挡墙施工概况	198
5.3	SMW 与钢连墙竖井的设计与施工实例	199
5.3.1	工程概况	199
5.3.2	钢连墙的设计及施工	201
5.3.3	SMW 的设计与施工	203
5.3.4	地锚的设计与施工	204
5.3.5	测量结果	206
5.4	双排 SMW 挡墙施工实例	206
5.4.1	工程概况	206

5.4.2	挡墙设计	208
5.4.3	水泥土墙的强度发现	209
5.4.4	现场水平载荷试验	211
5.4.5	挡墙变形测量	212
5.5	大断面开挖隧道中的 SMW 挡墙的设计及施工实例	214
5.5.1	工程概况	214
5.5.2	临时性连续墙的选定	214
5.5.3	SMW 的设计、施工	215
5.5.4	深回灌井工法	220
5.6	狭窄场地 SMW 的新型地下室构筑工法实例	220
5.6.1	工程概况	221
5.6.2	障碍物拆除	222
5.6.3	挡墙工程	222
5.6.4	地下施工计划	222
5.6.5	新的地下室构筑法	222
5.7	大深度 SMW 地下坝施工管理实例	227
5.7.1	工程概况	227
5.7.2	SMW 地下坝的施工	228
5.7.3	施工管理系统	229
5.7.4	连续性管理系统	231
5.8	撑梁解体时 SMW 补强主体结构的实例	232
5.8.1	工程概况	232
5.8.2	挡墙管理计划	233
5.8.3	1 道水平撑解体时的挡墙补强方法	234
5.8.4	柱头螺栓的设计及焊接作业	235
5.8.5	合成墙的断面性能	236
5.8.6	水平撑解体时挡墙的解析法	237
5.8.7	水平撑解体时挡墙的变形和合成墙的应变	238
5.9	SMW + RC 合成墙在船坞修缮工程中的应用实例	240
5.9.1	工程概况	240
5.9.2	土质状况	241
5.9.3	SMW 挡墙施工	241
5.9.4	测量结果	242
5.10	大深度 SMW 防渗墙施工简例 10 则	244
5.11	通水 SMW 工法施工实例	253
5.11.1	通水设施的施工	255
5.11.2	地质及地下水条件	256
5.11.3	测量结果与效果讨论	256

第6章 SMW 排出污泥的处理、再利用及抑制污泥产生量的工法	260
6.1 污泥减量及处理	260
6.2 水泥固化法	261
6.2.1 水泥污泥固化机理及处理土特性	261
6.2.2 管道拌合污泥粒状固化处理工法及实例	262
6.2.3 水泥流动固化处理法	265
6.2.4 流动处理土作高楼持力层的工程实例	266
6.2.5 中性无机固化材污泥固化法	270
6.2.6 2液1粉中性无机固化材污泥改良法	270
6.2.7 石膏污泥中性改良法及实例	271
6.3 纸浆渣烧结灰污泥改良再利用工法及适用实例	274
6.3.1 引言	274
6.3.2 泥土改良材的基本性质和配比设计	275
6.3.3 环境改善效果	280
6.3.4 适用实例	280
6.4 水泥土墙施工中排出污泥在苗圃场造地的有效利用	281
6.4.1 绿地土的特点及其诊断	281
6.4.2 污泥的改良试验	283
6.4.3 室内试验	285
6.4.4 实证试验	286
6.5 扩散剂抑制弃泥产生量的水泥土连续墙工法	289
6.5.1 工法概况	289
6.5.2 现场适用实例1	290
6.5.3 现场适用实例2	292
6.6 二次分级处理弃泥减量连续墙工法	293
6.6.1 工法原理	293
6.6.2 系统构成、施工顺序及工法特点	294
6.6.3 大厦建筑工程实例	297
6.6.4 泵站建设工程实例	297
6.7 螺旋分级弃泥减量连续墙工法	298
6.7.1 工法概况	299
6.7.2 系统构成	299
6.7.3 弃泥量、水泥量及清水量的减低率	301
6.7.4 工法特点	302
第7章 墙式混合搅拌工法	303
7.1 引言	303
7.2 施工机械	303
7.3 施工方法	305

7.3.1	先期工序及工法分类	305
7.3.2	施工程序	306
7.3.3	墙体成形及插入芯材的管理	307
7.4	注入材料的管理基准及室内配比试验	308
7.4.1	注入材料的管理基准	308
7.4.2	室内浆液配比试验	309
7.5	设计要点	310
7.6	湿取样及其他注意事项	312
7.6.1	湿取样	312
7.6.2	其他注意事项	313
7.7	TRD 工法的优缺点及开发动向	313
7.8	53 层名古屋站 TRD 工法围护挡墙工程实例	314
7.8.1	名古屋站概况	314
7.8.2	土质概况	314
7.8.3	TRD 工法水泥墙施工结果	315
7.9	TRD 工法在大楼基坑围护挡墙工程中的应用实例	318
7.9.1	工程概况	318
7.9.2	施工结果	319
7.10	河道综合整治工程中的 TRD 挡墙施工实例	320
7.10.1	工程概况	320
7.10.2	掘削液、固化液的配比	322
7.10.3	质量管理	322
7.10.4	横断电铁桥梁下方的缩短机高的施工	323
7.11	横穿铁路下方通道构筑工程中的 TRD 工法实例	324
7.11.1	工程概况	324
7.11.2	室内配比试验	326
7.11.3	施工	326
7.12	分流壅水堰新筑工程中的 TRD 工法实例	327
7.12.1	工程概况	327
7.12.2	TRD 挡墙概况	329
7.12.3	施工中出现的問題及改进措施	330
7.12.4	施工结果	331
第 8 章	挖槽土再利用地下连续墙 (CRM) 工法	333
8.1	挖槽土再利用地下连续墙工法问世的必然性	333
8.2	工法概况	333
8.3	工法的特点	335
8.4	再利用挖槽土及其处理	336
8.4.1	挖槽土再利用率的估算	337

208	8.4.2 不同土质挖槽土再利用率的标准	337
808	8.4.3 挖槽土再利用的优先顺位	337
508	8.5 水泥土的特性要求及质量管理	338
808	8.5.1 对水泥土的性能要求	338
808	8.5.2 水泥土的质量管理基准	338
908	8.5.3 水泥土的配比试验	339
018	8.5.4 拌合试验步骤	339
218	8.5.5 水泥土的特性	340
818	8.5.6 日常质量管理	340
818	8.5.7 试验项目及其试验方法	341
818	8.5.8 水泥土的制造系统	341
418	8.6 施工方法	341
418	8.6.1 施工顺序	341
818	8.6.2 水泥土分配浇筑装置	342
218	8.6.3 浇筑面的测量器具	343
818	8.6.4 拆装容易的导管	343
818	8.7 设计、施工的注意事项	344
918	8.7.1 设计上的注意事项	344
008	8.7.2 施工上的注意事项	347
058	8.8 以往施工实绩中的水泥土质量	348
258	8.8.1 水泥土的配比	349
558	8.8.2 挖槽土再利用的实绩	349
858	8.8.3 水泥土的单轴抗压强度	349
458	8.8.4 渗水系数实绩	349
458	8.9 CRM 工法开挖隧道挡土墙施工实例	349
658	8.9.1 工法选定经过	349
858	8.9.2 CRM 连续墙的设计	351
758	8.9.3 施工程序和管理要点	352
758	8.9.4 施工结果	353
958	8.9.5 水泥土制造设备介绍	354
068	8.10 河流蓄洪 CRM 防渗墙工程实例	356
168	8.10.1 工程概况及设计	356
818	8.10.2 施工方法	357
421	8.10.3 施工结果	358
758	8.11 地下雨水蓄水池 CRM 挡墙工程实例	359
758	8.11.1 工程概况	359
088	8.11.2 选择 CRM 工法的理由	360
758	8.11.3 水泥土的质量管理	361

8.11.4 挖槽土的再利用	363
8.12 CRM 工法连续墙作主体地下合成墙的工程实例	363
8.12.1 工程概况及选用 CRM 工法的理由	363
8.12.2 CRM 工法的设计与施工	365
8.12.3 施工结果	367
8.13 CRM 作主体桩利用的实例	369
8.13.1 建筑物及地层概况	369
8.13.2 主体桩的设计	370
8.13.3 预备试验	371
8.14 其他用途	375
8.14.1 原有构造物拆除和槽壁稳定	375
8.14.2 孤石、巨砾的去除和槽壁稳定	376
第9章 其他水泥土连续墙工法及应用实例	377
9.1 抑制弃泥量的水泥土连续墙工法及应用实例	377
9.1.1 抑制弃泥产生量的水泥土连续墙工法	377
9.1.2 竖井工程概况	377
9.1.3 工法选定	378
9.1.4 施工	380
9.1.5 施工结果	382
9.2 矮机高排柱挡墙 (BH·W) 工法及实例	383
9.2.1 BH·W 工法概况	383
9.2.2 BH·W 工法特点	385
9.2.3 施工计划	386
9.2.4 施工实例	388
9.2.5 施工中出现的问题及排除措施	390
9.3 矩形断面水泥土连续墙工法	390
9.3.1 工法概况	391
9.3.2 施工机械	391
9.3.3 施工实例	393
9.4 地铁工程中的水泥土挡墙的选定及实例	395
9.4.1 工程概况	396
9.4.2 挡墙工法的选择	397
9.4.3 各站挡墙工法	398
9.4.4 特殊地点的挡墙工法	404
9.4.5 环境保护措施	405
9.5 水泥土墙工法的选定实例	406
9.5.1 工程概况	406
9.5.2 水泥土墙工法的选定	406
9.5.3 施工实例	407
参考文献	411

第 1 章 水泥土连续墙工法进展概况

1.1 水泥土连续墙工法进展综述

1.1.1 水泥土连续墙工法及分类

1. 工法

水泥固化土，即水泥、土体和水一起搅拌后混合物的固结体（以下称为水泥土）。由于水泥在水化反应过程中释放 Ca^{2+} ，进而 Ca^{2+} 凝集土颗粒，即土颗粒被吸附到水泥水化物的周围固化，即生成水泥土。然后随着灰结反应的持续，水泥土的强度得以稳定提高。水泥土与搅拌前的软地层中的原状土相比，其强度（可达 $0.5 \sim 1\text{MPa}$ ）、渗水系数（可达 $10^{-5} \sim 10^{-7}\text{cm/s}$ ）等性能指标大为提高。

鉴于上述道理，人们开发了在不同手段形成的水泥土中插入型钢构成的所谓的水泥土地下连续墙，对应的成墙工法简称为水泥土连续墙工法。

2. 分类

实用化的水泥土连续墙工法的分类状况如图 1.1 所示。该图是按水泥土的生成方式、墙体水平断面形状、掘削地层土体的方式分类的分类图。就水泥土的生成方式而言，有置换型和原位搅拌混合型两种。所谓原位搅拌混合型，即通过螺旋搅拌钻机在钻进搅拌原位地层土体的同时，由钻头上的喷嘴喷射水泥浆液，土体和浆液被搅拌混合在原位生成水泥土。所谓置换型，通过挖槽机挖槽，把挖出的土体在地表与水泥浆搅拌混合生成水泥土，然后浇注到槽中。就墙体水平断面的形状而言，有等厚的矩形断面和非等厚的排柱（搭接）形两种。就掘削土体方式而言，有挖掘式抓斗、旋转挖掘、螺旋钻掘削式、链刀切削式等几种方式。



图 1.1 水泥土墙工法分类

就水泥土墙的芯材而言，通常使用 H 型钢和工字钢，也可以是钢管、钢板、特殊预制桩、特殊 H 型钢板桩及特殊钢管板桩。对芯材使用特殊钢管板桩和特殊 H 型钢板桩的

工法来说,因芯材是连在一起的,故构筑的水泥土连续墙属高刚性墙。芯材的设置方式有连续设置、全孔设置、隔孔设置及自由设置等几种方式。

(1) 原位搅拌混合工法

该工法有等厚形和排柱形两种。

① 排柱式原位搅拌土连接墙工法。

该工法也称 SMW (Soil Mixing Wall) 工法,属排柱形原位搅拌混合工法。该工法是在螺旋钻机的钻杆上设置搅拌机构,向地中钻孔,同时由钻头喷嘴注入水泥浆液,使被搅拌的土体和水泥浆液混合在其原位形成排柱状水泥土墙,如此重复使多幅墙体相互搭接形成一道一定长度的完整排柱式连续墙的工法(详见第4章的叙述)。

② 扩散剂抑制弃泥产生量水泥土连续墙工法。

该工法也称 ECO—MW 工法,属排柱形、原位搅拌混合工法。该工法是靠扩散剂减少水泥浆注入量,从而抑制弃泥排放量的环保型工法(详见6.5节的叙述)。

③ 改变钻孔注入程序抑制弃泥产生量的水泥土连续墙工法。

该工法也称 ECW 工法,属排柱形原位搅拌混合工法。该工法是在 SMW 工法基础上,变更钻孔注入程序,实现注入水泥浆液减量,从而使弃泥排放量削减的工法(详见9.1节的叙述)。

④ 2次分级处理抑制弃泥产生量的水泥土连续墙工法。

该工法也称 GSS 工法,仍属排柱形原位搅拌混合工法。该工法是靠专用设备把排出泥水进行2次分级处理,回收水泥浆液抑制弃泥产生量的水泥土连续墙工法(详见6.6节的叙述)。

⑤ 螺旋分级抑制弃泥产生量的水泥土连续墙工法。

该工法属排柱形原位搅拌混合工法。该工法是把排出泥水送入螺旋分离机进行3级处理,回收水泥浆液再利用,抑制弃泥产生量的水泥土连续墙工法(详见6.7节的叙述)。

⑥ 链刀等厚原位搅拌水泥土连续墙工法。

该工法也称 TRD (Trench Cutting Re-mixing Deep Wall) 工法,属等厚形原位搅拌混合工法。该工法相对 SMW 工法而言,是一种确保安全的工法。该工法是使用插入地中的链形切削架刀横向连续切削地层,同时竖向注入水泥浆液,浆液与原位土体被搅拌混合,在原位生成连续墙的工法(详见第7章的叙述)。

⑦ 纵横旋转切削等厚原位搅拌水泥土连续墙工法。

该工法(也称 RMW 工法)是在 SMW 螺旋钻机(只有水平(横)旋转掘削搅拌叶片)的基础上,添加竖向(纵)旋转掘削搅拌叶片进化而来的,成墙形状为等厚的水平断面为矩形的原位搅拌水泥土连续墙工法(详见9.3节的叙述)。

(2) 置换法

① 挖掘掘削土再利用工法。

该工法也称 CRM (Continuous-Walls Using Recycled Mud) 属等厚形置换工法。该工法使用 RC 连续墙的挖槽机,将挖出的挖槽土在地表与水泥混合成水泥土,浇回槽内。然后插入芯材(H型钢等),形成水泥土连续墙的工法。由于挖槽土得以再利用,故排出弃泥较少,是极好的环保型工法(详见第8章的叙述)。

② 矮机高置换式排柱挡墙工法。

该工法也称 BH·W 工法,属排柱形置换工法。该工法是采用逆循环泥水掘削,并上抽掘削机内泥水,使其与水泥等固化材搅拌混合,再压送回孔内,然后插芯材固化成墙的工法(详见 9.2 节的叙述)。

1.1.2 水泥土连续墙工法的优点及用途

1. 优点

归纳起来,水泥土连续墙工法具有以下优点:

- ① 止水性好(渗水系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$);
- ② 对周围地层的影响小(沉降小);
- ③ 工序简单、成本低、工期短;
- ④ 可大深度化(达 70m);
- ⑤ 产生弃土再利用率高(最大达 69%),排出弃泥少,属环保型工法;
- ⑥ 用途多样化,可用作各种工程的挡墙(挡土、止水)及产生污染物的隔离墙;
- ⑦ 与 RC 墙工法相比,施工占地面积小;
- ⑧ 施工振动小、噪声低。

2. 用途及应用领域

目前水泥土连续墙的主要用途是作各种深大开挖基坑的围护挡墙(占工程总量的 70%~80%,占统治地位);各种用途的主体结构侧墙;地下坝;各种地中防渗隔墙等等。

主要应用领域是地下坝,水库防渗墙,深大建筑物的基坑围护及主体结构侧墙,开挖隧道、盾构隧道、顶管隧道的工作竖井,地铁车站(必用工序)、城市共同沟工程、地下停车场、地下垃圾处理场的隔离墙、地下商业街、立体交叉地下道、地下变电站、地下蓄水池、各种地下泵站放射性物质(核废料等)地下存放库、沙漠绿化工程、都市保水工程、江河湖海护堤、船坞工程、水利围堰工程等领域。

1.1.3 水泥土连续墙工法的进展简况

国际上 20 世纪 50 年代初最先开发成功使用单轴钻机的排柱式水泥土连续墙工法,即 MIP 工法,1976 年开发成功 SMW 工法,1993 年开发成功 TRD 工法,1994 年开发成功 CRM 工法,1998 年开发成功 RMW 工法,2000 年推出 GSS 工法,2002 年推出 ECW 工法,2003 年推出 BH·W 工法,2004 年推出 ECO-MW 工法,2005 年推出螺旋分级抑制弃泥产生量的水泥土连续墙工法。

1.1.4 水泥土连续墙工法现状

1. 置换型水泥土墙工法现状

(1) 适用领域

因为置换型水泥土墙工法使用 RC 连续墙挖掘机械(抓斗挖掘机、水平多轴旋转挖掘机),所以可以实现深 120m、厚 500~1200mm 的墙体施工。