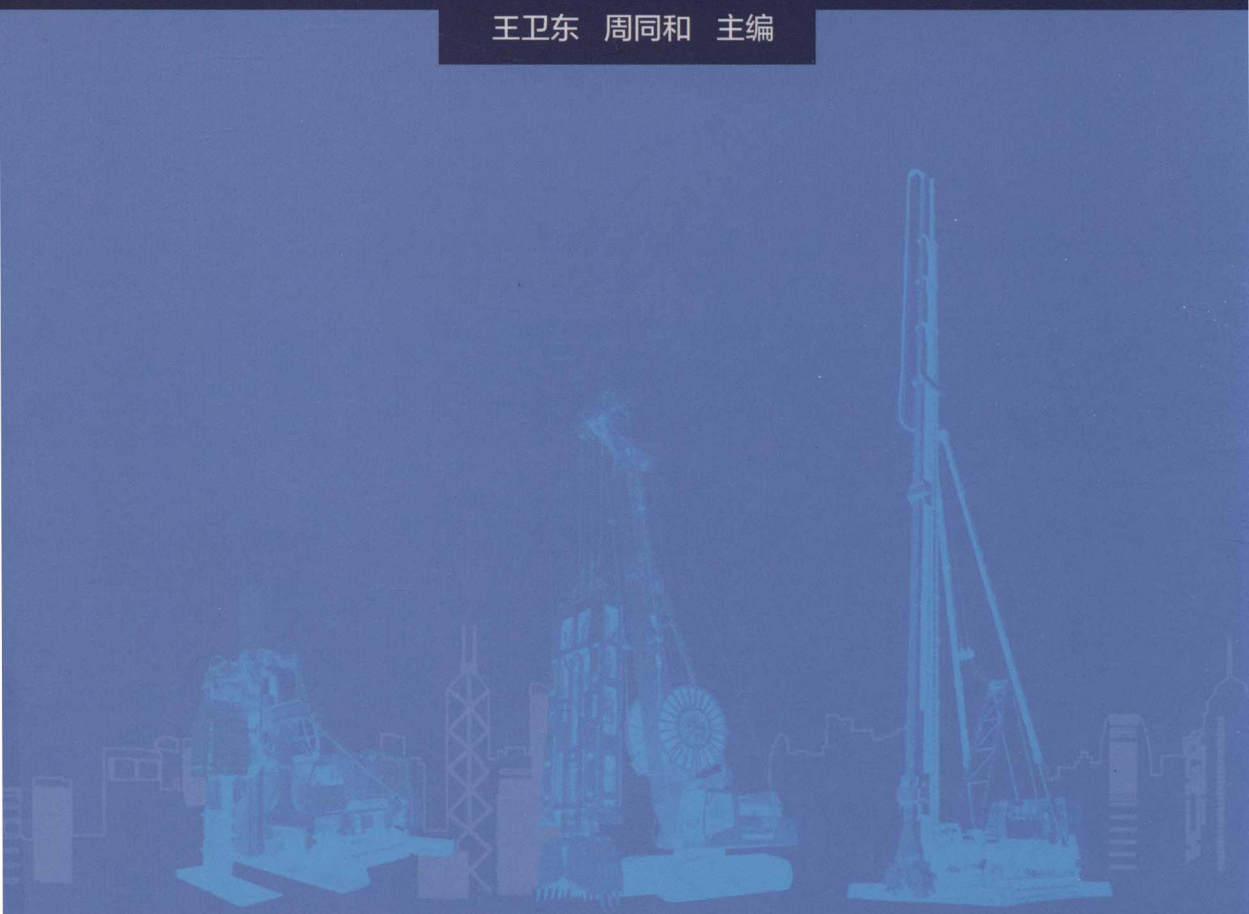


岩土工程施工技术与装备新进展

——第二届全国岩土工程施工技术与装备创新论坛论文集

NEW PROGRESS IN CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF
GEOTECHNICAL ENGINEERING

王卫东 周同和 主编



中国建筑工业出版社

岩土工程施工技术与装备新进展

——第二届全国岩土工程施工技术与装备 创新论坛论文集

王卫东 周同和 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

岩土工程施工技术与装备新进展——第二届全国岩土工程施工技术与装备创新论坛论文集/王卫东, 周同和主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018. 10
ISBN 978-7-112-22787-7

I. ①岩… II. ①王… ②周… III. ①岩土工程-学术会议-文集 IV. ①TU4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 233854 号

本论文集是为“第二届全国岩土工程施工技术与装备创新论坛”召开而出版的会议论文集, 共收稿 55 篇, 交流岩土工程施工技术装备方面的一些最新的实践成果, 主要内容包括基坑工程、基础工程、隧道工程、地基处理等方面的施工技术、施工装备、设计方法、监测检测技术等, 以促进相关新技术装备在国内的推广应用。

本书适合从事岩土工程施工、科研、管理人员学习参考。

责任编辑: 杨 允 王 梅

责任校对: 党 蕾

岩土工程施工技术与装备新进展 ——第二届全国岩土工程施工技术与装备创新论坛论文集

王卫东 周同和 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京君升印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 30 字数: 726 千字

2018 年 10 月第一版 2018 年 10 月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-22787-7

(32854)

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)

第二届全国岩土工程施工技术与装备创新论坛

2018 年 11 月 6 日~8 日 郑州

主办单位

中国土木工程学会土力学及岩土工程分会

承办单位 (排名不分先后)

河南省土木建筑学会土力学与岩土工程分会

河南省建设科技协会

河南省土木建筑学会工程勘察专业委员会

协办单位 (排名不分先后)

郑州大学综合设计研究院有限公司

河南同力和岩土工程有限公司

中化地质郑州岩土工程有限公司

河南省建筑设计研究院有限公司

郑州大学土木工程学院

中部城市建设有限公司

顾问委员会 (按姓氏拼音排名)

蔡美峰 陈湘生 陈云敏 陈肇元 陈仲颐 陈祖煜 程良奎 冯国栋 龚晓南
顾宝和 顾晓鲁 黄熙龄 蒋国澄 赖远明 李广信 刘金砺 马金普 钱七虎
唐业清 王复明 魏汝龙 杨林德 余志成 张建民 张旷成 赵锡宏 周 镜
周丰峻

学术委员会

主 任: 王卫东

副 主 任: 李耀良 张 雁 高文生 刘永超 龚秀刚

常务委员: 陈云敏 郑 刚 郑建国 朱雁飞 郭传新 周同和 杨志银 姜向红
周 铮 张日红 娄荣祥 林 坚 黄志明 丁 冰

委 员 (按姓氏拼音排名):

曹积财 曹荣夏 常林越 陈 铭 陈 星 陈建海 陈锦剑 崔凤祥
崔晓强 戴 斌 邓亚光 樊雪莲 方新涛 冯晓腊 傅志斌 高玉峰
高梓旺 郭现钊 郝江南 何毅良 胡 琦 胡晓虎 黄茂松 江志安
金雪莲 金宗川 康景文 李 星 李克江 李连祥 李 青 李维峰
梁志荣 刘 涛 刘克文 刘全林 刘松玉 刘兴旺 刘玉涛 刘忠池

马 郇	马连仲	毛由田	梅国雄	缪俊发	聂庆科	沈国勤	施 峰
施木俊	宋义仲	童立元	汪 浩	王 平	王宝德	王宏权	王继忠
王建军	王理想	王蜀元	王长科	吴才德	吴国明	吴洁妹	吴永红
向 艳	熊安喜	许森齐	严国仙	杨 斌	杨成斌	应志平	岳大昌
张 铭	张丙吉	张成金	张良夫	张文龙	张予强	张志建	章 谊
郑 坚	郑建民	钟显奇	周国然	周宏磊	周蓉峰	周予启	朱建新
朱 磊	朱士传	朱彦鹏					

组织委员会

主 任：周同和 姜炎涛 王宏权 郭院成 付进省

副主任：李小杰 肖昭然 刘希亮 鲍 鹏 孙文怀 顿志林 赵迷军 闫跃军
 邓小宁 张晓伟 姬同庚 乔来军 王 斌 袁 群 刘景言 司马玉洲
 张予强 梁 锋

委 员（按姓氏拼音排名）：

楚 斌	董金玉	杜明芳	郭志强	黄志全	吉建华	贾黎君	孔德志
刘立兵	刘晓乐	刘明林	路新景	连定立	宋 伟	宋继国	谈志成
唐立宪	吴伟功	王林海	汪保明	许录明	许世展	杨 锋	阎国奇
杨庆年	岳建伟	张根山	张松旺	邹正盛	赵东升		

秘书长：宋 伟 张予强 李永辉

论文编辑委员会

主 编：王卫东 周同和

编 委：李耀良 张 雁 高文生 刘永超 龚秀刚 郭传新 常林越 吴江斌
 徐中华 李永辉 胡 耘 李 青

前 言 Preface

随着国家“一带一路”战略重大工程建设以及生态文明建设要求的不断提升,对于岩土工程安全高效、节能降耗、环境低影响施工新技术与装备的研发有着迫切的工程和社会需求。岩土工程施工技术与装备的创新发展是提升我国岩土工程技术水平的关键,为满足新时代工程建设需求,促进岩土工程新技术研发,中国土木工程学会土力学及岩土工程分会于2016年成立了施工技术专业委员会,旨在构建集理论、设计、施工和装备为一体的“产、学、研、用”相结合的技术交流平台,推动我国岩土工程施工技术与装备的创新与发展,促进施工技术的产业化、标准化、产品化和规范化。2016年“第一届全国岩土工程施工技术创新论坛”在上海召开,来自全国各地的专家针对施工新技术和新装备的研发与应用进行了交流,对新技术和装备在全国范围的推广起到了积极的推动作用。

2018年11月6日~8日,“第二届全国岩土工程施工技术与装备创新论坛”于河南郑州召开,会议邀请岩土工程专家学者以及一线工程人员对近年来全国各个地区地下空间工程、基坑工程、基础工程、地基处理工程等领域的施工新技术、新型装备以及重大工程应用进行报告交流。本次会议也组织了征文活动,经全国各地岩土工作者的积极投稿、论文编辑委员会专家评审,共收录了55篇论文,以本论文集的形式予以出版。论文集主题包括岩土工程施工新技术、新型施工装备与智能化、设计新方法以及监测检测新技术等方面,内容涉及80m深超深铰削水泥土搅拌墙新技术、支护结构与主体结构相结合的“桩墙合一”新技术、预应力大跨度装配式钢支撑新技术、水泥土搅拌桩装备智能化研发、新型多功能桩机技术与创新、超大直径钢管桩大型振动桩锤研制等,反映了国内各地专家学者以及一线工程人员在岩土工程施工技术与装备等方面取得的系列新进展,期望论文集的出版能为相关新技术与装备在国内的推广起到促进作用。

本次征文活动得到全国专家学者以及一线工程人员的大力支持,得到会议主办、承办与协办单位的积极协助,得到中国建筑工业出版社的通力合作,在此谨向论文作者和相关单位与个人表示谢意!

论文编辑委员会

2018年10月

目 录 Contents

一、施工技术与工艺

超深等厚度铣削式水泥土搅拌墙施工技术及应用/李耀良, 张哲彬, 王理想	3
地下空间工程邻近施工之管理/李维峰	13
静钻根植桩新技术及应用/陈洪雨, 王树峰, 明 维, 张日红	25
改性聚酯注浆新技术在松散回填土地基修复的运用/苏志鹏, 梁永辉	34
TRD 工法在硬质土层中施工埋钻原因分析及处理/李 刚, 刘永超	43
海域复杂地层超长距离小口径钢顶管施工技术研究/ 李耀良, 王 涛, 罗云峰, 邹 峰	51
长螺旋压灌混合料植桩技术及水平承载力试验分析/ 郑华民, 王瑾瑾, 岳永健, 高伟, 周同和	59
中车旋挖钻机咬合桩施工技术/邢树兴, 陈 曦, 张 昊	67
双型钢复合旋喷桩的研究与创新应用/李 峰, 贾 航, 刘 航	73
盾尾衬砌环姿态实时测量技术及工程应用/钱美刚	79
大直径盾构过站井超深基坑施工技术/郑刘卫	86
某既有建筑减沉、纠倾方案设计和施工控制/ 佟建兴, 孙训海, 贾 宁, 杨新辉, 杜世伟, 牟 凡	98
无渗漏车站施工技术浅析/吴剑	107
深基坑降水地面沉降控制技术应用/李孚昊	116
深基坑支护与地下水控制施工过程中的几个关键技术/付瑞勇, 赵 锐	124
浅层降水强夯结合深层排水预压综合软基处理工艺及应用/ 张文龙, 吴其泰, 闫小旗	130
微扰动注浆在运营隧道收敛变形治理中的应用/赵文亮, 王 策	140
浅谈双仪器联动式自动导向系统在小曲率半径盾构工程中的应用/吕 磊	145
紧邻历史保护建筑物下构筑地下通道的设计与施工/陈 辉	152
特种长螺旋钻机处理地下既有钢绞线/韩陆洋, 冯红超, 周子舟	159
地铁深基坑内淤泥质地层土体纵向滑移事故分析及处理/ 杨 勇, 龙桂华, 薛 朗, 缪忠尚	166
咬合桩施工工艺在软土地区的应用/黄江川	174
大跨度钢管支撑体系改进研发及应用/陈伟宏	180
真空预压软基处理冬季抽真空阶段施工探究/曹培民, 李 峰, 杨庆泽	189

二、施工装备与智能化

水泥土搅拌桩装备现状与智能化发展/刘松玉, 王 亮, 邓永锋, 褚海岩, 刘锦平 ...	197
--	-----

免共振大偏心力矩振动桩锤及应用/曹荣夏,郭传新 208

新型多功能桩机的技术创新与工法应用/朱振新,朱建新,陈梓林,钱奂云 215

SX40 双轮铣槽机在城市超深地下连续墙施工中的应用/顾 军,胡君军 223

徐工多功能钻机及其应用/张中华,吕晓晓,卢立建 232

XJU140 履带式桩架的设计研发/张继光,孙 余,苏 陈,范强生 238

XJU140 履带式桩架沉管灌注桩施工工法及工程应用/
孙 余,张继光,苏 陈,丁洪亮..... 245

XRL100 轮胎式汽车底盘旋挖钻机/孙 余,单昌猛,孙培科 252

使用自动化强夯机施工的 SDDC 工法/李立敏 258

三、设计方法与监测检测技术

桩墙合一新技术与工程实践/王卫东,胡 耘 267

预应力型钢组合支撑及其在超深基坑工程的应用/胡 琦,任 宇,胡 煥 284

土岩组合地层复杂基坑与边坡支护设计与实践/连柯楠 292

TRD 工法悬挂隔水帷幕在深基坑工程中的应用/蔡忠祥 303

预应力型钢组合支撑与 TRD 工法在高水位砂土地基超深基坑中的应用/
胡 琦,任 宇,胡 煥..... 311

场地高度受限条件下的基坑工程设计与对策/殷一弘 318

杭州市主城区狭长形超深基坑支护设计研究/何勇兴,曹国强,刘兴旺 327

基于 BP 神经网络的基坑支护选型研究/
秦永军,王文森,贺业力,马连仲,叶胜林..... 336

人工挖孔桩在边坡加固工程中的设计应用/李 伟,冯红超,范铁强 345

地下连续墙不同作业工况下的姿态检测技术/周蓉峰,陈晓明,周 铮,李 操 355

地铁引起地表振动的实测分析/岳建勇,刘 峰 363

上海软土地区大直径盾构浅覆土施工实测分析/杨子松 369

隧道施工自动测量导向系统的模块化研究与应用/唐 庆 377

四、其他

静钻根植桩承载力性能试验研究/张日红,陈洪雨,龚晓南,朱瑶宏 391

水泥土插芯组合桩复合地基承载性能研究/宋义仲,程海涛,卜发东,孟 炎 399

装配式地下车站侧墙接头力学性能研究/陈翔宇,戴国亮,王正振,孙正华 412

开挖方式对下卧隧道变形影响的模型试验研究/张 浩,范建军,黄醒春 427

预留土墩支护深基坑有限元分析/秦会来,周予启,樊 星,孙 谈 436

临近既有地下室的深基坑有限土压力计算及应用/武登辉,赵庆亮,叶胜林 445

对超载储备安全系数的改进/刘路路,王东英 453

BIM 技术在轨道交通建设中的应用/李祥坤 459

信息化技术在工程施工现场材料管理中的应用/卢 恺 466

一、施工技术与工艺

超深等厚度铣削式水泥土搅拌墙施工技术及应用

李耀良^{1,2}, 张哲彬¹, 王理想¹

(1. 上海市基础工程集团有限公司, 上海 200433;

2. 上海基坑工程环境安全控制工程技术研究中心, 上海 200433)

摘要: 等厚度铣削式水泥土搅拌墙技术 (CSM 工法) 是结合现有液压铣槽机和深层搅拌技术进行创新的新技术, 可广泛运用于基坑工程、地基处理及防渗工程, 该工艺对于深层地下空间的建造具有显著的技术优势。目前为提高超深地下工程施工工艺水平并弥补相应领域空白, 需要对超深等厚度铣削式水泥土搅拌墙施工技术进行深入的探讨与研究。本文结合上海徐家汇中心虹桥路地块 80m 超深等厚度铣削式水泥土搅拌墙试验研究情况, 对超深等厚度铣削式水泥土搅拌墙工艺概况、机械设备、施工技术等方面进行了介绍, 通过现场监测和检测手段对试验应用效果进行分析总结, 形成了超深等厚度铣削式水泥土搅拌墙关键施工技术, 为城市深层地下空间的开发建设水平进一步提高奠定了基础。

关键词: 铣削式水泥土搅拌墙; 地基处理; 现场试验; 性能检测

Construction Technology and Appliation of Extra-deep Constant Thickness Cutter Soil Mixing Wall

Li Yaoliang^{1,2}, Zhang Zhebin, Wang Lixiang

(1. Shanghai Foundation Engineering Group Co., Ltd., Shanghai 200433;

2. Shanghai Engineering Research Center of Environmental Safety Control
of Excavation Engineering, Shanghai 200433)

Abstract: Constant thickness cutter soil mixing wall is an innovative technology with the existing hydraulic pressure slotter and the latest deep mixing technology, it is widely used in the construction of the excavation engineering, seepage control engineering, foundation engineering, etc. The method for the construction of a deep underground space has a significant technological advantage. At presen, to improve the level of the technology and fill in the blanks in China, in-depth discussions and researches for construction technology of super-deep constant thickness cutter soil mixing wall are needed. This article introduces the process overview, equipment and construction technology of extra-deep constant thickness cutter soil mixing wall, combined with project of extra-deep constant thickness cutter soil mixing wall in the land of Shanghai Xujiahui Center Hongqiao Road, and has formed the key construction technology of extra-deep constant thickness cutter soil mixing wall according to analysis and summary of test application effect by the field monitoring and testing, to lay the foundation for further improvement of the level of underground space development in the city.

Keywords: Cutter soil mixing wall; Ground treatment; Field test; Performance testing

基金项目: 上海市科学技术委员会科研项目 (16DZ1202206) 和住房城乡建设部科学技术项目计划 (2016-K4-027)

作者简介: 李耀良, 高级工程师 (教授级), E-mail: liyaoliang2@qq.com

1 工艺概况

1.1 工艺原理

等厚度铣削式水泥土搅拌墙技术 (CSM 工法)^[1]的原理是在钻具底端配置两个铣轮, 通过履带主机获取动力形成一套完整的 CSM 工法施工设备, 两组铣轮以竖直轴向旋转搅拌方式, 经过特制机架和钢丝绳与主机连接。通过下沉成槽和提升成墙, 竖向强制性切削松化土体, 同时结合注入水泥、水, 混合搅拌形成矩形的改良土体^[2]。

1.2 工艺优点

(1) 有效截面大

如图 1 所示, 传统水泥土搅拌成型加固体基本为圆柱形, 桩体通过桩间搭接成墙, 有效截面比率较小^[3]。CSM 工法成墙为立方体状, 有效截面比率为 100% (图 1)。

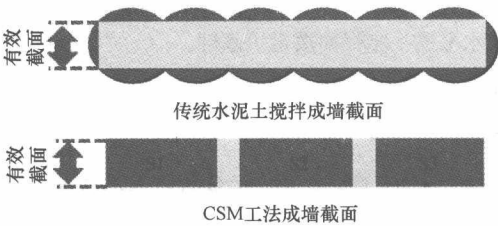


图 1 有效截面对比图

Fig. 1 Effective cross-section contrast chart

(2) 成墙深度深

传统水泥土搅拌工艺设备加固深度受动力头功率、钻头、导杆高度、钻杆直径和刚度等影响较大。CSM 工法加固设备采用双轮铣槽工艺^[4], 且钢丝绳索可以最大限度接长, 目前最大加固深度可达到 80m。

(3) 施工空间要求小

设备长约 13.5m, 宽约 7m, 高 6.9m。设备高度低、所需施工净空小、稳定性好^[5]。可贴近建 (构) 筑物, 最小距离 3m 进行施工。

(4) 垂直度高

结合双轮铣强大的土体切割能力和精确的垂直度控制系统, 成墙垂直度可达 1/500 以上^[4]。

1.3 工艺流程

导墙施工: 为保证超深等厚度铣削式水泥土搅拌墙施工垂直度精度要求高, 需在槽段顶部两侧设置导墙, 并与重型道路连接。

开挖沟槽: 预挖导沟用于汇集反流的浆液, 槽沟大小取决于土体的天然条件与注入水泥浆的总量。

下沉切削土体: 搅拌头以一定的速率持续性地深入地下, 在铣轮破碎土壤结构的同时, 将浆液泵送至搅拌头底部经喷嘴喷出, 与搅松的土壤充分搅拌。

上提喷浆搅拌: 到达设计深度后, 连续不断地供给水泥浆。在提升搅拌头时, 水泥浆与液化的土壤充分拌合。通过控制搅拌头提升的速度, 使得水泥浆与土壤均匀混合、搅拌, 使得水泥浆的注入总量与计算值一致。

成型墙体：连续成墙系由一系列的一期槽与二期槽搭接构成，套铰邻近新完成槽段的工艺称为“软铰工法”。源于双轮铰的技术，亦可套铰因故中断一段时间、墙体已经有一定的强度的一期槽，这称之为“硬铰工法”。

2 现场试验研究

2.1 试验概况

试验应用场地在徐家汇中心虹桥路地块项目场地内。本次 CSM 工法深度 80m，墙厚 1.2m。试验 3 幅成墙，每幅宽度 2800mm，采用一铰成槽的工艺。

2.2 机械设备

如图 2 主机系统采用德国宝峨 MC64 主机^[6]（100t）；卡特柴油双发动机，功率为 570kW；配宝峨绳索式 BCM10 铰头，最大施工深度可达 80m。

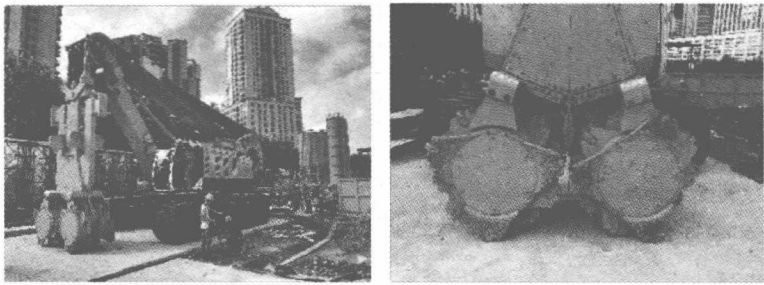


图 2 主机系统
Fig. 2 The host system

研制配套拌浆系统，包括：水泥筒仓、水仓、自动拌浆台以及储浆桶，见图 3。

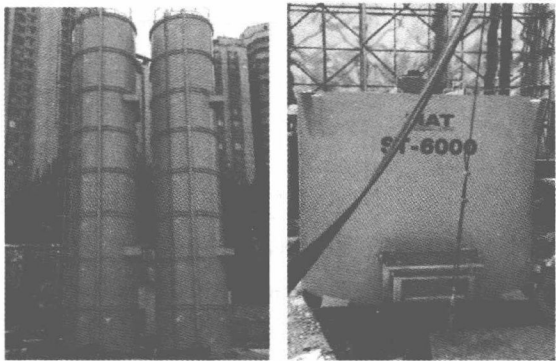


图 3 拌浆系统
Fig. 3 Slurry mixing system

为可持续使用泥浆，研制配套除砂系统，包括 50m³/h 软管泵以及除砂机，见图 4。

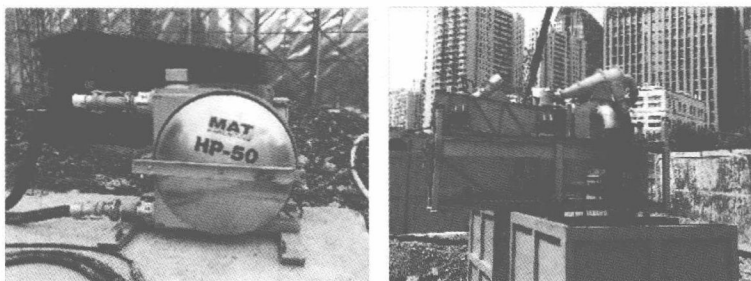


图 4 除砂系统

Fig. 4 Sand removal system

辅助系统包括：空压机、螺旋输送泵，见图 5。

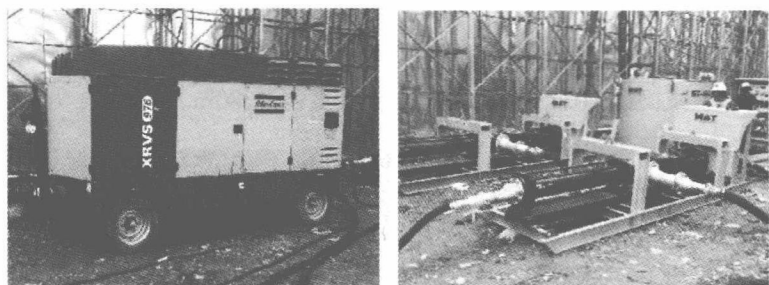


图 5 辅助系统

Fig. 5 Auxiliary systems

2.3 试验关键技术

(1) 试验技术参数

- 1) 成墙深度：80m；
- 2) 成墙垂直度：1/500；
- 3) 成墙厚度：1.2m；
- 4) 成槽宽度：2.8m；
- 5) 水泥掺量（%）：12、15、20；
- 6) 水泥浆液水灰比：0.8、1.0、1.2；
- 7) 膨润土掺量（%）：3。

(2) 套铣搭接厚度：本次 80m 深 CSM 工法墙，采用套铣搭接的施工顺序，搭接厚度为 30cm，如图 6 所示，按 1/500 垂直度控制，到 80m 墙底不分叉。

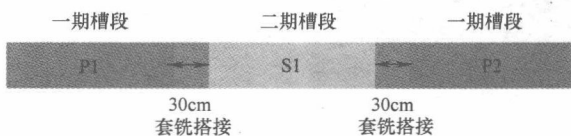


图 6 套铣搭接厚度示意图

Fig. 6 Flat milling overlap thickness diagram

(3) 导墙施工：考虑成墙深度较深，对垂直度控制要求较高，故施工前预先制作了“U”整体式钢筋混凝土结构引向导墙，如图 7 所示，以确保成墙质量。导墙宽 1250mm，高 1500mm，长度约 10m，采用 $\phi 16@250$ 单排双向钢筋，一侧与重型道路相连，混凝土为 C30。

(4) 垂直度控制：利用机载传感系统、数控显示屏，实时监测反馈垂直度偏差情况，如图 8 所示。并利用纠偏轮和双铰轮转速调整，随时纠偏。垂直度偏差控制在 $<1/500$ 。

(5) 浆液模式选择：常见浆液模式有单浆液和双浆液两种模式，而双浆液模式适用于施工时间可能比水泥浆凝固时间更长的情形，如施工深度达 80m 的 CSM 墙，为保证成墙质量，采取双浆液模式如图 9 所示，即下沉喷膨润土浆切削，提升喷水泥浆搅拌。

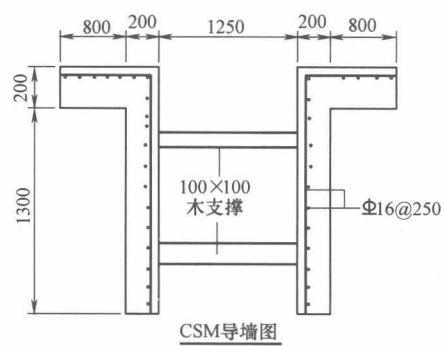


图 7 “U”型导墙构造图
Fig. 7 “U” type Guide wall

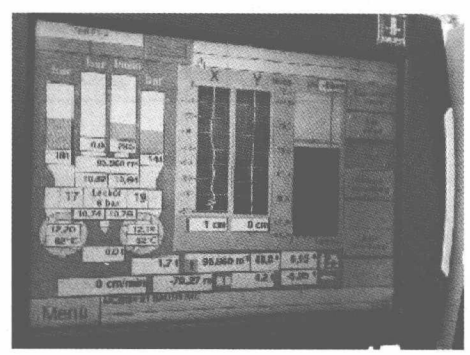


图 8 垂直度实时监控
Fig. 8 Verticality real-time monitoring

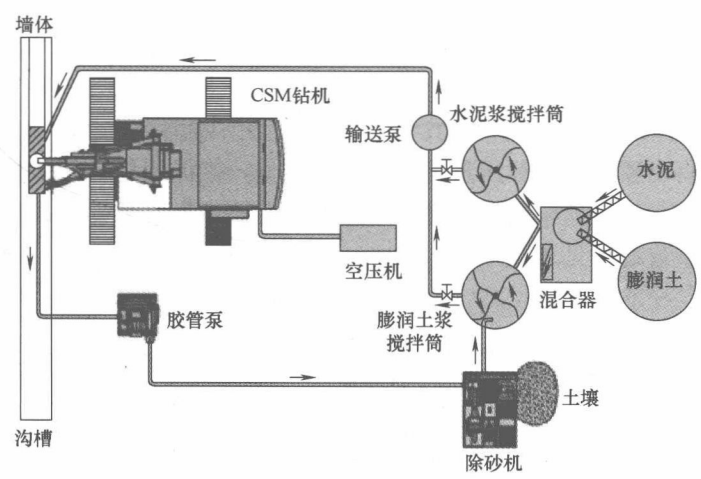


图 9 双浆液模式示意图
Fig. 9 Double slurry mode schematic diagram

(6) 施工速率：下沉速度按照 40~50cm/min 进行下沉，提升速度较下沉速度慢些，宜控制在 30~40cm/min。

3 试验应用效果

3.1 试验参数实施效果

(1) 终孔垂直度统计的垂直度偏差见表 1。

终孔垂直度统计的垂直度偏差记录表
Verticality deviation record table for final hole verticality statistics
表 1
Tab. 1

幅号	P1	P2	S1
X 向偏差	7cm	9cm	6cm
Y 向偏差	2cm	2cm	1cm
垂直度	0.87‰	1.12‰	0.75‰

可以得到 3 幅地下连续墙垂直度均 $<1/500$ ，达到预期效果。

(2) 浆液用量与预先拟定用量对比分析见表 2。

浆液用量与预先拟定用量对比分析表
Contrast analysis table of slurry dosage and pre-prepared dosage
表 2
Tab. 2

幅号	P1		P2		S1	
项目	实际	拟定	实际	拟定	实际	拟定
膨润土掺量	4.2%	3%	4.2%	3%	4.2%	3%
膨润土用量	229m ³	30m ³	193m ³	30m ³	146m ³	30m ³
返浆利用量	40m ³	—	60m ³	—	15m ³	—
施工用水量	66.8m ³	30m ³	48.5m ³	30m ³	75m ³	30m ³
水泥用量	60t	58t	59.88t	58t	60.12t	58t

从表 2 统计得出膨润土实际用量远大于拟定用量，水泥用量较预期有所增加，故采取循环利用浆液很有必要。返浆利用量表明返浆效率尚好，但有待提高。

(3) 泥浆置换量统计见表 3。

泥浆置换量统计表
Statistical table of slurry replacement quantity
表 3
Tab. 3

幅号	P1		P2		S1	
过程	下沉	提升	下沉	提升	下沉	提升
置换量(m ³)	250	50	260	50	150	50
合计(m ³)	300		310		200	
置换率(%)	111		115		74	

表 3 表明下沉时泥浆置换量较大，达 56%~96%，提升时泥浆置换量相对较少，在 19%左右，且泥浆置换量大与下沉速度关系较密切。通过对注浆设备进行改进，调低泵的最小流量，在下沉速度缓慢时可有效减少泥浆置换量，预计可降低约 30%。

(4) 施工功效：在 0~40m 深度区间施工，施工速度可保持在 30~40cm/min。在 40~50m 深度区间施工速度明显下降。经分析该深度范围内进入⑦₁、⑦₂ 砂层。土体的应力释放也对下沉过程产生极大影响，一期槽施工易出现卡钻现象，需频繁纠偏方可保证垂直度。提升速度与地质分层关系较小。

3.2 性能检测

针对本次 80m 深 CSM 工法墙的成墙质量，分别对过程中泥浆性能指标、成墙后抗压强度进行检测。

槽段内泥浆比重及黏度测试记录表 表 4
Test sheet for the specific gravity and viscosity of the slurry in the trough section Tab. 4

深度	P1		P2		S1	
	比重 (t/m³)	黏度 (s)	比重 (t/m³)	黏度 (s)	比重 (t/m³)	黏度 (s)
0~10m	1.28	20	1.54	45	1.26	21
10~20m	1.32	—	1.48	—	1.51	—
20~30m	1.44	24	1.50	—	1.43	—
30~40m	1.48	27	1.57	37	1.51	—
40~50m	1.49	—	1.55	33	1.45	—
50~60m	1.51	—	1.57	—	1.55	—
60~70m	1.51	31	1.47	26	1.47	44
70~80m	1.35	22	1.58	30	1.49	—

由表 4 可以了解到槽段内不同深度测得的泥浆比重和黏度数值接近，表明 CSM 工法对槽段内的泥浆循环是充分均匀的。

在墙身及接缝处进行全断面钻孔取芯检测（图 10），取芯强度检测记录如表 5，取芯完成后根据土层分布对芯样进行分段评价。

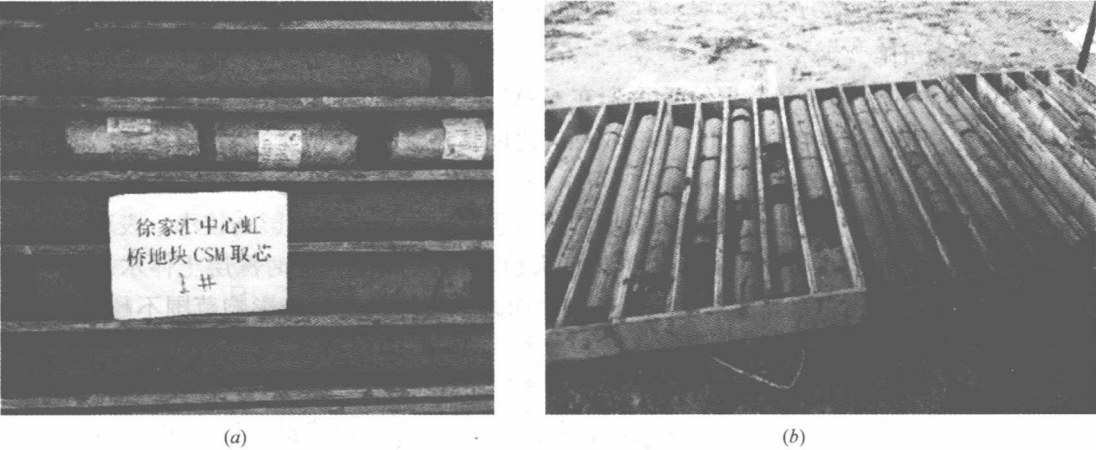


图 10 超深 CSM 墙身钻芯取样

Fig. 10 Drills the core sample for extra-deep constant thickness cutter soil mixing wall