

SMW工法桩在深厚淤泥质软土地层中的 施工优化研究

黄伟钧

(温州浙南地质工程有限公司, 浙江 温州 325000)

摘要: 本文基于温州地区深厚淤泥质软土地层的工程实践, 针对SMW工法桩施工中存在的桩机移位对中困难、型钢插放精度不足及施工成本较高等问题, 提出了一系列改进和优化措施。通过改进桩机移位对中和型钢插放对中的方法, 利用履板与挡土盖板的相对位移及标识物, 实现了桩机快速、准确就位。优化了型钢插放方式, 采用桩机副吊结合挖机轻压的方式, 降低了施工成本并提高了效率。通过设置型钢导向定位器和轴承式导向装置, 有效控制了型钢插放的垂直度和中心位置。实践表明, 改进后的施工方法显著提高了施工效率(从22~25根/天提升至38~40根/天), 降低了机械和人工成本, 并减少了噪声及震动对周边环境的影响。本文的研究成果为淤泥质软土地层中SMW工法桩的施工提供了切实可行的技术参考。

关键词: SMW工法桩; 型钢插放; 深厚淤泥质软土; 施工优化; 成本控制

中图分类号: TU473.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2025)05-0148-06

Research on construction optimization of SMW pile in deep muddy soft soil layers

HUANG Weijun

(Wenzhou Zhenan Geology Engineering Co., Ltd., Wenzhou Zhejiang 325000, China)

Abstract: This article is based on the engineering practice of deep muddy soft soil layers in the Wenzhou area, and proposes a series of improved and optimized measures to address the problems of difficult alignment of pile drivers, insufficient accuracy of steel insertion, and high construction costs in SMW pile construction. By improving the method of aligning the displacement of the pile driver with the insertion of the steel, and utilizing the relative displacement and markers between the track shoe and the retaining cover plate, the pile driver was quickly and accurately positioned. The insertion method of steel sections has been optimized by using a combination of pile driver auxiliary crane and excavator light pressure, which reduces the construction costs and improves the efficiency. In addition, by setting up steel guide locators and bearing type guide devices, the verticality and center position of steel insertion have been effectively controlled. Practice has shown that the improved construction method significantly improves the construction efficiency (from 22~25 pieces/day to 38~40 pieces/day), reduces the machinery and labor costs, and minimizes the impact of noise and vibration on the surrounding environment. The research results provide practical and feasible technical references for the construction of SMW method piles in silty soft soil layers.

Key words: SMW pile; section steel insertion; deep muddy soft soil layers; construction optimization; cost control

0 引言

SMW工法桩作为一种新型的基坑支护技术, 自问世以来, 凭借其施工速度快、环境影响小、支护效果好等优势, 逐渐在国内外得到广泛应用。许多

收稿日期: 2025-03-11; 修回日期: 2025-04-28 DOI: 10.12143/j.ztgc.2025.05.020

作者简介: 黄伟钧, 男, 汉族, 1983年生, 工程师, 勘查技术与工程专业, 主要从事基础工程、基坑支护、地基处理、药剂真空预压处理工程废浆技术等方面的工作, 浙江省温州市瓯海区新桥街道站前路199号, 281028196@qq.com。

引用格式: 黄伟钧. SMW工法桩在深厚淤泥质软土地层中的施工优化研究[J]. 钻探工程, 2025, 52(5): 148-153.

HUANG Weijun. Research on construction optimization of SMW pile in deep muddy soft soil layers[J]. Drilling Engineering, 2025, 52(5): 148-153.

学者对SMW工法桩结合不同的支撑组合形式进行了研究,如SMW工法桩+预应力锚索组合^[1-4]、SMW工法桩+混凝土水平支撑组合^[5-6]、SMW工法桩+预应力型钢水平支撑组合^[7-9]、SMW工法桩+斜桩支撑组合^[10-11]。这些组合形式能够充分发挥SMW工法桩的特点,有效控制基坑变形,提高支护结构的稳定性,同时还能在一定程度上降低工程造价、缩短工期、减少对周边环境的影响。

SMW 工法桩在淤泥质土层施工过程中产生大量的浮土,约占工程量的 25%,浮土的大量往前堆积影响已设置的桩位引线及桩机对中,对桩位引线的位置和桩机对中方式进行改进显得尤为必要。

目前SMW工法桩插放型钢的方法有3种:第1种吊车+震动锤组合插放;第2种液压打拔机插放;第3种桩机副吊插放。第1种和第2种型钢插放方法施工费用较高,第3种型钢插放方法存在型钢中心偏位过大、型钢扭转等不足之处。若有效利用现场的一台挖机完成桩机施工辅助工作及型钢插放工作,则能有效降低施工成本。此外,设置一种型钢定位装置确保型钢插放的精度和垂直度,也是提高施工质量的关键。

笔者根据SMW工法桩在温州地区深厚淤泥质软土的多年施工经验,以直径为650 mm、型钢规格为H500×300、型钢长度14~16 m、型钢布置形式为插一跳一的型钢水泥土搅拌墙为例,从桩机移位对中和插放型钢对中的改进、插放型钢优化、插放型钢精度控制3方面进行论述,旨在进一步提高SMW工法桩施工效率和有效降低施工成本。

1 桩机移位对中和插放型钢对中的改进

在SMW工法桩施工过程中,桩机的移位对中和型钢的插放对中是确保施工质量的关键环节。特别是在淤泥质软土中,由于产生的浮土较多,影响桩机移位对中。因此,对桩机移位对中和插放型钢对中的改进显得尤为重要。我们在施工中,主要通过主机和履板之间的相对位移,结合搅拌桩桩位中心引线,达到桩机快速、准确就位对中的目的。具体包括以下8个步骤。

1.1 准备工作

(1)将前横向履板的挡土盖板与前履板脱离,与桩机前机脚固定,确保挡土盖板与桩机连成一体。这一步骤的目的是在桩机移动过程中,挡土盖

板能够随桩机一起移动,挡土盖板与前横向履板产生相对位移,从而精确控制桩机的水平位移距离,达到桩位对中和插放型钢对中。

(2) 在前横向履板挡土盖板上设置 2 个桩机移动对准标识物, 第 1 个位于左起 0 刻度, 第 2 个位于左起 1800 mm 刻度 (见图 1 黄色三角), 其主要用于横向履板相对于地面一次移动 1800 mm。

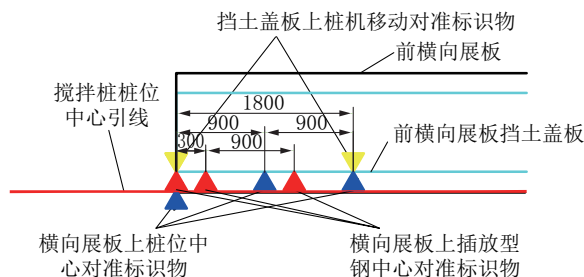


图 1 对准标识物示意

Fig.1 Schematic diagram of aligning markers

(3)在前横向履板上设置3个三轴水泥搅拌桩桩位中心对准标识物,第1个位于左起0刻度,第2个位于左起900 mm刻度,第3个位于左起1800 mm刻度(参见图1蓝色三角),其主要作用是桩机相对于前横向履板的相对位移,用于桩机移动对准水泥搅拌桩桩位中心。

(4)在前横向履板上设置3个型钢插放中心对准标识物,第1个位于左起0刻度,第2个位于左起300 mm 刻度,第3个位于左起1200 mm 刻度(参见图1红色三角),其主要作用是桩机相对于前横向履板的相对位移,用于桩机移动对准插放型钢中心。

(5)将三轴水泥搅拌桩桩位中心线引至前横向履板处(见图1红色线条)。在引线上标志桩号及桩位中心,在桩机大梁底部设置测锤,桩机一次就位对中后,可以帮助操作人员时时复核桩位偏差。

1.2 施工跳打幅

桩机就位对中施工跳打幅,见图2。

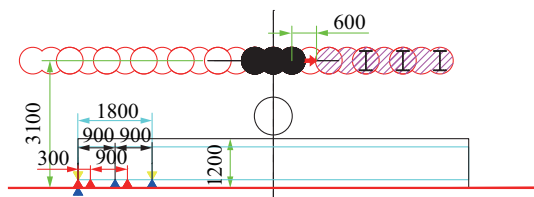


图2 施工跳打幅

Fig.2 Construction jumping amplitude

1.3 施工套打幅

桩机右移 900 mm, 施工套打幅。即横向履板不动, 移动桩机将挡土盖板左侧黄色三角对准横向履板中间蓝色三角(见图 3)。因套打 650 mm 三轴水泥搅拌桩, 相邻两幅桩的间距为 900 mm, 故需桩机移动 900 mm 对中桩位中心。

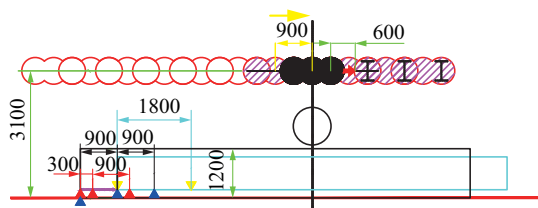


图 3 施工套打幅

Fig.3 Construction sleeve amplitude

1.4 插放第 1 根型钢

桩机左移 600 mm, 插放第 1 根型钢。即横向履板不动, 移动桩机将挡土盖板左侧黄色三角对准横向履板中间红色三角(见图 4)。因导向滑轮钢丝绳中心和型钢导向定位器中心距离水泥搅拌桩边圆圆中心 600 mm, 故需移动桩机 600 mm, 从而使导向滑轮钢丝绳中心和型钢导向定位器中心与插放型钢中心重合, 以达到对中插放型钢中心的目的。

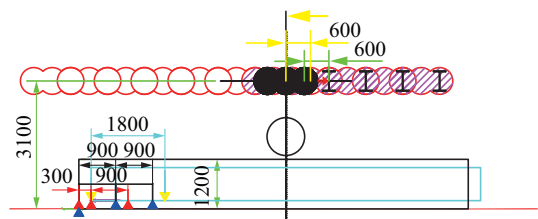


图 4 插放第 1 根型钢

Fig.4 Inserting the first section steel

1.5 插放第 2 根型钢

桩机左移 900 mm, 插放第 2 根型钢。即横向履板不动, 移动桩机将挡土盖板右侧黄色三角对准横向履板右侧红色三角(见图 5)。因相邻型钢的间距为 900 mm, 故需移动桩机 900 mm, 以达到对中第 2 根插放型钢中心的目的。

1.6 桩位对中

桩机左移 300 mm, 桩机钻头对准桩位中心。即横向履板不动, 移动桩机将挡土盖板右侧黄色三角对准横向履板中间蓝色三角(见图 6)。因插放第 1 根型钢时, 桩机与水泥搅拌桩桩位中心相对位移

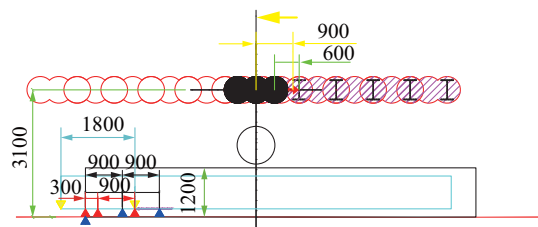


图 5 插放第 2 根型钢

Fig.5 Inserting the second section steel

600 mm, 故需桩机再次移动 300 mm, 以达到桩机对中桩位中心的目的。

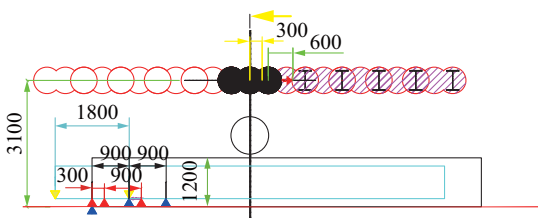


图 6 桩位对中

Fig.6 Pile position alignment

1.7 跳打幅桩位对中

桩机左移 900 mm, 桩机钻头对准跳打幅桩位中心。即横向履板不动, 移动桩机将挡土盖板右侧黄色三角对准横向履板左侧蓝色三角(见图 7)。三轴水泥搅拌桩套打时, 必须先施工跳打幅后施工套打幅, 故需桩机移动 900 mm, 以达到桩机对中跳打幅水泥搅拌桩桩位中心的目的。

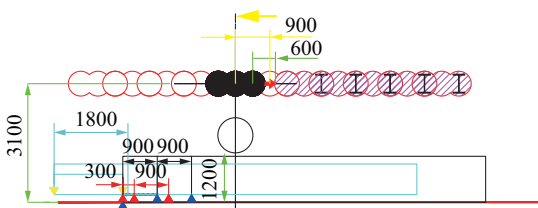


图 7 跳打幅桩位对中

Fig.7 Pile position alignment of jumping amplitude

1.8 横向履板回位

横向履板左移 1800 mm, 横向履板与挡土盖板重合。即桩机水平方向不动, 顶升纵向履板, 向左移动横向履板将横向履板左侧蓝色三角对准挡土盖板左侧黄色三角, 收缩纵向履板(见图 8)。根据桩机尺寸、前后横向履板尺寸及行程和多项目施工经验, 打 2 幅桩插 2 根型钢的施工模式为最优施工模式, 本文选用打 2 幅桩插 2 根型钢为一个施工流

程。因2幅三轴水泥搅拌桩的施工距离为1800 mm,故需移动前后横向履板1800 mm。

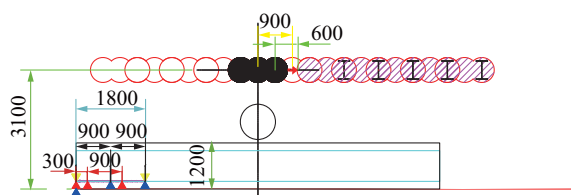


图8 横向履板回位

Fig.8 Returning of horizontal track shoe

按以上步骤施工2~3回次后,地面辅助人员应复核桩位偏差,若桩位偏差超过允许范围,则应相应调整桩机位置。

2 插放型钢优化

在SMW工法桩施工过程中,型钢的插放是确保支护效果的关键环节。通过对型钢插放的方式和工序进行优化,来实现节约施工成本和缩短施工时间的目的。

2.1 插放型钢方式的优化

温州地区淤泥质软土沉积厚度达35 m^[12],型钢插放时由于厚重的淤泥残土阻隔很可能靠自重无法顺利到达设计标高^[13],实际型钢顶标高往往比设计顶标高高50 cm左右。

插放型钢采用吊车+震动锤、液压打拔机等方式,施工费用较高。因淤泥质软土地层端部摩阻力比砂质土层的小得多,使用挖机轻压即可插放至型钢设计顶标高。故采用桩机自身副吊插放型钢,再使用挖机轻压的插放方式,更经济。

桩机副吊插放型钢时,应快速下放副吊钢丝绳,利用型钢自重形成冲击力,插入孔内,由于孔内淤泥质水泥土的黏结和填充作用,插入的型钢若不受外力作用不会出现扭转、歪斜、下沉等现象。

2.2 插放型钢工序的优化

根据桩机横向履板最大行程和搅拌桩施工水平距离,通过横向履板一次移位桩机对中就位,选择“打2幅搅拌桩插2根型钢”的最优施工方法,很大程度上减少桩机移位对中、型钢插放对中等辅助时间(见图9)。水泥浆终凝之前,利用挖机闲置时间将型钢轻压至型钢设计顶标高,测量员随测随压,确保标高控制在允许范围内。

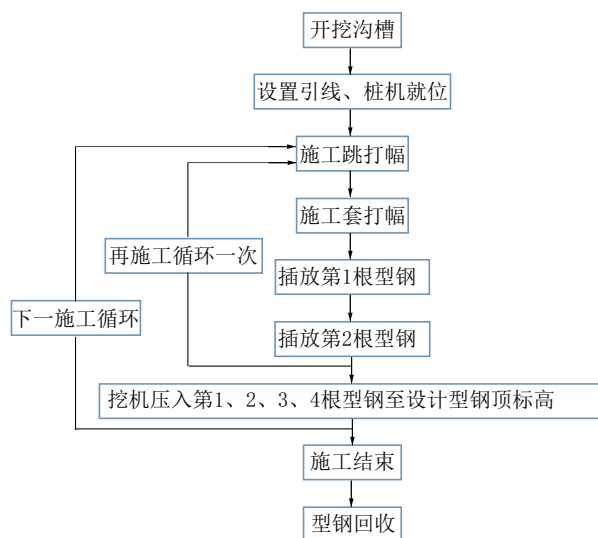


图9 SMW工法桩施工工艺流程

Fig.9 Flow chart of construction process for SMW pile construction

3 插放型钢精度控制

由于施工造价的降低和施工工期的极限压缩,导墙和型钢定位架被取消,施工过程中很难精确控制型钢插放中心和型钢的垂直度,故需从以下2点着重控制。

3.1 型钢插放中心的控制

动力头处设置副吊导向滑轮,滑轮钢丝绳中心距离钻杆中心600 mm,并与3条钻杆中心成一条直线。

护筒边设置型钢导向定位器(见图10),导向定位器中心(图10红色箭头)与3条钻杆中心保持成一条直线。

校核并确保副吊导向滑轮钢丝绳中心和型钢导向定位器中心连线(即副吊钢丝绳)的垂直度。

精确插放型钢对中步骤如1.4、1.5节所示。

3.2 型钢垂直度的控制

护筒边设置的型钢导向定位器采用轴承形式,有以下优点:

(1)钢丝绳由多股钢丝螺旋缠绕而成,这种结构在受力时容易产生扭转力矩。当钢丝绳承受型钢重力载荷时,各股钢丝之间的相互作用力会导致绳体发生扭转,使型钢产生扭转角度。轴承采用弧形导向结构设计,其上口部位设有连续平滑过渡曲面,形成与型钢截面相匹配的导向槽道。其曲率半径经有限元分析优化,确保型钢插入时回转并实现

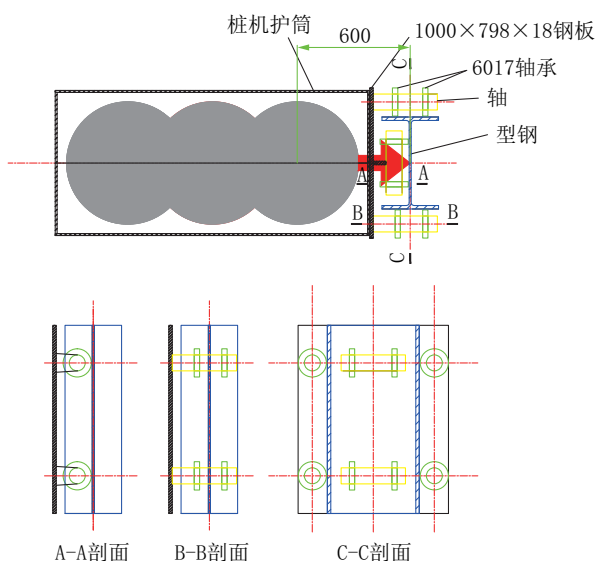


图10 型钢导向定位器示意

Fig.10 Schematic diagram of section steel guide locator

自对中功能。

(2)在型钢插放过程中,轴承与型钢的翼板和腹板之间产生滚动摩擦,这种摩擦机制能够显著降低型钢下放时的阻力。

(3)在型钢下放过程中,轴承能够吸收和分散冲击产生的振动和冲击力,减少对设备结构的损害,提高整体系统的稳定性和安全性。

导向定位器的上述优点,能够很好地控制型钢的垂直度。

4 应用效果

经过以上施工方法的改进和优化,取得了如下效果(见表1):

表1 各项目正常工况条件下施工情况对比统计
Table 1 Comparison and statistics of construction conditions under normal working conditions for each project

序号	项目名称	型钢长度/(m·根 ⁻¹)	施工数量/(根·天 ⁻¹)	插入方式	备注
1	绿城桃花岛T05-18地块	15	22~24	吊车+震动锤	优化前
2	融创平阳A10地块	12	23~25	液压打拔机	优化前
3	凯迪龙湾C-05a-1地块	14.5/16	38~40	桩机自插	优化后

(1)经济效益明显:一是节省吊车、液压打拔机等机械费用,若采取吊车+震动锤的插放型钢方式,机械租赁费用约2000元/台班。若采用液压打拔机的插放型钢方式,机械租赁费用约3000元/台班。而采用现场辅助工作的挖机轻压型钢至型钢设计顶标高,趁挖机片刻闲置时间即可完成此项工作,机械成本忽略不计。二是节约人工费用,按正常施工需要安排2名小工辅助对中、安插及固定型钢,此工艺只需安排1名小工对型钢插放前后卸扣的安装和拆卸。

(2)施工效率提高明显,工法桩插放型钢的效率从改进前的22~25根/天提高到38~40根/天,施工效率提高约70%。

(3)施工质量提升明显,型钢垂直度、平面位置、型钢间距、型钢顶部标高偏差均符合施工要求。

(4)噪声及震动等环境影响小。若采用震动锤、液压打拔机等高频震动机械,其噪声和振动对周边建筑物和居民造成不良影响,对周围土体产生扰动,可能导致邻近建筑物或地下管线的不均匀沉降或损坏。

(5)此工艺原理及操作简单,经济耐用。如桩机相对移动对准参照物时,机长在机台上就能看到对准参照物,简单直观。

5 结论

通过对桩机移位对中和插放型钢对中的改进、插放型钢优化、插放型钢精度控制等方面的优化,能够显著提高SMW工法桩的施工效率和施工质量,同时有效降低施工成本,具有显著的经济效益和社会效益。为淤泥质软土地层中SMW工法桩的施工提供了切实可行的技术参考。

参考文献(References):

- [1] 李政,张璞,陈晓淋.SMW工法桩结合预应力锚索在淤泥质软土深基坑支护中的应用[J].中华建设,2024(3):146-147.
LI Zheng, ZHANG Pu, CHEN Xiaolin. Application of SMW construction method pile combined with prestressed anchor cable in deep foundation pit support of silty soft soil[J]. China Construction, 2024(3):146-147.
- [2] 刘云成.SMW工法桩和预应力锚索相结合在深基坑围护中的应用[J].建筑施工,2012,34(4):297-299.
LIU Yuncheng. Combination of SMW construction method pile and prestressed anchor cable applied to deep foundation pit excavation support [J]. Building Construction, 2012, 34 (4) :

- 297-299.
- [3] 吴奔生.SMW工法桩+锚索联合支护技术在深基坑中的应用[J].住宅产业,2021(12):85-87, 91.
WU Bensheng. Application of SMW method pile and anchor cable combined support technology in deep foundation pit [J]. Housing Industry, 2021(12):85-87, 91.
- [4] 毛洁.禹城通裕阳光豪庭基坑工程施工工艺对周边建筑物的影响分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(10):62-66.
MAO Jie. Influence of the foundation pit construction process in Yucheng on surrounding buildings [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(10):62-66.
- [5] 葛明亮.SMW工法桩加钢筋混凝土水平支撑梁结构体系在基坑围护工程中的应用[J].建筑实践,2017,37(5):91.
GE Mingliang. SMW pile and reinforced concrete beam structure in the horizontal support application in foundation pit engineering [J]. Architectural Practice, 2017,37(5):91.
- [6] 李楚坤.SMW工法桩与混凝土支撑联合支护体系在深基坑中的应用[J].建筑技术,2025,56(1):80-82.
LI Chukun. Application of support system integrating smw pile and concrete support in deep foundation pit [J]. Architecture Technology, 2025,56(1):80-82.
- [7] 曾婕,成怡冲,徐晓兵,等.SMW工法桩结合预应力型钢组合支撑支护体系在软土深基坑中的应用[J].工程勘察,2021,49(8):14-19.
ZENG Jie, CHENG Yichong, XU Xiaobing, et al. Application of soil mixing wall combined with prestressed assembled steel strut support system in deep excavation in soft soil area [J]. Geotechnical Investigation & Surveying, 2021,49(8):14-19.
- [8] 何先伟.SMW工法桩与预应力型钢组合支撑施工技术研究[J].建筑机械化,2021,42(11):58-62.
HE Xianwei. Research on construction technology of SMW pile and prestressed steel composite support [J]. Construction Mechanization, 2021,42(11):58-62.
- [9] 陈华平,李雪麟,韦奇,等.SMW工法桩与预应力型钢组合支撑施工技术[J].建筑技术开发,2025,52(2):137-139.
CHEN Huaping, LI Xuelin, WEI Qi, et al. Exploration of the application of smw construction method piles and prestressed steel composite support technology [J]. Building Technique Development, 2025,52(2):137-139.
- [10] 曹慧,许利东,徐金鑫.“SMW工法桩+斜撑”在昆明软土地区基坑施工中的应用研究[J].建筑施工,2016,38(8):1017-1020.
CAO Hui, XU Lidong, XU Jinxin. Research of “SMW construction method+inclined bracing” applied to foundation pit construction in Kunming soft soil area [J]. Building Construction, 2016,38(8):1017-1020.
- [11] 王泽旺.软土地区深基坑中SMW工法桩+斜撑组合支护施工技术研究[J].江西建材,2023(11):292-293, 297.
WANG Zewang. Research on construction technology of SMW pile+inclined brace combined support in deep foundation pit in soft soil area [J]. Jiangxi Building Materials, 2023(11):292-293, 297.
- [12] 祝卫东.温州软土与台州软土工程特性及其比较分析[D].杭州:浙江大学,2003.
ZHU Weidong. Engineering properties and comparison analysis of Wen Zhou soft clays and Taizhou soft clays [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2003.
- [13] 熊富连,徐伟星.浅谈深厚淤泥质土层中SMW工法套接方式的选用[J].科技资讯,2012(16):53.
XIONG Fulian, XU Weixing. A brief discussion on the selection of smw construction method sleeve connection method in deep muddy soil layer [J]. Science & Technology Information, 2012(16):53-53.

(编辑 王文)