

TRD 等厚度水泥土地下连续墙施工技术

李徐德

武汉市市政建设集团有限公司, 湖北 武汉 430000

[摘要]当前城市化建设中加大对地下空间的开发和利用,市政建设中深基坑支护施工受到越来越多的关注。施工单位要充分利用有效的地下施工手段,方能保证施工的安全。TRD 等厚度水泥土地下连续墙施工技术凭借其适用范围广、施工稳定性好等技术优势,已经得到国内众多工程建设广泛的应用。本篇文章结合北湖泵站扩建及北湖大港改扩建工程,进一步介绍其施工工艺、技术措施,为后续 TRD 工法施工技术在工程领域施工提供技术保障和工艺保障。

[关键词]地下连续墙; TRD 工法; 施工工艺

DOI: 10.33142/ec.v8i1.15034

中图分类号: TU463

文献标识码: A

Construction Technology of Continuous Wall under TRD Thick Cement Soil

LI Xude

Wuhan Municipal Construction Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract: In the current urbanization construction, the development and utilization of underground space are increasing, and the construction of deep foundation pit support in municipal construction is receiving more and more attention. The construction unit must fully utilize effective underground construction methods to ensure the safety of construction. The construction technology of continuous walls under cement soil with TRD thickness has been widely applied in many domestic engineering constructions due to its wide applicability and good construction stability. This article combines the expansion of Beihu Pump Station and the renovation and expansion project of Beihu Dagang to further introduce its implementation process and technical measures, providing technical and process support for the subsequent TRD construction technology in the engineering field.

Keywords: underground continuous wall; TRD construction method; construction technology

引言

随着社会快速发展,科学技术的不断创新,市政地下施工水平得到显著提升,TRD 工法作为原位置混合搅拌连续墙施工工艺,在实际应用中可有效地替代传统地下施工建设手段,借助混合搅拌原土和水泥浆灌注,形成新的等厚度水泥墙,并保证连续墙能够具备均匀一致的厚度,良好的地下工程环境,提供有力的基础加固支撑作用。现阶段该技术已经被应用到各大地下工程或护岸工程中。本文以北湖泵站扩建及北湖大港改扩建工程为例,该工程地处武汉市东侧,周围湖泊较多,其水系湖泊有白湖、严西湖、竹子湖、青潭湖以及严东湖,东侧紧临长江。工程基坑工程距江堤较近,最大开挖深度达 15.7m,基坑采用排桩围护加两道支撑的形式,排桩采用单排钻孔桩加 TRD 工法深层水泥土搅拌墙止水帷幕。在项目应用中取得了质量、安全可靠、经济环保的效果。

1 TRD 工法工艺原理

TRD 工法的具体实施,需经过以下步骤完成:

- (1) 利用动力箱液压马达,实现对链锯式刀具的驱动。
- (2) 将切割刀具箱竖直向下插入地层,可形成分段的插入,保证达到预定深度。
- (3) 到预定深度后可转变刀具方向,形成水平横向

运动,可让链条带动刀具,形成上下的回转。

(4) 在切割的同时可借助切割箱的注料口,在原土内灌入水泥浆,形成等厚度的水泥土墙。

(5) 可在必要时增加连续土墙的刚度,插入型钢作为支撑。

通过上述工艺原理可对该技术进行概括,即该技术是基于水平轴锯链式切割箱进行垂直整体搅拌的过程,与传统的垂直轴螺旋钻杆水平分层搅拌技术存在明显差异,且更有应用价值。

2 TRD 工法与传统工法相比的优势特点

该技术凭借具体的工艺原理,在地下工程及护岸工程中具有显著的技术优势,与传统的工法相比,其具体的优势特点总结如下:

2.1 稳定性更高

TRD 工法作为现阶段地下工程建设的主流技术手段,其与传统工法比较,具有更高的稳定性。TRD 工法所用的相关机械设备,相比传统工法没有高度上的限制,具有良好的通过性。传统工法中 10m 多的设备存在着一定侧翻隐患,而 TRD 工法不存在此种安全隐患,可在施工中直接将切割箱插入地下,无倾倒的风险。同时,TRD 工法在施工中还不受深度影响,更具精度效果,此点比传统工法更具

优势,可借助施工管理系统对切割箱的纵横深度进行实时监测,切实保证连续墙的成墙精度。

2.2 成墙质量更好

TRD 工法相比传统工法更有更好的成墙质量效果,其可通过横向运动成墙,保证墙体厚度的一致性,由此建立的连续墙比传统工法建成的柱列式连续墙等更具防渗效果,检测后得出渗透系数可达 10^{-7} 。另外,由于 TRD 工法施工建设的墙体具有连续性特点,其强度较为均匀,能够有效地节省施工材料,提升施工效率。

2.3 适应性更强

TRD 工法与传统工法相比,还存在适应性方面的优势,展现出更加优越的适应性效果。其中,该技术在施工中可根据施工区域的地质情况,进行切割刀的选择,并利用计算机操控,调整插入和切割的速度和强度,能够适用多种不同地质条件及不同地层范围。如,可在砂、粉砂、黏土、砾石等土层中进行施工,亦可更改切割刀类型在鹅卵石、粘性淤泥、砂岩、油母页岩等硬质地层中施工。

3 TRD 工艺流程及操作要点

3.1 工艺流程

在该工程中应用 TRD 工法,根据工程实际需求,可将施工流程大致可简述为先插入切割箱,再进行水泥浆搅拌成墙,最后拔出切割箱。具体的 TRD 施工工艺流程图如下:

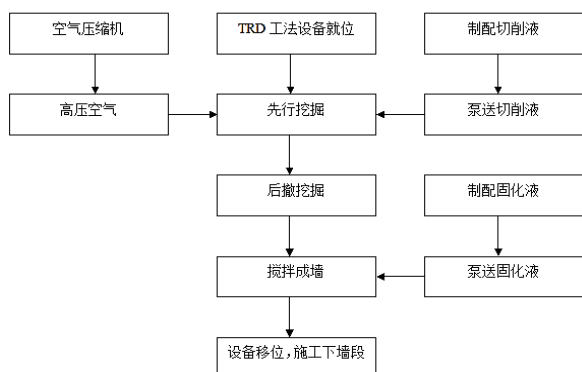


图1 TRD 工法成墙工艺流程图

3.2 施工技术要点

3.2.1 测量放线与设备吊装

在 TRD 工法施工前,要先依据设计图纸进行成墙位置的确认,对具体的成墙坐标进行标注,并利用测量仪器进行放样及放线复核。其中,为了保证施工的安全,要对相关区域进行加固处理,切实保证地基的承载力,能够承载 TRD 工法设备的重量,保证区域地基结构的稳定性。同时,可用挖掘机进行工槽的开挖,形成与护墙中心线平行的工作沟槽,并将预埋箱吊入其中。

3.2.2 仪器设备安装

该工程中为保证施工的有效性,在施工场地一侧架设了全站仪,进行位置的校正。在工作沟槽内搭建支撑台,并将切割箱吊装在支撑台上,建立 TRD 主机与切割箱的连

接。另外,为实时检验切割箱插入的深度,可安装斜测仪,对插入的垂直精度进行控制。

3.2.3 切割成墙

待所有仪器设备均连接完成后,可对切割箱进行启动,为切割箱注入挖掘液或固化液,切割一段距离后要让设备撤回原来位置,将箱内的固化液注入原位土体中,形成强制混合搅拌,进而完成等厚水泥土地下连续墙的浇筑。该施工过程中需注意的要点如下:

(1) 切割施工过程中,要对 TRD 工法桩机的状态进行确认,确保其底盘与地面平行,且要保证导杆的垂直度,使用相关测量仪器进行检测确认,允许差值为 $1/250$ 。

(2) 切割箱型号的选择要根据等厚度水泥土搅拌墙的墙深决定,并采用分段连续切割的方式进行挖掘。

(3) 切割箱自行打入预定深度时,要适当地进行挖掘液注入量的调整,进而让混合浆形成状态上的变化,增加其浓度和粘度。

(4) 可借切割箱内部的测斜仪进行垂直度监测,确保连续墙垂直度精度。

(5) 对于相邻墙体的拼接,可在拼接处预留 $30\sim 50\text{cm}$ 距离,且在拼接过程中要控制挖掘速度,确保拼接质量。

(6) 在 TRD 工法施工过程中,若遇因故停机的状态,要将切割箱移动到成墙区 3.4m 外,并尝试注入高浓度的挖掘液,实施临时性的退避保养操作,此种操作不仅可以避免切割箱被抱死,还能够一定程度上保障成墙效果。

另外,在切割成墙施工过程中,还要进行浆液流动度测试,即对成墙的混合泥浆流动度进行测试,保证成墙品质。由于该工法的施工中,会产生一系列废弃泥浆,要进行统一堆放和集中处理。

3.2.4 拔除切割箱

完成一段工作面的施工后,可将切割箱分段拔出,并对切割箱的状态进行确认,确保无异常后,再进行固化液的补充,便于后续再切割成墙作业,切割箱的拔出应选择远离架空线的位置进行。

3.3 特殊部位施工

TRD 遇到转角时,有外拔切割箱和内拔切割箱两种处理方案。

(1) 针对转角的外拔切割箱处理,要保证墙体外侧无障碍物或地下管线,至少进行 5m 范围内的清场操作。

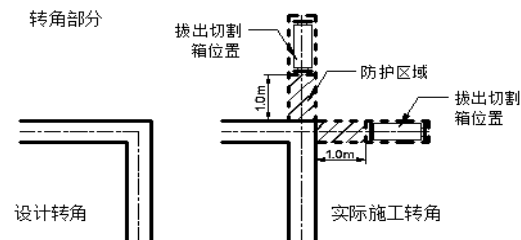


图2 外拔切割箱示意图

(2) 内侧拔出切割箱：在不满足外拔的条件下，尤其是埋地高压线及架空高压线不满足施工范围条件下，选择从施工墙体内侧拔出切割箱。

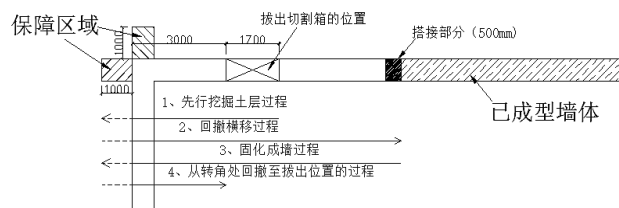


图3 内拔切割箱示意图

4 等厚度水泥土地下连续墙施工质量控制措施

4.1 材料质量检测

为进一步保证等厚度水泥土地下连续墙质量，要对所使用的所有施工材料进行质量检测，进场前要依照采购清单进行材料的核对，并对到货的材料进行试验检测，尤其针对施工中的水泥质量，要进行严格的控制，由于水泥直接关系到连续墙的强度，要进行抽检试验。

4.2 水泥土试块制作及钻孔取芯检测

4.2.1 水泥土试块制作

在进行水泥质量试验过程中，可根据水泥原材料进行试块制作，并针对试块的强度进行检验，以确认等厚度水泥土搅拌墙墙身的强度。该工程中针对水泥原材料进行了28d养护后，实施试块钻孔取芯试验。具体的试块参数见下表，试块的取样点应集中在低于墙顶1m处位置，检验其无侧限抗压强度。其中，要在延长米方向每30m进行一次抽检取芯，同处取芯数量要 ≥ 3 件，同一等厚度水泥土连续墙取芯数量 ≥ 5 处。

表1 水泥土试块制作标准参数表

序号	试块名称	试块规格	组数	备注
1	TRD工法水泥土试块	7.07×7.07×7.07cm	3组/幅	每班抽查2幅等厚度水泥土搅拌墙。

4.2.2 钻孔取芯检测要求

针对试块的检测要求要点如下：

(1) 试块需保证已经经过28d的养护期，并采用 $\phi 110$ 钻头进行钻取桩芯和薄壁取土器进行水泥土芯样的获取，且实现进行钻杆的校直，避免设备发生抖动，形成对连续墙的扰动。

(2) 获取的试块要进行及时的蜡封处理，避免其长时间接触空气，影响检验结果。

(3) 为了能够保证试验钻取的准确性，要在钻取前将等厚度水泥土搅拌墙的墙顶进行暴露，确保取样位置恰好在搅拌墙中心线上。

(4) 若存在取样异常现象，如取芯中出现连续墙形变等，要立即停止取芯，并进行相应的加固处理。

(5) 试块的试验研究，要根据土层分布进行分段处理，保证试验评价的准确性。其中，分段长度不可大于其

涂层厚度，且要针对试块的颜色、形状、密实度、均匀性、水泥含量、强度等进行试验。

(6) 对于试验中土样的检测，除了要进行及时密封外，要进行详细的标注，确保试验结果的有效性。同时，密封土样要避免暴晒或冰冻，并在24h内进行抗压强度检测，避免出现性能失效的情况。

(7) 可将水泥土制成圆柱体抗压试件，并依据试验要求进行高径比的设定，避免大面积的搅动制作，影响试样的稳定性。

(8) 对于存在异常的检测结果，要协同相关单位及部门，进行情况说明，并追加检验，保证检验结果的可信度。

4.3 质量控制注意事项

在进行等厚度水泥土地下连续墙施工中，为保证其施工质量，要做好相关施工控制，具体的控制要点如下：

(1) 对TRD工艺及相关设备进行检查，并建立质量验收标准，保证施工质量。

(2) 要对施工过程进行严格控制，如在施工中要安排专人在现场进行桩机垂直度、桩机移位、切割箱钻进深度、挖掘速度等的检验，并对固化液配比进行严格控制。

(3) 加强对施工现场的控制，要进行相关设备的复检，确保设备安装良好，参数设置正确后，方可启动施工。

(4) 该工程TRD工艺的实施过程中，需听从监理的监督，确保工程施工的安全性和可靠性。

4.4 TRD工法施工控制参数

表2 控制参数表

参数名称	拌制材料	掺入量 (每立方被搅拌土体)	混合泥浆流动度控制
挖掘液	钠基膨润土	100kg 膨润土	190mm~240mm
固化液	P·O 42.5级普通硅酸盐水泥	不少于25%的水泥，水灰比1.5	180mm~220mm

注意事项：

(1) 挖掘液拌制的施工过程按1000kg水、50~200kg膨润土拌制浆液。

(2) 挖掘液在施工中主要用于辅助切割箱的插入，及达到预期深度后的设备回撤，可根据工程实际情况进行挖掘液的使用。

(3) 固化液使用于成墙搅拌工序。

5 安全措施

(1) 针对TRD工法的相关施工规范，及该工程施工要求，在施工现场进行相关的安全施工部署，加强施工现场的安全保护设施安装，并做好施工前的环境安全检验，对施工现场的危险源进行控制，加强施工安全保证。

(2) 要在施工全周期对施工人员进行安全教育培训，在施工前确保做好技术交底工作，让施工人员能够形成较强的安全施工意识。在施工期间要每日进行安全会议，保

证施工人员能够时刻铭记施工安全的重要性。

(3) 制定施工现场安全管理条例, 要求施工人员必须完整佩戴安全防护用品, 方能参与施工。其中, 要保证劳保用品数量充足, 确保施工人员能够使用劳动用品进行施工建设。

(4) 施工单位要根据夏季和冬季, 对施工人员进行防暑和防寒保护。

(5) 对施工现场进行定期的安全检查, 详细记录存在的安全隐患事故, 并及时地对隐患问题进行处理, 避免安全隐患的蔓延。

(6) 加强对施工现场用电安全的管理, 其中, 临时用电要严格执行安全用电规定, 保证用电的安全性和规范性, 对于自主架设的用电线路要保证选用绝缘性良好的电缆材料, 并保证施工中电气设备的使用均具备良好的接地保护。同时, 要保证移动电气设备有二级漏电保护开关, 确保能够提供良好的移动供电效果。

(7) 对于施工中相关设备的安全和拆除, 要严格按照施工设备使用规范, 进行规范化的操作, 并在投入使用前, 进行质量验收, 确保能够提供正常的作业效能。

(8) 在该工程中要严禁在无安全保护的情况下下槽清孔。

(9) 对于工程中使用的钢丝绳等连接设备, 要定期检验其磨损程度, 并对其承受限值有所了解, 确保其能够满足施工的吊装需求。

6 环保措施

(1) 施工前要加强绿色施工环境保护观念的建立, 让工程中每个施工人员都具备较好的环境保护意识。

(2) 采取有效措施, 有组织地把施工废水, 生活污水经沉淀、过滤后排入污水井, 不能直接排入江河, 污染水源。

(3) 为保护施工范围内的环境卫生, 施工垃圾用汽车运到指定的地点倒弃, 施工现场保持干净整洁, 每天用

完用剩的材料及时处理或堆放整齐。

(4) 对于施工中所需的各种机械设备, 要进行集中管理, 并严格地控制施工工艺的噪声控制, 选择低噪声设备, 或进行相应的噪声污染处理。

(5) 施工机具废弃的油料要专门收集, 排弃、洒落地上的油污要清洗、覆盖。

(6) 对于项目中产生的固体废弃物, 要采取有效的处理方法, 避免造成土地资源的影响。

7 结论

与以往传统的深基坑围护施工工艺相比, 在市区内实施围护工程时经常碰到设备机械受客观条件限制(如高架桥梁下、架空线下等情况)净空高度不足等情况发生时, 由于 TRD 机械设备的高度较低, 对于施工场地要求灵活, TRD 工法的组合式刀箱, 从根本上解决了这个难题; 同时, 由于刀箱所处位置影响, 施工切割成墙中无多余的工作面的要求, 因此, 就算在市区实施围护施工过程中, 地质情况以及地下障碍物等不明情况较多, 采用 TRD 工法可以利用机械自带的链锯进行普通障碍物的切割, 故 TRD 工法可以胜任各类土层和砂砾石层地质情况。随着社会的进步, 科学的发展, 此工法的应用将会赢得更大的市场。

[参考文献]

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ/T 303-2013 渠式切割水泥土连续墙技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社出版, 2014.

[2] 中华人民共和国北京市住房和城乡建设委员会/北京市质量技术监督局. DB11/T 1526-2018 地下连续墙施工技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社出版, 2018.

作者简介: 李徐德(1987.9—), 男, 毕业院校: 武汉大学, 所学专业: 建筑经济管理, 当前就职单位: 武汉市市政建设集团有限公司, 职务: 分公司副经理, 职称级别: 高级工程师。