

TRD 工法超深止水帷幕施工及质量控制

李永超

(上海地铁咨询监理科技有限公司, 上海 200000)

【摘要】近年来,随着我国城市化进程的加快,对于超深基坑的需求日益扩大,在超深基坑施工过程中,止水帷幕施工工法的选择与质量控制对于其建设效率、工程质量、施工安全至关重要。本文即介绍了TRD工法的相关概述,研究了TRD工法超深止水帷幕施工及其质量控制,并探讨了TRD工法超深止水帷幕施工的未来发展趋势,以期望促进我国超深基坑工程建设的不断发展。

【关键词】TRD工法;超深止水帷幕;施工及质量控制

前言

目前,TRD工法作为我国工程项目中常用的施工技术,其在高层建筑、地铁工程、地下仓库等超深地下工程的止水帷幕施工中具有重要作用,其良好的适用性与止水效果为工程后续施工的安全性及稳定性提供了强有力的保障,本文即对TRD工法超深止水帷幕施工及质量控制进行探讨,以希望促进我国TRD工法在我国工程项目中的广泛应用,为我国工程建设发展助力。

一、TRD工法概述

(一) TRD工法原理

TRD工法通过工法机动力箱液压发动机驱动链锯式切割箱,首先竖向切割土体,逐段连接刀具箱钻至预定深度,然后水平横向切割并搅拌土体,同时从切割箱底部注入固化液,使其与原位土体(或混合泥浆)搅拌混合,形成等厚度水泥土搅拌墙,其成墙施工原理主要包括高压喷射注浆与理化反应两个方面^[1]。

1. 高压喷射注浆

高压喷射注浆其基本原理即利用高压泵将注入的注浆材料进行加压喷射,同时借助喷嘴的旋转摆动,促进注浆材料与土体混合,从而提升土体的抗渗性与强度;此外,这一过程还能够促使注浆材料对土体空隙与裂隙进行填充,从而增强土体的整体性与紧密性,从而有效提高地基的承载能力^[2]。

2. 理化反应

TRD工法利用固化剂与深层碎土形成的混合里经过的一系列化学、物理等理化反应,从而促使墙体逐渐固化,形成具有高稳定性与强度的结构体。这一过程往往需要对其时间与固化条件进行精准控制,以保障结构体的力学能力的长久性与稳定性。

(二) TRD工法特点

1. 连续性

TRD工法的连续性主要可以体现在其施工过程的

连续性、适应地层的连续性、成墙质量的连续性三个方面。首先,施工过程的连续性即指TRD工法从采用链锯式刀具进行竖直打入和水平横向运动到连续搅拌混合原土并灌入水泥浆,形成具有一定强度与厚度的止水墙,一整个过程环环相扣,保持了施工过程的连续性。其次,适应地层的连续性即指TRD工法能够广泛适用于各种类型地层,这种对地层的强适应性保障了TRD工法能够在不同地质条件下连续使用。此外,成墙质量的连续性即是由于TRD工法其特有的连续搅拌与喷射注浆方式,使得成墙保持其整体性,其厚度与强度较为均匀,从而保障了成墙质量的连续性。

2. 高效性

由于TRD工法采用了连续搅拌技术,与传统施工技术相比,TRD工法能够在更短的时间内完成更多的工程工作,从而为建筑工程大大节省施工时间,提高了工程效率与施工进度。此外,由于TRD工法的高效性,有效缩短了施工时间,能够降低工程施工被暴雨、台风、暴雪等意外环境条件阻断的风险,提高工程施工与工程品质的连续性与均一性,从而进一步提高了工程质量。

3. 环境友好

TRD工法有一重要优点即其施工过程对周围环境的影响极小,这种影响极小的施工过程主要表现在TRD工法对施工环境周围的土体扰动性较小。在实际工程应用中,这种对土体扰动的施工方法,不仅能够有效降低周围建筑物与地下管线的影响,从而降低施工风险,保障施工安全,还能体现现代社会工程施工环保、节能的施工理念,积极响应国家可持续发展政策。

4. 灵活性

由于TRD工法其对任何地质条件的广泛适应性与

先进的技术手段，可以适应任何地质条件与止水要求，并且灵活地根据不同地质条件与止水需求提供切实有效的解决方案，故在超深止水帷幕的施工过程中，TRD工法以其灵活性、广泛适应性与稳定性，成为其工程首选的施工方法。

二、TRD工法超深止水帷幕施工

（一）施工前准备工作

TRD工法超深止水帷幕施工的施工前准备对于整个工程项目都至关重要，其为整个施工过程奠定了坚实的基础。其主要包含地质、水文、气象勘探，施工方案制定，施工工序的确定，工艺参数与设备的选择，材料的准备等几个方面。第一，在地质、水文、气象勘探方面，即对施工现场土壤、地质构造，水的流向、水质，气象湿度、温度、降水等各项信息进行详细采集、管理与储存，这些信息对后续工程施工的安全性与可行性具有重要作用。第二，在对施工现场的地质、水文、气候等环境条件进行深入了解与掌握之后，则需对施工方案进行制定，施工方案对整个施工过程具有重要的指导意义，其制定过程需做到详细、准确。第三，在施工工序确定方面，施工工序的确定需保障了工程施工的科学性与合理性，在实际超深止水帷幕施工过程中，往往需先进行止水帷幕施工，为后续土方开挖提供安全稳定的施工条件。第四，在工艺参数与设备的选择方面，在TRD工法中，常用到的专业设备包括深层搅拌桩基、注浆泵等，且在专业设备的实际使用过程中，需对搅拌头的转速、注浆压力等关键参数根据实际施工情况进行不断调整；工艺参数与设备选择的科学性与适合性，直接影响到了超深止水帷幕施工质量与稳定性。第五，材料的准备，在超深止水帷幕施工前，相关人员需按严格照工程要求，充分准备标准数量与质量水泥、砂石、添加剂等施工材料，这样才能在施工过程中，保障材料供应的不间断，从而对施工效率与工程质量进行有效提升。

（二）施工过程中的技术要点

TRD工法超深止水帷幕施工过程中的技术要点主要包括切槽施工、水泥浆制备、注浆施工、监测与调整四个方面。首先，切槽施工其作为TRD工法的第一步，也是TRD工法的关键步骤，施工人员需按照工程方案与需求，并利用专业的切槽设备进行切槽施工工作，在切槽箱选择过程中，需根据工程需求选择适当的型号，并在施工前，对切槽设备精选调试与检查，而在切槽施工整个过程中，技术人员需持续性地保持其严谨性与精细性，任何一点偏差都可能导致止水帷幕的稳定性与密封性受到影响。其次，在水泥浆备方面，水泥浆的质量是注浆施工效果的关键影响因素，

故在材料选择时，需选择符合施工工程要求的水泥品种与标号，而在水泥浆制备过程中，需加入适当、适量的减水剂、缓凝剂等添加剂，以增强水泥浆的性能，此外，还需对水泥浆的搅拌速度与搅拌时间进行严格、精细的把控；这样才能使得水泥浆性能达到最佳使用状态，减少注浆过程中水泥浆结块与分层现象的出现。同时，注浆施工技术作为TRD工法的重要技术，需对其技术要点进行全面掌握；在切槽施工工作进行的同时，施工人员需立即通过注浆系统对向槽内进行注浆操作，在注浆过程中，需保持一定的压力，以保障填充部分的密实度，确保空隙填充工作能够顺利、均匀地进行；此外，在注浆施工过程中，需对水泥浆的流动情况进行实时监测与观察，一旦其流动数据与信息出现异常，技术人员需及时调整注浆参数，从而对堵塞或渗漏等现象进行精准防控。最后，监测与调整也是TRD工法中不容忽视的关键环节，其监测与调整内容涵盖了施工过程包括切槽设备型号、注浆压力与流量等要素在内的各个方面，一旦某个环节数据出现异常或施工效果不佳，相关人员则需及时对问题数据进行分析处理，这种实时的、动态的管理方式，能够保障施工质量与效果持续保持在最佳状态。

（三）施工后的检验与维护

施工后的检验与维护工作是TRD工法超深止水帷幕施工的最终环节，其关系到对前期施工成果的巩固与提升。其主要包含质量验收、维修养护、监测与预警机制的建设、记录与归档四个环节。首先，质量验收环节即指对超深止水帷幕的完整性、密实性、强度等一系列关键的参数指标进行全面而精细的评估与检测，这些指标能否达标，直接影响到了超深止水帷幕的作用效果。其次，维修养护即指相关工作人员在项目完成后，定期对超深止水帷幕进行检修与维护，及时发现并解决潜在问题，提高超深止水帷幕的使用年限，保障其长期处于良好的工作状态，为工程安全提供持续性的保障。

三、质量控制与安全管理

（一）质量控制

TRD工法超深止水帷幕施工及质量控制过程中，其质量控制的标准与要求是整个项目稳定性与安全性的保障。其质量控制主要包含对材料的质量控制、对施工工序的质量控制以及对验收工作的质量控制三个方面。首先，在材料的质量控制方面，只有通过仔细筛选和检验的应用材料的品质，才能保证其质量对项目各项要求全部符合。其次，在对施工工序的质量控制方面，施工工序的各个环节的顺利完成都直接关系到止水帷幕的最终质量和性能；在施工过程中，

施工工序的各个环节应被视为一个个独立的质量控制点，只有确保每个点的质量达标，才能保证整个止水帷幕系统的稳定性和安全性。最后，在对验收工作的质量控制方面，只有通过系统性、科学性的质量验收流程和标准，才可对止水帷幕的各项性能指标进行客观的评估和确认；这一过程不仅确保止水帷幕在质量上达到了预期的标准，也为后续的工程使用提供了可靠的质量保证。

（二）质量控制措施与方法

TRD 工法超深止水帷幕施工及质量控制过程中其质量控制的方法与措施主要包含施工团队的培养、施工过程的监控、质量的检测与记录、质量控制体系的建立四个方面。首先，在施工团队的培养方面，培训不仅仅是技术上的提升，更是一种对工作态度的重塑和对质量标准的再认识；通过这种兼具技术与认识的深入的培训和学习，施工人员不仅能够熟练掌握各自领域的施工技能，更能在日常工作中始终保持对质量的高度敏感和严格要求，从而有效保障施工质量稳步提升，最终达到甚至超越工程的预定标准。其次，在施工过程的监控方面，这种监控是动态的，它要求在施工进行的每一个环节、每一个阶段都有专业的质量管理人员进行严密、精确、实时的监督和检查；这种做法的目的十分明确：一旦发现施工中的问题或者偏差，立即进行纠正，确保施工质量始终与设计要求和预定标准保持高度一致；通过这样的施工过程监控，不仅能够及时发现并解决潜在的工程质量隐患，更能在实际操作中不断优化施工工艺和方法，实现施工效率和质量的双提升。此外，在质量检测与记录方面，对于任何一个施工项目而言，无论规模大小，都需要对其进行全面、细致、精准的质量检测，这种检测不仅涵盖了施工的关键部位和核心工序，更包括了从材料进场到最终验收的每一个环节。只有通过这样的质量检测，才能确保每一个施工细节都达到了既定的质量标准，而与此详尽的记录则为质量追溯提供了坚实的数据支持，无论是施工过程中的问题追踪，还是项目完成后的质量评估，这些记录都能成为直接和有力的证据。最后，在质量控制体系的建立方面，一个成熟的质量控制体系，不仅要能够预防和发现问题，更要能够快速、有效地解决问题；这就要求工作人员在处理质量问题时，必须遵循科学的方法和程序，既要从根本上找到问题的原因并彻底解决，又要确保解决过程不会对项目的其他部分造成不良影响。通过这样的问题处理机制，不仅能够及时消除质量隐患，更能从中汲取教训，不断完善和优化

质量控制体系本身。

（三）安全管理措施与应急预案

在施工过程中，安全管理措施与应急预案的制定和执行是相互补充、相互促进的。安全管理措施是预防事故发生的第一道防线，它通过制度约束、教育培训和安全设施配备等手段，为施工过程创造了一个相对安全的环境。而应急预案则是在事故发生后进行应对的最后一道屏障，它能够在关键时刻发挥关键作用，最大程度地减少事故带来的损失。安全管理与应急预案的制定主要包含以下流程：首先，需从源头上建立健全的安全管理制度，这一制度不仅是一张纸上的规定，更是贯穿施工始终的安全准绳，它明确了各级人员的安全职责，使得每个人都能够在各自的岗位上发挥最大的安全保障作用。其次，通过系统的安全教育培训，施工人员不仅能够深刻理解安全的重要性，更能够掌握实际的安全技能，从而在施工过程中有效预防安全事故的发生。这种培训不是一次性的活动，而是需要持续进行、不断深化，确保每个施工人员都能够时刻保持高度的安全警觉。最后，需借助安全设施的配备来进一步加固工程安全防线；根据施工的实际需要，合理配置安全设施，如防护网、安全带等，能够在关键时刻为施工人员提供必要的保护，减少由于意外危险而对施工人员生命安全的造成不必要损害。

结束语

综上所述，TRD 工法以其自身特有的连续性、高效性、环境友好性、与灵活性对超深止水帷幕施工及质量控制具有重要意义。TRD 工法不仅渗透在超深止水帷幕施工的前、中、后期各个环节，更对其施工质量的控制以及安全管理产生影响。且随着我国经济与科学技术的快速发展，TRD 工法也会随之不断创新与完善，以适应我国工程行业日益提高的工程需求与标准，为我国工程建设的可持续发展助力。

参考文献：

- [1] 张弥，朱洁民，刘福天. 深基坑工程止水帷幕 TRD 工法施工技术 [J]. 施工技术 (中英文), 2014, 43(21): 58-62.
- [2] 葛永超. TRD 工法原理及其在深基坑止水帷幕中的应用 [J]. 工程建设与设计, 2021, No.455(09): 29-31.

作者简介：

李永超，1975 年 11 月，女，汉族，湖南省永州市零陵区，本科，中级，研究方向：咨询监理。