

# TRD支护在隧道节段施工中的优化设计与应用

王 胜

六安市重点工程建设管理处 安徽 六安 237000

**摘 要:** 随着我国城市化进程的加快,隧道工程在城市基础设施建设中的重要性日益凸显。隧道节段的施工安全与稳定性直接关系到整个工程的成败。传统支护方法在面对复杂地质条件时,往往存在施工难度大、支护效果不理想等问题。TRD (Trench-Cutting & Re-mixing Deep Wall Method) 工法作为一种新型的基坑支护技术,以其成墙质量高、施工效率高、适应性强等优点,在隧道节段施工中展现出广阔的应用前景。本文基于长安路南延工程实例,深入探讨TRD支护在隧道节段施工中的优化设计与应用,旨在为类似工程提供技术参考和借鉴。

**关键词:** TRD工法; 隧道节段施工; 优化设计; 应用; 长安路南延工程

## 引言

隧道工程在城市交通、地下空间开发等领域发挥着重要作用。然而,隧道节段的施工往往面临复杂的地质条件和施工环境,对支护技术的要求极高。传统支护方法如SMW工法、钻孔灌注桩等,在超深、复杂地层中的应用存在局限性。TRD工法作为一种新型的基坑支护技术,近年来在国内逐渐得到应用和推广,其在隧道节段施工中的优势日益显现。本文旨在通过长安路南延工程实例,详细探讨TRD支护在隧道节段施工中的优化设计与应用,深入分析TRD工法的技术特点、施工流程、质量控制等方面,为类似工程提供全面的技术参考和借鉴,推动TRD支护技术在城市隧道工程中的广泛应用。

## 1 TRD工法概述

### 1.1 TRD工法原理

TRD工法,即链锯式深层搅拌墙工法(Trench-Cutting & Re-mixing Deep Wall Method),是一种创新的地下连续墙施工技术。其核心原理在于,利用装备有链锯式刀具的箱体垂直插入地层,随后通过箱体的水平横向移动及上下回转运动,对原土层进行充分的搅拌混合。在此过程中,同步灌入水泥浆液,使土体与水泥浆液均匀混合,形成具有高强度和均匀厚度的连续止水墙体。该技术起源于20世纪90年代的日本,凭借其独特的施工方式和优异的成墙性能,迅速在全球范围内得到推广和应用。

### 1.2 TRD工法特点

TRD工法具有诸多显著特点。首先,其成墙质量极高,由于搅拌均匀且连续性好,所形成的墙体止水效果卓越,能够有效阻隔地下水渗漏,确保工程结构的稳定性。其次,施工效率高,TRD工法实现了连续作业,大大缩短了施工周期,提高了整体施工效率<sup>[1]</sup>。再者,其适

应性强,无论是软土、粘土还是砂砾石层,甚至密实砂层和软岩层,TRD工法都能应对自如,展现出极强的地层适应能力。最后,环保性能好,施工过程中噪音和振动均较小,对周边环境的影响降到了最低,完全符合现代绿色、环保的施工理念。

## 2 工程概况

### 2.1 工程背景

长安路南延工程是六安市环线工程的重要组成部分,北起金安路,南至长江中路,总长约1.83km。其中,佛子岭路交口采用主路双向六车道下穿隧道的形式,隧道节段施工难度大,对支护技术的要求较高。为确保隧道节段施工的安全与稳定,工程采用了TRD支护技术。

### 2.2 工程地质条件

根据地质勘察报告,长安路南延工程隧道节段穿越的地层主要为杂填土、粉质黏土、中细砂夹卵砾石等。地层复杂多变,存在软弱土层和透水层,对施工支护技术提出了严峻挑战。因此,选择合适的支护技术对于确保隧道节段施工的安全与稳定至关重要。

## 3 TRD支护优化设计

### 3.1 设计原则

首先是安全可靠。这是设计的首要前提,必须确保隧道节段在施工过程中的整体稳定性和安全性。具体要求包括:墙体结构要具有足够的强度和刚度,以抵抗各种外力作用,防止墙体发生变形或破坏;同时,要做好防水防渗设计,确保墙体在施工过程中和运营期间都不会出现渗漏水现象,保障工程的安全可靠。其次是经济合理。在保证安全的前提下,要充分考虑工程的经济性,通过优化设计方案、选用合适的材料和施工方法,尽量降低工程成本,提高经济效益。这要求在设计过程

中要进行充分的经济分析和比较,确保每一分钱都花在刀刃上。最后是施工便捷。要优化设计方案,提高施工的可操作性和效率,缩短工期,降低施工难度。这包括合理安排施工顺序、选用高效的施工设备和工艺等,以确保施工过程的顺利进行。

### 3.2 设计方案

#### 3.2.1 墙体厚度与水泥掺量

在TRD支护设计中,墙体厚度与水泥掺量是至关重要的两个参数,它们直接影响到墙体的稳定性和止水效果。为了确定合理的墙体厚度,需要综合考虑地道节段的开挖深度、地质条件以及周围环境的复杂性。一般来说,墙体厚度设计在800mm至1200mm之间,但具体数值必须通过精确的地层稳定性和开挖深度计算来确定,以确保墙体能够承受各种外力作用,保持整体稳定。水泥掺量的确定同样需要依据地层性质进行灵活调整。水泥作为固化剂,其掺量的多少直接关系到墙体的强度和止水性能<sup>[2]</sup>。在设计过程中,需要根据地层的土质类型、含水量、颗粒级配等因素,通过试验和计算来确定最佳的水泥掺量。同时,水泥浆的配合比和注入压力等参数也需要严格控制,以确保水泥浆能够充分渗透到土层中,与土体形成均匀的固化体,从而保证成墙的质量。

#### 3.2.2 H型钢插入设计

为了进一步提高TRD墙体的刚度和强度,计划在墙体中插入H型钢。H型钢的插入设计需要充分考虑地道节段的受力特点和开挖深度,通过精确计算来确定H型钢的插入间距和深度。一般来说,H型钢的插入间距不宜过大,以确保墙体的连续性和稳定性。同时,还需要根据墙体的受力情况,选择合适的H型钢型号和规格,以确保其能够承受墙体的各种外力作用。在H型钢的连接方式上,也需要进行精心设计。为了确保H型钢与墙体之间的牢固连接,可以采用焊接、螺栓连接等方式。在具体选择时,需要综合考虑施工条件、工期要求以及成本等因素,选择最适合的连接方式。

#### 3.2.3 施工工序优化

为了提高TRD工法的施工效率,缩短工期,对施工工序进行了优化。采用三步施工法(两切一喷)进行成墙施工。首先,进行水平切割和搅拌作业,将链锯式刀具箱插入地层中,通过水平横向运动和上下回转运动,将原土层切割并搅拌均匀。然后,注入固化液(水泥浆),使土体与水泥浆充分混合,形成固化体。最后,再次进行切割和搅拌作业,以确保墙体的连续性和均匀性。此外,还需要合理安排施工顺序和进度计划。在施工过程中,要确保各项施工工序的顺利进行,避免出现

窝工、怠工等现象。同时,还需要加强现场管理和协调,确保施工过程中的安全和质量。通过优化施工工序和合理安排进度计划,可以进一步提高TRD工法的施工效率,缩短工期,降低工程成本。

## 4 TRD 支护施工流程

### 4.1 施工准备

施工准备是TRD支护施工的关键环节,它直接关系到后续施工的顺利进行和工程质量。首先,进行测量放样。根据设计图纸,使用精密的测量仪器对桩位和导槽位置进行准确标定。测量过程中,要严格遵守测量规范,确保测量数据的准确无误。同时,要对测量结果进行复核,避免出现误差。接着,开挖导槽。导槽的开挖为TRD桩机提供了定位和导向,是施工中的重要步骤。导槽的宽度和深度需根据桩机的型号和规格进行精确确定,以确保桩机能够稳定作业。在开挖过程中,要特别注意保护地下管线和周边建筑物等设施的安全,避免造成不必要的损失<sup>[3]</sup>。最后,进行设备组装。将TRD桩机的各个部件按照操作规程进行组装,并连接切割箱和主机。在组装过程中,要确保设备的稳定性和安全性,对各个连接部位进行紧固和检查。同时,还需对设备进行全面检查和调试,包括电气系统、液压系统、切割系统等,以确保其能够正常运行,满足施工要求。

### 4.2 成墙施工

成墙施工是TRD支护施工的核心环节,它直接关系到墙体的质量和稳定性。首先,进行切割搅拌作业。桩机就位后,根据地层性质和施工要求调整切割速度和搅拌强度等参数,开始进行切割搅拌。在切割过程中,要密切监测切割箱的工作状态和切割效果,及时调整切割参数,确保成墙质量。同时,要注意保持切割箱的稳定性和垂直度,避免出现偏差。接着,注入固化液。在切割搅拌过程中,按照地层性质和施工要求精确计算和调整固化液(水泥浆)的配合比和注入压力等参数,开始注入固化液。注入过程中,要密切监测固化液的流动状态和分布情况,确保其与原位土体充分混合搅拌,形成均匀的固化体。然后,插入H型钢。在水泥土硬结前,按照设计要求进行H型钢的插入作业。插入过程中,要精确控制和定位H型钢的位置和深度,确保其符合设计要求。同时,要注意保护H型钢的表面和连接部位等关键部位的安全和稳定,避免出现损伤或变形。

### 4.3 后续施工

后续施工是TRD支护施工的收尾环节,它关系到整个支护体系的完整性和稳定性。首先,进行冠梁施工。在TRD墙体顶部施工冠梁,以形成完整的支护体系。冠

梁的施工要严格按照设计图纸进行精确控制和定位,确保其位置、尺寸和形状符合要求。同时,要注意冠梁与墙体的连接部位的处理和加固等工作,确保其整体稳定性和安全性。接着,进行基坑开挖作业。在支护体系完成后,按照设计图纸和施工规范进行基坑开挖。开挖过程中,要严格控制开挖深度和坡度,避免超挖或欠挖。同时,要密切监测基坑的变形和稳定性等关键指标,及时发现和解决问题。如遇异常情况,要立即停止开挖并采取相应措施进行处理。

## 5 质量控制与监测

### 5.1 质量控制

确保水泥、H型钢等原材料的质量符合设计要求。原材料需经过严格的质量检验和筛选工作以确保其符合相关标准和规范的要求。严格控制施工过程中的各项参数如切割速度、注浆压力、搅拌强度等以确保成墙质量。同时,还需对施工过程进行全面监控和记录以便及时发现和解决问题。对成墙质量进行检测包括墙体厚度、强度、垂直度等指标<sup>[4]</sup>。检测工作需按照相关标准和规范进行以确保检测结果的准确性和可靠性。对于不符合要求的墙体需及时进行修补和加固等工作以确保其整体稳定性和安全性。

### 5.2 监测方案

设置监测点对墙体变形进行实时监测。监测点需按照设计图纸和施工规范进行设置以确保监测结果的准确性和可靠性。同时,还需对监测数据进行及时分析和处理以便及时发现和解决问题。监测地下水位变化以确保支护体系的有效性。地下水位监测需按照相关标准和规范进行以确保监测结果的准确性和可靠性。对于地下水位异常变化的情况需及时进行调查和处理以确保施工安全和工程质量。对周边环境进行监测以确保施工对周边环境的影响在可控范围内。周边环境监测需包括建筑物、道路、管线等设施的变形和稳定性等指标。对于监测结果异常的情况需及时进行调查和处理以确保施工安全和周边环境的安全稳定。

## 6 实施效果与经济效益分析

### 6.1 实施效果

长安路南延工程地道节段采用TRD支护技术后施工顺利进行,墙体质量优良,止水效果显著。基坑开挖过程中未出现明显的墙体变形和渗漏水现象,确保了施工安全和工程质量。同时,TRD支护技术还具有良好的环

保性能和施工效率等优势,为工程的顺利进行提供了有力保障。

### 6.2 经济效益分析

与传统支护方法相比,TRD支护技术具有施工速度快、成墙质量好、适应性强等优点。虽然初期投资略高,但考虑到施工周期缩短、后期维护成本降低等因素,TRD支护技术的经济效益显著。具体来说,TRD支护技术可以减少施工周期和人力成本等方面的投入;同时,由于其成墙质量好和适应性强等优点还可以减少后期维护和修复等方面的成本投入。因此,在类似工程中采用TRD支护技术将具有显著的经济效益和社会效益。

### 结语

本文通过对长安路南延工程地道节段施工中TRD支护技术的优化设计与应用研究得出以下结论:TRD支护技术在地道节段施工中具有显著优势,能够确保施工安全和工程质量;通过优化设计方案和施工流程可以提高TRD支护技术的施工效率和经济效益;TRD支护技术具有良好的环保性能和施工效率等优势为工程的顺利进行提供了有力保障。未来随着TRD支护技术的不断发展和完善其在地道节段施工中的应用将更加广泛。同时还需要进一步加强TRD支护技术的理论研究和实践应用工作以推动其在类似工程中的广泛应用和发展。具体来说可以从以下几个方面进行展望:加强对TRD支护技术的理论研究工作以完善其理论体系和技术框架;推广TRD支护技术在类似工程中的应用经验以提高其应用水平和效果;加强对TRD支护技术的监测和评估工作以确保其施工安全和工程质量等方面的要求得到满足;加强对TRD支护技术的创新和发展工作以推动其在未来工程中的更广泛应用和发展。

### 参考文献

- [1]姜鹏.TRD墙桩一体防渗与支护机理研究及应用[D].山东大学,2020.
- [2]孟祥明.基坑工程TRD与围护桩支护结构应用研究[J].建筑机械化,2024,45(11):51-54.
- [3]魏森,黎良青,姚士帅,等.TRD连续墙支护技术在火车站扩建项目中的应用[J].建筑技术开发,2021,48(22):80-81.
- [4]雷超,胡雨辰,周鹏辉.TRD工法水泥土搅拌墙在某基坑支护工程中的应用[J].长江工程职业技术学院学报,2019,36(01):1-5.