

长沙南湖路站地下连续墙施工控制技术

杨维^{1*}, 凌涛¹, 张升¹, 鄢振洲¹, 郭子琦¹, 张标², 张佳华^{3,4}, 徐鹏^{3,4}

(1. 中铁五局集团第一工程有限责任公司, 湖南长沙 410117; 2. 湖南科技大学 土木工程学院, 湖南湘潭 411201;
3. 湖南科技大学 南方煤矿瓦斯与顶板灾害预防控制安全生产重点实验室, 湖南湘潭 411201;
4. 湖南科技大学 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室, 湖南湘潭 411201)

摘要: 基于深基坑地下连续墙施工中出现的开挖面露筋等问题, 研究地下连续墙施工控制技术. 以长沙地铁 1 号线南湖路站为背景, 针对导墙施工、泥浆质量、成槽施工、钢筋笼制作及吊装和混凝土浇筑等工艺, 进行动态控制, 达到较好的预期效果. 保证了地下连续墙施工高质量快速成槽, 为地下连续墙施工深基坑设计和施工提供参考.

关键词: 地下连续墙; 施工控制; 监控量测; 钢筋笼

中图分类号: U455 文献标志码: A 文章编号: 1672-9102(2022)02-0037-05

Construction Control Technology of Underground Diaphragm Wall of Changsha Nanhu Road Station

YANG Wei¹, LING Tao¹, ZHANG Sheng¹, WU Zhenzhou¹,
GUO Ziqi¹, ZHANG Biao², ZHANG Jiahua^{3,4}, XU Peng^{3,4}

(1. The First Engineering Co., Ltd. of China Railway Wujia Group, Changsha 410117, China;
2. School of Civil Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
3. Work Safety Key Lab on Prevention and Control of Gas and Roof Disasters for Southern Coal Mines,
Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
4. Hunan Provincial key Laboratory of Safe Mining Techniques of Coal Mines,
Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: Based on the problem of excavation surface of the excavation of deep foundation pit, the construction control technology of underground continuous wall is studied. The paper takes the Nanhu Road Station of Changsha Metro Line 1 as the background, and aims at the construction of guide wall construction, mud quality, trough construction, reinforcing cage production and hoisting, concrete pouring and other technologies, and the desired effect is achieved. It provides reference for deep foundation pit design and construction of underground continuous wall construction, which ensures the construction of high quality rapid trough formation.

Keywords: diaphragm wall; construction control; monitoring and measurement; reinforcing cage

随着城市发展与转变, 为减缓出行压力, 尽可能利用城市的地下空间资源成为当下解决问题的新思路. 地铁已成为城市现代化建设的关键项目, 而地下连续墙是地铁深基坑明挖施工的主要保护结构. 地下连续墙作为一种截(挡)水、防渗、承重的基础结构物, 具有刚度大、安全性能高、防水性能好、对环境影响小等特点^[1]. 在施工过程中应针对重难点采用最佳的技术来提高地下连续墙的施工质量, 从而保证后续开挖施工的安全性和主体结构的使用年限, 以确保地下连续墙安全可靠^[1].

收稿日期: 2021-05-28

基金项目: 国家自然科学基金面上资助项目(52074116); 湖南省自然科学基金面上资助项目(2019JJ40082)

* 通信作者, E-mail: 379664843@qq.com

目前诸多学者依托工程项目,通过结构设计优化、现场试验、数值模拟、实地监测等研究手段对地下连续墙研究分析并取得了卓越的成就.冉海军等^[2]在盾构接收并超深连续墙迎土面设置单层玻璃纤维筋网,优化超深连续墙单层玻璃纤维筋网钢筋笼的设计、制作与吊装过程;郭盼盼等^[3]基于将双曲线接触模型嵌入到商用软件中的二次开发,对砂土中格形墙围护结构的受力变形特性进行有限元分析;安辰亮等^[4]通过支护结构变形和受力现场试验研究发现,异形深大基坑施工建议采取“地下连续墙+钢筋混凝土支撑+钢支撑”的组合支护形式;陈金铭等^[5]为解决临河基坑周边施工空间不足等问题,提出一种新型组合围护结构——地下连续墙与多排钢板桩组合围护结构;谷淡平等^[6]采用 FLAC^{3D}并结合现场监测情况,分析了便桥荷载作用下超深基坑地下连续墙的墙顶沉降、墙顶水平位移和地表沉降等变形特征;杜志云等^[7]分析槽壁稳定性的影响因素,得出地下水位、地面超载、泥浆液面、泥浆重度以及地质参数对槽壁稳定性起到关键作用.以上成果主要是从结构设计优化、现场试验、数值模拟、实地监测等多方面对地下连续墙进行研究,而对具体现场地下连续墙控制技术研究相对较少.杨峰等^[8]结合地下连续墙基坑围护工程施工关键工序,总结质量控制要点;陈奎^[9]分析地铁地下连续墙施工的概念及特点,阐述了地下连续墙施工中的质量管理策略.上述研究缺少对具体工艺及现场出现的问题,采取边测量边施工的动态控制方案.

因此,本文以长沙地铁 1 号线南湖路站为背景,采用监控量测的方案,指导导墙施工、泥浆质量、成槽施工、钢筋笼制作及吊装和混凝土浇筑等工艺,解决开挖面出现露筋、夹沙(泥)、槽段接缝渗水等问题.为今后地下连续墙施工深基坑设计和施工提供了参考.

1 工程概况

1.1 工程简介

南湖路站隶属长沙地铁 1 号线一期工程地铁站,为地下 3 层,局部 2 层的岛式车站.车站长 191.8 m,标准段基坑宽度约 18.9 m.端头井段基坑宽 22.7 m,车站基坑深度约 22.06~24.71 m.车站上方规划有沿芙蓉南路下穿地下车道^[10].车站位置航拍如图 1.



图 1 车站位置航拍

1.2 地质水文条件

该车站各岩土边层物理力学参数与厚度情况如表 1 所示^[10].车站地下水类型为第四系松散层中的孔隙潜水、强~中风化基岩裂隙水^[10].

表 1 各层物理力学参数与厚度情况

岩性	厚度/m	泊松比	内摩擦角/(°)	渗透系数/(m/d)
杂填土	2.5	0.25	10.0	1.800
粉质黏土	3.2	0.35	16.0	0.025
卵石	6.4	0.32	40.0	20.000
粉质黏土	1.6	0.28	14.0	0.060
全风化泥质粉砂岩	1.8	0.26	20.0	0.200
强风化泥质粉砂岩	2.4	0.26	26.0	0.500
中风化泥质粉砂岩	4.5	0.26	33.5	0.060

2 施工重难点控制

2.1 施工难点控制分析

由于该车站场地地质条件稍复杂,不良地质作用主要表现为有采空区(电力隧道),特殊岩土分别为人工填土层及遇水软化的全、强风化岩.施工难点:(1)采空区(电缆隧道),车站基坑西侧6~11 m地下埋设有电力隧道,施工过程中须加强监测,严格控制基坑变形,以保证电缆隧道的安全;(2)泥质粉砂岩的残积土与风化岩易软化与崩解,开挖后应立即进行衬砌与支护,以保证围岩的稳定性;(3)风化夹层,本场地中风化泥质粉砂岩中局部存在强风化夹层的现象,可能导致基坑的不稳定性和不均匀沉降^[10].

场地地下水主要为第四系松散层中的孔隙潜水、强~中风化基岩裂隙水^[10].在该地层中施工地下连续墙主要控制点是泥浆性能、成槽垂直度、孔底成渣、钢筋笼起重吊装、混凝土浇筑质量以及相邻幅段接缝处的几个质量控制点^[10].

2.2 现场施工中存在问题

- 1) 导墙施工时,遇很厚的杂填土、地下管线及地下不明障碍物.
- 2) 开挖面出现露筋、夹沙(泥)、槽段接缝渗水等现象.
- 3) 地连墙的垂直度控制,槽壁质量检测.
- 4) 钢筋笼下放过程中,若有槽壁坍塌,钢筋笼不能顺利下放.

3 地下连续墙施工质量控制方案

该车站的主体围护结构设计方案为地下连续墙,采用“工”字型钢板接头^[10].因此需制订对导墙施工、泥浆质量、成槽施工、钢筋笼制作及吊装和混凝土浇筑等工艺的控制方案,并加强监控量测,及时反馈监测信息,由所得信息制定解决措施.基于南湖路站实际情况,制订地下连续墙监测项目:(1)墙竖向位移、水平位移;(2)深层水平位移;(3)地表沉降;(4)地下水位;(5)支撑轴力(含支撑变形);(6)管线变形;(7)地面建筑物沉降、倾斜、水平位移;(8)地面建筑物裂缝宽度监测.

3.1 导墙施工控制

该车站的导墙长412.4 m,深1.5 m,导墙净空1.05 m,导墙基槽开挖尺寸如图2所示.对导墙施工控制可实现成槽位置的准确性及垂直精度,为提高导墙稳定性需在地基上浇筑导墙,并在导墙拆模后立即加设木支撑,导墙面应高出地面,避免其他物质冲入导槽内污染或稀释泥浆^[12].

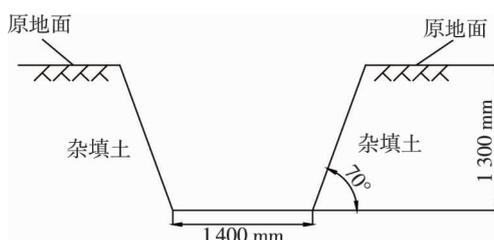


图2 导墙基槽开挖

3.2 泥浆质量控制

根据该车站的工程地质情况,选用膨润土制作泥浆,当松散层及砂砾层出现渗流现象时,依据实际情况来合理调整泥浆的试配配合比^[11].控制泥浆质量可以有效地保护地下连续墙墙壁和在挖槽过程中顺利成孔.提高地下连续墙的稳定性的护壁泥浆必须有适当的黏度和比重,并具备良好的稳定性.泥浆控制指标如表2所示^[12].

表2 泥浆控制指标

项目	黏度/s	相对密度	含砂率/%	pH值
范围	30~40	1.2~1.3	4	8~11
检验方法	泥浆黏重计	泥浆比重计	泥浆含砂量计	试纸

3.3 成槽施工控制

基于该车站的地质条件,卵石层和强中风化层厚会导致抓槽机不能顺利成槽,为提高地下连续墙施工的入岩成槽效果,冲击钻联合成槽机开挖,先进行幅间钻或冲导向引孔,再进行抓槽机的作业.抓槽至不适应的坚硬层时,进入冲击和修槽完成^[11].

成槽过程中应加强监控观测,若出现漏浆等情况要立即处理,经处理后重新开挖成槽.当挖至槽底 2~3 m,利用测绳测槽,避免超挖或欠挖,并对泥浆立即进行置换和质量控制^[11].

3.4 钢筋笼制作及吊装控制

钢筋笼主筋净保护层内外侧厚度不同,水平筋端部工字钢接头如图 3 所示.通过对钢筋笼制作及吊装过程控制,可以提高钢筋笼制作效率和安全性,从而解决地下连续墙的漏筋问题.为提高导墙的稳定性的可以采用以下措施:在场地条件允许时,钢筋制作平台、钢筋堆放场及钢筋设备棚应设置在一起;钢筋笼要具有牢靠的刚度和整体性,避免起吊过程中变形,起吊点必须焊接牢固,钢丝绳及吊具应具有可靠安全系数,施工便道要有充足的承载力,能满足起重设备的起重要求;在钢筋壁下放前需控制槽壁垂直度(平整度)等施工要求,若出现卡笼现象,不能强行下放^[11].钢筋笼制作允许偏差如表 3.

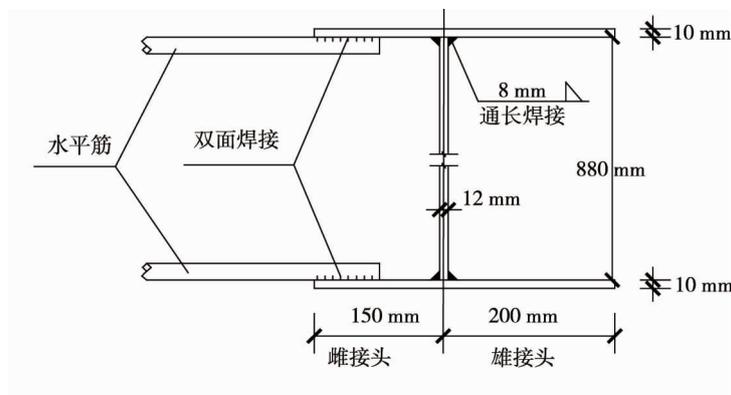


图 3 工字钢接头大样

表 3 钢筋笼制作允许偏差

项目	钢筋笼长度	钢筋笼宽度	钢筋笼厚度	主筋间距	分布筋间距	预埋件中心位置
偏差/mm	±50	±20	0~10	±10	±20	±10

3.5 混凝土浇筑控制

混凝土采用水下混凝土 C30,用套导管进行混凝土灌注(见图 4).混凝土浇筑控制可以提高地下连续墙的质量与安全,为确保地下连续墙的稳定性的可以采用以下措施:混凝土需持续浇筑(不能中断),钢筋笼放置到位后,灌注混凝土需在 4 h 内开始,导管需插入到槽底上方 50 cm 处灌注,导管料斗混凝土储量需确保初灌量;为保证其在导管内正常流动,减少夹泥的现象,应进行平缓浇筑处理.导管埋深太浅,会导致流动性过高,而埋深过深,会导致流动性过低,故埋入混凝土深度需控制在 1.5~4.0 m^[11].

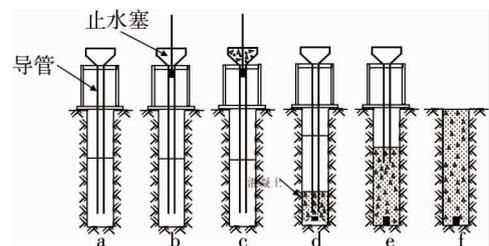


图 4 水下混凝土浇筑

4 动态控制

针对南湖路站地下连续墙出现的开挖面露筋等问题,须对其施工过程进行动态控制,如采用 UDM100 超声波进行成孔(槽)检测、成槽后泥浆性能检测、地下连续墙垂直度实测等检测手段对地下连续墙进行监控量测^[12].进行现场监控量测,可了解地层与围护结构体系的状态及施工对既有建(构)筑物的影响.通过对量测数据的整理和分析,及时调整相应的施工方案,确保施工过程和既有建筑的安全(如在成槽过程中增加对周围建筑物沉降和位移以及地面下沉监测的频次,及时反馈监测信息,根据监测信息制定相应

的措施)。从开挖至开通长沙南湖路站,通过变形监测,提高了成槽位置的准确性及垂直精度,保护了地下连续墙墙壁,达到了顺利成孔的效果。

5 结论

1) 施工现场的条件、地质水文条件、周边建筑物等外界因素都会对地下连续墙施工产生较大的影响。

2) 针对导墙施工、泥浆质量、成槽施工、钢筋笼制作及吊装和混凝土浇筑过程,实施动态监控,有效解决开挖面露筋、夹沙(泥)、槽段接缝渗水等问题。提高成槽位置精度和垂直精度,保护地下连续墙墙壁,达到顺利成孔的效果。

参考文献:

- [1] 建筑施工手册编写组. 建筑施工手册[M]. 3版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [2] 冉海军, 张文新, 牛占威, 等. 单层玻璃纤维筋网在超大直径盾构接收中的应用与分析——以苏埃通道工程盾构隧道为例[J]. 隧道建设(中英文), 2020, 40(s2): 233-240.
- [3] 郭盼盼, 龚晓南, 汪亦显. 考虑土与结构非线性接触特性的格形地下连续墙围护结构力学性状研究[J]. 岩土工程学报, 2021, 43(7): 1201-1209.
- [4] 安辰亮, 冯卫星, 王道远, 等. 车站异形深大基坑施工过程试验研究[J]. 铁道工程学报, 2021, 38(1): 13-18.
- [5] 陈金铭, 吴强, 杨新应, 等. 临河车站深基坑新型组合围护结构变形实测及分析[J]. 隧道建设(中英文), 2021, 41(s1): 89-98.
- [6] 谷淡平, 凌同华, 殷枝荣, 等. 便桥荷载作用下深基坑地下连续墙变形特性分析[J]. 地下空间与工程学报, 2020, 16(6): 1781-1791.
- [7] 杜志云, 冯庆元. 复杂地质条件下超深地下连续墙槽壁稳定性分析[J]. 地下空间与工程学报, 2020, 16(s2): 856-863.
- [8] 杨峰, 张会生. 污水处理厂地下连续墙施工关键质量控制措施[J]. 山西建筑, 2021, 47(13): 75-76.
- [9] 陈奎. 地铁工程地下连续墙施工中质量管理策略探析[J]. 工程建设与设计, 2021(14): 216-218.
- [10] 段坚堤. 长沙南湖路湘江隧道岸上段基坑围护结构选型分析[J]. 隧道建设, 2014, 34(4): 324-330.
- [11] 北京建工集团有限责任公司. 建筑分项工程施工工艺标准[M]. 3版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [12] 方勇. 地铁车站地下连续墙施工质量控制研究[J]. 中华建设, 2020(12): 112-113.