

低净空条件下地下连续墙施工技术研究

凌涛, 饶永强, 周飞, 杨维, 黄艳琳, 刘凯, 舒海英

(中铁五局集团第一工程有限责任公司, 长沙 410000)

摘要:地下连续墙作为城市地铁围护结构常用的支护方式, 施工工艺受周围环境影响较大。针对长沙地铁5号线华雅站, 高架桥下净空有限成槽、钢筋笼吊装入槽无法正常施工的情况, 提出了方锤配合冲击钻成槽、折臂吊分节吊装、钢板焊接连接等解决方案, 并对毗邻的高架桥提出了桥墩沉降监测、注浆加固的保护措施。现场施工验证了该施工工艺的合理性, 对同类工程施工有一定借鉴意义。

关键词:低净空; 地下连续墙; 高架桥; 成槽; 钢筋笼; 分段吊装

中图分类号: U443.16⁴ **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1891(2017)02-0051-04

Research on Construction Technology of Underground Continuous Wall under Conditions of Low Headroom

LING Tao, RAO Yong-qiang, ZHOU Fei, YANG Wei, HUANG Yan-lin, LIU Kai, SHU Hai-ying
(China Railway No.5 Group, The First Engineering CO., LTD., Changsha 410000, China)

Abstract: As a supporting method the underground continuous wall is commonly used for urban subway structure, and the construction process is largely influenced by the surrounding environment. The forming slot by limited space under the viaduct and lifting the steel cage into the groove can not be normal construction at Huaya station of Changsha Metro Line 5. In this paper, with the side hammer impact drill into the groove, the section folding arm crane lifting steel plate welded connections solutions, and the concrete protection measures of settlement monitoring and grouting reinforcement for the viaduct are put forward. Site construction confirmed the rationality of the construction process, and the experience can provide reference in the similar case.

Keywords: low headroom; underground continuous wall; viaduct; forming slot; steel reinforcement cage; segment lifting

0 引言

随着我国城市地铁的快速发展, 地下连续墙已成为地铁车站施工中采用较为广泛的支护方式。采用常规的设备 and 工艺时, 地连墙施工对操作空间有较高的要求, 而地铁车站往往修建在建筑、人流密集处, 如何在人行天桥、高架桥等低净空建筑下安全、优质地施作施工地下连续墙, 是经常摆在地铁建设者面前的一道难题^[1-10]。基于长沙地铁5号线华雅站高架桥下地连墙施工实例, 结合对毗邻的建筑物的监测、保护, 提出了低净空条件下地下连续墙的成槽、钢筋笼吊装入槽的新工艺, 具有一定的工程实践意义。

1 工程概况

1.1 工程简介

长沙市轨道交通5号线1标华雅站, 位于万家丽路与长沙大道十字路口南侧, 沿万家丽路南北向敷设。车站大小里程端接盾构区间, 均为盾构始发, 南端设置轨排井。

车站为地下2层单柱双跨钢筋混凝土框架结构, 工程施工工法采用明挖顺作法。车站总长度为493.80 m, 标准段宽度为20.7 m。基坑深度约为17.5~20.3 m。车站主体基坑采用地下连续墙+内支撑的围护结构形式, 其中第1道支撑采用混凝土支撑, 第2、3道支撑采用钢支撑。车站基坑安全保护

等级为一级,基坑支护设计使用期限为 2 a^[6]。

车站地下连续墙共 182 幅,设计深度约为 20.5~23.3 m,大部分位于万家丽高架桥东侧,其中西北端 5 幅(CW81、CW82、CW83、BW5、BW4)位于万家丽高架桥往长沙大道东方向的匝道桥下方,净空(匝道桥板底至地面)为 7.6~10.8 m,高架桥与地下连续墙的平面关系如图 1 所示。

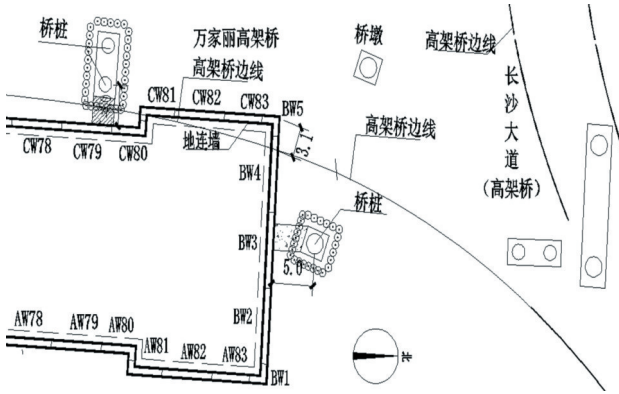


图 1 高架桥与地下连续墙位置关系图

1.2 工程地质和水文地质条件

车站北端地层岩性特征如下:沥青及混凝土路面(0~0.5 m)、素填土(0.5~3.7 m)、粉质黏土(3.7~7.7m)、冲积圆砾层(7.7~9.4 m)、强风化泥质粉砂岩(9.4~14.0 m)和中风化泥质粉砂岩(14.0 m 以下)。根据勘察结果可知:上层滞水稳定水位埋深 2.4~5.0 m;空隙承压水稳定水位埋深 5.0~10.2 m;场地内基岩为泥质粉砂岩,裂隙呈闭合状,裂隙水水量甚微,未形成稳定的水位^[1-8]。

2 重难点分析

(1) 华雅站西北方向 5 幅地连墙位于万家丽高架桥之下,高架桥底板距离地面高度 7.6~10.8 m,成槽、起重吊装等施工过程对高架桥的保护是施工难点之一。

(2) 万家丽高架桥钻孔桩桩长 18 m,位于地连墙墙底以下 0.2~0.5 m,平面位置距离地下连续墙为 3.8~5.0 m,因此必须及时监测、预防、处治地连墙施工过程中有可能发生的桥墩不均匀沉降、倾斜等问题。

3 低净空条件下地下连续墙施工方案

3.1 总体施工方案

华雅站设计有地连墙共 182 幅,其中西北端 5 幅位于万家丽高架桥下,采用低净空条件下地下连续墙施工方案;其余 177 幅净空不受限制,采用常规施工方案,施工方案主要异同如表 1 所示。

表 1 常规条件与低净空条件下施工方案的对比分析

作业工序	常规施工方案	低净空条件下施工方案
成槽施工	冲孔钻机(JK-8)引孔、沉槽机	冲孔钻机(JK-8)冲孔(SH400C)抓槽成槽、方锤修槽
钢筋笼制作	整体制作、机械连接	分段制作、钢板焊接连接
吊装环境	正常、无障碍物	高架桥下
钢筋吊装及入槽	150 t 履带吊(QUY150A)、50t 履带吊(QUY50B)联合起吊,150 t 履带吊运输、一次入槽	50 t 履带吊(QUY50B)分节起吊及运输,160 t 随车折臂(SQ3200ZB6)起吊入槽、钢板焊接连接
接头封堵	接头管+沙袋	沙袋

3.2 低净空条件下成槽施工

因桥下空间有限,无法用抓斗式成槽机成槽,而液压双轮铣槽机作为专用的地下连续墙施工设备,以其成槽施工效率高(较之抓斗法高 2~3 倍)、孔形规则(墙体垂直度可控制在 3‰ 以下)、安全环保、适应地层地质范围广等优点已在发达国家普遍采用,但受施工成本、设备数量限制未在国内全面推广,因此华雅站现场采用 JK-6 冲孔钻机成槽,方锤修槽。对于 BW5 等处在桥底下槽段,先采用 JK-6 冲孔钻机冲孔,平面上从一端冲击至另一端,同时采用空气吸泥法反循环清槽,待槽段成形后采用方锤修槽,确保相邻槽段工字钢接头清理干净。

为确保成槽垂直精度,华雅站采用武汉长盛生产的智能超声成孔检测仪 JL-IUDES(B) 检查槽位、槽深、槽宽、槽壁垂直度等,合格后继续进行清槽换浆工作,直到槽底 500 mm 左右高度以内的泥浆比重 ≤ 1.15,黏度 < 28 S,含砂率 < 8%,沉渣厚度 ≥ 100 mm。

3.3 低净空条件下钢筋笼吊装措施

3.3.1 钢筋笼分段长度计算

为确保低净空条件下钢筋笼顺利吊装,同时避免钢筋笼触碰到高架桥,需根据每幅地下连续墙净高对钢筋笼进行分段设置,保证每一段均能顺利吊装。以华雅站地下连续墙 BW5(笼长 20.62 m,槽段上方净高 7.6 m)为例,地连墙钢筋笼分段长度按以下方法计算,其中吊装安全距离考虑为 0.5 m,钢筋笼离地面高度考虑为 0.5 m,吊筋长约 1 m,同时考虑上一幅地面预留长度为 1.1 m(满足同一连接区接头连接率为 50%)。

第一段:可利用净空高=7.6-0.5-1-0.5=5.6 m;钢筋笼分段长=5.6-0.25=5.35 m;剩余笼长=20.62-5.35=15.37 m,如图2所示。

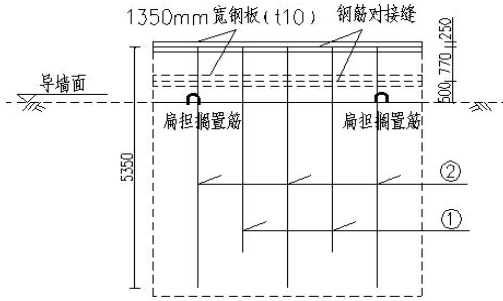


图2 分段吊装:第一段

第二、三、四段:可利用净空高=7.6-0.5-1-1.1=5 m;钢筋笼分段长=5-0.77-0.25=3.98 m;剩余笼长=15.37-3.98*3=3.43 m,如图3所示。

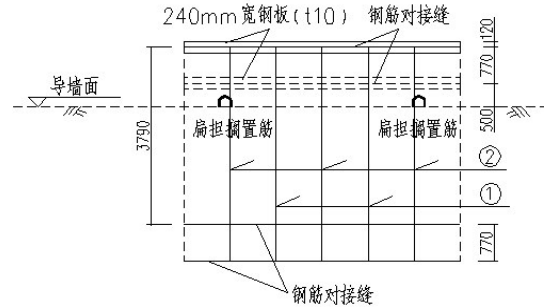


图3 分段吊装:第二、三、四段

第五段:可利用净空高=7.6-0.5-1-1.1=5 m,剩余笼长=3.43 m。

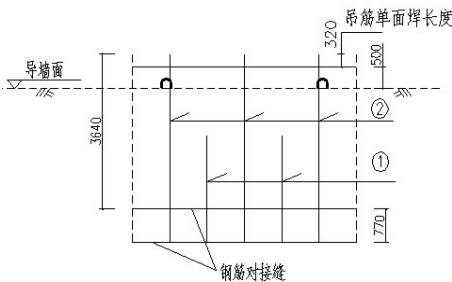


图4 分段吊装:第五段

3.3.2 钢筋笼制作

由上可知,可以将BW5钢筋笼分为5段在同一平台上依次拼装制作(等到起吊时再进行拆分),钢筋笼从笼底到笼顶长度依次为5.35、3.98、3.98、3.98、3.43 m。

分段钢筋笼制作时要注意以下几点事项:

- 1) 钢筋笼分段处预留2~3处钢筋采取机械连接的方式,待连接钢板嵌入后,用接驳器将预留钢筋连接,待吊装时与钢板焊接。
- 2) 为满足同一连接区钢筋焊接接头连接率≤

50%的要求,连接钢板处长短钢筋差值在35 d(d为钢筋直径)以上,且钢筋接头面预留2~5 cm间隙,以防止因起重设备等原因导致钢筋笼变形而使得段与段之间钢筋无法顺位焊接。

3.3.3 吊装设备选择

BW5钢筋笼最长分段长度为5.35 m,最重分段重量约5 t,因此可采用55 t履带吊从钢筋加工场地运送钢筋笼至槽段附近,再用随车折臂吊吊装及下放。

随车吊采用韶起160 t(SQ3200-ZB6)随车折臂吊,其性能曲线如图5,参数见表2。

表2 SQ3200-ZB6吊机性能参数

性能名称	参数
最大起升质量	80 000 kg / 4 m
最大起重力矩	3 200 kN·m
起重机自重	25 500 kg
安装空间	2.91 m
支腿跨距	2 490~7 985 mm
最大工作半径	15.44 m

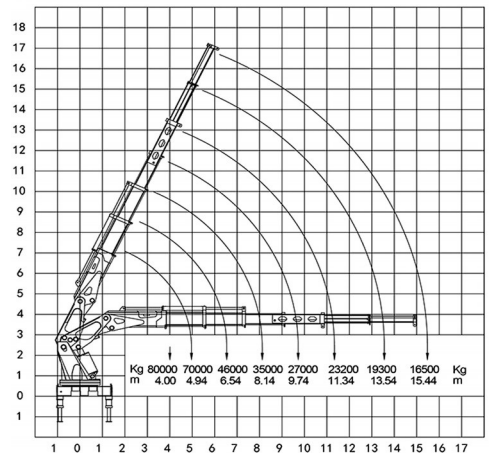


图5 随车吊SQ3200-ZB6起升性能曲线

根据图5性能曲线显示,随车吊SQ3200-ZB6吊机可以保证分段钢筋笼的吊装下放工作。

3.3.4 钢筋笼入槽

钢筋笼吊装入槽是BW5地连墙施工的关键性工序。从第1段至第5段钢筋笼逐段入槽,钢筋笼分段吊装应注意事项为:

- 1) 吊装过程项目部技术员、领工员、安全员及班组吊车指挥员必须设置警戒线并现场旁站指挥,确保钢筋笼吊装过程高架桥及现场工作人员的安全。
- 2) 钢筋笼分段吊运至槽段附近后,采用SQ3200ZB6随车起重机进行吊装。首先将第1段(5.35 m的笼底部分)吊入槽段,如图6-a所示,2段钢筋笼连接时先将工字形钢接头焊接,如图6-b

所示,再将接头钢筋与连接钢板进行焊接,如图6-c所示,最后加焊横向水平筋。钢筋笼连接部位钢筋保证平直,表面洁净无油污,焊接的长度及饱满程度必须严格遵守规范及设计要求,确保整幅钢筋笼焊接质量,第5段钢筋笼焊接完成后将整幅钢筋笼按要求吊入槽内,如图6-d所示。

3)由于分段吊装焊接时间较长,根据华雅站现场电焊工人数及作业速度,段与段之间焊接大约需要2h,即BW5钢筋笼从起吊到完全下笼需要9h左右,因此在浇筑混凝土之前对槽段进行了2次清孔,待泥浆比重、黏度、含砂率以及沉渣厚度等符合设计规范要求后浇筑混凝土。

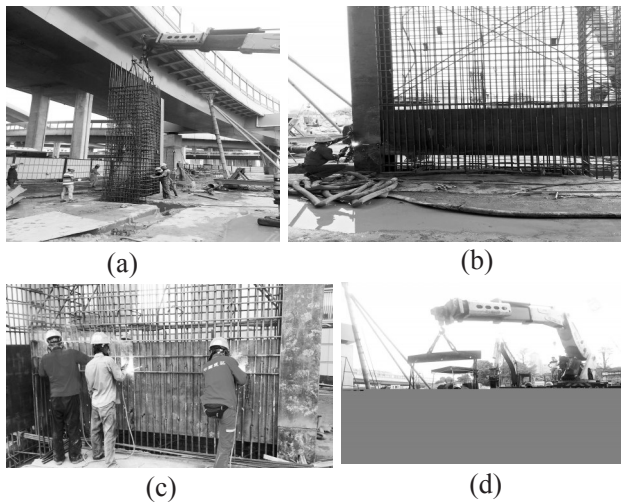


图6 低净空钢筋笼吊装现场

3.4 高架桥保护措施

3.4.1 设置袖阀管

为确保地下连续墙施工期间高架桥桩基的稳定性,沿高架桥桩基周围1m范围内预埋袖阀管,如图7所示,通过对桩基周围进行注浆加固来提高桩基的稳定性。

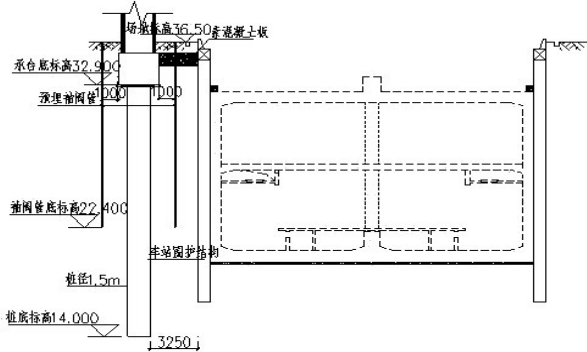


图7 袖阀管与高架桥桩基位置关系图

3.4.2 安全技术措施

施工地下连续墙期间,高架桥上正常通行,因此,必须采取措施,避免施工机械对桥梁结构的碰、

撞等影响。

(1)施工过程中需对机械、设备进行改装,尤其是吊装设备,采用低净空的设备进行吊装作业,并对机械加设限位(水平、垂直方向)装置,确保吊装过程中不会对桥梁底造成碰撞。

(2)对于桥墩位于车站围挡范围内的车站,须按实际需要在桥墩周围设置隔离设施或警示防撞设施。

(3)车站结构施工过程中,吊车在桥梁外侧进行吊装作业时,需设专人指挥,吊装横向长(大)件物件时需防止其高过桥面,以免掉入车道中,造成交通事故;若吊装物高过桥面,须采取临时交通管制,并在车站上方桥面护栏设反光醒目标示及提示牌,以保证行车安全。

3.4.3 桥梁监测

对万家丽高架桥的监测项目主要包括桥梁墩台竖向位移、桥梁墩台差异沉降、桥墩倾斜、桥梁结构裂缝,监测仪器主要采用全站仪、精密水准仪、专用裂缝针等;监测项目控制标准表3所示。

表3 监测项目控制标准值

序号	监测项目	控制标准值(容许值)		警戒值		备注
		累计	速率	累计	速率	
1	桩基沉降值	10 mm	2 mm/d	7.0 mm	1.4 mm/d	监测预警值
2	同一跨相邻桩基	5 mm	1.5 mm/d	3.5 mm	1 mm/d	(警戒值)为控制值(限值)的70%
3	桥墩倾斜	2/1000		1.4/1000		
4	主桥裂缝监测	0.2 mm	持续发展	出现开裂		

3.4.4 控制泥浆比重

泥浆主要是在地下连续墙挖槽过程中起护壁作用,好的泥浆是保证成槽顺利的基础工作之一,随着沉槽深度的增加,泥浆比重根据现场试验结果相应进行调整,以确保槽壁的稳定,防止出现塌槽情况。

4 结语

华雅站设计182幅地连墙,从2016年6月17日开工,2016年11月20日全部完工,平均每月成墙36.4幅(其中西北端高架桥下5幅2016年9月22日开工,2016年11月8日完工);施工过程中始终保持稳产、高产,高架桥的监测情况显示变形均在允许范围内,声波检测I类桩(墙)率100%,安全、质量、进度情况良好。通过华雅站高架桥下地下连续墙施工实践,在低净空施工场地条件下,提出了合适的成槽、吊装设备配备,钢筋笼分段吊装、钢板焊接连接工艺,有效地解决了桥下净高不够的难题,具有一定的推广、借鉴意义。(下转第79页)

- [3] 华国振.义乌小额跨境电子商务配送模式及其发展策略[J].科技视界,2015(1):73-74.
- [4] 吴琼.揭秘中国制造海外仓库[J].中国企业家,2011(9):88-90.
- [5] 庞燕.跨境电商环境下国际物流模式研究[J].中国流通经济,2015(10):15-20.
- [6] 梁胜利.试论中小企业跨境电商物流渠道的选择[J].商业经济研究,2016(9):76-78.
- [7] 鲁旭.基于跨境供应链整合的第三方物流海外仓建设[J].中国流通经济,2016(3):32-38.
- [8] 资道根.海外仓模式下跨境电商物流成本控制[J].物流技术,2015,34(16):175-177.
- [9] 葛岩.跨境物流海外仓存在问题及对策建议[J].山东财政学院学报,2016,28(3):77-82.
- [10] KEIZO WAKABAYASHI K, SUZUKI A, WATANABE, A, et al. Analysis and Suggestion of an e-Commerce Logistics Solution: Effects of Introduction of Cloud Computing Based Warehouse Management System in Japan[J]. Logistics Operations, Supply Chain Management and Sustainability Eco Production 2014, 567-573.
- [11] 苏欣,林正华,杨丽.带有预算费用约束的报童模型[J].吉林大学学报(理学版),2004,42(3):371-374.
- [12] 周佳琪,张人千.交叉销售产品的报童模型与博弈分析[J].管理科学学报.2015,18(7):59-69.
- [13] 谷水亮,鞠彦兵.资金和风险约束下的多产品报童模型最优解的研究[J].软科学,2012,26(3):129-133.
- [14] 褚宏睿,冉伦,李金林,等.带有回购和缺货惩罚的损失厌恶报童问题[J].管理评论,2014,26(4):101-110.
- [15] DANA J D, PETRUZZI Jr., NICHOLAS C. Note: The Newsvendor Model with Endogenous Demand[J]. Management Science, 2001, 47(11): 1488-1498.
- [16] CHERIKH M. On the Effect of Centralisation on Expected Profits in a Multi-Location Newsboy Problem[J]. The Journal of the Operational Research Society, 2000, 51(6): 261-285.
- [17] 李雪敏, 缪立新, 徐青青. 报童模型的研究进展综述[J]. 统计与决策, 2008(17): 11-14.
- [18] 中国鞋网.触目惊心,跨境电商鞋服退货率高达20%[EB/OL]. [2016-07-21]. <http://www.cnxz.cn/news/201607/21/350400.html>.

(上接第54页)

参考文献:

- [1] 易智宏,曾纪文.深基坑支护地连墙设计中的几点思考[J].岩土工程学报,2014(S1):138-140.
- [2] 杜峰.近距离低净空下地下连续墙成槽技术研究和探讨[J].隧道建设,2015(2):160-166.
- [3] 张军林.浅谈某磁浮工程连续梁盘扣式支架设计[J].价值工程,2015(14):76-78.
- [4] 曹红林.地铁盾构隧道端头加固设计与施工[J].土工基础,2010(3):1-3.
- [5] 伍灿良.16.2 m深基坑综合支护技术[J].建筑技术,2007(3):207-209.
- [6] 王申侠.关于明挖基坑支护结构设计有关问题的探讨[J].山西建筑,2008(10):105-106.
- [7] 王和平.深基坑土钉支护结构设计及分步开挖的有限元分析[D].长沙:中南大学,2007.
- [8] 朱志华.青岛北站深基坑土压力及围护结构内力监测分析[D].青岛:中国海洋大学,2012.
- [9] 李少利.超深地下连续墙钢筋笼制作与吊装技术[J].隧道建设,2011(6):717-721+754.
- [10] 易智宏,李小刚.地下连续墙施工技术难点探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004(4):10-12.