

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.02.043

# 浅谈低净空地下连续墙施工技术

杜稳产

(上海远方基础工程有限公司, 上海市 200436)

**摘要:**低净空环境是基坑围护结构施工过程中不可避免的难点之一,该施工问题在高架桥、高压线等基础设施下较为常见。根据南昌丹霞路综合管廊项目对高压线下低净空地下连续墙围护结构施工进行关键技术研究。结果表明,分节吊装过程中,钢筋笼分节组合断面宜设置多个断面;采用抓-铰结合工艺能有效缩短工期;工字钢接头内侧需进行二次处理,避免钢筋笼无法有效下放。

**关键词:**低净空;分节吊装;分节组合断面;抓-铰结合

**中图分类号:** TU473.2

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)02-0169-03

## 0 引言

低净空施工是地下连续墙施工环境常见的一种,多出现在高压线、高架桥、架空线缆设施附近。对于低净空下地下连续墙的研究不多。李树敬<sup>[1]</sup>像托济南黄河隧道110 kV高压线下地下连续墙施工,对超低净空下地下连续墙施工技术进行探讨分析;李贵亮<sup>[2]</sup>以武汉地铁6号线唐家墩站工程实践为基础,提出了“回旋钻成排孔、冲击钻方形锤修孔成槽,钢筋笼整体制作、分节吊装、槽口拼接、双机下放”的一套地下连续墙施工方法、措施,解决了低净空施工条件下地铁车站地下连续墙的施工方法;绍凤密与李达园<sup>[3]</sup>针对高架桥下低净空铰槽机控制要点进行了阐述;严振兴等<sup>[4]</sup>介绍了反循环钻机成槽、直螺纹钢钢筋套连接钢筋笼、折臂吊吊装钢筋笼等施工方法。

本文依托南昌丹霞路地下连续墙工程,对低净空地下连续墙关键施工技术进行研究,针对施工过程中关键技术给出控制建议。

## 1 工程概况

丹霞路(沿江北大道—青山湖北大道)综合管廊项目位于青山湖西岸及北岸片区,工程呈东西走向。本工程地下连续墙作为基坑开挖前的围护结构。地下连续墙共56幅,分为顶管始发井25幅以及顶管过渡井31幅,墙厚为800 mm,槽深约为25~27 m,其中“一”字幅44幅,“V”字幅6幅,“L”字幅6幅。地下连续墙混凝土设计强度等级为水下C30,抗渗

等级为P6详细分幅见图1、图2。在顶管始发井地连墙中,除w-1~w-10外,剩余15幅地连墙皆为低净空下施工地连墙,净空高度为16 m,有效高度为10 m。

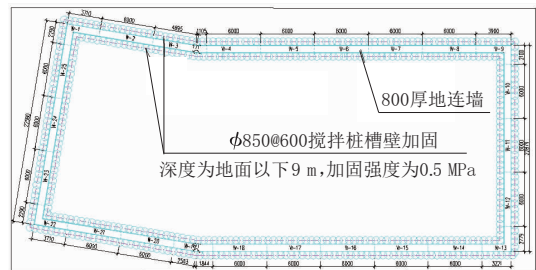


图1 顶管始发井分幅图

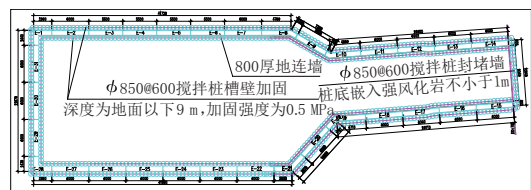


图2 顶管接收井分幅图

### 1.1 地质环境

南昌市位于江南台隆构造单元的萍乡—乐平凹陷中,构造上主要受赣江大断裂的影响,上部为第四系松散层所覆盖,厚20 m左右,基底为巨厚的泻湖相沉积层,第四系以来构造断裂不发育,新构造运动微弱,区域稳定性良好。根据区域地质资料结合现场地质勘察,揭露土层有:①杂填土,主要由粘性土、砂组成,含有少量碎石块、植物根须,局部夹有少量生活、建筑垃圾;②淤泥,主要由粘粒、粉粒组成,局部含有少量有机质;③粉质黏土,主要由粘粒、粉粒组成,中等压缩性,干强度中等,韧性中等,无摇振反应,切面稍具光泽;④细砂,主要矿物成分为石英,上部含粘粒较高,分选性较差;⑤砾砂,砾石含砾40%左右,砾石成份为脉石英、砂岩、石英岩,呈亚圆形;⑥主要呈碎

收稿日期: 2022-03-24

作者简介: 杜稳产(1987—),男,本科,工程师,从事基础施工设计与管理工作。

块状,局部呈短柱状,风化裂隙较发育;⑦中风化钙质泥岩,结构部分破坏,钙质胶结;⑧中风化泥质粉砂岩,原岩结构部分破坏,岩芯完整性一般。具体岩层厚度以及分布见表1。

表1 地层分布表

| 层级 | 名称       | 层厚 /m      | 层底埋深 /m       | 地基承载力 /kPa    | 重度 /( $kN \cdot m^{-3}$ ) | C/kPa | 内摩擦角 /( $^{\circ}$ ) | 备注                   |
|----|----------|------------|---------------|---------------|---------------------------|-------|----------------------|----------------------|
| 1  | 杂填土      | 0.7 ~ 8.8  | 0.70 ~ 8.80   | 60            | 18.2                      | 4     | 8                    | 杂色,稍湿,松散             |
| 2  | 淤泥       | 0.9 ~ 6.2  | 11.46 ~ 17.92 | 30            | 19.8                      | 6     | 3                    | 黑褐色,稍湿,流塑            |
| 3  | 粉质黏土     | 1.0 ~ 6.9  | 5.00 ~ 13.80  | 160           | 19.93                     | 24    | 16                   | 黄褐色 ~ 灰褐色,稍湿,可塑 ~ 硬塑 |
| 4  | 细砂       | 0.6 ~ 10.7 | 9.00 ~ 17.60  | 140           | 19.5                      | 4     | 36                   | 黄色,稍密,稍湿             |
| 5  | 砾砂       | 7.7 ~ 15   | 12.20 ~ 26.20 | 180           | 20.4                      | 1     | 40                   | 黄色,稍密,很湿             |
| 6  | 强风化泥质粉砂岩 | 0 ~ 0.7    | —             | 360           | 20.5                      | 32    | 19                   | —                    |
| 7  | 中风化钙质泥岩  | 7.7 ~ 10.2 | —             | 7 000(单轴饱和抗压) | 21.5                      | —     | 23                   | —                    |
| 8  | 中风化泥质粉砂岩 | 3.1 ~ 5.5  | —             | 9 000(单轴饱和抗压) | 22                        | —     | 35                   | —                    |

滞水主要赋存于上部①杂填土中,勘察期间属丰水季节,施工期间多为雨天,根据现场钻探查明,但该层上层滞水初见水位不稳定,未发现连续水面。

第四系松散岩类孔隙水主要赋存于第四系细砂和砂砾层中,③粉质黏土层为含水层的隔水顶板,下伏基岩为相对隔水层底板。细砂和砂砾层透水性强,水量丰富,场地距赣江约300 m。勘察期间地下水稳定水位埋深为0.5 ~ 6.1 m,据区域水文资料,水位年变幅2 ~ 4 m左右。地下水主要接受赣江、青山湖的侧向补给及降雨入渗补给,水位随季节变化,枯水及平水期地下水向赣江、青山湖排泄,水位下降,丰水期接受赣江、青山湖水体的侧向补给,地下水位上升。地下水与赣江、青山湖水力联系较密切,地下水水量丰富。

## 2 施工工艺

该项目地层结构简单,但是墙底设计为嵌入中风化泥质粉砂岩1.5 m,且部分区域有高压线限制,通过综合考虑,最终决定直接采用成槽机配合低净空铣槽机组合施工工艺,具体施工流程见图3。

## 3 关键施工技术

地下连续墙施工采用低净空双轮铣槽机+液压抓斗成槽机,泥浆护壁,导管法灌注水下混凝土。根据施工前关键施工点预测与施工过程中质量控制,确定了如下几个关键施工技术。

### 3.1 槽壁稳定性控制

成槽施工需穿越一层超过10 m厚的砂层才能到达中风化岩层。由于项目紧邻青山湖,地下水位较

## 1.2 水文环境

拟建场地附近河流有赣江,工程所在区域主要受赣江洪水威胁。工程所在区域主要水系包括、青山湖、青山湖电排站引水渠及青山湖上游玉带河。上层

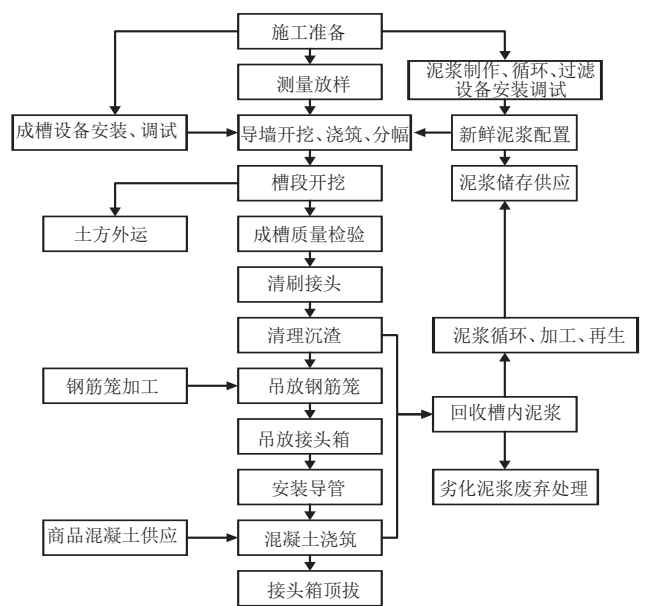


图3 施工流程图

高且含水丰富,在成槽过程中可能造成垮塌与缩孔现象,对后期开挖地连墙墙面的平整度和保护层的厚度都有较大影响。因此需对槽壁稳定性进行控制。

采用提前适配的高性能泥浆行槽壁稳定,泥浆性能指标见表2。成槽过程中,严格控制槽内泥浆液面高度,泥浆液面高度始终控制在不低于槽段顶部0.5 m处。且提高钢筋笼下放速度与浇筑速度,减少空槽闲置时间。具体施工中,钢筋笼下放速度控制在20 min以内,单幅槽整体浇筑时间长度控制在2 h以内。

### 3.2 工字钢处理

由于工字钢的存在,导致槽内采用铣槽机一次清孔不能完全清理干净,需采用冲击锤进行二次清孔,施工过程中采用直径600 mm的冲击锤进行工字

表2 泥浆性能指标

| 材料名称     | 泥浆配合比        |     |         |    |
|----------|--------------|-----|---------|----|
|          | 水            | 膨润土 | CMC     | 纯碱 |
| 每1t用量/kg | 1 000        | 80  | 1       | 10 |
| 新拌泥浆性能指标 | 比重:1.03~1.10 |     | 含砂率:0   |    |
|          | 黏度:20~25 s   |     | pH值:8~9 |    |
| 循环泥浆性能指标 | 比重:1.05~1.25 |     | 含砂率:8%  |    |
|          | 黏度:30~40 s   |     | pH值:8~9 |    |

钢内侧清孔施工。施工过程中,调整冲击锤位置使得冲击锤清理区域基本覆盖工字钢内侧。具体见图4。

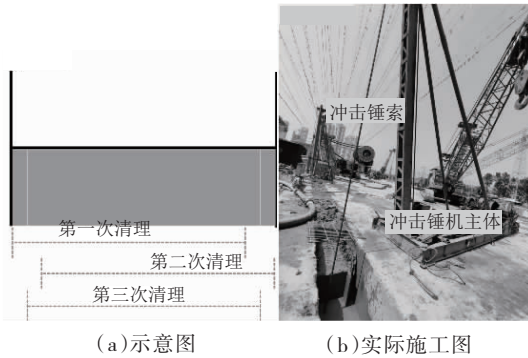


图4 冲击锤清孔图

### 3.3 低净空施工处理

#### (1) 钢筋笼

低净空下,钢筋笼在加工平台上一次焊接加工成型,然后进行分节。现场施工中,钢筋笼在加工平台上分成五节,五节长度分别为3 m、6.3 m、6.3 m、6.5 m、4.8 m,总长26.9 m,相邻节段钢筋笼连接处存在三个断面,增强钢筋笼的整体性,避免断面过少导致钢筋笼存在明显薄弱环节。所有钢筋笼皆由1台180 t履带吊和1台100 t履带吊车配合用“双机抬吊法”下放入槽。

#### (2) 低净空安全

为避免吊车不慎将大臂伸出安全距离外,在高压线下6 m位置处布置安全防护网,具体布置见图5。

### 3.4 接头箱顶拔时间控制

项目位于市区,货车禁行时间较多,如遇到高峰期浇筑时会出现浇筑时间长的情况,因此接头箱顶拔时间需根据混凝土搅拌完成至浇筑完成总时间进行控制,一般接头箱顶拔时间控制在混凝土初凝前半小时。因此,从混凝土搅拌完成,经过混凝土市内运输,至浇筑完成这段时间需控制在初凝前半小时之前,考虑市内运输高峰期的影响以及单幅槽段



图5 低净空安全网布置

浇筑的时间长度,添加外加剂将混凝土初凝时间控制在4 h,一般在浇筑完成后半小时进行接头箱松动,松动高度为20 cm,松动时长1 h,这1 h内,每隔10 min松动接头箱一次,在松动结束后3~4 h内,将接头箱整体拔出。

## 4 施工建议

根据该项目实际施工过程,给出如下施工建议:

(1) 钢筋笼分节时,断面至少控制为2个,否则会导致钢筋笼存在薄弱面,不利于钢筋笼整体性的发挥;

(2) 进行低净空施工时,需多可利用净空进行标记,例如该项目中高压线下6 m处设置明显彩旗标志物,也可以设置超高警报装置进行有限控制;

(3) 接头箱顶拔时,需控制顶拔时间,综合考虑运输时间与浇筑时间,避免接头箱顶拔困难的情况出现。

## 5 结论

依托南昌丹霞路地下连续墙项目,根据现场实际施工对低净空下地下连续墙关键施工技术进行研究,并给出几点施工建议,以期对后续类似施工提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 李树敬.超低净空高压线下地连墙施工与安全控制技术[J].铁道建筑技术,2021(4):131-134.
- [2] 李贵亮.低净空条件下较深地下连续墙的施工技术研究[J].福建建材,2022(2):76-78.
- [3] 邵凤密,李建国.低净空铣槽机施工控制要点[J].绿色环保建材,2016(2):54-55.
- [4] 严振兴,刘永锋,吴尧,等.低净空下地下连续墙施工技术[J].施工技术,2016,45(S2):240-242.