

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.11.047

# 不入岩深基坑围护结构施工工艺研究

董磊

(上海远方基础工程有限公司, 上海市 200436)

**摘要:** 常用于不入岩深基坑围护结构的施工工艺有排桩、咬合桩以及地下连续墙。基于昆明市轨道交通 5 号线弥勒寺站基坑围护项目, 综合考虑不同施工工艺的地层适应性、施工效率、工程造价以及质量控制等因素, 对该项目进行施工工艺比选。结果表明: 仅采用排桩或咬合桩工艺一般施工无法满足部分施工场地穿过硬质圆砾层要求; 排桩难以满足抗渗要求; 仅采用地下连续墙作为围护结构则会造成工程造价过高, 经济性较差。最终确定了以地下连续墙为主, 咬合桩为辅的基坑围护结构施工工艺。

**关键词:** 不入岩深基坑; 地层适应性; 排桩; 咬合桩; 地下连续墙

中图分类号: TU473.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)11-0174-04

## 0 引言

随着城市不断更新, 城市交通逐渐由地上转为地下。在城市地下交通网构建中, 深基坑围护结构的施工也越来越多。目前, 大多数学者将目光投向深基坑设计与施工中<sup>[1-6]</sup>, 部分学者针对深基坑入岩情况下地下连续墙等施工技术进行研究<sup>[3-6]</sup>, 少部分学者对入岩深基坑工程建设中 SMW 工法桩围护结构及混合支撑的应用进行了研究<sup>[7]</sup>, 但鲜有对于不入岩深基坑围护结构的研究。

基于昆明市轨道交通 5 号线弥勒寺站基坑围护项目, 通过对排桩、咬合桩以及地下连续墙等工艺的地层适应性、施工效率、工程造价以及质量控制等因素的综合分析, 确定适合该不入岩深基坑项目的围护结构施工工艺。

## 1 工程概况

弥勒寺站为昆明市轨道交通五号线的第 9 个车站, 站台宽 14 m, 长 118 m, 主体总外包长度为 157.2 m, 中心里程外包宽度为 23.3 m, 总建筑面积为 14 907.82 m<sup>2</sup>。基坑深度约 24.941~28.866 m, 覆土厚度约 2.941~4.266 m, 共设 2 个出入口, 2 组风亭。

### 1.1 地层信息

勘察结果见表 1。

收稿日期: 2022-01-19

作者简介: 董磊(1981—), 男, 学士, 工程师, 从事岩土工程、基础施工工作。

表 1 弥勒寺站地层信息

序号	地层类型	地层状况	层厚 /m	平均厚度 /m	备注
1	(1)2 人工填土	以素填土为主	0.80 ~ 4.80	2.67	分布于线路表层
2	(2)3-3 粉质黏土	呈层状分布	1.30 ~ 7.60	4.21	
3	(2)4-3 黏质粉土	呈透镜状分布	1.10 ~ 4.00	2.45	中等压缩性土
4	(3)2-3 粉质黏土	呈透镜状分布	0.60 ~ 2.50	1.57	中等压缩性土
5	(3)3-4 黏质粉土	呈透镜状分布	1.00 ~ 7.50	2.75	中等压缩性土
5	(3)4-3 粉砂	呈层状透镜状分布	0.9 ~ 4.00	1.82	
6	(3)9-3 圆砾	呈层状分布	1.30 ~ 20.90	8.5	
7	(4)2-3 粉质黏土	呈层状分布	1.00 ~ 10.00	3.75	
8	(4)3-4 黏质粉土	呈层状分布	1.00 ~ 14.40	5.13	
9	(4)4-3 粉砂	呈层状透镜状分布	1.00 ~ 8.10	2.87	
10	(5)1-3 泥炭质土	呈透镜状分布	3.40 ~ 4.20	3.87	高压压缩性土
11	(5)2-3 黏土	呈层状分布	1.00 ~ 20.50	5.78	中等压缩性土
12	(5)3-4 黏质粉土	呈层状分布	1.00 ~ 6.00	3.32	中等压缩性土
13	(5)4-3 粉砂	呈层状透镜状分布	0.90 ~ 5.80	2.45	
14	(6)2-3 粉质黏土	呈层状分布	1.00 ~ 18.00	5.51	中等压缩性土

### 1.2 水文

该项目场地地下水类型主要为上层滞水、孔隙滞水, 微承压水, 现分别描述如下。

#### (1) 上层滞水

赋存于结构松散的人工填土层中, 含水量小, 水

位较浅,其动态受季节控制,主要接受大气降水渗入补给,对拟建工程影响小。

### (2) 孔隙滞水

主要赋存于第四系冲湖积层的粉质黏土、粉砂等含水层中。主要接受大气降水补给,总体富水性强。

### (3) 微承压水

根据在车站进行的抽水试验表明:4-3黏质粉土层地下水位静止水位深度6m,具微承压性;该含水层呈透镜体状分布于3-3层粉质黏土下,以3-3层粉质黏土为相对隔水层,因其分布范围较小且相对隔水层(粉质黏土层)较厚,与上部人工填土层中的潜水水力联系较弱,与下部9-3圆砾层中的承压水联系较密切,富水性强。

## 2 不入岩深基坑围护结构施工工艺选择

### 2.1 排桩

工业及民用建筑中侧壁安全等级为一、二、三级的基坑工程排桩都适用<sup>[8]</sup>。在实际施工过程中,根据基坑深度的不同,考虑排桩与锚杆、锚索以及内支撑等组合形式共同支护,当存在地下水位高于基坑地面标高时,配合采用降水、加挡水帷幕等措施进行处理。

#### 2.1.1 地层适应性

目前,排桩通常使用旋挖钻机进行成孔时,小型旋挖钻成孔深度能达到40~55m,主要适用于填层、黏土层、粉土层、淤泥层、砂土层以及短螺旋不易钻进的含有部分卵石、碎石的地层,如采用特殊措施,可嵌入强风化岩层。

#### 2.1.2 施工效率

实际施工中一般采用工程钻机或旋挖钻机进行排桩施工,在不入岩情况下,假设桩深为30m,旋挖钻综合效率能达到4根/d,工程钻机由于需要进行正循环,其综合效率在1~1.5根/d。

#### 2.1.3 质量控制

旋挖钻成孔,钻机安装较为简单,桩位对中容易,其垂直度控制能达到1/300,成孔成柱质量高。采用工程钻机施工时,钻头位置会超出套筒底部,因此其垂直度控制不高,且随着深度增加愈加难以控制。

### 2.2 咬合桩

咬合桩适用于除岩层以外的土质地层,但在孤石、泥岩层或在软岩地层中成孔时效率会显著降低,大于套管内径1/3的填石不均匀地层应慎用。

#### 2.2.1 地层适应性

咬合桩实际施工中通常采用搓管机与冲抓斗共

同施工的工艺,该工艺适用于土体强度较小的人工填土层、淤泥层、黏性土层、粉砂层等软土地层。实际施工中全回转钻机也是可选方案之一,全回转钻机地层适应性较搓管机要广,可在黏性土、砂土及砂卵石层、喀斯特地层及强风化与中风化岩层中进行施工。

#### 2.2.2 施工效率

在咬合桩施工过程中,不考虑入岩情况下,搓管机与冲抓斗共同施工的效率为荤桩2根/d,素桩3根/d;全回转钻机由于接管时间较长,其工作效率较搓管机要低,达到荤桩1~1.5根/d,素桩2根/d。

#### 2.2.3 质量控制

搓管机施工过程中,成孔成桩垂直度控制质量较低,且随着桩深加长质量随之逐渐降低,其原因在于搓管机施工过程中,钻头易受到强度较高地层的影响。全回转施工过程中,由于钢套管的护壁作用,可避免成孔过程中出现塌孔等安全隐患,同时避免桩身混凝土与土体间形成残存泥浆隔离膜(泥皮)的弊病,成孔和成桩质量也较高。垂直度偏差小,清孔彻底,孔底残渣少,桩的承载力高。

### 2.3 地下连续墙

#### 2.3.1 地层适应性

地下连续墙施工采用专用的成槽设备,包括成槽机与铣槽机,成槽机适合不入岩情况下的地层施工,包括素填土层、淤泥层、填砂层、黏土层、全风化层;铣槽机适用于坚硬地层施工,包括卵石层与岩层。

#### 2.3.2 施工效率

在成槽机施工过程中,不考虑入岩情况下,以金泰SG60为例,包括混凝土浇筑在内,幅宽6m的地连墙工效为1幅/d;在不考虑入岩情况下,铣槽机不作土层成槽施工考虑。

#### 2.3.3 质量控制

成槽机装载测斜及纠偏装置,能够在成槽过程中随时调控垂直度,成槽精度高。浇筑完成后地连墙整体性好,墙体质量与抗渗性能优良。

## 3 实例分析

弥勒寺站基坑平面图如图1所示。

### 3.1 排桩支护

根据地层勘测结果,其中存在较厚的粉砂层与圆砾层,因此,单独使用排桩作为围护结构是不合理的,采取排桩支护时必须以止水帷幕为辅进行抗渗

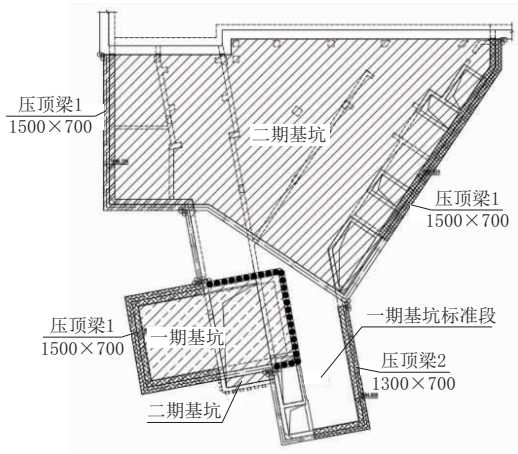


图1 弥勒寺站基坑图(单位:mm)

施工,而采用三轴搅拌桩进行帷幕处理时,会因为存在的较硬圆砾层导致三轴搅拌桩施工效率慢,如图2所示,因此,排桩支护在该基坑围护项目不适用。

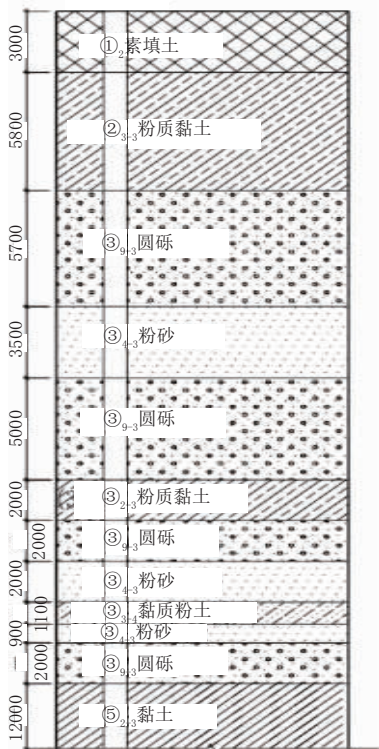


图2 地层钻孔信息(单位:mm)

### 3.2 咬合桩

由于该项目为不入岩施工,因此旋挖钻不适用。采用工程钻机进行咬合桩施工,在该基坑围护项目中,部分土层硬度较大导致工程钻机施工效率大大降低;且荤桩、素桩咬合施工导致桩间接缝较多,因此,咬合桩可以在基坑内部或部分硬质土层厚度较小的区域使用,不适宜全项目使用。对于基坑外围,宜采用地下连续墙作为基坑围护结构,地连墙整体性好,防渗性能较咬合桩与排桩好,且基坑开挖后地连墙可以作为车站主体结构部分使用。

### 3.3 地下连续墙

地下连续墙施工效率高,且地连墙整体性好、刚度大,防渗性能优于咬合桩与排桩,且质量控制较咬合桩与排桩要优,但全项目采用地连墙的情况下,会导致工程造价较高,与咬合桩与地下连续墙共同施工的方案比较其经济性不高。

综合考虑排桩、咬合桩以及地连墙工艺的地层适应性、施工效率、经济性以及质量控制因素,最终确定了以地连墙为主、咬合桩为辅的复合施工工艺。具体设计如图3所示,共设计地下连续墙34幅,咬合桩51根,其中,荤桩26根,素桩25根。

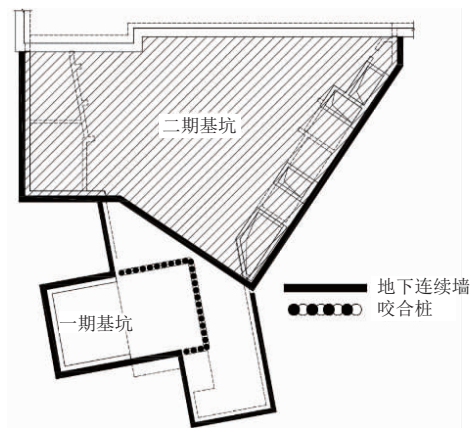


图3 基坑围护设计图

## 4 结语

基于昆明交通5号线弥勒寺站基坑围护结构项目,经方案比选得出:(1)排桩经济性好,但须增加止水帷幕进行抗渗处理;(2)咬合桩整体性较好,但存在众多不利接缝,渗漏可能性较大;(3)地连墙经济性不佳,但整体性好,刚度大,且接缝少,渗漏可能性较低的优势的比较结果。综合考虑排桩、咬合桩以及地连墙的地层适应性、施工效率、经济性以及质量控制,得到了地连墙为主、咬合桩为辅的基坑围护结构施工工艺。

## 5 展望

在实际施工过程中,尽管地连墙具备整体性好、刚度大、接缝少、渗漏可能性较低的优势,但其施工过程中需要的钢筋与混凝土材料较咬合桩与排桩要多,因此地连墙造价较高。综合考虑排桩、咬合桩、地下连续墙的优点,可以结合这三种施工工艺形成新的基坑围护工艺-地下连续桩,即以地连墙成槽工艺进行成槽施工,但钢筋笼的设置变化为咬合桩的形式,这样形成的地下连续桩同时兼备咬合桩与地下连续墙的优势,能够在整体刚度与防渗性能达

到要求的同时减少钢筋的消耗降低造价。目前该工艺已在某地铁站试验段项目中取得了较好的结果。图4给出了该实验项目地下连续桩的布置示意图,实际施工中钢筋笼下放如图5所示。

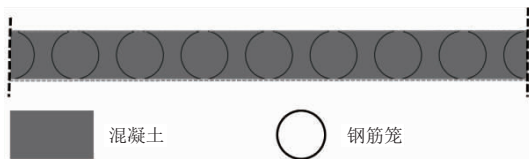


图4 地下连续桩示意图



图5 钢筋笼下放

根据咬合桩与地连墙一般设计,咬合桩中桩配筋一般为  $90\sim 120\text{ kg/m}^3$ ,整体配筋率为  $45\sim 60\text{ kg/m}^3$ ,地连墙配筋率为  $160\sim 180\text{ kg/m}^3$ ,在现场计算地下连续桩的配筋率后,得到地下连续桩的配筋率为  $41.15\sim 54.86\text{ kg/m}^3$ ,据此,可以清楚得知,地下连续

桩的配筋率是这三者之中最小,因此在钢筋材料消耗上较地下连续墙要具备更好的经济效益;且在施工过程中,地连桩钢筋笼制作较地连墙钢筋笼制作相对简单,施工更加便捷。

在墙体刚度方面,地下连续桩相当于将原来咬合桩四周土体置换为混凝土,因此地下连续桩刚度较地下连续墙要小,较咬合桩要大,且在咬合桩满足设计刚度条件下,地下连续墙一定能满足刚度条件。

在渗流路径长度方面,地下连续桩与混凝土渗流路径长度相同,而咬合桩存在咬合处的薄弱面,因此地下连续桩的渗流长度也较咬合桩要长。

#### 参考文献:

- [1] 邹道增.深基坑地下连续墙入岩施工技术经济分析[J].工程机械与维修,2021(3):154-156.
- [2] 童争光,瞿海洋.饱和软土深基坑围护结构入岩深度优化验算及变形特性研究[J].湖南交通科技,2020,46(3):98-103.
- [3] 刘新乐,姬建华,王静波.复杂条件下超大深基坑入岩地下连续墙关键施工技术[J].施工技术,2020,49(13):76-80.
- [4] 张新宇.入岩小直径深基坑铰接法地下连续墙施工技术[J].中国市政工程,2016(S1):71-74,118-119.
- [5] 李森.复杂环境下地下连续墙入岩和深基坑出土方法探析[J].住宅与房地产,2016(18):143.
- [6] 翁厚洋,刘凤华,马西峰.超深基坑大深度入岩地下连续墙施工技术[J].施工技术,2014,43(11):115-118.
- [7] 刘礼生.深基坑工程建设中SMW工法桩围护结构及混合支撑的应用研究[J].江苏建材,2021(6):67-68.
- [8] 张晓婷.咬合桩与排桩在实际工程中的应用比较[J].城市建筑,2019,16(36):128-129.

~~~~~  
(上接第170页)

#### 参考文献:

- [1] Litwiniyszyn J.The theories and model research of movements of ground masses. Proceedings of European Congress Ground Movement [R].Leeds,UK,1957.
- [2] 阳军生,刘宝琛.隧道施工引起的地表移动及变形[M].北京:中国铁道出版社,2002.
- [3] 刘宝琛,廖国华.煤矿地表移动的基本规律[M].北京:中国工业出版社,1965.
- [4] 刘宝琛,阳军生,张家生.露天开挖及疏水引起的地表移动及变形[J].煤炭学报,1999,24(1):39-42.
- [5] Liu Baochen.Ground surface movements due to underground excavation in the P.R. China,in Hudson ed.[J].Comprehensive Rock Engineering,1993,4(29):781-817.
- [6] PECK R B.Deep excavations and tunneling in soft ground, State of the Art Report [R].Proe.7th Int. Conf. On soil Mechanics and Foundation,Mexico City,1969.
- [7] 韩冬,苏三庆,郑选荣,等.地铁隧道施工引起地表沉降主要影响角的分析[J].铁道建筑,2011(4):55-58.
- [8] 韩冬.黄土地层地铁隧道施工引起地表移动及变形预测方法地铁隧道施工引起地表沉降主要影响角的分析[D].西安:西安科技大学,2011.