

# 针对机场线华泾站地下连续墙接头形式的变更研究

陈 勇

上海隧道工程有限公司越江项管部, 上海

收稿日期: 2024年1月22日; 录用日期: 2024年3月19日; 发布日期: 2024年3月28日

## 摘 要

文章以上海市域线机场联络线(西段) JCSG-4工程为例, 对原有65 m地下连续墙套铣接头进行变更研究, 采用类似法的理论研究方法, 对各个接头进行对比, 最终变更为H型钢接头, 并且通过实际施工的防渗漏效果、功效及成本分析, 验证了H型钢接头更加适用于此深度的地下连续墙, 期望给相似项目提供经验。

## 关键词

超深地墙, 套铣接头, H型钢接头, 渗漏, 功效, 成本

# Research on the Change of the Joint Form of the Underground Diaphragm Wall of Huajing Station of the Airport Line

Yong Chen

Cross-River Project Management Department, Shanghai Tunnel Engineering Co., Ltd., Shanghai

Received: Jan. 22<sup>nd</sup>, 2024; accepted: Mar. 19<sup>th</sup>, 2024; published: Mar. 28<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Taking the JCSG-4 project of Shanghai Regional Line Airport Liaison Line (West Section) as an example, this paper studies the change of the original 65-m underground diaphragm wall sleeve milling joint, adopts the theoretical research method of similar method, compares each joint, and finally changes it to H-shaped steel joint, and through the analysis of the anti-leakage effect, efficacy and cost of actual construction, it is verified that the H-shaped steel joint is more suitable for the underground diaphragm wall at this depth, and it is expected to provide experience for similar projects.

## Keywords

Extra-Deep Ground Wall, Sleeve Milling Joint, H-Shaped Steel Joint, Leakage, Efficacy, Cost

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在大型现代化城市中，原有地铁网络基本成熟，新建地铁车站大多需兼顾多项服务功能，地铁车站随之越来越深，在超深地铁车站施工过程中，地下连续墙是围护结构的首选。由于地下连续墙深度不同，所采用的墙缝接头形式均不相同，本文依托于 JCXSG-4 标华泾站围护结构施工实例，采用理论和实际相结合的方法，成功验证了此次变更的可行性。

## 2. 概况及变更

本工程为上海市机场联络线车站施工，最大开挖深度目前为上海市最深，围护结构采用地下连续墙，接头形式为套筒接头。为节约工期及成本，增加防渗漏效果，对接头进行变更。

### 2.1. 工程概况

上海市域线机场联络线(西段)JCXSG-4 华泾站为地下 4 层结构，围护结构采用地下连续墙 + 内支撑形式，基坑采用明挖法施工。车站总长 564.7 m，共分为 4 个区，端头井宽度 30 m，标准段宽度 39.1 m (局部有外扩)，华泾站平面布置如图 1 所示。

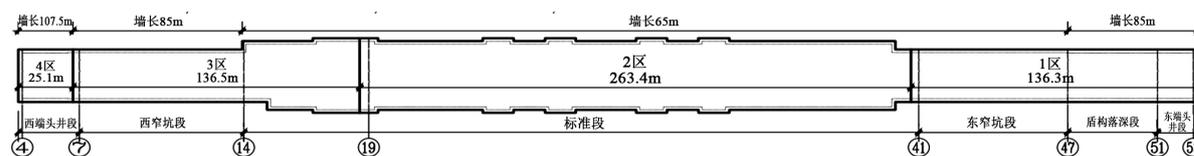


Figure 1. Schematic diagram of Huajing Station

图 1. 华泾站分区平面示意图

### 2.2. 围护结构概况

华泾站地下连续墙厚 1.2 m，深度分别为 107.5 m、85 m、65 m，其中深 107.5 m 地下连续墙 28 幅，深 85 m 地下连续墙 74 幅，深 65 m 地下连续墙 219 幅，共计 321 幅，地下连续墙接头形式均采用套筒接头。

### 2.3. 变更目的

地下连续墙施工中，接头形式不同将会造成工期、渗漏及成本不同。107.5 m、85 m 采用套筒接头因其垂直度较高，其他形式接头均达不到此效果，故而不需变更；65 m 地下连续墙采用套筒接头成本高、工期长，接头止水能力一般。在满足工期条件下，有多种接头在 65 m 深度中表现优于套筒接头，譬如参考类似地质的机场线 3 标梅富路工作井地下连续墙，其深度为 66 m，采用 H 型钢接头，最终从工期及防渗漏等角度都有较好效果。

## 2.4. 研究方法

本次变更的理论研究采用类似法,对国内常用超深地下连续墙接头进行理论分析,对各个接头的防渗性能、成本及经济性进行对比,最后通过实际验证,证明此次变更具有较好效果。

## 3. 多种接头性能分析

原有套铣接头地下连续墙分为一、二期槽,施工流程复杂,优缺点较为明显。在 65 m 深度中,另有四种可供选择的接头形式。

### 3.1. 套铣接头施工流程及性能分析

套铣接头地下连续墙分为一期槽段和二期槽段 2 种。先行施工一期槽段,然后在 2 个一期槽段中间铣削施工二期槽段[1]。

本工程一期槽地墙宽度为 6 m,槽段宽度为 6.6 m,每侧需要浇筑 0.3 m 混凝土,待二期槽浇筑时,进行切削;二期槽宽度为 2.8 m。一期槽段三铣成槽,第一及第二铣对两侧土体进行切削,第三铣将中间土体清除。一、二期槽平面如图 2 所示。

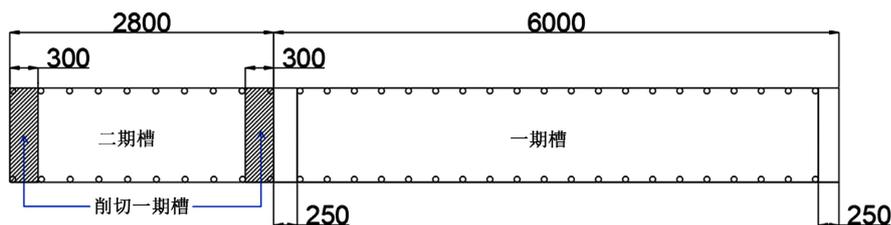


Figure 2. Schematic diagram of the first and second phase of the trough section  
图 2. 一、二期槽段平面示意图

套铣接头地下连续墙施工流程为:一期槽铣槽→下放钢筋笼→浇筑混凝土→二期槽铣槽→浇筑混凝土,如图 3 所示。

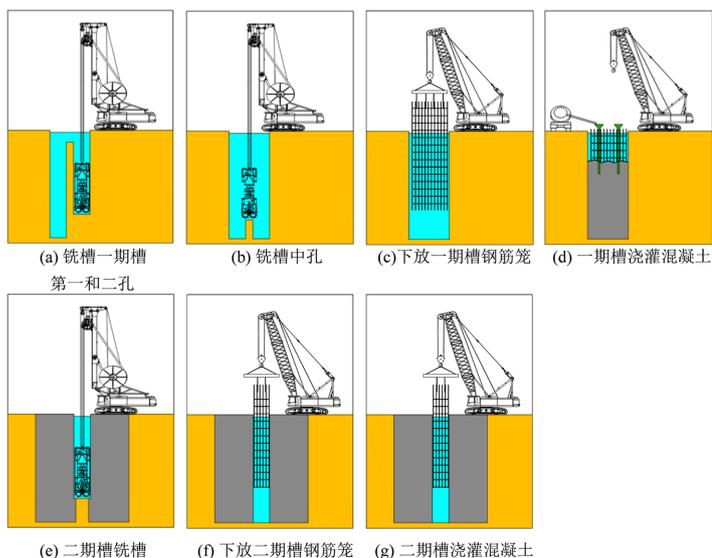


Figure 3. Construction flow chart of sleeve milling joints  
图 3. 套铣接头施工流程图

为确保套铣接头地下连续墙质量，注意以下要点：

- 1) 二期槽施工时，相邻两个一期槽养护时间长于3天，且小于2周。
- 2) 二期槽铣槽时，铣槽边线离一期槽钢筋笼设置足够的保护层厚度，避免切割到钢筋造成成槽困难、泥浆管堵塞及铣槽机齿轮箱损坏等问题[2]。
- 3) 一期槽段钢筋笼设置限位块，限位块设置在钢筋笼侧，采用PVC管，限位块长度为300 mm~500 mm，竖向间距为3 m~5 m，如图4所示。
- 4) 一期槽段在混凝土浇筑前以分幅线为基准安放导向插板于预定位置，插板长度为5~6 m，如图5所示。



**Figure 4.** Schematic diagram of installation location of PVC pipe  
**图 4.** PVC 管安装位置示意图



**Figure 5.** Schematic diagram of the installation of the guide plug-in plate  
**图 5.** 导向插板安装示意图

5) 铣槽机成槽采用三铣成槽时, 中孔厚度应大于 0.6 m。

套铣接头的优点包括:

- 1) 垂直度较高, 在深度大于 80 m 的地下连续墙中是唯一选择。
- 2) 接头无需进行刷壁等流程, 成槽时速度较快。

缺点:

- 1) 需要铣槽机完成的一种接头形式, 铣槽机设备操作复杂, 对机手素质要求高。
- 2) 非圆形基坑抗变形和防渗能力差, 需设置分离式连续止水帷幕。
- 3) 铣槽机使用成本非常高, 尤其是铣接头会大大增加设备维修、保养等使用费用。

### 3.2. 常用接头性能对比分析

在国内常适用于 65 m 地下连续墙接头形式包括: H 型钢接头、十字钢板接头、锁口管接头 GXJ 橡胶止水接头[3], 其各项性能对比如表 1 所示。

Table 1. Performance analysis of different joints

表 1. 不同接头性能分析表

	H 型钢接头	十字钢板接头	锁口管接头	GXJ 橡胶止水接头
接缝整体性	较好。 H 型钢和钢筋笼焊接, 接头整体性和抗剪切能力较好。	好。 十字钢板和钢筋笼焊接, 地下连续墙接头止水性能好。	一般。 属于一般的铰接接头。	较好。 接头整体性, 水的渗流曲线优于锁口管接头。
施工难易度	容易。 由于不需要安放接头箱, 所以工序较为简单, 不需要拔除反力箱等接头工具, 施工风险较低。	较难。 需要安放反力箱, 在拔除反力箱过程中也存在风险。	难。 施工中必须配备大于 500 t 顶拔力的液压顶拔机, 且必须根据混凝土初凝时间, 仔细掌握好锁口管起拔时间。	较难。 采用起拔和侧向取出接头箱的方式, 操作较困难。
防渗效果	较好。 H 型钢接头依靠两端靠近内外侧土壁的翼缘钢板(30 cm)来止水, 接头背侧回填土袋防止混凝土绕流, 但回填的土袋不易彻底清理干净, 增加接头渗漏水的可能。	非常好。 十字钢板接头的止水钢板在接头中(40 cm~50 cm), 其防水效果相比 H 型钢接头要好的多。十字钢板背侧安放反力箱, 可以很好地防止混凝土绕流。	一般。 地下连续墙接缝为半圆形状, 水的渗漏渠道短, 在成槽中液压抓斗容易碰坏接头及在混凝土浇筑中接头容易夹泥、夹砂, 渗漏水可能性高。	非常好。 接缝形状曲折, 水的渗流曲径长, 且接头中间安装有橡胶止水带, 大大提高了接缝的防水性能[4]。

从接缝整体性、施工难易度、防渗效果及经济性四个角度综合选择, 十字钢板、锁口管接头及 GXJ 橡胶止水接头的施工工艺较难, H 型钢接头在理论上表现得较为优异, 从而将本工程的 65 m 地下连续墙接头形式由套铣接头变更为 H 型钢接头。

### 4. 实际情况验证

变更后深 107.5 m 地下连续墙 28 幅; 深 85 m 地下连续墙 73 幅, 减少 1 幅, 深 65 m 地下连续墙 162 幅, 减少 57 幅; 共减少 58 幅, 其中套铣接头地下连续墙 101 幅, H 型钢地下连续墙 162 幅, 共计 263 幅, 变更详情如表 2、表 3 所示。

**Table 2.** Changes in the number of joints in the 65-meter underground diaphragm wall  
**表 2.** 65 米地下连续墙接头数量变化表

		65 m 地墙数量变化		
分区		铰接头		H 型钢接头
3 区	一期槽	21 幅	42 幅	31 幅
	二期槽	21 幅		
2 区	一期槽	66 幅	134 幅	98 幅
	二期槽	68 幅		
1 区	一期槽	21 幅	43 幅	33 幅
	二期槽	22 幅		

**Table 3.** Changes in the total number of joints in underground diaphragm walls  
**表 3.** 地下连续墙总接头数量变化表

		地墙总数变化			
分区	深度	原数量		65 m 变 H 型钢接头	
4 区	107.5 m	28 幅		28 幅	
3 区	85 m	37 幅	79 幅	36 幅	67 幅
	65 m	42 幅		31 幅	
2 区	65 m	134 幅		98 幅	
1 区	85 m	37 幅	80 幅	37 幅	70 幅
	65 m	43 幅		33 幅	
合计		321 幅		263 幅	

本工程在围护结构施工时，对两种接头成槽至浇筑结束花费工时进行对比；在开挖期间对其渗漏数量及渗漏量进行对比；并对施工成本进行计算分析。H 型钢接头在实际应用中均有较好效果。

#### 4.1. 防水效果对比

套铰接头接缝共计 102 条，发生渗漏条数为 22 条；H 型钢接头共计 162 条，发生渗漏条数为 21 条；套铰接头渗漏比例为 22%，H 型钢接头渗漏比例为 13%，H 型钢接头防水效果好于套铰接头接缝。

#### 4.2. 工期对比

实际情况平均时间如表 4 所示。

**Table 4.** Joint construction schedule  
**表 4.** 接头施工时间表

	铰接头一期槽	铰接头二期槽	H 型钢接头
成槽	98.21	112.08	80.12
清孔换浆	4.53	4.01	4.20
钢筋笼吊装	15.72	13.29	14.32
混凝土浇筑	10.90	6.70	8.30
总计	129.36	136.08	106.94
平均每米	1.52	1.60	1.26

注：因幅数多，故而本文只列举平均时间，时间单位均为 h。

由上表可知，减少一、二期槽各 29 幅，平均每米分别比 H 型钢接头多出 0.26 h、0.34 h，平均每米如 65 m 地墙全部采用套铰接头，则会增加 1131 h (47.125 d)，即变更后节约工期 47.125 天。

### 4.3. 成本对比

变更后,成槽机及混凝土方量共增加 18,144 m<sup>3</sup>,铰槽机及混凝土方量减少 19771.36 m<sup>3</sup>,使用 H 型钢增加 2612.87 T,具体成本计算如表 5 所示。

**Table 5.** Cost comparison of the two types of connectors

**表 5.** 两种接头成本对比表

项目名称	变更前			变更后			差异 (万元)
	工程量	综合单价 (元)	合价 (万元)	工程量	综合单价 (元)	合价 (万元)	
成槽机地下连续墙混凝土 (m <sup>3</sup> )	52892.16	1304.56	6900.09	71036.16	1304.56	9267.09	2366.99
铰槽机地下连续墙混凝土 (m <sup>3</sup> )	64429.08	3422.04	22047.88	44657.72	3422.04	15282.04	-6765.12
地墙 H 型钢(T)				2612.87	7790.83	2035.64	2035.64
规费			1384.57			1252.61	-131.96
税金			4278.34			4053.78	-224.56
合计			34610.88			31981.16	-2719.72

由上表可知,变更为 H 型钢接头后,成本共减少 2719.72 万元。

### 4.4. 结果分析

套铰接头渗漏率比 H 型钢接头高出 9%,整体工期节约 47.125 天,成本节约 2719.72 万元,分析原因如下:

1) 套铰接头施工防水效果一般,主要原因为无法刷壁导致接缝始终会含有泥沙,后期形成漏水通道。若对其进行刷壁处理,将会破坏一、二期槽咬合形状,造成更大破坏。

2) 套铰接头二期槽虽然幅宽最低,但是成槽时间最长,原因在于二期槽需要刨铣一期槽浇筑段混凝土,耗费较长时间。

3) H 型钢接头虽然增加了型钢,但是铰槽量减少,大大降低了成本。

## 5. 展望与总结

目前 H 型钢地墙因为其良好的防水性能,在 65 m 范围内是首选,但两侧型钢由于材料原因,导致其在深度大于 65 m 的地墙中无法精确控制垂直度,限制其在深度方面的发展。

套铰接头的广泛应用受束缚于防渗性能一般、造价高昂等因素。合理有效的刷壁方式和刷壁器具尚需学者和工程技术人员开展更为系统深入的研究工作[4]。随着国内地下空间施工不断发展,研发出合理的刷壁方式,优化铰槽机等大型设备,培养更多的专业技术及维修人员,套铰接头定会在深度方向上有所突破。

从理论分析及实际验证的角度相互印证考虑,在 65 m 地下连续墙施工中,H 型钢接头均更加适合本工程,期望此次变更经验可为后续类似工程提供借鉴。

## 参考文献

- [1] 张哲彬. 超深地下连续墙套铰接头施工技术[J]. 建筑施工, 2013, 35(4): 273-275.

- 
- [2] 王理想. 地下连续墙常用接头形式及其施工控制要点[J]. 工程质量, 2021, 39(9): 61-65.
- [3] 李家明, 李薇. 城市复杂地质条件下地连墙施工要点[J]. 四川建材, 2019, 45(7): 77-78.
- [4] 杨臻. 超深超厚地下连续墙钢边橡胶止水接头施工技术[J]. 地下工程与隧道, 2016(1): 33-36+55-56.  
<https://doi.org/10.13547/j.cnki.dxcysd.2016.01.009>