



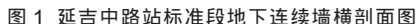
兰 勇,刘道田,周 伟

[摘 要]通过对两个地铁车站不同的地下连续墙围护结构进行关键施工技术和综合价格的比较,分析两种结构形式地下连续墙的优劣及适用条件。

[中图分类号]U231+.4:TU472.3+6 [文献标识码]B

上海轨道交通杨浦线 M8 线 III 标段工程有两个地铁车站, 即延吉中路站和黄兴路站。

黄兴路站外轮廓尺寸为 169.2m× 19.2m, 主体结构为单柱、双跨双层箱体结构。标准段采用 600mm 厚地下连续墙加 400mm 厚内衬墙(简称“双墙”), 它既是车站施工阶段基坑围护结构, 又是车站使用阶段与内衬墙一起作为永久性结构的侧墙。地下连续墙墙体采用柔性接头, 结构形式见图 2。



2.地下连续墙单、双墙关键技术比较

单墙为十字钢板刚性接头,采用组合式 U 型接头箱;双墙为柔性接头,采用 $\phi 600$ 圆形钢管作锁口管。单双墙接头结构形式见图 3 所示。

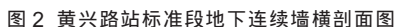


图3 单、双墙接头结构形式示意图

2.2.1 规范规定站体侧墙的垂直度(1.8‰)要高于地下墙的垂直度(3‰)。由于单墙既是基坑的围护结构又是站体的侧墙,一旦墙体成型就无法改变,因此对单墙成槽垂直度要求较



高,同时对成槽设备的精度要求也高,必须具备垂直度自动检测和自动纠偏设备。

2.2.2 双墙结构对地下墙垂直度偏大的差值可在内衬墙施工过程中进行调整。

2.3 单、双墙结构防水体系和施工技术比较

2.3.1 单、双墙防水的重点是混凝土结构的自防水。

2.3.2 单墙接缝设置十字钢板止水,接头防水效果好,基本无大的渗漏水,除对墙体渗漏点和钢筋连接器部位的渗漏水进行处理,还在内侧墙面做刚性四层防水层。

2.3.3 双墙的柔性接头在施工中由于墙缝之间有夹泥的可能,渗漏水现象较十字钢板接头要多许多,个别部位还有较大的渗流现象。处理方法:①墙外封堵方法有旋喷桩、双液注浆、化学注浆等;②墙内封堵方法有对地下墙接缝和墙体较小的渗漏水点采取墙内嵌缝封堵和化学注浆封堵两种。最后以内衬墙作最后一道防水层,其施工中的拉杆、诱导缝、施工缝等均是防水的重点环节。

2.4 对钢筋连接器预埋准确度要求的比较

由于钢筋连接器是站顶、中、底板结构的传力筋,单墙顶、中板的荷载直接通过钢筋连接器传给地下墙,因此对预埋连接器的标高及成功率要求高,对偏差较大和损坏部分的连接器采取植筋。

双墙顶、中板的荷载不仅通过钢筋连接器传递,还可通过内衬墙与地下墙之间的摩擦力传递。如果连接器预埋位置偏差大一点,可通过内衬墙进行适当的调整;如果连接器在施工中有部分损坏,可将顶、中板的连接筋锚固到内衬墙内。

2.5 单、双墙接头管(箱)安装和顶拔施工技术比较

单、双墙由于接头形式不同采用的接头装置也不同,单墙接头设置十字钢板,接头装置采用组合式 U 型接头箱;双墙采用柔性接头,接头装置采用 $\phi 600$ 的圆形锁口管。见图 4 所示。

2.5.1 由于单墙接头有十字钢板和钢筋笼端部两侧止浆铁皮的止浆作用,混凝土灌注过程中一般不会对 U 型接头箱产生较大的侧压力和粘接力,因此对单墙 U 型接头箱安装精度不需太高的要求,提拔时间以混凝土终凝为参考,提拔力较小,一般用 100t 吊机即可。混凝土灌注结束后及时微量提拔、松动 U 型接头箱,以防混凝土绕流将 U 型接头箱包住,导致接头箱提拔困难或拔不出。

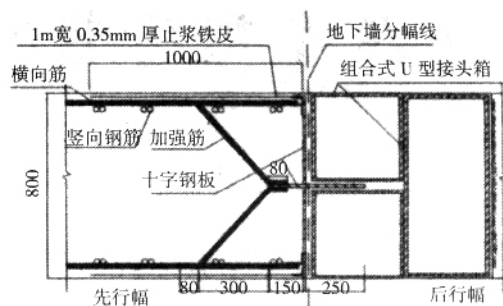
2.5.2 双墙柔性接头锁口管直接抵抗混凝土的侧压力。

①锁口管使用前必须预拼,检查连接件焊接质量,拼装后轴线顺直度和各节间间隙,以防混凝土灌注过程中形成折线,增大顶拔阻力或顶拔时发生接头处拔断事故;

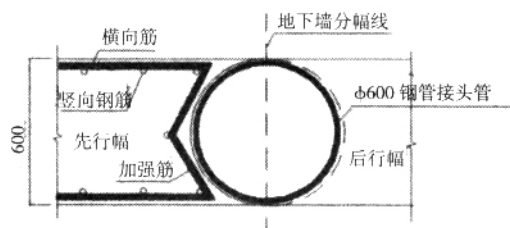
②必须按规定的时间和程序进行顶拔。顶拔过慢,混凝土凝固将锁口管锚住,易造成锁口管难以拔出的事故;顶拔过早,混凝土还未初凝,又易造成端面混凝土局部坍塌,形成夹泥、渗水等病害区。

2.6 单、双墙混凝土灌注速度的比较

单墙由于有十字钢板和钢筋笼端部两侧止浆铁皮的止浆作用,可抵抗混凝土的侧压力,混凝土对组合式 U 型接头箱的



十字钢板接头横剖面图



柔性接头横剖面图

图 4 单双墙接头装置示意图

推移力较小,则混凝土灌注速度略快对其影响不大。

双墙的接头锁口管直接接触混凝土,要根据混凝土终凝时间严格控制混凝土的灌注速度(一般为 $4\text{m/h} \sim 5\text{m/h}$),目的在于减小由混凝土巨大的侧压力对锁口管的推移倾斜,致使本幅混凝土端面形成斜面,影响邻幅的施工。

2.7 单、双墙工序及工效比较

2.7.1 双墙结构有内衬墙,底、中、顶板施工中增加内衬墙的钢筋、模板工序和工作量。

2.7.2 单墙结构减少内衬墙的钢筋和侧模工序,顶、中、底板的施工时间减少,施工难度也减小了;内墙面的四层刚性防水层可放到后期做,减轻工程前期的工期压力。以一个标准段(长 $20\text{m} \sim 25\text{m}$)为参考,对单、双墙主体结构施工时间进行比较,见下表 1。

单、双墙主体结构施工时间对比(d)

表 1

序	项 目	底板	中板	顶板
1	单 墙	5	7	7
2	双 墙	7	10	10

2.8 对周边环境变形的比较

2.8.1 以 6m 幅地下墙为例,单墙厚为 800mm ($I=2.56 \times 10^7\text{cm}^4$),比厚为 600mm 的地下墙 ($I=1.08 \times 10^7\text{cm}^4$) 刚度大,抵抗变形能力大得多。同时没有内衬墙,主体结构施工速度加快。如双墙结构底板钢筋混凝土整个工序一般要 7d,而单墙结构底板钢筋混凝土整个工序可减到 3~4d。在同样的周边环境条件下,缩短了基坑暴露时间,减小了周边环境的变形。

2.8.2 由于双墙十字钢板接头止水性能较好,基坑降水施工中对抗外的水位影响相应较小;而柔性接头的双墙结构在基坑降水期间,渗漏点相对较多,特别有时会有较大的渗流点,对

(下转第 32 页)



150%~200%进行注浆,即每环注浆量在 $2.2\text{m}^3\sim 3.0\text{m}^3$ 之间。施工时,根据地表沉降情况,每环注浆量控制在 $2.2\text{m}^3\sim 2.8\text{m}^3$ 之间。

③注浆压力

应为保证足够注浆量的最小值,一般为 $0.2\text{MPa}\sim 0.3\text{MPa}$,由于该台盾构服役期较长,灵敏度已大大削弱,因此,目前实际中注浆压力达到 $0.5\text{MPa}\sim 0.55\text{MPa}$ 。

3.2.2 总推力和推进速度

盾构总推力应等于盾构掘进过程中所遇到的各种阻力,与工程地质、水文及隧道埋深相关。本区间在 $800\text{t}\sim 1\,000\text{t}$ 之间。推进速度实际控制在 $2\text{cm}/\text{min}\sim 4\text{cm}/\text{min}$ 之间。

3.2.3 刀盘和土舱压力

根据设备情况将盾构刀盘油压稳定在 $8.5\text{MPa}\sim 10.0\text{MPa}$ 之间,密封舱土压力控制在 $0.14\text{MPa}\sim 0.18\text{MPa}$ 之间,刀盘转速控制在 $0.50\text{r}/\text{min}$ 。

3.2.4 螺旋机转速、出土量

正常推进时采用改变推进速度来控制出土量的方式,螺旋

机转速控制在 $0\sim 10\text{RPM}$ 之间,不超过 15RPM 。出土量控制在理论出土量的 $98\%\sim 100\%$ 之间。

3.3 设备应用评价

盾构在2003年7月22日开始在该工程上推进以来,10月17日完成了下行线隧道 400m 长的推进。该设备虽然服役期较长,推进中较难控制,但由于施工人员熟练的操作和细致的保养,设备总体良好,可以保证正常施工的安全和质量。

4.结束语

由于法国FCB土压平衡盾构机引进时间较早,在自动控制技术上存在一些缺陷,其总推力、出土输送能力、刀盘、螺旋机扭矩同现在新引进的盾构机相比均存在一定的差距。但其由于 L/D (L ,机头长度; D ,盾构外径)值和重量较小,推进中在盾构姿态调整方面具有现引进盾构无可比拟的优越性,而且管片拼装质量可靠,调头时更方便、快捷。实践证明,在上海地区淤泥质软土地层中使用法国FCB土压平衡盾构机是比较可靠和安全的,地面沉降控制也基本能够满足环境保护的要求,具有较好的适用性。

(上接第29页)

坑外水位影响明显,对周边建筑物、管线影响较大。

40%左右,其经济效益特别显著。

3.单、双墙工程量及经济价值比较

3.1 单、双墙工程量及价值比较见表2。

单、双墙工程量及价值比较

表2

序号	分项工程名称	单位	数量		价值			
			延吉中路站 (单墙)	黄兴路站 (双墙)	延吉中路站		黄兴路站	
					单价	合价	单价	合价
	地下连续墙每幅(6m)	幅	1	1				
1	地下连续墙成槽	m^3	130.9	96.48	609.28	79 755	609.28	58 783
2	地下连续墙混凝土	m^3	129.6	95.52	558.02	72 319	558.02	53 302
3	墙底注浆	m^3	3	2	95.53	287	95.53	191
4	十字钢板	t	2.714		4 694.55	12 741		
5	安拔接头管	段	1	1	3 526.29	3 526	3 526.29	3 526
6	清底置换	段	1	1	2 285.75	2 286	2 285.75	2 286
7	钢筋笼制作、吊装	t	19.326	15.886	5 342.76	103 254	5 258.74	83 540
8	预埋注浆管	m	58	54	25.1	1 456	25.1	1 355
9	内衬墙挖土	m^3		30.29			50.64	1 534
10	增加内衬墙	m^3		30.29			1 469.25	44 504
11	地下连续墙防水	m^2	58.32		238.13	13 888		
	指标(元/幅)					289 512		249 021

3.2 对比效果分析

3.2.1 每幅造价(6m):双墙比单墙节省造价40 491元。

3.2.2 两种墙体结构价差主要在水下混凝土方量差、接头钢板差、内衬墙差、内侧墙面防水差等几个方面,其中特别是单墙无十字钢板止水接头,节省了大量的钢材,显现出突出的经济效益。综合比较:双墙比单墙节省造价14%,而以地下连续墙作为围护结构的地铁站,地下墙分项造价占车站总造价的

4.结论

通过上述的技术、经济对比来看,在施工技术方面,同样的施工环境条件下,单墙除对垂直度和成槽设备的精度要求比双墙高外,在施工控制、环境保护等方面均优于双墙;从经济价值对比来看,单墙由于地下墙水下混凝土量大于双墙,又增加了接头钢板,因此其造价比双墙高。