

超深地下连续墙施工中若干问题探讨

孙立宝

(浙江有色建设工程有限公司,浙江 绍兴 312000)

摘要:随着地下空间工程的不断发展,超深地下连续墙的应用越来越起多,施工的风险也越来越高。结合工程实践,对超深地下连续墙施工方法及施工中存在的若干问题进行探讨、分析,并提出相对应的解决措施。通过采用先进合理的解决措施,超深地下连续墙的施工是完全能达到设计要求的。

关键词:地下连续墙;成槽;导墙;接头;钢筋笼;灌注混凝土

中图分类号:TU476⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)02-0051-05

Discussion on the Construction of Super-deep Underground Diaphragm Wall/SUN Li-bao (Zhejiang Nonferrous Construction Engineering Co., Ltd., Shaoxing Zhejiang 312000, China)

Abstract: With the development of underground space engineering, super-deep underground diaphragm wall becomes more and more popular, consequently resulting in the increasing risk in construction. This paper discussed and analyzed the construction technology of super-deep underground diaphragm and the existing problems according to the field experience with the relevant solving methods. In a word, by utilizing the proper technologies, the engineering of super-deep underground diaphragm wall can be successfully conform to the design requirements.

Key words: underground diaphragm wall; slot completion; guide wall; joint; reinforcement cage; cement grouting

0 引言

随着我国城市建设的快速发展,地下空间工程不断增加,相应的深基坑工程越来越多。地下连续墙作为围护结构被深基坑工程普遍采用。伴随着施工设备的不断改进和设计水平的逐步提高,地下连续墙的施工深度越来越深,目前我国施工最深的地下连续墙深达 76.6 m,为“南水北调”穿黄工程北岸竖井,开挖深度达 50.1 m。在上海市施工的最大深度为 65 m,在天津市施工的最大深度为 61 m。随着施工深度的加大,相应的施工风险也越来越高,尤其是在软土地区,施工质量控制不好,会发生地下连续墙渗漏水、基坑变形过大及周围建筑物沉降等隐患,不但会给基坑开挖和主体结构施工带来不利影响,严重时会发生基坑失稳、垮塌等安全事故,给工程各方带来极大的经济损失和社会影响。因此,针对超深地下连续墙的施工有很多问题值得我们去探讨和研究。

1 超深地下连续墙的施工方法

1.1 液压抓斗成槽

液压抓斗成槽是地下连续墙施工最常用的方法。目前常用的液压抓斗有进口的和国产的,型号

也比较多,但能承担超深墙施工的不多。要满足超深墙的施工,液压抓斗需具备几个要求:(1)抓斗的动力性能高;(2)随着成槽深度的增加,抓斗本身自重应能抵御泥浆的上浮力;(3)深度越深,设备的纠偏性能要求越高;(4)抓斗自身的稳定性要高。直接用液压抓斗成槽具有施工工序单一,成槽质量容易控制,施工速度快的优点,但在硬土层有施工速度慢、垂直度不易控制等缺点。

1.2 “钻抓结合”法

所谓“钻抓结合”法就是在槽段的两端或中间先施工一个导向孔,一般采用旋挖钻机或工程钻机施工,要求成孔直径同墙厚,孔深与墙深相同,垂直度控制在 1/(300~500)。通过先行施工导向孔,可以使液压抓斗斗齿成槽时伸入已抓好的两孔中并夹住两孔之间的土体直接将土体抓出,大大降低了成槽过程中土体对液压抓斗产生的阻力,提高了成槽速度,缩短整幅槽段的施工时间,对成槽垂直度的控制也容易保证。

1.3 “先抓后铣”法

超深地下连续墙一般深度都超过 40 m,施工穿越的土层可能达密实的砂土层或砾石层,采用以上两种施工方法,当遇较硬土层时施工速度会很慢,甚

收稿日期:2009-10-08;修回日期:2009-12-14

作者简介:孙立宝(1970-),男(汉族),黑龙江人,浙江有色建设工程有限公司天津分公司总工程师、高级工程师,岩土工程专业,从事岩土工程的勘察、设计与施工管理工作,天津市红桥区三条石大街尚都家园1-1202浙江有色建设工程有限公司天津分公司(300092),suntj66@163.com。

至根本无法施工,施工的垂直度也无法控制。目前常用的解决方法是:上部软土层部分采用液压抓斗直接成槽,当遇下部硬土层或砾石层改用铣槽机成槽,此种方法可以提高整体施工速度,保证垂直度,但施工工序较多,造价高,技术要求高。

1.4 铣槽机成槽

当施工经过的硬土层较厚或成槽深度较大,对垂直度要求较高时,可直接采用铣槽机施工。该方法可有效保证垂直度,缺点是施工速度慢,造价高,国内使用的不多。

2 超深地下连续墙施工中主要难点及应对措施

2.1 导墙的施工

导墙施工是地下连续墙施工的第一步,对地下连续墙施工定位、储存泥浆和成槽起着重要作用。经常出现导墙变形或损坏造成成槽施工无法进行。常见的情况主要有以下几种。

(1)导墙变形导致钢筋笼不能顺利下放。出现这种情况的主要原因是导墙施工完毕后没有加纵向支撑,导墙侧向稳定不足发生变形。解决的措施是导墙拆模后,沿导墙纵向每隔1 m设二道木支撑,在导墙砼没有达到设计强度以前,禁止重型机械在导墙侧面行驶,防止导墙受压变形。

(2)导墙的内墙面与地下连续墙的轴线不平行,超声波检测结果显示,由于导墙本身的不垂直,造成整幅墙的垂直度不理想。解决的措施主要是导墙中心线与地下连续墙轴线应重合,净距误差 <5 mm,加强导墙模板的检验。

(3)导墙后侧塌方,导墙开挖深度范围内为回填土,造成导墙后侧塌方。导墙施工应深入未经扰动的原状土30 cm或将回填土夯实,在导墙养护期间禁止大型机械在导墙附近作业。

2.2 成槽的稳定性

2.2.1 泥浆是关键

根据以往的施工经验,超深地下连续墙成槽施工的时间都比较长,成槽后还要进行成槽检测、下放钢筋笼、安装灌注导管等工序,造成成槽后泥浆静置时间较长。因此泥浆性能的好坏直接影响地下连续墙的施工质量。

泥浆液柱压力作用在开挖槽段土壁上,除平衡土压力、水压力外,由于泥浆在槽壁内的压差作用,部分水渗入土层,从而在槽壁表面形成一层泥皮。性能良好的泥浆失水量少,泥皮薄而密,具有较高的粘接力,这对于维护槽壁稳定,防止塌方起到很大的

作用。泥浆应采用膨润土、CMC、纯碱等原料按比例配制,加强对配置好的泥浆指标控制,新鲜的泥浆以密度 $1.05 \sim 1.08$ kg/L、粘度 $22 \sim 26$ s、含砂率 $<1\%$ 为宜。新配制的泥浆应该在池中放置一天充分发酵后才可使用。在施工过程应加强泥浆指标的检测,应保证泥浆密度 ≤ 1.3 kg/L,粘度 $25 \sim 35$ s,含砂率 $<4\%$,对不符合要求的泥浆一定要坚决废弃。

在成槽施工过程中,应充分重视泥浆液面的控制。注意随时补浆,泥浆面不应低于导墙顶面0.3 m,同时应高出地下水位0.5 m以上,以稳定槽壁。

对成槽施工经过较厚砂土层的地段,要加强对泥浆除砂分离净化,使泥浆中的含砂率降到4%以下。

2.2.2 水泥搅拌法加固

对上部有软弱土层或新近回填土层的地段,可采用墙体两侧用水泥搅拌法进行加固,水泥掺入量以 $7\% \sim 10\%$ 为宜,水泥掺入量不宜过大,否则将直接增加施工成本,同时在成槽时也不利于切削被加固后的土体,造成成槽施工困难。

2.2.3 加高导墙

在现场有条件的情况下可适当加高导墙,提高泥浆液面,加大导墙内水头差,以提高泥浆对槽壁的水平抗力,从而保证槽壁的稳定。为节约成本,方便施工,可采用移动式的钢导墙进行加高。

2.2.4 严格控制成槽时间

超深地下连续墙的成槽施工时间都较长,有的一幅槽段的施工时间长达 $2 \sim 3$ 天,如果施工期间设备出现故障,成槽时间会更长。在施工之前应做好充分的准备,对成槽设备进行细致的检修,备好易损件。设备一旦出现故障,以最短的时间修复。其次合理划分施工槽段,减少单幅槽段的施工时间。

2.2.5 尽量减少外部扰动

施工过程中加强现场管理,禁止在槽段两侧堆放土方、钢筋等重物,大型机械不得在槽段边缘频繁走动,以确保槽壁稳定,同时要安排专人清理成槽施工场地,避免废弃钢筋等落入槽段堵塞或损坏成槽机械。

2.3 垂直度的控制

地下连续墙一般是做围护结构墙,有的设计是“双墙合一”的,兼做结构墙,不论是做哪种墙,越深的基坑,对垂直度的要求越高,一般要求垂直度 $1/300$,一旦成槽施工的垂直度超过设计要求,将造成钢筋笼下放困难甚至放不进去,还有可能“吃进”主体结构内,造成结构施工困难。为了保证成槽施工

垂直度,首先要将导墙面垂直度控制好,其次优选纠偏能力强的成槽施工设备,最主要的还是施工过程中的及时修正。

2.4 接头的处理

目前国内常用的地下连续墙的接头形式有锁口管接头、止水钢板接头、接头箱、预制混凝土接头等,最简单的是锁口管接头。对于超深地下连续墙,由于墙体深,锁口管起拔的阻力大,控制不好拔管时间容易出现锁口管拔不出来的情况,再有锁口管与槽壁是线接触,接触面小,容易造成混凝土绕流,给接头的处理造成困难,所以较少采用锁口管接头形式,主要采用止水钢板接头和预制混凝土接头。

止水钢板接头主要有“十字”、“工字”、“王字”形等几种形式(图1),采用哪种形式,主要取决于地下连续墙的厚度及深度。如:天津西站交通枢纽地铁6号线工程墙深43 m,墙厚1.0 m,采用“十字”钢板接头形式;天津站北广场地下换乘站地下连续墙深55 m,墙厚1.2 m,采用“工字”钢板接头形式;天津滨海新区于家堡交通枢纽工程地下连续墙深61 m,墙厚1.2 m,采用“王字”钢板接头形式。止水钢板接头形式具有止水效果好,整体性好,方便施工等优点,但造价相对较高。

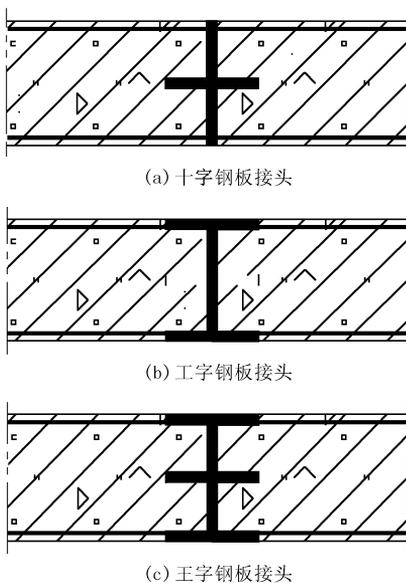


图1 止水钢板接头形式

现在常用的接头形式还有预制混凝土接头。预制混凝土接头一般制作成“工字”形状(见图2),在车间内分段制作完成,厚度与墙厚相同,宽度为600~800 mm。在槽口分段吊装,采用预埋钢板焊接连接。预制接头混凝土强度、配筋与地下连续墙相同。成槽后该接头构件直接埋在连续墙里,不再回收利用,

减少了拔出工序,钢筋混凝土接头为预制件,可提前制作,大大缩短混凝土浇筑时间。采用混凝土预制接头的形式,虽然预制接头的成本比钢板接头及锁口管接头相对较高,但由于该接头实际上取代了一部分的连续墙结构,从而使得连续墙本身的工程量减少,费用降低。

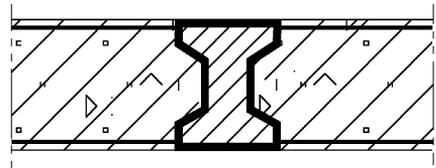


图2 预制混凝土接头

无论是采用止水钢板接头还是预制混凝土接头,都须在接头外侧回填砂石包或土袋以防混凝土绕流,造成二期槽段施工困难。对于先期形成的接头侧面往往有许多泥土粘在上面,要采用特制的刷壁机进行清刷,一般需要刷10次以上,才能确保接头面的新老混凝土接合紧密,否则可能造成两幅墙之间有夹泥,发生渗漏。

对于超深地下连续墙,为了确保接头的止水效果,最好在接头外侧补2根高压旋喷桩进行止水封堵。实践证明该方法有一定效果。

2.5 钢筋笼的制作与吊装

由于超深地下连续墙墙厚、深度大,钢筋笼的体积和质量也较大,有的重达几十吨。用国内普通的起吊设备一次吊装有难度的时候,可以考虑分节制作,对接的方式可采用电焊连接,也可采用接驳器对接。电焊连接对精度要求低,容易操作,但耗时长;接驳器对接省时,但对精度要求高,造价高。从保证槽壁稳定的角度出发,最好采用接驳器对接,连接速度快,质量有保证。

钢筋笼的制作首先要保证平整度与垂直度,确保钢筋笼吊起来后能顺利下放。钢筋焊接满焊与交叉焊部位严格按照施工图控制,焊点质量满足焊接规范要求。桁架、吊环的焊缝长度和厚度须满足要求,以防起吊过程中变形、散落。

钢筋笼的吊装一般采用两台吊车抬吊,所用吊车的吨位和吊点要经过科学的计算。大吨位的用作主吊,小吨位的用作副吊。首先起吊下段钢筋笼,入槽后用槽钢将其垂直担在导墙上,然后将上节钢筋笼垂直吊起,将其搭接部分插入下节钢筋笼内,上下节钢筋笼要准确对好,待钢筋笼稳定后进行焊接连接或人工接驳器对接。采用焊接时应多台焊机同时作业,必须保证焊接长度和焊接质量,同时控制好焊

接时间,尽量在最短时间内完成焊接作业,减少槽壁的暴露时间,避免槽壁坍塌。

2.6 水下混凝土灌注

2.6.1 导管的装拆与布置

利用带有快速接头的密封导管进行水下混凝土灌注。导管下放前应进行耐压试验和密封性试验。导管布置间距不宜太大,一般每幅墙布置2根,间距以3 m以内为宜,间距>3 m将使断面夹泥的机率增加。

2.6.2 合理控制导管埋深

灌注混凝土时导管理深应保持在2~6 m之间,不合理的导管理深将直接影响混凝土的灌注质量。埋深太小,混凝土呈覆盖式流动,容易将混凝土表面的浮泥卷入混凝土内;导管理深太深时,导管内外压力差小,混凝土流动不畅,容易发生埋管事故。采用2根导管进行灌注时,2根导管应轮流浇灌,确保砼面均匀上升,混凝土面高差控制在0.5 m以下。

2.6.3 严控出厂混凝土质量

预搅混凝土到场后,应首先进行坍落度检测,水下混凝土坍落度一般为18~22 cm,如果超过这个范围,则应退回不要强行灌注,很多的堵管事故都是混凝土的坍落度太小、流动性差造成的。超深地下连续墙的混凝土量一般都较大,有的达几百立方米,这么多的混凝土应事先与供应商落实好,选择好运行路线,保证混凝土及时连续供应,避免灌注过程中断。

3 相关施工案例

3.1 天津站交通枢纽改造工程

天津站交通枢纽改造工程是天津市为2008年奥运会及京津高铁的配套工程,集地铁、高铁、轻轨、铁路换乘站为一体的现代化综合性交通枢纽工程。工程采用盖挖逆作法施工,为3层和4层多跨框架结构,4层底板最大埋深为32.5 m。主体结构采用地下连续墙作为围护结构,连续墙厚1.2 m,墙深分别为49、53、55 m,标准槽段宽5 m。主要的施工难点及解决措施分述如下。

3.1.1 软弱土层成槽坍塌控制措施

在地面以下15 m范围内为杂填土、淤泥质粉质粘土、粉土、粉质粘土等,标贯值极低,约2~8,而且地下水位埋深较浅,成槽过程极容易出现坍塌。为保证成槽过程中槽壁的稳定,对上部15 m范围内软弱土层采用水泥搅拌法进行加固处理,在成槽过程中严格控制泥浆密度在1.15~1.20 kg/L之间,

从而有效降低槽段坍塌风险。

3.1.2 地下连续墙接缝处理

该工程为超深地下连续墙施工和超深基坑开挖,围护结构的施工质量,尤其是地下连续墙的接缝止水性能对基坑开挖的安全至关重要。该工程采用“工”字钢板+箱式接头的形式,“工”字钢板接头属于刚性接头,能够传递弯矩、剪力和轴力。“工”字钢板接头流水线路长、阻力大、不易出现渗漏水现象,止水效果较好,箱式接头能有效防止混凝土绕流。超深、超大接头箱的顶拔始终是一个困扰施工单位的难题。槽段浇注完毕后,过早顶拔接头箱,混凝土会产生绕流,稍晚顶拔,混凝土已经初凝,拔断接头箱的概率很大。在该工程中,施工所采用的是部分下放接头箱,即自槽底填砂石袋至40 m深度左右,余下部分下放接头箱,利用接头箱的自重夯实砂石袋。这样做的好处是自墙顶至40 m深度的钢筋笼有足够的侧向支撑,余下部分的钢筋笼也有较密实的砂石袋作为支撑,既有效地减少了混凝土绕流,偏移量也在可以接受的范围内。

3.1.3 超长、超重钢筋笼起吊措施

该工程地下连续墙钢筋笼长度为55 m,总质量约为80 t。如此的庞然大物对起吊设备要求极高,同时起吊的安全至关重要。为了避免钢筋笼对接对施工质量造成影响,该工程采用一次整体吊装。在吊装前精心设计了吊装方案。在实际操作过程中,采用1台300 t吊车做主吊,1台150 t吊车做副吊,起吊方法为双车10吊点安装法。在钢筋笼的制作过程中,严格控制钢筋笼焊点和焊缝质量,钢筋笼设置纵向起吊桁架和纵向加强桁架并设置横向加强桁架、横向起吊桁架和吊点,使钢筋笼起吊时有足够的刚度防止钢筋笼产生不可复原的变形。

3.2 天津滨海新区于家堡交通枢纽工程

天津滨海新区于家堡交通枢纽工程是集城际铁路、城市轨道交通、公交、出租车等多种交通形式于一身的大型交通枢纽工程,是京津高速铁路延伸至滨海新区二期工程的终点站。总体结构为地下3层,基坑最大开挖深度为31 m,围护结构采用地下连续墙,墙厚1.0、1.2 m两种,墙深为61 m,是目前天津市施工最深的地下连续墙。

该工程地处天津市的滨海新区,上部有近17 m厚淤泥质软弱土层。该土层灵敏度高、强度低,呈流塑状,极易发生蠕动和流动,施工难度非常大。为了保证槽壁的稳定,先在墙体两侧对上部的淤泥质土层进行水泥搅拌法加固处理。

根据工程地质勘察报告,地面以下25~60 m范围内主要为粉砂和细砂层,标贯值接近甚至超过50,按以往施工经验,在标贯值>30的土层中,抓斗直接成槽的效率急剧下降,每小时进尺不足1 m,为此采用“钻抓结合”的成槽方法,用旋挖钻机引孔。首开槽段采用“三抓”成槽,顺序槽段采用“一钻一抓”成槽,闭合槽段采用“三钻两抓”成槽。

由于成槽时间较长,最长达78 h,下部砂层容易产生坍塌,为此针对下部砂层采取加大泥浆密度和粘度措施,泥浆密度控制在1.15~1.20 kg/L之间,粘度30~35 s。由于施工范围内砂层较厚,造成再生泥浆含砂率超标,为确保泥浆的含砂率<4%,加设泥浆除砂装置。

钢筋笼分两段吊装,避免在钢筋笼吊运过程中对槽壁的稳定性产生影响,同时降低起吊风险。槽段接头采用“王”字钢板+接头箱的形式,增加止水效果,有效防止混凝土绕流,确保槽段间接合紧密。

4 结语

地下连续墙作为一种既可止水又能承重的围护结构,随着深基坑工程的增加,应用日渐广泛。而超深地下连续墙施工虽是一项复杂的工程,只要在实施施工中选好成槽方法及接头形式,加强导墙及钢

筋笼的施工质量,控制好泥浆密度、成槽垂直度、水下混凝土灌注、接头处理等关键工序,施工质量是完全能达到设计要求的。

本文仅结合工程实践对超深地下连续墙施工中的几个关键问题进行了探讨,相信随着技术的发展,很多问题也会有更好的解决措施。

参考文献:

- [1] 王明胜.超深地下连续墙的设计与施工[J].岩土工程界,2008,12(2):53-57.
- [2] 谭少珩.超深地下连续墙施工技术[J].铁道建筑,2008,(5):26-28.
- [3] 孔莉莉,文新伦,马仕.软土地基超深地下连续墙成槽施工的质量控制与实践[J].建筑工程,2008,30(4):242-244.
- [4] 陈昊,胡辉.超深地下连续墙施工监理控制要点[J].城市道桥与防洪,2007,(12):71-76.
- [5] 孟昭辉,宋永智,欧阳康森.新天津站地下连续墙施工技术综述[J].天津建设科技,2008,(6):32-35.
- [6] 曹振锋,姜红.水泥搅拌桩加固土体预防地下连续墙塌孔技术[J].南水北调与水利科技,2008,6(1):328-330.
- [7] 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),2004,31(4):10-12.
- [8] 邓绍伦,杜晓辉.上海明珠二期南浦大桥地铁站工程超深槽段地下连续墙施工体会[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(5):12-14.
- [9] 高喜晨,黄文祥.地下连续墙施工技术[J].探矿工程,1993,(1).

冀东地区蕴含近百亿吨铁矿资源潜力

国土资源部门户网2010-01-11消息 河北省东部地区铁矿资源潜力预测仍有100亿t,有望成为我国中东部铁矿勘查最具潜力的地区。在2009年12月26日中国冶金地质总局召开的冀东铁矿地质勘查技术研讨会上,这一预测得到了与会院士、专家的肯定。

据介绍,冀东是中国冶金地质总局开展铁矿勘查工作的重要成矿区带。近年来,该局在冀东地区相继取得了闫庄、常峪、马城、长凝大型铁矿的找矿突破,其中今年完成详查的马城铁矿,获得铁矿资源量超过10亿t。

在多年的工作中,中国冶金地质总局掌握了包括大地构造位置、赋矿层位、控矿构造和已知铁矿床形态、产状、规模,以及已知铁矿点的分布及密集程度等因素在内的冀东地区地质条件,在此基础上,根据航磁异常的面积、形态、强度和数量,并结合部分地磁异常和重力异常的特征,圈定出7个预测区,预测区中既有新区,也有走向深部的老区,如迁安隆起西缘、遵化周边、都山岩体北西等预测区。预测铁矿资源量近百亿吨。

向形控矿是冀东铁矿的主要成矿规律。这一规律表明,矿床产于复杂向形构造中,向斜轴部铁矿层数增多,厚度增大,部分形成富铁矿体。目前,向斜构造控矿规律已被勘查界广泛应用,在未来的冀东铁矿勘查中,这一规律仍将发挥重要作用。中国冶金地质总局总工程师骆华宝介绍,预测区工作部署重点开展3方面工作:航空物探普查、地面高精度磁测和深部验证。其中,地面高精度磁测重点在迁安隆起南部推测的司马常成矿带倒转向斜地区开展,以寻求向斜核部厚大矿体和富矿体,并对121余处未查明异常进行高精度地面磁测,选区开展普查。深部验证重点在迁安隆起西部开展,依据向斜控矿模式,继续寻求向斜核部厚大矿体和富集。

国土资源部总工程师张洪涛表示,加强地质资料的综合研究和二次开发,传统产区找大矿,尤其是在鞍山式铁矿中找富矿,将是国土资源部“十二五”的重点工作。他建议,中国冶金地质总局在铁矿勘探实践中,应进一步深化科研工作,以指导找矿大突破。