

浅谈地下连续墙预埋钢筋套筒精度控制的关键措施

辛振武

中铁二十五局集团第一工程有限公司

摘要：随着城市化进程的加速推进，地下空间发展趋势越发明显，深基坑工程也越来越多。地下连续墙作为深基坑主要围护形式，其与主体结构、横撑围檩之间的预埋钢筋套筒作用越发重要，不仅影响下道工序的正常施工，也关系到支护开挖时的安全、主体结构的永久稳定，因此预埋钢筋套筒的施工精度控制尤为关键。本文以深圳侨城东路北延通道工程二标段明挖隧道工程项目为例，就影响地下连续墙预埋钢筋连接套筒精度的因素进行分析，以及精度控制的关键措施进行浅谈，有助于提高深基坑支护工程的施工质量与安全，以供同类工程参考。

关键词：地下连续墙；预埋钢筋连接套筒；精度；关键措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.027

一、工程概况

侨城东路北延通道工程二标段明挖段隧道工程位于深圳市南山区留仙大道与学苑大道间，隧道为南北方向，隧道为双向6车道，主线基坑位于塘朗工业区内，设置5条匝道实现地下隧道与地面道路互通。

4#隧道明挖段主线总长约415m，基坑宽度约65~89m，基坑开挖深度19.8m~35.1m；围护采用1m和1.2m宽地下连续墙，共168幅槽段，标准分幅长度为6m，并设有“L”字形、“T”字形、“V”字形的异形槽段；基坑内设有3~5层混凝土支撑，各道支撑水平间距3m~6m不等，每道支撑主筋均与地下连续墙通过预埋钢筋连接套筒连接，因此本工程需要大量钢筋套筒。

二、地下连续墙预埋钢筋套筒施工精度控制重要性

(一) 钢筋套筒的定义与优点

钢筋套筒又称钢筋接驳器，是一种钢筋连接材料，其实就是一个钢套筒，内有螺纹，将两根钢筋头部对接并连接起来，以实现构件之间的拼接，根据螺纹形式可分为锥螺纹和直螺纹。地下连续墙实际施工时，多采用直螺纹钢筋套筒，钢筋套筒可以提供强大拉伸性能和减少钢筋连接上的障碍，使连接的构件具有更高的强度和稳定性，同时钢筋套筒连接也可以延长钢筋的使用寿命，进而增加构件的使用寿命。



图2 钢筋连接套筒

(二) 预埋钢筋套筒精度控制不到位的后果

本工程地下连续墙不仅作为基坑围护结构，通过围檩连接着混凝土横撑和钢支撑，更是作为地下隧道主体

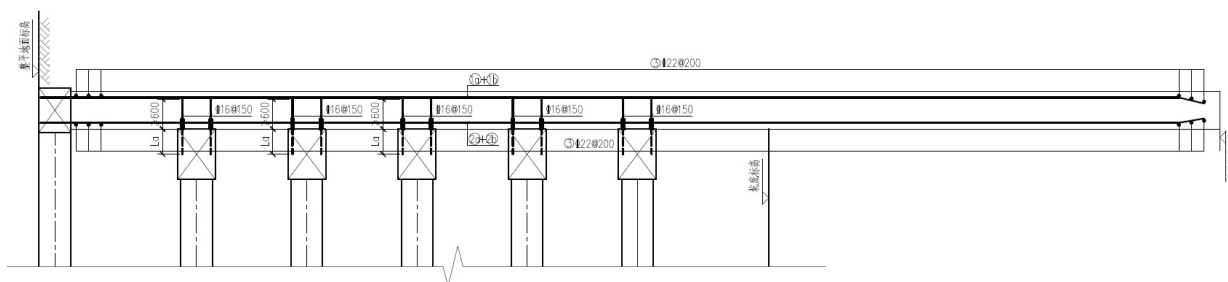


图1 地下连续墙与横撑连接图

结构的外墙，可见地下连续墙的施工质量不仅关乎着基坑开挖时的施工安全，也影响地下隧道主体结构的平面位置及侧墙厚度尺寸等。

在先支护后开挖的原则下，开挖前须凿除地下连续墙的混凝土保护层，使先前预埋的钢筋套筒暴露出来，再依次通过预埋钢筋套筒连接各部位钢筋，而在实际施工过程中由于种种原因，预埋钢筋套筒精度把控不到位，造成预埋钢筋套筒的局部脱落遗漏、东倒西歪、

位置偏差过大等后果，不但使围檩、支撑体系锚固不到位，面临支撑体系失效、基坑坍塌风险，更影响“两墙合一”的整体性。在钢筋套筒预埋位置偏差较大的情况下，又必须采取引孔植筋、扩大凿除面等措施来补救，极大影响后续工序的连贯性，必将增大成本、延误工期。

因此无论从安全角度还是经济角度，预埋钢筋连接套筒的施工精度控制都是施工过程中的重中之重。

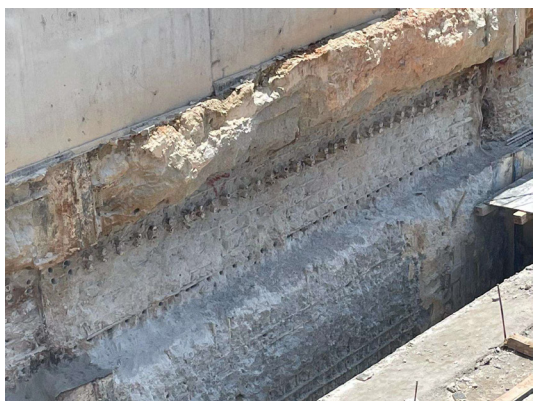


图3 接驳器东倒西歪及露筋

三、地下连续墙预埋钢筋连接套筒施工精度影响因素分析

深圳有大量类似地下连续墙作为围护的深基坑项目，通过实地参观学习多个项目以及结合本工程并翻阅资料，总结出影响地下连续墙钢筋套筒施工精度的一些因素，本文从以下几个方面进行分析。

（一）图纸设计缺陷

设计图纸在设计说明中明确要求采用预埋钢筋套筒工艺连接钢筋，而大样图中或未体现钢筋套筒或采用植筋画法，技术人员在图纸会审阶段中并未发现和指出，一味按照大样图中的植筋做法，致使地下连续墙钢筋笼未预埋钢筋连接套筒。

（二）定位不准确

1. 技术人员交底不准确

在地下连续墙钢筋笼加工前，对于预埋钢筋套筒的位置，一线技术人员或对图纸不熟悉或自身疏忽或定位控制计算不准确或交底不清晰，导致交底中的预埋钢筋连接套筒定位已经出现偏差。

2. 作业人员落实不到位

施工人员对于预埋的钢筋连接套筒精度重要性认识不到位，在技术人员对其进行交底时，认为是走走场，不仔细查看技术交底中的各项数据与尺寸，并在实际施工时，擅自将交底中的允许误差放大，导致未将钢筋连接套筒精准落实到钢筋笼上。

（三）预埋钢筋套筒焊接不牢靠

在当前工程环境下，各个项目工期都较紧张，加之施工工地的电焊工往往是计件算钱的，在工程量较大的情况下，经常出现电焊工一味地赶进度而出现漏焊、焊接不饱满等情况，造成焊接质量不高，最终导致地下连续墙钢筋笼在吊装、下放的过程中，焊接的钢筋套筒发生碰撞、偏位以及局部脱落等现象。

除了电焊工人的因素影响外，材料的因素也不可避免，施工项目部采购的焊条、预埋钢筋连接套筒等原材料质量参差不齐，电焊工又图省事，在焊接过程中哪怕发现了次品，依旧使用不合格的原材料进行焊接，从而导致预埋钢筋套筒焊接后并未达到预期效果。

（四）地下连续墙成槽垂直度偏差大

在施工过程中，地下连续墙成槽的垂直度控制是比较关键的，直接影响到成槽质量，其一直是施工重点、

难点。对于预埋钢筋连接套筒来说，若地下连续墙垂直度偏差过大，会直接导致其失位、偏移，继而失去预埋意义。

（五）地下连续墙槽内沉渣厚度过大

一般槽内是允许存在沉渣的，钢筋连接套筒在计算预埋位置时也考虑到了沉渣厚度，若沉渣厚度偏大并超过规范允许值时，会导致整个钢筋笼上浮，偏移距离超过计算时考虑的沉渣厚度，继而使预埋钢筋套筒整体向上偏移。

四、地下连续墙预埋钢筋连接套筒施工精度控制措施

结合影响预埋钢筋套筒精度分析出的原因，对症下药，采用以下措施来控制。

（一）提高定位精度

在钢筋笼的制作过程中，首先对现场施工人员进行详细交底工作，熟悉设计图纸，确保现场施工时全过程执行由质检工程师、专职技术人员、项目总工三人严格检查复核的三检制度。交底必须涵盖每幅地下连续墙钢筋笼的预埋件位置，以钢筋笼顶部钢筋相对距离计算出每道预埋件的相对位置，并在交底图中显著标记出来。

施工人员在焊接预埋钢筋套筒前，钢筋笼上的钢筋连接套筒的定位均采用张拉麻线方式进行定位。安放钢筋笼时先测量搁置点，导墙顶的标高，计算出吊筋的长度，确保钢筋笼的位置正确，从而保证各预埋钢筋连接套筒的位置正确。

（二）加强焊接质量

严格落实特种作业人员持证上岗制度，电焊工进场前，检查其特种作业操作证是否有效，并经项目部培训合格后方可上岗。在每日作业前对其进行班前教育培训，培训中对焊接质量、焊接位置进行交底，施工过程中技术人员抽查焊接质量，对焊接质量不达标的采取加强焊接的方式进行修复，确保焊接强度。

加强原材料进场审核，对进场的焊条、预埋钢筋套筒等原材料进行严格抽检，对于质量不合格的原材料进行退场处理，若多次发现不合格批次，项目部应立即更换供应商，确保焊接原材料的质量可控。

（三）严控垂直度偏差

1. 导墙精度的施工控制

导墙开槽前应测量放样出其轴线、边线，复核无误后用白灰将其在现场标记出来。施工时应注意导墙内侧的净空尺寸及位置等，同时为防止成槽过程中的导墙变形，导墙在开挖后还应设临时支撑。

导墙的内墙面与地下连续墙的轴线应经过测量复核，精度应符合要求，保持平行。导墙中心线应与地下连续墙轴线保持重合，导墙开挖后，应立即复核导墙的垂直度，并及时纠偏。

2. 地下连续墙钢筋笼质量的控制

钢筋笼制作时的容许偏差应严格按照表1标准执行。钢筋笼还应有加固措施来保证吊装过程的稳定，本工程在每幅钢筋笼设置4根加强桁架代替该位置原有的桁架，桁架方向同钢筋笼主筋方向，桁架主筋利用钢筋笼主筋，连接筋采用 $\phi 28$ 的III级螺纹钢，连接筋与主筋

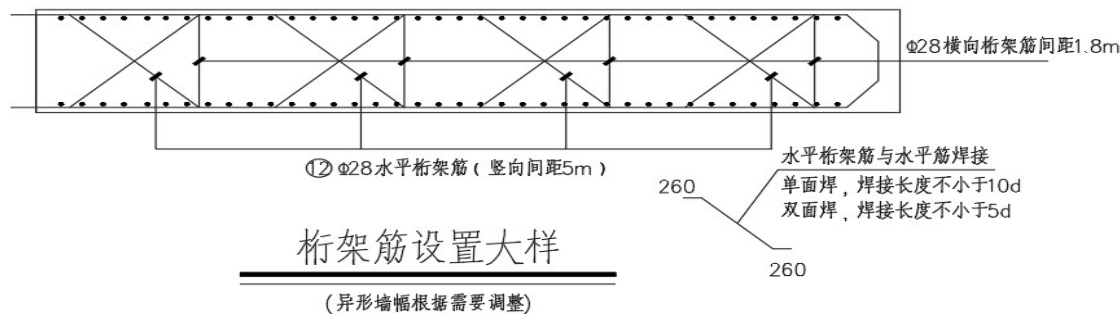


图 4 桁架结构示意图

成45° 夹角、连接筋与桁架筋间成90° 夹角。具体形式见图4桁架结构示意图。

表 1 钢筋笼的制作控制标准

序号	项目	容许偏差 (mm)	检查方法及频率
1	钢筋笼骨架长宽	±20	尺量检查
2	主筋间距	±10	用尺量检查不少于5处
3	加强筋间距	±20	用尺量检查不少于5处
4	箍筋间距	±20	用尺量检查不少于5处
5	钢筋骨架垂直度	0.5%	掉线尺量检查
6	保护层厚度	不小于设计值	检查垫块
7	预埋件数量	实际数量	目测, 全部
8	预埋件中心位置	±10	全部, 用尺量
9	焊点和焊缝	无裂缝、气泡、焊渣	目测, 50% 焊缝
10	搭接长度	设计要求	目测, 50% 焊缝
11	笼体清洁度	无明显锈斑、油污和泥块	目测

2. 地下连续墙成槽过程中的控制

首先要合理的安排地下连续墙槽段的开挖顺序, 应遵循“先转角、异型槽段、后标准槽段”的顺序安排跳槽施工。根据地下连续墙的施工工艺, 分①、②期槽段施工, 当施工一个①期槽段后, 中间隔开一个②期槽段, 进行下一个①期槽段施工, 当两个①期槽段达到设计强度70%后, 进行中间的②期槽段的成槽与其他工序, 此法可有效保证孔壁土体的稳定。对于需要入中风化、微风化岩层或者碰到较大孤石的槽段, 先采用液压成槽机抓至基岩层段, 再采用旋挖钻机引孔、铣槽机进行破岩, 最后用液压成槽机成槽、清渣, 该工艺可有效保证成槽质量, 并提高施工效率。

在挖槽过程中, 成槽机使用前应调整悬吊装置, 防止偏心, 机架底座应保持水平, 并安设平稳; 遇软硬土层交界处采取低速成槽, 适当控制挖掘速度。成槽机作业人员应时刻关注成槽机中的测斜数据, 对成槽过程中垂直度进行监测, 出现偏差过大情况时及时纠偏。成槽后, 立即请第三方检测单位通过超声波测斜仪对每幅

地下连续墙的垂直度进行检测, 垂直度允许偏差控制在1/200以内。

在钢筋笼下放时, 导墙应设锚固点固定钢筋笼, 钢筋笼下放时应保持垂直状态, 若因槽壁面弯曲而使钢筋笼不能放入, 应修整槽壁后再吊放钢筋笼。

(四) 沉渣厚度的控制

首先要采用优质的膨润土、纯碱、高浓度CMC和自来水作原材料, 按试验确定的配合比配制泥浆, 然后通过泥浆循环过滤装置降低槽内泥浆的含砂率。优质的泥浆以及循环系统, 可有效减小沉渣厚度。

本工程地下连续墙钢筋笼较长、较重、异形槽段较多, 在吊装时必然需要较以往花更多时间, 为保证沉渣厚度, 孔底必须再次进行清孔。项目通过正循环、与反循环清孔工艺对比发现, 反循环清孔工艺对槽底沉渣清理效果较好, 因此采用反循环工艺进行二次清孔, 在清孔过程中, 还应经常测量沉渣厚度, 当槽底沉渣厚度小于100mm时, 方可停止清孔。

(五) 钢筋笼保护层厚度的控制

为防止钢筋笼下放过程中触碰槽壁而发生变形, 钢筋笼保护层厚度应严格控制, 钢筋笼定位垫块采用焊接定位钢板, 在钢筋笼宽度上水平方向设不少于2列定位垫块, 且钢板与钢筋笼主筋焊接牢固。

结语

地下连续墙采用预埋钢筋连接套筒与围檩、主体墙体连接的工艺现在已经是常规做法, 植筋工艺已逐渐被弃用。地下连续墙钢筋笼上的预埋钢筋连接套筒工程量较大, 预埋位置偏差不允许过大, 而钢筋笼下放后无法再调整预埋钢筋连接套筒的位置, 若等到凿除墙面、凿出预埋钢筋连接套筒时才发现预埋位置不准确时, 为时已晚, 必影响后续工序, 造成不必要的返工、窝工, 直接影响项目工期以及经济性。施工过程中采用以上措施把控预埋钢筋连接套筒精度, 施工质量良好, 因其精度影响后续工序的问题可大大减少, 可供其他同类型工程参考借鉴。

参考文献

[1] 吕蒙军. “两墙合一” 地下连续墙支护结构在工程中的应用[J]. 浙江建筑, 2012 (12): 47-51.
 [2] 兰新星, 地下连续墙施工的工程风险分析[D]. 宁波: 宁波大学. 2012.
 [3] 张彦生, 地钢筋接驳器在地下连续墙中的应用[J]. 天津: 建设科技. 2012 (2): 32-33.