

明挖工作井组合支护施工技术分析

付 博

中交一航局第三工程有限公司 辽宁 大连 116000

摘 要: 基于武汉市东湖新城中高压迁改项目工程,对明挖工作井支护工程进行分析。工程采用导墙与地下连续墙组合的支护方法,在对路面进行硬化加固的基础上,先施作导墙,后施作地下连续墙,保证了开挖施工的安全性。通过数值模拟计算了不同支护技术下明挖工作井开挖对地表沉降的影响,验证了该方法显著减小了开挖引起的地表沉降,保障了施工安全性。

关键词: 工作井;导墙;地下连续墙;组合支护;数值模拟

工作井作为盾构施工及顶管施工的始发场地,已被广泛应用于城市地铁建设、地下管廊建设等工程中。根据不同的施工环境及工程要求,需要设计合适的支护施工方案。余田喜等^[1]基于顶管工作井、接收井施工特点,针对现有支护结构在工作井支护中的应用进行了总结和分析;王春权等^[2]针对矩形工作井提出了一种钢骨架和挡土木板结合的可拆式支护体系;张晶磊^[3]探讨了MJS工法桩在顶管工作井支护结构中对周围土体位移以及管线沉降的约束作用;莫海鸿等^[4]依托于广州西江引水工程盾构接收井工程,提出了适用于盾构隧道先隧后井施工中工作井基坑的合理支护方案;陶炳芳^[5]总结了方形疏排钻孔灌注桩—型钢围檩组合支护体系的计算原理和施工方法,探讨了该工法在超深埋顶管工作井中的应用。本文依托武汉市东湖新城中高压迁改项目工程,提出了导墙+地下连续墙的组合支护体系,并分析了该工法对工作井施工安全性的影响。

1 工程概况

武汉市东湖新城中高压迁改项目工程施工(1-3标段)(第1标段)位于武汉市青山区友谊大道与青王路沿线,距离武汉天河机场直线距离约为26km,西侧临近武汉站;东湖新城中高压迁改项目工程施工(1-3标段)(第1标段)包括3条新建隧道(新建隧道3、4、5)和9条新建高压管沟(高压管沟1~3、7、11~15),隧道路径长度约为6.336km,高压管沟路径长度约为1.8km。同步实施还包括监控子站、变配电、照明、消防、排水、电气、通风和监控等附属工程。

本工程新建隧道5全长496.5m,分为顶管施工段及盾构施工段,共包含两个明挖工作井(JC5、JE1),一座沉井(JE2);JC5~JE2为内径3.0m的顶管施工,长300.5m;JE2~JE1为内径3.5m的盾构施工,长196m。地下连续墙作为JE1明挖工作井的支护结构使用,墙厚1m,墙深35m,嵌固深度10.15m,具体位置如图1所示。



图1 JE1工作井平面位置示意图

2 工程自然条件

2.1 水文地质条件

根据本工程地质勘察报告,施工范围内未见地表水体;地下水按赋存条件,可分为上层滞水、基岩裂隙水及孔隙潜水等。钻孔完成后按市政要求快速回填,部分钻孔中未量测到稳定地下水水位;勘测过程中对部分钻孔进行特别保护并量测地下水水位,其地下水稳定水位连续性较差,无统一的地下水水位,反映其地下水的赋存量不均匀,呈现为各地段地下水水位水量变化较大的特点。地下水主要受大气降水和地表向下渗流的补给。蒸发和地下渗流是主要的排泄方式。

2.2 工程地质条件

根据地质报告,本工程区域地形较平坦,局部地势有起伏,属长江冲洪积三级阶地上的老黏性土区。地层表层一般为松散人工填土,上中部一般为硬塑状老黏性土,下伏基岩为志留系的泥岩,局部分布有泥盆系粉砂岩。JE1工作井工程地质剖面如图2所示,各土层参数如表1所示。

表1 JE1工作井土层分布及参数

岩土名称	状态与密实度	重度 γ (kN/m ³)	泊松比 μ	弹性模量 E(MPa)
杂填土	松散-中密	18.0	0.3	3.6
粉质黏土	可塑	19.4	0.35	28
粉质黏土	可塑	19.3	0.3	33

含 粘 性 土	稍密 - 中密	20.0	0.3	1.5*103
碎石				
泥岩	强风化	21.8	0.3	4*103
泥岩	中风化	22.2	0.3	7*103

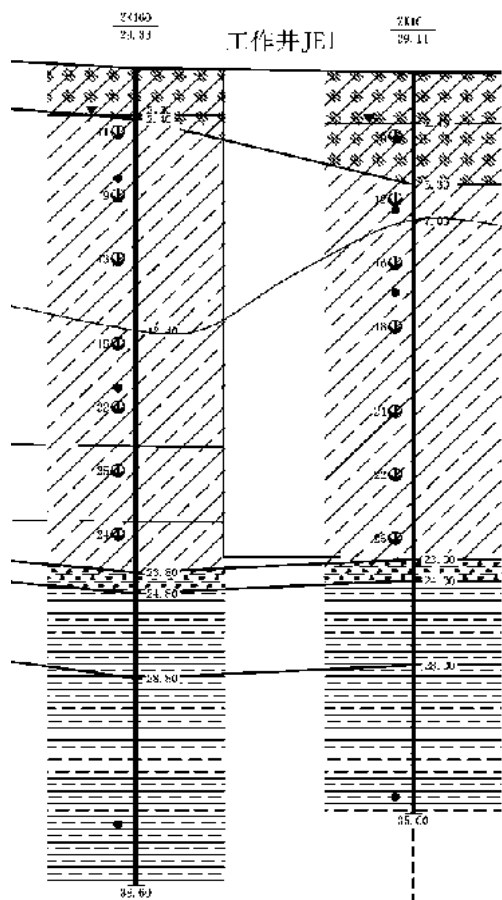


图 2 JE1 工程地质剖面图

3 JE1 工作井支护施工方法

3.1 工作井施工顺序

进场后依次进行施工范围围挡→临建施工→场地平整→导墙施工→地下连续墙施工（BW01→AW01）。

本工程地下连续墙共分为 10 段,其中有“一字墙”6 段,转角“L 形”墙 4 段。根据本工程地下连续墙的设计要求、工期要求、场地条件、地质情况,拟投入 1 台成槽机采用跳挖的方式进行施工。按第 1 段→第 10 段开展施工,具体顺序如图 3 所示。



图 3 JE1 工作井地下连续墙施工顺序示意图

3.2 施工场地布置

JE1 工作井围挡面积约 3200m²，根据《武汉市建设工程文明施工标准化图册（2020 年版）》标准中的装配式围挡要求对工作井现场进行打围封闭；场地采用 18cm 厚 C30 混凝土基层，面层为 22cm 厚 C30 混凝土，为增加便道强度，在混凝土面层中增加 $\Phi 14@200$ 单层双向钢筋网片；场地内设计排水明沟和沉淀池，排水状况良好，出门处设置洗车槽和自动冲洗设施；内设集土坑和泥浆池；施工临时用电和用水采用武钢 13 号水站处接入；钢筋加工区设置在工作井旁，并设置钢筋笼吊装区，具体位置如下图所示；钢筋检验合格进场后统一存放至钢筋加工区（分型号分批次存放）；存放时在钢筋底部设置垫木，顶部用苫布遮盖，防止锈蚀，并设置挡雨棚。施工场地布置如图 4 所示。



图 4 JE1 工作井场地设施布置图

3.3 导墙施工

(1) 导墙结构

在地下连续墙成槽前，应砌筑导墙，导墙为一次浇筑成型。导墙制作围护上部土体稳定，是防止土体坍塌的重要措施。根据本工程特点导墙采用“”型整体式钢筋混凝土结构，导墙顶口和地面齐平，肋厚 20cm，顶宽 70cm，一般控制深度为 1.7m，导墙必须插入原状土 10cm，混凝土标号 C30，不得漏浆。导墙在施工期间，应能承受施工荷载。导墙结构如图 5、6 所示。

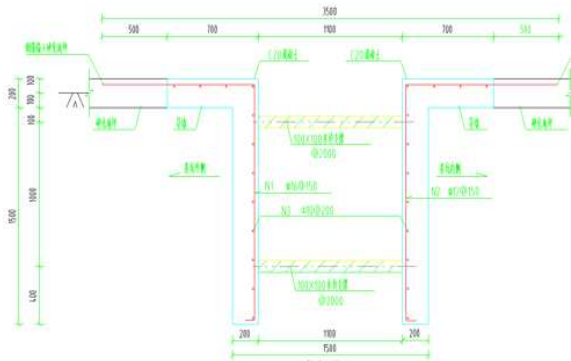


图 5 导墙结构示意图

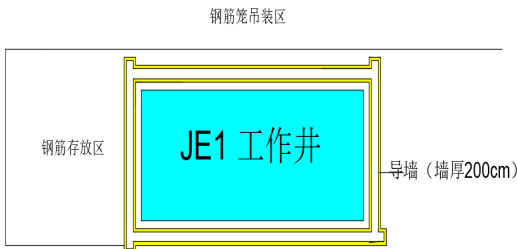


图 6 导墙施工平面示意图

(2) 导墙施工方法

测量放样：根据导墙边线定出导墙挖土位置；

挖土：测量放样后，导墙沟槽采用挖掘机开挖，侧面人工进行修直。挖土标高由人工修整控制；

立模及混凝土浇筑：在底模上定出导墙位置，再绑扎钢筋（采用半成品钢筋绑扎）。导墙外边以土代模，内边立木模。采用泵车直接浇筑，振捣棒振捣

拆模及加撑：混凝土达到一定强度后可以拆模，同时在内墙上面分层支撑 100×100mm 方木，防止导墙向内挤压，方木水平间距 2m，上下间距为根据实际情况做适当调整。加支撑完毕后在有条件的情况下立即用土回填导墙

导墙养护：导墙制作好后覆盖土工膜养护，达到 100% 设计强度时，方可进行成槽作业，在此之前禁止车辆和起重机等重型机械靠近导墙。

3.4 地下连续墙施工

(1) 地下连续墙结构形式及尺寸

地下连续墙作为 JE1 明挖工作井的支护结构，墙厚 1m，深度 35m，嵌固深度 10.15m，具体尺寸如图 7 所示。

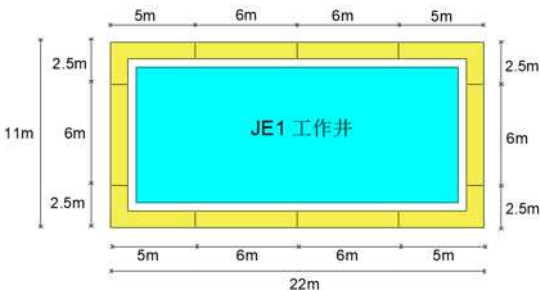


图 7 JE1 工作井地下连续墙结构形式及尺寸图

(2) 地下连续墙施工方法：

成槽施工：挖槽过程中，抓斗出入槽应慢速、稳当，根据成槽机仪表及实测的垂直度及时纠偏。在抓土时槽段两侧采用双向闸板插入导墙，使导墙内泥浆不受污染。

钢筋笼制作安装：钢筋笼采用整幅成型起吊入槽，为保证起吊时的刚度和强度。钢筋笼起吊点用 Φ25mm 圆钢加固，转角槽段增加 Φ28 钢筋支撑，每 4m 一根。并根据现场要求适当增加钢筋笼最上部第一根水平筋型号作剪力撑以增加整体刚度。

混凝土浇筑：导管插入到离槽底标高 50cm 左右，开始浇筑混凝土。为了保证混凝土在导管内的流动性，防止出现混凝土夹泥，槽段混凝土面应均匀上升且连续浇筑，浇筑上升速度不小于 2m/h，二根导管间混凝土面高差不大于 50cm。

4 数值模拟分析

应用 Midas GTS NX 有限元分析软件，建立导墙 + 地下连续墙联合支护下工作井开挖有限元模型，为反应组合支护情况下工作井开挖地表沉降，确保计算结果准确，模型长 60m，高 60m。土层采用修正摩尔 - 库伦模型，结构选用线弹性模型，有限元计算中土体力学性质如表 2 所示。C30 混凝土弹性模量取 3×10⁴MPa。进行有限元模拟时，对周围土体施加自动约束，并在模型计算前施加自重荷载。模型整体如图 8 所示。

表 2 土体力学指标

岩土名称	重度 γ (kN/m ³)	泊松比 μ	弹性模量 E(MPa)	粘聚力 c(kPa)	内摩擦角 (°)
杂填土	18.0	0.3	3.6	3	30
粉质黏土	19.4	0.35	28	10	25
粉质黏土	19.3	0.3	33	15	30
含粘性土	20.0	0.3	1.5*10 ³	20	45
碎石					
泥岩	21.8	0.3	4*10 ³	23	60
泥岩	22.2	0.3	7*10 ³	23	60

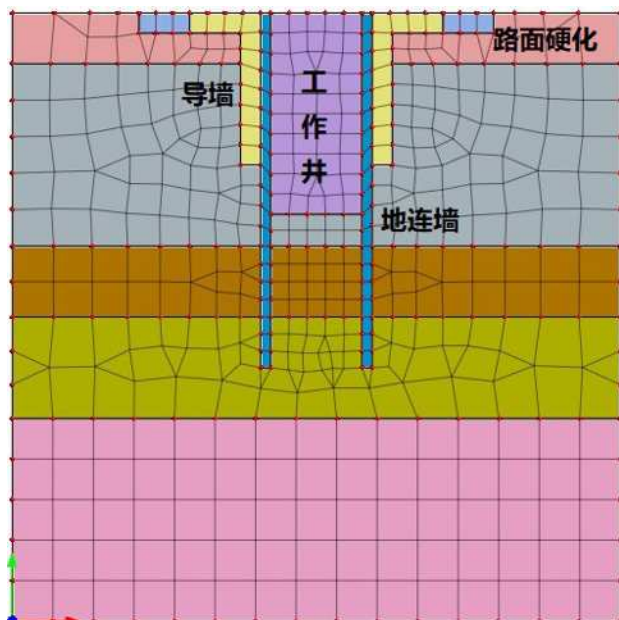


图 8 模型图

通过有限元数值计算,得出导墙+地下连续墙组合支护下工作井开挖地表沉降结果,与只施作地下连续墙地表沉降结果进行对比,如图8所示。只施作地下连续墙作为支护结构时,地表沉降最大值为8.73mm;采用导墙和地下连续墙组合支护结构时,路基最大沉降值减小到3.79mm。两种支护情况下模型整体变形趋势如图9、10所示。采用组合支护施工后,工作井周围土体自稳性提高,整体沉降减小。导墙+地下连续墙组合支护具有更好的支护性能,能够保证工作井开挖过程施工安全。

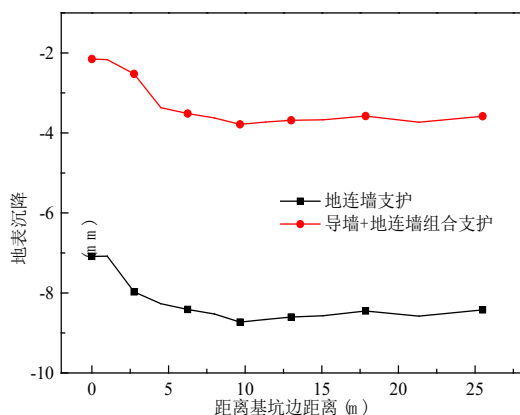


图 8 铁路路基沉降对比

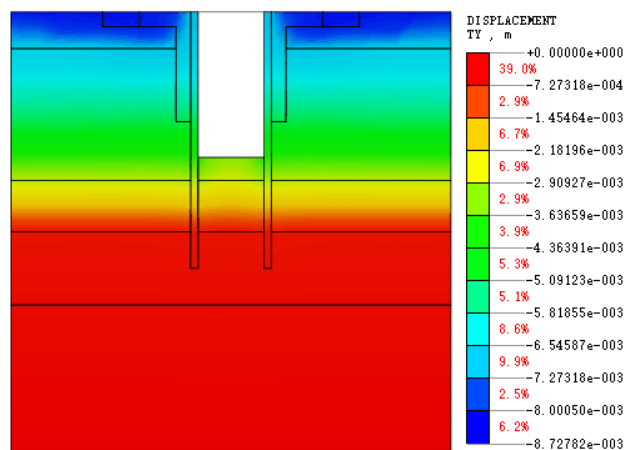


图 9 地下连续墙支护下地表沉降

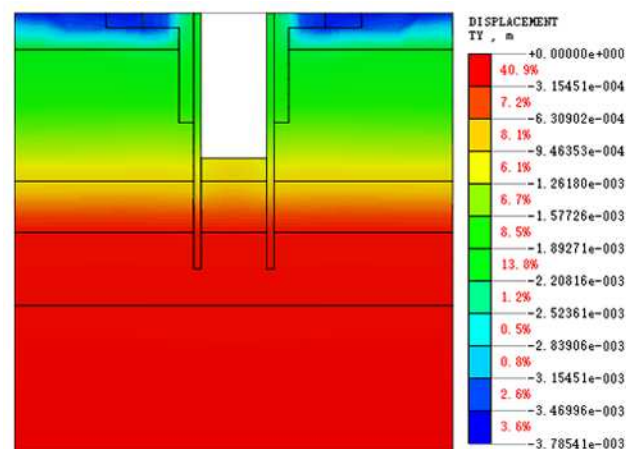


图 10 导墙+地下连续墙组合支护下地表沉降

5 结论与建议

(1) 明挖工作井支护施工过程中,导墙+地下连续墙组合支护具有更好的支护性能。与只施作地下连续墙相比,组合支护下工作井开挖地表沉降减小56.6%,为工作井施工安全性提供保障。

(2) 组合支护施工中,先对工作井周围地表进行硬化加固,再施工导墙及地下连续墙。导墙的结构形式应根据地质条件、地下水位、施工荷载、挖槽方法、地下障碍物等情况确定。同时,导墙应坐置于原状土层上,导墙桩要对称浇筑,强度达到70%后方可拆模,导墙内墙面垂直,导墙顶面保持水平。

(3) 地下连续墙施工完成后,应采用钻芯法、超声波检测法等方法,对墙体强度、槽壁垂直度、槽段深度、槽段宽度、导墙尺寸、连续墙平整度等方面进行检测,保证地下连续墙结构完整性及安全性。

工作井支护施工过程中,应根据不同的地质条件及施工环境,选择合适的工作井支护方式及施工方法,为工作井开挖过程施工安全性提供保障。同时,施工过程中应做好监测工作,及时调整和优化施工方案,保证施工的顺利进行。

参考文献:

- [1] 余田喜, 沈海琴. 论顶管工作井及接收井的基坑支护结构选型 [J]. 广东科技, 2009,18(16): 163-164.
- [2] 王春权, 马孝春, 王成虎. 针对矩形工作井的可拆式支护体系的设计与应用_王春权 [J]. 施工技术, 2016,45(11): 94-97.
- [3] 张晶磊. MJS 工法在顶管工作井支护结构上的应用与研究 [J]. 中国市政工程, 2015(03): 106-108.
- [4] 莫海鸿, 杨春山, 陈俊生, 等. 盾构隧道先隧后井施工中工作井支护结构优化 [J]. 中南大学学报 (自然科学版), 2016,47(04): 1346-1352.
- [5] 陶炳芳. 超深顶管工作井钻孔灌注桩组合支护体系的研制与应用 [J]. 城市道桥与防洪, 2016(8): 195-198.