

管线下地下连续墙一幅三序二笼成槽施工技术

黄 凯

(深圳市工勘岩土集团有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要:为解决地下连续墙穿越地下管线的成槽施工问题,研究采用重新调整穿管地连墙幅宽的方式,形成一幅地连墙分 3 个顺序抓土成槽,槽底岩层采用冲孔桩机以管线为界分两段冲击破碎;针对钢筋笼做特殊改造,形成“鱼头笼”“鱼尾笼”两种形式,入槽嵌入对接完成一幅地连墙钢筋笼安装施工,避免了开挖后可能存在的基坑支护渗漏安全隐患,减少解决问题成本,降低处理问题难度。

关键词:地下连续墙;液压抓斗成槽施工;一幅三序二笼;管线加固保护;施工技术

中图分类号:TU753.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)06-0290-07

在城市中心区或老旧改造区施工地下连续墙时,容易出现地下管线密集分布的情况,需要进行大量的管线改迁工作,遇到由于各种特殊原因无法进行改迁改造的特殊管线,会对地下连续墙施工带来极大的困扰。目前,解决地下连续墙穿越地下管线的成槽施工问题,常用的方法有两种:一是在地下管线影响区域一定范围施工高压旋喷桩,对管线下方位置进行局部加固处理,但存在墙体局部支护薄弱的情况,开挖后可能有渗漏安全隐患;二是通过在地连墙成槽抓斗上加装侧向斗齿来加宽抓斗宽度^[1](图 1),使斗体竖直入槽并紧靠管线侧壁分次挖除管线正下方土体,具体施工流程如图 2 所示,但该方法直接影响抓斗能力,成槽速度慢,且改装费用高,经济效益欠佳。

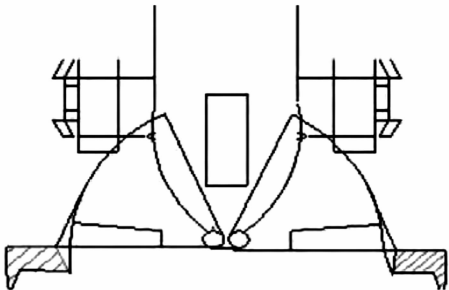


图 1 改装加宽成槽机抓斗

针对上述问题,研究形成了管线下地下连续墙一幅三序二笼成槽施工技术,应用于深圳城轨 13 号线白芒站、12 号线永和站等项目地下管线穿越影响

地连墙的施工中。通过重新调整穿管地连墙幅宽,形成“一幅三序”式抓土,槽底岩层采用冲孔桩机分管线两段冲击钻进,针对钢筋笼改造,采取“鱼头笼”“鱼尾笼”入槽嵌入式对接完成“一幅二笼”施工,达到安全可靠、节省成本、缩短工期的目的,取得显著效果。

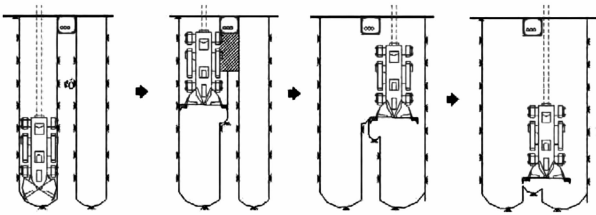


图 2 改装液压抓斗用于地连墙成槽施工流程

1 工程概况

1.1 工程位置及规模

白芒站项目位于沙河西路、松白路与丽康路的交叉路口南侧,呈南北向埋设于沙河西路、松白路下。项目地面标高为 33.0~43.6 m,拟建工程场区自上而下地层为素填土(Q_4^{ml})、填碎石土(Q_4^{ml})、杂填土(Q_4^{ml})、有机质土(Q_4^{al+pl})、微风化黑云母花岗岩($\gamma_5^{\beta}\kappa_1$)。

白芒站围护结构采用“地下连续墙+3 道内支撑”方案,基坑长 692.9 m,深 17.3~26.9 m,基坑平面呈曲线形状;地下连续墙厚 1 000 mm,标准幅宽 6 m,墙幅间接头采用工字钢,1~36 轴地连墙为 C35 水下混凝土,抗渗等级 P8;36~80 轴地连墙为

收稿日期:2022-02-08

作者简介:黄凯(1989—),男,江西樟树人,深圳市工勘岩土集团有限公司,代建项目部经理,工程师,研究方向为岩土工程施工技术创新。

C35 水下混凝土,抗渗等级 P68。

1.2 现场施工情况

项目 1-C08 幅地下连续墙被 3 根埋深 0.2 m 的 10 kV 电力管线穿越,每根管线直径 $\phi 120$ mm,电缆从西侧侵入 1-C08 幅地连墙 0.85 m。经过建设、监理、施工单位共同商讨对比各应对方案,同意采用自主研发的“管线下地下连续墙一幅三序二笼成槽施工技术”,对 1-C08 幅地连墙进行槽幅重新调整,形成“一幅三序”式抓土。槽底岩层采用冲孔桩机分管线两段冲击钻进,并对该幅钢筋笼进行分段制作,以“鱼头”“鱼尾”入槽嵌入对接完成“一幅二笼”施工,整体施工达到了便捷高效、安全可靠、节省成本、缩短工期的目的,得到各方参建单位的一致好评。

2 工艺介绍

2.1 适用范围

- 1)适用于宽度不大于 1.5 m、埋深 2 m 以内的地下管线横穿地连墙的情况。
- 2)当地连墙成槽入岩时,地下管线宽度不超过 0.8 m。

2.2 工艺原理

以深圳市城市轨道交通 13 号线 13101 标段白芒站项目地下连续墙支护工程及现场管线分布情况为例。白芒站项目地连墙标准幅宽 6 m,墙厚 1 000 mm,设计入中风化岩层 2.5 m,墙深 34.3 m;1-C08 幅地下连续墙被 3 根埋深 0.2 m 的 10 kV 电力管线穿越,每根管线直径 $\phi 120$ mm,电缆从西侧侵入 1-C08 幅地连墙 0.85 m,线缆整体套管保护后宽度 0.5 m。

2.2.1 根据液压抓斗尺寸划定成槽分段

白芒站项目地下连续墙采用宝峨 GB46 液压抓斗成槽施工,斗体高 7.72 m、宽 2.65 m,抓斗中间钢丝绳间距宽 0.8 m;挖斗斗宽 2.8 m。如横穿管线宽度过大,可从管线两边分别下入抓斗进行抓土成槽,由此通过尺寸分析得到该技术适用于管线下方区域宽度不大于 1.9 m 的连续墙施工,管线区域两侧抓土成槽段的宽度则根据挖斗斗宽 2.8 m 划定,具体如图 3 所示。

2.2.2 地下连续墙分三序抓土成槽

1)为满足管线段墙的施工,重新对基坑支护的地下连续墙槽段幅宽进行调整^[2]。将穿管地下连续墙分 C1、C2、C3 三序开挖成槽,其中 C2 为线缆套管保护加固后沿地连墙幅宽方向向两边外扩 20 cm 的安全保护范围(即上述图 3 中标示的管线区域);C1、C3 为开挖线缆的两侧槽段,宽度均为 2.8 m,则

C1、C2、C3 三个部分形成新的槽幅;开挖顺序为先两侧(C1、C3)、后中间(C2),具体划分槽段平面示意图如图 4、图 5 所示。

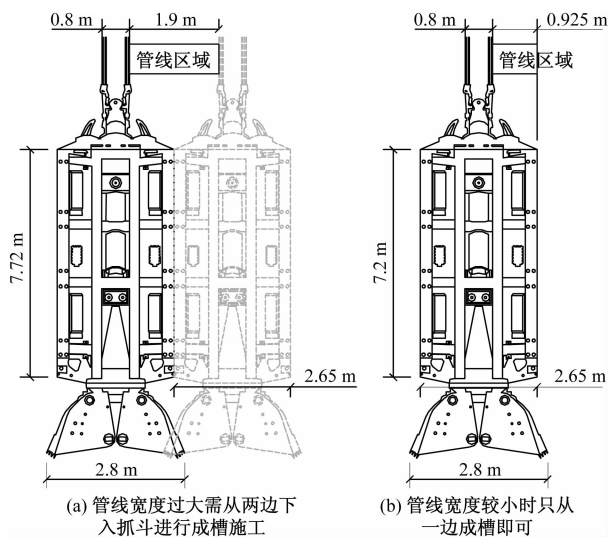


图 3 根据 GB46 液压抓斗尺寸推算适用管线区域宽度

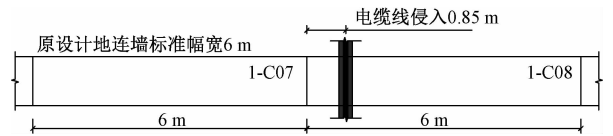


图 4 原设计地连墙分幅示意图

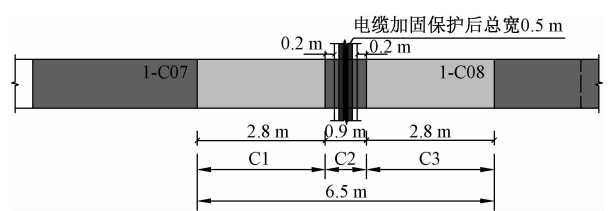


图 5 管线地连墙槽段幅宽调整示意图

2)人工开挖探明并采取相关措施加固保护地下线缆后,首先采用挖掘机对 C1 及 C3 段开挖出深度 3 m 的导向槽^[3],以免后续下放液压抓斗可能因晃动造成管线损坏,然后采用地连墙成槽机进行 C1、C3 段的常规抓土成槽施工。

3)针对管线下方 C2 段土体,在 C1 或 C3 槽内置入液压抓斗后,通过斗体横向移动撞击管线下方土体,使土体松散后抓取出槽,直到 C2 段土体挖除至管线正下方空间深度大于 9 m 后,使斗体整体置入 C2 段正下方区域,然后向下挖除该部分土体;在提升抓斗前,先横向移动使斗体完全离开管线下方区域再提起,防止斗体出槽时碰撞损坏管线,如此反复挖掘至该幅穿管地连墙槽段内土体完全挖除^[4]。施工流程如图 6 所示。

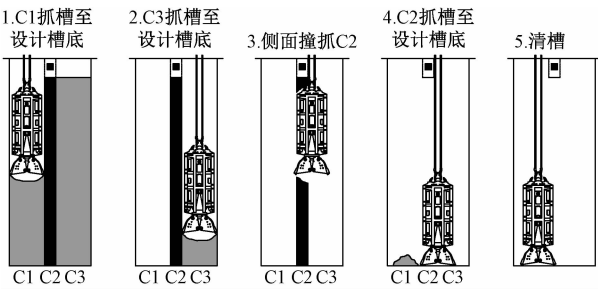


图 6 地连墙“一幅三序”成槽流程

2.2.3 孔底入岩冲孔

1)上部土层抓槽完成后,槽底入岩改用冲孔桩机冲击破岩。

2)C2 段线缆套管保护加固后宽度为 0.5 m,加上两侧各 20 cm 的安全保护距离,整体宽度 0.9 m;白芒站项目地下连续墙墙厚 1 000 mm,冲锤直径 $\phi 1\,000\text{ mm}$,冲孔桩机分别在 C1、C3 段按常规操作置入槽内施工,施工顺序从远离管线端向靠近管线端分段移动冲击,C1、C3 段冲击钻进分别完成C2 段 50%的入岩施工。

3)管线下方冲击成槽时,提升冲锤应与线缆保持高差不小于 2 m,C2 段入岩冲槽施工示意图如图 7 所示。

4)冲击入岩时,低锤密击将底部岩层破碎,岩屑通过泥浆循环返回至地面^[5]。

5)C1、C3 段也可采用旋挖钻机硬岩分序引孔,充分发挥出旋挖钻机高精度和高成孔效率的特点,钻孔完毕后,将剩余“岩墙”破碎,破碎施工时,以每两钻孔位中点作为中心下放冲锤,以防发生偏锤情况。但由于旋挖钻机对地下管线的影响较难把控,针对 C2 段管线区域仍需以冲孔钻机冲击入岩的方法进行施工,保证管线得到完好保护不被破坏。

2.2.4 钢筋笼“一幅二笼”式制作安装

由于地下连续墙钢筋笼受管线穿越的影响,无法整体制作吊放入槽,因此将钢筋笼分成左右两个部分制作。两幅钢筋笼的宽度根据管线穿越位置确定,分幅时钢筋笼纵向主筋不变,最外层箍筋在靠近管线一侧做成“鱼头”“鱼尾”状^[6],以此实现分幅钢筋笼的嵌入式连接,如图 8 所示。

为了更进一步保证地连墙钢筋笼“鱼头”“鱼尾”式嵌入式对接处的止水效果,可在接头位置处增设注浆管^[7]。

2.3 工艺流程

管线下地下连续墙一幅三序二笼成槽施工工艺流程如图 9 所示。

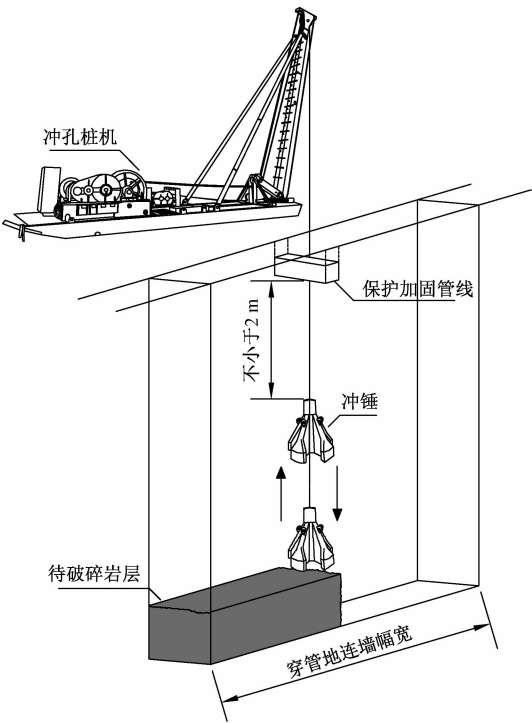


图 7 冲孔桩机破碎管线下方岩层示意图

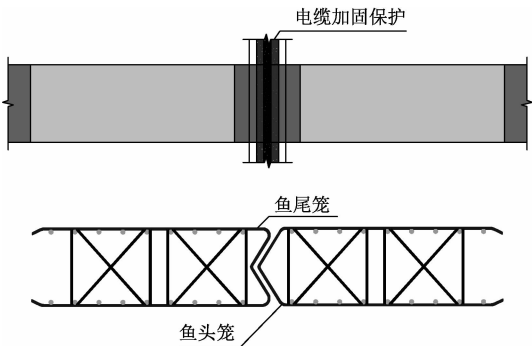


图 8 分幅钢筋笼示意图

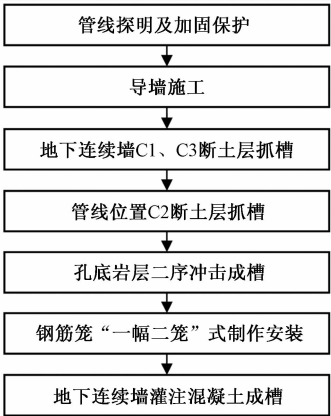


图 9 施工工艺流程

2.4 操作要点

以深圳市城市轨道交通 13 号线 13101 标段白

芒站项目为例说明。

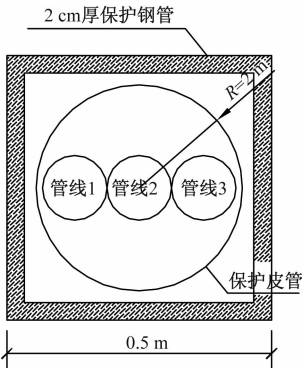
2.4.1 管线探明及加固保护

1) 采用人工方式对管线周边进行局部开挖,开挖时缓慢作业,避免对线缆造成破坏,由此探明 3 条 10 kV 电缆埋深 0.2 m,为软质管线,每根管线直径 $\phi 120$ mm,电缆从西侧侵入 1-C08 幅地连墙 0.85 m,如图 10 所示。



图 10 开挖探明地下管线

2) 在管线外围套 1 cm 厚胶皮保护管,并在四周焊接厚 2 cm、长 1.4 m 的保护钢板,形成截面尺寸 0.5 m $\times$ 0.5 m 正方形保护外壳。操作顺序为先焊接好侧面及底面成凹槽状将管线置入其中,再进行顶面封闭的焊接,这样能够有效避免焊接火星或焊接温度过高导致的管线破坏^[8]。线缆加固保护及施工如图 11 所示。



(a) 线缆保护示意图 (b) 线缆加固保护施工

图 11 线缆加固保护及施工

3) 为了更进一步保证成槽施工时对管线的有效保护,可以在管线外包保护套管的基础上增设第二重如限位保护等其他措施。

2.4.2 导墙施工

1) 完成线缆套管加固后进行导墙挖设施工。

白芒站项目导墙采用倒“L”形,为现浇钢筋混凝土结构,混凝土标号 C20;导墙顶面和立面厚 200 mm,配筋为 $\phi 12@200$ 单层钢筋网片。

2) 将管线保护钢板的两端各伸入 20 cm 锚固于导墙内,以避免施工时机械碰撞破坏管线,如图 12 所示。

3) 浇筑导墙混凝土,管线保护钢板与导墙形成一个稳固的整体,进一步加强线缆保护。



图 12 保护钢板两端伸入导墙中

2.4.3 地下连续墙 C1、C3 段土层抓槽

1) 导墙施工完成后对该幅穿管地连墙进行三段划分,先对保护管线两侧增加 20 cm 安全距离,形成 C2 段开挖槽段,再向两边外扩 2.8 m 形成 C1、C3 段开挖槽段,如图 13 所示。

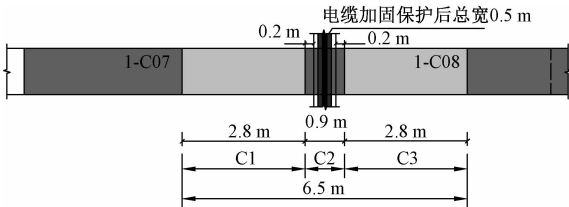


图 13 穿管地连墙划分三段成槽示意图

2) 由于成槽机抓斗入槽时常有晃动,先采用小型挖掘机在 C1、C3 段中开挖出 3 m 深导向槽(白芒站项目导墙深 1.7 m,实际向下挖土深度为 1.3 m),以确保抓斗按照计划位置准确入槽。

3) 导向槽施工完成,抓斗入槽加速进行导向槽下方 C1、C3 段土体开挖^[9]。

4) 采用地连墙成槽机抓土开挖过程中,抓斗离管线距离较近,需全程安排专人看守指挥。

2.4.4 管线位置 C2 段土层抓槽

1) 待管线两侧 C1、C3 段土体开挖完成,开始管线下 C2 段开挖。将抓斗斗体完全下放至 C3 槽段的线缆下方,沿地连墙幅宽方向缓慢向 C2 方向平移斗体撞碰管线下方土,撞碰的同时不断开闭抓斗,使 C2 段土体松散后抓取装入斗内准备提起^[10]。

2) 在提升抓斗前,先将斗体平移至管线以外位置再缓慢提起,以防抓斗出槽碰撞损坏线缆。

3)如此反复挖掘至 C2 段管线正下方空间深度大于 9 m 后(此时可使整个抓斗斗体进入管线下 方),沿地连墙幅宽方向横向移动使斗体完全置入 C2 段正下方,然后向下挖除该部分剩余土体。

4)完成 C2 段成槽出土后,由于抓斗侧向撞抓 C2 段会使管线下 方一部分土体掉落在相邻段,因此 还需再次对 C1、C3 段进行清底复抓,以减少孔底 沉渣。

地下连续墙抓土开挖成槽如图 14 所示。



图 14 地连墙分三序抓土开挖成槽

2.4.5 孔底岩层二序冲击成槽

1)完成抓土成槽后,孔底岩层采用冲孔桩机低 锤密击破碎成槽,岩屑通过泥浆循环返回至地面。

2)冲孔桩机分别在 C1、C3 段按常规操作置入 槽内施工,施工顺序从远离管线端向靠近管线端移 动冲击,在 C1、C3 段的冲击钻进分别完成 C2 段 50%的入岩施工。

3)冲锤在进入管线位置 C2 段入岩冲槽时,缓 慢移动冲孔桩机,将冲锤移动至 C2 段管线区一侧 的下方位置;提升冲锤时,与 C2 段管线控制高差不 小于 2 m;冲击时,严格控制提升高度,并及时收绳, 防止钢丝绳过长甩碰管线保护钢板。

4)最后起锤时注意缓慢操作,避免因锤头碰撞 管线导致损坏情况的发生。

冲孔桩机破碎孔底岩层如图 15、图 16 所示。

2.4.6 钢筋笼“一幅二笼”式制作安装

1)地下连续墙钢筋笼受管线横穿影响无法整 体吊放入槽,因此采取“一幅二笼”方案施工。

2)根据地下连续墙重新分幅的情况及管线穿 越的具体位置,将钢筋笼分两段加工制作:西侧钢 筋笼宽 3.3 m,一侧设置工字钢接头,另一侧设置 “鱼尾状”接头,即凹三角形封口筋;东侧钢筋笼宽 3.2 m,一侧设置工字钢接头,另一侧设置“鱼头状



图 15 将冲锤吊入地连墙槽内



图 16 冲孔桩机施工破碎槽底岩层

接头”,即凸三角形封口筋;两个钢筋笼的接头通 过封口筋的凹凸设置形成咬合,如图 17、图 18 所示。



图 17 钢筋笼现场制作

3)“鱼尾笼”和“鱼头笼”依次吊装入槽,由于西 侧“鱼尾笼”宽度稍小,先下放“鱼尾笼”。

4)因钢筋笼距离管线较近,为避免钢筋笼下放 过程中由于摆动对管线产生碰撞造成损坏,先将钢 筋笼整体下放至线缆以下且未抵达孔底的位置处, 再缓慢摆动吊车大臂,向管线方向水平移动笼体,



图 18 两幅钢筋笼接头通过封口筋凹凸设置形成咬合

一边平移一边下放,直至钢筋笼下放到设计孔底位置^[11]。

5) 完成西侧笼下放后,按照上述要点进行东侧“鱼头笼”下放,使两个笼体完成嵌入式咬合对接^[12]。

钢筋笼下放入槽如图 19、图 20 所示。



图 19 钢筋笼起吊下放入槽



图 20 钢筋笼置入槽内与线缆位置关系

2.4.7 地下连续墙灌注混凝土成槽

1) 地下连续墙混凝土浇灌采用履带吊配合混凝土导管完成,导管在第一次使用前先在地面进行水密封试验并完成拼接。

2) 开始浇灌时,先在导管内放置隔水球以便混凝土浇灌时将管内泥浆从管底排出。

3) 混凝土浇灌保持连续均匀下料,砼面上升速度控制在 4~5 m/h,灌注过程中随时观察、测量混

凝土面标高和导管的埋深。

4) 对采用 2 根导管灌注的地下连续墙,应 2 根导管轮流进行混凝土浇灌,确保混凝土面均匀上升,防止因混凝土面高差过大产生夹层现象。

3 工艺分析

3.1 施工工艺特点

3.1.1 无须改迁管线

通过采用管线下地下连续墙一幅三序二笼成槽施工技术,可以在不改迁改造线缆的情况下,完成线缆下方槽段开挖,形成封闭的止水帷幕,避免了改迁管线造成的工期延误及费用增加问题^[13]。

3.1.2 无须改装机械

传统的施工方法往往需要对地下连续墙成槽机设备进行改装来达到在不改迁管线前提下成槽的目的,该方法受机械生产厂家配合程度、设备改装时间及费用的制约,实际操作上易受限。该技术的出发点是基于现有施工机械设备,合理安排工序优化施工手段形成的最优方案^[14]。

3.1.3 无须其他设备辅助

关于解决管线下土方开挖难题,还有一种常见做法是采取下方侧向潜孔锤的方式取土成槽。该技术不需要任何设备辅助,完全依靠原有设备进行施工,方便快捷。

3.1.4 节省成本及工期

地下线缆穿越围护结构是在城市基坑建设中常见的施工难题,通常情况下,管线改迁成本高、工期长、审批手续办理困难,甚至很多管线无法得到改迁审批,往往造成巨大的经济和时间投入。该技术在不增加成本的前提下,仍然保持了原有的施工进度,确保了工期。

3.2 常规方法对比分析

管线下地下连续墙一幅三序二笼成槽施工技术在成本和工期控制等方面都具有独特的优越性。除该技术外,目前常规做法有两种:①断开该处地连墙,在管线附近增加旋喷桩进行止水,并采用增加内支撑等方式加强围护结构;②管线改迁完成后采用双轮铣成槽施工。

第一种方法存在一定的质量隐患,通常不建议采用。施工高压旋喷桩需在管线两侧至少各增加两条旋喷桩,钻进深度与地连墙进深一致,由于该处地连墙不连续,极易对地连墙的稳定性的产生影,存在较大的安全隐患,通常需要通过局部增加内支撑的方式对围护结构进行补强。

如采用第二种方法,管线改迁后以双轮铣成槽

施工,则存在管线改迁审批程序复杂、施工耗时长等问题,甚至部分管线不具备改迁条件,如重要给排水管道、电力通信管线、国防光缆等;同时,完成管线改迁后采用双轮铣成槽施工费用较高。

“管线下地下连续墙一幅三序二笼成槽施工技术”与其他处理类似问题方法相比,具有明显的经济效益。

3.3 科学性分析

通常涉及无法按期改迁的管线为电缆或光纤,管线横截面不超过 0.8 m,地连墙必须是封闭且连续的才能有效起到支护和止水的作用。城市地下管线埋深通常在 2 m 以内,管线正下方土体厚度不足 1 m,在两侧掏空形成临空面的情况下变得十分脆弱,稍微施加外力就能将该部分土体清除。

考虑到地连墙的成孔设备为成槽机和冲孔桩机,均由钢丝绳提拉进行作业,而钢丝绳与抓斗或冲锤边缘存在一定距离,合理地调整施工操作方法,通过分三序施工,利用这部分距离完成管线下方土体(岩体)的挖除;再采取钢筋笼分解、平移的方法使完整的钢筋笼分为两个,在不触碰管线的情况下将钢筋笼下放至管线的正下方。整个过程科学可行,经过多个项目实践证明,该技术处理同类施工问题具有明显的科学技术优势。

4 结语

管线下地下连续墙一幅三序二笼成槽施工技术在面对无法进行改迁改造的特殊管线但仍需施工的情况时,相较于传统方法,在工序管理、生产效率、施工事故成本控制等方面都突显出了显著的效果,为解决地连墙成槽问题提供了一种创新、实用

的工艺技术,减少了事故处理时间,加快了施工进度,取得了良好的社会效益和经济效益。

参考文献

- [1] 葛琪.“一幅两笼”在地铁车站管线横穿围护结构施工中的应用[J]. 建筑施工,2019,41(4):551-553.
- [2] 肖超,何振华,张彩光. 管线密集区域超深地连墙施工技术研究[J]. 建筑机械化,2019,40(8):39-43.
- [3] 广州穗岩土科技股份有限公司. 一种跨城市管线地下连续墙施工方法:CN201910512563. 1[P]. 2019-09-20.
- [4] 应晔. 一种在既有管线下进行地下连续墙施工的方法设想[J]. 建筑施工,2016,38(8):1014-1017.
- [5] 冯志魏. 横跨城市管线的地下连续墙施工技术[J]. 城市建设理论研究(电子版),2014(36):5028-5029.
- [6] 王剑,邢荣亮,赵明时. 穿越地下管线的地连墙处理技术[J]. 港工技术,2016,53(2):74-77.
- [7] 张建政,张文朋. 横跨城市管线的地下连续墙施工技术[J]. 隧道建设,2006,26(6):59-61.
- [8] 宗军良.“一槽两笼”地下连续墙施工技术在某隧道工程的应用[J]. 施工技术,2011,40(19):75-77.
- [9] 中国水电基础局有限公司. 超宽管线下地连墙施工方法:CN201610283151. 1[P]. 2016-09-07.
- [10] 上海建工股份有限公司. 跨城市管线地下连续墙施工方法:CN200810041886. 9[P]. 2009-01-14.
- [11] 上海市机械施工有限公司. 一种在城市建设中在地下管线下地连墙施工方法:CN200810038277. 8[P]. 2009-12-02.
- [12] 中建隧道建设有限公司 中南大学. 一种用于穿越地下管线的地连墙钢筋笼及其施工方法:CN201810699483. 7[P]. 2018-11-23.
- [13] 张乐. 地下连续墙“一槽两笼”施工技术[J]. 商品与质量·建筑与发展,2013(3):92,94.
- [14] 马华明. 穿过大直径地下管道的一槽两笼地下连续墙施工技术[J]. 建筑施工,2010,32(6):513-514.

Construction Technology of A Three-sequence Two-cage Trough of Underground Diaphragm Wall Under Pipeline

HUANG Kai

(Shenzhen Geokey Group Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518000, China)

Abstract: In order to solve the grooving construction of underground continuous wall passing through underground pipeline, the method of re-adjusting the width of the ground connecting wall passing through the pipeline is studied to form a ground connecting wall, grab the soil and form a groove in three sequences, and the rock stratum at the bottom of the groove is broken by punching pile machine in two sections bounded by the pipeline. Special transformation is made for the reinforcement cage to form two forms of “fish head cage” and “fish tail cage”. The installation and construction of reinforcement cage of a diaphragm wall is completed by inserting and butting into the groove, which could avoids the potential safety hazard of foundation pit support leakage after excavation, reduce the cost of problem solving and reduces the difficulty of problem handling.

Keywords: diaphragm wall; grooving construction of hydraulic grab; three-sequence two-cage of a diaphragm wall; pipeline reinforcement and protection; construction technology