

车站地下连续墙下穿 35 kV 高压电缆沟槽施工技术

王慧

(中交一航局城市交通工程有限公司)

摘 要: 针对电力沟槽横跨车站结构导致围护结构按原有施工方法无法在下方施工的情况, 提出以“绞吸式成槽+分段钢筋笼吊放”代替“成槽机成槽+整幅钢筋笼吊放”的方案完成地连墙施工, 并克服了传统解决方法需迁移电力沟槽所面临的工期延长、费用高及影响整体进度计划等难题。实践表明: 该方案墙体刚度未受影响, 止水效果优良, 同时有效加快了施工进度, 降低了工程成本, 保障了工程顺利实施, 也为类似电力沟槽横跨车站结构提供了有效可行的围护结构施工技术途径及参考依据。

关键词: 地连墙; 绞吸式; 电缆沟槽; 钢筋笼

0 引言

近年来, 我国大规模的城市轨道交通建设正稳步推进, 在实际工作中往往受各类地下管线影响及制约。特别是涉及电缆沟槽区域的施工, 主要表现为迁改费用高、办理周期漫长、多方协调难等, 成为项目建设过程中的主要难点。从国内外研究与工程实践来看, 基坑围护结构下穿电缆沟槽多采用管线迁改, 极少数原位保护采用高压旋喷桩、TRD 工法及逆作施工等传统工艺, 但普遍存在地层扰动大、沉降控制难、设备适应性差、工序衔接复杂、安全风险高、工期与造价不可控等缺陷, 在敏感区域实施难度极大, 甚至无法正常作业, 严重影响工程按期完工, 因而开发适用于电缆沟槽环境下新型施工工法迫在眉睫。经实践证明“绞吸式成槽+分段钢筋笼吊放”施工工艺能够有效解决此类难题, 缩短工期的同时也降低了工程造价及安全风险, 在类似地铁项目中具有一定的借鉴意义及参考价值。

1 工程概况

1.1 项目概述

天津地区某地铁线车站采用地下连续墙围护结构形式, 标准段开挖深度 17.168 m, 地下连续墙厚 800 mm, 长 34 m, 并施作 3 道钢支撑+1 道倒撑。该地连墙混凝土设计强度等级为 C35 水下混凝土, 混凝土抗渗等级 P8, 共计 176 幅地连墙布置在整个基坑内, 背土侧和迎土侧均采用同厚度 70 mm 的钢筋保护层。

按照就地保护方案, 在整体施工过程中, 对

穿越车站基坑的 35 kV 电力线路采取了针对性防护措施。该 35 kV 电力线路沟槽为预制混凝土, 底板采用素混凝土, 顶面埋入地面下深度为 2.0 m。底板深约 3.0 m, 沟槽内部敷设 3 根高压电缆。2 道地下连续墙(南北侧各 1 幅, 编号分别为 B'-1-137 和 B'-3-28)均穿越 35 kV 高压电缆, 该 2 道地下连续墙均为标准型。在开始施工地下连续墙前, 经协商后采用原位悬吊保护, 同时将地下连续墙在受电缆沟影响的地方进行适当变更, 将单幅宽度扩大到 8 m。电缆沟槽与地下连续墙的相对位置图见图 1。

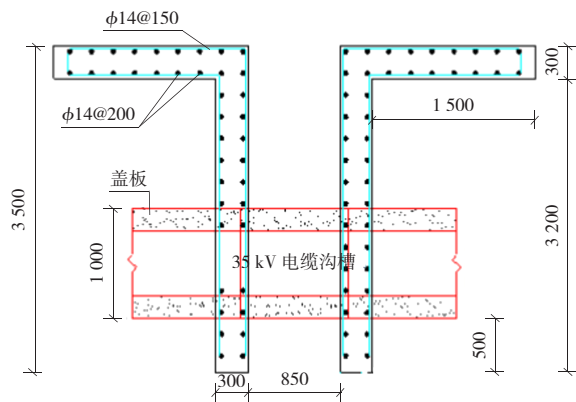


图 1 电缆沟槽与地下连续墙相对位置图(mm)

1.2 工程地质

所在土层从上到下主要为: ①₁ 杂填土、③₃₁ 淤泥质粉质黏土、③₁ 粉质黏土、③₂ 黏质粉土、⑥₁ 粉质黏土、⑦₁ 粉质黏土、⑧₁ 粉质黏土、⑨₂₄ 粉砂、⑨₁ 粉质黏土、⑨₁₁ 黏土、⑩₁ 粉质黏土、⑪₂₄

粉砂、①₁ 粉质黏土、①₁₁ 黏土。

1.3 水文地质

该站地下水埋深较大, 存在潜水及微承压水。由于受海河水补给及大气降水下渗的影响, 潜水获得地下径流, 在丰、枯水期地下水变化呈阶段特征明显, 丰水期水位往上攀升, 枯水期水位下落, 多年间水位变化的平均值为 0.8 m, 作为主要含水部分的介质颗粒较细, 水力坡降数值小, 地下水的流动十分缓慢, 绝大多数排泄方式以蒸散发、开采利用以及向地下补给压力水的方式进行。

微承压水主要接受上部潜水渗漏补给, 在二者间具有连通性, 排泄方式以侧向邻近含水岩组中的径流为主并以渗透补给深部地下水。各含水层地表水位随季节变化不明显, 由潜水和微承压水稳定水位量测结果可知, 二者有着非常密切的水动力联系。

2 施工工艺

施工总体思路: 8 m 长地连墙分 3 部分, 两侧 3 m 采用成槽机对电缆保护箱涵两侧进行开挖, 中部 2 m 采用绞吸式设备进行施工。

2.1 电缆沟槽临时悬吊保护

1) 打设钢板桩

为保证悬吊系统端部可靠支承与受力稳定, 在体系两侧每侧支承点处设置 2 根截面尺寸 400 mm×400 mm、腹板厚 13 mm、翼缘厚 21 mm、总长 14 m 的 H 型钢钢板桩; 钢板桩上部统一搭设截面参数一致、单根长度 3.4 m 的 H 型钢承重钢梁, 通过钢梁将悬吊端部荷载均匀传递至钢板桩, 保证悬吊系统端部可靠稳定。

2) 创造施工作业面

按照施工规范将保护区范围内的电缆沟槽全部开挖至比垫层低 700 mm 处, 在其前后 1 m 范围内采用人工开挖的方式进行处理。

3) 降水

电缆沟槽埋深低于地下水位, 需要全天不间断降水。

4) 钢桁架吊装

使用截面尺寸 0.9 m×1 m, 长 10 m 的悬吊钢桁架。用吊车吊装架设, 两端依照设计方案放置, 再留出 2 m 作为工作面。

5) 悬吊体系安装

钢桁架吊装结束后, 即可进行电缆保护安装。第 1 步: 底部钢板以及 H 型钢的施工。由挖掘机协助将待穿 H 型钢牵引绳从槽底牵出, 并完成该宽度范围内钢板的穿越。第 2 步: 侧面和顶面包钢板。电缆沟槽均用厚度为 30 mm 的钢板覆盖, 防止成槽机作业过程中损坏电缆沟槽。

6) 倒链及钢丝绳安装

在下部钢板及 H 型钢完成施工后用倒链和钢丝绳将上部的 H 钢梁和下部的 H 型钢梁拉住, 实现对电缆沟的保护, 施工过程中需迅速根据实际调整电缆沟槽的整体水平。

7) 施工监测

开挖前在电缆沟槽接缝顶部等间距布置测量点, 按 1 m/处布置测量点, 布设测量点结束后, 测量且记录初始点的标高, 悬吊保护施工结束后, 遵照预先安置监测点的分布情形, 定期检测沉降情况, 通过调整手拉葫芦及钢丝绳花篮螺栓, 调整电缆沟槽下沉情况。

2.2 高压旋喷桩加固

电缆沟槽悬吊保护完成后, 为保证后续导墙及地连墙施工质量, 在地连墙两侧采用高压旋喷桩进行槽壁加固。槽壁加固采用 2 排 $\phi 700@500$ 高压旋喷桩, 桩长为 12 m, 水泥掺入比不小于 20%, 渗透系数不大于 10^{-7} cm/s, 28 d 无侧限抗压强度 $q \geq 1.0$ MPa。高压旋喷桩加固平面图见图 2。

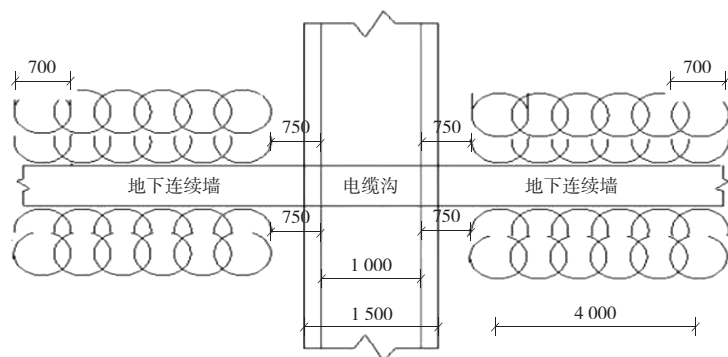


图 2 高压旋喷桩加固平面图(mm)

2.3 导墙施工

槽壁加固完成后,在槽壁内设置导墙;距电缆沟两侧 4 m 范围内采用深导墙,采用“ $\neg$ $\neg$ ”形式,垂直部分导墙尺寸为深 3.5 m,厚 0.3 m;水平部分导墙长 1.5 m,厚 0.3 m;两部分均设置 2 层双向 $\phi 14@200$ 钢筋,采用 C30 混凝土。

待导墙施工完成后,在四周采用同标号素混凝土回填电缆沟周边,并用隔膜纸隔开,以避免后续破除混凝土时破坏电缆沟槽。

2.4 工作轨道安装

2 幅地下连续墙均采用封闭式施工,当成槽钻机工作时,借助轨道完成前后行走作业,并在轨道固定的同时,对其轨顶标高加以测量,保证 2 个轨顶在同一水平面上^[1]。

2.5 槽段划分

经与设计单位沟通,调整地下连续墙槽段,在 35 kV 电缆沟槽部位地下连续墙宽度变为 8 m,两侧地连墙均需调整各自的幅宽,将 35 kV 电缆管沟放置在地下连续墙 B'-1-137、B'-3-28 中部位置。

2.6 绞吸成槽施工

1) 先行导槽施工

在 35 kV 电缆沟槽两边用成槽机开挖先导孔。考虑到成槽机宽为 2.8 m,并需留置钢筋笼及保证电缆管沟安全距离,将钢筋笼宽设置为 3.3 m,同步考虑间隙 0.2 m 富余量,合计 3.5 m,作为引导孔的宽度。在此过程中,控制先行导槽的垂直度,方便潜水钻机顺利工作。

2) 绞吸成槽

完成 2 个导槽施工后,为保证成槽质量,从两侧先行导槽依次钻进。将潜水钻凿机移动到相应的地点并放置到位,同时把喷浆管道放在先前导槽中进行钻孔作业,在平台旁安装泥渣箱,开启反循环和钻机,钻头向下钻进。钻进过程中泥块被钻头磨碎,采用气举反循环的方法将泥砂随泥浆从喷浆导管中排出到沉淀箱里,待淤积物沉淀后将泥浆分开再回到槽体内,这样便实现了泥浆的多次回收利用^[2]。每完成 1 个钻孔后,需把钻

机吊起到一定高度,略高于未开挖的地面部分,同时将喷浆导向管提升至槽底以上 50~100 cm 位置,并将成槽架向前移动到位,前后两钻孔间保持 1/3 钻头直径的距离^[3]。依据地质状况以每次平行前进的间距不超出 0.15 m 进行控制,从一个单元槽段的起点处开始沿悬吊设施方向钻进至该边成槽钻孔施工结束之后再转到另一边,至少需进行 5~6 次钻凿直至整个槽段成槽施工结束,绞吸成槽施工示意图见图 3。

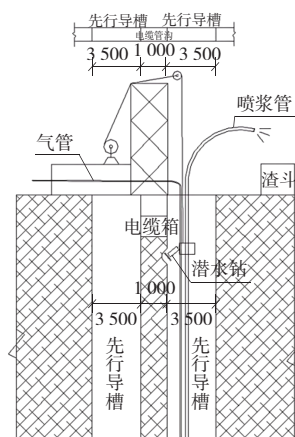


图 3 绞吸成槽施工示意图(mm)

2.7 清槽换浆

完成成槽后,及时开展清槽换浆,采用泵吸反循环或气举反循环工艺,抽吸槽底沉渣并同步注入新鲜合格泥浆,全程保持槽内泥浆液面稳定,防止塌槽。清槽完成后检测槽底以上 0.5 m 处泥浆比重、黏度、含砂率等指标,确保满足浇筑要求,并将槽底沉渣厚度控制在设计及规范允许范围内。

2.8 分段钢筋笼加工与安装

2.8.1 钢筋笼加工

由于受限于 35 kV 电缆沟,将钢筋笼分为 3 节便于分开操作,2 节为雌雄头对接,在对接位置处设置 8 根 $\phi 14$ 的长丝钢筋以防止放笼时咬口造成卡顿。为了保证钢筋笼能够顺畅地下落到指定位置,保护层从 70 mm 增大到 100 mm;保护层块竖向间距变为原来的 2 倍。钢筋笼分段制作示意图见图 4。

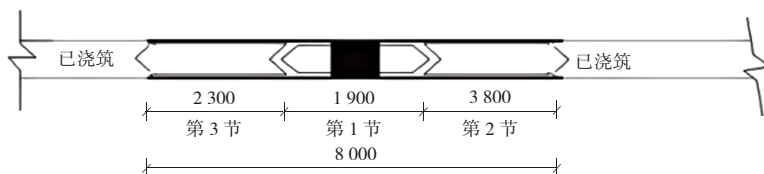


图 4 钢筋笼分段制作示意图(mm)

2.8.2 钢筋笼吊放

钢筋笼吊放以 260 t 履带吊为主吊设备、125 t 履带吊为副吊协同完成, 作业初始阶段由 1 名指挥人员引导 2 台履带吊精准就位, 起重工同步开展卸扣安装, 其中副吊按要求设置 6 个吊点, 主吊设置 4 个吊点。完成吊点布置后, 检查钢丝绳安装情况及钢筋笼受力重心, 确认无误后启动 2 台履带吊的同步平吊; 当钢筋笼距地面 0.3~0.5 m 时, 暂停平吊并检查钢筋笼是否平顺, 随后主吊吊钩向上吊起并向钢筋笼方向挪动, 带动钢筋笼缓慢转动, 副吊则在原地保持静止状态, 全程确保钢筋笼底端不与地面发生接触。

待钢筋笼与地面完全垂直后, 副吊开始徐徐松钩, 将滑轮平稳降落到地面, 及时取下副吊吊钩, 完成钢筋笼与副吊滑轮的分离, 然后由主吊单独吊起钢筋笼向槽段方向行进。钢筋笼运抵槽段后, 平稳放入预先做好的导槽内, 下放过程中需在钢筋笼上、中、下 3 处连接 3 根长钢丝绳作为牵引, 同时先拆除副吊的卸扣, 再通过扁担将主吊的 4 个吊点调整为 2 个吊点, 将钢筋笼吊运至低于设计标高的位置, 以便后续平移操作。然后在导墙与钢筋笼顶部做好对应标记, 主吊通过牵引钢丝绳带动钢筋笼平移, 直至 2 处标记完全重合, 随后将钢筋笼调节至设计要求的标高, 采用扁担进行固定并采取防上浮措施。再按上述相同流程吊放另一部分钢筋笼, 完成整幅钢筋笼的连接拼接, 拼接时务必保证两部分钢筋笼榫接完全契合, 避免因拼接不当影响地下连续墙的整体刚度。

2.9 导管布置及二次清孔

当钢筋笼放置完毕后, 在预留好的导管仓处下放 2 根导管并浇筑混凝土; 导管距槽段端头的距离应不小于 1.5 m。如果槽底沉淀物过厚及泥浆性能不符合要求时, 利用 2 根导管注浆, 在槽口设置泥浆泵吸浆, 要求注入量大于吸入量, 直至浆液检验合格。

2.10 水下混凝土灌注

采用 2 根管同时灌注, 首罐灌注混凝土导管距离槽底高度不应大于 500 mm。混凝土浇灌时应用盖板将槽口遮盖住, 防止被污染。通常情况下,

不允许将混凝土落在槽中造成泥浆的质量变差, 在施工的过程中一定要保证双导管共同加入混凝土, 保证混凝土面均匀上升且上下高差不大于 30 cm; 管底需进入混凝土内深度大于等于 2 m, 且小于等于 6 m; 施工过程中混凝土浇筑连续进行不得中断; 浇筑过程中对混凝土升幅进行实时观测确定是否满足设计标高及拔管数量, 切勿过早拔管。

3 应用效果

1) 经济效益

该工法可有效规避电缆沟槽迁改所产生的高额费用支出, 显著降低工程造价。

2) 工期效益

无需等待冗长的迁改审批手续与管线迁改实施周期, 可直接在电缆沟槽区域开展连续施工, 大幅压缩关键线路工期, 同时该位置成槽、分段钢筋笼吊放及混凝土浇筑等工序衔接高效、施工连续性强, 有效缩短工期, 为后续基坑开挖和主体施工创造了条件。

3) 技术效益

基坑在开挖中没有渗漏, 且基坑变形控制在设计容许范围内, 同时也没有影响原电缆沟槽的正常使用。

4 结语

“绞吸式成槽+分段钢筋笼吊放”施工工艺作为高压电缆沟槽下的一种施工技术, 在电力沟槽项目的应用中效果较为明显。在开挖基坑期间未出现该保护体系渗漏的情况, 同时该体系墙体满足设计及规范要求, 加快了工程进度, 并保证施工现场稳定持续进行。随着城市轨道交通以及地下空间建设, 在管道无法移动或者需要原位不动而不影响支承结构的情况下, 该施工工艺是有效方法之一。后续将进一步推广和应用, 发展得更为智能化, 以满足更多地下构筑物的要求。

参考文献:

- [1] 张佳. 复杂地层超深地下连续墙设计与施工关键技术[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(13): 67-74.
- [2] 付宏亮. 气举反循环绞吸式施工方法在地下连续墙中的应用[J]. 铁道建筑技术, 2014(10): 61-63, 72.
- [3] 安国明, 宋松霞. 横向连续切割式地下连续墙工法—TRD 工法[J]. 施工技术, 2005, 34(S1): 284-288.