

淄博中润大道综合管廊工程机头工作井支护施工技术

郑作军

(淄博市公用事业服务中心, 山东 淄博 255000)

摘要: 以淄博市中润大道综合管廊工程为研究对象, 介绍在综合管廊实施过程中机头工作井基坑支护技术, 针对机头工作井施工前期准备、施工过程中的注意事项、安全措施及应急方案提出相应的策略。在有限的作业空间下, 工作井的施工支护模式保证了后续工程的安全施工。相关经验可作为同类工程的借鉴依据。

关键词: 综合管廊; 基坑支护; 安全施工

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)07-0278-05

Construction Technology of Machine Head Working Shaft Supporting for Zibo Zhongrun Avenue Utility Tunnel Project

ZHENG Zuojun

(Zibo Public Utilities Service Center, Zibo 255000, China)

Abstract: Taking the Zibo Zhongrun Avenue Utility Tunnel Project as the research object, the foundation pit supporting technology for the machine head working shaft in the implementation process of the utility tunnel is introduced. The corresponding strategies are proposed for the previous preparation, precautions, safety measures and emergency schemes in the construction process of the machine head working shaft. The construction supporting mode of working shaft in the limited working space can ensure the safety of subsequent engineering construction. The relevant experience can be used as the referring basis for the similar projects.

Keywords: utility tunnel; foundation pit supporting; safety construction

1 工程概况

本文工程为淄博市中润大道综合管廊工程, 结合各管线入廊需求, 将容纳电力管线、通信管线, 当前主要作为中润大道南侧现状 220 kV 电力架空线下地使用。该工程管廊采用圆形断面, 断面尺寸为 $d3000$, 采用顶管方式施工, 管材为钢筒混凝土管。

如图 1 所示, 该综合管廊设计范围为南京路—金晶大道, 长度约 4.8 km。该工程沿线与世纪路、西六路、西五路、张桓路、柳泉路、金晶大道相交, 工程沿线共设 24 个工作井。在实际施工中, W16~W13 段遇胶结砂(见图 2)无法顶进, 需临时搭建机头工作井将机头取出。由于现场作业面有限, 且机头埋深 18 m, 不适合大开挖放坡施工。经现场勘察, 根据本地地质及水文情况, 结合实际施工现场, 制定合适的机头工作井支护施工方案。

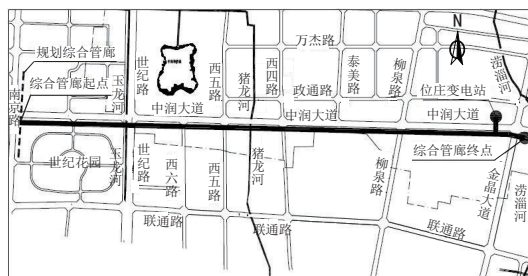


图 1 地理位置图



图 2 现场胶结砂取样

2 工程地质

根据详勘地质资料, 该工程地质情况如表 1 所列。

收稿日期: 2024-02-26

作者简介: 郑作军(1972—), 男, 本科, 工程师, 从事城市道路、桥梁工程施工管理工作。

表 1 地质情况表

序号	地质时代	层号	层底标高/m	分层厚度/m	地层描述	黏聚力/kPa	内摩擦角/(°)
1	素填土	①	30.43	1.2	灰褐色,稍湿,松散,黏性土为主,含植物根系及腐朽物	10.0	10.0
2	粉质黏土	②	26.95	3.48	灰褐色-黄褐色,可塑,含姜石	28.3	18.7
3	粉质黏土	③	21.55	5.40	黄褐色,可塑,切面稍有光泽,干强度中等,摇晃反应无,含姜石	29.9	18.6
4	粉土	④	16.43	5.12	褐黄,密实,湿,见黄色氧化物条纹,切面无光泽,摇晃反应中等,韧性及干强度较低	18.4	27.9
5	粉质黏土	⑤	15.15	1.28	灰褐色,中密,主要矿物成分为石英、长石	10.0	30.0
6	胶结砂	⑥			灰黄色,主要矿物成分为石英、长石,胶结程度严重,岩芯呈块状,局部见圆砾	5.0	40.0

3 水文情况

勘察期间,在深度范围内揭露一层第四系孔隙潜水。4层粉土为其主要含水层,稳定水位埋深在6.63~10.73 m,平均埋深8.79 m。机头位置的地下水埋深约9.35 m,近3~5 a最高水位可按勘察期间各孔稳定水位标高加5 m计。

4 基坑支护设计方案

如图3所示,该基坑采用钢管桩进行支护,钢管桩成孔直径为250 mm,间距0.5 m,内置直径219 mm、壁厚6 mm、长24 m的钢管,桩顶设置钢筋混凝土冠梁,冠梁尺寸为500 mm×300 mm,桩外侧采用钢丝网喷射混凝土面层,喷射混凝土面层的厚度80 mm,混凝土面层内配置的钢筋网直径为6@250 mm×250 mm。坑内按照竖向间距1.5 m设置钢围檩,围檩采用双拼400×200H型钢,基坑内部四角设角撑,角撑采用双拼400×200H型钢,竖向间距1.5 m。主要工程数量表如表2所列。现场工作井支护图如图4所示。

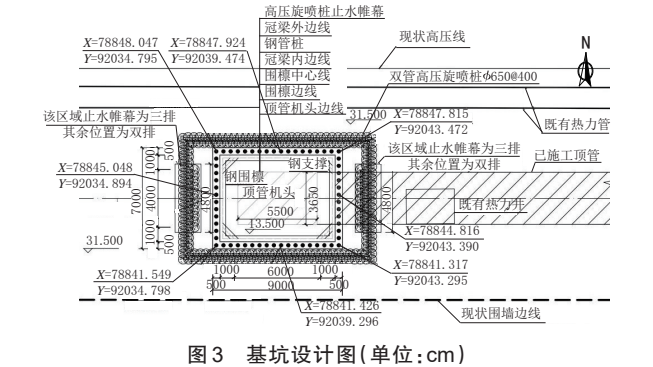


图3 基坑设计图(单位:cm)

5 工程施工方案

5.1 施工条件

该项目沿城市主干道中润大道建设,沿线与世纪路、西六路、西五路、张桓路、柳泉路、金晶大道等

表 2 主要工程数量表

序号	工程量	数量
1	高压旋喷桩/ m	5 796
2	钢管桩/ m	1 533.2
3	降水井/口	4
4	开挖量/ m³	720
5	钢筋/ t	2.611
6	喷射混凝土/ m³	46.84
7	混凝土圈梁/ m³	4.5
8	400×200H 型钢/ m	748



图4 现场工作井支护图

相交,施工运输条件便利。
W12#工作井有1台500 kVA的变压器可满足现场施工用电需求,备用1台300 kW的发电机。
拟建工作坑南侧为小区现状围墙,工作坑边缘距现状围墙最近约4.0 m。
拟建工作坑北侧为现状高压线及既有热力管(两根,管径为1.2 m,管顶埋深约3.0 m),工作坑边缘距既有热力管中心线最近约3.3 m,距高压线最近约6.0 m。
拟建工作坑东侧为已施工顶管(外径为3.6 m,壁厚300 mm)及既有热力井(埋深约4.0 m),工作坑边缘距热力井边线最近约4.9 m。
拟建工作坑西侧场地空旷,无其他建筑及管线。

5.2 施工部署

根据施工范围以及主要工作内容、工程数量,共设置2个作业队,桩基作业队和结构作业队,具体负责顶管施工顶进中的平行和流水作业。施工任务划分详见表3。

表3 施工任务划分表

作业队名称	主要工程量
桩基作业队	高压旋喷桩、钢管桩
结构作业队	圈梁、钢支撑、土方、挂网喷混凝土

5.3 施工工艺

5.3.1 高压旋喷桩止水帷幕施工

工作坑外侧布设双管高压旋喷桩止水帷幕(东西两侧设置三排,南北两侧设置两排),止水帷幕桩径650 mm,搭接250 mm,水平间距400 mm,有效桩长23 m,桩顶位于自然地坪以下3 m位置。止水帷幕采用双重管设备施工,固化剂采用42.5普通硅酸盐水泥,水灰比为0.8~1.0;水泥掺入量每米不少于天然土重的30%,28 d无侧限抗压强度不低于2.0 MPa。

高压旋喷桩施工工艺流程如图5所示。

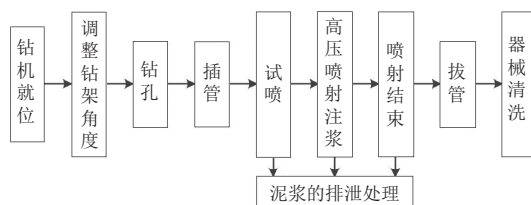


图5 高压旋喷桩施工工艺流程图

(1)测定桩位:根据图纸的要求对桩位进行确定,同时进行复核,桩位通过打入木桩进行标记。

(2)钻机安装:安装后的钻机需稳固周正,并放置在规定的桩位上,桩位中心对准钻头中心,偏差控制在50 mm以内,调整钻杆垂直及钻机水平,保证孔斜率不大于1/200。钻进过程中,若发现孔斜过大,需调整钻杆垂直度及桩机水平度,终孔后校量钻具孔深,使其不低于设计长度。

(3)钻孔:钻孔直径满足设计要求,钻进至设计深度要求。

(4)地面试喷:下喷射管前,通过地面以检查各项参数是否达到设计要求。

(5)浆液配制:浆液配置根据现场试验确定,拟用1:1的水灰比用灰浆搅拌机拌制水泥浆液,实际水灰比根据现场试验确定,水泥用量参照W13#工作井止水帷幕290 kg/m。

(6)旋喷注浆:当注浆管放置至设计深度时,同时启动注浆泵高、压水射流泵和空压机进行旋喷作

业,桩底停浆约0.5 min后,按30~80 mm/min的速度提升钻杆,借助喷射旋转提升的协调作用,将水泥浆、压缩空气和原土中的粗颗粒及新的冲切体旋转成一体,固化后成桩。注浆过程中,施工人员必须认真检查水泥浆的水灰比和流量、高压泵压力和钻杆的回转速度及提升速度等参数,并做好记录。

(7)回填灌浆:喷射结束后,伴随着水泥浆的不断析水固结,浆面也会随之下降,此时应向孔内补充水泥浆液直至液面不再下降为止,本次采用自流回灌的方式。

(8)施工完毕后,将机具设备冲洗干净,水泥浆不得在管内残存。

5.3.2 降水井施工

为降低沉井坑内地下水位,方便沉井施工,在工作坑外侧、止水帷幕内侧布置4口降水井,2口备用井(见图6(a))。如图6(b)所示,降水井深度为25 m,直径为700 mm,采用无砂混凝土滤水管,滤水管外径460 mm,采用分级降水。

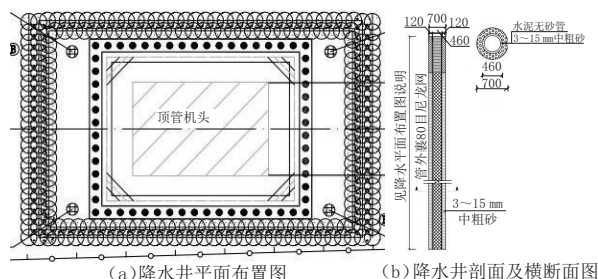


图6 降水井布置图

降水井施工工艺:放线→定井位钻机就位→钻井→吊放井管→填滤料→洗井→安装水泵、架设电缆→抽降→水位观测→封井。

5.3.2.1 放线

按施工图放出井的中心点,井位应设立显著标志,必要时用钢钎打入地面以下300 mm,并灌石灰粉作标记。以定好的井位点为中心,作700 mm直径的圆,并向下开0.4 m井口。井的深度以看到原状土为准,确认无地下构筑物及地下管线后将护筒放下,在护筒外侧填黏土,以防钻井冲洗液漏失。

5.3.2.2 桩基就位

桩机就位时需用水准仪找平。钻机就位偏差应小于10 mm,钻塔垂直度偏差应小于1%。

5.3.2.3 钻井

钻进过程中根据泥浆的流损情况应及时补充水,一般保持泥浆液面不低于井口下1 m,当钻遇砂层,泥浆大量流失时,应加大补水量,并投入适量的

膨润土形成一定黏度的泥浆以控制冲洗液漏失,防止塌孔事故。在以黏土为主的地层中钻井时,由于钻井自造浆较稠,钻进效率低,此时可先排走一部分泥浆,补充清水,调整泥浆密度到适宜状态。钻进中如发现塌孔、斜孔时应及时处理。缩孔时应经常提动钻具修扩孔壁,每次冲击时间不宜过长,防止卡钻。

5.3.2.4 吊放井管

- (1)检查井管有无残缺、断裂及弯曲情况。
- (2)将底层管堵与第一节井管接上,在外对称放上三根竹桩,用铁丝固定两圈。
- (3)将提升用钢丝绳头固定在井字架上,另一头套住管堵凹槽稳定后下降。
- (4)使井管居于井孔正中,避免倾斜,并固定。
- (5)下降第二节井管时,注意连接的公母接口,动作要轻缓,不能猛降猛放。
- (6)井管安放应尽量垂直并位于井孔中间;管顶比地面高 500 mm 左右。过滤部分应放置在含水层范围内。

5.3.2.5 填滤料

安装完井管后,砾料应填在无砂滤水井管外侧与井壁之间。

- (1)砾料应缓慢填入,防止冲歪井管,一次不可填入过多;
- (2)为防止雨水流入,近井口 1.50 m 处用黏土封严;
- (3)井管下入后,须在井管与土壁间填充砂砾填料,一般采用 3~8 mm 的细砾石。滤料应符合级配要求,合格率应大于 90%,同时,砾料中杂质的含量不应大于 3%;应使用铁锹下料,不得使用装载机直接填料,以防分层不均匀和冲击井管,填料要一次连续完成。

5.3.2.6 洗井

洗井应控制在下管填砾后的 8 h 内进行,以免时间过长,影响降水效果。

- (1)将空压机喷嘴及空气管置入井内,先冲洗上方井壁,然后缓慢将水管置入井底。工作压力不小于 0.7 MPa,排风量大于 6 m³/min。
- (2)井管四周放入砂滤料后,在安设水泵前应按规定先清洗滤井,冲除沉渣。一般采用压缩空气洗井法。

5.3.2.7 安装水泵、架设电缆

在安装潜水泵前,应首先对其做全面检查。确

保无误后方可使用。在深井内安装水泵,可通过绳索将水泵吊入滤水层部位。水泵安装结束后须进行试抽水,达到使用要求后方可进行工作。

5.3.2.8 封井

施工底板前先封井:去除坑底标高以上无砂混凝土管,填碎石,浇注 C15 厚 500 mm 混凝土封堵井口。

5.3.3 开挖及支护施工

该工程支护方案选用钢管桩+钢支撑、挂网喷射混凝土支护的形式。基坑支护立面图如图 7 所示。

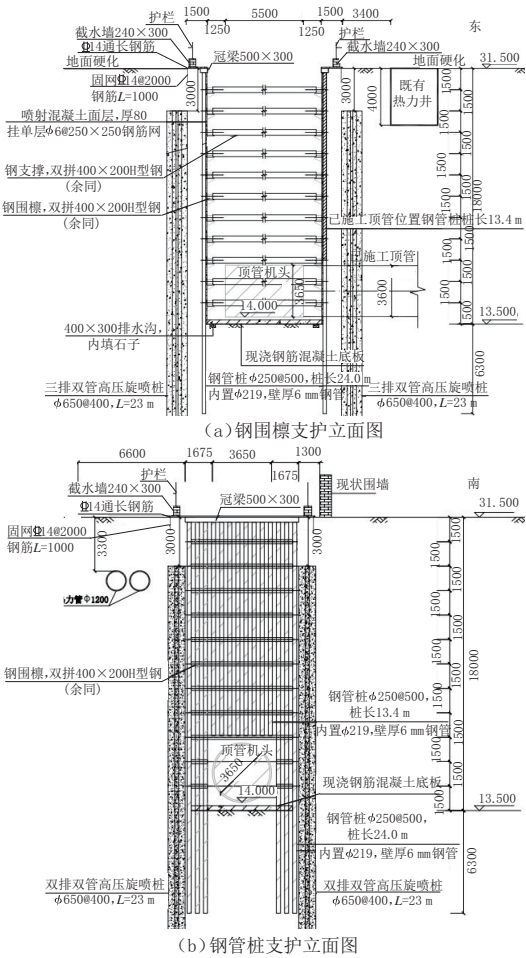


图 7 基坑支护立面图(单位:mm)

5.3.3.1 混凝土冠梁

如图 8 所示,混凝土冠梁设计断面尺寸为 50 cm×30 cm,沿钢管桩四周布置一周,混凝土强度为 C30 早强混凝土;钢筋上下布置 2 层各 4 根 14 mm 的螺纹钢筋通长布置,箍筋采用 8 mm 的光圆钢筋,每道相距 20 cm。

- (1)采用混凝土垫块与措施钢筋将螺纹为 14 mm 的主筋固定,箍筋与主筋绑扎连接。
- (2)根据放出的立模线安装模板,模板采用厚度为 1 cm、高度为 30 cm 的木模,采用 10 mm 的对拉螺

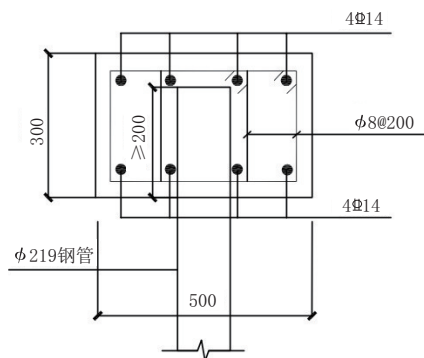


图8 混凝土冠梁图(单位:mm)

杆连接。

(3)采用溜槽或泵车浇筑混凝土,沿一个方向向另一侧布料,混凝土振捣紧跟布料,浇筑完成后及时养护。

5.3.3.2 开挖

当混凝土冠梁强度达到设计75%后开始对基坑进行开挖,每次开挖至钢围檩以下0.5 m。采用小型挖机分层开挖,每层开挖深度不大于2 m,严禁超挖。

5.3.3.3 安装钢围檩

(1)如图9所示,将500×300×16的牛腿钢板与钢管桩焊接,焊缝高度12 mm,牛腿环向间距1 m设置1道。

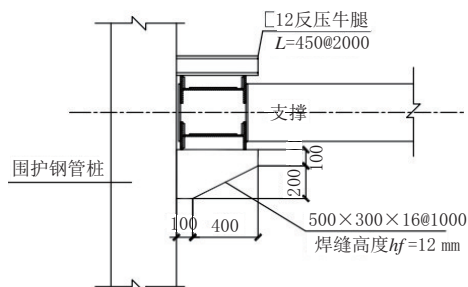


图9 钢围檩与钢管连接图(单位:mm)

(2)将工字钢切割成6、8 m两种规格,工字钢两端切割成45°角;如图10所示,使用14号槽钢将2个H400×200的H型钢连接,槽钢长度为65 cm,间距为50 cm。

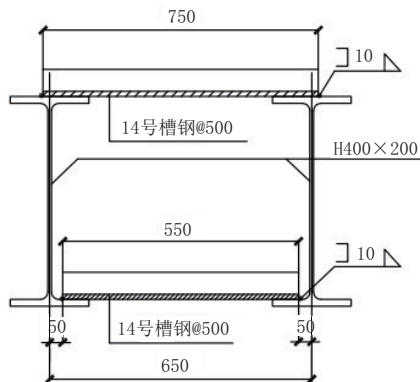


图10 钢支撑连接图(单位:mm)

(3)如图11所示,将加工好的H型钢吊运至牛腿上,折角连接处采用400 mm×200 mm×16 mm的钢板连

接,四角采用400 mm×400 mm×16 mm的三角形钢板连接;钢板与H型钢采用焊接形式连接,焊缝高度为10 mm,满焊。

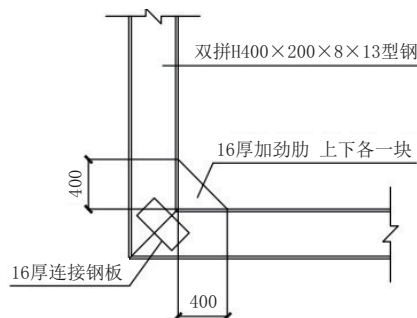


图11 钢围檩折角图(单位:mm)

(4)钢支撑安装后,在上面设置反压牛腿,反压牛腿与钢管桩连接,材料为12的槽钢,单根长度为45 cm,环向间距为2 m。

5.3.3.4 挂网喷射混凝土

(1)将长度为1 m的螺纹14 mm的钢筋打入四周土体内,外露长度4~6 cm,钢筋间距为2 m,梅花形布置。

(2)钢筋网片采用光圆6 mm的钢筋,间距25 cm,根据支护面积和人工运输的重量将钢筋网从钢筋场加工运输至现场。采用绑扎或点焊的形式连接钢筋网。

(3)采用点焊或绑扎的方式将钢筋网片与打入土体的钢筋连接。

(4)钢筋网片与土体钢筋固定稳固后开始喷射混凝土,喷射混凝土选用湿喷法作业,喷射混凝土强度为C20早强混凝土。

5.3.3.5 开挖(循环)

重复上述工作,直至开挖至基坑底部。

6 结语

综合管廊工程机头工作井通过采用钢管桩进行支护,统筹考虑了所要求的工期、质量、安全和环保目标。项目充分考虑该工程的特点、重点及施工难点,做到各个阶段、工序、工种间的有效衔接。

机头工作井支护的成功施工,确保了综合管廊工程的安全施工。

参考文献:

- [1] 赵有斌,张岗峰,邢强.高压旋喷桩通过第四系流沙层在建井技术中的应用[C]//2012年鲁冀晋琼粤川辽七省金属(冶金)学会第十九届矿山学术交流会议论文集.济南:山东金属学会,2012:248-250.
- [2] 蒋伟,胡学国,孙健.打桩机施工真空深井技术[J].四川建筑,2007(增刊1):189-190.
- [3] 傅婕.关于梅州万象江山工程管井降水施工的探讨[J].城市建筑,2015(11):104-104.