

新孟河延伸拓浚工程黄山河地涵曲线顶管施工技术探讨

陈智贵¹, 宋 力¹, 陈小威², 周善军³

(1.江苏省水利科学研究院材料与结构研所, 江苏 扬州 225009; 2.江苏九星建设工程有限公司, 江苏 宿迁 223800;
3.宿迁市宿豫区水利局, 江苏 宿迁 223800)

摘 要: 新孟河延伸拓浚工程黄山河地涵曲线顶管穿越新孟河河底, 具有曲率半径小、河底覆土浅施工难点。对黄山河地涵曲线顶管施工设备选取、过程测量、顶管顶进轴线控制、曲线顶进控制诸主要工序施工技术进行了介绍, 实施效果表明: 顶管相邻管间错口、轴线偏差及高程偏差控制良好, 可以为水利工程类似曲线顶管施工提供借鉴。

关键词: 地涵; 新孟河; 曲线顶管; 施工技术

中图分类号: TU74

文献标识码: A

文章编号: 1006-7973 (2023) 01-0084-03

一、工程概况

新孟河延伸拓浚工程黄山河地涵顶管轴线与新开挖的新孟河主河道轴线斜交 36.18° , 顶管总长约 413m, 为 2 根直径 4m 钢筋混凝土管。工作井位于黄山河侧, 距离新建堤防外坡脚约 20m, 接收井位于小夹江侧的老孟河中心, 距离新建堤防外坡脚约 20m。黄山河侧工作井改建为涵首, 外接 45m 长连接段。老孟河侧接收井前端新建 2 孔 $4.0 \times 3.0\text{m}$ (宽 $\times$ 高) 涵首, 外接黄山河侧连接段。

工作井及接收井分别设在黄山河及侧小夹江侧的老孟河中心, 采用沉井方案, 分两个井室, 每个井室对应 1 根顶管, 顶管出发井 (工作井) 管道中心高程-8.00, 接收井处管道中心标高-7.60, 顶管轨迹为速曲线, 最低处管道中心标高-12.35, 顶管长度 413m, 双排。顶管施工区域大部分处于软弱的②1-2 及③1~③2 层土层淤泥质土、土质软弱、强度低^[1]。

二、施工难点及相应措施

难点一: 本工程管径较大, 机头较重, 出洞阶段机头容易出现磕头现象, 顶进过程中遇较软弱土层容易下沉, 轴线较难控制。

解决办法: 出洞前在沉井预留洞口内安装延伸轨道, 起到施工期间顶进方向引导作用, 用以防范顶管前端下沉。施工过程中控制好土压力, 勤测勤纠, 确保顶进轴线控制在允许偏差范围内。

难点二: 本工程单段顶距较长, 顶力较大。

解决办法: 控制触变泥浆质量, 控制注浆量及注浆压力, 使之形成良好的泥浆套, 有效减小摩擦阻力; 合理布置中继间, 在后靠及管材达到极限强度前及时开启中继间。

难点三: 顶管穿越新孟河。新孟河宽度约 260m 河底最低标高-3.0m, 管顶标高-10.12m, 最小覆土 7.12m。河底覆土较小, 河底容易击穿, 导致机头上浮。

解决办法: 施工前仔细复核河底标高, 施工时适当减小泥水压力, 防止河底击穿。

难点四: 本工程顶管为纵曲线顶管, 且曲率半径较小, 纠偏比较困难。

解决办法: 进入曲线前及进入曲线后加大测量频率, 发现偏差及时纠偏; 为防止纠偏困难, 在机头和设备段之间加设辅助纠偏; 进入曲线段及曲线结束区段派专人填塞及取出木契。始终保持顶管轴线与设计轴线吻合。

三、主要施工工艺

1. 主要施工设备

根据新孟河延伸拓浚工程黄山河地涵地质条件, 综合考虑工程进度、质量、安全及环保因素, 本工程顶管掘进设备选取 4m 直径泥水平衡式掘进机, 该设备能适用于粘性土质等多种地质条件, 具备激光测量、机械、液压、电控集成功能, 在施工过程中能够实现自动平稳土体切削面压力平衡, 预防操作面沉陷功能; 顶进设备采用双冲程等位推力对称布置油缸作业, 顶进系列一共配置 14 台, 单位顶力不低于 20kN, 顶进最大行程量为 3.5m, 总最大推进力不小于 240kN。

2. 顶管测量

(1) 地面及井下平面测量

施工平面控制点在施工前由业主移交至施工单位, 施工单位完成复核, 并在施工区域周围建立平面控制网, 定期对平面控制网准备性进行复核。顶管施工准备阶段对工作井及接收井中心位置进行定位, 并在工作井井壁测放出顶管顶进基准线, 用于顶管顶进定位。

(2) 地面及井下高程测量

高程从地面引测至工作井底同时采用两台 DS1 型高等级水准仪用钢尺分层导入至工作井底面。高程引测成果除了导线封合外, 同时应考虑钢尺变形及温度修正因素。临时高

收稿日期: 2022-03-21

作者简介: 陈智贵 (1987-), 男, 江苏省水利科学研究院材料与结构研所, 工程师。

通讯作者: 宋 力 (1977-), 男, 江苏省水利科学研究院材料与结构研所, 正高级工程师。

程控制点引测至沉井底部井壁下端，考虑施工过程中高程复核，留点数不少于2个，以利于校核高程准确性。

(3) 管道顶进测量

1) 直线顶管测量^[2-3]

直线顶进区域段，使用轻质锤球将后靠处及顶管孔中心的连接线引测至中心位置。安装过程中不断引用上述导线对顶进中心线进行检查位置，以确保顶管中心线位于工作井及接收井中心连线重合。

2) 曲线顶管测量

每个测站采用对中盘强制对中，利用全站仪从管外测站及后视点依次向管内测量，每次测量水平角及竖直角及测站间距离，用导线测量的方法测出机头靶心及机尾坐标，然后换算出切口坐标，切口坐标与设计的轨迹坐标的差值即为偏离值。因导线测量计算比较繁杂，为节省时间，同时避免计算错误，可事先用程序计算器编制好程序，计算时直接输入距离、角度即可。为减小测量误差，测量一律采用四测回，按测回差9"、2c差13"、归零6"控制测角精度。

3. 设备安装^[4]

顶管设备安装准备工作主要基座安装就位，基座使用预制钢板，安装位置根据设计高程进行及轴线轴进行高精度放样，根据提前放样的顶管基准线，将预制基座吊入沉井底部预留位置固定安装就位。基座上导轨根据管线设计中心轴线及顶管洞口位置放置于中间位置后，加设支撑装置进行固定，以确保在顶进过程中基座牢固、可靠。工作坑内布置示意图见图1)。

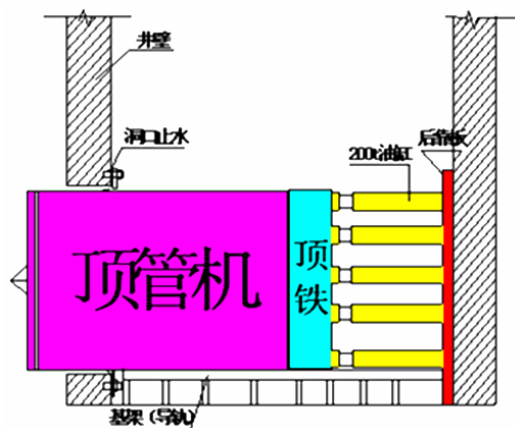


图1 工作坑内布置示意图

(1) 后靠安装

于工作井钢筋混凝土井后壁位置加高预制钢构件后靠，后靠与顶进油缸成90°布设，两间中间加填细石混凝土浇筑密实。

(2) 主顶设备安装

顶进设备为14台油缸，设计总顶力20kN，推进行程3.5m。总输油泵站安装于主顶进油缸处，并设计简易防风、防尘、防雨罩。油缸位置固定于钢制油缸架。连接油路管线应做到各接头不渗漏油，油路管线布设尽量顺直，减少弯曲。

(3) 顶管机安装

顶管机头安装选用大吨位汽车吊安装。安装过程由专业吊装班组操作，过程中严禁碰撞构筑物，力求平缓。机头就位于导轨上部后，对机头前、后端的中心线方向偏差进行校核调整，做好初始记录。机头与导轨之间要做到紧密贴合，动作平稳，各部件要求连接牢靠。机头就位后分别调试油路、电路、操作系统、监控系统。

机头安装完毕，应对总成系统进行全面检查及试运行，调试至最佳工作状态。

4. 顶管出洞

(1) 出洞口土体加固

本工程工作井预留洞口较大，为防止凿除洞口沉井外侧土方塌方，对洞口外侧顶管出墙体区域土体采用多头深层搅拌桩进行土体加固，以满足施工安全需要，加固深度范围为井外壁2.9m范围，深度为自刃脚底部至自然地坪。

(2) 安装洞门止水装置

顶管顶进过程中，必须对预制顶管构件与工作井洞口间孔隙进行封闭，防止在顶进过程中外部泥泵及地下水倒灌，引起工作井地面沉降等不利影响。

1) 安装橡胶袜套

用于抹套的橡胶板质量必须符合设计要求，压板采用铰链压板，安装须谨慎，坚决杜绝漏水、漏泥等情况。

2) 洞口打土止水

为防止顶进过程中洞口渗漏或由于混凝土管背土引起洞口附近土体损失，顶进前在洞口附近预留打土孔，顶进过程中经常利用打土泵向洞内压入粘土，确保洞口不渗漏，同时补充因管节背土引起的土体损失。

5. 顶管顶进

(1) 顶进工艺流程

顶管顶进工艺流程见图2。

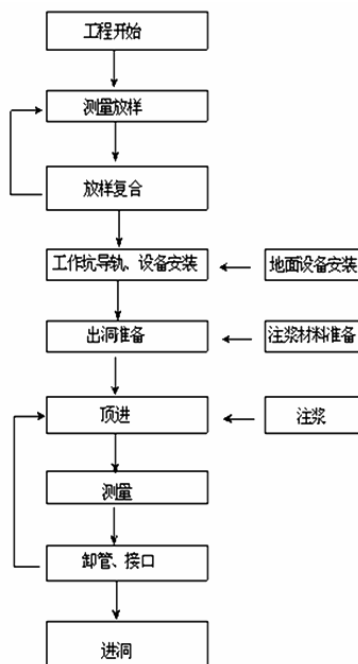


图2 工艺流程图

(2) 顶进及轴线控制措施

在顶管出洞区域预留安装外延导轨,以防止出洞位置机头下降,延伸导轨的平面及高程应与井内导轨完全吻合,且其强度、刚度必须满足要求。

顶进时操作人员必须时时刻刻盯着红屏幕上激光点的移动轨迹,(激光点的轨迹即机头的行走轨迹,激光点与机头中心靶牌中心点的偏差能精确反映出顶管顶进时的平面偏差与高程偏差)。只要有细微偏差,就必须采取相应的纠偏措施,顶管顶进前 50m 内,将平面及高程偏差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内。

直线段顶进过程中,根据顶进曲线,结合顶进速率,利用光点走向及调整顶管走向,实时纠偏。直线段顶进纠偏主要方式是调整顶进千斤顶缩量进行组间操作达到相应纠偏效果,利用千斤顶右伸左缩纠正右偏,左伸右缩纠正左偏。单次组间纠偏角度不得大于 1° ,通常控制在 $20' \sim 30'$ 。

(3) 曲线顶进控制措施^[5-6]

本工程涉及部份曲线段顶进,纵曲线,开口量 $\Delta = L \cdot D / R$;单节管节长度为 2.5m,外径为 4.64m,设计曲率半径为 800m,开口量 Δ 取: $2.5 \times 4.64 / 800 = 0.0145\text{m}$ 。

应用顶管机在顶进过程中向某方向造成人为的偏差时应特别小心,并控制偏差值符合设计的曲线要求。顶进过程中圆弧曲线型控制采用多管节化直为曲的方法进行控制,曲线段管节初步安装就位后为防止曲线部份产生后续顶管的受力面,在曲线的外圆部位加设楔形木条进行加固。

曲线段顶进阶段的注意事项如下:

①顶进全过程应保证测量精度能满足顶进施工的要求,实时掌握顶管作业动态及空间状态,根据反馈信息,及时纠偏。

②曲线段施工轴线渐变段处的内张角部位应要有专人及时加设楔形木条填充,以保证曲线持续顶进。

③顶进曲线的线型控制关键在于控制管节间楔子开口量,以保证轴线曲线段线型。

④机头与第一节管以及前三节管必须安装拉杆螺栓,根据实际要求调节拉杆螺母,保证管缝宽度始终与理论缝隙一致。

6. 顶管进洞

事先在接收井洞口开启若干小孔观察洞口外侧土体加固情况,确保机头进入洞门内没有大量水土流出。根据顶管末端轴线走向,在接收井内安装接收顶管基架,作为顶管末端

接收装置,防止顶管进入接收井后附落,造成后续管道损坏。顶管进入接收井前端 20~30m 位置及加强对顶进轴线观测,调整顶管末端线型走向,以利于顶管顺利进入接收井。

在即将到达洞口 5m 左右,减慢顶进速度,并降低前方土压力及泥水压力,机头到达洞口 1m 以内暂停顶进,用空压机凿除围护井灌注桩。顶管机头进入接收井区域后,尽快把顶管机和管节分离,用快速水泥封堵管道与预留孔的孔隙,并预留 8~10 个压浆孔,水泥和水玻璃按一定配比,对洞门进行液注浆。

四、结语

新孟河延伸拓浚工程黄山河地涵顶管于 2021 年 5 月开始施工至 2021 年 12 月完成全部顶管施工。顶管施工完毕对施工效果进行了全面检查,第三方检测结果表明:抽检了顶管工程 1#线和 2#线顶管相邻管间错口共 81 个测点,测点合格率 98.8%;对 1#顶管轴线进行了测量,平面偏差实测 18 个测点,实测偏差为 $-168\text{mm} \sim +102\text{mm}$,测点合格率为 88.9%;高程偏差实测 18 个测点,实测偏差为 $-100 \sim +42\text{mm}$,测点合格率为 100%。主要控制指标全部满足《水利工程施工质量检验与评定规范 (DB32/T2334.2-2013)》“顶管顶进工序质量检验项目与标准”要求。新孟河延伸拓浚工程黄山河地涵工程于 2021 年 2 月开工,2022 年元月通过水下工程阶段验收,黄山河地涵建成将极大地提高了水系排涝、引水能力,社会效益显著。

参考文献

- [1] 新孟河延伸拓浚工程初步设计报告[R]. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 2016.
- [2] 曹淑学, 吴发展. 复杂周边环境下顶管接收施工技术[J]. 建筑技术, 2022, (2): 227-229.
- [3] 龙明华, 李培国, 汤宇等. 浅谈泥水平衡顶管施工技术[J]. 中国设备工程, 2022, (2): 186-187.
- [4] 王云天. 浅谈顶管与沉井的组合应用[J]. 江西建材, 2022, (2): 198-199+202.
- [5] 刘力文. 浅析市政给排水施工中长距离顶管施工技术[J]. 绿色环保建材, 2021, (12): 127-128.
- [6] 孔雷. 浅覆土曲线顶管轴线控制关键技术研究[J]. 城市道桥与防洪, 2021, (12): 109-112+17.

(上接第 83 页)

该方案不需要对茶阳镇小靖河穿主城区堤防进行加高,对镇区景观影响降至最小,同时按照 20 年设防标准解决了镇区防洪问题。

四、结束语

综上所述,茶阳镇防洪是非常典型复杂的城镇防洪项目,同时也是广东省重点民生工程,如何在自然条件不利因素较多的情况下选择经济可行又切合当地实际情况的防洪方案,对设计要求很高,文中设计方案既很好的解决了茶阳镇的防洪问题,同时也为我国类似城镇防洪方案选择提供了很好的

借鉴和参考价值。

参考文献

- [1] 中华人民共和国标准 GB50286-2013 堤防工程设计规范[M]. 北京: 中国计划出版社.
- [2] 中华人民共和国标准 GB50265-2010 泵站设计规范[M]. 北京: 中国计划出版社.
- [3] 中华人民共和国标准 SL279-2016 水工隧洞设计规范[M]. 北京: 中国计划出版社.
- [4] 董哲仁, 孙东亚. 对堤防工程设计和施工规范修订的建议, 标准化, 2004, 1.