

市政给排水的长距离顶管施工技术探讨

戴皓宇

沧州市供水排水集团有限公司

摘要：以渤海新区输水管线项目（新区段）为例，立足长距离顶管施工的重难点，分析了长距离顶管施工技术在市政给排水工程中的应用要点和效果，分析表明，相比于传统开挖式施工技术，顶管施工技术能够在不破坏地面的基础上，顺利穿越既有道路，降低施工对路基造成的影响，值得在类似工程中推广和应用。

关键词：市政给排水；长距离；顶管施工；顶管坑；接收坑

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.070

引言

在市政给排水施工中多采用开挖后，铺设管道，再回填的方法，虽施工方式简单，但对周围环境和既有道路以及构筑物造成的影响比较大，需要在阻断交通的基础上，才能顺利完成。为解决这一问题，可采用顶管施工技术，此种市政给排水施工技术开挖量比较少，只开启顶管坑接收坑即可，对周围环境、交通造成的影响比较小，而且施工过程受到天气、气候、环境的影响比较小。在文明施工方面具有传统开挖施工技术难以比拟的优势，尤其是在距离比较长、覆土深度比较大的情况下，顶管施工技术比传统开挖技术更具经济性和科学性。基于此，开展市政给排水长距离顶管施工技术的探讨分析就显得尤为必要。

一、工程概述

渤海新区输水管线项目（新区段）穿越石黄高速顶管施工基坑支护工程。顶管部位位于旭阳街西侧，贯穿沧海路的南北侧，项目位于沧州渤海新区旭阳街与沧海路交叉口，沧海路北侧为顶管基坑，南侧为接收坑。顶管坑除东侧8.5m临旭阳街外，其余三侧均为空地。接收坑北侧10m为交警岗亭1F，南侧30m为河道，东侧19.7m为引桥路段，西侧为绿化空地。场地开阔，交通便利。开挖深度：现有场地标高约为4.4m，顶管坑槽底标高-5.1m，开挖深度9.5m，接收坑槽底标高为-4.80m，开挖深度为9.2m。地下水位：依据本项目勘察报告揭露，地下水位埋深约2.5m。依据本项目勘察报告揭露，基坑开挖范围内为黏性土与粉土交替，无特殊地层。施工现场整体规划布置如下图所示：

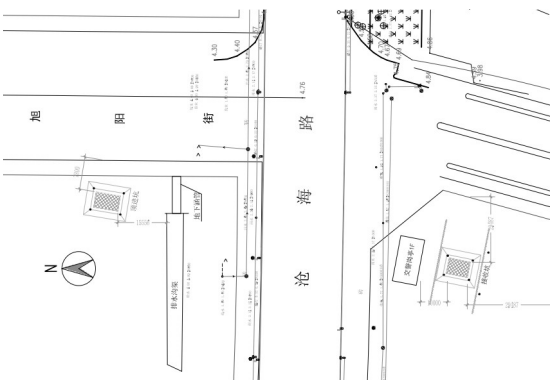


图1 施工现场整体规划布置图

二、长距离顶管施工的重难点

就案例工程而言，施工长度比较大，且现场地质条件复杂，影响长距离顶管施工效果的因素比较多，存在的重难点也比较多，主要体现在以下几个方面：

重难点一：顶管坑和接收坑是长距离顶管施工必须做好的准备工作之一，本顶管基坑工程，道路北侧存在箱涵、管线及电缆等市政设施，且临近道路。当降水不当时，会存在临近道路、建筑物等设施的沉降变形的危险，属重大危险源。其工艺参数和支护效果，直接关系到顶管施工后续的各道工序能否顺利开展。因此，在长距离顶管施工中如何有效切实保障顶管坑和接收坑施工质量是本工程施工的重点。

重难点二：顶进施工是长距离顶管施工的关键环节，顶进施工的效果直接关系到顶管施工的成败，但就本工程而言，顶管长度较大，且顶管施工所经过的区域地质水文条件复杂，因此，如何有效保证顶进工作得以顺利完成，是本工程施工的主要难点。

重难点三：在长距离顶管施工中中继环是关键结构，中继环的主要作用是解决渗漏问题，提升顶管施工质量。但在本工程施工中顶管穿越区域的水头比较高，水文地质条件较为复杂，如何有效最大限度上发挥出中继环的作用，且便于施工，避免发生渗漏问题是本工程施工的重难点之一。

三、长距离顶管施工技术在市政给排水工程中的应用要点

（一）顶管坑和接收坑施工技术

1. 技术参数

本工程顶管坑和接收坑的上部3m区域都采用1:0.8放坡，留出一台宽度1m左右，并于坡面之上布设防尘网和塑料布进行护坡，下部6.5m选择用SP-IV型拉森桩进行支护，长度为15m，需保障桩顶标高和一台相互平齐^[1]。

2. 降水井布置

为将地本工程顶管施工的地下水降到设计要求的标准，本工程采用降水井来进行降水处理，顶进坑和接收坑的降水井布置图如图2和图3所示：

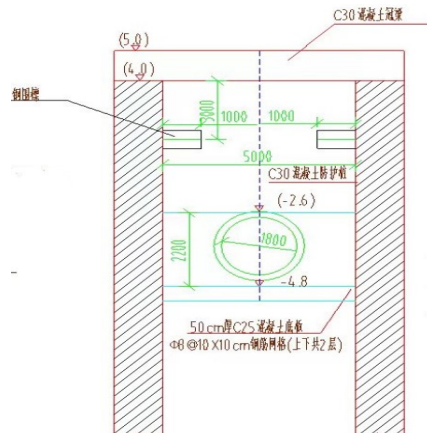


图2 顶进坑的降水井布置图（mm）

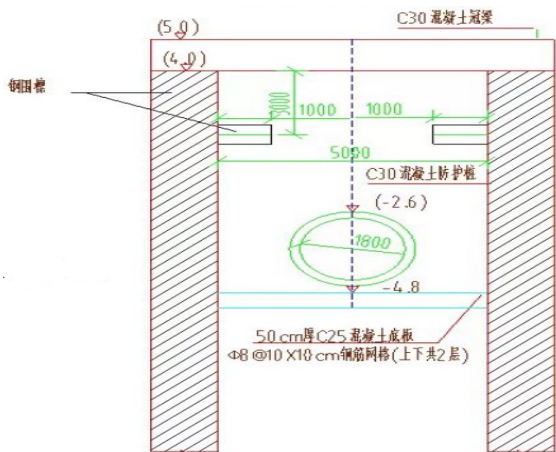


图3 接收坑的降水井布置图 (mm)

下井管操作中, 为防止出现倾斜度过大, 影响后期降排水效率, 在下管操作施工中, 需按设计图纸中的规定, 做好井管的排列工作, 并下到设计允许的 depth, 每根井管的井口标高应处于相同的水平高度之上。此外, 为最大限度上保证井管不会靠在井壁之上, 并保证井管外有一定的填砂厚度, 还需在滤水管上下分别加上两组扶正器, 以最大限度上保证环状填砾间隙的厚度在150mm以上, 井管要自然落下去到设计的位置, 严禁强力挤压, 以免损坏过滤结构。

3. 支护技术

顶管坑和接收坑完成降水之后, 为提升坑壁的稳定性、承载力, 采用了SP-IV型拉森桩对坑壁进行支护。于破除路面面层的地面通过测量放线的方法, 标记出打桩的位置, 且每边应至少预留出0.6m以上区域, 作为后期顶管施工的工作面。SP-IV型拉森桩施打顺序为沿着标记好的灰线逐根插打, 吊起一根SP-IV型拉森桩后, 准确调整桩位, 工字钢腰腹要保证和灰线相互垂直, 通过振动的方法, 打入土层的设计标高。再吊起相邻的钢桩, 工字钢腰腹垂直于灰线方向, 并且需要和第一根钢桩腹板之间的距离需要控制在700mm左右, 同样采用振动入土的方式, 重复插到另一根钢桩。此外, 为最大限度上提升SP-IV型拉森桩支护效果, 当钢板桩插入到土层中后, 还需用40C槽钢作为腰梁, 对SP-IV型拉森桩施加一个反向拉力, 形成一个组合支撑体系, 以免在顶管施工中引起钢桩发生较大的位移和变形。

(二) 顶管顶进施工技术

施工前, 应对所有施工设备进行运行检查, 确保设备处于良好工作状态, 例如检查引擎、传动系统、液压系统等, 以确保它们正常运转, 不受任何阻碍。导轨的中心线及其布置的高度和导轨坡度应严格遵循相关规定, 以确保施工过程中的稳定性和安全性。应确保工作过程中洞口内无地下水或土壤流入, 以防止洞口被堵塞或发生意外情况。顶管项目的施工应在以上条件均满足的情况下进行, 以确保施工的顺利进行和安全性^[2]。将工具管导入土体后, 应调整其偏差角度, 将偏差控制在5mm以下, 以保持工具管的正确位置和方向。设定的高程为标高加抛高数, 以确保工具管在顶进过程中保持正

确的姿态和高度。工具管尾部需提前摆放在导轨之上, 超过导轨的部分严控在200~300mm之间, 便于连接混凝土管。

在工人开始开挖之前, 需要在土体的四周预先切入刃口部分, 以确保从上至下的挖土过程中, 正面塌方的风险得以减少, 从而确保施工过程的安全性。若在挖土过程中遇到地下障碍物, 首要任务是确保施工安全, 然后才能进行顶进施工。对于特殊情况, 应采取特殊处理措施, 例如采用再次顶进方法, 将管体内的泥土顶出管体外, 以确保施工的顺利进行和安全性。在进行顶管交换时, 应详细交换挖掘情况和排除故障所采取的措施, 以确保施工的顺利进行和安全性。这包括对挖掘进度的评估、对可能出现的问题的讨论以及采取的相应措施等。顶管交换的结果将对整个工程的进展产生重要影响。因此, 必须认真对待每一次顶管交换, 确保工程能够顺利进行。

在长距离顶管施工过程中, 管道轴线和标高的准确度对于管道最终能否投入使用具有决定性作用。因此, 在顶进管道之前, 工作人员需要根据设计图纸和交桩记录, 将水准点和工作井的井壁进行引测, 同时对管道轴线方向进行标识。以基准点为依据进行复核, 将其作为标高与顶管方向的控制基准点。在安装导轨时, 工作人员应确保坡降符合设计标准的要求, 以便对顶进管道的轴线和标高进行更精确的控制^[3]。如果条件允许, 测量仪器应尽量选择激光经纬仪和水准仪, 做到每顶进一次测量一次轴线和标高。此外, 为了确保管道轴线和标高的准确度, 还需要采取一系列措施。首先, 在施工前应对所有的测量仪器进行检查和校准, 确保其精度和可靠性。其次, 在施工过程中应定期对管道轴线和标高进行复核, 以确保其准确度。具体的顶管顶进施工测量示意图如图4所示:

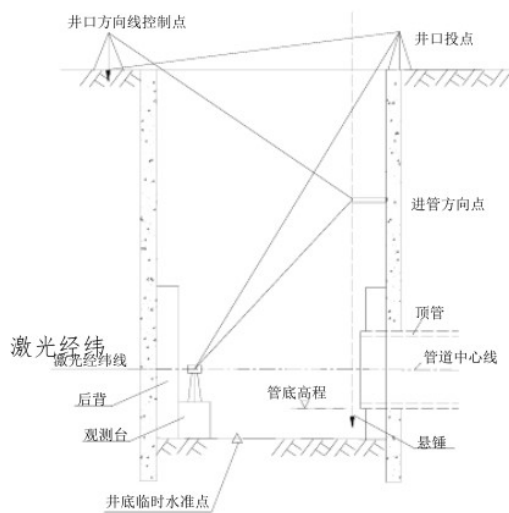


图4 顶管顶进施工测量示意图

在顶管施工中必然会存在误差问题, 这是客观存在的, 难以从根本上得到解决, 需采取有针对性的方法和措施来控制顶进误差。在本工程施工中, 工具头开始顶进施工的5~10m内, 允许的中线位置偏差为50mm, 高

程偏差为30mm,若在顶进施工中偏差超过了最大的允许值,需进行缓慢校正,以促使管节能够逐步恢复到位,决不能猛纠硬调。本工程顶管机采用可调式光靶进行纠偏调整,其结构示意图如图5所示:

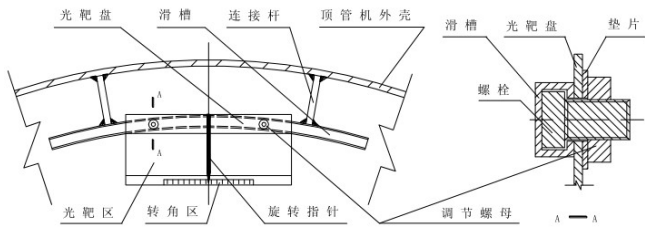


图5 顶管机可调式光靶结构示意图

顶管测量时可按照1000m以内的直线顶管测量方法进行测量,在整个顶进施工过程中,可以通过放置在井下测量平台起始点上的激光经纬仪对准顶管机上的光靶来控制顶进的方向和高程。激光经纬仪发射出的激光束与光靶中心的距离即为顶管顶进施工的偏差值,但方向与实际偏差相反。为了有效消除顶管机旋转和偏差值之间的显示误差,需要采用可调式光靶,确保其始终位于顶管机的垂直中心线之上^[4]。随着顶管进尺深度的增加,激光发射距离也会相应增加,导致激光发生散射,使得打在光靶上的激光点扩大,从而影响目视的准确性。为解决这一问题,本工程在顶管顶进施工测量中,顶管轴线采用支导线控制方法,标高则采用支水准线路控制方法,有效保证了顶管顶进的精度,顺利完成了施工任务。

(三) 组合密封中继环和自动控制

在本工程顶管施工中中继环采用了组合式密封中继环,将其应用到顶管施工中有有效解决了高水头、复杂地质水文条件下,因为中继环磨损老化而引起的渗漏问题,而且可以很好的满足复杂地质条件下,长距离顶管施工的要求。本工程采用的组合式密封中继环上安装了24只250kN液压油缸,最大顶力可达到6000kN。而且中继环能够按照现场施工条件进行灵活调整,在圆心角方向,可以通过实际需求进行局部或整体的调节,以实现良好的止水效果。每道中继环都配备了一套行程传感器和限位器,并与DK-20自动控制台连接,从而实现了顶管施工全过程的精确控制^[5]。在正式安装使用之前,按照可能发生的最不利情况,对中继环进行1°转角的耐压试验,以确保在0.55MPa的压力下不会发生渗漏。在中继环布置时需要严格按照顶管的长度,以施工现场的实际情况,确定中继环的布置距离,其中第一道中继环的布置距离,可通过以下公式计算出来。

$$L = (K \cdot P - N) / F$$

$$N = \frac{\pi D^2 \cdot P_t}{4}$$

$$P_t = \gamma \times (H + 2/3 \times D) \times \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$F = \pi \cdot D \cdot f$$

此公式中L为顶管施工中第一道中继环的布置距离(m);K为工作系数,本工程顶管施工中取值为0.7;P为中

继环设计顶力;N为工具管正面的阻力(N);F为单位管壁的摩擦阻力(kN/m);D为管节的外径,本工程取值为2.06m;P_t为顶管施工中机头底部以上D/3位置的被动土压力(kN/m³);γ为本工程所在区域土的天然重度,取值为18kN/m³;φ为土体的内摩擦角,按照地质勘察报告,取值为27.3°;H为顶管土层的厚度,平均为12(m);f为注浆施工中的单位摩擦阻力,按照地质勘察报告取值为4kN/m²。

将确定好的参数带入到上述公式中,可得到:N=1317kN,F为25.4kN/m,L=(0.7×6000-1317)/25.4=113m。在实际施工中考虑到第一道中继环存在纠偏作用,因此,L的取值可为20m,第二道中继环布置在距离顶管顶进施工工具头30m的位置,第三道到最后一道中继环布置距离为(0.7×6000)/25.4=165m^[6]。在实际施工中由于土层中含有一定量的砂性土,需综合考虑安全系数,可取120m,也就是第三道中继环到最后一道中继环需要每隔120m就布置一道。

四、施工效果

在案例工程施工中采用了顶管施工技术,顺利完成了施工任务,施工后经现场测量,顶管施工中顶进长度小于300m时,允许偏差为25mm,超过300m小于1000m时,允许偏差为50mm,偏差全部都在设计允许的范围之内。顶管竣工施工完成之后,经水压试验一次成功,取得了良好的施工效果,可为类似工程施工提供相应的参考和指导。

五、结语

综上,顶管施工是目前市政给排水施工中常用的施工技术,相比于传统开槽后铺设管道,再回填的施工技术。顶管施工对地面既有建筑以及道路造成的影响比较小。但在实际施工中影响顶管施工效果的因素比较多,需结合实际情况,分析施工中存在的重难点,并采取有针对性的施工技术,严控顶管坑和接收坑施工、顶进施工全过程,并合理布设中继环等,可促使顶管施工任务顺利完成。

参考文献

- [1] 王俊.长距离顶管施工技术在市政给排水项目中的应用研究[J].科技创新与生产力,2022,(12):128-130+133.
- [2] 陶永隆.长距离顶管施工技术在市政给排水施工中的应用[J].中国建筑装饰装修,2022,(11):71-73.
- [3] 梁诏斌,曹鑫,江闪闪.试析市政给排水施工中的中长距离顶管施工技术[J].工程建设与设计,2021,(24):119-121.
- [4] 郭君.市政给排水施工中长距离顶管施工技术研究[J].中国管理信息化,2021,24(06):147-148.
- [5] 朱慧,董晨.市政给排水施工中长距离顶管施工技术的分析[J].中国住宅设施,2021,(02):104-105.
- [6] 黄俊军.市政给排水施工中长距离顶管施工技术探讨[J].科技创新与应用,2020,(08):153-154.