

微型螺旋式顶管施工技术在 小口径管道敷设中的应用

刘冬鑫

(湖南兴旺建设有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘要 为解决常规顶管法和定向钻在空间受限的老城区敷设小口径管道的施工缺陷, 研究介绍了一种采用微型螺旋式顶管机施工的小口径顶管施工技术, 并具体分析了该技术的施工工艺及优缺点。研究表明, 该技术可利用空间较少, 在地上地下管线交错纵横的老城区管线改迁和新建中具有显著优势, 可为非开挖小口径管道施工提供借鉴。

关键词 市政管线; 小口径管道; 微型顶管; 螺旋顶管机

中图分类号: TU990.3

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)07-0124-03

市政管线设施建设传统工艺采用明挖开槽, 但在快节奏生活的现今, 为避免影响交通和人们日常生活, 明挖开槽法显然不适用于老城区市政管线的建设。为解决这一施工难题, 避免因新建管线而改迁管线及建筑物, 多数采用常规顶管法或定向钻, 这两种设备的适用范围存在一定的局限性, 施工占用场地空间较大, 有限空间施工非常不利^[1]。常规顶管法在小口径管道中都是采用泥水平衡顶管机, 施工会产生泥浆, 并且在小口径管道中劣势较为明显, 内部空间小, 布置的设备并没有因管径的变化而改变, 一旦内部出现问题, 人员无法进入内部进行处理。定向钻虽然适用范围广, 但其施工精度低, 误差较大, 在管线密集的区域并不适用^[2]。为了弥补在小口径管道施工中的缺陷, 研究现有的非开挖技术, 介绍了一种适用于小口径管道施工的微型顶管设备——螺旋顶管机。这种顶管设备占用面积小, 可在较小的空间中施工, 施工速度快, 成本低, 不产生泥浆等污染物, 广泛应用于小口径管道施工^[3]。

1 螺旋顶管机介绍

螺旋顶管机是近年来应用于小口径管道的一种设备, 适用于管径 800mm 以下的顶管。这种施工设备无需人员进入管道, 通过遥控来引导顶管机械进行掘进施工。螺旋顶管机主要由主顶系统、掘进系统、导向系统、排泥系统等组成。设备的尺寸决定工作井与接收井的尺寸, 目前螺旋顶管机施工工作井最小直径 2500mm, 接收井最小直径 2000mm^[4]。

1.1 主顶系统

主顶系统主要包括主顶油缸、主顶基座、液压传

动马达、后靠背、液压动力站。液压动力站为主顶系统的动力来源, 工作井布置的设备需要提供动力的主要是主顶油缸和传动马达, 传动马达为导向钻杆钻进提供动力。

1.2 掘进系统

掘进系统主要有螺旋顶管机头, 螺旋顶管机头作为掘进系统的核心, 依靠螺旋顶管机刀盘切削土体。顶管机头普遍采用液压动力装置, 螺旋顶管机内部空间小, 不宜布置太多设备, 为满足施工需求, 液压传动是最佳选择。液压动力站放置在地面上, 通过液压油管与螺旋顶管机头进行连接, 当顶管管节下井安装时, 需将与顶管机机头连接的油管从接头处断开, 待管节安装对接完成后, 再将液压油管进行连接, 每次安装管节都需要将液压油管进行断开再次连接。

1.3 导向系统

螺旋顶管机的导向依靠导向钻头, 导向钻头后方连接导向钻杆。导向钻杆的内部中空, 采用多段拼接和采用快速接口的形式进行设置, 一般采用螺纹连接, 每节长度为 1m~2m, 提高施工的适用性以及施工的工作效率。导向钻头内自带激光靶盘, 通过经纬仪激光照射在靶盘上, 在顶进时跟踪导向, 顶进时可通过导向钻头进行纠偏。

1.4 排泥系统

排泥系统由排泥套管和排泥螺旋构成, 排泥螺旋安装在排泥管内部, 排泥螺旋与螺旋顶管机前端连接, 螺旋顶管机头刀盘转动时, 排泥螺旋跟随转动, 转动的同时将切削的渣土排出。排泥套管顶进前, 套管变

径器与导向钻杆连接,排泥套管顶进一节,在接收井回收一节导向钻杆,直至套管顶入接收井。套管的回收也是如此,顶管管节在工作井每顶进一节,出泥螺旋管在接收井拆卸回收一节,按此操作直到顶管机头达到接收井,顶管施工完成。

2 施工工艺

2.1 施工工艺流程

螺旋顶管法的施工流程和泥水平衡式及土压平衡式有异同之处,相同之处是同样需要工作井与接收井,工作井布置的设备大致相同,同样需要液压动力站提供动力,依靠主顶油缸顶进。不同之处在于工作井至接收井之间,螺旋顶管机的导向、出土是最大的不同之处,这就使螺旋顶管机的施工工艺及流程有很大的不同。螺旋顶管机适用于小口径管道,小口径管道的埋深不会太大,考虑到施工成本及效率的因素,螺旋顶管机的工艺流程原理有较大的变化。

2.2 螺旋顶管机施工工艺原理

螺旋顶管机与常规的顶管机有所不同,常规的顶管机泥浆和渣土在工作井端输出,而螺旋顶管机出土在接收井端,通过螺旋套管渣土排出。常规顶管机先顶进顶管机头,而螺旋顶管机先顶进导向钻杆,导向钻杆的精度决定螺旋顶管机的精度,激光经纬仪架设在工作井导向钻头装置的后方,导向钻头内置激光靶盘,靶盘位置设置照射灯,激光经纬仪、靶盘和激光接收装置均与电脑监测器相连。激光信号显示在操作室的电脑监测器上,可实时观看导线钻头的姿态。根据电脑监测器中观测到的中心偏差实时调节动力头装置的旋转角度进而调节倾斜导向面的方向。导向钻头在较硬或较粘的土层中钻进时,可通过导向钻头设置的高压注水孔,通过水管连接泥浆泵和注水装置,向土层中注入高压水,高压水可扰动土层,同时也可以利用导向钻头的搅动产生泥浆,起到降阻减磨的效果。

螺旋顶管机的主顶设备决定工作井的尺寸,主顶设备安装在工作井,占据较大的空间,为把工作井的空间利用到最佳,主顶油缸在顶进管道的两侧布置,缩短了轴向空间。采用螺旋顶管机施工的管道,顶进距离不会很长,顶力配置不需要太大。管节与机头的顶进,受力在顶环上,主顶油缸推动顶环使机头与管节向前顶进。螺旋顶管机的顶环与常规的顶管机不同,顶环与两侧主顶油缸相连,主顶油缸的伸缩,顶环也随之移动。

螺旋顶管机所有设备的顶进都支撑在顶环上,主顶油缸推动顶环而向前顶进。螺旋顶管机先顶进的设

备是导向钻杆,导向钻杆不仅要向前顶进,同时还需要转动,所以转动就需要提供动力。导向钻杆的旋转动力提供装置安装在顶环上,在顶环中心安装一个液压力马达,通过液压力站驱动。由于螺旋顶管机的工作井尺寸较小,液压力站只能放置在地面,通过耐高压油管连接传输。当第一根导向钻杆进入土层中后,动力头装置与第一根导向钻杆分离,加装第二根导向钻杆,直至若干导向钻杆贯通工作井和接收井之间的土层。

导向钻杆顶进完成后,紧接着就是顶进排泥套管,排泥套管通过变径接头与导向钻杆连接,每顶进一节排泥套管,在接收井端拆除一节导向钻杆,直至导向钻杆完全拆除回收,排泥套管顶出接收井洞口,排泥套管顶出洞口的长度没有特殊要求,方便施工即可。排泥套管顶进完成后,开始安装螺旋顶管机头,螺旋顶管机头前端的刀盘要与排泥套管和排泥套管内排泥螺旋连接,螺旋顶管机头刀盘转动可带动排泥套管内的排泥螺旋转动,通过排泥螺旋转动将螺旋顶管机头切削的渣土排出。螺旋顶管机的动力采用液压力装置,动力的通过来源是设置在地面的液压力站。

螺旋顶管机设备的组成并不复杂,为简化整个施工工序,提高生产效率。螺旋顶管机在工作井安装的设备采用集成化设计,主顶油缸、顶环、后靠背、导轨、机架为一个整体,在安装时一次性吊装就可将工作井内的设备安装完成,设备拆除时也是整体式拆除,缩短了整个施工安拆时间。在设备操控方面设置两套操作系统,第一套操作系统在工作井内,这套系统较为简单,全部采用手动操作。第二套操作系统设置在操作室内,操作室需在工作井外布置,全部的采用电器化操控,并且能够提供一个良好的操作环境,实现精细化施工。操作系统的选择可根据现场的条件选择,如果施工场地受限,可选用第一套操作系统。

3 螺旋顶管机施工优缺点分析

3.1 螺旋顶管机施工的优点

在实际应用中发现螺旋顶管机施工的众多优点,在施工工序上,虽然都需要在顶管区间两端先设立工作井及接收井,但是与泥水平衡顶管机及土压平衡顶管机相比,螺旋顶管机的工作井与接收井所需的尺寸要小于这两种,占地面积大幅度减少^[5]。螺旋顶管机通过先进行导向管顶进,导向钻杆到达接收井后进行排泥套管顶进,排泥套管到达接收井后进行接机头和管材的顶进,当顶管机头到达接收井,管道顶进成形。与泥水平衡顶管机及土压平衡顶管机相比,顶进的工序

较为繁琐,但是导向钻杆与排泥套管的顶进,能够先行探测出顶进轴线方法的障碍物,早发现早处理。

螺旋顶管适应的土质范围较广,在粉土、黏土、砂土中掘进可以轻松应对。在地下水位高且富水地区、建构筑物密集区、交通繁忙地区、地面障碍物多且空间狭小都可以适应。同传统顶管法与拖拉管法相比,螺旋顶管机的特点优势显著。

1. 设备较小,组装和拆除较为方便,占用的施工面积少,并且设备操作简单。螺旋顶管机内刀盘旋转、主顶油缸顶进、纠偏油缸伸缩等设备由一根控制信号线连接至操作平台上,而且激光导向靶盘、压力表等数据都显示在操作平台的显示屏上。螺旋顶管机现场所需操作人员较少,只需一名顶管机司机井内操作设备。

2. 能高精度地保证管道设计轴线及设计高程,因螺旋顶管机先行顶进导向钻杆,通过工作井架设的激光经纬仪观察导向钻头的姿态,数据在屏幕上实时反馈,顶管机操作手通过观察屏幕显示的姿态进行调整,实现精确地导向顶进。

3. 螺旋顶管机的顶进施工对周边环境影响小,占用面积小,不影响交通,对人们日常生活影响较小;其四是螺旋顶管机和大口径顶管一样,对周围环境的影响较小,对土体扰动范围小,难以引起开裂、破坏等现象。螺旋顶管机排出的泥量少,并且不产生泥浆,也不采用泥浆,顶管施工完成也不需要泥浆置换,施工时产生的噪声低,对周围居民的生活及环境影响小。

4. 螺旋顶管机一般适用管径范围为DN300~DN800,与传统泥水平衡顶管法和土压平衡顶管法相比,各有优势。在微型顶管法被引进之前,一般情况下会选择加大管径,使管道的管径达到DN600后再采用泥水平衡顶管工法进行施工。但加大管径将会导致运行时水流速度过低,容易导致管道淤积泥沙,加大管道运行的管理及疏通的工作。因此,在小口径管道施工领域内,微型顶管工法将有着极大的优势。微型顶管法工作井及接收井的大小取决于设备及管节的尺寸,目前螺旋顶管机顶进采用每节1m的管道,其尺寸可根据需要还可进行优化。因此,无论从占地或者造价上,微型顶管工法中的螺旋顶管机均有较大优势。

5. 螺旋顶管机顶进过程中遇到意外情况回收容易,不需设计回拔钢棒。在机架位置预留了螺栓孔,可以使机架与机头通过螺旋套管进行刚性连接。当顶管机出现故障或者其他原因无法顶进时,直接将机头用主顶油缸拨回。

3.2 螺旋顶管机施工的缺点

螺旋顶管机的缺点在于遇到地下障碍物,其清障

能力较差,遇到较硬的障碍物时,可能会导致卡住刀盘,其次坚硬物质从刀盘进入排泥套管,容易导致出土螺旋卡住。螺旋顶管机顶进施工前,需将顶进方向进行精确的地质勘探,如有障碍物需清除障碍物后方可进行顶进施工。

根据多年的研究发现,螺旋顶管机并不适用于长距离顶进。受设备的影响,螺旋顶管机先行顶进导向钻杆,导向钻杆内径一般为100mm,每节长度在1m左右,激光经纬仪的导向激光从工作井照射在导向钻杆前端的导向钻头靶盘上,随着顶进距离的增加,激光点会逐渐增大,同时还会受到导向钻杆内部空气的质量、湿度、温度的影响,激光会产生折射。这些因素都会影响导向的精度,空间越小,越容易受到影响,也是影响螺旋顶管机顶进距离的因素之一。目前螺旋顶管机顶进距离一般在100m以内,经过综合考虑,螺旋顶管机的始发井与接收井可以作为管道主体的一部分,可以兼做检查井等,节约工程成本。

4 结论

在市政管线小口径管道建设工程中,螺旋顶管机在小口径管道施工中的应用,解决了在房屋建筑密集区的街巷及作业面狭小的区域管道铺设。螺旋顶管机具有其他传统的施工方式无法比拟的优势:施工速度快、精度高、工作面小、对交通及周边建构筑物扰动及地面的隆起与下沉影响较小。由于其所需作业面小,能够降低工程造价,经济效益较好,也为日后复杂工况下的小口径管道施工提供了一种新型可靠的施工方式选择。随着市政管线村镇化建设全面推广,螺旋顶管机所突显出的优势会逐渐被关注,在市政污水工程上具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 蔡振飞.非开挖顶管施工技术在市排水工程中的应用[J].工程建设与设计,2022(22):174-176.
- [2] 张习哲.新型微型螺旋式顶管施工技术研究[D].郑州:郑州大学,2020.
- [3] 乔帅.非开挖顶管施工技术在市管网中的应用[J].中华建设,2022(10):131-132.
- [4] 贾文振,宫进.浅谈小口径管道顶管施工[J].烟台职业学院学报,2021,16(03):88-92.
- [5] 郑彬.城市密集区长距离小直径管道螺旋顶进施工技术研究与应用[J].城市建设理论研究(电子版),2022(24):85-87.