DOI: 10.16616/j.cnki.11-4446/TV. 2017.011.012

市政排水工程顶管施工技术的应用与展望

沈向荣

(上海市青浦区排水管理所,上海 201700)

【摘要】本文着重介绍了城市小管径雨污管网(DN < 600mm)螺旋顶管施工技术,该技术可应用于城市交通路面改造或新建排水管网施工,有利于降低施工对环境、交通及周边建筑基础的不良影响。

【关键词】 排水管网;顶管;施工技术

中图分类号: TV554

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2017)011-0051-04

Application and prospect of technology for municipal drainage pipe jacking project construction

SHEN Xiangrong

(Shanghai Qingpu District Drainage Management Institute, Shanghai 201700, China)

Abstract: In the paper, spiral pipe jacking construction technology of urban small pipe diameter sewage pipe network (DN < 600 mm) is mainly introduced. This new construction technique can be applied to the urban traffic road surface modification or new drainage pipe network construction, which is beneficial for reducing the negative urban environment, traffic and surrounding building foundation.

Keywords: drainage network; pipe jacking; construction technology

1 小管径顶管施工技术发展历程

20世纪70年代末,排水工程的非开挖施工技术就已经开始作为新兴产业,在发达国家不断兴起逐渐形成规模^[4]。1986年,国际性的排水施工行业协会——国际非开挖技术协会正式成立,目的是不断推进该项技术的提升和发展,增强同行之间的技术交流,最终得以扩大其实际使用范围。

非开挖施工技术主要是指通过最少的开挖量或者 在不开挖的条件下铺设各种排水地下管线的施工新技术,被联合国环保署认定是利于环境的、新的施工技术^[5-6]。这项技术实际上是对传统的城市排水地下管 道的开挖、铺设、更换及修复工程的一场彻底的革命。 其技术特征和优势非常明显,对周边环境和区域的城 镇交通的危害和影响最小,因其效率高和成本低等绝 对优势,逐渐获得欧美等发达国家的大力提倡和重视, 取得了很好的社会和经济效益。如 1994 年美国在财 政年度批准的七年期"先进的搁进和钻探技术国家计 划",就把这项技术列入建筑业以及城市基础设施发展 规划中,以加强美国在此领域中的市场竞争优势和技 术领先^[7]。

在国外,虽然非开挖施工技术已有近百年历史,但 是 20 世纪 80 年代才开始大规模的应用,先从几个发 达国家推向世界各国。由于欧洲城市建设历史悠久,



城市地下管网的损坏和腐蚀严重,其非开挖管道修复和更换技术应用最早、最广^[8]。在日本和德国,最先研发小口径的顶管施工(微型隧道)技术来满足污水管网施工的需求。在通信电缆和油气管道施工的推动下,美国水平定向(导向)钻进技术取得了迅速的发展^[9]。粗略统计,目前发达国家的非开挖设备材料供应商和制造商多达 400 多家,共有百余种非开挖施工方法^[10]。在国内由于近年电缆施工和城市管网施工增多,水平定向(导向)钻和大口径顶管快速兴起,并已发展得较为完善。国内由于近几年城市水环境治理工程逐渐被重视并大面积上马,城市雨污管道小口径非开挖顶管技术急需推广,但在国内该技术尚不成熟^[11]。

目前,国内工程项目铺设直径 φ 300~600mm 管 道通常的施工方法:有 PVC 等塑料管路通过水平定 向钻铺设;钢性或半钢性(如水泥管、钢管、玻璃钢管 等)管路通过开挖施工来实现。小管径非开挖技术 的一体化系统研发是对原有非开挖设备技术的进一 步集成、提高和完善,使非开挖地下管道铺设施工更 加快捷,施工周期更短,成本更低,该系统市场前景 非常乐观^[12]。

2 螺旋顶管施工技术介绍

螺旋顶管机具有发动机动力强劲、节能环保、性能可靠、操作简单等优点,施工过程中容易保持水平直线度,施工效率高。该技术基坑设备重量轻、推力大、体积小,对操作者的技能要求不高,降低了施工成本、提高了工作效率。可以按照不同地层配备机头,施工性能最优化。普通机头适合粉砂、流沙、黏土、硬土地质的施工;带切削功能机头适合全风化岩地质的施工,适应性广泛。

2.1 螺旋顶管机组成

螺旋顶管机作为非开挖一体化设备,主要由主机、 主顶装置、机头、导向钻头及钻杆、螺旋排泥管、导向系 统等组成。 主机:负责给主顶装置和机头提供动力,同时具有起吊及注浆功能;采用大功率发动机驱动,为掘进机头、主顶装置(导向系统和主顶油缸)提供顶进动力,无需拉扯市政动力电及配备单独泵站即可满足施工的所有动力要求。该部套核心部分主要包含几点:PLC逻辑控制系统(通过合理的逻辑编程实现设备更智能及一体化控制)、液压驱动系统(对设备包含的起重部分、顶进装置提供动力)、履带底盘行走部分(各部分支撑基础部件并配合橡胶履带可以方便施工现场移动及城市施工场地转移)。

主顶装置:用于实现各工艺管及铺设管道顶进和钻杆旋转,实现精准定位及排土功能。

机头:在顶管扩孔过程中切削土壤;该部分通过马 达驱动减速机带动前方螺旋叶片来实现顶进过程的排 土,保证后方管材的持续顶进。

导向钻头及钻杆:用于前期导向孔开孔作业。其中包含先导管 φ 82.5mm 工作长度 750mm、钢制顶进管 φ 114mm 工作长度 750mm、BM400-S 先导 82.5mm 的附 加设备(包含驱动接头、先导头);双壁先导的附加设备,包含双壁先导头 φ 130mm、推拉环、双钢制顶进管工作长度 710mm、双钢制顶进管工作长度 780mm、带套管夹的推进板、双壁先导的工具设备;用于连接水和膨润土至延长的钢制顶进管 φ 114mm。

螺旋排泥管:运送顶管扩孔过程中切割下来的泥 土。该部分在排土方式上有两种选择,一种是向工作 井排土,另一种是向接收井排土,其中前导向系统适用 于坚硬土质。两种方式各有优缺点,需要根据施工地 质报告中土质条件及水文条件选取。

导向系统:用于导向作业时确定顶进轨迹。该测量单元包括莱卡经纬仪、远程控制的摄像机(用于聚焦和视觉切换的专用缩放)、天顶眼和望远镜、10 寸显示器、12V 视频输入/输出、水平滑轨板、高度调整架、带充电装置的 LED 标靶、经纬仪分体安装架、监视器墙壁架、运输存储箱、监视器延长线。

2.2 螺旋顶管机导向技术

由于不少国内类似设备采用的是无线导向仪,在 实际应用过程中,该导向系统无法做到精确定位,只能 用于水平定向钻这类不要求高精度定位的设备。因 此,考虑采用莱卡经纬仪导向系统,其特点是精度高, 主要用在精密工程测量的领域。其设备较为省电,超 大屏幕可以用四节 AA 碱性电池让仪器持续工作 80 多个小时,全中文设计数据读取更加方便,操作容易上 手,内建的标准时钟可以随着数据同步输出时间样式, 增加复测以保证精准度,降低数据记录量。设计断电 数据保存,操作安全。该导向系统在直线非开挖管道 顶进导向上起的作用远优于无线导向仪。现场操控人 员经过训练后,可以实现高精度导向作业。可以有效 避免无线导向仪反复导向却仍然有大幅度偏差而需要 反复顶进的问题。一套好的导向系统,在城市施工过 程中,既有效减少施工时间,又减轻非开挖施工对交通 的影响。

2.3 螺旋顶管机的控制系统技术

顶管设备的核心部分是控制系统,它是评价设备 好坏的重要指标,设备间自动化程度的差别在这里 得以体现。中国设备操作和控制的自动化程度不 高,计算机控制没有得到运用,而是直接运用传统继 电器控制,需要很多的人力辅助。控制台只是由一 些按钮和旋钮组成,结果显示不够精准。没有运用 计算机操控,各个时间段的参数不能自动保存,只能 人工记录。

非开挖一体化设备充分运用目前先进的计算机 控制方法和传感检测方法,是机电一体化产品。非 开挖一体化设备的操控系统大部分在控制室中,是 计算机控制系统。其主计算机运用工业控制的计算 机,操作系统运用的是 WINDOWS 系统,输入、输出单 元运用PLC模块。系统运行过程运用组态软件在显 示器上显示,整个流程和各项重要参数都一目了然。 顶管设备在机器各主体部件处都安装传感检测装 置,把各地方的信号,如流量、温度、阀门开度、转速、

压力等,通过 PLC 传送到电脑主机上,在显示器上以 数字或者图形的形式显现出来,能清楚了解到各个 参数的具体数值和开关状况。操作人员经过操控控 制台上的每个按钮和旋钮,将控制信号写入主机,再 通过 PLC 控制每个继电器的通断和阀门的开度大小 等,驱动各执行部件,并经过实况反馈过来的信息, 实现精准控制。运用计算机操控,能够自动记录采 样每时刻的各参数值,并储存到计算机上,方便查找 证据。

2.4 螺旋顶管技术对基坑的要求

基坑导轨是用两根平行箱体钢结构焊接到轨枕 上制成的,主要有两个作用:一是推进管在工作坑中 有一个稳固的导向,并且推进管可以沿该导向进入 土中;二是让弧形、环形顶铁工作时能有一个稳定的 托架。

后座墙是使主顶油缸推力的反力传达到工作坑 后面土体中的墙体。因为主顶油缸比较细,相当于 后座墙混凝土结构的几个点,若把主顶油缸直接安 放在座墙上,后座墙非常容易遭到损坏。为杜绝这 种现象发生,在主顶油缸和后座墙之间置入一块200 ~300mm 厚的钢结构件,称为后靠背。通过它将油 缸的反力较均匀地传递到后座墙上。这样后座墙不 容易遭到损坏。

结论与展望

螺旋顶管施工系统主要由主机、机头、主顶装 置、导向钻头及钻杆、螺旋排泥管、导向系统、控制系 统等几部分构成。该技术应用在市政小管径雨污管 网具有施工周期短、施工精度高、操作智能化、施工 成本低等诸多优势。

非开挖施工技术的运用降低了其对环境、交通及 周边建筑基础的不良影响和损坏。自政府提出生态 文明建设以来,城市对施工作业要求愈来愈严,传统 的开挖施工已经很难适应生态文明城市的发展理 念,特别是近几年出现的小管径螺旋顶管施工技术,



将大量运用于未来的市政排水工程中。◆

参考文献

- [1] 钱海峰,郑广宁,糜思慧.近年国内常用非开挖施工技术施工方法综合概述[J].城市道桥与防洪,2012(3):110-113.
- [2] 叶英. 城市污水管道非开挖施工技术研究[J]. 今日科技, 2007(4): 41-43.
- [3] 刘金生. 基于城市给排水管道非开挖施工技术的探讨 [J]. 山西建筑, 2008, 34(4); 190-191.
- [4] 姚明磊. 浅论市政工程非开挖施工技术[J]. 科技创新与应用, 2015(5): 147.
- [5] 薛杰, 张香世. 顶管设计及施工技术研究[J]. 建材与装饰,2016(38).
- [6] 刘军. 非开挖水平定向钻进铺管施工技术及工程应用研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2004.
- [7] Najafi M. Trenchless technology: pipeline and utility design, construction, and renewal M. New York: McGraw Hill Pro-

fessional, 2005.

- [8] Ariaratnam S T, Lueke J S, Allouche E N. Utilization of trenchless construction methods by Canadian municipalities [J]. Journal of construction engineering and management, 1999, 125(2): 76-86.
- [9] Allouche E N, Ariaratnam S T, AbouRizk S M. Multi-dimensional utility model for selection of a trenchless construction method[C]//Construction Congress VI; Building Together for a Better Tomorrow in an Increasingly Complex World. 2000; 543-553.
- [10] Najafi M. TRENCHLESS TECHNOLOGY PIPING; INSTAL-LATION AND INSPECTION: Installation and Inspection [M]. New York; McGraw Hill Professional, 2010.
- [11] Ma B, Najafi M. Development and applications of trenchless technology in China[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2008, 23(4): 476-480.
- [12] 赵美亮. 非开挖技术在城市给排水管道施工中的应用 [J]. 民营科技, 2013(2): 17-17.

(上接第32页)

3 结 论

由轴心受压杆件稳定性的计算结果分析可以看出,空心钢管截面杆件在大型三角闸门设计使用中存在一定的优势,总结有以下几点:

- a. 当载荷和约束条件相同时,空心钢管截面杆件稳定性的计算结果与型钢截面杆件的计算结果基本相同,但所对应的钢管截面杆件轴力均比型钢截面杆件轴力小,并且型钢截面的面积均大于空心钢管截面的面积。
- b. 承受闸门水压力的主要支撑杆件是底片钢架和下斜片钢架的主钢管,两者主钢管的轴力至少是其他空间桁架杆件轴力的 10 倍以上,校核闸门空间杆件稳定性时,主要是要计算二者主钢管稳定性的折算压应力大小,闸门设计时,一定要保证主钢管的设计和校核要求。

c. 空心钢管截面杆件模型中大部分腹杆稳定性 折算应力值相差不大,受压作用均匀,而型钢截面杆件 模型中腹杆的折算应力值不尽相同,可从侧面反应出 空心钢管截面杆件参与承受水压力的程度比型钢截面 杆件要大,从而使各杆件受力分布均匀,整体轴力值较 小。因此,钢管截面的空间桁架各个杆件都能被有效 地利用,使闸门整体的稳定性得到进一步提升。从杆 件受压失稳的角度分析,三角闸门设计使用空心钢管 截面的空间桁架杆结构比型钢截面的空间桁架结构要 更合理。◆

参考文献

- [1] 迟朝娜. 船闸三角闸门结构的空间有限元分析[D]. 南京:河海大学,2007:4-5.
- [2] 中华人民共和国交通部. JTJ 308—2003 船闸闸阀门设计规范[S]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 28-29.
- [3] 中华人民共和国建设部. GB 50017—2003 钢结构设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2003.