

市政污水处理工程中的大口径长距离机械顶管施工技术

吴小辉

华质建设集团有限公司

摘要：随着国民经济的发展，工程施工技术不断提高，其中顶管施工技术愈加频繁地应用到市政污水处理管道工程中。随着技术的不断进步，顶管的管径和距离也将越来越长，形成较为成熟的顶管施工技术。本文中，主要针对市政污水处理工程中大口径长距离机械顶管施工技术应用进行分析，以期为类似大口径长距离顶管施工提供参考价值。

关键词：市政污水管道工程；顶管施工；大口径；长距离

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.18.119

引言

随着城市人口密度的增大，用水量的增多，为保证居民的生活以及城市的长远发展，市政污水处理工程发挥了关键作用，是保障城市稳定运行的关键因素。

顶管施工技术是常用地下管道施工技术之一，在市政污水管道系统建设中得到了广泛应用。尤其对大口径顶管的研究，在保证施工安全、质量的前提下，收益较高，可长期使用，同时也符合我国一直倡导的可持续发展战略。

一、顶管施工技术概述

传统的市政工程中经常使用开挖技术，开挖施工中的工程量大，存在安全隐患，还会干扰正常交通。在技术进步的今天，非开挖技术弥补了开挖技术的许多不足。顶管技术是非开挖技术的一种，施工中借助专业机械的推力顶进管道，完成施工任务，更有利于质量控制和进度管理。例如，在工程建设中直接利用顶管技术，可以大大减小土层开挖工程量，甚至在特殊情况下无须开挖，施工中可以保持管道与土壤之间有一定的摩擦力，为管道施工创造良好的条件^[1]。另外，市政工程的管道线路长，如果采用传统的管道工艺，管道与土壤之间的摩擦力会持续增大，增加了施工管理的难度，不利于实现工程的质量和安全等目标。因此，分段施工的优势明显，顶管技术通过合理分段可以最大化降低施工阻力。从经济和环保的角度考虑，顶管技术也具有明显的优势，市政工程中采用顶管技术，施工成本低，对周围环境的负面影响小，噪声低。但即使顶管技术有许多优势，施工中仍然存在一定的不足，施工作业中可能存在管道偏差，纠偏难度大且要求高。

二、市政污水处理工程顶管施工技术应用优势

市政污水处理工程是城市基础设施建设中至关重要的一部分，而顶管施工技术在市政污水处理工程中的应

用则具有诸多优势。以下是对于顶管施工技术在市政污水处理工程中的优势的详细叙述：

（一）技术适用范围广泛

市政污水处理工程往往需要在城市中的繁忙街道、居民区和商业区域进行施工，而顶管施工技术可以有效地应用于各类地形和环境条件下。无须开挖大面积地面，减少对周边环境的影响，降低施工对城市运行的干扰^[2]。

（二）减少交通阻塞

顶管施工技术能够在地下进行管道敷设，避免了对道路交通的影响。在市政污水处理工程中，尤其是在繁忙的城市区域，采用顶管施工技术可以有效减少交通阻塞，保障城市交通的畅通。

（三）施工速度高效

顶管施工技术具有高效的施工速度，可以快速推进管道，减少施工周期。在市政污水处理工程中，时间通常是宝贵的资源，采用顶管施工技术可以缩短工程周期，提高工程进度。

（四）环保节能

顶管施工技术无须大面积开挖地面，减少土方开挖和运输，降低对环境的破坏。同时，顶管施工技术采用机械设备进行管道敷设，相比传统的开挖施工方式，节省了人力资源，实现了节能环保。

（五）精准控制施工质量

顶管施工技术通过液压系统和推进装置等设备，能够精确控制管道的安装位置和方向，确保施工质量。在市政污水处理工程中，管道的准确安装对于工程的长期稳定运行至关重要，顶管施工技术能够保证管道的准确安装。

（六）降低施工风险

顶管施工技术采用现代化设备进行施工，操作简便、安全可靠，降低了施工过程中的意外风险。在市政污水处理工程中，安全是首要考虑因素，采用顶管施工技术能够有效降低施工风险。

三、工程概况

本文以某市市政道路污水管道工程为例，对该项目中顶管施工技术进行探讨。根据项目需求，该项目须敷设多条污水主管，其中DN1000管道1410m，DN1200管道750m，这两种污水主管均采用顶管施工，按照管道的实际分布情况，共须分为14个顶程进行顶管施工。顶管管材统一采用“F”型钢承口式钢筋混凝土加强管，楔形橡胶圈接口。为了保障施工质量和施工安全，采用钻孔灌注桩、SMW工法桩作为围护，三轴搅拌桩及高压旋喷

桩作为止水帷幕，并对顶管接收坑进洞位置及坑底采用压密注浆的方式进行顶管井基坑及顶进过程中局部位置的加固。

四、大口径长距离顶管施工技术要点

(一) 工作井施工及设备安装

1. 工作井施工

该项目须设置工作井8座，接收井6座。该项目工作井及接收井（以下统称为顶管坑）拟采用SMW工法桩+内支撑或高压旋喷桩+钻孔灌注桩+内支撑的型式作为围护，以有效避免地表或井体沉降、围护渗水等，从而保障施工质量及施工安全。此外，针对具体施工过程中可能出现的冒浆等施工问题，将采用对喷嘴孔径适当缩小、适时调节旋喷压力等措施进行解决^[3]。

2. 设备安装

完成工作井施工之后，进行顶管设备的安装。在准备好与顶管施工有关的所有设备后，先在路面上进行空压机组、注浆润滑设备、泥浆处理设备、泥浆制备设备等的安装，后逐个吊运至基坑内进行设备对接；并对冷却系统、供电系统等进行调试，特别是对供浆泵以及地面管路等进行正确设置。然后将顶进轨道、顶管反力座、顶管机、排泥泵、污水泵等设备安装到竖井内部。为防止顶管切口正面泥水流到井内，同时防止地下潜水侵入竖井内淹没设备，应在洞口设置止水装置，采用两道橡胶止水法兰，橡胶止水圈采用氯丁橡胶或三元乙丙橡胶，必须用黏结剂牢固黏结在插口槽上。

(二) 顶管始发顶进作业

结合地层实际情况对顶管掘进参数进行设置后，实施顶管的进洞始发顶进作业。在对洞门密封位置进行观察核验后，结合实际情况对刀具位置进行调整。在刀盘舱之中，施工人员不仅要逐步推进顶管机，还要对刀盘、刀具、洞口密封实际情况等各方面进行持续观察，必要时可涂抹一定的黄油，并严格按照径向方向对洞口密封扇形压板进行调整，通常是基于实际需求逐步调大。同时，整个推进过程要合理控制好泥水压力、泥水流量及顶进速度，尽量匀速顶进。顶进过程中，按照泥水流量、刀盘电流等参数的变化，及时对刀盘转速进行必要的调整；如遇到断处，刀盘切削时间适当延长，以保持刀盘的正向阻力稳定，避免出现顶管机出现位置偏移的情况。此外，在顶进的过程中，根据实时测量的结果，对顶进姿态、轴线位置进行及时校正，确保顶管顶进过程中不会偏离轴线位置。

(三) 顶管中部顶进作业

1. 开挖面泥膜构建

该项目是通过泥水加压平衡的方式平衡顶进中的压力，以确保掘进施工有序开展。随着顶管的不断推进，在泥水循环的作用下，其开挖面上将构建一层泥膜，可以充分保障开挖的稳定性。顶管机内采用三级泥水处理

系统对泥水进行处理，即在泥水分离设备的作用下，对泥浆渣土进行初次筛选，筛除粒径大约5mm的固相颗粒，并在振动筛的作用下完成泥块以及碎石的分离。剩下的固液混合物进入到泥浆沉淀槽，通过渣浆泵处理之后进入旋流器，以进一步分离粒径不低于45 μm的固相颗粒。固相颗粒分离完成后，水含量如果比较高，需要借助振动筛进行处理，降低水含量之后集中堆放。旋流器分离出来的泥浆，由二级旋流器接着处理，最终将粒径高于25 μm的固相物成功筛除^[4]。最后，由压滤机设备对泥浆中的颗粒进行分离，当泥浆成功转化为清水之后，及时将其存入泥浆箱，以备后期循环利用转化为开挖面泥膜。

2. 切土与顶进施工

完成泥膜构建后，在刀盘驱动之下做好切土，匀速顶进并让顶进系统平稳过渡进入中部顶进环节。整个过程必须通过压力密切监视开挖量，避免出现超挖或欠挖的情况，否则可能引发地层下降或地层隆起等问题，甚至破坏周边建筑物承载力。围岩比重由前期土工试验测得，进出浆液比重则通过比重计进行实时监测，以对出顶时的挖土量变化进行估计，并与预设开挖量进行对比，为实际顶进的参数调整提供依据，确保开挖量符合掘进速度的需要。

(四) 管节安装及管道接口处理

该项目管节之间采用“F”型钢承口连接，并增加楔形橡胶圈做密封处理。由厂商负责完成专用钢筋混凝土加强管的生产以及养护。在安装管道之前，必须对管道表面及接口进行全面检测，特别关注表面是否存在破损现象以及成品管槽口与钢套环的尺寸误差是否在允许范围内、橡胶密封圈是否有凹坑、裂纹、承口插入面是否光滑等，确保无误才能进行使用。

(五) 纠偏与沉降控制

1. 管道偏差预防与纠正

管道轴线位置与工具管刀盘、主油缸等如未保持平行，随着顶进过程的持续，管道扭矩会逐渐积累增大，如不及时纠正将导致管道出现扭转；在顶管施工过程中，当管道内部设备组合或位置布设不合理，也会出现这类问题；此外，地质条件的突然变化，如管道两侧地质差别突然增大也会可能会导致管道偏位。为避免出现管道偏位，首先应对顶管设备安装精密度进行有效控制，确保管道轴线保持平行以及主油缸的稳固性，必要时对偏差进行有效控制。

2. 导轨偏移纠正

结合工程实际情况，一般按照图1对导轨进行设置。导轨如果刚度不足或没有充分固定，一旦受到外力作用或震动，大概率会出现偏移；此外，如果工作井的井底板发生了变形或者是受损，又或者顶进后座不够稳固，当顶进产生作用力时，顶管轴线与主顶油缸之间的平行度将迅速出现变化，这时将不仅会出现位置偏移，

还会导致导轨受损。此时可以将硬木、钢板、型钢等作为垫木，在导轨下面整平并紧密地放置，或者是直接用型钢或者是钢板在导轨上进行焊接，均可以增强导轨稳定性，从而有效控制偏移问题。

3. 后靠背变形与位移偏差控制

后靠背如果采用单块厚钢板制作或后靠背管口以及后预留孔处没有垫实，将会因刚度不足导致后靠背出现位移或变形，甚至出现损坏的情况。在作业过程中，如工作井采用钢板柱支护，也将可能由于被动抗力、覆土厚度等不足，造成钢板桩位置偏移，进而导致后靠背位移或变形等。基于此，应选择刚度满足实际需求的钢结构，如工字钢叠加成墙的形式，对后靠背后的洞口进行设置，并将管口、洞口等垫实；此外，还应应对后座墙后侧的土体加固，如采用压密注浆或在地面上放置钢锭等方式，均可有效增加地面负荷，避免产生偏差。

4. 地面沉降控制

由于施工深度大，将不可避免地遇到地下水的问题。在处理地下水的过程中，一方面应做好降水，但降水时必须对地下水位进行有效控制，降水以满足施工需求为宜，无须过度降水，否则将导致周边地面的沉降；另一方面，时刻关注掘进面的状态，保持泥水压力的稳定，匀速排土，避免因排土速度不均匀导致顶管整体施工效率低等问题。

五、市政污水处理工程顶管施工注意事项

（一）做好地质勘察工作

市政污水处理工程中，顶管施工应当全面分析其工艺构成和施工要点，在施工前期做好一系列的准备工作，其中地质勘察工作是必不可少的环节。前期勘察工作获取的数据信息是后续工程设计与质量控制工作的关键依据，在地勘工作中，工作人员应关注基础地质的勘察检测，勘察重点分别为土壤力学性质、物理性质、地面交通、水文信息等。在了解这些必要信息后，才能为工程设计和施工工艺的优化提供参照，从而提高污水管顶管施工质量，保证后期施工作业的顺利推进。

（二）污水管质量检测

污水管顶管施工质量的影响因素较多，而材料质量是最主要的因素，直接决定了污水管顶管施工效果以及使用寿命。所以在施工过程中，需要避免管材质量不合格导致的施工停滞、安全隐患等。施工单位需要对污水管材料进行质量检验，质量检验的内容主要包括管道材料的静承载力、抗压强度、防渗效果、耐腐蚀性等，只有保证这些参数达标，才能避免质量问题的出现，提高市政污水处理工程的整体效果。

（三）机械设备维护检修

在施工实践中，各类设备的运行性能是影响施工质量的因素，除顶进设备外，还要做好挖掘设备和动力设备的质量检验，日常应做好设备的检查和维护工作，保

证设备的运行稳定性和安全性，提高施工效率。质量和进度控制以及安全管理要将设备维护检修作为重点，将设备管理日常化，提前设计设备质量管理计划。例如在设备维护环节，工作人员可以结合设备磨损情况提前采购预备元件和润滑剂，设备投运前进行试运行检验，在运行结束后进行全方位检查等。在施工期间还要按照设备的使用寿命、设备类型等情况设计设备保养计划，延长设备寿命的同时保持设备的性能稳定性，降低设备长时间运行可能出现的故障异常情况，提高设备运行稳定性与安全性。

（四）加强施工安全管理

在污水管顶管施工作业中，安全管理也是需要重点关注的事项，其能够保证施工作业的质量和工程进度等，降低安全事故的发生率，避免安全事故所引发的经济损失。在安全管理工作中，施工单位可以从以下4个方面落实：

（1）根据工程现场情况以及人员调度、机械设备、施工技术要求等方面编制工程安全管理制度体系；

（2）根据编制的安全管理制度内容进行全员培训教育活动，提高施工人员的安全意识与责任意识，在施工作业中严格规范自身的操作；

（3）做好施工现场的巡检工作，重点检查安全监控和指示灯、警示牌的位置和运行情况；

（4）完善施工现场的安全设施，确保安全设施处于正常运行状态，包括现场设施和穿戴型防护措施。

六、结束语

综上所述，大口径长距离顶管施工技术在市政污水处理工程中具有明显的优势，可以提高施工效率、保证施工质量、减少对环境的影响。因此，施工单位应当在前期做好准备工作，明确顶管施工的各项技术要求，制定相应的管理制度体系，完善施工工艺，通过合理的工程规划和技术应用，为市政污水处理工程的建设带来更多的便利和效益，从而保证污水管顶管施工效果。

参考文献

- [1]王云天 张金光. 市政道路排水工程中的污水管顶管施工工序及技术[J]. 工程建设与设计, 2022(6): 134-136.
- [2]关永泉. 污水管顶管施工技术在市政道路排水工程中的应用探讨[J]. 建材与装饰, 2020(8): 14-15.
- [3]李超. 复杂接触条件下超长距离岩质地层顶管施工力学效应研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2020.
- [4]周克珍 叶战宾 王巧红. 长距离顶管施工技术在市政排水施工工程中的应用[J]. 四川水泥, 2019(2): 250.

作者简介: 吴小辉, 1986年9月23日, 男, 汉族, 四川南充人, 市政工程师, 大学本科, 工作方向: 市政工程施工。