

# 市政污水管道泥水平衡顶管施工技术

文 / 沈俊 广德市住房和城乡建设局

**摘要：**基于市政污水管道建设施工，相较于传统方法，泥水平衡顶管施工技术因其对于施工环境影响较小，加之具有极高的施工精度而受到广泛应用。对此，本文将以具体工程为切入点，深入分析地质条件与土壤稳定性、泥浆平衡系统效率与顶力控制以及施工环境制约与地下管线保护等方面的影响因素，随后详细阐述泥水平衡顶管施工方案的制定与实施。意在为同类型的市政污水管道泥水平衡顶管施工提供相应的技术参考与实践指导。

**关键词：**市政工程；污水管道；泥水平衡；顶管施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.113

## 引言

伴随着如今现代化城市建设进程的不断加快，城市人口数量持续增长，城市污水排放量也在日益增加。在当前的城市管网体系中，市政污水管道作为基础设施中的重要组成，承担着收集以及输送城市污水的重要任务，而其管道的建设质量更是直接影响到城市的水环境质量，并与居民群众的日常生活品质息息相关。在以往传统的管道施工中，大多需要展开大面积的开挖处理，这不仅会对城市交通以及周边环境带来严重影响，更有甚者会导致地下设施遭到破坏。但随着泥水平衡顶管施工技术的有效运用，将避免大规模开挖地面，其实施环节也将避免交通与周边环境受到施工影响，可精准完成地下管道的铺设任务。对此，深入探究市政污水管道泥水平衡顶管施工技术有着极为重要的现实意义。

### 一、工程概况

本工程为某市一项极为重要的市政污水管道工程，该工程开展的主要目的在于要确保周围多个街区内的污水系统可以稳定运行，有效实现污水的收集、输送及排放。根据方案设计结合现场查勘可知，该工程项目全长2130m，所选用的管道直径在1500mm，设计埋设深度4.5-8.0m。在其工程规划与初期设计阶段，施工项目团队对于工作井的承载能力格外关注，面对具有1500mm直径的顶管，设定了其工作所允许的最大顶力在4680KN，意在确保整体施工过程中的安全与稳定性。但值得注意的是，此次工程的施工区域位于城市主干道的绿化带附近，在该区域下方的1~2m处理设多条相互交错的重要城市管线，在工程开展过程中，若采用明挖法则极有可能影响到城市绿化景观，即市容市貌，还很有可能对城市埋设的管网系统造成不可逆转的破坏。

### 二、施工过程中的技术影响因素分析

#### （一）地质条件与土壤稳定性分析

因项目所在地段的地质结构较为复杂，其地表下1~2m范围内存在众多复杂交汇的城市管线，这也意味着顶管施工作业需要在不扰动既有管线的前提下进行。在这之中，土壤的稳定性将直接关系到顶管过程中的摩擦力大小，也关系到顶力需求。当通过人员现场勘查可知，该区域的土壤类型丰富多样，其中包含砂土、粉质黏土以及

少量泥质砂岩，这些不同性质的土壤对水泥平衡控制也提出了极高的要求。比如，砂土极易坍塌，须严格控制泥浆压力与流量，用于保持土壤稳定性；粉质黏土则可能因其较高的泥浆压力而形成挤出现象，会影响到周围管线与地表的稳定性。所以，在开展施工之前，需要展开更为详细性的地质勘探，重要管段、地质复杂管段要加密勘孔，准确掌握该地区地层分布与土壤物理力学性质，这样才能够便于泥浆配比的设计与顶进参数设计，保障最终的顶管施工作业能够在稳定的地质条件下开展。

#### （二）泥浆平衡系统效率与顶力控制分析

关于泥浆的配比，需要依照当前施工区域的地质条件展开精确调整，其不仅要满足润滑性以减少顶管和土壤之间的摩擦冲突要求，又要避免泥浆渗透所造成的土壤失稳。并且，关于泥浆的循环速度与压力控制也至关重要，无论是过高还是过低的泥浆压力，均有可能导致地面隆起或是引发塌陷，从而威胁到现场施工安全。

另外，根据本项目情况，因其设定的最大顶力在4680KN，如何在复杂地质条件下更加完善的控制顶力避免其超出设计范围，也是施工技术实施中的重要挑战。因此，施工项目团队必须要具备极为精准的顶力监测与调节能力，更要制定应急处理方案，以确保在顶进施工过程中可根据现场情况，实时调整泥浆参数与顶进策略，有效保持顶力在安全阈值范围内。

#### （三）施工环境制约与地下管线保护分析

由于该工程地处于城市交通干道绿化带的附近，整体施工环境相对特殊，在施工方法选择包括实施过程中，必将会面临一些影响和限制。在这之中，地下管线的保护管理将成为整个施工中的首要任务，因其施工区域下方埋设多条复杂交织的管线，如燃气、电力、供水均在其中，若任何施工操作不当，都有可能对地下管线出现损坏而引发难以预料的安全事故，并对城市周边居民造成生活影响。所以，在开展施工之前，需要对附近的管线展开探测并做好详细标记，明确不同类型管线的具体位置与埋深度，从而制定更加严格的管线保护策略。

### 三、泥水平衡顶管施工方案制定与实施

#### （一）施工部署与方案确定

本项目施工将由总负责人全面统筹泥水平衡顶管施

工作，并有效配备现场的质检员、安全员以及技术负责人员，通过多方通力合作，保障该施工技术方案的科学合理、安全可靠。在这之中，也应有效安排施工员、测量人员以及材料员，有效协同井体施工队以及顶管施工队开展此次作业。在方案选择上，泥水平衡机械顶管则是通过更加先进的机械设备展开施工，整体自动化程度较高、顶进速度极快，可适应一些复杂多变的地质条件中。基于本次市政污水管道工程顶管作业位于地下4.5-8.0m左右，其地下水位较高，存在承压水层突涌风险，顶管作业在工作（接收）井内进行，属于有限空间作业，传统的人工顶管无法满足项目安全管理的需求，泥水平衡顶管施工技术符合本项目的质量和安全控制需要。

## （二）施工准备

在此次施工现场的准备工作中，应基于多个方面完善前期各项准备工作，以便后续各个施工环节的部署与工艺实施更加顺利。在施工现场准备方面，针对施工场地内的绿化带等一些公共设施，要进行全面性清理，并提前与交通部门沟通协作，做好施工期间交通干道的疏导工作。尤其要搭建好现场临时的水电路、材料堆放区以及机械停放区，使用全站仪等测量设备在施工区域内精确放出中线控制桩；在现场施工用电准备方面，根据国家相关标准规定，要设置施工现场的临时电源，以附近两个小区的供电系统应用为标准，这样将会为现场的施工与照明提供稳定的电力。而考虑到可能出现突发停电状况，需提前配备好两台50kW的发电机，以便停电时的不时之需。在现场施工材料准备方面，根据此次项目需求，选择顶管用D1500连续缠绕玻璃钢夹砂管（增强型），材料进场时要第一时间检查其材料外观质量和尺寸偏差，承插口为验收重点。作为材料员则需及时查验合格证明与技术检验报告，同时按照进场批次开展见证取样工作。若在场检查时发现任何材料不合格时，则禁止该材料入场；在现场施工用水准备方面，要提前综合计算现场施工用水量与附近水电分布区，临时接入到附近的供水系统中，以满足施工期间的现场用水需求；在施工技术准备方面，需要派专业人员仔细审查施工图纸，确保图纸中的各项内容准确无误。当审核施工图纸时发现任何问题，都必须要及时与设计单位之间展开沟通，尽可能地解决关键问题。正式开始施工前，完善专项施工方案的编制、审批和必要的专家论证工作，项目技术负责人需针对现场施工员和班组进行详细性的技术交底，确保所有参建人员能够熟悉施工图纸、施工方案与技术要求，以免在后续施工环节引发工程问题。

## （三）工作（接收）井设置

在工程施工环节，工作井和接收井的设置尤为重要，施工人员要首先确定好工作（接收）井的平面位置。平面位置的定位要综合考虑三个方面的因素：一是结合施工图纸、现场实地踏勘施工障碍物后综合考虑，井位设置上要尽量避开既有建（构）筑物和各类地上、地下管

（杆）线，同时考虑井位周边满足施工设备、材料进出场的施工便道和作业条件；二是井位间距要合适，间距太近则带来浪费和造价提高，间距太远则可能出现设备顶力不够导致施工无法顺利进行；三是工作（接收）井通常设置在管道检查井的位置，要综合考虑沿线周边既有污水管线的顺利接入。工作井的平面尺寸应符合下列规定：应根据顶管机安装和拆卸、管节长度和外径尺寸、千斤顶工作长度、后背墙设置、垂直运土工作面、人员作业空间和顶进作业管理等要求确定平面尺寸；深度应满足顶管机导轨安装、导轨础厚度、洞口防水处理、管接口连接等要求；洞圈最低处距底板顶面距离不宜小于600mm，预留底部人工处理管道承插口的作业高度。本项目工作井为内径7500mm的钢筋混凝土圆形井、壁厚500mm，接收井为内径4500mm的钢筋混凝土圆形井、壁厚400mm，施工方法包括预制完成后沉井施工和开挖后现浇施工两种。

工作（接收）井施工完成后，要校核井体预留的顶进（接收）洞口平面位置、尺寸和高程数据，必要时对洞口修正。在开挖过程中，应从上层土壤逐步开始向下移动，但要严禁出现超挖的情况，其所挖出的土方必须堆放在现场指定区域。在挖掘与支护工作完成之后，还需设置彩钢板围挡与较为明显的安全警示标志。工作（接收）井排水方面，在液压顶管作业环节，为确保作业坑内无积水，当出现微小的地下水渗透时，则需有效构建宽度为0.3m、高0.4m的土埂围堰蓄水，也可以修建0.3m×0.3m的排水边沟，通过3%的坡度将水流引至集水池内，后使用直径为50mm的污水泵排水，这样可有效防止边坡受到水的浸泡或影响整体施工作业；而在其工作坑底板与后基座设置方面。其工作坑底板需要选用C30及以上混凝土进行浇筑，厚度要控制在300mm以上，以便提供更加稳定的支撑面。其后基座主要根据顶管机型号以及顶推力设计，选用钢筋混凝土结构，以确保整体承受反力，尤其是可以承受顶管过程中的反力（如图1所示）。

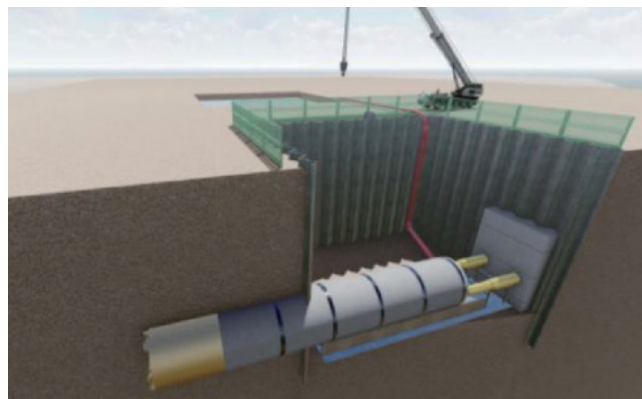


图1 顶管机示意图

## （四）顶推力计算与后背墙受力计算

在顶推力计算方面，根据该工程项目在泥水平衡顶管施工技术方案的制定与实施过程中顶推力计算，可确保施工设备匹配，避免管道在施工中受损，同时也能有效

控制施工进度。所以说，顶推力是泥水平衡顶管施工中的关键参数，其大小将直接影响到整个施工的顺利进行与安全性。因此，根据该工程实际情况，有关于顶推力计算公式则为： $F = \pi D(f_1L + f_2H + f_3)$ 。在该公式中， $F$  代表的是顶推力（kN）， $D$  所代表的是管径外径（m）， $L$  则为顶管长度（m）， $H$  则为覆盖土层的厚度（m）， $f_1$  代表的是管道和土体之间的摩擦系数， $f_2$  则为土体自重所产生的侧压力系数，而其， $f_3$  则代表的是其他阻力系数。

在后背墙受力计算方面，由于后背墙是承受顶推力的重要结构，为优化整体结构并实现良好的技术效果，其受力计算十分关键，因而在后背墙所受最大压力计算过程中，其公式则为： $P_{max} = \frac{F}{A}$ 。在这之中， $P_{max}$  所代表的是后背墙所受的最大压力（kPa）， $A$  代表的是后背墙的受力面积（ $m^2$ ）。

总体来说，基于上述公式计算所得到的顶推力以及后背墙受力，可以与初期的设计要求之间展开对比，这样可确保整体施工过程的安全与稳定。

### （五）顶管顶进施工

在进入顶管顶进施工环节时，其首节管道顶进施工过程中，需要采取严谨规范的操作流程，意在保障施工质量与安全性。详细而言，可优先启动刀盘、激活进回水系统，这是顶进施工的首要步骤，并能够为后续的顶进操作提供必要条件。此环节，施工人员将有效使用千斤顶，以不超出 30mm/min 的缓慢速度推动管段，该速度的选择与贯彻可确保顶进过程中保持平稳与安全状态，以免过快所造成的施工风险；随着顶进过程逐步进入到正常阶段以后，施工人员需要打开进回水截止阀，同步关闭旁通阀，重点监视泥水仓的水压正常值变化。该环节对于维持地层压力的平衡来说十分重要，可有效降低地面沉降与隆起风险的发生。而在短暂调整后，需要再次启动千斤顶并继续向前顶进，直至单节管道推进任务的顺利完成；而随后，施工人员还要关闭千斤顶、刀盘，并打开旁通阀，之后关闭进水截止阀。通过该系统性的整套操作，可确保顶进施工具有连续性和稳定性的效果。若顶进过程中其机头即将贯穿预留孔洞时，施工人员需要拆除临时封堵墙，并继续向前顶进，直至管道能够完全穿出洞口（如图 2 所示）。

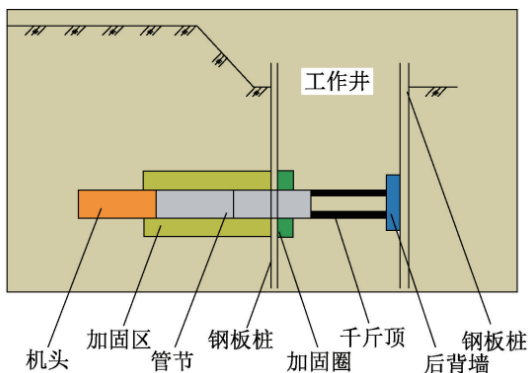


图 2 顶管施工结构剖面图

通过对整个顶进过程中的施工操作控制，施工人员还要密切关注其顶进速度泥水压力以及地面沉降的关键参数变化。通过对于这些关键参数的监测，施工人员要做好详细的施工记录，这样不仅能够便于施工人员及时调整施工参数，以确保整体施工质量与安全性，更能够为后续的施工作业提供具有价值性的参考数据。

### （六）管道连接与密封处理

在此次市政污水管道施工过程中，顶进完成的各节管道连接与密封将是确保后续污水能够正常输送并防止运行渗漏的关键。考虑到所选用的管径直径 1500mm，当结合此次工程的实际情况时，应选用双层橡胶密封圈与专用止水套筒相结合的方式完善连接与密封处理。

在管道密封处理方面，管道接口处应安装双层橡胶密封圈，以此进一步增强密封止水效果。按照常规，橡胶密封圈需选用耐水、耐腐蚀性的优质材料，规格、尺寸应与管道接口相互匹配。在安装进行时，要预先在管道接口处涂抹一些适量的润滑剂，以便密封圈的顺利安装。需要注意的是，安装人员要将密封圈精准无误地放置在接口的凹槽内，并反复检查密封圈位置是否正确、是否出现扭曲。当所有安装工作完成之后，则需检查密封圈与管道接口之间是否贴合，以确保整体密封的紧密性。

### 结语

综上所述，在现代化的发展下，泥水平衡顶管施工技术在如今的市政污水管道建设过程中具有极为显著的功能优势。通过该施工技术的应用，不但会降低对周边居民正常生活与社会秩序的影响，还将保障道路基础结构不受破坏，彰显出了极高的经济效益与社会效益。因此，在具体的施工环节，应有效基于工程项目实际情况，深入分析施工过程中的技术影响因素，从而制定并有效实施泥水平衡顶管施工技术方案，这样将真正提高市政污水管道的综合建设效益。

### 参考文献

- [1] 谢一鸣, 谢孔金, 王海洋, 等. 市政污水管道泥水平衡顶管施工技术 [J]. 施工技术 (中英文), 2023, 52 (24): 89-92.
- [2] 邢晓东, 夏永豪, 周星宇, 等. 泥水平衡式顶管机市政管道施工技术应用 [J]. 中国新技术新产品, 2022 (8): 3.
- [3] 李玉鑫. 泥水平衡顶管法在市政管道施工中的应用 [J]. 建材发展导向, 2022, 20 (21): 138-140.
- [4] 张勇, 邓力铭, 周田园. 泥水平衡式顶管施工技术在排水管道施工中的应用 [J]. 四川水泥, 2023 (10): 230-232.
- [5] 朱凯华. 浅谈泥水平衡顶管施工技术在市政管道工程中的实践 [J]. 江西建材, 2022 (6): 3.