

顶管施工技术在水管网中的应用

赵佳佳^①

(合肥工业大学, 安徽 合肥 230000)

摘要: 顶管施工技术是非开挖管道施工中常用的技术, 本文针对顶管施工技术应用于城市供水管施工中遇到的管道扭曲失稳、基坑坍塌、摩擦力大等技术问题, 研究水泥搅拌桩止水帷幕与管道内向外压注触变泥浆顶管施工工艺。该工艺可形成支护抵抗水土压力防止基坑坍塌, 有效减小管壁摩擦力。结合引江济淮工程汤口路下穿派河工程施工现场实际情况, 成功指导汤口路DN1200供水管道下穿派河顶管工程的施工, 为相关顶管施工技术的施工提供借鉴。

关键词: 顶管施工技术; 供水管网; 应用
中图分类号: TU991.05 **文献标识码:** A

供水管网是城市生产生活基础设施的重要组成部分, 我国部分城市老旧供水管出现管道腐蚀老化、水量漏损严重、水中有明显杂质和异味的问题, 城市供水安全得不到有效保证, 影响城镇居民的用水安全, 供水管网改造刻不容缓。在不破坏城市基础设施前提下, 顶管施工技术具备不破坏地面构筑物, 不影响施工现场周围居民生产生活, 可克服公路、建筑、河流等严苛的施工环境, 节约工程成本以及工期短的特点。顶管与定向钻进和地下导向等技术相结合, 可广泛应用于地下管道的维修、更换和敷设等。

1 顶管施工技术原理

顶管施工技术是地下空间开发常用的技术, 适用于穿越河流、构筑物、道路的管线穿越施工。顶管工作井和接收井用于管道的顶进和接收, 多采用地面预制井壁排水下沉施工, 人工或机械在井内不断取土外运, 利用井的自重克服井壁和土体之间的摩擦力, 下沉至设计标高, 完成下沉并对井底进行封底处理^[1]。

机械式顶管主要是借助顶管工程系统(见图1), 主顶油缸的推力, 利用千斤顶和顶铁把掘进机和工作管从工作井穿过井壁和土层一直顶进至接收井。顶管掘进机顶部的切削刀盘切削

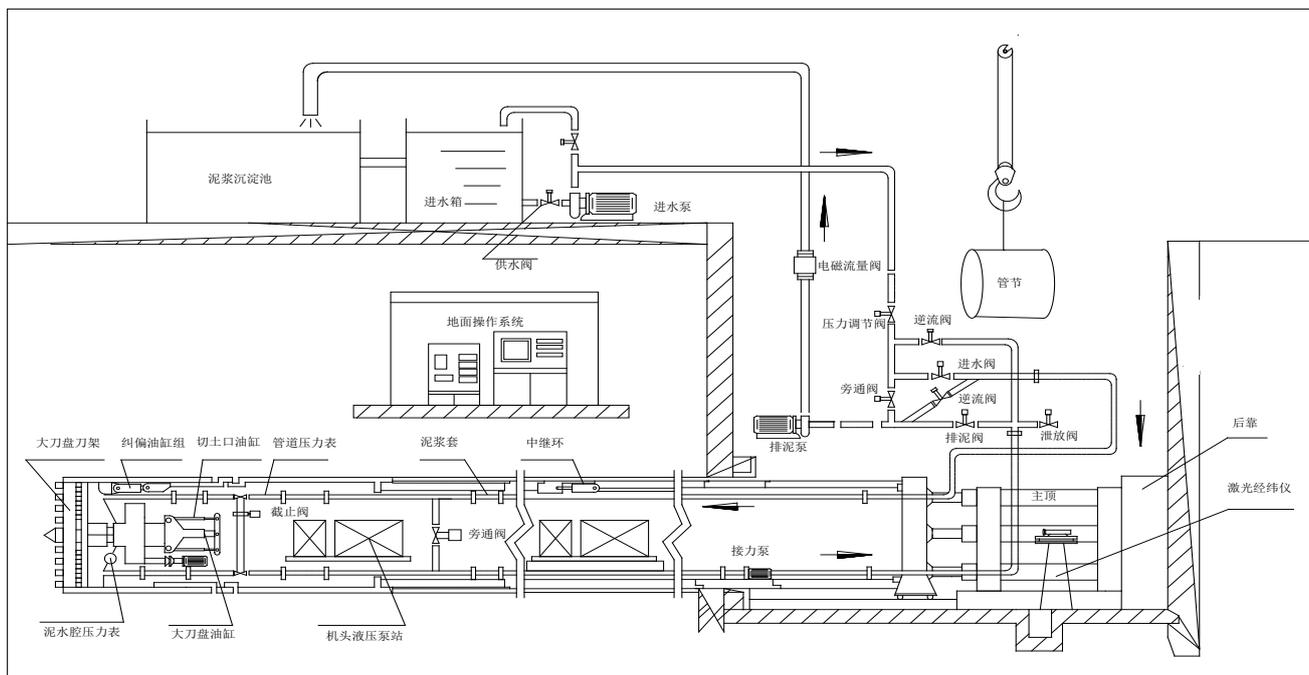


图1 顶管工程系统图

① 作者简介: 赵佳佳(1992—), 汉族, 安徽宿州人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 顶管风险。

前方土体，同时被切削土体进入泥土处理设备运送至地面泥浆池，一部分泥浆进入管道顶进面起到减小摩擦和平衡土压作用。随着土体的排出，在主顶油缸与中继间的推力下，把紧随在掘进机和工作管尾的管道埋设在两个工作井之间，以此实现非开挖管道地下敷设的施工。

2 工程案例概述

2.1 工程概况

本项目为合肥供水集团汤口路DN1200供水管下穿派河顶管工程，涉及长度438m，其中顶管施工段246m，开挖沟槽段施工192m。给水顶管采用一根DN1200的球管，管道预留注浆孔，每节长度6m，接口采用T形接口，管壁厚为100mm。经勘察可知管道下穿处规划派河河床宽60m，河床底标高1.8m，北侧河岸标高16.5m，南侧河岸标高18.3m。项目位置处距离汤口路桥桥面最小净距15m。顶管现场鸟瞰图见图2。

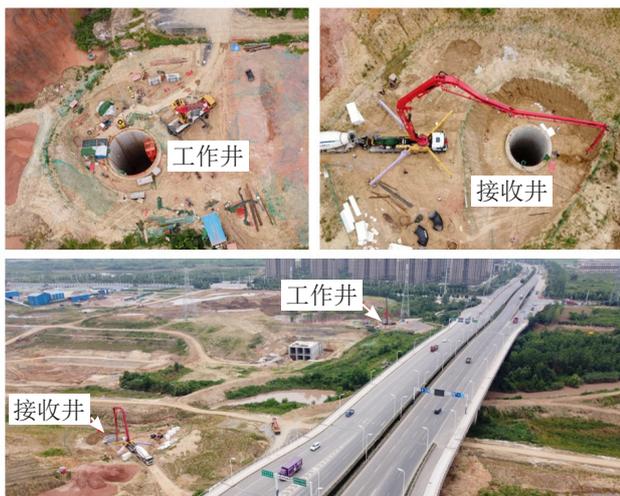


图2 顶管现场鸟瞰图

2.2 顶管施工技术的重难点

汤口路顶管工程采用DN1200钢管，顶进长度为246m，工程地处环境复杂，管道顶进土质为粉细砂岩。工程采用沉井法施工，泥水平衡机械式顶管顶进。顶管长度较长，需要在施工过程中设置4套中继间。中继间的最大允许顶力为6000kN，分别设置在距离破碎机机头50m、100m、150m、200m的位置，需要采取措施确保管道顶进顺利，减小摩擦，防止因摩擦力过大引起管道变形。

供水管管顶标高-2.7m，距现状地面距离约10~20.3m，距离规划河床底最小距离4.5m为控制节点，从南侧向北侧平坡顶进。顶管紧邻汤口路桥、下穿河道以及既有综合管线，周边环境较复杂。沉井下沉较深，且桥边施工场地较小，人员和设备进入井坑时需要采取安全保护措施，沉井靠近大桥和河流，在沉井下沉过程中容易出现倾斜等问题，需时刻关注，避免沉井偏差较大，出现安全事故^[2]。

3 技术方案应用

汤口路顶管依据工程的基本特点和建设要求采用水泥搅拌桩止水帷幕、沉井和泥水平衡机械式顶管施工。结合工程总工期和施工条件，在确保质量的前提下，工程的技术控制线分两大块展开，第一块为陆地部分：沉井的制作和下沉；第二块为水下部分：水下顶管部分。下面分别就双层搅拌桩止水帷幕、顶管工作（接收）井、过河顶管等分部工程的施工技术和控制措施进行说明。

3.1 双层搅拌桩止水帷幕施工

水泥搅拌桩止水帷幕也称为SMW工法桩，通过深层搅拌机械将原土与水泥搅拌混合养护成型，凝固形成具备一定强度的桩体，通过桩与桩之间的结合，形成水稳定性好、连续致密的水泥桩，起到止水和防塌陷的作用^[3]。汤口路供水管管顶标高-2.7m，距现状地面10~20.3m，工作井、接收井至刃脚底深度约26.3m，施工图设计工作井、接收井周围采用 $\phi 500\text{mm}$ 的双层搅拌桩止水帷幕。

根据建设单位提供的图纸定桩位，然后使用挖土机械挖出浅沟槽方便桩机作业，桩机就位基础要求平整确保桩机平稳，保证导向轴与搅拌轴垂直，偏差不得大于桩机高度的1%。在双层搅拌桩施工中，桩机搅拌提升的速度不得大于0.5m/min，复搅复喷过程中需确保搅拌桩提升到地面成桩。水泥搅拌桩止水帷幕抵挡住沉井施工区域外部水土压力，防止基坑塌陷，成桩需要满足设计的抗压要求，做好桩成型和养护满足28d单轴抗压强度大于1.0MPa，保证后期的试桩满足规

范要求。

3.2 顶管工作（接收）井施工

工程使用沉井施工工艺。沉井分段浇筑下沉，减小下沉质量（kg），施工较为成熟简单，在施工过程中不容易发生倾斜，纠偏难度小。根据汤口路顶管施工图设计，管道底标高在-5m左右，在派河南侧制作1座内径为10.5m的C30钢筋混凝土圆形沉井作为顶进工作井，井壁为阶梯形，厚度分别为100cm、120cm；在派河北侧制作1座内径为6.0m的C30钢筋混凝土圆形沉井作为接收井，井壁为阶梯形，厚度分别为60cm、80cm。

井壁是沉井的主要部分，工作井及接收井采用预制沉井，分次预制。汤口路顶管井壁高度为26.3m，按照4次制作4次下沉施工，第一节井壁高度6m，在地面浇筑养护达到设计强度要求方可下沉。起沉平台标高暂定为现状地面下2m。在井壁的顶部高出地面基础约1m时，停止井壁下沉。在下沉过程中，确保井内的低水位，便于沉井下沉施工。在完成井内降排水后，可以在第一节井壁的基础上继续浇筑第二节，循环浇筑下沉。沉井在接高的过程中需要严格处理施工缝，凿毛清刷干净后仔细振捣，保证接缝合格。沉井预制下沉过程中应派专人加强沉井垂直度、标高的观测，每1h至少观测1次。如有倾斜，需立即纠正调整，加强观测，倾斜度不得超过1%，避免沉井偏差较大，出现安全事故。

沉井下沉至设计标高后，对沉井进行观测，要求沉降在24h内的总下沉量小于10mm时即可对沉井进行封底。封底前清除超出标高井底的浮土，低于标高时需加碎石填至要求标高，铺设5号浆砌块石浇筑C15素混凝土垫层和钢筋混凝土底板，完工后灌水养护封底完成。

3.3 顶管顶进

根据汤口路的地质情况结合以往类似的工程经验，选择一台泥水平衡工具管对管道顶进。顶进系统装置有4只最大顶力为5000kN的单冲程千斤顶，总行程为1.10m，每列2只对称布置。在顶管顶进过程中掘进机前段高压水枪利用水压将土体

压碎成为泥浆，使用水力器械将泥浆吸出并输送至地面泥浆沉淀池，顶管掘进机尾部和中继环后部管道对管道外侧喷射触变泥浆减少顶进阻力，防止因摩擦力过大导致管道顶进困难，受压变形。在顶进过程中，需要时刻进行动态监控，如出现管道偏离轨道的情况，应立即停止顶进，查找原因^[4]。

在管道顶进准备中，为了防止管道出现扭转，需要在管道和设备的反向配相同质量（kg）的压铁，解决人为因素导致管道出现扭转的问题。在顶进过程中准备单块质量为25kg的300t压铁，若掘进机和中继环上出现偏差或者微小扭转，须立即采用加重的方式扭转。若出现异常情况的偏差和纠偏措施失效，须立即停止施工，分析原因，找出对策，采取纠偏措施^[5]。

4 结束语

随着城市建设的加快和环境要求的提高，顶管施工技术的应用满足了城市低耗环保的要求，也促进了供水管网施工部门技术水平的提高，拔高工程质量，打造供水品牌。顶管施工技术应用具有良好的生态性，可以推动我国的城市化建设进程^[6]。

参考文献

- [1] 詹坚.复杂地质条件下沉井下沉稳定性控制[J].中国水运（下半月），2011，11（12）：232-233，235.
- [2] 任生.城市高架绿化景观设计研究[D].合肥：安徽农业大学，2016.
- [3] 陈勇，陈永光，黄以华，长距离曲线顶管技术在电力管道工程中的应用[C].//2011年非开挖技术会议论文集，2011：63-68.
- [4] 纪固祥.市政给水施工中的非开挖顶管施工技术分析[J].中华建设，2021（3）：148-149.
- [5] 赵明.关于市政给排水工程中的长距离顶管施工技术的应用分析[J].居业，2021（2）：111-112.
- [6] 马明洪，梁翊瑞，黄亮.高层建筑主体结构施工技术与质量控制[J].砖瓦，2020（12）：213-214.