

# 非开挖顶管技术在市政给排水管道施工中的运用

文 / 朱均忠 梧州市第一建筑安装工程有限公司

**摘要：**近年来，城市化建设进程不断推进，市政给排水管道作为城市运行不可或缺的基础设施，其建设需求日益增长。传统开挖施工方式容易对城市环境、道路交通、居民生活等造成不良影响。而非开挖顶管技术在市政给排水管道施工中的有效应用，则能改善传统开挖施工弊端。文章分析了非开挖顶管技术在市政给排水管道施工中的应用流程及注意事项，旨在提高施工效率与效果。

**关键词：**非开挖顶管技术；市政给排水管道；施工应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.020

## 引言

市政给排水管道主要用于城市污水与居民生活用水的排放，在维持城市正常运行方面有着重要作用。将非开挖顶管技术应用到市政给排水管道施工中，可减少对地表的破坏，有助于保护城市环境，提高市政给排水管道施工质量。因此，施工单位需高度重视非开挖顶管技术，全面掌握该工艺流程，要求施工人员规范操作，以便充分发挥该技术的实际效用。

### 一、非开挖顶管技术在市政给排水管道施工中的具体应用流程

#### (一) 施工前期准备

##### 1. 实地勘察与施工设计

施工单位进行市政给排水管道施工前，应安排专业勘察人员，在施工区域开展实地勘察工作，掌握现场环境条件信息。勘察人员可采用钻探、物探等技术手段，科学测量施工现场的地质、水文、地形等环境条件，全方位勘测地下管线分布位置、埋深等信息，掌握建筑物与构筑物的结构类型、基础形式及其与施工管道的间距等信息。通过有效勘察获取精准的数据信息，可为施工设计提供参考依据。另外，设计人员需根据勘察结果，考虑非开挖顶管施工技术的特点及流程，结合市政给排水管道的建设要求，设计出完善合理的施工方案。方案中应合理规划管道顶进施工路线，清楚呈现管道的平面走向与高程变化参数，精确定位工作井与接收井的位置、尺寸、结构形式等参数。与此同时，设计人员还要结合地质环境条件、管道参数要求等，准备型号、规格符合要求的顶管设备，选用合适的管节类型与连接方式。除此之外，设计人员还应基于施工现场的环境条件，分析施工中可能遇到的问题，提前制定有效的应对方案，以便更好地应对突发性施工问题<sup>[1]</sup>。

##### 2. 工作井与接收井施工

施工单位开展市政给排水管道工程的非顶管开挖施工时，需构建工作井（如图1）、接收井等临时构筑物，以满足顶管施工需求。顶管机始发、管道拼接、顶进设备安装布置等作业环节通常在工作井场所开展，顶管机完成顶进后的接收和拆解工作基本在接收井场地开展。建设工作井时，施工单位应选择距离管道起点比较近的位置，同时要确保场地开阔，也方便布置施工设备、出土运输、材料堆放。接收井则需建设在管道终点位置，

保证顶管机能够精准、安全进入土层。建设工作井与接收井时，施工单位需充分考虑地质地形、井深要求、周边环境等多项因素，选用沉井法、钢板桩支护法、SMW工法桩、地下连续墙法等施工方式。在施工中，需做好井壁支护、防水处理工作，提高井体结构稳定性，避免引发井壁坍塌、渗漏等安全事故。不仅如此，施工人员还要针对井底部位进行精细化处理，按照设计参数浇筑厚度合适的混凝土垫层，以保证井底的平整度与承载力。而且施工人员要结合设计标高准确设置导轨，促使管道与顶管机能沿着设计轴线顺利顶进，为后续顶进施工奠定良好的基础。除此之外，施工人员在安装后背墙时，应进行有效加固，使其能满足顶进施工的受力要求。还要增设集水井与排水设施，可在第一时间将井内积水排除，进而为后续施工提供良好的作业环境。



图1 非开挖顶管施工工作井

#### (二) 施工实施阶段

##### 1. 测量放线

测量放线是非开挖顶管施工的基础环节，也是保障施工精度的重要措施，能够为顶管机提供精准的导向依据。在测量放线施工中，施工人员应按照施工设计图纸，在地面上精准测量并设置管道轴线与高程控制点，同时还要构建完善的施工测量控制网。完成上述工作后，施工人员需将地面控制点的坐标、高程等数据信息，及时、精准传递到工作井与接收井内部，并在井内设置稳固的测量基准点与后视点，提高后续施工操作的精准性。另外，施工人员可应用高精度的全站仪等测量设备，精准

校准顶管机内部安装的激光导向仪设备,使激光导向仪发出的激光束轴线与设计管道轴线能够完全重合。此外,施工中,测量人员应利用激光导向仪实时监测顶管机的位置、高程、姿态的变化过程,并将相关数据信息及时反馈给施工技术人员,结合实际情况合理调整顶管机,提高后续施工的效率与效果<sup>[2]</sup>。

## 2. 顶进施工

顶进施工是非开挖顶管施工的核心流程,对市政给排水管道工程的施工效率与质量有着直接的影响。完成各项准备工作后,施工人员就可启动顶管机开展初始顶进作业。在该阶段,施工人员应严格控制顶管机的速度,使其处在5mm-10mm/min的范围内,同时还要实时关注顶管机的姿态变化、顶力大小、出土量等重要参数,一旦发现参数变化,就要及时对顶管机的姿态进行适当调整,保证顶管机能按照预先设定好的轴线稳定进入土层中。当顶管机处在稳定顶进阶段,施工人员要考虑地质条件、设备性能、顶进过程等多项监测数据,合理调整顶管机的顶进速度、顶力大小,保证其能够维持稳定的顶进施工状态。另外,当一节管节即将要顶进到位时,施工人员需立即停止顶进作用,并应用起重设备将下一节的管节吊入工作井中,并根据设计要求,选用焊接、法兰拦截、承插式连接等方式,将其与已顶进的管节进行精准拼接。在拼接作业中,施工人员要将管节接口对齐,同时还要加强密封,避免管节接口位置出现渗漏问题,影响施工效果。处理完管节接口位置后,施工人员要仔细检查,确认没有问题后,就可继续开展管节拼接、持续顶进的施工作业,直到管道被顶进指定位置为止。

## 3. 顶管出洞

顶管出洞是非开挖顶进施工中的关键环节,该环节就是顶管机借助工作井内的洞口密封装置实现破壁并进入土层的一个施工过程。在顶管出洞前,施工人员需采用深层搅拌桩、高压旋喷桩等施工方法,加固处理工作井的洞口,以保证洞口周围土体的稳固性,避免顶管机出洞时引发土层坍塌。与此同时,施工人员还要在洞口安装橡胶止水圈、密封舱等可靠的密封装置,有效阻挡地下水与泥土涌入工作井,确保顶管出洞的顺畅性。当顶管出洞时,施工人员要缓慢启动顶管机,严格控制顶管机的顶进速度与顶力,并且要密切观察顶管机的姿态变化、洞口密封装置、洞口周围土层沉降等多种情况。一旦发现异常变化,就需及时停止顶进作业,分析引发异常的具体原因,采用针对性的处理措施,保障顶管机能够安全、顺利进入土层,完成顶进及出洞作业<sup>[3]</sup>。

## 4. 注浆减阻施工

在顶管施工中,管道与周围土层之间会产生较大的摩擦力,容易增加顶进阻力,消耗更多的能量。若摩擦力过大,还会损坏管道或引发变形问题,对周围地层造成较大的影响,甚至引发安全问题。为有效应对摩擦力问题,施工人员应采用注浆减阻施工方式。在施工过程中,施工人员需提前在管节外围设置均匀一致的注浆孔,并准备好触变性泥浆,将其从注浆孔注入管节与地层之间的缝隙内,以此形成一层均匀、连续的泥浆套。与此同时,施工人员

应根据地质条件、顶进速度,精准控制注浆压力与注浆量。一般情况下,注浆压力应略大于地层水土压力,确保泥浆能充分填充间隙。与此同时,施工人员应保证注浆量与顶进长度、间隙体积相匹配,通常是理论间隙体积的1.2-1.5倍,这样可确保泥浆套的完整性与连续性,有效降低管道与周围土层之间的摩擦力,并减少顶进阻力,实现对周围地层的有效保护,合理控制地表沉降。

## 5. 管压测试

当管道顶进一定长度后,施工单位需对管道进行压力测试,检验管道的密封性能与结构安全性。针对有压给排水管道可采用水压试验。试验之前,施工人员需先对管道进行充水浸泡,并根据管道材质、管径确定合适的浸泡时间,通常要超出24小时。在试验过程中,施工人员应按照相关要求,对管道进行持续、稳定加压。当其稳压状态持续1小时后,则需仔细观察管道压力降是否处在正常范围内,同时还要检查管道接口位置、管身是否存在渗水现象。不仅如此,施工人员还要在规定的观测时间内实时监测管道情况,精准计算管道实际渗水量,确认其是否处在正常渗水量范围内,保证管道质量达到设计要求,以便进行后续的施工作业<sup>[4]</sup>。

## (三) 竣工验收阶段

### 1. 顶管贯通与设备回收

在非开挖顶管施工中,若施工人员按照设计好的路线,操作顶管机顶进到接收井附近,测量人员要提高监测频率,并针对顶管机所处的位置及姿态进行精准测定,要求施工人员根据监测数据,合理调整顶进速度、顶力分布等施工参数,实现对顶管机的有效引导,使其能精准进入接收井内部预先设置的导向装置,从而完成管道贯通作业。另外,在管道贯通后,施工人员要及时停止顶进施工,并拆除顶管机与后续管道间的连接装置,同时还要利用起重设备将拆解后的顶管机部件吊出接收井。不仅如此,施工人员还要全面拆除与回收工作井与接收井中的千斤顶、导轨、注浆设备、供电设备等多项装置设备,做好清洗、保养与检修工作,以便后续施工再次使用。

### 2. 管道检测与修复

管道顶进作业结束后,施工单位应对管道施工质量进行全方位、细致化的检测。在检查过程中,需先查看管节表面情况,观察其是否存在裂缝、破损、蜂窝麻面等缺陷。并且还要深入了解管道接口位置的密封情况,看其有无渗漏问题,橡胶密封圈是否完好。不仅如此,检查人员还要使用管道机器人等先进的管道检测设备,对管道内部进行全面扫描检测,确认其中是否存在变形、错口、塌陷、渗漏等问题,而且还要详细、准确记录问题类型、所处位置及严重程度。对于检测过程中发现的问题,施工单位应及时制定详细的修复方案,而且要用针对性的修复手段,有效修复管道,确保整体质量。例如,面对接口渗漏问题,施工人员可采用注浆封堵、更换密封胶圈的方式进行修复,确保接口位置的密封性;面对管道局部皮损、变形等问题,可使用局部更换管节、注浆加固等方式进行修复,保证整个管道质量,使其效用得到充分发挥<sup>[5]</sup>。

3. 土方回填与场地恢复

完成管道检测及修复处理工作后，施工人员就需针对工作井、接收井及管道周围空隙等多个位置进行土方回填。在回填施工中，施工人员需选用级配良好、无杂质的素土、砂石或灰土等优质土料，避免应用淤泥、腐殖土等不符合标准的土料，影响回填施工质量。在回填过程中，施工人员可采用分层回填、夯实的方式，每层回填厚度应控制在 30cm 以内。针对管道两侧及管顶 50cm 以内的区域进行土方回填时，施工人员可使用人工夯实、小型振动压路机轻压等方式，以免因管道承受压力过大引发管道破裂等问题；对于管顶 50cm 以上的区域进行土方回填时，可使用机械碾压的方式，保证回填土的密实度符合设计要求，避免后续出现沉降现象。完成回填工作后，施工人员还要将施工现场的围挡、材料仓库等临时设施全部拆除，并将施工现场的建筑垃圾、废弃材料、积水等全面清理干净，恢复施工区域地表原来的状态。

二、非开挖顶管技术在市政给排水管道施工中的应用的注意事项

(一) 顶进参数控制

精准的顶进参数可保障顶管施工质量与安全。在市政给排水工程的非开挖顶管施工中，施工单位应高度重视顶进参数，并安排技术人员对顶管机的顶力、顶进速度、出土量等参数进行实时检测。每顶进 50-100cm，就要记录一次数据，并与设计参数进行对比分析，避免差距过大，影响顶进施工效果。对于初始顶力，应控制在设计顶力的 30%-50%，然后逐步递增，最大顶力不得超出管节承受压力范围，以免管节开裂。不仅如此，施工人员还要结合地质条件合理调整顶进速度，对于经过软土或砂层的顶管机，应将其顶进速度控制在 50mm-100mm/min，避免对地层造成较大的影响；对于经过岩石地层的顶管机，应将其顶进速度降至 20mm-50mm/min，确保切削系统正常运行<sup>[6]</sup>。

(二) 同步注浆与地层保护

高质量的同步注浆施工作业，有助于减少地层沉降，保护施工区域的周边环境。为保障同步注浆施工质量，施工人员应选择流动性、稳定性、止水性良好的注浆材料，沿着管节圆周均匀设置注浆孔，每一管节至少要设置 4 个注浆孔。在注浆过程中，施工人员需做到“先注后顶、边顶边注”，保证注浆量与顶进长度相匹配，实现对管节与地层间隙的充分填充。完成顶进作业的 24 小时以内，施工人员应对沉降要求比较严格的施工区域进行二次补浆，而且要采用纯水泥浆，注意将压力控制在 0.2MPa-0.4MPa 之间。

(三) 姿态控制与偏差调整

顶管机的姿态与偏差若不符合设计参数，就会直接影响到管道顶进施工质量。因此，在顶进施工中，施工单位应实时监测顶管机的姿态与偏差，结合监测数据，分析偏差变化，将管道抽线、高程等偏差控制在合适的范围内。若顶管机偏差较大，就要使用纠偏千斤顶，并控制其伸缩量及纠偏角度，避免影响纠偏效果。在曲线顶进过程中，应提前计算预留偏移量，使管道能够沿着设计曲线进行敷设。另外，为确保管道接口质量，施工人员应在拼接前将

接口位置的杂物全部清理干净，控制好接口的橡胶圈压缩率，保证接口对齐，密封良好，防止接口出现渗漏问题。姿态控制与偏差调整应参考表 1 数据<sup>[7]</sup>。

表 1 姿态控制与偏差调整参数

管道偏差	管道轴线偏差	±50mm
	高程偏差	+20mm、-50mm
纠偏千斤顶	伸缩量	≤5mm
	单次纠偏角度	0.5°
管道接口	接口橡胶圈压缩率	30%-50%
	接口错台量	≤5mm
	接口渗水量	≤0.05L/(m h)

(四) 特殊工况处理

在顶管顶进施工中，可能会遭遇到地下障碍物、不良地质段、涌水涌砂等特殊工况，施工单位需基于不同情况采取针对性的处理措施。面对地下障碍物这一特殊工况，施工单位需应用地质雷达探测技术，查明障碍物的类型、大小和位置，对于直径在 300mm 以下的石块、钢筋等小型障碍物，可使用顶管机自带破碎装置对其进行有效清除；面对旧管道、混凝土块等大型障碍物时，需利用工作井或地面钻孔等方式进行有效清除，避免出现盲目顶进的情况。若顶进施工遭遇软土地层等不良地质段，施工单位则可通过增加注浆加固范围、降低顶进速度等措施，保障地层结构的稳固性，以防出现坍塌事故。若顶进施工遭遇流沙地层，施工单位则可使用密闭顶进、提高泥浆比重等方法，有效稳固地层。

结语

非开挖顶管技术凭借地表干扰小、施工效率高、适应性强等多项优势，成为市政给排水管道工程施工应用比较广泛的工艺。施工单位建设市政给排水管道工程时，应了解施工现场环境条件及施工要求，明确非开挖顶管技术的具体流程、各项施工参数、注意事项，规范指导施工人员的作业行为，提高技术应用的规范性及有效性，以保障市政给排水管道工程施工效果。

参考文献

[1] 卢波波. 市政给排水施工中的非开挖顶管施工技术[J]. 智能建筑与工程机械, 2023, 5(11): 4-6.  
 [2] 朱艳军. 市政给排水施工中的非开挖顶管施工技术分析[J]. 建材与装饰, 2024, 20(15): 25-27.  
 [3] 蔡恒昱. 市政给排水施工中的非开挖顶管施工技术要点研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(003): 000.  
 [4] 刘菲. 市政给排水施工中的非开挖顶管施工技术要点分析[J]. 前卫, 2022(19): 0159-0161.  
 [5] 郑育芳. 市政给排水施工中的非开挖顶管施工技术分析[J]. 工程建设与设计, 2023(8): 150-152.  
 [6] 党智军, 何聪利, 王科科. 市政给排水施工中的非开挖顶管施工技术[J]. 2024(34): 144-146.  
 [7] 陈艳洲. 市政给排水施工中的非开挖顶管施工技术思考解析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(9): 3.

作者简介：朱均忠，1983 年 9 月，男，湖北襄阳人，汉族，本科，水工 工程师，研究方向：市政公用工程施工。