

# 市政给排水管道不开槽设计及施工技术

杨康锦

深圳市深水水务咨询有限公司

**摘要：**市政工程给排水管道施工直接关系到城市居民的用水问题，合理的管道设计方案和施工可以更好地保障给排水管道满足人们实际需求。但是，市政给排水管道铺设过程中，采用开挖施工技术会对城市建筑物产生一定的破坏，同时还会影响城市道路交通，采用不开槽管道设计方案和施工技术则可以有效解决这个问题，本文将以此市政给排水管道工程拉顶管施工方案来对不开槽设计和施工技术进行说明。

**关键词：**市政工程；给排水管道；不开槽设计；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.102

## 引言

随着市政给排水工程的发展，给排水管道施工已经逐渐形成了明挖法施工和非开挖法施工两种管道施工技术，明挖法的施工方式是确定管线路等各项数据后，通过在管道铺设位置采用放坡或者支护的方式来进行基坑开挖，完成管道的铺设施工。非开挖法即是不开槽施工，除去井位制作外，管道施工采用钻进机具在不破坏地面或者微开挖地面情况下，从井内进行地层的贯通，完成管道的敷设。该方式可以有效解决交通量较大、地层结构复杂、紧邻建筑等不具备开挖条件的给排水管道施工，同时还能有效降低市政给排水管道施工对人们的影响，具有较高的经济效益和较高的施工安全性。

## 一、工程概况

某污水管网改造工程主要包括完善排水管工程、改造排水管工程以及城中村污水管道工程等。项目排水管网总长度为120.76km，施工过程中拟采用明挖、顶管、水平定向钻以及拉顶等施工工艺来进行管道施工。本工程中采用拉顶管施工技术施工的管道长度为35.03km，占整个管网工程的29%，管道采用了DN300~DN800的承插接口复合实壁管，管道的地基为天然地基。

## 二、不开槽设计方案

本工程位于该市中心地区，市政管网工程施工范围较大，施工过程中存在较多的干扰因素。城区和城中村市政管网施工位置为双向四车道~六车道的交通公路，周边具有较多的居民点、商铺、工厂和学校。采用明挖法施工会对周围居民产生影响，结合该地区水文地质情况，发现该地区的地下水位较高，如果采用明挖法施工很容易造成坑洞积水的情况，影响市政管道工程施工质量。所以该地段拟采用不开槽管道铺设施工方案。道路两侧的地下设置了供排水、通信、电力、燃气管线等，道路上方存在高压输电线。如果采用水平定向钻施工方案，则需要在施工过程中进行地面造斜处理，需要较大的施工作业面积，同时施工过程中钻杆回拉需要较大的空间高度。所以不开槽管道铺设过程中不利于采用水平定向钻施工技术。充分结合本工程所在区域地质情况，

可以知道本工程的管线主要铺设在人工填土或者粉质黏土层，土质相对较为柔软，摩阻力较小，如果采用顶管施工工艺来进行管道铺设，会存在掘进施工过程中无法有效维持稳定性，从而出现管道标高控制不准确的情况，影响管道施工质量。综上所述，该区域管道铺设施工采用了不开槽拉顶管施工工艺。

## 三、拉顶管施工技术

### (一) 顶拉管施工技术原理

不开槽顶拉管施工技术是采用水平定向钻导向技术在市政给排水管道铺设区域上进行管道铺设标高和走向的确定，然后采用水平定向钻设备为管道提供拉力，采用千斤顶为管道铺设提供推力的方式将管道铺设到对应的位置，实现管道与井位的联通。施工过程中根据管道的铺设位置和长度情况进行顶推井和牵引井的设置，然后通过导向钻进方式在顶推井与牵引井之间进行管道铺设位置的确定，并通过扩孔施工方式来对钻孔进行扩孔处理，最后采用顶推施工工艺来将管道铺设到钻孔之中，实现市政给排水管道的铺设。

### (二) 工艺流程

本工程拉顶管管道铺设施工工艺流程如图1所示。主要包括施工前准备、施工井制作、减阻泥浆制作、管道受力计算、导向钻进施工、扩孔掘进施工、管道拉顶施工以及成管检测等施工流程。

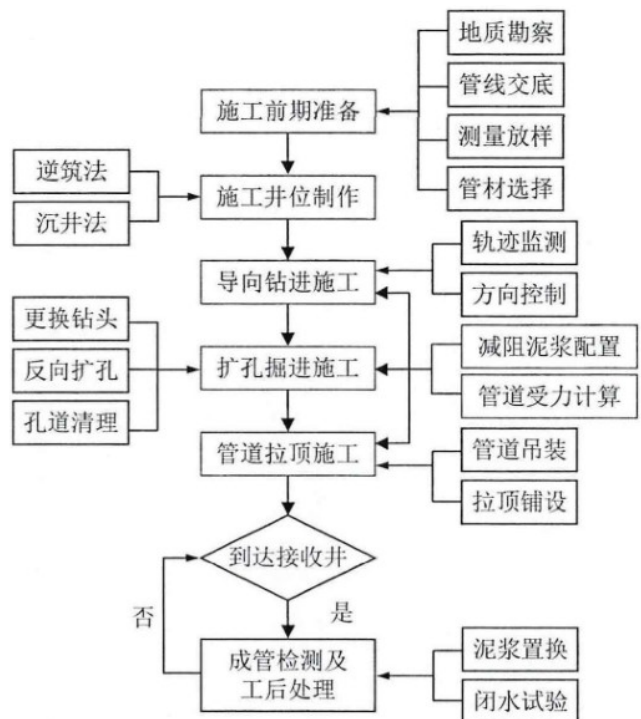


图1 不开槽拉顶管施工工艺流程图

### (三) 前期准备要点

采用拉顶管施工工艺前，首先需要做好施工工程所在区域的地质勘察工作，来明确工程所在区域的山势地貌情况、地层构造情况、地质条件情况以及地下水水位与性质情况，充分结合地质勘察结果来开展管线技术交底工作。其次明确施工区域地下管线的数量情况和位置分布情况，做好施工区域现有管线的保护工作。一方面，地下现有管线主要包括电缆管线、天然气管道等，不仅具有较高的经济价值，还关系到周围居民的人身安全，如果没有做好现有管线的保护，容易造成严重的安全事故。另一方面，采用不开槽施工技术进行管道施工需要保证施工的连续性，如果管道施工过程中遇到了其他管线的阻碍，就会增加施工难度，影响市政管网施工质量。此外，采用顶拉管施工工艺需要在导向施工前对管线的路径的标高进行确定，来对管线铺设的精准度进行控制。最后，需要做好顶拉管施工管材选择，确保管道的柔性、抗拉压强度符合规范和设计要求。

### (四) 施工井位制作要点

通常情况下，顶拉管施工中的牵引井可以采用圆形井或者方形井，如果采用圆形井，则需要将牵引井的直径控制为2.5m，如果采用方形井，则需要将井的边长设置为2.5m和1.5m。顶推井主要采用圆形井，并将直径控制为1.5m。井位施工过程中，主要采用逆筑法或者沉井法，本工程结合地质情况特点采用了沉井法施工方案来进行井位的制作。同时，充分考虑本地区地下水位情况，在井位制作过程中，采用了高压旋喷桩及止水帷幕方式来防止土体渗漏，防止井体周边的土体流失，降低井位沉降对周围环境的影响。同时在井壁上的管道穿越部位提前设置了预留洞眼，保证导向钻钻进施工过程中，钻杆和管道能够顺利穿越。为了防止周围的岩土和泥浆沿着管道进入井内，采用了在洞眼位置安装橡胶止水圈的方式来进行管道与洞眼之间缝隙的封堵。并在施工完成后将井位改造成检查井使用。

### (五) 减阻泥浆配置要点

本工程顶拉管施工过程中采用了减阻泥浆来提升孔壁的稳定性，防止后续施工过程中出现钻孔坍塌等情况的发生。同时减阻泥浆还能起到运输岩屑和减小管道与土体之间摩擦力以及降低钻具温度的作用。由于本工程所在区域的土层为人工填筑土和粉质黏土，所以在减阻泥浆配置过程中采用了如表1所示的方式。

表1 不同地层减阻泥浆配置方案

地层	泥浆化学处理剂
粉质黏土	膨润土、纯碱、降失水剂
人工填筑层	膨润土、防塌剂、降失水剂、润滑剂

同时需要对减阻泥浆的用量进行确定，防止减阻泥浆配置过多增加施工成本以及影响周围环境。所以需要充分结合施工各个阶段的实际情况来进行减阻泥浆用量的确定。导向钻进阶段减阻泥浆用量计算公式如式

(1)，扩孔阶段减阻泥浆用量计算公式如式(2)，管线回拖阶段减阻泥浆用量计算公式如式(3)。

$$V_p = \frac{Q_p L f_p f_q}{p} \quad (1)$$

式中： $V_p$ 表示导向钻进过程中不可循环利用的减阻泥浆量； $Q_p$ 表示泥浆的流速； $L$ 表示管道铺设的长度； $p$ 表示钻进速度； $f_p$ 表示注浆的时间系数； $f_q$ 表示减阻泥浆循环利用过程中的损失系数。

$$V_r = \frac{Q_r L f_r}{T} \quad (2)$$

式中： $V_r$ 表示单次扩孔过程中的泥浆用量； $Q_r$ 表示泥浆的流动速度； $T$ 表示扩孔的速度； $f_r$ 表示扩孔过程中减阻泥浆循环利用损失系数。

$$V_b = \frac{Q_b L f_b}{T} \quad (3)$$

式中： $V_b$ 表示管线回拖过程中的泥浆用量； $Q_b$ 表示泥浆的流动速度； $T$ 表示管线回拖的速度； $f_b$ 表示管线回拖过程中减阻泥浆循环利用损失系数。

### (六) 管道受力计算要点

顶拉管施工过程中，管道的受力情况较为复杂。通过合理的管道受力计算可以为施工人员提供更好的安全保障。但是，当前尚没有完善的管道受力计算公式，所以本文在管道受力计算过程中采用了结合拉顶管施工工艺的特点来进行受力分析模型的建立，通过受力模型方式来对管道顶拉施工过程中迎面阻力、管壁摩阻力等进行计算，并通过有限元分析模型来对管道的受力情况进行全面的分析。

### (七) 导向钻进施工要点

确定管道的受力情况后，开始进行导向钻进施工，施工工艺如图2所示。首先，根据设计来进行调平导向钻机的安装，并在入钻方向的井位上安装定力轮，来对管道的流水标高进行控制。然后，钻孔施工过程中需要保持钻杆处于匀速前进的状态，并对钻杆的转速和方向进行严格控制，确保钻孔的线性偏差小于钻孔的直径，如果出现超出允许范围情况时，需要采用退回钻杆的方式来进行轨迹纠偏处理。同时在钻井施工过程中需要确定好钻头的入土位置以及钻杆的倾斜角度，并采用轻压慢钻的方式。进行曲线钻进时，需要充分结合地质情况来对推进力进行调整，防止钻进过程中钻杆产生过大的弯曲。为了提升钻进的精准性，施工过程中需要通过信号探测仪—导向仪来对钻孔的轨迹进行实时监测，掌握导向钻进施工过程中钻头的位置、俯仰角度以及掌斜方向等各项参数。通过探能棒来对钻头的动态信息进行捕捉，根据信号的强弱程度来确定钻头的垂直深度，并通过地面跟踪仪来对钻进机发送相关指令，调整钻进力度和速率，从而保证导向轨迹的精准度。

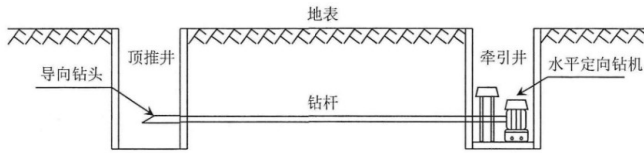


图2 导向钻进施工图

(八) 扩孔掘进施工要点

当导向钻机施工的钻头推进到顶推井后，需要将导向钻机的钻头卸下处理，并结合地质勘察实际清卡因来对钻孔的承载力进行计算，确定是否需要扩孔掘进施工。如果钻孔的承载力满足扩孔掘进施工要求，则可以进行一次性扩孔掘进施工和管道敷设施工。如果不满足承载力要求，则需要充分结合承载力情况、管道规格来进行分级扩孔施工。同时，为了保证管道铺设过程中，管道在钻孔中具有较好的通行条件，需要充分结合管道尺寸情况来对扩孔后的直径进行确定，如表2所示。这样可以有效防止管土之间间隙过大导致土体沉降的发生。同时，扩孔掘进施工过程中，需要在扩孔钻头上安装导流槽，来降低掘进面积，实现降低钻头的迎面阻力和摩擦力，扩孔钻进施工如图3所示。

表2 管道直径与扩孔直径关系表

管道外径 D (mm)	扩孔直径 (mm)
< 200	D+100
200 ~ 600	1.2 ~ 1.5D
> 600	D+ (300 ~ 400)

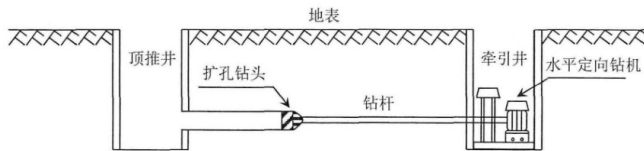


图3 扩孔钻进施工图

(九) 管道拉顶施工要点

完成扩孔施工后，需要在顶推井中将扩孔钻头卸下处理并安装掘进机，然后在机头的尾部安装短管，使钻杆穿过管道中心，并通过特制的短钻杆、拉顶板和锚环来对管道进行反向拉顶铆钉处理。由于管道拉顶施工过程中，传力杆紧锁会产生相应的预应力，导致管道的刚度在拉顶过程中增加，所以在拉顶过程中可以将泥浆输送至管道内部来实现配重减阻的效果。管道拉顶施工过程中，水平定向钻机会通过钻杆将拉力传递到掘进机，来克服掌子面上的土体产生的阻力和掘进扭矩。同时顶推井中的千斤顶会向管道施加顶推力，使管道承插自锁，充分结合拉力和鼎力来实现管道的铺设。管道拉顶施工如图4所示。

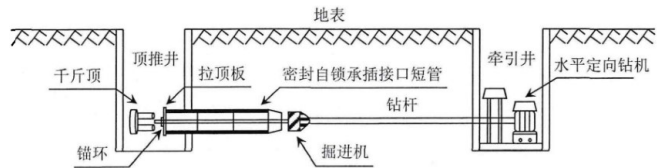


图4 管道拉顶施工图

(十) 成管检测和处理要点

完成管道铺设施工后，需要严格按照相关规范要求来对管道进行闭水试验，检测管道的密闭性，确定管道的渗水量不超过规范要求允许的最大渗水量，则说明管道敷设免租设计要求。管道渗水量计算公式如式(4)所示。

$$q = \frac{WL}{T} \leq 0.0046D \tag{4}$$

式中：q表示管道的实际渗水量；W表示闭水试验过程中的补水量；L表示闭水试验的管道长度；T表示闭水试验的观察时间；D表示管道的内径；0.0046D表示管道允许最大渗水量。

完成管道的闭水试验后，如果管道的密闭性满足设计要求，则需要采用置换泥浆来对管道与土体之间的缝隙进行填充处理，提升管道铺设的稳定性，防止土体沉降导致地表坍塌情况发生。

结语

综上所述，本文以某污水管网改造工程中拉顶管施工工艺来对市政工程管道不开槽设计和施工技术进行了说明。市政给排水工程管道施工过程中需要充分结合工程位置情况、地质勘察结果情况等因素来合理地选择管道铺设施工工艺，才能有效保证市政给排水管道工程施工质量，进一步满足人们的用水和排水需求。

参考文献

[1] 杨佳麟. 市政给水排水管道不开槽设计及施工技术[J]. 低碳世界, 2015(1): 73-74.  
 [2] 闻笑男. 市政给水排水管道设计与施工技术应用分析[J]. 房地产导刊, 2014(23): 120-120.  
 [3] 汪强, 罗衫山. 市政给水排水管道不开槽施工技术的实施与运用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2015(2): 2782-2782.  
 [4] 王碧芳. 排水管网工程中拉顶管施工技术运用分析[J]. 中文信息, 2024(6): 71-72.  
 [5] 欧雪峰, 屈星, 王磊, 等. 拉顶管施工技术在排水管网工程中的应用[J]. 山西建筑, 2022, 48(5): 156-158.  
 [6] 殷明浩. 拉顶管施工技术在污水管网工程中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022(21): 70-72.

作者简介：杨康锦(1995.02-)，男，汉，广东省湛江市，本科，毕业于嘉应学院，助理工程师，研究方向：城市给水管道。