

# 长距离水平定向钻进拉管技术在农村污水处理工程中的应用分析

杨 希 陈仕刚 杨 强

中城乡生态环保工程有限公司 湖北 武汉 430056

**摘要:**近年来,农村地区污水管道埋地敷设工程得到迅猛发展,通常,污水管网施工都采用明槽开挖法,这种施工方法因需要破坏路面并搭设围挡,会阻碍道路交通,影响周边居民正常出行。天津市武清区新一轮农村污水处理PPP项目污水管网建设过程中,部分巷道采用了水平定向拉管技术,本文对该施工工艺的准备工作、过程中技术措施做了详细介绍,以供同业参考。

**关键词:**长距离;水平定向钻进;施工技术

**引言:**近年来,农村地区污水管道埋地敷设工程得到迅猛发展,通常,污水管网施工都采用明槽开挖法,这种施工方法因需要破坏路面并搭设围挡,会阻碍道路交通,影响周边居民正常出行,在一些狭窄的巷道或穿越河流区域时,还会因场地限制无法开挖施工,施工周期长,环境污染大,经济效应差。而水平定向钻进拉管施工技术因不影响道路正常交通运输,具有对周围环境影响小,受场地影响小,施工周期短,经济效应高等优点,在市政管道工程中被广泛应用,解决了传统施工方法的弊端。

## 1 工程概况

天津市武清区新一轮农村污水处理PPP项目,位于天津市武清区境内,施工区域涉及全区24个镇街、296个村庄。本项目新建污水管道1482.5Km,涉及到拖拉管122.1Km,单次拖拉长度在150m~200m不等,本项目拉管数量大,单次穿越距离长,拉管位置大多为农村狭窄巷道,两侧有大量老旧房屋及给水管线,且距离拉管线路很近,若施工控制不当,可能会导致地表沉降、房屋开裂,影响安全。

## 2 施工前准备

### 2.1 工艺流程(如图1)

### 2.2 泥浆配置

泥浆在水平定向钻进中的起到关键作用,泥浆可以冷却钻头、保护孔壁,降低阻力,在长距离施工中显得更为重要,在本工程中,为进一步提高泥浆性能,将一级钠基膨润土与泥浆添加剂按照一定比例配比成符合要求的泥浆,使用的泥浆添加剂有:降水剂、固壁剂、黏土分散剂等。同时,因为钠基膨润土水化时间较长,为保障泥浆效果,本工程采取两套加料配浆系统以延长泥

浆循环周期。

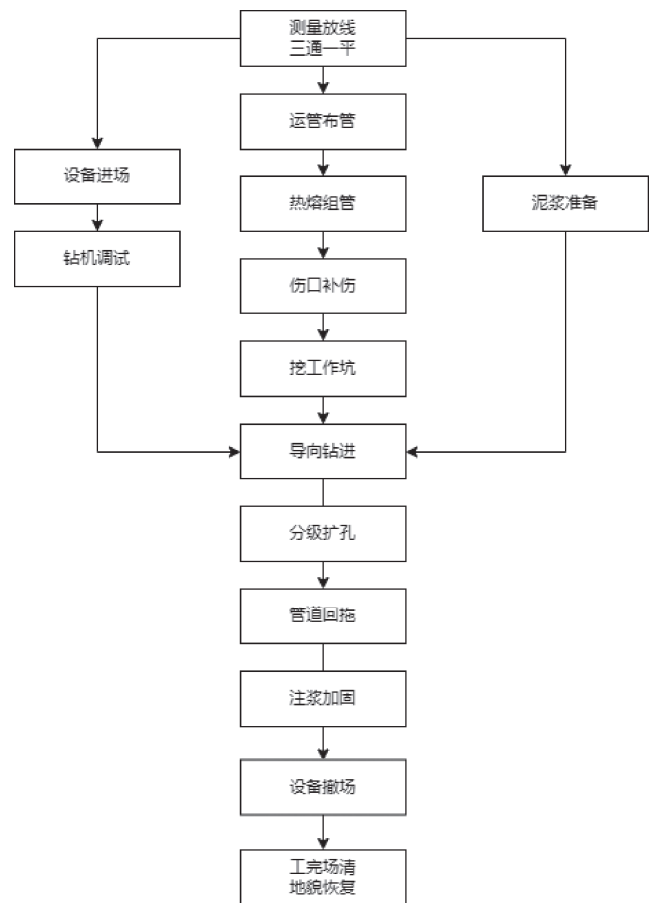


图1: 工艺流程示意图

在拉管的各个施工阶段,泥浆的配比也不同,应根据实际需求调整泥浆性能。在导向钻孔的斜孔段阶段,泥浆的流动性能要好,结构性能要强,保证孔眼清洁;控制泥浆的失水,防止塌孔,需增大降水剂、固壁剂含量。在导向钻孔的水平阶段,要及时提高润滑剂剂量,

适当降低泥浆粘度和切力，增强泥浆的润滑性，使钻屑顺利返出地面，减少钻机旋转及推进阻力。预扩孔阶段，需再次增大降水剂、固壁剂含量，增强泥浆的造壁性能，防止孔壁塌陷，防止缩径。在管线回拖阶段，需提高润滑剂剂量，提高泥浆的润滑性，降低摩擦阻力。

### 2.3 回拖力计算

水平定向钻法应进行回拖力计算，为选择水平定向钻机提供依据，管道回拖力由以下四种力组成。

#### 2.3.1 水平孔内拖拉管道的回拖力

$$T_1 = f_h \omega_f L_1$$

$$\omega_f = \frac{\pi D_1^2}{4} \gamma_m - \omega_p$$

$$\omega_p = \frac{\pi(D_1^2 - D^2)}{4} \gamma_p$$

式中： $T_1$ ——水平孔内拖拉管道回拖力（kN）；  
 $f_h$ ——管道与孔壁的摩擦系数，可取0.3；  
 $\omega_f$ ——单位长度管道所受的净浮力（kN/m）；  
 $\omega_p$ ——单位长度管道重力（kN/m）  
 $L_1$ ——直线段拖拉长度（m）；  
 $D_1$ ——管道外径（m）；  
 $D$ ——管道内径（m）；  
 $\gamma_m$ ——钻孔泥浆的重度（kN/m<sup>3</sup>）；  
 $\gamma_p$ ——管道材料的重度（kN/m<sup>3</sup>）。

#### 2.3.2 弯曲轨迹拖拉管道的回拖力

$$T_2 = e^{f_h \theta} (f_h \omega_f L_2)$$

式中： $T_2$ ——弯曲轨迹拖拉管道回拖力（kN）；  
 $\theta$ ——管道弯曲角度（rad）；  
 $L_2$ ——曲线段拖拉长度（m）。

#### 2.3.3 扩孔钻头迎面阻力

$$T_3 = \frac{\pi D_k^2}{4} R_a$$

式中： $T_3$ ——扩孔钻头迎面阻力（kN）；  
 $D_k$ ——扩孔钻头的外径，当 $200 < D_1 < 600$ 时， $D_k$ 取 $D_1$ 的1.2~1.5倍；

$R_a$ ——迎面土挤压力（kN/m<sup>2</sup>），一般情况下，黏性土可取500~600kN/m<sup>2</sup>，砂性土可取800~1000kN/m<sup>2</sup>。

#### 2.3.4 泥浆粘滞力

$$T_4 = \pi D_1 L K$$

式中： $T_4$ ——泥浆粘滞力（kN）；  
 $L$ ——拖拉总长度（m）  
 $K$ ——泥浆粘滞系数（kN/m<sup>2</sup>），取0.15~0.35，泥浆黏性较大时取大值，反之取小值。

钻机的定额回拖力应大于在整个拖拉管施工过程中

产生的最大回拖力 $T$

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

本次拉管采用PE管，总长200m，其中入钻角，出钻角 $\theta$ 均为15°，入土段和出土段曲线长度为34m，直线段长度为132m，管材外径0.315m，内径0.3m，管材重度9.55kN/m<sup>3</sup>，泥浆重度12kN/m<sup>3</sup>，按最不利条件，扩孔钻头外径取0.45m，迎面土挤压力取600kN/m<sup>2</sup>，泥浆粘滞系数取0.35。带入得出 $T = 188.87$ kN。则施工所用的钻机定额回拖力宜大于1.5 $T$ ，即285kN。

## 3 施工过程控制要点

### 3.1 导向钻进

导向钻进施工中最重要控制要点就是保障钻机按照设计的轨迹曲线完成导向孔施工，因此，就需要对地下钻头精准定位。本工程采用行走跟踪定位系统，导向钻头内置一个固定磁场源，磁场源发射人工磁场传到地表，操作人员在地面跟随钻头前进，用地面信号接收器接收磁场信号，根据接收信号解析计算出钻头的位置、方向、倾角、工具面角、方位角等参数，通过与设计曲线对比，随时调整这些参数，来消除施工过程中产生的偏差。

导向孔施工要做好测量放线工作，确定好管线入土点与出土点的位置和深度，并使钻机、入土点、出土点在同一直线上，确定钻孔中心线，以入土点为基准点，在钻孔中心线上每隔6m设置一个标记，在每个标记上标明该点的标高和基点的距离，作为施工测量复核的依据。

导向孔施工前，钻机应进行试运行，试运行时间一般在15分钟至30分钟，在确定钻机正常运转且钻头喷嘴正常喷射出泥浆后方可开始钻进，第一钻应轻压慢钻，稳定入土位置，第一钻完成后，应及时复核实际入土角与设计轨迹曲线是否一致，若相差较大，应将钻杆拔出重钻。曲线段钻进时，应采取分段施工，单次钻进长度不宜大于0.5m，确保钻杆延伸长度顶角变量符合钻杆极限弯曲强度要求。直线段钻进时，宜每顶进一根钻杆，测量计算一次高程，确保导向孔施工始终与设计轨迹曲线保持一致。钻进过程中，若发现附近范围有既有管线，应降低钻进速度或暂停施工，及时复合导向孔轨迹，计算与既有管线的距离，在规范要求范围内，可慢速钻进通；若相距过近，因组织专家论证进行设计变更，保障既有管线不被破坏。

### 3.2 分级扩孔

导向施工完成后，即可进行回拉扩孔施工，根据实际地质情况与周边环境，扩孔直径一般为管道直径的1.2~1.5倍。若地质条件较好，地层粘质成分多，可用清

水或较低粘度的泥浆配合刮刀钻头扩孔，自然造浆保持孔壁稳定，在农村狭窄巷道施工时，可减小扩孔直径，一次扩孔完成，降低对周边环境的影响。若地质条件较差，地层砂质成分高，则必须选用粘度较高的优质泥浆，抑制地层土体的分散，保持孔壁稳定，同时，高粘度泥浆阻力大，应增大扩孔直径，分级扩孔，保障管道回拖过程畅通。

若需进行分级扩孔，在第一级扩孔时，因随时观察扩孔过程中钻机扭矩、拉力等力学参数变化及泥浆池反浆情况，以此来判断孔内钻屑量，若较多，应清孔后再进行下一级扩孔。在最后一次扩孔的同时，应将钻杆与管材连接起来，同步进行回拉管材，当管材仅在地表拖行，还未进入导向孔中时，钻机回拉力应保持在某个较低的数值稳定不变，当管材入孔后，钻机回拉力会因为孔内泥浆阻力影响缓慢上升，这是正常现象，但如果回拉力突然上升，因及时降低回拉速度，往泥浆池中添加减阻剂，加快泥浆循环速度，降低孔内阻力后缓慢恢复正常速度施工，直至拉管完毕。

### 3.3 管道回拖

管道回拖最关键的控制要点是减少管道阻力。在回拖时，可采用发送沟减阻，当管道焊接、防腐完成并检查合格后，将管道吊放在发送沟里，向发送沟内注水为管道提供浮力，注水深度应大于管道直径的1/3，缓慢将管道送入钻孔内。管道进入钻孔时，应保证管道轴线、钻孔轴线、钻杆轴线三线合一，一旦形成夹角，在回拖力的作用下，极易造成钻杆断裂或管道破损。回拖过程中，宜连续作业，保持泥浆循环，降低阻力。

### 3.4 注浆加固

本工程采用的泥浆以一级钠基膨润土为主要原料，

膨润土具有遇水膨胀、失水收缩的特点，在施工过程中，泥浆始终在孔内循环，起到润滑、护壁作用，当管道回拖敷设完成后，若直接将该部分循环泥浆用于导向孔填充，在泥浆失水后，其主要成分膨润土也会因失水收缩体积，导致管道与钻孔孔壁之间形成空隙，造成塌孔、路面下沉等质量问题。因此，因采用水泥、粘土等防渗性较好的混合泥浆置换原循环泥浆，减小孔内孔隙，防止塌孔，降低路面沉降。

本工程采用孔内注浆的加固方式。管道回拖前，将两根同长度的钢管与PE管连接在一起，在两根钢管前面各加一根注浆花管与PE管一同拉入土中边拉边注，到达终点后，解除钢管与PE管。

## 4 结语

水平定向钻进拉管施工对场地需求低、对周边环境影响小、施工速度快，不会影响人们正常出行，施工后路面恢复快，广泛应用于市政管道工程中，尤其是不具备明槽开挖条件的广大农村狭窄巷道。

本文以工程实例为依托，分析了长距离水平定向钻进拉管施工的泥浆配置、设备选型、导向钻进、分级扩孔、管道回拖、注浆加固等全过程的控制要点，可为今后类似工程施工提供参考。

## 参考文献

- [1]臧德宣.PE管穿越高速公路的拉管施工[J].东北水利水电, 2017(7): 16-18.
- [2]陈士凯.浅析管道水平定向钻进施工工艺的控制[J].建设监理, 2017(5): 60-62.
- [3]刘旺兵.水平定向钻施工质量控制研究[J].化工管理, 2019(29): 157-158.