

# 大口径非开挖水平定向钻在东线供水工程中的对策

李健健

宁夏水利水电工程局有限公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 大口径非开挖水平定向钻进(英文简称:HDD)技术,具有保护环境,节约成本,减少对已建公共设施、构筑物的破坏等特点,广泛用于银川都市圈城乡东线供水工程项目,在管道穿越中小型河流、公路、植被、建筑物等工程项目上更加显示了特有的优势。为解决吴忠市、灵武市等重点城市区域现状存在水源地水量不足、水质恶化、保护困难等一系列水安全问题,发挥了非常重要的作用。基于此,本文主要分析大口径非开挖水平定向钻施工流程,以及施工质量主要要点,为大口径非开挖水平定向钻在水利工程施工中发挥其效益提供参考。

**关键词:** 大口径非开挖水平定向钻;水利工程;施工流程;施工质量

**引言:**大口径非开挖水平定向钻自身具备的优势较多,具有精度高,方便调整方位角及埋深深度、保护环境、施工效率高、不阻碍交通、安全性高,加快工程进度,技术成本低<sup>[1]</sup>,减少投资成本,不破坏绿地、植被和建筑,不影响居民的正常生活等优点,确保水利工程施工质量。为此,在水利工程施工中,应采取有效的措施,进行大口径非开挖水平定向钻,保证了工程质量,减少了输水成本,提升工程综合效益。

## 1 水利工程大口径非开挖水平定向钻概述

### 1.1 什么是大口径非开挖水平定向钻

非开挖水平定向钻又称拉管,就是将垂直旋挖钻与传统管线铺设相结合的一种方法,可以简单理解为将打竖井变成打具有向下弧度的水平井的一种施工工艺。非开挖施工技术是70年代末在西方发达国家兴起并逐渐走向成熟的地下管线铺设、修复和更换的新技术,是地下管线施工的一项技术革命<sup>[2]</sup>,我国自1993年开始引进我国,现已发展30多年,主要用于石油天然气长输管线、市政工程管径 $\phi 1200\text{mm}$ 以内的的钢管和PE管。

大口径非开挖水平定向钻的原理是在导向钻杆内设传感装置,在地面对传感装置的进行跟踪,准确控制导向钻头的方向及埋深。待导向钻头按预定位置出土后,卸掉导向钻头,换上回扩器,对导向孔进行分级扩孔,并根据现场地质情况配置符合现场地质条件的泥浆,对孔道进行护壁保护,最后进行管道的回拖的一种先进施工工艺。

### 1.2 工程案例简介

本水利工程施工项目共使用水平定向钻施工16处,全长累计10.3km,其中Q355B( $\phi 800\text{mm}-1200\text{mm}$ )钢管共有7.53km,钢丝网骨架PE管( $\phi 600\text{mm}-800\text{mm}$ )有2.77km。本次结合东山支线DS7+251-7+623段穿越立弘慈善大道工程案例进行分析。该案例采用水平定向钻施工,采用DN800mm3PE防腐钢管,壁厚10mm,管顶敷土3米,总长372m,大道西侧设置施工坑,另外一侧设置

接收坑,施工坑及接收坑为施工临时工程,拉管施工全部完成后,将基坑内设施拆除后,利用现有基坑布置镇墩。拉管管材施工完成后将基坑设施拆除后基坑需回填,回填满足管道横断面中的回填要求。

## 2 水利工程大口径非开挖水平定向钻施工流程分析

在Q355B钢管进入水利工程现场时,施工人员应仔细检查好钢管出厂质量证书、使用证书、试验报告等,确保钢管质量。钢管焊接完毕24h后进行探伤检测,检测合格后进行3PE防腐作业,在此基础上进行下述作业。

### 2.1 前期准备

在水利工程大口径非开挖水平定向钻施工之前,应由专业物探探测单位作探测,确定管线的路径与地下障碍和相交的位置,并在中心线上穿越障碍或者相交管线的进行标识。

其次,根据施工组织设计中确定导向钻站位、泥浆制备装置设备位置、材料堆放位置、泥浆储蓄、过滤、排放区域和工作坑空间位置。

### 2.2 导向孔

导向孔钻进利用造斜原理,在地面上使用高精度控向仪器,按预先设计的轨迹进行导向孔钻进扩孔和拉管,完成地下管道铺设的施工方法,由钻机驱动带导向钻头的钻杆,从发射坑点至接收坑钻一个与设计路径尽可能匹配的导向孔。钻孔过程,利用地表接收器实时接收探头连续或间隔地测量钻头的深度及方位角参数。司钻手根据上述参数控制钻头体的钻进方向,有时还需要变向,从而人工控制钻孔的轨迹沿预定线路前进,达到设计要求<sup>[3]</sup>。

### 2.3 扩孔

导向孔完成后,采用扩大钻头进行回拖扩孔。扩孔的目的是保证完成后的钻孔内径满足拟敷设的生产管道的尺寸要求,钻孔内径应参照结合生产管道类型和地层条件确定。现场实践经验表明:钻孔的内径并不是越大越好。应参照结合地质情况、最终孔径、管材曲率半径、机械设

备的性能,扩孔可一次性完成,也可分多次完成。

一般采用逐级扩孔,将钻孔扩大到管道回拖所需孔径,回扩终孔直径一般详见表1。

表1 水平定向钻最终扩孔直径表

管道外径 $D_1$ (mm)	最终扩孔直径 (mm)
<200	$D_1+100$
200~600	$D_1 \times (1.2\sim 1.5)$
>600	$D_1 + (300\sim 400)$

### 2.4 回拖布管

扩孔完成后,经过清孔后即可进行成品管回拖布管。成品管需提前焊接完毕,经探伤检测焊缝合格后进行防腐层保护,管材与扩孔钻头相连接端头焊接锥形拉头,然后通过单动接头与扩孔钻头连接,单动接头可防止管线与扩孔器一起回转,保证成品管能够回拖成功<sup>[4]</sup>。

## 3 水利工程大口径非开挖水平定向钻施工控制要点

### 3.1 钢管质量控制

管材质量是保证管道工程的基础,检查管道型号、规格、压力等级、编号等标识是否齐全,钢管表面是否有裂纹、结疤、对钢管的外径、壁厚、椭圆度、弯曲度、端面垂直度、坡口结两等钢管尺寸偏差进行抽查测量,验证是否达到设计和产品标准的要求等<sup>[5]</sup>。

### 3.2 导向孔轨迹设计

#### 3.2.1 地形条件

现场地形条件是直接制约和影响起始工作坑和接收工作坑位置及导向孔的轨迹设计。施工前必须认真勘察现场,包括地形、地貌以及周围建筑物、道路等、原有地下管线,地下水和地质结构等。

#### 3.2.2 各项轨道参数的确定

首先要确定钻孔类型和轨迹形式,在此基础上结合周边环境情况、现场施工面积、排水管材质、排水管型号、管径大小、排水管理设深度、施工难度大小设置适宜的起始工作坑和接收工作坑。根据《水平定向钻法管道穿越工程技术工程》标准的要求,确定轨道参数,包括入土角、出土角、圆弧过渡段曲率半径、管道埋深、管道水平长度、实际用管长度等。具体详见表2。

表2 水平定向钻先导孔轨迹参数

管材 类型	入 土 角	出 土 角	曲率半径		
			$D_1 < 400\text{mm}$	$400\text{mm} \leq D_1 < 800\text{mm}$	$D_1 \geq 800\text{mm}$
塑料管	8~30	4~20	不小于 $1200D_1$	不小于 $250D_1$	不小于 $300D_1$
钢管	8~18	4~12	宜大于 $1500D_1$ , 且不小于 $1200D_1$		

(注:  $D_1$  表示穿越管段管道外径)

### 3.3 钻机的固定

回拉管材时,铺管的回拉力一般大于钻机自重,需要采用地锚进行固定。在钻机前支撑架下铺设 8mm 厚的钢板,钢板四角打入 6m 深的 A100 壁厚 10mm 的钢管地锚,如果回拉力很大,在必要情况下,可以采用后地锚拉住钻机大梁的方法。

### 3.4 孔内的清洁状况

在开始拉管之前必须再次清孔 1-2 次,以此保证钻孔内没有过多的钻屑和泥土,减小回拖阻力。清孔时司钻手提高旋转速度,减缓拉进速度,利用挤压式扩孔钻头,将多余的钻屑挤压或拉出孔外达到清孔的目的<sup>[6]</sup>。

### 3.5 泥浆方面

钻孔泥浆由水、膨润土及各种添加剂组合而成。钻孔内始终充满足够的泥浆,保持孔内有足够的泥浆对孔壁产生的静压力从而在孔壁上形成的泥皮,可以有效地防止孔壁坍塌或剥落,并维持挖成的形状不变,并可以携带钻屑泥渣排出钻孔,同时泥浆可以冲洗机具、冷却机<sup>[7]</sup>。

在水平定向钻开始钻进到扩孔再到回拖布管时均要保证向孔内注入足够的泥浆。配置的泥浆的各类原料、原料的比例和泥浆的密度、黏度、含砂率等指标应满足施工要求,并参照结合地质情况、钻头技术要求、施工组织设计进行调泥浆的压力和流量,在专用的搅拌装置中配制,并通过泥浆循环池使用;从钻孔中返回的泥浆经处理后回用,剩余泥浆应妥善处置。

### 3.6 塌孔预防

#### 3.6.1 塌孔的原因

岩土地层原因:不稳定地层中的地层应力大于孔内注入的泥浆应力时,就会发生塌孔;岩土自身的屈服强度小于土层被钻开时孔壁挤压应力与泥浆液柱压力产生的压差时,就会产生剥落、塌孔;钻孔上部地层漏失导致钻孔内空间增大,孔内泥浆压力降低,导致塌孔。

操作原因:扩孔速度快而泥浆注入速度过慢,导致钻孔内泥浆压力较小,无法平衡岩土压应力,导致塌孔;钻孔孔圆弧过渡段曲率半径过小,在钻进过程中钻杆、扩大钻头破坏已形成的泥浆护壁,导致塌孔。

#### 3.6.2 塌孔的预防措施

(1) 岩土地层因素的措施:泥浆配合比要经过试验后严格按照配合比进行配比,保证泥浆密度和流变性能、较大动塑比值,使泥浆具有一定的液柱压力,保持泥浆的低返速,呈平板流型的状态;钻孔内的始终保持足够的循环泥浆<sup>[8]</sup>。

(2) 操作因素的措施:泥浆泵选型要符合现场实际,避免开关泵过快,保证钻孔内泥浆压力稳定,无剧烈变动;

根据地形地质及地下障碍物分布情况提前做好钻孔轨迹设计,以避免因导向孔曲率过大引起的钻具回转挤压孔壁<sup>[9]</sup>。

### 3.7 回拖布管

扩孔孔径达到终孔要求、清孔完成后应及时进行回拖管道施工准备管线回拉铺设施工前,检查已焊接完成的管线长度、焊缝、防腐的质量,保证符合设计要求。回拉管段的质量、拖曳控制装置的安装及其与管段的连接等检查合格后,才能进行拖管。回拖应从出土点向入土点连续进行,应采用匀速慢拉的方法,严禁硬拉硬拖,保证钻机注入的泥浆流量、钻机回拖力大小、扭矩大小、回拖速率等技术参数在允许的范围内。回拖过程中应有回拉管道的下方应该有采用水力发送沟或者滚筒管架发送道等形式发送装置,避免管段与地面直接接触和减小摩擦力,并保证管段曲率半径在地面阶段全程都在允许范围内,防止破坏管道。管道进入设计位置后,钻孔与管道之间的空隙宜进行填充。回拖布管应均匀、连续施工,减少钻孔内应力急剧变动,万一发生中断,中断时间不超4h。

### 3.8 施工要点

采用水平定向钻进设备铺设地下管线涉及建筑物、公路、道路、河道以及既有管线穿越时,应合理控制安全距离,以保证周边环境和施工安全在涉及高铁、铁路、公路道路、建筑物(构筑物)等对沉降要求较高区域穿越时应采取防护或保护措施。

钻机的选择要求钻机额定的回拉力至少保留30%的余量,即回拉力估算值不得大于70%的钻机额定拖力,并根据现场情况及施工工艺等具体确定。导向钻头的选择应结合地层条件、地质情况、穿越的障碍物等选定。扩孔钻头应根据地层、铺管长度、铺管外径、施工工艺等选定。控制方向仪根据穿越障碍物的类型、铺设管线长度、工程规模大小、管线埋设及施工现场环境情况选择使用。

水平定向钻必须事先进行试运转,确认各部分工作正常后才能进行钻孔;钻孔时保证钻进速度稳定,避免突然加速或者减速,控制钻杆前进力的大小和钻进方向,保持钻头正确姿态,发生偏差应及时采用小角度逐步纠偏进行纠正;钻进过程孔道的轨迹偏差应该小于最终钻孔的内径,若轨迹偏差超出误差允许范围宜采用退回后重新钻进的方式进行纠偏。

首根钻杆进行入土钻进时,采用减缓钻速降低钻进压力的方式,以此确保钻进导入位置和保证入土角在设计要求的范围内,且在入土点和出土点形成直线长度宜控制在二十米左右的的倾斜直线段。之后钻进的每根钻杆均要进行钻进长度、埋深、偏差等的控向探测,特别是在入土造

斜段和出土造斜段应加密探测。

回扩从出土点向入土点进行回拖,扩孔过程中要确保回拖力、钻进速度、泥浆流量等技术参数要符合设计要求,确保孔洞稳定和管线顺直,没有塌方、孔洞缩孔等现象;

PE管道连接要求热熔对接连接完成后对接头进行100%卷边对称性和接头对正性检验应对开挖敷设不少于15%的接头进行卷边切除检验水平定向钻非开挖施工进行100%接头卷边切除检验。

管段回拖后的保证入孔管线形顺直,没有异常弯曲变形,管段的实际曲率半径在设计要求允许的范围内。敷设管道和发送管段时,钢管内侧防腐层要求没有损伤,管段没有变形,发现损伤要及时进行修复;回拖后拉出孔洞段的管道要求内外侧防腐层没有损伤,面层完整、紧贴管身无脱落现象。

## 4 结论

综上所述,在水利工程进行大口径非开挖水平定向钻施工时,其施工人员应明确施工工序,并做好管道焊接质量把控,并从导向孔轨迹设计、终孔直径符合规范要求、钻机的固定、清孔、采用泥浆护壁平衡地层压力时防止塌孔,回拖过程应连续施工进行,保持泥浆循环,以此确保大口径非开挖水平定向钻顺利完成,在降低输水成本时,提升水利工程综合效益。

### 参考文献:

- [1] 吴玮祥. 燃气管道水平定向钻施工时风险因素的影响[J]. 上海煤气, 2020(3): 9-12.
- [2] 曲春林. 非开挖水平定向钻具(HDD)的分析与应用[J]. 建筑科学与工程, 2018(2): 55-58.
- [3] 蒋鹏飞. 浅谈非开挖技术在文物构件工程施工阶段监理特点[J]. 城市建设, 2010(4): 78-80.
- [4] 江西建工第一建筑有限责任公司. 非开挖定向钻进铺管施工方 CN202110185406.1[P]. 2021-06-18.
- [5] 石贤增, 李子涵, 康小方等. 水平定向钻管道回拖影响因素的显著性分析[J]. 湖北理工学院学报, 2021(6): 34-40.
- [6] 祁开云. 浅析如何提高压力钢管焊接射线探伤一次验收合格率[J]. 农业科技与信息, 2020(19): 121-128.
- [7] 吴红建. 水平定向钻在城市地下管线中应用[J]. 非开挖技术, 2014(2): 31-35.
- [8] 乔瑞. 泥浆护壁技术在复杂地质条件下钻进研究及应用[J]. 低碳世界, 2021(9): 90-91.
- [9] 朱春山. 浅析污水管道工程中非开挖牵引管方法应用[J]. 四川水泥, 2017(3): 319.