

城乡供水一体化供水管线敷设中水平定向钻运用分析

师恩昊

郓城县水浒城市建设投资有限公司

摘要：为解决特殊地段供水管线明挖困难的问题，减少对当地环境的影响。本文结合实际案例，基于水平定向钻技术优势，以某市城乡供水一体化典型镇改造项目为研究对象，阐述水平定向钻敷设地下供水管线的施工流程。经验证，本案例所应用水平定向钻施工方法效果良好，能够在保证项目施工进度的基础上，节省施工成本，以望借鉴。

关键词：城乡供水一体化；供水管道铺设；水平定向钻技术；技术应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.02.070

引言

水资源在社会生产以及人们日常生活中，具有举足轻重的地位。在新发展格局之下，为解决城乡供水发展不均等问题，保障乡村群众与城市居民水资源需求，城乡供水一体化工程数量增多，对施工技术先进性，提出了更为严苛的要求。如何在保障工程质量同时，降低成本，已然成为施工企业关注的问题。而水平定向钻因具备诸多优势，故被广泛应用。

一、基于优势分析视角的水平定向钻技术

（一）适应性强

水平定向钻机可在不开挖情况下，完成多类地下公用设施铺设，工作环境温度可接受温差近乎60℃，在-15℃~+45℃环境下都能正常运转，不论是防渗作业，还是管道铺设都能较好地完成，同时其还能高效加固公路、铁路及跑道地基，应用前景较为广阔。

（二）成本造价低

在城市供水管道铺设作业中，水平定向钻技术较为常见。此项技术的介入，可减轻房屋拆除作业不良影响的同时，减少管线使用频次，有着较为直观的经济效益和社会效益。且水平定向钻技术与其他开挖工艺相比，进场地速度也相对较快，对施工场地环境并未有太大要求，施工单位无须太高造价投入，即可顺利地完具体的施工计划^[1]。

（三）地面损害小

水平定向钻技术不需要开挖地面，即可实现城市供水管道铺设，不对地表的损坏，自然不会对周围环境造成影响，高度适应环保、可持续发展的各项要求。同时水平定向钻技术还可保证实现定向控制，凭借精度高、速度快等施工优势，被广泛应用于河流、公路及建筑物工程中，不仅不用开挖，还能减少工作投入量，促使管道使用寿命更有机加长。

二、水平定向钻在城乡供水一体化供水管线敷设中的具体应用

（一）工程概况

某市城乡供水一体化典型镇一户一表改造项目，涉及近15个行政村，需要从典型镇配水主管处接出多个次主管和支管，保障各个行政村的用水需求能够被顺利满足。工程共分两期完成，一期工程投入1.88亿元，主建设输水管线长度约26.8km，同时还要配备5座蓄水池、50座阀井等附属建筑物；二期工程投资1.90亿元，主要建设高等级蓄水池6座，分水口15座以及阀井60座。

工程项目点多，涉及面广，整体的征地协调工作量巨大，施工情况较为复杂，自工程开工以来，管道施工进度离预期目标始终存在一定差距。施工作业差的滞后，主要体现在如下几个方面。1）镇主村道水泥路面多属于村民自行建造，政府所修建的相关干道，并未顺利通过竣工验收，管道施工征地十分困难。2）部分水泥道路路面存在程度不一的，暗含排水渠开挖施工管道敷设条件并不具备。基于现实状况，计划采用水平定向钻来实现地下管线敷施工，尽可能在不开挖水泥路面的背景下，顺利完成所有的供水管线敷设，以有效解决施工之中的各项难题。

水平定向钻采用的是当地专业工程机械公司生产的，具体参数规格如下表1所示。

表1 型号为X Z 320D的水平定向钻相关参数

X Z 320D 水平定向钻				
最大进钻力 (单位: KN)	发动机功率 (单位: kW)	工作质量 (单位: kg)	最大输出扭 矩(单位 KN.m)	额定电压(单 位: V)
320	154	11500	12	24

基于工程实际需求，明确指出，地下管线敷期间，要严格控制水平定向钻的钻孔速度以及拉管速度，精准将时速分别把控为0.5—1.0m/min；1.0—2.0m/min。

（二）施工难点及应对策略

工程区域多为砂质黏土，绝大部分都呈可塑状态。其中砂粒含量已明显超过20%。借助水平定向钻施工期间，极易造成坍塌、垮孔等状况，无法顺利定型成孔；同时受定型效果不佳的影响，施工作业期间，极易出现偏离等状况，使得纠纷操作进行起来十分困难；托管作业展开期间，受多方因素影响，所产生的摩擦力相对较大，极易出现钻杆抱死等不良现象，严重影响施工的正常进度^[2]。

故而基于施工可行性视角，施工作业人员严格依据所在地域的沙土黏土层含沙量特征以及管线长度特点，计划采用下述几方面手段加以解决。一、针对支管管线短沙土层含沙力小的相关地段，可适时增加泥浆黏度，

以优质调和泥浆配比等行为，强化孔壁稳定度，同时，还要在孔壁之处涂抹厚度较高的泥皮，确保达到管道回托力顺利增加功效。PE给水管的管道壁厚也要有所增加，尽可能从原先的6.6mm增加至10mm。进而保障供水管线顺利回拖的前提背景下，也能够使得管材使用寿命以及使用年限得到有机增长。二、针对管线相对较长，区域可通过工作井数量增加，尽可能将每节点段位的管线控制在最小范围之内，达到管线偏离托管困难问题有机解决的目标，从而有效减少钻杆抱死等风险的出现频次。同时，基于施工可行性要素，还要严格依据现场施工环境特征，明确增加作业井的具体数量，并确保每段管线都控制在长度近100m左右，以此为后续的管线开孔作业顺利落实提供可能。三、针对砂土层含砂量较高、

塌孔事故易发生的特殊地段，要具体问题具体分析，一旦发现回拖力已经大于管道可允许回拖力时，要立即采用注浆固孔工艺，实现孔壁加固处置，并将注浆专业材料注入松散的沙层之中，以顺利达到孔壁稳定度有机提升目标。在此需注意，注浆固孔作业进行期间，固结体强度要有所控制，严禁因固结体强度过大，而使得整体的扩孔作业难度出现不可控增加。

(三) 施工方案优化设计

为进一步验证水平定向钻施工工艺属于与工程适配度最佳管道施工技术，施工人员还有意识地将顶管法、盾构法与水平定向钻法实现了对比，并将这些常用管道穿越施工技术的优点以及适用范围加以总结，具体详情见表2。

表2 四种常见的施工方法参数对比表

施工工艺	顶管法	盾构法	水平定向钻法
优点	实际施工精度高	施工速度快	施工速度快、时效性强
缺点	施工所需成本投入高	施工所需成本投入高	施工精度相对较低
适用管径	300mm—4000mm	300mm及以上	范围广泛，300mm—1000mm都较为适用
适用地质条件	各类土层	各类土层	除砂卵石、含水地层，其他都较为适用
施工精度及距离	精度小于50mm 施工距离较长	精度不可估量 施工距离较长	精度较高，多小于1000mm； 适合埋深大，且长距离管道施工

考虑到前两种施工工艺，建设成本投入都相对较大，经综合对比后，基于最优经济原则，依旧决定采用最初设定方案，借助水平定向钻来敷设工程地下管线。

(四) 水平定向钻施工技术要点

地下供水管线利用水平定向钻机开展敷设作业时，工作机理如下：首先要借助导向钻头，严格以预定的轨道为依据，实现导向孔钻进处置，随后即可卸下导向钻头，并将导向钻头换为扩孔钻头，并加以回拉钻杆接上处置，通过反向扩孔等行为，实现孔渣清理、锡纸清孔操作。最后完成供水管线紧密焊接，具体的施工流程如下^[3]。

1. 施工准备

水平定向钻施工属于持续运作的系统性过程，故而在具体施工期间，必须优化施工作业布局，切实落实好施工准备工作，进而保障整体的施工作业能够顺利落实。本案例基于现实需求，计划将施工准备工作细化成

下述几步，1) 切实明确管道走向。2) 在钻机顺利就位之后，要用前后地锚实现加固处置，在此时，一定要保障地锚可承受钻机最大推力以及最大回托受力明显大于设计标准值。3) 基于最优配比，完善泥浆配置。4) 水平定向钻的穿越入土角、出土角相关角度必须严格控制在8°—15°，曲率半径不可超过1500D。

2. 现场勘查测量

为保障管道穿越施工顺利落实，在现场还要有意识地对管道途径范围内地形地貌以及水文实践统筹细致勘察，快速了解施工现场土层结构以及地下管线分布状况，勘察所生成的所有数据要及时与管线以及道路所属部门时间沟通交流，进而为达到管线穿越最优化设计提供价值参考。以本项目为例，作业人员基于现场勘察结果，对现场土层的分布以及土层层高标高实现了总结，详情见表3。

表3 现场土层（自下而上）分布及层底标高

土层		粉质黏土	黏土	淤泥质粉质黏土	粉质黏土	素填土
特征		灰色，干强度及韧性均属中等	灰黄色，可塑，韧性高	流塑，混有碎贝壳等相关杂质	软塑、光泽浅	松散，局部混有碎砖
厚度（单位m）	Max（最大值）	5.20	5.40	8.90	5.00	6.55
	Min（最小值）	1.20	0.85	0.65	0.41	0.50
层度深度（单位m）	Max（最大值）	6.80	3.52	5.21	2.18	6.21
	Min（最小值）	3.60	3.21	2.10	1.20	2.16
层度标高（单位m）	Max（最大值）	-6.23	-3.69	-0.25	0.20	1.14
	Min（最小值）	-11.04	-10.23	-10.66	-10.34	-4.52

3. 钻导向孔

钻进作业期间，司钻手旁部的摇显器以及空项仪要

实现紧密配合，实时对钻头位置实现探测分析，并基于钻头所处方位有序调整钻进的布局轨迹，使其能够更加

符合设计线路发展需求,进而保障管道符合设计施工安全标准。以本工程为例,相关作业人员基于现实钻导向孔需要,对具体的工作频次实现了规定,要求每根钻杆的测量次数不可低于一次,如若发现偏离设计轨迹问题出现,要立即反映,及时实现纠纷处置。在纠偏渐进期间,还要确保施工设备作业频次,不仅在一根钻杆内,完成所有的纠纷操作,最后,在司钻、控向、配浆等作业展开期间,还要密切配合,重点关注各个工作仪表的实时状态^[4]。

4. 泥浆循环

当泥浆循环处于正常运转状态,钻屑即可顺利排除,并使得整体的钻孔压力始终处于稳定状态,故而施工期间要针对不同阶段施工条件,设计施优化的泥浆配方,以优质配比,为泥浆稳定循环提供可能。针对导向孔钻进这一阶段,考虑到泥浆循环作业极易将孔中的泥沙带出,为此可适时在泥浆之中加入含量为0.4%的增稠剂以及3%的降滤失剂;针对扩孔扩张这一阶段,为确保孔壁稳定性更佳,严防坍塌事故发生。要适时强化泥浆携带能力,自觉在泥浆之内添加0.7%含量的增稠剂以及6%的钠基膨润土;针对扩孔回拖环节,为进一步保障此环节拥有较优质的护壁功效,可适时在泥浆之中加入含量约为3%的润滑剂以及0.5%左右的降滤失剂;

5. 扩孔与清孔

基于对现实需求的考量,作业人员计划在本工程中采用膨润土泥浆这一材料,实现清孔护壁工作,以此保障钻孔能够出现稳固不坍塌现象,为后续顺利拖管提供可能。

6. 管道连接

管道连接可接触热熔连接这一行为完成,首先将预连接的两管道放置在专业夹具上加以固定,随后再借助移动夹具,使其能够全方位接触,最后实现加热处置,待整体的加热板,加热温度已然顺利达到230℃时,即可及时将加热板撤出,并凭借人工操作用力将两管道连接在一起。

7. 回拖供水管线

回拖供水管线期间,为保障回拖工作顺利运转,可借助滚筒这一器具,实现供水管线保护并维持拉管时速。同时,还要保障示踪线以及供水管线实现同时回拖,并严格基于仪表盘的现实读数,自觉对钻进参数实现科学布局。待供水管线回拖完毕之后,要将其静置至少两天,等到穿越期间的所有拉伸应力都顺利得到释放之后,再实现两端管线的有机相连。最后为优化保障本工程在践行期间管线能够实现,顺利三通相关作业人员还严格基于现场其他管线的埋深位置以及深度计划,将现场供水管线的回拖埋深把控在1.5m左右,并提前将三通位置的工作坑实现开挖,旨在保障供水管线能够时刻处于水平不偏离状态,严格避免管道曲率因过大,而影响整体的三通施工开口作业进度。

8. 工作井回填

为完善工作井回填成效,本项目在工作井回填作业

展开前,就自觉地对供水管线实现了水压试验,同时为保障实验数据更为精准,还首先将其浸泡两天左右,随后再落实的水压预实验以及水压主测验。在测验期间,要求时刻保持试验压力处于恒压状态半个小时,且压力值不可低于0.04MPa。直至水压预实验顺利合格之后,即可落实后续的水压主实验,判断在一个小时之内,将管道泄水降压至管道工作压力范围内,是否存在明显漏水问题。如若水压预实验以及水压主实验的生成效果都顺利达到设计标准值,则证明此段供水管线的敷设合格,即可顺利完成后续的施工数据生成以及技术验收工作^[5]。

(五) 实施效果

首先,施工进度得到了一定加快,借助水平定向钻,实现地下供水管道辐射,不仅消除了征地矛盾,而且还有机缓和了施工单位以及村民之间的对立关系,对于项目周期的有机缩短及明显促进作用。

其次,项目投资成本明显降低,因部分村道及水泥路面下层存在一定的暗涵以及多数量的排水沟,采用传统的开发手段不仅会对这些原有的暗区排水沟实现破坏,而且还会在潜移默化中增加日后修复以及拆除的投入费用。而借助水平定向钻实现施工,不需要对路面实现开挖。经工程初步预算统计,每米的供水管线可节约实体投资成本近620元,经济效益十分优良。

最后,项目产出质量以及安全生产得到了有机保证,借助水平定向钻施工这一手段,有效避免了三级、四级公路横穿开挖施工的进行,不仅会减少对村民出行的影响,还能够降低路面施工不安全因素的出现频次,使得原本更为零散的管线能够有序成为一个完整管网整体,为更为优质施工效果的生成提供可能。

结论

综上所述,大力推进城乡供水一体化工程建设期间,因涉及范围较广,为此可能会遭遇诸多特殊情况,严重影响施工正常进度,本文基于对实际状况的考量,就决定借助水平定向钻法完成地下管线的敷设,此行为有效地解决了特殊地段无法顺利横穿难题,三、四级公路可避免直接横穿开挖施工,村民出行难题得到解决,给工程进度和工程介入成本控制都带来了较优质的介入效果,值得被类似工程借鉴。

参考文献

- [1]石硕,苏思.基于实例分析水平定向钻法管道穿越设计[J].重庆建筑,2022,22(07):32-34.
- [2]刘海.浅谈农村饮水项目水平定向钻施工技术与安全管理[J].河北水利,2022(06):44-45.
- [3]陈金象.水平定向钻在城乡供水一体化供水管线敷设中的应用[J].水利科技,2021(02):23-24+29.
- [4]武建泽.市政给水工程中水平定向钻穿越技术施工[J].中华建设,2021(03):126-128.
- [5]焦广宇,陈杨,曹良,等.供水管道水平定向钻穿越航道关键技术研究——以闽江水平定向钻穿越工程为例[J].安全与环境工程,2021,30(01):46-55.