水平定向钻施工技术在污水管网中的应用

Application of Horizontal Directional Drilling Construction Technology in Sewage Pipe Network

张圣昌 殷建飞 崔成华

Shengchang Zhang Jianfei Yin Chenghua Cui

中交二航局第一工程有限公司
中国·湖北 武汉 430012
The First Engineering Co., Ltd. of China
Communications Second Aviation Administration,
Wuhan, Hubei, 430012, China

【摘要】乡镇生活污水多为直接排放至就近河流、沟渠,导致生活环境越来越差,而且乡镇房屋位置错综复杂,无统一规划,对生活污水的治理造成了很大的麻烦。论文结合中交二航局沙市区基础设施建设项目工程总承包项目 EPC 项目——沙市区乡镇生活污水治理项目的实施情况,总结了水平定向钻的工艺及要点,希望对类似的项目起到一定的借鉴作用。

【Abstract】Township domestic sewage is mostly directly discharged into the nearby rivers and ditches, resulting in worse and worse living environment. Moreover, the complex location of township houses and the lack of unified planning have caused great troubles to the treatment of domestic sewage. This paper summarizes the technology and key points of horizontal directional drilling based on the implementation of the EPC project of infrastructure construction project in Shashi district, and hopes to provide some reference for similar projects.

【关键词】生活污水治理;水平定向钻;施工工艺

【Keywords】sewage treatment; horizontal directional drilling; construction technology

【DOI】10.36012/etr.v2i3.1399

1 概况

1.1 项目概况

沙市区乡镇生活污水治理项目分布在关沮、锣场、岑河、观音垱四个乡镇,由 100km 污水主管网、40km 分支管网、3 座提升泵站和 1 个污水处理厂升级改造项目组成,污水检查井采用钢筋混凝土结构,共计 1140 座,其中岑河镇污水管网主管设计共 10426.8m,其中 7094.67m 为水平定向钻施工。

1.2 项目特点

根据地勘报告,岑河镇地质主要以粉质黏土和淤泥质黏土为主,土体成软塑和流塑状,稳定性较差,且地下水位高,大部分管线的施工面狭窄且靠近民居,施工难度大、安全风险高。

2 主要施工工艺及方法

水平定向钻施工可分为导向、扩孔、拖管、收尾(注浆加固)4 个步骤^[1],如图 1 所示。

图 1 施工工艺示意图

2.1 导向

水平定向钻施工过程中为保证施工后的管道达到设计的标高要求,在施工中导向时的标高精确控制起到了决定性的作用^[9]。以穿越液化气站段拖拉管为例,本次水平定向钻施工过程中的起始坐标分别为预制场(87739.9176,51307.5404)、安心路(87842.7213,51263.9331)。污水处理厂的污水进水检查井(87821.846,51272.88)处管道标高最低,所以本次导向线路呈现不标准 V 字形。其中污水处理厂污水进水检查井处管内底标高为 24.2,预制场处管内底标高为 24.768,安心路 AX2 井处管内底标高为 24.223。预制场内 8 号点距离钻机入土点水平距离 20m,出土点距离 46 号点水平距离 25m。导向线路如图 2 所示。

图 2 导向线路图

为得到精确的导向控制点的数据,在地形图上进行对照,得出准确的控制点坐标,如图 3 所示。

图 3 平面纵面对照图

根据对照图制作精确的导向路线表格,本次施工中 dn710PE100 管每米重 655(外径-壁厚)×55(壁厚)×3.142×1×0.958÷1000=108.44kg/m,每米拖拉管排水重量 0.355×0.355×3.14×1×1000=395.72kg,而且泥浆的密度大于水的密度。拖拉管在已扩的孔洞中如图 4 所示。

图 4 拖拉管在已扩孔洞中的位置

为保证管道的标高与设计相符,导向标高为管内底标高+内径+壁厚-0.45m,如表 1 所示。

表 1 导向控制点表格

序号	坐标		导向 标高	地面 标高	深度	备注
	X	Y				
1	87721.5075	51315.335	29.63	29.63	0	
2	87724.0284	51314.285	28.1965	29.6	1.4035	
3	87726.6177	51313.1859	27.1553	29.56	2.4047	
·	·	·	·	·	·	
·	·	·	·	·	·	
8	87739.9176	51307.5404	24.973	29.45	4.477	
9	87742.6805	51306.3717	24.954	29.43	4.476	
10	87745.4434	51305.2029	24.7297	29.44	4.71	
·	·	·	·	·	·	
·	·	·	·	·	·	
38	87821.846	51272.88	24.305	30.23	5.925	
·	·	·	·	·	·	
46	87842.7213	51263.9331	24.428	32.13	7.702	
·	·	·	·	·	·	
·	·	·	·	·	·	

根据表 1 提供的控制点坐标采用 GPS 仪器进行沿管线线路测量放点,在行车路面上采用红色喷漆标记控制点,在非行车路面设置一木桩(有障碍物的除外)标记控制点,木桩与木桩间通过撒白灰连接,对两相连邻的观测点进行编号,两控制点之间间隔 3m。因本次施工过程中,管道导向、扩孔、拖管都会穿越液化气站,施工前需对管线沿途建筑进行监测,并记录原始数据,方便与后期监测数据对比,保证施工安全。

本次施工采用手提步履式导向仪。导向仪应定期进行计量鉴定。校准合格的导向仪方能使用。根据地质资料分辨施工场地的地质,根据地质选择不同的钻头。钻机启动后观察钻机的运转是否正常;第一根钻杆入土钻进时,按设计角度缓慢稳定的钻入土层中;导向孔钻进时,按照设计轨迹钻进,并按要求进行记录:①导向仪反馈并记录的数据,应符合表 1 要求,并按记录绘制钻孔轨迹剖面图。②造斜段段钻进时,应根据现场实际情况调整推进力,避免对钻杆造成不可恢复的形变;③造斜段钻进时,每次前进长度宜在 1m 以内,采取分段施钻,同时应观察钻杆的弯曲的度数,弯曲度数不得大于钻杆极限弯曲度数,且弯曲度数应变化均匀;④导向时相邻两观测点之间轨迹偏离误差应小于等于扩孔时的最大孔径,发现偏离过大时,收回该段钻杆然后改进角度后重新钻进。

导向钻头类型和尺寸可参照表 2 选用。

表 2 钻头类型和尺寸

序号	岩土类型	钻头类型和尺寸
1	淤泥	较大掌面的铲形钻头
2	淤泥质黏土	中等掌面的铲形钻头
3	黏土	较小掌面的铲形钻头
4	砂层	小锥形掌面铲形钻头
5	砂、卵、砾石层	中等尺寸弯接头合金钻头
6	岩层	孔底动力钻具

定向钻穿越的覆土深度应符合专业规范要求；当无特殊要求时,覆土深度应符合表 3 的规定。

表 3 最小覆土深度

序号	项目	深度
1	城市道路	与路面垂直净距>1.5m
2	公路	与路面垂直净距>1.8m;路基坡角地面以下>1.2m
3	高速公路	与路面垂直净距>2.5m;路基坡角地面以下>1.5m
4	铁路	路基坡角处地表下 5m;路堑地形轨顶下 3m;0 点断面轨顶下 6m
5	河流	一级主河道百年一遇最大冲刷深度以下>3m
6	河流	二级河道河底最低标高以下>3m,最大冲刷深度以下 2m
7	地面建筑	根据基础结构类型,经计算后确定

注:管道上方必须有管径 5~6 倍以上的覆土。

水平定向钻导向如图 5 所示。

图 5 水平定向钻导向

2.2 扩孔

扩孔时,终孔孔径等于管径的 1.2~1.5 倍,扩孔时最大孔径可按表 4 选用。

表 4 终孔孔径的选择

序号	生产管直径 D/mm	钻孔扩孔直径/mm	备注
1	< 200	D+100	
2	200~600	D×(1.2~1.5)	
3	> 600	D+(300~400)	

扩孔时扩头必须有不间断的泥浆喷出。

扩孔钻头类型选择可参照表 5 选用。

表 5 扩孔钻头适用的地层

序号	钻头类型	适用地层
1	挤压型扩孔钻头	松软地层
2	切削型扩孔钻头	软土层
3	组合型扩孔钻头	属应用较广的普通型扩孔钻头
4	牙轮型扩孔钻头	硬土和岩石

扩孔中出现钻杆拉力或扭矩过大,对已扩孔洞“洗孔”。

定向钻进在不同地质中泥浆性能指标应符合下列要求,如表 6 所示。

表 6 泥浆黏度表

项目	管径	地质/s					
		黏土	亚黏土	粉砂 细砂	中砂	粗砂 砾砂	岩石
导向 钻孔	/	35~40	35~40	40~45	45~50	50~55	40~50
扩孔 及回 拖	φ426 以下	35~40	35~40	40~45	45~50	50~55	40~50
	φ426~711	40~45	40~45	45~50	50~55	55~60	45~55
	φ711~1016	45~50	45~50	50~55	55~60	60~80	50~55
	φ1016 以上	45~50	50~55	55~60	60~70	65~85	55~65

泥浆 pH 控制在 8~10。掺入一定量的润滑剂的泥浆适合砂土和卵砾石等地质中使用。定向钻进施工过程中泥浆应不间断地注入。泥浆应事先配置好,从钻孔内返出的泥浆应符合下列处理要求:①净化处理后回收再利用;②废弃泥浆应妥善处置。水平定向钻扩孔如图 6 所示。

图 6 水平定向钻扩孔

2.3 管道焊接并拖管

为保证施工快速完成,管道焊接在钻机进场时同时开始焊管,以便扩孔完成后能立即开始拖管防止孔洞坍塌。

2.3.1 HDPE 管的检查

①观察管道内外是否平整,观察管道有无缺陷裂口。②管道的端口面应与管道中轴线垂直,管道中心线不能有明显的弯曲,管道内外径尺寸及圆度应满足要求。管口不平整的应先削平。③管材内各项指标应满足设计要求。

2.3.2 HDPE 管的焊接及回拖

管道焊接时选取的场地要平整且能摆放焊接好的管道,管道焊接时管道要顺直。焊接时先用削割器将管道口削平,使管口能密封对接,焊接时焊片先预热至 210℃,使管端压紧在

焊片上,在两管端周围熔化成环状凸起。为防止熔化端面 PE 材料失去活性而不能连接在一起,加热时焊片温度必须控制在预先设定的范围内。加热完成后迅速移出焊片,之后将管端推进至结合,形成两侧翻边、内外翻边的环状凸起,熔焊接头自然冷却至少 30min。管道焊接如图 7 所示。回拖过程中注意钻杆的扭力及速度,及时调整。拖管过程中对沿线构筑物进行监测,当超出预警值时应及时采取措施。管道回拖前检查拖拉管尾端是否封堵严实,确保管道进入孔洞后不会灌入泥浆,管道回拖如图 8 所示。

图 7 HDPE 管道焊接

图 8 管道回拖

2.4 注浆加固

管道回拖时,将两根 d25 的钢管与管道一起回拖,回拖前将钢管出浆口堵住。回拖完成后将制作好的水泥浆注入,当钢管口出浆后将钢管回拖,回拖 1m 注浆一次。

由于终孔孔径大于管径,铺管后留下的空洞会对临近构筑物造成较严重的影响。非开挖工后注浆利用水泥泵将浆液注入孔洞空隙处形成固结体,加固了土层并减少上部地层沉降。注浆开始水泥浆液流动性最好,充填较大的孔隙,与周围土体固结成为一个坚固的整体,凝固后的固结体还能起到对管道的保护作用。为提高浆液的性能,可以在浆液中添加一些外加剂。常用的外加剂其分类和作用如表 7 所示,注浆工艺如图 9 所示。

表 7 常用水泥外加剂

外加剂种类	作用	分类
减水剂	通过降低水灰比来改善水泥浆液流动性	木质素磺酸盐类; 芳香烷基磺酸盐类; 水溶性树脂磺酸盐类; 糖蜜类; 腐殖酸类
早强剂	加速水泥硬化过程, 提高水泥早期强度	无机化合物类; 有机化合物类; 复合类
速凝剂	缩短水泥凝固时间	水玻璃; 氯化钠; 碳酸盐; 磷酸盐; 硫酸盐; 铝酸盐; 低分子有机酸盐
缓凝剂	延缓水泥凝结时间	无机化合物; 有机化合物

水玻璃少于 2% 时,水泥浆凝固时间加长; 掺量为 2%~3% 时,起速凝; 掺量为 20%~30% 时,形成一种凝固时间短强度大的浆液。

2.5 造斜段的处理

水平定向钻管道回拖时在管道尾端系上一根细铁丝。铁丝长度为 L1,当铁丝整段进入土坑时停止回拖,则管材在出土端的位置正好在设计位置。在出土端的空洞用砂注满,保证地面不塌陷。

图 9 注浆工艺示意图

(下转第 103 页)

施工工作,并且要定期检测以及预压挂篮,以此保证挂篮的各项性能。同时,对于温度变形及支护的影响,要从施工技术方面控制。模板爬升、刚架吊装是索塔施工过程中较为常用的施工工艺,应根据索塔施工设备和材料的材料和结构合理选择。对于长斜拉索施工,考虑抗风、抗震,可以考虑采取单侧固定的方法检查对振动的影响;钢梁施工要选取符合国家和设计标准的材料,在安装时要注意温差对材料本身和形状的影响;合龙梁段施工应防止施工荷载,采取防止裂缝的产生、荷载失衡的变化及预埋临时连接钢的有关措施。

2.2 在悬索桥中的应用

对于悬索桥的建设施工,要从锚锭的吊装施工、锚锭路面的架设施工、索力调整以及大体积混凝土的施工等方面入手,做好这方面的质量管理以及施工工艺的监管。在锚锭路面架设施工中,要监测塔身偏差和受力索的垂直度;索力的调整,要以设计参数和现场施工实测值为依据;做好塔顶位移情况的测量,结合其设计要求制定科学的安装计划,注意实时修改合龙段长度,确保施工现场的安全和质量水平;在进行大体积混凝土施工过程中,要加强对温度的关注和控制,在必要条件下采用水冷、优化水泥选择、掺外加剂、错开施工等措施,避免因混凝土内应力而产生裂缝和离析。

2.3 拱桥中的应用

拱桥是一种特殊结构的桥梁,主要是在竖向荷载作用下,

承受结构拱肋压力的桥梁。它对桥梁的建设基础有更高的要求,因为其支架需要同时承受垂直和水平两个方向的压力。拱桥建筑具有悠久的发展历史,随着现代无支撑桥梁施工技术的兴起,拱桥建筑面临愈发激烈的新兴行业市场竞争。在城市大跨度桥梁中,根据桥梁结构的不同,可以分为上中上承、中承和下承三种。根据其桥梁施工工艺的不同,还可以分为混凝土拱桥、混凝土组合钢管拱桥、石拱桥等。

3 结语

面对大跨径桥梁施工技术这一贯穿于施工全过程的先进技术,施工人员必须不断加强对其实效性、协调性、技术性等多方面的改造,这是现代桥梁行业发展的必然需求。除此之外,桥梁工作者应该不断突破高跨度的桥梁施工技术,推进中国的桥梁建设发展,在依托全球范围内先进的大跨度桥梁施工技术基础之上,努力建设出安全性强、创新程度高的大跨度桥梁,以此实现经济效益和使用效果的最大化。

参考文献

- [1]秦元帅.大跨径桥梁施工技术探讨[J].科技信息,2019(11):37.
- [2]孙永山,王思璇.大跨径桥梁施工特点[J].黑龙江交通科技,2018(6):18.
- [3]朱自成,周亮.解析我国大跨径公路桥梁设计规范关键问题[J].广东科技,2018(9):24-25.

(上接第 101 页)

在钻机处的造斜段(见图 10)分为三种情况:一是管材长度略大于 L_3 ,管材恰好在井位处,在井位处将管材与钻杆分开并将管材口堵住,造斜段孔洞处用砂注满。二是管材长度为 L_2+L_3 ,井位在找平处,在井位处将管材割断,多余的管材拉出,将造斜段处空洞用砂注满。三是管材长度为 L_2+L_3 ,井位在造斜段上,需将造斜段挖开(周边无构筑物,且管道埋深浅,满足开挖条件时进行开挖将管道放平;管道较深时,需进行支护,并对支护和周边构筑物进行沉降位移监测,支护完成后开挖将管道放平),将管道放平,然后回填恢复。

图 10 造斜段示意图

3 注意事项

①水平定向钻施工过程中,因为扩孔产生的孔洞会造成

管线上的构筑物沉降或开裂,为保证施工的安全性,在施工过程中应加强对管线周边构筑物的监测。

②水平定向钻施工时,导向标高控制及泥浆配置是关键。导向时可以适当增加观察频率,泥浆应先进行试验,确定泥浆配比及添加剂的加入量。

4 结语

中交二航局沙市基建 EPC 项目——沙市区乡镇生活污水项目污水管网采用水平定向钻施工工艺,有效地解决了地质复杂、空间受限、协调难度大的难题,安全有序地完成了沙市区乡镇生活污水管网的整体贯通。

参考文献

- [1]谢雁.市政给排水管道不开槽施工定向钻法施工方案[J].世界华商经济年鉴·城乡建设 2013(3):158.
- [2]赵喜平.PE 管道连接方式[J].安装,2004(3):23-25.
- [3]章长松.注浆防治非开挖铺设大口径管线引起地基变形的试验研究[J].建筑施工,2010,32(1):77-79.