

供水工程拉管施工中的关键技术探讨

马占斌

宁夏水利水电工程局有限公司 宁夏 银川 750000

摘 要：本文以固海扩灌扬水更新改造工程西吉供水工程为例，详细探讨了供水工程拉管施工中的关键技术，包括工程概况、地质条件分析、拉管设计参数、施工准备、定向钻施工、钢管焊接、管道补口施工、施工工艺及技术措施等方面。通过系统的分析和实践总结，本文旨在为类似工程提供技术参考和借鉴。

关键词：供水工程；拉管施工；定向钻；钢管焊接；质量控制

1 引言

随着城市化进程的加快和基础设施建设的不断完善，供水工程作为城市生命线工程的重要组成部分，其建设质量和效率越来越受到关注。拉管施工作为一种非开挖施工技术，因其具有施工周期短、对环境影响小、施工精度高等优点，在供水工程中得到了广泛应用。本文结合固海扩灌扬水更新改造工程西吉供水工程实例，对拉管施工中的关键技术进行深入探讨。

2 工程概况

固海扩灌扬水更新改造工程西吉供水工程位于固原市原州区中河乡上店村，主要包括二泵站压力管线和重力流管线两部分。二泵站压力管线起点位于二泵站后池出水管0+000处，终点位于高位蓄水池进口，全长6.36KM，管径DN1000mm，沿线设有一座1#拉管。重力流管线起点位于高位蓄水池出口，全长29.288KM，管径DN1000mm，沿线设有1#至6#共六座拉管。

3 地质条件分析

3.1 压力管线地质条件

压力管线场地地层岩性复杂，包括古近系渐新统清水营组(E3q)、第四系上更新统马兰组(Q3m)黄土、第四系全新统冲积(Q41al)壤土和角砾等。场地黄土具湿陷性，为Ⅱ级(中等)-Ⅳ级(很严重)自重湿陷性场地，对混凝土结构及钢筋混凝土中的钢筋具微腐蚀性。沟道地表水对钢筋混凝土中的钢筋和钢结构具中等腐蚀性。

3.2 重力流管线地质条件

重力流输水管道涉及地层广泛，包括白垩系下统泥灰岩(K1m)、古近系渐新统清水营组(E3q)、新近系中新统泥岩(N1h)等。沟道地表水对钢筋混凝土中的钢筋和钢结构同样具中等腐蚀性。特别是4#、5#拉管山体地质为泥岩，对施工提出了更高要求。

4 拉管设计参数及工程特性

4.1 设计参数

拉管设计参数详见表1，包括工程名称、编号、工作坑起点桩号、工作坑终点桩号、长度、管径及壁厚等关键信息。其中，4#、5#拉管管道外壁采用加强防腐措施，以应对恶劣的地质和水文条件。

表1 拉管设计参数表

工程名称	编号	工作坑起点桩号	工作坑终点桩号	长度(m)	管径(mm)	壁厚(mm)
压力管线	1#	0+012.97	0+104.04	91.07	1000	16
重力流管线	1#	7+037.60	7+076.90	39.30	1000	12
	2#	8+974.30	9+016.70	87.40	1000	12
	3#	11+705.00	11+800.54	95.54	1000	12
	4#	17+650.00	18+390.00	740.00	1000	12
	5#	22+562.18	23+819.29	1257.11	1000	12
	6#	26+319.48	26+443.42	123.94	1000	12

4.2 工程特性

本工程采用水平定向钻法进行拉管施工，最大穿越距离为1281.2米，管径为DN1000mm，壁厚为12mm，管材为Q355C钢管。该技术具有施工精度高、对环境影响小、施工周期短等优点，特别适用于复杂地质条件下的管道铺设。

5 施工准备

施工前，专业测量单位按图测量放线；建设方组织技术交底，施工单位记录并报监理备案；专业物探单位确定管线位置并现场交底记录；施工人员接桩后勘察现场、校核桩点、规划临水临电及材料路线，审图明确目标，制定施工组织设计和专项方案，按图确定位置，组织人员、材料、机械进场，放管线中心线并标示障碍位置^[1]。设备安装方面，钻机进场前调试至最佳，备足合格钻杆；进场后安装于管线起始位置并稳固，满足导向要求；安装钻进液调配箱并连接泥浆泵，试车检查仪表机械，确保探头、接收器灵敏，对讲机通话正常，导向仪电源充足，试车先低速运转10~20分钟使液压油温达

15℃以上,施工时随时检查钻具设备,定期保养钻机。

6 定向钻施工方案

6.1 测量放线及场地平整

场地控制线:依设计交底(桩)与施工图纸,放出钻机场地控制线及设备摆放位置线,确保钻机中心线与入土、出土点成直线。

6.1.1 钻机作业场地及进场便道

入钻点需80m×50m场地,出钻点需50m×50m场地,出钻点延伸线方向要有焊接管道场地。若作业场地不满足钻机进场条件,需修筑宽19m的便道(长度依现场定),并平整、压实。

6.1.2 泥浆地及地锚坑

出、入钻点各挖1个10m×8m×2m泥浆池,池内四周打0.3m-0.5m高土墙防塌方。入钻点挖1个3m×2m×1.8m地锚坑,中心线在穿越管道中心线上,挖时留足边坡。

6.2 定向钻施工

钻机及配套设备就位:将钻机就位在穿越中心线位置,连接系统并试运转,确保设备正常工作。

6.2.1 测量控向参数:按规程标定控向参数。

泥浆配制:抽样分析现场水源,确定能否用于施工。因穿越地层主要为泥岩,导向泥浆性能要求100s左右,扩孔、拖管为80s-90s左右。

钻机试钻:开钻前做好准备,确定系统正常^[2]。钻杆和钻头吹扫连接后,按设计图纸和规范试钻,钻进6.0米左右检查各部位,正常则正常钻进。

钻导向孔:导向孔钻进是关键,钻具组合为牙轮钻头+泥浆马达+Φ140mm钻杆。

6.2.2 扩孔、洗孔

导向钻头出土后,卸下控向钻具,连接扩孔器,检查合格后扩孔。本次穿越实施7级扩孔+2级洗孔(依实际调整),选用Φ140mm钻杆。各级扩孔、洗孔情况:第一级扩孔用Φ450mm岩石扩孔器;第二级用Φ600mm;第三级用Φ750mm;第一级洗孔用Φ750mm筒式扩孔器;第四级扩孔用Φ900mm;第五级用Φ1050mm;第六级用Φ1200mm;第七级用Φ1350mm;第二级洗孔用Φ1350mm筒式扩孔器。每级扩孔施工,扭矩控制在18N·m内,推拉力控制在8KN-10KN,不得大于10KN。观察扩孔情况,记录扭矩和推拉力,扩孔不顺畅则洗孔。

6.2.3 管线回拖:回拖是关键最后一步,钻具组合为Φ140mm钻杆+Φ1200mm流道式扩孔器+300T万向节+穿越管线Φ1000mm钢管。回拖时连续作业,检查连接部位牢固性,保护回拖管线。

7 钢管焊接技术

7.1 焊接前准备

对口前清除管端保护材料和胶带,检查焊接预留处锈蚀程度,必要时进行预处理。同时,按照设计图纸和焊接工艺规程进行管口组对和焊接作业。

7.2 焊接工艺

7.2.1 V型焊接口焊接

采用V型焊接口进行焊接连接,底层采用氩弧焊,中间及外层采用CO₂气保焊或手工电弧焊。焊接顺序为V型焊口根部焊接→填充焊接→盖面焊接。

7.2.2 内衬不锈钢接头焊接

对于内衬不锈钢接头,采用对口→点固焊接→复合层焊接→填充层焊接→盖面层焊接的顺序进行。焊接过程中需严格控制焊接速度和电流参数,确保焊接质量。

7.3 焊接质量控制

焊工需持有国家相关部门颁发的相应资格证书。焊接材料需符合行业标准要求,低氢型焊条需按说明书要求进行烘干和保存。对焊缝进行外观检验和无损检测,确保焊缝质量符合设计要求。

8 管道内外补口施工

8.1 环境要求

在进行露天补口施工时,需满足特定环境条件,若存在雨天、雪天、风沙天,或风力达到5级以上,或相对湿度大于85%,或环境温度低于0℃的情况,且没有有效应对措施时,不应进行露天补口施工。

8.2 连接部位前处理

连接部位前处理需细致操作,首先用角磨机对焊缝外的毛刺、焊渣、焊瘤等进行打磨清理,接着对焊接两侧进行打磨,每侧聚乙烯层打磨宽度控制在10cm~15cm(含坡口),注意仅打毛聚乙烯层,避免破坏内环氧层使钢管外露,之后清理打磨表面,防止影响修补层结合力,且应在前处理完30分钟内刷完底漆,防止二次污染。

8.3 刷底漆

刷底漆时,先按材料说明将双组份及稀料按比例混合并搅拌均匀,然后用毛刷将搅拌好的底漆在补口位置涂刷,厚度以遮住底材为宜,一般为100~150μm,坡口处外露的环氧涂层要刷底漆,但聚乙烯层不得刷涂,待底漆表干后便可进行缠绕热收缩套,若要加速表干,可采用电热灯照射,不可用火烤,建议焊接后随即进行打磨补口,利用焊接余热加速底漆表干且保证前处理在露点以上(一般焊接表面温度低于80℃即可进行补口)。

8.4 缠绕热收缩套

底漆表干后要及时(间隔时间控制在10分钟内)缠绕热收缩套,热收缩套宽度应确保能完全盖住两侧打

毛位置,先去除热收缩套上的薄膜或牛皮纸,将一端10cm~15cm长度内的热熔胶面用烘烤枪火焰均匀加热,待热熔胶面发软、变亮停止加热,将加热融化的一面按在连接处,用滚轮从中线向两侧辊压赶走气泡,注意避免过度加热影响附着力,接着将热收缩套沿管道圆周方向包卷缠绕,拉紧并保持中线与焊缝平行,再将另一端热熔胶面烤软与首段粘贴,搭接长度应>8cm,最后将固定片热熔胶加热熔融后搭接在热缩套外重叠搭接合缝处,用辊轮辊压,周向搭接宽度不小于80mm。

8.5 热收缩套加热收缩

待固定片冷却后,即可加热其他部位,加热时先从热收缩套中线位置周向进行,使中线先收缩,然后沿中线向两侧均匀加热,之后用辊轮辊压,加热至边缘5cm处时,调小火焰从侧面向内侧加热胶面,至胶熔融后再加热热收缩套,直至边缘有胶溢出,用辊轮压实,加热过程中要避免对同一位置长时间加热,防止碳化影响性能^[3]。

8.6 质量要求

补口施工完成后需检查质量,要求热收缩套表面无气泡、无烧焦碳化现象,与聚乙烯层搭接宽度不低于10cm,环向热收缩套首位搭接不低于8cm,冷却后检查热收缩套两边缘有热熔胶均匀溢出为最佳,外补口具体标准参照GB/T23257-2017《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》,内补口具体标准参照CJ/T120-2016《给水涂塑复合钢管》。

9 施工工艺及技术措施

9.1 施工关键

非开挖穿越施工的关键在于导向孔轨迹的设计与地质勘察,其设计和施工受现场地上(如地形、地貌、周围建筑物和道路)和地下(如原有地下管线、地下水和地质结构)条件的制约^[4]。因此施工前必须进行详细的现场勘察以获取第一手地质资料,勘察内容包括原有地下管线的走向、直径、材质和埋深,所处地段的地质情况,穿越地层的类型、含水量、透水性等,并在地面做好标记,地下管线的勘察方法主要有技术人员现场踏勘、仪器辅助勘探和人工打探洞探测三种;施工前需先确定敷设管道工作井位置并确保其具备施工条件,施工结束后再按原样恢复,具体施工前要提前规划好出、入钻的两个工作坑位置及施工便道。

9.2 起始工作坑

水平定向钻施工工程需在现场设置适宜的工作区

域,起始工作坑和接收工作坑的设置应综合考虑地形、施工场地大小、管线材质、种类、管径大小、埋设深度和地质条件,以满足钻孔和拉管要求并保证施工安全;工作坑的占地面积及深度应根据现场、工程地质和水文地质条件、开挖深度、施工季节和施工作业设备采取相应措施,宜采用支护开挖;起始工作坑位置须设在被铺设管线的中心线上,回收泥浆坑应设在便于回收泥浆的位置,宜在水平定向钻进设备钻杆导轨一侧和泥浆回收坑之间挖引沟,同时需在钻进液调制箱旁设置钻进液储备坑,且钻进液储备坑和回收泥浆坑底及周边要用塑料布围护,以保证钻进液的纯度和浓度、避免水分流失,此外,工作坑周边应保持清洁。

9.3 接收工作坑

接收工作坑用于回收储存钻进液/泥浆、回扩导向孔、拉入管线,应设置在被铺设管线的中心线上,位置需满足导向距离要求并便于钻杆的连接操作,周边同样应保持清洁。

结语

本文结合固海扩灌扬水更新改造工程西吉供水工程实例,对供水工程拉管施工中的关键技术进行了深入探讨。通过系统的分析和实践总结发现,采用水平定向钻法进行拉管施工具有施工精度高、对环境的影响小、施工周期短等优点;同时,通过加强施工准备、定向钻进、钢管焊接、管道补口施工等关键环节的质量控制和技术措施落实,能够有效确保工程质量和安全。随着科技的不断进步和施工技术的不断完善,未来供水工程拉管施工将更加注重智能化、自动化和绿色化发展。通过引入先进的施工设备和技术手段,进一步提高施工效率和工程质量;同时,加强施工过程中的环境保护和资源节约工作,推动供水工程拉管施工向更加可持续的方向发展。

参考文献

- [1]杨文忠,徐刚,黄垂林.拉管施工技术在东风水库泄水涵洞重建工程中的应用[J].水利科技,2025,(02):26-29.
- [2]姜春雨,方振东,王涛,等.顶拉管工艺在排水管道施工中的应用[J].水电站设计,2024,40(04):33-36+57.
- [3]林丽莉.地下管网改造水平定向钻进拉管施工技术的应用[J].四川水泥,2024,(12):135-137.
- [4]王永军,刘大伟,孙浩,等.非开挖水平定向钻拉管施工技术的应用[J].山西建筑,2024,50(05):101-103.