

浅谈水平定向钻穿越施工质量技术控制

李 营

泰山燃气集团有限公司, 山东 泰安 271000

[摘要]近年来,随着城市现代化进程的不断加快,水平定向钻穿越施工方法在管道施工行业越来越普遍。同时,水平定向钻穿越施工的质量技术控制也是至关重要的,从前期准备到竣工验收的施工质量技术必须严格控制。如何采取有效措施保证定向钻穿越工程的施工质量,已成为当前管道施工行业中需要考虑的重要问题。因此,文中对水平定向短穿越施工的质量技术控制进行了探讨,希望能对一些管道穿越工程的施工提供一点参考。

[关键词]水平定向钻穿越;施工质量;技术控制

DOI: 10.33142/ec.v5i5.5929

中图分类号: TE973.406

文献标识码: A

Brief Discussion on Technical Control of Construction Quality of Horizontal Directional Drilling Crossing

LI Ying

Taishan Gas Group Co., Ltd., Tai'an, Shandong, 271000, China

Abstract: In recent years, with the continuous acceleration of urban modernization, horizontal directional drilling and crossing construction methods have become more and more common in the pipeline construction industry. At the same time, the quality and technical control of the horizontal directional drilling crossing construction is also crucial, and the construction quality and technology from the preliminary preparation to the completion acceptance must be strictly controlled. How to take effective measures to ensure the construction quality of the directional drilling crossing project has become an important issue to be considered in the current pipeline construction industry. Therefore, this paper discusses the quality and technical control of horizontal directional short crossing construction, hoping to provide some reference for the construction of some pipeline crossing projects.

Keywords: horizontal directional drilling crossing; construction quality; technical control

1 水平定向钻施工概述

1.1 水平定向钻的组成

①主机系统:水平定向钻机(主机)

②控向系统:手提接收仪器、远程显示器、专用笔记本电脑等。

③泥浆系统:泥浆泵组、泥浆搅拌罐、发电机组、泥浆回收处理设备等。

④钻具:钻杆、泥浆马达(螺杆马达)、碳棒仓、无磁钻铤、钻头、扩孔器等。

⑤其他辅助设备及机具。

1.2 水平定向钻穿越施工的特点

水平定向钻穿越施工即非开挖施工,与传统的管线开挖施工相比,采用水平定向钻施工具有下列特点:

①可以地下穿越不宜进行开挖施工的场所,如河流、铁路、公路、山体等地面障碍物,对地面无影响。

②设备机械化程度高,结构布局合理,整体性好,结构简单易于操作。

③施工周期短,工程造价低。

④方向及位置可控。施工过程中可以随时可监控钻头的位置及埋深,发现偏差,可以及时进行纠偏调整,施工方便。

⑤穿越轨迹准确、精度高,完全满足设计规范要求。

⑥穿越地层适用范围广。除了一般普通土层,还可以

适应于砂层、硬度高的风化岩等各种复杂地层。

2 水平定向钻穿越施工工艺

①定向钻穿越主要工序:导向孔钻进→逐级预扩孔→清孔→管线回拖

②每个单位穿越工程主要包括两个分部工程:(1)管道的成孔与回拖;(2)穿越管线的预制。具体施工流程如下表1所示:

表1 定向钻穿越施工工艺流程表

定向钻穿越施工工艺流程	
(1)成孔与回拖	(2)穿越管线预制
①测量放线、修筑进场道路、平整施工作业场地	①测量放线、施工作业场地整平、管线预制作业带清理平整
②定向钻设备及人员进场、就位	②焊接、试压等设备及机组人员进场
③设备的连接与调试、泥浆配制、泥浆池开挖等准备工作。	③预制管线布置、吹扫、组对、喷制、除锈及焊接作业。
④导向孔钻进施工	④管道焊口100%无损检测(射线及超声波)
⑤分次逐级扩孔、清孔	⑤管线强度试验及严密性试验
⑥穿越管线回拖	⑥管线吹扫通球
⑦设备撤场、地地貌恢复等	⑦管道焊口防腐、补伤、焊接拖拉头等。

3 水平定向钻穿越施工质量技术控制

3.1 前期准备

3.1.1 组织准备

①人员方面：项目经理、安全员、质检员、施工员以及起重工、焊工、电工等特殊工种，经过相应部门培训考核合格，持证上岗。

②设备方面：设备的选用符合施工方案的要求。钻机系统、发电系统、泥浆系统等主要设备保证正常运转使用。检测仪器必须在有效检测期内，并经过法定计量部门校验合格。

③钻具方面：开工前对所有钻杆进行无损探伤检测，分动器、扩孔器、拖拉头等连接部件都需要进行检查保养，发现不合格的严禁使用。

④材料方面：材料的出厂检验报告，出厂合格证，材料的进场复验、测试等记录齐全，不合格产品严禁使用。

3.1.2 测量放线

测量放线人员根据建设单位提供的穿越施工设计图纸资料，采用 GPS 定位系统、全站仪等仪器进行测量放线，包括进场道路的边界、入土点作业场地范围、出土点作业场地范围、出土点和入土点的位置、穿越中心线上的标志桩、预制管道作业场地边界，做出相应标志装并保护好，如实做好测量记录。

3.1.3 泥浆的试配制

泥浆的配制是定向钻穿越施工中的关键控制环节。泥浆具有润滑冷却钻头、护壁防止塌孔、悬浮携带钻屑等功能。泥浆质量性能的好坏直接影响钻进效率及扩孔、回拖的施工安全，所以泥浆的配制必须严格按照施工要求并结合现场实际情况进行配比，保证各项泥浆性能参数指标必须达标。开工之前，施工技术人员应根据水质报告、穿越地质、膨润土、添加剂等制定泥浆配置方案（包括水质 PH 值、膨润土、添加剂的用量和添加顺序、搅拌时间、黏度值检测等）。

3.2 施工过程中的质量技术控制

3.2.1 导向孔施工

①在水平定向钻施工所有工序中，导向孔钻进是重点控制的关键工序。导向孔钻进质量的好坏直接影响下一步的扩孔及回拖的成败。特别在硬质地层或岩石中，导向孔一旦成孔后，如果再次调整非常困难，所以确保导向一次成功。

②定向钻穿越的出、入土角度的大小应根据穿越管径、管线材质结合现场情况等综合确定。钢管的曲率半径一般宜取 1500D 以上，PE 管道一般不小于 500D（D 为穿越管线的直径：mm）。

③钻头的选择：应根据实际穿越地层的状况，选用相匹配的钻头型式。对于一般地层，可以采用鸭掌板型；软岩中可以选择 PDF 型钻头或铣齿钻头；在较硬及硬岩石层中，选择三牙轮岩石扩孔器（分为：铣齿型或镶齿型），同时需要配备动力钻具——螺杆马达。

④在导向钻进过程中必须根据管径、管材、钻杆的直径及施工规范要求的曲率要求，严格控制单根钻杆折角变化，特别是遇到软硬变化时，严格控制钻进的旋转速度及泥浆压力，同时尽量缩短测量间隔长度。如果使用螺杆马达进行钻进岩石地层时，要特别考虑螺杆马达本身的长度，角度变化显示是滞后，在调整方位和倾角时，要留有一定的余量，避免因调整过度而反复调整角度，防止出现“S型”曲线，从而导致曲率不满足设计要求。

⑤在导向转进过程中，控向和司钻人员密切配合，钻机操作人员密切注视各种仪表数据的变化，严格控制推力、扭矩、泥浆压力、泥浆排量等参数的变化，并认真做好记录。发现异常现象，应暂停施工，及时分析找出原因后再继续施工。

⑥钻导向孔钻进时，在穿越沿线适当的位置多次布设强磁场线圈，每钻一根钻杆要多次测量钻头的方位，确定钻头的实际位置与设计位置的偏差，并将偏差值控制在允许的范围之内，发现异常及时调整，保证所完成的导向孔曲线符合设计要求。

⑦针对比较软的地层，要适当加快钻孔速度，通过控制转速和推进速度，防止钻杆下沉，同时严格控制泥浆量，防止塌孔、冒浆、抱钻等事故。

⑧在导向孔钻进过程中，由于泥浆压力高，容易出现电缆导线被打断的现象。一方面，我们采用加厚型的电缆导线。另一方面，在导向施工过程中，每隔 200m 加一个接线卡盘，把钻杆内的导线拉紧，防止被高压力的泥浆打断，导致出现失去信号而全部撤出而返工。

⑨施工过程中，为防止在导向过程中扭矩大，中间配备了补浆短节，这样在钻进过程中可以不断喷浆，有效增强对钻杆在孔洞内的润滑作用。

⑩在岩石地层钻进过程中，严格控制泥浆的压力变化，同时注意洞口的返浆情况，一方面可以判断地层的变化，另一方面注意泥浆的携带能力，观察返出泥浆中的岩屑含量，及时调整泥浆的配比。在每钻进完一根钻杆后，及时撤回进行洗孔，把岩石碎屑尽量携带出来。

3.2.2 逐级预扩孔、洗孔

①最终扩孔尺寸的大小应根据穿越管段的直径、穿越的长度、穿越的地层和钻机拉力的大小等因素综合确定。正常情况下，最终扩孔尺寸与穿越管径应满足下表 2 规定：

表 2 扩孔尺寸与穿越管径数值表

回拖管线的直径 (mm)	最终扩孔的直径 (mm)
<219	管径+100
219~610	1.5 倍管径
>610	管径+300

②扩孔器类型的选择：应根据实际穿越地层的软硬程度，选择相应形式及尺寸的扩孔器。一般土层中，可以采用刮刀

式、框架式、流道式（又称挤扩式）；在岩石层中，根据岩石的软硬程度，分别选择牙轮扩孔器（分为：铣齿型或镶齿型）或滚轮扩孔器；洗孔或回拖时一般采用桶式扩孔器。

③在扩孔过程中，司钻人员必须严密监视各项参数（泥浆压力、扭矩、泥浆排量等）变化情况，是否处于正常范围之内。根据各项参数的变化情况，结合泥浆池返出泥浆携带的情况，可以掌握判断地层的变化，及时做好各项参数的调整。司钻人员和泥浆人员及时联系，根据地层的变化情况随时调整泥浆的配比要求，确保扩孔顺利进行。发现异常情况，应及时停机检查分析原因，正常后再继续施工。

④完成一级扩孔后，如果扩孔扭矩情大，需要进行一次洗孔，直到各项参数符合要求后再继续进行下一级扩孔。在同一级扩孔的过程中发现扭矩变化大的地段也可以进行多遍来回洗孔。

⑤扩孔过程中控制好扩孔器的工作运转时间，超出后及时退出进行检查牙轮磨损情况，发现磨损严重的扩孔器或扶正器要及时进行更换，再继续扩孔。

⑥扩孔器前端应连接加厚型短接与钻杆的过渡。在扩孔过程中，司钻人员必须密切注意仪表上扭矩、拉力、泥浆压力等参数的变化，严格控制好扩孔的速度，不能急于求成，同时并做好详细记录。

⑦在岩石地层扩孔，特别软硬变化处容易出现台阶，一方面控制好扩孔器转速、泥浆压力、排量及进尺速度等。另一方面在岩石扩孔器前后都要安装相应尺寸的扶正器，同时控制好扩孔速度及泥浆的压力等，确保空洞曲线的圆滑，保证回拖的顺利。

⑧扩孔过程中强化泥浆性能，扩孔过程中随着井眼逐步扩大，地层坍塌应力逐步增强，扩孔过程中泥浆要有良好的护壁性能，润滑性能，同时具有良好的携带能力^[1]。

3.2.3 管线回拖

①管线回拖之前，需要完成以下准备工作：

A. 钻机系统、泥浆系统、发电机、车辆等的检查保养，确保正常回拖作业。

B. 管线连接之前，采用泥浆冲洗钻杆，保证钻杆内腔无铁锈、粘土块等杂物，防止回拖过程中扩孔器水嘴堵塞，无法正常注浆进行回拖。

C. 检查连接U型环、扩孔器、拖拉头、分动器，加注润滑脂，保证旋转良好。

D. 各项应急设备（包括车辆、吊装设备等）、物资（包括油料、原材料等）的准备、做好各项应急救援措施的准备。

②根据现场实际情况，制定管线防腐层防止划伤的措施。可以采用垫支管道的方式（采用粘土袋或膨润土包）、滚轮支架、吊车或吊管机配合起吊、开挖漂浮沟等组合方式。回拖过程中沿线应安排专门人员负责检查，及时处理垫支或滚轮支架倾倒的现象，发现有划伤防腐层的情况及时报告防腐人员进行防腐补伤，特别是采用多台吊车起吊

配合回拖管道时，必须安排专人负责统一指挥协调，与钻机回拖步调一致。

③针对大管径管道的回拖，在最后一级预扩孔完成后，应自出土点开始向入土点方向沿钻杆的出土角度，顺势开挖30-50m的管沟，出土点至少要保持100米长的直线段，与出土延长方向一致，以减小回拖阻力。沟底宽度不宜小于2米，深度低于钻杆的自然深度0.5米左右。管线回拖开始后，在开挖的管沟内管线依靠自重形成一个与出土角基本一致的角度，施工中采用“猫背”形式的土台，使得管线回拖时在断面上与钻杆的出土方向保持一致，从而保证了管线入洞的顺畅，保证防腐层不被破坏，减小回拖力，进而确保回拖的顺利。

④漂浮沟尺寸根据回拖管线直径确定，发送沟内不得有石块、树根等硬物，然后沟内注水，注水量一般需要超过管径的三分之一，保证将管线浮起，以减小回拖阻力，避免管线底部与地层磨擦，划伤防腐层。管线下沟时，严禁直接使用钢丝绳进行吊装，应采用软吊带进行吊装作业，以防止勒伤防腐层

⑤回拖管前检查拖拉头要焊接牢固，并经检测确认无缺陷。要对管线进行全线检查，检漏，确保防腐层无损，同时安排人员沿着管线进行巡检，检查管线两侧及沟内是否有石块等坚硬物体，如有及时处理，防止回拖过程中划伤防腐层。

⑥回拖之前，由于主管线回拖时间较长，提前与监理人员联系，安排专门检测人员提前准备好管线检漏仪器及防腐材料，同时应该提前开挖好防腐作业工作坑（尺寸一般为：2m×2m×1.5m）。防腐补伤人员应现场跟随管道进行检漏，管线回拖过程中管线如有碰伤、划伤等情况，应及时进行现场防腐补口，尽量安排在更换钻杆的间隙，如防腐层划伤严重，需要暂停回拖，防腐层补伤完成后再继续回拖。

⑦根据实际孔洞中泥浆的悬浮能力及穿越管材自身重量计算，针对大管径管线，回拖时需要作相应的配重，使回拖过程中管线处于孔洞偏上方，这样在回拖过程中不会损伤管材的防腐层。针对地层复杂或大管径管线的回拖，正式回拖之前，据实际施工的情况，可以先进行管线试回拖，检查管线的防腐层的划伤情况，为正式回拖提供参考，确保一次回拖成功^[2]。

⑧回拖过程中司钻人员应集中精力，密切注视各项仪表参数，在保证正常回拖的条件下，控制好回拖的速度，速度应控制均匀。在回拖的过程中应该连续进行，中间因管道接口焊接、防腐等的间断时间控制在4h之内。

⑨回拖过程中加强泥浆配比控制，保证一定粘度的情况下，通过添加一定量的润滑剂，以保证泥浆良好的润滑性能，以降低回拖摩擦力，防止管线防腐层的破坏。

⑩管线回拖过程中，严格控制回拖力在范围之内，出现回拖力突然增大的现象，不能硬拉硬拽，应暂停施工，

分析查明原因,采取措施后再继续施工。回拖时,安排施工经验丰富的司钻人员进行操作,同时安排经验丰富的维修技师在施工现场,设备出现故障能及时解决,保证回拖连续进行。回拖作业尽量安排在白天,白天施工作业视线好,吊装等作业比较安全,管线划伤也容易被发现并及时处理。回拖过程中出现异常情况,能够及时处理和控制。

3.3 竣工资料的质量控制

3.3.1 竣工资料的组成

竣工资料包括:资质类文件、施工方案、安全技术交底资料、测量放线记录、施工过程记录、设备材料进场复验记录、签证变更记录、索赔资料、工程联系单、HSE 管理资料、影像资料、竣工图(平断面图)、施工总结报告等。

3.3.2 竣工资料的收集、整理和编制

①施工记录需要在施工的过程中安排专人负责,各机组相互配合,实时记录、收集、汇总和整理。确保施工记录资料的及时、真实、准确和完整,与施工环节保持同步,机组资料员应及时向项目部负责人递交资料,不能过后再补。

②竣工资料需要安排专门资料员严格按照相应规范及建设单位要求进行编制和组卷,纸质版的施工资料要和电子版资料的内容一致,纸质版的资料要及时找建设、设计、监理、施工等相关单位签字盖章确认。

3.3.3 竣工资料移交

竣工资料编制完成后,安排相关技术人员复核检查,

相关负责人签字审批,经监理单位审查合格后,办理相关移交手续,向建设单位移交资料,包括相应的电子版资料,同时存档备查^[3]。

4 结束语

随着中国各种能源输送管网的飞速发展及城市管网的铺设,水平定向钻在输送管网中的优越地位越来越关键。非开挖行业作为管道施工穿越障碍的一种先进工艺,也正是代表着管线铺设行业的发展方向。如何控制好全过程的质量技术控制管理至关重要,各种因素均会影响工程施工质量,我们应对各项影响因素进行分析管控,同时不断总结以往施工经验,不断加强施各个工环节管理,特别是关键工序的质量技术管理和控制,以更好地促进我国管道工程行业的不断发展。

[参考文献]

[1]刘盛兵,向启贵,刘坤.水平定向钻穿越施工及其风险控制措施探讨[J].石油与天然气化工,2008,37(4):4.
[2]姚健.水平定向钻穿越施工技术在市政给水工程中的应用[J].城镇供水,2008(4):3.

[3]沈平,吴云林.大口径管道水平定向钻穿越碎石粘土层施工技术[J].科技资讯,2013(1):2.

作者简介:李营(1976.7-)男,山东人,汉族,本科学历,泰山燃气集团有限公司---工程师,从事市政燃气管道施工。