

水平定向钻技术在高压燃气管道施工中的应用研究

王军

北京燃气用户服务有限公司

摘要：燃气管道的建设，往往会对市政道路的基础产生很大的影响，从而影响到道路的建设。由于管线建设的时间比较紧张，综合各种原因，最后确定了水平定向钻的施工方案。通过分析水平定向钻井的施工案例，总结了工程实例，并提出了改进的方法。研究结果显示，采用这种方法可以确保管道在稳定地层中，不会对周围环境造成任何影响；在进行了防腐处理后，发现通过定向钻井的部位，其整体性能良好。

关键词：水平定向；钻井；燃气管；施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.02.031

一、引言

在市政工程的建设工作当中，水平定向钻技术在其中起到了至关重要的作用，能够规避原先传统开挖技术的弊端问题，很大程度上提高燃气管道铺设的安全性和施工效率，并且不会对周围的自然环境造成损伤，对于降低燃气管铺设难度，节约施工成本能够产生很大的积极影响^[1]。

二、水平定向钻技术的优缺点

水平定向钻技术是一项新的非开挖技术，它的工作原理是：在已有的铺设轨道上，钻入一个小直径的导孔，然后在导孔的出口处，在钻杆头上安装一个扩孔装置，使其回拉。在膨胀孔径满足要求时，将旋转接头、拉管头和管子连接在扩孔机的后端，然后回拖铺设地下管线^[2]。

（一）水平定向钻技术优点

水平定向钻技术是一项很好的技术。在不同的水文地质情况下，采用定向钻技术穿越河道，无需考虑流速、深度，且不受汛期的影响^[3-5]，高精度的铺设管道。当河道有较大的冲刷、有下切趋势、或水流湍急时，或难以截流或围堰；该技术能保证管线埋于稳定层之下，对环境的影响很小^[6]。定向钻通过大多数工作都在地下进行，对地表的影 响不大。

（二）水平定向钻技术缺点

在砂质岩性和坚硬的岩石层中，水平定向钻井技术很难进行，穿越的装备成本较高；地形、地理环境等因素都有限制；泥浆的处置必须慎重；危险性更高；而且，至今国内尚无统一的设计与施工技术标准。

三、工程案例

本文以某城市天然气高压输配系统为例，结合技术特点、地质资料和设计要 求，要求加快施工进度，保证项目如期完工；根据施工规程和以前的施工经验，参考设计图中所示的土层，确定了管道工程穿越水平长度483m。本项目建成后，将利用变频选频法和管内电流法对钢管防腐钢管的绝缘电阻Rg进行检测，为今后的防腐蚀管理与决策提供技术参考。

（一）施工方法的选择

（1）实地勘察：对入土点、出土点标高、水平距

离进行测量；对施工场地周围的建筑物、地形、道路状况进行调查；并对土壤状况，水源状况等进行调查；对通过钻机等装置所设的场地面积进行测量，以确定其是否合格。经我局实地考察，入土点土坡有很大的倾角，需要对施工场地进行120米的平整。经过现场勘察，附近工程建设用水不足，需要挖掘水库，利用槽车进行运输，确保工程使用。

（2）找出地下设备和管道：根据业主或监理、甲方提供的地下管道数据，了解各相关单位在通过中线时有无电讯、电力、供水；输油、天然气等地下管线设备，均采用探头在整个线路上进行检测。编制施工方案：依据施工场地的具体条件及施工特征，编制周密可靠的穿越施工方案、进场方案、施工场地布局方案。

（3）尽管采用卸荷拱土压力计的计算结果是三种方法中最大的，但是由于场地地质条件复杂，岩层变化大，施工时间紧迫，因此选择了最大回拖力的1.5倍。鉴于上述条件，本次工程拟选用美国 Vermeer公司生产的D300X500型定向钻井设备。根据施工方案，将钻机和辅助设备安装到指定的位置。同时负责系统的连接和试运转，确保系统的正常运行。在挖水库和地锚的同时，在开挖排浆坑和锚坑时，应预留一定角度的边坡。根据技术规定，在入土点上挖一个地锚，在穿过主管中线处，挖出排水槽和地锚坑时，应预留斜率为1:0.67的斜坡。地锚挖好后，首先将地锚插入穿过的地锚坑，并安装挡板，并将地锚、挡板、管桩和钻机下的钢板用槽钢连接起来，以确保在回拖管道中地锚的稳固。地锚形式如图1所示。

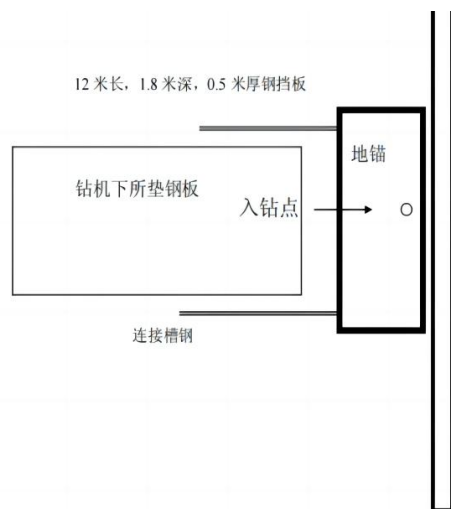


图1 地锚形式

（二）测量放线

依据穿越施工特点，现场实际情况，设备平面布置图，用石灰标出钻机作业区、入土点及出土点作业区，对设备进行方位定位，利用经纬仪对设备进行精确定

位。根据钻杆、钻杆的曲率半径、工作场地、地质条件和设计需要，编制钻探路线，并计算出出入土点、出入土倾角、坡向；通过对曲线等技术参数的分析，得到了定向钻井的轨道。控制方向装置是英国 DCI公司的 DIGITARK定位装置，通过坡度、埋深和三点一线技术，保证了井眼的垂直误差小于10 m，水平误差小于2m；上述方法可以保证导流孔不是“S”型的。

(三) 导向孔施工

该项目在穿越工程中使用了165形齿轮钻，钻手严

格遵守D300X500司钻作业程序，并时刻关注每一仪器的读数，对井底状况有全面了解，并及时进行参数的调节；导引人员严格按方向进行作业，严密监视定位器的读数，并将所需资料与司钻手进行即时汇报与司钻人员紧密合作，做好钻井作业；为了正确地判别钻井作业中的地层条件，钻井工会密切关注钻井液回流状况，从而确定钻井液的进浆比例和输注，保证钻孔一次钻出，如图2所示。

(四) 逐级预扩孔

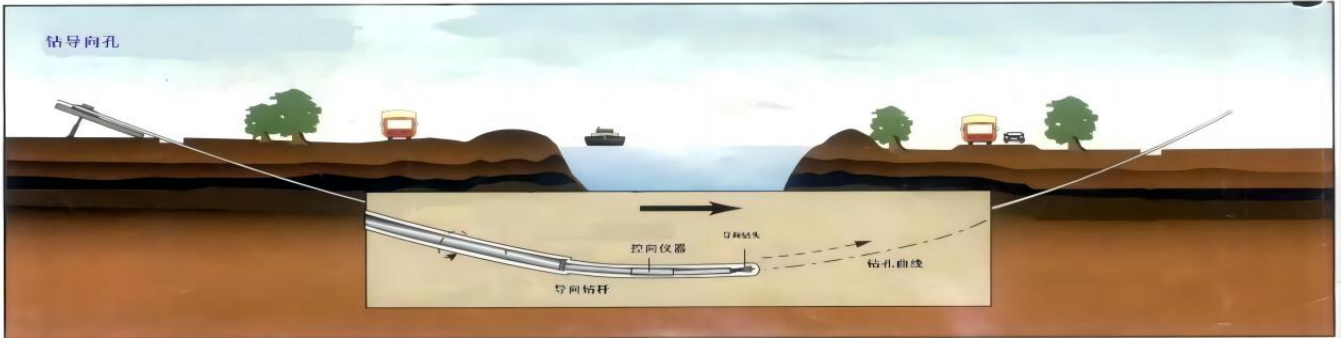


图2 导向孔施工示意图

逐级预扩孔是确保管线安全回填的有效措施，该项目将导孔直径扩展到管径1.3~1.5倍，其中100米内的风化花岗岩和拟拖管均需采用回扩器。安装直径为Φ927mm（主管Φ813 mm+Φ114 mm）的钢管，要求进行九次预扩，一次清孔。在钻探作业中，司钻员要时刻关注司钻台各个仪器的读数，充分了解地下钻井条件，并

及时调整钻井参数；泥浆工程师通过对井筒内的泥浆返流进行监测，从而对钻井作业的地质状况做出正确的判断，进一步决定钻进的钻进比例和注水，同时，钻探人员要与钻探人员保持联络，保证钻孔的顺利进行。如图3所示。

四、水平定向钻施工完毕后管道防腐检测报告

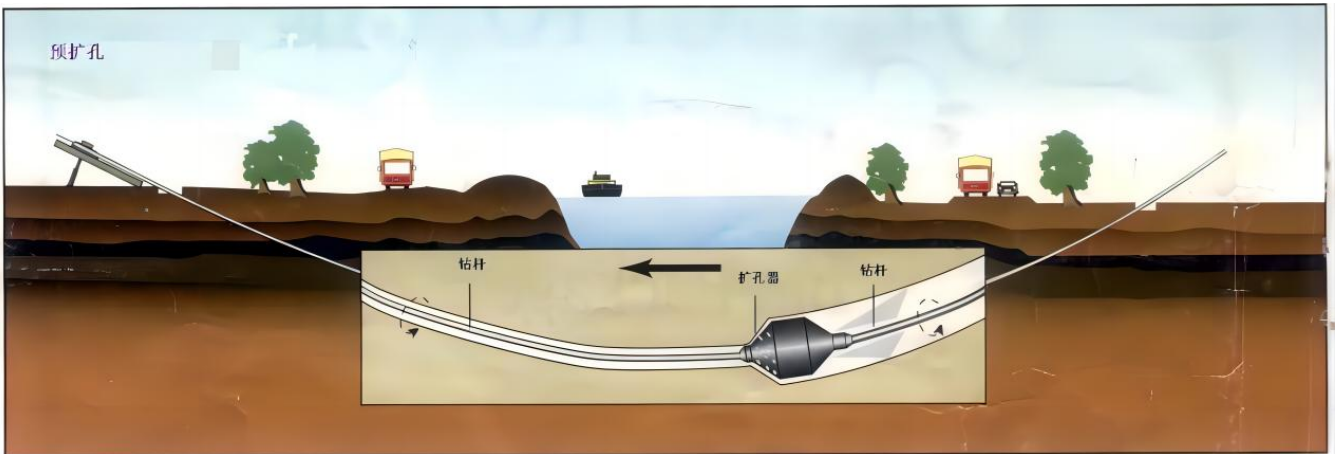


图3 扩孔示意图

在定向钻井施工中，由于岩石段回拖等恶劣的环境条件，往往会给管线防腐带来划痕，从而使其成为管线防护的一个薄弱环节。在管线投入运行之前，应按国家及行业规范的规定，对管线进行防腐处理。

(一) 检测内容及评价指标

此次测试的主要内容是燃气管道防腐的绝缘电阻Rg，在非开挖情况下，对燃气防腐涂层的性能进行评估，为防腐管理与决策提供技术支持。埋地管线防腐层的绝缘电阻是指每单位面积内的绝缘层（表面）电阻，其数值取决于绝缘层漏点的数量和尺寸^[7]，所以用

$\Omega \cdot m^2$ 来表示防腐层的质量。表1是对绝缘电阻进行评估的方法。

表1 管道外防腐层绝缘电阻值的评价指标

级别	Rg ($\Omega \cdot m^2$)	绝缘电阻评级
一级	>100000	优
二级	100000~50000	良
三级	10000~50000	合格
四级	<10000	不合格

(二) 现场检测

该试验采用了变频选频法对管线腐蚀表面的电阻进

行了测量。在野外进行的测试设备是AY508 IV型钢管防腐阻值计。本测试仪包括：1个频率源和2个频率选择指标。如图4所示，启动后，电源和指示灯即可正常工作。将两个终端的接收和接收的频率保持一致，在低于（或超过）23dB的情况下，将该输入信号的频率提高（减小），直到两个终端的指示器水平差略超过23dB，然后将该频率和测量水平的数值记录下来。

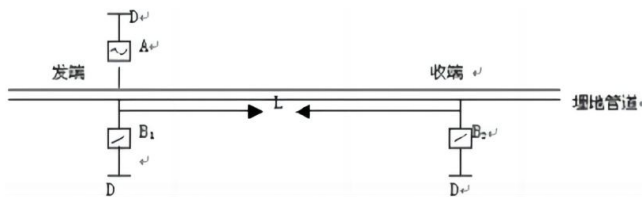


图4 变频选频法接线示意图

（三）检测数据处理及评价

采用“频率法测定防腐涂层的绝缘电阻”的专用计算机程序，对介质常数及野外试验的各项指标进行了计算。测试结果如表2及图5所示。

表2 定向钻变频选频法检测结果

发端	收端	里程/m	测试频率/Hz	电平差/dB	土壤电阻率/ $\Omega \cdot m$	测试管道长度/m	管道壁厚/mm	绝缘电阻/ $\Omega \cdot m^2$
0+000	0+444	444	40000	23.1	120	444	19.1	77744



图5 管道绝缘电阻软件计算

用变频选频法对该区段防腐层面的电阻进行了检测，其耐蚀性范围为77744 $\Omega \cdot m^2$ ，根据钢管外部防腐层的绝缘电阻值来评定，该区段的防腐层等级为：良。符合设计的需要。

（四）关于水平定向钻施工的几点改良

1. 水平定向钻预制管道防腐层的改进

水平定向钻是长输管线工程中的重要一环，在投资中占有相当大的比例，同时又具有不可恢复的特性；定向钻具通过的管线深度较大，并在地下长期浸渍，具有耐水汽隔离、阴极保护、耐腐蚀等特点；对其耐老化性能有较高的要求。此外，在管道回拉时，由于存在着许多不可预见的因素，对钢管、主防腐层和补口条的摩擦和冲击都有一定的影响；对抗剪力等指标有较高的要

求。特别是补口胶条，由于它要与主防腐层搭接，所以要高于主防腐层，并且要在工地上进行修补；所以对其性能指标的要求就更高了。基于上述特性，美国瑞侃公司在传统补口热收缩带的基础上，开发出了一种特殊的用于定向钻孔的补口热收缩胶带，并已在全球范围内推广使用。

2. 增加辅助机具保证回拖顺利

尽管此次定向钻钻机选择较为保守，回拖之前的最后扩孔直径 $De=1067 \text{ mm}$ ，但为了确保一次成功，此次回拖增加了5台25 T规格吊车，每台吊车相隔约80-100 m，管道回拖时，吊车将管道吊起，随着回拖转杆匀速将管道送进孔内；最小化管内的摩擦，提高回拉速度。

3. 回拖管增加膨润土垫层

由于定向钻孔预埋管放置在原有的天然地表上，其土层存在很大的波动，如果按原有的地表进行回拉，必然会对防腐效果造成一定的损害；所以，在回拖之前，在回拖区内每10 m放置一袋膨胀土块作为衬垫，这样不仅可以起到防护作用，而且可以降低回拉过程中的摩擦力。

五、结论

（1）当前，某城市的燃气高压输配系统工程和西气东输二期工程已经全面展开，各个施工单位都会出现高压管线贯通的情况，由于该地区施工比较早期，所以本论文的工作对其他管线施工项目的钻机选择和现场施工指导具有重要的参考意义。

（2）经防腐处理后，发现定向钻进过的部分，防腐钢管的总体性能是很好的。采用变频选频法、多频管中电流法测定的绝缘电阻 R_g 值均高于10000 $\Omega \cdot m^2$ 的设计标准，并对防腐层进行了评定。同时，在回采过程中，添加膨润土垫层、增设附属吊具，使管线回采后的防腐涂层性能保持良好，防腐层的相关性能符合设计要求，该定向钻穿越管段的防腐层完整性符合设计要求。

参考文献

[1] 李子涵. 大口径长距水平定向钻管道回拖影响因素显著性分析[D]. 安徽建筑大学, 2022.
 [2] 吴玮祥. 燃气管道水平定向钻技术施工时风险因素的影响[J]. 上海煤气, 200 (03): 9-12.
 [3] 霍军. 水平定向钻技术在城市燃气管网施工中的应用及方法[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2017, 37 (19): 131-132+135.
 [4] 李谦益. 定向钻敷设大坡度输气管道穿越深沟壑的应用[J]. 煤气与热力, 2017, 37 (11): 18-22.
 [5] 李慧新. 水平定向钻施工在燃气管道穿越工程中的应用[J]. 福建质量管理, 2015 (08): 213.
 [6] 徐民政. 道路保通条件下综合管廊水平定向钻施工技术研究与应[J]. 建筑技术开发, 2022, 49 (10): 66-69.
 [7] 卢泓方, 吴晓南, Tom Iseley, John Matthews, 彭善碧. 国外天然气管道非开挖安装、修复及更换技术[J]. 天然气工业, 2018, 38 (03): 110-120.