

CSTT

非开挖技术

4

China Trenchless Technology

2011

(总第九期)

ISSN 2077-6519/NR 106/1

主办：中国地质学会非开挖技术专业委员会



土行器

德威士行孙工程机械（北京）有限公司

DW/TXS CONSTRUCTION EQUIPMENT (BEI JING) Co., Ltd.



ISSN 2077-6519



9 772077 651003

以人为本 · 优质高效 · 持续改进 · 顾客满意

源于数十年的经验……

光辉炫现——F5

- 五种可选工作频率加强了地下抗干扰能力
- 双频传感器可在地下改变工作频率
- 可与SST地磁系统相兼容
- 具备有线功能
- 内置钻进数据实时记录和压力监测功能
- 偏轨定位及远程指引功能



行业内首台彩屏机，震撼的三维信息同屏显示
四方位拨动按钮使操作更加简便



www.digitrak.com

DCI
Digital Control Inc.
Made in U.S.A



凯通钻具（集团）有限公司

CASTON DRILL TOOLS (GROUP) CO.,LTD

做优质钻具 创国际品牌

Make the high-quality drilling pipe Create an international brand

凯通钻具（集团）有限公司是大型钻具制造销售企业。公司下设北京凯通卓尔钻具有限公司、南京凯通钻具有限公司、无锡凯通钻具有限公司、张家口凯通钻具有限公司、宣化现代采掘机械有限公司。是一家集钻具设计、制造为一体的高科技企业。拥有国内最先进的钻杆生产线。主要经营范围： $\phi 42\text{mm}$ - $\phi 194\text{mm}$ 各种型号的石油钻杆，非开挖钻杆，整体钻杆，地质钻杆，锚固钻杆，潜孔钻杆，以及导向钻头，分动器，回扩头，变径接头等非开挖专用钻具。欢迎您来电垂询，莅临参观。我们期待与您共创美好未来！

地址：北京市昌平区东关昌崔路201号天运通大厦四层

联系电话：010-80116908

传真：010-80116260

网址：www.kt-zj.com

精诚所至 步步领先

Seek for perfection Strive for leading

地龍机械

产品型号

DFM1504	微型轨道式钻机
DF2810	分体式钻机
DF5015	分体式钻机
DL150	履带式钻机
DL280	履带式钻机
DL320	履带式钻机
DOL550	履带式钻机
DOL280	履带式钻机
DOL380	履带式钻机
DOL800	履带式钻机
DOL4000	履带式大型整体钻机

南京地龙非开挖工程技术有限公司，一个十几年来始终如一专注于非开挖技术设备研究与开发的专业公司，在1998年推出“地龙”定向钻机。经历十多年的市场验证，“形秀而性灵，气柔而质刚”——地龙品牌所蕴含的产品理念和服务理念，赢得海内外越来越多的用户的信赖和喜爱。

依靠十多年的技术与经验积累，针对非开挖用户的需求，地龙钻机已形成DFM（微型）、DF（分体型）、DL（实用型）、DOL（高端型）四大系列十多个品种强大产品阵容，小到4吨，大到400吨，满足不同类型客户的需求。

分支机构

华北销售服务中心（华北分公司）

华南销售服务中心（华南分公司）

俄罗斯销售服务中心（俄罗斯分公司）



地龍
DILONG

南京地龙非开挖工程技术有限公司
Nanjing DL No-dig Engineering Co., LTD.

总部地址：南京市溧水区经济开发区团山南路19号

联系电话：18936669876 传 真：025-52609180

公司网站：made@njd.com 网 址：www.njd.com

24 小时
Hour 400-6655-025
服务销售热线

深圳市钻通工程机械股份有限公司

诚信做人，踏实做事

企业简介

深圳钻通公司是专业从事非开挖技术研究开发的民营科技企业，由国内最早从事非开挖研究的一批专家于2000年8月成立，注册资金7000万元，公司专业生产水平定向钻机、钻杆等，钻机回拖力从8吨到600吨不等，同时代理世界知名品牌定位仪及探测仪。公司有多名长期从事非开挖技术研究的教授级高工和高级工程师，并拥有一支经验丰富的施工队伍和一批专业熟练的操作人员，他们能随时为您排忧解难！

深圳钻通成立以来，本着“诚信做人，踏实做事”的企业宗旨，为社会做出了积极的贡献

今天，我公司已是国内生产规模以及销售量最大的水平定向钻机生产厂，同时也是唯一能自行生产整体锻造钻杆的钻机厂家。为适应市场的需求，我公司先后在江苏无锡和上海成立了“无锡市钻通工程机械有限公司”及“上海钻通非开挖技术有限公司”，为华东及华北的客户带来了快速便捷的服务。我公司已通过ISO9001认证，也通过了欧盟的CE认证，资信等级为“AAA”。我公司是深圳市民营领军企业。

目前，我公司生产的水平定向钻机已走出国门，远销韩国、澳大利亚、俄罗斯、中东以及东南亚地区等30多个国家。

竭诚欢迎各位新老客户莅临我司指导工作！



ZT-120F



ZT-20



全站仪



钻通300吨钻机

钻通400吨钻机在南昌工地一举穿越1219钢管960米

地址：深圳市宝安区沙井镇步涌工业区B区B栋 邮编：51810 电话：0577 29546175 传真：0755 29546072

手机：13378658168 13506174285 13008897281 E-Mail: drillto@163.com 网址：www.drillto.com.cn

无锡市钻通工程机械有限公司 地址：无锡市胡埭工业园区北区刘塘路1号 邮编：214161 电话：0510-85582708, 85572370

上海钻通非开挖技术有限公司 地址：上海市南汇区新坦瓦公路1678号 邮编：201321 电话：021-58151800



非开挖技术

China Trenchless Technology

(双月刊)
2011年8月 第4期
(总第九期)

出 版：香港新闻出版社
总 编 辑：古广祥
主 办：中国地质学会非开挖技术专业委员会
编 辑：《非开挖技术》杂志社
主 编：朱文鉴
副 主 编：颜纯文
编 辑：张二海
英文编辑：胡远彪
编辑部信箱：ctt@cstt.org, zhwji@cstt.org
承 办：北京尚乾科技发展有限公司
发行范围：全球公开发行
刊 号：ISSN: 2077-6519/NR 106/1
印 刷：香港新闻出版社
社 址：香港元朗青山道99-109号元朗贸易
中心24字楼全层
咨询电话：00852-36423101
期刊地址：北京市百万庄大街26号，100037
电话/传真：010-68992605
网 址：www.cstt.org

《非开挖技术》 编辑委员会

主 任：王 达
副主任：颜纯文、乌效鸣
编 委：陈铁励、陈尉航
陈 勇、傅东旭
冯占义、高 鹏
黄满虎、胡远彪
贾传岭、姜纯桥
姜志广、凯 越
李红民、李 山
马保松、马福海
潘龙祥、强 兵
汤泓华、王 达
王洪玲、王 鹏
王水超、王明岐
王兆铨、乌效鸣
武志国、徐效华
颜纯文、杨 杰
叶建良、尹刚乾
余为民、于 翔
朱文鉴



CSTT

2012 April
ZHENGZHOU

2012年4月20日~22日
郑州国际会展中心

**INTERNATIONAL TRENCHLESS
TECHNOLOGY CONFERENCE**

第十六届中国国际
非开挖技术研讨会暨展览会
(第十六届协会学术年会)

www.cstt.org

主办单位 Co-Sponsored by
中国地质学会非开挖技术专业委员会
美国土木工程师协会管业专业委员会
美国德州大学地下设施研究与教育中心
China Society for Trenchless Technology (CSTT)
Pipeline Division (PTD) of the American Society of Civil Engineers (ASCE)
Center for Underground Infrastructure Research and Education (CUIRE)

承办单位 Hosted by
上海科熙文化交流有限公司
Shanghai Kexi Cultural Exchange Co., Ltd.



【水平定向钻进】

非开挖技术在郑州地区普及应用与发展	李玉霞 杨成海 (1)
定向钻进铺设勾头管设计	赵建忠 (5)
水平定向钻进孔壁稳定临界压力与泵量关系的分析	田恒星 符碧犀 乌效鸣 田文文 (11)
王宝河定向钻穿越关键工艺控制	张振国 冀秀邦 孙利峰 高秋玲 (15)
西气东输二线管道工程泾河水平定向钻穿越工程	王二朋 何永辉 (18)
岩石区定向钻管段宜用帕罗特防腐层	龚瑞祥 杨印臣 (22)
郑州地区最长管线穿越工程实例	杨成海 饶秋生 (25)
非开挖铺管中钻头泥包问题的分析与对策	唐佳芝 乌效鸣 谢 强 任旭斌 (28)
非开挖施工中的泥浆问题分析	王 果 (32)
岩石地层中非开挖技术探讨	刘 雷 杨朋朋 (34)
水平定向钻进的功能组合扩展	Michael Lubberger 王磊 译 (38)

【微型隧道与顶管】

软弱土质大口径长距离钢筋混凝土管泥水平衡顶管施工技术	吴全科 林洁曼 林 超 (42)
----------------------------	------------------

【管线修复与替换】

地下管道非开挖修复技术分类及其设计方法	孙跃平 (49)
以数字化助力城市排水管网的综合管理体制	吕喜正 (54)
不停输条件下排水管道CIPP安装技术及应用	杨庆余 (58)

本期刊登广告商目录	(10)
-----------	------

【信息】

非开挖修复旧管道技术进大连 (4); 第九期水平定向钻进上岗培训班顺利结业 (14); 2012年第十六届中国国际非开挖技术研讨会暨展览会会议论文征集通知 (21); 徐工基础召开广东地区两钻产品推介会 (34); 近七成城市供水管道材质差 每年漏水60亿立方米 (57); 世界最大天然气管道工程竣工 (60)

CONTENTS

Horizontal Directional Drilling

Popular Application and Development of Trenchless Technology in Zhengzhou Area	Li yuxia Yang Chenghai(1)
Design of Hook Head Tube Using HDD	Zhao Jianzhong(5)
Analysis on the Relationship between Horizontal Directional Drilling Hole Wall Stability Critical Pressure and Pump Volume	Tian Hengxing Fu Bixi Wu Xiaoming Tian Wenwen(11)
The Critical Process Control of Crossing WangBao River Using HDD	Zhang Zhenguo Ji Xiubang Sun Lifeng Gao Qiuling(15)
Pipeline Across Jing River Projects of Second West–East Project	Wang Erpeng He Yonghui(18)
Pipe Across Rocks Using HDD is Preferred Parrott Coating	Gong Ruixiang Yang Yinchun(22)
Zhengzhou Longest Pipeline Crossing Project	Yang Chenghai Rao Qiusheng(25)
Analysis and Countermeasures of Bit's Mud Package in HDD	Tang Jiazhi Wu Xiaoming Xie Qiang Ren Xubin(28)
Analysis on Mud Problem in HDD	Wang Guo(32)
Discussion on Crossing Rock Using HDD	Liu lei Yang Pengpeng(34)
Extending the Achievement Portfolio of HDD Rigs	Michael Lubberger(38)

Microtunnelling & Pipejacking

Construction Technology of Mud Balanced Pipe-jacking of Reinforced Concrete Pipe with Large-diameter and Long-distance in Soft Soil	Wu Quanke Lin Jieman Lin Chao(42)
---	-----------------------------------

Pipe Renovation & Replacement

Classification and Design Method of Trenchless Pipe Renovation Technology	Sun Yueping(49)
Help Integrated Urban Drainage Network Management System Using The Digital Power	Lv Xizheng(54)
Techniques and Applications Under Transimission of Drain CIPP Installation	Yang Qingyu(58)

Advertiser

.....	(10)
-------	------

Domestic & World News

.....	(4;14;21;34;57;60)
-------	--------------------

非开挖技术在郑州地区普及应用与发展

李玉霞¹ 杨成海²

(1 河南省建筑科学研究院有限公司 450053 2 郑州市市政工程总公司 450006)

摘要:该文分析了非开挖技术施工达到最小破坏和最大保护环境的特点,根据目前郑州地区电力管网敷设施工大规模采用非开挖技术成功的基础上总结经验,为该项技术在自来水、污水、热力、燃气等管道施工中应用提供参考。

关键词:非开挖技术、电力工程、线路

1 非开挖技术的发展及特点

与其它技术相比,非开挖技术起步较晚。但是值得注意的是在最近10年中,非开挖技术无论在理论上,还是在施工工艺方面,都有了突飞猛进的发展。非开挖技术是极为重要的一种都市铺设管道的施工手段,采用非开挖技术铺设管道具有若干得天独厚的优势。

非开挖技术在国外已广泛使用,在国内也逐渐普及。不开挖地面,就能穿越公路、铁路、河流,甚至能在建筑物底下穿过,是一种能安全有效地进行环境保护的施工方法。

非开挖技术不开挖地面,故而被铺设管道的上部土层未经扰动,管道的管节端不易产生段差变形,其管道寿命亦大于开挖法埋管。非开挖技术能节约一大笔征地拆迁费用,缩短管线长度,具有很大的社会效益和经济效益。

2 非开挖技术施工方法

2.1 技术准备

2.1.1 地下现状管线勘查

根据工程所能提供的工程现场地下管网资料,对现场地下管网进行复查,准确掌握地下各种管线和其他基础设施的分布及埋深,为导向孔轨迹提供准确的设计依据。

2.1.2 地形地貌测量

根据市政管理部门审批的路由,按施工区域地

形及路线定出钻孔轴线,沿轴线的地表走向标定地面有效标定点的距离和方位以及各个标定点的地面标高(或高差),为导向孔施工时地面跟踪监测提供准确依据。

2.1.3 现场地质勘查

掌握钻孔工作区地层特征,为成孔工艺提供钻探参数。

2.1.4 设计理论导向参数表

画出设计敷管路由图及设计敷管轨迹断面图,将以上勘测结果反映在图上,制订工艺方案。

3 非开挖技术在郑州地区的施工应用

郑州地区地形地貌为黄河冲积形成平原,大部分土层为粉土、粉质粘土,此层土质非常适宜采用非开挖技术施工。下面举例公司已施工过一个施工实例。

3.1 工程概况

该工程位于郑东新区主要城市干道黄河东路和农业东路,由于这两条道路平时的车流量大,穿越导向时应注意安全。

3.2 穿越段地貌及地质状况

(1)第1层:杂填土(Q4ml),杂色,稍湿,松散,主要成分以粉土为主,含有砖块、水泥块等建筑垃圾及少量植物根系。层第埋深0.50~2.10m,平均埋深1.18m,层厚0.50~2.10m,平均厚度1.18m。

(2)第2层:粉土(Q4-3al),浅褐黄色—褐黄色,

稍湿~湿,稍密,干强度低,无光泽反应,韧性低。含黄色铁质氧化物斑点。层底埋深 2.5~3.50m,平均埋深 2.99m,层厚 0.90~2.50m,平均厚度 1.81m。

(3)第3层:粉土(Q4-3al),浅灰色~褐黄色,湿,稍密,干强度低,无光泽反应,摇振反应迅速,韧性低。含小姜石、蜗牛壳碎片,该层上部粘粒含量高。层底埋深 3.80~5.30m,平均埋深 4.86m,层厚 0.9~2.50m,平均厚度 1.87m。

(4)第4层:粉质粘土(Q4-3al),浅灰色~褐黄色,软塑,干强度中等,无摇振反应,切面稍有光滑,韧性中等。含小姜石,偶见蜗牛壳碎片。层底埋深 6.2~7.40m,平均埋深 6.81m,层厚 1.30~2.80m,平均厚度 1.95m。

(5)第5层:粉土(Q4-3al),浅灰色~褐灰色,湿,中密~密实,干强度低,摇振反应迅速,无光泽反应,韧性低。有砂感,偶见蜗牛壳碎片。层底埋深 7.4~9.80m,平均埋深 8.75m,层厚 0.90~3.00m,平均厚度 1.94m。

根据工程所能提供的工程现场地下管网资料,采用探地雷达结合掀井盖实地测量的对现场地下管网进行复查。对于已完工的非开挖施工的管线则可采用把探棒送入管道内,用导向仪测量探棒深度及位置来确定管道。准确掌握地下各种管线和其他基础设施的分布及埋深,为定向孔轨迹提供准确的设计依据,确保施工安全。

3.3 本工程采用水平定向钻机的性能参数指标

本工程拟采用 DW230 水平定向钻机进行施工,钻机性能参数如下:

- 额定扭矩:9000Nm;
- 入土角调整范围:0~15°;
- 最大行进速度:12.36m/min;
- 最大回拖管径:1000mm;
- 最大穿越距离:800m;
- 最大推拉力:230KN;
- 钻机结构形式:履带式;
- 控向方式:无线。

3.4 水平定向钻机进场前准备

(1)钻机场地(出土点):按照钻机施工及现场情况,应在原地貌的基础上推出 20m×10m 的钻机施工场地,必须推平压实,开挖边沟,如果钻机就位场

地承载力不够,必须用混凝土铺地面或钢板,面积应满足钻机使用;

(2)焊接安装管道场地(出土点):按照施工规范要求,用推土机推出 1 条大于穿越管线长度 20 米,宽度不小于 5 米的焊接预制作业场地,以及 15×20m 的出土点作业场地,并平整压实,以便管道焊接安装,在回拖管线时安装滑送架用来减轻摩擦力;

(3)挖泥浆池及排水沟:出土点、入土点各挖一个长×宽×深=6m×2m×2m,坡比 1:0.67 的泥浆回收池;

(4)施工临时用水:就近取水或用水车运输;

(5)施工临时用电:施工用电采用 15kw 发电机组在施工现场发电。

3.5 测量放线

(1)根据施工要求的入土点和出土点坐标放出管线中心轴线,在入土点端测量并确定钻机安装位置及泥浆池的占地边界线;在出土点一端,根据管线中心轴线和占地宽度及长度,放出管线组装焊接安装场地边界线及出土点作业场地边界线。

(2)测量控向参数:按操作规程标定控向参数,要求细心并尽可能多测取参数比较,以确定最佳参数,在管道中心线的三个不同位置测取,且每个位置至少测四次,并做好记录。

3.6 导向轨迹设计

导向轨迹的确定应执行设计和规范要求,主要考虑以下因素:

- (1)满足规范要求的最小曲率半径,即 $R=800D_n=218m$;
 - (2)满足穿越道路安全规范要求;规范要求穿越道路应保持在道路下 5m;
 - (3)选择最佳主力穿越层位;
- 综合考虑上述因素,确定穿越轨迹。

3.7 管道施工

3.7.1 钻机就位

道路施工场地完成后,按照施工平面的布置,进行钻机就位,罐区摆放,开挖泥浆回收池等。

3.7.2 泥浆配制:根据地质资料情况,确定泥浆配制方案,实施泥浆开钻,开钻前配制好 20 方优质泥浆。泥浆在定向穿越中起关键作用,我们将针对不

同的地层采用不同的泥浆,若地质情况复杂,则对泥浆要求比较高,为了对付不同的情况,我们将采取以下措施:

(1) 按照事先确定好的泥浆配比用一级膨润土加上泥浆添加剂,配出合乎要求的泥浆。

(2) 使用的泥浆添加剂有:聚合物 HFEC, 滤失剂 DFD-140, 润滑剂, 根据不同的穿越地质条件, 确定加入不同的添加剂。

(3) 为了确保泥浆的性能,使膨润土有足够的水化时间,在用量不能改变的情况下,将采取增加泥浆储存罐的数量。

(4) 废泥浆的处理:在焊接场地挖一个废浆收集池,收集废泥浆,经沉淀之后处理;在钻机场地也挖一个泥浆回收池,泥浆经过回收池沉淀后,再经过泥浆回收系统回收;回收不了的泥浆排送到指定的地方。

3.7.3 钻机试钻

进行系统连接、试运转,设备运转正常后,钻进1-2个单根后,检查各部位运转情况,正常后按次序钻进,确保导向钻进一次成功。

3.7.4 导向孔钻进

(1) 导向孔的钻进是整个定向钻的关键,我们采用 DW230 水平定向钻机,及配套的钻具进行整个穿越工程的施工。定向设备采用英国 Sharewell 公司生产的 GURDEV 定向系统,确保出土位置达到设计要求。确定控向方案,泥浆和司钻要重视每一个环节,认真分析各项参数,互相配合钻出符合要求的导向孔,钻导向孔要随时对照地质资料及仪表参数分析成孔情况。

(2) 由于本工程为中长距离复杂地层穿越,导向孔钻进时,推力较大,要求地锚固定必须牢固,泥浆性能达到高粘度、好流动,适当加大泵压,提高水马力。

3.7.5 管线回拖

导向孔经分级预扩、清孔,孔径达到管线回拖要求的条件,将检验合格的穿越管线吊上滑送架并检查无误后回拖。回拖是穿越的最后一步,也是最关键的一步。在回拖时进行连续作业,避免因停工造成卡钻。回拖前仔细检查旋转接头、连接头、扩孔器的连接,确定连接牢固方可回拖,回拖时两岸

要加强联系,协调配合将管线敷设到预定位置。

3.8 关键工艺控制措施

(1) 防止钻孔时呈“S”型的措施

定向设备采用英国 Sharewell 公司生产的 GURDEV 定向系统,在定向钻进过程中严格控制全角变化率,尽量缩短测量间隔长度,特别是遇到地层软硬变化或砾石时,参数测量间距不得超过2米。调整方位要及时,并留有余量,禁止反复大幅度调整角度,防止出现“S”型轨迹。

(2) 确保定向钻出误差在设计范围内的措施

一是钻机测量就位时,利用全站仪准确放出钻机就位中心线;第二准确测量标定控向参数,要求细心并尽可能多测取参数比较,以确定最佳参数,在管中心线的三个不同位置测取,且每个位置至少测四次,并做好记录。

(3) 确保扩孔顺利的措施

首先要做好导向孔,必须满足管线曲率半径的要求,特别是不能出现“S”型曲线;二是针对不同地层适时调整好泥浆,本穿越段地层较复杂,针对不同地层及时调整泥浆配比方案,适当控制泥浆粘度,增加滤失剂、润滑剂和防塌剂加量,稳固孔壁,减少缩径,稳定泥浆性能,防止大幅度调整泥浆,引起孔壁坍塌。

3.9 管线保护

(1) 管线回拖前对预制完成的管线进行验收,验收内容:管线质量是否合格,是否按照设计要求对所有管线进行了摆设,是否符合管线的椭圆度,拉头做的是否合格,确认合格接到甲方通知后方可回拖。

(2) 管线回拖前,必须对管线进行逐个检查,发现管皮脱落、管线变形等问题必须通知甲方进行更换,以防在回拖过程中出现不必要的麻烦和带来不必要的经济损失,以延误甲方投入社会带来经济效益的时间。

(3) 最后一次扩孔要提高泥浆的润滑性能,回拖时保持最后一次扩孔的泥浆性能,避免大幅度调整泥浆造成的孔壁坍塌,给拖管增加阻力。

(4) 管线回拖前必须检查两端封闭情况,管线回拖就位后,仍然保持管线两端密封,确保管线内干净。

(5) 管线回拖全过程必须有专人负责巡线检查,补漏人员现场及时补漏。

3.10 环境保护和地貌恢复

(1) 泥浆处理使用对地层和环境无污染的高分子聚核物等中性泥浆添加剂。施工过程中,加强对各种油料、泥浆药品的管理,避免流失地面、污染施工场地和道路及其他建筑设施。

(2) 管线就位后,对两端泥浆回收坑中的泥浆进行回收处理,对于不能回收的沉淀物,进行固化处理,填平泥浆池,恢复地貌。对施工现场进行清理,做到:“工完、料净、场地清”。

3.11 资料备案施工完毕后,作出详尽真实的技术

资料,交给有关部门归档备案。

4 非开挖技术在郑州地区发展前景

随着城市快速发展,城市人口的大量增长,市政基础设施建设得到空前发展,为非开挖技术的发展带来大的机遇。我们总结在电力管线铺设中大量使用非开挖技术,以及自来水、天然气管线铺设时有时采用非开挖技术施工的成功经验。探索把该项技术推广到污水、热力等管线的铺设施工中。为城市建设的发展做出该技术应有的贡献。

非开挖修复旧管道技术进大连

由于各种管线的破损,城区道路经常要“开膛破肚”进行维修,由此产生的“拉链路”屡见不鲜。“拉链路”给日益拥堵的城市交通“雪上加霜”,严重影响市民的出行。记者近日了解到,一种非开挖修复旧管道技术悄然进入大连市,不但避免了“拉链路”,而且大大降低了管道维修成本。

在大连市泉水居民小区,一排居民楼西侧,一条800多米长被压成“U”形的黑色塑料管从一个深坑中穿入已经破损的自来水管中。这条长长的黑管犹如一条蟒蛇,身上每隔半米缠着白色的胶带,而这胶带恰似蟒蛇身上的花纹,正全力地向地下水泥管道中“钻”。在距进口800米远处,还有一个开挖点,深坑内有一台小型牵拉机,正徐徐地将“蟒蛇”拉入破旧水管的体内。

负责管道维修的大连天禄防腐工程有限公司技术人员说,目前维修的是泉水地区自来水主管线。该管线为上个世纪70年代初铺设的水泥管,距

今已有40年的历史,管道破损严重,时常漏水,给城区北部居民用水带来不便。在维修时,经常要开挖路面或打开小区内的方砖步道,也给居民出行带来影响。现在已确定1.5公里长自来水管线为该技术的试验段。

该技术在国外一些先进国家被广泛采用。目前该技术已经被本市引进,不久将会在本市自来水、煤气、天然气和市政管道修复上广泛得到采用。这种技术是为避开“拉链路”而产生的,赵利进说,这种技术的奥妙就在这根黑管上,它的粗细是等同于所要修复的管道内径。黑管的材料采用高密度的聚乙烯,不但有很强的抗拉强度,而且还耐腐蚀,其使用寿命将在50年以上。对于开挖路面维修,每米管道的修复成本为4000元,采用该技术后仅为2000元,可大大节省管道的修复成本,降低财政在管道维修方面的投入。

<管道工程网>

定向钻进铺设排水勾头管的施工设计要素探讨

赵建忠

(北京市市政工程管理处, 北京 100013)

摘要:本文通过北京地区多个排水勾头管施工实例,总结了非开挖水平定向钻进技术在勾头排水管线铺设中的设计要点。

关键词:非开挖、定向钻进、排水、管道、勾头、设计

1 前言

新建小区、市场及工厂等的内部排水管线与市政排水干线的连通及原有连通的维修,是较常见的一种管线施工型式。过去一般采用开槽施工,随着环保、交通要求的提高,以及非开挖技术发展逐步淘汰了开槽施工方法、采用非开挖的夯管、顶管及定向钻进铺管施工,尤其是交通要求较高的城市甚至不得不采用非开挖的施工方式。

排水勾头管线采用非开挖定向钻进技术铺设除了在卵砾石地层施工较难或无法实施外,在其它条件下得到了较多的运用。水平定向钻进在石油、天然气、自来水、电力和电信等行业已得到运用,有一些行业及地方已发布了施工及验收规范^[1],国标GB50268-2008^[2]也提及水平定向钻进施工的相关内容,但没有提及相关施工设计内容,目前也没有一个规范的水平定向钻进铺设排水管的设计规程或设计导则,更没有水平定向钻进铺设排水勾头管的相关设计规程,这使得这项技术的应用受到一定的约束。

2 定向钻进技术铺设排水勾头管施工优势

2.1 定向钻进与开槽敷设排水勾头管的比较

开槽敷设勾头管的施工工艺流程一般为:

前期准备→测量放线→人工探槽→机械或人工挖槽(备选项:降水,槽放坡或支护,土倒运,土暂存)→人工清槽→验槽→垫层→下管、安管(包含:

导行,导流,接入井并室通风、有毒气体、检测、井壁凿除等)→复测管内底高程及管道中线→第一步土回填→砌筑检查井→验收(包含:闭水或闭气试验)→第二步土回填→地表恢复。

定向钻进铺设勾头管的施工工艺流程一般为:

前期准备(含地层及地下水、地下管线调查)→测量放线→人工探槽→机械或人工开挖工作坑(备选项:坑位降水,坑放坡或支护,土倒运,土暂存)→钻机就位→钻导向孔(包含:导行,导流,接入井并室通风、有毒气体、检测、井壁凿除,泥浆控制等)→扩孔(含泥浆控制)→推(拉)管(含管道连接)→初测管内底高程及管内影像拍摄→管外注浆加固→复测管内底高程及管内影像拍摄(包含:砌筑检查井、闭水或闭气试验)→地表恢复。

定向钻进技术铺设勾头管与开槽铺管相比,有如下优势:

- 1)大部分接入井在道路下,开槽施工时必须开挖接入井附近道路,而定向钻施工只须凿除井壁,占道作业区小,占道作业时间短,对交通影响小;
- 2)大部分排水管理设较深,遇周围建筑物较多、人员密集、车流量大,在都市繁华地区如开槽作业几乎无法完成,即使能作业也因开挖量大,对环境、市民生活、交通等影响大,而定向钻施工可极大减小这些不足;
- 3)定向钻施工采用机械化施工,工期相对较短;
- 4)定向钻施工受雨天等不良天气影响较小;
- 5)对地下已探明管线保护,定向钻施工更可靠;
- 6)在防坍塌、防跌落等安全控制方面,定向钻

施工相对容易;

7) 定向钻施工在穿越道路、河流,在有地下水的环境施工等方面优势更明显。

2.2 定向钻进与夯管铺设排水勾头管的比较

排水勾头管线采用非开挖夯管施工除了在卵砾石地层方面比非开挖定向钻进技术铺设地下排水管线有一定优势以外,其它方面定向钻铺设均有较大的优势。尤其是在高程精度控制、单次铺设长度方面定向钻具有较大优势。

2.3 定向钻进与顶管铺设排水勾头管的比较

排水勾头管线采用非开挖手掘式顶管施工,只能施工内径 880mm 以上管径,对于地下空间狭小处不能容纳该管径时,基本不考虑。一般勾头施工的管内径基本小于 $\phi 700\text{mm}$,只有少部分采用手掘式顶管施工。

排水勾头管线采用非开挖机械式(先导式)顶管施工,由于风险大、造价高,一般也不选用。

3 定向钻进技术铺设勾头排水管线施工设计要点

一般的排水勾头管工程的管道结构设计要素(不考虑主线的道路跨越、河流截流或跨越、回填等情况)为:地下水、地层分布,接入井溜槽顶及底高度,接入井井室形状及大小,主线井内下游管管径及内底高程,拟铺设管道材质、管道直径,拟铺设管道高程及坡度、流向、与主线管夹角,检查井及直线接入,排放要求,排水制度,相关计算说明等。

开槽施工排水勾头管线的施工方法设计(不考虑进度,人员需求,安全及环保措施,导流,导行,概况等)根据前述结构设计要考虑的主要因素有:沟槽断面,土方挖掘机、运输机械型号及种类(备选项:石方爆破),边坡处理(备选项:地下水处理),地下管线及构筑物保护,施工平面图。

定向钻铺设勾头管的施工方法设计要考虑的主要因素有:工作坑,钻机选择,导向轨迹确定,管道安装方式,其它基本与开槽埋管相近,现结合本人在北京地区的实际工作中一些案例,对一些关键环节进行探讨。

3.1 排水管材种类、联接型式及管节长确定

目前还没有完全适合于定向钻拉管施工的排水管材,相关的标准现处于制定中。现有的聚乙烯

缠绕结构壁管材(一般简称“缠绕管”)、给水用聚乙烯管材(一般简称“实壁管”)用于定向钻拉管施工各有其优缺点。

缠绕管在用途上符合排水行业的环刚度要求,但由于其连接方式(其连接方式有:法兰、电热熔带、收缩套、V型焊接、热熔对焊、承插口焊接、弹性密封件承插连接。定向钻施工一般选电热熔带连接方式。)决定了其作为定向钻施工的管材有不足之处,因其承受钻机拉力方面有不足,另外,其原材料选用、运输、装卸、接口连接、定向钻拉管等环节易对闭水(气)试验造成影响。其管节长考虑运输一般定制为 6 米,根据施工的作业空间可定制为 4 米、甚至可定制为在检查井内可连接的长(0.8 米)等,采用电热熔带连接不须特别考虑连接作业空间。

按国标要求的实壁管,其连接型式(目前一般采用热熔连接)满足定向钻施工,热熔连接的管线的闭水(气)试验也能很好地满足验收要求,但在环刚度要求上不能很好满足排水管使用要求。环刚度满足要求的增强型实壁管由于缺乏相关规范、价格在市场上不具有优势,进入市场很难。实壁管管节长与缠绕管基本一样,但其在井内连接作业须考虑热熔焊机的尺寸。不过,实壁管管节长随着实壁管螺纹连接(密封可靠)及其它新的连接型式产生,以及热熔焊机的改进也会进行改变。

在非开挖定向钻进使用的排水管材的标准颁布前,建议管材按如下原则进行选取:对于满足以下条件之一:埋深大于 3 米、单次铺管长度大于 50 米(拉力较大)、有地下水或渗漏水(如选择管道密封性不好的管材,易出现管道上部塌空)的一般选择实壁管。对于满足以下条件之一:管径大于 DN/ID400、埋深小于 2 米、单次铺管长度小于 50 米的一般选择缠绕管。其它情形参照上述侧重点考虑。

3.2 排水管口径、主线接入井、管线路由及高程、坡度确定

排水管口径通过相关标准^{[3][4]}及相关计算文献、结合业主需求即可解决。

主线接入井,应结合钻机工作坑的位置、接入管线与主线的夹角等条件综合考虑,一般从最方便拟接入主线位置附近选择一个,有时要二选一。如果主线上没有合适的主线井,可在主线上采用“沉管”方式制作。

勾头管线长及路由,也应结合钻机工作坑的位置、接入管线与主线的夹角等条件综合考虑,使勾头管线施工尽可能可靠,满足相关规范???要求,降低施工风险。

管线坡度在条件允许时,尽可能的取大值,这样可以弥补铺管的误差。

管线高程应结合实际情况、接入排水管的种类、规范要求、钻进施工工艺等综合考虑。管线覆土深一般不要大于12米,但不要小于管道外径的2倍且不小于1.5米。导向及扩孔过程控制是影响管道高程偏差较大的因素。

3.3 地层及地下管线分布、环境调查

只要铺管地层不是回填土、没有卵砾石及锚杆、构筑物结构等障碍物,一般就可选用定向钻铺管。岩石层虽然可以施工,但高程控制较难;地下水的存在对定向钻铺管影响小。

地下管线的分布除了要有铺管空间及施工安全距离外,还要考虑高密度聚乙烯排水管道距离热力及蒸汽管的特殊距离。

施工环境应没有影响导向仪信号的电磁信号。

3.4 工作坑位置、大小、支护类型确定

工作坑的位置选择一般需选择对交通及环境影响小的区域(人行道、自行车道、停车场等),它与工作坑的用途、现场地下及地上空间、管材种类、接入井周围结构状况等有关。

定向钻工作坑的用途一般为:改变钻进轨迹及安放定向钻机,安放钻具、安放焊机及砌筑检查井,容纳钻渣液等。用途确定后,坑的大小基本确定。

现场(人行道、自行车道、停车场等)空间也对坑的大小有影响。这种影响在老城区影响较为突出,老城区地下管线建设时间长、种类多、街道较窄导致选择坑位较难,地面建构筑物如电线杆、电缆对坑位影响也较大。

管材种类决定其连接型式,而连接型式又决定其接口承受最大拉力,拉力与铺设管线长度有一定关系,另外长度还与定向钻的高程控制有关。因此管材种类及定向钻高程控制要求决定单次铺设管线长度。从而管材种类影响坑位的选择。缠绕管定向钻进铺设一般单段长度不大于60米(管径小于DN/ID800),其勾头管定向钻铺设一般单段长度不大于40米。实壁管定向钻铺设一般单段长度不大于100米(管径小于DN800)。

以下是工作坑位置设计的工程案例。

该工程为海淀区某小区污水勾头管铺设工程。由于原有污水管线铺设年久,小区逐渐增大,导致时常堵塞须疏通。另外,该处地下水位较高,管道常年处在地下水位线下;该处地层为砂层;管道上方承受车载压力等因素,加重了管道破损程度及疏通频率。业主决定新铺设一条管线,施工单位经过前期管线、地层等调查,决定用定向钻进方法施工,坑位第一次设计如图1所示。

施工时,导向遇到障碍物,只好重新调查、设计。通过调查,工程无法顺利进行,是基于在对接入井周围情况调查不清、坑位设置及接入井选择不当的基础上进行的设计。由于该管线多处破损、多次堵塞、多次维修、抢修,其中有两次抢修均因管道破损导致该接入井附近道路下土体随管道流失,道路塌空,抢修时管顶0.5米内回填黄砂、水位线下其余

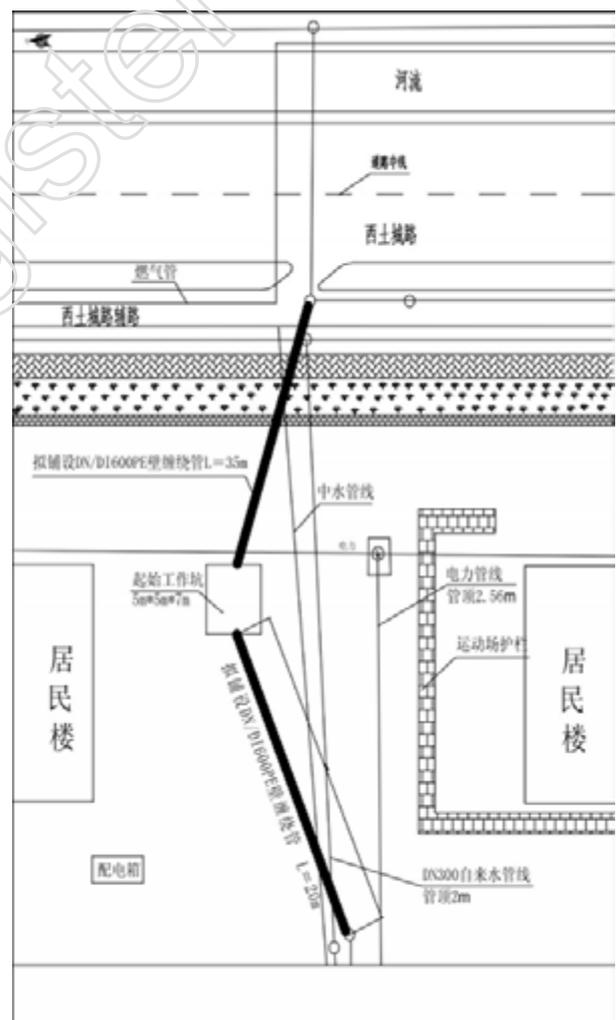


图1 第一次设计的工作坑位置示意图

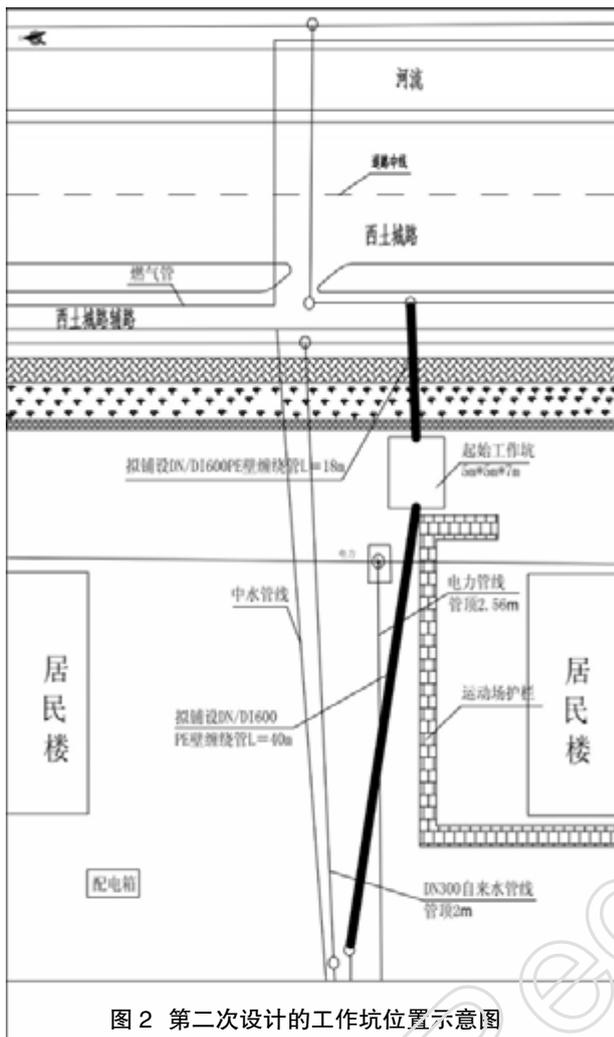


图2 第二次设计的工作坑位置示意图

部分回填级配,但有部分沥青混凝土块被回填。通过调查,决定改变接入井位置,使勾头段管线施工

最可靠,重新设计,第二次设计如图2所示(图中40米段施工采用本文3.5提及的三段式导向轨迹)。以改变后设计施工,工程进展顺利。

工作坑的大小一般按如下原则选取:安设钻机(一般用于排水管道铺设的国产定向钻机的参数见本文3.5)的工作坑的大小:

长度 = 钻机主机长 + 最大扩孔钻头长 + 500 ~ 1000mm, 但不小 2500mm;

宽度 = 钻机主机宽 + 1500mm, 但不小 2500mm;

深度 = 管的内下底深 + 钻机底座至钻机动力头回转中心高 + 坑的底板厚度;

只安设管道焊机及管节的工作坑的大小:长度 = 管节长 + 1000mm, 其中管节长由施工设计确定,但坑长度不小 2500mm;

宽度 = 管外径 + 1500mm, 但不小 2500mm;

坑深 = 管的内下底深 + 坑的底板厚度 + 200 ~ 400mm。

工作坑在场地条件许可时宜放坡或放坡与台阶同时并存,坡度及层间宽等满足相关规程的要求。在场地条件不许可时应根据具体情况选用适宜的支撑结构,如:钢木支护、喷射混凝土逆作竖井等。坑底可选择碎石、钢筋混凝土及二者组合等型式。

3.5 钻机选择及定位、导向轨迹及铺管型式确定
一般用于排水勾头管铺设的国产定向钻机的参数如下表1。

用于排水勾头管铺设的定向钻机,因要适应狭小空间作业、较大(相对电力、电信行业来说)管径

表1 用于铺设排水勾头管的国产定向钻机的参数表^⑥

序号	钻机型号	钻机主机长×宽(m)	钻机动力头中心距底盘底高(m)	钻机钻杆长(mm)×杆外径(mm)	钻机最大扭矩(Nm)
1	HXF-50	1.8×0.5	0.5	500×50	1200
2	DDW-80	2.2×1.3	0.5	500×60	2200
3	DFM1504	1.2×0.5	0.5	500×50	1300
4	DDW-100	3.7×1.2	0.65	2000×73	4000
5	DDW-150	3.2×1.7	0.65	1000×73	5000
6	DDW-210	3.8×1.8	0.75	1500×73	9000
7	DDW-210A	4.9×1.5	0.75	2000×73	9000
8	ZY2011	4.0×1.8	0.75	1500×73	13000

铺设要求,大部分选用分体式(主机与泵站分离的型式,减小主机的体积)、配置短钻杆的结构类型。钻机的主参数如拉力及扭矩的选择计算相关文献有介绍,本文只给出一个经验值:拉力为 200kN 的钻机,基本能适应所有勾头管的各种情况的施工。

钻机定位与钻进的导向轨迹型式有关,排水勾头管铺设的导向轨迹与传统的定向钻五段式导向轨迹不一样,一般采用一段式与三段式,前者居多。一段式钻机在起始工作坑内定位,三段式钻机在地面定位。

铺管型式也与钻进的导向轨迹型式有关,三段式导向轨迹的铺管型式只有拉管这种安装型式。管道安装起点位于导向钻进的接收坑(出土坑)内,终点为接入的目标井,管道焊接也在该接收坑内完成,牵引的动力来自于地面的钻机。一段式导向轨迹的铺管型式有拉管与推管两种安装型式。采用推管安装型式时,管道安装起点位于导向钻进的起始坑(入土坑,钻机也定位在该坑内)内,终点为接入的目标井,管道焊接在该起始坑内完成,推进的动力来自于起始坑。采用拉管安装型式时,管道安装起点位于导向钻进的起始坑(入土坑,钻机也定位在该坑内),终点为接入的目标井,管道焊接也在该起始坑内完成,牵引的动力来自于目标井一端。采用拉管安装型式时,管道安装起点也可位于接入的目标井,终点为导向钻进的起始坑(入土坑,钻机也定位在该坑内)内,管道焊接在目标井内完成,管节长及连接型式受限制,牵引的动力来自于起始坑的钻机。

各种铺管型式要根据施工环境具体确定。

以下是某工程的两种导向轨迹的案例。

第一种“一段式”轨迹如图 3 所示,这是通用一种形式。钻进轨迹可以说没有太大问题,但由于扩

孔后,孔上方的电信管块及电力管道漏水,漏水来自附近自来水管道的渗漏,渗漏水顺着该电信管块及电力管道流入导向孔,又通过导向孔流入坑内。水由小到大,不断破坏自来水管原平衡状态,渗漏也不断加大,三天后导致自来水管断裂,大量水携带大量泥沙流入坑内,致使人行便道塌陷,拉管施工无法进行。

抢修自来水管、加固工作坑支护后,重新进行设计,采用了“三段式”导向轨迹如图 4 所示,后来也较顺利地完成施工。重新设计没考虑“一段式”的井内焊管的方式的原因有:接入井为三环路,交通压力大,无法长时打开井盖进行焊接作业;坑附近为居民楼,居民对柴油机驱动的钻机噪声反对声音较高,而三环内可放置钻机、且为办公场所,可调整非办公时间(夜间)作业解决。

3.6 质量检验与验收建议

根据规范^[7](适用 DN/ID800 以下 HDPE 管沟槽铺设)要求,对高密度聚乙烯排水管道的一般质量检验及验收(此处不包含开挖、管基础、安装、检查井、回填等分项工程)应进行管道严密性检验、管道变形检验,管道高程及中线偏差应符合设计要求(应符合设计及规范要求)。规范[7]还规定对于未作规定及特殊要求工程,应按有关标准执行或由设计方、施工方会同有关部门协商解决。

本文所述工程,检验及验收的内容应与上述要求一致。在管道严密性及管道变形检验方面,建议参照上述相关标准要求执行,严密性建议做闭气检验,并设计相关单个焊缝检验机具及评定方法;管道高程及中线偏差的验收当管道内径小于 $\phi 800$ 时受检验仪器的限制无法完成(虽然国外已有相关仪器运用,但在国内鲜有运用),建议验收按“会同

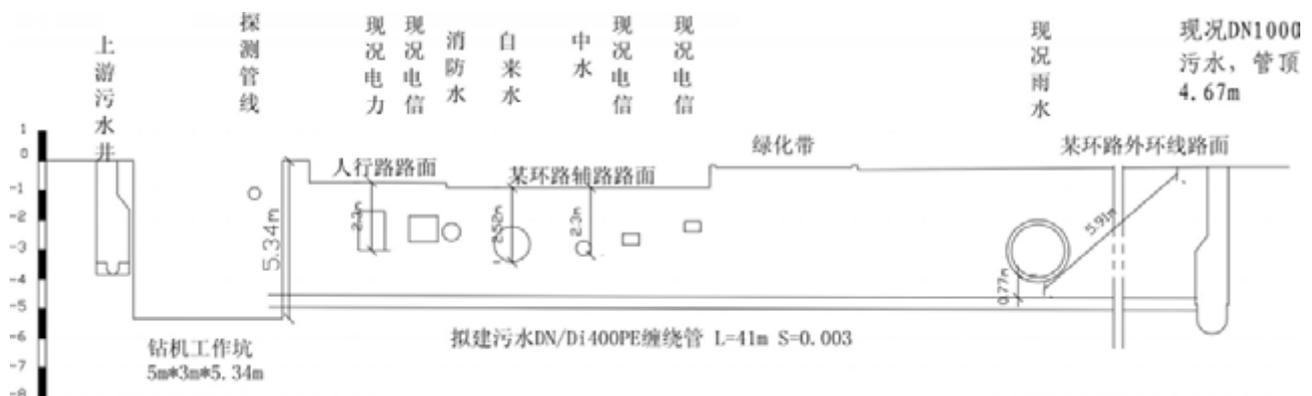


图3 “一段式”导向轨迹示意图

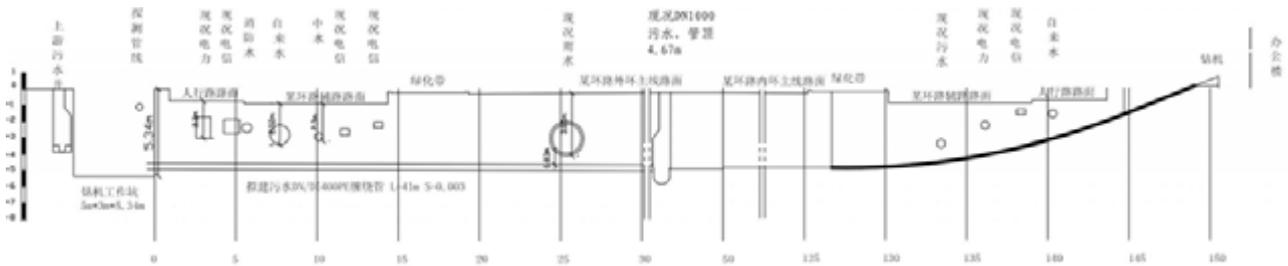


图4 “三段式”导向轨迹示意图

有关部门协商解决”类型对待,但要确保满足使用要求。

4 结束语

运用水平定向钻穿越技术铺设排水勾头管线,除了能较环保地穿越道路、铁路、河流,甚至能穿越建筑物外,在经济上也具有明显的优势,具有广阔的应用前景。它的设计工作也需要不断总结。

随着定向钻技术铺设排水勾头管应用的不断深入及技术不断完善,相关管材、检验仪器等领域技术水平的提高,国标 GB50268-2008 内水平定向钻进相关的施工内容也会不断发展,定向钻进在勾头管铺设方面的设计会更加完善,相应的设计规范的出现也不是不可能。

参考文献:

[1] DB11/T 594.1-2008 《地下管线非开挖铺设工程

施工及验收技术规程 第一部分:水平定向钻进施工》.北京市非开挖技术协会等,2008.

[2] GB50268-2008 《给水排水管道工程施工及验收规范》.北京市政建设集团有限公司等,2008.

[3] GB50318-2000《城市排水工程规划规范》.陕西省城乡规划设计研究院,2001.

[4] GB50332-2002 《给排水工程管道结构设计规范》.北京市市政工程设计研究总院等,2003.

[5] 《排水管道通用图集》(上).北京市市政工程设计研究总院,2004.

[6] QB/T.KX001-2008《地下排水管道水平定向钻进铺设工程施工与验收技术规程》.北京隆科兴非开挖工程有限公司,2008.

[7] DBJ01-94-2005《高密度聚乙烯排水管道工程施工与验收技术规程》.北京城建科技促进会,2005.

本期刊登广告厂商目录

封面:德威士行孙工程机械(北京)有限公司

封底:美国 DCI 公司

封二:美国 DCI 公司

封三:徐州徐工基础工程机械有限公司

前页:

美国 DCI 公司

凯通钻具(集团)有限公司

南京地龙非开挖工程技术有限公司

深圳市钻通工程机械股份有限公司

后页:

山东中探机械有限公司

上海搭福电子有限公司

百莱玛(上海)机械有限公司

河南华北基础工程有限公司

德威士行孙工程机械(北京)有限公司

中国地质科学院勘探技术研究所

美国十方国际公司

上海钟仓机械设备有限公司(日本 RASA 工业公司)

水平定向钻进孔壁稳定临界压力与泵量关系的分析

田恒星¹ 符碧犀¹ 乌效鸣¹ 田文文²
(1.中国地质大学(武汉);2.重庆天弘矿业有限公司)

摘要:通过对水平定向钻进孔壁稳定性影响因素的分析,提出钻井液和地应力是影响孔壁稳定性的主要因素,建立钻井液和地应力共同作用下的孔壁稳定力学模型,推导出维持孔壁稳定的钻井液安全压力范围,同时根据压力的范围计算出合理的泵量。

关键词:水平定向钻进、钻井液、地应力、孔壁稳定

1 前言

水平定向钻进由于其施工周期短、施工精度高、成本低等优点,被广泛用于地质工程、市政工程、矿山工程和隧道工程中。水平定向钻进在浅地层中实施,所遇到的地层基本上是粘土、粉土、砂土、淤泥质土、沙砾土等第四纪土层。许多施工中程度不同的存在着孔壁失稳的现象,主要表现为垮塌、缩径、超径,常常会导致成孔困难、铺管阻力大、施工效率低,严重时甚至造成地面塌陷和地上相邻构筑物的破坏。目前对于孔壁稳定的研究成果很多但绝大多数的孔壁稳定问题都是以垂直孔为研究对象,随着水平定向钻进的不断发展,水平孔的孔壁稳定性问题研究也越来越重要。

2 水平定向钻进井眼稳定的影响因素

影响水平定向钻进井眼稳定的因素主要可以归结为:

(1)地质因素的影响;

对于浅地层的水平定向钻进,经常会遇到机械分散地层(砂石、砾石、破碎带等)、水敏性地层(富含蒙脱石的粘土层)、溶蚀性地层(富含氯化钠、钾盐、石膏、芒硝等土层)。这些地层分别会引发坍塌、缩径、超径等孔内事故。

(2)钻井液影响;

由于地质因素中的一些客观不利因素不可改变,钻井液作为一种主动的手段是用来维持孔壁稳

定的一个重要途径。钻井液在水平定向钻进中有着很多功能包括平衡地层压力、保护孔壁、润滑减阻、排除钻渣、冷却钻头、软化硬岩土等。其中粘性保护孔壁和平衡地层压力对于孔壁稳定尤为重要。钻井液的运用也会带来一些不利的影 响,例如钻井液对于井壁的冲刷作用、钻井液对于孔壁粘土的水化。

(3)地应力影响;

地层应力也是决定水平定向钻进钻孔稳定性的主要客观因素。他决定着钻孔所承受的垂直应力 σ_v 和水平应力 σ_h 。垂直应力由上覆地层重量决定,水平应力由垂直应力和侧压力系数决定,侧压力系数由 $\lambda=1/(1-\mu)$ 确定。一般情况下,土越松软,泊松比越大,侧压力越大。

(4)钻进工艺的影响;

实际的工程中一些钻进工艺也会对孔壁稳定造成很大的影响,例如钻孔的直径越大钻孔越容易失稳破坏、钻具在孔中的进退会引发钻井液的“压力激动”会造成孔壁失稳、钻孔时间越长孔内失稳的概率越高等。

本文主要研究钻井液对于钻孔孔壁稳定性的影响,提出钻井液压力和原始应力是影响钻孔稳定性的主要因素,建立钻井液压力和原始应力共同作用下的钻孔孔壁稳定的力学模型。

3 井眼稳定性的基本力学分析

钻进之前,地壳内的岩土层处在原始力学平衡和相对稳定状态。钻头钻穿岩土层后改变了孔壁周

围的原始应力状态,使其失去了原始平衡的稳定条件而发生应力集中,导致井周岩土体变形,诱发井壁失稳。井壁的失稳破坏是由于在外力作用下其内部应力状态发生变化超过了其强度极限所导致的。一般分两种情况,一是在上部地层压力作用下迫使井壁岩土层向孔内移动,发生剪切破坏,造成井壁失稳破坏而坍塌;另一种是井壁岩层发生张性破裂。

孔壁稳定的受力简化如下图 1:

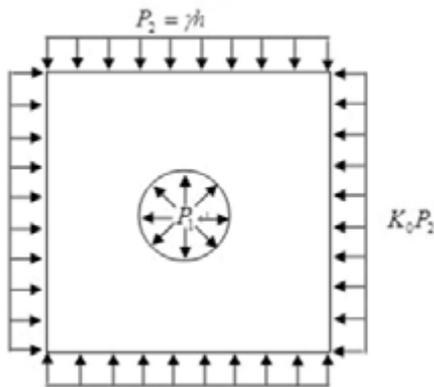


图 1 孔壁岩土体受力图

其中: p_1 为水平钻井泥浆压力, h 为钻孔深度, k_0 为侧压力系数, γ 为地层平均重度, p_2 为地层压力。

根据弹塑性力学相关理论得到孔壁岩土体的应力状态^[2]为:

$$\begin{cases} \sigma_r = -\frac{b^2/r^2-1}{b^2/a^2-1} p_1 - \frac{1-a^2/r^2}{1-a^2/b^2} \frac{K_0+1}{2} p_2 - \frac{K_0-1}{2} p_2 \left(1 + \frac{3a^4}{r^4} - \frac{4a^2}{r^2}\right) \cos 2\theta \\ \sigma_\theta = \frac{b^2/r^2+1}{b^2/a^2-1} p_1 - \frac{1+a^2/r^2}{1-a^2/b^2} \frac{K_0+1}{2} p_2 + \frac{K_0-1}{2} p_2 \left(1 + \frac{3a^4}{r^4}\right) \cos 2\theta \\ \tau_{r\theta} = \frac{K_0-1}{2} p_2 \left(1 + \frac{2a^2}{r^2} - \frac{3a^4}{r^4}\right) \sin 2\theta \end{cases} \quad (1)$$

其中:

- (1) σ_r ——M 点的径向应力, MPa;
- (2) σ_θ ——M 点的切向应力, MPa;
- (3) $\tau_{r\theta}$ ——M 点的剪应力, MPa;
- (4) a ——钻孔直径, m;
- (5) b ——钻孔影响外径, 相当于钻孔的深度, m;

- (6) r ——极距, m;
 - (7) p_1 ——泥浆压力, MPa;
 - (8) k_0 ——地层侧压力系数;
 - (9) p_2 ——地层压力, MPa;
 - (10) θ ——M 点的极角, 自水平轴(x)起始, 逆时针方向为正, 顺时针方向为负($^\circ$);
- 则孔壁处($r=a$)的应力状态

$$\begin{cases} \sigma_r = -p_1 \\ \sigma_\theta = p_1 - \frac{K_0+1}{1-a^2/b^2} p_2 + 2(K_0-1)p_2 \cos 2\theta \\ \tau_{r\theta} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

4 孔壁稳定性的理论临界判断

通常认为孔壁岩土所受应力超过该岩土的强度,就认定该孔壁破坏开始。为了研究钻孔孔壁稳定性就得寻找出一种合适的强度准则。由于岩石达到屈服破坏时,很少呈现纯弹性方式,而是以弹-塑性的方式,但孔壁失稳前塑性变形的程度很难被测量。Coulomb 强度准则是岩石力学中使用最为广泛的破坏判据,已经被大量工程实践所证实,本文采用 Coulomb 强度准则作为孔壁稳定的破坏判据。

已知水平定向钻井钻孔孔壁的应力状态,由于坍塌是剪切破坏造成的,根据 Coulomb 强度准则的剪切破坏判据,当径向力 σ_r 和切向力 σ_θ 满足下述关系时,钻孔发生剪切破坏。

$$\sigma_\theta \geq \frac{2C \cos \phi}{1 - \sin \phi} + \sigma_r \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \quad (3)$$

其中: C 为土的粘聚力, kPa

ϕ 为内摩擦角, ($^\circ$)

$$\text{等同于 } \sigma_\theta \geq \sigma_r + \sigma_r \frac{\sigma_c}{\sigma_t} \quad (4)$$

其中: σ_c 为岩石的单轴抗压强度;

σ_t 为岩石的单轴抗拉强度

当钻井液压力过高时,切向应力 σ_θ 变成拉应力,当拉应力超过某一界限时,孔壁破坏。此时应用 Coulomb 强度准则的张性破坏判据,当切向应力 σ_θ 满足下列关系时,孔壁发生张性破坏:

$$\sigma_\theta \leq -\sigma_t \quad (5)$$

5 钻井液安全压力范围的确定

由于钻孔影响外径 b 一般情况下相对于钻孔

直径 a 很大, 所以 a^2/b^2 可以看作 0, 根据方程组 2, 则水平孔孔壁处的应力状态为:

$$\begin{cases} \sigma_r = -p_1 \\ \sigma_\theta = p_1 - (K_0 + 1)p_2 + 2(K_0 - 1)p_2 \cos 2\theta \\ \tau_{r\theta} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

将方程组 6 带入剪性破坏判据式 4 中得钻井液安全压力下限:

$$p_c = p_1 \geq \frac{(k_0 + 1)p_2 - 2(k_0 - 1)p_2 \cos 2\theta}{2 + \frac{\sigma_c}{\sigma_1}} \quad (7)$$

将方程组 6 带入张性破坏判据式 5 中得钻井液的安全压力上限:

$$p_f = p_1 \leq -\sigma_t + (k_0 + 1)p_2 - 2(k_0 - 1)p_2 \cos 2\theta \quad (8)$$

6 圆管内流动阻力计算模型

孔内泥浆压力计算的主要原理是通过计算泥浆流动阻力损失从而可以计算出孔内任意一点的压力。由于流体流型的不同又分别建立了牛顿、宾汉、幂律、卡森 4 种泥浆流型在圆管内流动阻力计算模型。

(1) 牛顿:

$$p(l) = \frac{8\eta Q}{\pi R^3} \cdot l \quad (9)$$

式中: η ——绝对粘度, 为旋转粘度计 300 转读值, 毫帕秒 (mPa·s); Q ——流量, 立方米/秒 (m³/s); R ——钻杆内半径, 米 (m); l ——流经距离, 米 (m)。

(2) 宾汉:

$$p(l) = \frac{24\eta_p Q + 8\pi\tau_d R^3}{3\pi R^4} \cdot l \quad (10)$$

式中, η_p ——塑性粘度, 为旋转粘度计 600 转读值和 300 转读值的差, 毫帕秒 (mPa·s); τ_d ——动切力, 值为 $\tau_d = 0.511(2\Phi_{300} - \Phi_{600})$, 帕 (Pa), Φ_{600} 为旋转粘度计 600 转读值, Φ_{300} 为旋转粘度计 300 转读值; Q ——流量, 立方米/秒 (m³/s); R ——钻杆内半径, 米 (m); l ——流经距离, 米 (m)。

(3) 幂律:

$$p(l) = 2K \left(\frac{1 + 3n}{n\pi} Q \right)^n \cdot \frac{1}{R^{(1+3n)}} \cdot l \quad (11)$$

式中, n ——流性指数, $n = 3.322 \cdot 1g \frac{\Phi_{600}}{\Phi_{300}}$, 无因次, Φ_{600} 为旋转粘度计 600 转读值, Φ_{300} 为旋转粘

度计 300 转读值; K ——稠度指数, $K = \frac{0.511 \times \Phi_{600}}{511^n}$, 帕秒的 n 次方 ((Pa·s) ^{n}); Q ——流量, 立方米/秒 (m³/s); R ——钻杆内半径, 米 (m); l ——流经距离, 米 (m)。

(4) 卡森:

$$p(l) = \left(\sqrt{\frac{8\eta_\infty Q}{\pi R^3} - \frac{8}{147} \frac{\tau_c}{R} + \frac{16}{7} \sqrt{\frac{\tau_c}{2R}}} \right)^2 \cdot l \quad (2-4)$$

式中, η_∞ ——极限高剪粘度, $\eta_\infty^{\frac{1}{2}} = 1.195(\Phi_{600}^{\frac{1}{2}} - \Phi_{100}^{\frac{1}{2}})$, 毫帕秒 (mPa·s), Φ_{600} 为旋转粘度计 600 转读值, Φ_{100} 为旋转粘度计 100 转读值; τ_c ——卡森动切力, 值为 $\tau_c^{\frac{1}{2}} = 1.510[(6\Phi_{100})^{\frac{1}{2}} - \Phi_{600}^{\frac{1}{2}}]$, 帕 (Pa); Q ——流量, 立方米/秒 (m³/s); R ——钻杆内半径, 米 (m); l ——流经距离, 米 (m)。

已知实际钻孔的钻井液安全压力范围, 根据上述流动阻力损失模型, 结合钻井液的性能参数, 即可获得合适的泵量。

7 工程应用

假定一直径 900mm 的钻孔, 水平孔段深 15m, 需要钻进 100m, 给定该地层钻遇土体的力学指标, 见表 1。

表 1 钻孔土体力学指标

φ (°)	C kPa	γ (kN·M)	侧压力系数
7	11	17	0.65

把表 1 中的数据分别带入式(7)和(8)中, 得到钻井液的安全压力范围, 见表 2。

表 2 钻井液安全压力范围

P_c /Kpa	P_f /kPa
182.82	574.36

假定选用的钻井液 $\Phi_{300} = 34$ mPa·s $\Phi_{600} = 55$ mPa·s, 采用宾汉体的流动阻力模型, 将表 2 的数据带入式(10), 即可求得泵量的安全范围, 见表 3。

表 3 安全泵量范围

Q_j (L/min)	Q_f (L/min)
86.58	272.03

8 结论

水平定向钻进需要一定泵量的钻井液来排除钻渣,特别是遇到沙砾层时排除钻渣困难,需要的泵量大,大的泵量会对孔壁产生冲刷,同时钻井液对孔壁的压力也一定程度的增大,容易引发孔壁失稳。本文通过建立钻井液和地应力共同作用下的孔壁稳定的力学模型,计算出钻井液的安全压力范围,再结合钻井液的性能参数即可算出安全的泵量。实际工程实践中,地层的物理力学性质无法改变,但通过控制合理的钻井液压力可以有效的维持孔壁稳定。当钻井液压力过小时,孔周围土体向孔内移动,产生坍塌破坏。当钻井液压力过大时,可能

会引起上覆土体隆起破坏,冒浆。

参考文献:

- [1] 乌效鸣,李小芬等.对影响非开挖钻孔孔壁稳定因素的分析,非开挖技术:2006年23卷(2-3)期.
- [2] 刘佑荣,唐辉明.岩体力学[M].北京:化学工业出版社,2009.1.
- [3] 李斌,李巨龙等.水平定向钻进铺管水平孔段软土孔壁稳定性分析,岩土工程技术:2004年19卷2期
- [4] 乌效鸣,胡郁乐等.钻井液与岩土工程浆液[M].武汉:中国地质大学出版社,2002.6.

第九期水平定向钻进上岗培训班顺利结业

由非开挖技术协会举办,中国地质科学院勘探技术研究所承办的第九期水平定向钻进上岗培训班于2011年8月11日至13日在河北廊坊市顺利结业。参加本期培训的学员40多名,通过理论学习和实践,学员全部基本达到了上岗的要求。协会秘书长朱文鉴博士、中国地质科学院勘探技术研究所高鹏副所长等参加了开学典礼,由中国地质大学

(武汉)博士生导师乌效鸣教授、秘书长朱文鉴博士等具有丰富教学经验的专业人员进行授课。另外,中国地质科学院勘探技术研究所、宁波金地公司等参与了设备、仪器方面的讲课。总共9期培训班已为我国的非开挖水平定向钻进施工单位培训了350余人,他们在实际施工中发挥了重要作用。



学员合影

王宝河定向钻穿越关键工艺控制

张振国 冀秀邦 孙利峰 高秋玲

(管道局第六工程公司管道穿越分公司,天津大港 300272)

摘要:秦沈线管道工程王宝河穿越,管径 $\Phi 1016\text{mm}$,穿越长度 756m,出入土点地表为卵石层,穿越地层为中砂岩破碎性岩石,中心段穿越平均硬度 42Mpa,取芯率 65%,孔洞内岩屑清除困难,对钻具磨损严重,施工难度大。处理对扩台阶,打捞掉落牙轮,优化泥浆性能参数,控制关键工艺,穿越成功。

关键词:非开挖、对扩、打捞、配重降浮

1 工程概况

秦沈线管道工程王宝河定向钻穿越位于辽宁省绥中县城北,王宝河与六股河交汇处附近,属于秦沈线路的一标段,管径为 $\Phi 1016\text{mm}$,壁厚 21mm,穿越水平长度 755.6m,穿越深度 24m。本工程共穿越两条管线:输气管线 $\Phi 1016\text{mm} \times 21\text{mm}$ 和光缆套管 20# 无缝钢管 $\Phi 114\text{mm} \times 6.4\text{mm}$,采用定向钻方式敷设。穿越管道选择在风化粉砂岩层中通过。入土点选择在东岸,距离岸坡约 230m 左右。出土点在西岸,距离岸坡约 210m 左右,入土角 8° ,出土角 7° ,曲率半径 1524m(1500D)。入土侧开挖清除表层卵石,开挖深度 14m。出土侧原设计为顶管,排除卵石对施工的不利影响。在扩孔过程中受扩孔器进出洞口的动力冲击、挂碰,导致套管帽檐发生翻转,扩孔器进出岩石洞口遇阻,出土点改成开挖处理表层卵石,开挖深度 12 米。

王宝河穿越由管道局大港油建负责,由濮阳市正通管道工程有限公司完成 $\Phi 400$ 、 $\Phi 550$ 、 $\Phi 680$ 、



图 1 王宝河概况

$\Phi 810$ 、 $\Phi 930$ 扩孔。由于设备状况及施工能力无法满足继续施工和工期要求,后续工程由管道局天津大港油建管道穿越分公司负责施工,使用两台奥格钻机,出土点为 DD440(200 吨)钻机,入土点为 DD625 钻机(300 吨)。

2 穿越地层及岩性

2.1 主要穿越地层划分为 4 层:①粉质粘土;②圆砾;③卵石;④-1 全风化粉砂岩;④-2 强风化粉砂岩;④-3 中等风化粉砂岩。根据地质资料解释,穿越地层取芯成功率为 65%,硬度为 42Mpa,属于较硬的破碎性岩石。

2.2 定向钻穿越的入土段和出土段需经过较厚卵石层,直接穿越难度很大。施工时需采用导向斜套管的方式将卵石层穿透后,再进行定向钻穿越,以免出现卵石卡钻事故。入土端套管长度为 63m,出土端采取换土方式,管材规格为 $\text{D}2032\text{mm} \times 30.2\text{mm}$ 。

2.3 穿越地层属于均匀的破碎性岩石,该地层取芯并未揭穿,进行定向钻穿越是个挑战,根据工程地质剖面图上所揭示的地层,穿越管道选择就在风化粉砂岩层中通过。

3 关键过程控制及技术措施

3.1 优选泥浆性能参数科学配置设备

存在的问题:1)地质情况为破碎性岩石,岩石破碎后颗粒较大,不易清除,岩屑形成岩床并堆积卡死扩孔器。2)在施工过程中由于是寒冬,虽然有

伴热带等保温措施,但上水管线内径有一层薄冰,上水效率较低,配置泥浆供水不及时;重复使用回收泥浆造成泥浆质量变坏,泥浆内劣质土及含沙量高,泥浆的出口密度超过了 $1.06\text{g}/\text{cm}^3$,降低泥浆的流速。3)泥浆内含沙量较高,对泥浆泵的缸套磨损严重,泥浆泵上水效率受到影响,排量减小。由于泥浆性能、参数及设备的问题,导致岩屑大部分停留在孔洞内,对钻具磨损严重。

采取措施:使用新型改性的正电胶干粉处理剂,对中压失水影响较小,能大幅度的提高动、静切力;在泥浆中添加阳离子聚丙烯酰胺大分子乳液,替代在零下 20°C 的环境下,羧甲基纤维素溶解困难的问题,泥浆粘度控制在 $80\sim 100\text{s}$ 左右。泵的排量由 $1.5\text{m}^3/\text{min}$ 提高到 $3\text{m}^3/\text{min}$,采用高射流量泥浆泵,提高泥浆的压力和排量。在扩孔前孔眼进行多次清洗,扩孔时泥浆排量在 $2\text{m}^3/\text{min}$ 左右。扩孔周期明显缩短,并且能够一次通透扩通,说明处理的 $\phi 1070\text{mm}$ 的孔洞已经彻底干净,产生的对扩台阶已经消除。回拖及回拖前一遍洗孔时适当添加润滑剂用来降低摩擦系数保护防腐层降低回拖力。购置新型回收设备,建立二级净化,满足废泥浆重新利用。出土点开挖以后泥浆储量能力增大,可以实现有两台钻机对冲扩孔,出土侧都能实现泥浆回收利用,工作效率大大提高。

3.2 防止卡钻措施及解除卡钻工艺

存在问题:前五级的扩孔,累积掉牙轮 16 个;扩孔器磨损情况十分严重;每级扩孔都是从两头扩孔完成的,在孔洞中产生台阶错层的现象,并且没有一次真正意义上的一次扩通,对以后回拖产生巨大的困难;两头开挖坑内自由水造成泥浆质量变差;地质为破碎性中砂岩含有石英砂和长石,软硬变化大;对钻具磨损非常严重;卡钻情况时有发生。采取措施:首先对现有的 $\Phi 1070\text{mm}$ 未扩通部分进行反向扩孔,扩通以后进行打捞牙轮、清孔、修孔等工序的施工。用钻王 $\Phi 1070\text{mm}$ 扩孔器从出土点到入土点通透扩孔并修理台阶,反复修孔、洗孔以后,按现有孔洞比例选择合适的管材 $\Phi 711\text{mm} \times 10\text{mm} \times 36\text{mm}$,对孔洞进行了试回拖处理,检查清孔、修孔的质量。

用 $\phi 990\text{mm} + \phi 1219\text{mm}$ 扩孔顺利完成。在 $\Phi 1219\text{mm}$ 扩孔过程中,扩孔难度相应增加,所以在后续扩孔中增加了洗孔、清孔次数。

最后一遍的扩孔,为了能更好的回拖,选用 ' $\phi 1219\text{mm}$ 牙轮式 + $\phi 1420\text{mm}$ 滚刀式' 钻具组合扩孔器进行扩孔,并在施工过程中控制掘进速度,以保证扩孔质量为最终目标。最后一级扩孔前 650m 进展比较顺利,仅剩 70m 就可以完成最后一级扩孔情况下出现了卡钻事故,用出土点钻机回拉扩孔器,入土点钻机配合,回拖力达到 180 吨(最大能力 200 吨),扭矩最高达到 80000 牛·米未能解卡,反复处理无果,考虑到钻杆及 DD440 钻机的承受极限,防止扭矩过大,钻杆疲劳断裂,只能采取其他处理措施。

根据现场的施工情况认真分析卡钻前施工工艺和施工措施,判断是因为孔洞内岩屑过多、颗粒较大、清理不及时造成堆积和砂床,导致钻具卡死。处理措施:在孔洞内不停的注泥浆,泥浆的排量要在 $2\text{m}^3/\text{min}$ 以上;停止使用回收泥浆;维护泥浆泵和上水管线到正常状态,配置新泥浆约 200 方左右,用最大排量冲洗孔洞 90 分钟。同时启动两台钻机,在统一号令下,反转扭动钻杆,然后用 DD625 钻机向前拉钻杆,当扭矩达到 3000psi ,拉力达到 150 吨左右时,钻杆开始反转,解卡成功。

3.3 扩孔中在孔洞中所掉牙轮与卡钻、台阶问题

存在问题:前期扩孔施工掉牙轮 16 个,全部掉落在孔洞中,扩孔器磨损情况十分严重。每级扩孔都是从两头扩孔完成的,所以在孔洞中产生台阶的错层现象,对以后的回拖产生巨大的困难。破碎性中砂岩,岩屑颗粒大,泥浆携带困难,在孔洞中堆积,形成岩屑床,并且,随着孔径的扩大,泥浆流速变慢携带难度加大。表现为扭矩大,钻具遇阻遇卡、磨损严重,扩进速度非常慢,牙轮合金头磨损不明显,扩孔器外围牙轮的侧壁后背磨损严重。同时由于帽檐法套管的反转,致使牙轮卡在帽檐上,导致扩孔器出入岩石洞口遇阻遇卡,有的牙轮被掰断。由于扩孔器上牙轮疲劳脱落,扩孔只能从两头对扩完成,所以在孔洞中每级扩孔都会产生台阶错层的现象。

解决办法:针对孔洞中掉落的牙轮及大块岩粒,制作蛟龙打捞器进行打捞;同时配置新泥浆,优化泥浆性能,提高泥浆排量,改变泥浆的触变性,提高动静切力和泥浆粘度,在蛟龙清除掉落牙轮的同时,也起到很好的洗孔作用。在蛟龙通孔后,下筒式打捞器进行打捞,蛟龙和打捞器的作用就是将大块岩石和牙轮发生位移,有的被蛟龙推至开挖的孔壁



图2 螺旋打捞器

内,有的被筒式打捞器捞起移至孔外。即使如此,在反向扩孔中必须小心谨慎,保守进行,如有异常马上退出扩孔器进行更换,在保证安全的情况下继续向前扩孔,中间不能留有台阶。上述工作完成以后,将牙轮扩孔器更换为 $\Phi 1070\text{mm}$ 滚刀式扩孔器,扶正器与扩孔器间建立软性连接,以克服台阶和原来扩孔不均匀造成的卡钻遇阻问题。在出、入土点两侧都有钻机和泥浆配置处理系统,这样保证在回退扩孔器过程中的施工速度,避免由于推钻杆发生折断现象;扩孔时选择由出土侧向入土侧单向进行扩孔,通透扩孔以后,有效解决了前几级(对扩)产生台阶错台问题,也说明洞内的牙轮也被彻底处理。

4 回拖管线配重工艺

出土侧管头原来方案是用套管内加一个帽檐管,封堵裸露部分的卵石,由于帽檐法套管的反转,改为开挖卵石,泥浆量较大,管线在泥浆中的浮力远大于管子自身的重力,回拖管线入孔洞十分困难;在回拖过程中,为了解决管道回拖时的入洞难题,尽可能使管道保持在孔洞中位,保护管道防腐层,采用配重降浮的办法。

配重选择在主管道内布置一根直径大小适中的PE管道,PE管道的长度应与主管道的长度相同,PE管道内注入的水应该充满整个PE管道,使注入的水体重量均匀分布在管道长度方向上。注水量应满足如下条件:PE管道的自重加上注入的水体重量再加上主管道的重量应略小于主管道在泥浆中所受的浮力。管道回拖完成后将PE管道拖出主管道。

4.1 PE配重管直径的选择及计算

根据管道在回拖孔洞中的受力分析,管道向下力有:管道自重($G_{管}$)、PE管自重(G_{PE})和水的自重($G_{水}$);管道向上力为管道在孔洞泥浆中的浮力

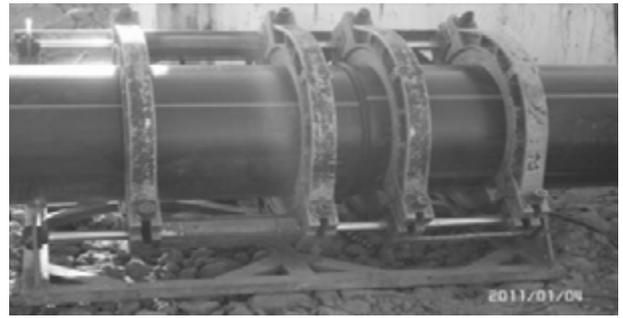


图3 正在焊接的配重PE管线

($F_{浮}$)。根据以往回拖经验和分析,管道在孔洞中所受浮力比理论值小,其中因素有很多,如部分管段未全部浸泡在泥浆中,泥浆密度在孔洞中分布不均匀,泥浆密度变化等,在浮力前乘以一个 η 系数,即 $\eta F_{浮} = G_{管} + G_{PE} + G_{水}$, η 系数取值(70%~80%)。

根据以上公式,可以计算出当PE管选择外径 $\Phi 500\text{mm}$ 壁厚20mm规格时,防腐管在孔洞中基本处于平衡悬浮状态,此时 η 系数为76%。

4.2 PE配重管的安装

PE管拖进防腐管前,在防腐管中穿入一根钢丝绳,以备牵引PE管入防腐管中。在PE管前端一周管壁上打孔,安装8个塑料滚轮;挖机在管尾拉住,前端拉钢丝绳牵引,焊接完成一根就拖入一根进防腐管; $\Phi 500\text{mm}$ PE管中还需要用同样方法配制小口径PE管一根,用于及时注水。

当PE管全部拖入后,把PE管尾用配套的PE管封头封堵。回拖施工中为不过于增加整体重量,减少管线性走阻力,注水量要与回拖速度保持一致。

在回拖过程中虽然我们对管线进行了配重降浮处理,在管线入洞时仍然出现困难,在选择回拖扩孔器时,在结构上进行了改造,表面焊接了截齿合金头,对洞口具有切削功能,司钻在操作时轻拉慢转,让管线平滑过渡,入洞口的第一根钻杆使用了80分钟的时间,随后回拖速度逐渐加快,工作按程序进行。

5 结束语

王宝河穿越工程地层复杂,岩石类型比较典型,两端为卵石,穿越段岩石坚硬、呈破碎性,清孔困难,难度大、风险高,施工具有挑战性。优质的泥浆性能是保障,科学的配置设备是关键,创造性的解决实际问题是灵魂。

西气东输二线管道工程

——泾河水平定向钻穿越工程

王二朋 何永辉

摘要:西气东输中泾河段定向穿越是一个难度较大的工程,本文谈了下该工程概况,施工难点,应急措施,以及工程具体过程。在此项工程中我们首次尝试使用大直径(6 5/8")钻杆钻导向孔;并首次使用推管机来保证回拖的顺利进行,为大管径的定向钻穿越回拖提供了进一步的保障。

关键词:西气东输、水平定向钻、穿越

1 工程概况

泾河定向钻穿越工程是西气东输二线工程的控制性工程,施工的成败与否直接影响西二线的按时贯通,泾河位于陕西省泾阳县境内,穿越长度为1037m,穿越主管直径为1219mm。泾河穿越地质复杂,表层为卵石,穿越段主要为粉质粘土,硬塑性强,容易形成泥包钻,两侧的曲线段还存在两段夹层——中砂。出入土点均采用大开挖杭套管技术隔离卵石层;泾河穿越包含主管和光缆管两条管道,两管道之间间隔为7m,导向孔均采用对穿方式进行穿越。

泾河穿越的钻机侧位于太平镇牛杨村,地处山区,存在设备进场困难,要从山顶盘旋而下,而且乡村道路狭窄,村里电线高度低,大型设备进场存在一定的危险性。施工场地以及中心线附近全部是果树,通视效果很差,给测量放线带来了极大的困难,采用卫星定位进行坐标的测量。由于此工程采用的是对穿,所以磁场要求布及整个穿越地段(包含河道),我单位职工穿水叉趟河将磁场线从河边拽到对岸。其间连续降雨导致磁场线多次被河水冲走,我们又重新在河流中间加桩进行固定,确保磁场线位置和对接的精确性。

根据地质特点,公司专家召开泾河扩孔研讨会,经专家讨论最终确定采取30"、42"、52"、60"四级扩孔,扩孔器组合一级30"扩孔采用刀板式

扩孔器+桶式扩孔器,其余三级扩孔采取中心定位器+刀板式扩孔器+一根6-5/8"钻杆+桶式扩孔器,根据每级扩孔的实际情况再对扩孔器的级别以及组合进行调整。

针对施工中扩孔困难等实际情况,公司领导赵总高度重视,亲临施工现场指导工作,鼓舞员工士气。于6月24日赵总陪同定向钻穿越的权威专家在现场开展研讨会,针对二级扩孔难、泥包钻等问题进行了分析研究,扩孔进尺缓慢频繁卡钻的原因是钻具出现泥包钻现象导致的,要从根本上解决这个问题就要从泥浆着手,添加适当的添加剂(油基润滑剂),并在泥浆泵允许的情况下尽量增加泥浆排量。保持均匀的钻进速度,要做到遇阻回抽,切忌存在侥幸心理。

为了保证回拖的顺利进行,公司采取了一系列的措施确保回拖成功,为了使回拖管在孔洞中处于浮力平衡,减小回拖过程中的阻力以及对防腐层的刮伤,在回拖管中通入PE管注水进行降浮;为了减小回拖拉力,采用滚轮架方式发送成品管;为了使管子顺利入洞,在入洞前挖一定距离的发送沟并使用扩孔器确保管子顺利入洞。

为了使泾河穿越工程顺利完工,确保西二线按时投产,穿越八处全体职工发扬特别能吃苦、特别能战斗、特别能奉献的精神,冒风雨、顶烈日、昼夜奋战,克服由于连续阴雨造成的材料进场、钻杆倒运困难等情况,严格按照工艺施工。全面贯彻集团

公司的“两全”精神,做到以人为本、安全第一的安全理念。在公司领导以及集团公司 EPC 项目部的大力支持下,全体参展员工不辱使命、攻坚克难奋战 90 个昼夜,终于完成了泾河穿越这一卡脖子工程。

2 施工难点

(1) 硬塑性粘度高的粘土扩孔时易形成泥包钻,大大削弱钻具的切削能力;

(2) 在两个曲线段各存在一段中砂地质,粉质粘土与中砂对泥浆性能的存在很大的差异;

(3) 两岸都是大开挖夯管隔离卵石层,导向孔必须采用对穿;

(4) 进场路狭窄而崎岖,设备进场要从山顶盘旋而下,存在一定的风险。

3 应急措施

(1) 防止卡钻、钻杆扭断,准备了套洗管;

(2) 辅助钻机在管线侧备用,受阻时回抽;

(3) 根据扩孔洗孔情况,必要时采取试回拖;

(4) 为防止回拖受阻,管线侧准备了推管机备用;

(5) 若回拖时主管不能进入钢套管,可以采取大开挖方式处理。

4 施工过程

4.1 管线预置

根据两岸的地势情况,东岸有充足的场地,可以作为管道的组装焊接场地,在定向钻施工前,首先要将回拖管道进行预置,此管道焊接由我穿越公司的焊接工程处进行施工,经过布管、组对、清管、焊接、检测、防腐一系列施工工艺完成了主管输气管道和光缆套管的焊接。为定向钻穿越回拖做好了准备。管线数据参数如表 1 所示。

4.2 夯套管

表 1 回拖管参数

类别	参数	材质	管径 (mm)	壁厚 (mm)	长度(m)
主管		X80 直缝埋弧焊钢管	1219	27.5	1034
光缆管		20# 无缝钢管	114	6.4	1034

泾河定向钻穿越包含两条管道,分别为输气管道 $\Phi 1219 \times 27.5\text{mm}$ 和硅管套管 $\Phi 114 \times 6.4\text{mm}$,之间间距为 15m。均采用对穿方式穿越。泾河两岸表层均是卵砾石地质,采用了大开挖和夯套管相结合

的方式进行卵砾石层的隔离处理。首先开挖一部分至地下水位以上,然后预置套管引到自然地面上,最后采用夯套管的方式处理卵石层,直至套管至粉质粘土地质为止。主管套管和光缆套管的数据如下

表 2 套管参数表

类别	参数	材质	管径(mm)	厚度(mm)	长度(m)	
					西岸	东岸
主管套管		L415MB 螺旋埋弧焊钢管	2000	24	97	108
光缆套管		L415MB 螺旋埋弧焊钢管	500	15	97	108

表 2 所示。

套管前端采用喇叭口形式防止发生卷边并可以防止在回拖过程中卡套管口卡住回拖管。

4.3 开工前准备

出入土点的准备,征地、三通一平、进场路的选择、设备进场、场地布置

4.4 光缆管施工

经过前期精心的准备,于 2010 年 5 月 10 日开

始光缆管的导向孔钻进,主钻机采用 6-5/8" 钻杆,辅助钻机采用 5" 钻杆,均采用 9-5/8" 钻头,此次是首次尝试 6-5/8" 钻杆钻导向孔。在钻进至 130m 左右时,推力增大至 25kN,行走速度缓慢,地锚后移,在钻进至 150m 时钻进受阻,倾角无法调节,经现场技术人员讨论后,将钻头拔出,更换成泥浆马达,然后继续钻进,效果良好。于 2010 年 5 月 16 日对接成功,5 月 18 日光缆管回拖成功,光缆管的成

功回拖给主管穿越提供了宝贵的经验,并对泾河穿越的地质有了更进一步的了解。

4.5 主管导向孔钻进

光缆管回拖成功后,将钻机进行移位准备进行主管导向孔钻进,先对套管的管径和管内情况进行检查,接下来在两岸套管内下中心定位器,以保证导向孔的位置处于套管的正中心。在具备主管穿越的条件后,于2010年6月2日开始主管导向孔穿越,在刚出套管进入粉质粘土的第一根钻杆导向孔的倾角抬高 1.5° ,这样可以减小回拖时卡套管的风险,鉴于光缆管导向孔穿越的经验,主管导向孔钻进顺利,两台钻机相互协调工作,在钻到位时辅助钻机将钻杆抽出,并安装上轴向磁铁然后重新送回孔洞,使主钻机的探头与辅助钻机的目标磁铁之间的间距控制在5米以内时,即可进行双方导向孔的对接。于6月6日主管导向孔对接成功(Active Magnetic Ranging Advanced Version 仅一根钻杆就对接成功)。

对接成功后,辅助钻机逐步回退钻杆,同时,主钻机一边采集辅助钻机目标磁铁的磁信号,一边利用采集的磁信号控制钻进方向,使之逐步向辅助钻机已形成的导向孔平缓趋进,直至沿辅助钻机的已完成的导向孔出土,完成整个导向孔的穿越。

4.6 扩孔、洗孔作业

于6月8日开始 $30''$ 扩孔,扩孔器组合按既定方案 $30''$ 扩孔器+ $24''$ 桶式扩孔器施行,开始扩孔

时进尺正常,在扩至150m处时,扭矩摆动变大,进尺缓慢,最慢的一根钻杆耗时268分钟,在扩至220m时恢复正常,一级扩孔继续进行,在扩至780m时,扭矩再次增大,频繁出现卡钻现象,推测钻具出现泥包钻现象。扩孔单根时间达到360分钟。经过十天的时间一级扩孔终于完成,扩孔器全部被粘泥包死(如图所示),大大削弱了它的切削能力。

于6月18日开始二级扩孔,扩孔器组合为 $24''$ 扶正器+ $36''$ 刀板式扩孔器。在扩至720m时,扩孔进尺缓慢,出现频繁卡钻,回推受阻,最后采取出土点钻机反回拖,将扩孔器拉出,洗孔后重新扩孔,于7月2日扩孔器出土。

在扩孔前进行了一次洗孔,于7月10日开始三级扩孔采用 $30''$ 扶正器+ $42''$ 刀板式扩孔器组合。借鉴前两级扩孔的经验,此次扩孔进展顺利,于7月13日完成三级扩孔。

鉴于扩孔扭矩大和250吨钻机总是出现故障,为了确保施工的顺利进行,将250吨钻机换成1330吨钻机,于7月15日开始四级扩孔,扩孔器组合为 $52''$ 刀板式扩孔器+ $35''$ 桶式扩孔器,于7月20日完成。

四级扩孔完成后,由于扭矩比较大,进行了一次 $42''$ 桶式扩孔器洗孔,然后进行五级扩孔,扩孔器组合为 $47''$ 扶正器+ $60''$ 刀板式扩孔器,经过四天的时间完成最后一级扩孔。

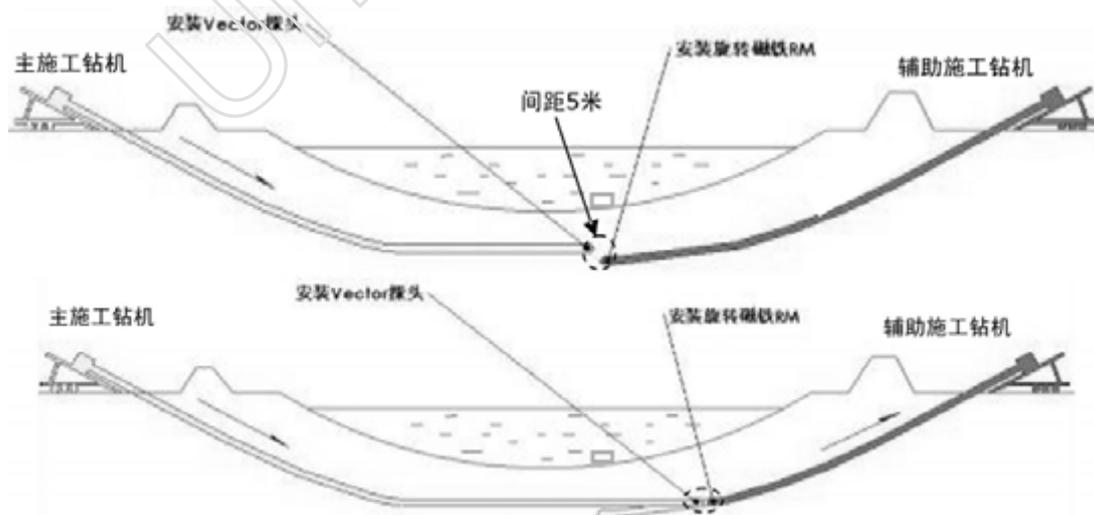


图1 导向孔对接

4.7 回拖前的准备

为了确保回拖一次性成功,在回拖前做了一系列的准备工作,并制定了应急预案。

(1) 为了使回拖的管子处于孔洞中处于浮力平衡状态,这样就可以减小回拖的阻力并可以减少孔壁对管子防腐层的刮伤,焊接了PE管(双管)通入主管,并焊接钢管通入PE管进行注水进行降浮;

(2)为了减小回拖时管线与地面的摩擦力,采用了滚轮架的方式发送管线;

(3) 为了使回拖管与套管的中心线和角度保持一致,用吊管机对管线的方向进行调整,并使用认孔器,保证管子顺利入洞;

(4)大管径管子回拖存在一定的风险,为确保回拖成功,公司调运大型推管机到泾河现场,在回拖受阻的时候进行推管作业,在回拖前先将地锚下好,并将设备调试到位备用。

4.8 主管回拖作业

在回拖前,为了减小回拖风险,进行了两次洗孔(60"桶式扩孔器),使孔洞内钻屑尽可能的少,减小回拖阻力。回拖采用54"桶式扩孔器+500T万向节+回拖管线,滚轮架方式进行发送。

由于本次穿越管径大、壁厚相对较薄,回拖时穿越管段浮力大,造成回拖力大损伤防腐层,钻具

容易折断,采取在主管内放置2根 $\Phi 450$ 的PE管,在PE管内注水降低其浮力措施。如下图2。

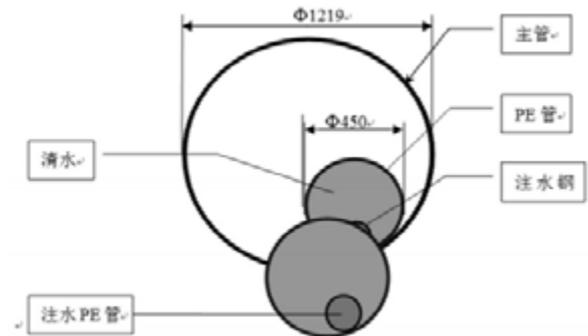


图2 PE管内注水降低浮力

5 施工工艺、技术创新点

(1) 首次尝试使用大直径(6-5/8")钻杆钻导向孔;

(2) 调整泥浆配方,添加铵盐来降低虑失量,调整流变性,添加有机润滑保护钻屑,解决泥包钻问题;

(3) 制作修孔器。扩孔完成后,从入土点往出土点方向对入土端套管与粉质粘土接口附近反复进行修孔作业,减小回拖风险;

(4) 首次使用推管机来保证回拖的顺利进行,为大管径的定向钻穿越回拖提供了进一步的保障。

2012年第十六届中国国际非开挖技术研讨会暨展览会会议论文征集通知

(征稿启事, EI 核心版检索)

2012年第十六届中国国际非开挖技术国际研讨会暨展览会(ITTC2012)将于2012年4月20-22日在中国郑州国际会议展览中心举行。本次大会议题涵盖非开挖技术领域的各个方面。届时将有300名以上来自美国、日本、德国、印度等国家和国内的知名专家学者、市政工程管理人员、著名管材和设备制造商、工程承包商等专业人士与会。同时,将会有近60家参展商在会议上展示非开挖技术领域的新技术、新产品。

会议主要事项为:出版论文集和优秀论文宣读、常务理事年会、非开挖协会奖学金和非开挖技术年度人物评选与颁奖、国内外非开挖技术专家专题讲座、非开挖新技术专题研讨会、非开挖新产品报告会、专业展览等。会议论文集将由美国土木工程师学会(ASCE)以光盘形式正式出版,所收录的论文将全部被EI核心版检索。论文相关详情请参阅非开挖技术信息网站(www.cstt.org)年会专栏。

岩石区定向钻管段宜用帕罗特防腐层

龚瑞祥 杨印臣

(深圳市燃气集团 广东 深圳 518054)

摘要:针对天然气高压管道建设的岩石区定向钻穿越后,往往发现防腐层受到较重划伤的问题,我们进行了专项研究,确定岩石区定向钻使用帕罗特防腐层是更好的选择。

关键词:定向钻、岩石区、防腐层、帕罗特、划伤

1 岩石区定向钻管段防腐层破损原因

《城镇燃气输配工程施工及验收规范 CJJ33-2005》规定:“定向钻施工宜按国家现行标准《石油天然气管道穿越工程施工及验收规范》SY/T4079执行”,但SY/T4079的8.1.1条规定:定向钻适宜于穿越的地质条件有粘土、亚粘土、粉砂、中砂层,不适宜于岩石层、流沙层、砾石层和卵石层的穿越^[1]。

我们通过分析发现,出现问题的定向钻穿越段周边地质都超出了适宜范围,地下往往存在岩石和砾石,这是定向钻管段防腐层发生问题的内在原因。SY/T4079的条文说明指出,穿越段内若有少量区段的松软岩石或小区段的其他地质层,采取一定的技术措施仍可穿越。

目前定向钻穿越管段防腐设计通常选用

“3PE”,在用于岩石区定向钻穿越施工时,管孔的弯曲部分及凸起的岩石、卵石、砾石会对相对较柔软的“3PE”防腐层造成摩擦和划伤。我们需要为岩石区定向钻管段寻找更适宜的防腐层。

2 帕罗特防腐层性能

为解决防腐层划伤问题,美国开发了定向钻专用的粉末混凝土 Powercrete(帕罗特)防腐结构,即在熔结环氧粉末底层上,喷涂以环氧树脂为主要成膜物质的双组分环氧混凝土涂料。中石油管道科技中心的检测结果表明,帕罗特抗划伤性能优异,在10毫米合金钻头加上100公斤压力的划痕试验中,2.26毫米厚的“3PE”被完全划透,2.0毫米厚的帕罗特划痕仅0.2毫米。

自2006年起,北京燃气集团开展了帕罗特应用专项研究,通过多项穿越工程的实际考察,确定

表1 帕罗特涂料技术指标

序号	项目	技术指标	测试方法	
1	细度 (μm)	≤80	GB/T 1724-79	
2	固体含量 (%)	99	GB/T 1725-79	
3	粘度 (25°C,mm ² /S)	≤4500	GB/T 1723-93	
4	附着力 (级)	一级	GB/T 1720-79	
5	干燥时间 (25°C±1°C,h)	表干	0.75	GB/T 1728-79
		实干	3	
6	耐化学浸泡 400±50μm	10%H ₂ SO ₄ (3d)	涂层变色不脱落	GB/T 1763-79
		10%NaOH(3d)	涂层无变化	
		30%NaCl(3d)	涂层无变化	

表2 帕罗特防腐层的性能指标

序号	项目	技术指标	测试方法
1	外观	有光泽	GB/T 1729-79
2	吸水率 (%)	≤1.2	SY/T 0447-96
3	抗弯曲实验 (25°C, 400±50μm, 3°)	无裂纹	SY/T 0315-97
4	抗冲击实验 (25°C, 400±50μm)	>20J	Q/GD 0151-93
5	剪切粘结强度 (MPa)	≥10	SYJ 41-89
6	阴极剥离(mm)	<6	SY/T 0315-97
7	体积电阻率(Ω·m)	>1.0*10 ¹¹	GB/T 1410-89
8	工频击穿强度(Kv/mm)	≥17.7	GB/T 1408-89
9	落砂耐磨实验 (L/μm)	≥3	SY/T 0315-97
10	硬度 (绍氏硬度计)	≥75D	ASTM D2240

管径 Φ508 及以上的定向钻穿越(无论地质情况如何),以及岩石段施工(无论定向钻还是大开挖),均选择帕罗特防腐层^[2]。

3 深圳现场试用情况

为考察帕罗特防腐层的耐划伤特性,我们在深圳天然气高压管道建设的华荣路定向钻穿越时,进行了帕罗特应用试验。现场选在试拖段的补口处,由帕罗特施工商派员来深,直接手工涂装。

试拖管由新旧两根“3PE”管组成,两端均焊接有回拖头。4月21日,我们在两根管间焊口及两端焊接回拖头的部位均进行了涂装(新管回拖头处在支墩上,仅涂装了上半周)。重点考察两根管间焊口,见图1。

由于该穿越段地质情况复杂,管孔中碎石太



图1 补口采用帕罗特

多,穿越公司被迫反复清孔,直到5月4日才进行试回拖。回拖后的管体防腐层划伤面积较大,但并未划透。由于回拖钻机距离管道出土点较近,无法将试拖管段整体拖出管孔,只好将其切断后,逐段斜向拉出地面。在斜拉过程中,试拖段划到周边钢板,使其上防腐层受到严重划伤,这恰恰考察了帕罗特和“3PE”防腐层在耐划伤方面的差异,见图2。



图2 穿越后进行性能检测

可以看到,管体3PE的划透伤口到帕罗特补口处即告中断,见图3。也可看到,管体“3PE”的划透伤口从帕罗特补口处之后开始,见图4。

4 对比分析

根据目前市场价格测算,“3PE”防腐层和帕罗特防腐层的价格比较见表3(3PE补口采用定向钻专用收缩套)^[3]。



图3 “3PE”的划透伤口到帕罗特处即告中断

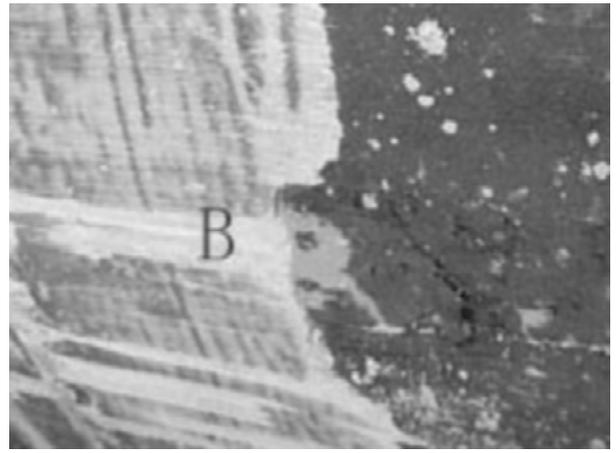


图4 “3PE”的划透伤口从帕罗特补口处之后开始

对比分析,相对“3PE”防腐层,选择帕罗特防腐层每公里费用增加23~47万元。城市燃气管道每公里总造价上千万,加上穿越段长度占总长度有

限,即使所有穿越段都选择帕罗特,对整个工程总造价影响也不大,费用增加是完全可以接受的。

按照《城镇燃气输配工程施工及验收规范

表3 “3PE”防腐层和帕罗特防腐层的价格比较

	主体材料费用	补口费用	每公里管道防腐费用 (含补口)	价格比 (相对于3PE)
3PE(Φ508)	100元/m ²	1500元	284500元	1.00
帕罗特涂层(Φ508)	300元/m ²	450元	516000元	1.81
3PE(Φ711)	100元/m ²	2100元	398250元	1.00
帕罗特涂层(Φ711)	300元/m ²	600元	719750元	1.81
3PE(Φ1016)	100元/m ²	2800元	552333元	1.00
帕罗特涂层(Φ1016)	300元/m ²	800元	1023666元	1.85

CJJ33-2005》的说法:“定向钻施工,其管道基本上不可能进行维修”,建设期的质量隐患可能导致定向钻管段很快穿孔泄漏,届时引发的社会、经济后果都将是灾难性的。后期改线造价更会远大于建设初期投资。

5 结语

岩石区管孔的弯曲部分及凸起的岩石、卵石、砾石会对相对较柔软的“3PE”防腐层造成摩擦和划伤,是定向钻管段防腐层破损原因所在。试验结果表明,在耐划伤方面帕罗特防腐层明显优于3PE防

腐层。二者的分析对比表明,岩石区定向钻使用帕罗特防腐层是更好的选择。

参考文献:

- [1] SY/T4079-1995 石油天然气管道穿越工程施工及验收规范[S]
- [2] 北京市燃气集团研究院. 埋地钢质燃气管道防腐保护技术规程[S], 2010版
- [3] 杨雯. 定向钻穿越防腐层的选择[J]. 广东燃气, 2010, 1

郑州地区最长管线穿越工程实例

杨成海¹ 饶秋生²

(1 郑州市市政工程总公司 450006 2 中国建筑技术集团有限公司郑州分公司 450053)

摘要:本文通过介绍长距离穿越的实际经验,总结出长距离穿越中应注意的施工要点。

关键词:穿越、最长管线、实例

随着 HDD 技术应用的日渐成熟, HDD 技术广泛应用于市政、通信行业。随着穿越距离的增大、地质条件的复杂,对 HDD 技术及机械性能提出更高的要求。

1 工程情况

本次穿越地点在郑东新区国道 107 右侧,平行于 107 国道。穿越七里河河道一条。属于电力管道穿越。入土点设在河道南岸,出土点设在河道北岸。单根 EP 管直径 250mm,共 3 根,扩孔直径 800mm。由于受地形限制,穿越总长度为 260 米。地形平面图如图 1:



图 1 纵向为 107 国道,横向为七里河河道。本次穿越该河道,穿越距离 260 米

2 地质情况

郑州地区地质总体为第四纪沉积物所覆盖,地形较平坦。地面表层为黄土状亚粘土、轻亚粘土,地

下水型为第四系松散岩类空隙潜水。具体地质情况如下:

第 1 层:杂填土(Q4-3ml):褐色-深褐色,稍湿,稍密,主要为粉土和粉砂,含水泥块、砖块和石子等建筑垃圾,土质不均匀。局部层底为素填土。层底深度 0.4~4.2 米,平均层底深度 2.37 米,层底标高 85.30~88.86 米,平均层底标高 86.87 米,厚度 0.4~4.2 米,平均厚度 2.37 米。

第 2 层:粉土(Q4-3al),褐黄-黄褐色,稍湿,稍密,干强度低,摇振反应中等,无光泽反应,韧性低,压力小时具有塑性,随压力增大将出现脆性变形。土中含云母、铁质氧化物、植物根等,局部夹有稍密粉砂薄层。此层在填土较厚的北中部缺失。层底深度 1.6~3.6 米,平均层底深度 2.73 米,层底标高 85.94~86.86 米,平均层底标高 86.47 米,厚度 0.8~2.0 米,平均厚度 1.58 米。

第 3 层:粉质粘土(Q4-3 al),褐黄-灰褐色,饱和,可塑,干强度中等,无摇振反应,韧性中等,稍有光滑,土质不均匀,土中含有铁质、少量小姜石、植物根等。层底深度 2.0~4.4 米,平均层底深度 3.63 米,层底标高 84.99~86.46 米,平均层底标高 85.66 米,厚度 0.3~1.6 米,平均厚度 0.79 米。

第 4 层:粉土(Q4-3 al),浅灰-黄褐色,湿,中密,干强度低,摇震反应中等,无光泽反应,韧性低,压力小时具有塑性,随压力增大将出现脆性变形,土质不均匀。土中含铁质氧化物、云母片及少量蜗牛屑等。层底深度 2.9~7.0 米,平均层底深度 6.07 米,层底标高 82.34~83.94 米,平均层底标高 83.09

米,厚度 1.6~3.5 米,平均厚度 2.57 米。

第 5 层:粉质粘土(Q4-3 al),灰褐-黄褐色,饱和,可塑,干强度中等,无摇振反应,韧性地,土质不均匀。土中含少量蜗牛屑及铁质氧化物等。层底深度 4.0~8.0 米,平均层底深度 7.42 米,层底标高 81.26~82.50 米,平均层底标高 81.74 米,厚度 0.6~1.9 米,平均厚度 1.35 米。

第 6 层:粉土(Q4-3 al),黄褐-浅灰色,湿,中密,干强度低,摇振反应中等,无光泽反应,韧性地,土质不均匀。土中含云母片、铁质氧化物及少量蜗牛屑等。层底深度 5.6~10.0 米,平均层底深度 9.20 米,层底标高 79.34~80.47 米,平均层底标高 79.96 米,厚度 1.6~2.8 米,平均厚度 1.78 米。

第 7 层:粉质粘土(Q4-2 l):灰-灰褐色,饱和,可塑-软塑,干强度中等,无摇振反应,韧性中等,稍有光滑,土中含少量铁质氧化物、有机物、蜗牛屑和小姜石等,局部夹少量粉土。层底深度 6.0~14.1 米,平均层底深度 11.66 米,层底标高 75.32~80.07 米,平均层底标高 77.52 米,厚度 1.3~1.7 米,平均厚度 0.92 米。

第 7 夹层:粉土(Q4-2 l),灰色,湿,中密,干强度低,摇振反应中等,无光泽反应,韧性低,含少量有机质、云母片、小姜石及蜗牛屑等。层底深度 9.5~12.8 米,平均层底深度 11.89 米,层底标高 76.57~77.74 米,平均层底标高 77.26 米,厚度 1.5~3.5 米,平均厚度 2.22 米。

第 8 层:粉土(Q4-2 l),灰色,湿,中密-密实,干强度低,摇振反应中等,无光泽反应,韧性低,含少量有机质、云母片、小姜石及蜗牛屑等。层底深度 11.6~16.0 米,平均层底深度 14.52 米,层底标高 73.57~75.59 米,平均层底标高 74.64 米,厚度 0.5~2.7 米,平均厚度 1.45 米。

第 9 层:粉质粘土(Q4-2 l),灰-灰黑色,饱和,可塑,干强度中等,无摇振反应,韧性中等,稍有光滑,土质不均匀,土中含蜗牛屑、有机质和少量腐植质,局部夹有薄层泥炭质土等,具臭味。层底深度 13.50~17.30 米,平均层底深度 16.24 米,层底标高 71.16~73.47 米,平均层底标高 72.92 米,厚度 0.8~3.5 米,平均厚度 1.72 米。

第 10 层:粉土(Q4-1 al+pl),褐灰-黄褐色,湿,密实,干强度低,摇振反应中等,无光泽反应,韧性低,含少量小姜石、铁质氧化物等,不均匀,局部夹有粉

质粘土。层底深度 14.8~18.8 米,平均层底深度 18.01 米,层底标高 70.26~71.74 米,平均层底标高 71.15 米,厚度 0.9~3.0 米,平均厚度 1.77 米。

3 实施方案

本次穿越距离较长,且穿越河道两侧地势高,自然穿越轨道设计曲率大。同时对机械性能、非开挖技术水平也是一个考验。

3.1 穿越机具选用

使用土行孙 DDW-230,单根钻杆长 6m。导向仪为 DigiTrak Mark III。

3.2 轨道设计

为了缩短穿越距离,防止由于河道水的渗漏造成塌孔现象,根据我们的施工经验和地质情况,入土角度设计为 15 度,出土角度设计为 8 度,曲率半径设计为 456m,最大深度 8m。整个穿越轨迹设计为抛物线型。

3.3 泥浆配比设计

穿越成功与失败的决定性因素在泥浆的采用,我们根据地质情况和类似的施工经验,决定采用木质素磺酸盐泥浆,配方为 1m³ 泥浆用粘土 100~200kg,亚硝酸纸浆废液 30~40kg,煤碱剂 10~20kg,NaOH5~10Kg,消泡剂 5~10Kg,水 900~1000L,泥浆性能控制:密度 1.06~1.2g/cm³,漏斗粘度 18~40s,失水量 5~10ml/30min。

施工过程中应经常检查密度、漏斗粘度、失水量,保持泥浆实测数值固定,及时调整用水量,保证泥浆性能的稳定性。具体配方详见下表 1:(1m³)

3.4 穿越保证措施

为了保证穿越顺利成功,在入土点浇筑素混凝土承台 4m×6m×3m,在混凝土承台上安装地锚,给穿越机械提供强有力的反力支撑。

配备发电机组,保证管道接口施工及时,使管道回托时间及时。保障管道回托成功率。

为了保证回托过程中管道引力点不因外力引起变形。回托前在管道口处塞进同管道内径大小一样的木塞,然后把管道连同木塞同时打孔穿入钢丝绳,再把钢丝绳同回扩器连接。由于木塞的作用,管道在外力的作用下不变形。同时除木塞保护管道的作用外,穿越过程中泥浆也不会回灌到管道内。

4 施工中难点分析

表1 泥浆配方数据

名称	粘土	水	亚硝酸废液	煤碱剂	NaOH	消泡剂
重量(kg)	180	900	35	15	10	8



图2 钻机就位(下方为素混凝土承台,背后为高压变电站)

4.1 磁场干扰

施工现场临近高压变电站,高压线路给导向带来磁场干扰。虽然 DigiTrak Mark III 导向仪具有抗干扰性,但为了保证控向的准确性,消除磁场干扰,每确定一次位置时,都从不同位置、方向测定,通过不同数据相互比较、结合施工经验确定实际位置。

4.2 河流影响

本次穿越是跨河流穿越,水上导向受水流的影响,给我们穿越控向带来困难。我们利用橡皮船采取水上固定导向点和移动导向点相结合的方法,消除因河流影响造成控向数据的准确性。解决穿越过程中河流影响的问题。

5 施工要点

5.1 现场的放线

根据设计的穿越轨道,结合现场的实际地形情况。使用经纬仪和水准仪按设计穿越方案放线,标出穿越轨道的控制点,用于指导穿越施工。

5.2 泥浆的配置

泥浆的选型、配置是本次穿越成功的主要因素,而泥浆选型的确定需根据地质情况和施工经验确定。一般情况下,在软土地层中,泥浆密度过小或钻进速度过快,将易导致塌孔现象。通常在此土层中泥浆密度保持在 $1.25\text{g}/\text{cm}^3$ 左右。而在施工过程中应随时监测泥浆的性能参数,及时调整泥浆的比重,达到设计要求。对穿越成孔的成功是可靠的保障。

5.3 支座反力

在钻进及回托过程中因移位造成钻杆受扭、受弯,增大钻机荷载,往往会造成穿越施工的失败。而造成其原因是由于提供给机械的反力不足。对长距离穿越更应给机械提供强大的支座反力,保证在穿越施工过程中不因机械由于反力不足而移位。

6 结束语

通过本次成功的穿越,使我们积累了管线长距离穿越施工的经验及施工要点。为后续类似施工提供借鉴经验。也为同行们提供借鉴经验。

非开挖铺管中钻头泥包问题的分析与对策

唐佳芝¹ 乌效鸣¹ 谢强² 任旭斌¹

(1.中国地质大学(武汉)工程学院 430074;2.武钢建工集团建设分公司)

摘要:非开挖导向铺管过程中,当钻遇较软岩层或泥页岩层时,经常会遇到钻头被泥包的现象,尤其在扩孔过程中,更为明显。针对这种现象,从三个方面认真分析了钻头泥包的原因,并提出从泥浆方面入手的对策。进行室内推力实验,在武汉江夏区的非开挖施工现场提出配方并加以应用,对提高钻进效率有重要的意义。

关键词:钻头泥包、泥浆、非开挖、推力实验

在城市建设中,非开挖技术越来越受到工程人员的重视。采用非开挖定向钻进进行城市管道铺设,一般分为三个过程:定向钻进完成导孔、一级或多级钻头扩孔、顶或拉的方法铺管。在扩孔过程中,由于回扩头的特殊结构,当钻遇软泥地层或泥页岩时,钻屑不易排出,常包裹在回扩头切削刃表面,形成泥包钻头。泥包钻头导致钻速降低,钻进效率降低,甚至造成卡钻或孔内事故。

1 钻头泥包原因分析

导致钻头泥包原因有很多,比如地质方面、工程技术方面、钻头方面、操作水平方面、孔身质量、泥浆方面等等,笔者将主要从地质、钻头和泥浆三个方面来分析。

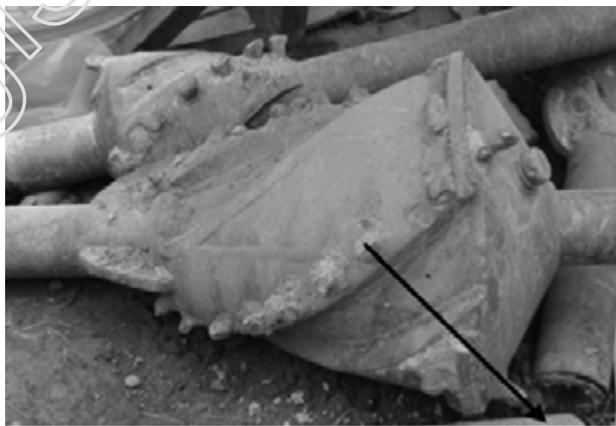
1.1 地质方面因素

城市管道铺设中,采用非开挖的方式,由于钻进的地层都很浅(约几米到十几米),大多数为较软的粘性土、淤泥质土和泥岩层等。因泥页岩吸水后可塑性增强、可钻性差,所扩钻的地产岩屑之间粘附钻头表层,压实后造成钻头泥包。岩屑的水化分散,使井眼内泥质或固相含量大增,吸附于钻头表面造成泥包。客观的地质条件是造成钻头泥包现象发生的主要因素。

1.2 钻头方面因素

在非开挖的扩孔钻头是一种用于回拖扩大导向孔,接在钻杆柱前端的切削头(如图1),以高压射

流和机械切削土层及挤压组合作用成孔。泥包问题常表现为钻孔内的软泥、泥饼、钻屑粘附在钻头上,有的堵塞在钻头刀片和牙齿间隙中间,严重影响机械钻速,在扩孔时增大阻力,容易发生抽吸等负作用,造成极大的安全隐患。



切削刃

图1 扩孔钻头切削刃

1.3 泥浆方面因素

在钻进过程中,泥浆的抑制性差,则无法控制钻遇地层中泥页岩的水化分解;其次,由于现场条件有限,固控设备除泥器和除砂器不全,以至于泥浆中的固相含量过高,并且粘切过高时,岩屑难以清除,易吸附于钻头表面;再者泥浆比重偏高,失水量过大,形成厚的粗糙泥饼;泥浆润滑性差,钻头表面无法形成有效的保护膜,导致劣质的固相易吸附

于钻头上,造成钻头的泥包问题。

目前最可行和最有效的方法是从泥浆的方面来考虑和改进。维护 and 处理好泥浆体系是预防钻头泥包十分重要的因素。

2 表面活性剂

2.1 表面活性剂介绍

表面活性剂(surfactant),是指具有固定的亲水亲油基团,在溶液的表面能定向排列,并能使表面张力显著下降的物质。表面活性剂的分子结构具有两亲性:一端为亲水基团,另一端为憎水基团;亲水基团常为极性的基团,如羧酸、磺酸、硫酸、氨基或胺基及其盐,也可是羟基、酰胺基、醚键等;而憎水基团常为非极性烃链。表面活性剂分类如下:

(1)阴离子表面活性剂:硬脂酸,十二烷基苯磺酸钠

(2)阳离子表面活性剂:季铵化物

(3)两性离子表面活性剂:卵磷脂,氨基酸型,甜菜碱型

(4)非离子表面活性剂:脂肪酸甘油酯,脂肪酸山梨坦(司盘),聚山梨酯(吐温)

2.2 表面活性剂的作用机理

孔壁岩石和金属钻杆的表面都是亲水的高能表面,当乳状液在孔内循环时,具有两亲结构的表面活性剂吸附在钻杆-水和岩石-水界面上,其亲水端指向钻杆或岩石,而憎水端吸附在油珠上或紧密排列伸向水中,在钻杆和岩石表面形成牢固的吸附膜。当钻杆柱高速回转时,如果钻井液中含有表面活性剂,那么钻杆和岩石表面间的干摩擦或清水摩擦就变为油膜之间的摩擦,即吸附膜之间的摩擦,这样使得钻杆和岩石之间的润滑系数大大降低,相应的摩阻力大大降低。所以加入表面活性剂

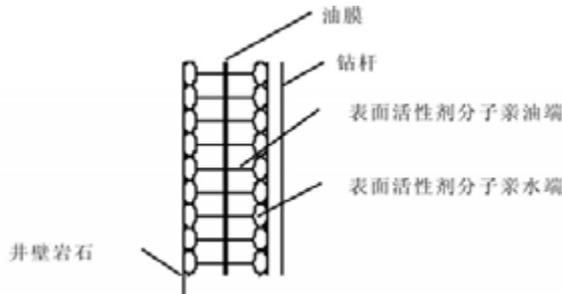


图2 表面活性剂的作用机理

可以有效的减小钻井液的润滑系数,从而有效的钻杆和粘土的粘附力,降低了摩阻力。

3 泥浆体系的室内实验

3.1 粘附力测定(推力)实验原理

在钻进过程中,为模拟钻进过程的钻头被泥土包起来的情况,我们课题组自行设计并制作了一套简单的模拟钻头泥包的工具。该工具结构图如下:

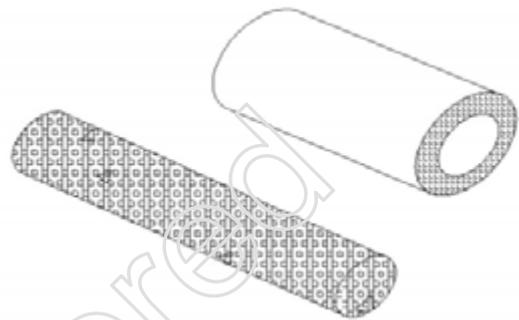


图3 推力实验结构原理图

粘附力测定实验主要是模拟钢表面和泥土的接触,通过不同表面活性剂的处理,来测定钢表面和粘土之间的粘附力值。粘附力值越大,粘附性越强,表面活性剂效果越好。

3.2 粘附力实验过程与结论

实验器材及药品:

- ①泥页岩岩样
- ②电子天平一台(精度为0.01g)
- ③量筒两个(50ml 和 10ml)
- ④压制岩心仪一台
- ⑤各种润滑剂(皂化油等)
- ⑥加重砝码

表1 加重砝码的规格情况

砝码编号	重量(kg)
加重砝码1号	5.10
加重砝码2号	4.55
加重砝码3号	4.60
加重砝码4号	4.20
加重砝码5号	0~3.50 可调

实验过程:

- (1) 压制泥岩岩心

其基本步骤如下:

- 1) 称取同等质量(30g 或 20g)的泥岩粉末放置

备用。

2) 将称取好的泥岩粉末装入圆筒形模具,合上后盖,用岩心压制机逐渐增压至 4~5MPa,保持压力 15min(此间要求压力维持在 4MPa)后取出岩心。

3) 检验岩心的质量,如出现大的裂痕或因搅拌不均匀等原因引起的岩心松散易碎则放入废弃桶;如没有质量问题,则晾干备用。

2. 配置表面活性剂溶液

取 50ml 清水加入 1ml 的表面活性剂配制成 2% 的溶液,静置备用。

3. 粘附力测定

将压制的泥岩岩心放置于套筒中一起浸泡于配制好的表面活性剂溶液中,15min 后取出用推杆推,加上合适的砝码至恰好压出为止,读出砝码的数值。

表 2 各表面活性剂粘附力表

表面活性剂	溶液配方	岩心长度/mm	粘附力(Kg)
清水	2%	30mm	33.45
皂化油	2%	30mm	14.75
十二烷基苯磺酸钠	2%	30mm	22.45
OP-10	2%	30mm	23.45
S-80	2%	30mm	8.40
NP-6	2%	30mm	9.60-14.25
二乙二醇丁醚	2%	30mm	5.1~8.10
二乙二醇乙醚	2%	30mm	23.45
渗透剂	2%	30mm	8.1~9.65
T-80	2%	30mm	11.65
OP-6	2%	30mm	12.65
乙二醇丁醚	2%	30mm	14.25
乙二醇乙醚	2%	30mm	14.25

实验现象:皂化油遇水为乳白色,OP-10、NP-6、渗透剂为油状物质,并容易起很多小泡泡。

根据我们实验所得出的数据,我们可知,在溶液浓度一致的情况下,采用相同的土制成样品后,我们得出了不同的推力数据,推力越大,泥土的膨

胀量越大,需要将它从钻头中拔下的力越大,钻头越易泥包;相反,推力越小,表明泥土的膨胀量越小,将它从钻头中拔下的力越小,钻头不易泥包。那所得的实验结果如下表 3 所示:

表 3 十二种表面活性剂润滑效果汇总

润滑效果	润滑剂
比较好	S-80;渗透剂;二乙二醇丁醚; T-80; OP-6;
一般	NP-6;乙二醇丁醚;乙二醇乙醚;皂化油
比较差	十二烷基苯磺酸钠;OP-10;二乙二醇乙醚

不同的表面活性剂所产生的润滑效果和解泥包效果均不同,通过实验我们得出了表面活性剂的效果情况,将配方应用于现场进行试验。

4 现场应用

该工程位于武汉市江夏区,为武钢集团的一个非开挖管道铺设项目,该工程全长 300 多米,主要分为两段,第一段长度约为 150 米,第二段为 180 米。铺设的根据现场勘查情况,预设管道埋深主要在离地面 3~4 米的范围呢,铺管层为含砂粘质土层。在施工过程中,扩孔分三级,300mm,500mm,900mm,最大为 900mm。需要铺设的 PE 管直径为 630mm,其级配为 1.43。

在非开挖扩孔过程中,遇到的最大问题就是钻头容易被粘土所抱住,即所谓的钻头泥包问题,这样就会导致钻进效率低,设置卡钻的事故,将产生巨大的经济损失。为了解决这样一个问题,我们为施工方提供了解泥包泥浆体系:水+10%膨润土+3.5%纯碱+6%CMC+0.2%皂化油

该泥浆体系的基本性能如表 4 所示。

解泥包泥浆的基本性能中,润滑系数是一个评价解泥包效果的关键因素,它与钻具的磨损和钻进效率有很大关系。有上表的结果可以看出,加入了未加入皂化油其润滑系数较大达到 0.43,而 3# 加入皂化油后润滑系数明显降低,钢表面与泥土的粘结力大大减少。因此,该体系应用于该项目施工中,极大的缓解了扩孔过程中的钻头泥包问题,也使得 PE 管顺利的铺设完成,回拖阻力几乎为 0。

表4 泥浆基本性参数能记录表

编号	比重	漏斗粘度 (s)	Φ_{600}	Φ_{300}	pH	滤失量 (mL)	滤饼厚度 (mm)	润滑系数	其他
1	1.06	18.9	11	6	9	26	1	0.43	
2	1.07	30.8	32	20	9	12	1.5	0.41	
3	1.07	29.5	29	16	9	14	1.5	0.20	

注:1#水+10%膨润土+3.5%纯碱;2#水+10%膨润土+3.5%纯碱+6‰CMC;3#水+10%膨润土+3.5%纯碱+6‰CMC+0.2%皂化油。

5 总结和建议

(1)非开挖导向铺管过程中,在扩孔阶段由于直径相差较大,最易发生泥包现象。

(2)导致泥包的因素较多,最易控制的是钻井液泥浆体系的控制。

(3)通过在泥浆体系中添加润滑效果较好的表面活性剂可以有效的缓解泥包的问题。润滑效果较好的有S-80;渗透剂;二乙二醇丁醚;T-80;OP-6。在泥浆的基本性能中,润滑系数是评价解泥包能力和减小回拖力的重要因素。

(4)提出了可以有效解决泥包问题的泥浆配方:水+10%膨润土+3.5%纯碱+6‰CMC+0.2%皂化油

参考文献:

[1] 张金龙等,钻头泥包原因及对策分析[J],石油地

质与工程,2008年,22(3)

[2] 乌效鸣等,钻井液与岩土工程浆液[M].中国地质大学出版社,2002

[3] 高明亮等,鄂北工区PDC钻头泥包特性分析及预防措施[J].探矿工程,2009年,39

[4] 乌效鸣,胡郁乐等,导向钻进与非开挖铺管技术[M],中国地质大学出版社,2004

[5] 王中华,何焕杰等,油田化学品实用手册[M],中国石化出版社,2004

[6] 张跃武等,非开挖穿越工程中泥浆的选用与优化设计[J].非开挖技术,2009,26(6)

[7] 刘国宇,顾大明等,表面活性剂界面吸附行为的分子动力学模拟[J].石油学报(石油加工),2011,27(1)

Anlysis and Countermeasures of Bit's Mud Package in Trenchless Directing Drilling

Tang Jiazhi¹ Wu Xiaoming¹ Xie Qiang² Ren Xubing¹

(1. China university of geoscience 430074; 2.Wugang Construction Group branch)

Abstract: in trenchless directing pipe, when we meet the soft rock or mud rock, it often will encountered the phenomenon that bit was packaged by mud, especially in spread hole process . For this, we analyze the cause seriously from the three aspects. And make some countermeasures. The indoor experiment is made ,and we give the drilling fluids formula of trenchless construction in Jiangxia district of Wuhan, which has important significance to improve drilling efficiency.

Keywords: Drill Mud Package、Drilling Mud、Trenchless、Thrust Experiment

非开挖施工中的泥浆问题分析

王 果

(河南中原天然气开发有限公司)

摘 要:本文简要介绍了非开挖水平定向钻进施工中泥浆的问题,包括:泥浆体系设计、配浆和使用注意事项。

关键词:水平定向钻进、泥浆、使用

非开挖技术是指在不开挖地表的条件下探测、检查、修复、更换和铺设各种地下设施(主要包括各种管线)。它的主要施工技术有:水平定向钻进技术(Horizontal Directional Drilling)即 HDD 技术;顶管和夯管技术、微型隧道技术、以及爆管法和裂管法等管线修复技术。

非开挖作为一种新型的地下管线建设方法,最近十年来在中国得到迅猛发展随着我国城市化进程加快,人民生活水平的提高,环境保护力度的加大,传统的开挖方式越来越不适应现代化建设形式的需求,而非开挖铺管,修管和换管技术以其不影响交通,铺管速度快,效率高,无环境破坏,不影响人们的正常工作、生活等一系列的优点越来越受到管道建设部门的青睐。在国内,非开挖工程的开展带动了非开挖技术的发展,部分非开挖设备已实现国产化。但与国外相比,国内非开挖工法少,服务领域窄,管线修复与更换技术刚起步,关键的测控仪器研制还处于原理机阶段,配料的材料较落后,复杂地质条件下铺管技术不成熟,等等。因此,抓紧时间大力发展非开挖技术,赶超国外先进水平已成为国内非开挖界义不容辞的责任。

1 对泥浆的特殊要求

非开挖技术因为其施工地点的缘故,所穿越地层大多为粘土、粉土、沙土以及淤泥和砂层等软弱地层,因此对泥浆有着许多特殊的要求:(1)良好的流变性,保证有较强的携带钻屑的能力;(2)泥浆有

较低的摩擦系数,良好的润滑性能;(3)有较强的护壁作用,在孔壁形成一定力学强度的泥皮,维护孔壁稳定,防止泥浆漏失。

2 泥浆的作用

在非开挖施工过程中,泥浆主要是携带钻进过程中的钻屑;并在孔壁形成一定力学强度的泥皮,维护孔壁稳定,防止泥浆漏失。

目前,非开挖施工中泥浆体系主要有两种,一种是在粘土地层中,清水钻进,地层粘土自造浆;另一种是在粉土、沙土地层中使用水基泥浆,其基本配方为:清水加 3%~6%的钠基膨润土。前一种做法是不合理的,因为清水钻进,泥浆性能不易控制,在开始钻进时,地层自然造浆,泥浆粘度小,井壁周围的粘土很容易进入泥浆中,引起井壁侵蚀,造成井壁不稳定;当钻进一段时间后,泥浆粘度又会变的很大,增大了钻具与井壁的摩擦力,加大了能量损耗,而且容易形成较厚的泥饼,容易引起粘附卡钻。

因此,非开挖施工中,一定要根据地层选用一种合适的泥浆体系,目前主要使用的处理剂:

(1)钠基膨润土

钠基膨润土我们可以直接使用石油系统和地矿系统的钻井用膨润土,只是要注意在使用前,应该先做实验,确定在特定地层的最优加量。不同的膨润土,因为结构、成分和加工工艺不同,有不同的造浆率和泥浆性能,因此要特别注意。另外,在使用

前,膨润土泥浆要老化一段时间,因为膨润土在水中水化和分散需要一定的时间。这个时间,在石油钻井标准中要求24小时,在非开挖实际工作中可以适当减少。

(2)Na-CMC——钠羧甲基纤维素

钠羧甲基纤维素是一种常用的泥浆有机处理剂,它有高粘、中粘、低粘和速溶四种。在泥浆中,主要起增加粘度和降低失水的作用。通常,中粘CMC加量小于0.2%,根据实际情况,可以适当增加。

(3)HEC——羟乙基纤维素

HEC在泥浆中主要起增加粘度的作用,同时也有一定的护壁作用,加少量的HEC可以大幅度的提高泥浆的粘度,根据HEC型号的不同,加量小于0.1%。用HEC增粘的泥浆容易被酸、酶或氧化剂降解为碳氢化合物,没有明显毒性,不污染环境。

另外,目前使用的护壁堵漏材料主要有:

(1)化学浆液堵漏材料,如:脲醛树脂、丙烯酸酰胺、水玻璃、硅酸盐和各种合成乳胶。

这类浆液的特点是:凝结时间可以自由调整,可以实现瞬时固化,渗透性和流动性好,浆液可以固化,但是价格偏高。

(2)无机凝胶物质堵漏材料,如:各种水泥浆及水泥混合浆液。在非开挖施工过程中,当遇到流沙层或者比较严重的漏失地层时,可以采用此方法。

3 泥浆的设计

较全面的泥浆设计的基本流程是:设计泥浆的重度、流变性、降失水性等主要技术指标;确定泥浆的胶体率、允许含砂量、固相含量、pH值、润滑性、渗透率、泥皮质量等重要参数;选择造浆粘土和处理剂;进行泥浆处理剂配方设计;泥浆材料用量计算;确定泥浆的制备方法;拟订泥浆循环、净化、管理措施。

按平衡地层压力的要求计算泥浆的重度 ν 。即 $\nu h=PC$ 或 $\nu h=P_0$ 。PC、 P_0 分别为井深H处的地层侧压力或地层空隙流体压力。那么,究竟是按PC还是按 P_0 计算,要视实际情况下平衡哪一种压力更为重要来定。如果两者都需要平衡,就应该分别计算出两种结果,权衡出介于两者之间的某值。一般钻井泥浆的重度在1.02~1.40之间。

考虑悬排钻碴、护壁堵漏的要求确定泥浆的流变性。流变性的指标主要是粘度 η 和切力 τ 。 η 和 τ 的调整范围很宽。另外,在一些情况下,还要考虑泥浆的剪切稀释作用和触变性。

泥浆的其他设计指标的参考范围为:失水量一般应不大于15ml/30min,含砂量不大于8%,胶体率不小于90%,pH值视不同泥浆在6~11之间变化。

各种钻进情况下的钻进目的、地层特点、钻进工艺方法等差异甚大,因而对钻井泥浆性能等有明显的不同的要求,设计重点也因此而不同。例如,在钻碴粗大及井壁松散的地层中,泥浆的粘度和切力等流变性指标成为设计重点;在稳定的坚硬岩中钻进,泥浆设计的重点是针对钻头的冷却和钻具的润滑,而此时护壁和排粉等则处于次要位置。又如在遇水膨胀塌孔的地层中钻进,泥浆的设计重点则应放在降失水护壁上;在对压力敏感的地层中,泥浆的重度设计又显得尤为重要。似此,针对特定的钻进情况,在全面设计中找出相应的设计要点,是做好泥浆设计的关键所在。

在泥浆性能设计中可能会遇到一些相互矛盾的情况,满足一些设计指标时,另一些指标则得不到满足。对此,应该抓住主要问题,兼顾次要问题,综合照顾全面性能。

在一些要求不高的场合,可以酌情精简对泥浆性能的设计,适当放宽对一些相对次要指标的要求,以求得最终的低成本和高效率。

4 泥浆的配制

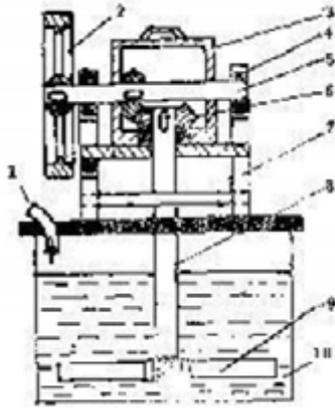
无论是井场制备或泥浆站集中制备供应各井场,制备泥浆的设备有两种:一是用泥浆搅拌机(卧式或立式的);二是用水力搅拌。

泥浆搅拌机,卧式的容量一般为0.3~0.5m³;立式的一般为0.5~1m³。搅拌机速度一般为80~100r/min。

使用粘土粉造浆时,最好采用水力搅拌器(如图2所示)。粘土粉加入漏斗中,并利用水泵排出管的液流与粘土粉在混合器中混合,混合液在混合器中沿螺旋线上升至容器上部,输出泥浆。反复循环几次后,便可配得所需性能的泥浆。

为使泥浆有较好的性能,用粘土粉配得的泥浆

最好在储浆池中沉化一天,然后放入循环系统中,由水泵送入孔内使用。

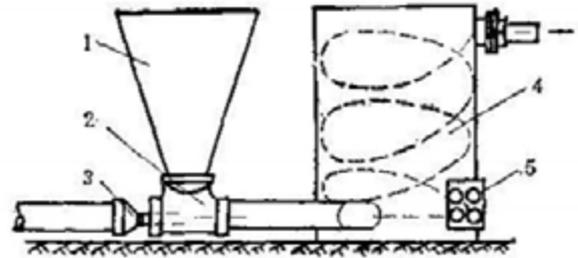


1-输水管;2-三通管;3-喷嘴;4-容器;5-钢板;6-伞齿轮;7-机架;8-搅拌轴;9-搅叶;10-搅拌桶

图1 泥浆搅拌机

5 结论

本文分析了非开挖施工的特点和一些常见的泥浆问题,并根据具体情况给出了具体的方法,在非开挖中施工中,关于泥浆问题,需要注意以下事



1-漏斗;2-工作轮;3-齿轮箱;4-轴承;5-传动轴

图2 水力搅拌器

项:

(1)用纳基膨胀土造浆,保持泥浆有合适的流变性,有较强的携带钻屑的能力,必要时加入适量的CMC和HEC;

(2)在泥浆中加入合适的润滑剂,使泥浆有良好的润滑性能,这样可以大幅度提高施工效率,降低施工成本;

(3)遇到复杂地层和易漏失地层时,要用一些护壁材料和堵漏材料,使泥浆在孔壁形成一定力学强度的泥皮,维护孔壁稳定,防止泥浆漏失。

徐工基础召开广东地区两钻产品推介会

2011年7月3日,徐州徐工基础工程机械有限公司在广州嘉逸皇冠酒店召开了“广东地区两钻产品推介会暨百万回馈用户答谢会”。徐工基础公司副总经理张忠海、中国工程机械工业协会桩工机械分会秘书长郭传新、徐工基础公司配套企业代表以及来自广东地区的桩工行业用户等共200余人参加了此次会议。

据了解,从2010年下半年开始至今,徐工基础已经在国内开展了多次与用户互动的产品推介会,目的是为了广大用户能够近距离地感受徐工旋挖钻机和水平定向钻等产品的品质与魅力。

会上,张忠海副总经理向大家介绍了徐工基础公司近年来的运营情况、产品结构以及公司未来的发展计划。他表示,徐工基础在依靠徐工集团强大

品牌影响力的基础上,继续加大研发方和生产环节方面的投入,不断推出大中小型产品,以满足各级用户的需求。同时,他还就徐工旋挖钻机和水平定向钻产品的技术特点和性能特点以及公司在售后服务方面的政策向大家进行了详细介绍。

郭传新秘书长在发言中重点强调了用户所关心的行业市场与前景,并就近年来我国桩工行业的发展情况与市场特点为大家做了详细介绍。

除了产品介绍,此次活动最激动人心的是公司为了答谢用户推出了百万回馈活动,旋挖钻机单台高达5万元的购机优惠和2万元的配件赠送、水平定向钻单台2万元的购机优惠和5000元的配件赠送让参会用户真实感受到了徐工基础公司对用户的厚爱。(徐工基础)

岩石地层中非开挖技术探讨

刘雷 杨朋朋

(钻通工程机械股份有限公司, 江苏无锡)

摘要:随着非开挖技术的成熟及普及,越来越多的电力、通讯、市政、水利、原油及天然气管道铺设均采用非开挖技术施工。不同地形下如何运用不同的非开挖技术成为施工单位需要研究的新课题,本文主要对岩石地层中非开挖技术进行初步探讨,结合典型的施工实例,介绍岩石地层中非开挖技术的施工经验,希望得到抛砖引玉的功效。

关键词:岩石、牙轮、钻具、泥浆

1 导向钻进

导向过程中钻具及仪器的选择是岩石非开挖施工的关键之一。岩石地层中施工现阶段国内普遍使用的是牙轮钻头+螺杆钻具组合配置。小机型施工中单牙轮钻头的侧切削角相对于三牙轮钻头大,具有更强的侧切削井壁的能力,使用也相对较多;大机型中普遍使用三牙轮钻头。

螺杆钻具是一种把液体的压力能转换为机械能的能量转换装置,由旁通阀、马达、TC轴承、推力轴承、万向轴、传动轴和防掉装置等组成(如图2所示)。当高压液体进入钻具时,迫使转子在定子中转动(定子和转子组成了马达),马达产生的扭矩和转速通过万向轴传递到传动轴和钻头上,达到钻井的目的。螺杆钻具作为孔底动力装置,具有低转速、大扭矩、大排量等许多优点,此外它增加了钻头扭矩

和功率,提高了进尺率,减少了钻杆和套管的磨损和损坏,可准确地进行定向、造斜、纠偏。需要指出的是螺杆钻具对钻井液的使用有其特殊要求螺杆钻具的马达为容积式,马达的输入流量和作用于两端的压力降差决定了钻具的基本性能。钻井液的物理、化学性能除个别有损钻具寿命外,一般不影响钻具性能,但钻井液所含的各种硬颗粒必须予以限制,因为它会加速轴承、马达的磨损而降低钻具的使用寿命,建议固相含砂量不超过1%(若含砂量达到5%,钻具寿命会降低50%)。同时注意钻井液中不要混有各种气体,因为混有气体的钻井液在钻具中压力的变化下容易产生“气蚀作用”,加速钻具的损坏,尤其是定子橡胶更容易被气蚀坏。

导向仪器的选择,从本质上讲,用于岩石非开挖与土层非开挖的仪器是没有区别的,但由于岩石穿越的困难性比普通地层大很多,导向过程可能要长时间操作,所以普通仪器和信号棒难以出色的完成。现多使用的是美国DCI公司的有线定向系统和SST无磁定向系统,另一种常使用的是英国Sharewell公司生产的MGS定向系统。在定向钻进



图1 牙轮导向钻头

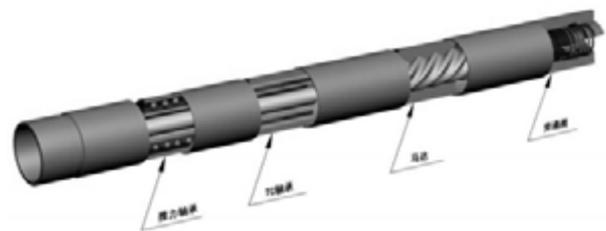


图2 螺杆钻具

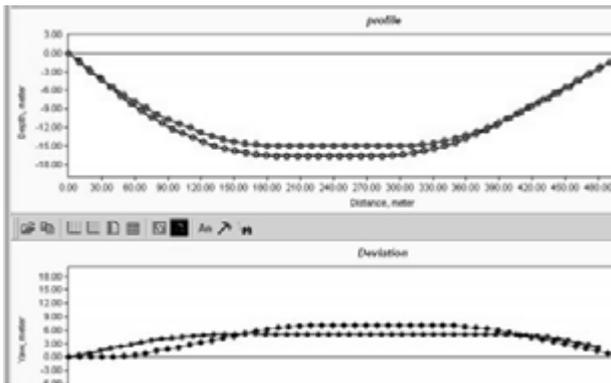


图3 SST 导向数据记录表

过程中严格控制全角变化率,尽量缩短测量间隔长度,我们建议每根钻杆至少取两个测量点,当遇到地层软硬变化或砾石时,参数测量间距还要做相应的调整。调整方位要及时,并留有余量,禁止反复大幅度调整角度,防止出现“S”型轨迹。

2 回扩施工

岩石地层中非开挖回扩钻头使用主要有牙轮回扩钻头、滚刀回扩钻头、截齿回扩钻头等三种类型。牙轮钻头作为切削具,螺旋式超前导向,导向体表面镶焊硬质合金,耐磨性好,牙轮与刀盘焊接成一定的角度,掌背镶嵌硬质合金,防止掌背磨损,钻头尾部做成锥体状结构,并镶焊硬质合金,便于钻头退出时扫孔用。该型钻头适合于回扩直径较小的岩石地层中。另外一种常用的是滚刀回扩钻头,滚刀作为切削具,滚刀用螺栓固定在刀座上。使用中滚刀体磨损或损坏后可以更换。由于钻头较大,采用锥体式前导向和后扶正结构,导向体和扶正体上均镶焊耐磨材料,保障了入孔顺畅,扩孔钻进稳定,



图4 岩石地层中回扩钻具

孔壁光滑,该型钻头适合于回扩直径较大的岩石地层中。截齿回扩钻头有阶梯式和锥体式,切削具采用截齿(子弹头),切削具损坏后可以更换。适合于软岩或强风化地层。

在岩石地层中扩孔最主要的钻具就是扩孔器,岩石扩孔的难点如下:

- (1) 泥浆携带问题;
- (2) 扩孔器的使用寿命问题;
- (3) 扩孔器卡钻问题。

在岩石穿越的扩孔内都是岩屑,这对泥浆的携带性要求高,相对的撑孔护壁的要求基本无要求。岩石扩孔器的种类有好几种,根据需要选择寿命相对长的岩石扩孔器即可,不过相对其他岩石扩孔器,高寿命的岩石扩孔器价格也高。扩孔器卡钻主要由于扩孔器被岩体卡住,一般在20寸以上的扩孔器后加扶正器以保证扩孔器与孔洞同心。

泥浆是穿越的血液,这是泥浆在穿越过程中所起的多方面的作用的高度概括,可以说,没有先进的泥浆技术,就不可能有安全、快速优质的穿越施工。泥浆在岩石地层穿越过程中,作用尤其重要,良好的泥浆具有很好的携带和悬浮岩屑能力,岩石地层中钻屑会很快下沉,防止沉砂卡钻等情况的发生,必须要有足够浓度及性能的泥浆液,

泥浆添加剂是泥浆中添加的一种辅助材料,其目的是为了改善泥浆某一方面的性能,普通地层中膨润土就能满足使用要求,但岩石地层中我们要根据地层的变化,增加适量的不同添加剂。添加剂上主要分为三大类:无机处理剂、有机处理剂、表面活性剂。无机处理剂常用的有两种,纯碱(碳酸钠、苏打)和烧碱(氢氧化钠),加入适量纯碱可使泥浆的



图5 组合岩石扩孔器



图6 几种常用的管道发送方式

失水下降,粘度、切力增大。加入适量用于控制泥浆的PH值。泥浆配制时水的PH值对膨润土的分散有很大影响,一般应把水的PH值调整为呈弱碱性从而有效改善泥浆的性能。有机处理剂按其作用分为稀释剂(主要用来控制泥浆的流动性)、降失水剂和增粘剂等。岩石地层中常用的有机处理剂有CMC、PAC等,增强润滑性和提升泥浆的携屑性能。表面活性剂是一种能显著改变物体界面性质(如界面张力)的物质有效防止卡钻和减少摩擦力。

在岩石穿越的大型工程施工中,在穿越入、出土点必须配备泥浆回收和配浆装置,从而提高泥浆回收率,有利于保证泥浆的排量和性能。岩石地层中值得提出的还有泥浆孔内岩屑清理,岩屑不具备自造浆能力,而且岩屑的密度远大于泥土,所以它极易沉积在孔底,尤其是全孔的最低点。如何清理沉积在积凹处的岩屑是拉管能否成功的关键之一。要想将大颗粒的岩屑清出孔外,必须要求有高性能的泥浆和足够的泵量。

3 清孔拖管

岩石地层中回扩结束后,要进行清孔工序,在确保孔内的岩渣清理干净后才能进行管道回拖。一旦清孔工作未得到重视,铺管时可能会受阻,给工程施工带来很大的麻烦,严重时造成工程报废。

管道回拖时,为了减少回拖阻力,要在管道的安置处采用合理的管道发送方式,由于岩石地层中大管道的施工地点一般远离人口密集地区,地形相对比较开阔,所以我们常用的管道发送的方式有三种,一种是采用发送沟的方式,将管道安置在注水的沟渠中,采用水的浮力降低摩擦阻力,另外一种是用滚轮发送架的方式,如果条件允许,可采用吊车或者是吊管机将回拖管道整个的吊起来进行发送进洞。

由于大管道在孔内的浮力大于自身的重力,为降低管道在孔内的阻力,我们可以采用注水平衡法。在近乎水平孔的铺设中,我们可以直接在铺设管道中注水,操作简单易于掌握。如果是抛物线轨迹则更要全面考虑,注水方式应该改变,否则注人的水都会集中在钻孔轨迹的最低处,从而起不到均匀平衡浮力的作用,这时可以考虑在被拖拉管中安放一根或两根小管道,小管道里注满水,直径大小要根据浮力的大小来计算。

在某工程中铺设1219mm钢管时采用注水平衡法施工,起到很好的效果。

4 结束语

随着非开挖技术在国内的迅猛发展,特别是近几年来,在国家西气东输等大工程的背景下,很多原油管道、天然气管道的铺设均需要采用非开挖技术,岩石地层中的施工也是给我们提出了更高的技术要求。要想在岩石非开挖施工中取得好的使用效果,首先要选择好合适的钻头及钻具。如何提高钻头及钻具的强度及其使用寿命,钻具的结构构造以及使用材料的改进,这些都需要我们不断的思考并做长期的研究。

水平定向钻机的功能组合扩展

Michael Lubberger 王磊 译

2011年第29届国际非开挖展览会(柏林2011年5月)

摘要:未来基础设施的建设方向是往地下发展。高效的油气配送需要一个现代化和全球化的管网系统,这要求不断提高基础设施水平来连接新的油气储藏和供应区域,同时还需要更新现有管网以提高其效率。目前全球有将近12.5万公里的管线正在建设和规划中,这无疑表明这个需求的广泛性。

海瑞克(Herrenknecht)公司提供了一种快速、安全、经济的地下管线铺设解决方案,即水平定向钻进,微型隧道技术和全新的直接铺管系统。非开挖技术的应用能轻松的穿过河流、山川、道路和住宅区,以及复杂地形和自然保护区等障碍。这样一来地下管线也能较好的得到保护,免受外界影响。

关键词:水平定向钻、钻机、功能组合

1 前言

这种由海瑞克(Herrenknecht)公司设计制造的大型钻机能达到600到6000KN的拉力和30到150KN·m的扭矩,所有海瑞克(Herrenknecht)公司的HDD钻机都有一个独立的柴油动力供应系统,安装在一个只有20分贝的隔音装置中。其动力系统能根据现场情况提供300到1300千瓦的功率。

框架式钻机一般用在高功重比的情况下,由于此钻机没有运输系统,所以很轻便,可以通过小型起重机将其装载到拖车上,再由卡车运输。在施工现场使用时,再通过起重机卸载。

拖车式钻机在长途运用时能够发挥其快速、简洁的优势。所有海瑞克的拖车式钻机都安装有2轴或3轴的汽车底盘,可以同空压机、电子设备等一起由拖车运输。这意味着这类钻机在道路通畅的

地方就能使用。

海瑞克拖车式钻机的设计使其可以快速、方便地投入使用。由于不需要起重机,所以可以在施工现场任意调整位置以达到最优的钻孔角度。这可以节省很多额外开支和现场施工空间。这项创新性的设计意味着钻机的重量减轻,使得运输变得方便快捷。拖车式钻机不仅运输经济,同时下钻和完钻也很方便。

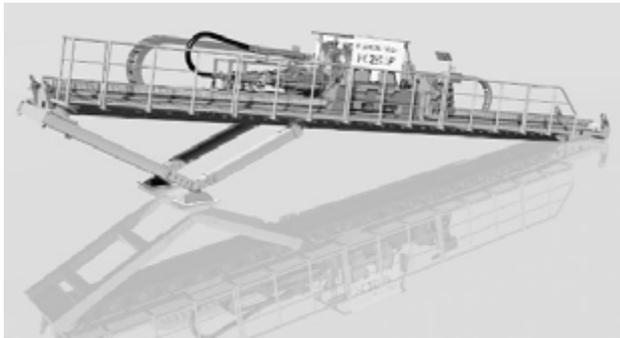


图1 海瑞克框架式钻机示意图

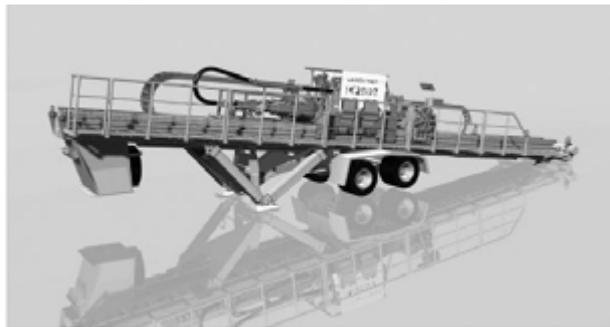


图2 海瑞克拖挂式钻机示意图



图3 海瑞克履带式钻机示意图



图4 海瑞克模块化钻机

履带式钻机(图3)一般使用在起重机和卡车无法进入的施工现场, 无论是因为空间或者场地原因。履带式钻机能够在恶劣的环境条件下保持强大的机动性, 因此能够很容易的进入最初的施工设计现场。

在偏远及设施简陋的地方, 运送一台完整的钻机装备几乎是不可能实现的。在这种情况下, 模块式钻机(图4)是唯一的选择。钻机可被拆分成独立的单元并进行封装, 在到达施工现场之后再重新组装。按照规定, 模块式钻机一般被拆分成三部分进行运输; 每部分最重达28吨, 到达施工现场再通过液压系统进行的简单组装。除此之外, 选用远程控制的履带, 可以完全发挥钻机在现场的机动性, 因此不会在运输和起重机上花费太多。

2 顶管推进器—管线建设的核心创新

水平定向钻机可以快速的、低成本的及环境友好的穿越地下障碍从而安装管线。水平定向钻进(HDD)的操作受管道直径, 钻机的回拖力和地质条件的限制。海瑞克公司的目标是逐步扩大HDD技术的应用范围。顶管推进器(PT)是方向控制中的很重要一步(图6)。PT可以提供额外的拉力在长管柱的回拖过程中, 同时在新的隧道和管道施工技术发展中起到了关键的作用。

类似于传统HDD的应用, 该HDD钻机也需要先钻一个先导孔, 然后扩孔到管柱的公称直径, 最后钻机将完整管柱拖回到起始坑。在一些地质条件下或者需要大型管径及长距离钻进时, HDD钻机需要顶管推进器提供额外的动力。

一台最大回拖力为250吨HDD钻机拥有3,000m的钻进长度和48"的管道直径的能力。这就



图5 水平钻进时顶管推进器的作用

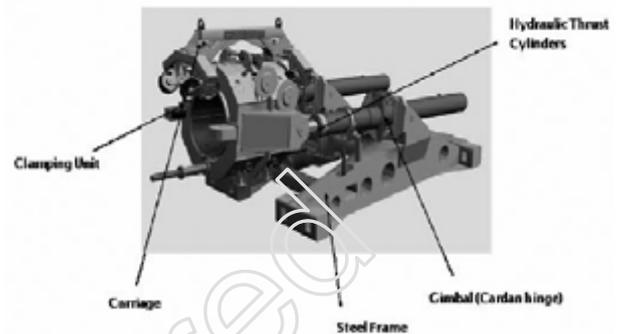


图6 海瑞克顶管推进器

是顶管推进器在发挥作用, 在回拖的过程中为钻机提供额外的拉力。

推进器不仅能产生最大为750吨的回拖力, 还能以最佳分配方式运用不同推力和拉力到管柱上。管道处理是推进器的一个关键创新, 尤为先进的是夹紧装置的互换性很强, 适合所有管道涂层和直径20、48及62"的管道。顶管推进器夹紧装置在推送和回拉的情况下, 能以750吨的最大拉力夹紧管道以防止管道的旋转。顶管推进器的推进速度能达到每分钟5米。当遇到卡钻时, 顶管推进器可以帮助HDD钻机顺利钻进。

3 直接铺管技术的革新

最佳施工方法的选择是基于时间和成本因素的。其关键指标包括小空间作业和消除潜在障碍的能力。地上敏感区域的安全是不言而喻的。直接铺管技术结合已有微型隧道技术和水平定向钻进技术的优势, 提供了一个新的应用范围。预制管的安装几乎同开挖是同一个步骤。而切削刀盘和圆锥破碎机消除了潜在的障碍。

类似于顶管工艺, 通过远程控制海瑞克微型隧道机挖掘岩土, 再通过泥浆循环系统排出岩屑。这种全新的顶管推进器能提供所需的推力, 通过夹紧装置夹紧管道从而向前推进管道。这些推力再通过

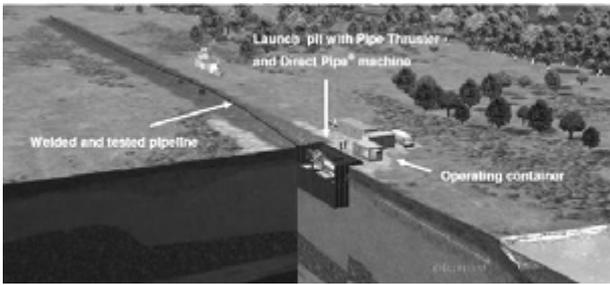


图7 直接铺管法穿越河流截面图(从左到右)

整个管道传递给微型隧道机刀盘。

直接铺管技术包括管线的焊接和测试,联接在发射端的滚筒上。直接铺管机是安装在管道的前面。由于这种机器很长,为便于控制机器和管道,其安装有两个活动的转向接头。作为推进单位的顶管推进器从发射坑夹紧管道,然后将机器和管道一起向地下推进。

相比顶管技术,在直接铺管技术中,顶管推进器代替顶管架安装在起始坑中,它由钢梁和锚来进行水平和垂直的固定,来将推力传递给周围的土壤。将直接铺管机安装在起始坑封堵前端的特殊钢架中,然后将预制的测试管道焊接到直接铺管机的后部,随即进行挖掘流程。隧道口由直接铺管机挖出的,同与几十年应用的钢筋混凝土管的顶管技术的所有泥浆机一样,同时隧道口用膨润土泥浆支撑。在泥浆泵将泥浆传回隧道口之前,岩屑将通过泥浆回路送到分离装置。

与顶管技术或微型隧道技术不同,直接铺管技术允许在工程开始前建立一条泥浆回路,因此可以避免安装延迟,并允许连续扩展泥浆回路,以便在整个施工长度上使泥浆泵系统与顶管技术相同的作用。在管道内部安装和修复某些功能管线会用到带有挂钩和滚筒的特殊钢架——像泥浆管道,电力和数据电缆,空气和膨润土润滑管道。

完成开挖后,当直接铺管机已到达目标坑时,可以通过钢架上的滚筒将功能管线拉回。

直接铺管机的刀盘可以配备适应特定地质条件的刀具。相比 HDD 技术,无论是坚硬还是松软的岩石都可以被穿越,因为钻孔是直接由管道填充的,而不仅仅是用膨润土稳定剂填充的。

这种机器是由位于起始坑的旁边的操作室控制的,如图7所示。直接铺管机的高精度导航系统用于在地面上监视其工作位置。垂直方位是由静水



图8 用于铺设48"管道的直接铺管机 AVN1000XC

调平系统给出的(最大高度的差异仅为 ± 3 至15mm),水平方位由一个连续测量陀螺罗盘给出(最大水平偏差仅为 ± 5 厘米)。因此,起始点可以非常精确的找到,而 HDD 在每个方向上偏差数米都可能发生。

直接铺管机的后部设计成圆锥形。这增加了管道与周围岩土间的环形缝隙。从直接铺管机后部形成的润滑环,将润滑膨润土注入环隙,以减少在推动管道通过岩土时的摩擦。

当工地上的站点配置允许整个管线的定线使用直接铺管技术,可以安装单步执行。然而管线没有足够的空间在断面上展开和推进。一旦先前的管线截面被推进地面,前置焊接和测试用的管线截面就会在滚柱上定位,并且移动到打桩匝道。(图9)

在开挖时,顶管推进器夹住管道外部,并通过两个推力油缸将从起始点推往目标点。在钻进过程中顶管推进器为刀盘提供了必要的压力。目前可以提供三种海瑞克顶管推进器。只需更改夹紧装置的位置,就可以应用到不同的管径上,如图10所示。最小的顶管推进器型号为 HK300PT,可以提供300吨推力和拉力。这可以用于管道从20"到36"(500-914)毫米。大顶管推进器 HK500PT 可以适用于直径范围从20"到48"(500-1200毫米)的管道,可提供500吨的推力和拉力。最强和最大的顶管推进器 HK750PT 是适用于直径范围40"到60"(1000-1500毫米)的管道,可提供750吨的推



图9 管线截面被管道助推器推动

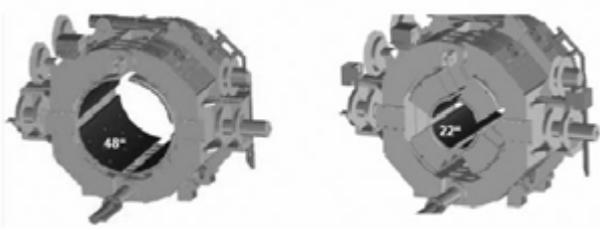


图 10 HK500PT 的夹紧装置(左边的适用于 48"管,右边的适用于 22"管)

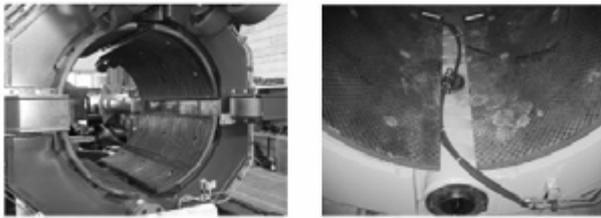


图 11 顶管推进器的带有夹紧片和硫化橡胶层的夹紧装置

力和拉力。

该夹紧装置可以适用于任何管道类型及管道涂层。顶管推进器不会损坏或削弱涂层。这已在海瑞克公司可以保证的大量实验和测试中得到证实。夹紧装置与管的接触的面积足够大以使压力平均分布在涂层上。夹紧装置中的四个夹紧片外面套有一个大约 10 毫米厚的硫化橡胶片,以此来补偿被夹住钢管及其涂层的不平整,如图 11 所示。橡胶层可以通过对角交叉的凹槽消除管道上的水或泥土。在进入钻孔前(阴极腐蚀试验前)还可以检查涂料的完整性。

顶管推进器的两的推力缸每边长为 5 米,最大推进速度为 5m/min。由于顶管推进器是摆动的,这意味着带有两个推力缸的夹紧装置可以以 0° 和 15° 之间的角度向前推动。

直接铺管技术的优势和主要特点:

- (1) 无须套管即可安装大直径管道。
- (2) 对比至今应用的所有常规管道铺设方法,可通过单一步骤进行快速管道安装。
- (3) 由于连续顶管所需时间较短,所以铺管效果相当明显。高效的铺管是由于顶管推进机的布置或者是安装了整个测试管道和部分大型管道。
- (4) 为了防止钻孔坍塌可以采用永久钻孔支撑,相比较而言由于 HDD 技术。因此,由于地下土层条件而失败的风险被最大限度地降低。
- (5) 通过良好的转向装置可以保证高精度的非常大的弯曲半径,从而避免过大的弯曲应力和弯矩(不应用小弯曲半径的管道铺设)。
- (6) 直接铺管机的切削刀盘可以适应任何地质条件,这是相比于 HDD 的一个有效的改进。
- (7) 岩石被粉碎后通过管道供应管线排出,因此孔内的堆积是不可能的。
- (8) 所需空间,而其他技术要么在起始坑边需要大量的储存空间,要么需要相当大的空间以在目标端安装管道或需要双边的空间。由于挖一个小直径孔可实现(因此出土的材料被最小化),因此需要最少的泥浆量。

4 结论

直接铺管技术对于管道安装是一种不同寻常的技术,它相比于其他技术不仅有理论优势,也取得了令人印象深刻的结果。直接铺管技术能适应其他技术不可实现的项目需求。将来的项目将会考虑在对中长度和钻进速率情况下的钻进长度极限。全球范围内高速的、持续的管网需求,油气业、淡水和污水的输送以及通信供应线路对地下管网结构的需求,已促进了大量潜在工程的推进。

软弱土质大口径长距离钢筋混凝土管泥水平衡顶管施工技术

吴全科^{1,2} 林洁曼² 林超²

(1.仲恺农业工程学院 城市建设学院,广东 广州 510225;2.金中天集团建设有限公司,广东 广州 510100)

摘要:结合亚运顶管工程施工,研究了软弱土质大口径长距离钢筋混凝土管泥水平衡顶管施工技术,包括工作井、顶进施工、监控量测、纠偏、注浆减阻、中继间、常见故障及排除方法等方面。解决了顶管施工中的重大技术难题,取得了良好的经济效益和社会效益。

关键词:顶管、施工、关键技术

随着城市建设的发展,尤其是旧城改造、污水处理升级改造的加快,大口径管道的埋设不断增加。泥水平衡顶管施工是机械化顶管施工的主要方法之一,属于机械化、长距离顶进施工技术,近年得到广泛应用。

1 工程概况

广州番禺前锋净水厂进厂总管工程属2010年广州亚运重点配套项目之一,该工程地点位于广州市番禺区前锋路与前锋净水厂之间路段,进厂总管主管管径 $d2800\text{mm}$,全长约2872m,北接清河东路污水主干管,往南经前锋路、新村大街、进厂沙石路,最终排往前锋净水厂厂区新建配水井,沿线转输并收集的污水范围包括市桥、沙湾、石基、石楼、亚运村区域。管材为DN2800F型Ⅲ级钢筋混凝土管,软弱土质条件下如此大口径和长距离的污水管道工程在南粤地区尚属首次采用泥水平衡顶管施工。

2 工程重点及技术难点

1) 钢筋混凝土管径大,内径2800mm,外径3300mm;2) 单次最大顶进长度达298m;3) 由于管线主要途经民房和高压电塔,要确保建(构)筑物的稳定与安全,在软弱土质层中顶管纠偏及控制地面隆起和沉降显得尤其重要;4) 管径大、距离长、摩阻力

大,如何通过注浆减阻降低总顶力和减少中继间的使用是一大关键。

3 主要施工工艺及控制要点

3.1 工作井

(1) 工作井位置的选择应根据管道设计、地形、地层结构、施工环境条件等因素选定。

(2) 工作井的结构及支撑应根据开挖断面、挖深、土质条件、地下水状况及总顶力等进行施工设计。

(3) 工作井前壁上应预留顶管入土洞口,洞口中心应与管道中心重合,洞口直径宜大于顶管机刀盘直径2-5cm(见图1)。



图1 沉井不排水开挖下沉到位

(4) 工作井应设防雨棚,有良好的施工照明条件。

5) 顶管完成任务后,应及时拆除、清理工作井,进行井室等施工作业,经检验合格后及时回填。

3.2 顶管设备安装及试运行^[1-2]

顶管设备安装前,根据设备操作要求结合方便的原则确定各设备的安装位置、各种管线和电缆的铺设位置及走向等。

(1) 设备的安装

1) 主顶设备底盘的安装应支撑牢固,防止产生受力变形或位移。

2) 主顶设备液压系统宜设置在主顶设备附近以便于操作,液压软管接头连接清洁无污染。

3) 顶管机头内应设有应急照明电源,顶管机机头、工作井及地面设备之间设置通讯联络设备。

4) 工作井内测量仪器的基座不能固定在主顶装置底盘、工作井后背或其他可能在顶进受力时产生变形或位移的基础上,应安装在独立的固定基座上。

5) 泥水分离系统及注浆系统应安装在地面上适当的位置,符合方便投料和排放所需落差的工艺要求。

6) 顶进时应根据所顶管道的管径确定安装通风设备的位置和长度,通风设备结合管内的工作环境条件选定,保证管内有足够的氧气。

(2) 设备试运行(见图2)

设备试运行之前,应对设备的安装、各种管线、电缆的连接等进行检查,确认安装和连接无误后方可接通电源。

通过试运转查找和消除设备可能存在的所有问题,确认其处于完好状态。主要包括以下内容:

(1) 不加载的情况下,电源电路开关的接通、切断工况试验的检查。(2) 液压系统控制阀件的动作灵敏、正确,特别注意有无控制电路反接的现象,操作台显示动作与实际动作是否一致。(3) 设备润滑和密封系统供油正常,油路畅通,供油压力可在设定的范围内调节。(4) 刀盘正反旋转动作正确,无异常响声。(5) 纠偏千斤顶的伸缩动作正常,编组动作与操作台显示一致,试查完毕将千斤顶回缩到工作零位。(6) 顶进千斤顶伸缩动作正常,试查完毕将千

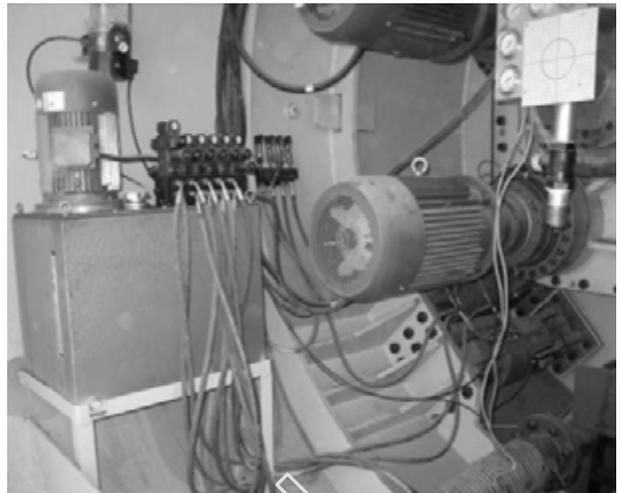


图2 顶管机后部管线装置



图3 初始顶进

斤顶回缩到工作零位。(7) 泥水处理系统、注浆系统输送泵的试运转符合设备说明书的规定。(8) 对注浆管路进行加压试验和检查,保证管路畅通、无泄漏。

3.3 顶进^[3-5]

设备安装、调试和试运行正常后开始正式顶进。

(1) 初始顶进(见图3)

初始顶进是一个至关重要的阶段,它的成败将取决于整个顶管过程的成败。我们把初始顶进分为以下三步:

第一步是破洞。在破洞之前,洞口必须要有防止土体或砂层塌方的措施。在土质均匀的黄土中顶进时,一般洞口采用砖砌封门;但是在砂土中,比较

有效的是采取深层搅拌桩和高压旋喷方式作处理。第二步是让顶管机入土。当封门破除后,可把顶管机刀盘开动,用主顶油缸徐徐把顶管机推入土中。这一过程中应注意防止刀盘嵌入砂土中不转而顶管机壳体旋转,我们采取了控制顶进速度和在顶管机左右两侧加设角撑的办法来防止其旋转。

第三步是将机头后方的两根砼管与机头管连接,形成一个整体,用来控制顶进段的高程和中线。至此,初始推进工作完成,此时应停下来进行一次全面的测量,并把测量数据绘成曲线,便于分析。

(2) 顶管机刀盘转速和扭矩控制和调整

1) 在顶进过程中,根据土质情况和顶进效果进行刀盘转速和扭矩的控制和调整。

2) 正常顶进情况下刀盘应调至高转速、中低扭矩的状态工作,以获得较好的泥水分离效果。

3) 当顶管机头发生自转时,应将刀盘回转方向调至与顶管机头自转相同方向进行顶管机头的旋转偏移纠正。

4) 刀盘的重新起动应采取一切可能的措施降低起动阻力,在确认不会对设备造成破坏或进一步加大顶进困难后,方可加大扭矩起动刀盘。

(3) 顶进设备操作

1) 顶进设备的操作应按前方顶进反馈的控制信息要求实施。

2) 初始顶进或中途停机重新顶进时,都应遵循从低速到高速的控制原则。

3) 顶进速度应尽量控制平稳,尤其要避免顶速突然加大的现象。

4) 对顶进过程中出现的任何工作油压波动都应及时分析原因并采取相应措施。

5) 遇到下列情况时应立即停止顶进,及时分析原因并采取相应措施,处理完善后再继续顶进:

- A、顶进顶力骤升或顶力达最大值时;
- B、后背发生位移或后背开裂时;
- C、千斤顶油管不通或油泵工作不正常时;
- D、进水排泥管路不畅时;
- E、监视器工作不正常时;
- F、激光经纬仪工作不正常时;
- G、砼管出现裂缝或破损时;
- H、洞口止水圈漏水时;



图4 排泥泵



图5 触变泥浆注浆泵

I、电路发生故障时。

4) 泥水控制(见图4、图5)

在泥水平衡顶管中,泥水管理尤其重要,在正式开始顶进前需做必要的计算,来确定泥水的主要技术参数。

1) 流速和流量

流速太小,泥砂就会在管内沉淀,引起管道的堵塞;排水泥砂当粒径大于排泥管内径1/3时,排出较困难。为了不引起管道堵塞,流速必须大于一定值,当排泥管公称直径为100mm时,其临界流速为2.3m/S,而流量 $Q \geq 1.4\text{m}^3/\text{min}$ 。

2) 泥水压力

由排泥管总长度和挖掘面地下水压力决定。

3) 泥水浓度

A、在渗透系数较小的土层中,泥水比重可控制在 1.05 以下;

B、在渗透系数适中的土层中,泥水中除必须含有一定比例的粘土外,还须加一定比例的膨润土,保持泥水稳定,泥水比重控制在 1.05-1.10 之间;

C、在渗透系数大的土层,浓度太小泥水会渗入土层,致使泥水压力无法建立,无法排泥。为了保证压力水不易渗透到土层中,泥水的浓度应适当增加,泥水比重控制在 1.10-1.20 之间。在挖掘面上使泥膜快速形成,从而使泥水压力有效控制挖掘面保持正常稳定状态,而泥水循环利用会损失一些粘土,这时要不断地向循环水中加粘土或膨润土来补充。

(5)顶进过程其它注意事项

1)顶管机、中继间、工作井内以及地面上设备的操作应有统一的施工指挥,按约定的信号操作,并设有报警信号。

2)管节吊运到主顶设备轨道上后,应进行管端密封圈部位的清洁和润滑处理,并调整好管节接口同心度。管节对接宜借助主顶设备缓慢将管节顶入,应注意检查密封圈的情况,防止被挤破或挤出。

3)施工过程中应注意保护好测量基准点及固定在工作坑内的激光测量仪器等,测量点及测量仪器应定时或定况进行校核。

4)每根管节顶进完毕后,进行电缆、泥水输送管、注浆管等的断开和穿过管节后再接通作业时,应注意如下事项:

A、电缆断开前应先切断电源。

B、电缆插头拔下后应做好插头防护,防止被泥砂污染和遇水。

D、电缆再接通前应检查插头是否清洁、干燥。

D、泥水输送管、注浆管等的断开前应停止泵送、关闭阀门。

E、在操作过程中应注意防止各种电缆和管线被挤坏。

F、各种电缆和管线的分布应避免因顶进设备等的移动受到扯拽。

3.4 纠偏操作

顶进过程的纠偏是顶管作业质量好坏的关键,操作不当,可能造成顶力骤升、管接口破损,严重时

管道无法顶进,可能会引发严重的质量安全事故,造成重大经济损失。因此,对于顶进过程的纠偏必须格外重视。

顶管过程中,操作人员必须对顶管各项数值进行纪录,顶进记录应做到记录准确、清楚、完整、及时,顶进记录每顶进一根管节记录数据不得少于一次,尤其是交接班前,无论该管节是否完全顶进都应进行纪录,交接班必须履行交接班手续。

本工程项目所采用的 NPD-A 型顶管设备的测量系统由两大部分组成,一是安装在前壳体上的测量靶,二是安装在前壳体内的倾斜仪(见图 6、图 7)。

与测量靶配套的测量系统为本 NPD-A 型泥水平衡顶管机的特有技术,配置了红外线跟踪定位技术,自动测量定位,可用它来判断顶管掘进机的方向,高低偏差及纠偏的效果。倾斜仪用来判断前壳



图 6 顶管机前壳体上的测量靶

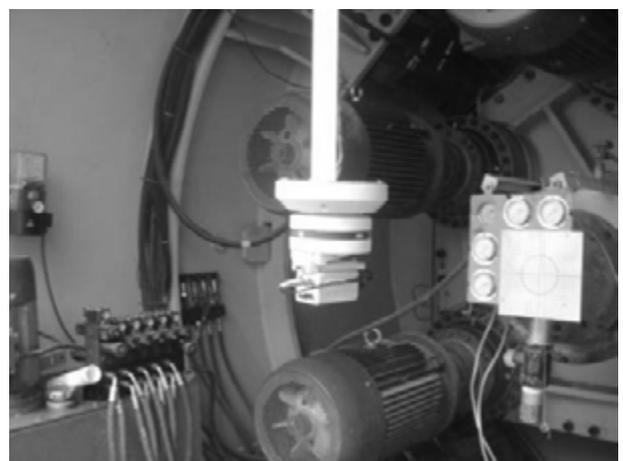


图 7 测量靶偏差的远程监控(工作室实时影像)

体的水平姿态、仰俯状态及偏转。

由于机械设备占了掘进机内部的很大空间,光靶通常安装在机头最后部的中间位置,造成了方向偏差在激光靶上反映延迟。顶管机前部偏差了数厘米,后部光靶上的光点可能仅移动了1-2毫米。方向偏差的延迟反映直接影响到顶管机操作人员的纠偏判断。

3.5 测量与监控

(1) 高程及中线误差监测

1) 泥水平衡顶管施工测量应建立地面及地下测量控制系统,控制点应设在不易扰动、视线清楚、方便校核和易于保护处。

2) 宜以激光测量数据作为顶进过程中判断前端顶管机高程及中线误差的主要依据。在施工经验不足的情况下,应使用水准仪和经纬仪进行高程和中线误差的校验测量。

3) 使用水准仪和经纬仪对顶管机进行测量应安排在工作间隙进行,在纠偏过程中应增加测量次数,反之在顶进正常情况下可减少测量次数。

4) 每完成一节管节的顶进,应测量一次管中心线和高程;每个接口应测一点,有错口时测两点,并形成记录。

(2) 地面隆沉情况监控

对顶管施工中地面隆起或沉降情况进行监控,监控应符合下列要求:

1) 监控基准点应设在施工影响区域外,并具有良好通视与防干扰条件。

2) 隆沉观测点应沿顶管机前进轴线方向对称安排布置,具体布设尺寸应结合初始顶进试验,由施工设计确定。

3) 对需要保护的建筑物、构筑物等应设监控点。

3.6 注浆减阻与填充注浆

(1) 注浆减阻

目前实现长距离顶管施工的技术保证措施除了设置中继间,更重要、成本更低更直接的是通过注浆材料和工艺减小管材与土壤的摩擦阻力。采用注浆工艺润滑、减阻后可以使顶距提高30%-80%。

减阻用的主要材料是膨润土和水。膨润土在水中膨胀重量可以达到膨润土原重量的6倍,静止时泥浆有良好的稳定性,经搅拌储存呈凝状,在有外

力作用下呈流动状态,这种材料注夹在管外壳与土壤之间,会大大降低管节推进的摩阻力。为使膨润浆液有良好的性能,在制浆过程中要适量加一些辅助原料:如纯碱、纤维素 CMC、缓凝剂等。

经过现场多次测试和检验,工地现场采用的高效钠基膨润土浆液配方是:膨润土 24kg,水 76kg,碱 0.8kg。另外,通过研究和创新,在首期顶进的500米试验段尝试运用日本进口的高膨胀率滑材作为注浆主材,该材料最大的特点是可膨胀变为直径3-5mm的小球,故能产生使滑动摩擦变为滚动摩擦的特殊效果,能极大地降低摩擦阻力和总顶力,经现场测试,效果喜人,相关配方和技术应用前景广阔。

(2) 填充注浆

顶管终止顶进后,应向管外壁与土层间形成的空隙,或减阻触变泥浆层进行充填、置换,保障被穿越的地面构筑物安全。注浆应符合下列要求:

1) 应由管内均匀分布的注浆孔向外侧空隙压注浆液,注浆应与地面监控相配合,应采用多点注浆将管道与土层的间隙充分填满,注浆量宜按计算空隙体积的150%控制。

2) 注浆压力应根据管顶覆盖土层的厚度计算或试验确定,宜为0.1-0.3MPa,砂卵石层宜控制在0.1-0.2MPa。

3) 注浆结束后,应在规定时间内将注浆孔封闭。

3.7 中继间顶进

使用中继间接力顶进是长距离顶管的重要技术措施,随着顶进距离的增加,管壁与土体的摩阻力随之加大,虽然利用触变泥浆可以减阻,但其作用毕竟有限。长距离顶管应设置中继间,采用中继间接力顶进技术,可提高一次顶进的距离,并减少工作井,降低施工成本。

(1) 应根据顶进作业总顶力的计算和顶进管材的管壁承受能力等在施工方案中确定中继间的设置及其使用数量。

(2) 中继间应符合下列要求:

1) 具有足够刚度、卸装方便,在使用中具有有良好的连接性和密封性;

2) 中继间的设计最大顶力不宜超过管节承压面抗压能力的70%;

(3) 中继间应在主顶设备顶力达到中继间设计

顶力的 3/4 前使用。

(4) 中继间的液压设备与工作井顶进设备宜集中控制。顶进时, 距离顶管机最近的中继间先顶, 其他的中继间保持不动, 在所有中继间依次完成顶伸后, 工作井内主顶千斤完成最后的顶进作业。

3.8 顶管机的接收

(1) 接收井一般设在管线的检查井位置。接收井的开挖、支撑方式与工作井类似。在有地下水地段应进行降水处理。

(2) 接收井的尺寸应满足顶管机与首节管节脱离后进行设备检查、维护及吊运所需空间要求。

(3) 接收井应预留顶管机出洞口, 洞口直径宜大于顶管机直径 10~20cm。

(4) 顶管机临近接收坑井壁 1~2m 时, 应调整、控制顶管机顶进速度, 加密对顶管机轴线的测控。

3.9 常见故障及排除方法^[6-7]

(1) 无法供电

查看有无短路, 电缆接头是否受潮, 电缆是否有损坏, 检查的方法是从供电箱开始分段检查, 直到故障排除。

(2) 电源反相

反相时, 电源反相按钮灯会闪烁, 只需把相位更换一下即可。

(3) 电源缺相

电源缺相时, 电动机均无法启动。如果缺的一相是照明, 则照明灯也不亮。多为保险丝熔断, 电源电缆接插件接触不良, 电缆线损坏, 仔细检查即可排除。

(4) 电压过低或过高

电压过低时, 照明灯亮度减小, 电压表显示出电压低, 电压过低会使电机无法正常启动; 电压过高, 会使电机工作电流增大, 极容易使电器原件损坏。电压过低是否因顶进距离过长, 供电电缆过细, 压降过大所造成的或者是因电网电压过低, 发电机功率太小等因素造成的。针对原因即可排除。

(5) 刀盘旋转

刀盘旋转与否, 可查看主轴后端面的转动指示盘及操纵台上的主轴运转指示灯。若该盘在转动, 同时指示灯在闪烁, 表示刀盘在转, 否则不转。若在启动时刀盘不转, 刀盘电机也同时无法启动, 则多

为电气系统的故障, 诸如电源总开关是否打开, 刀盘正向反向按钮是否动作等等。若在工作中刀盘电机过载(长期过载会使电器烧毁, 导致机器无法正常工作), 原因可能是推进速度太快、或是土质太硬、或是刀盘遇到障碍物, 可根据具体情况排除。故在推进过程中, 应时刻注意电机电流的变化, 始终保持在正常值范围内。

(6) 纠偏油泵站无压力

多数为溢流阀处于开启状态。这可能是油液太脏, 溢流阀被卡住, 应把溢流阀拆下来清洗, 必须更换干净的液压油。也有可能是出油口处的管路密封件损坏或出油管破损, 此时须打开油箱盖检查。还有就是卸荷用二位四通阀处于卸荷状态, 油泵建立不起压力。如果是这种原因造成的, 那就有可能卸荷阀电气电路有故障, 或阀芯被卡, 检查出原因即可排除此类故障。

(7) 进、排泥水管不通

控制三通工作球阀处于清洗管道状况, 进行管道清洗。如仍不通, 则管内前端堵塞, 此时应将靠近出口处的管道拆开疏通。

(8) 纠偏油缸锁不住

多为叠加式溢流阀的压力调得低, 另外是叠加式双向液压锁有泄漏或者是纠偏油缸有内泄漏, 再有就是油管有泄漏等情况造成的, 可一一找出原因予以排除。

(9) 顶管机始终朝一个方向偏转

造成顶管机向某一个方向, 如向顺时针或逆时针方向偏转的原因有三个: 其一是刀盘切削、搅拌土体时的反力所造成的。这时的偏转与刀盘转向相反。其二是顶管机内偏重, 从设计角度来看, 构件、部件应是对称分布的, 不会偏重。所以, 顶管机内堆放杂物, 站人等均应考虑机内平衡。其三是由于纠偏过分频繁所造成的偏转, 这种偏转成因比较复杂, 但有一点是肯定的, 即方向纠偏频繁, 蛇行越厉害则此种偏转就越多, 如方向很正常, 很直, 则此种偏转就减少。不论由于哪种方式造成的偏转, 其纠正的方法都是: 顶管机朝哪个方向偏转, 刀盘即朝哪个方向旋转。如果效果不明显, 则适当加大刀盘切削转矩(即少排土或加快推进速度等), 一般都可以纠正。

4 结果评价

通过对软弱土质大口径长距离钢筋混凝土管NPD-A型泥水平衡顶管施工技术的应用,解决和提高了软弱土质大口径长距离钢筋混凝土管顶管施工纠偏精度和操作简便性。同时由于注浆材料的改进,大大降低了摩擦阻力和总顶力,减少了中继间的使用,降低了施工成本,充分保证了顶管工程的施工质量和施工进度。经验收,该工程质量评定优良,管道轴线偏差小于10mm,标高偏差小于20mm,接口抗渗试验达0.15MPa,地面沉降1-2mm,施工质量完全满足设计图纸及相关验收规范要求。该工程被评为2010年度广州市优良样板工程。该项技术的应用将促进大口径长距离顶管施工技术进步,推进复杂条件下顶管技术的发展,社会效益和环境效益明显,得到各方好评。

该技术由于采用泥水输送弃土,没有吊土、搬运土方等较易发生危险的作业,工作坑内作业环境好,作业安全。同时大幅度减少了对环境及交通的影响,确保了沿线的建(构)筑物的安全与稳定,加快管道施工进度,提高了工程质量,节约了大量施

工成本,确保广州亚运城配套项目如期投入使用。

本施工技术可推广应用到软弱土质大口径长距离顶管施工,以及地质条件复杂、顶进精度要求高、超长距离的钢筋混凝土管的顶管工程,此纠偏技术和高效滑材目前达到国内较先进的水平。

参考文献:

- [1] 李万才. 土压平衡顶管技术在大口径管道施工中的应用[J]. 给水排水, 2006(3):89-91.
- [2] 张宏涛. 软土地区大口径长距离顶管施工技术[J]. 建筑机械, 2006(17):91-94.
- [3] 闵培雄, 王鑫, 刘桂荣. 在砂质土中的顶管施工技术[J]. 建筑施工, 2008(1):50-51.
- [4] 李家鑫, 于庭伟. 顶管施工技术在市政工程中的应用[J]. 重庆建筑, 2007(7):24-26.
- [5] 凌振文. 顶管施工在穿越公路干道时的运用[J]. 广东科技, 2006(3):102-103.
- [6] 陈少锋. 平行短管距顶管施工技术应用[J]. 广东土木与建筑, 2007(5):59-60.
- [7] 莫筠, 刘勇. 浅议顶管施工技术及其在某工程中的应用[J]. 山西建筑, 2007(5):146-147.

Construction Technology of Mud Balanced Pipe-jacking of Reinforced Concrete Pipe with Large-diameter and Long-distance in Soft Soil

Wu Quan-ke^{1,2}, Lin Jie-man², Lin Chao²

(1. College of Urban Construction, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 2. Construction Co. of Jin-Zhong-Tian group Co., Ltd., Guangzhou 510100, China)

Abstract: Combining with the Asian games engineering pipe-jacking construction, key construction technologies are researched from mud balance pipe-jacking of reinforced concrete pipe with large-diameter and long-distance in soft soil, Including work well, pipe-jacking construction, monitoring measured, rectify deviation, inject oars to reduce the resistance, relay pipe, common failures and obviating methods, etc. These difficulties are solved by primary construction technologies and control methods finally, obtaining an excellent economic benefits and social benefits.

Keywords: Pipe Jacking; Construction; Key Technology

地下管道非开挖修复技术的分类和结构设计的方法

孙跃平

(管丽环境技术(上海)有限公司)

摘要:非开挖修复技术在地下管道的维护管理工作,以及城市的排堵保畅工作中得到越来越多的应用。介绍地下管道非开挖技术的分类,修复后管道的结构,以及 CIPP 内衬制管的构造设计和性能指标。

关键词:非开挖修复、技术分类、成型方法、构造设计

1 前言

埋在道路下的各种管道,是我们生活中不可缺少的重要基础设施。由于路面车辆的振动,管道基础不良,以及腐蚀性污水、有害气体等的影响,地下管道会产生裂缝、破损、管接头错位和管内腐蚀现象,需要进行及时的修复以避免造成道路塌陷,给交通安全和市民的生命财产造成危害。对已经损坏的管道如果采用一般的开槽式施工方法进行维修时,需要对道路进行「开肠剖肚」。这样的施工方法工期长,会产生大量的施工垃圾,而且对道路交通产生很大的影响,对我们的生活环境带来危害。

地下管道非开挖修复技术的推广和应用,无疑为我们的管道修复工作打开了一条新路,该类技术具有不需开挖路面,施工快速,简捷,污水超越工作时间短、费用小,对道路交通影响小等优点,是比较理想的地下管道修复技术。本文就目前在国内使用的地下管道非开挖修复技术的分类以及特点进行说明,并就 CIPP 内衬法的结构设计方法等进行阐述。

2 管道非开挖修复技术的分类及使用情况

管道的非开挖修复一般分为点状修复和线状修复,点状修复即对管线中已损坏的某一部分进行修复施工的技术,又称部分修复技术。线状修复技

术即对检查井之间的整段管进行修复的技术,又称整体修复技术。本文以线状修复技术为对象进行介绍。

2.1 按修复后管道结构的分类

按修复后的管道内的内衬管和原有旧管之间的结构不同进行分类,非开挖修复技术可以分为自立管、复合管、双层构造管的三个种类,见图 1 所示。

(1) 自立管

不考虑旧管的强度,内衬管自身可以承受外部的压力,具有和新管同等以上的耐负载能力和持久性能。是按开槽埋管时管道所承受的载荷来进行内衬管的结构设计的管道,见图 2(1)所示。

(2) 复合管

内衬管和旧管形成一体后共同承受外部的载荷,两者合成一体后具有和新管同等以上的耐负载能力和持久性能。这种管道需要在旧管和内衬管之间的缝隙内注浆,以达到复合的目的,见图 2(2)所示。

(3) 双层构造管

考虑旧管可以承受外部荷载,地下水压的载荷由内衬管承担。旧管和内衬管以双层构造的方式共同承受外部的载荷,具有和新管同等以上的耐负载能力和持久性能,这样的内衬管比较薄,具有很好的经济性和施工性。见图 2(3)所示。

2.2 按修复施工时管道成型方法的分类

按在旧管修复时新管材料插入旧管的方式,以

作者简介:孙跃平,管丽环境技术(上海)有限公司总经理,上海非开挖技术协会修复专业委员会技术管理部主任,日本国家注册技术专家(上下水道部门, No.A0043970), APEC Engineer(Civil)



图1 管道修复技术的分类图

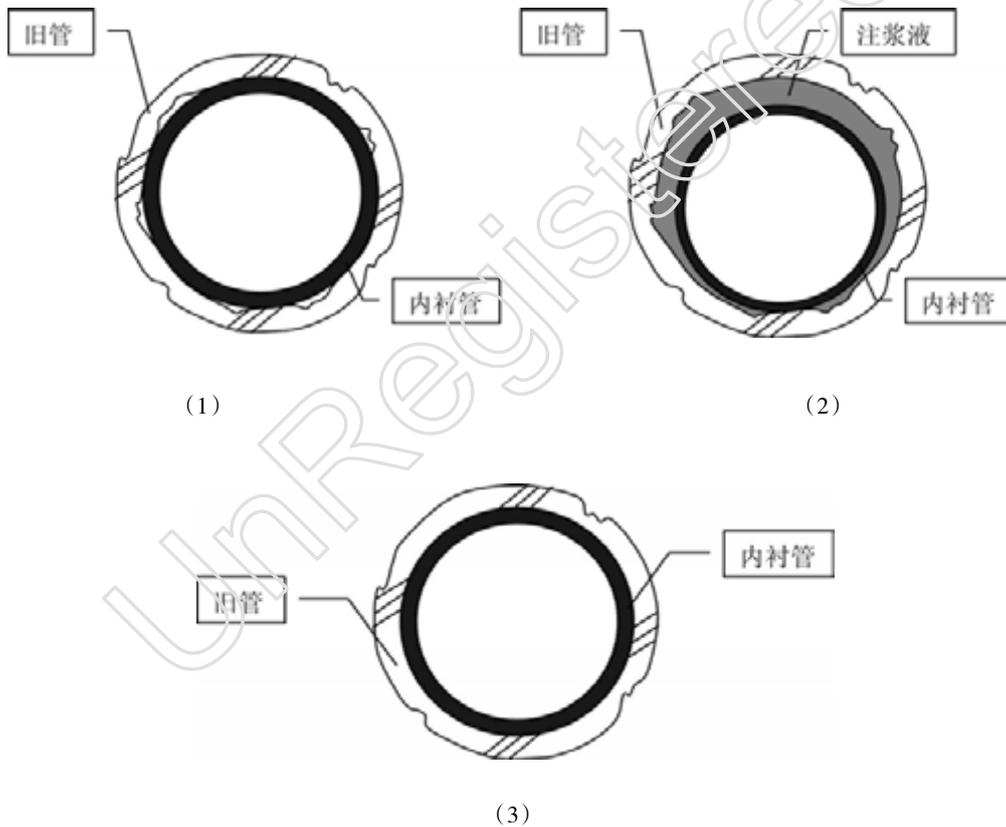


图2 修复后管道的结构情况

及新管成型的方法，非开挖修复技术分为翻转法，牵引法，制管法以及短管内衬法等。其中的翻转法，牵引法属于 CIPP(Cured In Place Pipe)即现场固化管技术。

在进行技术分类时，把保留旧管并在其内部进

行加固进行修复使之管道再生技术，上述的施工方法都属于该类技术。

(1) 翻转法

翻转法即把灌浸有热硬化性树脂的软管材料运到工地现场，利用水和空气的压力把材料翻转送

至管道并使其紧贴于管道内壁,通过热水,蒸气,喷淋或紫外线加热的方法使树脂材料固化,在旧管内形成一根高强度的内衬树脂新管的方法。

由于翻转的动力是空气和水,只要材料加工上没有问题,一次施工的距离可以非常长。在日本北海道的工地上,有过对 $\phi 600\text{mm}$ 的污水管道一次性施工长度为 500m 的记录。

在世界上具有代表性的翻转法技术为 Insituform 工法,在日本比较成熟的技术有:Turn young 工法,In Pipe 工法,ICP Breathe 工法,Hose Lining 工法等,这些工法在材料强度,施工技术等方面各有特色,活跃在管道非开挖修复施工最前线见图-3所示。

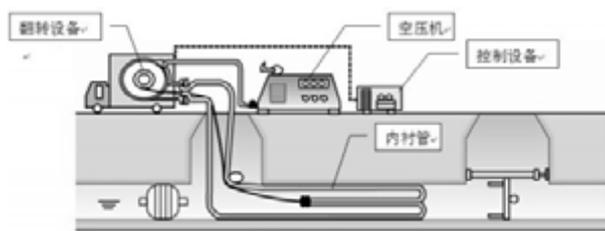


图-3 翻转法示意图

(2) 牵引法

牵引法即把灌浸有热硬化性树脂的软管材料运到工地现场后,采用牵引的方式把材料插入旧管内部,然后加压使之膨胀,并紧贴于管道内壁。其加热固化的方式和翻转法类似,一般也采用热水,蒸气,喷淋或紫外线加热的方法加热固化。

具有代表性的牵引法施工技术有:日本的 EX 工法,FFT-S 工法,Omega Liner 工法,德国的 All Liner 工法等。图-4是牵引法的示意图。



图-4 牵引法示意图

翻转法和牵引法技术在中小口径($\phi 250\text{mm} \sim \phi 800\text{mm}$)管道的修复上得到广泛的应用,其特点如下:

① 施工时间短:内衬管材料在工厂加工后运至

工地,现场的施工从准备,翻转,加热,固化一般只需约8个小时,可以十分方便地解决施工时的临时排水问题。

② 设备占地面积小:CIPP 施工法只需小型的锅炉和热水循环泵等设备,施工时占用道路面积小(在检查井边的位置,宽约 2.5m ,长约 15m),噪音低,对道路交通造成的影响不大。

③ 内衬管耐久实用:内衬材具有耐腐蚀,耐磨损的优点,材料强度大,耐久性根据设计要求最大可达50年,对管的地下水渗入问题彻底解决,一劳永逸。管的断面积损失小,表面光滑,水流摩擦下降(摩擦系数由 0.013 降为 0.010),提高了管道的流量能力。

④ 保护环境,节省资源:不开挖路面,不产生垃圾,不堵塞交通,使管道修复施工的形象大为改观。总体的社会效益和经济效益较好。

(3) 制管法

在旧管内,采用带状的硬塑料材使之嵌合后形成螺旋管,或采用塑料片材在旧管内接合制成塑料新管。在新管和旧管之间的缝隙内注浆,塑料新管只作为注浆时的内壳,起维持修复后管道内部形状的作用。

该方法具有在管道内有少量污水流动时也可以施工的特点,在大管径($\phi 800\text{mm}$ 以上)以及临时排水有困难的管道进行修复施工时应用较多。其缺点是管道的流水断面损失大,注浆的情况不易确认等。

具有代表性的螺旋管法施工技术有:澳大利亚的 Rib Loc 工法,日本的 SPR 工法,Japan Danby 工法等。其原理见图-5所示。

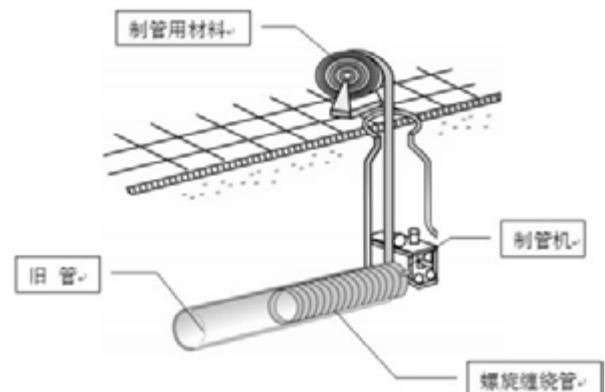


图-5 制管法示意图

(4) 短管法等

在 CIPP 技术尚未普及时,短管内衬法等曾作为临时的应急技术有过使用。但由于该技术成型的内衬管接头多,管道的流水断面损失大,注浆的情况不易确认等原因,该技术将逐渐被其他技术所替代。其原理见图-6 所示。

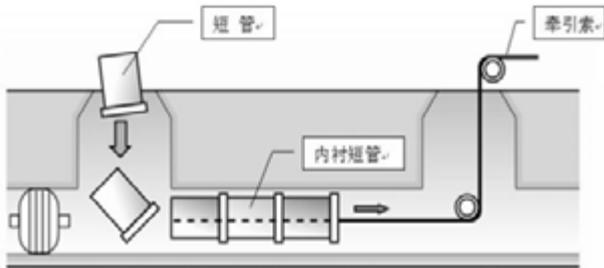


图-6 短管法示意图

2.3 各类施工法的实际应用情况

由于目前在国内该类非开挖修复技术的应用处在刚起步阶段,这里以日本的实用情况为例,就各类施工技术的使用状况进行介绍。根据日本下水道管路管理业协会的统计,从 1983 年到 2006 年的共 24 年,采用非开挖修复技术对地下管道进行线状修复的距离 3,355 公里。其间,1986 年翻转法和制管法开始使用,1990 年开始导入牵引法。

按图 7 所示,各个施工技术的施工比例为,翻转法内衬技术为 1,616 公里,占 48.2%,牵引法内衬技术为 1231 公里,占 36.7%,其他制管技术的施工成绩为 501 公里,占 14.9%,短管内衬技术的施工成绩为 7 公里。翻转法和牵引法技术两者合计起来,CIPP 技术以其许多得优点得到了广泛的应用,占了施工总距离的 84.9%。

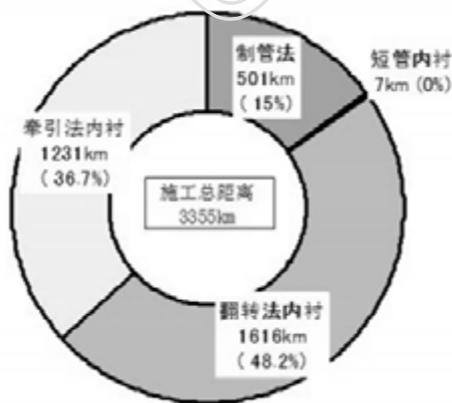


图 7 日本的各个施工技术的施工成绩 (1983 年到 2006 年)

3 CIPP-TUEN YOUNG 内衬制管的构造设计和性能指标

根据非开挖修复后管道的结构情况,分成自立管、复合管、双层构造管的三个种类。目前在国内使用该类技术时,以第三类的双层构造管为主,即旧管道承受地面载荷,内衬管承受地下水压。这里,就该种情况的构造设计进行阐述。

3.1 厚度设计方法

对地下管道进行修复施工前,在了解了旧管的损伤状况后,需要对内衬管进行结构设计。在美国的 ASTM 规格中,该类技术在新管的构造设计时,采用美国固体力学之父铁木辛柯 (Timoshenko) 的圆形管压曲公式,其计算的适用范围在变形为管径的 10% 之内的地下管道。内衬管的厚度计算方法如下:

$$t = \frac{D}{\left[\frac{2N \cdot C \cdot E_L}{P \cdot F_s (1 - \nu^2)} \right]^{1/3} + 1}$$

其中,

- (1) t : 内衬管厚度;
- (2) D : 旧管管径;
- (3) N : 圆周支持率;
- (4) C : 旧管变形比;
- (5) E_L : 抗弯曲弹性系数;
- (6) P : 外水压力;
- (7) F_s : 安全系数;
- (8) ν : 泊松比。

从上述公式可以得到,内衬塑料管厚度 t 和管径 D 、外水压力 P 等成正比,与材料的抗弯弹性系数 E_L 等成反比。同时,按管内的损伤情况和今后该管道的希望使用寿命,可以设计出既经济合理又满足要求的材料厚度。

3.2 内衬管材的性能指标

CIPP 技术采用的是以树脂材料为主,在现场经加热成形的树脂管道。经严格的施工质量管理,品质上可以与工厂生产的塑料管的质量媲美。这里,以 CIPP-TUEN YOUNG 工法为例,采用国际通用的 ISO 规格中所制定的方法对其材料进行了实验,其主要的性能指标如下。

① 承载能力

硬化后的内衬塑料新管材料的抗弯曲强度达

到 40MPa 以上, 抗弯曲弹性系数达到 2,450MPa 以上。这比一般的 PVC 管的材料强度还要高。内衬新管可以在设计的载荷条件下自立, 没有被损坏的危险。

② 耐化学药品性能和耐磨损性能

按 ISO 规格所规定的方法进行实验得到的结果, CIPP 新管的耐化学药品性能和耐磨损性能与

PVC 塑料管完全相同, 完全可以承受有腐蚀性污水的排放。

③ 水密性能

CIPP-TUEN YOUNG 施工法使干管和检查井形成一体, 具有很好的水密性。在 0.098MPa 以上 (10.0m 水头以上) 的内、外水压作用下, 不会出现任何漏水现象。这样可以有效地防止因漏水带走管

表 2 内衬管材的性能表

项 目		指 标	实验结果	实验标准
承载能力	抗弯曲强度		40MPa 以上	ISO 178(1993)
	抗弯曲弹性系数		2450MPa 以上	"
化学稳定性	在水中浸渍		重量变化 0.22%	ISO 175(1981)
	在 10%氯化钠中浸渍		重量变化 0.16%	"
	在 30%硫酸中浸渍		重量变化 0.10%	"
	在 40%硝酸中浸渍		重量变化 0.19%	"
	在 40%氢氧化钠中浸渍		重量变化-0.14%	"
抗磨损性能			同等于 PVC 管	ISO 9352(1995)
水密性			0.098MPa 内水压力	JSWAS K-2
粗糙度系数			0.0102	标准试验法
高压水冲洗			无异常	最大水压 14.7MPa

道周围的泥沙引起空洞, 造成道路坍塌。

材料的具体性能如表 2 所示。

5 结束语

翻转法地下管道的非开挖修复技术自 1970 年在英国发明后, 由于其良好的施工性和经济性, 在发达国家得到了广泛的普及和应用。针对目前我国大城市的管道陈旧老化的现状和道路交通的繁忙现象, 开发、引进地下管道非开挖技术的工作已迫在眉睫。现在, 一些城市已经开始对非开挖修复技术进行研究探讨, 参照国外的经验, 逐步扩大非开

挖修复技术在管道修复工作中的应用, 为减少大开挖修复施工给城市交通带来的压力, 真正实现「排堵保畅」是十分必要的。

参考文献:

- [1] 日本国土交通省都市局下水道部: 日本的下水道——其现状和课题, 平成 14 年度
- [2] 日本下水道协会: 管再生技术指南(案), 平成 13 年 6 月
- [3] 孙跃平: 采用复合管技术对严重损伤, 变形管道的修复, 日本月刊下水道, 2003 年 12 月号

以数字化助力城市排水管网的综合管理

吕喜正

(天津泰达市政公司)

摘要:本文首先提出了以数字化为基础建立排水管道“跟踪监测→风险评估→有计划维护”为主要内容的综合管理体制的理念,给出了排水管道数字化的研究方向,然后探讨了如何付诸实施的方法,希望能够对促进城市排水管线的管理有所帮助。

关键词:排水管线、综合管理、数字化、非开挖

1 前言

今年暑汛以来,我国数个大城市再遭暴雨袭城,内涝的城市总是一样的场景:积水没车,交通中断,道路拥堵,行路如蹚河。很多城市的相关管理部门都指出,城市排水系统标准过低、设计滞后等等,是阻滞迅速排涝的主因。但几乎每一次大雨导致城市内涝,都会出现这样的说法,许多年过去了,何以这些城市的排水系统没有一点改观?面对民众的质疑,一年一度的行政问责、寻求破解之策重又登场,相关部门又开始反思,着手建立防止城市内涝的应急打算等不一而足,汛期过后全部抛入脑后,来年故事重演。这说明,应对大雨,一些大城市未有根本之策,这就是城市不重视基础性工作的恶果。只有把打基础利长远的事情干好了,大雨漫城的悲剧才不会上演。绝对不能再走“头痛医头,脚痛医脚”的老路,必须“夯实基础”,但基础建设滞厚不是一朝一夕能够解决的,笔者认为解决城市内涝仍应从基础做起。

目前最应该检讨的,恐怕还是时下城市排水管网建设的发展思路,我们应该参照国外发达先进的都市基础设施的管理方法,在全新的思维和概念之下,尽快制定和形成一整套适合我们现在的包括下水道设施在内的都市基础设施管理的新模式是非常必要的。所以,建立以数字化为基础的排水管道“跟踪监测、风险评估、有计划维护”为主要内容的综合管理体制,先搭起这个前瞻性的框架,然后逐

步充实,假以时日待肌肉丰满,城市内涝的问题必会迎刃而解。

2 建立排水管网数字化平台

排水管网GIS系统操作平台经过“十一五”的开发和建设,已经可以建立城市排水管网图文数据库,可以实现全市范围内管网图籍资料的计算机管理;将城市排水管网系统信息输入计算机,通过竣工测量值将构筑物的位置定位在GIS图上,在构筑物间做出管线,然后通过竣工图把构筑物和管线的属性录入到系统数据库中。由此初步建立起排水管网系统动态分析平台。除利用普查安全、数据可靠的地下管道电视检测仪等各种科学手段进行细致的摸底外,还可以把地下管线分布制成专题图,把管道的运行状况、管道的历史、管道的危险级别等资料录入GIS操作平台,集成信息完备的电子地图。该系统能实现一个城市排水系统的科学调度,建立管线巡查、管网改造预警及管网事故处理等功能,为管网抢修及管网实时监控提供了重要的信息决策依据。

但总体上说,目前国内的排水管网信息系统还停留在管理功能阶段,缺少优化分析功能。对于国内大城市来说,开发一系列的排水管网辅助决策与分析模型,提高其决策与分析功能,才能更好地为市政决策部门服务。

今后应该继续加大资金和智力投入,以现在的GIS排水管网数字平台为基础,进行软件开发,拓展

和提升平台的如下分析功能。

2.1 GIS 排水管网数字平台用于排水管网结构分析与现状评估

由于长期以来我国缺乏有效的管网结构分析和状态评估手段,使得对复杂管网的分析决策水平还停留在主观判断和简单推理的层次。如何有效的进行已有管网系统的管理已经成为各个城市和地区面临的一项紧迫任务。通过对复杂管网的网络结构、上下游关系进行查询和分析,有助于管理者准确了解污水管网的结构特征;通过污水排水现状的动态模拟分析,可以全面反映污水管网的排水负荷现状,发现污水管网系统中的薄弱环节和区域,使得污水管网的管理决策“有数可依”。

2.2 GIS 排水管网数字平台用于管网结构分析与计划性维修

目前,由于缺乏有效的管网改造方案设计和评估手段,管网改造工程存在着一定的盲目性。由于城市化的加快,排水管网系统的老化情况日益凸显,其升级改造成为维护城市排水可持续发展的重要措施之一。如何对排水管网系统的结构缺陷进行全面分析,对管网升级改造的优先级按照排水负荷的规律进行排序,以筛选和缩小管网计划性维修的区域;并辅助进行维修工艺方案的选型,从而保障修复改造方案的可行性和有效性。

这项技术在我国仍属空白,而欧洲国家已经用于管道修复计划管理,名称是 CARE-S(Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks)。

2.3 GIS 排水管网数字平台用于管网养护中的事故应急分析

城市排水管网是城市的重要基础设施之一,由于管道老化、长期压力过大等原因,城市地下污水管道破裂时有发生。如何综合地利用 GIS 空间分析技术对管道的破裂风险进行全面评估。通过对管道的排水负荷、压力与管龄等参数进行综合排序和筛选,分析容易发生管道破裂事件的管道位置,制定相应的巡查养护计划,降低事件发生的可能性;在发生破裂事故后,可以迅速分析破裂处上下游的管道状况和雨污水溢出量的时间变化规律,为制定排水事故应急预案和应急抢险处理提供科学有效的数据支持,对排水突发事件的预防和快速抢修具有重要意义。

2.4 GIS 排水管网数字平台用于排水管网运营监控

排水管网的运营监控是保证城市基础设施正常运转的重要工作。排水管网运营监控系统具有对城市排水管网复杂数据库进行管理的功能,应具有对多维管网系统的结构分析和显示的功能,具有对管网内的水力和水质状况进行专业分析的功能。

3 应逐步充实“综合管理体制”的先进设施和技术

3.1 旧管网状态普查设施与技术

数字化助力排水管道综合管理体制的基础工作之一就是老管网资料的补充和完善。旧管线调查手段需要如下主要的硬件设施和技术手段。

(1) 管道疏浚设施

排水管道清洗、清淤的先进手段是配合了吸污车的高压水射流技术。其巨大的打击能量,能除去管内壁的盐、碱、垢及各种堵塞物。利用这股具有巨大能量的水流进行清洗即为高压水射流清洗。一般由高压泵、调节阀、喷枪、控制阀、喷头、旋转喷头、磨料射流系统、绞盘等组成。

(2) 管内检测技术和设备

CCTV (Closed Circuit Television) 管内电视检测,是目前国际上用于排水管道状况检测最为先进和有效的手段。

管道电视检测系统是由三部分组成:主控器、操纵线缆架、带摄像镜头的“机器人”爬行器。主控器可安装在汽车上,操作员通过主控器控制“爬行器”在管道内前进速度和方向,并控制摄像头将管道内部的视频图象通过线缆传输到主控器显示屏上,操作员可实时的监测管道内部状况,同时将原始图象记录存储下来,做进一步的分析。

CCTV 管道电视摄像系统的功效:准确把握管道的功能性病害和结构性病害;判读损坏情况,进行种类和程度的分类和归纳,便于管理;按损坏情况分轻重缓急提出预防性修理计划或紧急抢修方案;保存管内检测的影像资料,建立管道的管理档案。

GIS 系统的先进性和实用性要求将管道摄像检测的上述数据(检测报告、图片、影像资料等)作为排水管网地理信息系统数据库的一个组成部分。

(3) 流量测试设备

排水流量测试属于定量调查,主要对排水的流动特性、水密性、构造状态等量的调查。使用在检查井附近专用的传感器调查和/或堰槽水位测定等方法。

(4) 仪器检测法还有声纳检测、红外线温度记录分析技术等方法。

声纳系统对管道内侧进行声纳扫描,声纳探头快速旋转并不断向外发射声纳信号,信号遇到管壁或管中物体时反射回来,经计算机处理后便形成管道的横断面图。红外线温度记录分析技术的原理是:当管道中发生渗漏时,渗漏处会与周围区域形成温度梯度差,温度梯度差的存在主要取决于管道周围土壤的绝缘性能,因此可以用精密的红外线探测仪器测定地下状况。

(5) 管内切割设备

操作中 CCTV 检测设备进行跟踪,用管内切割设备确保树根或其他障碍物得除去,确保水流量。

3.2 旧管道维护技术和安装机具

经过对管网运行和历史资料评估分析,有计划有顺序地对现有管道进行疏浚、检测,然后根据检测的影像资料结合管道史料进行管道缺陷评估,即 GIS 排水管网数字平台给出管网结构分析与计划性维修方案。应该列入考评的修复技术很多,但应以非开挖技术为主,主要分为三大类多种工法,经过计算机的分析决策,应用多媒体显示技术可帮助用户更详细、更快、更容易地了解该技术,特别是在施工现场计算机仿真的帮助下,可使那些非专业决策者能够找到非开挖修复技术的途径和方法。

(1) 局部衬里法:包括 CIPP 点位修补法、LINK-PIPE 泡沫钢管法、橡胶钢圈法等。

(2) 全面衬里法:包括 CIPP 软管内衬法、塑料管穿插法等

其中 CIPP 软衬法也称为原始固化法,是在现有的旧管内壁上衬一层液态的热固性树脂。通过加热使其固化,形成与旧管紧密配合的薄层管,使管道的过流断面损失减小,管道的水力性能也大大改善。对于排水管道,这类技术以拉入法玻璃纤维浸渍树脂内衬技术最为适用,可以做到 100%不开挖路面,优势显著。

(3) 不开挖换管法:这是非开挖技术的又一支,使用目前已经成熟的钻越技术来实现,包括裂管法、碎管法等,就是在原管线的位置上重新铺设

一条新管道,旧管道被破坏。当然这类技术也有其使用条件,如管道周围空间是否能允许等等。

4 数字化排水管网综合管理体制的运行模式

数字化排水管网综合管理体制的建设,要引入决策程序,搞好科学规划设计,标准应适度超前,要有前瞻性。要从根本上解决排水的问题,该掏的钱要掏足。当然,可能有些城市没有办法完成一次性投入,但只要确定了这个发展模式,各城市逐年的资金投入都在这个框架内操作,避免错误投资,以我国目前的经济、人才和技术实力,一定可以快速实现数字化排水管网的综合管理。

4.1 加强制度建设

排水管网综合管理体制的运行关键要有法规和机制的支撑。要建立一套行之有效的管理制度,它包括:实行管线信息集中统一的管理原则;建立管线信息查询制度;实行告知制度;建立地下管线竣工测量制度;专项验收制度;移交管理制度;动态管理服务制度,上述制度建立的实施是保证已建成的信息系统充满活力管理有效性的重要措施。

4.2 GIS 系统的运行需要动态管理

管线数据具有很强的现实性,通过大规模的地下管线普查工作建立起来的地下管线数据库,如果不及时的管线信息进行动态更新,随着城市的发展,数据库中的信息会因城市变化而废弃,造成投资浪费。因此,应建立城市地下管线的动态更新机制,及时更新和维护城市地下管线数据库。

4.3 持续不断地加大资金和人力的投入

地下管线动态管理信息系统的建立和运行,需要有很大的资金投入,同时地下管线信息化建设涉及测绘、物探、计算机、GIS、探查监理、法律等专业知识,涉及多专业、多学科,是一个综合性强和技术性强的系统工程,必须加强人才队伍配置,确保在日常运行时的测绘、检测队伍,常年进行地下管线的动态数据采集和维护,保证地下管线信息数据实时更新和数据库的现实性。

4.4 充分利用社会力量和市场能量共同参与

排水管网 GIS 操作平台软件系统在国内已经运行了近十年的时间,因为排水和 GIS 两个学科的交叉必然存在配伍性的问题,但委托软件公司开发

的同时介入排水专业的综合性人才是完全可行的,也为后期系统维护培养了队伍。

管道现场检测、流量监控、清洗疏浚和管道非开挖修复都可以用市场化手段让相关的专业公司执行。

5 结束语

城市排水事业是国民经济发展具有全局性、先

导性的基础产业,发展并完善排水设施是经济增长和改善民生的基础。城市持续的内涝灾害再次给我们敲响了警钟,要从根本上减少城市内涝,必须转变观念,建立以数字化为基础的排水管道“跟踪监测、风险评估、有计划维护”为主要内容的综合管理体制,不断采用新工艺和新技术,有效提高排水管网的工作效率,创造更大的社会、环境和经济效益,这是整个排水行业发展的必然趋势。

近七成城市供水管道材质差 每年漏水 60 亿立方米

2011-08-10 聚焦水流困局——脆弱的水管

说到水滴石穿,我们都知道这说的是水的力量,而水流成河呢,说的当然是水的数量——一条平展的马路,眨眼间就能变成河道,而天上并没有下雨,这河的源头在地下,这河道里流的是经过清洁的自来水——近年来,在城市里越来越多地出现了水流成河的景象,越来越多地听到这样一个词——自来水管爆裂。

五天两爆 有多少水管在爆裂

你知道吗?每年中国城市供水漏损水量高达 60 亿立方米,60 亿立方米的水量可以把北京市区变成一个深达 4 米的游泳池,60 亿立方米的水量可以使严重缺水的甘肃全省地表积水 1.3 厘米……

2011 年 7 月 18 日,河南郑州三全路附近的供水管道发生暗漏,记者在现场看到,路面已经挖出一个近两米深的大坑,坑的底部一根直径 400 毫米的管道破损了一个小口,从破损的地方不断向外流着水。

据介绍,损失的水和管线长度有关系,这条管道从停水到全部排空需要一公里的管线,根据估算,此番漏水量达到了 150 立方米,够 10 个三口之家使用一个月。

现场的工作人员告诉记者:从 2010 年到今年 6 月 25 日,他们发现、抢修供水管道暗漏高达 2300 多次,平均每天 4 次。供水管道暗漏不仅白白流失了大量的自来水,而且如果不进行及时抢修,更容易发生爆管。

2010 年 11 月 22 日,郑州文化路科技市场附近的自来水管爆裂,这次爆管让文化路一带“水漫金山”,因为水流太大,严重影响了交通,马路上机

动车排起了长龙,行车像行船一样,而附近的居民出行更是八仙过海各显神通。从水管中流出的自来水甚至涌进了附近电子大厦的地下仓库,1000 多台笔记本遭殃……这次爆管直接导致郑州 120 平方公里范围内的居民没水可用。《河南日报》称此次爆管是“2010 年,改变郑州的 8 个时刻”之一。而就在 5 天前,郑州柿园水厂供水主干管发生爆裂,使城市西区至少 80 万人饮水受到影响。

五天两爆,在人们的印象里,郑州的自来水管道似乎分外脆弱。有媒体统计,在最近 8 年时间里,郑州市已经发生了 12 次自来水爆管事件,因为自来水管经常出现爆裂,河南郑州得了个“管脆脆”的说法,市民调侃称,郑州郑州天天挖沟,一天不挖不是郑州。

在一份自来水公司的资料上记者看到,从 2007 年到 2011 年 5 月,郑州自来水管直径在 300 毫米以上会造成路面损毁的爆管就有七十次。

据统计,全国每天有上百例爆管,自来水管爆裂并不是郑州独有。在互联网上搜索自来水爆管,可以搜索到数万条相关的新闻。仅仅在今年六、七月份能够查到的爆管就多达 10 多起——7 月 21 日,杭州 900 毫米水管爆裂,小区被淹;7 月 11 日,上海水管爆裂水流进地铁站,现场出现积水;7 月 9 日,武汉一供水管道爆裂,商铺被淹;7 月 9 日,保定市地表水厂北侧乐凯南大街供水主管道发生爆裂,导致严重跑水……

郑州的经历也在提醒更多的城市,珍视水资源,不仅需要技术上的支持,更需要体制上的保障,痛定思痛,我们希望,有关水管爆裂的新闻少一些,再少一些。(本文摘自央视网)

不停输条件下排水管道 CIPP 安装技术及应用

杨庆余

(天津振津工程集团有限公司)

摘要:本文概要论述了排水管道在不停输状况下的内衬修复工艺,并以天津市湖北路排水管道修复工程为例介绍了不停输状况下 CIPP 安装过程,创造了排水管道在不停输状况下内衬修复施工的先例。

关键词:排水管道、不停输、内衬修复、拉入法、CIPP

前言:在排水管道 CIPP 内衬安装时,一般情况下我们要先堵水、调水,使得修复管段截流,但当管道不具备截流条件又必须进行内衬时,本公司不停输排水管道 CIPP 安装工艺就有了用武之地。

1 在不停输状况下进行非开挖修复的 CIPP 技术

1.1 用于排水管道非开挖修复的工艺技术

HDPE 穿插:指在原有管道内穿入一条 PE 管的工艺。分异径穿插和等径穿插。

优点:修复距离长;

缺点:需根据管线埋深开挖操作坑与导向槽,端头处理等环节在工艺上还需探讨。

裂管法:通过牵引胀管头破碎旧管,并将碎片挤入周围土壤中,同时牵引同等管径或更大管径的新管(PE 管)即时取代旧管的位置,以达到去旧换新的目的工艺。

优点:适用范围广,可修复各种严重损坏的旧管道;

缺点:需要局部开挖,被修管道必须不能有弯曲。

原位固化法既 CIPP:软翻或拉入工艺,通过拉入或者翻转的办法为待修管道加入一条吸附了树脂的纤维织物软管并固化的工艺。

根据内衬安装办法不同分为:水翻、气翻与拉入。

根据固化方式不同分为:热水固化、蒸汽固化和紫外光固化。

CIPP 工艺的优点:开挖小(特别是在修复排水管道时可完全不开挖),施工周期短(现场周期一般不超过 24 小时),环境影响小。

我们知道,排水管道有以下几个特点:排水管道结构强度一般;管线上有窨井,间隔一般在 80 米以内;窨井口直径一般 650 毫米;管道埋设较压力管道深得多;材质多为预应力混凝土管道;支管较多等。如何选择最好的修理方法,需要我们结合上述排水管道不同于压力管道的特征来综合考虑,因为排水管道有可以利用的窨井口,要保证 100%不开挖路面,可以选用 CIPP 内衬工艺。

1.2 可以在不停输状况下进行非开挖修复的 CIPP 技术

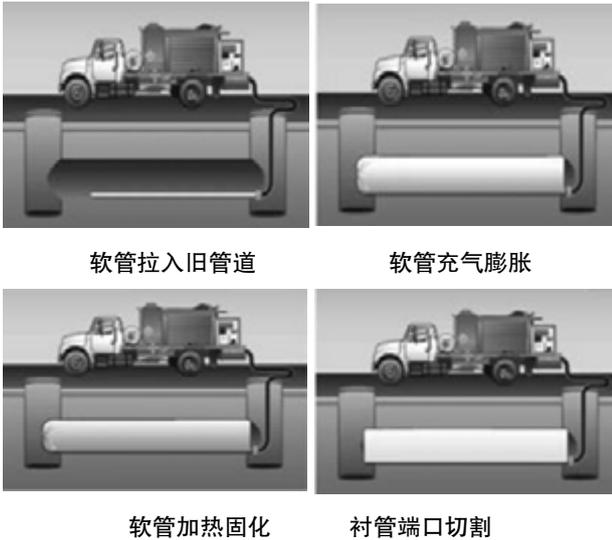
需要注意的是 CIPP 软翻工艺的软管材料是涤纶纤维的无纺材料,以此要求确保各向同性的力学特征,所以其内衬层的整体机械强度较低,美国 ASTM F1216-03 标准规定其弹性模量的设计值只有 1725MPa,要达到我们经常需要的环刚度比较困难。而拉入法采用的内衬材料是玻璃纤维浸渍不饱和和聚酯树脂,这种有机无机复合材料提供了极好的物理、化学性能,如耐腐蚀性好,能抵抗酸、碱、盐、海水、未经处理的污水、腐蚀性土壤或地下水及众多化学流体的侵蚀;防污抗蛀;耐热性、抗冻性好;摩擦阻力小,输送能力高;耐磨性好等。其弹性模量的设计值达到 12000MPa。所以,与软翻工艺对比,拉入法 CIPP 更适用。

下面我们比较紫外光固化技术和水蒸气固化技术,由于固化时需要紫外光辐照装置在内衬管内

运移,占据了空间,给不停输的设计造成困难,所以只有水蒸气固化的拉入法 CIPP 技术最为适合。

2 排水管道不停输状况下 CIPP 安装工艺技术简介

2.1 软管拉入法内衬工艺的简要步骤



软管拉入旧管道

软管充气膨胀

软管加热固化

衬管端口切割

2.2 不停输的成型方法

软管充气膨胀以后,在固定气压下,从盲堵的一端拉入一条 DN100、厚 5 毫米的 PE 管道,PE 管道的下游井口端部接一个抽水泵。

2.3 不停输排水管道 CIPP 安装工艺技术指标:

内衬管(层)弹性模量:1,700,000 psi

内衬层拉伸强度:9,250psi

内衬层弯曲强度:30,000psi

内衬层表面硬度:巴柯尔硬度 > 40

允许上游来水量:10m³/min

应用管径: > 500mm

2.4 与常规 CIPP 安装工艺技术相比较

不停输 CIPP 安装施工的作业时间会加长,每一次一般要达到 12 小时。

3 天津湖北路排水管道不停输状况下 CIPP 安装施工

3.1 天津市湖北路排水管道现状

天津市湖北路(唐山道—烟台道)位于和平区重要的小白楼商业区,是天津市的政治、金融中心。本路段有天津市公安局、交通管理局,大公报社、二十一中、三星级酒店两家和众多商社、居民区。

路面宽 5 米,单向限行车道;管道位于路中间。本路段没有其他排污设施,不能进行堵水、调水作业。

从众多的窨井口可以看出,本条管道历史上发生过多次运行事故,而且暗接支管多达十余个。

部分管道埋深低于 2 米,设计时要考虑动荷载影响。

3.2 湖北路排水管道修复施工技术安全要求

为保证市中心居民区的正常生活,要求施工全程静音;

关于施工时间:每段安装施工必须在 20:00—次日 7:00 间结束;

交通方面:为保证日常交通秩序,施工设备不允许也没有位置留存,所以所有设备、机具夜间施工后随时撤离

安全方面:在这个繁华和人口稠密地段施工,必然增加施工安全费用,如警示灯、照明灯,交通安全。

3.3 安装施工简介

2011 年 4 月,在完成清洗作业后,我们开始进行 CIPP 安装。

晚 8:00,作业人员先用专用设备将待修复管段的上游井口半管封堵,确保不能漏水进入管道。

随后进行清理管内积水的工作,完成后对下游井口进行半管封堵。

晚 10:00,大型施工设备到位。拉入内衬软管,充气膨胀。软管充气膨胀以后,在固定气压下,将一根 DN100、厚 5 毫米的 PE 管道从上游盲堵的一端拉入,下游井口端盲堵拉出。将 PE 管道上游端越过半管封堵的装置,下扎入水;PE 管道下游端部接一个抽水泵。

然后,接通电源试抽水。作业期间随时观察上游水位,一旦发现水位高,就随时抽水。

开始按照固化制度进行加热作业。

值得一提的是,我集团进口了美国 CUES 公司管内开孔设备,在内衬施工完成后,在暗接支管处用这个装备在管内切开内衬层,在无人进管的情况下,完成支管再次开通,确保原用户的使用需要。

4 结论

我们知道,国内 100%免开挖 CIPP 修复技术都不能实现不停输施工,国外也未见应用报道,天津市湖北路排水管道情况特殊,天津市水务局经过认

真论证,于2011年决定对该污水管道进行不停输CIPP内衬修复,施工中没有动土,交通秩序如常,内衬层对错位、渗漏水点、漏泥点、不均匀沉降和暗接等管道病害进行了有效的封堵,表面质量经过CCTV检验达到了预期目标。

该技术创新已经达到国际领先水平,将为国内排水管道再立新功。

参考文献:

- [1] 杨宪云等《非开挖技术》2006年第02期138--141“玻璃纤维软管内衬工艺在排水管道修复中的应用”
- [2] ASTM F1743-2003 “Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by Pulled-in-Place Installation of Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP)”

世界最大天然气管道工程竣工

6月30日,举世瞩目的西气东输二线(下简称西二线)输气管道工程竣工投产。

“总投资约1422亿元人民币的西二线管道项目,是国家“十一五”重点工程。包括一条干线和8条支干线,全长8704公里,是目前世界上最大的天然气管道工程。”中石油管道局局长赵玉建说,“管道局作为西二线工程的EPC总承包商,在管道建设中克服了重重困难,创造了一个又一个举世瞩目的奇迹。”

此项大工程突出体现环保优先,高效安全与科技创新三大特点。

从西二线工程建设之初,中石油管道局就制订了环保优先的原则,要把西二线建设成为“环境友好型工程”。工程建设从设计、施工、管理全过程贯穿绿色环保理念,最大限度地减少环境污染和生态破坏。为最大限度保护好天山美景,西二线采用隧道和沟底走管线,全力避免破坏天山亿万年来生成的森林和草原,但却大大延长了工期,增加了施工难度和风险。从而增加了建设成本。西二线沿途的果子沟、赛里木湖等地,是自然保护生态核心区,如今一条美丽的管道绿化带成为西二线建设者创建绿色工程的最好见证。

西二线东段控制性工程九江盾构管道水平长度2590米。被誉为“地下尖兵”的管道四公司盾构项目部,采用世界最为先进的泥水加压平衡式盾构机进行掘进施工,参建员工克服了长江地下水压高、地质复杂多变、在松散地层穿越长江防洪大堤、

小断面超长距离盾构掘进等技术难题,盾构机于2009年11月6日在长江对岸准确破洞而出,比原计划提前了169天。在井冈山革命老区,由管道三公司承建的27、28标段工程由于强降雨造成管沟内涝,河流穿越段溢水,整个工程现场泥泞不堪,大型工程机械无法行动,工程进度几乎进入“休克”状态。“办法总比困难多。”三公司员工被困难逼出了智慧,他们利用积蓄在管沟里的雨水进行“漂管法”施工,将预制的庞大的“九接一”管道顺利运送到现场,实现沟、渠连穿,增强工效,加快进度。西二线干线24条山体隧道、6条顶管隧道施工未发生任何安全、质量事故,山体隧道顺利贯通。

西二线工程是国内首次实施X80高钢级、直径1219毫米大口径、12兆帕高压力的管道工程。X80/ Φ 1219钢管的输送压力、管径、壁厚等综合参数在国际上尚属首次,需要一系列科研产品和重大科技成果的转化作支撑。西二线成为中国管道建设者科技攻关的主战场。管道局将科技创新和技术攻关阵地前移,共编制完成的19项技术标准和92项X80钢焊接工艺,为确保西二线按期优质高效建成奠定了坚实基础。

在今年5月召开的中国石油科学技术大会上,集团公司副总经理、股份公司总裁周吉平宣告,中石油管道建设者在大口径高钢级管线钢管和高压输送技术的工程实战中,已成为国际管道行业的领跑者。(本文摘自经济参考报)

UnRegistered



山东中探机械有限公司

想耐用 中探泵

山东中探机械有限公司，位于山东省高唐县高新技术开发区内，法人代表、总经理邵世。公司拥有固定资产6000万元，现有员工300余人，其中工程技术人员80人。公司技术力量雄厚，设备及检测手段齐全，拥有各种加工设备和辅助设备400多套，其中有数控加工中心4套，数控车床、数控铣床、数控刨床、数控磨床等100余台。公司拥有省级企业技术中心一个，拥有省级开发检测中心一个，设有泵业工程技术研究中心一个。

山东中探机械有限公司研发、生产各种泵的重点专业厂家，生产的“中探牌”BW系列矿用泥泵、NBB系列矿用泥泵，广泛用于矿山、地质勘探、采矿、铁路、高速公路、水利发电、桥梁、高层建筑、地基加固等工程。特别是“中探牌”泥泵军在三峡大坝、鸟巢、水立方和沙湾、利比亚石油勘探等国际大型工程中发挥了不可替代的作用。该系列产品设计先进、结构合理，具有压力大、流量大、多利安装、节能降耗、体积小、效率高、寿命长、操作安全、维修方便等特点。

山东中探机械有限公司以“追求卓越，铸就名牌”为企业宗旨，坚持“诚信、求实、创新、和谐”的企业精神，发扬“果敢迅速”的企业作风，精益求精，尽心竭力铸诚信，全力打造中探名牌。生产的BW系列矿用泥泵、NBB系列矿用泥泵产品获得“山东名牌”称号，公司先后荣获“守合同、重信用企业”、“中国优秀名牌产品”和“中国行业龙头企业”，“山东50家最具成长性品牌”等荣誉称号。2010年公司市场销售额跃居全国同行业前列，成为泵业行业品牌的第一大品牌。

“磨有金刚钻，敢揽瓷器活”，公司秉承“均装里面挑骨头，不做产品做精品”和“二不放过”的质量方针与“千公里内24小时到达服务现场，千公里外48小时到达服务现场”的服务宗旨，凭借完善的ISO90001质量管理体系认证和深厚的技术力量及来源齐全的生产设备，保证了为用户提供优质耐用的中探牌系列产品。



BW150型液压泥泵

BW160型液压泥泵

BW250型液压泥泵

BW200液压型泥泵

BW400/10型液压泥泵

BW450型液压泥泵

BW600/10液压泥泵

BW850/2型泥泵

BW850/5型泥泵

NBB250/6型泥泵

BW250型泥泵

TBW1200/7H泥泵



营销电话: 0635-2139168 传真: 0635-6912798 13806353919 (邵总)
地址: 山东省高唐县高新技术开发区 邮编: 252800 网址: www.sd.ztjx.cn 售后服务热线: 0635-3912799 400-118-2799



Registered ISO 9001:2008 / 14001:2004

CCTV管道摄像检测

TAP[®] SYSTEM

工程 / 供水 / 排水

燃气 / 电力 / 电信

石油 / 环保 / 非开挖



TAP电子是专业从事设计、开发、生产管道内部检测的“CCTV管道内窥检测系统”的公司。自1984年在韩国创立以来，一直致力于环保设备的开发研制。主要生产适用于各种排水管道检测的RoboCam系列和天然气管道检测的LNG设备及用于灾难现场搜救工作的生命探测仪SearchTap等。我们依靠严谨的管理体系，专业的技能，丰富的经验，不仅能为客户提供专业优质的产品，还确保了客户能以最合理的价格，得到最可靠的质量保证。我们的产品已成功远销中东、东南亚、日本、中国大陆及香港、台湾等国家和地区，并赢得了业界和用户的好评。



韩国TAP电子产业株式会社 中国上海联络处

tap@tap.co.kr

www.tap.co.kr

Tel: 021)5763-5536

H.p: 134-7281-0073



威猛V系列水平导向钻机 40吨级 • 75吨级 • 140吨级

秉承威猛产品一贯具有的
先进性、稳定性、可靠性和高效于一身



140
吨级



75
吨级



40
吨级

中国独家总代理

 **百萊瑪設備**
Balama Prima Equipment

网址: <http://www.balamavermeer.com>

电邮: info@balama.com

产品咨询免费热线 { 400-883-1881 手机
800-810-1881 固话





引导型有线 地磁导向仪

CDY-2型有线地磁导向仪的随钻导向传感器向地面发送带有俯仰角、磁方位角和钻具面角等工程信息的无线信标信号。地面手持探测器接收无线信标信号，面板时时显示导向钻头位置，导向钻头的深度，俯仰角、磁方位角和钻具面角等工程信息。确保了钻孔轨迹与设计轨迹的一致。



CDY—II型

主要技术指标

俯仰角测量范围： $-15^{\circ} \sim +15^{\circ}$
俯仰角测量精度： $\leq \pm 0.2^{\circ}$
磁方位角测量范围： $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$
磁方位角测量精度： $\leq \pm 0.1^{\circ}$
钻具面角测量范围： $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$

钻具面角测量精度： $\leq \pm 1^{\circ}$
随钻传感器供电：18 VDC
导向传感器外径： $\Phi 45 \text{ Mm}$
导向传感器长度：860 mm
导向传感器质量：3.6kg

HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING RIGS 水平定向钻机



德威士行孙工程机械(北京)有限公司
DWITX CONSTRUCTION EQUIPMENT(BEIJING)CO.,LTD

产品展示 PRODUCTS DISPLAY



DDW-110
发动机功率: 59kW
扭矩: 3000Nm
Engine Power: 59kW
MAX.Torque: 3000Nm



DDW-150E
发动机功率: 59kW
扭矩: 5000Nm
Engine Power: 59kW
MAX.Torque: 5000Nm



DDW-180
发动机功率: 62kW
扭矩: 7000Nm
Engine Power: 62kW
MAX.Torque: 7000Nm



DDW-230
发动机功率: 125kW
扭矩: 9000Nm
Engine Power: 125kW
MAX.Torque: 9000Nm



DDW-280
发动机功率: 132kW
扭矩: 10000Nm
Engine Power: 132kW
MAX.Torque: 10000Nm



DDW-320
发动机功率: 153kW
扭矩: 12000Nm
Engine Power: 153kW
MAX.Torque: 12000Nm



DDW-450B
发动机功率: 153kW+84kW
扭矩: 12000Nm
发动机功率: 153kW+84kW
MAX.Torque: 12000Nm



DDW-600
发动机功率: 239kW
扭矩: 25000Nm
Engine Power: 239kW
MAX.Torque: 25000Nm



DDW-1300
发动机功率: 400kW
扭矩: 65000Nm
Engine Power: 400kW
MAX.Torque: 65000Nm



DDW-1600
发动机功率: 441kW
扭矩: 70000Nm
Engine Power: 441kW
MAX.Torque: 70000Nm



DDW-2000
发动机功率: 515kW
扭矩: 70000Nm
Engine Power: 515kW
MAX.Torque: 70000Nm



DDW-3000
发动机功率: 559kW
扭矩: 100kNm
Engine Power: 559kW
MAX.Torque: 100kNm



DDW-4000
发动机功率: 772kW
扭矩: 120kNm
Engine Power: 772kW
Max.Torque: 120kNm



DDW-6000
发动机功率: 1116kW
扭矩: 140kNm
Engine Power: 1116kW
MAX.Torque: 140kNm

北京市通州区潞河开发区潞兴西街六号 邮编: 101109
No.6, Huo Xing Fifth Street, Huo County Development Area
Tongzhou District, Beijing 101109, P.R.China

总机电话Tel: (86 10) 80582365 80582385
销售电话Sales: (86 10) 80582261 80582387 13910860025
18600071525

售后服务Service: (86 10) 80582450 13810212710
15611167500

配件销售 Accessories (86 10) 80582251
15699805163

传真Fax: (86 10) 80582515
邮箱E-mail: dwitx@163.com

网址web site: www.dwitx.com

上海办事处SHANGHAI OFFICE

上海市宝山区大场镇华成路536 邮编: 200442
No.536, Huo Xin Yuan, Da Chang County Baoshan District,
Shanghai 200442, P.R.China

电话Tel: (86 21) 66343048

深圳办事处SHENZHEN OFFICE

深圳市宝安区宝民二路泰华豪园8楼101室 邮编: 518102
Room 101, Unit 8, Tai hua hao yuan Bldg, Baomin 2nd street,
Baomin District Shenzhen 518102, P.R.China

电话Tel: (86 755) 27969973

长春办事处CHANGCHUN OFFICE

长春市宽城区范家胡同2号2单元104室 邮编: 200331
Room 104, Unit 2, Huajian Bldg 2, Venice Garden, Fanchang Road,
Changchun 200331, P.R.China

电话Tel: (86 431) 85366455

德威士行孙工程机械(北京)有限公司是美国夏尔机械制造公司与北京德威士行孙开控技术有限公司建立的合作企业。创建于2008年12月23日。公司位于北京市通州区潞兴工业开发区。在上海、深圳、长春等地设有办事处。公司专业从事非开挖技术装备的研究开发、生产与销售。拥有多名高级工程技术人员; 独立自主知识产权和注册商标。通过ISO9001-2000国际质量管理体系认证、CE认证等。主要产品10T-600T钻机、泥浆搅拌设备、钻头及其它辅助机具等。可根据客户的不同需求设计定制特殊的产品。公司具备健全企业品牌化、专业化、规模化产能, 荣获公司产品产业奖。德威士行孙公司始终坚持“以人为本, 优质高效, 持续改进, 顾客满意”的经营理念, 本着不断创新的精神, 真诚服务社会, 正在成为值得客户信赖的现代化企业。

DWITX Construction Equipment(Beijing)Co.,Ltd. was established in December 23, 2008. It is a joint venture between US based The Chales Machine Works, Inc. and Fu Xing Sun Ho Dig Tech (Beijing)Co.,Ltd. The company is located in the Huo County Industry development area of Tongzhou District in Beijing and has also set up offices in Shanghai, Shenzhen and Changchun City. DWITX specializes in the research and development, manufacture and sale of the trenchless equipment. The company boasts a contingent of high caliber and experienced senior engineers and exploration technology experts. The company possesses independent intellectual property rights and trademarks, and it has passed ISO9001-2000 International Quality Management Certification, CE Certification and etc. The main products include 10T to 600T drilling rig, mud mixing systems, pilot hole tooling and accessories. DWITX can also design and manufacture different products according to customer's particular demands. The company aims to build on our strong brand name and continue to expand our scope within the specialized product industry. DWITX consistently pursues the concept of "people-oriented, high quality and efficiency, constant improvement and customer's satisfaction". Activities are focused on constant innovation and good service and feedback to the customer. With these goals, DWITX is becoming the most creditable international enterprise for the customer.

企业荣誉: 公司通过ISO9001-2000国际质量管理体系认证, CE认证等。是中国非开挖技术协会(CSIT)的常务理事单位, 中国城市规划协会理事单位, 国际非开挖技术协会(IIT), I&IST, CSIT会员单位, 中国地质大学(北京)的教学实习基地。

DWITX has passed ISO9001-2000 International Quality Management Certification, and CE Certification. The company is governing member of CSIT, CACP, member of IIT & I&IST, CSIT, the director unit of CACP and Teaching Practice base of China University of Geosciences(Beijing).



中国地质科学院勘探技术研究所
地质矿产廊坊聚力岩土工程科技开发公司

高新技术企业实力钜献
ISO9001:2008国际认证



明修栈道 默钻乾坤 GBS-60/90助企业腾飞!

磅礴动力更显卓越品质,全新GBS-60/90铺管钻机,采用先进的PLC控制技术,无论动力、操纵还是效率,综合表现无懈可击。

型号	额定功率 Kw	扭矩 Nm	额定推力 KN	流量排量 L/min	轴径规格 mm
GBS-20L	120	8000	200	200	φ 60 × 2000
GBS-26	130	10000	260	320	φ 73 × 4000
GBS-40	184	14000	400	360	φ 73 × 4000
GBS-60E	264	28000	600/900	750	φ 114 × 6000
GBS-100	350	44000	1000	1500	φ 127 × 9000
GBS-24000	350	80000	2400/3200	3000	φ 140 × 9000

地址: 河北省廊坊市金光道77号
<http://www.nuodi.com>

电话: (0316) 2096067/084/101/946 传真: (0316) 2096067
E-mail: ietymx@163.com hbnuodi@163.com

HT钻岩王 征服岩层 轻松穿越

源自美国



HORIZONTAL
TECHNOLOGY, INC.

双臂双轴承轮盘岩石回扩器，专配于定向钻岩石穿越工程

○成孔范围：216-1626mm ○坚固耐磨 ○使用效率高 ○牙轮更换成本低



CASE6012



CASE6032



CASE6060



CASE6090

☎ 免费电话：800-8289621 @ 更多信息，请登陆：<http://www.tsincus.net>

总部地址：南京市草场门大街96号中青大厦2号楼四层 邮编：210036 电话：(025)86210358 传真：(025)86212081
免费电话：800-8289621 (025)51670508(直拨) E-mail: njoffice@tensquareintl.com



日本 RASA 顶管掘进机

施工口径:

φ 250mm ~ φ 4000mm 的混凝土管、钢管、FRP 夹砂管

特点

- *技术可靠安全，保养简单
- *各类切削刀盘，适用于各种土层
- *根据土层情况，可扩径施工
- *泥水、土压兼用式，用途广泛



西气东输二段东段管道工程
(岩石型)



内蒙古磴口供水工程—穿越黄河
(卵石型)



硬岩



中硬岩



二次破碎



含卵石·砂砾层



普通土

(中国组装-价格适中)



软岩·硬质土



中国总代理: 上海钟仓机械设备有限公司

地址: 上海市延安西路 1228-2 嘉利大厦 6 楼 F 座 邮编: 200052

电话: 021-62837071

传真: 021-62833652

网址: www.kanekura.com.cn

E-mail: kanekura@sh163.net



徐工徐工 助您成功
XCMG FOR YOUR SUCCESS

新的定向 新的标高 新的起点 新的征程

XZ 系列水平定向钻机



XZ160A | XZ180 | XZ260 | XZ280 | XZ320 | XZ500 | XZ680 | XZ1000 | XZ3000

徐州徐工基础工程机械有限公司

统一客服热线：400-110-9999



WWW.XCMG.COM

信赖HDD定位系统的创导者

———DigiTrak

SE™

F2

F5™

DigiTRAK®

DCI
Digital Control Inc.
Made in U.S.A