

CSTT

非开挖技术

China Trenchless Technology

5

2011

(总第十期)

ISSN 2077-6519/NR 106/1

主办：中国地质学会非开挖技术专业委员会



德威土行孙工程机械（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 Creat 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
DOL360	履带式钻机
DOL600	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。

外置机构

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镇山北路19号

联系电话：18936869876 传 真：025-52629180

公司网站：made@njd.com 网 址：www.njd.com

24 小时
Hour 400-6655-025
服务热线

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“上海圳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



月像仪器



ZT-20



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5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

上海圳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10月 第5期
(总第十期)

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: 全球公开发行人
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

【水平定向钻进】

水平定向钻穿越过程中泥浆压力与土体变形的控制

水平定向钻机中常用调速系统

水平定向钻进铺管技术应对城市内涝浅析

河流两岸均含卵石地层的对接穿越施工

坚硬岩石与松软土层交接地质穿越施工

荻芦溪水平定向钻穿越对穿施工技术

汪 敏 (1)

刘 雷 (4)

何计彬 余 莉 张 瑛 (7)

王 佳 金 鑫 (10)

王 佳 张盼军 (13)

刘 滨 (16)

【微型隧道与顶管】

顶管技术在截污管道中的施工应用及问题处理

水平平行顶管相互影响分析

葡萄牙渔场项目海水摄取与排泄管道非开挖安装工程

潘义辉 王安德 李均山 袁春娥 (18)

陈 林 鲍立平 黎 岩 (22)

Marc Schuermans 著 黄学刚 译 (28)

【管线修复与替换】

翻转内衬修复技术首次在高压燃气管网改造中的应用

新型非开挖管线施工技术和旧管线修复技术推广应用

爆管法施工对环境的影响分析

一种用于下水管道修复控制管线固化的温度测量系统

曹国权 (34)

蔡燕飞 (37)

李鸿翼 马孝春 (42)

Ulrich Glombitza

Marcel Behlau 著 李谦 译 (46)

《非开挖技术》广告合作

(52)

本期刊登广告商目录

(12)

【信息】

济南首创不停水抢修管道技术引来全国同行学习 (15) ; 国内首个“燃气管道高压翻转内衬修复试验段”开工 (21) ; 国内首个“管道修复技术实验中心”揭牌 (27) ; “气化湖南工程”启动 2020 年天然气管道县县通 (45) ;

CONTENTS

Horizontal Directional Drilling

Controlling Mud Pressure and Soil Body Deformation During Crossing Using HDD	Wang Min()
Favorite Speed Regulation System of HDD Rig	Liu Lei()
Analysis on Dealing with City Water Logging Using HDD	He Jibin Yu Li Zhang Ying()
Butt Crossing River in Pebble Stratum Using HDD	Wang Jia Jin Xin()
Butt Crossing River in Interbedding Solid Rock and Floppy Soil Using HDD	Wang Jia Zhang Panjun()
Butt Crossing Qiulu Rivulet Using HDD	Liu Bing()

Microtunnelling & Pipejacking

Application and Dealing with Problem of Pipejacking to Sewer Pipeline Installation ...	Pan Yihui Wang Ande Li Junshan Yan Chune()
Analysis on Interaction of Parallel Pipejacking	Chen Lin Bao Liping Li Yan()
Record Trenchless Installation of Sea Water Intakes and Outfalls for a Fish Farm Project in Portugal	Marc Schuermans()

Pipe Renovation & Replacement

First Application of CIPP to Rebuliding High Pressure Gas Pipeline	Cao Guoquan()
Popularizing Application of Trenchless Technology to installing and Renovation of Pipeline	Cai Yanfei()
Environment Effect of Pipe Bursting	Li Hongyi Ma Xiaochun()
A New Temperature Measuring Set-up to Control the Lining Curing During the Sewer Renovation ...	Ulrich Glombitza Marcel Behlau()



2012 April
ZHENGZHOU

2012年04月20-22日
郑州国际会展中心
Zhengzhou International Convention
and Exhibition Centre (ZZICEC)

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

EDITORIAL NOTICE
(Chance for EI Index)

征文通知
(EI核心版检索)

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线专业委员会
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 (PLD) 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.

水平定向钻穿越过程中泥浆压力与土体变形的控制

汪 敏

(辽宁山盟管道工程有限公司, 辽宁沈阳)

摘 要:本文从泥浆的作用、功能和特性的角度,探讨水平定向钻穿越过程中粘土层和非粘土层泥浆配比的要求。并通过对地下泥浆压力的分析,导出输出的最小泥浆压力(钻压),从而为控制土体变形提供了相应的依据。

关键词:地层、泥浆、泥浆压力、管道穿越

1 水平定向钻穿越简介

在石油天然气及其它管道和管网建设中,经常发生管线与公路、河流的交叉穿越问题。而传统的大开挖穿越方法对原地基土的整体性可能会造成永久性的破坏(如公路、河底的塌陷或隆起),所以早已被廿世纪末迅速兴起的非开挖穿越方法所代替。尽管先进的施工手段已经显示了它非凡的优越性。但是,土体变形仍然存在,只是对地表或河底层的影响小了很多。

水平定向钻穿越公路或河流与传统的大开挖方法截然不同,它利用特殊的手段,打通一条环形的通道来实现管线敷设的目的。这个环形通道在重力或泥浆压力的作用下,可能会引起地表或河底的下沉变形,也可能引起地表或河底的隆起变形。变形的原因较为复杂,一般地,变形易发生在土质疏松的回填土地段、土体不连续地段、地质不均匀分布的地段等。

水平定向钻在钻导向孔、预扩孔和敷设穿越管线过程中,需要借助于专门配制的泥浆来维持孔洞的稳定。泥浆(水基泥浆)是以水为基础,添加一定比例的膨润土和高分子聚合物,然后通过搅拌、溶合、水化后打入孔洞,泥浆的配方取决于穿越的地质和地层,泥浆的比重范围较大,一般大于水 15%—60%。由于驱动地下钻具和维持孔洞稳定的需要,泥浆进入钻管时需要增加一定的压力,压力范围一般不超过 12.5MPa。

2 泥浆的作用

泥浆是水平定向钻穿越工程的“血液”,伴随水平定向钻穿越施工过程的始终。泥浆的基本功能就是置换并取代孔洞中原有的填充物(土体),防止并控制地表或河底的下沉变形,然后,利用泥浆的流动性,被最终的替代物穿越管线所取代。泥浆在取代和被取代过程中,始终发挥着“血液”的作用:对地下钻具具有冷却、润滑和清理的作用,对孔壁具有修复、保护的作用,高压泥浆也是驱动泥浆马达的动力,并且具有剪切岩土的功能。

本文将重点探讨水平定向钻穿越过程中,如何调整泥浆配比和泥浆压力来控制 and 减少土体的变形问题。因此,泥浆的流动性、絮凝性、降滤失性、防塌性等对粘土层和非粘土层的影响作用,将是本文重点涉及的内容。泥浆的配比应考虑地层的特性,地层的特性是指岩土的力学性质、含水量、密度等。水平定向钻穿越施工,应在敷设地下管线之前,配制的泥浆已将孔洞中的岩土置换,然后,利用泥浆的流动性,将穿越管线回拖至充满泥浆保护的孔洞中。

3 泥浆的特性

如果泥浆已将孔洞中的岩土置换,那么泥浆必须具有足够的携带能力和流动能力,才能将岩土钻屑携带至孔洞外。泥浆的携带能力是指泥浆在非流动状态下,使钻屑悬浮的能力,这种能力与泥浆的

粘度有关,称之为泥浆的胶结力。泥浆的胶结力越高,携带能力越强,能携带的岩土颗粒就越大。但是,泥浆的粘性会影响泥浆的流动性,粘度越低,其流动性越好。随着钻孔距离和钻孔深度的增加,携带钻屑的难度也逐渐增加,要保持或增加泥浆的携带能力和流动能力,就必须提高泥浆的压力,用以克服增加的流动阻力。

如果是在钻杆接续、更换钻头或钻进停止时,悬浮在泥浆中的钻屑沉入孔洞底部,将钻孔堵塞,这将是很危险的事情。然而,泥浆的变性特征会在一定时间内将这种危险回避(一般不超过6个小时):泥浆的粘度随着流速的降低而增加,泥浆停止流动后,会形成一种粘稠的絮凝体,这种絮凝体可使钻屑在一定时间内始终悬浮在其中,防止钻屑沉入孔洞底部,当泥浆开始旋转流动时,粘稠的絮凝体就会变得稀薄,并且恢复到原来的形态。

4 粘性土层的泥浆配比

粘性土本身就具有良好的水化性,它在钻具和泥浆的切削搅拌下,自然会形成浆状物体,其携带能力完全取决于泥浆的流动性,那么,在粘土层中配制的泥浆应满足冷却、润滑、清理钻具、抑制土体膨胀的作用即可。在粘土层中搞定向穿越可以适当的降低膨润土的比例,添加一些润滑剂和稳定剂。例如表面活性剂、乙二醇、季铵盐类改性剂、粘土稳定剂、Hydraul-EZ等。

5 非粘性土层的泥浆配比

定向钻在非粘性土层中施工,泥浆配比主要应当满足:携带砂砾、岩屑的能力,护壁、防止塌陷、阻滞渗漏的能力。携带能力要求:一方面钻屑在孔洞中呈悬浮状态;另一方面泥浆具有良好的流动性。利用泥浆的变性特征原理,确定配制的泥浆具备足够的携带砂砾、岩屑能力下,适当的增加泥浆压力,就可能达到要求的流动性。非粘土层地质结构松散,渗透性强,需要提高泥浆的护壁性能和阻滞渗漏能力,可以适当的调整一下泥浆的配比:提高一点膨润土的比例,添加一些长链高分子聚合物,促使泥浆在孔洞中旋转时,在向心力的作用下,部分固相物质吸附在孔壁上,形成保护层。例如滤饼剂、

改性剂、聚阴离子纤维素等降滤失剂,PA/D-42、Hydraul-EZ、Super-pac、Suspend-It等具备悬浮携带能力的高分子聚合物。

6 泥浆压力

泥浆的配制需要综合考虑地层的复杂特性:岩土力学的性质、密度、含水量、水质,以及机械功率因素:钻压、转速、马达的功率和泥浆的排量等。满足上述条件的泥浆经过高压泥浆泵增压,输送到泥浆马达后开始发挥作用。在这个过程中泥浆压力不仅传输泥浆,促使泥浆流动,而且为泥浆剪切岩土提供动力。在穿越施工过程中,要求的泥浆的压力至少能驱动泥浆马达的转动和钻头的钻进切削,也是带动孔洞中泥浆旋转流动的基本条件。

假设泥浆在孔洞中是静止的,那么,该点的静液压力为: $\sigma_1 = \rho gh$

其中: ρ —泥浆密度; g —重力加速度; h —泥浆垂直方向的高度差。

若泥浆是在层流状态下,泥浆的流出压力为 σ_2 ,则流动的泥浆在水头点的压力为: $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$

根据液体压强传递原理,如果,水头点孔壁的应力小于地层压力,要维持孔壁的稳定,那么,这种补偿就只能依靠泥浆的压力 σ_1 来提供,因为 σ_2 是间断的不连续的。

σ_1 的大小取决于泥浆垂直方向的高度差和泥浆配比中加重剂的比例。假设 σ_1 补偿了孔壁需要的应力,孔壁就不会发生缩径和塌陷,此时, σ_2 只需驱动泥浆马达的转动切削和维持孔洞中泥浆的携带流动即可。

σ_2 的压力强度与机械作用有关,是泥浆的喷射和旋转的共同作用而产生的压力。这种机械作用的根本,来源于对泥浆的增压。经过机械增压的泥浆会产生物理变形(分子间的密度增大,相互作用增强,泥浆体积减小),泥浆的这种物理变形会在满足 $\sigma_2 > \sigma_1$ 的泥浆条件空间得到释放。

那么 σ_2 应当比 σ_1 大多少,其实 σ_2 与钻进的深度和距离有关:首先,根据静液压力公式,在泥浆比重 ρ 不变的情况下, σ_1 的压力是由钻进的深度 h 决定的,一般地,水平定向钻穿越工程的最大地下埋深不超过 25m,那么其静水压力应当小于或等于

2.5MPa;其次,钻进的距离越大,其流体阻力也越大,克服流体阻力的手段就是增加 σ_2 的压力,目前水平定向钻穿越的最大距离是2308m(浙江钱塘江穿越2002年管道局穿越公司)。如果在导向孔钻进时,能实现入钻口返浆,这是对泥浆压力的最低要求,但是,这个最低要求能否驱动泥浆马达做功就要看马达的级数和扭矩了,一个4级泥浆马达做功需要3.2MPa的泥浆压力。如果在预扩孔(暂时不考虑岩石层)或者管线回拖时,一般情况下,泥浆压力维持在2MPa左右即可保证泥浆的携带和流动功能的实现。

若泥浆压力超过孔壁土体及泥浆护壁层允许的最大剪力时,孔壁土体将会失稳变形,出现泥浆泄露或地面、河底隆起。当然,这种情况在埋深过浅、土体不连续、地质分布不均匀状态下都有可能发生。

7 土体变形的控制

一般地,一项水平定向穿越工程在孔洞形成过程中:一方面,由于重力原因,可能会发生缩径、塌陷、地表或河底沉降等土体变形现象,这种现象是由两种原因导致:一种是因为泥浆失水渗漏造成土体膨胀导致的;另一种是因为泥浆压力不足导致的。避免泥浆失水,应增加泥浆的粘度,适当的添加一些润滑剂来保持泥浆的液相,泥浆在孔洞中旋转过程中,靠固压差的作用,促使泥浆中的长链聚合物在孔壁上形成泥饼环,阻止泥浆中的水分向孔壁土体渗透;弥补泥浆压力,可以增加一些加重剂的

比例。另一方,由于泥浆压力原因,可能会发生冒浆、失浆、地表或河底隆起等土体变形现象,这种现象同样是由两种原因导致:一种是因为管线覆盖较小或土体不连续或地质分布不均匀导致的;另一种是因为泥浆压力太大导致的。所以,在设计和施工中保证穿越管线的足够深度,同时认真研究地质勘察报告,对于一项水平定向穿越工程来说是不容忽视的;在定向穿越过程中科学的控制泥浆压力是非常重要的。

另外,应当注意和避免由于穿越管线埋深不符合设计要求或孔径过小或曲率半径不足而导致管线在回拖过程中出现的地表或河底隆起变形。

8 结束语

由于水平定向穿越地质的复杂性,决定了土体失稳与泥浆压力之间的复杂关系。在水平定向钻穿越过程中,合理的调配泥浆,控制使用泥浆压力,对保护孔壁,防止土体失稳是至关重要的。在驱动泥浆马达工作并保证泥浆携带流动功能的前提下,尽量降低泥浆压力是钻孔成功的关键。

参考文献:

- [1] 许有志:钻井液技术现状及发展方向,《石油钻探技术》,2010。
- [2] 王中华:超高温钻井液体系研究——抗高温钻井液处理剂设计思路,《石油钻探技术》2009。
- [3] 张克勤、何纶、安淑芬:国外高性能水基钻井液介绍,钻井液与完井液,2007。

水平定向钻机中常用调速系统

刘 雷

(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。水平定向钻机在非开挖定向施工中扮演着极其重要的角色。本文主要对几种常见调速系统进行简单的介绍,探讨其在水平定向钻机中的应用。

关键词:钻机、节流、调速、油路

1 概述

在各类机械设备的液压系统中,调速回路占有重要的地位,它的工作性能的好坏对系统有着决定性的影响。目前液压系统中常用的调速方法节流调速、容积调速、容积节流调速三种。

1.1 节流调速回

节流调速回路通过改变流量控制阀阀口的开度,即通流截面积来调节和控制流入或流出执行元件的流量,以调节其运动速度。按照流量控制阀(节流阀、调速阀)在系统中的安装位置不同,可分为进油节流调速、出口节流调速和旁路节流调速。

1.2 容积调速

液压传动系统中,为了达到液压泵输出流量与负载元件流量相一致而无溢流损失的目的,往往采用改变液压泵或液压马达(同时改变)的有效工作容积进行调速,这种调速回路称为容积调速回路。

这类回路无节流和溢流能量损失,所以系统不易发热,效率较高,在功率较大的液压传动系统中得到广泛地应用。

在水平定向钻机中,常用的容积调速主要是由变量泵-变量马达组成的液压回路,有两种调速可采用,变量泵可换向和调速,变量马达也可实现调速,多采用闭式系统回路。

1.3 容积节流调速

容积节流调速是由调速节流阀与变量泵配合进行调速,在此回路中,存在与节流调速回路类似

的弱点,即执行元件(液压缸或液压马达)的速度随载荷变化而变化,但采用变量泵与节流调速阀配合可以提高其速度稳定性,因此,适用于对速度稳定性要求较高的场合。

2 在水平定向钻机中的应用

2.1 回转和给进回拉速度调控

对于水平定向钻机调速系统而言,钻机的回转和给进回拉速度是尤其重要的。现在我们就钻机中的回转和给进回拉调速系统进行分析介绍。

(1)微小型钻机中回转和给进回拉调速

在微小型钻机中,我们常用的系统为开式系统,即油泵从油箱吸油输入管路,油完成工作后排回油箱。此种系统结构简单,散热等条件良好,应用比较普及。我们以回转系统为例进行分析介绍。

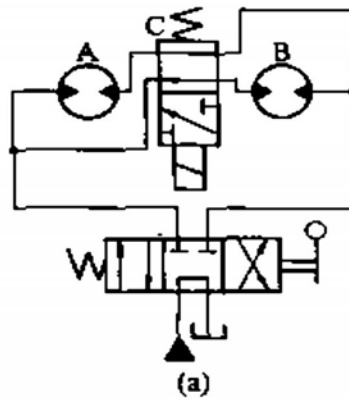


图1 微小型钻机回转调速系统

图 1 即为现阶段众多微小型钻机所采用的回转调速系统,在系统中我们可以看出, A 和 B 表示两个独立进出油道的双向马达, 换向阀处于 C 位置时两马达并联, 马达低速旋转; 当阀换向处于另一位时, 两马达串联, 马达转速加速, 但输出转矩减小。这其实就是一个容积式调速回路在水平定向钻机中的典型应用。

在微小型水平定向钻机中, 回转系统和给进回拉系统均采用定量齿轮泵和双向液压马达系统, 所以两者在调速系统中采用同样的变速原理。

(2) 大中型钻机中回转和给进回拉调速

在大中型钻机中, 我们常用的系统为闭式系统, 即油泵吸油和回油都直接与液压执行元件的进油口相连, 形成一个封闭回路。

在大中型钻机中回转系统通常采用变量泵与变量马达组成回转调速系统, 如图 2 所示。

此系统实质为一个典型的双向变量泵与双向变量马达组成的容积调速系统, 变量泵可以正反方向供油, 变量马达也可以双向旋转。当压力油从上管路进入马达 10, 推动其旋转时, 下管路 11 是低压油路, 溢流阀 7 防止过载, 此时阀 6 不起作用。补油泵 1 供的低压油推开阀 5 向管路 11 供油, 另一个单向阀 4 在高压油的作用下关闭。当上下管路压力差大于一定值时, 滑阀阀芯下移, 让低压溢流阀 9 和低压管路 11 连通, 实现冲洗, 将回路中一部分热油从低压溢流阀 9 排出, 和补油泵提供的冷油交换。

在变量泵 - 变量马达调速回路中, 多采用闭式系统, 在水平定向钻机中一般都是大功率变量泵和马达, 所以一般不用手动调节, 改用手动伺服或电

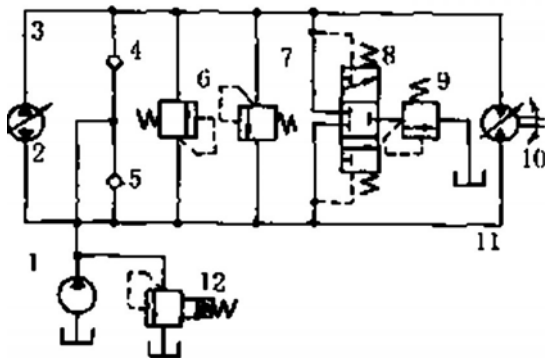


图 2 大中型钻机的回转系统

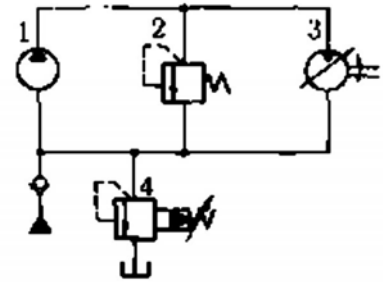


图 3 定量泵变量马达调速系统

液伺服调节。

在大中型钻机中给进回拉系统通常有两种选择, 一种是采用变量泵与变量马达组成的闭式系统, 其调速系统与上述回转调速系统一致。另一种则是采用定量泵与变量马达组成的开式系统, 如图 3 所示, 此系统也是一种容积式调速回路。

在此系统中, 泵的出口压力恒定, 流量恒定, 当调节变量马达时, 其排量变化, 当排量变大时, 转矩成正比增大而转速成正比减小, 功率输出为恒值, 所以, 这类回路通常也称为恒功率回路。

2.2 辅助系统速度调控

(1) 夹持器速度

在大型钻机中为了保证钻杆卸扣方便, 通常采用三爪式夹持器系统, 为了保证钻杆夹紧后处于中心位置, 我们通常要对三个油缸进行调速处理。在液压系统中如果几台液压马达或液压缸仅由一股压力油来驱动而不采取任何方式来控制各自的流

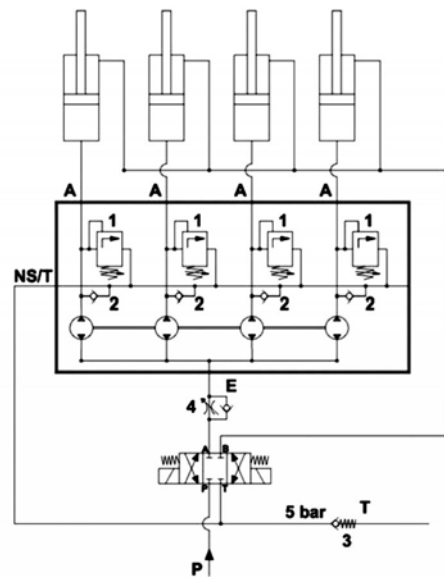


图 4 夹持器调速原理

量的话,那么具有最低压力要求的马达或液压缸先行动作,直到其运行到行程终点或遇到更大的负载时,才能驱动下一个具有较低压力要求的执行元件启动。也就是说,所有液压马达或液压缸,将会按先后顺序动作,直到所有动作结束。这种工作模式是我们在夹持器工作中最不希望的。因为在实际工作中,我们不可避免的碰到这种在不同的负载下工作的情况,并常采用同步分流器控制流量的方法来实现同步运动。图4是一个的夹持器调速原理图。

溢流阀1的目的是防止在液压缸出口由于压力放大现象而产生过高压力。从而保证即使回路中有一只液压缸已经提前完成了整个行程,其它的液压缸仍然可以正常完成其工作行程;阀2和阀3的作用是保证分流器的每腔室都能维持一个的最小压力;保证系统最小压力是非常重要的,以上图为例,当其中一只液压缸已经完成其余全部工作行程时,分流器仍然在为其他速度较慢的液压缸继续运行,这时,系统的最小压力就保证了管路相通的、速度最快的液压缸不会发生吸空现象。阀4具备一个经常被分流器液压回路所忽略的重要作用:当高压油从泵流入液压缸时,分流器的任务是收集液压缸的回油并保证流量的一致性。这时阀4的作用就是防止分流器按照最快的液压缸的速度来运行而导致其它液压缸没能及时跟上。当然,当所有的液压缸都以相同速度运行时,分流器则仅仅起到一个“收集器”的作用。溢流阀或平衡阀也可以用来取代节流阀4的作用。当液压缸在进行回行程存在负载时,譬如自重回落状态,回路中这样一个阀的作用就变得特别重要。

(2)其他辅助系统调速

在钻机设计中,我们常用的调速系统还有其他油路可选择,例如进油调速回路,回油调速回路,旁通调速回路,用蓄能器增速回路等等。在这我们作简单的介绍。

进油节流调速系统是将调速阀装在进油回路中,它适用于以正载荷操作的液压缸。液压泵的余油经过溢流阀排出,液压泵以溢流阀设定压力工作。这种回路效率低,液压油易发热,但其调速范围大,适用于轻载荷工况。应用于调速阀比节流阀调

速稳定性好,因此,在对速度稳定性要求较高的场合一般选用调速阀。

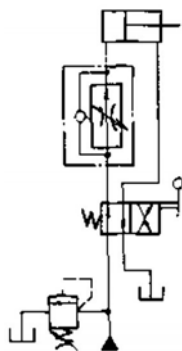


图5 进油节流调速

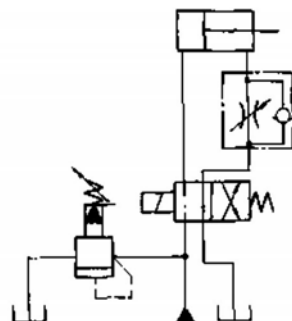


图6 回油节流调速

出口节流调速是将调速阀装在回路中,适用于工作执行元件产生负的载荷或载荷突然减少的情况,液压泵的輸出压力为溢流阀的调定压力,与载荷无关,效率较低。但它能给予背压,以抗拒负的载荷产生,防止突进,动作比较平稳,应用较多。

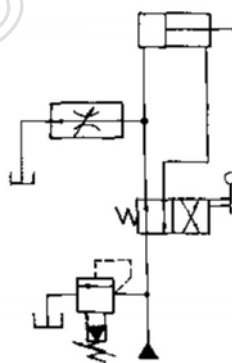


图7 旁通节流调速

旁路节流调速是指将节流调速阀装在旁通回路中,回路中多余的油量由节流阀排入油箱,液压泵的压力随载荷而变化,其安全阀仅在油压超过其安全压力时才打开,所以效率较高。

3 结束语

随着水平定向钻机的迅猛发展,其生产制造也要求越来越满足使用要求,作为一个典型的液压系统构造,为了保证钻机调速系统的安全可靠、性能稳定、功率突出等特点,我们需要不断地将传统液压系统进行调节和整理,以便更好地满足水平定向钻机的特殊工况下的使用要求。

水平定向钻进铺管技术应对城市内涝浅析

何计彬¹ 余莉² 张瑛³

(1.成都理工大学环境与土木工程学院;2.中国地质大学(武汉);3.成都理工大学环境与土木工程学院)

摘要:雨水管网建设滞后导致城市内涝频频出现,本文通过对水平定向钻进铺管技术施工原理及施工方法分析,针对雨水管道的重力流特征采取相应措施使水平定向钻进铺管技术在雨水管网建设中具有良好的推广应用前景。

关键词:水平定向钻进、雨水管道、城市内涝

近年来,我国诸多城市遭到强降雨袭击,就会发生严重内涝。“城市内涝”是由于强降水或连续性降水超过城市排水能力致使城市内产生积水灾害的现象。一旦城市遭遇强暴雨袭击,突然倍增的雨水得不到及时的排泄,城市道路瞬间成为“河流”,广场立即变为“湖泊”,建设在河道、湖畔等低洼地带的居民区、工厂等,随之被淹没。城市内涝致使交通瘫痪,不仅给居民工作生活带来严重影响,经济损失也无法估量。随着经济的发展,我国现在正处在城市化的高峰期,城市面积越来越大,城市的地上设施越来越过硬,城市的表面也越来越光鲜。然而,城市的基础设施建设跟不上城市的发展速度,排水系统的管网建设远远滞后于城市发展,一场大雨就让一座城市陷入瘫痪状态(如图1)。排水体系弱不经“雨”,不仅有城市暴雨预警信息不完善的原因,但更多地折射出在城市发展中我们对排水管网的建设不足。不少城市的排水管网沿用的竟然是古时的设施,如此效能低下的排水设施,较难挡住暴雨的侵袭。据



图1 某城市的内涝实例图

市政有关部门调查统计,位于城市交通主干道两侧及隔离带下方的雨水管道系统标准过低、设计滞后、传统的开挖铺管和人工、机械顶管等非开挖技术难以满足施工要求使雨水管网的建设远远滞后城市的发展是阻滞迅速排涝的主要原因。

随着雨季到来,防治城市内涝已成为城市正常运转和居民正常生活的重中之重,对雨水老管线的扩容改造、在线管线的维修、新管线的铺设已迫在眉睫。传统的雨水管网工程施工多采用开挖或人工顶管、机械顶管等方式。随着生活、工作节奏不断加快,环境保护限制日趋严厉的现代城市中,人们对传统开挖法管线施工带来的城市道路的破坏、修复后地面的沉降、交通阻塞、“马路拉锁”、出行不便、大面积绿地园林毁坏和堆土带来的扬尘及泥泞难以容忍;人工或机械顶管仅适用于抗压强度较好且管径较大的砼管、钢管施工,按照满流设计的雨水管网,管径介于300mm到800mm之间,管材普遍采用抗拉性能好,易焊接密封,耐腐蚀,环保等优点的PE管、HDPE中空缠绕管、PVC波纹管、玻璃钢夹砂管等^[1,2]由于其抗压性能差或设计管径使人工和机械顶管施工工法受到限制。水平定向钻进铺管技术具有对环境交通影响小,对管材管径无特殊要求等优点,因此该技术是解决这一矛盾的重要技术,对于防治城市内涝将发挥极为重要的作用。

1 水平定向钻进铺管技术施工原理

导向钻进铺管技术主要利用地表放置的钻机、

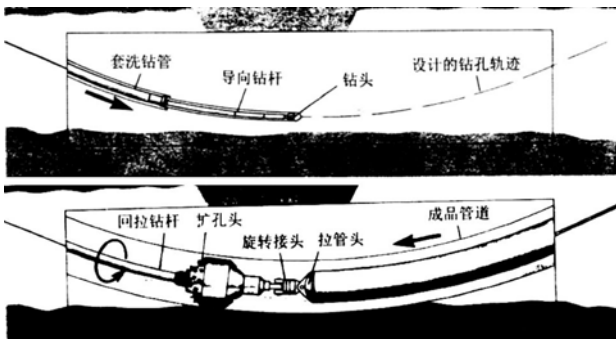


图2 导向钻进施工示意图(a 导向孔 b 扩孔回拖铺管)

随钻测量仪器以及有关钻具,沿欲铺设管线设计轨迹钻成一个先导孔,然后回拉扩孔,将孔径扩大到铺管要求的口径,并将管线同步或分步拉入,如图2所示。

2 导向孔轨迹设计

导向孔是扩孔回拖管道的母线,其轨迹设计是水平定向钻进铺管的依据和质量检查的标准。设计导向孔轨迹的一般原则是在充分掌握原始的地下地层资料、地下管线资料的基础上,以最安全、最方便和最低成本完成地下管线的铺设任务。钻孔轨迹设计主要考虑地表的覆土深度、关键节点的地表位置、地下管线及障碍物的位置、成品管材的类型、出入土角及管线的曲率半径、施工地点的特殊要求、地貌条件的限制等。^[3]与其它管线不同,雨水管道的重力流特征决定了其导向孔轨迹有一定坡度的直线段、较小的误差以及不设曲线段。控制较小的坡度和标高误差对导向孔施工提出了更高要求,为了达到这一要求采取以下措施:提高造斜强度,缩短弯曲段长度;开挖相当的入出土工作井,以设计坡度或较小的入出土角度控制入出土点;当不适合开挖工作井时,对出入口附近的少量管段进行顺直开挖铺设以确保有效段管线的顺直及一定的坡度。

导向孔轨迹设计参数

弯曲段曲率半径计算:

$$R = \max(R_1, R_2) \quad (1)$$

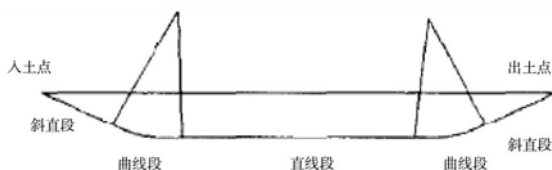


图3 导向孔轨迹设计图

$$R_1 \geq 1200D_1 \quad (2)$$

$$R_2 \geq \frac{ED_2}{2\delta_2} \quad (3)$$

R: 曲率半径,米; R_1 : 钻杆曲率半径,米; R_2 : 管道曲率半径,米;

D_1 : 钻杆直径,毫米; E: 管道的弹性模数; D_2 为管道外径,米;

δ_2 为管道屈服极限, N/mm^2 。

造斜强度计算:

$$i = 57.3/R \quad (4)$$

i: 造斜强度,度/米。

入土角和造斜长度计算:

$$\alpha = 2 \arcsin \sqrt{\frac{H}{2R - H}} \quad (5)$$

$$L = \alpha/i \quad (6)$$

α : 入土角,度; L: 造斜长度,米; H 为管道中心距入土点埋设深度,米。

3 水平定向钻进铺设雨水管道施工方法

水平定向钻进铺设雨水管道工艺流程: 管径及最小坡度设计与现场勘察 → 导向孔轨迹设计 → 设备安装及工作井施工 → 钻进先导孔 → 单级或多级扩孔 → 回拉铺管

3.1 导向孔钻进

导向孔空间轨迹延伸精度的控制由导向钻头在前进过程中处于旋转或固定来实现。当钻杆带动钻头不停地回转时钻出一个直孔; 当钻头朝着某个方向推进而不回转时, 钻孔轨迹发生偏斜, 从而达到改变地下钻孔方向的目的。在钻头钻进的过程中, 安装在导向钻头内的探头发信号, 信号被地表的接收器接收后, 操作人员通过监测到的信号来观察钻头的前进方向和深度等, 从而人工控制钻孔的轨迹, 使钻孔按设计轨迹延伸。^[4]与其它管线不同的是, 雨水管道的重力流特征决定了其导向孔轨迹有一定坡度的直线段、较小的误差以及不设曲线段。控制较小的坡度和标高误差对导向孔施工提出了更高要求, 为了达到这一要求采取以下措施: (1) 在导向孔轨迹的直线段钻进时, 通过降低钻机的回转速度, 提高给进力确保导向孔直线段(管道的铺设段)有一定的坡度。(2) 当管线较深时, 为保证具有一定坡度的雨水管道铺设所要求的较小的入土角和对

管道的焊接作业,开挖如图3所示工作井。对于长距离雨水管道的铺设,应根据钻机拉力和管道抗拉强度开挖一定数量的工作井。工作井尽量建在管线的交汇处,变向处以及钻机拉力和管道抗拉强度允许范围内最大回拖管道长度处,这样可以减少工作井的开挖量,节约施工成本,降低施工对环境的影响。(3)当不适合开挖工作井时,在满足安全传递回转扭矩的前提下,通过适当减小钻杆直径,降低钻杆截面模量,达到降低钻杆的刚度,提高造斜强度,缩短弯曲段长度,然后对出入口附近的少量管段进行顺直开挖铺设以确保有效段管线的顺直及一定的坡度。

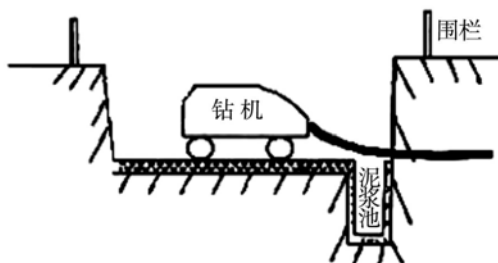


图4 开挖工作井示意图

3.2 扩孔回拉铺管

导向孔施工完成后,需要用一个扩孔器来扩大钻孔。一般是将钻孔扩大至管道直径的1.2~1.5倍,以便安装成品管线。如果铺设的管线管径较大,或地层情况比较复杂,可根据钻机情况分一次或多次进行回扩,直至达到可以安装成品管线的要求。管道采用一次拉管到位的方法铺设,在回拉铺管过程中要严密观察拉力情况和出浆情况。回拉过程必须连续进行,中间不允许有长时间的作业停顿,以防止钻孔缩径或塌孔,保证管线能够顺利铺设完成。一般最终的扩孔直径采用经验公式:

$$D=K \cdot D_0 \quad (7)$$

K为安全系数, D_0 为成品管道直径。

安全系数的取值应充分考虑所钻地层情况,钻孔清洁度,钻孔的弯曲度,管道的刚度和强度。^[5-7]对于雨水管网设计普遍采用的PE管,在松软地层回扩时安全系数应取大值以免过大的挤压使管道变形;在完整硬地层回扩时安全系数取小值;PE管良

好的柔性和抗拉性能不必考虑钻孔弯曲度对安全系数取值的影响。

4 结语

(1)面对暴雨袭击,现有地下排水系统已不能适应今天城市的发展,由于雨水管道位于城市交通主干道两侧及隔离带下方,对于传统开挖铺设管道造成的城市道路的破坏、修复后地面的沉降、交通阻塞等种种弊端和环境保护意识的不断增强,水平定向钻进铺管技术将在城市雨水管网建设中发挥不可替代的作用。

(2)目前城市按照满流设计的雨水管网,管径介于300mm到800mm之间;管材普遍采用抗拉性能好,易焊接密封,耐腐蚀,环保等优点的PE管,由于管道抗压性能差和管径限制均不适合人工和机械顶管施工。

(3)通过提高造斜强度缩短弯曲段长度,对钻机转速、钻压参数的调控和开挖相当的入出土工作井,以设计坡度或较小的入出土角度控制入出土点保证管线较深段重力流特征的雨水管道顺利铺设,使水平定向钻进铺管技术在防治城市内涝的雨水管网建设中具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 文明.小区雨水排水管道管径的简便核验方法[J].建设监理.2006.06.
- [2] 白云峰.城市雨水排水工程规划[J].黑龙江科技信息.2010.22.
- [3] 李山.地线管线非开挖施工技术[R].成都理工大学.2007.3.
- [4] 李山,朱文鉴,中国非开挖技术协会,水平定向钻进管线铺设工程技术规范[S].2002.
- [5] 李山.水平定向钻进地层适应性的评价方法[J].非开挖技术 2008(1):39-44.
- [6] 李山.水平定向钻进中的几个重要技术问题[J].非开挖技术 2006.23(1):1-6.
- [7] 李山等.水平定向钻进铺管孔管直径比设计取值方法[J].非开挖技术,2010.1.

河流两岸均含卵石地层的对接穿越施工

王 佳 金 鑫

(中国石油天然气管道局穿越公司,河北廊坊)

摘 要:本文结合工程实例,详细介绍了对接穿越施工的技术难度和对应的技术措施。

关键词:水平定向钻进、卵石、对接穿越

水平定向钻穿越在国内是80年代开始不断完善起来的,这种施工方法的优点是,地面不开挖,地面设施及施工周边环境基本不受破坏。项目施工过程中最重要的是施工现场的地面和地下条件,地面条件包括地形、地貌、以及周围建筑物、道路、河流等,地下条件包括原有地下管线、地下水、地层条件等。因此在施工之前必须详细分析现场勘察资料和地质报告。本文主要介绍一河流两岸均为“水平定向钻穿越禁区”的卵石层的穿越工程施工。通过导向孔对接技术的成功应用,顺利完成了这一特殊穿越工程的施工。

1 工程实例

某工程位于中宁县城以北3公里处,穿越段管道水平长度为1330.1m,实长为1343.8m,管道采用 $\Phi 355.6 \times 9.5$ mm L290直缝电阻焊钢管,设计压力4.0MPa。工程等级为河流大型穿越。穿越主要经过地层为粉土、冲洪积粉细砂、卵石及泥质砂岩,穿越曲率半径533米,穿越深度为50m(河床下最低埋深38.9m)。工程最主要的难点是穿越河流两岸均分布有25米厚的卵石层,如何同时跨越两岸属于定向钻穿越禁区的卵石层,顺利从两岸完成导向孔对接并最终实现管道回拖成为施工中的重中之重。

1.1 施工难点分析

本次穿越地质层由于两岸均含有卵石层,在施工前需先采用套管隔离技术将卵石层隔离。由于卵石层处于中密~密实状态,且最大粒径达250~300mm,因此在夯进过程中十分困难。

由于两侧均利用套管隔离卵石,导向孔作业需应用当今世界上最先进的导向孔对接技术,对控向的精度,技术水平要求非常高。由于穿越黄河主河道,设计埋深要求最低保证50米,穿越全长1330.1米,两侧钻机入土角度均为17度,对钻机支撑的稳定性、单根钻杆角度的调节,穿越曲线的控制以及管线回拖均有相当大的困难。同时由于河面宽,水流急,使得河面无法布置人工磁场,对钻头准确跟踪定位、导向孔对接产生了相当大的困难。

1.2 技术控制要点

(1) 导向轨迹设计

满足规范要求的最小曲率半径,即 $R=1500D=533m$,主、辅钻机侧入土角均为17度,管道最低点埋深50米,河滩处有约450米长适合布置人工磁场的空旷地,且该位置正好处于穿越曲线的水平段,因此将导向孔对接区设在此处。

(2) 钻孔施工钻具组合

9 7/8" 钻头 + 泥浆马达 + 无磁管 + P2 控向系统



图1 对接一端的大型钻机



图2 对接一端的小型钻机

(3) 泥浆配制

泥浆在水平定向钻穿越施工中起着重要作用,若地质情况复杂,则对泥浆要求比较高。根据地质资料,穿越主要层位为泥质砂岩,根据其地质特性,在开钻前通过做泥浆实验确定泥浆配制方案,开钻后我们通过施工中实际反应的各种参数针对不同的地层位置采用不同的泥浆配比方案:

(1)按照事先确定好的泥浆配比用高效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:纯碱,滤饼剂,CMC,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,将增加泥浆储存罐的数量。

(4)泥浆处理:在施工现场挖一个泥浆收集池,一个沉淀池,将返出的泥浆经沉淀之后利用泥浆回收系统循环使用。

2.3 拟定施工工艺

(1) 导向孔作业:9 7/8" 钻头 + 泥浆马达 + 无

磁管 + 51/2" 钻杆;

(2)预扩孔作业:22" 铣齿牙轮扩孔器;

(3) 回拖作业:20" 桶式扩孔器 + 150T 旋转接头 + 150T "U"型环 + $\Phi 355.6\text{mm}$ 穿越管线。

2 施工工艺措施

2.1 对接穿越曲线钻进及措施

本次穿越曲线为两侧对向穿越钻进,纵断面设计曲率半径为 533m,计算出每根钻杆(每根钻杆按 9.5m 计)理论改变值为 1.1° ,在施工的时候每根钻杆改变值控制在 $1.1 \pm 0.2^\circ$ 的范围内,以保证整个穿越曲线的圆滑平缓,从而减小扭矩及回拖力。钻机就位时按照实际所套套管的方向与角度为准就位。经测量,所套套管实际入土角度 18 度,已达到钻机所能支撑角度的极限,对实际施工中钻机的液压缸及稳定性都有极大的考验。为此,我们经研究对钻机支撑部分进行了改造加固,以减轻液压缸的负担及增强钻机的稳定性。本次穿越曲线复杂,对于数据的传送与反馈正确与否至关重要,本次对接穿越导向孔钻进应用 P2 控向系统,采用人工磁场辅助钻进来对钻头精确跟踪定位,在主钻机侧、河岸浅滩、辅钻机侧布置 3 个人工磁场。人工磁场导线采用摇表进行测量,确保无绝缘损伤;对导线连接处采用信号线连接方式进行连接(即“三保险”)。采用全站仪测量各站点的三维坐标,并多次复测,确保无误。钻孔质量主要指钻孔曲线的实际轨迹与设计钻孔轨迹的符合程度。一般而言,实际钻孔轨迹越接近设计轨迹,则表明钻孔的质量越好。在本次穿越中,由于河面宽、水流急,两侧套套管,所以实际可利用人工磁场非常有限,为确保磁场精度,必须确保测量精度、布置合理、点对点之间拉线精度,以便利用有限的磁场对钻头准确跟踪定位。应用当今世界上最先进的 P2 控向系统,确保对接穿越一次性成功。

2.2 岩石地层钻进措施

岩石地层导向孔钻进是带泥浆马达钻进,马达要正常运转需提供较大的泥浆排量从而产生其需要的压差。同时,由于泥浆循环使用时里面会有少量砂处理不净,因而对于作为地下数据信息传输载体的信号线的质量必须保证,以确保信号的反馈正

常,因而接头需采用“三保险法”;每隔 300 米放置一个压线短节,以防止信号线在钻杆中的扭转、破损等;为减小钻孔中的扭矩及推力,采用“钻孔洗孔法”,即:当每根钻杆钻到钳口位置时,调小泥浆压力,快速将钻杆旋转拔到钻机尾部,然后又快速将钻杆旋转钻到钳口位置,从而扩大已钻完的孔,使已钻完孔的环形空间增加,利于钻杆扭矩及推力的传递。

2.3 管线回拖措施

管线预制场地地形起伏不平,且经过两个水泥路面(与出土点标高落差达到 3.5m 左右)。在管线回拖时,由于地形等缘故发送沟不能全线开挖。出土点到水泥路面采用拉运细土垫高,使管头至出土点平缓圆滑过渡,便于管线回拖;管线过路以后,由于地形相对平坦,采用开挖一段发送沟的措施来缓解标高落差带来的困难;其它地段利用滚轮架,将

管线置于滚轮架上,以减小回拖力,保护防腐层。

2.4 泥浆工艺

本次穿越主要地层为泥质砂岩,遇水易碎,不稳定,易抱钻。根据该地质层的特性,采用优化的泥浆配比方案:(1)泥浆粘度不低于 60 秒;(2)在水中加入纯碱,使水软化,改善水质,提高水的 PH 值;(3)膨润土采用高效土;(4)为了确保泥浆的性能,使膨润土有足够的水化时间,在用量不改变的情况下,增加泥浆储存罐;(5)及时测量泥浆各项参数及返出地面泥浆的各项参数。

结束语:通过以上措施,我们确保了穿越两岸导向孔曲线精确,对接顺利,扩孔流畅,回拖顺利。在保证施工质量的前提下,极大地节约了成本,缩短了工期。本次穿越的成功,为我们赢得了业主的信任,同时也充分展现出我们定向钻专业化公司的施工能力。

本期刊登广告厂商目录

封面:德威土行孙工程机械(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

德威土行孙工程机械(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)

坚硬岩石与松软土层交接地质穿越施工

王 佳 张盼军

(中国石油天然气管道局穿越公司, 河北廊坊)

摘 要:本文结合工程实例,详细介绍了在坚硬岩石与松软土层交互复杂地质条件下,进行对接穿越施工的技术难点和施工技术方案。

关键词:水平定向钻、软硬交互地层、对接穿越

水平定向钻穿越在国内是80年代开始不断完善起来的,这种施工方法的优点是,地面不开挖,地面设施及施工周边环境基本不受破坏。项目施工过程中最重要的是施工现场的地面和地下条件,地面条件包括地形、地貌、以及周围建筑物、道路、河流等,地下条件包括原有地下管线、地下水、地层条件等。因此在施工之前必须详细分析现场勘察资料和地质报告。本次穿越施工实例中展示了一次在穿越领域内一次穿越同时含两种特性截然相反地质层的穿越施工,且特性反差极大,使得本次穿越项目产生了极大地不可预见性和高风险,使施工方既承受了极大的压力,同时又充满了挑战。

1 工程概述

本次软硬交接地层水平定向穿越技术应用于浙江沪昆铁路穿越工程,本工程设计管道规格D610×11.9mm直缝双面埋弧焊钢管,设计压力为4.0MPa,原设计穿越长度为570m,穿越曲线中间段经过约140m长的溶结凝灰岩,溶结凝灰岩两侧曲线各经过200m左右的淤泥质粉质粘土,其中粉质黏土、淤泥质粉质黏土,土质较均匀,标贯基数很低,局部呈流塑状态;熔结凝灰岩,呈厚层状,节理裂隙发育,岩芯破碎,岩质极硬,硬度最高达156MPa,整个穿越地层呈现出中间坚硬,两端相对非常松软这样软硬交互的格局,而且穿越软硬交接地层上方正好是沪昆铁路通过点,根据业主要求穿越段所经过的铁路沿线绝对不允许出现冒浆,这种特殊地质和特殊要求的穿越工程目前国内还未

有现成的经验可以借鉴,国内多家非开挖施工队伍都因此望而却步,如图1所示。

此项工程主要存在如下技术难点:

(1) 由于地层呈现软硬交互结构,按照常规施工工艺,导向孔施工需要分别采用两套不同的钻具组合,岩石钻具组合为泥浆马达+9 1/2"钻头穿越岩石地层;软土层钻具组合为5"钻杆+7"无磁钻铤+EBH+钻头的钻具组合。在施工中根据地层频繁更换钻具组合,很可能因为软硬交接地层地质不均造成钻具在退出更换后无法进入原孔。

(2) 同样,扩孔时,两种地层也要分别采用适应两种不同地质施工的钻具进行施工。由于岩石地层坚硬,需要选用岩石钻具施工,且施工时间长;软土层采用适合土层的扩孔器扩孔。施工过程中,软地层扩好的孔洞容易缩颈塌方,所以要求施工时间应短。两种地层同时存在,岩石地层施工时很容易导致软土层塌方,造成抱钻、卡钻等事故,施工风险大大增加。

(3) 预扩孔阶段软硬地层接合处在频繁更换钻具的过程中很可能会形成台阶状结构,无法保证

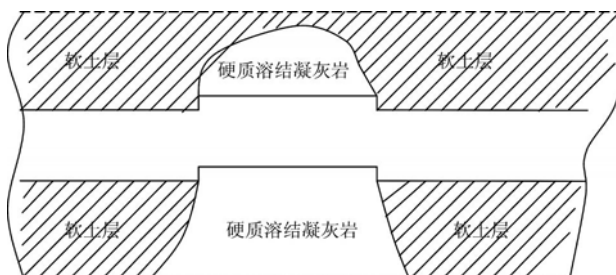


图1 难点地层情况



图2 采用夯管技术解决入土段的软硬交互复杂地层成孔曲线满足设计要求,在回拖管线阶段极易造成卡钻。

(4) 软硬交接地层上方正好是沪昆铁路经过处,施工中,一旦发生泥浆泄露将会直接影响铁路的正常运行,会造成巨大的经济损失和不良的社会影响。

2 技术方案

争得设计单位同意,将入土点向出土侧方向前移 100m 左右,这样就减小了入土侧软土层穿越长度,并利用套管技术夯入岩石截面,解决入土段的软硬交接所带来的不利影响。

2.1 导向孔阶段

采用 5" 钻杆 + 7" 无磁钻铤 + 泥浆马达 + 9 1/2 钻头的岩石钻具组合,在钻头突破坚硬岩石地层后,及时调整钻进工艺,采用高速推进,减小泥浆排量的措施,尽量减弱钻具下沉的趋势,保证了穿越



图3 导向施工过程

曲线的平滑,避免了频繁更换钻具带来的不利影响,一次性穿越软硬交接地层。

2.2 扩孔阶段

导向孔出土后将钻机倒运至出土侧进行扩孔,采用 22"、30"、36" 岩石扩孔器分级一次性扩孔,这种扩孔工艺避免了扩孔器从软土层进入岩石层所造成的成孔出现台阶及入洞难的问题;并在扩孔器突破岩石层后及时加快扩孔速度、减小旋转速度,并减小泥浆排量,使扩孔器迅速通过过渡地层,保证了成孔的圆滑程度,确保回拖工序的顺利完成。

争得设计同意,将设计埋深增加 4m,使穿越曲线岩石层加长,确保铁路下方的穿越曲线在岩石层内,最大可能的减少铁路上方冒浆现象的发生,并在施工中严格执行预定的泥浆方案,在经过岩石层进入土层后,减小泥浆排量,快速通过交接地段,有效地防止了冒浆现象的发生。

3 综合比较及技术创新点

(1) 套管隔离技术首次应用于软硬地层穿越,有效隔离入土段软地层,使其直接与硬质岩石地层相接,避免了钻具从软地层向坚硬岩石地层通过带来的施工风险。

(2) 导向孔和扩孔阶段均采用岩石钻具一次性穿越软硬交接地层的施工方法,避免了频繁更换钻具所造成的重新入洞困难和成孔质量差等多种不利因素,降低了施工风险。

(3) 导向孔和扩孔过程采用岩石钻具一次性完成,减少了更换钻具的多道工序,大大缩短了工期,



图4 回扩施工

节省了更换钻具过程所产生的各种成本。

(4)一次性通过软硬地层的施工保证了孔道通畅,避免了冒浆现象的发生,整个施工过程没有给沪昆铁路正常运行带来任何不利影响,受到了铁路部门和业主的好评,取得了良好的经济和社会效益。

(5)整个施工过程由于成孔质量好,孔道通畅,泥浆全部由出、入土点返出,有利于泥浆的回收处理,并结合泥浆对注技术,大大减少了膨润土的消

耗,降低了施工成本。

4 实施效果

本次软硬交接复杂地层穿越施工,针对工程实际情况创意多,改进多,工艺先进,方案完善,技术成熟,不但使穿越工程顺利完成,而且缩短了工期,节约了成本,取得了良好的经济效益和社会效益,并对今后类似复杂多变地层穿越工程的施工有很好的借鉴和保障作用。

济南首创不停水抢修管道技术引来全国同行学习

由济南市市政公用局水务集团研发的直径1米以下不停水加装闸门、不断管抢修技术,成为第六届中国城镇水务发展国际研讨会上讨论的热点,并引发全国众多同行前来交流学习。

济南水务集团董事长姜海英表示,目前国内多数地区使用传统工艺改造、维修管线,通常将正在运行的管道先停水然后开挖施工,存在时间长、劳动强度大、水资源浪费严重等缺陷。济南水务集团在全国首创研发出直径1米以下不停水加装闸门、不断管抢修技术,将阀门制作成两合的阀体,阀体与管道接触部分使用橡胶圈、螺栓密封,达到阀体与管道的紧密结合。在管道正常运行压力下,不会出现漏水现象。济南水务集团还首创使用切削刀具在不停水状态下切割管道,大大提高了供水抢修水平。

不停水加装闸门管道维修技术,不仅解决了管道维修中的一些难题,还能带来较大经济效益。姜海英举例,以城区直径1米的供水主干管采用不停水维修为例,以相邻闸门间距为2公里、管道内流速为1米/秒、24小时修复完毕计算,正常停水维修时成本为30.8万元,而采用不停水技术成本为15万元。

(济南日报)

萩芦溪水平定向钻穿越对穿施工技术

刘 滨

(胜利油田胜利石油化工建设有限责任公司定向穿越工程公司)

摘 要:本文介绍了福炼一体化配套成品油管道一期工程的萩芦溪管道水平定向钻穿越工程的施工概况。

关键词:水平定向钻进、对接、卵石

萩芦溪管道水平定向钻穿越工程是福炼一体化配套成品油管道一期工程的重点工程,穿越水平长度 890m。穿越主管为 $\Phi 355.6 \times 8.7$ X60 直缝埋弧焊钢管,光缆管为 $\Phi 89 \times 6$ 无缝钢管。主管和光缆管同孔穿越。设计入土角 12° ,出土角 12° 。穿越段设计最大埋深 -23.5 米。

1 地质情况

根据钻探资料,成品油管道萩芦溪段揭露的地层岩性为杂填土、素填土、淤泥、卵石、砾砂、残积土、全风化角砾岩、强风化角砾岩及中风化凝灰融岩。其中卵石层一般粒径 1-6cm,最大粒径 14cm。层厚 6.10 ~ 12.70m。强风化角砾岩为花岗质角砾岩,原岩结构构造尚可辨认,岩芯呈碎块状,手可掰断,节理裂隙很发育,层厚 0.90 ~ 1.20m。中风化凝灰融岩为凝灰质结构,块状构造,岩芯呈短柱状,节理裂隙发育,硬度在 101MPa-109MPa。

2 工程特点和技术难点

2.1 工程特点

出入土点两侧卵石层较厚,粒径较大。地质情况复杂,穿越经过的地层主要有杂填土、淤泥、卵石、中风化凝灰熔岩、强风化角砾岩和全风化角砾岩,软硬交替严重。河流水面较宽,出土侧遍布鱼塘,入土侧河边是铁砂场,涨潮时来往船只很多。

2.2 技术难点

因卵石层厚度、粒径及含量的原因,卡钻严重,

不能成孔,无法直接钻进。地层软硬交替,导向孔钻进时硬地层必须使用动力钻具,导向孔曲线控制及纠偏较为困难。铁砂场及采砂船对磁场干扰非常大,对控向精度有很大影响,且由于水面、鱼塘及过往船只的影响,人工磁场布置困难。

3 主要技术措施

3.1 卵石层处理措施

针对卵石层无法钻进和成孔的情况,采用在出、入土点旁套管的方式隔离卵石层。入土点侧旁隔离钢管 70 米,套管旁到中风化凝灰熔岩。出土点侧旁隔离钢管 80 米,到达全风化角砾岩。隔离钢管用 $\phi 1016 \times 20$ 钢管。施工过程中遵循“勤测量、勤纠偏”的原则,不断检查及时纠正,保证隔离套管入土的角度和方位角符合设计要求。

在隔离套管中安装 $\phi 273$ 钻杆定位套管,保证导向孔位于隔离套管中心位置,同时可防止钻杆在推进过程中产生弯曲。定位套管用 $\phi 960$ 中心定位器支撑。因普通定向钻施工无法保证钻头进入出土侧隔离套管,需采用对穿的施工方法,在出入土点两侧各安装一台钻机,同时钻进,在地下进行对接,完成对接后,入土侧钻头沿出土侧的导向孔出土。

3.2 导向孔施工措施

穿越入土侧使用 Paratrack II 控向系统,出土侧使用 Sharewell 公司的 MGS 控向系统。两种导向仪均为地磁控向,控向精度较高,且不易受地形及障碍物限制。为获得准确的基准磁方位角,分别将两

套控向仪探棒按施工时的钻具组合情况连接好,放于穿越中心线上,用全站仪精确定位,多次测量。钻具组合为:9-1/2" 三牙轮钻头 +172 动力钻具 +7" 无磁钻铤 + 5-1/2" 钻杆。

为减小铁砂场及船只干扰造成的控向偏差,保证控向精度,在出入土两侧分别布置人工磁场。两侧人工磁场覆盖整个穿越区域。入土侧布置 PII 控向系统用的交流磁场线圈。因船只过往频繁,利用退潮时间,在河床露出时,在河底定桩,将磁场线圈固定在河底并压实,防止水流过急移动磁场线圈。所有桩点用全站仪精确测量。回路设在上游约 100 米处的沈海高速荻芦溪大桥上。出土侧布置直流磁场线圈。线圈沿中心线两侧对称布置,宽度为穿越深度的两倍。在鱼塘上方采用架设的方式,尽量保持线圈平直。所有桩点用全站仪精确测量。

为降低对接难度,将对接点设置在离入土点 550 米处,对接点前、后 50 米范围(共 100 米)之内为对接区。穿越曲线在该区域为水平段,且该区域地层为全风化角砾岩,硬度较低。钻进过程中每根钻杆用人工磁场进行测量,根据偏差对基准方位角进行修正,确保导向孔偏差在允许范围之内,同时保证两钻头到达对接点时相对偏差不超过 5 米。

靠近对接区域时尽量保持曲线平直。根据人工磁场提供的深度、左右偏差等数据,引导两台钻机的钻头沿同一条直线钻进,防止对接时两导向孔之间夹角过大。因使用动力钻具,探棒距离钻头超过 10 米,造成数据滞后。控向人员根据每根钻杆钻进

情况对钻头位置进行预测计算,避免过度纠偏。对接时依据偏差控制主钻机的钻进方向,使之逐步向辅助钻机已形成的导向孔平缓趋进,防止一次性调整过度,造成两孔交叉。

3.3 司钻及泥浆控制措施

由于地层软硬不均,司钻根据推力变化判断地层情况,在改变钻进方向时避免过度调整,防止导向孔曲线出现“S”形。对接成功后,主钻机钻头沿出土侧导向孔小泥浆排量快速推进,防止钻出新孔。根据不同的地层选择不同的泥浆配比和排量。根据回流泥浆携砂情况,及时对泥浆参数进行调整。

3.4 扩孔及回拖措施

扩孔过程中继续安装中心定位套管,防止推拉过程中钻杆在隔离套管内产生弯曲变形。扩孔器在经过两侧隔离套管时,尽量降低旋转速度,防止与隔离套管发生碰撞造成损伤。因地层较硬,扩孔至对接点时,反复推拉修孔,以保证孔的光滑、顺畅。扩孔完成后,连接扩孔器及扶正器,进行洗孔和修孔。穿越管道采用发送沟与发送架结合的方式进行回拖。回拖前采取措施,确保回拖管道进入隔离套管时与套管角度一致。

4 结语

虽然荻芦溪定向钻穿越工程地质情况复杂,施工难度较大,但通过采用夯套管、对穿等施工技术,最终取得了成功。为我们以后处理卵石层等复杂地质积累了经验,也使我们在对穿技术方面得到了提高。

顶管技术在截污管道中的施工应用及问题处理

潘义辉 王安德 李均山 袁春娥
(中国地质大学(武汉)工程学院 湖北 武汉 430074)

摘要:给排水管道建设在城市中承担着日益重要的作用,本文以武汉市“清水入湖”二期截污—汤逊湖南湖截污工程为例,针对传统的给排水管道施工方法的不足,对顶管施工方法进行了探讨,简单分析了顶管施工的特点,重点对顶管施工在截污管道建设中的施工应用及顶进过程中出现的问题及解决方案进行了分析讨论,对于进一步推动给排水管道的顶管施工应用具有一定的借鉴意义。

关键词:顶管技术、污水管道、施工工艺

地下给排水管网是城市基础设施的重要组成部分,为城市处理污水、提供自来水的系统等都属于地下给排水管网之内,要对上述市政设施进行改建、新建、扩建,需要工程技术人员进行安全的管道安装。传统的挖槽埋管地下管线施工技术由于对地面交通影响较大,使本来就拥挤繁忙的城市交通如同雪上加霜,同时给市民工作、生活带来许多不便,特别在人口稠密的城市和交通拥挤的地区以及不允许开挖的地段,这个矛盾就更加突出,这已经成了一个迫切解决的问题。能完全能解决这些难题,提供安全及经济的施工方法即非开挖技术应运而生。非开挖技术是指利用少开挖和不开挖技术来进行地下管线的铺设或更换的工艺。顶管技术就是在这种情况下发展起来的一种非开挖技术,其在国外已广泛使用,在国内也已逐渐普及。本文就武汉市“清水入湖”二期截污—汤逊湖南湖截污工程为例,主要讨论在顶管作业施工过程中一些具体的技术问题,以及顶进过程中出现问题的处理方案。

1 顶管施工的特点

顶管法又称为非开挖管道敷设技术,它具有不需要开挖面层,就能穿越地面构筑物 and 地下管线及公路、铁路、河道的特点,相比开挖敷设技术,投资和工期将大大节省。同时,顶管施工技术可以降低噪音,减少粉尘,减轻对城区的交通条件和环境状

况的干扰和破坏,属于真正的无污染、高效率的施工技术。顶管施工法由于其上述多方面的优点,在市政工程中尤其是在市政给排水管线工程中得到了广泛地应用。概括起来,顶管施工技术具有几大方面的优点:施工面由线缩成点,占地面积小;地面活动不受施工影响,对交通干扰小;噪音和震动低,城市中施工对居民生活环境干扰小,不影响现有管线及构筑物的使用;可以在很深的地下或水下敷设管道,可以安全穿越铁路、公路、河流、建筑物,减少沿线的拆迁工作量,降低工程造价,其主要缺点是施工技术难度较高,需要详细的工程地质和水文地质勘探资料。本文涉及的汤逊湖南湖截污工程即穿越了江夏区毅恒街延长线,车流量较大,顶管施工过程中未对其上道路交通造成影响。采用顶管施工优势明显。

2 顶管技术施工应用分析

2.1 工程概况

本工程为武汉市“清水入湖”二期截污—汤逊湖南湖截污工程,工程建设地点位于武汉市江夏区毅恒街延长线,因穿越道路又属于深埋管道,因此采用顶管技术施工。

2.2 顶进管的选择

顶进管一般选用钢筋砼管,如没有腐蚀要求可选用钢管。钢筋砼管的规格设计、配筋和应力验算

应遵守有关钢筋砼的标准和技术规程,特别是有关钢筋砼管的标准和技术规程。本工程管道为截污管道,采用的是 $\Phi 1500\text{mm}$ 的预应力钢筋砼管。

2.2.1 顶进管直径的选择

顶进管的直径选择是首先根据工程性质、工程需要确定内径,根据顶进管所受荷载确定砼管的配筋及壁厚,进而确定外径。因为顶管工程工作面上需要配备挖土工人,所以一般管内径不小于 500mm 。本工程截污管道内径为 $\Phi 1500\text{mm}$ 。

2.2.2 顶进管长度的选择

顶进管的长度对顶管过程的可控性和经济性有很大的影响。在直线推顶的情况下使用长管可以减少装管的次数,取得良好的效果,但随着管长度的增长,如果偏离原定的路线,使之恢复正确路线要比使用短管更加困难。建造顶压坑时顶压坑的长度也要增大,挖坑、支护、回填、修复的费用将相应地增加。反之,在直线上推顶很短的管也较困难,因为短管比较容易向周围土层中挤入,致使整个管列呈蛇形弯曲,这便降低了管路顶进的可控性。

一般情况下,管长度须相对于管径来衡量,当 $L/D \leq 1.10$ 时,为短管;当 $L/D = 1.15$ 时,为标准管;当 $L/D \geq 2.10$ 时为长管。本工程所使用的排污管道长度为 $L=2500\text{mm}$ 。

2.3 顶管施工的前期准备

2.3.1 现场平面布置

平面总体布置包括起重设备、自动控制室、料具间、管片堆场、拌浆棚及拌浆材料堆场、注水系统、弃土坑的布置等。始发工作井内安装发射架、顶管机、前顶铁、主推千斤顶、反力架等顶进设备,工作井边侧设置下井扶梯供施工人员上下。

2.3.2 顶管机进、出洞处以及后靠土体加固

为确保顶管机出洞的绝对安全,需对后靠土体及进、出洞区域土体进行高压旋喷桩加固。为防止顶管机进、出预留洞导致泥水流失,并确保在顶进过程中压注的触变泥浆不流失,必须在工作井安装洞口止水装置。

2.4 顶管施工的工艺

顶管施工又称为顶进法施工,是指利用顶进设备将预制的箱形或圆形构造物逐渐顶入路基,以构成立体交叉通道或涵洞的施工方法。顶管施工需先

在确定的管段之间设置工作井和接收井,然后在工作井内安装推力设备将导轨上的顶管机头推入土体,由机头导向,将预制的钢筋混凝土管向前顶进,前端土体通过工作井运出,最后完成管道铺设。

本工程共设置三个工作坑、五个接收坑,顶管长度约 530m 。顶管施工,选择管道的相应检查井位置设置3个工作井和5个接收井进行顶进,工作井作管道顶进用,接收井为顶管出洞用。管道顶进完后,再施作污水检查井。本工程采用传统的手掘式顶进,未使用顶管机(尚未完工)。

2.4.1 顶管井的设计

顶管井分工作井与接收井两种,顶管井的建造结构有很多种类,一般使用钢筋混凝土结构。工作井的结构形式通常有单孔井和单排孔井。前者形状有圆形、正方形、矩形等,后者则大多为矩形,它们的结构受力性能由高至低依次为圆形-正方形-矩形。本工程采用的是矩形单孔井结构。结构布置时,可在井内设置内支撑,改善结构受力。在建造过程中,工作井按双向顶进设计,与接收井间隔布置,间距与设计检查井间距一致,施工完毕,在工作井和接收井的位置上按设计要求做检查井。

2.4.2 顶管施工工序

①穿墙:打开穿墙闷板将工具管顶出井外,并安装穿墙止水装置,主要技术施工措施如下:a穿墙管内填夯压密实的纸筋粘土或低强度水泥粘土拌和土,以起到临时性阻水挡土作用;b为确保穿墙孔外侧一定范围内土体基本稳定并有足够强度,工作井工具管穿墙前,对穿墙管外侧采取注浆固结措施;c穿墙前对可能出现的问题进行分析并制定相应处理措施;d闷板开启后迅速推进工具管,同时做好穿墙止水,本工程采用止水法兰加压板,中间安入 20mm 厚的天然优质橡胶止水板环,要求具有较高的拉伸率和耐磨性,借助管道顶进带动安装好的橡胶板形成逆向止水装置,应防止因穿墙管外侧的土体暴露时间过长而产生扰动流变。②顶管出洞:顶管出洞是顶管作业中一个很值得注意的问题,顶管出洞,即顶管机和第一节管子从工作井中破出洞口封门进入土中。开始正常顶管前的过程,是顶管技术中的关键工序,也是容易发生事故工序。为防止管线出现偏斜,应采取工具管调零,在工具管

下的井壁上加设支撑,若发现下跌立即用主顶油缸进行纠偏,工具管出洞前预先设定一个初始角弥补下跌等措施。③注浆减阻:在顶管施工中还有一个重要的技术措施就是通过压注触变泥浆填充管道周围的空隙,形成一道泥浆保护套,起到支撑地层,减少地面沉降,减少顶进阻力的作用。在施工中,首先对顶管机头尾部压浆,并要与顶进工作同步,然后在中续间和混凝土管道的适当位置进行跟踪补浆,以补充在顶进中的泥浆损失。注浆工序一般多应用于长距离顶管施工中。④顶管纠偏:纠偏是指机头偏离设计轴线后,利用设置在后部的纠偏千斤顶组,改变机头端面的方向,减少偏差,使管道沿设计轴线顶进。顶进纠偏是采用调整4台纠偏千斤顶组的方法,进行纠偏操作,若管道偏左则千斤顶采用左伸右缩,反之亦然。如果同时有高程和方向偏差,则应先纠正偏差大的一边。纠偏应做到在顶进中采用小角度分级逐步进行,勤调微纠。当顶管机头发生旋转时,可采取在管内的相反方向增加压重块或在中间站提供旋转纠正力矩等方法纠正。

3 顶管过程中出现的问题及处理

3.1 顶进过程中出现的问题

3.1.1 管道偏移及破裂

管道在顶进过程中,由于2台分离的千斤顶与管道中心线发生了偏移,不在一条平行线上,导致其合力的作用点与管壁反作用力作用点不在同一轴线上,顶进过程中发生了管道偏移,以及因受力不均而导致的管道破裂。这就需要适时调整两台千斤顶位置,使之始终保持与管壁反作用力作用点在同一轴线上,保证各千斤顶活塞的出力和行程一致。

3.1.2 土层坍塌

顶管施工过程中,曾一度发生土体坍塌,坍塌涌入量充填满3节管道之多,致使地面发生沉降。加之近来武汉进入雨季,地下水位抬高,施工难度加大,直接影响工程进度。必须采取措施进行处理。

3.2 预防与处理

管道破坏的预防主要有以下几点:其一、加强注浆工作,注浆的首要作用是润滑,减少顶进力;其次可对土体起到护壁作用,减少岩土体的坍塌;第三

可有效阻止地下水通过管壁裂隙的渗漏。其二、顶进过程中的纠偏要及时,幅度不要太大。往往在顶进过程中,操作者看到其轴线维持在要求范围以内而不纠偏,等到超过范围时再行纠偏,这时的纠偏量,往往比实时纠偏的量要大,容易引起管接口处的局部受力,同时对管周的土体扰动也大。做好以上两点也不可能完全避免管道的破裂,所以在顶进时要时刻注意顶进力的变化,并加大管内的巡视,在出现小裂纹时应即时进行处理,避免问题扩大化,造成处理难度加大,处理时间延长。

对于土体坍塌问题,通过对管道上覆土体性质进行分析,其土质以软粘土为主,对比论证后采用粉喷桩加固土体方案,在接下来的顶管过程中未发生大面积坍塌,效果良好。

粉喷桩属于深层搅拌法加固地基方法的一种形式,也叫加固土桩。深层搅拌法是加固饱和软粘土地基的一种新方法,它是利用水泥、石灰等材料作为固化剂的主剂,通过特制的搅拌机械就地软土和固化剂(浆液状和粉体状)强制搅拌,利用固化剂和软土之间所产生的一系列物理-化学反应,使软土硬结成具有整体性、水稳性和一定强度的优质地基。粉喷桩就是采用粉体状固化剂来进行软基搅拌处理的方法。

粉喷桩最适合于加固各种成因的饱和软粘土,目前国内常用于加固淤泥、淤泥质土、粉土和含水量较高的粘性土。

3.3 施工中其它应该注意的问题

加强降水作业的管理,顶进作业时,降水水位尽可能保证维持在管道以下,避免因水位的变化使管道的浮力增加,因为在浮力和顶进时的振动,会抬升管道的高程。同时在工作井中要备用明排泵,保证渗水量过大时的排水。

在湿度较高时温度对测量的影响较大,所以施工中要充分考虑通风、降温问题,这在武汉等炎热地区用激光经纬仪控制施工精度的顶管中尤为重要。

尽可能减少施工中长时间中断,这不仅会增大顶力,同时整个系统出现的任何问题都可能会影响到顶管机的安全。

发电机的选型:在气候炎热、潮湿的地区施工,

要充分考虑发电机的过载能力及备用容量,避免因天气原因导致发电机出力不足时的顶进停止。

在分段施工中,各井之间的管道连通后,降水问题将会相互干扰。要隔断已完成段于现施工段之间的连通,在每段管线的管头上戴上堵头,防止淹没现施工段顶管的工作井。

4 结论与建议

顶管工艺的施工从技术上讲是完全可行的,相对于开槽埋管从社会效益与经济效益上来讲更具有优越性。从根本上改变了城市管网乱挖现象;另外一方面从切实做到保护环境入手,加大推广顶管施工技术力度势在必行,可以预见未来的管线铺设技术将以顶管工艺为支撑。

顶管施工技术在本次截污管道工程施工中的应用表明,只要各项技术环节考虑充分、全面,各

项技术、施工措施得当,管理到位,定能达到预期目标。

参考文献:

- [1] 马保松, D.Stein, 蒋国盛等. 顶管和微型隧道技术[M]. 人民交通出版社, 2004.
- [2] 余彬泉, 陈传灿. 顶管施工技术[M]. 人民交通出版社, 2005.
- [3] 张传安. 软土地区双排大口径顶管施工技术[J]. 铁道标准设计, 2009(3).
- [4] [德]马·谢尔勒著, 漆平生, 杨顺喜, 李周译. 顶管工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社. 1983.
- [5] 王峰. 顶管技术在泵站出水管道施工中的应用[J]. 城市道桥与防洪. 2006.(2):22-23.
- [6] 给水排水管道工程施工及验收规程[S]. 中华人民共和国建设部发布. 1997.

国内首个“燃气管道高压翻转内衬修复试验段”开工

国内首个燃气管道高压翻转内衬修复试验段工程于9月10日在东三环(老虎洞-华威桥)正式开工。

北京天环燃气有限公司非开挖分公司与德国KARLWEISS公司合作, 引进该公司Starline HPL-G技术, 应用于本市的高压燃气管线改造项目。

9月初, 德国方面专家与设备先后抵达了北京, 并将于开工仪式后立即展开试验段的施工工作。根据计划安排, 本工程核心部分工艺由德方独立完成。KARLWEISS公司将于今天开始实施喷砂清理和starlineHPL-G180翻转内衬工艺的操作。德方全部工作预计将于9月底完成, 全部工程将于10月20日竣工。

为了此次工程的圆满成功, 也首次使用了自主开发的PDA管理系统, 做到了工程资料、流程、进展时时监控, 统一管理。

此项试验段是市燃气集团今年管道修复项目中的重要工程, 得到了相关领导的高度重视, 将力争建成集团技术改造项目中的优质工程; 燃气高压管道翻转内衬修复的代表性工程; 在国内同行业具有领先和指导地位的样板工程。



水平平行顶管相互影响分析

陈林¹ 鲍立平² 黎岩³

(1. 上海青草沙投资建设发展有限公司; 2. 宏润建设集团股份有限公司; 3. 同济大学)

摘要:水平平行顶管的相互作用是一个十分复杂的过程,当水平平行顶管距离较近时,先施工顶管对周围土体产生的扰动会使后施工顶管施工时产生的扰动加剧,后施工顶管由土体损失引起的最大地面沉降值变大,且地面沉降曲线是不对称的,其最大沉降点要向先施工顶管方向偏移。同时,后施工顶管会使周围土体产生附加应力,从而在相邻管道上产生附加荷载。顶管施工引起土体附加应力的因素主要有正面附加推力、顶进过程中掘进机和后续管道与周围土体之间的摩擦力以及土体损失,利用弹性力学的 Mindlin 解,推导出顶管正面附加推力、掘进机和后续管道与土体之间的摩擦力在相邻水平平行管道上引起的附加应力计算公式。

关键词:水平平行顶管、地面沉降、Mindlin 解、附加应力

近年来顶管施工技术在我国得到迅速发展,并广泛应用于取排水管道工程中。水平平行顶管在工程应用中使用较多,由于管道之间的相互影响,水平平行顶管产生的沉降要大于单顶管,特别是当轴线距离较近时会对周围环境造成较大危害。同时,后施工顶管在施工过程中会在已建相邻管道上产生附加应力,对相邻管道产生一定的影响。因此,预测水平平行顶管施工引起的地面沉降量及计算附加应力对指导工程施工有重要意义。

上海市青草沙水源地原水工程严桥支线 C11 标采用平行顶管技术,两顶管轴线距离 7.2m,设计净距仅 3.6m,约 1 倍的顶管直径。为此,本文运用有限元软件 Plaxis2D 模拟计算其沉降。同时,基于弹性力学 Mindlin 解^[1],讨论顶管正面推力、掘进机和后续管道与土体之间的摩擦力在相邻水平平行管道上引起的附加应力,进而有助于近距离顶管的设计与施工。

1 地面沉降分析

先施工顶管产生的地面沉降曲线一般呈轴对称,施工引起的土体扰动随着离顶管距离的增大而逐渐减小。当两顶管轴线距离较近时,一方面由于先施工顶管引起土体扰动,使土体强度降低,造成

后施工顶管引起的土体扰动加剧,另一方面后施工顶管开挖时周围朝向先施工顶管一侧的土体扰动程度要大于另一侧土体,施工时该侧的土体损失也要大于另一侧。所以,后施工顶管由于土体损失引起的最大地面沉降值和沉降槽宽度都要大于先施工顶管,且地面沉降曲线是不对称的,其最大沉降点要偏向先施工顶管侧^[2]。

2 附加土应力分析

水平平行顶管的相互作用是一个十分复杂的过程。后施工顶管会使周围土体产生附加应力,从而在相邻管道上产生附加荷载。顶管施工引起土体附加应力的因素主要有正面附加推力、顶进过程中掘进机和后续管道与周围土体之间的摩擦力以及土体损失。其中土体损失引起的土体附加应力较难计算。

顶管在正常固结软土中顶进,不考虑掘进机偏斜和注浆压力。分析中假定:

- (1)一条管道已存在,邻近的第二条管道平行该已存管道顶进施工;
- (2)不计已建管道本身刚度对荷载传递的影响;
- (3)土体为均质线弹性半无限体^[3];

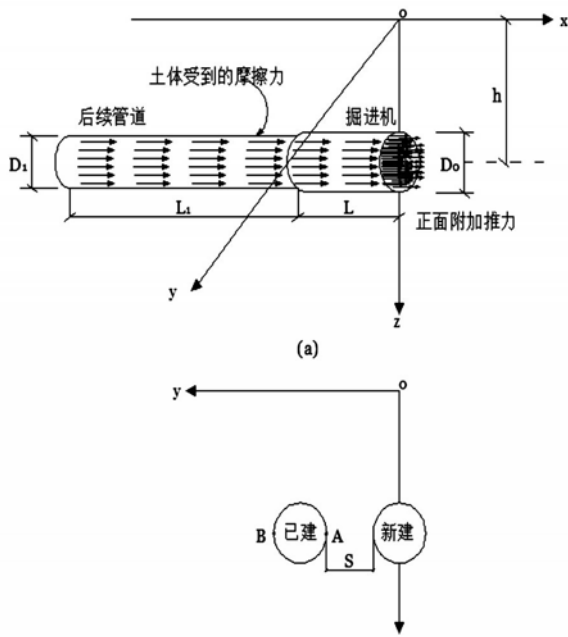


图1 计算模型简图

(4)后施工顶管的推进面为荷载作用面,将正面附加推力近似为圆形均布荷载^[4];

(5)掘进机和后续管道与周围土体之间的摩擦力均匀分布;

(6)管道的推进仅为空间位置上的变化,不考虑时间效应。

图1(a)为力学计算模型,图中 D_0 为掘进机外直径(m); D_1 为管道外直径(m); h 为后施工顶管轴线埋深(m); L 为掘进机长度(不包括刀盘长度,m); L_1 为后续管道总长度(m)。图1(b)为双线平行顶管的相对位置示意图, S 为双线平行管道净间距(m)。

Mindlin(1936)给出了半无限弹性体内某深度处一水平集中力引起的土体附加应力计算公式^[4],利用该解来推导正面附加推力和摩擦力引起的周围土体附加应力 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ 。对于水平平行顶管, σ_y 对相邻管道变形产生主要影响, σ_x, σ_z 引起的附加荷载较小。因此,此处主要讨论 σ_y 的分布。

2.1 正面附加推力引起的附加应力

计算所取坐标系如图1所示,在图中荷载作用圆截面内取微分面积 $rdrd\theta$,利用Mindlin弹性解,通过直接积分得到圆形均布荷载作用下土体中任一点 (x, y, z) 的附加应力 σ_{y1} 为

$$\sigma_{y1} = \int_0^{2\pi} \int_0^{D_0/2} \frac{Px}{8\pi(1-\mu)} \left\{ \frac{-1+2\mu}{M_1^3} - \frac{(1-2\mu)(3-4\mu)}{N_1^3} + \frac{3(y+r\cos\theta)^2}{M_1^5} + \frac{3(3-4\mu)(y+r\cos\theta)^2}{N_1^5} + \frac{4(1-\mu)(1-2\mu)}{N_1(N_1+z+h-r\sin\theta)^2} \left(1 - \frac{(y+r\cos\theta)^2(3N_1+z+h-r\sin\theta)}{N_1^2(N_1+z+h-r\sin\theta)} \right) - \frac{6(h-r\sin\theta)}{N_1^5} \cdot (h-r\sin\theta - (1-2\mu)(z+h-r\sin\theta)) - \frac{30z(h-r\sin\theta)(y+r\cos\theta)^2}{N_1^7} \right\} r dr d\theta \quad (1)$$

$$M_1 = \sqrt{x^2 + (y+r\cos\theta)^2 + (z-h+r\sin\theta)^2} \quad (2)$$

$$N_1 = \sqrt{x^2 + (y+r\cos\theta)^2 + (z+h-r\sin\theta)^2} \quad (3)$$

式中: μ —为土体泊松比;

P —掘进机正面附加推力(kPa)。

2.2 掘进机与土体之间的摩擦力引起的附加应力

计算所取坐标系见图1。采用极坐标,取掘进机壳体表面的微分面积 $Rdrd\theta$,利用Mindlin弹性解,通过直接积分得到掘进机与土体之间的摩擦力作用下土体中任一点 (x, y, z) 的附加应力 σ_{y2} 为

$$\sigma_{y2} = \frac{R_0 p}{8\pi(1-\mu)} \int_0^{2\pi} \int_0^L (x+r) \left\{ \frac{-1+2\mu}{M_2^3} - \frac{(1-2\mu)(3-4\mu)}{N_2^3} + \frac{3(y+R_0\cos\theta)^2}{M_2^5} + \frac{3(3-4\mu)(y+R_0\cos\theta)^2}{N_2^5} + \frac{4(1-\mu)(1-2\mu)}{N_2(N_2+z+h-R_0\sin\theta)^2} \left(1 - \frac{(y+R_0\cos\theta)^2(3N_2+z+h-R_0\sin\theta)}{N_2^2(N_2+z+h-R_0\sin\theta)} \right) \right\} R dr d\theta \quad (4)$$

$$M_2 = \sqrt{(x+r)^2 + (y+R_0\cos\theta)^2 + (z-h+R_0\sin\theta)^2} \quad (5)$$

$$N_2 = \sqrt{(x+r)^2 + (y+R_0\cos\theta)^2 + (z+h-R_0\sin\theta)^2} \quad (6)$$

式中: R_0 —掘进机半径(m);

p —掘进机与土体之间单位面积的摩擦力(kPa)。

近似取轴线处的垂直土压力作为平均压力,则

$$p = \sigma_N f \quad (7)$$

式中: σ_N —管道轴线处的法向压力(kPa);

f —摩擦系数。

(3)后续管道与土体之间的摩擦力引起的附加应力

计算所取坐标系见图 1。采用极坐标,取管道表面的微分面积 $R_1 dr d\theta$, 利用 Mindlin 弹性解,通过直接积分得到后续管道与土体之间的摩擦力作用下土体中任一点 (x, y, z) 的附加应力 σ_{y3} 为

$$\sigma_{y3} = \frac{R_1 p_1}{8\pi(1-\mu)} \int_0^{2\pi} \int_L^{L+L_1} (x+r) \left\{ \frac{-1+2\mu}{M_3^3} - \frac{(1-2\mu)(3-4\mu)}{N_3^3} + \frac{3(y+R_1 \cos \theta)^2}{M_3^5} + \frac{3(3-4\mu)(y+R_1 \cos \theta)^2}{N_3^5} + \frac{4(1-\mu)(1-2\mu)}{N_3(N_3+z+h-R_1 \sin \theta)^2} \right. \\ \left. \left(1 - \frac{(y+R_1 \cos \theta)^2(3N_3+z+h-R_1 \sin \theta)}{N_3^2(N_3+z+h-R_1 \sin \theta)} \right) - \frac{6(h-R_1 \sin \theta)(h-R_1 \sin \theta - (1-2\mu)(z+h-R_1 \sin \theta))}{N_3^5} - \frac{30z(h-R_1 \sin \theta)(y+R_1 \cos \theta)^2}{N_3^7} \right\} dr d\theta \quad (8)$$

$$M_3 = \sqrt{(x+r)^2 + (y+R_1 \cos \theta)^2 + (z-h+R_1 \sin \theta)^2} \quad (9)$$

$$N_3 = \sqrt{(x+r)^2 + (y+R_1 \cos \theta)^2 + (z+h-R_1 \sin \theta)^2} \quad (10)$$

式中: R_1 —后续管道半径(m);

p_1 —掘进机与土体之间单位面积的摩擦力(kPa)。

3 相互影响分析实例

上海市青草沙水源地原水工程严桥支线 C11 标采用超长距离大直径钢顶管施工,顶进路线分为直线段和曲线段,直线段长约 890m,曲线段长约 170m,曲率半径 881m,其中从工作井 J45 到工作井 J42B 段为曲线顶进,分为 I、II 号两条管线,南北平

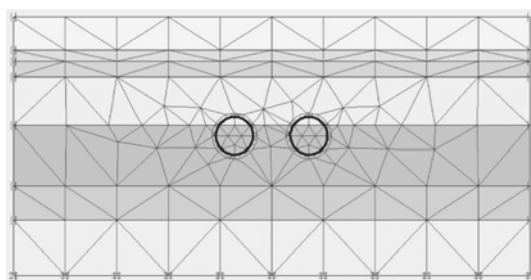


图 2 整体有限元网格划分图

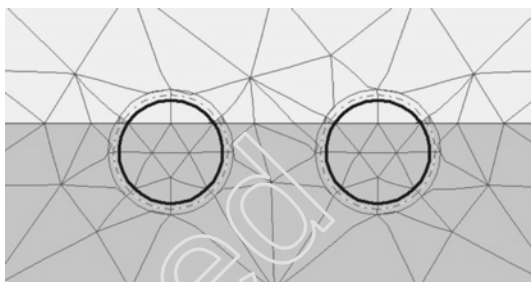


图 3 顶管局部有限元网格划分图

行布置。顶管埋深 11.5m,钢管内径为 3600mm,外径 3668mm,两顶管轴线距离 7.2m。

3.1 地面沉降的计算

计算程序采用 Plaxis2D 软件,土体采用三角形单元进行网格划分,并对顶管周围土层加密,有限元模型网格划分如图 2、3 所示。

根据圣维南原理和实际需要,模型计算范围在横向取约 4 倍顶管直径、竖向取约 3 倍顶管直径,适当加宽加深,即 X 方向左右均取距顶管外侧约 20m, Y 方向向下取约 12m、向上取至土体表面。模型边界条件对于左右两侧给定 X 方向位移约束,地面 Y 方向位移约束。

表 1 土层物理力学参数

土层层号	土层名称	厚度 (m)	标高 (m)	重度 γ (kN/m ³)	粘聚力 c /(kPa)	内摩擦角 φ (°)	静止侧压力系 数 K
①	杂土	3.2	0.61	18.0	10	15.0	0.40
③1	淤泥质粉质粘土	1.1	-0.49	17.6	12	19.5	0.49
③1 夹	粘质粉土	1.5	-1.99	18.6	6	30.0	0.40
③2	砂质粉土夹淤泥质粉质粘土	4.7	-5.69	18.2	8	25.5	0.42
④	淤泥质粘土	5.8	-11.49	16.7	14	11.0	0.59
⑤1-1	粘土	3.3	-14.79	17.4	16	12.5	0.53

表 2 钢管参数表

	重度 w (kN/m^3)	抗拉刚度 EA (kN/m)	抗弯刚度 EI (kNm^2/m)	有效厚度 d (m)	泊松比 ν
钢管	78.5	6.8×10^9	6.55×10^5	0.034	0.3

根据依托工程的工程地质资料,土体计算参数如表 1、钢管计算参数如表 2。

地下水位线取地面以下 1m, 采用顶管收缩模拟地层损失,取 6 种工况,见表 3。计算结果如图 4 所示,图中 X 轴上 0 为 II 号管轴线处, I 号管轴线横坐标为 -7.2m, 图中 II 号管引起的地面沉降扣除了 I 号管完工后产生的地面沉降。

表 3 计算工况

工况	地层损失率	
	I 号管(先顶管)	II 号管(后顶管)
1	0.8%	0.8%
2	0.8%	1.0%
3	1.0%	1.2%
4	1.0%	1.5%
5	1.2%	1.5%
6	1.5%	2.0%

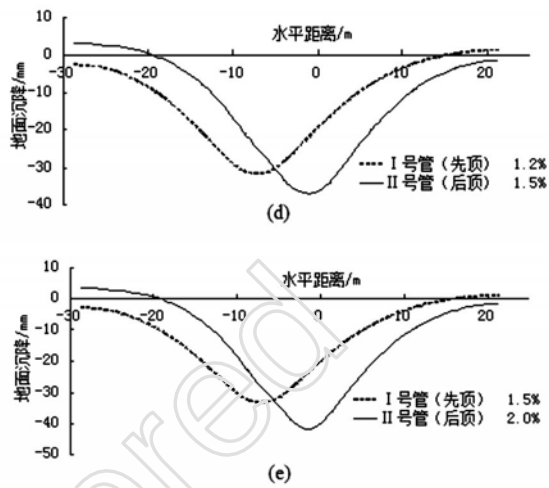
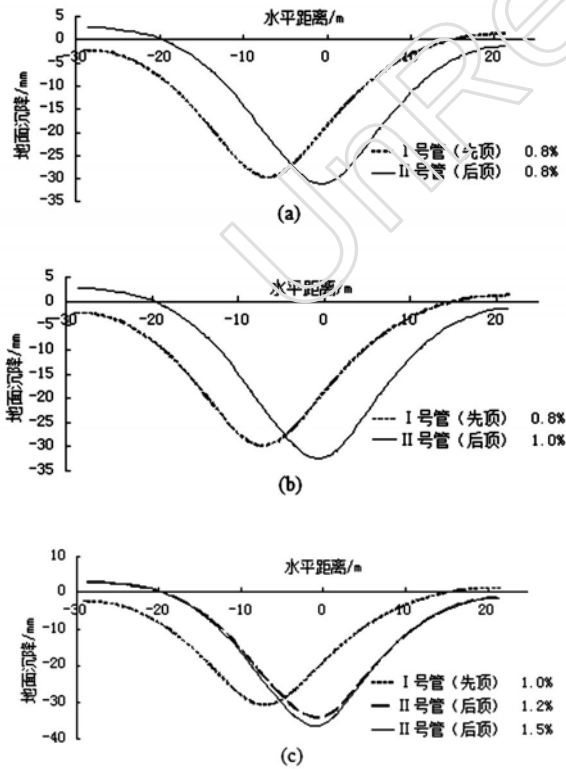


图 4 各工况下 I、II 号管引起的地面沉降

由图 4(a)知, I、II 号管开挖产生的地层损失率相同时, II 号管引起的地面沉降最大值较工况 1 中的大,结合其余 4 图可知, II 号管引起的地面沉降曲线是不对称的,最大沉降点向 I 号管方向偏移,原因是 I 号管对周围土体产生的扰动会使 II 号管施工时产生的扰动加剧,从而产生更大的地面沉降。II 号管产生的地层损失越大,这一现象越明显,这点从图 4(e)可以看出。

实测某剖面沉降曲线图 5 所反映的趋势与图 4 相同。

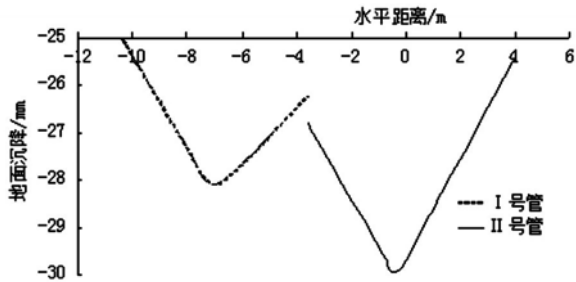


图 5 某剖面地面沉降实测值

3.2 II 号管推进对 I 号管的附加土应力的计算

取 I 号管表面点为分析对象, 分别取 $z=h \pm 0, 0.1D, 0.2D, 0.3D, 0.4D, 0.5D$ 相应的 $y=B+D-\sqrt{D^2/4-(z-h)^2}$, 计算各点的附加应力 σ_y , 求出它们的平均值, 将其作为该轴向坐标 x 处的附

加应力^[2],并得出附加应力沿轴向 x 的分布。

(1)正面附加推力引起的附加土应力 σ_{y1}

计算参数取值如下: $D_0=3.71\text{m}$, $R_0=1.855\text{m}$, $S=3.6\text{m}$, $h=11.5\text{m}$, $\mu=0.3$, $P=20\text{kPa}$, 将其带入式(1)、(2)、(3)进行计算。

如图 6 所示,正面附加推力在 I 号管产生的附加土应力曲线呈反对称分布,在开挖面前方产生压应力,附加土压力迅速增加,在前方约 2.5m 处达到峰值,随后逐渐下降,在前方约 13m 处几乎为 0;开挖面处附加土应力为 0,在后方则产生拉应力。

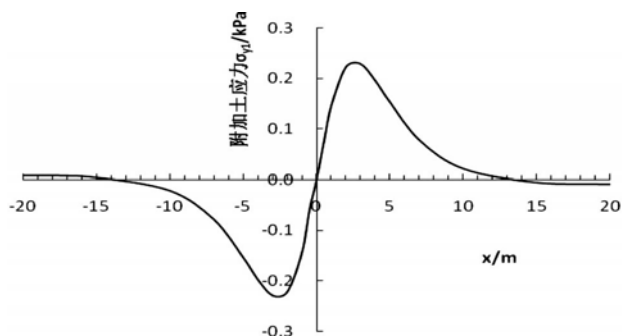


图 6 正面附加推力引起的附加土应力分布

(2)掘进机与土体之间的摩擦力引起的附加土应力 σ_{y2}

计算得顶管轴线处郎肯主动土压力 σ_N 约为 90kPa,取 $f=0.3$, $p=\sigma_N f$ 取为 30kPa, $L=4.5\text{m}$,其余参数同上,将其带入式(4)、(5)、(6)进行计算。

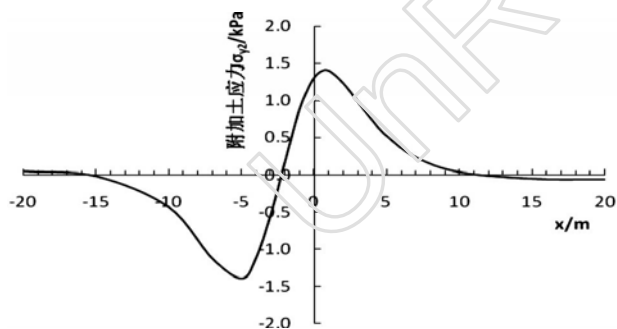


图 7 掘进机与土体之间的摩擦力引起的附加土应力分布

如图 7 所示,附加应力 σ_{y2} 在开挖面后方约 2m 至前方 10m 处为压应力,并在开挖面前方迅速达到峰值,开挖面前方 10m 后几乎为 0;后方 2m 至 15m 处为拉应力。

(3)后续管道与土体之间的摩擦力引起的附加土压力 σ_{y3}

$D_1=3.668\text{m}$, $R_1=1.834\text{m}$, $p_1=3.5\text{kPa}$, 取 $L_1=50\text{m}$

(取更大值时计算结果相差不大),将其带入式(8)、(9)、(10)进行计算。

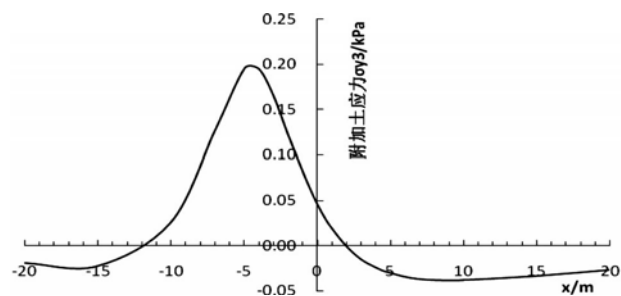


图 8 后续管道与土体之间的摩擦力引起的附加应力分布

由图 8 可见,后续管道摩擦力在 I 号管上主要产生压应力,且主要作用在开挖面后方,其峰值在开挖面后方约 5m 处。

(4)共同作用引起的附加土应力

将 σ_{y1} 、 σ_{y2} 、 σ_{y3} 叠加得到 σ_y 的分布图。由图 9 可见,在正常施工时,II 号管掘进机与土体的摩擦力在 I 号管上引起的附加土应力最大,是影响附加土应力的主要因素。 σ_y 在开挖面后方 2.5m 至前方 10m 为压应力,在前方约 1m 处,附加土压力最大达到 1.57kPa。开挖面后 2.5m 后为拉应力,由于土能够承受的拉应力很小,因此实际情况中开挖面后 2.5m 附加土应力几乎为零。

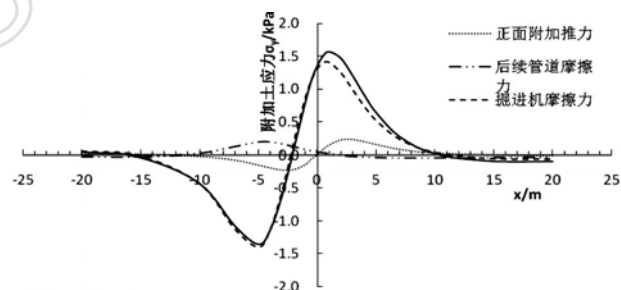


图 9 共同作用引起的附加应力分布

4 结论

(1)近距离水平平行顶管工程中,后施工顶管由土体损失引起的最大地面沉降值变大,且地面沉降曲线是不对称的,其最大沉降点要向先施工顶管方向偏移。

(2)水平平行顶管中后施工顶管会使周围土体产生附加应力,从而在相邻管道上产生附加土压力。顶管施工引起土体附加土压力的因素主要有正面附加推力、顶进过程中掘进机和后续管道与周围

土体之间的摩擦力。

(3)水平平行顶管顶进过程中,后顶管掘进机与周围土体之间的摩擦力在先顶管上产生的土压力是影响附加土应力的主要因素。依托工程中,附加土压力最大可达到 1.57kPa。

参考文献:

[1] Mindlin R D. Force at a point in the interior of a Se-

mi- infinite solid[J]. Physics, 1936,7(5):195-201.

[2] 魏新江,魏纲. 水平平行顶管引起的地面沉降计算方法研究[J].岩土力学,2006,27(7):1129-1132.

[3] 李永盛, 黄海鹰. 盾构推进对相邻桩体力学影响的实用计算方法 [J]. 同济大学学报,1997,25(3): 274-280.

[4] 胡昕, 黄宏伟. 相邻平行顶管推进引起附加荷载的力学分析[J].岩土力学,2001,22(1):75-77.

国内首个“管道修复技术实验中心”揭牌



北京天环燃气有限公司非开挖分公司与具有百年管道施工经验的德国 KARLWEISS 公司合作, 引进该公司 Starline HPL-G 技术,应用于本市已运行 20 余年的东三环(老虎洞-华威桥)800 多米高压燃气管线改造项目。这是国内首次引进国际先进翻转内衬对高压管线进行修复,该技术填补了国内非开挖修复技术在高压燃气管道上应用的空白。

为配合新技术引进实施,更好了解掌握该技术,检验修复效果,解决修复后管线运行管理中的问题及积累原始数据,市燃气集团下属高压管网分公司与天环燃气公司共同合作建设的国内燃气行业首个“管道修复技术实验中心”于 8 月 29 日揭牌

该中心的成立为高压内衬标准的制定提供了数据和理论信息,从而能更好的服务于集团。同时也可以为国内同行在该领域的探索,提供成果。具有重大的意义。

葡萄牙渔场项目海水摄取与排泄管道非开挖安装工程

Marc Schuermans 著 黄学刚 译

摘 要:一个微型隧道项目建于葡萄牙波尔图以南 100 公里处的米拉市。该项目是在有史以来最大的比目鱼养殖场的框架内建立起来的。世界领先的渔业公司 PESCANOVA 承诺将在 2008-2009 年间修建微型隧道来经营一个年产量为 7000 吨的水产养殖场。

管道安装的目的是为了给渔场供给海水为比目鱼养殖创造一个理想的环境,该管道的流量为 25m³/s。为了长期维持一个稳定的水温,渔场必须要建造海水摄取管道。由于微型隧道对环境的影响最小,因此该技术得到了项目的青睐。

该微型隧道项目由两条内径为 3m,长 1500m 的海水摄取管道及两条内径分别为 2.6m 和 3m,长 1350m 的海水排泄管道组成。顶管始发井采用地下连续墙建造,其直径为 20m,深 15m。该项目由比利时 K-BORINGEN 公司承建,就其尺寸(长度和直径)和施工时间而言,该项目被认为是一项世界纪录。

该项目主要难题可以归纳如下:

- (1)需要研发一种新型微型隧道施工机械(海瑞克 AVND 2400)及相关辅助设备;
- (2)需要在现场建立一个管道厂来制造外径分别为 3.3m 和 3.8m,长为 4m 的管道,其单位重量为 43 吨;
- (3)要求对沿海地区自然环境的影响降低到最小;
- (4)要求在严格的时间安排里完成四条管道的建设,以及在当地恶劣的海洋气候条件下完成微型隧道机器的回收。

关键词:微型隧道、回收、海洋

上世纪 90 年代,为了满足人们对海鲜日益增长的需求,又加上野生捕捉配额受到限制,因此,西班牙海鲜集团 Pescanova 开始研究在世界范围内发展水产养殖设施的可能性。最近,该集团建立了全球最大的大菱鲆养殖场。该新型水产养殖场位于葡

萄牙波尔图以南 100 公里处的米拉市(如图 1),并且创造了近 200 个工作岗位以及 600 个间接的就业机会。该项目需要投资 2 亿欧元,其中 4500 万欧元来自于公共机构。Pescanova 集团估计该养殖场的大菱鲆年产量将会从 7000 吨增长到 10000 吨,总产量的 99%将会被出口到欧洲各国。

为了给鱼类繁殖营造一个良好的环境,摄取大量的新鲜海水对于一个大渔场来说是非常必要的。在这种情况下,新鲜海水的需求量大约为 25m³/s。由于微型隧道对环境的影响最小,该技术被用来实现海水的摄取与排放。

该项目由一家西班牙工程咨询公司 IMPULSO 指导建设。负责该渔场建设的主要承建商是由一些葡萄牙合资企业组成的,即 Somague、MonteAdriano、Sacyr 和 Constrotunel。微型隧道施工是由比利时的 K-BORINGEN 公司负责。

米拉渔场于 2007 年底开始建设。在不到一年



图 1 项目位置,米拉,葡萄牙



图2 米拉鱼场

的时间里,第一阶段(即渔场项目的50%)开始投入使用;到2009年底完成的第二阶段也投入使用了。

比目鱼养殖场分布超过57公顷,其大小约为100个足球场那么大。该养殖场面积超过了建筑面积的400,000平方米;3000个培育池和35个辅助建筑和加工设施。

渔场的设计和施工分为两个阶段,每个阶段都需要一条用于输送新鲜海水的管道(T1和T2)以及一条用于将废水排回海洋的管道(V1和V2)。由于该渔场位于一个受保护的沿海环境,4条管道将采用非开挖安装。

该微型隧道项目是由两条用混凝土管构建的,长1500m,内径为3.0m的海水摄取管道以及两条长1350m,内径分别为2.6m,3.0m的海水排放管道构成的。为了维持一个稳定的水温,要求海水摄取的时间比用微型隧道技术完成管道建设的时间还长。两条海水摄取管道的混凝土部分用两根高密度聚乙烯(HDPE)管道延长,每根管道的内径为2m,因此,最终每个管道全长为2800m。高密度聚乙烯(HDPE)管道的一端通过剪切和覆盖技术被铺设在海床下,另一端与海床上的海水摄取结构安装在一起。从混凝土管道末端的排泄口可以看到一个由溢流管组成的扩散系统。

4个为隧道掘进机(TBM)准备的始发井已经施工完毕,每个井直径为20m,深为10~15m。始发井施工之前应先在原地将32m深的混凝土地下连续墙建在地下。始发井包括能承受高达3000吨顶进推力的反力结构。“软眼”,即井壁被隧道掘进机(TBM)挤入的局部作用点,是用一个GRFP(玻璃纤维增强聚合物)部分来加固的。

微型隧道剖面图是按照这种方法来设计的,该

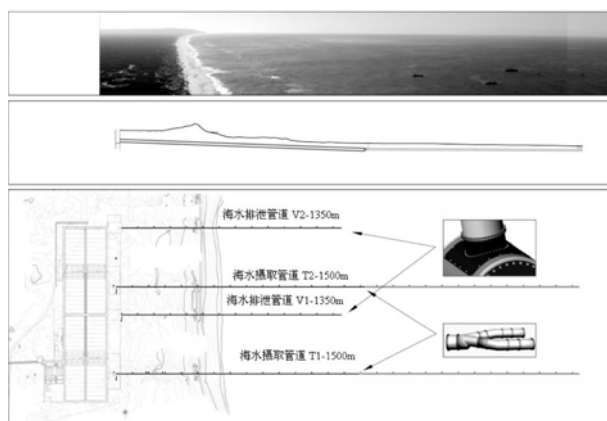


图3 渔场海水摄取管道与排泄管道

方法能保证覆盖层厚度至少为5m,为顶管施工提供一个安全及稳定的条件。地质资料显示,始发井及管道都位于细砂到中砂,以及淤泥和粘土层之中。

在非常严格的时间安排条件下(要在少于12月的时间内完成渔场第一阶段的工作),由于当地恶劣的海洋气候条件,还应预测隧道掘进机(TBM)回收的风险;同时使用两种不同的微型隧道机器来完成前两段顶管的施工以及在现场建一个管道生产厂是非常有必要的。一台完整的新的AVND 2400型海瑞克系统被购买来用于两条海水摄取管道以及第二条海水排放管道的顶进施工,并且能用不到5个月的时间将其运送到工作点。一台来自分承建商的AVND 2000型海瑞克装置被升级用于第一条海水排放管道的顶进施工。

2 微型隧道设备

必须制造一台适用于该项目的微型隧道设备。隧道掘进机(TBM)是一台装配有完整空气闸室的机器,同时还具有用于海水排泄的特殊功能。为了达到最佳的性能,K-Boringen公司选择了市场上同类机器中功率最大的机器。该机器是由德国海瑞克公司按照最新的技术和安全标准生产的。该机器的设计,特别是切割刀盘以及用于海水排泄的特殊装置,是在海瑞克与K-Boringen两家公司的紧密合作下完成的。切割刀盘是由切割轮片和凿子的组合构造组成的。虽然土体为砂土,但是要求切割轮片能切穿始发井里的玻璃纤维增强混凝土墙。该刀盘本身是由钨硬质合金装配的,以减少磨损,提高性能。

这似乎可以在刀盘无大修的情况下,完成 3 个驱动或者 4350m 的顶进施工。

一台标准外径为 3m 的 AVND 2400 型海瑞克隧道掘进机(TBM)已经制造完毕,并且可能通过公路将其运输到工作点。当机器运输到现场后,为了制造一个能匹配混凝土管道直径的钻具,其直径为 3800mm,要用一个扩展设备将机器升级。除了运输方便外,扩展设备的使用也增加了未来项目的灵活性。不仅是制造机器本身,而且还要制造大部分的辅助设备。一台 50 吨的门式起重机用来将重混凝土管沉降到竖井中的设计深度。主要顶进站是由比利时制造,该机器配有 8 台千斤顶,可以提供的最大顶进推力高达 2800 吨。为了隧道的顺利推进,采用一个双计算机辅助膨润土润滑系统来减少管道与地面的摩擦损失,这是非常必要的。此外,还要制造泥浆泵,泥浆管,机器冷却系统等设备。

该机器本身是由一台 400kW 的电动马达驱动的。考虑到该驱动器的长度,在隧道中建立一个高



图 4 AVND 2400 机器、切割刀盘以及辅助隧道设备



图 5 管道制造现场

压输电系统是非常必要的。这包括一台 1000kVA 的升压变压器,该变压器可以输出 10kV 的电压。这些工作使得隧道中的输电线变得更小、更轻便,并且还大大改善隧道及竖井中电缆线的安装与维修。在隧道掘进机(TBM)中,配置了一台降压变压器,将电压从 10kV 降到 400–1000V,以供机器和其他设备使用。

表 1 新微型隧道设备的主要技术参数

设备	物理指标	参数
隧道掘进机(TBM) 海瑞克 AVND 2400	重量	大约 120 吨
	长度	7.6m
	外径	3.0m
	扩展设备:直径	3.8m
	主马达	1000V–400kVA
	连续扭矩	1200kNm
	破坏扭矩	1600kNm
	刀盘速度	0…6,5 RPM
	转向缸号	8pc
	机器输出功率	1000kVA–10kV
	海水排泄管道的特殊要求	压缩机,无尾管完整空气闸, 远程控制液压推进系统,舱壁
泥浆系统	直径	DN 200
	安装泵功率	550kW
分离设备	装机容量	2×300m ³ /h
	电功率	2×100kW
机器冷却系统		外部冷却塔 150kW
总装机电功率		2500kVA

3 顶管

为了避免对米拉市及周边地区的交通,以及其沿海敏感的环境造成影响,发牌当局要求顶管必须在施工现场制作。管道制造是由 GOLLWITZER 公司负责的。这家德国公司在临时现场管道生产方面有着相当丰富的经验。2008 年初,管道生产所需的机械以及模具已经安装到现场。在短短 9 个月的时间里,该公司就生产出超过 1400 根的 DN2600 和 DN3000 管道,38 台中间顶进站以及一些特殊的管道(法兰,管道连接,防翻滚装置等)。管道制造的最大日产量超过 40m。

顶管是按照最严格的质量标准设计的。在海床下进行微型隧道施工,水压高达 20m 以及存在很大的浮力。因此,内径(ID)为 2600mm 的管道壁厚为 35cm,内径(ID)为 3000mm 的管道壁厚为 40cm,每

根 4m 长的标准管道重 43 吨。

4 微型隧道施工

表 2 为不同微型隧道的主要参数。为了减少施工时间以及降低摩擦力,该工程采用了连续的 24/7 工作制。因此,在仅仅 62 天的时间里就完成了 1500m 的微型隧道施工,平均每天完成 24m。其中,一天最多完成了 52m。图 6 为这两条海水摄取管道的施工进度图。

膨润土与添加剂的混合物用来作为润滑剂,以减少管道与地面摩擦损失以及维持工作面稳定性。该混合物可以适应不同的地质条件、水质条件以及海水环境。通过计算机辅助自动喷射系统,并借助喷嘴将润滑剂喷射到管道四周的土体中。通过这种方法,可以降低顶进推力,并且可以在不借助中间顶进站(IJS)的情况下,连续推进一个长 1500m 的

表 2 不同微型隧道的主要参数

参数	T1	V1	f2	V2
管道类型	海水摄取管道	海水排泄管道	海水摄取管道	海水排泄管道
生产商	K-Boringen	Subcontractor	K-Boringen	K-Boringen
总长度 (m)	1500	1350	1500	1350
管道内径 ID (mm)	3000	2600	3000	3000
管道外径 OD (mm)	3800	3300	3800	3300
单根管道长度 (m)	4.0	4.0	4.0	4.0
中间顶进站 (个)	10	10	10	8
隧道掘进机 (TBM)	AVND 2400	AVND 2000	AVND 2400	AVND 2400
最大埋深 (m)	21	21	21	21
最大水头 (m)	20	19	20	19
梯度 (m/m)	-0.007	-0.011	-0.007	-0.011
曲线/直线推进	曲线	直线	曲线	直线
微型隧道开工日期	14-5-2008	28-5-2008	17-9-2008	19-4-2009
微型隧道竣工日期	17-7-2008	5-8-2008	17-11-2008	17-7-2009
交接隧道日期	17-8-2008	10-9-2008	9-12-2008	8-8-2009
机器海底回收日期	9-10-2008	8-10-2008	25-2-2009	15-9-2009
1 天最大施工长度 (m)	44	44	52	44
1 周最大施工长度 (m)	238	226	316	252
1 个月最大施工长度 (m)	912	807	912	942
微型隧道施工总时间 (天)	65	70	62	90
平均施工速度 (m/天)	23.1	19.3	24.2	15
工作安排	2 个竖井	2 个竖井 (第一周完成一个竖井)	2 个竖井	2 个竖井 (第 2 周完成一个竖井)

完整管道,直到始发井上支撑液压千斤顶的尾点处。这些中间顶进站(IJS)每隔 150m 安装一个并作为安全措施,只有在遇到一些长时间停滞时才启用(如隧道调查、设备故障、发电机维修等)。

该项目采用 VMT 生产的激光制导系统来对长距离微型隧道施工。该系统的主要组件是一个安装在隧道内一个特殊支架上的机动伺服激光经纬仪,并且它可以随着管道一起移动。激光经纬仪的实际位置是通过已经安装好的管道的已知位置计算出来的。用于定期校准系统的测量检查间距一般为 100–150m。采用这种方法,操作者可以在几厘米的误差内定位微型隧道机器。隧道掘进机(TBM)的位置可以通过安装在始发井附近表面的控制器来进

行实时监测。

微型隧道在没有其他问题的条件下可以施工完成。在第二个海水排泄管的道施工中,电源供给发生了数天的故障。由于此次故障,管道与土体产生了很大的摩擦力,减慢了日常工作的进展。因此,可以使用所有的中间顶进站来重新获得顶进推力。

施工进展速度高达 15cm/分钟,也就是说一根 4m 长的标准管道只需要 30 分钟就可以安装好。一根标准管道所对应的土方开挖量为 45m³ 或 90 吨,相当于以每小时 180 吨的土体荷载作用于分离装置上。这些泥浆除砂器是按照每小时总泥浆流量为 600m³ 以及土方量为 150 吨进行设计的。

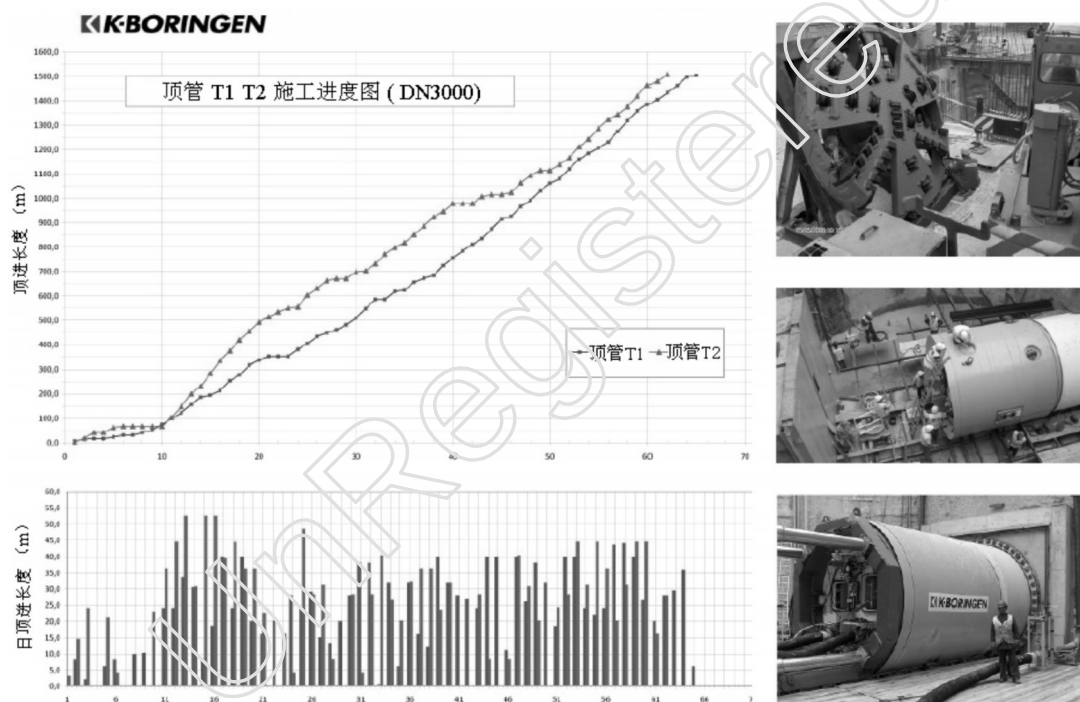


图 6 海水摄取管道 T1,T2 的施工进度图

5 掘进机海下回收

机器海底回收包括两个阶段:准备工作阶段及实际回收阶段。

一旦隧道掘进机(TBM)达到设计终点后,机器回收的准备工作就开始了。所有的隧道施工设备,比如降压变压器、泥浆泵、内部液压动力顶进站、剩余管片以及电缆线等,都必须撤出隧道。在机器回收操作期间,为了避免管道发生意外分离,在机器

后面 50m 范围内的管道要互相连接在一起。在机器尾部的隔板是关闭的,并且所有的端口、连接器以及管道都用法兰封闭。接下来,向机器内部压入空气,使内部压力略高于外部水压力。最后,在始发井中的管道上安装一个阀门,然后让隧道中充满海水,使内部与外部的水压力相等。同时,在海底用一台挖泥机在顶管机的前方及两侧精确地开挖一个坑,然后就可以看见隧道掘进机(TBM)。每条隧道的准备工作与顶管机回收工作要花一个月。



图 7 微型隧道设备安装



图 8 通过提升气球回收海底顶管机

实际回收时间仅仅取决于气象及航海条件。由于技术和安全原因,机器回收工作只能在海浪高度小于 1m 时才能进行。因此,在施工完成海水摄取管道 T2 后的 3 个月时间内,机器必须继续停留在海床上。一旦天气条件好转,一艘拖船将停泊在隧道掘进机(TBM)位置的附近海域。潜水员潜入到海底将液压软管连接到机器外部的一个特殊端口上。然后,通过拖船上的液压动力装置打开隧道掘进机(TBM)内的一个阀门,让隧道外面的水压力与内部水压力平衡,但是机器内部没有充满水。为了将隧道掘进机(TBM)从混凝土管道中分离出来,这一步骤是非常必要的。当隧道内部与外部的水压力差不大时,安装在隧道掘进机(TBM)后面的特殊液压千斤顶开始工作,使机器与第一根混凝土管道慢慢地分离,到距离隧道大约 50cm 处为止。然后,潜水员将提升锚具通过螺栓安装在机器上,在将锚具连接到提升气球上。通过控制气球的膨胀及潜水员不断

的监视,机器被浮到水面。最后,机器被拖船拖到大约 35km 外的阿威罗港口,在那里用一台重型起重机将其吊出水面并装到卡车上。

6 总结

该项目将用于海底排泄管道施工的微型隧道技术推到了一个新的高峰,目前,该隧道就其长度、直径以及施工时间来说可以被看作是一项世界纪录。

影响整个施工计划的因素是海底隧道掘进机的回收,在今后的排泄管道施工中一定要考虑到这一因素。恶劣的海洋气候条件是造成管道 T2 完工后掘进机回收延迟 3 个月的主要原因。

译自 <International No-Dig 2011 29th International Conference and Exhibition>

翻转内衬修复技术首次在高压燃气管网改造中的应用

曹国权

(北京天环燃气有限公司, 北京)

摘要:本文简要介绍了翻转内衬修复技术及其在北京燃气的应用现状,同时详细介绍了北京天环燃气公司引进德国卡尔维斯(KARL WEISS)的 starline® HPL-G 高压翻转内衬技术的过程和试验段的情况。

关键词:管道修复、高压、燃气管网

1 翻转内衬技术

翻转内衬修复技术是指将管状聚氨酯薄膜纤维织物通过高强度黏合剂在压缩空气的推动下翻转粘于清洁后的旧管道内壁,常温加压,经固化后,在旧管道内壁形成完全密封的内衬层,以达到对旧管道的修复的目的。

目前北京燃气管道的修复主要有明开换管和非开挖修复两种方式。非开挖技术主要包括翻转内衬、PE管“U”型内插、裂管等。相对于明开,非开挖技术,尤其是翻转内衬技术具有耗时短、开挖面积小,对交通、市政、环境的影响较小等优势,已广泛应用在中压及以下燃气管线的修复上。代表工程有:奥运工程(安立路工程)、东单北大街工程、东二环工程等。

目前,国内在高压燃气管道改造上还是以明开为主,在高压管道的非开挖修复领域尚属一片空白。严重的制约了高压燃气管道改造的实施。这种现象在北京燃气的管网改造中尤为明显,为此,在燃气非开挖施工领域有着十多年经验的北京天环燃气有限公司也开始了探索,并通过多方努力了解到德国卡尔维斯公司的 starline® HPL-G 高压翻转内衬工艺是目前已知的唯一的可修复高压燃气管线的非开挖工艺。此后,天环公司开始了与对方的沟通和交流,并最终建立了合作伙伴关系。

2 starline® HPL-G 高压翻转内衬技术介绍

2.1 卡尔维斯(KARL WEISS)公司介绍

卡尔维斯公司始建于1906年,发展至今,业务遍及非开挖管道铺设与修复、地下工程设计、传统管道及下水道的建设等。同时,为大型地下工程项目和城市管道建设提供项目管理服务,卡尔维斯公司可指定项目设计计划制作样图并为项目融资,同时开发新的非开挖技术应用于排水管道和承压管道系统;并为项目建设提供提案并可按照客户的要求制造专业设备。

卡尔维斯公司的非开挖管道技术很多都获得了专利认可,并在向柏林甚至德国以外地区的推广中获得了巨大的成功。目前,该公司的产品及专业技术已经成功打开了欧洲及美国市场。

2.2 相关认证及标准

starline®技术在欧美等国家和地区取得了多项认证,同时,该公司也参与制定了DVGW VP404、DVGW G478、ASTM F2207-06等多项标准。

欧洲认证(DVGW认证):DVGW(德国燃气与水工业协会)自1859年成立起就致力于水气专业的技术,DVGW是公益性协会。它在政治、经济上保持独立和中立。DVGW作为准则制定和认证机构在欧洲能源市场享有权威性的地位。



图 1 DVGW 证书

starline®HPL-G 技术经由 DVGW VP 404 验证, 最大运行压力可达 30bar, 并取得 DVGW 型式检验证书(图 1)。

美国认证(GTI 认证): GTI(美国燃气工艺研究院)是美国最大从事有关燃气方面的非盈利性研究机构, 是得到美国政府支持的企业, 享受免税政策。KW 取得了 GTI 对 starline® HPL-180 技术和 HPL-450 技术的证明文件(图 2)。

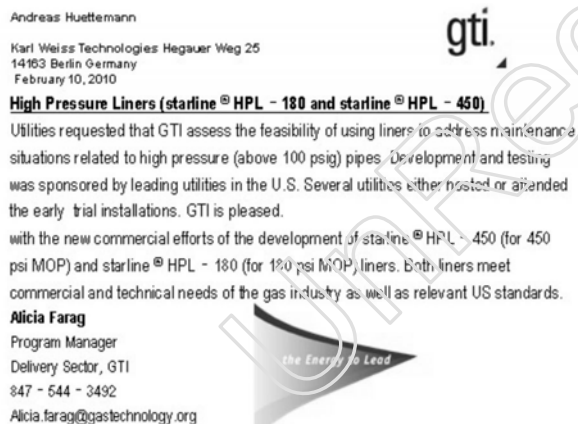


图 2 GTI 证书



图 3 喷砂清理效果图

2.3 技术特点

starline® 高压翻转内衬技术作为翻转内衬技术的一种, 与其他翻转工艺流程基本相同。在此基础上, 该技术也具有修复压力高、单次修复距离长、自动化程度高等特点, 前期的管道清理也采用了更为先进的喷砂技术(图 3)。

3 starline® 技术引进

天环公司于 2008 年开始与德国卡尔维斯公司取得联系, 并于 2008-09 年进行了初步的接触和技术交流。2009-2011 年, 市燃气集团技术、工建、安全等部室及高压分公司、咨询公司、天环公司等与德国卡尔维斯公司进行了多次的互访与交流, 并结合北京西南三环高压管网现状进行了针对性的讨论。对于引进该技术的可行性进行了实际性的探讨。德国方面也根据北京燃气管网现状进行了喷砂清理、带压开孔等相关实验。

在此基础上, 2010 年 10 月燃气集团领导决定确定引进德国卡尔维斯公司 starline HPL-180 高压翻转内衬技术, 并把东三环(老虎洞-华威桥)高压管段作为试验段, 采用该技术实施修复, 并由此来验证该技术的适用性。

期间, 本次试验段工程也经历了多次重大的事件。

3.1 “管道修复技术实验中心”的建立

2010 年 8 月底, 为配合试验段项目的实施, 也为了完善整个高压内衬修复的数据收集, 完成管线评估及相关标准的制定等工作, 天环公司与市燃气集团高压分公司合作建立的“管道修复技术实验中心”举行了揭牌仪式(图 4)。燃气集团多位领导参加了仪式。

该中心是国内第一家管道修复技术的实验中心。伴随着试验段工程的进行, “管道修复技术实验中心”开始对高压内衬材料进行厚度、单位面积质量、破裂强度及抗老化能力等检测, 并对修复后的管线进行焊接破坏、开孔接线、剥离强度等实验, 同时完善修复后管线的运行管理、修复后评估工作。为高压管道修复技术行业标准的制定提供了理论依据。

“管道修复技术实验中心”是燃气集团“十二

五”期间实验室建设规划的开端。天环公司力争将该中心建成管道修复技术相关材料成品的技术检测和实验中心;修复后管线运行情况跟踪的信息中心;培养管道修复技术及管道修复后运行管理专业人才的技术培训中心;开发和引进国外其他先进非开挖修复技术的实验基地。



图4 揭牌仪式参加领导合影

3.2 试验段工程开工

9月10日,燃气管道高压翻转内衬修复试验段工程东三环(老虎洞-华威桥)正式开工。北京市燃气集团副总马宁、张颖芝及集团各相关单位领导,德方代表出席仪式(图5)。



图5 开工仪式现场

3.3 合作签约仪式

9月22日,北京天环燃气有限公司与德国卡尔维斯公司《长期合作协议》暨《Starline HPL-G 技术独家许可》签约仪式举行(图6)。

市燃气集团领导及天环公司、卡尔维斯公司领



图6 签约仪式

导出席了仪式。柏林燃气嘉宾及中国燃气协会秘书长迟国敬先生;中国非开挖协会秘书长朱文鉴先生也应邀见证了签约的过程。

3.4 试验段基本情况介绍

本次试验段全长约800米,工程地点为东三环老虎洞至华威桥,为80年代中期投入使用的管径为DN500的燃气管道。经修复后可以将该段管线的运行压力提高到高压级制(10公斤)。

工程的核心工艺,包括喷砂清理及翻转内衬等工作全部由德方独立完成,北京天环公司负责整体的统筹及其他工作(图7)。



图7 施工现场图

4 高压翻转内衬修复技术的发展与前景

随着北京市建设的高速发展,城市建设日新月异,燃气地下管道也在不断发生着变化。现今的北京市燃气管线运行时间基本都在20年以上,各种电、水、内部腐蚀等情况均较为严重。而对北京市的城市建设来说,燃气施工中的限制条件不断增加。开挖道路修复这些管线显然不太现实。因此,近年来非开挖技术在燃气管线的新建和修复工程中所占的比例逐年上升,其中,尤其在地处城市核心区的老旧管线的改造项目上尤为明显。

而这些非开挖技术的应用都是在中低压管线上,在高压管网的改造修复上截至目前仍然只能采用明开修复。因此,天环公司此次的技术引进工作就具有了里程碑式的意义。天环公司与卡尔维斯的合作将填补国内高压燃气管道修复的空白;完成了国内非开挖管道修复技术从中压向高压的跨越;同时也完善了国内燃气管道修复的技术手段。

双方的合作成功,将有利于国内高压管道修复技术的发展,从而能为北京乃至国内同行提供更高更优质的服务。

新型非开挖管线施工技术和旧管线修复技术推广应用

蔡燕飞

(上海水务建设工程有限公司,上海市沪太路815号,200072)

摘要:本文针对国内地下管线施工中,新型非开挖管线施工技术综合运用在为解决实际施工难题中起到的关键作用,同时非开挖创新技术对旧管线修复起到积极和推动作用。本文从工程实际出发,试论非开挖技术和工法,特点对破解施工难题,采用的对策以供管线施工同行交流和探讨。

关键词:非开挖、管线施工、修复、应用

1 新型非开挖管线施工技术应用

非开挖是指在地表某区域极少或不开挖状况下采用各种钻、掘、铺设、修复、更换或更新地下管线手段一种科技使用的工程技术,国外称 TT (Trenchless Technology) 或 “No-Dig”。随着世界各国人口数量增长,各国经济迅猛发展,城市化进程速度加快原有城市设施地下管线已不能适应发展需求,特别发达国家和发展中国家城市基础设施建设发展矛盾日益突出,对道路交通下的管线进行新建,改建,扩建,更新,修复,已是施工一大难题,因为采用传统的开沟排管线占用地面和空间影响交通通行,施工开挖造成环境污染,构筑物损坏,绿地损坏,特别有些路段设施,政府重要地点和河道水网,铁道,高速公路,景点等不可能采用开沟施工,因此非开挖施工技术,是施工方法上的一次创新,具有实质意义。

国外地下管线施工,例:施工,水平定向钻施工也有几十年历史,而广泛应用该技术是上世纪下半叶,如:管线物探,地下管线,更新,维护,主要是美国,德国,日本,该设备制造和施工,对非开挖技术使用起到领头羊作用。例:美国 Flow Industrie 公司 1978 年开始研制与 1983 年用与水,电,煤污管线施工,日本 1976 年采用微型隧道设备实施污水管道施工,1980 年在引进技术基础实施了排污管道施工,据有关资料统计,上世纪来,国外采用该技术施工大 2500 多次,其中美国占 3/4 比例,其次,日

本,德国等。

近年来我国经济迅猛发展城市化进程不断加快,非开挖施工技术近十年来有了长足的发展,非开挖施工技术,非开挖施工设备从引进直至制造有了质的飞跃,较大量的管线施工、更新、维护、文明化环保城市要求提出了高度要求,针对错综复杂地下空间和较高施工难度采用非开挖施工工艺技术,不断提出新的要求,近十年来发展表明,由于非开挖技术水平和能力不断提高,其非开挖的技术范畴也不断拓宽,从设备、工具、制造、新材料新管材,非开挖施工安全系数和人们认知程度不断提高,对推动我国非开挖技术发展起到积极作用。

1.1 非开挖地下管线施工技术具有的优势

减少了传统开挖施工对市民正常干扰,减少了对交通、环境、建筑物基础的损坏。对保护重要设施,古建筑和环境影响具有显著特点,而且合理利用地下空间资源开创了新途径。随着非开挖技术水平和手段措施的科学性,具有施工安全可靠、周期短、成本低、与社会效益显著等优点,是浅层地下空间资源开发和合理利用。

1.2 非开挖铺管技术在上海的应用

上海作为国际大都市地位的确定,特别在市容、环保、交通必须与环境相适用。城市基础的自来水管线、电力管线、通讯信息管线、煤气管线、排水管线、扩容、改造、新建都刻不容缓,因此大量的开挖式施工不仅对市民出行带来不便,而且易污染环境,对日益拥挤的道路交通更是雪上加霜,特别近

年来政府加大对市区道路开挖总量控制,促进了施工工艺要不断改进,使得非开挖技术施工日益发展。

国内外非开挖设备从国外引进到目前国内数十厂家能够自制和系列开发;国内大城市都有上百家企业专业从事非开挖施工;目前初步形成了非开挖行业施工技术质量标准 and 验收规范。

根据会员单位注册资信资料分析,国内单位210家,占92.1%;外商单位15家,占6.6%;港澳台单位3家,占1.3%,具体分类为:①私营38家,占33.93%;②股份有限36家,占31.25%;③国有企业(含集体联营)39家,占34.82%。施工企业主营范围涉及电力、上水、污水、燃气、信息、输油等。总之,可以说上海非开挖技术,已初具规模形成市场。非开挖施工企业施工生产能力,根据对上海市上水、排水、信息、电力、燃气等近3年和2005年上半年的工程实物量和施工产值的资料分析,年均完成非开挖工程项目约122项,占总量的9.5%;年均完成工程量管线长度164公里,占年均总管线长度的9.3%;年均工程产值5.4亿元,占总产量的14.4%。总而言之,上海非开挖施工能力是:中小为主、大型尚无;国内领先。

1.2.1 非开挖挖掘路比例

各类工程非开挖施工所占比例(2002—2005年)。据不完全统计,分析如下:

供水行业:2002年非开挖施工管线长度2.4公里,占总施工量的2.2%;2003年非开挖施工管线长度6.88公里,占总施工量的3.7%;2004年非开挖施工管线长度8.5公里,占总施工量的8.3%;2005年上半年非开挖施工管线长度11.2公里,占总施工量的8.1%。

排水行业:2002年非开挖施工管线长度2.6公里,占总施工量的11.7%;2003年非开挖施工管线长度3公里,占总施工量的9.1%;2004年非开挖施工管线长度3.39公里,占总施工量的12.0%;2005年上半年非开挖施工管线长度6.42公里,占总施工量的11.6%。

燃气行业:2002年非开挖施工管线长度6.2公里,占总施工量的8.1%;2003年非开挖施工管线长度9.1公里,占总施工量的8.5%;2004年非开挖施

工管线长度11.8公里,占总施工量的12.9%;2005年上半年非开挖施工管线长度16.6公里,占总施工量的14.1%。

天然气行业:2002年非开挖施工管线长度2.6公里,占总施工量的13.3%;2003年非开挖施工管线长度5.9公里,占总施工量的10.6%;2004年非开挖施工管线长度10.6公里,占总施工量的12.4%;2005年上半年非开挖施工管线长度12公里,占总施工量的11.5%。

信息行业:2002年非开挖施工管线长度24公里,占总施工量的9.0%;2003年非开挖施工管线长度24公里,占总施工量的14.0%;2004年非开挖施工管线长度108公里,占总施工量的26.1%;2005年上半年非开挖施工管线长度68公里,占总施工量的24.5%。

电力行业:2002年非开挖施工管线长度14.29公里,占总施工量的2.7%;2003年非开挖施工管线长度22.2公里,占总施工量的3.0%;2004年非开挖施工管线长度126.9公里,占总施工量的8.2%;2005年上半年非开挖施工管线长度66.6公里,占总施工量的6.0%。

不同管径、不同埋深工程造价不一样。综上所述,六个行业的共同特点:一是每年非开挖施工的长度在增加,二是非开挖施工管线长度占施工总量的比例逐年呈上升趋势。但是还存在差异。它们的排列分别为:信息(24.5%)、燃气(14.18%)、排水(11.6%)、天然气(11.5%)、供水(8.1%)、电力(6.0%)。非开挖施工在工期上比开挖施工有明显优势。前者于后者之比一般为1:3。

1.2.2 开挖与非开挖施工分析

开挖施工与非开挖施工工程造价与管径及埋深关系分析:管径在 $\Phi 300$ —600之间,当深度2—3m时造价比约为1:1.3;管径在 $\Phi 300$ —600之间,当深度6—7m时造价比约为1:1.58;因此管径在 $\Phi 300$ —600之间,造价比与深度反比,越深开挖造价越高。

根据2010年国际非开挖技术在城市新管线敷设、旧管线修复和扩容中应用情况,并将施工对环境、生态的影响降低到最低限度。

2010年上海的非开挖技术得到广泛应用,非开

挖施工项目数占施工总项目数的 30%,非开挖施工的管线长度占管线总施工长度的 15%。

由统计、分析:非开挖技术设备、材料展示;施工技术学术研讨交流;典型工程案例介绍,从而展示管线施工技术革命——非开挖技术达到的水准,显示出非开挖技术为创建生态城市所做出的贡献。凸现非开挖技术如何让城市更美好。

上海市 2010 年,非开挖技术项目数占掘路施工项目总数 30%。其中 2006 年达到 18%;2007 年达到 21%;2008 年达到 24%。提前二年实现“十五”期间提出的 2010 年目标;2009 年达到 27%;2010 年达到 30%,相当于非开挖技术施工管线长度与施工总管线长度的比例达到 15%的国际平均水准。

2 旧管线修复技术推广应用

就旧管线修复技术推广和应用不同行业,不同工况条件,不同选材要求,采用不同工法和技术各有不同之处为不同需求对象服务。



图1 城市地下管线网

以上海为例,供水行业非开挖旧管线修复技术推广与应用任重而道远。据有关资料统计,目前上海市区 $\geq 75\text{mm}$ 管网总长度约为 7460KM,其中绝大部分为灰铸铁管管道役龄 30 年以上的超过 800KM,1968 年前铺设的铸铁管内未涂防腐层,除了役龄较长以外,本市不同时期建设的给水管道质量差,施工技术水平不稳定,道路承载过重,地面沉降与管道腐蚀等诸多不利因素影响使得提高城市供水的安全性、改善供水水质的目标受到现实的威胁。同时还要随着年需求增量的供水状况对原有的管道进行持续的更新,改造已经成为供水管理部门

的重要任务,随着 20 多年来的经济飞速发展,原有的道路交通流量重负增加原有道路地下表层空间管线同时不断增量,同样越发地下空间拥挤,根据城市道路与管道的具体状况研究推广效果可靠实施方便新的管道修复更新技术,是目前本市旧管网更新改造所面临的重要课题(图 1)。

2.1 旧管线修复原因

从管材和口径来看由于年数较长,铸铁管内壁形成的水蚀垢影响水质,过水断面缩小,流量减少影响供水能力(图 2)。

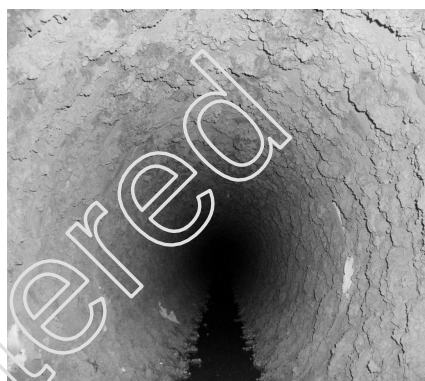


图2 管线通径缩小

从管材材质来看,由于年数较长,管材寿命呈下降趋势,接口。滴漏,管子裂缝是爆管等因素或次数增加,即便就是论事维护,但不能根本满足供水与安全运行要求,存在隐患。

随着历年来对地下表层空间增设其他地下管线,造成供水管道上下左右边狭小拥挤,维护困难,如果原管位拆排且会影响相邻管线安全有时地下管线交错无法拆排,加之施工协调难度高配合费用难以承受。



图3 城市交通流量越来越大

随着年代变迁道路上交通流量增加采用开挖施工方法和可能性小,有时地面构筑物主要景点,重要设施等诸多因素,不允许开挖施工,特别主干管网也不允许长时间停水,对周边管网运行带来压力和不安全因素(图3)。

鉴于诸多因素即要确保用户供水需求又要使旧管网恢复原来的功能和延长寿命,维护,修复旧管线施工技术方法是各大城市供水行业努力探讨而追求的目标。

旧管线非开挖修复技术应用而生,为解决旧管线修复更新走出一条新施工方法路子,采用该新技术对遭到腐蚀式结构性损害的管线进行修复,可延长管道的使用寿命恢复旧管线较好工作状态,应用非开挖施工技术不需要大面积开挖路面不影响交通避开重要的设施。对环境影响上施工周期短,也能适应在地下管线拥挤状况下不影响相应管线的安全运行,修复后的管道整体功能技术状态全面改善使用管道寿命可达使用管线寿命可达 30~50 年左右,具有较好地社会效应和经济实用效应。

2.2 旧管线修复技术的推广

这里指的旧管线修复技术是针对开挖沟槽施工修复更新或重新敷设新管道而言的,而采用非开挖修复技术就较适用于地下表层空间,管位拥挤,不影响管线安全运行。地面上施工作业不受交通、环境等因素,有时还有效避开交通 环境等方向影响。有效控制好自然环境污染,施工期短,非开挖工程施工总体成本比开挖施工成本低。对于供水管道恢复供水能力又能控制管网二次污染而又延长管道使用寿命,对具有部分或全部结构强度的管道采取整体性的修复,具有较好的实用性等特点。

由于非开挖技术设备引进,国内由石油、天然气、燃气、通讯、电力、污水管道案例成功应用为自来水供水行业的管线修复技术发展,提供可借鉴宝贵经验,同时新型管材与新技术应用而广泛推广,进 10 多年探索与实践,就供水行业旧管线修复技术应用有长足发展。本文就上海供水行业部分旧管线修复案例与同行探讨。

各施工案例见图 4、5、6、7、8 所示。

应用领域:城乡饮用水管道;结垢严重的埋地老龄在役供水管道;排污水管道;工业领域内输油、



图 4 上海四平路 DN1500 内翻管道转修复技术



图 5 上海水电路 DN900 内穿 DN800 管中管管道修复技术



图 6 上海内江路 DN300 U 型 PE 回涨内衬管法

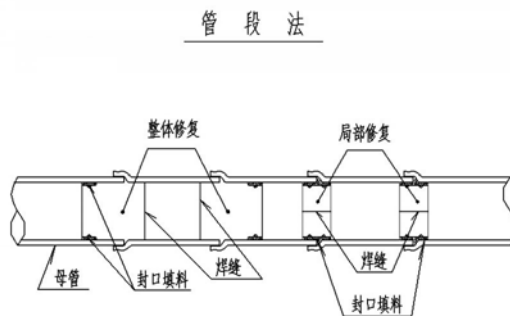


图 7 上海复兴路 DN900-DN1200 管道管片管段拼接修复技术

输气管道。

除以上几种管线修复技术外从管线修复技术来看,修复技术发展是迅速的,修复的手段技术层出不穷,效果也更加显著科技含量不断提高。但是

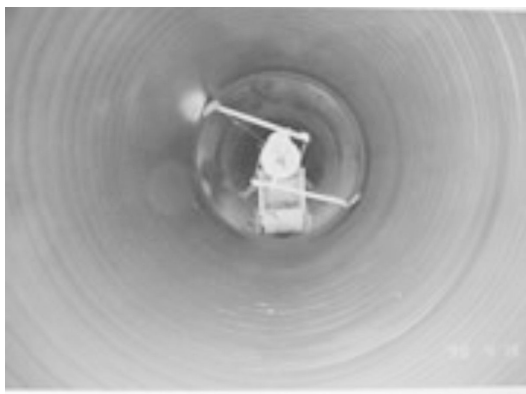


图8 水泥砂浆喷涂法

无论何种施工方法和技术都有一定的局限性,没有最好的只有最合适的施工方法和技术措施。除此之外在修复整根管线时不一定采用同一种工法和技术,可以多种工法技术组合配套实施修复,是修复最合适方案。

3 结束语

无论非开挖辅管,更新还是非开挖管道修复,上海推进非开挖技术上,形成了政府支持、企业参与、行业推进、社会关注的氛围。据统计,上海内环线内的道路总长度 959.1KM,道路总面积 162487.499m²,而每年因地下管线施工至少有 13%左右的道路(约 130KM 近 200 万平方米)非开挖。上海市政府下决心减少路面开挖至少 50 万平方米,以改善城市面积,从根本上解决管线施工中存在的影响交通、影响市容、影响市民生活的三大难

题。为次,市政府专门出台了“关于在本市城市道路管线工程中推行非开挖技术施工的若干意见”对本市掘路提出总量控制、区域控制、分类控制、专业控制和时段控制。以逐步接近发达国家非开挖施工量占全部管线施工量的 10%个别地区 40%,目标在 2010 年将达到上海地下管线施工项目中实施非开挖项目占掘路项目总数达到 24%。

参考文献:

- [1] 非开挖地下管线建设技术:中国地质大学(武汉) 乌效鸣.
- [2] DN1500 给水管道翻转法修复应用研究:上海给水设备工程有限公司,同济大学,陶伟元,蔡晓东,蔡燕飞,李田.
- [3] 建设部软科学研究项目,研究项目申报书 项目编号:06-K7-40 项目名称:离心浇铸 HOBAS CC-GRP 内衬管修复技术.
- [4] 采用气动矛锤实例非开挖管线—迈佳伦天津国际工程有限公司.
- [5] 非开挖水泥砂浆涂现场管内及地下供水管网技术特性和市场前景 昆明滇申管道工程有限公司:邓江伟.
- [6] 大口径给水管道不锈钢薄板内衬修复技术与实践,姚黎光,周进中,朱凤翔、唐盛祥 郑小明 刘遂庆.
- [7] 面向 21 世纪的上海非开挖行业状况探析,龚家华.

爆管法施工对环境的影响分析

李鸿翼 马孝春

(中国地质大学(北京)工程技术学院 北京 100083)

摘要:通过对爆管法对环境影响的理论分析,并结合有关的试验进行模拟分析,探讨了爆管法施工产生的碎片对新铺管道的影响,对周围结构设施的影响,重点论述了爆管法施工引起的地表位移。

关键词:爆管、环境、位移、管道

传统的管道更换技术是采用大开挖法,取出旧管道,埋入新管道,此方法容易造成交通堵塞,破坏路基路面和破坏周围环境,严重影响人们的生产生活,与当前建立环境友好型和资源节约型的政策所背离。爆管法正日益成为更换管道的新的常规技术,不仅施工周期短,而且效率高,更换后的管道寿命长,对城市居民的影响小。虽然如此,爆管法施工时也会不可避免的对周边设施形成一定的挤压与扰动。本文探讨这种影响的程度,以期预防因此而产生的事故。

1 理论分析

1.1 爆管施工工艺

爆管施工时将碎管设备放入旧管道中,由卷扬机或冲压杆拉动新管道并沿途将旧管道破碎,在碎管设备后连有扩管头(扩管头的直径大于原有旧管),一方面负责将破碎的旧管压入到周围的土壤中,另一方面拖动新管进入现有管道。但是由于旧管道的破碎破坏了土体的原有应力平衡,必然会引起周围土体的扰动,使土体发生位移。

1.2 爆管力

为了达到对原有管道的破碎,需要有一定的爆管力,根据力学原理:

$$T > P_1 \sin \phi / 2 + P_2 \sin \phi / 2 + f$$

式中

T—爆管力,N;

P₁—土对爆管头的阻力,N;

P₂—原有管道对爆管头的阻力,N;

φ—爆管头的锥角度,°;

f—摩擦阻力,N $f = \mu (P_x + P_y + G)$;

G—管道自重,N;

P_x、P_y—水平、竖直土压力对管壁的法向力,N;

μ—管道壁与土的摩擦系数。

1.3 地表位移

爆管法施工时,由于爆管头的直径比旧管道大,以及旧管道的破裂和新管道的移动,周围土体必定发生位移。土体是否发生位移以及发生的位移有多大取决于旧管道周围土体的地层条件,管道的埋置深度和施工扩孔的程度。

对于垂直位移的横向分布,经研究分析符合Peck公式,可表述为:

$$S(x) = S_{\max} \exp\left(-\frac{x^2}{2i^2}\right)$$

式中:

S(x)—距离轴线x处的垂直位移(m);

S_{max}—地表的垂直最大位移(m), $S_{\max} = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi i}}$;

V_s—管道方向单位长度损失(m³/m);

i—宽度系数。

图1为在大尺度爆管法试验条件下实测所得数据在Peck公式基础上的理论值图。

据文献[2]的探讨结论可知,对于爆管法施工时,不同情况会发生不同的地表位移,当旧管道周围土体相对均匀且埋深较浅时,由于管道的挤压,土体位移很可能向上移动;当埋置深度达到一定深度处,位移趋向一致;如果铺设管道下方的土体较

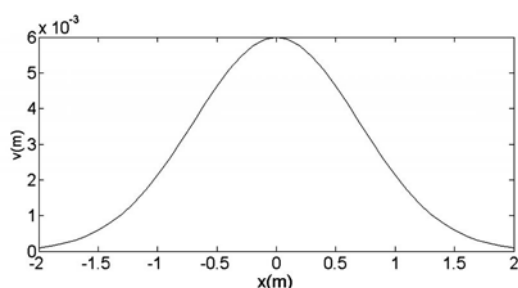


图1 Peck公式理论图

软,则土体可能会向下移动;当在松散土体中进行管道更换时,将会因为土体振动压密而使体积减少,在距管道较近处,会因强烈的挤压而隆起,稍远处,隆起与沉降平衡,再远处可能出现沉降,同时,在施工时要注意地下水的影响。

1.4 管道碎片

爆管法施工之后旧管道会产生大量的碎片,碎片的大小形状及其分布与施工现场的土层和管材管径有密切的联系,这些碎片都会对新拖入的管道存在破坏或存在潜在的破坏。

试验表明,当爆管周围土的类型不同时,爆管碎片去向不同。在砂回填层,管道碎片易沉淀在新铺管道的侧面和底部;在淤泥层或粘土回填层中,管道碎片易分布在新铺管道的四周。通过研究发现,脆性管道破碎的碎片的方向决定了新管被刺破的风险程度,当管道碎片带有20度尖角时以及碎片面向新管道呈90度时,对新铺管道的威胁最大^[1],但是实际能把新管道穿孔的概率极低。

1.5 爆管作业对周围的影响

爆管作业都会在土体中产生某种程度的振动,但如果与爆管头的距离较远,那么振动就不会对周围设施造成损坏。爆管作业中的振动水平取决于旧管道的尺寸和类型、在爆管中施加的能量以及扩孔率。美国非开挖研究中心测得的爆管时产生的振动冲击波的频率为30~100Hz,而建筑物的自然频率为5~11Hz,所以由爆管引起的振动不可能引起邻近建筑物的开裂。

爆管作业对邻近管道的影响取决于管道相对于爆管管道的方向和位置。平行于邻近管道时易受到严重干扰,若爆管作业斜穿邻近管道,将会形成纵向弯曲。美国非开挖工程界认为,爆管与其它管道间的净距,无论是水平距离或是垂直距离,都应

至少是更换管道的两倍以上(Atalah, 1998)。

2 试验验证

2.1 试验

为验证爆管的影响程度,Michael Nkemitag 采用了如下的大尺度模拟试验,爆管试验是在一个长8m、宽8m、深3m的试验坑中进行的,使用真实的爆管装置和技术^[2]。试验装置的现场布置如图2所示。

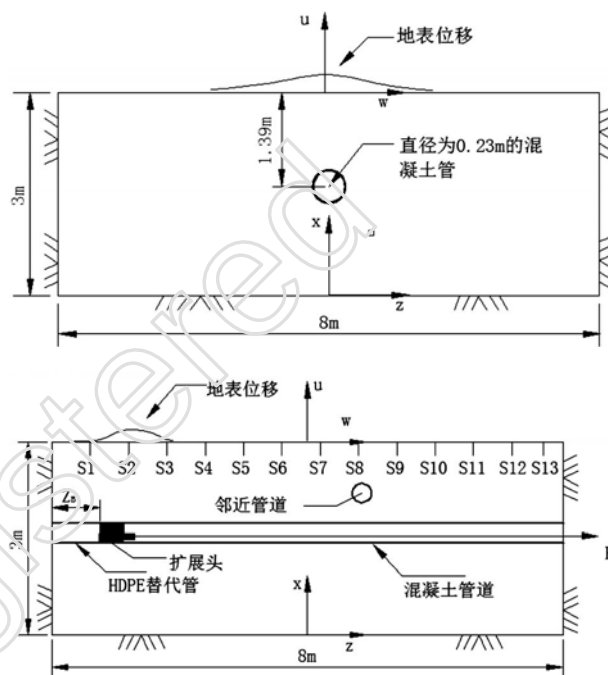


图2 (a)横向断面图;(b)轴向断面图

该试验的边界条件是三个刚性的混凝土墙:东墙($z=8\text{m}, x=-4\text{m}\sim 4\text{m}$);北墙($x=-4\text{m}, z=0\text{m}\sim 8\text{m}$);南墙($x=4\text{m}, z=0\text{m}\sim 8\text{m}$)。而西墙($z=0\text{m}, x=-4\text{m}\sim 4\text{m}$)是一个可移动的刚性混凝土墙(坑实际长度是16m长)。

西墙的底部被锚固在混凝土地板上,且在西墙的西侧使用粒状材料回填支撑,以使西墙顶部的水平位移限制在10mm以内。混凝土墙铸造较光滑,不会产生较大的摩擦力。在东墙和西墙上的 $x=0\text{m}$ 处各开了一个孔,以便让拉力钻杆、扩孔头和待铺设的管道通过。待换的新管道从西墙的孔洞拉入,一直拖到东墙处,如图2(b)所示。

2.2 试验材料

试验坑中回填有级配较好的砂和砾石,均匀系数为20,曲率系数为0.5。标准普氏最大干密度为

2.25 g/cm³, 最优含水量为 5%, 最大干密度是 2.46 g/cm³, 最小干密度是 1.87 g/cm³. 每填 300mm 厚的土时就用振动压实机捣实, 振动机的重量是 88 公斤, 产生的最大离心力为 15kN. 平均干密度是 2.13 ± 0.01 g/cm³, 平均含水量是 4.6 ± 0.9%. 在此密度和含水量下, 通过大尺度三轴试验测得的峰值摩擦角是 54–56°, 试验中的围压与模型实验中估计的爆管压力相等。

拟爆裂的管道是一个未加钢筋的混凝土管, 外径是 229mm, 平均壁厚 38mm. 要更换的 HDPE 管外径是 168mm, 平均壁厚 11mm. 为了观察爆管作业对临近设施的影响, 在既有管道的上方预埋了一个与之相垂直的一条 PVC 管, 该管的外径是 122mm, 平均壁厚 7mm. 试验中三条管道的位置关系如图 b 所示. 在既有管道的上面有 1385mm 厚的覆土, 在临近设施(PVC 管)的上面有 450mm 厚的覆土(管顶至覆土表面). 邻近设施与既有管道顶部的净垂直距离是 450mm. 在墙上的开孔处填上了土工合成材料, 以防砂卵石层材料从混凝土管和开孔的缝隙中流出。

2.3 爆管过程

使用安装在东墙开孔处后面的一个液压缸来为爆管过程提供拉力. 特制的爆管头最大外径是 202mm. 爆管头被连接到一个直径为 32mm、长为 300mm 的钢钻杆上, 钢钻杆的后面接到液压油缸上. 在爆管头与钻杆之间接了一个万向节, 以允许爆管头自由旋转. 拖拉更换管道的速度控制在 100mm/min. 爆管头在 $z = 0\text{m}$ 及 $x = 0\text{m}$ 处进入试验坑, 8m 长的待更换管道事先放置在旁边一个空坑中. 在拖拉过程中将既有旧管道的长度分为 13 段 (S1~S13, 如图 b 所示), 在置换过程中停留了 15–20 分以观测爆管头通过时地表的位移情况。

2.4 仪器布置

在拉管置换过程中记录了牵引力、地表变形和邻近设施的应变. 监测拉力的传感器精度可达 ± 1 N, 装在油缸和拉杆之间. 并装设了三维地表变形测量装置, u, v, w 分别用以记录 x, y, z 方向的地表位移. 用数字摄影机跟踪目标. 由摄像机拍摄的图像通过 geoPIV 图像处理软件做了变形分析. 由摄像分析软件得到的地表位移的精度约为 ± 0.1 mm, 总站

上的分析精度约为 ± 0.3mm.

2.5 试验结果分析

2.5.1 垂直地面位移

图 3 展示了在爆管头通过既有混凝土管的不同阶段测得的垂直地表位移情况. 图中向上的垂直位移为正. 地表对爆管的早期反应, 最大的垂直位移小于 3.5mm. 受爆管影响的范围约在爆管头前面 1.2m, 爆管中心线的任一侧各 1.8m.

当爆管头进一步进入土层后, 垂直位移增加到 6mm, 不过受影响的位移区域继续扩展, S(9)段已增加到爆管头前端 1.6–1.8m, 在中心线两侧各 2m 的范围内。

事实上, 本试验中地表受影响的侧面区域的最大宽度不超过 4m (中心线两侧各 2m, $-2 < x < 2$ m). 因此, 8m 宽的试验坑足够观察受影响的地面位移. 然而, 当爆管头接近刚性边界 $z = 8\text{m}$ 时, 显示出当 $z \geq 5.95\text{m}$ 时, 测量的地面位移已经受到墙体接触带的影响。

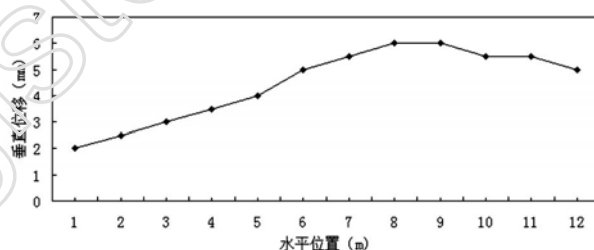


图 3 爆管头位于不同点处的地表位移

2.5.2 横向和轴向的位移

在爆管施工中, 除了引起地表的垂直位移之外, 也会引起 x 方向的横向位移和 z 方向的轴向位移。

在爆管头前进过程中, 地表土离开中心线向横前方向移动. 一旦爆管头通过了给定的点, 地表的土体继续离开中心线横向移动, 而在轴向却向后移动. 横向位移增量大于邻近爆管头处的位移, 而在爆管头的后面, 合增量矢量由轴向位移所主宰。

3 结论

通过研究发现, 在爆管法施工过程中, 施工所需的总拉力是不断变化的, 主要是由于混凝土管破碎前裂纹的形成与扩展时所消耗的能量有差异, 其拉力的主要部分消耗在拖动爆管头向前移动和破

碎管片外的土体形成孔洞上。

在爆管法实际施工时,地面总会受周边界的约束,不可能让其自由发展,故位移程度及破坏程度比本试验所得出的结论要大。

爆管施工受周围地层条件,管道的埋置深度,地下水等影响,并且爆管法施工及其所带来的爆管碎片对周围设施及新铺管道有微小的影响。

当爆管头接近给定段时,此段上位于地表的一点会发生垂直移动,横向移动和轴向移动。当爆管头

刚好通过其下方时,观测点的垂直位移达到最大值。

参考文献:

- [1] 黄功华.爆管法施工中旧管道碎屑对新管道的影响.非开挖技术.vol.23, 2006(2-3),158-160.
- [2] Michael Nkemitag. Numerical investigation of ground movements and pulling forces during static pipe bursting. Journal of Queen's University. February,2007:1-261.

Environment Effect of Pipe Bursting

Li Hongyi Ma Xiaochun

(School of Engineering and Technology of China University of Geoscience, Beijing 100083)

Abstract: Through theoretical analysis, field testing and simulation, the environmental effects of broken fragments produced by pipe bursting are analyzed, the effects of structures and facilities around construction site are summarized, at the meantime, the surface displacement because of pipe bursting is mainly discussed.

Keywords: Pipe Bursting, Environment, Displacement, Pipeline

“气化湖南工程”启动 2020 年天然气管道县县通

“气化湖南工程”启动暨湘潭—娄底—邵阳天然气管道开工仪式在湘潭昭山示范区举行。这一工程的启动建设对于提高湖南的能源保障能力、优化能源结构、助推“四化两型”建设将起到重要作用。省委书记、省人大常委会主任周强出席仪式并宣布工程启动。中国石油天然气集团公司总经理、党组书记蒋洁敏,省委副书记、省长徐守盛出席仪式并讲话。省委常委、常务副省长于来山主持开工仪式。中国石油天然气集团公司副总经理、党组成员廖永远,省军区政委李有新出席。

此次开工建设的湘潭—娄底—邵阳天然气管道为西气东输二线管道支线,途经湘潭市、湘潭县、韶山市、湘乡市、娄底市、涟源市、新邵等 7 个县市,管线全长 213 公里,设计输气量每年 4.83 亿立方米,建成投产之后将惠及沿线 1300 万人。据施工单位负责人介绍,213 公里的管道需要穿越 27 处高速公路,施工方将采用定向穿越技术,点对点攻克湘江这一技术难关。

开工仪式后,省政府与中国石油天然气集团公司在长沙签署了“气化湖南工程”战略合作框架协议。

“十二五”期间,中石油将在湘新建支线管道 30 条,长度达 1600 余公里,管道气化 57 个县市。到 2020 年,全省天然气管道总长度将达 5000 余公里,实现全覆盖、县县通。此外,中石油将逐年增加湖南省的天然气供应量。到 2015 年,达到年 65 亿立方米的供气规模。

(长沙晚报)

一种用于下水管道修复控制管线固化的温度测量系统

Ulrich Glombitza Marcel Behlau 著 李谦 译

(IOSSCAD GmbH & Co. KG, Friedrich Ebert Straße, 51429 Bergisch Gladbach, Germany)

摘要:由于下水管道进出口数量有限,因此在管道固化过程中控制热水或者蒸汽的能量使其沿着管道均匀固化很难实现。现在常用的方法是在特定的检查室内用点式传感器(Pt-100)测量下水道外层薄膜的当前温度值。本文将展现在下水道管道修复中用于控制管线固化的一种新的温度测量体系,这种温度测量体系将无缝的测量整个管道。该体系包括光纤监测系统、软件工程设计和硬件设计。当然我们也会展示以下内容:该系统通过研究不同的管道工程而逐渐成熟的研发过程,经过优化的导向过程的优势,降低管道修复的成本,提高管线的质量和客户的接收程度。

关键词:管线修复、固化、测量、温度

对于下水管道(重力管道)的修复工程来说,无论在国内还是国际上都有很大的工作量。管道内衬用来修复污水处理系统。内衬通过下水道的出入口翻转或者通过绞盘安装,有时候也是这两种方法也会一起使用。安装好的内衬通过热水、热蒸汽或者紫外线的热量固化。现场安装时可能会遇到很多问题,因此内衬尤其需要质量控制。在安装完成之后也需要质量检测。安装过程中可能出现很多问题,比如局部过热(可能原因在于树脂过多聚合、热量太高或者错误的配方),固化不完全(可能是由于沿管道的凝结水导致的),由于设备陈旧或者错误的温度控制而导致的紫外线灯光谱变化。

现在内衬的质量控制通常是在下水道出入口进行目视检查。如果检查的结果发现有任何不规律的迹象或者为了确认是否需要修复,会从出入口处放入一个探测器深入到固化后的管道中对其进行质量评估,而后在实验室中通过分析探测器就能得到评估结果。在过去的六年中,地下基础设施有限公司(IKT)承担了大约4400次内衬检查任务,结果显示仅仅通过在水下出入口处进行目视检查是无法保证内衬的质量的^[1]。

2007年11月,IOSSCAD联合IKT在一家市政污水处理厂的下水道修复过程中进行了首次采用光纤热成像的工艺^[2]。结果显示效果良好,因此

IOSSCAD继续对下水管道修复中的热成像工艺进行研发,同时面向热水或者热蒸汽固化。2010年1月,IOSSCAD在德国将热成像工艺申请了专利^[3]。自2009年10月以来,IOSSCAD开始研发一套国家领先的光纤紫外线传感器,用于在紫外线固化工程中提供同样可靠的热成像技术。2011年初这套传感器在内衬制造商处进行了首次成功的测试^[4]。本文的重点在于下水管道修复过程中用热量进行固化时利用光纤进行温度的测量。

现场施工时很难达到理想的固化温度,这是由于旧管道附近的土壤或者内衬或多或少的会因气象原因而被冷却,而且几乎不可能评估凝结水对固化的影响。在管道固化过程中监控一些特定点的温度不能够提供可靠和足够详细的结果,因此这种监控是内衬仍然存在过热或者固化不完全的现象。基于这种不可靠性,内衬的厂家明确指定了需要的固化温度值使内衬能达到需要的质量等级。这些指定值考虑了管线周围复杂的环境(没有考虑更恶劣的情况)。通过这种设定值的方式在技术上为管线固化过程中的能量供给提供了一定的安全空间,但同时也增加了现场施工的时间,导致更高的能量损失。同时这些出于安全方面的高投入减少了利润空间。因此承包商在现场施工时会考虑经济利益的同时主观的判断管道固化的热量或者能

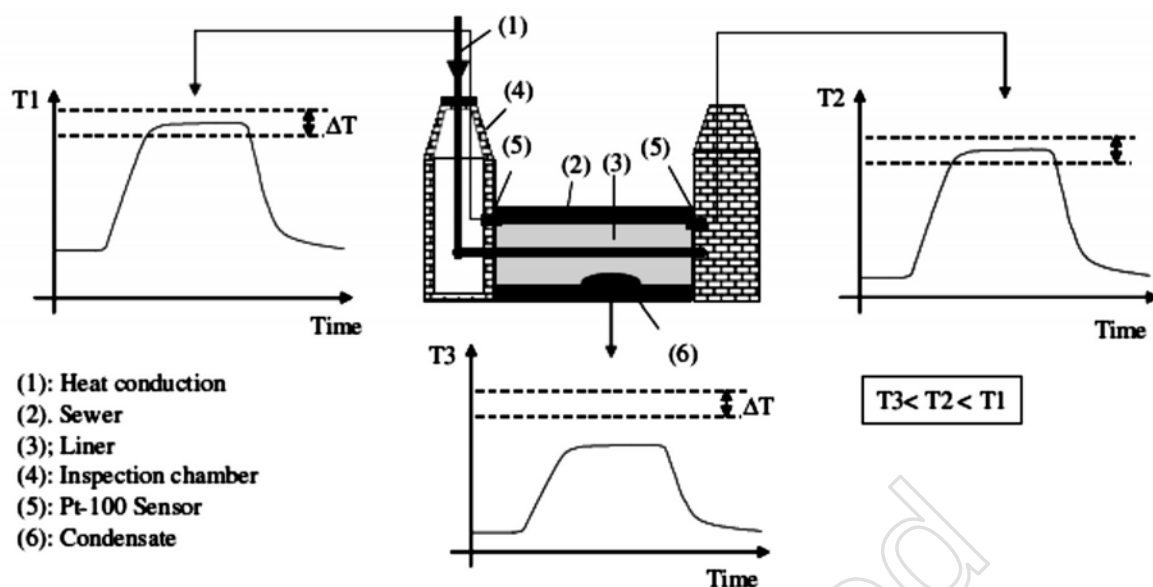


图1 当凝结水出现时沿管道范围内温度分布

(1- 热量输入;2- 下水管道;3- 内衬;4- 检查室;5- Pt-100 传感器;6- 凝结水)

量是否足够。

在现场工作中,尤其对于那些不可见不可预料的因素来说显得特别困难。比如说在蒸汽固化过程中凝结水的形成就是一个例子,特别是当凝结水无法排出时。这些沿管道分布的凝结水会形成热屏障,从而严重影响到管道的固化过程。图1所示为在固化温度范围内冷凝水聚集在管道底部时的温度状态。通常在入口处通过 Pt-100 传感器(图中所示红色)测得温度低于在出口 Pt-100 传感器(图中所示绿色)测得的温度。施工人员通过在出入口处测得的温差得到有关出入口之间管线热性质,随之调节热量的供应。而在管线中间的冷凝水会使其附近的管道温度远远低于管道其他部位。如果这个温度低于内衬制造商指定的温度,内衬不能固化完全,也就达不到需要的力学性质。

因此制造商、承包商和施工方均希望在现场管道修复过程中有能够实时而精确的测量热性质监控工艺。这种工艺要求能够改善施工过程,同时降低施工成本,通过质量的检测。

下面让我们来展示这种温度监控的新方法(包括光纤测量、温度数据显示和带温度传感器的电缆设计)。然后我们将解释在一些下水管道修复工程中利用热成像图片得到的成果。在结论中我们将会探讨这种工艺未来还有哪些需要改进的地方。

1 光纤监测系统、软件工程、传感器设计

1.1 光纤监测系统

通常,温度传感器是电子元件(热敏电阻、热元素等等),这些电子元件只能测量一些特定的温度值。这种点式传感器不适合测量温度趋势。分布式温度传感系统(DTS)使用光纤作为连续的温度传感器。温度将会被记录在石英光纤中,这些光纤足够小因此能够镶嵌在测量元件中。

如图2所示,这种传感系统由一个光学模块(雷达)和一根作为线性温度传感器的光纤电缆构成。雷达和结合电缆的激光束一起工作。光纤电缆衰减很小,其最小的衰减是由光纤的瑞利散射而决定的,瑞利散射则是由于光纤无定形的结构导致的。传感电缆受热后导致光纤材料内部的分子振荡,在光散射光谱上增加两条新的拉曼光(现在所知为反斯托克斯拉曼光和斯托克斯拉曼光)。从光纤发出的部分拉曼散射光会回到测量器件上用光电转换器转换为电信号。这种拉曼散射光的光强同分子受热振荡成比例,因此可以通过光纤电缆计算得到温度。因此某一点的温度可以通过光学时间反射器测量得到。通过测量散射的光纤回到检测器件的时间来探明该点的温度是可行的。分布式温度传感系统(DTS)和一个半导体激光二极管一起工作,

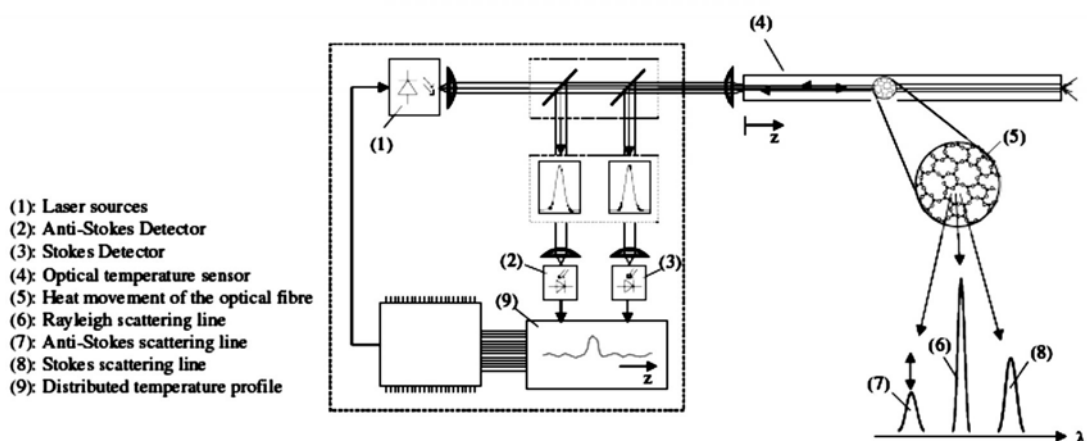


图 2 光纤测量系统结构

(1- 激光光源; 2- 反斯托克斯检测器; 3- 斯托克斯检测器; 4- 光纤温度传感器; 5- 受热振荡的光纤;
6- 瑞利散射线; 7- 反斯托克斯散射线; 8- 斯托克斯散射线; 9- 温度分布曲线)

激光的功率很小只有微瓦(mW)级,不会对人类或环境造成危害。这种技术经过调整可以应用于下水道管道修复过程中,测量温度精度可以达到 $\pm 1\text{K}$,长度精度可以达到 0.5m ,一次测量的时间长达 30s ,测量范围可以达到 500m 。

1.2 软件工程

VISCOM 软件(Visualization and Communication)是一种通过热成像图片测量和分析固化过程的高性能软件。温度的读数转变为红绿蓝三色系统,展示为三维图片(随空间和时间的温度分布)。这种三

维热成像图片实时展示了在整个长度范围和整个管道修复过程的时间范围内温度的分布情况。操作手可以选择最重要的点和按时间顺序显示温度的变化。最新的局部温度图片(测量电缆长度范围内的温度值)也将显示出来。一个分析器允许查看和显示以往记录的温度值。分析器还有动画功能,能将局部温度图片以时间的顺序反应出来。下面的图片展示了同类(图 3 左图)或不同类(图 3 右图)管道固化过程中对测量数据的热成像图片的评估。

下面这个案例基于一个直径 800mm 使用热水

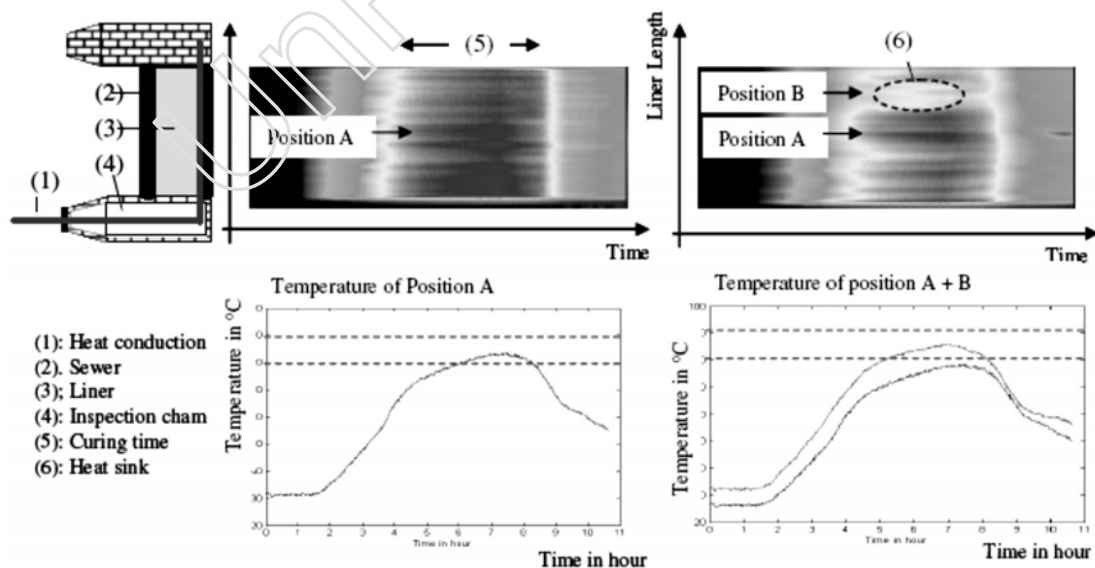


图 3 同类和不同类的内衬固化实例

(1- 热量输入; 2- 下水道; 3- 内衬; 4- 检查室; 5- 固化时间; 6- 温度下降)



图 4 左图:测量电缆主要的设计特征



右图:预安装的测量电缆

1- 石英玻璃纤维;2- 覆盖层;3- 松套管;4- 芳纶纤维;5- 外层保护套

固化的管道修复过程中的温度数据。热成像图片显示了纵向(12点钟方向)约200个测量周期的图片,沿着约100m长的测量电缆每30s测量分析了每0.5m长的管道数据。监控程序持续显示11小时,从温度的时间变化轨迹可以看出加热过程持续6个小时。每张热成像图片通过红绿蓝格式形式显示了264,000个温度读数。从右图可以清晰看出温度不是沿管道均匀分布的,这将有助于操作人员简单快捷的对固化状况作出判断。

通过使用软件也可以自动完成对温度的评估。这使操作人员可以按照需求等距精确的划分管道内衬的测量区域。每个区域的温度读数相互独立,可以进行数学上的分析(最小读数、最大读数、平均读数),因此可以根据需要选择需要测量温度的点位。根据温度读数的不同条形图中的颜色也不同。如下图所示为热水固化管道参数化的实例。当温度低于 56°C 时则低于最小的放热反应需要的温度,这些温度被显示为红色。当温度位于 56 至 63°C 之间时足够树脂进行放热反应,而这个温度范围显示的颜色是橙色。当温度高于 63°C 时管线将进行合适的固化,因此将会显示为绿色。

1.3 传感器设计

在光纤测量中,标准的石英玻璃纤维用来记录温度。石英玻璃纤维由 $50\mu\text{m}$ 的内核、 $125\mu\text{m}$ 的电镀层以及 $250\mu\text{m}$ 的外层组成。内核的折射率高于光纤的电镀层,因此拉曼散射光能够被光纤捕获而传递给分析工具。

内衬在被安装时需要承受极高的压力、拖力和扭矩。石英玻璃光纤对这种极端的机械力十分敏感,因此需要受到特别保护。在设计测量电缆时采取相应的优化措施使其能够满足下水道管线建设的要求。如图4左图显示为这种测量电缆主要的设

计特征。玻璃纤维放入小型松套管中,周围包裹芳纶纤维用以减小拖力以及保护其不受外部塑料保护套的损害。测量电缆预安装了光纤连接器,因此在测量温度时能够很容易被连接上。图4右图所示为光纤连接器(E2000型),外面有一层外套用以防止传感器光纤在现场使用时被污染。

温度测量光纤适用于下水管道修复,可以在内衬制造时放入内衬。温度测量光纤的首次试验是在一次内衬的翻转过程中(Diburg)。测量电缆被放置在预制的内衬中。如图5a所示为带有两条测量电缆的预制内衬,一条测量电缆位于顶部(12点钟方向)另一条位于底部(6点钟方向)。图5c所示为在出入口处得测量电缆连接头。

相应的,温度测量电缆也能在内衬的制造时放入其中。温度测量电缆被切割为适合内衬的长度,装上光纤接头,缠在电缆盘上送往内衬制造商。制造商生产内衬时可以将测量电缆安放在内衬的底部,位于内衬保护膜的下方。测量电缆在工厂内被放置好之后,内衬随之被打包送往施工现场开始作业。如图5e所示为将内置了测量电缆的内衬送往

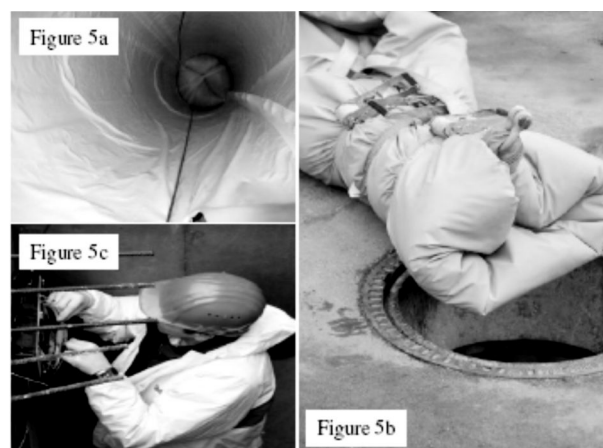


图 5 将测量电缆送入下水管道

管道内部的情景。

2 内衬管道修复工程的研究现状

图 6 至 8 分别展示了三种固化过程的热成像图片,分别使用热水、热蒸汽和紫外线。图 6 为用热水固化的情况,测量位置位于内衬的顶部。放热反应首先发生在管道的一端(304m 处),最初集中在内衬的一个非常小的区域内(0.5m)。一段时间之后,放热反应在管道内零星的出现。在固化过程刚开始时,旧管道内的放热反应随之开始放出高热(可以达到 120°C),并且以 $40^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率急剧升高。几分钟之后(大概是第一次放热反应开始的 3 到 18 分钟内)温度开始以缓慢的速率下降($1.6^{\circ}\text{C}/\text{min}$)。在整个固化过程中其平均温度达到 60°C 左右。

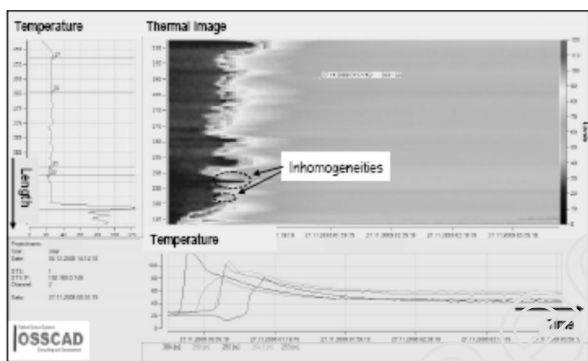


图 6 热水固化的热成像图片实例

热成像的图片显示在整个管道内衬的范围内并没有全部达到制造商声称的 50°C 。热成像图片中夹杂的有浅蓝色的位置,这些位置的温度小于 50°C 。将固化的时间延长到 24 小时,输入的热量将增加从而使整个管道内衬达到需要的力学强度。下一个例子如图 7 所示为用蒸汽固化的热成像图片。该工程是位于奥地利因斯布鲁克使用玻璃钢内衬修复老旧的腐蚀严重的下水管道。在这个案例中,需要修复的是一个直径(直径达到 700/1300)的蛋形管道,该管道位于因斯布鲁克市中心,交通很繁忙,随时都有很多车辆和行人。因此,工程施工时间需要尽可能短,选择以热蒸汽的方式进行固化,利用最新的热成像电缆进行温度的测量监控。

固化过程中出乎意料的是在管道内衬的后背部逐渐增加的冷凝水使管道温度达不到固化需要

的最低温度。施工人员通过热成像图片发现了这个现象并随之做出反应。通过延长蒸汽输入的时间,内衬最终达到了需要的强度。

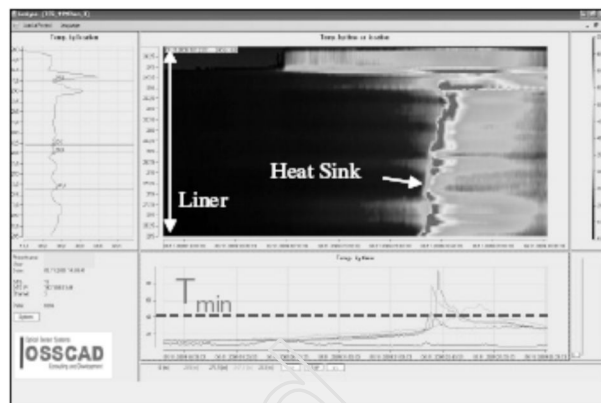


图 7 热蒸汽固化的热成像图片实例

如图 8 所示为在紫外线固化过程中的一副热成像图片。内衬外表层的温度随着紫外线灯的移动速度独立的改变。如果温度过高可能会对内衬材料造成损害。为了监控内衬材料外表面的温度,一条温度测量电缆被安装在内衬的顶部,因此可以通过光纤测量温度的变化。

如图 8 所示在不同的时间内有不同的温度增长,这和紫外线灯得移动速率是相符的。如果紫外线灯的移动速度过慢,温度就会很低。如果灯在一个地方提留时间过长,管道内衬的内层很容易被烧伤。图示在管道的端部有一个高温点,这个高温点的温度读数达到了 175°C ,这已经超过了制造商给出的最大温度许可值。因此,通过热成像图片就可以为优化设计紫外线灯的移动速率和灯的数量。

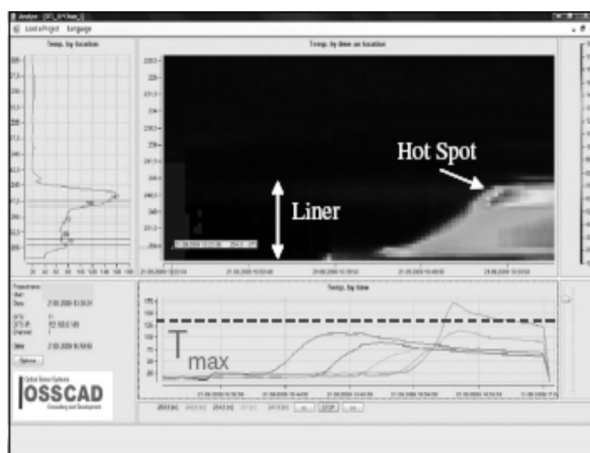


图 8 紫外线灯固化的热成像图片实例

3 总结与展望

光纤温度测量系统的研发意味着在整个管道修复的固化过程中可是实时的测量温度及其热性质。与电子元器件传感器相比光纤传感器的主要优势在于能够测量整个管道而不是管道的特定点,而且在工作过程中也不受电磁干扰的影响。

这项崭新的技术在热水、热蒸汽以及紫外线灯的固化作业中均已经使用过。对于使用绞盘放入管道的内衬,测量电缆能够在内衬制造时放入,因此不用在现场施工时进行安装。对于需要翻转的内衬,测量电缆的安装也非常简单。

热成像图片的读数和带状的显示使我们能够在整个施工和加热过程中沿着时间和空间选取需要的点进行读数。通过热成像图片可以很轻易的辨别出内衬修复管道过程中不正确的温度和对输入热源的干扰。

如果整个管道内衬在修复过程中需要的最低温度没有达到,施工人员会得到警报因此就能按需要增加热量的输入。这就意味着即使在最困难的施工条件下利用光纤温度测量系统也能成功的完成管道修复作业。

如果需要的最低温度提前达到了,那么传统上为了安全考虑附加的热量输入就会减少。通过使用光纤测量系统来施工,需要的能量成本和施工成本也会大大减小。

下一步的研发目标是在光纤温度测量系统中集成评估模块,使其在管道固化过程中能够自动的

进行分析控制。

这种在固化过程中的光纤热成像图片也能为顾客提供质量的保证,使管道的内衬修复在不久的将来能够得到更为广泛的接受。

参考文献:

- [1] Bosseler, B., Abnahme von Liningmaßnahmen – Materialnachweise und Bewertung der Liningqualität, IKT Institutes für Unterirdische Infrastruktur, BMBF Abschlussbericht, März 2009
- [2] Diburg, B., Bosseler, B., Glombitza, U., Temperaturmessung bei Kanalsanierungen unter Einsatz von Schlauchlinerverfahren. Praxisanwendung bei einem warmwassererhitzenden Nadelfilzliner in ecklinghausen, bei UmweltBau, Kongressausgabe Deutscher Schlauchlinertag, Pforzheim, April 2009
- [3] Glombitza, U., Verfahren zur ortsauflösenden Temperaturmessung in einem Rohr- oder Kanalsystem Deutsches Patent, DE 10 2007 042 546, Januar 2010
- [4] Rilling, M., A new UV sensor method for sewer renovation, International No-Dig 2011, 29th International Conference and Exhibition, Berlin, 2-5 May 2011

译自 <International No-Dig 2011 29th International Conference and Exhibition>

《非开挖技术》广告合作

中国地质学会非开挖技术专业委员会主办的会刊《非开挖技术》杂志,现征集全年广告。《非开挖技术》期刊为双月刊,全年六期。《非开挖技术》杂志将作为“2012 年第十六届中国国际非开挖技术国际研讨会暨展览会会刊。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,将会有众多参展商在会议上展示非开挖技术领域的新技术、新产品。

广告位置	尺寸规格(宽 x 高 mm)	价格(元/期)	备 注
封面	210 × 210	18000	
封面拉折	420 × 570	22000	
封底	210 × 275	15000	
封底折页	420 × 285	20000	
封二	210 × 285	13000	
封三	210 × 285	10000	
前插页	210 × 285	8800	
中插页	210 × 285	7600	
后页	210 × 285	5800	

长期刊登,费用计算如下:

刊登期数	费用
全年(六期)	8 折
半年(三期)	9 折

注:跨页(2 版)按 7 折收费,半版按 8 折收费,连续刊登价格优惠。

《非开挖技术》杂志社



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，是泵类工程技术研究中心一个。

山东中探机械有限公司研发、生产各种泵类重点专业厂家，生产的“中探牌”BW系列矿用泥浆泵、NBH系列矿用泥浆泵，广泛用于矿山、地质勘探、采矿、铁路、高速公路、水利工地、桥梁、高层建筑、地基加固等工程。特别是“中探牌”泥浆泵在三峡大坝、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、多相安装、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系列矿用泥浆泵、NBH系列矿用泥浆泵产品获得“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10大最具成长性品牌”等荣誉称号。2010年公司市场销售覆盖全国28个省市自治区，成为客户广泛选择的第一大品牌。

“拥有金钢钻，敢揽硬活”，公司秉承“为质量而挑骨头，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ISO9000质量管理体系认证和雄厚的技术力量及先进的生产设备，保证了为用户提供优质耐用的中探牌系列产品。



BW150型泥浆泵



BW160型泥浆泵



BW260型泥浆泵



BW320型泥浆泵



BW400/10型泥浆泵



BW450型泥浆泵



BW600/10型泥浆泵



BW850/2型泥浆泵



BW850/5型泥浆泵



NBH280型泥浆泵



BW250型泥浆泵



THW1200/TH型泥浆泵



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

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：3.6 kg

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
DWTX CONSTRUCTION EQUIPMENT(BEIJING)CO.,LTD

产品展示 PRODUCTS DISPLAY



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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



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



DOW-6000
发动机功率: 1118kW
扭矩: 140kNm
Engine Power: 1118kW
MAX.Torque: 140kNm

北京市通州区潞河开发区潞兴五街六号 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: dwtx@163.com

网站website: www.dwtx.com

上海办事处SHANGHAI OFFICE

上海市宝山区大场镇华欣苑534 邮编: 200442
No.534, 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

深圳市福田区宝能二座泰华大厦101室 邮编: 518102
Room 101, Unit 2, Tai hua hao yuan Bldg, Baomin 2nd street,
Baoan District Shenzhen 518102, P.R.China

电话Tel: (86 755) 27969973

长春办事处CHANGCHUN OFFICE

长春市宽城区宽城路2号2单元104室 邮编: 200331
Room 104, Unit 2, Huaijiu 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士行孙开控技术有限公司建立合资企业。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-600TH钻机、泥水搅拌设备、钻杆及其它辅助设备等。可根据客户的不同需求设计制造优质的产品。公司具备企业品牌化、专业化、规模化优势, 提供公司产品产业链。德威士行孙公司始终坚持“以人为本, 优质服务, 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国际化企业。

DWTX 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 Lu 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. DWTX 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 boring and accessories. DWTX can also design and manufacture different products according to customers' particular demands. The company aims to build on our strong brand name and continue to expand our scope within the specialized product industry. DWTX 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, DWTX 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(ISTT)、ISIT、CSIT会员单位、中国地质大学(北京)的教学实习基地。

DWTX has passed ISO9001-2000 International Quality Management Certification and CE Certification. The company is governing member of CSIT, CACP, member of ISTT, ISIT, 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	轴功率KW	扭矩Nm	推进力KN	泥浆泵排量L/min	钻杆规格mm
GBS-20L	1.22	9000	250	250	Φ60 × 3000
GBS-26	132	10000	280	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	2000	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: letymx@163.com hbnuodi@163.com



美国十方国际公司
— TEN SQUARE INTERNATIONAL INC. —



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.tsilincus.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: ngjoffice@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



软岩·硬质土



普通土
(中国组装-价格适中)



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