

# 非开挖技术应用中的几个技巧

李文秀

(中国地质科学院勘探技术研究所,河北 廊坊 065000)

**摘要:**概述了非开挖技术在广泛应用过程中出现的一些问题,提出了对接穿越、灌水法等一些有效的解决问题的方法与技巧。

**关键词:**非开挖技术;对接穿越;灌水法

**中图分类号:**P634.7   **文献标识码:**B   **文章编号:**1672-7428(2007)06-0044-03

**Several Techniques for Application of Non-excavating** /Li Wen-xiu (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

**Abstract:** Some problems of non-excavation in application were summed up, butt crossing, water replacement and some relative solutions were put forward.

**Key words:** non-excavation technique; butt crossing; water replacement

近年来,非开挖技术在我国能源、通讯及城市市政工程建设中的应用越来越广泛,尤其是在天然气、煤气、成品油、电力、电信、自来水、管棚支护、水平降水等方面都得到了很好的应用。非开挖技术以其特有的经济性、环保性以及较短的施工周期而得到了市场认可。

随着非开挖技术的广泛应用,在实际应用中也出现了一些问题,笔者结合多年从事非开挖设备和器具研制过种中积累的经验,对实际施工中遇到的一些问题的处理方法进行总结。

## 1 地质情况及地下管线的勘察问题

在非开挖工程施工前,应先根据实地的地形、地貌及有关特征进行分析、判断,必要时须进行详细的地质勘察,通过打勘察孔取样分析,做出地质报告。

至于管线,首先要根据提供的管线记录数据,直观判断与该工程有关的管线的大致情况;其次就是利用专业管线探测仪器,测量地下管线的分布情况;再有,对于那些利用非开挖技术铺设的且记录不够准确详细的无信号非金属管线,可以利用非开挖导向仪器进行测量,具体方法是:调试好测量的装置,将信号发射器装好电池,包装后和铅丝连接牢固,顺着原来管线将探棒送到指定的位置,打开接收仪器,测出探棒的具体深度就是管线的实际深度值。因为在打导向孔时仍然要使用同样仪器,且同时都是在

地下测量,所以这样得出的结果与实际穿越时测量数据误差较小,能够准确的避开原有管线,从而成功完成工程项目。目前一些大中城市地下管网非常复杂,有关部门提供的数据不尽详实,应用此法可以有效地防止施工中打断其它管线事故的发生,降低了施工风险。

## 2 利用现有的管道探井作工作坑

规划设计轨迹时,在条件允许的情况下,尽量使轨道的弯曲半径大些,但对于某些特殊情况,要因地制宜,甚至可以利用现有的管道的探井作为工作坑。如图1所示,A为入土点,B为探井,C是公路的另一侧,且C处不能开挖,施工该工程时,直接将B处作为出土点设计,这样既满足了甲方的要求,又能保证了现铺设管线与原来探井中的原有管线对接。当然,这种施工方法仅限于铺设PE管等塑性较强的管材,不适于铺设钢管。



图1 轨迹设计示意图

## 3 采用分段钻进方法解决探棒电量不足问题

打导向孔时,由于探棒耗电量大,电池容量小,一般无线探棒里的电池大约可维持10 h,对于稍微

收稿日期:2007-01-18; 改回日期:2007-05-25

作者简介:李文秀(1974-),男(汉族),河北卢龙人,中国地质科学院勘探技术研究所工程师,机械电子专业,从事非开挖设备研究与制造以及非开挖施工等工作,河北省廊坊市金光道77号,(0316)2096504、13932671736,wenxiu-li@163.com。

复杂的工程来讲,电池电量显然不足,会造成中途被迫撤出重新打导向孔,导致花费较长时间,造成成本提高。若条件允许,可以在半途将导向钻头钻出地面,然后换上新的电池,再退回原来改变轨迹的位置,就可以继续钻进。如图2所示,A为入孔点,计划穿过公路和水塘在D点出土,如果中途发现电量不足,可以在B点改变钻头的方向,使之从C点钻出地表,在C点换好电池后再返回到B点进行钻进,这样既节省了时间又降低了钻进成本。

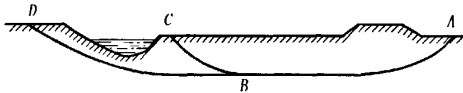


图2 导向孔示意图

#### 4 对接穿越技术

在大型河流导向穿越中,钻杆在进行导向施工过程中受到的阻力及阻力矩增大,因而在穿越长度方面受到局限,针对这种情况,美国 Prime Horizontal Ltd. 公司与 Vector Magnetics 公司成功开发了对接穿越技术。德国 LMR 钻进承包公司引用此法于2005年8月在易北河完成了一项长2626 m、管径为350 mm的输油PE管线的穿越工程,该项目由2台回拖力分别为3440 kN和2550 kN的定向钻机在河的两岸开始钻进并在河的中间汇合,汇合点距北岸2100 m,距南岸526 m。汇合点水深40 m,两孔连接角 $<1^\circ$ ,纯钻进时间为6周。该工程是目前世界最长的水平定向钻穿越工程。

#### 5 利用原工作坑解决扩孔时接钻杆问题

扩孔的主要目的是将先导孔孔径扩大至所铺设管线的管径以上,以减小拉管时的阻力。对于直径小的管线可以不进行专门的扩孔,而是在扩孔同时将待铺设管线同时拉入;对于直径较大的管线,必须进行多次的扩孔。扩孔时,要合理使用泥浆,尤其在地层复杂的情况下,要充分利用泥浆的基本功能,把钻头破碎下来的岩土屑从孔中带出来,保持钻孔的清洁,以减小铺管阻力。一般来讲,扩孔钻头后面要连接钻杆,卸掉扩孔钻头后钻杆和动力头连接,在孔的另一侧接上更大一级钻头,或连接待铺设管线准备拉管。对于某些特殊情况,如图1所示,一般探坑直径不足2 m,在探坑里面没有足够的空间用来接钻杆,这种情况下,可以不连接钻杆直接扩孔,等钻头到达入土点A时,用钻机直接回转给进,将钻头沿原来孔位退出到B点卸掉,然后再接下一级钻

头,采用同样的方法,直到孔径满足要求为止。我所用GBS-10型钻机应用此法在天津西青道为小区铺设4条管径为108 mm的电信套管,长度为65 m,井中钻头出孔距地面距离1.2 m,扩孔分为2级,第一次用 $\varnothing 219$  mm钻头,第二次用 $\varnothing 325$  mm钻头,整个工程从施工开始至工程结束仅用10 h,成功利用了原有管线的工作坑,达到了施工的要求。

#### 6 反循环清渣法

对于岩石非开挖而言,岩石屑密度较大,可塑性极差,泥浆不容易携带,排渣困难,可采用反循环法将岩石屑清理干净。我所2004年在宜兴进行的燃气管道岩石非开挖穿越工程施工时就利用了这种方法。该工程地点位于104国道宜兴收费站东侧50 m,横穿国道,回拖管道长为120 m,管径为273 mm,钢管,工程历时1个月,是我所首次进行岩石非开挖工程,设备为GBS-35型导向钻机,第一次没有清孔,拉力达到极限值,拉管失败,被迫将管线退出。经过认真分析,判断造成回拖失败的主要原因是孔内岩石碎屑堆积造成,针对这一情况,决定先用反循环方法清孔,反循环系统工作了2天,抽出了大量的岩石碎屑。经过反循环排渣之后,再次拉管回拖,拉力仅200 kN,顺利地完成了回拖。

#### 7 木楔拉管头及顶推装置的使用

拉管是整个施工过程的最后一道工序,是极其关键的一步。在小口径塑料管施工中,大部分采用钢制拉管头,如果没有钢制拉管头,可以用木楔来代替,木楔参照管材内径做成圆台形,大端直径应大于管材内径50~80 mm,确保木楔楔入管材长度约为300 mm,然后在距离管头约100 mm处通过木楔轴心打一个孔,孔径以能穿过连接所用的钢丝绳为宜。回拖钢管时,由于钻机能力所限,在回拖的过程中,可能出现拉不动的现象,若发生这种情况,可以用顶推装置在管材的尾部辅助钻机完成铺管,最早生产的能力较小的钻机一般都配备顶推装置。另外还可以在后面用夯管锤敲击的方法辅助施工。我所在青岛穿越河流的施工项目中采用了此法,出色的完成了一些超出钻机能力的艰险工程。

#### 8 采用灌水法

非开挖施工中,回拖力一般可以按照下式计算:

$$F_{\max} = k(T - G - N) + mS \quad (1)$$

式中: $T$ ——泥浆对管材的浮力, $T = \rho V$ ;  $\rho$ ——泥浆

密度,一般可取  $1.3 \text{ kg/L}$ ;  $V$ ——管材体积;  $G$ ——管材自重;  $N$ ——产生相应挠度所需的力,  $N = 384EIh/(5L^3)$ ;  $E$ ——材料的弹性模量;  $I$ ——材料的惯性矩,  $I = 0.0982(D^4 - d^4)$ ;  $D$ 、 $d$ ——分别为管材的外径和内径;  $h$ ——管材在孔道内的挠度,即孔道底与入土点、出土点高差的均值,  $h = (h_1 + h_2 - 2h_3)/2$ ;  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ ——分别为入土点、出土点及孔道底标高;  $S$ ——管材表面积;  $k$ ——管材与孔道的摩擦系数,取  $0.2 \sim 0.4$ ;  $m$ ——与泥浆粘阻系数及其它因素有关的系数,取  $0.01 \sim 0.03$ 。

在(1)式中,减小  $k$ 、 $m$  是减小  $F_{\max}$  的有效手段。 $S$  是个常量,  $N$  受条件限制,可变范围不大,在  $(T - G - N)$  中,一般都有  $T > (G + N)$ ,所以若能增加  $G$  也能减小  $F_{\max}$ ,增大  $G$  的办法一般可以考虑在管材内注水,使  $(G + N)$  接近于  $T$ 。在计算注水量时可以考虑整段管材,一次性把水注足,也可以随着管材回拖而逐步加水,因为在孔外面的管材只有摩擦力,增加自重,就会增大摩擦力,导致初始拉力加大,所以,建议分步加水,这样效果最佳。

2006 年底我所在河北廊坊施工时,回拖的钢管直径为  $900 \text{ mm}$ ,壁厚  $10 \text{ mm}$ ,长度为  $120 \text{ m}$ ,管道在

(上接第 43 页)

遍,其目的是将松动的表层土夯实。

(5) 间歇时间:所谓间歇时间,是指相邻夯击两遍之间的时间间隔。Menard 指出,一旦孔隙水压力消散,即可进行新的夯击作业。

(6) 夯点布置和夯点间距:为了使夯后地基比较均匀,对于较大面积的强夯处理,夯击点一般可按等边三角形或正方形布置,这样布置比较规整,也便于强夯施工。由于基础的应力扩散作用,强夯处理范围应大于基础范围,其具体放大范围,可根据构筑物类型和重要性等因素考虑确定。夯点间距可根据所要求加固的地基土性质和要求处理深度而定。当土质差、软土层厚时应适当增大夯点间距,当软土层较薄而又有砂类土夹层或土夹石填土等时,可适当减小夯距。夯距太小,相邻夯点的加固效应将在浅处叠加而形成硬层,影响夯击能向深部传递。

本工程施工设备主要采用  $20 \text{ t}$  电动履带起重机,并配有卷扬和龙门支架,夯锤为  $15 \text{ t}$  重的铸铁锤,锤底直径  $2.5 \text{ m}$ ,脱锤器为拉索牵引脱锤式。设计要求强夯处理深度  $6 \sim 9 \text{ m}$ ,处理后的液化指数  $> 2.0$ 。铺设  $0.8 \text{ m}$  厚的碎石垫层。夯点布置采用正三角形形式,夯点间距  $4.2 \text{ m}$ ,夯区外侧边缘以夯锤

孔内的挠度  $h$  为  $500 \text{ mm}$ ,钻机回拖能力为  $350 \text{ kN}$ ,取泥浆的密度  $\rho = 1.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,管材密度  $\rho = 7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,管材弹性模量  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $k = 0.3$ ,  $m = 0.03$ ,计算得泥浆对管材的浮力  $T = 991.9 \text{ kN}$ ,管材自重  $G = 26.16 \text{ t}$ ,产生相应挠度所需的力  $N = 44.4 \text{ kN}$ ,管材的表面积  $S = 339.12 \text{ m}^2$ ,那么回拖力  $F_{\max} = 376.1 \text{ kN}$ ,钻机回拖能力  $350 \text{ kN}$ ,小于回拖管材所需要的力  $F_{\max}$ ,如果不采取措施,该设备无法完成该工程。在回拖的过程中,施工人员向管材里面加入了  $30 \text{ m}^3$  水(根据计算结果,加水量可以在  $60 \text{ m}^3$  内,综合考虑各方面因素,加水量定为  $30 \text{ m}^3$ ),因此所需回拉力变为  $256.1 \text{ kN}$ ,顺利回拖成功。

## 9 结语

非开挖技术在我国的发展历史虽然不长,但在我国广大工程技术人员共同努力下,使它在我国得到了高速的发展和广泛的应用。我们需要继续进行研发,一方面,研制出技术更先进、性能更可靠、自动化更高的施工设备和器具;另一方面,要善于总结施工中的经验教训,提高应用技术水平,才能使非开挖事业更加发展壮大。

外缘和夯区外缘平齐为准,夯区外侧夯点间距可作小范围调整。满夯时相邻夯点彼此搭接  $1/4$ 。单点夯能根据梅那强夯公式并结合设计处理深度、施工机械等因素确定,采用  $1850 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,满夯采用  $1050 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。单点夯击数 8 击。夯击遍数选择 2 遍主夯,最后一遍满夯。

## 4 施工效果

本工程共完成强夯面积  $3560 \text{ m}^2$ ,回填土夯实面积  $1440 \text{ m}^2$ ,总工期 39 天。

施工完成 15 天后,采用动力触探及标贯试验进行检测。其中,共做 12 个标贯孔,实验锤击数一般为  $9 \sim 23$ ,各点的锤击数均大于按地震烈度为 VIII 度时计算的临界击数,液化指数为 0,说明地基土基本消除了液化。经验算地基土承载力标准值由原来的  $120 \text{ kPa}$  提高至  $195 \text{ kPa}$ 。

## 5 结语

强夯法具有设备简单,施工便捷,适应范围广,节省材料,降低投资,工期短等优点。本工程实例证明,强夯法用于处理砂土液化地基可以取得良好的处理效果。